

酸回収蒸発缶モックアップ装置の解体評価
成果報告書

1997年3月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

酸回収蒸発缶モックアップ装置の解体評価

安田 均*¹ 野高昌之*¹ 萬谷健一*¹
 上窪文生*² 降矢 喬*³ 市川史郎*³

要 旨

硝酸中で40,000時間の運転を完了したTi-5Ta製およびZr製の酸回収蒸発缶モックアップ装置から試験片を採取し、機械的性質、減肉量の測定および表面状態の評価を行った。評価結果の概要は以下のとおりであり、Zrと比較するとTi-5Taの方が腐食速度は大きい、いずれも十分な耐食性を有していると判断される。

- (1) 機械的性質：Ti-5TaおよびZrとも、評価部位により測定値に差異があったが、装置製作時の加工方法の違いによるものと考えられ、40,000時間の運転に起因する顕著な材料強度等の低下は認められなかった。
- (2) 肉厚測定：Ti-5Taは、硝酸蒸気に曝されるベンド配管（最大0.09mm/y）、蒸発部塔頂部（最大0.07mm/y）での腐食速度は他の部位（0.02mm以下）よりも腐食速度は大きくなっている。Zrはほとんどの部位で腐食速度は0.01mm/y以下であった。
- (3) 表面粗さ測定：Ti-5Taでは、肉厚測定結果と同様ベンド配管および蒸発部塔頂部で表面粗さは他の部位よりも大きくなっており、全面腐食に起因するものと考えられる。また、溶接部は母材部よりも表面粗さが大きく、溶着金属部の方が全面腐食が進行していると推定される。ZrはTi-5Taよりも表面粗さは小さい。また、部位による表面粗さの差異はなく、溶着金属部の粗度は母材部と同程度であった。
- (4) 断面ミクロ観察：Ti-5Taには、ベンド配管および蒸発部塔頂部で全面腐食による表面の凹凸が認められ、溶着金属部の方が母材部よりも凹凸は大きくなっているが、粒界腐食などの局部腐食は生じていない。Zrでは凹凸形状がほとんど認められず、健全であった。
- (5) 表面SEM観察：Ti-5Taには、ほとんどの部位で腐食生成物と思われるスケールが付着しておりベンド配管および蒸発部塔頂部ではスケールの堆積が大きい。一部の部位で全面腐食による表面部の肌荒れが観察されたが、局部腐食は生じていない。Zrはスケールの付着量が少なく、腐食がほとんど進行していない。
- (6) 元素組成分析：Ti-5Taの表面皮膜にはTiO₂とSiO₂が混在しており、この他に耐食性向上に寄与するとされているTa₂O₅の存在が確認された。また、溶接部にも不動態皮膜が形成されていた。ZrではZrO₂とSiO₂の他に伝熱管から上部連絡管にかけてTiO₂が検出された。Zrに認められた白色スケールはSiO₂およびTiO₂と推定される。また、SiO₂はTiO₂皮膜やZrO₂皮膜の上に付着しているようである。
- (7) 酸化皮膜厚さ測定：不動態皮膜の厚さは、Ti-5Ta（50～1400Å）よりもZr（400～5100Å）の方が厚いことが確認された。

本仕様書は、(株)神戸製鋼所が動力炉・核燃料開発事業団殿の委託により実施（自1996年10月、至1997年3月）した研究の成果である。

契約番号：08C4127

事業団担当部課室：再処理技術開発部機器材料開発室

*1 機械・エンジニアリング事業本部 エネルギー化学本部 原子力部 高砂原子力室

*2 技術開発本部 材料研究所 表面制御研究室

*3 (株)コベルコ科研

目 次

1. 諸 言	1
2. これまでの試験結果	2
2.1 缶体の評価	4
2.2 モニタリングテストクーポンによる評価	25
2.3 コローソメータによる評価	32
2.4 蒸発缶本体の腐食電位の評価	33
2.5 溶出イオン量からの腐食速度の推定	34
2.6 まとめ	36
3. 今回の試験方法	37
3.1 評価対象部位	37
3.2 試験項目	40
3.3 試験片	41
3.4 試験装置	48
3.5 試験条件	58
4. 試験結果	72
4.1 機械的強度評価	72
4.2 肉厚測定	92
4.3 表面粗さ測定	104
4.4 断面観察	195
4.5 表面SEM観察	228
4.6 元素組成測定	283
4.7 酸化皮膜の厚さ測定	464
4.8 考察	496
5. まとめ	501
6. 参考文献	502
添付資料-1 荒切り前の部材の外観状況	503
添付資料-2 荒切り要領	523
添付資料-3 試験片採取要領	533

1. 諸 言

新型酸回収蒸発缶の候補材料として選定された Ti-5Ta 製及び Zr 製の小型酸回収蒸発缶モックアップ装置は昭和60年度に製作し、その後累積 40000時間におよぶ硝酸中での運転試験を行ってきた。この間、肉眼による表面観察や超音波測定による減肉量測定などの非破壊検査が実施されている。

しかしながら、材料の腐食状況を最終的に評価・判断するためには、破壊試験により材料の腐食状況や機械的性質を把握する必要がある。

そこで本委託研究では、Ti-5Ta 製及び Zr 製の小型酸回収蒸発缶モックアップ装置の特徴的な腐食部位を対象として腐食状況等を調査した。

2. これまでの試験結果

Ti-5Ta 製及び Zr 製の酸回収蒸発缶モックアップ装置については、これまでに運転開始時、1000時間後、2000時間後、3000時間後、4000時間後に次のような評価試験を実施している。

試験結果の詳細は、「酸回収蒸発缶小型モックアップ試験設備による運転試験；PNC ZJ6058 87-002（1987年5月）」に記載されているが、ここではその結果の概要を示す。

1) 缶体の評価

小型モックアップ試験設備を連続運転し、Ti-5%Ta 製及び Zr 製小型酸回収蒸発缶の耐食性を評価した。

Ti-5%Ta 製及び Zr 製小型蒸発缶の下記に示す部材について、運転開始時、1000時間後（第一次中間）、2000時間後（第二次中間）および4000時間後（終了時）に超音波による肉厚測定および肉眼、内面鏡による観察を行った。

- (1) 伝熱管
- (2) 上部・下部チャンネル胴
- (3) 上部・下部気相カラム胴
- (4) 下部連絡管
- (5) 上部配管

但し、上記箇所において保温材が固定されている場所についての肉厚測定は運転開始時および運転終了時のみ行った。また、伝熱管1本は運転終了時に解体し、その耐食性を評価した。

2) テストクーポンによる耐食性評価

各小型酸回収蒸発缶の上部・下部、ボイラ下部にテストクーポンを取り付け、1000時間後、2000時間後、3000時間後、4000時間後の耐食性を評価した。その評価方法として、重量減からの腐食速度算出、SEMなどによる表面および断面観察を採用した。

テストクーポンの種類は、溶接部付きTi-5%Ta 及び Zr とした。また、NAR310Nb も一部用いた。さらに、Ti-5%Ta、Zr 及び SUS 304 L はUバンド試験片での評価も行った。

3) コロソメータによる腐食速度算定

各小型酸回収蒸発缶のカラム上部（気相部）、下部（液相部）およびボイラ下部（液相部）にコロソメータを取り付け、Zr、Ti-5%Taの腐食速度を算出した。

4) 腐食電位の測定

各小型酸回収蒸発缶のカラム液相部に白金電極を取り付け、腐食電位を測定した。

5) 溶解イオン濃度分析による腐食速度推定

各小型酸回収蒸発缶の処理溶液に溶解しているTi、Zrイオンを定着分析し、新材料（Ti-5%Ta 及び Zr）製酸回収蒸発缶の腐食速度を推定した。

2.1 缶体の評価

2.1.1 伝熱管

Ti-5Ta 製及び Zr 製の小型蒸発缶における伝熱チューブについては、以下の評価を行った。

- i) 超音波肉厚測定
- ii) 内面ボアスコープ観察
- iii) 表面観察及び断面観察
- iv) 表面 E PMA 分析
- v) 表面 I M A 分析

以下各項目別にその結果を報告する。

1) 超音波肉厚測定

測定位置を図2.1-1に示す。

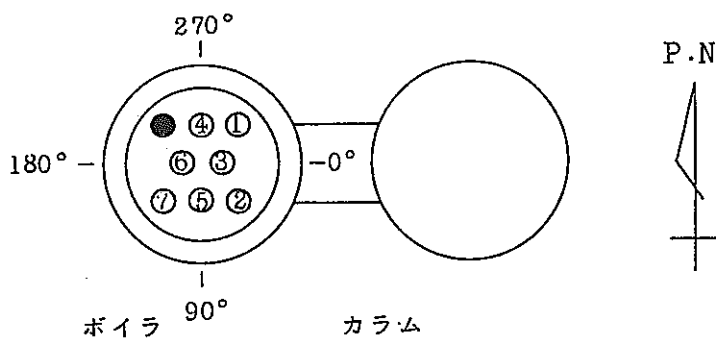
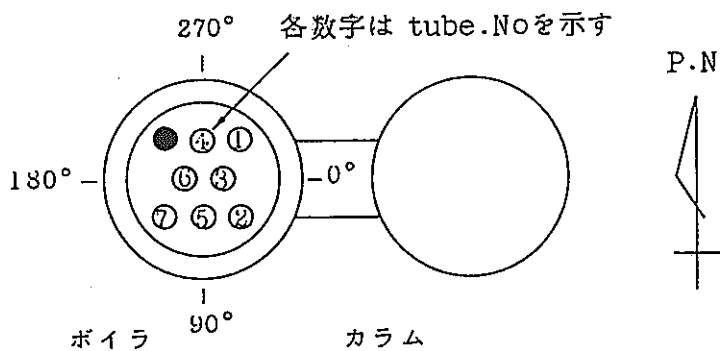
Ti-5Ta 製及び Zr 製の伝熱チューブの肉厚測定により得られた運転前、運転1000時間後、2000時間後、4000時間後のデータをまとめて表2.1-1～2に示す。

測定結果から考えると、4000時間後の減肉量はTi-5Ta の伝熱チューブはおよそ0.1mmの減肉量で、Zr の場合は、0.04～0.05mmの減肉量となる。しかしながら、本測定方法は水を媒体とする非触媒型の測定であり、また、ブラウン管上の波形を目視で読み取っているため、測定値には、計器誤差及び読み取り誤差として±0.2mm程度が考えられる。

よって相対的に、Ti-5Ta のチューブの方が、Zr のチューブに比べて、減肉量がやや大きいと推定されるが、その減肉量の平均値が Ti-5Ta では0.1mm、Zr の場合は、0.04～0.05mmであり、これらの値は誤差の範囲であるため、得られた減肉量の定量的な評価は4000時間運転では困難である。したがって、超音波による肉厚測定から定量的に腐食速度を評価するのは困難であったが、後述する様に管内表面には機械加工跡が顕著に認められることから併せ考えると少なくとも0.2mm以上の大きな減肉は無いものと思われる。

① 熱交換器チューブの管番号

チタンチューブ側



② チューブの測定位置及び測定方向

測定方向は1箇所について4方向 (0°、90°、180°、270°) とする。

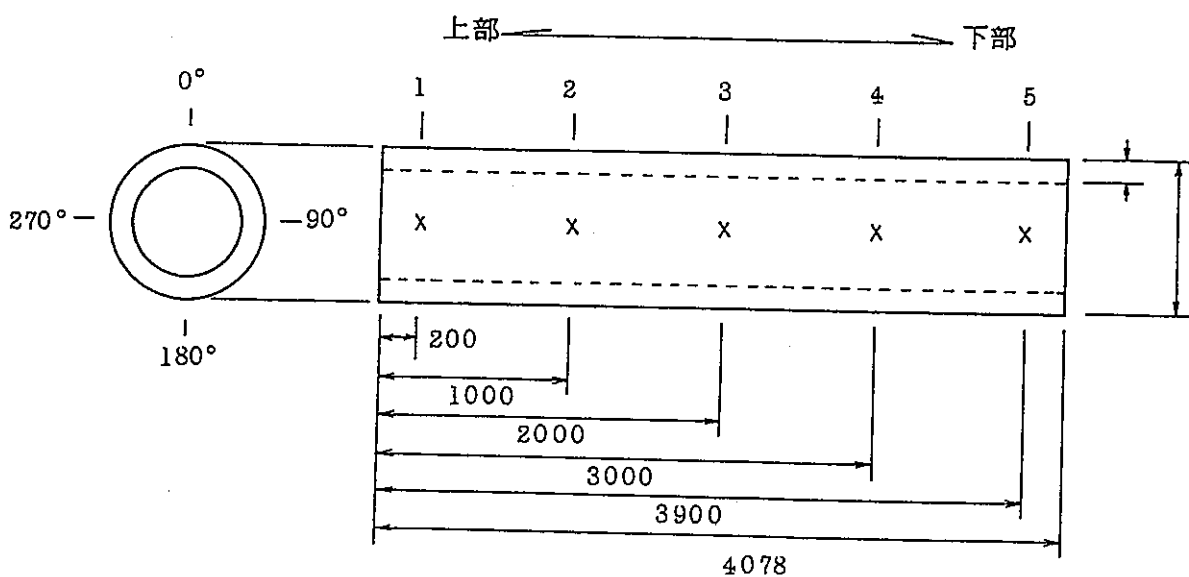


図2.1-1 伝熱チューブの超音波による肉厚測定位置

表2.1-1 伝熱チューブ超音波測定値 (Ti-5Ta)

測定位置	0°					90°					180°					270°				
	①	②	③	④	①-④	①	②	③	④	①-④	①	②	③	④	①-④	①	②	③	④	①-④
1-1	5.1	5.1	5.1	5.1	0.0	5.0	5.0	4.9	4.8	0.2	5.0	5.0	4.9	4.8	0.2	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0
1-2	5.2	5.2	5.1	5.1	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.1	5.0	5.0	5.0	0.1	5.3	5.2	5.0	5.0	0.3
1-3	5.1	5.0	5.0	4.9	0.2	5.2	5.2	5.0	5.0	0.2	5.3	5.3	5.1	5.0	0.3	5.2	5.2	5.0	5.0	0.2
1-4	5.3	5.3	5.1	5.0	0.3	5.3	5.2	5.0	4.9	0.4	5.2	5.2	5.1	5.0	0.2	5.2	5.2	5.1	5.0	0.2
1-5	5.2	5.2	5.0	4.9	0.3	5.2	5.1	5.0	4.9	0.3	5.2	5.2	5.0	5.0	0.2	5.3	5.2	5.0	4.9	0.4
2-1	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.6	4.6	4.6	4.7	-0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	4.9	4.7	4.7	0.3
2-2	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.7	4.7	4.8	4.8	-0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
2-3	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.7	4.7	4.8	4.8	0.1
2-4	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
2-5	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.9	4.8	4.8	4.8	0.1	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0
3-1	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.9	4.8	4.8	4.7	0.2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.7	4.7	4.8	4.8	0.1
3-2	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.0	4.9	4.8	4.7	0.3	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.7	4.7	4.8	4.8	0.1
3-3	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.9	4.9	4.8	4.7	0.3
3-4	4.7	4.7	4.8	4.6	0.1	4.7	4.7	4.8	4.7	0.0	5.0	5.0	5.0	4.8	0.2	5.0	4.9	4.8	4.7	0.3
3-5	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	5.0	5.0	5.0	4.8	0.2	5.0	5.0	5.0	4.8	0.2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1
4-1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.2	5.2	5.1	5.0	0.2	5.1	5.1	5.1	5.0	0.1	4.9	4.9	5.0	5.0	0.1
4-2	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.2	5.2	5.0	4.9	0.3	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	4.9	4.9	5.0	5.0	0.1
4-3	5.2	5.2	5.2	5.1	0.1	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0
4-4	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.9	4.9	5.0	5.0	-0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.2	5.1	4.9	4.8	0.4
4-5	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.2	5.2	5.2	5.0	0.2	5.1	5.1	5.0	5.0	0.1
5-1	4.9	4.8	4.8	4.7	0.2	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	5.1	5.1	5.1	5.0	0.1	5.0	4.9	4.8	4.7	0.3
5-2	4.7	4.7	4.7	4.6	0.1	5.0	4.9	4.9	4.7	0.3	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.7	4.7	4.8	4.8	0.1
5-3	5.0	5.0	4.9	4.9	0.1	5.0	4.9	4.7	4.7	0.3	4.6	4.6	4.6	4.5	0.1	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0
5-4	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	5.0	4.9	4.9	4.8	0.2
5-5	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.7	4.7	4.8	4.8	-0.1	5.1	5.1	5.0	4.9	0.2	5.0	4.9	4.8	4.7	0.3
6-1	4.6	4.6	4.7	4.6	0.0	4.6	4.6	4.8	4.8	-0.2	4.9	4.9	4.8	4.7	0.2	5.2	5.2	4.9	4.6	0.6
6-2	4.8	4.8	4.8	4.6	0.2	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.0	5.0	5.0	4.8	0.2	4.8	4.8	4.8	4.6	0.2
6-3	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.0	4.9	4.8	4.7	0.3	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.6	4.6	4.8	4.8	0.2
6-4	5.0	5.0	4.8	4.9	0.1	4.8	4.8	4.7	4.7	0.1	4.6	4.6	4.6	4.6	0.0	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1
6-5	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.6	4.6	4.6	4.7	-0.1	4.8	4.8	4.7	4.7	0.1	4.9	4.9	4.8	4.6	0.3
7-1	4.7	4.7	4.7	4.6	0.1	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	5.1	5.1	4.9	4.8	0.3
7-2	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.9	4.9	4.9	4.7	0.2	5.1	5.1	5.1	5.0	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
7-3	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.8	4.7	0.2	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
7-4	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1
7-5	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.8	4.7	0.2	5.0	5.0	4.8	4.7	0.3

①: 運転開始前 ②: 1000 時間運転終了後 ③: 2000 時間運転終了後 ④: 4000 時間運転終了後

表2.1-2 伝熱チューブ超音波測定値 (Zr)

測定位置	0°					90°					180°					270°				
	①	②	③	④	①-④	①	②	③	④	①-④	①	②	③	④	①-④	①	②	③	④	①-④
1-1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1
1-2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1
1-3	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
1-4	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.9	4.9	4.8	4.7	0.2	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.8	4.8	4.9	4.9	-0.1
1-5	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.0	4.9	4.9	4.9	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
2-1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
2-2	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
2-3	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.8	4.8	4.9	4.9	-0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
2-4	5.1	5.1	5.1	5.1	0.0	5.0	5.0	4.9	4.9	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
2-5	4.9	4.9	5.0	4.9	0.0	5.8	4.8	4.9	4.9	-0.1	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1	5.1	5.0	5.0	4.9	0.2
3-1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.0	5.0	4.9	4.9	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
3-2	5.0	5.0	4.9	4.9	0.1	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	4.9	4.9	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
3-3	4.9	4.8	4.7	4.7	0.2	5.1	5.0	4.9	4.9	0.2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
3-4	5.0	4.9	4.9	4.9	0.1	4.9	4.8	4.8	4.8	0.1	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
3-5	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.0	4.9	4.9	4.8	0.2
4-1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.7	4.7	4.8	4.8	-0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
4-2	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1
4-3	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
4-4	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.8	4.7	0.2	4.8	4.8	4.8	4.7	0.1	4.7	4.7	4.8	4.7	0.0
4-5	4.9	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1
5-1	4.8	4.8	4.7	4.7	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.1	5.1	5.1	5.0	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
5-2	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
5-3	5.1	5.0	4.9	4.9	0.2	4.9	4.8	4.8	4.8	0.1	4.9	4.8	4.8	4.7	0.2	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
5-4	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.8	4.8	4.9	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.0	4.9	4.8	4.8	0.2
5-5	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.9	4.9	-0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1
6-1	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.7	4.7	4.7	4.7	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0
6-2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.8	4.8	4.9	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.1	5.0	4.9	4.8	0.3
6-3	4.7	4.7	4.7	4.6	0.1	4.8	4.8	4.9	4.8	0.0	5.1	5.1	5.0	5.0	0.1	4.9	4.8	4.7	4.7	0.2
6-4	4.9	4.8	4.7	4.7	0.2	5.1	5.0	4.9	4.8	0.3	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.7	4.7	4.8	4.8	-0.1
6-5	5.1	5.0	4.9	4.9	0.2	4.9	4.8	4.8	4.8	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.7	4.7	4.9	4.8	-0.1
7-1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	5.0	5.0	5.0	4.9	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0
7-2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	5.0	5.0	4.9	4.9	0.1
7-3	5.0	4.9	4.9	4.9	0.1	5.0	4.9	4.8	4.8	0.2	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1	4.8	4.8	5.0	4.9	-0.1
7-4	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.9	4.9	4.9	4.9	0.0	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1
7-5	4.8	4.8	4.8	4.8	0.0	4.8	4.8	4.9	4.9	-0.1	4.9	4.9	4.8	4.8	0.1	4.9	4.9	4.9	4.8	0.1

①：運転開始前 ②：1000 時間運転終了後 ③：2000 時間運転終了後 ④：4000 時間運転終了後

2) 内面ボアスコープ観察

本試験設備運転前、1000時間、2000時間及び4000時間運転後の伝熱チューブの内面をボアスコープ観察を行い、表面状態の様子を調べた。

観察位置を図2.1-2に示す。

なお、比較のために実験室において、本設備に用いたものと同じ伝熱チューブ（長さ100mm）を酸回収蒸発缶カラム濃縮相当溶液にて4000時間の浸漬を行い（120時間ごとに液更新）、定期的に取り出して同様のボアスコープ観察を行った。

Ti-5Ta 製の伝熱チューブは、1000時間運転後から白色の斑点状模様が認められ4000時間運転後にも同様のものが認められた。この模様は、運転前及びラボテスト材の写真でも若干認められるが、ボアスコープ写真からだけでは、この白色の斑点がチューブ内面の機械加工時のバリなのか、腐食生成物であるのか等が不明である。4000時間運転後の内面の機械加工の跡が顕著に残されているため腐食が起こっているとは考えられないが、白色の斑点状模様については、別途詳細に調査した。この結果は後述する。

Zr 製の伝熱チューブは、Ti-5Ta 製チューブと同様に4000時間の運転後も機械加工の肌を有しているが、黒色状の斑点が認められた。これは、ラボテスト材及び運転前のチューブ表面にも認められ、機械加工時のバリがその原因と考えられるが、この点についてもTi-5Taと同様別途詳細に分析した。

3) 顕微鏡による表面観察及び断面観察

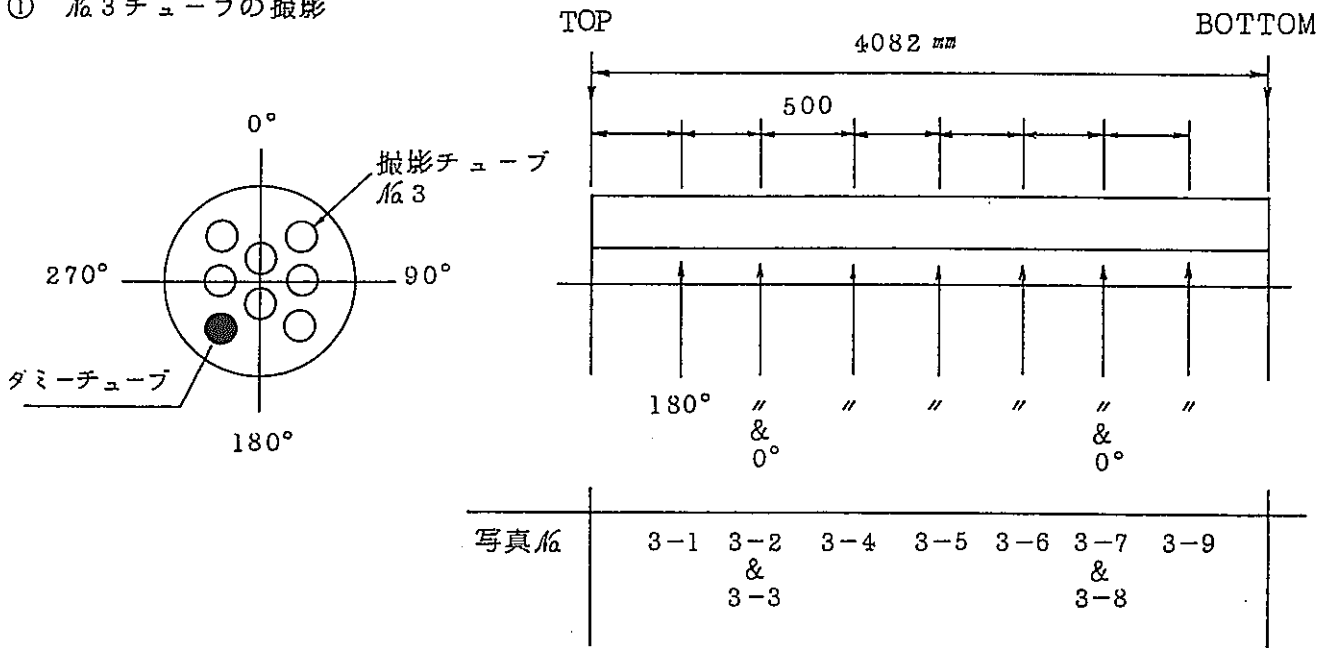
ボアスコープによる内面観察においては、伝熱チューブの表面状態が明確に把握できなかった。

そこで4000時間運転後の伝熱チューブのうち1本を抜管してそれを裁断し、その内面及び断面の光学顕微鏡またはSEM観察を行った。

観察位置を図2.1-3に示す。

また比較のために、伝熱チューブ供試材（製造加工まま）及び4000時間のラボテスト材についても同様の観察を行った。

① №3チューブの撮影



② №1, 2, 4~7チューブの撮影

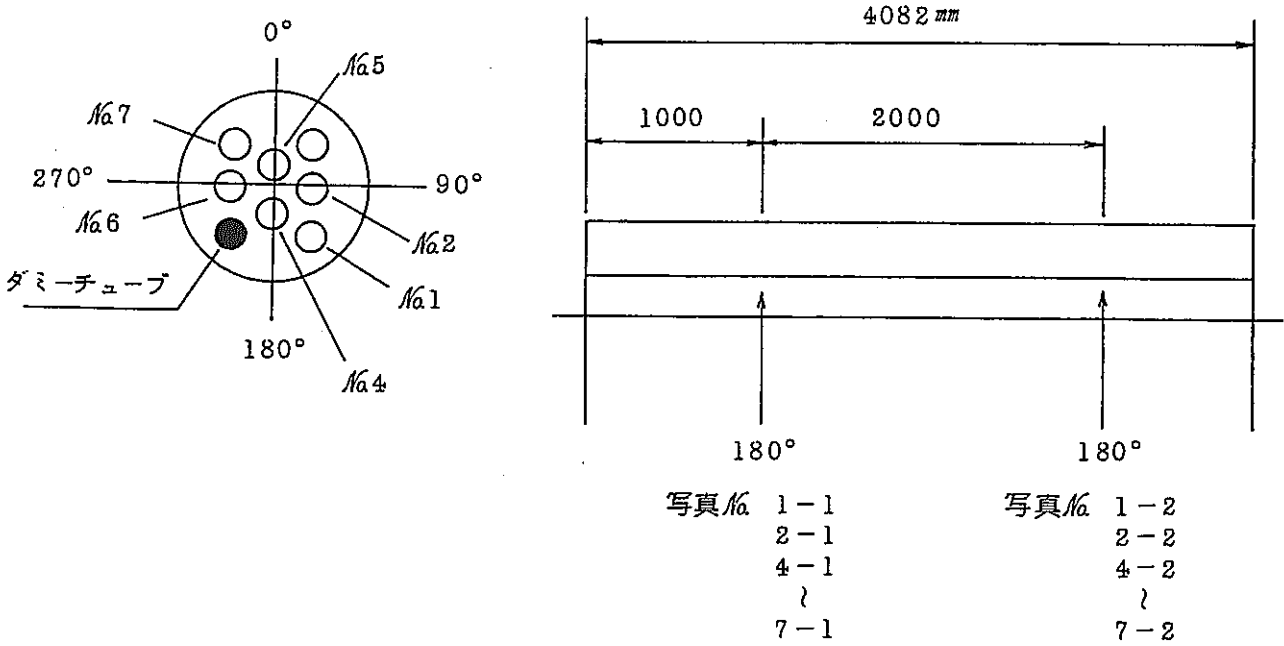
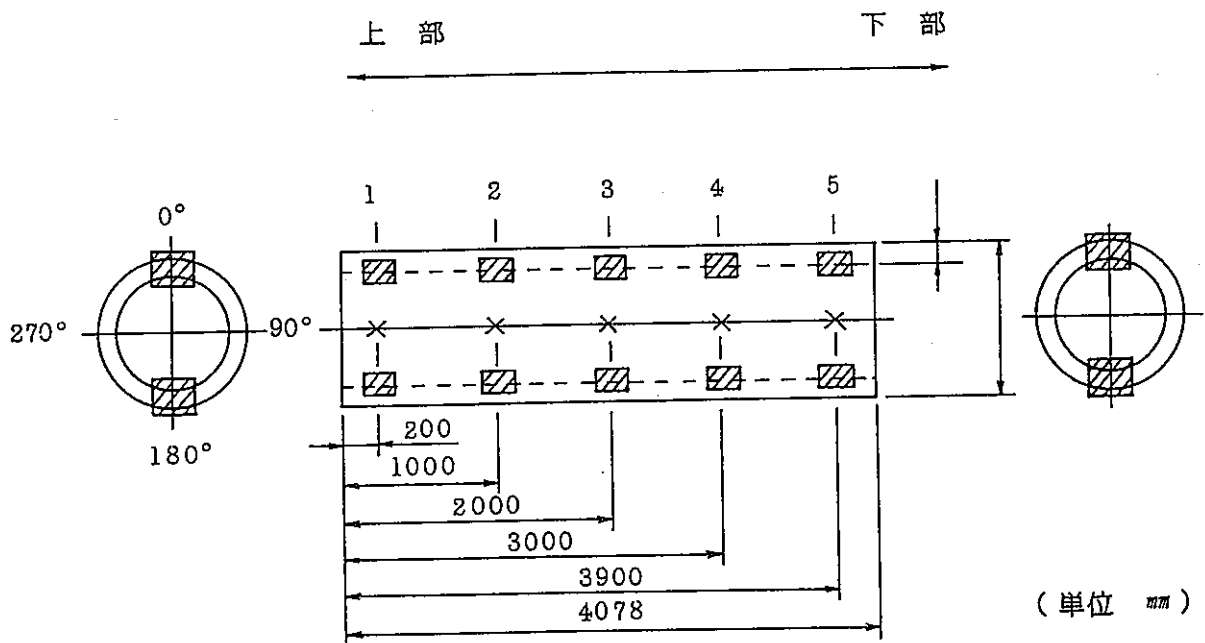


図2.1-2 ボアスコープによる伝熱管観察位置



観察位置は管端上下溶接部 (0° および 180°) および超音波による肉厚測定部のうち 0° および 180° とする。即ち、□印部とする。

図2.1-3 伝熱チューブの内表面観察位置

本試験設備において4000時間運転後の抜管した伝熱チューブは、その内表面に製造時の切削加工跡が残っており、比較として示したラボテスト材及び伝熱チューブ供試材と同様の様子を呈している。また、その表面状態は、サンプリングされた位置による変化は認められない。

また断面観察からも明らかな様に、伝熱チューブの内表面は切削加工による凸凹が若干認められるが、腐食により深さ方向に侵食したPitting等は存在せず、Ti-5Ta及びZrの伝熱チューブは4000時間の運転でその耐食性を維持しつづけたものと考えられる。

伝熱チューブと管板との溶接部（Depo部）においてもその表面が腐食により若干肌荒れを呈しているようにも思われるが、断面部から、局部的に深さ方向に腐食した様子は認められなかった。

目視あるいはボアスコープ観察等で認められた斑点状物質は内表面観察および断面観察からその斑点状物質の下部が深さ方向に局部的に腐食を起こしているものではないと判断される。すなわち、伝熱チューブ内面切削加工時に生じたバリがその表面積が大きいため、本試験設備の運転下で腐食し、酸化物等の状態で表面に付着されているものと推測される。

以上のことから、Ti-5Ta及びZrの伝熱チューブは4000時間試験後も、その内表面は製造加工時の表面状態を残し、また断面観察率からも局部的な腐食は認められず、健全な不動態皮膜により、耐食性を保持しつづけたものと考えられる。また、内表面に存在する斑点状物質も局部腐食により生じたpitでないものと推定される。

4) 表面E PMA分析

2) 内面ボアスコープ観察、3) 表面及び断面SEM観察により認められた斑点状の部分をもより明確に解析するために表面からのE PMA分析を行った。

分析を行った試料は、Ti-5Ta及びZrの4000時間運転後の伝熱チューブ、比較のために行われた実験室での4000時間浸漬後のラボチューブ、及び製造加工ままの伝熱チューブ供試材の3種類、計6試料である。

E PMA分析の対象とした元素は素材であるTi、TaあるいはZr、本試験設備の溶液中に含有するFe、Cr、Ni、Ru、Ce等の元素である。

4000時間運転後のモックアップ試験設備から抜管されたTi-5Ta及びZrの伝熱チューブに存在する斑点は、その主成分元素がTi-5Taについては、Ti、Ta、OおよびZrについては、Zr、Oである。その他に、部分的にFe、Cr、Niが存在しているが、これはカラム濃縮液中に存在するFe、Cr、Niイオンが酸化物、オキシ水酸化物等の形で付着しているものと考えられる。また、Ru、Ceはほとんど認められなかった。

ラボテスト材については試験前後の重量を測定したが、4000時間の浸漬試験においてラボテスト材の重量減はほとんどなく、著しい腐食が生じたとは考えられない。よって、この表面は付着物で覆われたものと考えられる。これはガラスフラスコによるテストであり、その試験期間が4000時間と長いために、ガラスからのSiなどの影響が考えられる。Zrのラボテスト材については、Siの元素分布を調べたところ、テストピースの表面には全面にわたって、Siが付着し、 SiO_{2-x} の形で表面に付着されているものと考えられる。

その他、Fe、Cr、Ni、Ruが一部濃縮されており、これらの元素は、試験溶液中に含有されているイオンが酸化物あるいはオキシ水酸化物の形で付着しているものと推定される。

比較のために、分析を行った伝熱チューブの製造ままのものにおいては、斑点状の部分のOが若干濃縮されており、Ti-5Ta及びZrの表面の不働態皮膜と推定される。また、斑点状近傍にはFeの存在が明確に認められ、この原因としては、内面機械加工による切削時にバイトの刃がチューブ素材にかみこんだことで切削焼き付けを起こし、バイト刃（チップ）の先端からFeが素材にかみこんだと考えられる。

以上のことから、EPMA分析による斑点状の部分の調査では、Ti-5Ta、Zr共に酸化物あるいはオキシ水酸化物であると推定され、その主成分はTi-5Ta及びZrの表面不働態皮膜と考えられる。また、製造加工ままの伝熱チューブ供試材にも同様の斑点模様が認められ、そのまわりにFeが検出されたことから、この斑点模様はバイトの刃による切削による傷ではないかと考える。すなわちTi-5Ta及びZrの伝熱チューブが4000時間の運転下において、局部的に腐食（孔食）を起こしたのではないものと考えられる。

5) 表面 IMA分析

伝熱チューブの内表面の深さ方向 Profile を調べるために、AES、IMA等の検討を行った。

Ti-5Ta、Zrの伝熱チューブを内表面からのProfileを調べた。

この結果から4000時間の運転後で、Ti-5Taの伝熱チューブはおよそ1.0～1.5 μm （推定値）の不働態酸化皮膜が生成されており、その皮膜の中には素材に含まれているTa及びSiが濃縮されており、Taがリッチな皮膜となりTi-5Taの耐食性を保持しているものと考えられる。また、この生成された不働態皮膜の中には、カラム濃縮液中に含まれているFe、Cr、Ni、Ru及びCeが含まれていることがわかり、不働態皮膜がやや暗青色を呈しているのは、これらの元素が若干含有するためではないかと推定される。

Zrのチューブに関しては、その表面に400-600Å程度（推定値）の不働態皮膜が生成されており、その皮膜は、Ti-5Taチューブの場合と同様にFe、Cr、Ni、Ru及びCeが存在しており、また、素材の不純物であるSiも検出された。

Ti-5TaとZrの両者において、そのチューブ内表面に生成された不働態皮膜厚さは異なり、Ti-5Taのチューブの方が、皮膜が厚いものと考えられるが、両者ともにこの安定な不働態皮膜がチューブの耐食性を保持し、局部腐食等を起こさない役割を果たしているものと思われる。

2.1.2 伝熱管以外の缶体部

① 上部、下部チャンネル胴、② 上部、下部気相カラム胴、③ 下部連絡管および④ 上部連絡管の各蒸発缶各部については以下の評価を実施した。

- i) 外観観察
- ii) ボアスコープ内面観察
- iii) 超音波肉厚測定

なお、iii) については、1000時間、2000時間運転後の測定は保温材の取りはずし後復旧が困難なことから、①のみ実施し、4000時間運転終了後においては、全て保温材を取り除いてすべての部位の測定を行った。

以下、各項目別にその結果を報告する。

1) 外観観察およびボアスコープの内面観察

本試験設備の運転期間と共に、Ti-5Ta では各部位が不働態皮膜の形成により、青色を呈し、その表面にはTiの酸化物と思われるルチルが若干付着していた。

Zrの場合は、各部位が黄金色を呈していた。

両者共に、各部位の内面は、不働態皮膜による表面の着色が認められ、溶接ビード等も含めて、局部腐食等は起こっていなかった。

また、残留応力が存在すると思われる部位での応力腐食割れについては肉眼および染料浸透試験により調べたが蒸発缶本体にその徴候は全く認められず、両蒸発缶共に健全な耐食性を有しているものと考えられる。

2) 超音波肉厚測定

測定位置は図2.1-4に示す23箇所各箇所について、0°、90°、180°、270°の4方向とした。

また、この図で示した①～⑥については、運転前、1000時間後、2000時間後、4000時間後の計4回測定し、⑦～⑳については、運転前と、4000時間後の計2回測定を行った。

Ti-5Ta系、Zr系について得られた結果を表2.1-3～2.1-10に示す。

測定部位による減肉量の値(Δt)は、多少のばらつきがあり、その値には4000時間後の運転でマイナス値を示しているものもある。

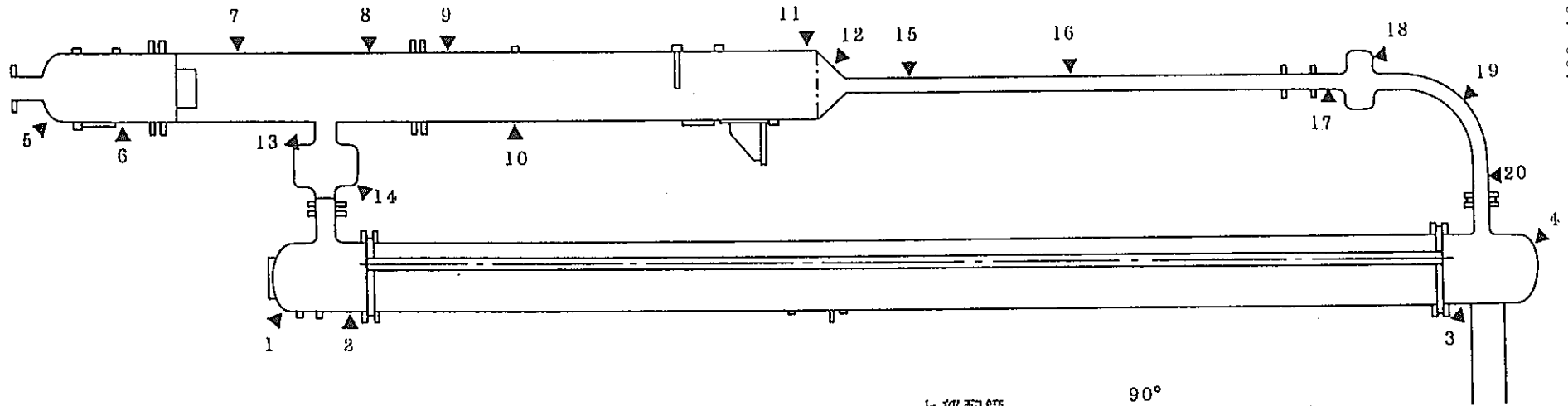
各部位で腐食環境が多少異なるが、各減肉量から、蒸発缶の平均減肉値を求めると、Ti-5Taで約0.03mm、Zrで約0.01mmの減肉値となる。

本測定方法は、前述した伝熱チューブの測定方法に比べて接触型であるため、測定装置自体の公差は±0.01mm程度であるが、被測定物が曲面を呈しており、曲げのRが小さい部分では、測定誤差を生じやすい。

また、被測定物は、酸洗仕上りのものが多く表面は凸凹があり、精度良く肉厚を求めにくい。

このようなことから、測定誤差は±0.05mm程度と推定され、Ti-5Ta 及び Zr の蒸発缶各部位の減肉値は、そのほとんどがこの公差内に含まれる。

よって、4000時間の運転下における蒸発缶各部位の減肉値は詳細な定量性をもって考察できがたいが、両者ともに健全な耐食性を有するものと考えられる。



- 1) 肉厚測定は 0° , 90° , 180° , 270° の 4 方向とする。
- 2) " 位置は、○印のマーキングを施工する。

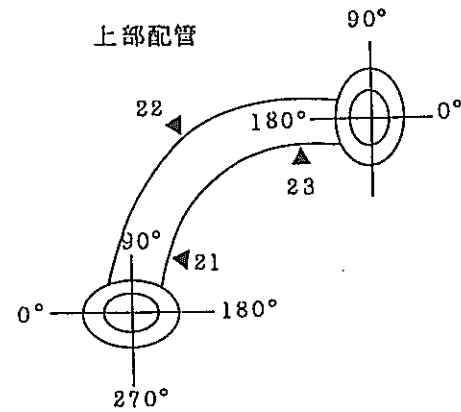


図2.1-4 超音波による肉厚測定箇所 (Ti-5Ta 及び Zr 系)

表2.1-3 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Ti-5Ta 系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(1) 1000hr 後	(2) 2000hr 後	(3) 4000hr 後	$\Delta t = (0) - (3)$
	方向					
①	0°	6.10	6.10	6.11	6.13	-0.03
	90°	6.08	6.04	6.01	6.01	0.07
	180°	6.11	6.05	6.05	6.06	0.05
	270°	6.12	6.08	6.09	6.10	0.02
②	0°	6.35	6.33	6.35	6.33	0.02
	90°	6.33	6.32	6.35	6.34	-0.01
	180°	6.34	6.32	6.36	6.33	0.01
	270°	6.28	6.28	6.32	6.29	-0.01
③	0°	6.34	6.30	6.35	6.33	0.01
	90°	6.40	6.34	6.37	6.35	0.05
	180°	6.38	6.35	6.37	6.37	0.01
	270°	6.35	6.32	6.37	6.36	-0.01
④	0°	6.08	6.05	6.06	6.08	0.00
	90°	6.03	6.03	6.02	6.04	-0.01
	180°	6.11	6.08	6.08	6.10	0.01
	270°	6.14	6.12	6.16	6.14	0.00
⑤	0°	3.66	3.61	3.63	3.64	0.02
	90°	3.59	3.59	3.61	3.60	-0.01
	180°	3.58	3.57	3.58	3.57	0.01
	270°	3.67	3.65	3.62	3.61	0.06
⑥	0°	3.93	3.88	3.92	3.90	0.03
	90°	3.96	3.93	3.92	3.91	0.05
	180°	3.94	3.90	3.94	3.88	0.06
	270°	3.92	3.89	3.93	3.86	0.06

表2.1-4 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Ti-5Ta 系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(3) 4000hr 後	$\Delta t = (0) - (3)$
	方向			
⑦	0°	3.88	3.82	0.06
	90°	3.94	3.91	0.03
	180°	3.96	3.96	0.00
	270°	3.95	3.92	0.03
⑧	0°	3.87	3.84	0.03
	90°	3.95	3.93	0.02
	180°	3.99	3.95	0.04
	270°	3.97	3.96	0.01
⑨	0°	3.92	3.89	0.03
	90°	3.91	3.90	0.01
	180°	3.90	3.87	0.03
	270°	3.83	3.78	0.05
⑩	0°	3.98	3.92	0.06
	90°	3.98	3.94	0.04
	180°	3.94	3.89	0.05
	270°	3.91	3.85	0.06
⑪	0°	3.98	3.93	0.05
	90°	3.98	3.92	0.06
	180°	3.91	3.91	0.00
	270°	3.92	3.83	0.09
⑫	0°	3.76	3.72	0.04
	90°	3.76	3.72	0.04
	180°	3.77	3.75	0.02
	270°	3.71	3.72	-0.01

表2.1-5 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Ti-5Ta 系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(3) 4000hr 後	$\Delta t = (0) - (3)$
	方向			
⑬	0°	3.33	3.31	0.02
	90°	3.48	3.43	0.05
	180°	3.43	3.38	0.05
	270°	3.46	3.45	0.01
⑭	0°	3.40	3.40	0.00
	90°	3.32	3.32	0.00
	180°	3.44	3.40	0.04
	270°	3.27	3.30	0.03
⑮	0°	3.97	3.92	0.05
	90°	3.92	3.93	0.01
	180°	3.92	3.86	0.06
	270°	3.95	3.89	0.06
⑯	0°	3.98	3.96	0.02
	90°	3.92	3.89	0.03
	180°	3.98	3.95	0.03
	270°	3.95	3.90	0.05
⑰	0°	3.91	3.84	0.07
	90°	3.86	3.85	0.01
	180°	3.84	3.84	0.00
	270°	3.96	3.86	0.00
⑱	0°	3.34	3.32	0.02
	90°	3.34	3.40	0.06
	180°	3.36	3.39	0.03
	270°	3.34	3.34	0.00

表2.1-6 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Ti-5Ta 系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(3) 4000hr 後	$\Delta t = (0) - (3)$	備考
	方向				
⑰	0°		3.73		
	90°	3.85	3.83	0.02	
	180°	4.26	4.15	0.11	
	270°	3.97	3.91	0.06	
⑱	0°	3.96	3.86	0.10	
	90°	3.88	3.90	-0.02	
	180°	3.90	3.86	0.04	
	270°	3.97	3.89	0.08	
⑳	0°	3.62	3.42	0.20	* dial caliper による参 考測定値 3.37mm
	90°	3.79	3.78	0.01	
	180°	4.22	4.08	0.14	
	270°	3.85	3.72	0.13	
㉑	0°	3.75	3.68	0.07	
	90°	3.89	3.82	0.07	
	180°	4.06	4.03	0.03	
	270°	3.88	3.79	0.09	
㉒	0°	3.49	3.54	-0.05	
	90°	3.76	3.80	-0.04	
	180°	4.20	4.10	0.10	
	270°	3.84	3.71	0.13	

表2.1-7 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Zr系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(1) 1000hr 後	(2) 2000hr 後	(3) 4000hr 後	$\Delta t = (0) - (3)$
	方向					
①	0°	5.83	5.82	5.82	5.83	0.00
	90°	5.77	5.77	5.77	5.78	-0.01
	180°	5.86	5.86	5.87	5.88	-0.02
	270°	5.78	5.75	5.75	5.77	0.01
②	0°	6.39	6.38	6.37	6.42	-0.03
	90°	6.25	6.23	6.22	6.26	-0.01
	180°	6.35	6.35	6.37	6.39	-0.04
	270°	6.37	6.41	6.41	6.43	-0.06
③	0°	6.32	6.30	6.29	6.34	-0.02
	90°	6.40	6.39	6.38	6.43	-0.03
	180°	6.37	6.36	6.35	6.42	-0.05
	270°	6.20	6.18	6.20	6.23	-0.03
④	0°	5.76	5.75	5.75	5.77	-0.01
	90°	5.72	5.70	5.73	5.76	-0.04
	180°	5.81	5.81	5.81	5.84	-0.03
	270°	5.85	5.83	5.85	5.86	-0.01
⑤	0°	3.70	3.65	3.71	3.65	0.05
	90°	3.70	3.68	3.67	3.64	0.06
	180°	3.69	3.67	3.68	3.69	0.00
	270°	3.72	3.68	3.69	3.71	0.01
⑥	0°	4.11	4.06	4.06	4.09	0.02
	90°	4.07	4.07	4.08	4.10	-0.03
	180°	4.04	4.02	4.04	4.03	0.01
	270°	4.05	4.03	4.02	4.05	0.00

表2.1-8 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Zr系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(3) 4000hr 後	$\Delta t = (0) - (3)$
	方向			
⑦	0°	4.07	4.07	0.00
	90°	4.14	4.15	-0.01
	180°	4.14	4.14	0.00
	270°	4.06	4.06	0.00
⑧	0°	4.06	4.04	0.02
	90°	4.09	4.10	-0.01
	180°	4.06	4.10	-0.04
	270°	4.05	4.04	0.01
⑨	0°	4.08	4.08	0.00
	90°	4.08	4.10	-0.02
	180°	4.02	4.03	-0.01
	270°	3.99	3.99	0.00
⑩	0°	4.12	4.12	0.00
	90°	4.10	4.11	-0.01
	180°	4.04	4.06	-0.02
	270°	4.03	4.03	0.00
⑪	0°	4.20	4.18	0.02
	90°	4.19	4.18	0.01
	180°	4.13	4.12	0.01
	270°	4.12	4.13	-0.01
⑫	0°	3.89	3.89	0.00
	90°	3.87	3.84	0.03
	180°	3.82	3.82	0.00
	270°	3.85	3.82	0.03

表2.1-9 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Zr系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(3) 4000hr 後	$\Delta t=(0)-(3)$
	方向			
⑬	0°	3.56	3.53	0.03
	90°	3.63	3.64	-0.01
	180°	3.67	3.62	0.05
	270°	3.52	3.48	0.04
⑭	0°	3.53	3.58	-0.05
	90°	3.56	3.56	0.00
	180°	3.57	3.58	-0.01
	270°	3.63	3.63	0.00
⑮	0°	4.20	4.20	0.00
	90°	4.23	4.18	0.05
	180°	4.17	4.17	0.00
	270°	4.20	4.16	0.04
⑯	0°	4.15	4.15	0.00
	90°	4.16	4.17	-0.01
	180°	4.12	4.13	-0.01
	270°	4.13	4.15	-0.02
⑰	0°	4.12	4.11	0.01
	90°	4.08	4.10	-0.02
	180°	4.15	4.15	0.00
	270°	4.17	4.13	0.04
⑱	0°	3.62	3.61	0.01
	90°	3.58	3.55	0.03
	180°	3.54	3.48	0.06
	270°	3.58	3.58	0.00

表2.1-10 超音波による蒸発缶各部位の測定値 (Zr系)

部位	測定時間	(0) 完成時	(3) 4000hr 後	$\Delta t=(0)-(3)$	備考
	方向				
⑱	0°	4.00	4.01	-0.01	
	90°	4.14	4.11	0.03	
	180°	4.33	4.29	0.04	
	270°	4.09	4.09	0.00	
㉑	0°	4.08	4.06	0.02	* dial caliper による参 考測定値 4.20mm
	90°	4.43	4.15	0.08	
	180°	4.10	4.05	0.05	
	270°	4.08	4.04	0.04	
㉒	0°	3.99	3.93	0.06	
	90°	4.03	4.02	0.01	
	180°	4.23	4.18	0.05	
	270°	4.22	4.16	0.06	
㉓	0°	3.98	3.97	0.01	
	90°	4.02	4.03	-0.01	
	180°	4.28	4.27	0.01	
	270°	4.33	4.31	0.02	
㉔	0°	3.85	3.81	0.04	
	90°	4.11	4.10	0.01	
	180°	4.22	4.19	0.03	
	270°	4.17	4.14	0.03	

2.2 モニタリングテストクーポンによる評価

テストクーポンによる腐食速度を算出し、実プラントの腐食をモニタリングするために、本試験設備においては、下記に示す2種類のテストピースをカラム上部（気相部）、カラム部（液相部）、ボイラ部（液相部）の計3ヶ所に取り付けた。

- ・ 平板試験片 …… 重量減から腐食速度を求める
- ・ U-bend試験片 …… 応力腐食割れの有無を調べる

平板試験片においては、Ti-5TaとZrのものには、溶接ビード部を設け、SUS304L及びNAR310Nbは通常の平板である。寸法は、4種の材料において全て同じである。

U-bend試験片は、Ti-5Ta、Zr、SUS304Lについてのみ作成した。

Ti-5Ta製テストクーポンはTi-5Ta製試験設備に、Zr製テストクーポンはZr製試験設備に取り付けた。また、SUS304L製テストクーポンは両系に、NAR310Nb製テストクーポンはTi-5Ta製試験設備に取り付けた。

各テストピースの取り付け時間は、Ti-5Ta、Zr、SUS304Lのテストクーポンは、1000、2000、3000及び4000時間とした。

なお、NAR310Nbに関しては、貴事業団殿より御支給頂いたテストクーポンの数量に制限があるため、1000時間及び4000時間の試験期間のものが得られるようにした。

試験後のモニタリングテストクーポンにおいては、以下に示す評価を行った。

(1) 平板状テストクーポン

- i) 外観観察
- ii) 重量減からの腐食速度
- iii) 表面SEM観察
- iv) 断面マイクロ組織観察
- v) 表面IMA分析（一部のものについて）

(2) U-bendテストクーポン

- i) 外観観察
- ii) 断面観察

以下、平板状テストクーポン、U-bendテストクーポンに分けて評価結果を報告する。

(1) 平板状テストクーポン

i) 外観観察

Ti-5Ta のテストクーポンは、試験時間が長くなるに従ってその表面が黒色化し、試験前の金属光沢は認められなかった。特にカラム液相部、ボイラ部に取り付けたものについては、1000時間試験後のテストクーポンにおいてすでに、もとの金属肌の部分がほとんどなく、3000時間以上の試験材については、気相部も含めて全てのテストクーポンが黒色を呈したが、研磨キズが認められることより腐食した徴候は認められなかった。

テストクーポン表面には溶接ビード部が予め設けられているが、溶着金属部及び熱影響部が母材部と比べて特に腐食による肌荒れを生じている様には見られない。

Ti-5Ta のテストクーポンの表面が、試験時間と共にこのような黒色を呈するのは、本試験設備の硝酸環境下において、表面に不動態酸化皮膜の生長のためと思われるが、この点については別途表面の IMA 分析を行ったので後述する。

Zr のテストクーポンは、試験期間及びテストクーポン取付け位置とは関係なく、全てのものが黄金色を呈しており、その色は試験期間が長いもの程若干濃くなっている。

テストクーポンの表面は、腐食による肌荒れ等は見られず、熱影響部と母材部との境界部で表面が青色を呈している程度である。

表面の黄金色は、Ti-5Ta のテストクーポンの場合と同様に本環境下の浸漬中に生成された不動態皮膜に由来すると思われる。この点についても別途述べるものとする。

SUS304L のテストクーポンは、試験期間、取付け部位に関係なく、全てのテストクーポンが暗褐色を呈し、その表面は、粒界腐食によりかなり肌荒れを起こしている。特に、カラム上部（気相部）に取り付けたテストクーポンは、カラム液相部、ボイラ部に比べて減肉が著しく、2000時間試験のものにおいてはすでに、かなり肉厚が薄くなっており、4000時間試験のものは、テストクーポンのうち1つが腐食により溶失していた。

テストクーポンの外観観察だけでも、Ti-5Ta 及び Zr は SUS304L に比べて、本環境下において、優れた耐食性を有することが明らかである。

貴事業団殿から御支給頂いた NAR310Nb においては、SUS304L ほど著しく肉厚減少は認められなかったが、4000時間の試験において、表面がかなり肌荒れを呈しており、若干褐色をおびている。SUS304L のテストクーポンほど腐食を生じていないが、ほぼ同様の粒界腐食を起こしているものと推察できる。

ii) 重量減からの腐食速度

① Ti-5Ta

Ti-5Ta のテストクーポンの腐食速度は、試験期間（1000、2000、3000及び4000時間）に関係なく、ほぼ0.01mm/y 前後の低い腐食速度であった。

つまり、試験期間の長さに、腐食速度の値があまり影響を及ぼさないということはTi-5Ta のテストクーポンが試験期間中にその腐食が加速されたり、または抑制されることがなく、常に一定の割合でわずかに腐食しているものと思われる。

また、テストクーポン取り付け位置による腐食速度の値には、大きな差は認められないが、傾向としてはカラム上部（気相部）<カラム液相部<ボイラ部の順にやや腐食速度が大きくなっている。

モニタリングテストクーポンの重量減による腐食速度の値は、その試験期間が長いものほど、その値に信頼性があることは言うまでもなく、特に高耐食性材料で重量減が非常に小さい場合、試験期間が短いと算出された腐食速度に重量測定誤差が大きく影響してくる。

さらに、Ti-5Ta のモニタリングテストクーポンの腐食速度の値は、従来、実験室規模における腐食試験で得られた結果と比べて、小さい値を示した。

これは実験室規模の腐食試験での硝酸凝縮部はほとんど理想的に純硝酸で洗浄される環境になっている為であり、一方、本試験設備における気相部は腐食に伴うイオン（ Ti^{m+} 、 Ta^{n+} など）がテストクーポンに滞留し、これらがインヒビターになっているためと思われる。

② Zr

Zr のテストクーポンは、供試した4種の材質のうちで最も小さい腐食速度の値を示し、テストピースの試験期間及び取り付け位置に関係なく、0.0001～0.0004mm/y の値である。

このレベルの値は、天秤測定誤差の影響を受けやすいが、いずれにしても、腐食速度の値は小さくTi-5Ta の値と比べると、数分の1から10分の1程度である。

③ SUS304L

SUS304Lは、硝酸環境中において、粒界腐食型の過不働態腐食を起こすことが知られている。

腐食速度の値は、カラム上部（気相部）に取り付けたもので1～3 mm/y、カラム液相部、ボイラ部に取り付けたもので0.1～0.4mm/y 程度で、カラム液相部<ボイラ部<<カラム上部（気相部）の順に、その値は大きくなっている。

実験室模擬の腐食試験で求められたSUS304Lの腐食速度の値と比べて、液相部であるカラム液相部、ボイラ部の値はほぼ同程度か、やや大きめの値であるが、気相部の値は実験室における腐食試験による値よりもはるかに大きく、約50～100倍程度である。

このように、気相部における腐食速度の値が実験室レベルの値よりも大きくなった理由としては、

- a) テストクーポン表面が高温硝酸蒸気動下でドライ&ウェットが繰り返され、その表面に腐食により溶出したFe、Crなどのイオンが滞留し、過不働態腐食を加速した。
- b) 硝酸蒸気に含まれる揮発性Ruが、テストクーポンに沈着し、過不働態腐食を加速した。

等の理由が考えられ、この中でもa)が一番大きな原因と推定される。

ただ、このようなステンレス鋼のプラントにおける気相部の腐食は、実験室の腐食試験では、模擬しにくい条件であることから今後の材料選定において大変有効なデータである。

④ NAR310Nb

NAR310Nbは、SUS310にNbを0.25wt%程度添加したオーステナイト系ステンレス鋼であり、貴事業団殿よりの御支給材である。

モニタリングテストクーポンとして、作成できる数量に制限があったため、評価用としては、1000時間用と4000時間用の2種類を用意して試験に供した。

なお、4000時間用のテストクーポンは、2000時間の試験後重量減を求め腐食速度を算出し、再び延べ4000時間の浸漬試験に供した。

得られた腐食速度は、試験期間と共に、わずかに大きくなってカラム上部、気相部で0.1→0.3mm/y、カラム液相部、ボイラ部で0.02→0.07mm/yと増加した。

取り付け部位による腐食速度の値の差は、SUS304Lの場合とその傾向は同じでカラム液相部<ボイラ部<カラム上部(気相部)の順で腐食速度は大きくなった。しかしながら、その値はSUS304Lの約1/10で、耐食性はSUS304Lに比べて優れていた。

以上の結果より、各種モニタリングテストクーポンからの耐食性評価をまとめるとその腐食速度は

Zr < Ti-5Ta << NAR310Nb << SUS304L

の順であった。

iii) 表面SEM観察

試験後のTi-5Ta、Zr、SUS304L及びNAR310Nbの表面をSEM観察し、各テストクーポンの腐食状況を調査した。

なお、観察場所はTi-5TaとZrにおいては、溶着金属部（DEPO部）、熱影響部（HAZ部）、母材部（酸洗仕上り面と研磨面）で、SUS304L、NAR310Nbにおいては、母材部研磨面とした。

・Ti-5Ta 及び Zr

これらのテストクーポンは、最も試験時間の長い4000時間試験後のものにおいても、研磨面はやや肌荒れを生じている程度の状態で、研磨傷がはつきりと残されている。またDEPO部及びHAZ部も特に、顕著な腐食は無く健全であった。

Ti-5Ta 及び Zr は、腐食速度の値が非常に小さく、軽微な全面腐食を生じた程度でその表面状態は、試験前のものとほとんど変化していないものと考えられる。

・SUS304L 及び NAR310Nb

これらのテストクーポンは、典型的な粒界腐食を起こしており、粒界の選択的腐食と脱粒の繰り返しでテストピースの減肉を生じたものと思われる。

NAR310NbはSUS304Lに比べ腐食速度が約 1/10 程度であるため、1000時間後の表面は粒界が軽く腐食を起こした程度であったが、4000時間後の表面はSUS304Lと同様に、全面にわたり粒界腐食を起こし脱粒を生じているのがわかる。

iv) 断面ミクロ組織観察

試験後のTi-5Ta、Zr、SUS304L及びNAR310Nbのテストクーポンの断面からの組織観察を行い、各テストクーポンの表面からの腐食状況を調査した。

Ti-5Ta 及び Zr については、母材部、HAZ部、DEPO部に関係なく、表面層は平らでなめらかな様子を呈し、板厚方向への局所的な腐食及び溶接部近傍の局部腐食等は認められず、表面からのSEM観察の結果とも併せて、この両者は健全な耐食性を維持できたものと考えられる。

一方SUS304L及びNAR310Nbでは、表面からの粒界の選択的腐食及びそれに伴う脱粒を生じており、一部粒内も腐食を起こしている。短期間の試験においては、この両者の腐食の程度には、差が認められるが、4000時間の長期試験では、減肉量は異なるものの、表面の腐食は同じ様子を呈しており、耐食性は両者ともTi-5Ta、Zrには及ばないものと推定される。

v) 表面 IMA 分析 (SIMS 分析)

得られた結果で、O 元素の強度の深さ方向の減衰カーブにより、表面に生成された酸化皮膜の厚さを推定することができ、Ti-5Ta のテストクーポンでは 2000~4000 Å と見積られる。

Zr のテストクーポンについては 200~400 Å の不働態酸化皮膜が形成されていると考えられる。

一般に、製造加工状態における Ti-5Ta 及び Zr の表面酸化皮膜は 30~50 Å 程度であるから、両者共に 2000 時間の試験期間下において、不働態皮膜が成長し、その程度は Ti-5Ta の方がかなり大きいと思われる。

また生成された酸化皮膜は、Ti-5Ta に関しては $Ti_x Ta_y O_z$ の組成が、Zr に関しては、 ZrO_{2-x} の組成が主成分であると考えられるが、それ以外に皮膜中には Fe、Cr、Ni が含まれており、若干の Ru、Ce も存在している。また Ti-5Ta では表面層で Ta がわずかに濃縮されており表面酸化物皮膜の耐食性を保つ役割をしていると考えられる。

Ti-5Ta と Zr とでは生成された酸化皮膜の厚みは異なるが、両者共に安定な不働態皮膜を有し、耐食性を保持しているものと推察される。

(2) U-bend テストクーポン

i) 外観観察

試験後の Ti-5Ta、Zr、SUS304L の U-bend テストクーポンの外観観察写真を別冊に示す。

各テストピースの表面状態は、平板テストクーポンと同様で Ti-5Ta については暗青色~黒色を呈し、Zr については黄金色、SUS304L は暗褐色の肌荒れ状態になっている。

外観観察からは、Ti-5Ta、Zr、SUS304L の全てのテストクーポンにおいて、このようなクラックは認められず、Ti-5Ta、Zr に関しては、均一な不働態皮膜が形成され SUS304L に関しては、典型的な粒界腐食を起こして、長時間浸漬試験のものは肉厚が薄くなっていた。SUS304L は、硝酸環境下において過不働態腐食を生じ、この腐食形態が優先的に起こるため応力腐食割れを発生しにくい。

ii) 断面観察

試験期間の最も長い 4000 時間浸漬後の Ti-5Ta 及び Zr の U-bend テストクーポンにおいて断面観察を行った。

Ti-5Ta、Zr の U-bend テストピースは、共に取り付け部位に関係なく、残留応力部分に割れは認められず健全であった。

「高酸化性環境下における新材料の腐食挙動の調査」において、印加電位下のSSRT試験により、Zrは酸回収蒸発缶模擬環境下(B.P.)において、その電位が1.25V vs Ag/AgClになると応力腐食割れが顕著に認められることを報告したが、本試験設備においては、蒸発缶の自然電位(腐食電位)が4000時間の運転を通して、0.8~0.9V vs Ag/AgClであり、このことから考えてU-bendテストクーポンもほぼ同じ電位に保たれていたと思われる。よって、ZrのU-bendテストクーポンには応力腐食割れによるクラックは認められず、同様にTi-5Taの場合も健全であった。

2.3 コローソメータによる評価

コローソメータは取り付けられた実プラントの腐食状況をモニタリングするための装置であり、プローブと呼ばれるエレメントをプラント内に設置し、システム本体とリード線で接続されている。

コローソメータの腐食率の測定原理は、プローブの先端に取付けられた金属製エレメントが、腐食環境下に曝された場合、腐食によってその肉厚が減少し、エレメントの断面積が小さくなる。その結果、エレメント自体の電気抵抗が増加し、この増加された電気抵抗の値から、自動的にそのエレメントの腐食率に換算する。

本モックアップ試験設備においては、Ti-5Ta系、Zr系のカラム（気相）部、カラム（液相）部、ボイラ部の3ヶ所にとりつけた。

測定値に多少のバラツキはあるが、減肉量の値の変化には傾向が認められ、Ti-5Ta系ではカラム気相部、カラム液相部に取り付けられたものは、わずかながらに減肉量の値が時間と共に増加した。ボイラ部に取り付けられたものは、逆に減肉量の値が初期の値より減少した。

Zr系の方はボイラ部に取り付けられたもののみしかデータが取れなかったが、その値は1.2~1.4 μm の範囲で変動し、ほぼ一定値を示した。

減肉量がわずかながらも増加したTi-5Ta系のカラム気相部、カラム液相部について考えると、2000時間の試験期間で減肉量の増加分 Δ 減肉量は、0.1~0.2 μm 程度であり、年間腐食速度に換算すれば、その値が

$$0.0004\sim 0.0009 \text{ mm/y}$$

となり、非常に小さい値となる。

すなわち、コローソメータによる腐食速度のモニタリングは、最も感度の良いタイプを使用したにもかかわらず、Ti-5TaあるいはZrは測定限界以下であった。すなわち、Ti-5Ta及びZrは十分に高耐食性を示した。しかしながら、本タイプを実機環境で使用するには、さらに、硝酸溶液中でのシール性および耐放射線性について入念な検討が必要である。

2.4 蒸発缶本体の腐食電位の評価

小型モックアップ試験設備によって、Ti-5Ta 及び Zr で製作された蒸発缶本体の腐食電位（自然電位）をモニタリングするために、カラム液相部に標準電極として、白金電極を取り付け、白金に対する蒸発缶本体の腐食電位を求めた。

Ti-5Ta 系、Zr 系両設備共に、800～900mV vs Ag/AgCl の幅で変化しているが、運転時間を経るに従って、その電位に比較的安定し、両系共に800mV前後の腐食電位を示した。

腐食電位の変動の原因は、運転溶液の液更新の影響、カラム濃縮液中のRu イオン、Fe イオン等の濃度変化、参照電極である白金電極自体の安定性等が原因と考えるが、最終的にはほぼ安定した腐食電位の値は、実験室規模の実験において求められた数多くの腐食電位の値と同程度の値を示した。すなわち本試験設備におけるTi-5Ta 及び Zr 製の各蒸発缶本体は4000時間の運転を通して常に不働態を保持し続け、活性腐食あるいは過不働態腐食を起こしていないものと推察される。

2.5 溶出イオン量からの腐食速度の推定

Ti、Ta イオン及び Zr イオンは小型モックアップ試験設備の蒸発缶本体、モニタリングテストピース等の腐食により、硝酸溶液中に溶出されたイオンであり、そのイオンのほとんど全てが、カラム内濃縮液中に濃縮されていることが ICP 分析結果により明らかとなった。溶出イオンの分析により腐食速度を推算する方法は、本試験設備においては、正確な接液面積、接液部の温度分布、接液部の硝酸濃度分布等が十分に把握できない為に、腐食速度の算出された値は概算値であるが、腐食速度の指標となるものである。

Ti-5Ta 系においては、Ti イオン及び Ta イオンを Zr 系においては、Zr イオン濃度を ICP 分析により定量し、その濃度から、一定運転時間内に溶出されたイオン総量を積算し、蒸発缶本体の平均腐食速度を推算した。

次式にその計算方法を示す。

$$\text{蒸発缶の腐食速度 (mm/y)} = \frac{W \times 24 \times 365 \times 10}{S \times \rho \times T}$$

W : 所定時間運転における溶出イオン総量 (gr)

S : 試験設備本体の接液総面積 78462.5 (cm²)

ρ : 各材料の比重

Ti-5Ta : 4.67 (g/cm³)

Zr : 6.72 (g/cm³)

T : 運転時間 (hr)

Ti-5Ta 系においては、4000時間の運転を通して0.002~0.004 mm/y の推定値となった。

一方、Zr 系においては、運転時間と共に蒸発缶の腐食速度の推定値は、減少する傾向が見られ、また、それらの値は全て0.001mm/y 以下の値を示した。

得られた蒸発缶の腐食速度の推定値は、本試験設備本体の平均的な概算値であり、イオン分析精度の問題等からも、計算値は絶対的なものとは言えないが、2.2章で得られたモニタリングテストピースの腐食速度の値とほぼ同程度か、やや高めの値が得られた。

また、腐食速度を推定する際の計算式中に用いたS、即ち蒸発缶本体の接液総面積は蒸発缶カラム及びボイラ部の内面が一様な平坦を呈しているのではなく製造プロセス上、shot-blat → 酸洗仕上げであるため、幾何学的に凸凹が全面にわたっており、計算上のカラム、チャンネル等の面積に比べ、実際の液接触面積は幾分大きいことは明らかと考えられ、腐食速度の推定値がモニタリングテストクーポンのそれよりもやや高めの値が得られた原因と思われる。

結論として、Ti、Ta 及び Zr イオンの溶出量からの蒸発缶全体の腐食速度の推定値は絶対的な値そのものはあくまでも推定の域を抜けないが、Ti-5Ta 系、Zr 系共に、モニタリングテストピースの腐食速度に近い値を示しており、腐食速度の指標としての妥当性は充分にあるものと考えられる。この値からもTi-5Ta 系、Zr 系共に蒸発缶本体は4000時間の運転を通して、健全な耐食性を保持されたものと推定することができる。

2.6 まとめ

(1) 試験設備本体の耐食性評価

実験室規模では模擬しがたい部位について詳細な観察を行い耐食性を評価した。すなわち、伝熱管については使用した7本のうちの1本を抜管し、内表面、断面および管板との溶接部について観察したが、Ti-5Ta及びZrのいずれも全体に健全な状態であり、優れた耐食性を示した。内表面にはいずれの系も斑点が認められたため詳細な検討を行ったが、内面機械研磨時の加工傷に起因するものと推定され、孔食などの局部腐食ではないことが確認された。

伝熱管以外の部位例えばボイラ上、下部、カラム上、下部の鏡板など、いずれの部位も全体に健全な状態であり、Ti-5Ta、Zrいずれも優れた耐食性を有することが実証できた。

(2) モニタリングテストクーポンによる評価

4000時間の運転下で、Ti-5Taのテストクーポンは、約0.001mm/y、Zrの場合は、0.001mm/y以下であった。SUS304L、NAR310Nbのテストクーポンは、気相部に取り付けたものが、腐食速度が一番大きくSUS304Lで約2~3mm/yとなった。

また、表面及び断面観察からも、Ti-5Ta及びZrの耐食性が実証された。

U-bendテストクーポンからは、Ti-5Ta、Zr及びSUS304Lの応力腐食割れの徴候は全く認められなかった。

(3) コロソメータによる評価

コロソメータから腐食速度がいずれも0.0004~0.0009 mm/yと算定され、その値はコロソメータの精度限界レベルであり、Ti-5Ta、Zrいずれもすぐれた耐食性を有することを示した。しかし、実機に適用するには、硝酸溶液中にて十分シール性、耐放射線性などを検討する必要がある。

(4) 腐食電位の評価

4000時間の運転において、Ti-5Ta、Zrの両試験設備共に800mV vs Ag/AgClの腐食電位を示したことより、安定な不働態領域であったものと考えられる。

(5) 溶出イオン量からの腐食速度の推定

溶出イオンから算出した試験設備の平均腐食速度の値は、Ti-5Ta、Zrの両試験設備共にモニタリングテストクーポンによる腐食速度に近い値であり、いずれもすぐれた耐食性を有することを示した。また、同時にこの事より溶出イオン量から、腐食速度の指標値を得られることが明らかになった。

3. 今回の試験方法

3.1 評価対象部位

Ti-5Ta 製及び Zr 製の各モックアップ装置について、材料評価対象部材として、腐食環境が異なる次の5部材を選定した。

- ① 伝熱管（7本中1本を評価した）
- ② 加熱部上部チャンネル
- ③ 上部連絡管
- ④ 蒸発部塔頂部
- ⑤ ベンド配管（R配管）

さらに、上記5部材のなかでさらに評価部位を細分し、肉厚測定以外の試験項目については、表3.1-1に示す25部位を評価対象とした。

また、肉厚測定は次の56部位は次のとおりとした。

- ・伝熱管 : 5カ所×周方向4カ所=20部位
- ・加熱部上部チャンネル : 2カ所×周方向4カ所=8部位
- ・上部連絡管 : 2カ所×周方向4カ所=8部位
- ・蒸発部塔頂部 : 2カ所×周方向4カ所=8部位
- ・ベンド配管 : 3カ所×周方向4カ所=12部位

なお、評価対象の5部材のうち、次の3部材はフランジ部で取外しができるため、そのままの形状でモックアップ装置から取外した。

- ・加熱部上部チャンネル
- ・蒸発部塔頂部
- ・ベンド配管（R配管）

しかし、上部連絡管は蒸発部胴上側と、伝熱管は加熱部胴と溶接されているため、蒸発部上側及び加熱部胴を取外し、弊社搬入後評価部位を切断した。

したがって、モックアップ装置から取外し、弊社に搬入した部材は次の5部材である。

- ① 加熱部胴（弊社搬入後、伝熱管1体を切断）
- ② 蒸発部胴上側
- ③ 加熱部上部チャンネル
- ④ 蒸発部胴上側（弊社搬入後、上部連絡管を切断）
- ⑤ ベンド配管

評価対象部材、取外し部材及び肉厚測定位置を図3.1-1に示す。

表3.1-1 各部材の評価部位（1材質部分）

評価部材	母材部	溶接部
伝熱管	(1)上部管板から0.5m付近 (2)上部管板から2.0m付近 (3)下部管板から0.5m付近	なし
加熱部上部チャンネル	(4)鏡部 (5)胴部 (6)温度計さや部 (先端に近い部分)	(7)胴長手溶接部 (8)上部連絡管ノズル座溶接部
上部連絡管	(9)上部伸縮管平行胴 ┌上部 └下部 (10)上部伸縮管 ┌上部 └下部	(11)上部伸縮管／平行胴溶接部 (12)伸縮管／ノズル座溶接部
蒸発部塔頂部	(13)鏡部 (14)塔頂部ノズル (15)塔頂部ノズル座 (16)胴部 (17)温度計さや部 (先端に近い部分)	(18)塔頂部ノズル長手溶接部 (19)鏡部／塔頂部ノズル座溶接部 (20)胴長手溶接部
バンド配管	(21)硝酸蒸気入口側付近 (22)配管中央付近 (23)硝酸蒸気出口側付近	(24)配管長手溶接部（入口付近） (25)配管長手溶接部（出口付近）

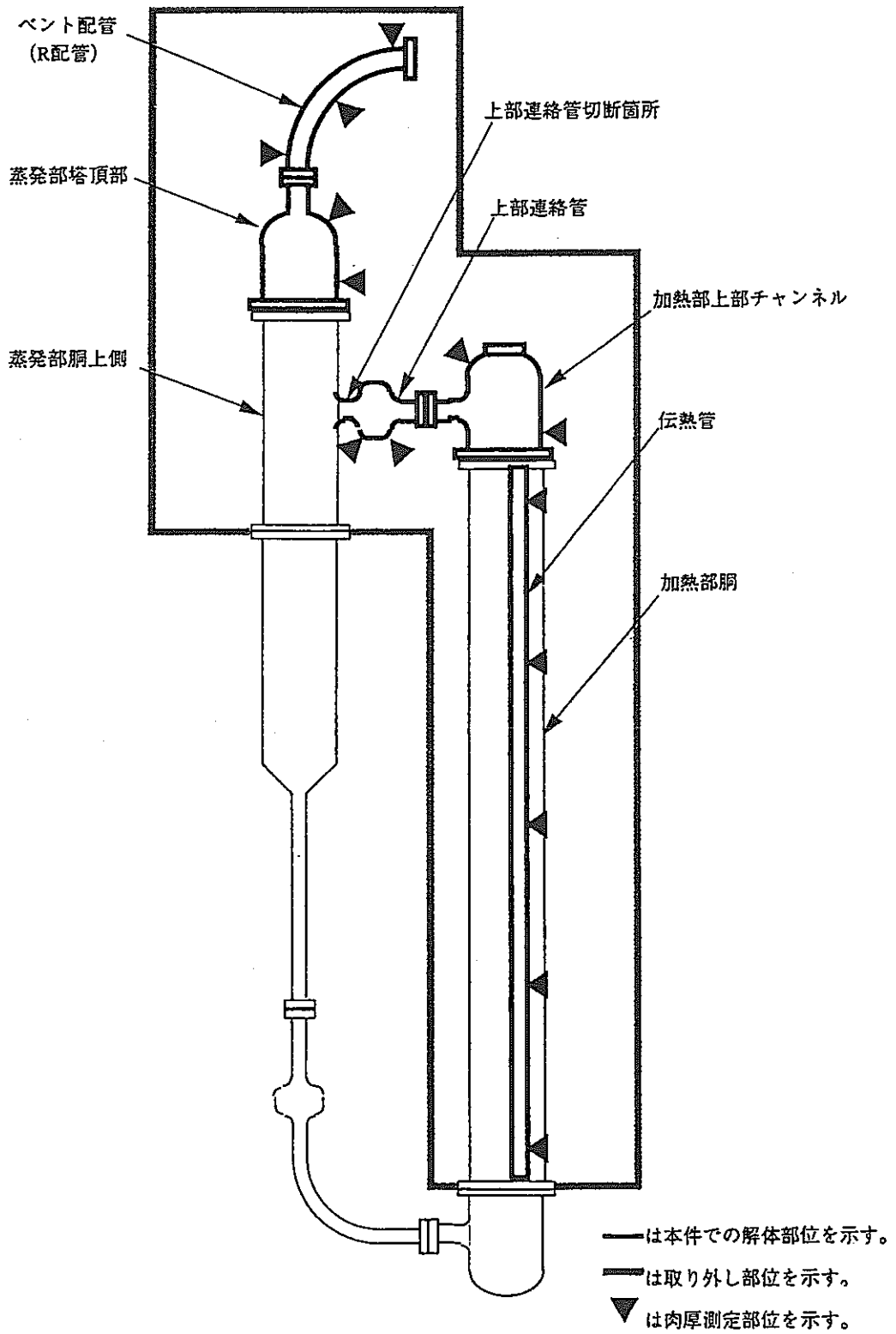


図3.1-1 評価対象部位、取外し部位及び肉厚測定部位

3.2 試験項目

1) 機械的強度評価試験

40000時間試験運転完了後のTi-5Ta及びZrの機械的強度について強度変化の確認、溶接構造部の材料強度を把握するために評価部材各部の下記に示す評価を行った。

- ① 引張試験
- ② 曲げ試験
- ③ 硬さ試験

なお、Ti-5Ta及びZrのJIS規格は無く、試験方法は純Tiに関するJIS規格等に準拠して実施した。

2) 肉厚測定

本試験装置は、以前に試験前及び試験運転時間4000時間後（一部の評価部位については1000時間、2000時間についても実施）に超音波肉厚測定を実施しており、その測定部位と同じポイントについてマイクロメーターにより肉厚測定を実施することで、評価部位各部の腐食減肉量について確認を行った。

3) 表面粗さ測定

腐食環境に曝された評価部材各部の表面状況を接触式表面粗さ計を用いて測定し、表面粗さからみた腐食状況を比較検討した。

4) 断面観察

評価部位各部について光学顕微鏡を用いて断面部の観察を行い、腐食損傷状況について確認した。

5) 表面SEM観察

評価部材各部の腐食状況を把握するためにSEM観察を行った。

6) 元素組成測定

評価部材各部の表面に形成された酸化皮膜等についてESCAにより、定性及び定量分析を実施すると共に、皮膜を構成する酸化物等の化学結合状態分析を実施した。また、AESにより皮膜上における元素偏析部等の存在の有無について線分析を実施した。

7) 酸化皮膜の厚さ測定

評価部位各部の内表面に形成された酸化皮膜の厚さについて、比較評価を行うためにAESによるスパッタリングによる深さ方向分析を実施した。

3.3 試験片

Ti-5Ta 製及び Zr 製モックアップ装置から次の手順で試験片を採取した。

- ① 部材の取外し
- ② 部材の荒切り
- ③ 試験片の採取

肉厚測定以外の試験に供するために採取した試験片の種類と個数を表3.3-1に示す。また、試験片番号の採番要領を表3.3-2に示す。

なお、肉厚測定用の試験片については、3.1項に示した56部位から試験片を採取した。

表3.3-2 試験片記号の一覧

装置材質	部位 No.*	試験種類	N 数
R-Ti-5Ta 製 (記号 T)	1 ~ 2 5	引張試験 (記号 T)	1 ~ 3
		曲げ試験 (記号 B)	
		硬さ試験 (記号 H)	
		表面粗さ (記号 A)	
Zr 製 (記号 Z)		表面SEM観察 (記号 S)	
		元素分析 (記号 G)	
		酸化皮膜測定 (記号 C)	

* 部位No.は、表3.3-1の評価部位番号と対応する。

記号は次の様に付ける。

装置材料—部位No.—試験種類—N数 (追番)

例)

R-Ti-5Ta 製、部位No.8、曲げ試験、2つ目の場合は、T8B2となる。

3.3.1 部材の荒切り及び試験片の採取

荒切り前の部材の外観状況を添付資料-1に示す。

部材の荒切り要領を添付資料-2に示す。

また、試験片の採取要領を添付資料-3に示す。

表3.3-1 試験片採取一覧表 (1材質分)

評価部材	評価部位	母材部		評価部位	溶接部	
		試験項目	試験片数		試験項目	試験片数
伝熱管	(1) 上部管板から 0.5m付近	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	—	—	—
	(2) 上部管板から 2.0m付近	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用			
	(3) 下部管板から 0.5m付近	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用			
加熱部上部 チャンネル材	(4) 鏡部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	(7) 胴長手溶接部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(5) 胴部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	(8) 上部連絡管/ X座溶接部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(6) 温度計さや管 (先端に近い部分)	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	1※ 1※ 1 1 1 1 1 硬さと共用	—	—	—
上部連絡管	(9) 上部伸縮管平行胴	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 硬さと共用	(11) 上部伸縮管/ 平行胴溶接部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(10) 上部伸縮管	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 上部:1 下部:1 硬さと共用	(12) 伸縮管/X座溶接部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用

評価部材	評価部位	母材部		評価部位	溶接部	
		試験項目	試験片数		試験項目	試験片数
蒸発部 塔頂部	(13) 鏡部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	(18) 塔頂部/ｽﾌ 長手溶接部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	1※ 1※ 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(14) 塔頂部/ｽﾌ	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	(19) 鏡部/塔頂部 /ｽﾌ座溶接部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(15) 塔頂部/ｽﾌ 座	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	1※ 1※ 1 1 1 1 1 硬さと共用	(20) 銅長手溶接 部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(16) 胴部	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	—	—	—
	(17) 温度計さや 管 (先端に近い部 分)	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	1※ 1※ 1 1 1 1 1 硬さと共用	—	—	—
	(21) 硝酸蒸気入 口側付近	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	(24) 配管長手溶 接部(入口付 近)	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
ベンド配管	(22) 配管中央付 近	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	(25) 配管長手溶 接部(出口付 近)	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用
	(23) 硝酸蒸気出 口側付近	・引張試験 ・曲げ試験 ・硬さ試験 ・表面粗さ測定 ・表面SEM観察 ・元素組成測定 ・酸化皮膜の厚さ測定 ・断面観察硬さと共用	3 3 1 1 1 1 1 硬さと共用	—	—	—

*は、対象部位形状より試験片採取が不可能を示す。※は、対象部位面積が少ないため採取可能数を示す。

3.3.2 試験片の寸法・形状

図3.3-1及び図3.3-2に各種評価試験片の形状を示す。

1) 引張試験片

図3.3-1に示すJISに準拠した試験片形状とした。一例として試験片の外観状況を写真3.3-1に示す。

また、溶接部引張試験片に関しては平行部の半分が溶着金属部となるように採取した。

2) 曲げ試験片

図3.3-1に示すJISに準拠した試験片形状とした。一例として試験片の外観状況を写真3.3-2に示す。

また、溶接部曲げ試験片に関しては、溶着金属部が試験片の中央部となる位置で採取した。

3) その他の評価試験片

表面粗さ測定、表面SEM観察、元素組成、酸化皮膜の厚さ測定、及び断面観察試験片については図3.3-1に示す共通の試験片形状とした。

なお、溶接部の試験片に関しては、溶着金属部が試験片の中央部となる位置で採取し、採取が難しい場合は、溶接中央部から母材にかけての範囲とした。

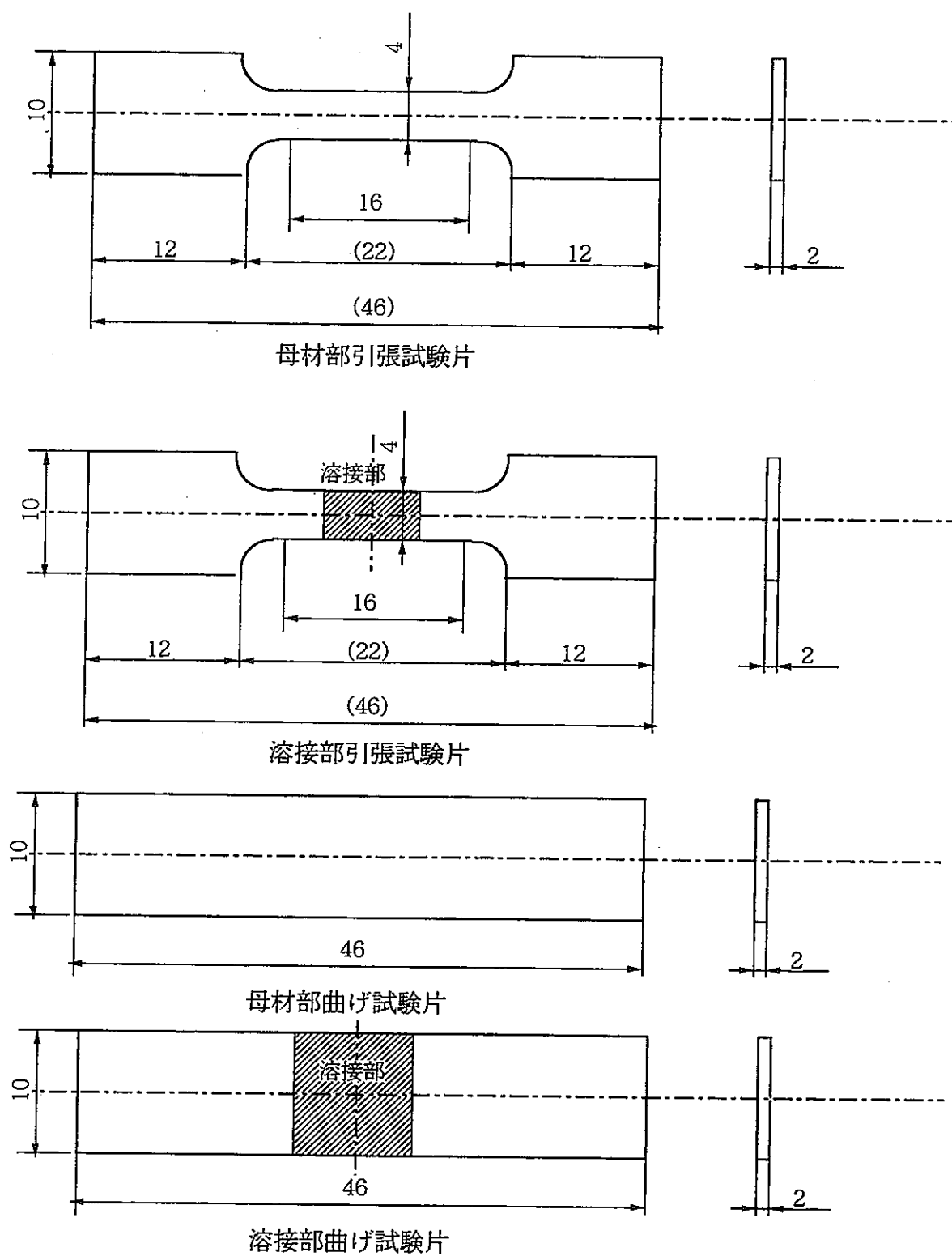


図3.3-1 各種評価試験片の形状-1

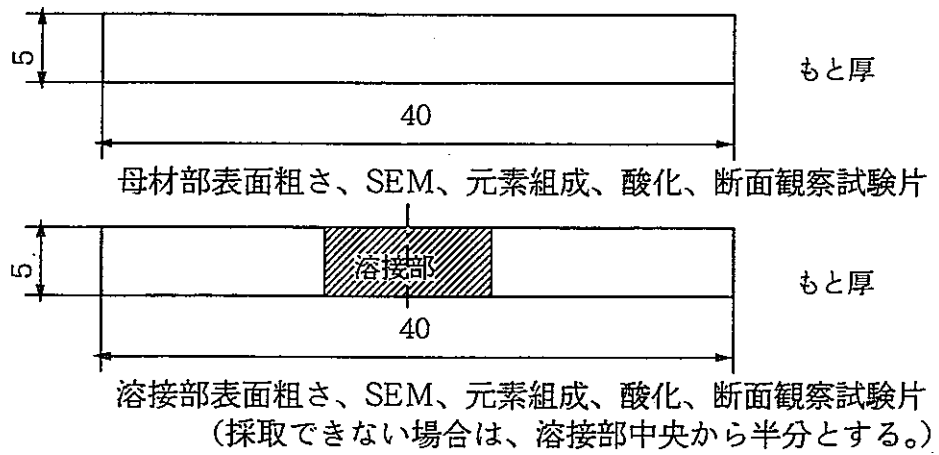
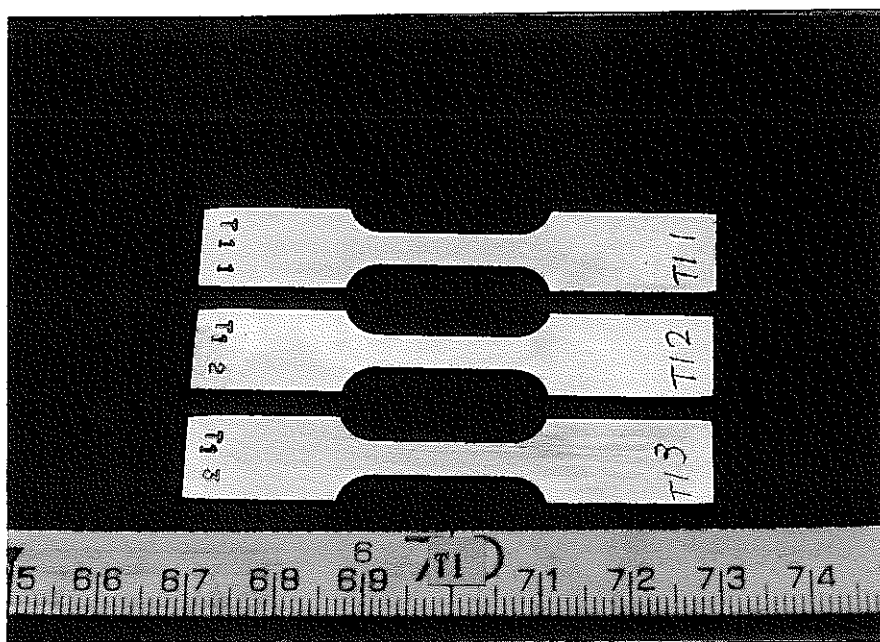
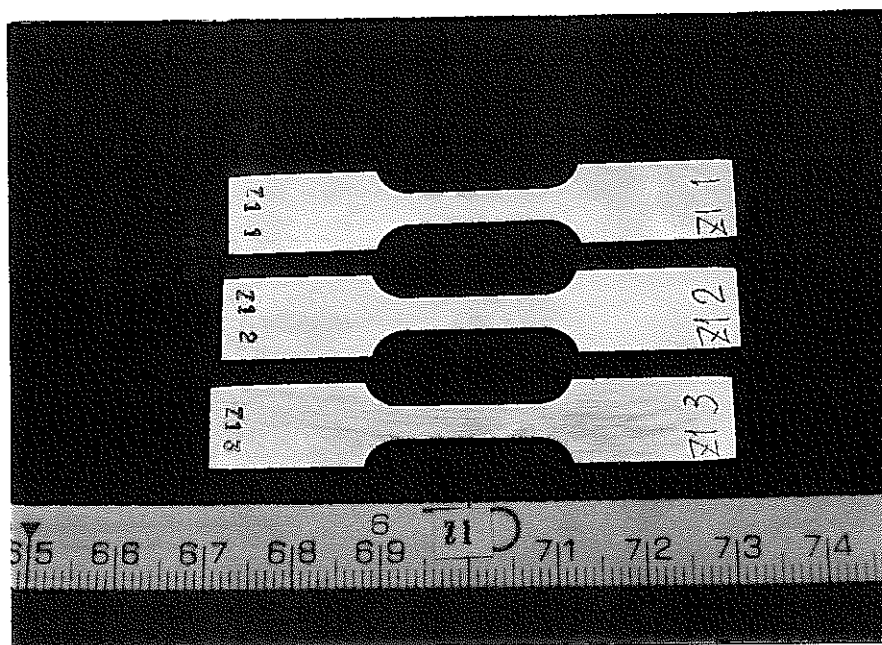


図3.3-2 各種評価試験片の形状-2

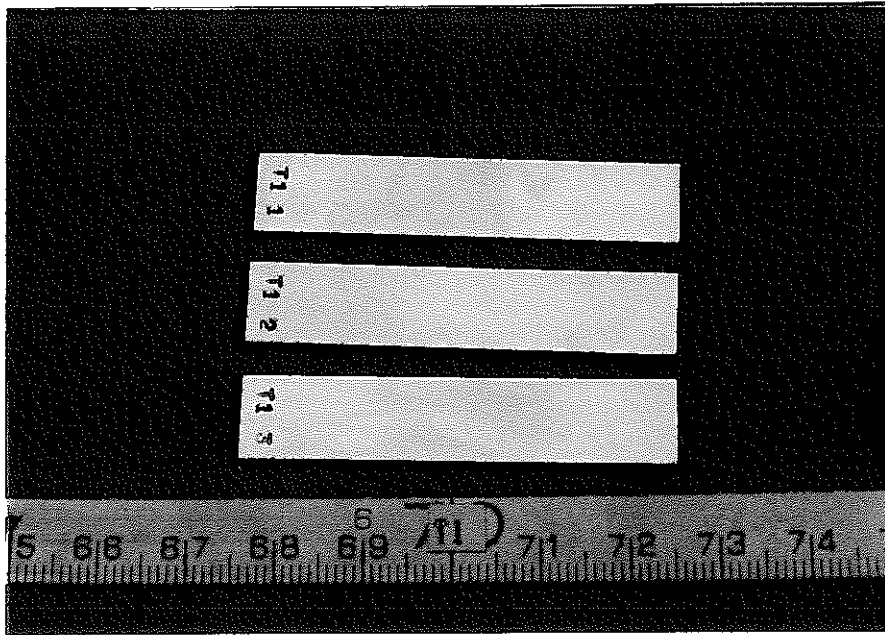


Ti-5Ta製

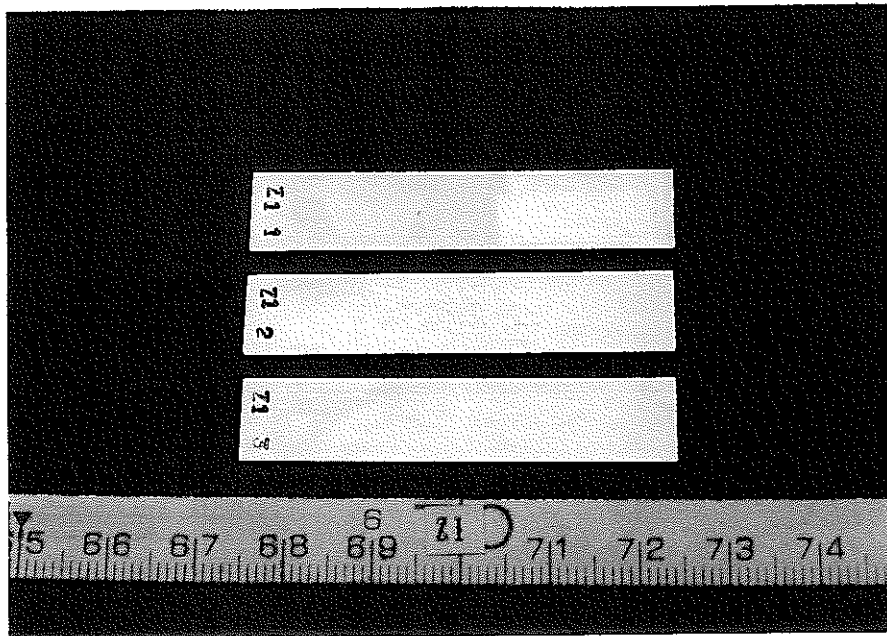


Zr製

写真3.3-1 引張試験片の外観状況



Ti-5Ta製



Zr製

写真3.3-2 曲げ試験片の外観状況

3.4 試験装置

3.4.1 機械的強度評価

① 引張試験

引張試験機の外観状況を写真3.4-1に示す。

また、引張試験機の仕様を以下に示す。

- ・装置名 : インストロン社製 1125型
- ・荷重容量 : 最大 10 ton
- ・クロスヘッド速度範囲 : 0.05~500mm/min

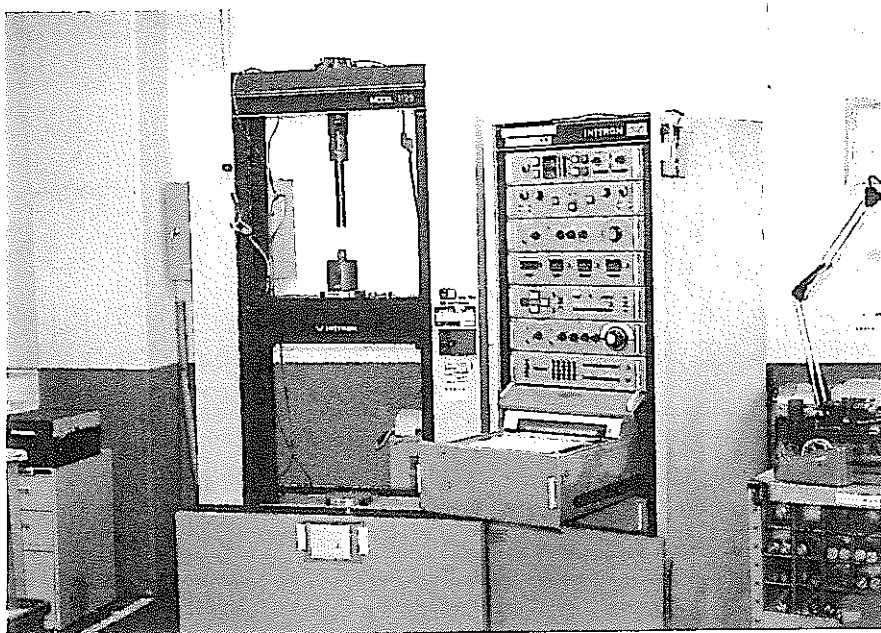


写真3.4-1 引張試験装置の外観状況

② 曲げ試験

曲げ試験の模式図を図3.4-1に示す。また、試験装置の外観状況を写真3.4-2に示す。

曲げ試験は押し曲げ法で試験を実施した。

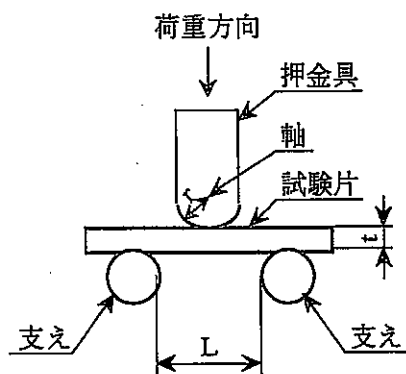


図3.4-1 押し曲げ法による曲げ試験の模式図

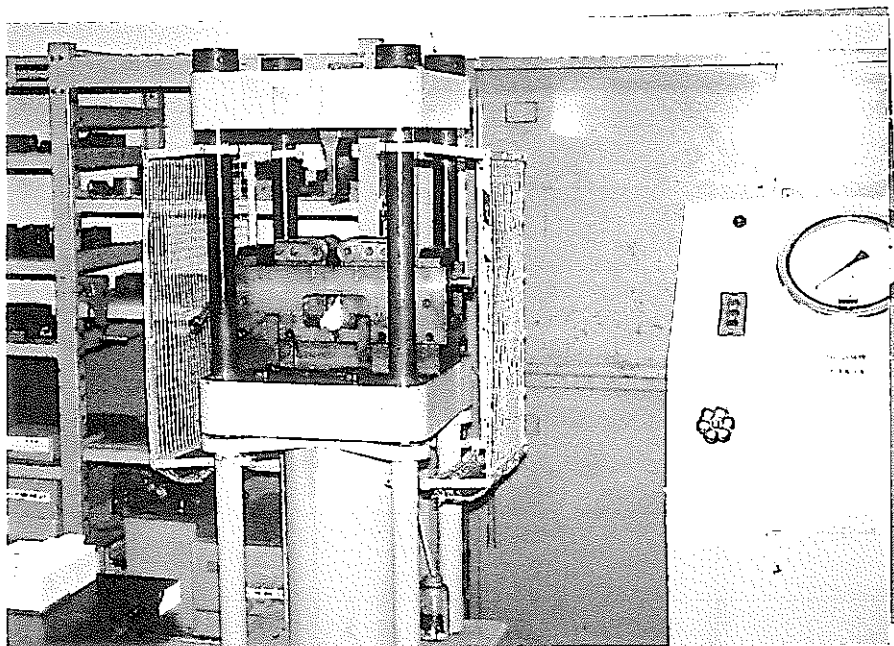


写真3.4-2 曲げ試験装置の外観状況

③ 硬さ試験

硬さ試験には、ビッカース硬度計を使用した。測定器の外観状況を写真3.4-3に示す。

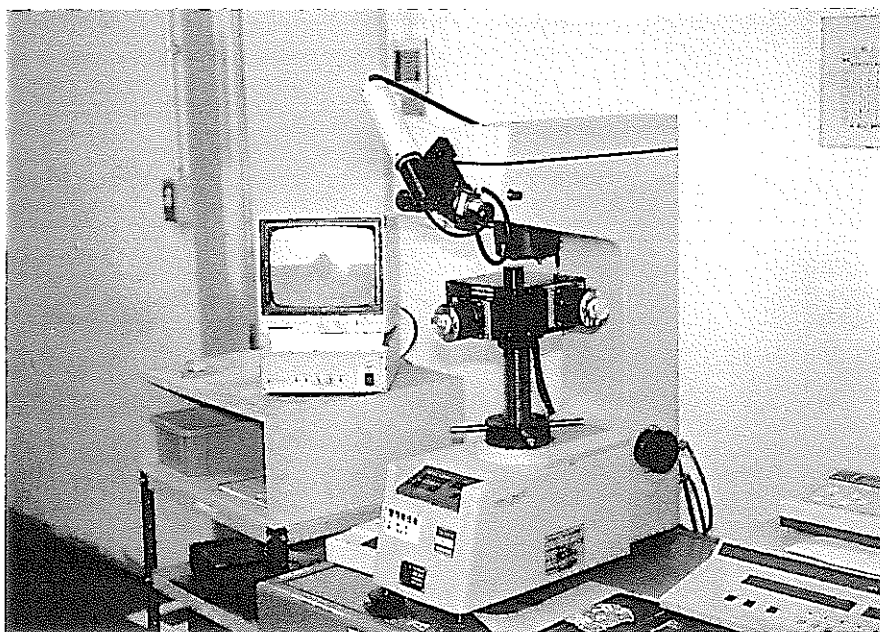


写真3.4-3 ビッカース硬度計の外観状況

3.4.2 肉厚測定

肉厚測定は写真3.4-4に示すマイクロメーターを用いて各部位の測定ポイントについて測定を行った。

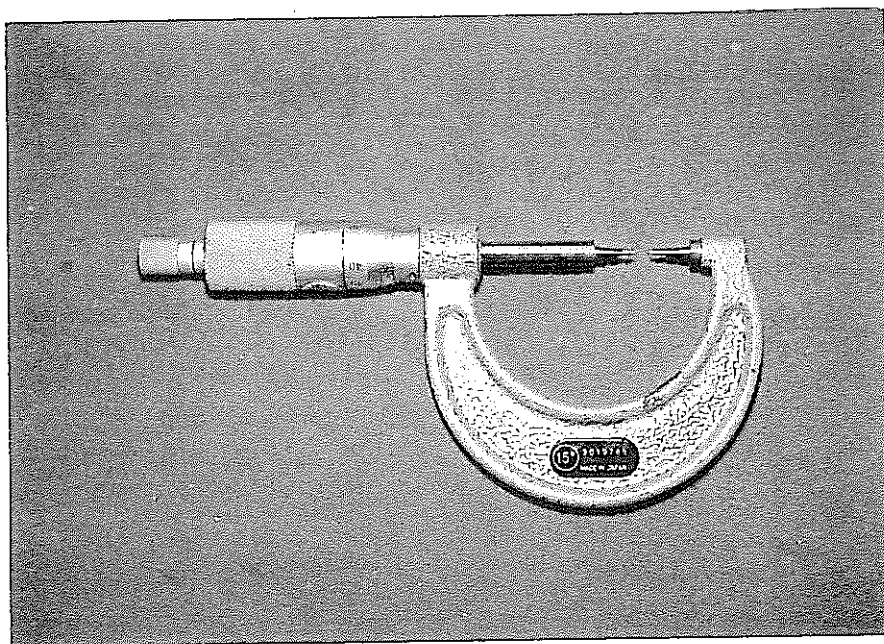


写真3.4-4 マイクロメーターの外観状況

3.4.3 表面粗さ測定

表面粗さ測定装置の外観状況を写真3.4-5に示す。

測定は触針式で試験片表面上で触針を走査させることで、走査部の断面形状及び粗さ測定値（ R_a 、 R_y ）が得られる。

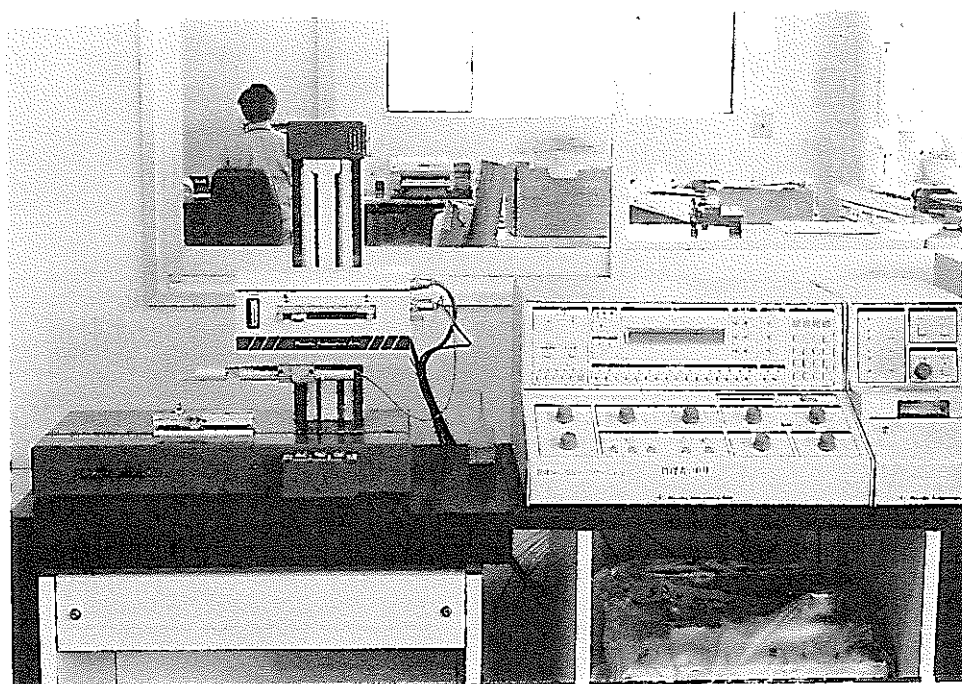


写真3.4-5 マイクロメーターの外観状況

3.4.4 断面観察

評価部材各部の断面形状を写真3.4-6に示す光学顕微鏡により観察を行った。



写真3.4-6 光学顕微鏡の外観状況

3.4.5 表面SEM観察

図3.4-3にSEM（走査電子顕微鏡）装置の模式図を示す。

また、写真3.4-7に装置の外観状況を示す。

SEMは試料表面を細かく絞られた電子線で走査し、放出される2次電子量を測定することでCRT画面上に試料表面の拡大像を得るしくみである。

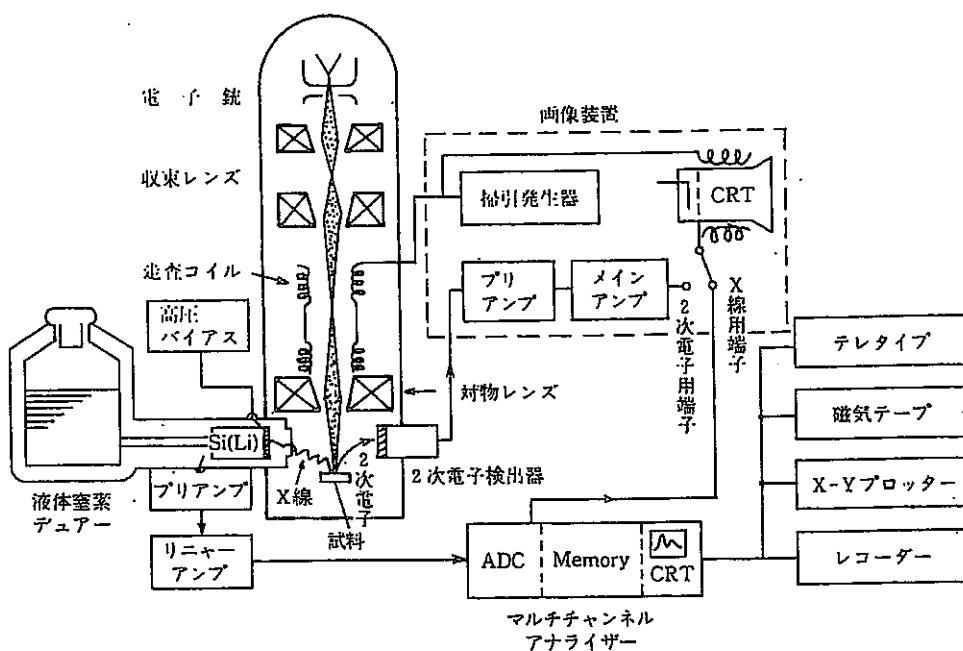


図3.4-3 SEM装置の模式図

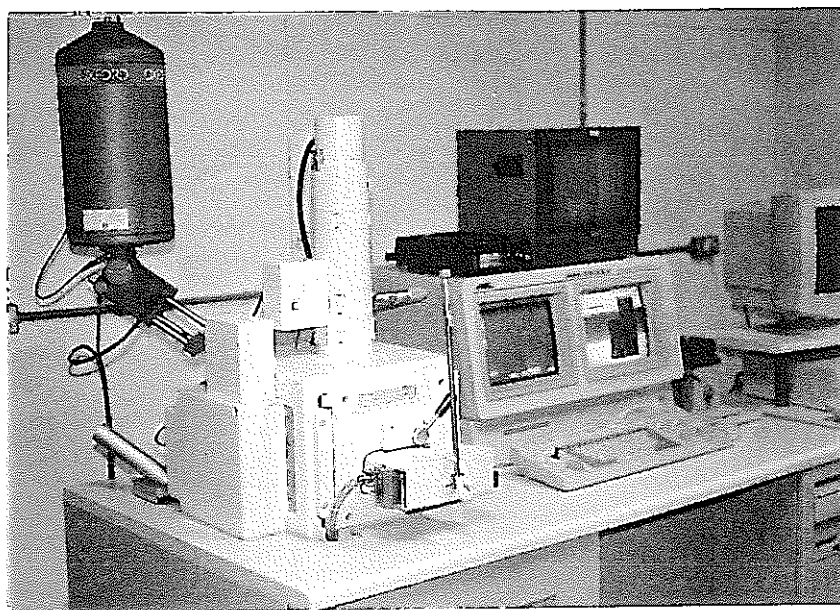


写真3.4-7 SEM装置の外観状況

3.4.6 元素組成測定

① ESCAによる点分析

図3.4-4に測定方法の模式図を示す。また、写真3.4-8に装置の外観状況を示す。ESCA（X線電子分光法）は固体表面に軟X線を照射し、生成する光電子のエネルギーを精密に測定することにより元素の定性及び定量分析が可能である。また、結合エネルギーのシフト量を測定することにより、元素の化学結合の状態分析をすることができる。

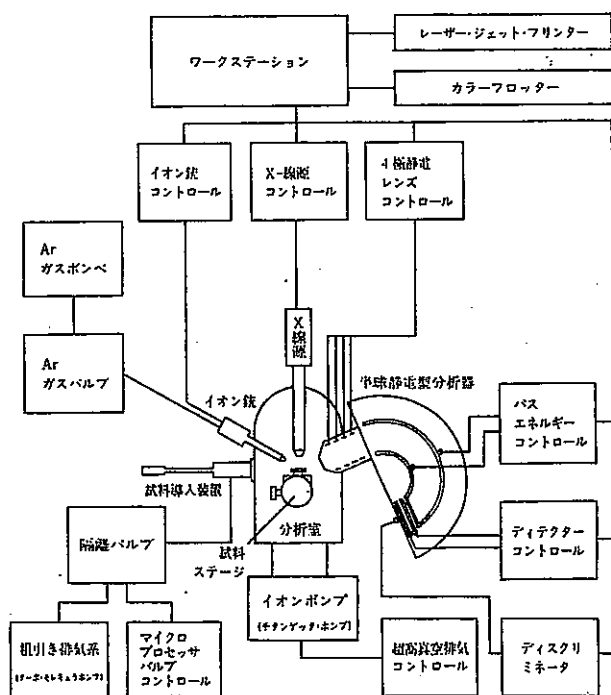


図3.4-4 ESCA装置の模式図

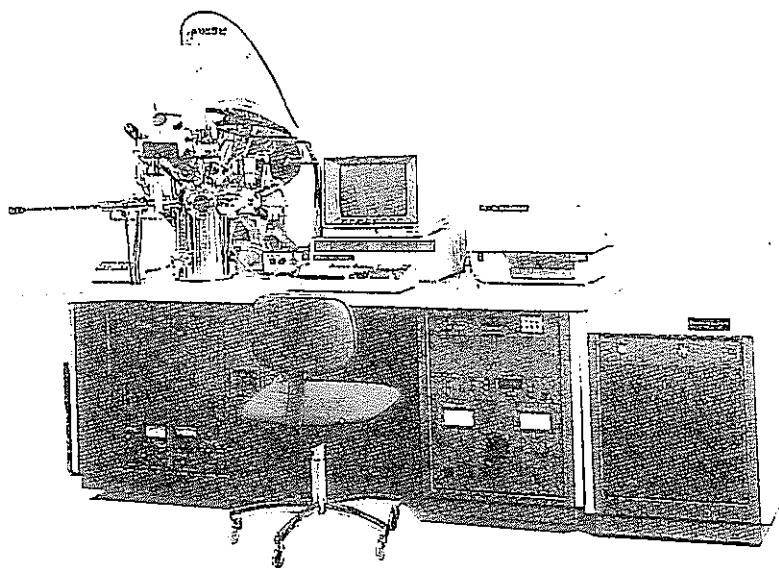


写真3.4-8 ESCA装置の外観状況

② AESによる線分析

AES（オージェ電子分光法）の模式図を図3.4-5に示すと共に装置の外観状況を写真3.4-9に示す。

測定原理は固体試料を電子線を照射することにより、表面よりオージェ電子が放出され、そのオージェ電子のエネルギーはそれぞれの元素に特有であり、そのエネルギーを測定することで元素分析が可能となる。今回はビームの走査により線分析を行う。

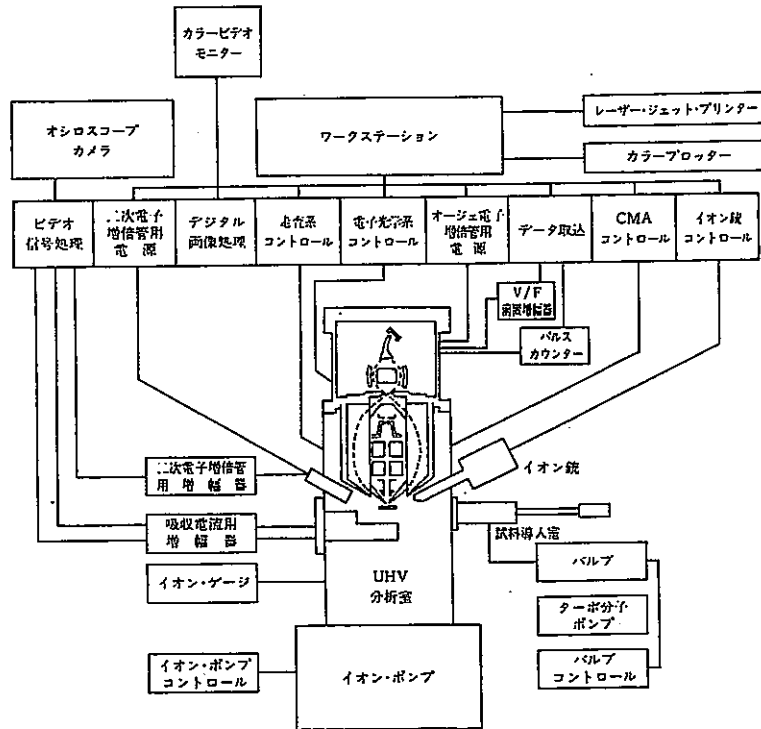


図3.4-5 AES装置の模式図

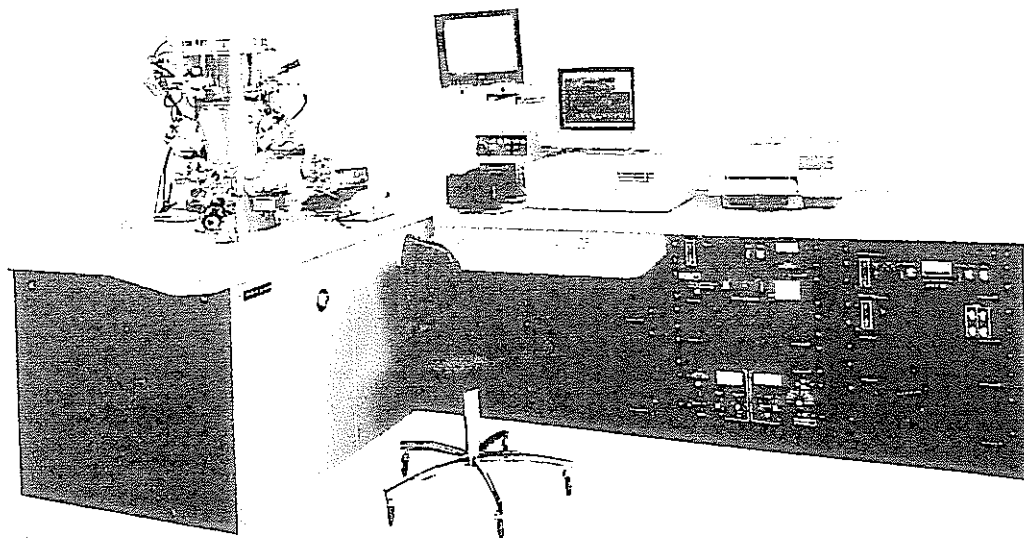


写真3.4-9 AES装置の外観状況

3.4.7 酸化皮膜の厚さ測定

酸化皮膜の膜厚測定は当初エリプソメータを用いた評価を試みたが測定対象物の表面粗度が粗いこと及び試験片が平板ではなく曲がっていることから、レーザー光を検出することができず測定不能であった。

そこで、3.4.6-②と同様にAESを用いてArイオンによるスパッタリングで表面を徐々にエッチングして、その都度酸化皮膜構成元素を測定することで皮膜厚さを求めた。

3.5 試験条件

3.5.1 引張試験（機械的強度評価）

引張試験は、本評価材質であるTi-5Ta及びZrに関するJIS規格はないため、試験方法は純チタンに関するJIS規格に準拠して行った。

母材に関してはJIS H 4600に準拠、溶接部はJIS Z 3121に準拠した条件で実施した。

1) 試験機

試験機はインストロン製の1125型を使用した。

2) 試験手順

- ① 引張試験を開始する前に、あらかじめ0.2%耐力及び伸びを評価するために試験片平行部に共和電業社製の単軸1mmタイプの歪ゲージを貼り付けた。
- ② 試験片をつかみ治具で取り付けた後、荷重及び歪出力のスパン調整後、5mm/minのクロスヘッドスピードで引張破断まで試験を行った。なお、0.2%耐力付近まで1mm/minのクロスヘッドスピードで実施した。

3) 試験の繰り返し数

繰り返し数は基本的に $n = 3$ とした。ただし、一部の採取部位については採取形状の都合上、 $n = 3$ 分の試験片が採取できないため、この場合は $n = 1$ とした。

4) 評価項目

- ① 母材評価部位 …… 引張強さ、0.2%耐力、伸び
- ② 溶接評価部位 …… 引張強さ、参考値としての0.2%耐力及び伸び

3.5.2 曲げ試験（機械的強度評価）

曲げ試験に関しても引張試験同様に本評価材に関するJIS規格は存在しないために試験方法は同様に純チタンのJIS規格に準拠して実施した。

母材に関してはJIS H 4600 に準拠、また、溶接材はJIS Z 3122 に準拠して実施した。

1) 曲げ方法

押曲げ法で実施した。

2) 曲げ半径

曲げ半径は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位 …… 4 mm (2 t)
- ② 溶接評価部位 …… 10 mm (5 t)

3) 曲げ角度

180° 曲げとした。

4) 試験の繰り返し数

3.5.1 3) 項にのべた引張試験と同じとした。

5) 評価項目

曲げ試験後の表面について目視観察を行い、割れの有無の確認を行った。

3.5.3 硬さ試験（機械的強度評価）

硬さ試験はJIS Z 2244 に規定されたビッカース硬さ試験方法に準拠して実施した。

1) 硬さ試験機

アカシ製のAVK-C1を使用した。

2) 測定荷重

Ti-5Ta 製および Zr 製の両材質ともに5kgfとした。

3) 硬さ測定位置

測定位置は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位：各部材の肉厚中央付近の位置で、採取試験片の長手方向に0.5mmピッチで5ヶ所測定
- ② 溶接評価部位：各部材の肉厚中央付近の位置で、溶着金属～母材にかけての範囲を約40ヶ所測定

4) 評価項目

- ① 母材評価部位 …… 母材部の硬度分布
- ② 溶接評価部位 …… 溶着金属～母材部にかけての硬度分布

3.5.4 肉厚測定

以前に、本試験装置の完成時及び4000時間試験運転後（一部評価部位については1000時間、2000時間についても実施）に超音波肉厚測定を行った。

今回、その測定部位と同じポイントについてマイクロメーターにより肉厚を実施した。

1) 測定部位

肉厚測定ポイントについて図3.5-1に示す。なお、測定は同位置について周方向に4点（0°、90°、180°、270°）測定を行った。

2) 測定方法

ミットヨ製ポイントマイクロメーターにより測定を行った。

3) 試験点数

測定箇所 14 ポイント × 周方向 4 点 = 56 点

4) 評価項目

肉厚測定値（減肉量の確認）

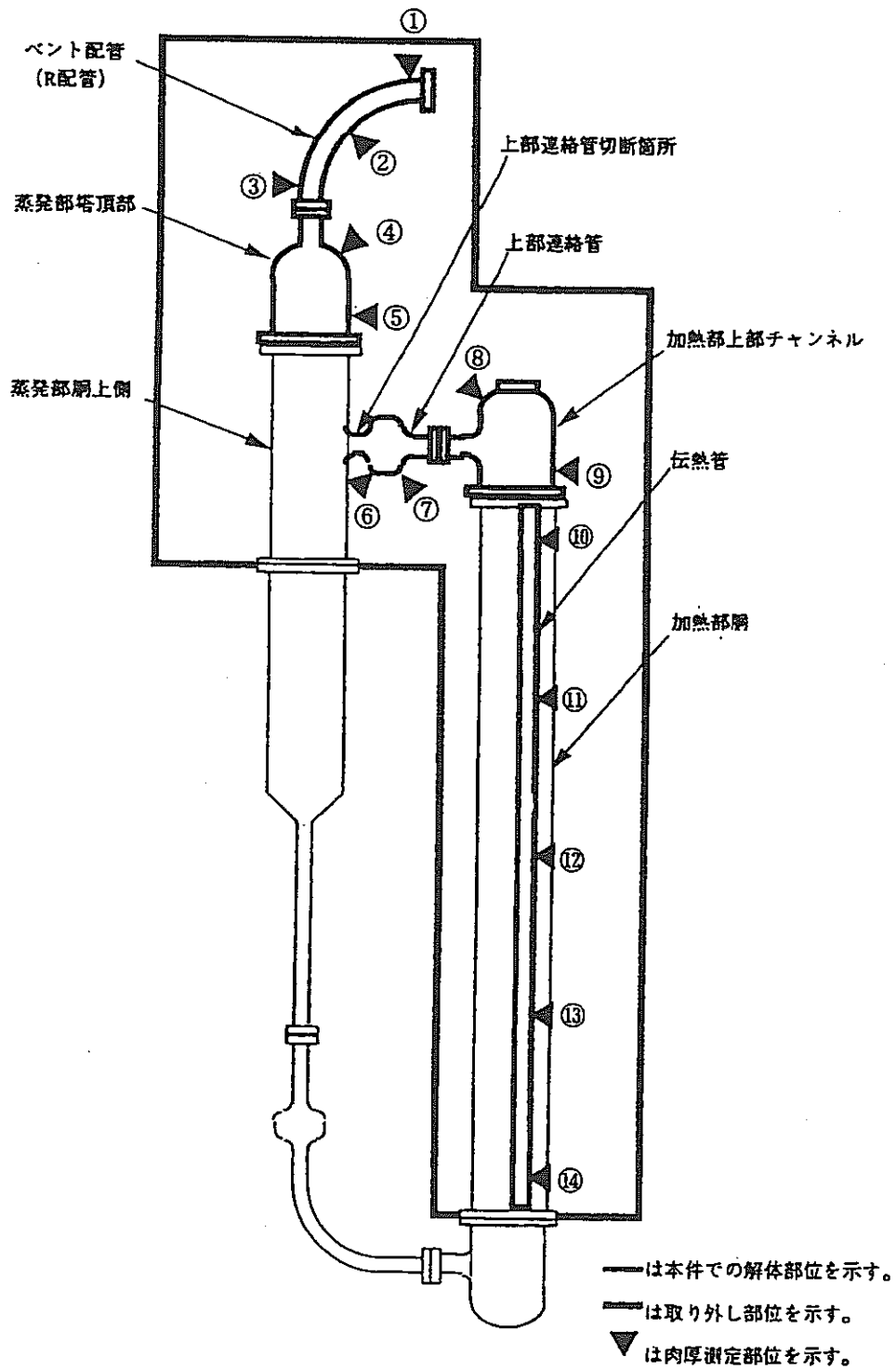


図3.5-1 肉厚測定位置及び測定番号

3.5.5 表面粗さ測定

表面粗さ測定はJIS B 0601-1994 に基づいて測定を行った。

1) 表面粗さ測定機器

触針式である(株)小坂研究所製のSEF-30Dを使用した。

2) 測定条件

次の条件で測定を行った。

- ① 測定倍率：高さ200倍、長さ10倍
- ② 走査速度：0.5mm/sec
- ③ 走査距離：3.2mm

3) 表面粗さ測定位置

次の測定位置で測定を行った。

- ① 母材評価部位 …… 採取試験片内で平均的な表面部を3.2mm走査
- ② 溶接評価部位 …… 採取試験片内で平均的な溶着金属部、熱影響部、母材部をそれぞれ3.2mm走査

4) 試験の繰り返し数

繰り返し数は $n = 4$ とした。

5) 評価項目

- ① 平均粗さ R_a 及び最大高さ R_y の算出
- ② 走査部の断面形状プロファイル

3.5.6 断面観察

各評価部位について断面部を光学顕微鏡を用いて観察し、腐食損傷状況を明らかにした。

1) 観察位置

次の部位で観察を行った。

- ① 母材評価部位：採取試験片内における平均的な断面部
- ② 溶接評価部位：溶着金属部、熱影響部、母材部を連続的に含む平均的な断面部

2) 観察倍率

次の倍率で観察した。

- ① 母材評価部位：200倍とした。
- ② 溶接評価部位：溶着金属部～母材部が入る視野は、20倍で観察。また、各部（溶着金属、熱影響部、母材）を200倍で観察した。

3) 観察視野数

視野数は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位：1部位当たり1視野とした。
- ② 溶接評価部位：1部位当たり低倍（×20）1視野、高倍（×200）3視野とした。

4) 評価項目

光学顕微鏡による断面観察を行った。

3.5.7 表面SEM観察

SEM観察は、採取試験片における平均的な表面部について観察を実施した。

1) 観察位置

次の部位を観察した。

- ① 母材評価部位：採取試験片内における平均的な表面部
- ② 溶接評価部位：採取試験片内の溶着金属部、熱影響部、母材部における平均的な表面部

2) 観察倍率

倍率は400倍とした。

3) 観察視野数

視野数は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位：1視野
- ② 溶接評価部位：3視野（溶着金属部、熱影響部、母材部）

4) 評価項目

SEMによる腐食損傷部を観察した。

3.5.8 ESCAによる点分析（元素組成測定）

表面に形成されているものと予想される酸化皮膜について、ESCAにより表面部の点分析を実施し、酸化皮膜を構成する元素の定性及び定量分析を行うと共に、状態分析から皮膜組成を推定した。

1) 分析条件

分析は次の条件で実施した。

- ① 測定装置：パーキン・エルマー社製 PHI5400MC
- ② X線源（出力）：Mgk α （400w）
- ③ 分析領域：1.1mm ϕ
- ④ 検出器と試料面のなす角：45°
- ⑤ Ar⁺スパッタ速度：SiO₂換算で30Å/分

2) 分析内容

試験片表面は汚染カーボンの存在が多いものと予想され、Ar⁺スパッタを2分間行ってカーボンを除去した後、分析を実施した。

① 定性分析

分析領域で得られたスペクトルより元素の定性を行った。

② 定量分析

定性された元素について、各元素のピーク強度（ピーク面積）とその相対感度係数を用いて次式に基づいて行った。

$$C_x = \frac{I_x / S_x}{\sum_i (I_i / S_i)} \times 100$$

C：濃度（原子%）
I：光原子ピーク強度（ピーク面積）
S：相対感度係数

なお、元素の相対感度係数は装置付属のハンドブックに掲載された値を用いた。

③ 状態分析

得られた定性ピークより、検出された元素の化学結合状態を推定した。

3) 分析位置

分析位置は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位：採取試験片内で平均的に皮膜が形成している箇所
- ② 溶接評価部位：採取試験片内の溶着金属部で平均的に皮膜が形成している箇所

4) 分析の繰り返し数

1 部位当たり 1 回とした。

5) 評価項目

次の項目について評価した。

- ① 定性分析結果
- ② 定量分析結果
- ③ 状態分析結果

3.5.9 AESによる線分析（元素組成分析）

表面に形成されているものと予想される酸化皮膜について、AESによる線分析を行い、測定範囲内の表面元素組成の分布、元素偏析等について分析を行った。

1) 分析条件

以下に示す条件で分析を行った。

- ① 測定装置：パーキン・エルマー社製 PHI650 走査型オージェ電子分光装置
- ② 一次電子：5KV-90mA
- ③ 入射角：30°（試料法線に対して）
- ④ ビーム径： $<3\mu\text{m}\phi$
- ⑤ 分析領域：線分析の距離として約 $59\mu\text{m}$
- ⑥ スパッタリング： Ar^+ 3KV-25mA
- ⑦ スパッタリング速度：約 $50\text{\AA}/\text{分}$ (SiO_2 換算)

2) 分析内容

試験片表面は汚染カーボンの存在が多いものと予想され、 Ar^+ スパッタリングによるクリーニングを 50\AA 程度まで実施した後、1) 項の分析条件で表面皮膜元素について線分析を行った。

なお、線分析元素については、それぞれ3.5.8のESCAによる点分析で定性された装置材質のTiおよびTaとZrの他に、C、O、Fe、Cr、Ni、Ru、Ce、Si、Alに関して実施した。但し、SiとAlについては広域スペクトルで検出された場合のみ分析を行った。

3) 分析位置

分析位置は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位：採取試験片内で平均的に皮膜が形成している箇所
- ② 溶接評価部位：採取試験片の溶着金属部において平均的に皮膜が形成している箇所

4) 分析の繰り返し数

1部位当たり1回とした。

5) 評価項目

線分析による各元素のピーク強度変化を測定した。

3.5.10 酸化皮膜の厚さ測定

評価部位各部の表面に形成された酸化皮膜の厚さについて各部位間で相対的な評価を行うため、AES分析による深さ方向分析により、酸化皮膜厚さを測定した。

1) 分析条件

以下の条件で分析を実施した。

- ① 測定装置：VG SCIENDE 社（英）製 MICROLAB310-D
- ② 一次電子：10KV-17nA
- ③ 入射角：30°
- ④ ビーム径：約 1000 Å φ
- ⑤ スパッタリング：Ar⁺
- ⑥ スパッタリング速度：約 180 Å/min (Ti 換算)
約 300 Å/min (Zr 換算)

2) 分析内容

酸化皮膜を構成する主要元素について1) 項の条件で表面からのAr⁺スパッタリングにより深さ方向分析を行った。

3) 分析位置

分析位置は次のとおりとした。

- ① 母材評価部位：採取試験片内で表面に付着物が殆ど存在せず、平均的に酸化皮膜が形成されていると判断される箇所
- ② 溶接評価部位：採取試験片の溶着金属部において、表面に付着物が殆ど存在せず、平均的に酸化皮膜が形成されていると判断される箇所

4) 分析の繰り返し数

1 部位当たり 1 回とした。

5) 評価項目

酸化皮膜元素の深さ方向分布から算出した酸化皮膜厚さ（推定）を評価した。

4. 試験結果

4.1 機械的強度評価

Ti-5Ta 製およびZr 製の本モックアップ装置の解体した各部材について、各種機械的強度試験を行った。結果について以下に述べる。

4.1.1 引張試験

Ti-5Ta 製およびZr 製の本モックアップ装置の各部材より試験片を採取し引張試験を行った。その結果をまとめたものを表4.1-1～4.1-6に示すと共に両材質の素材の製品規格値を参考までに表4.1-7に示す。なお、表中の溶接部の引張試験においては、試験片平行部に熱影響部及び母材部の一部が入るために0.2%耐力(kgf/mm²)及び伸び(%)の数値はあくまで参考値となる。

Ti-5Ta 製

試験結果より、Ti-5Ta 製における各部材の母材部の0.2%耐力は29～44 kgf/mm²に、また引張強さは38～52 kgf/mm²になった。また、伸びに関しても22～47%になり、材料強度としては表4.1-7に示す素材の製品規格値（神戸製鋼所製品）¹⁾を充分満足しているものと判断され、極端な強度劣化を示す部位は認められなかった。

一方、溶接部に関しては、ほとんどの溶接部位は強度的に母材部より少し高めの値となり、引張強さで43～47 kgf/mm²であった。これは母材の製品規格内の強度であり、極端な強度変化が認められるような部位は存在しなかった。また、一部の部位においては伸びがやや低めであったが、極端な低下ではないものと判断される。

なお、各部位ごとにおける材料強度の傾向としては、成形加工の影響を比較的強く受けている加熱部上部ファンネル/鏡部、蒸発部塔頂部/鏡部及びベント配管の引張強度が高く、他の部材より約3～5 kgf/mm²程度高いことが判明した。

Zr 製

Zr 製については、各部材の母材部における0.2%耐力は24～39 kgf/mm²、また引張強さは40～47 kgf/mm²になり、Ti-5Ta 材と同程度の強度を示した。伸びに関しては18～33%となり、若干Ti-5Ta 材よりも低い値を示した。なお、これらの機械強度特性値は表4.1-7に示す素材のASTM R60702規格値を十分に満足しており、極端な強度劣化を示す部位は認められなかった。

一方、溶接部の機械強度は、引張強さで43～46 kgf/mm²となり母材部と同程度の強度であることが判明した。また、伸びに関してはTi-5Ta 製と同様に伸びが低めであり、その範囲は9～31%であった。なお、この伸びに関してはあくまで参考値であり、またZr 材の溶接接合部における許容最小伸びに関しては規格が無いために、伸びが小さい部位に関しては次項目に示す曲げ試験において健全性の確認を行った。

表 4. 1 - 1 引張試験結果 (Ti - 5 Ta 製部材)

部 材	部 位	0.2%耐力 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %
伝熱管	(1) 上部管板から0.5m付近	35	45	37
		34	44	42
		35	45	38
	(2) 上部管板から2.0m付近	33	44	40
		33	44	35
		33	44	35
	(3) 下部管板から0.5m付近	31	45	39
		32	45	38
		32	44	40
加熱部上部チャンネル	(4) 鏡部	39	49	27
		38	46	27
		39	47	29
	(5) 胴部	34	44	35
		35	38	36
		34	45	31
	(6) 温度計さや管	29	41	47
	(7) 胴長手溶接部	35*	43	34*
		35*	44	33*
		33*	43	40*
	(8) 上部連絡管/スル 座溶接部	36*	46	41*
		37*	46	32*
35*		45	15*	

* 溶接部のため参考値。

表 4. 1 - 2 引張試験結果 (Ti - 5 Ta 製部材)

部 材	部 位	0.2%耐力 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %
上部連絡管	(9) 上部伸縮管平行胴, 上部	31	44	38
	(9) 上部伸縮管平行胴, 下部	30	44	46
	(10) 上部伸縮管, 上部	33	44	35
	(10) 上部伸縮管, 下部	37	48	29
	(11) 上部伸縮管/ 平行胴溶接部	33*	44	43*
		35*	44	38*
		34*	45	39*
	(12) 伸縮管/ ノズル座溶接部	33*	44	34*
		34*	44	33*
		33*	43	32*
蒸発部塔頂部	(13) 鏡部	42	51	22
		44	51	25
		44	52	24
	(14) 塔頂部ノズル	31	43	42
		31	43	40
		30	43	39
	(15) 塔頂部ノズル座	34	44	33
	(16) 胴部	34	44	38
		34	44	34
		36	44	27
	(17) 温度計さや管	29	41	44
(18) 塔頂部ノズル長手溶接部	33*	43	31*	

* 溶接部のため参考値。

表 4. 1 - 3 引張試験結果 (Ti-5Ta 製部材)

部 材	部 位	0.2%耐力	引張強さ	伸び
		kgf/mm ²	kgf/mm ²	%
蒸発部塔頂部	(19)鏡部/ 塔頂部ノズル座溶接部	33*	44	31*
		33*	43	29*
		32*	44	31*
	(20)胴長手溶接部	36*	45	12*
		32*	43	40*
		32*	43	10*
ベント配管	(21)硝酸蒸気入口側付近	40	47	31
		44	48	26
		42	50	27
	(22)配管中央付近	33	46	37
		41	45	33
		29	41	38
	(23)硝酸蒸気出口側付近	43	47	29
		41	47	29
		43	48	31
	(24)配管長手溶接部 (入口付近)	38*	47	25*
		36*	47	25*
		36*	46	27*
	(25)配管長手溶接部 (出口付近)	39*	47	36*
		38*	47	30*
		38*	46	32*

* 溶接部のため参考値。

表4. 1-4 引張試験結果 (Zr製部材)

部 材	部 位	0.2%耐力	引張強さ	伸び	
		kgf/mm ²	kgf/mm ²	%	
伝熱管	(1) 上部管板から0.5m付近	25	45	27	
		26	45	26	
		26	45	25	
	(2) 上部管板から2.0m付近	25	44	24	
		26	44	28	
		24	45	23	
	(3) 下部管板から0.5m付近	25	44	27	
		28	44	25	
		25	45	26	
	加熱部上部チャンネル	(4) 鏡部	38	46	18
			38	47	21
			37	46	19
(5) 胴部		34	42	24	
		35	42	24	
		34	42	25	
(6) 温度計さや管		29	41	24	
(7) 胴長手溶接部		37*	43	12*	
		39*	43	13*	
		34*	43	14*	
(8) 上部連絡管/スリ座溶接部		37*	43	14*	
		32*	43	15*	
		34*	44	17*	

*溶接部のため参考値。

表4. 1-5 引張試験結果 (Zr製部材)

部 材	部 位	0.2%耐力 kgf / mm ²	引張強さ kgf / mm ²	伸び %
上部連絡管	(9) 上部伸縮管平行胴、上部	26	40	31
	(9) 上部伸縮管平行胴、下部	26	40	33
	(10) 上部伸縮管、上部	28	40	28
	(10) 上部伸縮管、下部	30	40	24
	(11) 上部伸縮管/ 平行胴溶接部	34*	44	14*
		35*	43	14*
		35*	44	18*
	(12) 伸縮管/ノズル座溶接部	30*	43	16*
		32*	43	15*
		31*	44	14*
	蒸発部塔頂部	(13) 鏡部	39	47
39			46	22
39			47	19
(14) 塔頂部ノズル		33	42	28
		33	41	29
		33	42	28
(15) 塔頂部ノズル座		31	41	24
(16) 胴部		30	40	25
		30	40	26
		33	41	23
(17) 温度計さや管		27	41	25
(18) 塔頂部ノズル長手溶接部	39*	43	10*	

*溶接部のため参考値。

表4. 1-6 引張試験結果 (Zr製部材)

部 材	部 位	0.2%耐力 kgf / mm ²	引張強さ kgf / mm ²	伸び %
蒸発部塔頂部	(19) 鏡部/ 塔頂部ノズル座溶接部	31*	43	11*
		33*	43	10*
		33*	44	35*
	(20) 胴長手溶接部	33*	43	29*
		40*	44	9*
		32*	43	31*
	(21) 硝酸蒸気入口側付近	33	41	25
		27	40	30
		32	41	23
ベント配管	(22) 配管中央付近	32	41	24
		27	40	24
		32	41	22
	(23) 硝酸蒸気出口側付近	36	42	24
		35	42	25
		35	42	26
	(24) 配管長手溶接部 (入口付近)	35*	45	21*
		33*	44	15*
		33*	45	16*
	(25) 配管長手溶接部 (出口付近)	37*	46	20*
		36*	46	19*
		37*	46	20*

*溶接部のため参考値。

表4.1-7 Ti-5Ta及びZrの機械的性質

	引張試験		曲げ試験	
	引張強さ (kgf/mm ²)	0.2%耐力 (kgf/mm ²)	伸び(min.) (%)	曲げ角度 内側半径(min.)
Ti-5Ta材*1	35-49	22-45	25	180° 2
Zr材*2 (ASTM Grade R60702)	min 21.09	min 38.67	16	105° 5T (4.57mm'まで)

*1) (株)神戸製鋼所の製品規格値
*2) ASTM R60702規格値

4.1.2 曲げ試験

T i - 5 T a 製およびZ r 製の本モックアップ装置の各部材から曲げ試験片を採取し、曲げ試験を実施した。その結果についてまとめたものを表4.1-8～4.1-13に示す。

曲げ試験の結果、T i - 5 T a 製およびZ r 製共に全評価部位（母材、溶接部）に割れの発生は認められず、表4.1-7に示す素材の規格値を十分に満足していた。特に溶接部には、両材質ともに割れが発生していないことから、溶接時の酸化および窒化による脆化の影響は無く、適正な溶接施工が行われていたものと判断される。

従って、本モックアップ装置で使用されたT i - 5 T a 材及びZ r 材は十分な曲げ性を有しているものと判断される。

表 4. 1 - 8 曲げ試験結果 (Ti - 5Ta 部材)

部 材	部 位	曲げ内側半径 (mm)	試験結果
伝熱管	(1) 上部管板から0.5m付近	4	○
		4	○
		4	○
	(2) 上部管板から2.0m付近	4	○
		4	○
		4	○
	(3) 下部管板から0.5m付近	4	○
		4	○
		4	○
		4	○
加熱部上部チャンネル	(4) 鏡部	4	○
		4	○
		4	○
	(5) 胴部	4	○
		4	○
		4	○
	(6) 温度計さや管	4	○
	(7) 胴長手溶接部	10	○
		10	○
		10	○
	(8) 上部連絡管ノズル座溶接部	10	○
		10	○
		10	○

○ : 欠陥なし

表 4. 1 - 9 曲げ試験結果 (Ti - 5 Ta 製部材)

部 材	部 位	曲げ内側半径 (mm)	試験結果
上部連絡管	(9) 上部伸縮管平行胴, 上部	4	○
	(9) 上部伸縮管平行胴, 下部	4	○
	(10) 上部伸縮管, 上部	4	○
	(10) 上部伸縮管, 下部	4	○
	(11) 上部伸縮管/ 平行胴溶接部	10	○
		10	○
		10	○
	(12) 伸縮管/ ノズル座溶接部	10	○
		10	○
		10	○
蒸発部塔頂部	(13) 鏡部	4	○
		4	○
		4	○
	(14) 塔頂部ノズル	4	○
		4	○
		4	○
	(15) 塔頂部ノズル座	4	○
	(16) 胴部	4	○
		4	○
		4	○
(17) 温度計さや管	4	○	
(18) 塔頂部ノズル長手溶接部	10	○	

○ : 欠陥なし

表 4. 1 - 1 0 曲げ試験結果 (Ti - 5 Ta 製部材)

部 材	部 位	曲げ内側半径 (mm)	試験結果
蒸発部塔頂部	(19)鏡部/ 塔頂部ノズル座溶接部	10	○
		10	○
		10	○
	(20)胴長手溶接部	10	○
		10	○
		10	○
ベント配管	(21)硝酸蒸気入口側付近	4	○
		4	○
		4	○
	(22)配管中央付近	4	○
		4	○
		4	○
	(23)硝酸蒸気出口側付近	4	○
		4	○
		4	○
	(24)配管長手溶接部 (入口付近)	10	○
		10	○
		10	○
	(25)配管長手溶接部 (出口付近)	10	○
		10	○
		10	○

○ : 欠陥なし

表 4. 1 - 1 1 曲げ試験結果 (Zr 製部材)

部 材	部 位	曲げ内側半径 (mm)	試験結果
伝熱管	(1) 上部管板から0.5m付近	4	○
		4	○
		4	○
	(2) 上部管板から2.0m付近	4	○
		4	○
		4	○
	(3) 下部管板から0.5m付近	4	○
		4	○
		4	○
加熱部上部チャンネル	(4) 鏡部	4	○
		4	○
		4	○
	(5) 胴部	4	○
		4	○
		4	○
	(6) 温度計さや管	4	○
	(7) 胴長手溶接部	10	○
		10	○
		10	○
	(8) 上部連絡管ノズル座溶接部	10	○
		10	○
10		○	

○ : 欠陥なし

表 4. 1 - 1 2 曲げ試験結果 (Z r 製部材)

部 材	部 位	曲げ内側半径 (mm)	試験結果
上部連絡管	(9) 上部伸縮管平行胴, 上部	4	○
	(9) 上部伸縮管平行胴, 下部	4	○
	(10) 上部伸縮管, 上部	4	○
	(10) 上部伸縮管, 下部	4	○
	(11) 上部伸縮管/ 平行胴溶接部	10	○
		10	○
		10	○
	(12) 伸縮管/ ノズル 座溶接部	10	○
		10	○
		10	○
蒸発部塔頂部	(13) 鏡部	4	○
		4	○
		4	○
	(14) 塔頂部ノズル	4	○
		4	○
		4	○
	(15) 塔頂部ノズル座	4	○
	(16) 胴部	4	○
		4	○
		4	○
	(17) 温度計さや管	4	○
(18) 塔頂部ノズル長手溶接部	10	○	

○ : 欠陥なし

表 4. 1 - 1 3 曲げ試験結果 (Zr 製部材)

部 材	部 位	曲げ内側半径 (mm)	試験結果
蒸発部塔頂部	(19)鏡部/ 塔頂部ノズル座溶接部	10	○
		10	○
		10	○
	(20)胴長手溶接部	10	○
		10	○
		10	○
ベント配管	(21)硝酸蒸気入口側付近	4	○
		4	○
		4	○
	(22)配管中央付近	4	○
		4	○
		4	○
	(23)硝酸蒸気出口側付近	4	○
		4	○
		4	○
	(24)配管長手溶接部 (入口付近)	10	○
		10	○
		10	○
	(25)配管長手溶接部 (出口付近)	10	○
		10	○
		10	○

○ : 欠陥なし

4.1.3 硬さ試験

各評価部位の硬さ試験を行い、硬さの異常部位の有無（特に溶接部）について確認を行った。結果を表4.1-14～4.1-17に示す。

T i - 5 T a 製

各部位の母材部硬さについては、約Hv. 130～160であり、部位により材料強度が多少異なる傾向が認められた。評価部位別に見ると、硬さが低い部位は加熱部上部チャンネルおよび蒸発部塔頂部のそれぞれ胴部と温度計さや管であり、その硬さは約Hv. 130～140であった。なお、硬さが高い部位としては蒸発部塔頂部の鏡部とベント配管であり、その硬さは約Hv. 150～160であった。これらの部位ごとに硬さが異なる傾向は、引張試験でも確認された成形加工時の加工の影響が反映されたものと推測される。

一方、各部位の溶接部硬さは、溶着金属部で約Hv. 130～155、熱影響部で約Hv. 135～160となり、これらの値は母材硬さとほぼ同等となった。なお、比較的硬さが高い部位は加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノズル座溶接部とベント配管であり、母材部～溶接部にかけて約Hv. 150～160の分布であり、この部位は母材部の硬さも上昇していることから推測すると、成形加工時の影響が加味されているものと思われる。いずれにしても、溶着金属部の異常硬さを示す部位は特に認められないことから、製作時の溶接施工は適正に行われたものと判断される。

Z r 製

各部位の母材部の硬さは、約Hv. 135～170であり、T i - 5 T a 製とほぼ同程度の硬さとなった。また、T i - 5 T a 製と同様に加熱部上部チャンネルおよび蒸発部塔頂部の胴部の硬さが、約Hv. 140付近と低い傾向が認められた。一方、伝熱管の硬さは約Hv. 160～170付近と高い傾向が確認され、これは他の部位が板材に対して、この部位の使用素材形状がパイプであることから、素材製造時の強度に差があったものと推察される。

次に、溶接部の硬さ分布は溶着金属部で約Hv. 160～170、熱影響部で約Hv. 140～160であり、母材部の硬さと同程度であることから、特に異常な部位は認められないと判断される。従って、T i - 5 T a 製と同様に溶接施工は適正に行われたものと判断される。

以上の結果より、本モックアップ装置に使用されたT i - 5 T a 材およびZ r 材の機械的強度は、装置製作時の加工の影響は受けているものの、40000時間の運転試験に起因する顕著な材料強度の低下等の劣化傾向は認められず、素材の製品規格値を満たしていた。また、両材質共に溶接部に関しても異常な強度を示す部位は存在せず、伸び（推定値）に関しても曲げ試験において異常が認められないことから、適切な溶接施工を施され、かつ40000時間の運転試験に起因する劣化はないものと判断される。

表4. 1-14 母材部断面硬さ測定結果 (Ti-5Ta製)

(測定荷重: 5 kgf)

部 位		測 定 値					
伝熱管	1	上部管板から 0.5 mm付近	149	146	143	143	145
	2	上部管板から 2.0 mm付近	151	148	145	142	141
	3	下部管板から 0.5 mm付近	151	150	147	149	149
加熱部 上部ファンネル	4	鏡部	148	153	154	157	149
	5	胴部	131	138	138	140	137
	6	温度計さや管	133	136	130	131	137
上部 連絡管	9	上部伸縮管 平行胴 (T)	140	128	146	145	140
		上部伸縮管 平行胴 (B)	142	136	140	141	142
	10	上部伸縮管 (T)	144	151	146	150	149
		上部伸縮管 (B)	148	143	144	146	139
蒸発部 塔頂部	13	鏡部	163	159	168	154	162
	14	塔頂部ノズル	148	141	148	148	141
	15	登頂部 ノズル座	147	142	136	134	136
	16	胴部	134	138	136	135	134
	17	温度計さや管	133	136	142	134	144
バンド 配管	21	硝酸蒸気入口 側付近	151	149	146	151	149
	22	配管中央付近	166	160	161	157	158
	23	硝酸蒸気出口 側付近	150	150	159	150	145

表4. 1-16 母材部断面硬さ測定結果 (Zr製)

(測定荷重 : 5 kgf)

部 位			測 定 値				
伝熱管	1	上部管板から 0.5 mm付近	170	178	171	163	162
	2	上部管板から 2.0 mm付近	161	169	161	151	162
	3	下部管板から 0.5 mm付近	159	169	153	154	161
加熱部 上部チャンネル	4	鏡部	144	151	149	146	146
	5	胴部	135	134	145	139	132
	6	温度計さや管	135	134	134	151	139
上部 連絡管	9	上部伸縮管 平行胴 (T)	149	153	151	161	148
		上部伸縮管 平行胴 (B)	149	147	154	146	159
	10	上部伸縮管 (T)	146	139	135	144	161
		上部伸縮管 (B)	142	144	144	142	137
蒸発部 塔頂部	13	鏡部	151	146	152	157	158
	14	塔頂部ノズル	143	147	145	148	142
	15	登頂部 ノズル座	155	169	136	145	155
	16	胴部	135	137	142	137	137
	17	温度計さや管	154	165	153	144	143
バンド 配管	21	硝酸蒸気入口 側付近	143	141	140	144	146
	22	配管中央付近	147	142	142	146	145
	23	硝酸蒸気出口 側付近	146	158	149	154	156

部 位		測 定 値																								
7	胴長手溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		160	154	162	156	163	168	163	135	147	135	139	132	150	142	153	142	138	136	138	135	137	140	137	136	15
		母材部																								
		127	124	151	134	148	145	136	129	132	139	133	134	141	133											
8	上部連絡管ノズル座溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		172	166	158	168	166	160	165	164	173	171	161	145	154	158	145	163	158	159	149	144	145	145	143	153	15
		母材部																								
		146	141	145	149	145	137	147	142	139	142	139	139	139	145											
11	上部伸縮管ノズル座溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		169	158	167	166	165	154	149	153	144	145	146	153	151	162	152	159	152	134	136	151	153	128	135	123	14
		母材部																								
		148	143	144	150	147	141	148	137	159	137	140	141	137	140											
12	伸縮管ノズル座溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		168	166	162	163	154	159	157	153	147	148	155	143	145	133	151	145	150	154	139	140	156	156	129	136	14
		母材部																								
		144	144	148	133	136	127	142	134	128	134	133	138	138	139											
18	塔頂部ノズル長手溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		152	147	155	158	150	160	157	144	145	158	164	164	161	155	153	152	160	156	139	139	137	136	138	156	15
		母材部																								
		130	138	139	139	142	157	142	150	143	155	143	139	144	144	148	150	146	146	147	143	139				
19	鏡部ノズル座溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		159	158	149	161	173	166	161	154	150	143	134	144	149	152	155	141	155	144	146	148	135	138	148	133	13
		母材部																								
		144	146	146	137	143	141																			
20	胴長手溶接部	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		167	168	172	167	159	154	147	146	151	151	144	140	134	155	150	150	143	149	148	145	148	142	137	137	13
		母材部																								
		146	152	137	137	137	140	133	136	143	132	136	140	132												
24	配管長手溶接部(入口付近)	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		157	158	165	161	155	148	147	143	158	156	143	155	144	144	152	146	140	132	138	136	133	139	136	140	13
		母材部																								
		152	138	137																						
25	配管長手溶接部(出口付近)	溶接金属部										熱影響部								母材部						
		168	162	158	155	151	151	150	151	152	156	148	153	158	146	153	158	137	140	147	142	132	136	137	142	13

4.2 肉厚測定

T i - 5 T a 製及びZ r 製の40000時間運転試験終了後における各測定部位の残肉厚についてポイントマイクロメーターを用いて測定を行った。

測定結果を表4.2-1~4.2-10に示す。なお、測定結果は以前に実施した本装置の完成時と4000時間試験運転終了時の超音波肉厚測定結果²⁾も併せて表にまとめた。

また、本装置の完成時の超音波肉厚測定値から40000時間後の肉厚測定値を差し引いた値を腐食による減肉量として各部位の平均腐食速度を算出した。結果を図4.2-1に示す。

測定結果より、4000時間の試験運転の時点で超音波肉厚測定値がT i - 5 T a 製及びZ r 製ともに減肉量としては0.1mm以下であった。これは接触型超音波肉厚測定装置の許容誤差が±0.05mm程度（伝熱管の測定は非接触型で、許容誤差は±0.2mm）と考えられることから、ほとんど腐食による損傷を受けていないものと思われる。次に40000時間後の実測肉厚は、完成時の肉厚より差し引いた減肉量としてはT i - 5 T a 製で最大0.45mm、Z r 製では0.11mmであり、測定部位全体の傾向は、Z r 製と比べると、T i - 5 T a 製の減肉が認められる傾向であった。

また、一部の測定箇所では結果として、40000時間後の肉厚が増加している傾向が認められるが、これは完成時における超音波測定値の誤差あるいは表面に強固なスケールが付着しているために、一部スケール厚さも併せて測定している可能性が考えられる。しかし、いずれにしても極端な減肉部はこれらの肉厚が増加している部位においては存在していないものと考えられる。

次に、図4.2-1に示す40000時間後における各部位の平均腐食速度よりT i - 5 T a 製は、ベント配管及び蒸発部塔頂部において腐食速度が他の部位と比較して大きい傾向が認められ、特にベント配管はこの傾向が明らかであった。しかし、最も大きい腐食速度を示した測定部位(2)のベント配管中央部でも0.09mm/yearであり、耐食性は確保できる腐食速度であるものと判断される。

なお、Z r 製に関しては殆どどの部位において0.01mm/year以下の腐食速度であり、T i - 5 T a 製の様なベント配管部及び蒸発塔頂部における腐食速度の増加傾向はほとんど認められない。

表4.2-1 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Ti-5Ta系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
ベント配管	(1)硝酸蒸気出口側	0°	3.62	3.42	0.20	3.24	0.38
		90°	3.79	3.78	0.01	3.57	0.22
		180°	4.22	4.08	0.14	3.79	0.43
		270°	3.85	3.72	0.13	3.51	0.34
	(2)配管中央部	0°	3.75	3.68	0.07	3.33	0.42
		90°	3.89	3.82	0.07	3.44	0.45
		180°	4.06	4.03	0.03	3.68	0.38
		270°	3.88	3.79	0.09	3.47	0.41
	(3)硝酸蒸気入口側	0°	3.49	3.54	+0.05	3.06	0.43
		90°	3.76	3.80	+0.04	3.53	0.26
		180°	4.20	4.10	0.10	3.74	0.46
		270°	3.84	3.71	0.13	3.48	0.38

表4.2-2 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Ti-5Ta系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
蒸発部塔頂部	(4)鏡 部	0°	3.66	3.64	0.02	3.38	0.28
		90°	3.59	3.60	+0.01	3.43	0.16
		180°	3.58	3.57	0.01	3.38	0.20
		270°	3.67	3.61	0.06	3.43	0.24
	(5)胴 部	0°	3.93	3.90	0.03	3.59	0.34
		90°	3.96	3.91	0.05	3.64	0.32
		180°	3.94	3.88	0.06	3.67	0.27
		270°	3.92	3.86	0.06	3.60	0.32

表4.2-3 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Ti-5Ta系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
上部連絡管	(6)伸縮管 (蒸発部胴側)	0°	3.33	3.31	0.02	3.32	0.01
		90°	3.48	3.43	0.05	3.39	0.09
		180°	3.43	3.38	0.05	3.28	0.15
		270°	3.46	3.45	0.01	3.44	0.02
	(7)伸縮管 (加熱部胴側)	0°	3.40	3.40	0.00	3.35	0.05
		90°	3.32	3.32	0.00	3.31	0.01
		180°	3.44	3.40	0.04	3.39	0.05
		270°	3.27	3.30	+0.03	3.26	0.01

表4.2-4 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Ti-5Ta系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
加熱部上部チャンネル	(8)鏡 部	0°	6.10	6.13	+0.03	6.25	+0.15
		90°	6.08	6.01	0.07	6.00	0.08
		180°	6.11	6.06	+0.05	6.09	0.02
		270°	6.12	6.10	0.02	6.13	+0.01
	(9)胴 部	0°	6.35	6.33	0.02	6.40	+0.05
		90°	6.33	6.34	+0.01	6.35	+0.02
		180°	6.34	6.33	0.01	6.35	+0.01
		270°	6.28	6.29	+0.01	6.37	+0.09

表4.2-5 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Ti-5Ta系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
伝 熱 管	(10) 上部管板から0.2m付近	0°	4.7	4.6	0.1	4.6	0.1
		90°	4.8	4.7	0.1	4.7	0.1
		180°	5.0	4.9	0.1	4.9	0.1
		270°	5.1	4.8	0.3	5.0	0.1
	(11) 上部管板から1.0m付近	0°	4.7	4.7	0.0	4.9	+0.2
		90°	4.9	4.7	0.2	5.0	+0.1
		180°	5.1	5.0	0.1	4.9	0.2
		270°	4.8	4.8	0.0	4.7	0.1
	(12) 上部管板から2.0m付近	0°	4.8	4.8	0.0	4.7	0.1
		90°	4.9	4.7	0.2	4.7	0.2
		180°	4.8	4.7	0.1	5.0	+0.2
		270°	4.8	4.8	0.0	4.8	0.0
	(13) 下部管板から1.0m付近	0°	4.9	4.8	0.1	5.0	+0.1
		90°	4.8	4.8	0.0	4.9	+0.1
		180°	4.8	4.8	0.0	4.9	+0.1
		270°	4.8	4.7	0.1	4.8	0.0
	(14) 下部管板から0.18m付近	0°	4.8	4.8	0.0	4.8	0.0
		90°	4.8	4.8	0.0	4.8	0.0
		180°	4.9	4.7	0.2	4.7	0.2
		270°	5.0	4.7	0.3	4.8	0.2

表4.2-6 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Z r系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
ベント配管	(1)硝酸蒸気出口側	0°	3.99	3.93	0.06	3.88	0.11
		90°	4.03	4.02	0.01	4.10	+0.07
		180°	4.23	4.18	0.05	4.17	0.06
		270°	4.22	4.16	0.06	4.12	0.10
	(2)配管中央部	0°	3.98	3.97	0.01	3.92	0.07
		90°	4.02	4.03	+0.01	4.07	0.05
		180°	4.28	4.27	0.01	4.19	0.09
		270°	4.33	4.31	0.02	4.25	0.08
	(3)硝酸蒸気入口側	0°	3.85	3.81	0.04	3.92	+0.07
		90°	4.11	4.10	0.01	4.07	0.04
		180°	4.22	4.19	0.03	4.15	0.07
		270°	4.17	4.14	0.03	4.12	0.05

表4.2-7 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Z r系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
蒸発部塔頂部	(4)鏡 部	0°	3.70	3.65	0.05	3.67	0.03
		90°	3.70	3.64	0.06	3.67	0.03
		180°	3.69	3.69	0.00	3.71	+0.02
		270°	3.72	3.71	0.01	3.69	0.03
	(5)胴 部	0°	4.11	4.09	0.02	4.06	0.05
		90°	4.07	4.10	+0.03	4.05	0.02
		180°	4.04	4.03	0.01	4.01	0.03
		270°	4.05	4.05	0.00	4.02	0.03

表4.2-8 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Z r系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
上部連絡管	(6)伸縮管 (蒸発部胴側)	0°	3.56	3.53	0.03	3.59	+0.03
		90°	3.63	3.64	-0.01	3.60	0.03
		180°	3.67	3.62	0.05	3.54	0.13
		270°	3.52	3.48	0.04	3.48	0.04
	(7)伸縮管 (加熱部胴側)	0°	3.53	3.58	+0.05	3.56	+0.03
		90°	3.56	3.56	0.00	3.52	0.04
		180°	3.57	3.58	+0.01	3.53	0.04
		270°	3.63	3.63	0.00	3.58	0.05

表4.2-9 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Z r系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
加熱部上部チャンネル	(8)鏡 部	0°	5.83	5.83	0.00	5.94	+0.11
		90°	5.77	5.78	+0.01	5.89	+0.12
		180°	5.86	5.88	+0.02	6.02	+0.16
		270°	5.78	5.77	0.01	5.85	+0.07
	(9)胴 部	0°	6.39	6.42	+0.03	6.45	+0.06
		90°	6.25	6.26	+0.01	6.31	+0.06
		180°	6.35	6.39	+0.04	6.42	+0.07
		270°	6.37	6.43	+0.06	6.47	+0.10

表4.2-10 蒸発缶各部位の肉厚測定結果 (Z r系)

部 材	部 位	方 向	超音波肉厚測定			実測値	減肉部
			(0)完成時	(1)4000hr後	$\Delta t=(0)-(1)$	(3)40000hr後	$\Delta t=(0)-(3)$
伝 熱 管	(10)上部管板から0.2m付近	0°	4.8	4.8	0.0	4.9	+0.1
		90°	4.9	4.9	0.0	4.8	0.1
		180°	5.0	4.9	0.1	5.0	0.0
		270°	4.8	4.8	0.0	4.9	+0.1
	(11)上部管板から1.0m付近	0°	4.9	4.8	0.1	4.8	0.1
		90°	4.8	4.8	0.0	4.7	0.1
		180°	4.8	4.8	0.0	4.8	0.0
		270°	5.0	4.9	0.1	4.9	0.1
	(12)上部管板から2.0m付近	0°	5.0	4.9	0.1	4.9	0.1
		90°	5.0	4.8	0.2	5.0	0.0
		180°	4.9	4.8	0.1	4.9	0.0
		270°	4.8	4.9	+0.1	4.8	0.0
	(13)下部管板から1.0m付近	0°	4.9	4.9	0.0	4.9	0.0
		90°	4.9	4.9	0.0	4.8	0.1
		180°	4.8	4.8	0.0	4.9	+0.1
		270°	4.9	4.8	0.1	4.9	0.0
	(14)下部管板から0.18m付近	0°	4.8	4.8	0.0	4.8	0.0
		90°	4.8	4.9	+0.1	4.9	+0.1
		180°	4.9	4.8	0.1	4.9	0.0
		270°	4.9	4.8	0.1	4.9	0.0

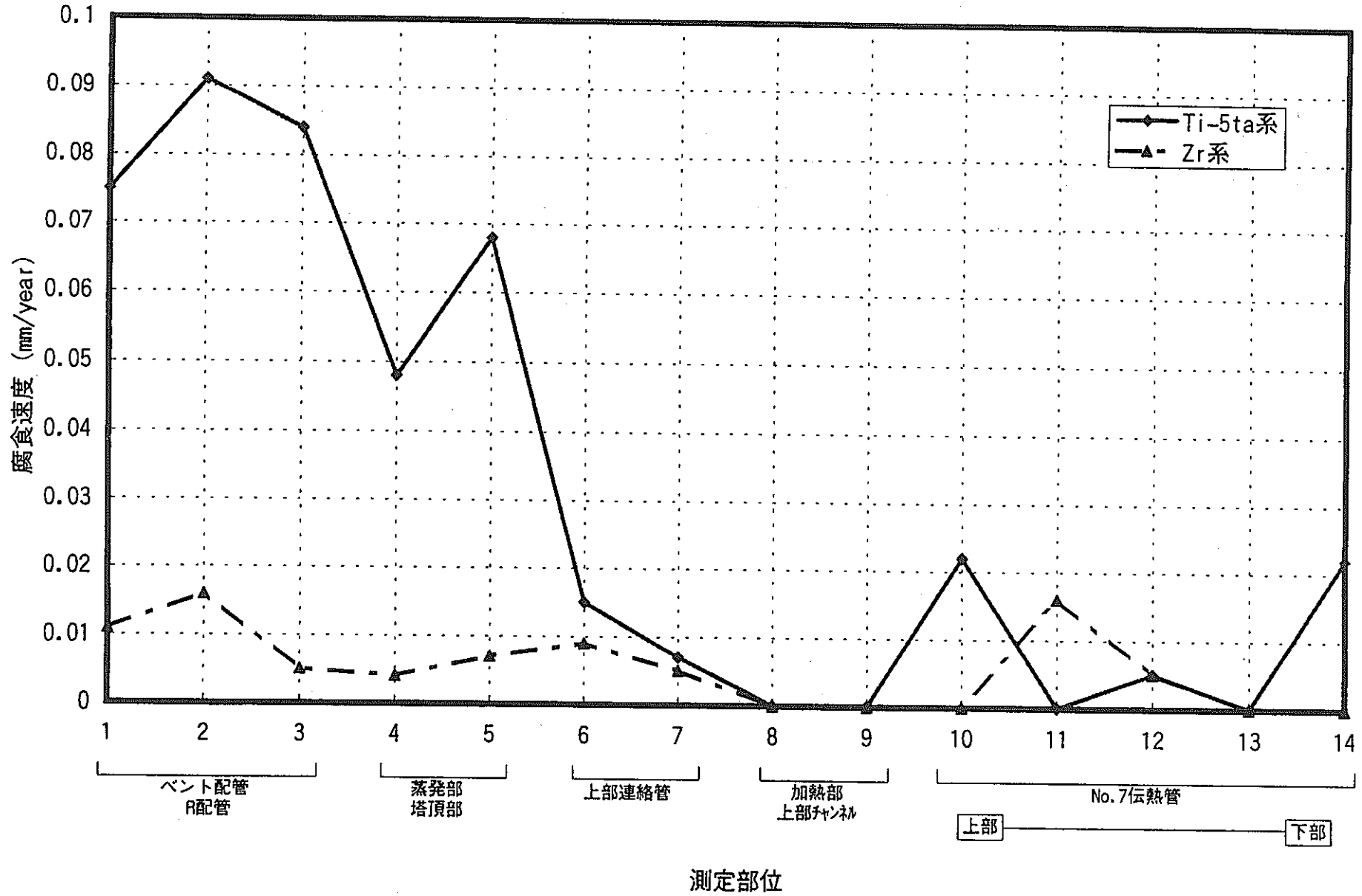


図4.2-1 40000時間後の肉厚測定から算出した各部位の平均腐食速度

4.3 表面粗さ測定

Ti-5Ta 製およびZr 製の蒸発缶内表面について、40000時間運転試験後における腐食損傷状況を接触式表面粗さ測定器を用いて評価を行った。

測定結果をTi-5Ta 製については表4.3-1~4.3-45に、Zr 製は表4.3-46~4.3-90に示す。

両材質の各部材の表面状況について簡単にまとめると以下の様であった。

Ti-5Ta 製

各評価部位における母材表面の平均粗さ及び最大高さは、伝熱管、加熱部上部ファンネルおよび上部連絡管の各部材で、それぞれRa2.6~5.8 μm 、Ry17~29 μm の範囲であった。一方、硝酸蒸気環境に曝される蒸発部塔頂部とベント配管の平均粗さ及び最大高さは、それぞれRa5.6~12.3 μm 、Ry30~62 μm となり、前者よりも表面が大きくなる傾向が認められた。この傾向は、4.2の肉厚測定結果を反映するものであり、全面腐食による内表面の表面粗度が大きくなっているものと判断される。

また、溶接金属部は、全ての部位において母材よりも明らかに表面の粗度が粗く、これは溶接部ビードの影響もあると思われるが、特に蒸発部塔頂部とベント配管は平均粗さで9.4~16.1 μm 、最大高さで52~81 μm と他の溶接部材と比べて粗度が大きい事が確認され、母材部表面よりも全面腐食が進行していることが推測される。

Zr 製

各評価部位における母材表面の平均粗さ及び最大高さは、伝熱管、加熱部上部ファンネルおよび上部連絡管の各部材は、それぞれ0.3~4.5 μm 、2~22 μm のであり、Ti-5Ta 製よりも粗度が小さい。一方、硝酸蒸気環境に曝される蒸発部塔頂部とベント配管の平均粗さ及び最大高さも、それぞれ0.6~5.2 μm 、5~25 μm となり、Ti-5Ta 製で認められた様な硝酸蒸気環境に曝される部材の表面の粗度が大きくなる傾向は特に認められなかった。また、溶接金属部の粗度は、母材部とあまり変わりがなく、全部位における平均粗さは1.1~3.8 μm 、最大高さも8~19 μm であった。これらのことから、Zr 製の蒸発缶内表面は腐食により表面粗度が大きくなる傾向は、ほとんど認められないものと判断される。

表4.3-1 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

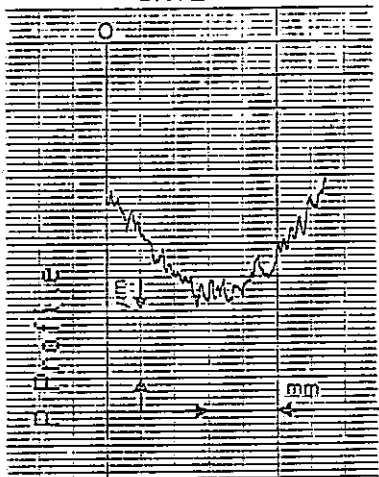
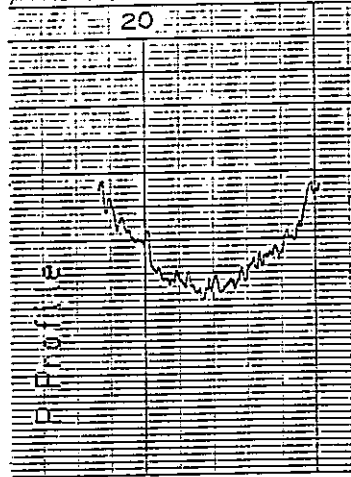
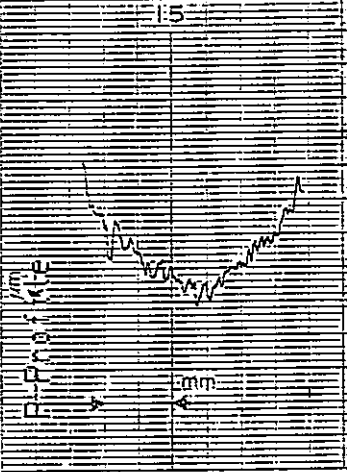
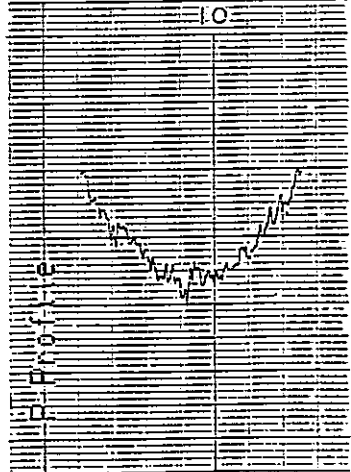
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
伝 熱 管	部位 : No. 1 上部管板から0.5mm付近	①	3.993	23.31
		②	4.222	24.81
		③	4.198	24.96
		④	4.117	24.62
		平均	4.133	24.43
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>DATE</p> 		<p>②</p> <p>$\mu\text{mRa} \lambda c$ _____ mm</p> <p>20</p>  <p>ART NO. 147791</p>		
<p>③</p> <p>$\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>ny Ltd.</p>		<p>④</p> <p>AG. —MAG.</p> <p>10</p>  <p>Kozaka Kubota</p>		

表4.3-2 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

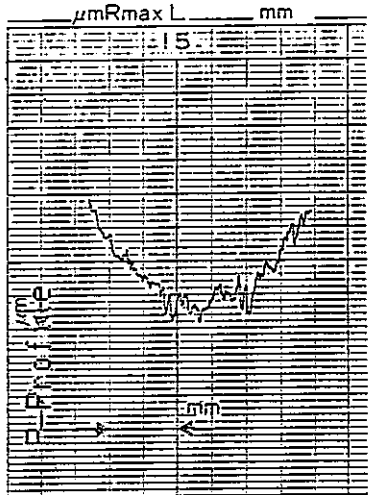
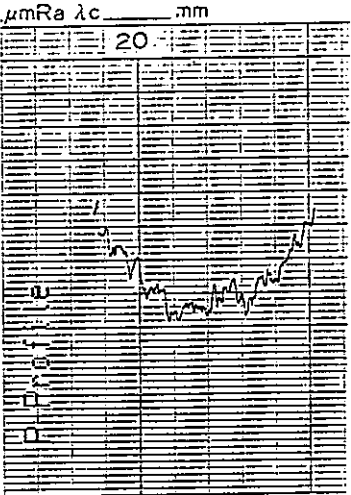
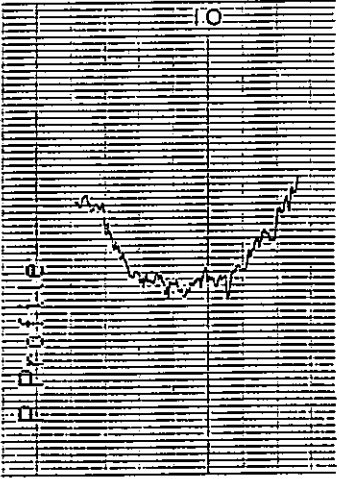
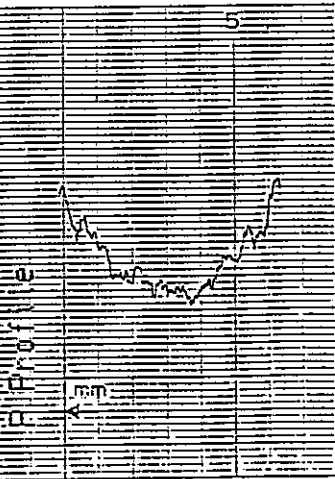
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
伝 熱 管	部位 : No. 2 上部管板から2.0m付近	①	4.286	25.25
		②	4.719	26.21
		③	3.846	23.59
		④	4.402	25.00
		平均	4.313	25.01
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>$\mu\text{mRmax L}$ 15 mm</p> <p>cy Ltd. C</p>		<p>②</p>  <p>$\mu\text{mRa } \lambda c$ 20 mm</p> <p>IART NO. 147791</p>		
<p>③</p>  <p>AG. -MAG. 10</p> <p>Kosaka Kaho</p>		<p>④</p>  <p>NO. 5</p>		

表4.3-3 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

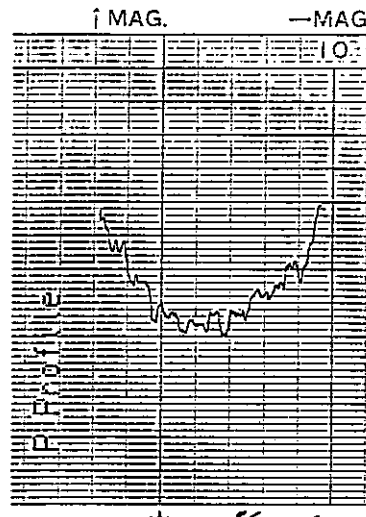
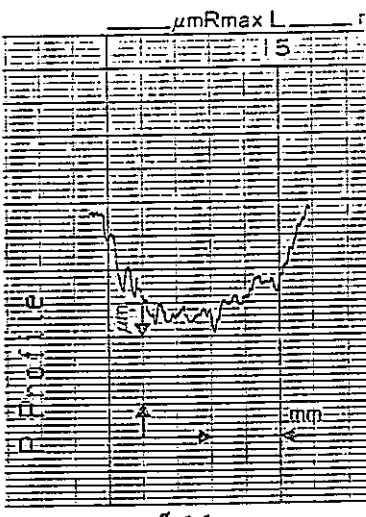
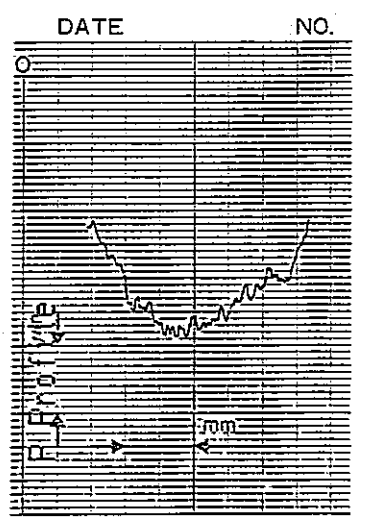
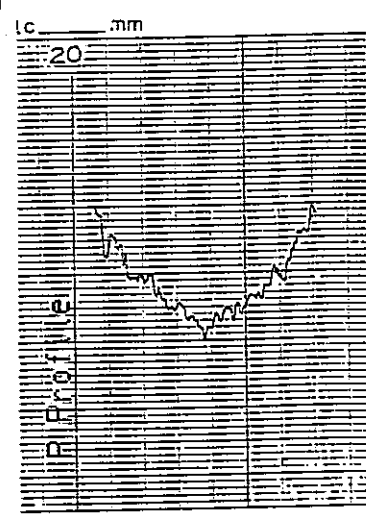
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
伝 熱 管	部位 : No. 3 下部管板から0.5m付近	①	4.736	26.06
		②	4.428	23.93
		③	3.577	19.90
		④	4.097	23.18
		平均	4.210	23.27
測定部断面プロフィール			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>↑ MAG. -MAG.</p> <p>Kosaka</p>		<p>②</p>  <p>$\mu\text{mRmax L}$</p> <p>iboratory Ltd.</p>		
<p>③</p>  <p>DATE NO.</p> <p>mm</p>		<p>④</p>  <p>ic mm</p> <p>20</p> <p>0.147791</p>		

表4.3-4 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

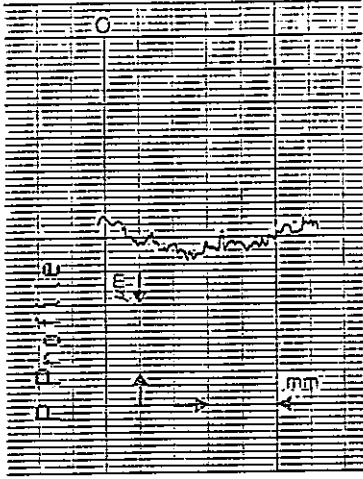
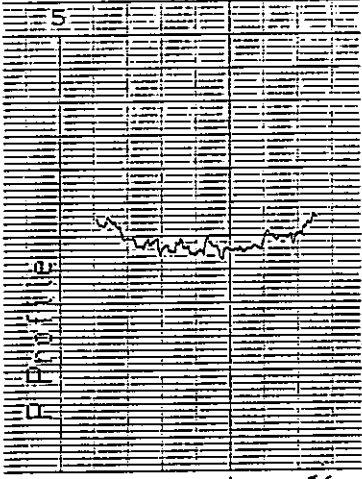
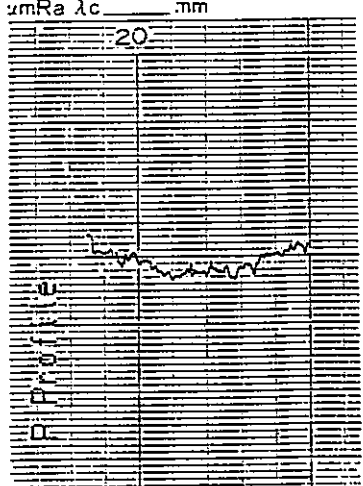
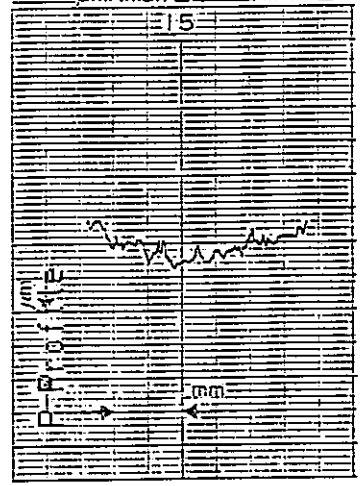
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 4 鏡 部	①	2.489	16.46
		②	2.637	17.12
		③	2.339	14.84
		④	2.887	19.56
		平均	2.588	17.00
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p>DATE</p> 		<p>②</p> <p>IO. ↑ MAG.</p> 		
<p>③</p> <p>$\mu\text{mRa} \lambda c$ mm</p> <p>20</p>  <p>ART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>$\mu\text{mRmax} L$ mm</p> <p>15</p>  <p>cyj Kated.</p>		

表4.3-5 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

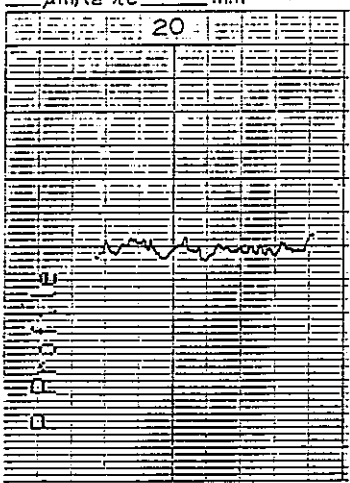
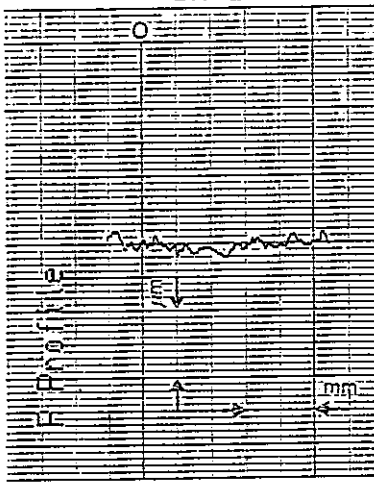
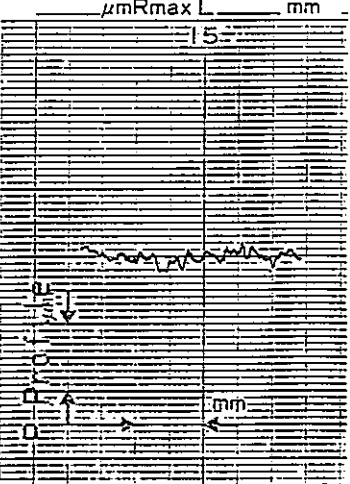
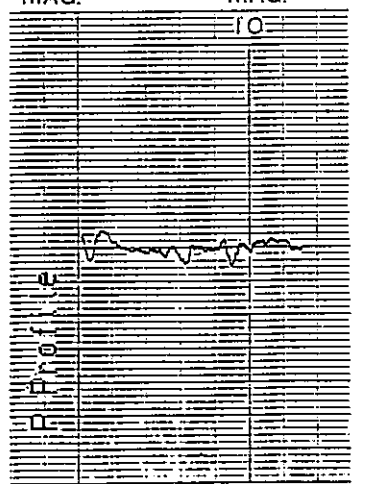
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位: No. 5 胴 部	①	2.585	14.84
		②	2.368	13.84
		③	2.588	14.87
		④	3.046	18.46
		平均	2.647	15.50
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>$\mu\text{mRa} \lambda c$ _____ mm</p> <p>20</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>②</p> <p>DATE</p> <p>0</p> 		
<p>③</p> <p>$\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>tosy Ltd.</p>		<p>④</p> <p>MAG. _____ -MAG.</p> <p>10</p>  <p>Kosaka Kaho</p>		

表4.3-6 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

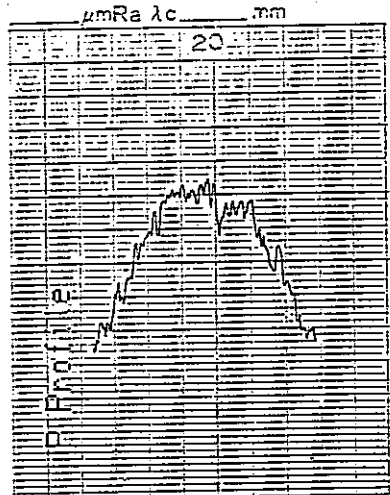
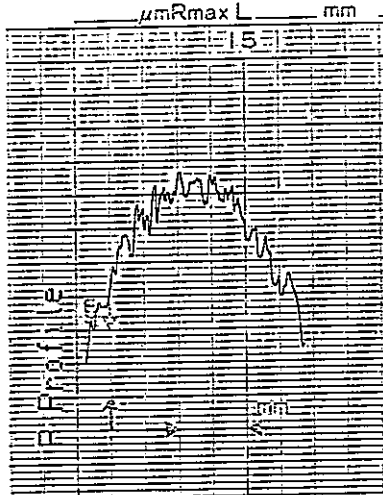
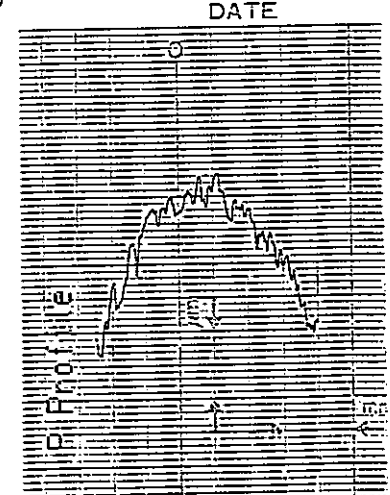
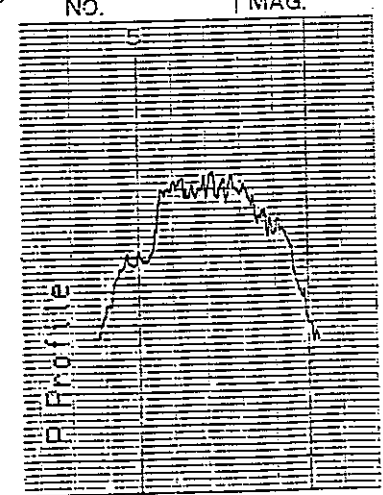
部 材	評価部位	平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 6 温度計さや管 (先端に近い部分)	① 5.497	29.96
		② 6.571	32.56
		③ 5.934	31.71
		④ 5.280	26.59
		平均 5.821	30.21
測定部断面プロファイル		倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p style="text-align: center;">CHART NO. 147791</p>		<p>②</p>  <p style="text-align: center;">15</p> <p style="text-align: right;"><i>rotary Ltd.</i></p>	
<p>③</p>  <p style="text-align: center;">DATE</p>		<p>④</p>  <p style="text-align: center;">NO. ↑ MAG.</p>	

表4.3-7 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

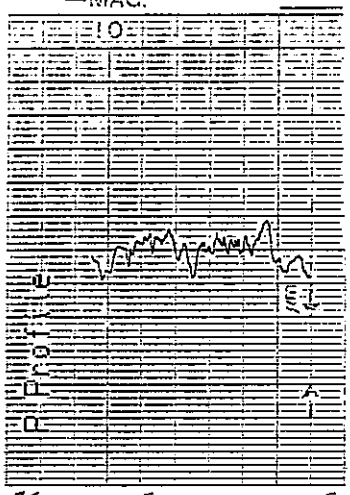
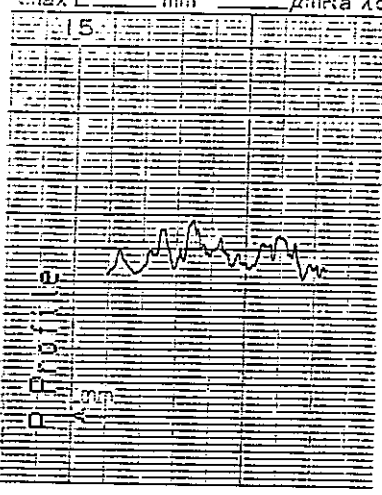
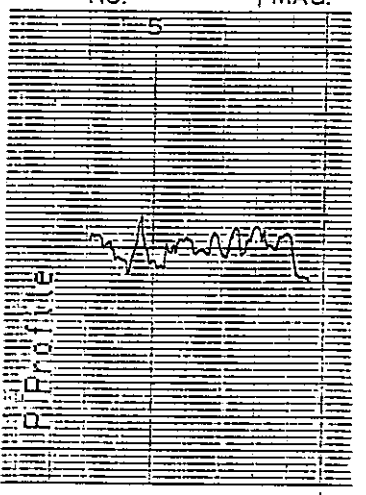
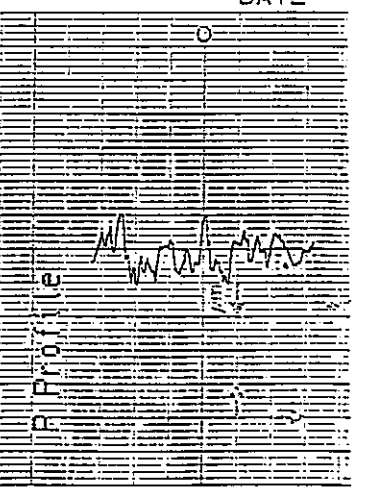
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 7 胴長手溶接部 (溶接金属)	①	5.129	26.43
		②	5.111	26.71
		③	5.862	28.84
		④	7.458	39.40
		平均	5.890	30.35
	測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)
<p>①</p> <p style="text-align: center;">-MAG.</p>  <p style="text-align: right;">Kosaka Laboratory Co.</p>		<p>②</p> <p style="text-align: center;">Rmax L _____ mm _____ μmRa λc</p> <p style="text-align: center;">15</p>  <p style="text-align: right;">CHART 1</p>		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">NO. ↑ MAG.</p> <p style="text-align: center;">5</p>  <p style="text-align: right;">中</p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">DATE</p> 		

表4.3-8 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

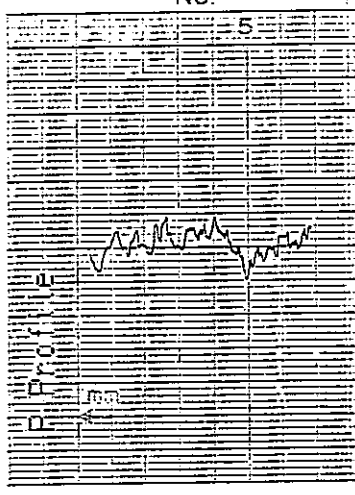
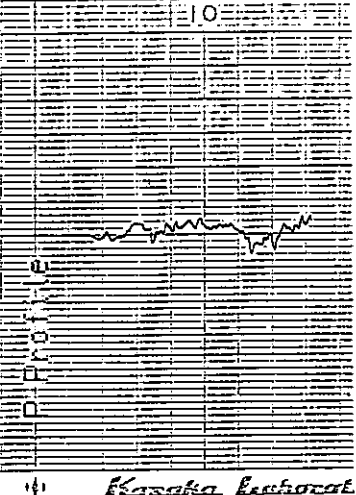
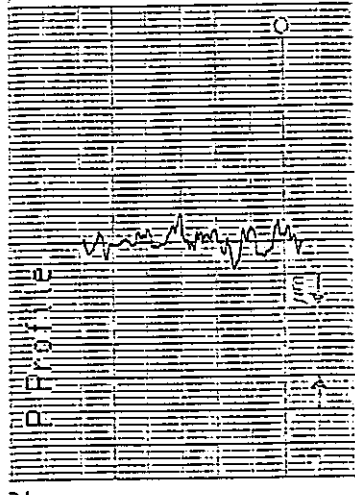
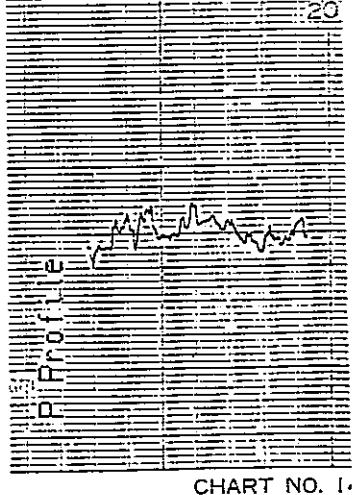
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 7	①	5.062	25.43
	銅長手溶接部 (熱影響部)	②	2.473	16.96
		③	4.912	27.93
		④	4.422	23.59
		平均	4.217	23.48
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-9 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

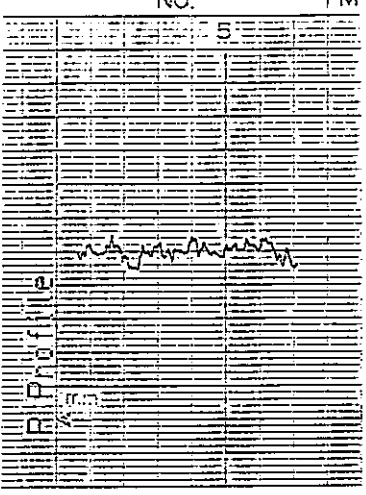
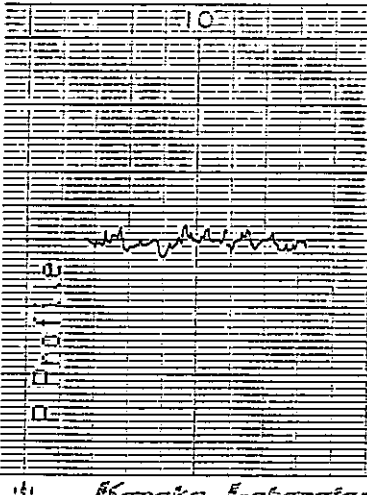
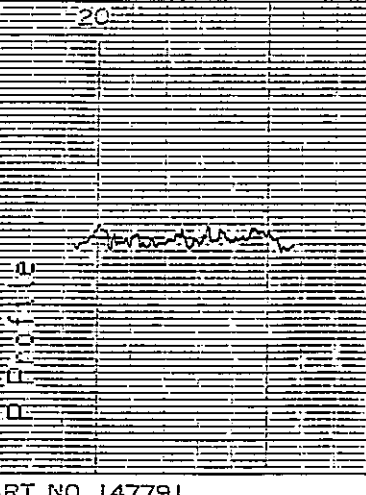
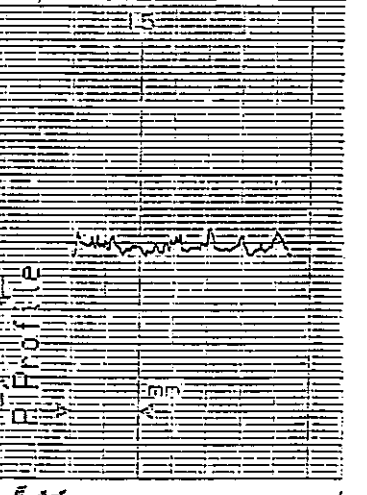
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 7 胴長手溶接部 (母材)	①	3.364	20.15
		②	3.111	19.62
		③	3.064	18.96
		④	2.808	17.62
		平均	3.087	19.09
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p>  <p>Konosaka Laboratory</p>		
<p>③</p> <p>Ra λ_c _____ mm</p> <p>20</p>  <p>ART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>$\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>Extd.</p>		

表4.3-10 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

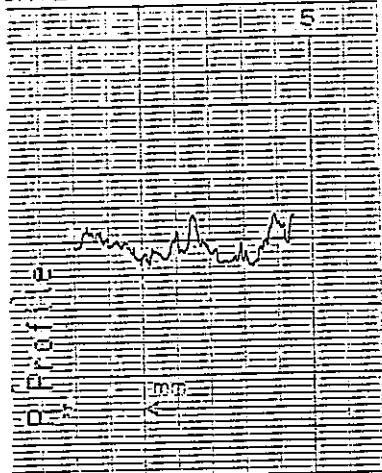
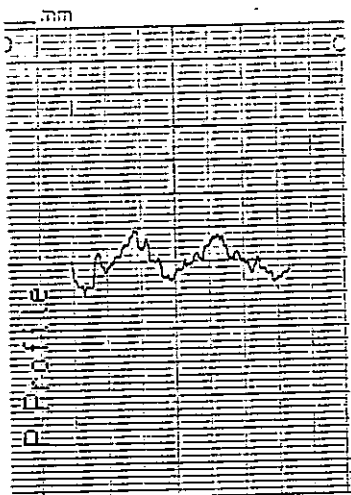
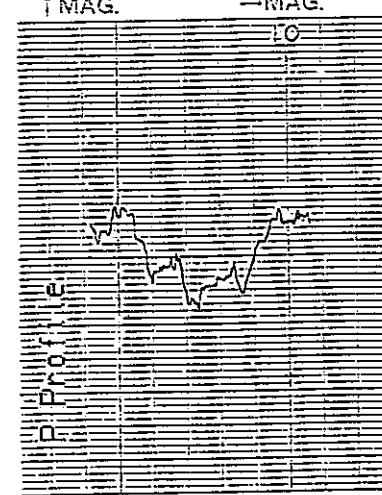
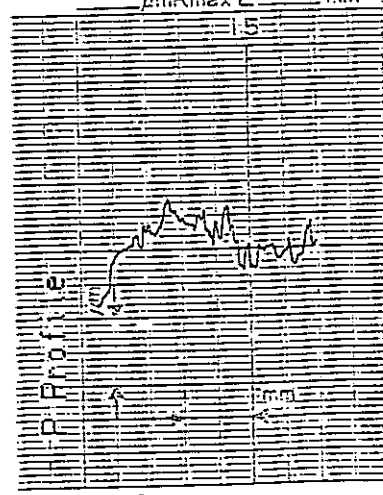
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンセル	部位: No. 8 上部連絡管バルブ座溶接部 (溶接金属)	①	4.287	24.53
		②	3.910	21.71
		③	4.864	28.18
		④	5.570	27.40
		平均	4.658	25.46
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p>DATE _____ NO. 5</p> 		<p>②</p>  <p>147791</p>		
<p>③</p> <p>↑MAG. ↓MAG.</p>  <p>↑ ↓</p> <p>Koraka Kutsu</p>		<p>④</p> <p>$\mu\text{mRmax L}$ mm</p>  <p>↑ ↓</p> <p>rotary Ltd.</p>		

表4.3-11 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

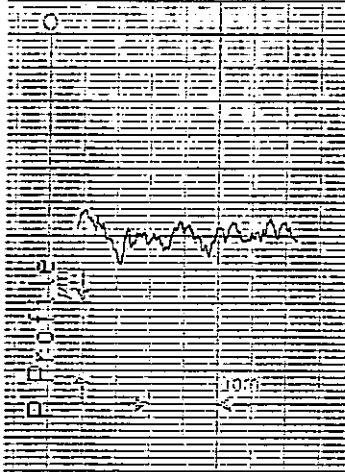
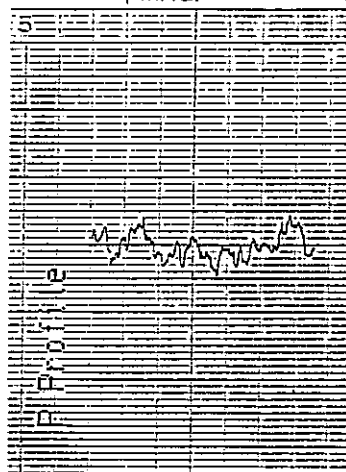
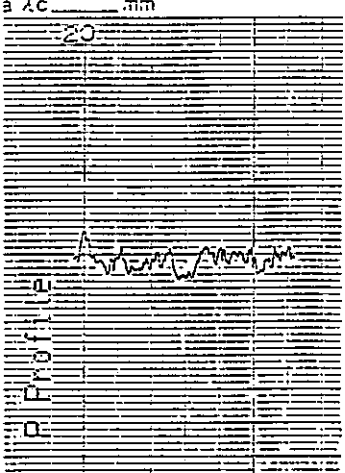
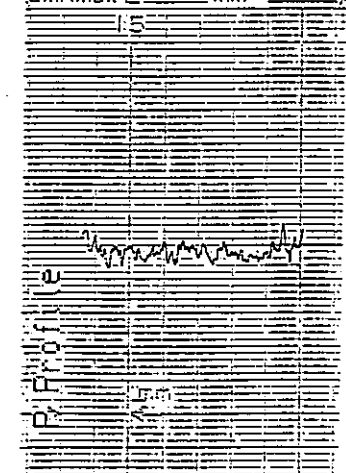
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 8 上部連絡管バルブ座溶接部 (熱影響部)	①	4.141	22.81
		②	5.250	28.31
		③	4.340	22.78
		④	3.725	24.28
		平均	4.364	24.55
測定部断面プロファイル 倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)				
<p>①</p> <p style="text-align: center;">DATE _____ NC _____</p> 		<p>②</p> <p style="text-align: center;">i MAG. _____ -M/ _____</p>  <p style="text-align: right;">中 Kozaki</p>		
<p>③</p> <p>a λc _____ mm</p> <p style="text-align: center;">20</p>  <p>IT NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>$\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p> <p style="text-align: center;">15</p> 		

表4.3-12 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

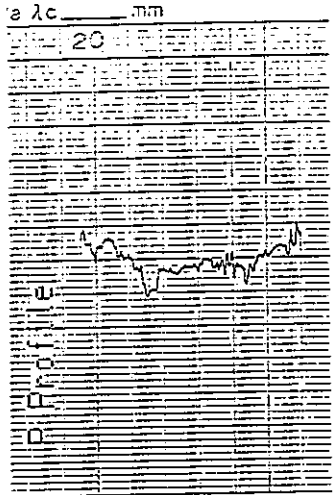
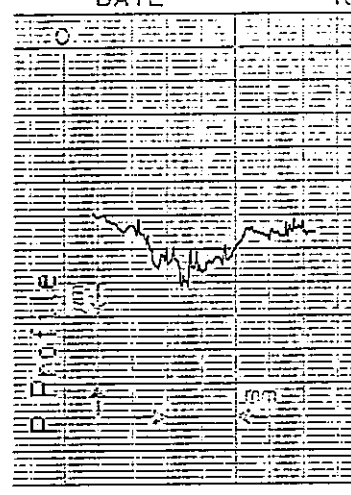
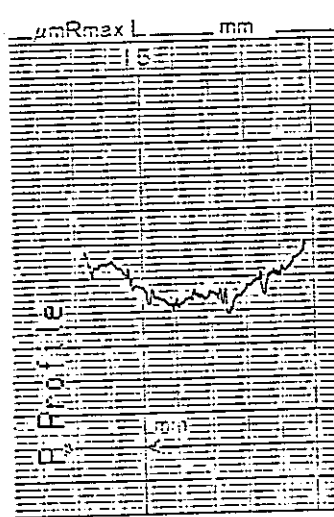
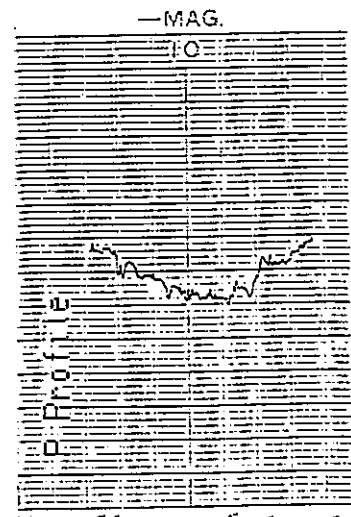
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 8 上部連絡管バルブ座溶接部 (母材)	①	3.532	24.34
		②	3.291	22.00
		③	2.624	20.87
		④	2.778	18.93
		平均	3.056	21.54
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
① 		② 		
③ 		④ 		

表4.3-13 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

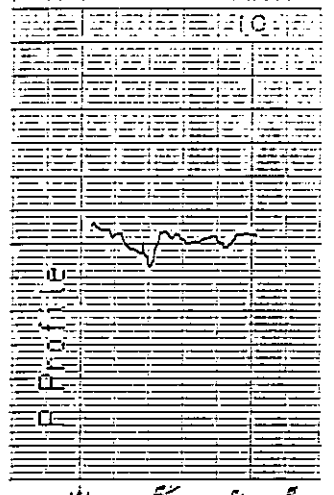
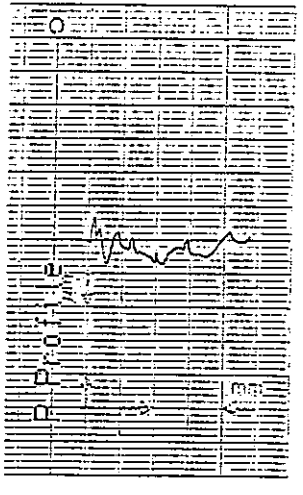
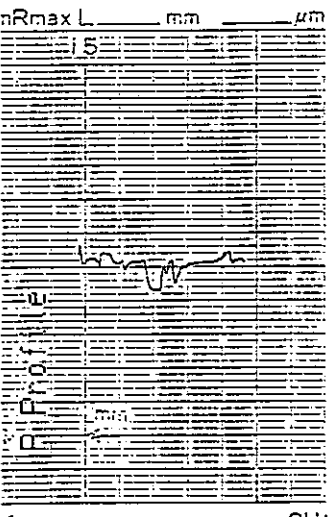
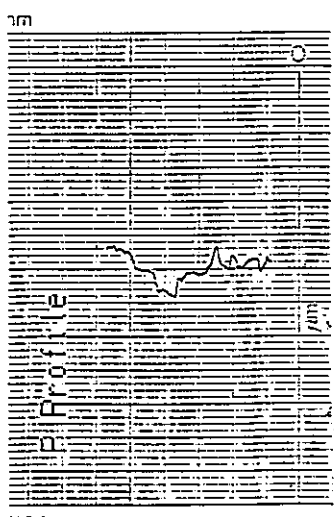
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 9 上部伸縮管平行胴 気相部	①	2.663	16.66
		②	3.752	21.87
		③	3.364	16.62
		④	3.142	18.00
		平均	3.230	18.29
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-14 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

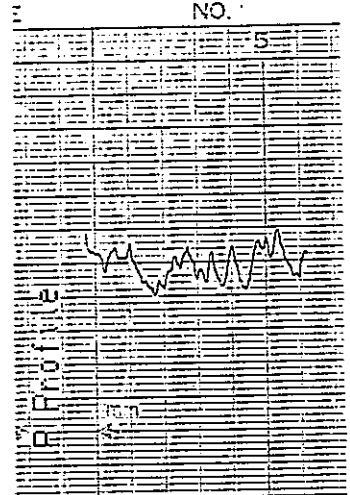
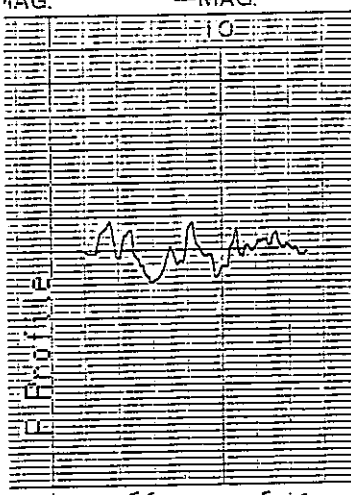
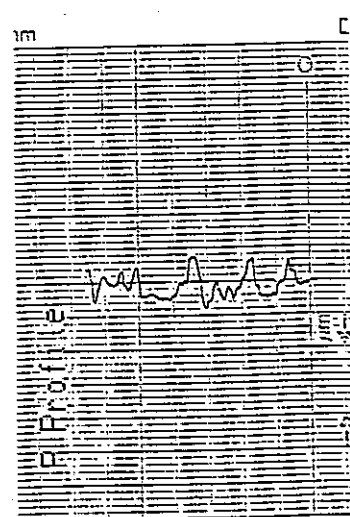
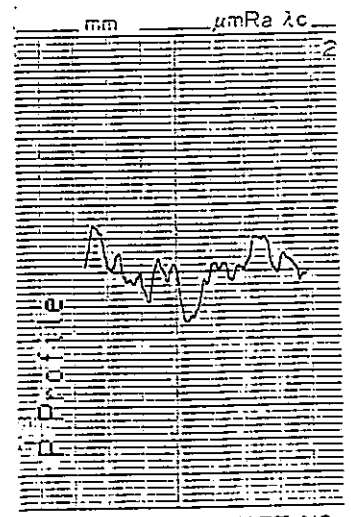
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 9	①	5.842	30.93
	上部伸縮管平行胴 液相部	②	5.696	27.40
		③	5.214	29.62
		④	6.633	28.62
		平均	5.846	29.14
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
① 		② 		
③ 		④ 		

表4.3-15 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 10 上部伸縮管 気相部	①	2.293	16.65
		②	2.541	17.50
		③	2.596	19.65
		④	3.205	23.00
		平均	2.659	19.20
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
① 10. 1 MAG.		② MAG. μmRmax		
③ DATE		④ μmRa λc mm HARI-NO. 14791		

表4.3-16 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

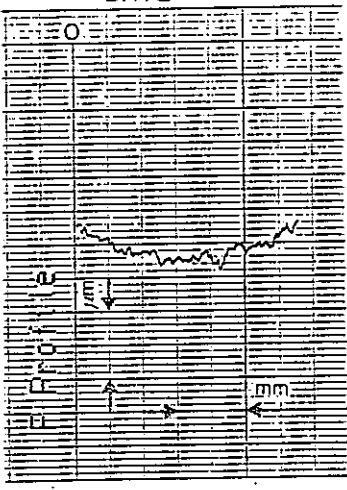
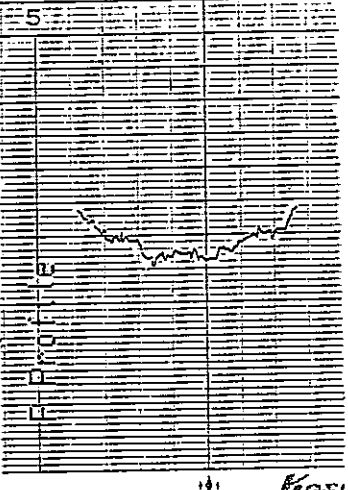
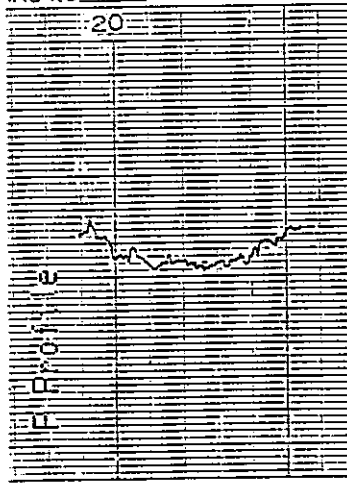
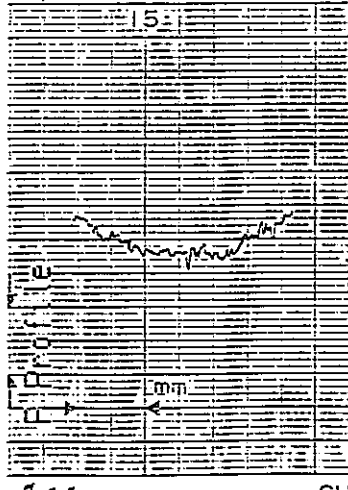
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 10 上部伸縮管 液相部	①	2.373	13.59
		②	2.214	14.34
		③	2.389	15.00
		④	2.319	16.56
		平均	2.324	14.87
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>DATE</p> 		<p>②</p> <p>MAG.</p> 		
<p>③</p> <p>$\mu\text{Ra} \lambda c$ _____ mm</p> <p>20</p>  <p>RT NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>$\mu\text{mRmax} L$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>Est. CH</p>		

表4.3-17 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

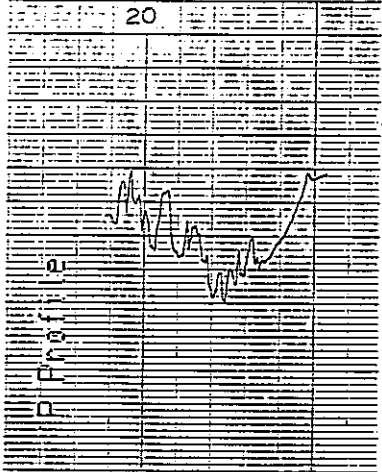
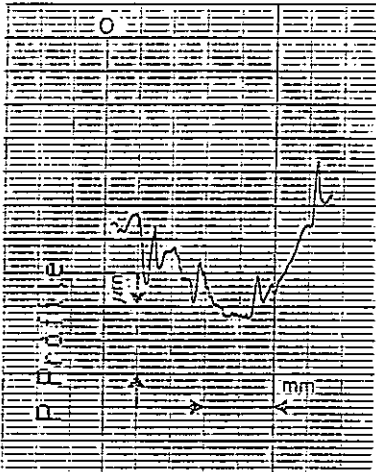
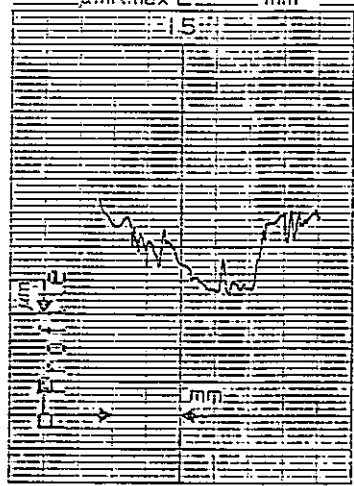
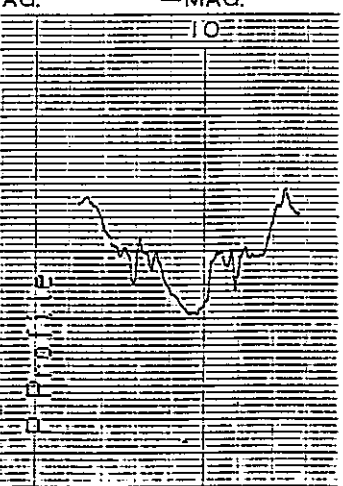
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 11 上部伸縮管 / 平行胴溶接部 (溶接金属)	①	7.563	36.34
		②	6.023	39.62
		③	4.764	31.43
		④	5.445	32.81
		平均	5.949	35.05
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>① $\mu\text{mRa } \lambda c$ _____ mm</p> <p>20</p>  <p>IART NO. 147791</p>		<p>② DATE</p> <p>0</p> 		
<p>③ $\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>cy Ltd.</p>		<p>④ AG. —MAG.</p> <p>10</p>  <p>Kosaka Kubota</p>		

表4.3-18 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

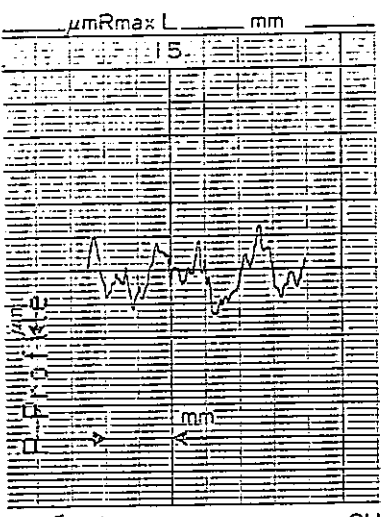
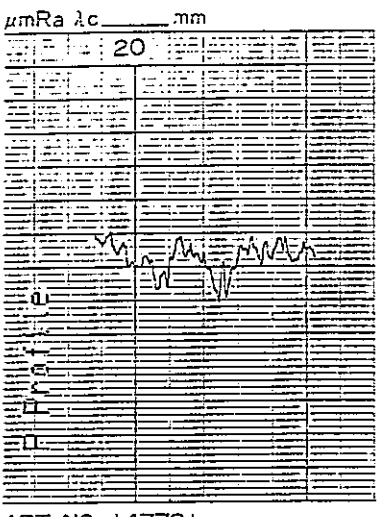
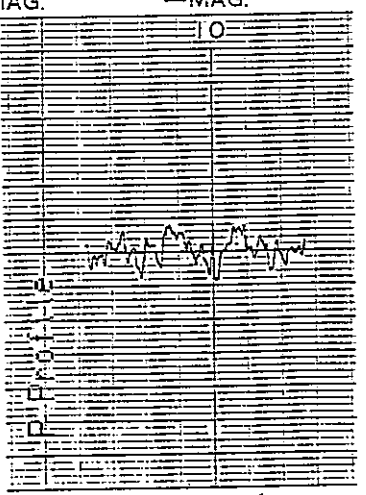
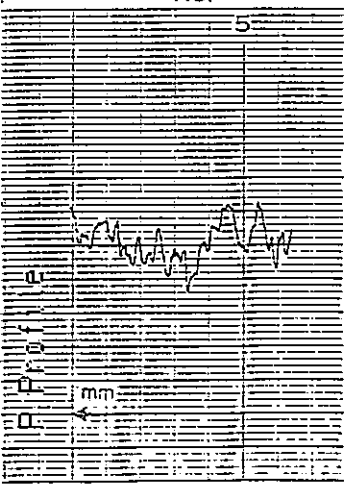
部 材	評価部位	①	平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 11 上部伸縮管 / 平行胴溶接部 (熱影響部)	①	7.145	39.50
		②	5.349	27.90
		③	5.722	30.28
		④	7.408	37.46
		平均	6.406	33.79
測定部断面プロファイル		倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }		
<p>①</p>  <p style="text-align: right;">ART. NO. 147791</p>		<p>②</p>  <p style="text-align: right;">ART. NO. 147791</p>		
<p>③</p>  <p style="text-align: right;">Kosaka Laboratory</p>		<p>④</p> 		

表4.3-19 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

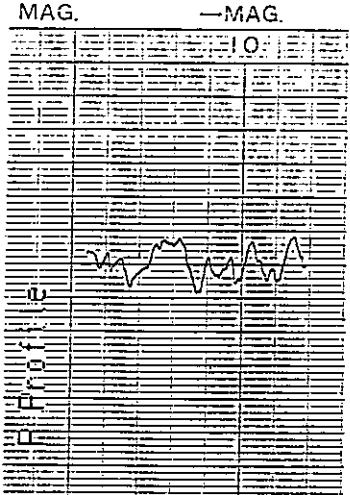
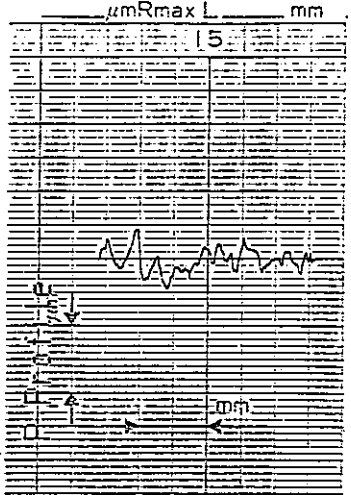
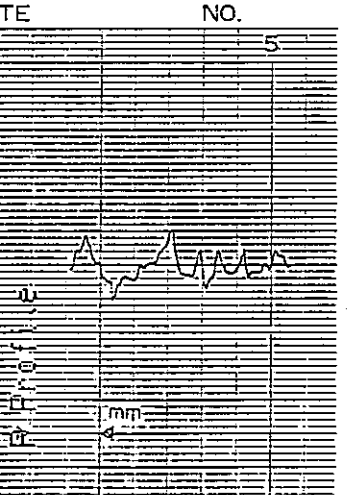
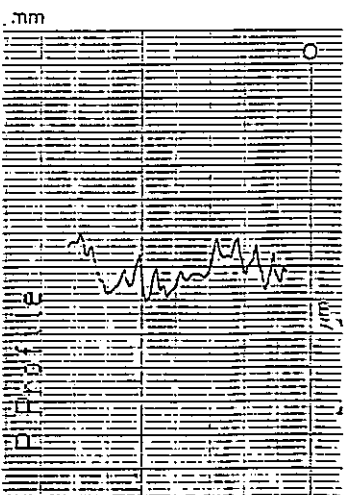
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 11 上部伸縮管/平行胴溶接部 (母材)	①	5.667	27.62
		②	5.176	27.75
		③	4.964	29.43
		④	5.294	29.34
		平均	5.275	28.54
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p>MAG. —MAG.</p>  <p>Kosaka Kobo</p>		<p>②</p>  <p>Togy Ltd.</p>		
<p>③</p> <p>TE NO.</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-20 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

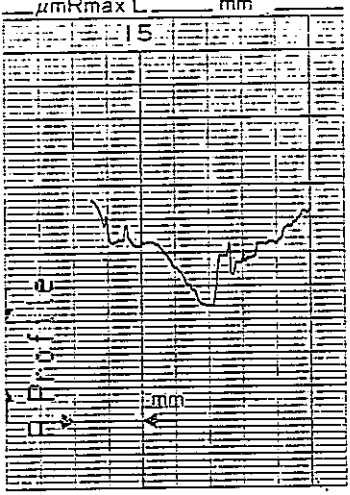
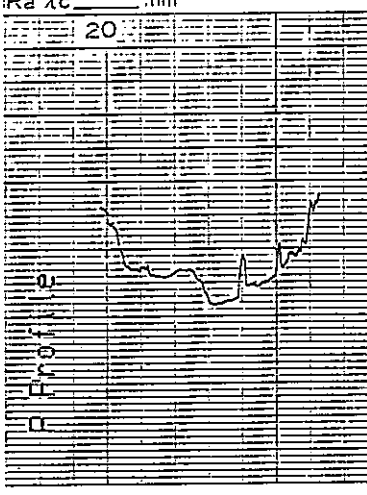
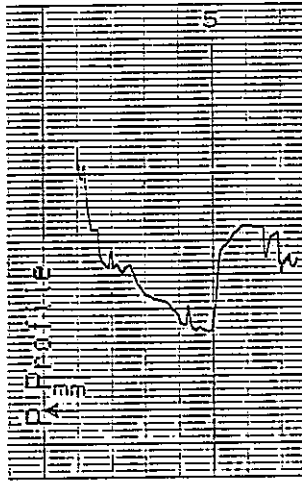
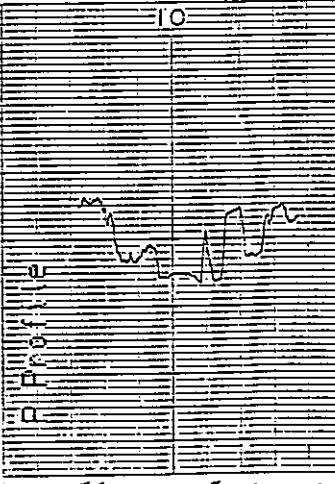
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 12 伸縮管ノズル座溶接部 (溶接金属)	①	3.622	21.18
		②	3.867	22.34
		③	5.645	29.12
		④	7.260	31.12
		平均	5.099	25.94
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-21 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

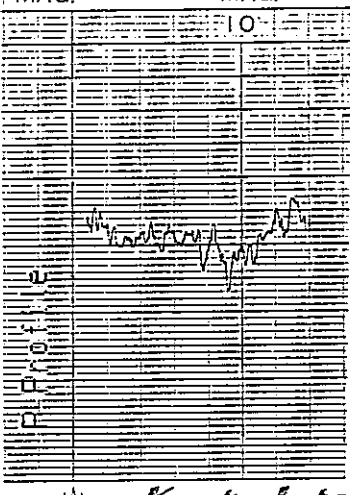
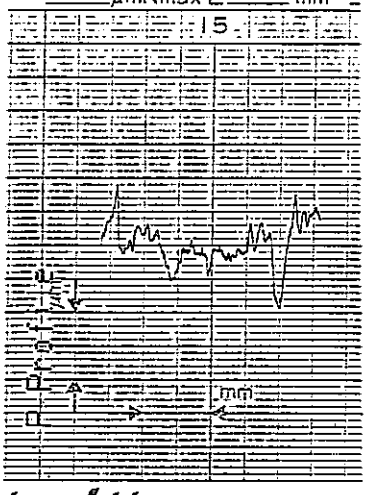
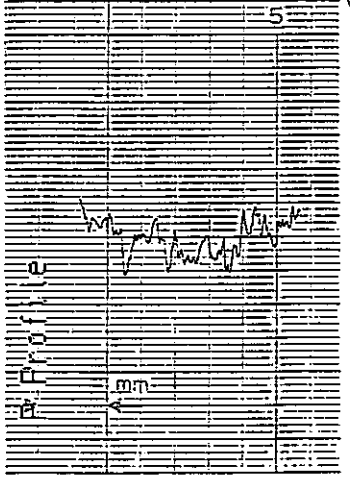
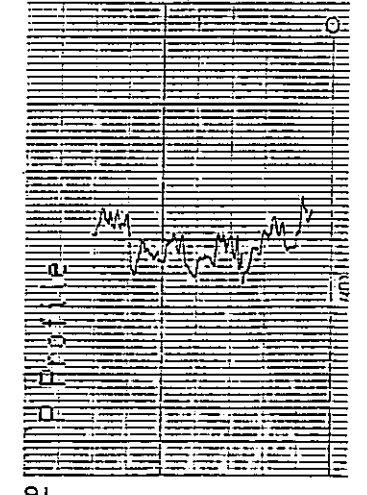
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 12 伸縮管 / ノズル座溶接部 (熱影響部)	①	5.734	32.00
		②	7.612	44.75
		③	6.030	35.96
		④	6.637	36.31
		平均	6.503	37.26
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-22 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

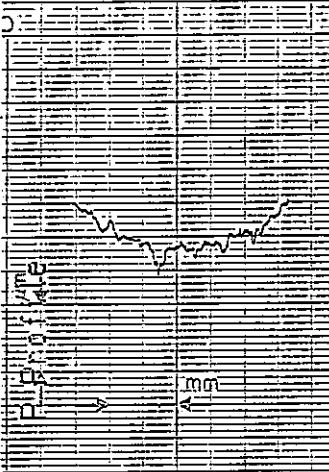
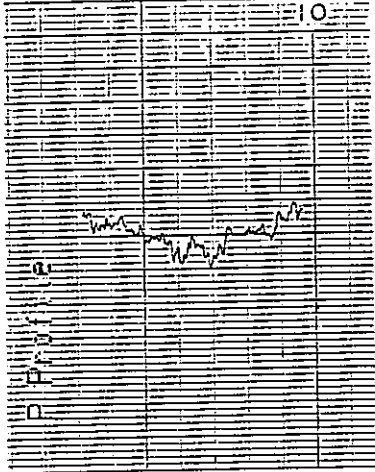
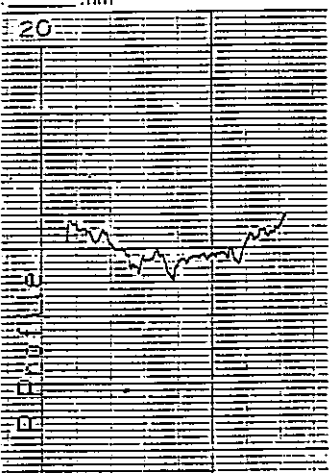
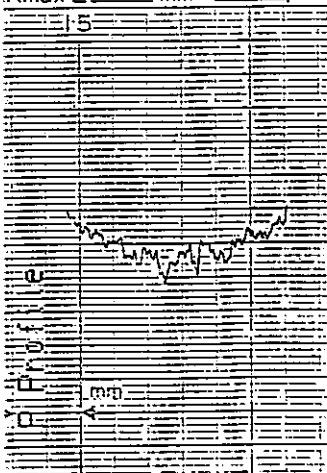
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 12 伸縮管 / ノズル座溶接部 (母 材)	①	2.575	18.12
		②	3.479	23.25
		③	3.031	18.03
		④	3.820	21.90
		平均	3.226	20.33
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
① DATE _____ NO. _____ 		② ↑ MAG _____ ↓ MAG _____ ↑ MAG _____ ↓ MAG _____  Kosaka, E.		
③ mm 20  . 147791		④ Rmax L _____ mm _____ μmF 15  CHAR		

表4.3-23 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

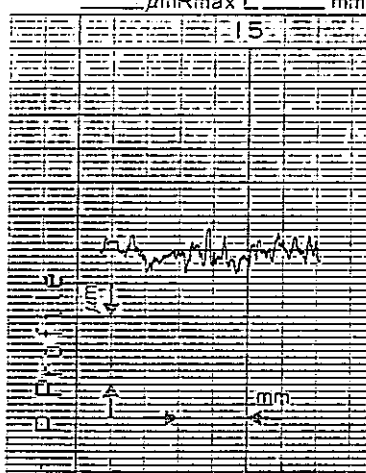
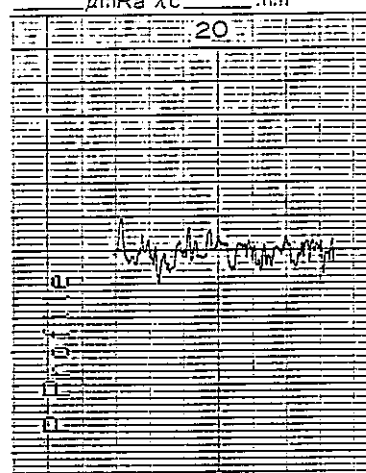
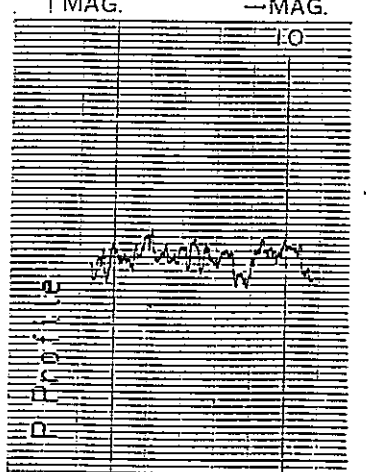
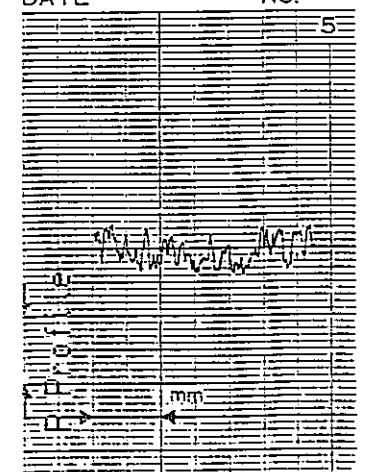
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 13 鏡 部	①	4.373	28.00
		②	6.034	32.68
		③	5.587	29.84
		④	6.401	32.84
		平均	5.599	30.84
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p style="text-align: center;">$\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p>  <p style="text-align: right;">Kosaka Ltd.</p>		<p>②</p> <p style="text-align: center;">$\mu\text{mRa } \lambda c$ _____ mm</p>  <p style="text-align: right;">CHART NO. 147791</p>		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">↑ MAG. ↓ MAG.</p>  <p style="text-align: right;">Kosaka Ltd.</p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">DATE NO.</p> 		

表4.3-24 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

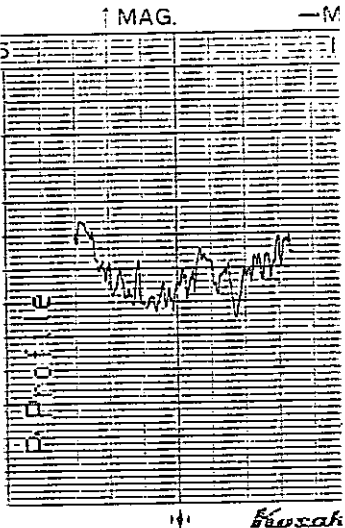
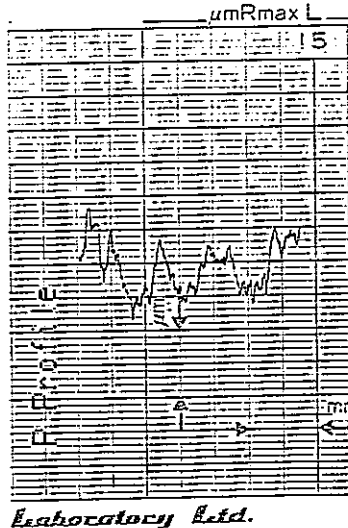
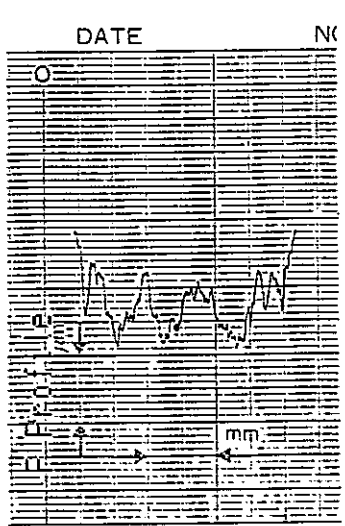
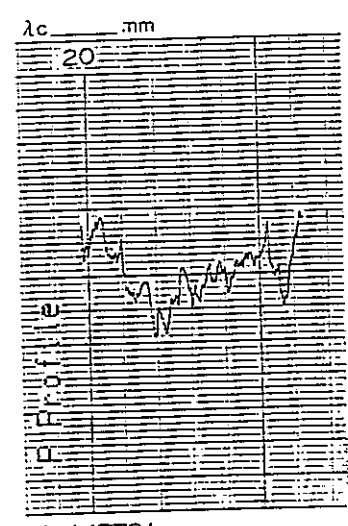
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 14 塔頂部ノズル	①	6.814	36.18
		②	7.752	41.78
		③	8.172	46.78
		④	7.326	42.65
		平均	7.516	41.85
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-25 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

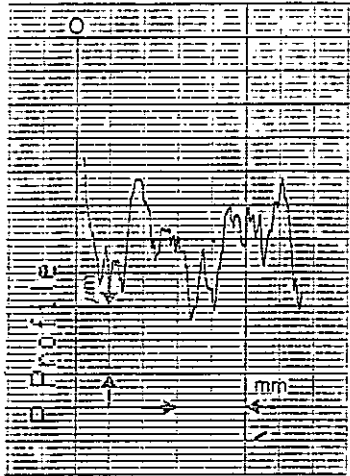
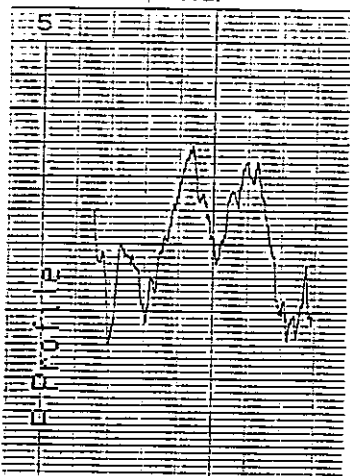
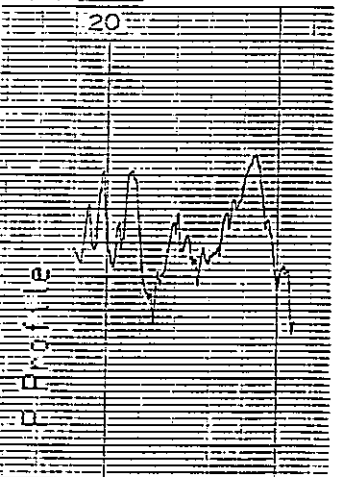
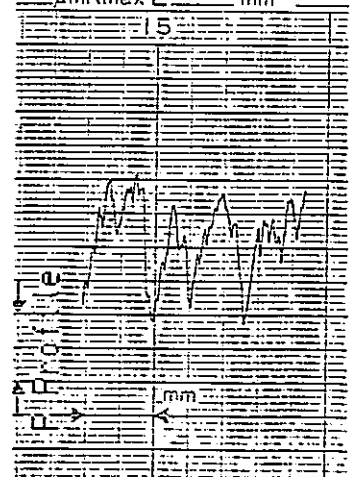
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 15 塔頂部ノズル座	①	12.69	64.62
		②	11.10	58.96
		③	12.01	60.09
		④	13.28	63.96
		平均	12.27	61.91
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>DATE</p> 		<p>②</p> <p>MAG.</p>  <p>Ext. Kos.</p>		
<p>③</p> <p>$\mu\text{Ra} \lambda c$ _____ mm</p> <p>20</p>  <p>RT NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>$\mu\text{Rmax} L$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>Ext. CI</p>		

表4.3-26 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

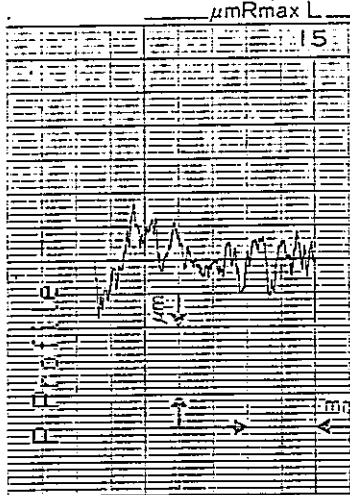
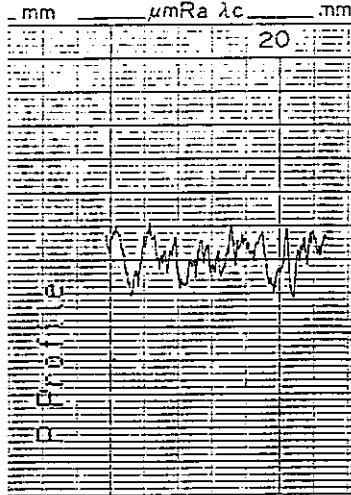
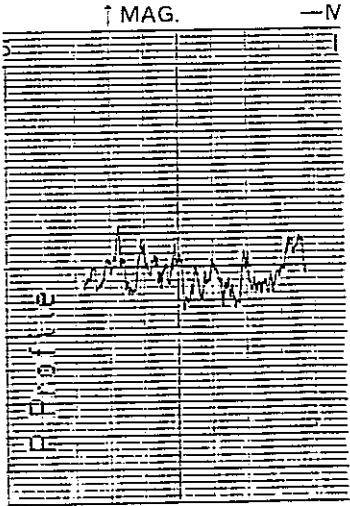
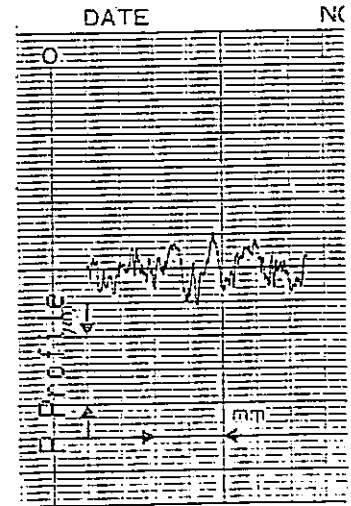
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 16	①	8.518	47.93
	胴 部	②	8.491	46.53
		③	7.671	43.28
		④	7.360	37.15
		平均	8.010	43.72
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>μmRmax L</p> <p>Laboratory Ltd.</p>		<p>②</p>  <p>mm μmRa λc mm</p> <p>CHART NO. 147791</p>		
<p>③</p>  <p>↑ MAG. —M</p> <p>Kosaki</p>		<p>④</p>  <p>DATE NK</p>		

表4.3-27 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

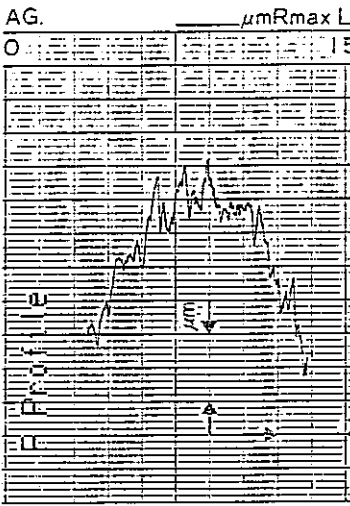
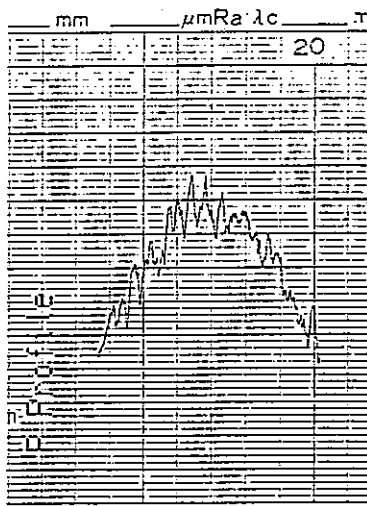
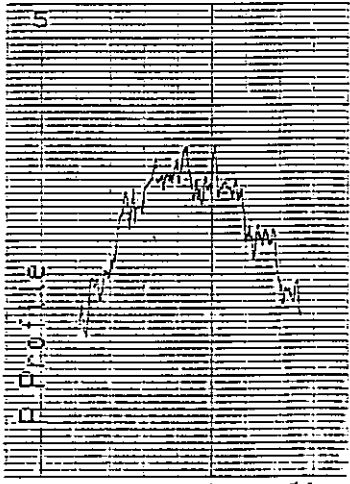
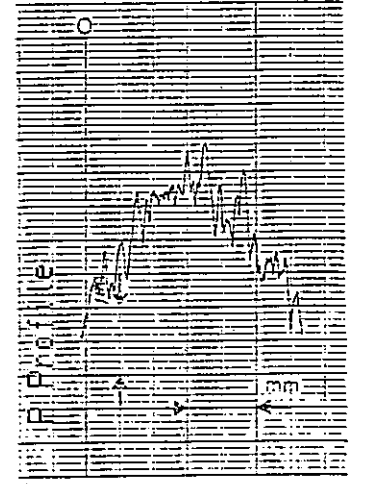
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 17 温度計さや管	①	8.240	46.84
		②	7.627	40.46
		③	7.628	42.75
		④	9.527	51.06
		平均	8.256	45.28
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p>  <p><i>a. Laboratory Ltd.</i></p>		<p>②</p>  <p>CHART NO. 14779</p>		
<p>③</p>  <p><i>Kom</i></p>		<p>④</p> 		

表4.3-28 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

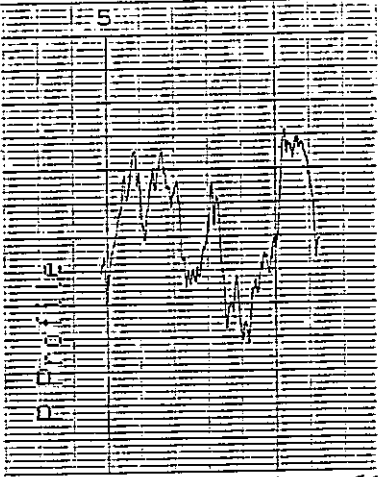
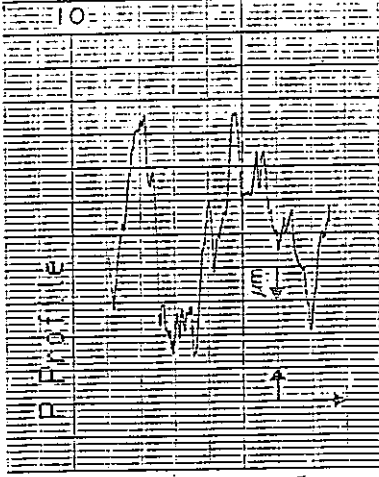
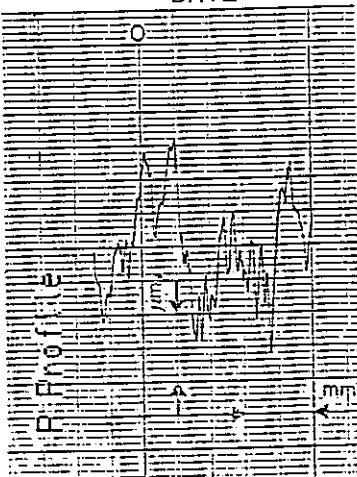
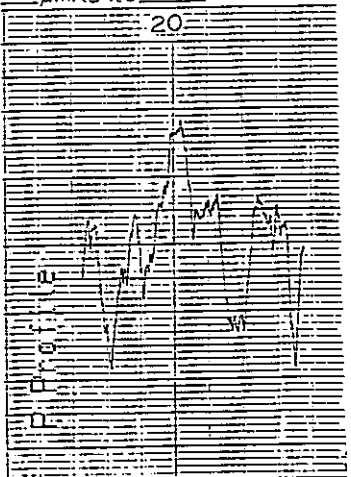
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 18 塔頂部ノズル長手溶接部 (溶接金属)	①	14.40	77.43
		②	16.46	80.65
		③	16.28	82.40
		④	17.27	81.59
		平均	16.10	80.52
測定部断面プロファイル 倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)				
<p>① NO. 5 MAG. \uparrow</p>  <p style="text-align: right;">μm</p>		<p>② -MAG. μmRms</p>  <p style="text-align: right;">Osaka Laboratory Ltd.</p>		
<p>③ DATE</p>  <p style="text-align: right;">mm</p>		<p>④ μmRa λ_c mm</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		

表4.3-29 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

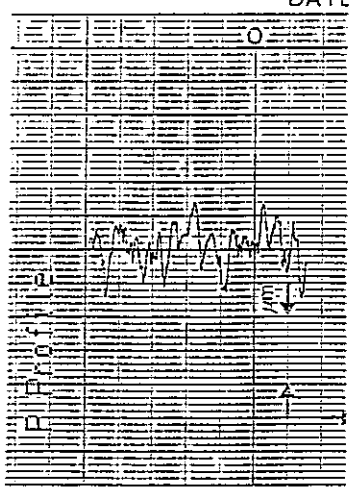
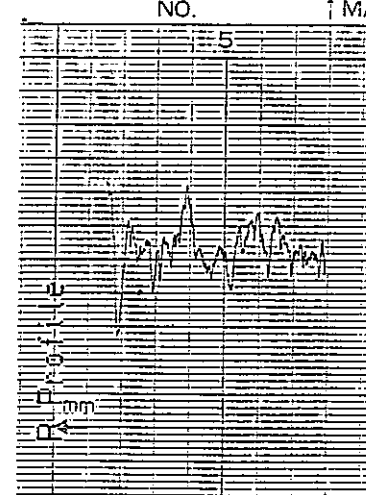
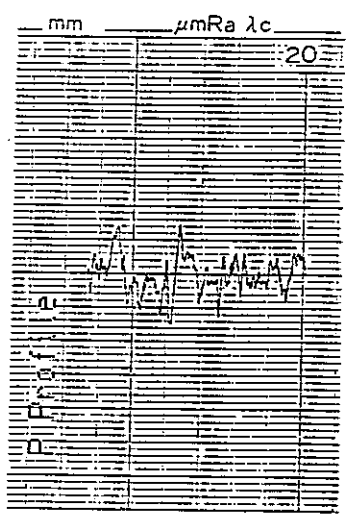
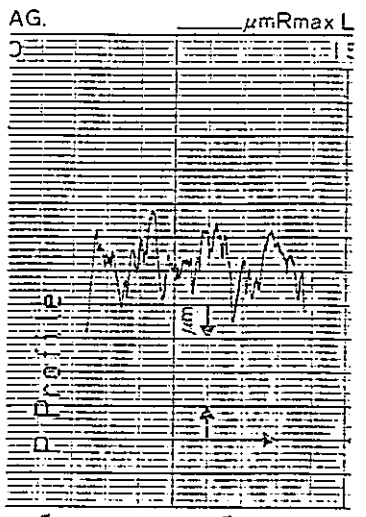
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 18 塔頂部ノズル長手溶接部 (熱影響部)	①	9.82	51.81
		②	10.19	60.18
		③	8.36	50.15
		④	10.18	59.96
		平均	9.64	55.53
	測定部断面プロファイル		倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>CHART NO. 14779</p>		<p>④</p>  <p>Laboratory Ltd.</p>		

表4.3-30 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

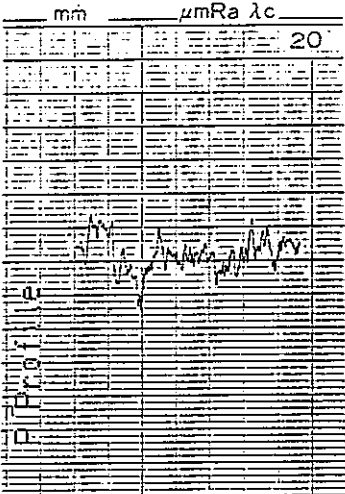
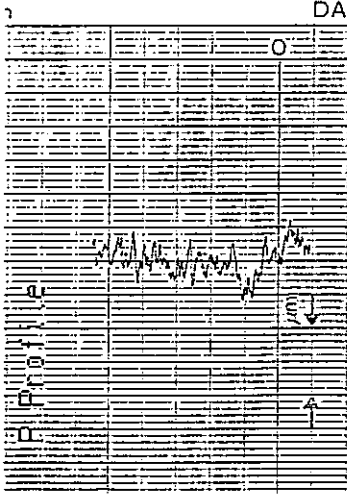
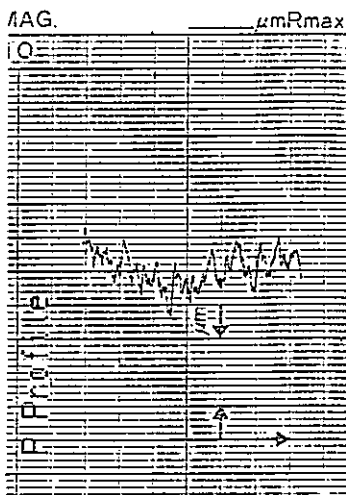
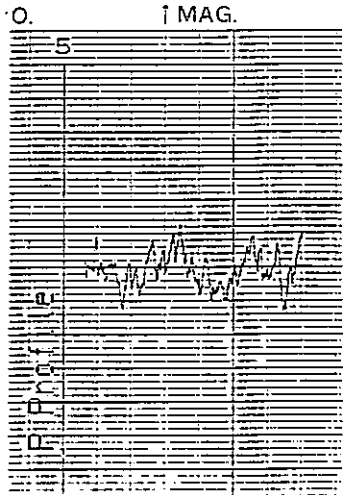
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 18 塔頂部ノズル長手溶接部 (母材)	①	6.426	41.50
		②	5.992	37.43
		③	6.767	37.90
		④	7.683	42.09
		平均	6.713	39.73
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p>  <p>CHART NO. 1477</p>		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>α Laboratory Ltd.</p>		<p>④</p>  <p>β</p>		

表4.3-31 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 19 鏡部/塔頂部ハル座溶接部 (溶接金属)	①	11.83	55.18
		②	10.48	52.46
		③	10.97	53.28
		④	12.22	64.65
		平均	11.38	56.39
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p>		<p>②</p>		
<p>③</p>		<p>④</p>		

表4.3-32 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

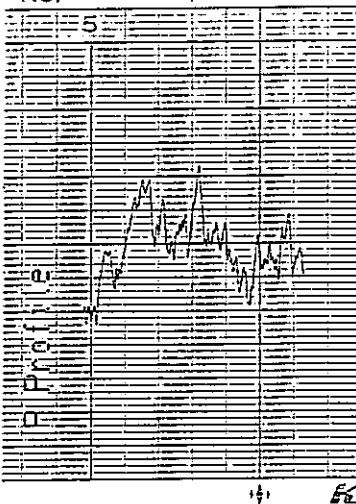
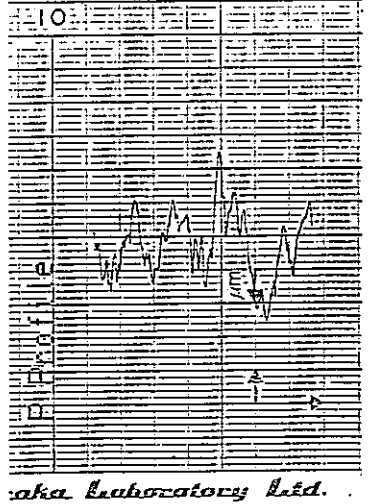
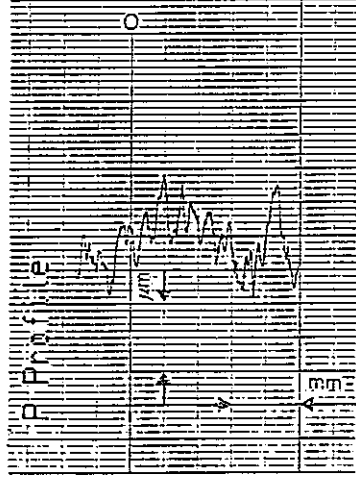
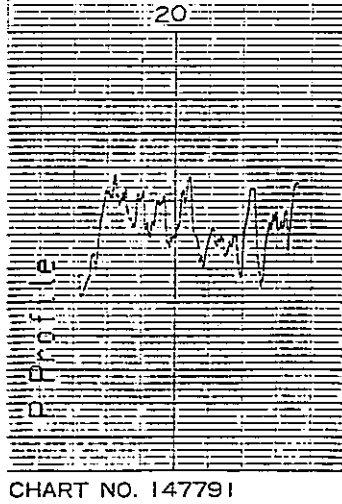
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 19 鏡部 / 塔頂部バルブ座溶接部 (熱影響部)	①	10.32	53.84
		②	12.09	60.53
		③	10.87	52.81
		④	12.04	61.75
		平均	11.33	57.23
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p>NO. 5 MAG.</p> 		<p>②</p> <p>MAG. μmRmz</p> 		
<p>③</p> <p>DATE</p> 		<p>④</p> <p>μmRa λc mm</p> 		

表4.3-33 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

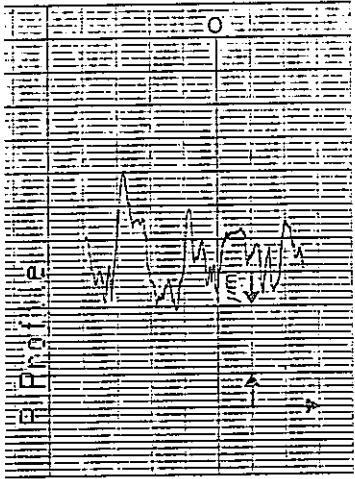
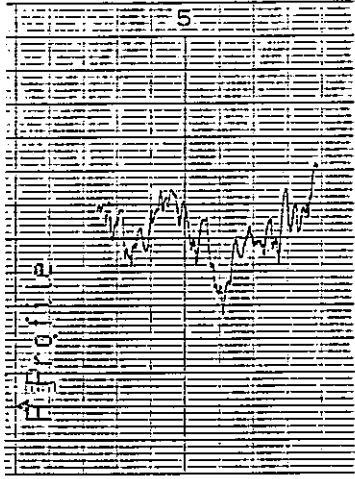
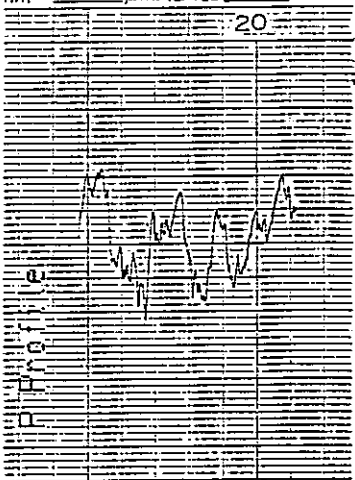
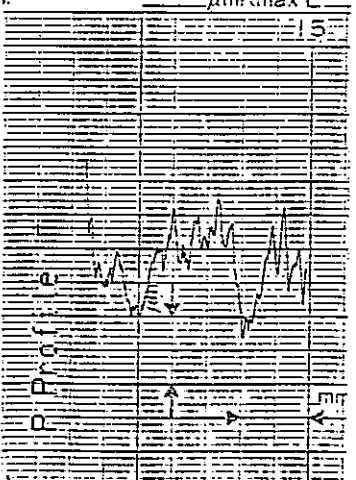
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 19 鏡部/塔頂部ハル座溶接部 (母材)	①	10.80	55.37
		②	8.55	47.53
		③	11.69	55.59
		④	10.51	56.62
		平均	10.39	53.78
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p style="text-align: center;">DATE</p> 		<p>②</p> <p style="text-align: center;">NO. ↑ MAG</p> 		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">nm μmRa λc mm</p>  <p style="text-align: center;">CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">μmRmax L</p>  <p style="text-align: center;"><i>Laboratory Ltd.</i></p>		

表4.3-34 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

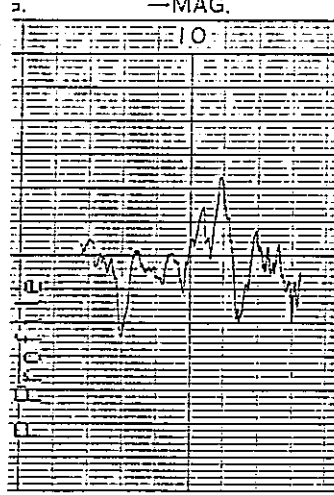
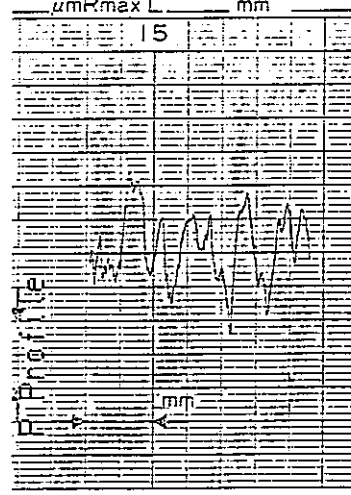
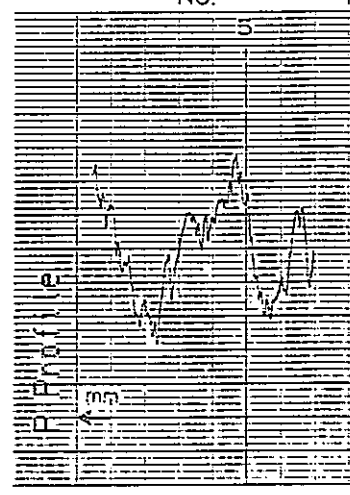
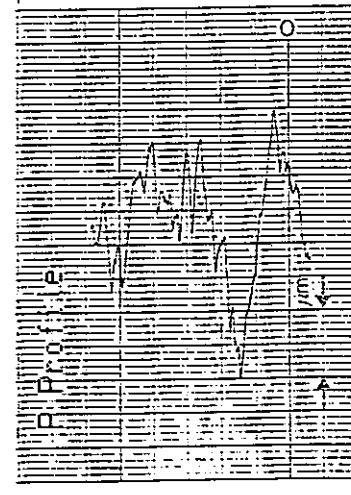
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 20 胴長手溶接部 (溶接金属)	①	11.09	61.46
		②	15.44	69.81
		③	10.75	55.09
		④	14.00	74.62
		平均	12.82	65.25
	測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-35 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

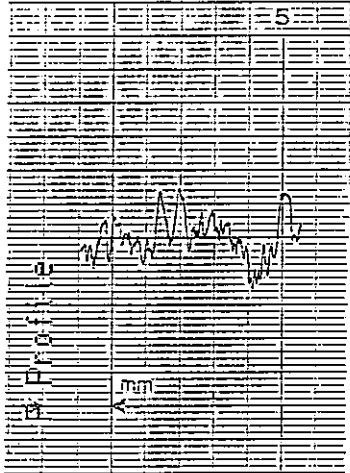
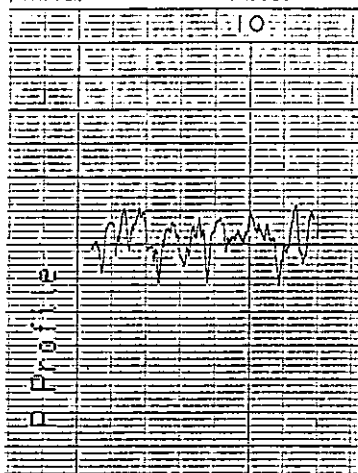
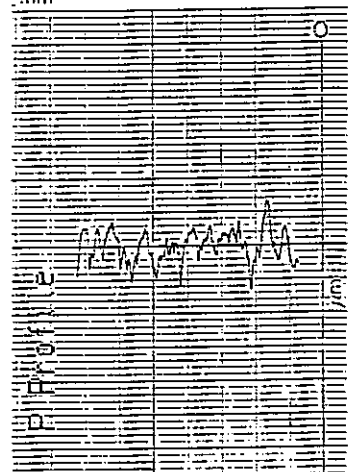
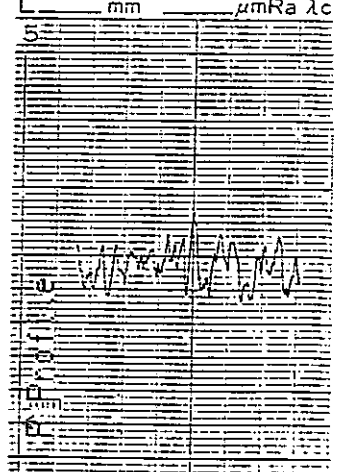
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 20 胴長手溶接部 (熱影響部)	①	8.436	38.93
		②	8.867	49.56
		③	8.005	46.21
		④	9.220	48.34
		平均	8.632	45.76
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>TE NO. 5</p> 		<p>②</p> <p>MAG. -MAG. 10</p>  <p>※ 株式会社 株式会社</p>		
<p>③</p> <p>.mm</p>  <p>'91</p>		<p>④</p> <p>L mm μmRa λc</p>  <p>CHART NO.</p>		

表4.3-36 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

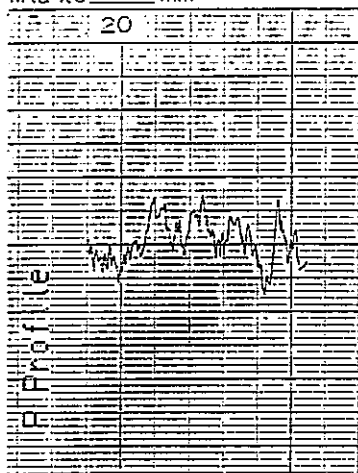
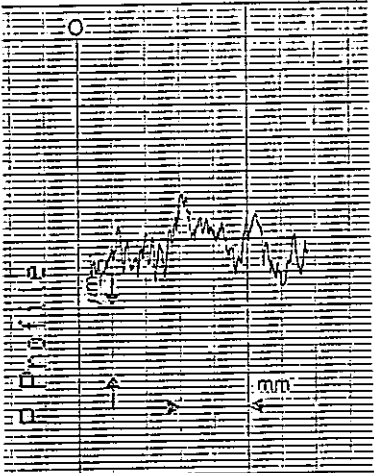
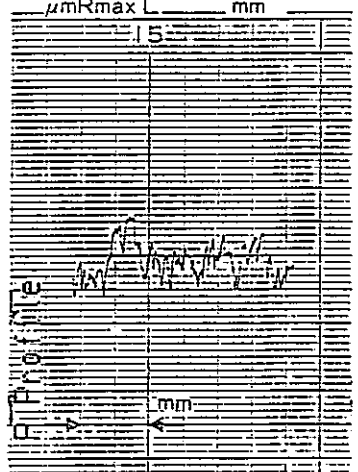
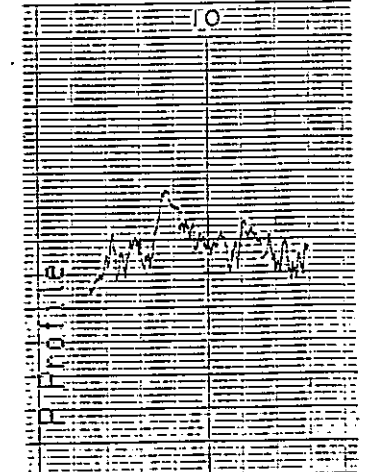
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 20 胴長手溶接部 (母材)	①	7.788	44.28
		②	7.547	40.75
		③	7.045	38.09
		④	6.795	37.56
		平均	7.294	40.17
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>nRa λc _____ mm</p> <p>20</p>  <p>RT NO. 147791</p>		<p>②</p> <p>DATE _____ No. _____</p> 		
<p>③</p> <p>$\mu\text{mRmax L}$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>K.t.t. CH</p>		<p>④</p> <p>3. -MAG. _____</p> <p>10</p>  <p>Kozuka Laboratory</p>		

表4.3-37 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

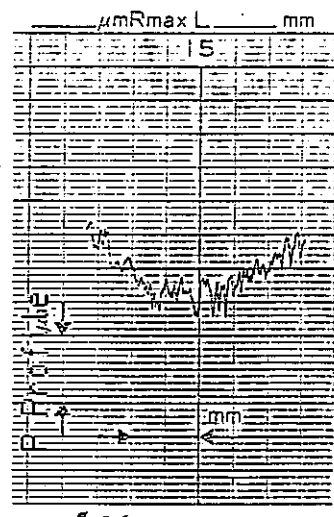
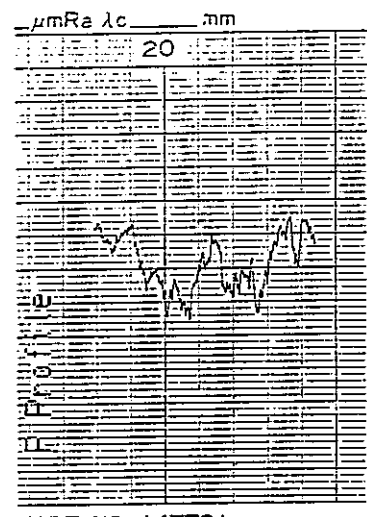
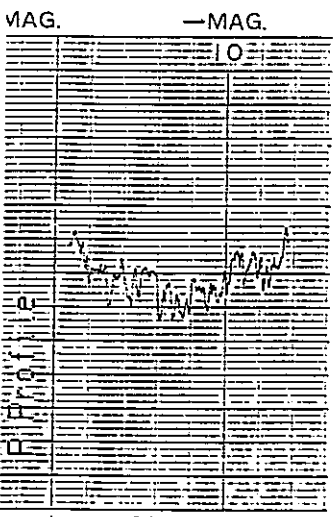
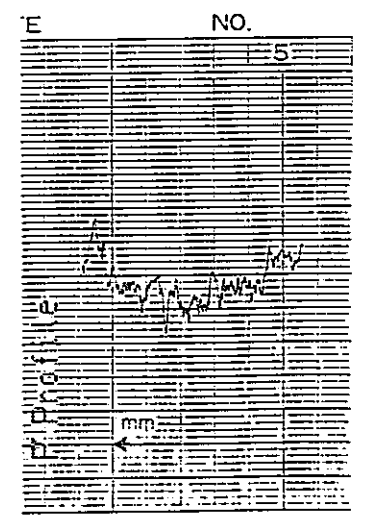
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 21 硝酸蒸気入口側付近	①	5.199	29.00
		②	7.461	40.56
		③	6.804	35.37
		④	6.021	38.18
		平均	6.371	35.78
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>$\mu\text{mRmax L}$ mm</p> <p>15</p> <p>HART NO. 147791</p>		<p>②</p>  <p>$\mu\text{mRa Lc}$ mm</p> <p>20</p> <p>HART NO. 147791</p>		
<p>③</p>  <p>MAG. —MAG.</p> <p>10</p> <p>HART NO. 147791</p>		<p>④</p>  <p>E NO.</p> <p>5</p> <p>HART NO. 147791</p>		

表4.3-38 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

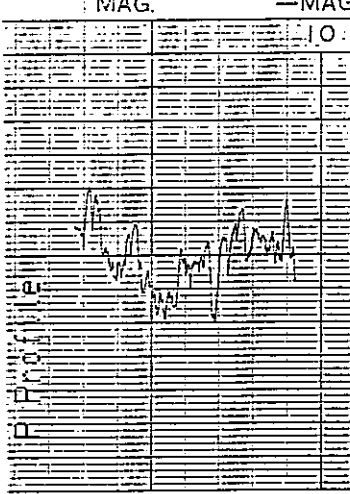
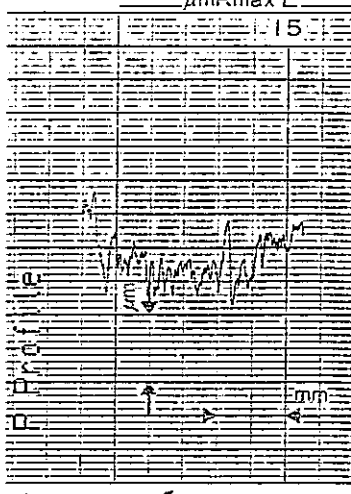
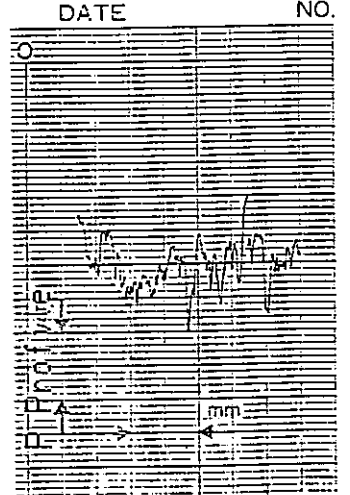
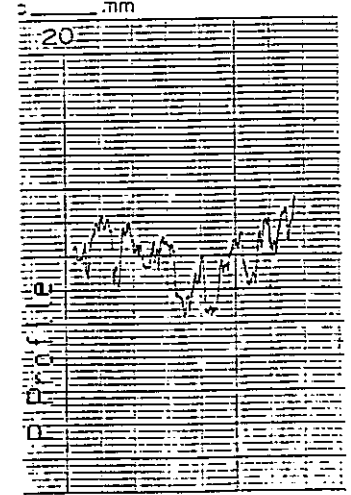
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 22	①	10.12	55.34
	配管中央付近	②	8.07	47.31
		③	9.85	59.09
		④	10.48	47.28
		平均	9.63	52.26
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-39 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

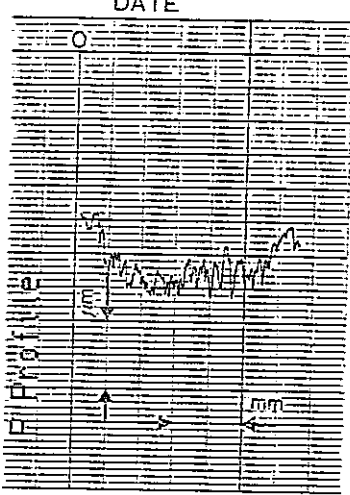
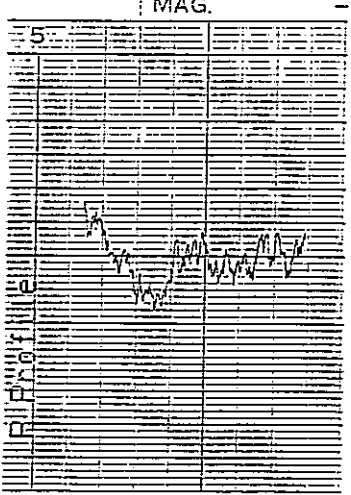
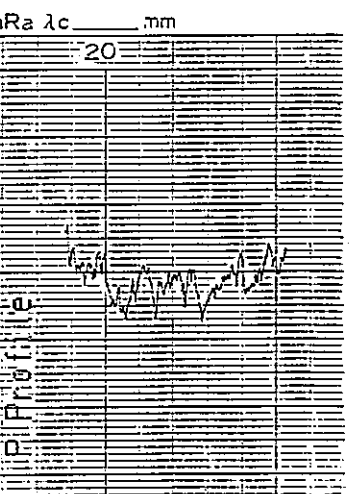
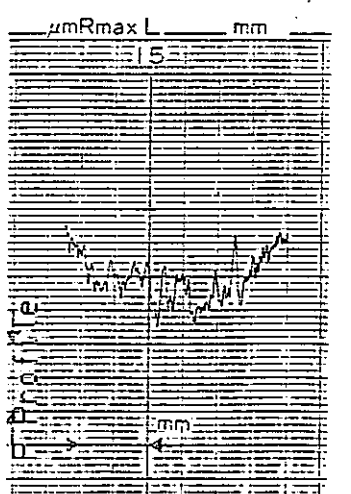
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 23 硝酸蒸気出口側付近	①	5.955	34.93
		②	6.454	38.50
		③	6.627	37.62
		④	6.769	42.71
		平均	6.451	37.19
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
① 		② 		
③  <p>① T NO. 147791</p>		④  <p>① T NO. 147791</p>		

表4.3-40 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位: No. 24 配管長手溶接部(入口付近) (溶接金属)	①	14.00	68.15
		②	13.08	58.65
		③	14.18	70.75
		④	13.42	63.00
		平均	13.67	65.14
測定部断面プロファイル 倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)				
①		②		
③		④		

表4.3-41 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

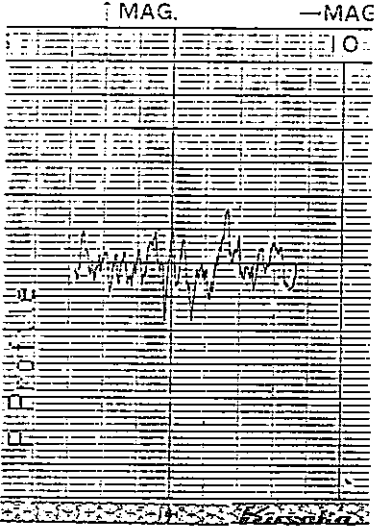
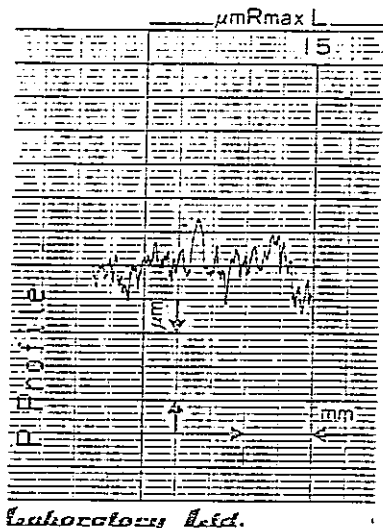
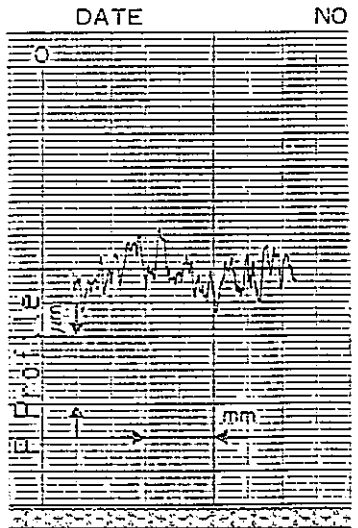
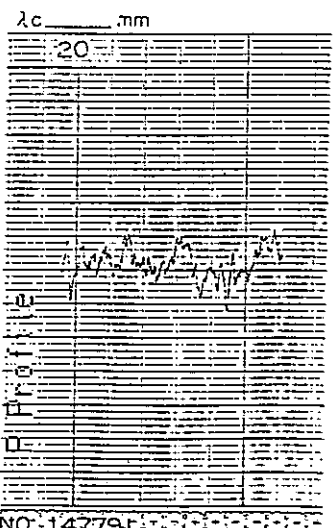
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位: No. 24 配管長手溶接部(入口付近) (熱影響部)	①	9.300	53.12
		②	7.089	39.40
		③	7.798	41.12
		④	6.235	40.43
		平均	7.606	43.52
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-42 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

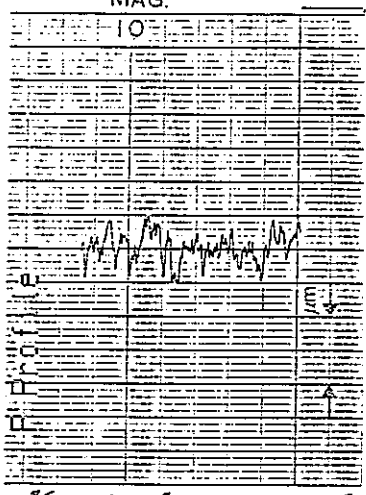
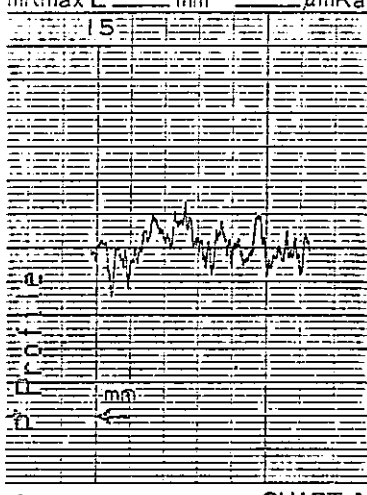
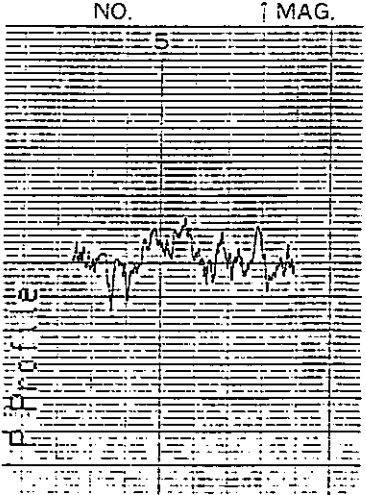
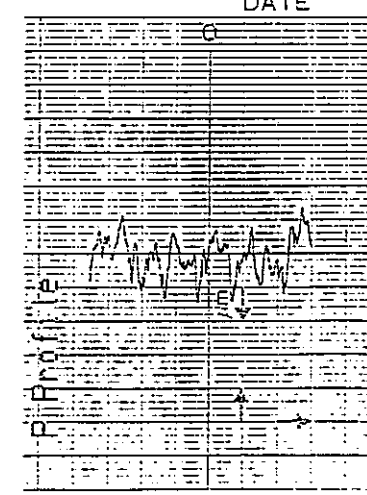
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位: No. 24 配管長手溶接部(入口付近) (母材)	①	7.042	39.37
		②	7.066	40.62
		③	6.908	42.28
		④	9.242	51.25
		平均	7.565	43.38
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$) (長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p>-MAG.</p>  <p>Koraka Laboratory Ltd.</p>		<p>②</p> <p>mRmax L _____ mm _____ μmRa</p>  <p>d. CHART N</p>		
<p>③</p> <p>NO. 5 ↑ MAG.</p> 		<p>④</p> <p>DATE</p> 		

表4.3-43 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

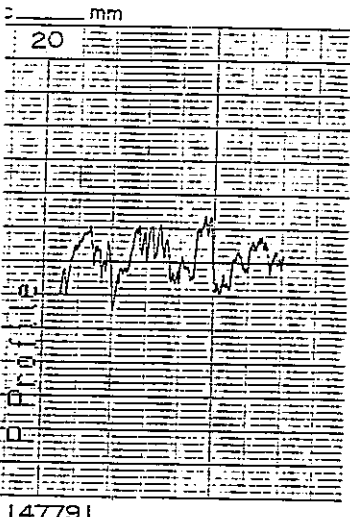
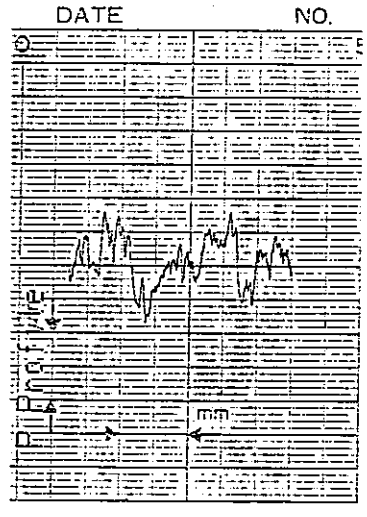
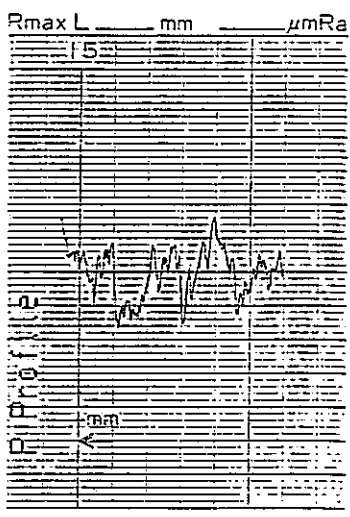
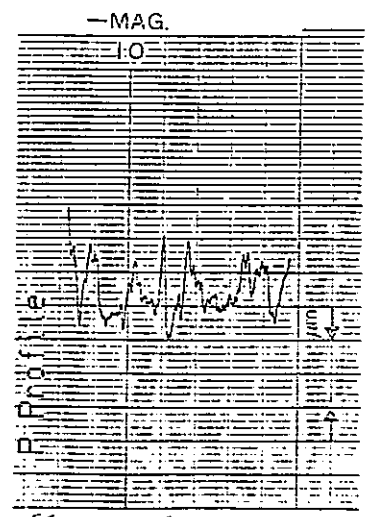
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 25 配管長手溶接部(出口付近) (溶接金属)	①	8.673	41.96
		②	9.099	46.34
		③	8.836	53.15
		④	11.13	66.28
		平均	9.435	51.93
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-44 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

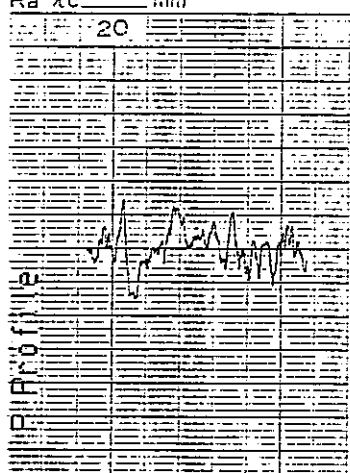
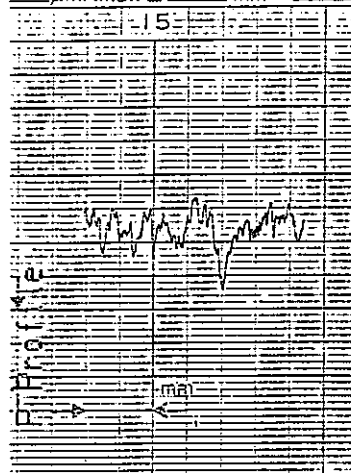
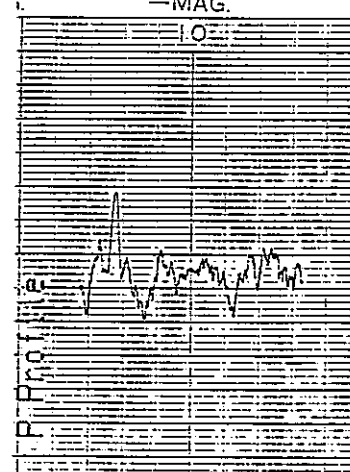
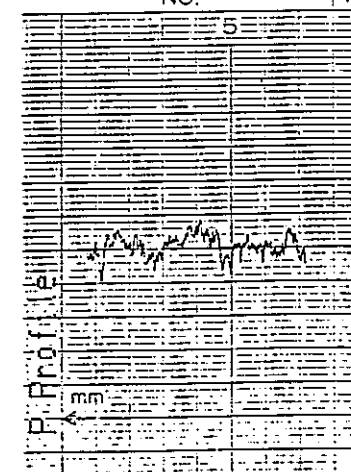
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 25 配管長手溶接部(出口付近) (熱影響部)	①	8.235	49.25
		②	6.822	38.96
		③	7.647	44.81
		④	4.549	28.59
		平均	6.813	40.40
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>Ra λc _____ mm</p> <p>20</p>  <p>CH1</p> <p>NO. 147791</p>		<p>②</p> <p>$\mu\text{m} R_{\text{max}} L$ _____ mm</p> <p>15</p>  <p>CH1</p>		
<p>③</p> <p>-MAG.</p> <p>10</p>  <p>CH1</p> <p>Kawaka Laboratories</p>		<p>④</p> <p>NO. _____</p> <p>5</p>  <p>CH1</p>		

表4.3-45 表面粗さ測定結果 (Ti-5Ta製)

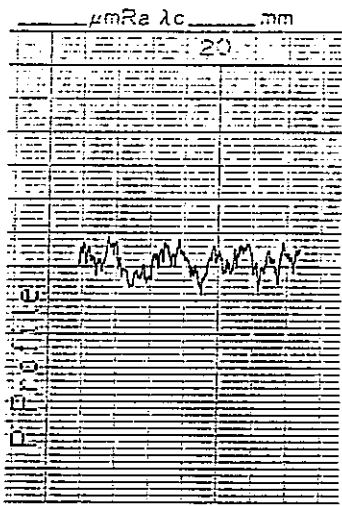
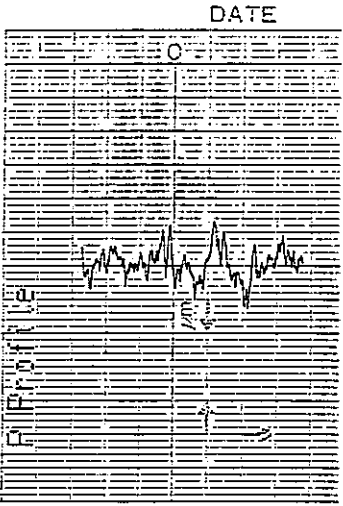
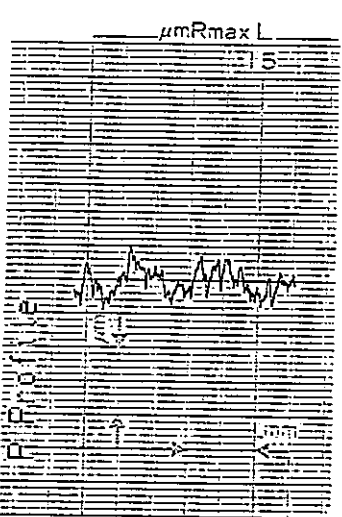
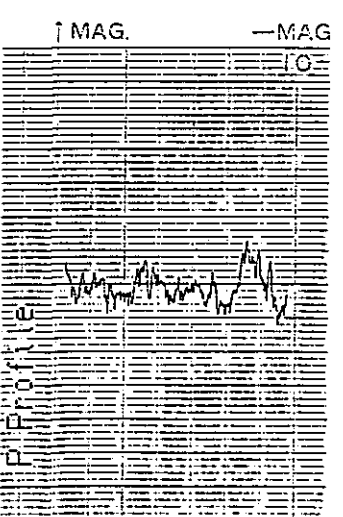
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 25 配管長手溶接部(出口付近) (母材)	①	5.746	32.53
		②	6.605	44.00
		③	5.163	32.28
		④	6.189	36.96
		平均	5.926	36.44
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>scotology Ltd.</p>		<p>④</p>  <p>Kosaka</p>		

表4.3-46 表面粗さ測定結果 (Zr製)

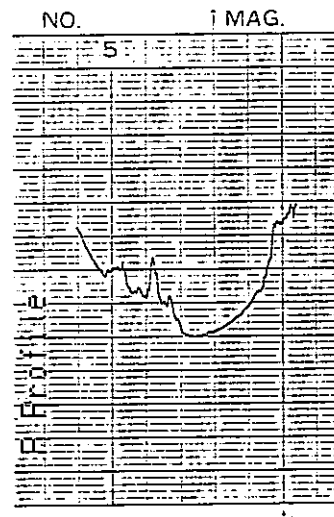
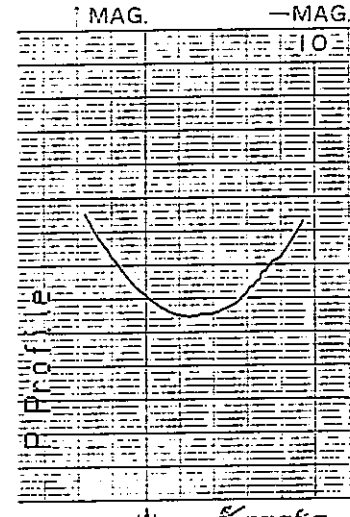
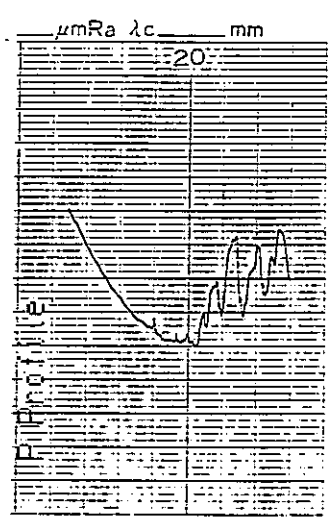
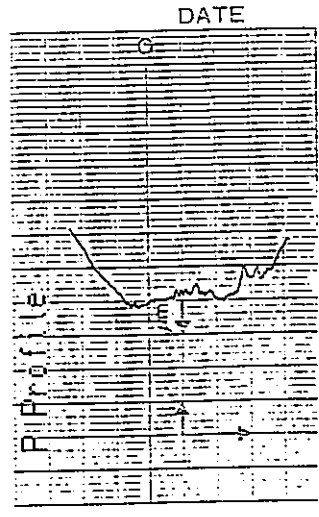
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
伝 熱 管	部位 : No. 1 上部管板から0.5m付近	①	3.443	21.00
		②	0.532	3.56
		③	6.204	32.00
		④	1.791	11.31
		平均	2.993	16.97
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> 		

表4.3-47 表面粗さ測定結果 (Zr製)

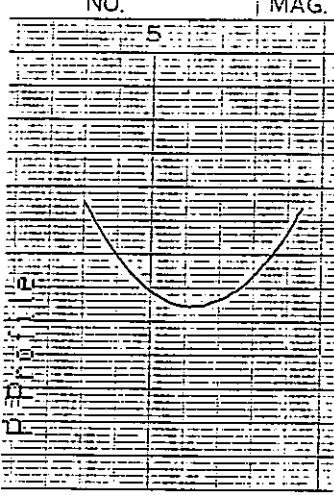
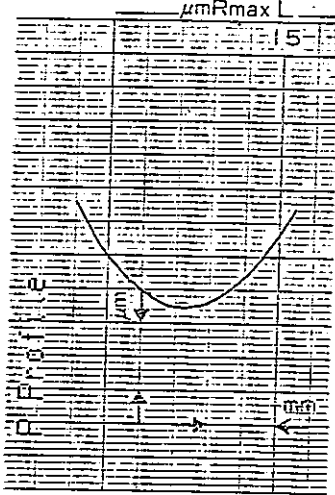
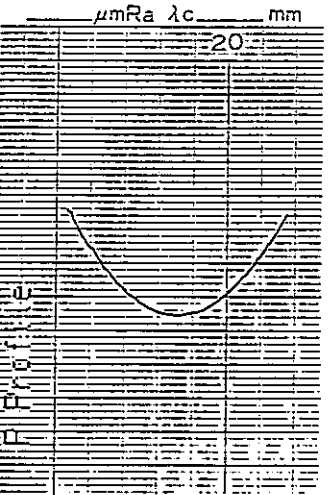
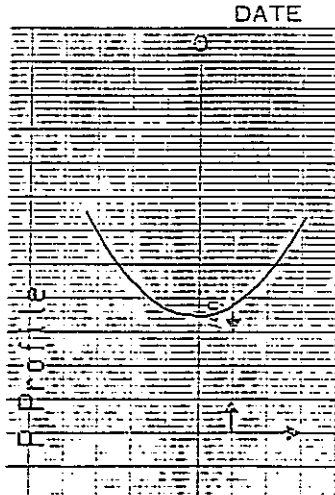
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
伝 熱 管	部位 : No. 2 上部管板から2.0m付近	①	0.311	2.906
		②	0.292	3.500
		③	0.398	3.500
		④	0.319	2.968
		平均	0.330	3.219
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> 		

表4.3-48 表面粗さ測定結果 (Zr製)

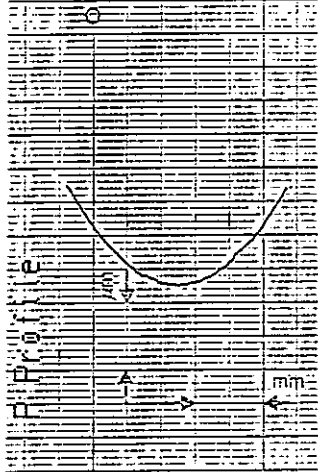
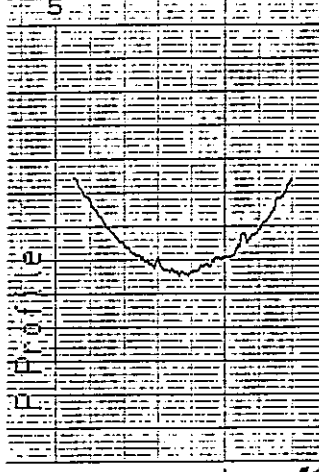
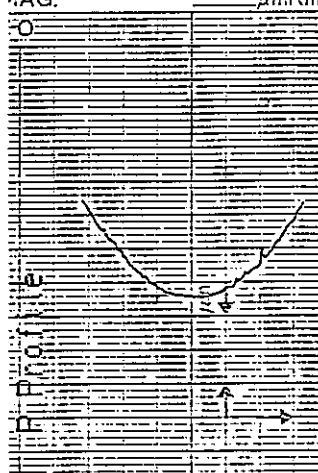
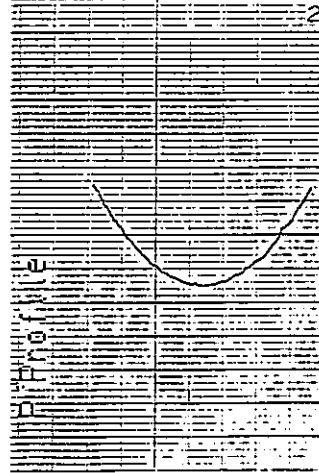
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
伝 熱 管	部位 : No. 3 下部管板から0.5m付近	①	0.470	3.50
		②	1.366	10.18
		③	0.865	7.72
		④	0.564	4.34
		平均	0.816	6.44
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p style="text-align: center;">DATE</p> 		<p>②</p> <p style="text-align: center;">MAG.</p> 		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">MAG. μmRmax</p>  <p style="text-align: center;"><i>Laboratory Ltd.</i></p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">mm μmRa λc</p>  <p style="text-align: right;">CHART NO. 1477</p>		

表4.3-49 表面粗さ測定結果 (Zr製)

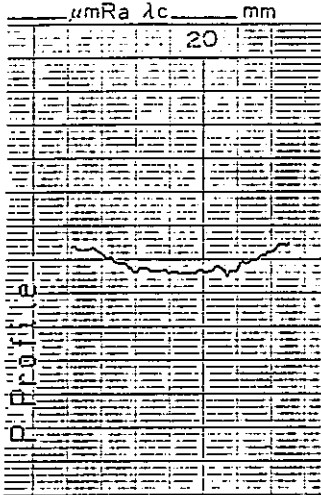
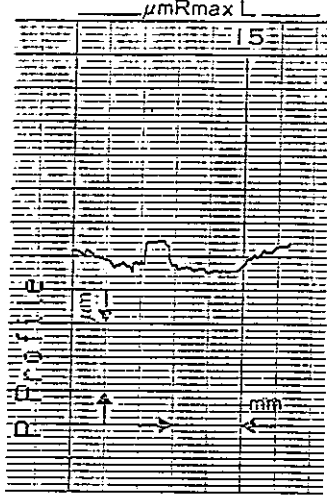
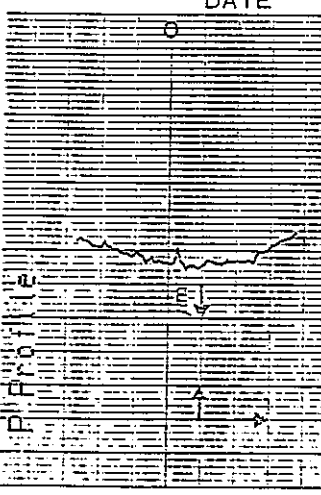
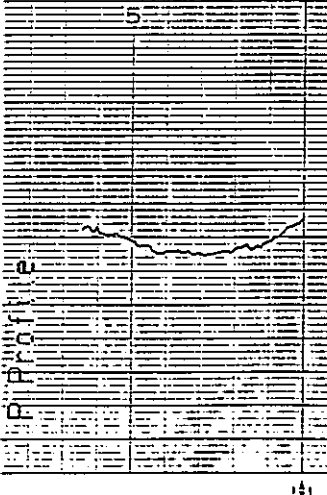
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 4 鏡 部	①	1. 109	7. 56
		②	1. 991	9. 38
		③	1. 349	10. 37
		④	0. 982	6. 22
		平均	1. 358	8. 38
	測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }
<p>①</p>  <p>$\mu\text{mRa } \lambda c$ mm 20 CHART NO. 147791</p>		<p>②</p>  <p>$\mu\text{mRmax } L$ mm 15 Catoory Ltd.</p>		
<p>③</p>  <p>DATE</p>		<p>④</p>  <p>NO. MAG.</p>		

表4.3-50 表面粗さ測定結果 (Zr製)

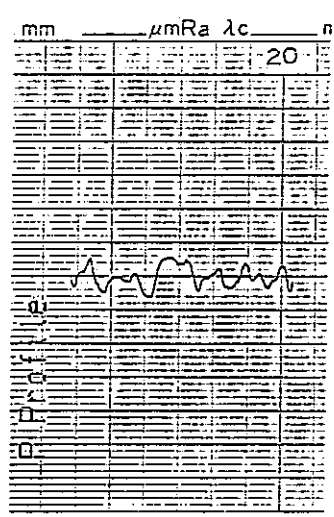
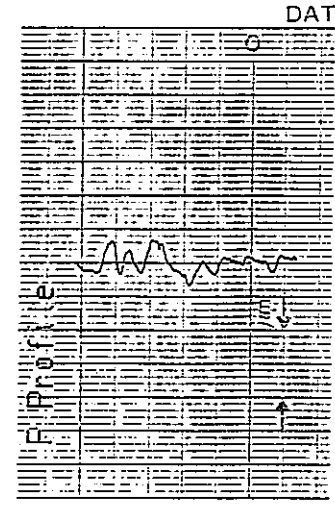
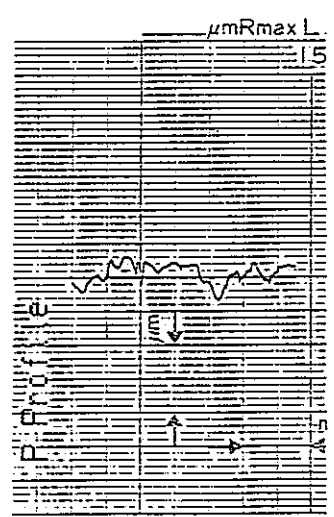
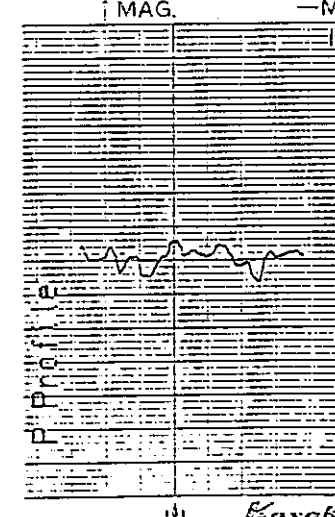
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 5 胴 部	①	4.758	21.90
		②	4.237	19.87
		③	3.161	16.78
		④	3.394	17.09
		平均	3.888	18.91
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>CHART NO. 14779</p>		<p>②</p>  <p>KONATE</p>		
<p>③</p>  <p>LABORATORY Ekt.</p>		<p>④</p>  <p>KONATE</p>		

表4.3-51 表面粗さ測定結果 (Zr製)

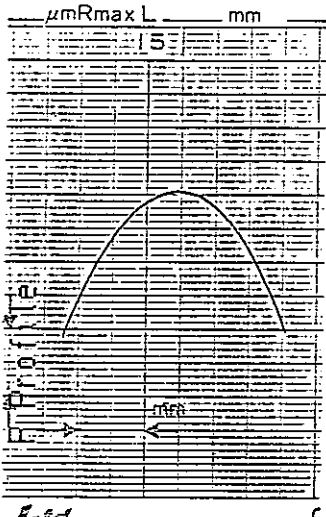
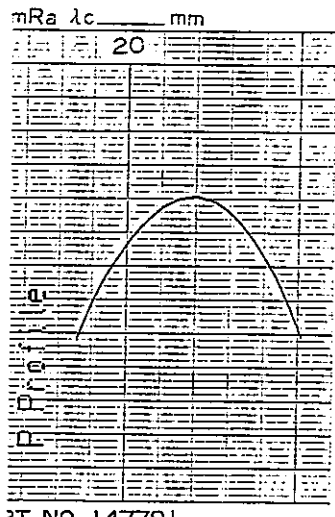
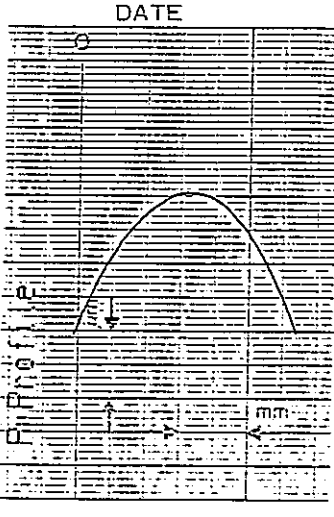
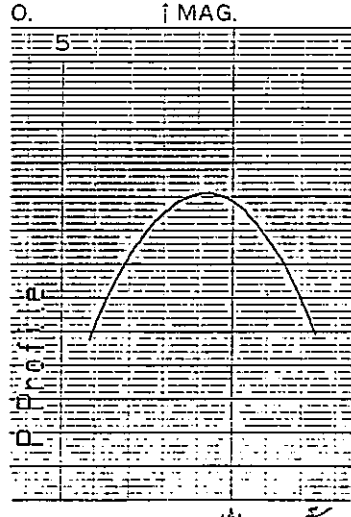
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 6 温度計さや管 (先端に近い部分)	①	0. 224	1. 562
		②	0. 214	1. 875
		③	0. 218	1. 812
		④	0. 374	3. 406
		平均	0. 258	2. 164
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-52 表面粗さ測定結果 (Zr製)

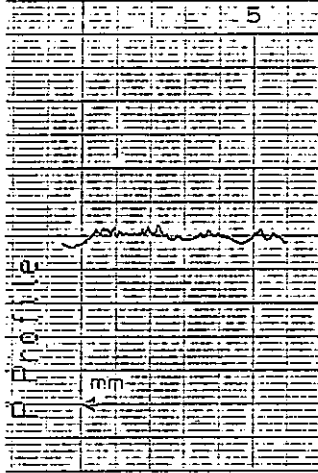
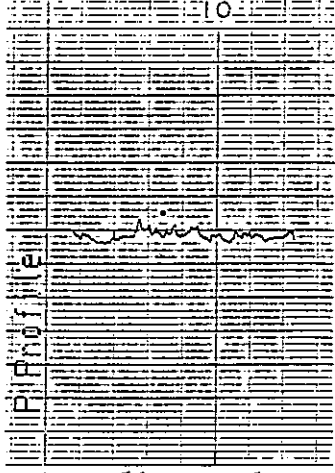
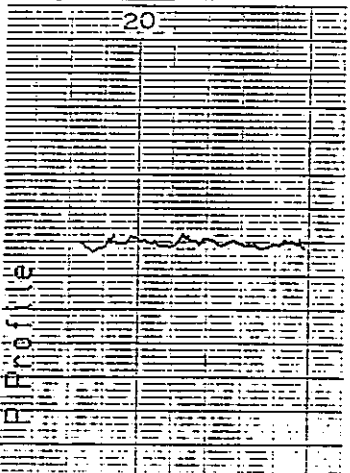
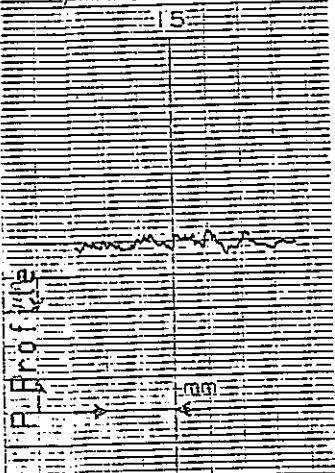
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 7 胴長手溶接部 (溶接金属)	①	1.712	9.94
		②	1.921	11.68
		③	1.609	10.50
		④	2.361	13.53
		平均	1.901	11.41
	測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }
<p>①</p> <p>NO. 5</p> 		<p>②</p> <p>IAG. -MAG. 10</p> 		
<p>③</p> <p>μmRa λ_c mm 20</p> 		<p>④</p> <p>μmRmax L mm 15</p> 		

表4.3-53 表面粗さ測定結果 (Zr製)

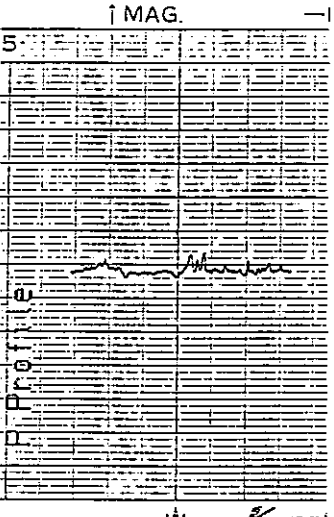
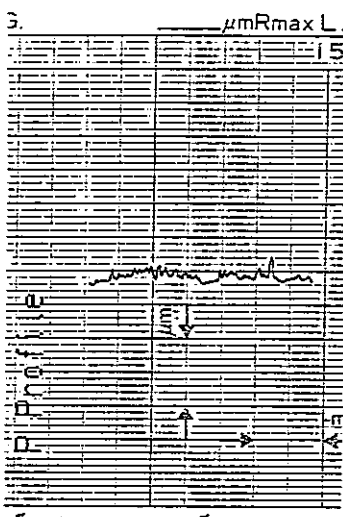
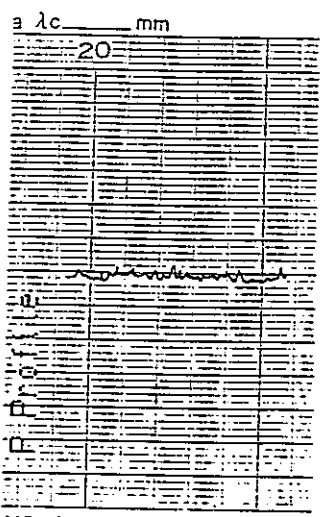
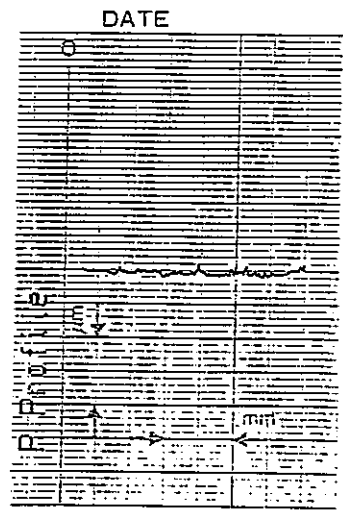
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位: No. 7 胴長手溶接部 (熱影響部)	①	1.858	12.53
		②	2.060	13.37
		③	1.609	10.53
		④	1.215	8.16
		平均	1.686	11.15
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-54 表面粗さ測定結果 (Zr製)

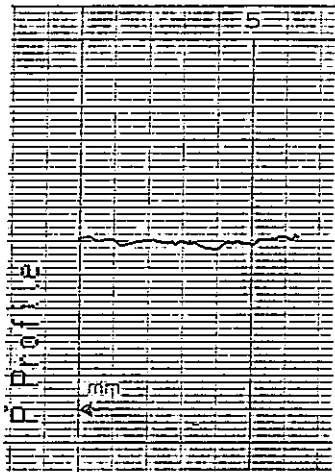
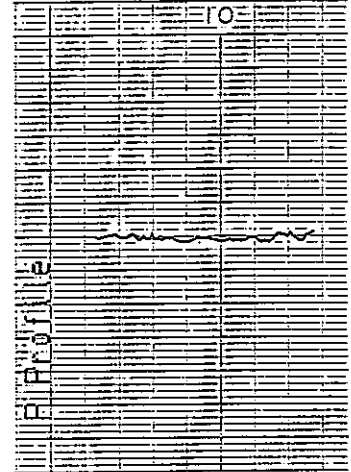
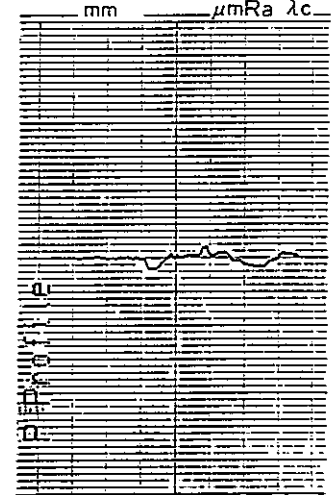
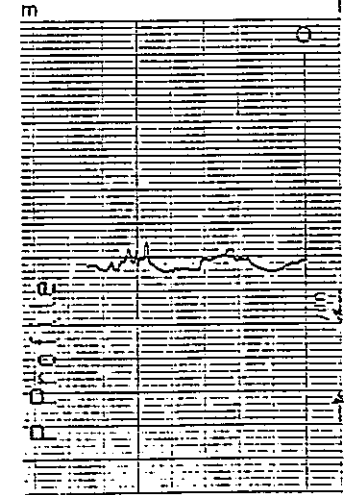
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位: No. 7 胴長手溶接部 (母材)	①	0.996	6.22
		②	1.233	7.75
		③	1.360	7.91
		④	1.896	12.15
		平均	1.371	8.51
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p style="text-align: center;">NO.</p> 		<p>②</p> <p style="text-align: center;">AG. -MAG.</p> 		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">mm μmRa λc</p>  <p style="text-align: center;">CHART NO. 1</p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">m</p> 		

表4.3-55 表面粗さ測定結果 (Zr製)

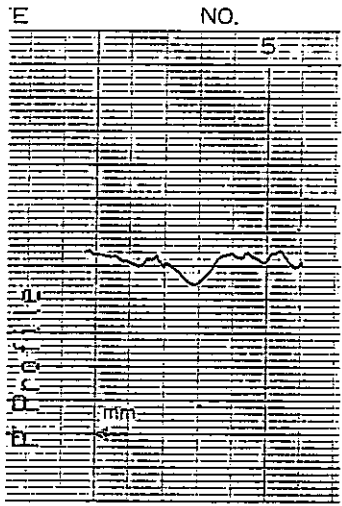
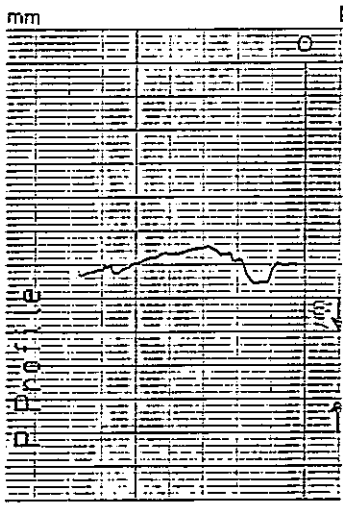
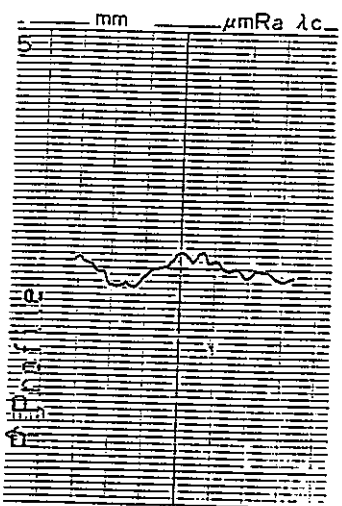
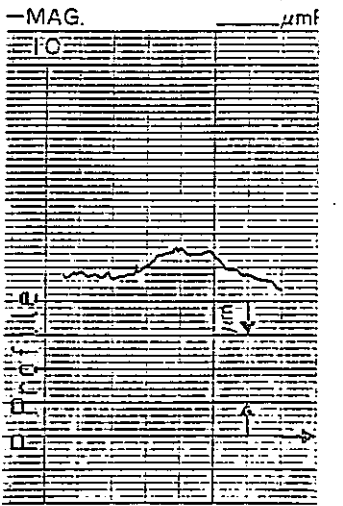
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位: No. 8 上部連絡管バルブ座溶接部 (溶接金属)	①	1.894	9.562
		②	1.498	8.125
		③	1.855	9.281
		④	1.224	7.312
		平均	1.618	8.570
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>CHART NO. 1.</p>		<p>④</p>  <p>aka Laboratory Ltd.</p>		

表4.3-56 表面粗さ測定結果 (Zr製)

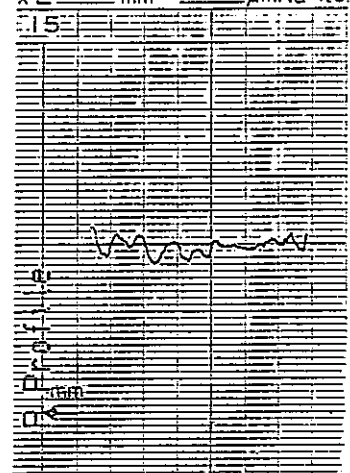
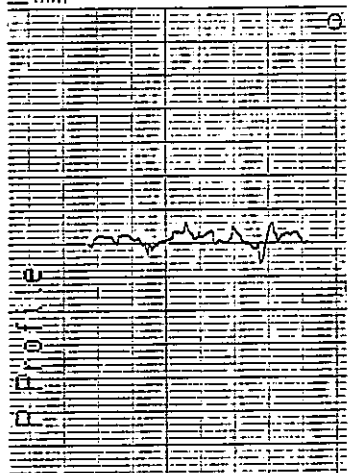
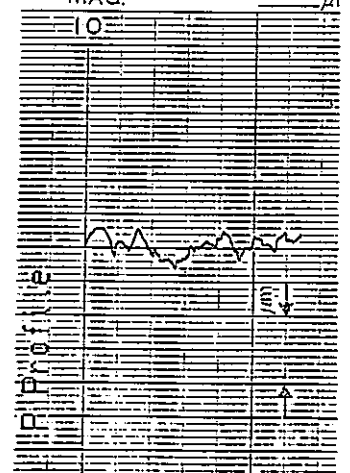
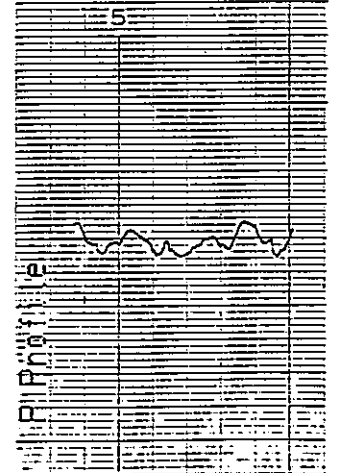
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 8 上部連絡管バルブ座溶接部 (熱影響部)	①	3.596	17.31
		②	2.753	18.21
		③	3.343	18.81
		④	3.125	14.59
		平均	3.204	17.23
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>x L _____ mm _____ μmRa λc</p>  <p style="text-align: center;">CHART NO.</p>		<p>②</p>  <p style="text-align: center;">791</p>		
<p>③</p> <p>—MAG. _____ μm</p>  <p style="text-align: center;">Naka Laboratory Ltd</p>		<p>④</p> <p>NO. _____ ↑MAG. _____</p>  <p style="text-align: center;">11</p>		

表4.3-57 表面粗さ測定結果 (Zr製)

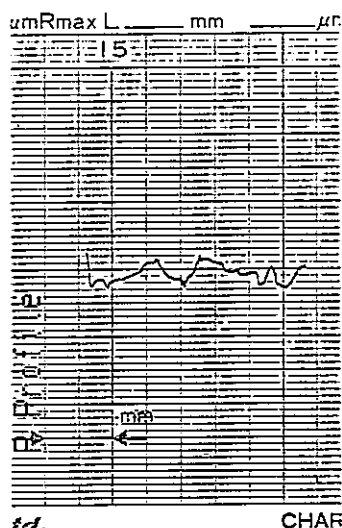
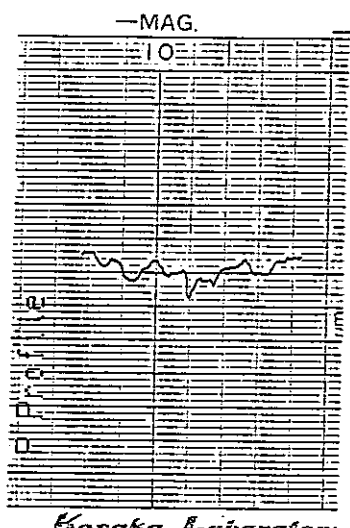
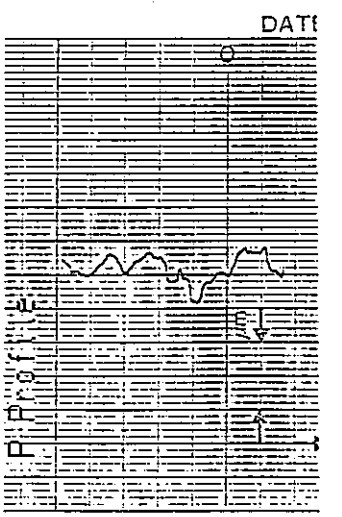
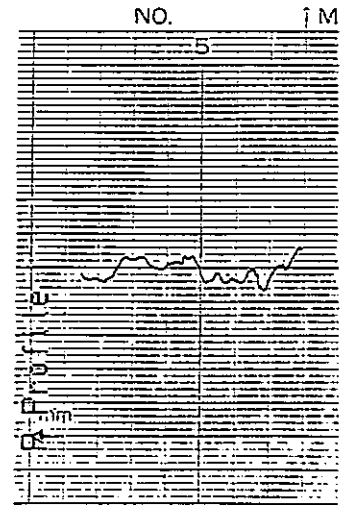
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
加熱部上部チャンネル	部位 : No. 8 上部連絡管バルブ座溶接部 (母材)	①	2.720	17.40
		②	2.736	14.40
		③	3.805	17.46
		④	2.861	13.34
		平均	3.031	15.65
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-58 表面粗さ測定結果 (Zr製)

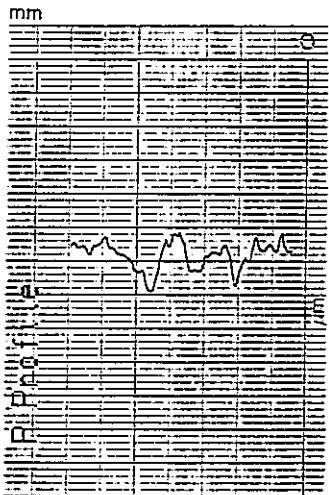
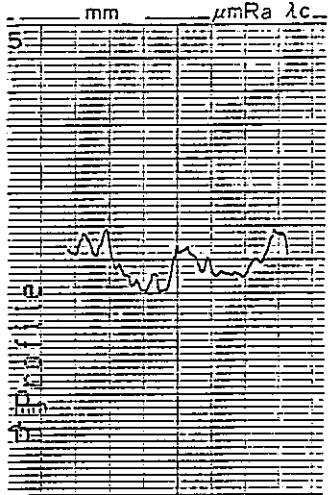
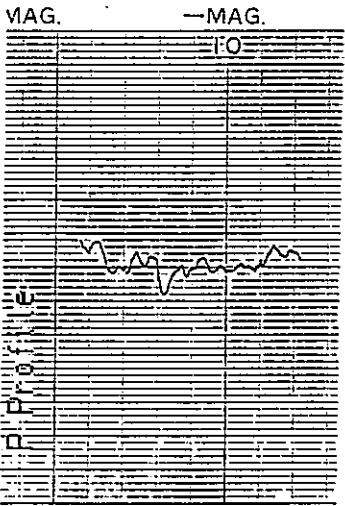
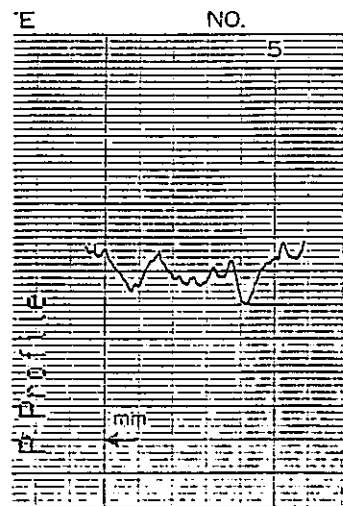
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 9	①	4. 539	25. 21
	上部伸縮管平行胴 気相部	②	4. 438	21. 71
		③	3. 548	17. 31
		④	3. 793	20. 06
		平均	4. 080	21. 07
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-59 表面粗さ測定結果 (Zr製)

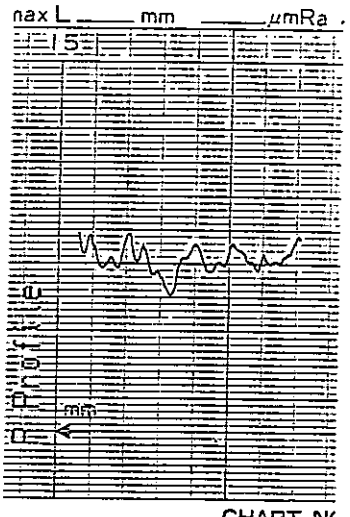
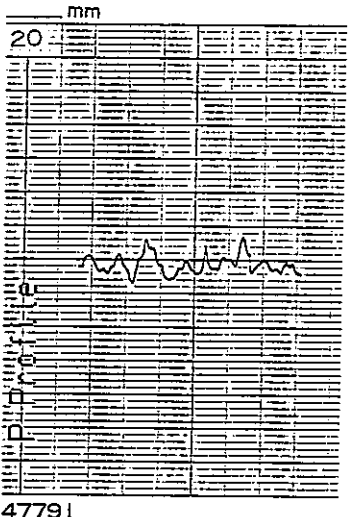
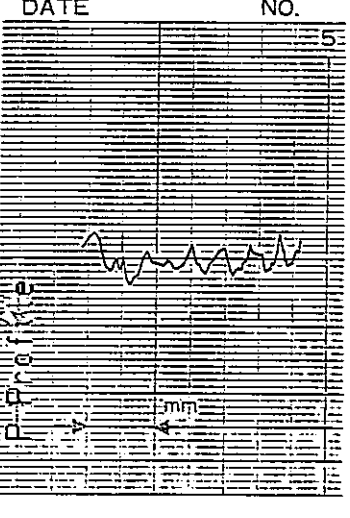
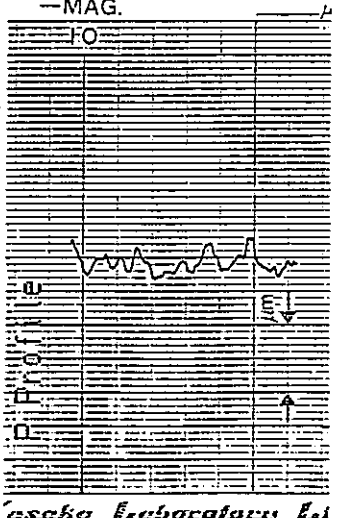
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 9 上部伸縮管平行胴 液相部	①	4.787	21.87
		②	4.339	23.00
		③	4.805	22.93
		④	4.116	20.71
		平均	4.512	22.13
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>max L mm μmRa</p> <p>15</p> <p>mm</p> <p>CHART NO</p>		<p>②</p>  <p>mm</p> <p>20</p> <p>mm</p> <p>47791</p>		
<p>③</p>  <p>DATE NO.</p> <p>5</p> <p>mm</p>		<p>④</p>  <p>-MAG.</p> <p>10</p> <p>mm</p> <p>Toxoka Laboratory Ltd</p>		

表4.3-60 表面粗さ測定結果 (Zr製)

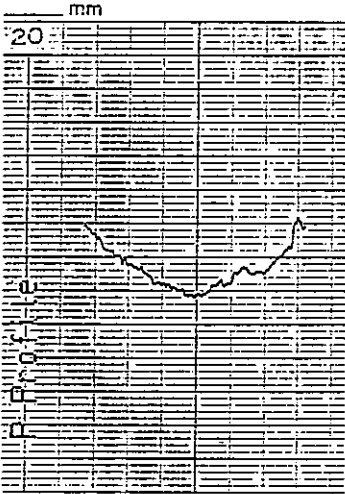
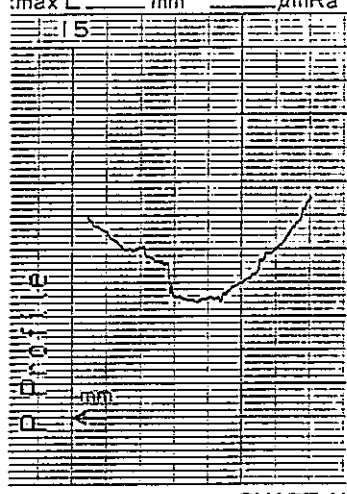
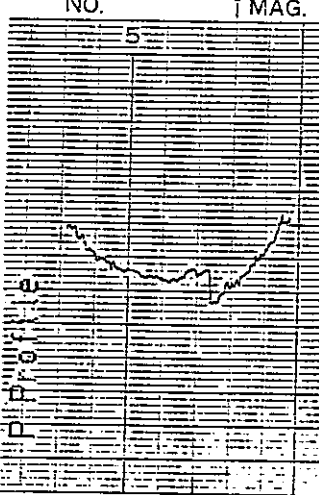
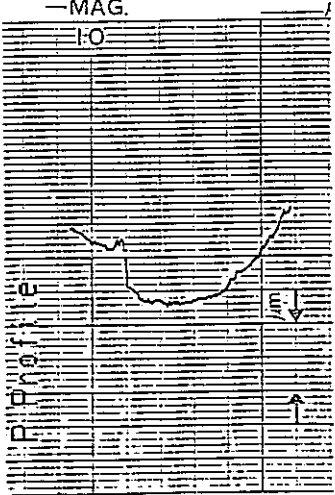
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 10 上部伸縮管 気相部	①	1.823	11.46
		②	1.812	12.96
		③	2.228	14.34
		④	2.241	15.90
		平均	2.026	13.67
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p>  <p>47791</p>		<p>②</p>  <p>CHART N</p>		
<p>③</p> 		<p>④</p>  <p>Kosaka Laboratory Ltd.</p>		

表4.3-61 表面粗さ測定結果 (Zr製)

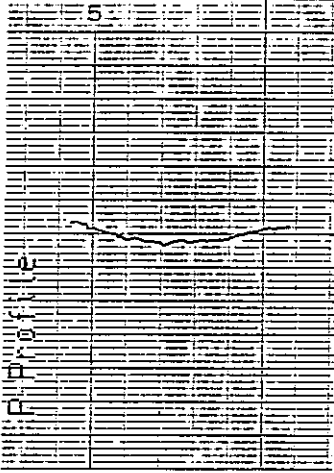
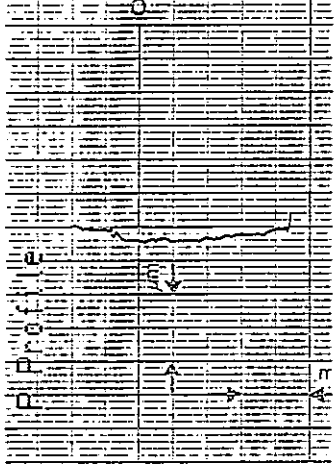
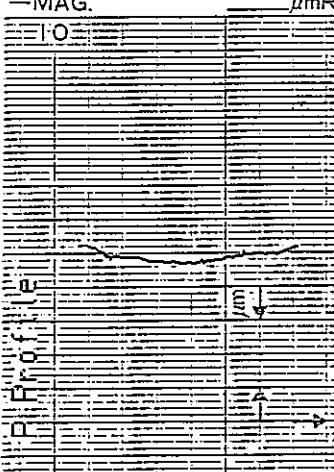
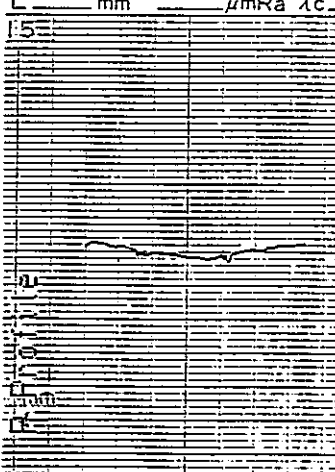
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 10 上部伸縮管 液相部	①	0.639	4.625
		②	0.920	8.625
		③	0.666	5.593
		④	0.756	6.000
		平均	0.745	6.211
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>NO. 5 MAG.</p> 		<p>②</p> <p>DATE</p> 		
<p>③</p> <p>—MAG. —μmR.</p>  <p><i>Naka Laboratory Ltd.</i></p>		<p>④</p> <p>L mm —μmRa λc—</p>  <p>CHART NO. 14</p>		

表4.3-62 表面粗さ測定結果 (Zr製)

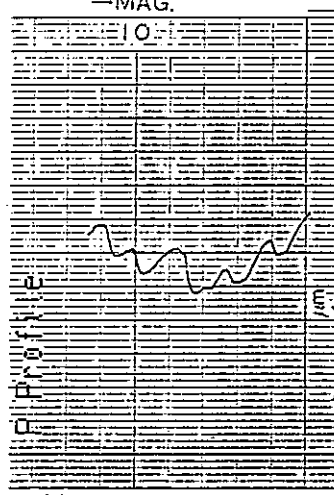
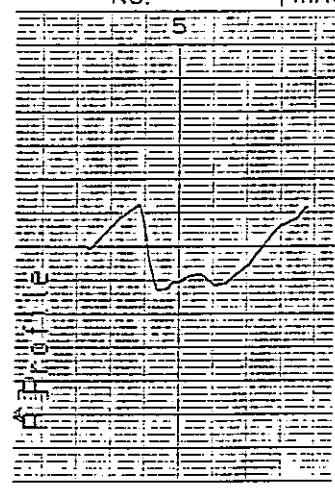
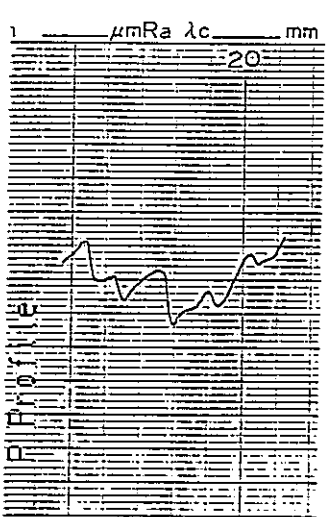
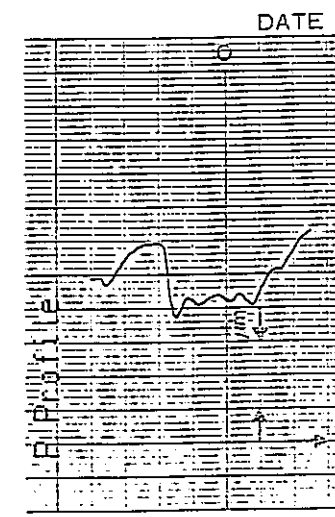
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 1 1 上部伸縮管 / 平行胴溶接部 (溶接金属)	①	4.387	16.15
		②	2.679	15.56
		③	4.430	21.18
		④	3.339	16.21
		平均	3.709	17.28
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p style="text-align: center;">-MAG.</p>  <p style="text-align: center;">Koraka Laboratory</p>		<p>②</p> <p style="text-align: center;">NO. i MAC</p> 		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">1 μmRa λc mm</p>  <p style="text-align: center;">CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">DATE</p> 		

表4.3-63 表面粗さ測定結果 (Zr製)

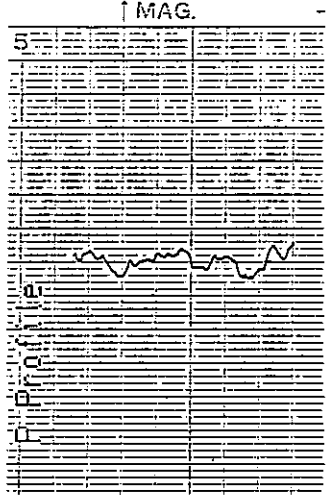
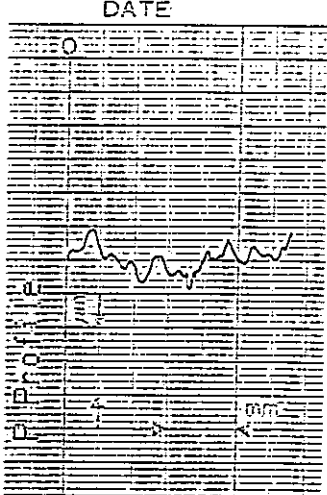
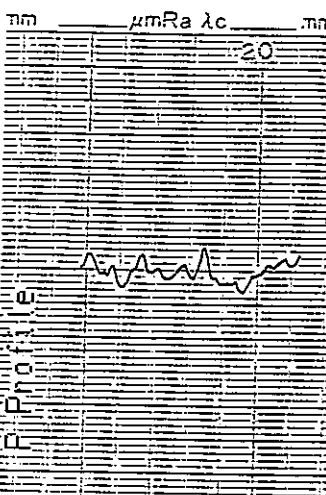
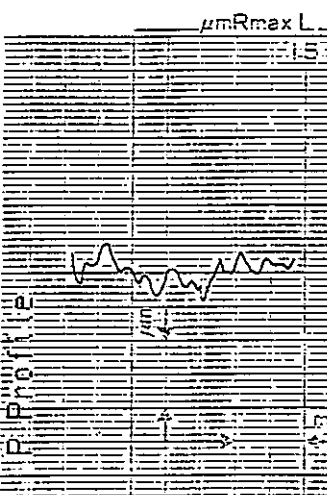
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位: No. 11 上部伸縮管 / 平行胴溶接部 (熱影響部)	①	2.898	12.84
		②	3.732	18.90
		③	3.593	17.37
		④	4.105	21.59
		平均	3.582	17.68
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>↑ MAG. 5</p> <p>mm</p>		<p>②</p>  <p>DATE 0</p> <p>mm</p>		
<p>③</p>  <p>mm μmRa λc mm 20</p> <p>mm</p> <p>CHART NO. 147791</p>		<p>④</p>  <p>mm $\mu\text{mRmax L}$ mm 15</p> <p>mm</p> <p>Labo. 147791 Ltd.</p>		

表4.3-64 表面粗さ測定結果 (Zr製)

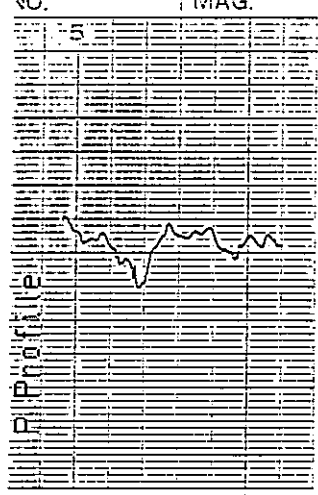
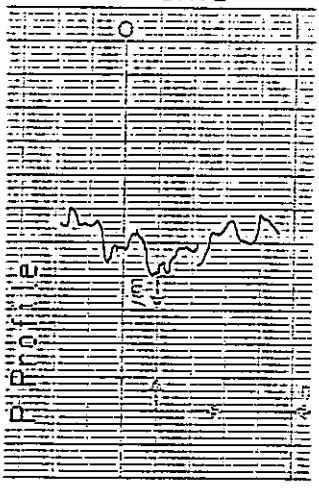
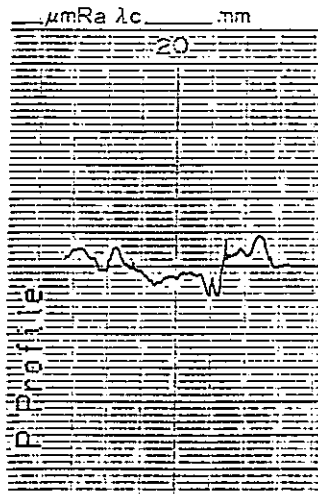
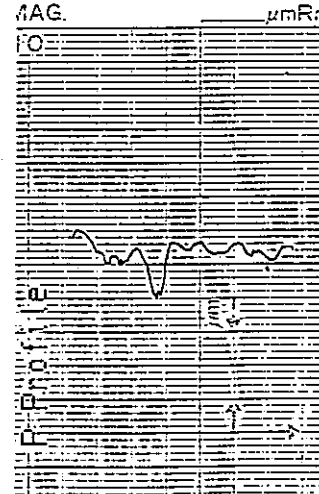
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 11	①	3.432	17.59
	上部伸縮管 / 平行胴溶接部 (母材)	②	4.731	23.09
		③	3.611	21.28
		④	4.054	17.50
		平均	3.957	19.87
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>NO. 5 ↑ MAG</p> 		<p>②</p> <p>DATE</p> 		
<p>③</p> <p>μmRa λc mm</p> <p>20</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>MAG. μmRm</p>  <p>See Karlsruhe Hotel.</p>		

表4.3-65 表面粗さ測定結果 (Zr製)

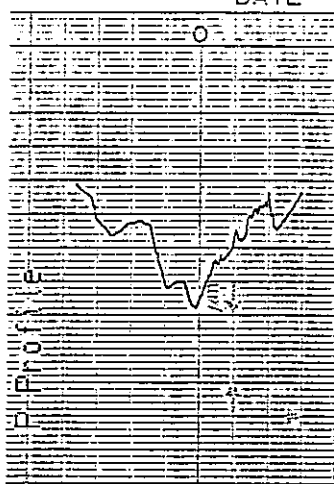
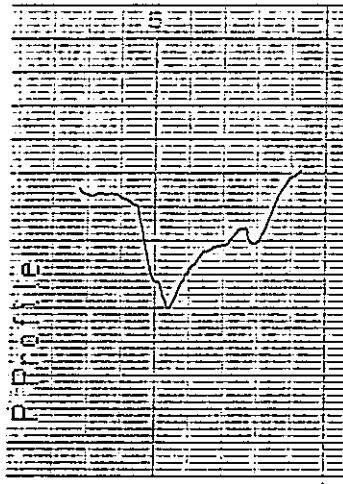
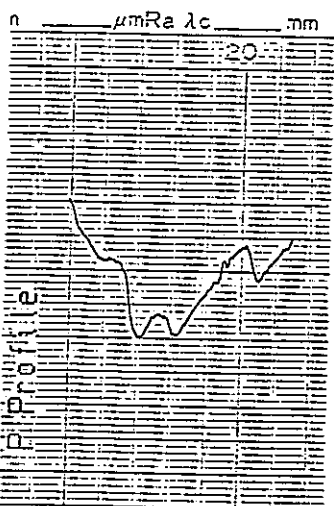
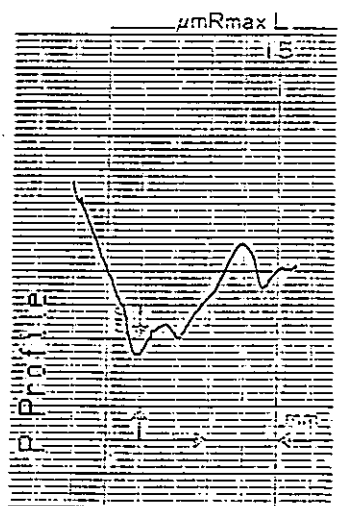
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 12 伸縮管 / ノズル座溶接部 (溶接金属)	①	4.273	21.50
		②	3.520	17.06
		③	4.151	20.87
		④	3.439	17.21
		平均	3.846	19.16
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> <p style="text-align: center;">DATE</p> 		<p>②</p> <p style="text-align: center;">NO. 1 MAG.</p> 		
<p>③</p> <p style="text-align: center;">$\mu\text{mRa} \lambda c$ mm</p>  <p style="text-align: center;">CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p style="text-align: center;">$\mu\text{mRmax} L$</p>  <p style="text-align: center;">Location Held.</p>		

表4.3-66 表面粗さ測定結果 (Zr製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 12 伸縮管 / ノズル座溶接部 (熱影響部)	①	3.020	15.62
		②	3.041	17.65
		③	2.777	16.25
		④	3.034	18.56
		平均	2.968	17.02
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
①		②		
③		④		

表4.3-67 表面粗さ測定結果 (Zr製)

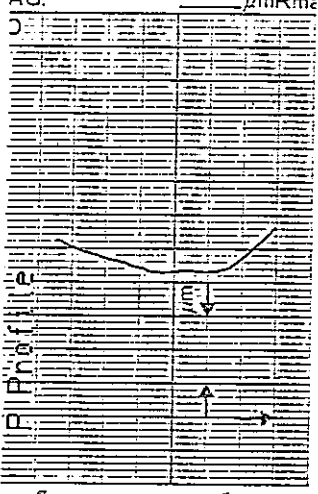
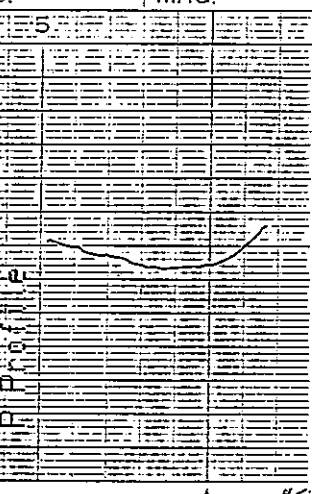
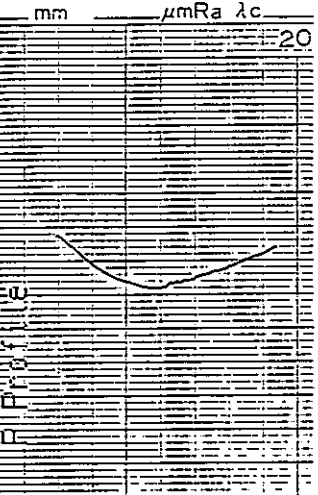
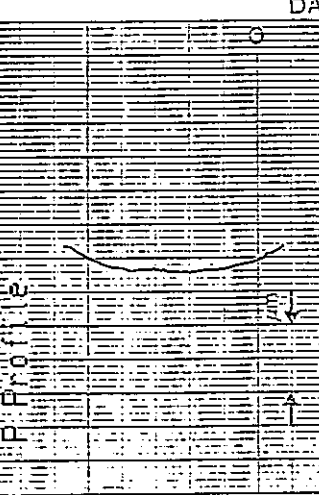
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
上部連絡管	部位 : No. 12 伸縮管 / ノズル座溶接部 (母 材)	①	0.429	2.937
		②	0.488	3.250
		③	0.451	3.093
		④	0.439	3.437
		平均	0.452	3.179
	測定部断面プロファイル		倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
① AG. $\mu\text{mR}_{\text{max}}$  <i>Laboratory Ltd.</i>		② J. \uparrow MAG.  Ki		
③ mm μmRa λc  CHART NO. 147		④ DA 		

表4.3-68 表面粗さ測定結果 (Zr製)

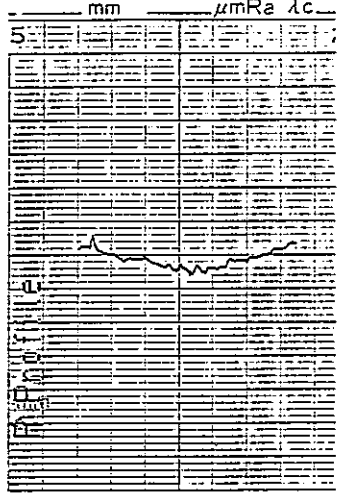
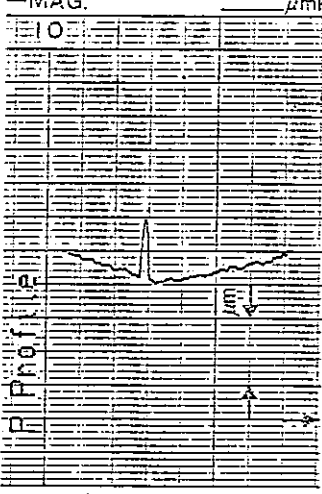
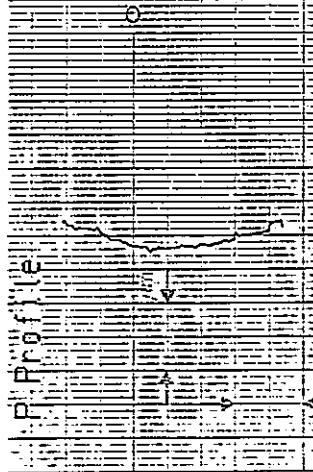
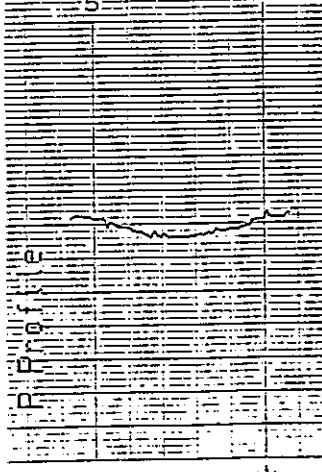
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 13 鏡 部	①	1. 191	10. 18
		②	2. 491	16. 15
		③	0. 999	7. 06
		④	0. 875	7. 75
		平均	1. 389	10. 29
測定部断面プロフィール			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>CHART NO. 1.</p>		<p>②</p>  <p>MAG. Laboratory Ltd.</p>		
<p>③</p>  <p>MAG. Laboratory Ltd.</p>		<p>④</p>  <p>MAG. Laboratory Ltd.</p>		

表4.3-69 表面粗さ測定結果 (Zr製)

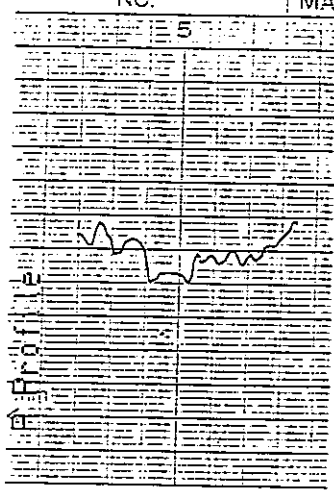
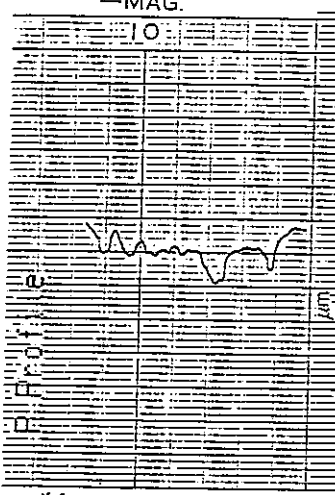
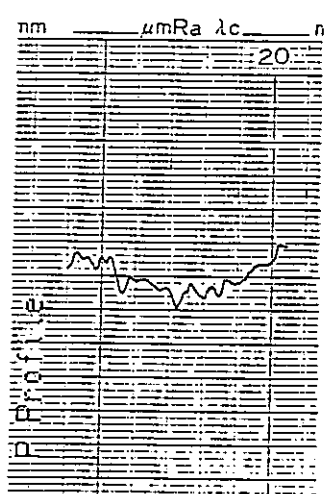
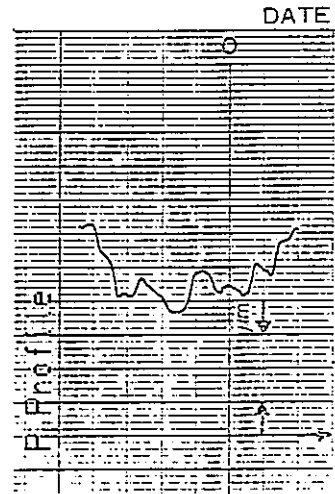
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 14 塔頂部ノズル	①	3.626	17.90
		②	4.071	17.46
		③	3.032	16.43
		④	4.313	18.78
		平均	3.761	17.64
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>NO. 5</p> 		<p>②</p> <p>-MAG.</p>  <p>Kosaka Laboratory</p>		
<p>③</p> <p>nm μmRa λc n</p>  <p>CHART NO. 14779</p>		<p>④</p> <p>DATE</p> 		

表4.3-70 表面粗さ測定結果 (Zr製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 15 塔頂部ノズル座	①	7.127	36.43
		②	3.481	22.43
		③	2.540	18.37
		④	1.710	10.93
		平均	3.715	22.04
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
①		②		
③		④		

表4.3-71 表面粗さ測定結果 (Zr製)

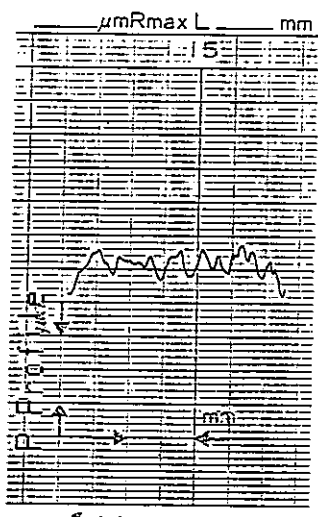
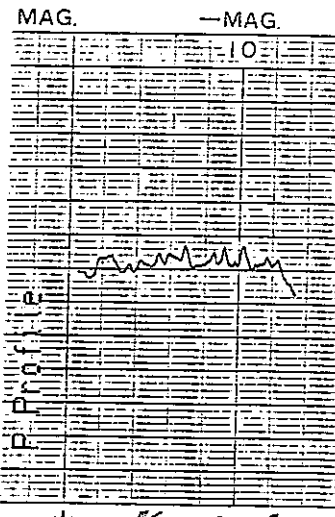
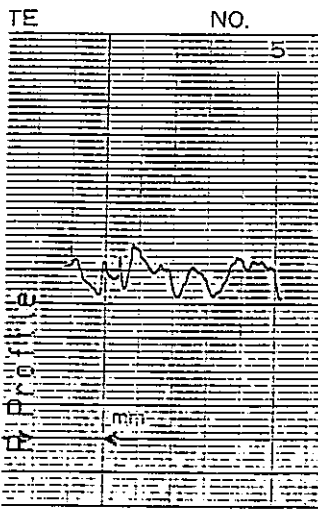
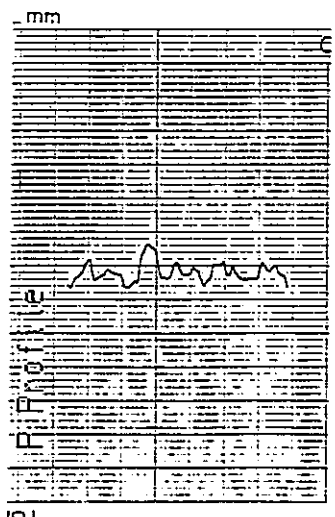
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 16 胴 部	①	4.648	20.00
		②	3.236	16.71
		③	5.094	25.90
		④	4.293	17.96
		平均	4.318	20.14
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-72 表面粗さ測定結果 (Zr製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 17 温度計さや管	①	2.937	16.81
		②	0.904	7.59
		③	1.590	13.09
		④	1.520	13.46
		平均	1.738	12.74
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
①		②		
③		④		

表4.3-73 表面粗さ測定結果 (Zr製)

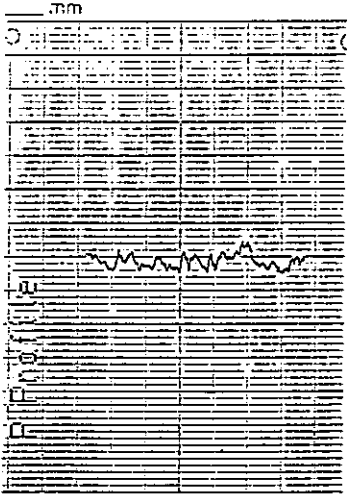
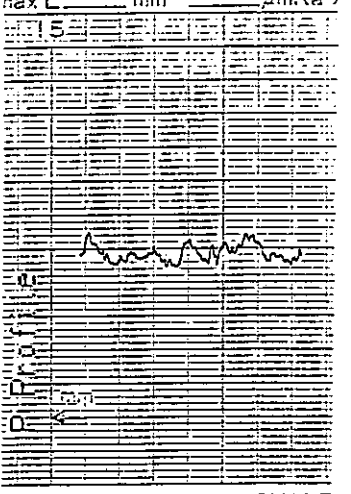
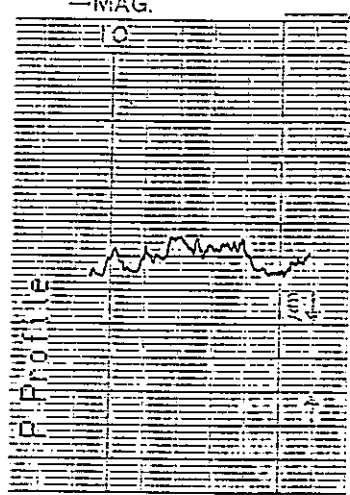
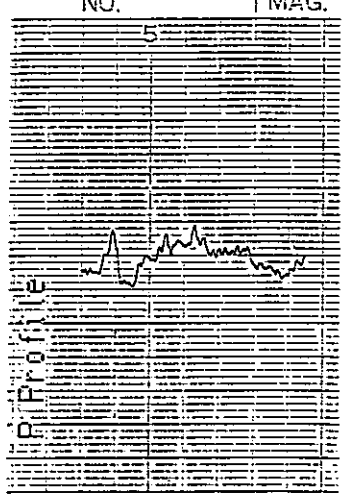
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 18 塔頂部ノズル長手溶接部 (溶接金属)	①	3.148	15.56
		②	3.394	18.59
		③	3.243	18.12
		④	4.075	22.15
		平均	3.465	18.61
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>147791</p>		<p>②</p>  <p>CHART</p>		
<p>③</p>  <p>Kazoku Laboratory E.</p>		<p>④</p>  <p>CHART</p>		

表4.3-74 表面粗さ測定結果 (Zr製)

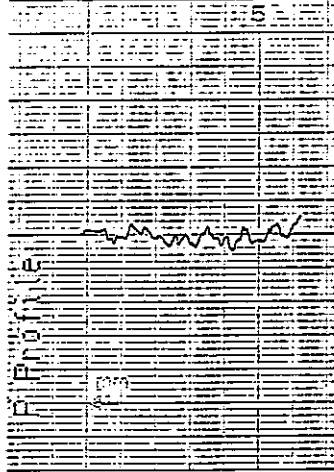
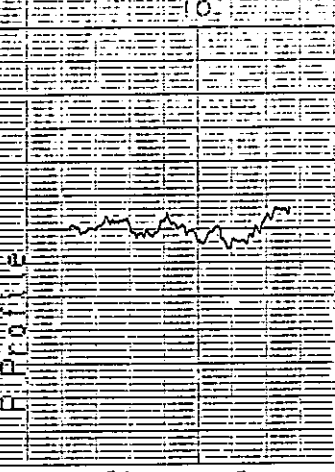
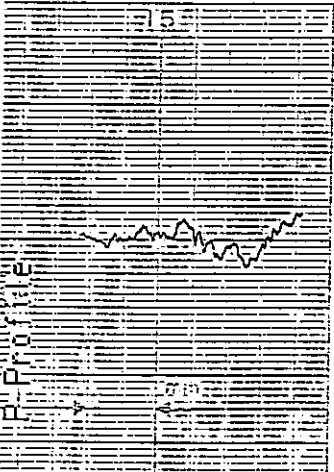
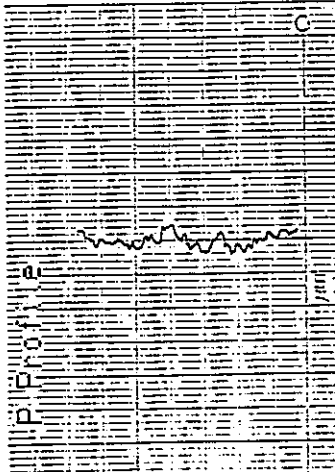
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 18 塔頂部ノズル長手溶接部 (熱影響部)	①	2.953	15.37
		②	2.650	15.09
		③	3.024	15.06
		④	2.593	13.53
		平均	2.805	14.76
	測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-75 表面粗さ測定結果 (Zr製)

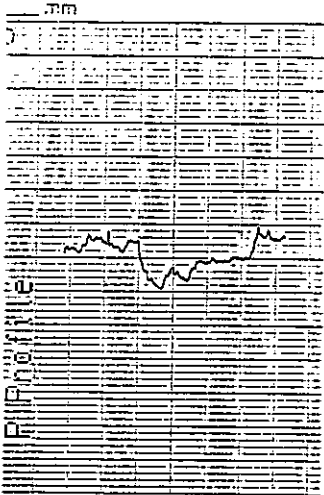
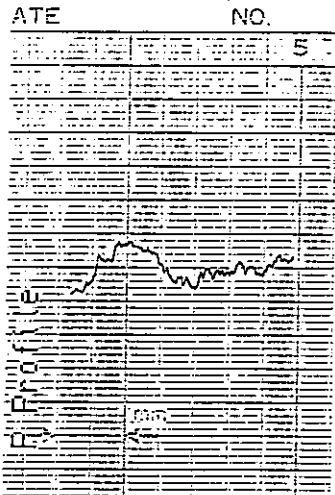
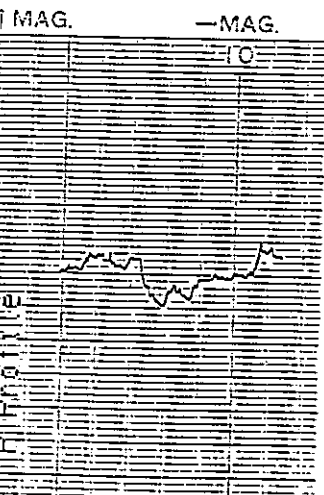
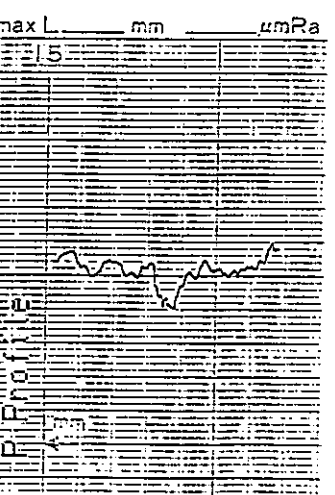
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 18 塔頂部ノズル長手溶接部 (母材)	①	3.075	17.31
		②	2.585	14.06
		③	3.066	17.50
		④	3.525	18.81
		平均	3.063	16.92
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>147791</p>		<p>②</p>  <p>5</p>		
<p>③</p>  <p>4</p>		<p>④</p>  <p>15</p> <p>CHART</p>		

表4.3-76 表面粗さ測定結果 (Zr製)

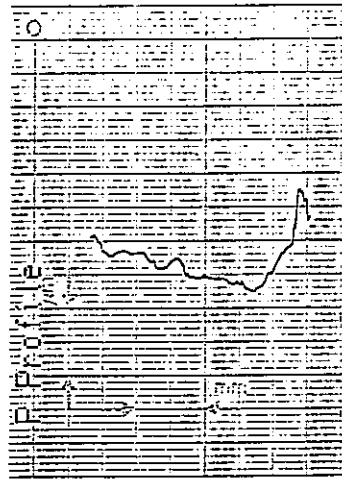
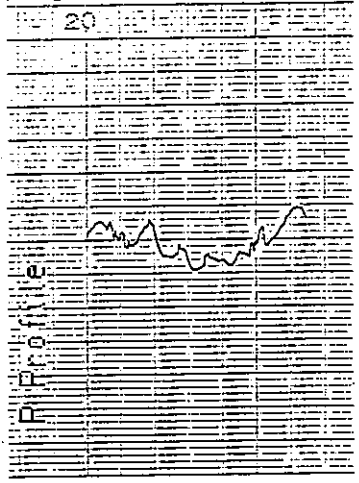
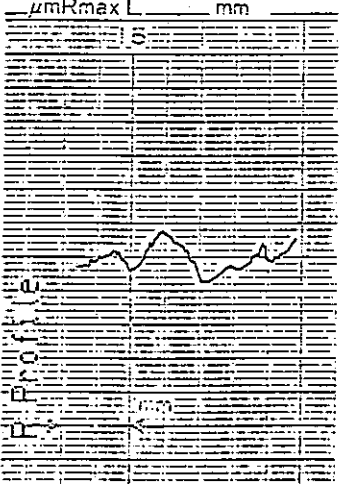
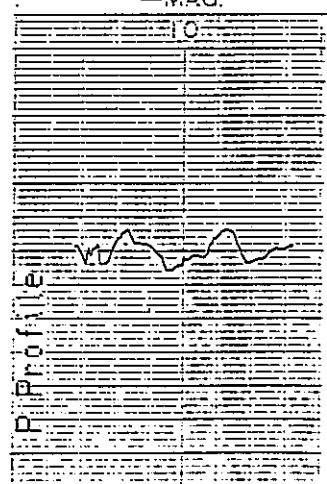
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位: No. 19 鏡部/塔頂部バルブ座溶接部 (溶接金属)	①	3.081	17.21
		②	3.698	17.37
		③	2.603	13.90
		④	3.041	13.12
		平均	3.106	15.40
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
① 		② 		
③ 		④ 		

表4.3-77 表面粗さ測定結果 (Zr製)

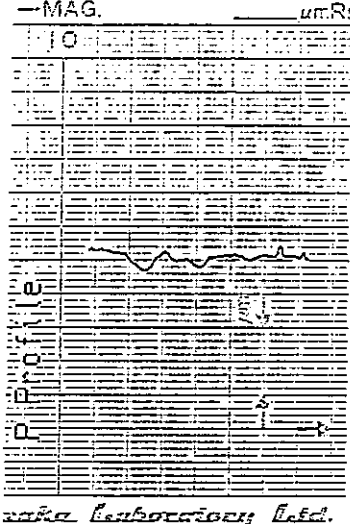
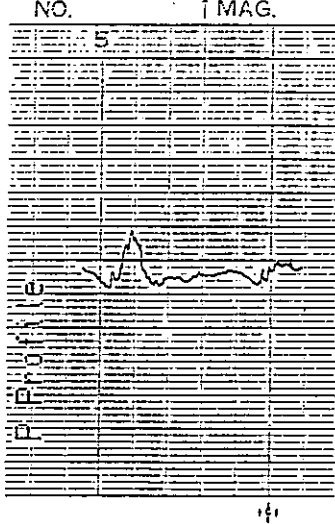
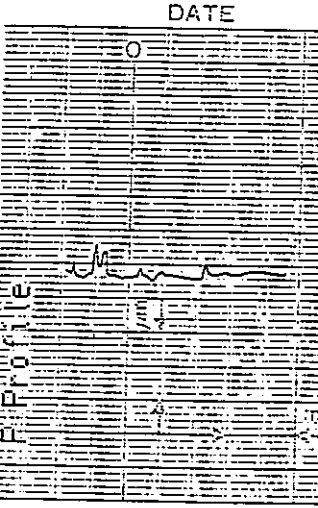
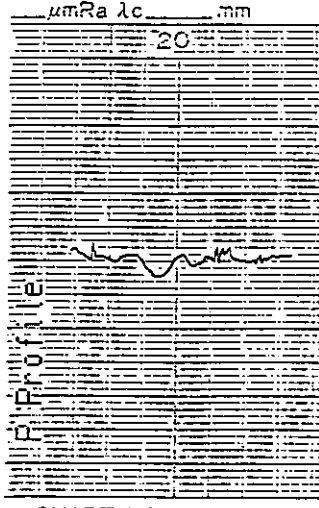
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 19 鏡部 / 塔頂部ハル座溶接部 (熱影響部)	①	1.778	10.59
		②	3.073	17.34
		③	1.970	12.46
		④	2.193	12.28
		平均	2.254	13.17
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-78 表面粗さ測定結果 (Zr製)

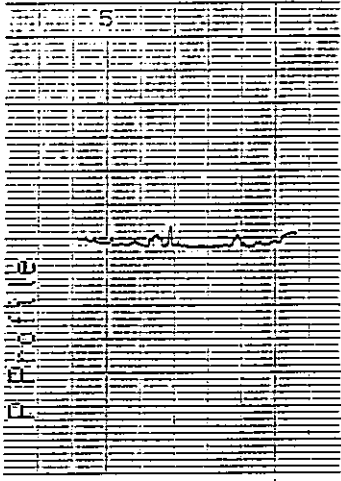
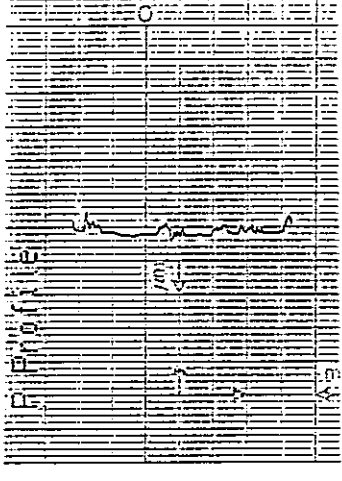
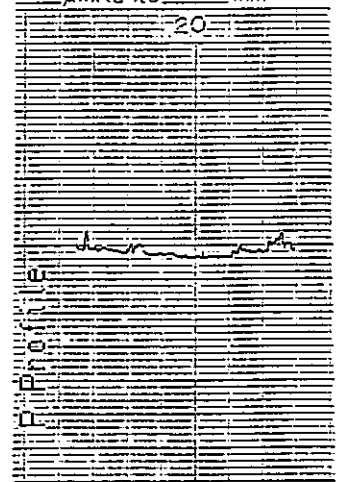
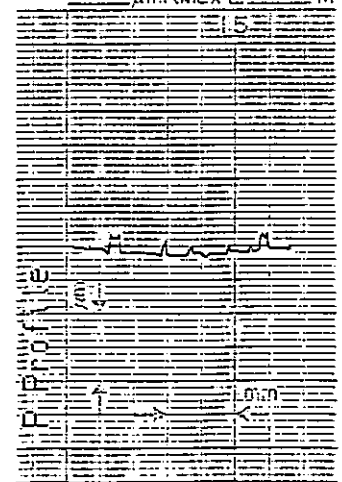
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 19 鏡部 / 塔頂部 / 母材座溶接部 (母材)	①	1.556	10.62
		②	1.887	12.65
		③	1.656	12.25
		④	1.936	13.84
		平均	1.759	12.34
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> <p>NO. iMAG.</p> 		<p>②</p> <p>DATE</p> 		
<p>③</p> <p>μmRa λc mm</p> <p>20</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>④</p> <p>μmRmax L m</p> <p>15</p>  <p>Glacy Ltd.</p>		

表4.3-79 表面粗さ測定結果 (Zr製)

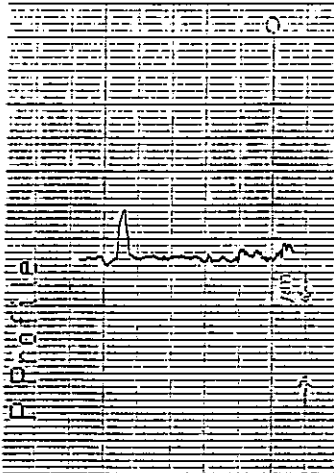
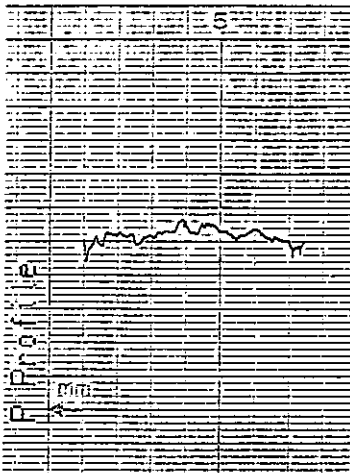
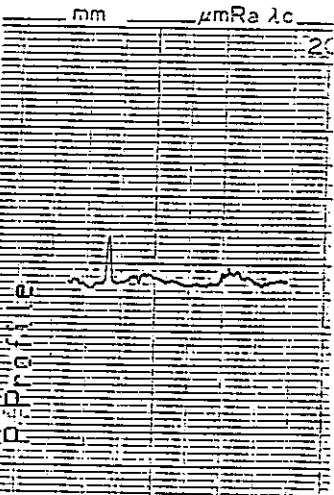
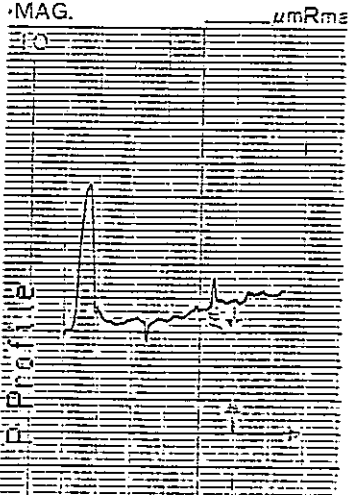
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 20 胴長手溶接部 (溶接金属)	①	3.011	17.96
		②	2.192	14.62
		③	2.242	16.06
		④	6.338	35.06
		平均	3.446	20.93
	測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)
① DA 		② NO. 1 M. 		
③ mm μmRa λc  CHART NO. 1		④ MAG. μmRms  See Enclosures Etc.		

表4.3-80 表面粗さ測定結果 (Zr製)

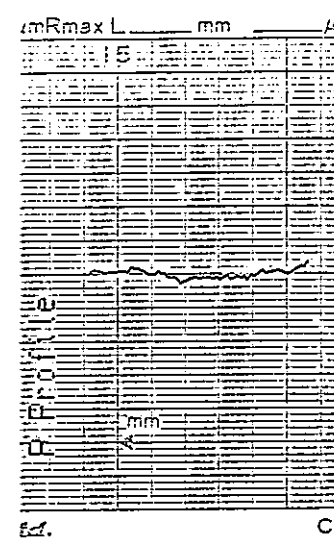
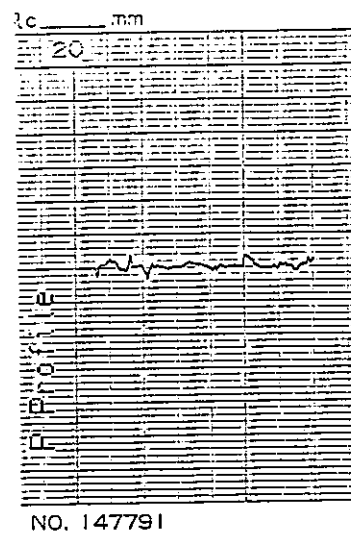
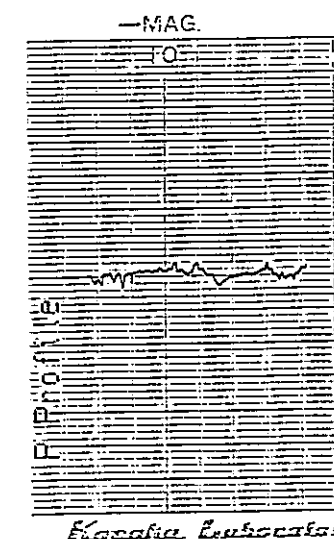
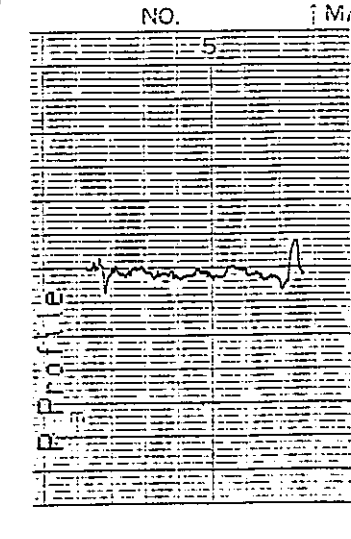
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 20 胴長手溶接部 (熱影響部)	①	1.093	7.53
		②	1.743	12.50
		③	1.883	13.28
		④	3.012	20.81
		平均	1.933	13.53
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-81 表面粗さ測定結果 (Zr製)

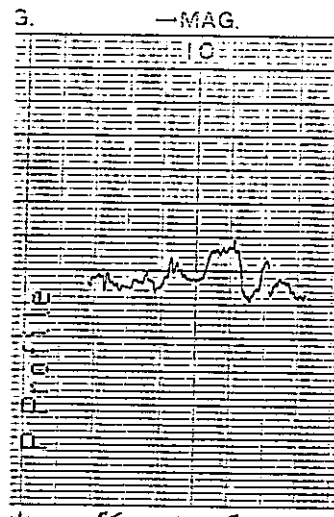
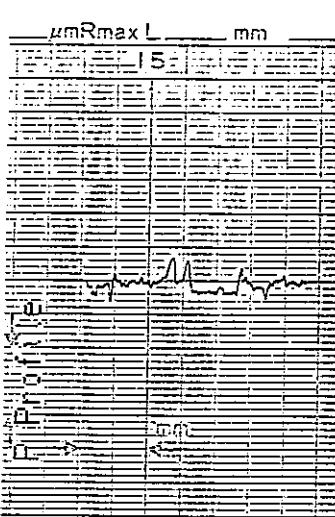
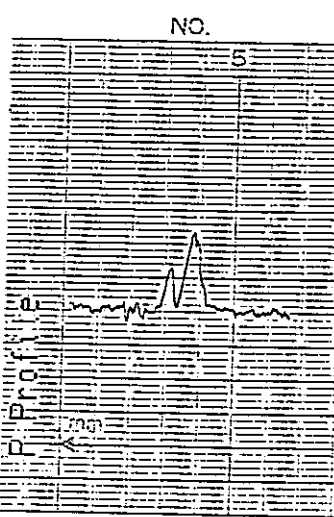
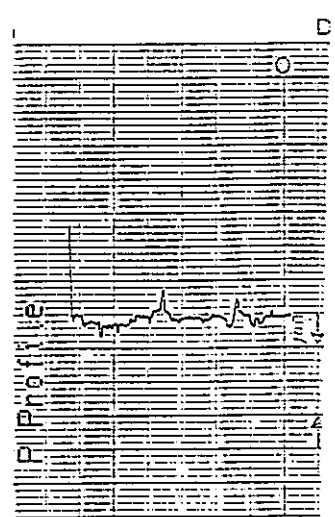
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
蒸発部塔頂部	部位 : No. 20 胴長手溶接部 (母材)	①	4.505	26.03
		②	3.025	20.59
		③	4.323	25.03
		④	4.048	29.62
		平均	3.975	25.32
	測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-82 表面粗さ測定結果 (Zr製)

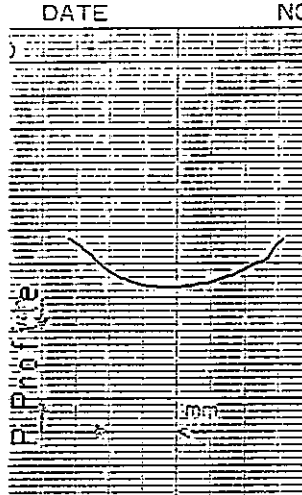
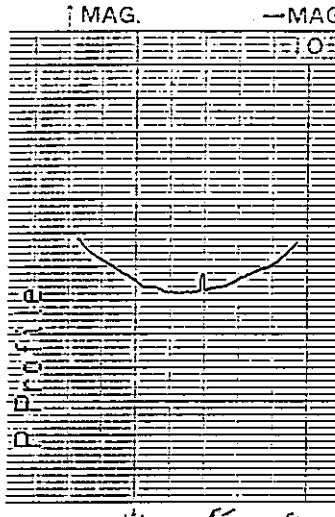
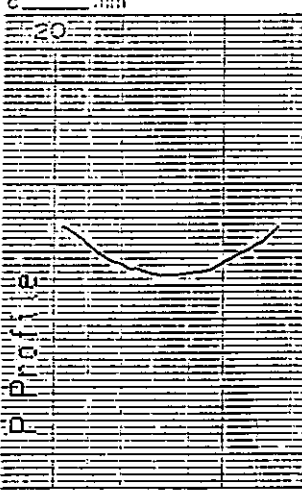
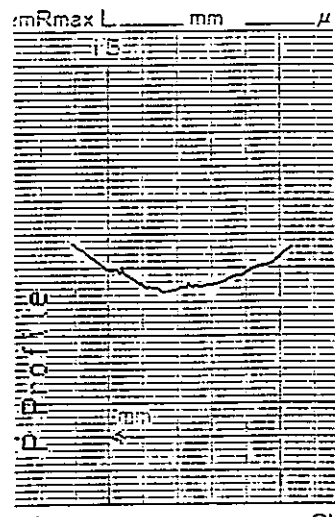
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 21 硝酸蒸気入口側付近	①	0.489	3.625
		②	0.780	6.687
		③	0.418	2.937
		④	0.737	6.187
		平均	0.606	4.859
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-83 表面粗さ測定結果 (Zr製)

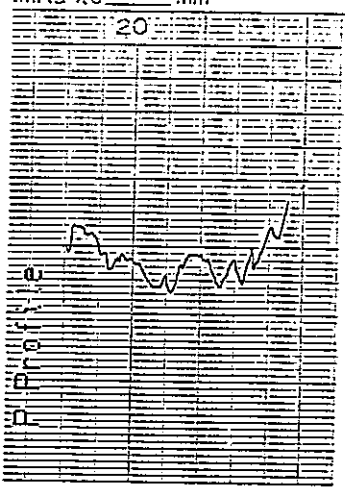
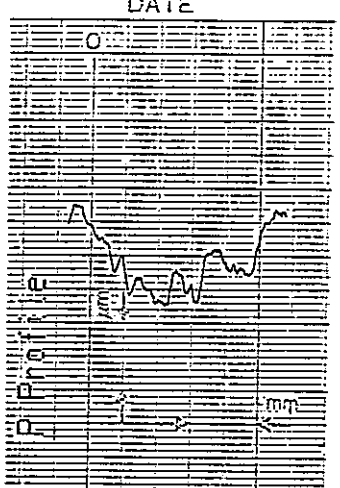
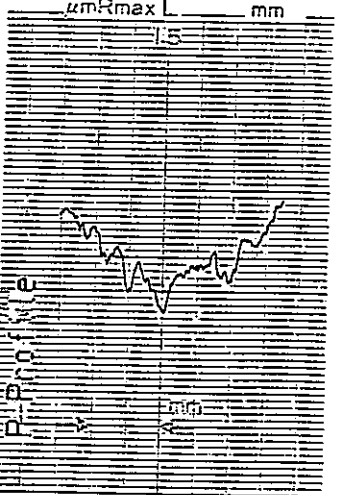
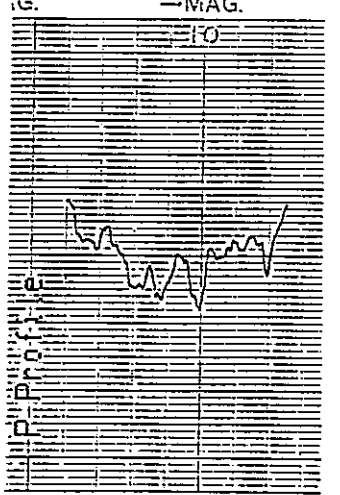
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 22 配管中央付近	①	4.454	20.62
		②	5.216	24.68
		③	4.816	24.46
		④	6.409	31.53
		平均	5.224	25.32
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>① $\mu\text{Ra} \lambda c$ _____ mm</p>  <p>HART NO. 147791</p>		<p>② DATE</p> 		
<p>③ $\mu\text{Rmax} L$ _____ mm</p>  <p>y Ltd.</p>		<p>④ G. —MAG.</p>  <p>Kawasaki Electric</p>		

表4.3-84 表面粗さ測定結果 (Zr製)

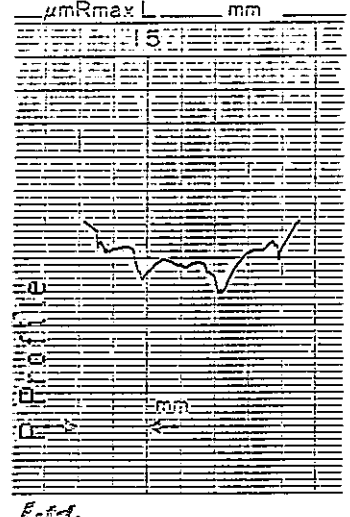
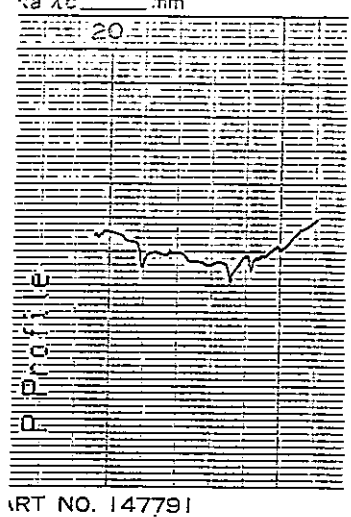
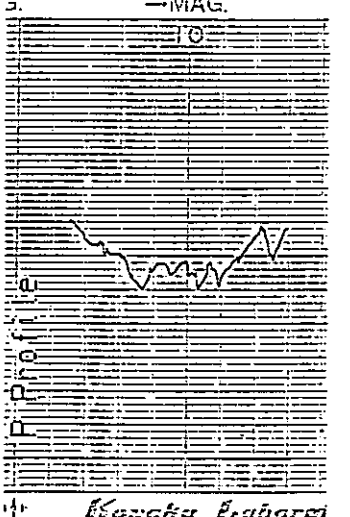
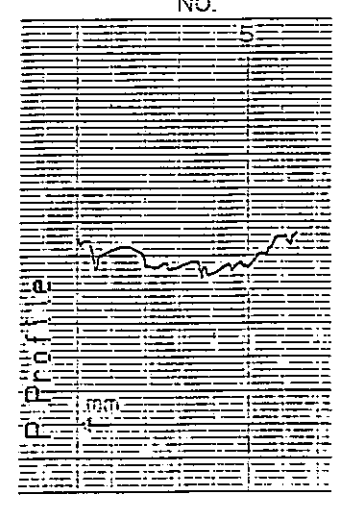
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 23 硝酸蒸気出口側付近	①	2.912	16.56
		②	2.075	13.28
		③	3.593	18.93
		④	2.427	14.53
		平均	2.752	18.83
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-85 表面粗さ測定結果 (Zr製)

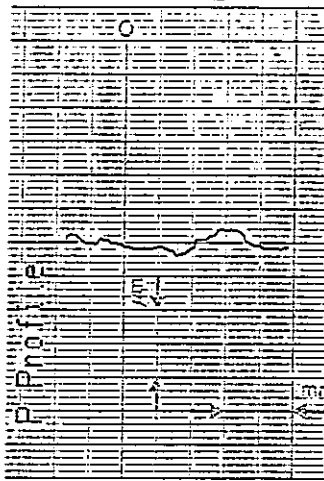
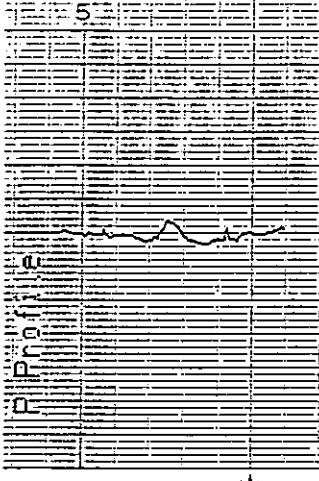
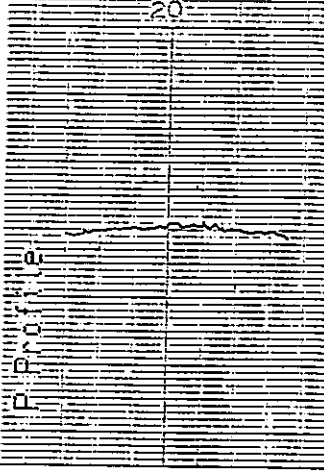
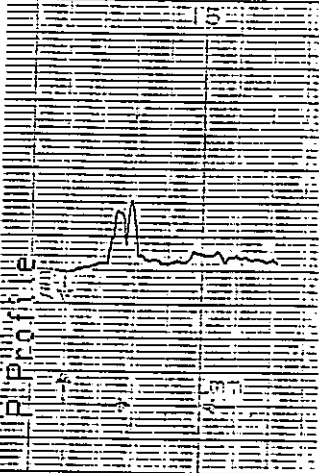
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 24 配管長手溶接部(入口付近) (溶接金属)	①	1. 289	7. 31
		②	1. 609	10. 81
		③	0. 824	6. 47
		④	2. 885	17. 65
		平均	1. 652	10. 56
	測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }
① DATE 		② NO. 5 ↑ MAG. 		
③ μmRa λc _____ mm 20  CHART NO. 147791		④ μmRmax L _____ mm 15  Iwajima Electric		

表4.3-86 表面粗さ測定結果 (Zr製)

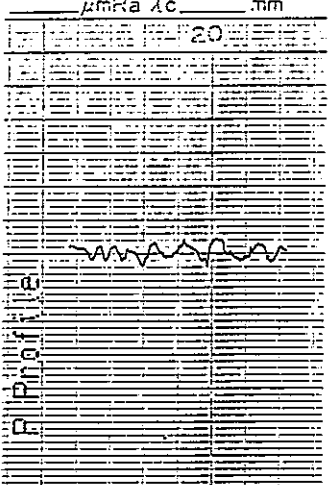
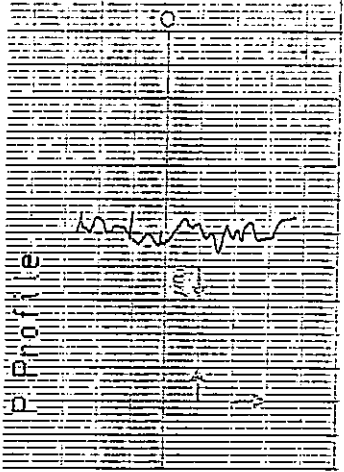
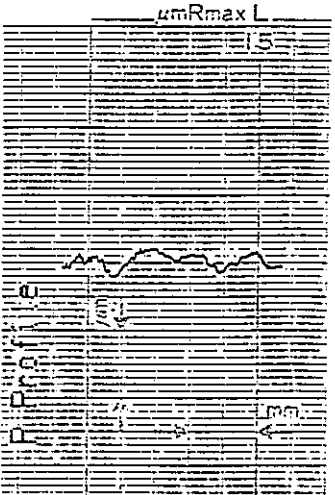
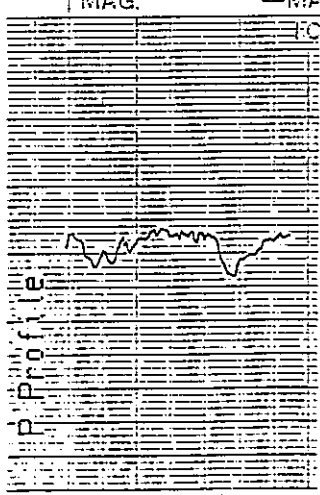
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 24 配管長手溶接部 (入口付近) (熱影響部)	①	3.523	16.96
		②	3.505	20.50
		③	2.293	12.43
		④	3.137	16.62
		平均	3.115	16.63
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>CHART NO. 147791</p>		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>μmRmax L 15</p>		<p>④</p>  <p>↑MAG. —MA</p>		

表4.3-87 表面粗さ測定結果 (Zr製)

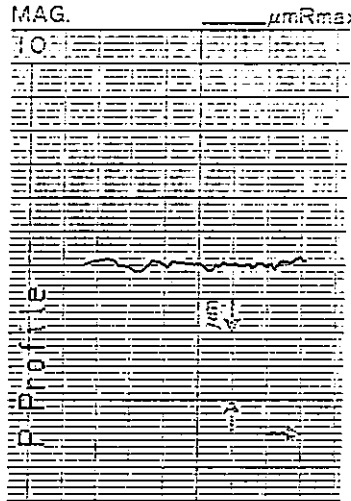
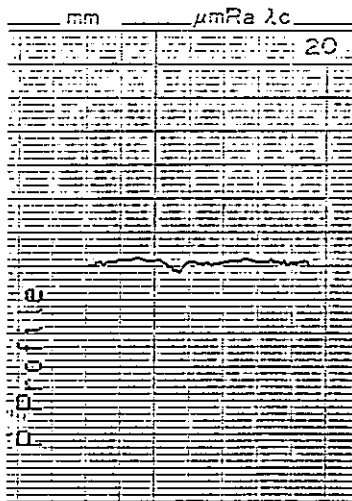
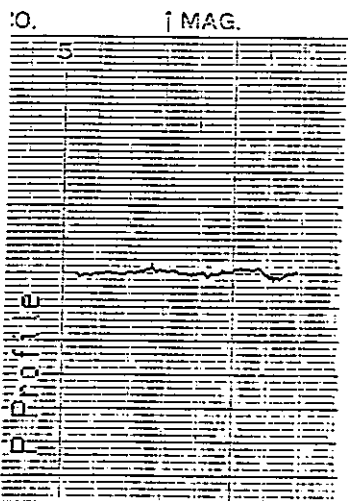
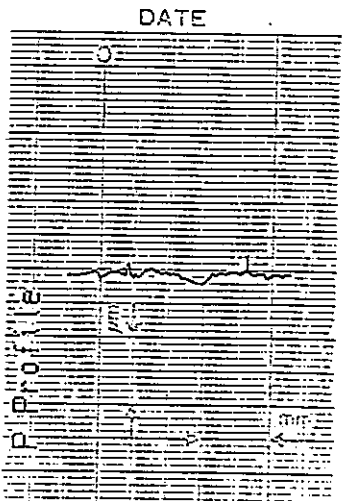
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 24 配管長手溶接部(入口付近) (母材)	①	1. 253	8. 00
		②	1. 132	7. 12
		③	0. 982	7. 91
		④	1. 410	12. 65
		平均	1. 194	8. 91
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
①  <p><i>Ka Laboratory Ltd.</i></p>		②  <p>CHART NO. 14</p>		
③  <p><i>Ka</i></p>		④ 		

表4.3-88 表面粗さ測定結果 (Zr製)

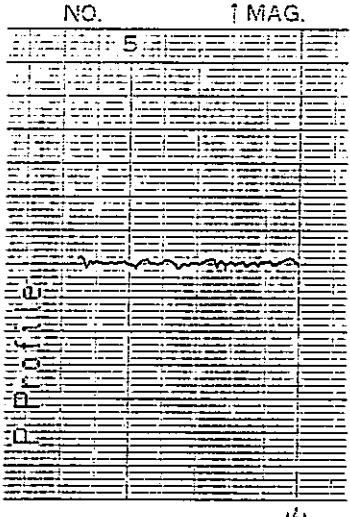
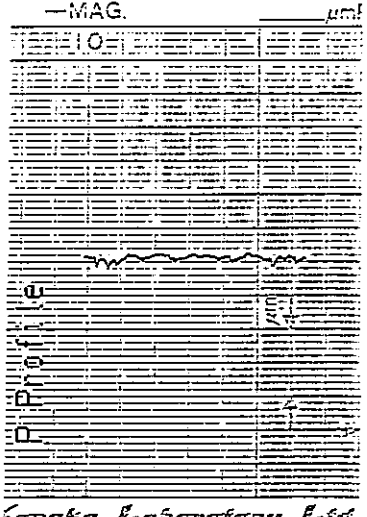
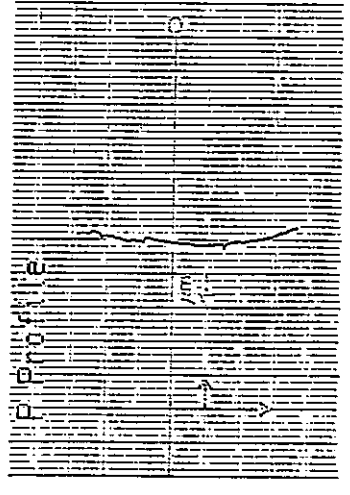
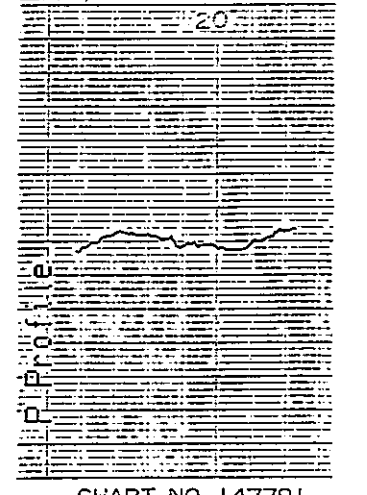
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 25 配管長手溶接部 (出口付近) (溶接金属)	①	1.390	9.500
		②	1.286	9.250
		③	0.591	5.468
		④	1.047	6.343
		平均	1.079	7.640
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p> 		<p>④</p> 		

表4.3-89 表面粗さ測定結果 (Zr製)

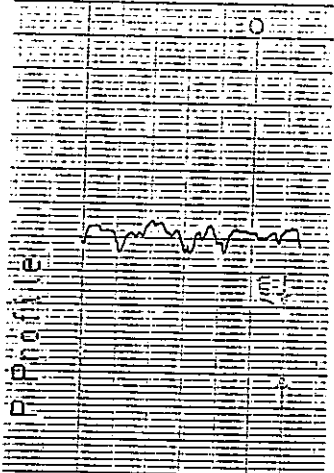
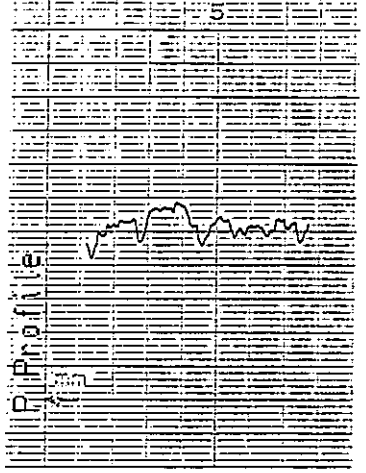
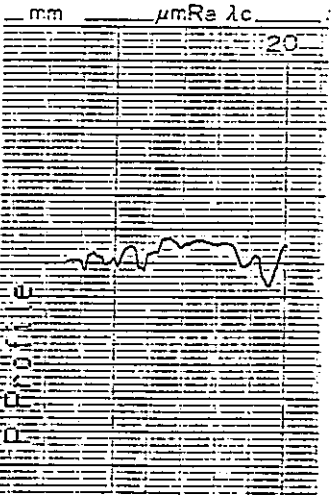
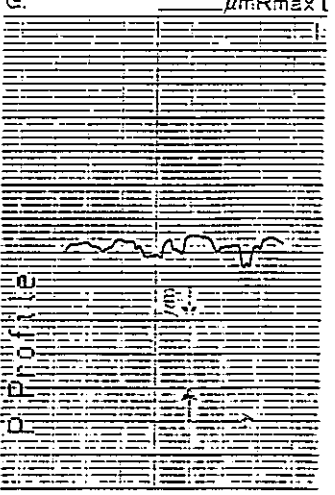
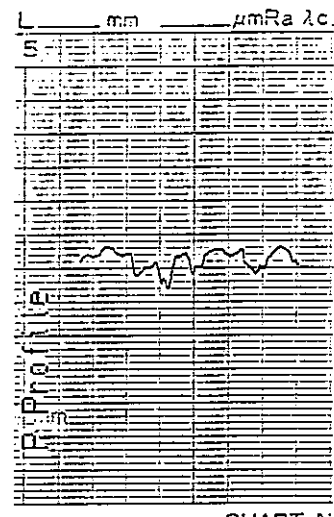
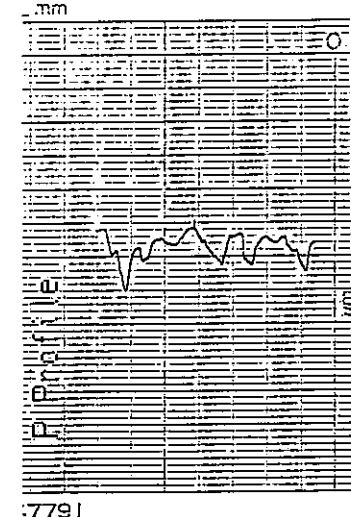
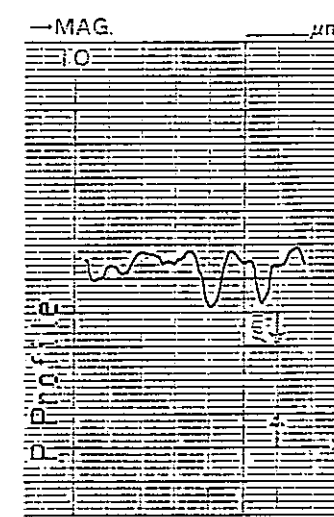
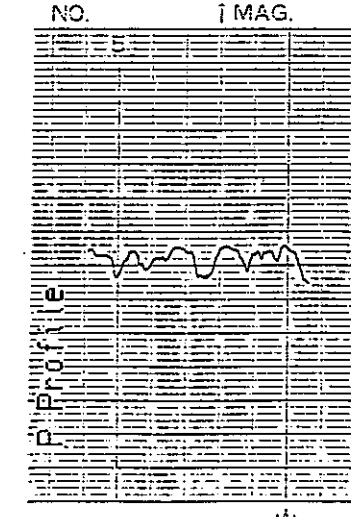
部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 25 配管長手溶接部(出口付近) (熱影響部)	①	3.382	17.37
		②	4.277	21.18
		③	3.632	17.37
		④	2.922	13.15
		平均	3.553	17.27
測定部断面プロファイル			倍率 (高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$)	
<p>①</p> 		<p>②</p> 		
<p>③</p>  <p>CHART NO. 14</p>		<p>④</p>  <p>Laboratory Ltd.</p>		

表4.3-90 表面粗さ測定結果 (Zr製)

部 材	評価部位		平均粗さ (Ra) (μm)	最大高さ (Ry) (μm)
ベント配管	部位 : No. 25 配管長手溶接部(出口付近) (母材)	①	3.653	17.53
		②	5.100	23.84
		③	5.076	22.18
		④	4.003	18.71
		平均	4.458	20.57
測定部断面プロファイル			倍率 { 高さ $\times 200$ 長さ $\times 10$ }	
<p>①</p>  <p>CHART N</p>		<p>②</p>  <p>7791</p>		
<p>③</p>  <p>Surface Laboratory Ltd.</p>		<p>④</p>  <p>11</p>		

4.4 断面観察

解体した各部材の評価部位について、40000時間の運転試験に起因する腐食損傷状況を確認する為に光学顕微鏡による断面観察を行った。

断面観察結果をTi-5Ta製は写真4.4-1～写真4.4-16に、また、Zr製は写真4.4-17～写真4.4-32にそれぞれ示す。

断面観察結果について材質ごとに傾向をまとめると以下の様である。

Ti-5Ta製

伝熱管は上部管板付近（蒸気部）～下部管板付近（溶液部）にかけて一様に凸凹が認められ、これは局所的な減肉傾向が認められないことから、全面腐食が進行した為に生じたものと判断される。なお、蒸気部と溶液部を比較しても減肉状況に差異は認められない。また、上部連絡管における上部伸縮管及びその平行胴の蒸気部と凝縮液部においても腐食の程度に差異は認められなかった（写真4.4-5及び4.4-6）。従って、これらの部位に関しては、蒸気部、溶液部に関係なく一様に全面腐食が進行しているものと判断される。

一方、硝酸蒸気環境中に曝される部材である蒸発缶塔頂部及びベント配管は、他の部材と比較すると凸凹形状が激しく、特にベント配管長手溶接金属の減肉が明瞭に認められた。（写真4.4-9～4.4-16）これらの傾向は、前途の4.2肉厚測定結果及び4.3表面粗さ測定結果とよく一致することが判明した。

なお、すべての部位に全面腐食による減肉が認められたが、その他に局部腐食としてピットの発生や粒界腐食、また、微細なクラックの発生などの損傷形態は特に認められなかった。

Zr製

Zr製の各部材については、いずれの観察部位においてもTi-5Ta製と比較すると、表面には全面腐食による凸凹形状がほとんど認められず滑らかであり健全であった。なお、若干ではあるが、伝熱管の上部管板から2.0m付近には全面腐食による凸凹が観察された。また、Ti-5Ta製では、腐食損傷を受けていた蒸発缶塔頂部及びベント配管部に関しても、母材部及び溶接金属部に減肉部は確認されなかった。従って、Zr製に関しては、ほとんど腐食による損傷を受けていないものと判断される。

これらの観察結果より、Ti-5Ta製においては硝酸蒸気環境中に曝される部材である蒸発缶塔頂部、ベント配管の腐食損傷が特に溶接部を中心に多少認められることが判明した。

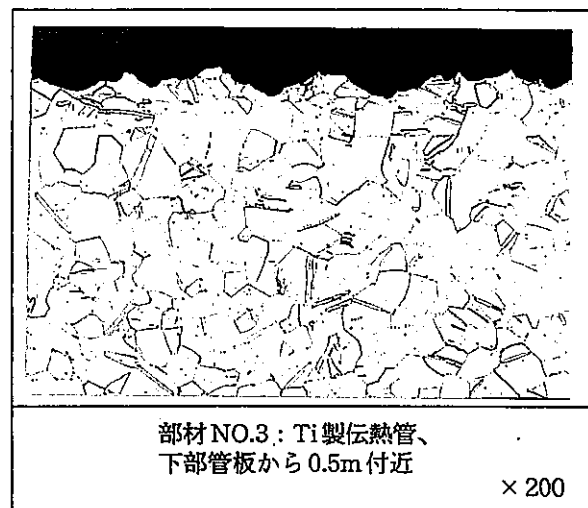
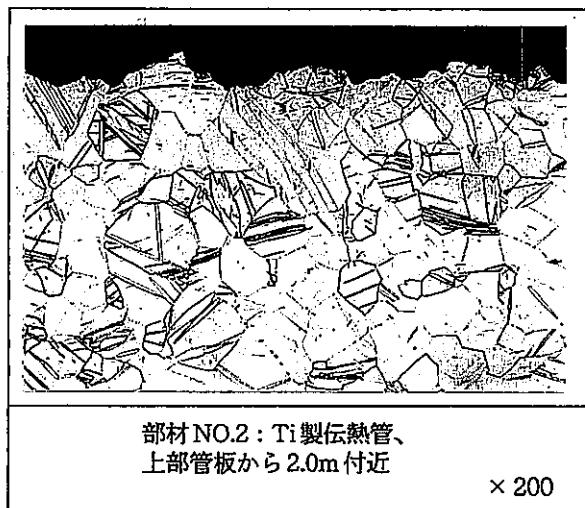
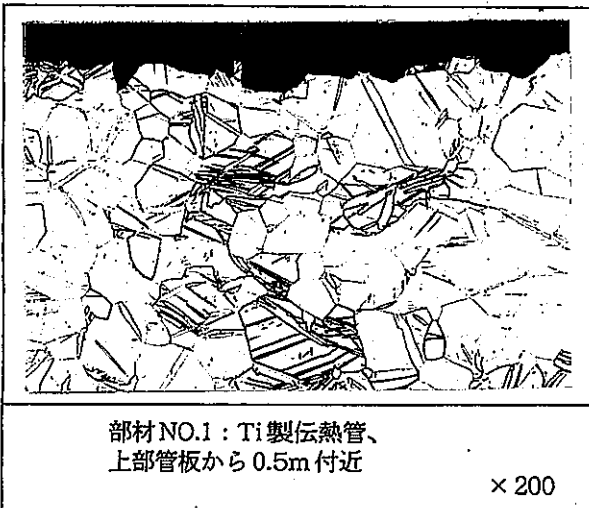


写真4.4-1 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製/40000時間後)

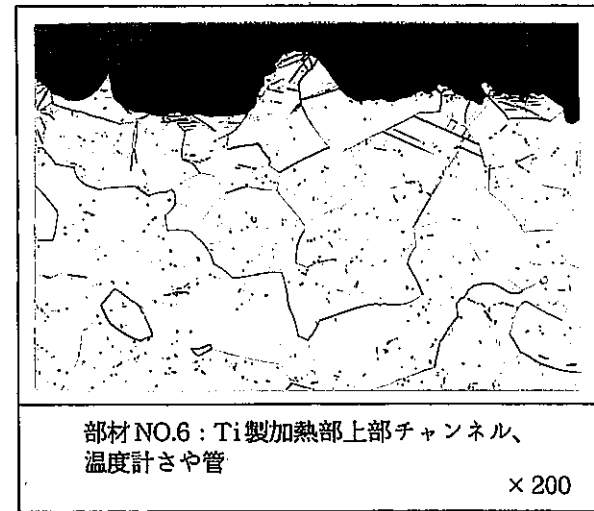
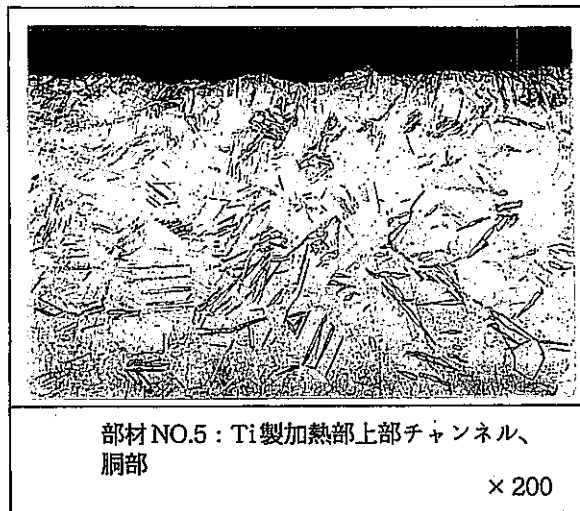
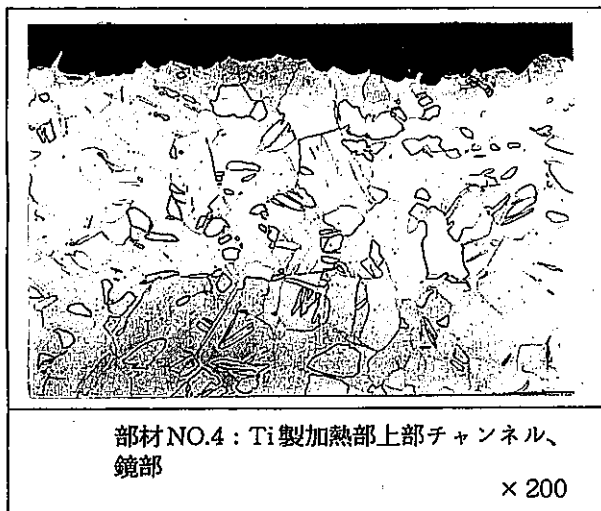


写真4.4-2 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

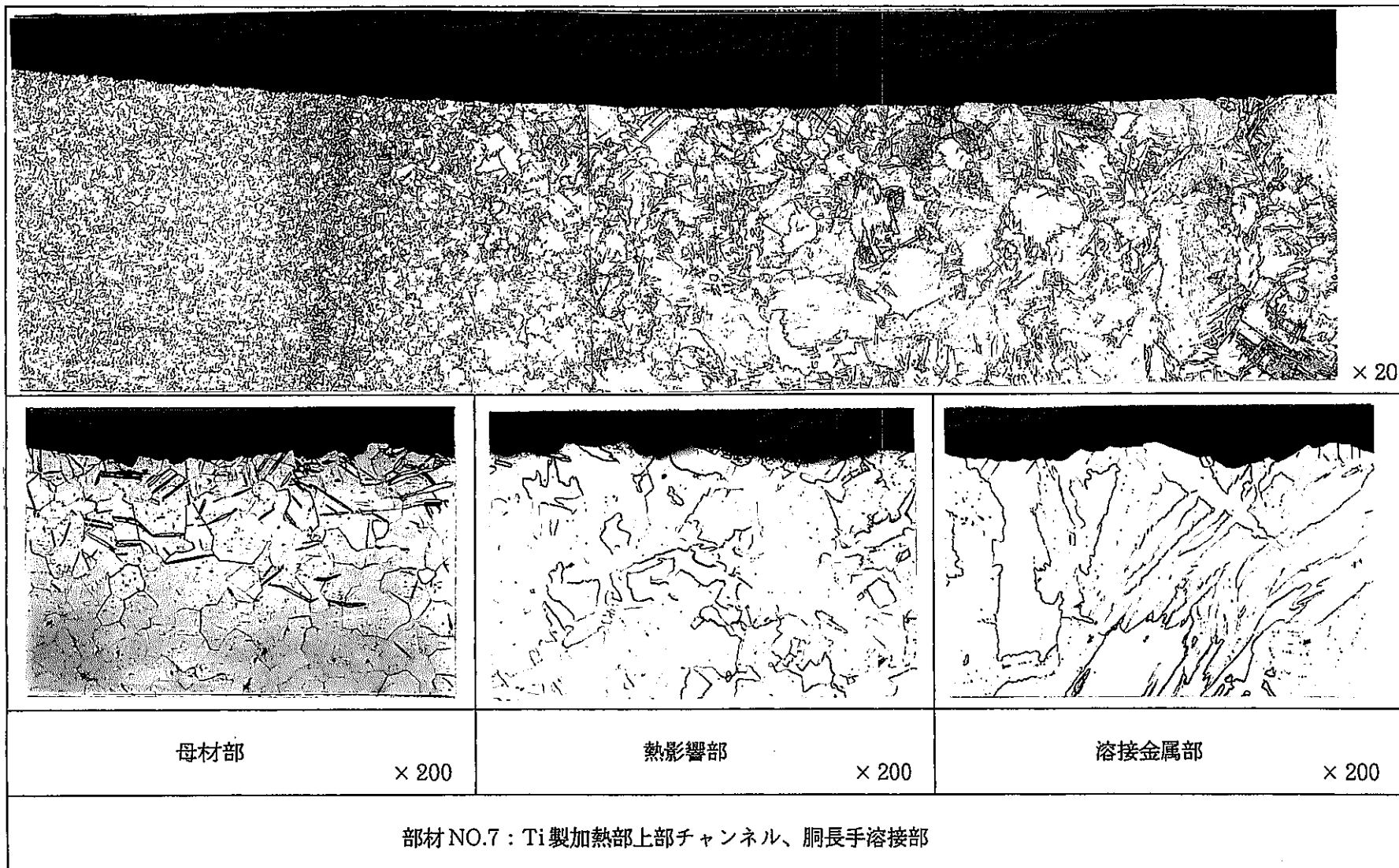


写真4.4-3 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

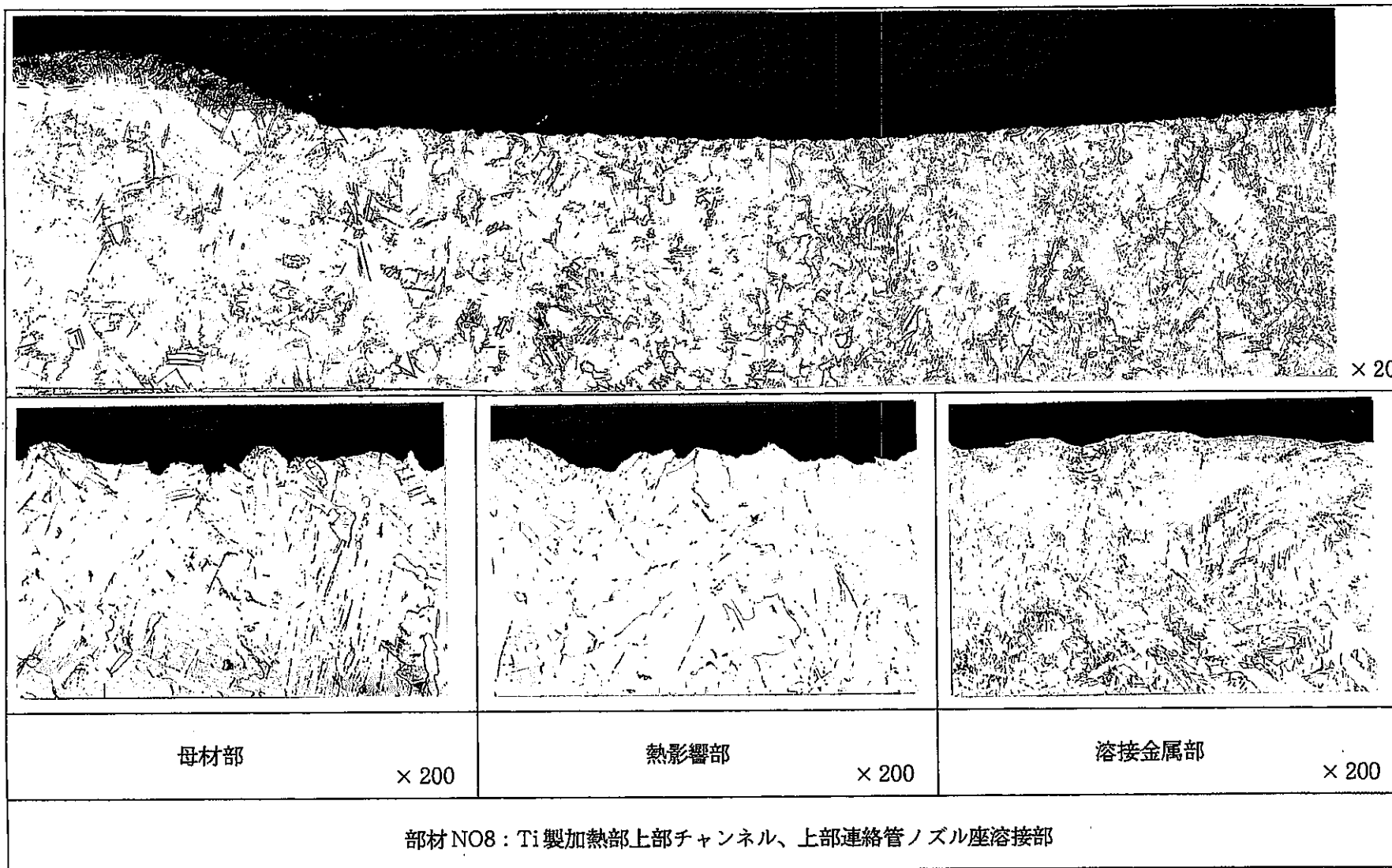


写真4.4.4 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

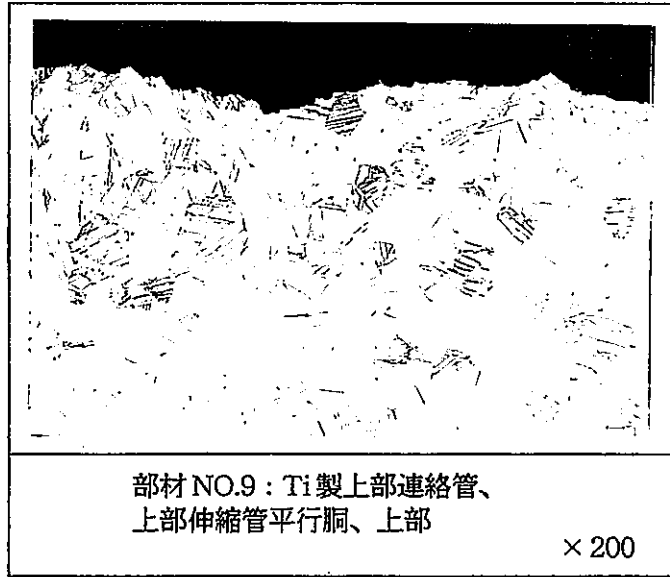


写真4.4-5 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

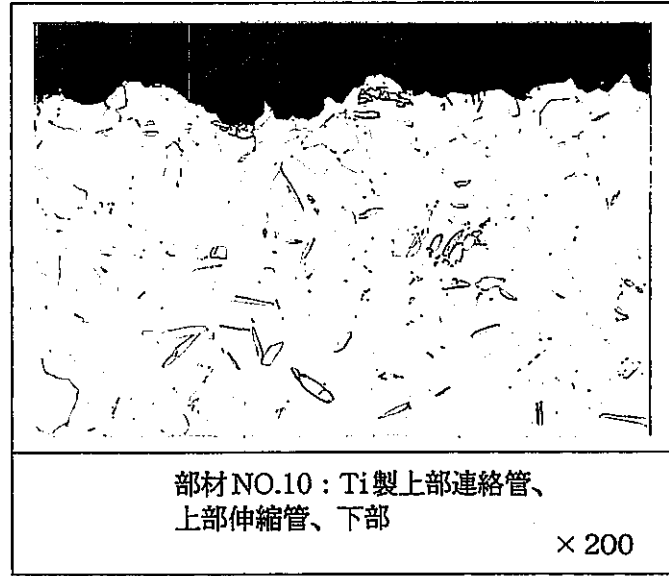
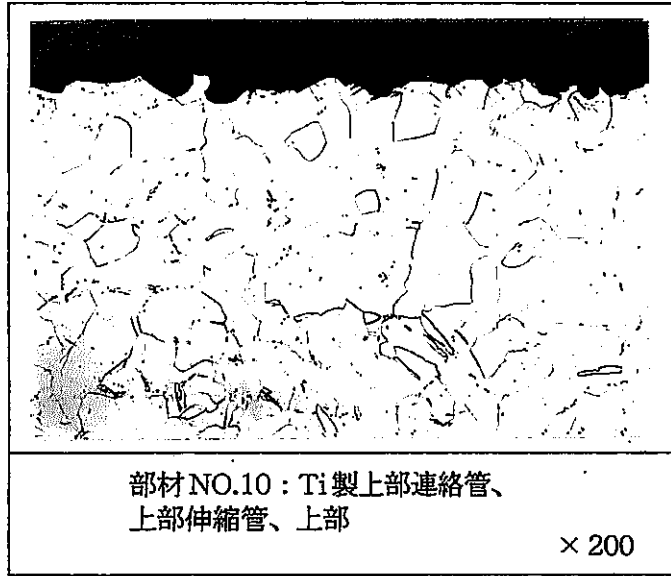


写真4.4-6 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製/40000時間後)

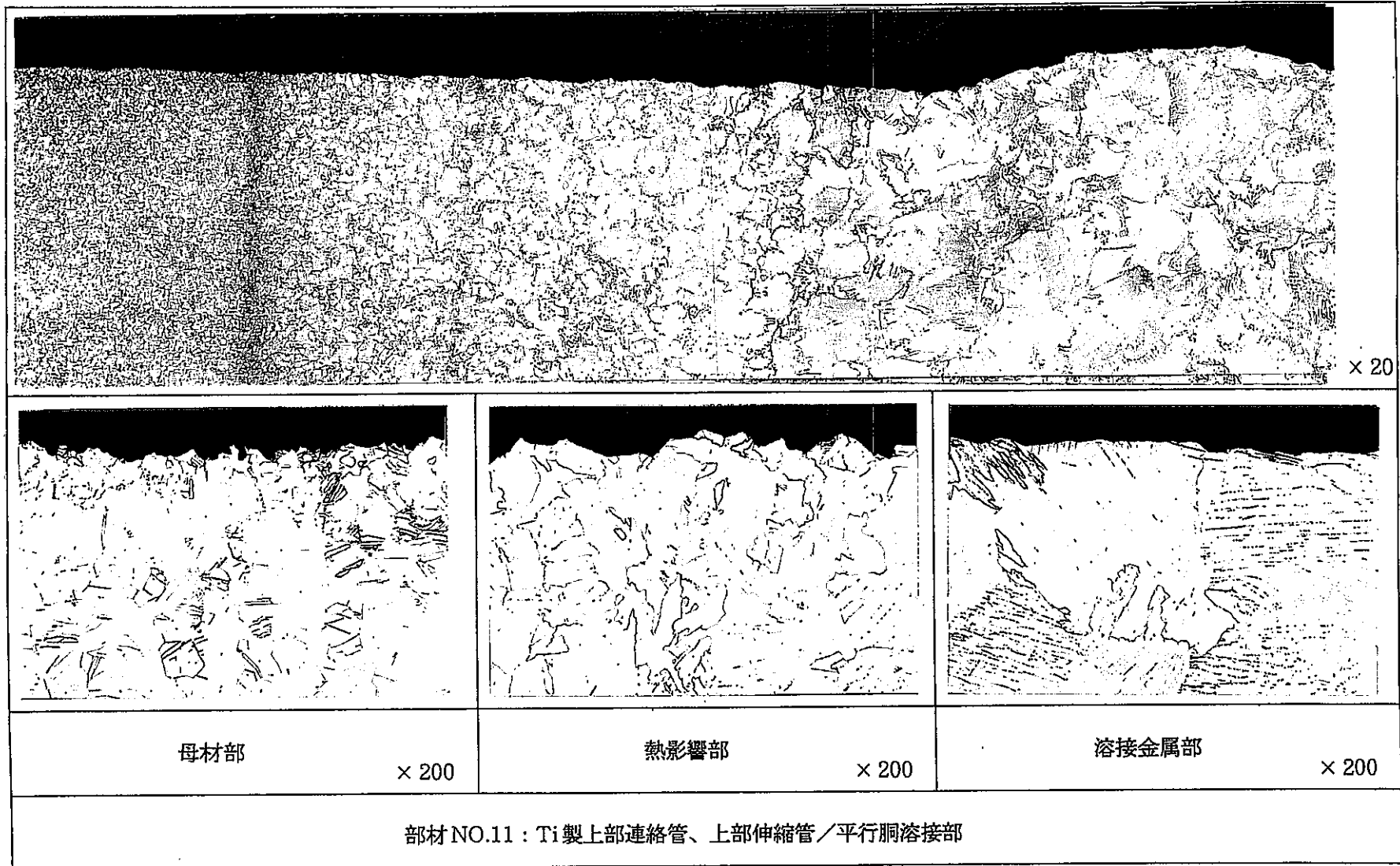


写真4.4-7 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

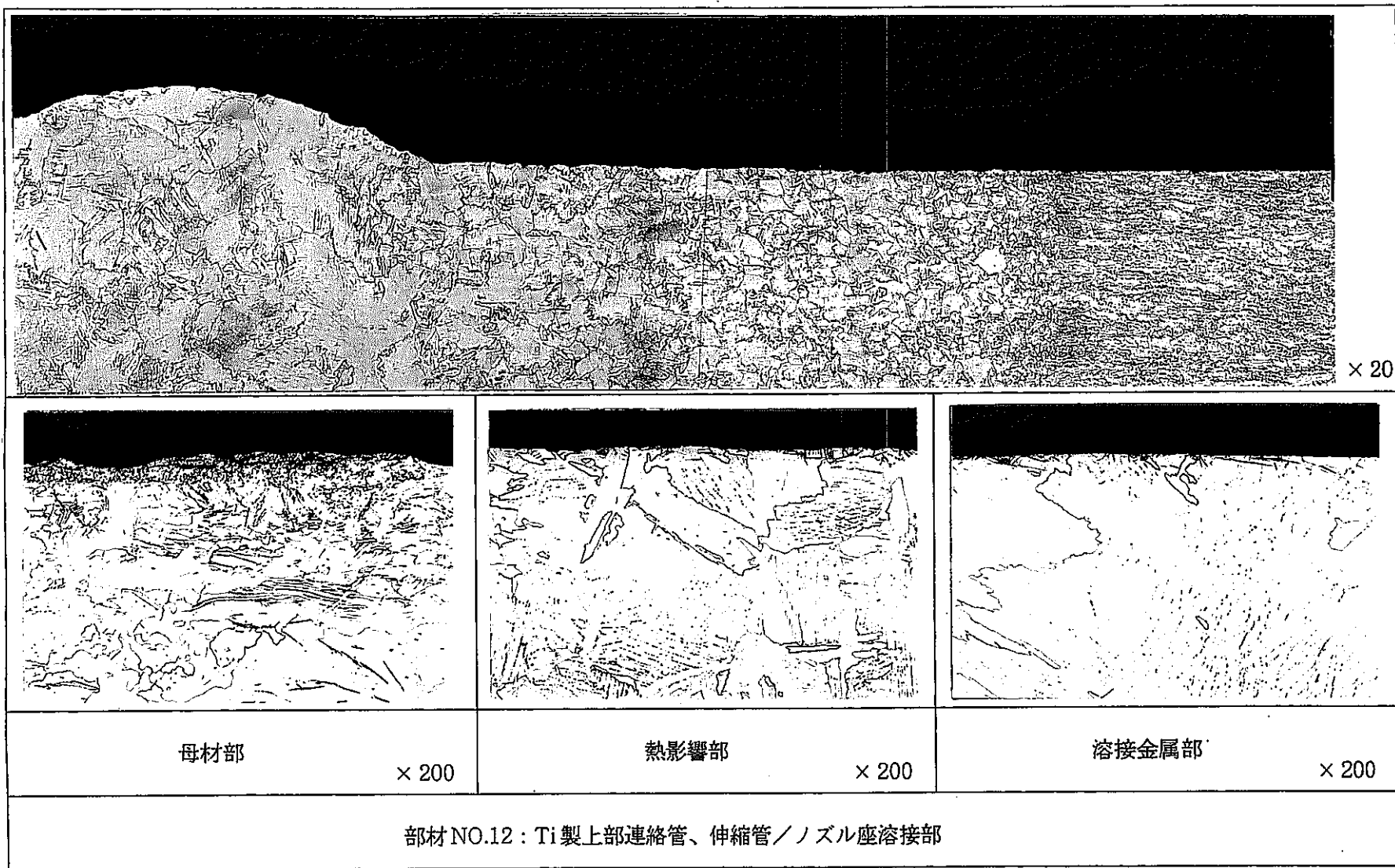


写真4.4-8 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製/40000時間後)

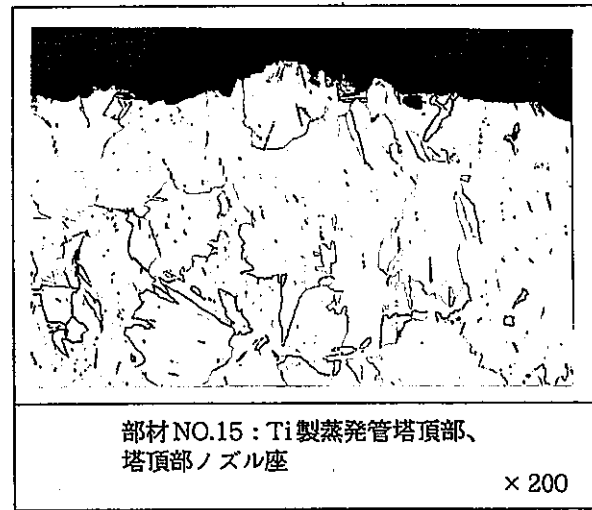
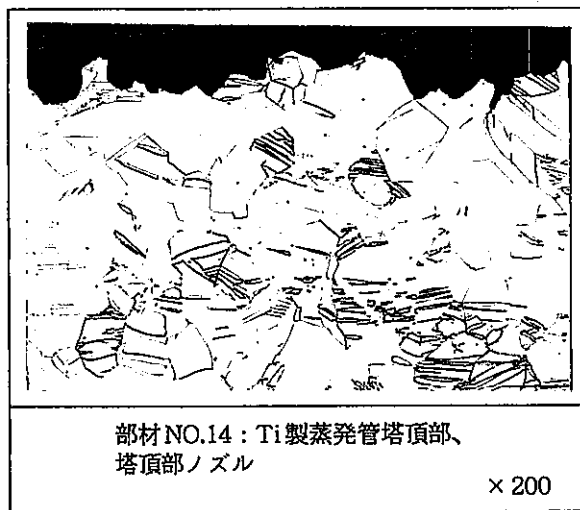
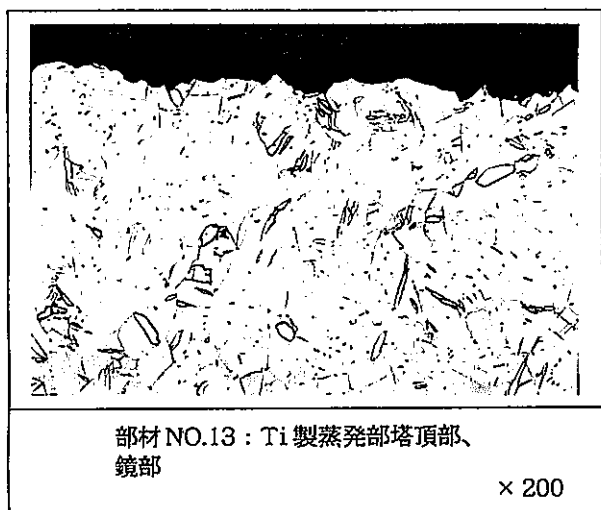


写真4.4-9 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

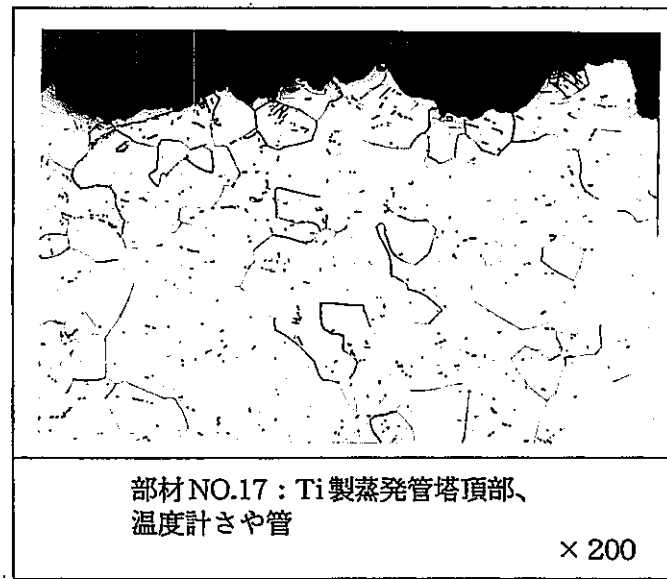
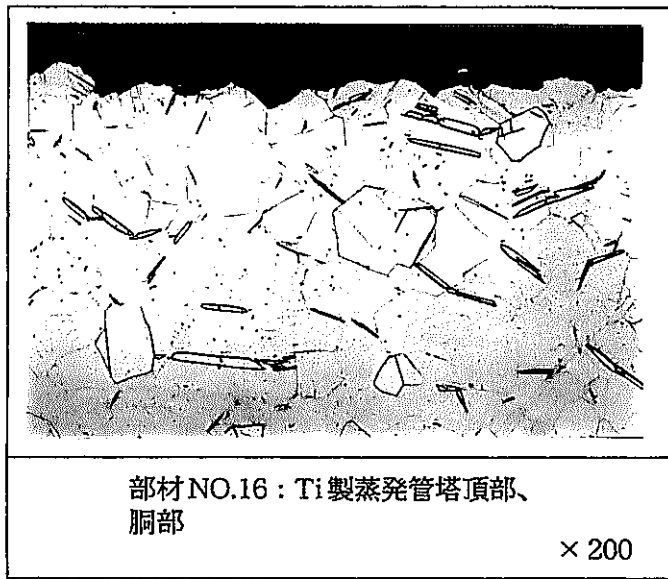


写真4.4-10 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

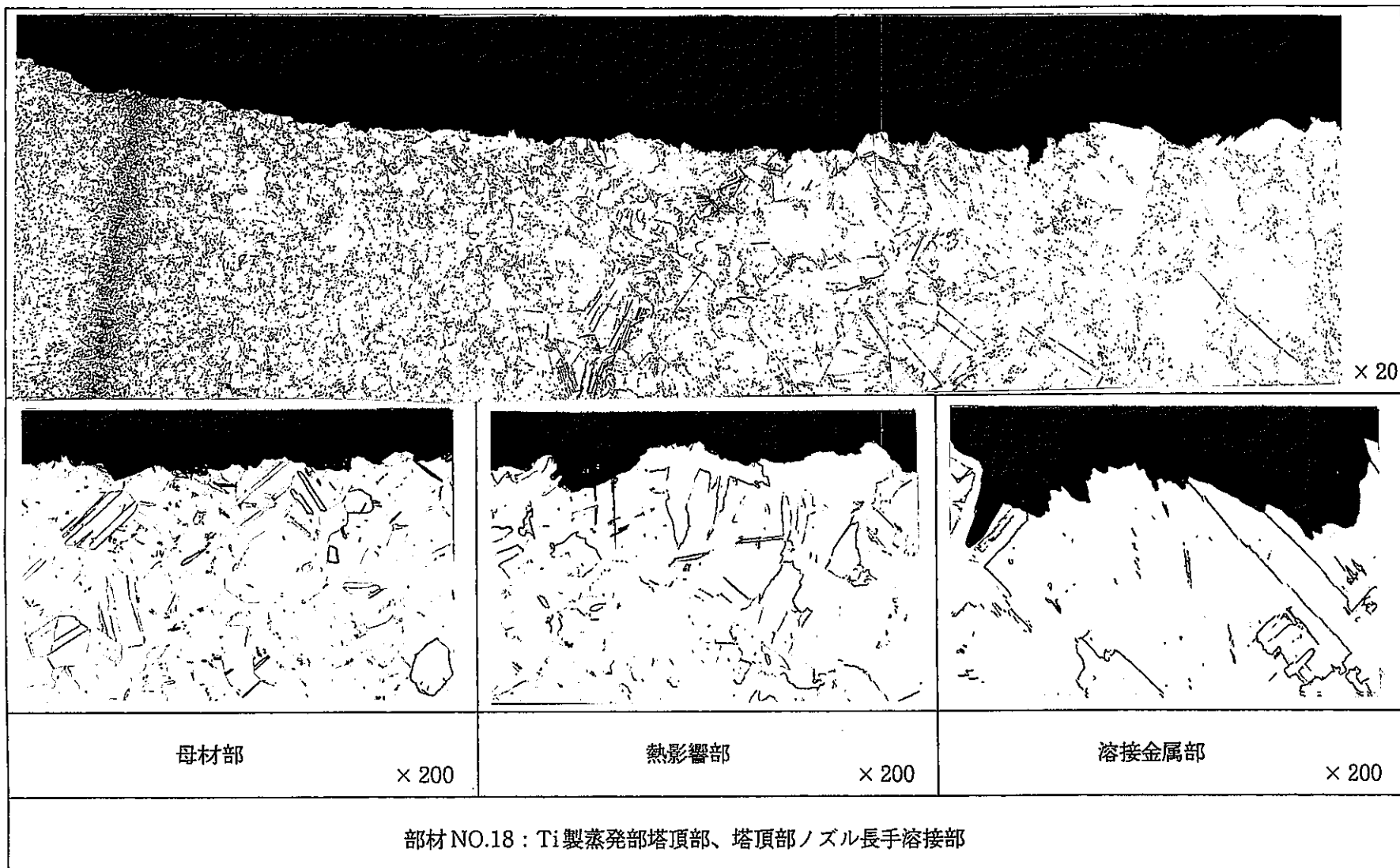


写真4.4-11 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

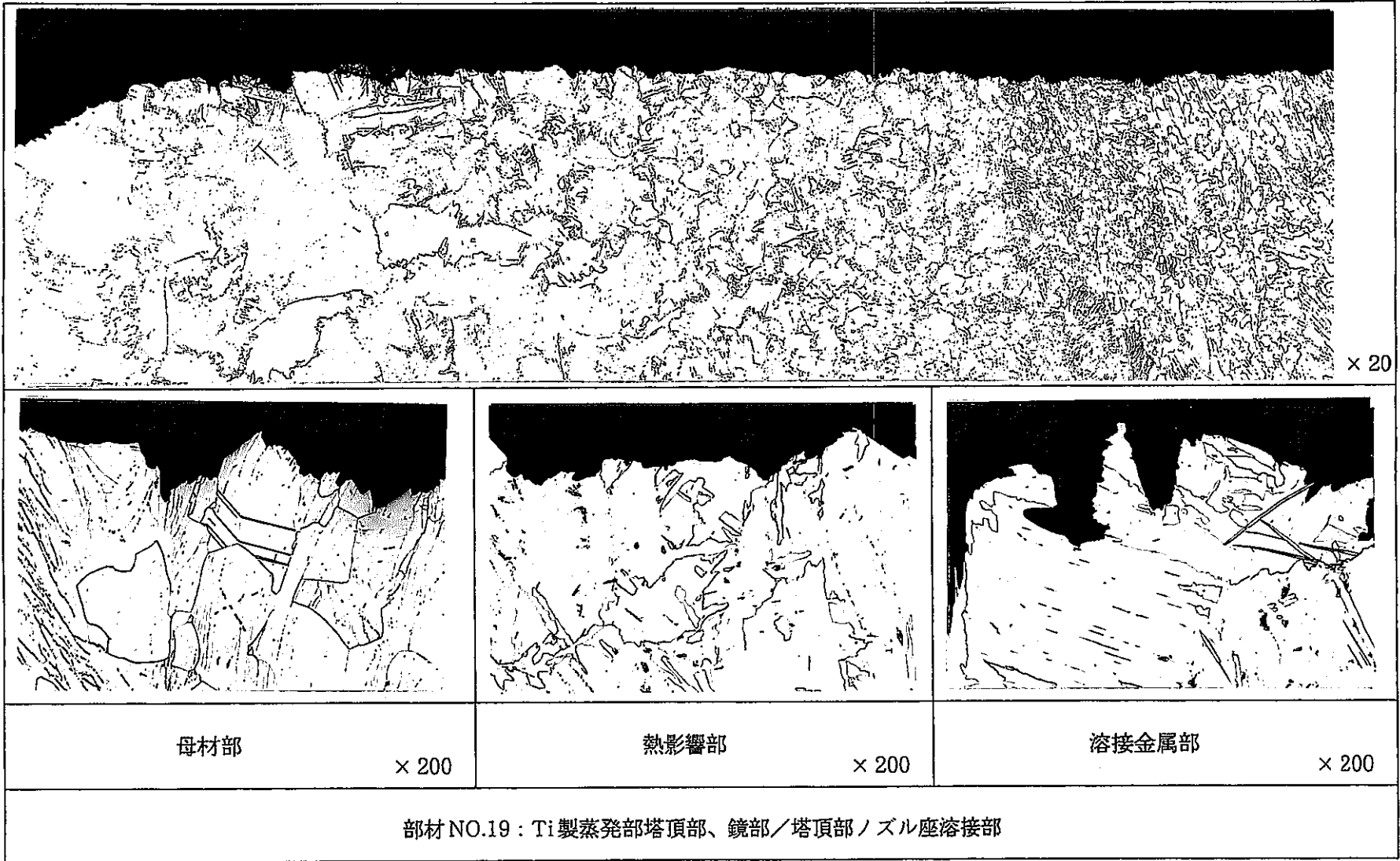


写真4.4-12 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

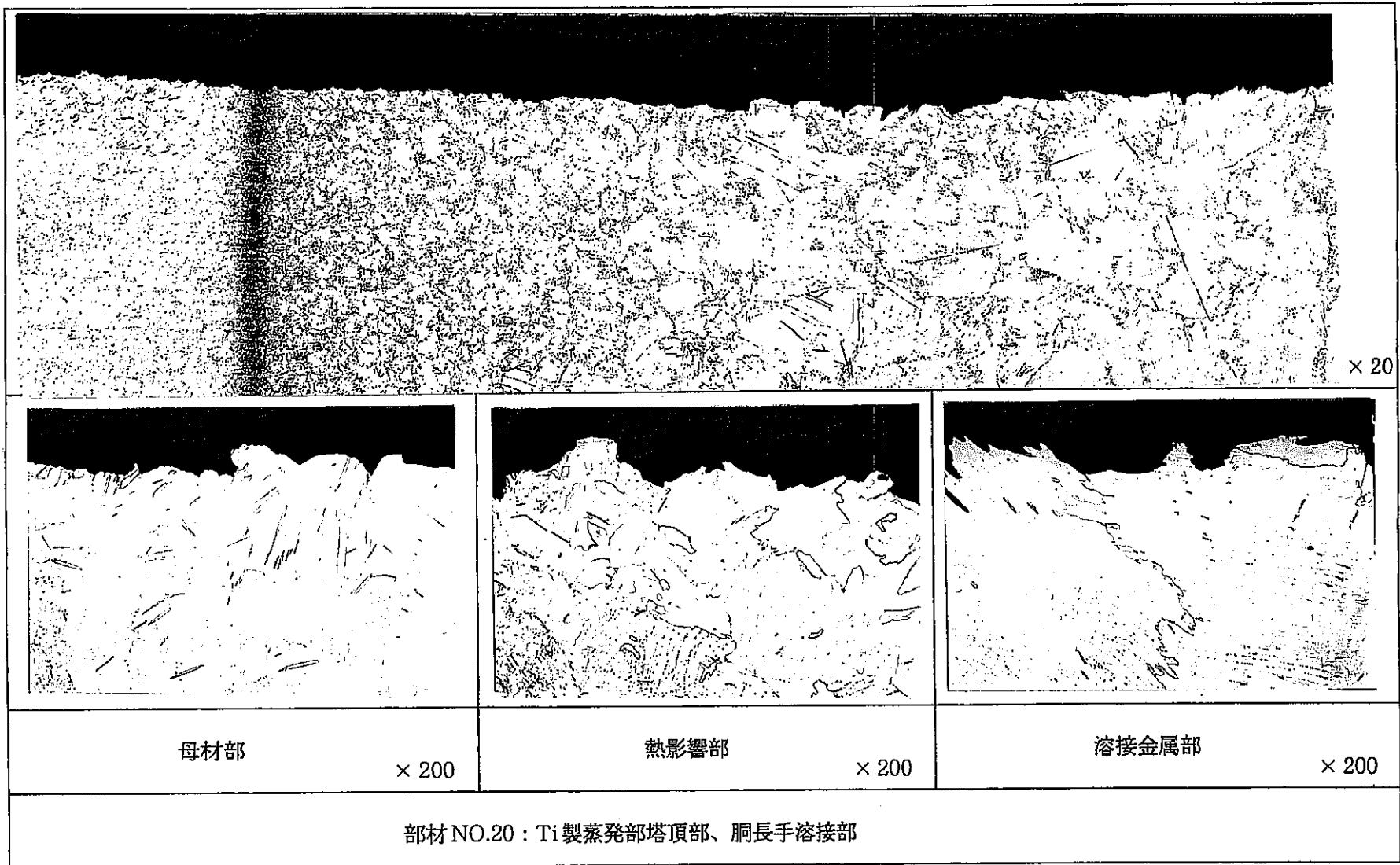


写真4.4-13 断面ミクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)



写真4.4-14 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製/40000時間後)

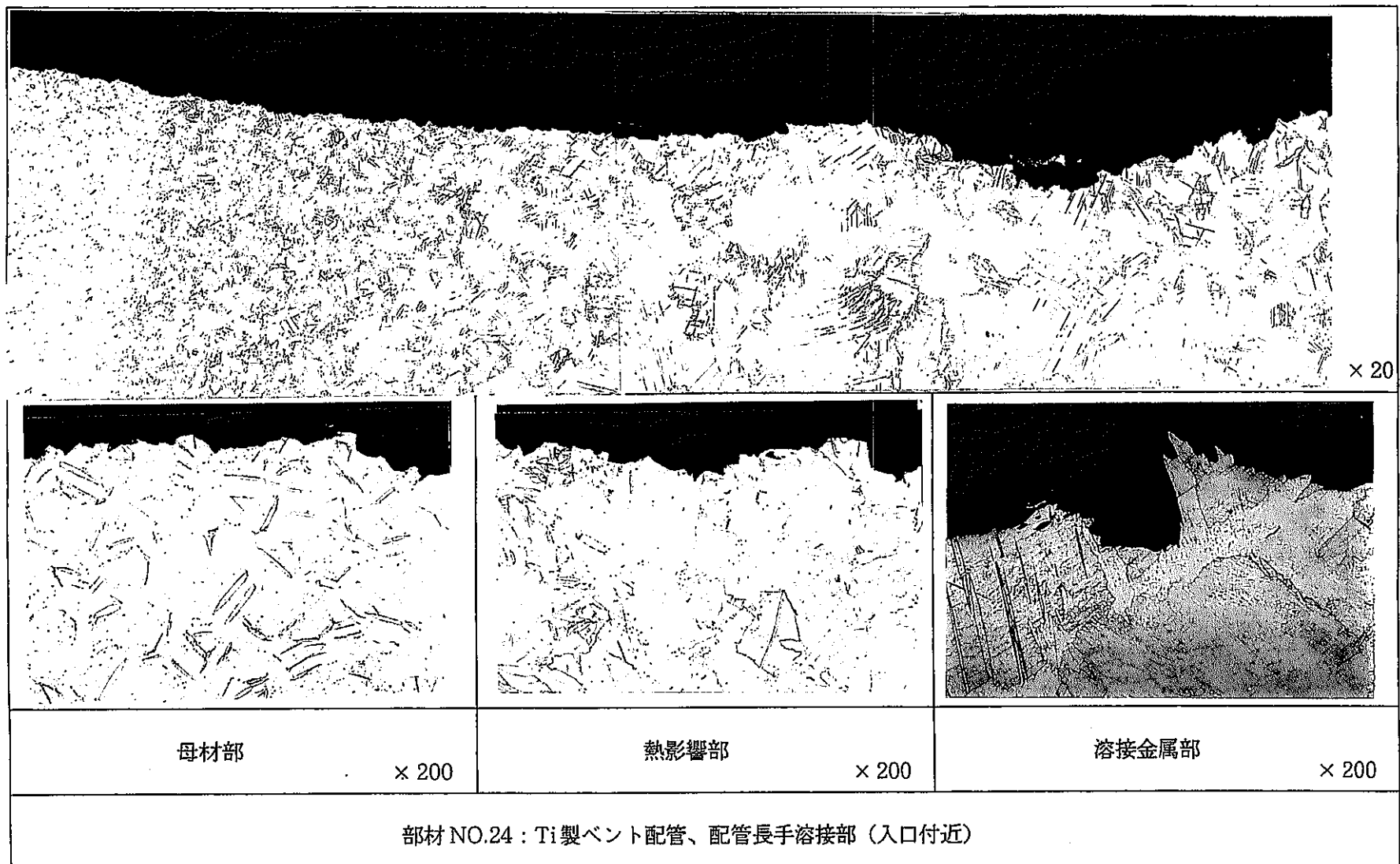


写真4.4-15 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製/40000時間後)

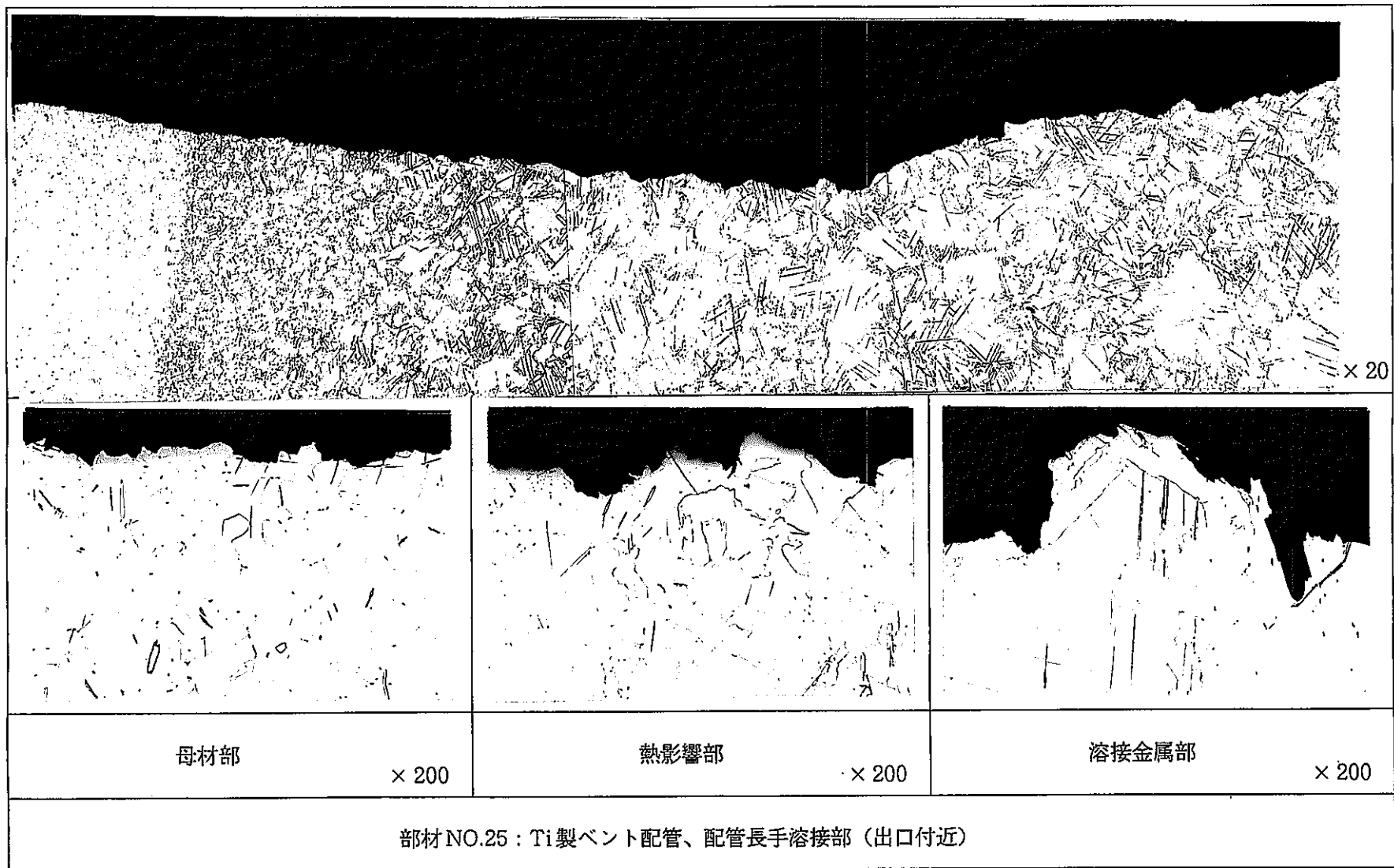


写真4.4-16 断面マイクロ組織観察 (Ti-5Ta 製 / 40000時間後)

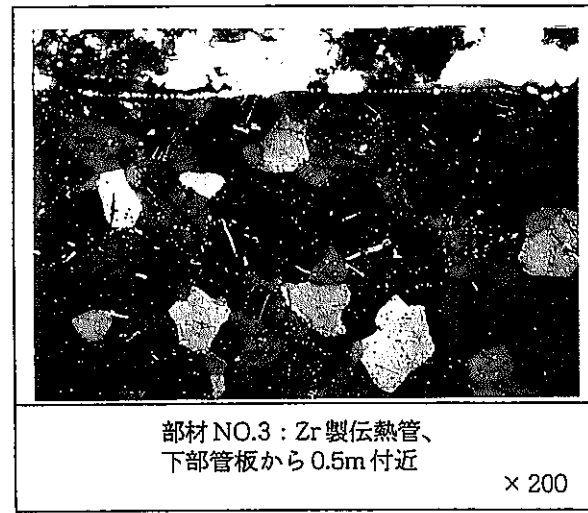
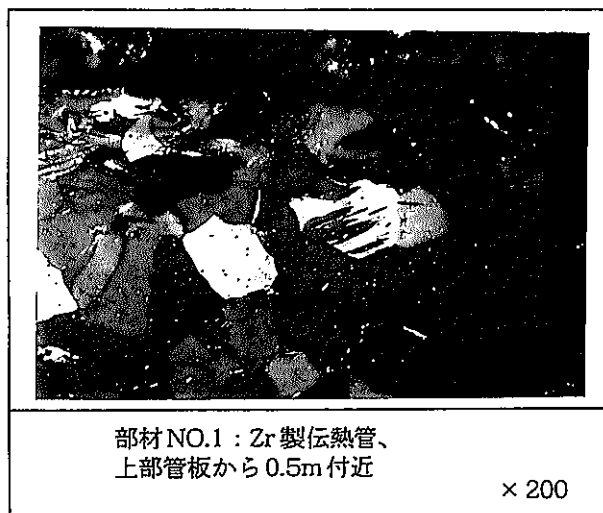


写真4.4-17 断面マイクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)



写真4.4-18 断面マイクロ組織観察 (Zr製/40000時間後)

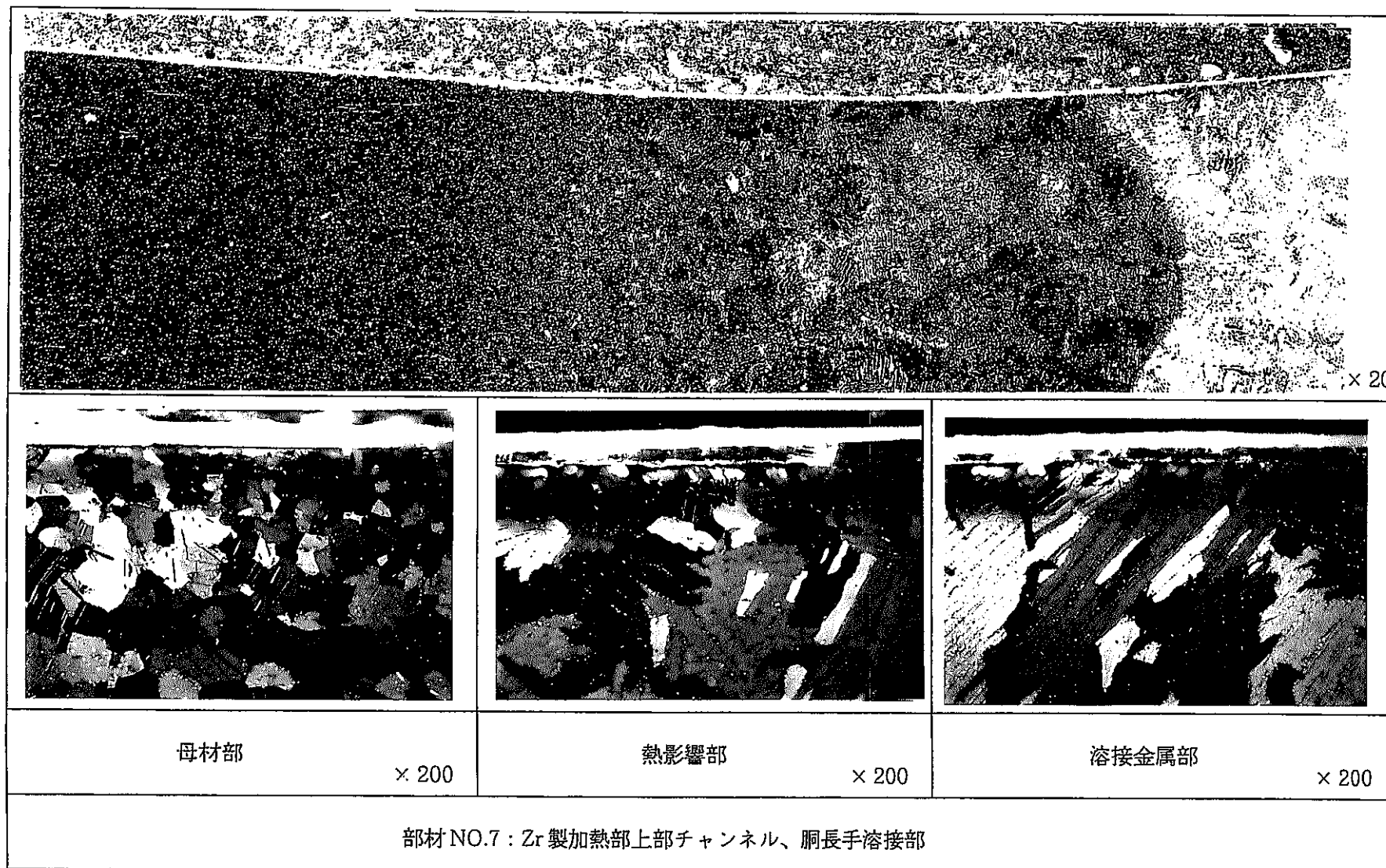


写真4.4-19 断面ミクロ組織観察 (Zr 製/40000時間後)

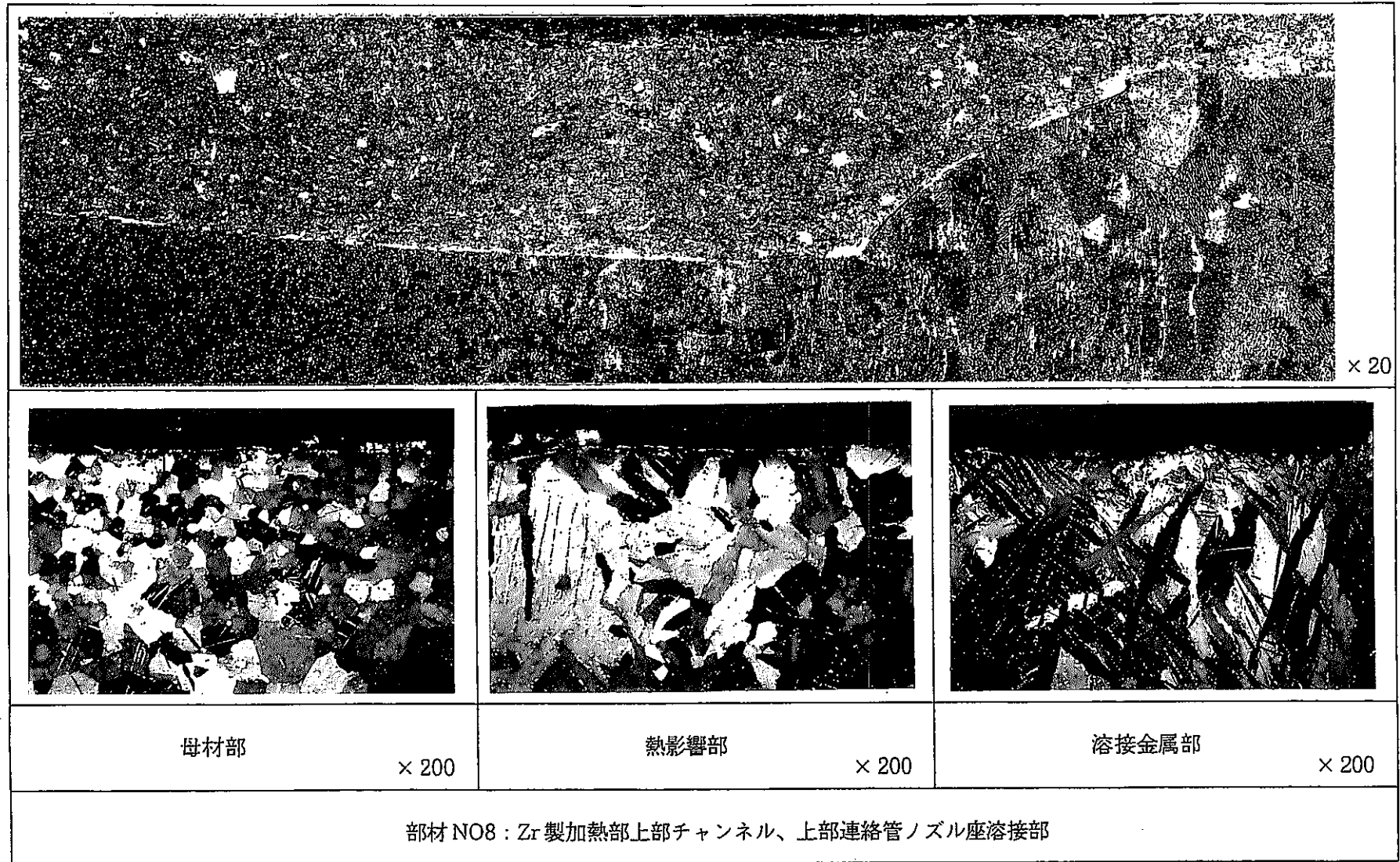


写真4.4-20 断面マイクロ組織観察 (Zr 製/40000時間後)

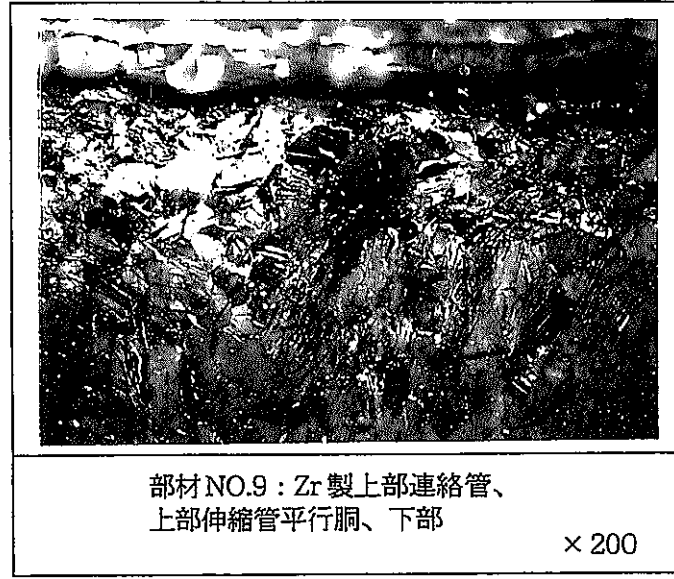
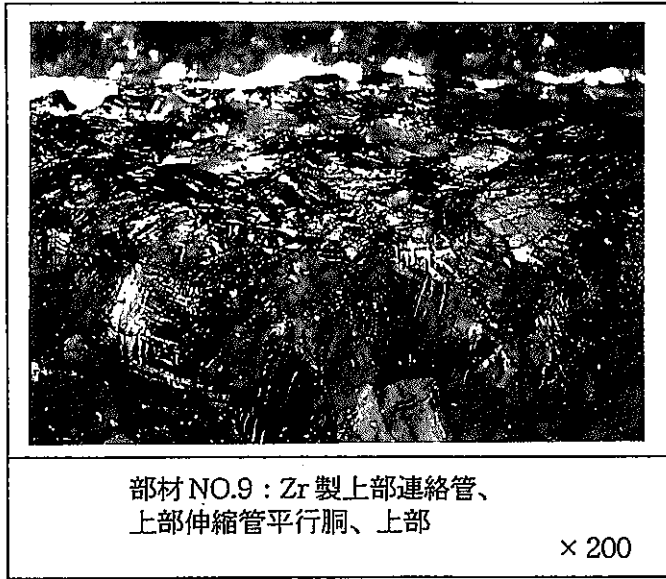


写真4.4-21 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

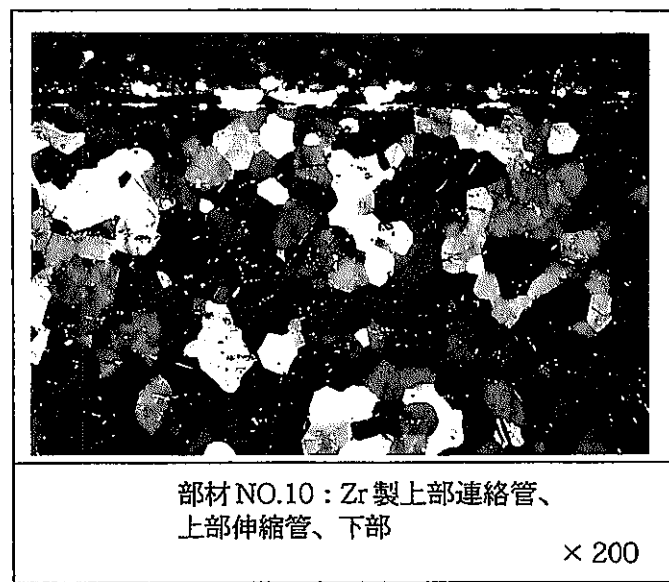
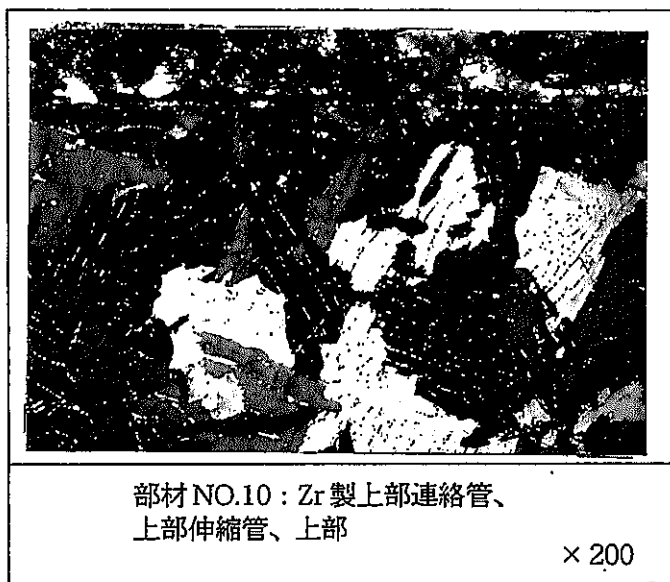


写真4.4-22 断面ミクロ組織観察 (Zr 製/40000時間後)

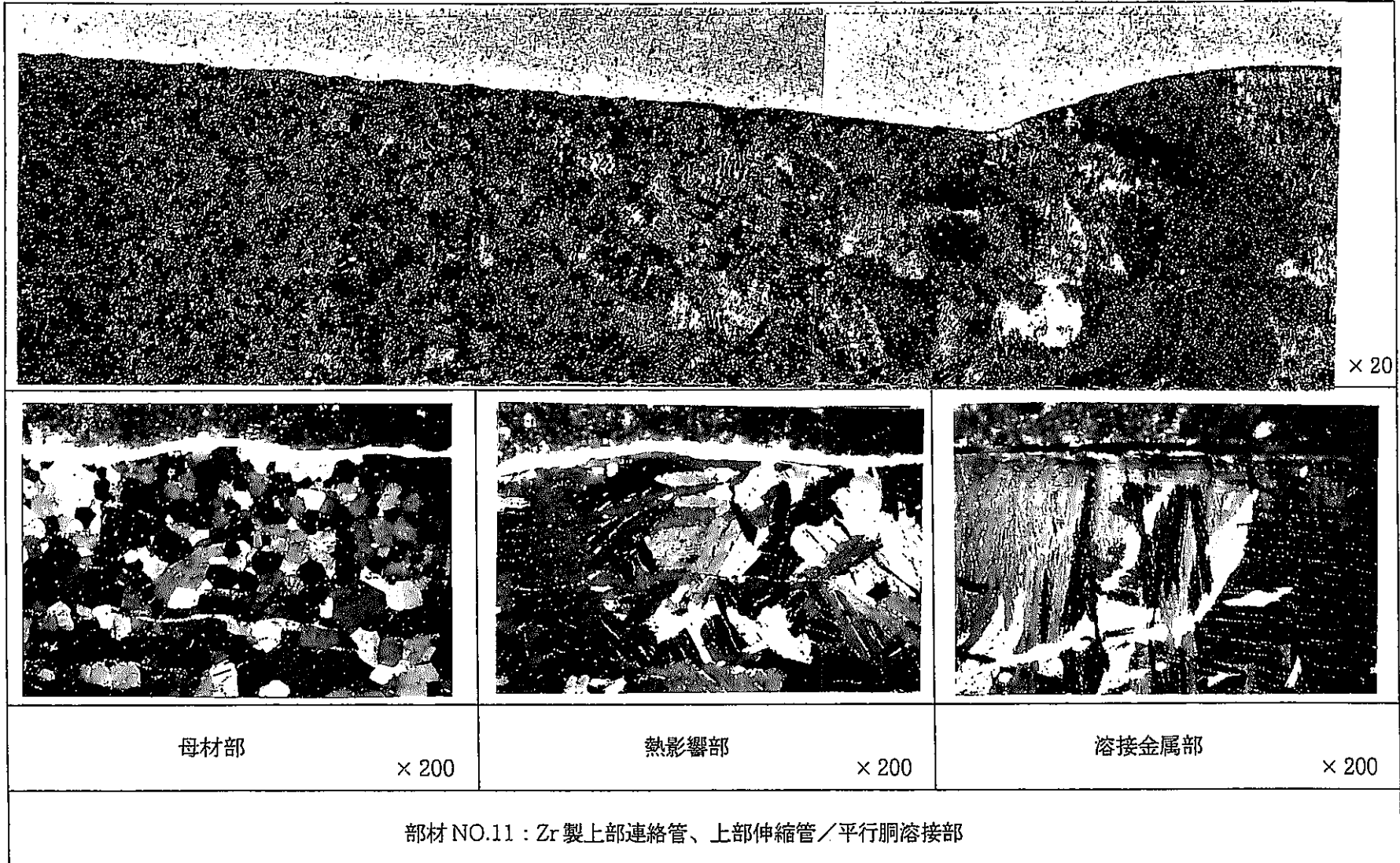


写真4.4-23 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

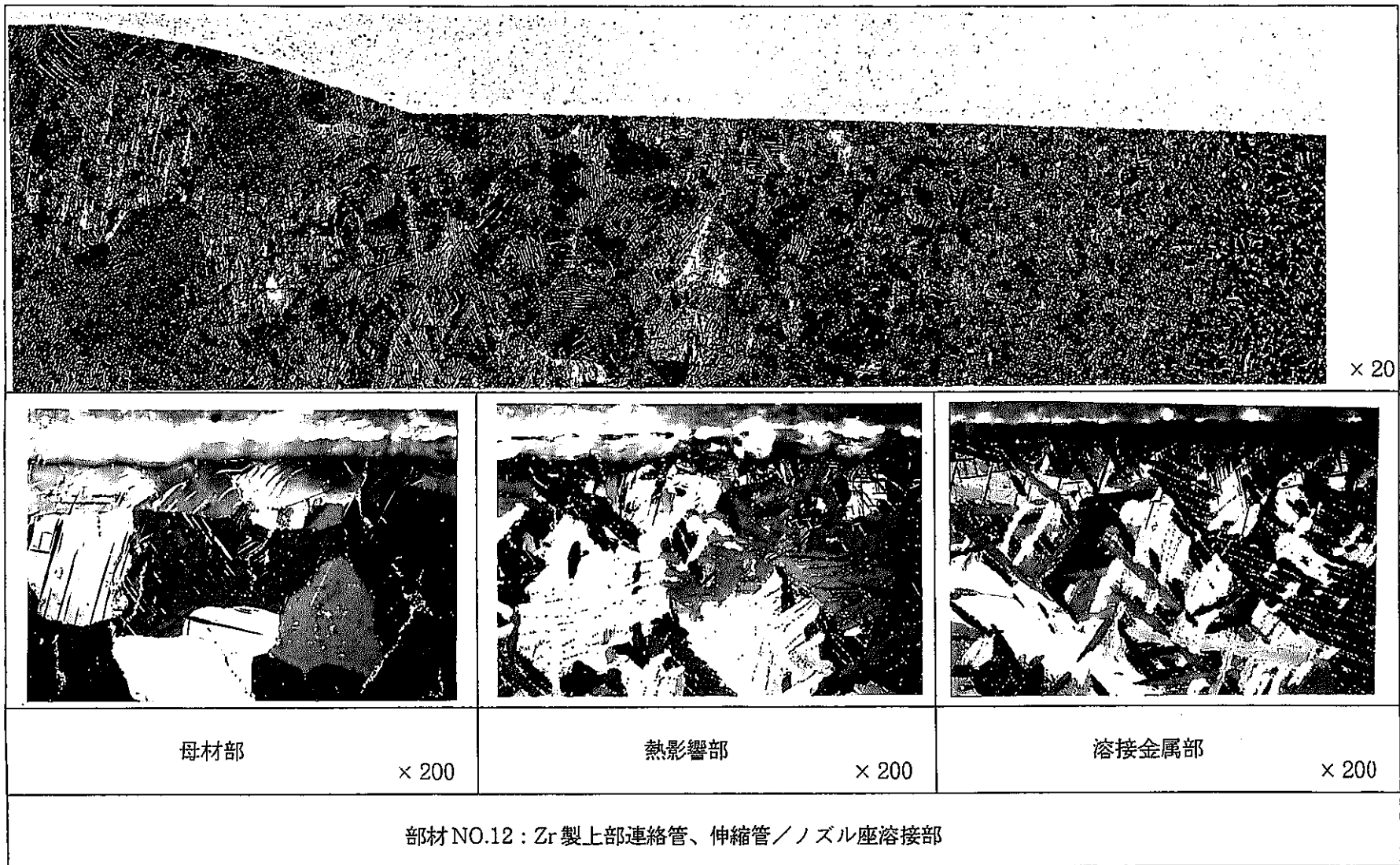


写真4.4-24 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

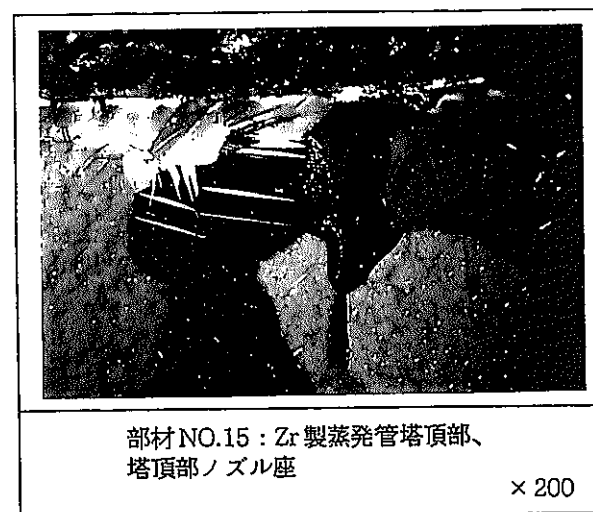
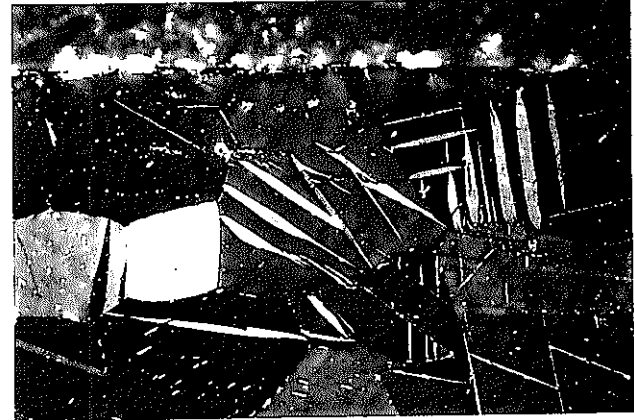


写真4.4-25 断面マイクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)



部材 NO.16 : Zr 製蒸発管塔頂部、
胴部

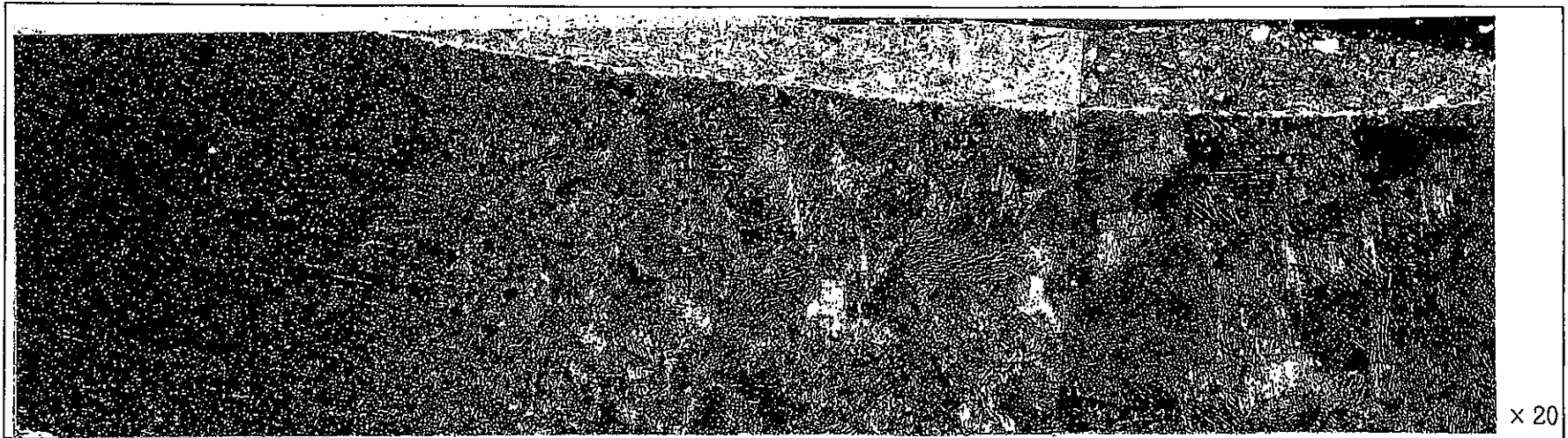
× 200



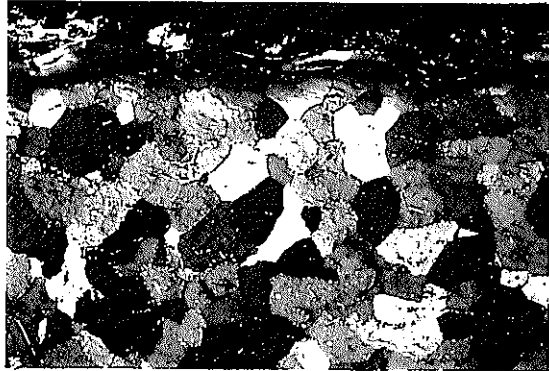
部材 NO.17 : Zr 製蒸発管塔頂部、
温度計さや管

× 200

写真4.4-26 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)



x 20



母材部

x 200



熱影響部

x 200



溶接金属部

x 200

部材 NO.18 : Zr 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル長手溶接部

写真4.4-27 断面ミクロ組織観察 (Zr 製/40000時間後)

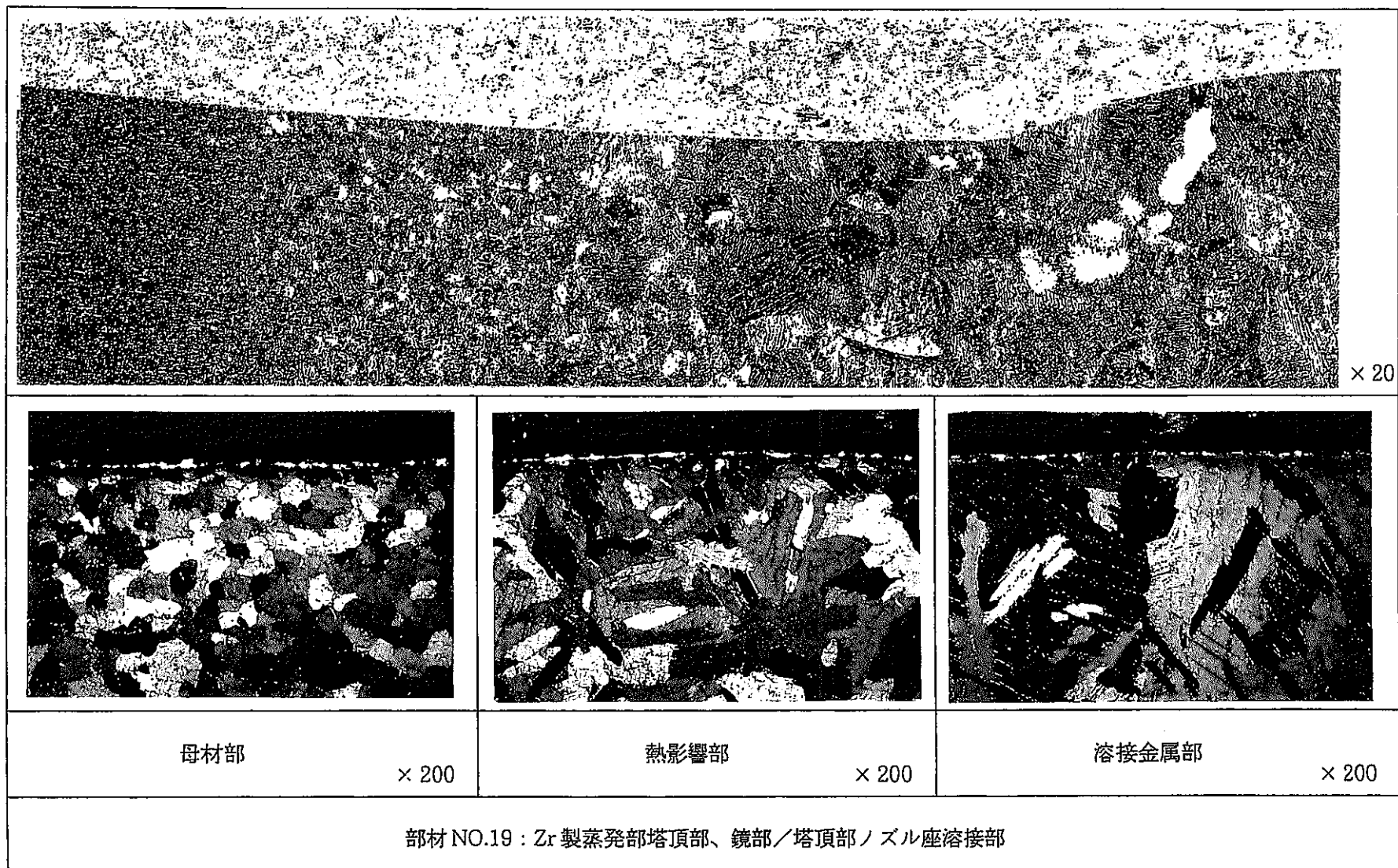


写真4.4-28 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

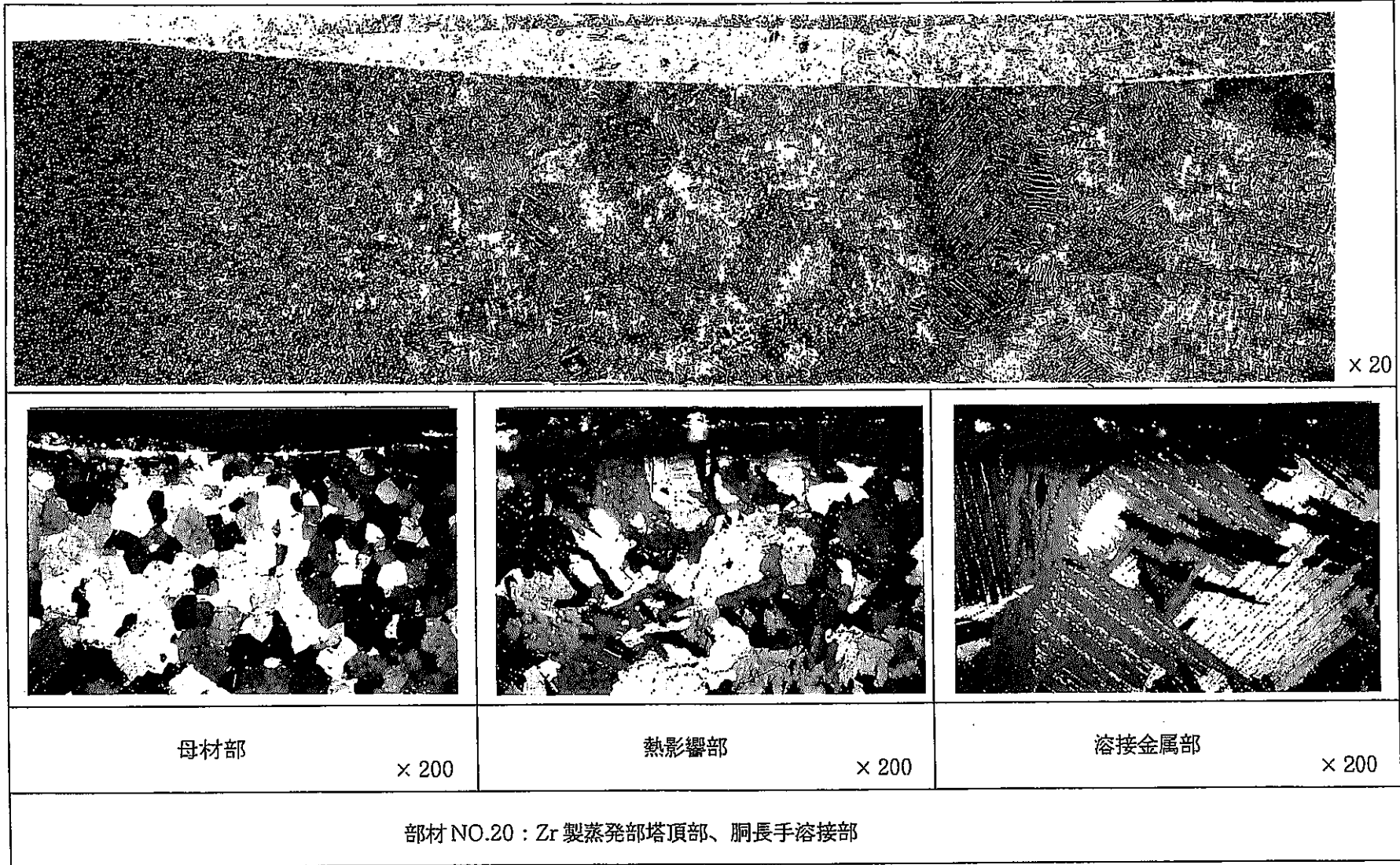


写真4.4-29 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

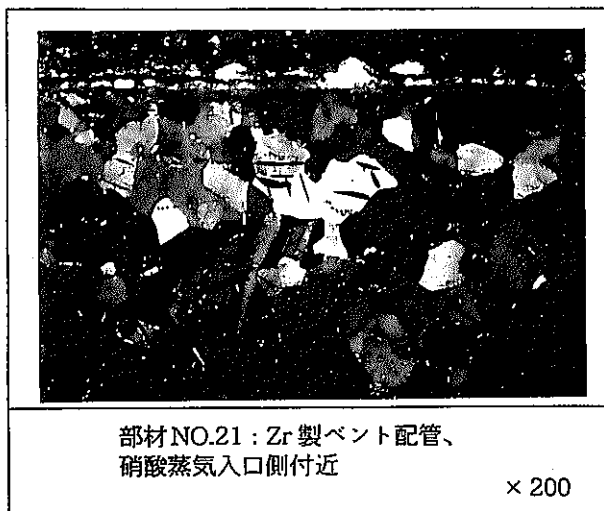


写真4.4-30 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

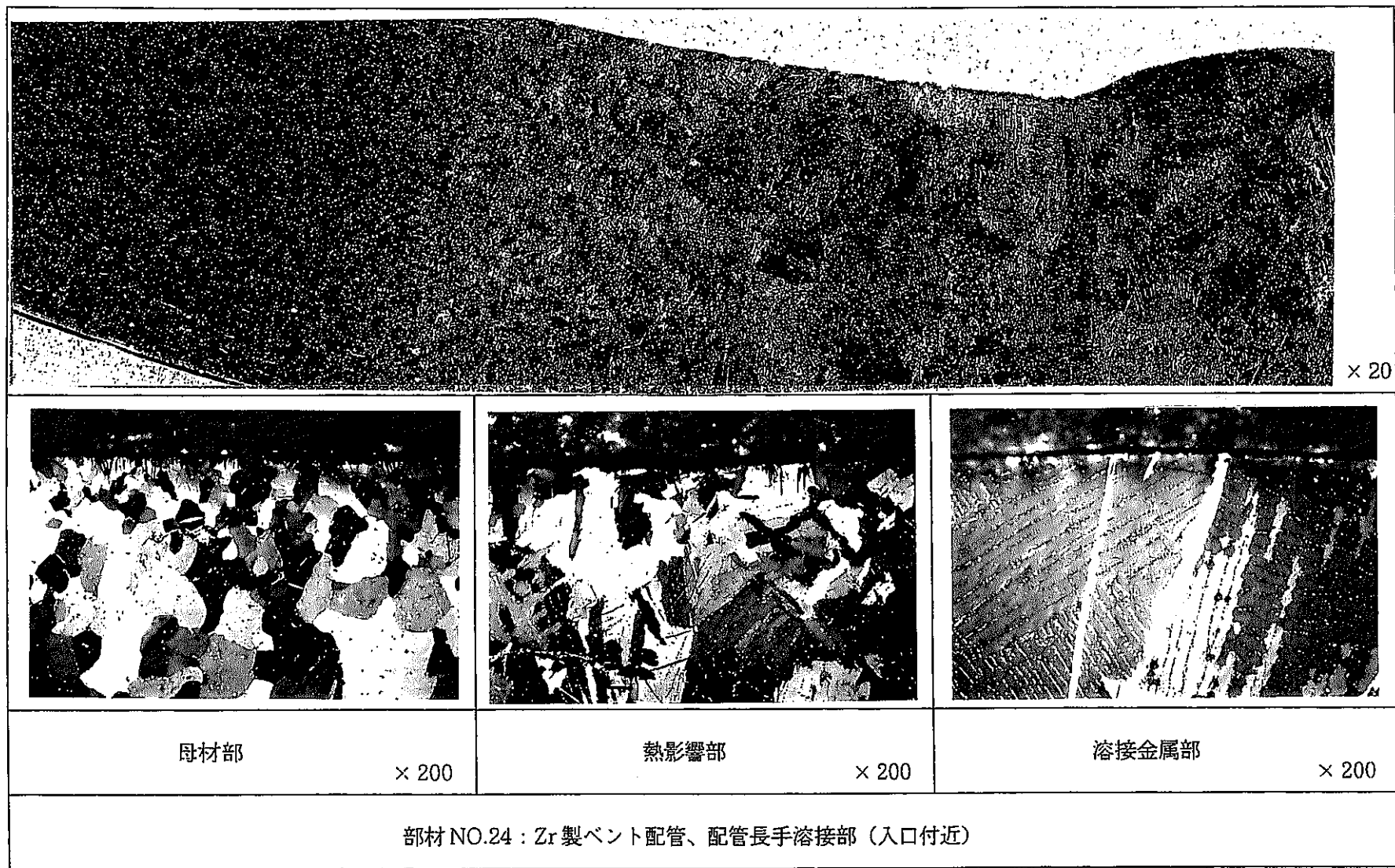


写真4.4-31 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

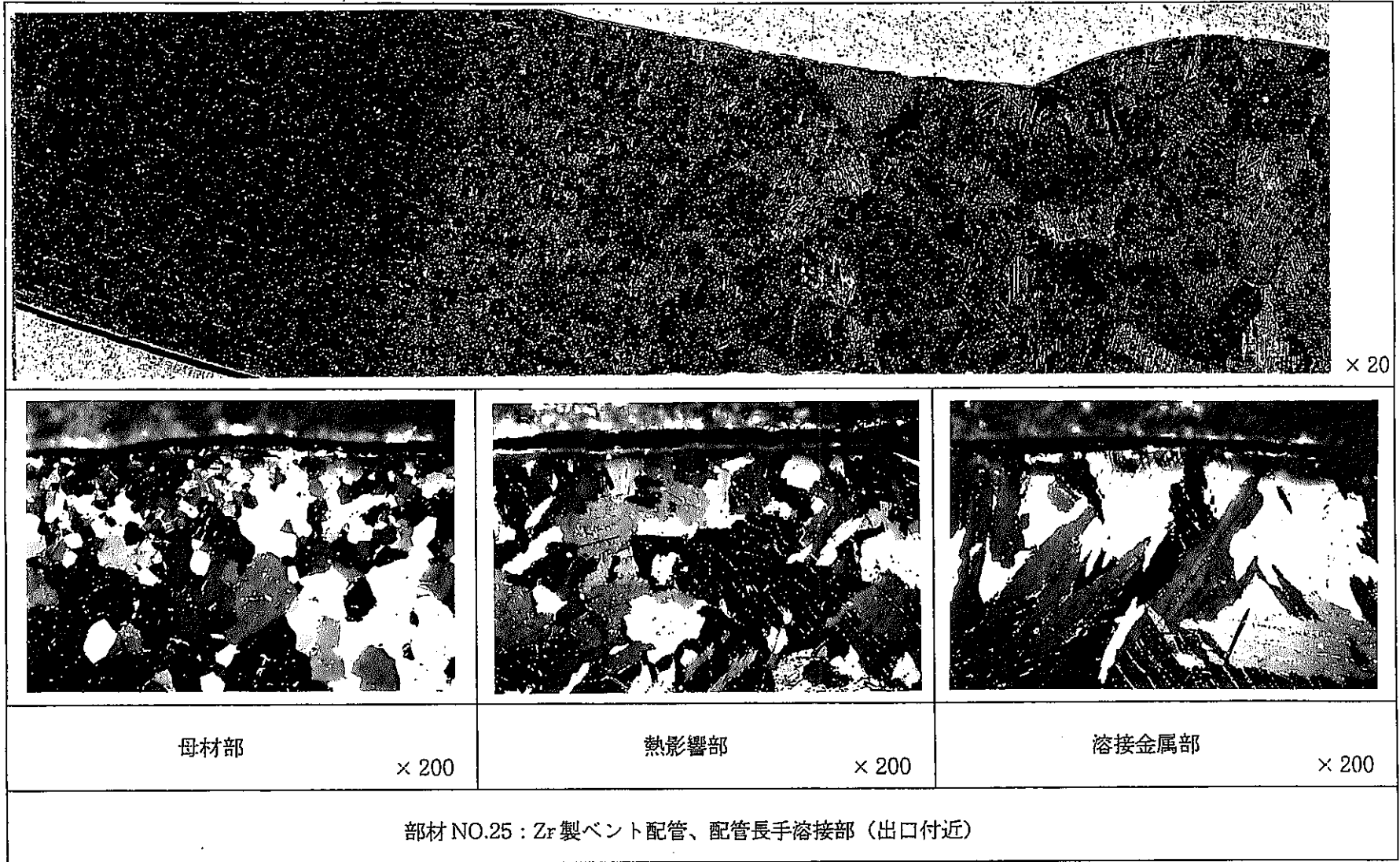


写真4.4-32 断面ミクロ組織観察 (Zr 製 / 40000時間後)

4.5 表面SEM観察

解体した各部材の評価部位について、40000時間の運転試験に起因する腐食損傷状況や腐食生成物を確認する為にSEMによる表面観察を行った。観察結果をTi-5Ta製については写真4.5-1～4.5-27に、またZr製は写真4.5-28～4.5-54に示す。

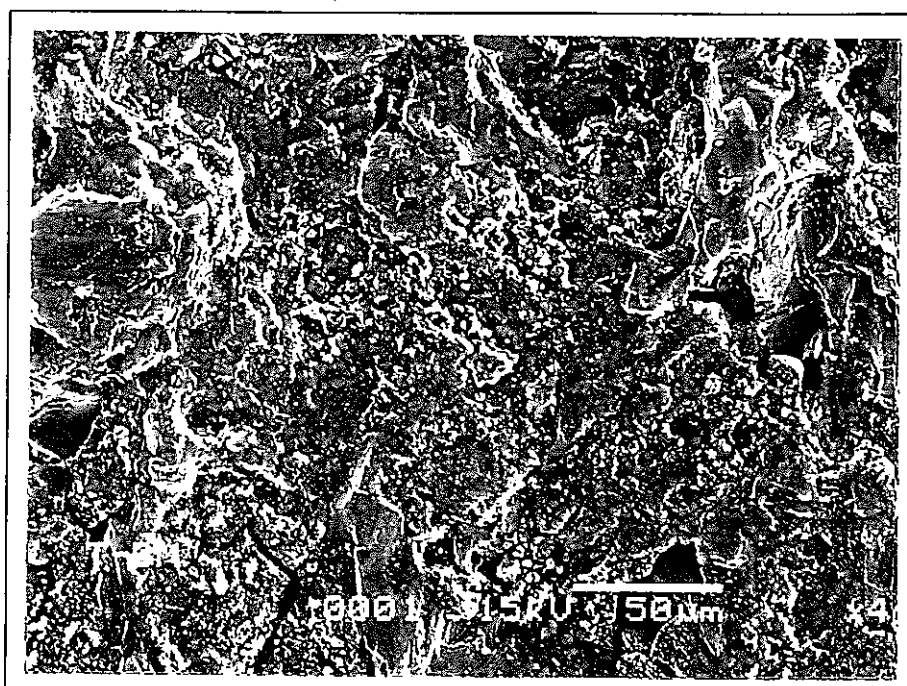
Ti-5Ta製

観察を行ったほとんどの部位には、腐食生成物と思われるスケールが付着しているために、母材最表面部の状況は明らかではないが、伝熱管(写真4.5-2)や加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部(写真4.5-7)及び上部連絡管/伸縮管(写真4.5-12)等の一部には、母材表面部が確認され、全面腐食による表面部の肌荒れによる凹凸が認められた。しかし、局所的に減肉した状況は認められないことから、粒界腐食などの局部腐食は発生していないものと思われる。また、硝酸蒸気環境中である蒸発部塔頂部とベンド配管は、他の観察部位と比べて腐食生成物と思われるスケールがかなり堆積している状況が確認された(写真4.5-18, 19, 21, 23～25)。

Zr製

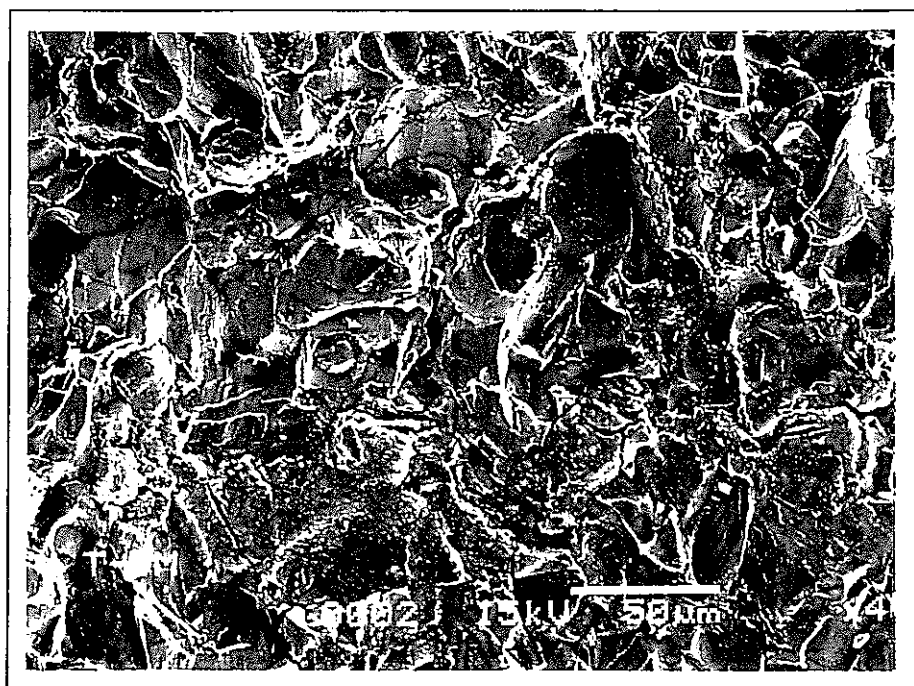
観察した部位の全体的な傾向としては、Ti-5Ta製と比較すると明らかに腐食生成物と思われるスケールの付着量が少なく、製造時の切削加工跡が残存している部位も認められることから、腐食はほとんど進行していないものと思われる(写真4.5-2, 30, 44)。また、観察した一部の部位には表面に白色スケールが生成しており、付着しているスケールは白く斑点状のものが比較的緻密に付着していることが観察され、特に加熱部上部チャンネルおよび上部連絡管の部位に比較的明瞭に付着している状況が確認された。

また、硝酸蒸気環境であるベンド配管内/配管長手溶接部の溶接金属部～熱影響部にかけて局所的な肌荒れ部が確認され、肌荒れの形態から全面腐食によるものと判断された。しかし、Ti-5Ta製と比較すると腐食は僅かであるものと判断される。(写真4.5-53, 54)



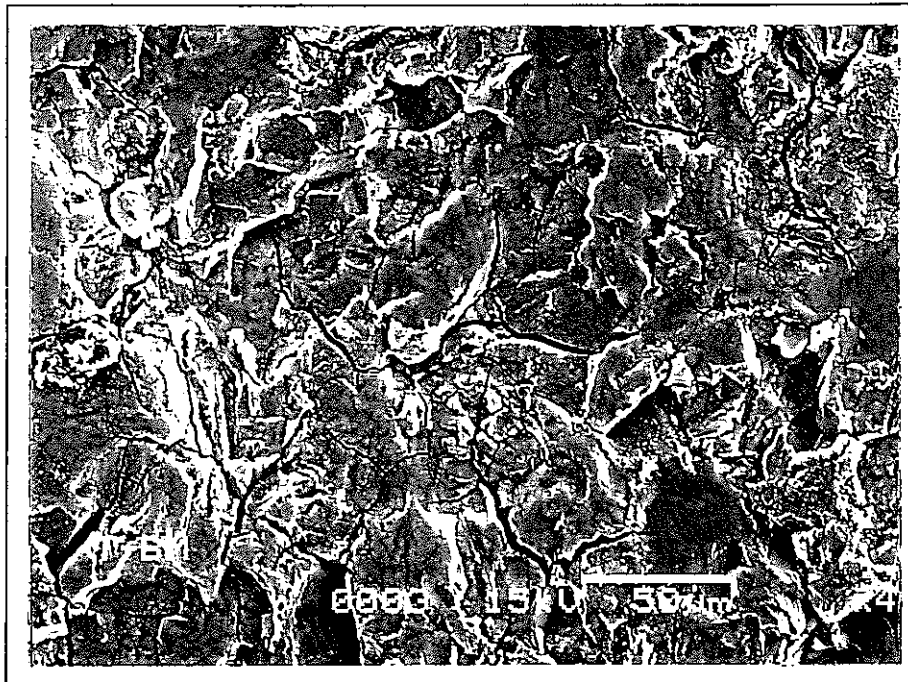
× 400

写真4.5-1 表面SEM観察（部材NO.1：Ti製伝熱管、上部管板から0.5m付近）



× 400

写真4.5-2 表面SEM観察（部材NO.2：Ti製伝熱管、上部管板から2.0m付近）

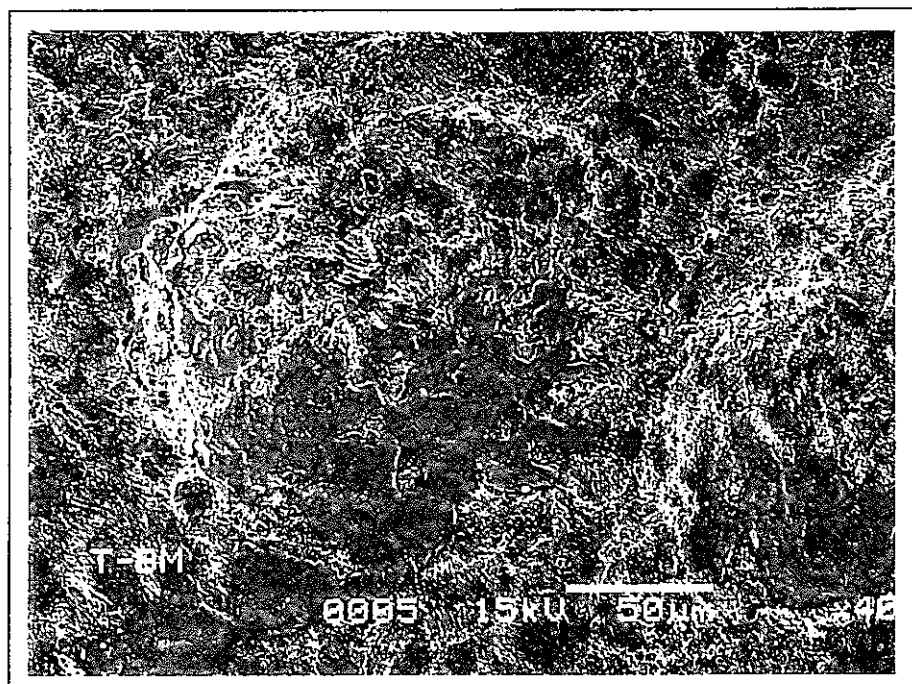


× 400

写真4.5-3 表面SEM観察（部材NO.3：Ti製伝熱管、下部管板から0.5m付近）

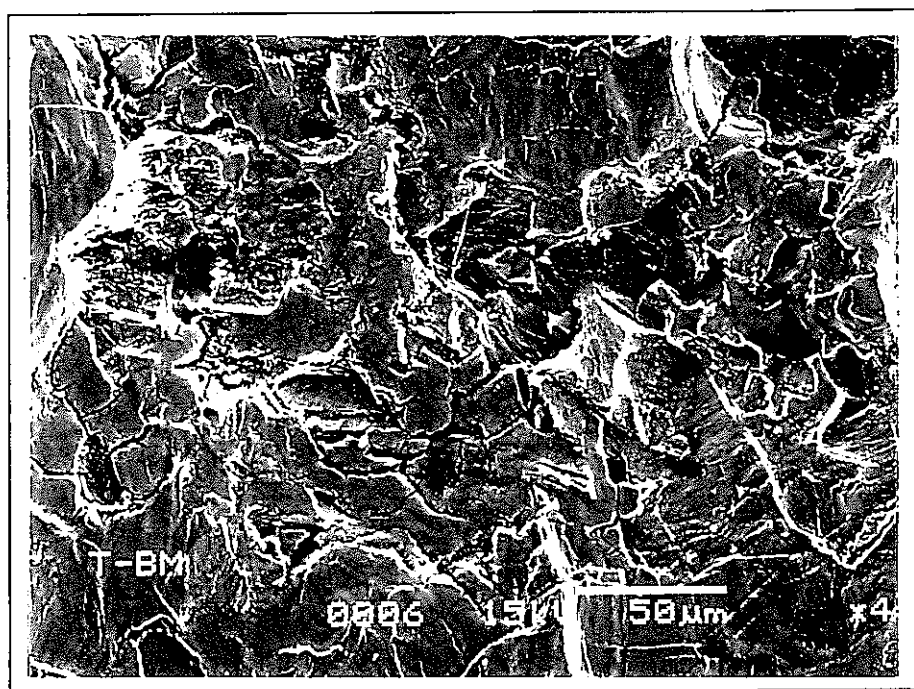


写真4.5-4 表面SEM観察（部材NO.4：Ti製加熱部上部チャンネル、鏡部）



× 400

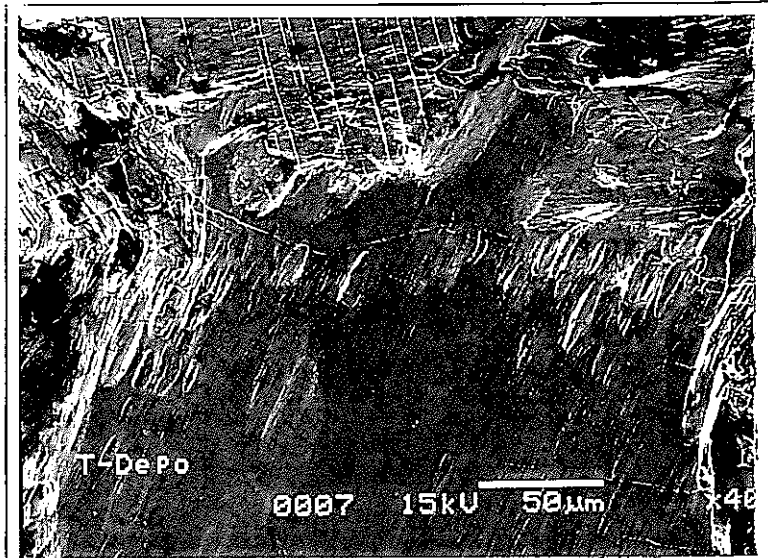
写真4.5-5 表面SEM 観察 (部材 NO.5 : Ti 製加熱部上部チャンネル、胴部)



× 400

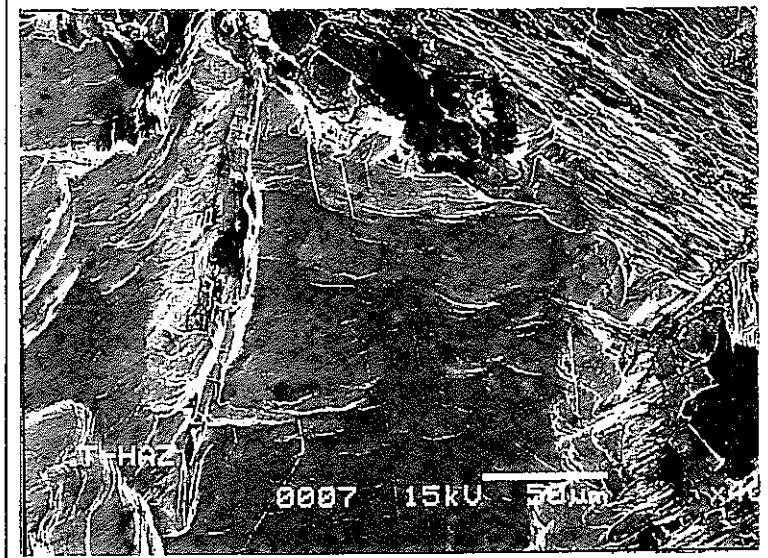
写真4.5-6 表面SEM観察（部材NO.6：Ti製加熱部上部チャンネル、温度計さや管）

DEPO



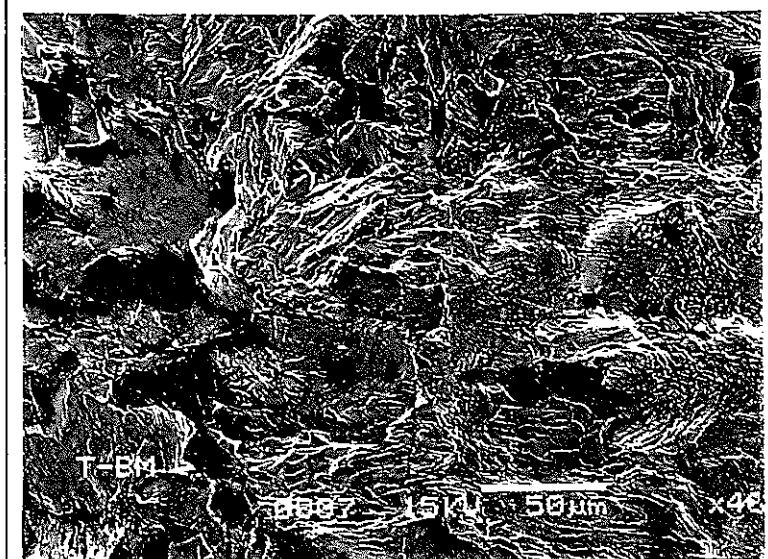
x 400

HAZ



x 400

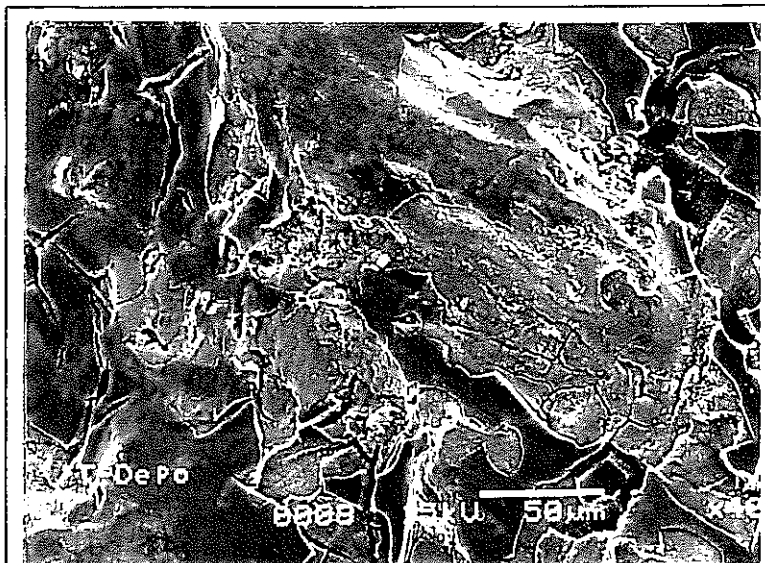
母材



x 400

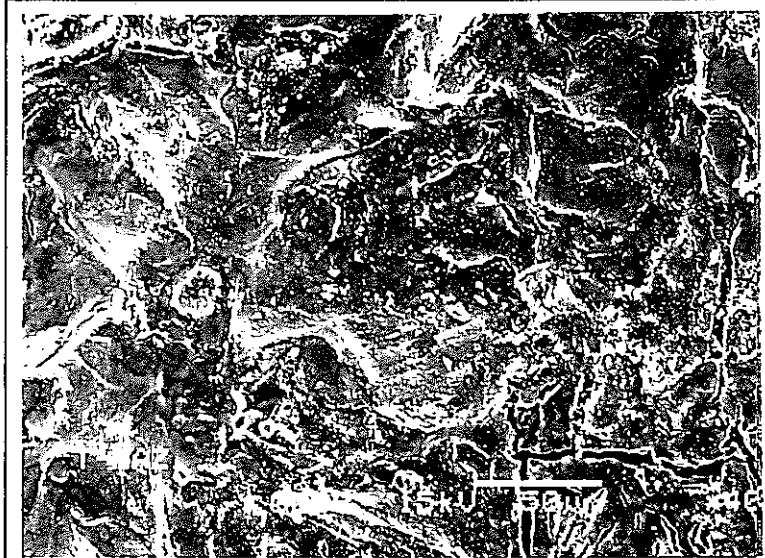
写真4.5-7 表面SEM観察（部材NO.7：Ti製加熱部上部チャンネル、胴長手溶接部）

DEPO



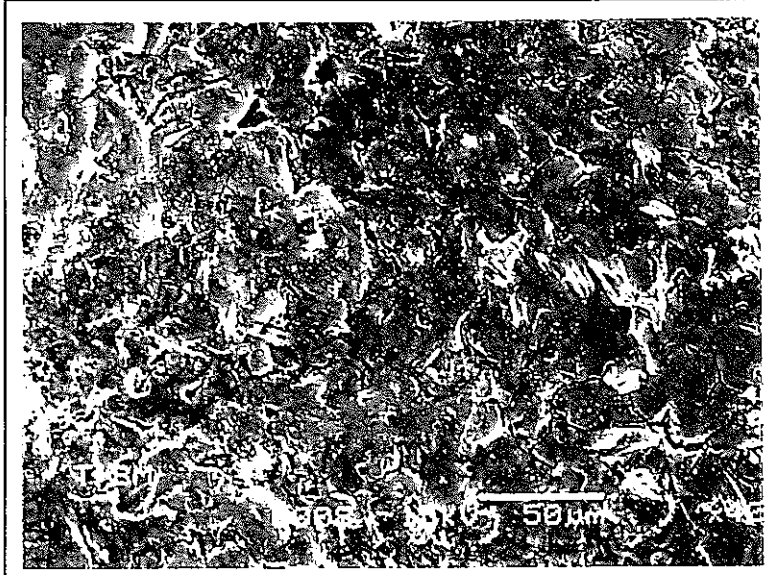
× 400

HAZ



× 400

母材



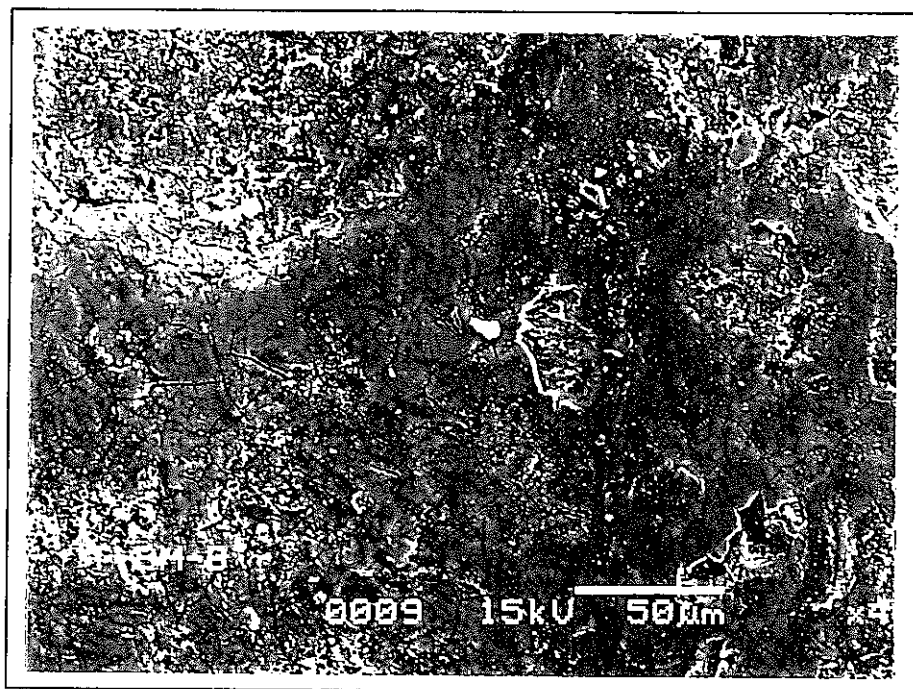
× 400

写真4.5-8 表面SEM観察 部材NO.8 : Ti製加熱部上部チャンネル、上部連絡管ノズル座溶接部



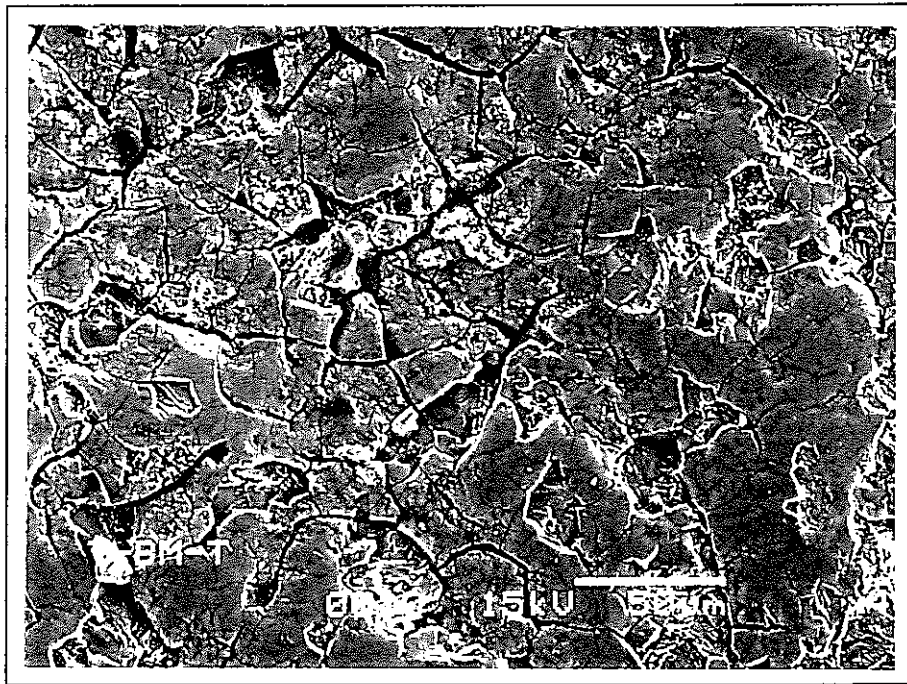
× 400

写真4.5-9 表面SEM観察（部材NO.9：Ti製上部連絡管、上部伸縮管平行胴、上部）



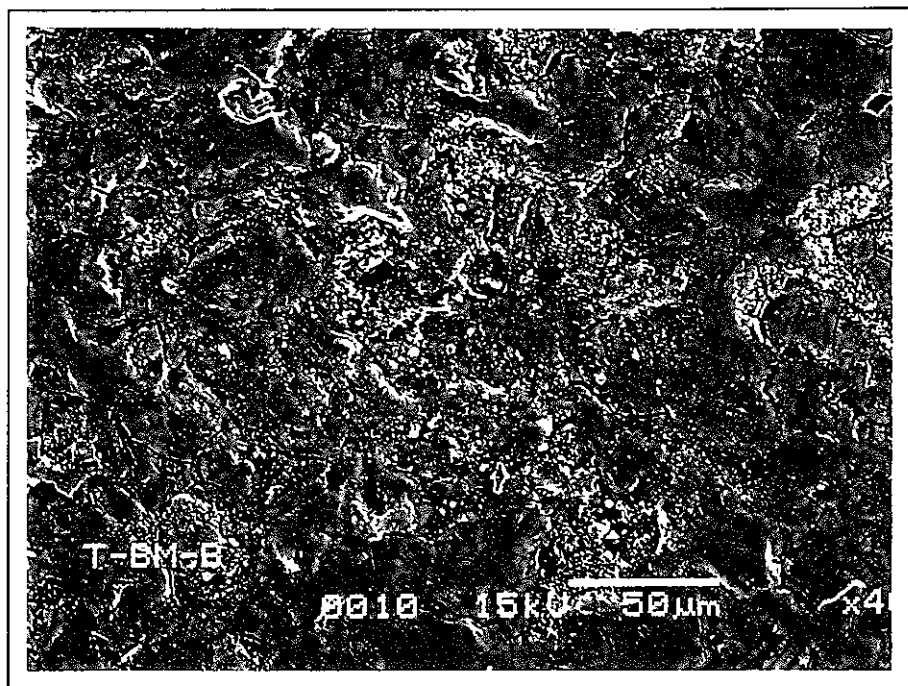
× 400

写真4.5-10 表面SEM観察（部材NO.9：Ti製上部連絡管、上部伸縮管平行胴、下部）



× 400

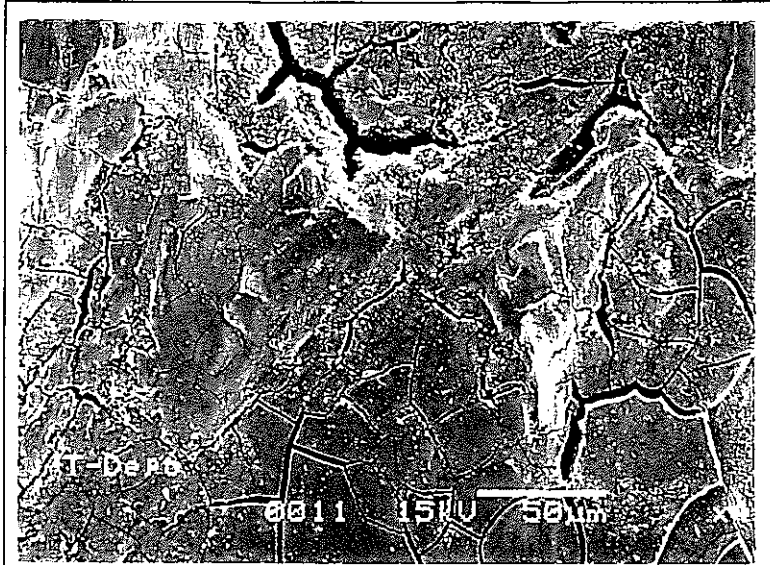
写真4.5-11 表面SEM観察（部材NO.10：Ti製上部連絡管、上部伸縮管、上部）



× 400

写真4.5-12 表面SEM観察（部材NO.10：Ti製上部連絡管、上部伸縮管、下部）

DEPO



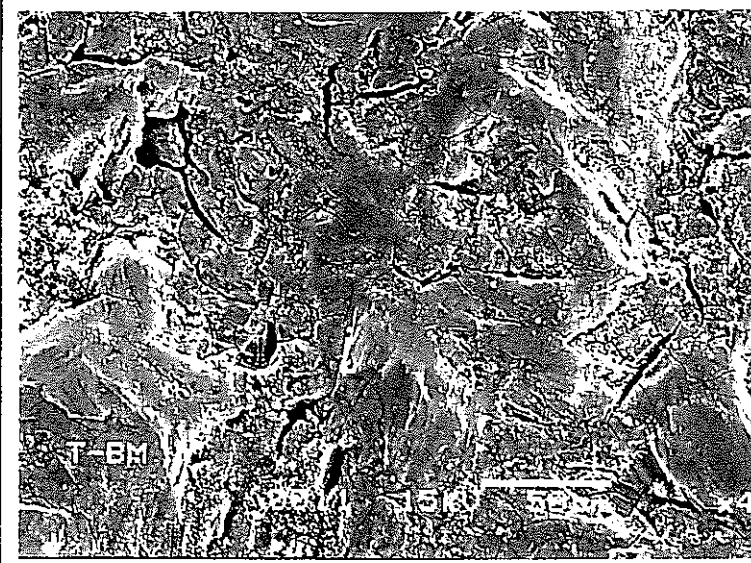
× 400

HAZ



× 400

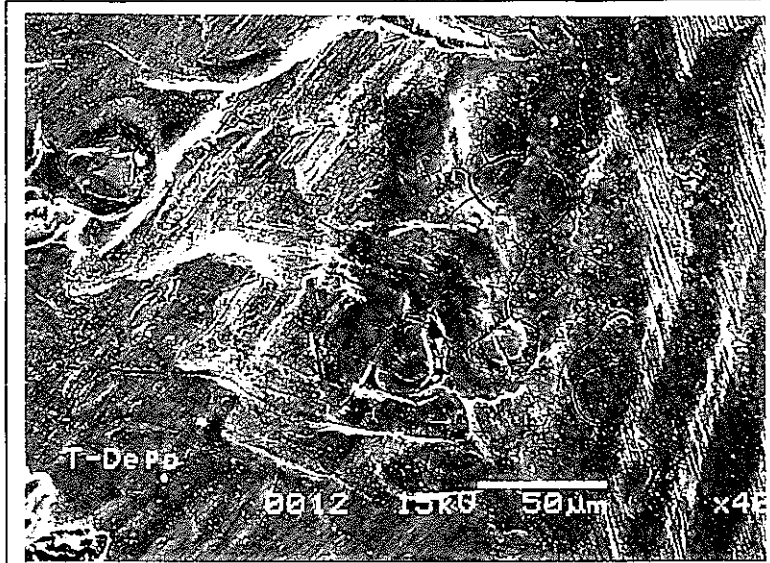
母材



× 400

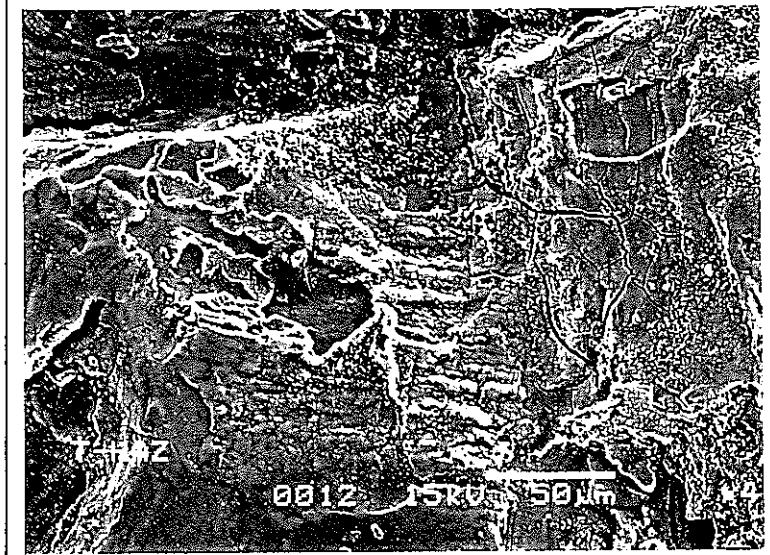
写真4.5-13 表面SEM観察（部材NO.11：Ti製上部連絡管、上部伸縮管：平行胴溶接部）

DEPO



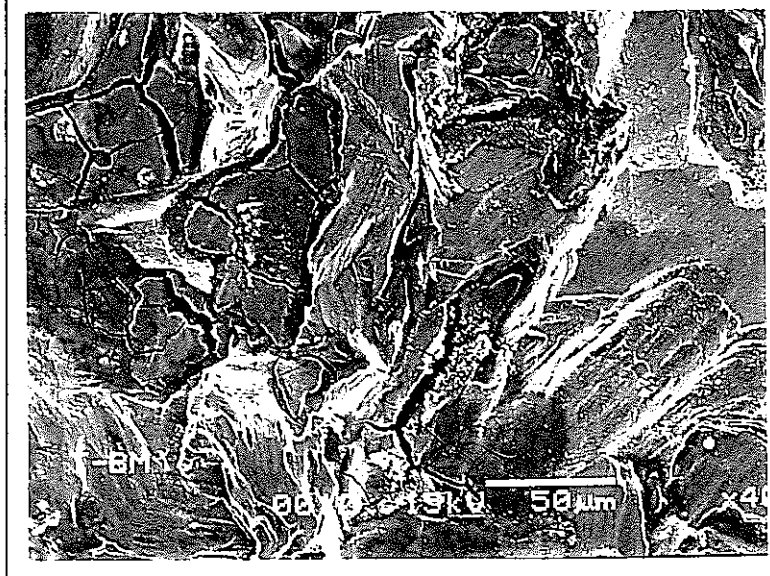
x 400

HAZ



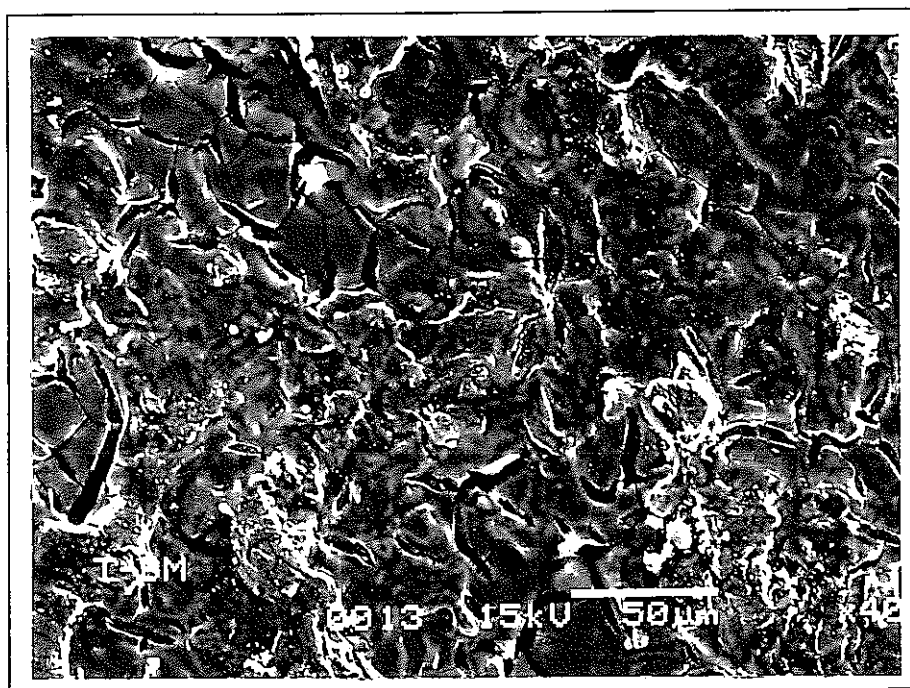
x 400

母材



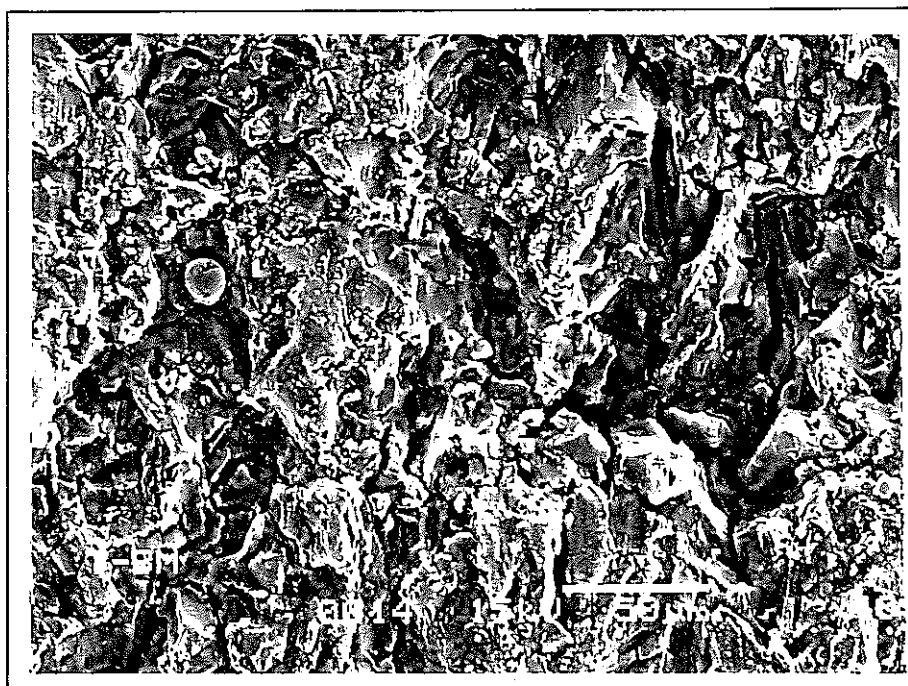
x 400

写真4.5-14 表面SEM観察（部材NO.12：Ti製上部連絡管、伸縮管 ノズル座溶接部）



400

写真4.5-15 表面SEM 観察 (部材 NO.13 : Ti 製蒸発部塔頂部、鏡部)



× 400

写真4.5-16 表面SEM観察（部材NO.14：Ti製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル）

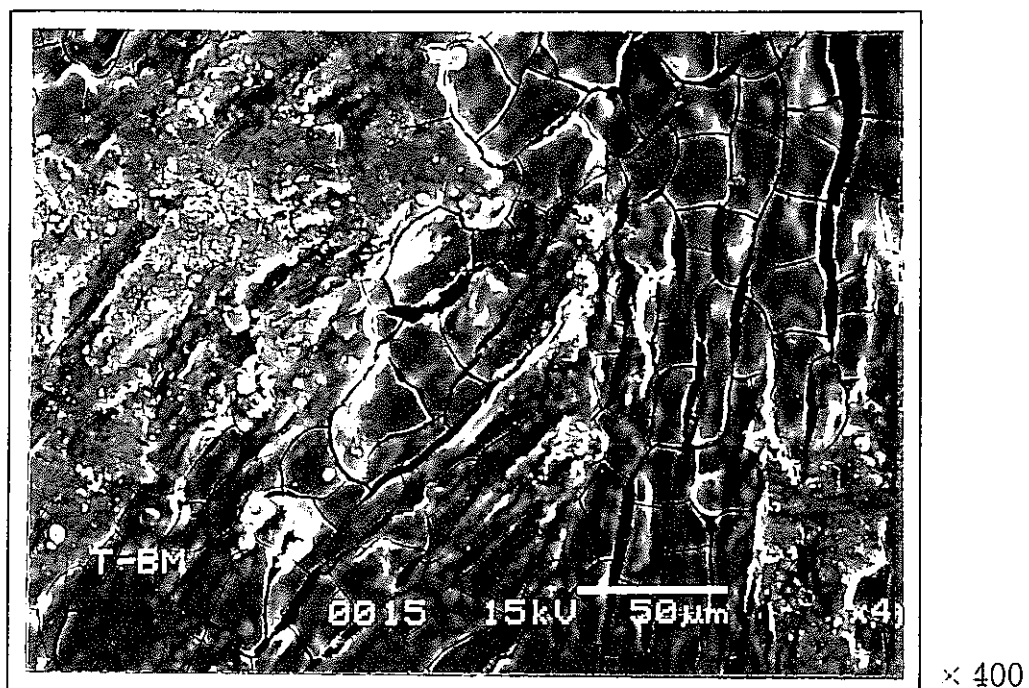
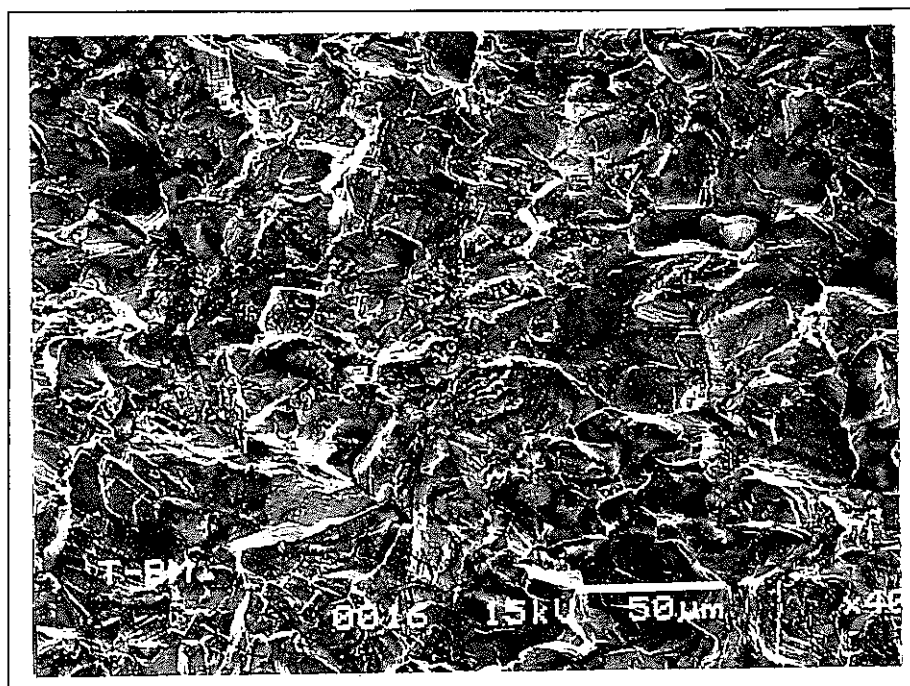
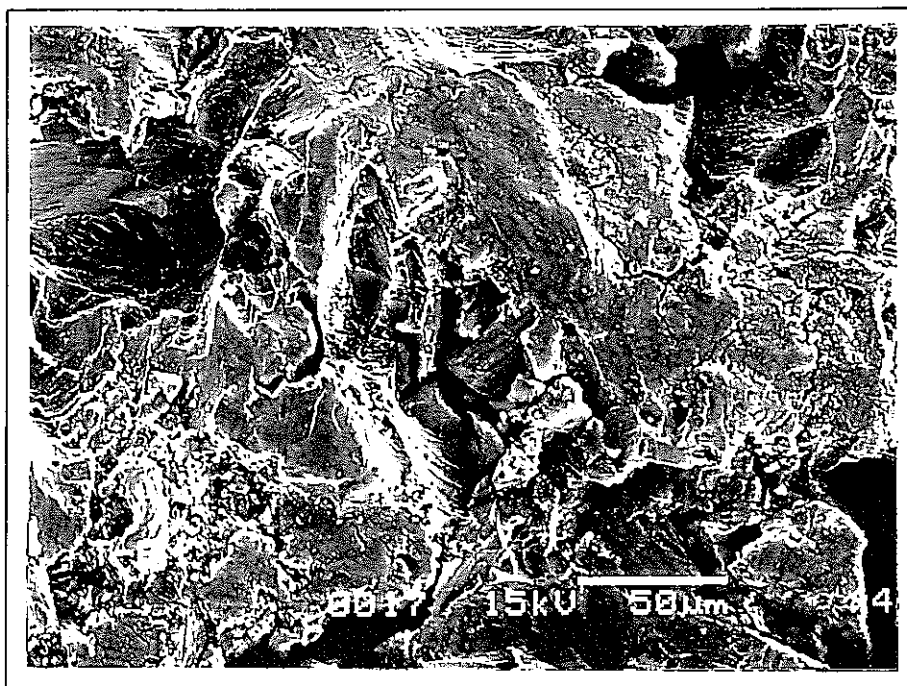


写真4.5-17 表面SEM観察（部材NO.15：Ti製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル座）



> 400

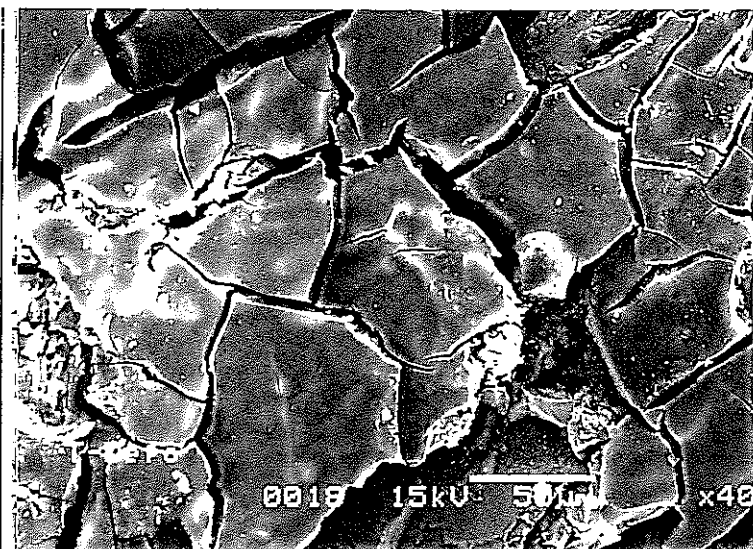
写真4.5-18 表面SEM観察（部材NO.16：Ti製蒸発部塔頂部、胴部）



× 400

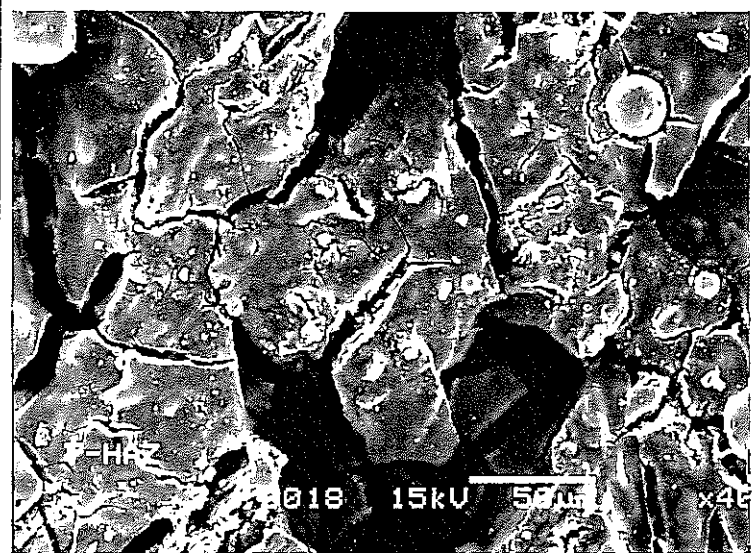
写真4.5-19 表面SEM観察（部材NO.17：Ti製蒸発部塔頂部、温度計さや管）

DEPO



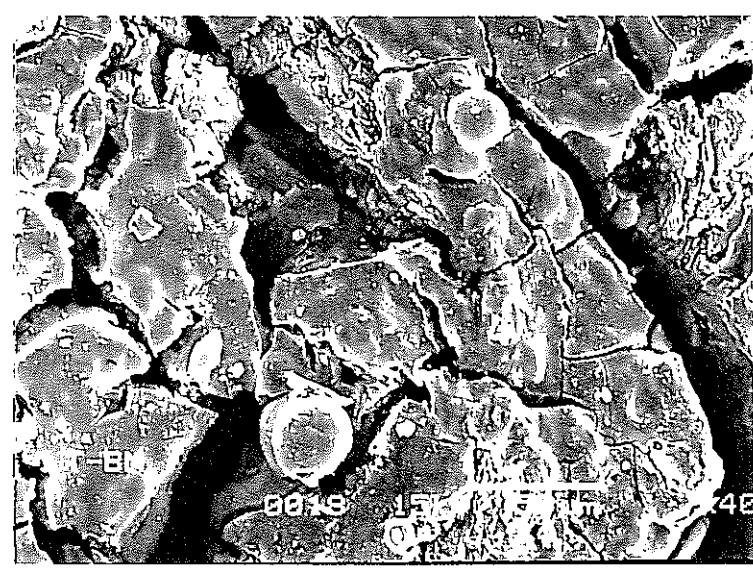
x 400

HAZ



x 400

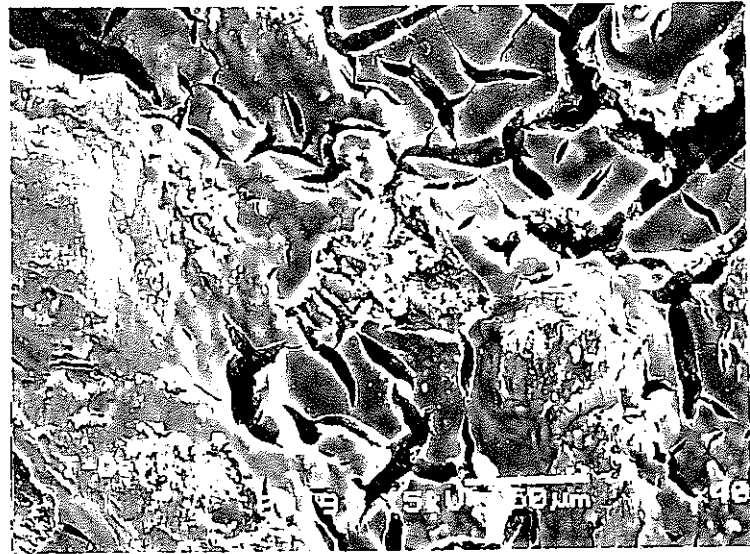
母材



x 400

写真4.5-20 表面SEM観察（部材NO.18：Ti製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル長手溶接部）

DEPO



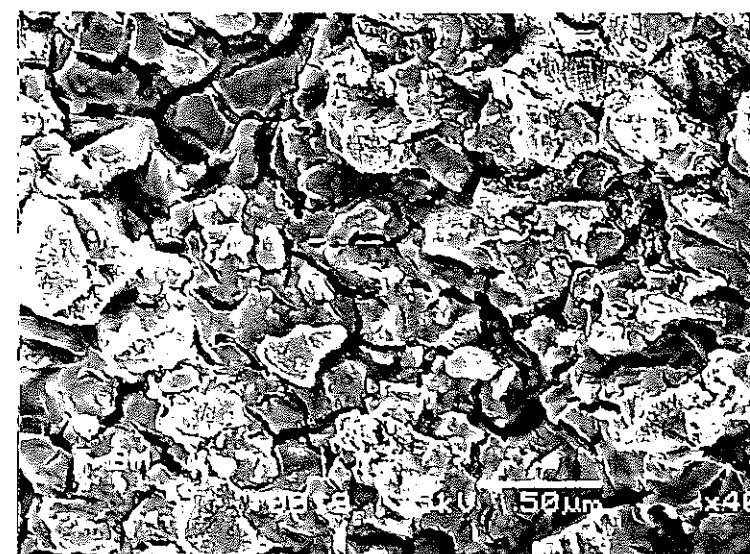
× 400

HAZ



× 400

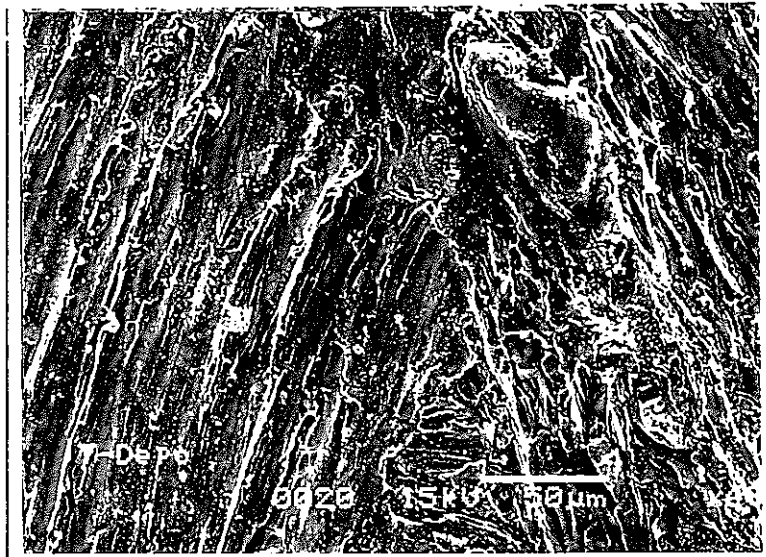
母材



× 400

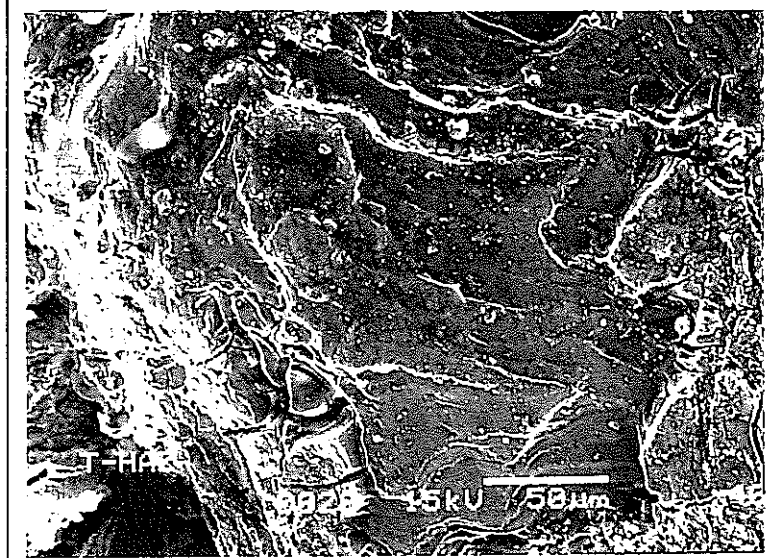
写真4.5-21 表面SEM観察：部材NO.19：Ti製蒸発部塔頂部、鏡部・塔頂部ノズル座溶接部！

DEPO



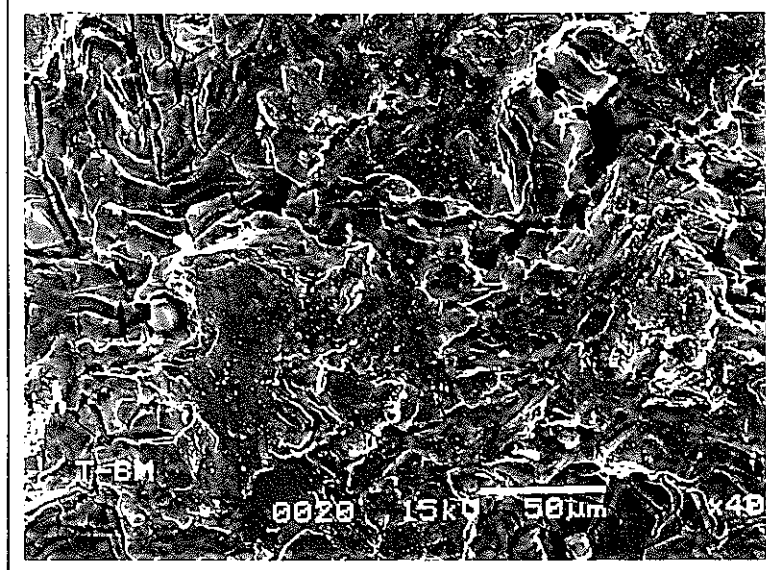
x 400

HAZ



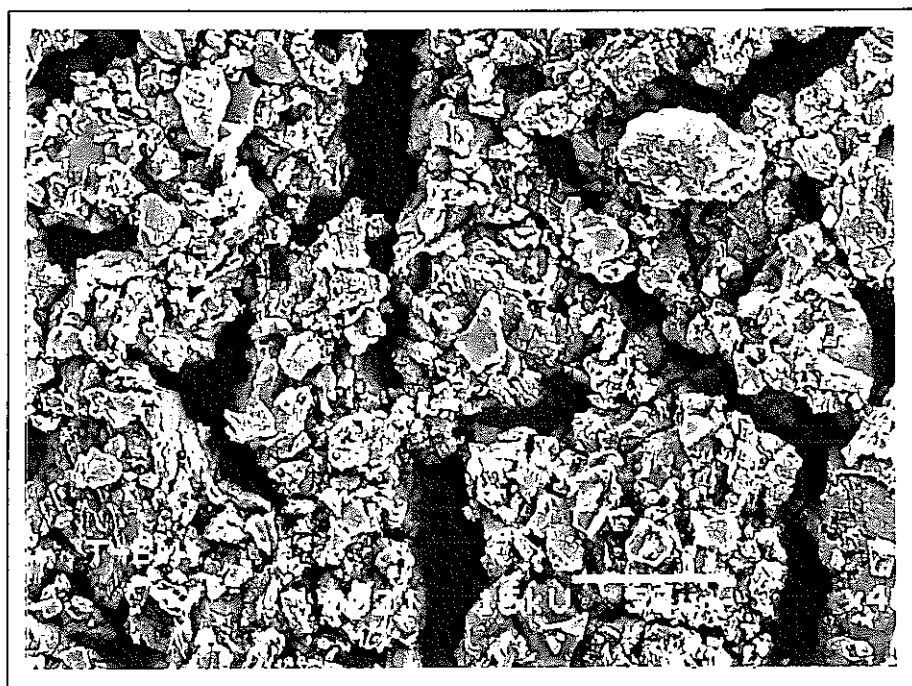
x 400

母材



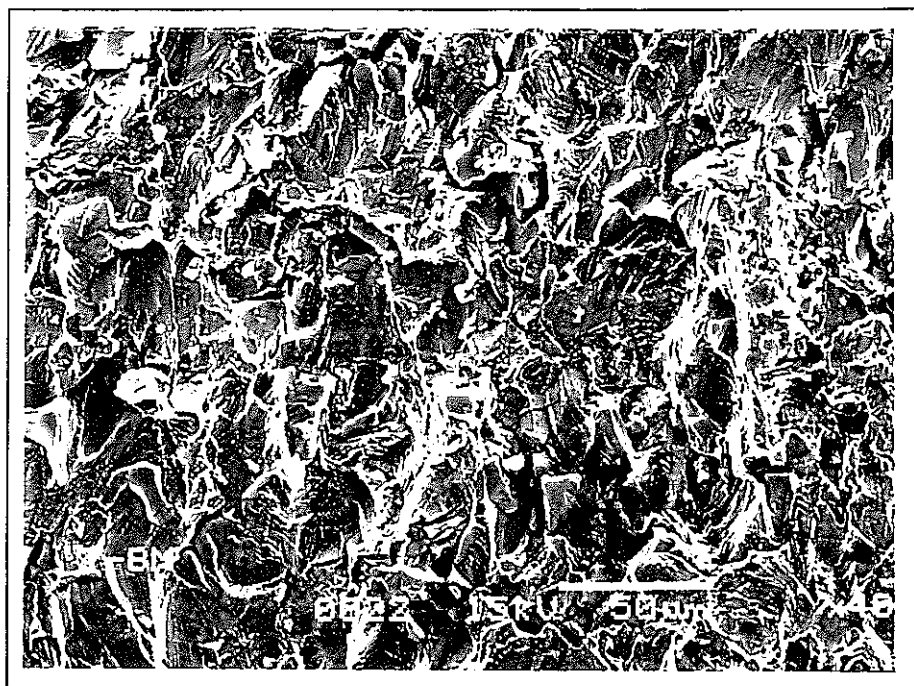
x 400

写真4.5-22 表面SEM観察 部材NO.20 : Ti製蒸発部塔頂部、胴長手溶接部:



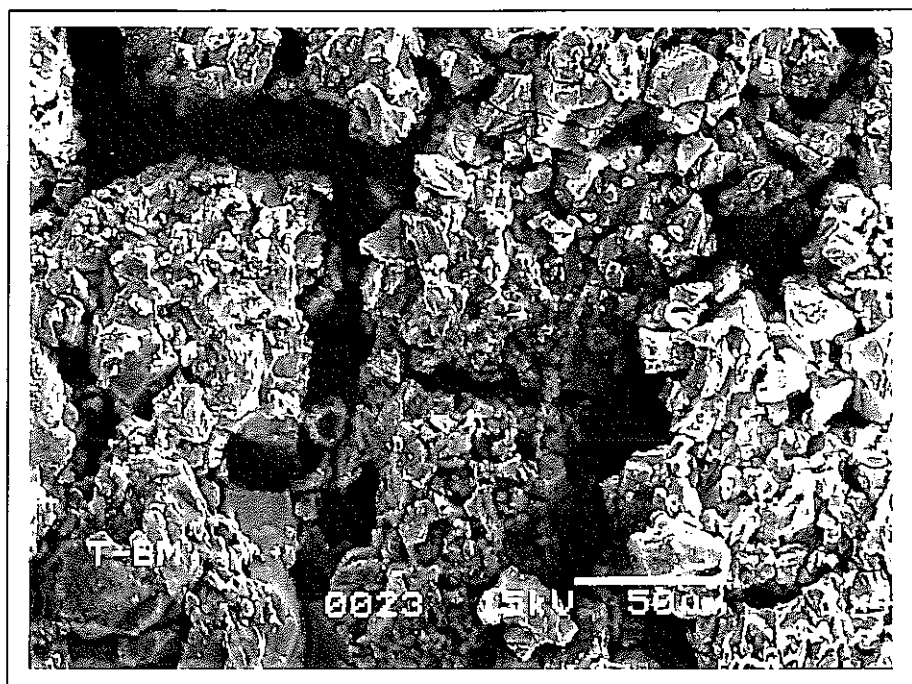
× 400

写真4.5-23 表面SEM観察（部材NO.21：Ti製ベント配管、硝酸蒸気入口側付近）



400

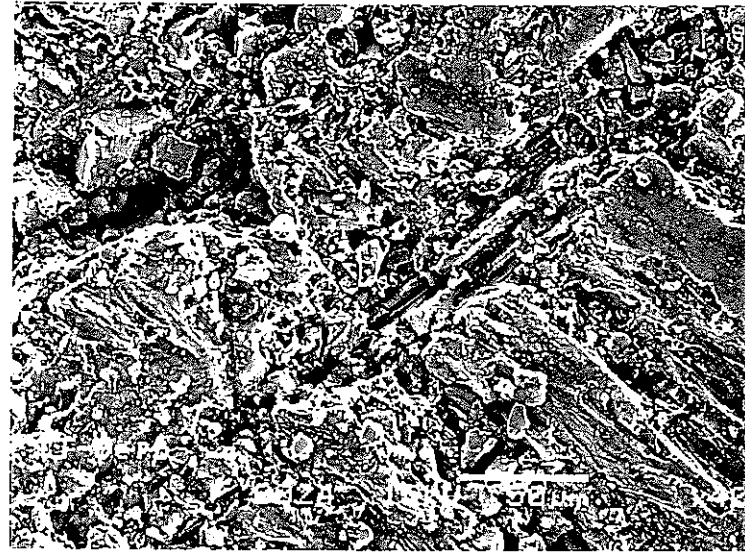
写真4.5-24 表面SEM観察（部材NO.22：Ti製ベント配管、配管中央付近）



× 400

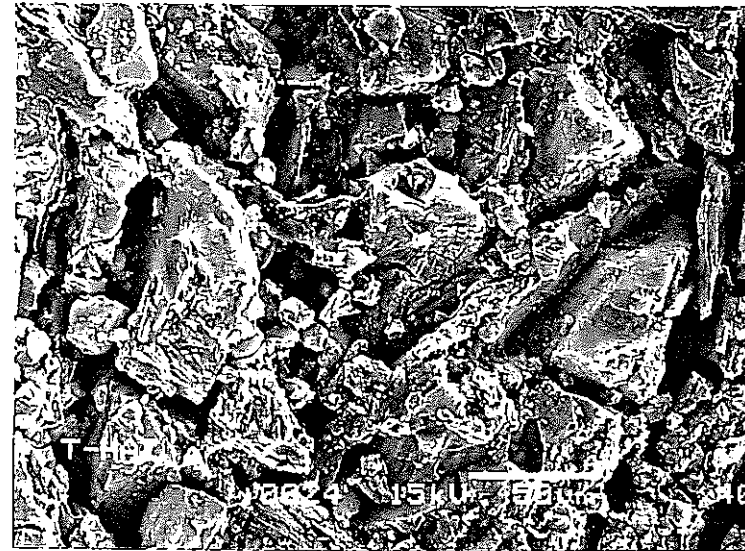
写真4.5-25 表面SEM観察（部材NO.23：Ti製ベント配管、硝酸蒸気出口側付近）

DEPO



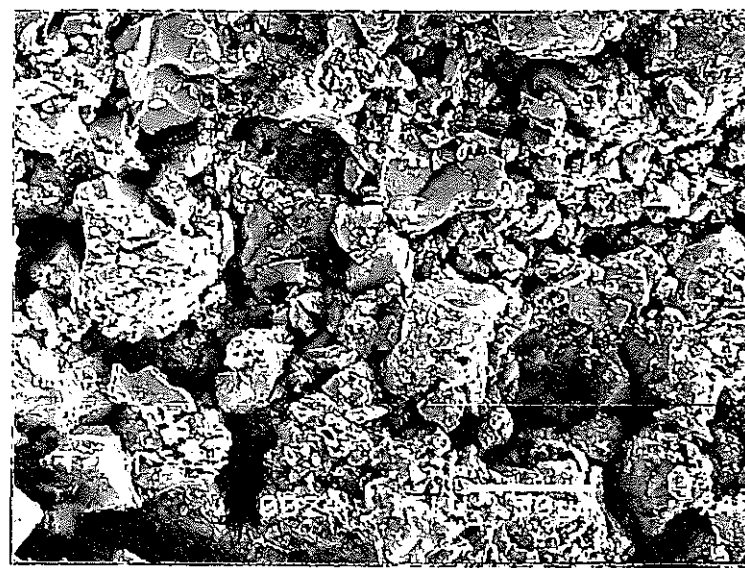
× 400

HAZ



× 400

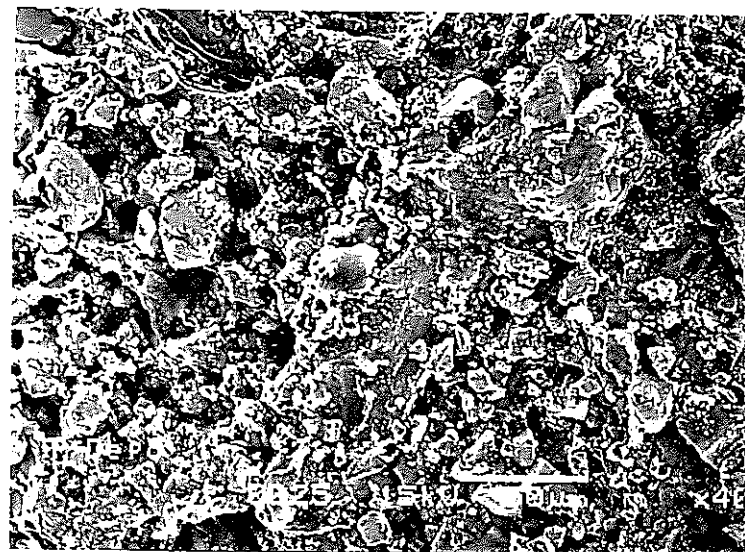
母材



× 400

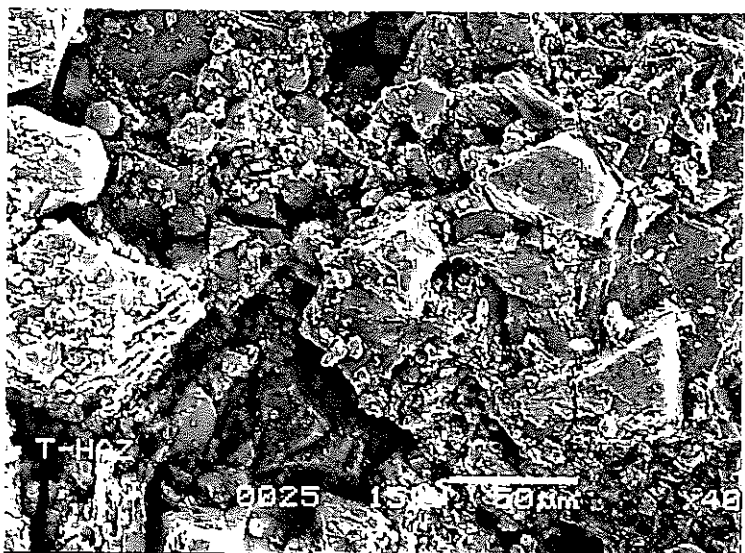
写真4.5-26 表面SEM観察（部材NO.24：Ti製ベント配管、配管長手溶接部（入口付近））

I
DEPO



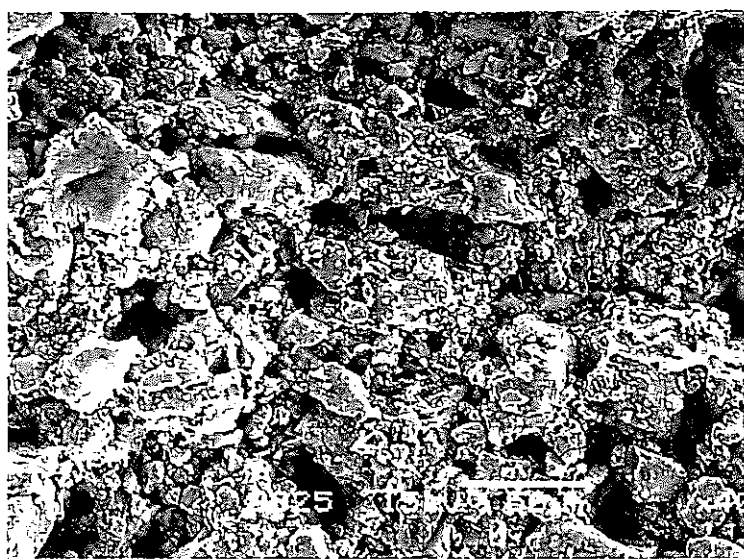
× 400

HAZ



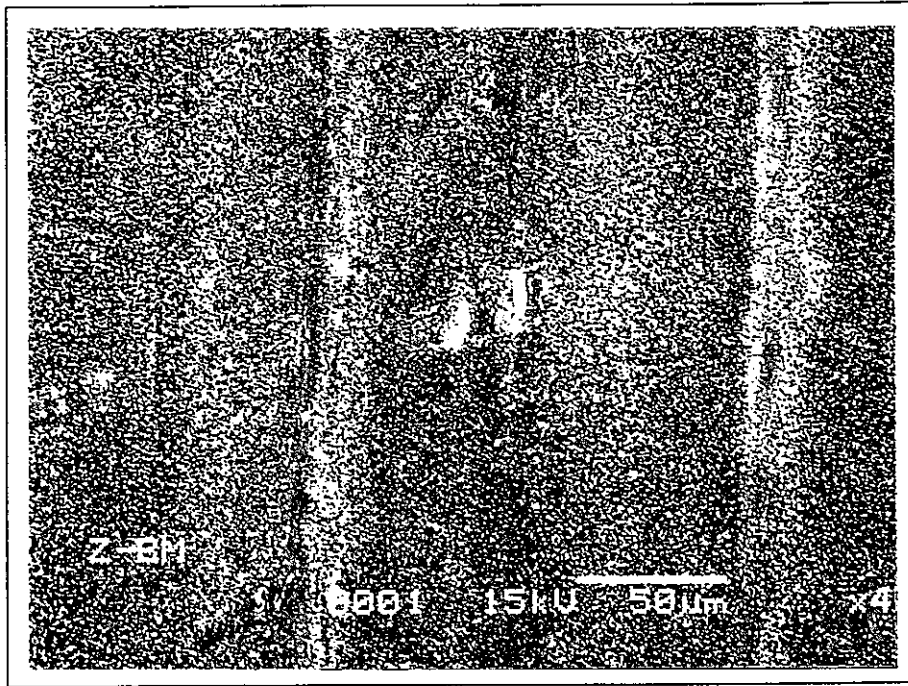
× 400

母材



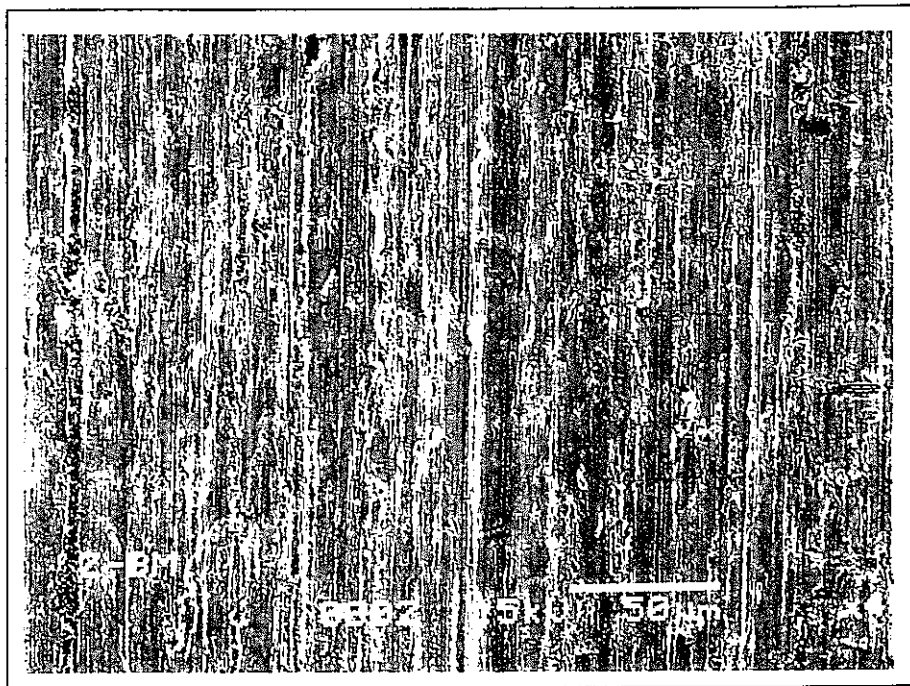
× 400

写真4.5-27 表面SEM観察（部材NO.25：Ti製ベント配管、配管長手溶接部（出口付近））



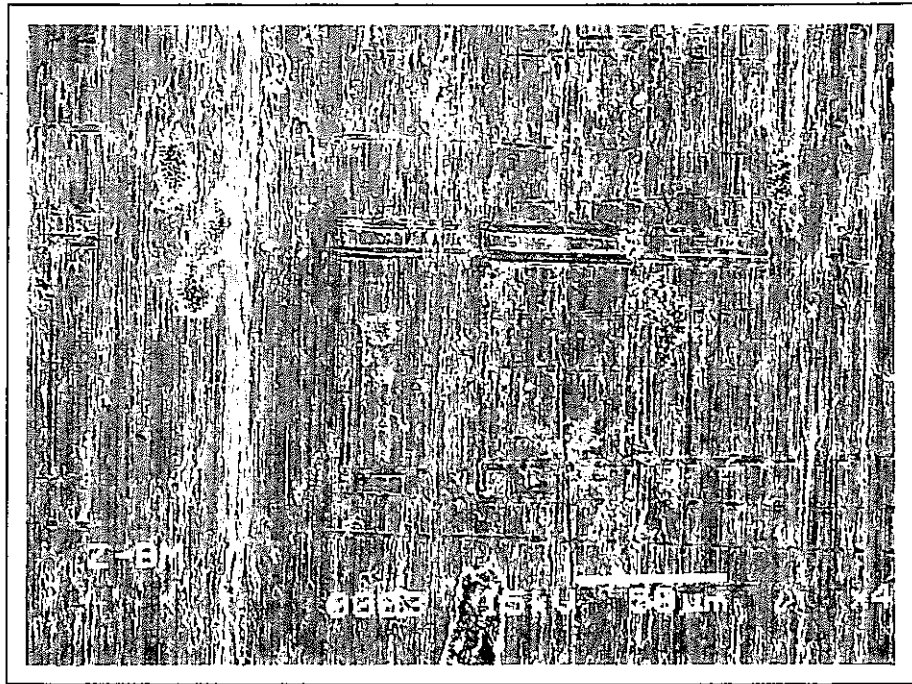
× 400

写真4.5-28 表面SEM観察（部材NO.1：Zr製伝熱管、上部管板から0.5m付近）



×400

写真4.5-29 表面SEM観察（部材NO.2：Zr製伝熱管、上部管板から2.0m付近）



× 400

写真4.5-30 表面SEM観察（部材NO.3：Zr製伝熱管、下部管板から0.5m付近）

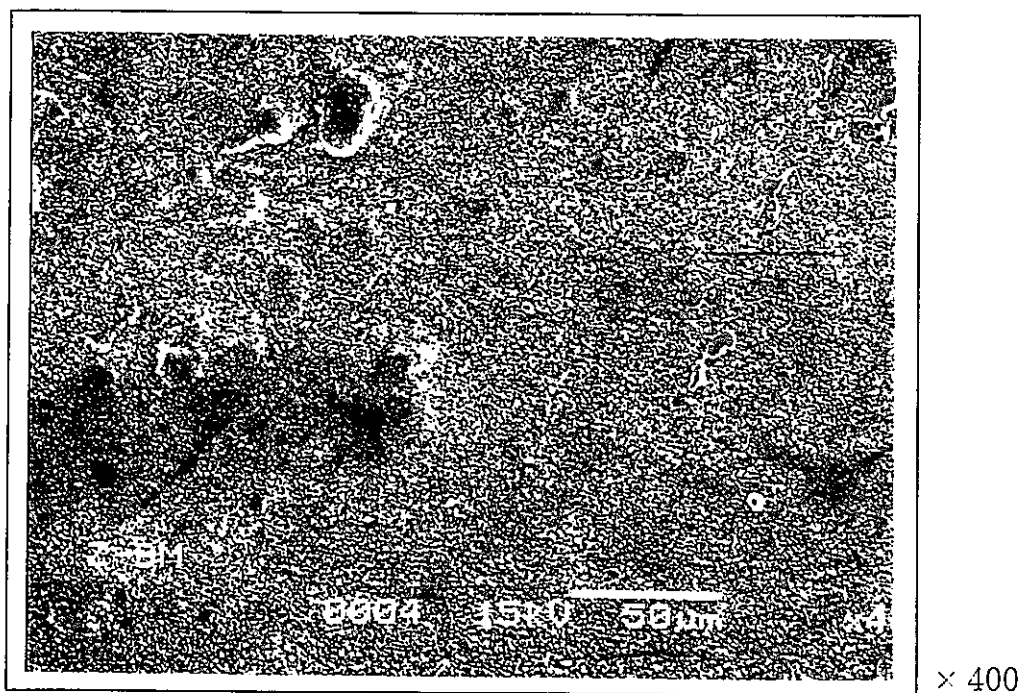


写真4.5-31 表面SEM観察（部材NO.4：Zr製加熱部上部チャンネル、鏡部）

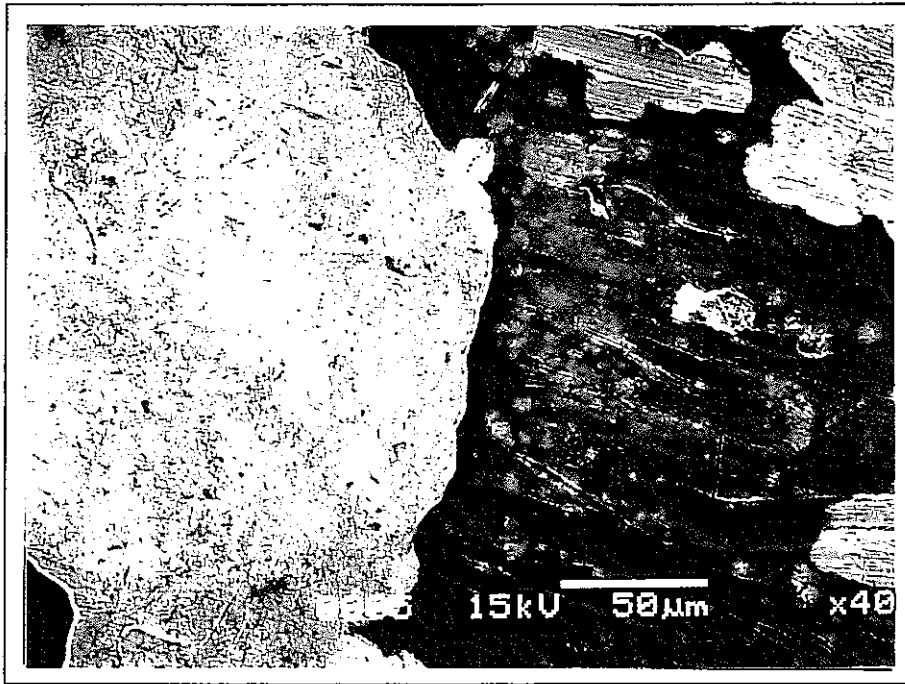


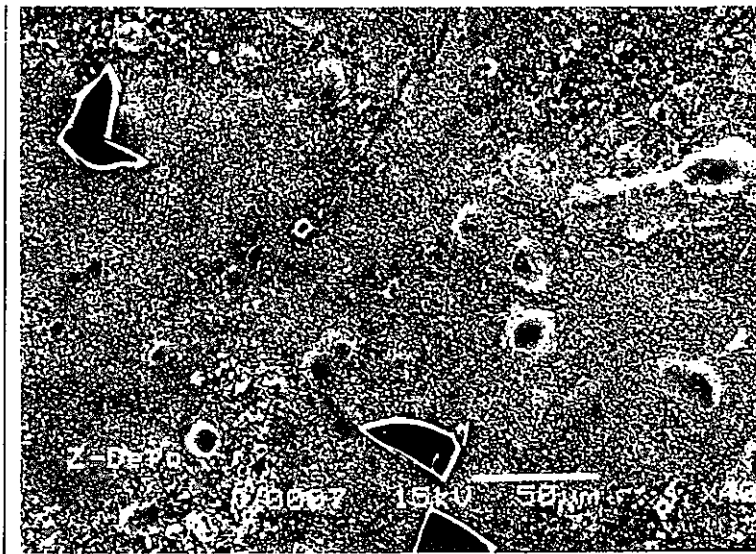
写真4.5-32 表面SEM観察（部材NO.5：Zr製加熱部上部チャンネル、胴部）



× 400

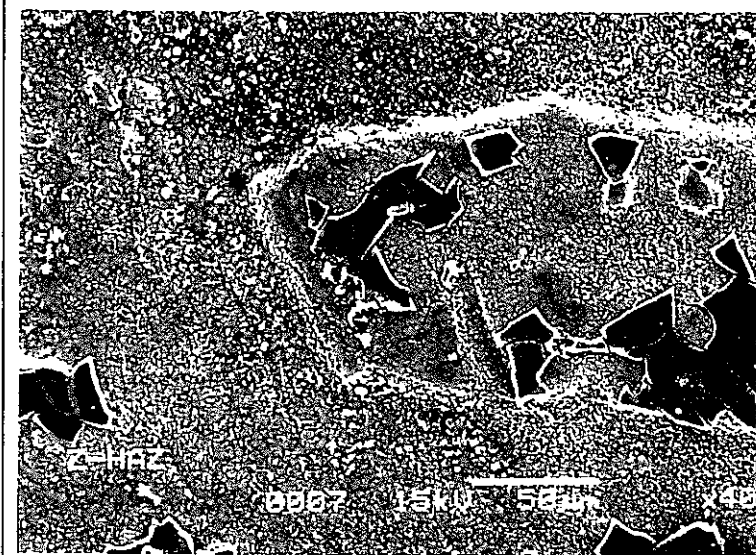
写真4.5-33 表面SEM観察（部材NO.6：Zr製加熱部上部チャンネル、温度計さや管）

DEPO



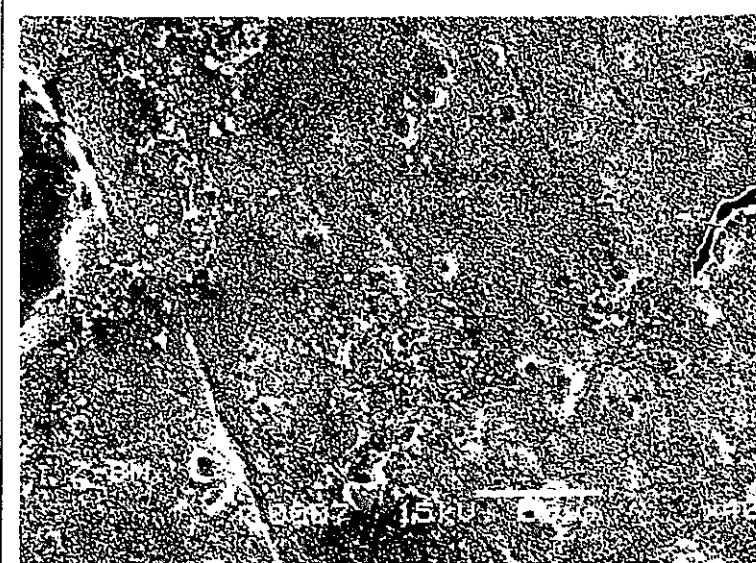
400

HAZ



× 400

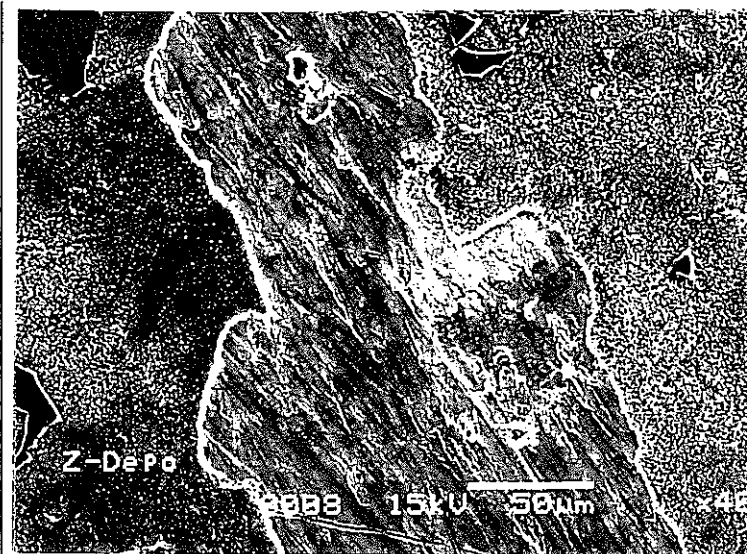
母材



× 400

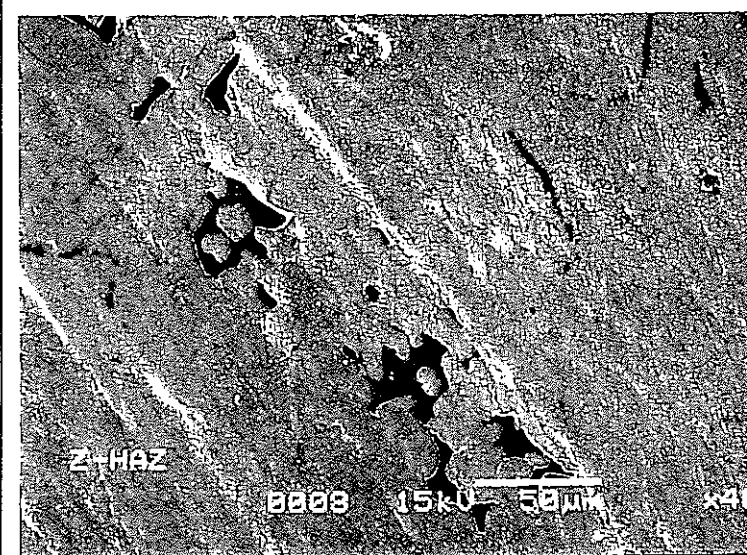
写真4.5-34 表面SEM観察（部材NO.7：Zr製加熱部上部チャンネル、胴長手溶接部）

DEPO



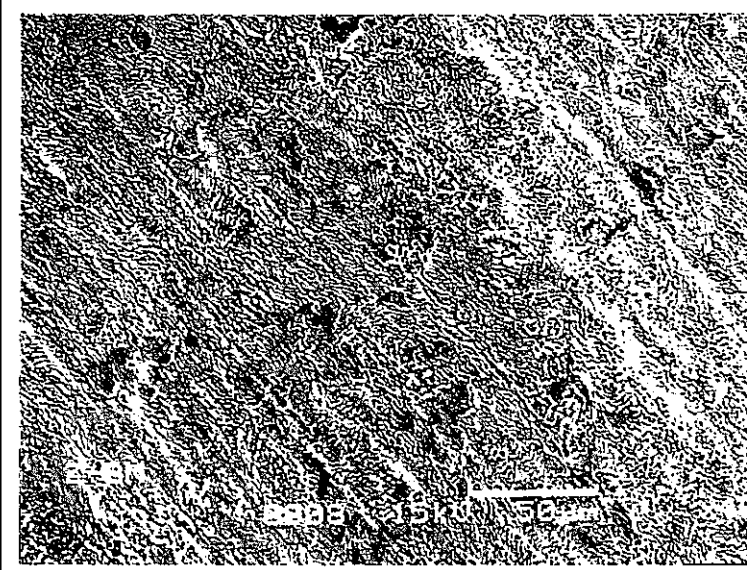
×400

HAZ



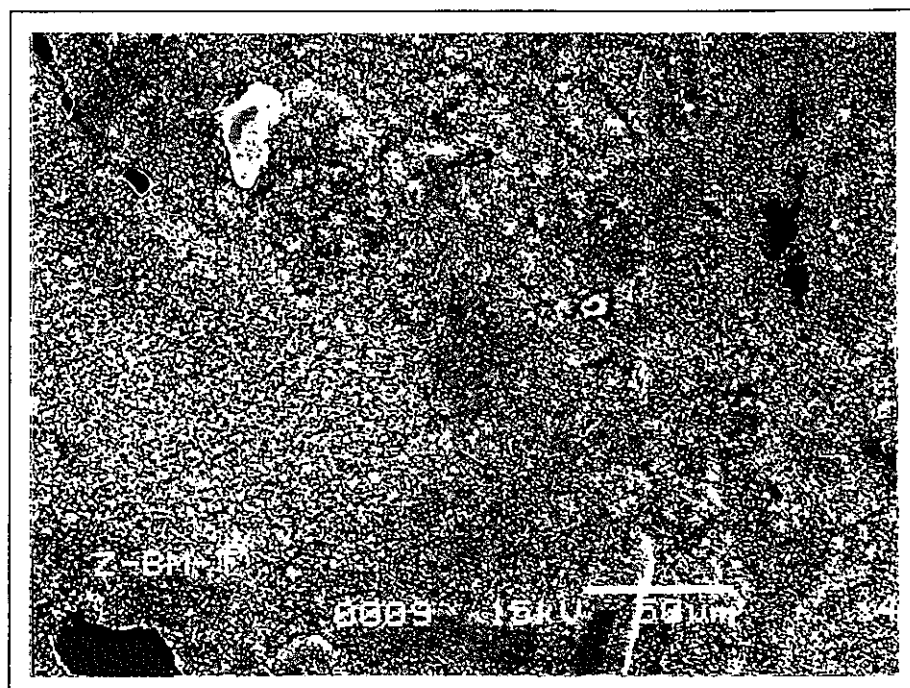
×400

母材



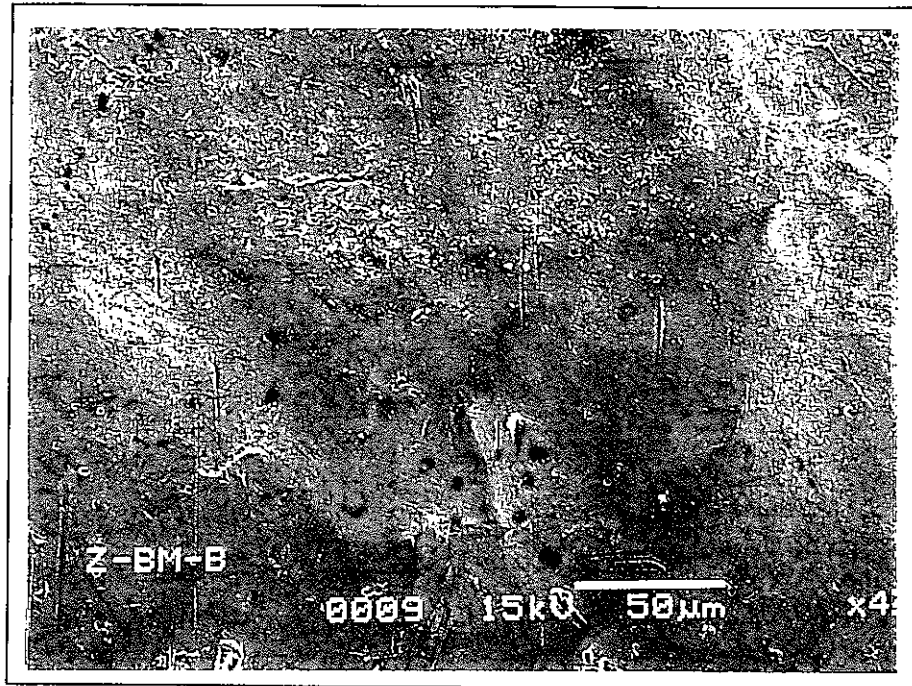
×400

写真4.5-35 表面SEM観察（部材NO.8：Zr製加熱部上部チャンネル、上部連絡管ノズル座溶接部）



× 400

写真4.5-36 表面SEM観察（部材NO.9：Zr製上部連絡管、上部伸縮管平行胴、上部）



× 400

写真4.5-37 表面SEM観察（部材NO.9：Zr製上部連絡管、上部伸縮管平行胴、下部）

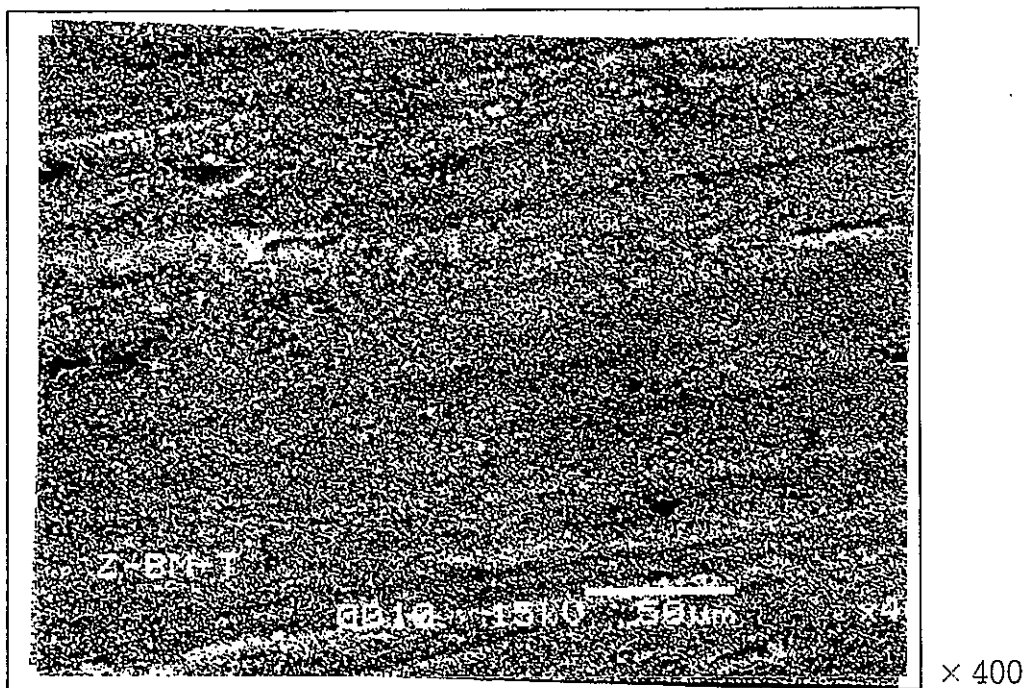


写真4.5-38 表面SEM観察（部材NO.10：Zr製上部連絡管、上部伸縮管、上部）

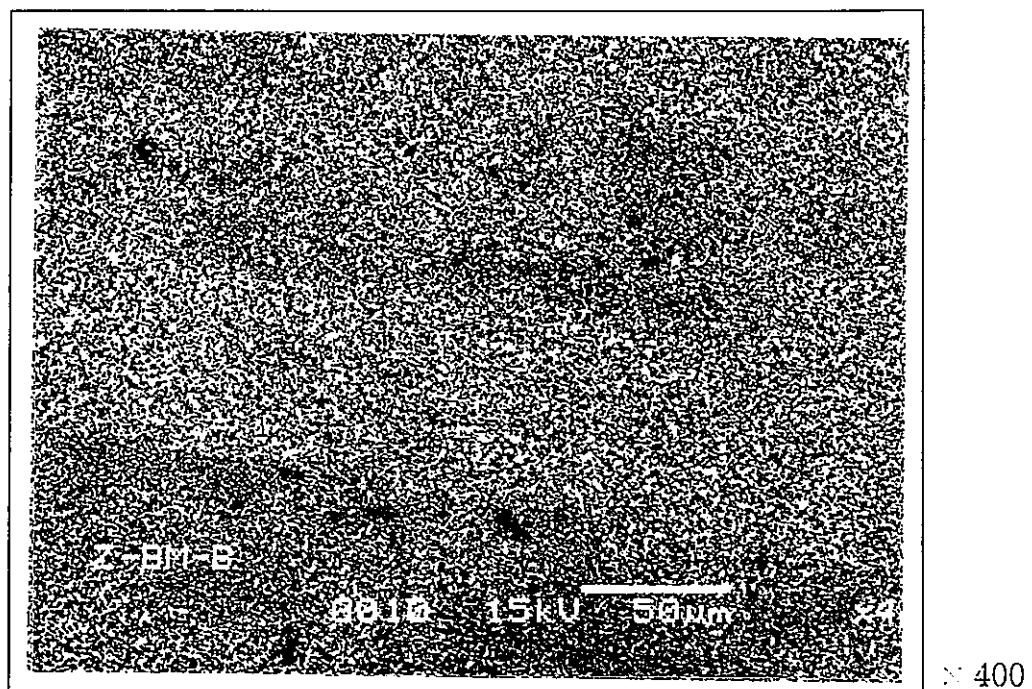
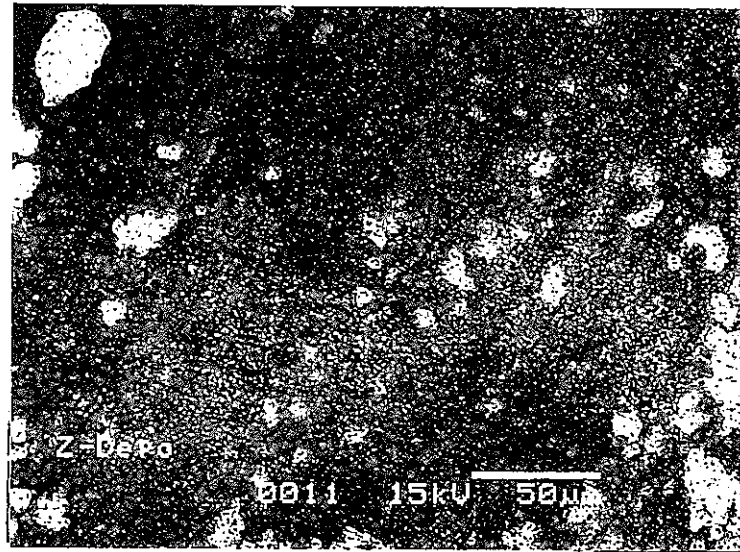


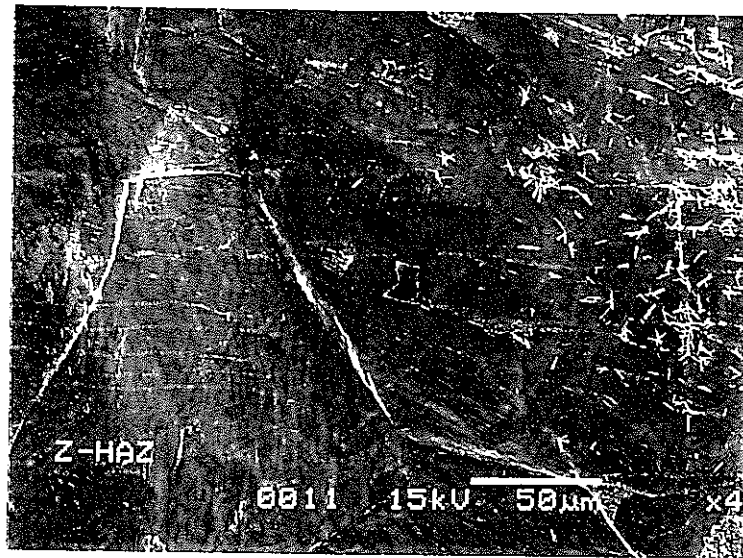
写真4.5-39 表面SEM観察（部材NO.10：Zr製上部連絡管、上部伸縮管、下部）

DEPO



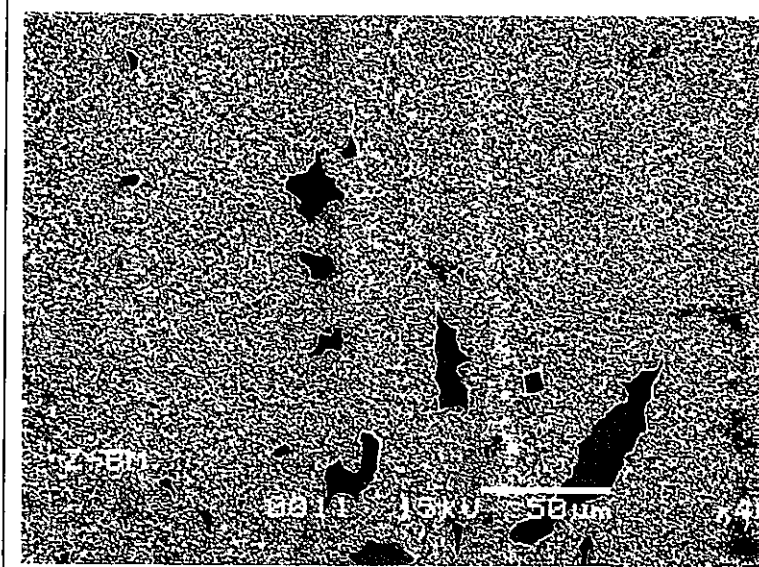
× 400

HAZ



× 400

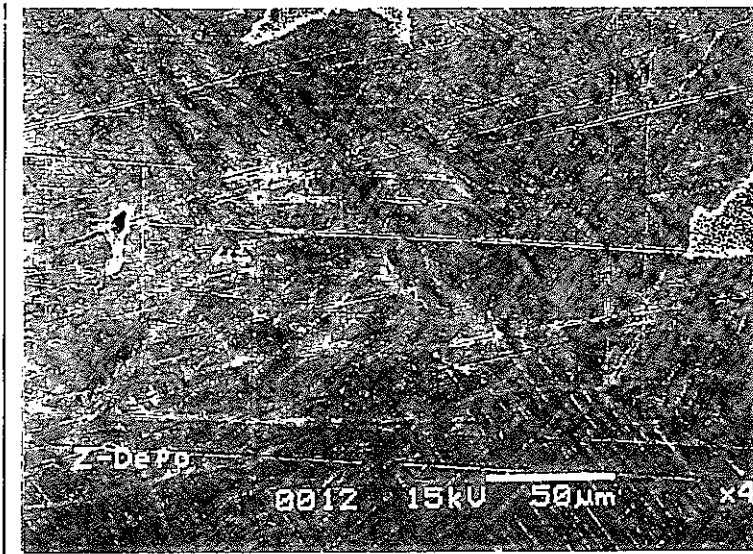
母材



× 400

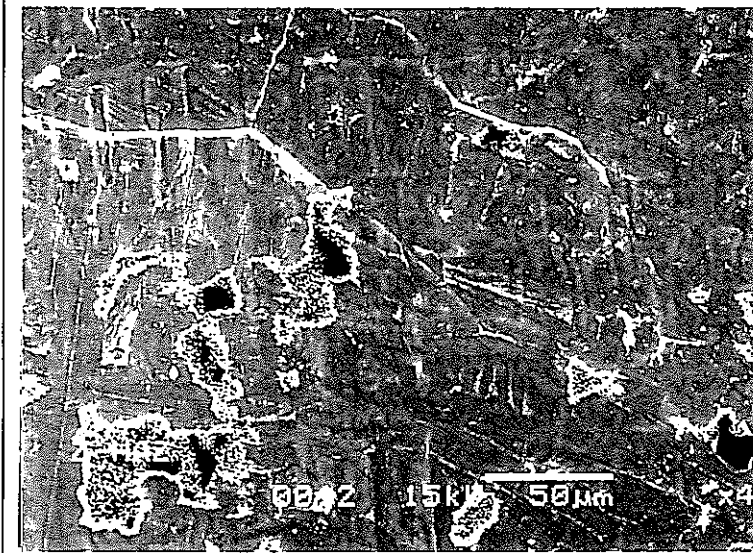
写真4.5-40 表面SEM観察（部材NO.11：Zr製上部連絡管、上部伸縮管（平行胴溶接部））

DEPO



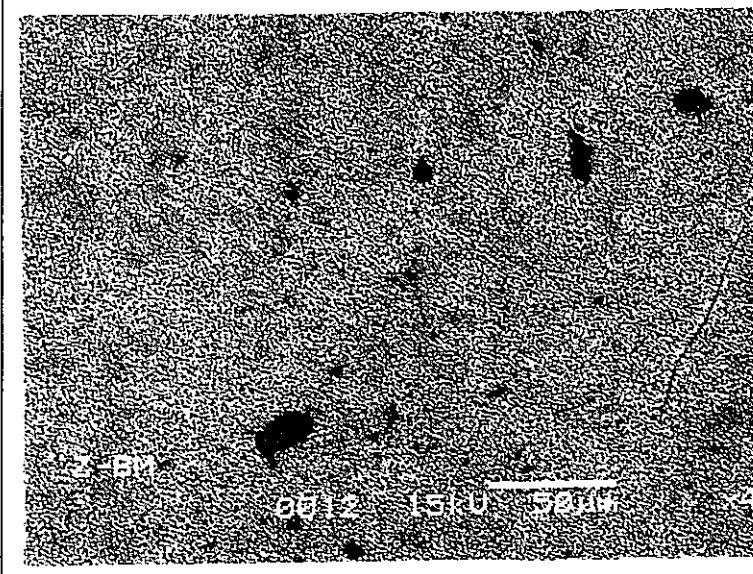
×400

HAZ



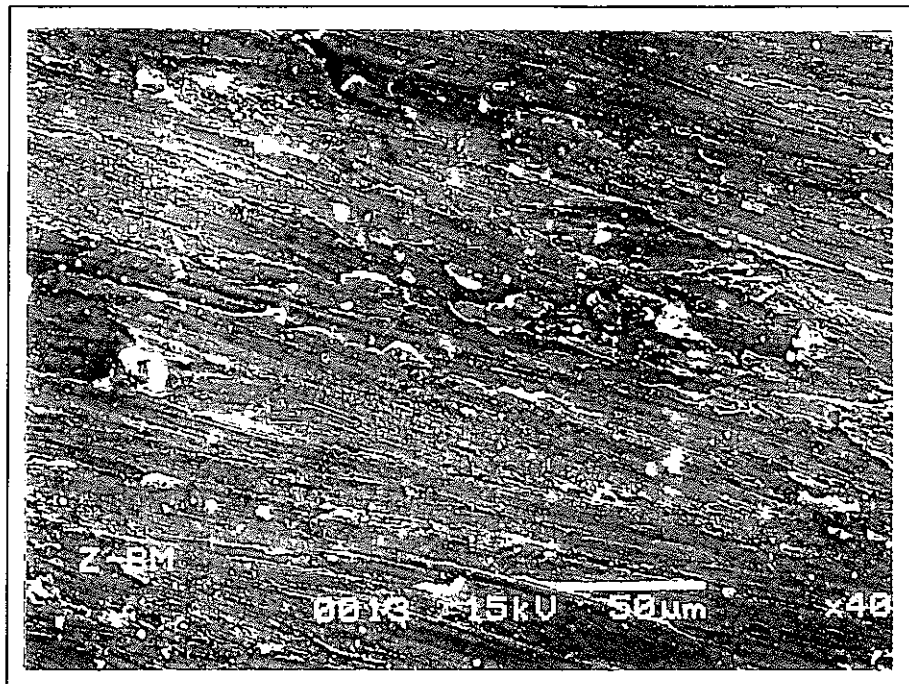
×400

母材



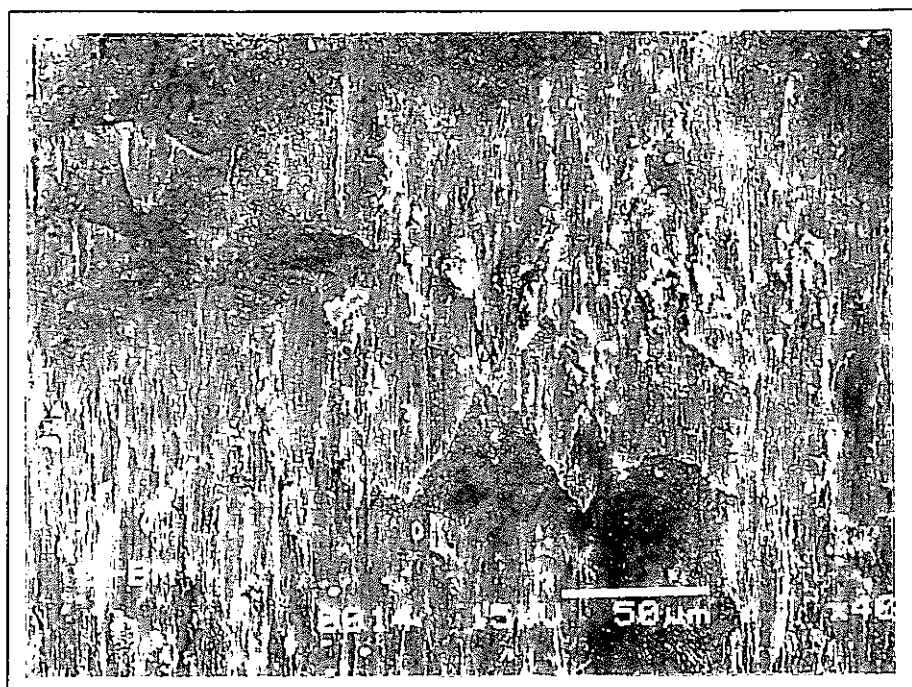
×400

写真4.5-41 表面SEM観察（部材NO.12：Zr製上部連絡管、伸縮管・ノズル座溶接部）



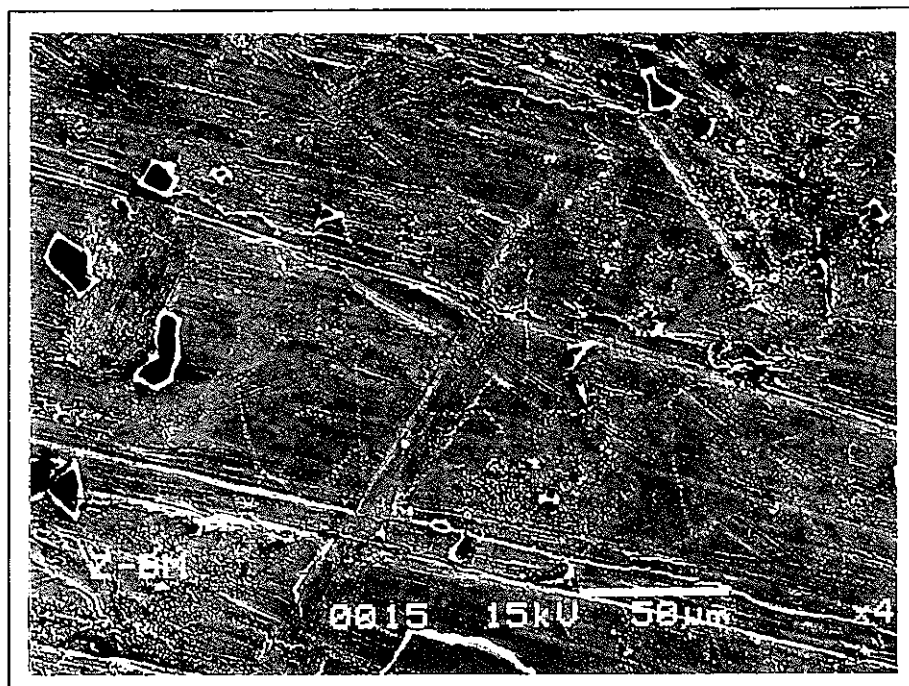
× 400

写真4.5-42 表面SEM観察（部材NO.13：Zr製蒸発部塔頂部、鏡部）



× 400

写真4.5-43 表面SEM観察（部材NO.14：Zr製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル）



× 400

写真4.5-44 表面SEM観察（部材 NO.15 : Zr 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル座）



× 400

写真4.5-45 表面SEM 観察 (部材 NO.16 : Zr 製蒸発部塔頂部、胴部)

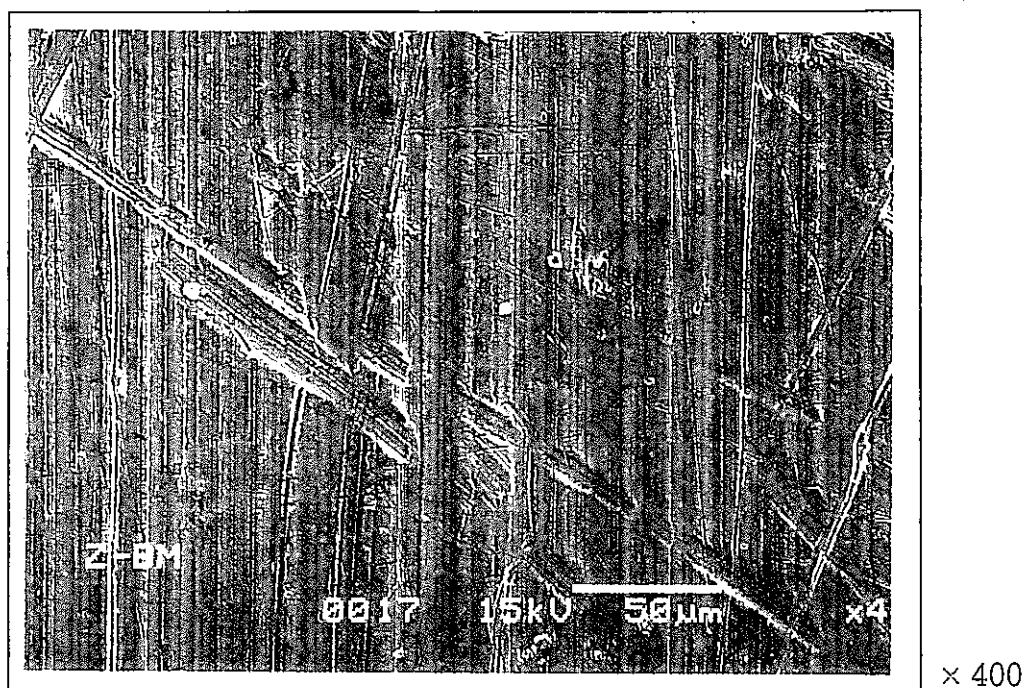
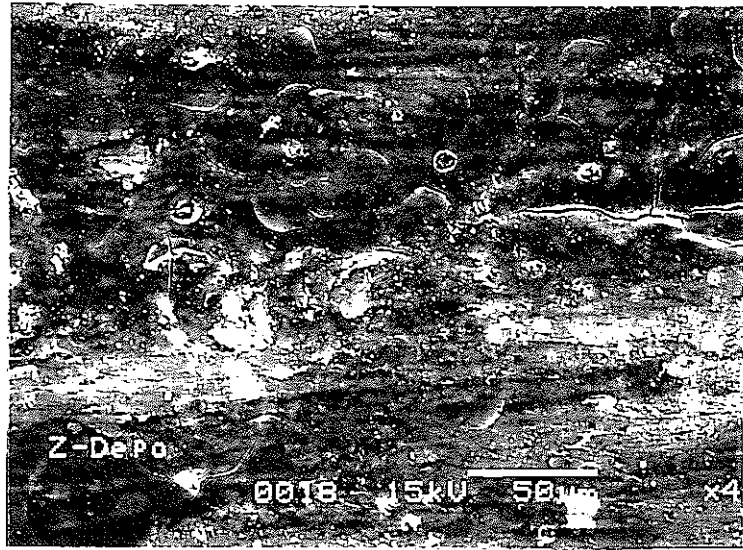


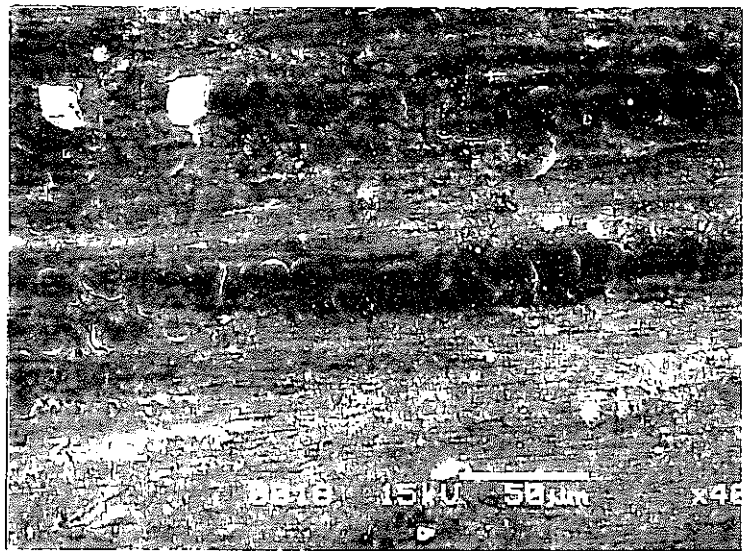
写真4.5-46 表面SEM観察（部材NO.17：Zr製蒸発部塔頂部、温度計さや管）

DEPO



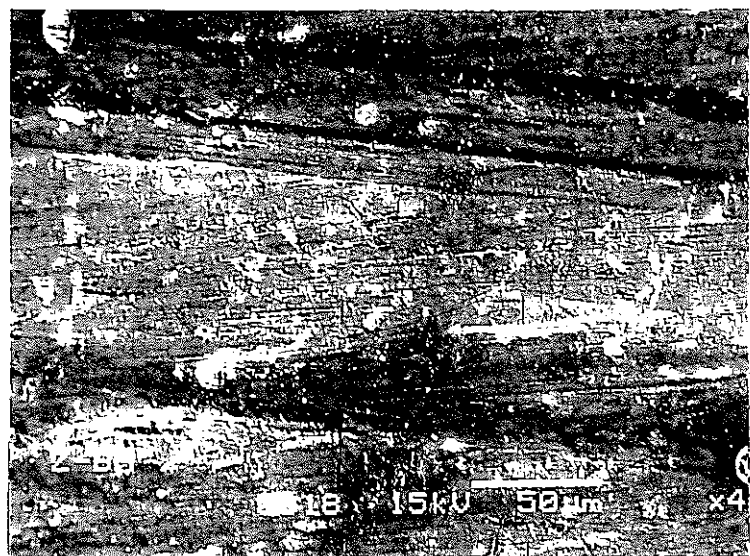
× 400

HAZ



× 400

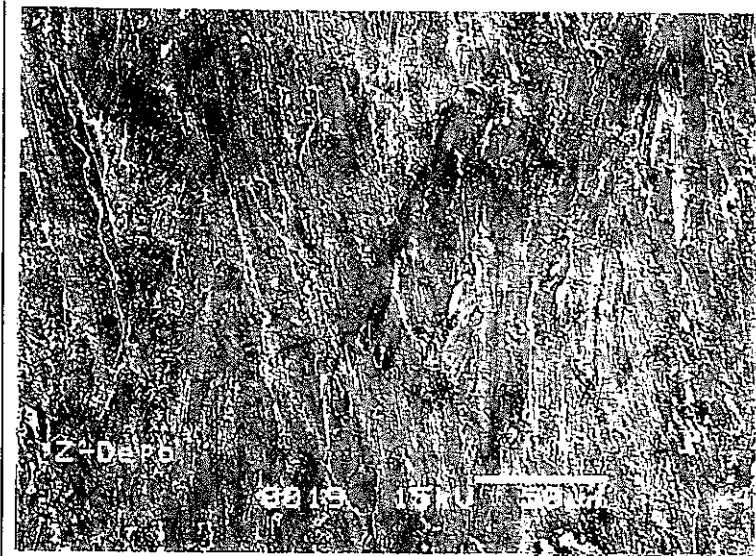
母材



× 400

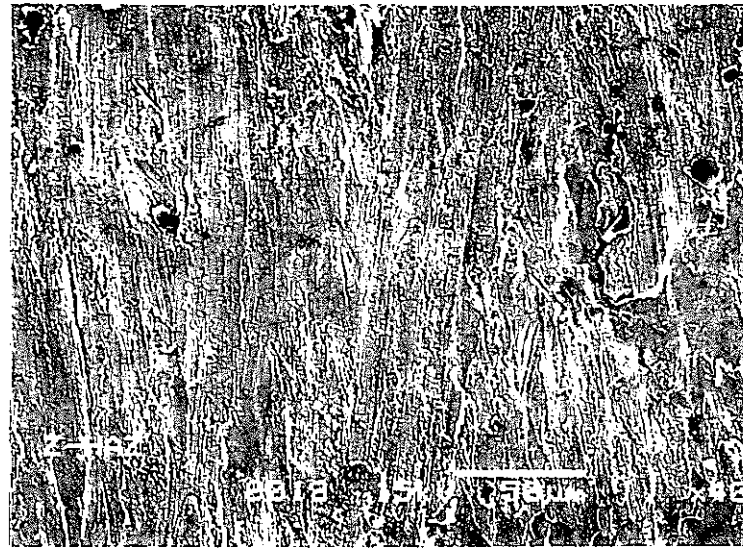
写真4.5-47 表面SEM観察（部材NO.18：Zr製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル長手溶接部）

DEPO



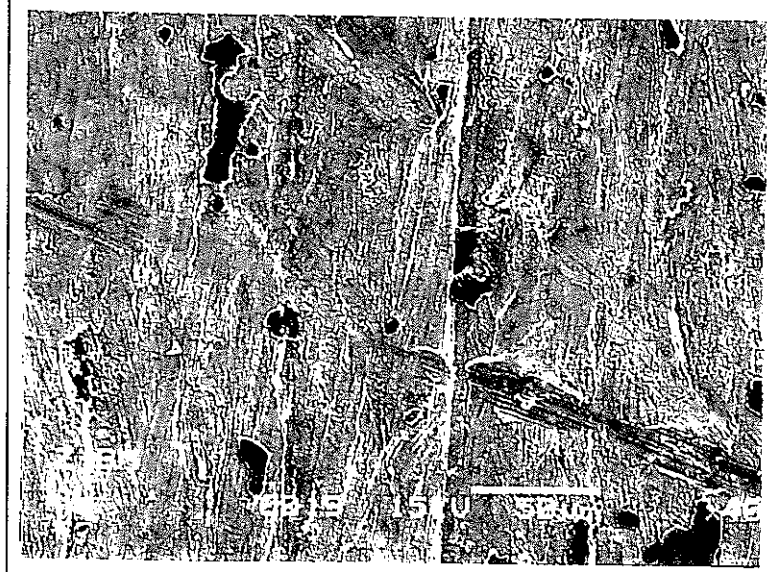
× 400

HAZ



× 400

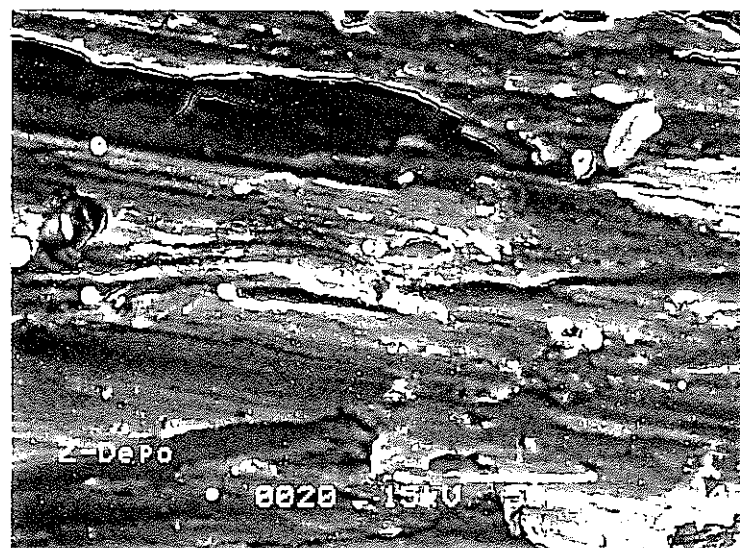
母材



× 400

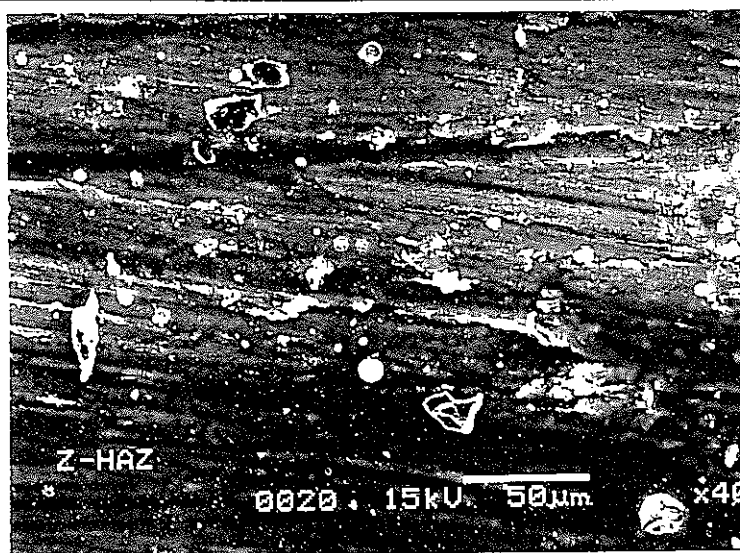
写真4.5-48 表面SEM観察（部材NO.19：Zr製蒸発部塔頂部、鏡部、塔頂部ノズル座溶接部）

DEPO



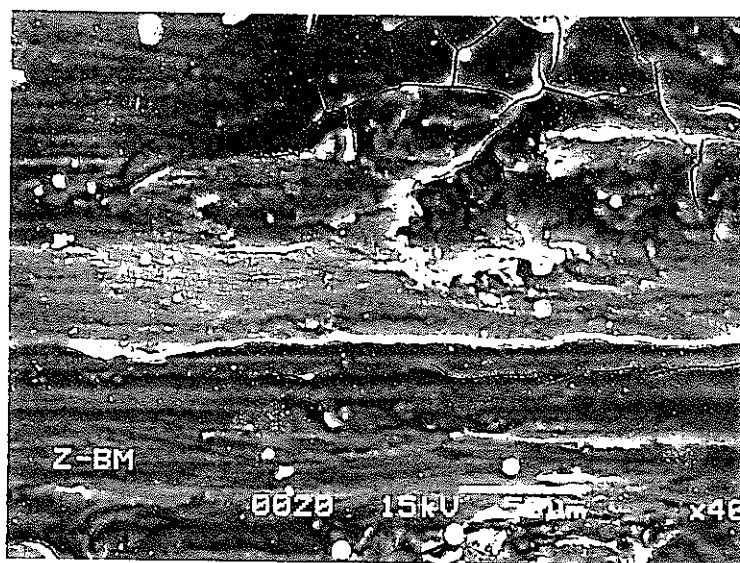
× 400

HAZ



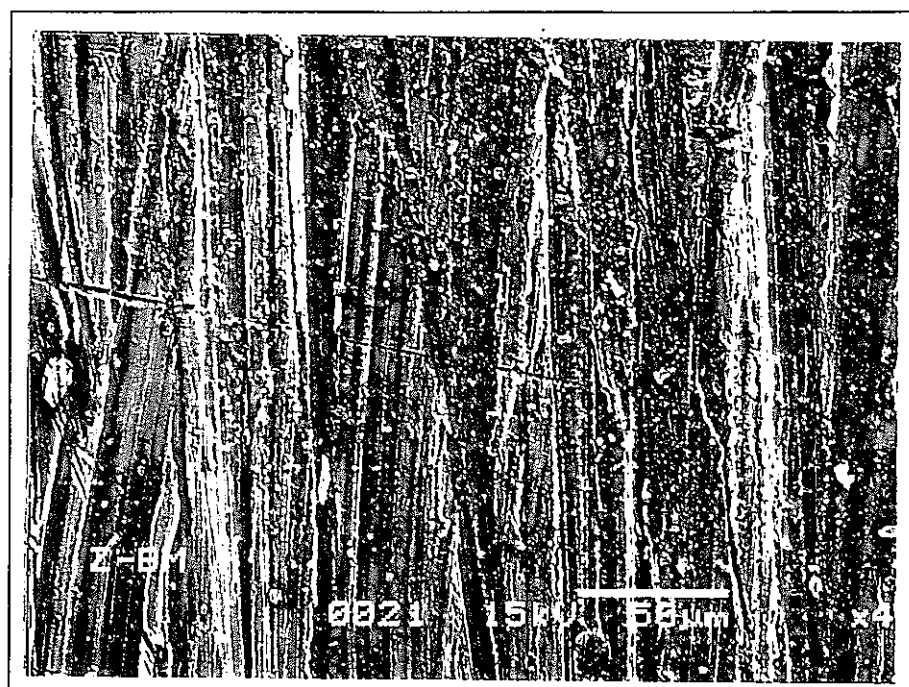
× 400

母材



× 400

写真4.5-49 表面SEM観察（部材NO.20：Zr製蒸発部塔頂部、胴長手溶接部）



× 400

写真4.5-50 表面SEM観察（部材NO.21：Zr製ベント配管、硝酸蒸気入口側付近）

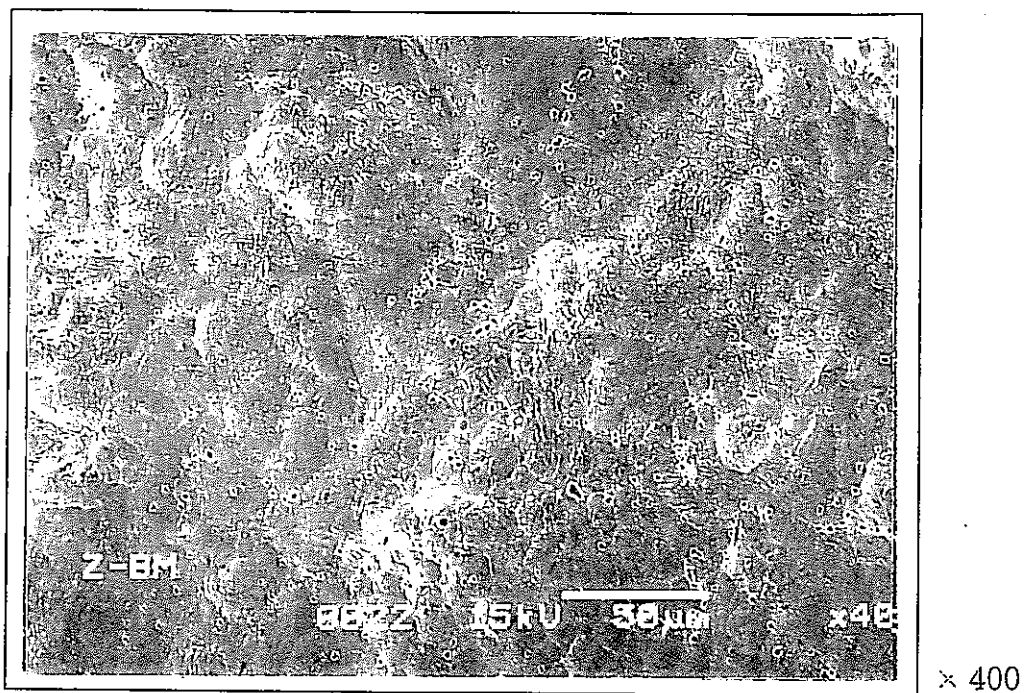
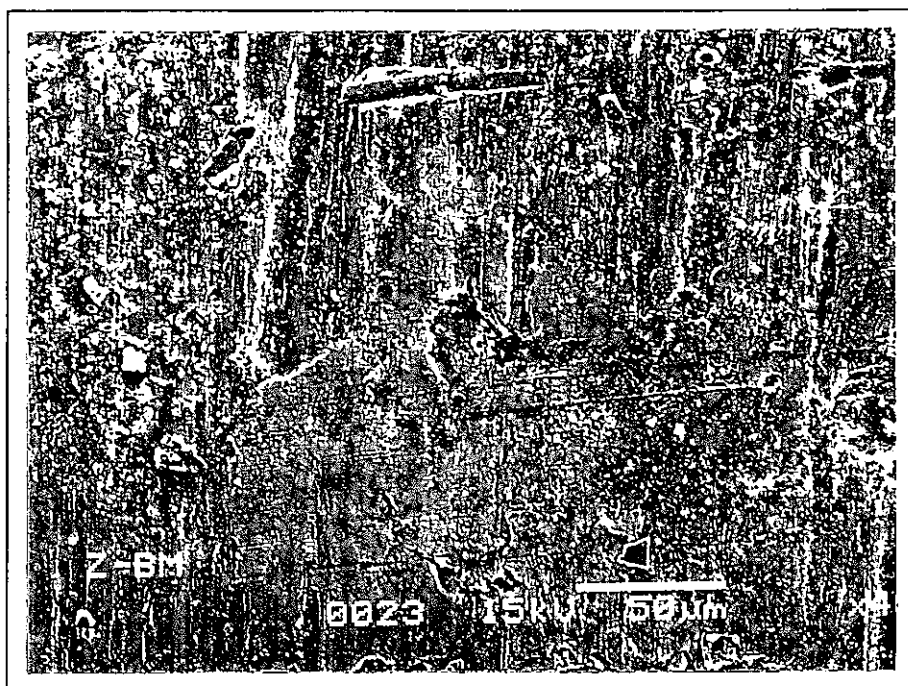


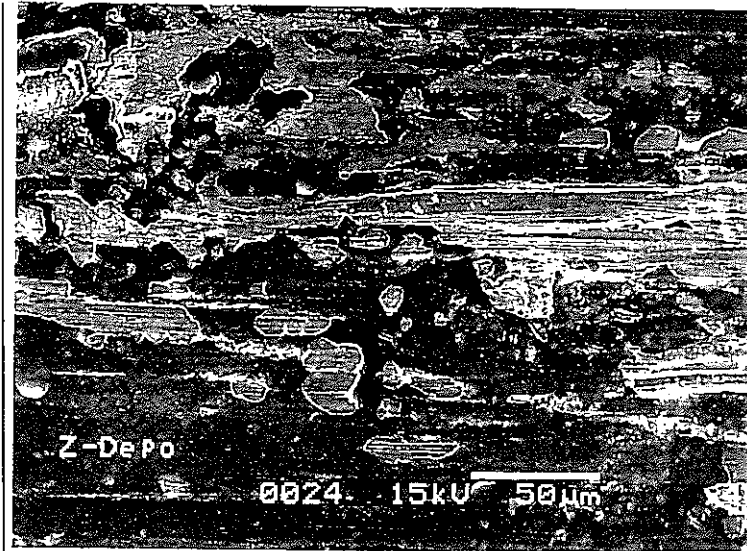
写真4.5-51 表面SEM観察（部材NO.22：Zr製ベント配管、配管中央付近）



× 400

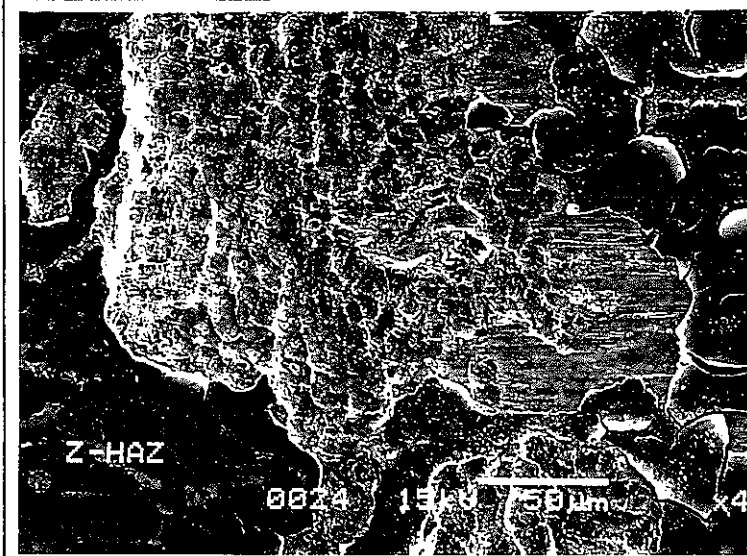
写真4.5-52 表面SEM観察（部材NO.23：Zr製ベント配管、硝酸蒸気出口側付近）

DEPO



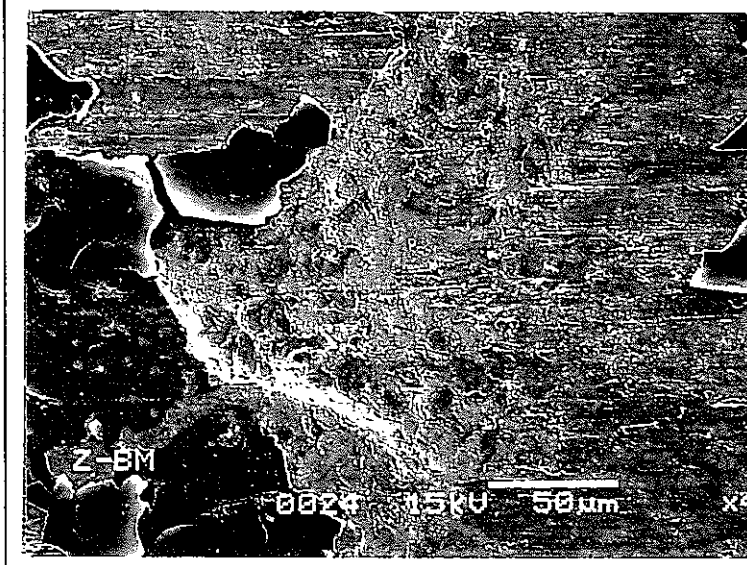
× 400

HAZ



× 400

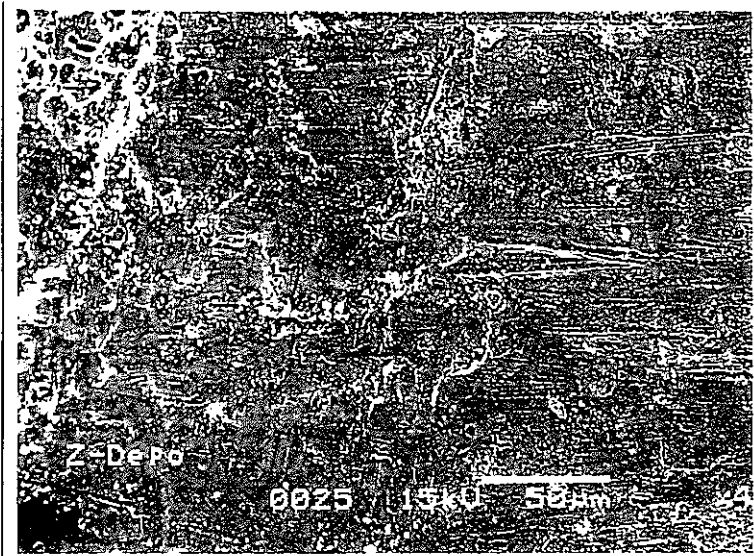
母材



× 400

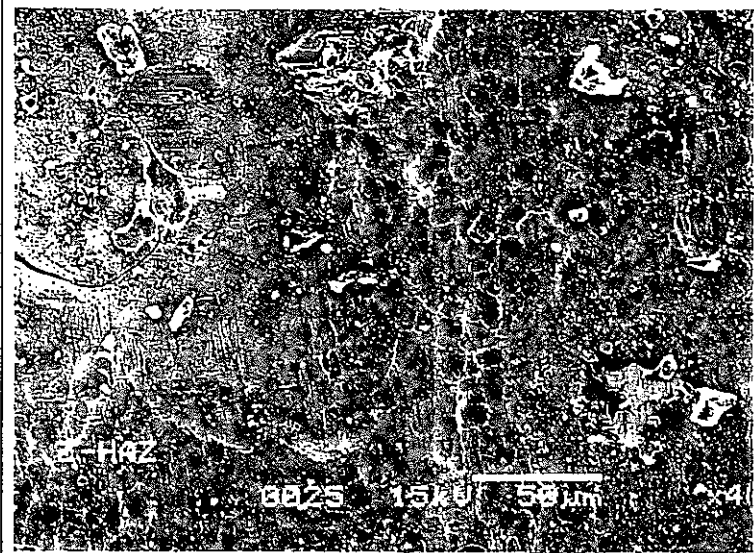
写真4.5-53 表面SEM観察（部材NO.24：Zr製ベント配管、配管長手溶接部（入口付近））

1
DEPO



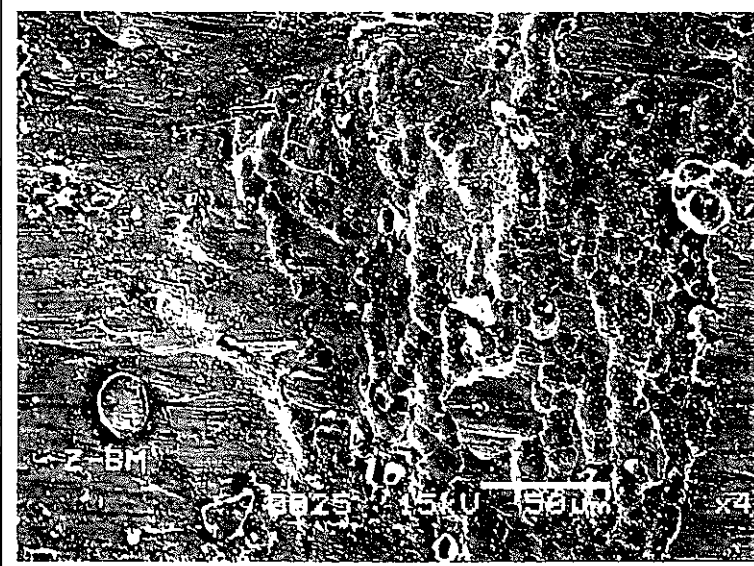
× 400

HAZ



× 400

母材



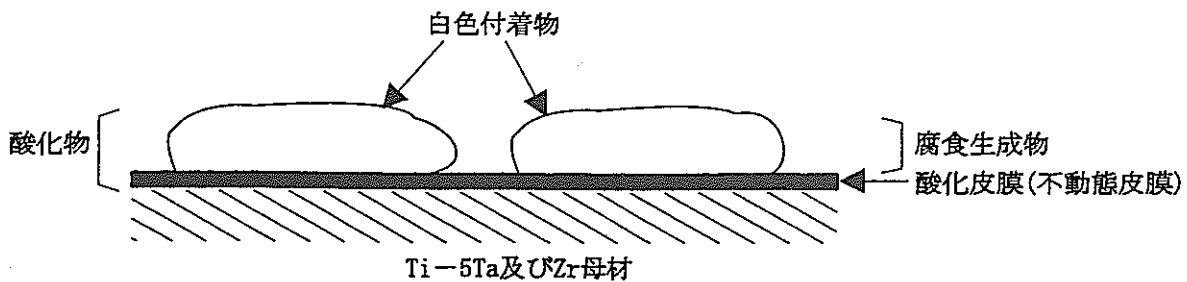
× 400

写真4.5-54 表面SEM観察、部材NO.25：Zr製ベント配管、配管長手溶接部（出口付近）

4.6 元素組成測定

4.6.1 ESCAによる点分析

表面に形成されている表面皮膜（腐食生成物及び酸化皮膜）についてESCAによる点分析を行い、皮膜構成元素について調べた。なお、Ti-5Ta製及びZr製の採取した試験片の表面には、分析表面に腐食生成物と思われる白色付着物が存在しており、ESCAの分析領域（1.1mmφ）では、下図の模式図1に示すように腐食生成物と酸化皮膜層（以下、不動態皮膜としての酸化皮膜を指す）が混在して分析されているものと思われる。



模式図1 表面皮膜の構造（推定）

分析領域で得られたスペクトルより、元素の定性分析を行った結果をTi-5Ta製について図4.6-1～4.6-27に、Zr製については図4.6-28～4.6-54に示す。また、定性された各元素のピーク強度（ピーク面積）を用いた定量値を算出した結果を表4.6-1～4.6-4に示す。なお、この定量値はピーク強度より算出しているために検量線を用いた定量値とは異なり、ある程度（10%程度）の誤差を有している。

また、定性分析より検出された各元素のピークの結合エネルギーより、化学結合状態を解析した結果をTi-5Ta製は図4.6-55～4.6-89に、Zr製は図4.6-90～4.6-118に示す。

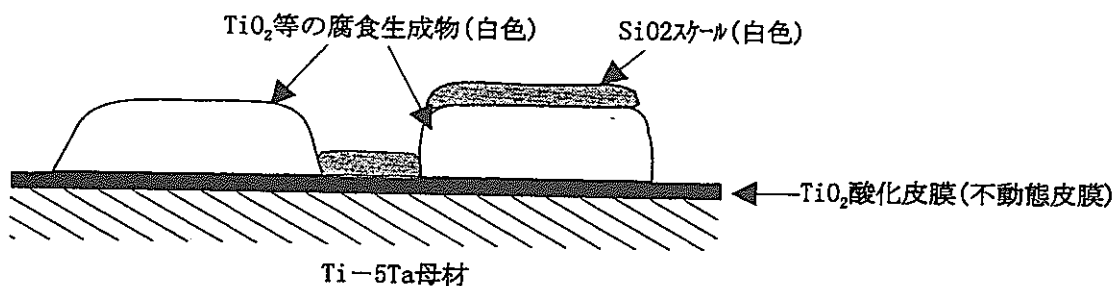
Ti-5Ta製

各部位の表面から定性された主要な元素としては、素材元素であるTi、Taの他にO、C、Si、Alであった。なお、Cに関しては汚染に伴い検出されたものと推測される。

また、本試験に使用された溶液中に含有するとされているFe、Cr、Ni、Ru、Ce等の元素は、Feが微量に検出されている以外は、ESCAの分析感度では特に検出されなかった。次に、表4.6-1及び表4.6-2は、定性分析された元素のピーク強度より算出した定量値であるが、Oが最も多く存在しており、Ti、Ta、Si、Alの酸化物として存在しているものと思われる。この表面に形成されていると思われる腐食生成物及び酸化皮膜について状態分析より解析した結果、図4.6-55～図4.6-89に示すようにTiO₂及びSiO₂で構成されていることが確認された。

また、部位別の特徴を見ると、伝熱管はSiの存在が認められないことから、表

面には、腐食生成物或いは酸化皮膜の TiO_2 として覆われているものと予想され、一方、伝熱管以外の各部材には、蒸発部塔頂部の鏡部や塔頂部ノズル周辺は殆んど SiO_2 で覆われていることが確認され、中には表面から TiO_2 が検出されない部位も存在していた。その他の部位も SiO_2 と TiO_2 が混在しており、恐らく模式図2に示すように、腐食生成物或いは酸化皮膜としての TiO_2 層上に何らかの要因で、 SiO_2 スケールが形成されているものと推察され、この SiO_2 スケールが存在する原因については明らかではない。なお、その他の酸化物として、 Ti 酸化皮膜と共に存在すると耐食性向上に寄与するとされている Ta_2O_5 の存在が確認された。



模式図2 Ti-5Ta製蒸発缶内面に形成した表面皮膜の構造（推定）

Zr製

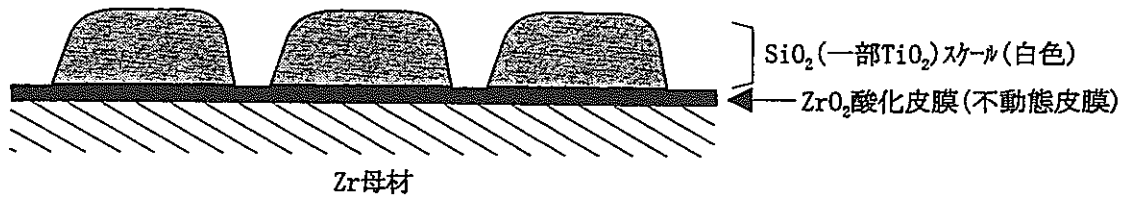
各部位の表面から検出された主要な元素としては、素材元素であるZrの他にO、C、Si、Al及びTiであった。なお、Cに関しては汚染に伴い検出されたものと判断される。

また、本試験設備の溶液中に含有するとされているFe、Cr、Ni、Ru、Ce等の元素は、Feが微量に検出されている以外は、ESCAの分析感度では特に検出されなかった。これらの検出された元素について、得られたピーク強度を用いた各元素の定量値を算出した（表4.6-3及び表4.6-4）。その結果、Ti-5Ta製同様にOが最も存在しており、Zr、Si、Al及びTiの酸化物として存在していることが予想される。

これらの予想される酸化物について、図4.6-90～図4.6-118に示す状態分析により解析を行った結果、組成としては主にZrO₂であることが判明し、これは酸化皮膜として存在しているものと推察される。また、その他の酸化物としてTi-5Ta製に認められたSiO₂やTiO₂も解析され、これらは前項の4.5 SEM観察で確認された白色のスケールと思われる。従って、Zrに関しては、模式図3に示すように、これらの白色スケールが酸化皮膜層であるZrO₂の上に付着して存在しているものと予想される。

また、TiO₂が生成していたことについては、伝熱管～上部連絡管にかけて存在が認められ、蒸発部塔頂部～ベント配管には存在が認められなかった。その付着原因

については定かではない。試運転時の硝酸溶液中に存在していた他の部材より溶出したTiイオンと思われる。



模式図3 Zr製蒸発缶内面に形成した表面皮膜の構造(推定)

4.6.2 AESによる線分析

4.6.1に述べたESCA分析の結果から、Ti-5Ta製の表面には、腐食生成物或いは酸化皮膜（不動態皮膜）として、TiO₂の存在が確認された。また、その上にSiO₂のスケールが付着しているものと推定された。一方、Zr製の表面にはZrO₂の酸化物が確認されたことから、これは酸化皮膜として存在しているものと推測され、また、その他に白色付着物としてTi-5Ta製同様にSiO₂およびTiO₂のスケールの存在が確認された。

そこで、主に腐食生成物が付着せず酸化皮膜のみが形成されている表面部位についてAESによる線分析を行い、酸化皮膜を構成する元素の分布とこれらの元素の偏析等について調べた。その結果をTi-5Ta製については図4.6-119～4.6-145、Zr製については図4.6-146～図4.6-172に示す。

Ti-5Ta製

線分析結果より、大半の分析部位には腐食生成物等の付着が認められ、これらの分析部位においてはOのピークの変動が激しいことが確認された。これは2次電子像で認められる凹凸に対応しているものと判断される。また、凹部にはスパッタによるクリーニングで除去できなかった汚染カーボンが存在していることも、その傾向を顕著にしている（例えば図4.6-119）。

一方、例えば図4.6-123, 125（加熱部上部チャンセル/胴部、胴長手溶接部）および131（上部連絡管/上部伸縮管/平行胴溶接部）より得られた2次電子像からは、腐食生成物等の付着がほとんど認めらず、線分析からはOおよびTiが一定の分布で存在していることから、表面にはTiO₂の酸化皮膜を形成しているものと推測される。また、図4.6-125と131は溶接部であり、溶接部表面にも酸化皮膜（不動態皮膜）が存在していることが示唆された。従って、殆どの部位には、ESCA分析で模式図2に示したようにTiO₂の腐食生成物およびSiO₂等のスケールの下には、耐食性を保持する酸化皮膜が存在しているものと予想される。

また、腐食試験溶液中に存在するFe、Cr、Niの溶出元素や、RuおよびCeの添加元素が表面皮膜に偏析が予想されるが、今回の分析では、その存在が認められなかった。なお、Ruに関しては、Cのスペクトル（269eV）と同じであるために、一部ピークが認められるもののその存在は明確ではない。

Zr製

Ti-5Ta製とは異なり、分析を行った殆どの部位は腐食生成物の付着していない部分の分析が可能であった。その結果、母材部及び溶接部において、分析箇所2次電子像からは、Zr表面に機械加工切削跡と思われる傷が明瞭に確認され、また、線分析からはOおよびZrの分布が一定であり、ZrO₂としての酸化皮膜を均一に形成しているものと判断される（例えば、図4.6-146～149、151及び158）。

一方、図4.6-150（加熱部上部チャンセル/胴部）、図4.6-161（蒸発塔頂部/塔頂部/ズル）等の部位には、SiO₂スケールの付着が明瞭に認められた。また、腐食試験

溶液中に存在するFe、Cr、Niの溶出元素や、RuおよびCeの添加元素が表面皮膜に偏析が予想されるが、Ti-5Ta製同様に今回の分析では、その存在が認められなかった。なお、Ruに関しては、Cのスペクトル(269 eV)と同じであるために、一部ピークが認められるもののその存在は明確ではない。

表4.6-1 E S C Aによる表面元素定量分析結果 (T i - 5 T a 製)

部 材	評価部位		定量元素 (原子%)									Total:100%	
			C	N	O	Na	Al	Si	K	Ca	Fe	Ti	Ta
伝熱管	1	上部管板から0.5m付近	8.2	-	61.7	-	-	-	-	-	1.7	27.4	1.0
	2	上部管板から2.0m付近	2.7	-	64.6	-	-	-	-	-	-	30.9	1.8
	3	下部管板から0.5m付近	2.9	-	63.6	0.9	-	-	-	-	-	30.9	1.7
加熱上部 チャンネル	4	鏡 部	9.3	-	59.7	1.2	4.9	1.3	-	-	-	22.4	1.2
	5	胴 部	6.1	-	63.2	0.8	-	-	-	-	-	28.7	1.2
	6	温度計さや管	9.9	-	60.2	-	5.0	0.8	-	-	1.3	21.8	1.0
	7	胴長手溶接部	11.7	-	56.7	1.1	6.9	1.5	-	-	-	21.2	0.9
	8	上部連絡管ノズル座溶接部	4.8	-	59.3	1.2	1.7	25.8	-	-	1.5	3.9	0.2
上部連絡管	9	上部伸縮管平行胴/上部	3.8	-	62.7	1.0	6.6	19.4	-	-	1.8	6.0	0.5
		上部伸縮管平行部/下部	6.3	-	60.7	1.6	4.8	16.4	-	-	-	7.9	0.5
	10	上部伸縮管/上部	8.5	-	61.3	0.2	-	-	-	-	-	28.5	1.3
		上部伸縮管/下部	13.1	-	59.6	0.9	-	-	-	-	-	24.1	1.5
	11	上部伸縮管/平行胴溶接部	9.4	-	63.2	1.4	-	-	-	-	-	24.7	1.3
	12	伸縮管/ノズル座溶接部	6.8	-	62.0	0.8	-	-	-	0.5	-	28.7	1.2

表4.6-2 ESCAによる表面元素定量分析結果 (Ti-5Ta製)

部 材	評価部位		定量元素 (原子%)										Total:100%	
			C	N	O	Na	Al	Si	K	Ca	Fe	Ti	Ta	
蒸 発 部 塔 頂 部	13	鏡 部	8.0	1.3	57.0	0.8	2.3	29.1	-	-	1.4	-	-	
	14	塔頂部ノズル	6.1	1.6	58.4	0.6	2.9	29.4	0.2	-	0.5	0.3	-	
	15	塔頂部ノズル座	6.8	2.3	58.1	1.0	4.7	24.9	-	-	1.0	1.2	-	
	16	胴 部	15.3	-	57.4	0.5	4.2	-	-	-	-	20.3	2.3	
	17	温度計さや管	6.2	-	63.8	1.6	-	-	-	-	-	26.0	2.4	
	18	塔頂部ノズル長手溶接部	5.4	-	60.2	1.6	2.9	21.8	0.6	-	-	6.4	1.1	
	19	鏡部ノズル座溶接部	6.8	1.6	60.7	1.0	3.0	26.3	-	-	0.6	-	-	
	20	胴長手溶接部	4.3	0.8	62.1	0.6	3.3	28.6	-	-	-	0.3	-	
ベント配管	21	硝酸蒸気入口側付近	5.5	-	62.4	2.2	2.7	18.3	-	-	-	7.5	1.4	
	22	配管中央付近	11.3	-	58.6	1.7	-	-	-	-	-	25.5	2.9	
	23	硝酸蒸気出口側付近	4.5	-	62.7	2.2	-	19.9	-	-	-	9.2	1.5	
	24	配管長手溶接部 (入口付近)	8.1	-	59.8	1.5	1.9	16.2	-	-	-	10.6	1.9	
	25	配管長手溶接部 (出口付近)	4.6	-	61.7	1.3	1.6	19.3	-	-	-	10.0	1.5	

表4.6-3 ESCAによる表面元素定量分析結果 (Zr製)

部 材	評価部位		定量元素 (原子%)										Total:100%
			C	N	O	Na	Al	Si	K	Ca	Fe	Ti	
伝熱管	1	上部管板から0.5m付近	4.7	-	59.4	2.4	-	-	-	-	1.3	15.6	16.6
	2	上部管板から2.0m付近	3.6	-	62.8	1.0	-	-	-	-	-	-	32.6
	3	下部管板から0.5m付近	5.1	-	59.9	1.0	-	-	-	-	-	10.6	23.4
加熱上部 チャンネル	4	鏡 部	4.3	-	61.2	1.6	-	2.9	-	-	1.1	20.6	8.3
	5	胴 部	2.6	-	62.7	1.8	0.7	9.9	-	-	-	-	22.3
	6	温度計さや管	2.0	-	61.5	-	-	-	-	-	-	-	36.5
	7	胴長手溶接部	9.0	-	59.1	1.3	1.5	6.7	-	-	1.0	14.0	7.4
	8	上部連絡管ノズル座溶接部	4.8	-	61.1	-	0.8	17.1	-	-	-	-	16.2
上部連絡管	9	上部伸縮管平行胴/上部	15.0	-	55.6	4.0	-	2.9	-	-	-	17.0	5.5
		上部伸縮管平行部/下部	-	-	63.6	1.1	-	-	-	-	-	-	35.3
	10	上部伸縮管/上部	5.5	-	58.5	-	2.4	28.8	-	-	0.6	2.7	-
		上部伸縮管/下部	7.8	-	58.6	0.8	2.5	14.3	-	-	-	1.8	14.3
	11	上部伸縮管/平行胴溶接部	2.3	-	61.1	0.8	0.9	4.2	-	-	-	1.7	29.0
	12	伸縮管/ノズル座溶接部	1.4	-	63.3	-	-	-	-	-	-	-	35.3

表4.6-4 ESCAによる表面元素定量分析結果 (Zr製)

部 材	評価部位	定量元素 (原子%)										Total:100%
		C	N	O	Na	Al	Si	K	Ca	Fe	Ti	
蒸 発 部 塔 頂 部	13 鏡 部	3.7	1.1	59.4	-	2.7	31.9	-	0.4	-	-	0.8
	14 塔頂部ノズル	5.9	1.5	62.4	-	-	26.5	-	-	-	-	3.7
	15 塔頂部ノズル座	8.6	2.1	56.2	-	3.6	25.2	-	-	0.9	-	3.4
	16 胴 部	7.4	1.0	57.6	0.4	7.8	20.8	-	-	-	-	5.0
	17 温度計さや管	4.2	-	59.5	0.8	2.5	7.4	-	-	1.2	-	24.4
	18 頂部ノズル長手溶接部	3.4	1.1	61.6	0.5	2.0	30.6	-	0.3	-	-	0.5
	19 鏡部/塔頂部ノズル座溶接部	6.7	1.1	57.3	1.0	4.8	21.2	-	-	0.7	-	7.2
	20 胴長手溶接部	8.2	-	58.1	0.5	3.5	20.4	-	-	-	-	9.3
ベント配管	21 硝酸蒸気入口側付近	10.2	2.5	54.7	0.7	2.1	27.1	-	-	-	-	2.7
	22 配管中央付近	3.8	-	62.6	0.5	-	-	-	-	-	-	33.1
	23 硝酸蒸気出口側付近	5.0	2.1	59.9	1.3	2.9	26.4	-	-	-	-	2.4
	24 配管長手溶接部 (入口付近)	8.0	2.0	56.8	0.6	1.7	26.5	-	-	-	-	4.4
	25 配管長手溶接部 (出口付近)	8.3	1.9	57.5	1.2	4.2	20.7	-	-	-	-	6.2

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi137 T1

SCALE FACTOR= 21.292 k c/s, OFFSET= 1.322 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

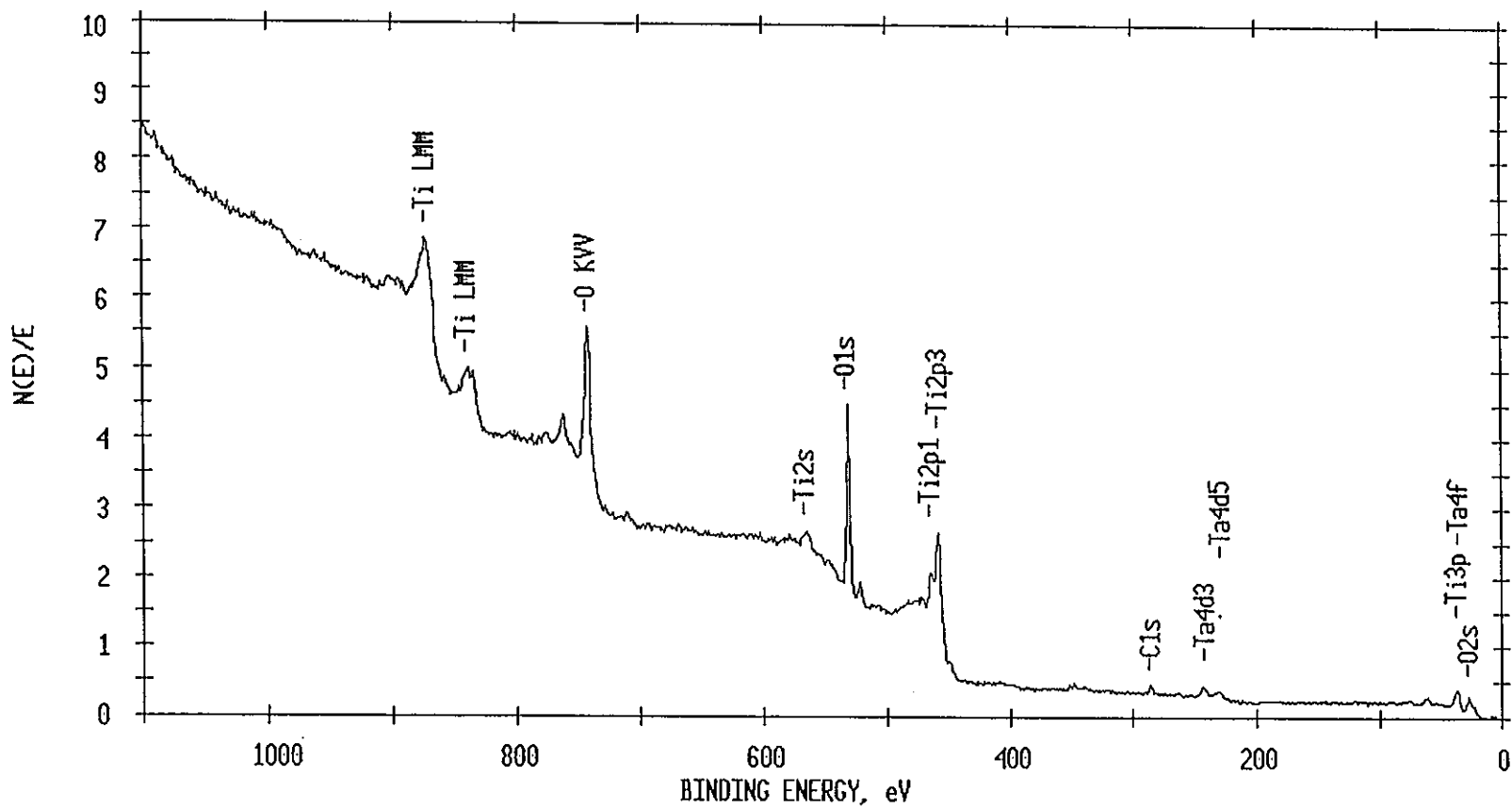


図4.6-1 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位1/伝熱管/上部管板から0.5m付近)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi141 T2

SCALE FACTOR= 23.210 k c/s, OFFSET= 1.244 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

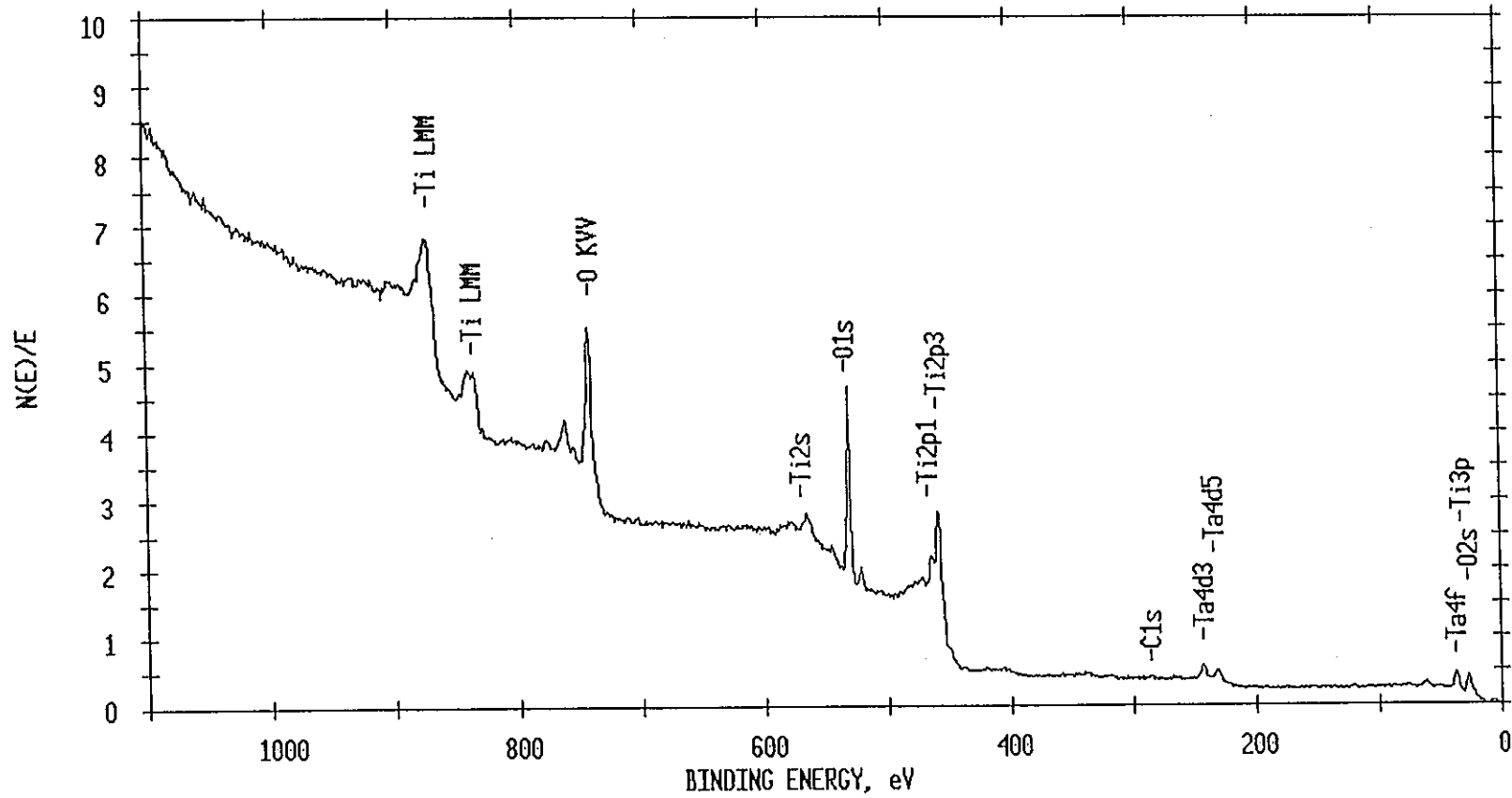


図4.6-2 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位2/伝熱管/上部管板から2.0m付近)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi145 T3

SCALE FACTOR= 22.668 k c/s, OFFSET= 1.322 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

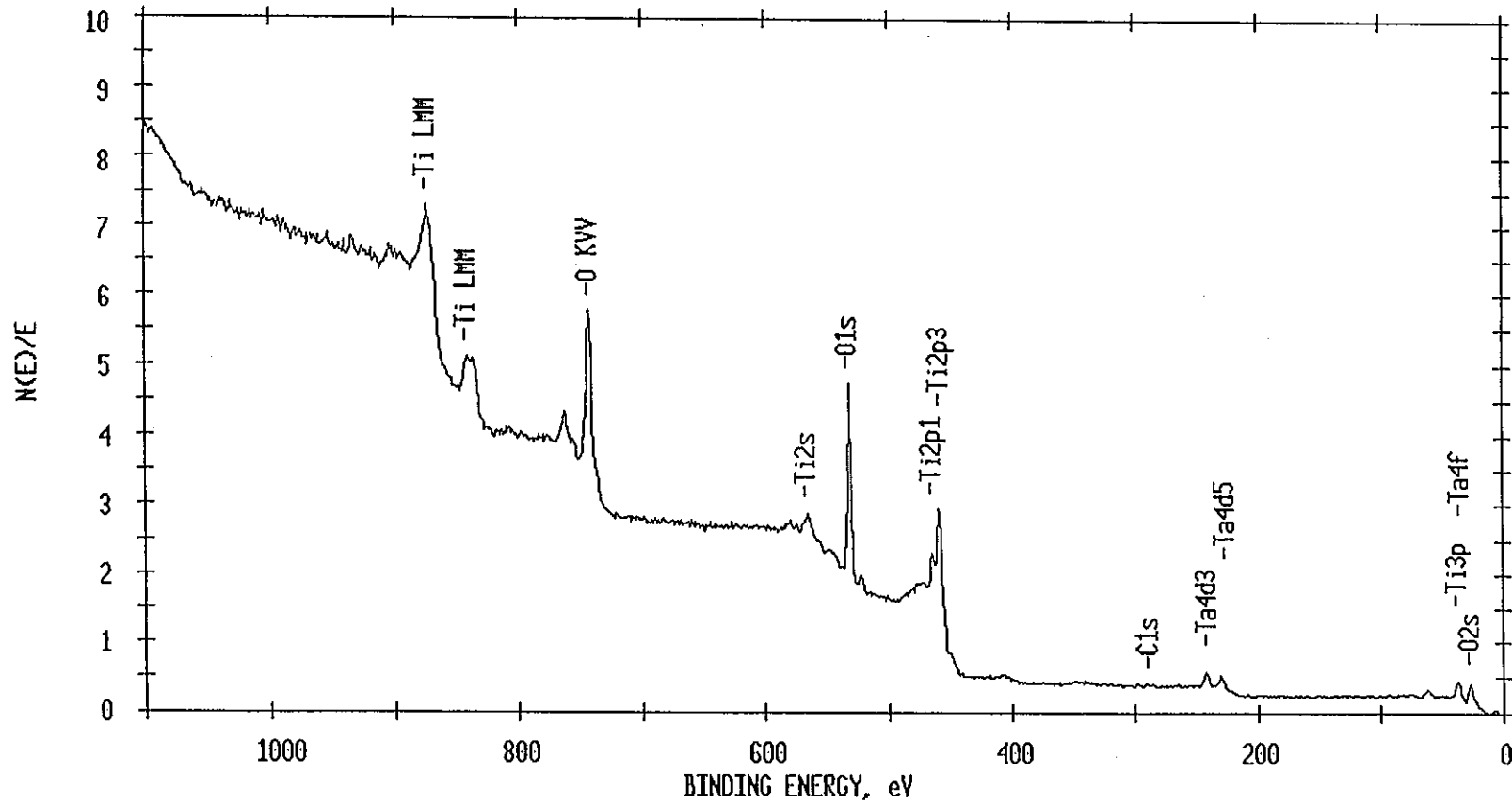


図4.6-3 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)

ESCA SURVEY 2/4/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi44 T4-G

SCALE FACTOR= 17.371 k c/s, OFFSET= 1.072 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

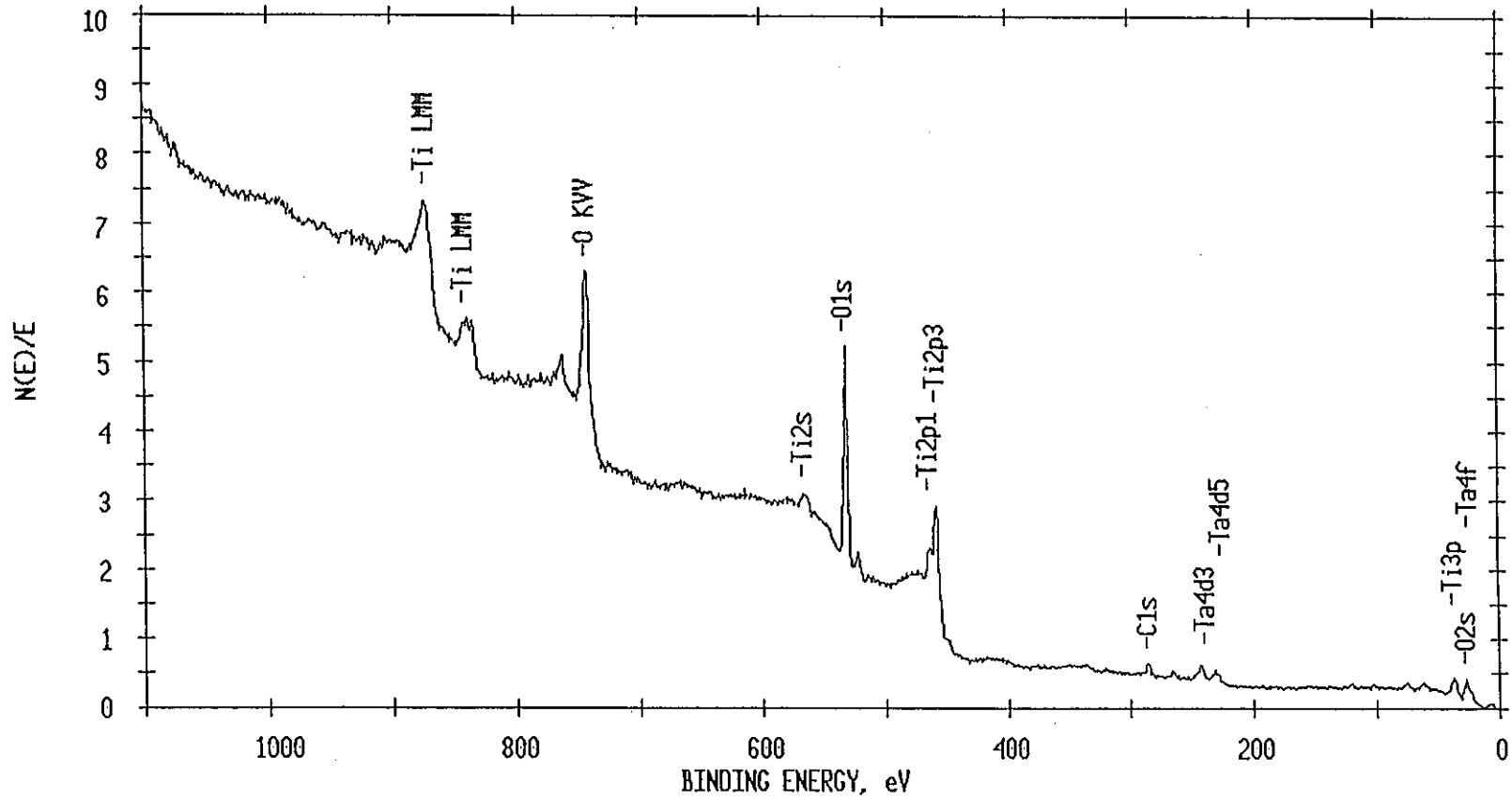


図4.6-4 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位4 / 加熱部上部チャンネル / 鏡部)

ESCA SURVEY 2/4/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi28 T-5G
 SCALE FACTOR= 23.711 k c/s, OFFSET= 1.244 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

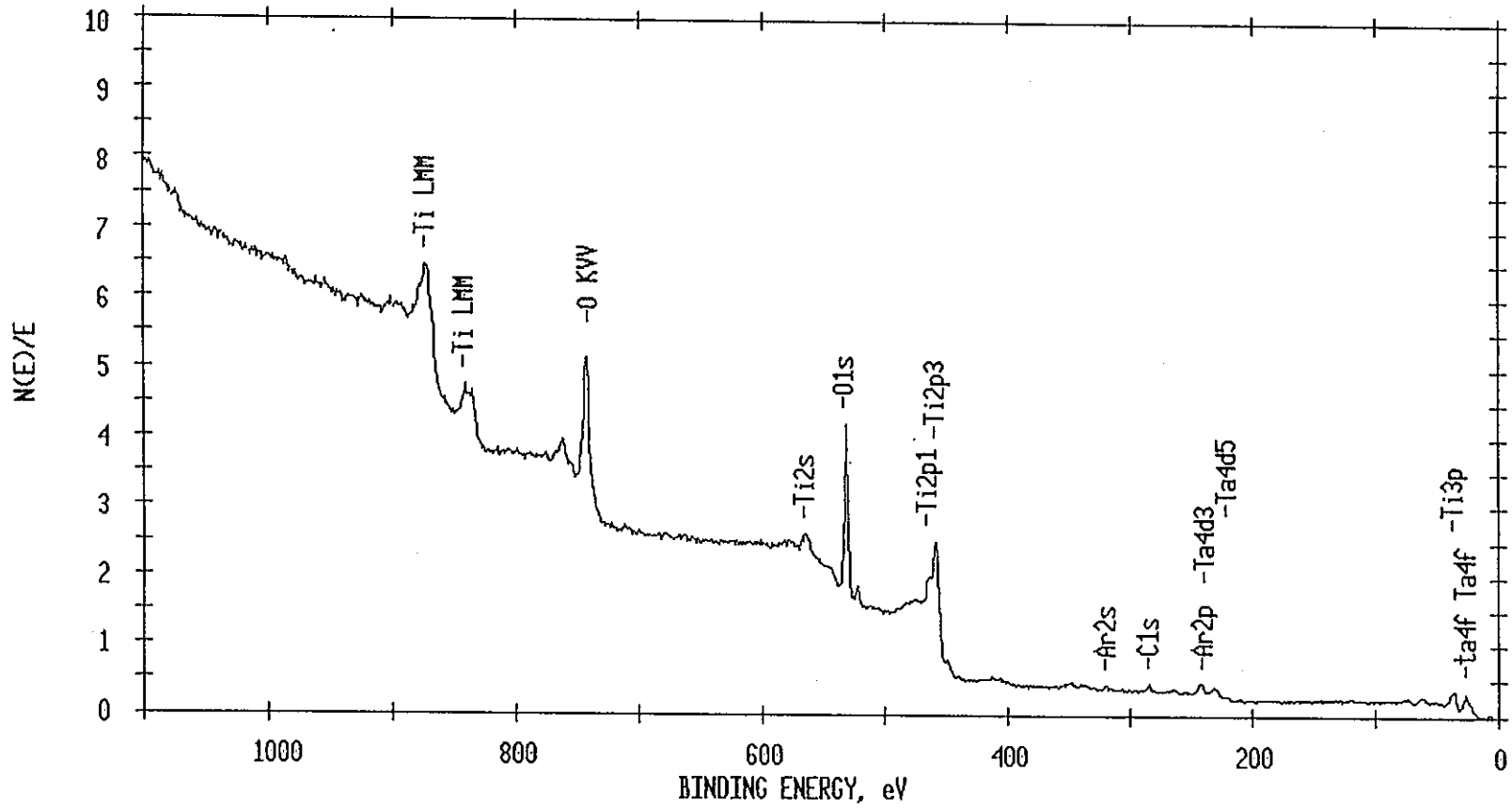


図4.6-5 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位5/加熱部上部チャンネル/胴部)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi149 T6

SCALE FACTOR= 20.188 k c/s, OFFSET= 1.122 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

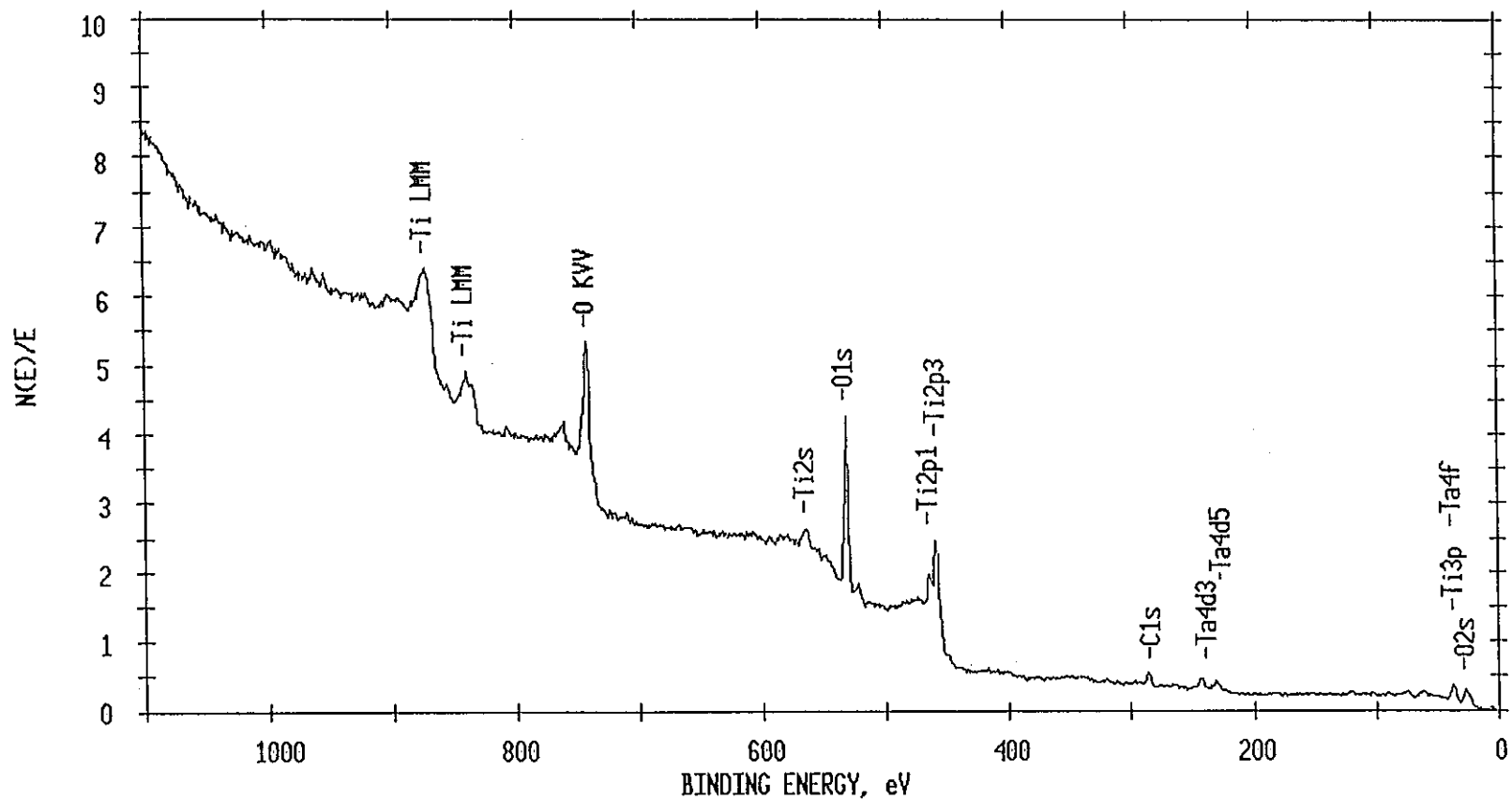


図4.6-6 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位6/加熱部上部チャンセル/温度計さや管)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi48.T7-G

SCALE FACTOR= 19.355 k c/s, OFFSET= 1.344 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

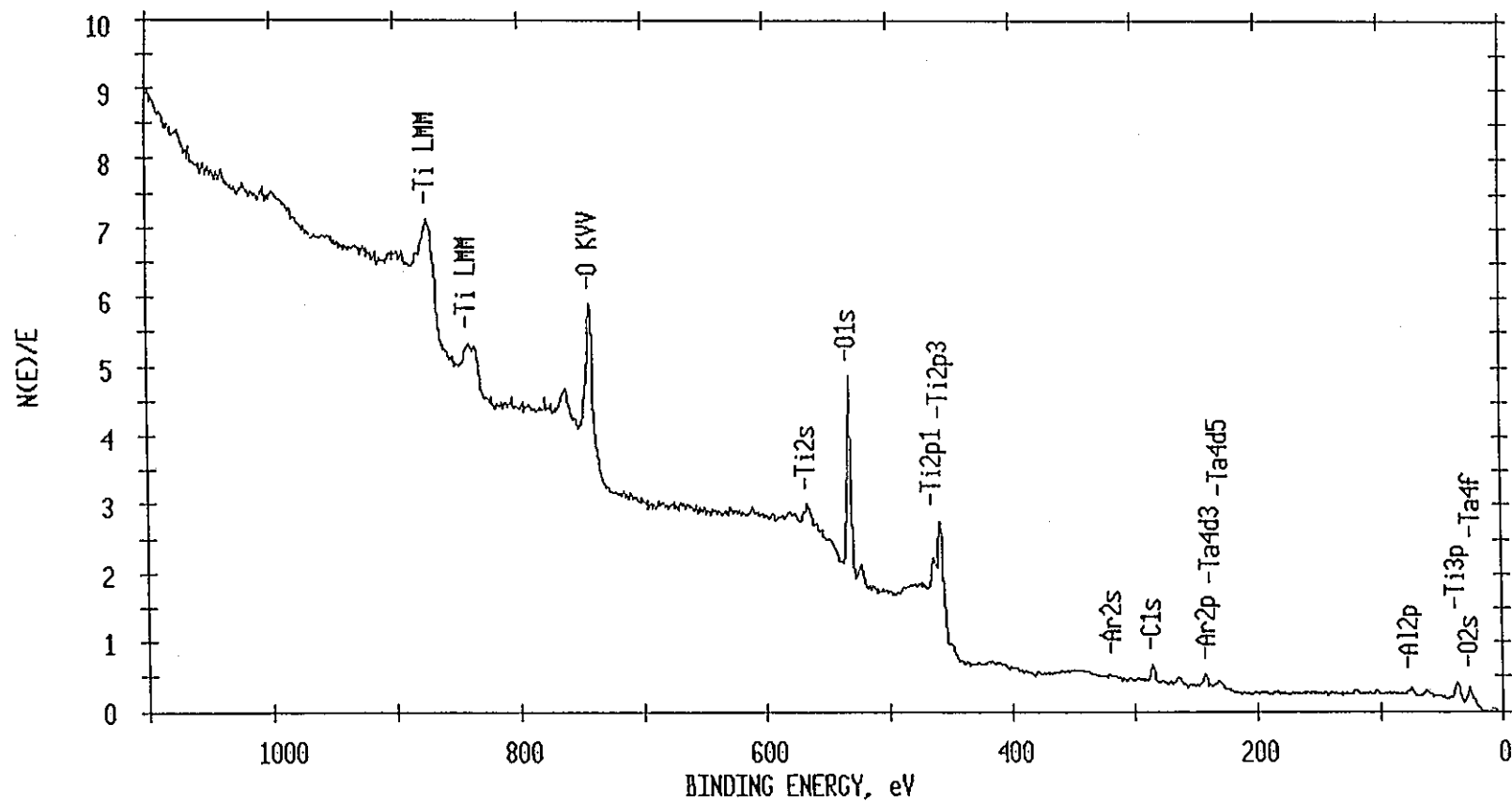


図4.6-7 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi133 T8-G

SCALE FACTOR= 14.121 k c/s, OFFSET= 0.889 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

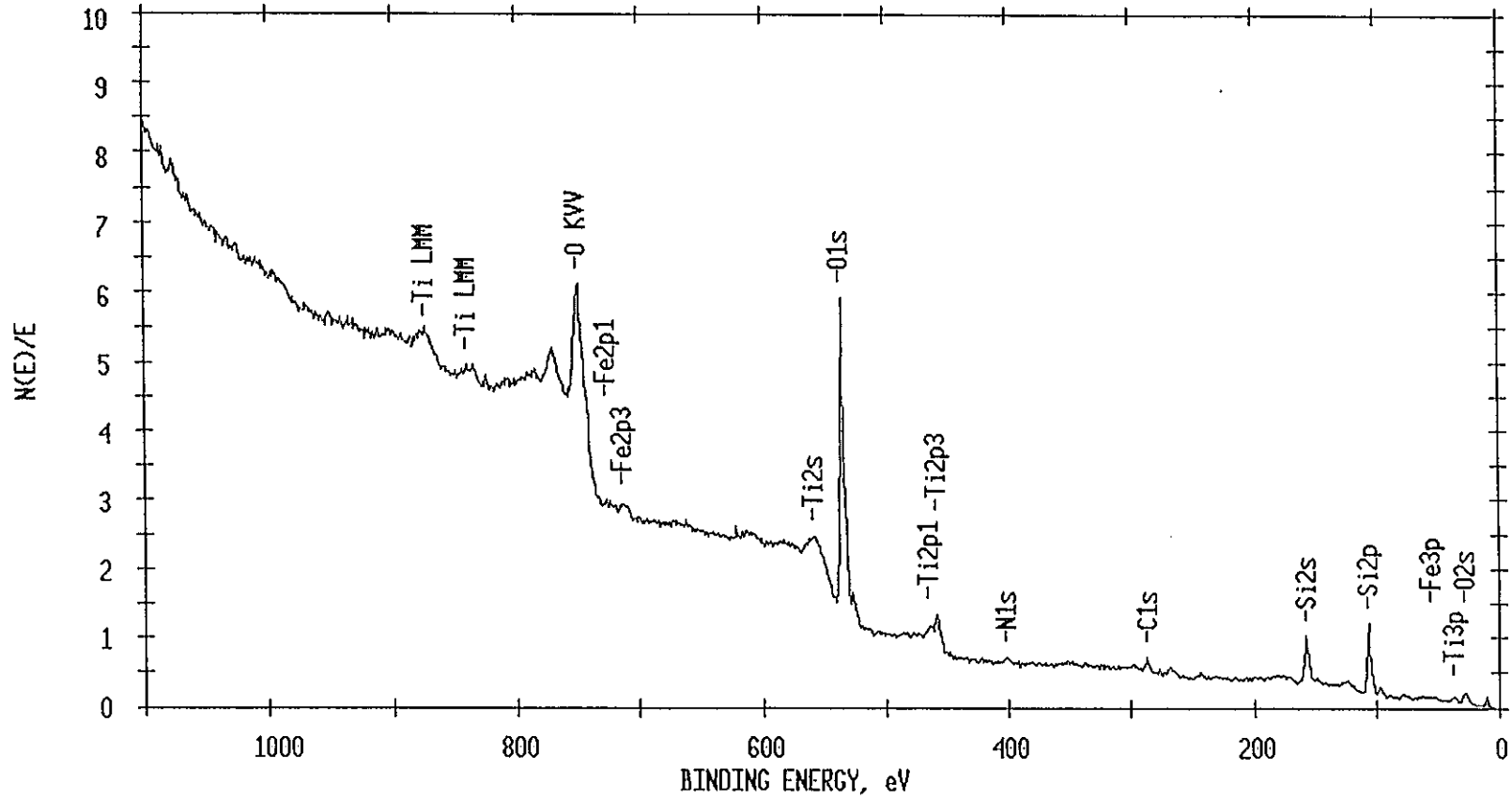


図4.6-8 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位8/加熱部上部チャネル/上部連絡管ノズル座溶接部)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi157 T9T

SCALE FACTOR= 17.010 k c/s, OFFSET= 0.900 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

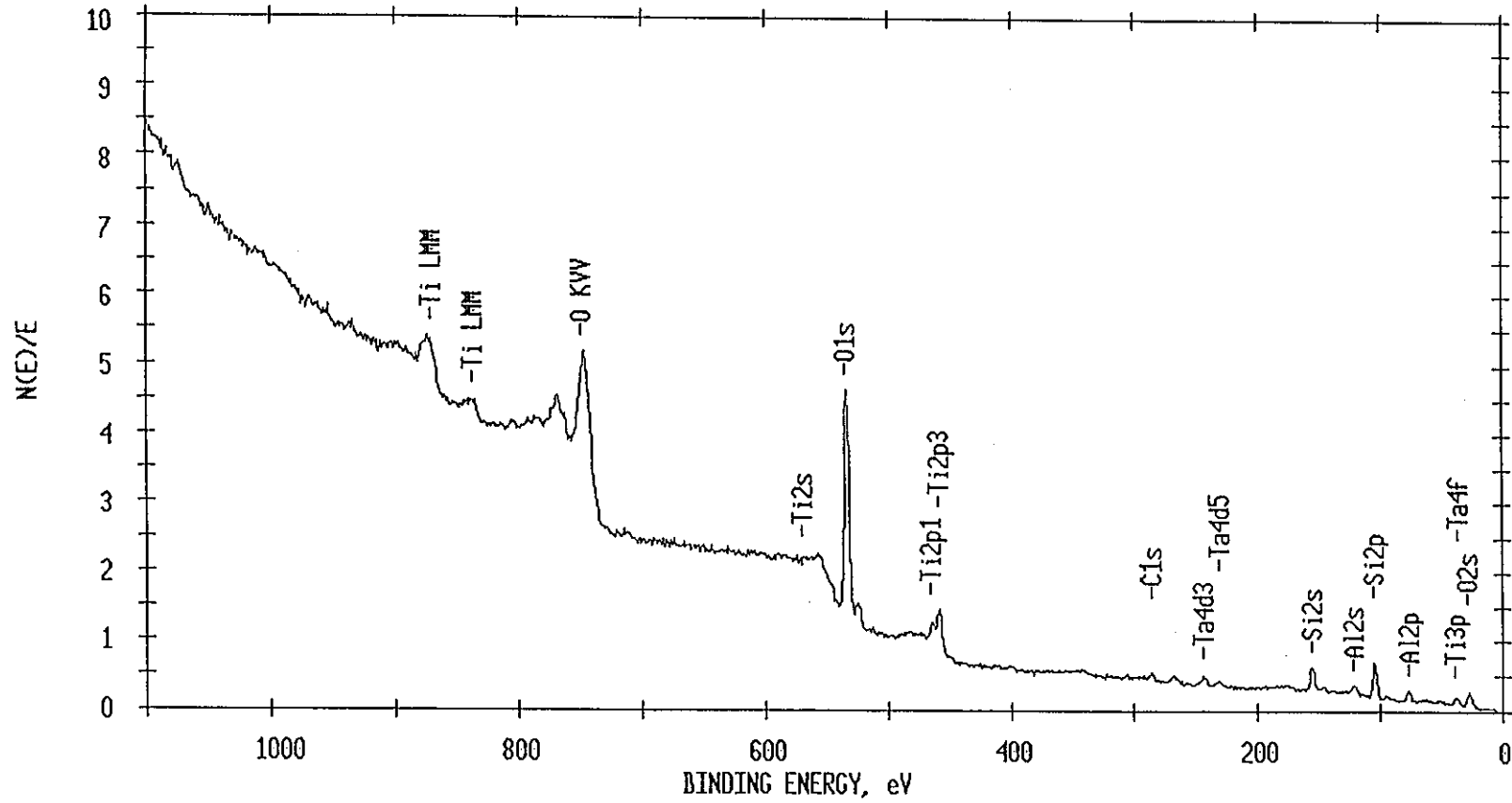


図4.6-9 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-気相部)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi153 T9B

SCALE FACTOR= 17.464 k c/s, OFFSET= 0.911 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

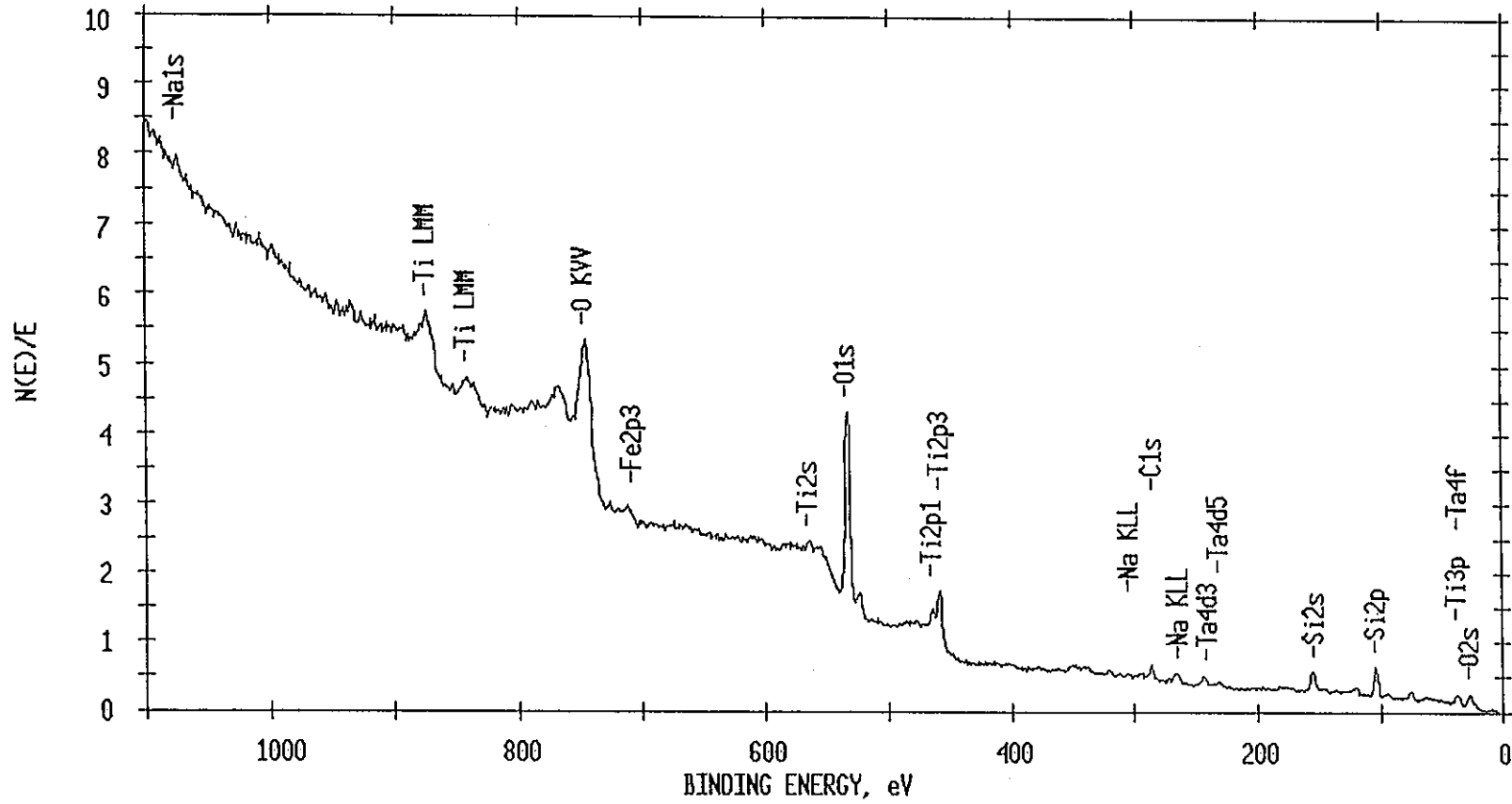


図4.6-10 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴-液相部)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi165 T10T
SCALE FACTOR= 20.608 k c/s, OFFSET= 1.167 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

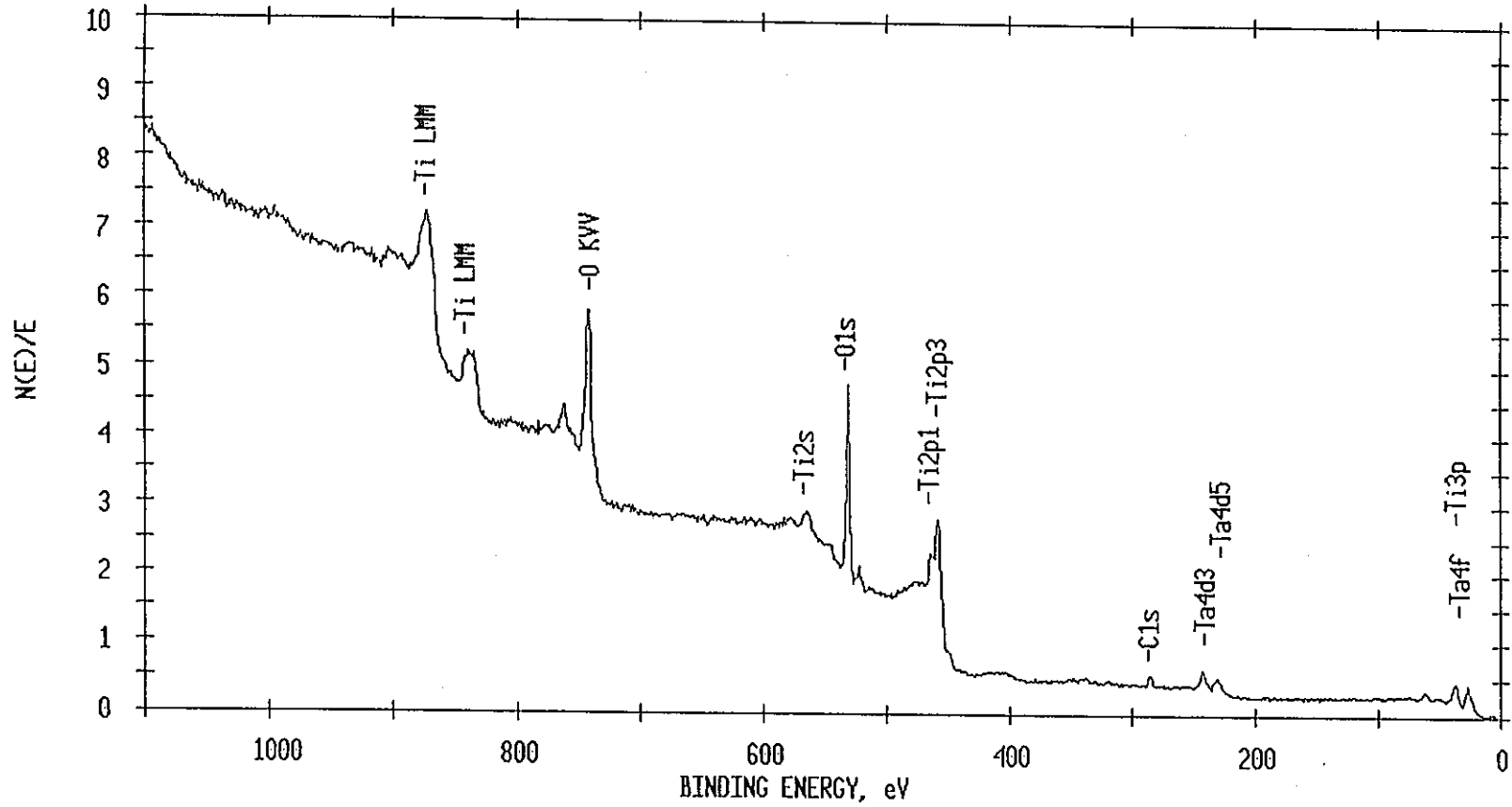


図4.6-11 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-気相部)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi161 T10

SCALE FACTOR= 21.136 k c/s, OFFSET= 1.044 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

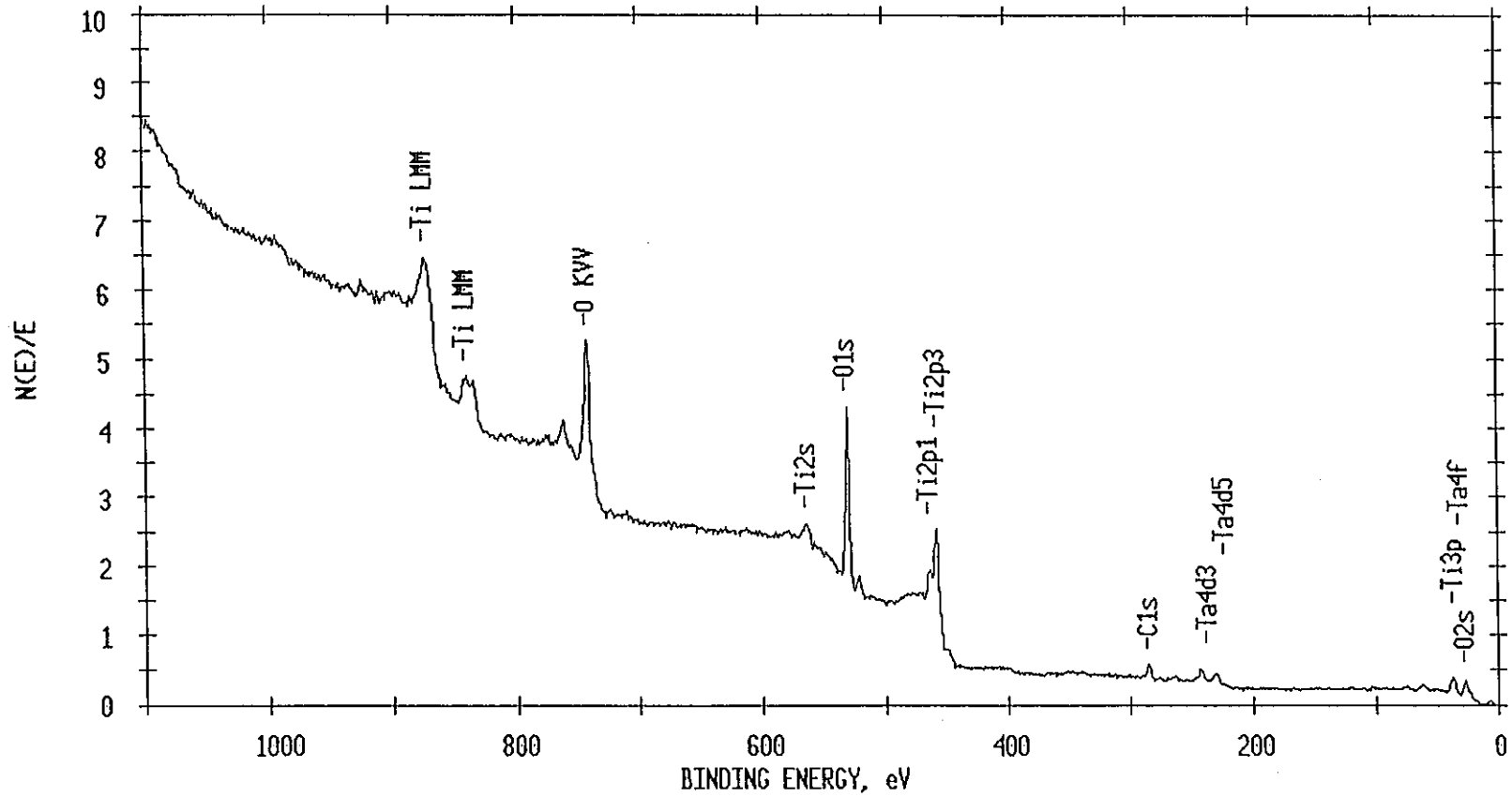


図4.6-12 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-液相部)

ESCA SURVEY 2/10/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi169 T11
SCALE FACTOR= 19.898 k c/s, OFFSET= 1.150 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

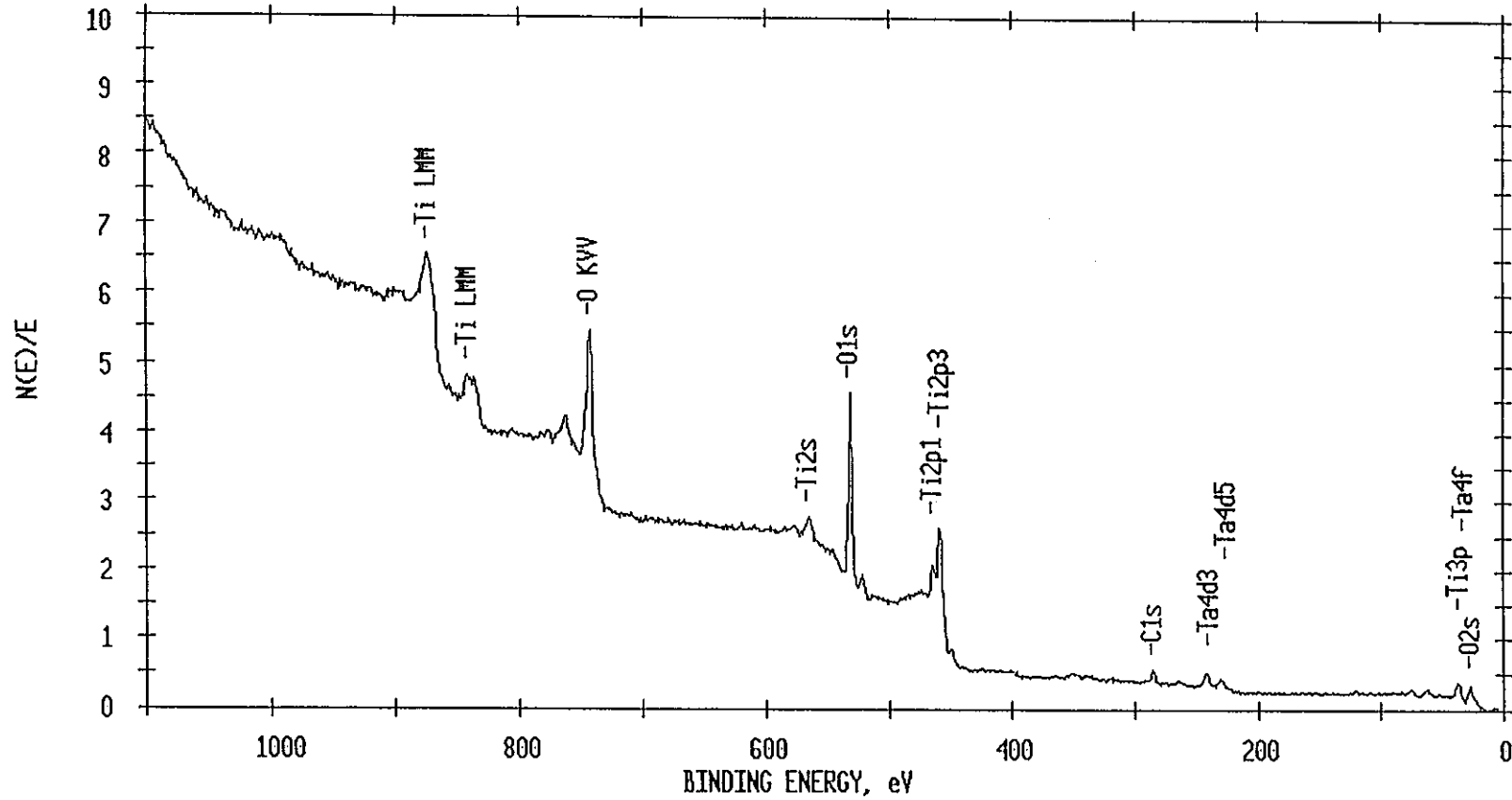


図4.6-13 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位11 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi173 T12

SCALE FACTOR= 18.323 k c/s, OFFSET= 1.083 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

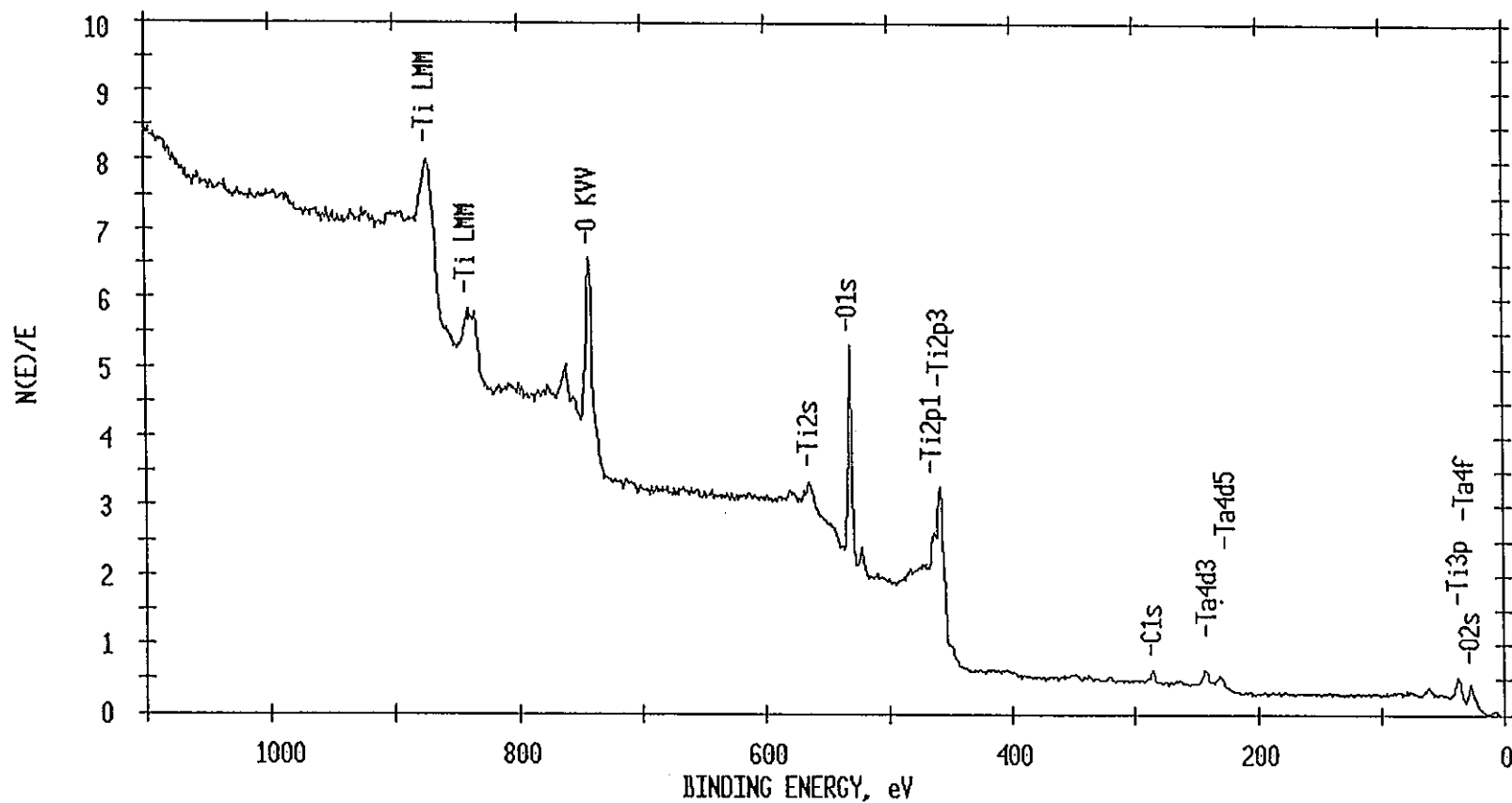


図4.6-14 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位12/上部連絡管/伸縮管/スリ座溶接部)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi52 T13-G
SCALE FACTOR= 11.703 k c/s, OFFSET= 0.744 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

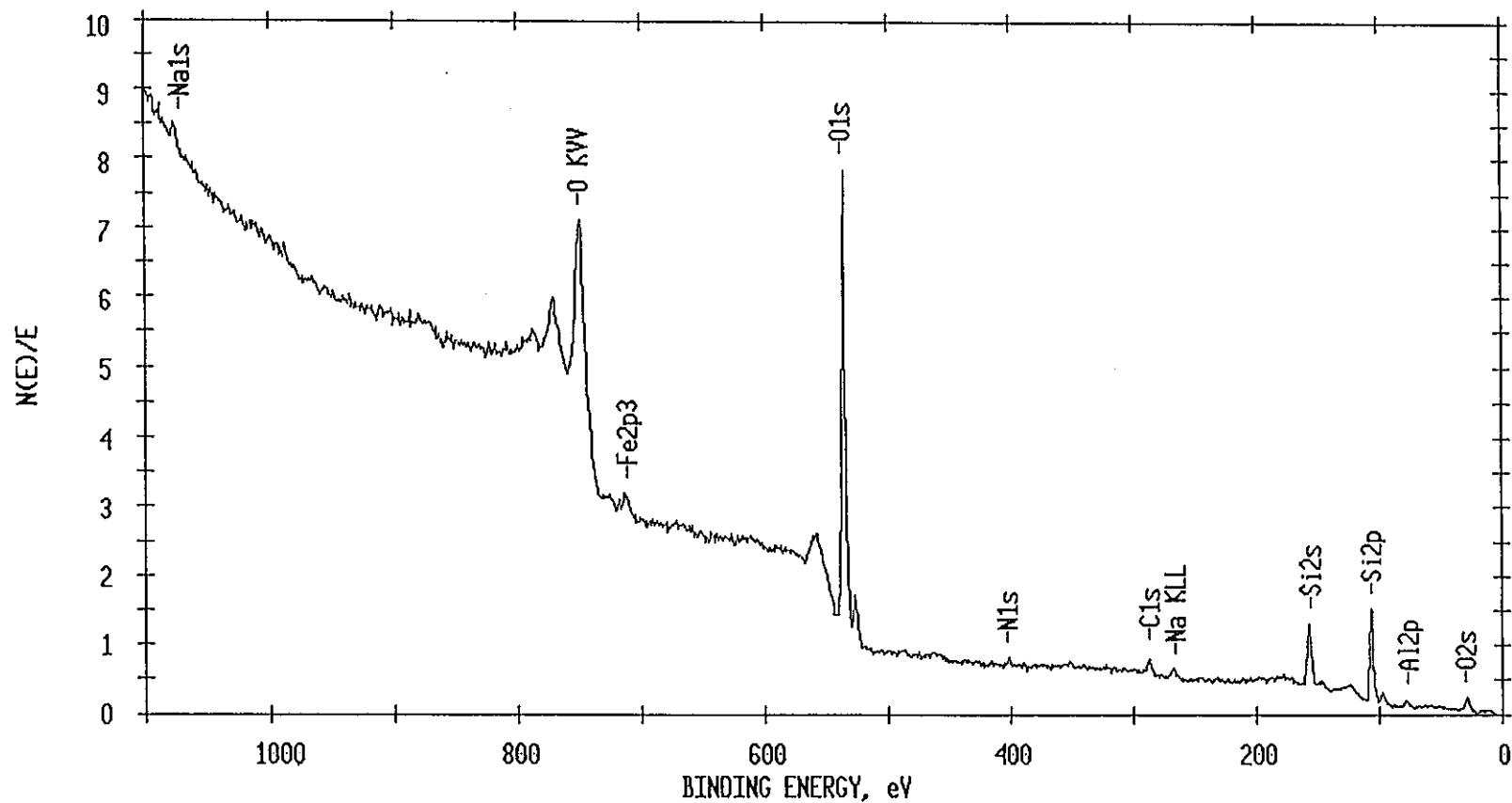


図4.6-15 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi72 T14-G
SCALE FACTOR= 12.879 k c/s, OFFSET= 0.700 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

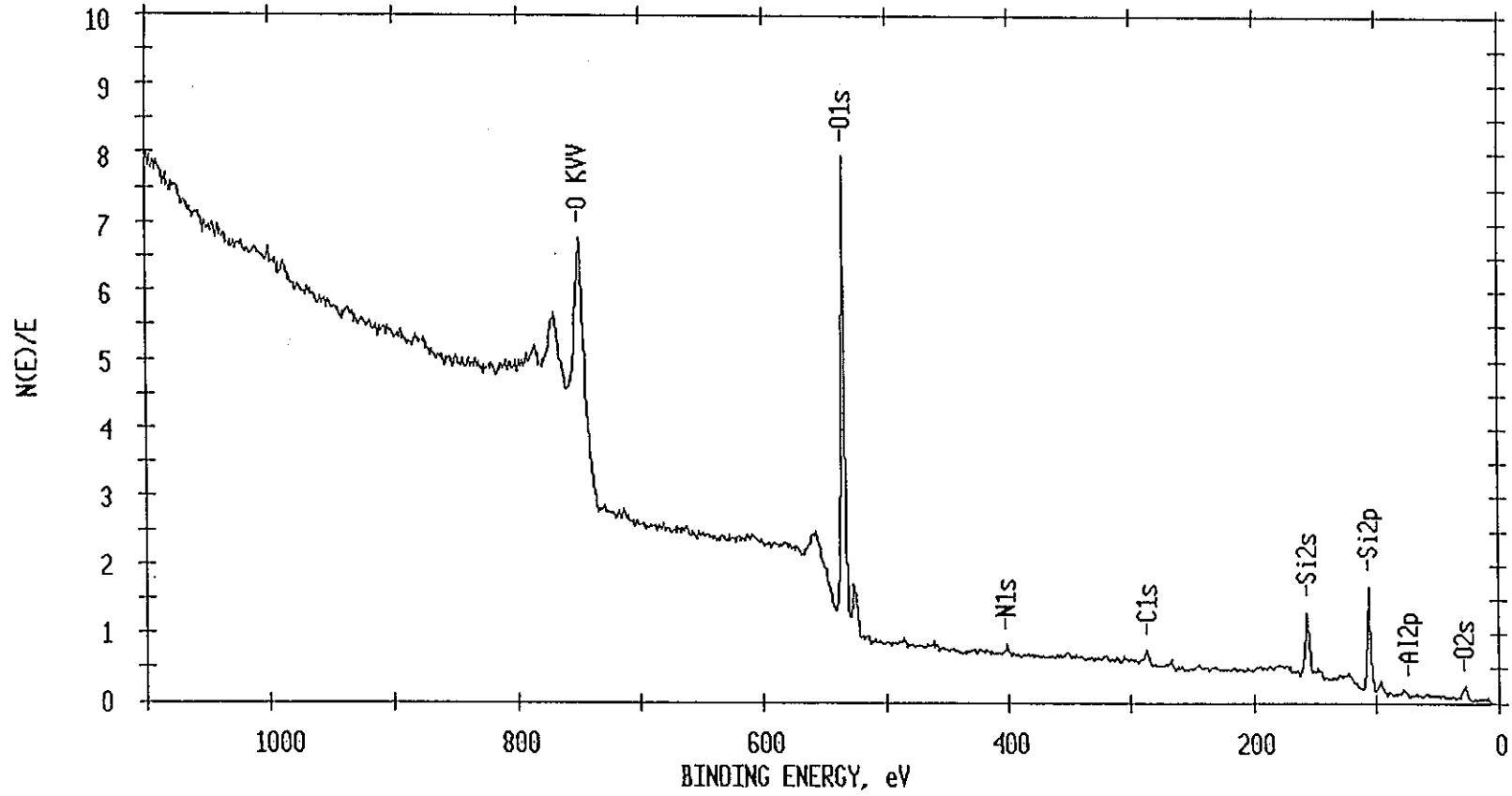


図4.6-16 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位14/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi56 T15-G
 SCALE FACTOR= 13.958 k c/s, OFFSET= 0.689 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

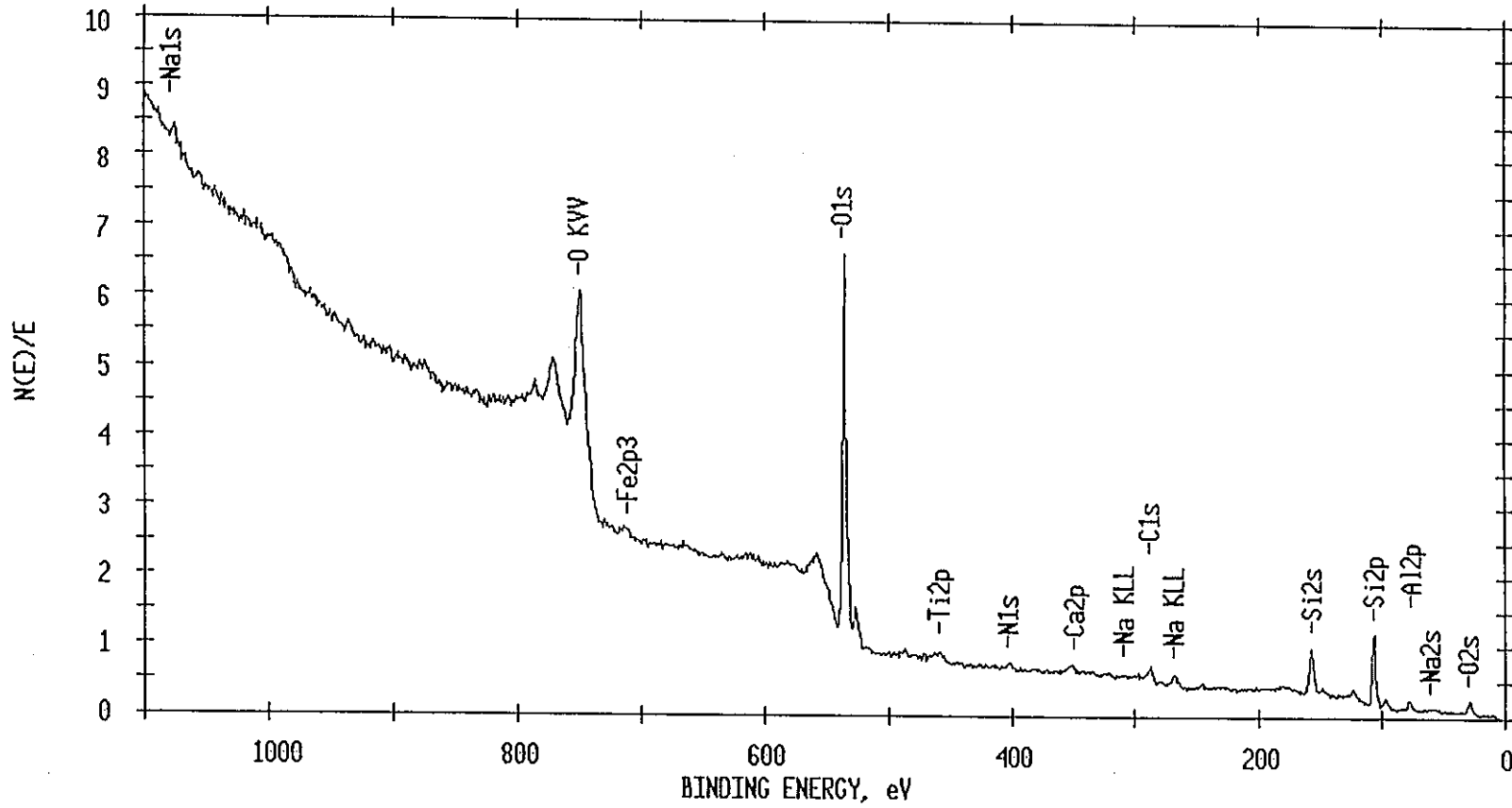


図4.6-17 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部ノル座)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi60 T16-G

SCALE FACTOR= 18.443 k c/s, OFFSET= 1.356 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

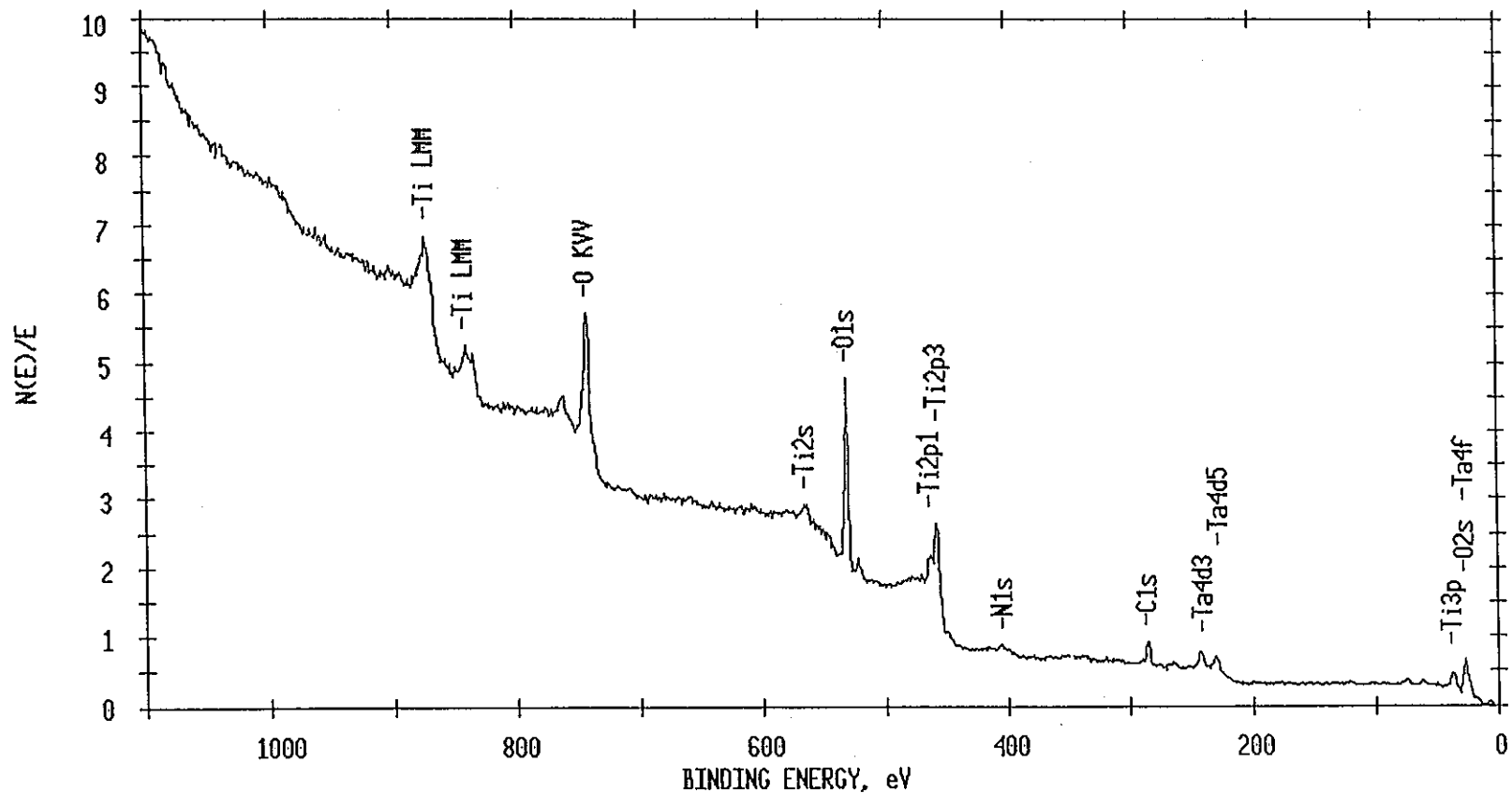


図4.6-18 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位16/蒸発部塔頂部/胴部)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi177 T17

SCALE FACTOR= 22.090 k c/s, OFFSET= 1.356 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

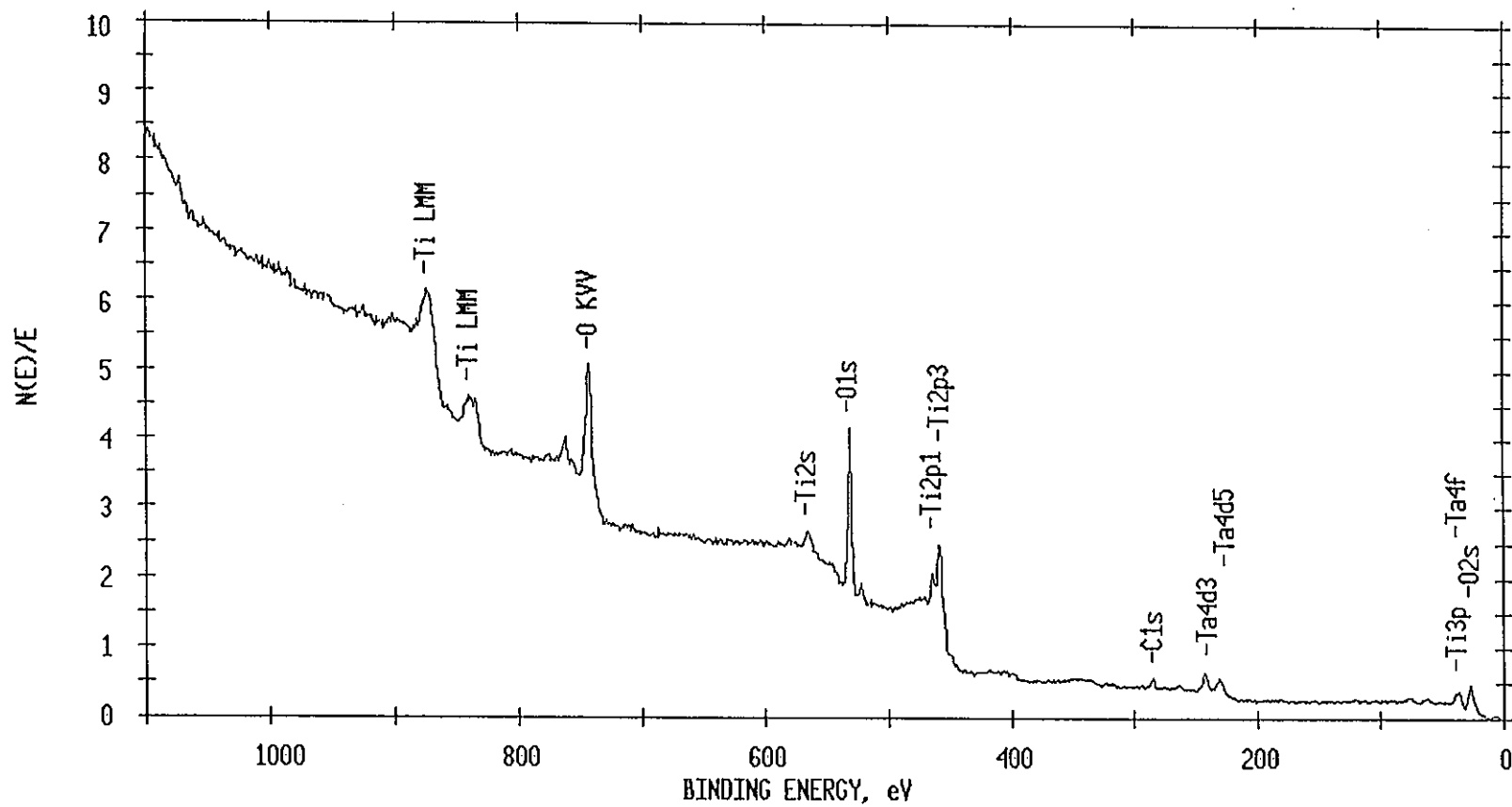


図4.6-19 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi68 T18-G
SCALE FACTOR= 16.373 k c/s, OFFSET= 1.106 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

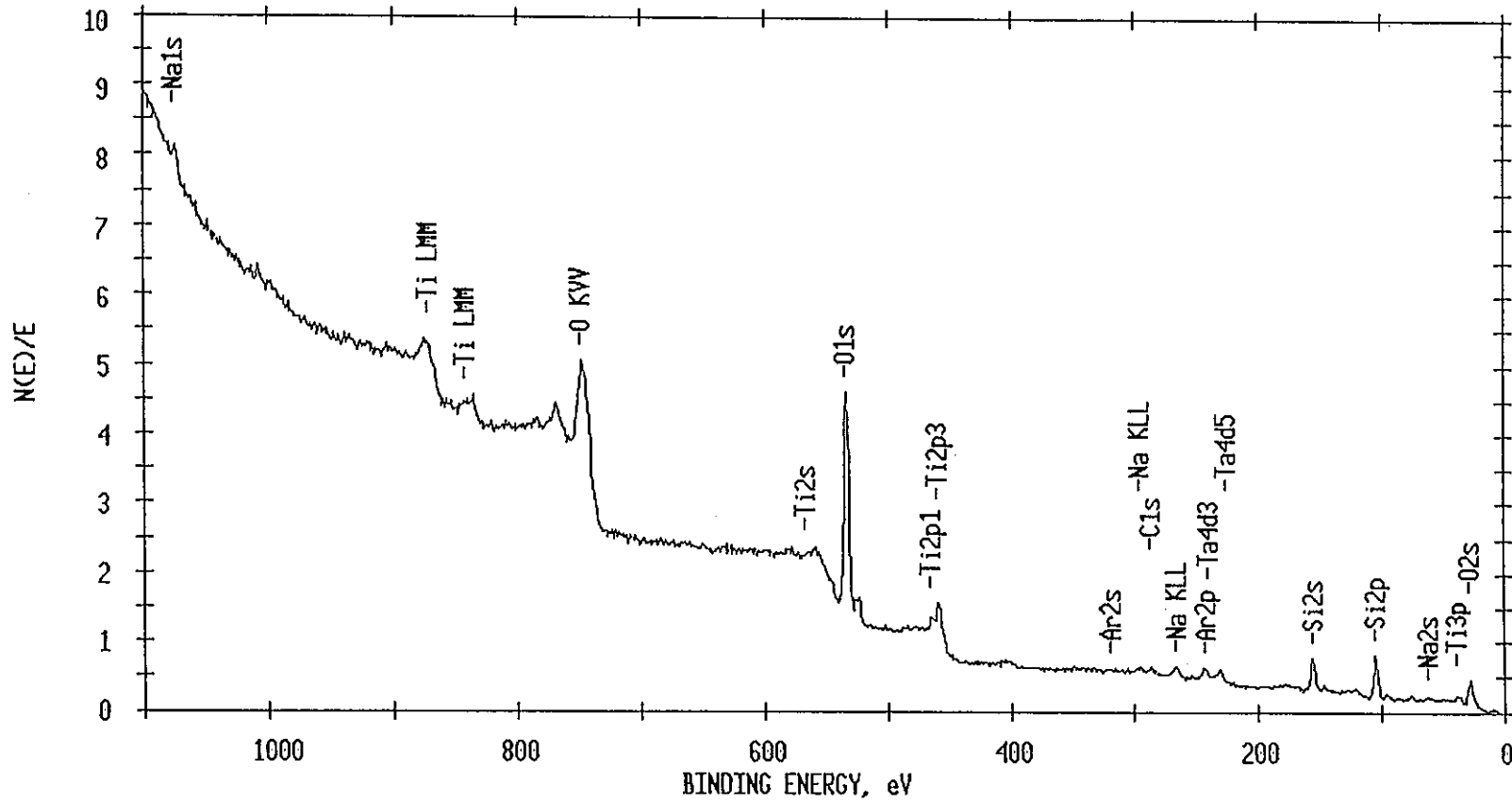


図4.6-20 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部バルブ長手溶接部)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi129 T19-G
 SCALE FACTOR= 12.065 k c/s, OFFSET= 0.778 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

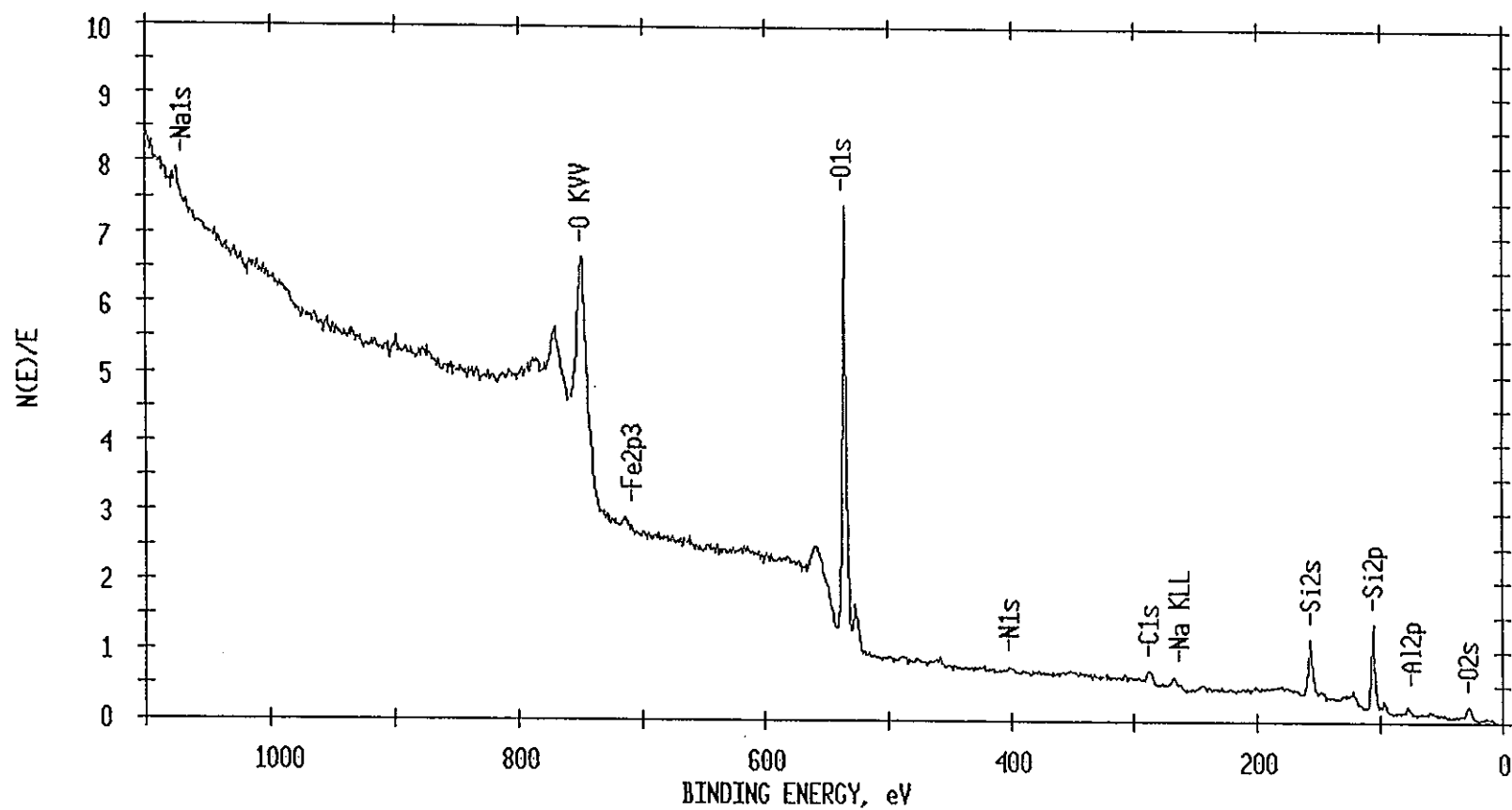


図4.6-21 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位19/蒸発部塔頂部/鏡部/塔頂部ノズル座溶接部)

ESCA SURVEY 2/4/97 ANGLE= 45 deg ACO TIME=3.30 min
 FILE: ichi40 T20-G
 SCALE FACTOR= 12.786 k c/s, OFFSET= 0.761 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

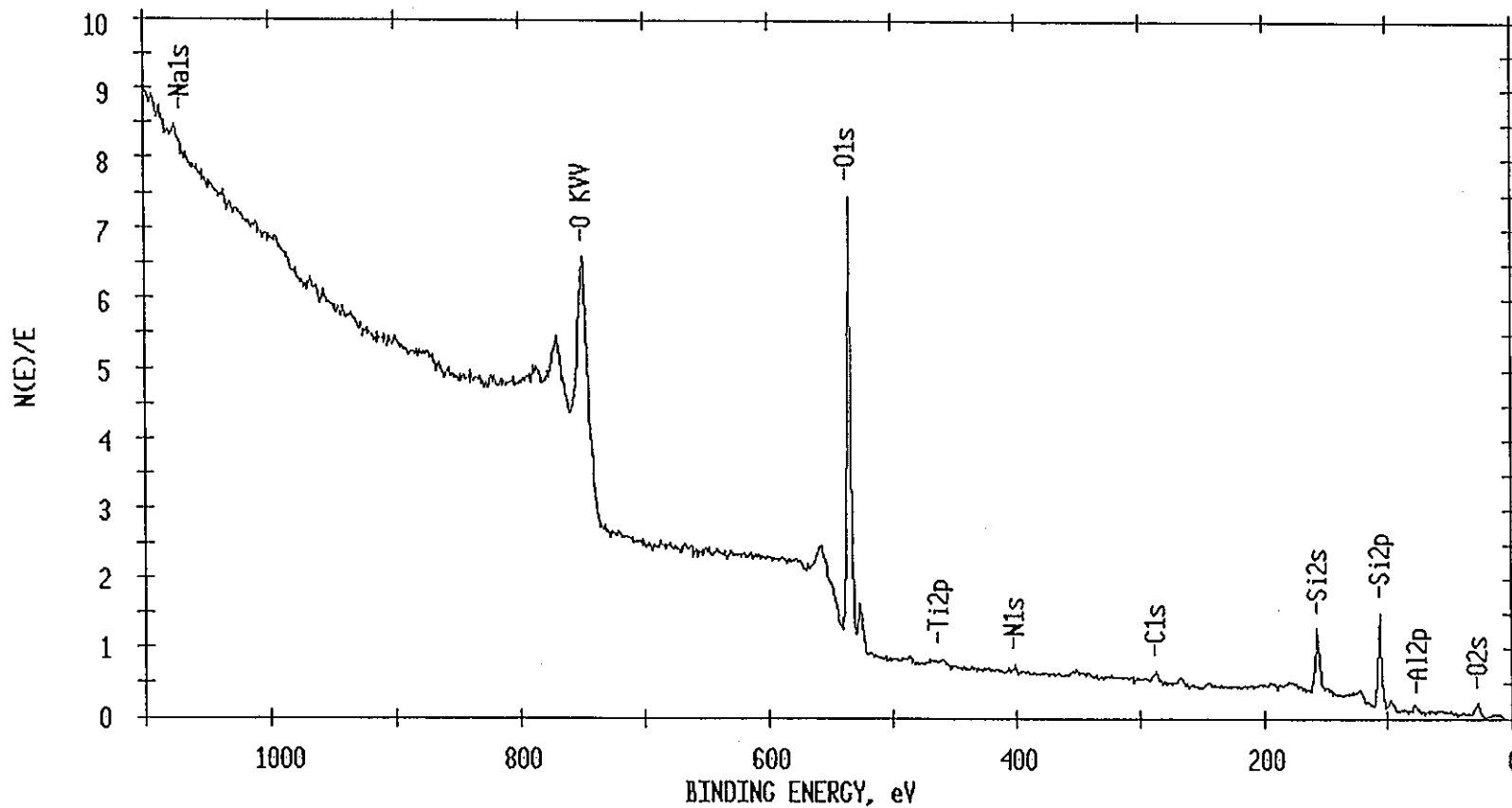


図4.6-22 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)

ESCA SURVEY 2/5/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi64 T2I-G
 SCALE FACTOR= 16.135 k c/s, OFFSET= 1.278 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

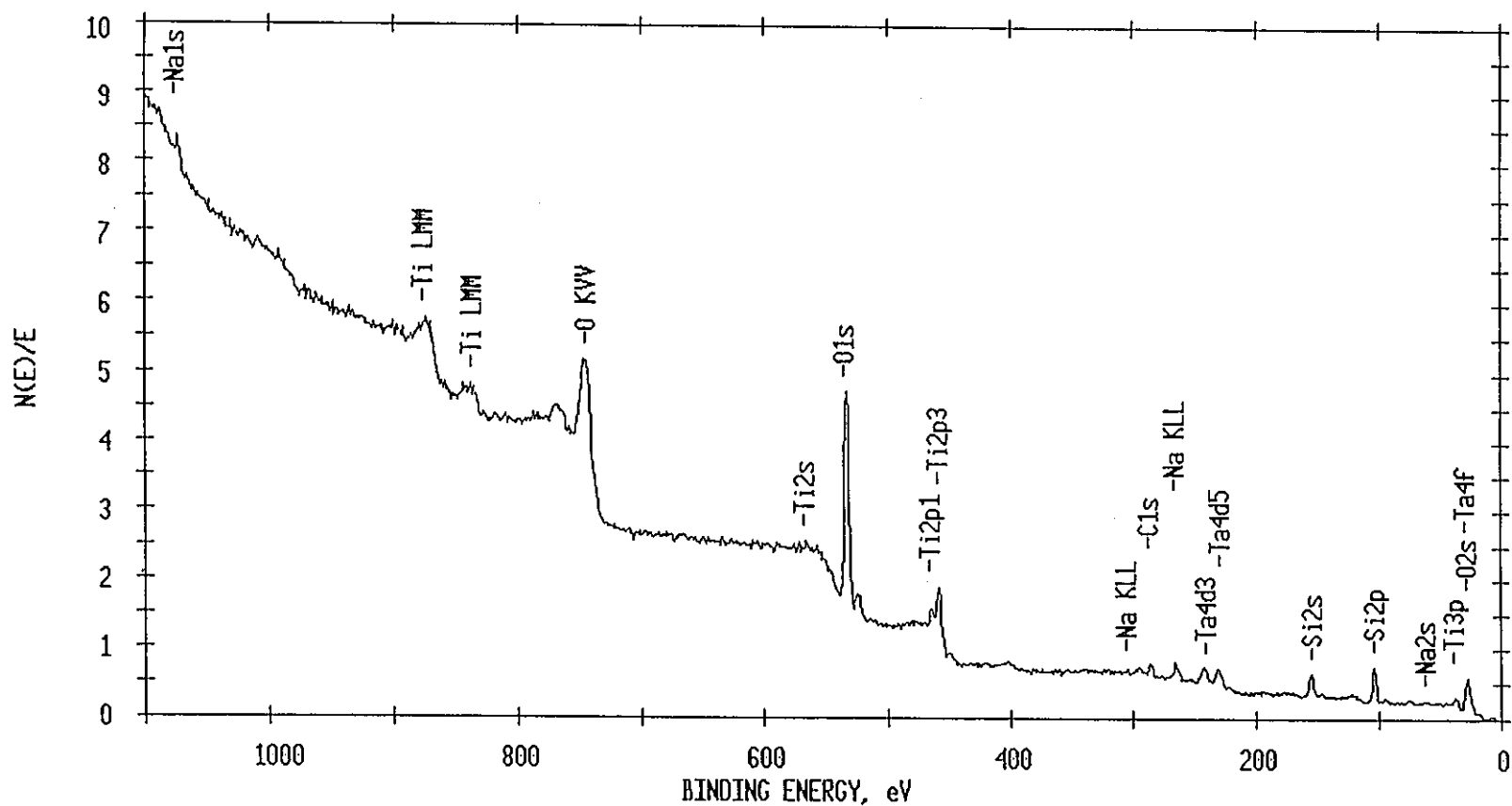


図4.6-23 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位21/バンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

ESCA SURVEY 2/4/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi26 T-22G
SCALE FACTOR= 18.086 k c/s, OFFSET= 1.439 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

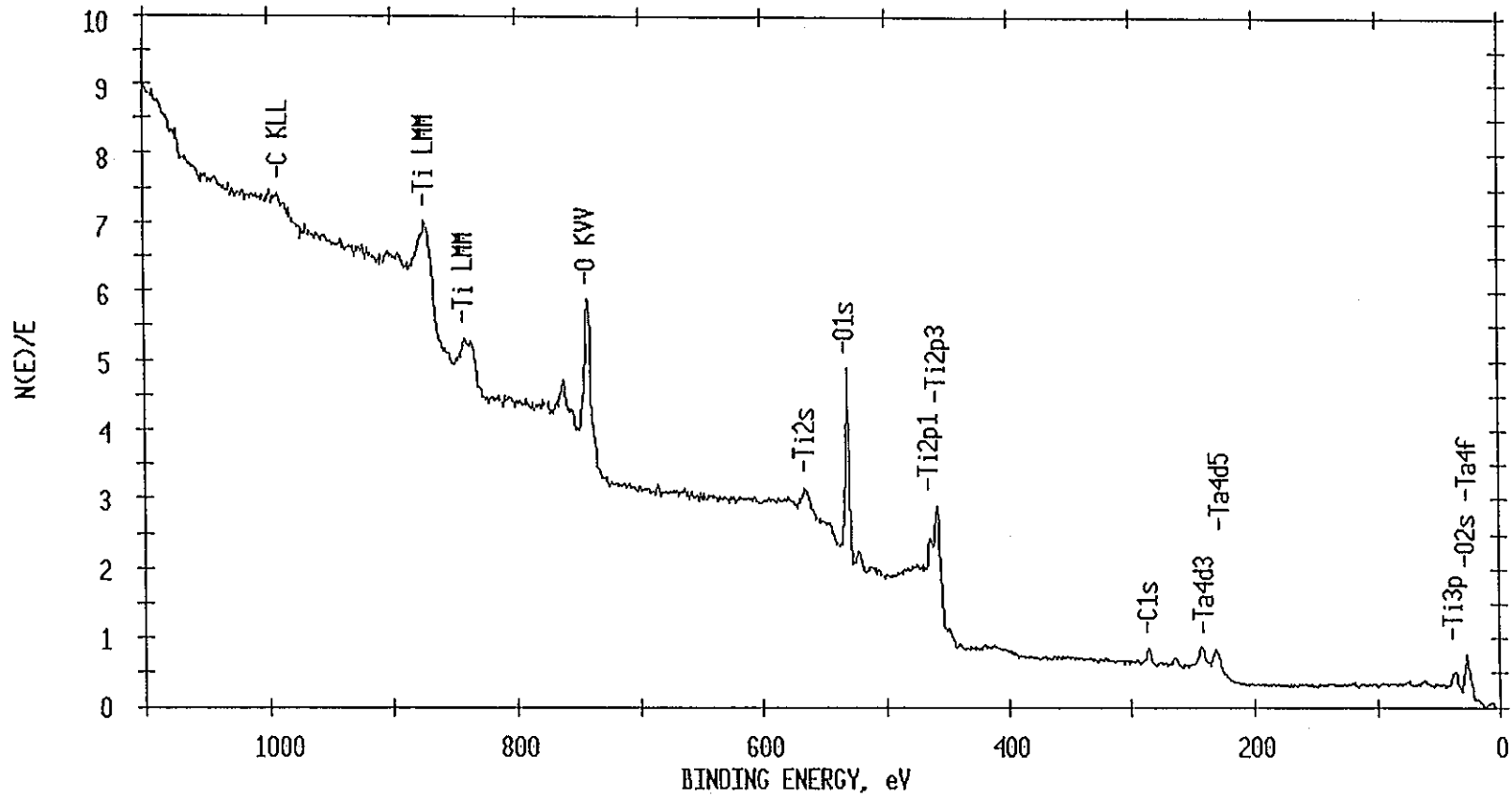


図4.6-24 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位22/バンド配管/配管中央付近)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi98 T23-G
SCALE FACTOR= 16.093 k c/s, OFFSET= 0.972 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

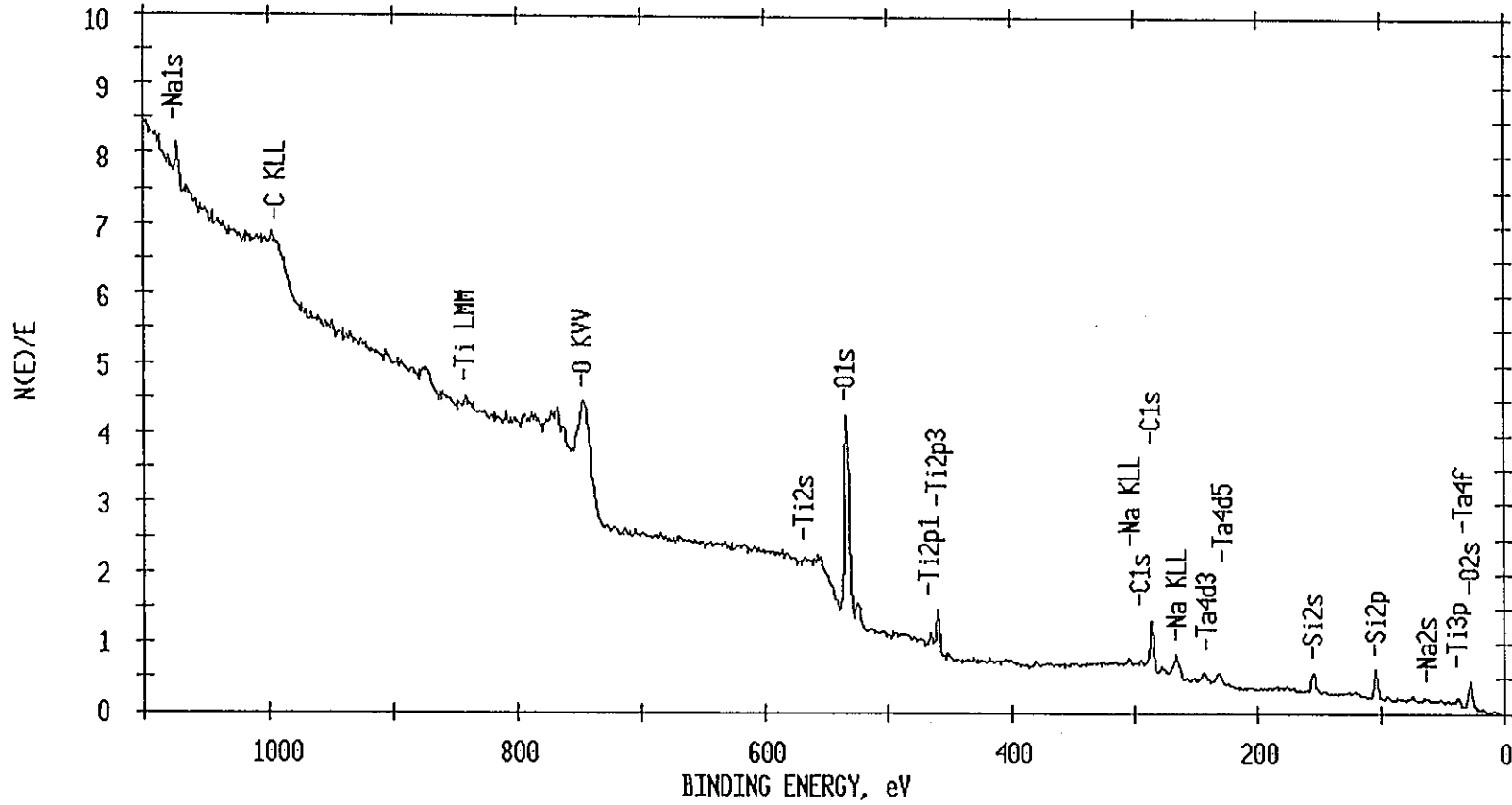


図4.6-25 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位23/ベンド配管/硝酸蒸気出口側付近)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi116 T24-G

SCALE FACTOR= 18.428 k c/s, OFFSET= 1.339 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

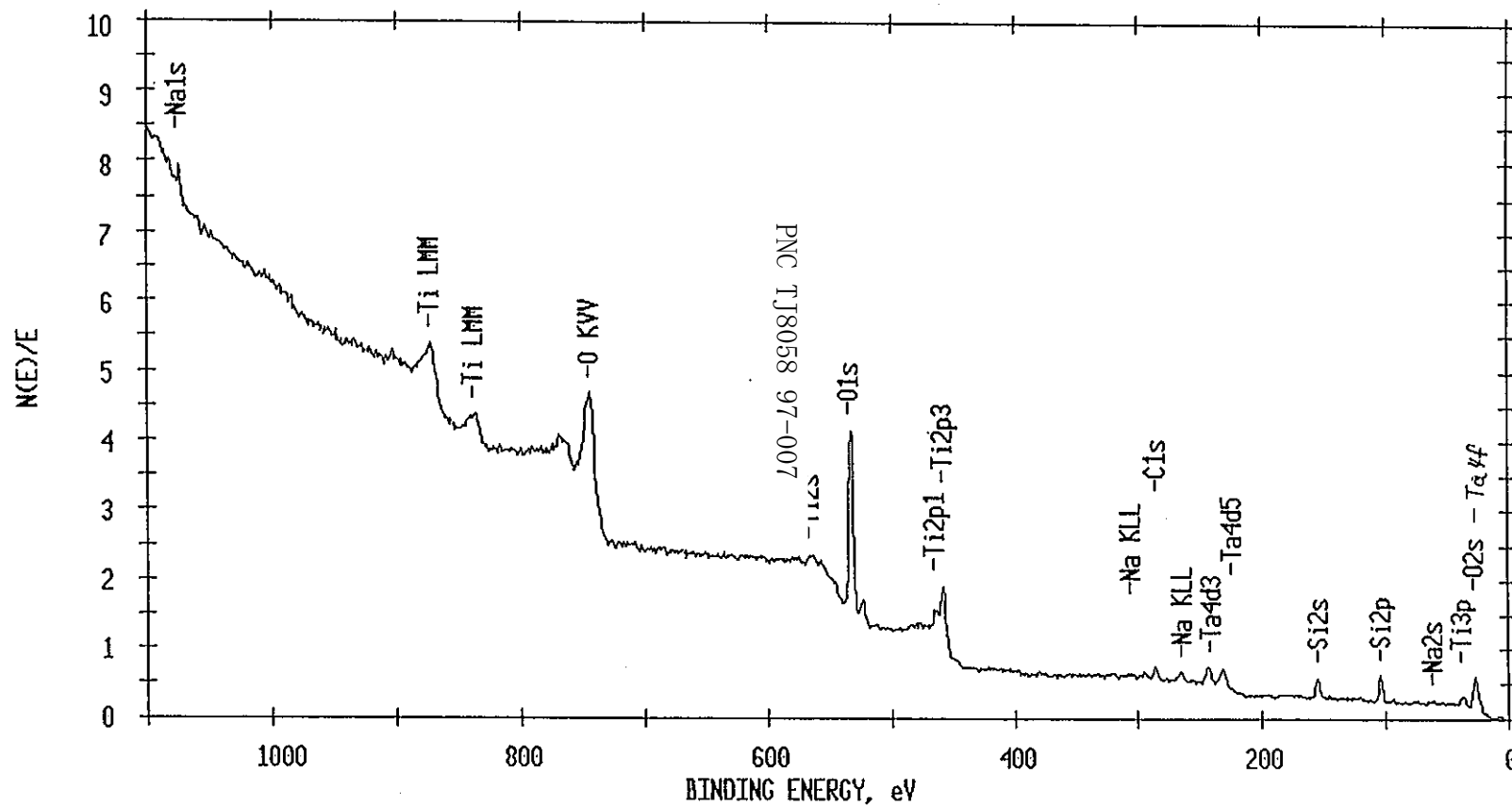


図4.6-26 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi112 T25-G
SCALE FACTOR= 17.237 k c/s, OFFSET= 1.206 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

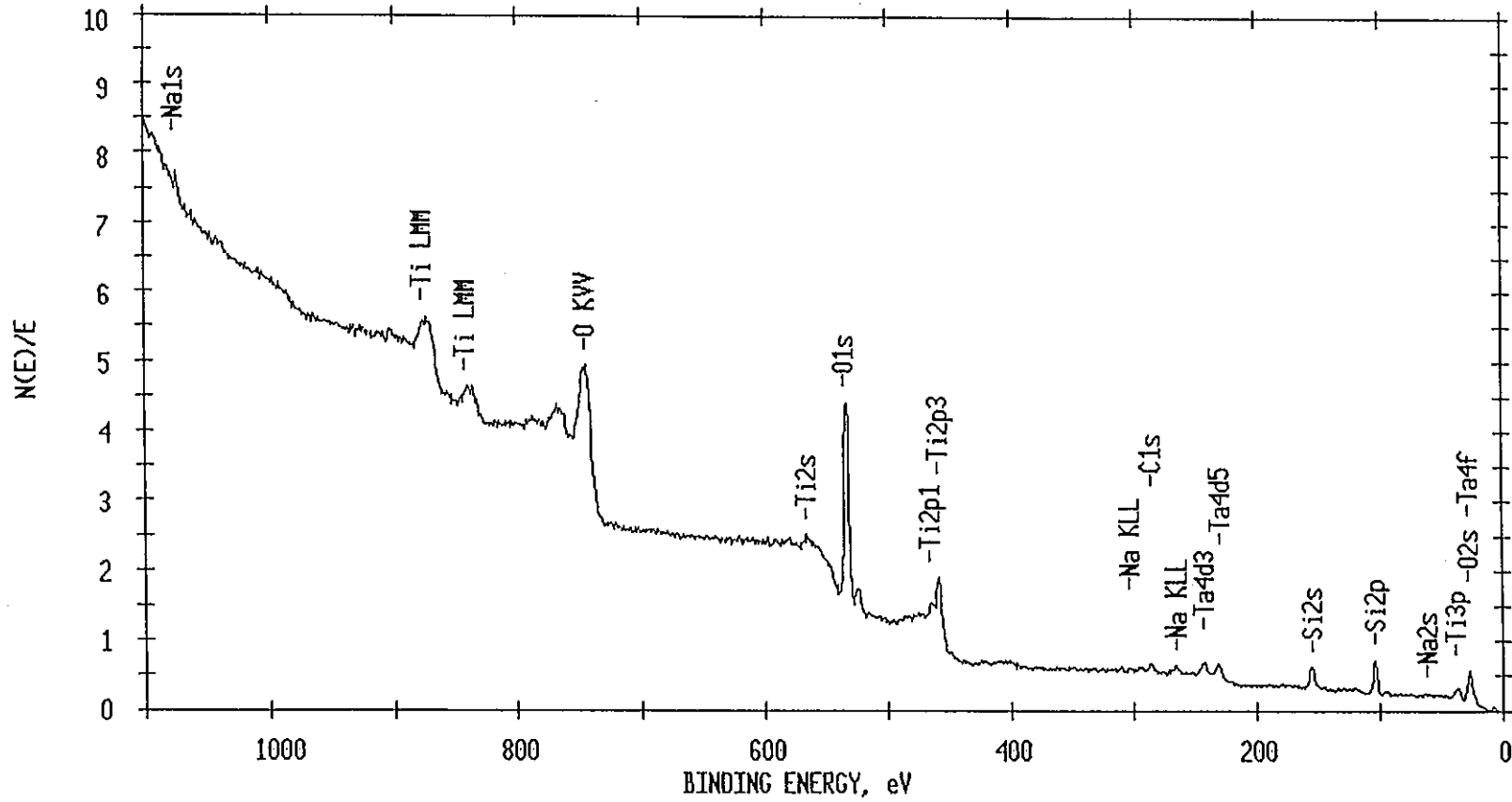


図4.6-27 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位25/バンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi181 Z1

SCALE FACTOR= 20.247 k c/s, OFFSET= 1.483 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

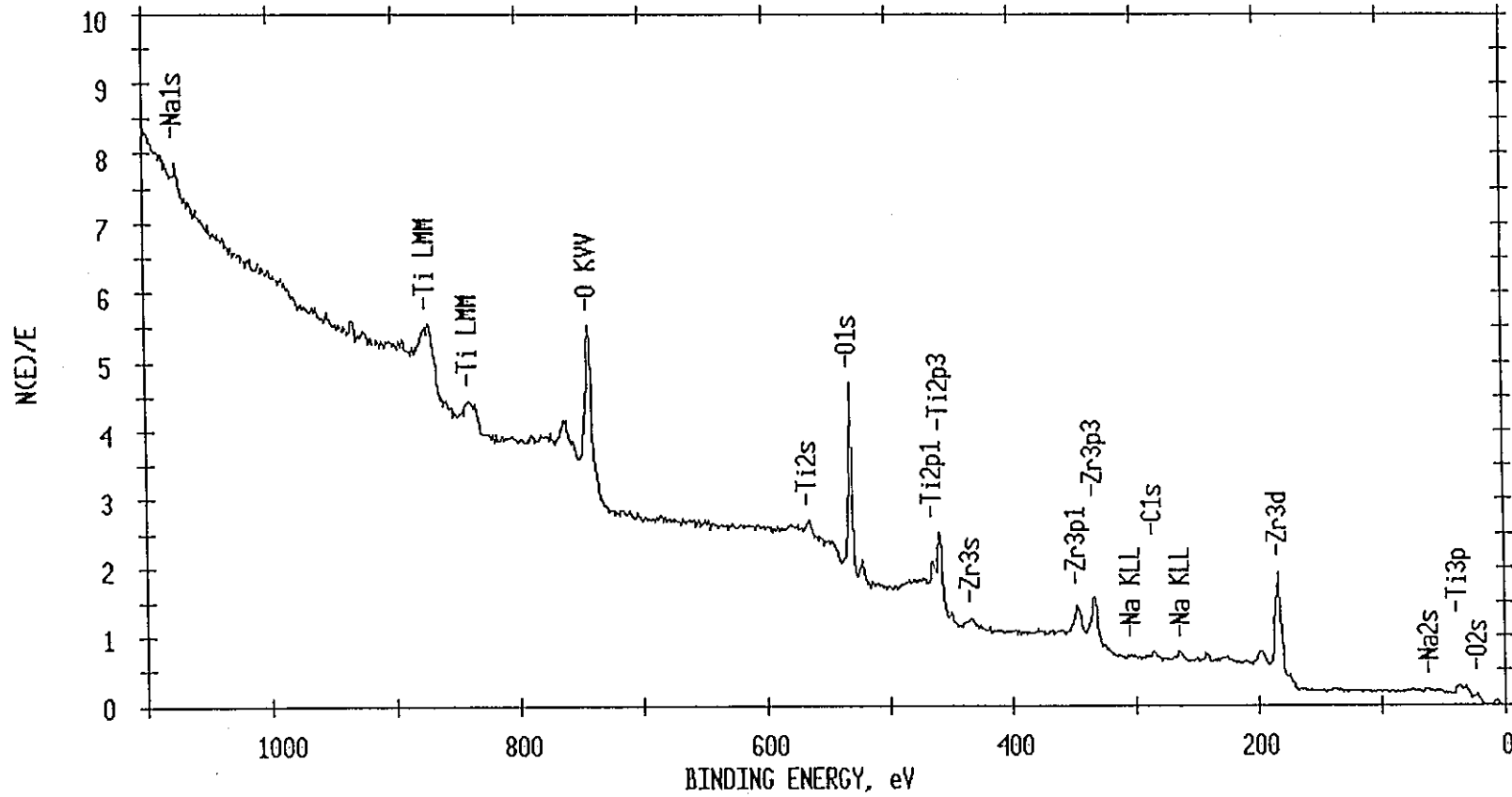


図4.6-28 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位1 / 伝熱管 / 上部管板から0.5 m付近)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi185 Z2
 SCALE FACTOR= 18.308 k c/s, OFFSET= 2.256 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

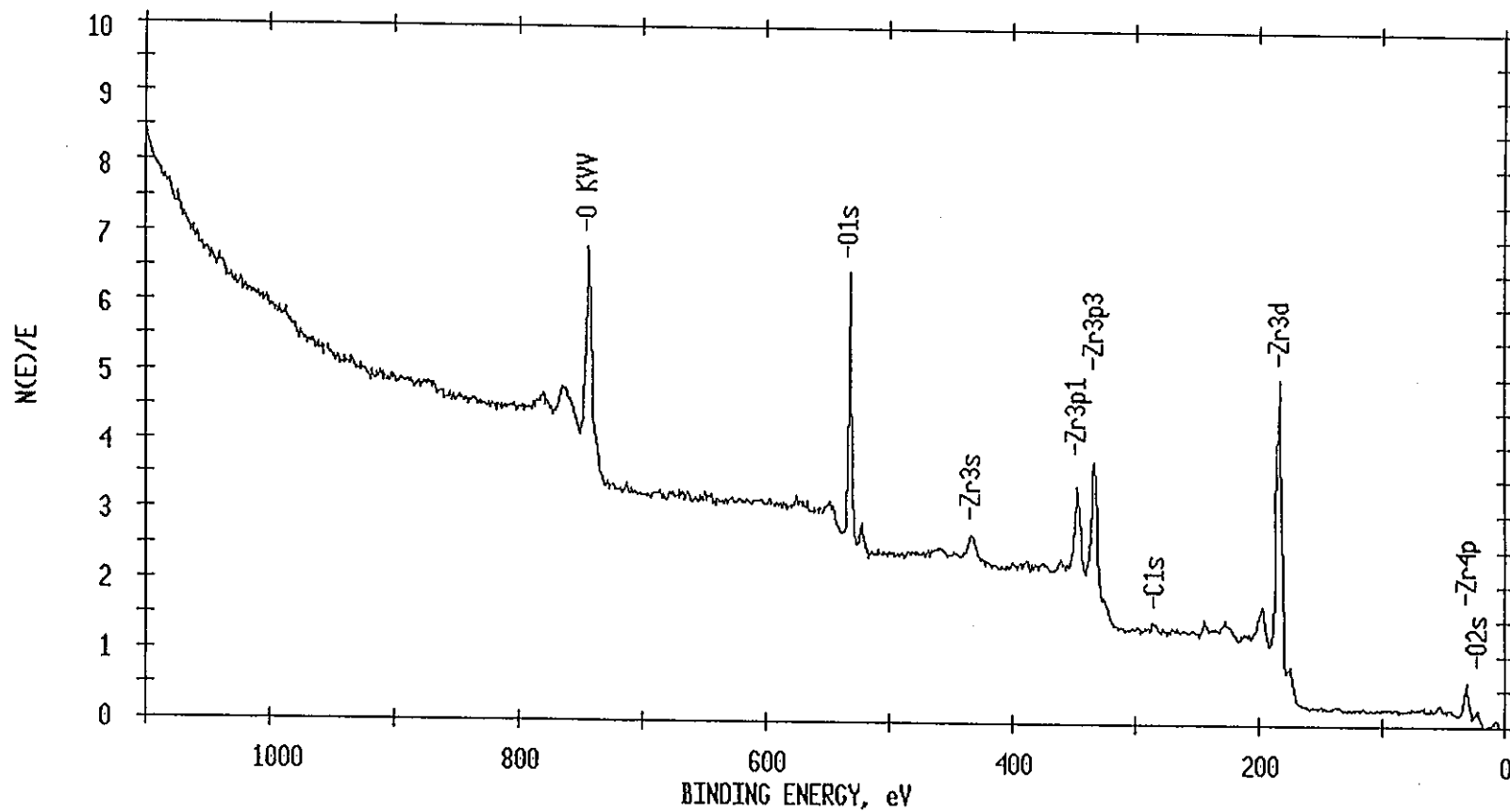


図4.6-29 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位2/伝熱管/上部管板から2.0m付近)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi189 Z3

SCALE FACTOR= 16.879 k c/s, OFFSET= 1.767 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

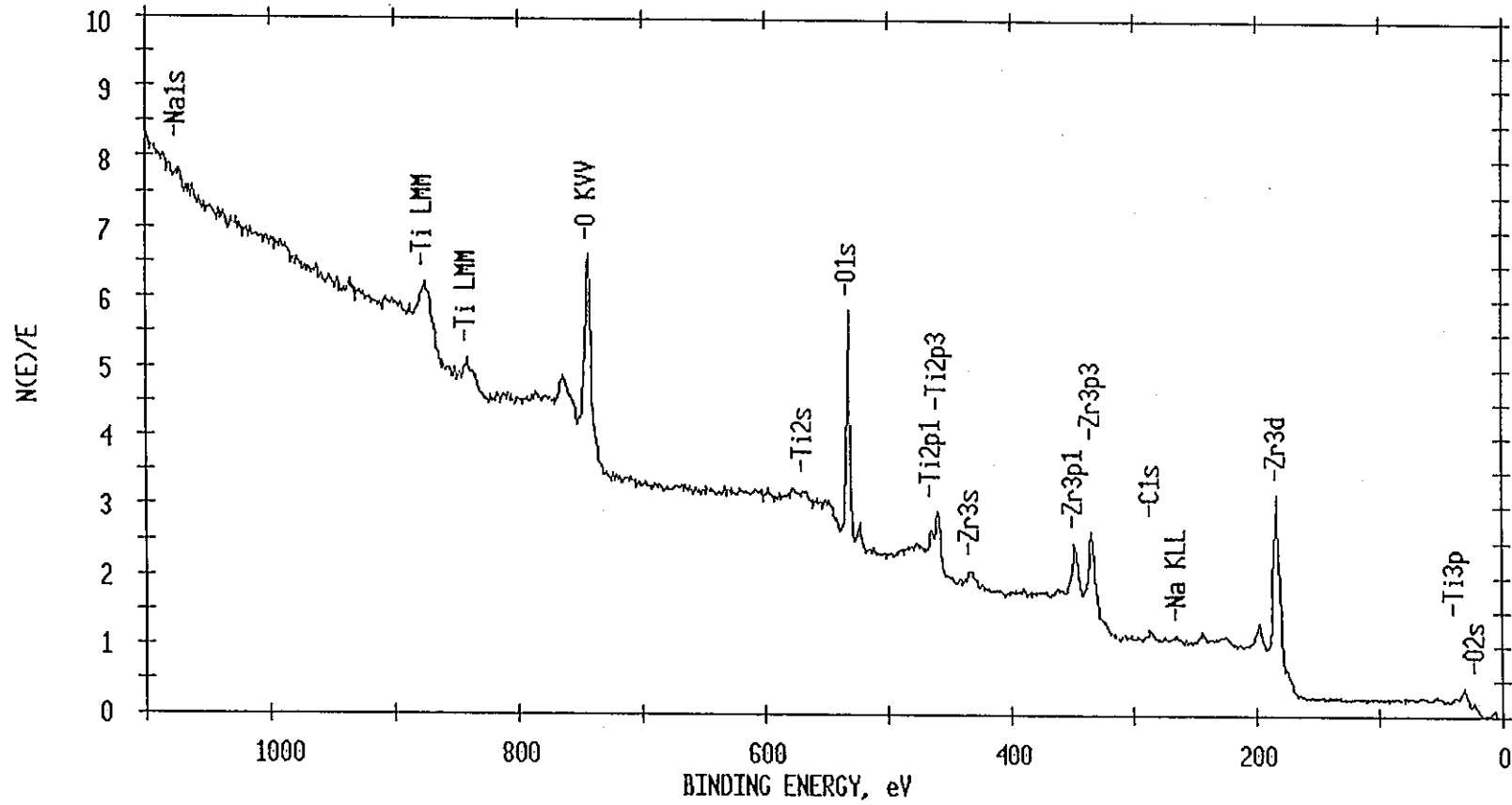


図4.6-30 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi96 Z4-G
 SCALE FACTOR= 20.220 k c/s, OFFSET= 1.389 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

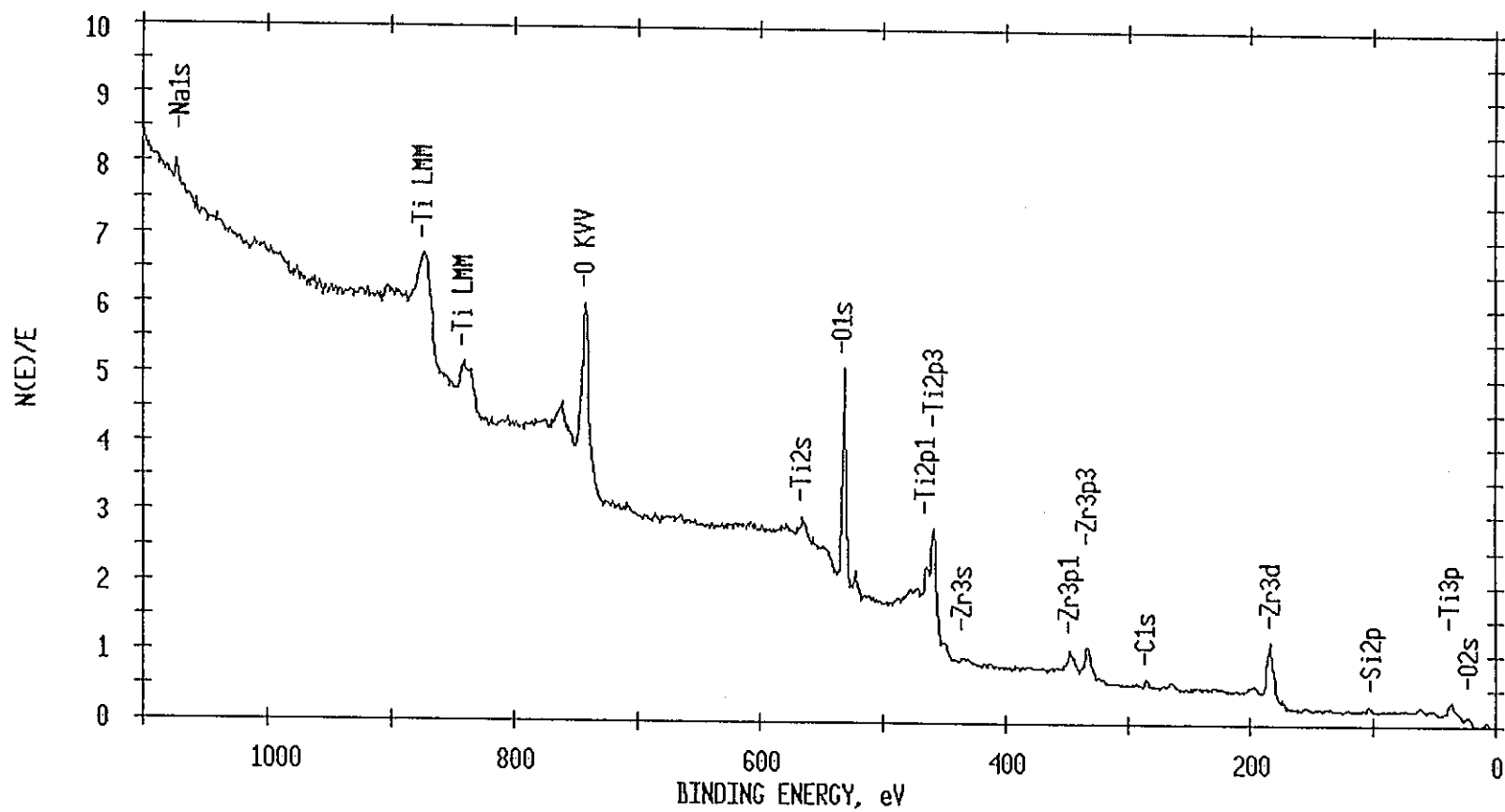


図4.6-31 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位4 / 加熱部上部チャンネル / 鏡部)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi92 Z5-G

SCALE FACTOR= 15.588 k c/s, OFFSET= 1.844 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

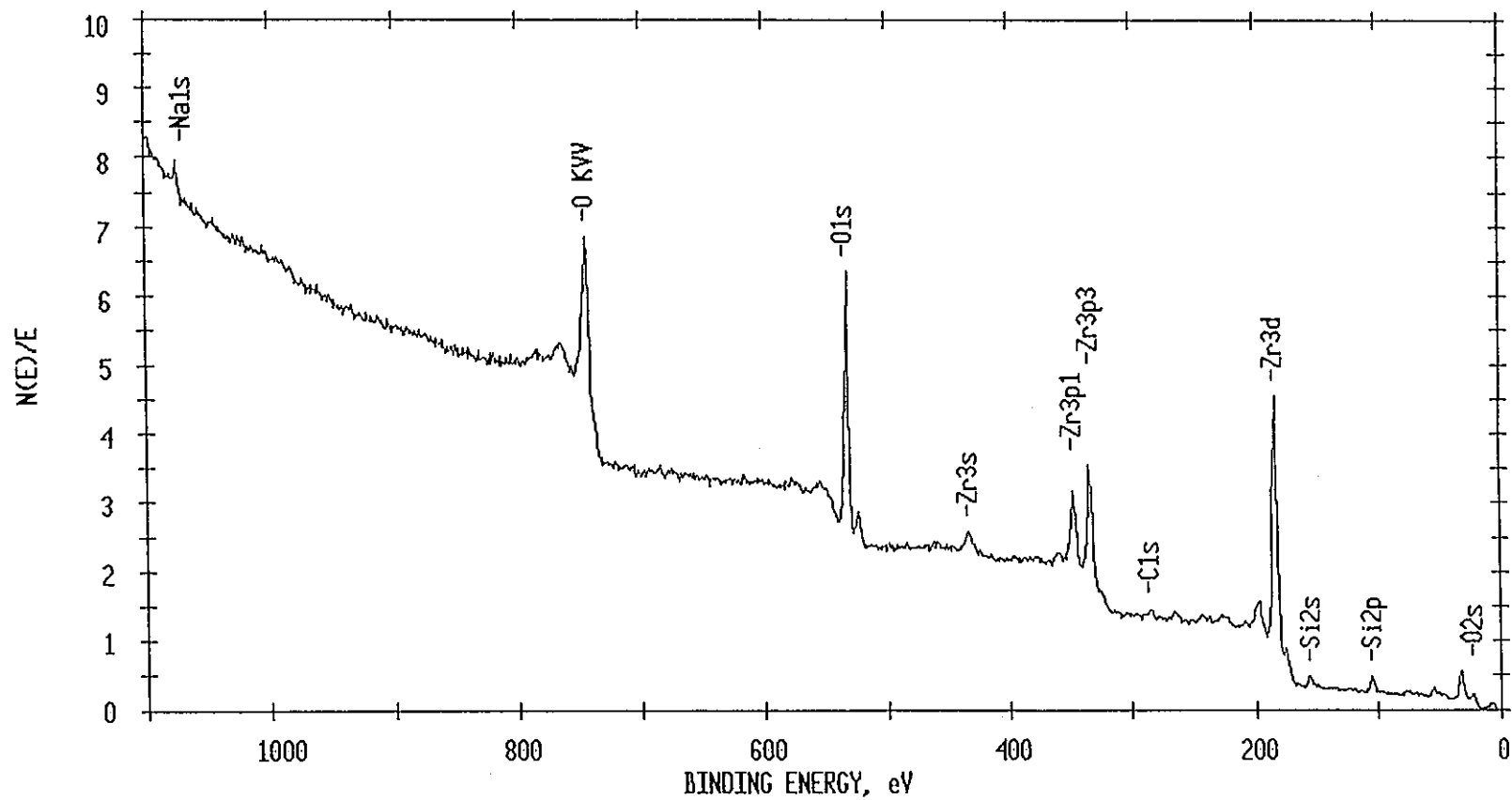


図4.6-32 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位5/加熱部上部チャンネル/胴部)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi193 Z6

SCALE FACTOR= 15.800 k c/s, OFFSET= 2.339 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

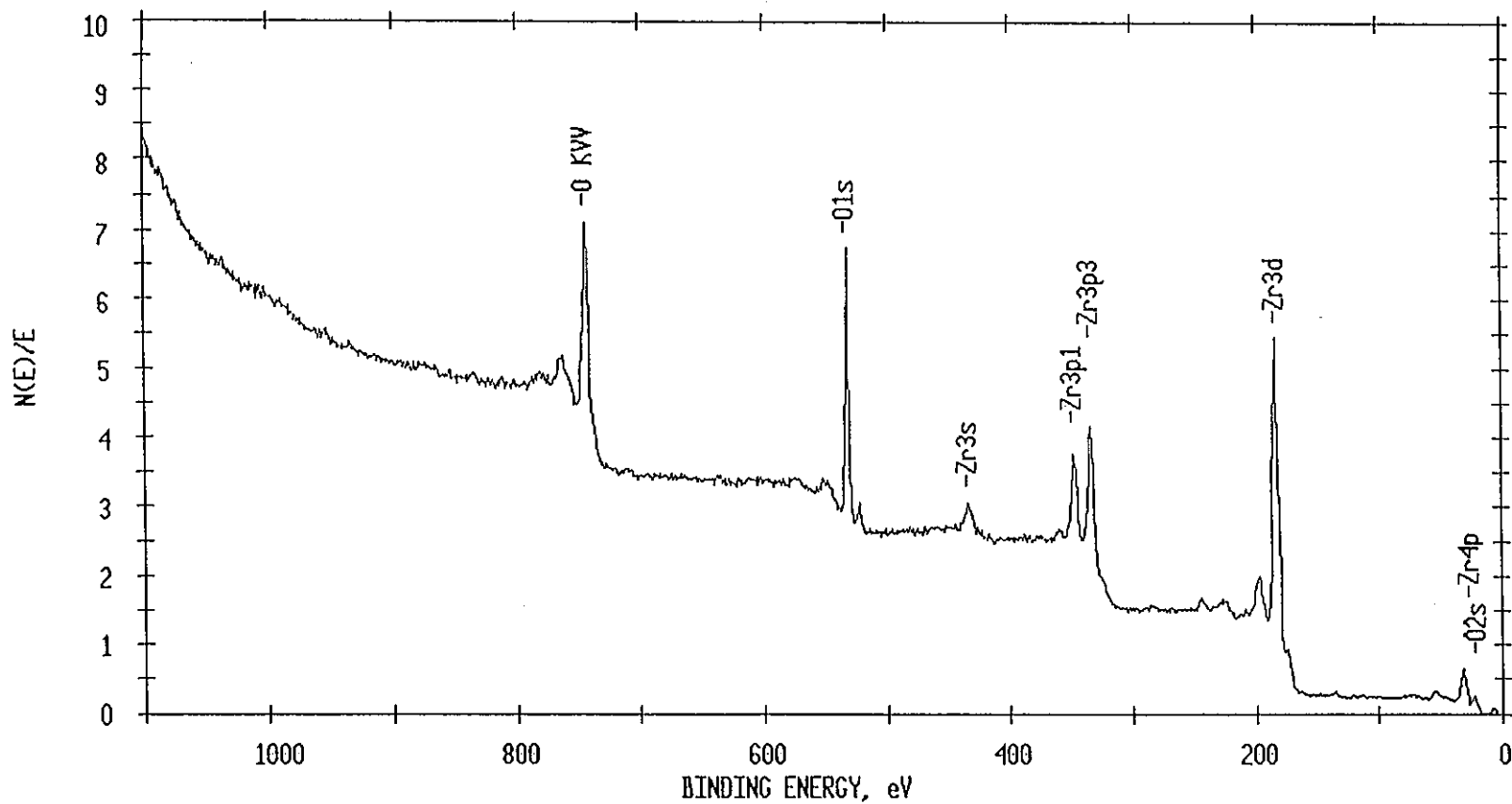


図4.6-33 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位6 / 加熱部上部チャンセル / 温度計さや管)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi121 Z7-G

SCALE FACTOR= 16.313 k c/s, OFFSET= 1.161 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

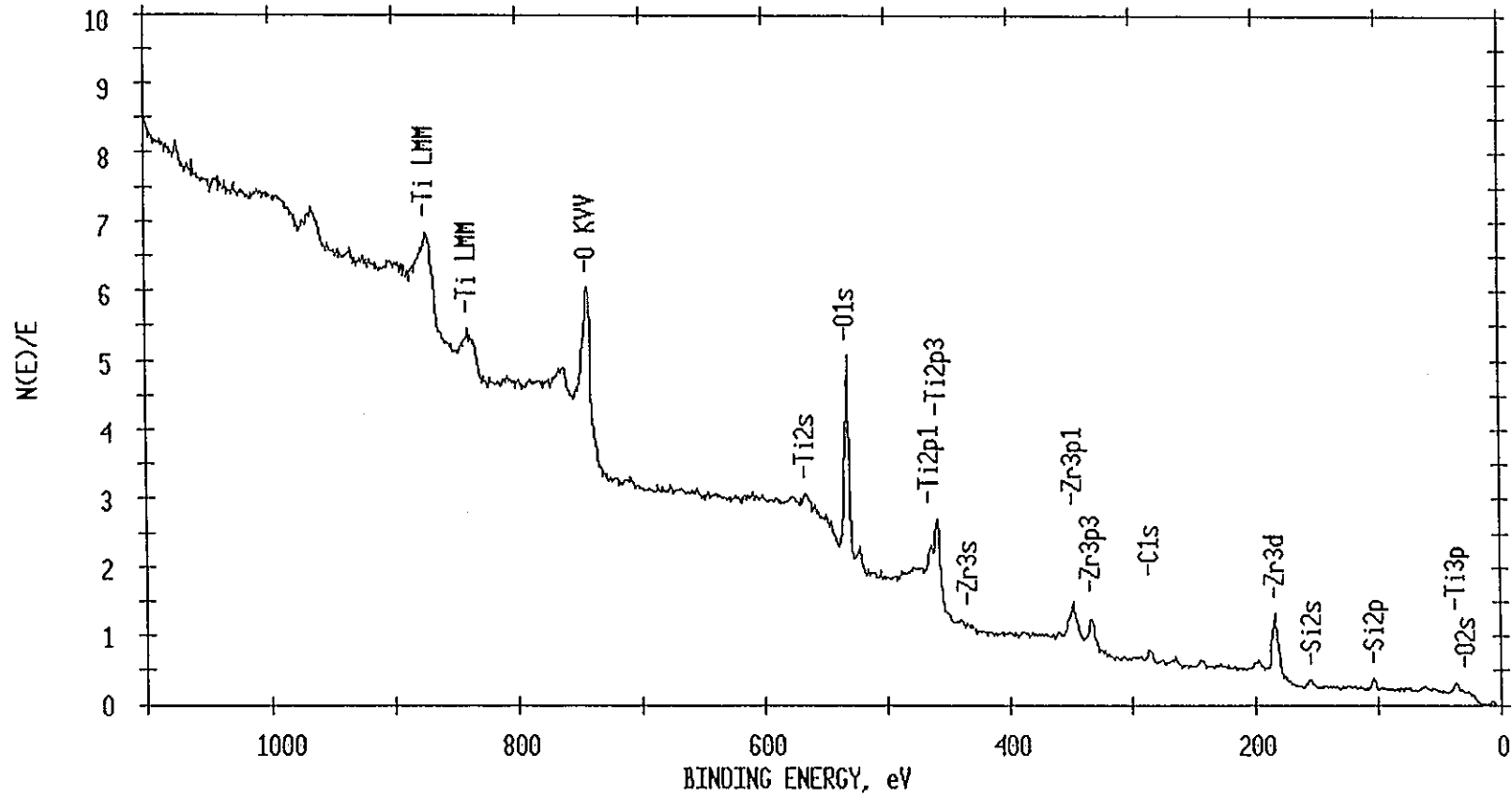


図4.6-34 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi108 Zr-

SCALE FACTOR= 16.968 k c/s, OFFSET= 1.511 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

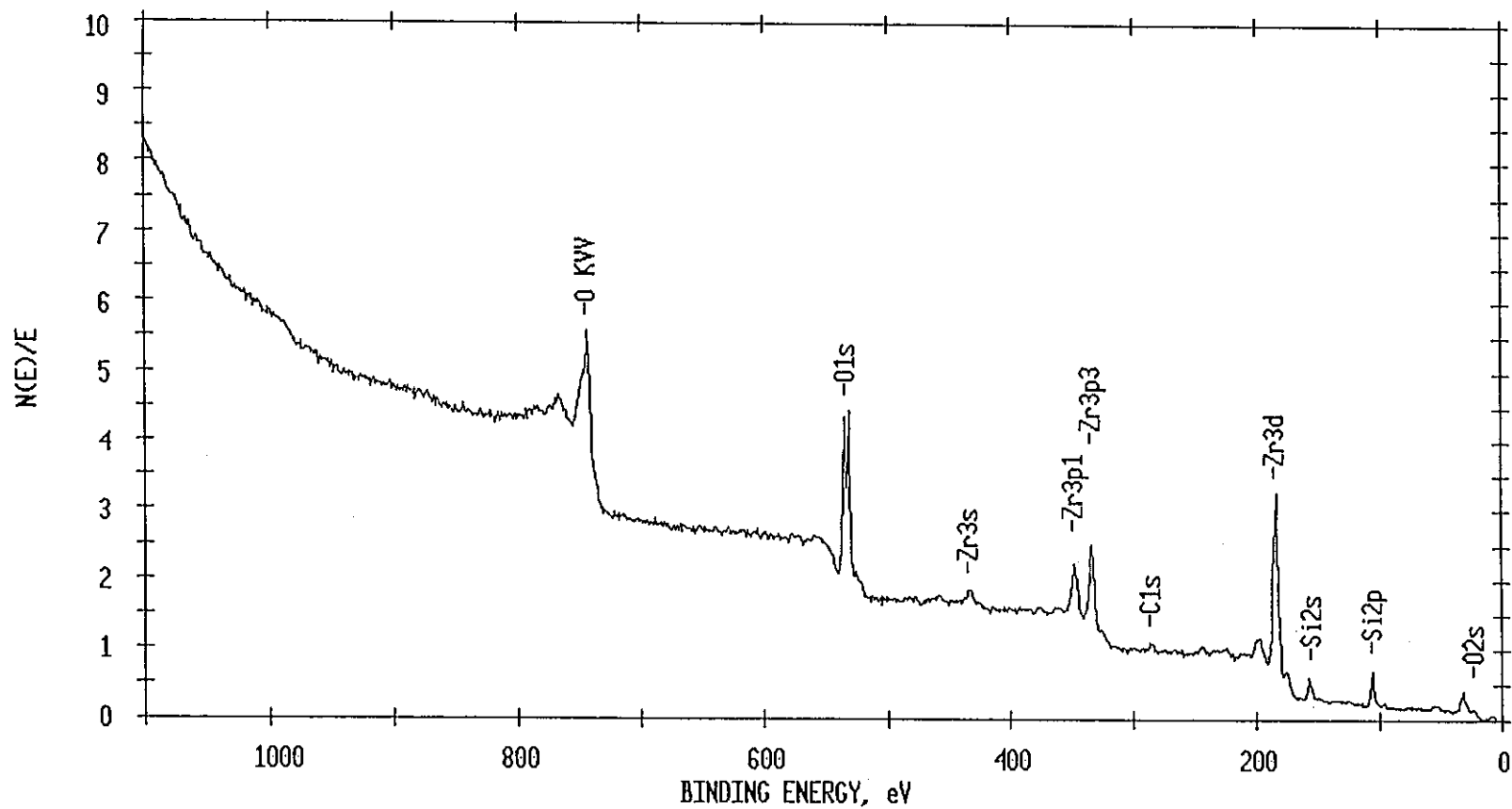


図4.6-35 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位8/加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノズル座溶接部)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi201 Z9T
 SCALE FACTOR= 17.905 k c/s, OFFSET= 1.100 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

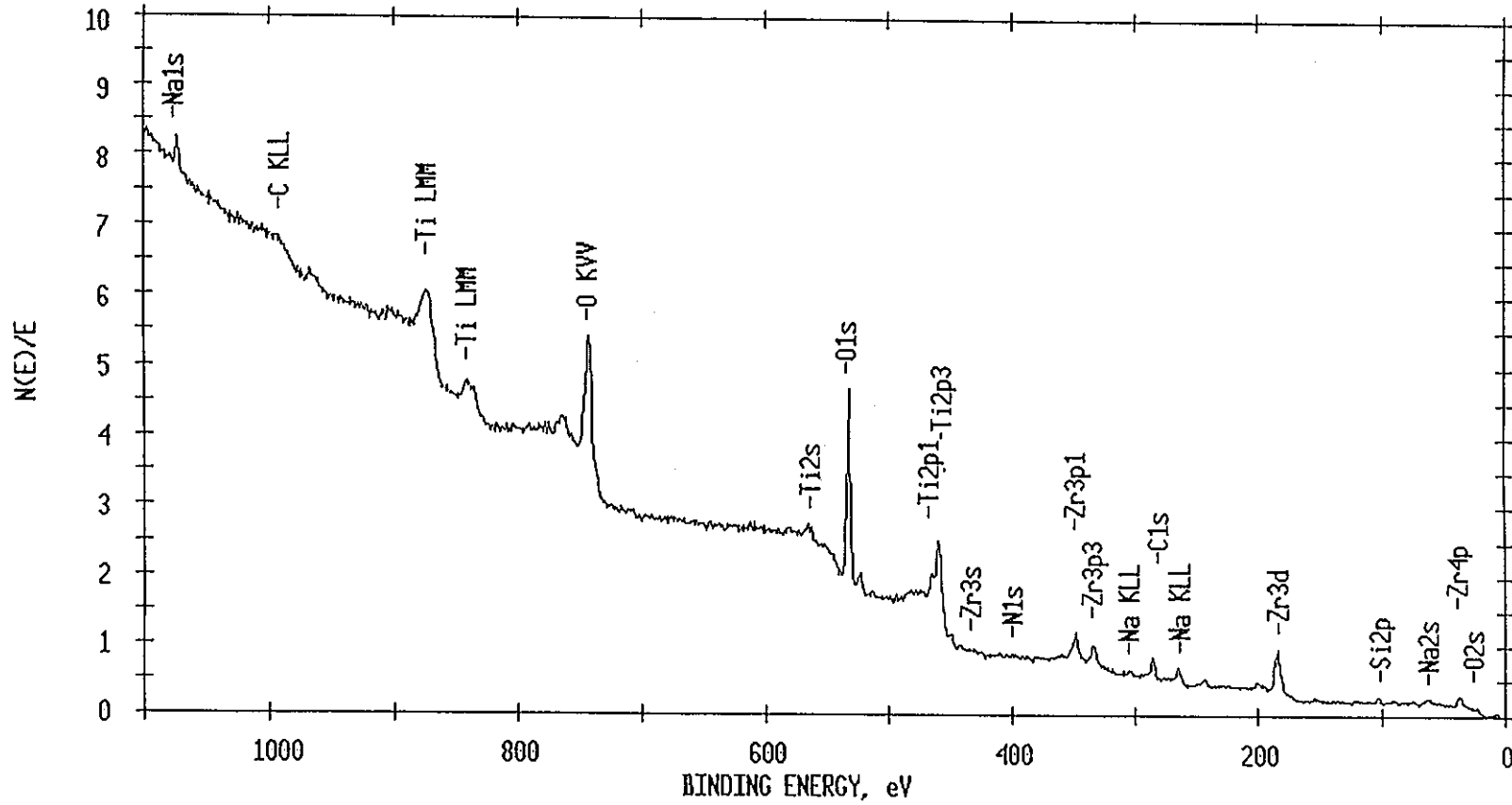


図4.6-36 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴一気相部)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi197 Z9B

SCALE FACTOR= 19.269 k c/s, OFFSET= 2.172 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

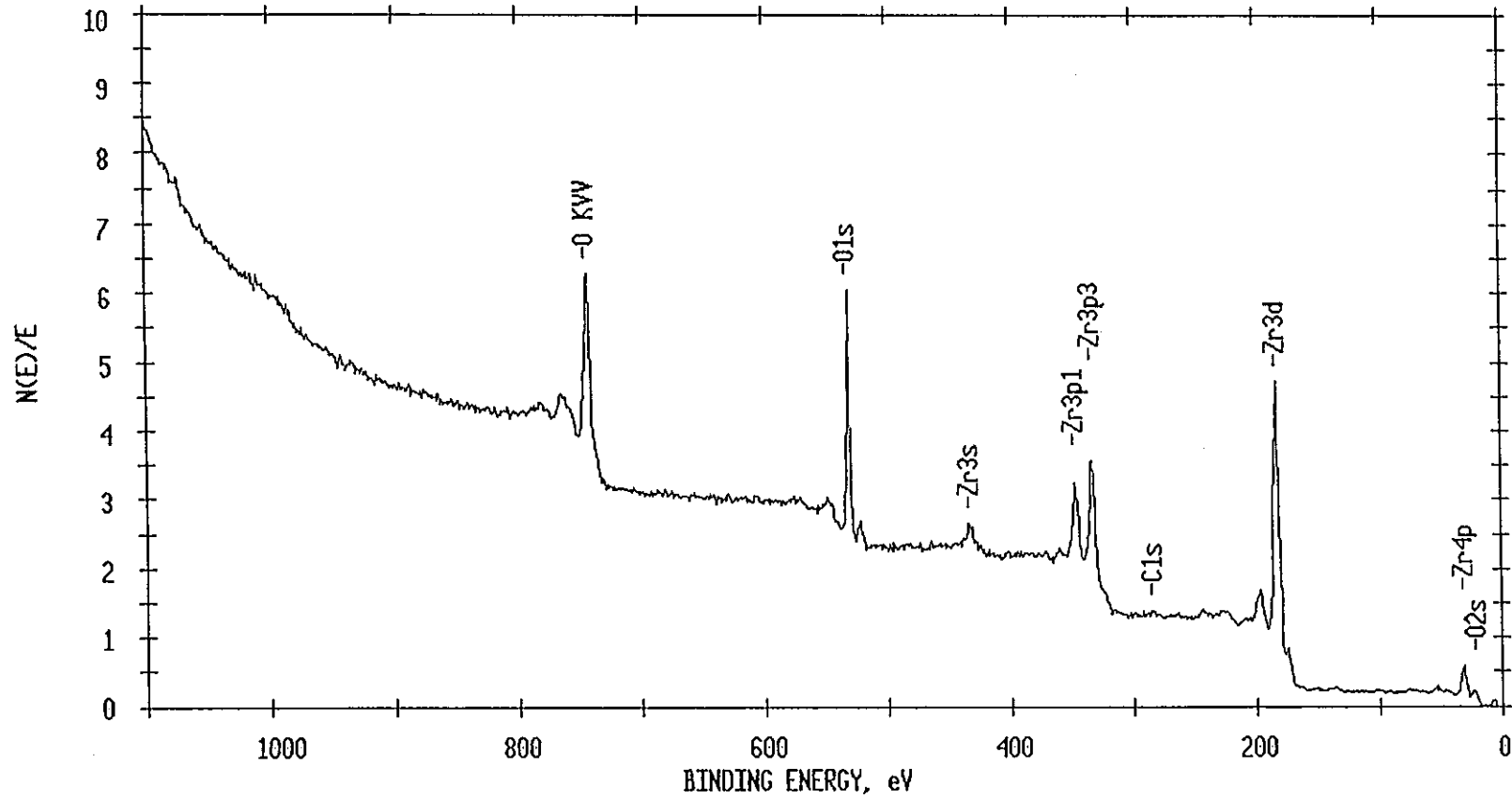


図4.6-37 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴-液相部)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi209 Z10T

SCALE FACTOR= 15.035 k c/s, OFFSET= 0.800 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

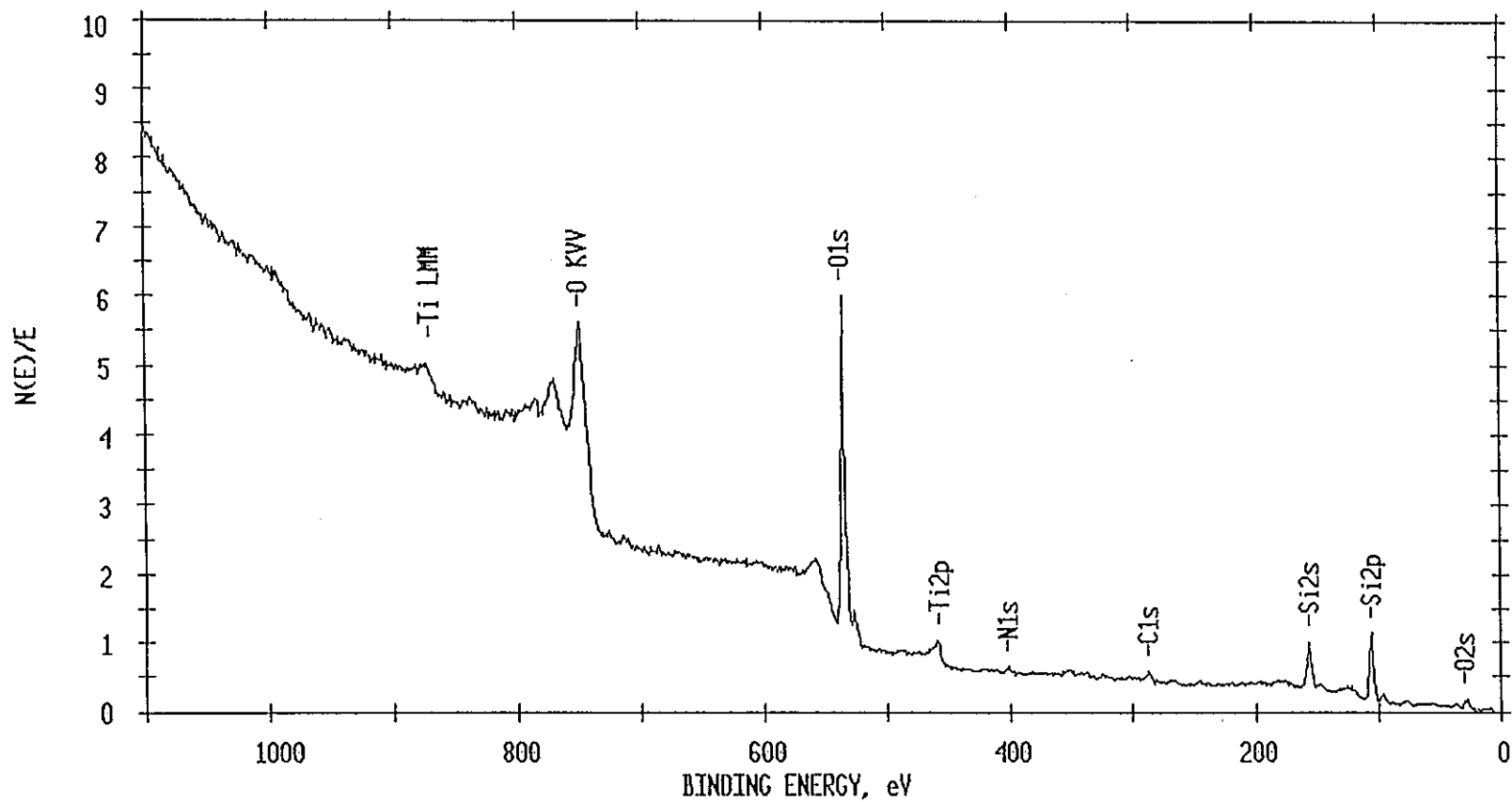


図4.6-38 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位10 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 - 気相部)

ESCA SURVEY 2/11/97 ANGLE= 45 deg ACO TIME=3.30 min

FILE: ichi205 Z10B

SCALE FACTOR= 16.489 k c/s, OFFSET= 1.578 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

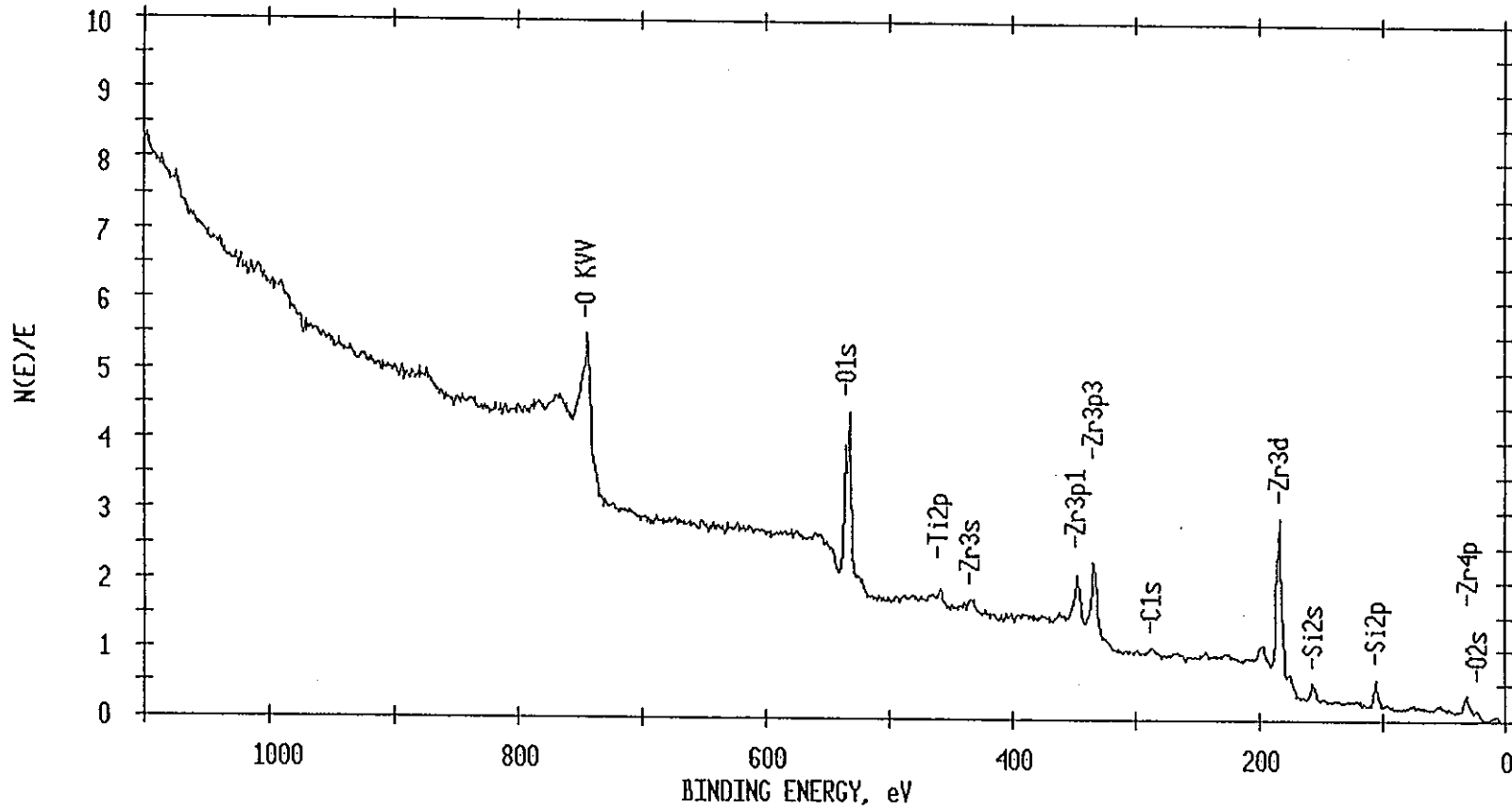


図4.6-39 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-液相部)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi213 Z11

SCALE FACTOR= 15.014 k c/s, OFFSET= 2.178 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

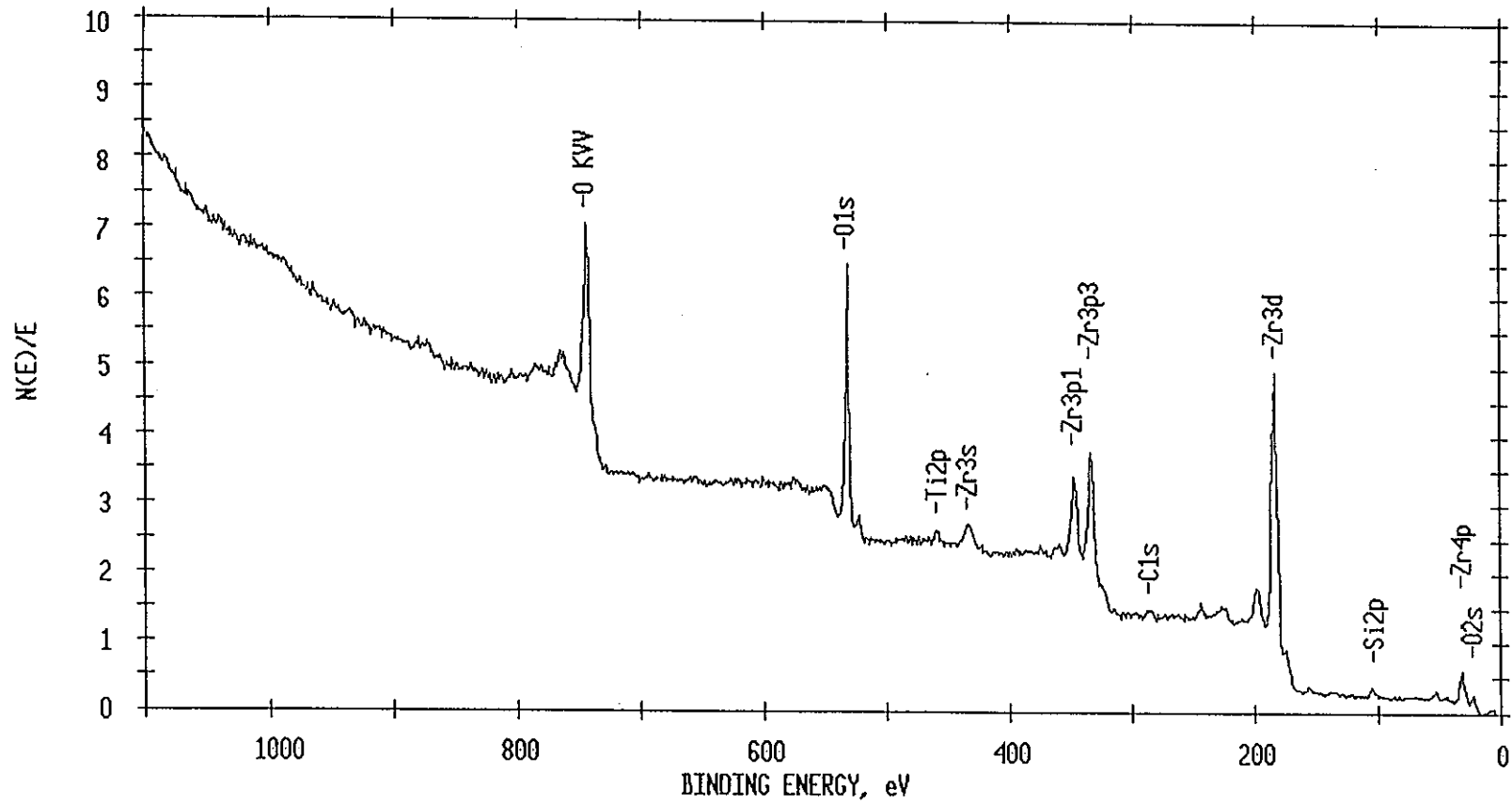


図4.6-40 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位11 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi217 Z12

SCALE FACTOR= 16.215 k c/s, OFFSET= 2.328 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

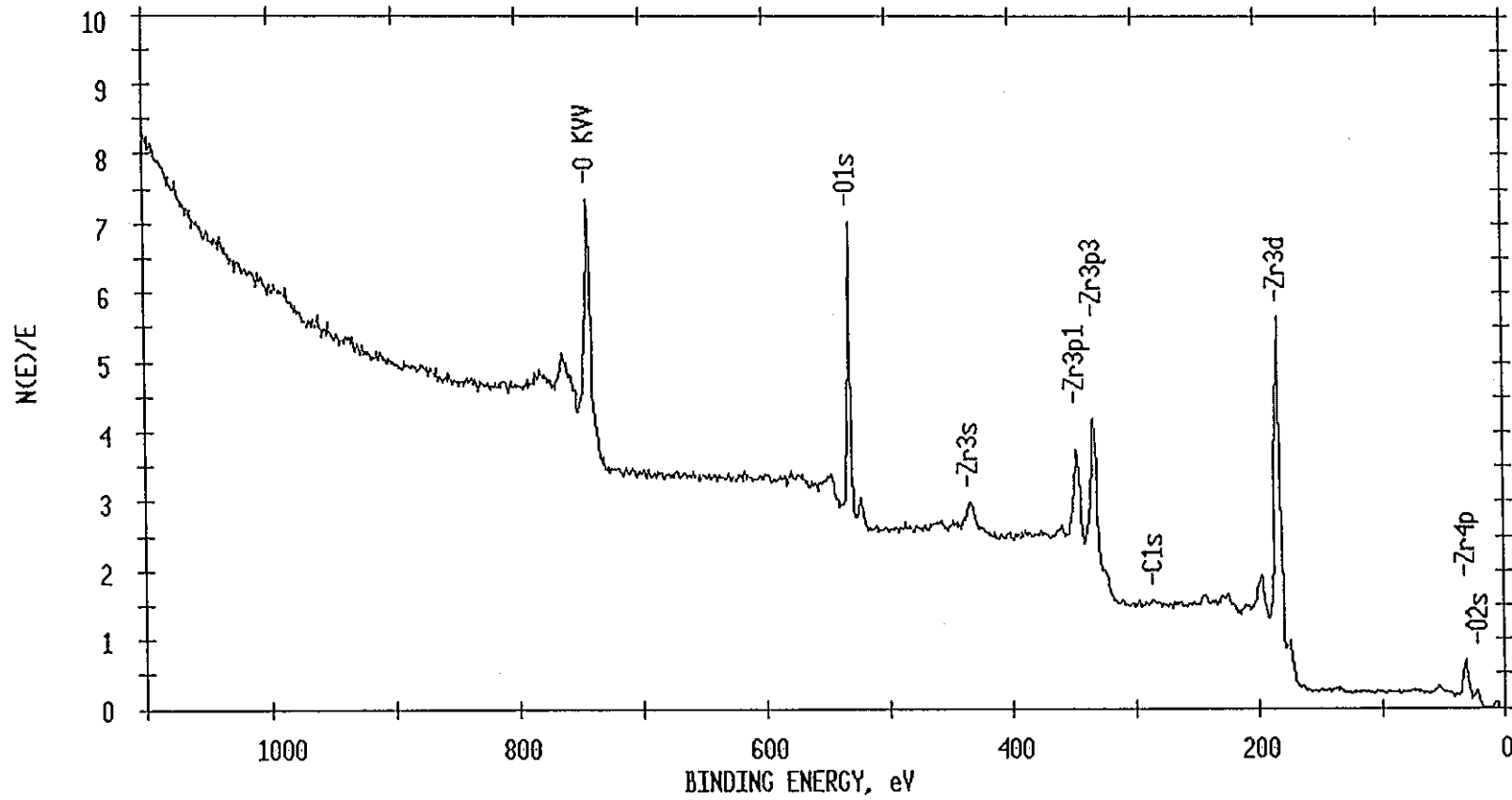


図4.6-41 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位12/上部連絡管/伸縮管/パルル座溶接部)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi80 Z13-G

SCALE FACTOR= 14.198 k c/s, OFFSET= 0.750 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

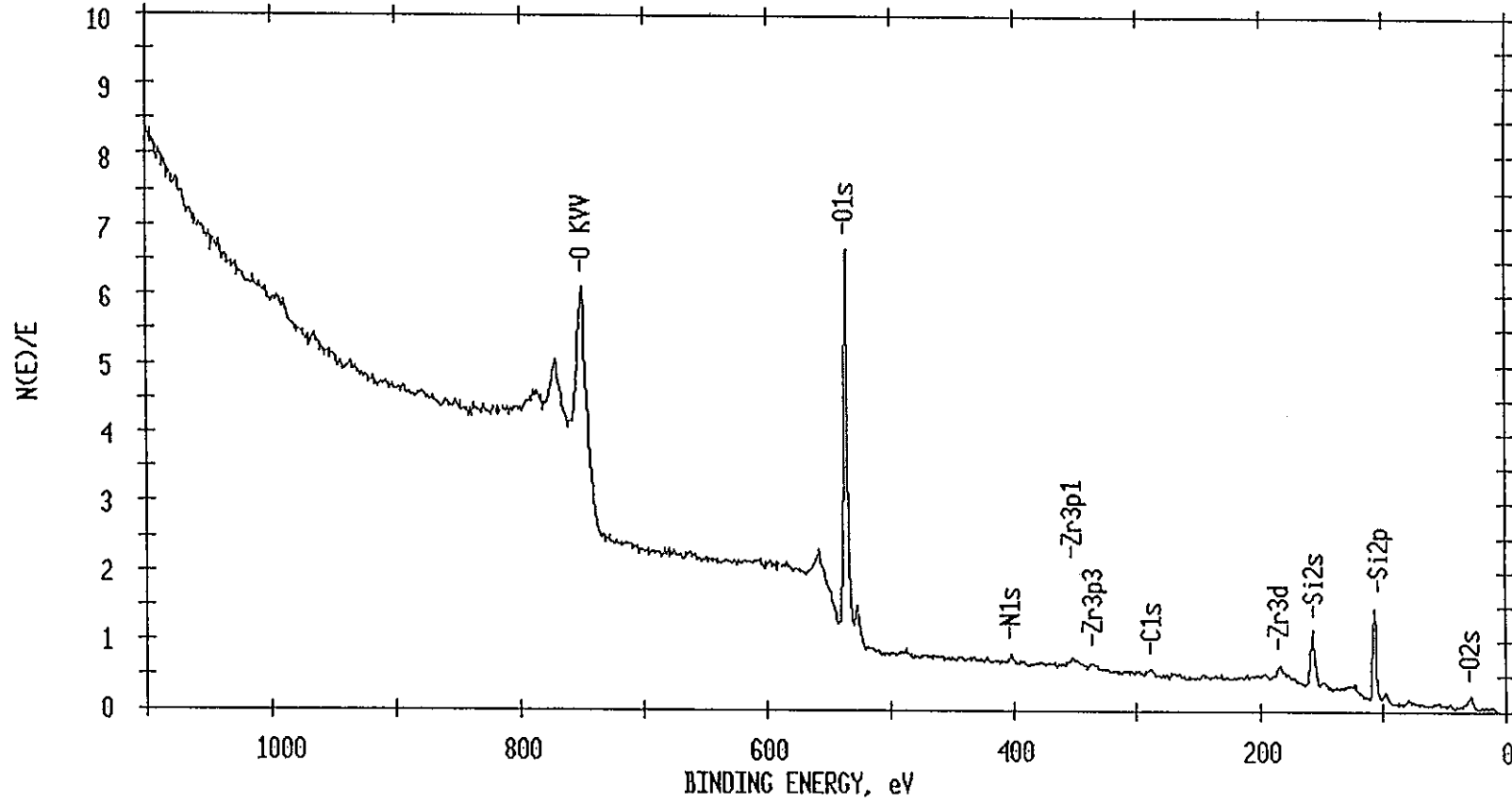


図4.6-42 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi76 Z14-G
SCALE FACTOR= 14.974 k c/s, OFFSET= 1.006 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

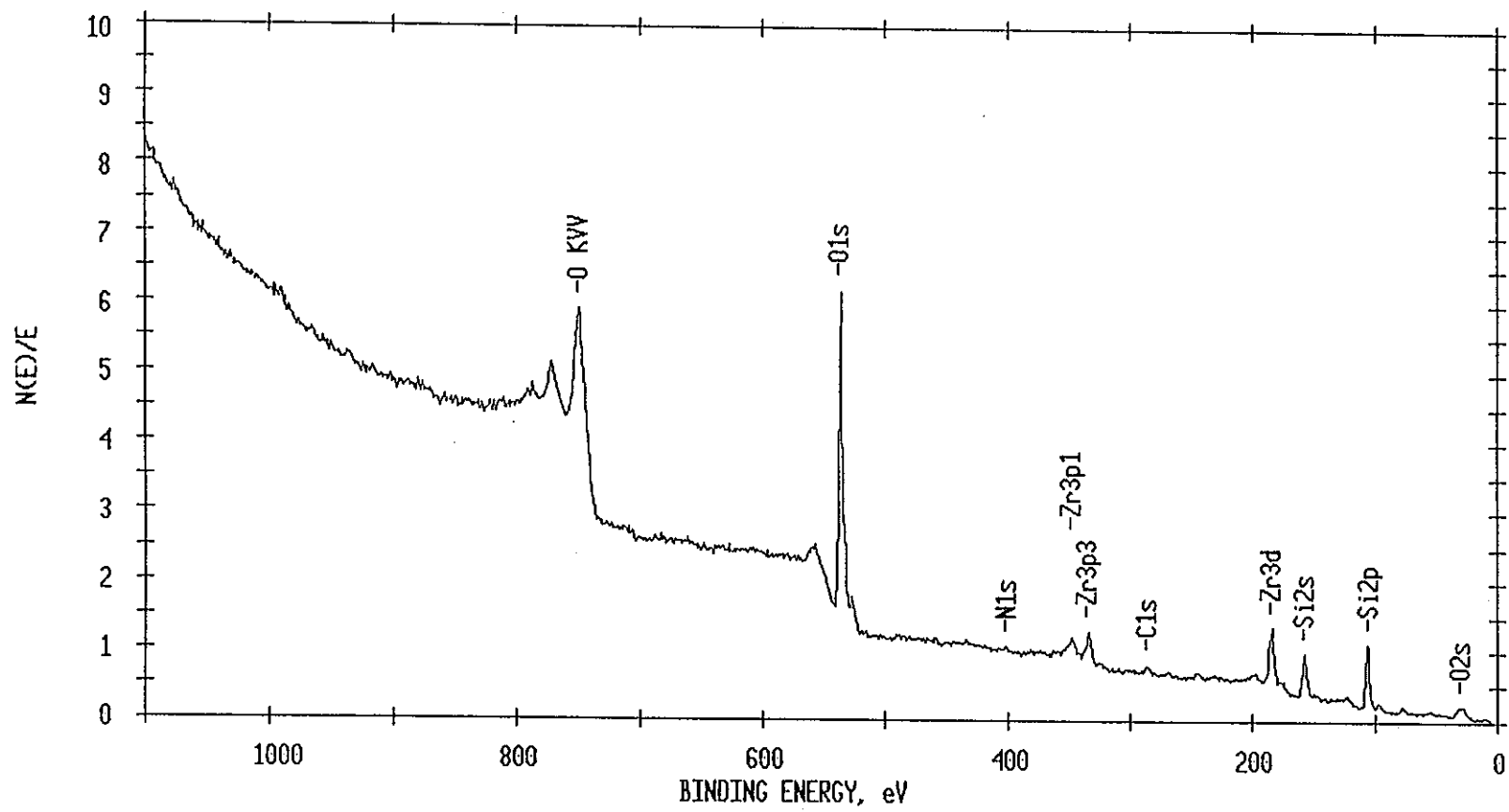


図4.6-43 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位14/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi221 Z15

SCALE FACTOR= 14.185 k c/s, OFFSET= 1.133 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

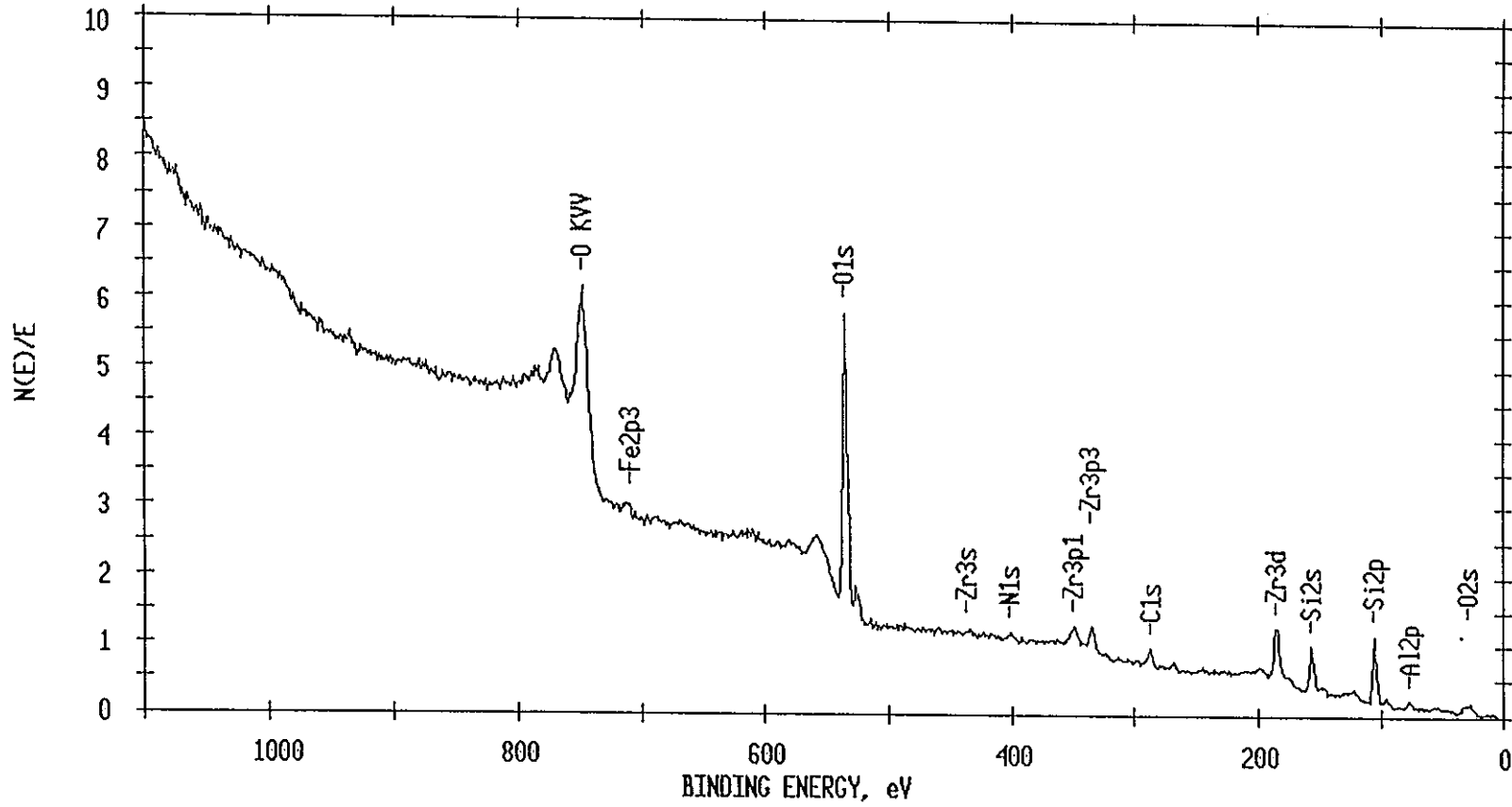


図4.6-44 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部ノル座)

ESCA SURVEY 2/4/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
FILE: ichi36 Z16-G
SCALE FACTOR= 13.329 k c/s, OFFSET= 1.050 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

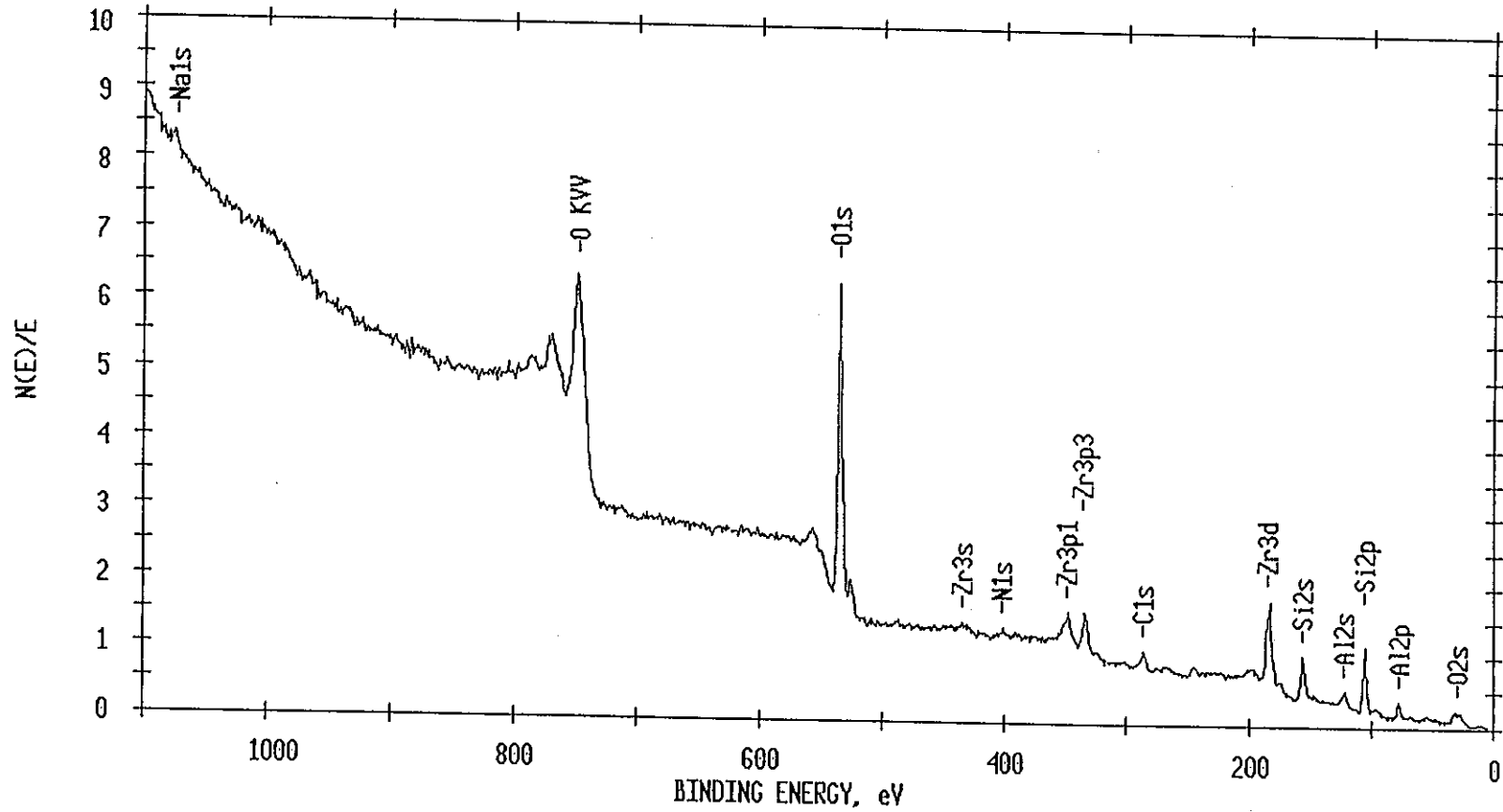


図4.6-45 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位16/蒸発部塔頂部/胴部)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi225 Z17

SCALE FACTOR= 13.407 k c/s, OFFSET= 1.794 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

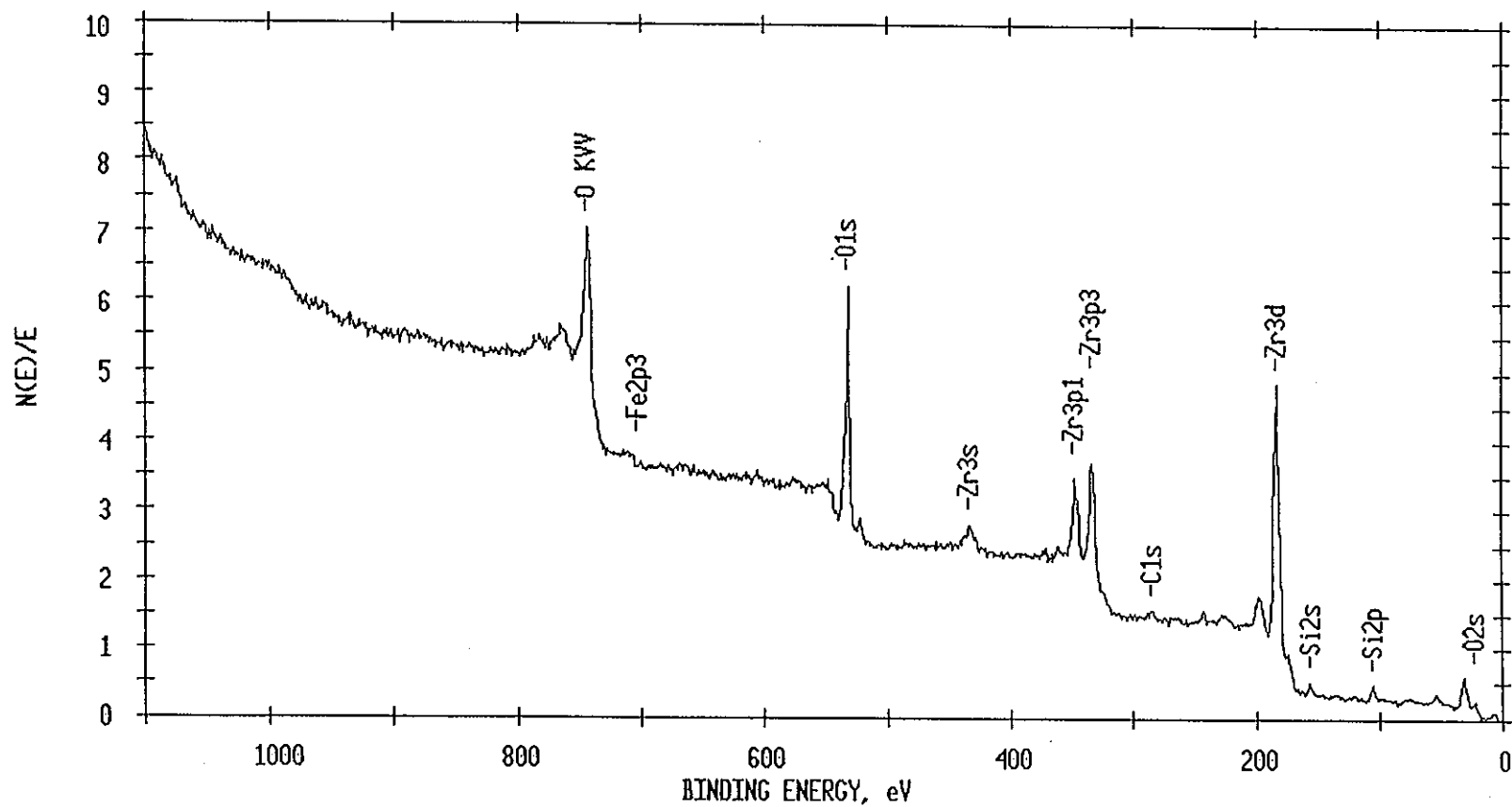


図4.6-46 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi104 Z18-G
 SCALE FACTOR= 12.276 k c/s, OFFSET= 0.806 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

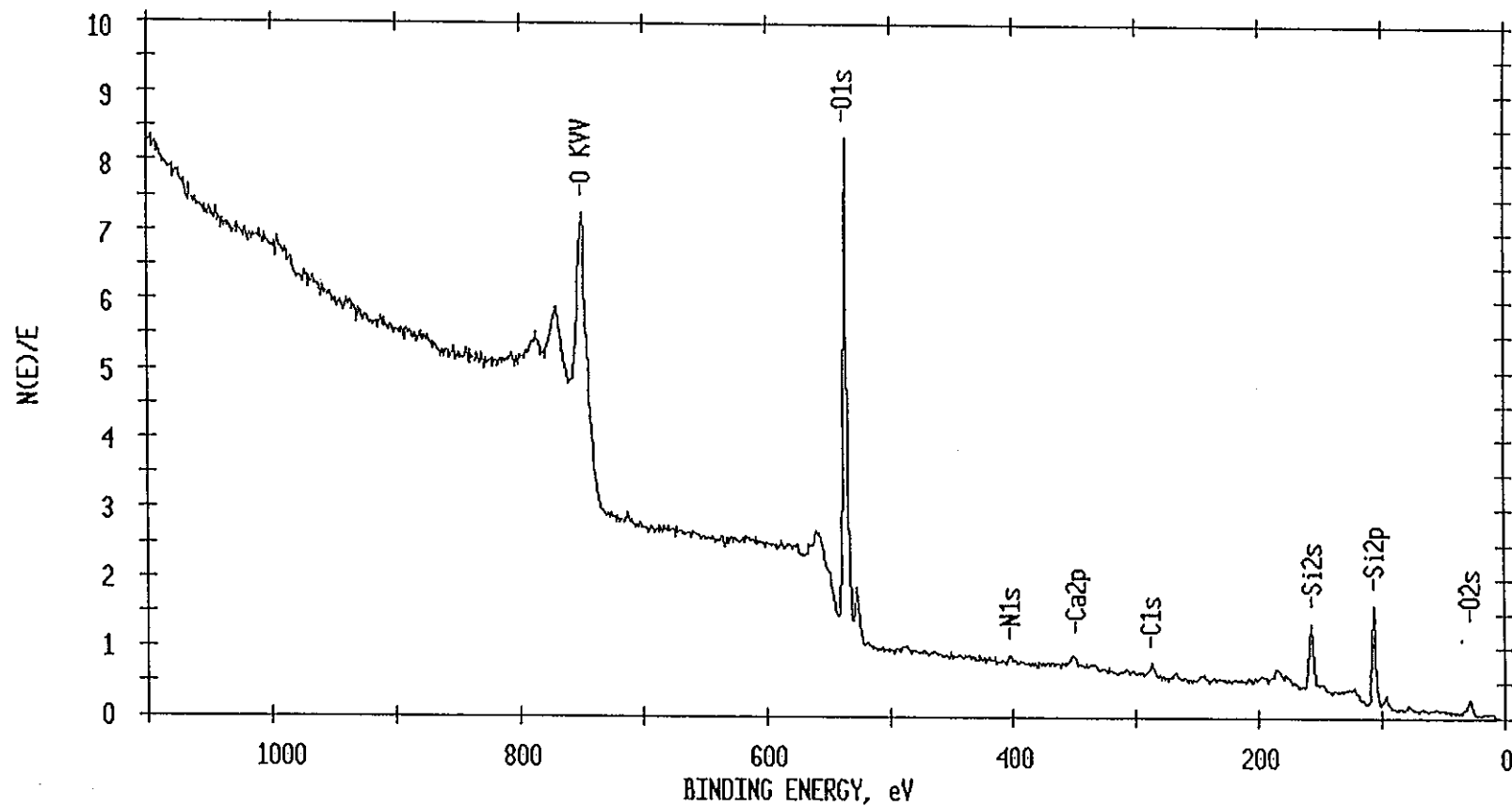


図4.6-47 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部ノール長手溶接部)

ESCA SURVEY 2/7/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi125 Z19-G

SCALE FACTOR= 14.914 k c/s, OFFSET= 1.333 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

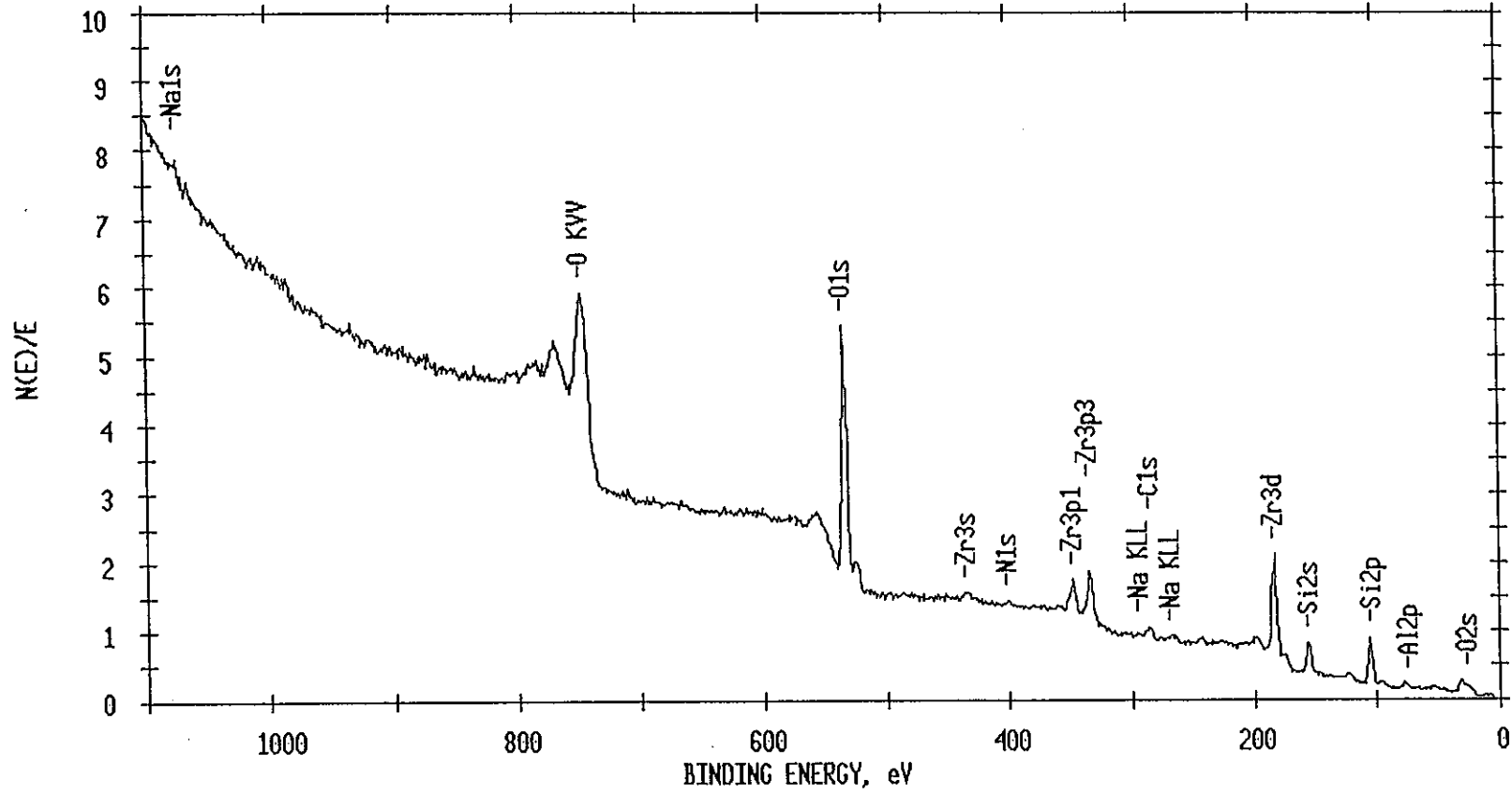


図4.6-48 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位19/蒸発部塔頂部/鏡部/塔頂部ノズル座溶接部)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi84 Z20-G

SCALE FACTOR= 12.712 k c/s, OFFSET= 1.461 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

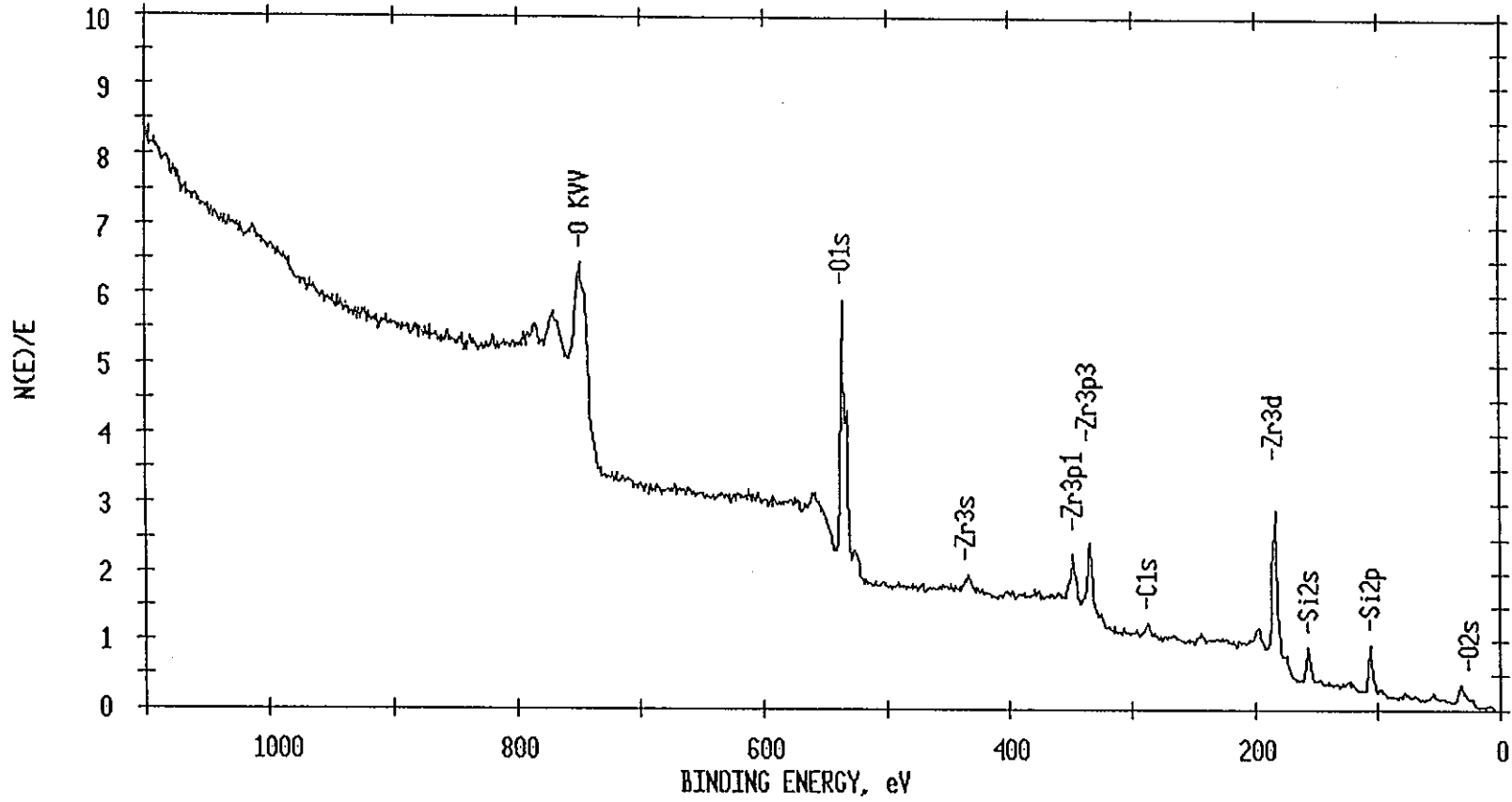


図4.6-49 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi229 Z21

SCALE FACTOR= 10.346 k c/s, OFFSET= 0.928 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

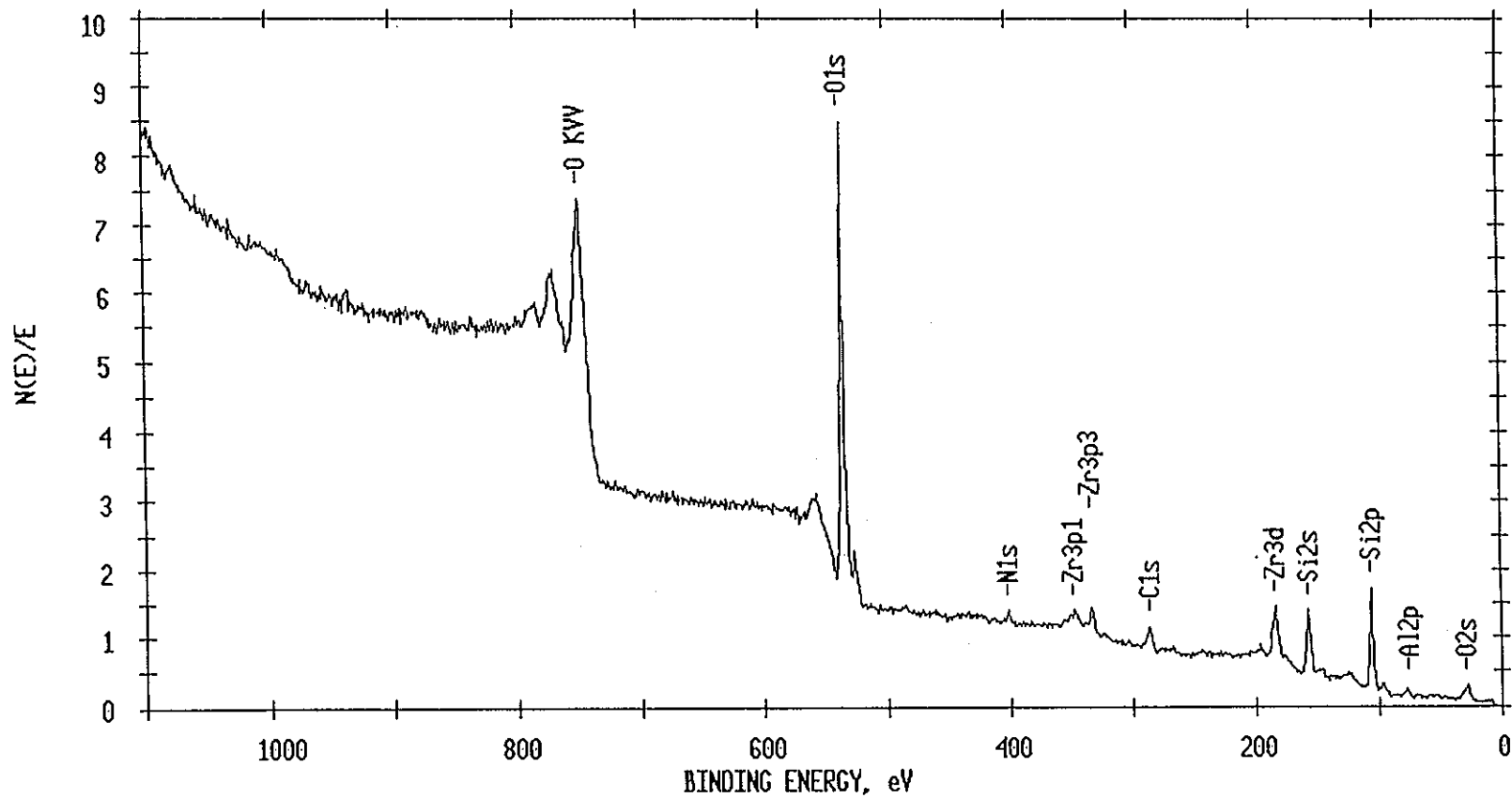


図4.6-50 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位21/ベンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

ESCA SURVEY 2/6/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi88 Z22-G

SCALE FACTOR= 18.884 k c/s, OFFSET= 2.361 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

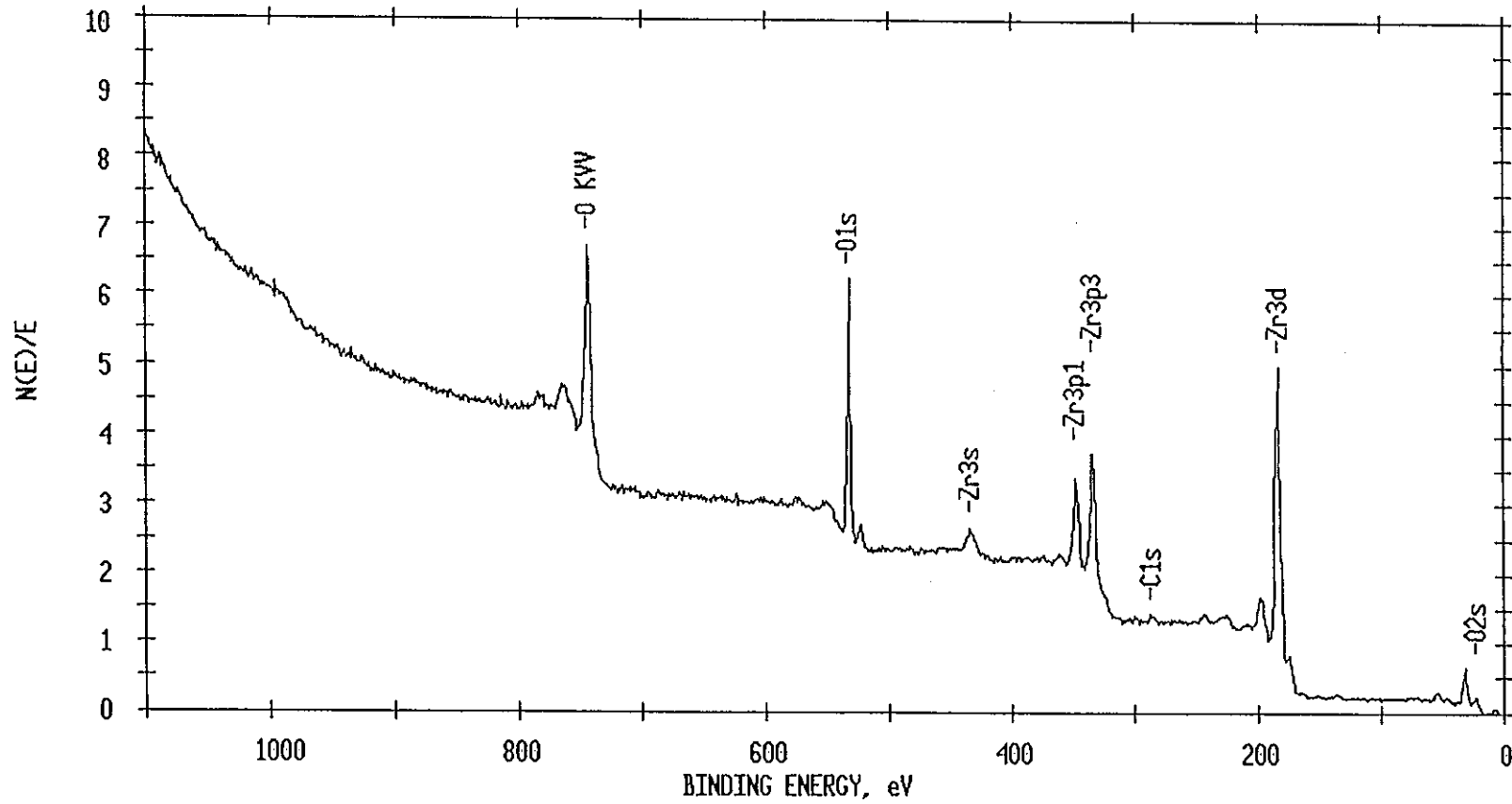


図4.6-51 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位22/バンド配管/配管中央付近)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi233 Z23

SCALE FACTOR= 12.373 k c/s, OFFSET= 1.228 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

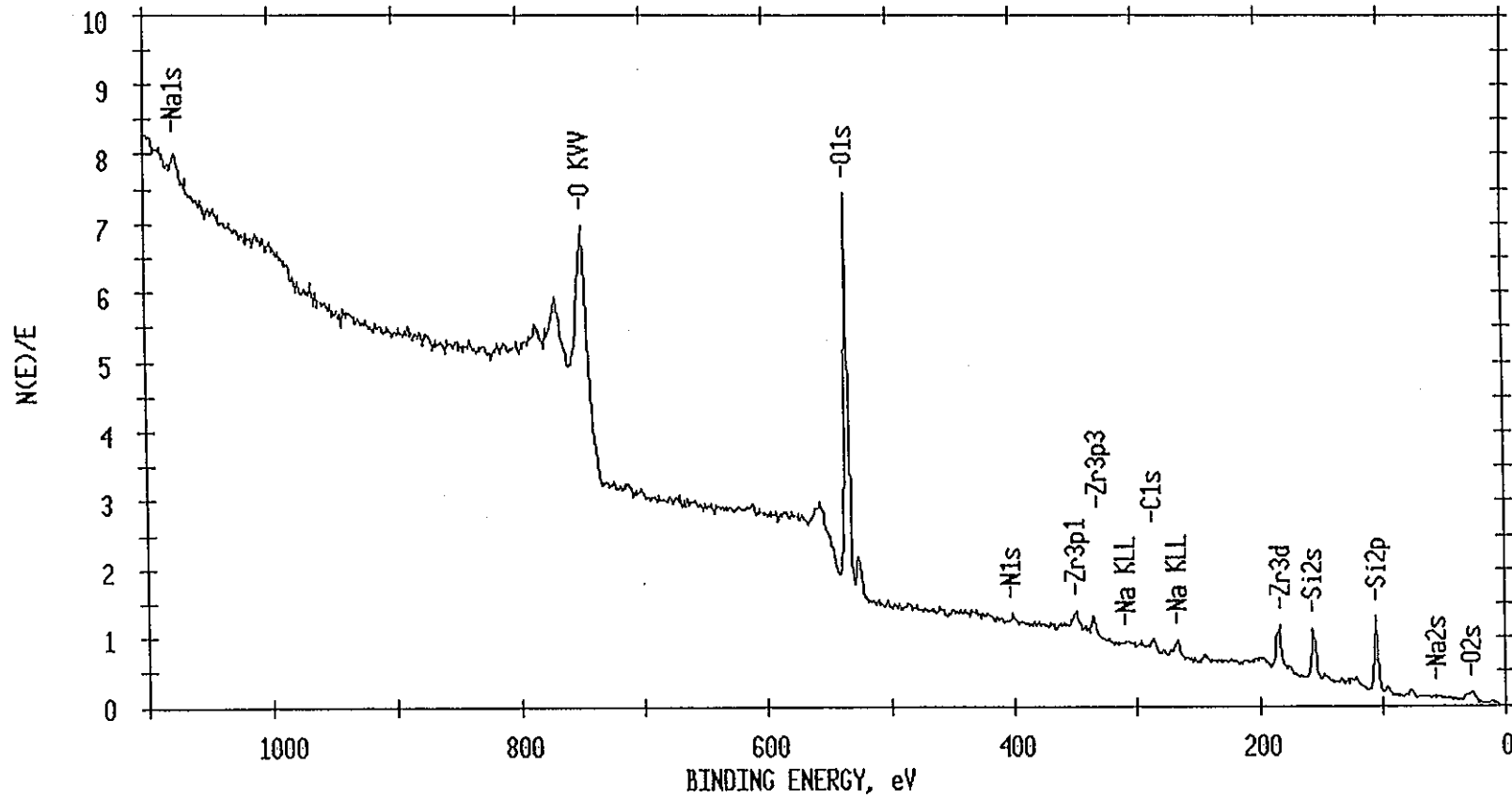


図4.6-52 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位23/ベンド配管/硝酸蒸気出口側付近)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min
 FILE: ichi237 Z24
 SCALE FACTOR= 12.317 k c/s, OFFSET= 1.072 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

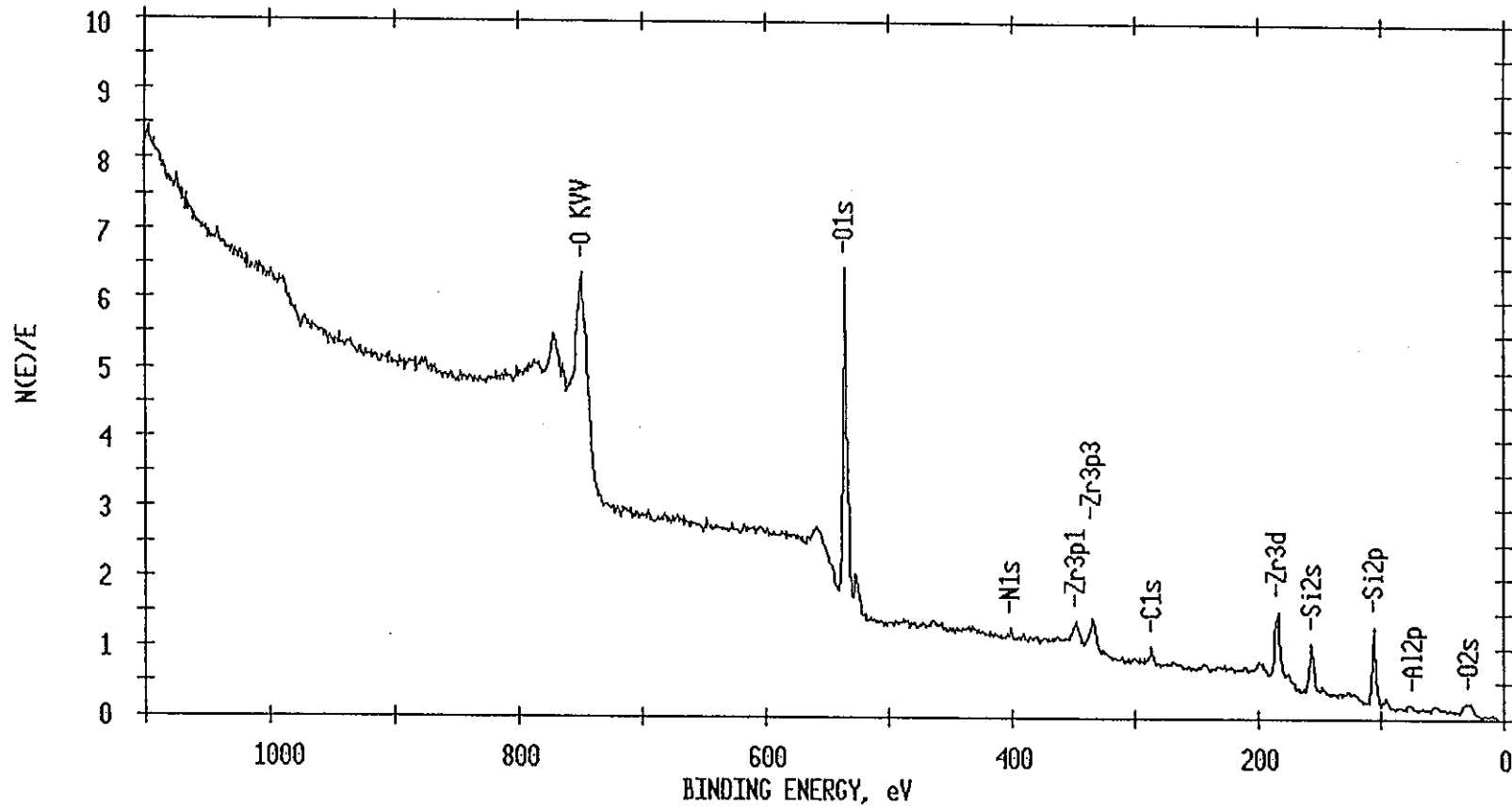


図4.6-53 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
 (部位24/ベンド配管/配管長手溶接部-入口付近)

ESCA SURVEY 2/12/97 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=3.30 min

FILE: ichi241 Z25

SCALE FACTOR= 11.863 k c/s, OFFSET= 1.394 k c/s PASS ENERGY=178.950 eV Mg 400 W

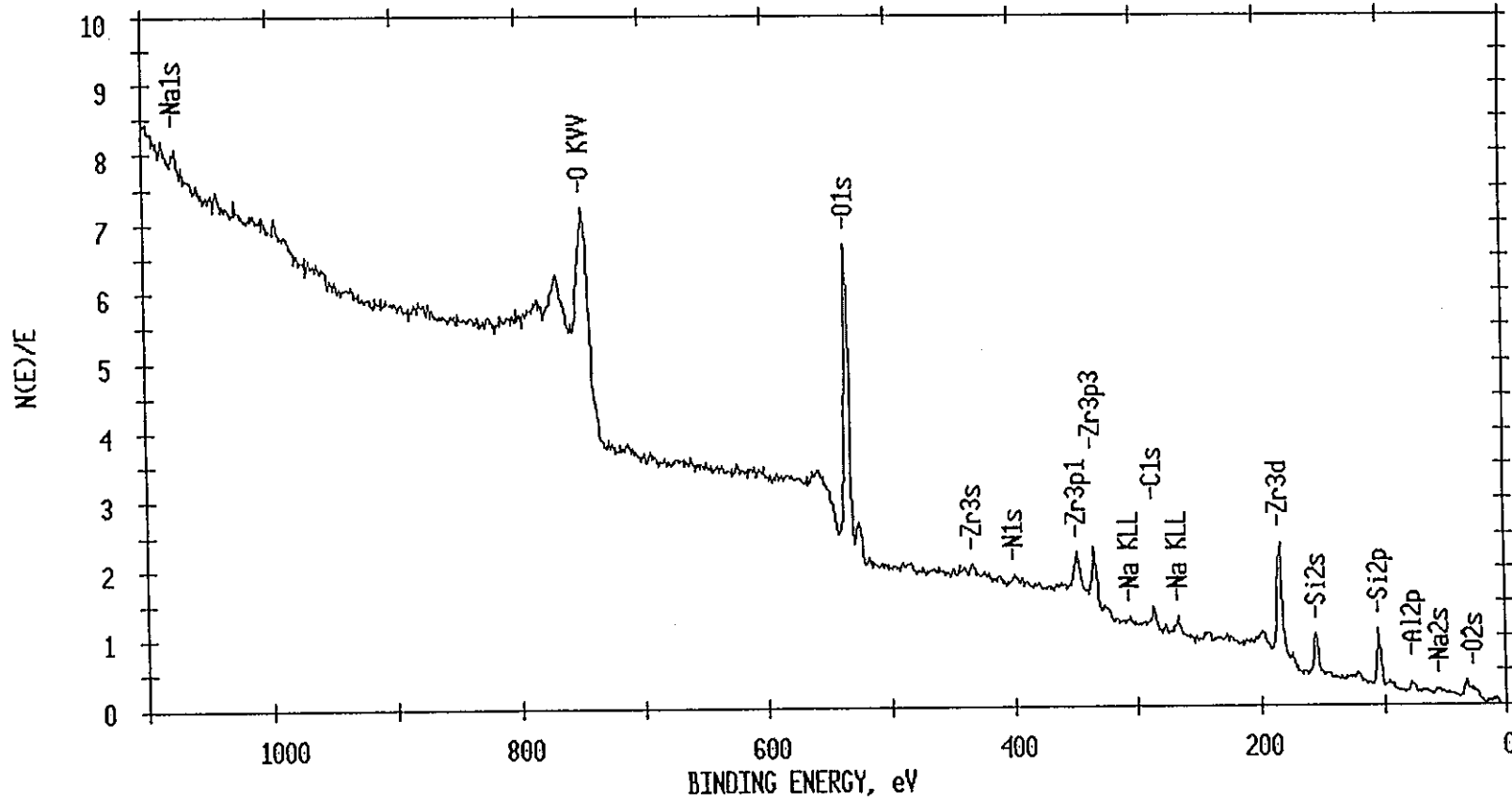


図4.6-54 Zr製蒸発缶内表面のESCAによる定性分析
(部位25/ベンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

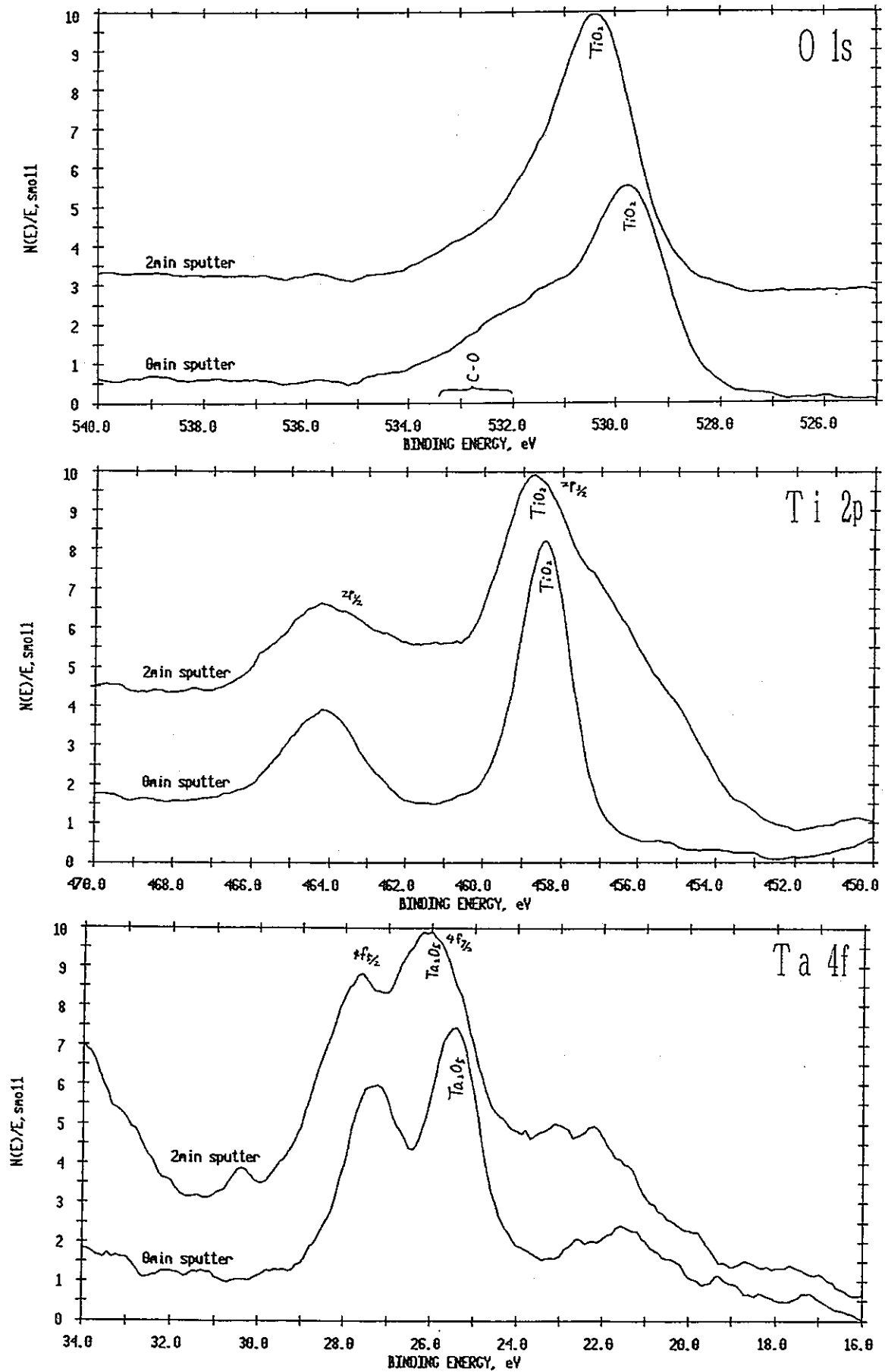


図4.6-55 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位1/伝熱管/上部管板から0.5m付近)

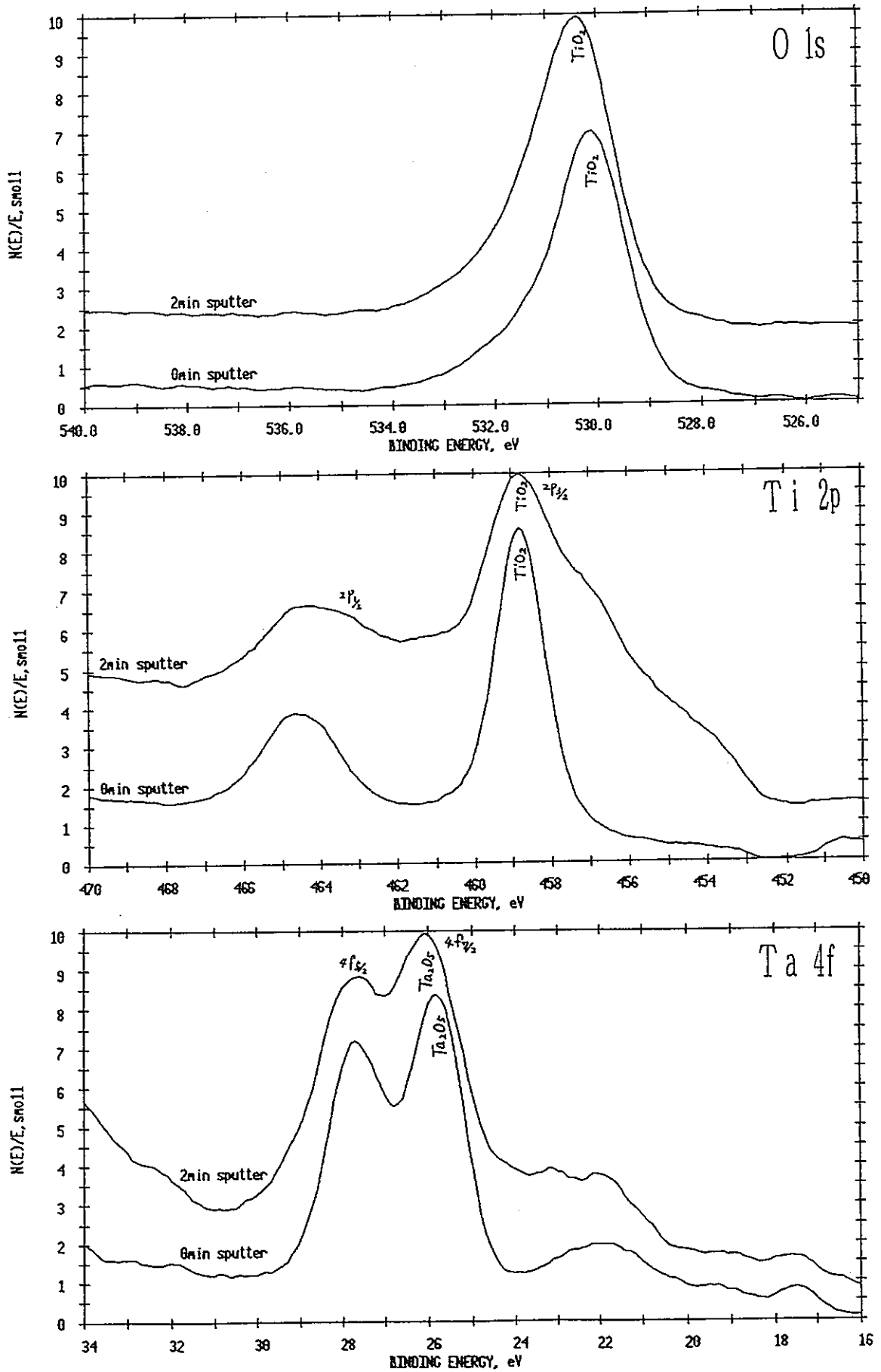


図4.6-56 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位2/伝熱管/上部管板から2.0m付近)

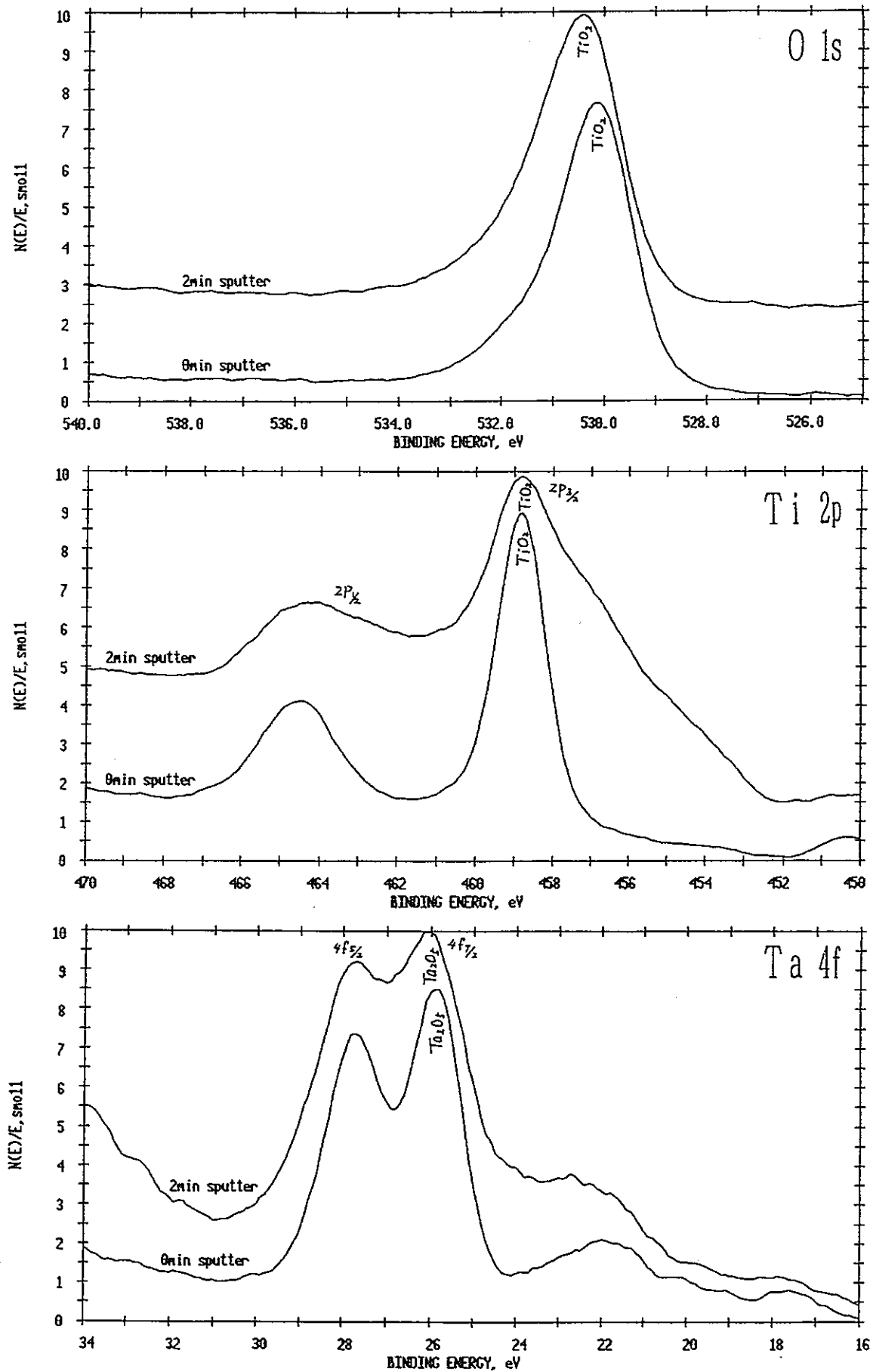


図4.6-57 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)

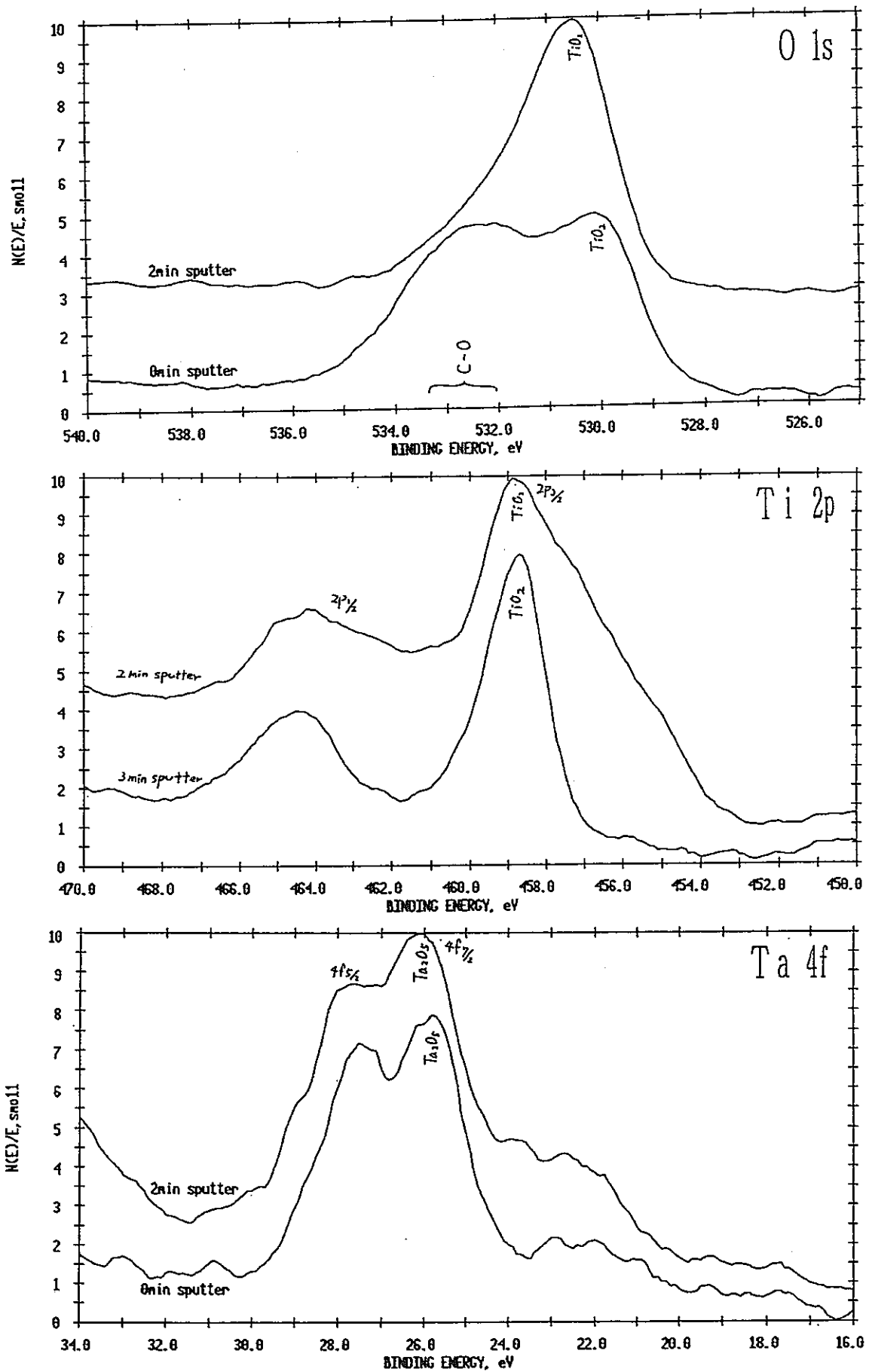


図4.6-58 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位4/加熱部上部チャンネル/鏡部)

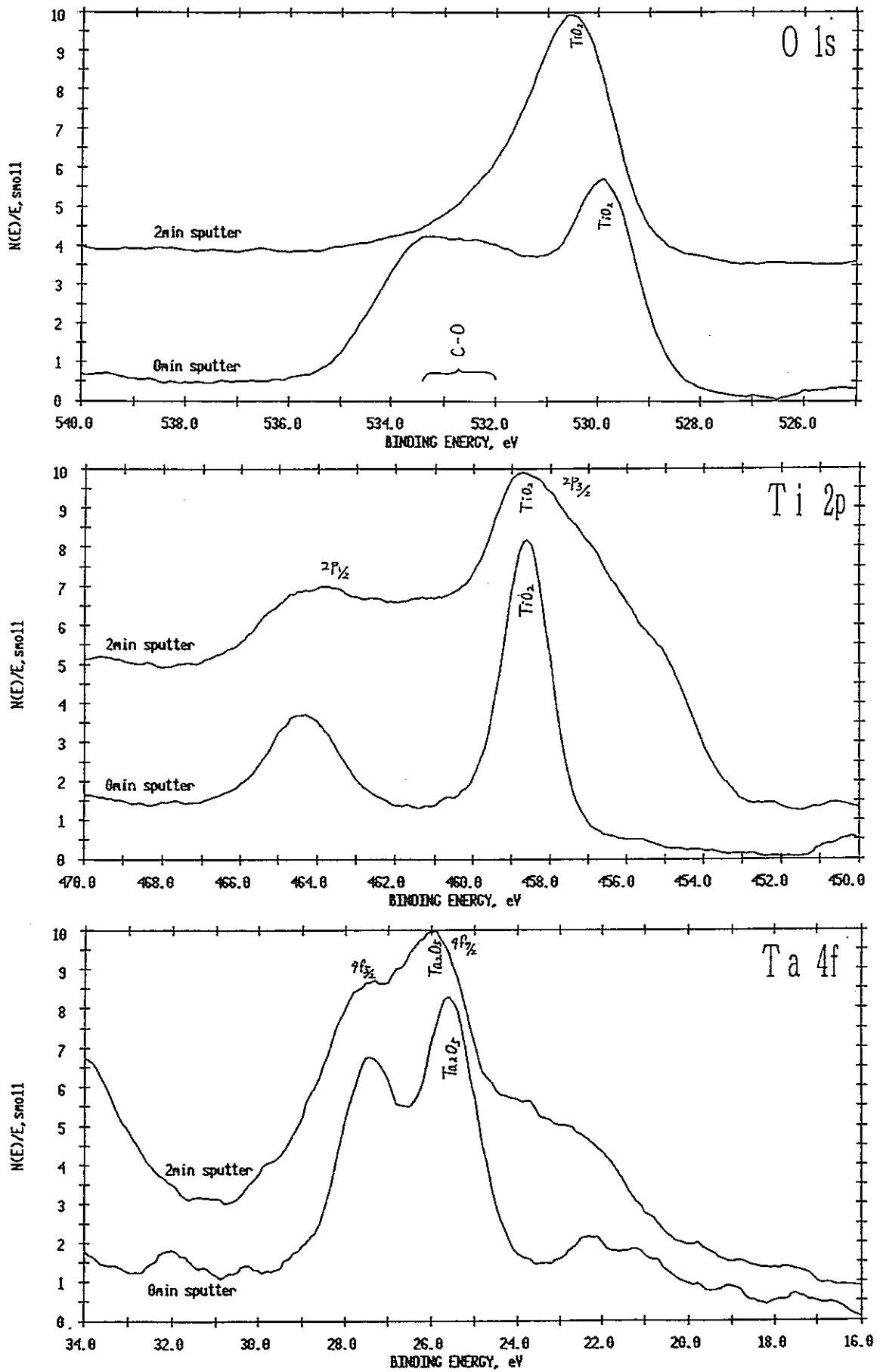


図4.6-59 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位5/加熱部上部チャンネル/胴部)

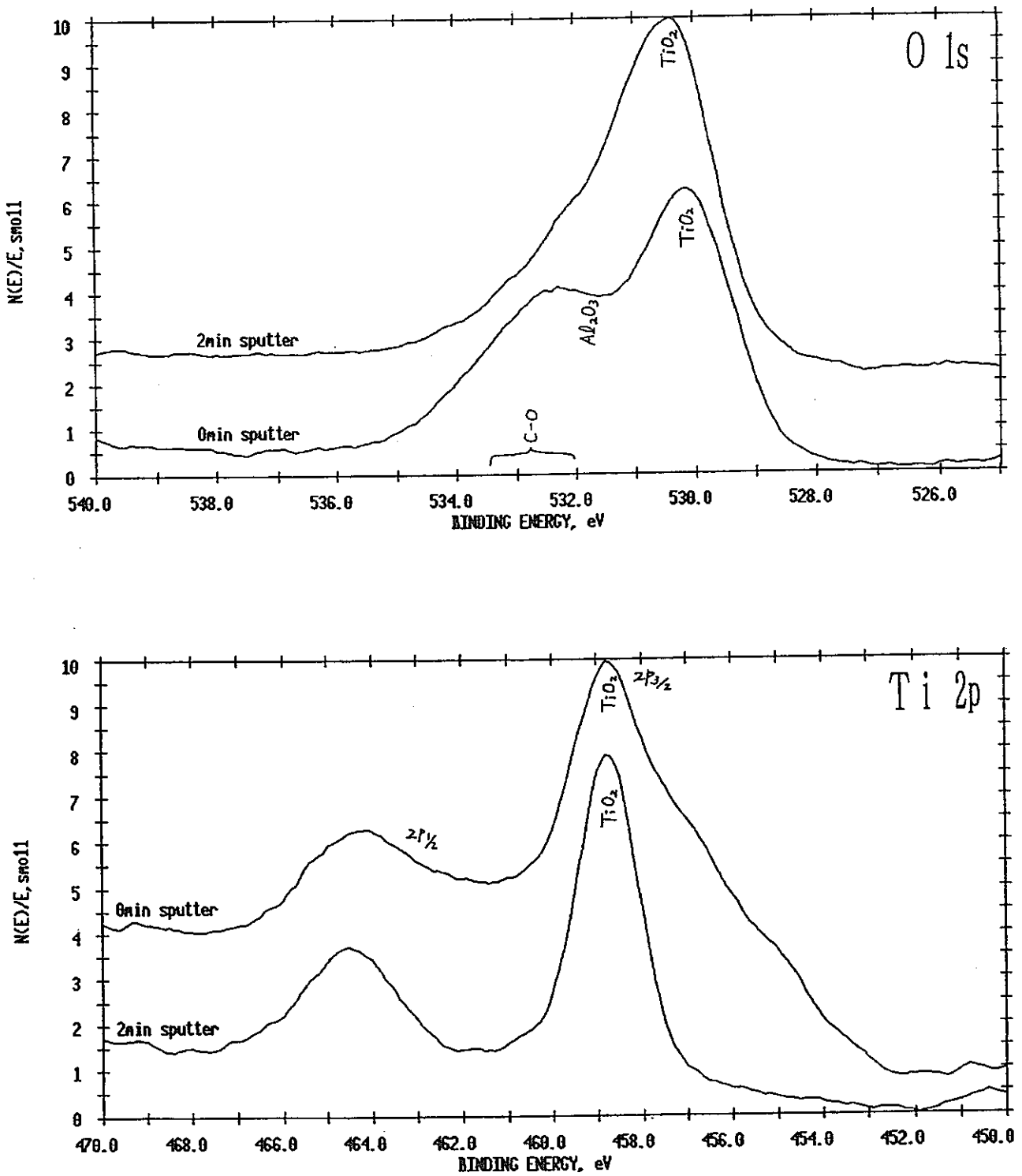


図4.6-60 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位6/加熱部上部チャンネル/温度計さや管)

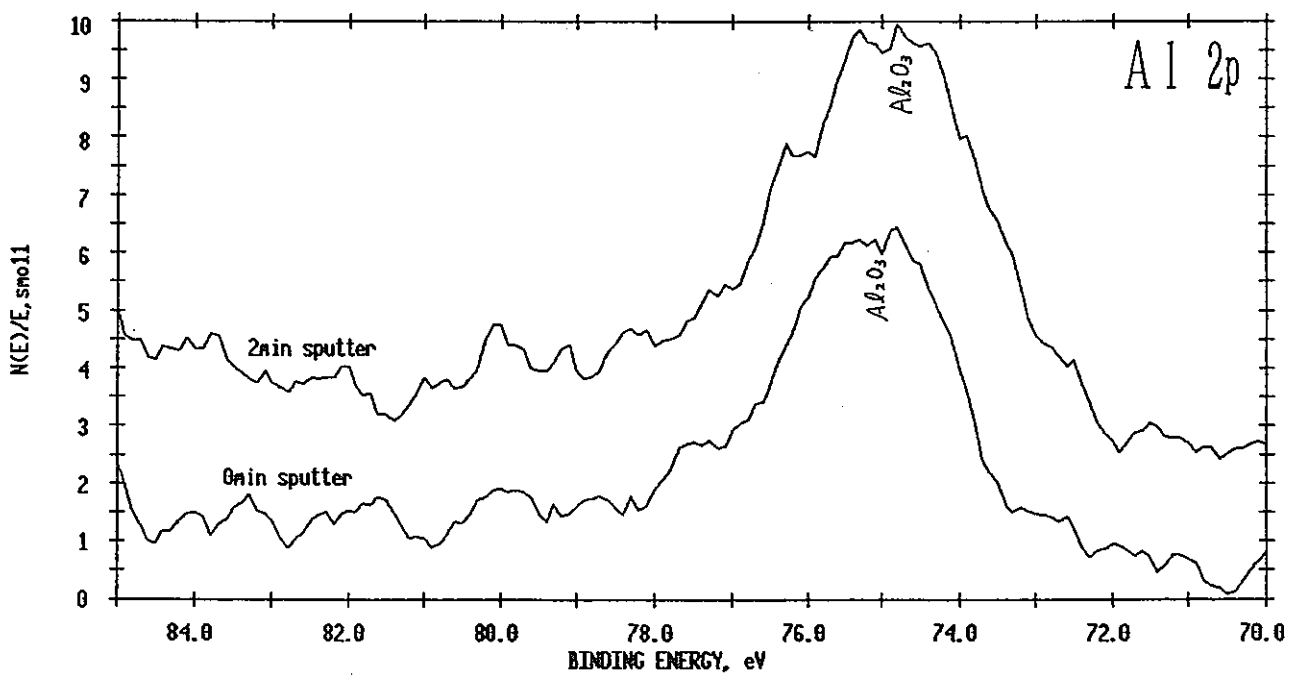
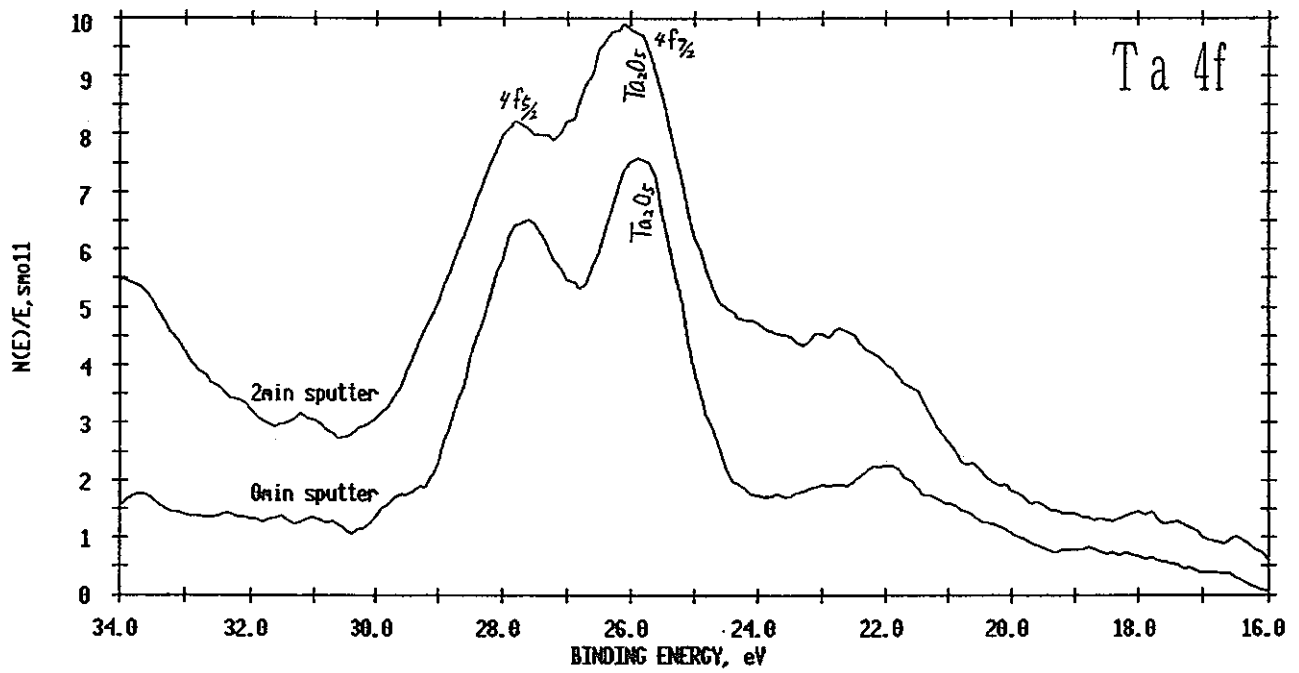


図4.6-61 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位6/加熱部上部チャンセル/温度計さや管)

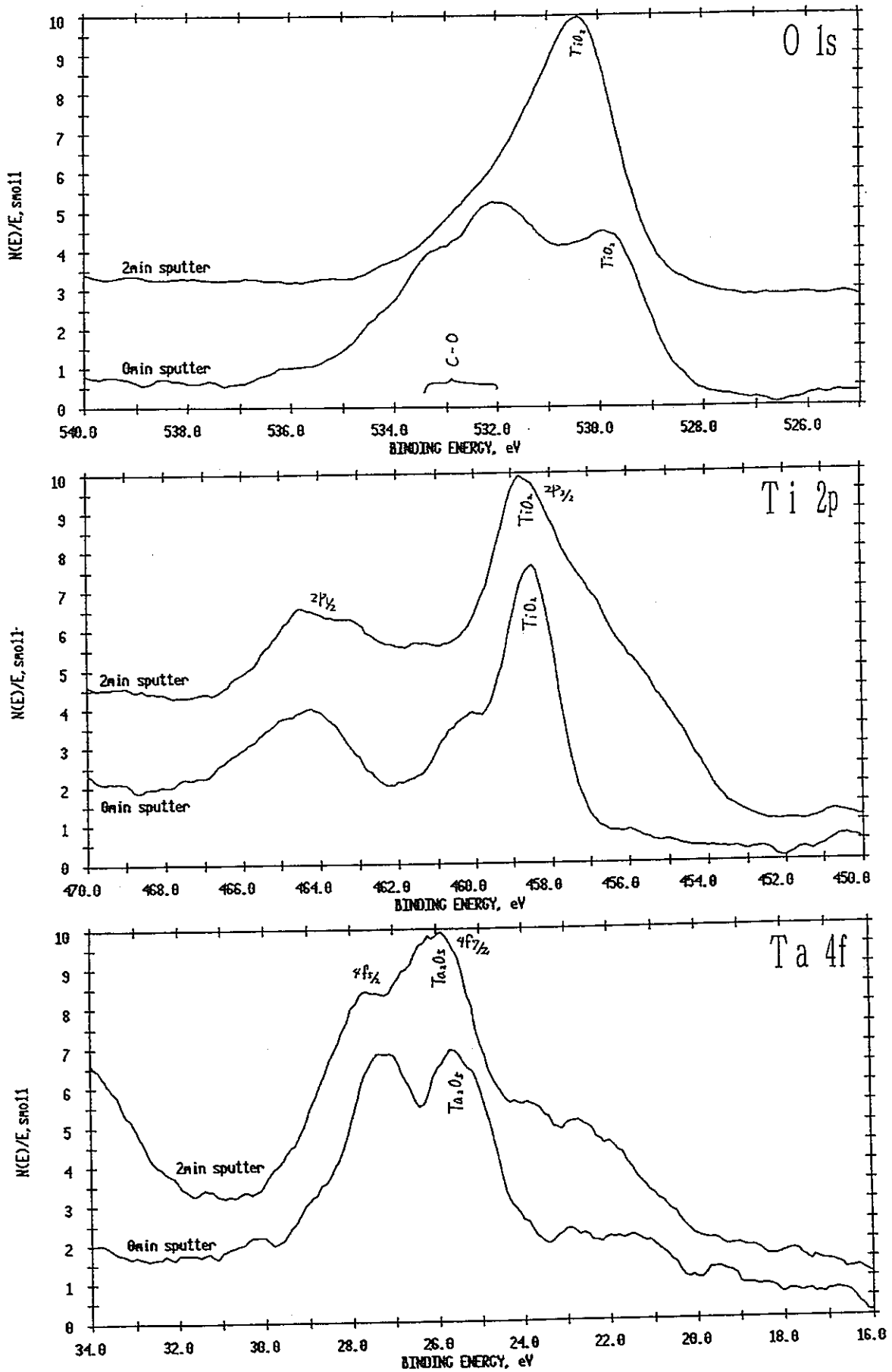


図4.6-62 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)

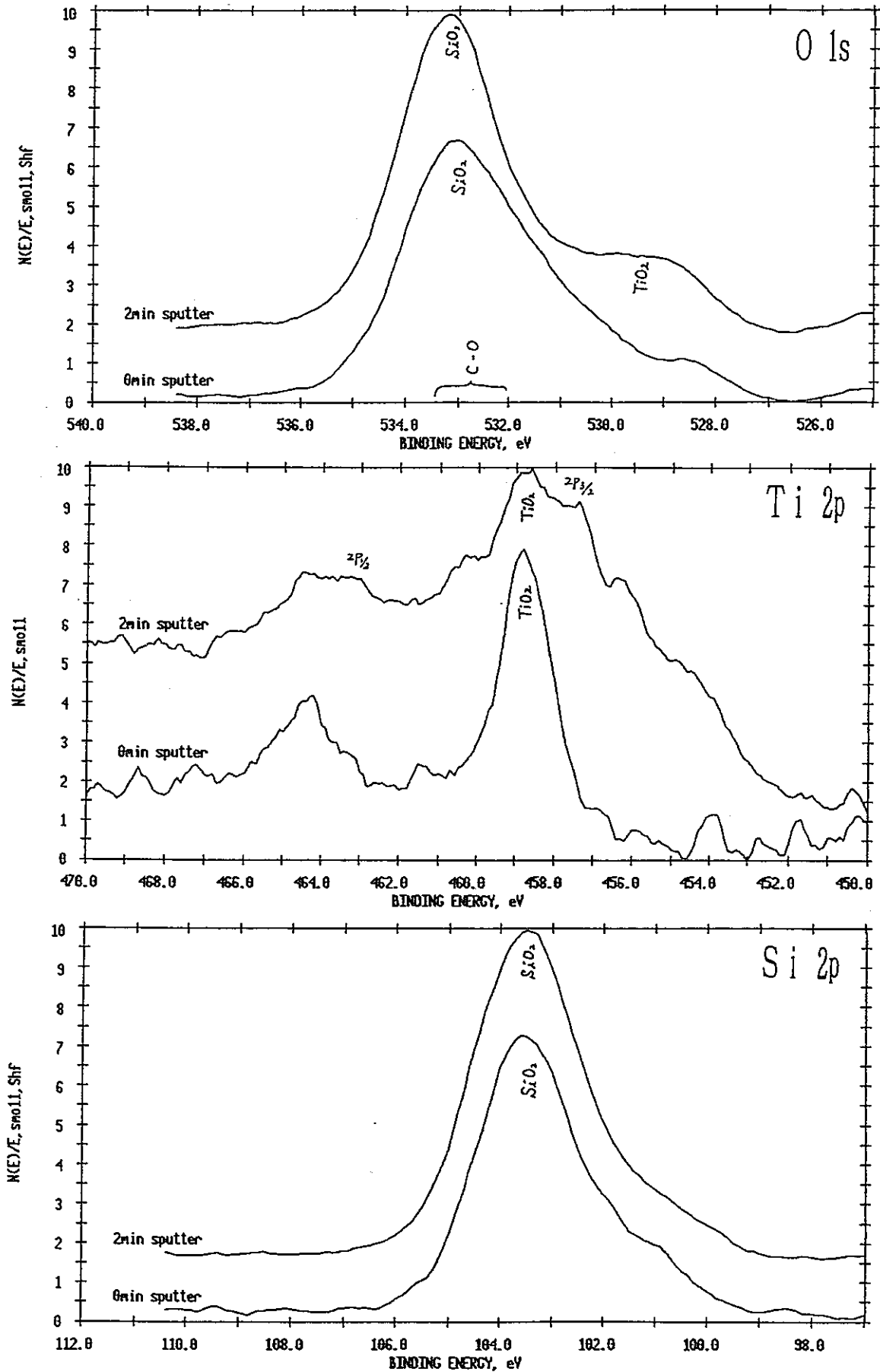


図4.6-63 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位8/加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノズル座溶接部)

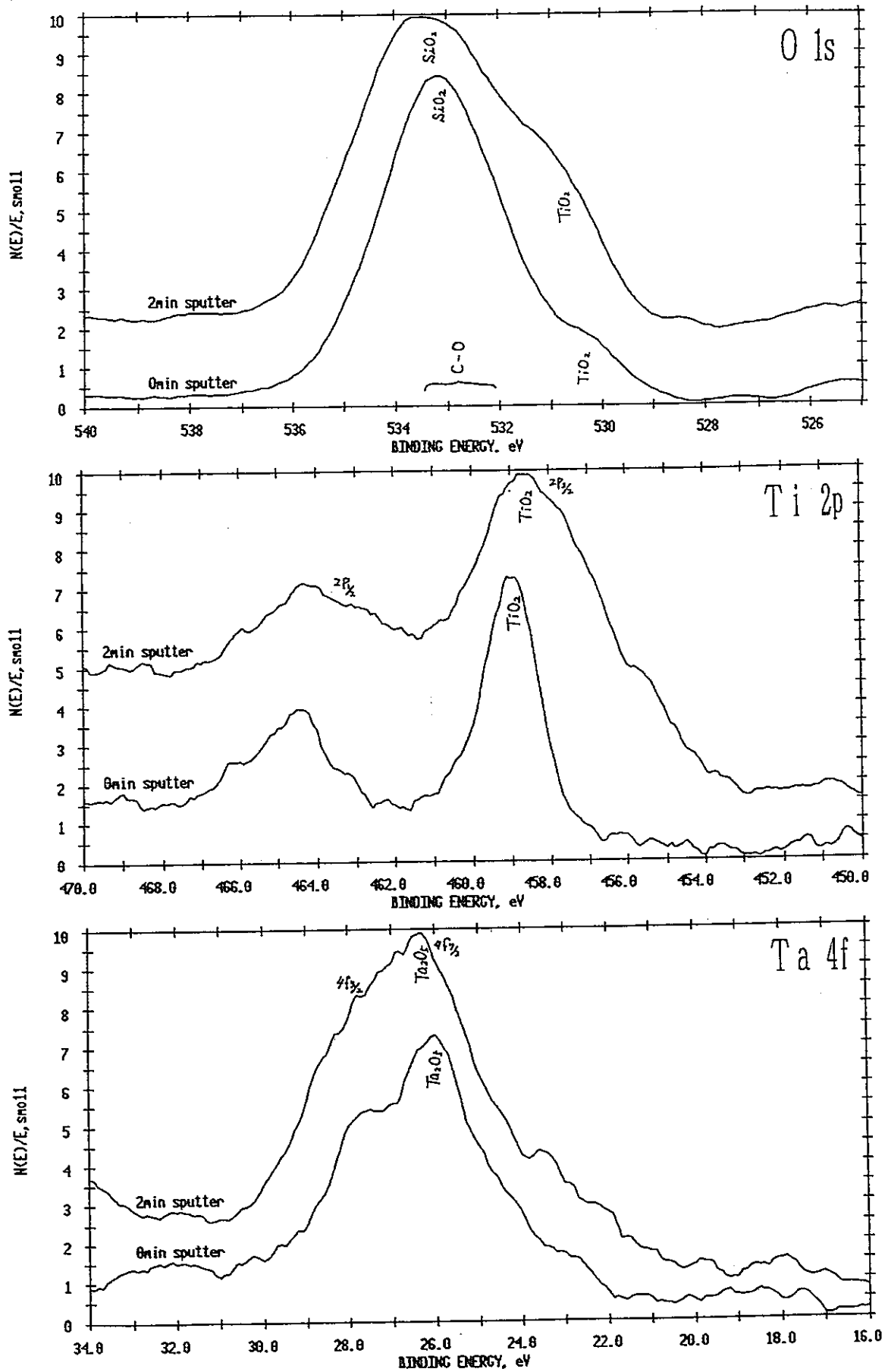


図4.6-64 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-気相部)

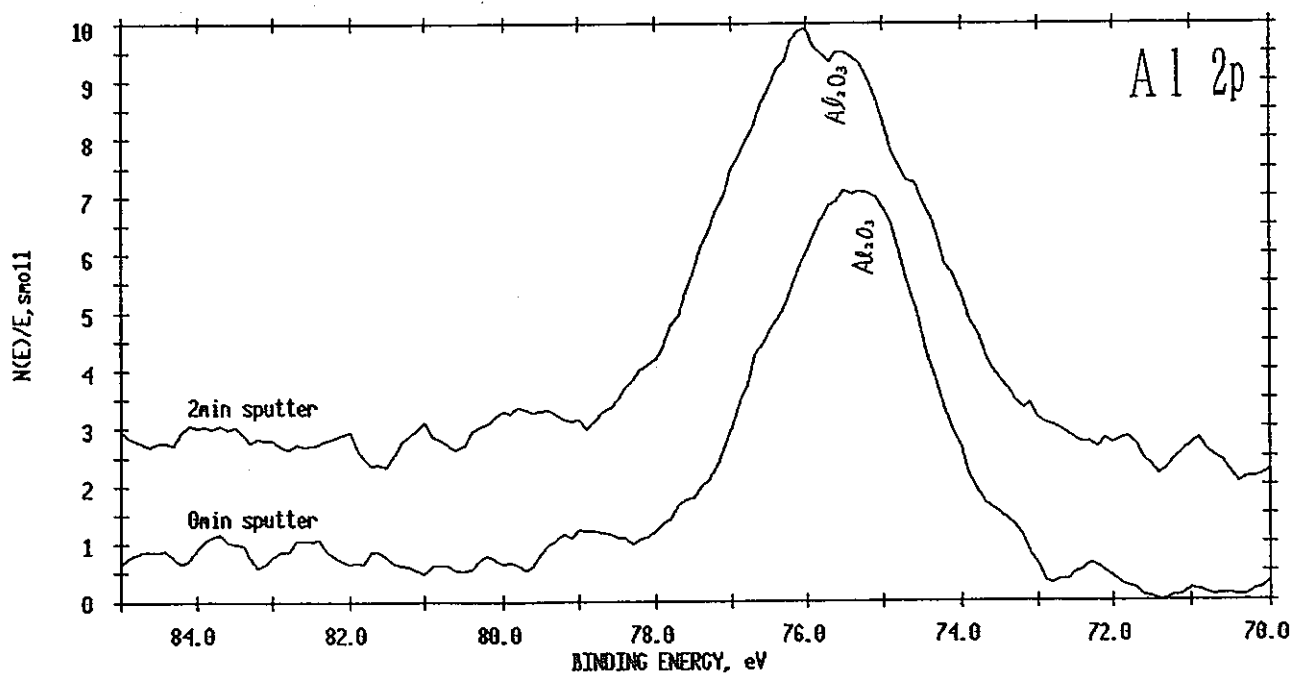
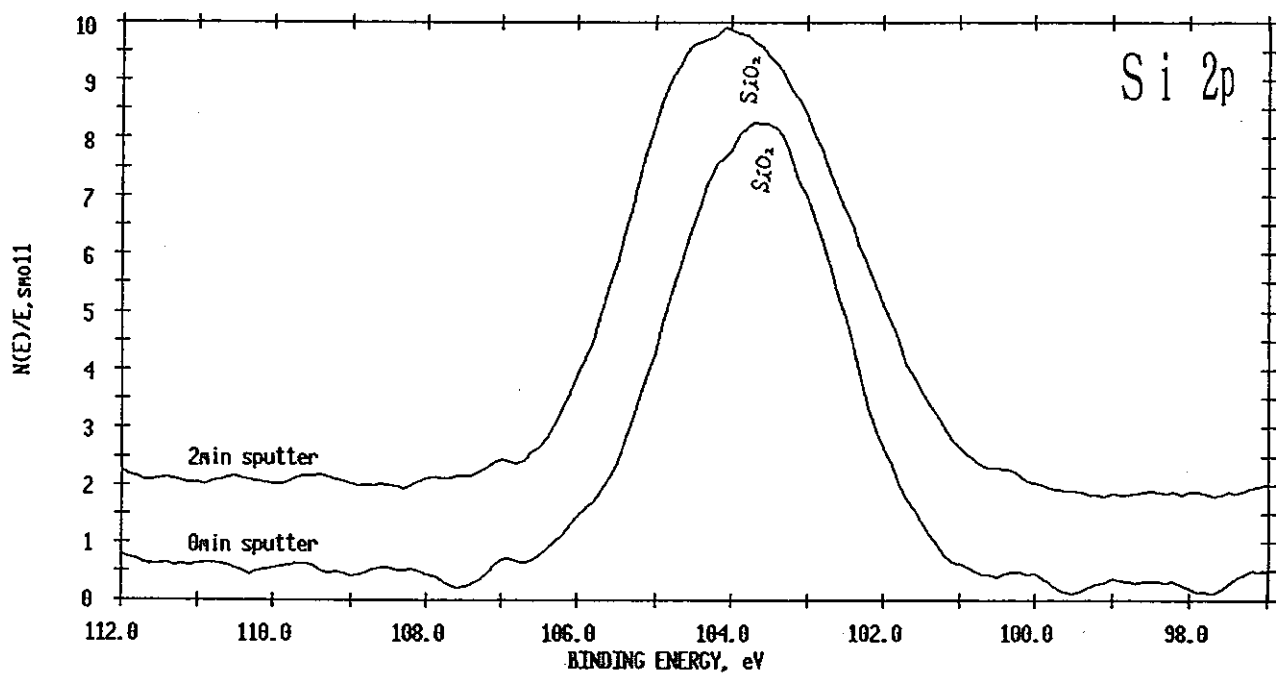


図4.6-65 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-気相部)

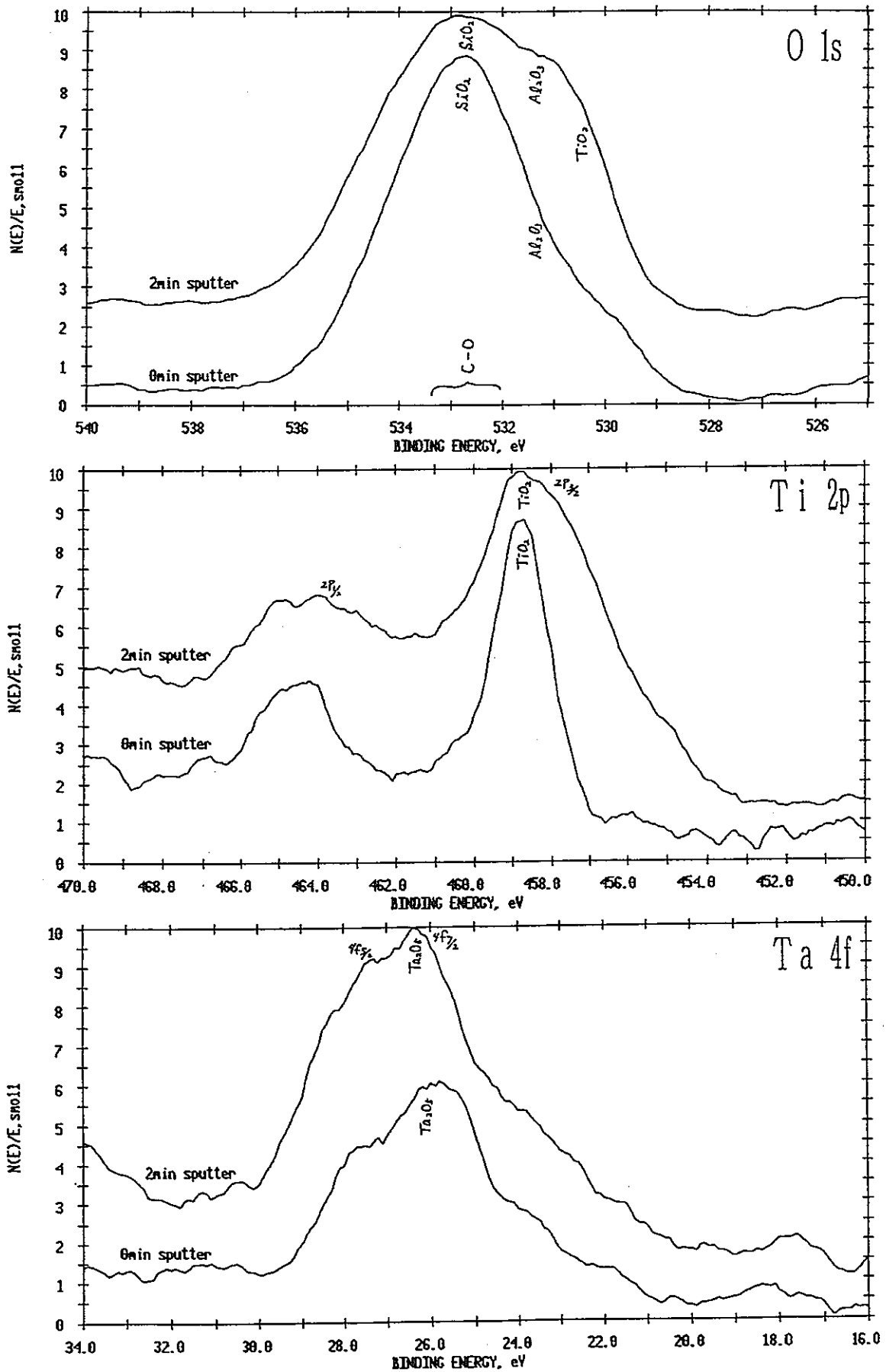


図4.6-66 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-液相部)

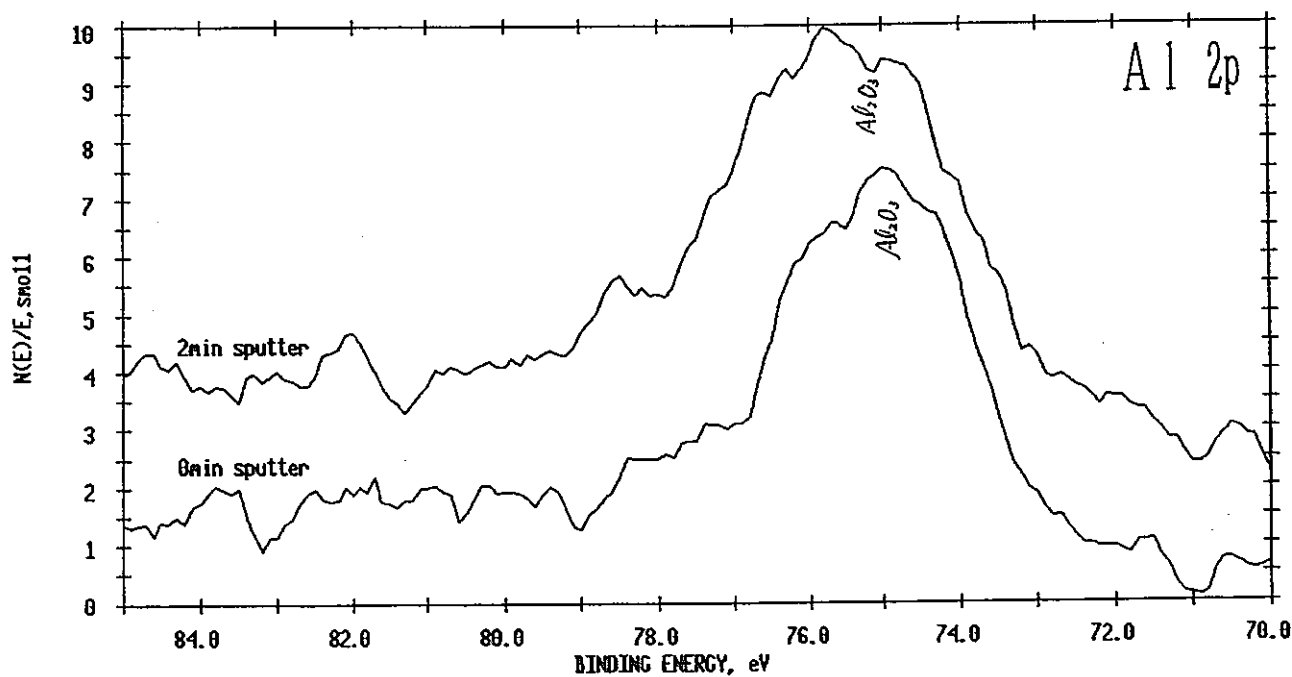
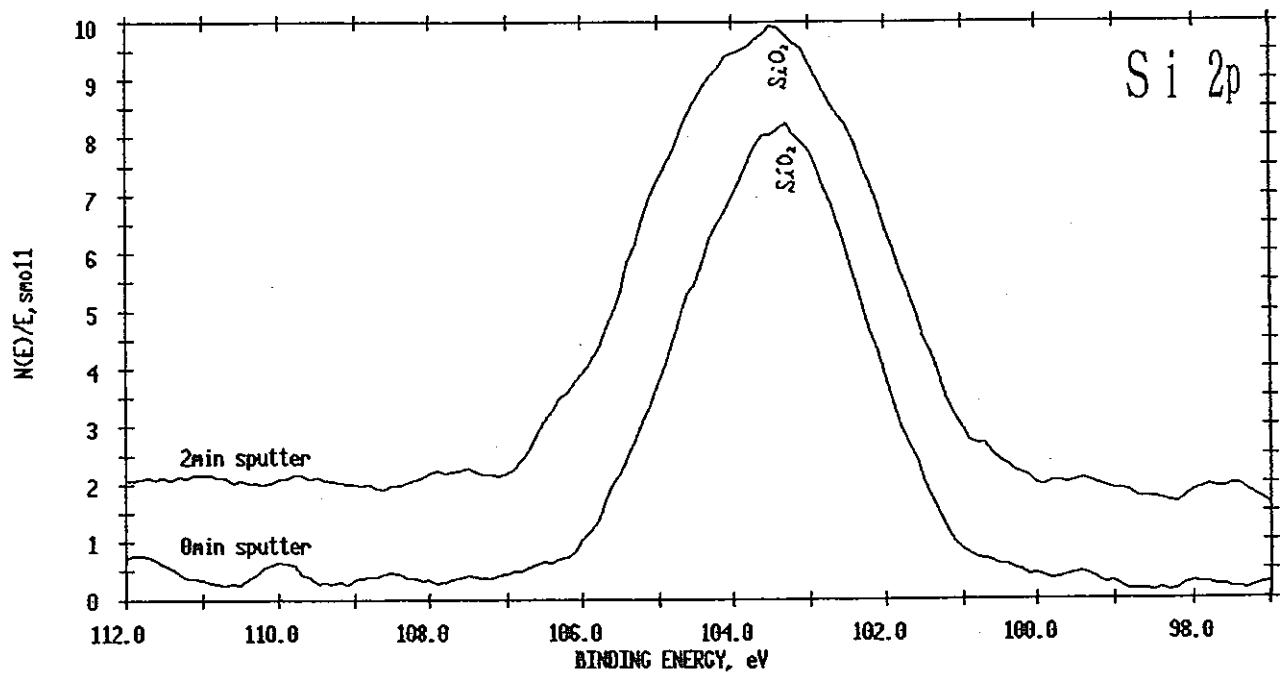


図4.6-67 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-液相部)

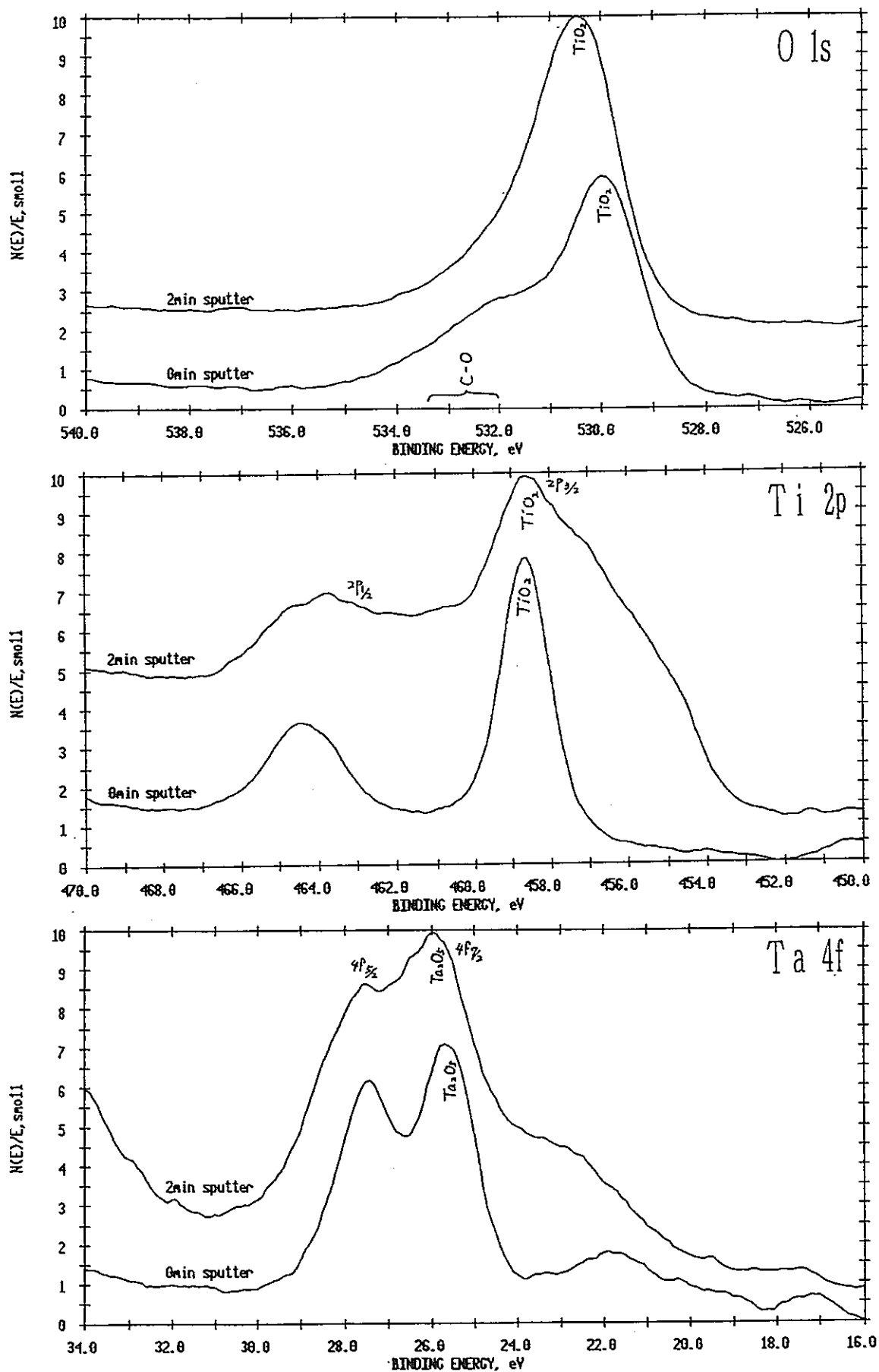


図4.6-68 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-気相部)

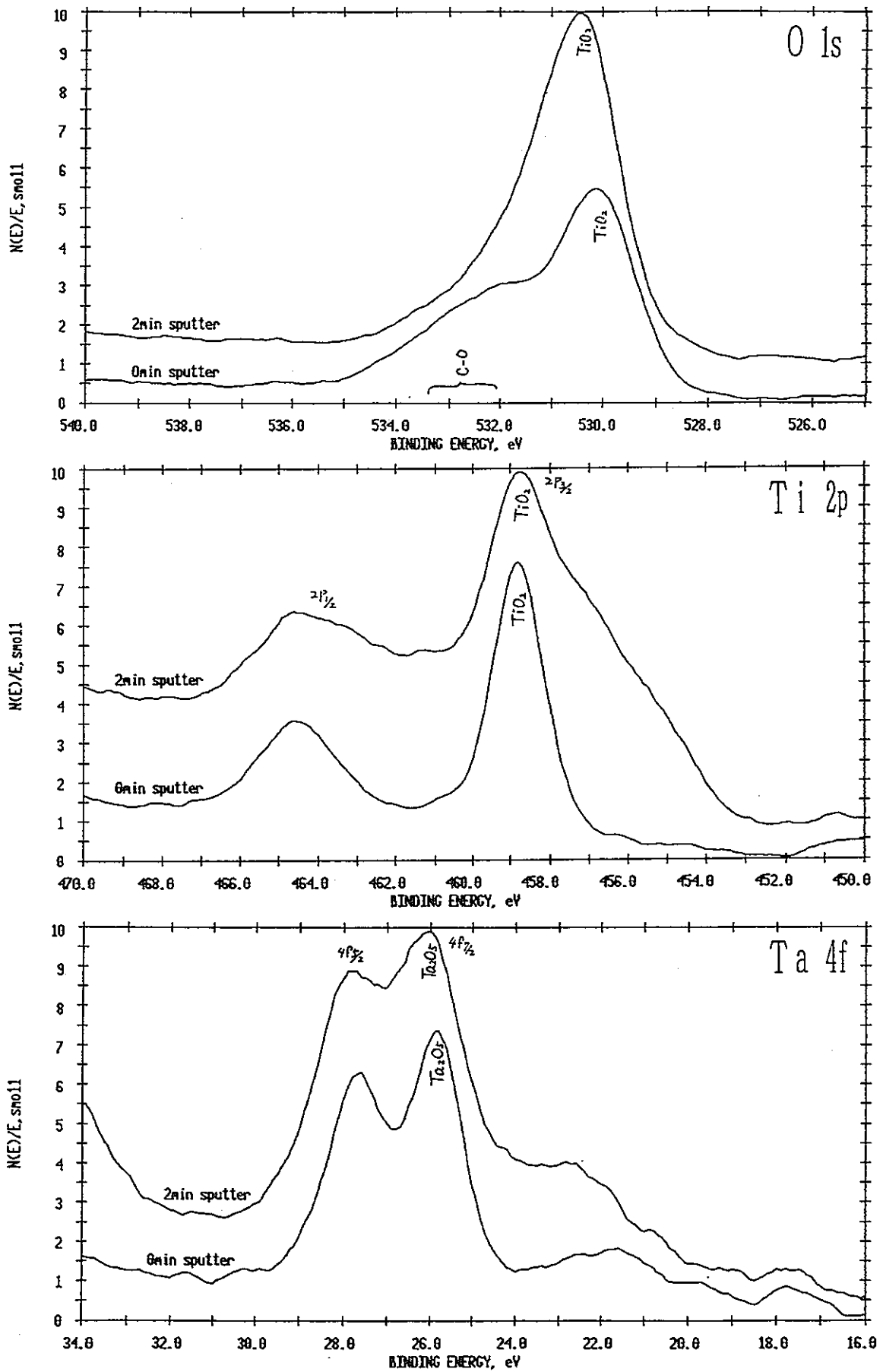


図4.6-69 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-液相部)

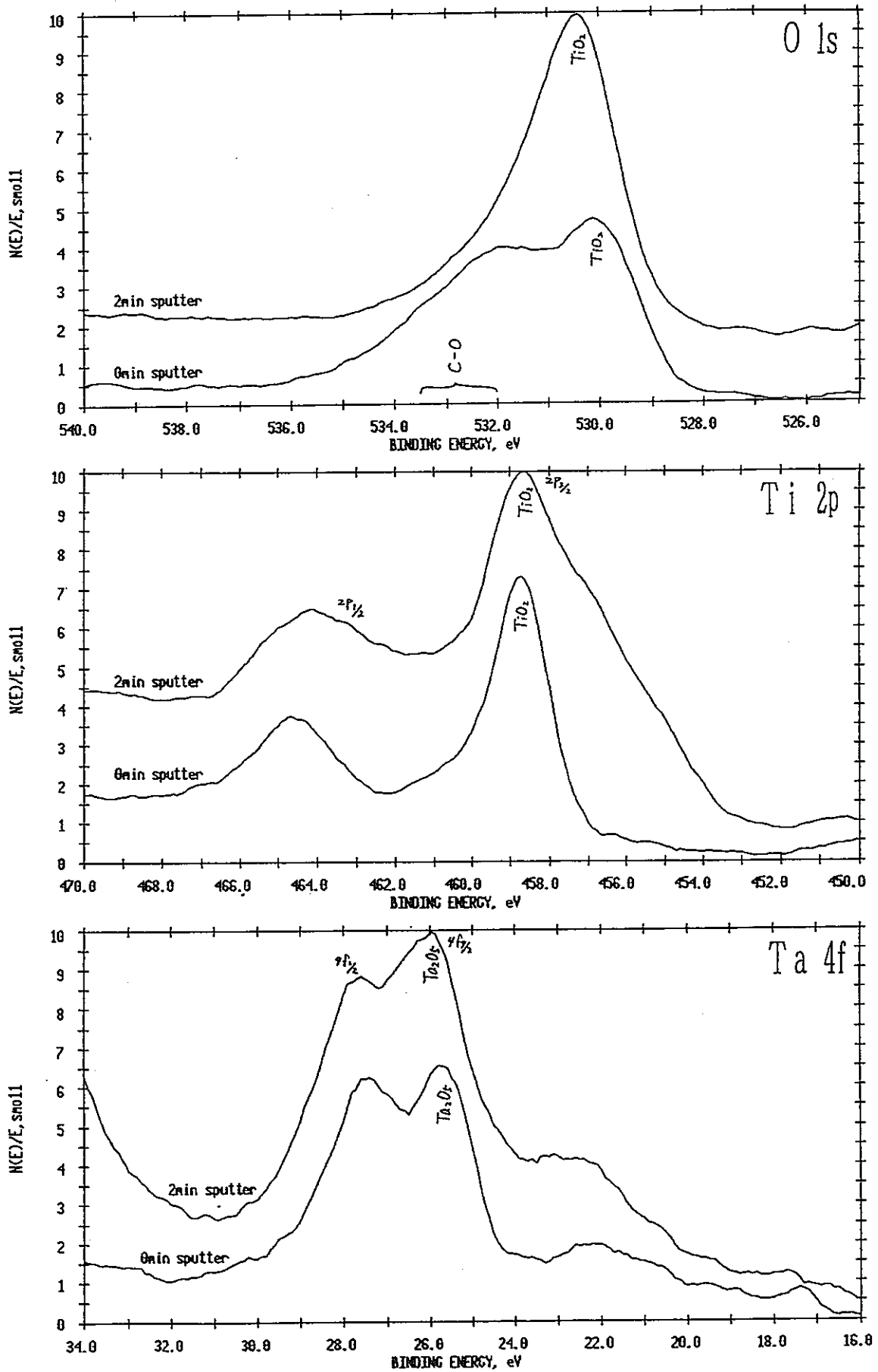


図4.6-70 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位11 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)

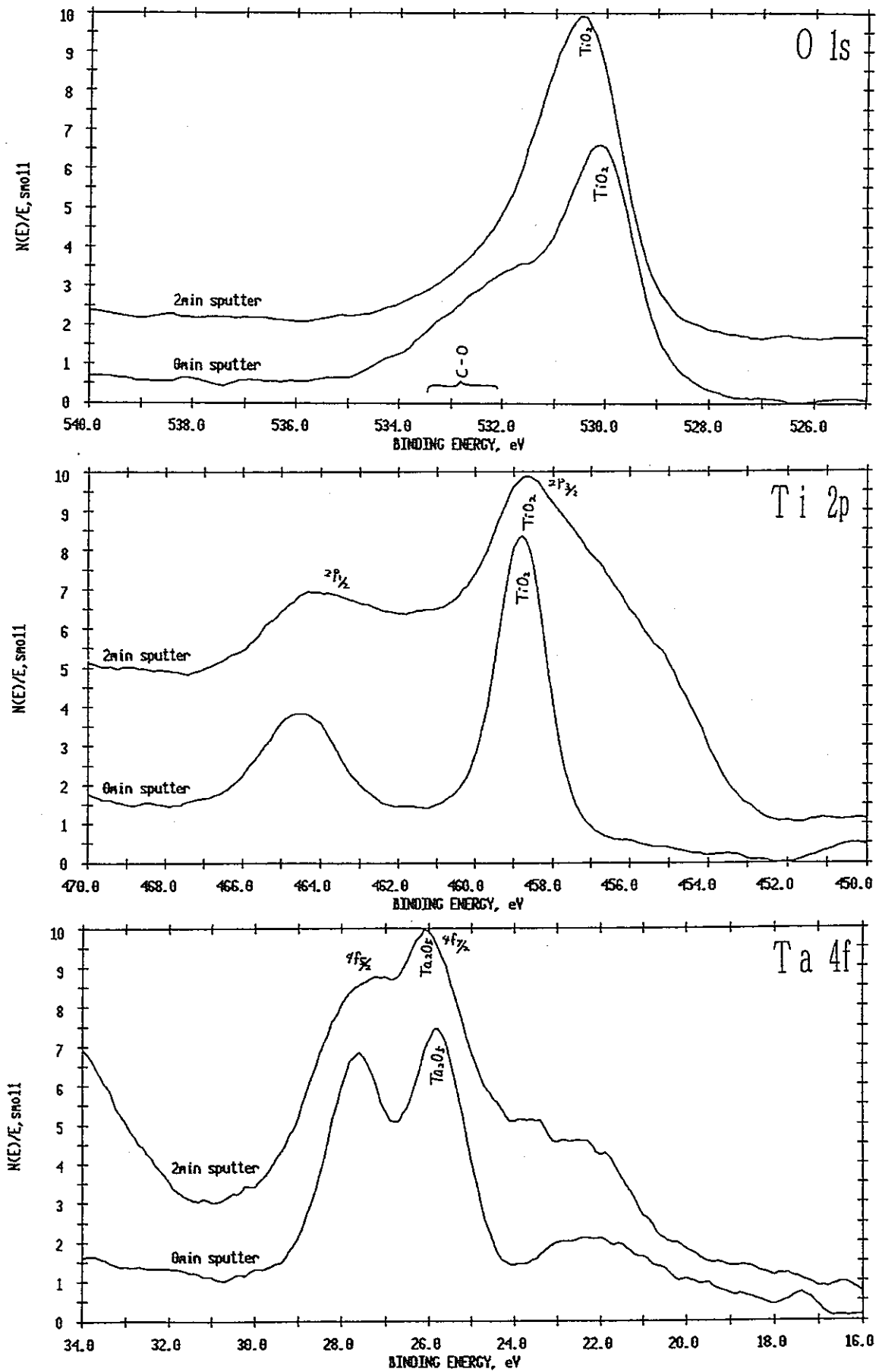


図4.6-71 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位12/上部連絡管/伸縮管/スリ座溶接部)

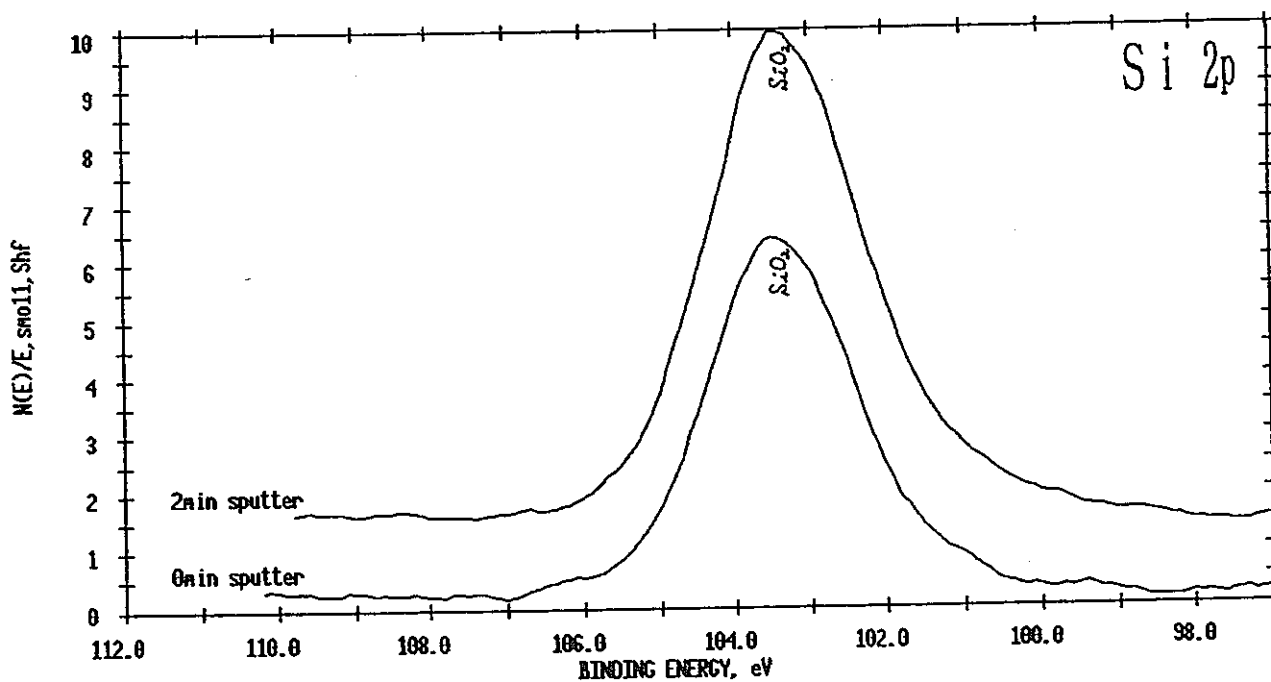
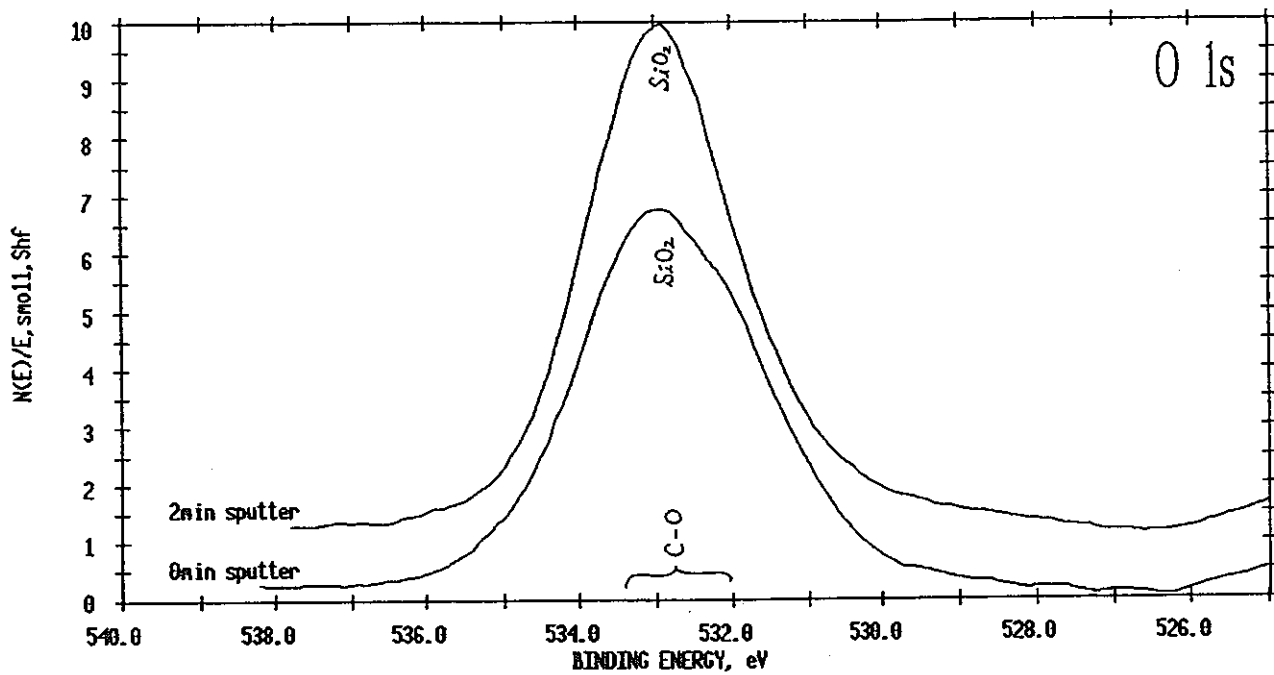


図4.6-72 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)

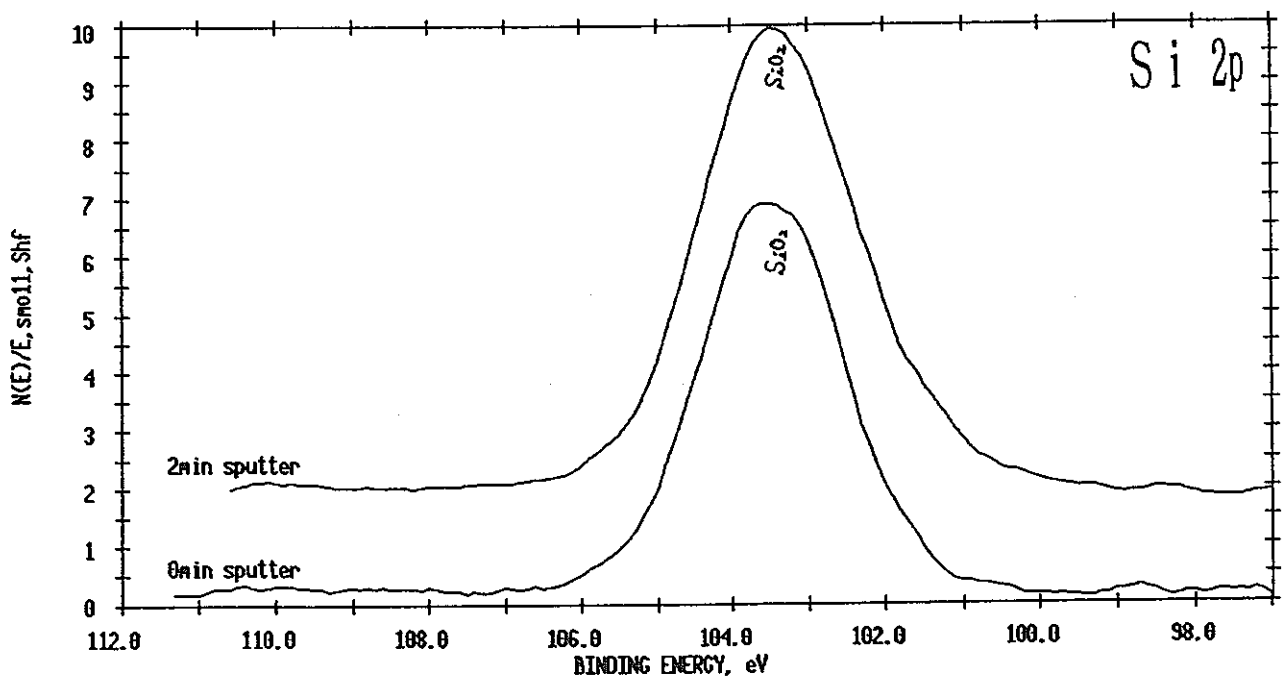
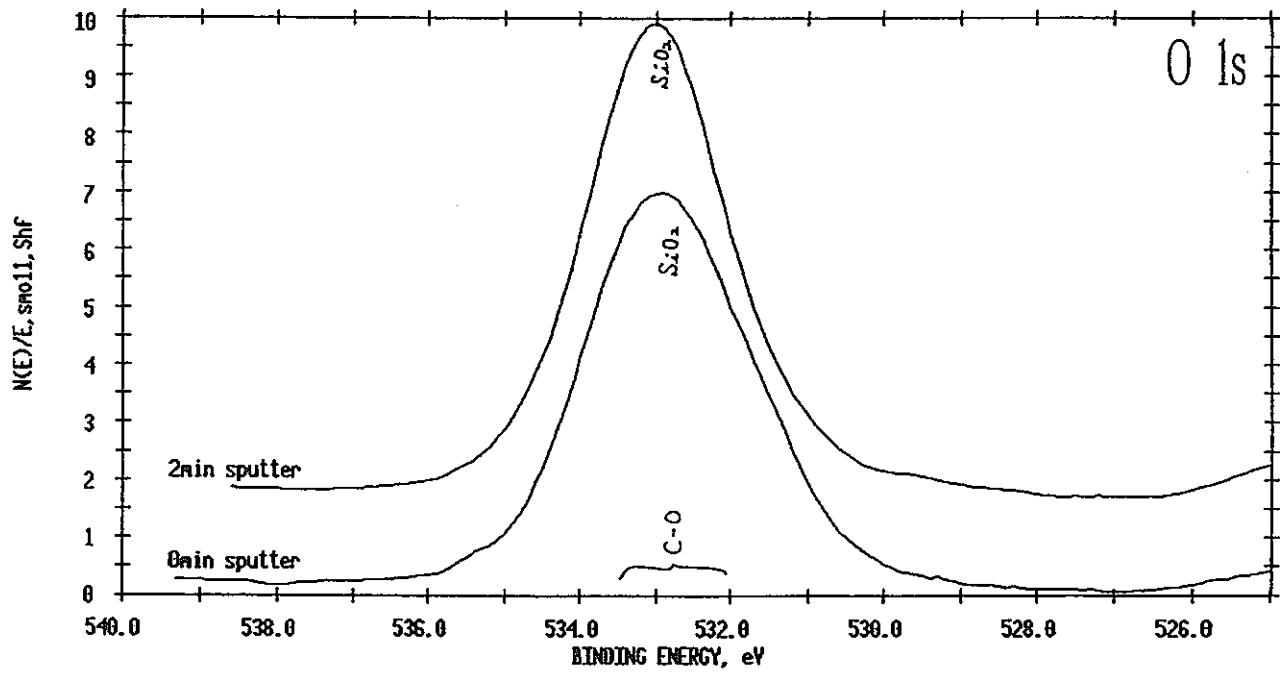


図4.6-73 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位14/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル)

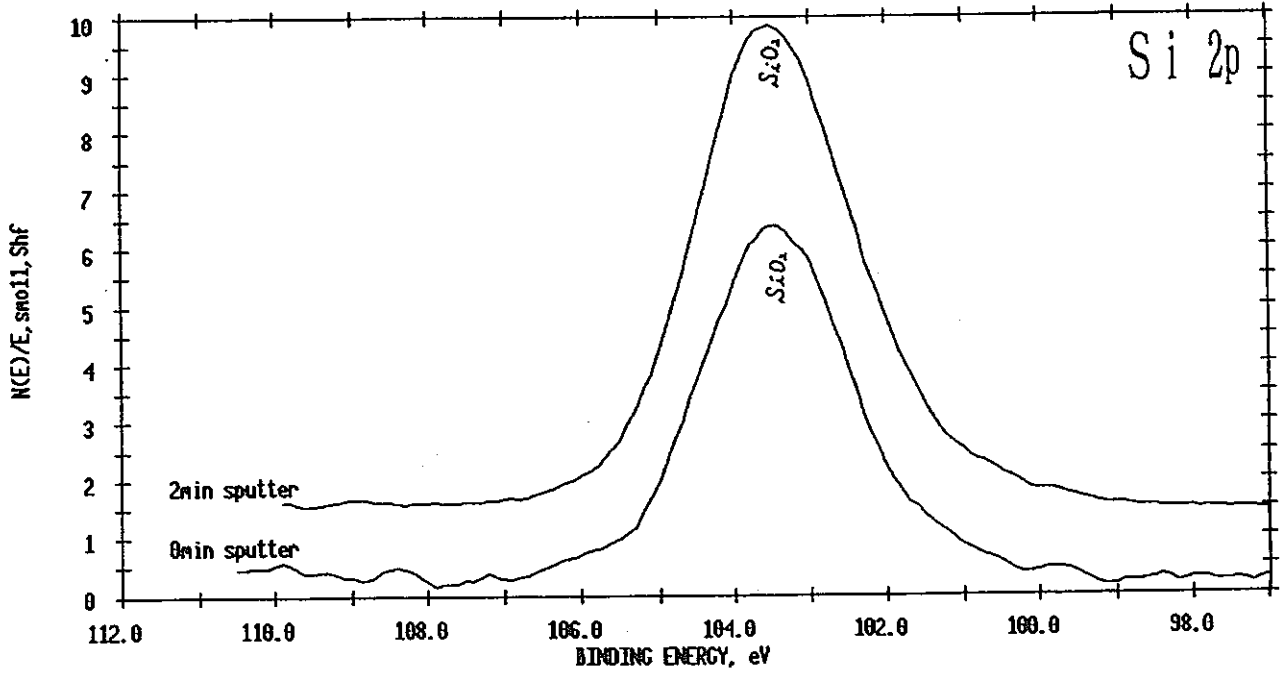
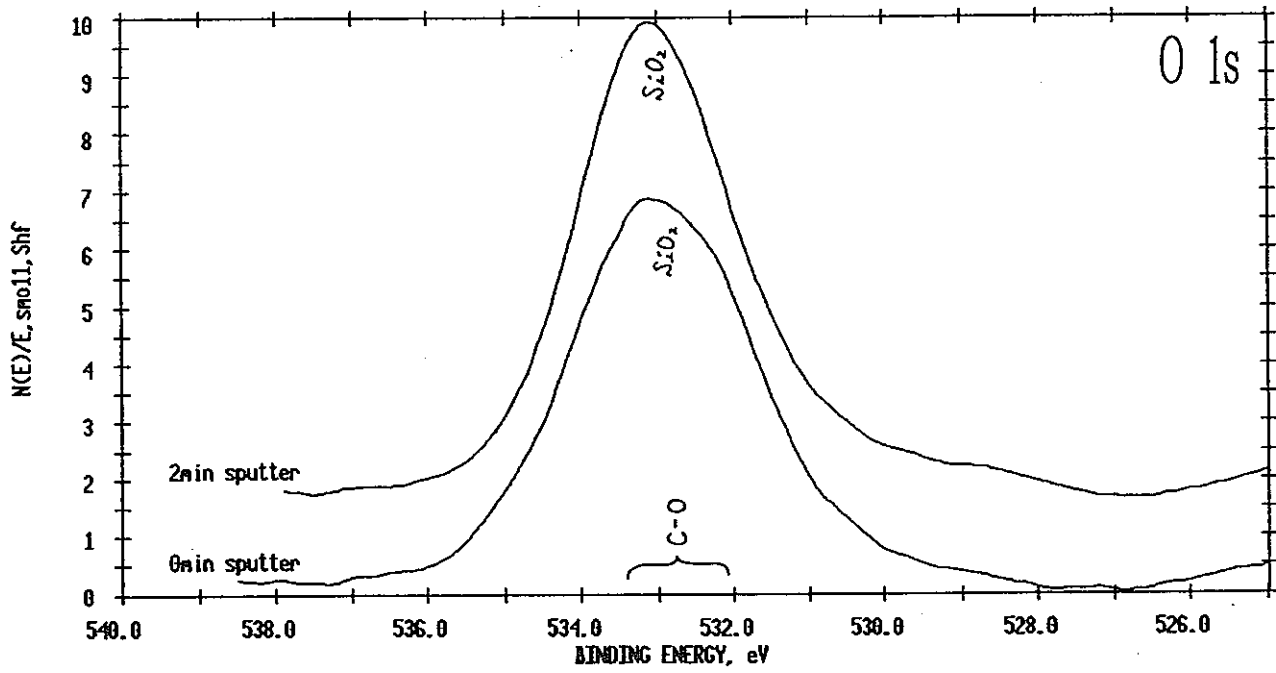


図4.6-74 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部スリ座)

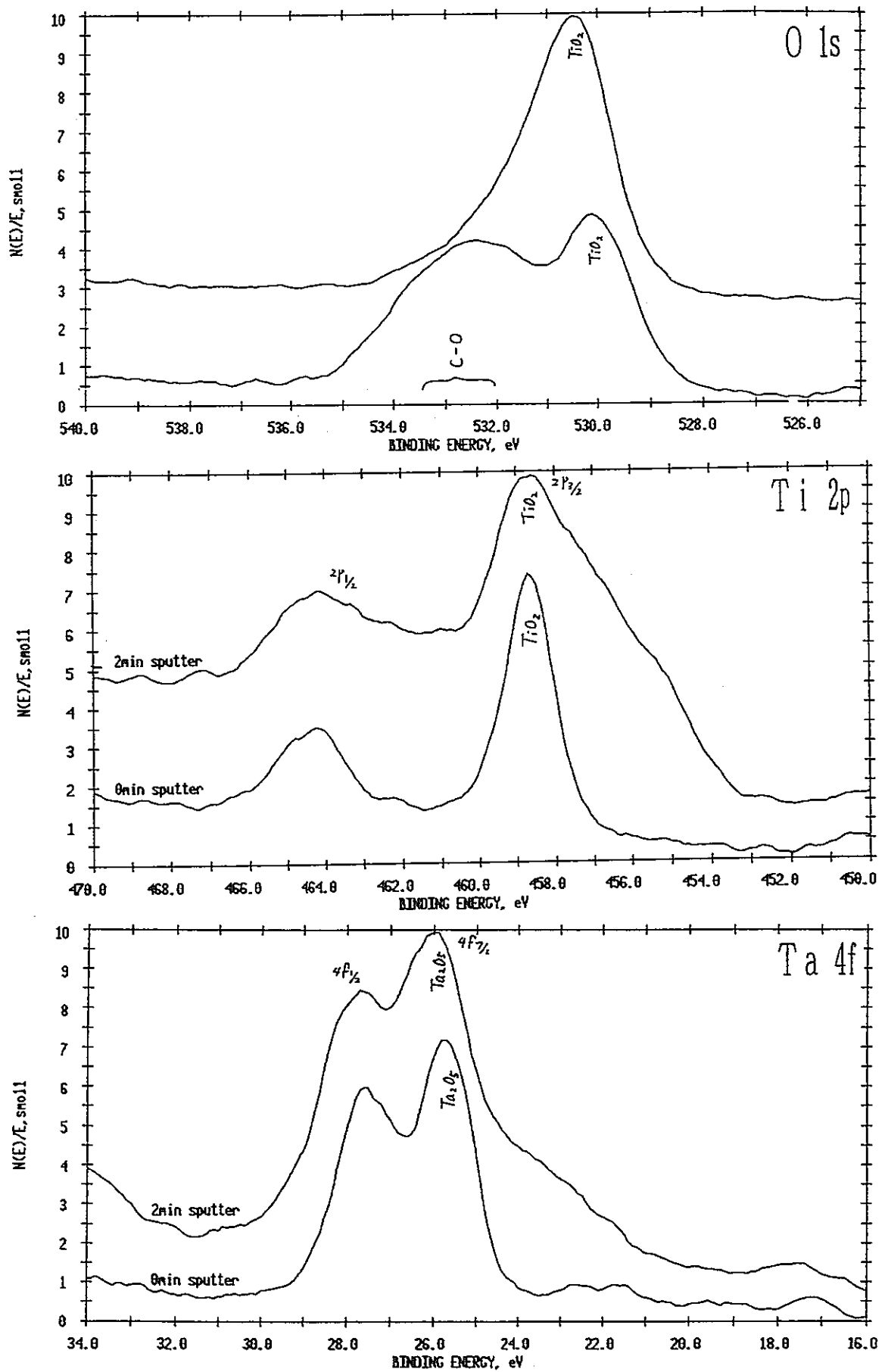


図4.6-75 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位16/蒸発部塔頂部/胴部)

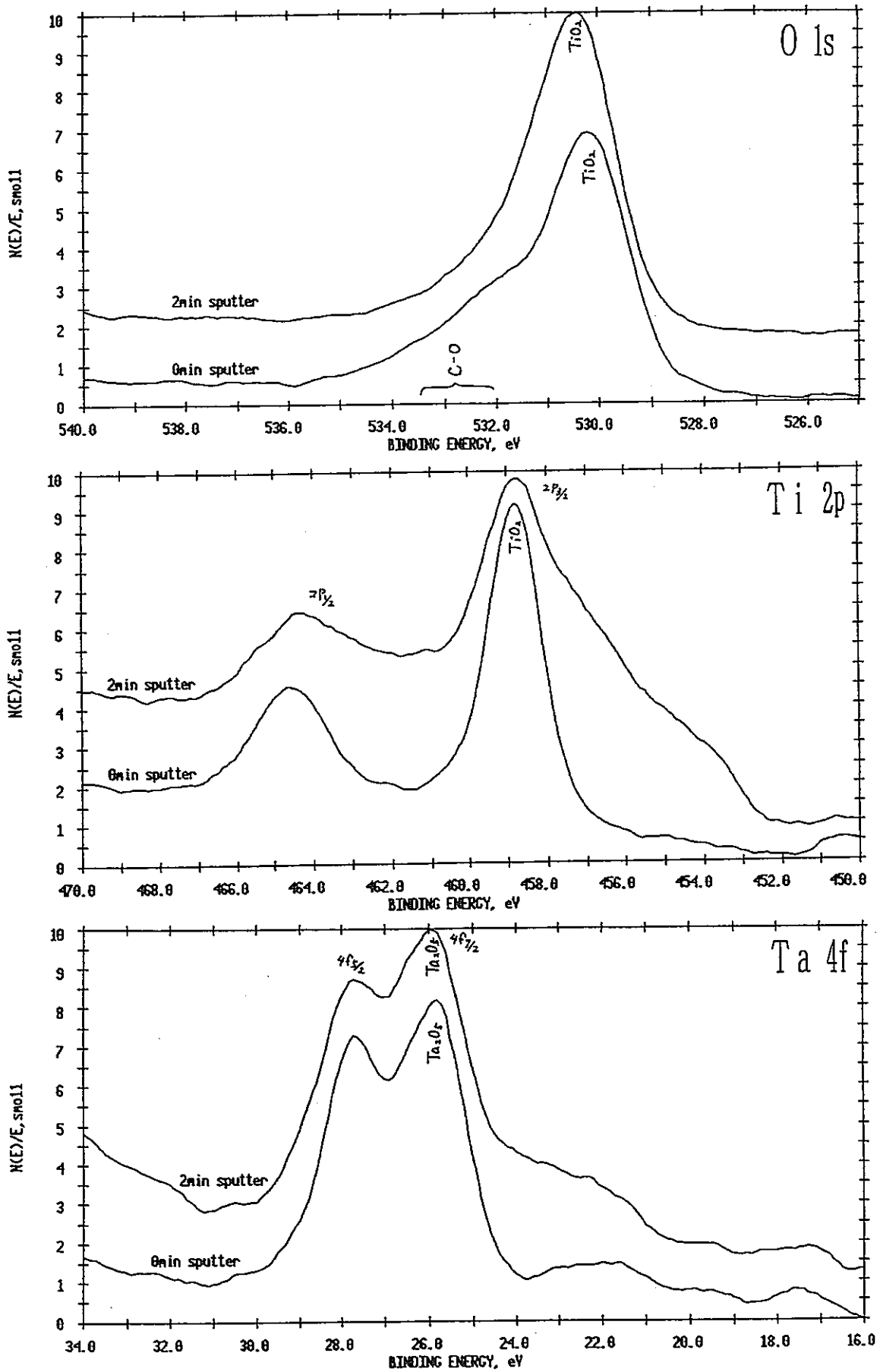


図4.6-76 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)

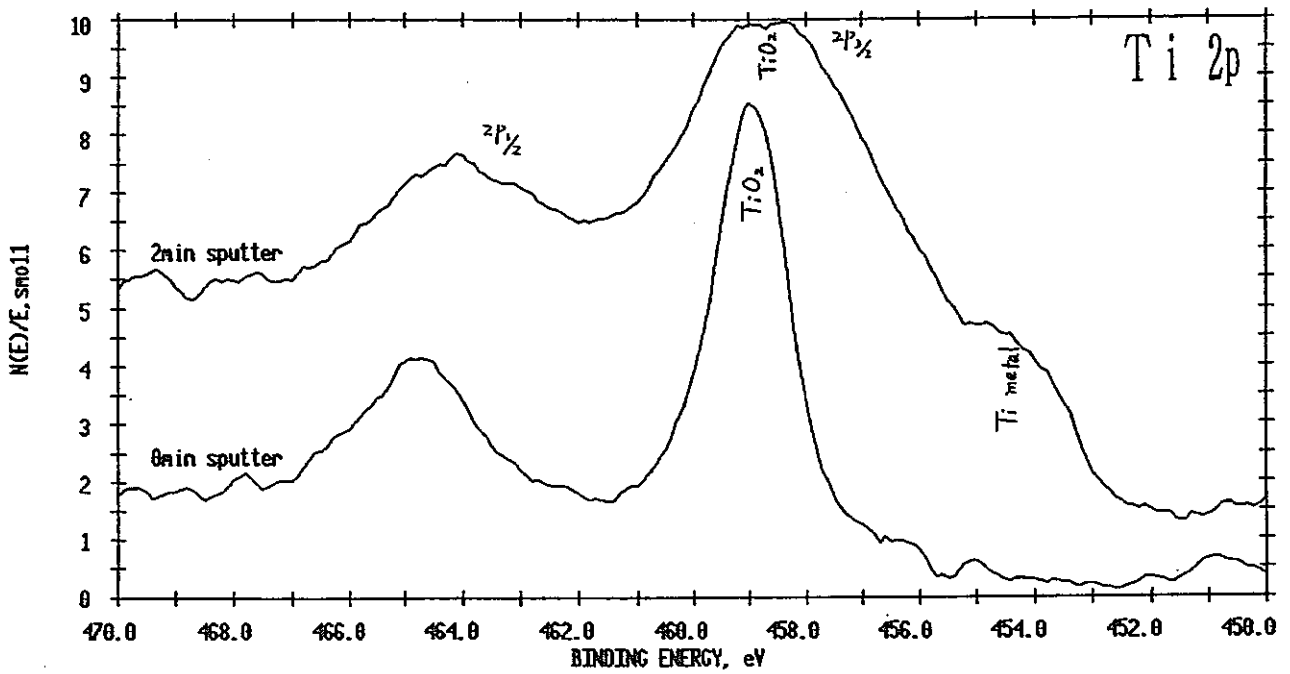
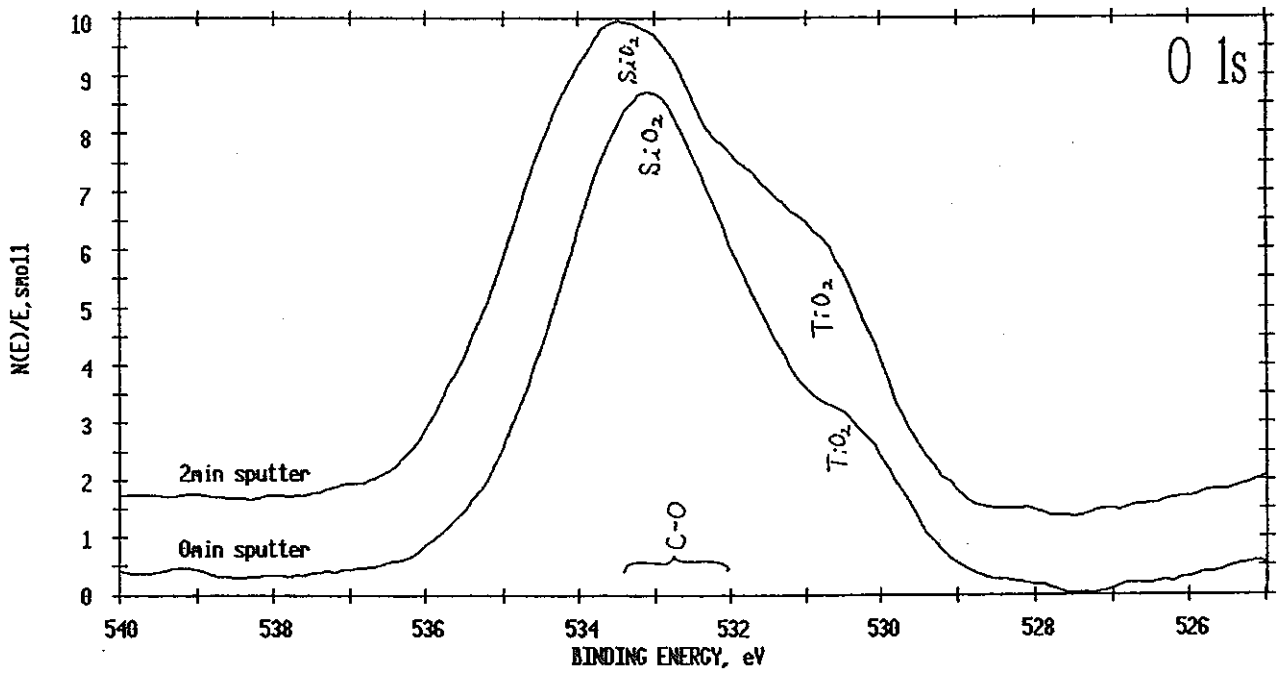


図4.6-77 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル長手溶接部)

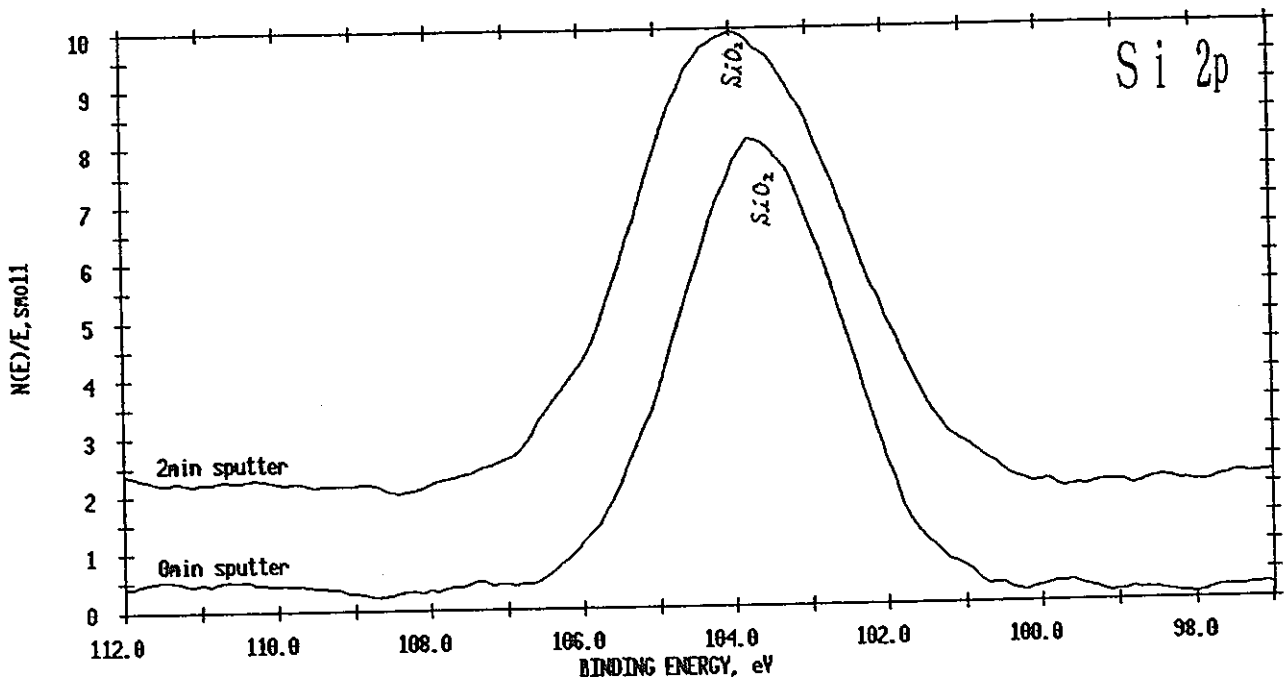
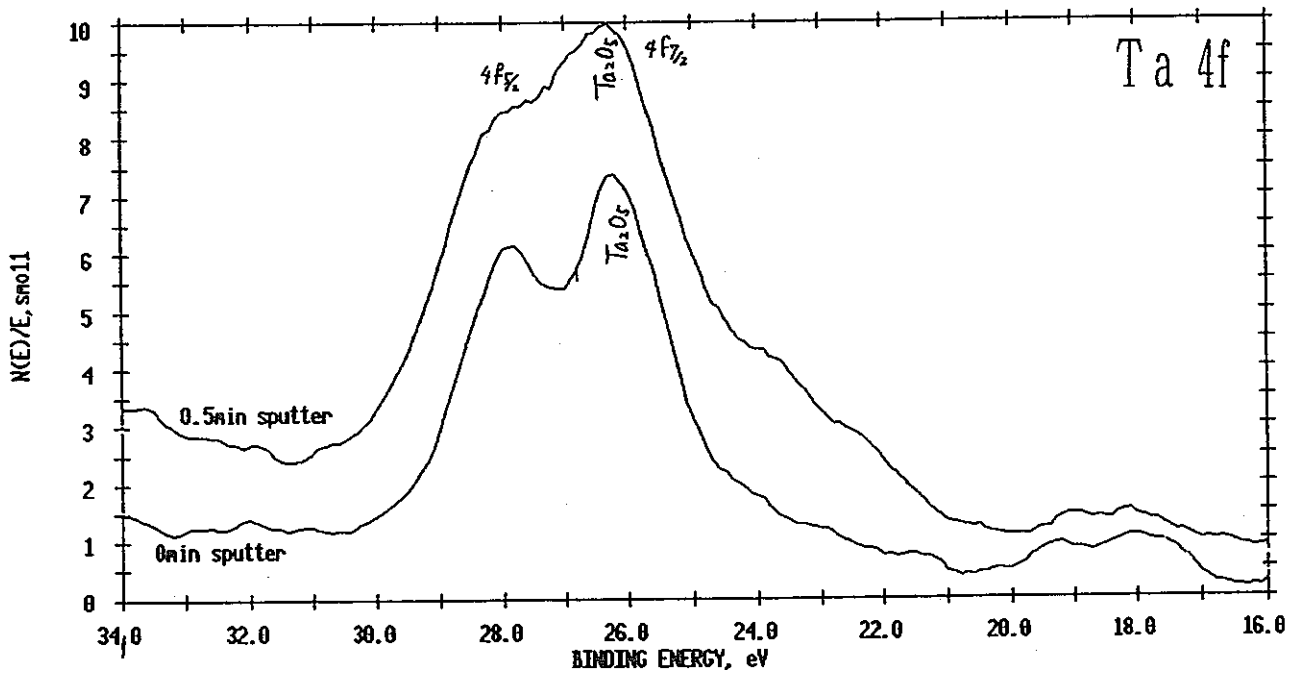


図4.6-78 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部バル長手溶接部)

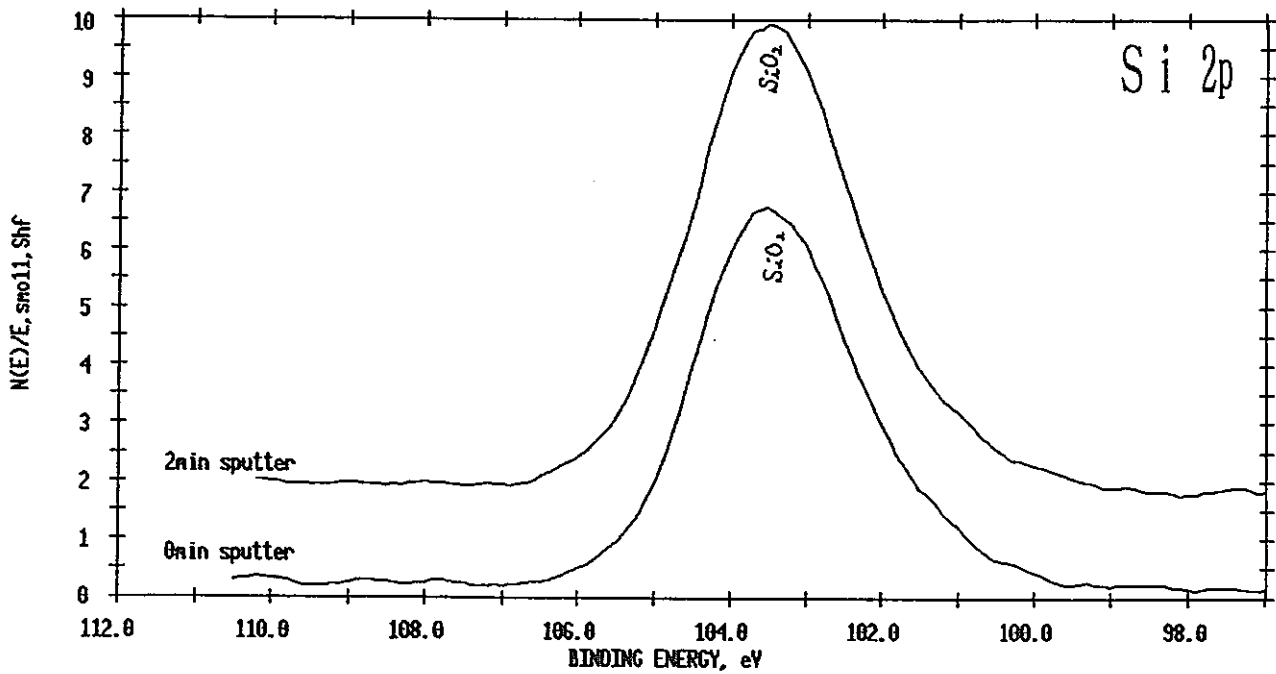
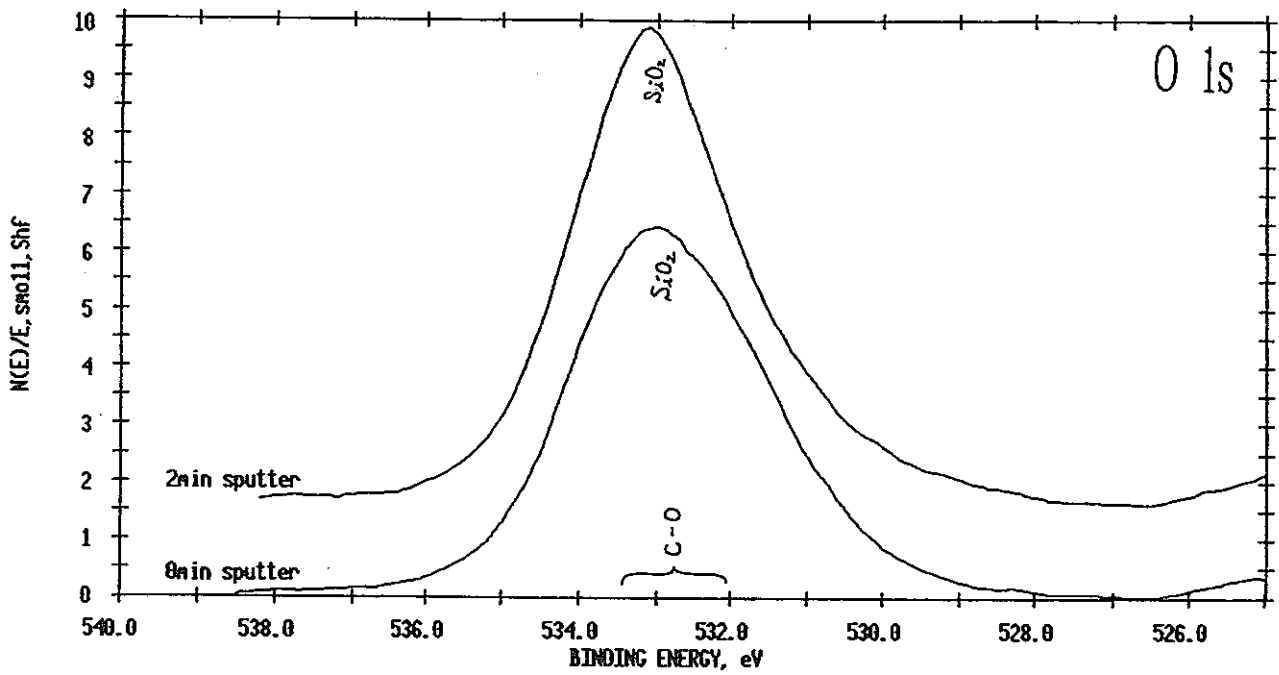


図4.6-79 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位19/蒸発部塔頂部/鏡部/塔頂部バス座溶接部)

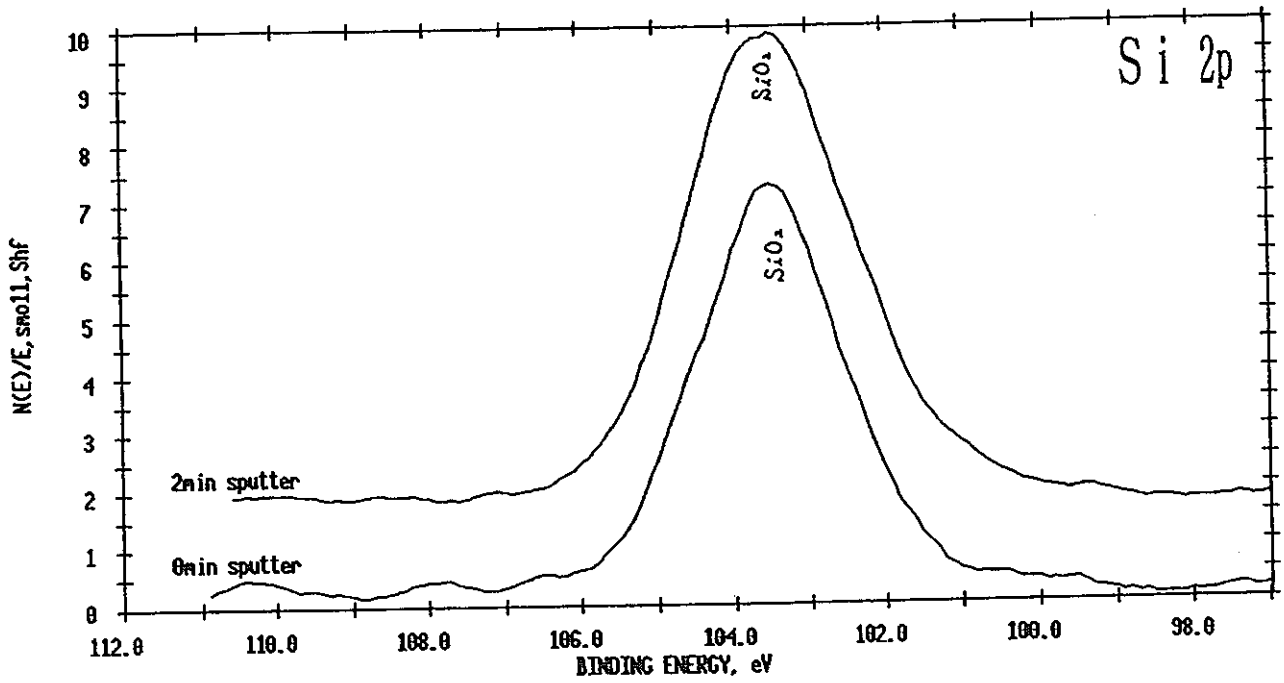
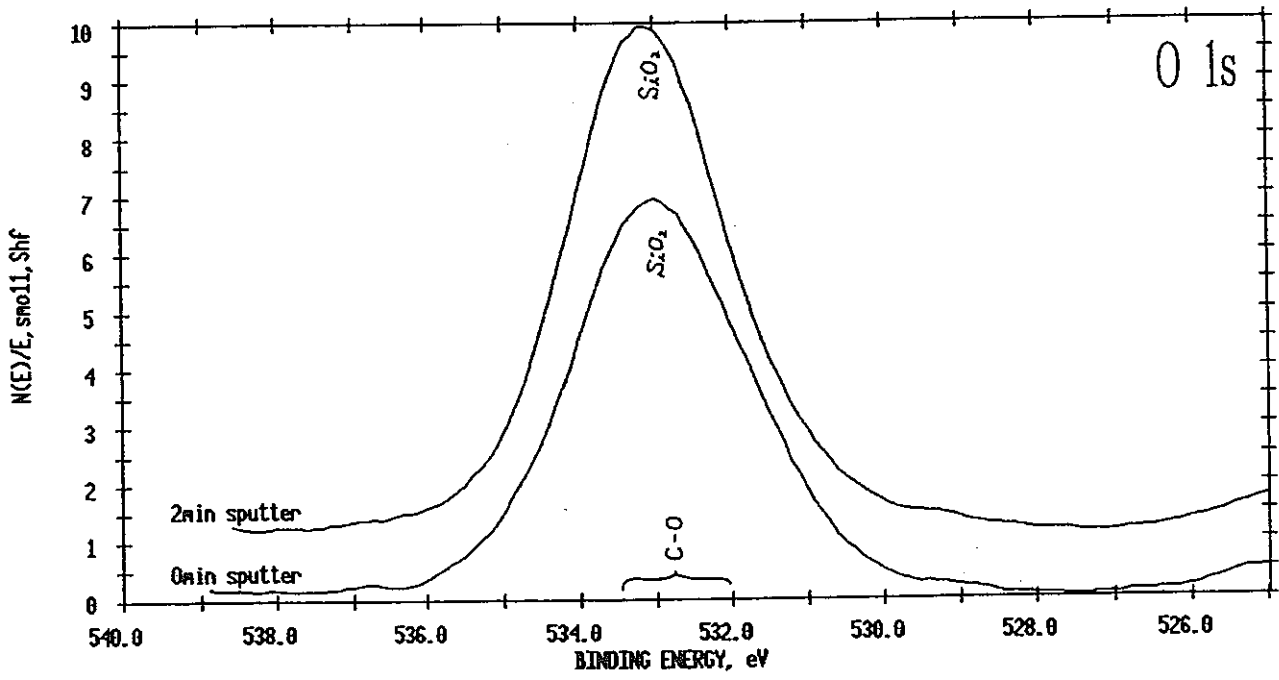


図4.6-80 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)

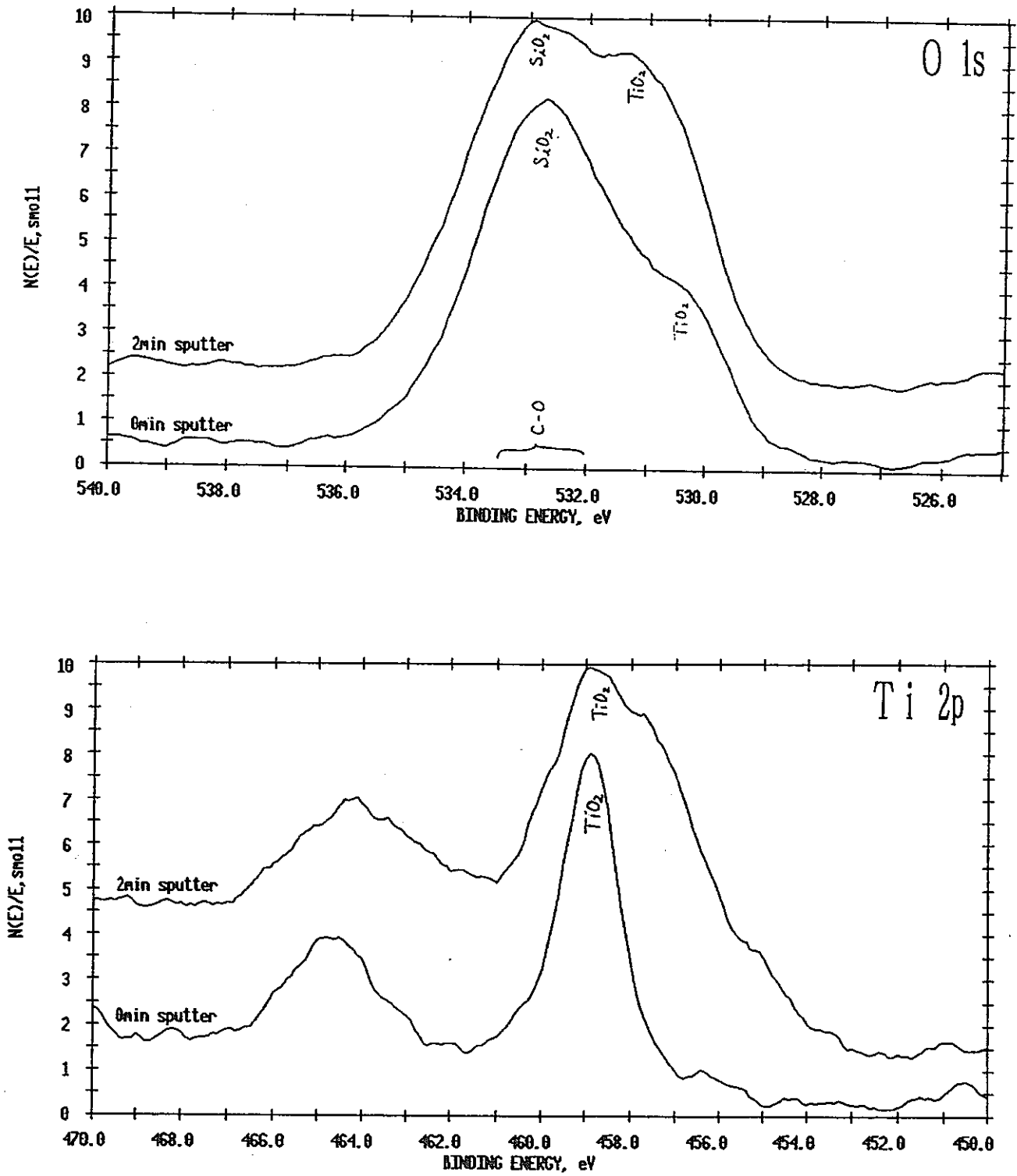


図4.6-81 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位21/ベンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

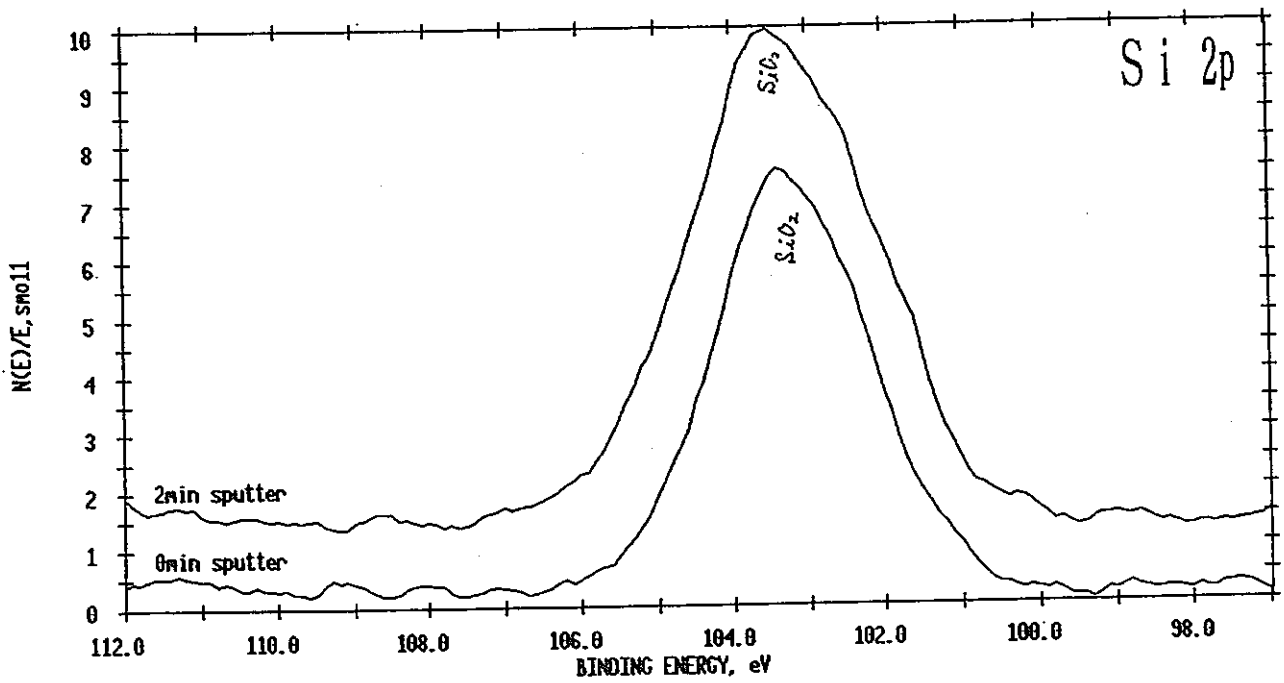
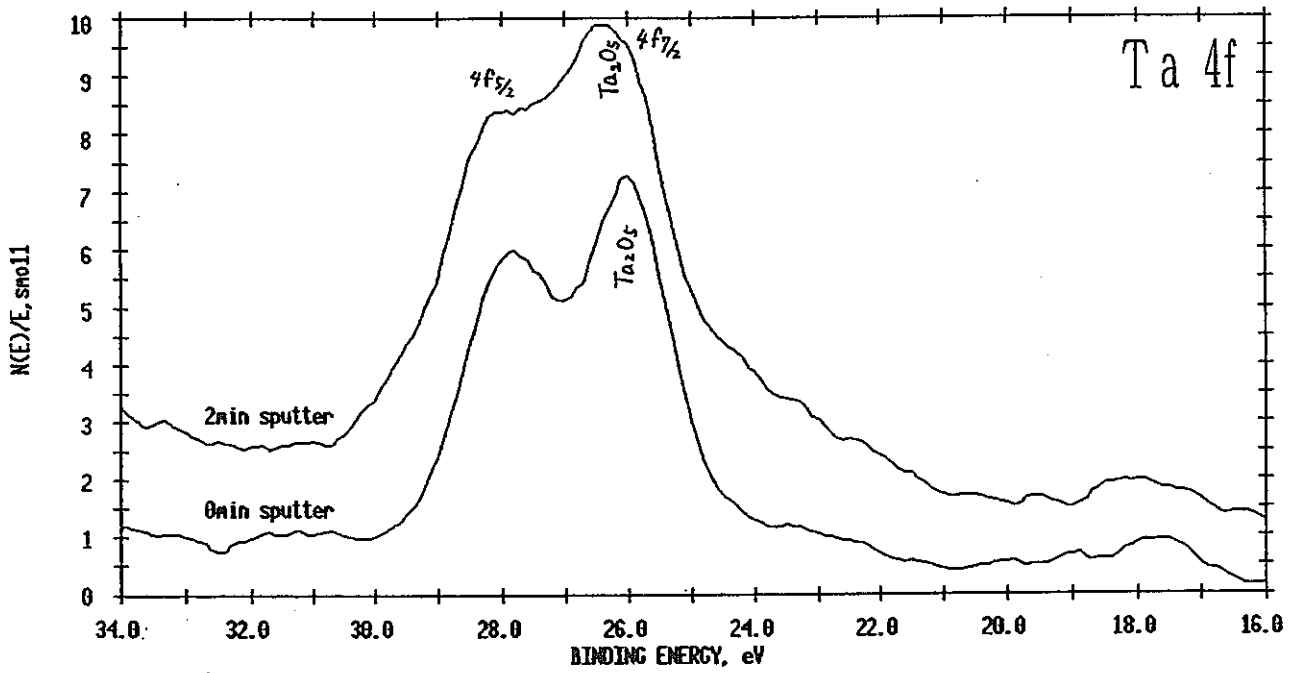


図4.6-82 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位21/ベンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

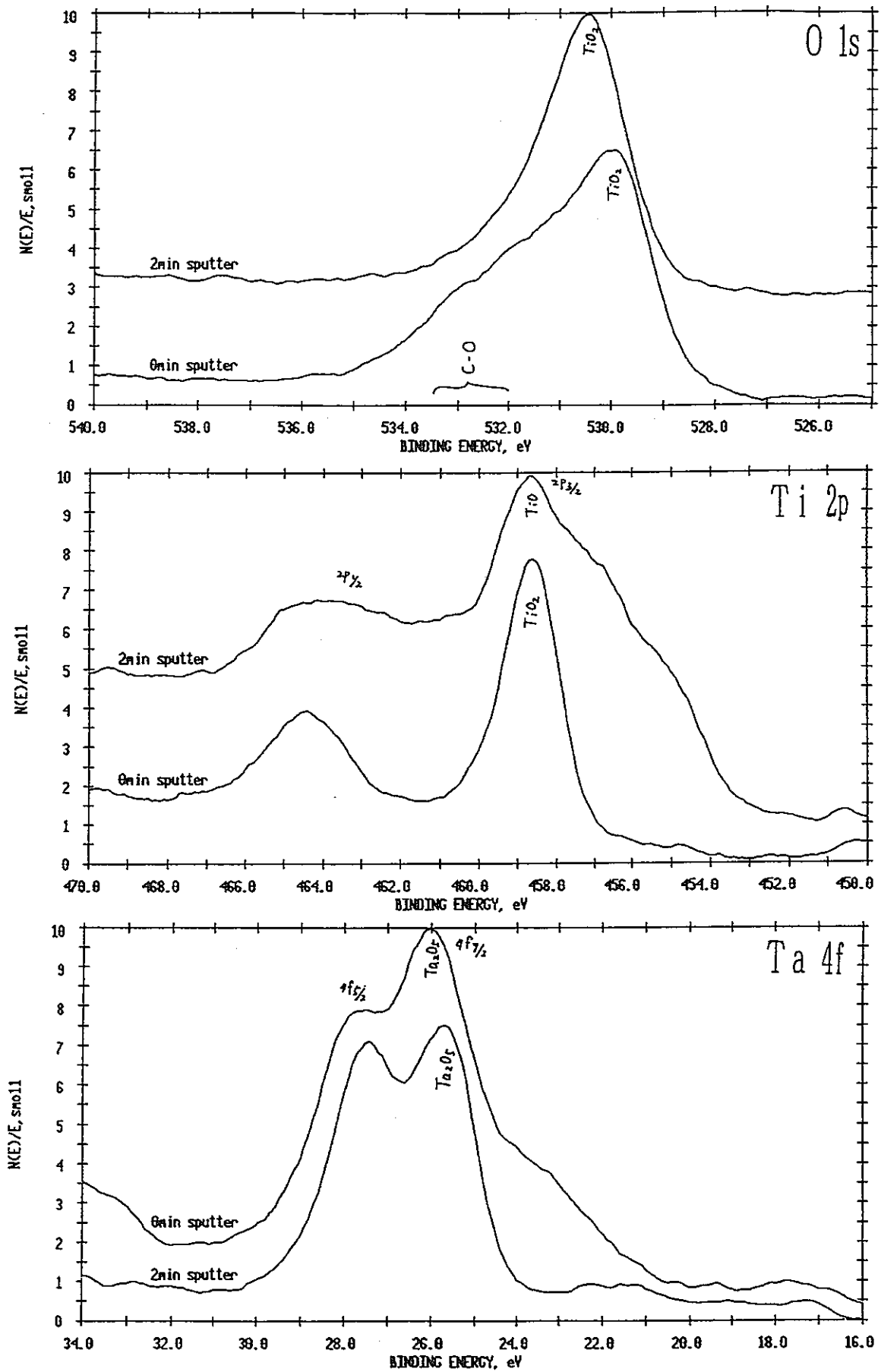


図4.6-83 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位22/ベンド配管/配管中央付近)

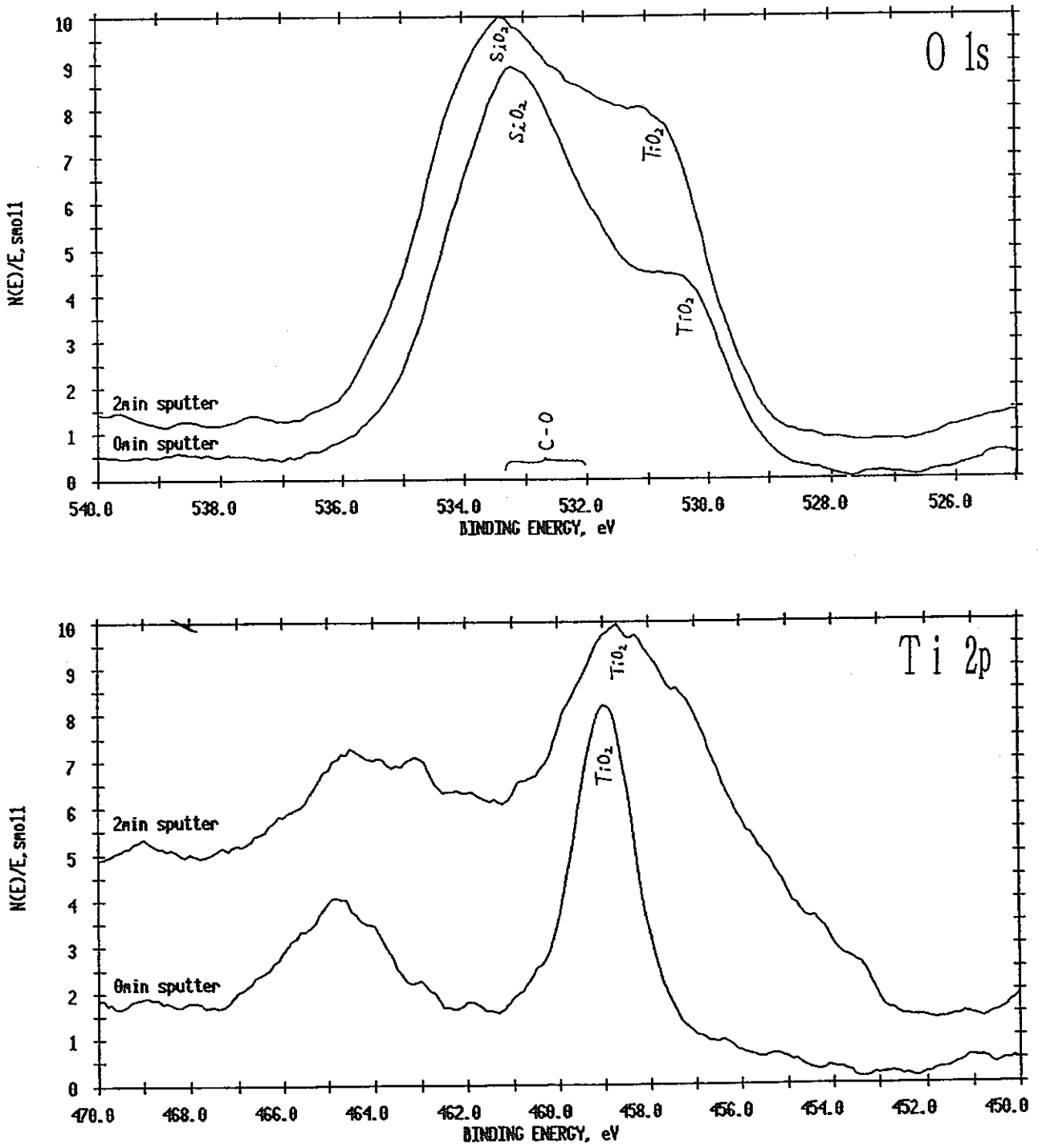


図4.6-84 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位23/バンド配管/硝酸蒸気出口側付近)

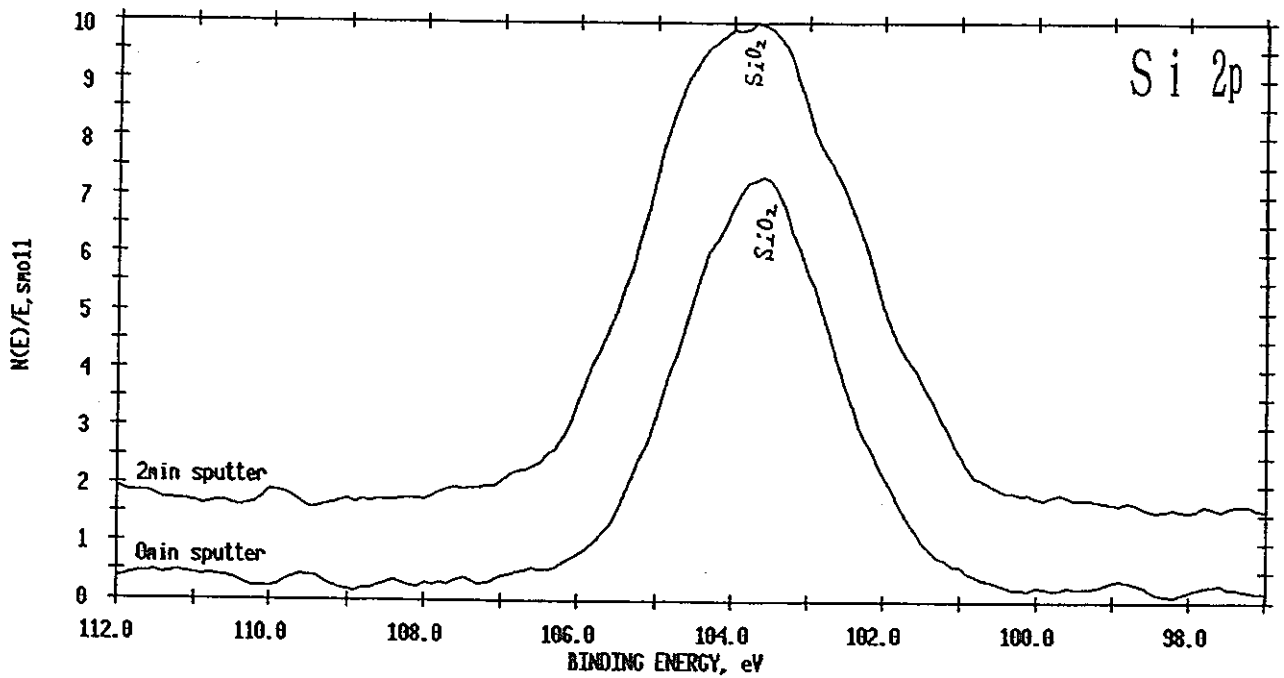
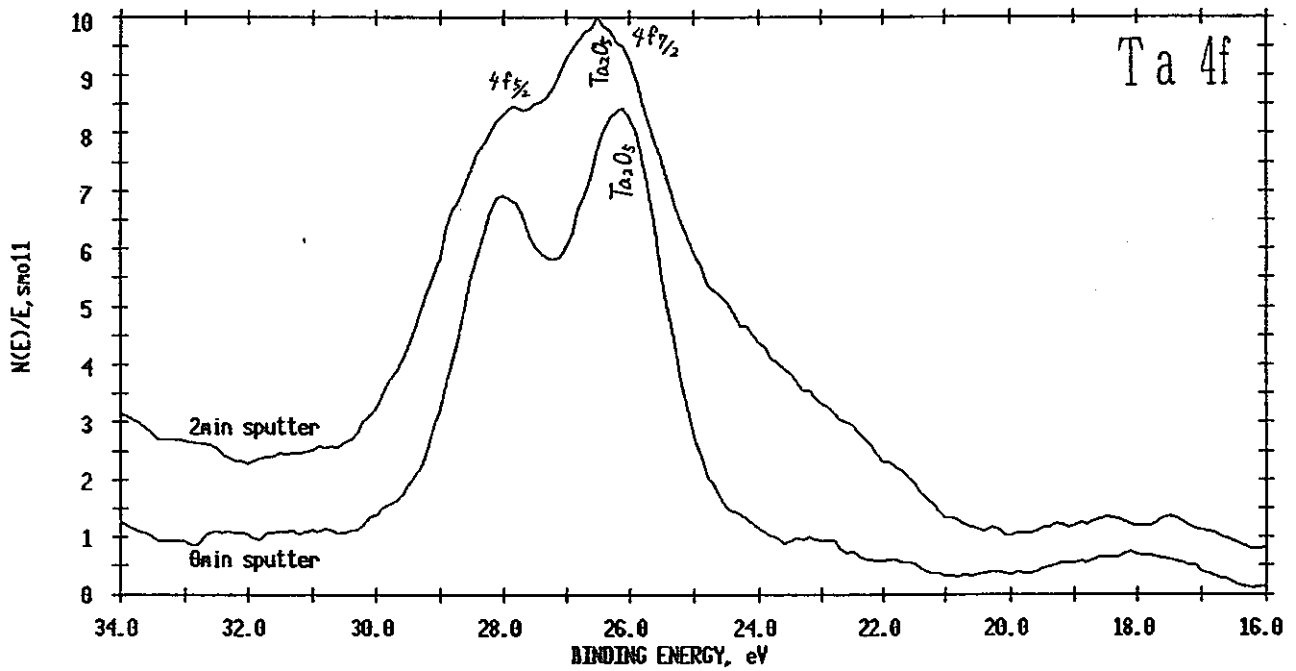


図4.6-85 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位23/バンド配管/硝酸蒸気出口側付近)

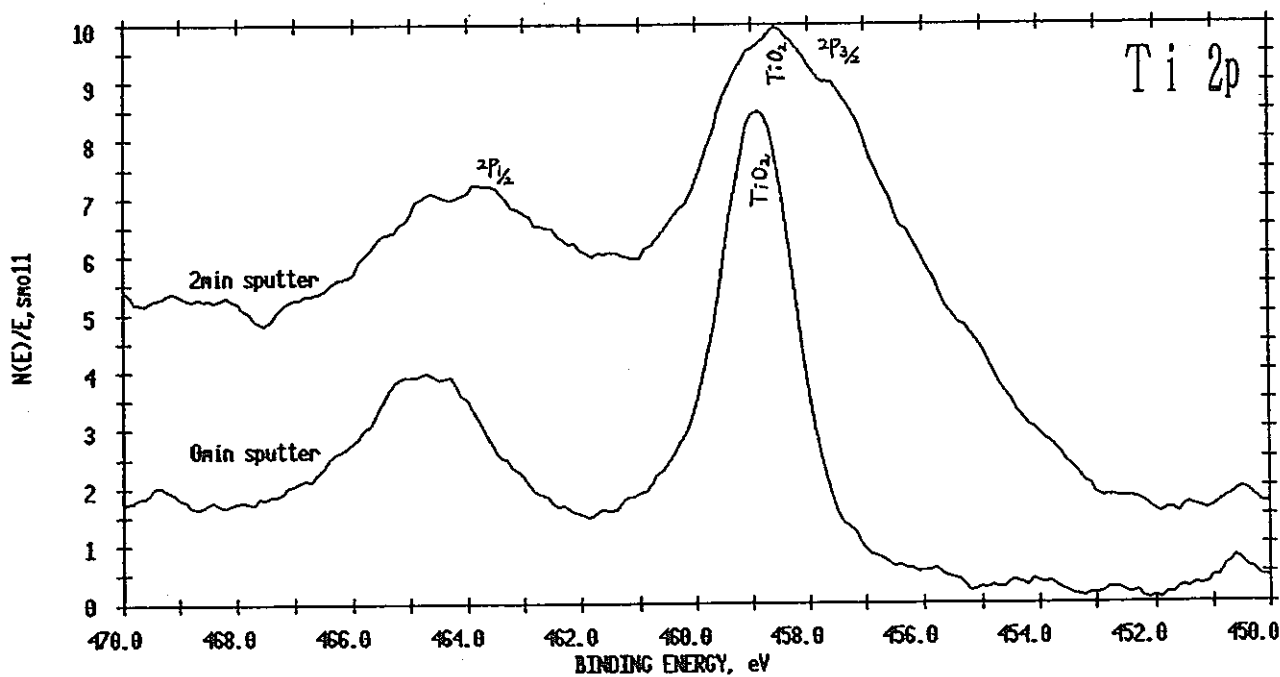
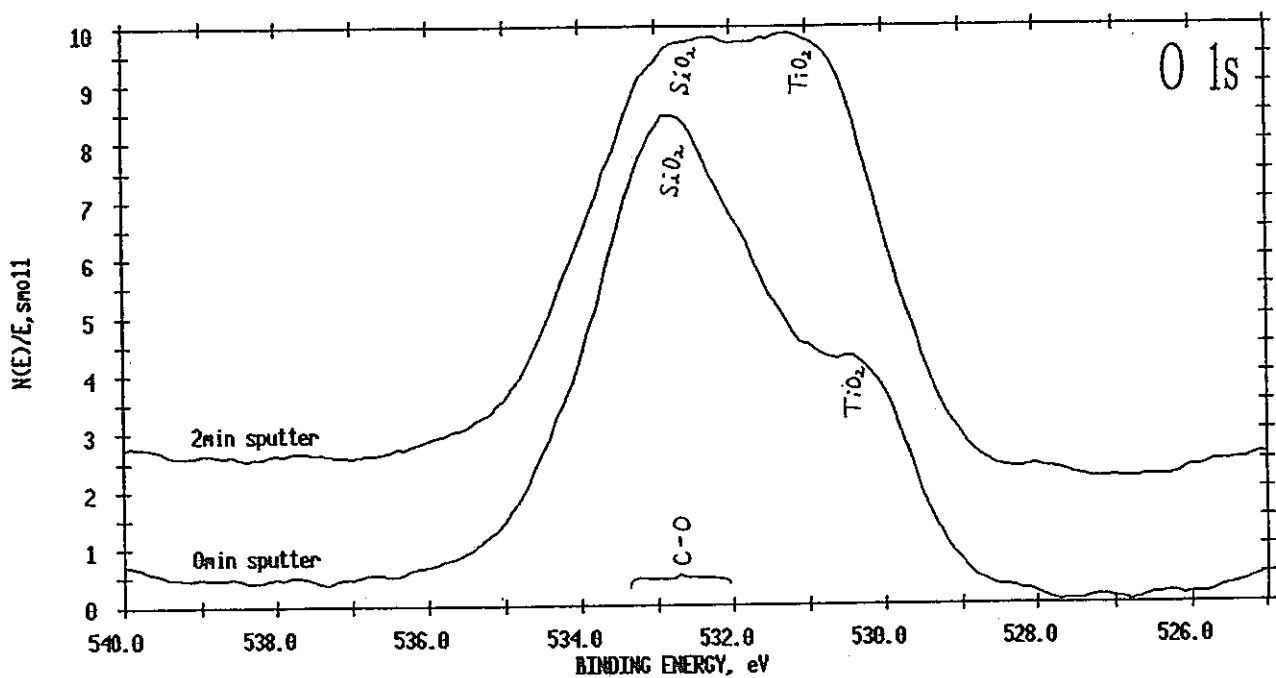


図4.6-86 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)

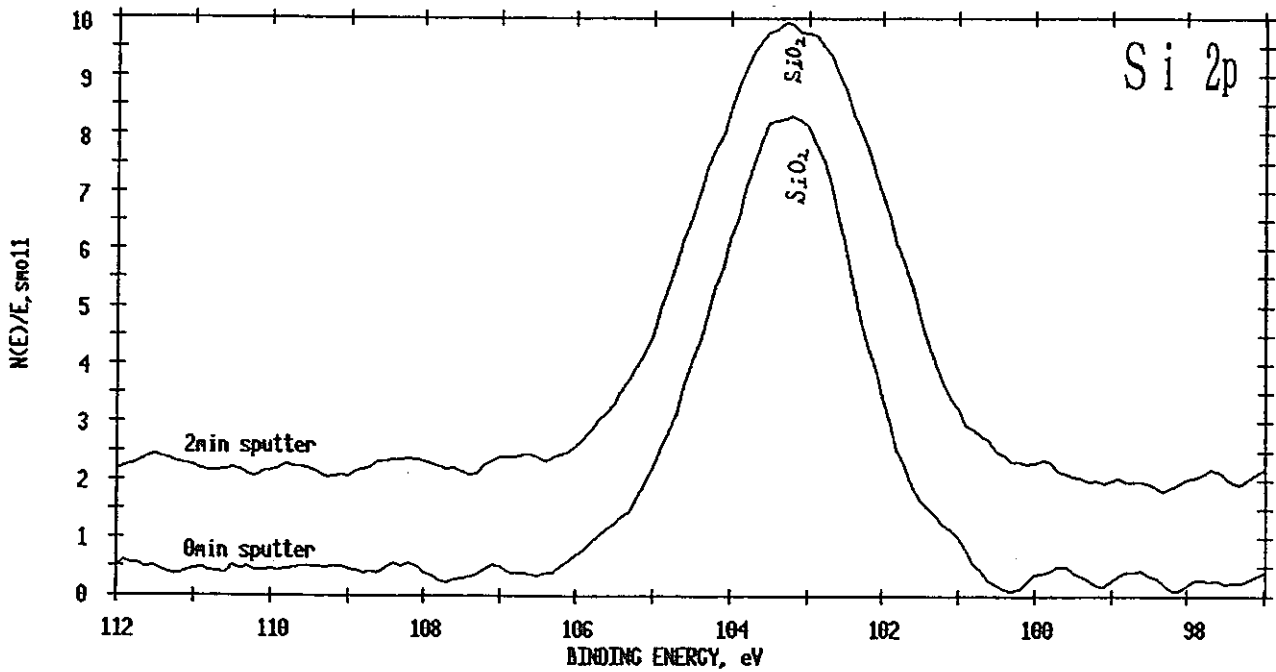
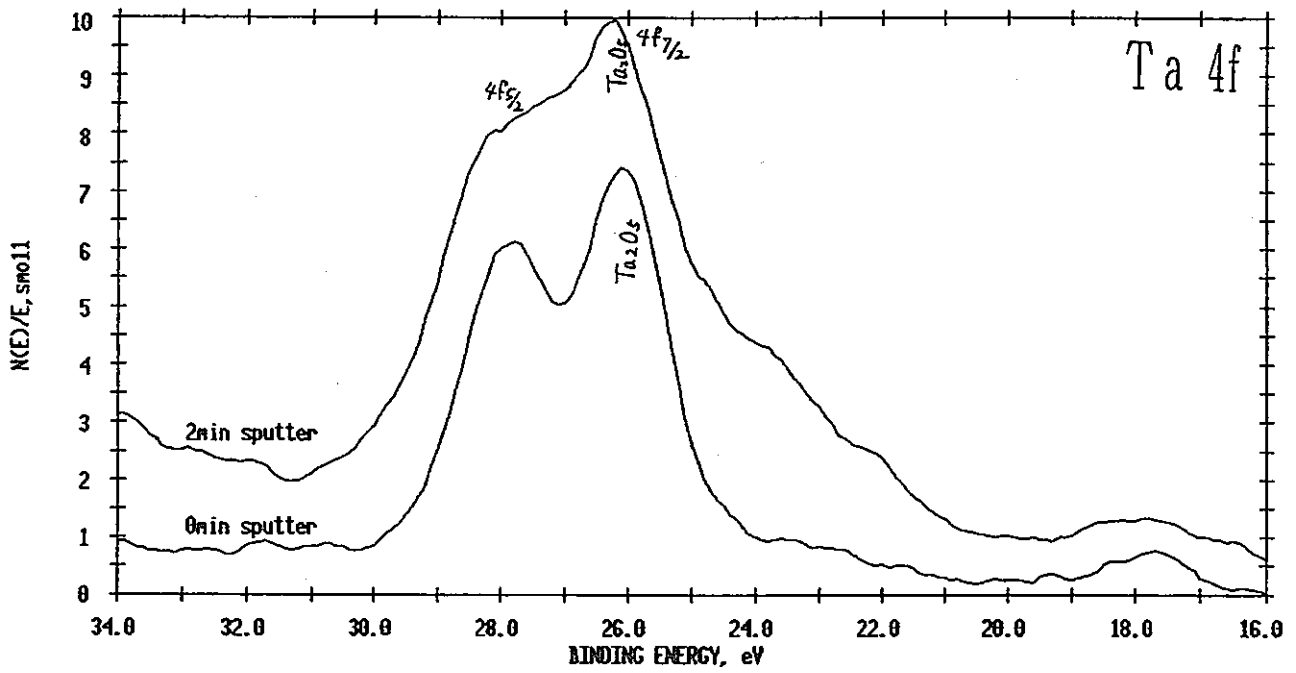


図4.6-87 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)

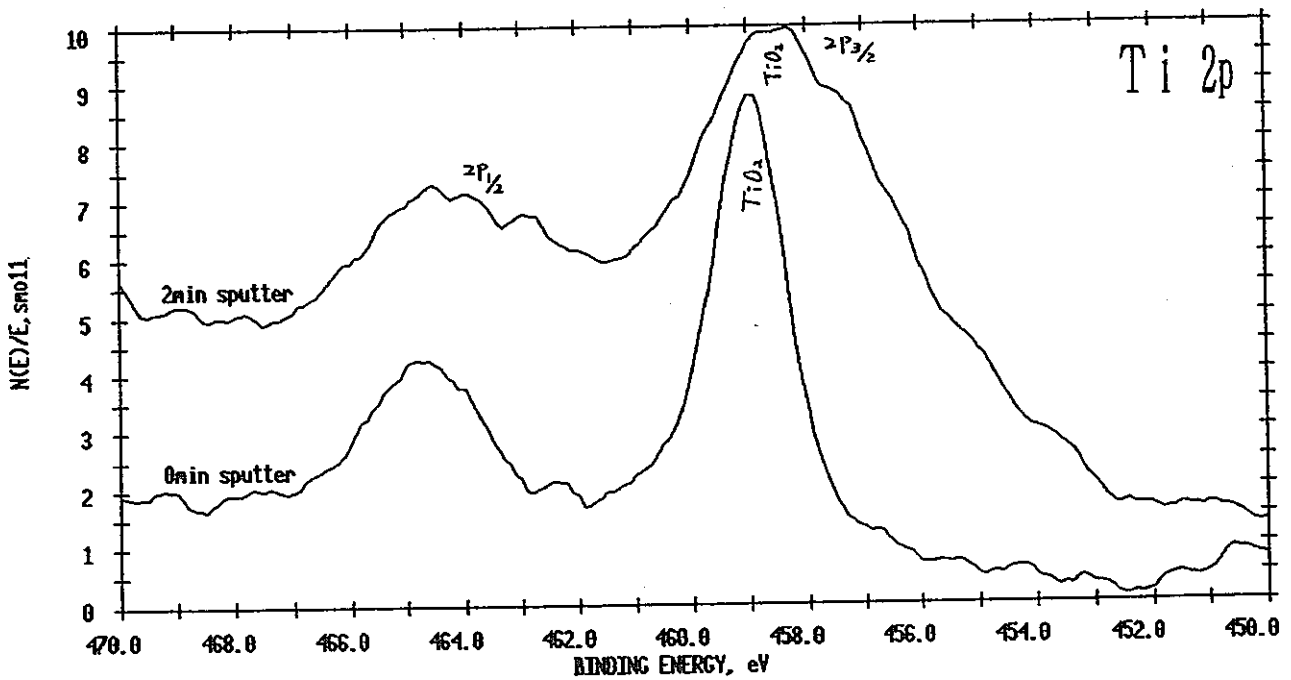
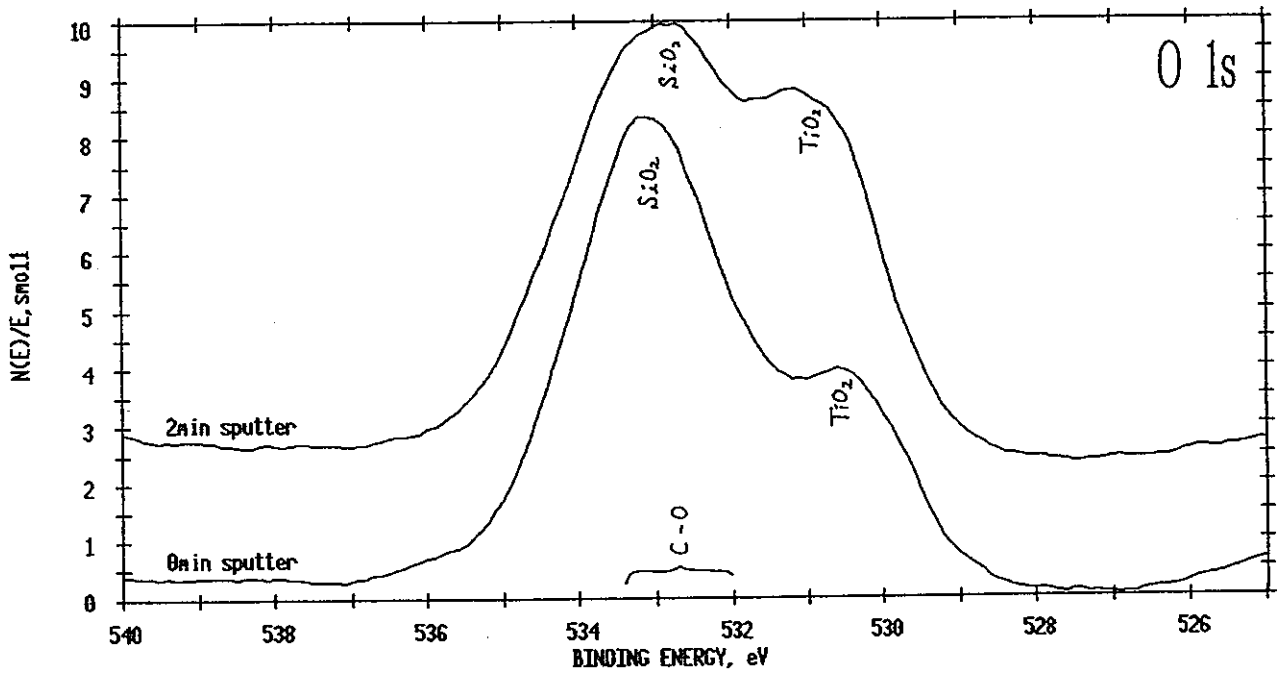


図4.6-88 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位25/ベンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

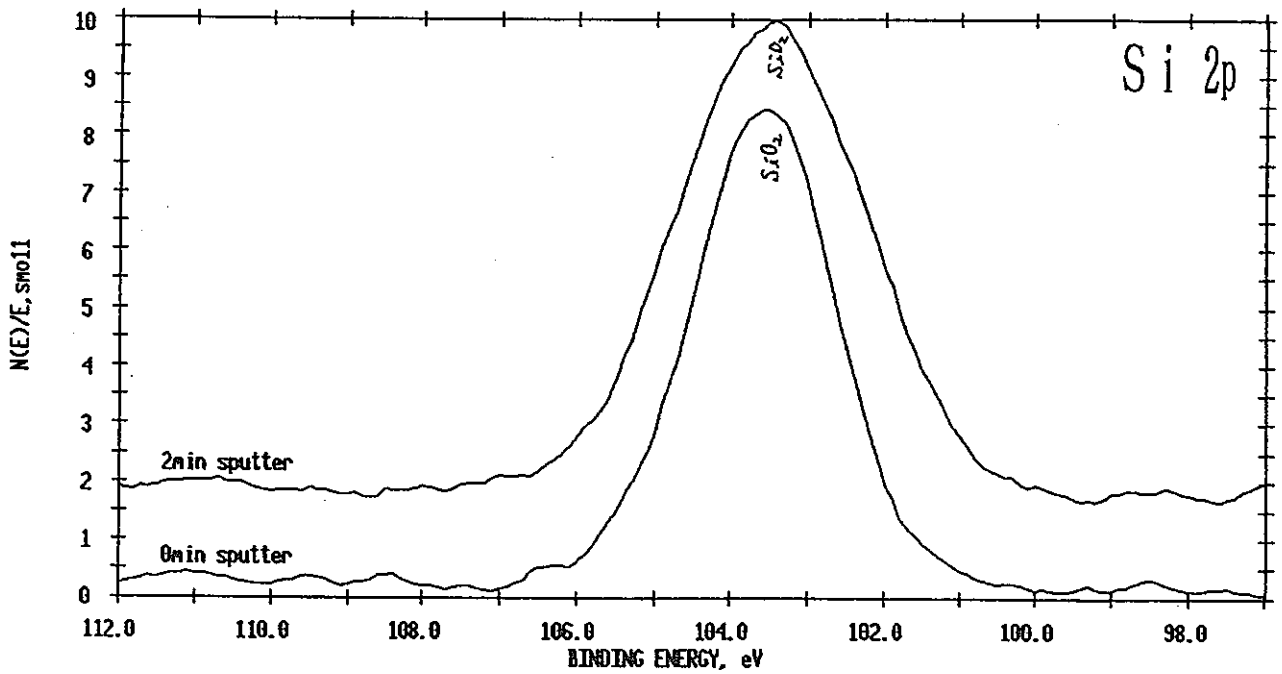
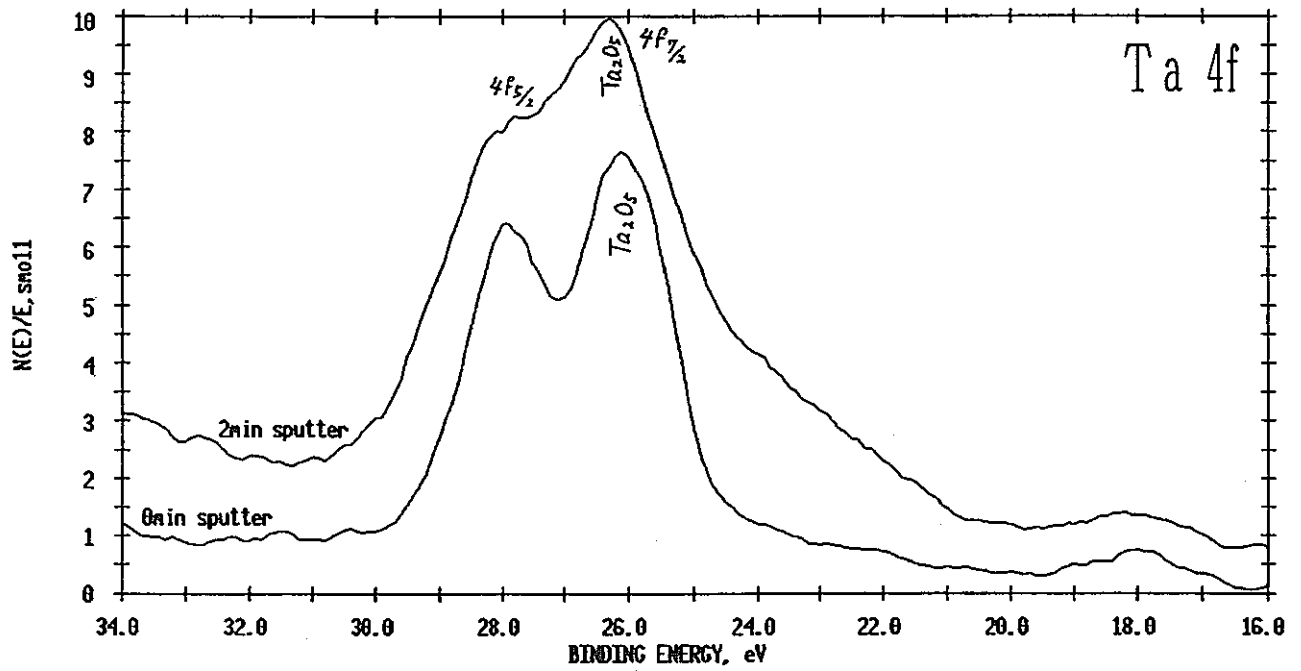


図4.6-89 ESCAによる化学結合状態分析/Ti-5Ta製
(部位25/ベンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

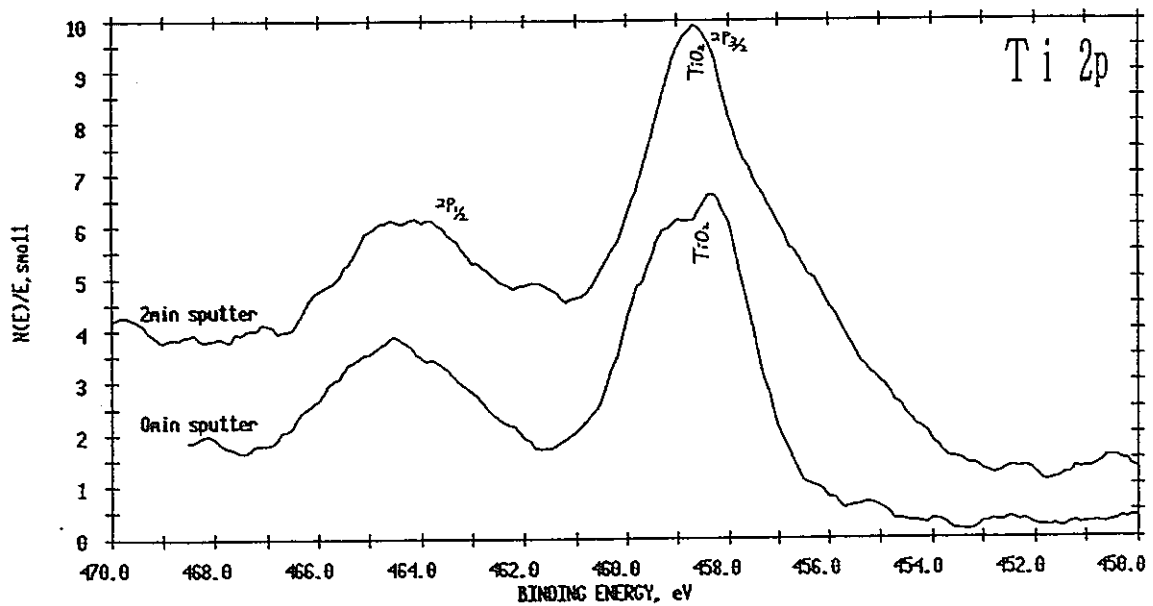
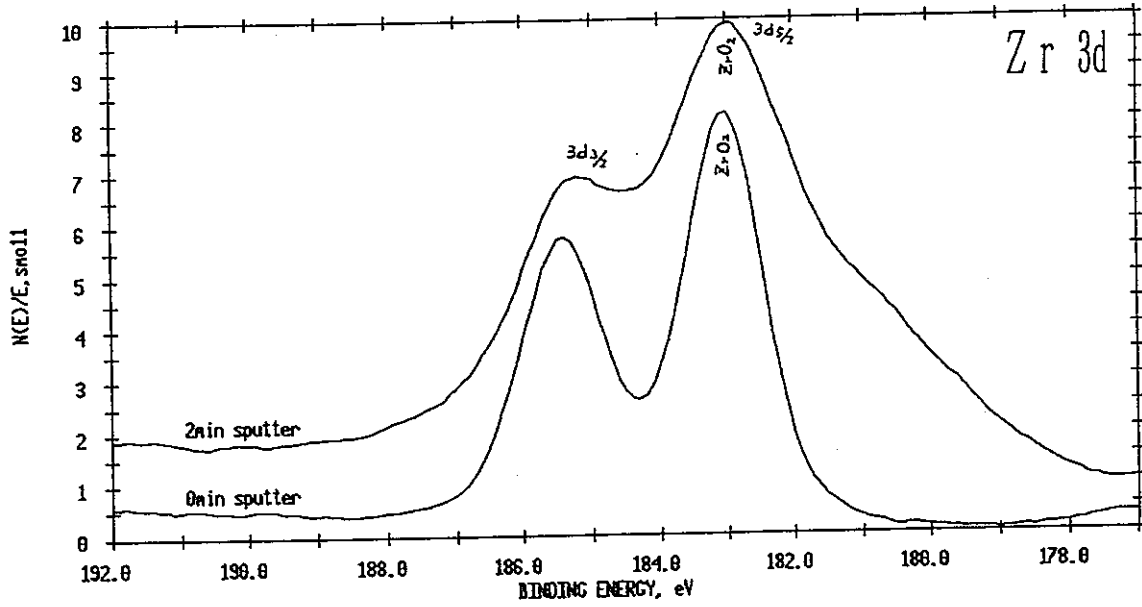
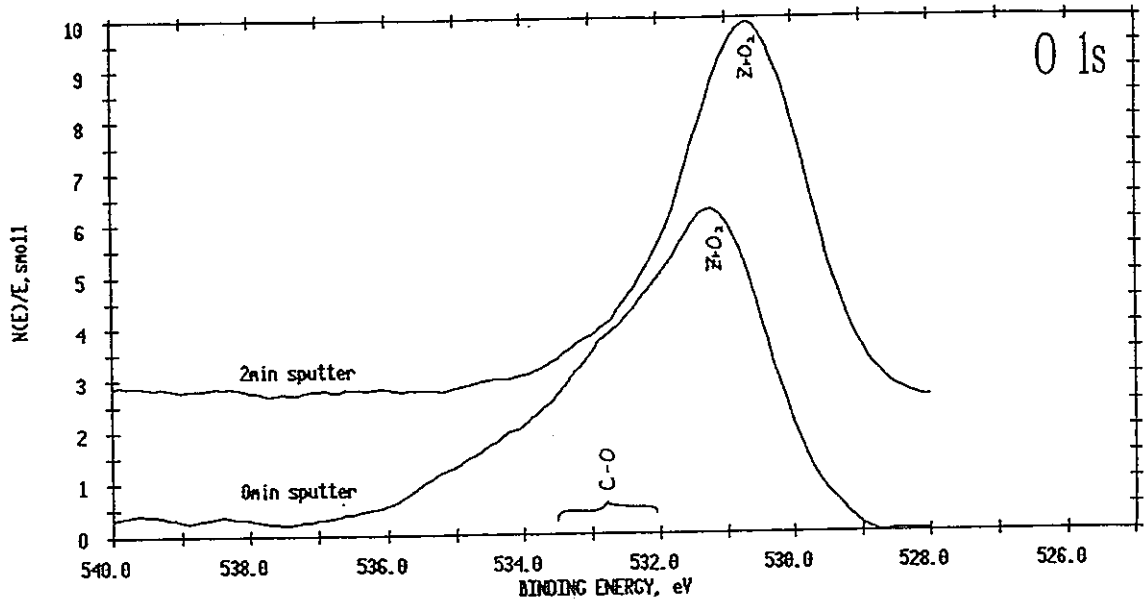


図4.6-90 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位1/伝熱管/上部管板から0.5m付近)

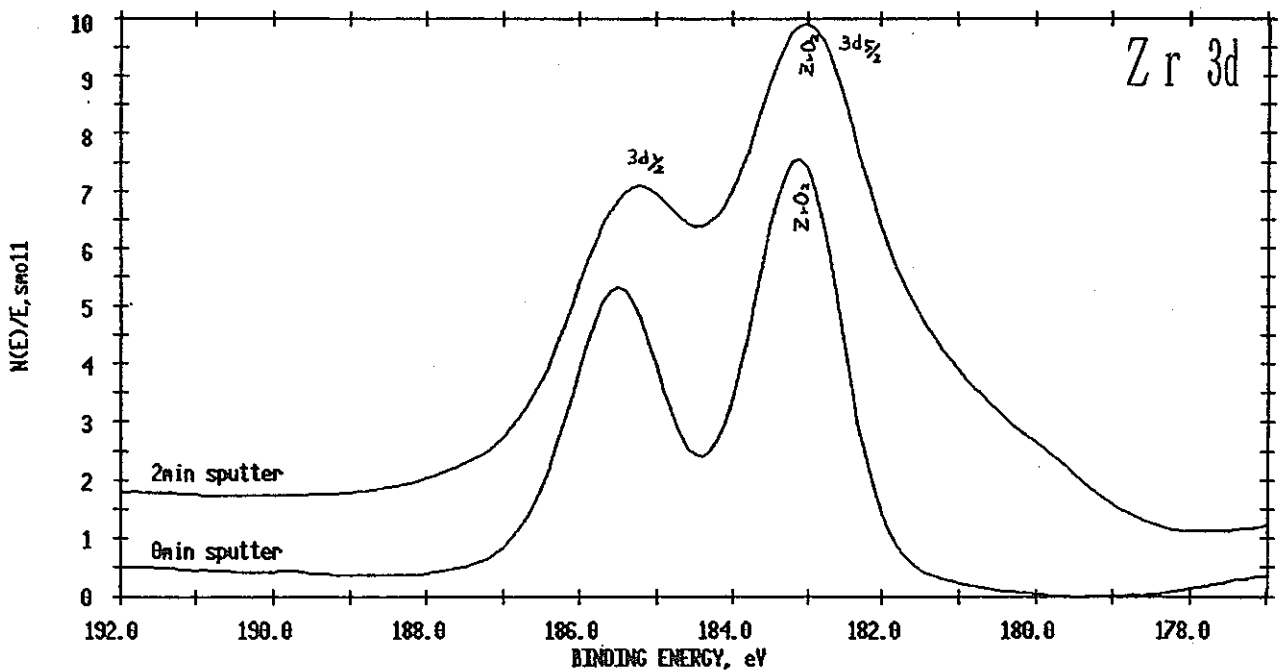
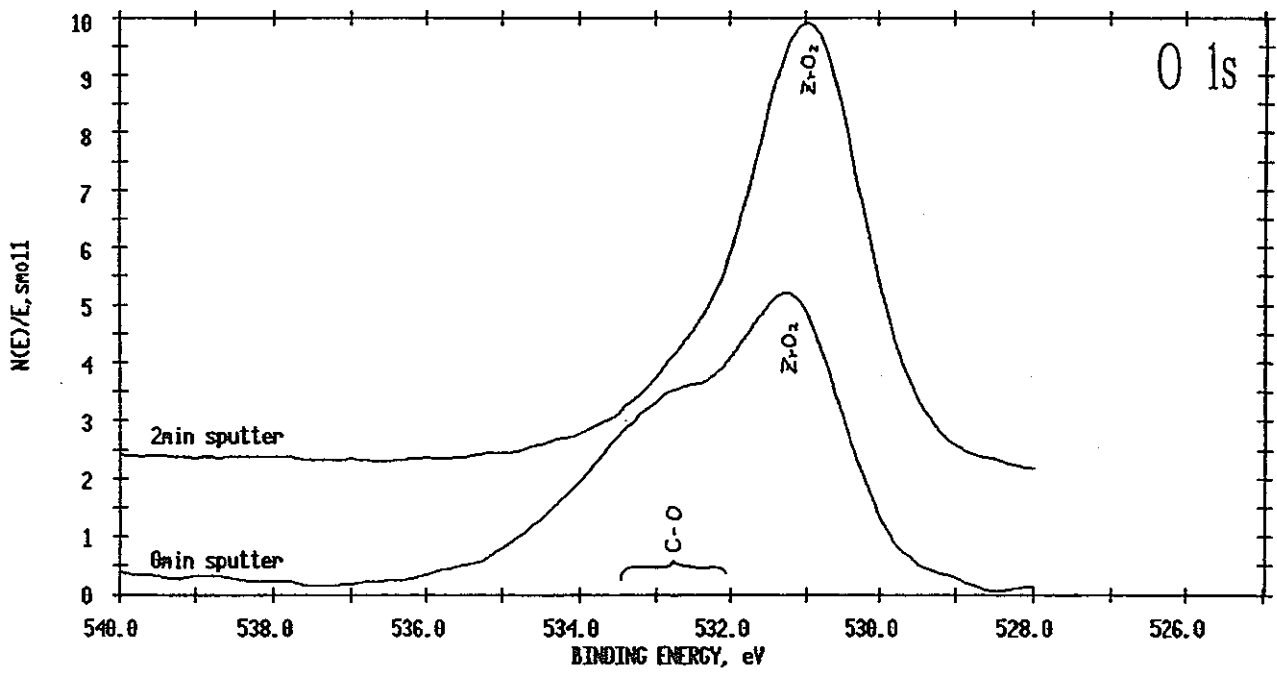


図4.6-91 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位2/伝熱管/上部管板から2.0m付近)

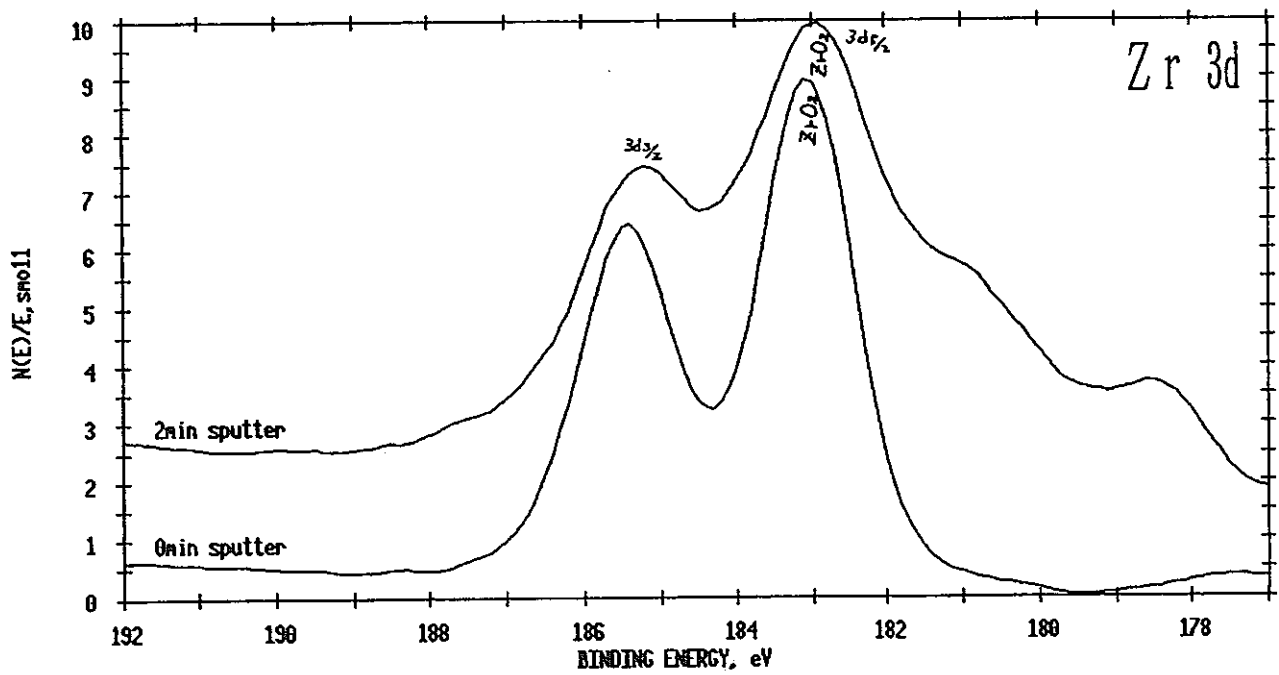
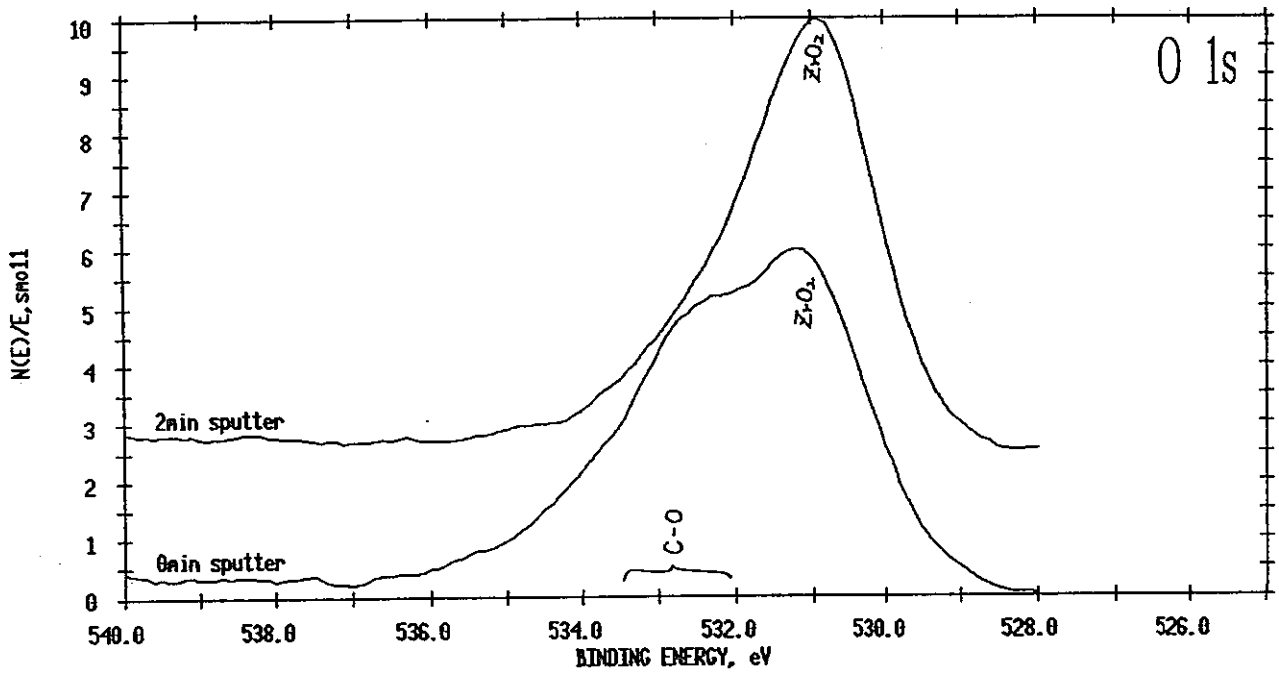


図4.6-92 ESCAによる化学結合状態分析 / Zr製
(部位3 / 伝熱管 / 下部管板から0.5m付近)

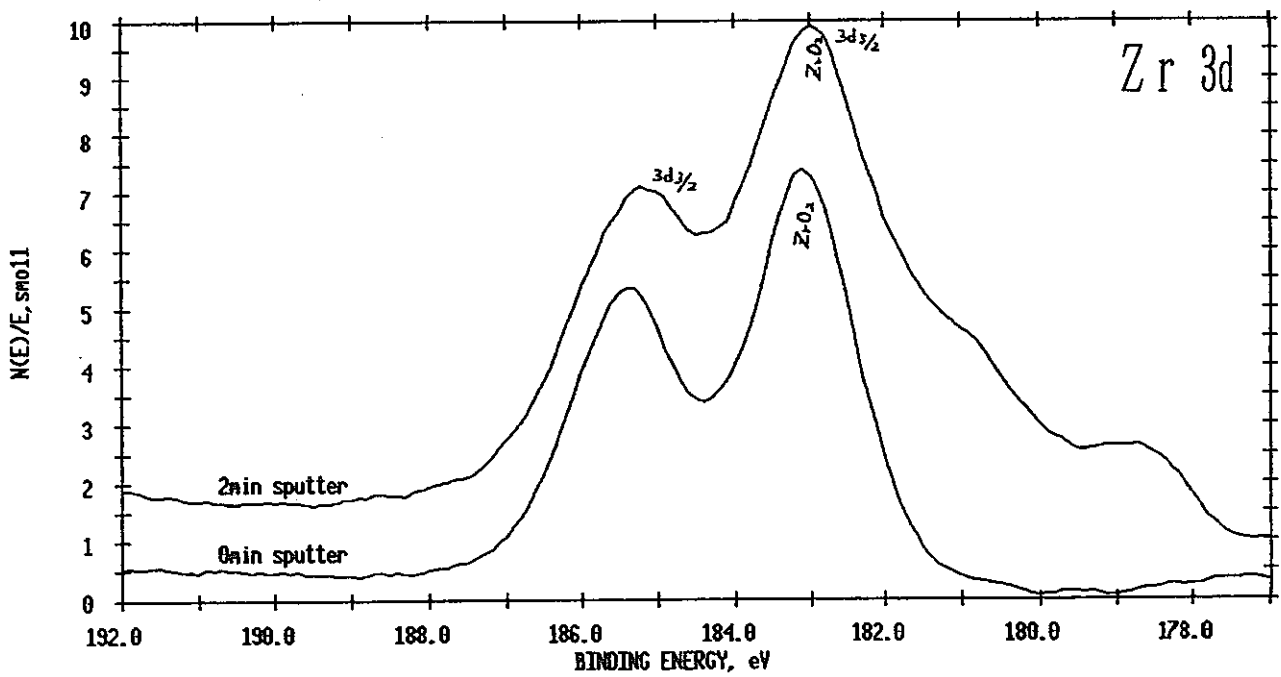
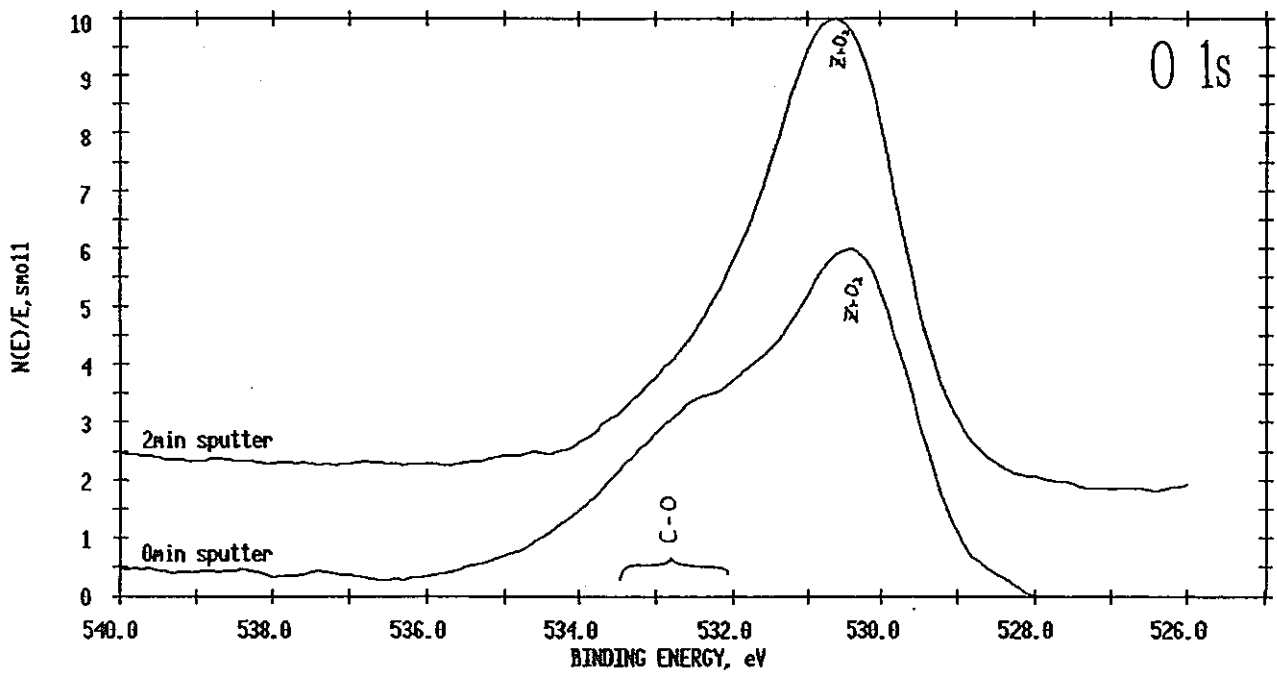


図4.6-93 ESCAによる化学結合状態分析 / Zr製
(部位4 / 加熱部上部チャンネル / 鏡部)

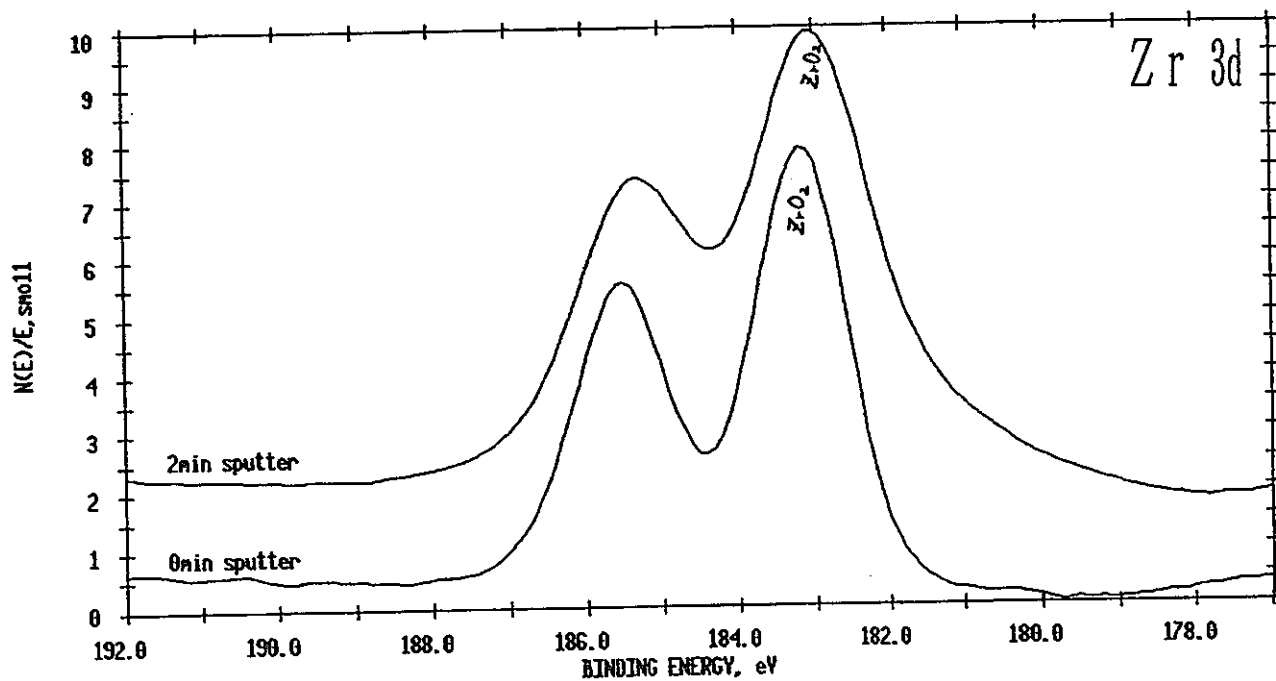
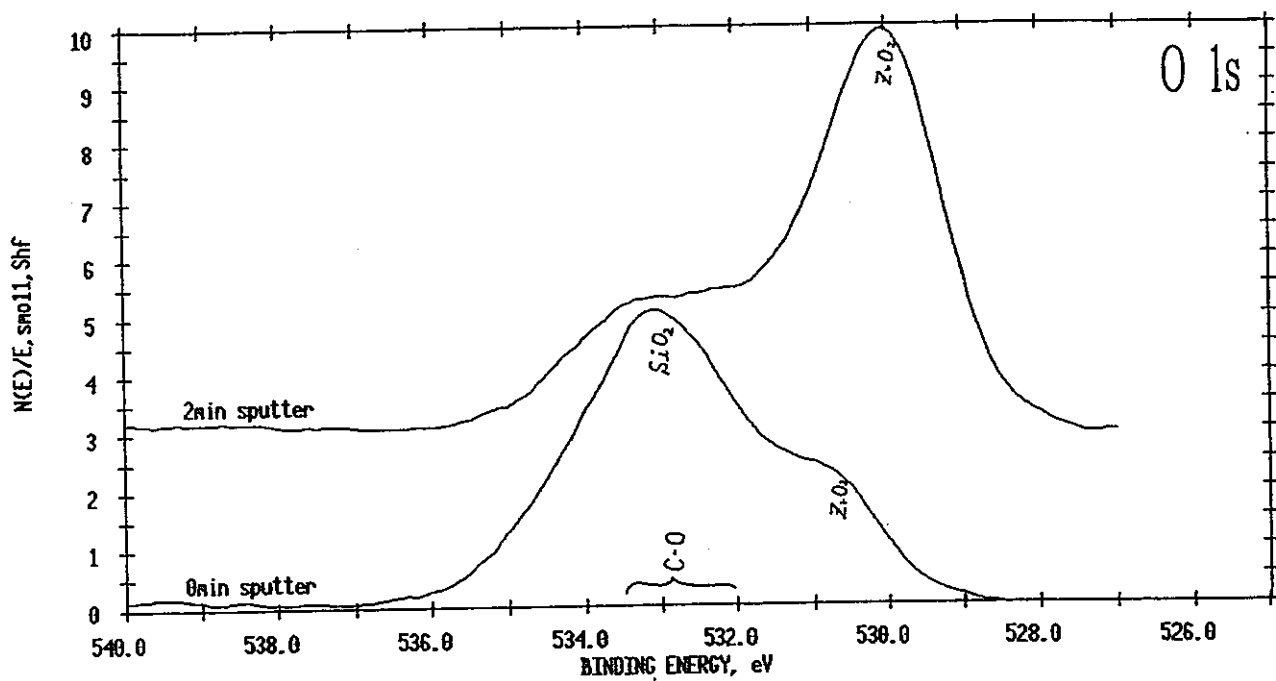


図4.6-94 ESCAによる化学結合状態分析 / Zr製
(部位5 / 加熱部上部チャンネル / 胴部)

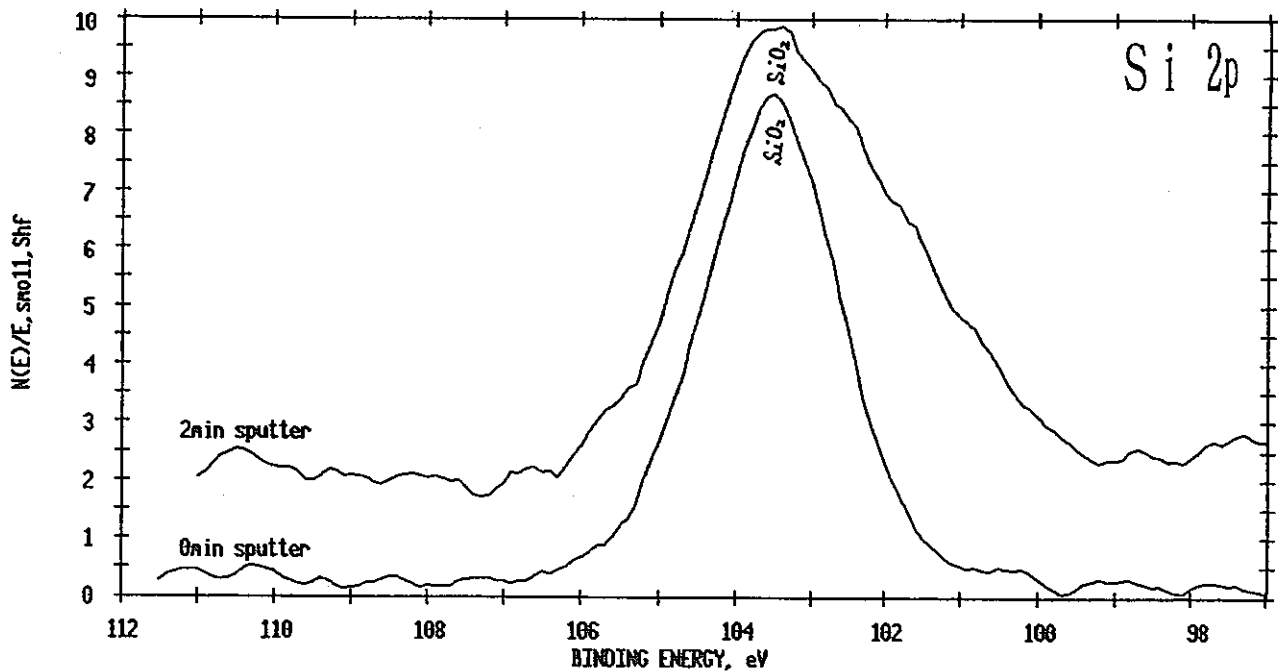
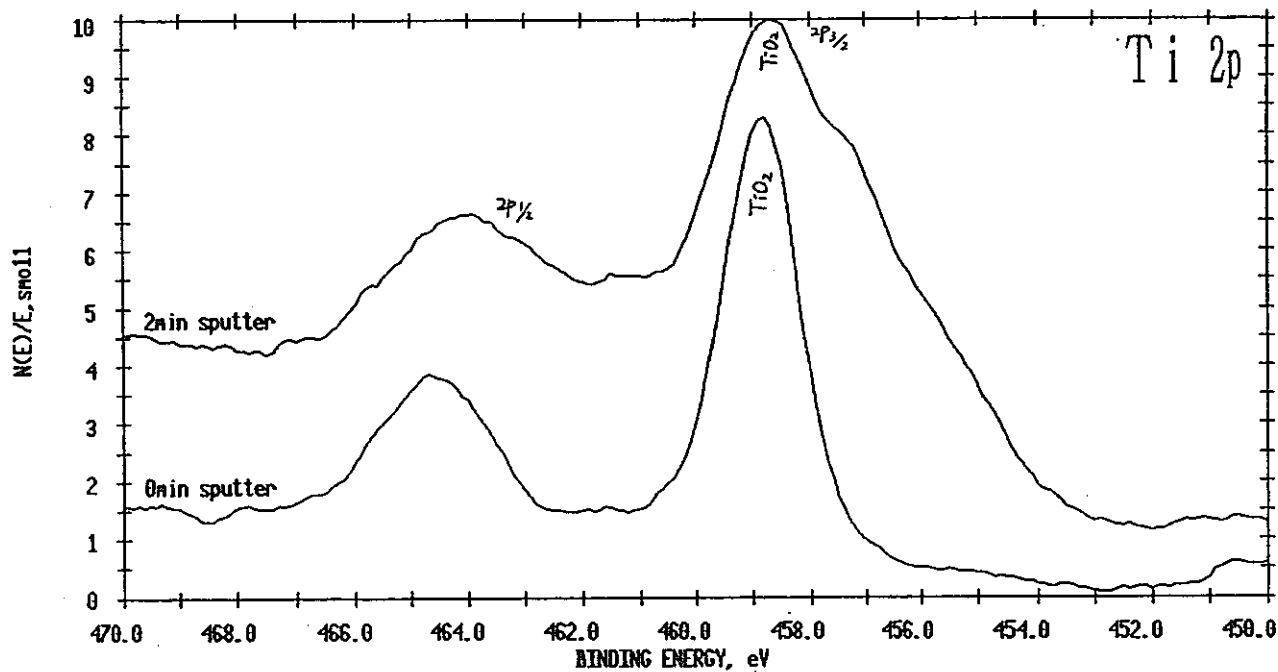


図4.6-95 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位5/加熱部上部チャンネル/胴部)

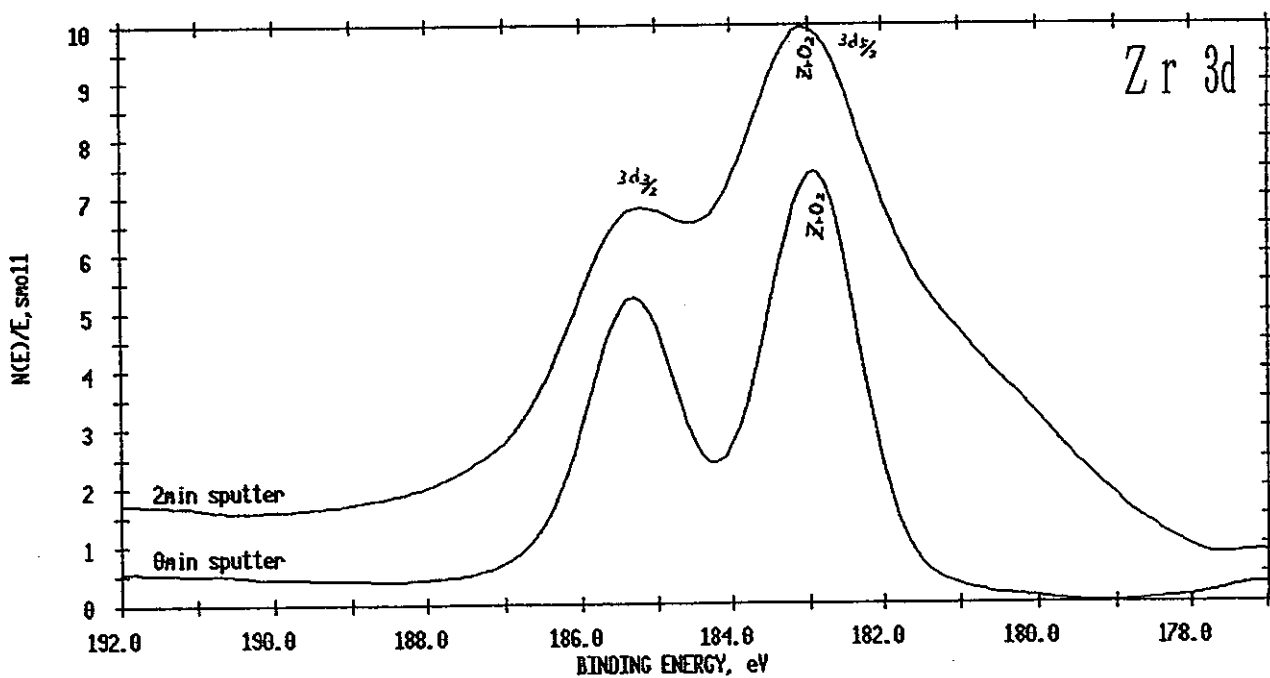
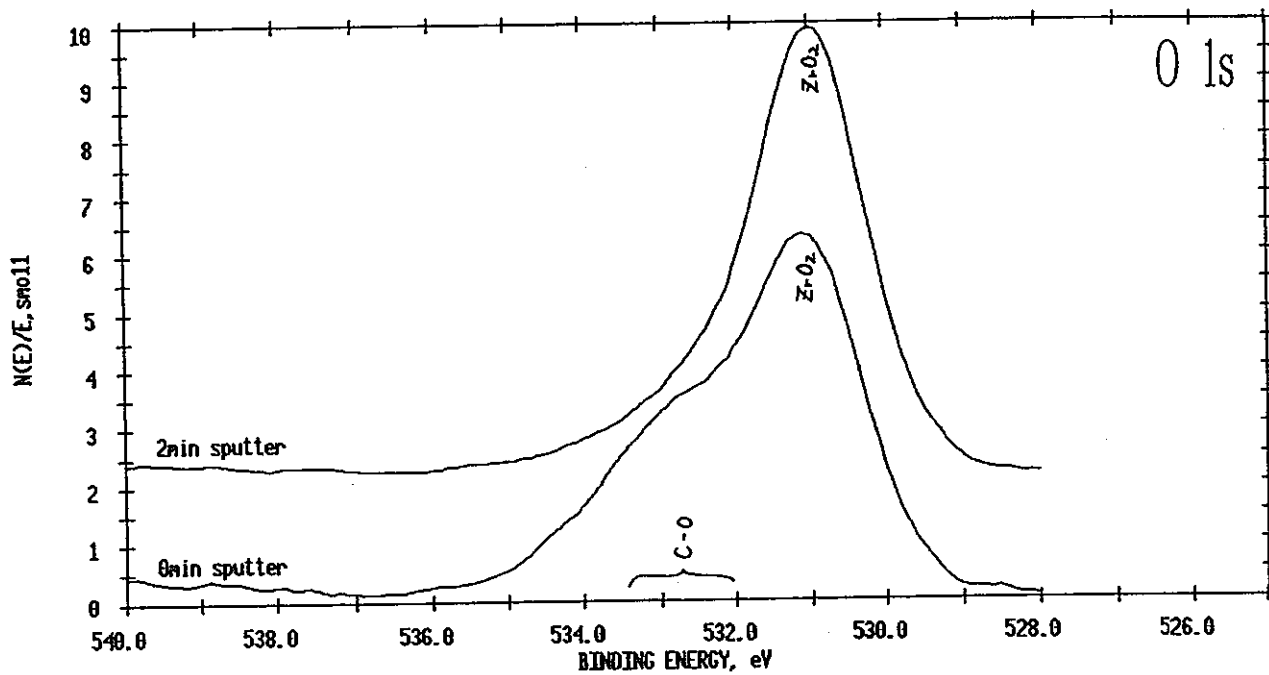


図4.6-96 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位6/加熱部上部チャンセル/温度計さや管)

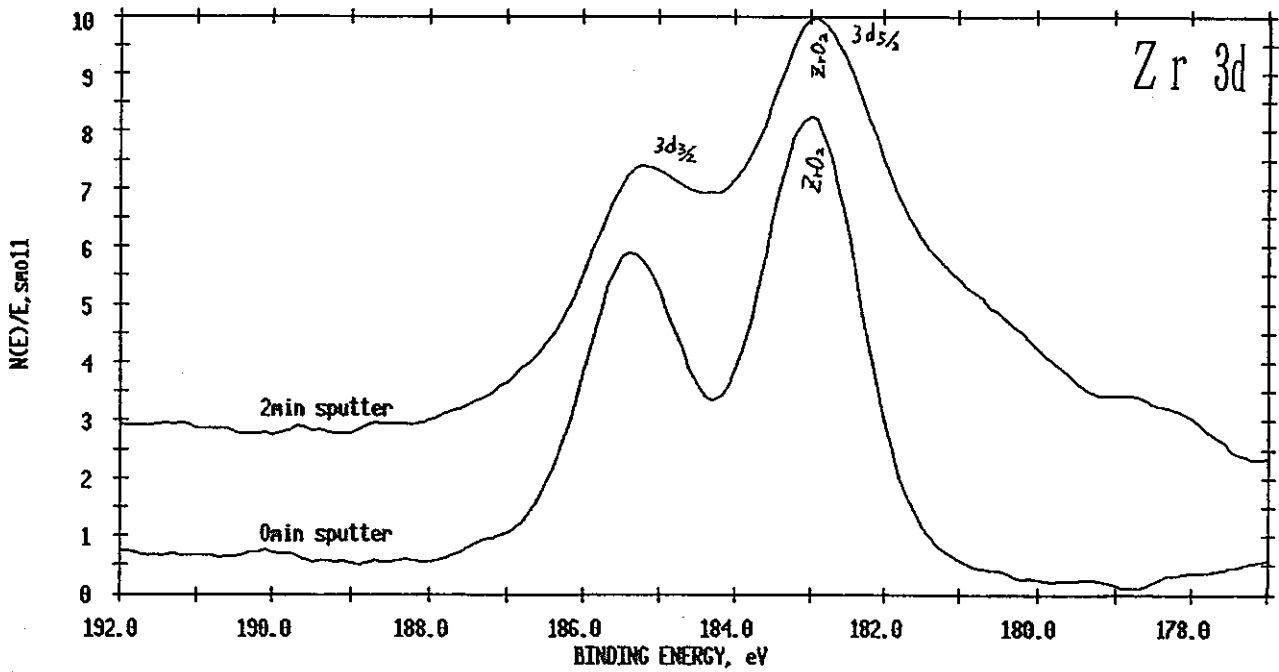
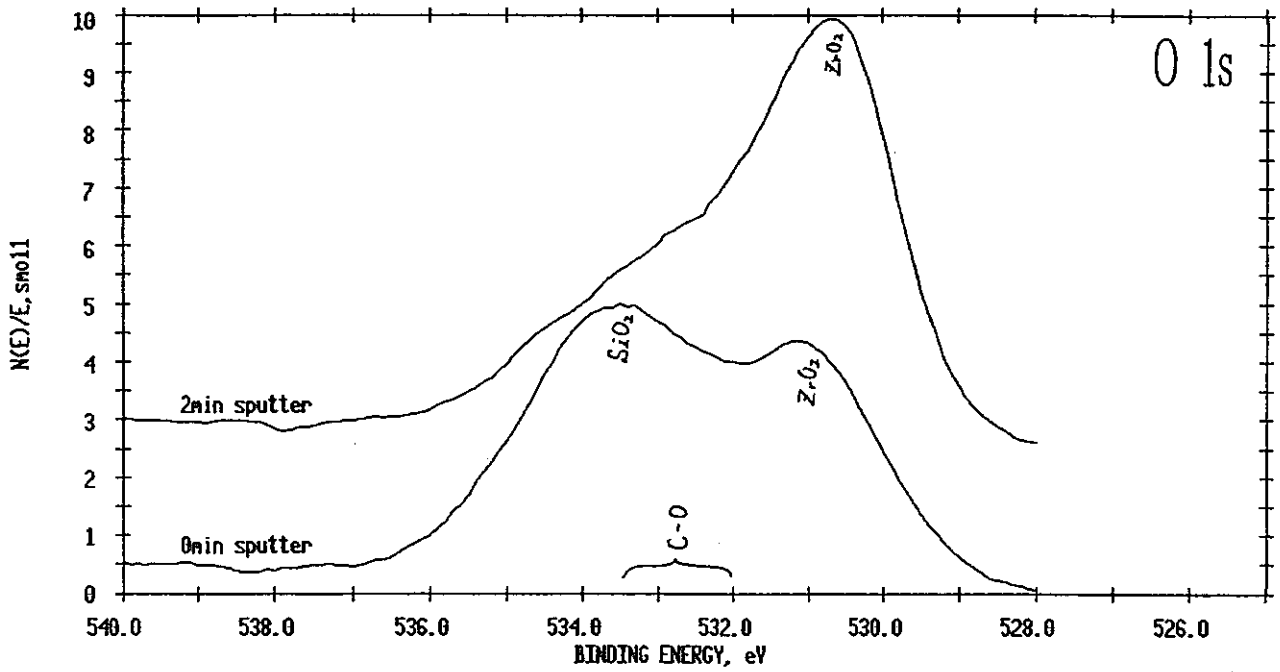


図4.6-97 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)

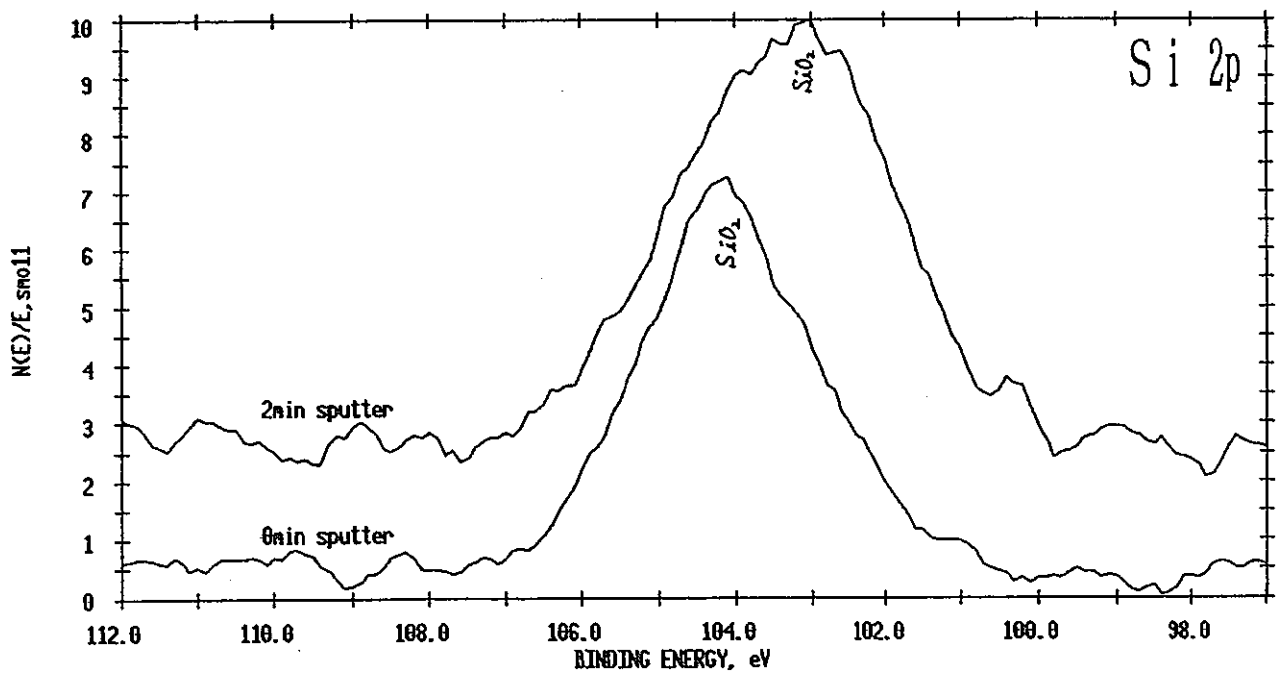
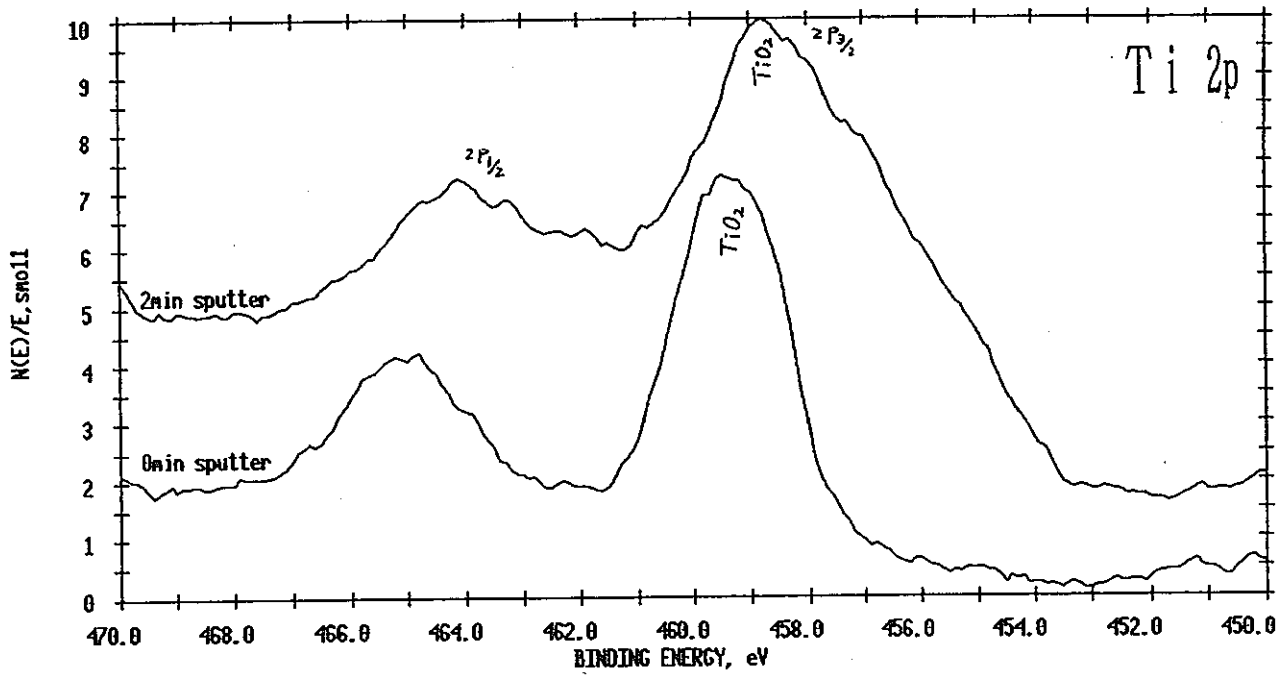


図4.6-98 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位7/加熱部上部チャンセル/胴長手溶接部)

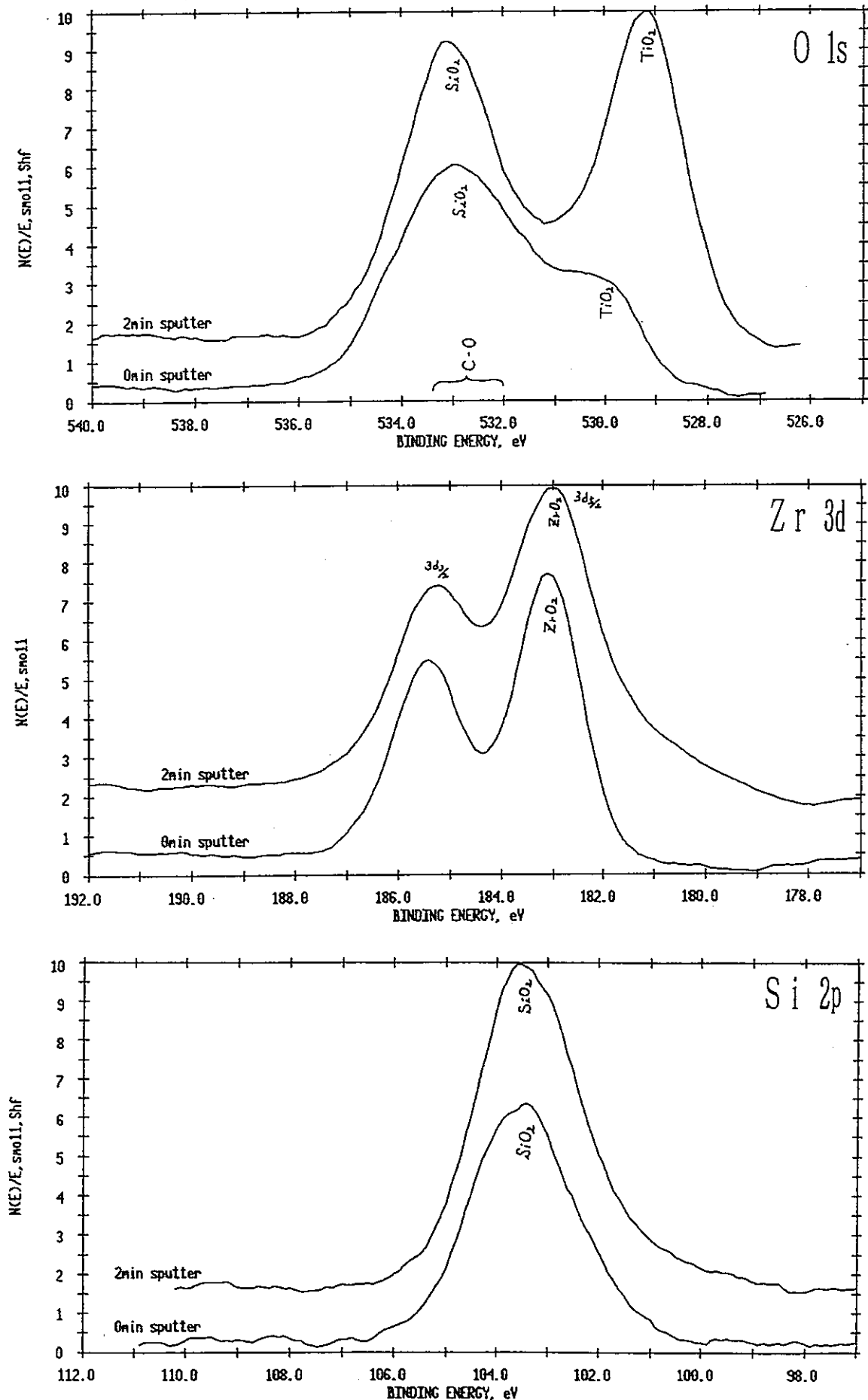


図4.6-99 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位8/加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノル座溶接部)

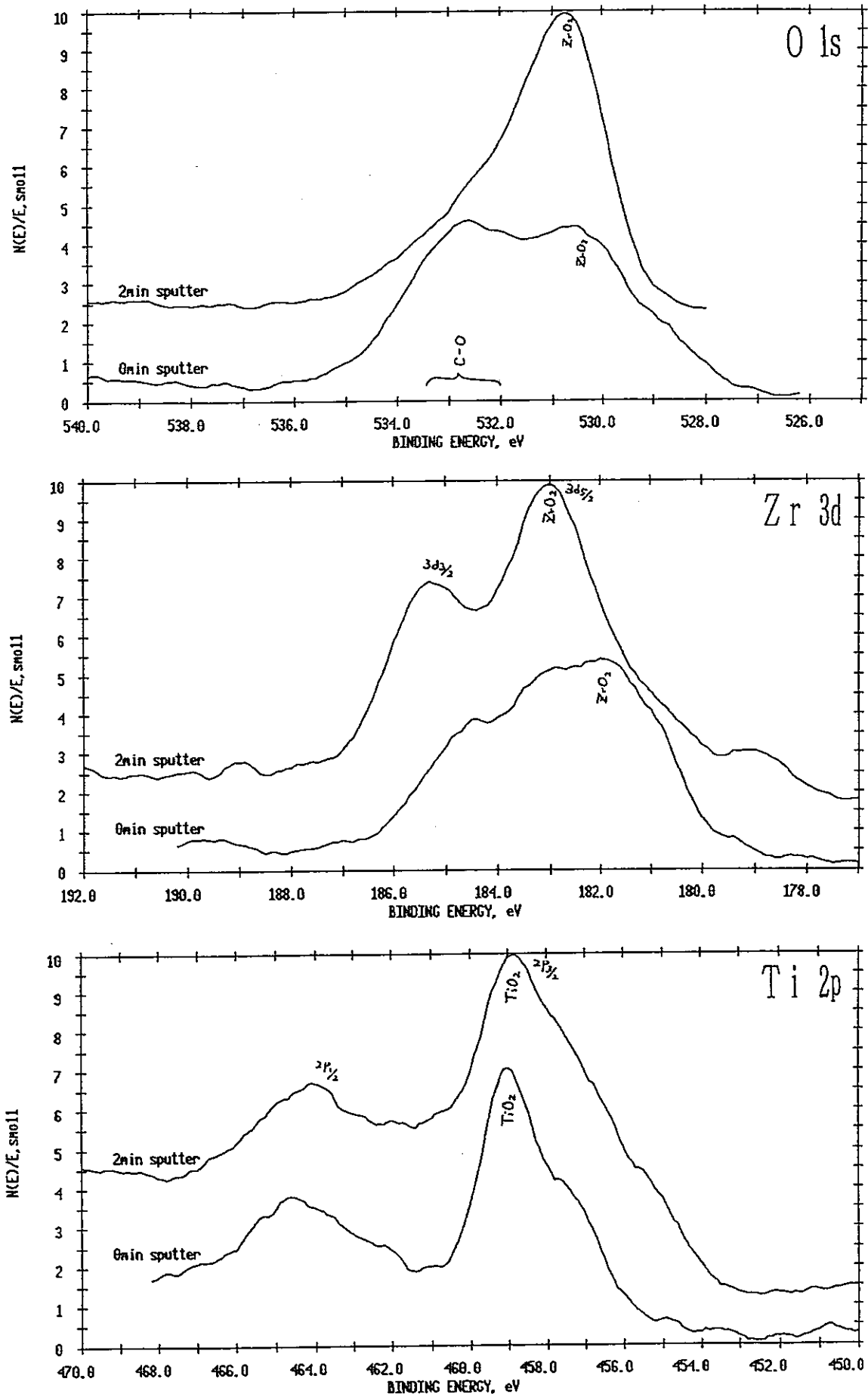


図4.6-100 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-気相部)

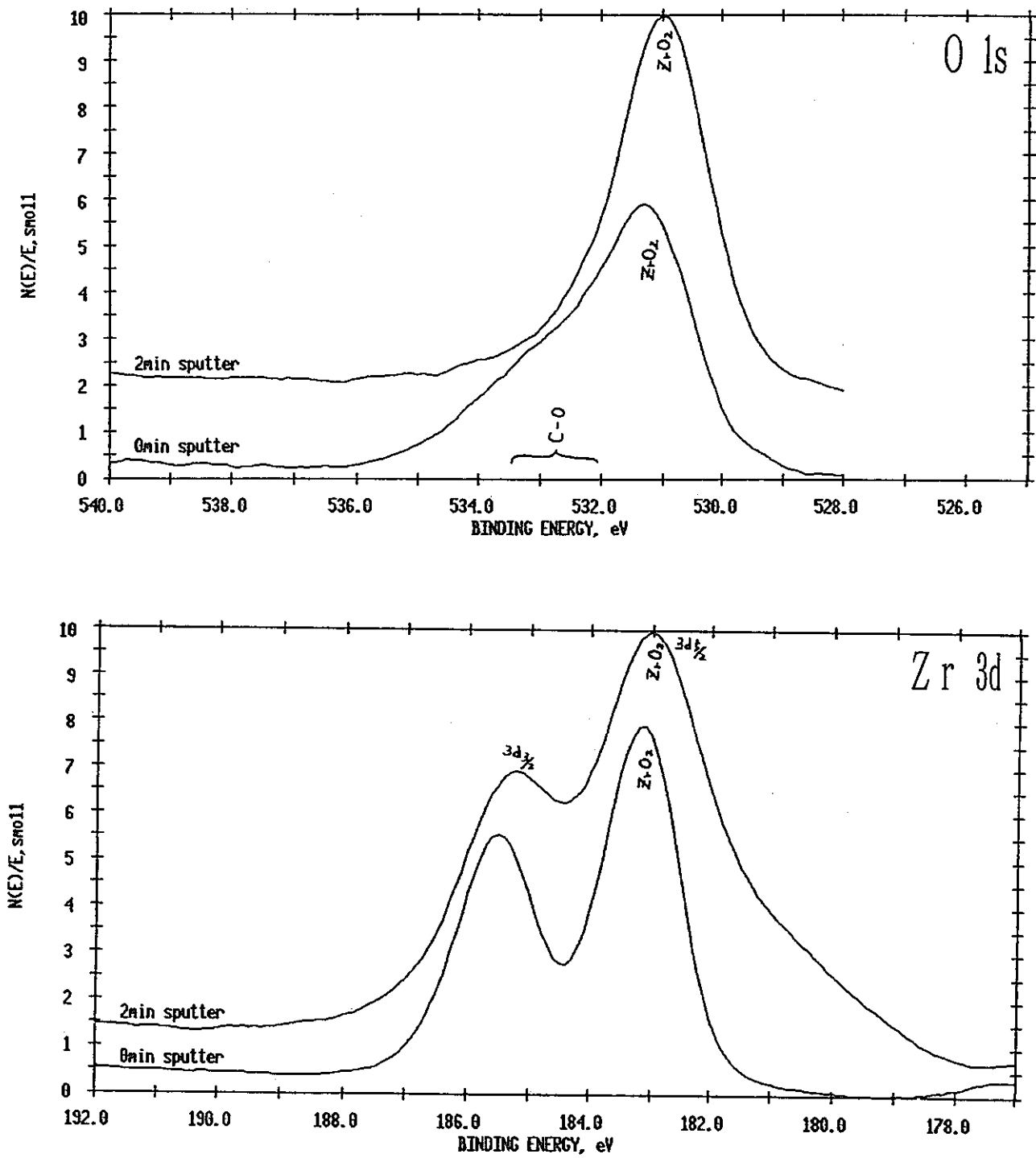


図4.6-101 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-液相部)

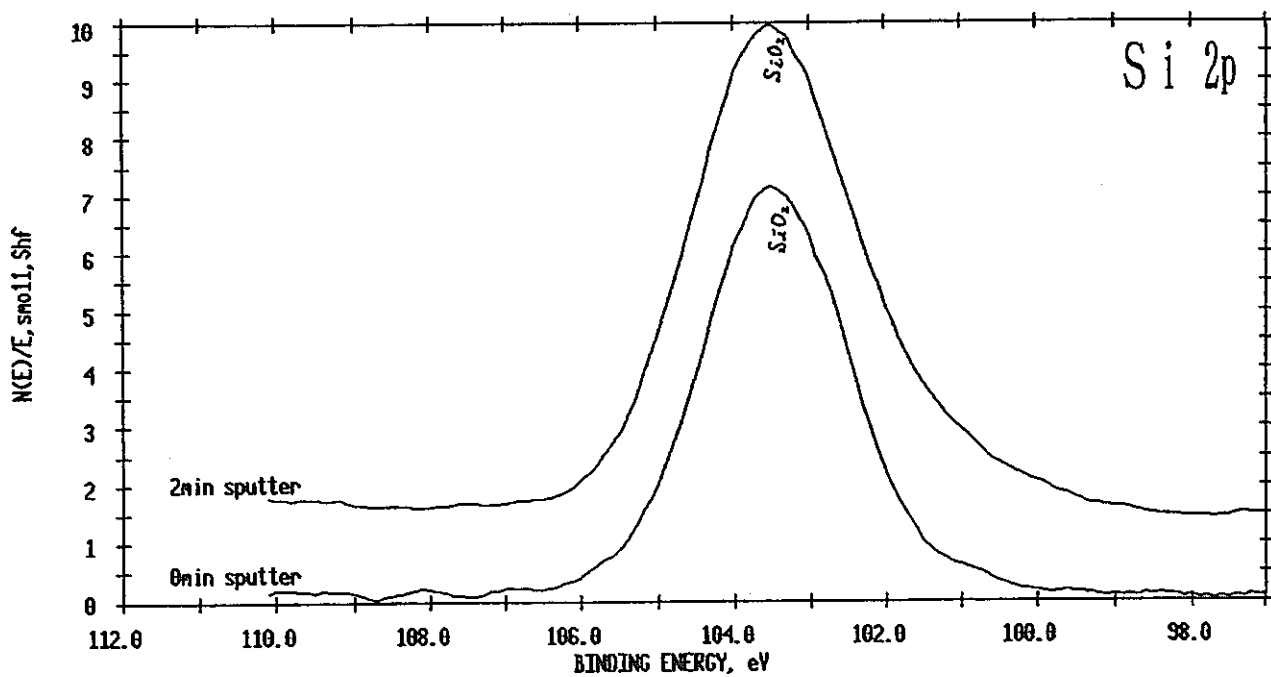
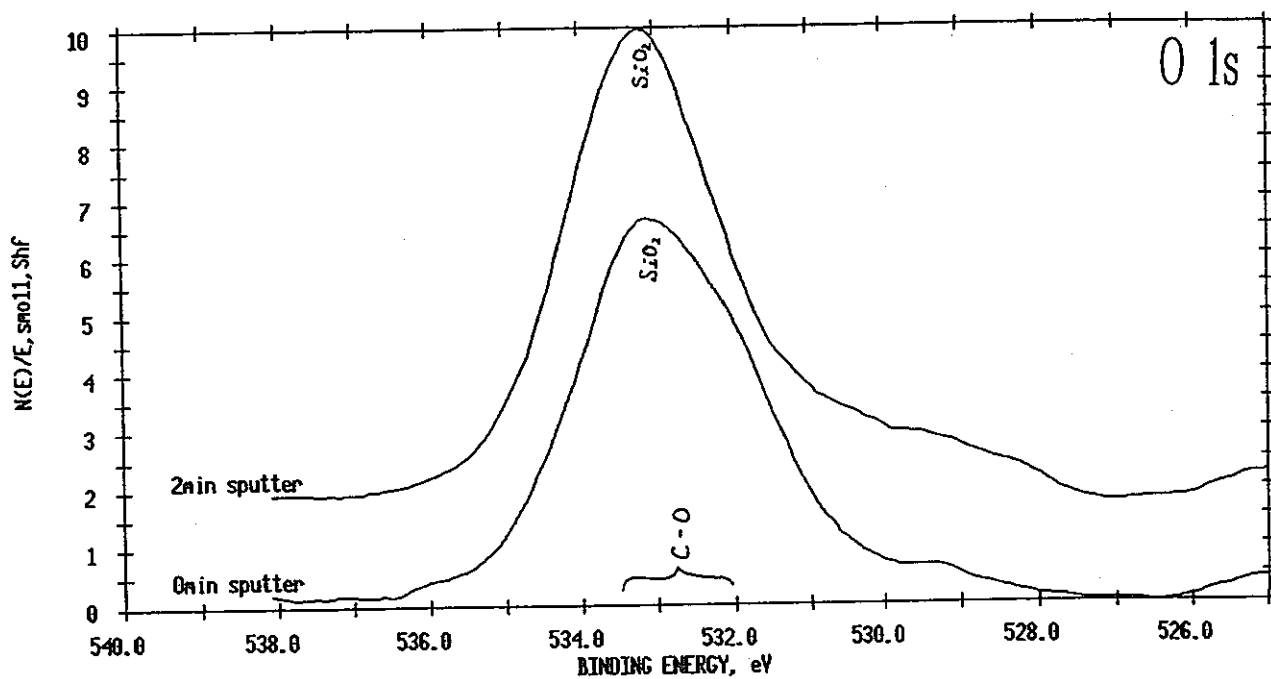


図4.6-102 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-気相部)

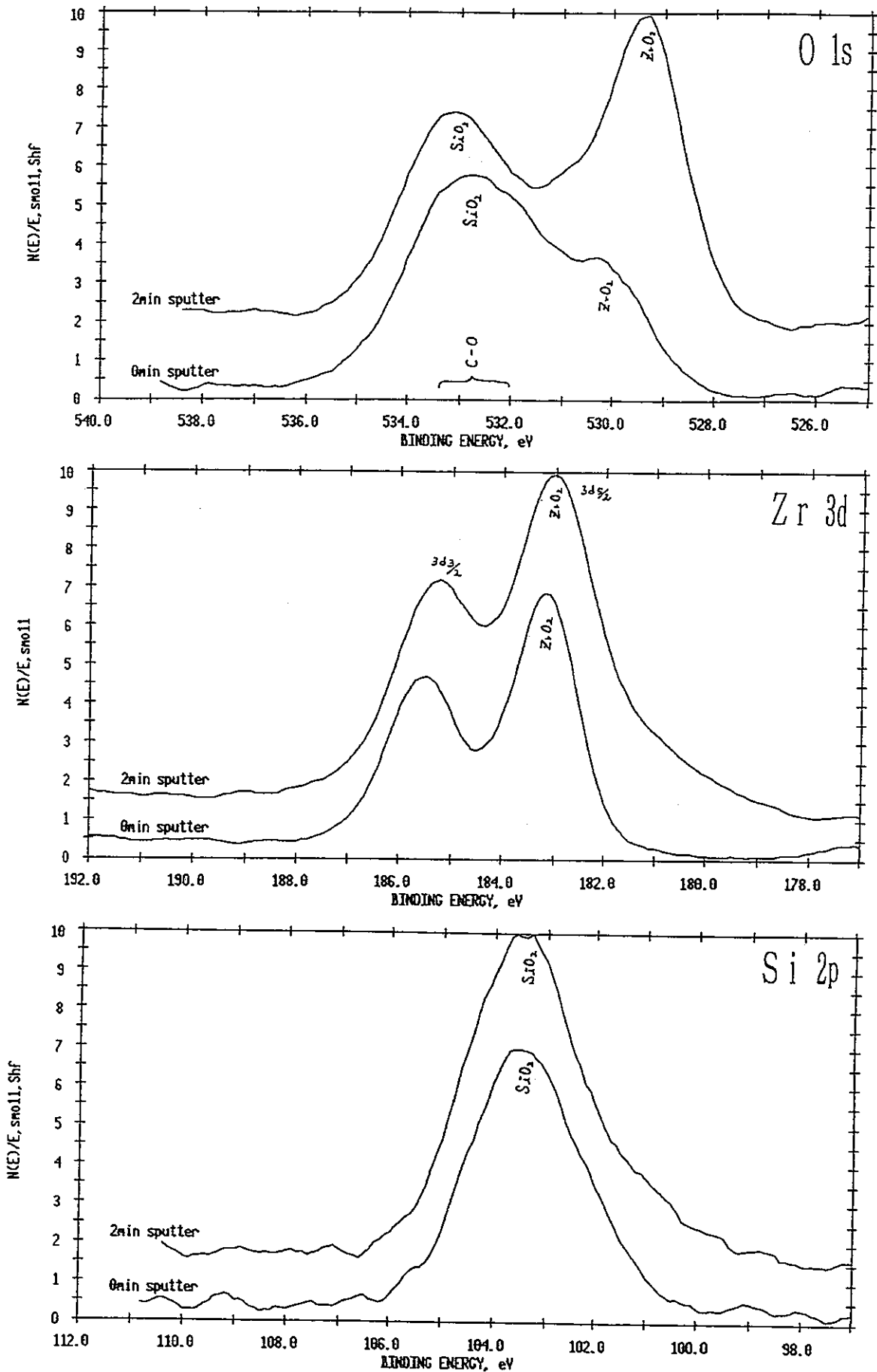


図4.6-103 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-液相部)

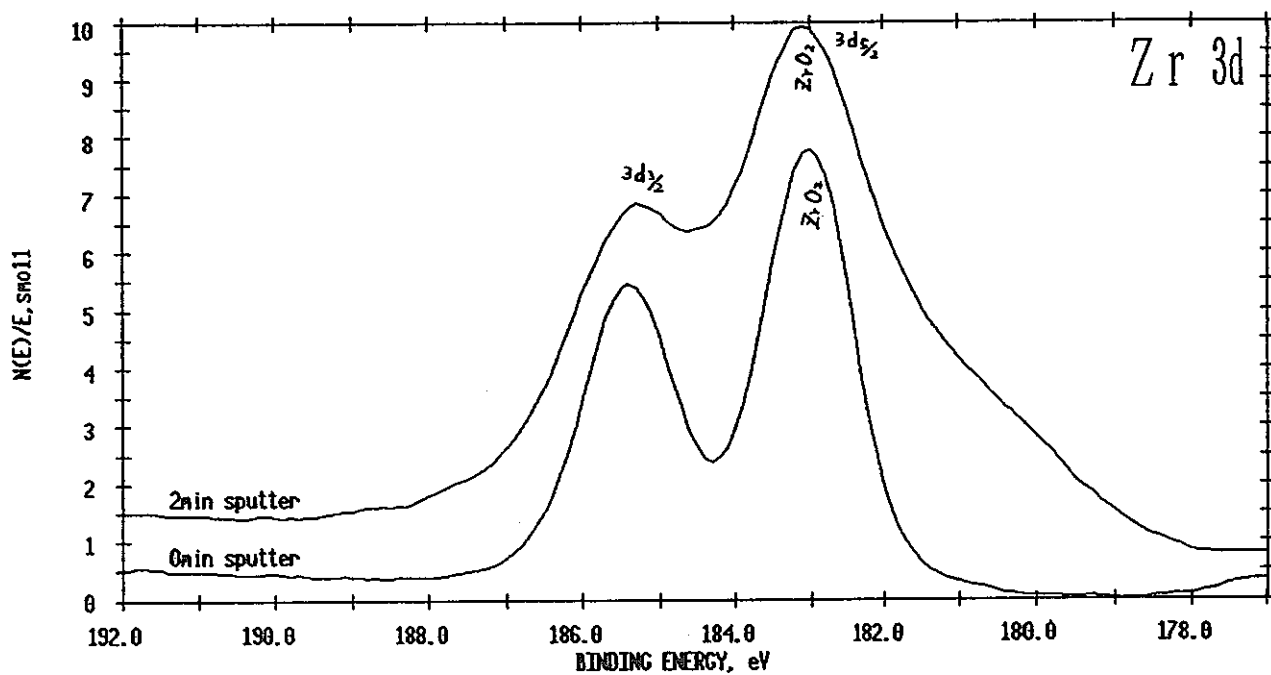
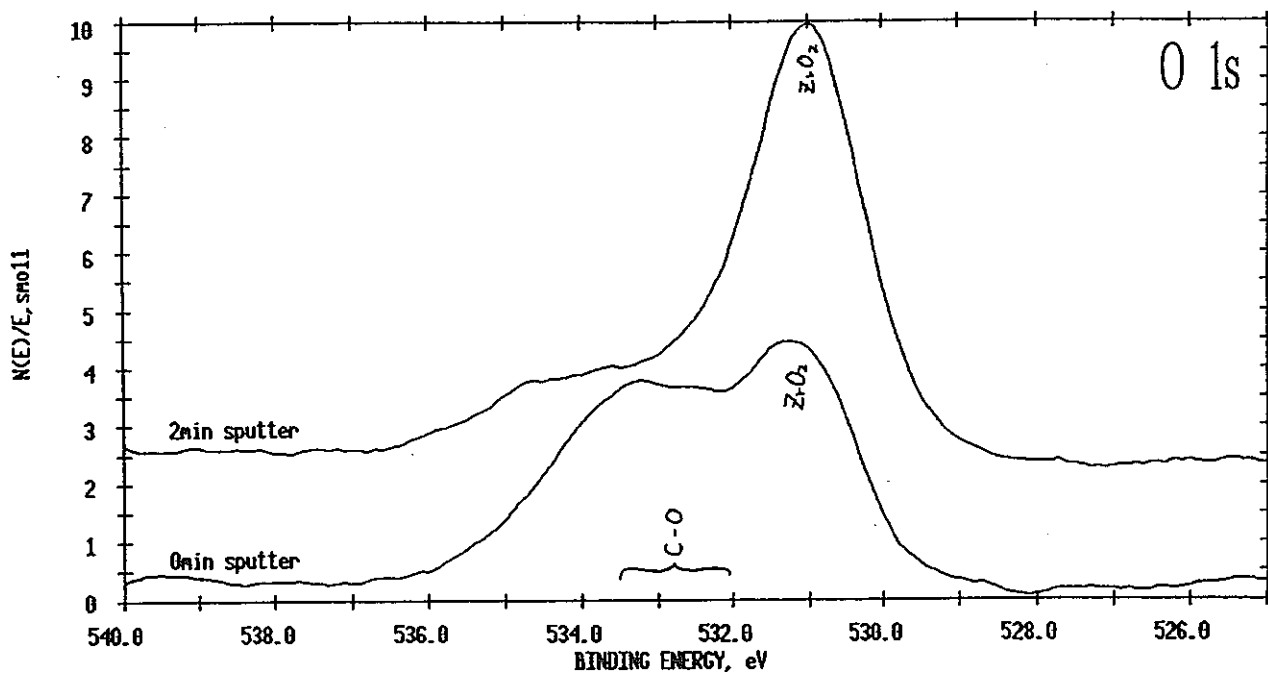


図4.6-104 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位11 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)

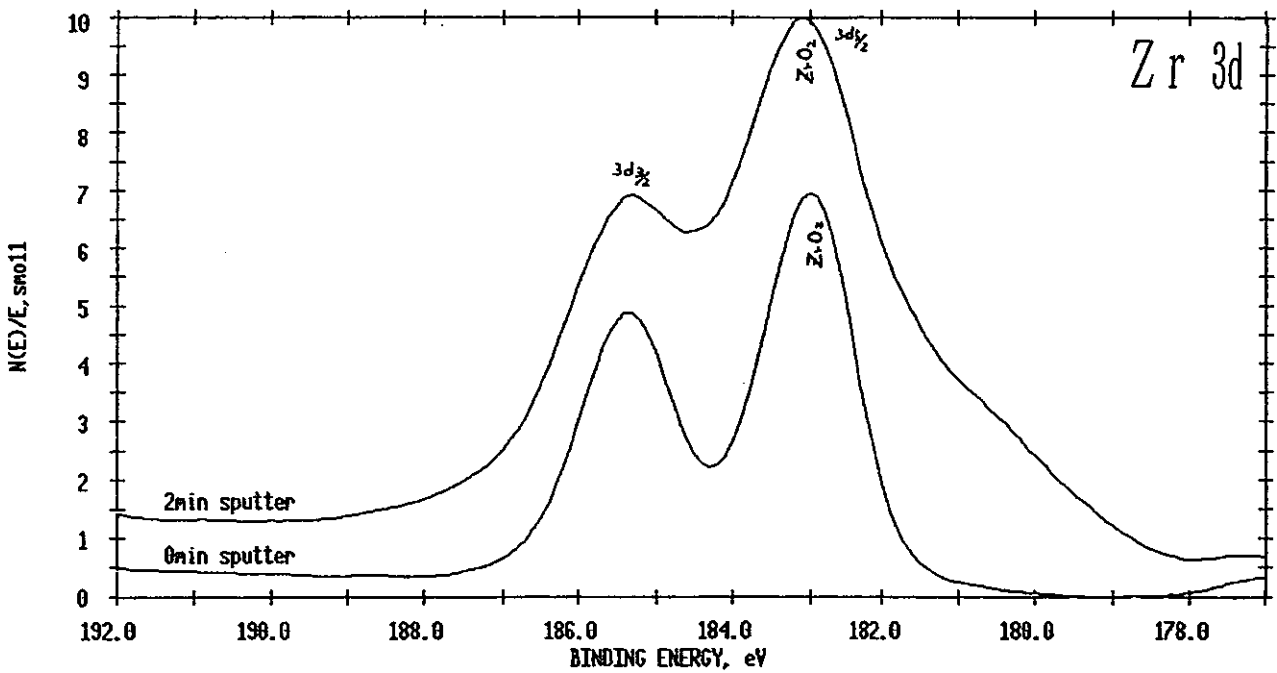
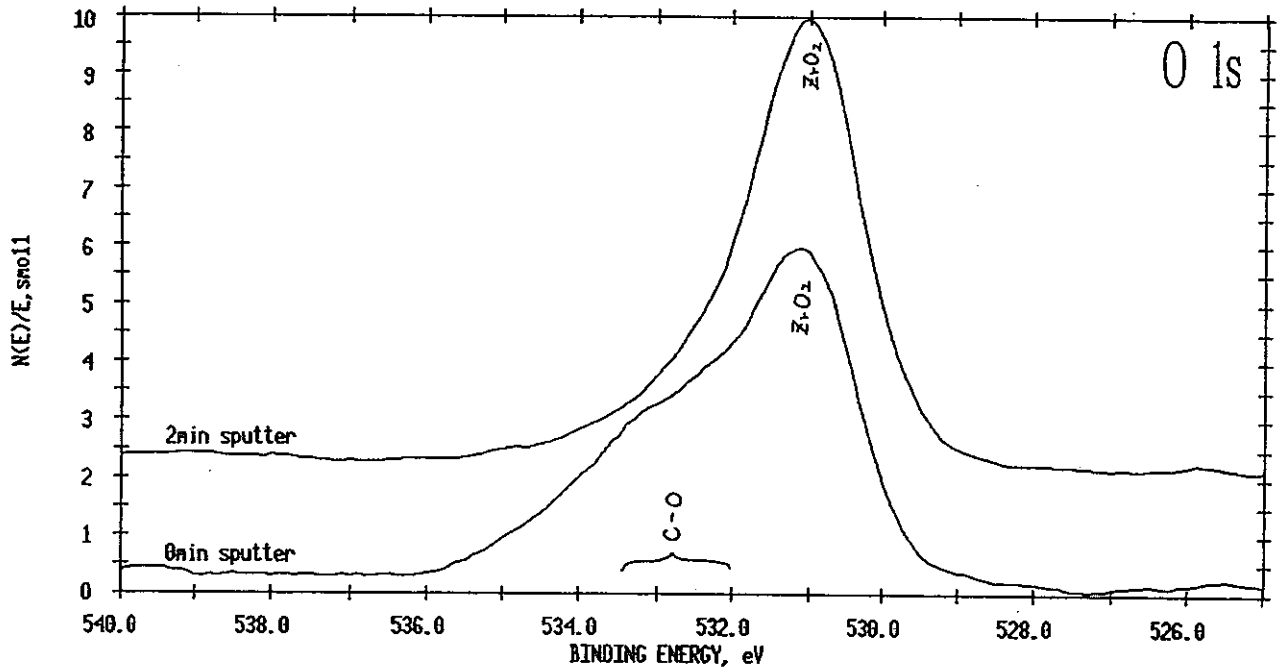


図4.6-105 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位12/上部連絡管/伸縮管/バス座溶接部)

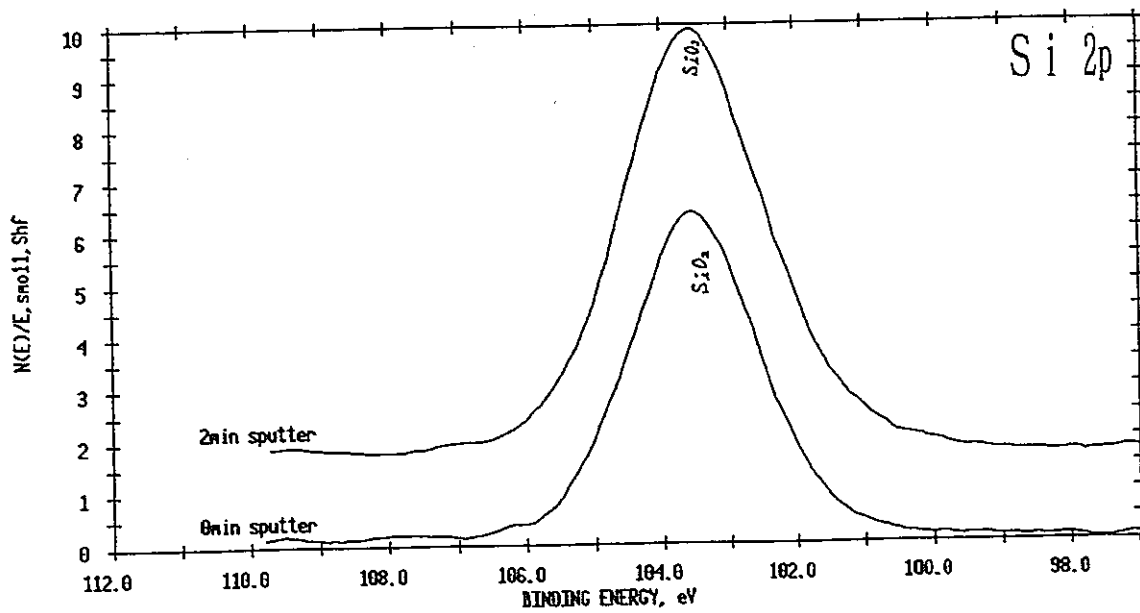
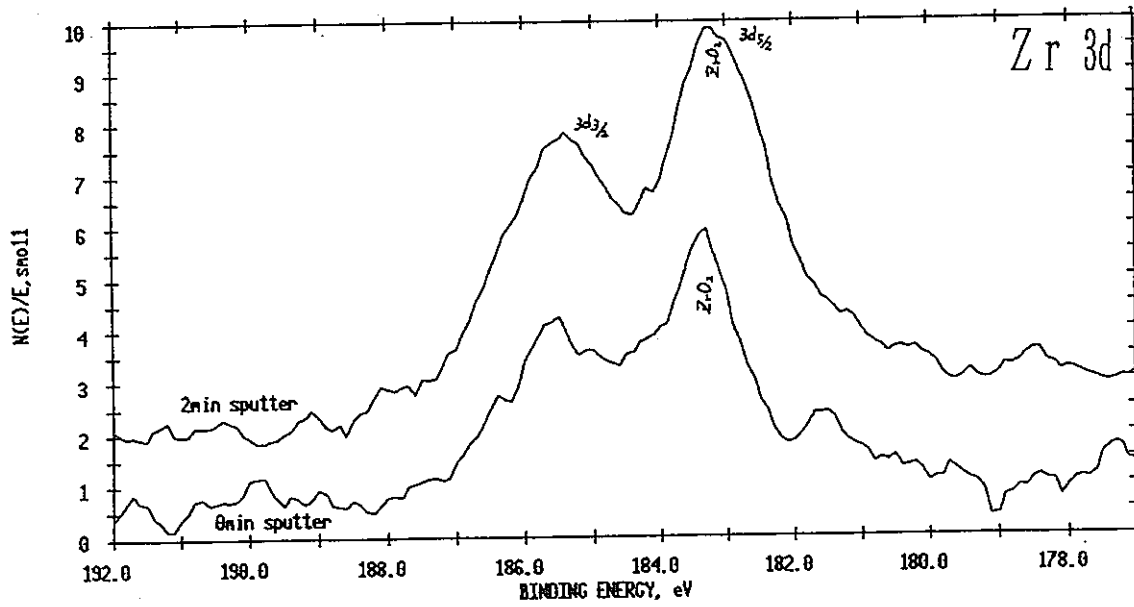
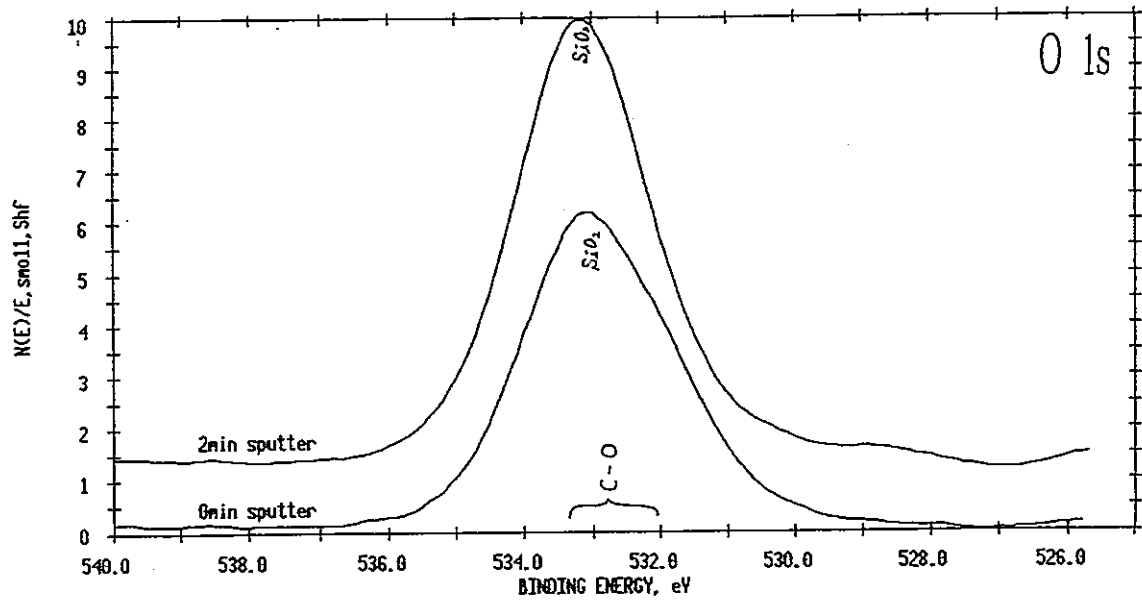


図4.6-106 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)

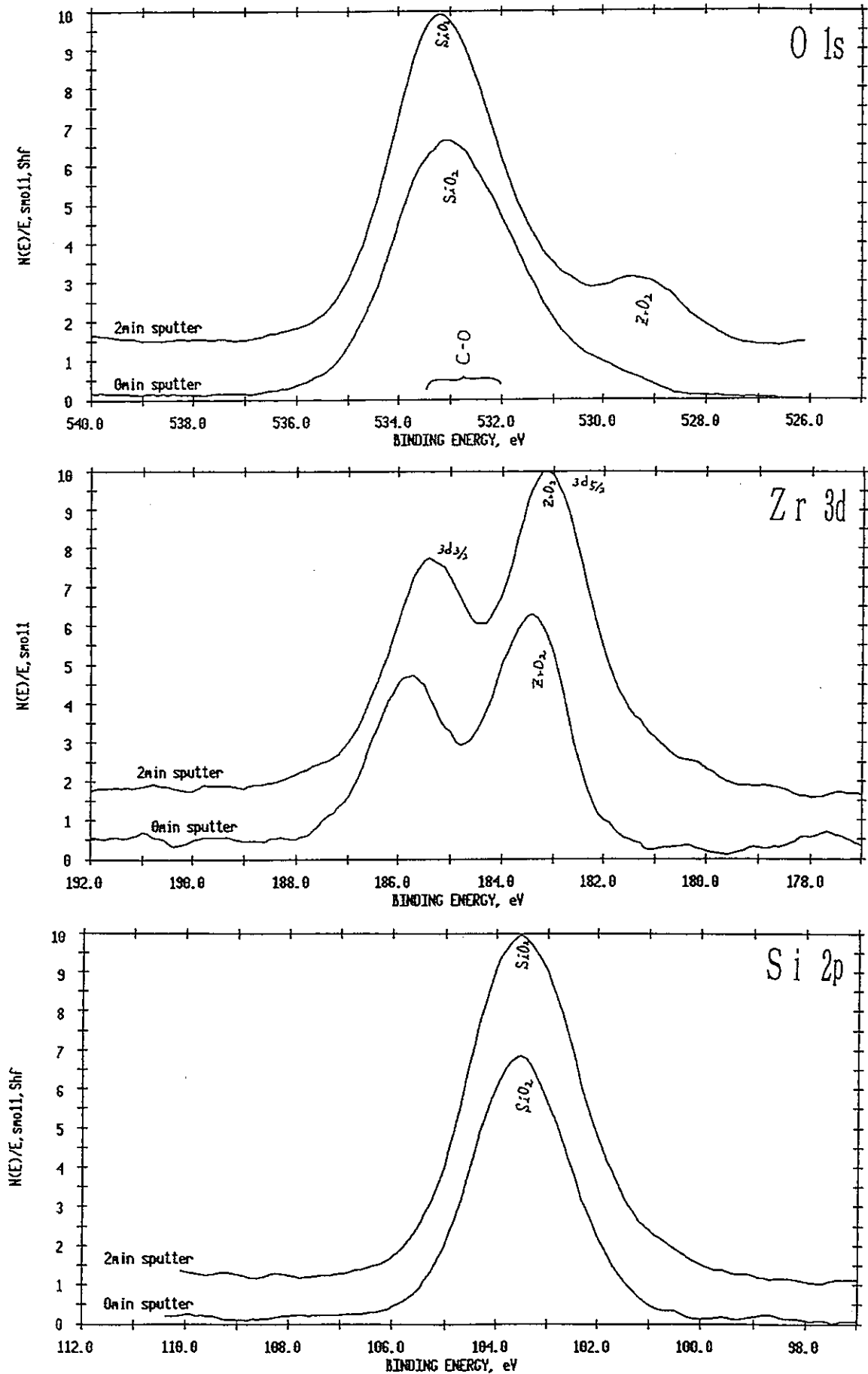


図4.6-107 ESCAによる化学結合状態分析 / Zr製
(部位14 / 蒸発部塔頂部 / 塔頂部ノズル)

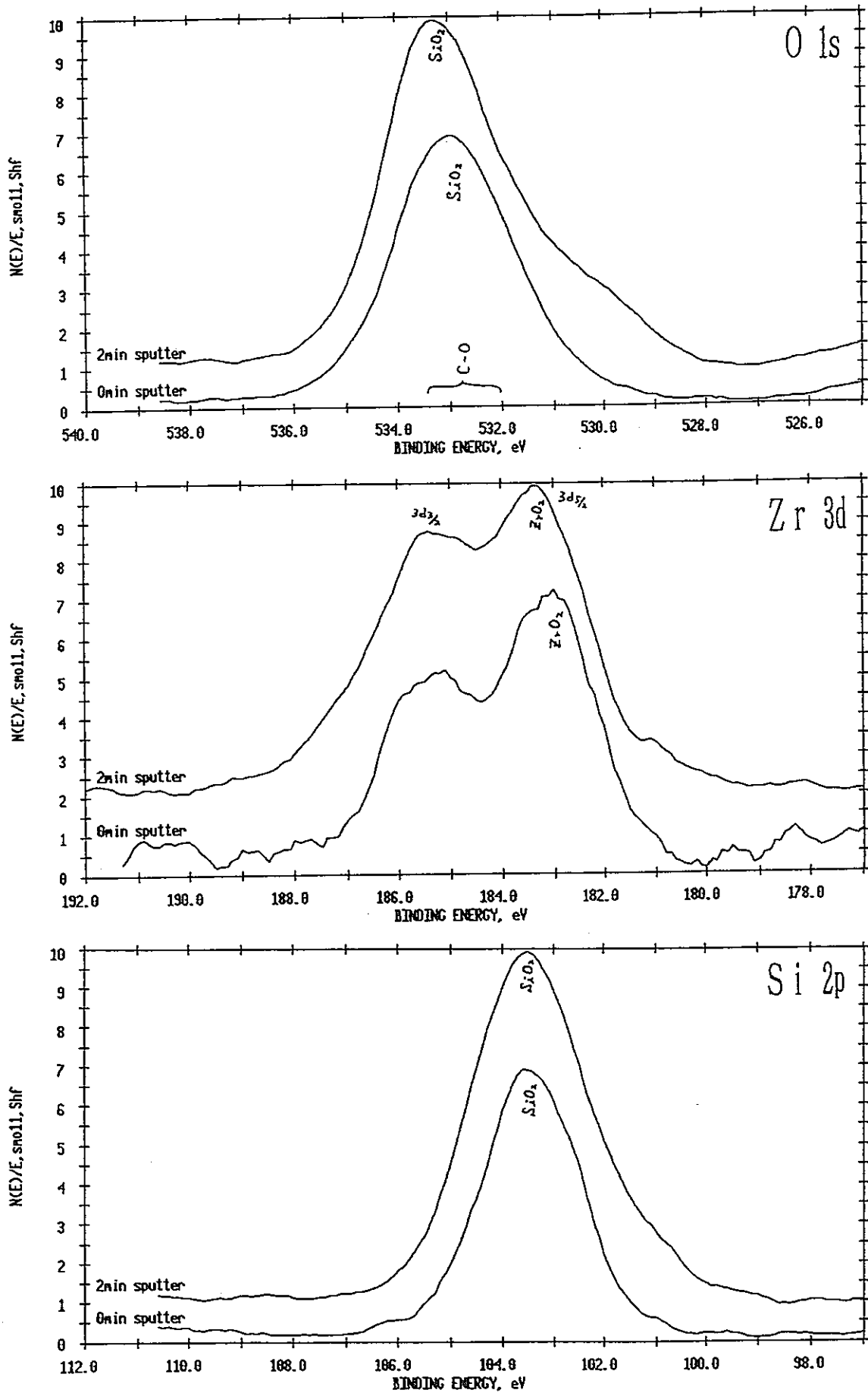


図4.6-108 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル座)

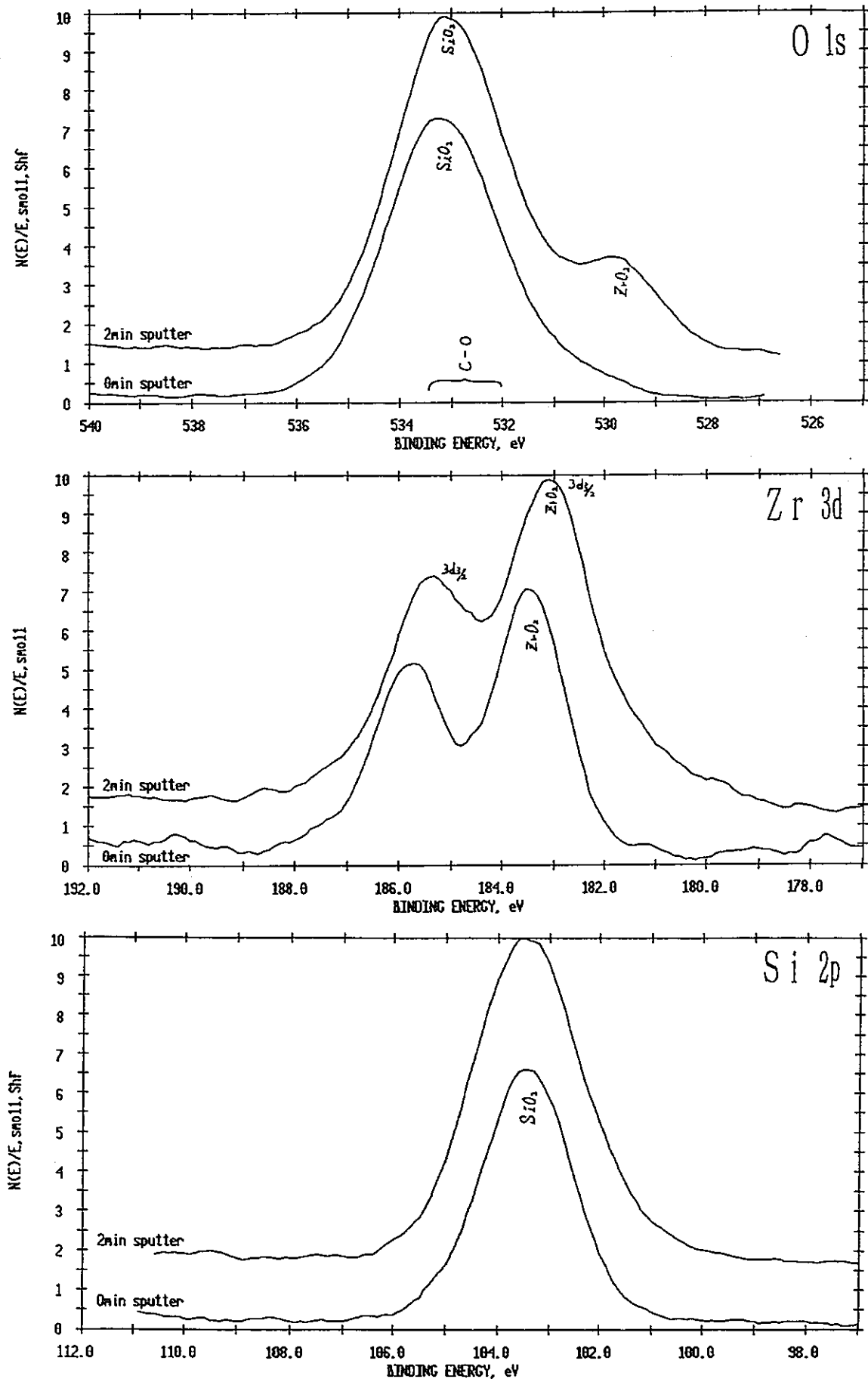


図4.6-109 ESCAによる化学結合状態分析 / Zr製
(部位16 / 蒸発部塔頂部 / 胴部)

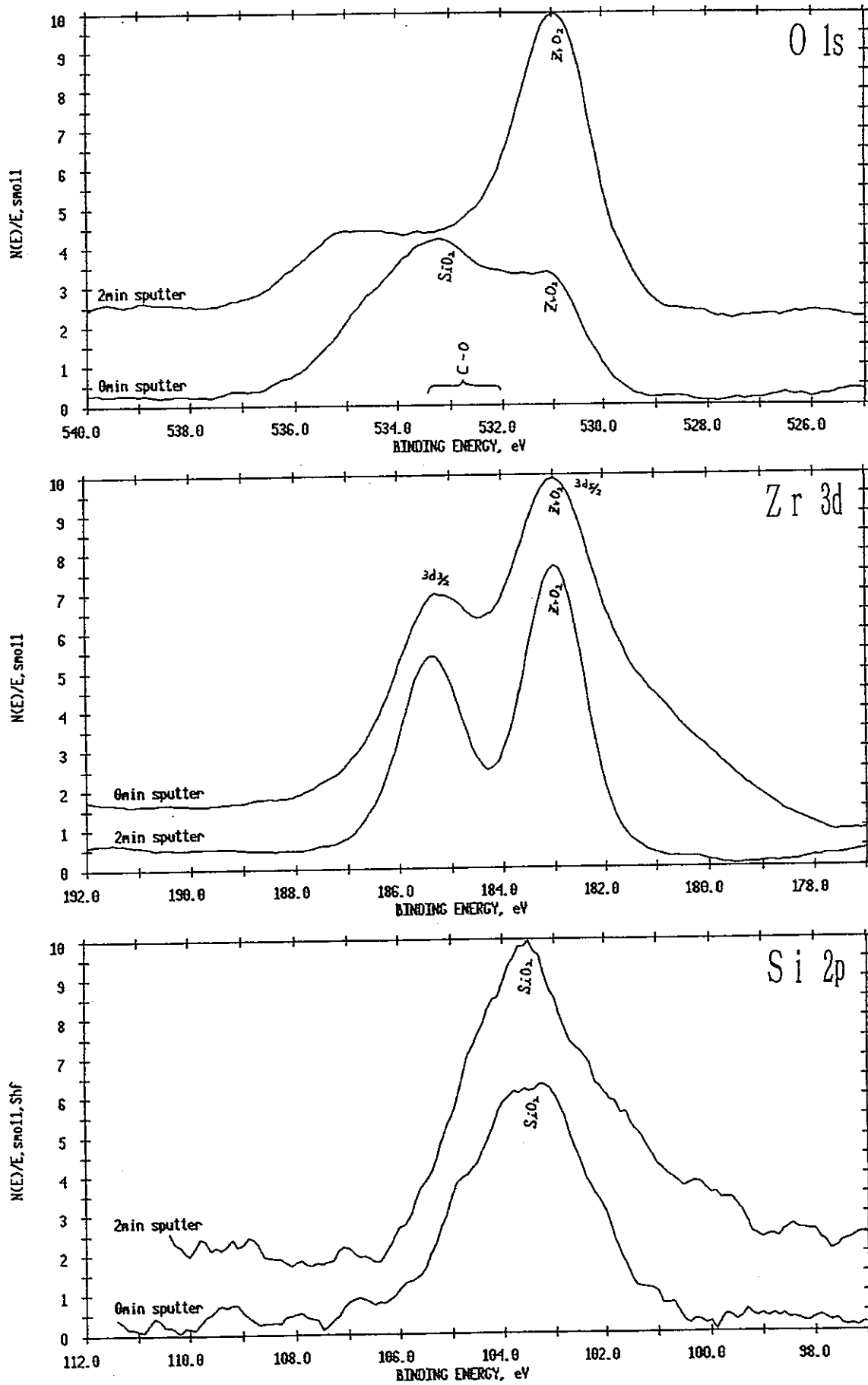


図4.6-110 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)

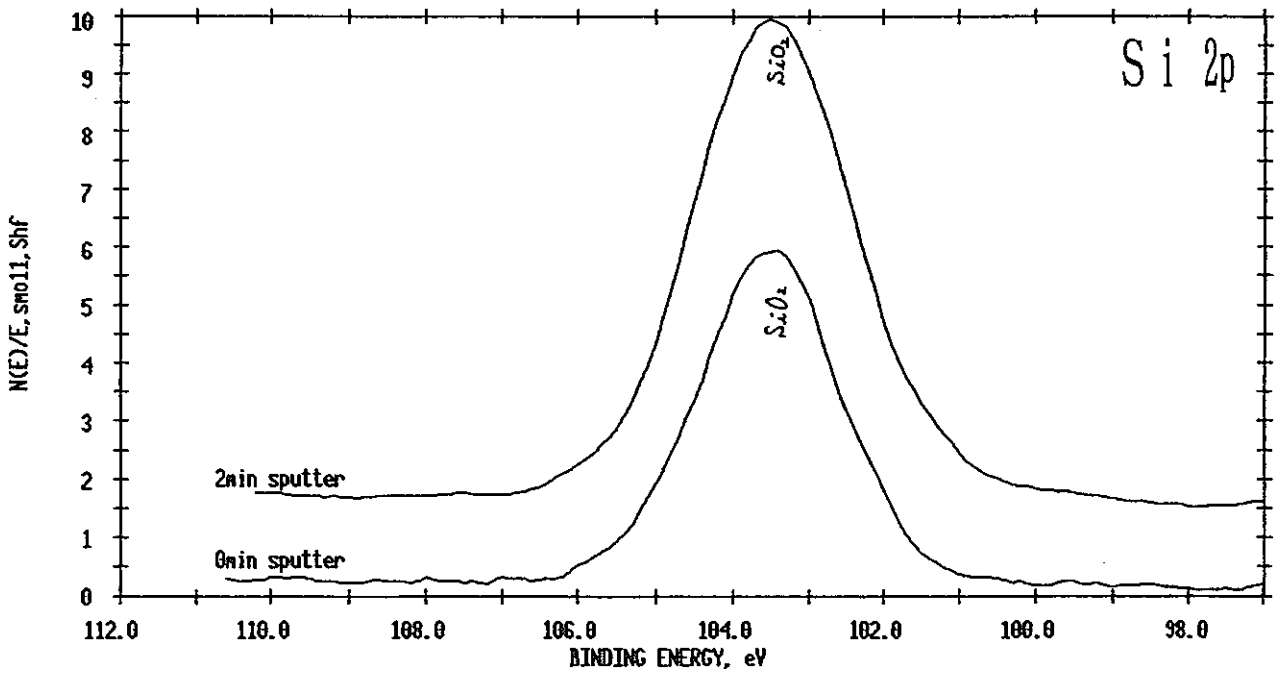
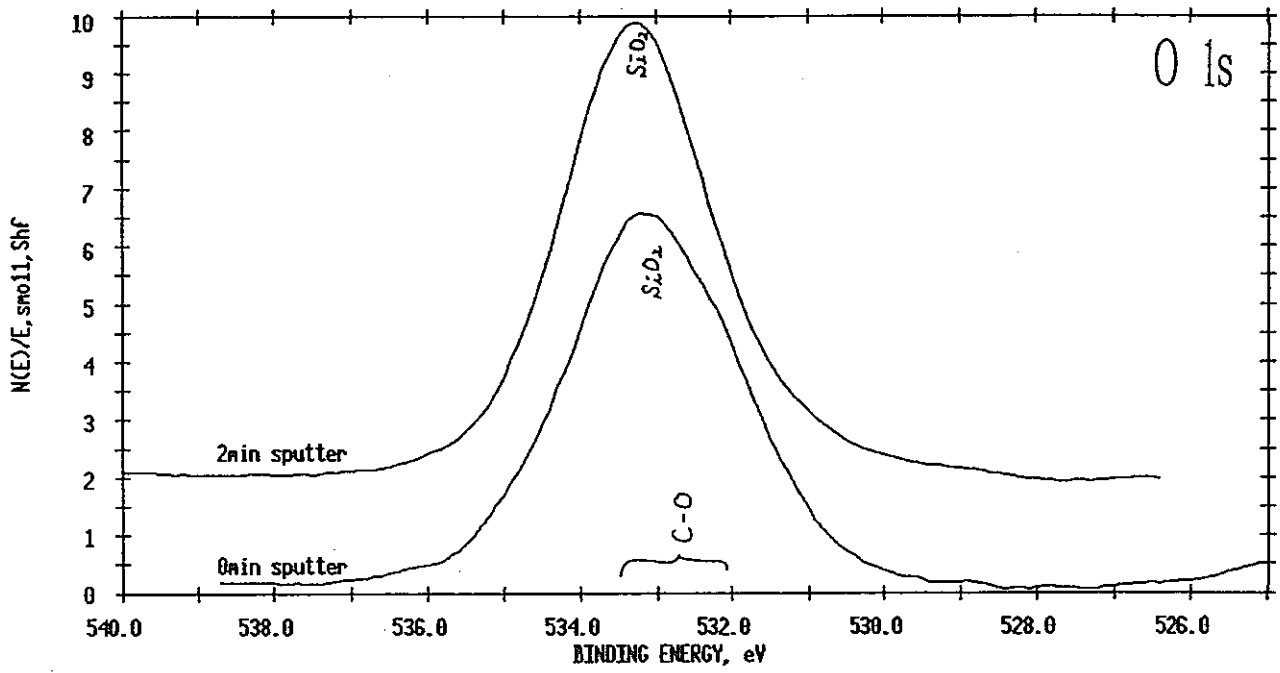


図4.6-111 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部1/1長手溶接部)

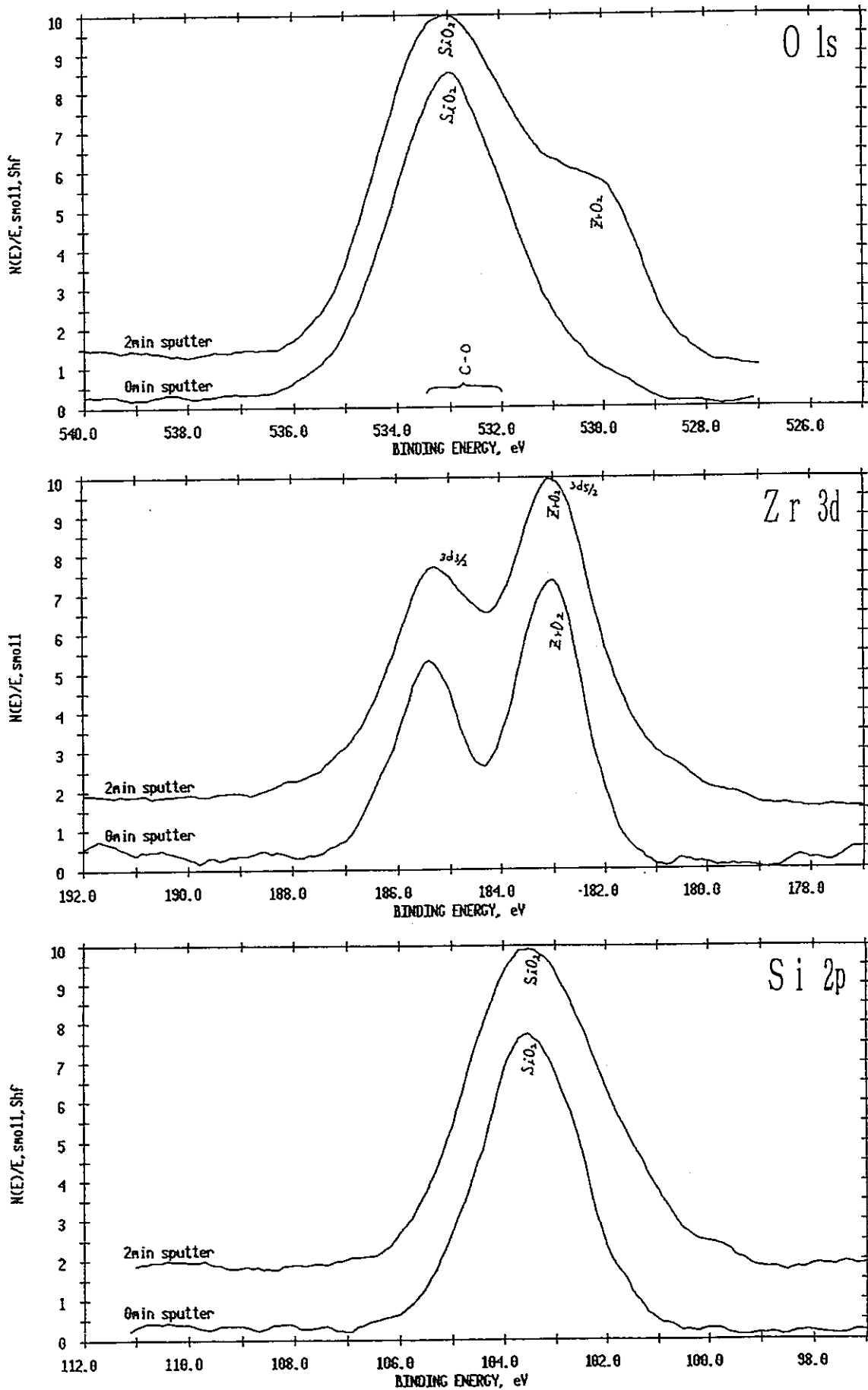


図4.6-112 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位19/蒸発部塔頂部/鏡部/塔頂部ノズル座溶接部)

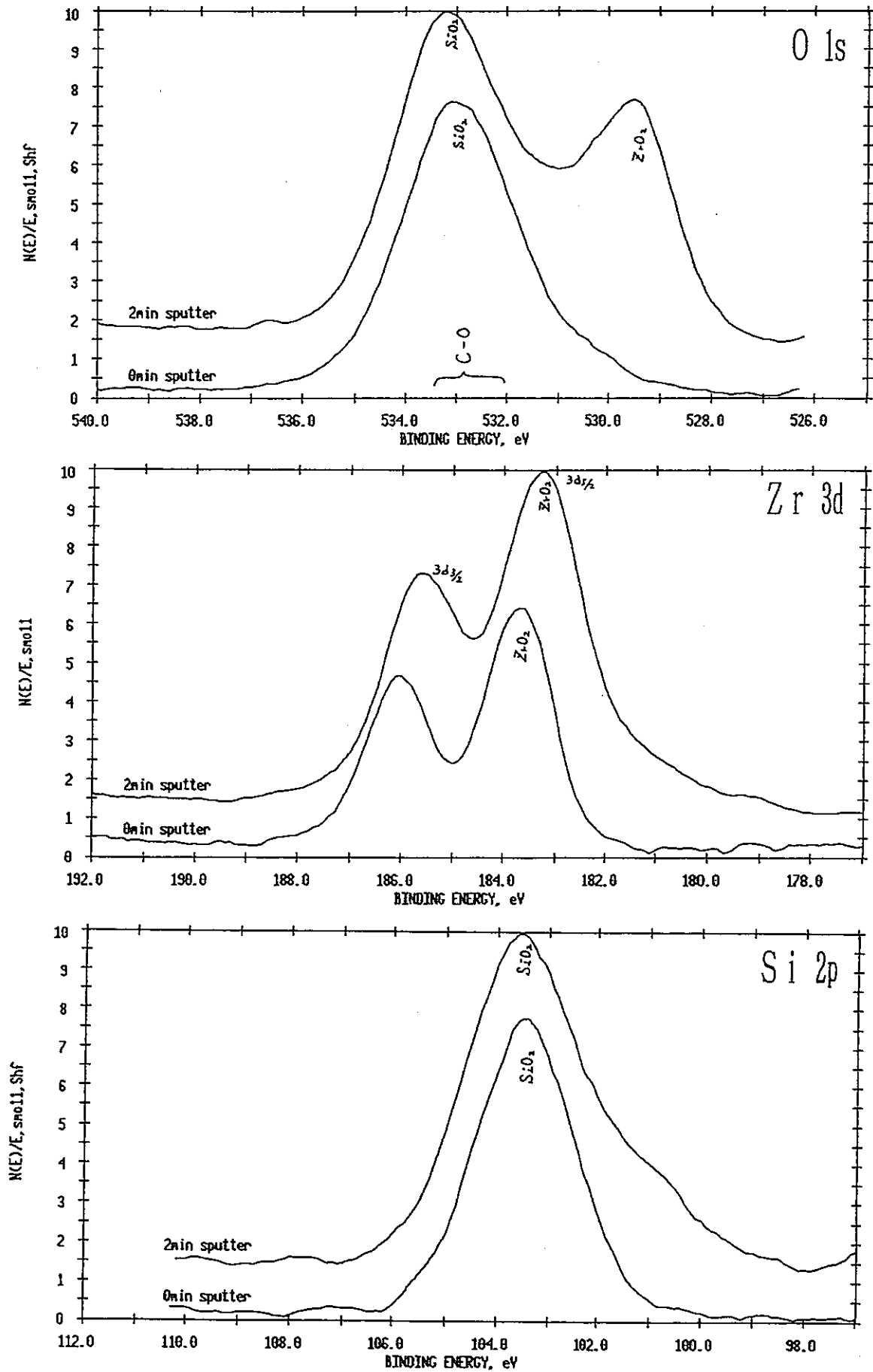


図4.6-113 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)

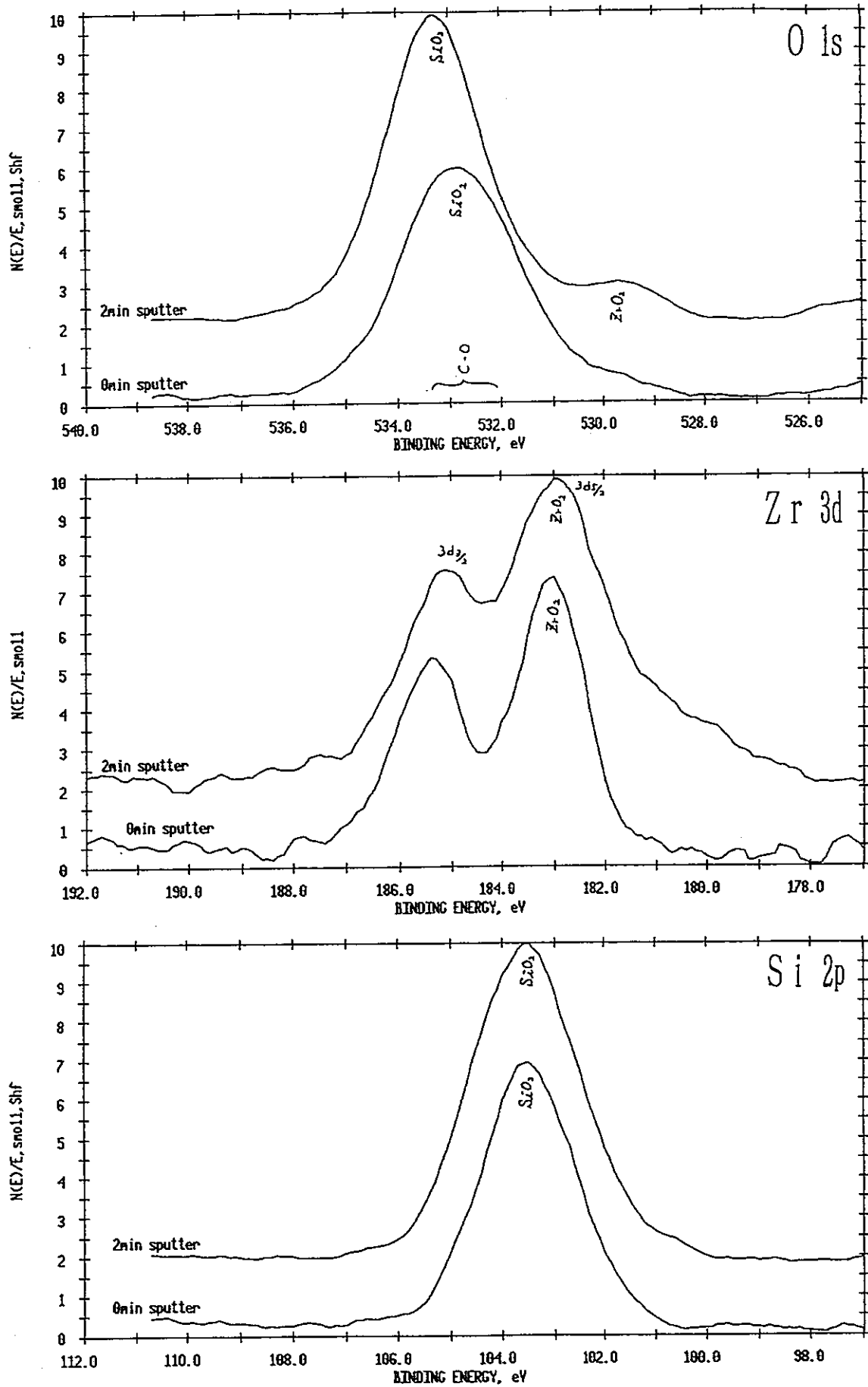


図4.6-114 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位21/バンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

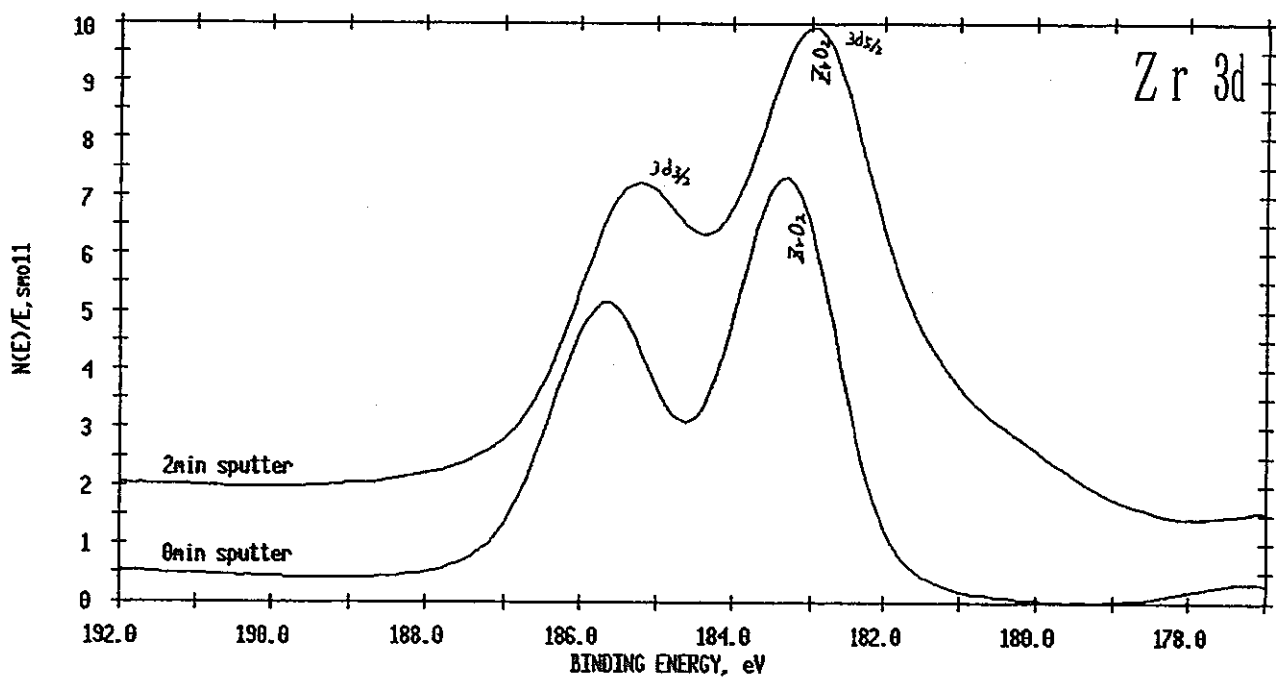
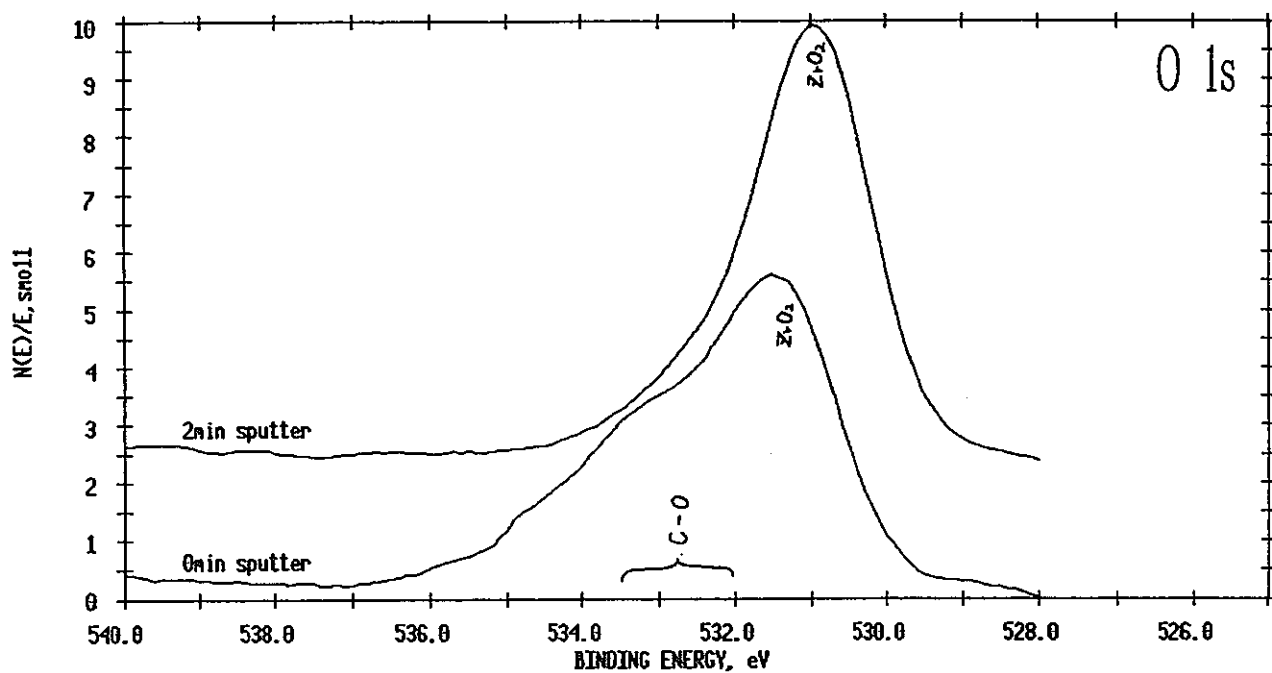


図4.6-115 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位22/ベンド配管/配管中央付近)

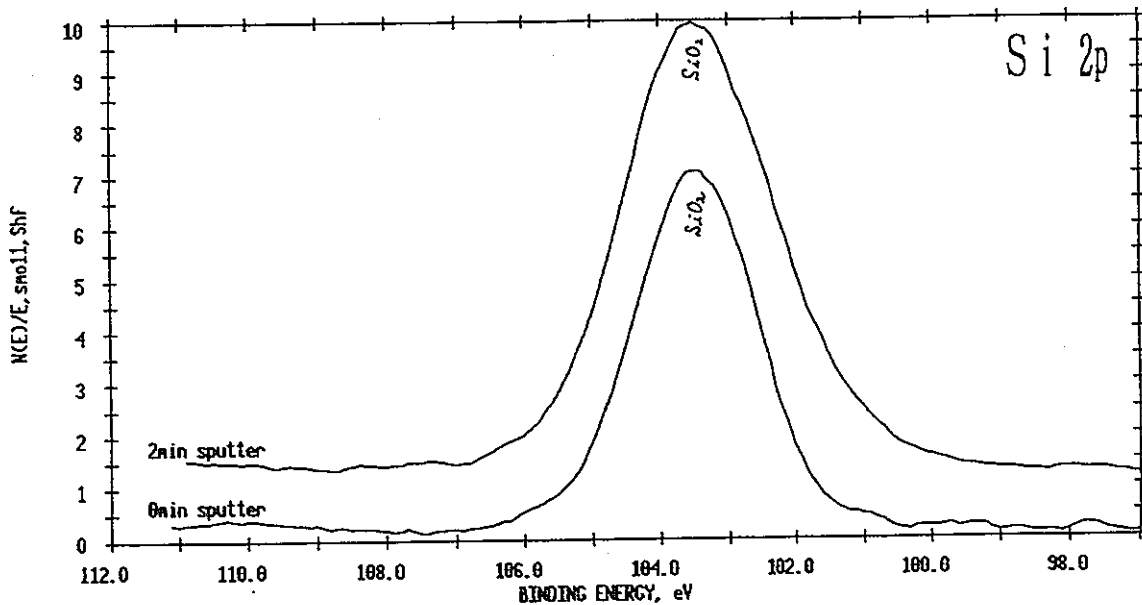
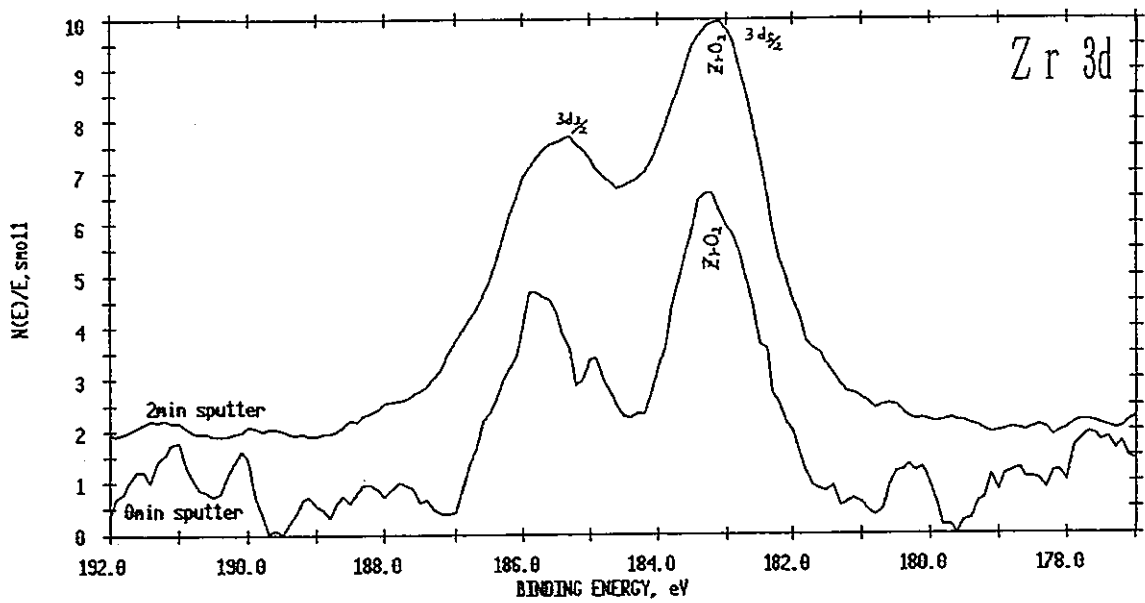
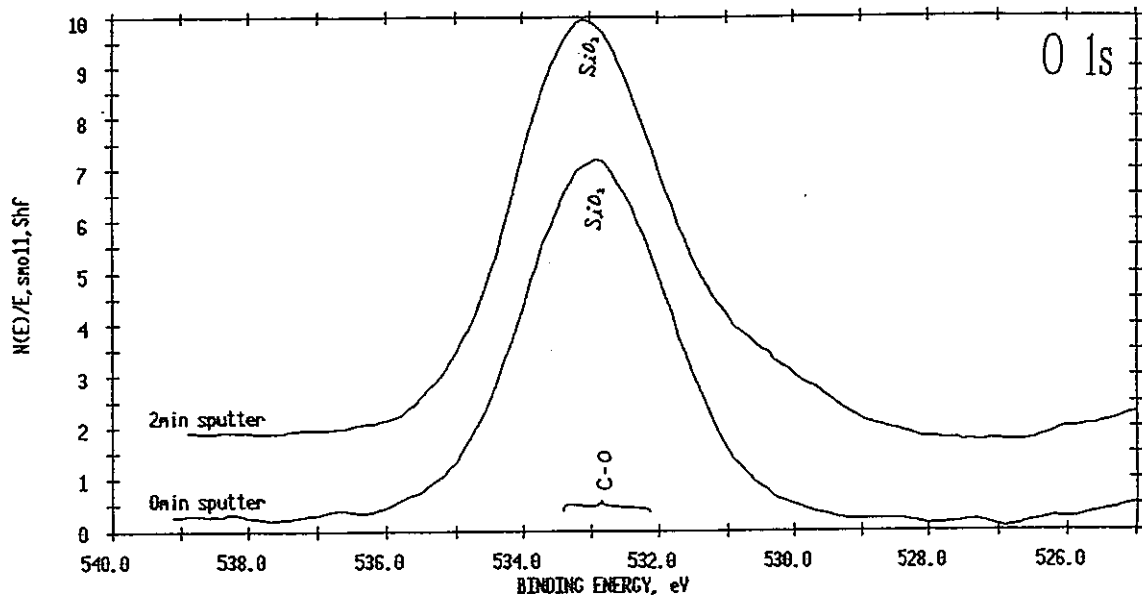


図4.6-116 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位23/バンド配管/硝酸蒸気出口側付近)

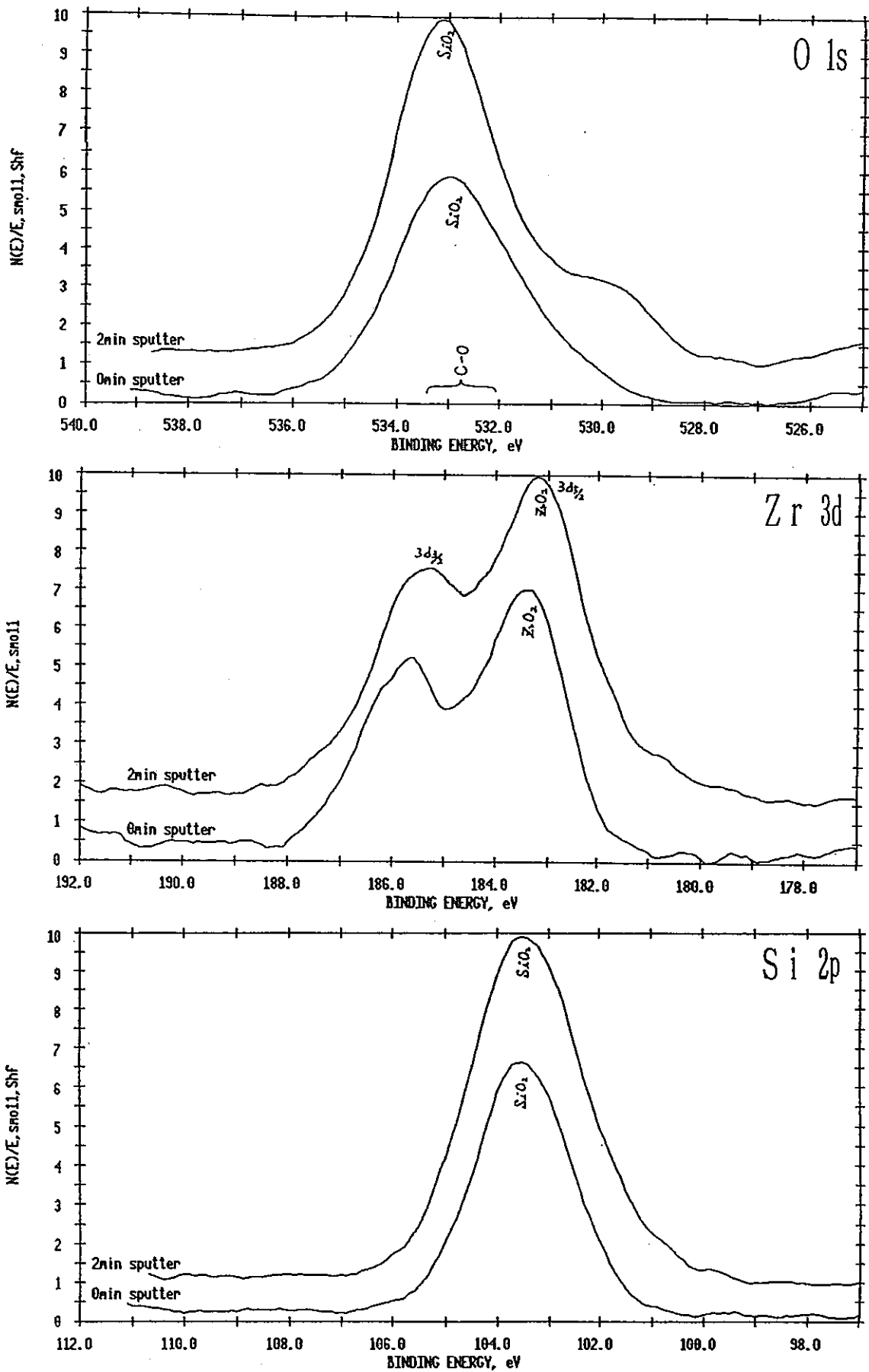


図4.6-117 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)

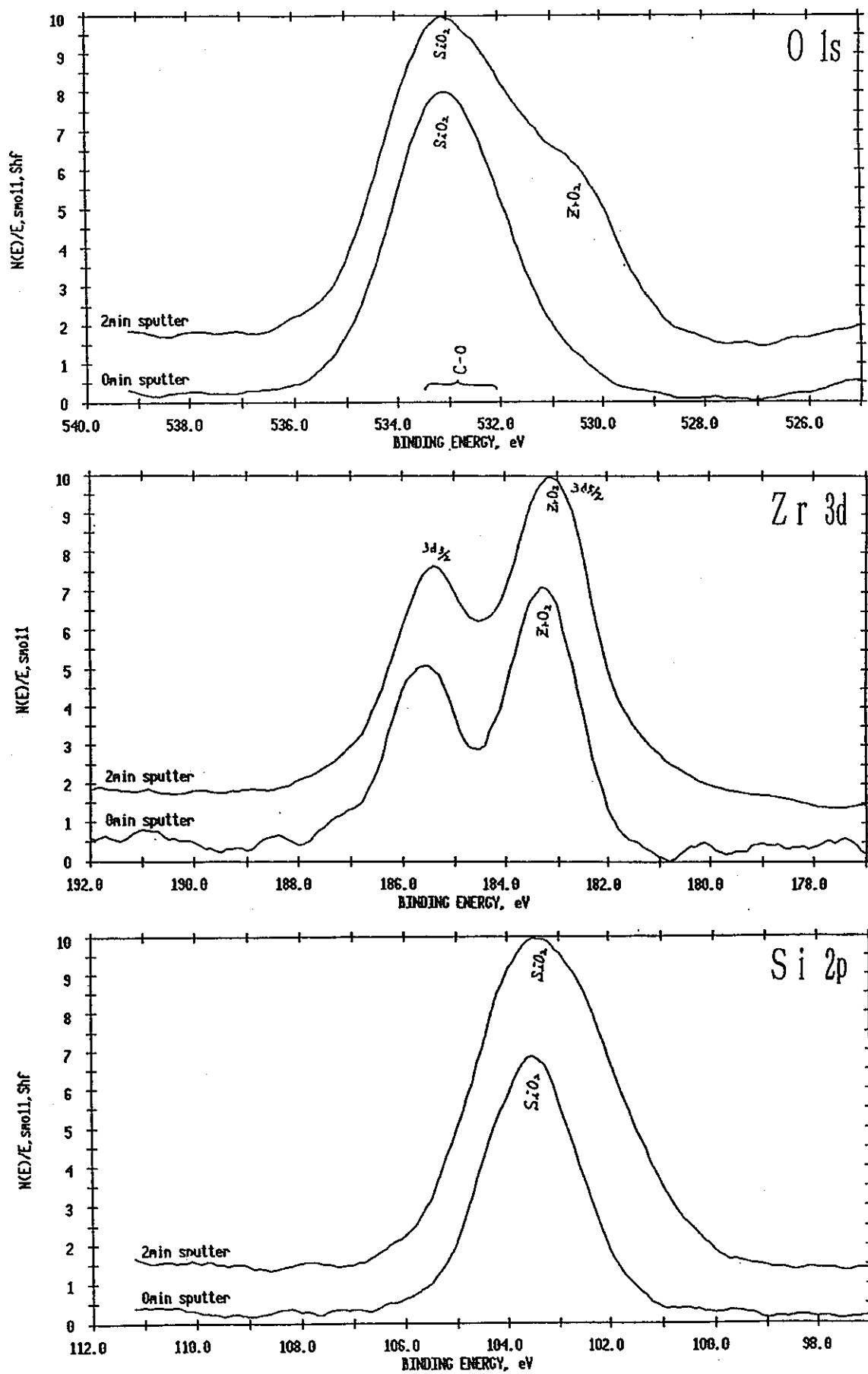
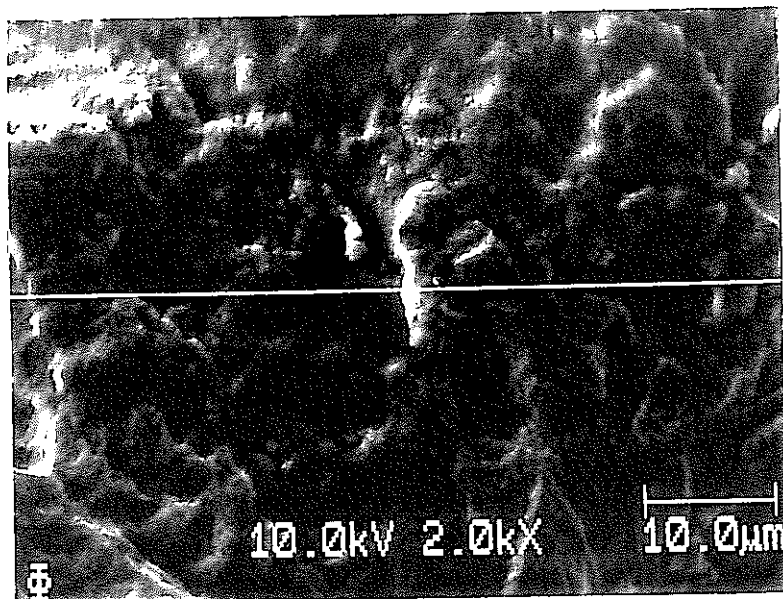


図4.6-118 ESCAによる化学結合状態分析/Zr製
(部位25/ベンド配管/配管長手溶接部一出口付近)



分析箇所の
二次電子像

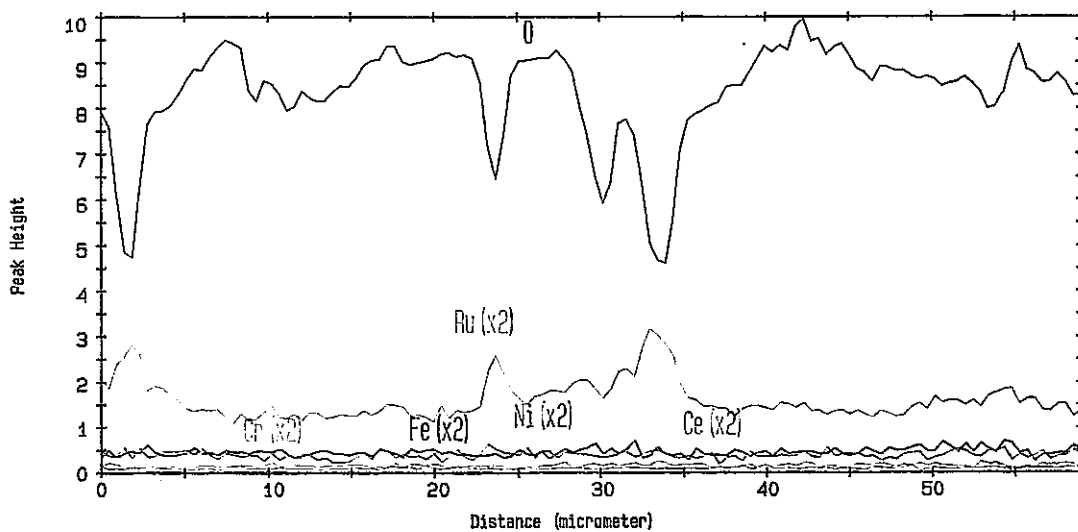
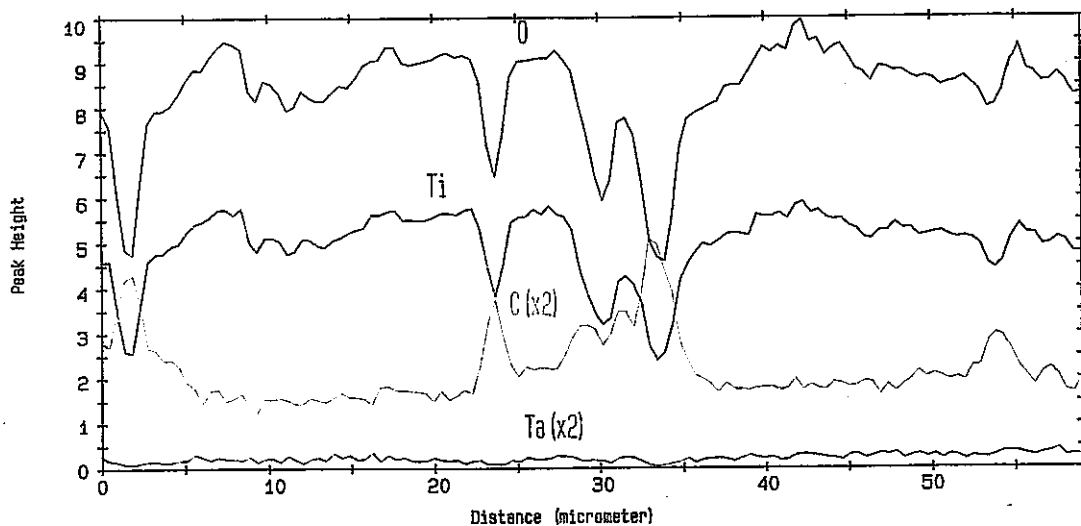
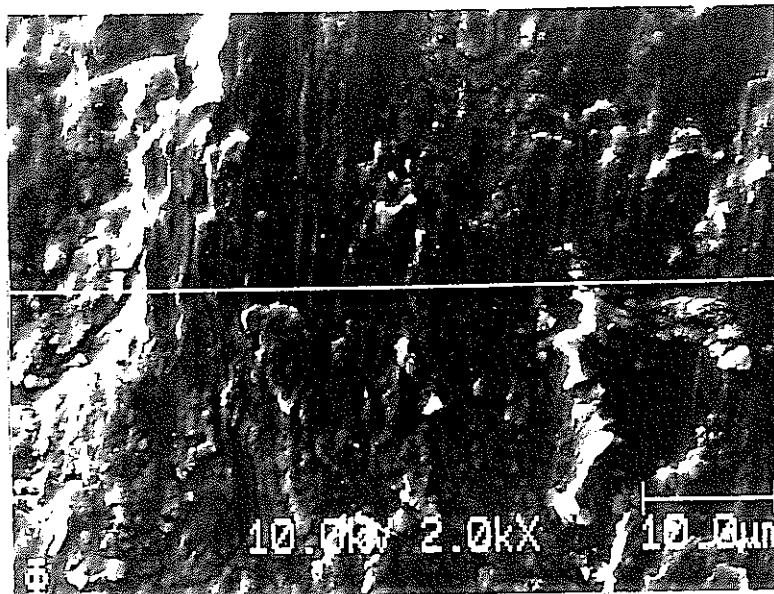


図4.6-119 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位1 / 伝熱管 / 上部管板から0.5m付近)



分析箇所の
二次電子像

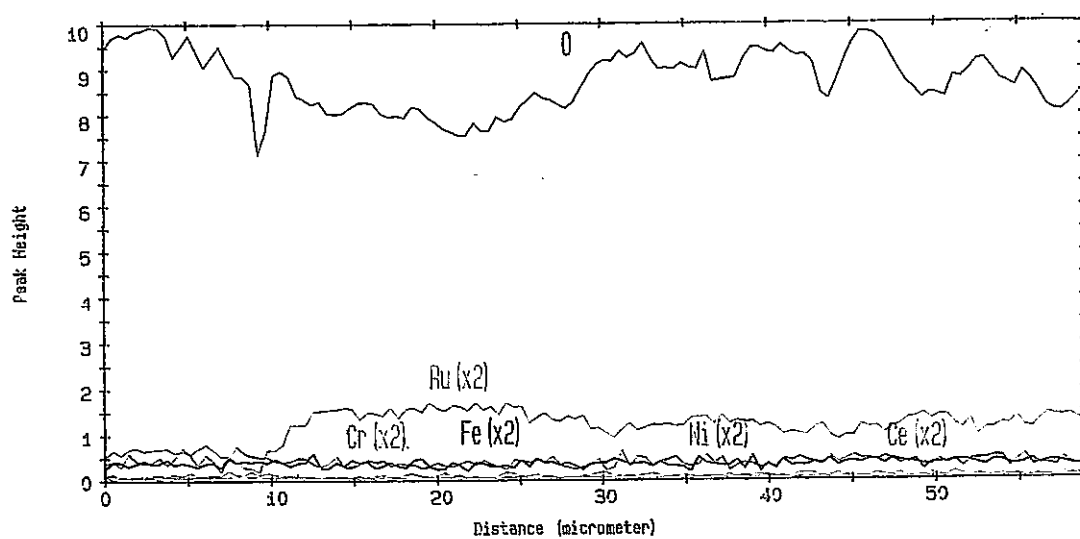
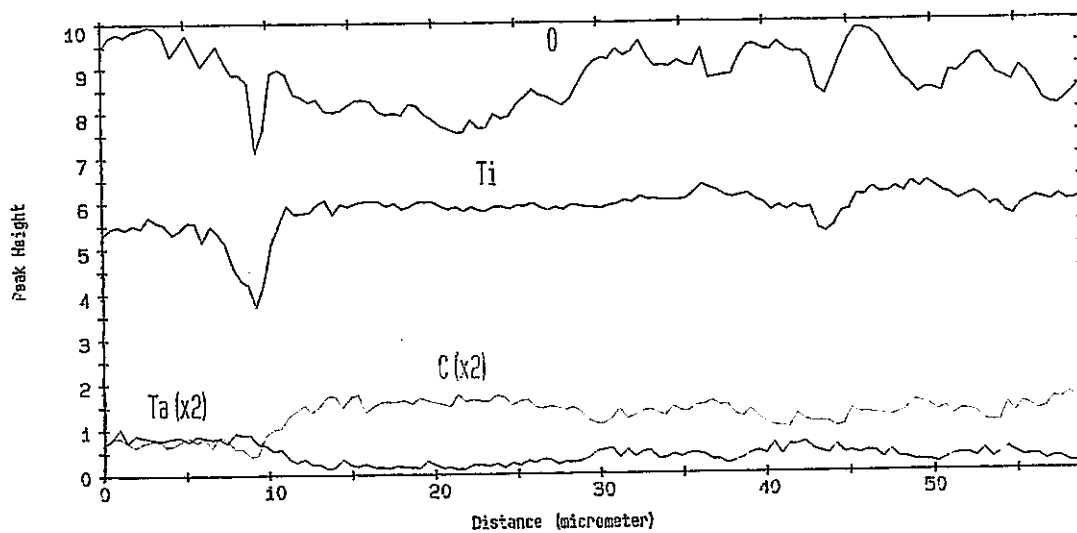
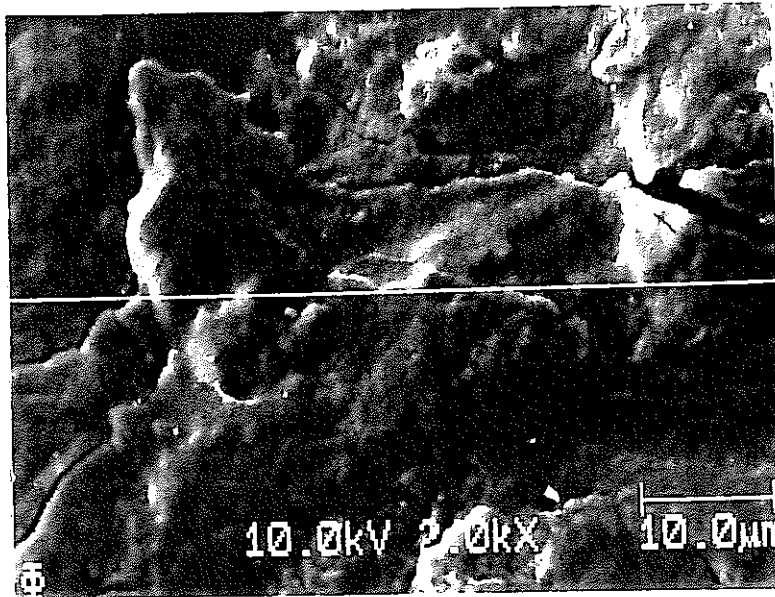


図4.6-120 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位2/伝熱管/上部管板から2.0m付近)



分析箇所の
二次電子像

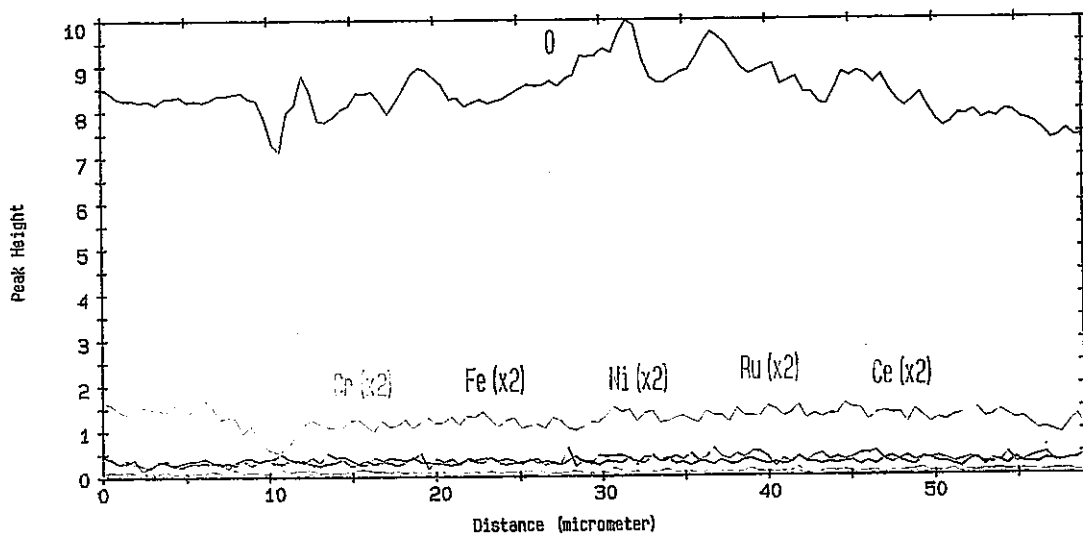
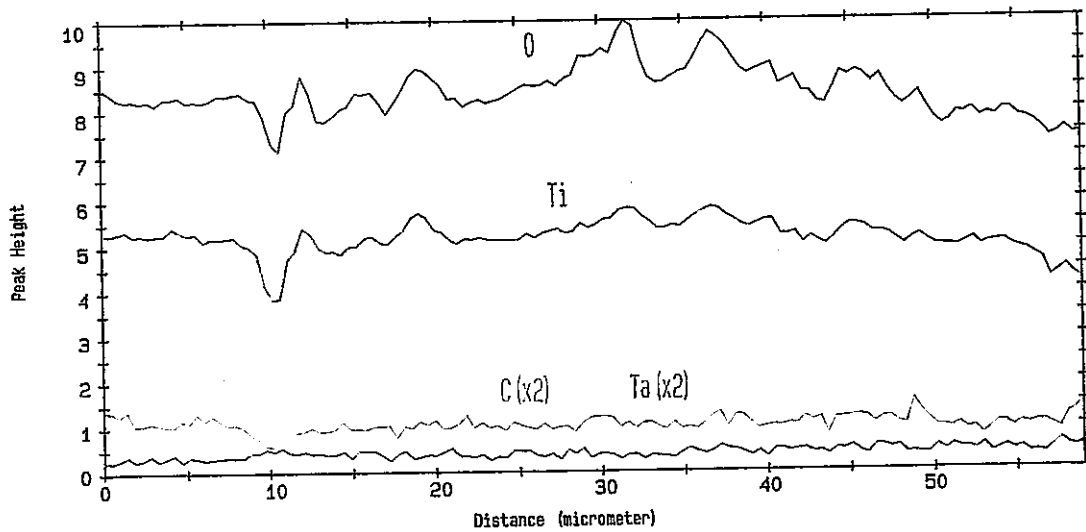
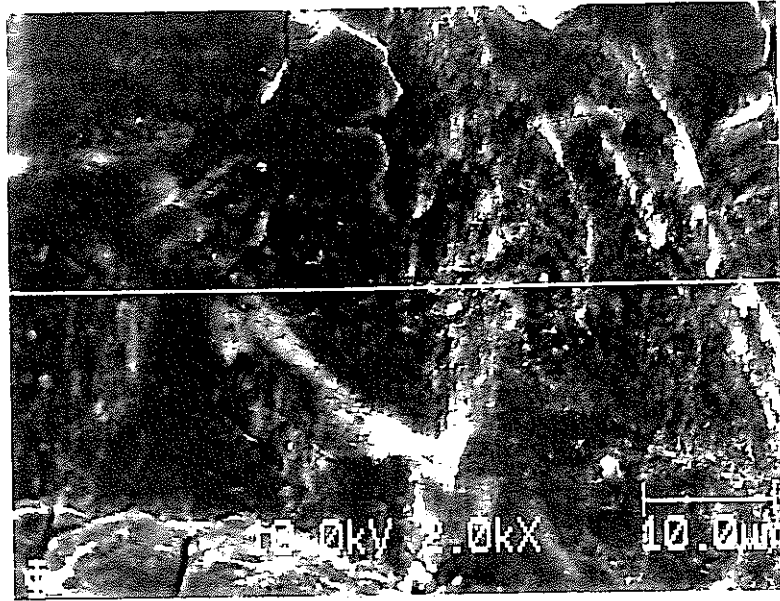


図4.6-121 Ti-5Ta製蒸発管内表面のAESによる線分析結果
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)



分析箇所の
二次電子像

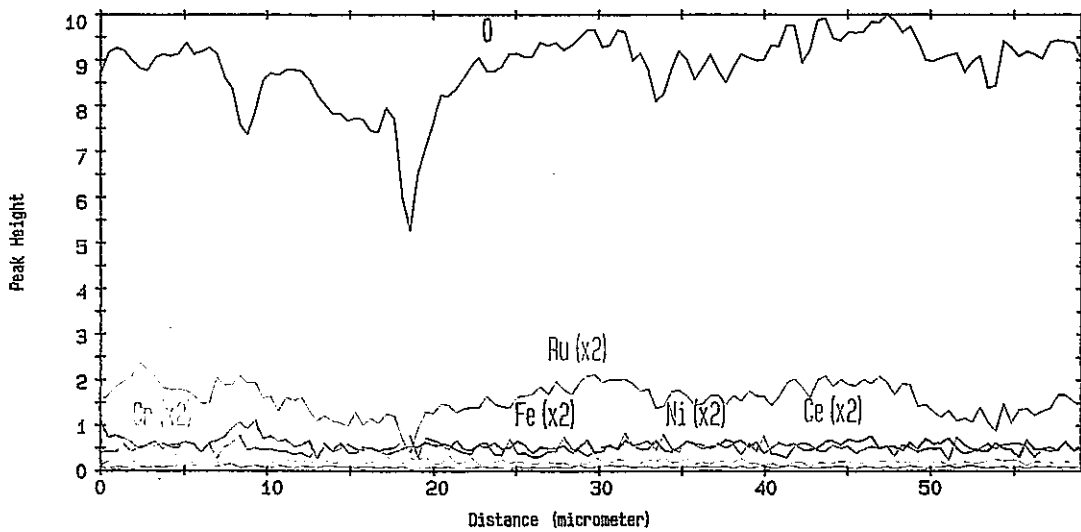
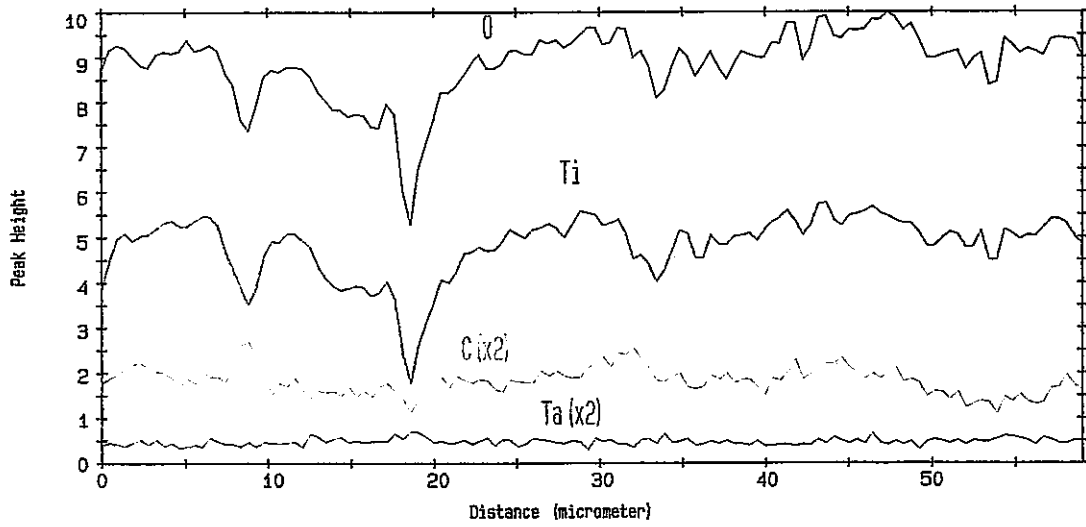
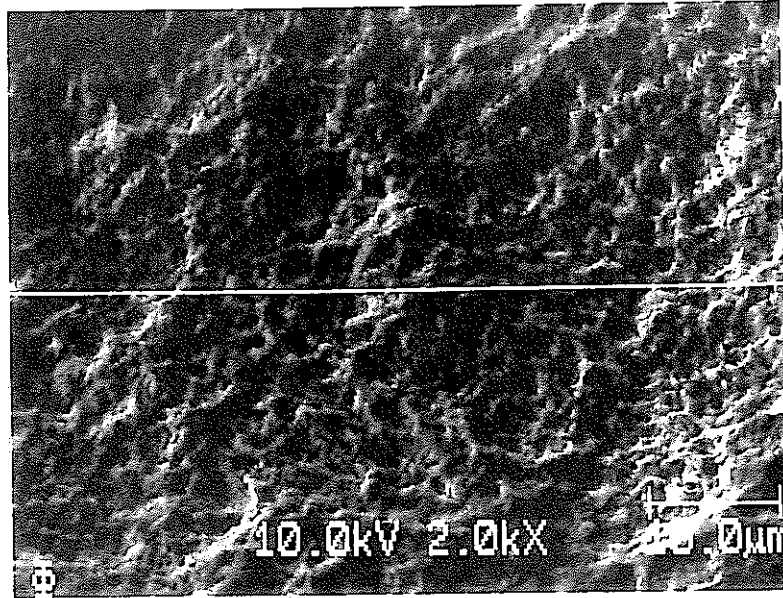


図4.6-122 Ti - 5 Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位4 / 加熱部上部チャンネル / 鏡部)



分析箇所の
二次電子像

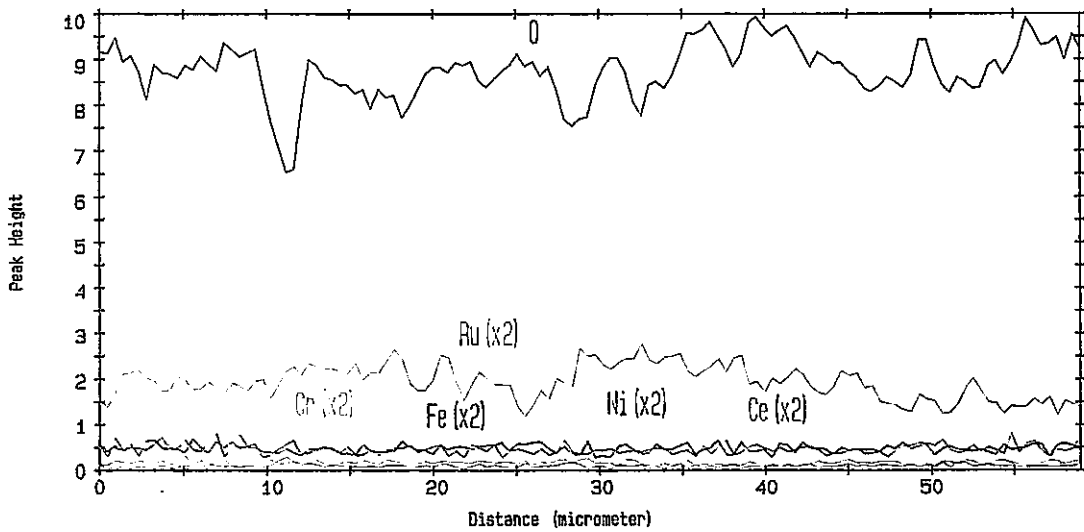
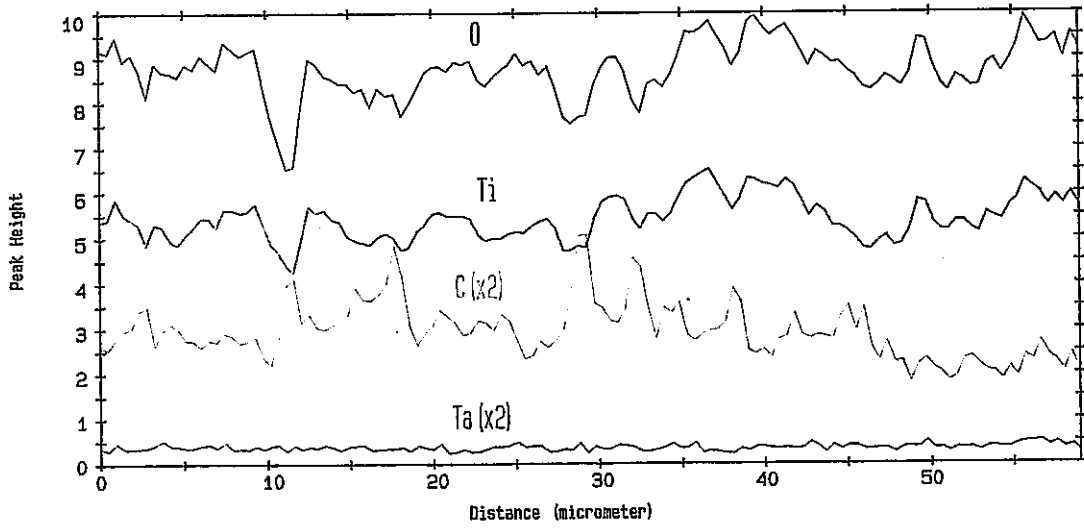
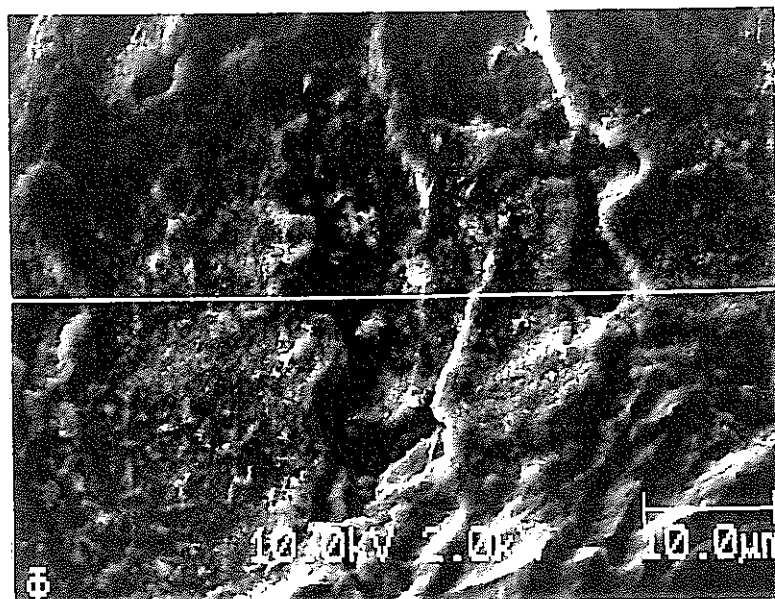


図4.6-123 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位5 / 加熱部上部チャンネル / 胴部)



分析箇所の
二次電子像

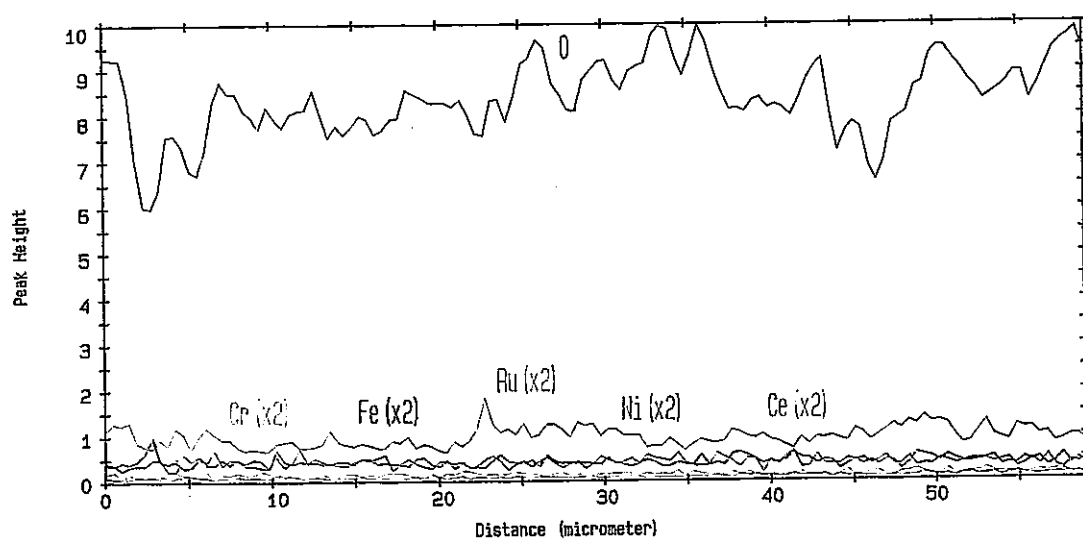
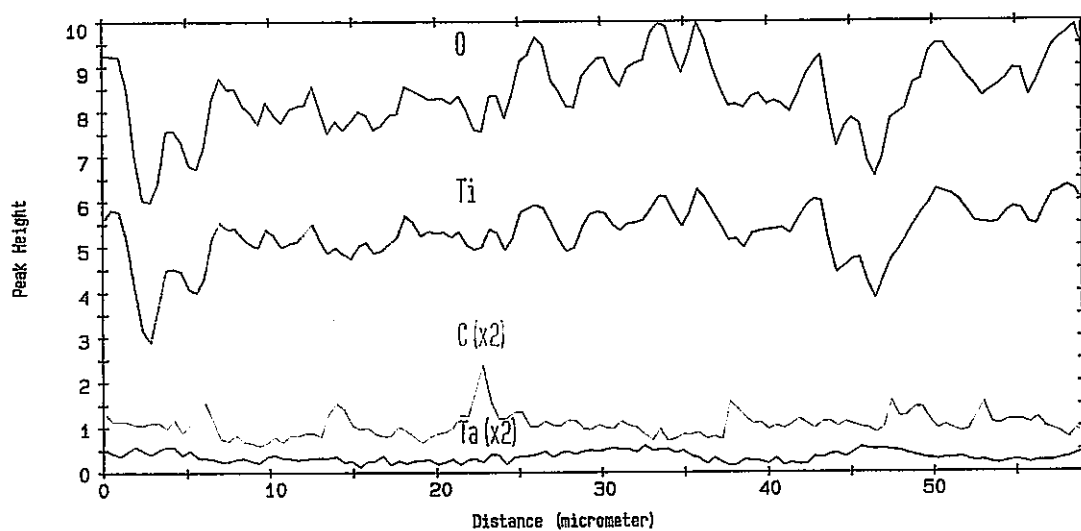
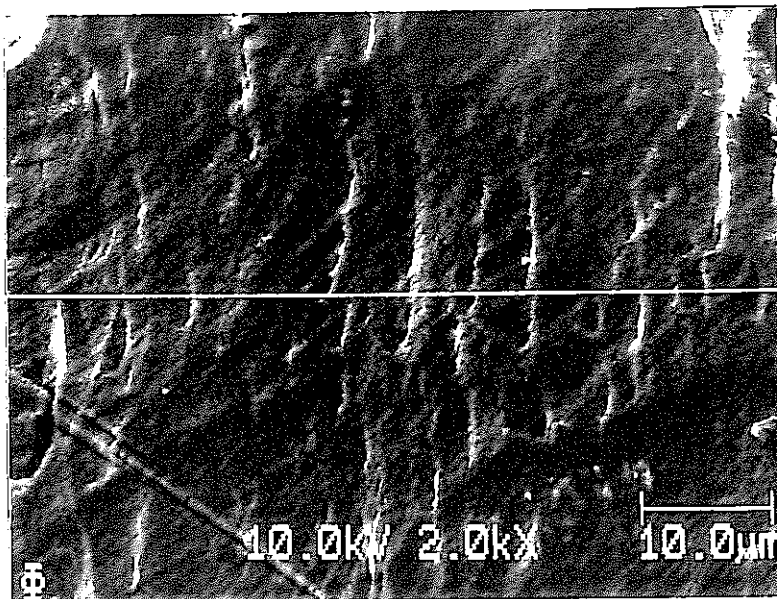


図4.6-124 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位6/加熱部上部チャンネル/温度計さや管)



分析箇所の
二次電子像

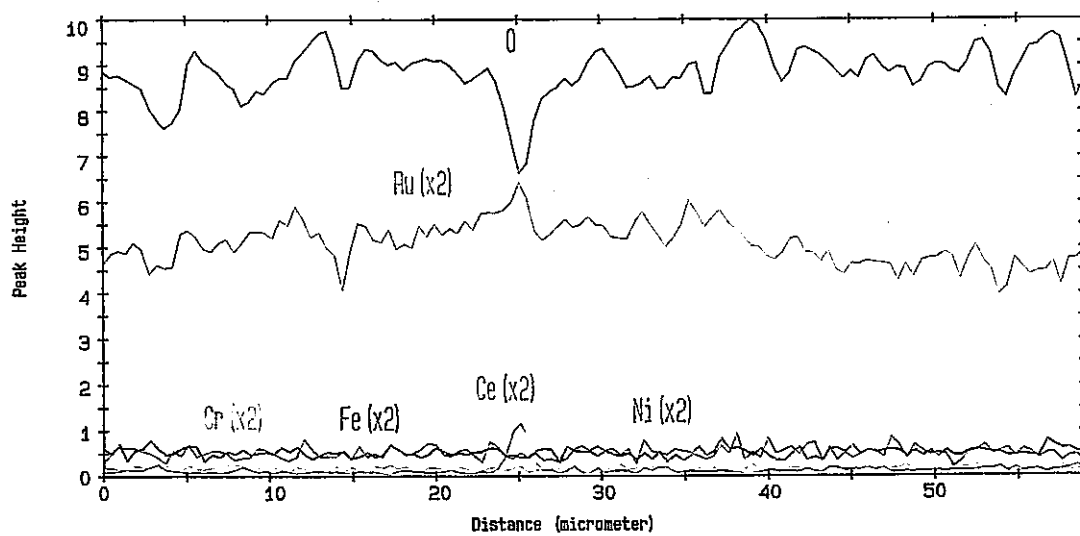
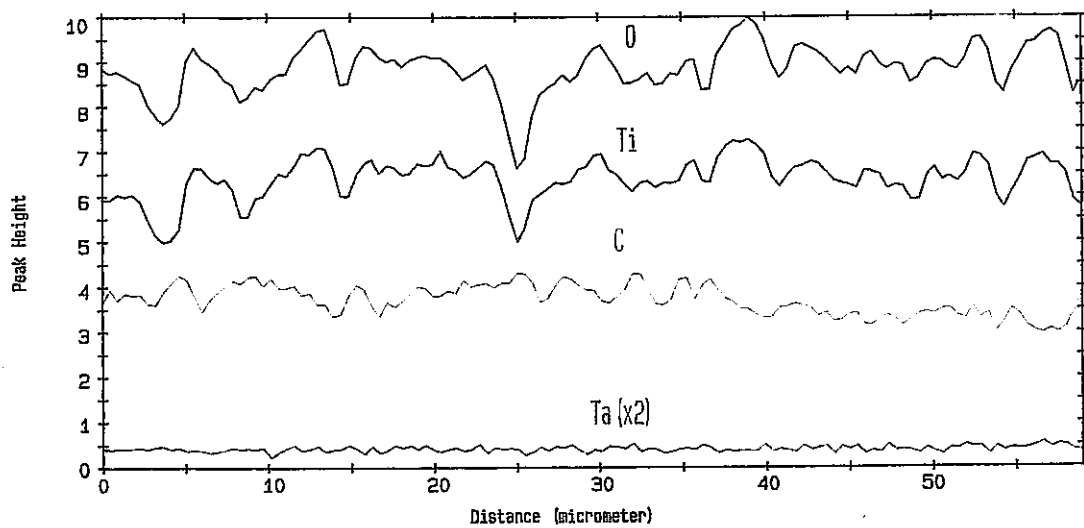
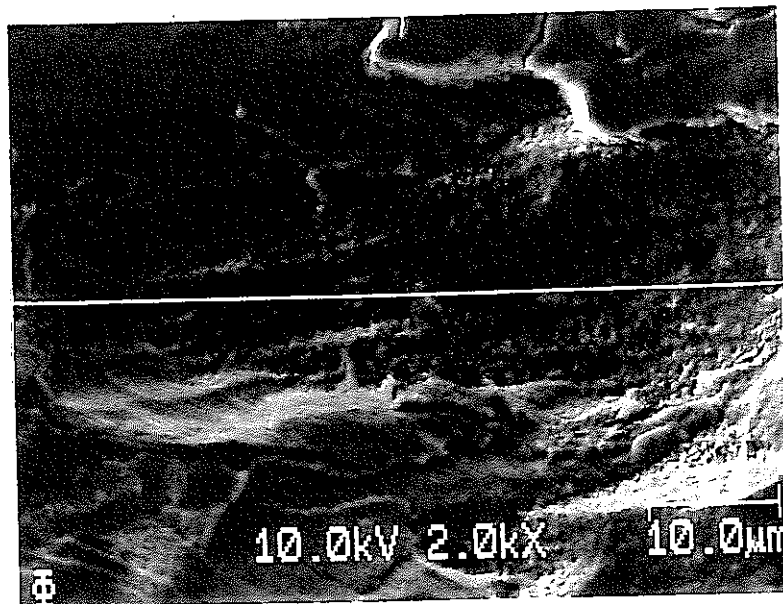


図4.6-125 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位7 / 加熱部上部チャンネル / 胴長手溶接部)



分析箇所の
二次電子像

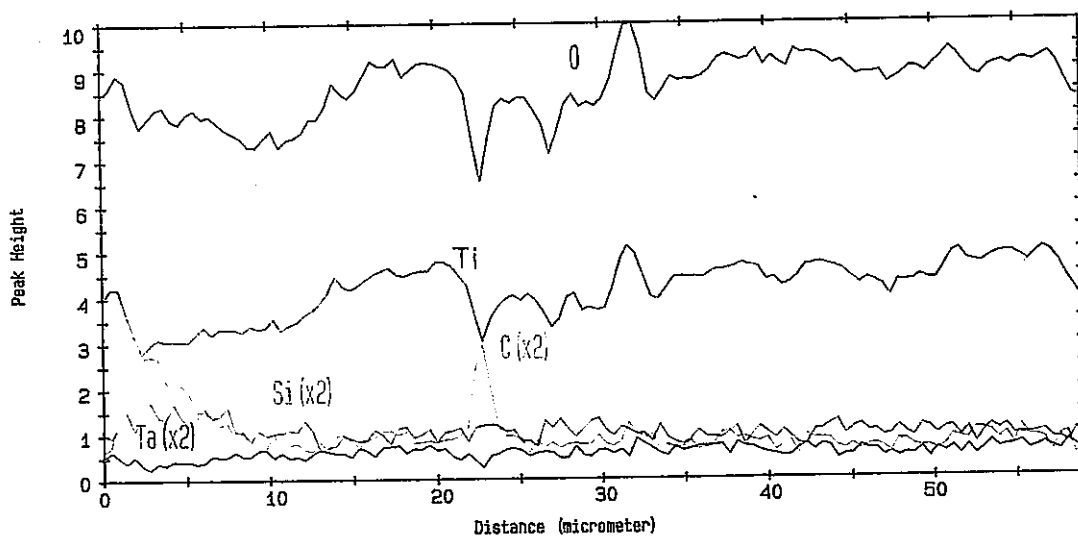
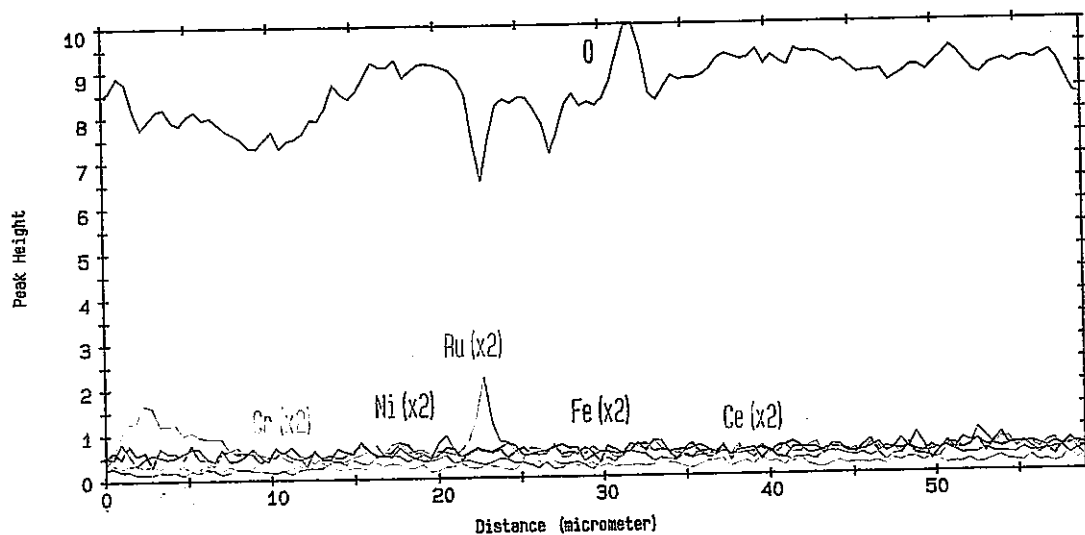
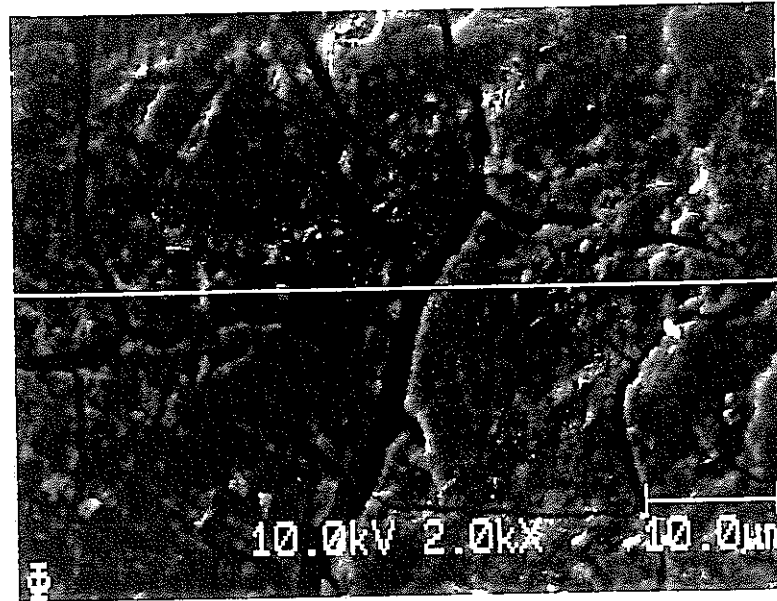


図4.6-126 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位8 / 加熱部上部チャンネル / 上部連絡管ノズル座溶接部)



分析箇所の
二次電子像

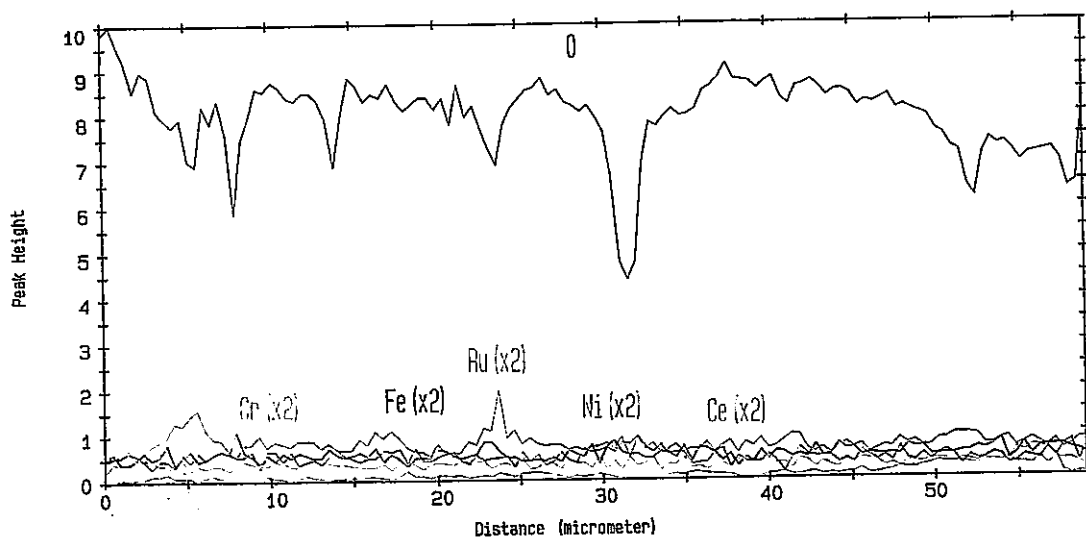
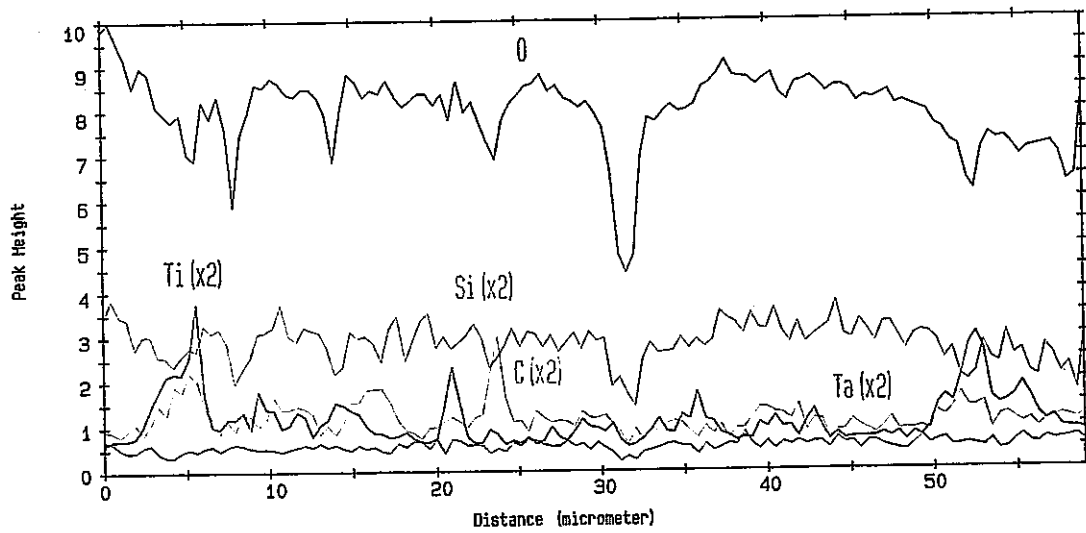
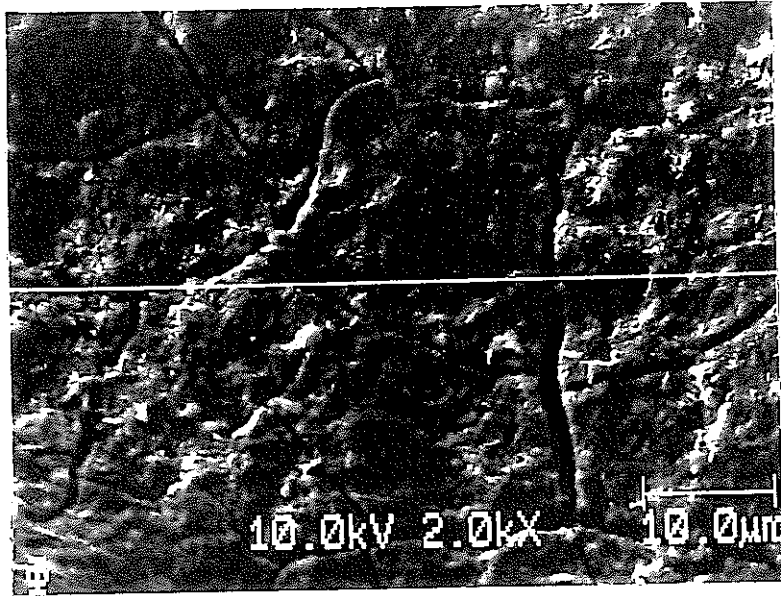


図4.6-127 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴-気相部)



分析箇所の
二次電子像

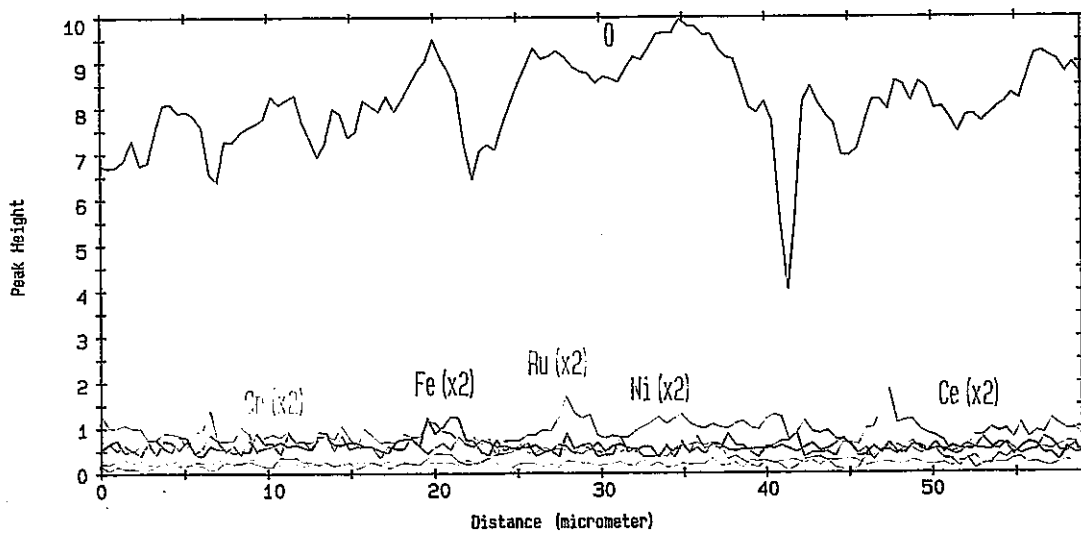
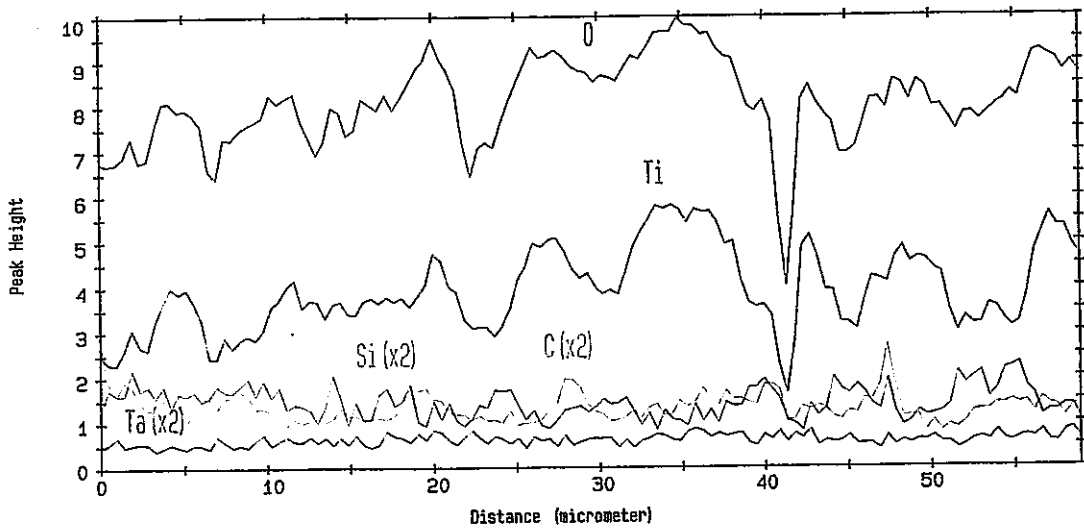
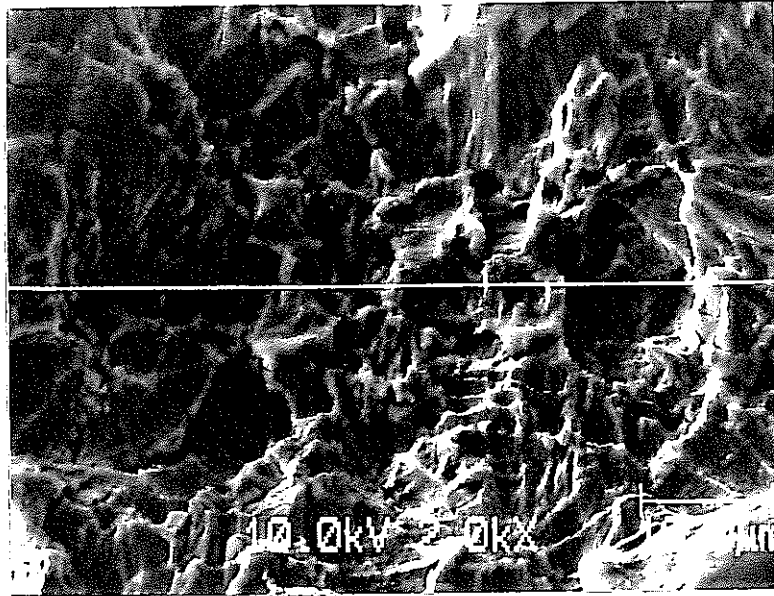


図4.6-128 Ti - 5 Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴 - 液相部)



分析箇所の
二次電子像

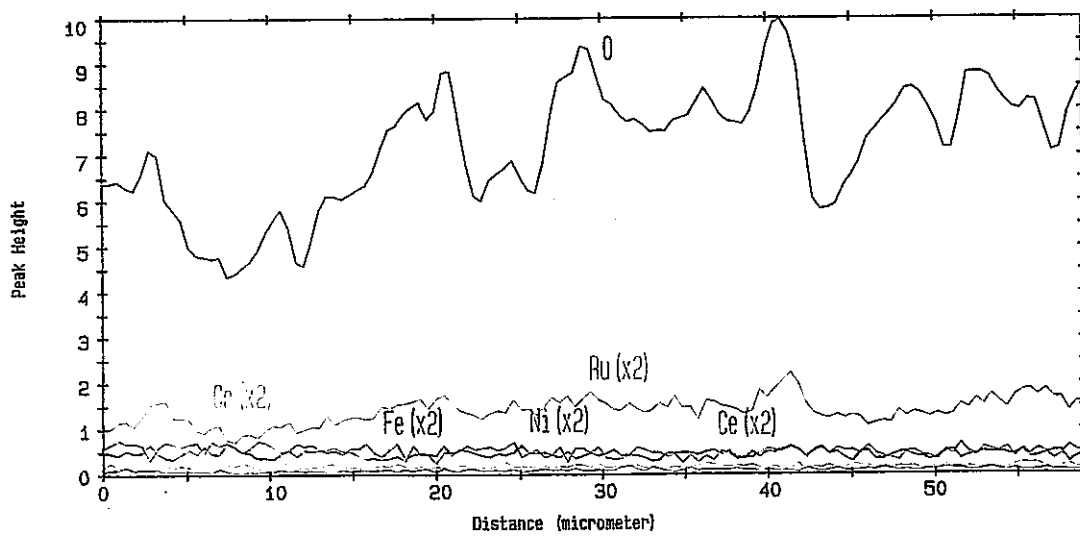
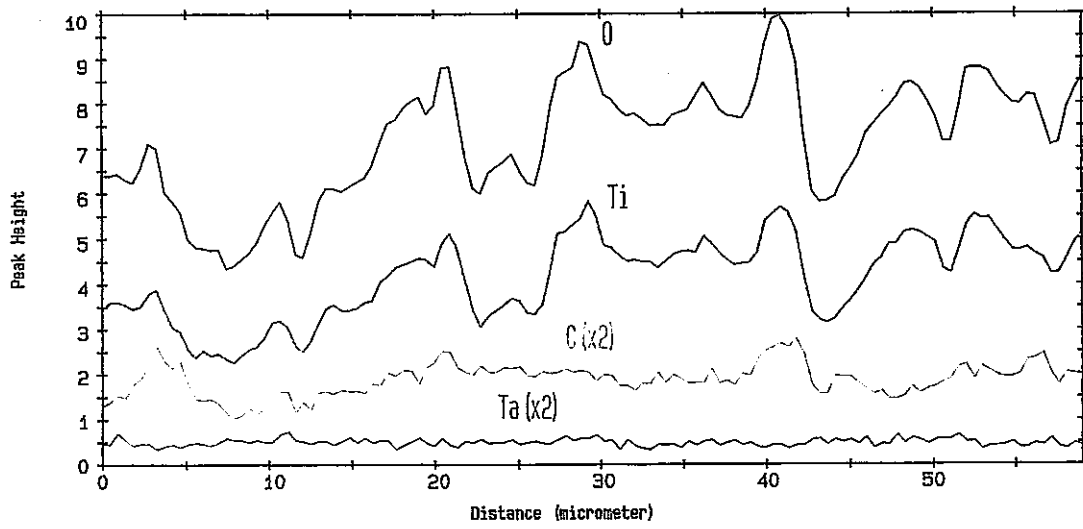
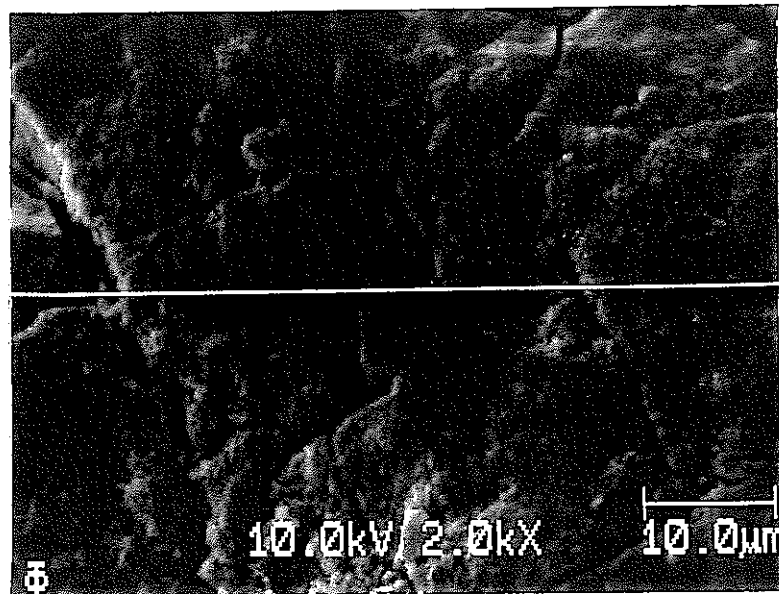


図4.6-129 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-気相部)



分析箇所の
二次電子像

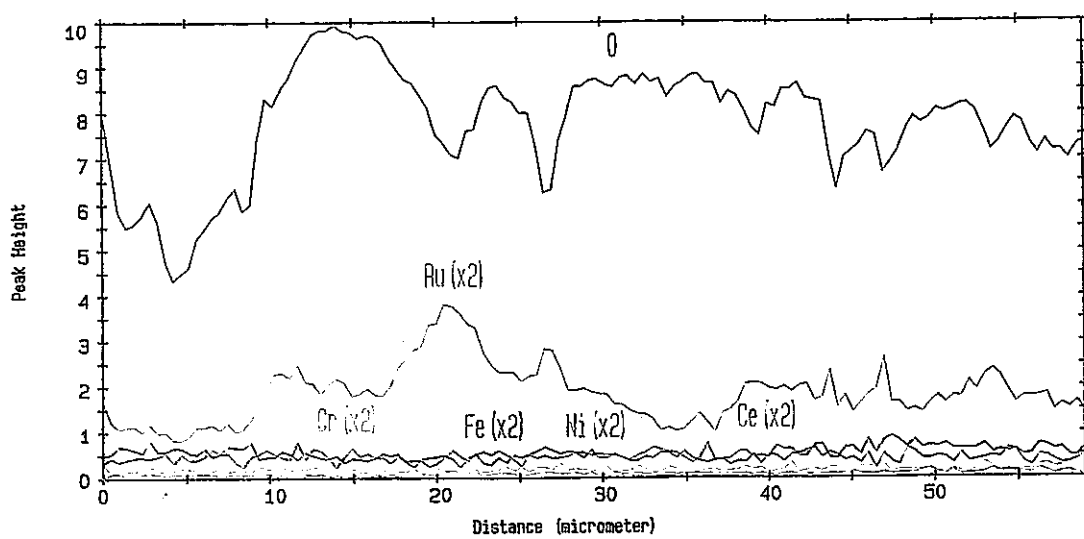
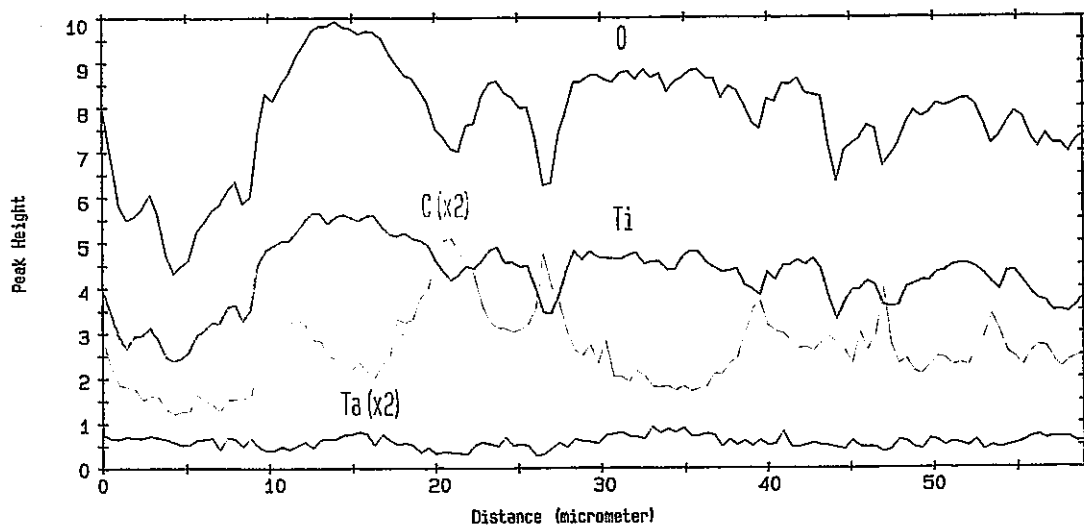
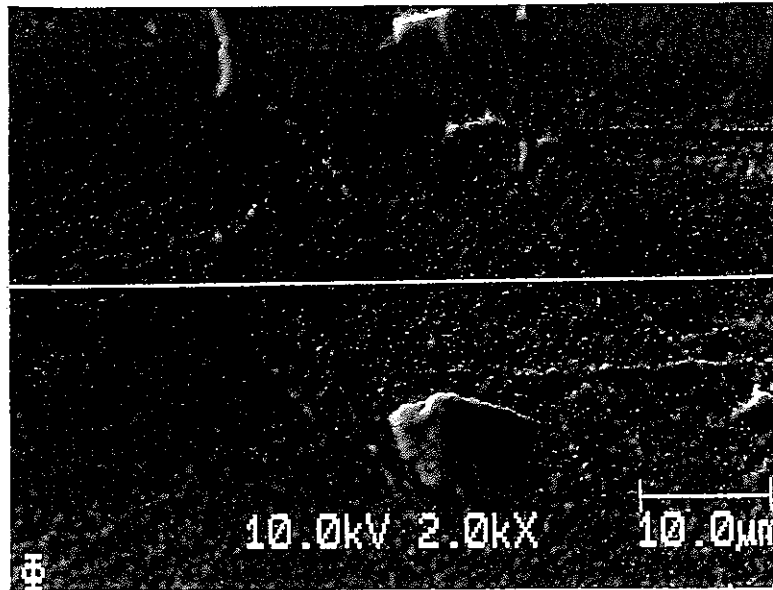


図4.6-130 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-液相部)



分析箇所の
二次電子像

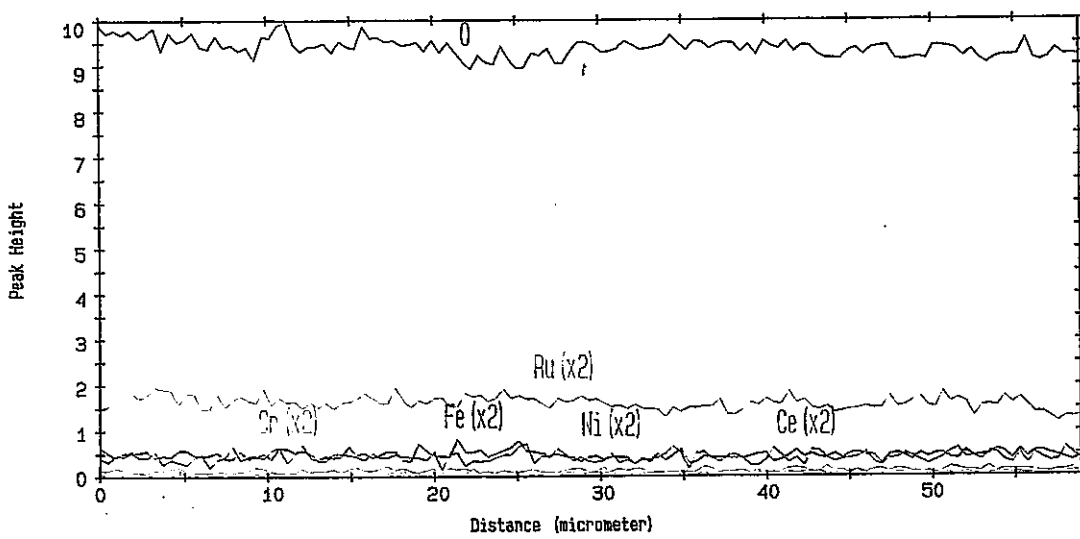
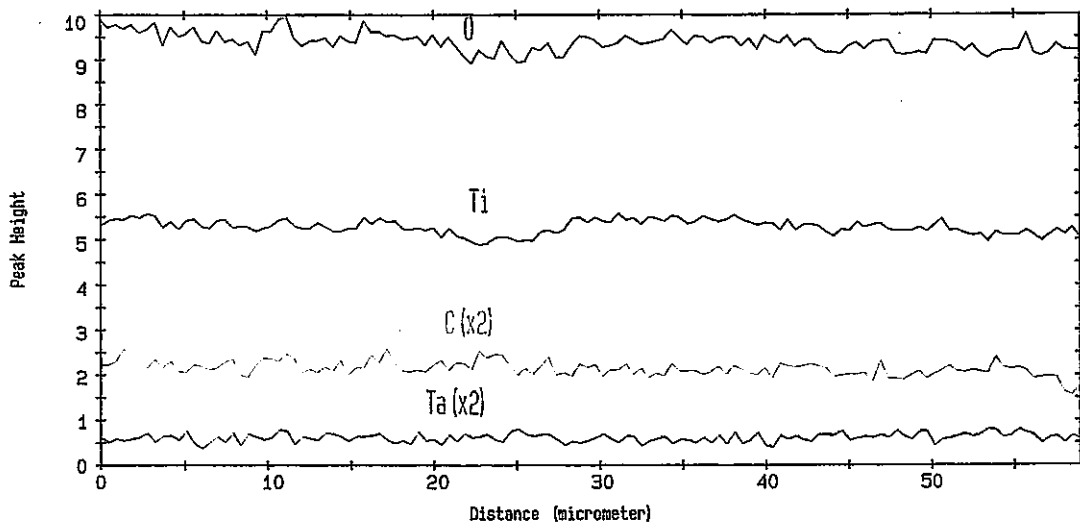
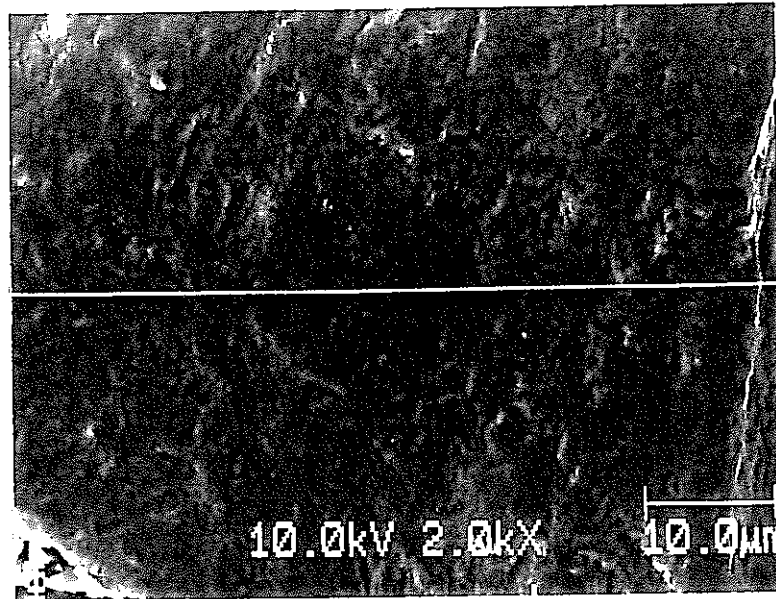


図4.6-131 Ti - 5 Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位 1 1 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)



分析箇所の
二次電子像

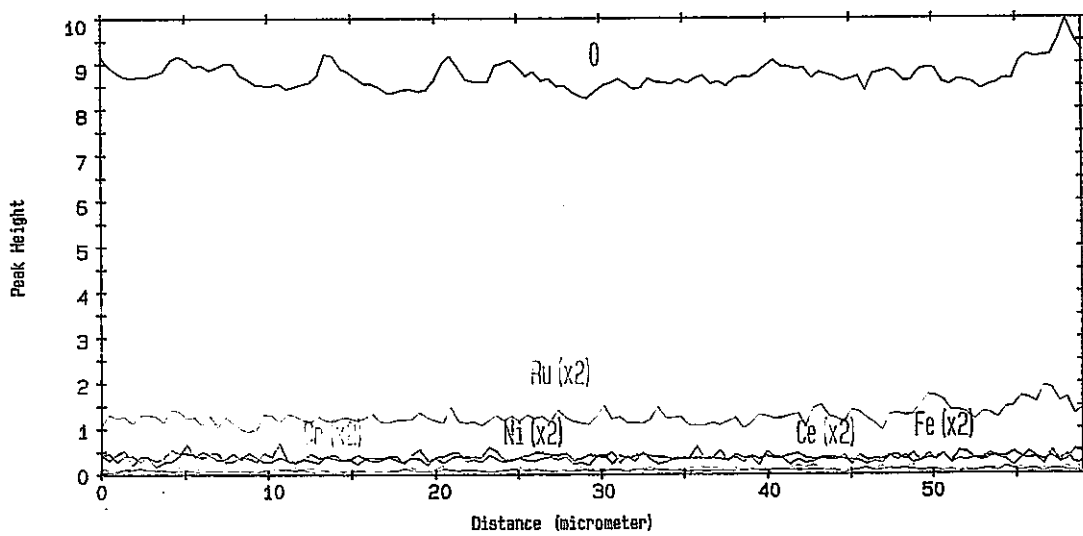
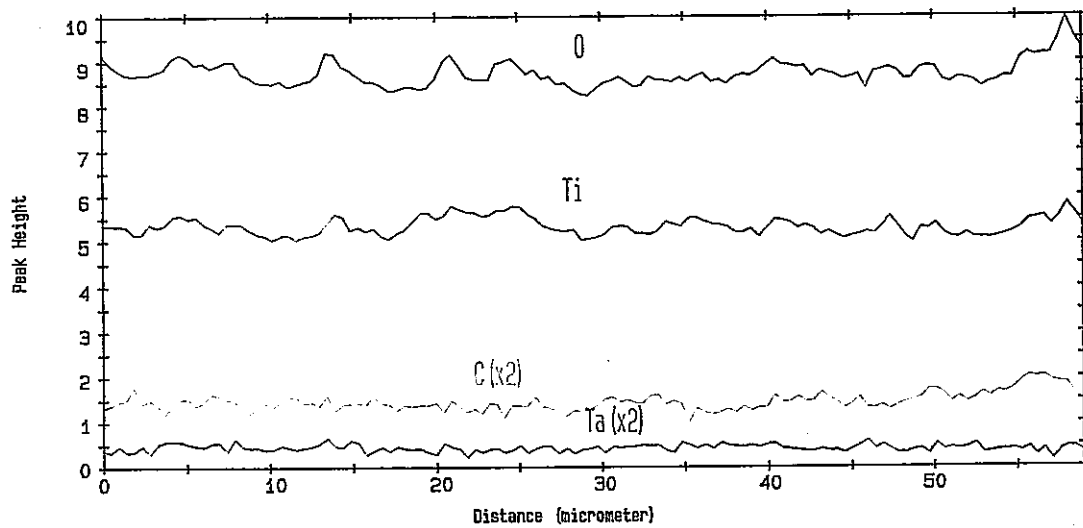
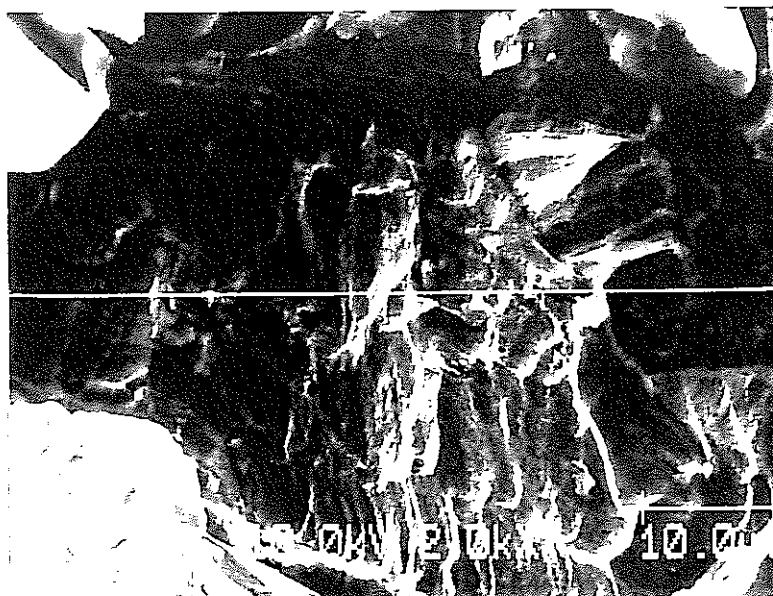


図4.6-132 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位12 / 上部連絡管 / 伸縮管 / ノズル座溶接部)



分析箇所の
二次電子像

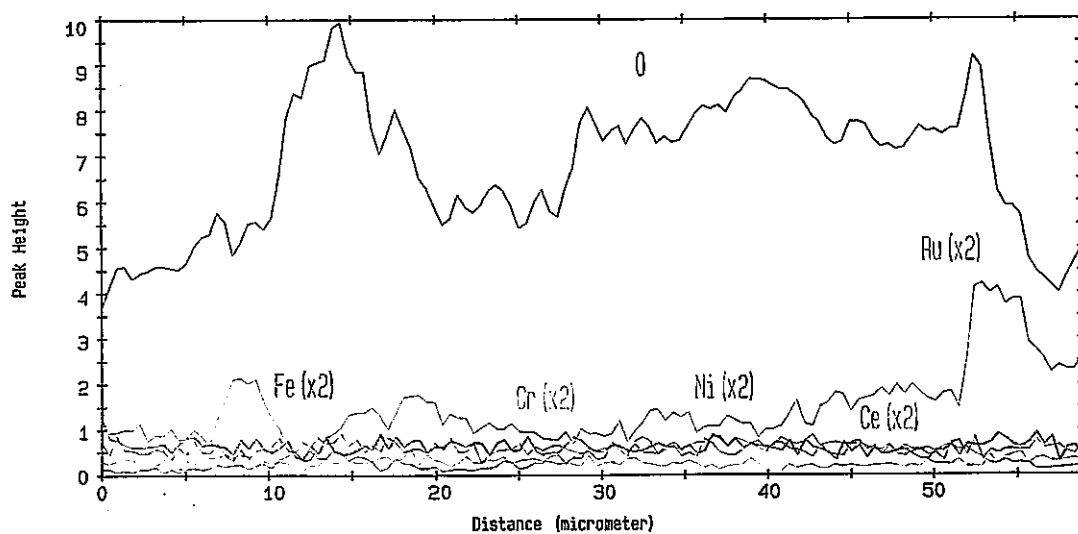
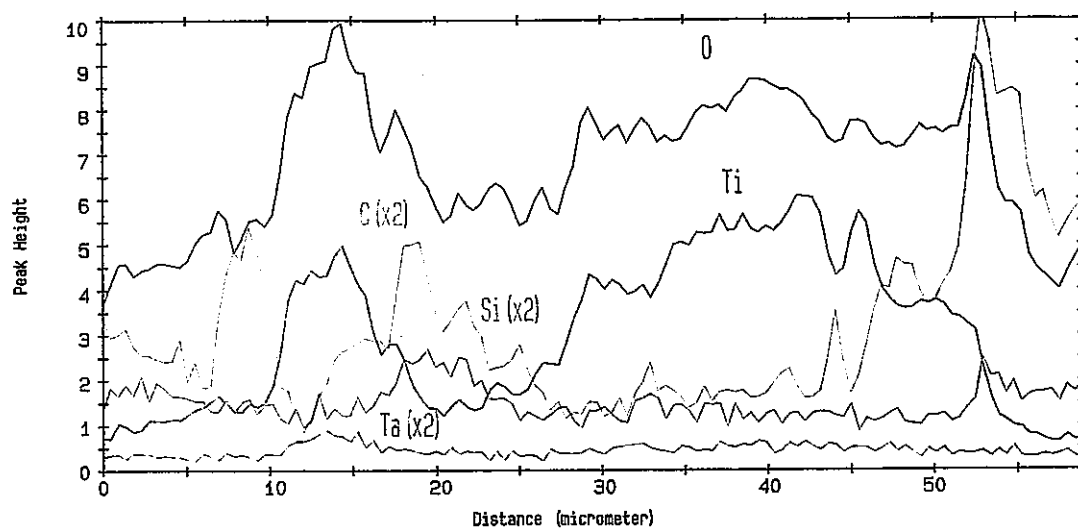
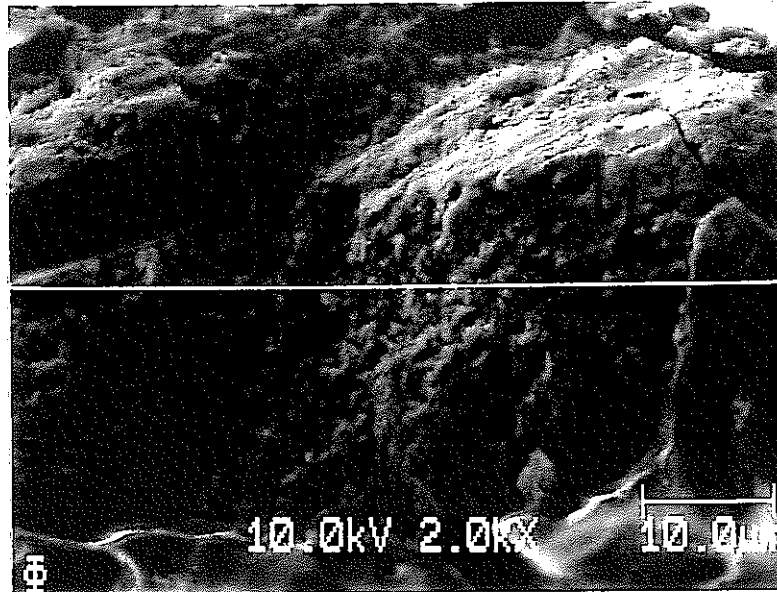


図4.6-133 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)



分析箇所の
二次電子像

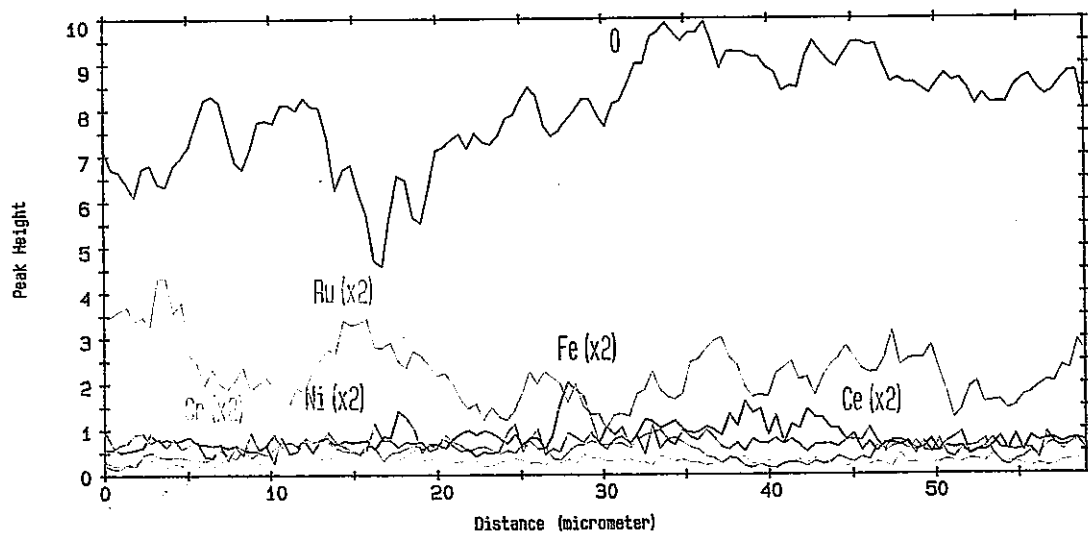
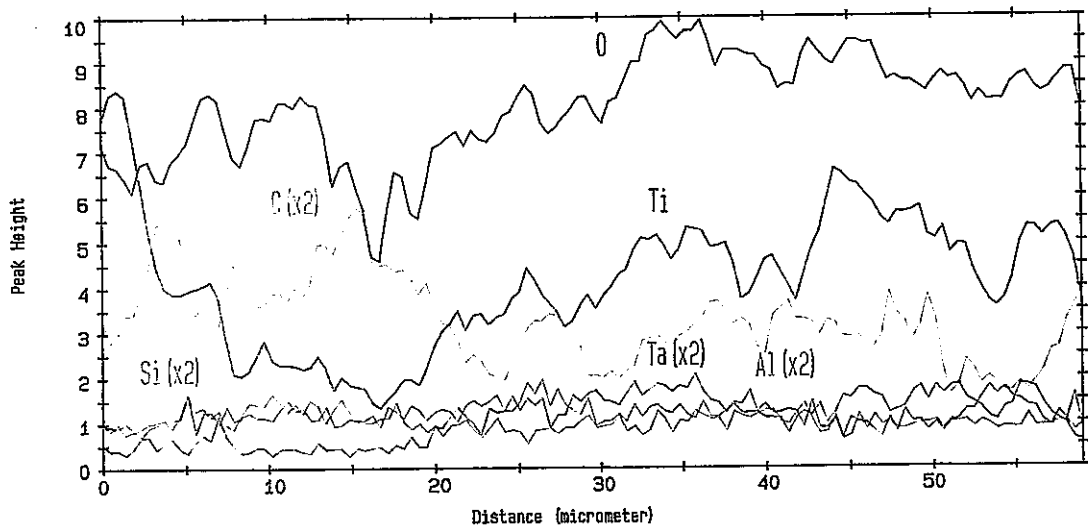
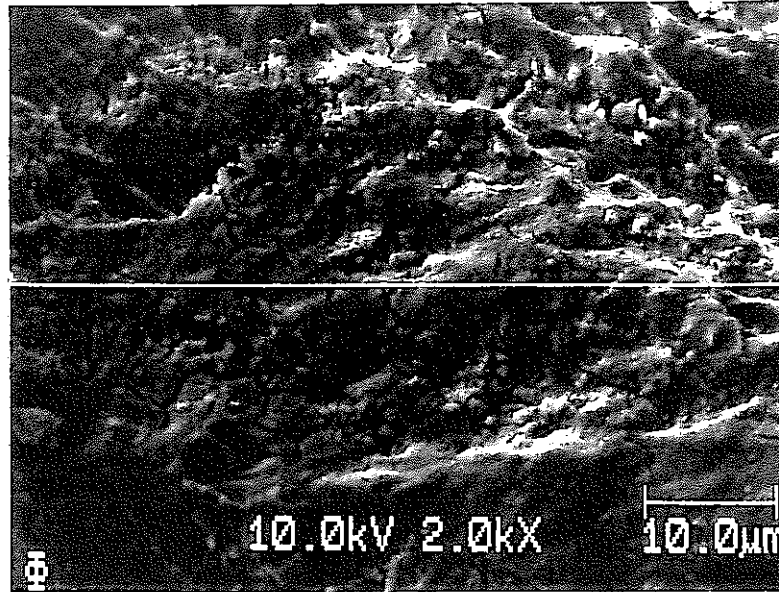


図4.6-134 Ti - 5 Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位14 / 蒸発部塔頂部 / 塔頂部ノズル)



分析箇所
の二次電子像

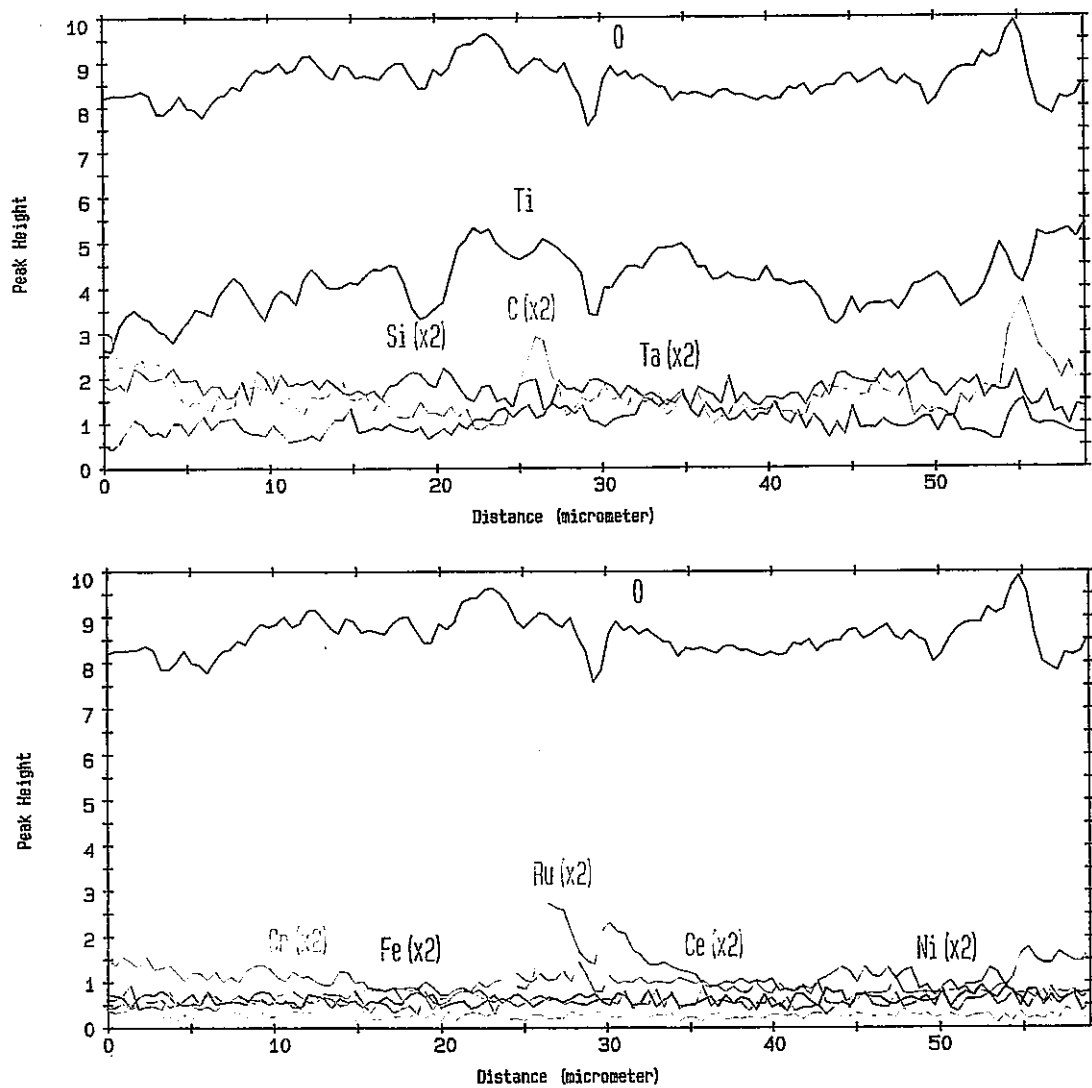
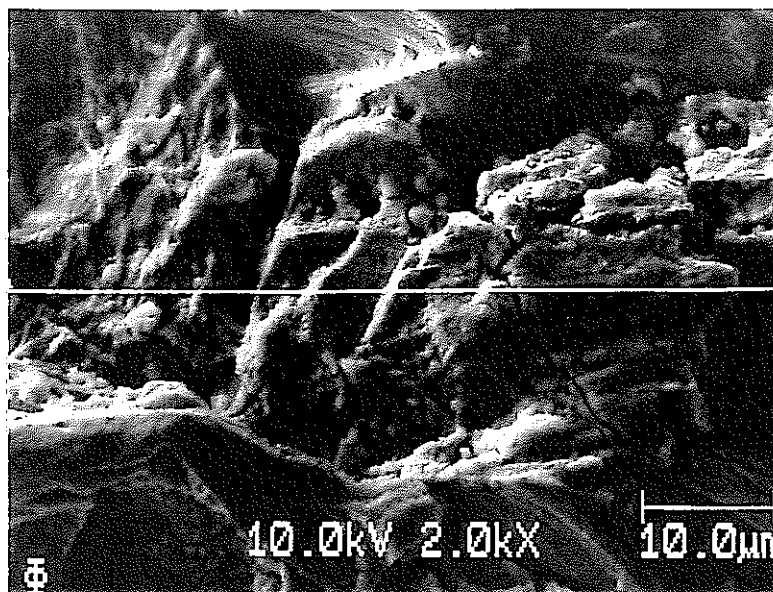


図4.6-135 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル座)



分析箇所の
二次電子像

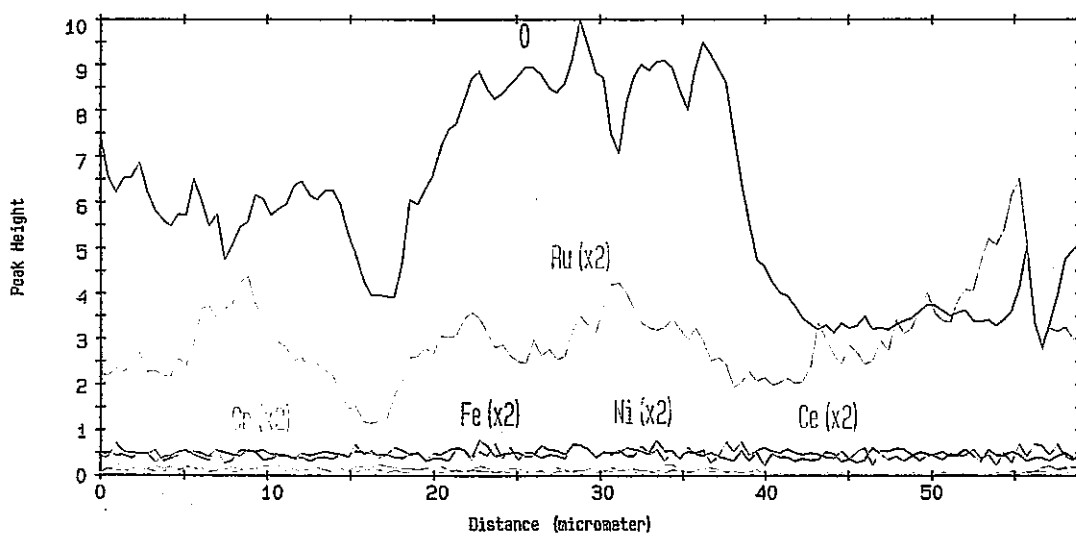
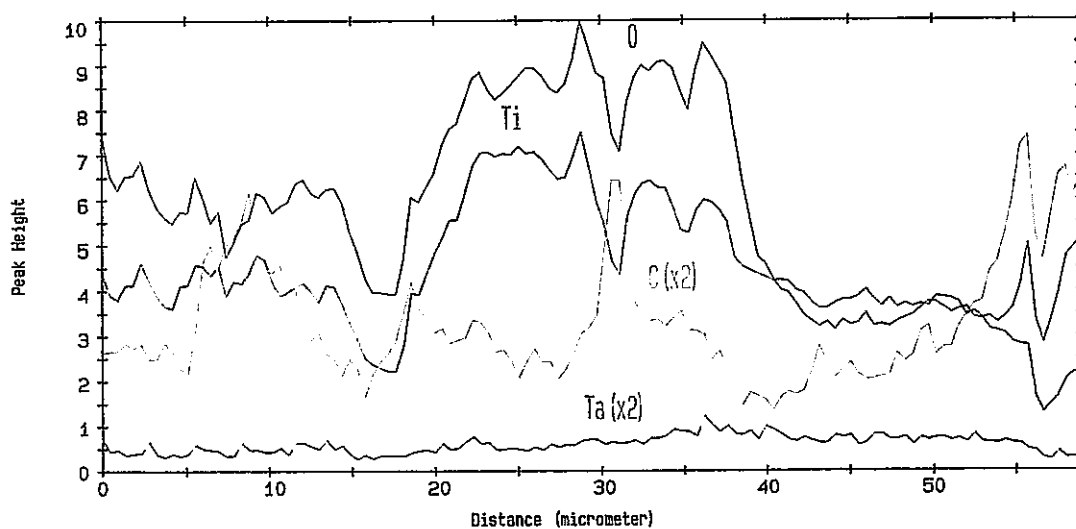
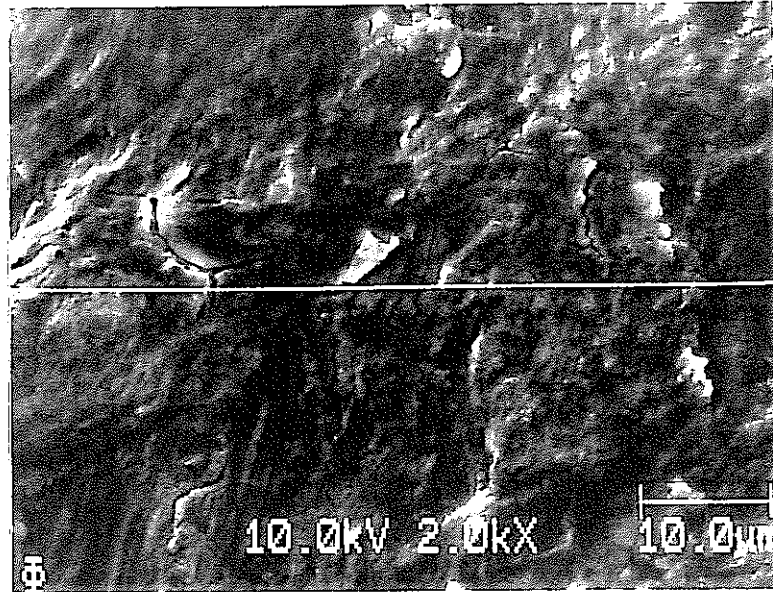


図4.6-136 Ti - 5 Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位16 / 蒸発部塔頂部 / 胴部)



分析箇所の
二次電子像

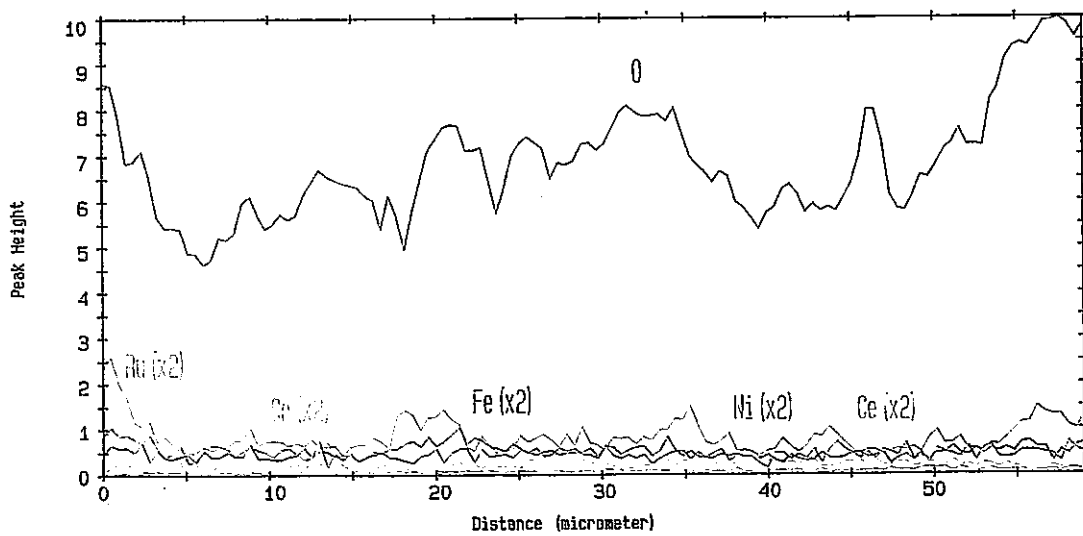
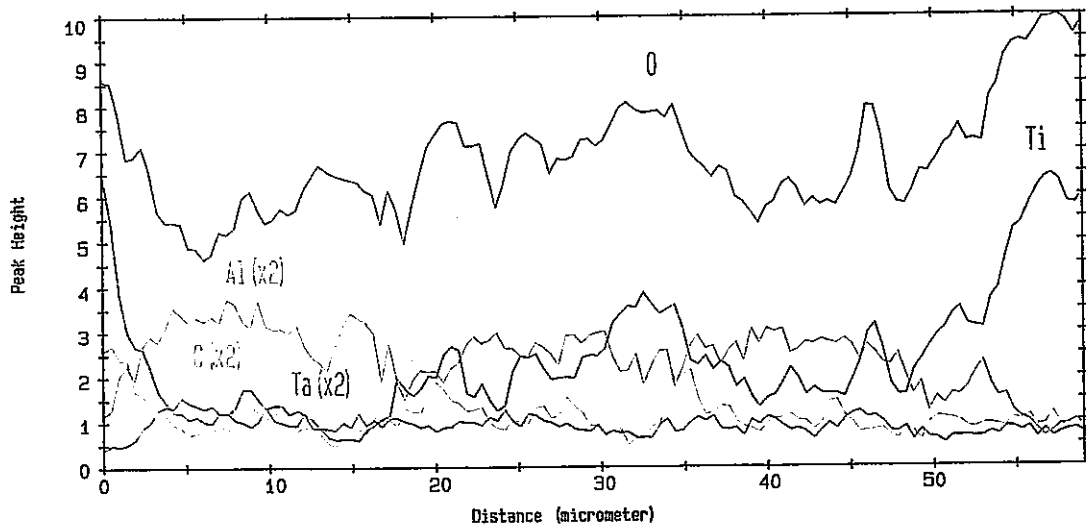
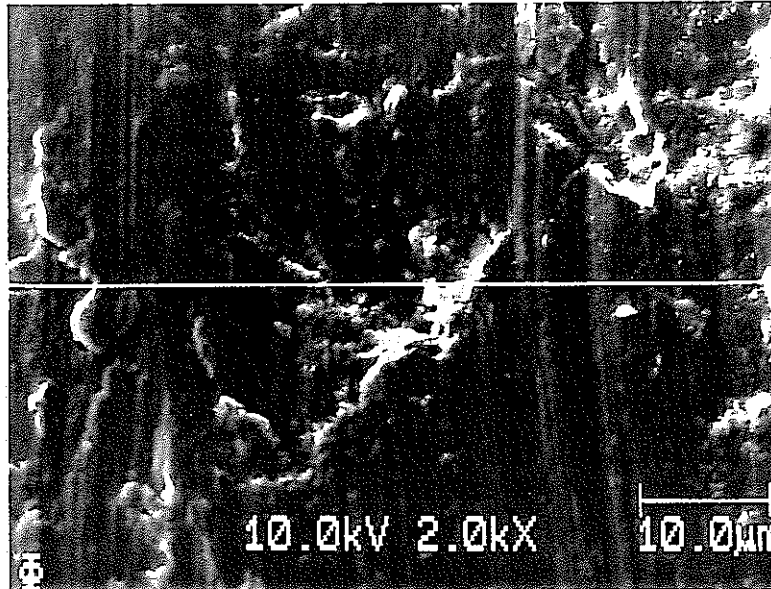


図4.6-137 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)



分析箇所の
二次電子像

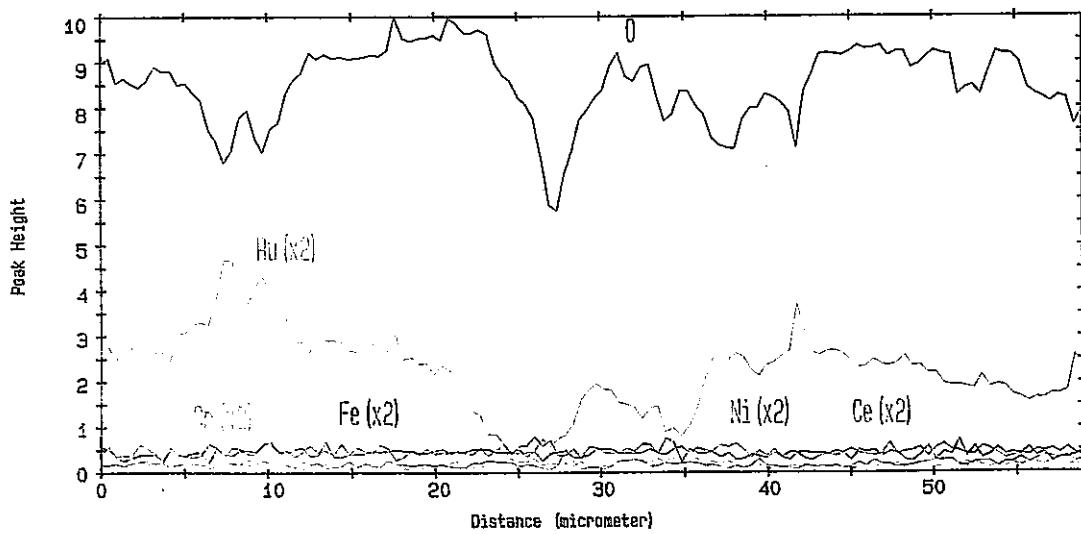
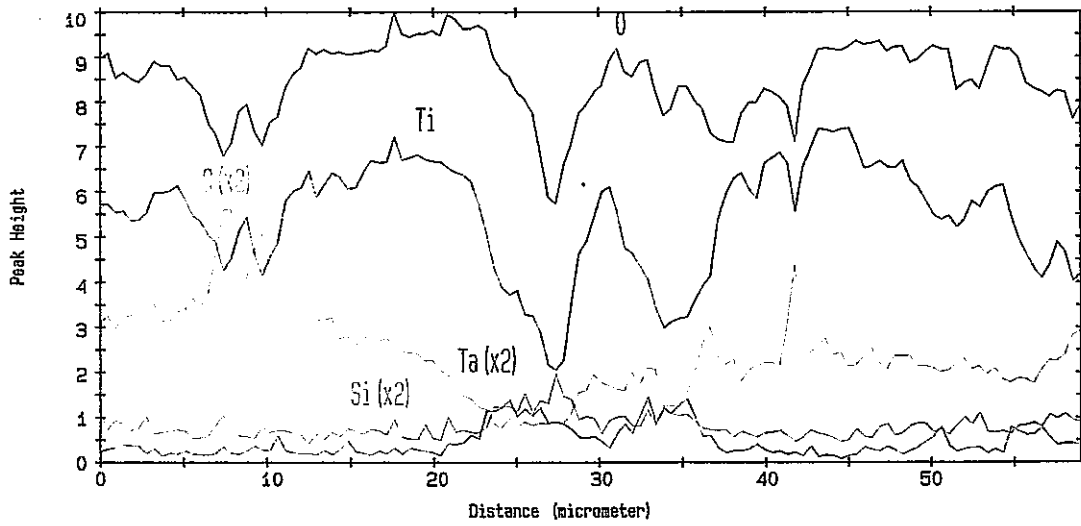
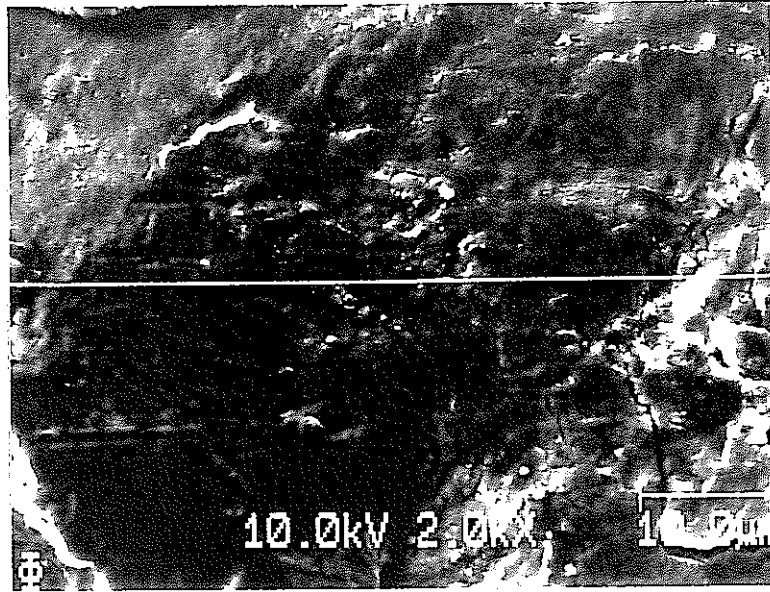


図4.6-138 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル長手溶接部)



分析箇所の
二次電子像

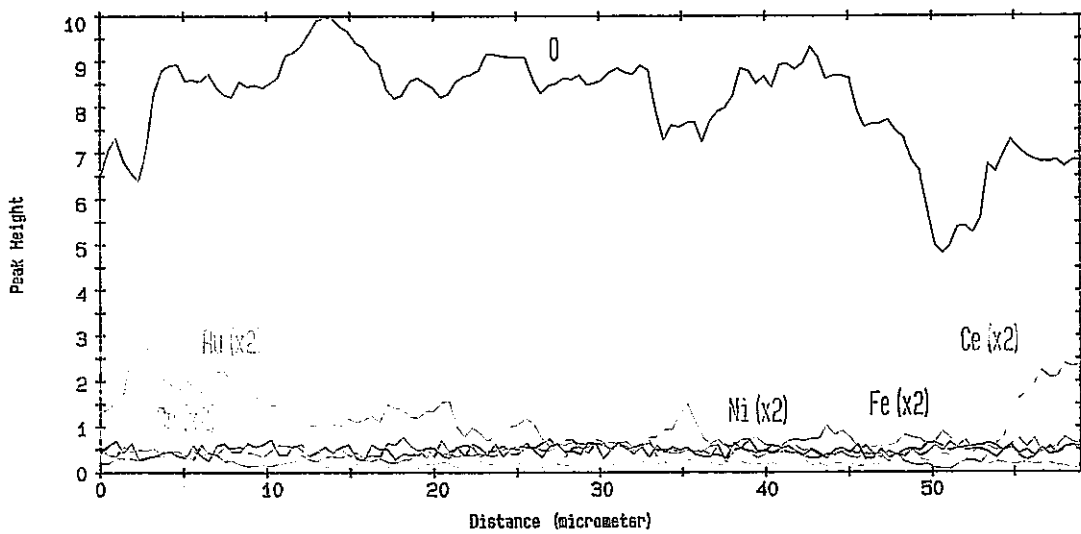
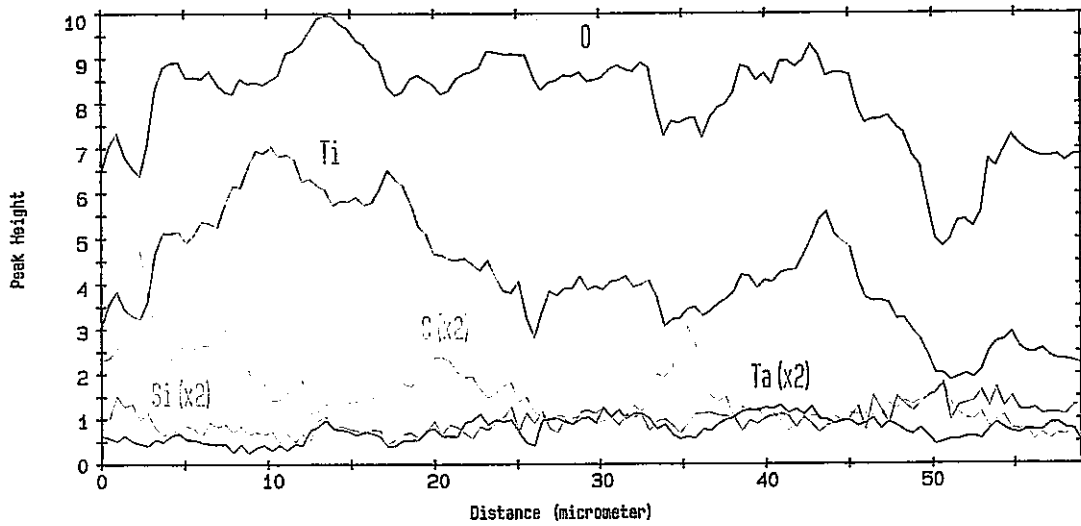
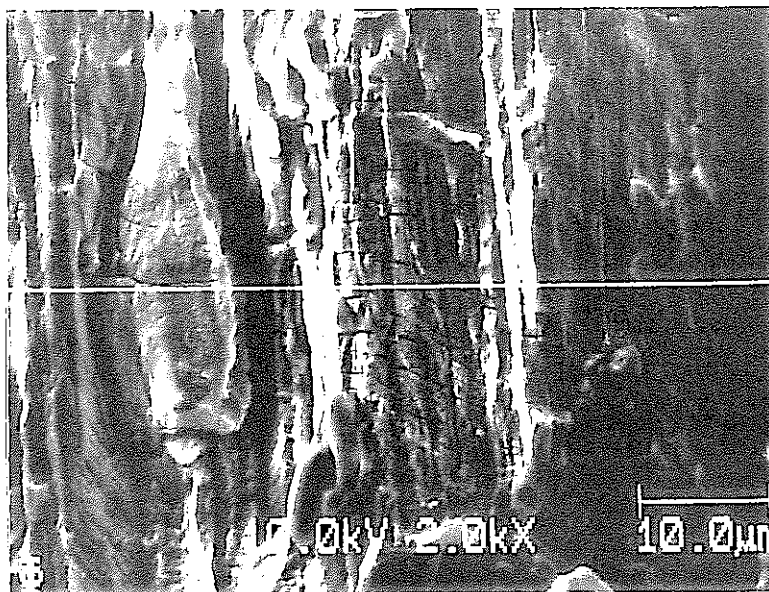


図4.6-139 Ti - 5 Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位19 / 蒸発部塔頂部 / 鏡部 / 塔頂部ノズル座溶接部)



分析箇所の
二次電子像

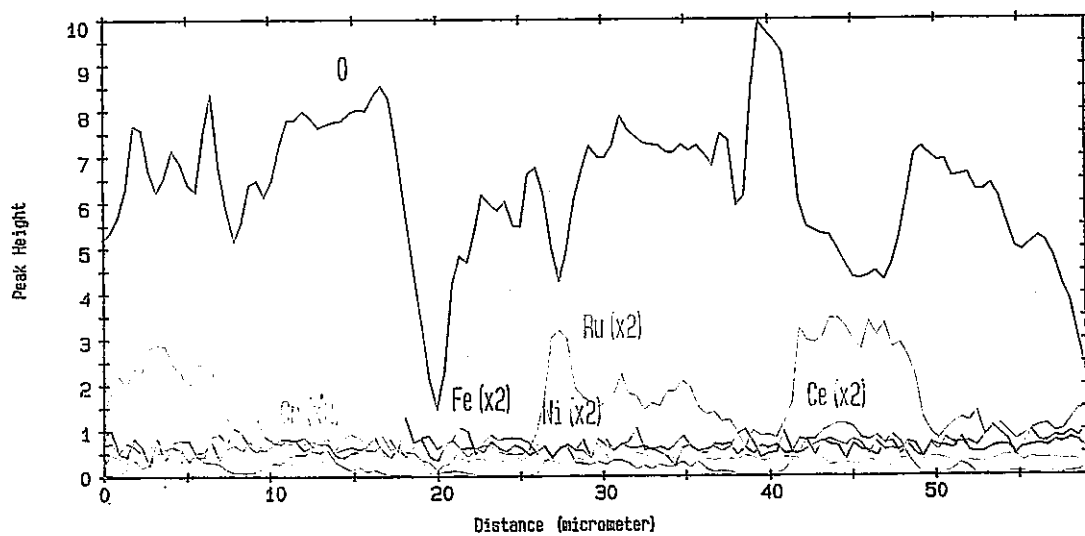
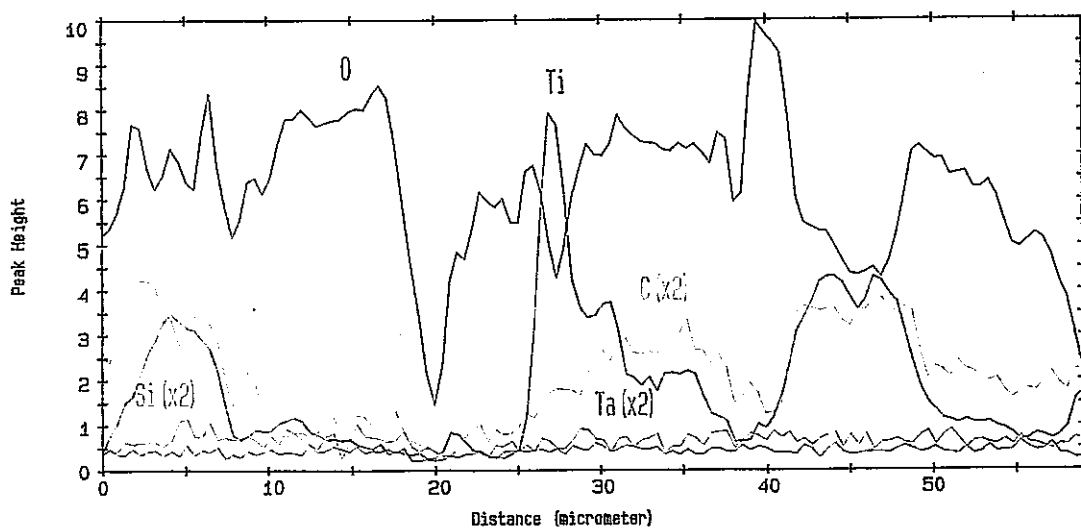
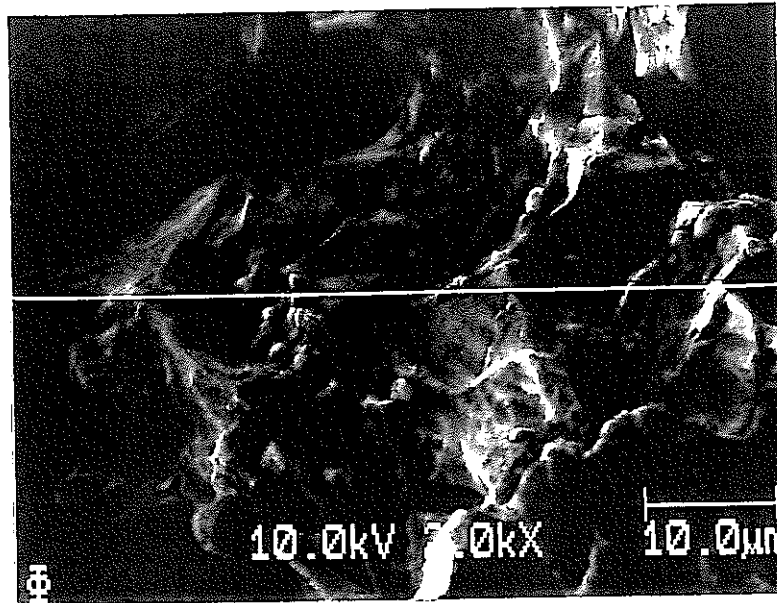


図4.6-140 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)



分析箇所の
二次電子像

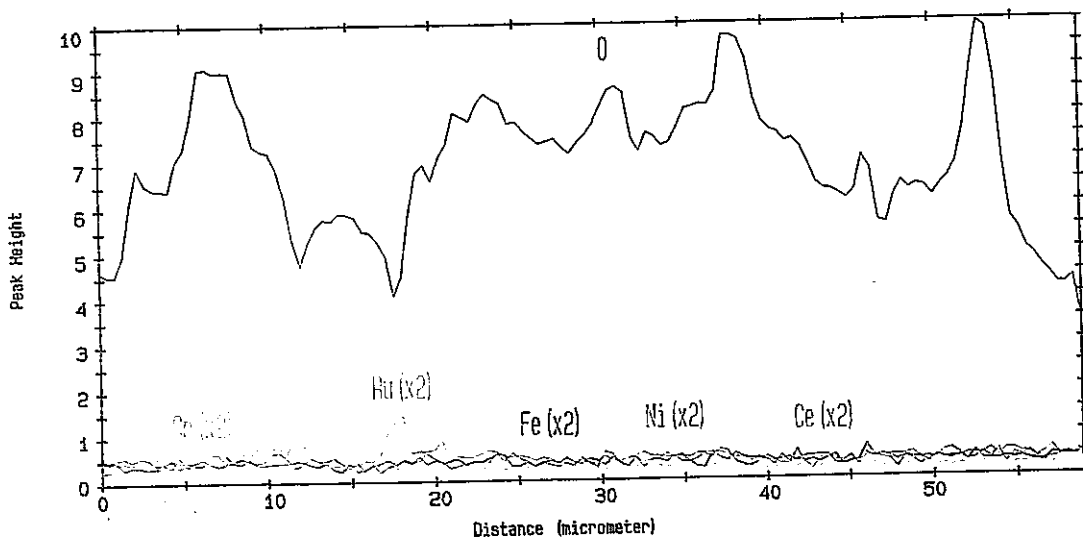
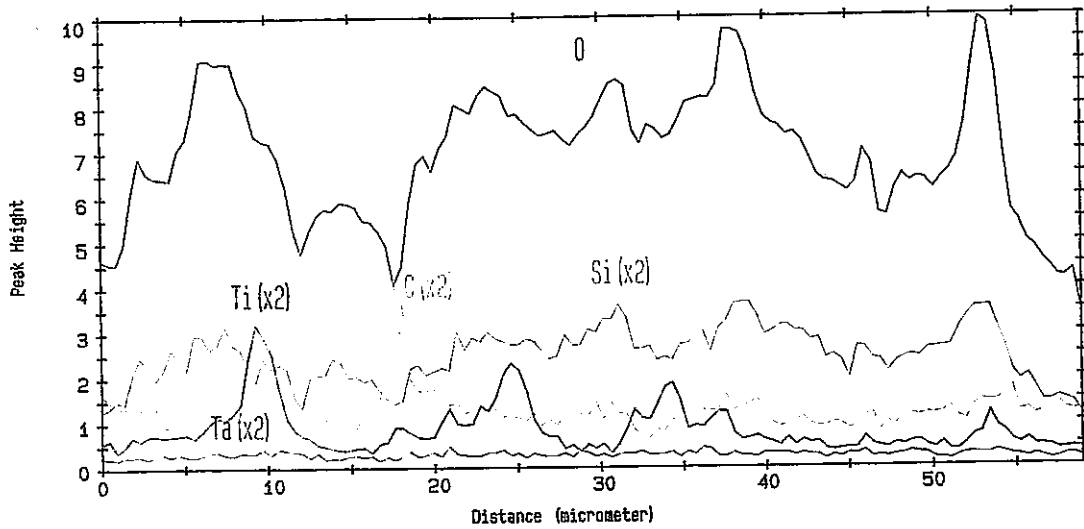
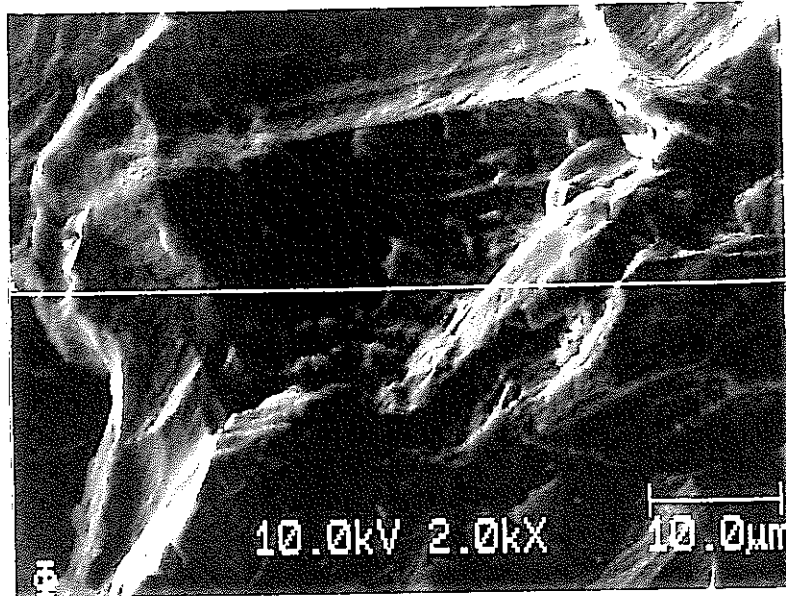


図4.6-141 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位21/バンド配管/硝酸蒸気入口側付近)



分析箇所の
二次電子像

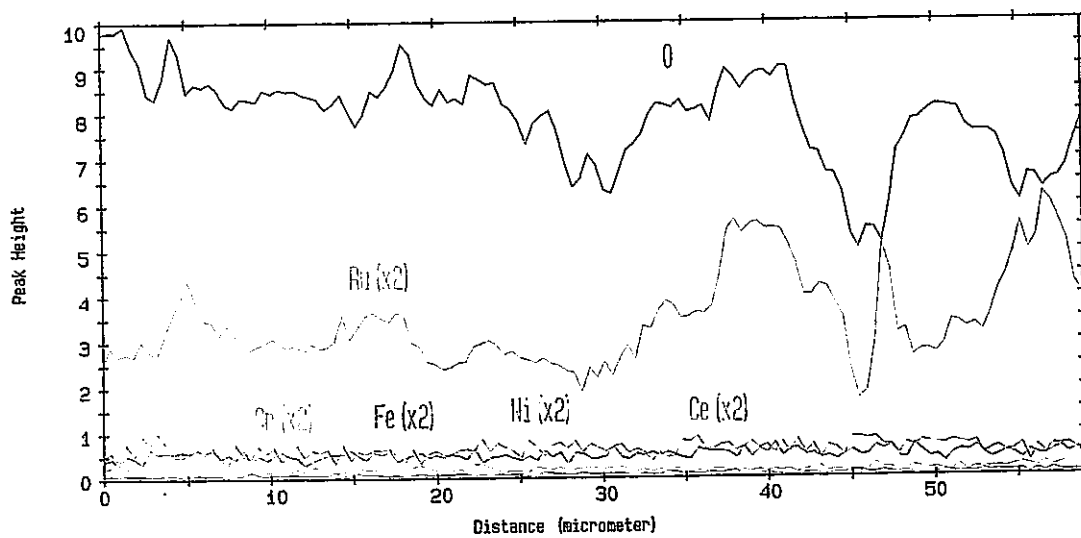
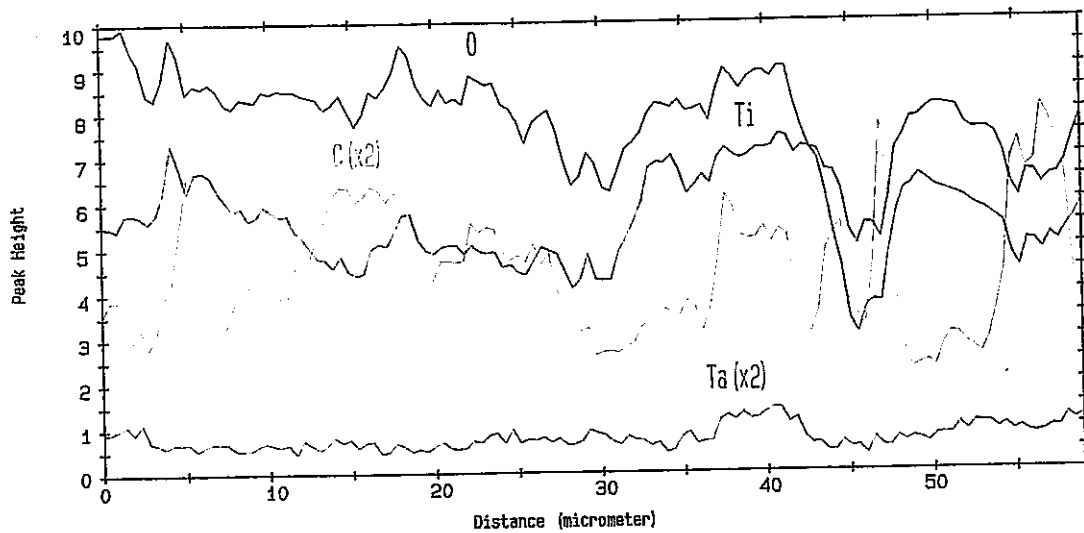
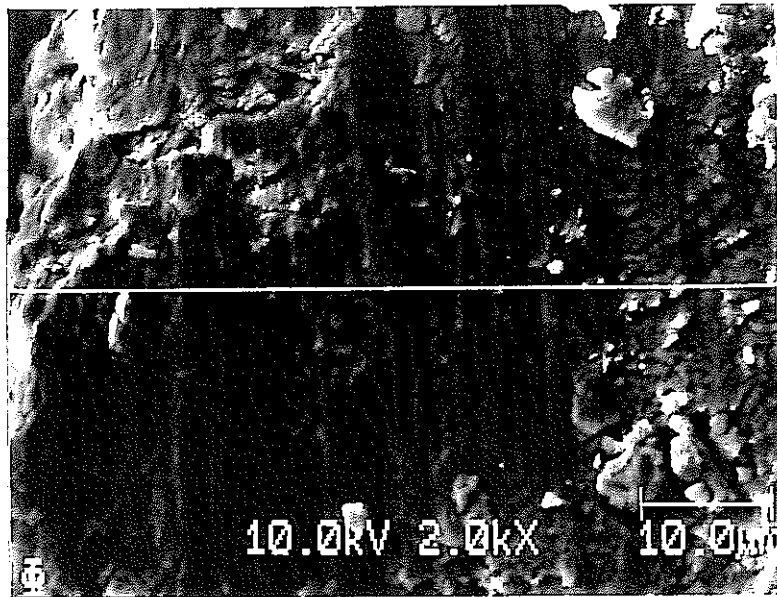


図4.6-142 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位22/ベンド配管/配管中央付近)



分析箇所の
二次電子像

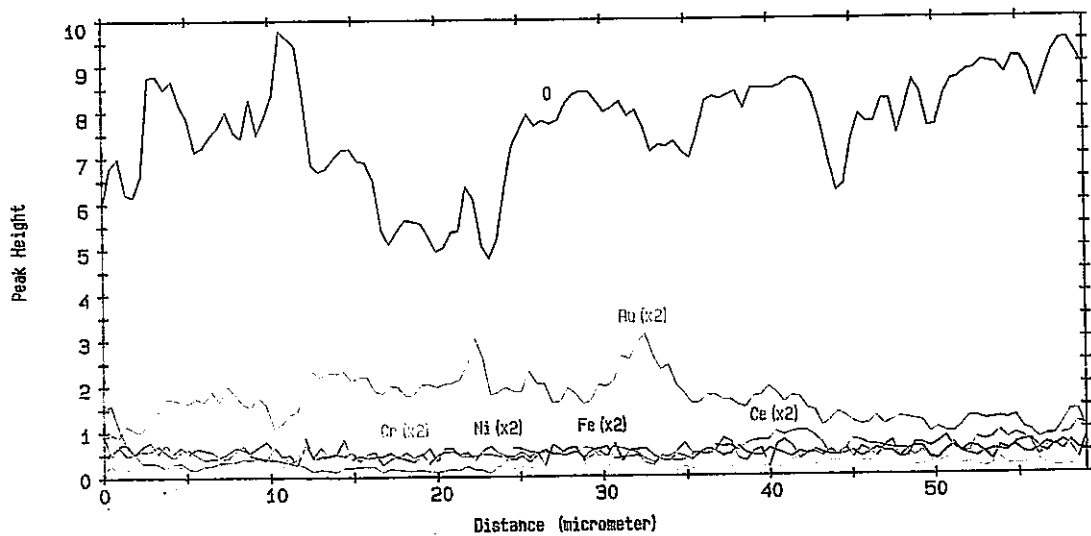
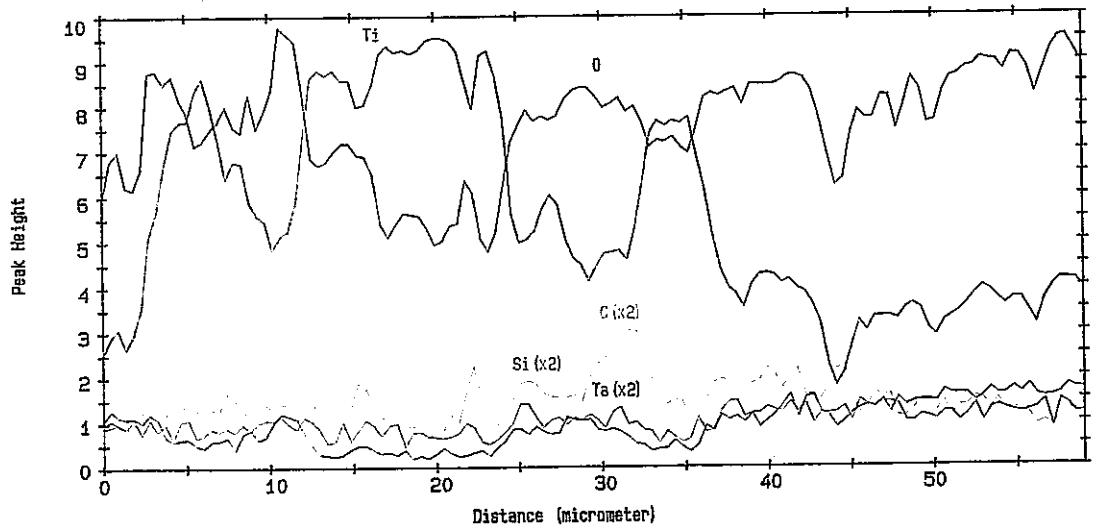
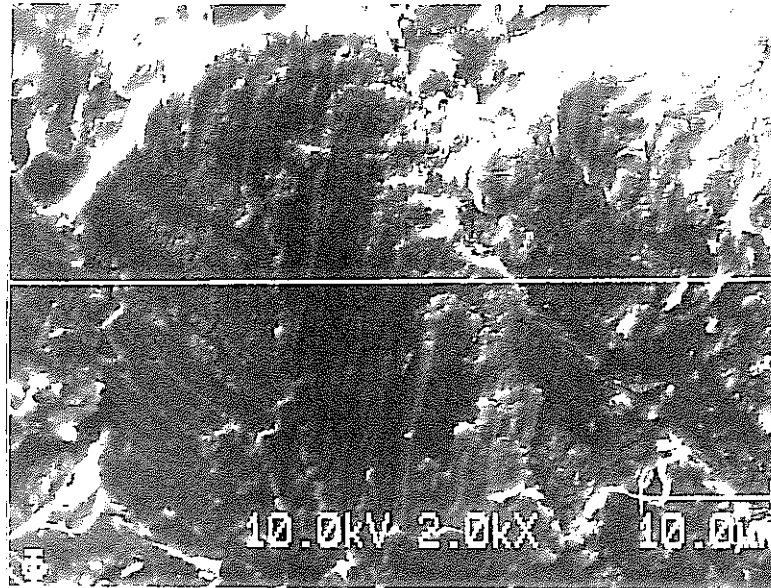


図4.6-143 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位23/バンド配管/硝酸蒸気出口側付近)



分析箇所の
二次電子像

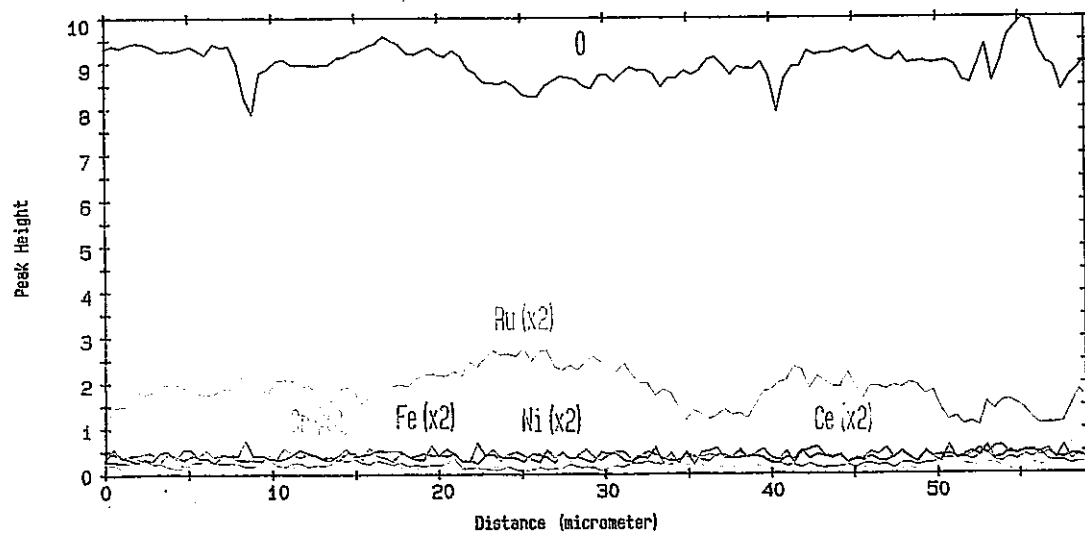
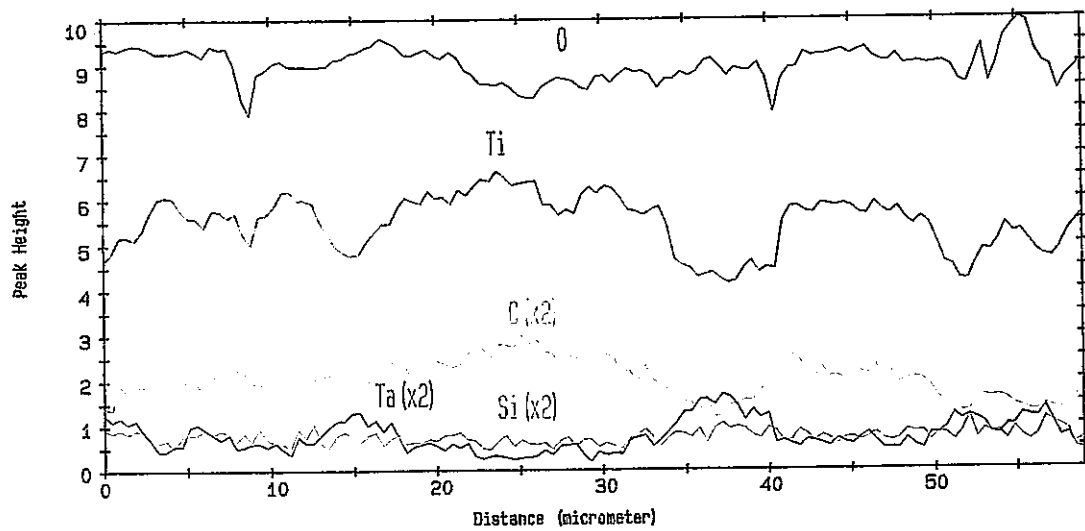
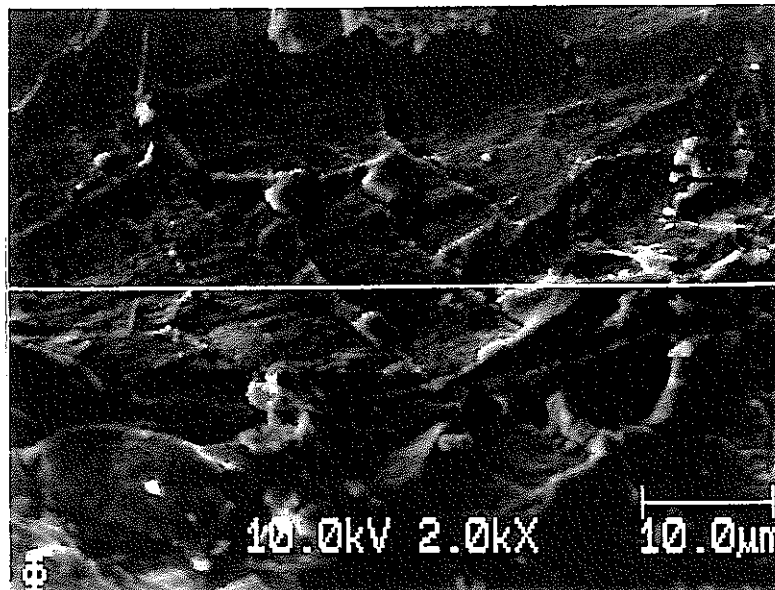


図4.6-144 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)



分析箇所の
二次電子像

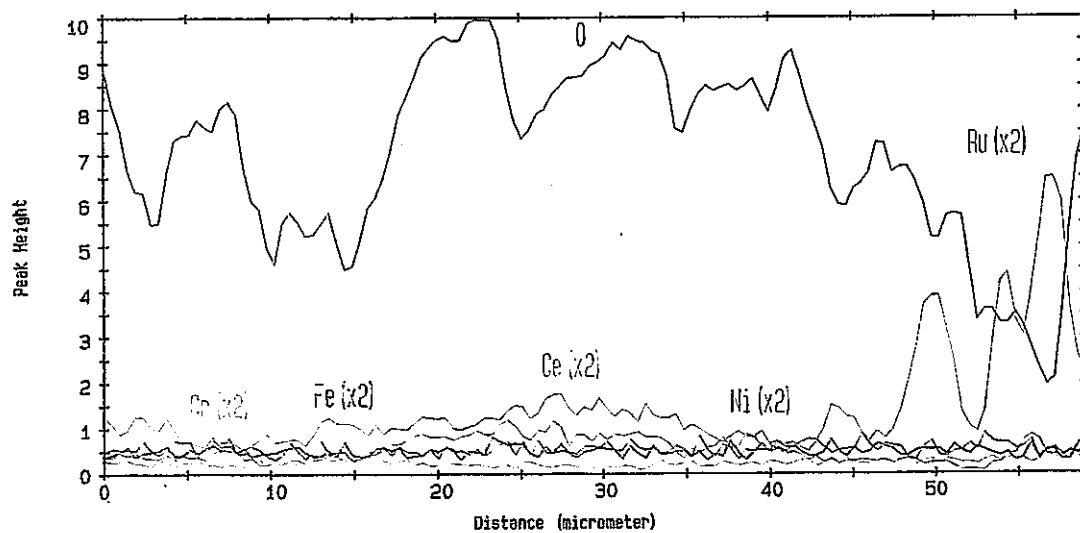
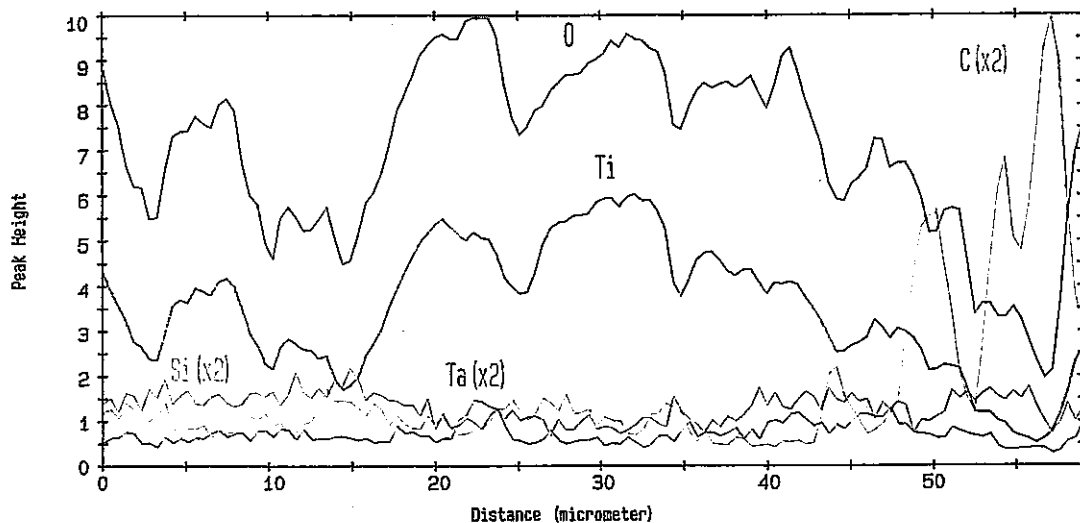


図4.6-145 Ti-5Ta製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位25 / ドベン配管 / 配管長手溶接部-出口付近)

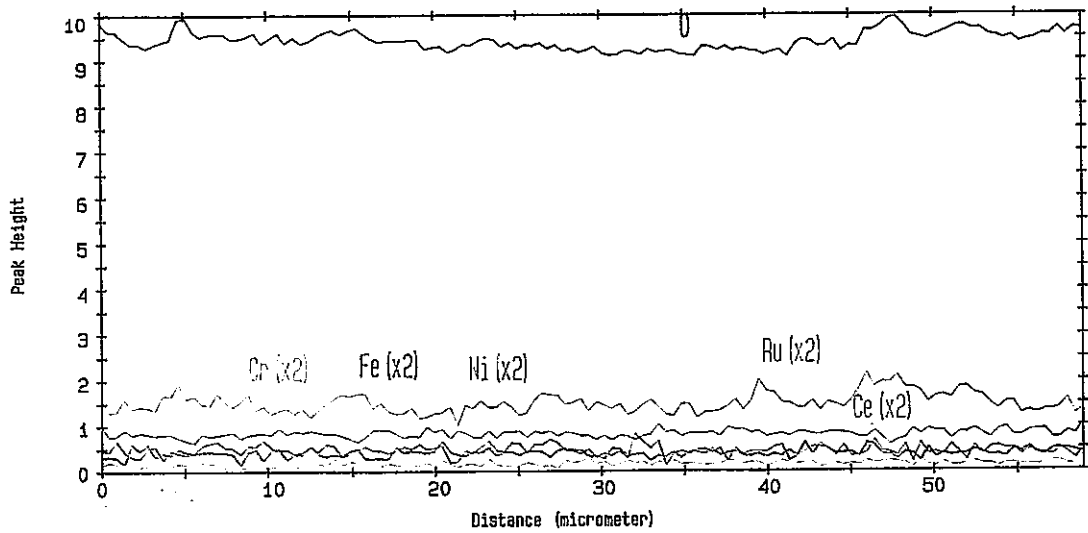
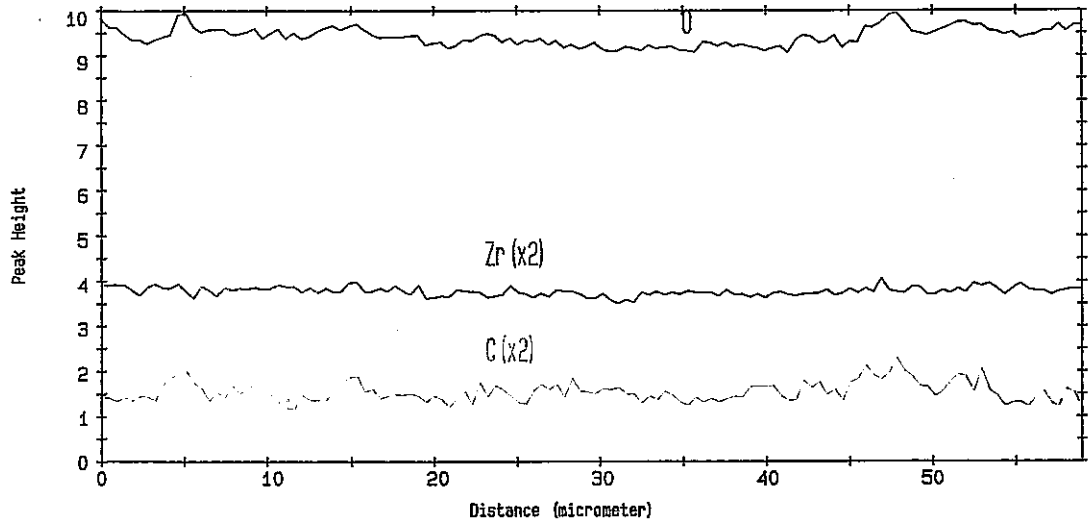
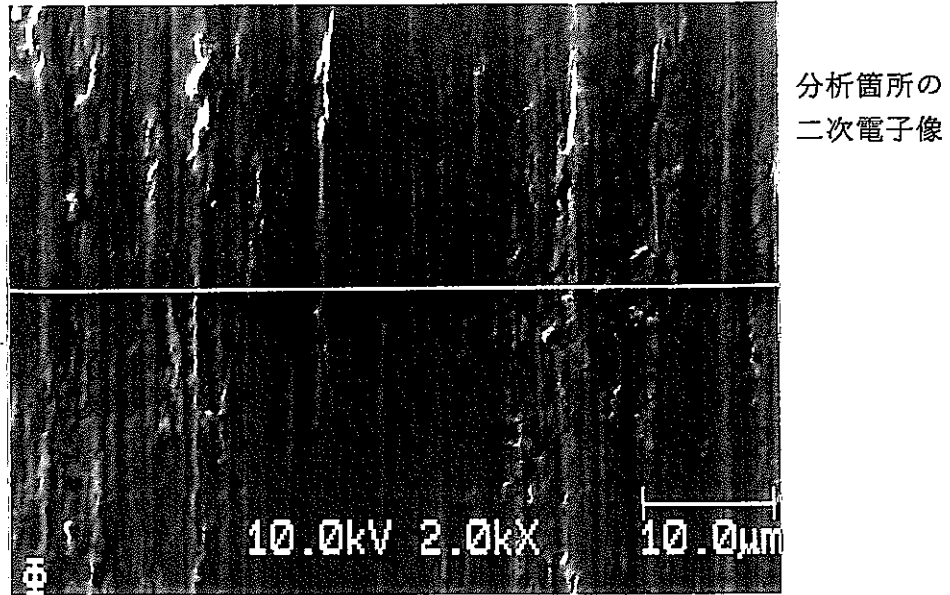
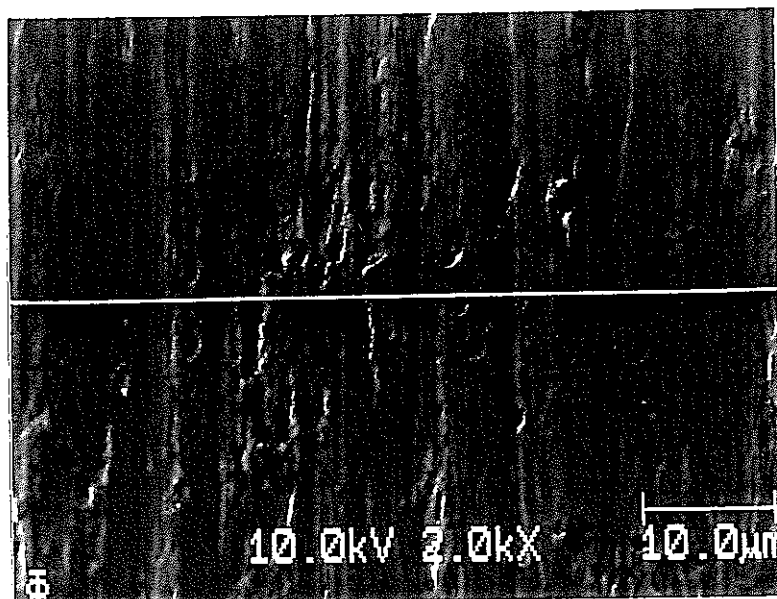


図4.6-146 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位1 / 伝熱管 / 上部管板から0.5m付近)



分析箇所の
二次電子像

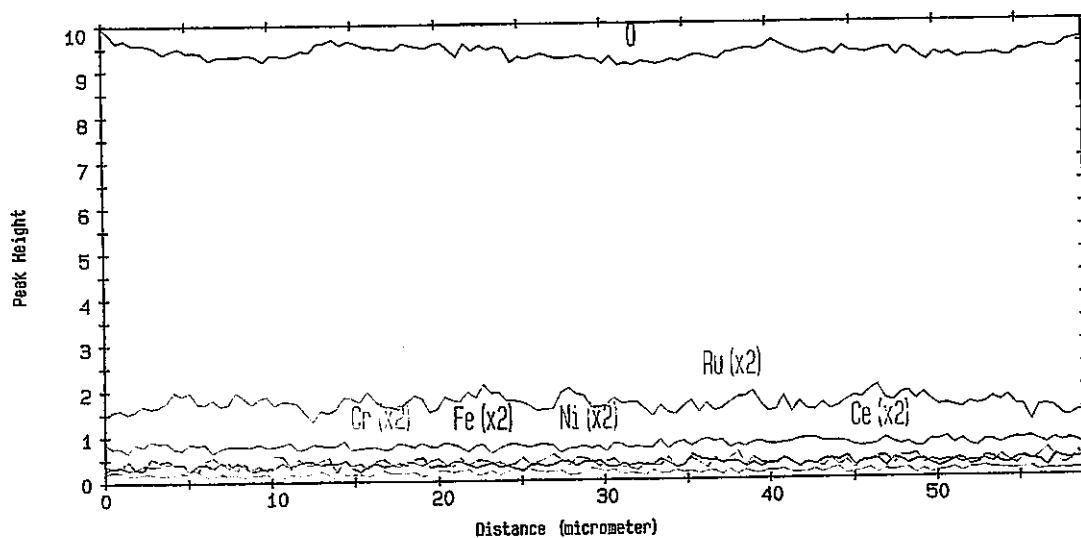
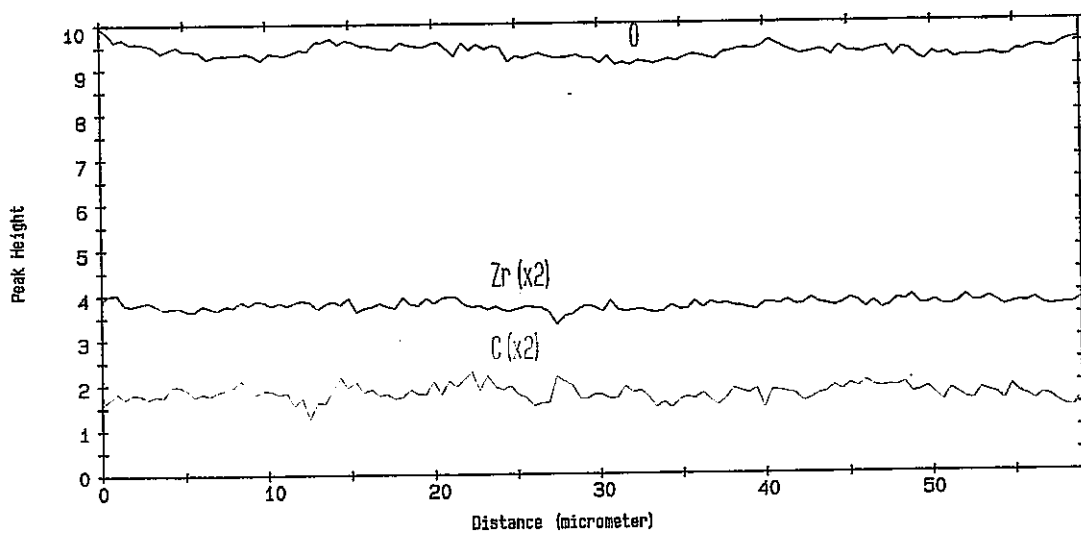
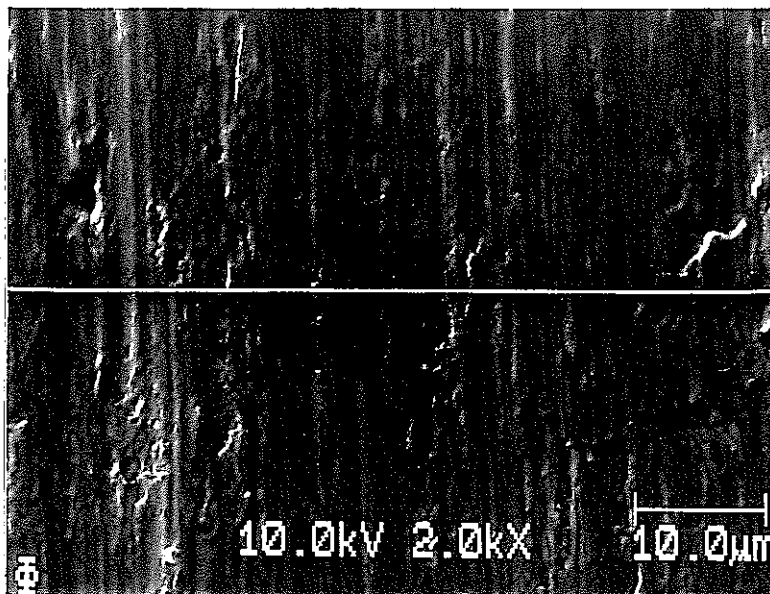


図4.6-147 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位2 / 伝熱管 / 上部管板から2.0m付近)



分析箇所の
二次電子像

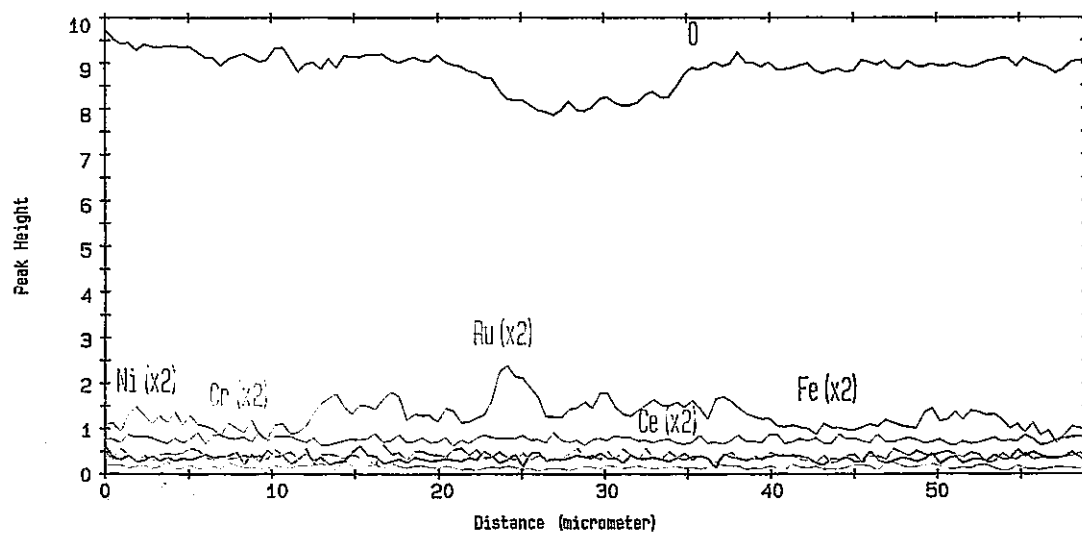
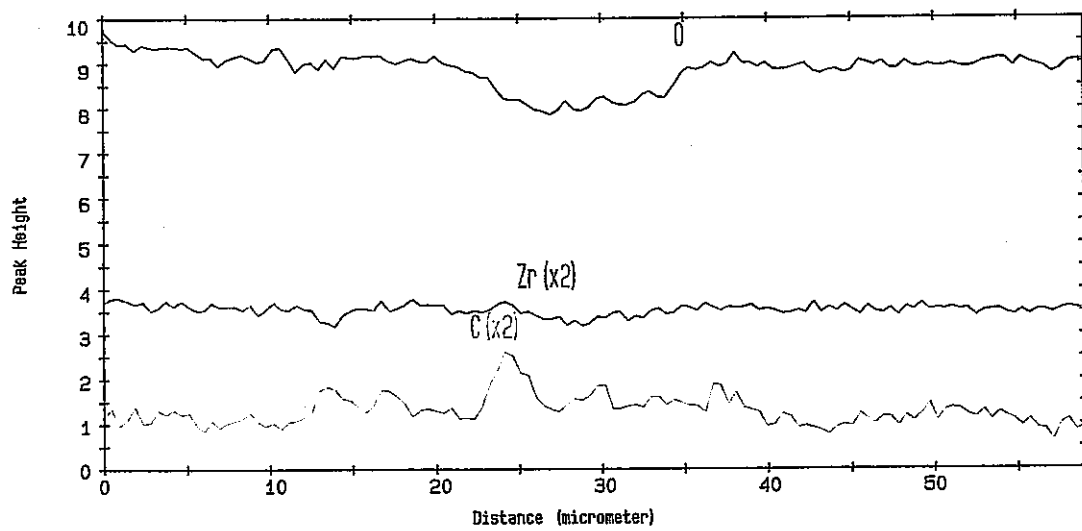
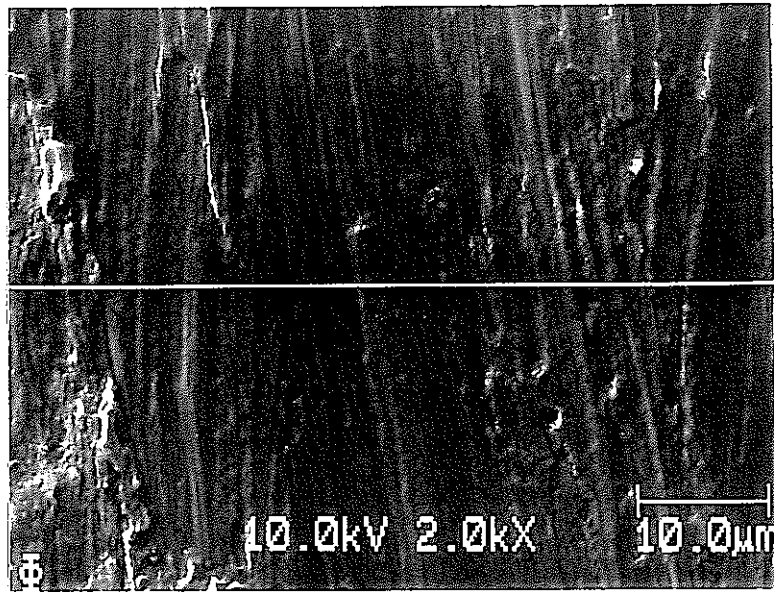


図4.6-148 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)



分析箇所の
二次電子像

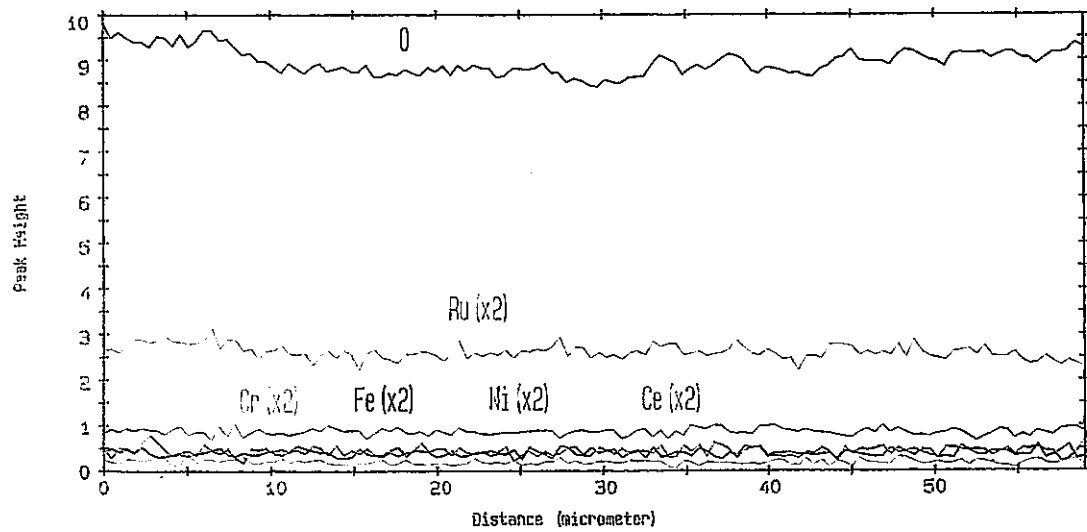
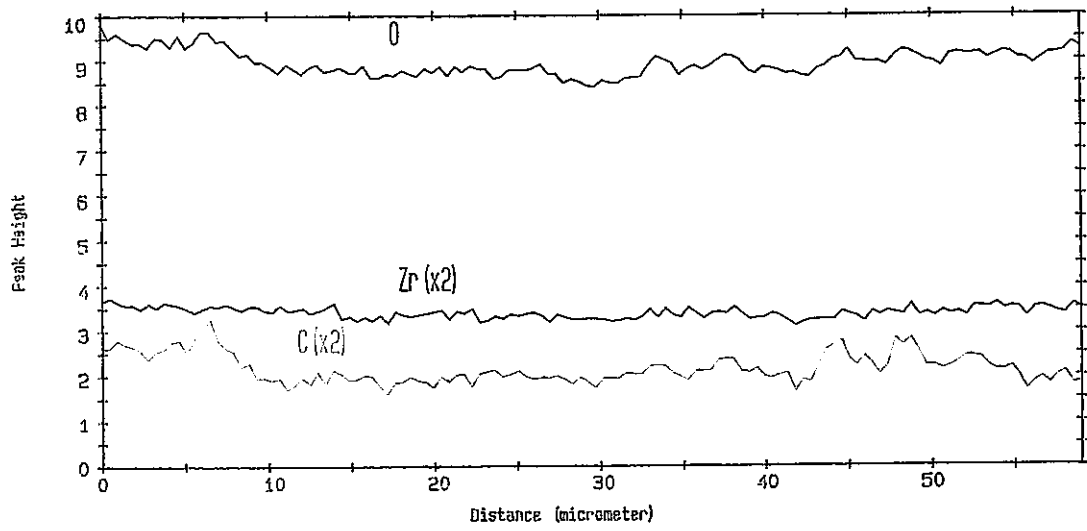
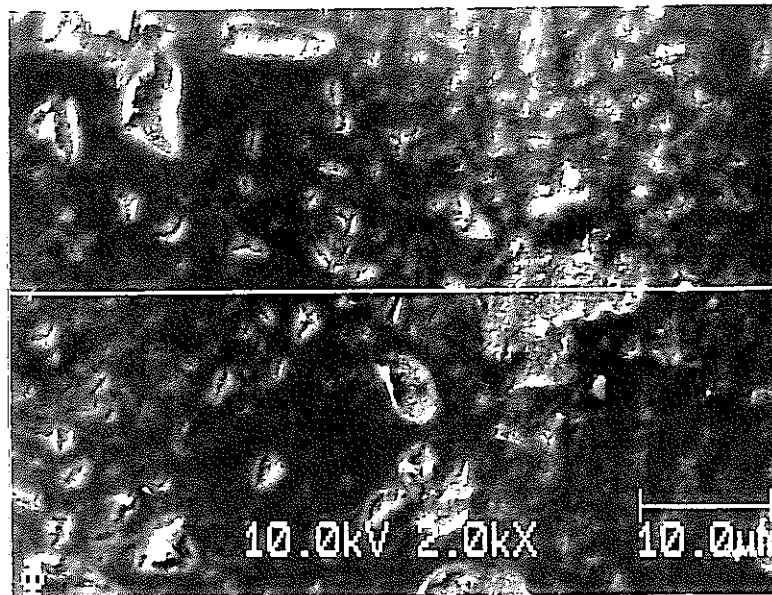


図4.6-149 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位4 / 加熱部上部チャンネル / 鏡部)



分析箇所の
二次電子像

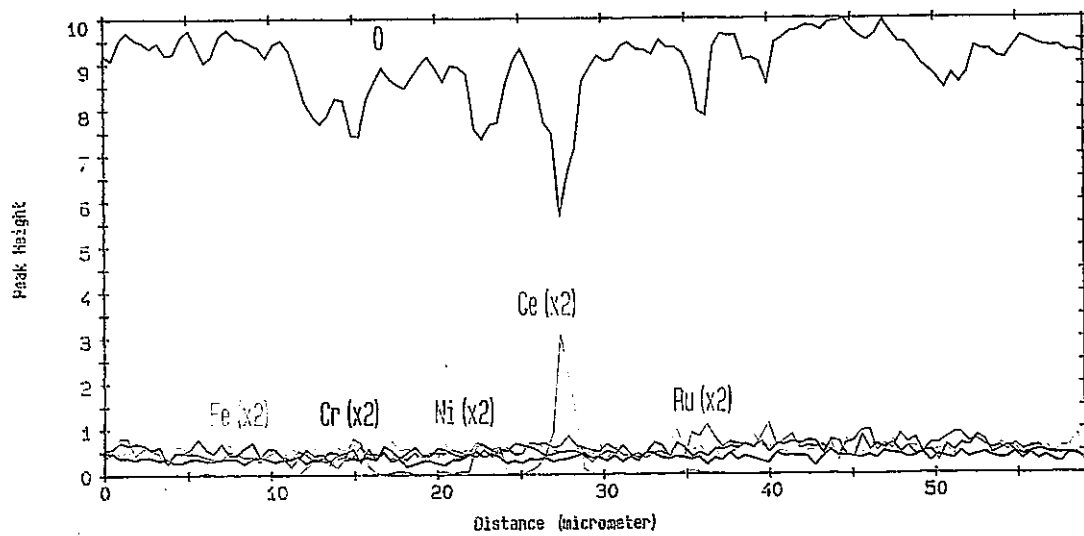
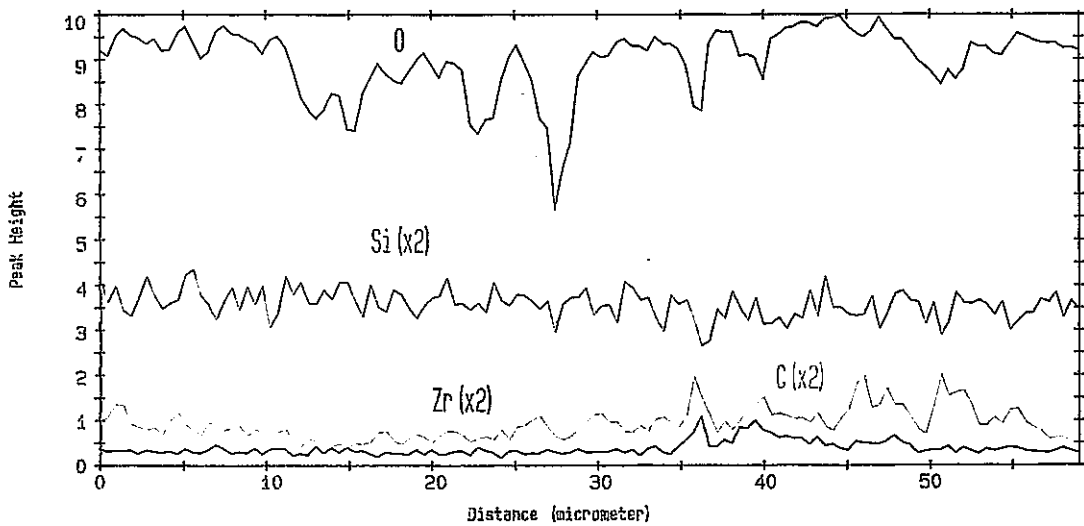
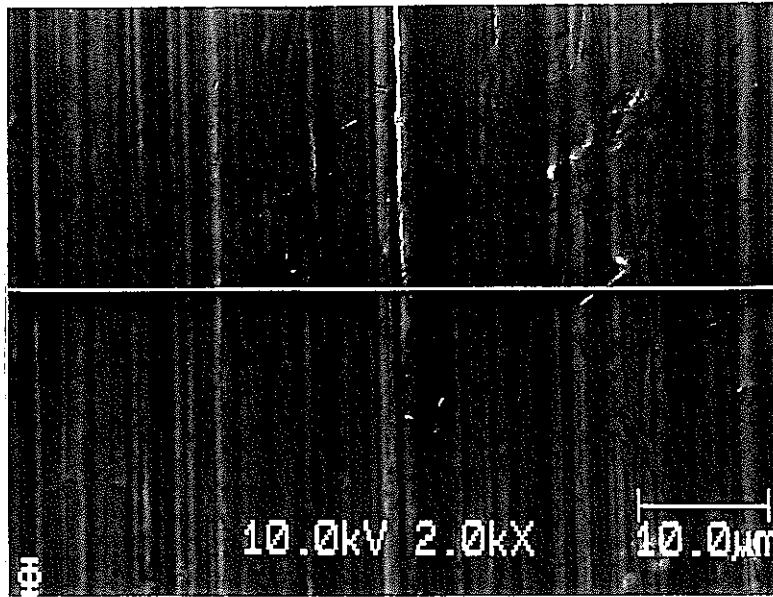


図4.6-150 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位5 / 加熱部上部チャンネル / 胴部)



分析箇所の
二次電子像

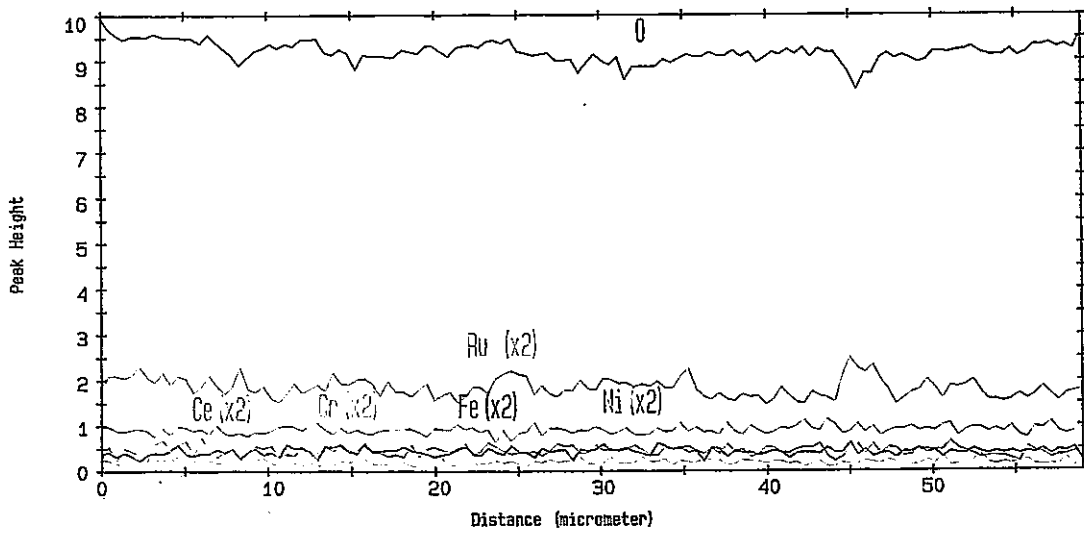
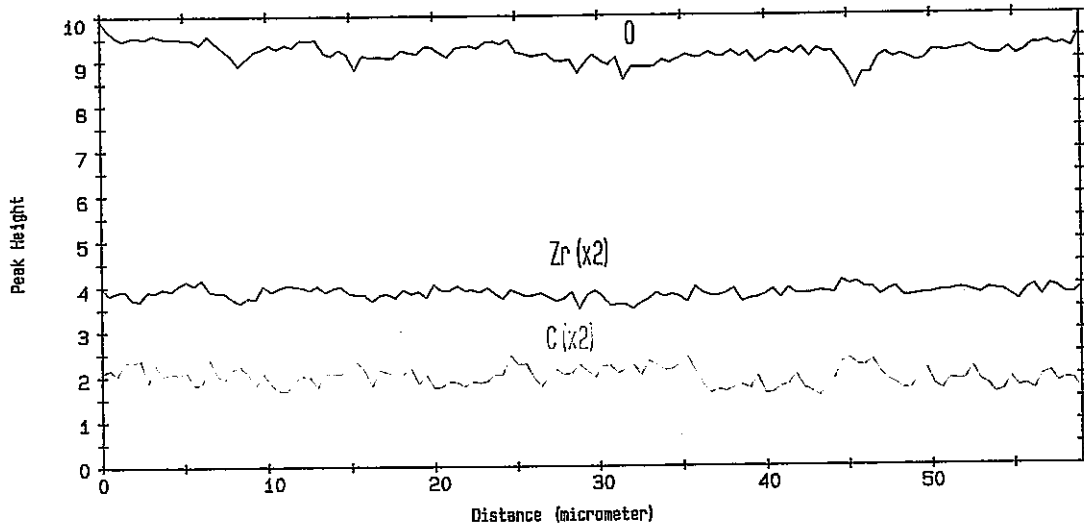
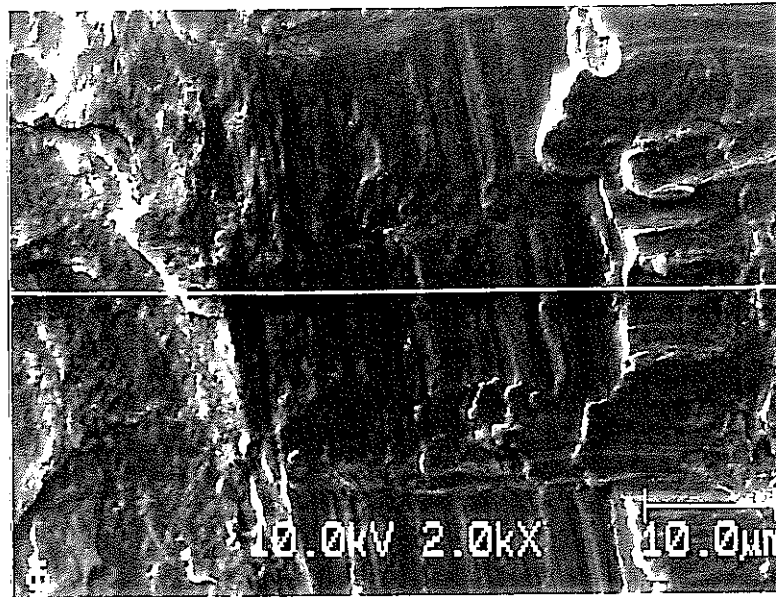


図4.6-151 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位6 / 加熱部上部チャンネル / 温度計さや管)



分析箇所の
二次電子像

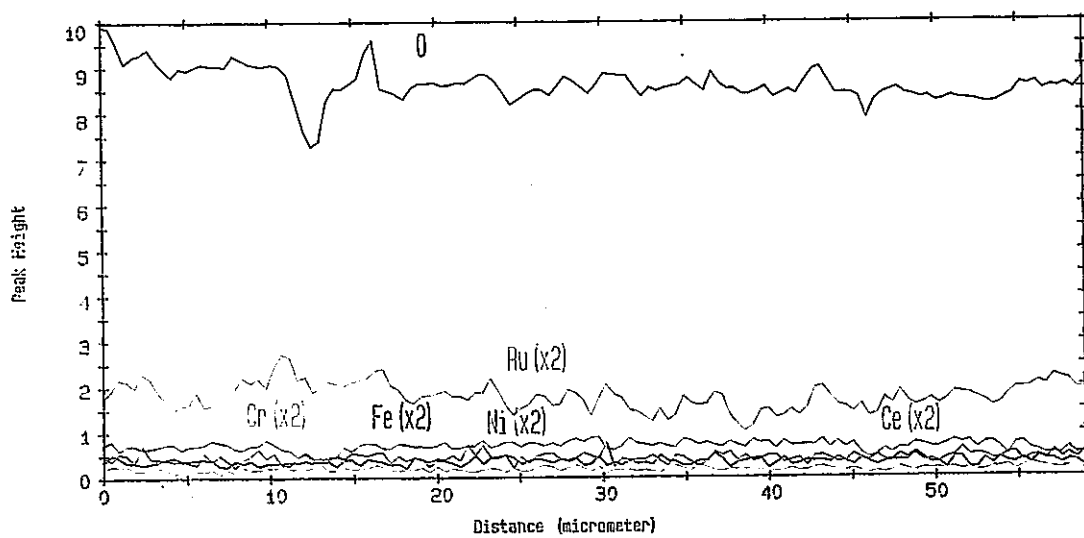
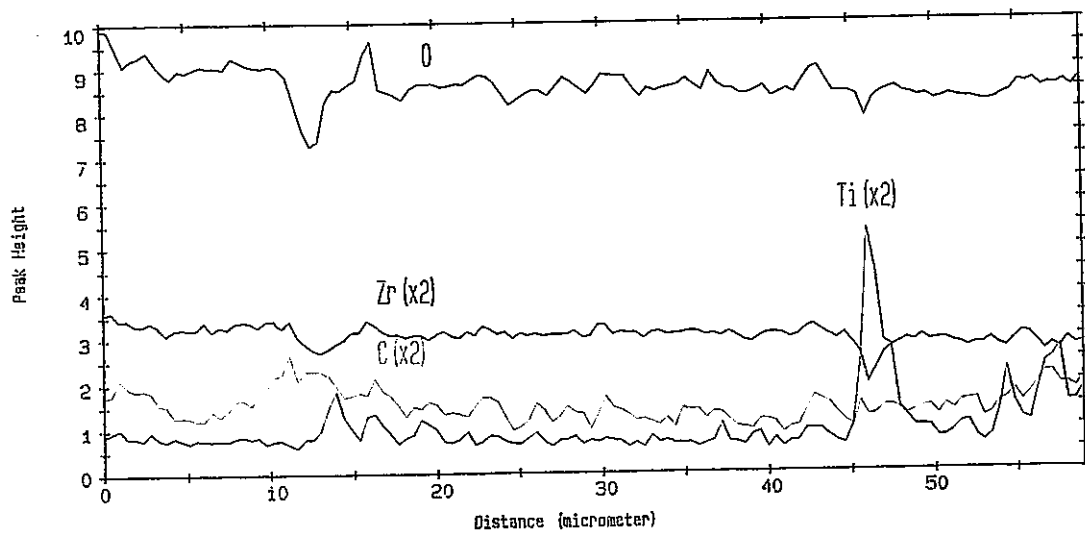
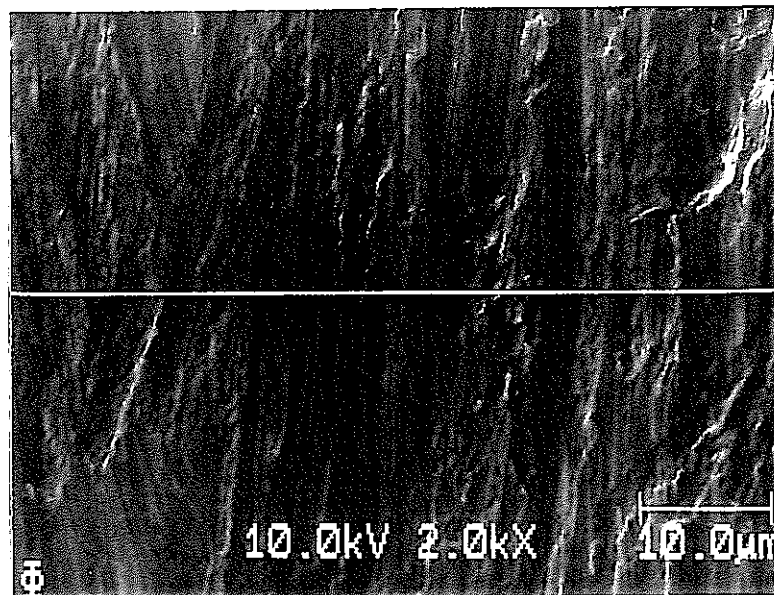


図4.6-152 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)



分析箇所の
二次電子像

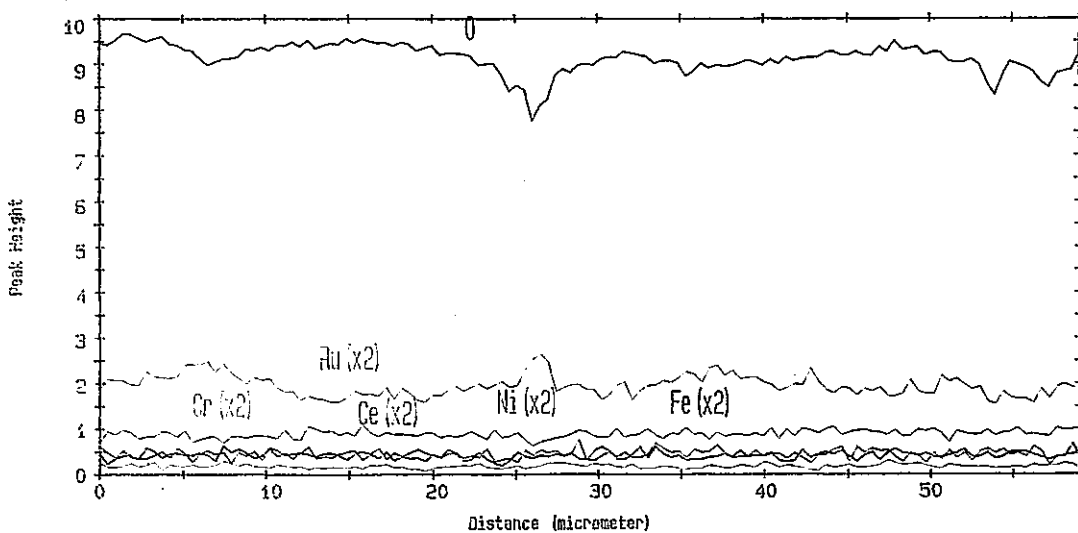
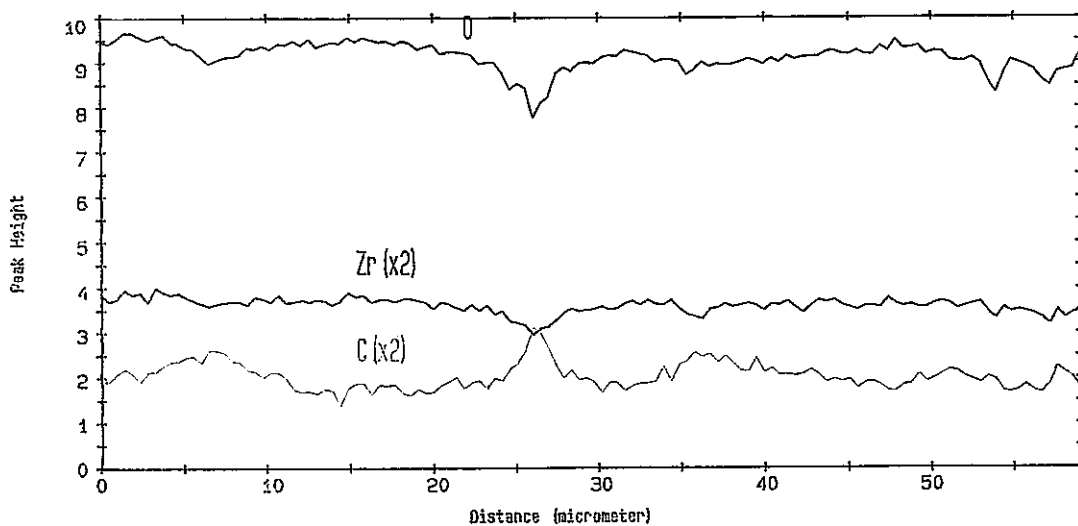
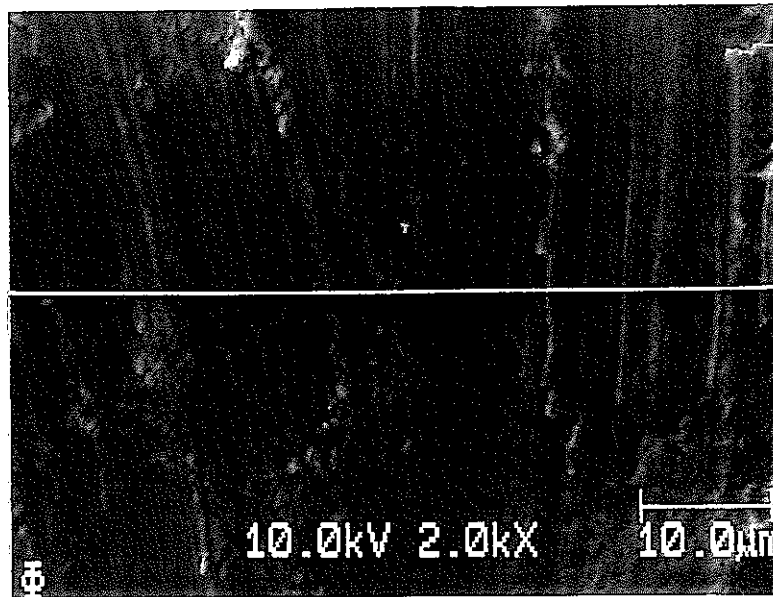


図4.6-153 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位8/加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノズル座溶接部)



分析箇所の
二次電子像

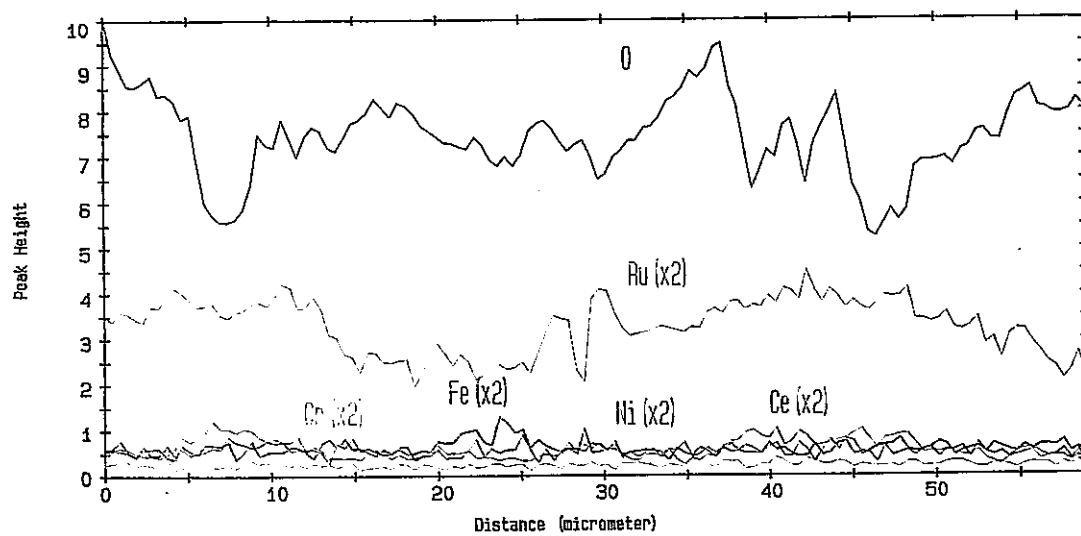
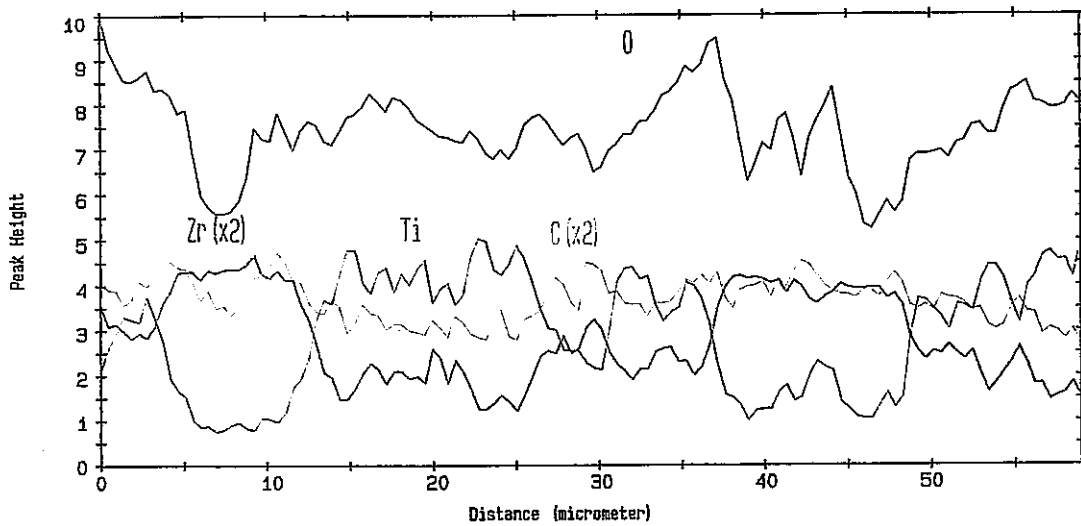
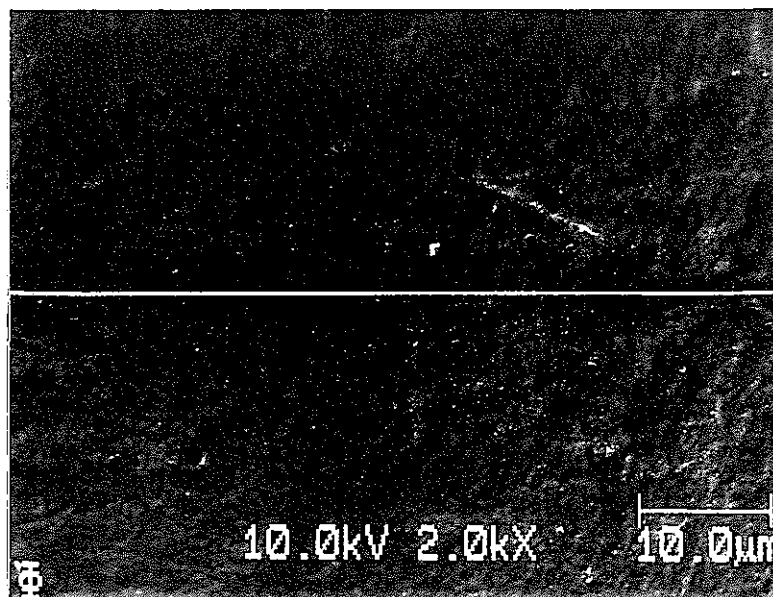


図4.6-154 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴 - 気相部)



分析箇所の
二次電子像

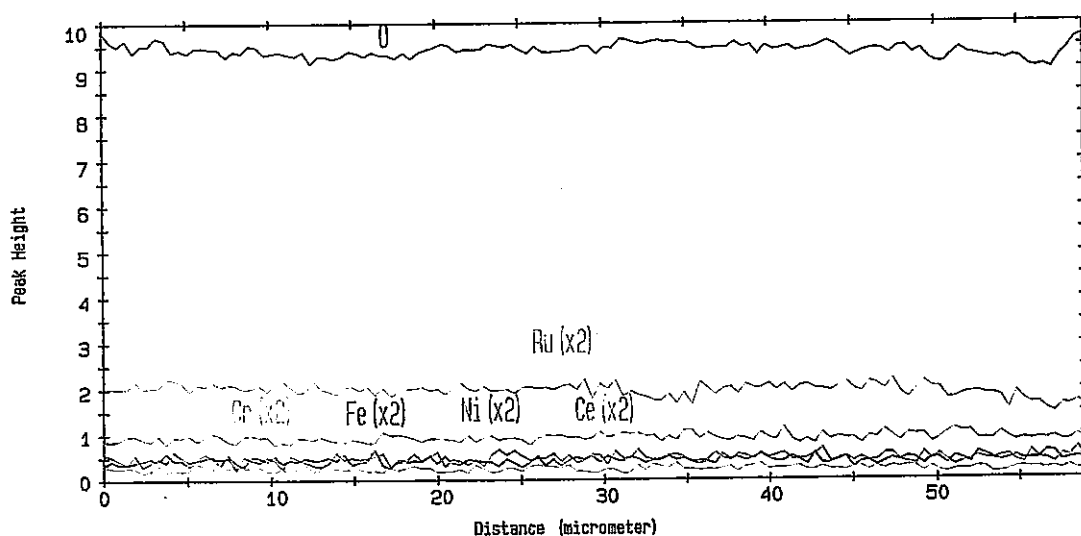
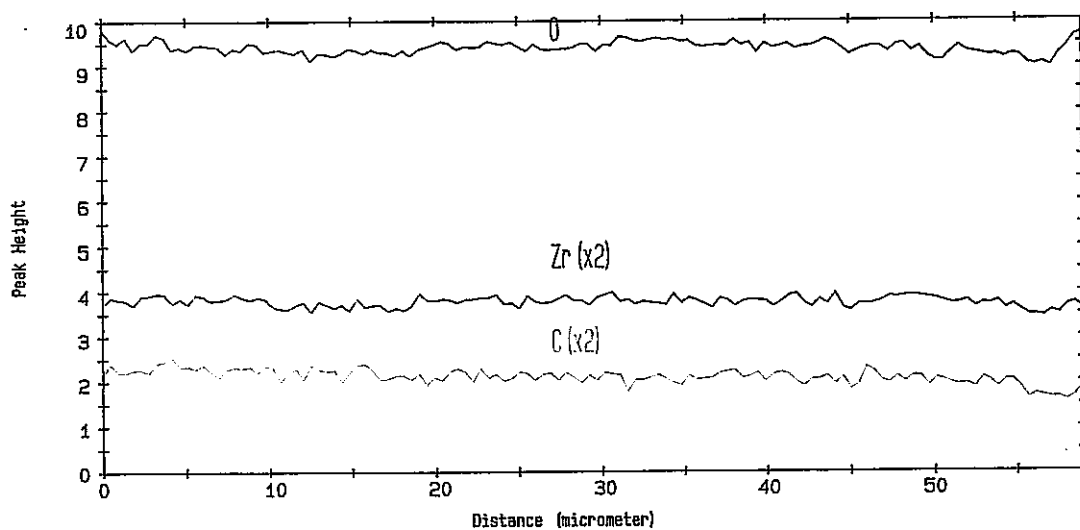
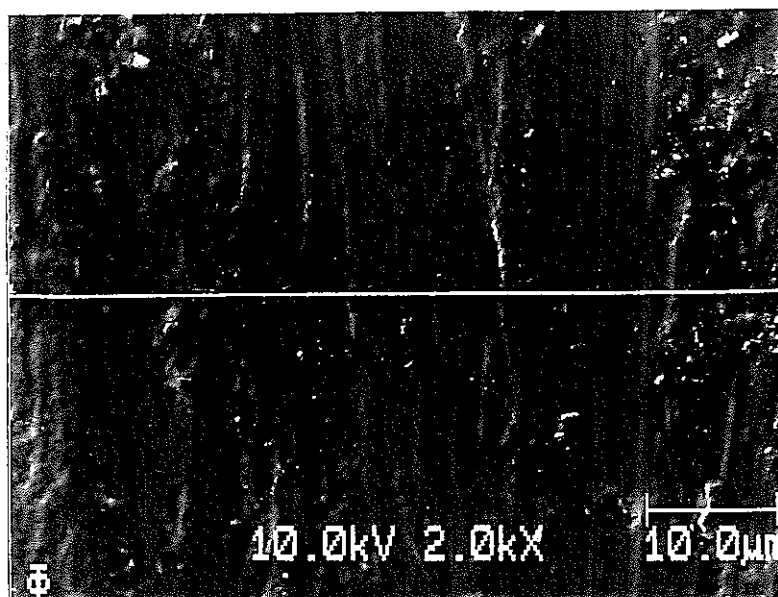


図4.6-155 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴-液相部)



分析箇所の
二次電子像

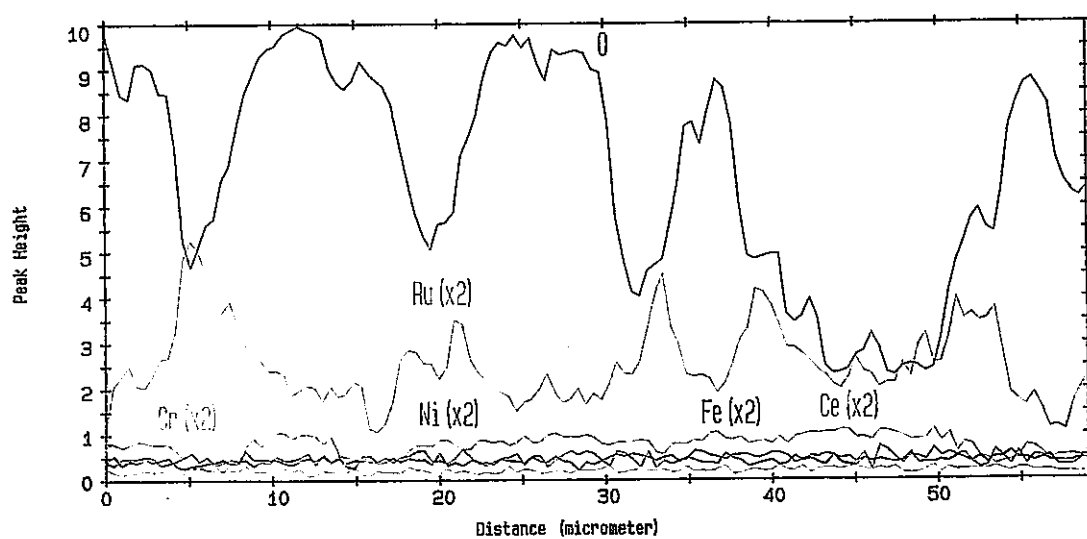
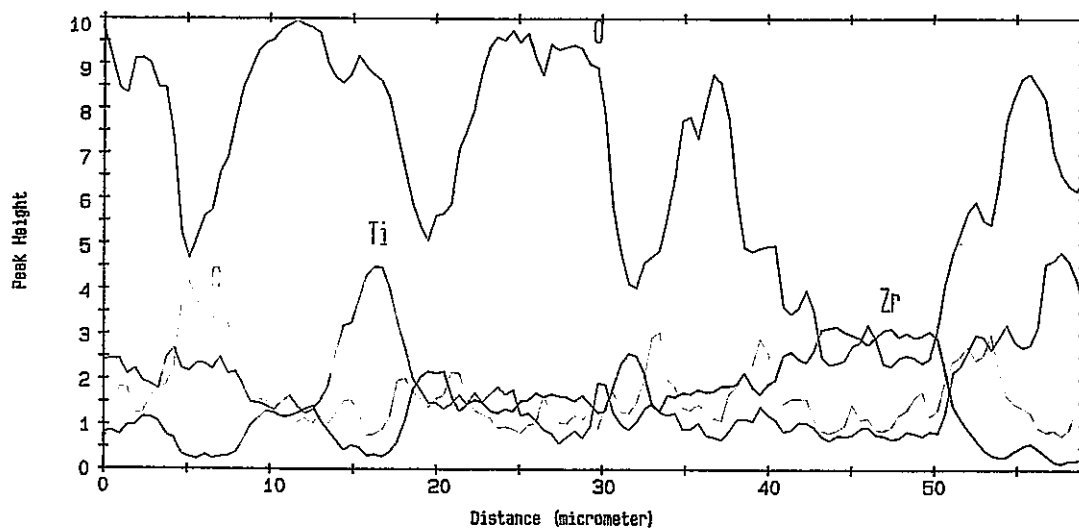
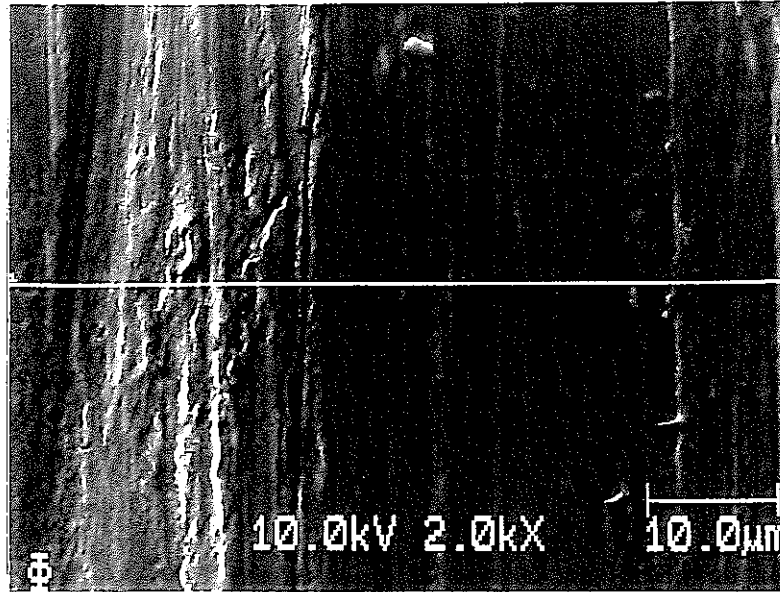


図4.6-156 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位10 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 - 気相部)



分析箇所の
二次電子像

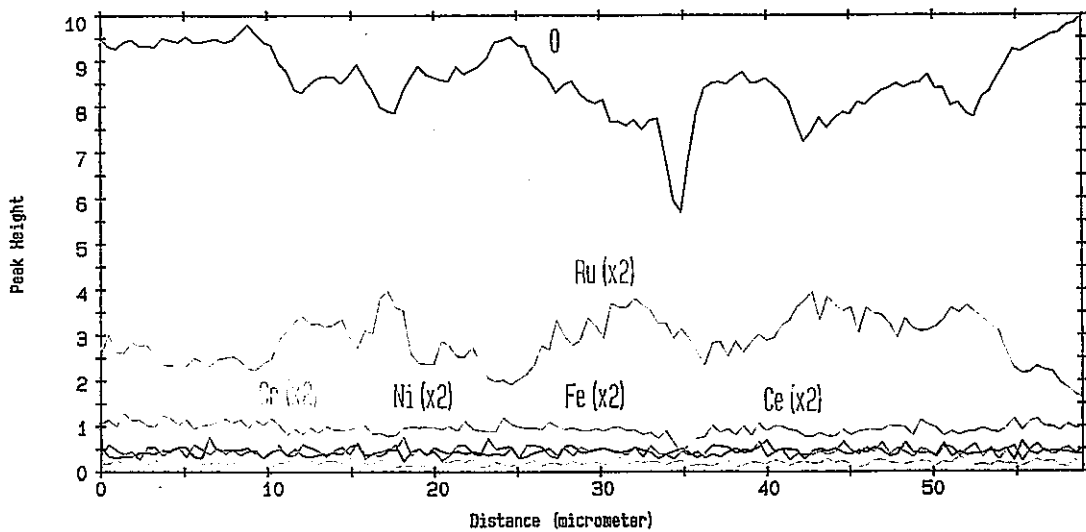
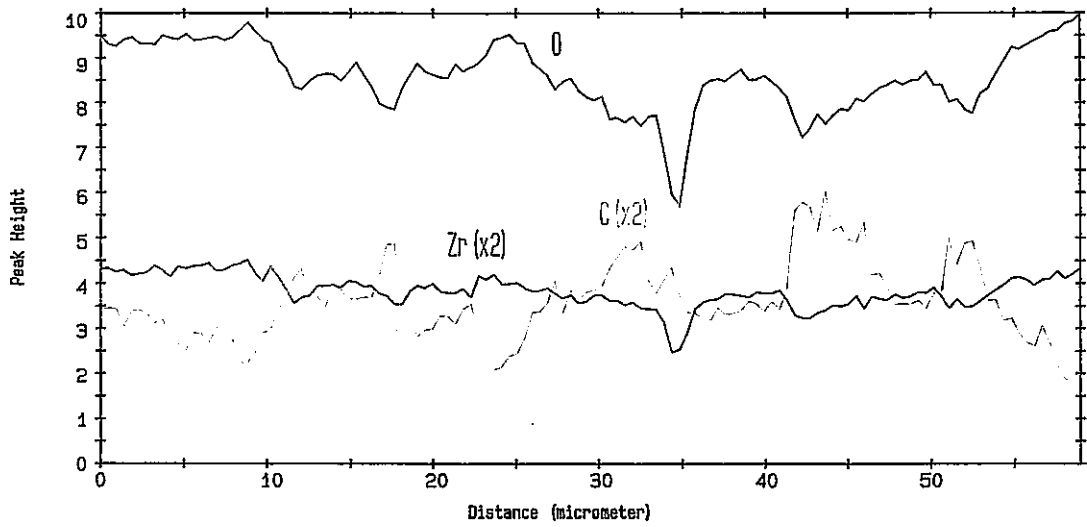
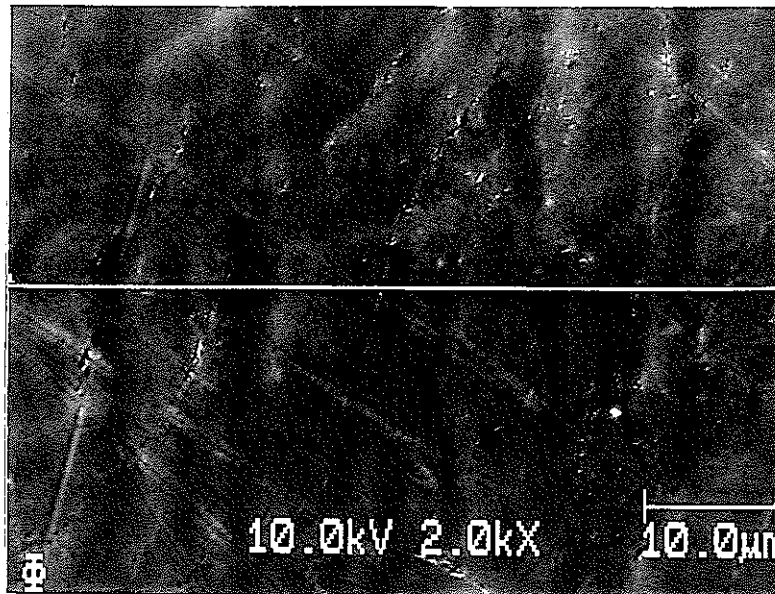


図4.6-157 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位10 / 上部連絡管 / 上部伸縮管-液相部)



分析箇所の
二次電子像

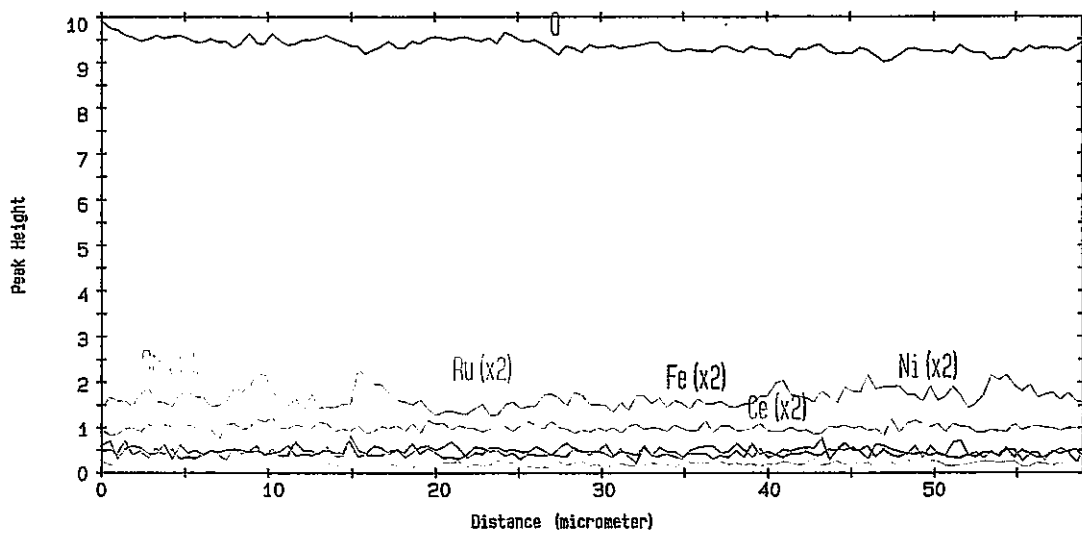
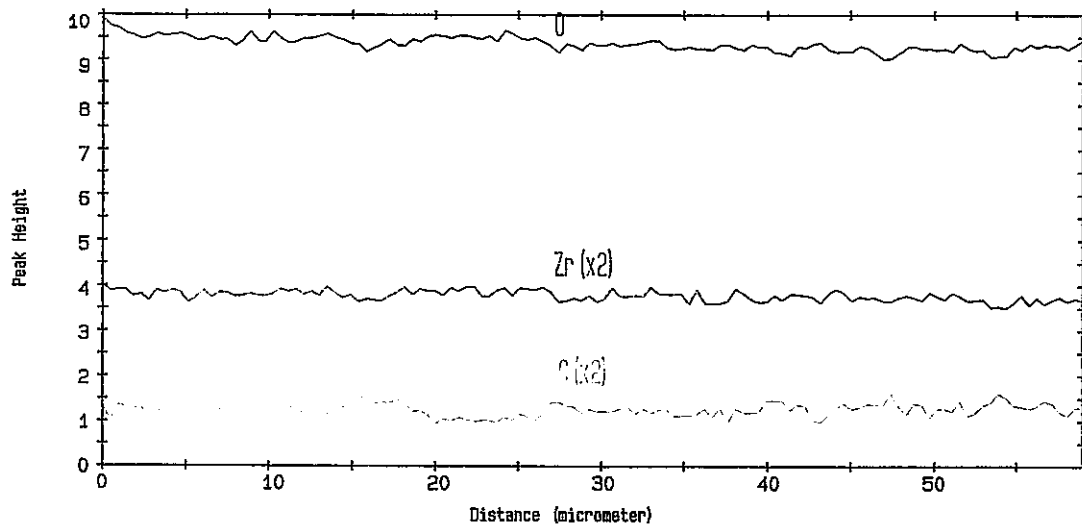
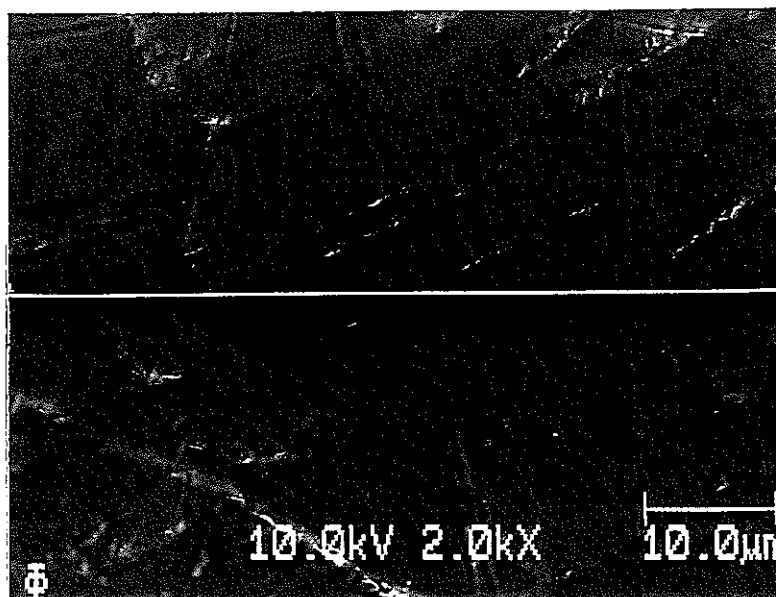


図4.6-158 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位11 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)



分析箇所の
二次電子像

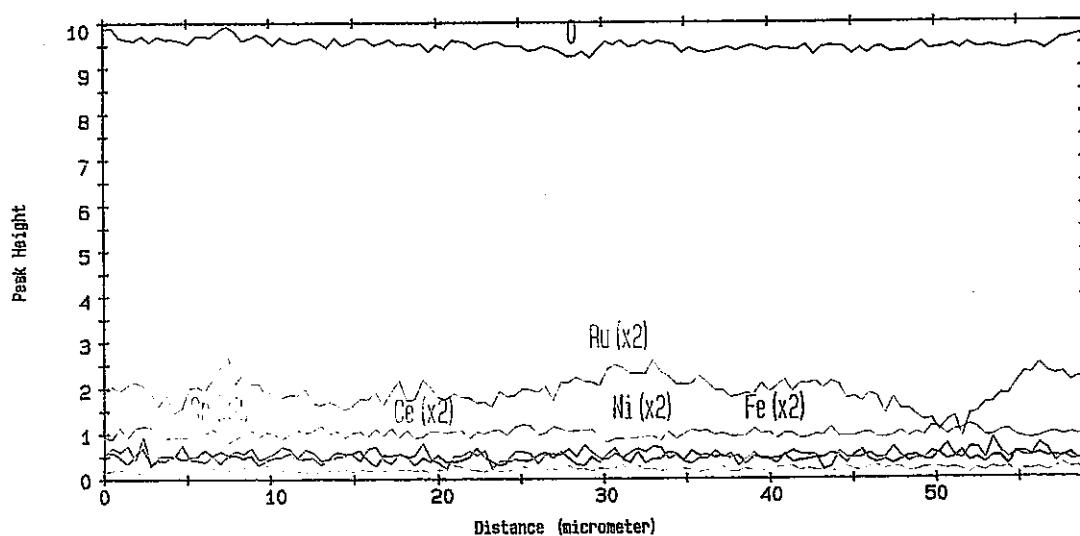
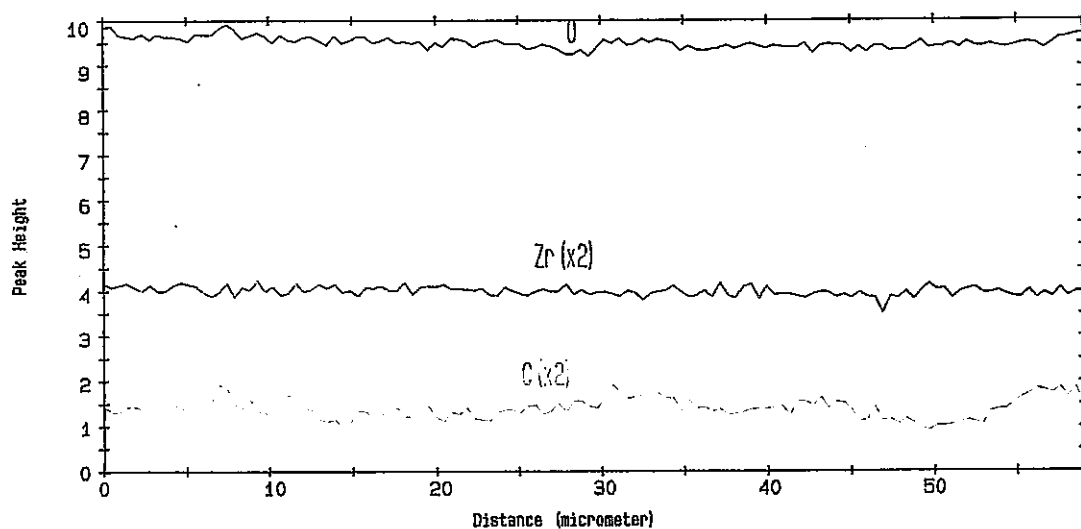
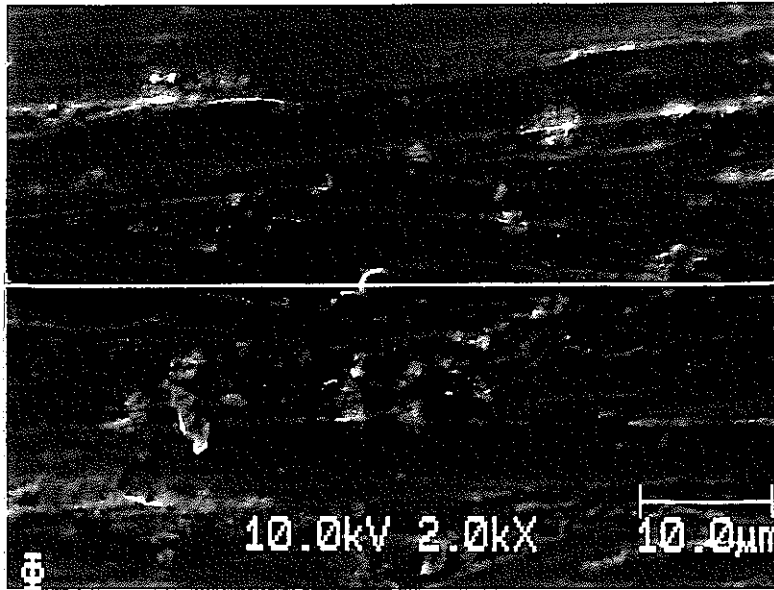


図4.6-159 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位12 / 上部連絡管 / 伸縮管 / ノズル座溶接部)



分析箇所の
二次電子像

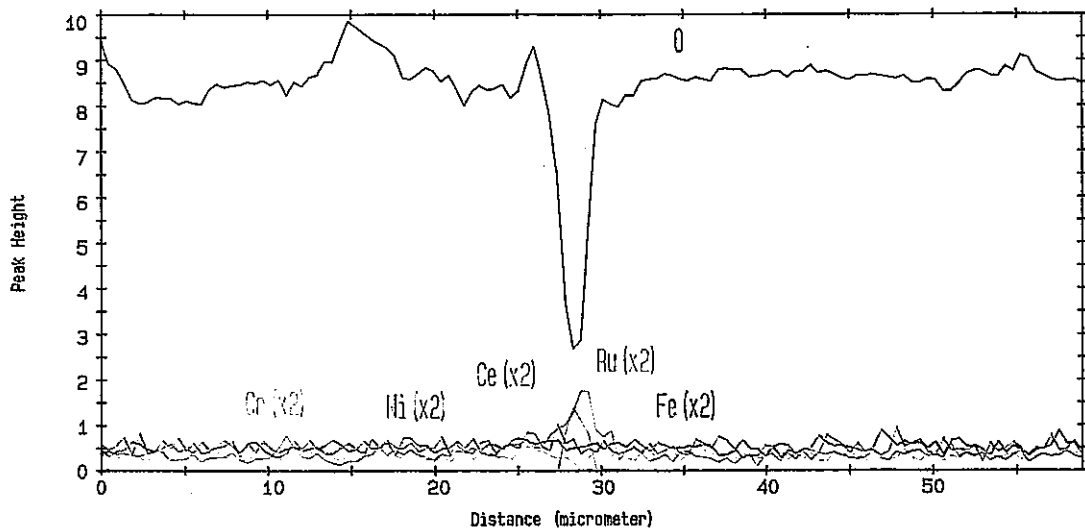
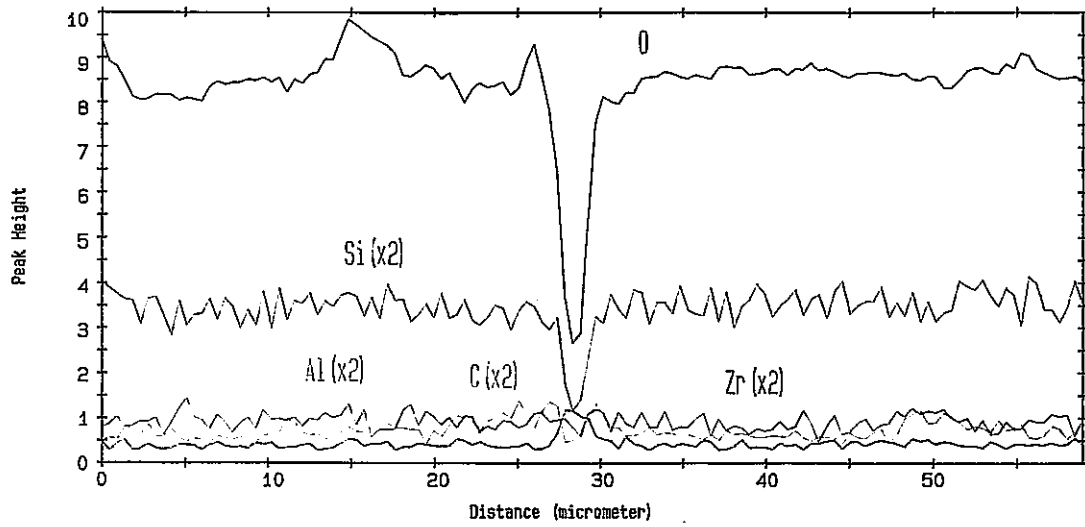
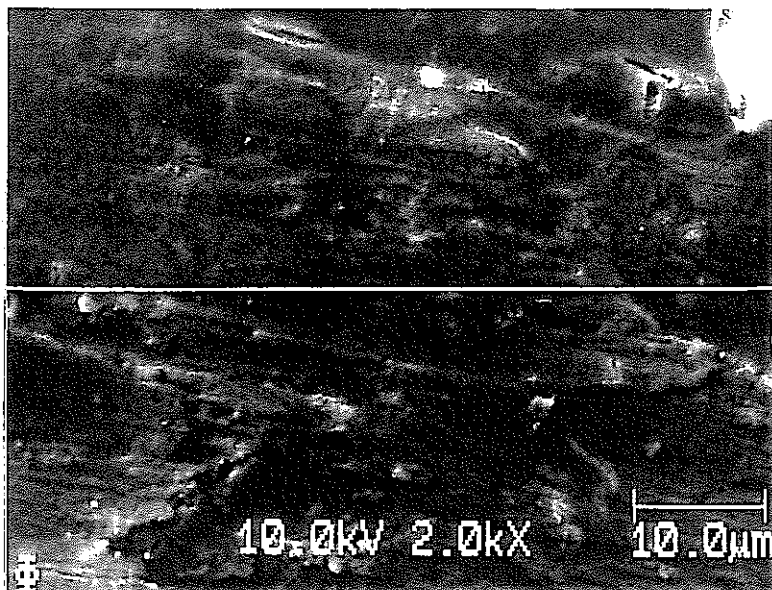


図4.6-160 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)



分析箇所の
二次電子像

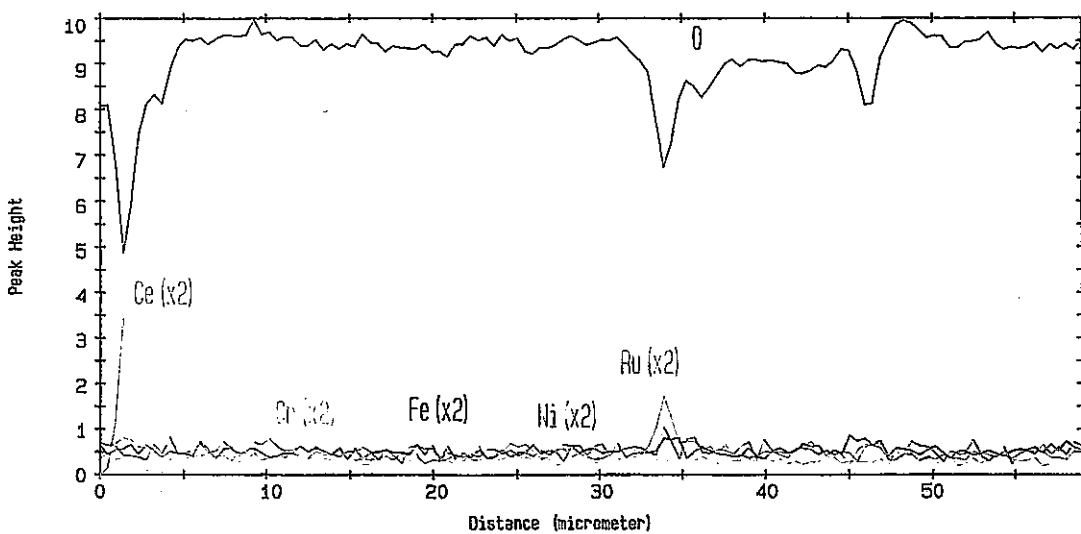
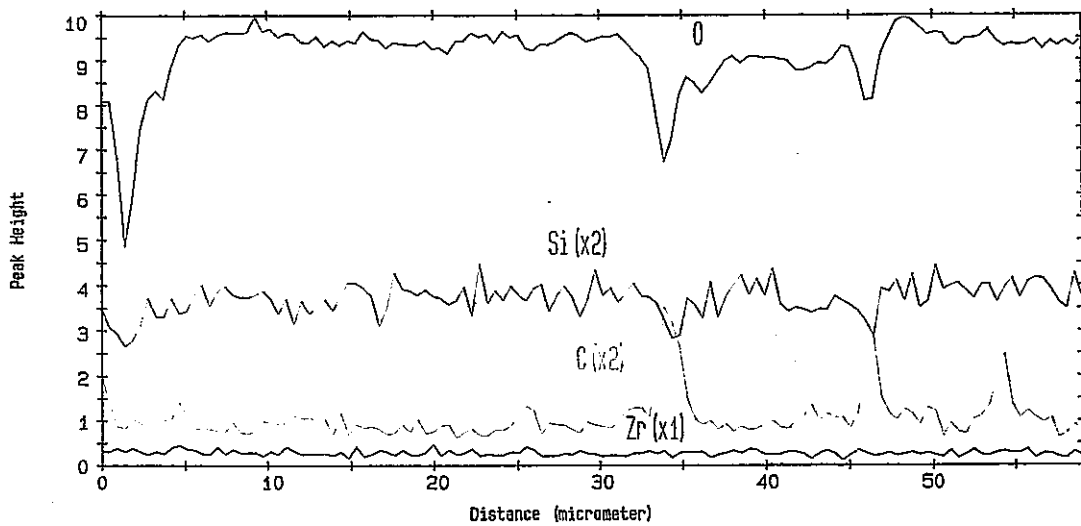
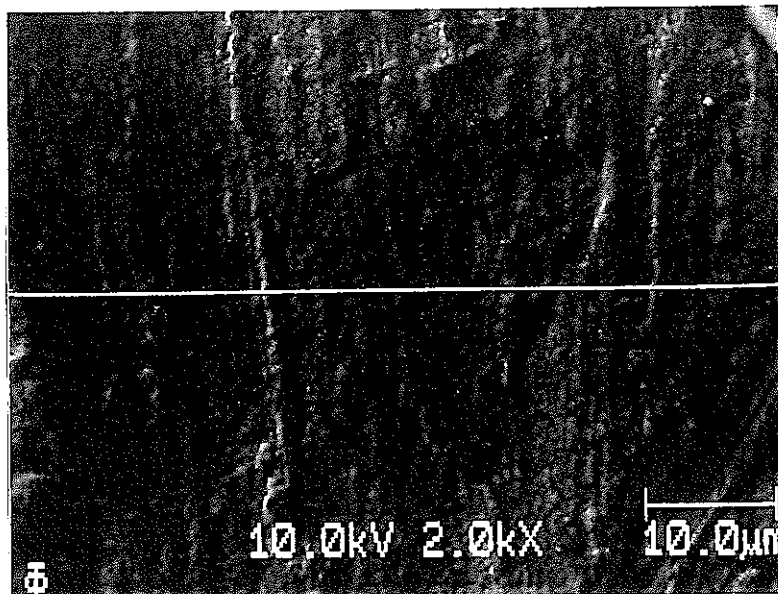


図4.6-161 Zr製蒸発管内表面のAESによる線分析結果
(部位14/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル)



分析箇所の
二次電子像

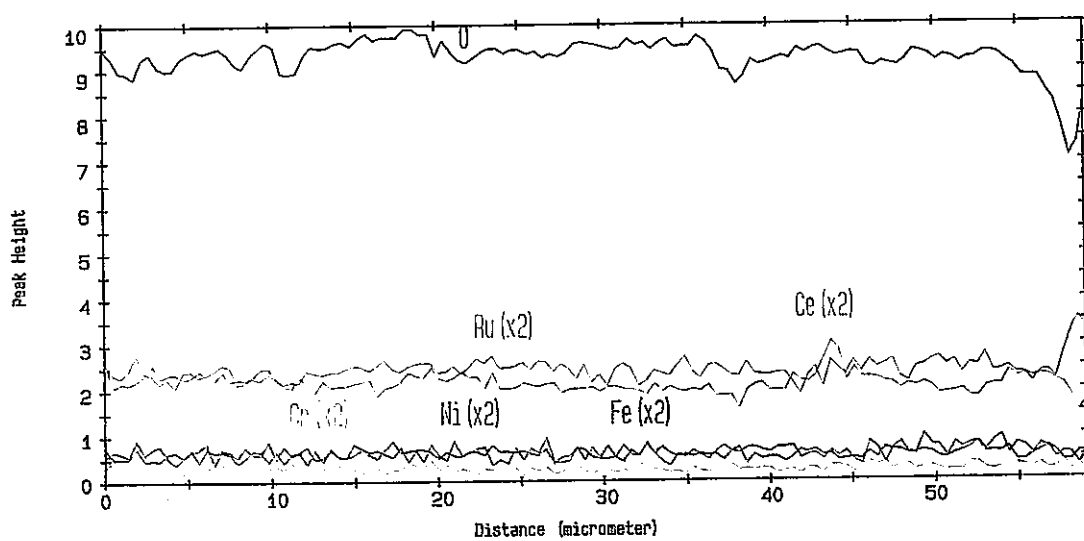
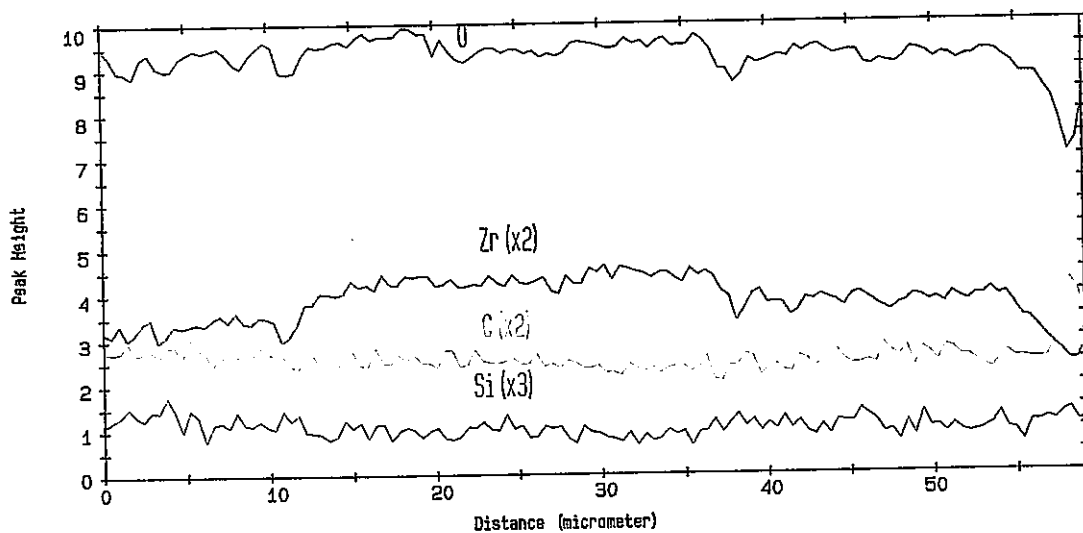
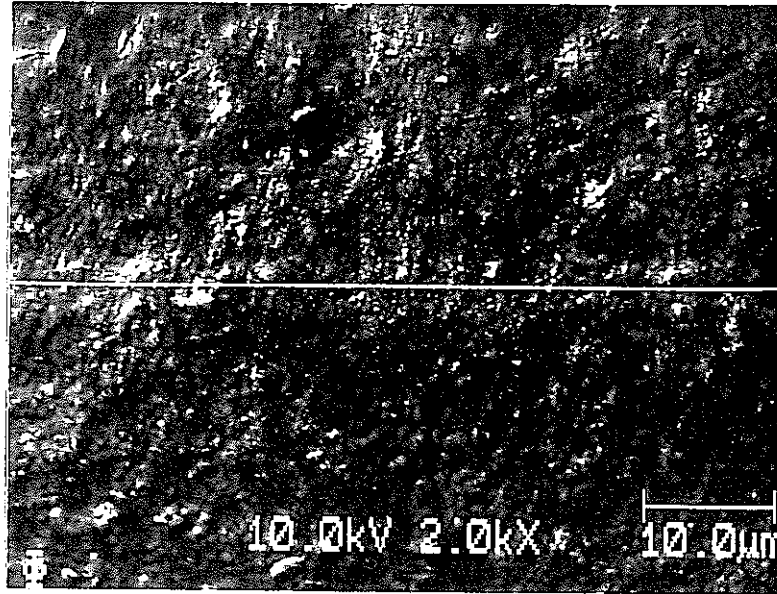


図4.6-162 Zr製蒸発管内表面のAESによる線分析結果
(部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル座)



分析箇所の
二次電子像

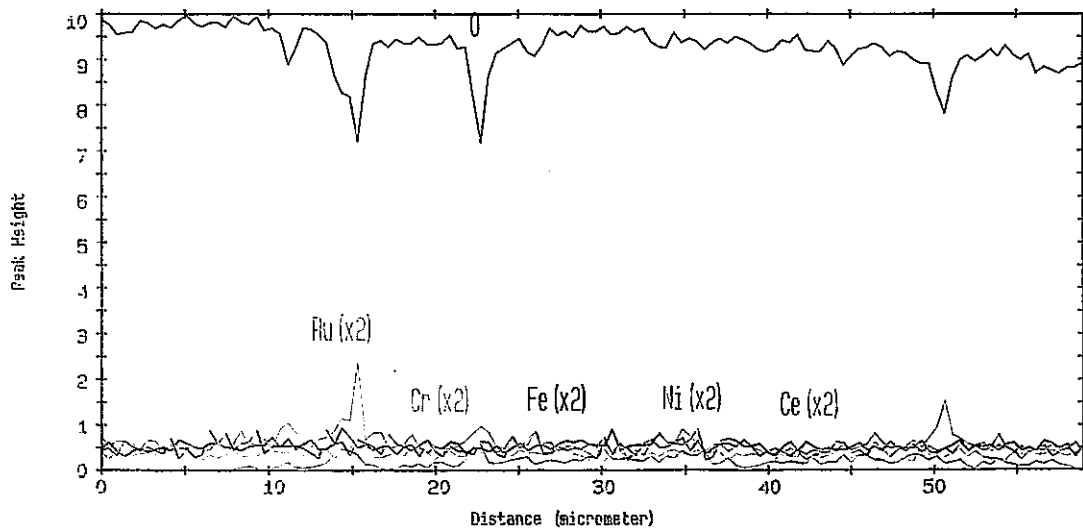
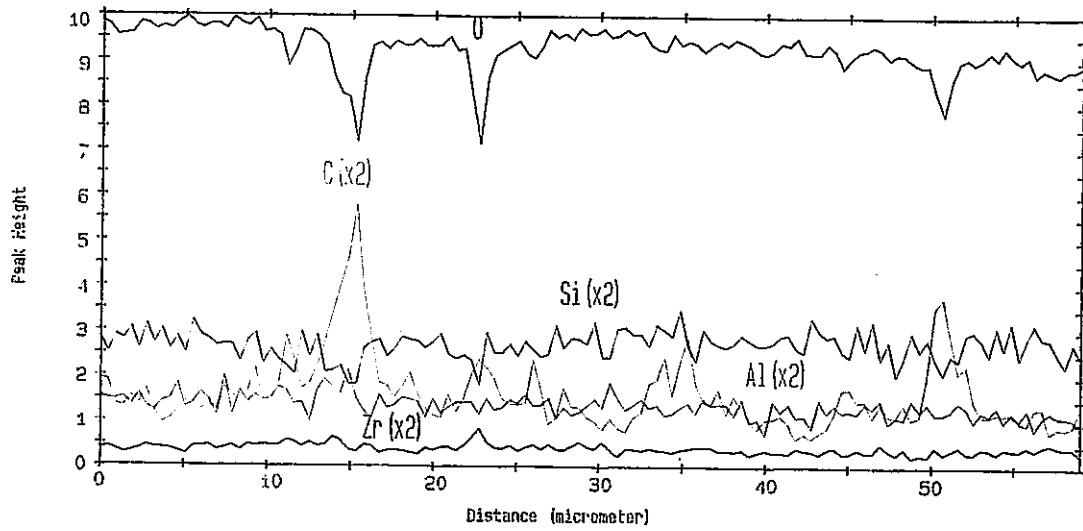
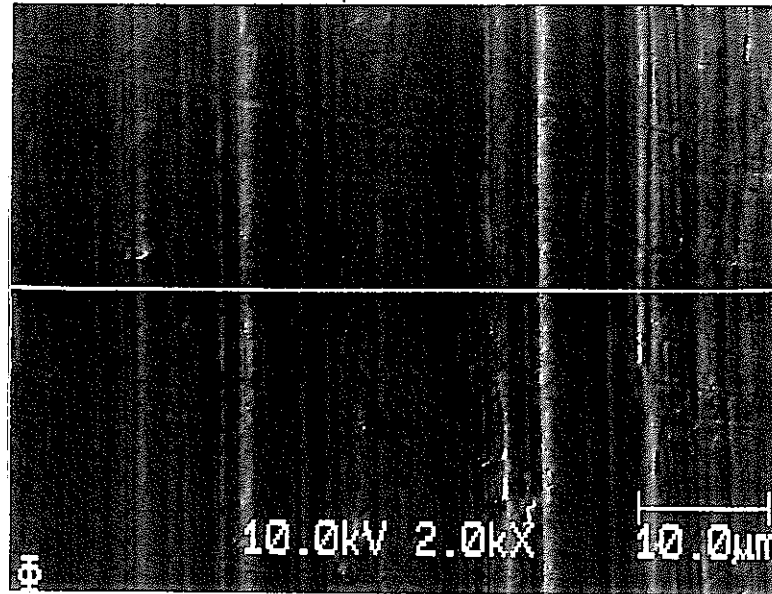


図4.6-163 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位16 / 蒸発部塔頂部 / 胴部)



分析箇所の
二次電子像

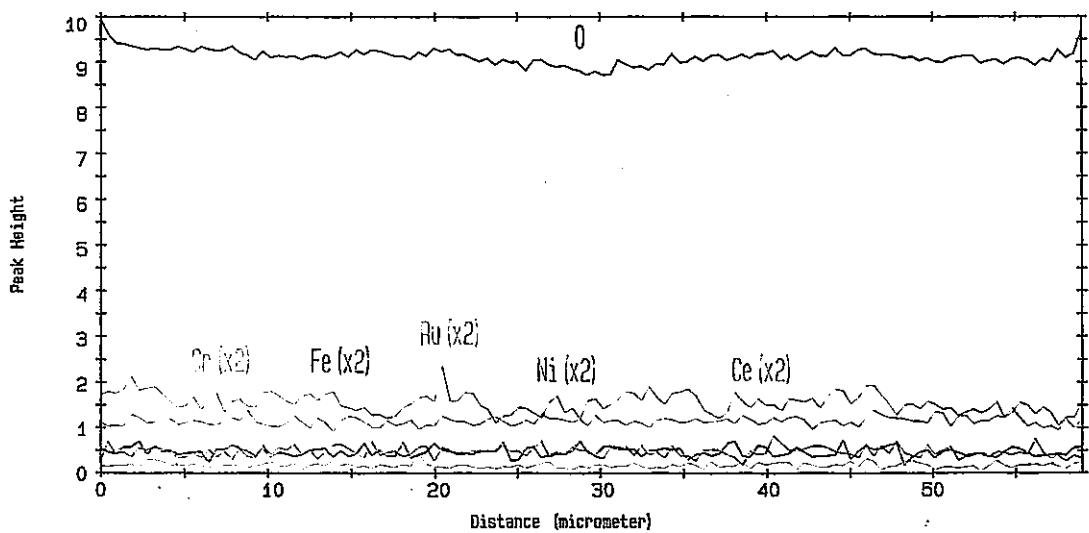
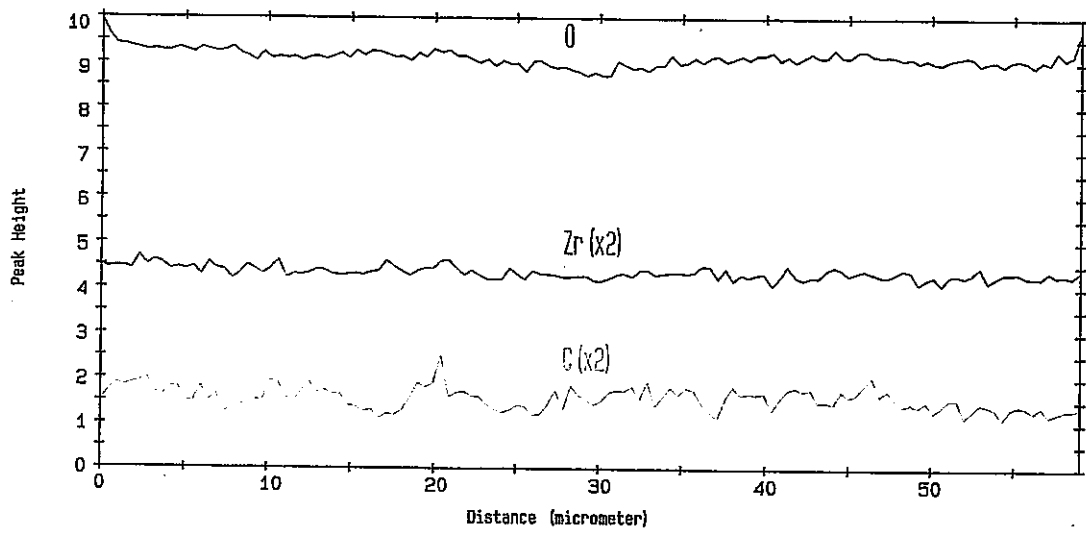
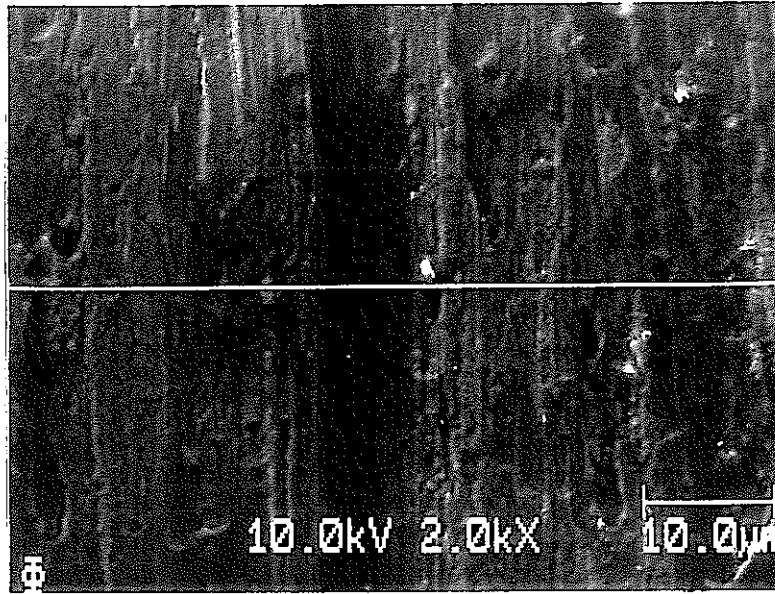


図4.6-164 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)



分析箇所の
二次電子像

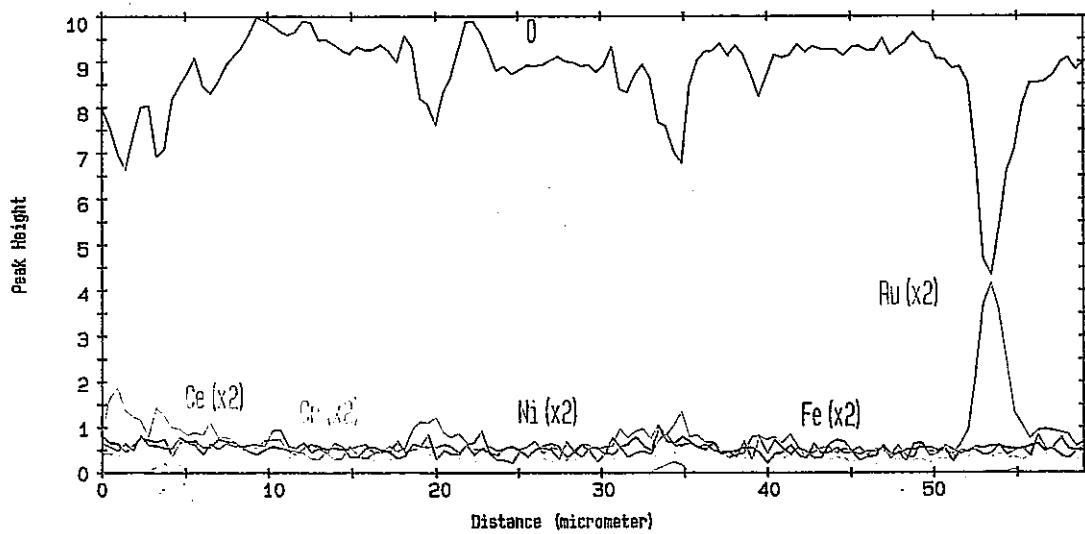
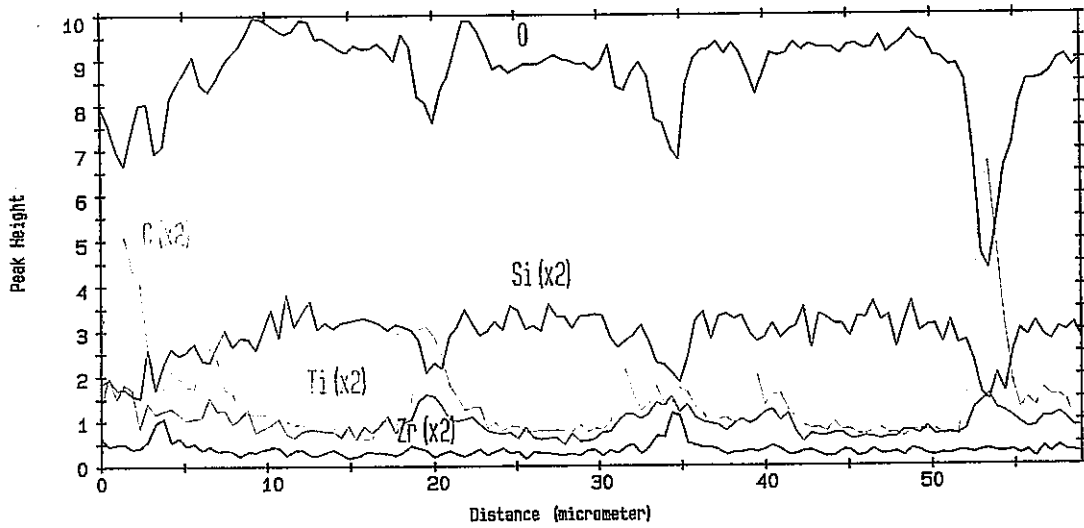
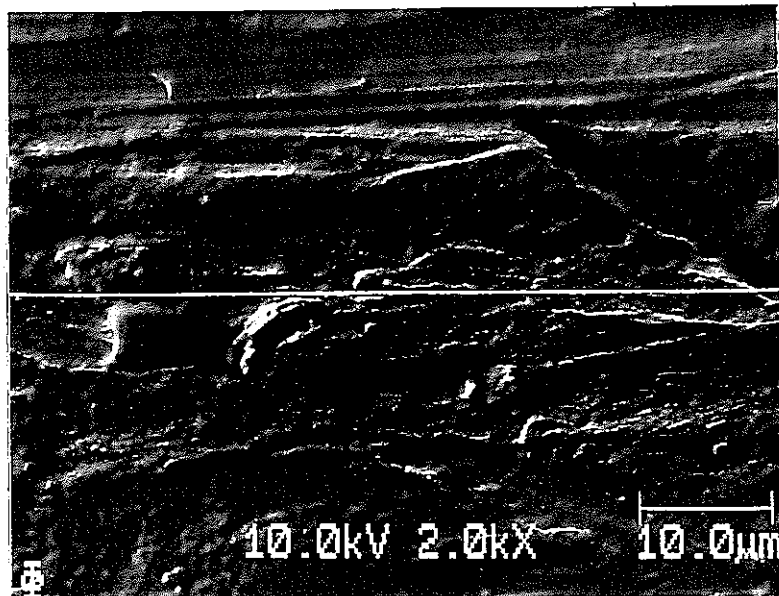


図4.6-165 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル長手溶接部)



分析箇所の
二次電子像

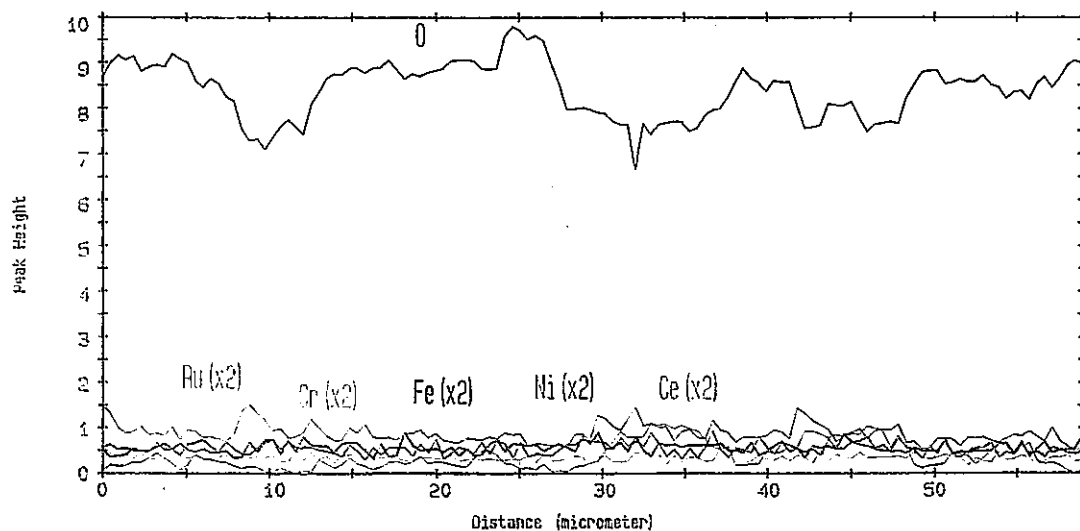
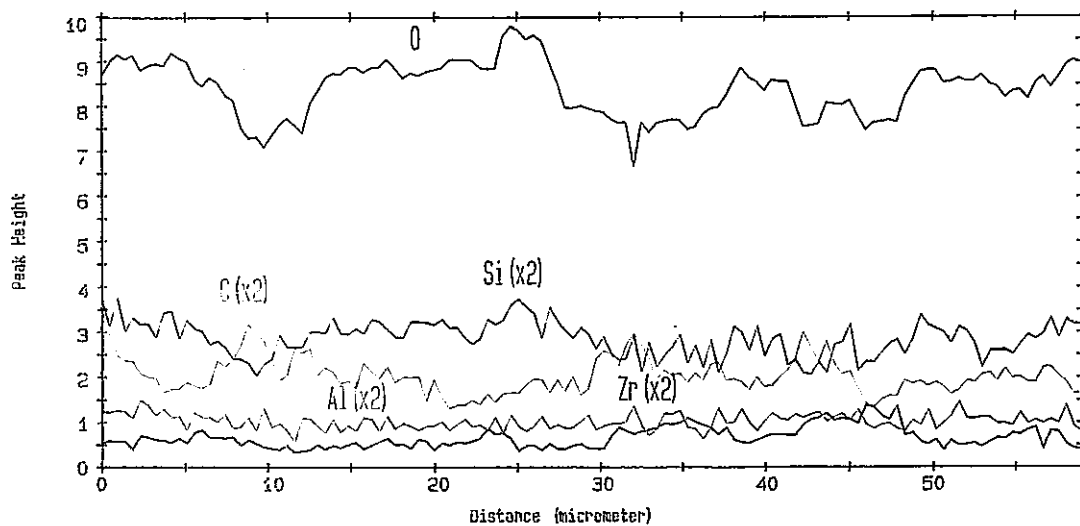
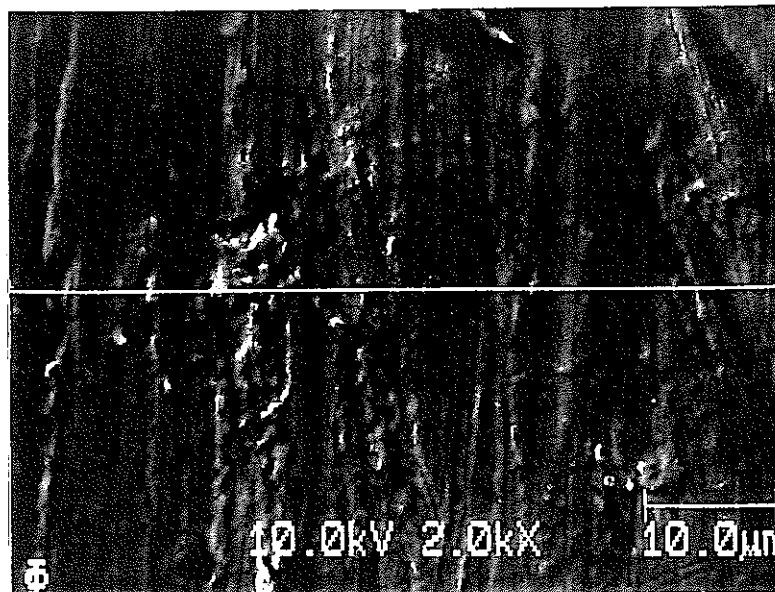


図4.6-166 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位19 / 蒸発部塔頂部 / 鏡部 / 塔頂部ノズル座溶接部)



分析箇所の
二次電子像

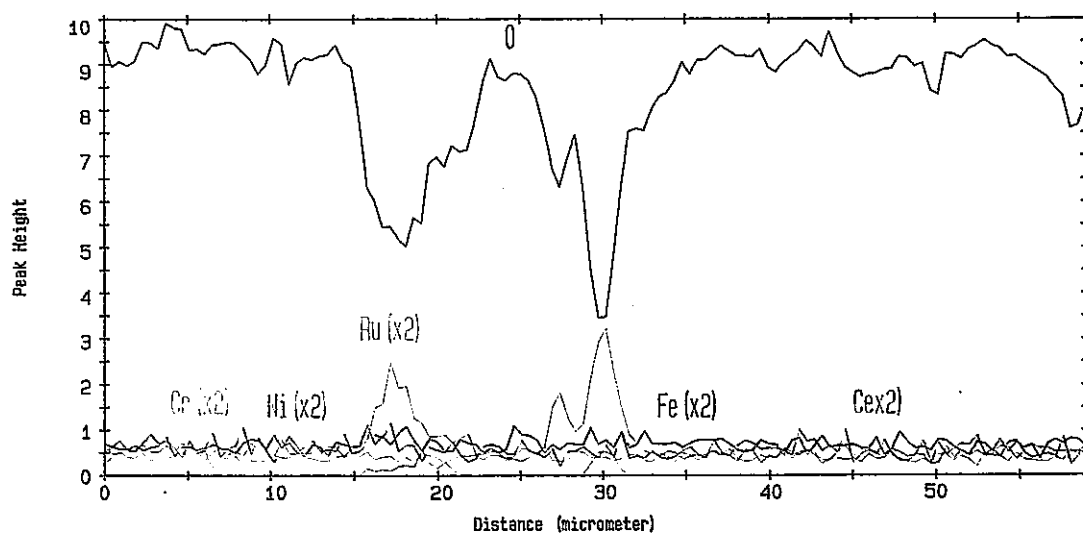
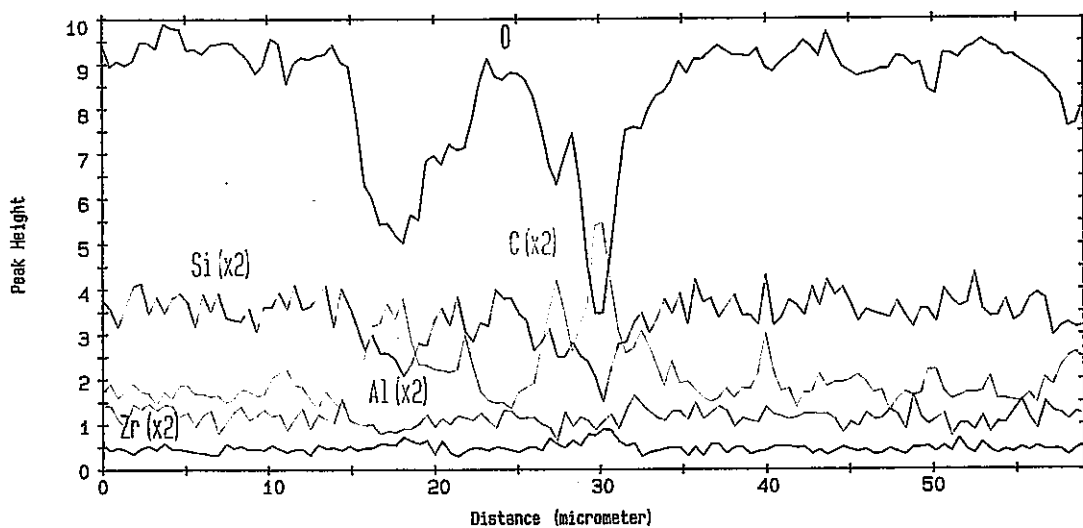
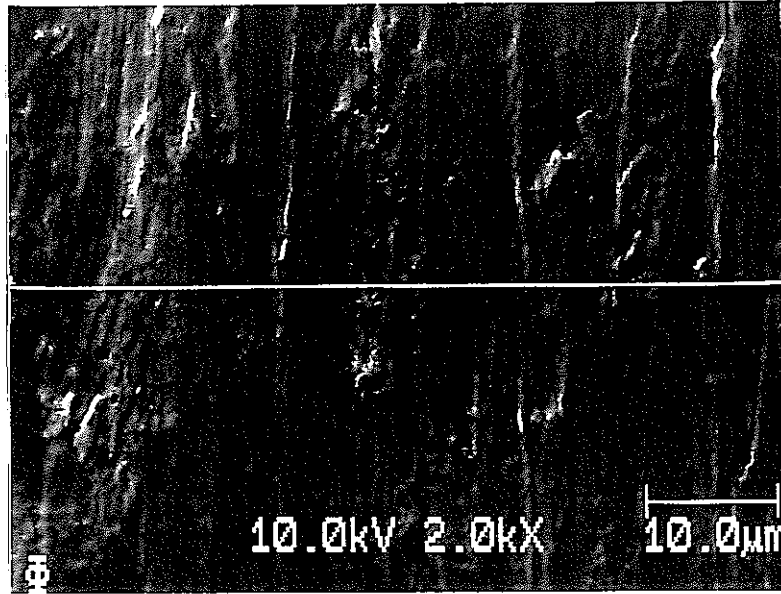


図4.6-167 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)



分析箇所の
二次電子像

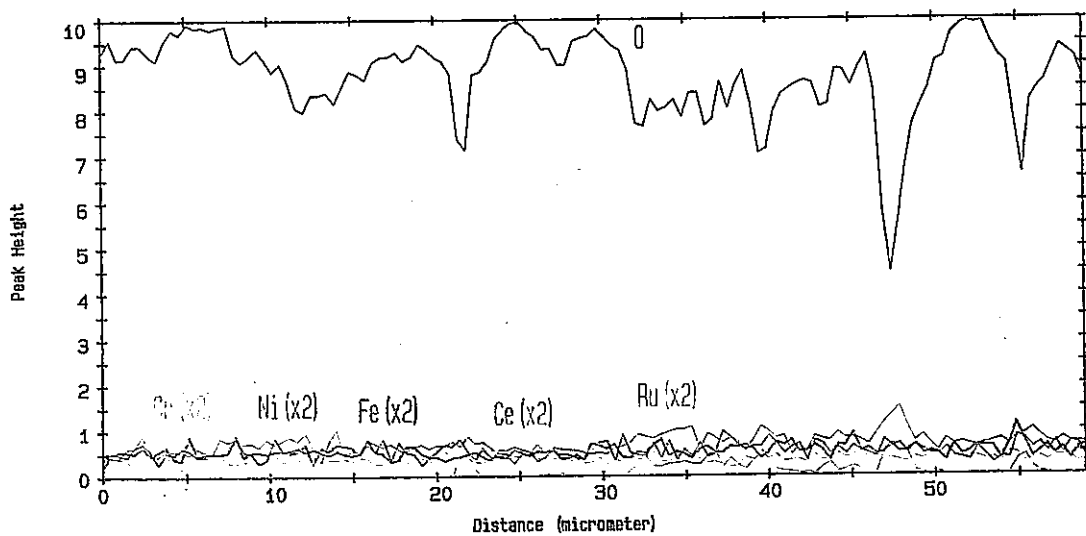
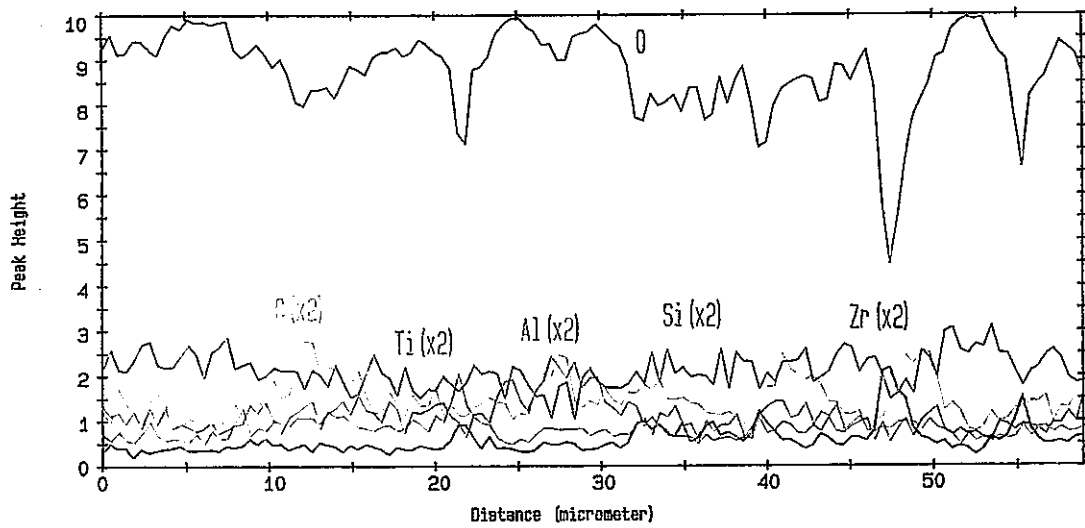
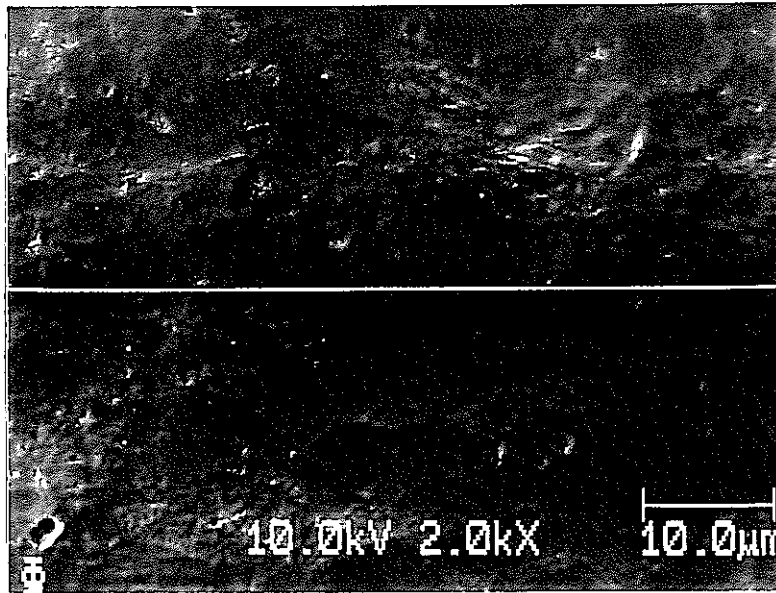
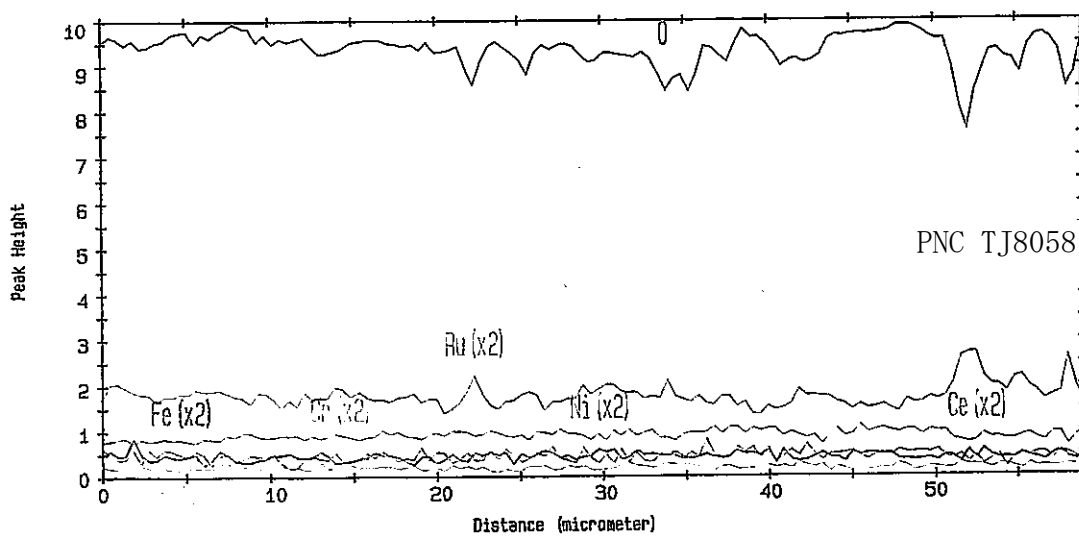
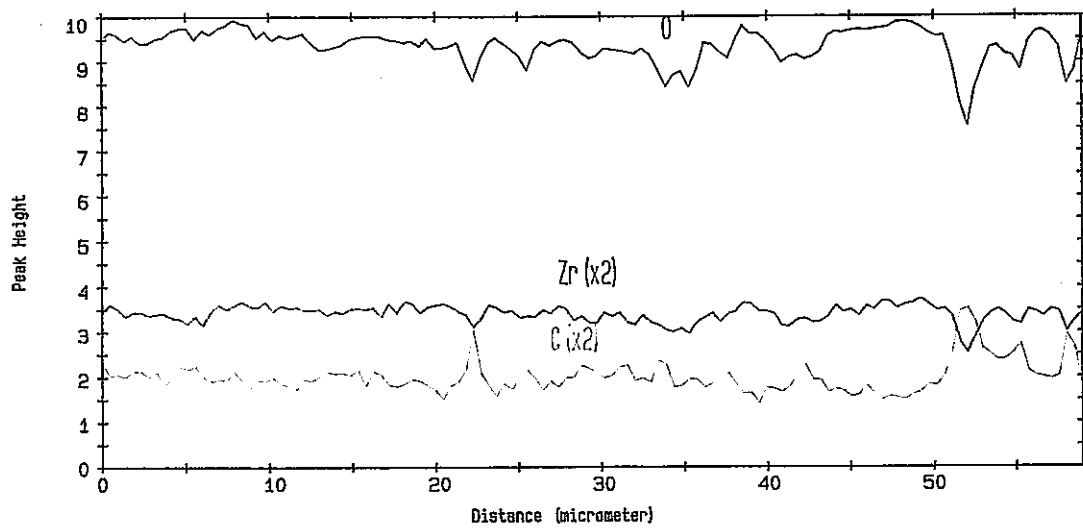


図4.6-168 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位21 / ベンド配管 / 硝酸蒸気入口側付近)

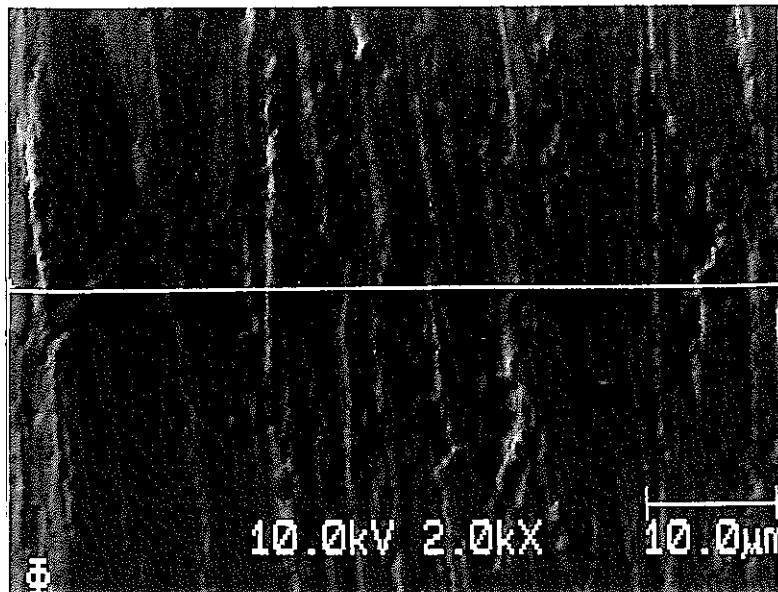


分析箇所
の
二次電子像



PNC TJ8058 97-007

図4.6-169 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位22/バンド配管/配管中央付近)



分析箇所の
二次電子像

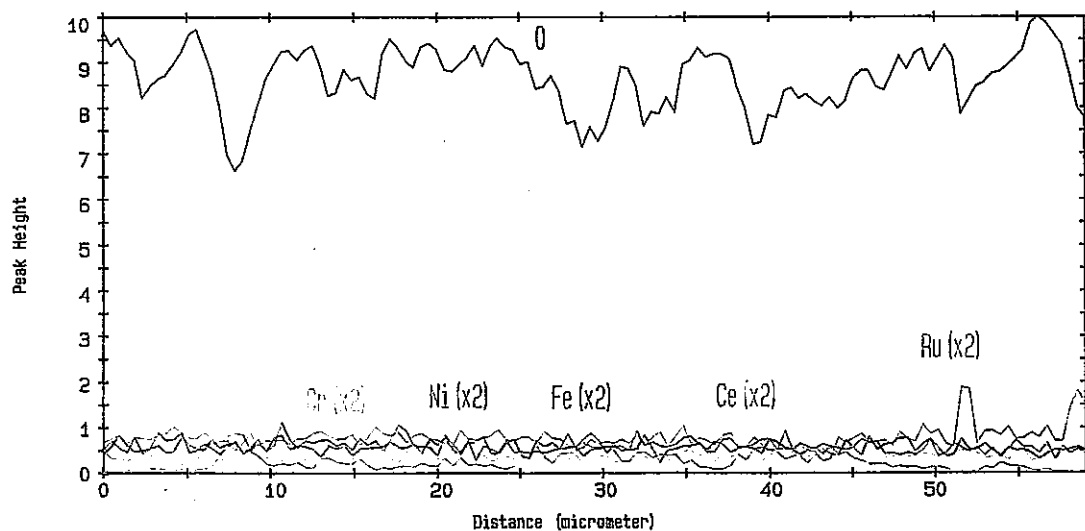
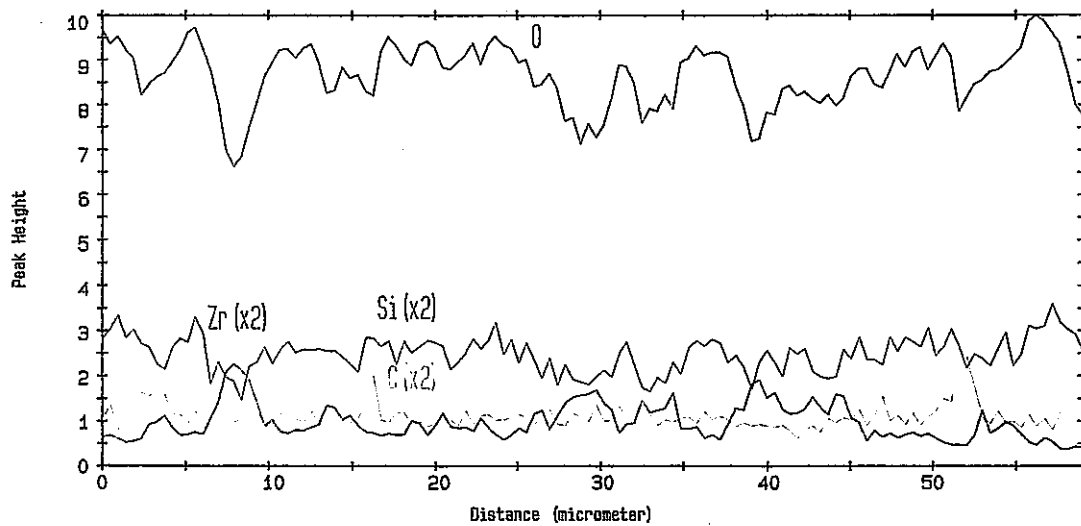
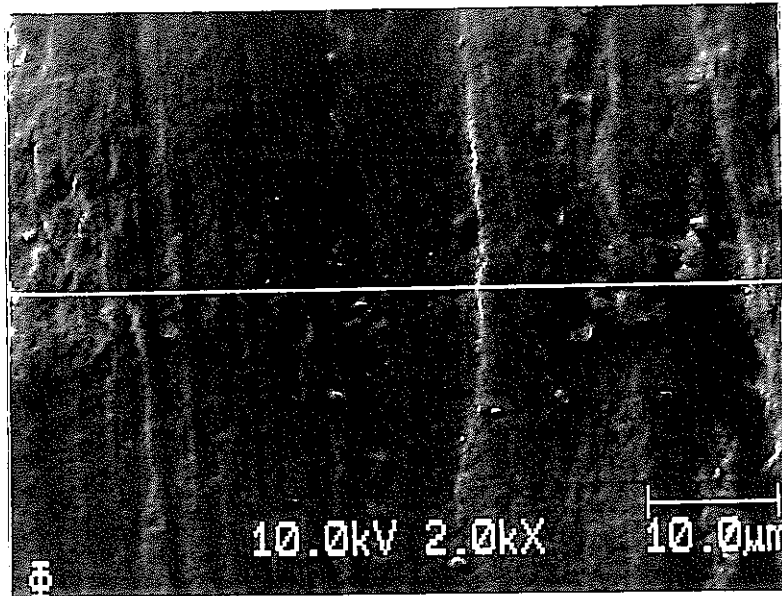


図4.6-170 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位23/ベンド配管/硝酸蒸気出口側付近)



分析箇所の
二次電子像

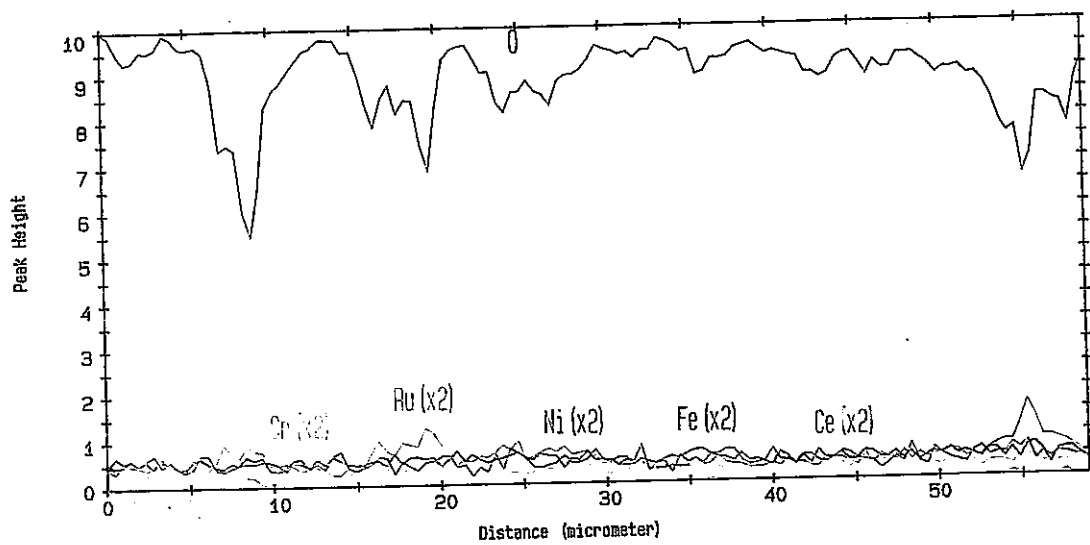
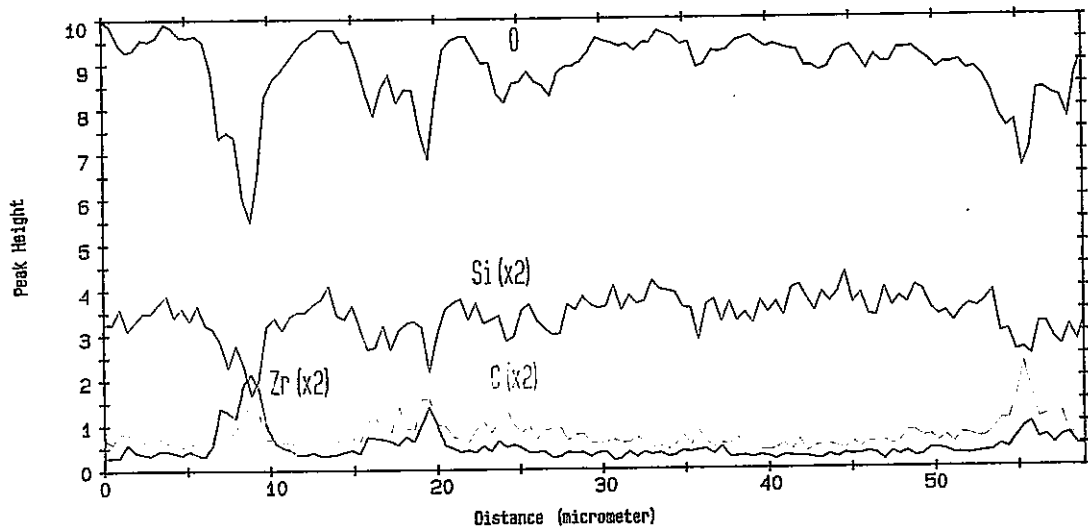
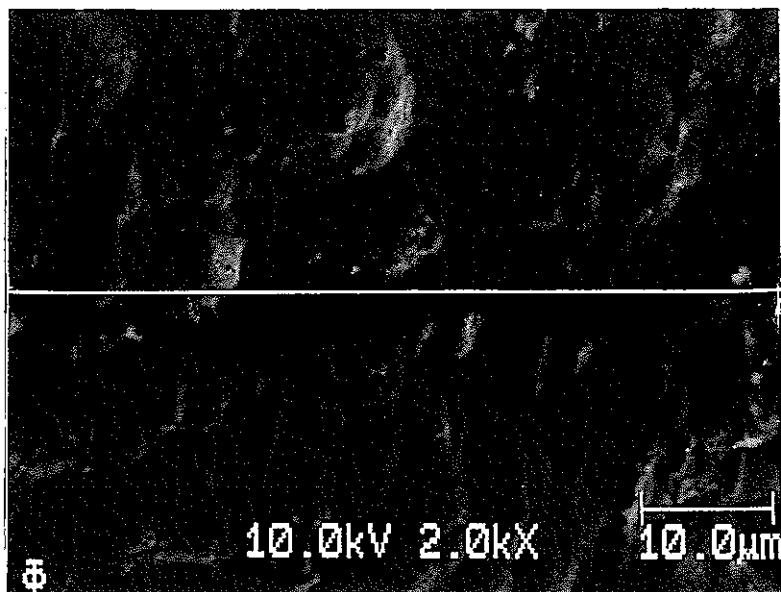


図4.6-171 Zr製蒸発缶内表面のAESによる線分析結果
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)



分析箇所の
二次電子像

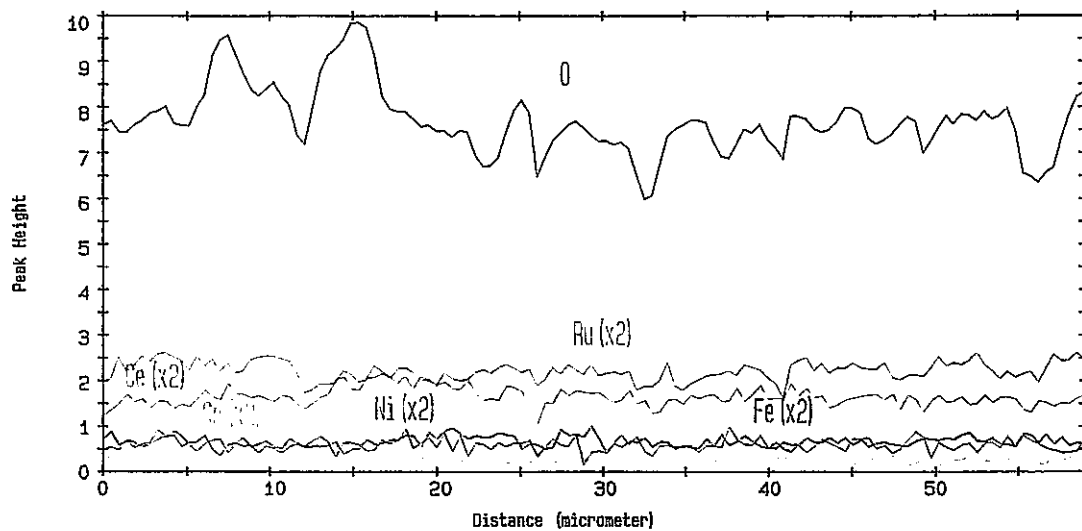
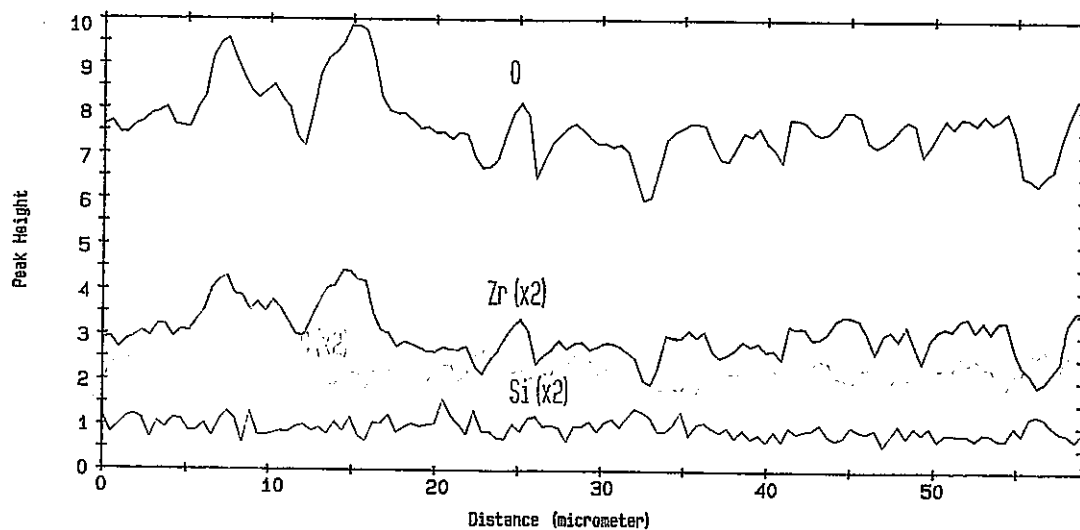


図4.6-172 Zr製蒸発管内表面のAESによる線分析結果
(部位25/ベンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

4.7 酸化皮膜の厚さ測定

評価部位各部の酸化皮膜厚さについて測定を行い、各部位間の酸化皮膜形成状況について確認を行った。なお、当初、エリプソメーター（偏光解析法）を用いて評価を試みたが、評価試験片の中には表面にかなり凹凸が認められ、さらに測定表面に腐食生成物あるいはSiスケールで覆われている場合もあり、このような表面状態では表面に入射したレーザー光の反射が認められないことが多く、測定不能であった。

そこで、AESを用いて表面から深さ方向にスパッタリングを行い、得られたOのピーク強度の深さ方向の減衰カーブから、酸素濃度が最高値の1/2に減少するまでを酸化皮膜厚さとした。また、部位によっては最表面にSiが存在しており、その場合は、まずSi濃度が最高値の1/2に減少する時点のEtch Timeを読み取り、これをSiO₂スケール厚さとした。次にそれ以降のEtch Timeで酸素濃度が最高値の1/2に減少する時点のSiO₂スケール+TiO₂（あるいはZrO₂）酸化皮膜厚さとし、これを前者で求めたSiO₂スケール厚さで差し引いて、これをTiO₂及びZrO₂の推定酸化皮膜厚さとした。

なお、スパッタリングはAr⁺により行ったが、そのスパッタリング速度は純金属と酸化物では異なるため、酸化膜厚はあくまで金属Ti及びZrのスパッタリング速度で換算を行い推定膜厚とした。

その分析結果について、Ti-5Ta製は図4.7-1～4.7-27に、Zr製については図4.7-28～4.7-54に示すと共に、酸化皮膜除去時間及び推定酸化膜厚をまとめたものを表4.7-1及び4.7-2に示す。

Ti-5Ta製

40000時間運転試験後の表面に形成されたTiO₂と推測される酸化皮膜厚さは、推定で50～1400Åであった。

また、酸化皮膜の表層部には、前項の4.6-2ESCA分析により存在が確認されたSiO₂スケールが付着しており、これは深さ方向分析の前に実施した洗浄で除去できなかったものと思われる、そのスケール厚さは100～300Åであった。また、部位別に皮膜形成状況を見ると傾向は明確ではないが、伝熱管および加熱部上部チャンネルは、蒸発部塔頂部及びベント配管に比較すると平均で約200Å厚く形成されており、この事から減肉が比較的認められた硝酸蒸気環境中である蒸発部塔頂部及びベント配管に形成している酸化皮膜は、比較的薄いものと判断される。この傾向については、後述の考察にて述べる。

Zr製

Zr製で形成された40000時間運転試験終了後のZrO₂と想定される酸化皮膜厚さは、推定で400～5100Åの範囲で存在することが判明し、Ti-5Ta製に形成された酸化皮膜よりも厚いものであった。なお、酸化皮膜の最表面部には、Ti-5

Ta 製同様に分析前の洗浄で除去されなかったSiO₂スケールが付着しており、そのスケール厚さは推定で150～400Åであった。また、各部位における酸化皮膜厚さの差異は明瞭に認められないが、4.5 SEM観察で全面腐食の発生が確認されたベント配管/配管長手溶接部の酸化皮膜厚さが、推定400～750Åと他の部位と比較して薄いことが認められた。しかし、膜厚としては十分形成されているものと判断され、他の部位と同様に安定な不動態皮膜を表面に形成し耐食性を有しているものと推察される。

以上のことから、AESによる酸化皮膜の深さ方向測定より、Ti-5Ta 製及びZr 製のいずれの分析部位にも酸化皮膜が形成されていることが確認された。なお、酸化皮膜の形成状況はTi-5Ta 製に比べて、Zr 製が比較的膜厚が厚く形成されていることが確認された。

表4.7-1 A E Sによる酸化皮膜の深さ方向分析 (Ti - 5 T a製)

評価部位	表面色調	酸化膜除去時間 (sec)				酸化膜厚 (Å)				Si元素の 有○無-
		Ti(Si含)		Ti-Si		Ti(Si含)		Ti-Si		
		Ti(Si含)	Ti-Si	Ti(Si含)	Ti-Si	Ti(Si含)	Ti-Si	Ti(Si含)	Ti-Si	
伝熱管	1 上部管板から0.5m付近	300	-	-	-	900	-	-	-	-
	2 上部管板から2.0m付近	100	-	-	-	300	-	-	-	-
	3 下部管板から0.5m付近	250	-	-	-	750	-	-	-	-
加熱部 上部ファンネル	4 鏡部	180	-	-	-	550	-	-	-	-
	5 胴部	260	-	-	-	800	-	-	-	-
	6 温度計さや管	130	-	-	-	400	-	-	-	-
	7 胴長手溶接部	250	150	100	100	750	450	300	300	○
	8 上部連絡管ノズル座溶接部	100	50	50	50	300	150	150	150	○
上部連絡管	9 上部伸縮管平行部/上部	90	60	30	30	300	200	100	100	○
	上部伸縮管平行部/下部	100	50	50	50	300	150	150	150	○
	上部伸縮管/上部	110	-	-	-	350	-	-	-	-
	上部伸縮管/下部	100	-	-	-	300	-	-	-	-
	上部伸縮管/平行胴溶接部	450	-	-	-	1,400	-	-	-	-
蒸発部塔頂部	12 伸縮管ノズル座溶接部	220	70	150	150	700	250	450	450	○
	鏡部	220	170	50	50	700	550	150	150	○
	塔頂部ノズル	100	60	40	40	300	180	120	120	○
	塔頂部ノズル座	50	20	30	30	150	50	100	100	○
	胴部	60	-	-	-	180	-	-	-	-
バンド配管	17 温度計さや管	90	-	-	-	300	-	-	-	-
	塔頂部ノズル長手溶接部	110	70	40	40	350	230	120	120	○
	鏡部/塔頂部ノズル座溶接部	200	160	40	40	600	480	120	120	○
	胴長手溶接部	200	150	50	50	600	450	150	150	○
	硝酸蒸気入口側付近	100	50	50	50	300	150	150	150	○
バンド配管	22 配管中央付近	250	-	-	-	750	-	-	-	-
	硝酸蒸気出口側付近	100	60	40	40	300	180	120	120	○
	配管長手溶接部(入口付近)	110	70	40	40	350	230	120	120	○
	配管長手溶接部(出口付近)	100	70	30	30	300	200	100	100	○

表4.7-2 AJSによる酸化皮膜の深さ方向分析、Zr製

部 位	詳細部位	表面色調	酸化皮膜除去時間 (sec)				酸化膜厚 (Å)				Si元素の有○無-
			Zr(Si含)		Zr-Si		Zr(Si含)		Zr-Si		
			Zr(Si含)	Zr-Si	Zr(Si含)	Zr-Si	Zr(Si含)	Zr-Si	Zr(Si含)	Zr-Si	
伝熱管	1	上部管板から0.5m付近	350	-	-	-	1,800	-	-	-	-
	2	上部管板から2.0m付近	250	-	-	-	1,300	-	-	-	-
	3	下部管板から0.5m付近	850	-	-	-	4,200	-	-	-	-
加熱部 上部チャンネル	4	鏡部	210	-	-	-	1,100	-	-	-	-
	5	胴部	300	270	30	30	1,600	1,450	150	150	○
	6	温度計さや管	190	-	-	-	900	-	-	-	-
	7	胴長手溶接部	200	160	40	40	1,000	800	200	200	○
	8	上部連絡管ノズル座溶接部	220	170	50	50	1,100	850	250	250	○
上部連絡管	9	上部伸縮管平行胴/上部	350	-	-	-	1,800	-	-	-	-
	10	上部伸縮管平行部/下部	310	260	50	50	1,600	1,350	250	250	○
		上部伸縮管/上部	420	-	-	-	2,100	-	-	-	-
	10	上部伸縮管/下部	420	-	-	-	2,100	-	-	-	-
蒸発部塔頂部	11	上部伸縮管/平行胴溶接部	260	220	40	40	1,300	1,100	200	200	○
	12	伸縮管ノズル座溶接部	220	-	-	-	1,100	-	-	-	-
	13	鏡部	630	330	300	300	3,200	1,700	1,500	1,500	○
	14	塔頂部ノズル	200	150	50	50	1,000	750	250	250	○
	15	塔頂部ノズル座	320	270	50	50	1,600	1,350	250	250	○
ヘント配管	16	胴部	320	270	50	50	1,600	1,350	250	250	○
	17	温度計さや管	180	-	-	-	900	-	-	-	-
	18	塔頂部ノズル長手溶接部	1,100	1,020	80	80	5,500	5,100	400	400	○
	19	鏡部/塔頂部ノズル座溶接部	240	190	50	50	1,200	950	250	250	○
	20	胴長手溶接部	230	190	40	40	1,200	1,000	200	200	○
ヘント配管	21	硝酸蒸気入口側付近	320	270	50	50	1,600	1,350	250	250	○
	22	配管中央付近	1,100	-	-	-	5,500	-	-	-	-
	23	硝酸蒸気出口側付近	220	190	30	30	1,100	950	150	150	○
	24	配管長手溶接部(入口付近)	120	80	40	40	600	400	200	200	○
	25	配管長手溶接部(出口付近)	200	150	50	50	1,000	750	250	250	○

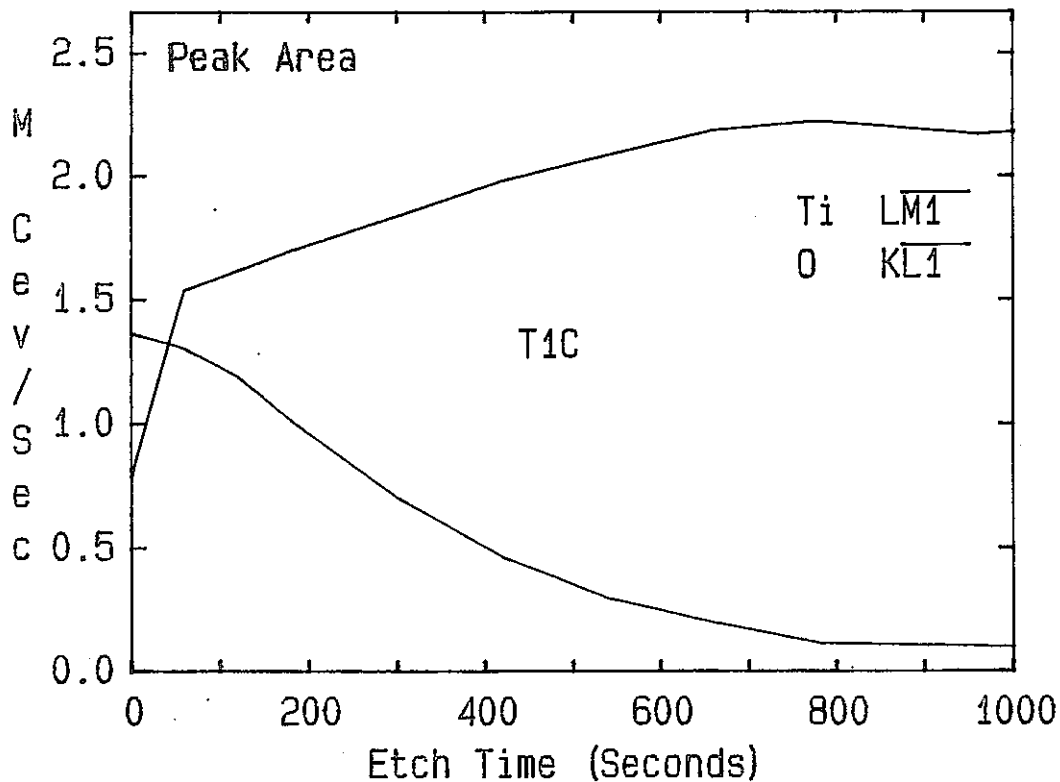


図4.7-1 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位1/伝熱管/上部管板から0.5m付近)

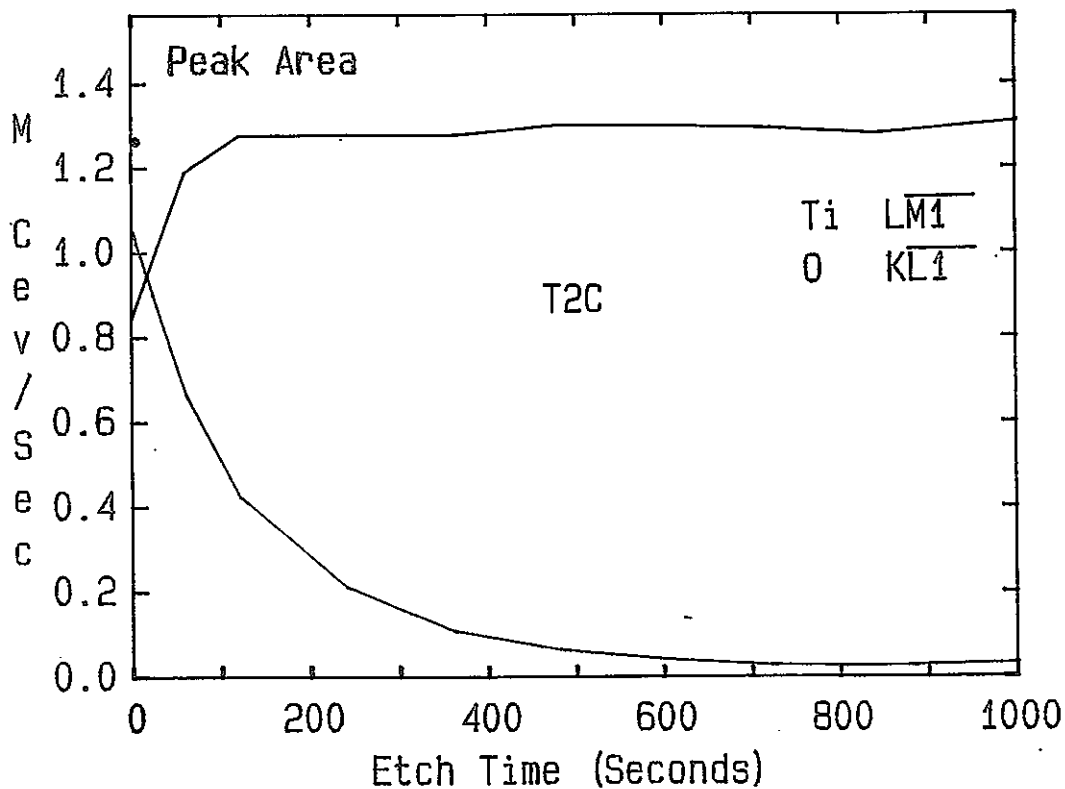


図4.7-2 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位2/伝熱管/上部管板から2.0m付近)

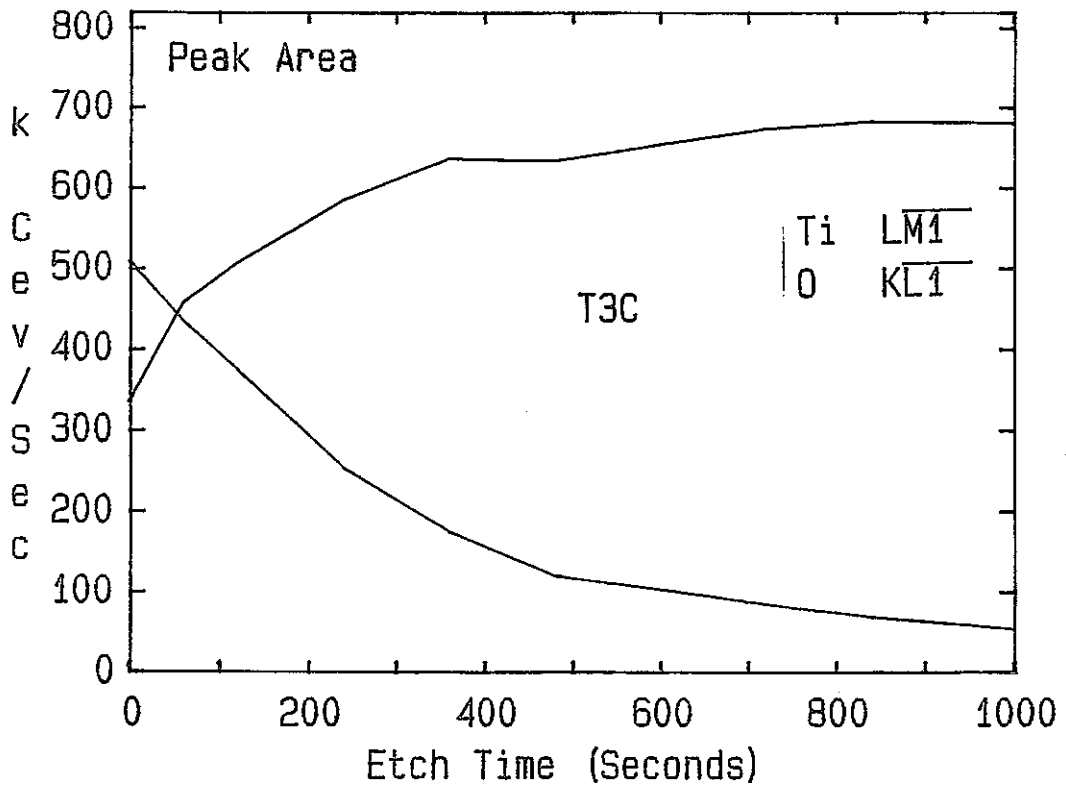


図4.7-3 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)

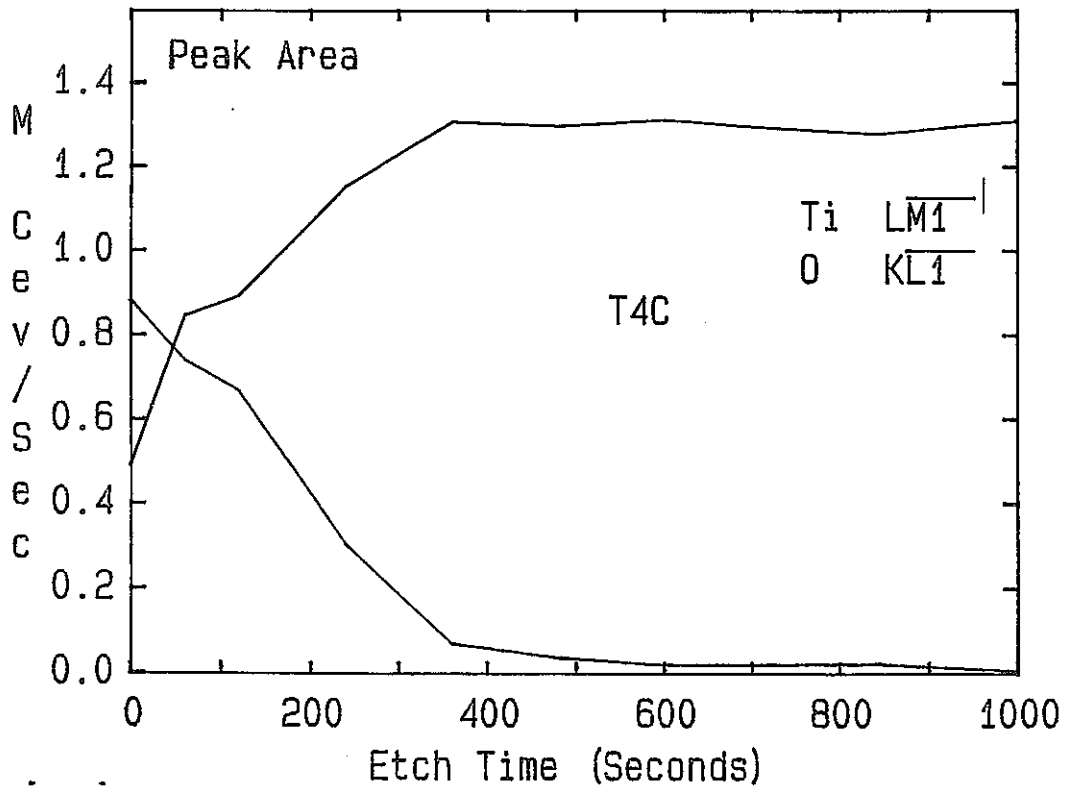


図4.7-4 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位4/加熱部上部チャンネル/鏡部)

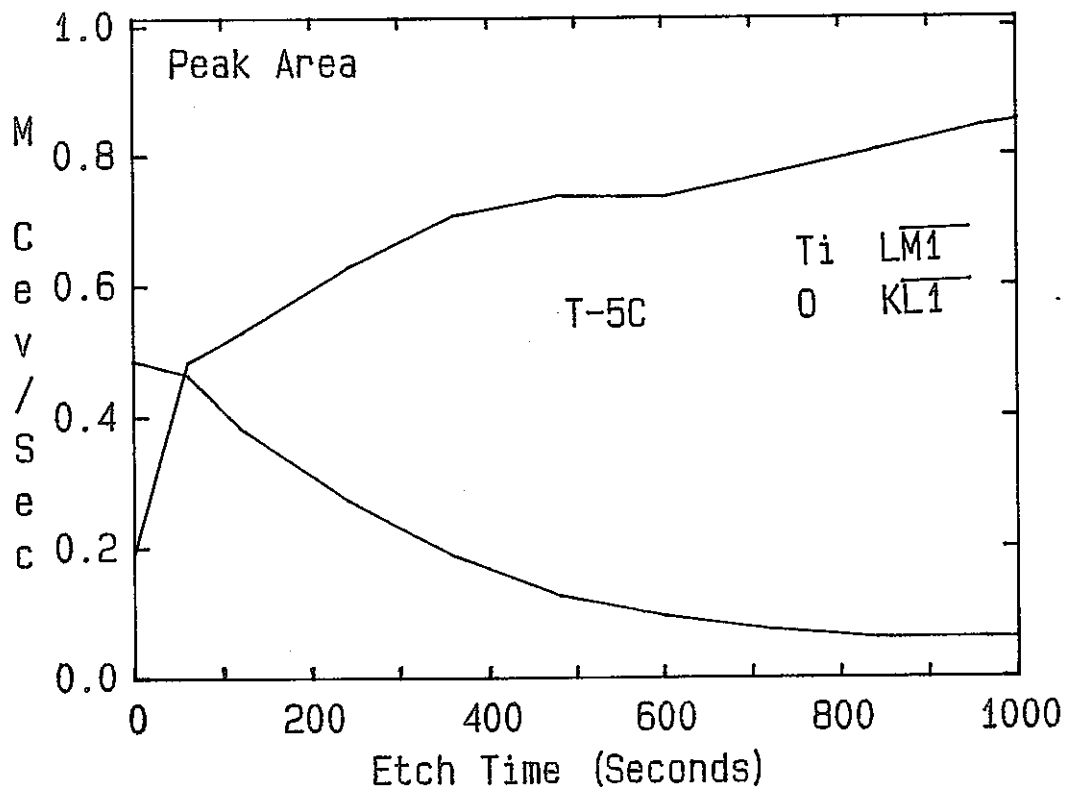


図4.7-5 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位5/加熱部上部チャンネル/胴部)

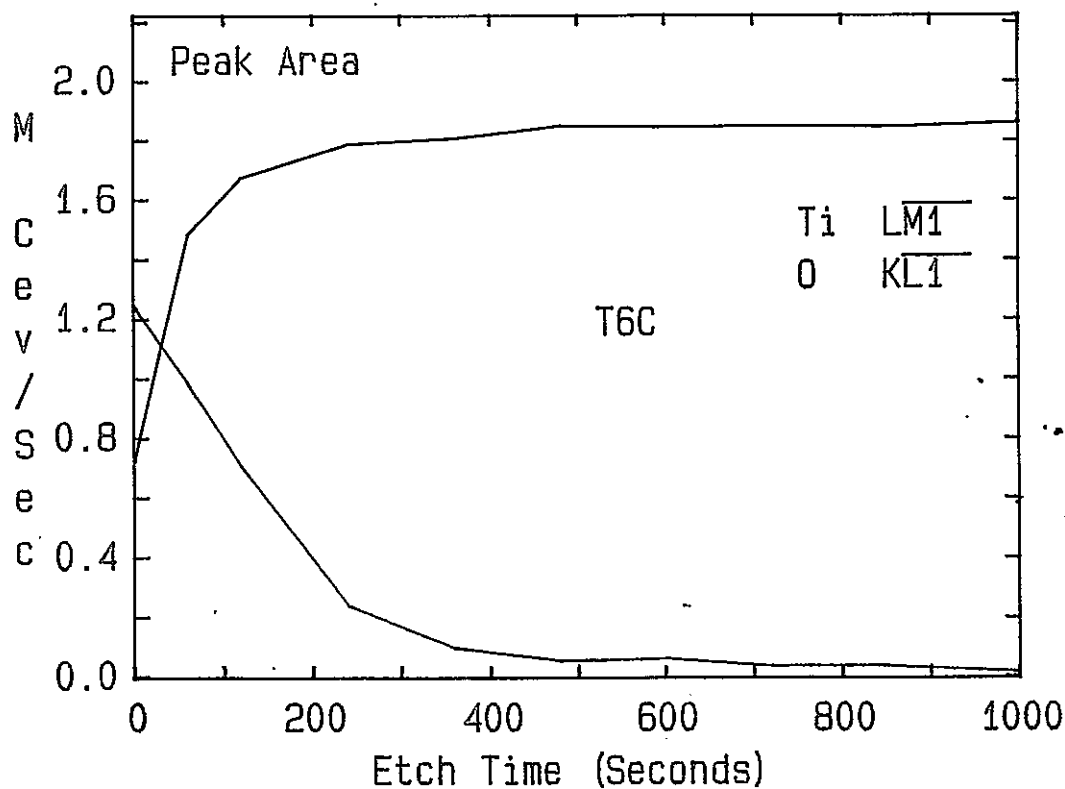


図4.7-6 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位6/加熱部上部チャンネル/温度計さや管)

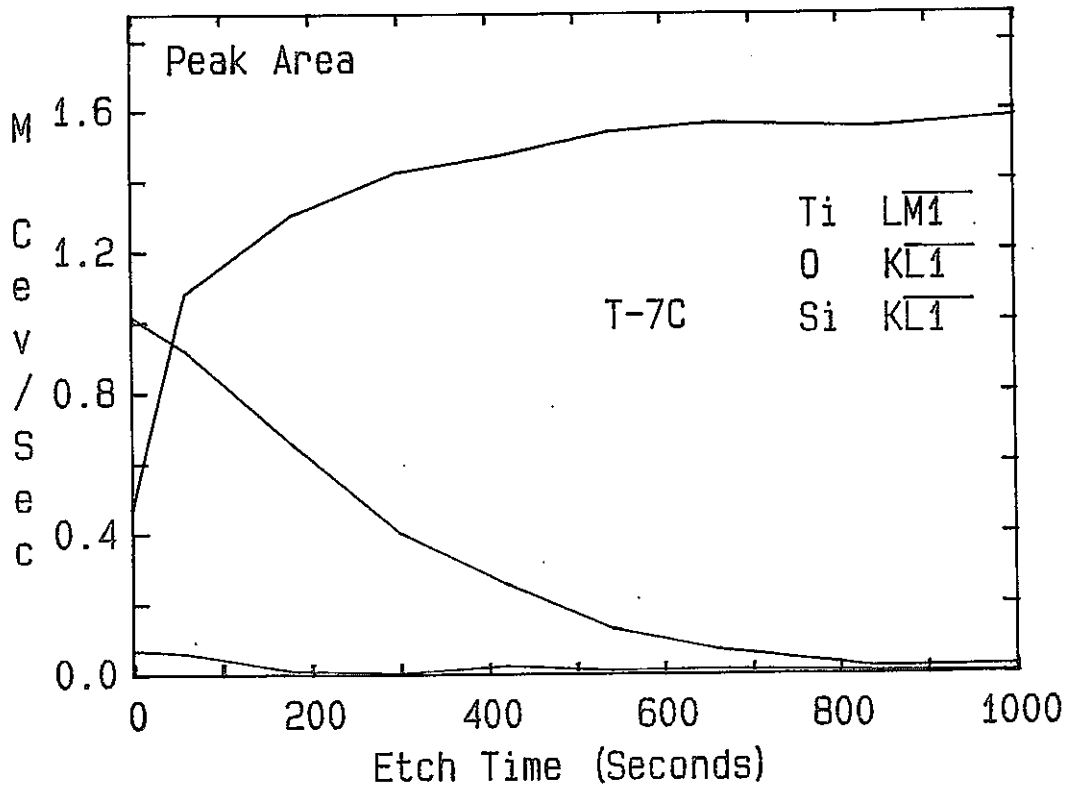


図4.7-7 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)

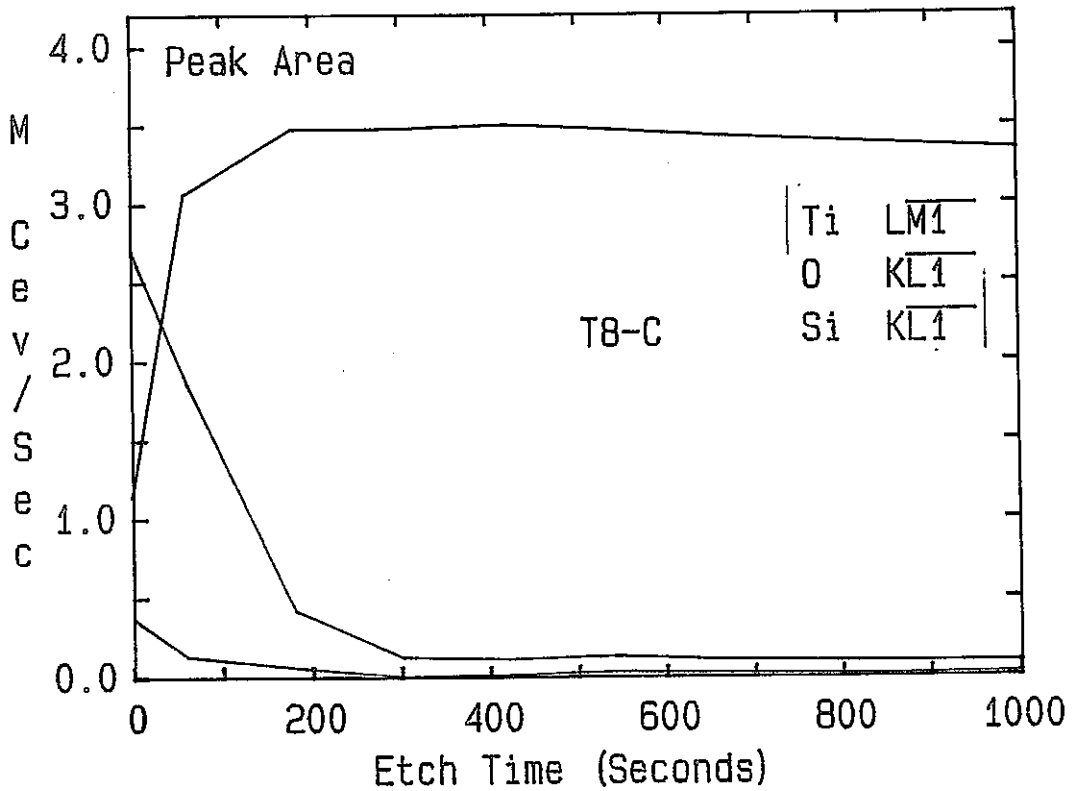


図4.7-8 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位8/加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノズル座溶接部)

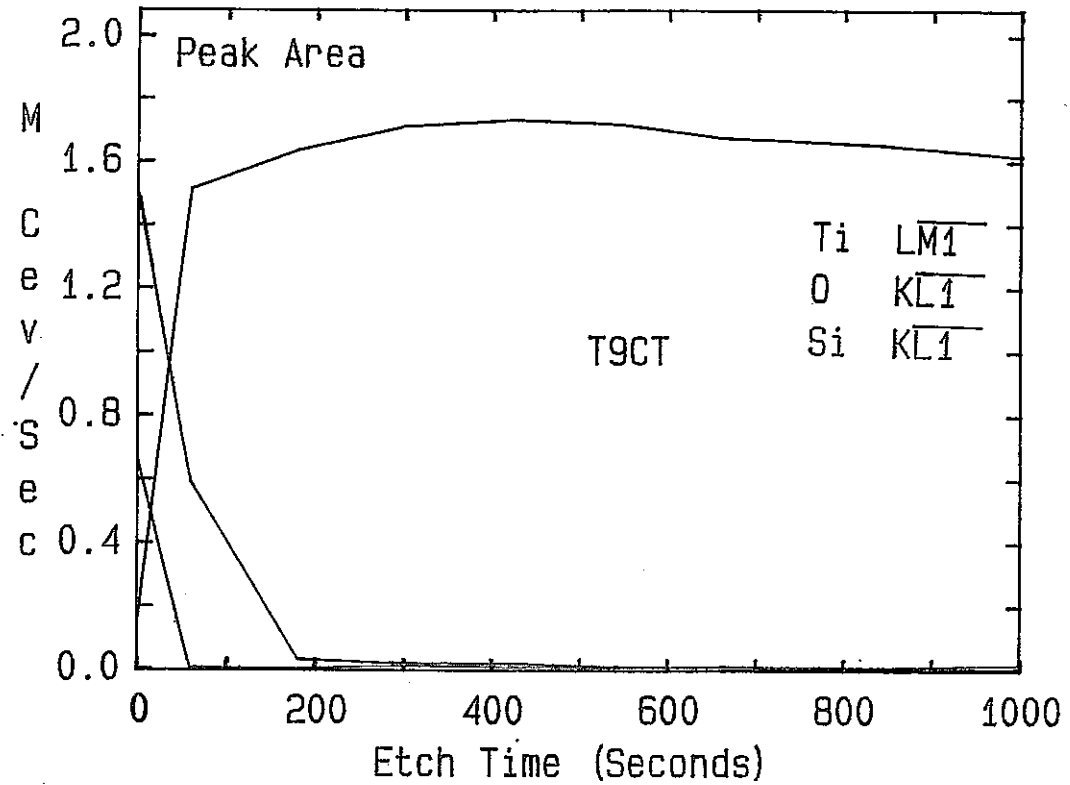


図4.7-9 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-気相部)

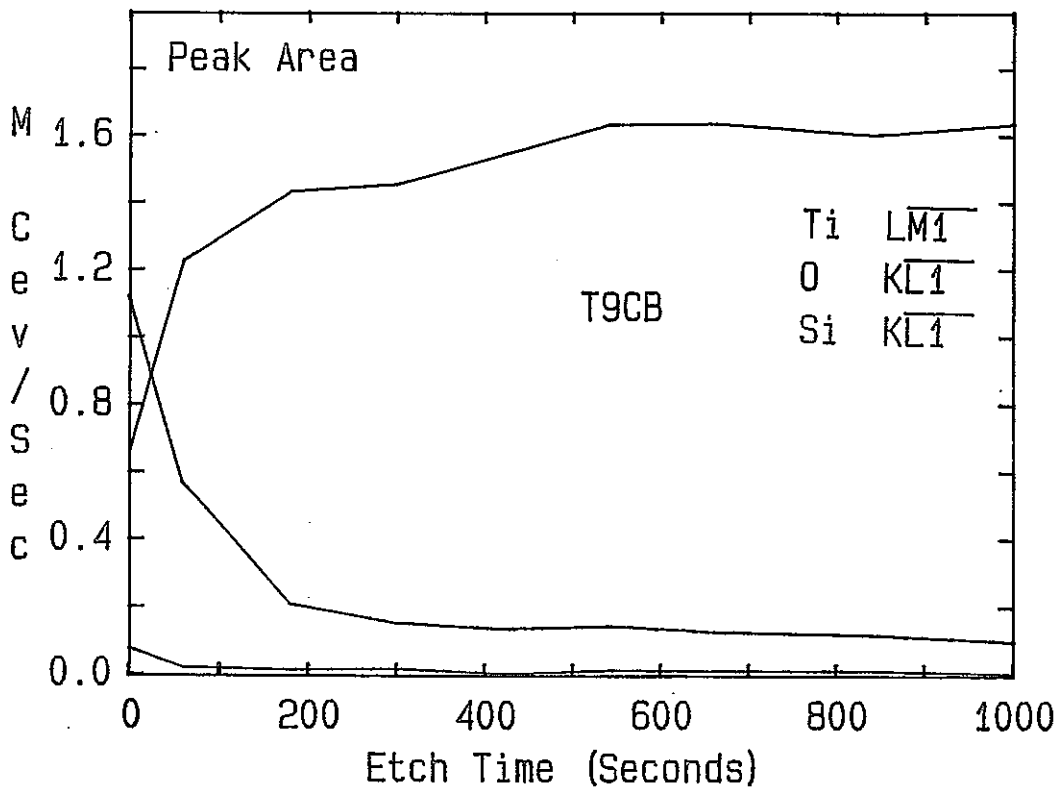


図4.7-10 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位9/上部連絡管/上部伸縮管平行胴-液相部)

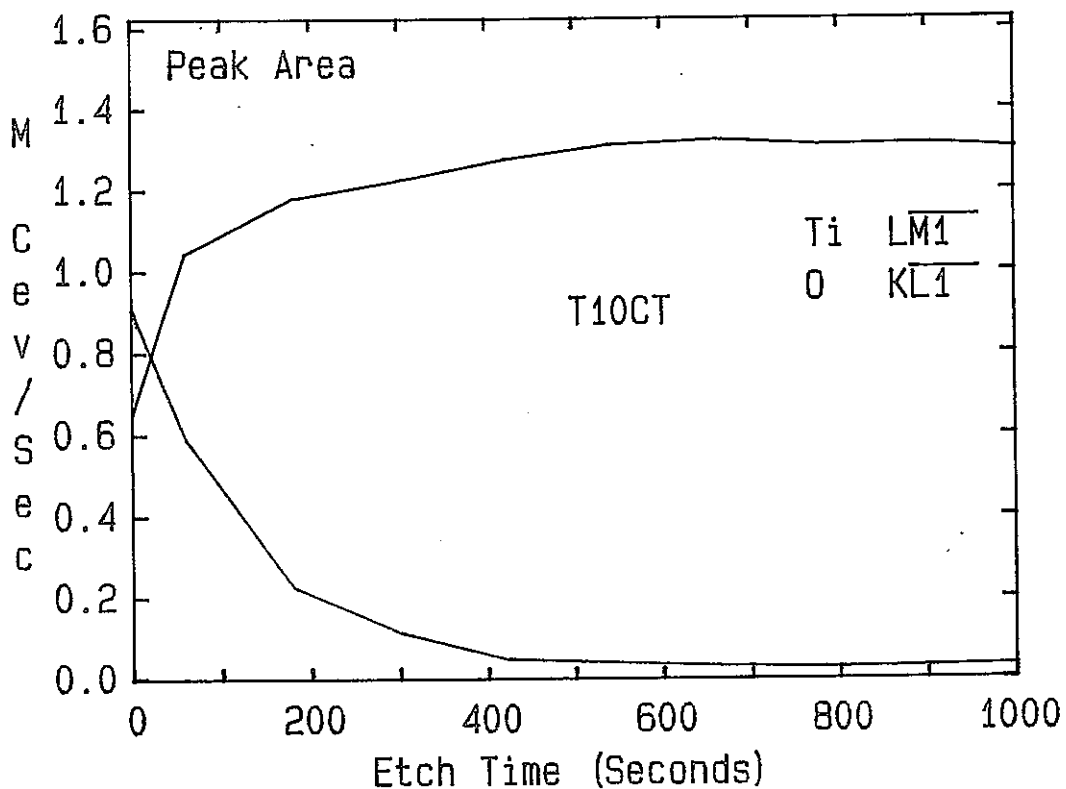


図4.7-11 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-気相部)

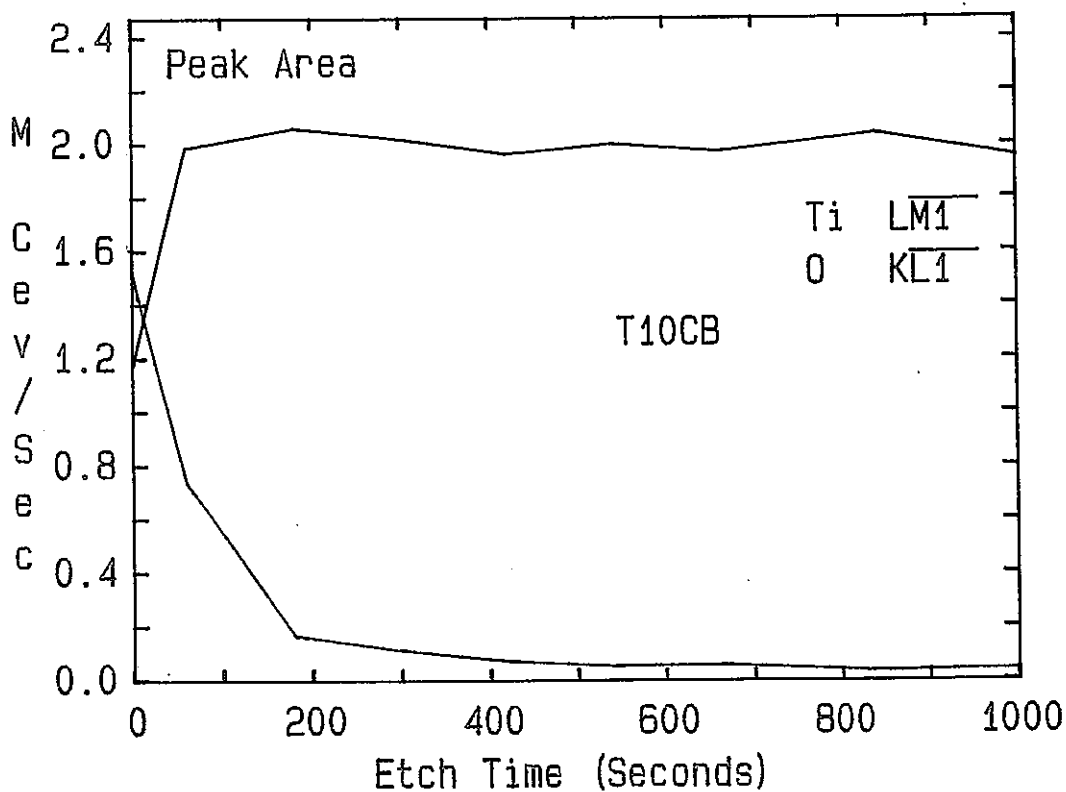


図4.7-12 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位10/上部連絡管/上部伸縮管-液相部)

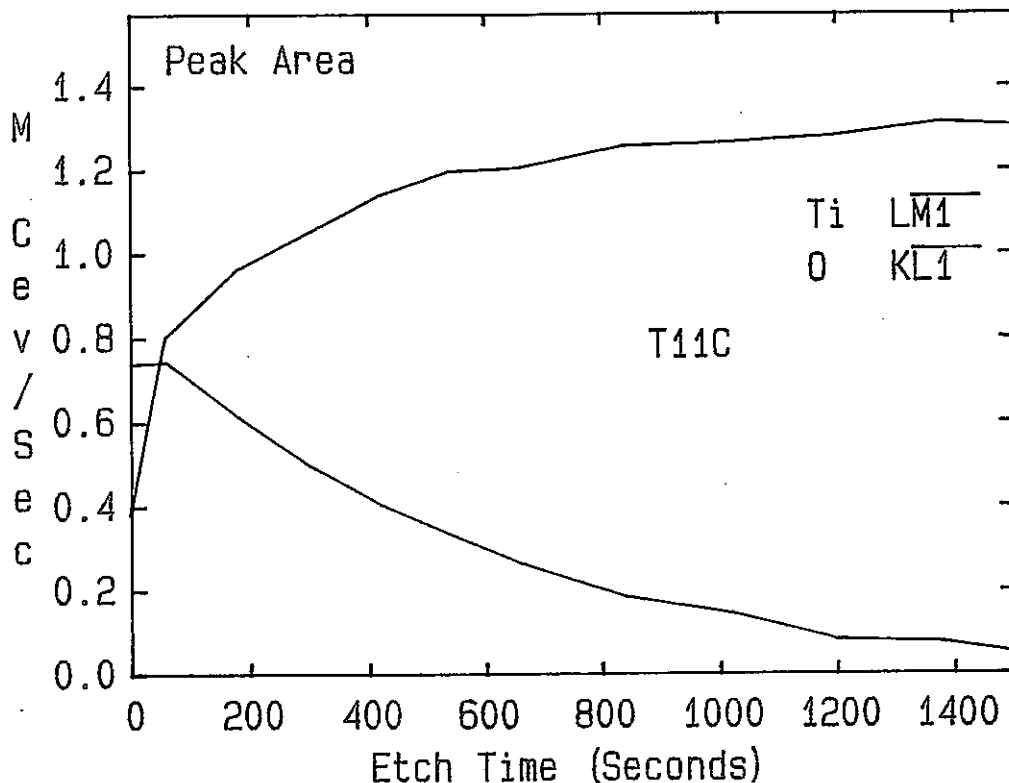


図4.7-13 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位11/上部連絡管/上部伸縮管/平行胴溶接部)

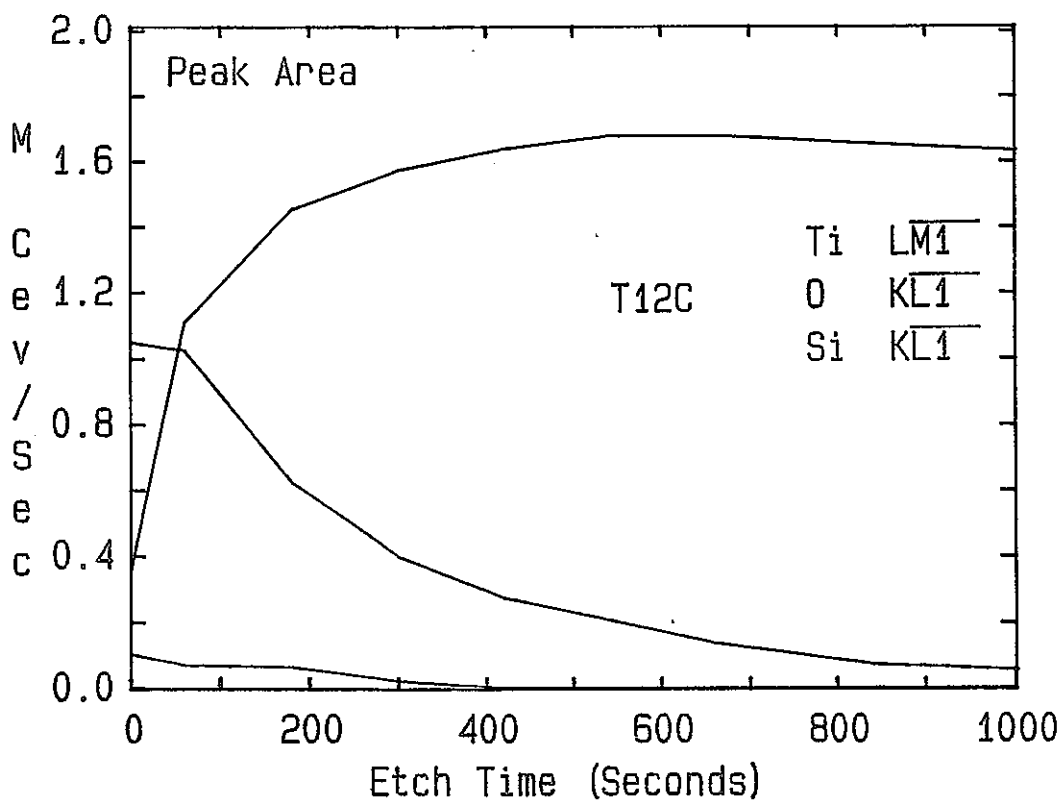


図4.7-14 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位12/上部連絡管/伸縮管/スル座溶接部)

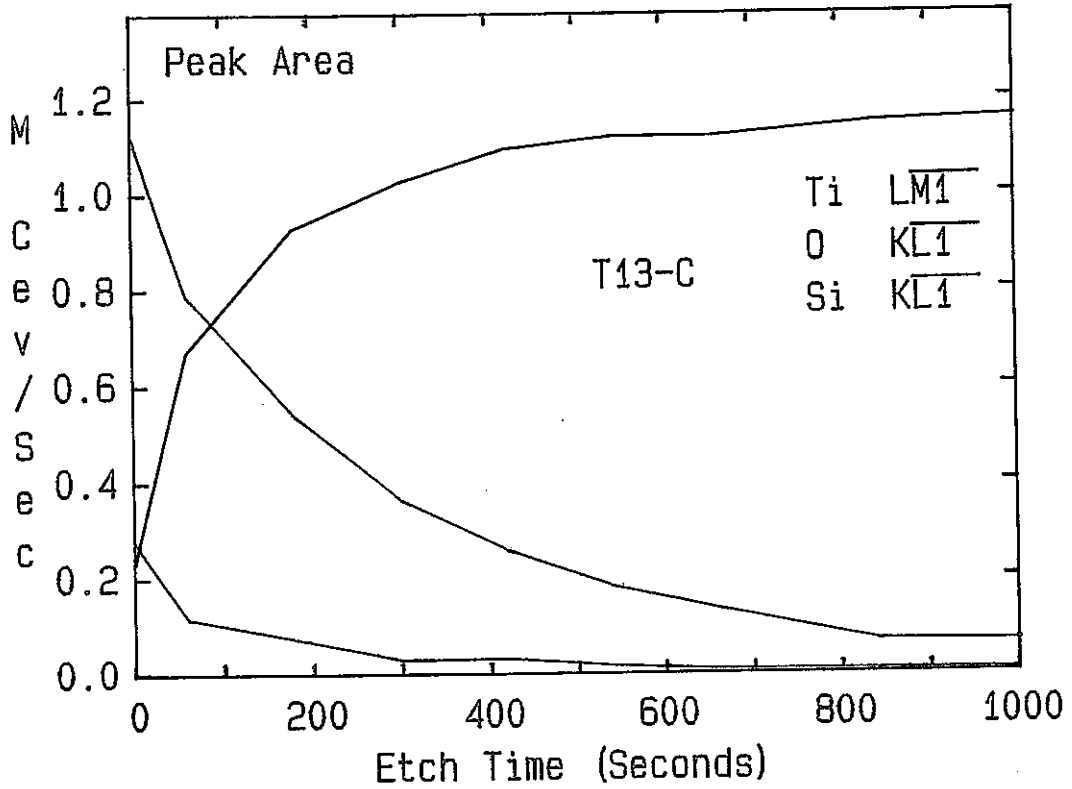


図4.7-15 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位13/蒸発部塔頂部/鏡部)

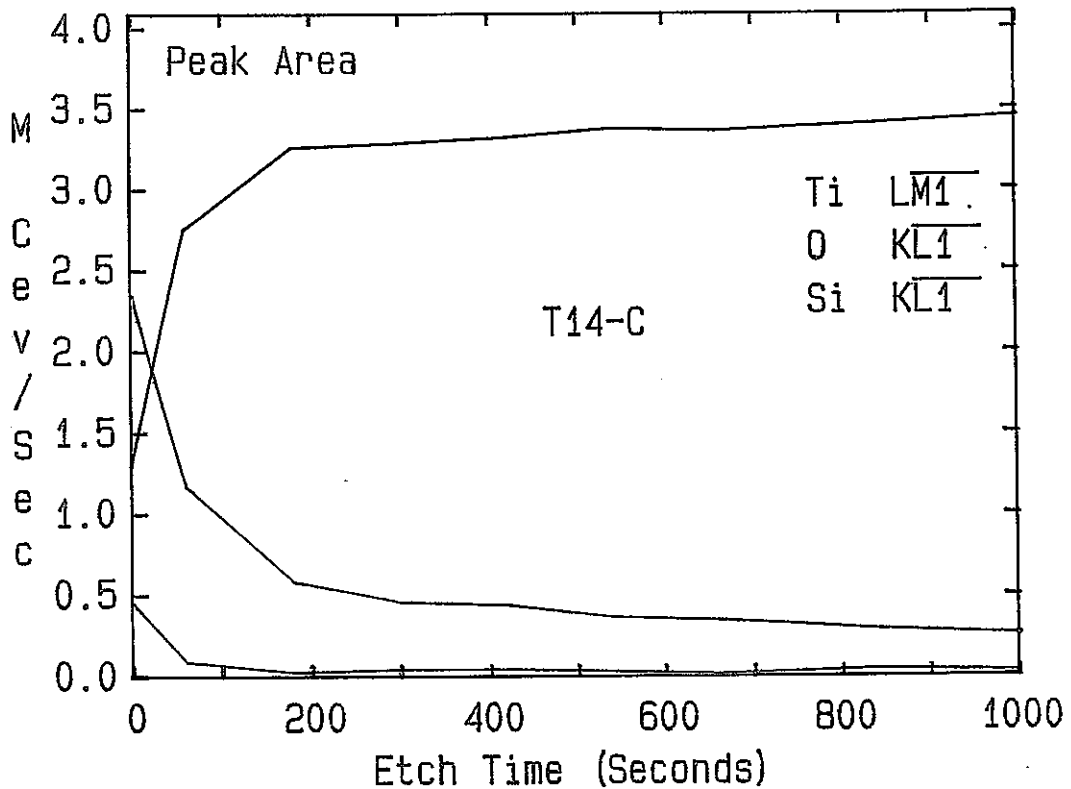


図4.7-16 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位14/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル)

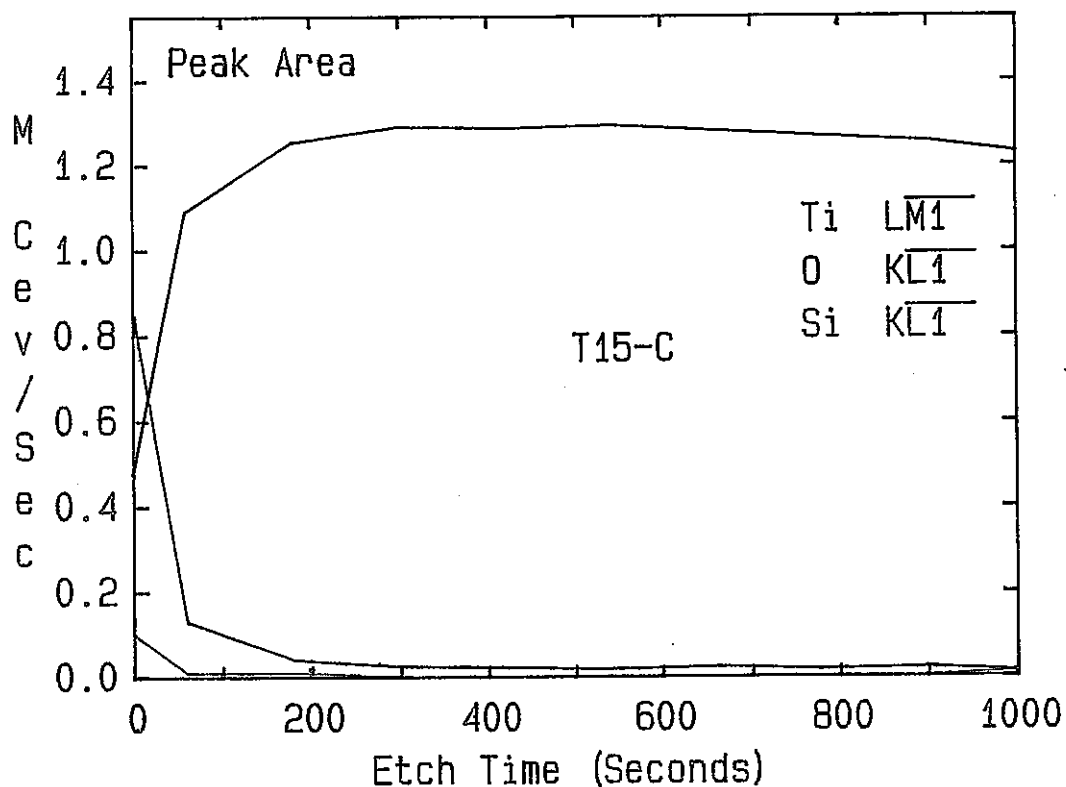


図4.7-17 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位15/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル座)

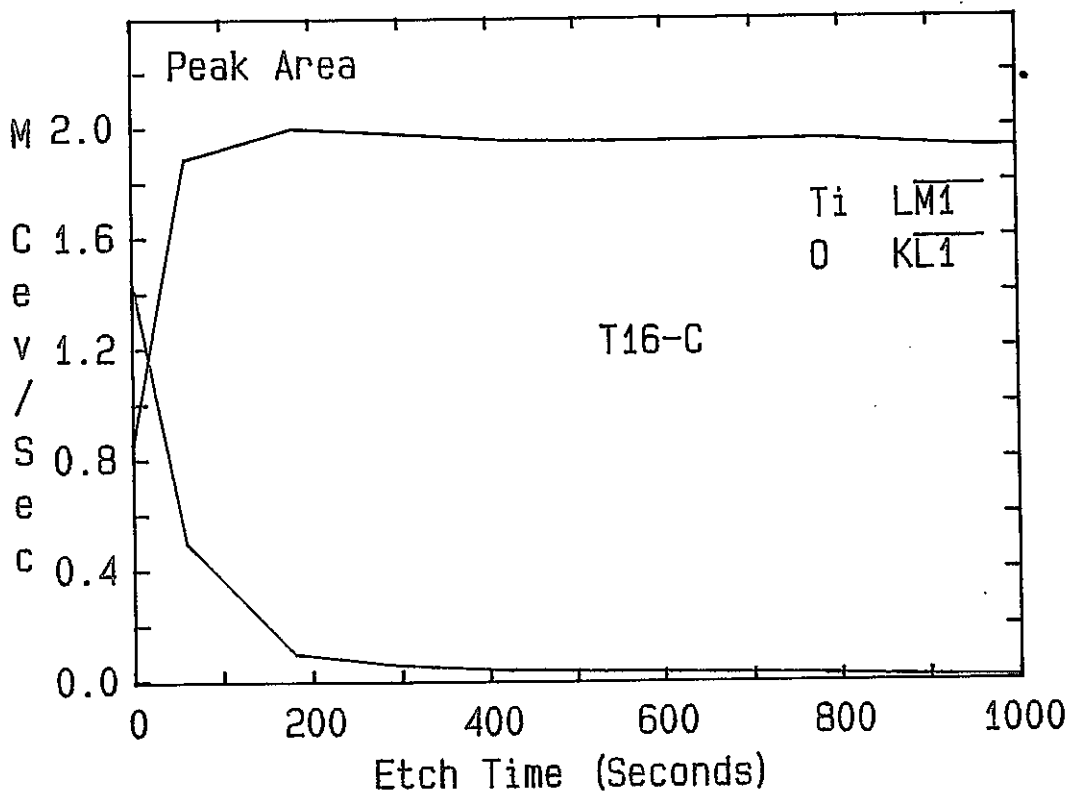


図4.7-18 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位16/蒸発部塔頂部/胴部)

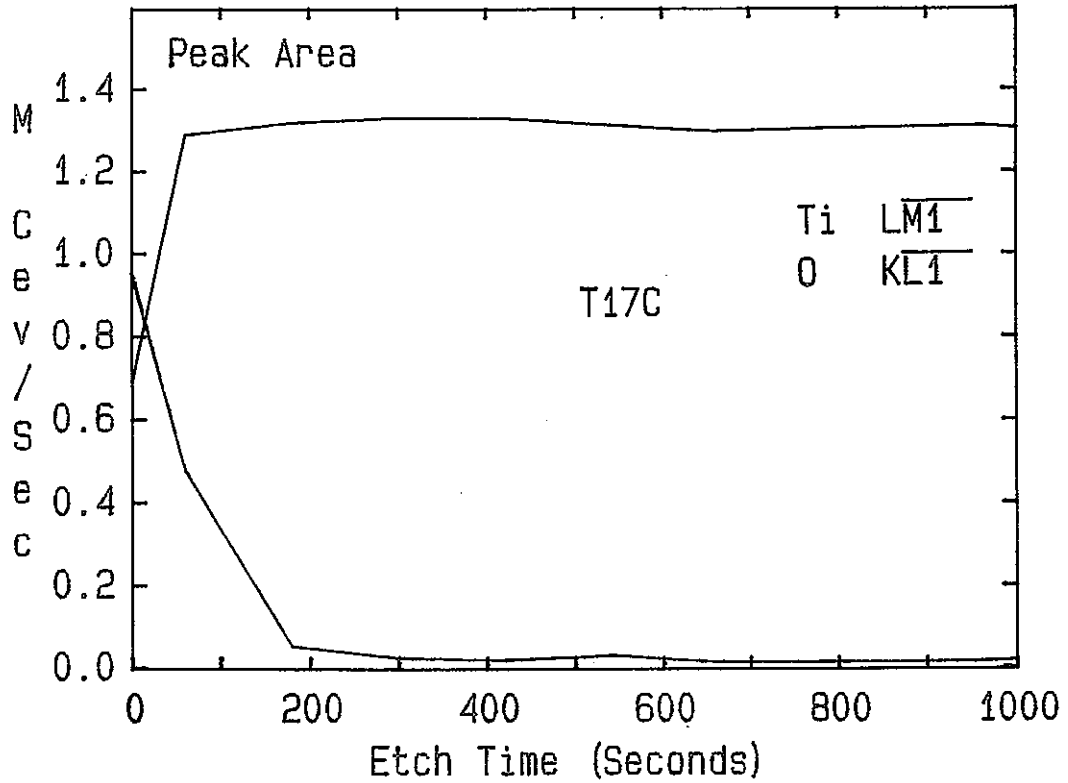


図4.7-19 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位17/蒸発部塔頂部/温度計さや管)

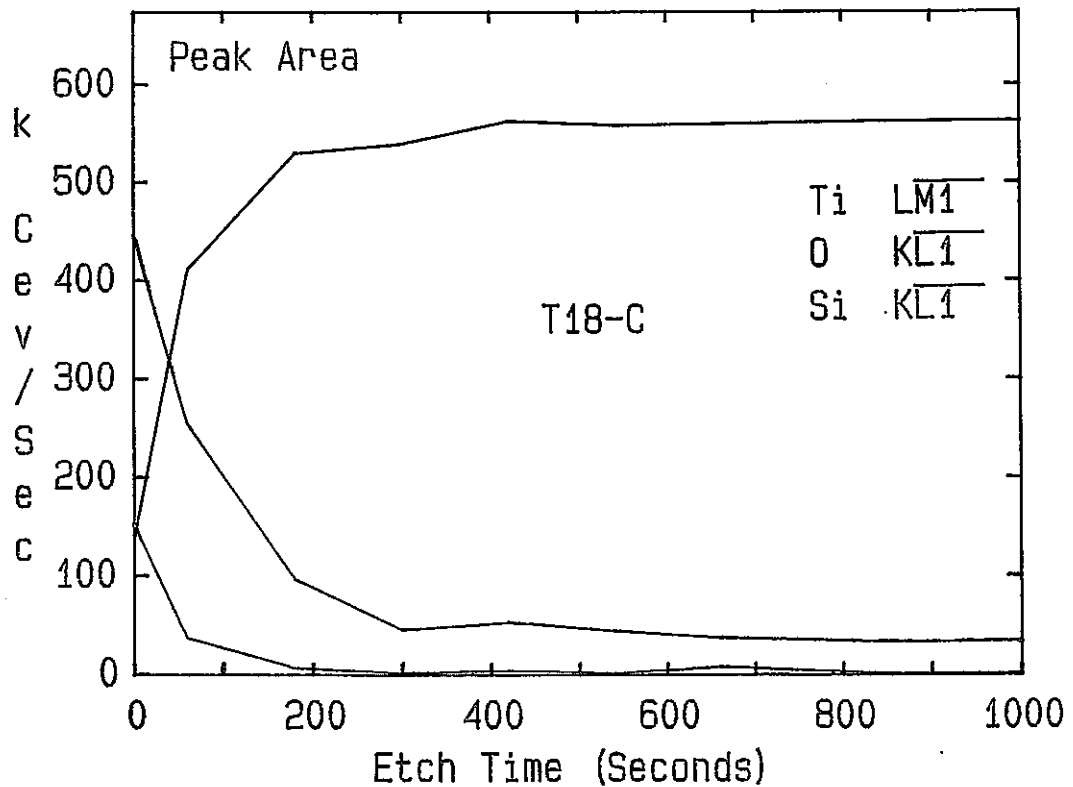


図4.7-20 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位18/蒸発部塔頂部/塔頂部ノズル長手溶接部)

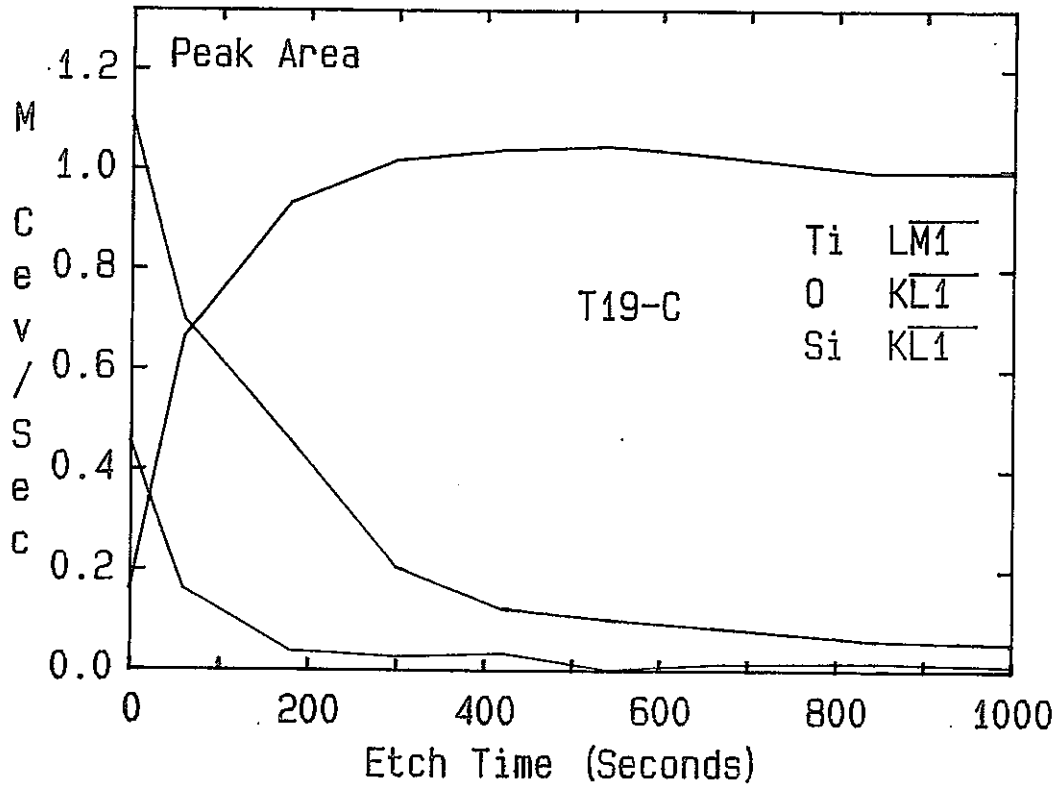


図4.7-21 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位19/蒸発部塔頂部/鏡部/塔頂部/スリ座溶接部)

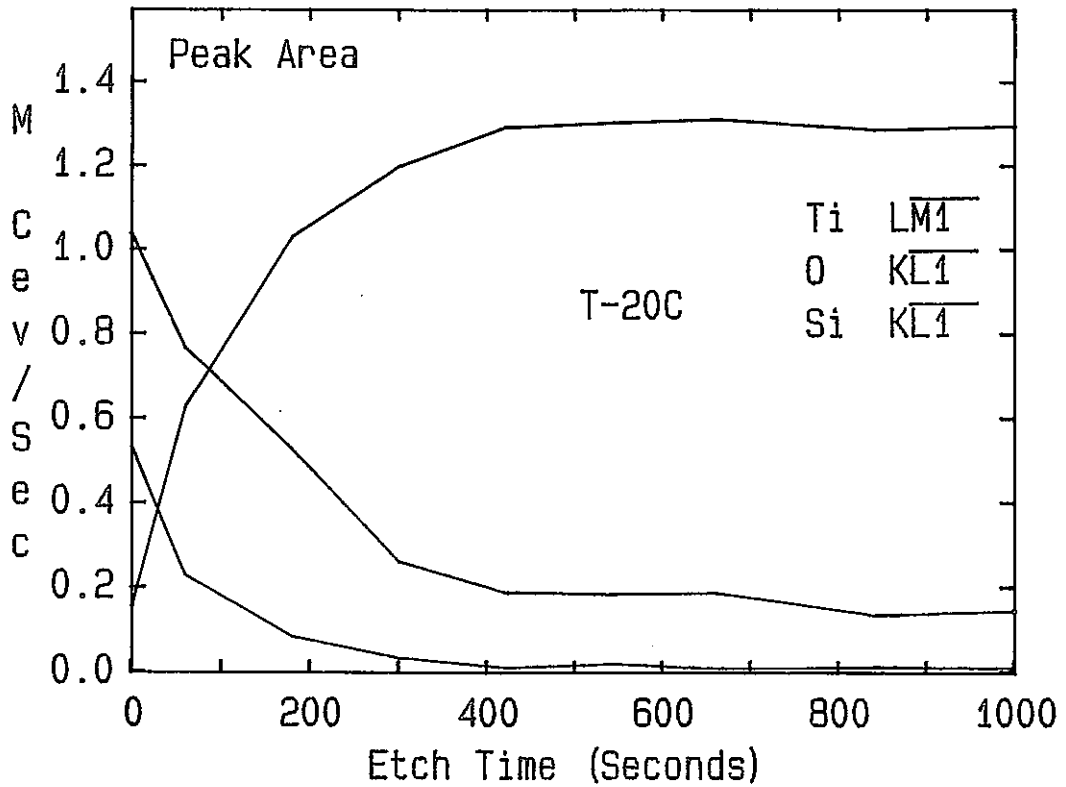


図4.7-22 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位20/蒸発部塔頂部/胴長手溶接部)

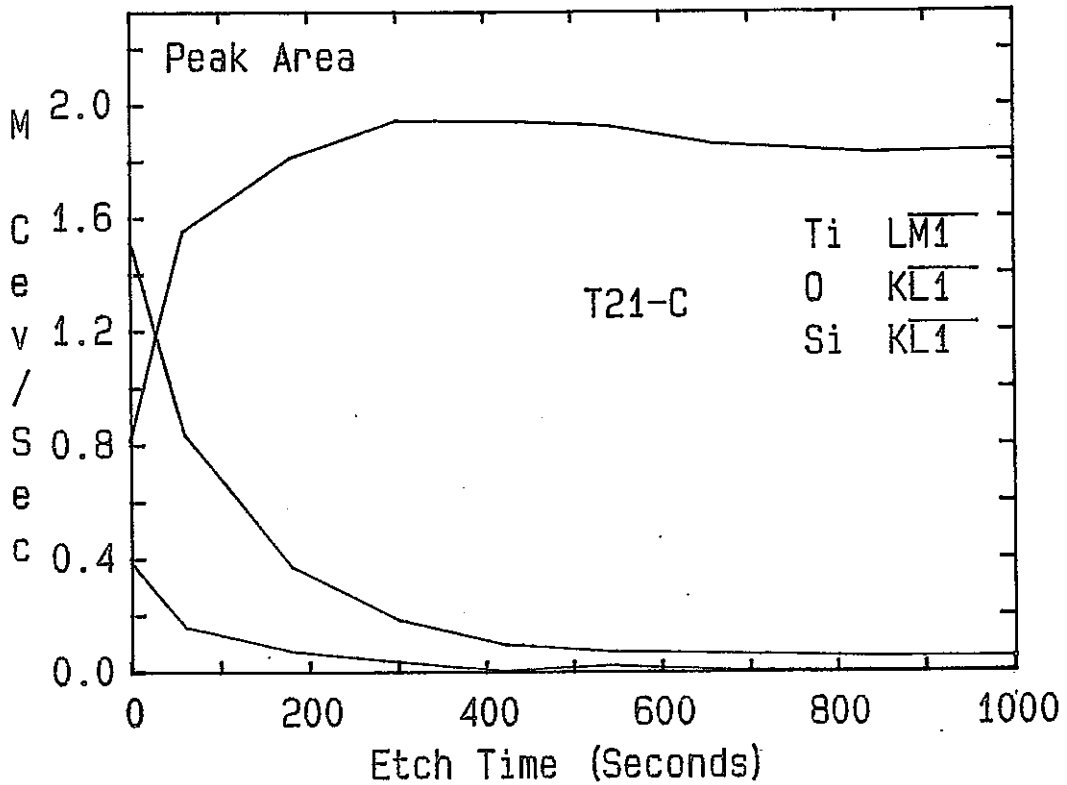


図4.7-23 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位21/バンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

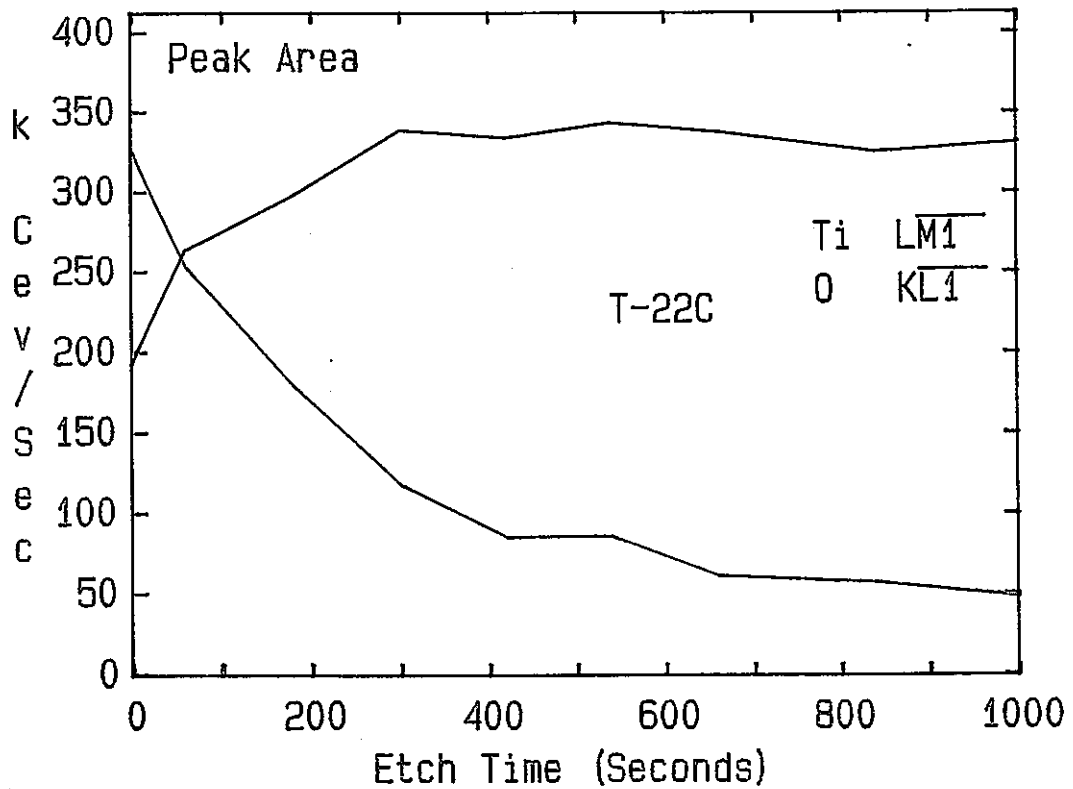


図4.7-24 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位22/バンド配管/配管中央付近)

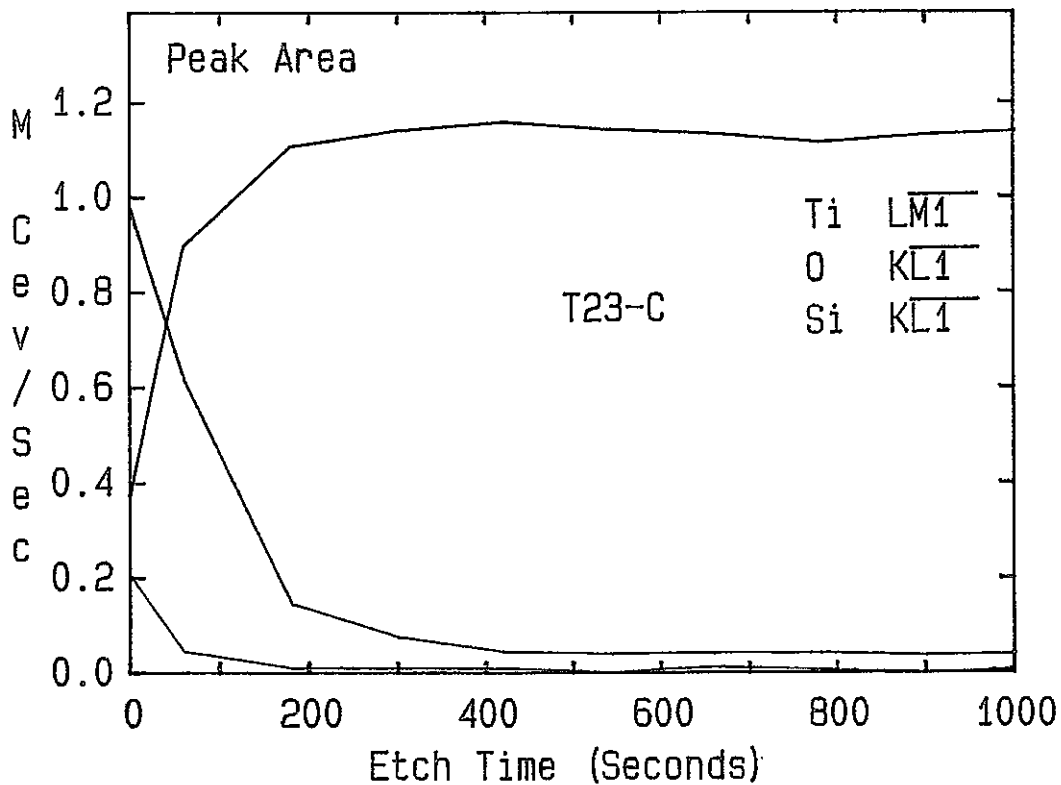


図4.7-25 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位23/バンド配管/硝酸蒸気出口側付近)

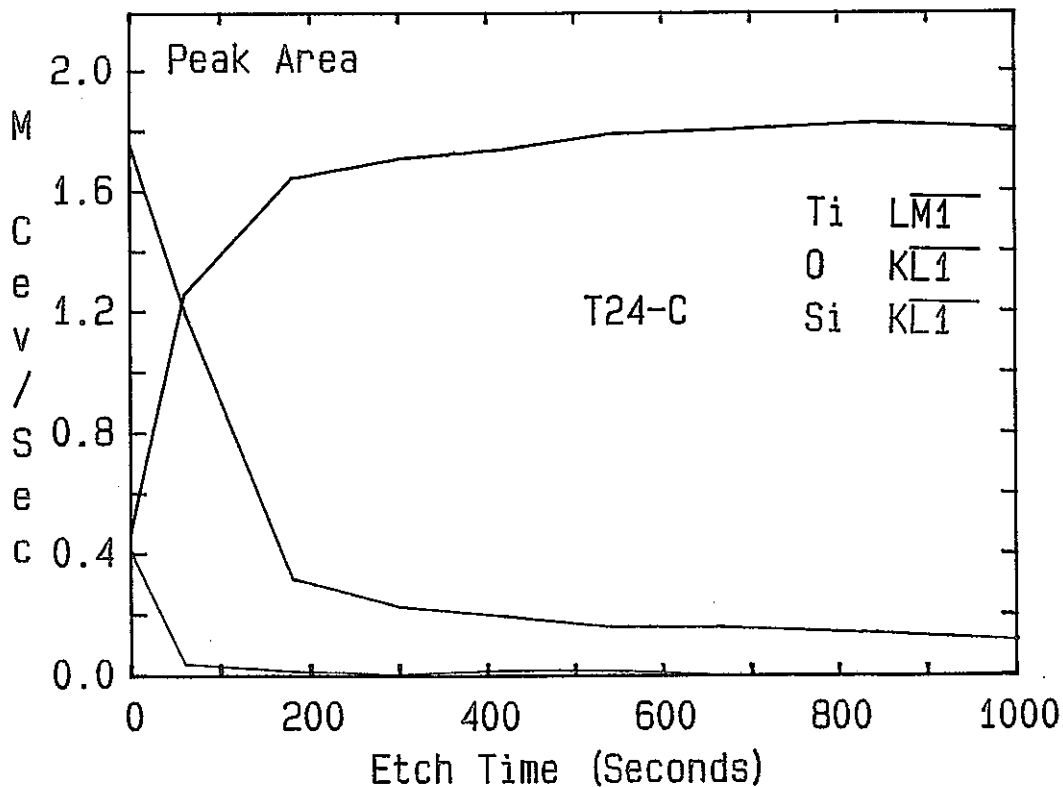


図4.7-26 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位24/バンド配管/配管長手溶接部-入口付近)

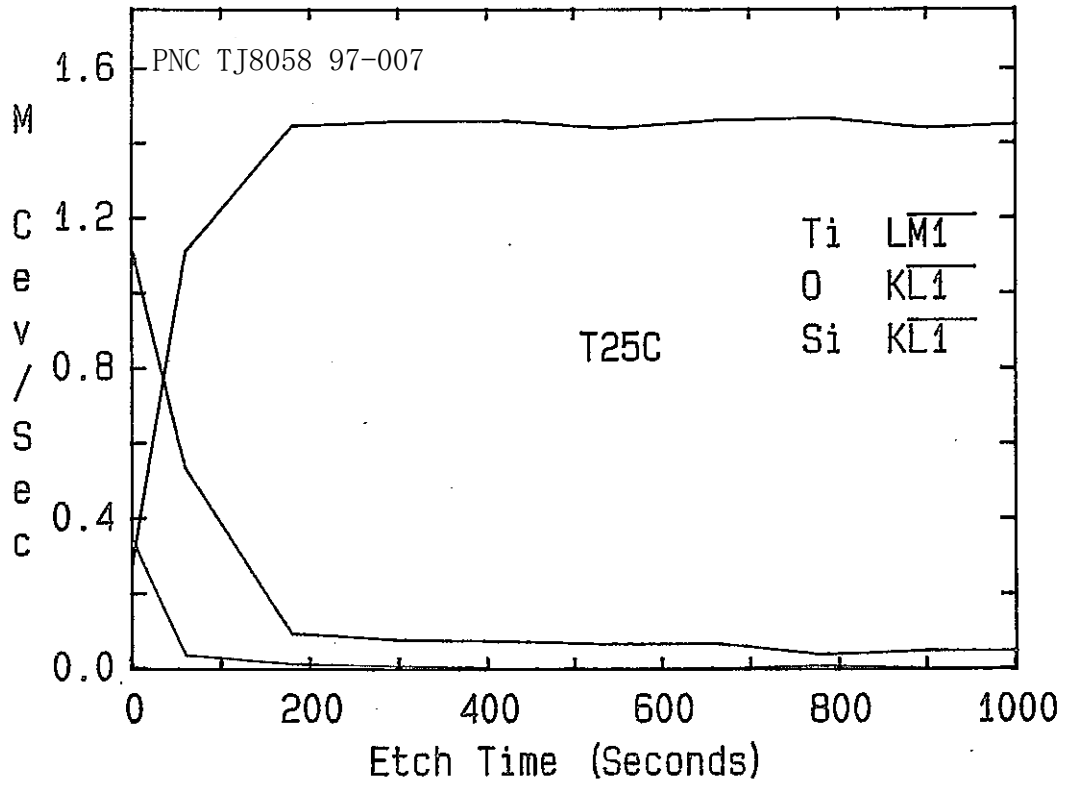


図4.7-27 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Ti-5Ta製
(部位25/バンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

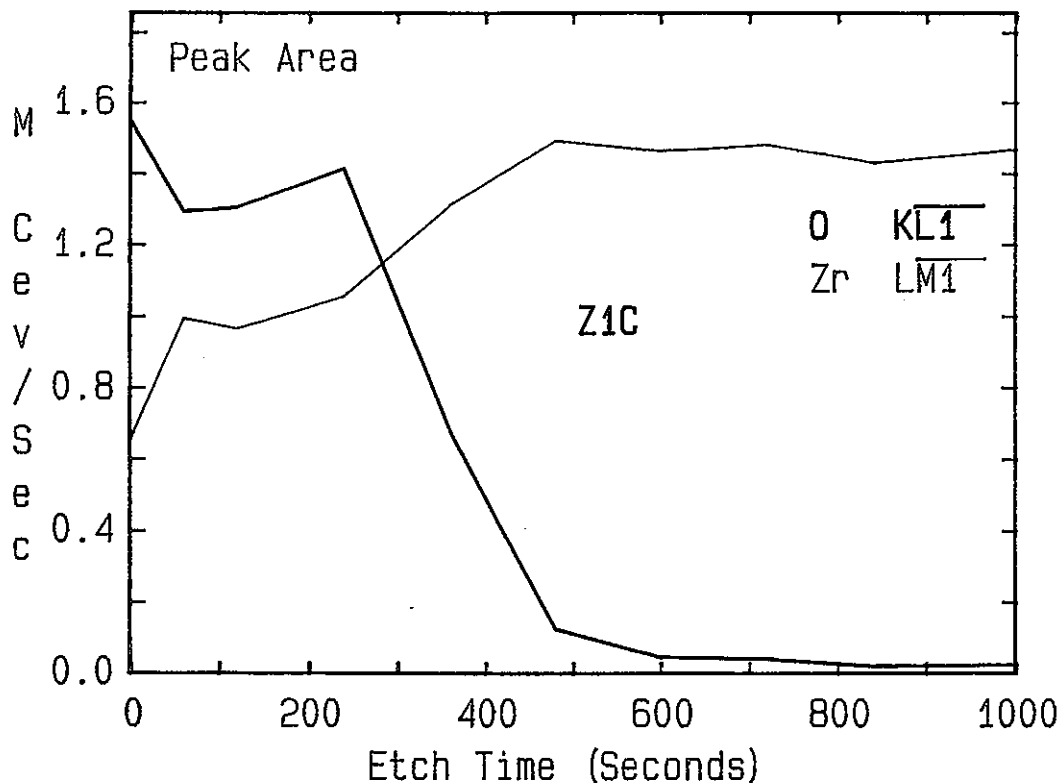


図4.7-28 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr 製
(部位1 / 伝熱管 / 上部管板から0.5m付近)

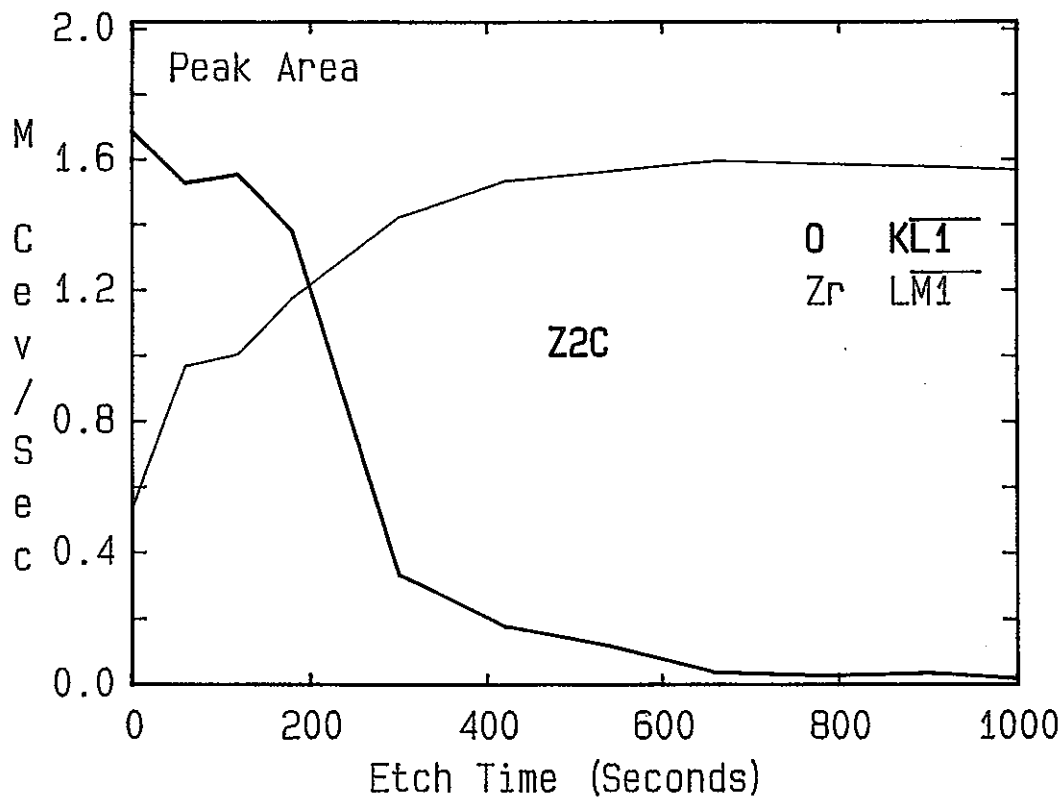


図4.7-29 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr 製
(部位2 / 伝熱管 / 上部管板から2.0m付近)

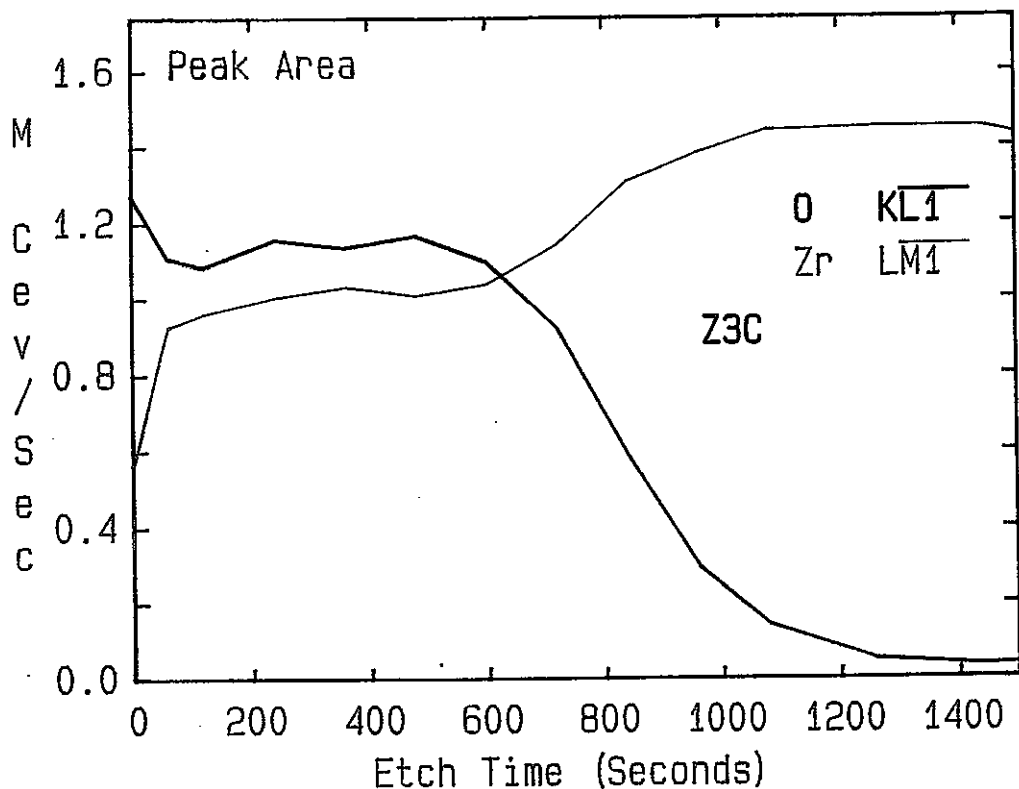


図4.7-30 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位3/伝熱管/下部管板から0.5m付近)

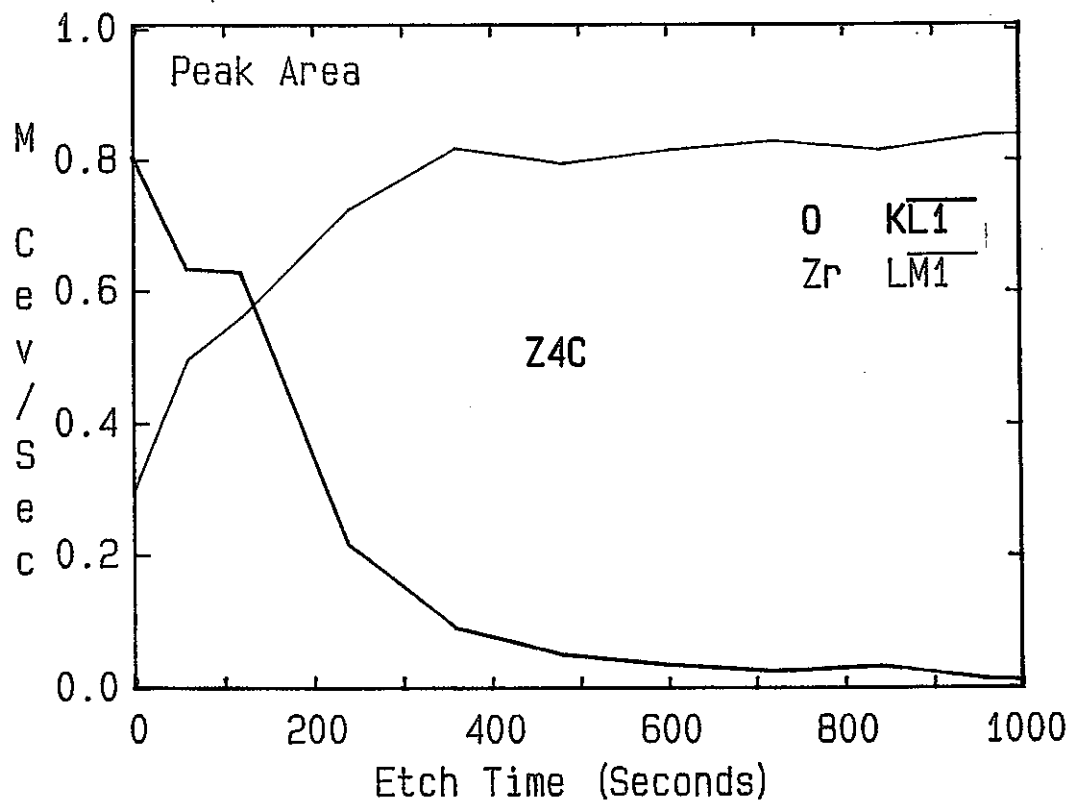


図4.7-31 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位4/加熱部上部チャンネル/鏡部)

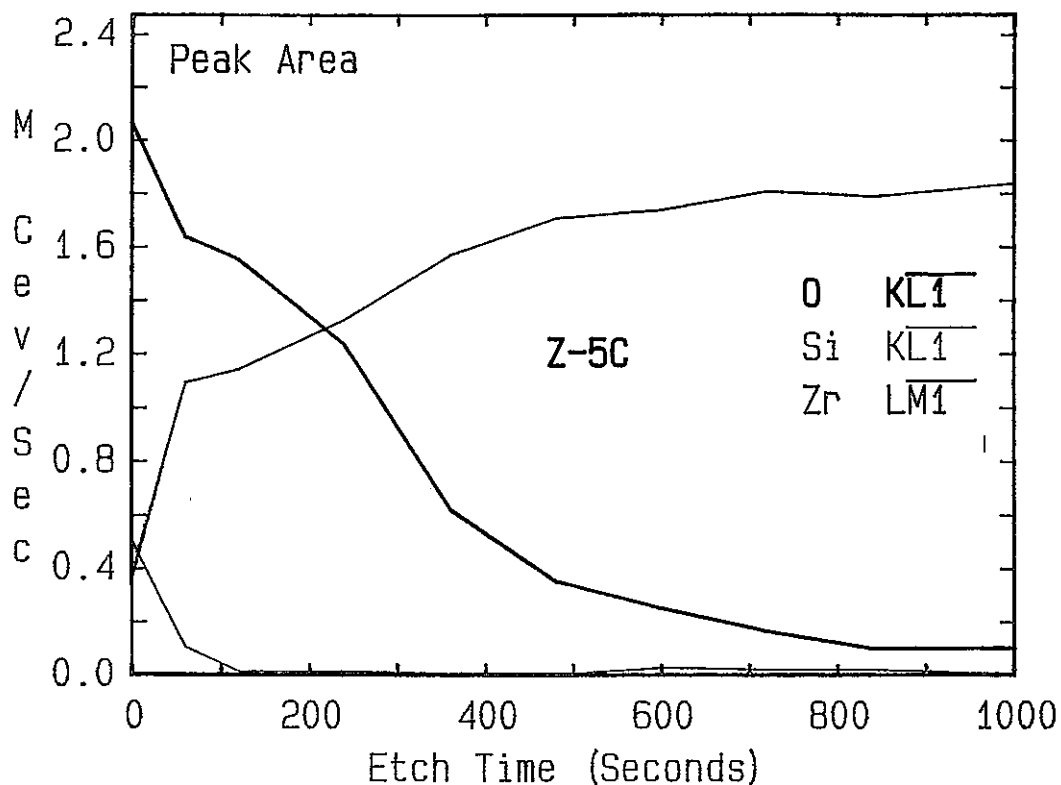


図4.7-32 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位5/加熱部上部チャンネル/胴部)

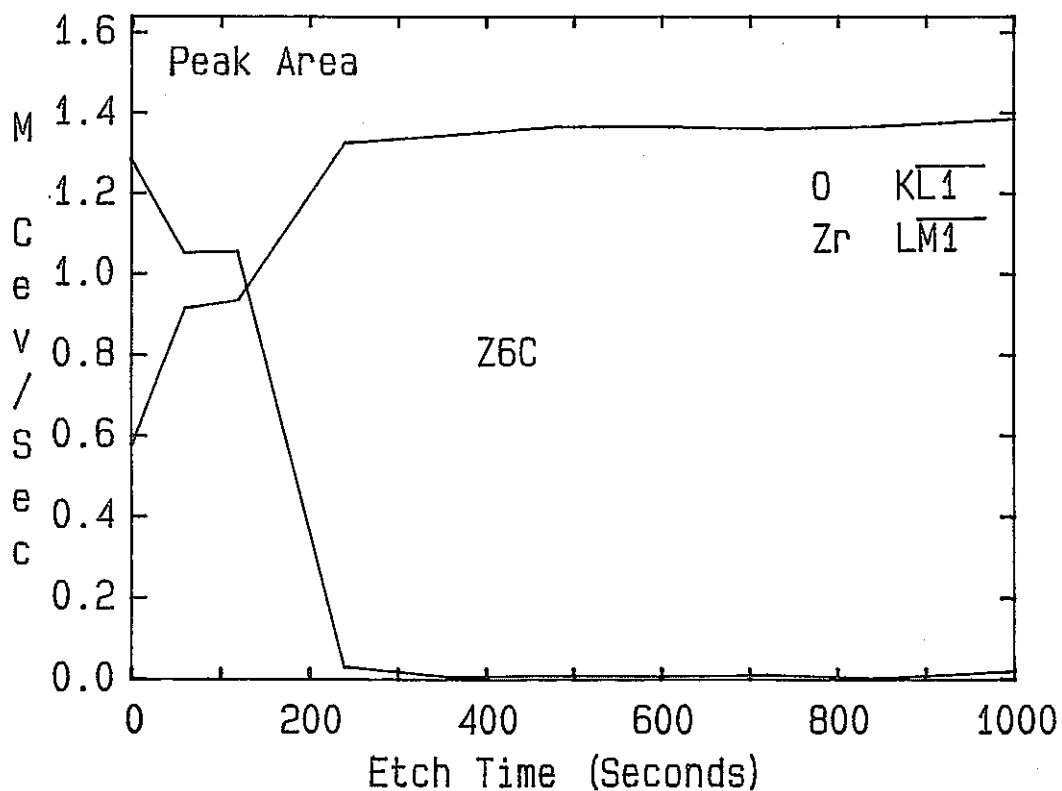


図4.7-33 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位6/加熱部上部チャンネル/温度計さや管)

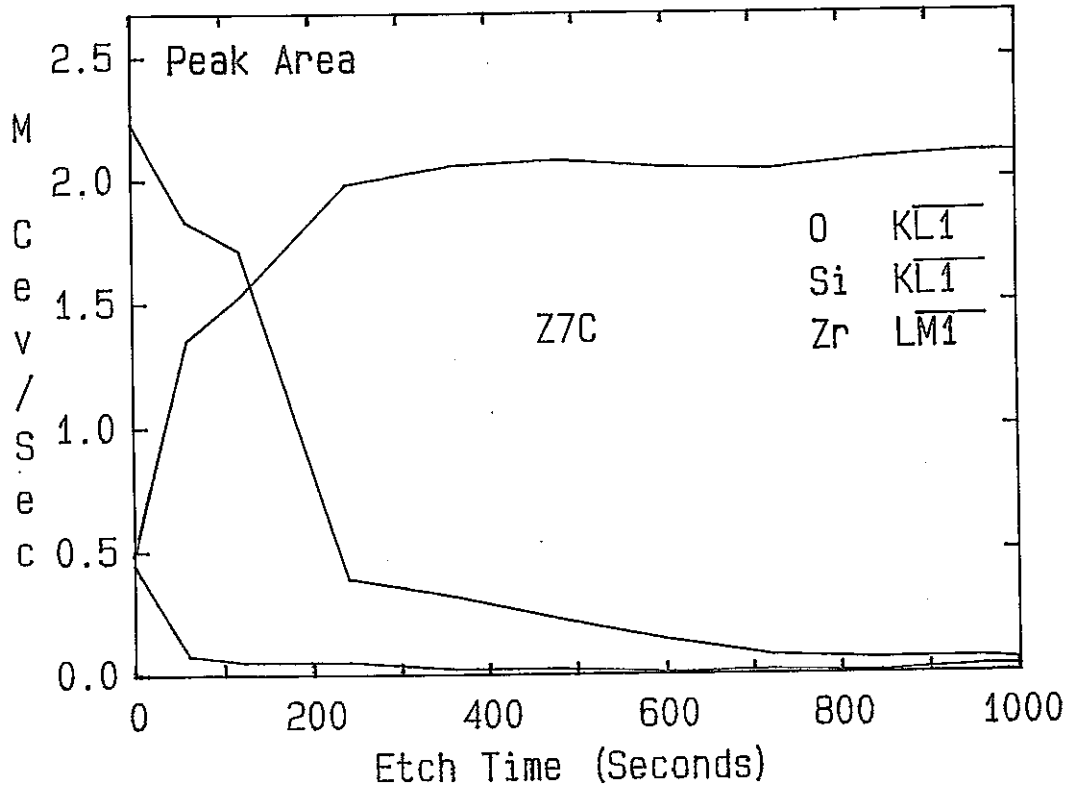


図4.7-34 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位7/加熱部上部チャンネル/胴長手溶接部)

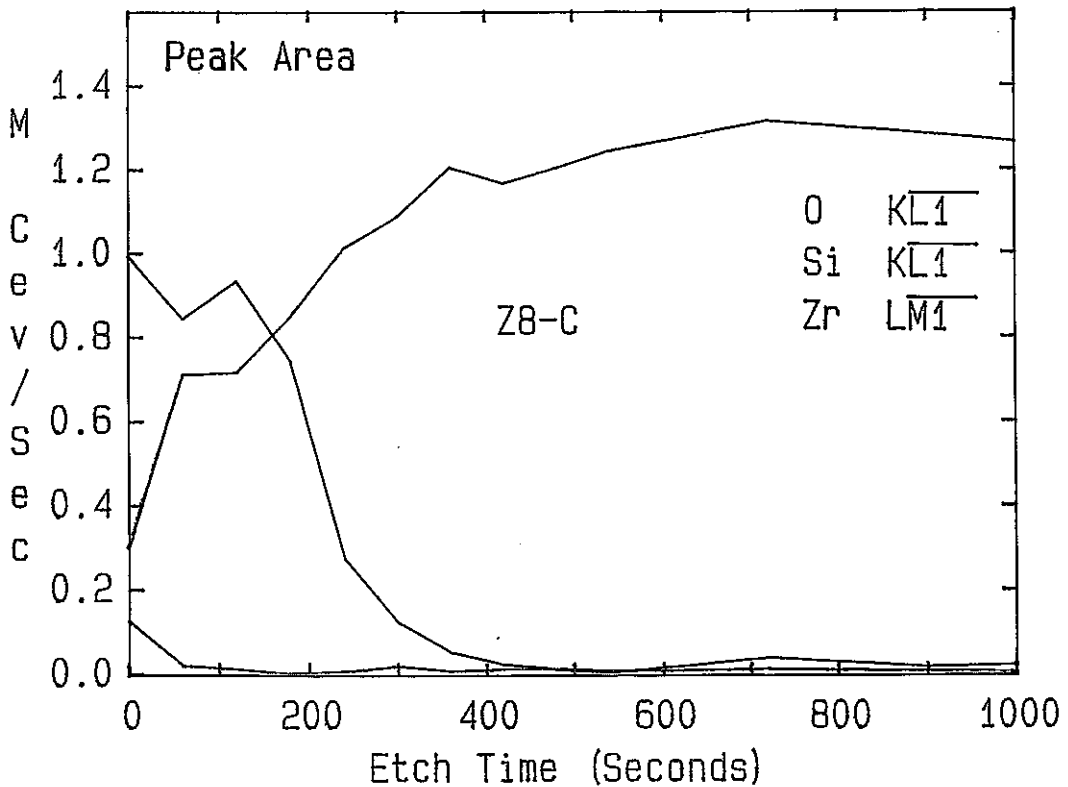


図4.7-35 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位8/加熱部上部チャンネル/上部連絡管ノズル座溶接部)

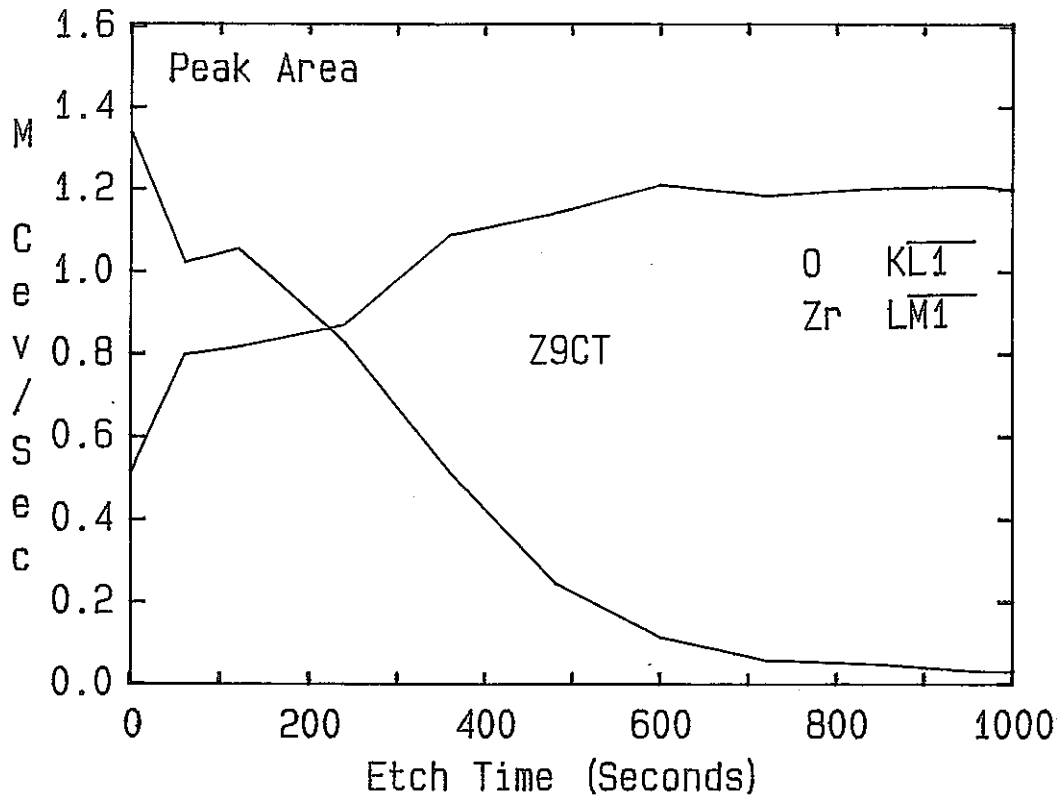


図4.7-36 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr 製
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴 - 気相部)

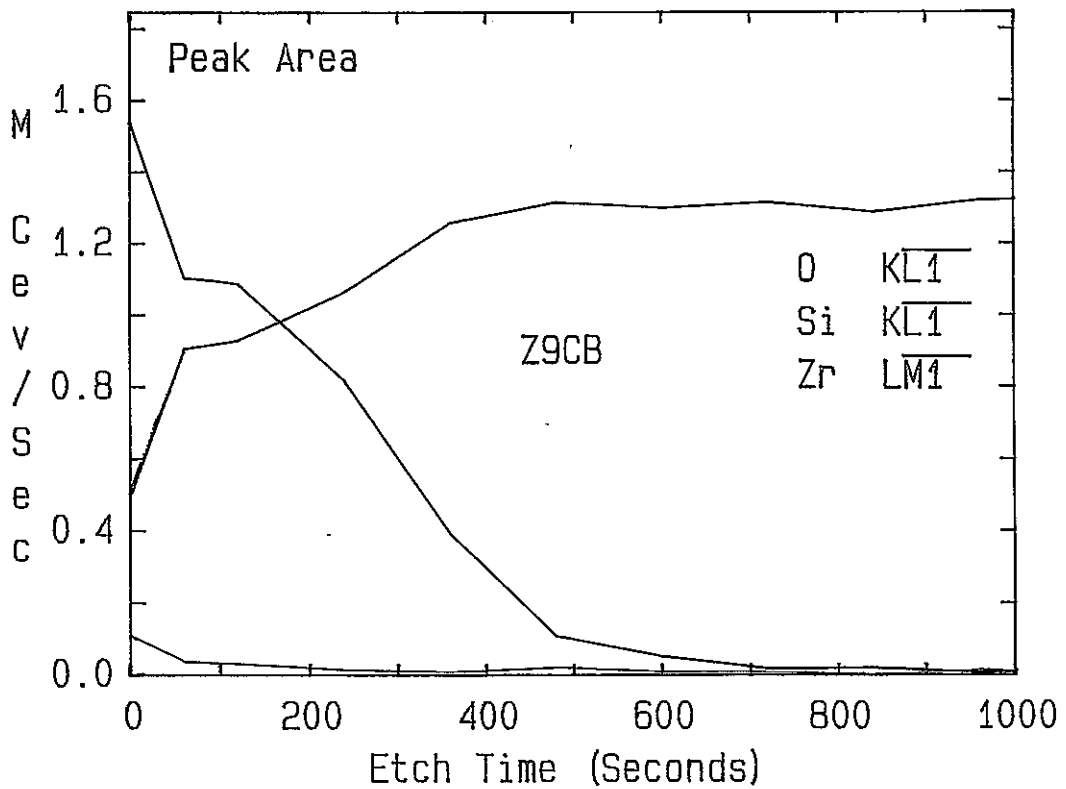


図4.7-37 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr 製
(部位9 / 上部連絡管 / 上部伸縮管平行胴 - 液相部)

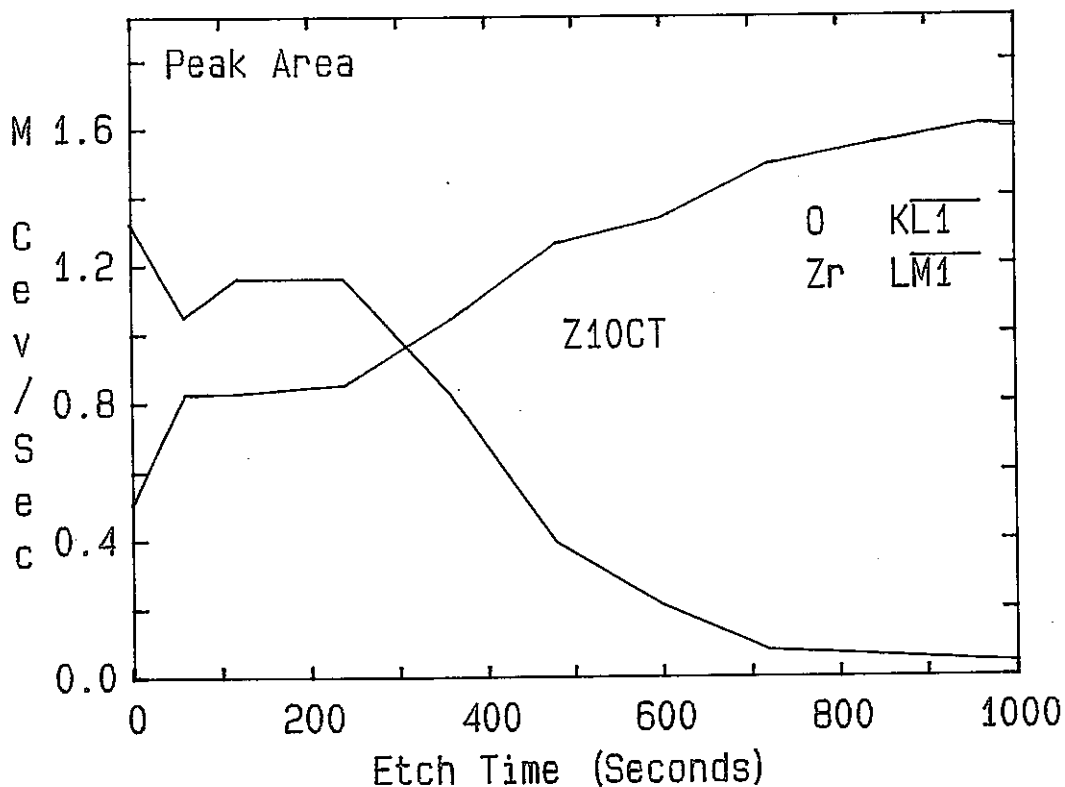


図4.7-38 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr 製
(部位10 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 - 気相部)

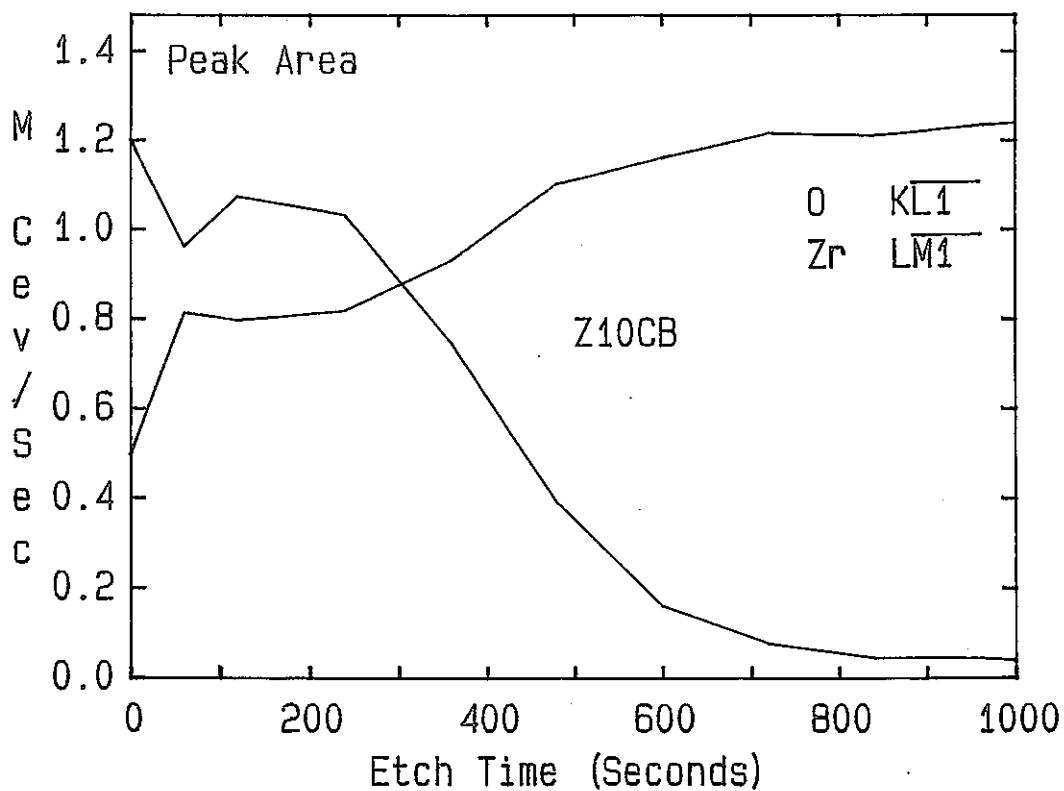


図4.7-39 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr 製
(部位10 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 - 液相部)

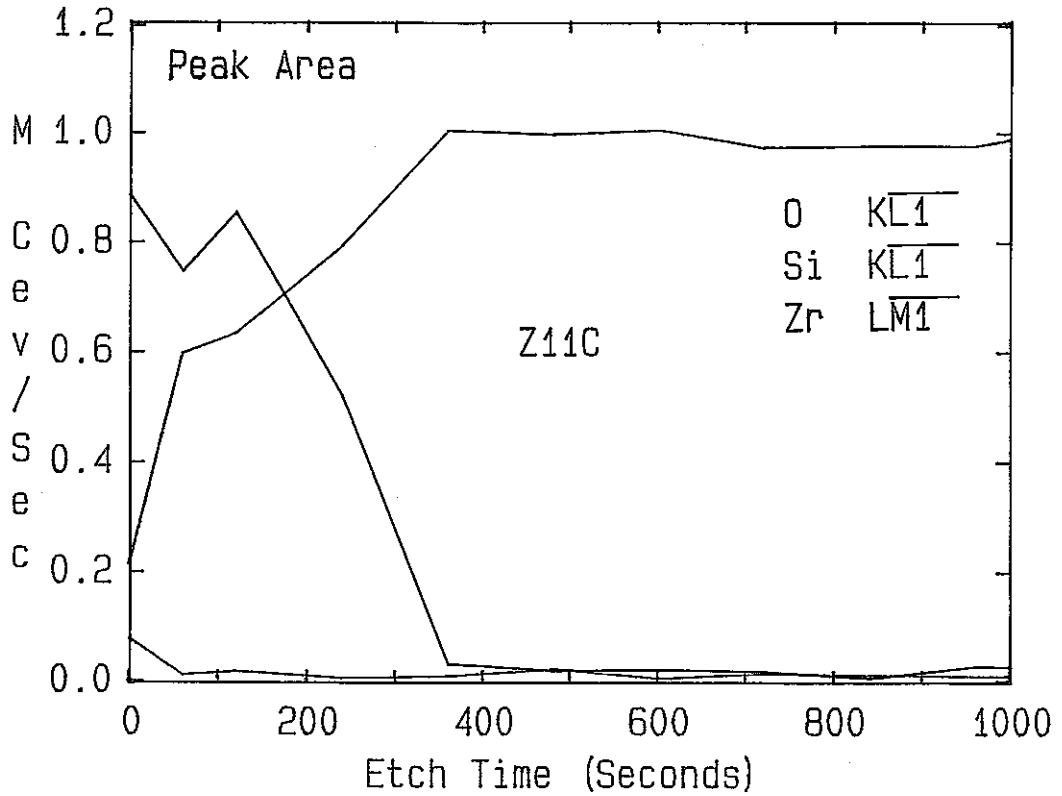


図4.7-40 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位11 / 上部連絡管 / 上部伸縮管 / 平行胴溶接部)

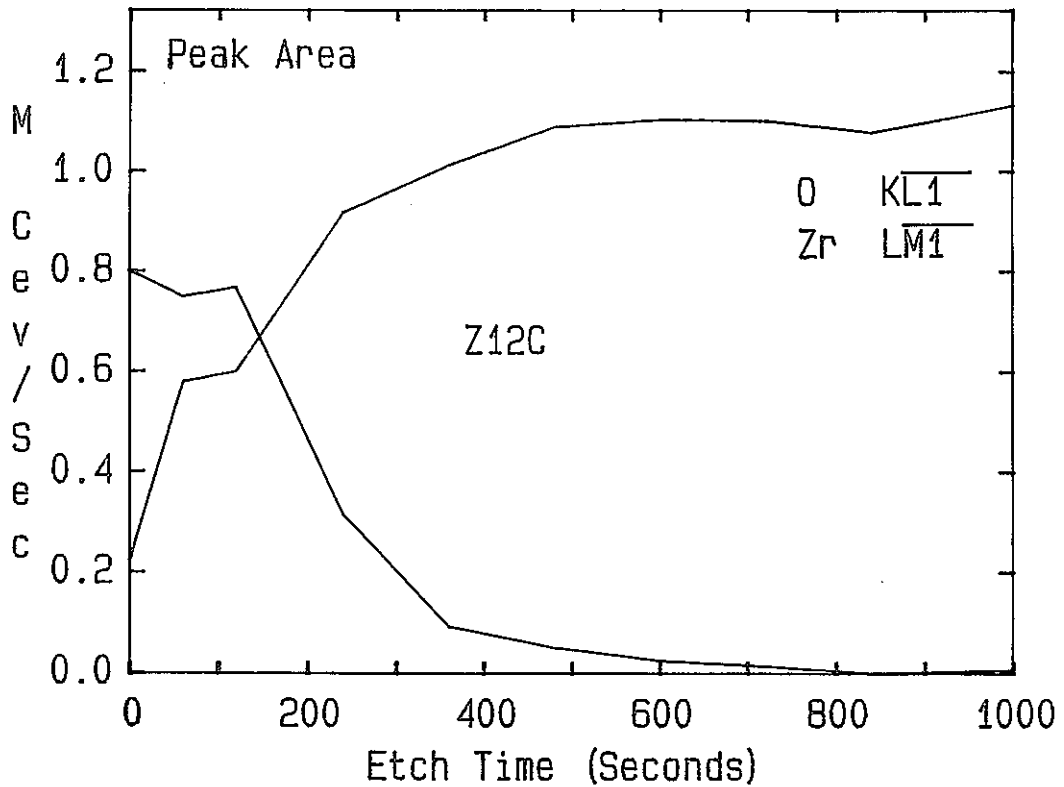


図4.7-41 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位12 / 上部連絡管 / 伸縮管 / ノズル座溶接部)

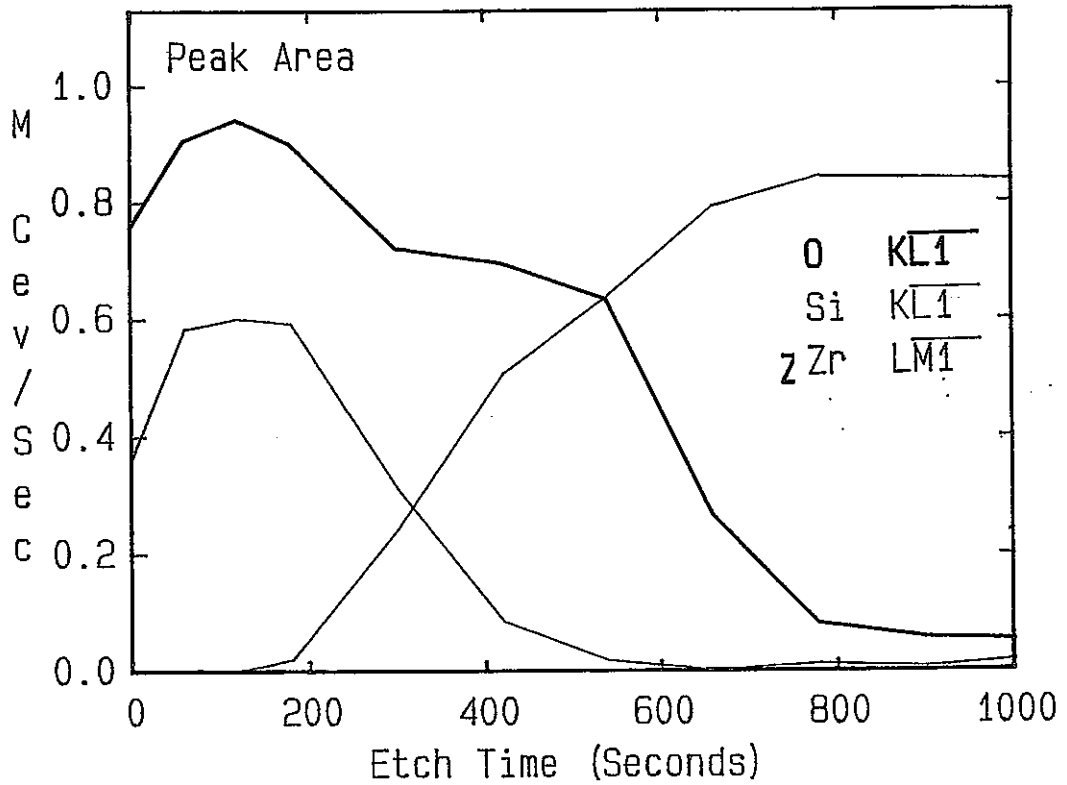


図4.7-42 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位13 / 蒸発部塔頂部 / 鏡部)

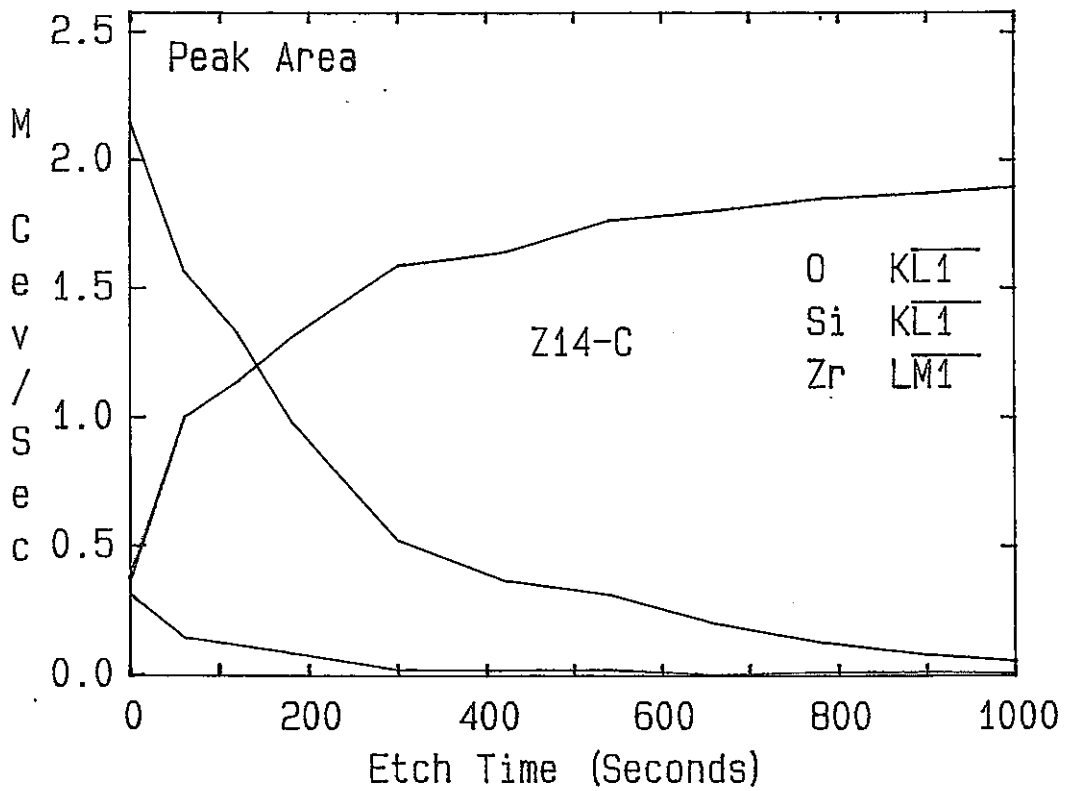


図4.7-43 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位14 / 蒸発部塔頂部 / 塔頂部ノズル)

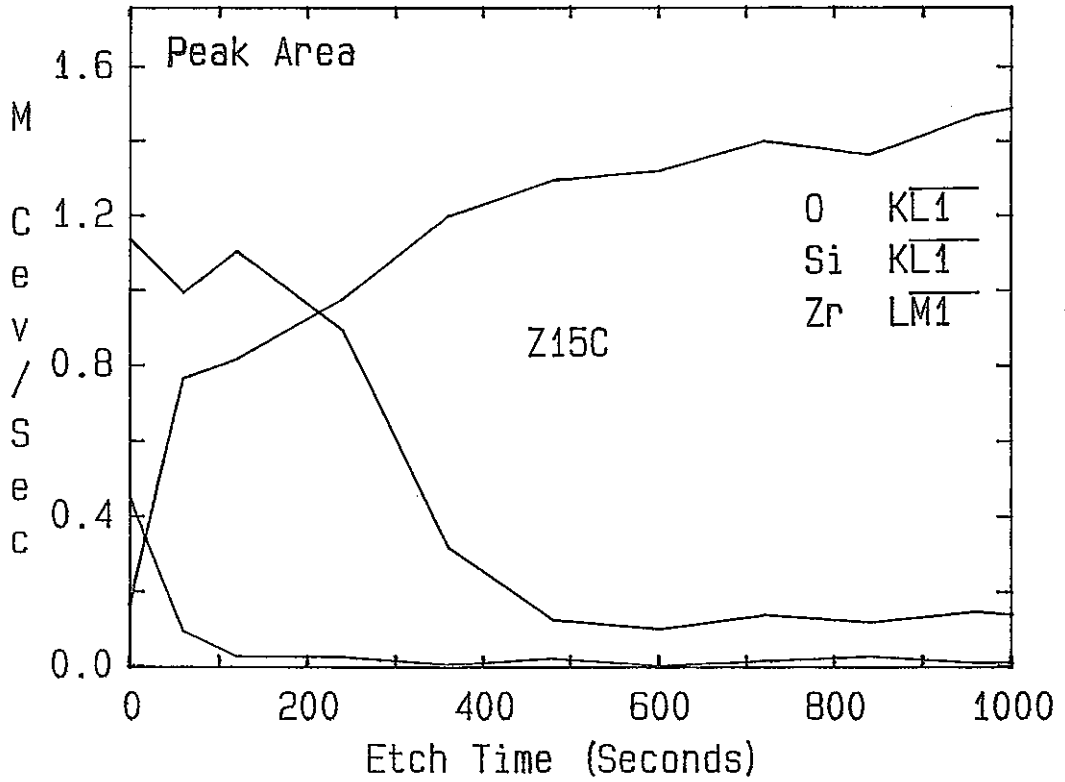


図4.7-44 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位15 / 蒸発部塔頂部 / 塔頂部ノズル座)

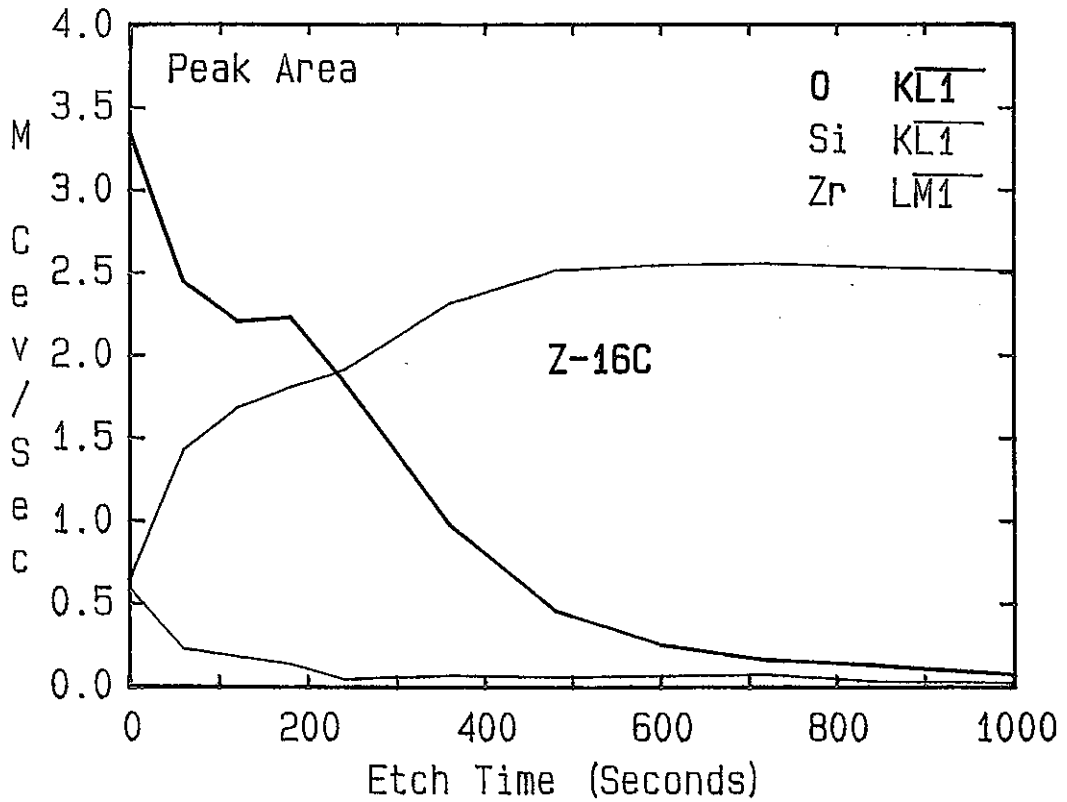


図4.7-45 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位16 / 蒸発部塔頂部 / 胴部)

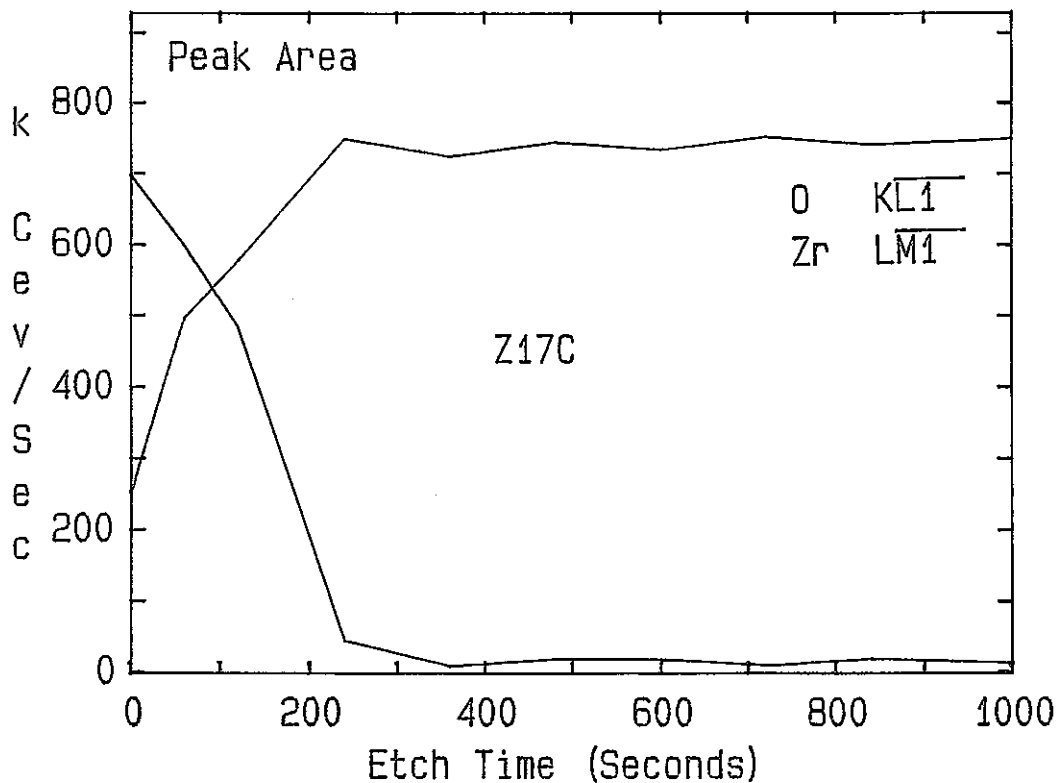


図4.7-46 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位17 / 蒸発部塔頂部 / 温度計さや管)

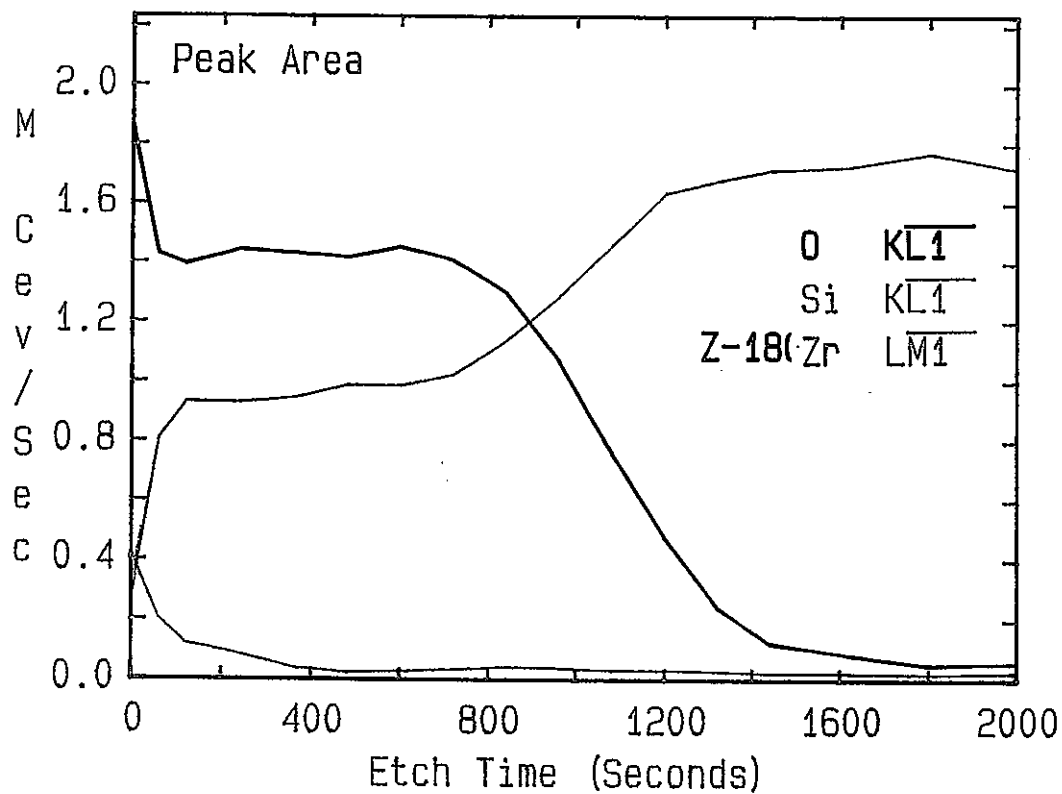


図4.7-47 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位18 / 蒸発部塔頂部 / 塔頂部ノズル長手溶接部)

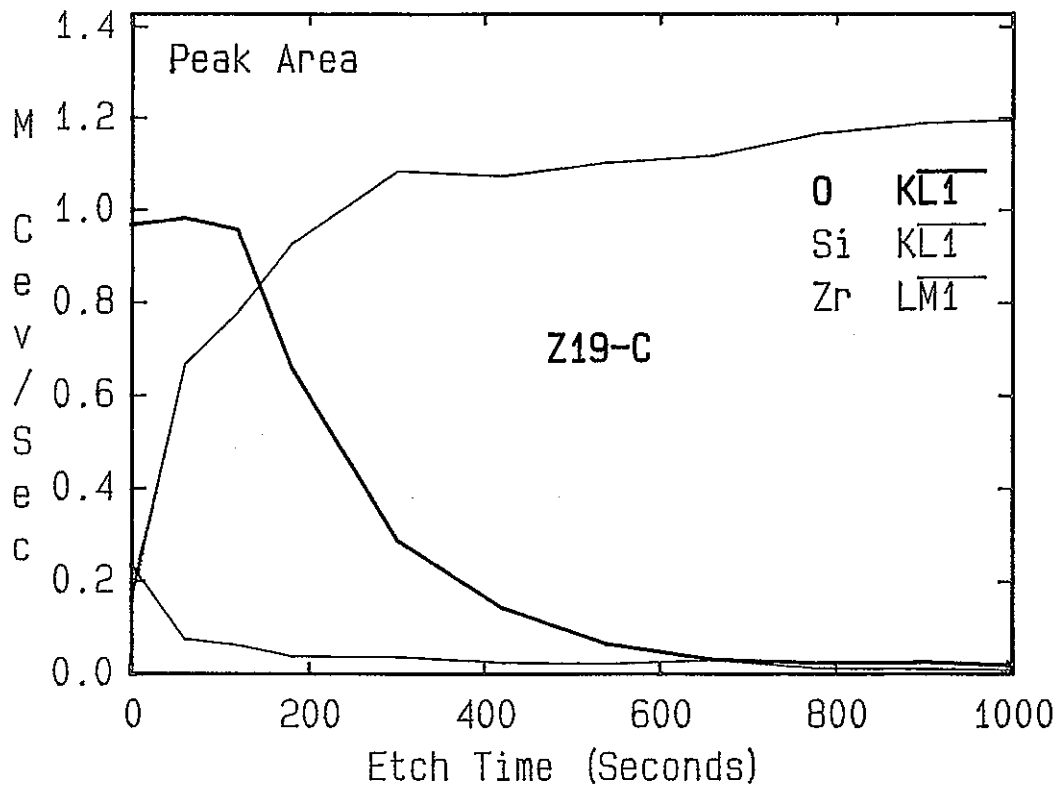


図4.7-48 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位19 / 蒸発部塔頂部 / 鏡部 / 塔頂部ノズル座溶接部)

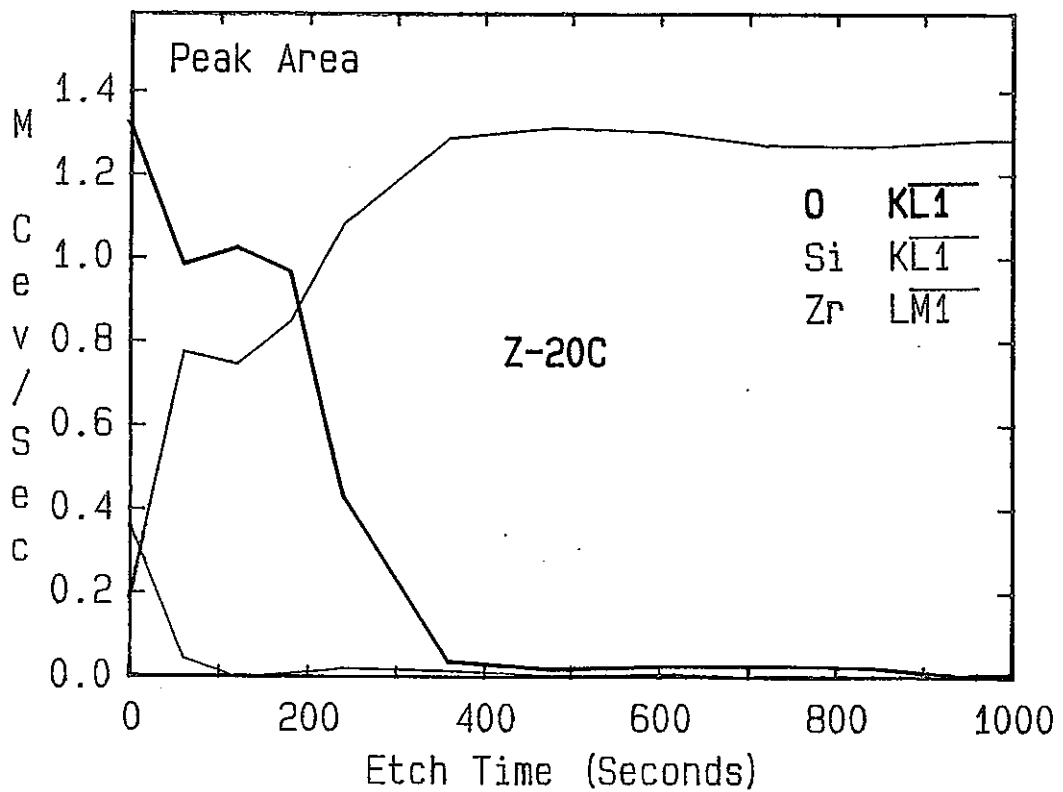


図4.7-49 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位20 / 蒸発部塔頂部 / 胴長手溶接部)

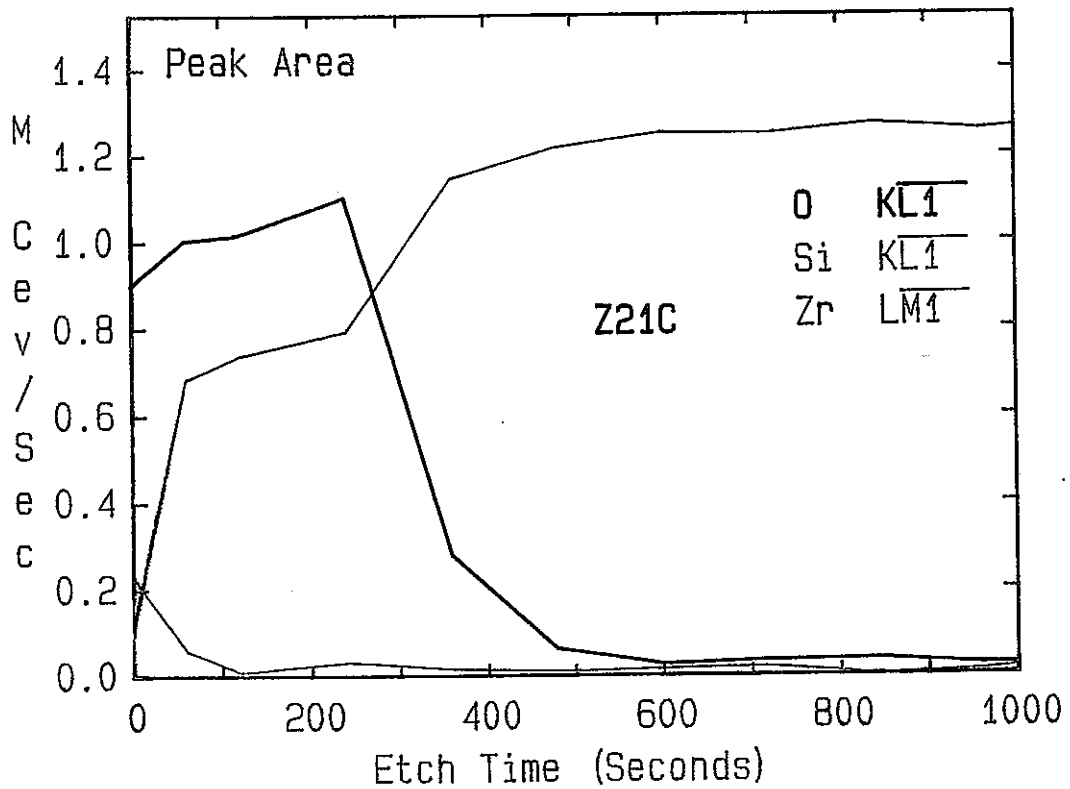


図4.7-50 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位21/バンド配管/硝酸蒸気入口側付近)

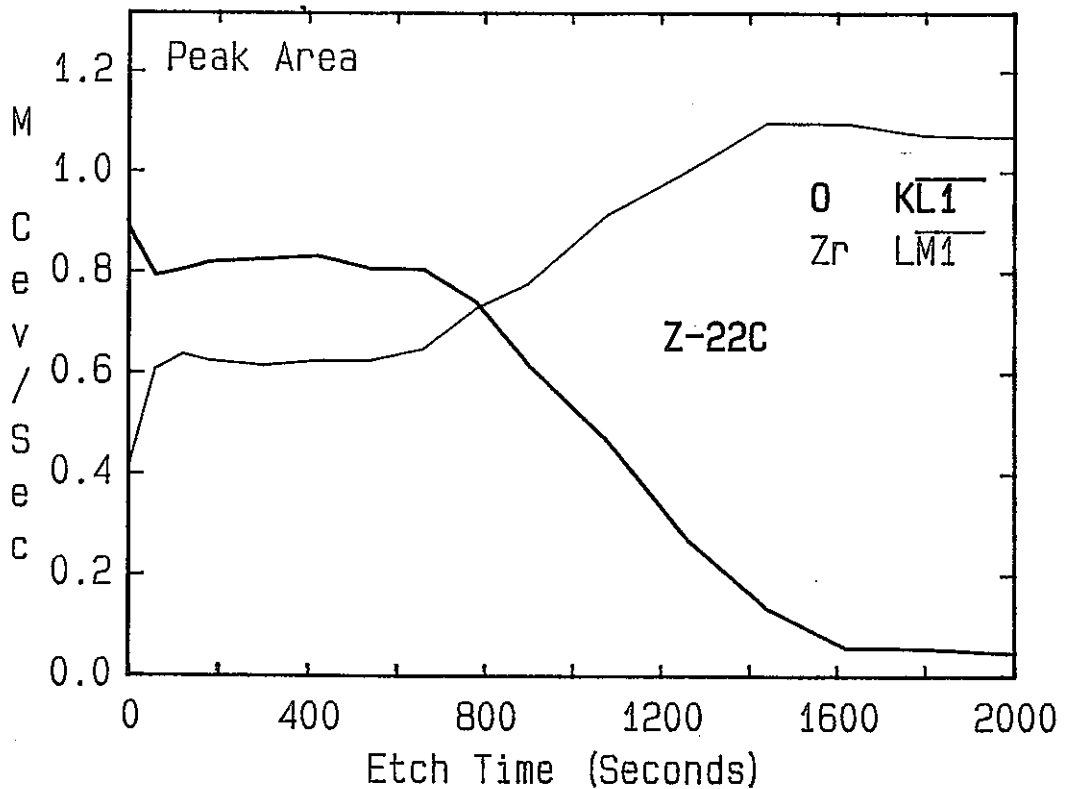


図4.7-51 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位22/バンド配管/配管中央付近)

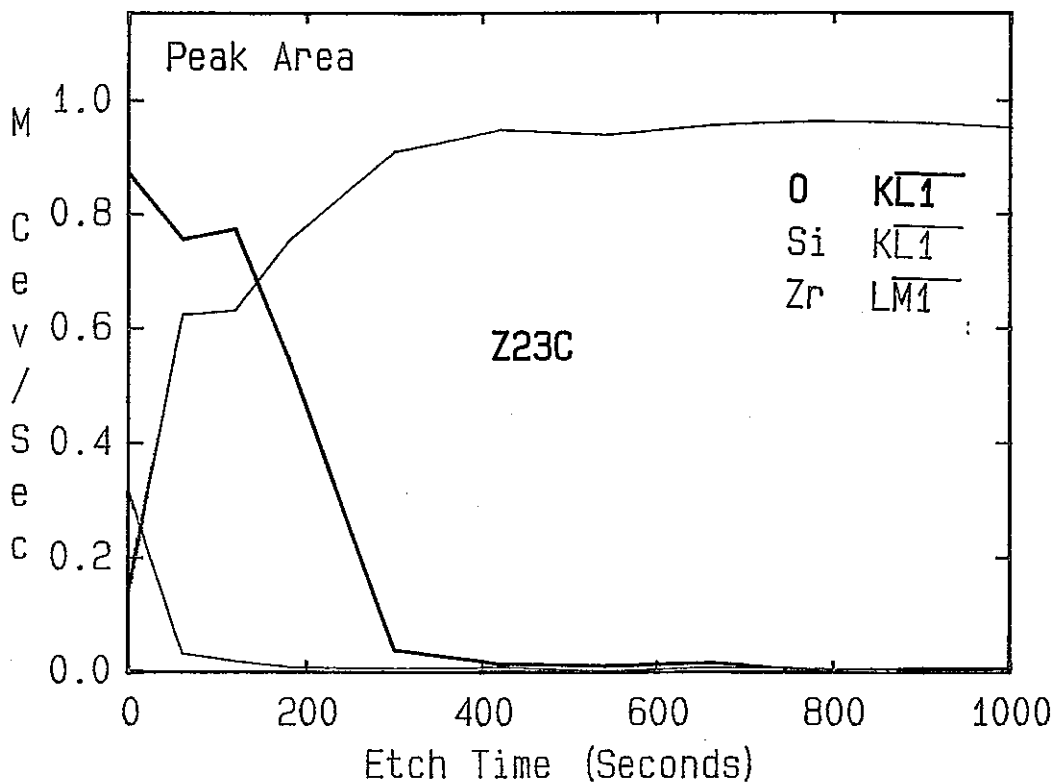


図4.7-52 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位23 / ベンド配管 / 硝酸蒸気出口側付近)

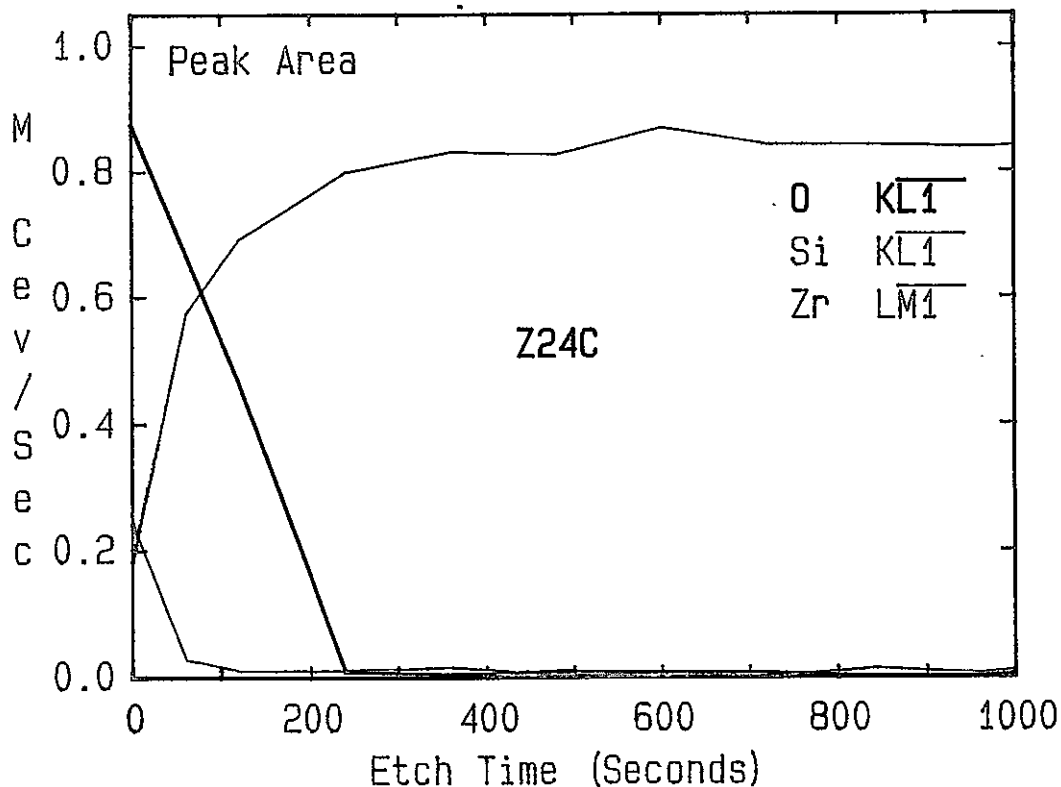


図4.7-53 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析 / Zr製
(部位24 / ベンド配管 / 配管長手溶接部 - 入口付近)

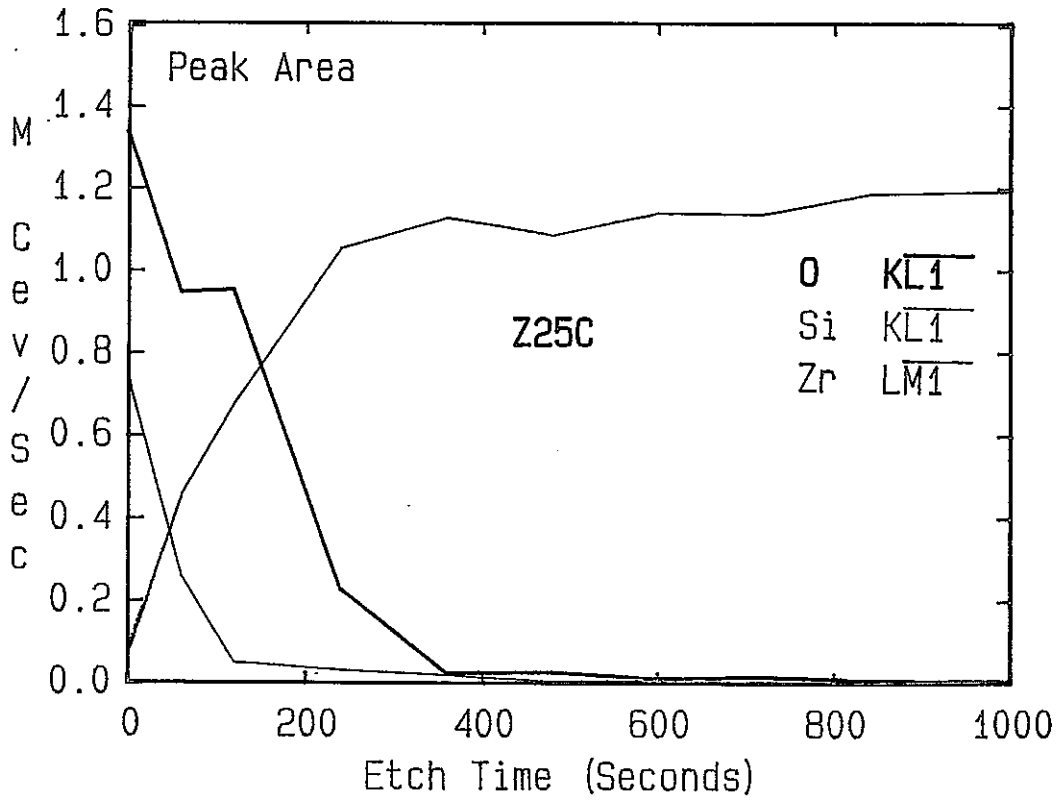


図4.7-54 AESによる酸化皮膜の深さ方向分析/Zr製
(部位25/バンド配管/配管長手溶接部-出口付近)

4.8 考察

前節の4.1節～4.7節の材料評価結果をまとめ、いくつかの以下に示す事項について考察を行った。

4.8.1 40000時間運転試験後における装置の腐食状況について

①Ti-5Ta製の腐食状況

以前に報告された運転試験4000時間までは、超音波肉厚測定から全ての部材に明瞭な腐食による減肉は確認されなかった。また、以前に実施した溶接ビードを含む平板形状のモニタリングテストクーポンをカラム上部（気相部）、カラム液相部及びボイラ部に取り付け運転試験4000時間までの腐食速度を求めた結果、図4.8-1に示すようにカラム液相部が僅かに腐食速度が大きい傾向が認められる³⁾が、腐食速度のオーダーはかなり低いものであり、殆ど腐食は進行していなかった。

今回の40000時間運転試験後の実測肉厚測定及び断面顕微鏡観察からは腐食による減肉が確認され、特に硝酸蒸気環境に曝されている部材である蒸発部塔頂部及びベント配管に減肉が認められ、その減肉量は最大で0.45mmであった。これは平均腐食速度として計算すると0.09mm/yearに相当する。一方、それに対して伝熱管～上部連絡管の各部材は殆ど減肉が認められなかった。なお、これらの部位で認められる腐食形態はすべて全面腐食と判断された。

今回、認められたこの蒸発缶各部材の全面腐食速度は、過去に実施した蒸発缶環境を模擬した実験室における腐食試験の結果⁴⁾（図4.8-2）とほぼ一致した。すなわち、図中のC～Fの部位の環境は蒸発缶における伝熱管～上部連絡管にそれぞれ対応した環境であり、この環境では硝酸溶液に溶出したTiイオン等が腐食を抑制するために腐食速度はかなり小さい。一方、図中のA及びBについては、蒸発部塔頂部及びベント配管に対応しており、この部位では溶出Tiイオン等が比較的少ない硝酸蒸気或いは凝縮液に曝される環境であるために腐食速度が比較的増加しているものと考えられ、これらの傾向は、実験室での試験結果と一致している。

このように40000時間の長期に渡る腐食試験においても、今まで得られた実験室規模での試験結果及び本モックアップ装置を用いて得られた4000時間の結果とほぼ同様の結果となり、全体として<0.1mm/yearという腐食速度であり十分に耐食材料として耐えうるものと判断される。

②Zr製の腐食状況

Zr製の腐食による減肉は、40000時間後の肉厚測定結果及び断面顕微鏡観察からは、殆ど認められない。また、硝酸蒸気に曝される蒸発部塔頂部～ベント配管にかけてもTi-5Ta製で確認されたような、腐食速度の増加傾向は認められず、以前に報告された実験室の腐食試験の結果⁵⁾（図4.8-3）とも一致する。従って、Zr製の蒸発缶は40000時間経過後も完全耐食性を維持しているものと判断される。

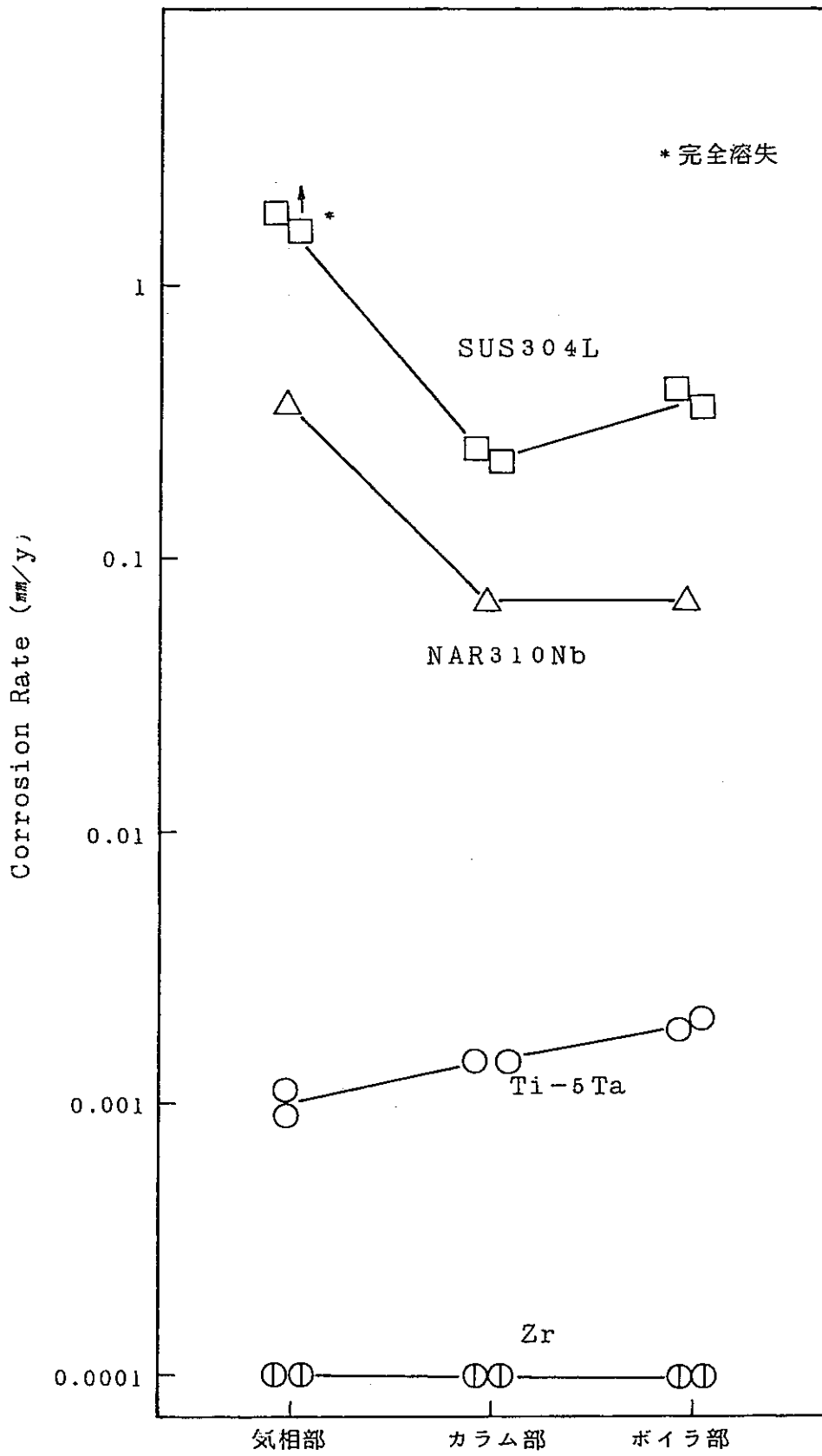


図4.8-1 運転試験4000時間におけるモニタリングテストクーポンの腐食速度

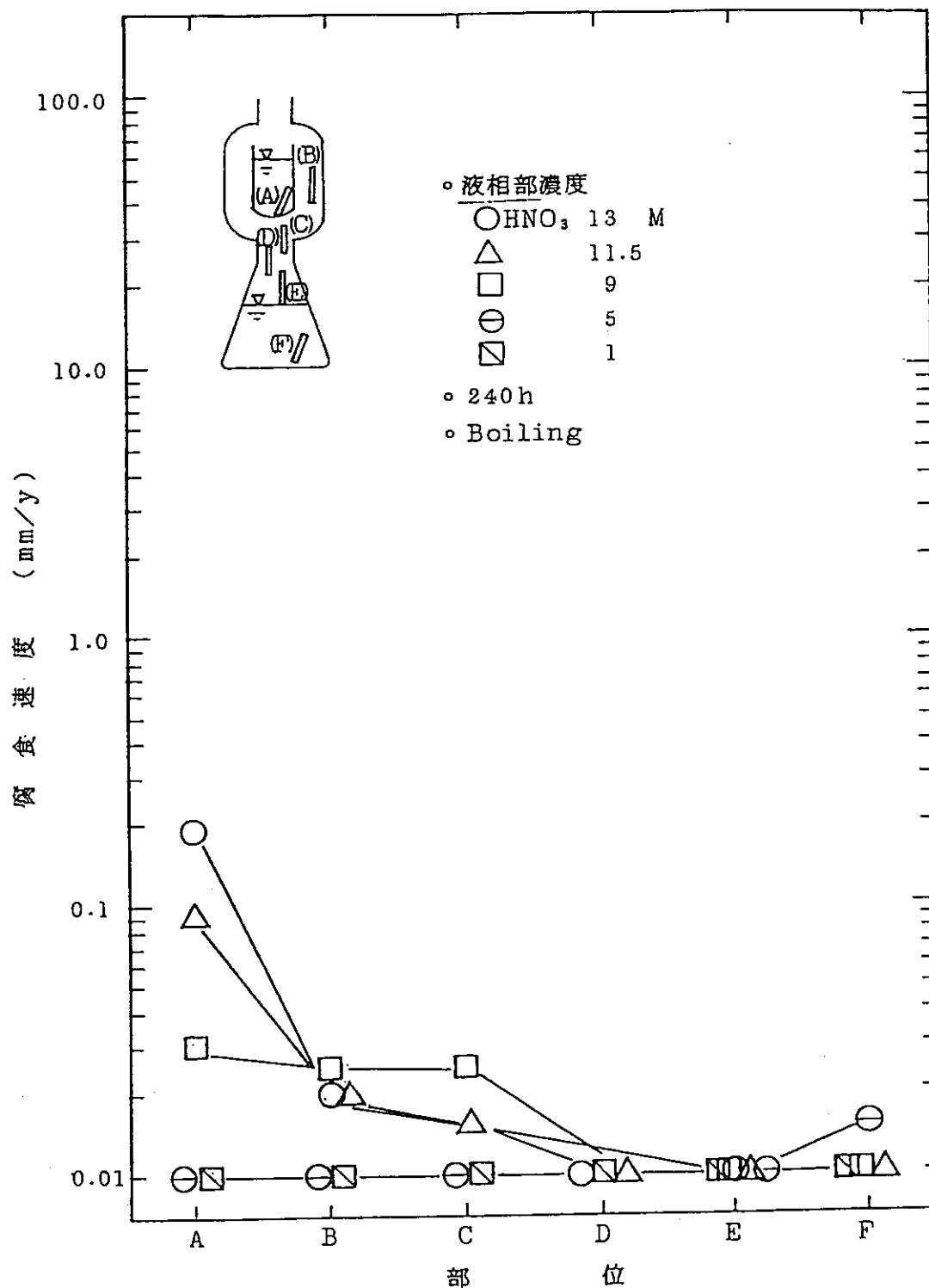


図4.8-2 Ti-5Ta材の蒸発缶環境を模擬した実験室における腐食試験結果

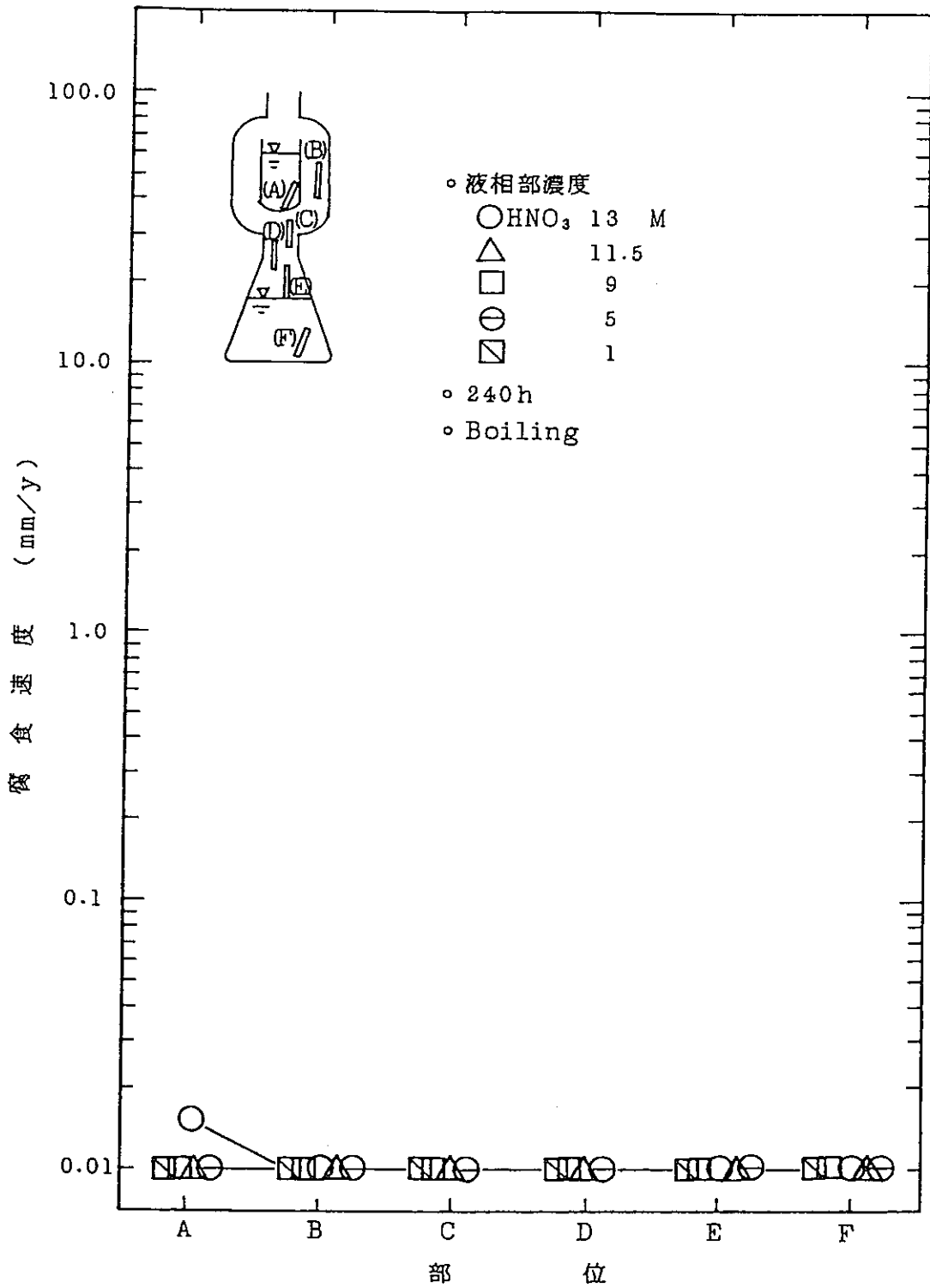


図4.8-3 Zr材の蒸発缶環境を模擬した実験室における腐食試験結果

4.8-2 酸化皮膜の生成状況について

①Ti-5Ta製

ESCAによる表面分析および結合状態分析およびAESによる線分析からは、殆ど表面に腐食生成物としての TiO_2 及び SiO_2 スケールが存在しており、その下層部、すなわち母材最表面には不動態皮膜として存在する酸化皮膜が形成されているものと判断された。これはAESによる酸化皮膜厚さ測定より、全ての部位から推定50~1400Å厚さの酸化皮膜が確認された。また、蒸発部塔頂部及びベント配管の酸化皮膜厚さが、伝熱管及び加熱部上部チャンネルと比較して酸化皮膜厚さが薄い傾向は、前者の環境が硝酸蒸気及び凝縮液に曝される環境で比較的全面腐食が進行するために膜厚成長が抑制されているものと思われる。言い換えれば酸化皮膜（不動態皮膜）を維持するための腐食反応速度が、伝熱管や加熱部上部チャンネル部材のような溶出金属イオンによる酸化性の強い環境中に比べて大きいものと推察される。

なお、最表面部における酸化皮膜の構造はESCAによる状態分析から、 Ti_2O_3 や TiO などのピークは検出されていないことから TiO_2 であると推察され、また、Taの酸化物も確認されたことから、酸化皮膜中に存在し耐食性を保持しているものと考えられる。

②Zr製

Zrの内表面はESCAおよびAES分析から、表面に均一な酸化皮膜が形成されていることが確認された。また、酸化皮膜の構造はESCAの状態分析より ZrO_2 であると推察される。なお、酸化皮膜の厚さは推定400~5000Åで形成されており、40000時間後においても耐食性を維持しているものと判断される。

4.8-3 内面に生成した腐食生成物（内面付着スケール）について

Ti-5Ta製の内表面には、腐食により溶出したTiが TiO_2 が腐食生成物として表面に付着していることがESCAにより確認された。また、SEMによる表面観察から、硝酸蒸気および凝縮液環境である蒸発部塔頂部及びベント配管にはスケールの付着が他の部位に比較して、厚く成長して付着している状況が認められた。この傾向は前項の4.8-2で述べたように、この部位の腐食速度が大きいことに対応しているものと考えられる。

一方、Zr製の内表面にはZrの腐食生成物は確認されず、これは不動態皮膜としての酸化皮膜が、Ti-5Ta材と比較して耐食性が優れているために不動態皮膜を保持するための腐食速度が非常に小さいことが考えられる。しかし、殆どの部位でZr内表面に白色スケールの付着が認められ、これはESCA分析より、 SiO_2 のスケールであることが判明し、これはTi-5Ta内表面にも存在が確認された。このSiの存在については試験溶液中には本来含まれていないものであり、何らかの要因で試験溶液へ混入したものと推測される。

5. まとめ

40000時間の運転試験を完了した酸回収蒸発缶モックアップ装置について機器の健全性及び腐食による損傷状況について各種評価を行った。

(1) Ti-5Ta 製酸回収蒸発缶について

①機械的強度評価の結果、40000時間後におけるTi-5Ta材の強度劣化は認められず、母材部に関しては素材の機械強度の製品規格値を十分に満たしていることが確認された。また、溶接部においても欠陥部位は認められず、適切な溶接施工が施されていることが確認された。

②各部材の腐食損傷状況の評価した結果、蒸発部塔頂部及びベント配管において全面腐食の進行が認められたが、この傾向は過去の実験室データとほぼ一致することが確認された。なお、今回の調査で確認された最大減肉部においても約0.09mm/yearの腐食速度であり、十分に耐食性を有しているものと判断される。

③表面分析の結果、蒸発缶内表面には不動態皮膜としての酸化物の形成が確認され、耐食性を維持していることが確認された。

(2) Zr 製酸回収蒸発缶について

①機械的強度評価の結果、40000時間後におけるZr材の強度劣化は認められず、母材部に関しては素材の機械強度の製品規格値を十分に満たしていることが確認された。また、溶接部においても伸びが小さい部位も存在していたが、曲げ試験においても、欠陥部位は認められず、適切な溶接施工が施されていることが確認された。

②各部材の腐食損傷状況を確認した結果、全ての部位には殆ど腐食による損傷部は確認されておらず、肉厚測定による減肉量は殆どの部位で0.01mm/year以下であることから、耐食性を維持していることが確認された。

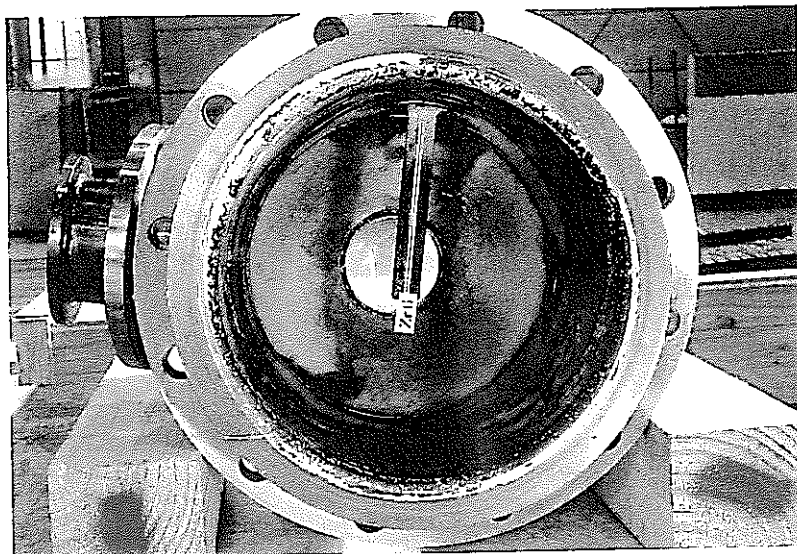
③表面分析の結果、全ての評価部位には不動態皮膜の存在が確認され、その皮膜厚さはTi-5Ta材よりも厚く、高耐食性を維持しているものと判断された。なお、Zr製およびTi-5Ta製の表面に付着していた白色のSiO₂スケールの存在については、恐らく試験運転中に溶液に混入したものと考えられるが、その原因については定かではない。

6. 参考文献

- 1) 中村 康治他 ; PNC SJ116 84-05, II-3(1984)
- 2) 3) 降矢 喬他 ; PNC ZJ6058 87-002(1), 25, 30, 88(1987)
- 4) 5) 中村 康治他 ; PNC ZJ116 85-03, III-6, 7(1985)

添付資料－1

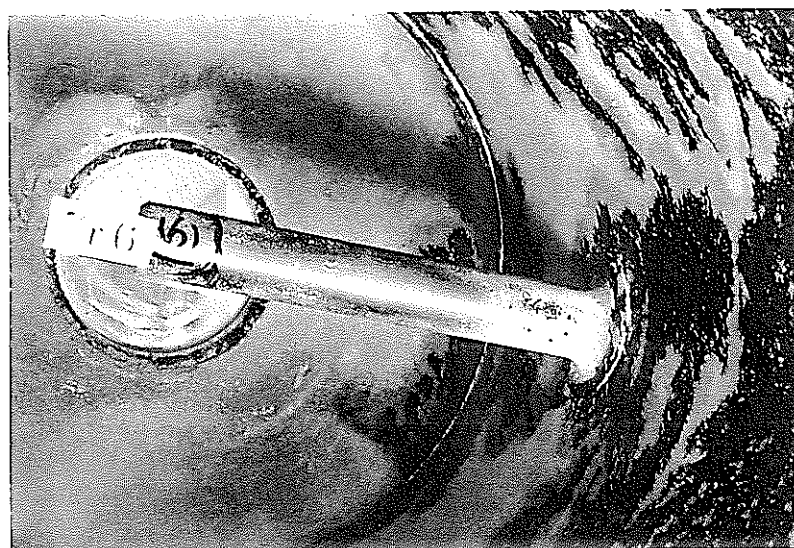
荒切り前の部材の外観状況



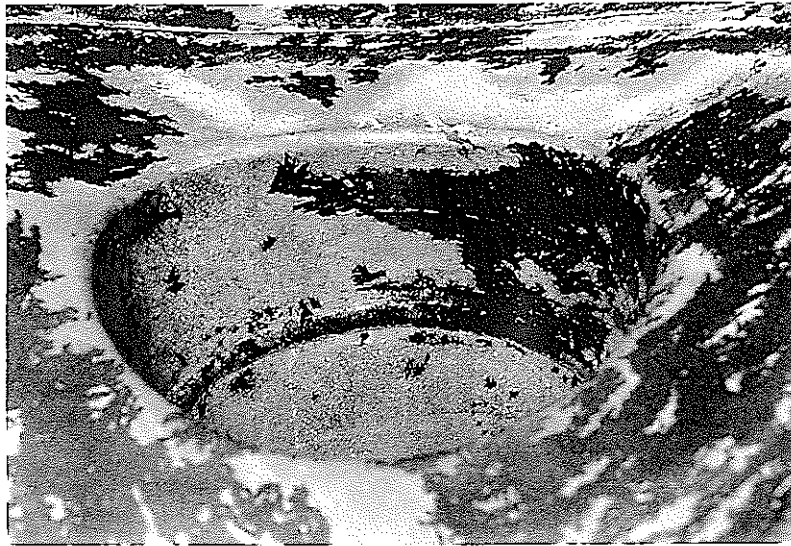
加熱部上部チャンネル
(Zr)



加熱部上部チャンネル
(Zr)



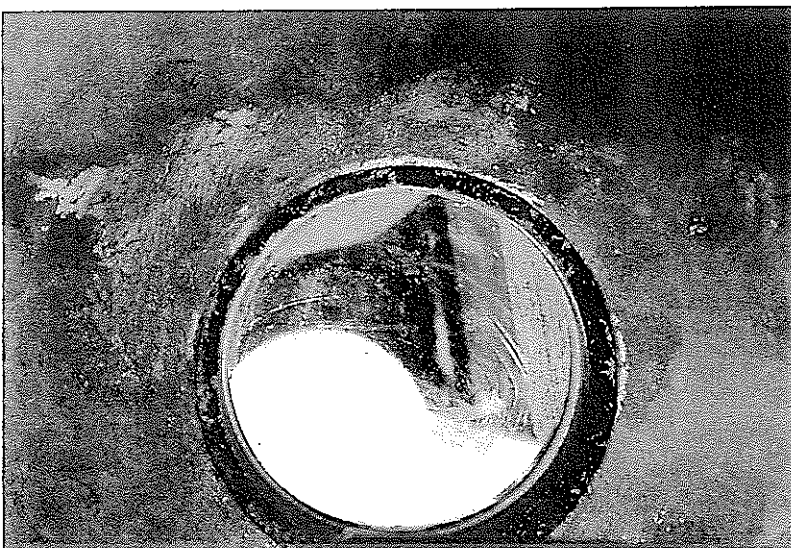
加熱部上部チャンネル
(Zr)



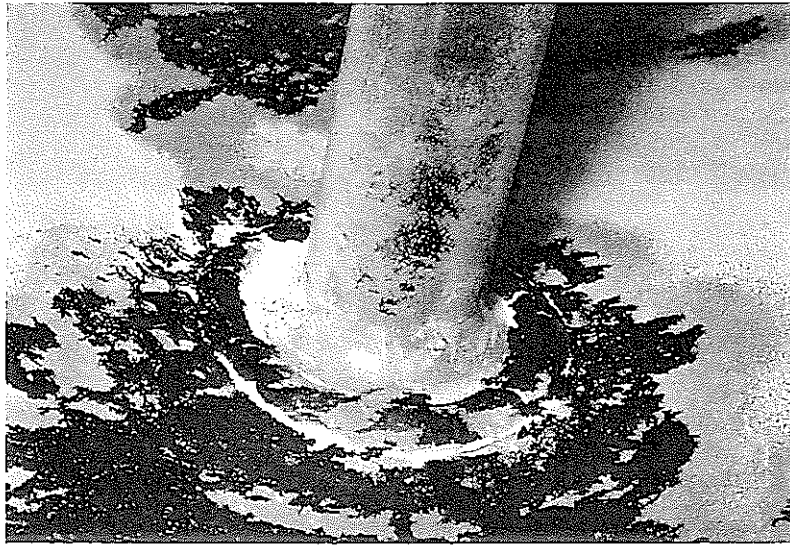
加熱部上部チャンネル
ハステルマウス（鍛造材）
（Zr）



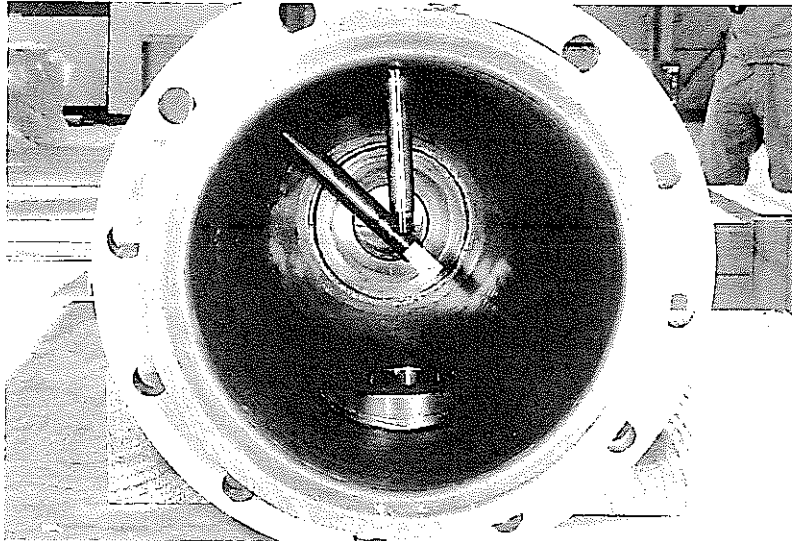
加熱部上部チャンネル
ハステルマウス（鍛造材）
溶接部（Zr）



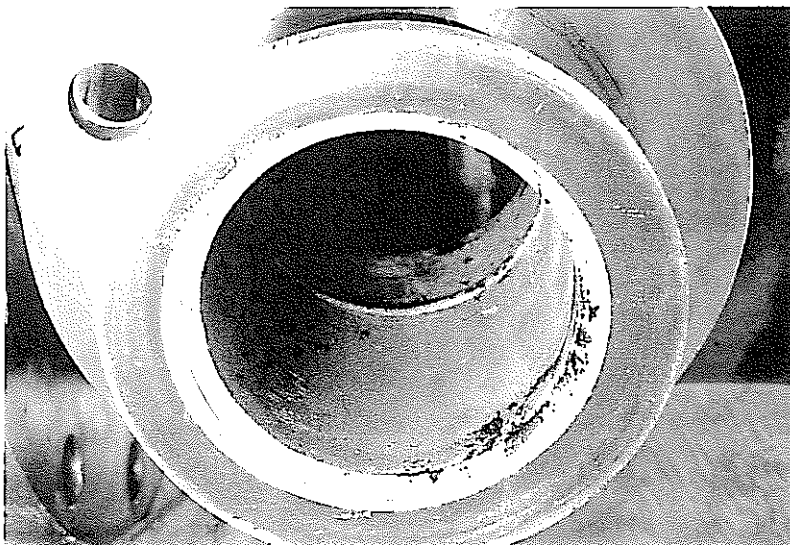
加熱部上部チャンネル
鏡板（板材）
（Zr）



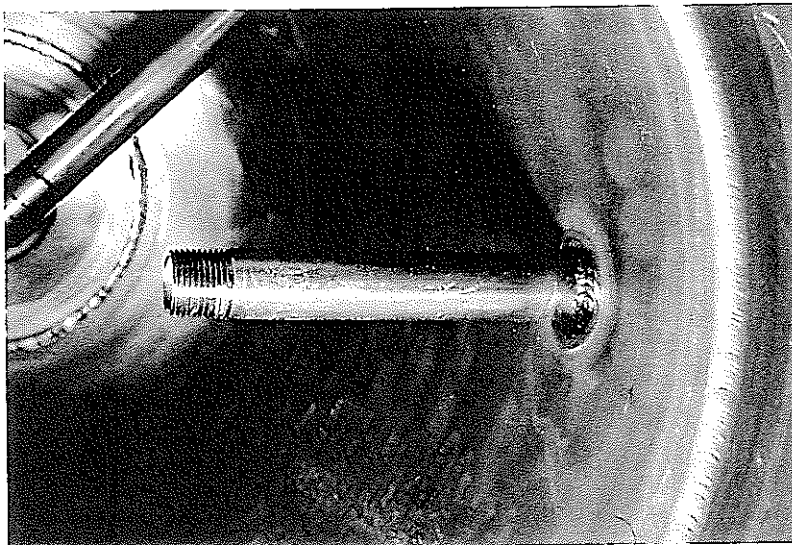
加熱部上部チャンセル
熱電対さや管（棒材）
溶接部
(Zr)



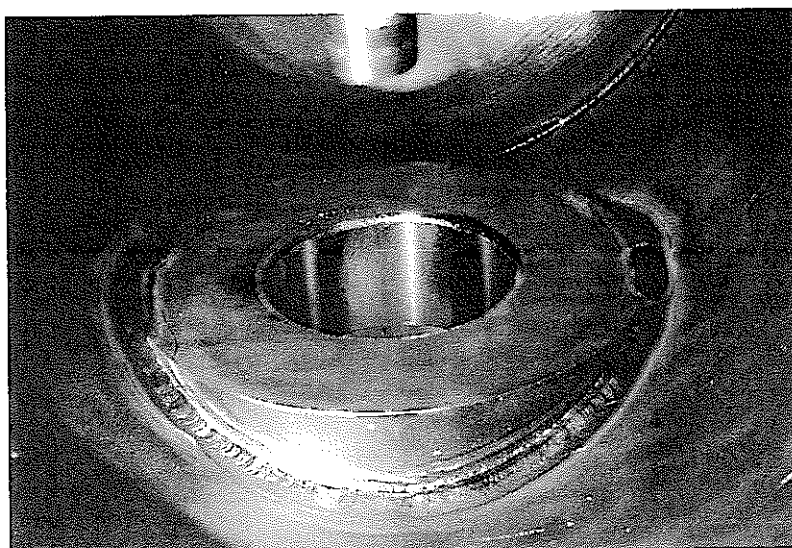
蒸発部塔頂部
(Zr)



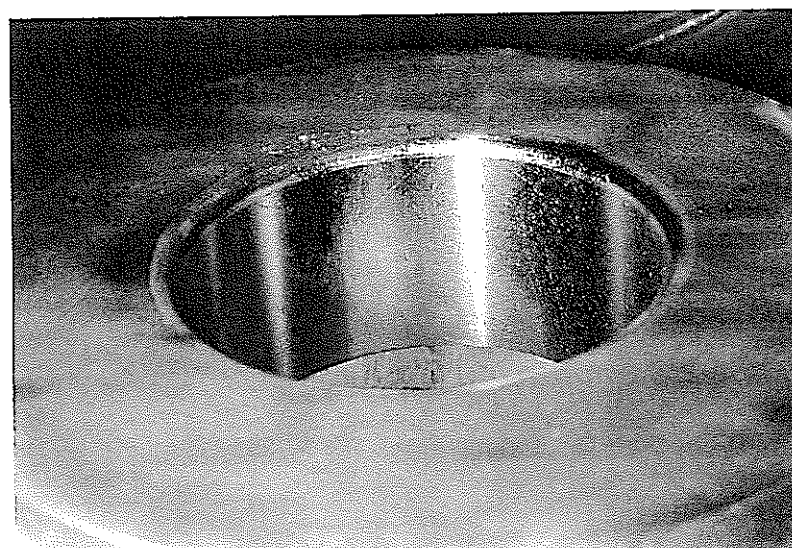
蒸発部塔頂部
塔頂部ノズル
(Zr)



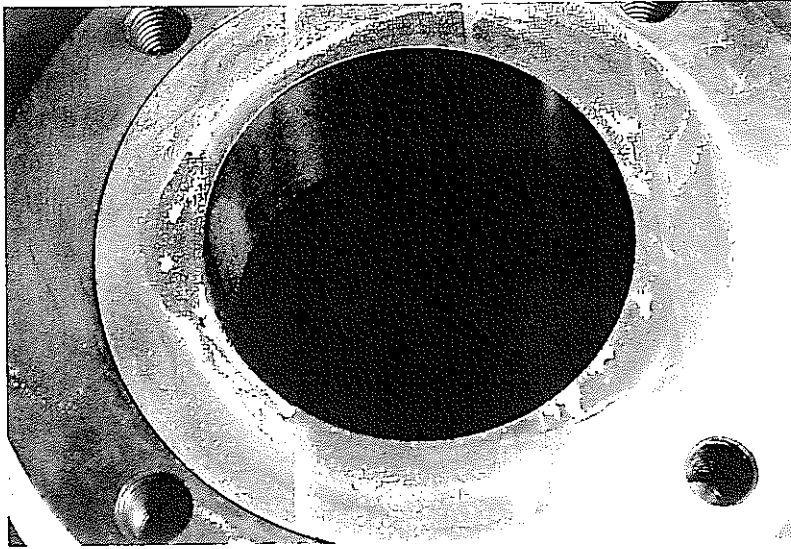
蒸発部塔頂部
バルブ溶接部 (Zr)



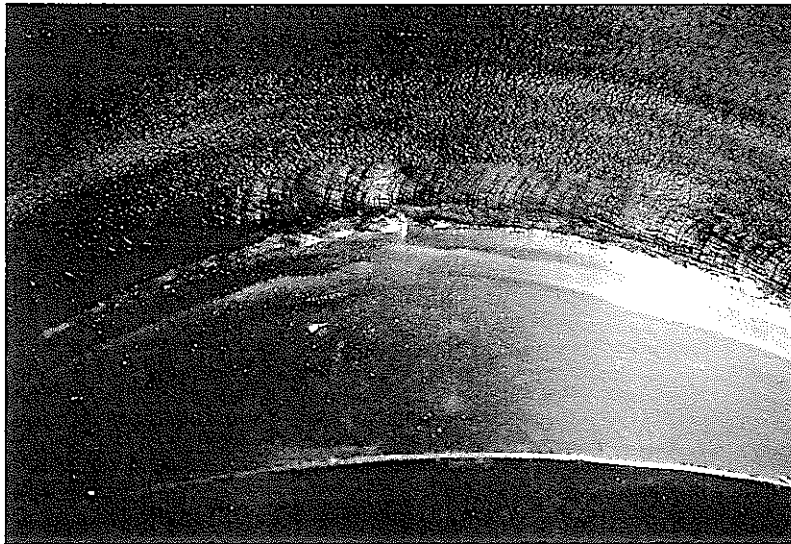
蒸発部塔頂部
試験片挿入口 (鍛造材)
(Zr)



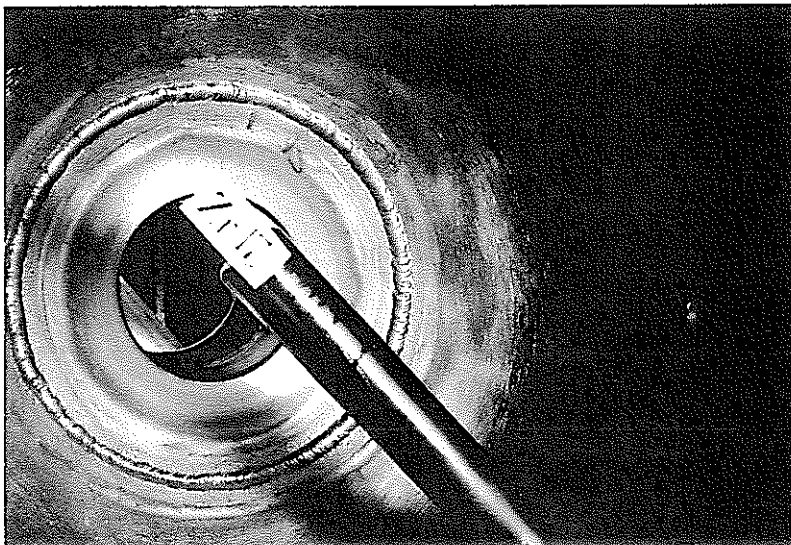
蒸発部塔頂部
試験片挿入口 (鍛造材)
(Zr)



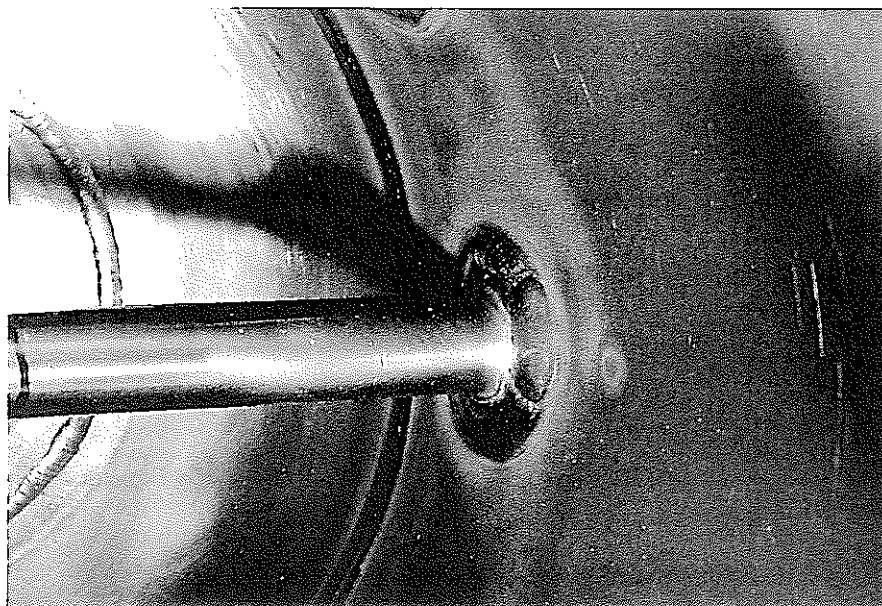
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
（Zr）



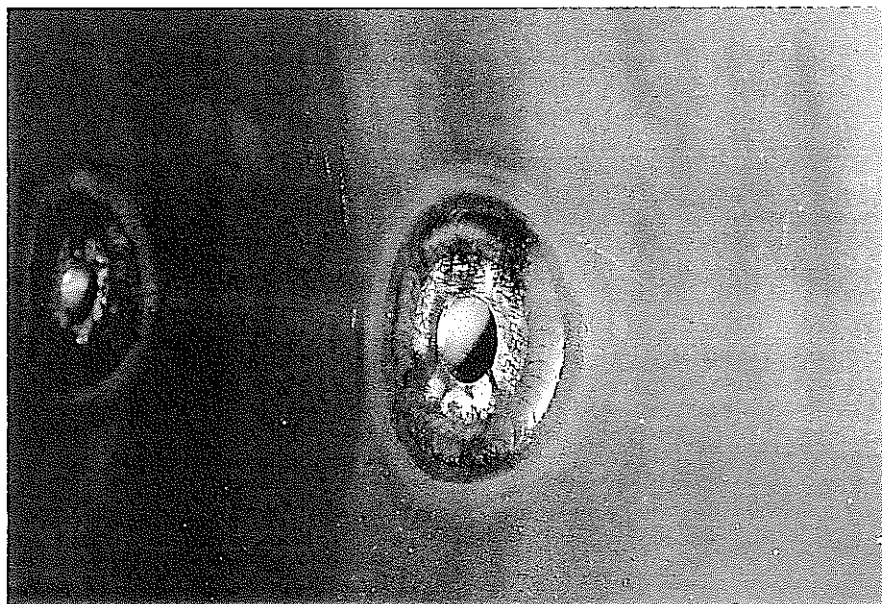
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
溶接部
（Zr）



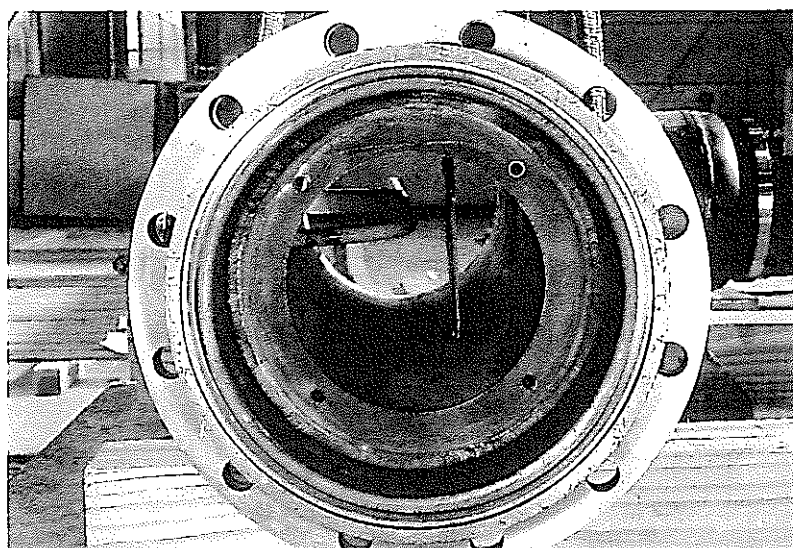
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
ノズルノズル溶接部
（Zr）



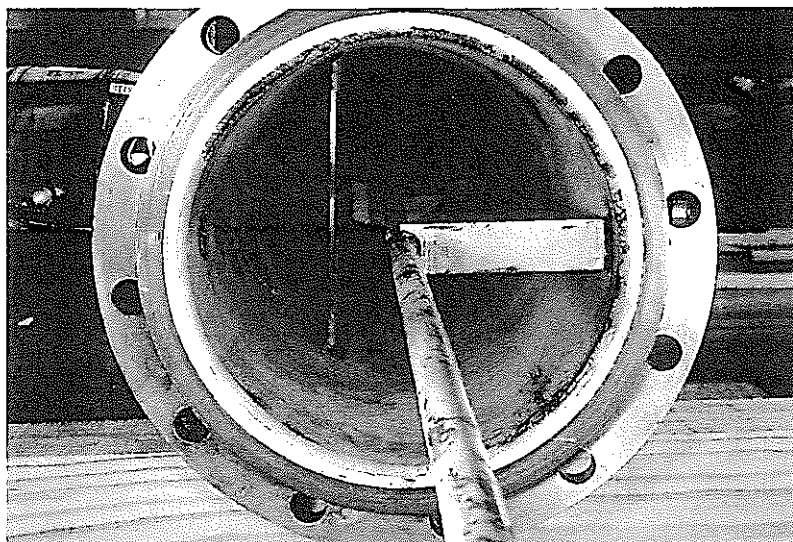
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
熱電対溶接部
（Zr）



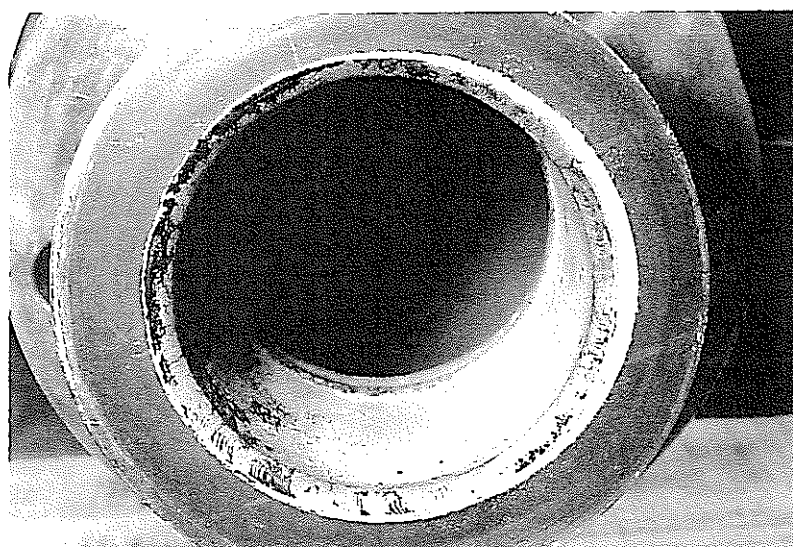
蒸発部塔頂部
試験片挿入口
ボス（鍛造材）溶接部
（Zr）



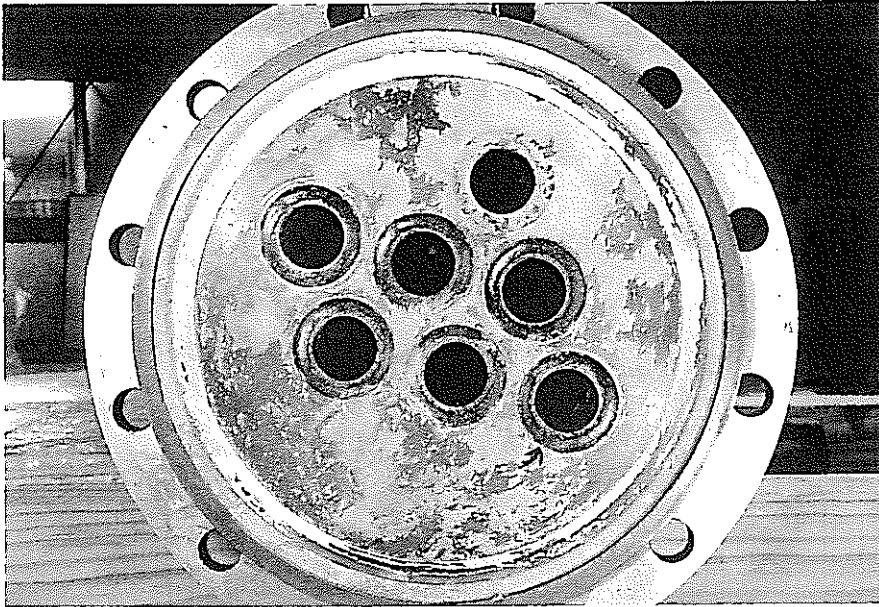
蒸発部胴部上側
(Zr)



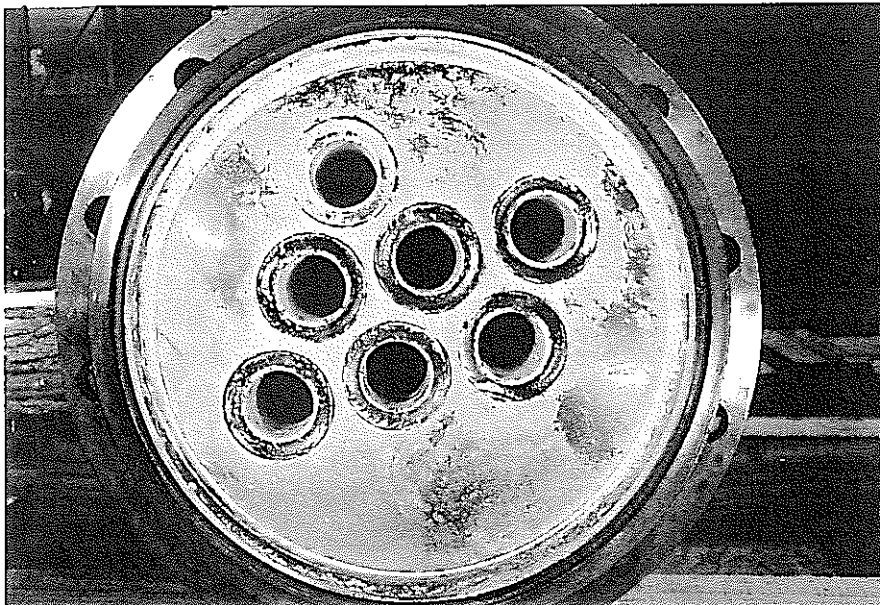
蒸発部胴部上側
(Zr)



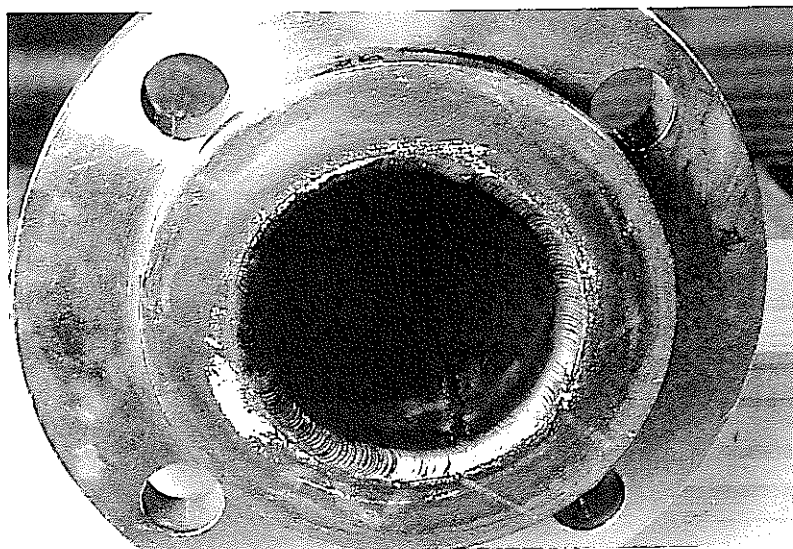
上部連絡管
(Zr)



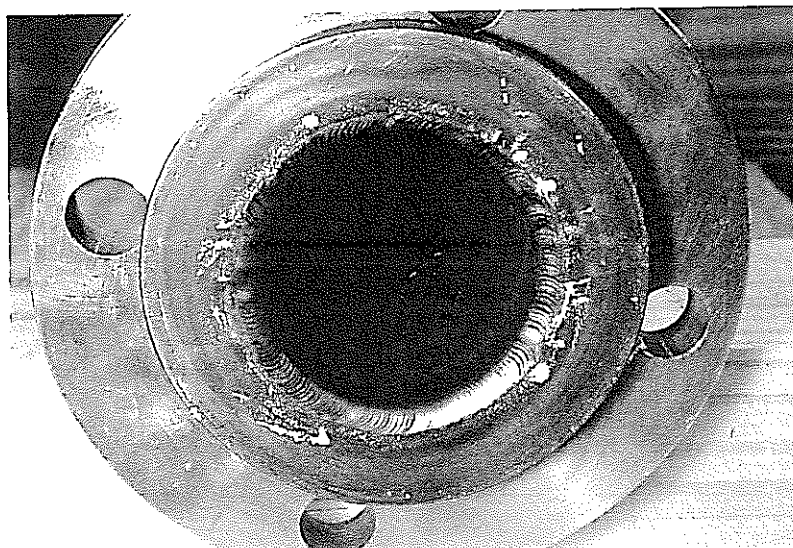
加熱部上部
管板（鍛造材）
（Zr）



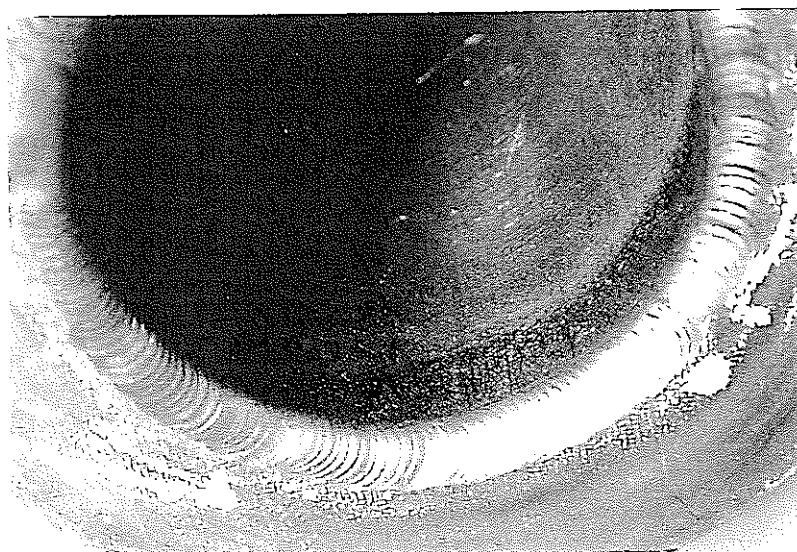
加熱部下部
管板（鍛造材）
（Zr）



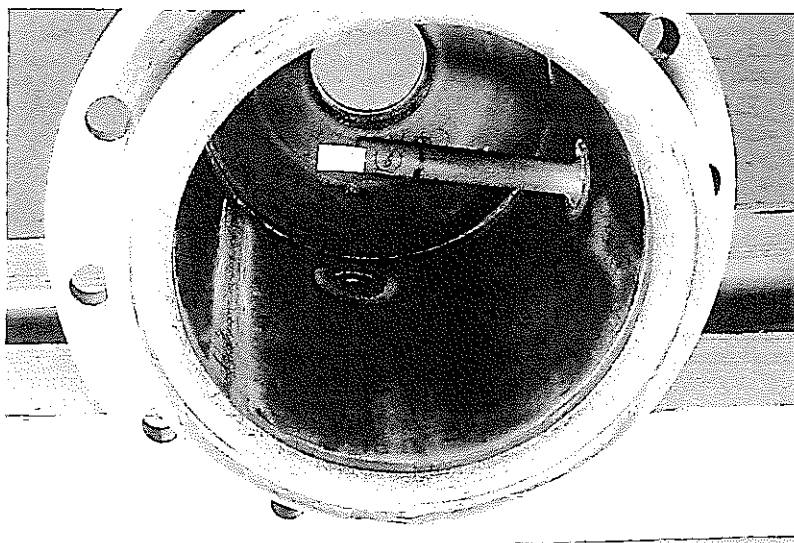
ベンド配管
(Zr)



ベンド配管
(Zr)



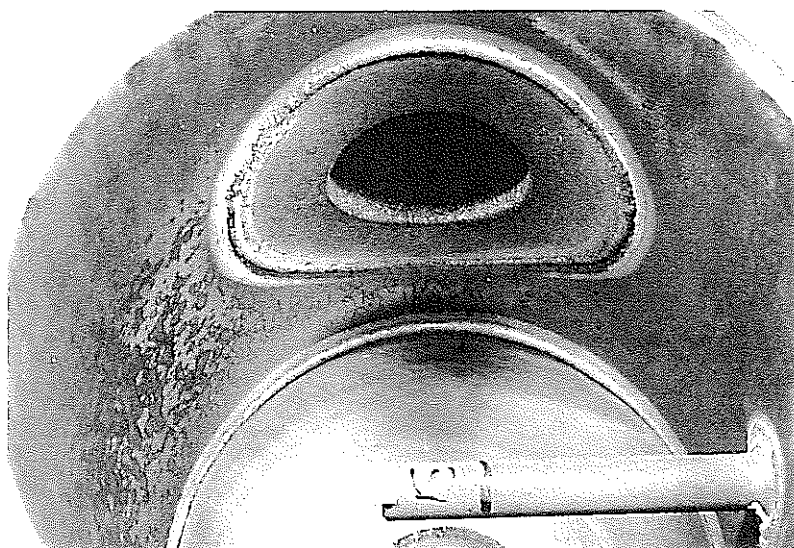
ベンド配管
溶接部
(Zr)



加熱部上部チャンネル
(Ti-5Ta)



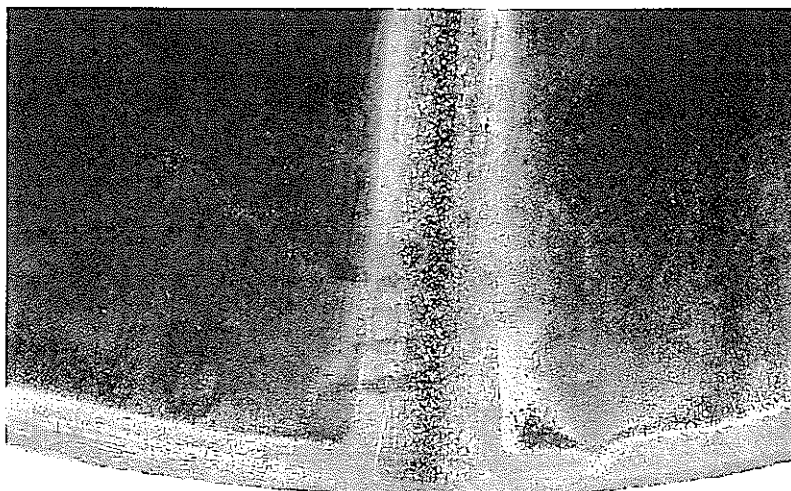
加熱部上部チャンネル
(Ti-5Ta)



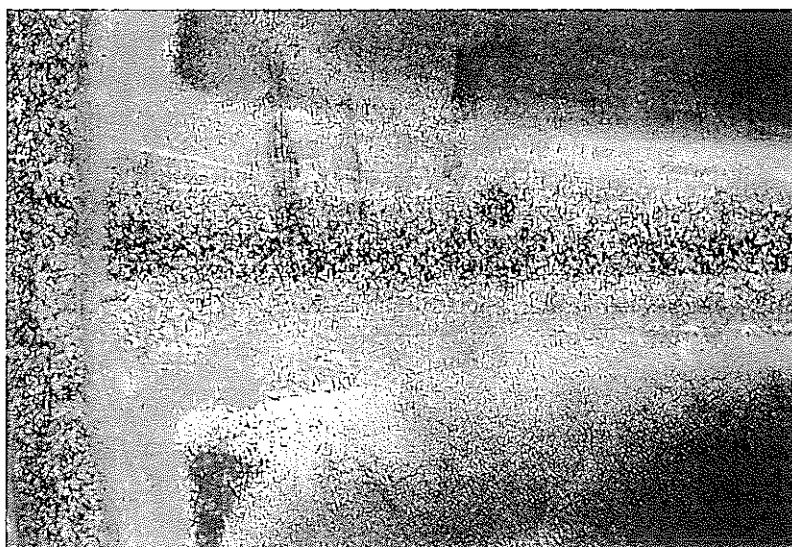
加熱部上部チャンネル
(Ti-5Ta)



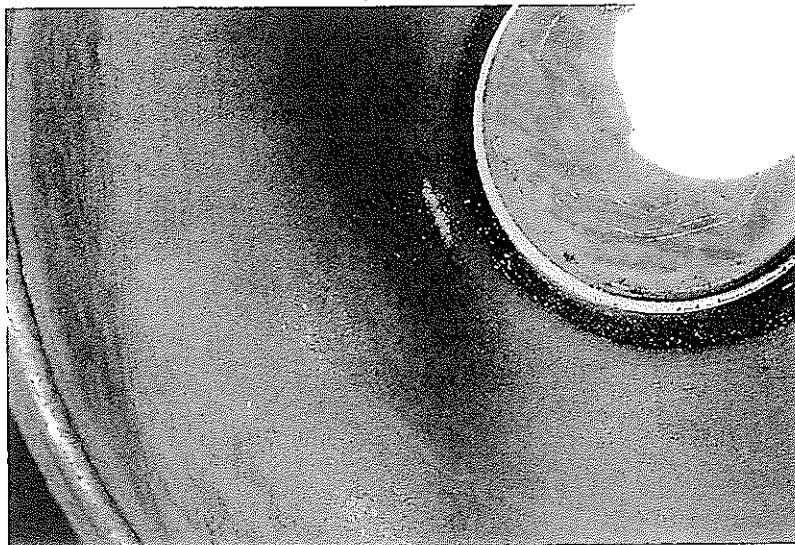
加熱部上部チャンネル
胴部（板材）
（Ti-5Ta）



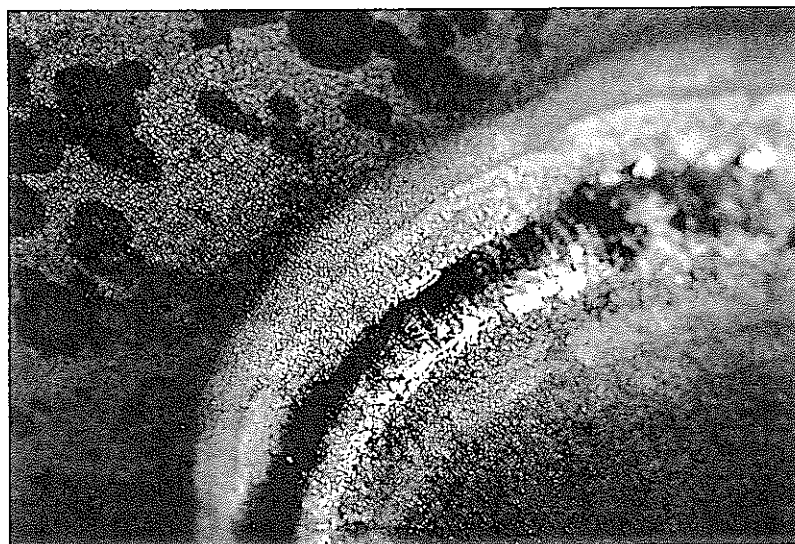
加熱部上部チャンネル
胴部（板材）溶接部
（Ti-5Ta）



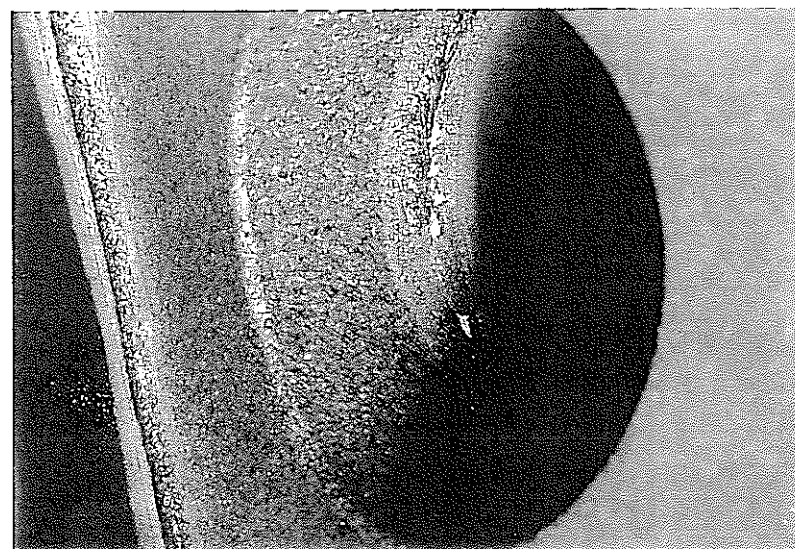
加熱部上部チャンネル
胴部（板材）溶接部
（Ti-5Ta）



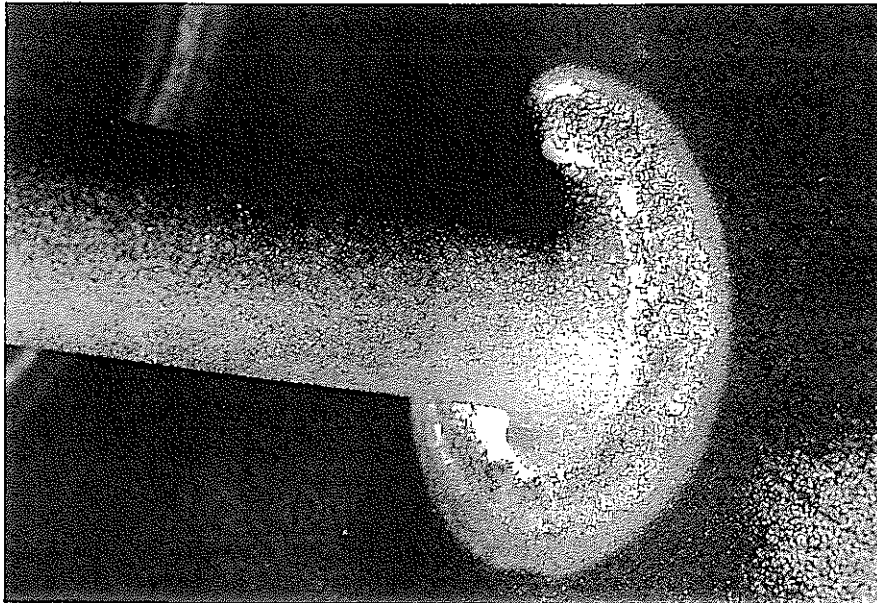
加熱部上部チャンネル
鏡板（板材）
（Ti-5Ta）



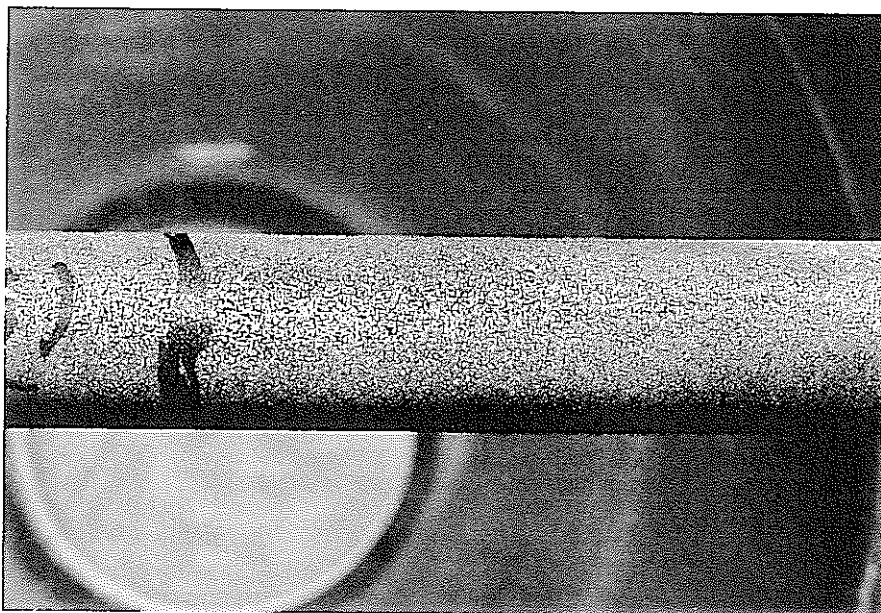
加熱部上部チャンネル
ノズル溶接部
（Ti-5Ta）



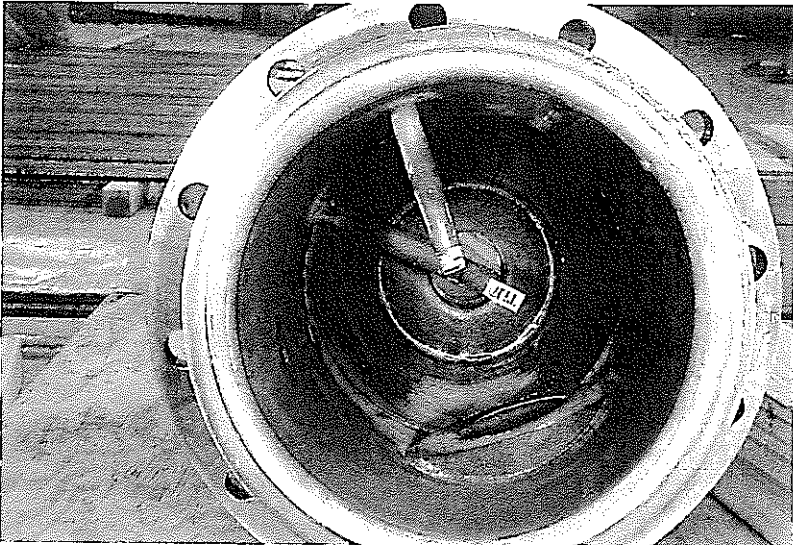
加熱部上部チャンネル
ノズルノズル（鍛造材）
（Ti-5Ta）



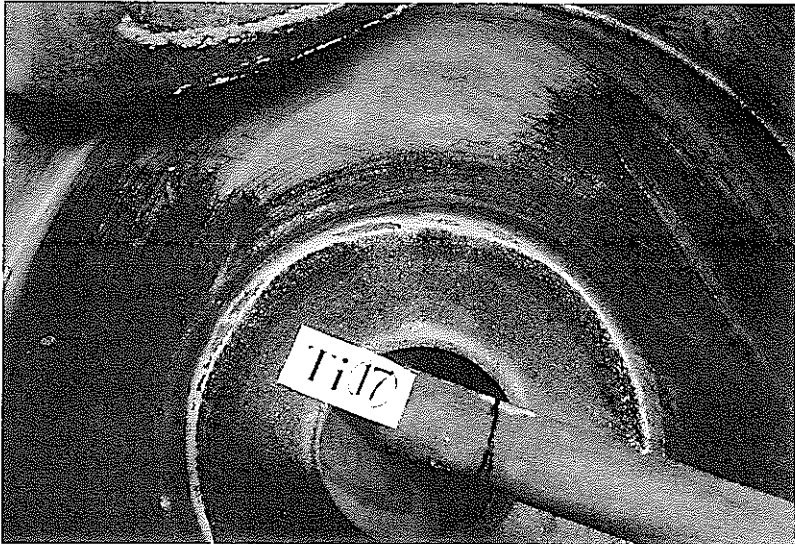
加熱部上部チャンネル
熱電対さや管（棒材）
溶接部
（Ti-5Ta）



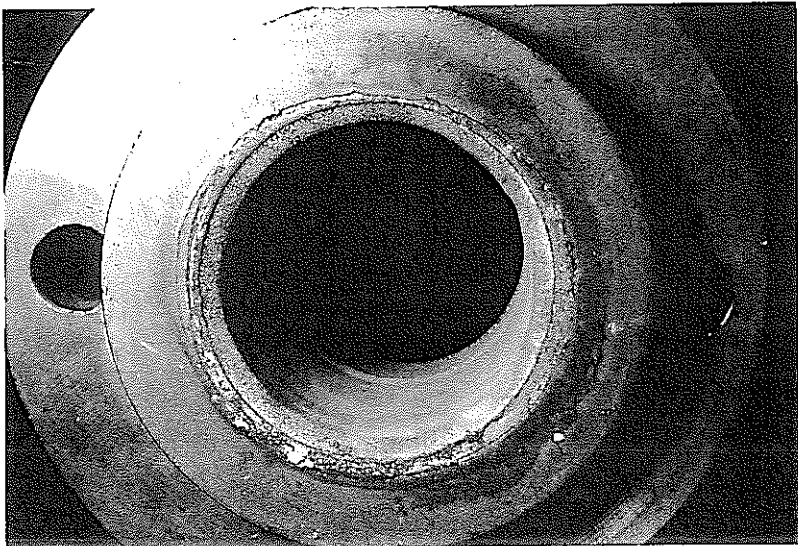
加熱部上部チャンネル
熱電対さや管（棒材）
（Ti-5Ta）



蒸発部塔頂部
(Ti-5Ta)



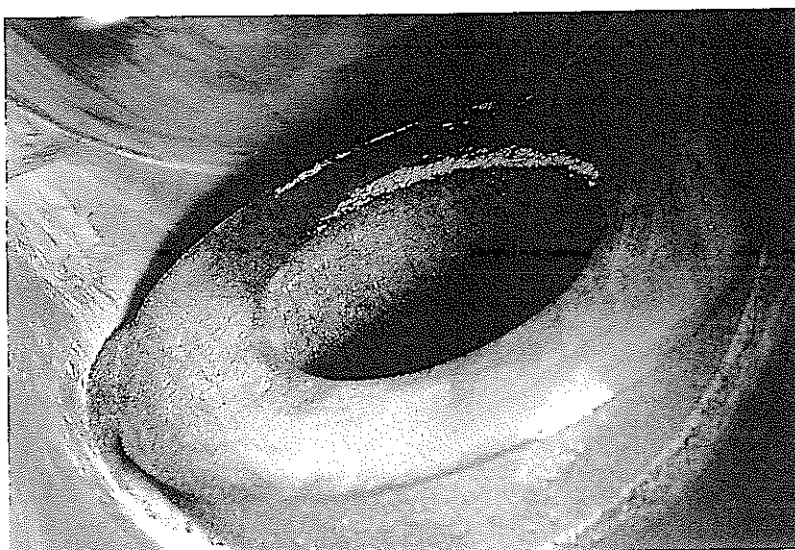
蒸発部塔頂部
(Ti-5Ta)



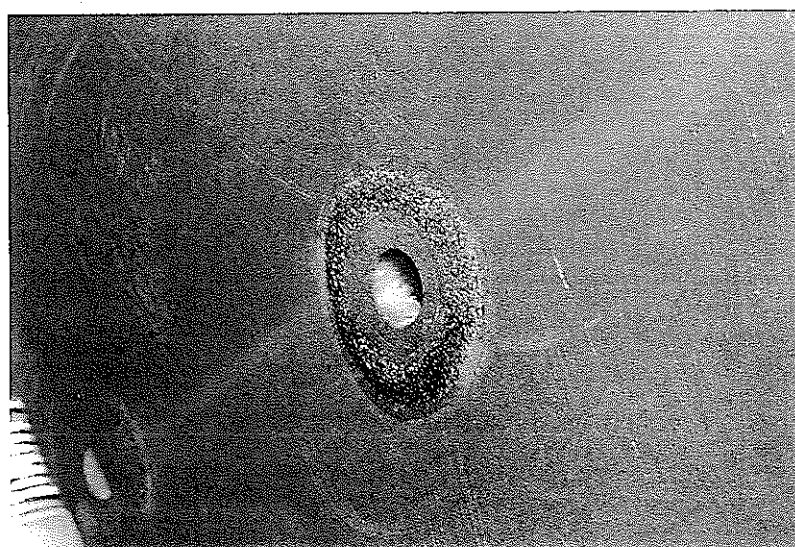
蒸発部塔頂部
塔頂部ノズル
(Ti-5Ta)



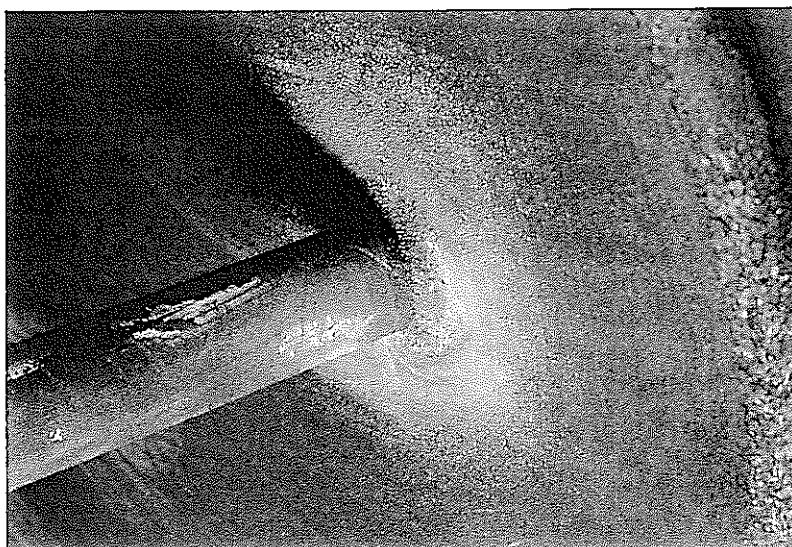
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
（Ti-5Ta）



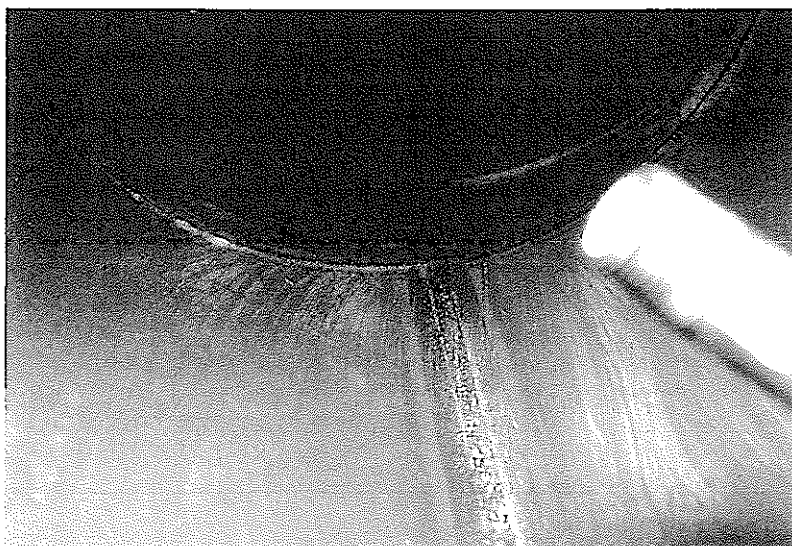
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
（Ti-5Ta）



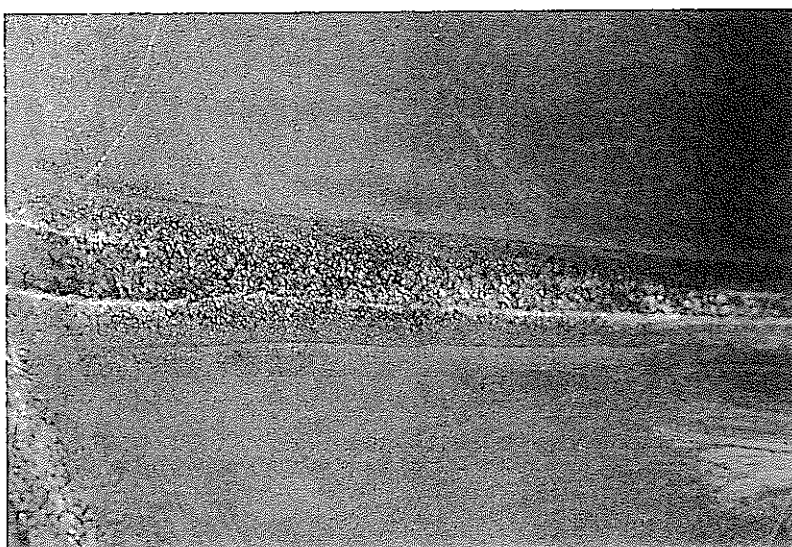
蒸発部塔頂部
試験片挿入口
ボス（鍛造材）溶接部
（Ti-5Ta）



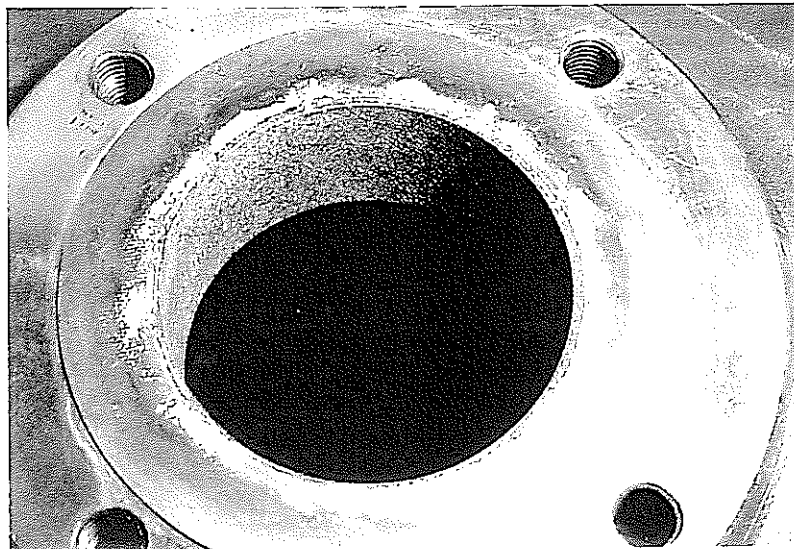
蒸発部塔頂部
ノズル溶接部
(Ti-5Ta)



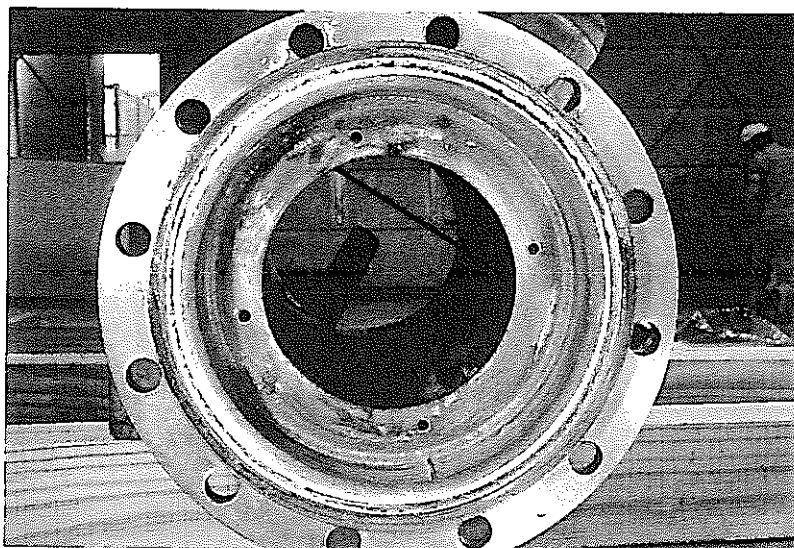
蒸発部塔頂部
シェル溶接部
(Ti-5Ta)



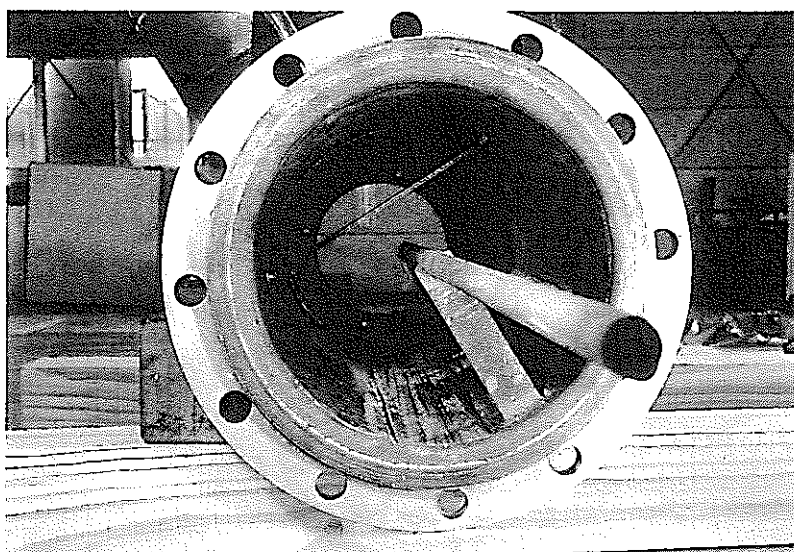
蒸発部塔頂部
シェル溶接部
(Ti-5Ta)



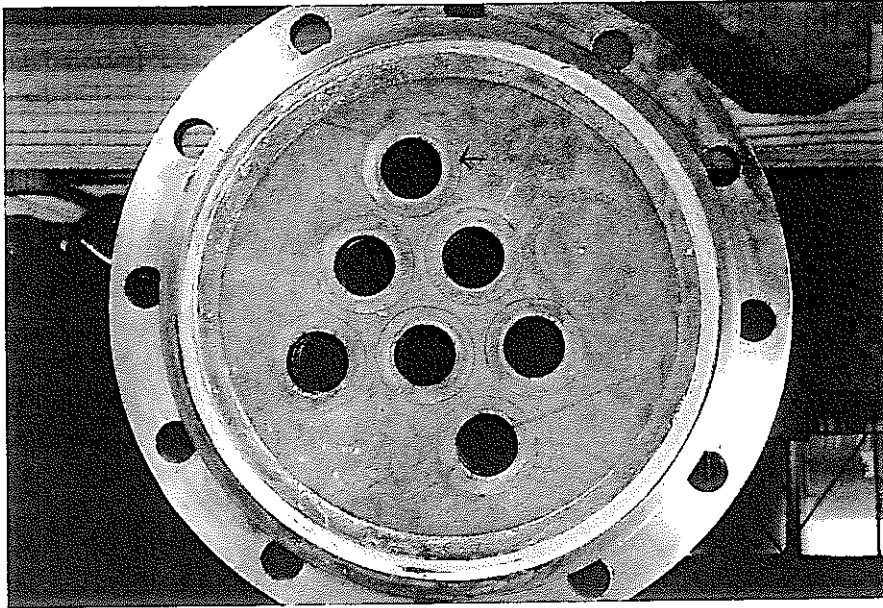
蒸発部塔頂部
試験片挿入口（鍛造材）
（Ti-5Ta）



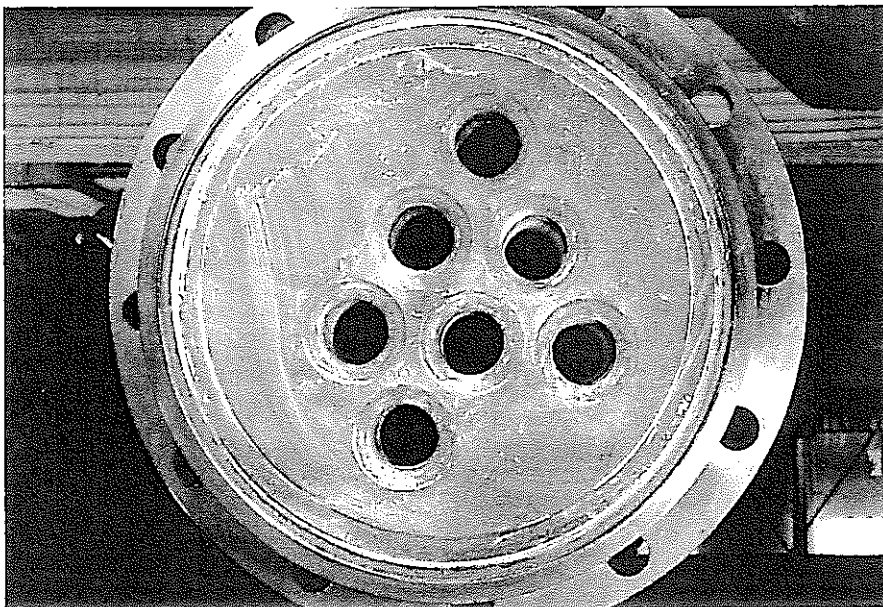
蒸発部胴部上側
（Ti-5Ta）



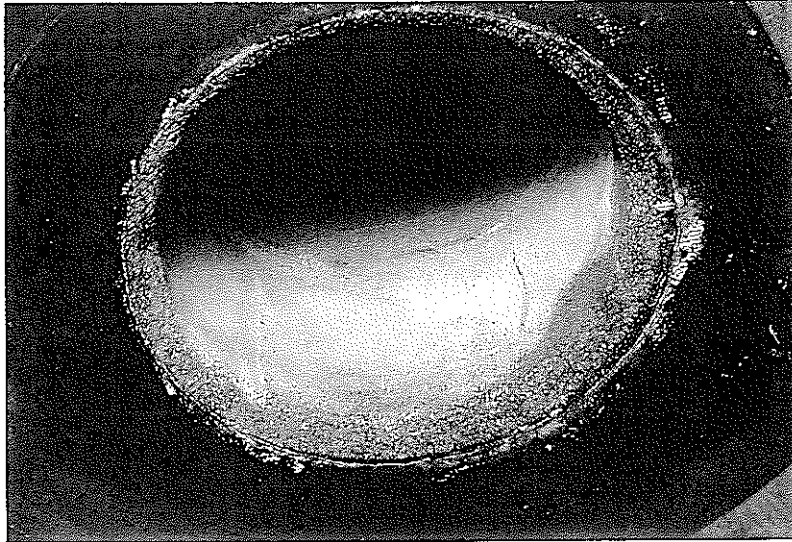
蒸発部胴部上側
（Ti-5Ta）



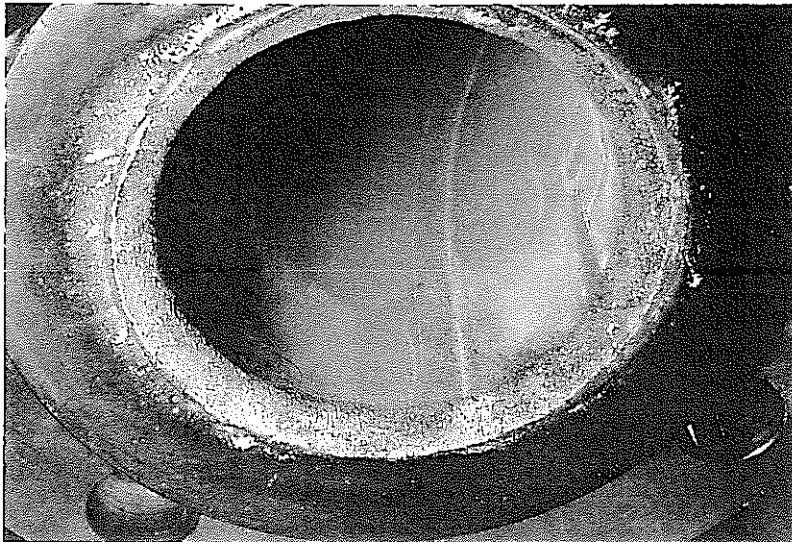
加熱部上部
管板（鍛造材）
（Ti-5Ta）



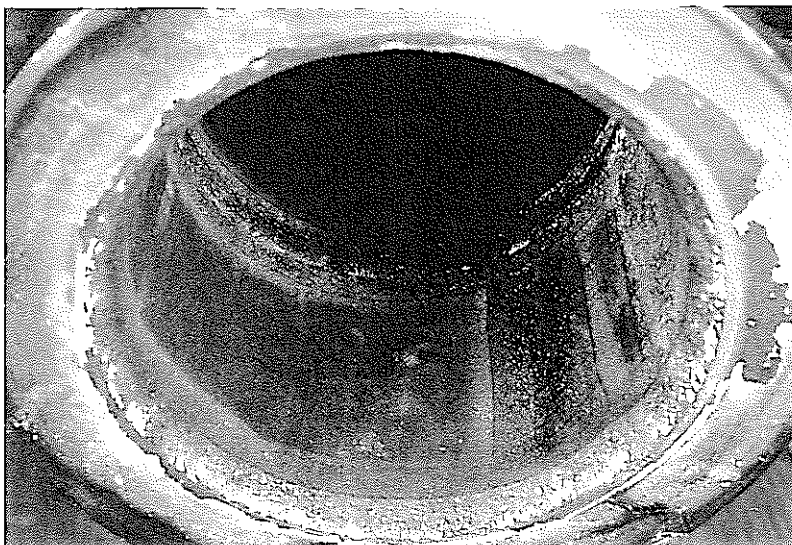
加熱部下部
管板（鍛造材）
（Ti-5Ta）



バンド配管
(Ti-5Ta)



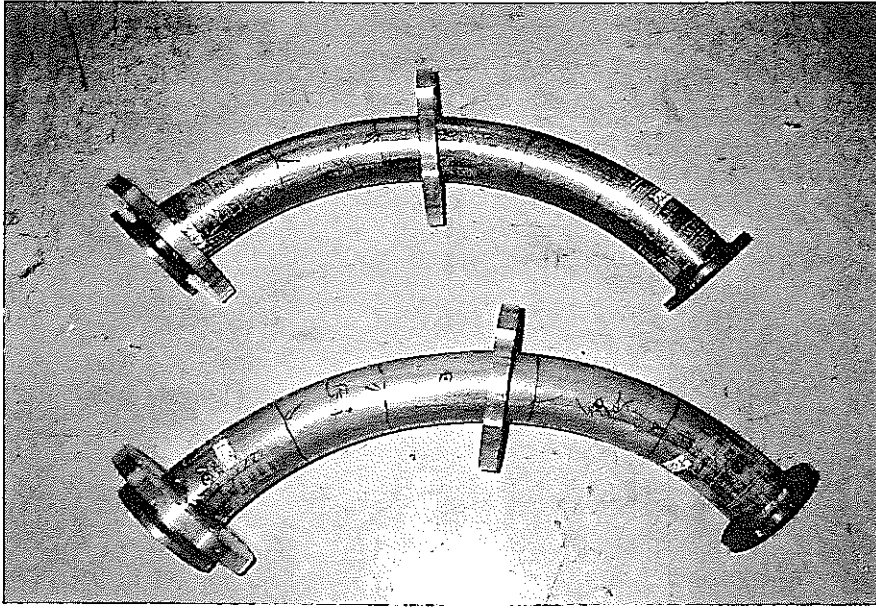
バンド配管
(Ti-5Ta)



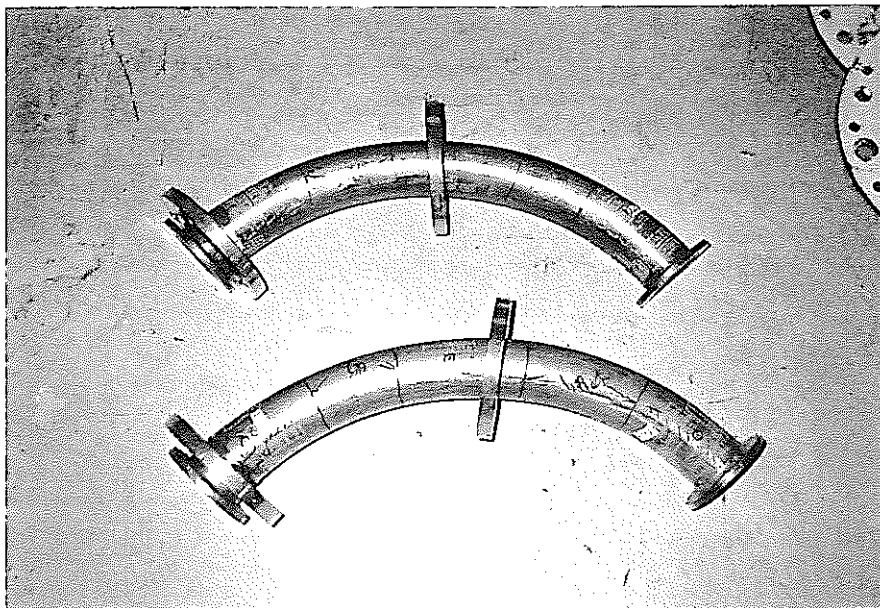
上部連絡管
(Ti-5Ta)

添付資料-2

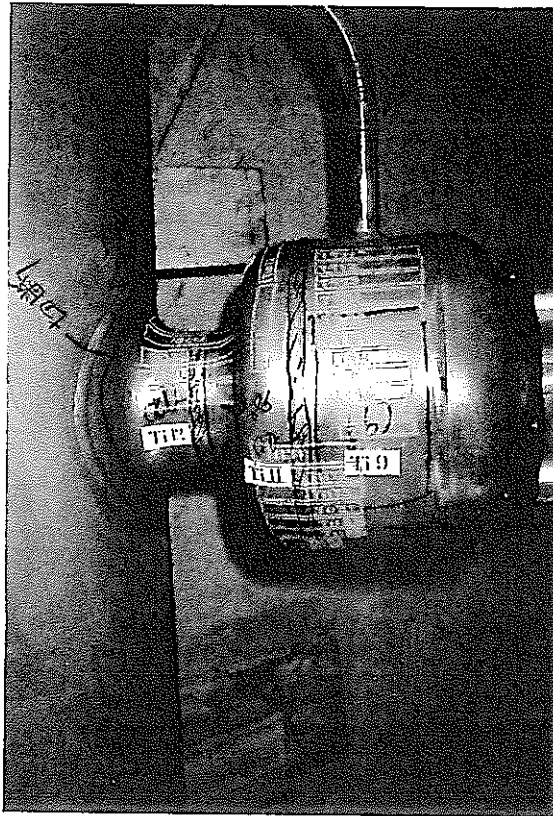
荒 切 り 要 領



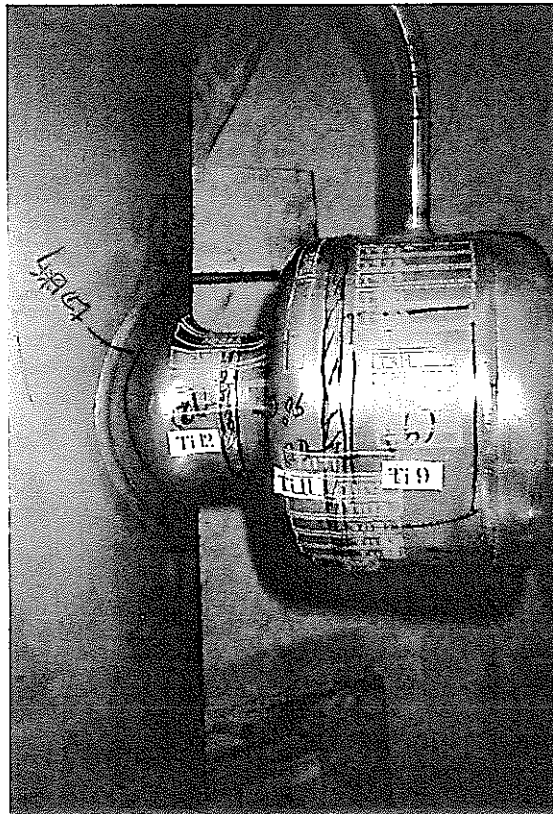
バンド配管
(Ti-5Ta、Zr)



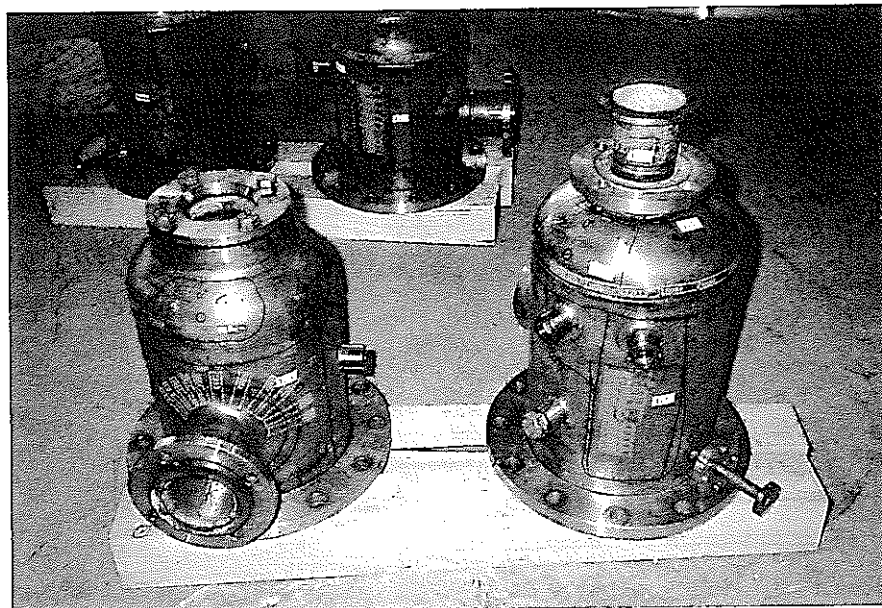
バンド配管
(Ti-5Ta、Zr)



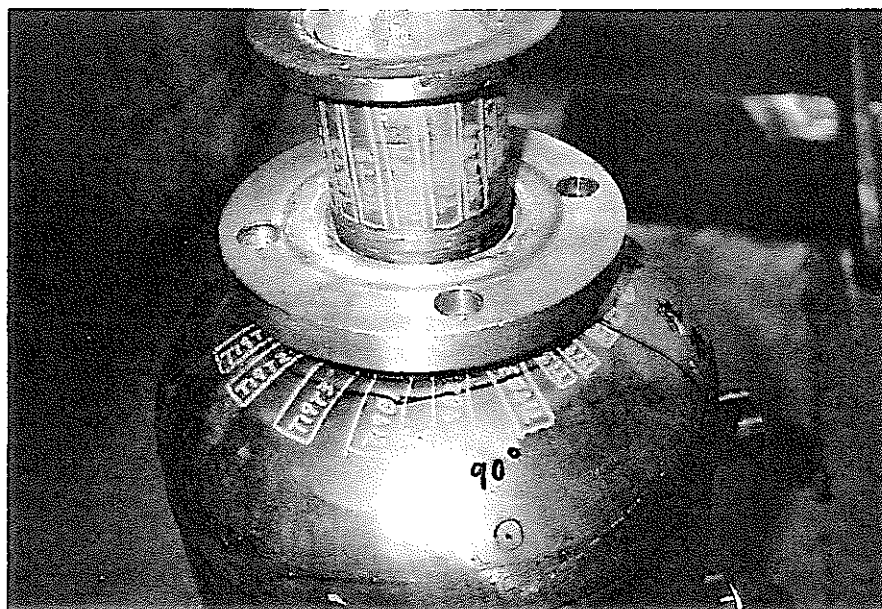
上部連絡管
及び切断位置
(Ti-5Ta)



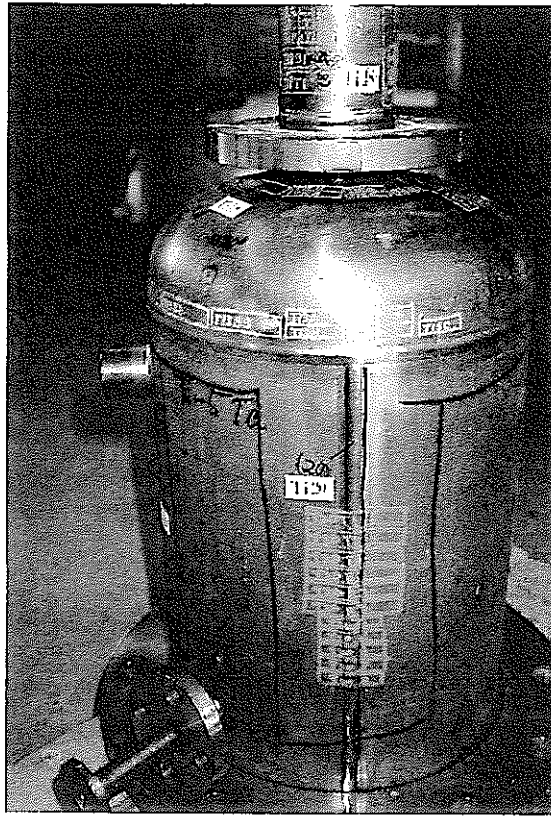
上部連絡管
及び切断位置
(Ti-5Ta)



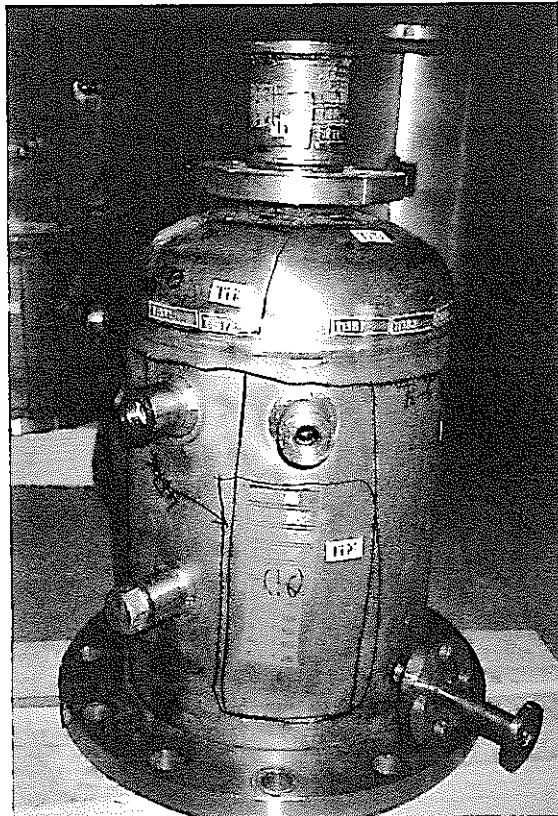
左：加熱部上部チャンネル
右：蒸発部塔頂部
(Ti-5Ta)



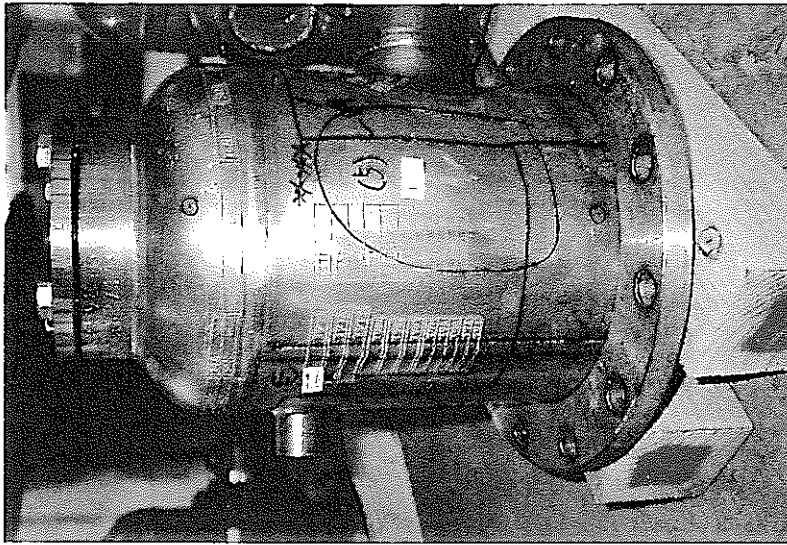
蒸発部塔頂部
鏡部、塔頂部ノズル
(Ti-5Ta)



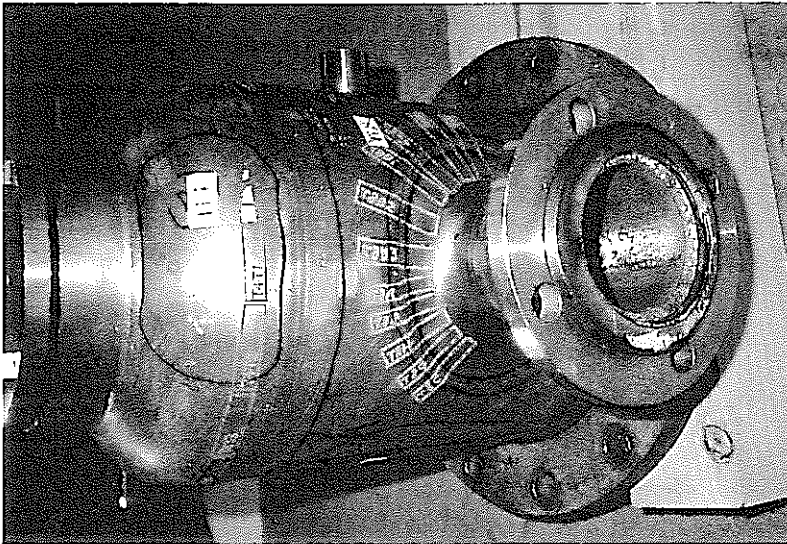
蒸発部塔頂部
(Ti-5Ta)



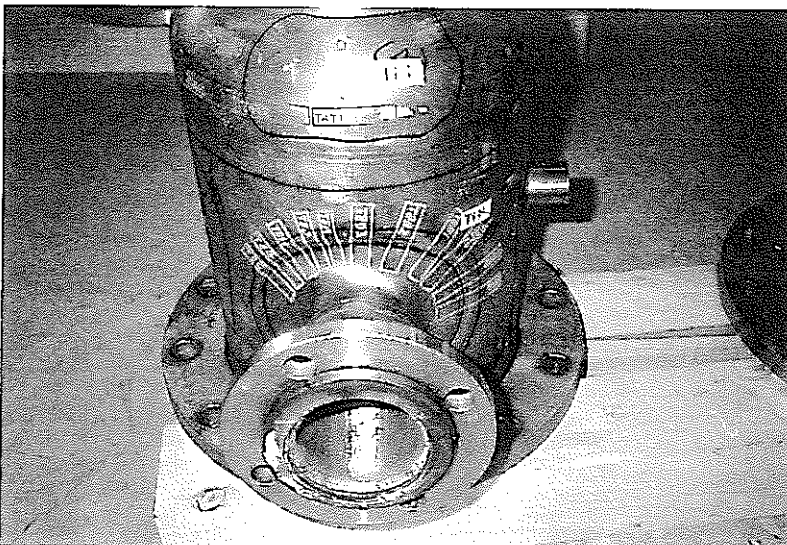
蒸発部塔頂部
(Ti-5Ta)



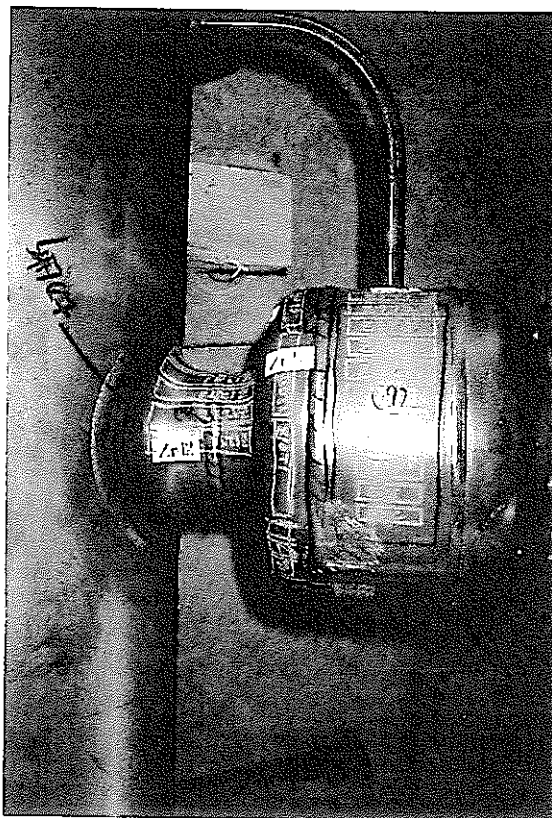
加熱部上部チャンネル
(Ti-5Ta)



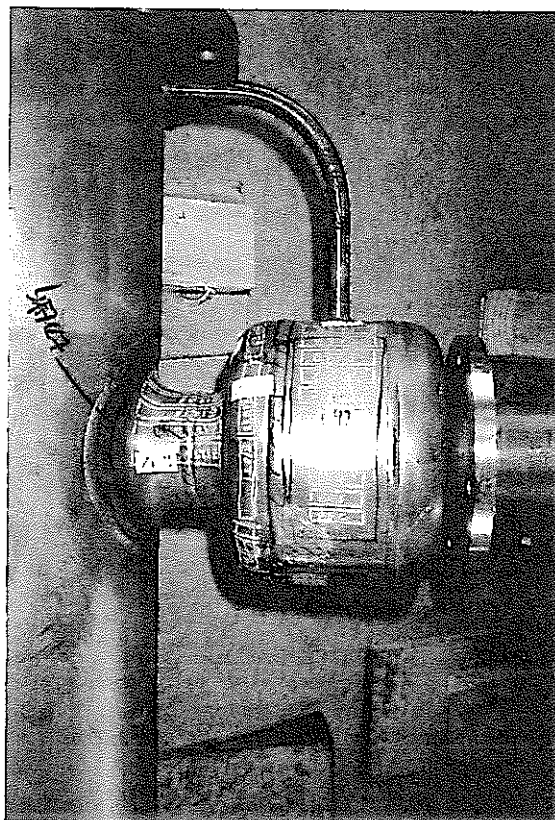
加熱部上部チャンネル
(Ti-5Ta)



加熱部上部チャンネル
(Ti-5Ta)



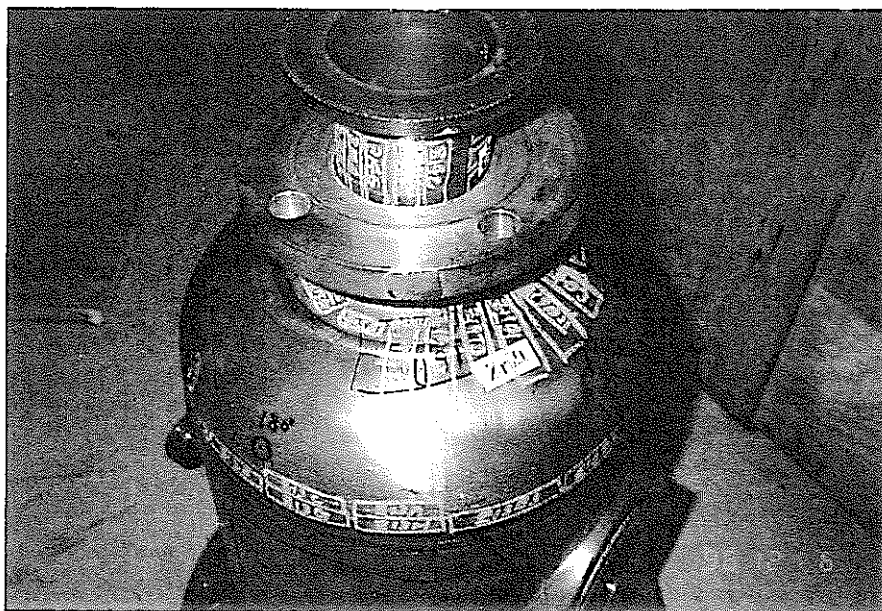
上部連絡管
及び切断位置
(Zr)



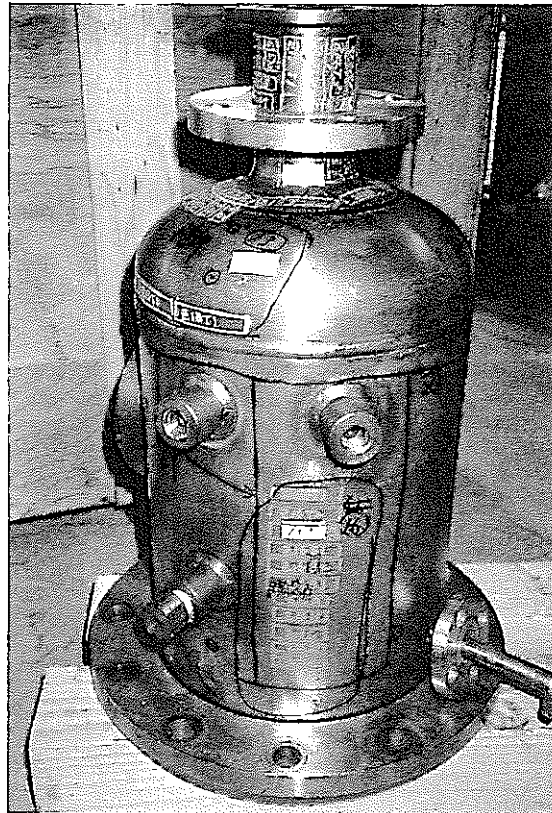
上部連絡管
及び切断位置
(Zr)



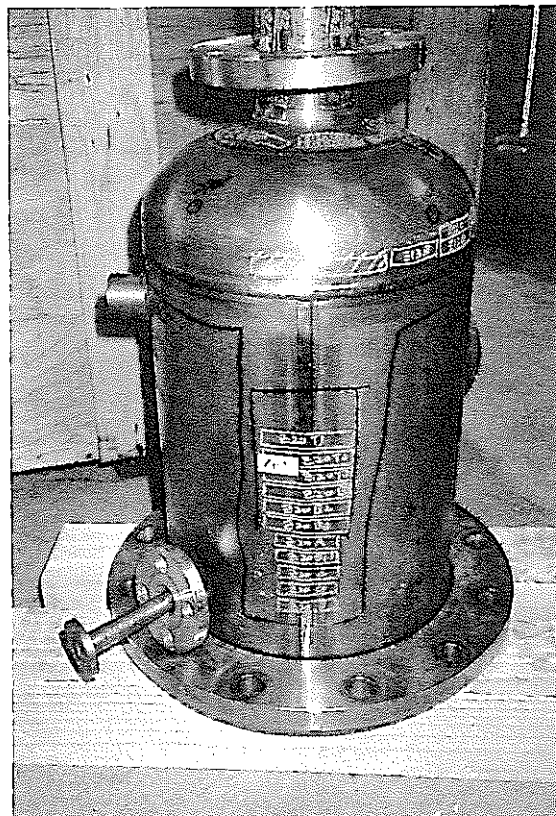
左：蒸発部塔頂部
右：加熱部上部チャンネル
(Zr)



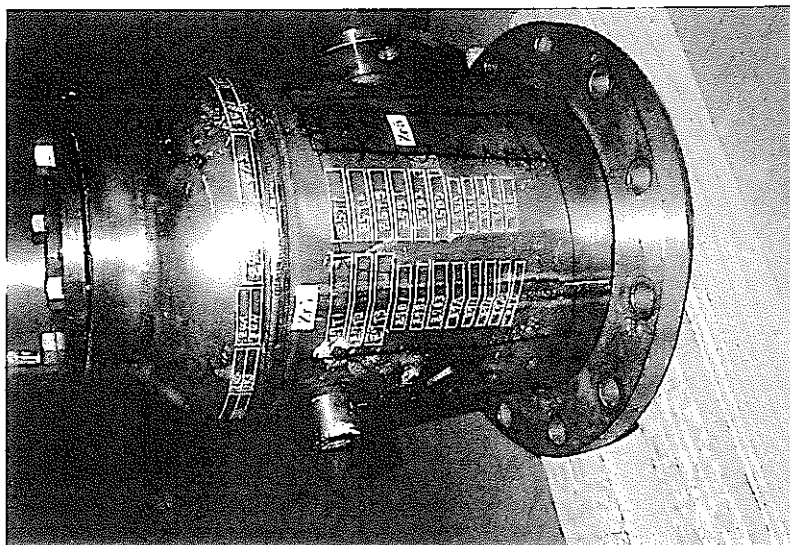
蒸発部塔頂部
鏡部、塔頂部ノズル
(Zr)



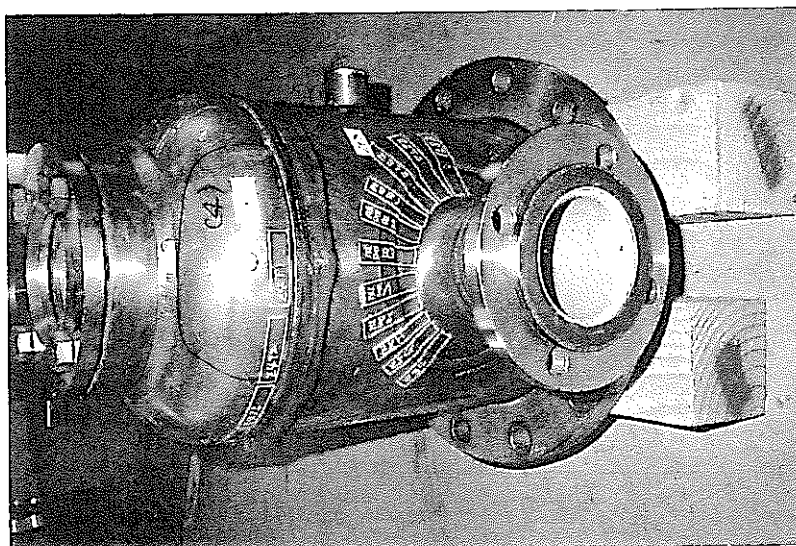
蒸発部塔頂部
(Zr)



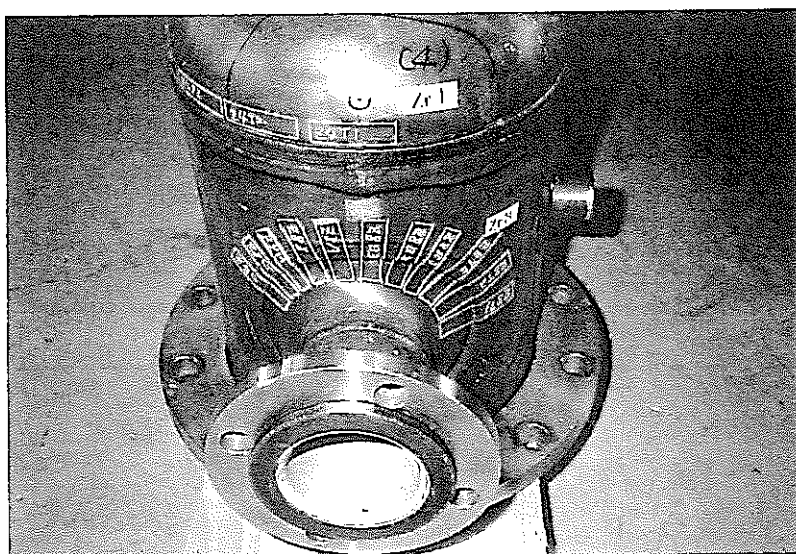
蒸発部塔頂部
(Zr)



加熱部上部チャンネル
(Zr)



加熱部上部チャンネル
(Zr)

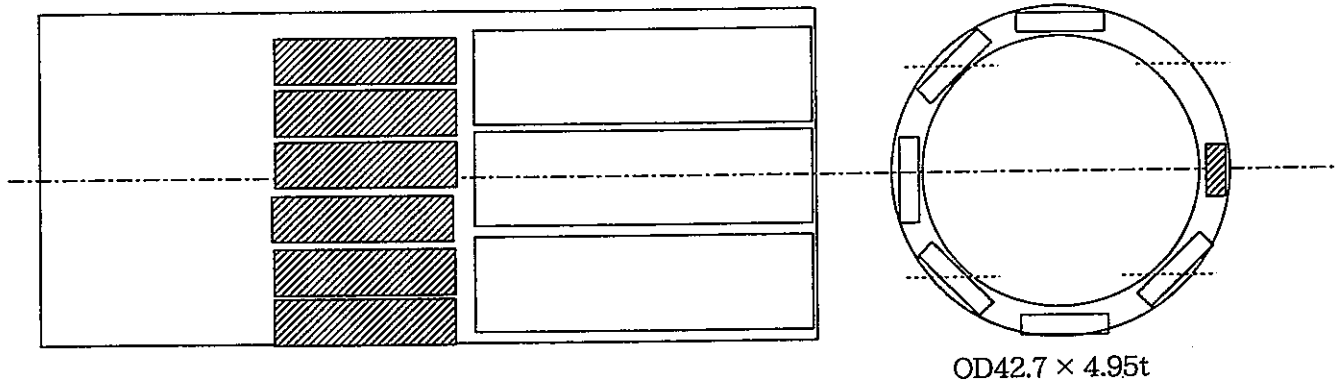




加熱部上部チャンネル
(Zr)

添付資料-3

試験片採取要領

Ti 製伝熱管 (1,2,3 共通)



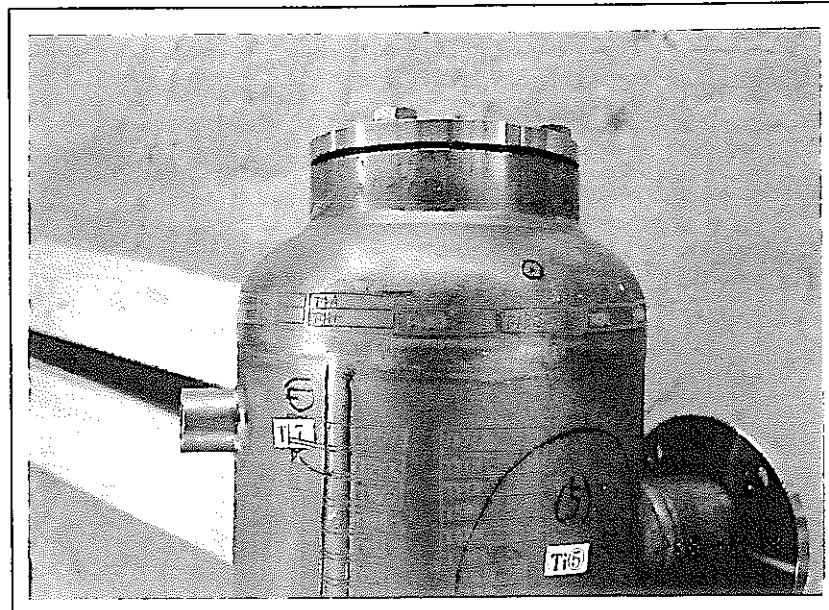
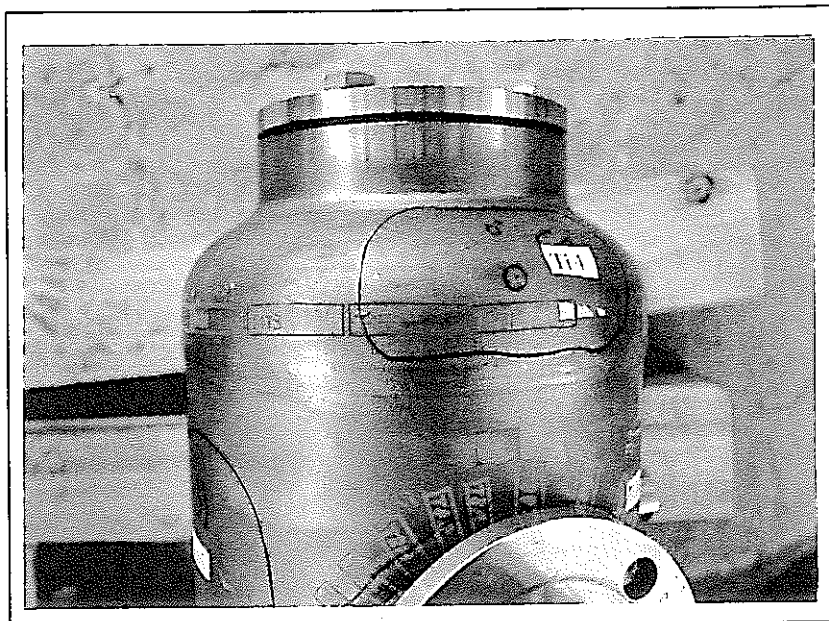
-  : 硬さ、表面粗さ、SEM 試料等
-  : 引張、曲げ試験片

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM 観察	1
元素組成測定	1
肉厚測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さ試料と共通

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製加熱部上部チャンネル、鏡部 (4)

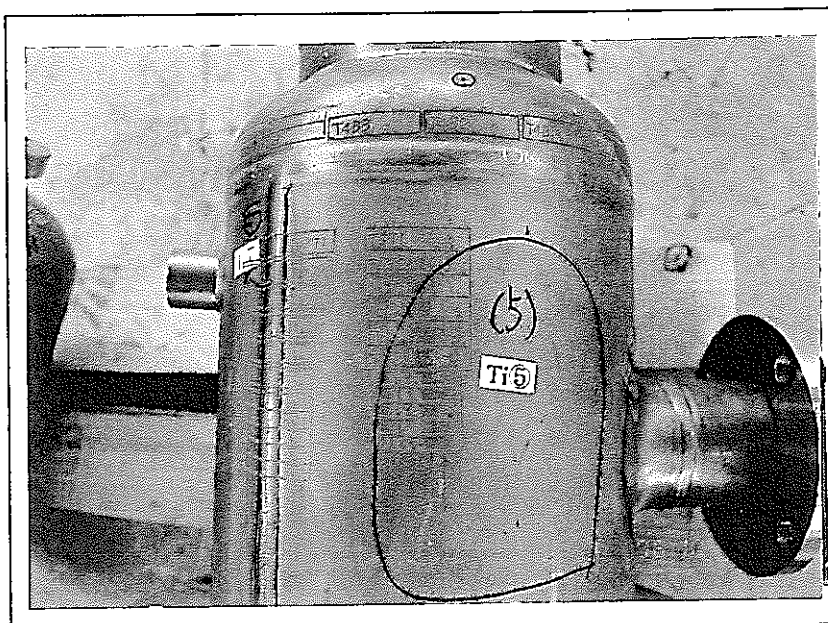


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製加熱部上部チャンネル、胴部 (5)

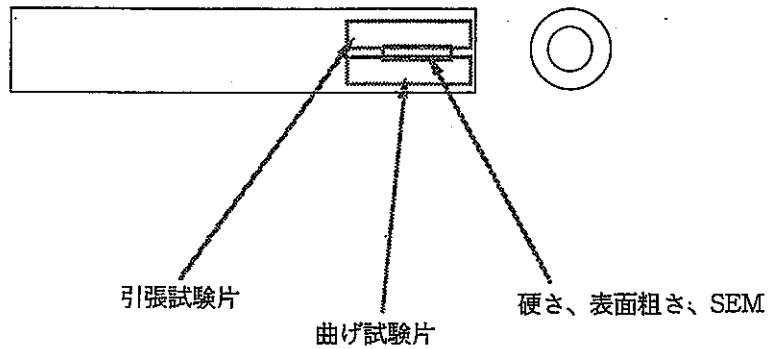
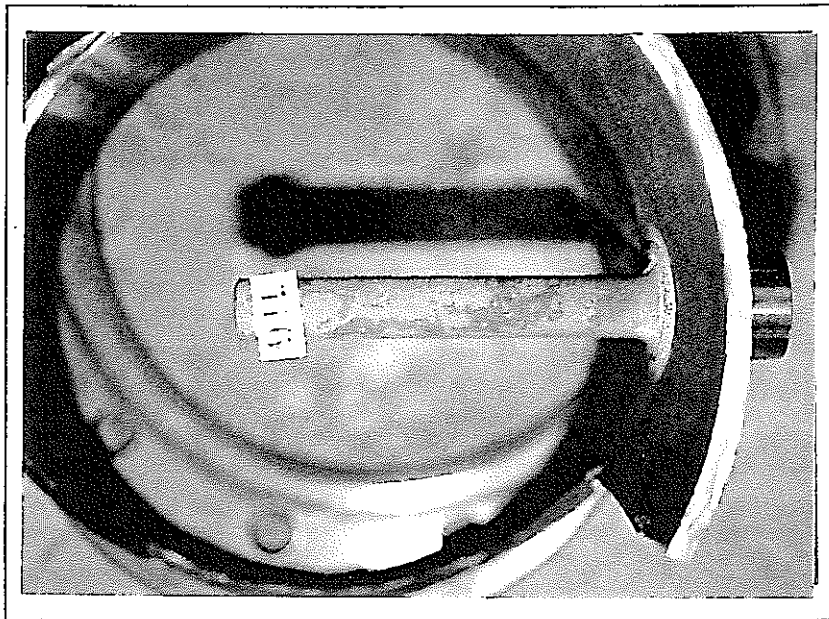


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製加熱部上部チャンネル、温度計さや管 (6)

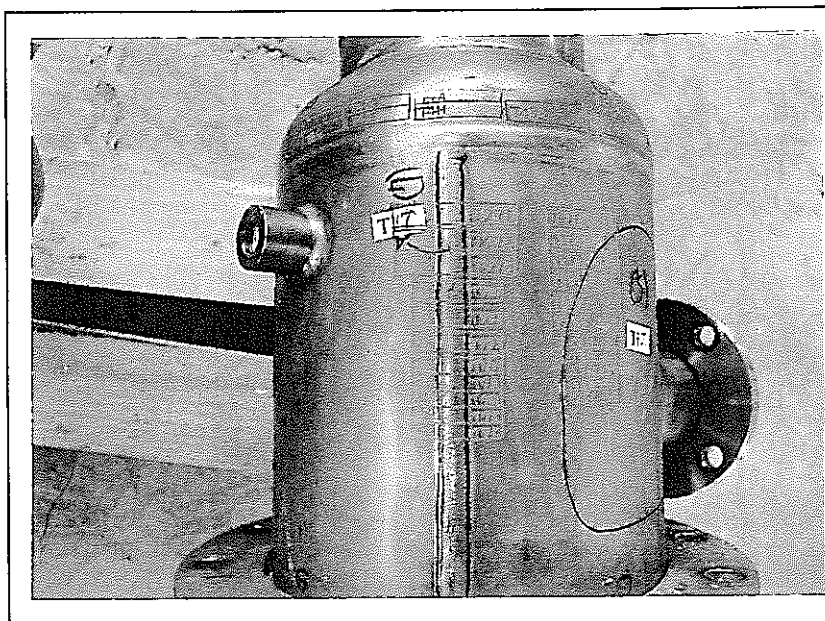


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製加熱部上部チャンネル、胴長手溶接部 (7)

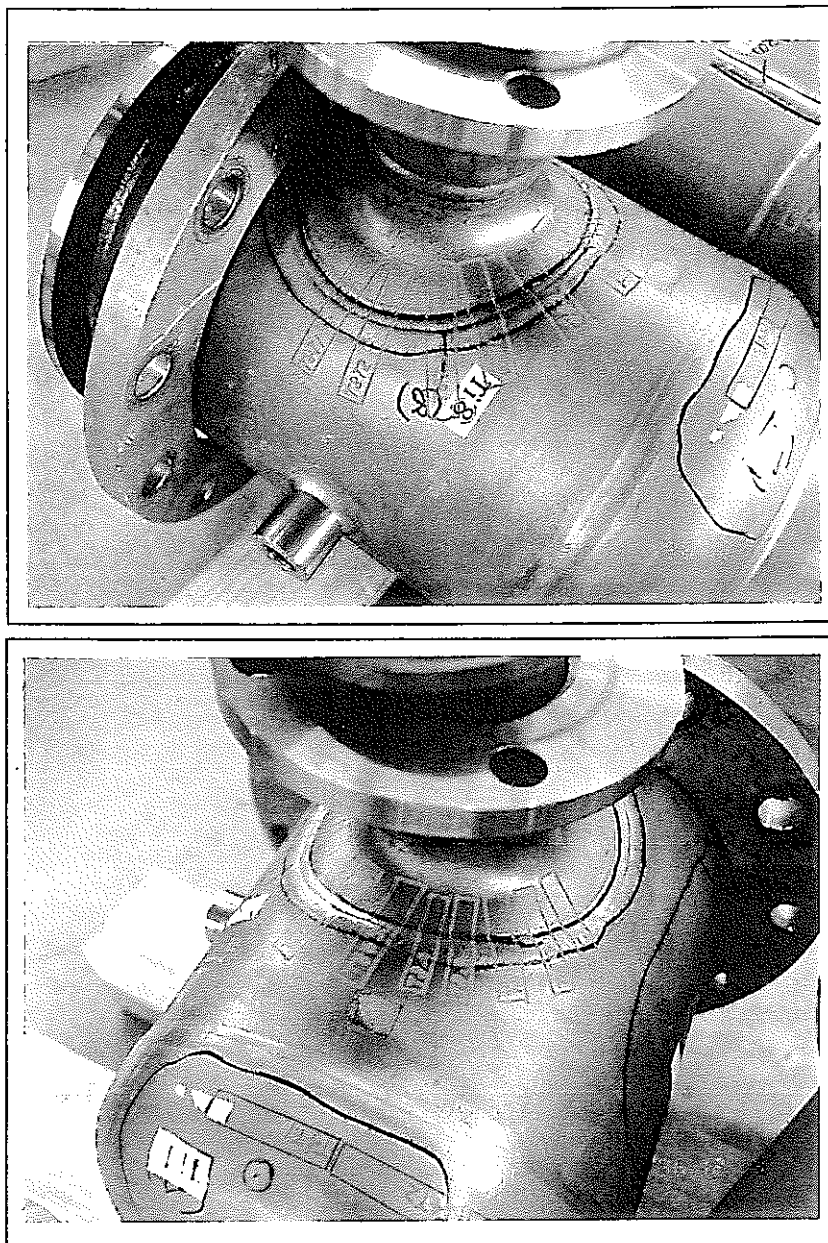


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製加熱部上部チャンネル、上部連絡管ノズル座溶接部 (8)

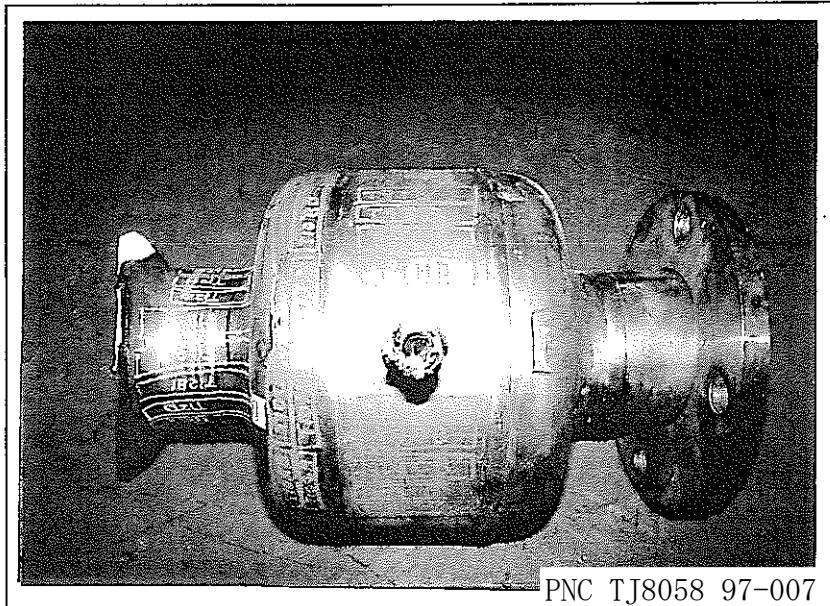
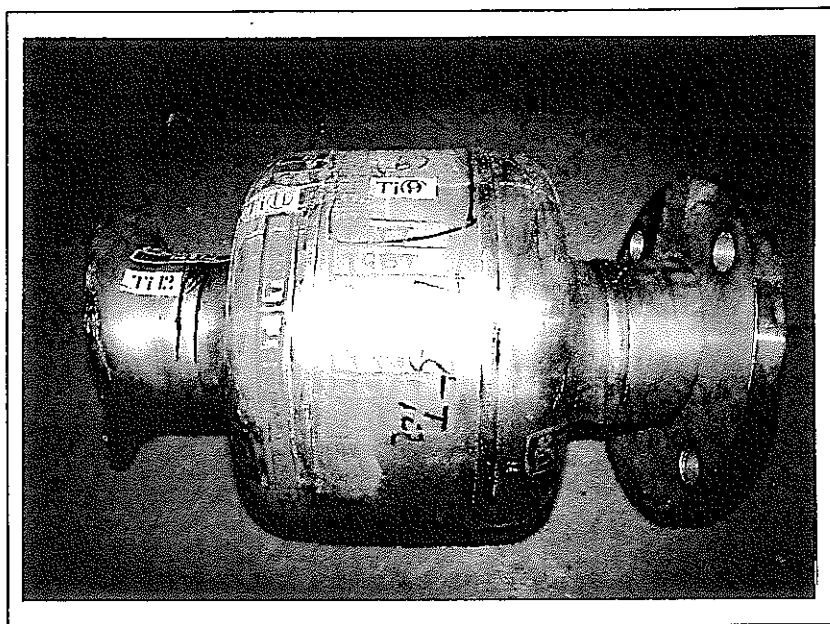


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti製上部連絡管、上部伸縮管平行胴 (9) 上部、下部共通



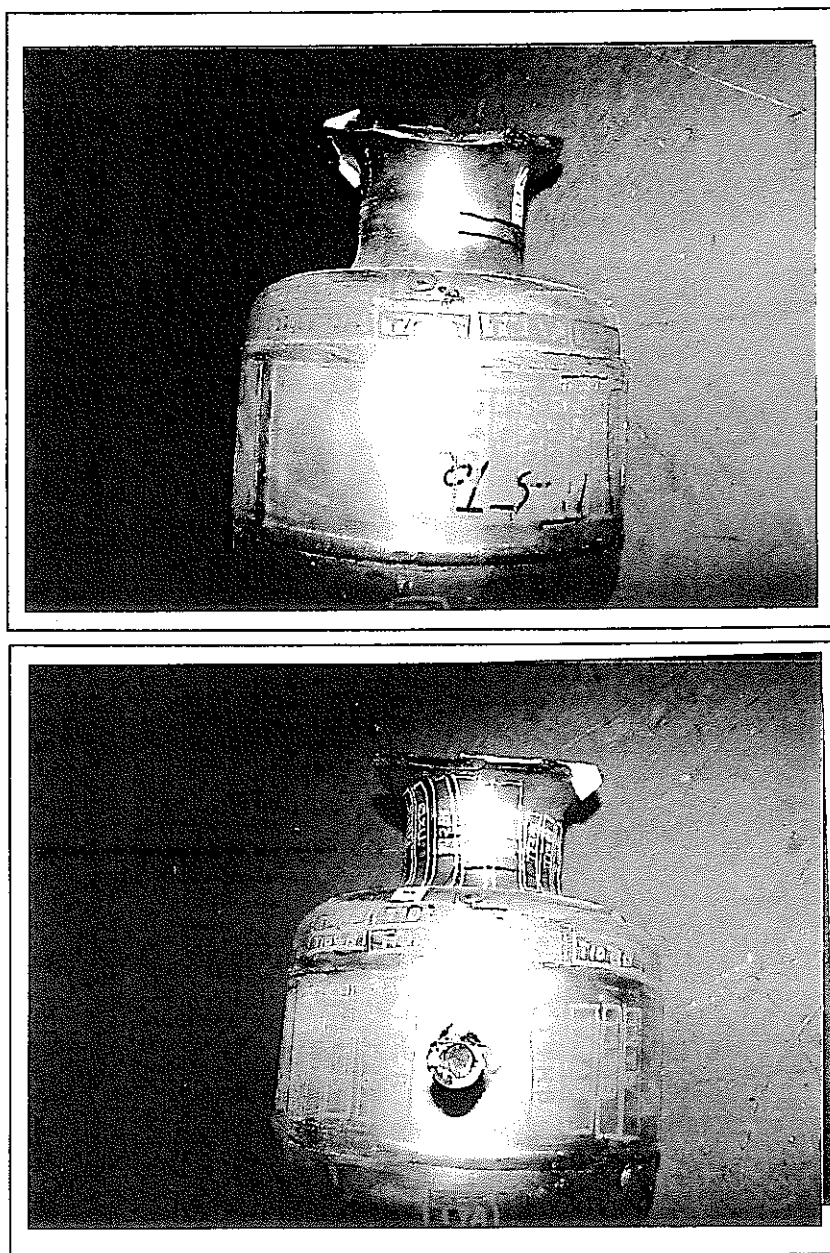
PNC TJ8058 97-007

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製上部連絡管、上部伸縮管 (10) 上部、下部共通

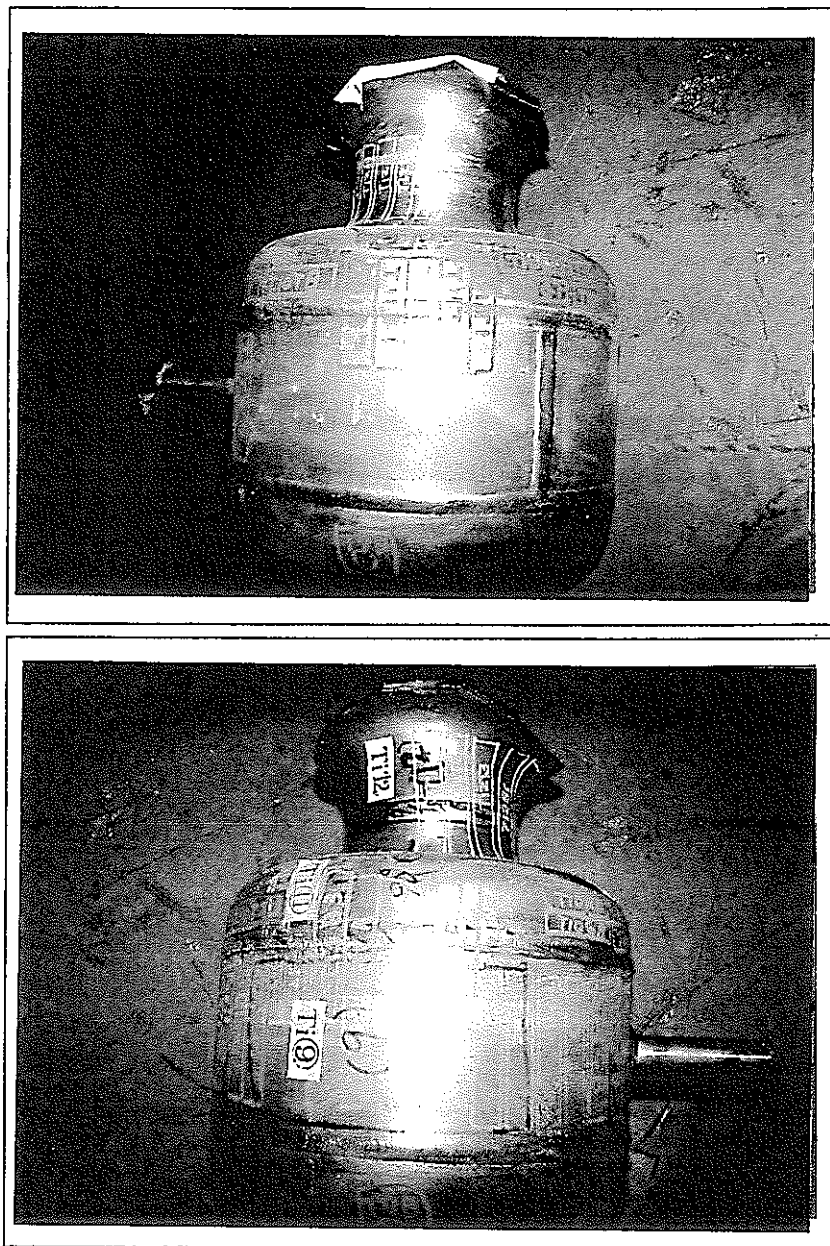


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti製上部連絡管、上部伸縮管／平行胴溶接部部 (11)

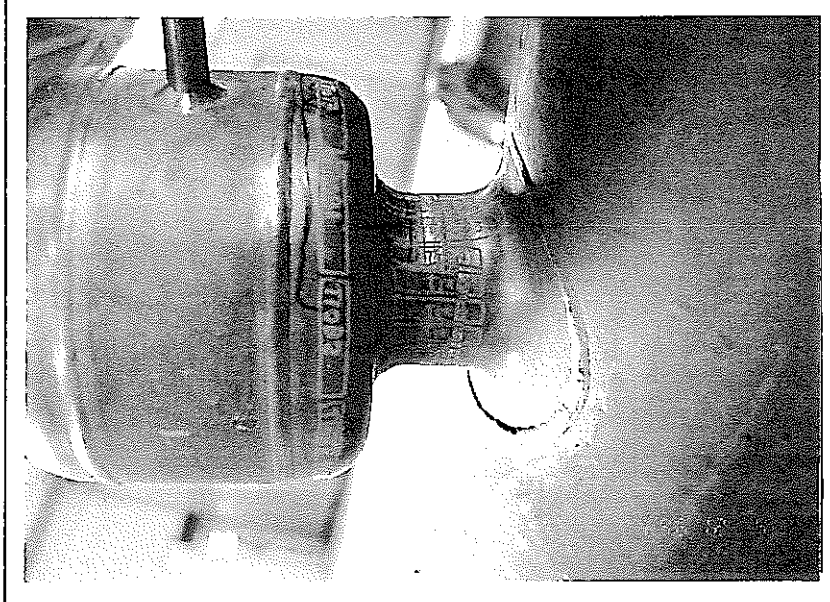
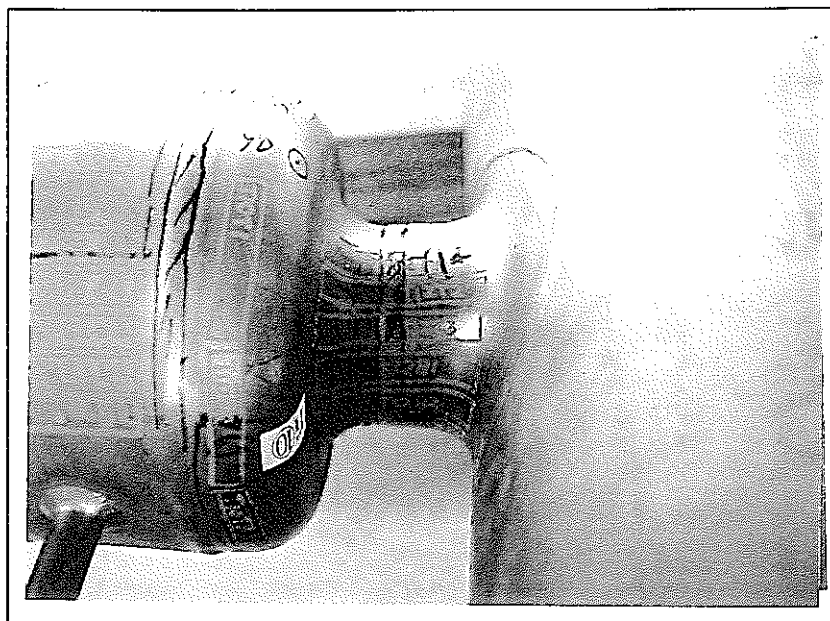


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製上部連絡管、伸縮管／ノズル座熔接部 (12)

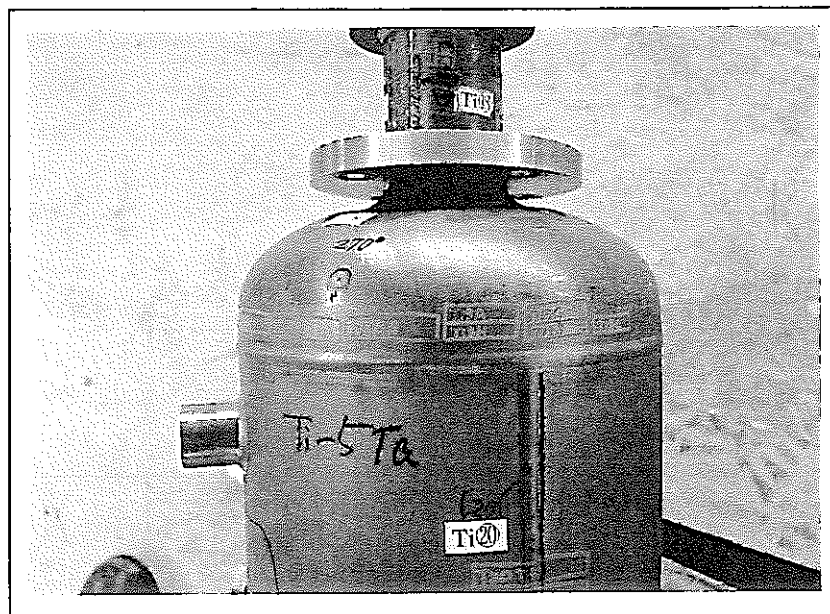
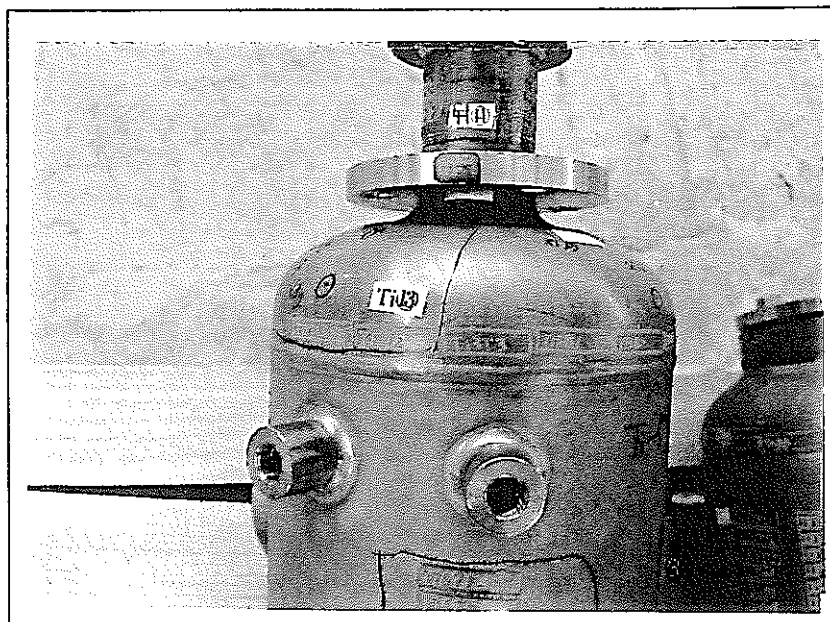


試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Ti 製蒸発部塔頂部、鏡部 (13)

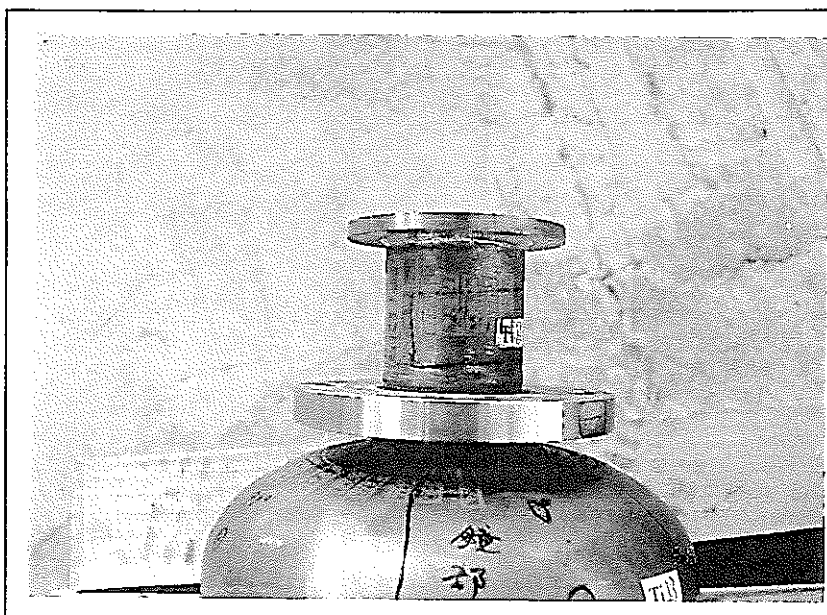


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル (14)

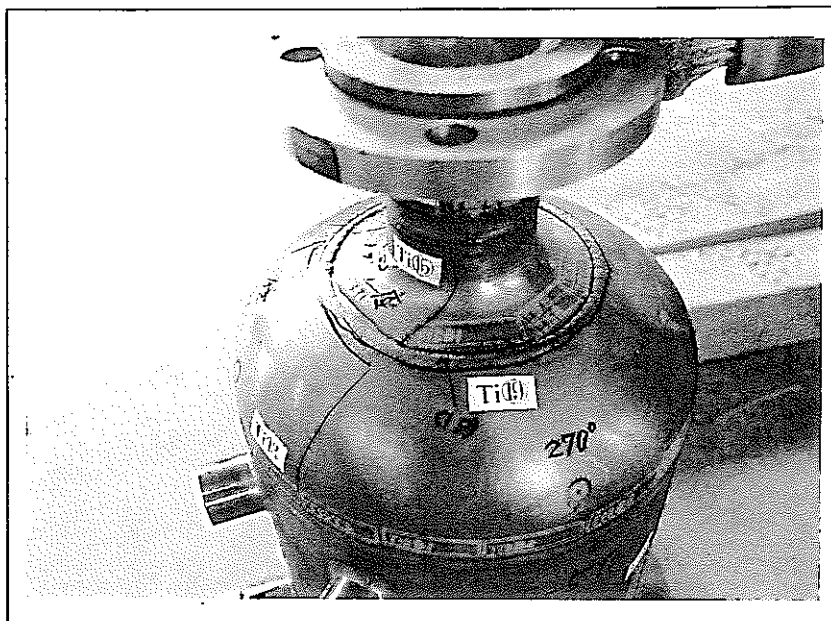


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面 SEM 観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル座 (15)

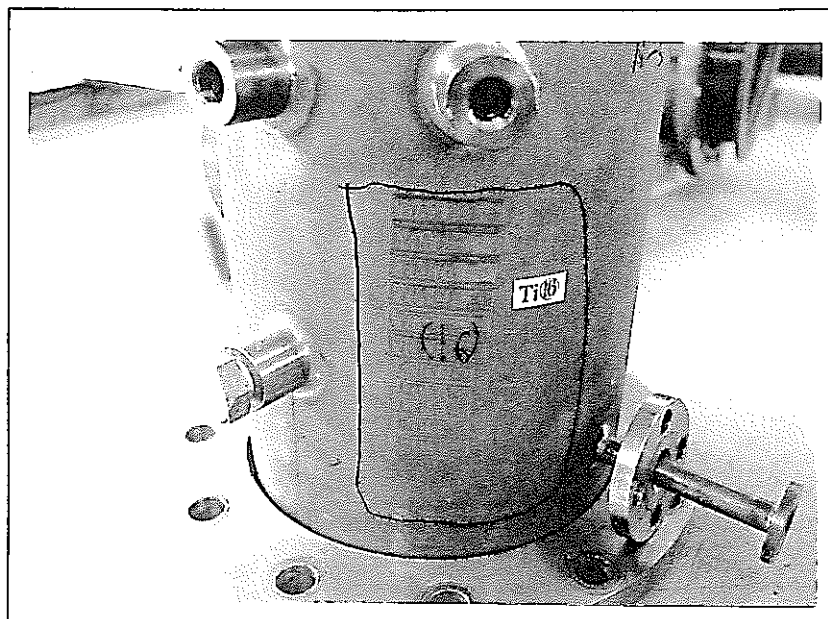


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、胴部 (16)

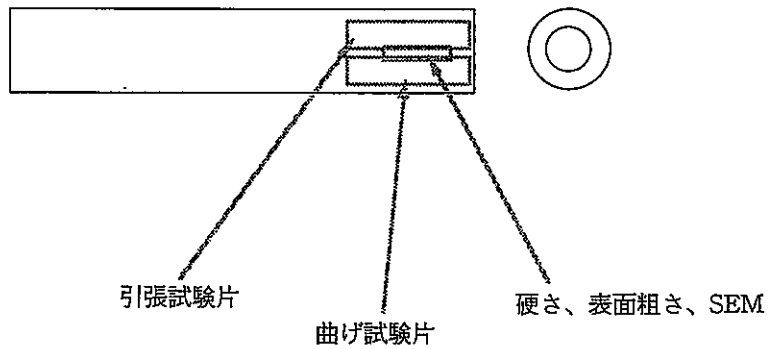
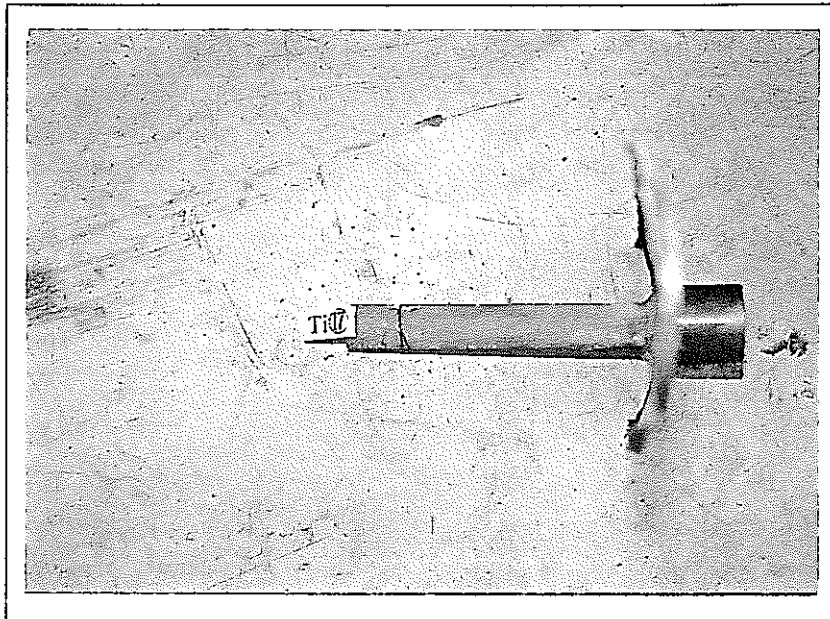


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、温度計さや管 (17)

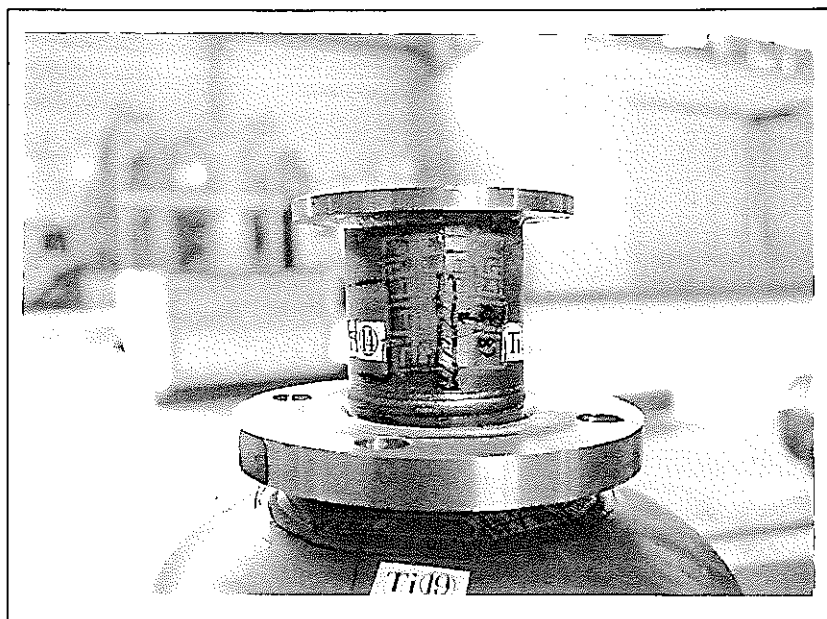


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル長手熔接部 (18)

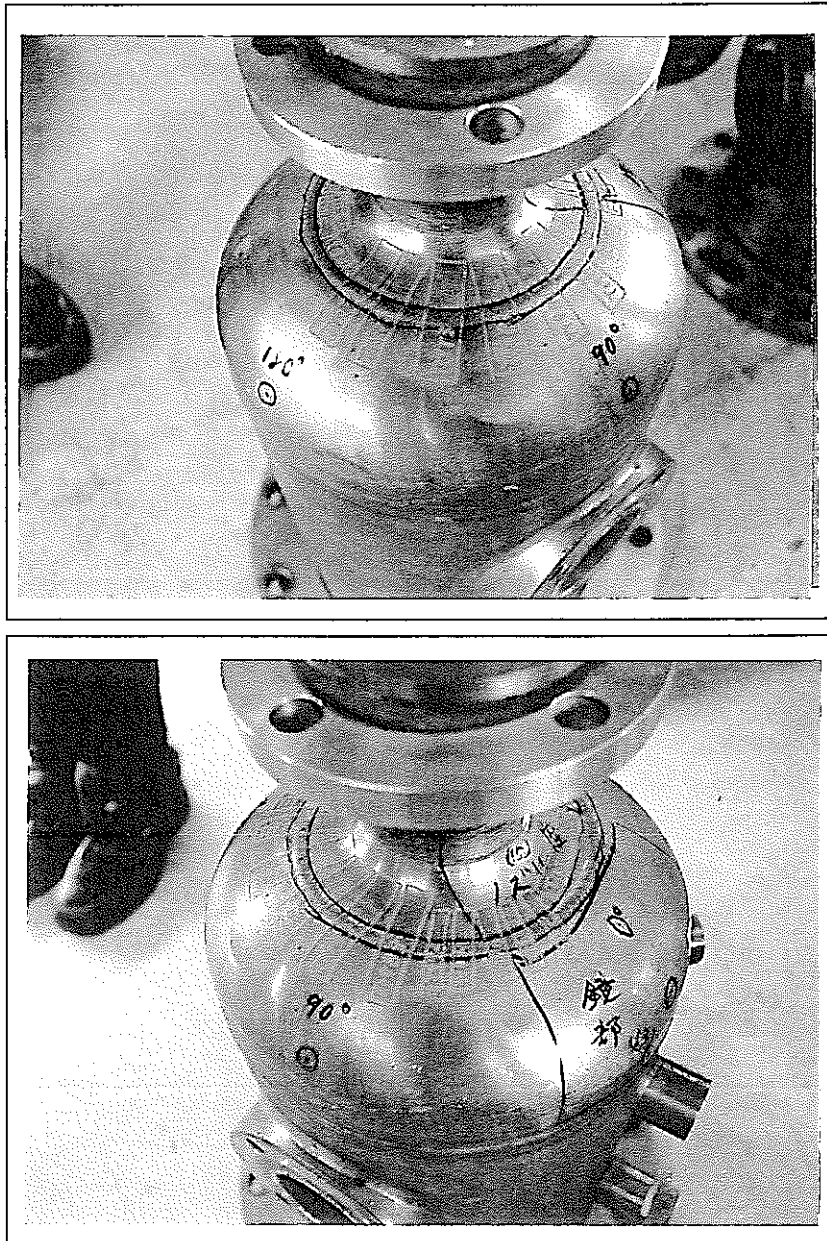


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、鏡部／塔頂部ノズル座溶接部 (19)

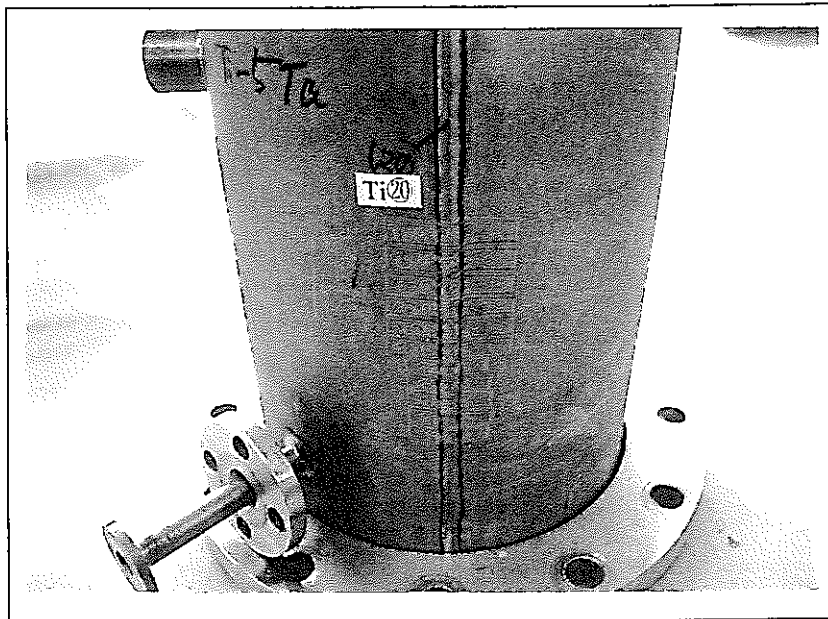


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面 SEM 観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製蒸発部塔頂部、胴長手溶接部 (20)

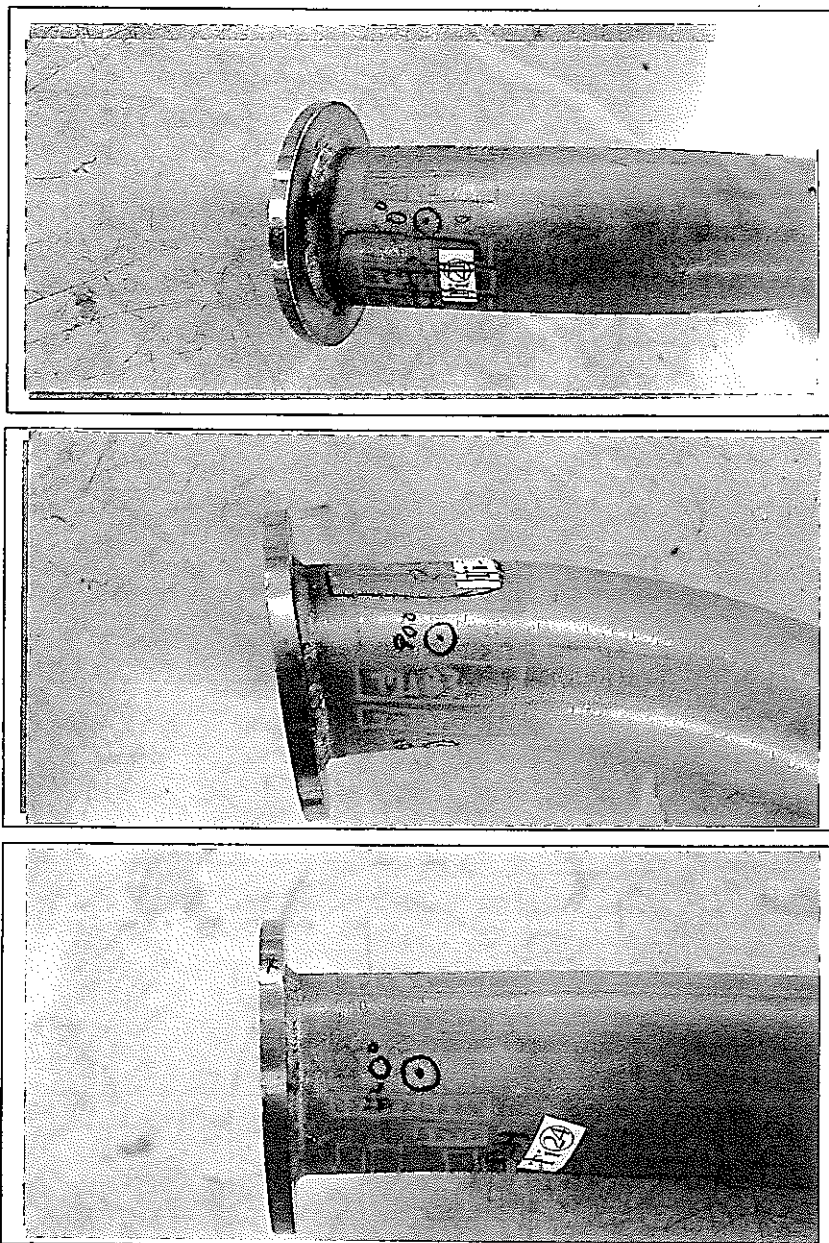


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面 SEM 観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製ベント配管、硝酸蒸気入口側付近 (21)

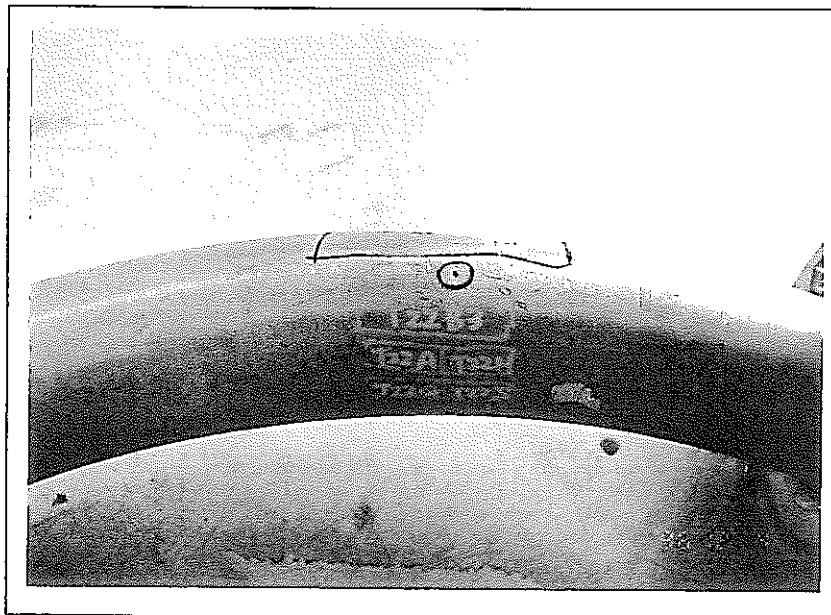
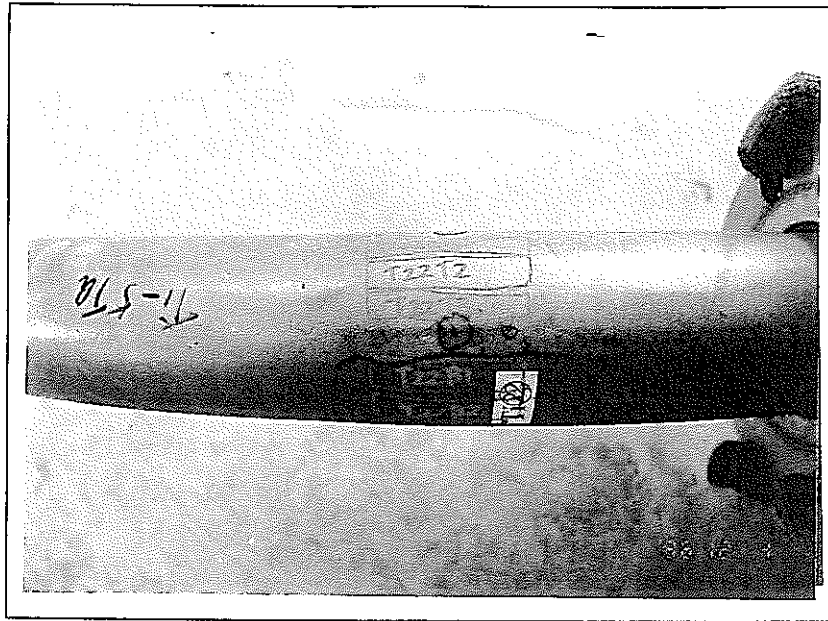


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti製ベント配管、配管中央付近 (22)

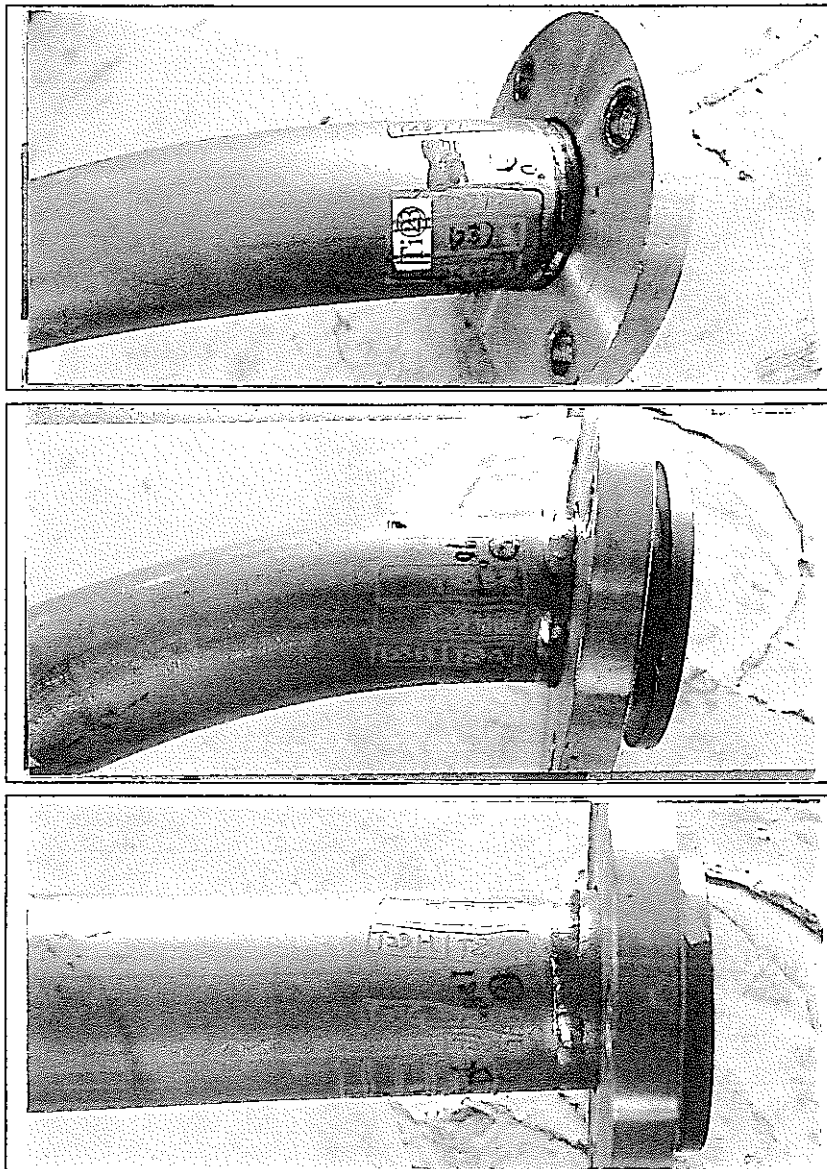


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製ベント配管、硝酸蒸気出口側付近 (23)

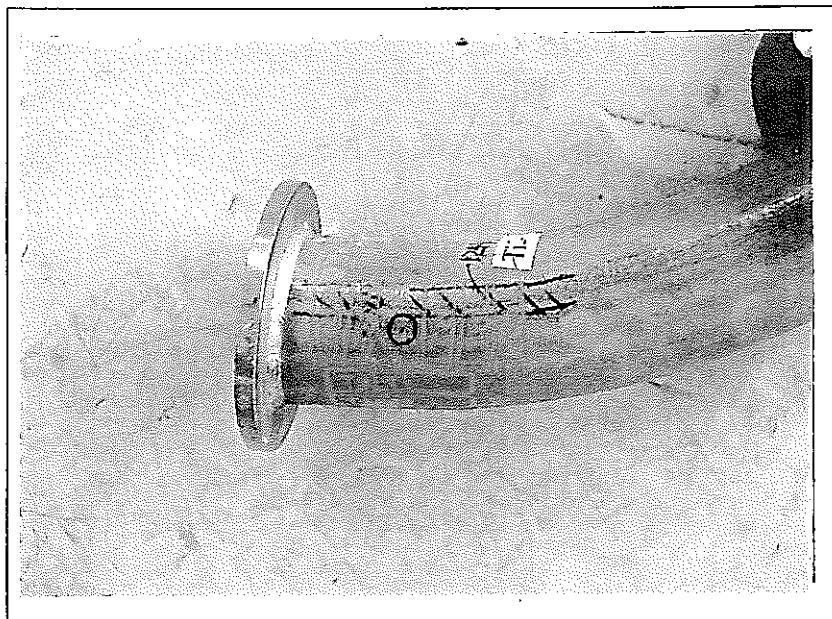


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Ti-5Ta製)

Ti 製ベント配管、配管長手溶接部（入口付近）（24）

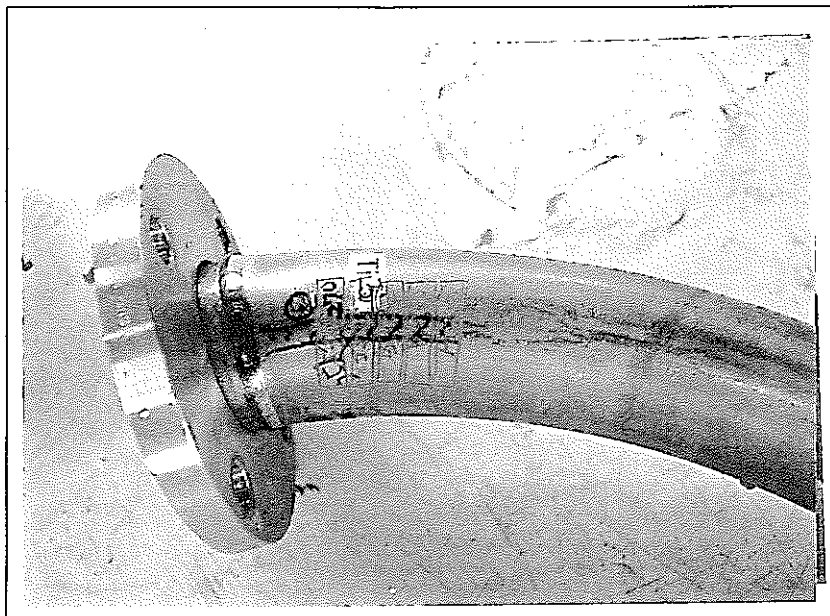


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面 SEM 観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置（Ti-5Ta製）

Ti製ベント配管、配管長手溶接部（出口付近）（25）

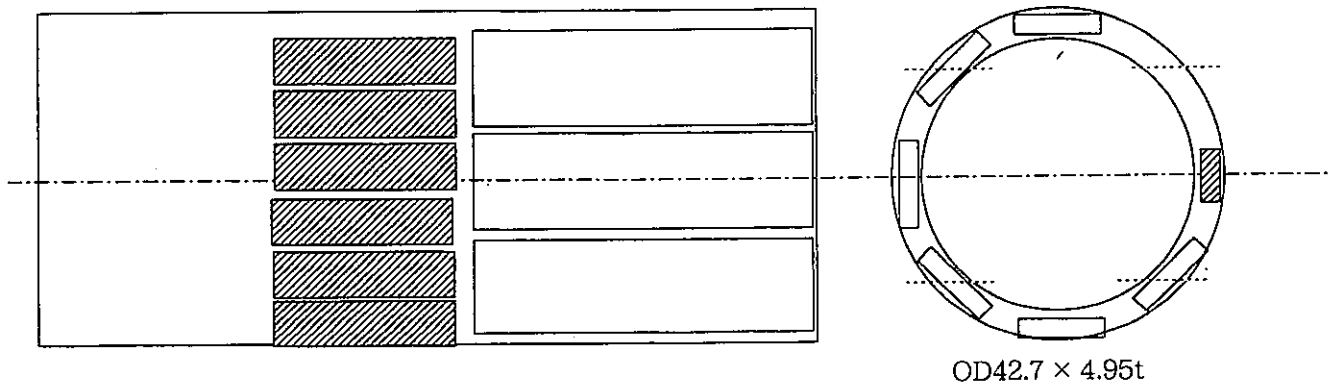


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置（Ti-5Ta製）

Zr 製伝熱管 (1,2,3 共通)



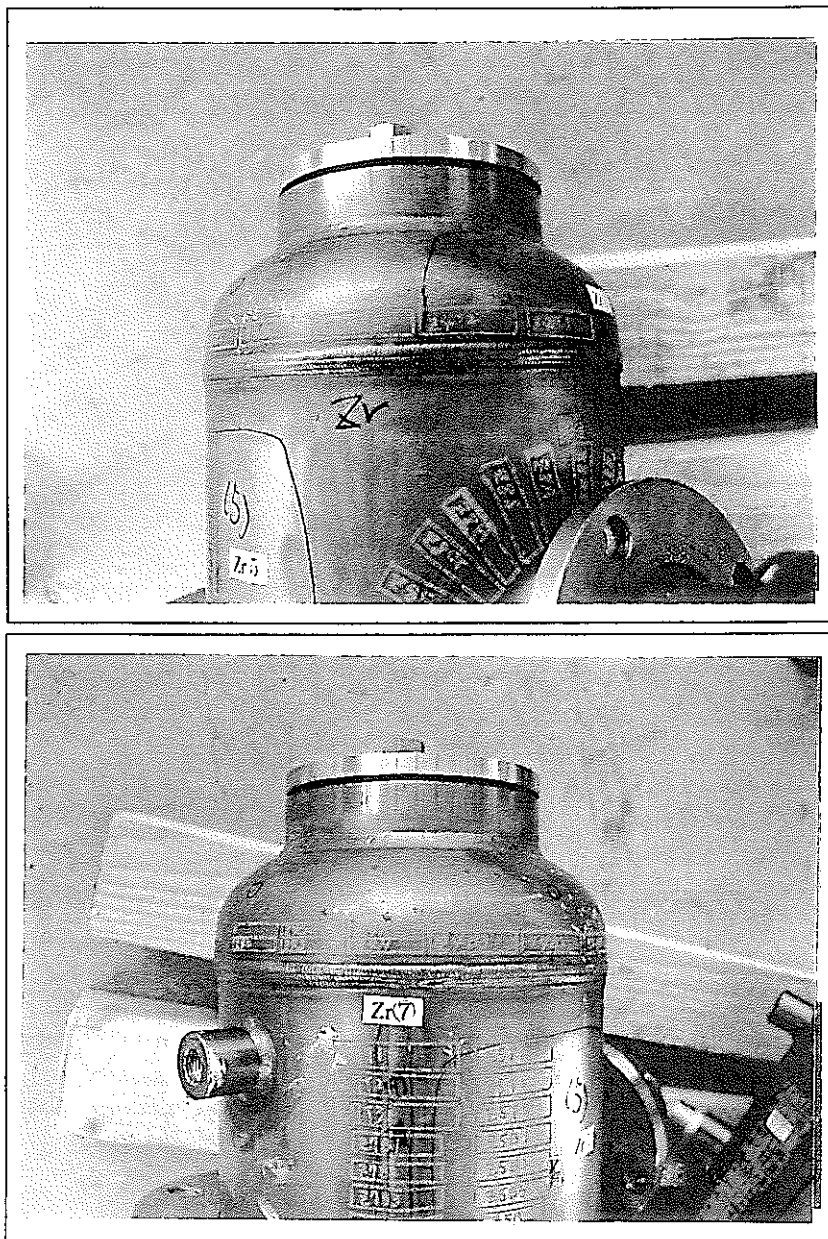
- : 硬さ、表面粗さ、SEM 試料等
- : 引張、曲げ試験片

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
肉厚測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さ試料と共通

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製加熱部上部チャンネル、鏡部 (4)

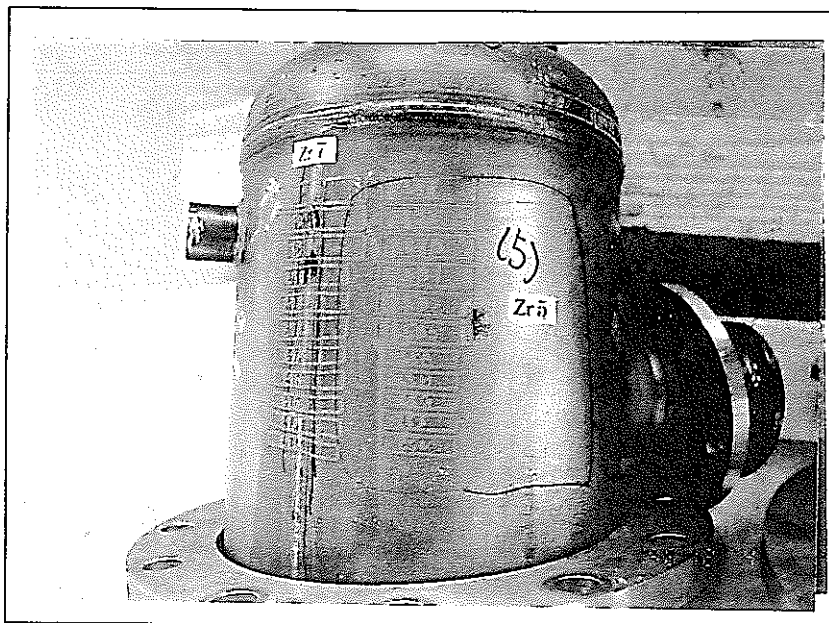


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製加熱部上部チャンネル、胴部 (5)

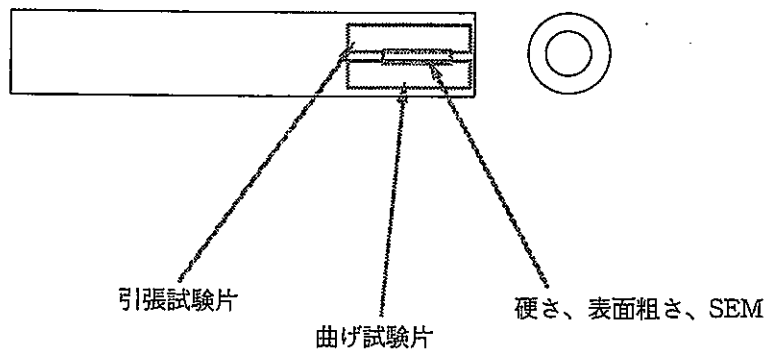
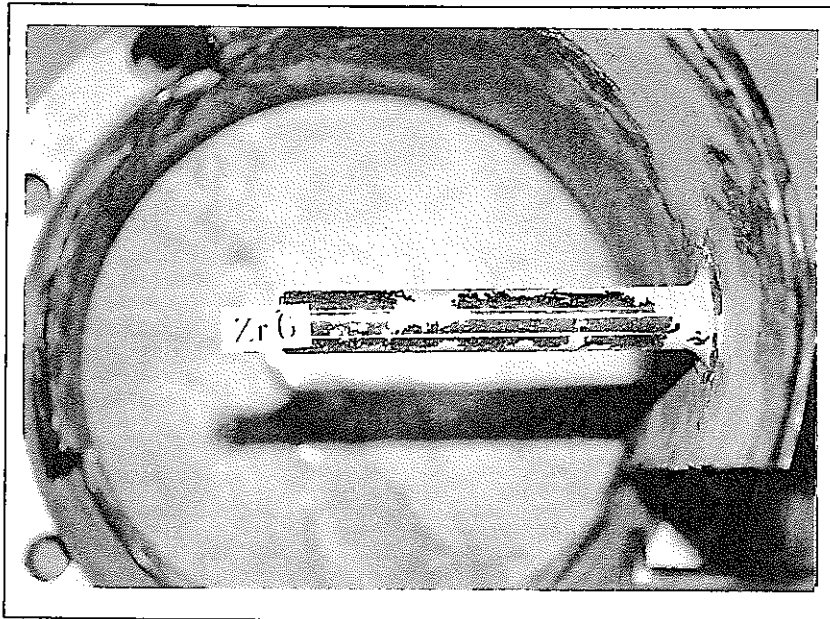


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製加熱部上部チャンネル、温度計さや管 (6)

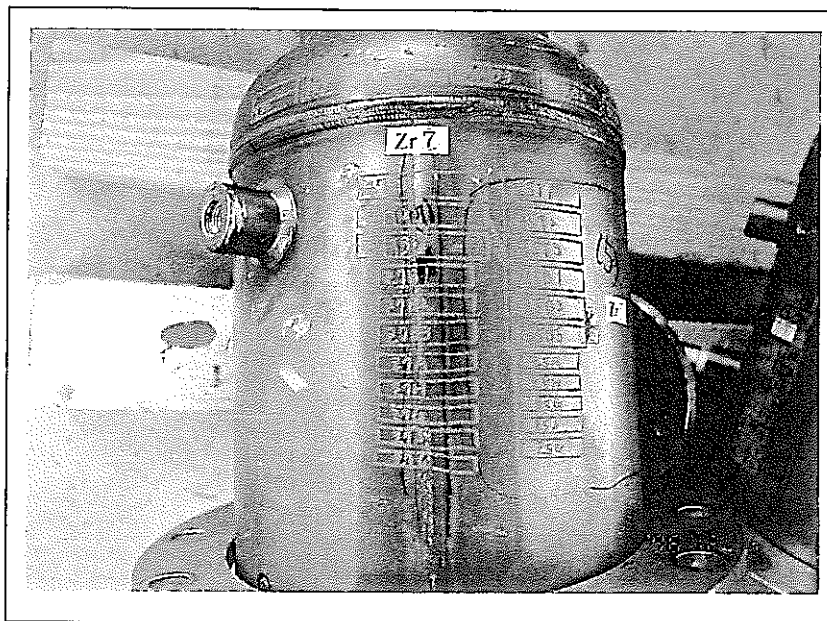


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製加熱部上部チャンネル、胴長手溶接部 (7)

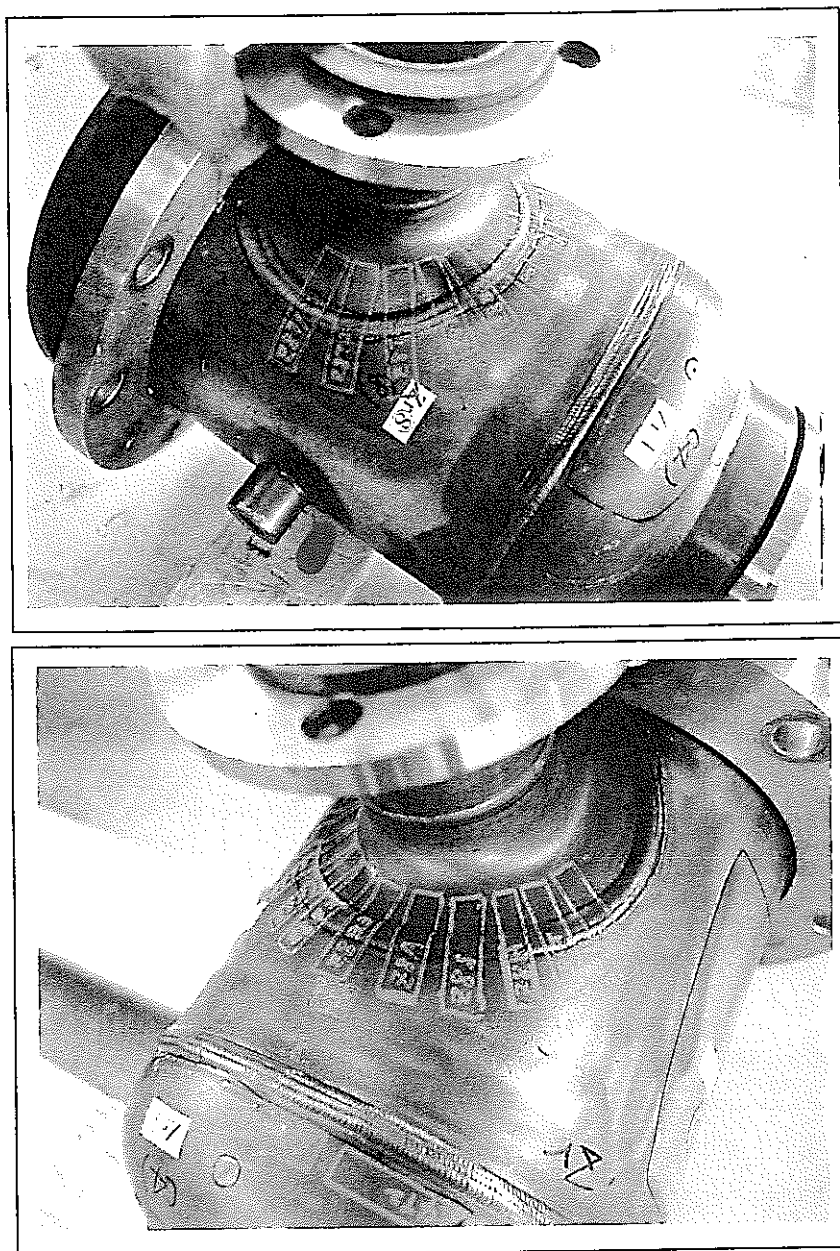


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製加熱部上部チャンネル、上部連絡管ノズル座溶接部 (8)

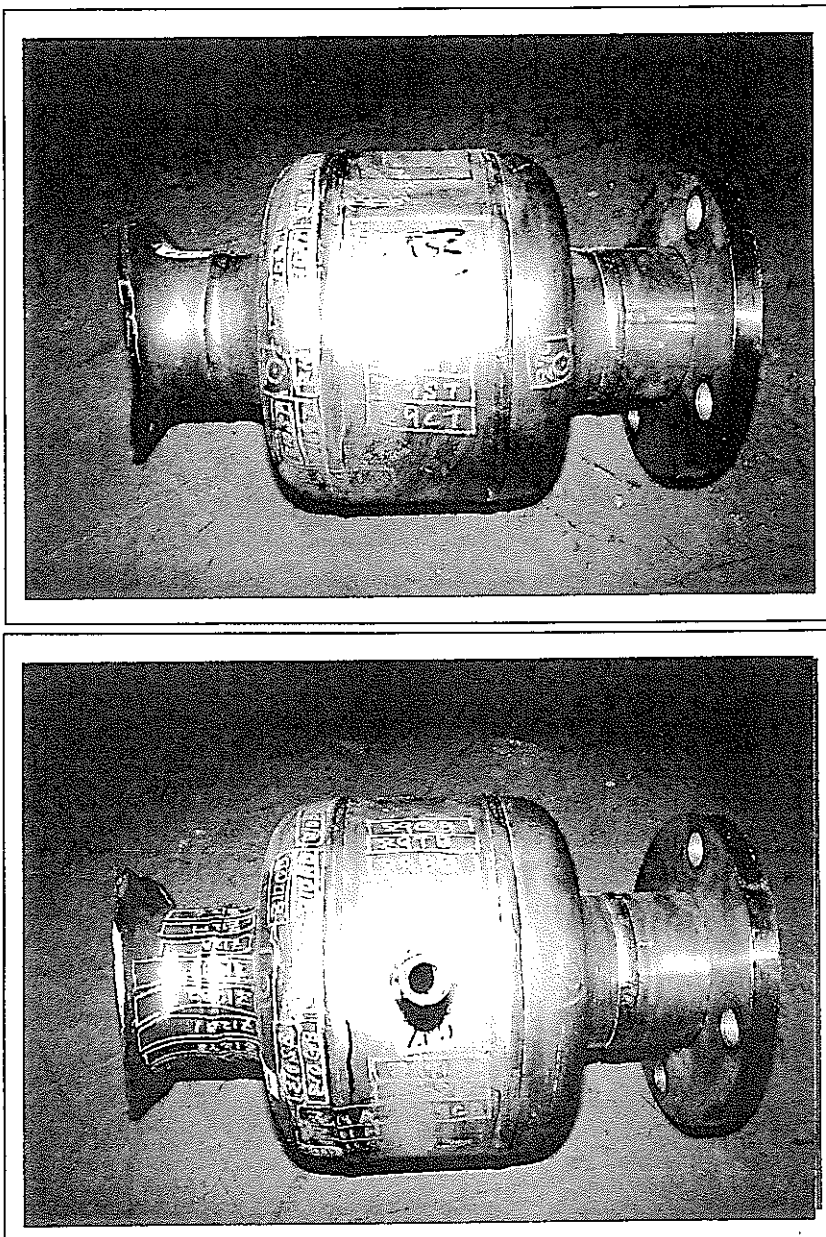


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製上部連絡管、上部伸縮管平行胴 (9) 上部、下部共通

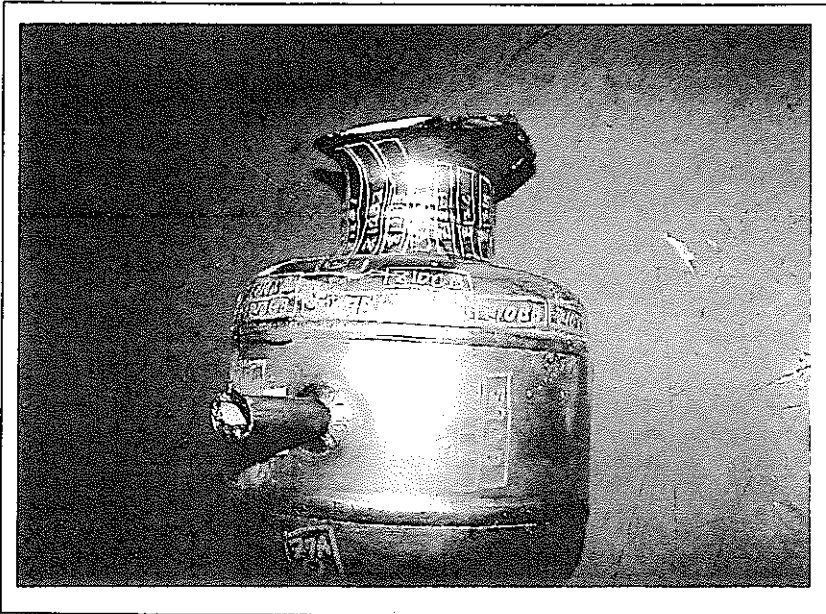


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製上部連絡管、上部伸縮管 (10) 上部、下部共通

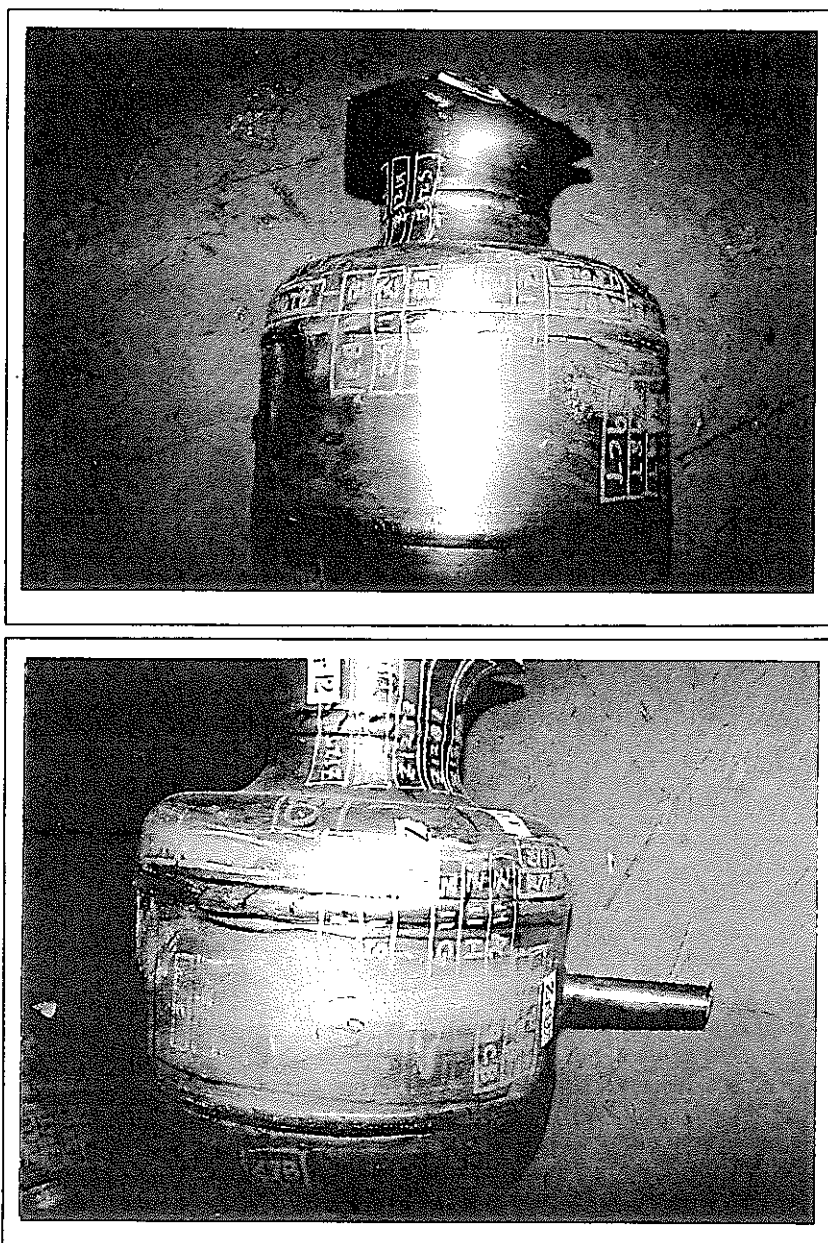


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製上部連絡管、上部伸縮管／平行胴溶接部部 (11)

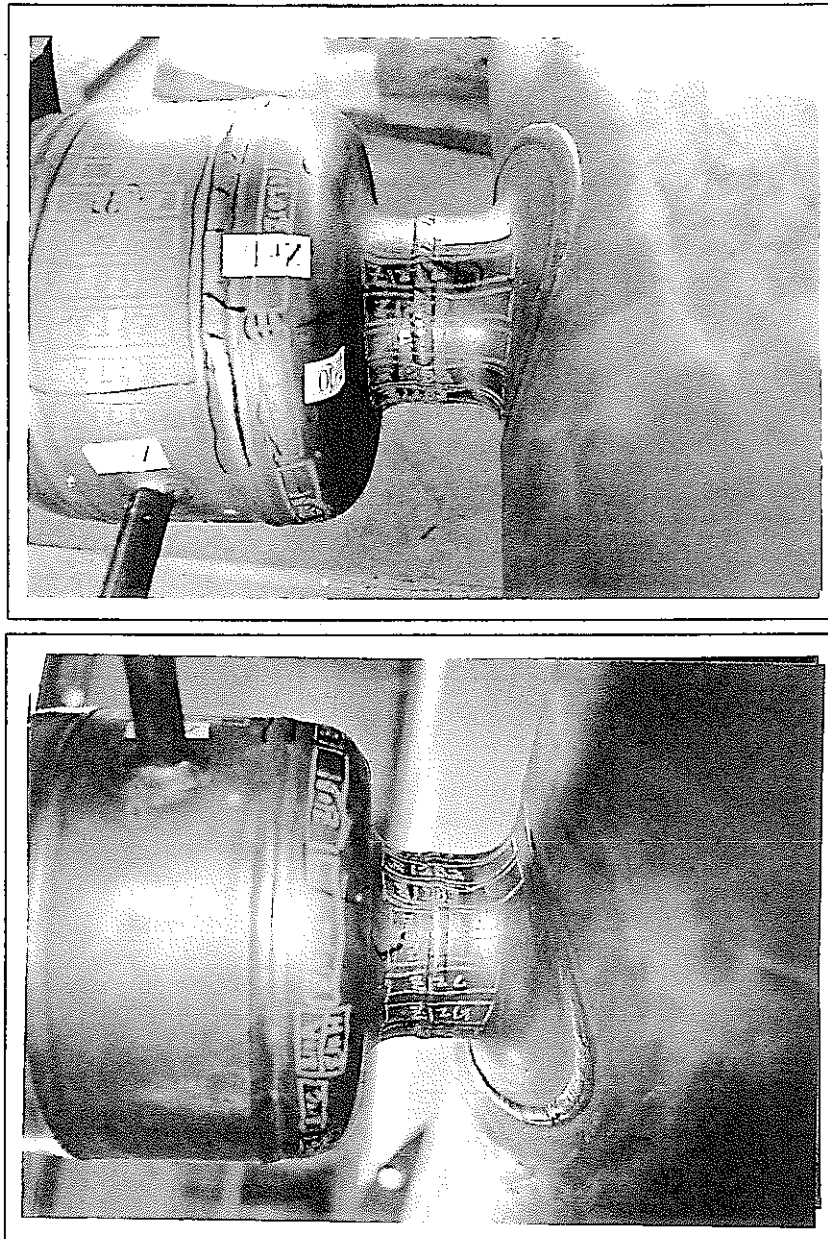


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製上部連絡管、伸縮管／ノズル座熔接部 (12)

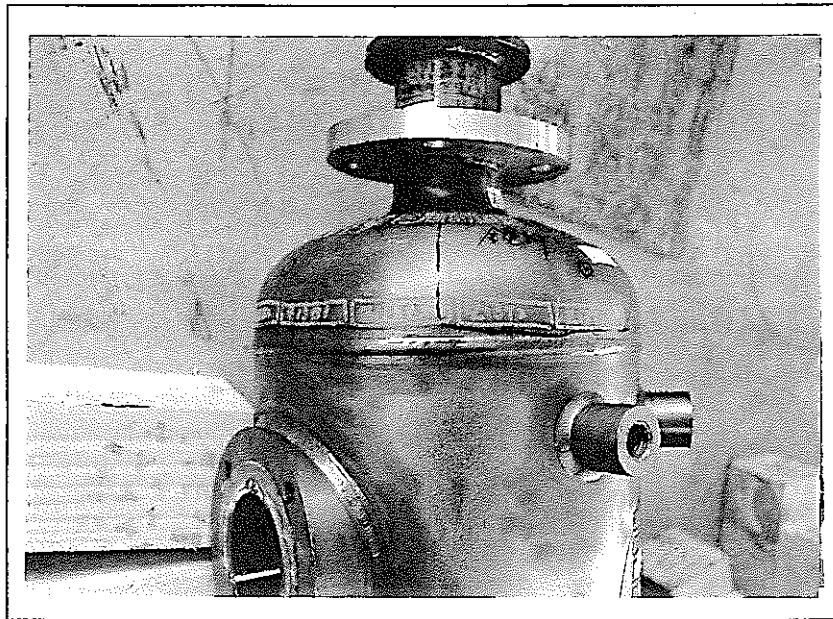


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製蒸発部塔頂部、鏡部 (13)

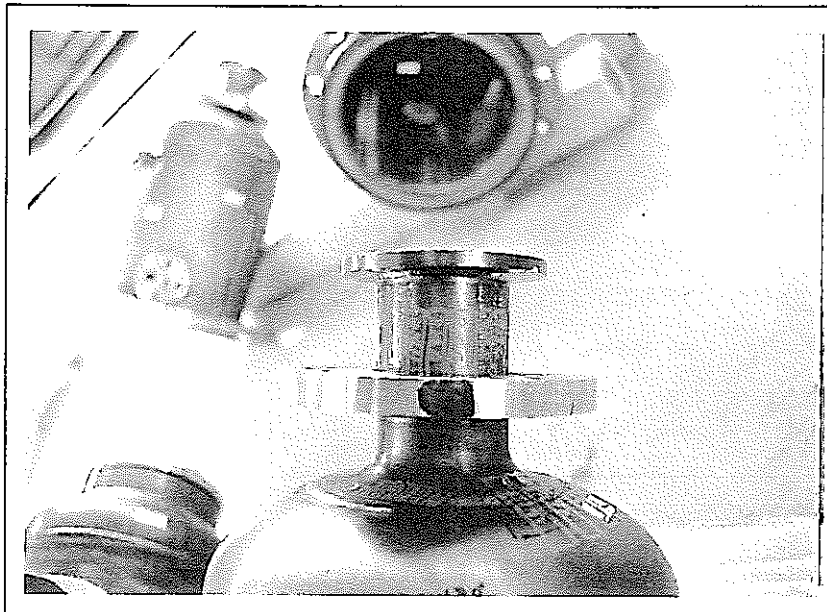
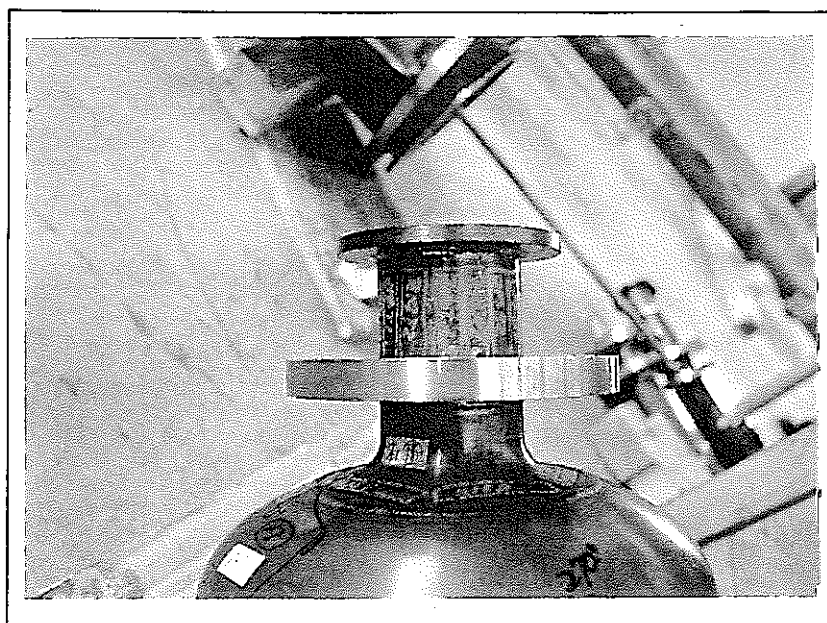


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル (14)

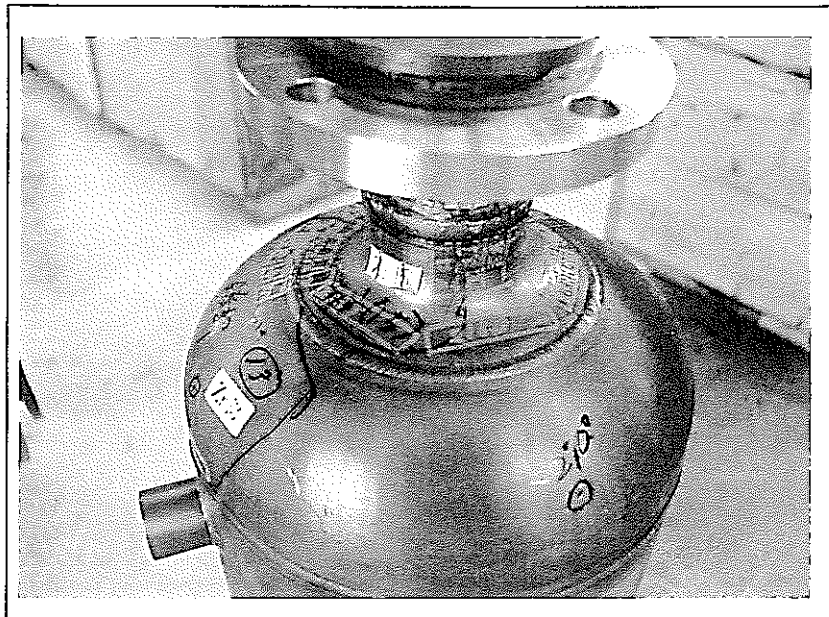


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル座 (15)

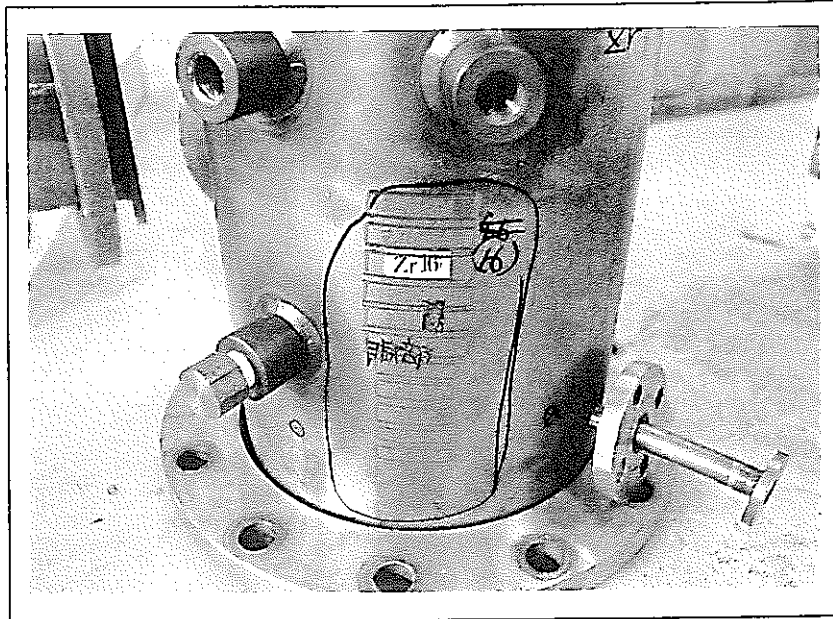


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製蒸発部塔頂部、胴部 (16)

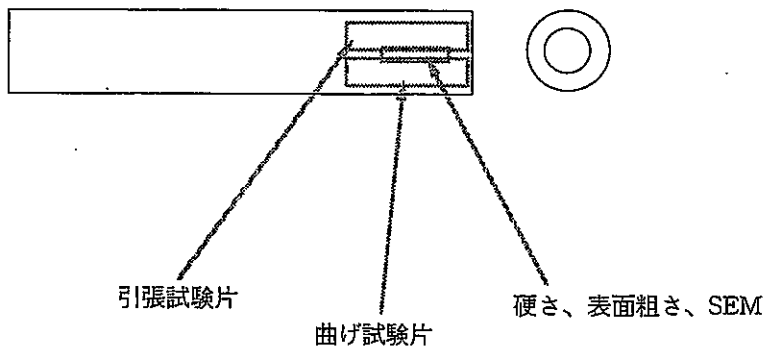
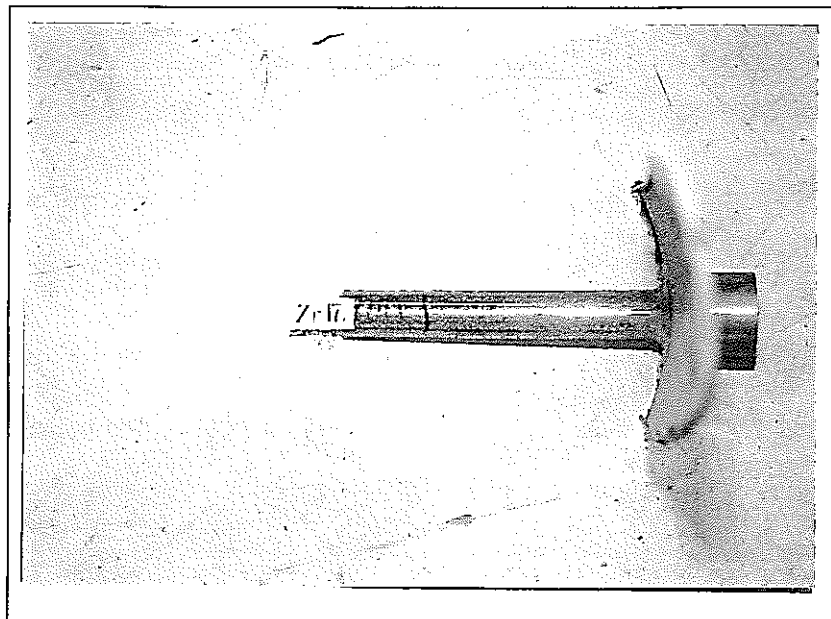


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製蒸発部塔頂部、温度計さや管 (17)

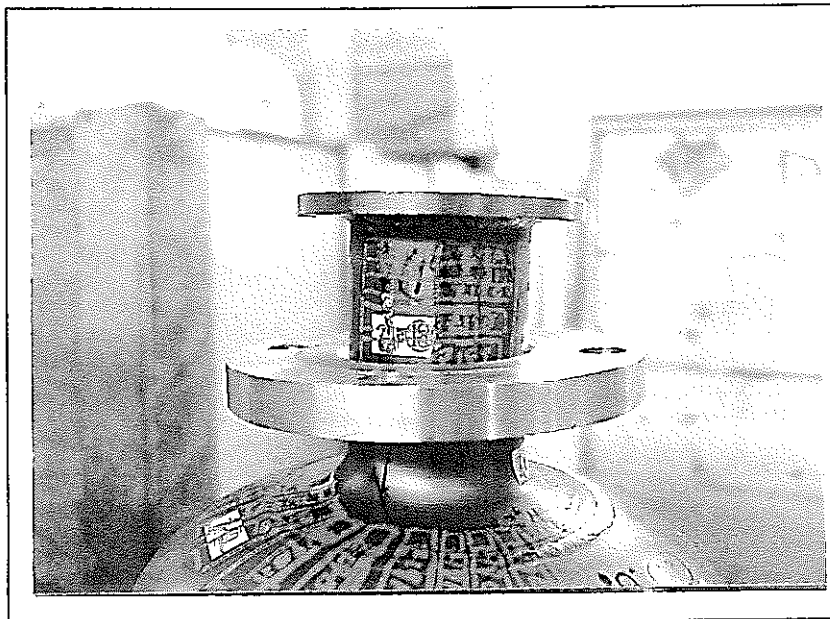


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製蒸発部塔頂部、塔頂部ノズル長手溶接部 (18)

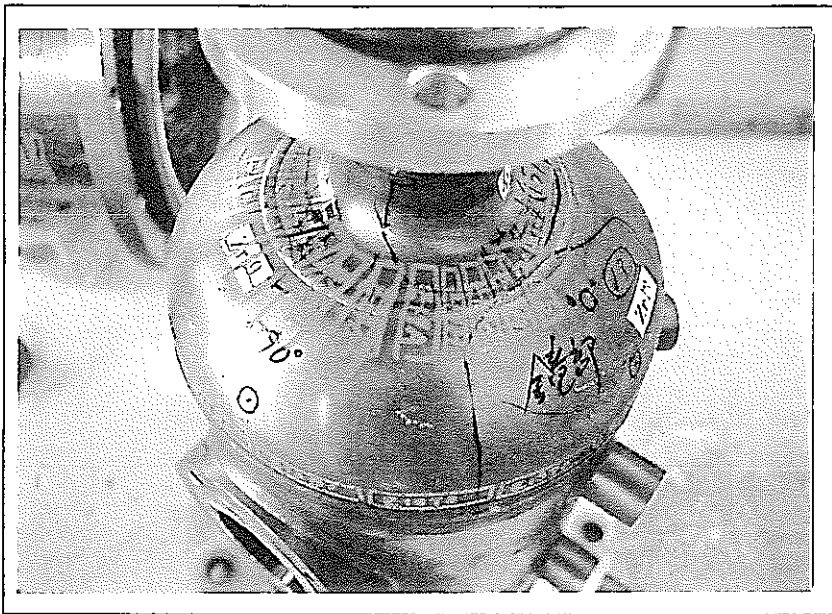
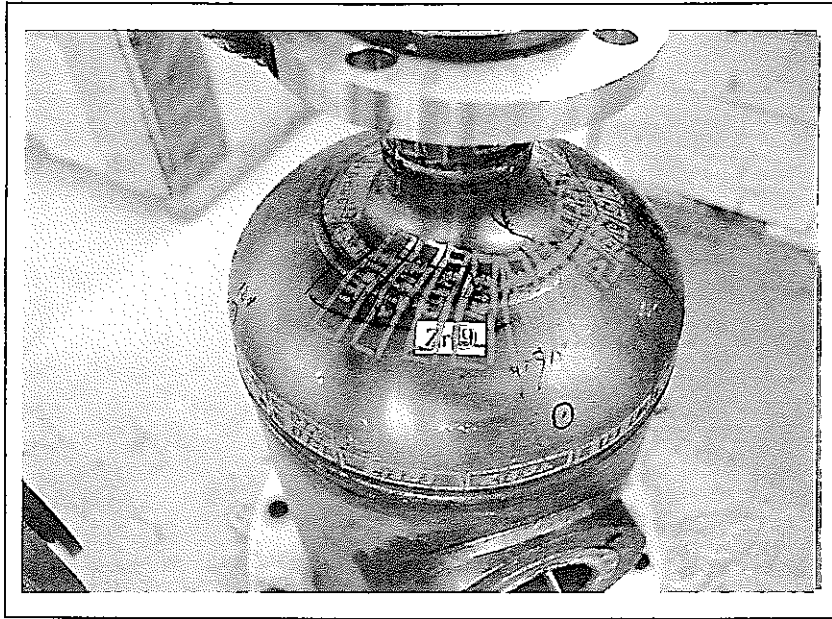


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	1
曲げ試験	1
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製蒸発部塔頂部、鏡部ノズル座溶接部 (19)



試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製蒸発部塔頂部、胴長手溶接部 (20)

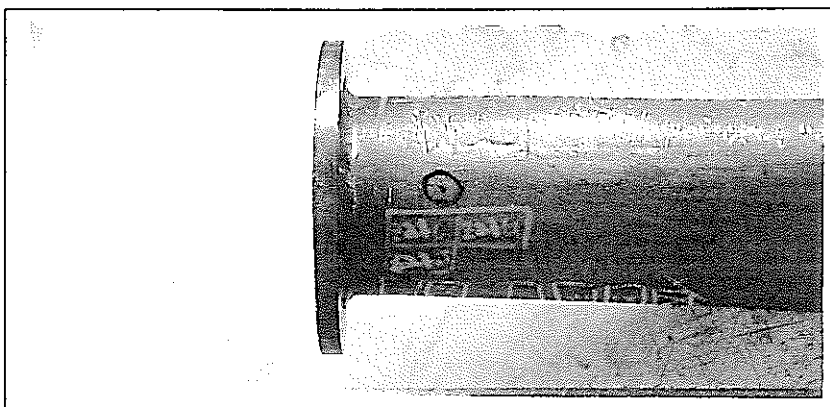
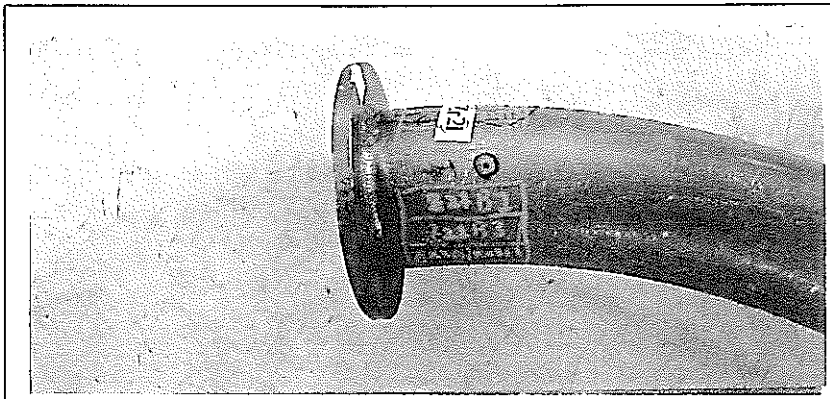
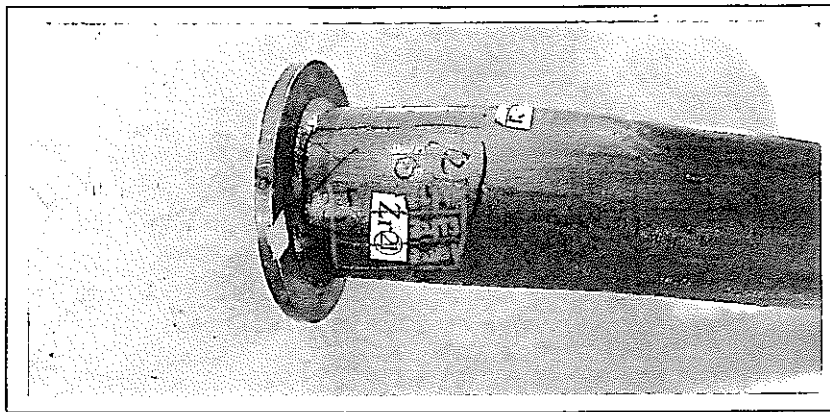


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製ベント配管、硝酸蒸気入口側付近 (21)

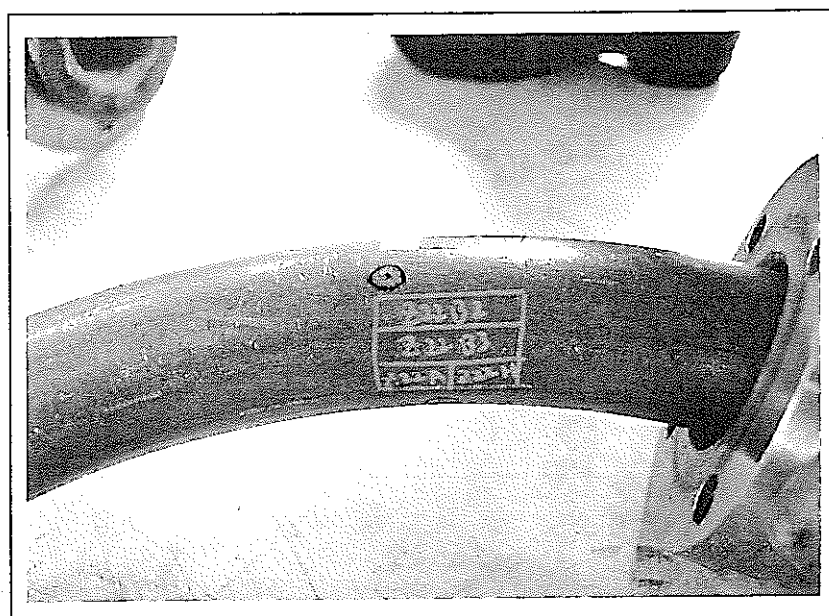
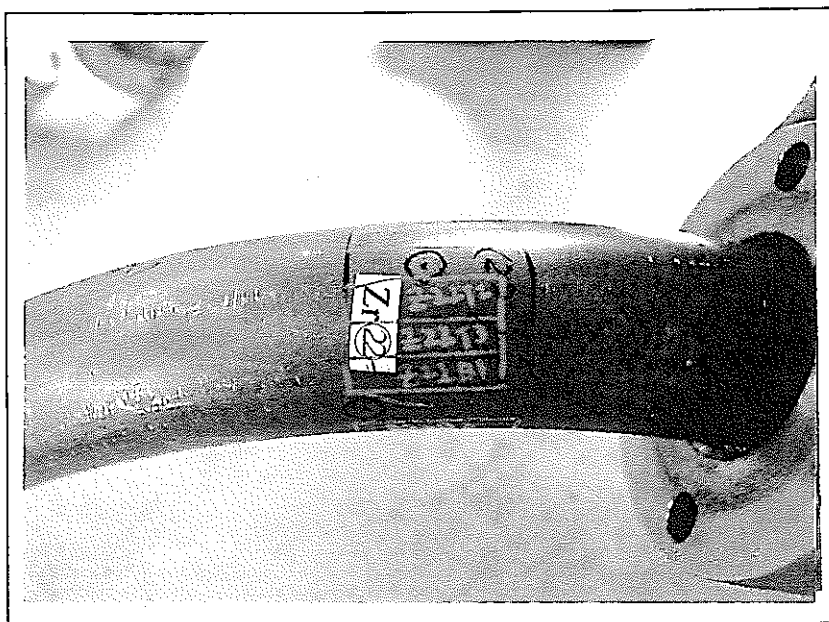


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr製ベント配管、配管中央付近 (22)

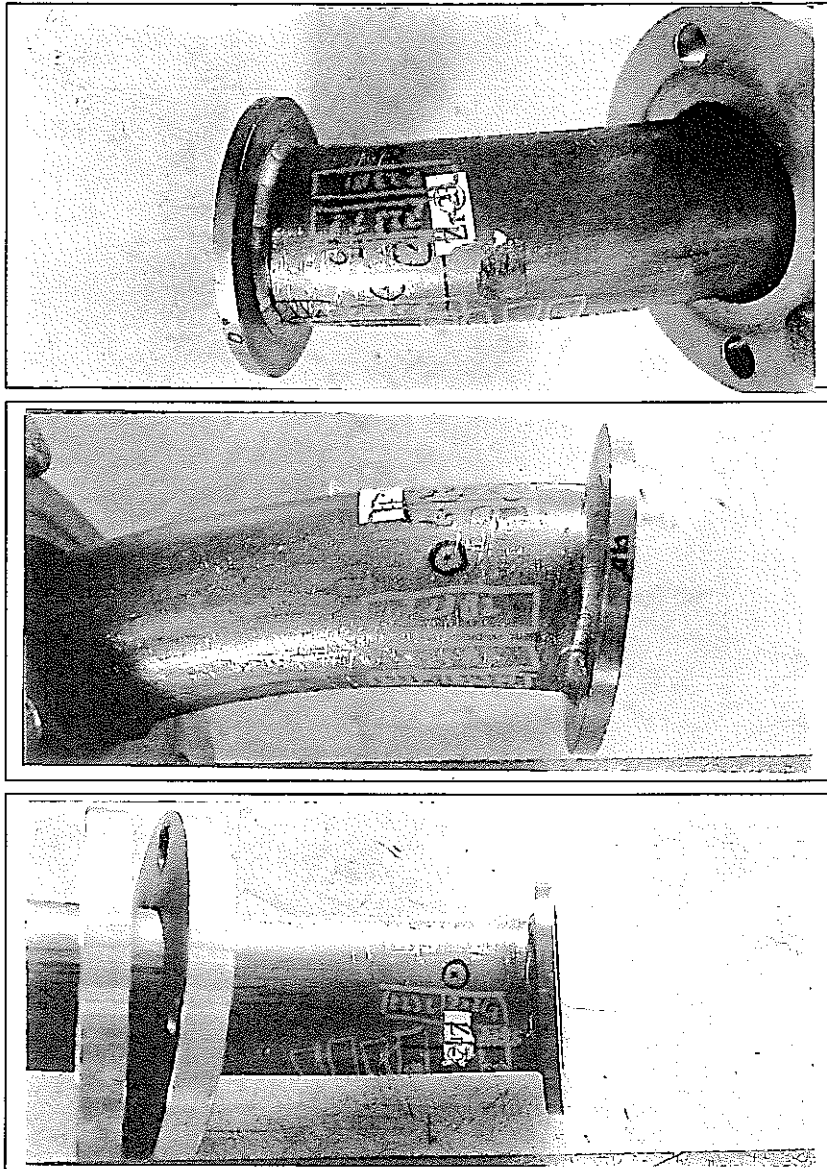


試験片採取位置 (Zr製)

試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

Zr 製ベント配管、硝酸蒸気出口側付近 (23)



試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置 (Zr製)

Zr 製ベント配管、配管長手溶接部（入口付近）（24）

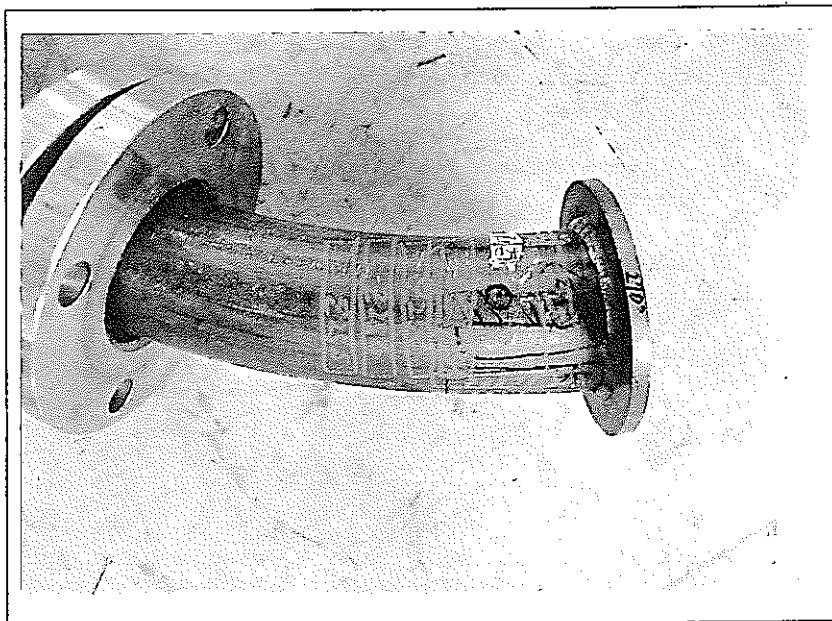


試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置（Zr製）

Zr 製ベント配管、配管長手溶接部（出口付近）（25）



試料数量表

試験項目	試料数
引張試験	3
曲げ試験	3
硬さ試験	1
表面粗さ測定	1
表面SEM観察	1
元素組成測定	1
酸化皮膜の厚さ測定	1
断面観察	硬さと共用

試験片採取位置（Zr製）