

本資料は 年 月 日付で登録区分、
変更する。

2001. 6. 20

[技術情報室]

レーザービーム解体装置の開発(I)

—レーザービーム解体工学試験装置機能試験成果報告—

1986年6月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

者だけ
さい。
要です。

レーザービーム解体装置の開発(I)

レーザービーム解体工学試験装置機能試験成果報告



実施責任者 林 正太郎*, 榎 原 英千世**

報 告 者 小 島 久 雄*, 中 川 林 司*

浅 妻 新一郎***; 西 岡 博****

間 下 啓 次***

要 旨

高速炉燃料再処理における、ラッパ管除去のための装置として開発されたレーザービーム解体工学試験装置について、昭和 59 ～ 60 年度において次の項目の試験を実施した。試験は、すべてコールドで実施し、得られた結果および評価は以下のとおりである。

(1) 解体機能試験

模擬燃料集合体を用いた解体試験の結果、レーザービームを使用する解体手法は、切断性能、所要時間などの点で従来の機械的方法よりも有効であることを確認した。また、装置上の改良点、解体の手順などについての見直しを行った。

(2) 切断条件確認試験

集合体各部位の最適切断条件を求めるため、出力、切断速度、アシストガス種類など多くの条件をパラメータとした試験を行った。その結果から、おおよそその条件が把握できた。

(3) 光伝送系遠隔保守試験

レーザービームを使用することによる、遠隔保守上の特有の問題となる光伝送系に関する試験を実施し、2 ～ 3 の改良すべき点が確認されたものの、大きな問題点はなかった。

現 在

* 技術開発部, 機器材料開発室

** 技術開発部, 建設室

*** 環境工学開発部, 技術課

**** 三菱重工業株式会社

Development of Laser Beam Disassembling Machine (I)

- Test results on basic performance -



Shotaro Hayashi*, Hidechiyo Kashiwara**,
Hisao Ojima*, Rinshi Nakagawa*,
Shinichiro Asazuma***,
Hiroshi Nishioka**** and
Keiji Mashita****

Abstract

The Laser Beam Disassembling Machine (L.B.D.M.) has been developed for getting rid of the wrapper tube before shearing in FBR spent fuel reprocessing. From 1984 to 1985, the following tests have been carried out with dummy assemblies to confirm the ability and performance of proto-type L.B.D.M. in 2nd EDF.

The obtained results are presented here.

(1) Disassembling test.

It has been confirmed that L.B.D.M. had some superiorities on the cutting ability and the time required for disassembling. And some modification points about the machine and the disassembling procedure have been found out.

(2) Confirmation test on optimum cutting condition the test has been carried out to optimise the cutting condition.

Under the several parameters such as energy, cutting speed, kinds of assist gas, and so on. Based on the obtained data, the preliminary cutting condition could be set up.

*	Components and Materials Development Section	Engineering Technology Development Division
**	Construction Section	" "
***	Co-ordination Section	Waste Management Technology Development Division
****	Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	

(3) Remote maintenance test on optical device.

Because of using laser beam for cutting, the optical device is recognized to be peculiar part for remote maintenance.

It has been evaluated that the remote maintainability of the device had no severe problems except a few minor points to be modified.

目 次

はじめに	1
第Ⅰ編 レーザビーム解体装置の開発について	3
Ⅰ－1. 解体装置の開発経緯	3
Ⅰ－2. レーザビーム解体工学試験装置	5
Ⅰ－3. 試験の範囲	8
第Ⅱ編 試験結果の報告	15
Ⅱ－1. 解体機能試験	16
1. 目 的	16
2. 試験方法	17
3. 試験結果	17
4. 評価および考察	21
Ⅱ－2. 切断条件確認試験	23
1. 目 的	23
2. 試験方法	24
3. 試験結果	26
4. 評価および考察	27
5. 今後の課題	29
6. そ の 他	29
Ⅱ－3. 光伝送系遠隔保守試験	30
1. 目 的	30
2. 試験方法	31
3. 試験結果および考察	32
3－1 光軸再現性試験	33
3－2 遠隔保守試験	33
3－3 光軸調整試験	35
4. 今後の課題	37

表 リ ス ト

表Ⅰ－１	機械的刃具（メタルソー，砥石）による解体装置の開発	3
表Ⅰ－２	レーザビームによる解体装置の開発	4
表Ⅱ－１	解体手順及び評価項目	39
表Ⅱ－２	適正切断条件一覧表	40
表Ⅱ－３	レーザビーム解体工学試験装置部品体系及び評価・確認項目一覧表	41
表Ⅱ－４	遠隔保守の考え方	42
表Ⅱ－５	光軸再現性試験結果一覧表	43
表Ⅱ－６	光軸再現性不良要因	44
表Ⅱ－７	レーザ解体機の光学的仕様	45
表Ⅱ－８	レーザビーム光伝送系遠隔保守試験まとめ	46
表Ⅱ－９－(1)	レーザビーム光伝送系遠隔保守試験記録（分解－１／４）	47
表Ⅱ－９－(2)	” （分解－２／４）	48
表Ⅱ－９－(3)	” （分解－３／４）	49
表Ⅱ－９－(4)	” （分解－４／４）	50
表Ⅱ－９－(5)	” （組立－１／３）	51
表Ⅱ－９－(6)	” （組立－２／３）	52
表Ⅱ－９－(7)	” （組立－３／３）	53
表Ⅱ－１０	光軸調整試験記録	54
表Ⅱ－１１	伝送遠隔保守フロー図	55

図 リ ス ト

図 I - 1	レーザビーム解体工学試験装置	57
図 I - 2	燃料集合体のレーザカット状況鳥観図	58
図 II - 1	模擬燃料集合体概念図 (もんじゅ燃料)	59
図 II - 2	焦点位置と切断性能の関係	60
図 II - 3	切断幅と焦点位置, 切断性能の関係 (3 t - 1,000 W)	61
図 II - 4	〃 (6 t - 1,000 W)	62
図 II - 5	〃 (6 t - 1,500 W)	63
図 II - 6	ノズル径とアシストガス流量, 切断性能の関係 ($\phi 2.5$ - 1,000 W)	64
図 II - 7	〃 ($\phi 2.5$ - 1,500 W)	65
図 II - 8	〃 ($\phi 3$ - 1,000 W)	66
図 II - 9	〃 ($\phi 3$ - 1,500 W)	67
図 II - 10	アシストガスの種類と切断性能の関係 (N_2 - 3 t)	68
図 II - 11	〃 (N_2 - 6 t)	69
図 II - 12	〃 (Air - 3 t)	70
図 II - 13	〃 (Air - 6 t)	71
図 II - 14	ビームスポットの光軸変位量と切断性能の関係 (変位量; 0)	72
図 II - 15	〃 (変位量; 切断方向に垂直に 0.5 mm)	73
図 II - 16	〃 (変位量; 切断方向に 0.4 mm)	74
図 II - 17	〃 (変位量; 反切断方向に 0.4 mm)	75
図 II - 18	ピアッシング (孔あけ) 条件と切断性能の関係 (3 t)	76
図 II - 19	〃 (6 t, $\Delta D = -3\text{mm}$)	77
図 II - 20	ピアッシング (孔あけ) 条件と切断性能の関係 (6 t, $\Delta D = -2\text{mm}$)	78
図 II - 21	〃 (6 t, $\Delta D = -1\text{mm}$)	79
図 II - 22	〃 (6 t, $\Delta D = 0\text{mm}$)	80
図 II - 23	〃 (6 t, $\Delta D = 1\text{mm}$)	81
図 II - 24	〃 (6 t, $\Delta D = 2\text{mm}$)	82
図 II - 25	〃 (6 t, $\Delta D = 3\text{mm}$)	83

図Ⅱ-26	“ (6 t, $\Delta D = -2\text{mm}$ アシストガス, $\text{O}_2, \text{Air}, \text{N}_2$)	84
図Ⅱ-27	セル内配置図 (1 / 3)	85
図Ⅱ-28	“ (2 / 3)	86
図Ⅱ-29	“ (3 / 3)	87
図Ⅱ-30	レーザ解体機部品構成図 (遠隔保守量少部品)	88
図Ⅱ-31	ビーム伝送系概略図	89
図Ⅱ-32	ビーム伝送系分解図	90
図Ⅱ-33	貫通窓No. 2 詳細図	91
図Ⅱ-34	ベンドミラーNo. 3 詳細図	92
図Ⅱ-35	ベンドミラーNo. 4 詳細図	93
図Ⅱ-36	集光部詳細図	94
図Ⅱ-37	ベンドミラー内部詳細図	95
図Ⅱ-38	ベンドミラーNo. 3 締結部詳細図	96
図Ⅱ-39	遠隔ボルト詳細図	97

別 添

○ 解体機能試験-試験記録及び写真	99
○ エントランスノズル部, 組棒部切断条件確認試験記録	133

は じ め に

高速炉燃料リサイクル試験施設の昭和 70 年代初めの運転開始を目指し、現在施設の設計作業、並びにプロセス技術開発を進めている。

解体装置開発においても前処理プロセス技術開発の一環として昭和 52 年度より開発を行ってきた。

本報告書は、今後の解体装置開発、及び前処理プロセス技術開発に資することを目的に、昭和59年度に行ったレーザービーム解体工学試験装置試験の内容ならびに結果をまとめたものである。

第 I 編 レーザビーム解体装置の開発について

I-1. 解体装置の開発経緯

高速炉燃料リサイクル試験施設の前処理工程においては、使用済燃料集合体の構造材（ラッパ管、エントランスノズル）を取り除くための解体工程を設けており、この工程で使用する解体装置の開発を進めてきている。表I-1及び表I-2に解体装置の開発経緯の概略を示す。

機械的刃具（メタルソー、砥石）による解体装置に関しては、昭和52年度より設計研究を開始し、試験装置の試作・試験を経て刃具の改良、解体方法の改善等を行い、昭和57年度までに一連の試験・評価を終えている。

その結果、主たる問題点として下記の点を指摘することができる。

- i) 機械刃による解体は、解体所要時間が1.2～1.6hr/体と長い。
- ii) " , 刃具寿命が個/2～3体と短い。
- iii) " , 粉塵の発生量が多い。
- iv) " , 集合体を保持する機構が堅固なものになる。

一方、レーザビーム解体法の研究を昭和52年度から進めており、昭和58年度末にはレーザビーム解体工学試験装置を東海事業所第二応用試験棟に据え付けた。引き続き59年度からは、同装置を用いた機能試験を行っている。今後、機能試験評価を行っていく中でレーザビーム切断を解体装置に適応させるべく諸条件の確認・改良を進めていく予定である。

表I-1 機械的刃具（メタルソー、砥石）による解体装置の開発

年度	実 施 内 容	成 果
52 53	機械的刃具（メタルソー）を使用した解体試験装置I)の設計・製作を行った。	
54	模擬燃料集合体を用いて装置各部の機能および解体方式について試験・評価を行った。	○ 刃具寿命 個/3体 ○ スエリングの影響についての対策が必要
55	ラッパ管の縦割機能を追加するとともに、刃具として砥石を使用した試験装置II)を製作した。	
56	各種解体手順の比較、曲りに対する刃具の追従性とピン損傷、切断の回収機能等について試験・評価した。	○ 解体所要時間が1.2～1.6HR/体と長い。 ○ 刃具寿命 個/2～3体 ○ 粉塵の発生量が多い
57	遠隔操作・保守性の確認とセル内レイアウトの検討	（研究開発を終る）

表 I - 2 レーザービームによる解体装置の開発

年度	実 施 内 容	成 果
52 53	◦ レーザー切断技術の調査 ◦ レーザー発振器の選定 ◦ 基礎的な切断試験	
54	◦ 解体方法の検討 ◦ 装置基本構成の検討 ◦ 実機システムの概念設計	
55 56	部分的な基礎試験（委託） ◦ ラッパ管のスリッティング試験 ◦ 端栓部の切断試験 燃料集合体の変形（曲がり）に対するビーム焦点の追従装置の試作と性能評価	◦ スリッティングによるピンの一部損傷あり。 ◦ 端栓部の一括切断は不可能，単品又は一列切断は可能 ◦ 接触方式による追従機構は一応完成。（詳細評価はできていない）
57 58	実規模試験装置の設計および製作	◦ 市販品としては最大級である 3 KW 炭酸ガスレーザー発振器を採用。 ◦ 56 年度製作の接触式焦点追従装置を採用。

I-2. レーザビーム解体工学試験装置

昭和52年度よりレーザビームによる解体法の研究及び基礎試験を進め、昭和58年度末に第二応用試験棟にレーザビーム解体工学試験装置を据え付けた。

本装置の全体図を図I-1に示す。装置の構成及び仕様は下記の通りである。

1. レーザービーム発振装置および付属設備

本装置の構成は炭酸ガスレーザー発振器1台、操作盤1台、冷却ユニット1台、冷却塔1台、冷却水循環ポンプ1台から成る。

1) 炭酸ガスレーザー発振器

仕 様

型 式	三軸直交型無声放電励起式
定 格 出 力	マルチモード 3 KW (現在はシングルモード 1.5 KW に調整済) [⊗]
高周波パルス	0.1 ~ 1 KHZ
出力発散角	シングルモード 3 mrad 以下
出力安定度	± 5 % (8 HR)

⊗マルチモード3 KWとシングルモード1.5 KWでは最大エネルギー密度は同等であり、切断可能厚もほぼ同等である。シングルモードの方が切断除去量(エアロゾル発生量)が少ないとの理由で現在設置しているCO₂レーザー発振器はシングルモードに調整してある。故に最大能力はシングルモード1,500 Wである。

2) 操 作 盤

レーザービーム発振装置および冷却ユニットを操作するもので次のインターロックを組み込んでいる。

- 光学系の冷却水不足
- 発振器用冷水不足
- 一次冷却水不足
- 混合ガス圧異常
- 冷却塔ファン停止
- ワークハンドリング装置との取り合い

(ワークをチャッキングしていること。回収装置ON. 廃棄物搬出装置定位置。)

3) 冷却ユニット

発振器本体に組込まれた熱変換器、電極、共振器ミラー、パワーダンブおよび光路系のミラ

ー、レンズ、窓を冷却するユニットである。

構成は、冷却ユニット本体、冷却タンク、熱交換器、純水器、および循環ポンプ等から成っている。

冷却能力は 33,800 Kcal/Hr

4) 冷却塔、冷却水循環ポンプ

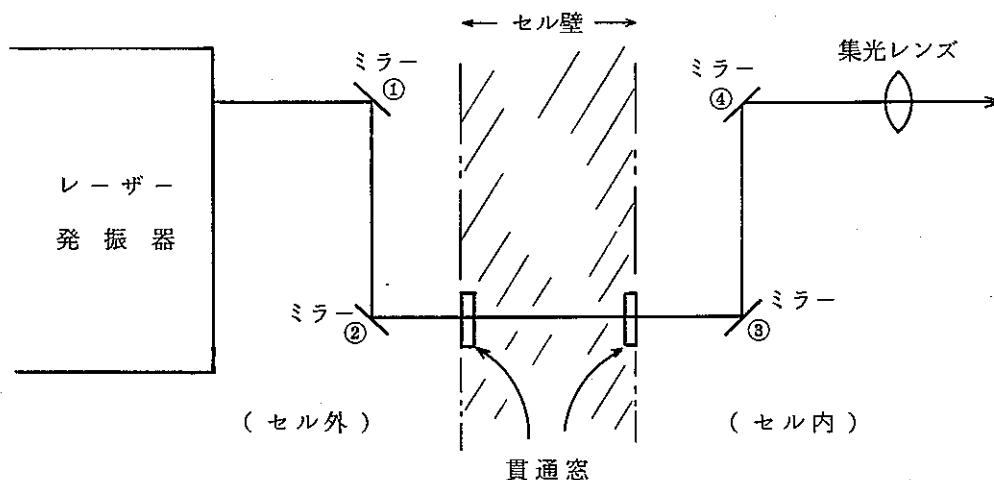
冷却ユニットを冷却するもの

循環水量 130 ℓ/min

2. ビーム伝送装置

レーザー発振器で発生されたビームをベンドミラー等を介して被切断物表面に集光させる装置で伝送管、ベンドミラー、ビーム貫通窓および集光レンズ（収束系）から成っている。

概略光路を次に示す。



1) ベンドミラー

ベンドミラーは上記場所に使用する。（ミラー①、②、③、④）

①、②はセル外、③、④はセル内で使用する。

これらのベンドミラーは、角度を調整することができレーザー発振器から発振したレーザービームを正しく集光レンズに導くことができる。

仕 様

材 質	無酸素銅
コーティング材	金 蒸 着

2) 集光レンズ（収束系）ユニット （図 I - 2 参照）

集光レンズはトーチヘッドに組み込み、集光レンズの遠隔保守は、集光レンズユニットを一体で変換できる機構となっている。また、アシストガス吹込口を設けている。

レンズ材仕様

材 質	ZnSe
コーティング	ThF ₄ (アンチ・リフレクティングコーティング)

3) ビーム貫通窓ユニット

ビーム貫通窓はセル壁の内外にそれぞれ各1ヶ所設けてある。

(セル内とセル外の気密保持の為に設ける)

密材仕様

材 質	ZnSe
-----	------

ビーム伝送装置においてセル内のコンポーネント(ベンドミラー, ビーム貫通窓, 集光レンズ)は遠隔保守および遠隔光軸調整が可能な様に設計している。機械刃による解体試験装置と基本的に異なる部分は, 伝送系の遠隔保守および遠隔光軸調整機構であり, 遠隔保守性評価時に最も重点をおくべきところである。

I-3. 試験の範囲

高速炉燃料リサイクル試験施設の前処理工程におけるレーザービーム解体装置の今後の開発作業に資するため、以下の項目について試験評価した。

- (i) 解体方法、手順の確立
- (ii) 最適切断条件の抽出
- (iii) 遠隔保守性の向上

項目(i)に関しては、特に解体物のハンドリング機構の機能確認、評価、(ii)に関しては切断除去量燃料損傷量を最小にする切断条件評価、(iii)に関しては特に信頼性が要求される光学系機構の遠隔保守性評価に重点を置いた。

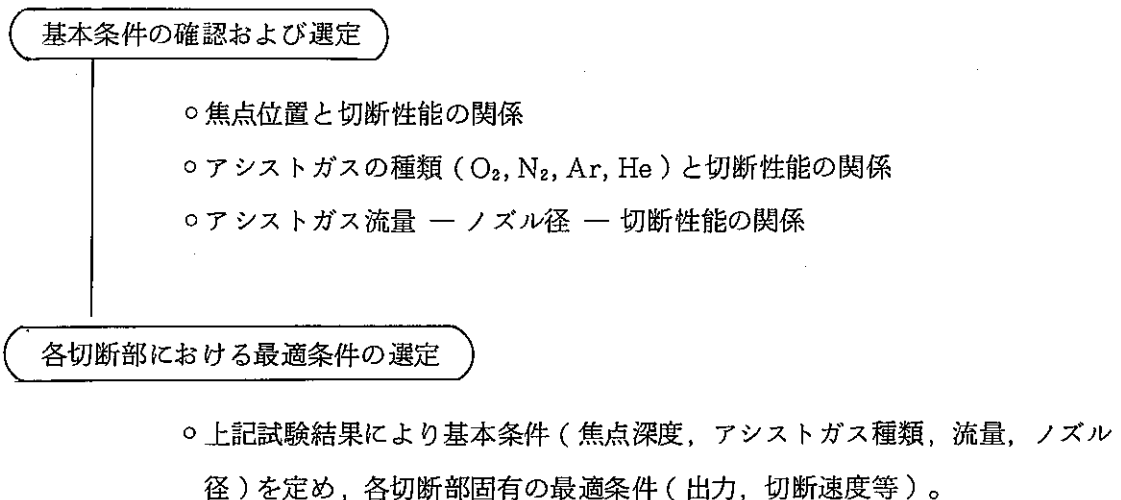
以下に試験項目及びその内容の詳細を記す。

1. 切断条件確認試験

1) 目的

レーザービーム解体において最適な切断条件を定める為の基礎データを得る。

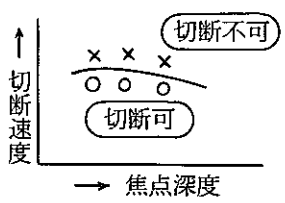
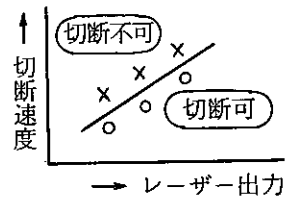
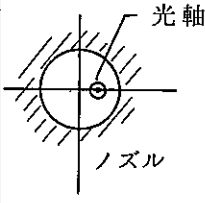
2) 試験フロー



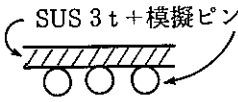
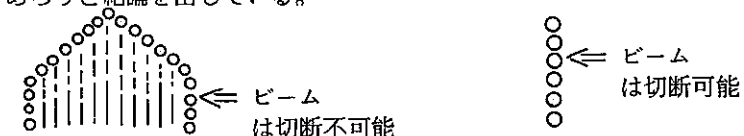
3) 実施項目および内容

(1) 基本条件確認試験

	項 目	内 容	採 取 デ ー タ	備 考
1.	焦点位置 — 切断性能	① 供 試 材 SUS 3t 板材 ② 固定条件 a) レーザー出力 P = 1000 W	① 切断速度—焦点位置— 切断可能域の相関	○ 焦点追従精度 の余裕度を確 認するデー タとなる。

	項 目	内 容	採 取 デ ー タ	備 考
		b) 焦点距離 $f = 7.5"$ c) アシストガス O_2 d) 流 量 $230 \ell / \text{min}$ e) ノズル径 3ϕ ③ パラメータ a) 焦点位置 b) 切断速度	 ② 各条件における切断巾	
2.	アシストガス種類 — 切断性能	① 供 試 材 SUS 3t 板材 ② 固定条件 a) 焦点距離 $f = 7.5"$ b) アシストガス流量 $230 \ell / \text{min}$ c) ノズル径 3ϕ d) 焦点深度 $\Delta d = 0$ ③ パラメータ a) アシストガス (O_2, N_2, He, Ar) b) レーザー出力 c) 切断速度	① アシストガスレーザー 出力—切断速度—切断可 能域の相関  ② 各条件における切断巾 および切断面の観察	
3.	アシストガス流量 — ノズル径 — 切断性能	① 供 試 材 SUS 3t 板材 ② 固定条件 a) 焦点距離 $f = 7.5"$ b) アシストガス O_2 c) 焦点位置 $\Delta D = 0$ ③ パラメータ a) アシストガス流量 b) ノズル径 c) レーザー出力 d) 切断速度	同 上	・流量は少ない方が エアロゾルの発生量が少 なく好ましい と考えられる。
4.	ノズル中心と光軸 のズレ量と切断性能 	① 供 試 材 SUS 3t 板材 ② 固定条件 a) 焦点距離 $f = 7.5"$ b) アシストガス O_2 c) 焦点位置 $\Delta D = 0$ d) ノズル径 上項テスト結果に拠る ③ パラメータ a) ノズル芯ズレ量 b) アシストガス流量 c) レーザー出力 d) 切断速度	同 上	・遠隔保守にお ける光軸設定 精度の目安デ ータとする。

(2) 最適条件選定試験

項目	内 容	採 取 デ ー タ	備 考
1. 長手切断 (スリッティング) 条 件	① 供 試 材  ② 固定条件 a) 焦点距離 $f = 7.5''$ b) アシストガス O_2 c) ノズル径 基本条件テスト結果に拠る d) 流 量 " e) 焦点深度 " ③ パラメータ a) 穴あけ(ピアッシング)時の条件(出力, DuTy, 周波数) b) レーザー出力 c) 切断速度 d) ビーム照射位置と内部ピンの位置関係	① 各パラメータ組合せと切断可能域の相関 ② 各条件における切断巾(ピアッシング径), および切断面の観察 ③ 各条件における内部ピン損傷度合の観察	○パッド部にスリットを入れた試験も行う
2. 周 切 断 条 件	① 供 試 材 模擬ラップ管 ② 固定条件 1.項に同じ ③ パラメータ a)~c) 1.項に同じ d) 上下ストローク SPAN	① 1.項に同じ ② ③ 上下ストロークと切り残し状況の観察	
3. 組 棒 切 断 条 件	① 供 試 材 模擬組棒 ② 固定条件 } 1.項に同じ ③ パラメータ }	2.項と同じ	
4. エントランスノズル切断条件	① 供 試 材 模擬ラップ管およびSUSパイプ ② 固定条件 } 1.項に同じ ③ パラメータ }	1.項と同じ	
ピン端栓切断条件	S 56 年ピン端栓切断試験(委託)結果によるとピン束の一括切断は現状のレーザー加工技術では無理であり, 将来大出力, 長焦点のレンズが開発された段階で可能となるであろうと結論を出している。 		

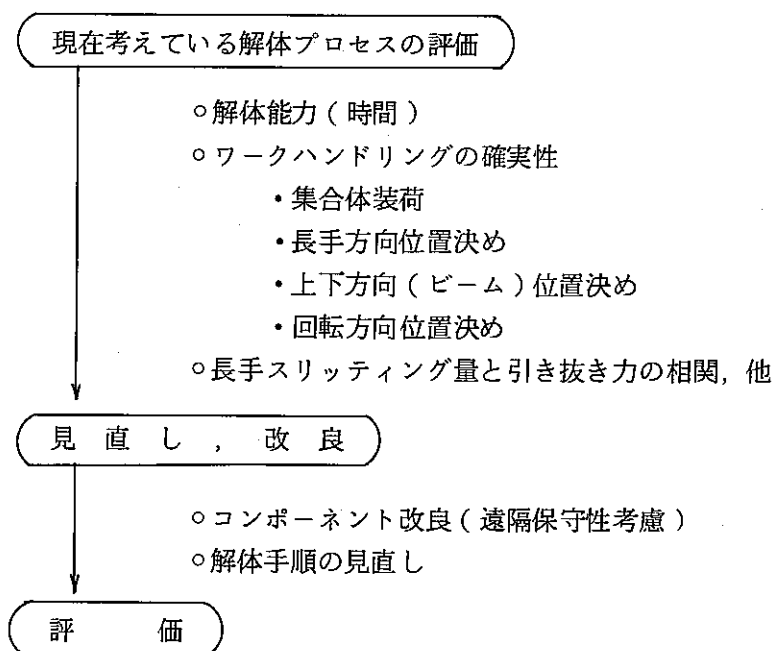
	項 目	内 容	採 取 デ ー タ	備 考
5.		現装置ではピン端栓のレーザー切断は行わず組棒部を付けたまません断機へ送り、端末切断時に組棒毎切り離す考え方（FIX した考え方ではない）をとっており、せん断刃具の寿命低下につながる恐れがあるので、解体機側での組棒切り離し（端栓切断）を検討しておく必要がある。 本試験では、単品（一列）切断の切断条件を明確にしておく ① 供 試 材 模擬端栓（SUS 棒） ② 固定条件 a) 焦点距離 $f = 7.5''$ b) アシストガス O_2 c) ノズル径 基本テスト条件による d) 流 量 " ③ パラメータ a) 焦点深度 b) レーザー出力 c) 切断速度	① 各パラメータ組み合わせと切断可能域との相関 ② 各条件における切断巾、および切断面の観察	

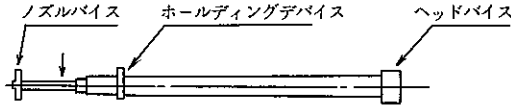
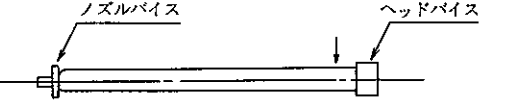
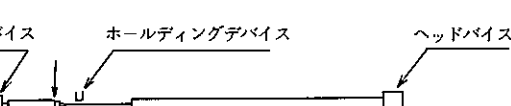
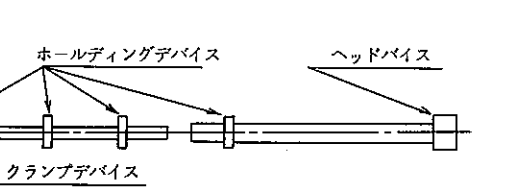
2. 解体機能試験

1) 目 的

時処理プロセスの一定のタイムスケジュールにおいて確実な解体が行えるハンドリング機構を明確にする。

2) 試験フロー



	手 順	集 合 体 状 況	評 価 ・ 確 認 事 項
1.	燃料集合体装荷		○ 集合体セットの確実性（再現性） ・ 長手方向 ・ 回転方向（面とビームの直角度）
2.	エントランスノズル切断		○ 回転の安定性 ○ 指示速度通りであること。 ○ “ スパン ”
3.	ラッパ管長手方向（スリッティング）		○ 曲がり追従性
4.	ラッパ管周切断		○ 6面の割り出しが確実にできること。 ○ 上下ビーム移動の最適ストローク（切り残しがなく、除去量が少なく、確実に切れる条件）
5.	組棒部切断		○ 同 上 ○ ピンが一部露出し、flexibleになるが、芯出しが確実にできるか。
6.	ラッパ管引き抜き ↓ ピン束を燃料ハンドリング装置へ渡す。		○ スウェリングにより変形したピンが確実に引き抜けるか。 ○ 長手スリッティング量と引き抜き力の相関 ○ 確実にピン束を燃料ハンドリング装置に渡すことができるか。
	全体評価・確認事項 1) 解体所要時間 2) 各手順間のデバイスの動きの確実性		

3) 実施項目および内容

(1) 解体プロセス評価試験

無負荷運転又は、模擬燃料集合体を用い、現在考えている解体プロセスの評価を行う。解体手順と評価項目を次頁に記す。

(2) 見直し、改良および評価試験

機器のコンパクト化（ビーム移動式）が成った場合は、現在のハンドリング機構は大幅に変わると考えられるが、基本的構成に変わりはない。

1)項の評価試験を進めていくなかで改良点を洗い出し、コンポーネントの改良、解体手順を見直して最終評価を行う。

3. 遠隔保守試験

1) 目 的

今年度から解体機のコンパクト化（周辺機器も含めた）設計研究がスタートし、次年度以降、その試作が行われる。それに反映すべく本装置の遠隔保守試験を行う。ハンドリングコンポーネントの基本的構成は機械刃解体装置と変わらず、本レーザー解体機はその遠隔保守試験のデータを反映させたものとなっている。

しかし、光軸調整機構、光伝送機構は初めての導入である。故に光軸調整機構、光伝送系の遠隔保守試験を重点的に行う。

2) 実施項目

	項 目	評 価 ・ 確 認 項 目	備 考
1.	光伝送系の遠隔保守および遠隔光軸調整	① 光伝送系（ミラー、レンズ）交換による光軸精度の再現性 ② ミラー、レンズ、ノズル部の耐衝撃性、（ミラー、レンズの落下防止） ○ 緩衝治具等、特殊治具の必要性 ③ 冷却水の漏洩対策 ④ 交換時の防塵対策 ⑤ 遠隔による伝送系除塵方法 ⑥ 交換後の光軸調整手順の確立および実証 ⑦ 遠隔保守の為の最適セルレイアウトの検討及び実証（セル窓、遠隔機器との位置関係等） ⑧ 遠隔ボルト、圧空・水・アシストガスコネクタ位置の検討 ⑨ 時間および必要人員	
2.	ハンドリング系の遠隔保守	① 遠隔保守の為の最適セルレイアウトの検討及び実証（セル窓、遠隔機器との位置関係等） ② 遠隔ボルト、圧空・配線ラインコネクタ位置の検討 ③ 時間および必要人員	

第Ⅱ編 試験結果の報告

以下に，59年度実施（一部58年度分も含む）の試験結果及び考察結果を報告する。
なお，各試験の実施時期を下表に示した。

試験項目 \ 期 間	58	59											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
解体機能試験	○—○												
切断条件確認試験		○—○											
光伝逆系 遠隔保守試験									○—○				

Ⅱ—1. 解体機能試験

1. 目 的

本試験は、一連の前処理プロセス機器のシステム作動確認試験の中でレーザ解体試験装置の基本的な解体機能を把握するために行ったものである。

加えてレーザ解体試験装置の機能上の問題点を洗い出し、今後の開発作業の方向づけを行うことも目的とした。

<試験実施期間>

昭和59年3月13日, 14日

<試験担当者>

小島 久雄, 西岡 博, 間下 啓次, 浅妻新一郎

2. 試験方法

2-1 供試体

供試体として「もんじゅ炉心」模擬燃料集合体1体を使用した。その詳細は図Ⅱ-1に示す。端栓、組棒ノックバー及びラップ管は実燃料集合体と同一形状、同一材質とした。また、燃料ピンは被覆管とラッピングワイヤも実燃料集合体と同一であるが、ミート材にはフォルステライト($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)を挿入した。従って、重量的には若干異なっているが、試験に関係する部分はすべて実物と同一である。

材 質

ラップ管、組棒、ノックバー、被覆管	——	SUS316
エントランスノズル、ハンドリングヘッド	——	SUS304
模擬ペレット	——	フォルステライト ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)

重 量

130 kg (実測)

2-2 装荷、解体、減容手順及び評価項目

解体手順、解体速度(切断速度)はNC制御にて種々変更可能であるが、解体手順は現在最適と考えている手順であり、切断条件は検収時の切断条件をベースに定めた。各手順及び評価項目を表Ⅱ-1にして示す。

3. 試験結果

前2項で述べた様に本試験は問題点の洗い出しを主な目的としており、全工程にわたり、詳細な観察、定量的なデータの採取は不十分であったが、全工程を通して行うことで、問題点の洗い出しを行うことができた。別添の解体機能試験-試験記録及び写真集参照の事

全体 評価確認事項

1) 解体所要時間

本手順にてトラブルなく解体・減容した場合の所要時間は次の通りであった。

- ・装荷からピン束渡し迄 ————— 20分(内、ビーム照射時間3分)
- ・ラップ管減容 ————— 15分30秒(内、 “ 1分)

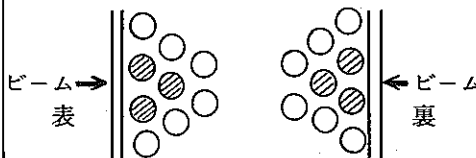
2) 各手順間のデバイスの動きの確実性

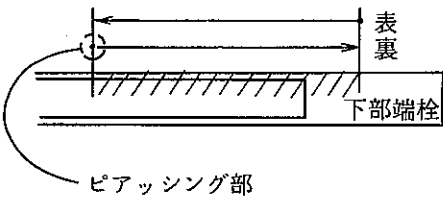
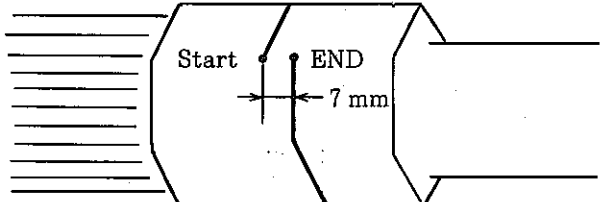
各デバイス共指示通り正確であり、動作は円滑であった。

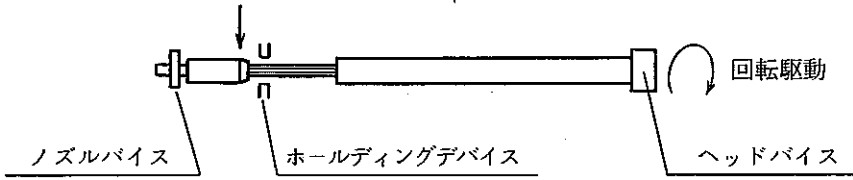
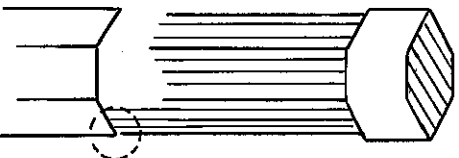
3) ノズルの損傷

試験当初は予想しなかった事項であるが、切断時のドロスのはねかえりによってノズル先端部が損傷した。最も損傷を受けるのはエントランスノズル(6t)の切断開始穴あけ時である。

以下に試験結果を手順毎に表にして示す。

	手 順	切 断 性 能	ハンドリング性能
1.	燃料集合体 装 荷		1) 長手方向セット ○ハンドリング装置の所定位置に集合体をセットすることによって、解体装置に受け渡し後の長手位置が保障できることを確認した。 2) ビームと面との直角度 ○ハンドリング装置の台座に集合体をセットすることによって、解体装置に受け渡し後のビーム直角度が保障できることを確認した。 3) ハンドリング装置及び解体装置の動作 ○円滑であり問題なし
2.	エントランスノズル切断	① 切断能力は十分である。 ○ 1500 W (シングルモード) ○ 速度 48.6 cm/min ② 切り残し等はなく確実に解体できている。	1) 回転の安定性 ○ビビリ等は全くなく円滑である。 2) ハンドリングデバイスの動作 ○円滑であり問題なし
3.	ラッパ管長手方向切断	① 切断能力は2条件(表, 裏)共十分である。 <表> ○ 1000 W (シングルモード) ○ 150 cm/min <裏> ○ 1000 W (シングルモード) ○ 200 cm/min ② 燃料ピンへの損傷度合 (a) ダメージを受けているピン及び範囲は下記の通り。 	1) 長手移動, 180°割り出しの確実性 ○指定通りの動作をし, 円滑である。 2) ハンドリングデバイスの動作 ○円滑であり問題なし 3) 曲がり追従性 ○供試集合体はほとんど曲がりがなく, 曲がり追従性に対する評価は本試験ではできなかった。

	手 順	切 断 性 能	ハンドリング性能
		 (b) 表, 裏面共ピン表面にラップ管切断によるドロスの付着が主であり, 被覆管の溶融損傷はほとんどない。裏面の付着量がやや多い。 (c) 上図ピアッシング部において, 被覆管溶融内部ペレットの暴露損傷あり。 別添の試験記録及び写真集の添付 1 参照	
4.	ラップ管周切断	① 切断能力は十分である。 ◦ 1500 W (シングルモード) ◦ 速度 200 cm/min ② 切り残しはなく, 確実に解体できる。	1) 回転の安定性 ◦ ビビリ等は全くなく, 円滑である。 2) 割り出しの正確性 ◦ 六面割り出しは正確である。(目視) 3) ハンドリングデバイスの動作 ◦ 円滑であり問題なし。
5.	組棒部切断	① 切断能力は十分である。 ◦ 1500 W (シングルモード) ◦ 速度 70 cm/min ◎切断開始点と完了点がズレて切り離すことができなかった。  ◦ 原因は燃料ピンを一部 (約 60 cm) 引き抜いたことによって集合体が Flexible になり, 芯出しが十分に行えなかったことによる。	1) ハンドリングデバイスの動作 ◦ 円滑であり問題なし。

	手 順	切 断 性 能	ハンドリング性能
		 別添試験記録及び写真集の添付2参照	2) ピン引き抜き力 26 kg
6.	ラッパ管引き抜き ↓ ピン束渡し		1) ハンドリングデバイスの動作 ○円滑であり問題なし。 2) ピン引き抜き力 ○計測せず。 3) ピン引き抜き（露出）状況 引き抜き時燃料ピン5本が組棒、ノックバーから外れ、全体引き抜きが出来なかった。  4) 3) 項の外れたピンを手にて押し戻し正常な状態にした上で、ハンドリング装置の燃料ピン受けトレイにピン束を渡し、確実に収納することを確認した。
7.	ラッパ管減容	① 切断能力は十分である。 ○ 1500 W（シングルモード） ○ 速度 200 cm/min ② 切り残しはなく、確実に解体できる。	1) ハンドリングデバイスの動作 ○円滑であり、問題なし。 2) ハードウェアは切断後自然落下により廃棄物搬送装置のトレイ内に収納される構造になっているが、落下後の整列状態が悪く、手動（MS 模擬）にて整列する必要があった。

4. 評価及び考察

1) 切断性能評価

(1) 切断能力

本試験で定めた切断条件は十分な切断能力を持つことを確認した。但し、実プラントでは切断除去量を最小にかつ、ピン損傷を最小にする必要があり、さらに切断条件を詰める基礎的な要素試験を行う必要がある。

(2) 問題点

① ラップ管長手切断時のピン損傷

本試験の結果では、損傷軽微であったが、その理由はピン整列が良く、ピン真上部をビームが照射しなかったためであり、最悪を考えた場合のピン真上部ビーム照射時のピン損傷度合等、切断基礎試験で詰めていく必要がある。

② ノズルの損傷

厚肉部切断時、ドロスのはねかえりによるノズルの損傷はある程度避けられない問題である。ノズル構造、ノズル材質を見直し損傷の低減化を図るとともに、交換頻度の高い部品として単品の遠隔保守構造を考慮していく必要がある。

注) 現在の構造は集光レンズ部と一体となった遠隔構造となっている。

2) 解体性能評価

(1) 解体所要時間

ノートラブル時の解体所要時間 20 分、ラップ管 15.5 分は十分に短い処理時間である。但し、この時間はノートラブル時であり、前処理工程全体のタイムスケジュールを設定した上で、目標処理時間を定め、その時間内で 100 % 確実な解体方法、手順を模索していく必要がある。

(2) 問題点

① 組枠部切断時切り残しがあった。

組枠切断時、切断開始部と終了部がズレて切り離しができなかった。その原因は集合体が Flexible になり現状のハンドリング機構では十分な芯出しができなかったためである。ハンドリング機構を改良し、十分な芯出し機能を持たせるか、解体手順を見直すことにより、確実に切断できる方法を模索していく必要がある。

② ラップ管引き抜き時、露出できなかったピンがあった。

引き抜き時、下部端栓がソックバーから外れたのが原因である。実処理の時はさらに条件が悪いと考えられるので、ピンの引き抜き方法を見直す必要がある。

3) ハードウェア減容処理機能評価

- ハードウェアは解体，減容後自然落下により，廃棄物搬送装置のトレイ内に納まることは確認できた。但し，整列状態は悪く，そのままクレーンで吊り上げては傾く恐れがあり，手動（MS模擬）で整列させる必要があった。
- ハル収納等も含めた廃棄物収納・搬送システム全体を考えた中で，ハードウェアの減容（減容時期，手段，寸法）を見直していく必要がある。

Ⅱ—2. 切断条件確認試験

1. 目 的

レーザビームによる切断性能の基礎データを得、適正な解体・減容条件を定める。

<試験期間>

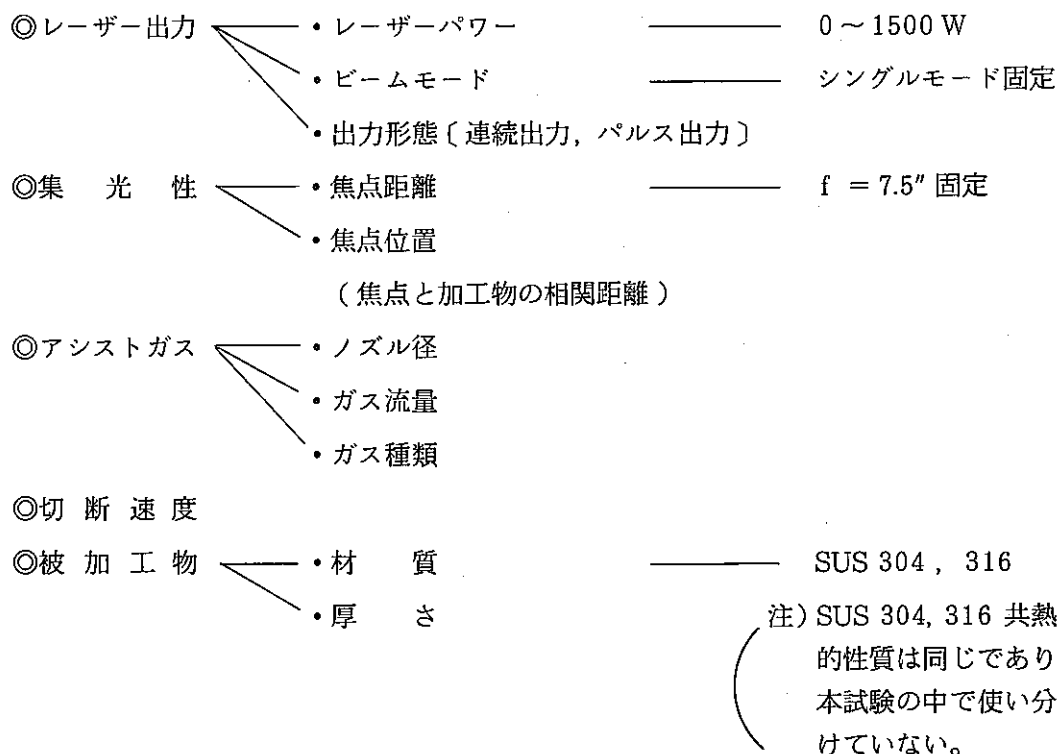
昭和59年4月～10月

<試験担当者>

小島 久雄, 西岡 博, 間下 啓次

2. 試験方法

レーザービームによる切断性能に及ぼす要因として下記のものが掲げられる。



これら諸因子の相関を明確にしておくことが, 解体・減容条件を定める上で先づ必要である。
各パラメータ試験の項目および内容を次に示す。

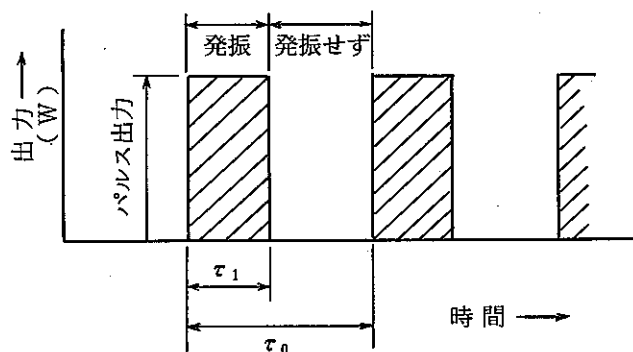
No	項 目	内 容		備 考
		固 定 条 件	パ ラ メ ー タ	
1	焦点深度 —切断性能	A) 焦点距離 $f = 7.5''$ B) アシストガス O_2 C) 流 量 $230 \ell/\min$ D) ノズル径 $\phi 3\text{mm}$	a) 焦点位置のズレ $-3, -2, 0, +1, +2, +3\text{mm}$ b) 切断速度 $0 \sim 300\text{cm}/\min$ c) 出 力 $1000, 1500\text{W}$ (シングルモード) d) 被加工物 SUS 3t, 6t	i) 被加工物厚として 3t …ラップ管厚 6t …エントランスノズル厚 (共にもんじゅ)
2	アシストガス 流量 —ノズル径 —切断性能	A) 焦点距離 $f = 7.5''$ B) アシストガス O_2 C) 焦点位置 $\Delta D = -2\text{mm}$	a) 切断速度 $0 \sim 300\text{cm}/\min$ b) 出 力 $1000, 1500\text{W}$ (シングルモード) c) ノズル径 $\phi 2.0, 2.5, 3.0\text{mm}$ d) 流 量 $150 \sim 250 \ell/\min$ e) 被加工物 SUS 3t, 6t	を想定し, 選択した。 ii) ビームモードは切断に適している シングルモードに固定してある。 iii) 焦点距離は薄肉 ~厚肉切断に適し

No.	項 目	内 容		備 考
		固 定 条 件	パ ラ メ ー タ	
3	アシストガス 種類 －切断性能	A) 焦点距離 $f = 7.5''$ B) アシストガス流量 $230\ell/\text{min}$ C) ノズル径 $\phi 3\text{mm}$ D) 焦点位置 $\Delta D = -2\text{mm}$	a) 切断速度 $0 \sim 300\text{cm}/\text{min}$ b) 出 力 $1000, 1300, 1500\text{W}$ (シングルモード) c) アシストガス種類 $\text{O}_2, \text{Air}, \text{N}_2, \text{He}, \text{Ar}$ d) 被加工物 SUS 3t, 6t	ている長焦点距離 ($f = 7.5''$) に固 定してある。
4	ノズル光軸の 芯ズレ量 －切断性能	A) 焦点距離 $f = 7.5''$ B) アシストガス O_2 C) 流 量 $150\ell/\text{min}$ D) ノズル径 $\phi 3\text{mm}$ E) 焦点位置 $\Delta D = -2\text{mm}$ F) 被加工物 SUS 3t	a) 切断速度 $0 \sim 300\text{cm}/\text{min}$ b) 出 力 $700, 1000\text{W}$ (シングルモード) c) 芯ズレ量 $0 \sim 0.5\text{mm}$ d) " 方向 上方向, 切断方向, 反切断方向	

上表No.4 項目の「ノズルと光軸の芯ズレ量－切断性能 試験」は光軸調整時のノズル芯出し精度が切断性能におよぼす影響を定量的に把握するための試験である。

ピアッシング（孔あけ）条件確認試験

一方、ピアッシング（孔あけ）の適正な条件を求めることは、切断開始時の不必要なドロスの飛散およびそれに伴うノズルの損傷を防ぐ上で重要である。本試験では各パラメータ試験毎に適正なピアッシング条件を求めた。ピアッシング加工はパルス出力で行われ、パルス周波数と負荷率（以下 DuTy と呼ぶ）を変化させ適性条件を求めていく。パルス出力とは周波数と DuTy を変化させることにより、余分な入熱を減少させ、周囲の熱影響を少なくする為の加工技術であり、ピアッシングや精密切断時に用いられる。パルス周波数および DuTy の定義を下図に簡単に記す。本装置の調整可能範囲はパルス周波数 $= 0 \sim 1000\text{Hz}$, DuTy $= 0 \sim 100\%$ である。



$$\text{パルス周波数 (HZ)} = \frac{1}{\tau_0 (\text{sec})}$$

$$\text{DuTy (\%)} = \tau_1 / \tau_0 \times 100$$

3. 試験結果

2 項各試験毎に性能をグラフ化し、特徴的事柄を列記する。

1) 焦点深度と切断性能の相関

- (1) 3 t における適正焦点位置は $-2\text{ mm} \sim +3\text{ mm}$ であり、—— 参照 図 II - 2
その領域において有意差はない。
- (2) 6 t における適正焦点位置は -2 mm および $+2\text{ mm}$ であ—— 参照 図 II - 2
り、とくに焦点深度 $-1\text{ mm} \sim 0\text{ mm}$ では極端に切断性能が悪く、切断の再現性も悪い。

推定原因

- ・図 3 - 2, 3, 4 からわかる様にジャストフォーカス
(焦点深度 = 0) 付近では切断幅が非常に狭く、深部へのガス噴き出し効果が抑えられ、同時に O_2 の供給が十分でない為と考えられる。
- (3) 切断幅は焦点位置、すなわち加工面のビームスポット径に—— 参照 図 II - 3 ~ II - 5
影響されること大で、切断速度の影響はみられない。

2) アシストガス流量・ノズル径と切断性能の相関

- (1) 加工肉厚および出力パラメータ試験を全体的に見て、ノズル—— 参照 図 II - 6 ~ II - 9
径 $\phi 2.5\text{ mm}$ と $\phi 3.0\text{ mm}$ ではさほど有意差はないが、同流量で比較すると $\phi 2.5\text{ mm}$ の方が若干切断性能が優れている。

推定原因

- ・ノズル出口におけるアシストガス流速は同流量において
 $\phi 2.5\text{ mm}$ の方が $\phi 3.0\text{ mm}$ より約 1.5 倍であり、ドロスの
のはき出し効果が大である為と考えられる。

$$\left(\begin{array}{lcl} \text{ex) 流量 } 200\ell/\text{min} \text{ において } \phi 2.5 \text{ のノズル部平均流速} & = & 670\text{ m/s} \\ \text{〃} & \phi 3.0 & \text{〃} & = & 470\text{ m/s} \end{array} \right)$$

- (2) ノズル径 $\phi 2.5\text{ mm}$ では、各条件共、流量 $200\ell/\text{min}$ 以上—— 参照 図 II - 6 ~ II - 7
では切断性能は一定 (流速効果飽和) である。
- (3) ノズル径 $\phi 3.0\text{ mm}$ では流量 $200\ell/\text{min}$ を過ぎても切断—— 参照 図 II - 8 ~ II - 9
性能が向上 (流速効果未飽和) している。

3) アシストガス種類と切断性能の相関

- (1) 被加工物 3 t においては、 O_2 アシストに比べ N_2 アシスト—— 参照 図 II - 10

は格段に切断性能が落ち、その切断速度は $1/5 \sim 1/10$ (1000 W $\sim$ 1300 Wで)に落ちる。その原因は酸化熱であり、 O_2 アシストの場合は酸化熱が溶断を促し、 N_2 (不活性ガス)の場合はその効果が無くなるからである。

(2) 被加工物 6 t の場合も同様に O_2 アシストに比べ N_2 アシス——参照 図Ⅱ-11

トの切断性能は約 $1/15$ に落ち、1000 W では切断不能である。

(3) Air アシストの場合は N_2 アシストより若干優れているが、——参照 図Ⅱ-12 $\sim$ Ⅱ-13
さはほど有意差はない。

4) ノズルと光軸の芯ズレ量と切断性能の相関 ————— 参照 図Ⅱ-14 $\sim$ Ⅱ-17

本試験では意図的にアシストガス供給量を減らして流量 150 ℓ/min (適正量 200 ℓ/min 以上)で試験を行った。その結果芯ズレ方向が切断方向のものが若干、切断性能が落ちた。その原因は他 3 方向に比して、一番 O_2 の利用効率が悪いいため酸化反応が十分でなかった為と考えられる。

5) ピアッシング(孔あけ)条件試験

(1) 3 t においては最適焦点位置である -2 mm の1条件のみ、——参照 図Ⅱ-18
データを採取した。

(2) 6 t においては焦点位置 -3 mm から $+3\text{ mm}$ 迄 1 mm 毎——参照 図Ⅱ-19 $\sim$ Ⅱ-25
にデータを採取したが、焦点位置 $+2$ 、 $+3\text{ mm}$ ではエネルギー密度が小さくなり、適正ピアッシング領域(孔径 1 mm 以内で貫通する領域)が狭いことがわかる。

(3) 6 t においてアシストガス種類毎(O_2 , Air, N_2)の比——参照 図Ⅱ-26
較では、Air, N_2 アシストでは入熱エネルギー不足の為、ほぼ、
連続出力(DuTy = 100 % 近く)でようやく貫通可能であり、
その貫通孔もエグれた異常なものである。

4. 評価および考察

1) 適正切断条件

—— 参照 表Ⅱ-2

レーザー解体時、「もんじゅ」燃料集合体において、最小切断厚 3 mm (ラッパ管)、最大切断厚 6 mm (エントランスノズル)である。故に、本試験においては被切断材を 3 mm 、 6 mm 厚の 2 種として各パラメータ試験を行った。その結果、適正条件を一覧表にまとめたものを表Ⅱ-2に示す。

切断の諸条件の中で、焦点位置、ノズル径、流量は切断部位（厚）毎に変更することは現装置では不可能であり、固定する必要がある。各パラメータ試験結果から適正值を検討し、基本条件を下記と決定した。決定根拠は表Ⅱ-2の備考欄に記した通りである。

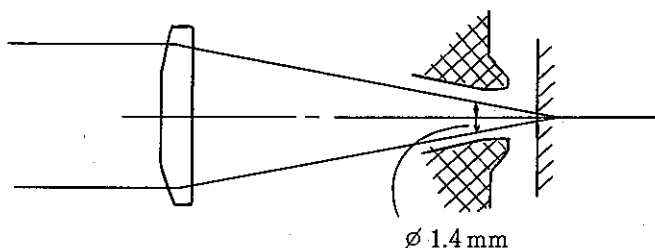
- ・焦点位置 - 2 mm
- ・ノズル径 $\phi 3$ mm
- ・流 量 230 ℓ/min
- ・アシストガス O_2

2) エアー、および不活性ガスアシストについて

- (1) 不活性ガス (N_2) アシストでは O_2 アシストに比し格段に切断性能が落ち、(1/5 ~ 1/15)、特に 6t 部では最大出力において、切断可能限度である。出力の余裕度を考えると、現出力（最大出力シングルモード 1.5 KW）において不活性ガスアシストによるレーザー解体は困難である。
- (2) エアーアシストも不活性ガスアシストとはほぼ同等の切断性能であり、1) 項と同様に、エアーアシストによるレーザー解体は困難である。

3) 光軸とノズルの芯出しについて

現仕様のノズル先端部は概略、下の様になっており、ノズル穴部における光軸径は $\phi 1.4$ mm である。



したがって遠隔による光軸合せを考えると、ノズル部の芯出しはかなりの精度が要求される。切断性能はノズル径 $\phi 3.0$ mm に比し、ノズル径 $\phi 2.5$ mm の方が若干優れているが、上記理由で芯出し精度に余裕のある $\phi 3.0$ mm を適正ノズル径とした。

4) ノズルの損傷について

以前に行った前処理工程プロセス試験において、厚肉部（エントランスノズル）のピアッシング時、ドロスのはね返りによるノズルの損傷が問題になったが、適正な条件でピアッシングを行えばドロスのはね返りは少なく、ノズルの損傷は軽微であった。

5. 今後の課題

本試験においてレーザー切断の基礎データを得るとともに、適正な基本条件を定めることができた。

次のステップにおいては、各切断部位毎に最適切断条件を定める。その試験における主な評価項目は以下の通りである。

	切断部位	形 状	評 価 項 目	備 考
1	長 手 切 断	3t	内部ピン損傷低減，切断除去量低減，確実性	※パルス出力によるピンダメージ低減効果を評価する
2	長 手 切 断 (パッド部)	3t + 2t	同 上 ， 同 上 ， 同 上 集光部追従性	同 上
3	周 切 断	6面 3t	切断除去量低減，確実性	
4	組 棒 切 断	6面 3t + 3t	同 上 ， 同 上	
5	エントランス ノズル	円筒 6t	同 上 ， 同 上	

※パルス出力（ピアッシング時使用）は周囲への熱影響を低減できる加工法であり，内部ピンへの損傷を低減できる可能性がある。

6. そ の 他

本試験の被加工物のパラメータとして 3t × 2（2枚重ね：組棒部相当）に対する切断試験も相当数行ったが，データのバラツキが大きく，まとめることができなかった。その原因は空隙の大きさにより，熱伝導やアシストガスの流入状態が変化したためであり，条件の設定に問題があったと思われる。これは次ステップの切断部位毎の最適切断条件試験の中で詳細評価していく。

参考までに未整理ではあるが，データを添付しておく

（別添；エントランスノズル部，組棒部切断条件確認試験記録）

Ⅱ—3. 光伝送系遠隔保守試験

目 的

機械刃（メタルソー、砥石）解体装置と異なり、本レーザー解体装置はレーザービーム伝送系を有す。このレーザービーム伝送系は解体性能上最重要部分であり、交換（保守）頻度が最も高い部分の一つである。

本試験ではこのレーザービーム伝送系の遠隔保守試験を行うことにより、遠隔交換性、光軸再現性、光軸調整操作性を定量的に把握し、装置改良への基礎データを得ることを目的とする。

<試験実施期間>

昭和59年11月～昭和60年2月

<試験担当者>

小島 久雄，西岡 博，間下 啓次，中川 林司

2. 試験方法

1) 実施項目

主な評価・確認項目は次のとおりである。

- ① 光伝送系（ミラー，レンズ）交換による光軸精度の再現性。
- ② ミラー，レンズ，ノズル部の耐衝撃性，（落下防止策検討）。
 - 緩衝治具等，特殊治具の必要性
- ③ 交換時の冷却水漏洩対策。—少量の漏洩でもミラー，レンズに付着すると損傷の原因となる。
- ④ “ 防塵対策。
- ⑤ 保守手順，光軸調整手順の確立および実証。—現在，考えている保守，調整の考え方および手順は表Ⅱ－４のとおりである。
- ⑥ 最適セルレイアウトの検討および実証
- ⑦ 遠隔ボルト，圧空，冷却水，アシストガスコネクタ等の位置の検討。
- ⑧ 所要時間および人員。

表Ⅱ－３に各部分毎の評価・確認項目の詳細を記す。

2) 試験手順

- (1) マスタースレーブマニプレータ（MS），セル内TV，保守作業台等の位置決めを行った。
基本的考え方は下記のとおりである。

「伝送系構成部品はセル窓から目視でき，MSでアクセスできること。」

その結果，本試験条件は図Ⅱ－27～Ⅱ－29に示すとおりとした。

図Ⅱ－27 セル内配置図（1／3）

図Ⅱ－28 “ （2／3）

図Ⅱ－29 “ （3／3）

- (2) 手作業にて各部を分解し，機器構成を確認した。
- (3) 手作業にて分解，再組立を行い，各部の光軸再現性を定量的に把握した。
- (4) 遠隔機器，視覚機器を使用し，遠隔保守（分解，組立）を行い，下に示す項目のデータを取得した。
 - (i) 所要時間
 - (ii) 視覚手段（機器）
 - (iii) 遠隔機器
 - (iv) 各ポイントにおける問題点
- (5) 光軸調整のやりやすさ（調整感度，再現性）について手作業にてデータを取得した。

3. 試験結果および考察

本試験結果の要旨は以下の通りである。

- 1) 一連の試験において、本モックアップ試験機の光伝送系の光軸再現性、遠隔保守性の定量的評価をし、種々の改良すべき点を見出した。

(1) 光軸再現性試験結果

- ① 分解・再組立による焦点位置のズレ量は最大約 0.5 mm 程度であり、また光路ズレ量は約 4 mm であり、許容できる量である。
- ② 試算によるとわずかなゴミ等のカミコミから生じるミラーの傾きによって焦点位置のズレ、光路のズレ量が許容値を外れる恐れがあり、組立時の清浄に注意を要する。

(2) 遠隔保守性試験結果

致命的問題点はないが、細部においては種々改良すべき点があった。

① 構造上の問題

- a) 本構造ではビーム伝送に関係しない部品も分解する必要がある。
- b) ミラー傾度調整マイクロメーターにロック機構（保護機構）がない。
- c) カプラー構造（種類）を見直す必要がある。

② 光学上の問題

- a) 耐衝撃性に関し、特別な考慮は必要としないが、落下防止には十分注意する必要がある。
- b) 光学部品に水が付着しない様に十分注意する必要がある。
- c) 上方を向いたミラーにはゴミ（ホコリ）の付着が多く、ゴミ付着による反射率低下、切断性能の低下を定量的に把握する為データの集積が必要であり、また防塵法も再検討の必要がある。

(3) 光軸調整試験結果

現構造では調整のバラツキが大きく遠隔調整に時間がかかる。

マイクロメーターの取り付け角度を変更することで改善が図れると考えられる。

- 2) 本試験結果をもとに、現在考え得る遠隔保守のフローを検討した。そのフローにもとづき、今後さらに検討すべき項目は次のとおりと考えられる。

- a) ルーチンチェックの方法
- b) 光学部品や光軸調整時の詳細観察方法
- c) 代替品（予備品）の品質保証
- d) 光軸微調整法

3-1. 光軸再現性試験

(1) 試験結果

「表Ⅱ-5 光軸再現性試験結果一覧表」に示すとおり、焦点位置の分解・再組立によるズレ量は最大約 0.5 mm 程度であり、ベンドミラー NO. 4 による光軸微調整にて十分修正できる量である。

同時に光路ズレ量は約 4 mm (集光レンズ部) であり余裕量 10.5 mm に対して許容できる値である。

<参 照>

- 表Ⅱ-5 光軸再現性試験結果一覧表
- 表Ⅱ-6 光軸再現性不良要因
- 表Ⅱ-7 レーザ解体機の光学的仕様

(2) 考 察

- ① 「表Ⅱ-6 光軸再現性不良要因」でわかる様に不良要因の内、スライド移動、平行移動による光軸のズレは無視できる程小さく、また本解体機の構造上、スライド移動、平行移動によるズレ量は非常に小さい。

一方、部品の傾きによる光軸のズレ量は相当に大きく、構造上傾きが生じる可能は考えられる。

ex) ベンドミラー NO. 3 部の半径 = 50 mm に 0.3 mm のゴミがありミラーが傾いた場合

- i) 焦点距離のズレ量 (δ_1) は

$$\delta_1 = f \cdot \theta = 190 \times 2 \times 0.3 / 100 = 1.14 \text{ mm} \quad \text{微調整には大きすぎる値である。}$$

- ii) 焦点レンズ位置での光路ズレ量 (δ_2) は

$$\delta_2 = \ell \cdot \theta = 1519 \times 2 \times 0.3 / 100 = 9.1 \text{ mm} \quad \text{ビームがレンズをはみだす危険性がある。}$$

- ② ①項で述べたように組立時にゴミによりミラーが傾き、光軸の再現性を悪くする、可能性がある。したがって吸引集塵等により、接合面の清浄には十分注意を払う必要がある。
- ③ 本試験は比較的清浄な雰囲気にて、なおかつ分解、即組立が行われたため、大きなゴミ等のカミコミがなく、満足できる再現性データが得られたと考えられる。

3-2. 遠隔保守性試験

(1) 試験結果

2-2 項試験手順に示したセル内配置等の前提条件において一連の部品の分解、再組立を行い、「表Ⅱ-9 レーザビーム光伝送系遠隔保守試験まとめ」に示すデータを得た。

なお詳細は表Ⅱ-9 (1)~表Ⅱ-9 (7)のとおりである。

<参 照>

- 図Ⅱ-30 レーザ解体機, 部品構成図
- 図Ⅱ-31 ビーム伝送系概略図
- 図Ⅱ-32 " 分解図
- 図Ⅱ-33～Ⅱ-39 各部詳細図

(2) 考 察

① 3-1項の光軸再現性試験結果と合わせて考察すると, 本レーザ解体機は遠隔保守性において, 細部においては種々改良すべき点はあるが, 致命的問題はないと考えられる。

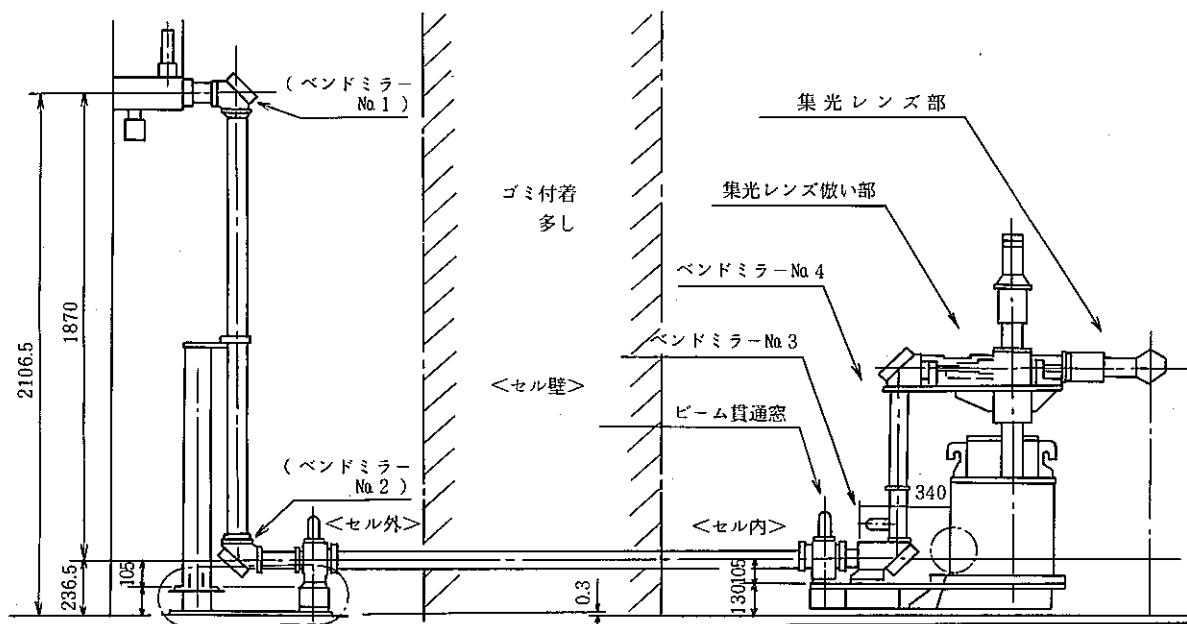
② 表Ⅱ-8およびⅡ-9(1)～Ⅱ-9(7)に詳述してあるが主な改良点は次のとおりである。

(i) 機器構造上の問題

- a) ビーム移動装置上部ブリッジ部は本来光伝送に関与しない部分である。伝送系保守時は本部分は外す必要のない構造に見直す。
- b) ミラー傾き調整用マイクロメーターが露出しており, 交換移動時に他部に当りズレる恐れがある。ロック機構又は保護機構を設ける。——参照図Ⅱ-37
- c) カプラーの脱着時必ずMS 2本を必要とし, また着装の確認が難しい。多種のカプラーの実績を見直す。

(ii) 光学部品上の問題

- a) 耐衝撃性: 脱着時, クレン操作にてインチング等を厳守すれば通常の取り扱いで問題なく, 特別な緩衝治具は不要である。但し, 落下防止には十分留意すべきであり, 吊り部重心, 形状を見直す必要がある。
- d) 水付着 : 光学部品への水付着は損傷の原因となるので, 付着防止に十分注意する必要がある。
- c) 防塵性 : レンズ, ミラー, 窓の点検結果(経過年数約1年間), 面が上方を向いているもの〔ベンドミラーNO. 2<セル外>, ベンドミラNO. 3<セル内>〕は, 多量の細かいゴミ(ホコリ)の付着がられ, レンズクリーナで拭いても大部分固く付着したままであった。
他の下方を向いた面, 垂直面をもったミラー, レンズ, 窓は全んどと
いってよい程ゴミの付着はなかった。——次ページ参照



○本機の光路は密閉防塵構造になっているが細かいゴミの流入付着は避けられないものとする。さらにデータの集積を行うとともに、防塵効果を高めるために、ガス(N_2)ブローラインあるいは吸引ラインの設置も検討していく。

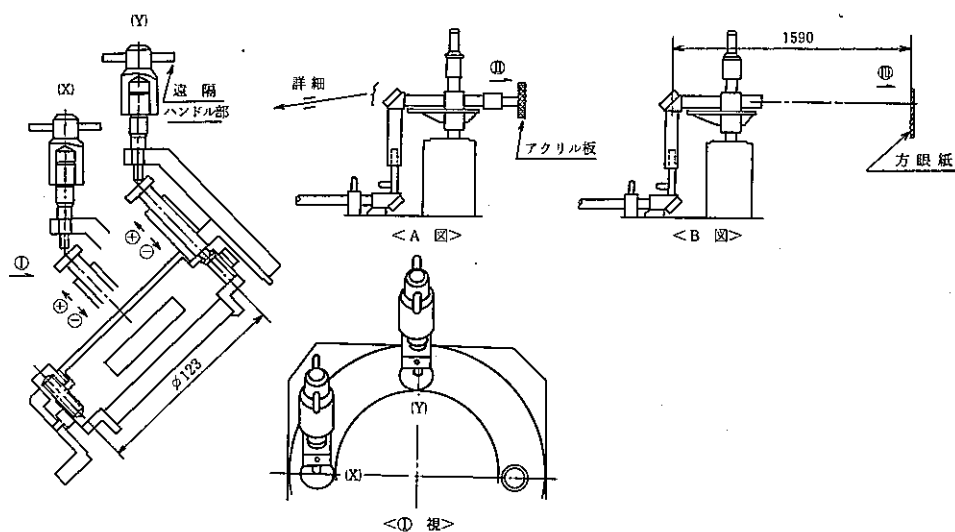
3-3. 光軸調整試験

本試験は遠隔保守試験の一部をなすものであるが、細かいデータ採取が必要であるため、3-2項の遠隔保守試験とは別途実施した。

遠隔保守上確認した項目はつぎの通りである。

- ① MSにて遠隔ハンドルを回転可能なこと。—— 下図参照
- ② セル窓からターゲット(方眼紙)に当たったHe-Ne光が判別目視可能なこと

—— 下図<B図>参照



以下に光軸調整試験結果および考察について記す。

(1) 試験結果

「表Ⅱ－10 光軸調整試験記録」に示すように、X、Y各軸の調整感度、方向、再現性のデータを得た。

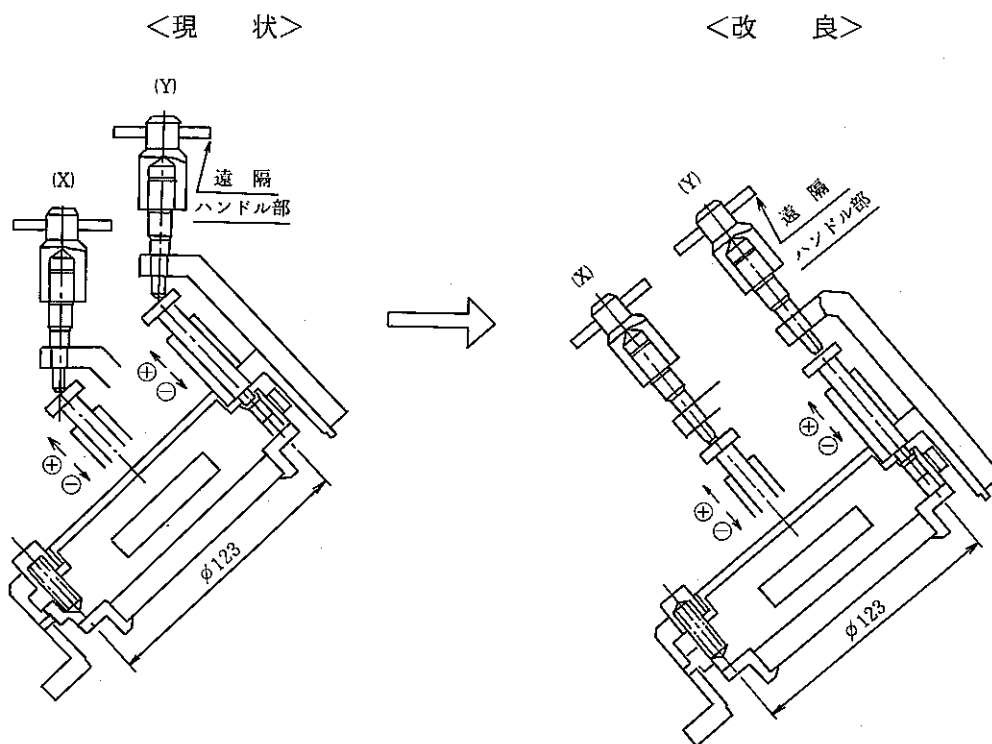
特記事項は次の通りである。

- ① X方向（横方向）の調整感度は0.22 mm（90°方向）の目標に対して0.12～0.43 mm／45°～90°方向とバラツキが多い。
- ② Y方向（縦方向）の調整感度は0.22 mm（0°方向）の目標に対して0.24～0.42 mm／0°方向であり、X方向より若干バラツキが少い。

(2) 考 察

- ① (1)項試験結果で述べたバラツキの多さは、マイクロメータの押し当て方向がスリーブに対して45°傾いていることに起因するものである。

45°傾けた理由はMSのアクセスの容易さを考慮したものであるが、実際にMSにて遠隔操作を行うと、下図の様に直下方向にマイクロメータを押し当てた方が容易である。



- ② 遠隔保守試験の考察でも述べた様にベンドミラーの傾き調整部は上図の様な構造をしており、マイクロメータが露出している。設定値が変動しない様な保護機構、ロック機構を検討する必要がある。

4. 今後の課題

一連の試験において、本モックアップ試験機の光伝送系の光軸再現性、遠隔保守性の評価ができ、種々の改良すべき点を見出した。

本試験結果をもとに、遠隔保守のフローを大略まとめたのが表Ⅱ-11である。本フローにおいて、さらに今後詳細に検討すべき項目は次のとおりと考えられる。

④ ルーチンチェック

- ・チェック方法、頻度（寿命予測）
- ・管理値

⑤ 光学部品の損傷度観察、光軸調整時の照射影観察

- ・本試験では模擬セルを通した目視観察は一応可能であったが詳細観察を必要とする場合や、視界条件が悪い場合を想定し、確実な観察手段として、ペリスコープやファイバースコープの採用を検討する必要がある。

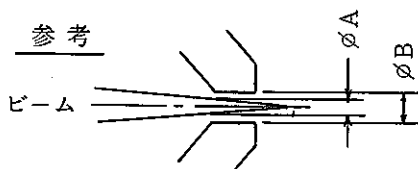
⑥ 代替品（予備品）の品質保証

- ・セル外での光軸（実装品と再現性のある）調整方法。
- ・調整後保管時の精度確保。

⑦ 光軸微調整法

- ・現モックアップ機の考え方は「表Ⅱ-11フローに示す微調整(I)で光軸微調整は完了で微調整(II)は考慮していない——微調整(I)まででノズル芯出し精度は確保できる。」としている。但し、最終確認の意味で、実ビーム焼き付確認（微調整(II)）は行うべきであり、是非必要と考える。したがって表Ⅱ-11に示した方法で遠隔調整、確認法を実証したい。

（一般的なレーザビーム加工機の使い方は、光学系の保守を行った場合必ず、
実ビーム焼き付けにてノズル芯出しを行っている。）



φA：ビーム径φ 1.4 mm

φB：ノズル径φ 3.0 mm

$$\text{芯ズレ余裕量} = \frac{3.0 - 1.4}{2} = 0.8 \text{ mm}$$

切断性能上 0.5 mm までは切断性能変化なしを確認済み。

集 表

表Ⅱ-1 解体手順および評価項目

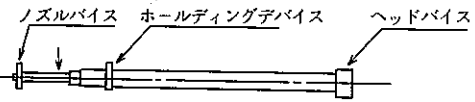
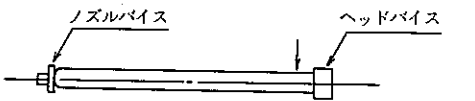
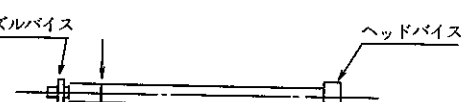
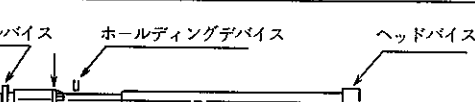
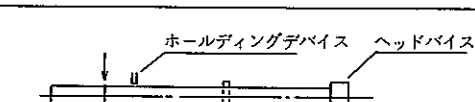
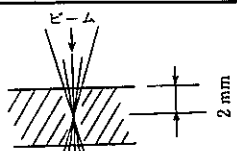
手 順	集 合 体 状 況 お よ び 切 断 条 件	評 価 ・ 確 認 事 項
1. 燃料集合 体装荷		○ 集合体セットの確実性（再現性） ・ 長手方向 ・ ビームと面との直角度
2. エントラ ンスノズ ル切断	 切断条件：出力1500 W（シングルモード），速度48.6 cm/min	○ 切断の確実性 ○ 回転の安定性
3. ラッパ管 長手方向 切断	 切断条件：出力1000 W（シングルモード），速度150 cm/min（表） 200 cm/min（裏）	○ 切断の確実性 ○ 燃料ピンへの損傷度合 ○ 曲がり追従性
4. ラッパ管 周切断	 切断条件：出力1500 W（シングルモード），速度200 cm/min	○ 6面の割り出しの確実性 ○ 切断の確実性
5. 組棒部切 断	 切断条件：出力1500 W（シングルモード），速度70 cm/min	○ 6面の割り出しの確実性 ○ 切断の確実性 ○ 長手切断量と引き抜き力の相関
6. ラッパ管 引き抜き ↓ ピン束渡 し		○ ピンの引き抜きが確実に行われること。 ○ 長手切断量と引き抜き力の相関 ○ 確実にピン束を燃料ハンドリング装置に渡すことができること。
7. ラッパ管 減容	 切断条件：出力1500 W（シングルモード），速度200 cm/min	○ 切断の確実性 ○ 廃棄物搬送装置に確実に収納できること。
切断固定条件 ○ アシストガス：O₂ ○ 流 量：230 ℓ/min ○ 焦点レンズ焦点距離：7.5" 全体評価・確認事項 ○ 解体所要時間 ○ 各手順間のデバイスの動きの確実性		

表 II - 2 適正切断条件一覧表

適 正 条 件	焦点深度	- 2 mm							備考 (根 拠 等)
	ノズル径 — 流量	ノズル径 — 流量 φ 3 mm 230 ℓ / min							
切 断 可 能 域	アシストガス	O ₂		Air		N ₂		・適正焦点位置 (ΔD) 1)薄肉 (3 t) において適正值は ΔD = - 2 ~ + 3 mm 2)厚肉 (6 t) " " ΔD = - 2 , + 2 mm 3)ピアシング特性は ΔD = - 2 が Δ = + 2 より優れている。 ・適正ノズル径-流量 1)φ 2.5 , φ 3.0 / 200 ℓ / min 以上では有意差なし。(φ 2.5 が若干切断性能上) 2)ノズル径は大きい方が光軸-ノズル径調整において有利。 ・適正ピアッシング域 1)各パルス周波数毎に最適 DuTy が存在するが 1000 W では 200 Hz , 1500 W では 400 Hz にて最適 DuTy を求めた。(アシストガス O ₂ において) 2)アシストガス Air , N ₂ では孔径 1.0 mm 以下の適正ピアッシング域は存在しない。左表に掲げた値は貫通するかしないかの境界条件である。(貫通状態はガウジング状) 3)切断可能域から考えて, Air と N ₂ のピアッシング域の相違は誤差範囲と考えられる。(有意差なし)	
	レーザー出力 (シングルモード)	1000 W	1500 W	1000 W	1500 W	1000 W	1500 W		
	切断可能 速度	~ 220 cm / min	~ 300 cm / min 以上 〈駆動速度上限〉	~ 20 cm / min	~ 80 cm / min	~ 20 cm / min	~ 70 cm / min		
	$\left(\frac{\text{SUS } 3 \text{ t}}{\text{SUS } 6 \text{ t}} \right)$	~ 80 cm / min	~ 160 cm / min	不 能	~ 10 cm / min	不 能	~ 10 cm / min		
適 正 域	適正 ピアッシング域	(パルス周波数) 200 Hz 25 % (DuTy)	400 Hz 20 %		未 実 施				
	$\left(\frac{\text{SUS } 3 \text{ t}}{\text{SUS } 6 \text{ t}} \right)$	200 Hz 40 %	400 Hz 30 %	不 能	100 Hz 90 % ガウジング状	不 能	100 Hz 60 % ガウジング状		

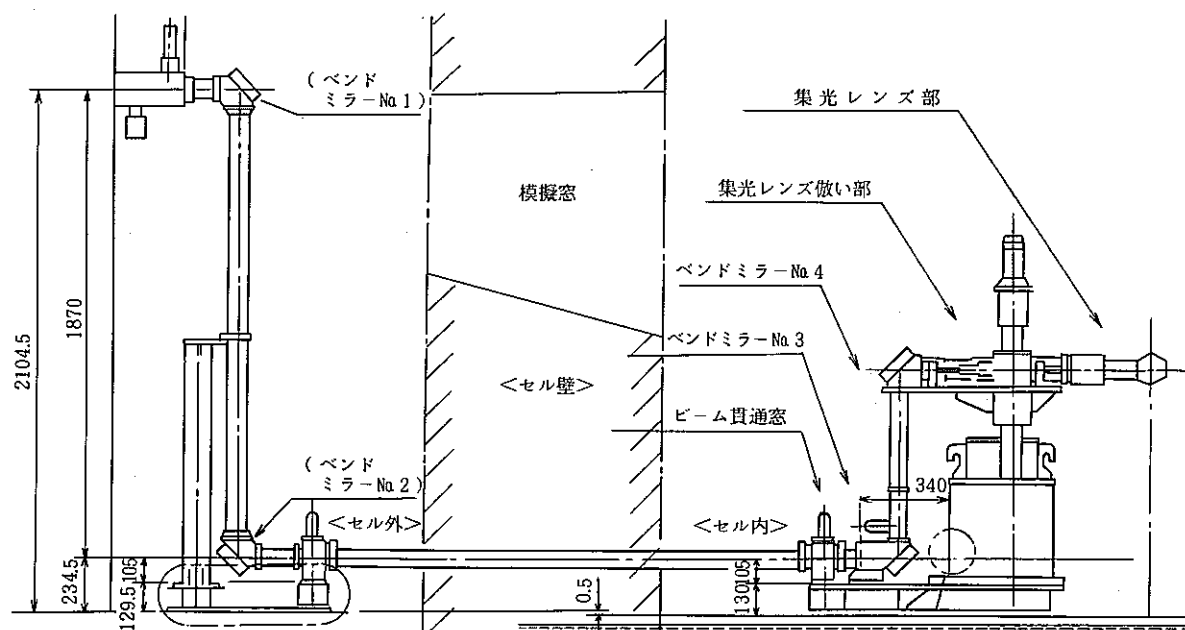
表Ⅱ-3 部品体系および評価・確認項目一覧

遠隔保守性能評価・確認項目											
分解・組立性能						光軸調整性能					
締結具	手順 分解 組立 (予定手順 を記載)	手段 遠隔 機器	所要 時間 分解	難易 度 分解	要因分析 (改善点)	光軸 調整具	光軸 再現性 (分解・ 組立による)	所要 時間 組立	難易 度 組立	要因分析 (改善点)	
光束 伝送装置	集光レンズ部	コッタ	遠隔ボルト(1)	①-4 ⑤-2	・原則として 遠隔機器 視覚条件 は固定条件と して、機器の 改善点を見出 だそうとする ものである。 着眼点 ・締結具 ・吊り具 ・吊り重心 ・その他 ・遠隔機器 視覚機器 との位置関 係	なし				・表Ⅱ-4に示 す遠隔調整方法 を検証するとと もに、さらにそ の改善点を見出 だそうとするも のである。 着眼点 ・光軸再現性に およぼす原因 ・部品融合 ・レンズ、ミ ラーの取付法 ・光軸の確認法 ・焼き付け ・He-Ne ・視覚手段 ・部品分割の妥 当性 ・その他	
		本体	遠隔ボルト(1)	①-5 ⑤-1							
		レンズ冷却ホース(△)	カブラ(1)	①-1 ⑤-5							
		" (⊕)	カブラ(1)	①-2 ⑤-4							
		アシストガスホース(△)	カブラ(1)	①-3 ⑤-3							
	ベンドミラーNo.4	本体	遠隔ボルト(2)	②-3 ④-1	・原則として 遠隔機器 視覚条件 は固定条件と して、機器の 改善点を見出 だそうとする ものである。 着眼点 ・締結具 ・吊り具 ・吊り重心 ・その他 ・遠隔機器 視覚機器 との位置関 係	なし	・マイク ロメータ (2軸) ・専用治 具			・表Ⅱ-4に示 す遠隔調整方法 を検証するとと もに、さらにそ の改善点を見出 だそうとするも のである。 着眼点 ・光軸再現性に およぼす原因 ・部品融合 ・レンズ、ミ ラーの取付法 ・光軸の確認法 ・焼き付け ・He-Ne ・視覚手段 ・部品分割の妥 当性 ・その他	
		ミラー冷却ホース(△)	カブラ(1)	②-1 ④-3							
		" (⊕)	カブラ(1)	②-2 ④-2							
	ベンドミラーNo.3	本体	ロックピン(2)	③-3 ③-1		なし				・表Ⅱ-4に示 す遠隔調整方法 を検証するとと もに、さらにそ の改善点を見出 だそうとするも のである。 着眼点 ・光軸再現性に およぼす原因 ・部品融合 ・レンズ、ミ ラーの取付法 ・光軸の確認法 ・焼き付け ・He-Ne ・視覚手段 ・部品分割の妥 当性 ・その他	
		ミラー冷却ホース(△)	カブラ(1)	③-1 ③-3							
		" (⊕)	カブラ(1)	③-2 ③-2							
	光束貫通窓	本体	遠隔ボルト(2)	④-3 ②-1		なし				・表Ⅱ-4に示 す遠隔調整方法 を検証するとと もに、さらにそ の改善点を見出 だそうとするも のである。 着眼点 ・光軸再現性に およぼす原因 ・部品融合 ・レンズ、ミ ラーの取付法 ・光軸の確認法 ・焼き付け ・He-Ne ・視覚手段 ・部品分割の妥 当性 ・その他	
		ウインドウ 冷却ホース(△)	カブラ(1)	④-1 ②-3							
		" (⊕)	カブラ(1)	④-2 ②-2							
	集光レンズ散り部	エアシリンダ	ロックピン(1)	⑤-3 ①-2	・原則として 遠隔機器 視覚条件 は固定条件と して、機器の 改善点を見出 だそうとする ものである。 着眼点 ・締結具 ・吊り具 ・吊り重心 ・その他 ・遠隔機器 視覚機器 との位置関 係	なし				・表Ⅱ-4に示 す遠隔調整方法 を検証するとと もに、さらにそ の改善点を見出 だそうとするも のである。 着眼点 ・光軸再現性に およぼす原因 ・部品融合 ・レンズ、ミ ラーの取付法 ・光軸の確認法 ・焼き付け ・He-Ne ・視覚手段 ・部品分割の妥 当性 ・その他	
		摺動部	遠隔ボルト(1)	⑤-4 ①-1							
		圧空ホース(△)	カブラ(1)	⑤-1 ①-4							
		" (⊕)	カブラ(1)	⑤-2 ①-3							

注記) 1. 必ずしも所要時間の長短を操作性(難易度)の良し悪しの判断材料とはせず、できるだけ多数回、複数人で行うことにより、必然性、偶然性を考慮し、操作性の良し悪しを判断する。

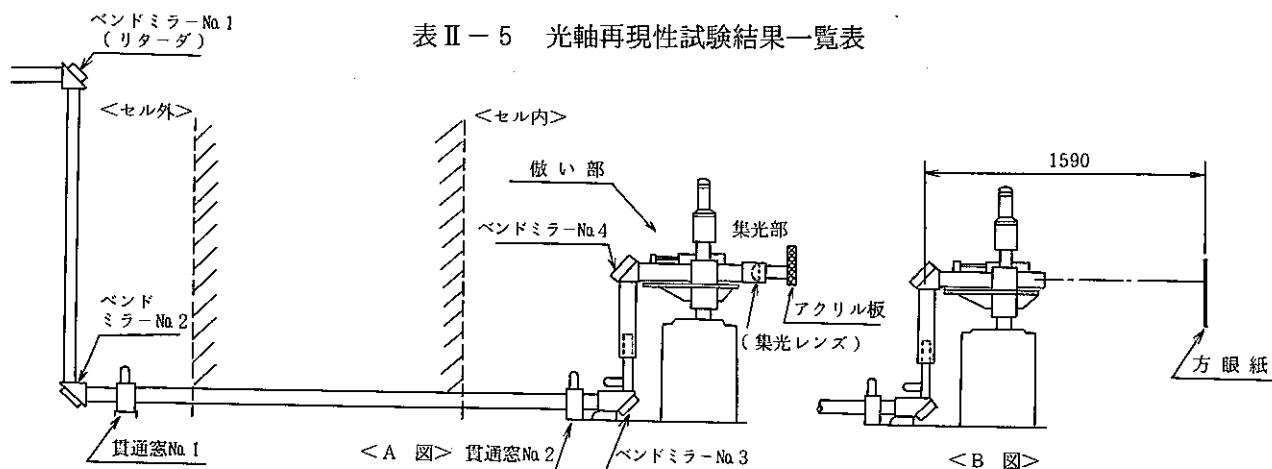
2. 衝撃防止策(落下防止策)、防塵対策は行っておらず、本試験の中で適当な治具等を検討していく。したがって、本試験ではレンズ、ミラーの保護を優先し、要すれば手作業にて適宜衝撃防止策、防塵対策を行うものとする。

表Ⅱ-4 遠隔保守の考え方



Assy 名	遠隔保守・光軸調整の考え方	保守要因	手順
集光レンズ部	- セル外にて光軸調整品（予備品）と一括交換する。 - コッタおよび機械的寸法精度にて交換前部品との光軸精度を保つ。 - 光軸（ノズル芯とビーム芯）の微調整は「ベンドミラーNO.4」のマイクロ調整で可能。	- レンズ破損 - 出力不良（透過率減少） - ノズル損傷	1)「集光レンズ部」交換 2)「ミラーNO.4」マイクロ調整
ベンドミラーNO.4	・同 上 ・セル内で傾度調整のできるミラーユニットは本ユニットのみ。	・ミラー損傷 ・出力不良（反射率減少）	1)「ミラーNO.4」交換 2) マイクロ調整
ベンドミラーNO.3	・同 上 ・本ミラーは遠隔にて傾度調整不可。	・ミラー損傷 ・出力不良（反射率減少）	1)「ミラーNO.4」取り外し 2)「ミラーNO.3」交換 3)「ミラーNO.4」取り付け 4) マイクロ調整
ビーム貫通窓	・ユニットとして一括交換する。 ・窓材は平板であり偏光はない。	・窓損傷 ・出力不良（透過率減少）	1)「ビーム貫通窓」交換
集光レンズ倣い部	・交換，脱着による光軸への影響はない。 —— 機械的再現性を有している。	・シリンダー不良 ・押し当てバネ不良	1)「集光レンズ部」取り外し 2)「ミラーNO.4」 3)「倣い部」交換 4)「ミラーNO.4」取り付け 5)「集光レンズ部」 6) マイクロ調整

表Ⅱ-5 光軸再現性試験結果一覧表



各部単独脱着

〔方法：手操作にて各部を分解し、即再組立を行う。その前後において、焦点位置にあるアクリル板に焼痕を残し、ズレ量を計測する。- A 図〕

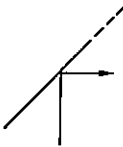
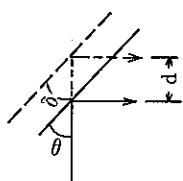
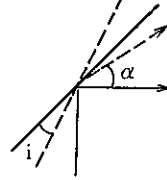
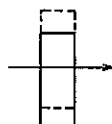
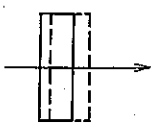
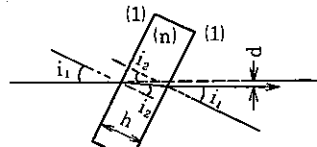
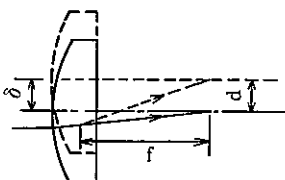
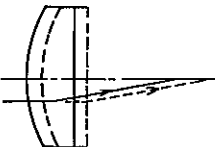
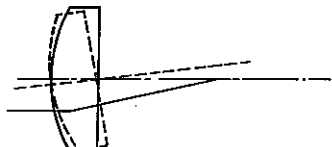
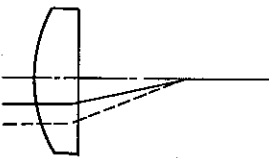
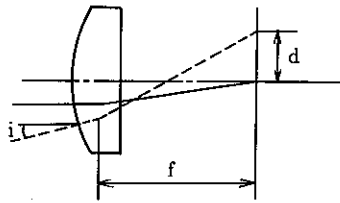
脱着部位	Run No.	焦点位置 変化量(mm)	考 察 等
集 光 部	1	0.58, コック	・ノズル芯に影響する。ノズル芯ズレ量 = 0.39 mm (余裕量 = 0.8 mm) <参考> ・ノズル径φ3 ・ノズル部ビーム径φ1.4
	2	0.72, なし	
	3	0.39, コック	
	4	0, あり	
ベンドミラーNo.4	1	0	
	2	0	
	3	0	
	4	0	
	5	—	
ベンドミラーNo.3	1	0.41	・ノズル芯ズレ量 = 0.41 mm (余裕量 = 0.8 mm) ・光軸ズレ量 1) ベンドミラーNo.4部で $765 \times \frac{0.41}{190} = 1.67 \text{ mm}$ (余裕量 15 mm) 2) 集光レンズ部で $1519 \times \frac{0.41}{190} = 3.28 \text{ mm}$ (" 10.5 mm)
	2	0.13	
	3	0	
	4	0	
	5	0.15	
貫 通 窓	1	0.1	・窓の脱着による光軸ズレ, 焦点位置変化は計算上は無視できる量であり, 本データは測定誤差と考えられる。
	2	0.11	
	3	0.09	
	4	0	
倣い部 (集光部も同時に脱着する)	1	0.16	・同 上
	2	0.15	
	3	0.17	
ア - チ 部	1	0	
	2	0	

セル内伝送部全体脱着

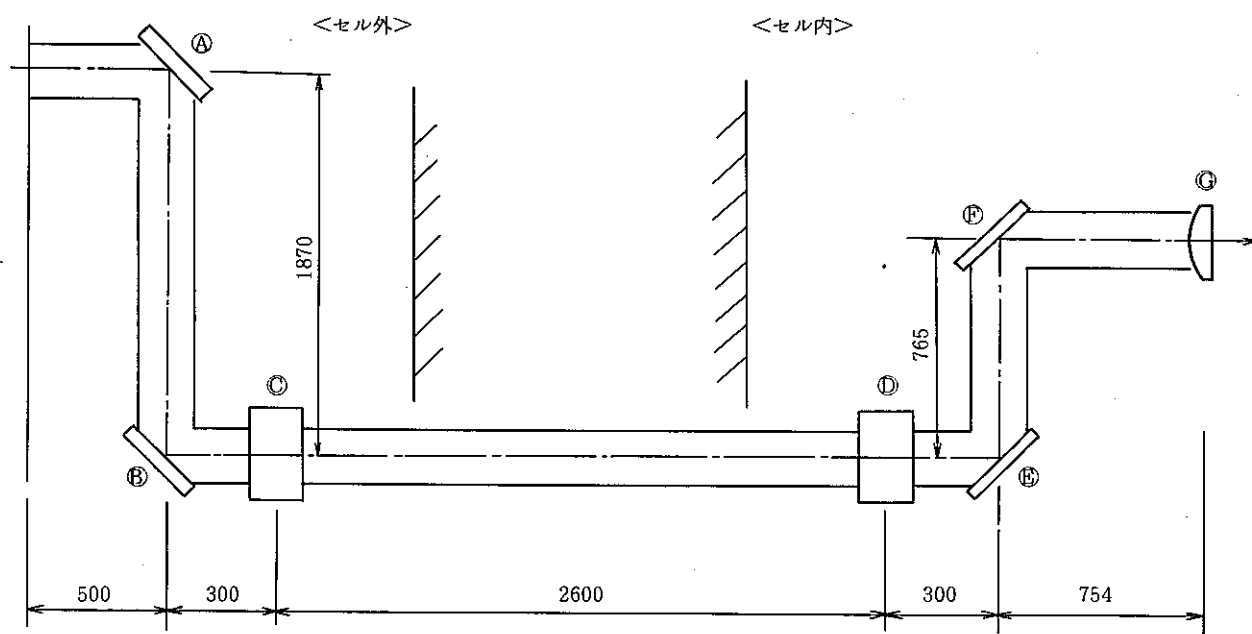
〔方法：遠隔操作にてセル内の光軸調整, 保守に係る部分を分解し, 再組立を行う。その前後において前方においた方眼紙へ, He-Ne レーザーを投射し, その射影を記録し, ズレ量を計測する。- B 図〕

Run NO.	方眼紙上のズレ(mm)	焦点位置 変化量(mm) - 推 算	考 察 等
1	2.5	・最悪を考慮し, No.4 ミラーによる傾きのみとしたら $\theta = \frac{2.5}{1590} \quad \delta = f \cdot \theta = 0.3 \text{ mm}$	・ノズル芯ズレ量 = 0.3 mm (余裕量 = 0.8 mm) ・光軸ズレ量 1) ベンドミラーNo.4部で $765 \times 2.5 / 1590 = 1.20 \text{ mm}$ (余裕量 15 mm) 2) 集光レンズ部で $1519 \times 2.5 / 1590 = 2.39 \text{ mm}$ (" 10.5 mm)
2	4.0	・同上の仮定のもとに $\theta = \frac{4.0}{1590} \quad \delta = f \cdot \theta = 0.48 \text{ mm}$	・ノズル芯ズレ量 = 0.48 mm (余裕量 = 0.8 mm) ・光軸ズレ量 1) ベンドミラーNo.4部で $765 \times 4.0 / 1590 = 1.92 \text{ mm}$ (余裕量 15 mm) 2) 集光レンズ部で $1519 \times 4.0 / 1590 = 3.82 \text{ mm}$ (" 10.5 mm)

表Ⅱ-6 光軸再現性不良要因

		要 因 内 容		
ミ ラ ー		○スライド移動 光軸ズレなし 	○平行移動 下 記  $d = \frac{\delta}{\sin \theta}$	○傾 き 下 記  $\alpha = 2 \cdot i$
	貫 通 窓 平 行 平 面 板	○スライド移動 光軸ズレなし 	○平行移動 光軸ズレなし 	○傾 き  $d = h \cdot \frac{\sin(i_1 - i_2)}{\cos i_2}, \quad n = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$ 〔ex) ZnSeで $n = 2.4$, $d = 8$ として, $i_1 = 1^\circ$ とすると $d = 0.08 \text{ mm}$ 〕
レ ン ズ 近 軸 光 線	レ ン ズ 移 動	○スライド移動  $d = \delta$ 〔 (焦点位置の変化量) = (移動量) 〕	○平行移動  同 左	○傾 き  焦点位置ズレなし (無視できる程小さい)
	光 軸 移 動	○平行移動  焦点位置ズレなし	○傾 き  $d = f \cdot i$	

表Ⅱ-7 レーザ解体機の光学的仕様



部位	名 称	材質	レンズ or ミラー径 (mm φ)	有効径 (垂直方向) (mm φ)	伝送管径 (mm φ)	伝送距離 (mm φ)	※ビーム径 (mm φ)	光軸ズレ余裕量 = $\frac{(\text{有効径}) - (\text{ビーム径})}{2}$ (mm)
①	バンドミラー No.1 (リターダ)		50	35		500	22	6.5
②	バンドミラー No.2		80	56	64	2370	28	18
③	貫通窓 No.1		64	→	64	2670	29	14
④	貫通窓 No.2		64	→	64	5270	37	17.5
⑤	バンドミラー No.3		80	56	64	5570	38	13.5
⑥	バンドミラー No.4		100	70	60	6335	40	13
⑦	集光レンズ (f=7.5")		64	→	70	7089	43	9
								10
								15
								13.5
								10.5

※ビーム径の算出について

◦発振器納入検査時のバーンパターン（アクリル照射）より算出した。

データ

1. 発振器出口より 0.6m の点でパターン径 22 φ
2. " 5.3 " 37 φ

＜シングルモード 1500 W にて＞

$$\text{ビームの拡がり角 } \theta = \frac{(37 - 22) \text{ mm}}{4.7 \text{ m} \times 2} = 1.6 \text{ mrad}$$

注) バーンパターンは実ビーム径より大き目であるから本算出値は安全側である。

表Ⅱ-8 レーザービーム光伝送系遠隔保守試験まとめ

前提条件	・セル内配置：1) 図Ⅱ-27～Ⅱ-29		・視覚手段：1) 原則として伝送系全てがセル窓より目視できる窓配置とし、ITV、旋回式 ITV (RV) は補助手段とした。		・遠隔機器：1) 2.8 ToNインセルクレン、パワマニプレータ付ToNホイストクレン、パワマニプレータ+インパクトレンチ、マスタースレープマニプレータ2対、吊り具(チェンスリング4点式、チェンスリング、ジャックル)を使用した。		・その他：1) 保守に係る部品の移動は図3に示した作業台送とした。 2) インパクトレンチをパワマニプレータにとりつけるのは手作業にて行った。-従来多数データあり。 3) 終始、遠隔操作員は2名で行った。		
構成部品 Ass'y		分解 手順 時間	組立 手順 時間	問題点		改善案		特記事項	
ビーム移動装置 上部ブリッジ部 (45 kg)		1	16' 35"	7	17' 0"	1) ブリッジに取りつけたジャックルにチェンスリングフックを取り付けるのが難しい。 2) 上部ナットが大きすぎる。 3) 重量が重い為、重心を合わせて吊り上げても、心棒にかみ込む。		全面的に構造を見直す。 できれば、伝送系保守時は本部分は外す必要なしとした。	・光軸再現性 別途記載
集光部 (6.5 kg)		2	38' 0" + 21' 50" (カブラ)	5	92' 0"	1) 遠隔ボルト取付ヒンジの六角ボルトのゆるみ。 2) コッタが微い部の裏側に落ち、MSで拾うのに非常に手間取った。(組立時)		1) 切断時出入りの衝撃によりゆるむので溶接による一体構造にする。 2) コッタに鎖をつけ、一時置場を設けるとともに、鎖は長すぎない様、適度な長さにする。	・光学部品の耐衝撃性 ・脱着時、クレン操作にてインテングを厳守すれば通常の取り扱いで問題なく、特別な緩衝治具は不要である。
ベンドミラー No. 4 (9 kg)		3	18' 0" + 3' 0" (カブラ)	4	18' 0"	1) ミラー傾き調整用のマイクロメータが、吊り上げ・移動の際、クレン、MS等に当たりズレる恐れがある。 2) 支持部の穴が広すぎるため組立時にセットするのが困難だった。 3) エアシリンダ固定金具がジャマである。		1) ロック機構さもなくば保護機構を設ける。 2) 幅を狭め、横方向からアクセスできる様に。 3) 向きを反対にする。	・光学部品の防塵性 ・レンズ、ミラー、窓の点検結果面が上方を向いているもの(ベンドミラーNo.2<セル外>、ベンドミラーNo.3<セル内>)は、多量のゴミの付着が見られ、レンズクリーナで拭いても大部分コビリついたままであった。(経過年数約1年間) ＜スケッチ＞ 
ベンドミラー No. 3 (13 kg)		4	16' 0" + 6' 0" (カブラ)	3	22' 0"	1) ミラー傾き調整用マイクロメータが他部に当たってズレる恐れがある。 2) 吊り部の重心が悪く分解組立に手間取る。 3) 固定ピンがきつく回りにくい。		ロック機構さもなくば保護機構を設ける。 奥まった低い所に位置し、構造非対称等各制限から吊り部形状、固定ピンを採用せざるを得なかったが、吊り部形状の再検討、固定ピン方式と遠隔ボルト方式の比較を行う。	・他の下方を向いた面、垂直面をもったミラー、レンズ、窓は全んどいってよい程ゴミの付着はなかった。
貫通窓 No. 2 (3 kg)		5	20' 0" + 3' 0" (カブラ)	2	26' 0"	1) 前後関係を間違えた。 2) ゴムパッキンが固く分解時手間取る。		1) 前後対称とするか、区別できる明確な印をつける。 2) 押し上げボルトを設ける。	・冷却水漏洩 ・カブラを外す時、必ず水が洩れ、周囲に飛散するが、水が光学部品に付着すると、同時にゴミを付けることになりまた水の付いたままビームが照射されると局部的に熱を吸収し破損に至るので注意を用する。 1) できるだけ水切りの良いカブラを使用し。 2) 早めにカブラを外し、飛散した水が乾燥したことを確認してから分解に移る。 ことが重要である。 なお、本試験では試験時間短縮の意味から、手作業にて飛散した水は拭き取った。
集光レンズ 微い部 (27 kg)		6	58' 30"	1	44' 0"	1) ベンドミラーNo.4脱着時エアシリンダ固定金具がジャマである。 2) エアシリンダ固定金具をMSでスライドさせる時折れそうである。		構造見直し。	
カブラー 水圧空 アシストガス		各Ass'y 毎に 分解	(33' 50")	6	51' 0"	1) 取り外すとき2つのMSが必要である。 2) 取り付けの時、真上から相当の力で押えつける必要があり、また確実に入ったかどうか確認するのが難しい。		種々のカブラの実績を見直す。	
時間計		200' 55"			270' 0"				

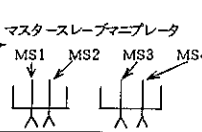
＜分解＞

- 1) ビーム移同装置上部ブリッジ部ナットは大きすぎるため手作業で脱着
- 2) PMにインパクトレンチ取り付け、取り外しは手作業

主：主たる視覚手段
従-1：補助 “
従-2：従-1より軽度
セ：セル窓
ITV：インセルTV/
RW：検回式TV

(主: }
(從: }

② : 2.8TON インセルクレン
 (ホク) : PMと同一ブリッジの1TON クレン
 (PM
 インセル) : パワー マニプレータにインパクト
 トレンチを付けた。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{MS1:} \\ \text{MS2:} \\ \text{MS3:} \\ \text{MS4:} \end{array} \right\}$$


- ㊦: 解体機構造上の問題
- ㊧: 視覚手段の問題
- ㊨: 遠隔使用機器の問題

手順	品名 (重量)	手 順	時 間	視覚手段 主 従-1 従-2	遠隔使用機器 主 従 吊り具等	参 考 図	問 題 点	詳細添 付図No	写真 No
①	ビーム移動装置 上部ブリッジ部 (45 kg)	上部ナット取り外し 上部ナットについては作 業前に手作業でゆるめた							No 35 No 38
		ブリッジの吊り上げ移動							
		① 2.8tクレーンをブリッ ジ真上にセット(吊り芯 を合す)	1'45"	RV ITV	②				
		② ブリッジのシャックル にスリングフックをMS で取り付け。	2'0"	セ	② MS1 シャックル、チエ ンスリング		● クレーンの吊り芯を合わす のが難しい ● ブリッジのシャックルにチ ェン		
		③ クレーン操作でブリッ ジを吊り上げ作業台に移 動	12'50" (・スリングとりつけ8' ・引き抜き移動4'50")	セ	② MS1 同 上		● スリングフックを取り付け るのが難しい ● 本体の左右の重心がずれて いる為、吊り上げても心棒 にカミコミ吊り上げが困難		
②	集 光 部 (6.5 kg)	① レンズ冷却水ホース(カ ブラ)入口、出口の取り 外し	17'50" (・入口 12'0" ・出口 5'50")	セ ITV RV	(MS1) (MS3)		● 取り付け取り外しの際力 ● プラバインの位置を確認する ことがTVでは見えにくい	図 II-36	No 39 No 59
		② アシストガスホース(カ ブラ)取り外し	4'0"	セ ITV RV	同上		● カブラを取り外すのもMS ● 2本で行なわなくてはなら ないためMSがぶつかりあ って作業性が悪い。		
		③ 本体先端に防塵キャッ プとりつけ	8'30"	セ ITV RV	同上		● カブラ(冷却水用)取り外 し時に集光部本体に水が付 着する。		
		④ ホイストクレーンを集 光部位置まで移動し、ス リングフックを集光部フ ックに掛け、少し吊り上 げ(落下防止)	5'0"	セ ITR RV	(ホク)		● 冷却水ラインとガスライ ンの区別がわかりにくい。 ● ブリッジ部が干渉し、イン セルクレーンとのPMの協調 は不可。		
		⑤ PMにインパクトレン チを取付け遠隔ボルト (M8)位置にセット後 ゆるめる。	13'0"	同上	(PM インサ ート)	(ホク) チェンスリング	● 六角ボルト(左図A部)に ゆるみが見られた。 一バネ座金は使っているが 一体構造化		

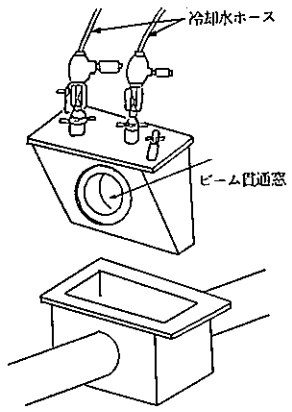
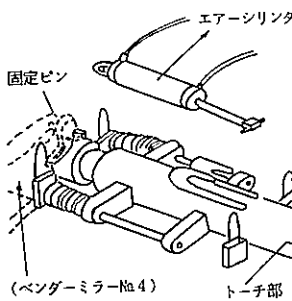
表Ⅱ-9(2) レーザービーム光電送系遠隔保守試験記録(分解-2/4)

<分解>

(手順) 品名 (重量)	手 順	時 間	視 覚 手 段 主 従-1 従-2	遠 隔 使 用 機 器 主 従	吊り具等	参 考 図	問 題 点	詳細添 付図No	写真 No		
③ ベンドミラー No.4 (9 kg)	⑥ コッタ押し上げボルトを締めつけ、コッタをMSで引き抜き仮置き箱に収納	7'0"	セ	ITV RV	(MS1) (MS3)	ホク	チエンスリング		⑥ コッタ、カブラをMSでは持ちにくい。ホースを持つと破損する可能性がある。 ⑦ コッタの落下防止のため取り付けたクサリがかえって他の部分にからまり、あまり良い結果ではなかった。 ⑧ カブラの取り付けは真上から相当の力で押え付ける必要があり、また確実に入ったかどうか確認するのが難しい。	図Ⅱ-36	No.66 { No.78
	⑦ ホイストクレーンで集光部を吊り上げ、作業台に移動	4'30"	セ		(ホク)	(MS1)	チエンスリング				
④ ベンドミラー No.3 (13 kg)	① ミラー冷却水ホース(カブラ)入口、出口の取り外し	3'0" (・出…1'30" ・入…1'30")	セ		(MS2) (MS3)				⑨ ミラー調整用のマイクロメーターが吊り上げの際にフックに当り、設定がズレる恐れがある。 ベンドミラーNo.4の分解後作業台上での適当な仮置き台としての適当な仮置き台がない。 ⑩ 支持部の穴が広すぎるため組立時にセットするのが困難である。 ⑪ エアシリンダ固定金具がジヤマである。	図Ⅱ-35	No.79 { No.83 No.87 { No.102
	② PMにインパクトレンチを取り付け遠隔ボルト(M12-2本)位置にセット後ゆるめる。	7'0" (・No.1…4'0" ・No.2…3'0")	セ	ITV RV	(PM) (インサ)						
	③ 2.8tクレーンをNo.4ベンドミラー真上にセットし、本体吊りフックにスリングを掛け、吊り上げ、作業台に移動(クレーン操作はインテング)	11'0"	セ	ITV RV	⑦	(MS2)	チエンスリング				
④ ベンドミラー No.3 (13 kg)	① ミラー冷却水ホース(カブラ)入口、出口の取り外し	6'0" (・出…3'0" ・入…3'0")	セ	ITV	(MS2) (MS3)				⑫ 吊り上げフックを掛け吊り上げた時重心が合っていない。 ⑬ スリングは長目の物を使用しないと、クレーンフックが上部台に接触する。	図Ⅱ-35	No.79 { No.83 No.87 { No.102
	② 固定ピンをMSで回し、ゆるめる。	3'0"	セ	ITV	(MS2) (MS3)						
	③ 2.8tクレーンをベンドミラーNo.3真上にセット	3'0"	セ	ITV	⑦	(MS2) (MS3)	チエンスリング(長)				
							固定ピン(1/4回転させ上に引き上げると外れる。)				

表Ⅱ-9(3) レーザービーム光電送系遠隔保守試験記録(分解-3/4)

<分解>

手順 (品名 重量)	手 順	時 間	視覚手段		遠隔使用機器		参 考 図	問 題 点	詳細添 付図No	写真 No
			主	従-1 従-2	主	従 吊り具等				
⑤ 貫 通 窓 No.2 (3kg)	④ MSで本体吊りフック にスリングを掛け吊り上 げ作業台に移動	10'0"	セ ITV		⑦ (MS1 MS2 MS3)	チェンスリング		⑧ ミラーにホコリが付着して いた。	図 Ⅱ-34	No.84 { No.86 No.103 { No.112
	① 窓冷却水ホース(カプ ラ)入口、出口の取り外 し	3'0"	セ ITV		(MS2 MS3)			⑨ 手で下方の作業なので MS操作が困難		
	② PMにインパクトレン チを取り付け、遠隔ボル ト(M12-2本)位置に セット後ゆるめる。	10'0" (・No.1...5'0" ・No.2...5'0")	ITV セ		(PM インパクト)			⑩ 外すとき固い。 (ゴムパッキン使用)		
	③ 2.8tクレーンを貫通 窓真上にセットする。 (吊り芯を合わせる)	4'0"	ITV セ		⑦	チェンスリング(長)		⇒押し上げボルトの 使用		
⑤ 集光レンズ 放い部 (27kg)	④ クレン操作インチン グで吊り上げ作業台に移動	6'0"	ITV セ		⑦ (MS2 MS3)	同 上		⑪ エアシリンダーの固定ピンを MSでスライドさせる時折 れる可能性がある。 (力の入れ加減が判らない) ⑫ エアシリンダー固定ピンを外 すときピンの根本を持って スライドさせないと外れな い。 ここを持つ ロックピン		No.113 { No.135
	① 操作盤にてトーチノズ ルを前進させる。 —シリンダ前部のひっか かりが外れる。	8'0"	セ ITV		(MS2 MS3)					
	② エアシリンダー固定ピン をMSで外す。									
	③ エアシリンダーをスライ ドさせながら取り外す。									

表Ⅱ-9(4) レーザービーム光電送系遠隔保守試験記録(分解-4/4)

<分解>

(手順) 品名 (重量)	手 順	時 間	視覚手段		遠隔使用機器		参 考 図	問 題 点		詳細添 付図No	写真 No
			主	従-1 従-2	主	従 吊り具等					
	④ PMにインパクトレンチを取り付け遠隔ボルト(M12-4本)位置にセット後ゆるめる。	8'30"・No1...1'0" ・No2...1'30" ・No3...3'0" ・No4...3'0"	セ ITV RV		PM ①			④ 本体の吊り部4ヶ所にチェ ンスリングフックをMSで 掛けることが困難			
	⑤ クレンに4点吊りチェ ンスリングを取り付ける。	38'0" 集光レンズ コックがゆらみ	セ ITV RV		② MS ① MS ③	チェンスリング		⑤ クレンとMSが交差してワイヤを傷つけそうになった。 (位置が明確になっていなかった。)			
	⑥ クレンの吊り芯を合せ 4点吊りで重い部を吊り 上げる	Trouble ↓ 大半を費す									
	⑦ 作業台に移動	4'0"	セ								

表 II - 9 (5) レーザービーム光電送系遠隔保守試験記録 (組立 - 1 / 3)

<組立>

手順 (品名 重量)	手 順	時 間	視覚手段 主 従-1 従-2	遠隔使用機器 主 従 吊り具等	参 考 図	問 題 点	詳細添 付図No	写真 No
① 集 光 部 倣 い 部 (27 kg)	① クレンに4点チエンスリングを取りつけ、定位位置もっていく。 ② PM にインパクトレンチを取りつけ、遠隔ボルト (M12-4 本) 締め・仕上げ締めは対角線上に。 ③ 操作盤にてトーチノズルを前進させる。 (エアシリンダを伸ばした状態にする。) ④ エアシリンダを取りつけMS で固定ピンをロックする。	14'0" 24'0"・No1...12'0" ・No2...4'0" ・No3...4'0" ・No4...4'0" 6'0"	セ ITV セ RV セ	② MS1 MS2 MS3 PM (インサ) MS2 MS3	チエンスリング エアシリンダ 固定ピン (ペンダーミラーNo4) トーチ部 ここを持つ ロックピン	⑤ 粗締めと仕上げ締めの2段階に分け、対角線上に締めていくのがBetter		No 141 { No 154
② 貫 通 窓 No 2 (3 kg)	① 2.8tクレンにチエンスリングを取りつけ、フックを貫通窓につける。 ② 所定位置に移動、取りつけ ③ PM にインパクトレンチを取りつけ、遠隔ボルト (M12-2 本) を締めつける。	3'0" 12'0" ・前後関係をまちがえて約5分のloss time. 11'0"・No1...6'0" ・No2...5'0"	セ ITV セ ITV セ	MS1 ② ② MS2 MS3 PM (インサ)	チエンスリング(長) 同 上 冷却水ホース 光束貫通窓	⑥ 粗、仕上げ2段階、かつ対角線締め ⑦ 前後関係を間違えた ⑧	図 II-33	No 155 { No 161

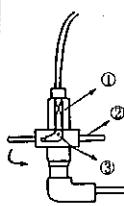
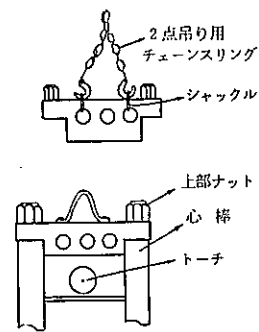
表Ⅱ-9(6) レーザービーム光電送系遠隔保守試験記録(組立-2/3)

<組立>

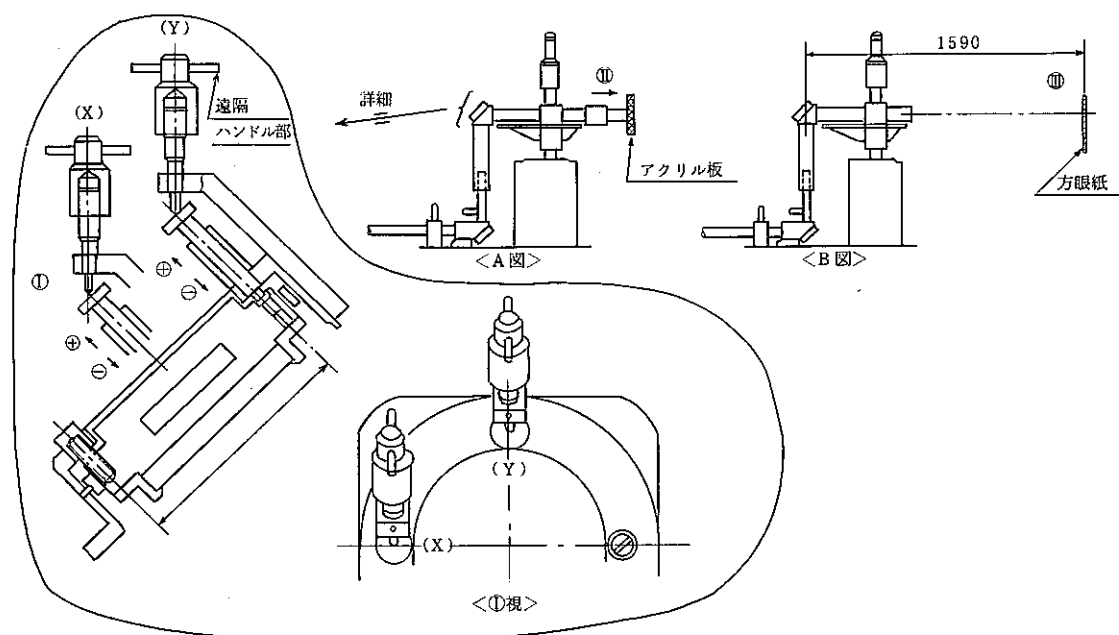
手順 (品名 重量)	手 順	時 間	視覚手段 主従-1従-2	遠隔使用機器 主 従	吊り具等	参 考 図	問 題 点	詳細添 付図No	写真 No
③ ベンドミラー No 3 (13 kg)	① 2.8tクレン+スリングにて作業台から吊り上げ所定位置におく。 ② ロックピン(2ヶ所)ロック	17'0" 5'0"	セ ITV セ ITV	⑦ MS2 MS3 MS2 MS3	チエンスリング(長)		① 吊り上げ移動時、ロックピンが2度ズレた。 ② 吊り部の重心が悪くセットが難しい ③ ロックピンを回すのが固い。	図 8	No.162 { No.167
④ ベントミラー No 4 (9 kg)	① 2.8tクレン+スリングにて作業台から吊り上げ、所定位置におく ② PMにインパクトレンチを取り付け遠隔ボルト(M12-2本)締めつけ	11'0" 7'0" (No1...4'0" No2...3'0")	セ セ	MS1 MS2 ⑦ PM (インサ)	チエンスリング		① MSが設定マイクロにあたって設定がズレる恐れあり ② 粗、仕上げ2段階、かつ対角締め。	図 II-35	No.168 { No.175
⑤ 集 光 部 (6.5 kg)	① ホイストクレンで集光部を作業台から所定位置へ 事前に操作盤にて「トリチ前進」にしておく ② コッタ入れ ③ 遠隔ボルト(M8-1)をMSにて初期締め後インパクトレンチで本締め	16'0" (挿入に手間どる) 69'0" (コッタが嵌り部の下に入り Trouble) 7'0" (・3'0" 初期締め ・4'0" 本)	セ セ セ	ITV RV ITV RV ITV RV	⑦ MS1 MS2 チエンスリング チエンスリング チエンスリング 初期締め後ははずす。	 	① 型嵌め合い部の挿入に手間どった。 ② 本体落下防止の為、ホイストクレンにて、コッタが入り終わる迄吊っておく必要あり。 ③ コッタが嵌り部の裏側に落ち、手間どった。	図 II-36	No.176 { No.182

表Ⅱ-9(7) レーザービーム光電送系遠隔保守試験記録(組立-3/3)

<組立>

手順 (品名 重量)	手 順	時 間	視 覚 手 段 主 従-1 従-2	遠 隔 使 用 機 器 主 従 吊り具等	参 考 図	問 題 点	詳細添 付図No	写真 No
⑥ カブラ取りつけ ＜カブラ類の接続 は一括して行った＞								No.183 Na.192
1) 貫通窓④側		21'0" ＜ピンの位置が良 く見えない＞	セ ITV	MS2 MS3	 取外すとき ①をMSで固定する。 ②を矢印(左回り) の方向へ回転する。 取付ける ピンを②の位置にし 押し込む。	⊗ カブラの挿入不完全のものが6ヶ所/全9ヶ所の内あった。確実に入ったことがわかりにくく、手ごたえがない。		
2) ベンドミラー Na.3④側		4'0"	同上	MS1 MS2				
3) 貫通窓④側		3'0"	同上	MS2 MS3				
4) ベンドミラー Na.4④側		10'0"	同上	MS3 MS4				
5) ベンドミラー Na.4④側		3'0"	同上	MS3 MS4				
6) ベンドミラー Na.3④側		4'0"	同上	MS3				
7) 集光部アシ ストガス		2'0"	同上	MS2				
8) 集光部水④ 側		2'0"	同上	MS2				
9) 集光部水④ 側		2'0"	同上	MS2				
⑦ ビーム移動装 置上部ブリッジ 部 (45 kg)	① クレン+シャックル+ スリングで吊り上げ移動 し所定位置にセット。 ↓ (上部ナット締め付けは) 手作業	17'0"	セ ITV	② MS1	チェーンスリング	 2点吊り用 チェーンスリング シャックル 上部ナット 心棒 トーチ	⊗ シャックルの中にチェン スリングのフックが入りに くい。	No.193 Na.195

表Ⅱ-10 光軸調整試験記録



＜X＞方向調整感度確認試験

方法：遠隔ハンドル部を回し、マイクロメータ先端を出し入れすることによりパネで支持されたミラーの傾きを変化させる。その際のHe-Neレーザーの方眼紙への投射影を計測し、その（移動量）／（マイクロ目盛変化量）を算出する。－B図

RUN No.	＜X＞マイクロ変化量 (mm)	方眼紙への投射影の変化量 (mm) 変化方向	焦点位置の変化量＜推算＞ (mm)	妥 当 性 検 討	考 察 等
1	-0.1 (2.76→2.66)	1.4 $\theta = 45^\circ$	0.17	・ミラーを傾ける量＝マイクロ移動量 $\times \frac{1}{\sqrt{2}}$ ∴ミラーの傾き量＝（マイクロ移動量 $\times \frac{1}{\sqrt{2}}$ ） $\div 123$ ・0.1mmマイクロを変化した場合 1) ミラーの傾き $\theta = \frac{0.07}{123}$ 2) 方眼紙への投影変化量 $d = 1 \cdot 2 \theta = 1590 \times \frac{0.07 \times 2}{123} = 1.8 \text{ mm}$ 3) 焦点位置変化量 $\delta = f \cdot 2 \theta = 190 \times \frac{0.07 \times 2}{123} = 0.22 \text{ mm} (\theta = 90^\circ)$	
2	-0.1 (2.66→2.56)	3.6 56°	0.43		
3	-0.1 (2.56→2.46)	2.1 45°	0.25		
4	-0.1 (2.46→2.36)	1.8 56°	0.22		
5	-0.1 (2.36→2.26)	1.0 90°	0.12		
6	-0.1 (2.26→2.16)	3.0 81°	0.36		
7	-0.1 (2.16→2.06)	1.5 90°	0.18		

＜Y＞方向調整感度確認試験

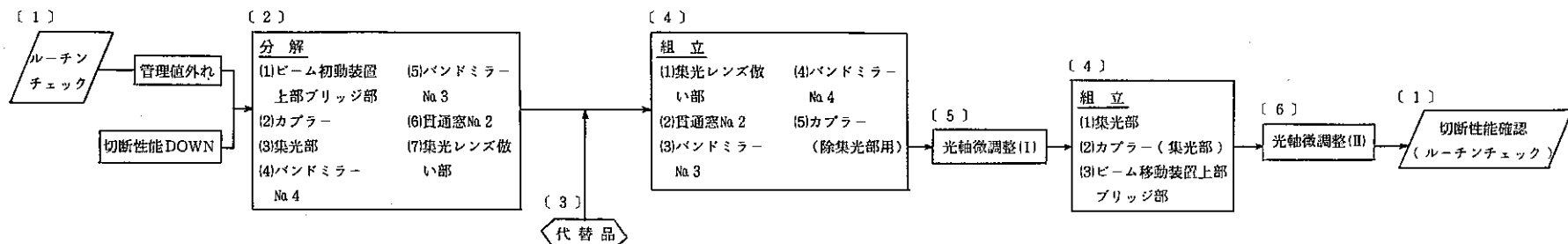
方法1：＜X＞方向調整感度確認試験と同じ

RUN No.	＜Y＞マイクロ変化量 (mm)	方眼紙への投射影の変化量 (mm) 変化方向	焦点位置の変化量＜推算＞ (mm)	妥 当 性 検 討	考 察 等
1	+0.1 (0.79→0.89)	3.0 $\theta = 0^\circ$	0.36	・上表と同じ根拠により ・0.1mm マイクロを変化した場合 1) 方眼紙への投影変化量 $d = 1.8 \text{ mm}$ 2) 焦点位置変化量 $\delta = 0.22 \text{ mm} (\theta = 0^\circ)$	
2	+0.1 (0.89→0.99)	3.5 0°	0.42		
3	+0.1 (0.99→1.09)	2.0 0°	0.24		
4	+0.1 (1.09→1.19)	2.0 0°	0.24		

方法2：遠隔ハンドル部を回し、マイクロメータ先端を出し入れすることにより、パネで支持されたミラーの傾きを変化させる。その際、焦点位置に置いたアクリル板を実ビームで照射し、その焼痕を計測する。

RUN No.	＜Y＞マイクロ変化量 (mm)	方眼紙への投射影の変化量 (mm) 変化方向	焦点位置の変化量 (mm)	妥 当 性 検 討	考 察 等
1	-0.3 (1.04→0.74)	— —	0.9 ($\theta = 180^\circ$)	上表と同じ	
2	+0.3 (0.74→1.04)	— —	0.81 ($\theta = 0^\circ$)		

表Ⅱ-11 伝送系遠隔保守フロー図



	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
特 記 内 容	1) ルーチンチェック法 ・定期的にチェック用テストピース(上図)を切断し、同一条件における切断可能厚をチェックする。 そして管理値内にあることを確認し、集合体の解体に移る。 ルーチンチェック間隔、管理値設定についてはデータの集積が必要。	1) 不良部品 Assy の検出 ・全体組立状態では、外観からは不良 Assy は解からず、したがって原則として全部品 Assy の分解となる。 2) 不良であることの確認 ・損傷形態は ④ レンズ、ウィンドウの破損 ⑤ レンズ、ウィンドウ、ミラーのコーティング膜のハク離であり、セル窓を通して、目視確認可能と考えられ、ミクロ的観察は不要である。	1) 代替品の調整 ・本遠隔保守の前提は、実装品と代替品の再現性 であり、代替品の調整・保管等に関しては厳しく管理する必要がある。 すなわち、 i) 単品管理 ④ 寸法 ⑤ 反射率、透過率等光学的性状 ii) 部品 Assy 管理 ④ 面傾斜度 ⑤ インロー部寸法 iii) 清浄度管理 セル内・外における移動、保管においてはキズ・ホコリを防ぐ専用箱を使用する。 等の処置が必要である。	1) 組立再現性 ・遠隔分解・組立による光軸の再現性は、焦点位置の垂直面ずれ約 0.5 mm である。このずれ量は、光軸微調整によって修正できる許容できる量である。 2) 組立上の留意点 ・計算によると、バンドミラー No. 3 部の半径 = 50 mm に 0.3 mm のゴミがありミラーが傾いたとすると、 i) 焦点位置のズレ量は、 $\sigma_1 = f \cdot \theta = 190 \times \frac{2 \times 0.3}{100} = 1.14 \text{ mm}$ ii) 焦点レンズ位置での光軸ズレ量は、 $\sigma_2 = \ell \cdot \theta = 1519 \times \frac{2 \times 0.3}{100} = 9.1 \text{ mm}$ i) のズレ量 1.14 mm は微調整としては大きすぎる値であり、ii) の光軸ズレ量はビームがレンズ径をはみ出す危険性がある。 (焦点レンズでの許容光軸ズレ量(表より)) $= \frac{\text{レンズ径} - \text{ビーム径}}{2} = \frac{64 - 43}{2} = 10.5 \text{ mm}$ したがって組立時吸収清掃を行い、特に面の傾きには注意する必要がある。	1) 調整法 マイクローメータ(X, Y 2方向) i) 集光部なしの状態で、廃棄物搬送装置に設けているビームしゃ蔽板を利用し、ターゲットを置き、正規状態の He-Ne 照射位置を刻印しておく。 ii) 分解・再組立の際、i) 項と同様の設定で He-Ne ビームを照射し、正規位置と重なる様に調整する。 He-Ne ビームは赤色光であり、ターゲットに当たった状態はセル窓より目視可能である。 iii) 現モックアップ機では、光軸の調整は No. 4 バンドミラーの傾度調整によっておこなわれ、その為に X, Y 2 方向に遠隔マイクローメータが設けられている。 その調整感度は、マイクローメータ 0.1 mm (1/5 回転) 当り約 2 mm (ターゲット上での投影変化量) である。	1) 調整法 i) 最終組立状態において、上図の様なターゲット(アクリル製)をノズル外周をガイドにして取りつけ、実ビーム 1 バルス照射を行い、焼き付け、MS にてセル窓を介して目視できる位置に移動し、許容範囲内に焼きついていることを確認する。<ノズル部の中央にビームが通っていることの確認> ii) 許容範囲になかった場合の調整方法 方法 1: 左欄と同様に No. 4 バンドミラーの傾度で調整 その調整感度は、マイクローメータ 0.1 mm (1/5 回転) 当り約 0.2 mm である。 方法 2: 先端ノズル部を動かす。 注記) 本モックアップ機の設計思想は光軸調整は(i)までで、本調整器(ii)は考慮されていないが、最終確認手段として必要と考える。



集

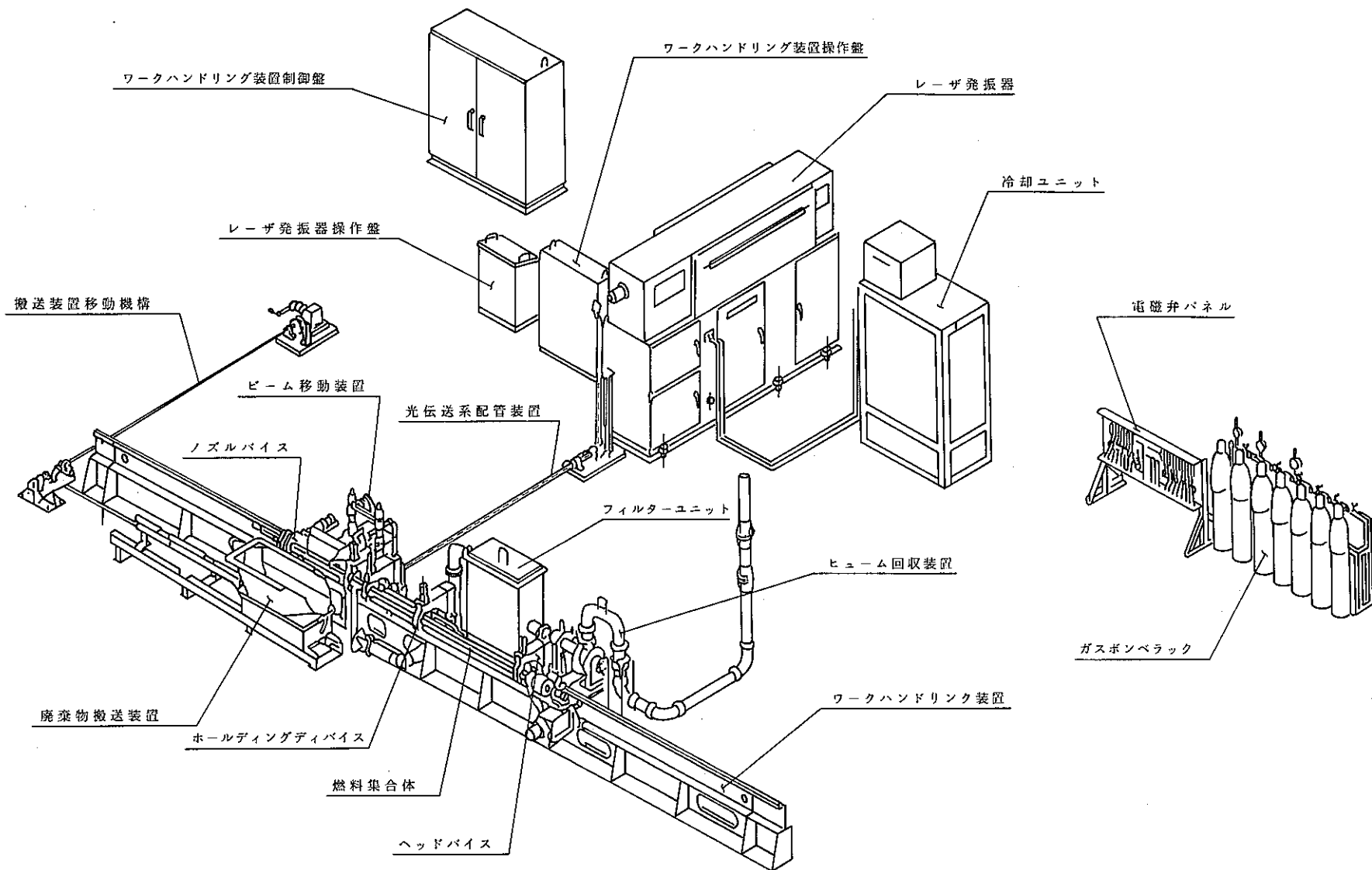


図 I - 1 レーザビーム解体工学試験装置

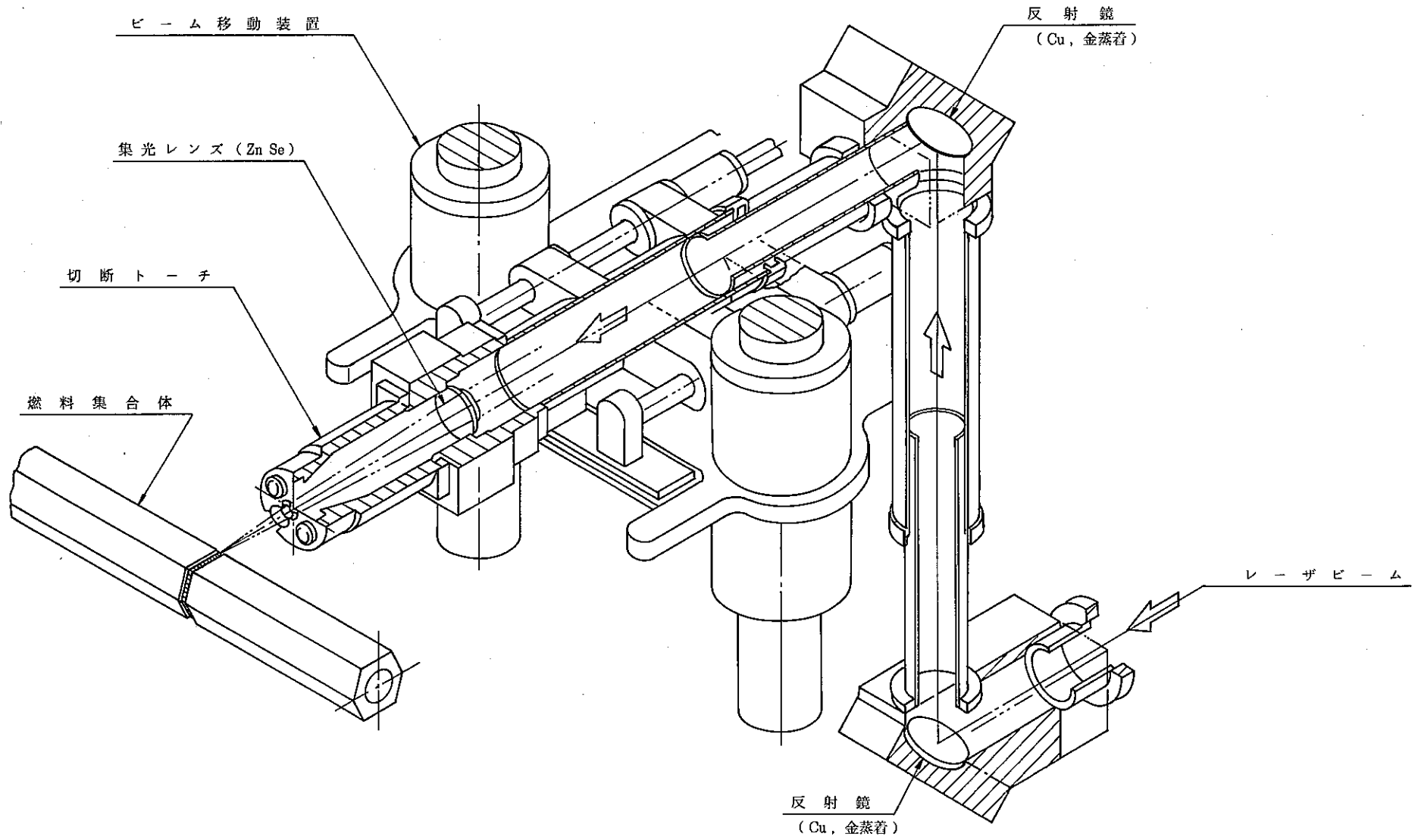
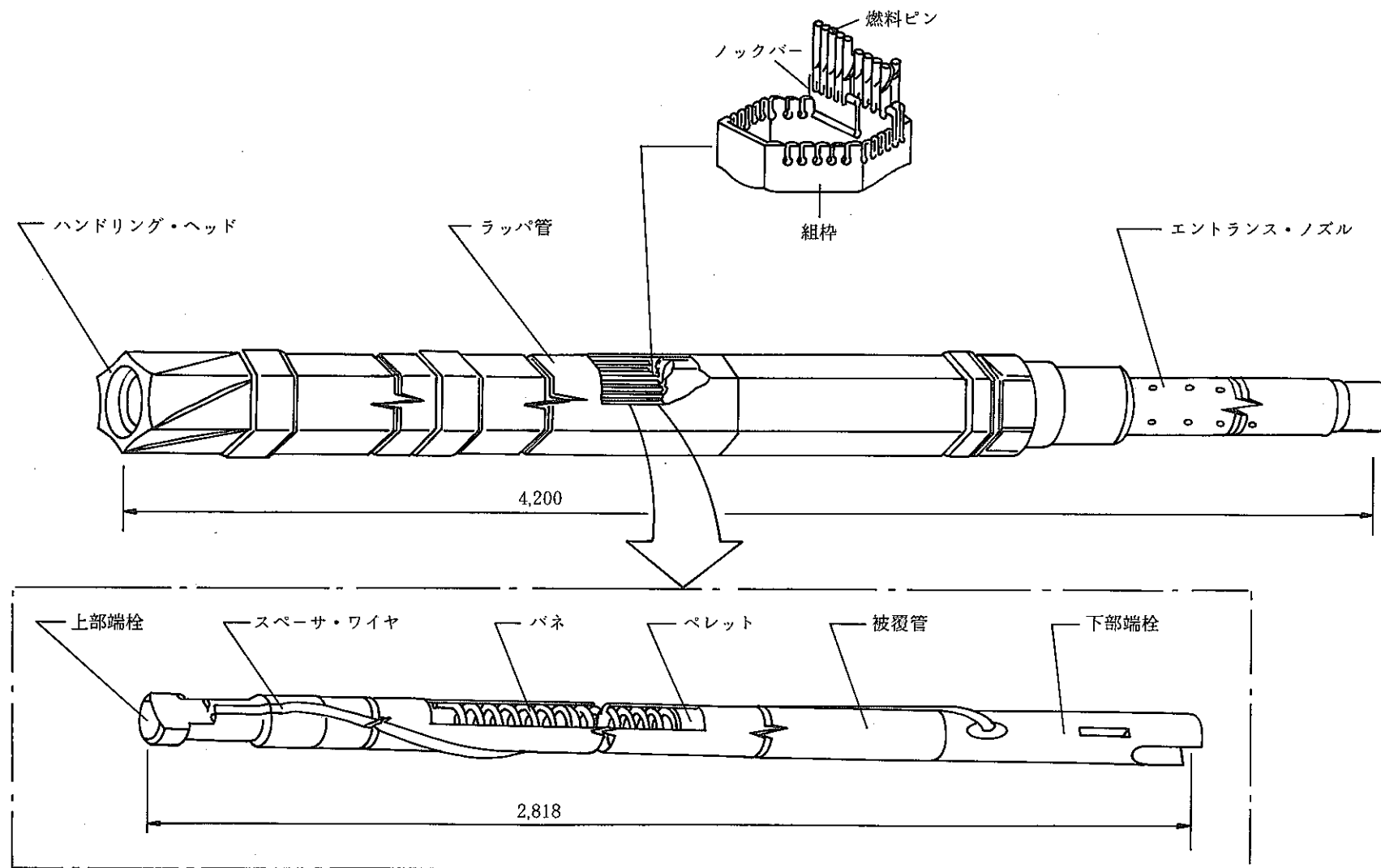


図 I - 2 燃料集合体のレーザーカット状況鳥観図



図Ⅱ-1 模擬燃料集合体概念図(もんじゅ燃料)

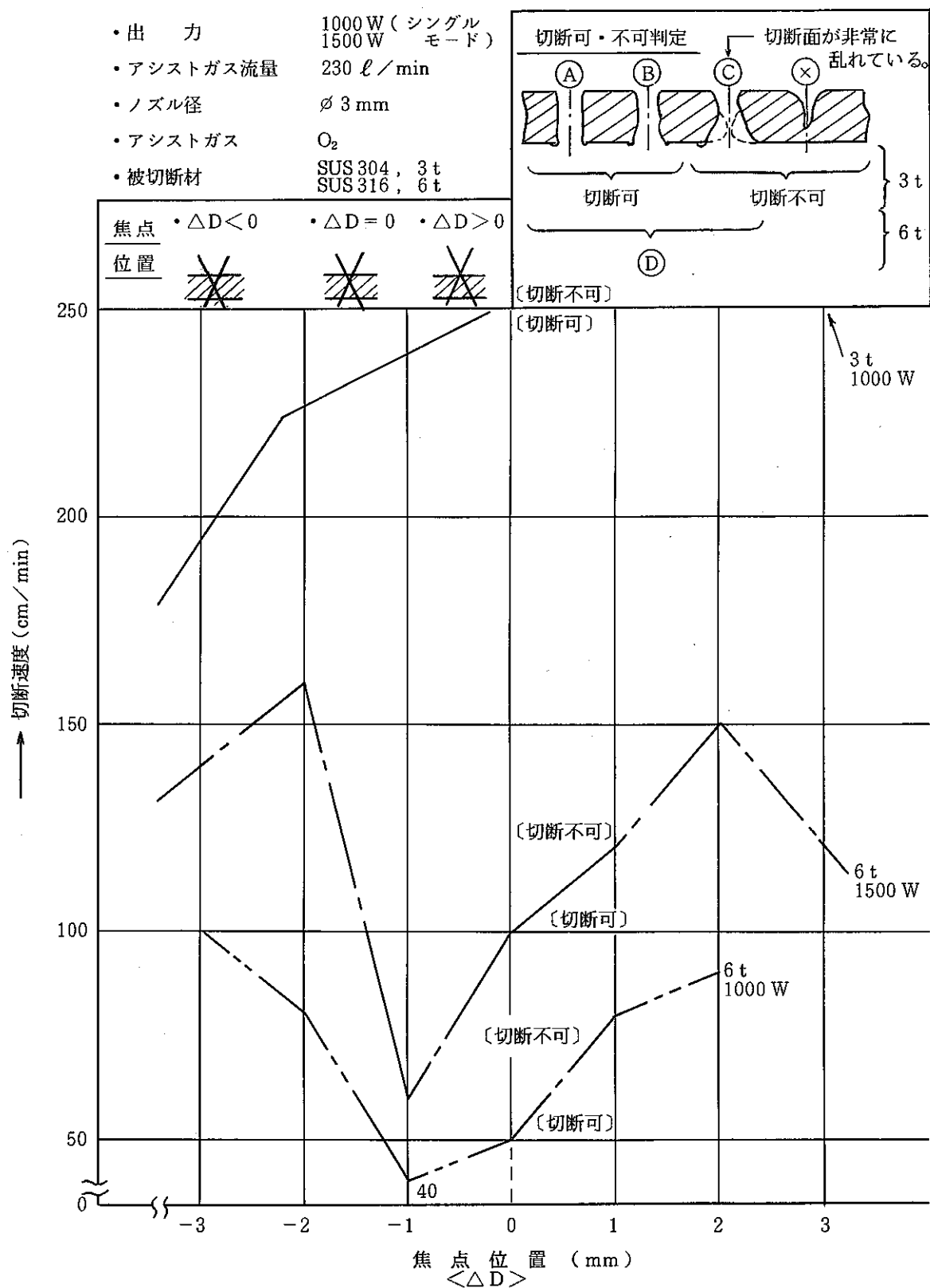
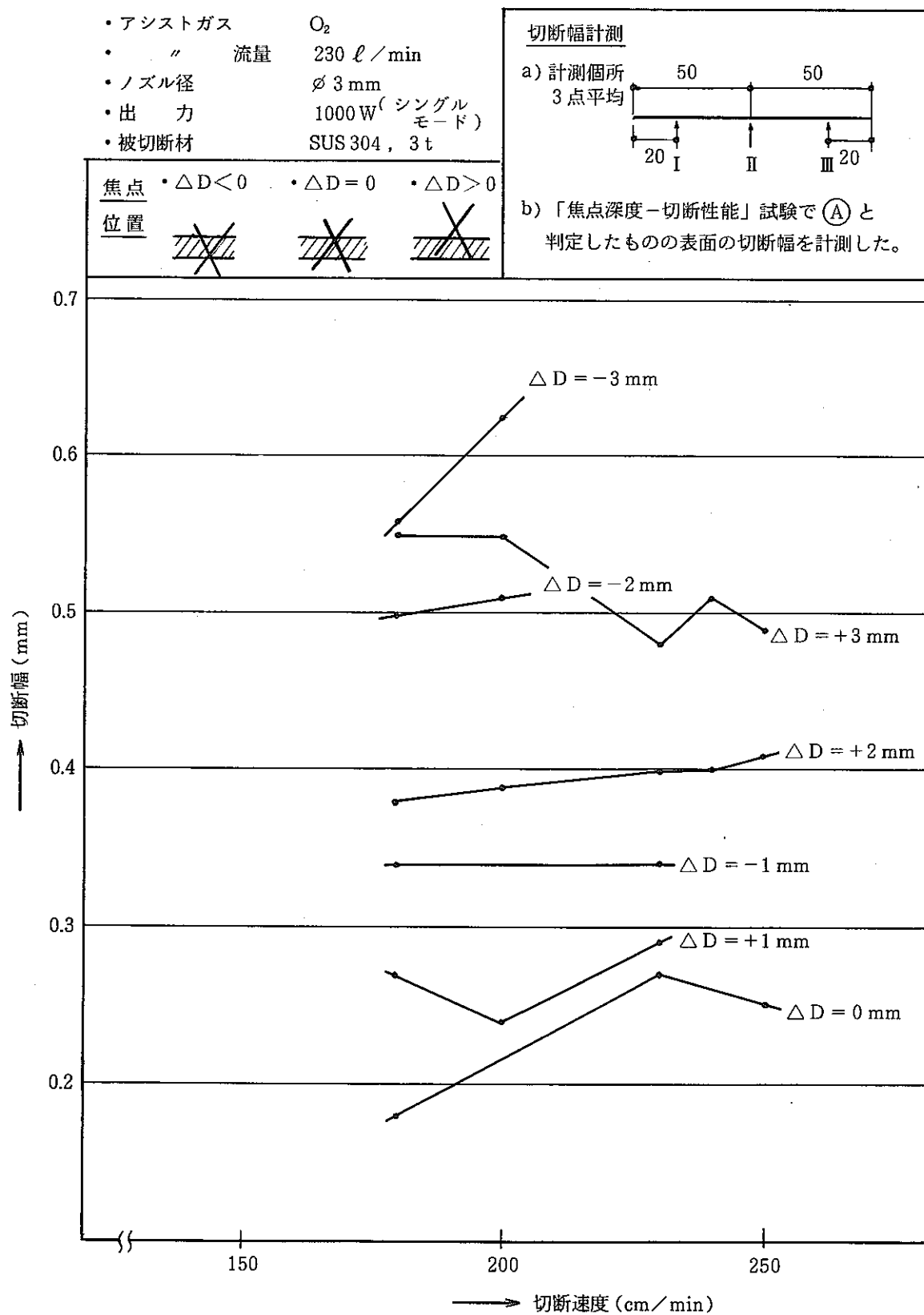
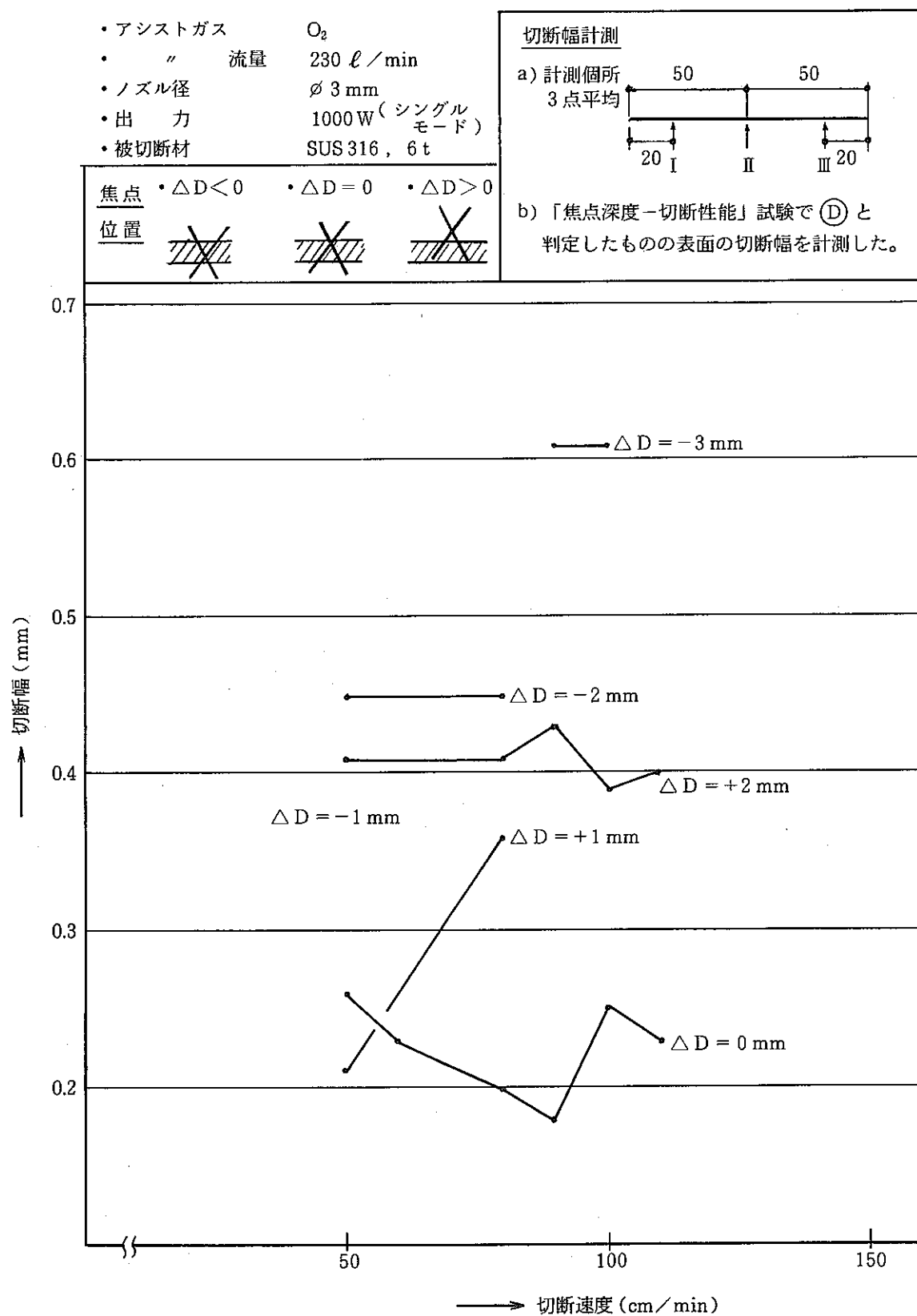


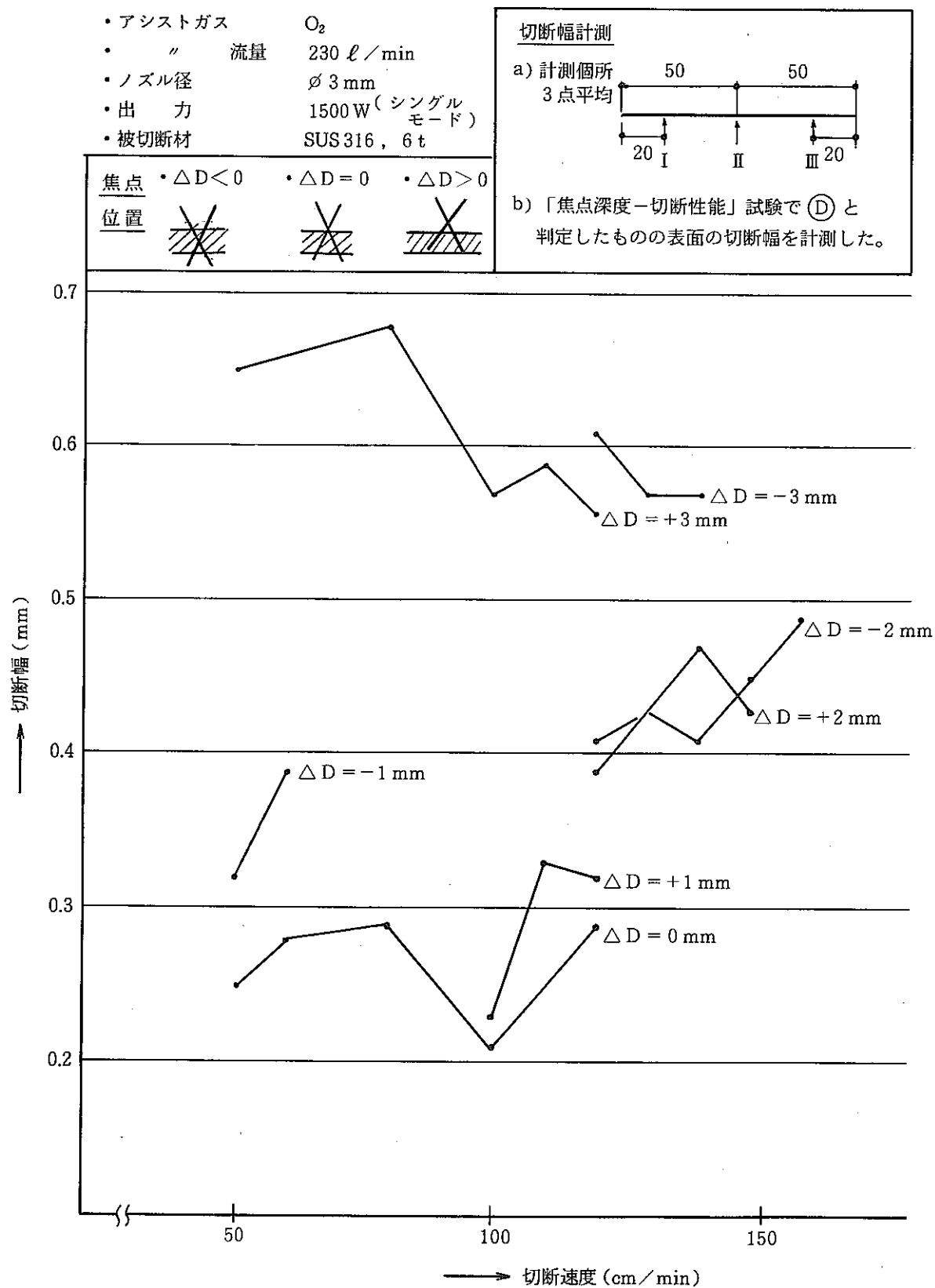
図 II - 2 焦点位置と切断性能の関係



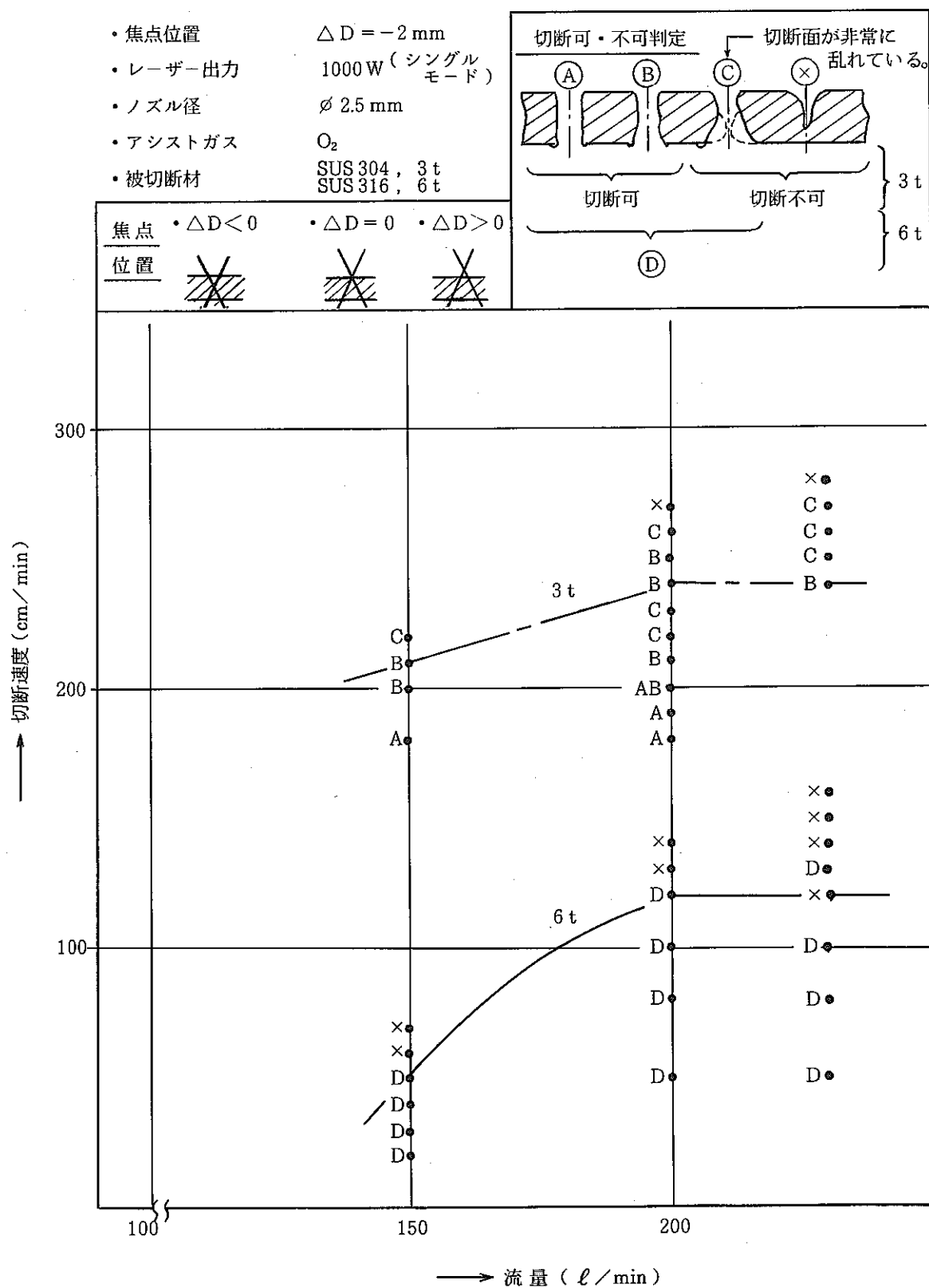
図Ⅱ-3 切断幅と焦点位置, 切断性能の関係 (3t-1000W)



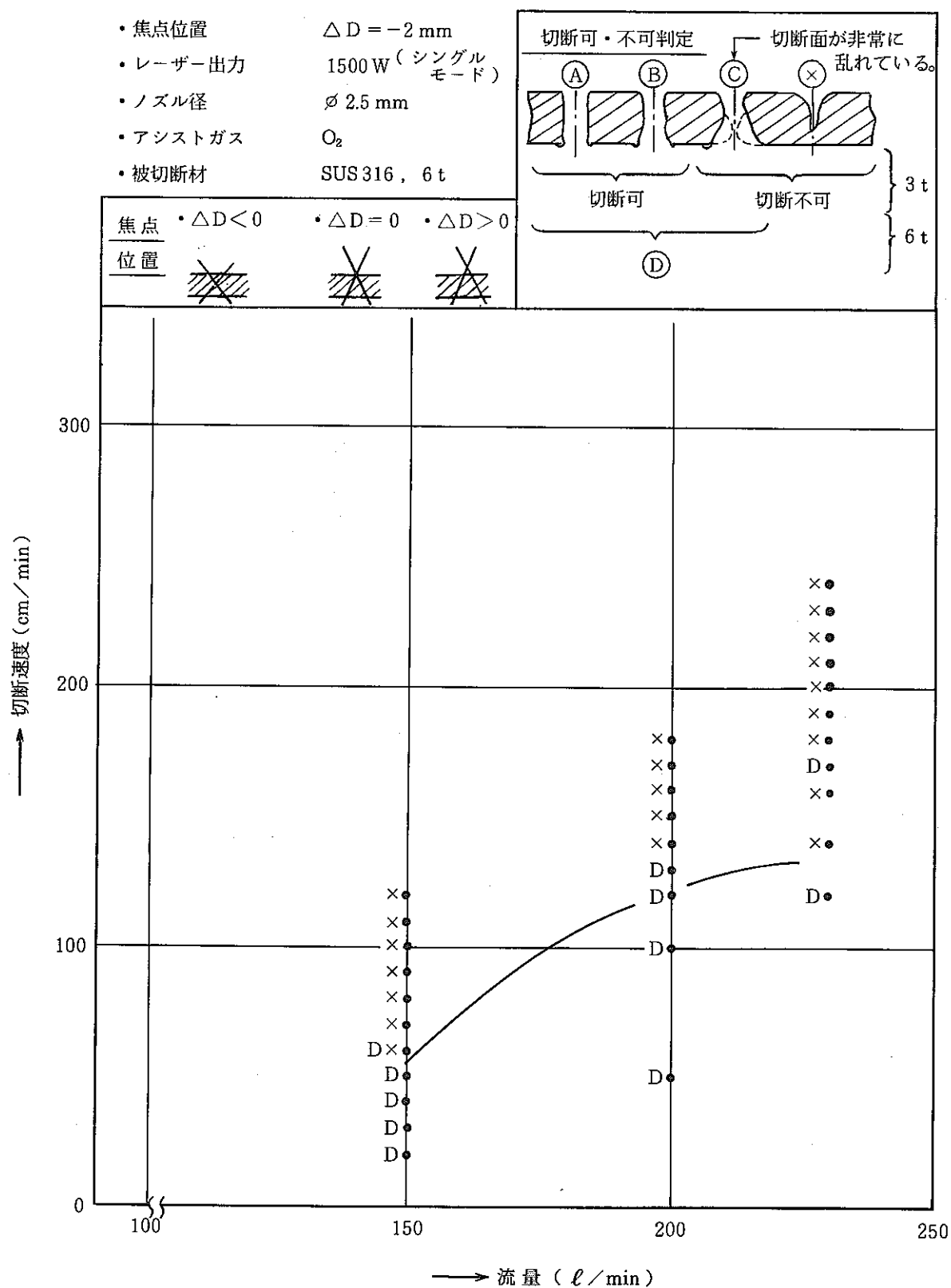
図Ⅱ-4 切断幅と焦点位置, 切断性能の関係 (6t-1000W)

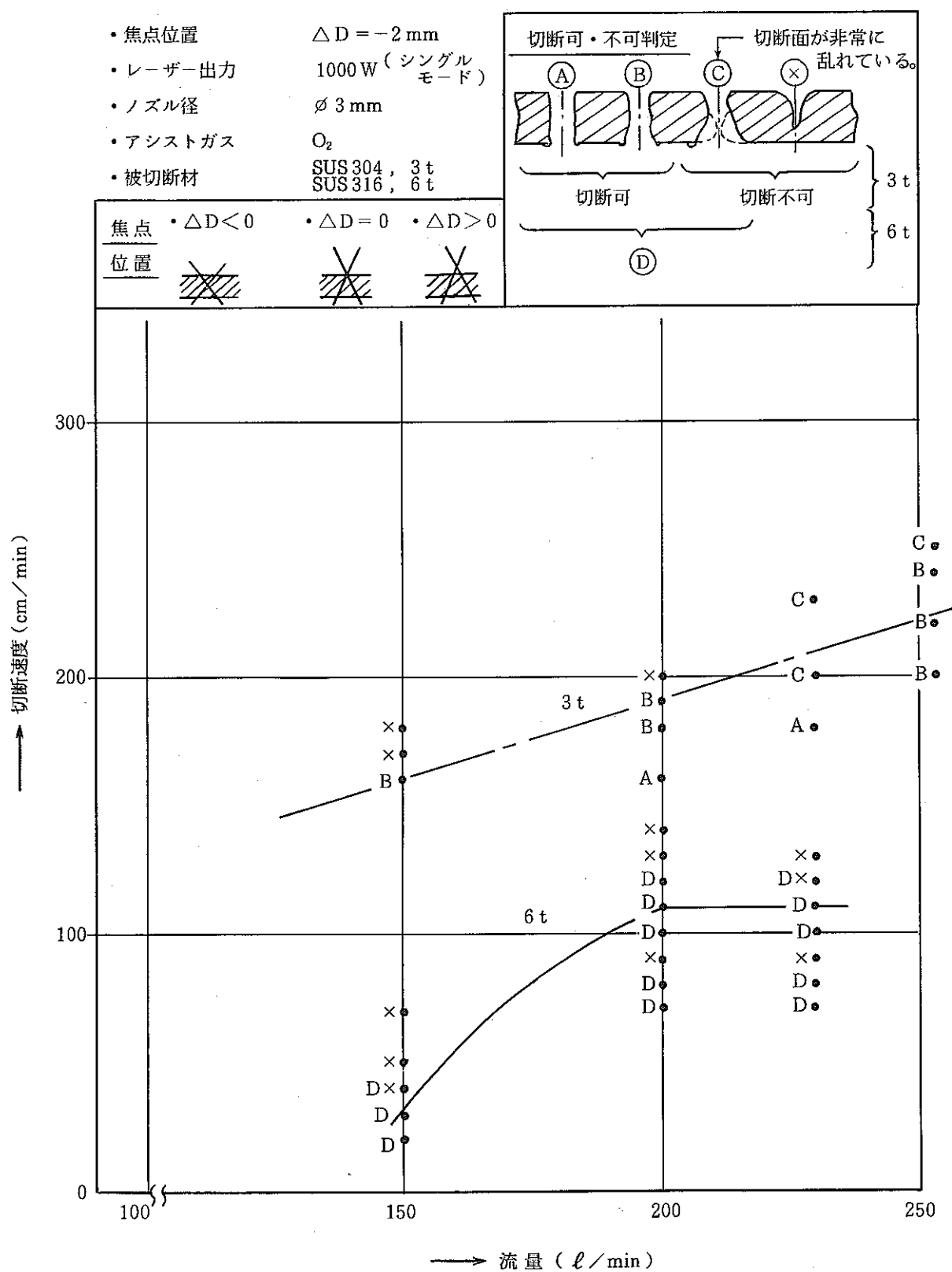


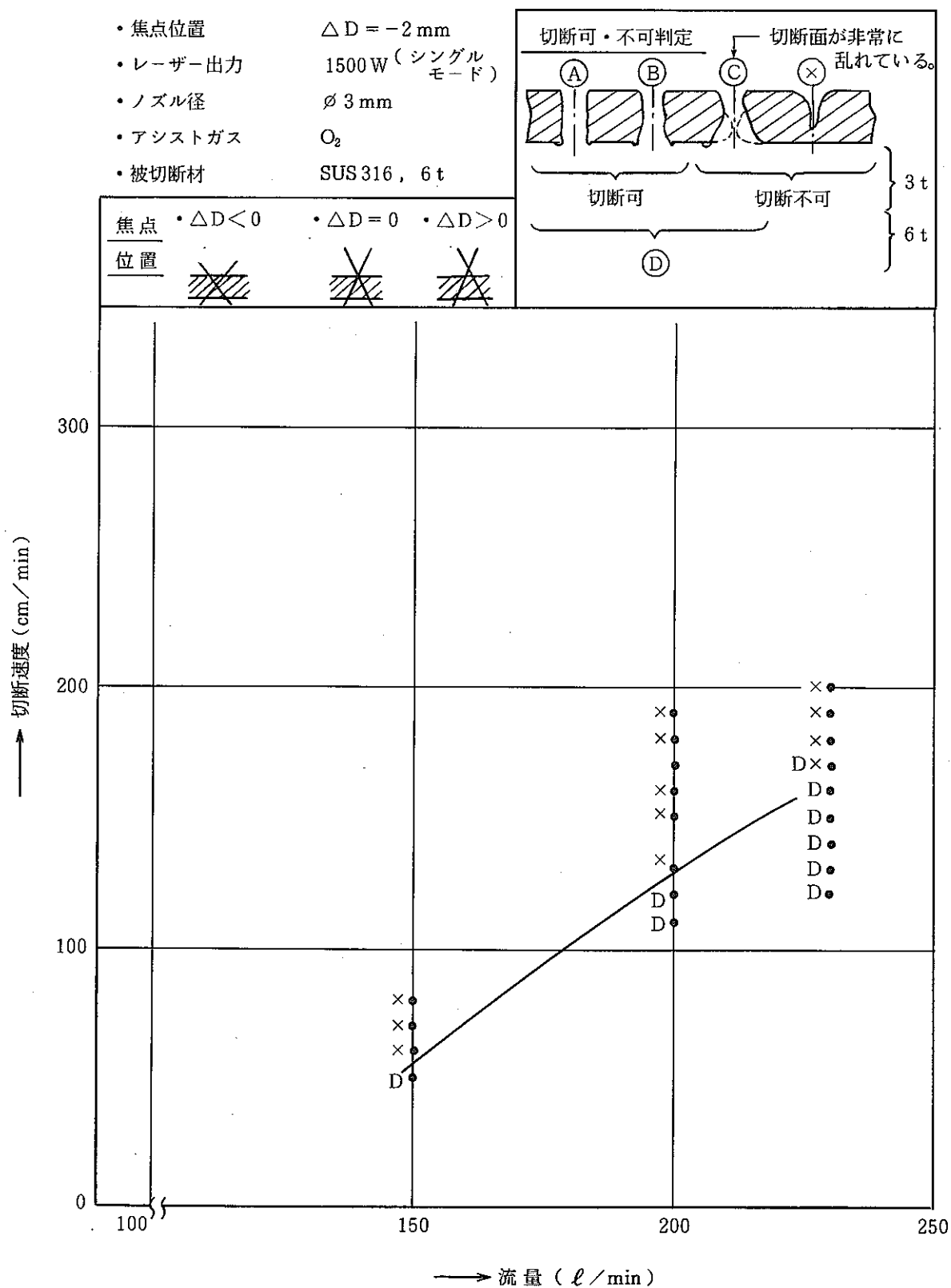
図Ⅱ-5 切断幅と焦点位置, 切断性能の関係 (6t-1500W)



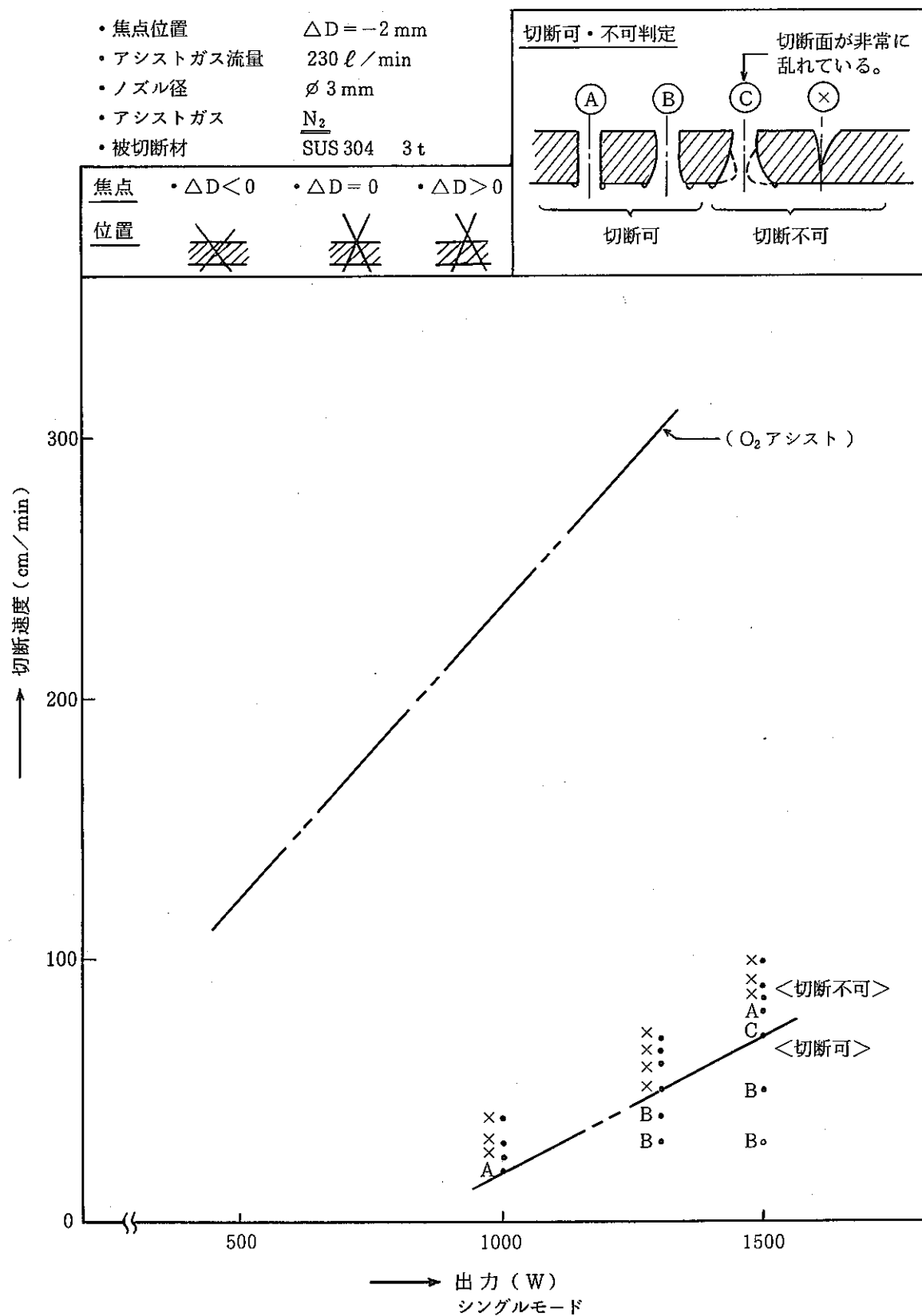
図Ⅱ-6 ノズル径とアシストガス流量、切断性能の関係 ($\phi 2.5 - 1000 \text{ W}$)

図Ⅱ-7 ノズル径とアシストガス, 切断性能の関係 ($\phi 2.5 - 1500 \text{ W}$)

図 II-8 ノズル径とアシストガス流量, 切断性能の関係 ($\phi 3 - 1000 \text{ W}$)



図Ⅱ-9 ノズル径とアシストガス流量, 切断性能の関係 ($\phi 3 - 1500 \text{ W}$)

図Ⅱ-10 アシストガスの種類と切断性能の関係 (N₂ - 3t)

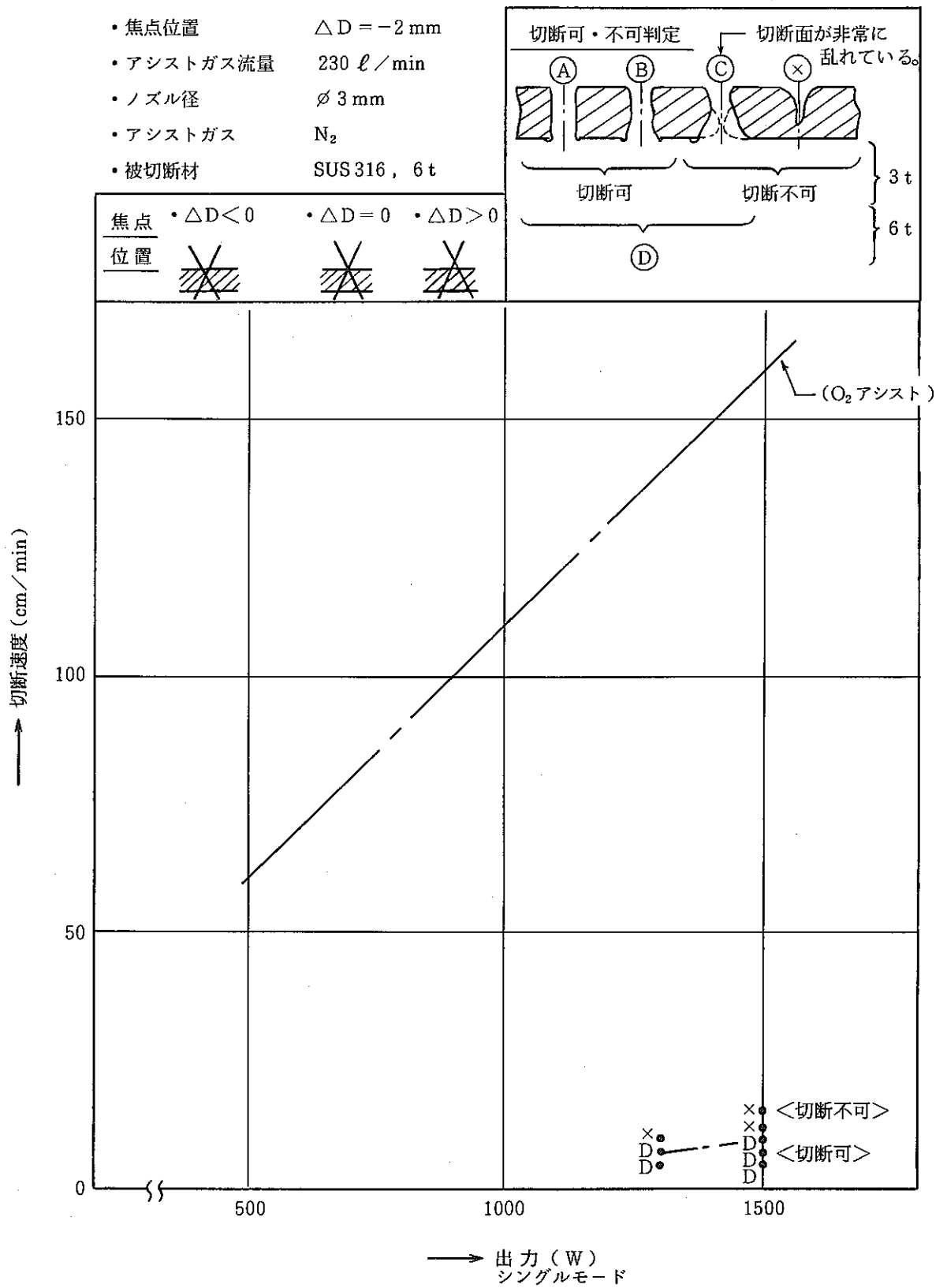
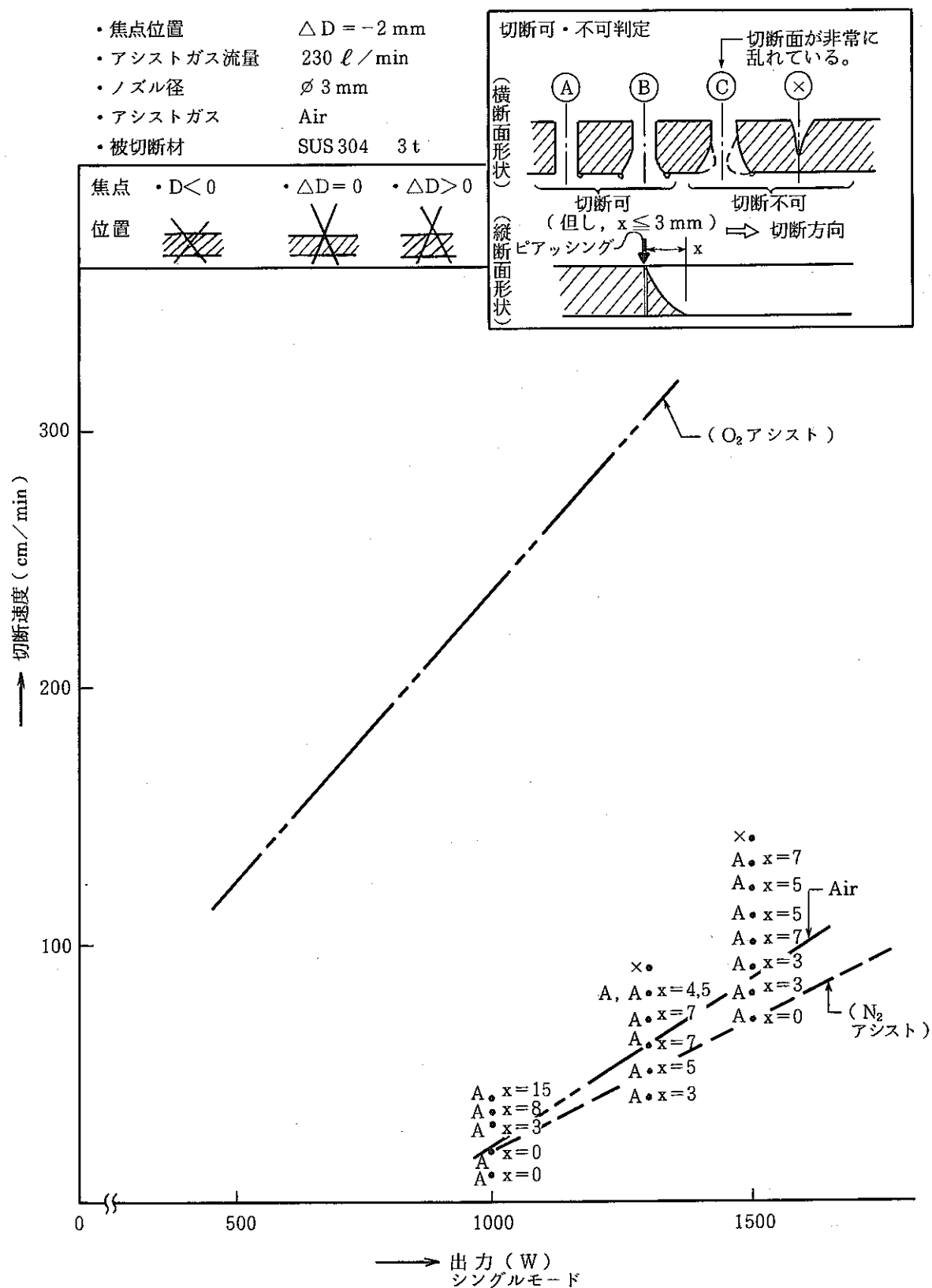
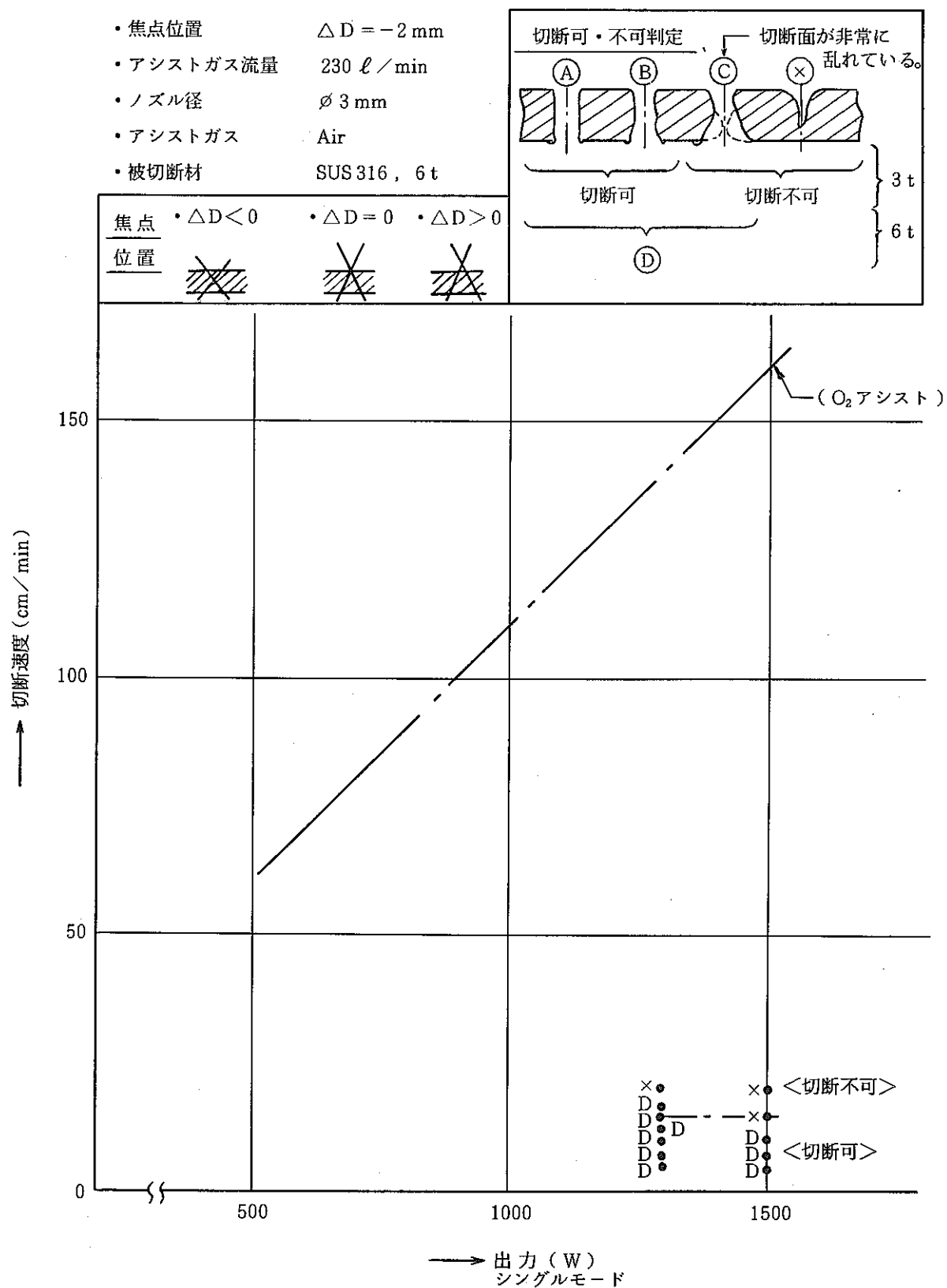


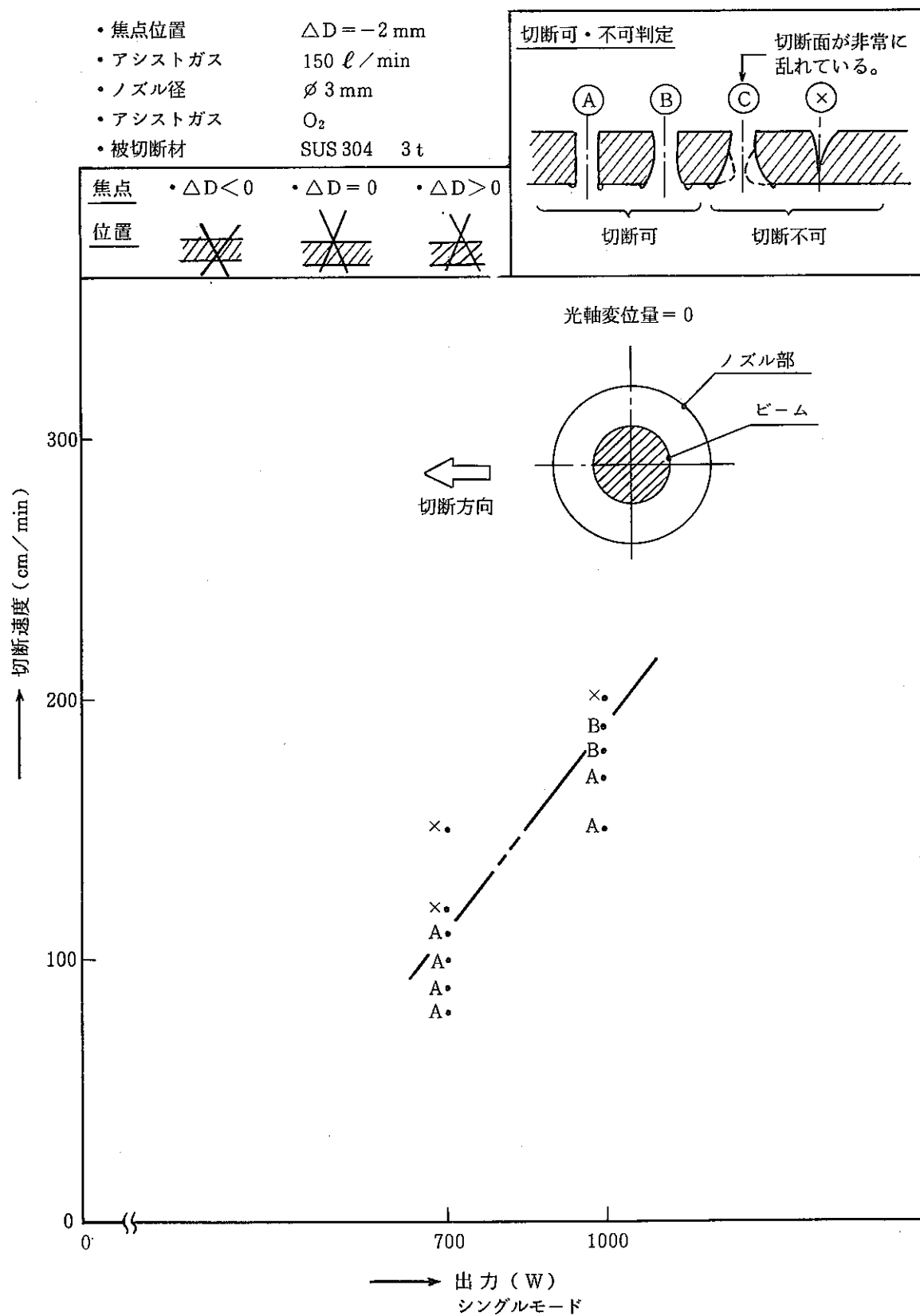
図 II - 11 アシストガスの種類と切断性能の関係 (N₂ - 6 t)



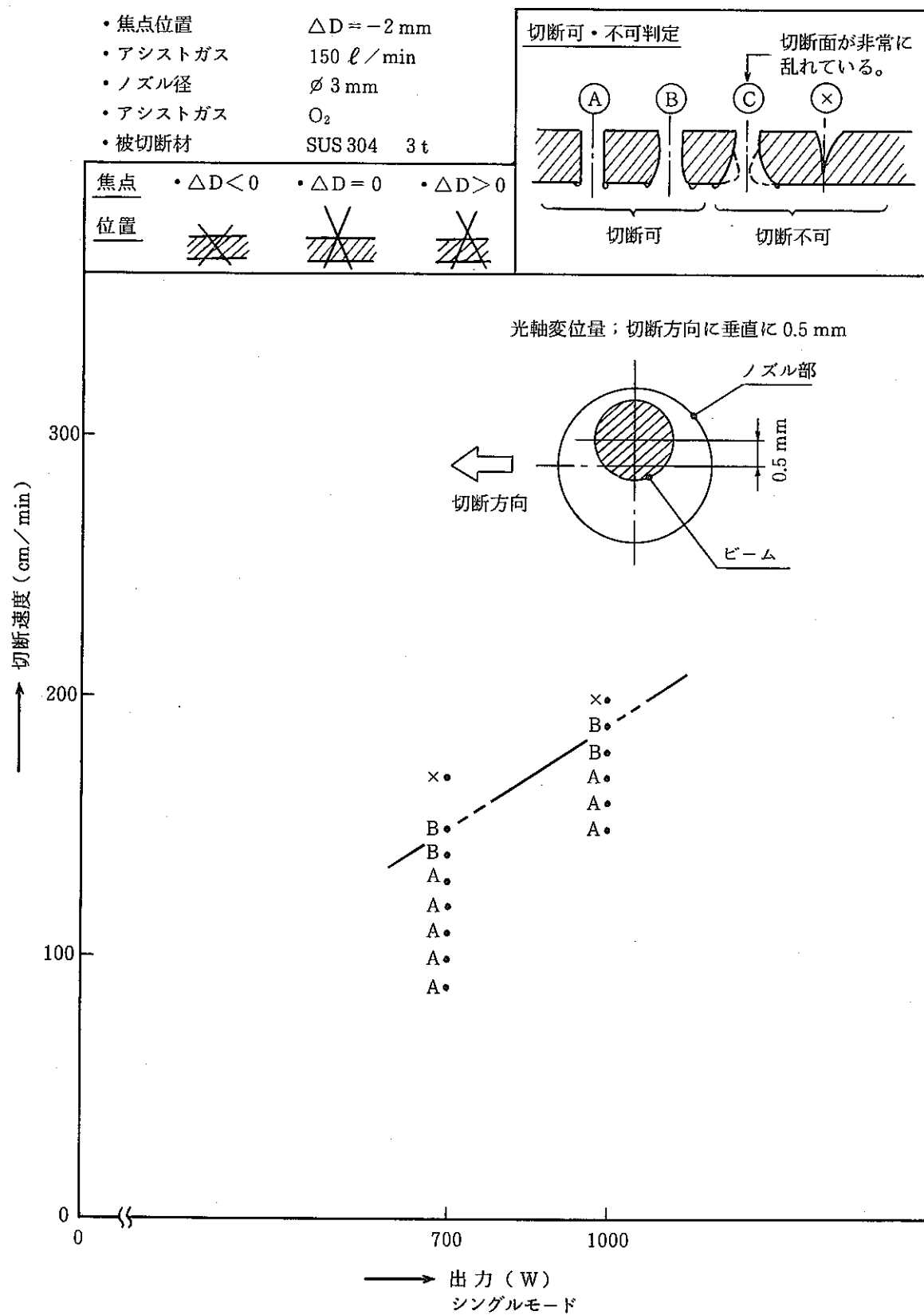
図Ⅱ-12 アシストガスの種類と切断性能の関係 (Air-3t)



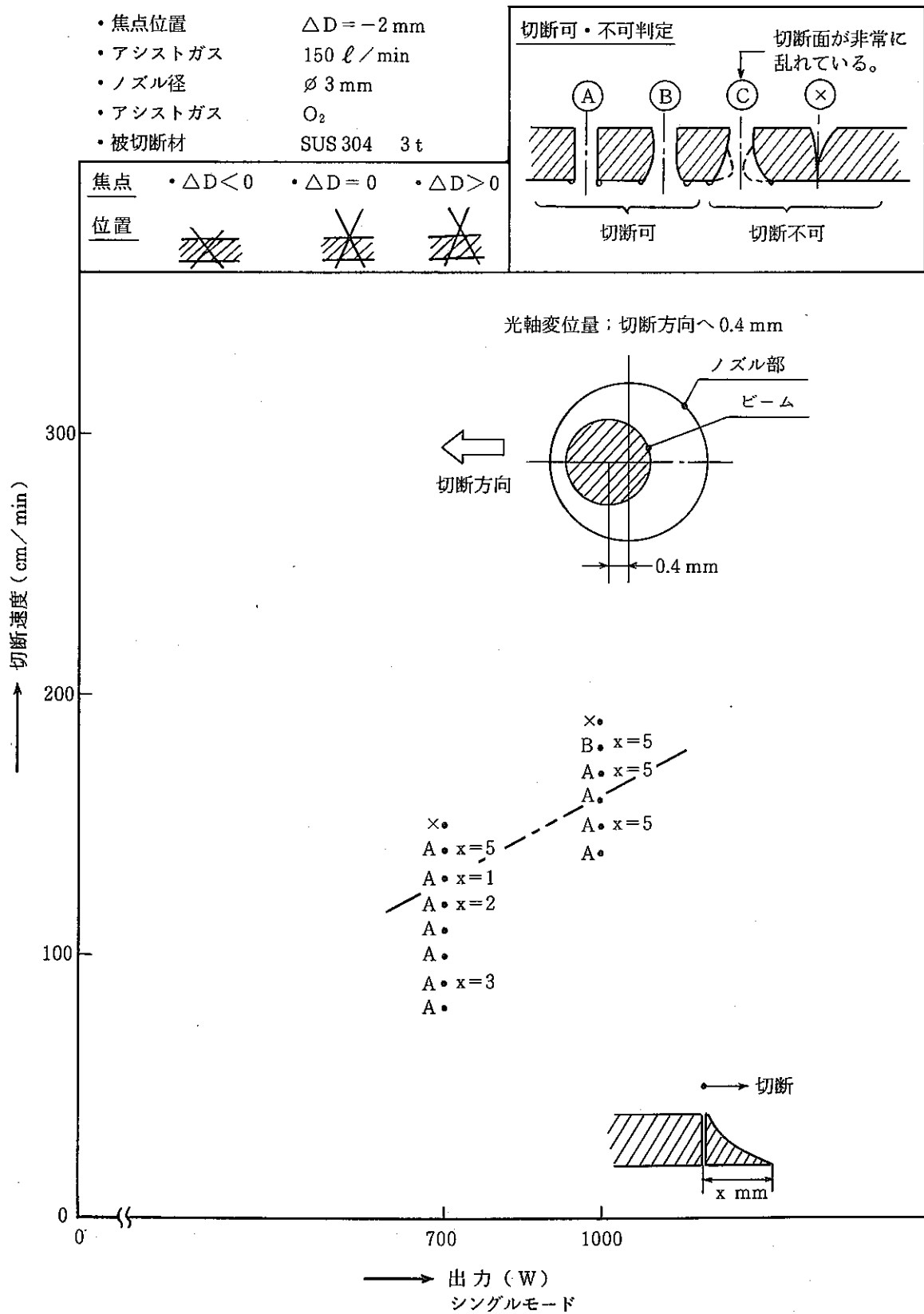
図Ⅱ-13 アシストガスの種類と切断性能の関係 (Air-6t)



図Ⅱ-14 ビームスポットの光軸変位量と切断性能の関係 (変位量 0)



図Ⅱ-15 ビームスポットの光軸変位量と切断性能の関係(変位量 上方 0.5 mm)

図Ⅱ-16 ビームスポットの光軸変位量と切断性能の関係 (変位量：切断方向へ 0.4 mm)

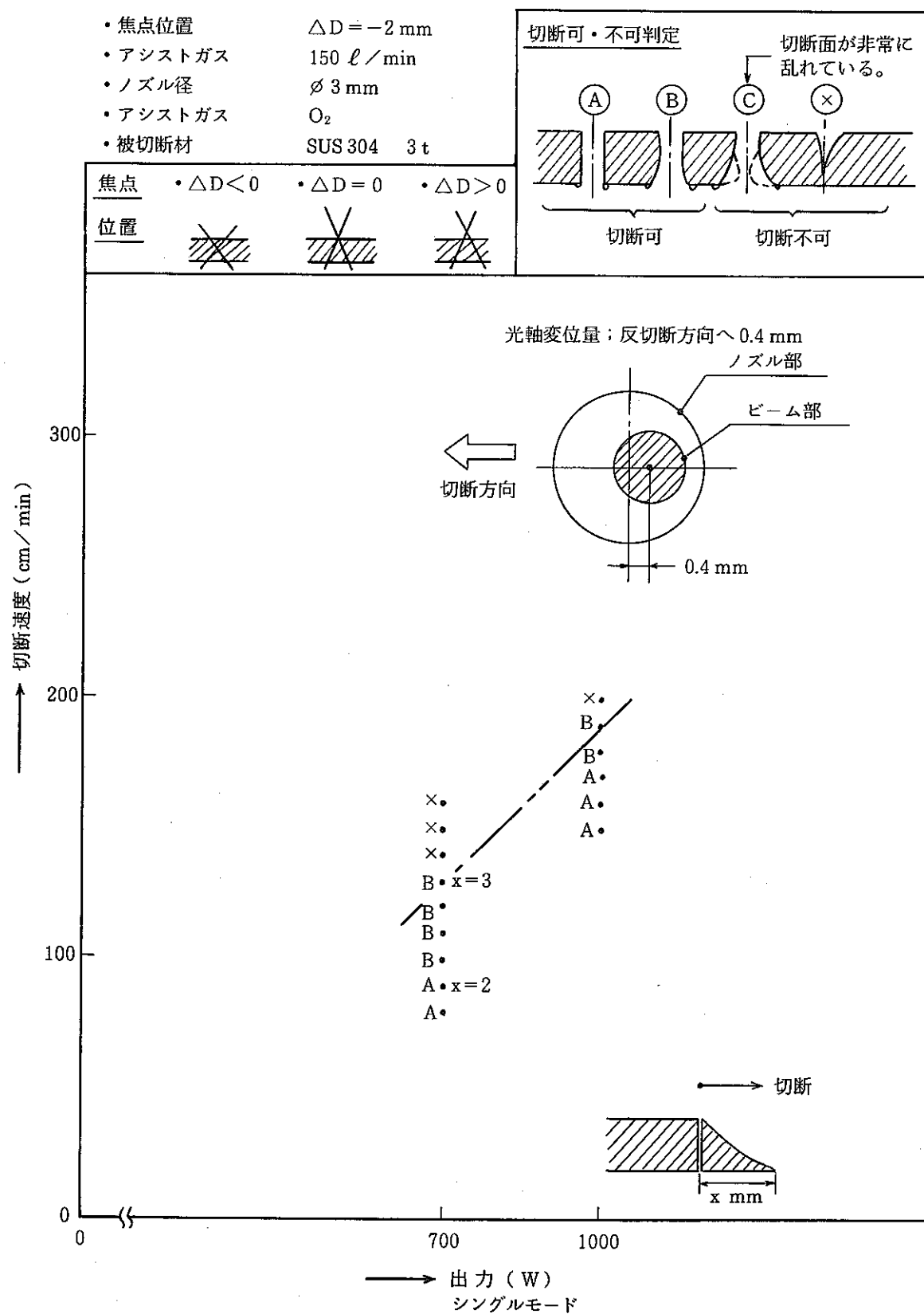
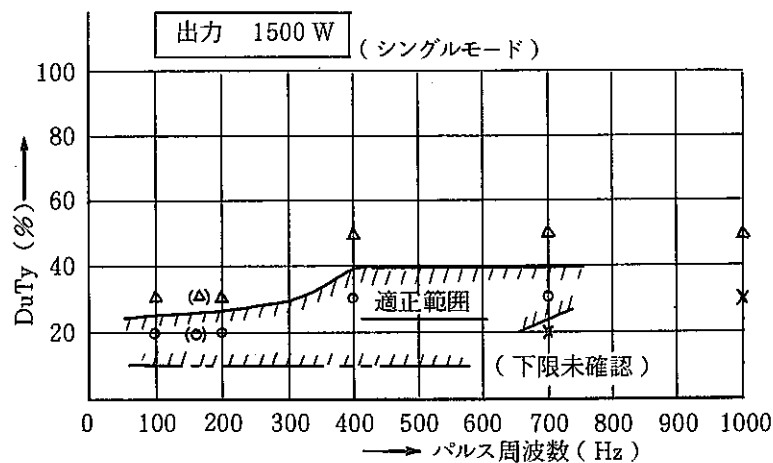
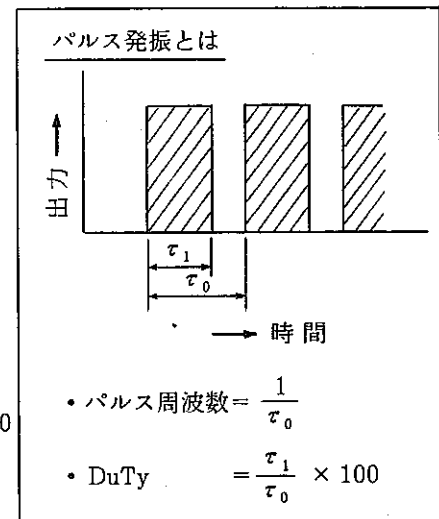
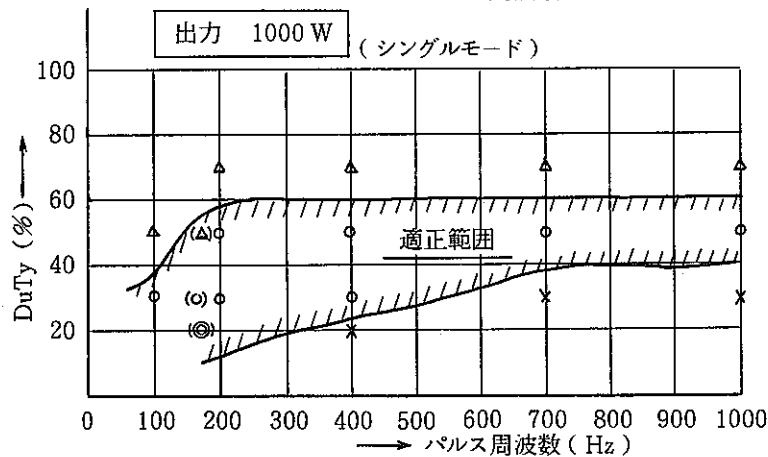
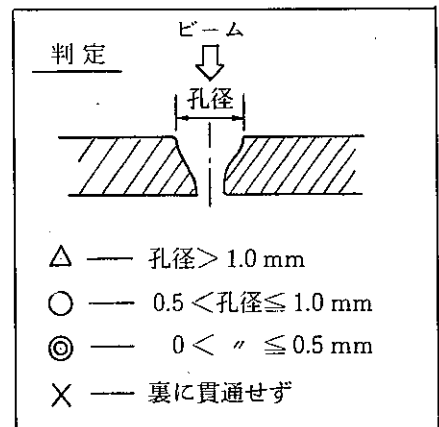
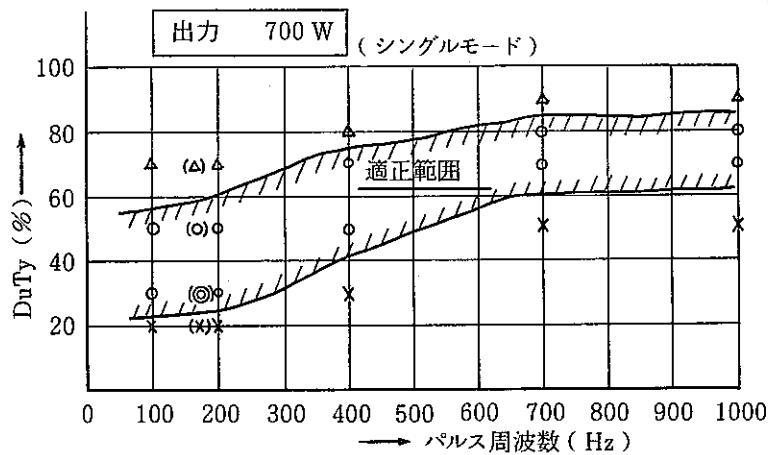
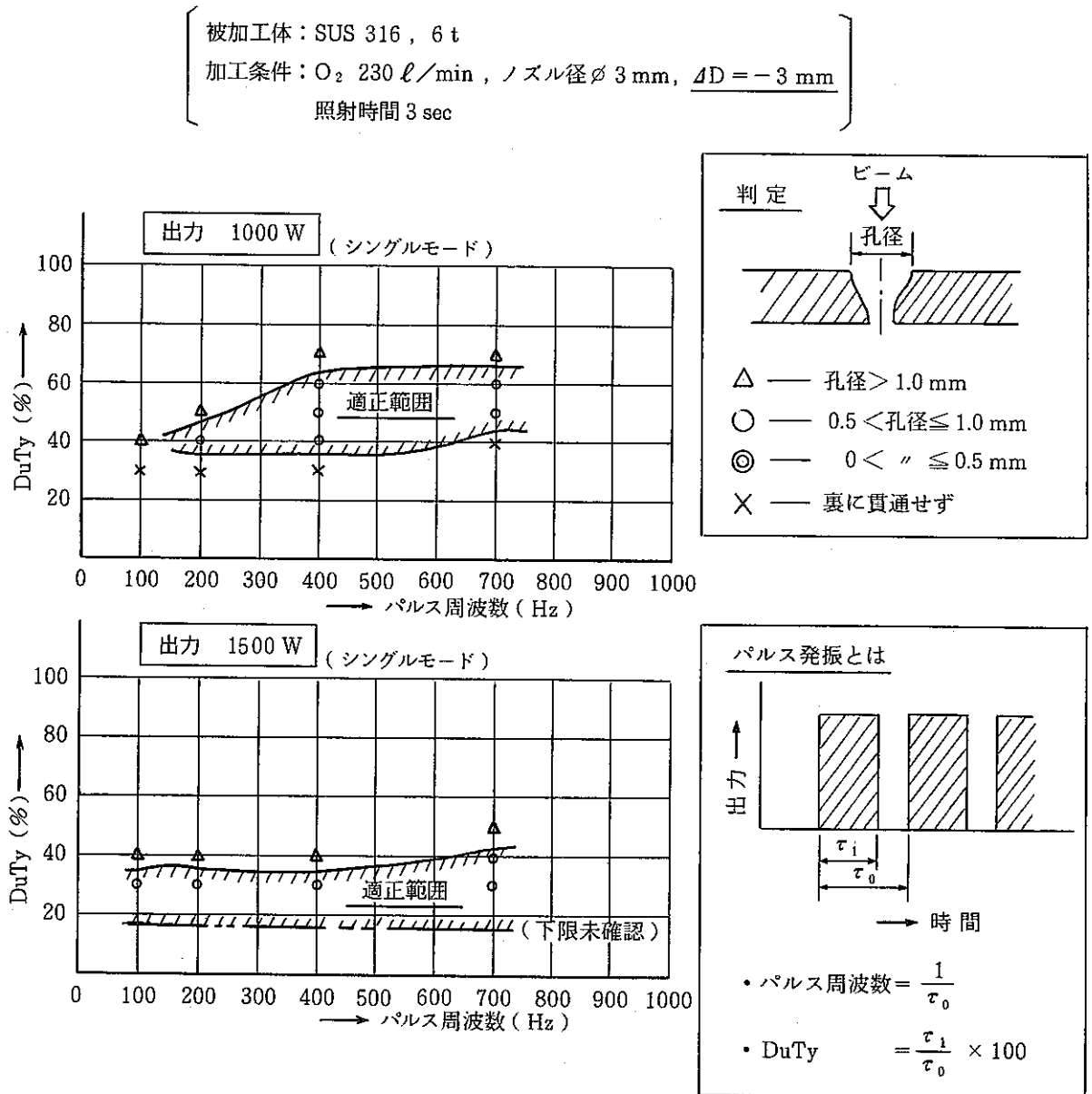


図 II - 17 ビームスポットの光軸変位量と切断性能の関係 (変位量；反切断方向に 0.4 mm)

被加工体：SUS 304，3t
 加工条件：O₂，230ℓ/min，ノズルφ3mm，4D=-2mm
 照射時間3sec〔（ ）内は5sec〕



図Ⅱ-18 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(3t)

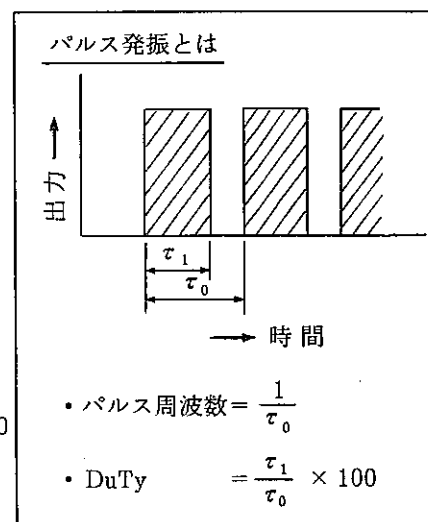
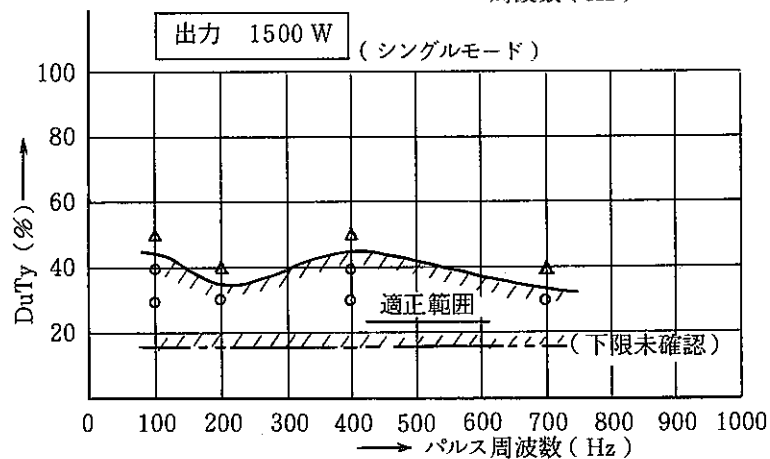
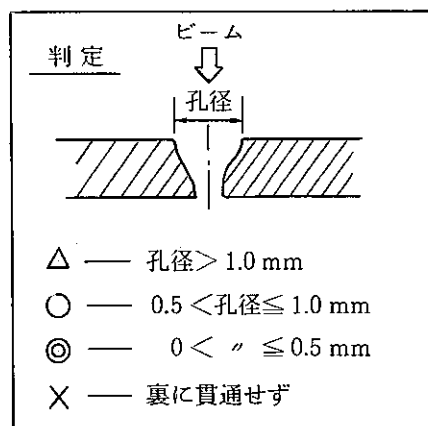
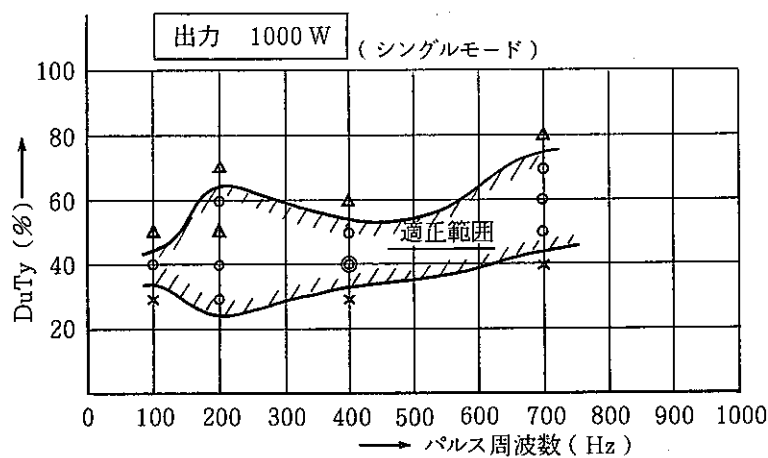


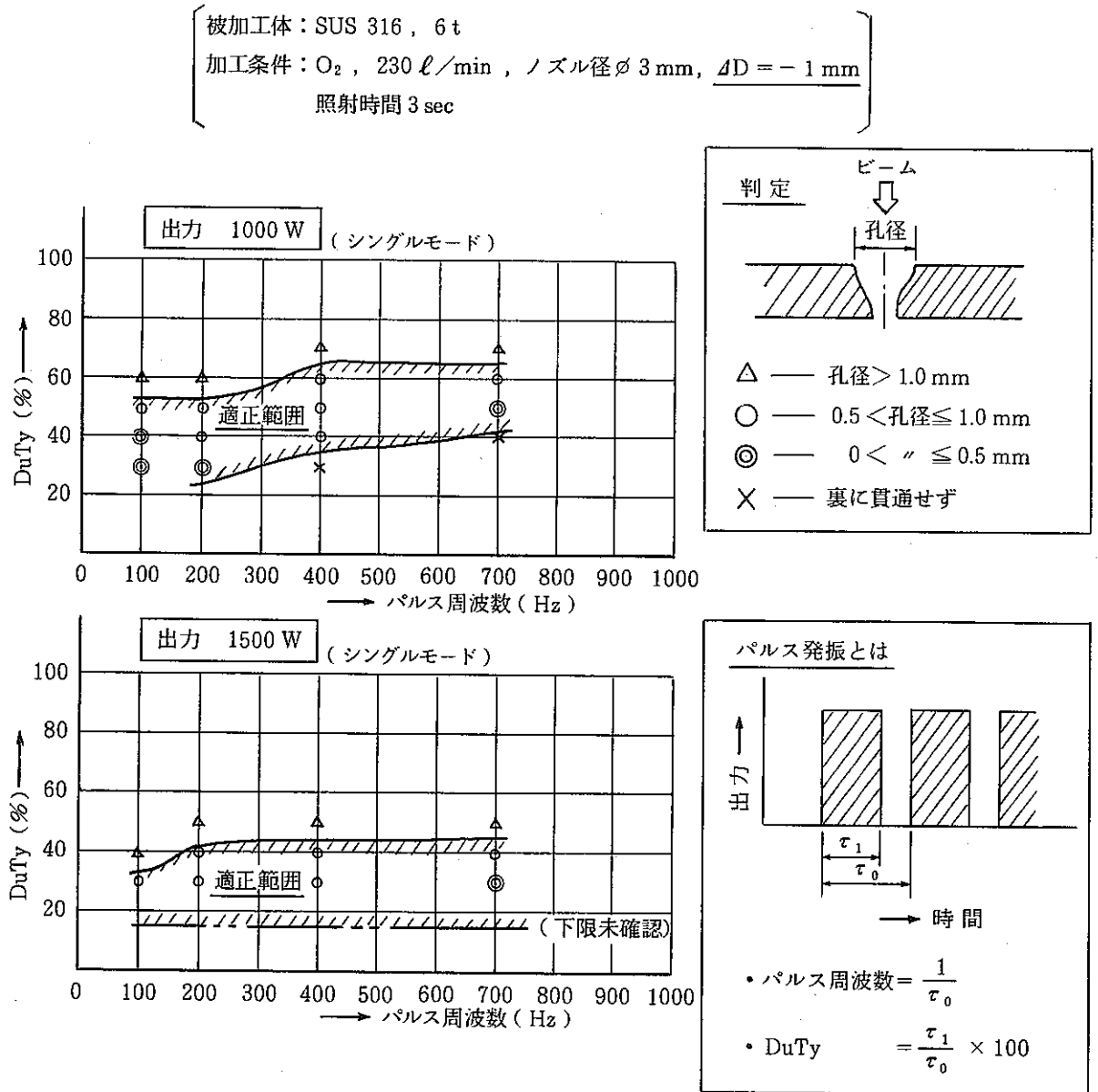
図Ⅱ-19 ピアッシング（孔あけ）条件と切断性能の関係（6 t）

被加工体：SUS 316, 6t

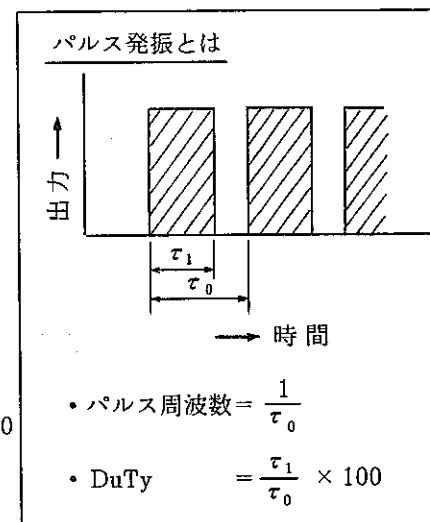
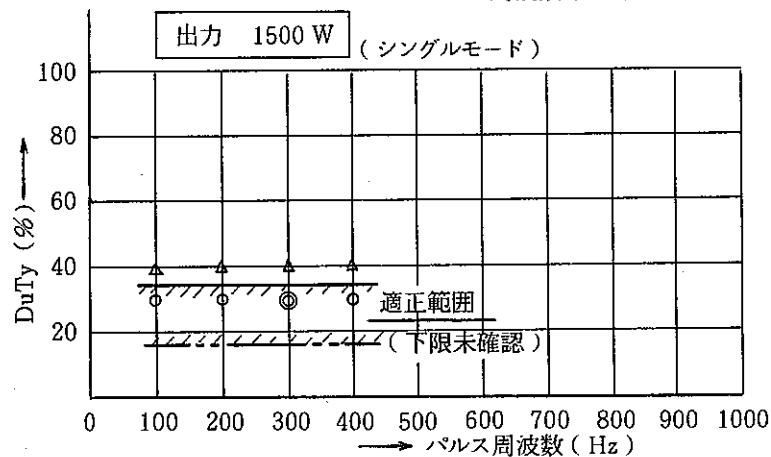
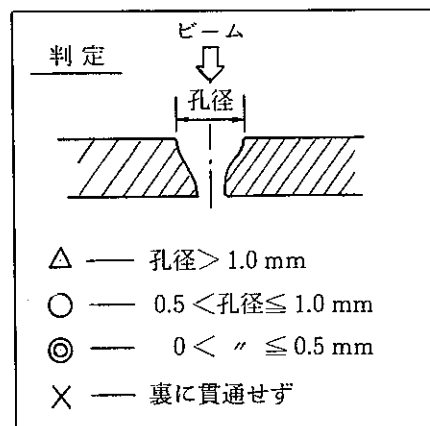
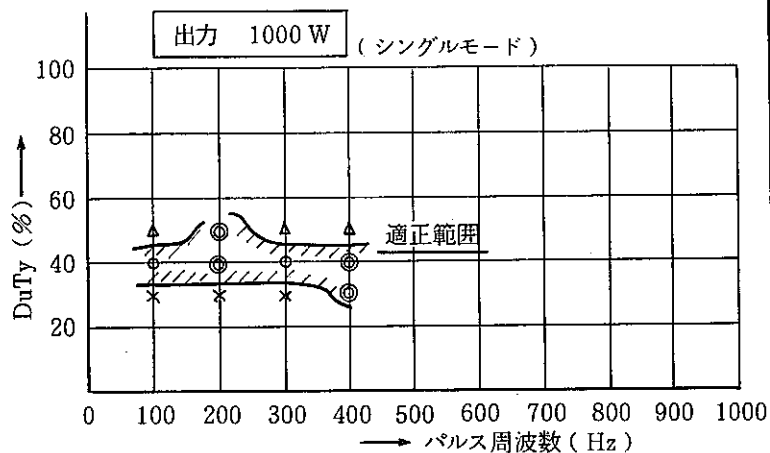
加工条件：O₂ 230 ℓ/min, ノズル径φ 3mm, $\Delta D = -2\text{ mm}$

照射時間 3 sec [() 内は 5 sec]

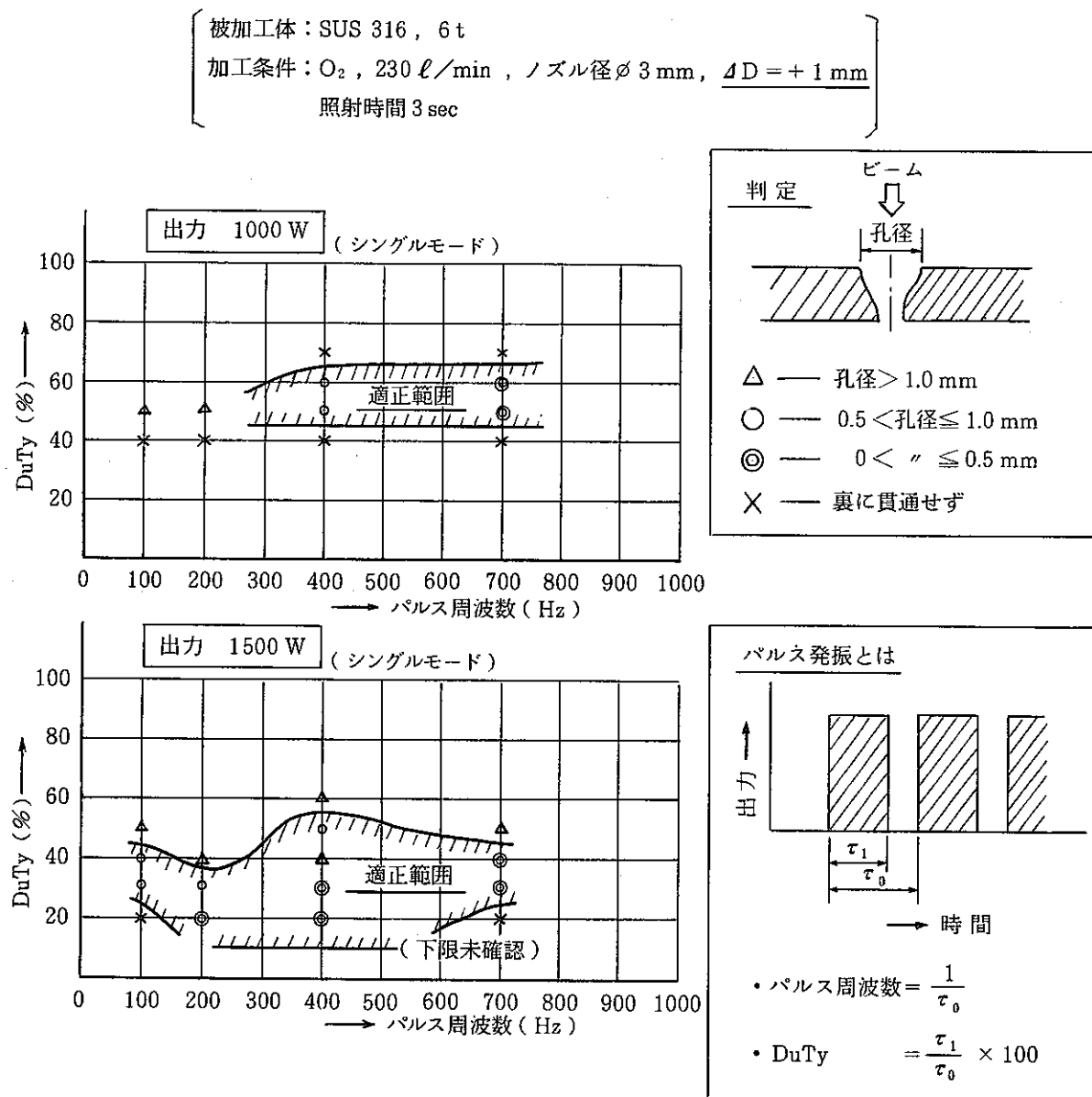
図Ⅱ-20 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6t, $\Delta D = -2\text{ mm}$)

図Ⅱ-21 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6t， $\Delta D = -1$ mm)

被加工体：SUS 316，6t
 加工条件：O₂ 230 ℓ/min，ノズルφ 3 mm， $\Delta D = 0$ mm
 照射時間 3 sec



図Ⅱ-22 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6t， $\Delta D = 0$ mm)

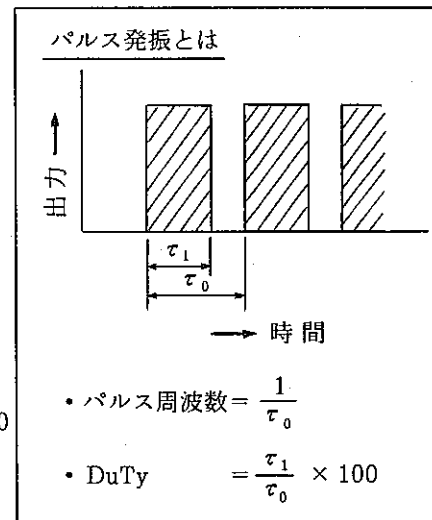
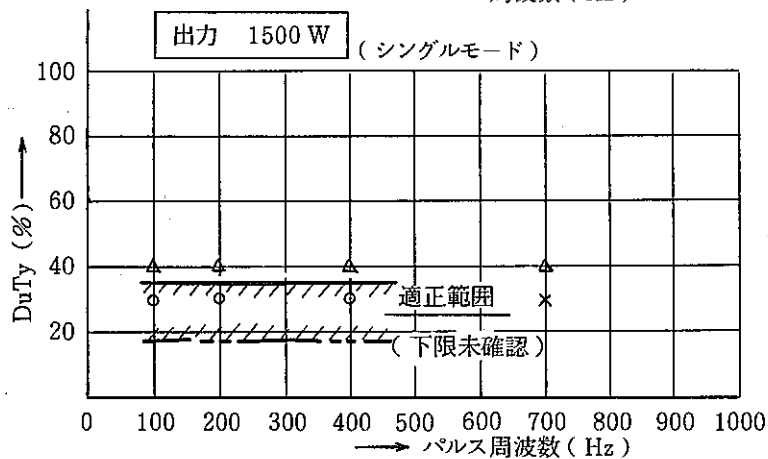
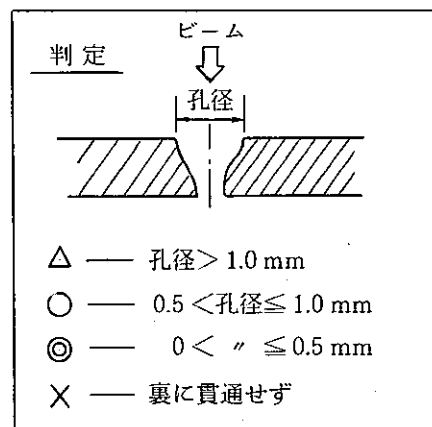
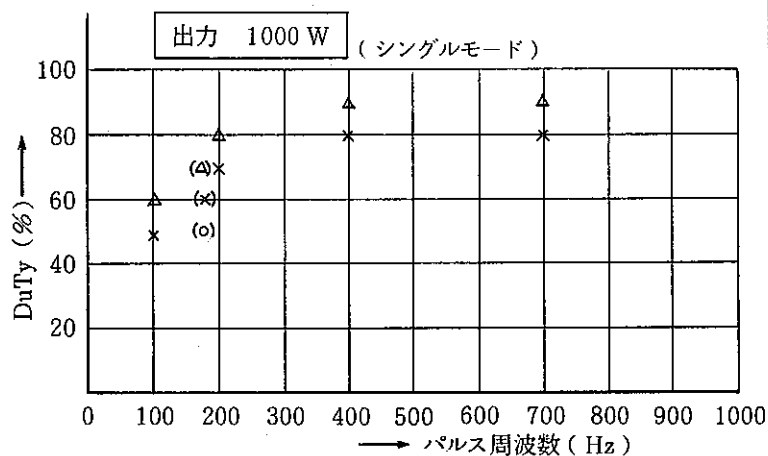


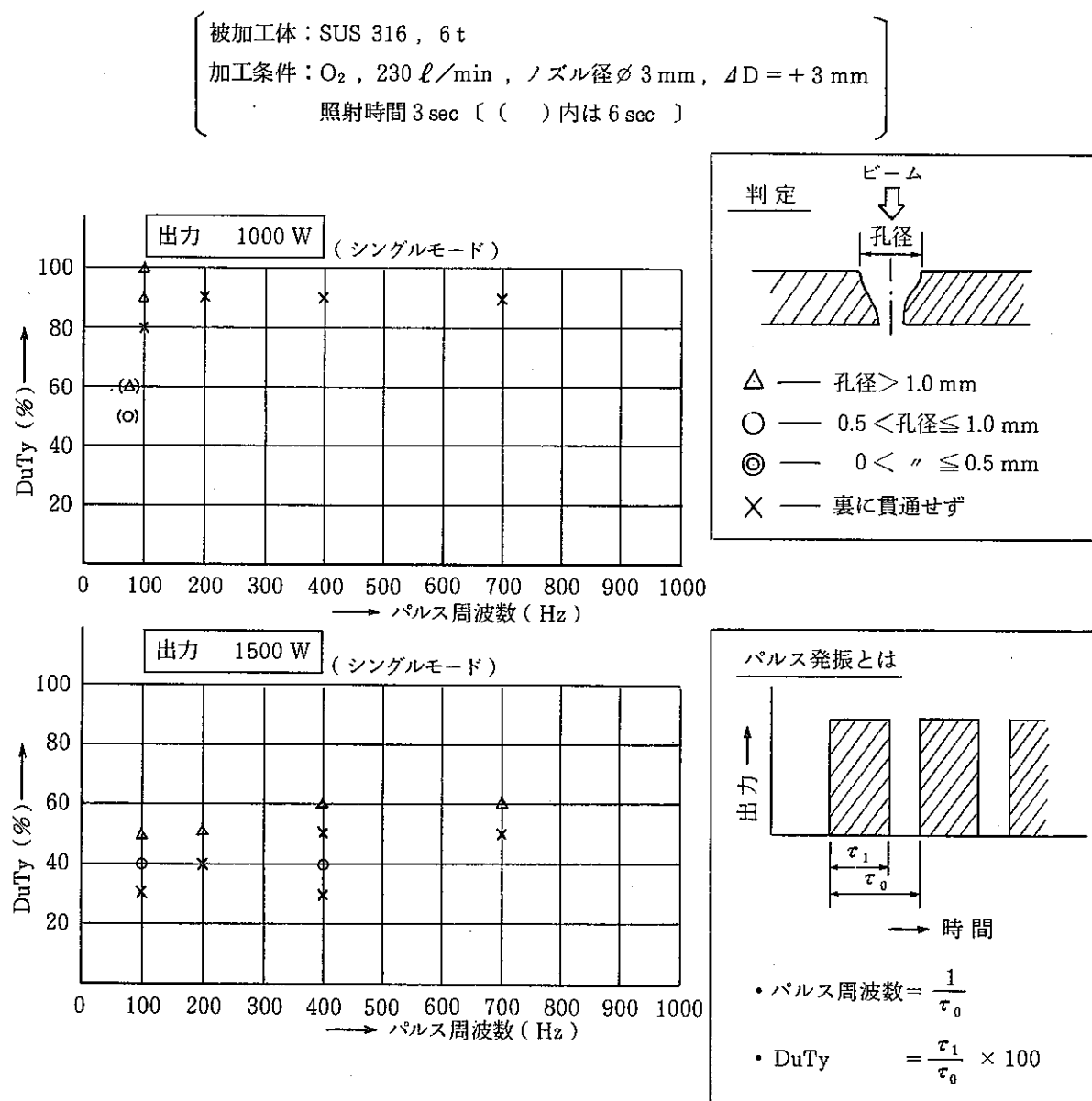
図Ⅱ-23 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6 t， $\Delta D = 1$ mm)

被加工体：SUS 316，6t

加工条件：O₂，230 ℓ/min，ノズル径φ3mm， $\Delta D = +2\text{ mm}$

照射時間 3 sec [() 内は 5 sec]

図Ⅱ-24 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6t， $\Delta D = 2\text{ mm}$)

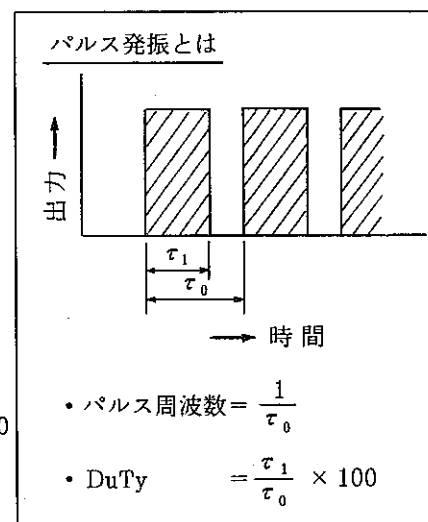
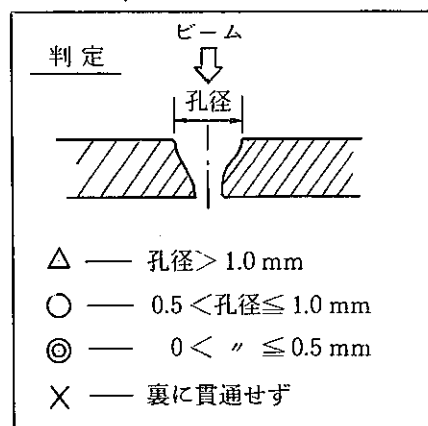
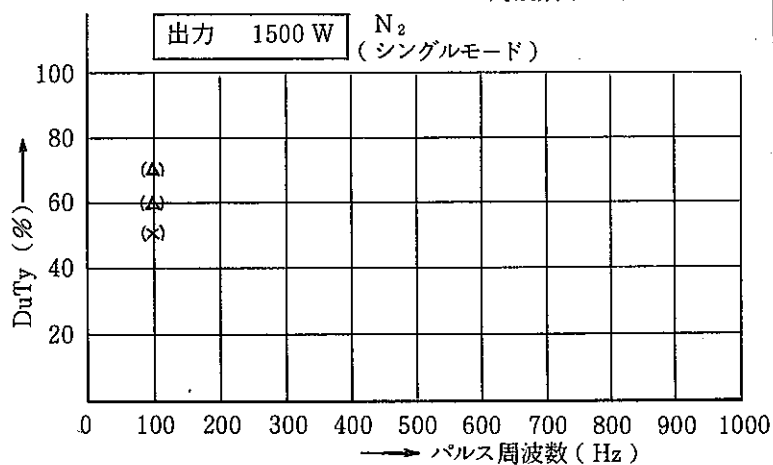
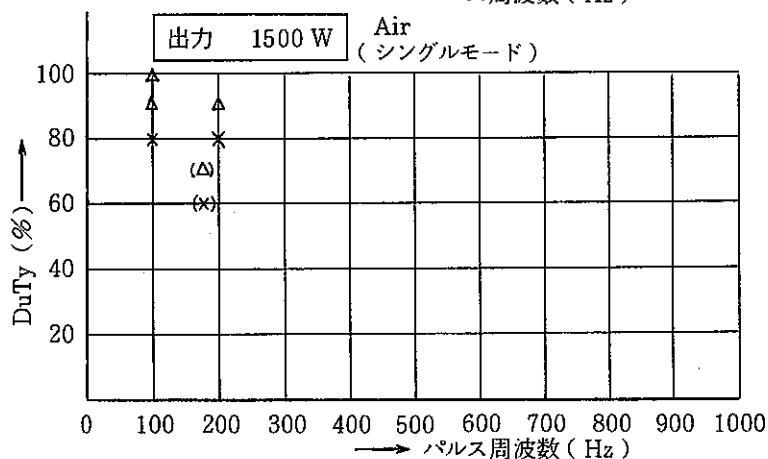
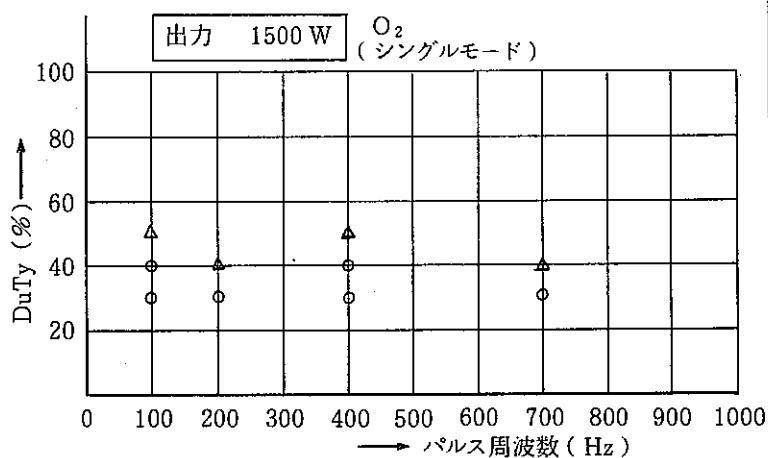


図Ⅱ-25 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6t，ΔD=3mm)

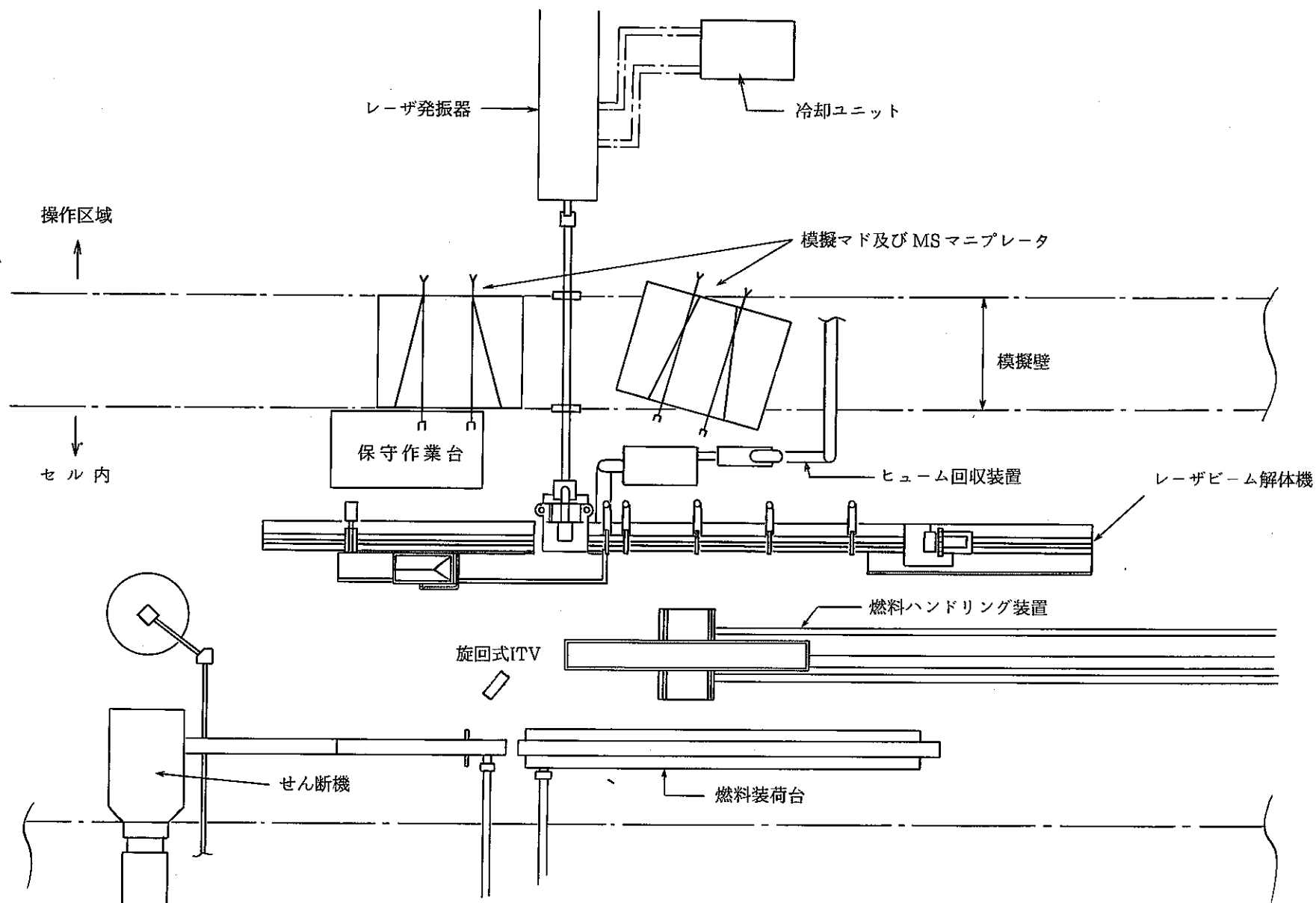
被加工体：SUS 316，6t

加工条件：230 ℓ/min，ノズル径φ 3 mm， $\Delta D = -2$ mm

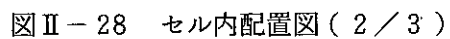
照射時間3 sec [() 内は6 sec]



図Ⅱ-26 ピアッシング(孔あけ)条件と切断性能の関係(6t， $\Delta D = -2$ mm，
アシストガス O_2 Air N_2)



図Ⅱ-27 セル内配置図(1/3)



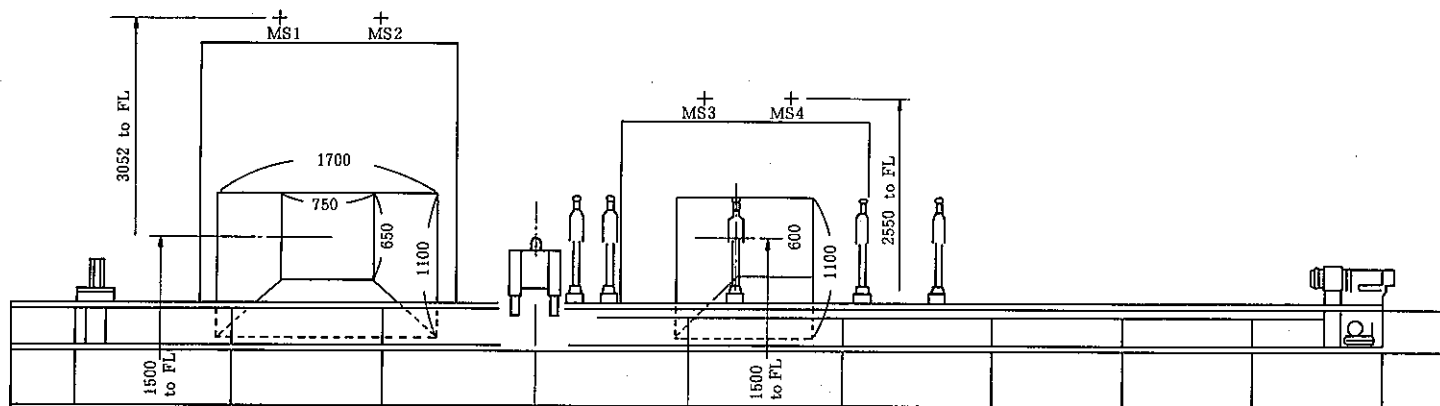
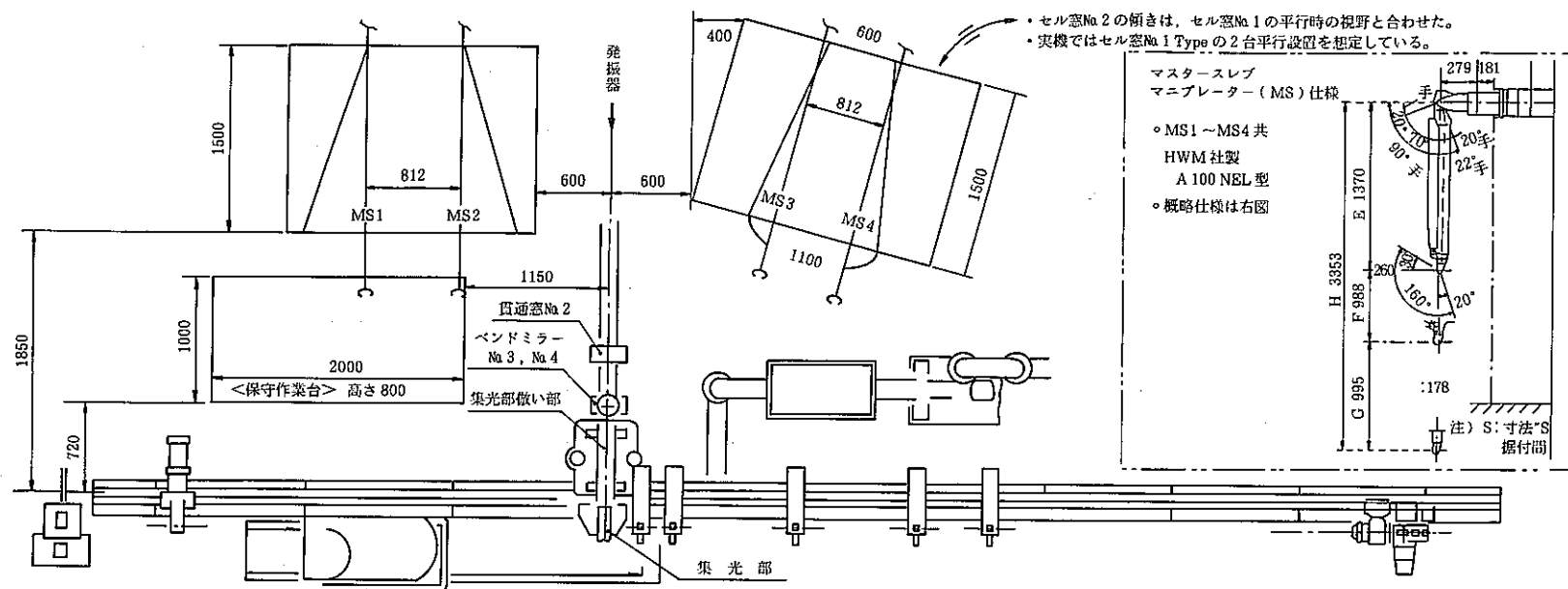
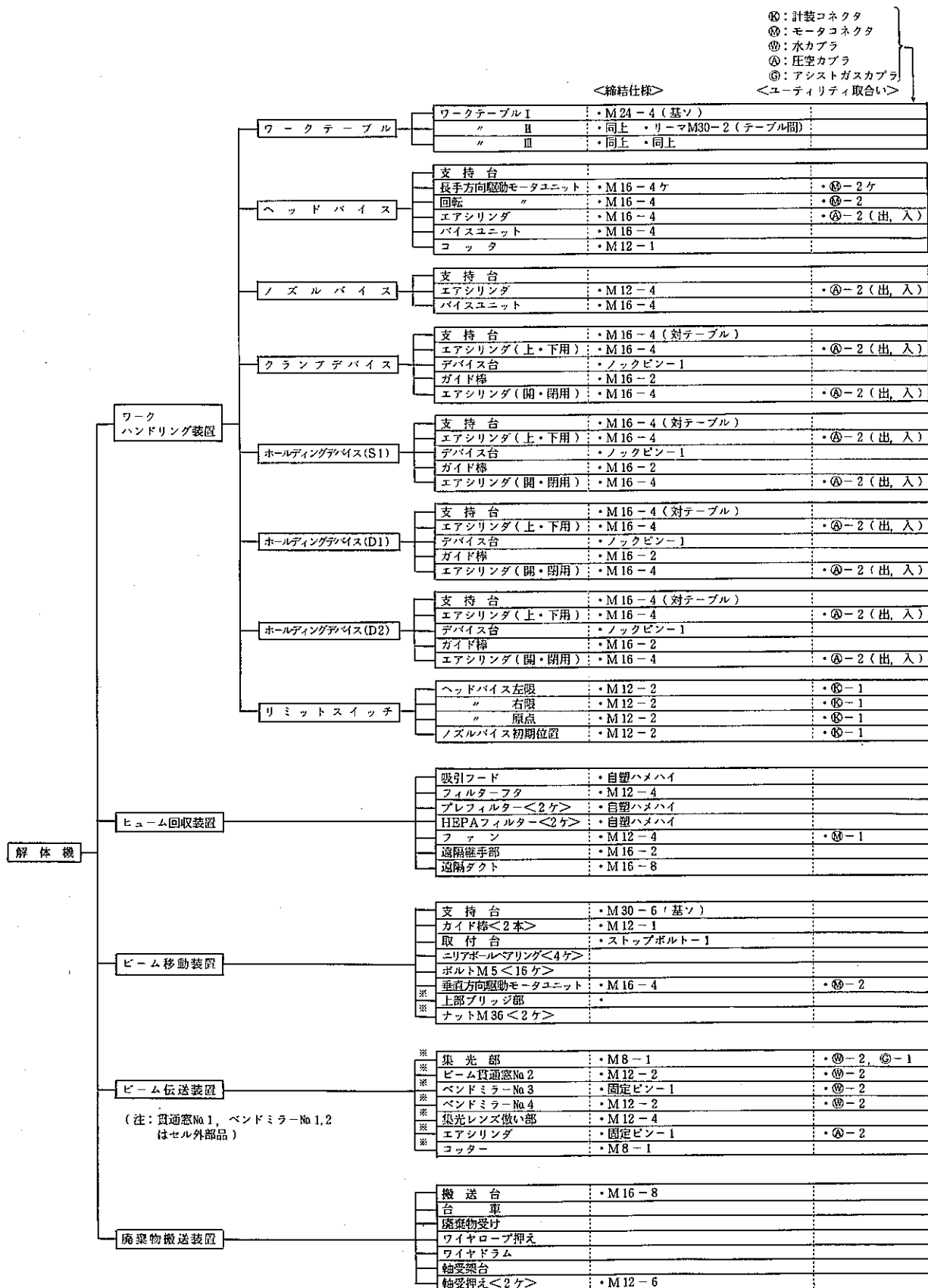
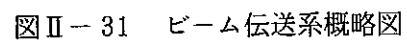


図 II - 29 セル内配置図 (3 / 3)



図Ⅱ-30 レーザ解体機部品構成図(遠隔保守最小部品)



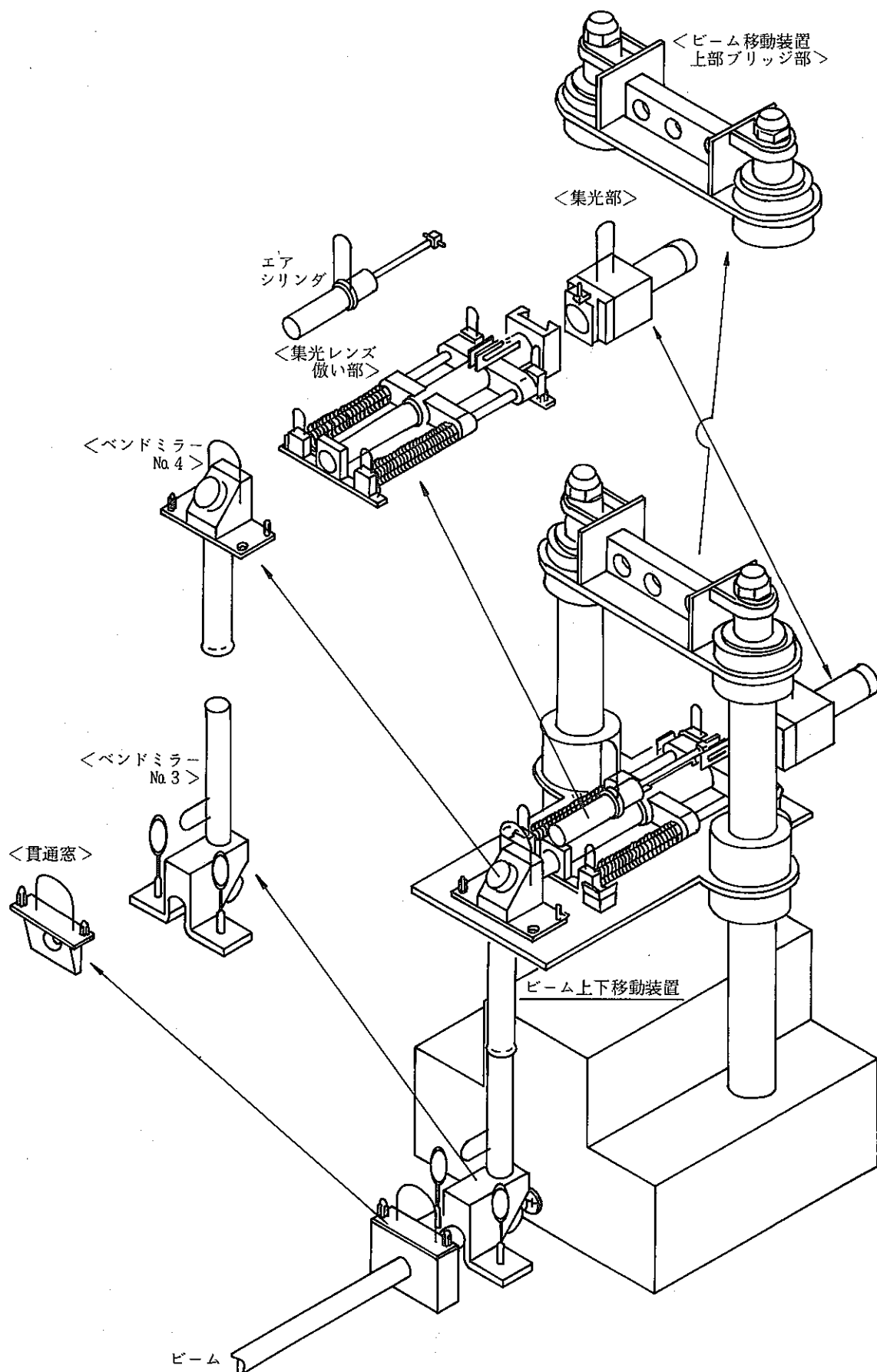


図 II - 32 ビーム伝送系分解図

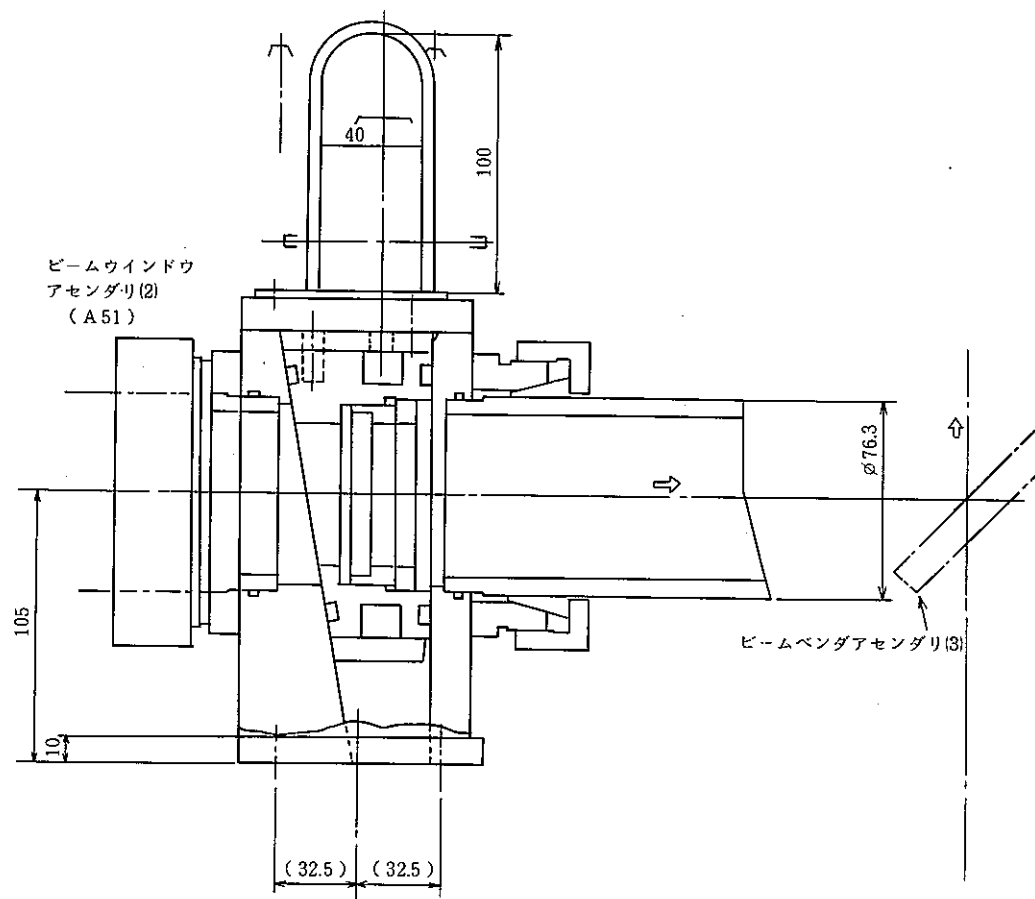
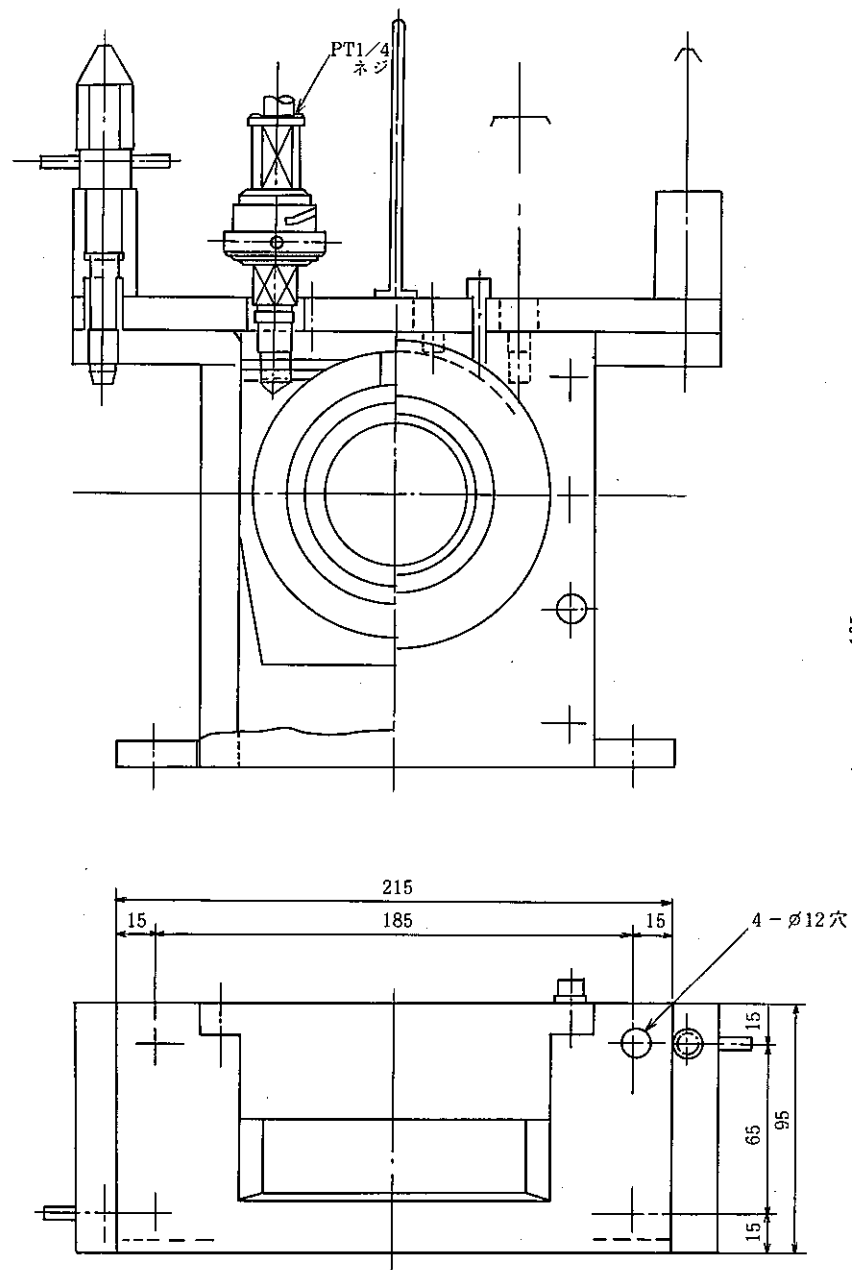
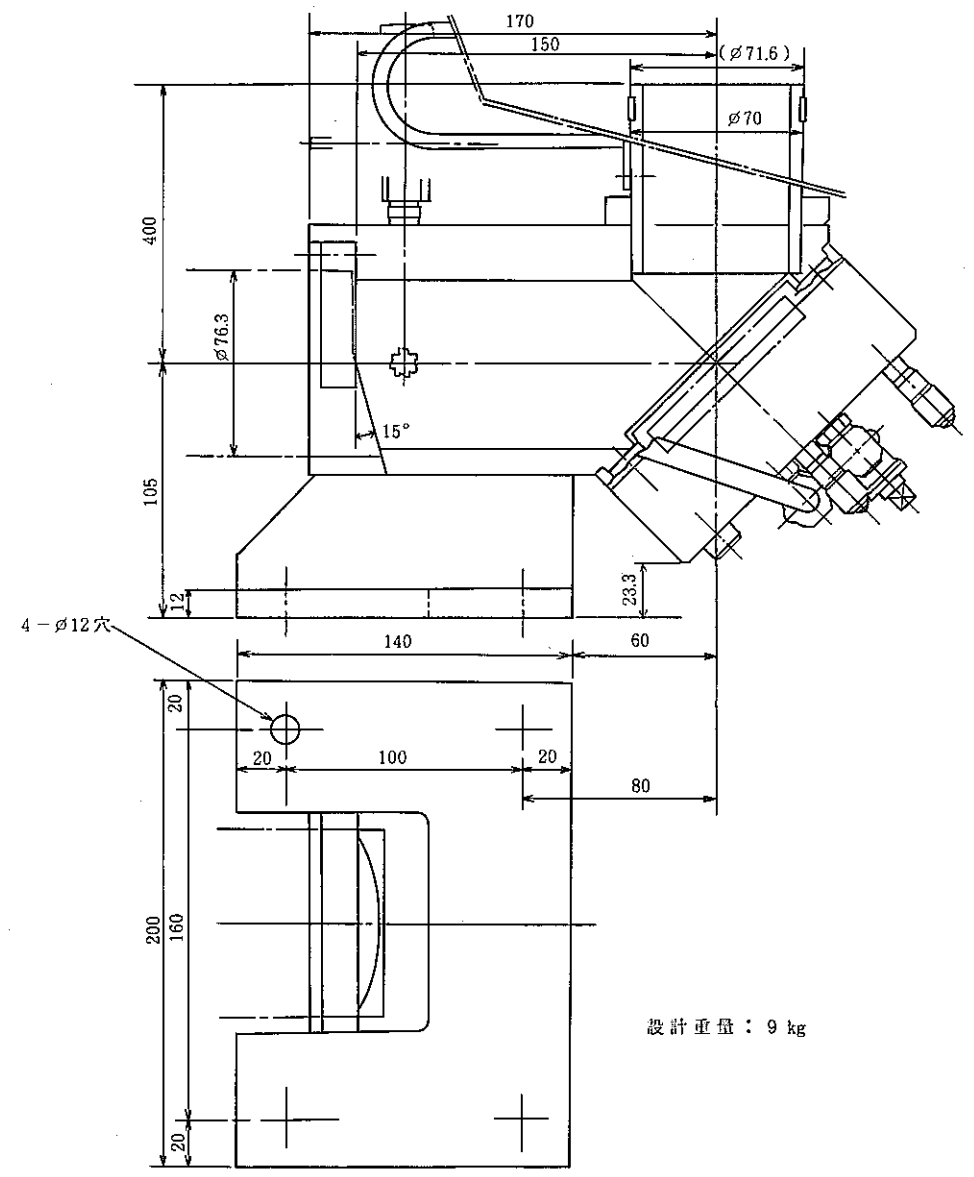
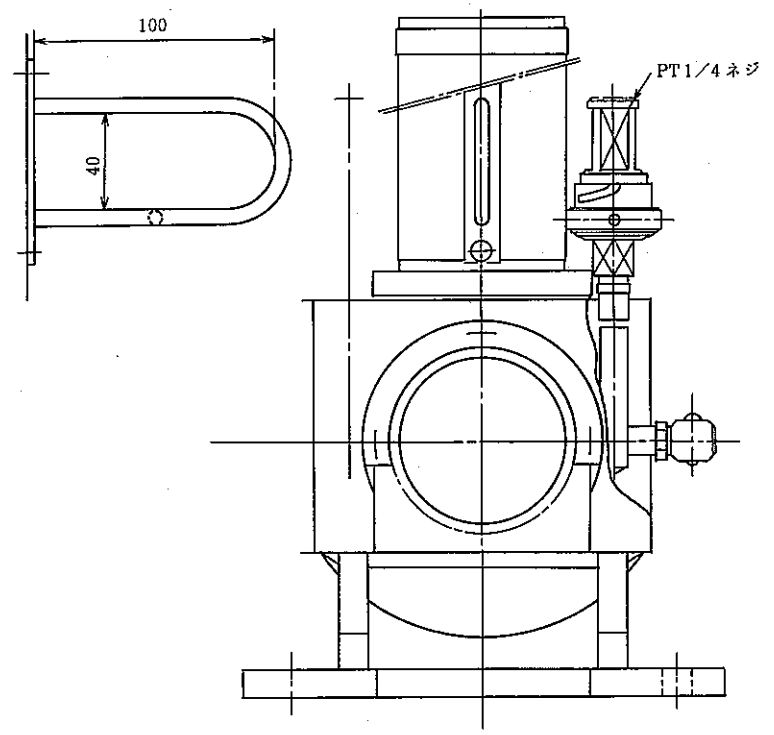


図 II - 33 貫通窓 No. 2 詳細図

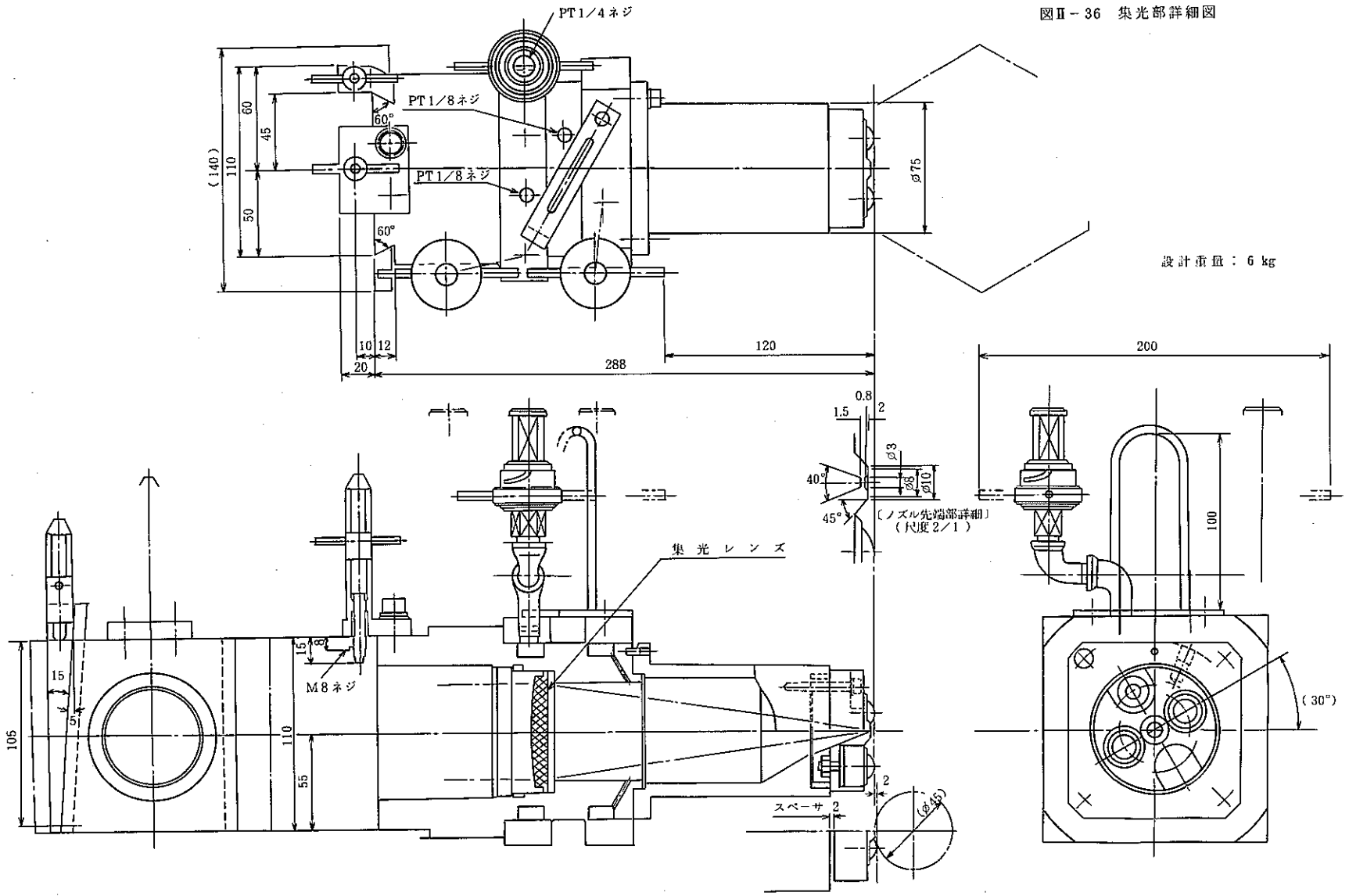


設計重量：9 kg

図Ⅱ-34 ベンドミラーNo.3 詳細図



図Ⅱ-36 集光部詳細図



図Ⅱ-36 集光部詳細図

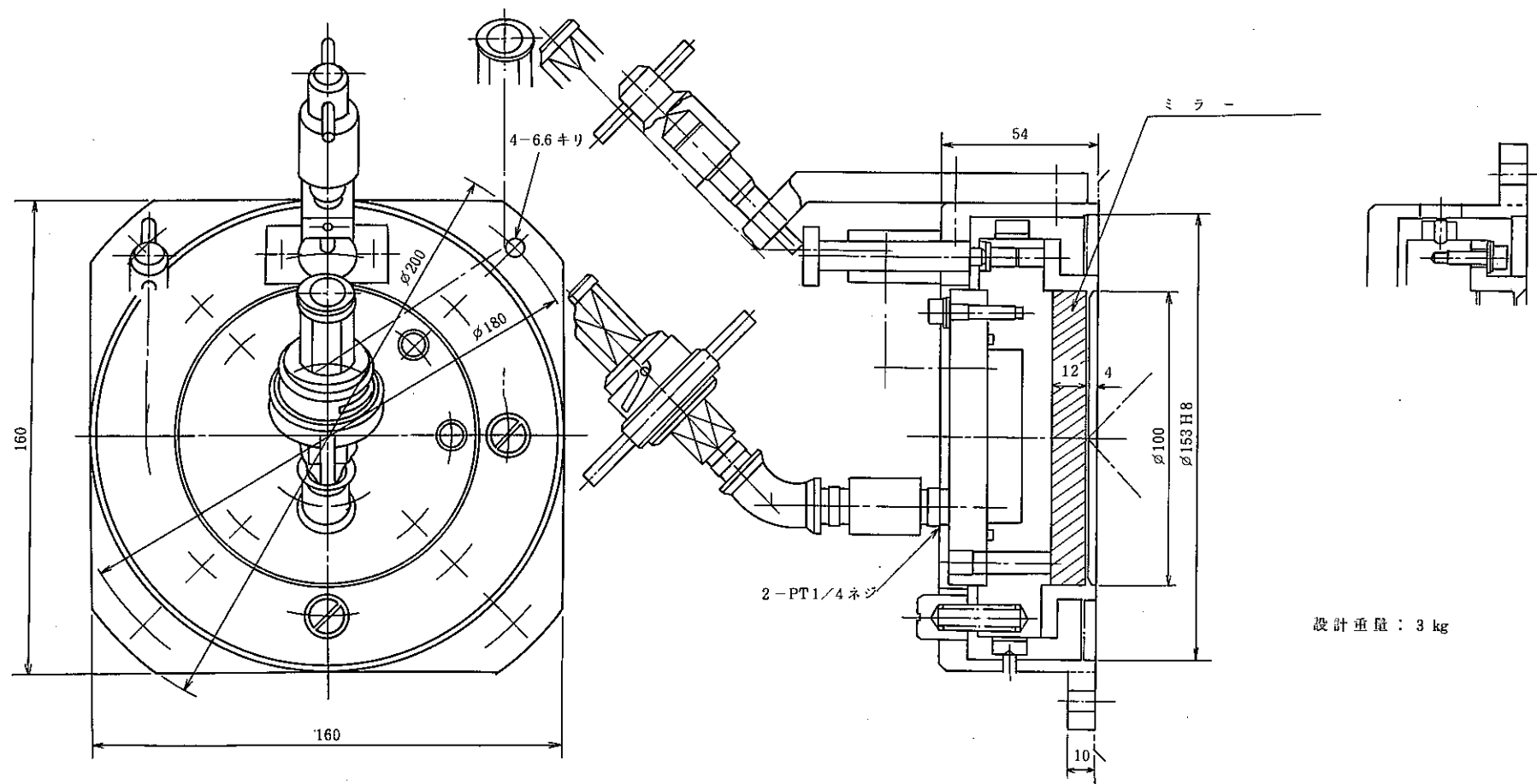
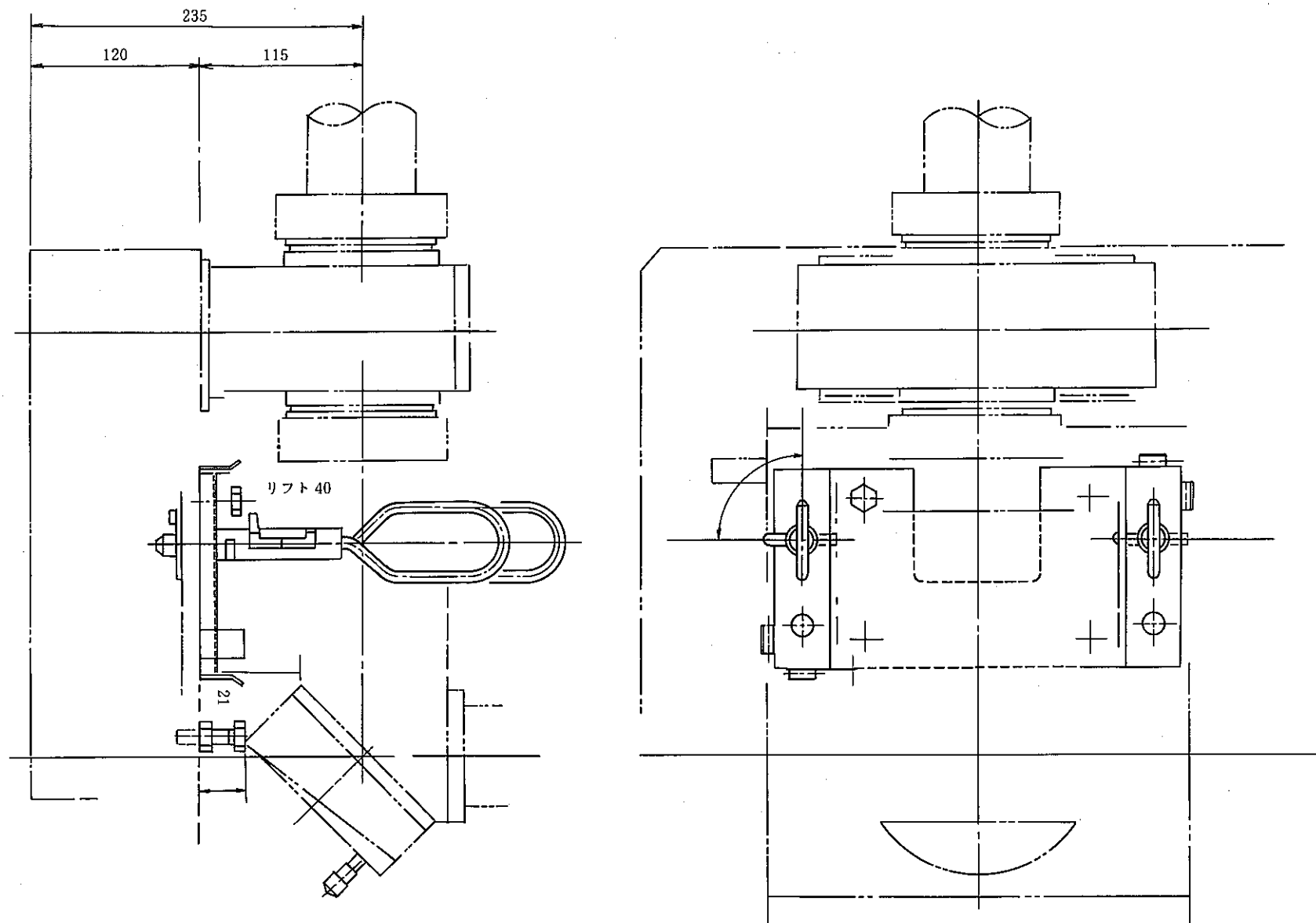


図 II - 37 ベンドミラー内部詳細図



図Ⅱ-38 ベンドミラーNo.3 締結部詳細図

解 体 機 能 試 験

試験記録及び写真集

件 名

レ ー ザ ー ビ ー ム 解 体 工 学 試 験

期 間

S59・3・B～3・M (前処理プロセスシステム
試験3/13～3/14)

作成者

西 岡

1. 目 的

一連の前処理プロセス機器のシステム作動試験を行い、問題点の洗い出しを行い、今後の試験の指針とする。
本報告では燃料集集体装荷からレーザー解体および減容までをとりまとめる。

2. 試験条件

2-1 供 試 体

「もんじゅ」タイプ模擬燃料集集体 重量 130 kg (実測)
材質：ラッパ管、組棒、ノックバー、被覆管 —— SUS 316
：エントランスノズル、ハンドリングヘッド —— SUS 304
：模擬ペレット —— フォルステライト (2 MgO・SiO₂)

2-2 解体手順

①エントランスノズル切断→②ラッパ管長手切断→③周切断→④部分引き抜き →
→⑤組棒切断→⑥ラッパ管引き抜き→ (⑦ビン束をせん断機へ) →⑧ラッパ管減容

2-3 切断条件

切断基礎試験を未だ行っておらず、検収試験時の切断条件をベースに定めた。
固定条件
・アシストガス：O₂ ・流量：230 ℓ/min ・ガス圧：5.5 kg/cm²
・ノズル径：φ3 ・焦点深度：切断表面ジャストフォーカス (f = 7.5")
1) エントランスノズル切断 —— 出力 1500W (シングルモード) 速度 48.6 cm/min
2) ラッパ管長手切断 —— " 1000W (") " 150 cm/min
200 cm/min
3) 周切断 —— " 1500W (") " 200 cm/min
4) 組棒部切断 —— " 1500W (") " 70 cm/min
5) ラッパ管周切断 (減容) —— " 1500W (") " 200 cm/min

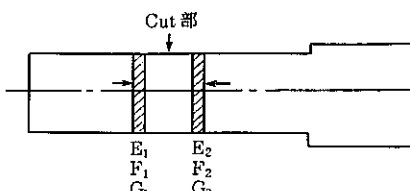
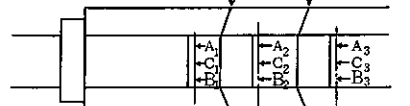
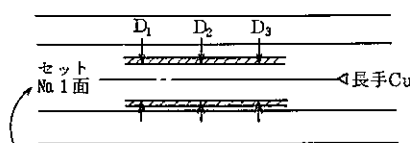
3. 試験結果

3-1 切断性能評価

1) 切断能力
2-3 項の切断条件にて十分な切断能力を持つことを確認した。
2) 主な問題点
問題点1 ラッパ管長手切断時のビン損傷
・詳細データ (添付1) に示す通りビンの損傷は切断開始穴あけ部が入熱が多く、ビンの損傷が見られた。
・その他の部分は被覆管溶融によるドロスの付着が大部分であり損傷なしと判断する。
・損傷陸徴の理由はビン整列が良く、ビン真上部をビームが照射しなかったためであり、最悪を考えた場合のビン真上部ビーム照射時の損傷度合等、切断基礎試験で詰めていく必要あり。
問題点2 ノズルの損傷
・詳細データ (添付3) に示す通り、切断に伴いドロスのねかえりによりノズル先端部の損傷がある。
・最も損傷を受けるのはエントランスノズル (5t) の切断開始穴あけ時である。
・ノズル構造、ノズル材質 (現材質 A 5052 : 融点 690℃→高融点材質) を見直す必要あり。
問題点3 切断条件の見直し
・除去量を最小にする切断条件、ビン損傷を最小にする切断条件は基礎的な要素試験を行って詰めていく必要あり。本試験の中で切断巾を計測しようとしたが誤差が大きくて無理であった。

3-2 解体性能評価
1) 解体所要時間 (本手順にてトラブルなく解体、減容した場合)
・装荷からビン束渡し迄 - 20 分 ・ラッパ管減容 - 15 分 30 秒
(内、ビーム照射時間 3 分) (内、ビーム照射時間 1 分)
2) 主な問題点
問題点4 組棒部切断時切り残しあり
・詳細データ (添付2) に示す通り組棒切断時は切断開始部と終了部がズレて切り離しできなかった。→手動にて長手切断を行うことによって切り離した。
・組棒切断部芯出し機構を付加するか、切断手順を見直す必要あり。
問題点5 ラッパ管引き抜き時、露出できなかったビンがあった。
・詳細データ (P 7) に示す通り、ノックバーから外れ露出しなかったビンがあった。
・実処理の時はさらに条件が悪いと考えられ、ビンの引き抜き方法を見直す必要あり。

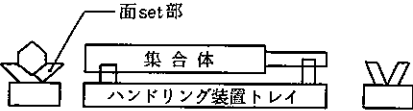
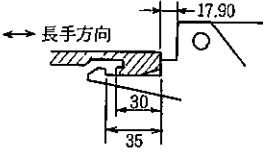
3-3 ハードウェア減容処理機能評価
・ハードウェアは解体・減容後自然落下により、廃棄物搬送装置のトレイ内に納まることは確認できた。但し、整列状態は悪く、そのままクレーン吊り上げては傾く恐れがある。
・ハル収納等も含めた廃棄物収納システム全体を考えた中で、ハードウェアの減容 (減容時期、手段、寸法) を考慮する必要がある。

No.	作業項目	作業内容	計測内容	問題点	プロセス正味時間(分)	資料No.
1.	前作業 (プロセスには関係しない)	1) 集合体重量計測 2) 切断部の切断巾を計測する為、切断面にマジックにてしるしをつけその巾を計測しておく。 3) ヘッドバイスとハンドリングヘッドに合い印を入れる(回転方向のズレを確認する為に) 4) NC機によりワーク(集合体)のPOSITIONを確認する為に各POSITIONを原点復帰する。 $X = 0$ (cm): 集合体長手方向位置 $Y = 0$ (cm): ビーム上下方向位置 $Z = 0$ (X10°): 集合体回転方向位置 5) アシストガス確認	事前計測できず、同一仕様の集合体で計測する。 ① エントランスノズル部  $E_1 \sim E_2$ 49.43 mm $F_1 \sim F_2$ 50.20 mm $G_1 \sim G_2$ 49.97 mm ② 周切断部(第1回切断および組棒部切断) 第一回周Cut 組棒Cut  ③ 長手切断部  $150\text{cm/min} - 1000\text{ W}$ <u>・POSITION計測の意味</u> プログラムの途中、適当な個所でPOSITIONを確認・計測することは集合体の位置、ビームの位置を知ることであり、トラブル発生時の自動から手動運転の切り換え等に有効である。 ・アシストガス O_2 ・流量 230 l/min ・加工ガス圧 5.5 kg/cm^2 ・ボンベ初期元圧 115 kg/cm^2	約 130 kg クレーン荷重 5 ton 用にて計測 ・Cut後、各線-Cut面距りを計測し、差し引きで切断巾を求める予定であったが誤差が大きき切断巾計測不能 ↓ 今後の切断基礎試験で計測する。 $A_1 \sim A_2 = 122.28$ $A_1 \sim A_2 = 61.55$ $B_1 \sim B_2 = 122.59$ $B_1 \sim B_2 = 61.05$ $C_1 \sim C_2 = 122.27$ $C_1 \sim C_2 = 61.41$ $D_1 = 45.15$ $D_2 = 45.95$ $D_3 = 46.39$		

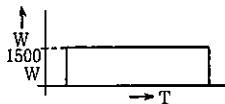
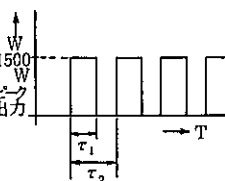
(P 2)

レーザ解体(ハンドリング装置を含む)

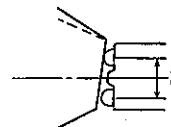
前処理工程 プロセスシステム試験

No.	作業項目	作業内容	計測内容	問題点	プロセス正味時間(分)	資料No.
2.	燃料集合体装荷	① 燃料ハンドリング装置に集合体をセットする。  ② 各ハンドリングデバイス初期位置へ設定 NC シーケンス No. N1 ~ N4 ③ 廃棄物容器を待機位置に移動 ④ 燃料ハンドリング装置を解体機側へ移動 ⑤ ホールディングバスのスパーサーを起す。 ⑥ 各デバイスの自動プログラム操作により、燃料集合体を解体機にセットする。 N5 ~ N18 ⑦ 燃料ハンドリング装置、待機位置へ移動 ⑧ 廃棄物容器を受取位置へ移動	本ハンドリング装置は前工程(缶開封)から自動的にセットを入れ、そのまま解体機に送られることを前提にしている。 長手方向セット：解体機から逆算した所定位置にセット(本装置は、長手方向位置決め部分は付けていない)。 面セット：トレイに乗せることによって面直角度は一義的に定まる。 次プロセス以降面直角度が保証されているか否か、計測を行う。 装荷前状況 photo. No. 1 ~ 3 装荷後状況 photo. No. 4 ~ 5 ① 長手方向ズレ計測—初期位置  ② 長手方向ズレ計測—本寸法位置	MSによる作業となる。 MSのアームリーチとの取り扱い検討要す。 本寸法を計測することにより長手方向のズレ量を計測する。(maxズレ量5mm)	17" 24" 1'35" 1'01" 10" 20"	

前処理工程 プロセスシステム試験 レーザ解体

No.	作業項目	作業内容	計測内容	問題点	プロセス正味時間分	資料No
3.	エントランスノズル切断 切断条件 ① 穴あけ（切断開始部） ・ ピン出力 1500W ・ 周波数 200Hz ・ Duty 70% ・ 時間 3sec ② 連続切断 ・ 出力 1500W ・ 切断速度 486mm/min （回転速度 795°/min） ・ SPAN 420° （60°ラップ） 定義 ◎連続発振 出力 1500W  ◎パルス発振 ・ ピーク出力 1500W ・ 周波数 200Hz ・ Duty 70%  ・ 周波数 $f = \frac{1}{\tau_2} = 200\text{Hz}$ ・ Duty $= \frac{\tau_1}{\tau_2} = 70\%$	④ 1) 出力調整 ◎ここで準備キー-ON 出力 1500W パルスDuty 70% 放電電流 5.41A ⑤ 2) エントランスノズル切断 ・ 周切りSPAN 420° ・ 周速度 795°/min = 486mm/min N 21 ~ N 31 3) X軸5cm後退ののち、ノズルバイスが開いてエントランスノズル落下 N 32 ~ N 35	エントランスノズル切断前状況 photo.No 5 切断時出力 1500W（調整値通り） 切断前状況 photo.No 6 廃棄トレイの状況 photo.No 7 ⑥-〈折断後確認項目〉 ① NC機POSITION指示 X = 20.1 (cm) Y = 0 (cm) Z = 42.000 (x10deg) ② ハンドリングヘッドとヘッドバイスの回転方向のズレ 0°		2'15" 1'02"	

No	作 業 項 目	作 業 内 容	計 測 内 容	問 題 点	プロセス正味時間(分)	資料No
4.	ラッパ管長手方向切断 ① 切断条件 ② 穴あけ(切断開始部) ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ ㏀ ㏁ ㏂ ㏃ ㏄ ㏅ ㏆ ㏇ ㏈ ㏉ ㏊ ㏋ ㏌ ㏍ ㏎ ㏏ ㏐ ㏑ ㏒ ㏓ ㏔ ㏕ ㏖ ㏗ ㏘ ㏙ ㏚ ㏛ ㏜ ㏝ ㏞ ㏟ ㏠ ㏡ ㏢ ㏣ ㏤ ㏥ ㏦ ㏧ ㏨ ㏩ ㏪ ㏫ ㏬ ㏭ ㏮ ㏯ ㏰ ㏱ ㏲ ㏳ ㏴ ㏵ ㏶ ㏷ ㏸ ㏹ ㏺ ㏻ ㏼ ㏽ ㏾ ㏿ 㐀 㐁 㐂 㐃 㐄 㐅 㐆 㐇 㐈 㐉 㐊 㐋 㐌 㐍 㐎 㐏 㐐 㐑 㐒 㐓 㐔 㐕 㐖 㐗 㐘 㐙 㐚 㐛 㐜 㐝 㐞 㐟 㐠 㐡 㐢 㐣 㐤 㐥 㐦 㐧 㐨 㐩 㐪 㐫 㐬 㐭 㐮 㐯 㐰 㐱 㐲 㐳 㐴 㐵 㐶 㐷 㐸 㐹 㐺 㐻 㐼 㐽 㐾 㐿 㑀 㑁 㑂 㑃 㑄 㑅 㑆 㑇 㑈 㑉 㑊 㑋 㑌 㑍 㑎 㑏 㑐 㑑 㑒 㑓 㑔 㑕 㑖 㑗 㑘 㑙 㑚 㑛 㑜 㑝 㑞 㑟 㑠 㑡 㑢 㑣 㑤 㑥 㑦 㑧 㑨 㑩 㑪 㑫 㑬 㑭 㑮 㑯 㑰 㑱 㑲 㑳 㑴 㑵 㑶 㑷 㑸 㑹 㑺 㑻 㑼 㑽 㑾 㑿 㒀 㒁 㒂 㒃 㒄 㒅 㒆 㒇 㒈 㒉 㒊 㒋 㒌 㒍 㒎 㒏 㒐 㒑 㒒 㒓 㒔 㒕 㒖 㒗 㒘 㒙 㒚 㒛 㒜 㒝 㒞 㒟 㒠 㒡 㒢 㒣 㒤 㒥 㒦 㒧 㒨 㒩 㒪 㒫 㒬 㒭 㒮 㒯 㒰 㒱 㒲 㒳 㒴 㒵 㒶 㒷 㒸 㒹 㒺 㒻 㒼 㒽 㒾 㒿 㓀 㓁 㓂 㓃 㓄 㓅 㓆 㓇 㓈 㓉 㓊 㓋 㓌 㓍 㓎 㓏 㓐 㓑 㓒 㓓 㓔 㓕 㓖 㓗 㓘 㓙 㓚 㓛 㓜 㓝 㓞 㓟 㓠 㓡 㓢 㓣 㓤 㓥 㓦 㓧 㓨 㓩 㓪 㓫 㓬 㓭 㓮 㓯 㓰 㓱 㓲 㓳 㓴 㓵 㓶 㓷 㓸 㓹 㓺 㓻 㓼 㓽 㓾 㓿 㔀 㔁 㔂 㔃 㔄 㔅 㔆 㔇 㔈 㔉 㔊 㔋 㔌 㔍 㔎 㔏 㔐 㔑 㔒 㔓 㔔 㔕 㔖 㔗 㔘 㔙 㔚 㔛 㔜 㔝 㔞 㔟 㔠 㔡 㔢 㔣 㔤 㔥 㔦 㔧 㔨 㔩 㔪 㔫 㔬 㔭 㔮 㔯 㔰 㔱 㔲 㔳 㔴 㔵 㔶 㔷 㔸 㔹 㔺 㔻 㔼 㔽 㔾 㔿 㕀 㕁 㕂 㕃 㕄 㕅 㕆 㕇 㕈 㕉 㕊 㕋 㕌 㕍 㕎 㕏 㕐 㕑 㕒 㕓 㕔 㕕 㕖 㕗 㕘 㕙 㕚 㕛 㕜 㕝 㕞 㕟 㕠 㕡 㕢 㕣 㕤 㕥 㕦 㕧 㕨 㕩 㕪 㕫 㕬 㕭 㕮 㕯 㕰 㕱 㕲 㕳 㕴 㕵 㕶 㕷 㕸 㕹 㕺 㕻 㕼 㕽 㕾 㕿 㖀 㖁 㖂 㖃 㖄 㖅 㖆 㖇 㖈 㖉 㖊 㖋 㖌 㖍 㖎 㖏 㖐 㖑 㖒 㖓 㖔 㖕 㖖 㖗 㖘 㖙 㖚 㖛 㖜 㖝 㖞 㖟 㖠 㖡 㖢 㖣 㖤 㖥 㖦 㖧 㖨 㖩 㖪 㖫 㖬 㖭 㖮 㖯 㖰 㖱 㖲 㖳 㖴 㖵 㖶 㖷 㖸 㖹 㖺 㖻 㖼 㖽 㖾 㖿 㗀 㗁 㗂 㗃 㗄 㗅 㗆 㗇 㗈 㗉 㗊 㗋 㗌 㗍 㗎 㗏 㗐 㗑 㗒 㗓 㗔 㗕 㗖 㗗 㗘 㗙 㗚 㗛 㗜 㗝 㗞 㗟 㗠 㗡 㗢 㗣 㗤 㗥 㗦 㗧 㗨 㗩 㗪 㗫 㗬 㗭 㗮 㗯 㗰 㗱 㗲 㗳 㗴 㗵 㗶 㗷 㗸 㗹 㗺 㗻 㗼 㗽 㗾 㗿 㘀 㘁 㘂 㘃 㘄 㘅 㘆 㘇 㘈 㘉 㘊 㘋 㘌 㘍 㘎 㘏 㘐 㘑 㘒 㘓 㘔 㘕 㘖 㘗 㘘 㘙 㘚 㘛 㘜 㘝 㘞 㘟 㘠 㘡 㘢 㘣 㘤 㘥 㘦 㘧 㘨 㘩 㘪 㘫 㘬 㘭 㘮 㘯 㘰 㘱 㘲 㘳 㘴 㘵 㘶 㘷 㘸 㘹 㘺 㘻 㘼 㘽 㘾 㘿 㙀 㙁 㙂 㙃 㙄 㙅 㙆 㙇 㙈 㙉 㙊 㙋 㙌 㙍 㙎 㙏 㙐 㙑 㙒 㙓 㙔 㙕 㙖 㙗 㙘 㙙 㙚 㙛 㙜 㙝 㙞 㙟 㙠 㙡 㙢 㙣 㙤 㙥 㙦 㙧 㙨 㙩 㙪 㙫 㙬 㙭 㙮 㙯 㙰 㙱 㙲 㙳 㙴 㙵 㙶 㙷 㙸 㙹 㙺 㙻 㙼 㙽 㙾 㙿 㚀 㚁 㚂 㚃 㚄 㚅 㚆 㚇 㚈 㚉 㚊 㚋 㚌 㚍 㚎 㚏 㚐 㚑 㚒 㚓 㚔 㚕 㚖 㚗 㚘 㚙 㚚 㚛 㚜 㚝 㚞 㚟 㚠 㚡 㚢 㚣 㚤 㚥 㚦 㚧 㚨 㚩 㚪 㚫 㚬 㚭 㚮 㚯 㚰 㚱 㚲 㚳 㚴 㚵 㚶 㚷 㚸 㚹 㚺 㚻 㚼 㚽 㚾 㚿 㜀 㜁 㜂 㜃 㜄 㜅 㜆 㜇 㜈 㜉 㜊 㜋 㜌 㜍 㜎 㜏 㜐 㜑 㜒 㜓 㜔 㜕 㜖 㜗 㜘 㜙 㜚 㜛 㜜 㜝 㜞 㜟 㜠 㜡 㜢 㜣 㜤 㜥 㜦 㜧 㜨 㜩 㜪 㜫 㜬 㜭 㜮 㜯 㜰 㜱 㜲 㜳 㜴 㜵 㜶 㜷 㜸 㜹 㜺 㜻 㜼 㜽 㜾 㜿 㝀 㝁 㝂 㝃 㝄 㝅 㝆 㝇 㝈 㝉 㝊 㝋 㝌 㝍 㝎 㝏 㝐 㝑 㝒 㝓 㝔 㝕 㝖 㝗 㝘 㝙 㝚 㝛 㝜 㝝 㝞 㝟 㝠 㝡 㝢 㝣 㝤 㝥 㝦 㝧 㝨 㝩 㝪 㝫 㝬 㝭 㝮 㝯 㝰 㝱 㝲 㝳 㝴 㝵 㝶 㝷 㝸 㝹 㝺 㝻 㝼 㝽 㝾 㝿 㞀 㞁 㞂 㞃 㞄 㞅 㞆 㞇 㞈 㞉 㞊 㞋 㞌 㞍 㞎 㞏 㞐 㞑 㞒 㞓 㞔 㞕 㞖 㞗 㞘 㞙 㞚 㞛 㞜 㞝 㞞 㞟 㞠 㞡 㞢 㞣 㞤 㞥 㞦 㞧 㞨 㞩 㞪 㞫 㞬 㞭 㞮 㞯 㞰 㞱 㞲 㞳 㞴 㞵 㞶 㞷 㞸 㞹 㞺 㞻 㞼 㞽 㞾 㞿 㟀 㟁 㟂 㟃 㟄 㟅 㟆 㟇 㟈 㟉 㟊 㟋 㟌 㟍 㟎 㟏 㟐 㟑 㟒 㟓 㟔 㟕 㟖 㟗 㟘 㟙 㟚 㟛 㟜 㟝 㟞 㟟 㟠 㟡 㟢 㟣 㟤 㟥 㟦 㟧 㟨 㟩 㟪 㟫 㟬 㟭 㟮 㟯 㟰 㟱 㟲 㟳 㟴 㟵 㟶 㟷 㟸 㟹 㟺 㟻 㟼 㟽 㟾 㟿 㠀 㠁 㠂 㠃 㠄 㠅 㠆 㠇 㠈 㠉 㠊 㠋 㠌 㠍 㠎 㠏 㠐 㠑 㠒 㠓 㠔 㠕 㠖 㠗 㠘 㠙 㠚 㠛 㠜 㠝 㠞 㠟 㠠 㠡 㠢 㠣 㠤 㠥 㠦 㠧 㠨 㠩 㠪 㠫 㠬 㠭 㠮 㠯 㠰 㠱 㠲 㠳 㠴 㠵 㠶 㠷 㠸 㠹 㠺 㠻 㠼 㠽 㠾 㠿 㡀 㡁 㡂 㡃 㡄 㡅 㡆 㡇 㡈 㡉 㡊 㡋 㡌 㡍 㡎 㡏 㡐 㡑 㡒 㡓 㡔 㡕 㡖 㡗 㡘 㡙 㡚 㡛 㡜 㡝 㡞 㡟 㡠 㡡 㡢 㡣 㡤 㡥 㡦 㡧 㡨 㡩 㡪 㡫 㡬 㡭 㡮 㡯 㡰 㡱 㡲 㡳 㡴 㡵 㡶 㡷 㡸 㡹 㡺 㡻 㡼 㡽 㡾 㡿 㢀 㢁 㢂 㢃 㢄 㢅 㢆 㢇 㢈 㢉 㢊 㢋 㢌 㢍 㢎 㢏 㢐 㢑 㢒 㢓 㢔 㢕 㢖 㢗 㢘 㢙 㢚 㢛 㢜 㢝 㢞 㢟 㢠 㢡 㢢 㢣 㢤 㢥 㢦 㢧 㢨 㢩 㢪 㢫 㢬 㢭 㢮 㢯 㢰 㢱 㢲 㢳 㢴 㢵 㢶 㢷 㢸 㢹 㢺 㢻 㢼 㢽 㢾 㢿 㣀 㣁 㣂 㣃 㣄 㣅 㣆 㣇 㣈 㣉 㣊 㣋 㣌 㣍 㣎 㣏 㣐 㣑 㣒 㣓 㣔 㣕 㣖 㣗 㣘 㣙 㣚 㣛 㣜 㣝 㣞 㣟 㣠 㣡 㣢 㣣 㣤 㣥 㣦 㣧 㣨 㣩 㣪 㣫 㣬 㣭 㣮 㣯 㣰 㣱 㣲 㣳 㣴 㣵 㣶 㣷 㣸 㣹 㣺 㣻 㣼 㣽 㣾 㣿 㤀 㤁 㤂 㤃 㤄 㤅 㤆 㤇 㤈 㤉 㤊 㤋 㤌 㤍 㤎 㤏 㤐 㤑 㤒 㤓 㤔 㤕 㤖 㤗 㤘 㤙 㤚 㤛 㤜 㤝 㤞 㤟 㤠 㤡 㤢 㤣 㤤 㤥 㤦 㤧 㤨 㤩 㤪 㤫 㤬 㤭 㤮 㤯 㤰 㤱 㤲 㤳 㤴 㤵 㤶 㤷 㤸 㤹 㤺 㤻 㤼 㤽 㤾 㤿 㥀 㥁 㥂 㥃 㥄 㥅 㥆 㥇 㥈 㥉 㥊 㥋 㥌 㥍 㥎 㥏 㥐 㥑 㥒 㥓 㥔 㥕 㥖 㥗 㥘 㥙 㥚 㥛 㥜 㥝 㥞 㥟 㥠 㥡 㥢 㥣 㥤 㥥 㥦 㥧 㥨 㥩 㥪 㥫 㥬 㥭 㥮 㥯 㥰 㥱 㥲 㥳 㥴 㥵 㥶 㥷 㥸 㥹 㥺 㥻 㥼 㥽 㥾 㥿 㦀 㦁 㦂 㦃 㦄 㦅 㦆 㦇 㦈 㦉 㦊 㦋 㦌 㦍 㦎 㦏 㦐 㦑 㦒 㦓 㦔 㦕 㦖 㦗 㦘 㦙 㦚 㦛 㦜 㦝 㦞 㦟 㦠 㦡 㦢 㦣 㦤 㦥 㦦 㦧 㦨 㦩 㦪 㦫 㦬 㦭 㦮 㦯 㦰 㦱 㦲 㦳 㦴 㦵 㦶 㦷 㦸 㦹 㦺 㦻 㦼 㦽 㦾 㦿 㧀 㧁 㧂 㧃 㧄 㧅 㧆 㧇 㧈 㧉 㧊 㧋 㧌 㧍 㧎 㧏 㧐 㧑 㧒 㧓 㧔 㧕 㧖 㧗 㧘 㧙 㧚 㧛 㧜 㧝 㧞 㧟 㧠 㧡 㧢 㧣 㧤 㧥 㧦 㧧 㧨 㧩 㧪 㧫 㧬 㧭 㧮 㧯 㧰 㧱 㧲 㧳 㧴 㧵 㧶 㧷 㧸 㧹 㧺 㧻 㧼 㧽 㧾 㧿 㨀 㨁 㨂 㨃 㨄 㨅 㨆 㨇 㨈 㨉 㨊 㨋 㨌 㨍 㨎 㨏 㨐 㨑 㨒 㨓 㨔 㨕 㨖 㨗 㨘 㨙 㨚 㨛 㨜 㨝 㨞 㨟 㨠 㨡 㨢 㨣 㨤 㨥 㨦 㨧 㨨 㨩 㨪 㨫 㨬 㨭 㨮 㨯 㨰 㨱 㨲 㨳 㨴 㨵 㨶 㨷 㨸 㨹 㨺 㨻 㨼 㨽 㨾 㨿 㩀 㩁 㩂 㩃 㩄 㩅 㩆 㩇 㩈 㩉 㩊 㩋 㩌 㩍 㩎 㩏 㩐 㩑 㩒 㩓 㩔 㩕 㩖 㩗 㩘 㩙 㩚 㩛 㩜 㩝 㩞 㩟 㩠 㩡 㩢 㩣 㩤 㩥 㩦 㩧 㩨 㩩 㩪 㩫 㩬 㩭 㩮 㩯 㩰 㩱 㩲 㩳 㩴 㩵 㩶 㩷 㩸 㩹 㩺 㩻 㩼 㩽 㩾 㩿 㪀 㪁 㪂 㪃 㪄 㪅 㪆 㪇 㪈 㪉 㪊 㪋 㪌 㪍 㪎 㪏 㪐 㪑 㪒 㪓 㪔 㪕 㪖 㪗 㪘 㪙 㪚 㪛 㪜 㪝 㪞 㪟 㪠 㪡 㪢 㪣 㪤 㪥 㪦 㪧 㪨 㪩 㪪 㪫 㪬 㪭 㪮 㪯 㪰 㪱 㪲 㪳 㪴 㪵 㪶 㪷 㪸 㪹 㪺 㪻 㪼 㪽 㪾 㪿 㫀 㫁 㫂 㫃 㫄 㫅 㫆 㫇 㫈 㫉 㫊 㫋 㫌 㫍 㫎 㫏 㫐 㫑 㫒 㫓 㫔 㫕 㫖 㫗 㫘 㫙 㫚 㫛 㫜 㫝 㫞 㫟 㫠 㫡 㫢 㫣 㫤 㫥 㫦 㫧 㫨 㫩 㫪 㫫 㫬 㫭 㫮 㫯 㫰 㫱 㫲 㫳 㫴 㫵 㫶 㫷 㫸 㫹 㫺 㫻 㫼 㫽 㫾 㫿 㬀 㬁 㬂 㬃 㬄 㬅 㬆 㬇 㬈 㬉 㬊 㬋 㬌 㬍 㬎 㬏 㬐 㬑 㬒 㬓 㬔 㬕 㬖 㬗 㬘 㬙 㬚 㬛 㬜 㬝 㬞 㬟 㬠 㬡 㬢 㬣 㬤 㬥 㬦 㬧 㬨 㬩 㬪 㬫 㬬 㬭 㬮 㬯 㬰 㬱 㬲 㬳 㬴 㬵 㬶 㬷 㬸 㬹 㬺 㬻 㬼 㬽 㬾 㬿 㭀 㭁 㭂 㭃 㭄 㭅 㭆 㭇 㭈 㭉 㭊 㭋 㭌 㭍 㭎 㭏 㭐 㭑 㭒 㭓 㭔 㭕 㭖 㭗 㭘 㭙 㭚 㭛 㭜 㭝 㭞 㭟 㭠 㭡 㭢 㭣 㭤 㭥 㭦 㭧 㭨 㭩 㭪 㭫 㭬 㭭 㭮 㭯 㭰 㭱 㭲 㭳 㭴 㭵 㭶 㭷 㭸 㭹 㭺 㭻 㭼 㭽 㭾 㭿 㮀 㮁 㮂 㮃 㮄 㮅 㮆 㮇 㮈 㮉 㮊 㮋 㮌 㮍 㮎 㮏 㮐 㮑 㮒 㮓 㮔 㮕 㮖 㮗 㮘 㮙 㮚 㮛 㮜 㮝 㮞 㮟 㮠 㮡 㮢 㮣 㮤 㮥 㮦 㮧 㮨 㮩 㮪 㮫 㮬 㮭 㮮 㮯 㮰 㮱 㮲 㮳 㮴 㮵 㮶 㮷 㮸 㮹 㮺 㮻 㮼 㮽 㮾 㮿 㯀 㯁 㯂 㯃 㯄 㯅 㯆 㯇 㯈 㯉 㯊 㯋 㯌 㯍 㯎 㯏 㯐 㯑 㯒 㯓 㯔 㯕 㯖 㯗 㯘 㯙 㯚 㯛 㯜 㯝 㯞 㯟 㯠 㯡 㯢 㯣 㯤 㯥 㯦 㯧 㯨 㯩 㯪 㯫 㯬 㯭 㯮 㯯 㯰 㯱 㯲 㯳 㯴 㯵 㯶 㯷 㯸 㯹 㯺 㯻 㯼 㯽 㯾 㯿 㰀 㰁 㰂 㰃 㰄 㰅 㰆 㰇 㰈 㰉 㰊 㰋 㰌 㰍 㰎 㰏 㰐 㰑 㰒 㰓 㰔 㰕 㰖 㰗 㰘 㰙 㰚 㰛 㰜 㰝 㰞 㰟 㰠 㰡 㰢 㰣 㰤 㰥 㰦 㰧 㰨 㰩 㰪 㰫 㰬 㰭 㰮 㰯 㰰 㰱 㰲 㰳 㰴 㰵 㰶 㰷 㰸 㰹 㰺 㰻 㰼 㰽 㰾 㰿 㱀 㱁 㱂 㱃 㱄 㱅 㱆 㱇 㱈 㱉 㱊 㱋 㱌 㱍 㱎 㱏 㱐 㱑 㱒 㱓 㱔 㱕 㱖 㱗 㱘 㱙 㱚 㱛 㱜 㱝 㱞 㱟 㱠 㱡 㱢 㱣 㱤 㱥 㱦 㱧 㱨 㱩 㱪 㱫 㱬 㱭 㱮 㱯 㱰 㱱 㱲 㱳 㱴 㱵 㱶 㱷 㱸 㱹 㱺 㱻 㱼 㱽 㱾 㱿 㲀 㲁 㲂 㲃 㲄 㲅 㲆 㲇 㲈 㲉 㲊 㲋 㲌 㲍 㲎 㲏 㲐 㲑 㲒 㲓 㲔 㲕 㲖 㲗 㲘 㲙 㲚 㲛 㲜 㲝 㲞 㲟 㲠 㲡 㲢 㲣 㲤 㲥 㲦 㲧 㲨 㲩 㲪 㲫 㲬 㲭 㲮 㲯 㲰 㲱 㲲 㲳 㲴 㲵 㲶 㲷 㲸 㲹 㲺 㲻 㲼 㲽 㲾 㲿 㳀 㳁 㳂 㳃 㳄 㳅 㳆 㳇 㳈 㳉 㳊 㳋 㳌 㳍 㳎 㳏 㳐 㳑 㳒 㳓 㳔 㳕 㳖 㳗 㳘 㳙 㳚 㳛 㳜 㳝 㳞 㳟 㳠 㳡 㳢 㳣 㳤 㳥 㳦 㳧 㳨 㳩 㳪 㳫 㳬 㳭 㳮 㳯 㳰 㳱 㳲 㳳 㳴 㳵 㳶 㳷 㳸 㳹 㳺 㳻 㳼 㳽 㳾 㳿 㴀 㴁 㴂 㴃 㴄 㴅 㴆 㴇 㴈 㴉 㴊 㴋 㴌 㴍 㴎 㴏 㴐 㴑 㴒 㴓 㴔 㴕 㴖 㴗 㴘 㴙 㴚 㴛 㴜 㴝 㴞 㴟 㴠 㴡 㴢 㴣 㴤 㴥 㴦 㴧 㴨 㴩 㴪 㴫 㴬 㴭 㴮 㴯 㴰 㴱 㴲 㴳 㴴 㴵 㴶 㴷 㴸 㴹 㴺 㴻 㴼 㴽 㴾 㴿 㵀 㵁 㵂 㵃 㵄 㵅 㵆 㵇 㵈 㵉 㵊 㵋 㵌 㵍 㵎 㵏 㵐 㵑 㵒 㵓 㵔 㵕 㵖 㵗 㵘 㵙 㵚 㵛 㵜 㵝 㵞 㵟 㵠 㵡 㵢 㵣 㵤 㵥 㵦 㵧 㵨 					

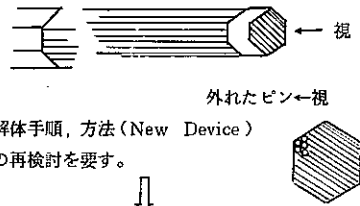
No.	作 業 項 目	作 業 内 容	計 測 内 容	問 題 点	プロセス正味時間(分)	資料No	
5.	第1回ラッパ管周切断	確認 ① ビーム出力 15kw ② 周切断部の長手方向寸法チェック 自動運転 ③ 周切断プログラム O 1000 により周切断開始 N 76 ④ 切 断 ⑤ 周切断終了 N 80	1.5kw Duty = 70% A = 5.56(A) 予定通り i) 切断中の出力変化 1面～6面まで変化なし (1.5kw) ii) 終了 Position の X = 94.9 Y = - 3.3 Z = 60.0 iii) Z 軸のねじれ計測 約 2mm = 約 2deg	面の直角度が 2°変化したことを意味する。 ・焦点深度の変化  変化量 = $10 \times \sin 2^\circ$ ≒ 0.35 mm (ジャストフォーカスから オーバーフォーカス 0.35mm になった) ・上下ストロークの変化 66.20 mm から $66.2 \times \cos 2^\circ = 66.16$ mm に変化 基礎試験で確性する必要はあるが、技術 データによると上記変化量は切断性能に 問題なしと判断する。	40"	2'22"	
	切断条件 穴あけ (第一面切断開始部のみ) ・ピーク出力 1500W ・周波数 200Hz ・Duty 70% ・時間 3sec ② 連続切断 (各面間是不連続) ・出力 1500W ・切断速度 200cm/min ・SPAN 6.6cm×6 (一面ストローク)		切断状況 photo. No 13～16				

(P 6)

レーザ解体

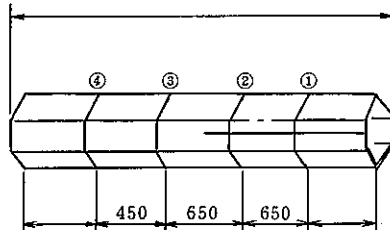
前処理工程 プロセスシステム試験

No	作 業 項 目	作 業 内 容	計 測 内 容	問 題 点	プロセス正味時間(分)	資料No	
6.	ラッパ管引き抜き (一部引き抜き)	自動運転 N 81 ~ N 84 ① X 軸-方向へ移動(-87.9) ② X 軸+方向へ移動(+19.3) (組棒切断部)	引き抜き力 26kg(Max) 引き抜き状況photo.No 17, 18	設計能力 100kg であり、問題ないが、スウェリングを想定した引き抜き力の検討、試験の要あり。	26"		
7.	第2回ラッパ管周切断 (ピン組棒) 切断条件 ① 穴あけ(第一面切断開始部のみ) ・ピーク出力 1500W ・周波数 200Hz ・Duty 70% ・時間 3sec ② 連続切断 (各面間は不連続) ・出力 1500W ・切断速度 70cm/min ・SPAN 6.6cm×6 (一面ストローク)	確認 ① 出力調整 1.5kw ② 切断部が組棒部であることの確認 ③ Yのズラシ量を測定(-0.3cmが適当か?) (ガイドボールの当り具合を見る) 自動運転 ④ 組棒切断プログラム O 1100 により切断開始 N 85 ⑤ 切 断 ⑥ 切断終了 ⑦ エントランスノズル投下 N 91 確認 ⑧ 廃棄物の収納状態 ⑨ Z 軸のズレ	1.5kw A=5.53A 目 視 トラブルあり ・切断開始点と完了点が7mmズレて切り離すことができなかった。 startEND7mm	原因は、ピン束引き抜き後、フレキシブルになったため切断部の芯出しができなかったためと考えられる。 Cut ・新たな芯出し機構の追加 ・解体手順の変更 の必要あり 横方向にレーザー切断を行うことによって(1500W, 1m/min)切り離した。	25"	2'48" (トラブルによる対策時間を除く)	

No	作業項目	作業内容	計測内容	問題点	プロセス正味時間(分)	資料No
8.	ラッパ管引き抜き	自動運転 ① ホールディングデバイス 1.2.3 及びクランプデバイスが下降 N 101 目視 ② 一括爪閉 目視 ③ X 軸が一方向へ移動する (POSX = - 215.2) N 108 目視 手動運転及び確認 ④ ラッパ管引き抜き完了を目視確認 ⑤ 廃棄物受取装置を取り出し位置へ移動する。 自動運転 ⑥ 燃料ハンドリング装置を解体機へ移動	POSX = - 215.2 引き抜き状況 photo. No 26 ~ 35	トラブル 引き抜き時燃料ピン 5 本、組棒ノックバーから外れ、全体引き抜きが出来なかった。 (詳細は写真を見ること)  解体手順、方法 (New Device) の再検討を要す。 ↓ 手で外れたピンを押し戻して次 Step 続行 廃棄物受取装置を取り出し位置に移動するとインターロックがかかり、発振器が停止するので事前に発振器 OFF (準備キー OFF) にする必要がある。 [インターロックの変更で対処可能]	1' 16" (トラブル時間含まず) 18" 10"	

前処理工程 プロセスシステム試験 レーザ解体

No	作業項目	作業内容	計測内容	問題点	プロセス正味時間(分)	資料No
9.	燃料ハンドリング装置受けトレイへピン束落下	確認 ① 燃料ハンドリング装置が解体機側へ移動しているか？ 自動運転 ② ホールディングデバイス(D)、クランプデバイスの爪開 N 109 ③ クランプデバイス上昇 ④ ホールディングデバイス(S) 1.2 爪開 ⑤ ホールディングデバイス(D) 下段 ⑥ 終了 N 116 確認 ⑦ ピン束を目視確認	落下状況 photo. No 37 ~ 39		38"	
10.	(燃料ピン束 解体機→剪断機)	(剪断機プロセス試験報告に記述)	photo. No 40 ~ 42		25"	
11.	ラッパ管減客位置への復帰	自動運転 N 121 ~ N 137 ① 377cm 断続送りにて所定位置へ移動	photo. No 43 ~ 47		2' 07"	

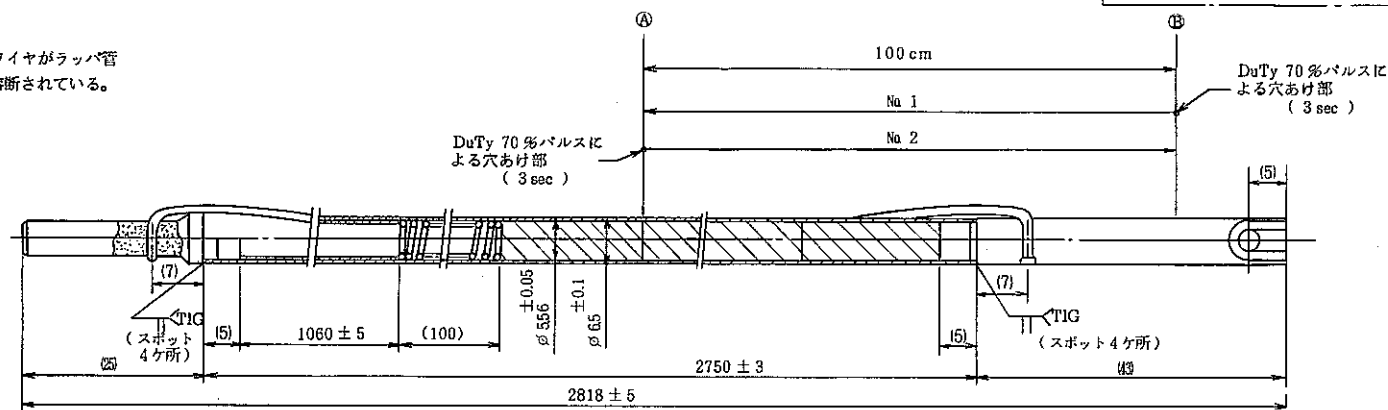
No.	作業項目	作業内容	計測内容	問題点	プロセス正味時間(分)	資料No.
12.	ラッパ管減容 <u>切断条件</u> ① 穴あけ（第一面切断開始部のみ） ・ピーク出力 1500 W ・周波数 200 Hz ・Duty 70 % ・時間 3 sec ② 連続切断（各面は不連続） ・出力 1500 W ・切断速度 200 cm/min ・SPAN 6.6 cm×6 （一面ストローク）	 切断条件（共通） - 出力 ----- 1.5 kw - 送り速度 Y軸 出力調整 - 発振器準備キー ON - 出力調整 1.5 kw - 放電電流 4.88A 自動運転 N 151～N 169 i) ①～④ 順次切断後、自動落下で廃棄物受け容器に搬入。 ii) 最後のハンドリングヘッド部分は、ヘッドバイスを開くことにより廃棄物受け容器に落下させる。	切断長さ 減容状況 photo.No 48～59 廃棄物容器内の落下状況 落下状況 photo.No 60	廃棄物容器内の落下状況に関して、整然と収納されていたとは言えない。 特に、ハンドリングヘッド部分は容器からはみ出る恐れがある。	1'40"	9'41"
13.	次解体への準備	i) ヘッドバイス原点へ(X軸) N 181 ii) 集光部 " (Y軸) iii) 各バイス閉一下降 N 190			1'48"	

1) ダメージを受けているピンは
①-1, 2, 3 の3本

2) ダメージの状況は目視によると、
ピン表面にラッパ管切断によるドロ
スの付着が主であり、被覆管の溶融
損傷はほとんどない。

切断部 →  長手切断部にわたり
損傷(ドロス付着)

No. 1, 2 切断部共、ワイヤがラッパ管と接している部分で溶断されている。



考

	No 1	No 2
・長手切断条件として2ケース(1000 W-150 cm/min, 1000 W-200 cm/min)を行ったが、穴あけ部以外はNo 1条件の方がドロスの付着が多い程度で両条件共コア部への損傷はなかったが、今後さらに詳細観察(定量的評価)を行うとともに、〔切断条件-内部ピン配列状態〕をパラメータとした基礎試験を進めていく。		
・穴あけ部の 損傷についてはプログラムを変更し、No 1, No 2切断共端栓部直上で穴あけすることで対処可。		

1) ダメージを受けているピンは
②-1, 2, 3の3本

2) 切断開始時の穴あけ加工部に被覆管溶融
内部ペレット暴露部分あり。

その他の部分はNo.1部と同じくラッパ管
切断によるドロスの付着が主であり、被覆
管の溶融損傷はほとんどない。

②-3

②-1 および ②-2

ベレットが見え
ずかにスレて
る程度

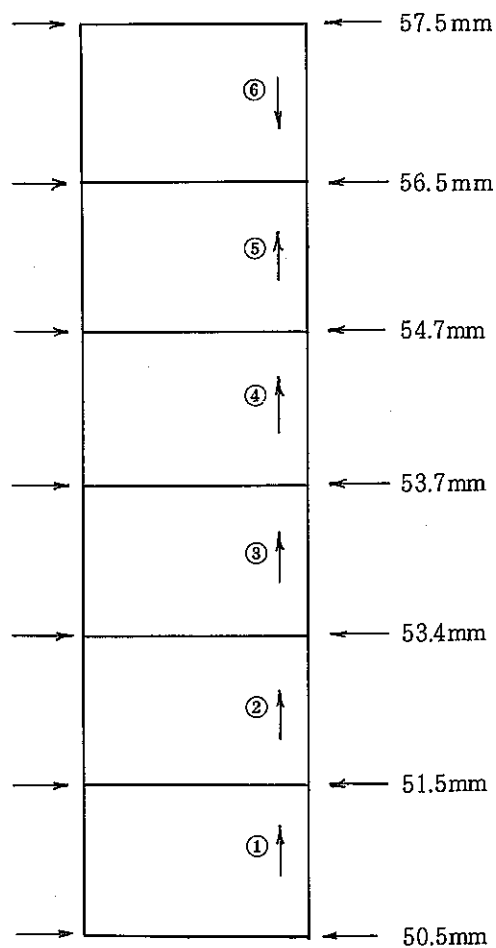
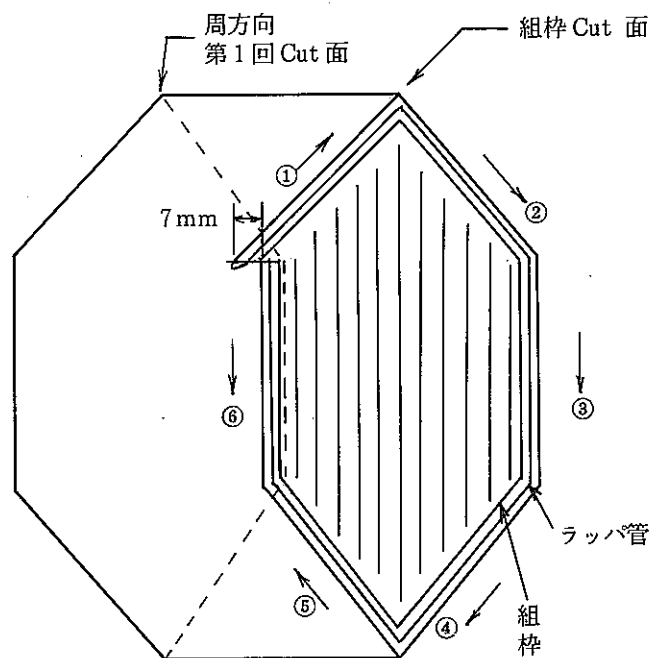
ベレットが
ない蒸発？

約 9 mm

切断部

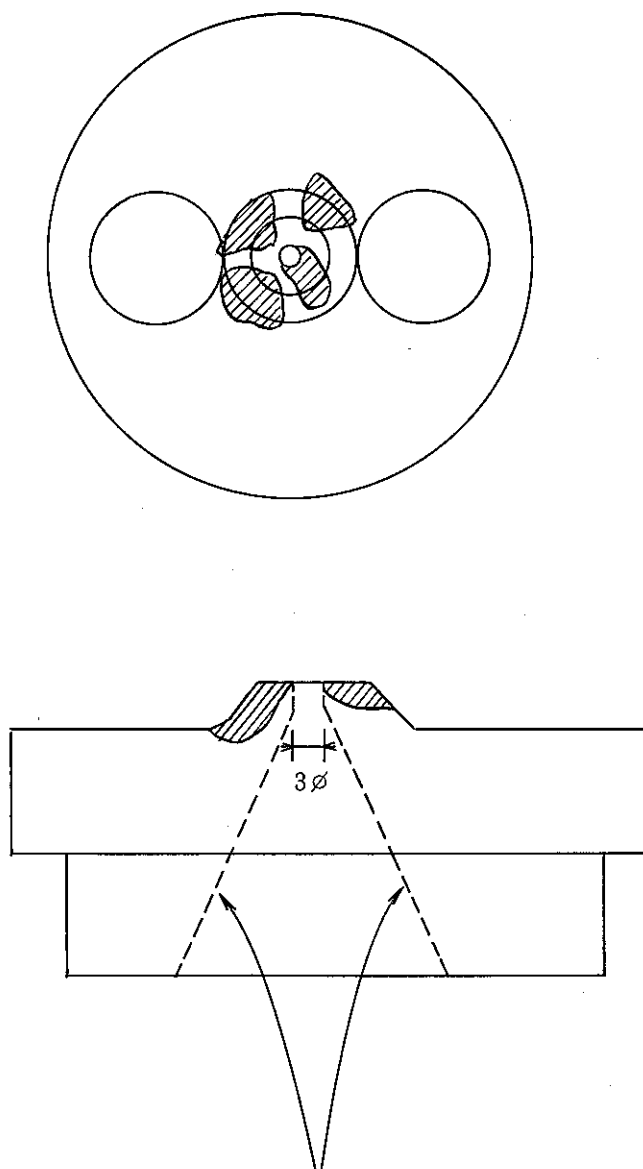
組棒切断部 SKETCH

添付2



◎切断開始部と切断終了部が7mmズレており他は連続している。

ノズル部損傷状況 SKETCH



材質 A 5052
(アルミニウム合金)
融点: 690℃

注 1) ノズル穴 3φは確保され内部にドロスの付着等はなく、使用できない状態ではないが、
さらに損傷するとノズル穴 3φを保てなくなる可能性あり。

(テーパ部になり穴が拡大される)

注 2) 本損傷は S59.3.13 実施の機能試験のみによるものでなく、三菱重工長崎工場立会時から累積したものである。

PHOTO. 1

ハンドリング装置にSet
上部側

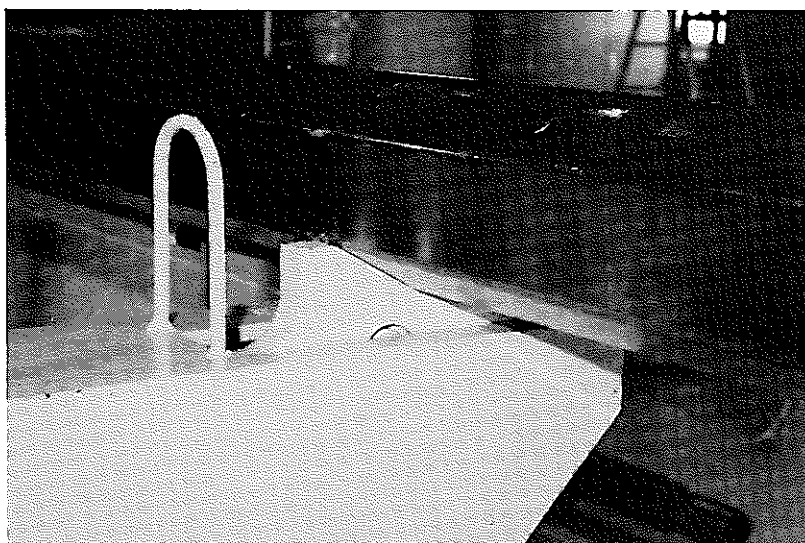


PHOTO. 2

ハンドリング装置にSet
エントランスノズル側

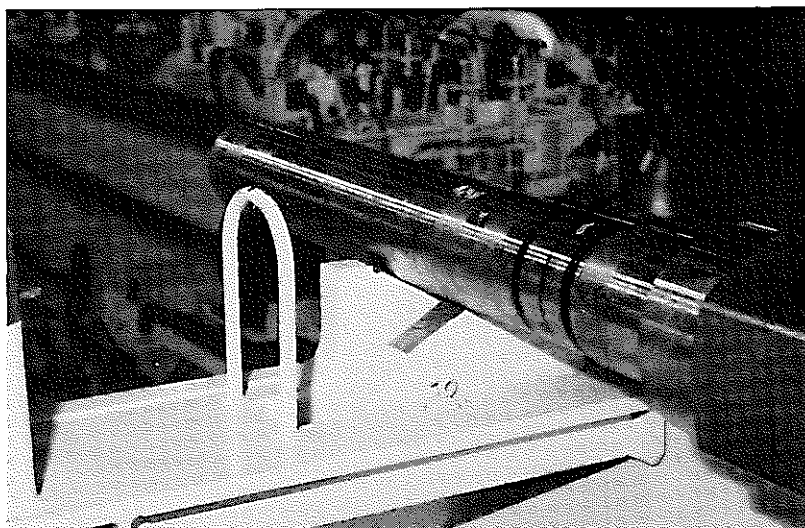


PHOTO. 3

ハンドリング装置にSet
全景

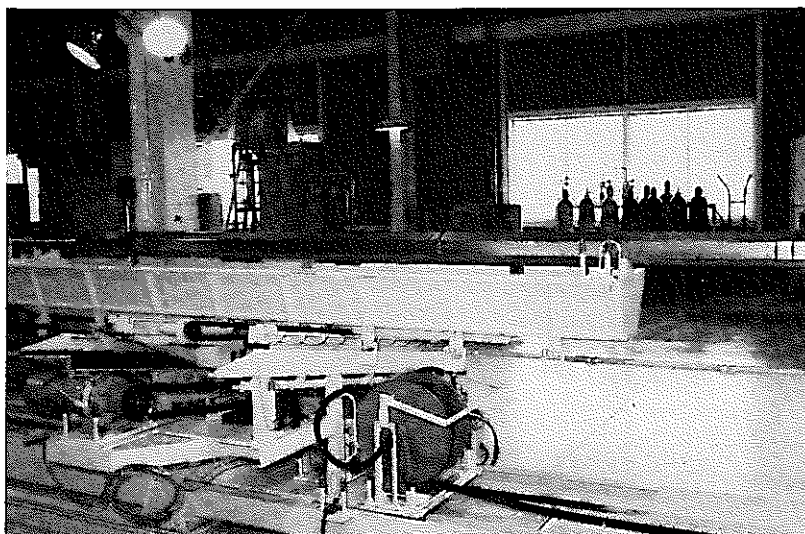


PHOTO. 4

解体装置集合体受入れ準備完

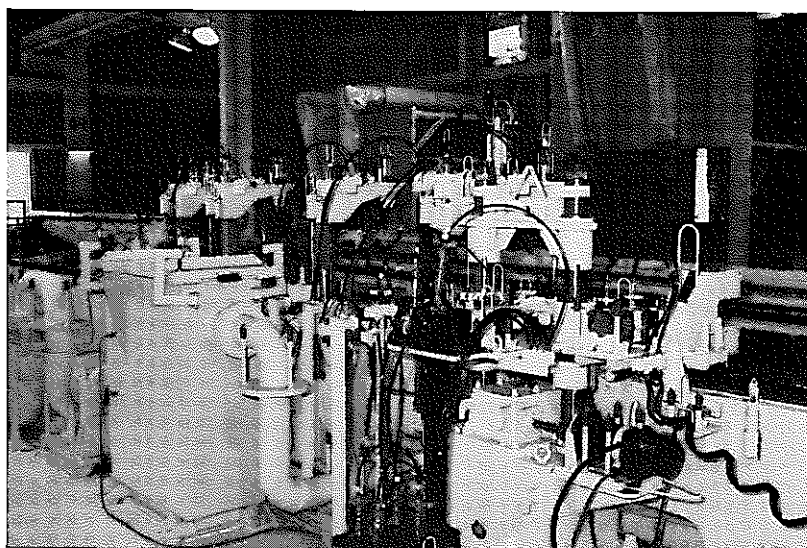


PHOTO. 5

エントランスノズル切断前

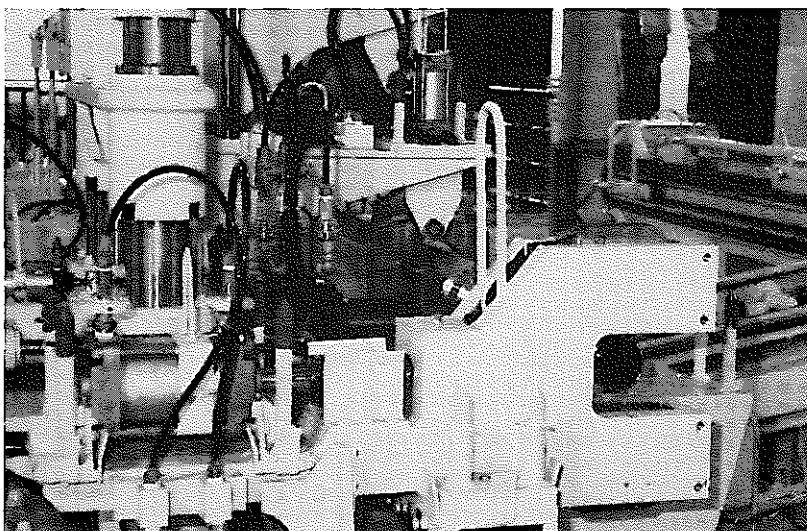


PHOTO. 6

エントランスノズル切断中

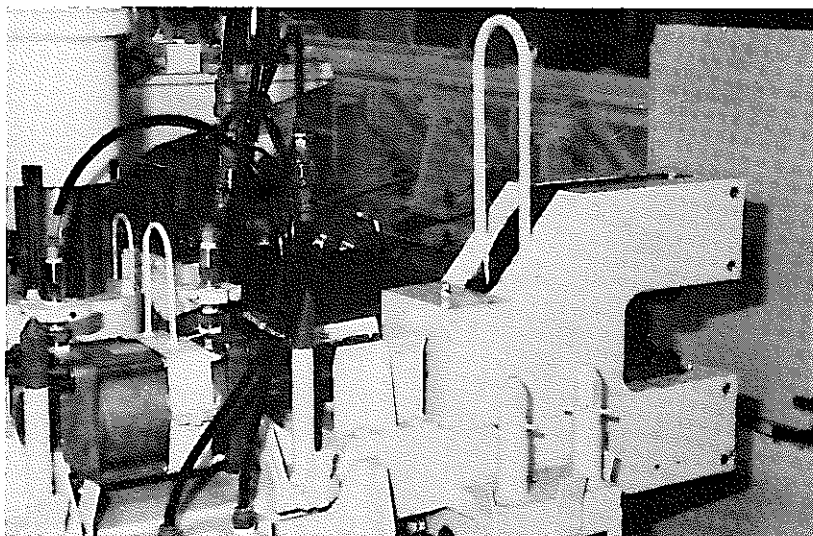


PHOTO. 7

エントランスノズル切断完

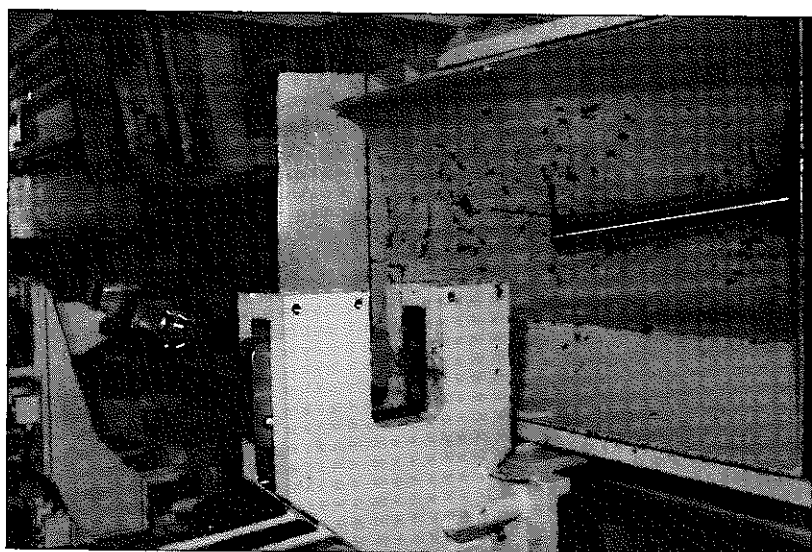


PHOTO. 8

長手切断開始

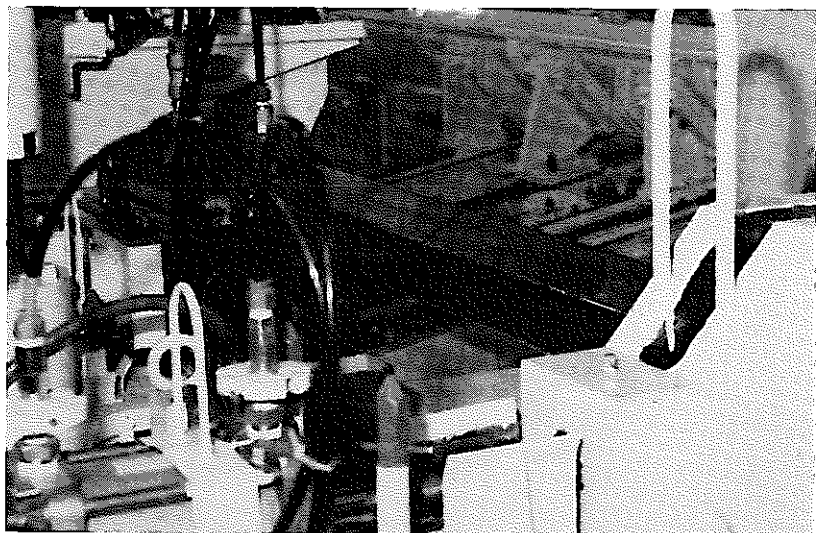


PHOTO. 9

長手切断表面完了

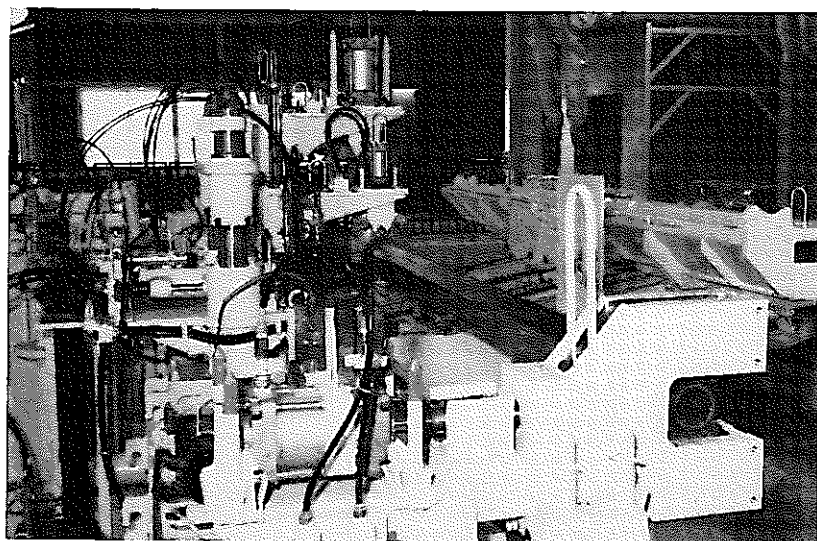


PHOTO. 10

長手切断表面完了

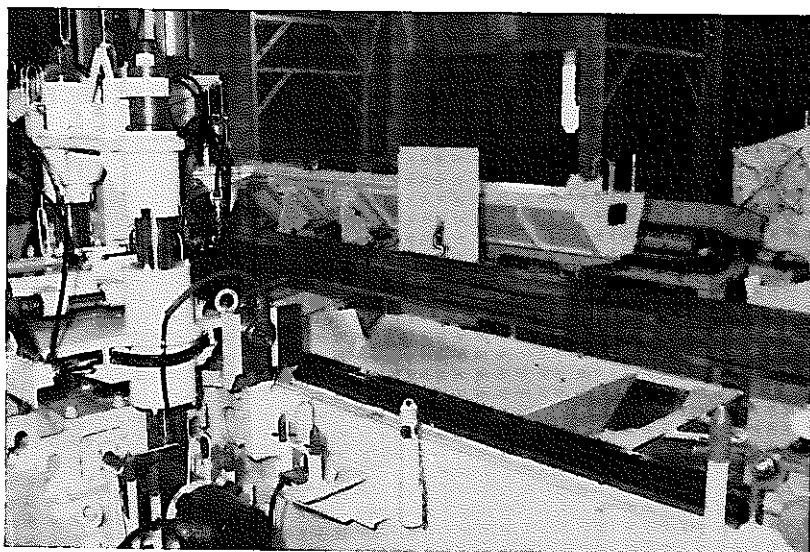


PHOTO. 11

長手切断表面完了

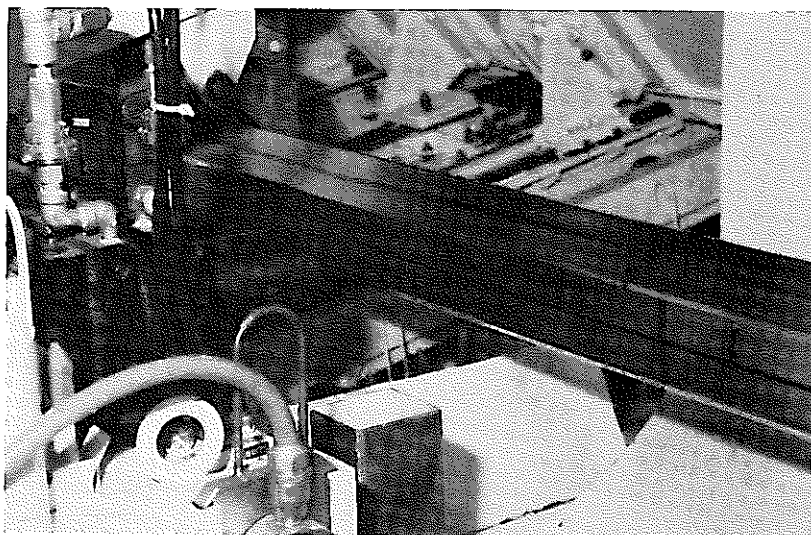


PHOTO. 12

長手切断裏面

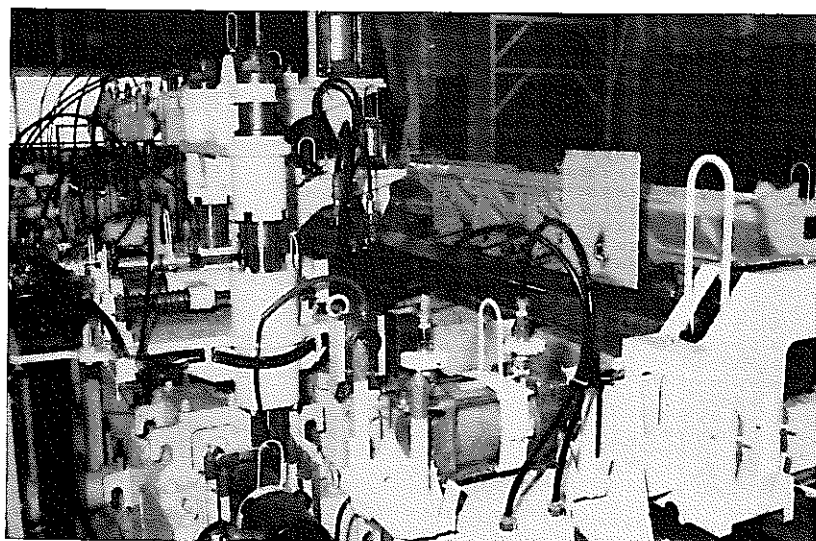


PHOTO. 13

第 1 回 周 切 断
開 始

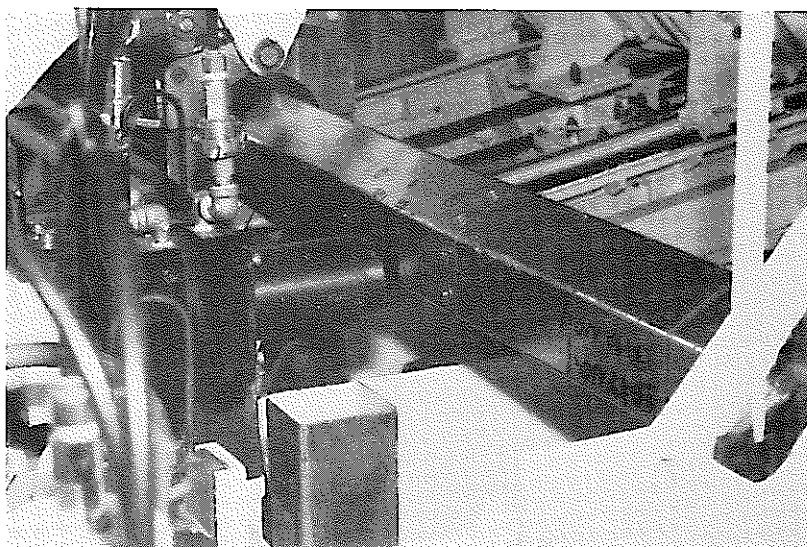


PHOTO. 14

第 1 回 周 切 断

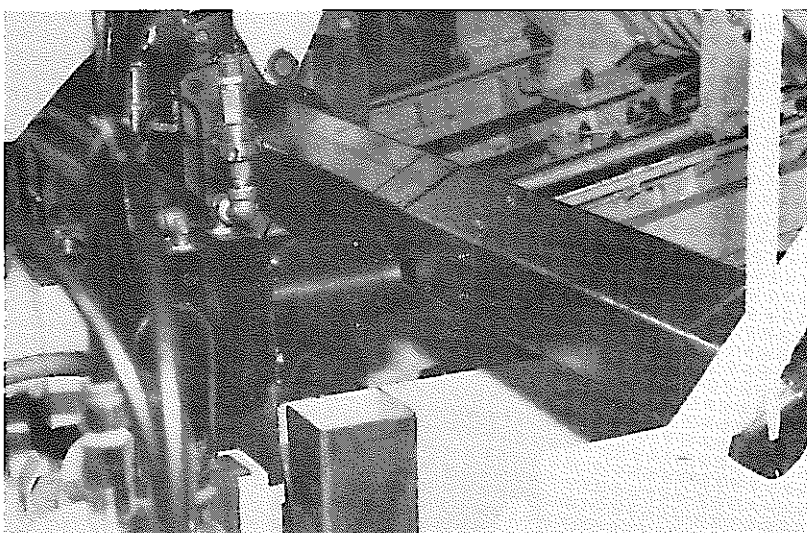


PHOTO. 15

第 1 回 周 切 断

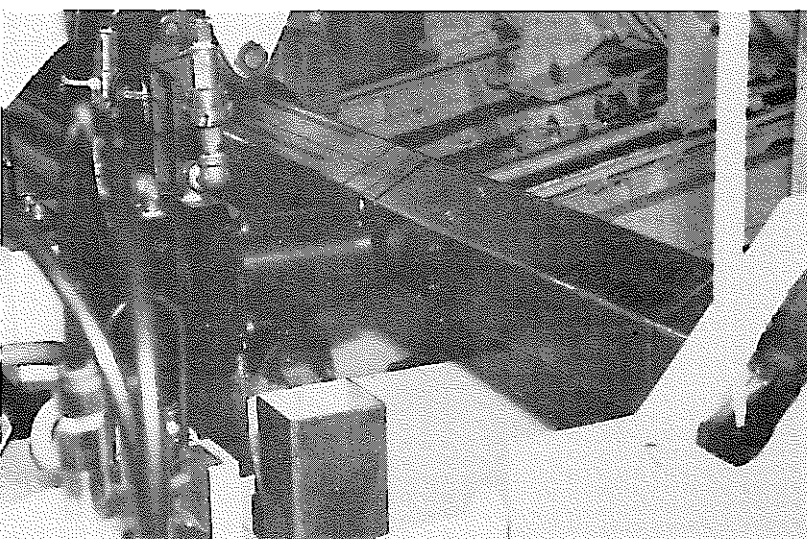


PHOTO. 16

1 回周切断完了

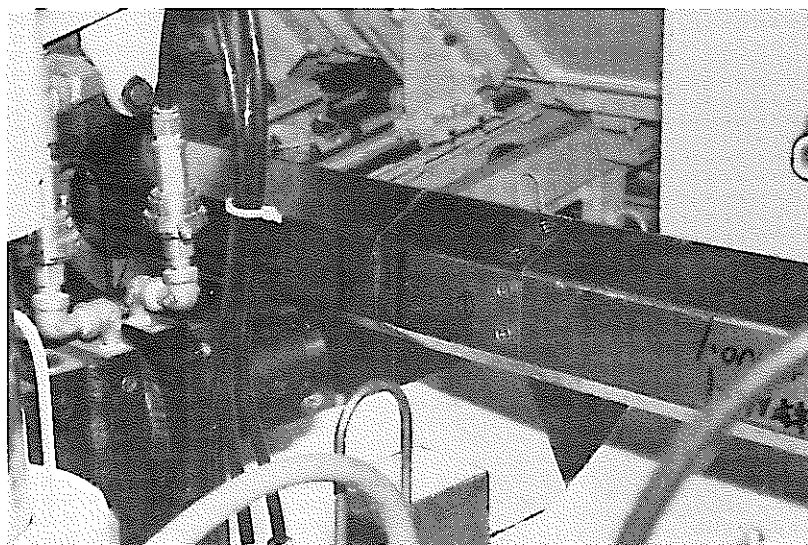


PHOTO. 17

部分引き抜き完了

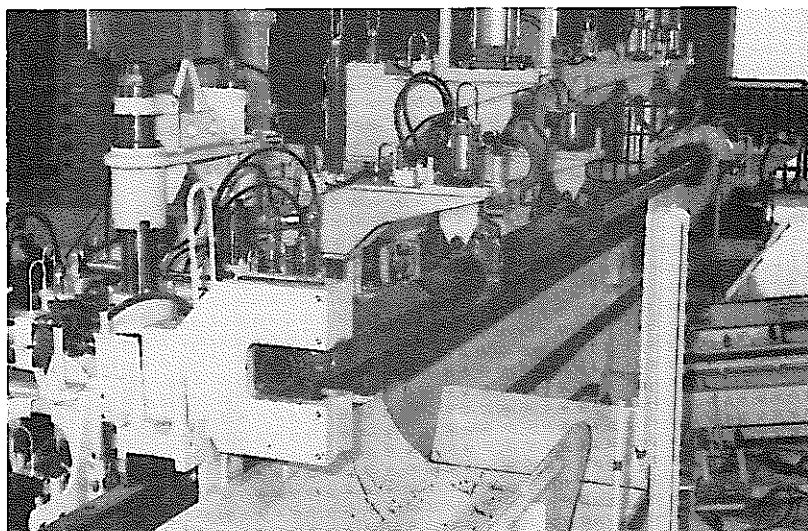


PHOTO. 18

部分引き抜き完了

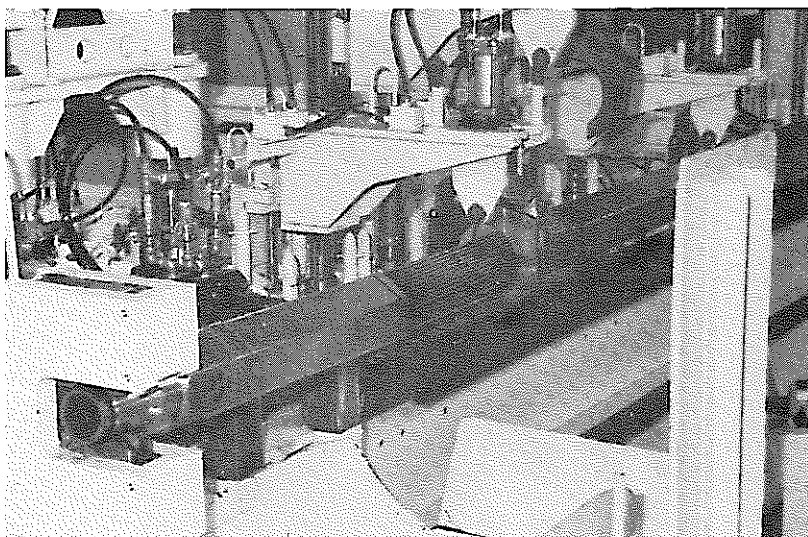


PHOTO. 19

組 棒 切 断 開 始

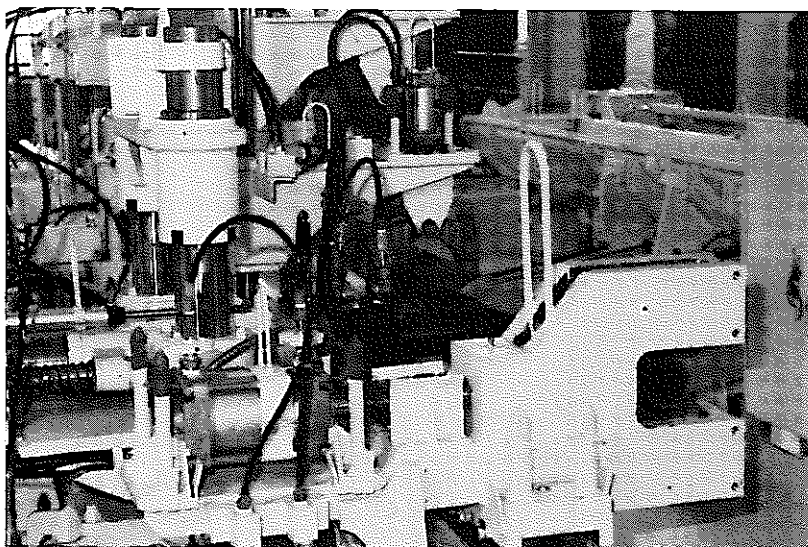


PHOTO. 20

組 棒 切 断 完
切 り 残 し あ り

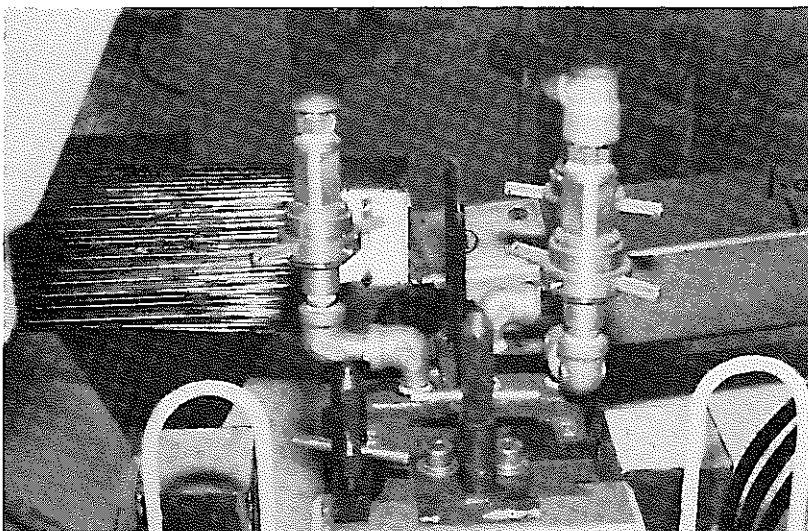


PHOTO. 21

同 上

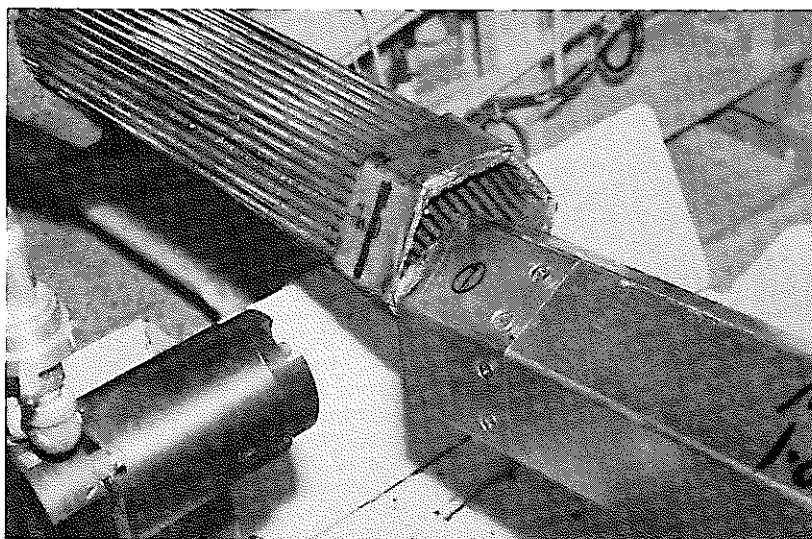


PHOTO. 22

組 棒 切 断 完

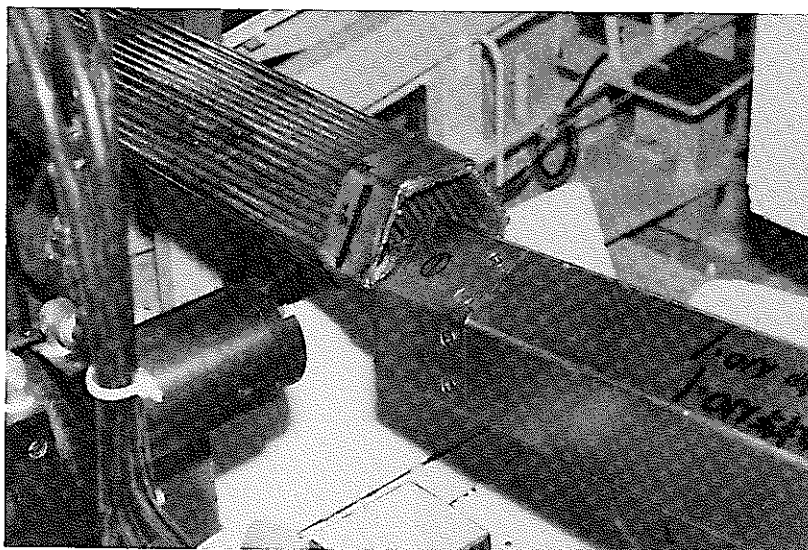


PHOTO. 23

同 上

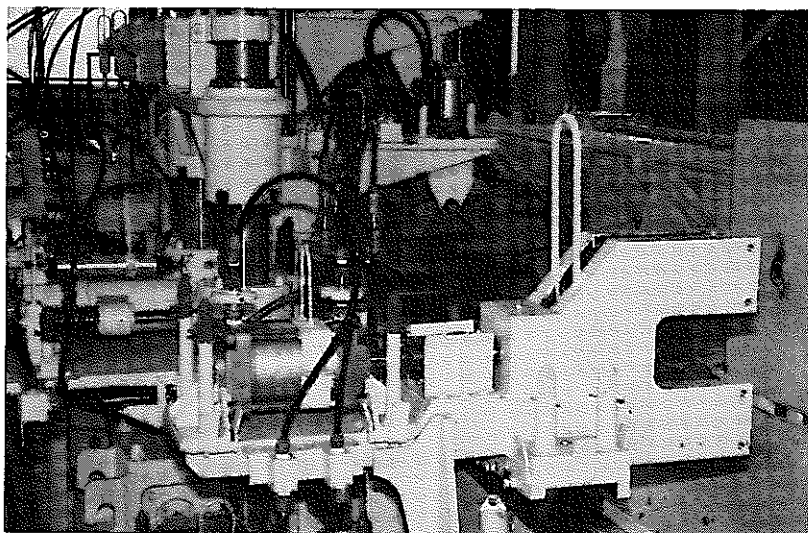


PHOTO. 24

事動にて組棒切り機
し部Cut
ハ ル 収 納 状 態

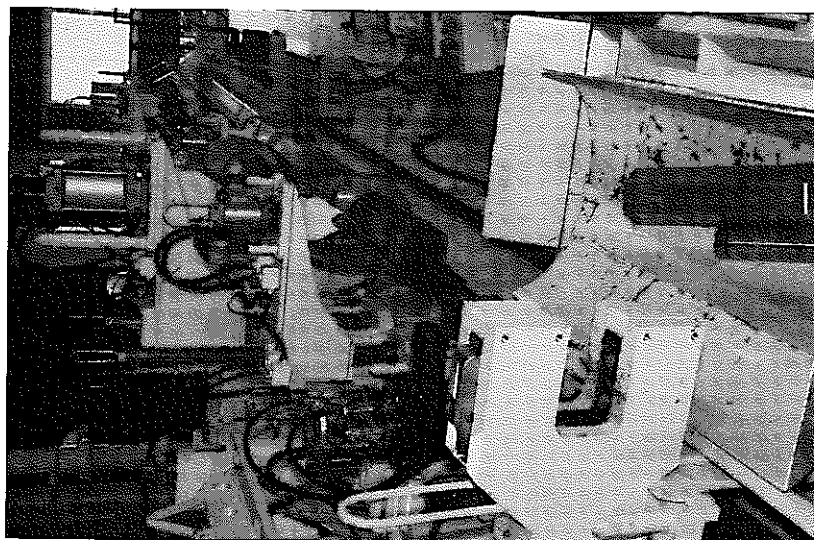


PHOTO. 25

組枠切り離し完
ハル収納状態

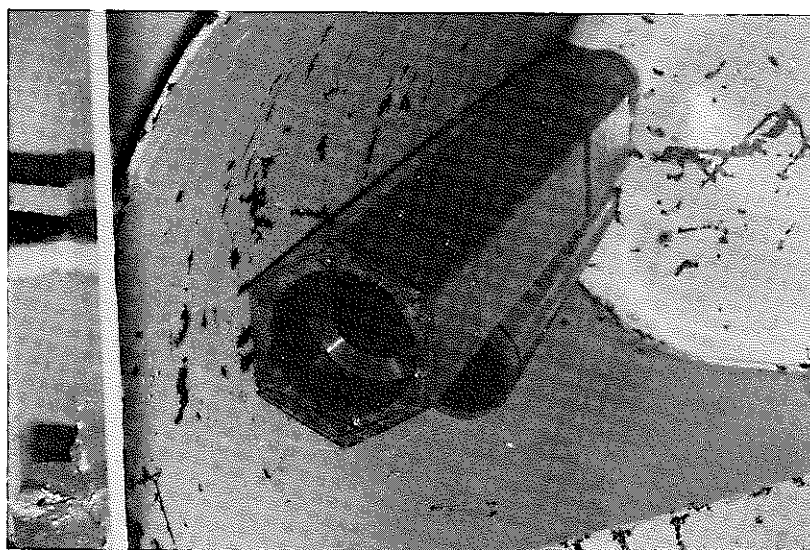


PHOTO. 26

ピン束引き抜き
開始

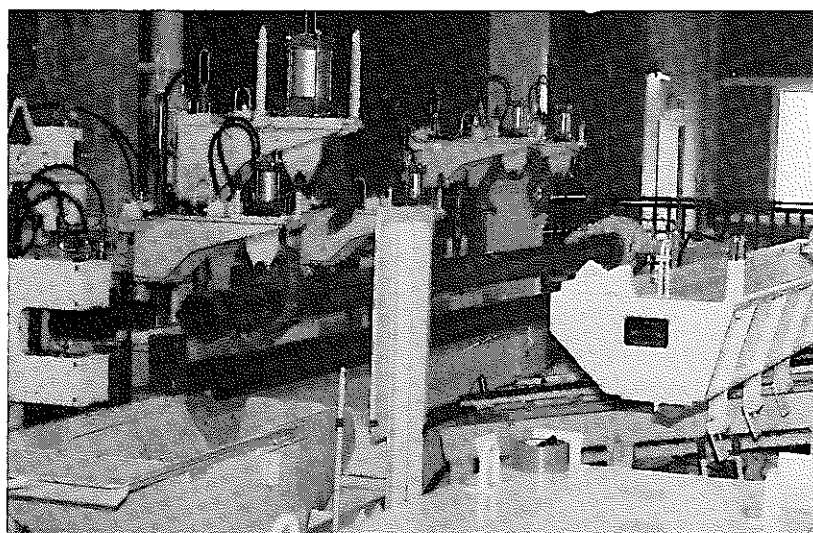


PHOTO. 27

ピン束引き抜き
組枠部

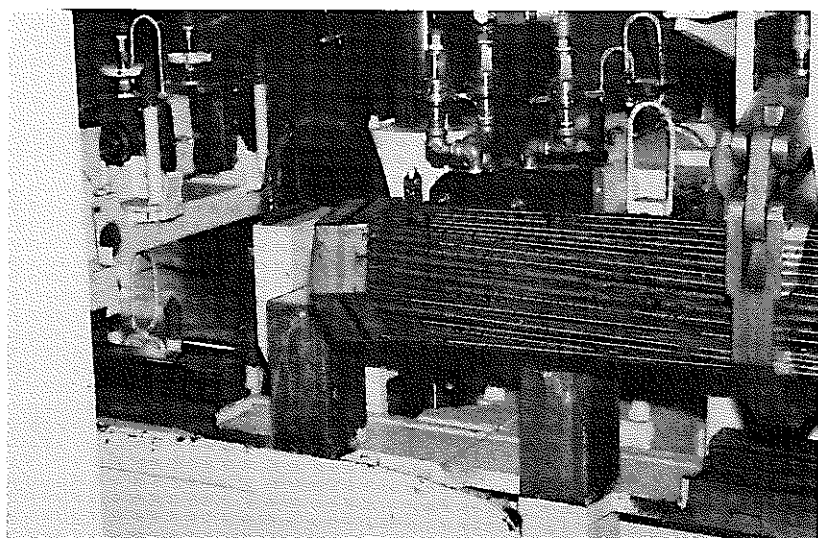


PHOTO. 28

ピン束引き抜き

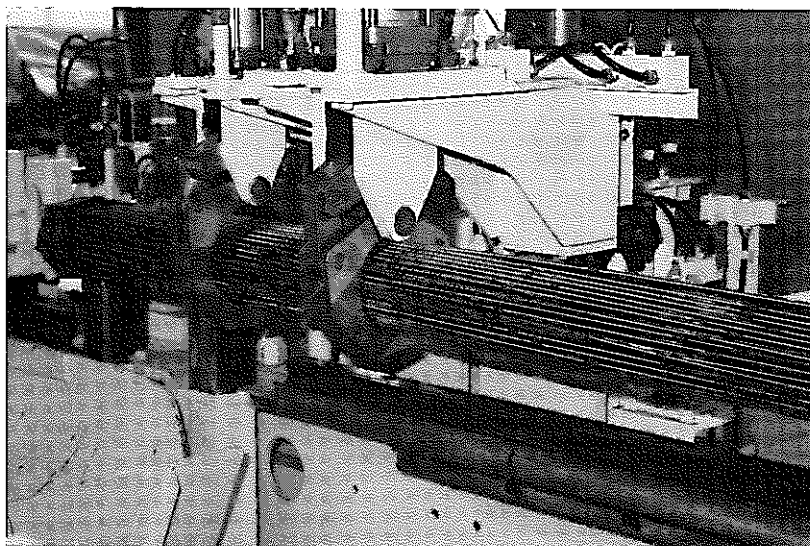


PHOTO. 29

ピン束引き抜き

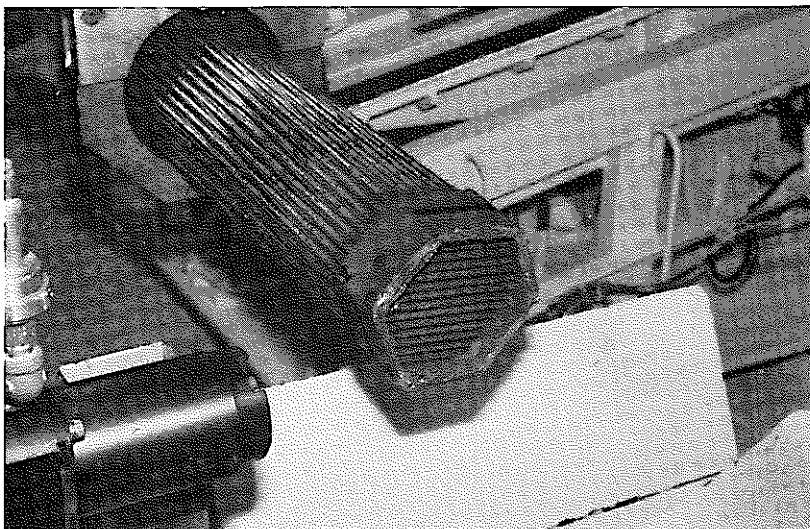


PHOTO. 30

ピン束引き抜き

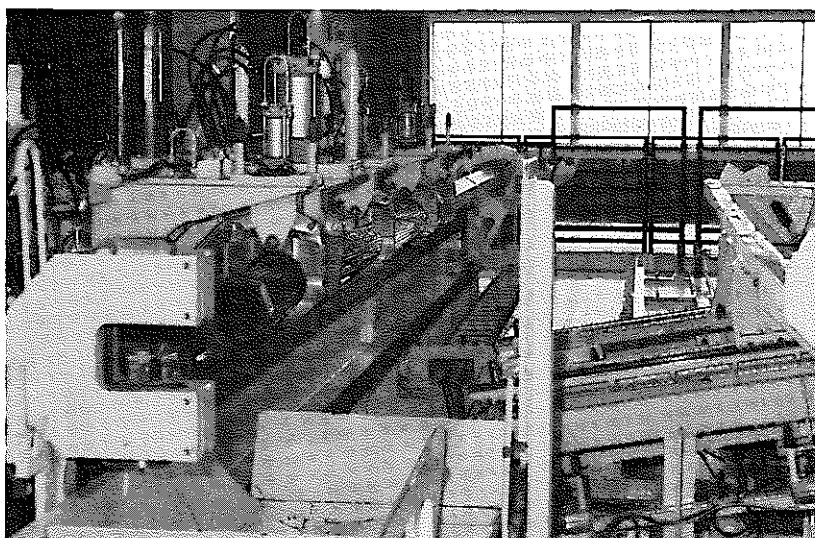


PHOTO. 31

ピン束引き抜き完
露出していないピンあり

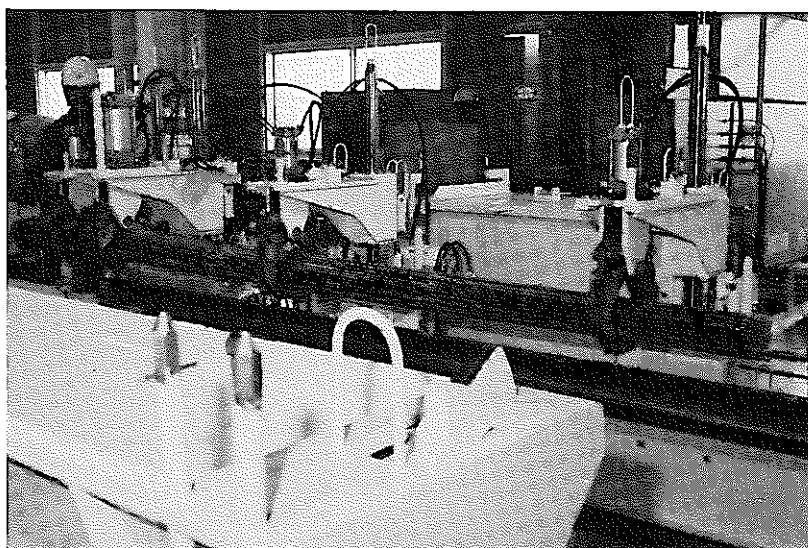


PHOTO. 32

同 上

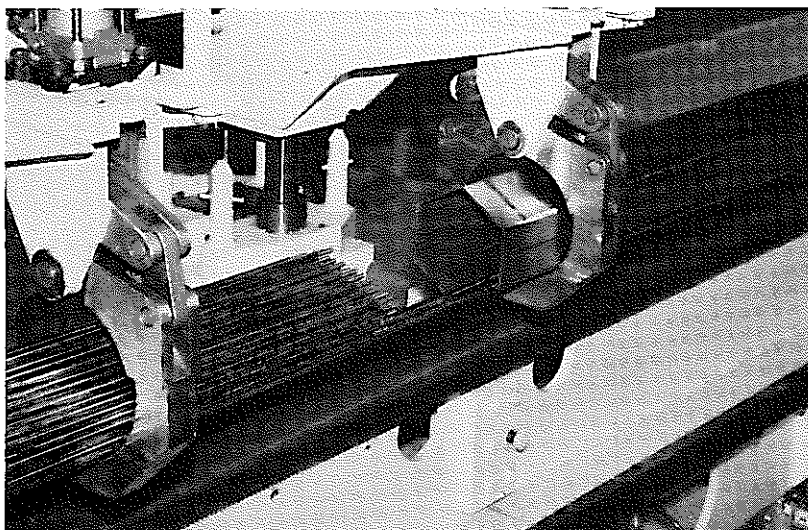


PHOTO. 33

同 上

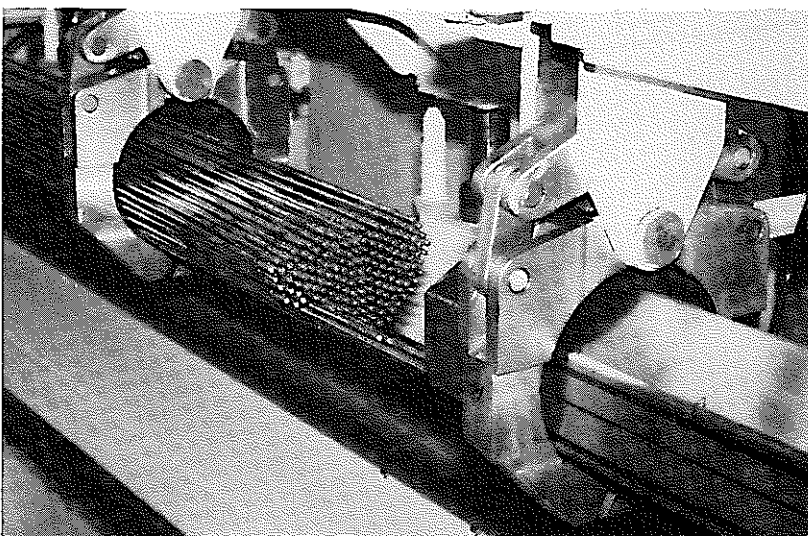


PHOTO. 34

ピン束引き抜き完
ラップ管をはずして
露出していないピンの
状態を観察した

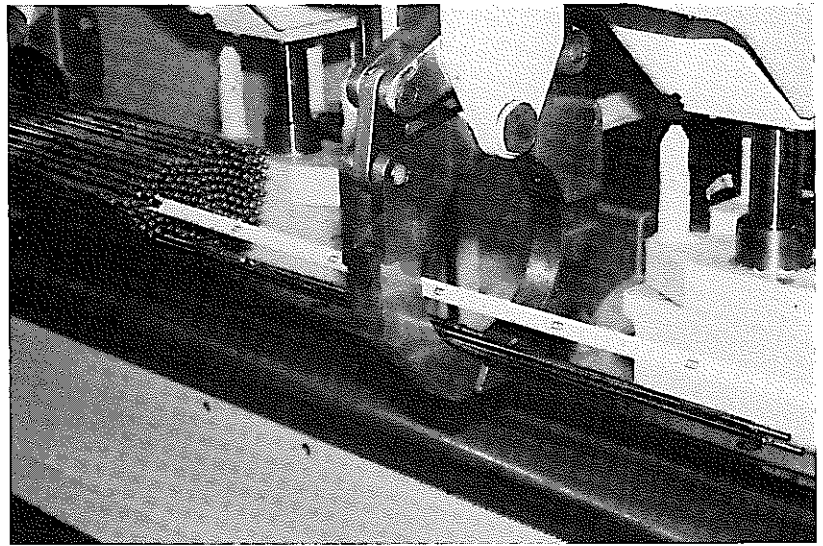


PHOTO. 35

ピン束引き抜き完
全景

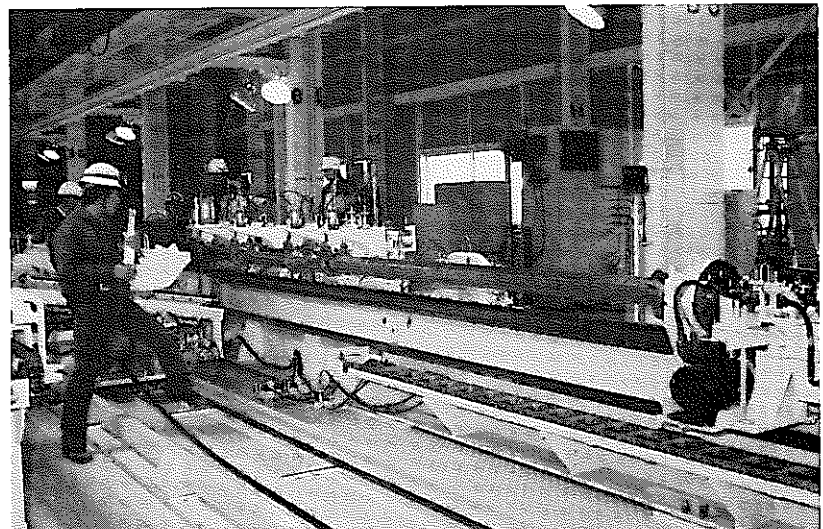


PHOTO. 36

ラップ管をはずして
ズレたピンを整列

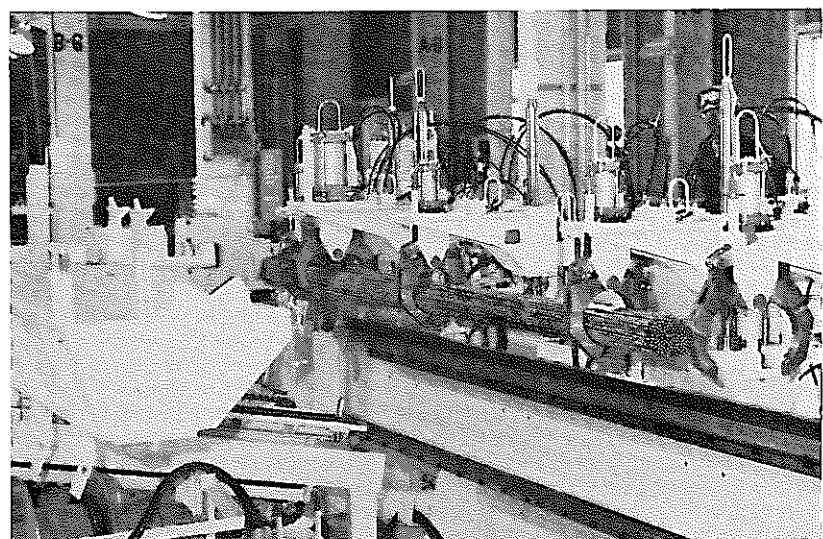


PHOTO. 37

ピン束落下（受け渡し）
直前

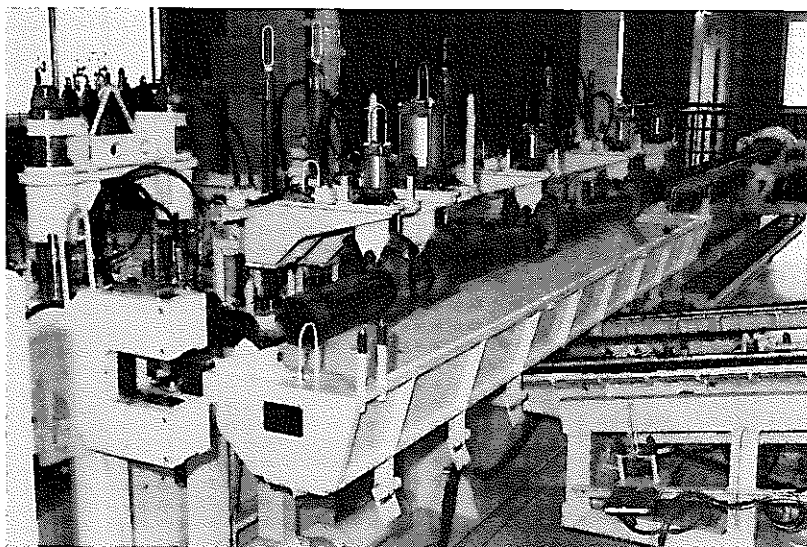


PHOTO. 38

ピン束落下中

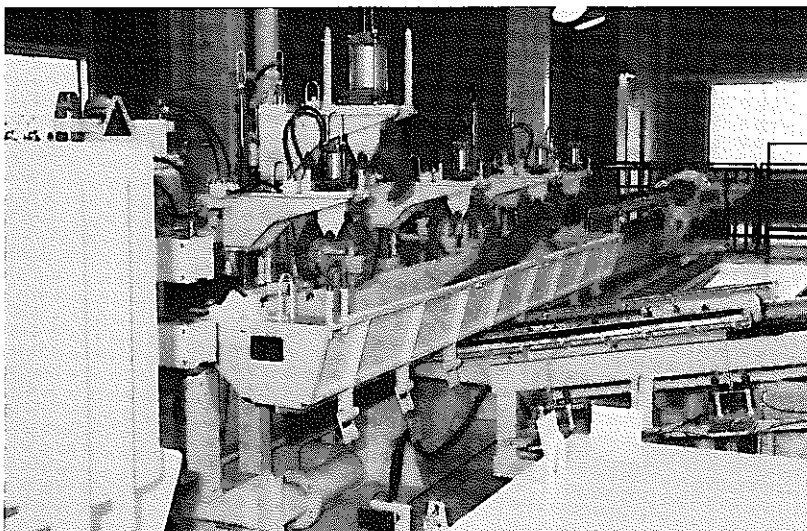


PHOTO. 39

ピン束落下後

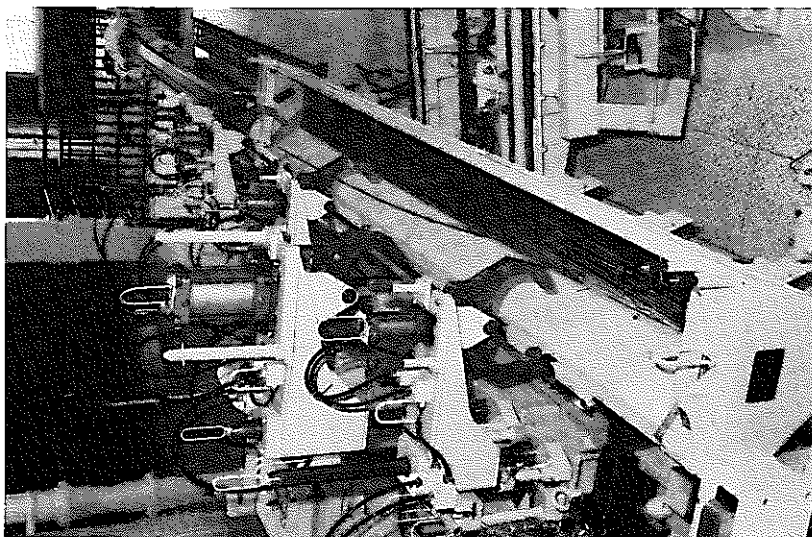


PHOTO. 40

ハンドリング装置
せん断機装荷台に受
け渡し後トレイ正規
位置復帰

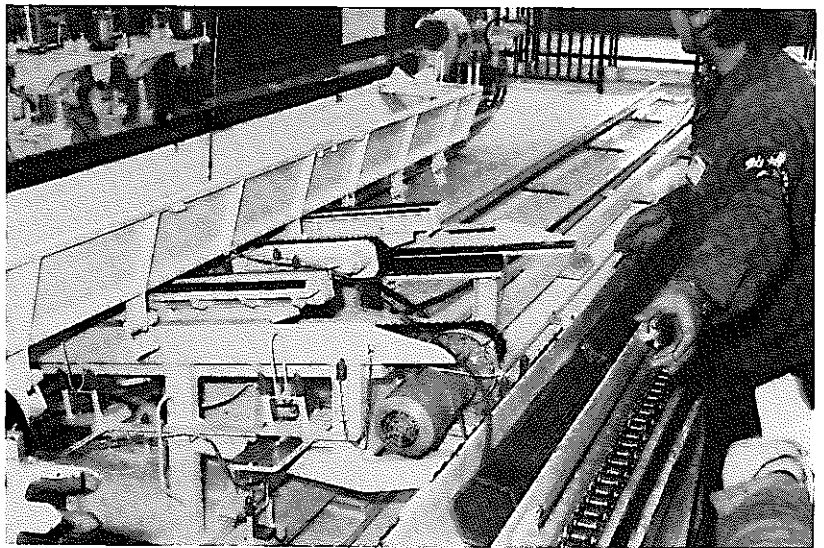


PHOTO. 41

同 上

注) ピン状況はプロ
セスの報告書にて
詳細報告

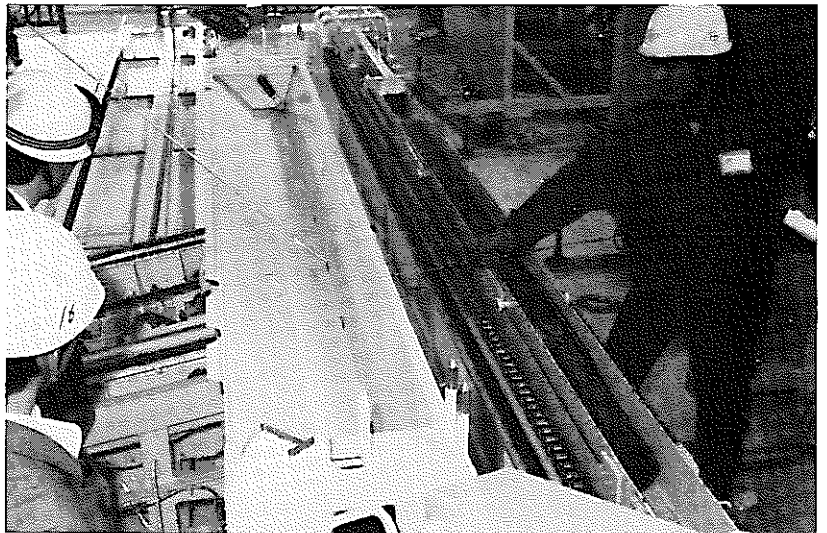


PHOTO. 42

せん断機装荷台状況

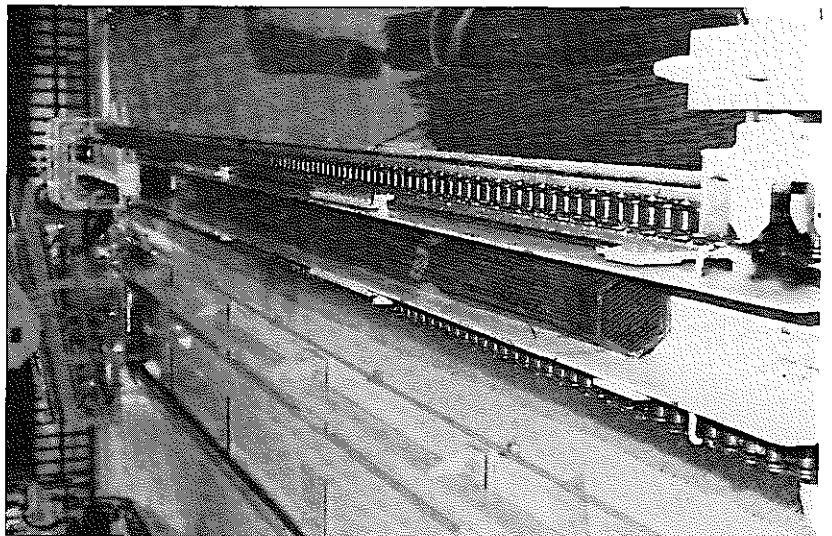


PHOTO. 43

ラ ッ パ 管 減 容 開 始

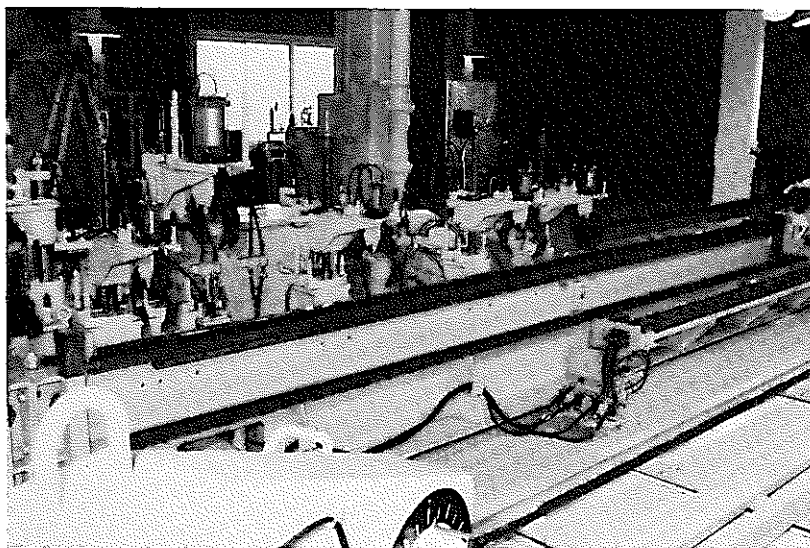


PHOTO. 44

ラ ッ パ 管 減 容
第 1 切 断 部 位 迄 移 動

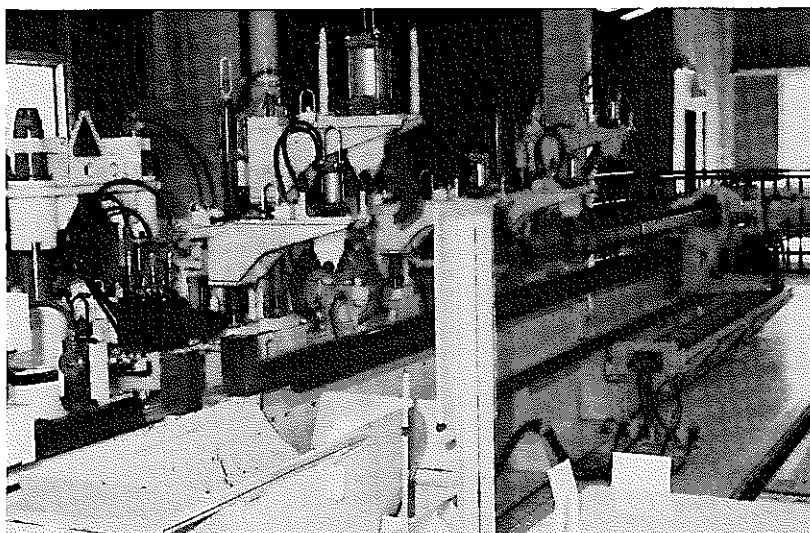


PHOTO. 45

同 上

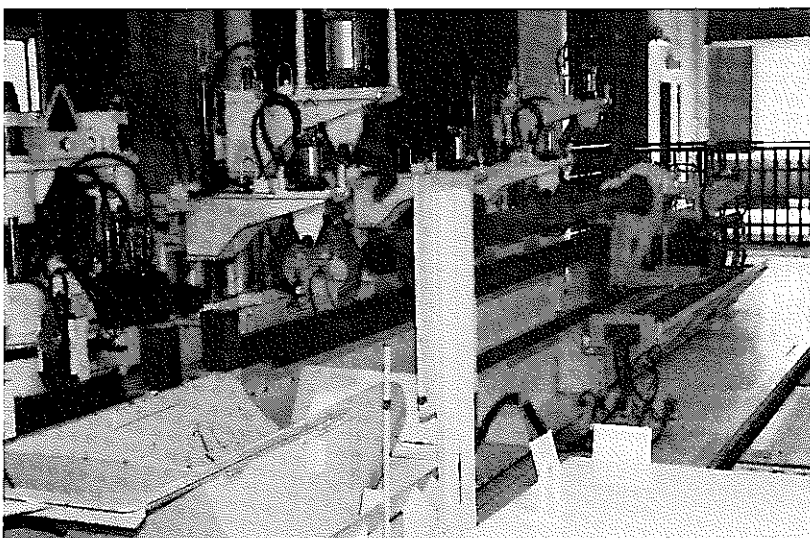


PHOTO. 46

ラ ッ パ 管 減 容
第一切断部位迄移動

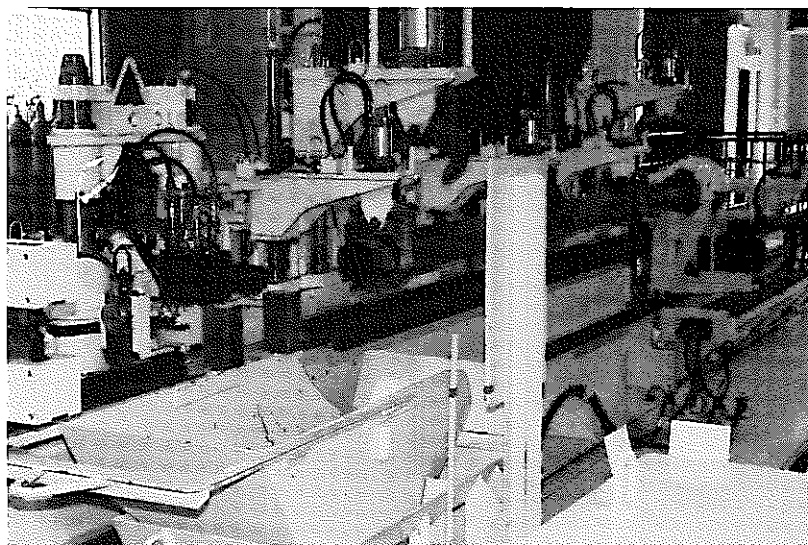


PHOTO. 47

ラ ッ パ 管 減 容
第一切断部位迄移動完

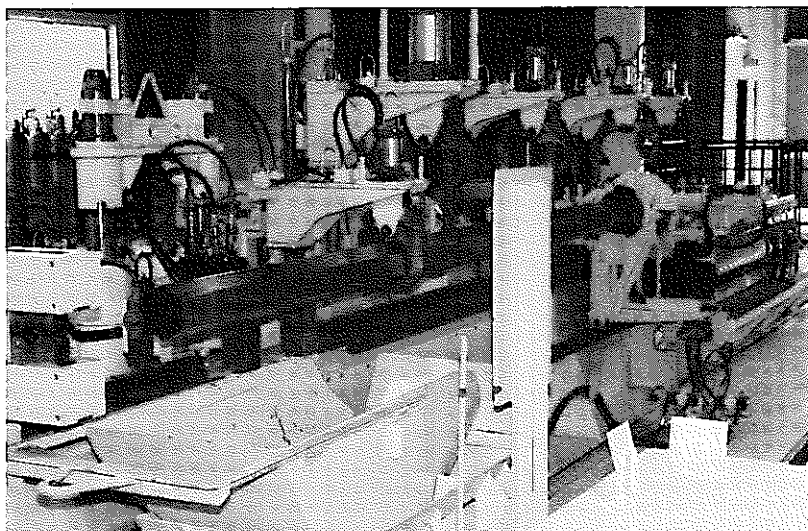


PHOTO. 48

ラ ッ パ 管 減 容
第一切断開始

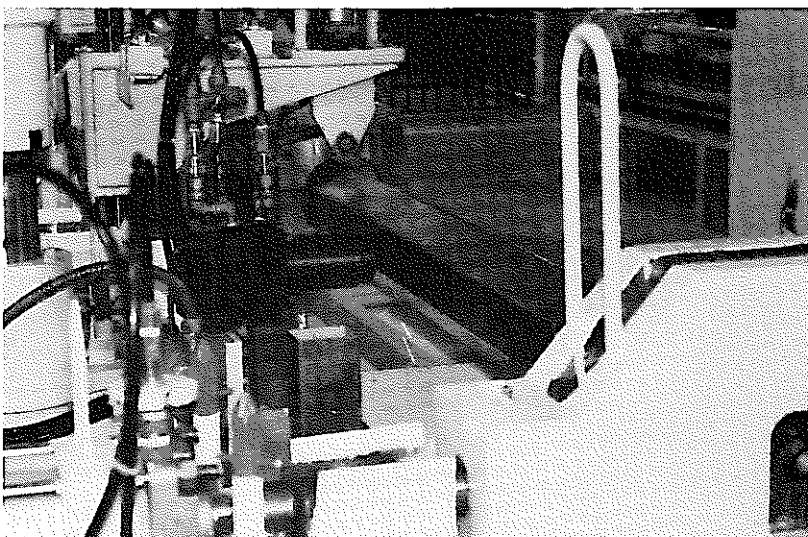


PHOTO. 49

ラ ッ パ 管 減 容

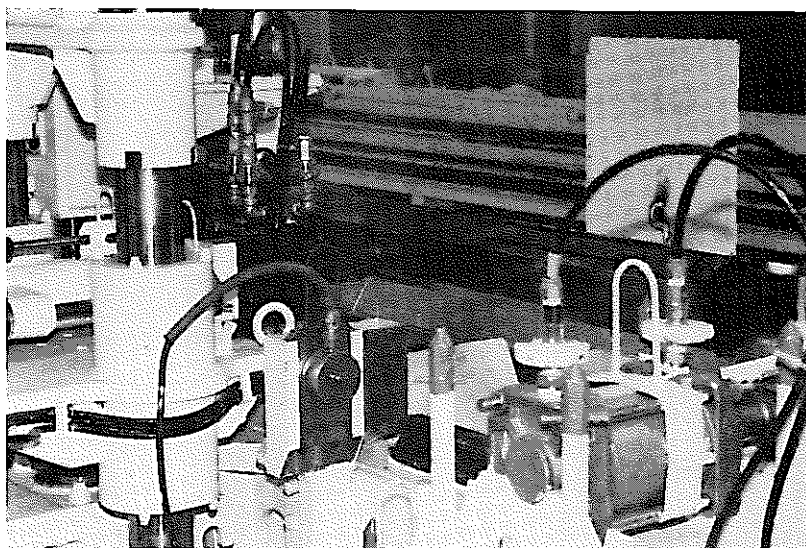


PHOTO. 50

同 上

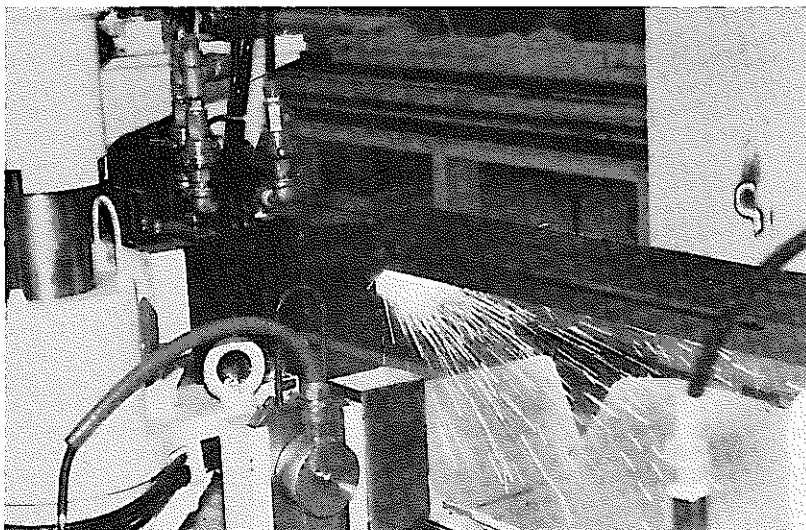


PHOTO. 51

同 上

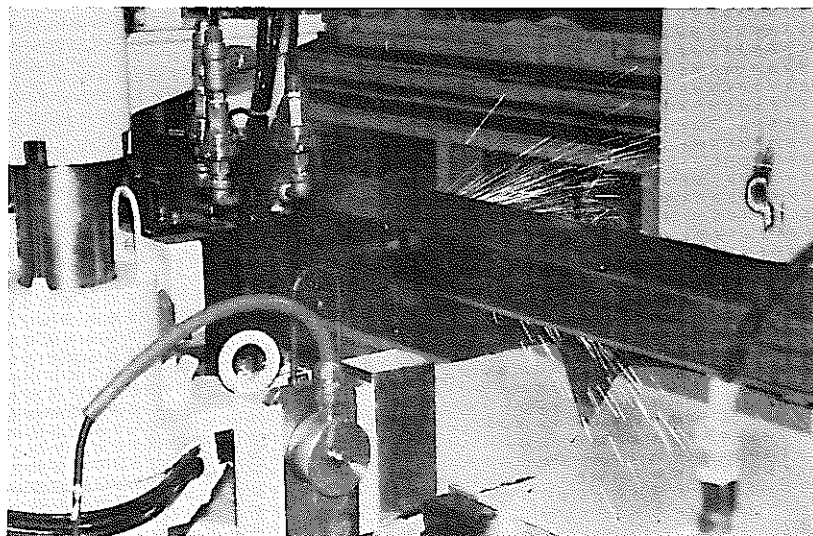


PHOTO. 52

ラ ッ パ 管 減 容

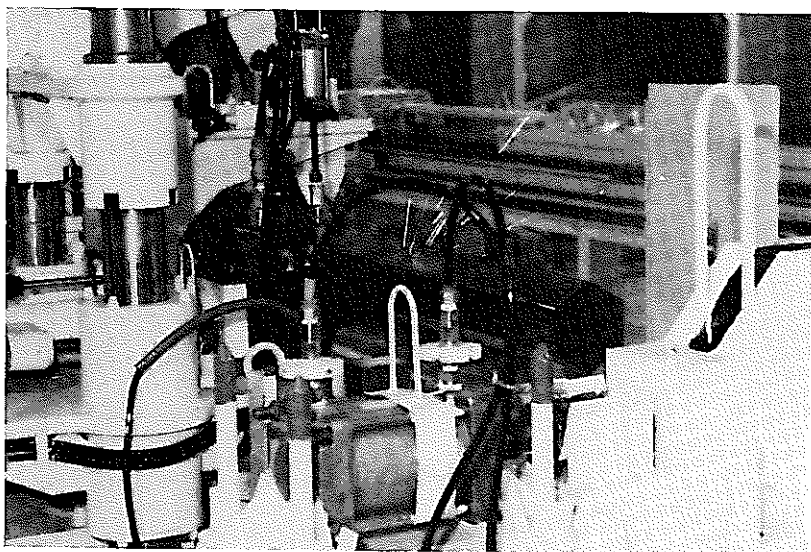


PHOTO. 53

同 上

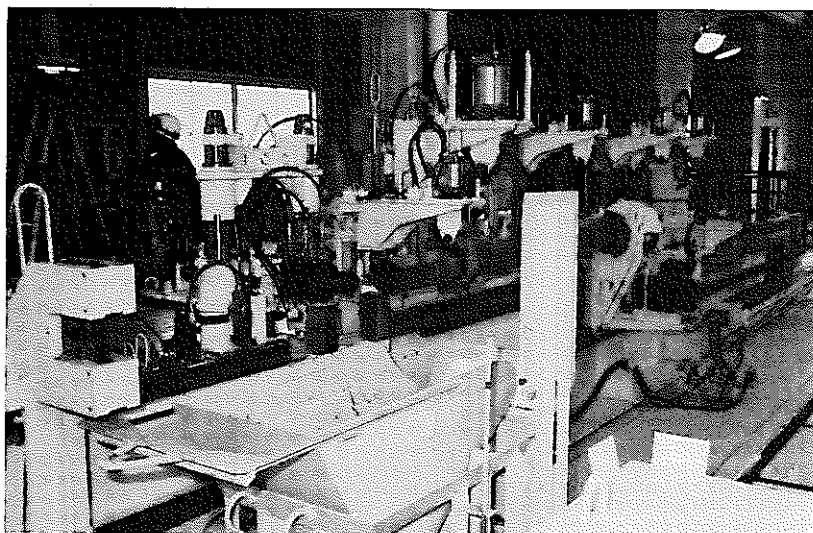


PHOTO. 54

同 上

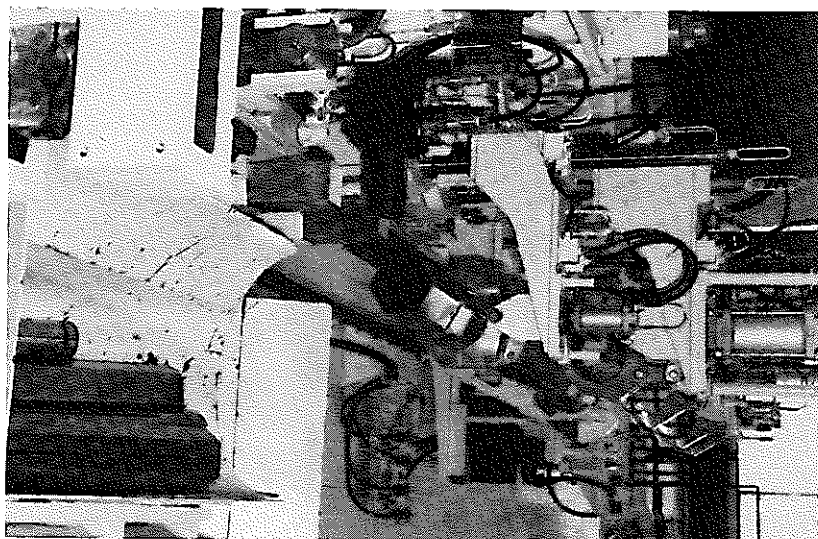


PHOTO. 55

ラ ッ パ 管 減 容

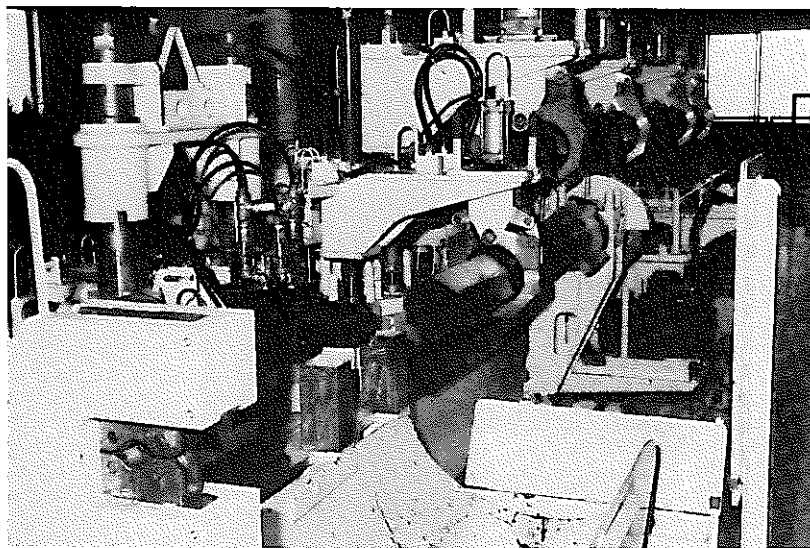


PHOTO. 56

同 上

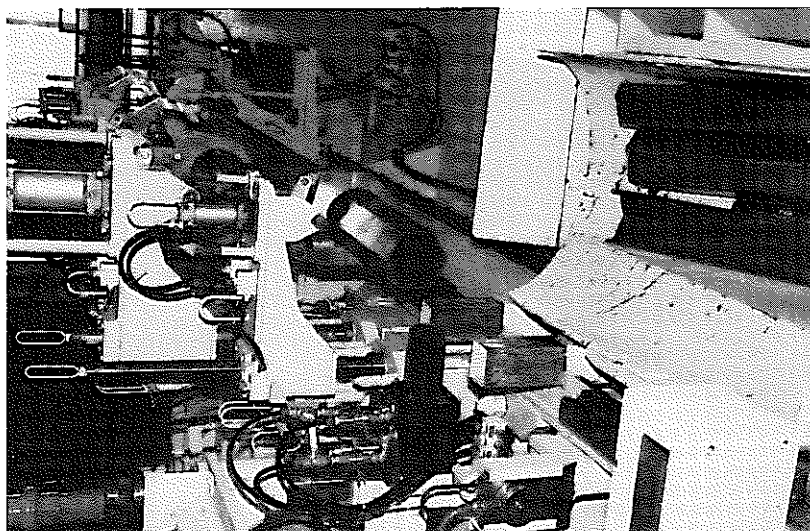


PHOTO. 57

同 上

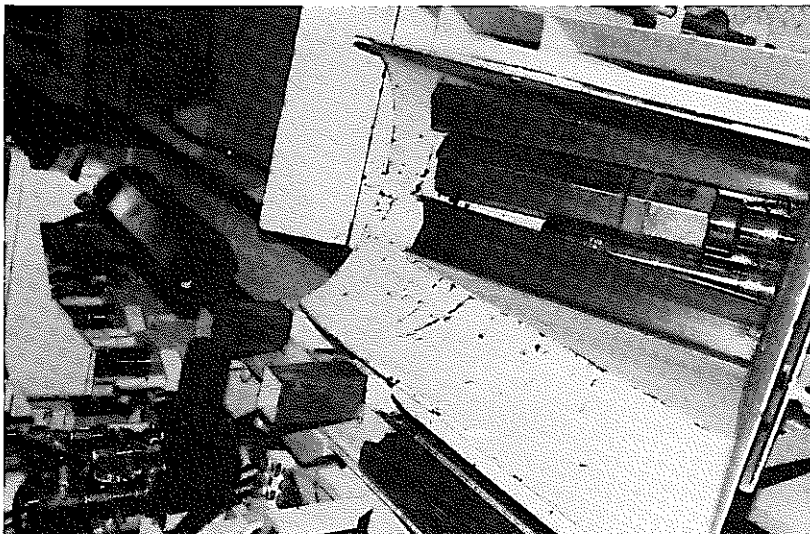


PHOTO. 58

ラッパ管減容

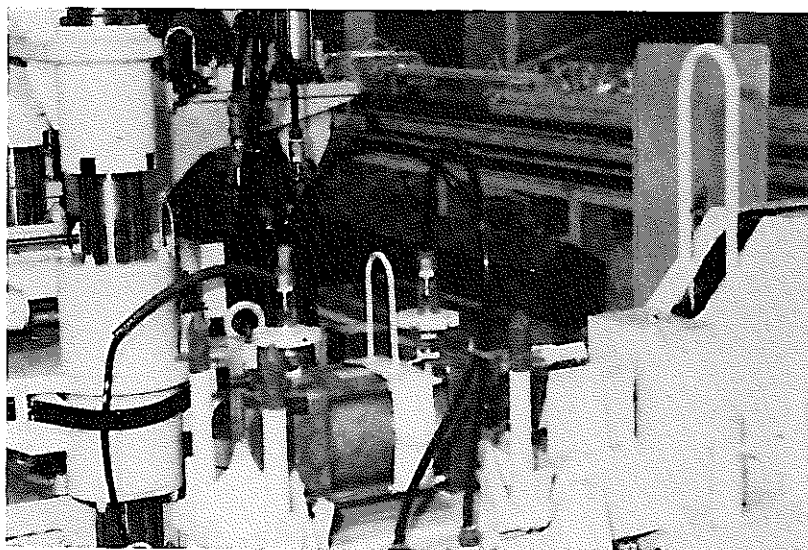


PHOTO. 59

同 上

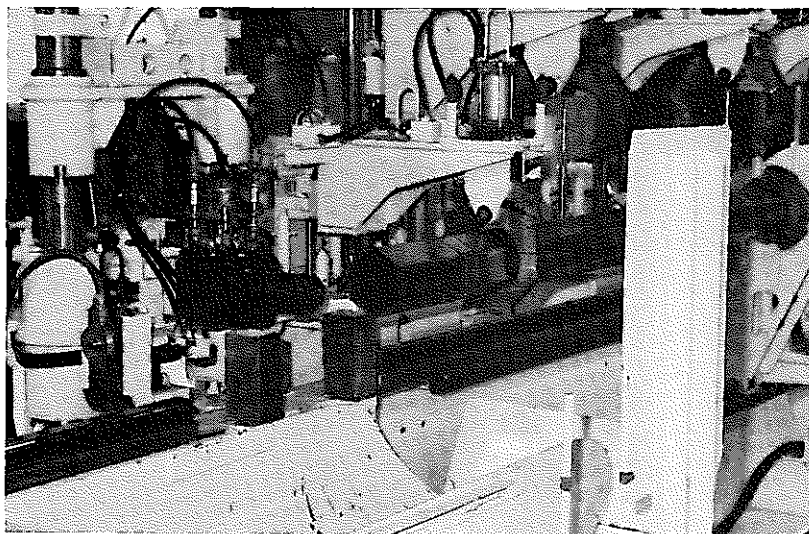
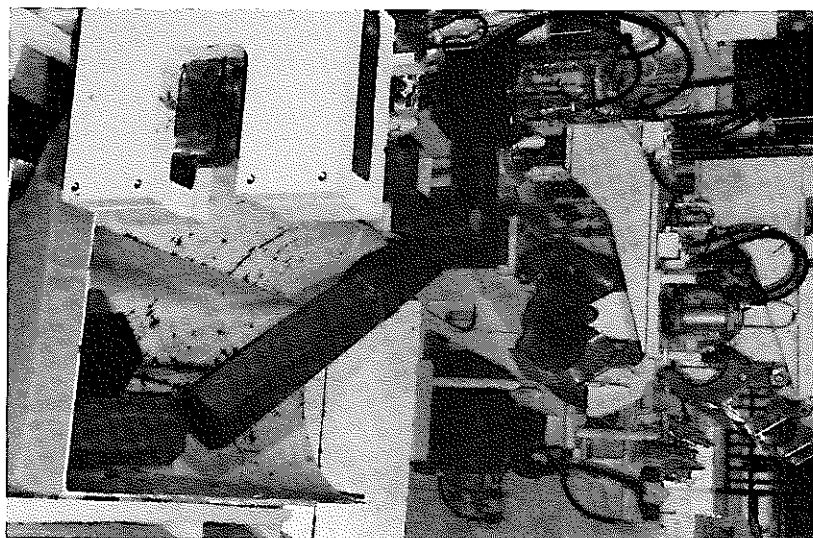


PHOTO. 60

ラッパ管減容管
収 納 状 態



参 考 資 料

参 考 資 料

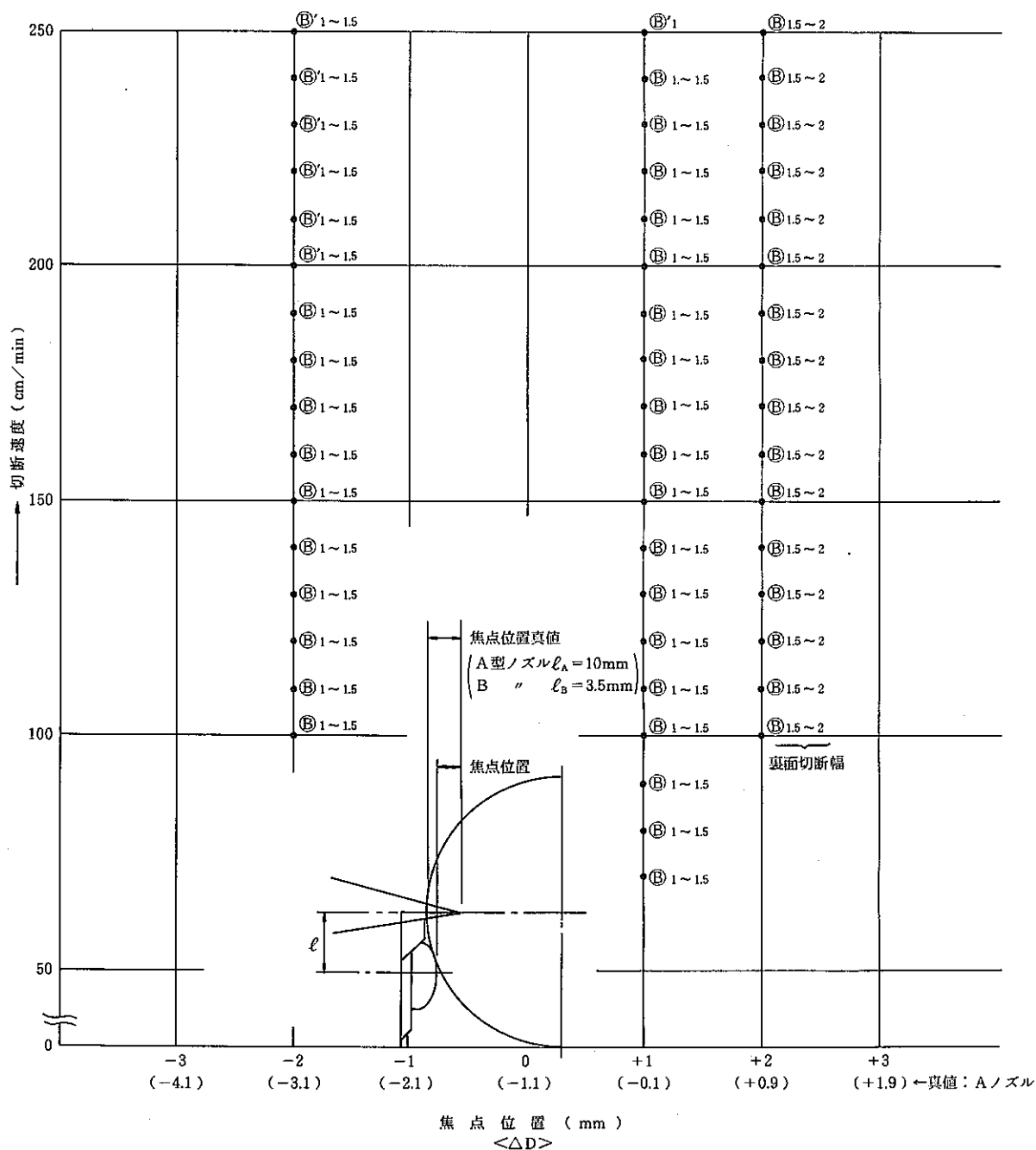
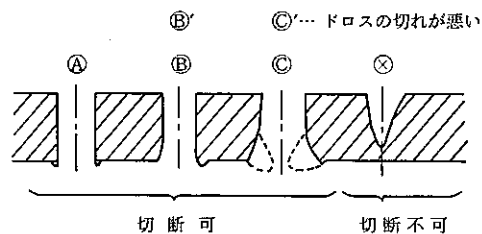
エントランスノズル部，組棒部切断条件確認試験記録

1. 目 的	エントランスノズル部および組棒部の切断条件を定める為の基礎データを得る。
2. 実験条件	2-1 期間 S59 11/B ~ 11/E ・期 日 2-2 供試体および試験パラメータ ・方 法 (1) エントランスノズル部切断試験 (2) 組棒部切断試験 ・装置等 ①供試体 ・SUS 316 $\text{O.D. } 76.3 \times {}^t 5.2$ ・ “ ” $\text{O.D. } 76.3 \times {}^t 7.0$ 規格 SUS 管 の内，実機に 近いものを使 用。 ②パラメータ ・焦点位置 ・切断速度 ①供試体 ・SUS 316 $3^t \times 2$ 枚重ね ②パラメータ ・板間クリアランス ・焦点位置 ・切断速度 <注> “もんじゅ” エントランス部仕様 $\text{O.D. } 72 \times {}^t 6.0$ - SUS 316 <注> “もんじゅ” 組棒部仕様 $3^t \times 2$ 枚重ね クリアランス 0 ~ 0.3 - SUS 316
3. 結 果	3-1 エントランスノズル切断試験結果<図 1 ~ 7> ・データ ①${}^t 5.2$ と ${}^t 7.0$ では顕著な差がある。 ・観 察 ②板切断データから管切断性能を類推することは可能である。 すなわち 6^t 板切断性能と 6^t 管切断性能は対応がつき，切断速度でいうならば $[6^t \text{ 管切断限界速度}] > [6^t \text{ 板切断限界速度}]$ である。 (考 察) ③厚板（管）の場合はピアッシング（初期穴あけ）が困難であり，焦点位置 -2 ~ +1 mm 位で適正な f, DuTy を定める必要がある。 3-2 組棒部切断試験結果<図 8 ~ 10> ④密着状態（板間クリアランス 0 では） $[3^t \times 2 \text{ 枚重ね}] = [6^t]$ の切断性能を示す。 ⑤板間クリアランスを上げていくに連れて，切断性能は格段に落ち，板間クリアランス（δ）= 0.25 mm では切断限界速度が密着時に比べ，約半分に低下する。
4. そ の 他 (今後の 予定等)	4 その他 以前の切断性能試験（3^t，6^t 切断性能試験，長手切断性能試験）と合わせて，今後の解体試験の条件設定に反映する。

・アシストガス O_2
 ・ " 流量 $230 \ell / \text{min}$
 ・ノズル種類 A 型
 ・ノズル径 $\phi 3 \text{ mm}$
 ・出力 1500 W (シングルモード)
 ・被切断材 SUS 316, O-D $76.3 \times t 5.2$
 ($2 \frac{1}{2} \text{ B-sch } 40$)

焦点位置 $\cdot \Delta D < 0$ $\cdot \Delta D = 0$ $\cdot \Delta D > 0$

切断可・不可判定

図1 焦点位置と切断速度の関係 (O・D $76.3 \times 5.2 \text{ t}$)

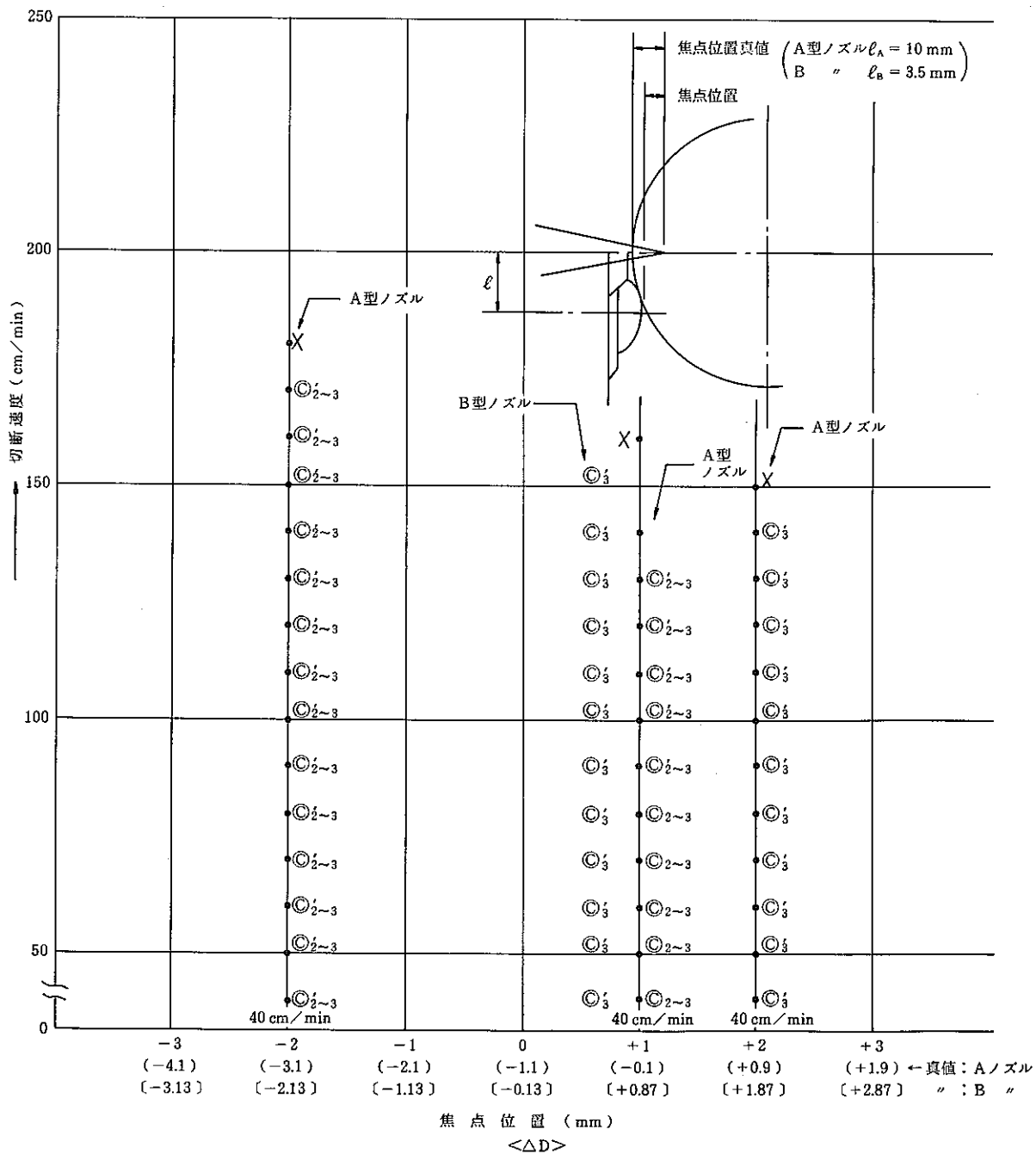
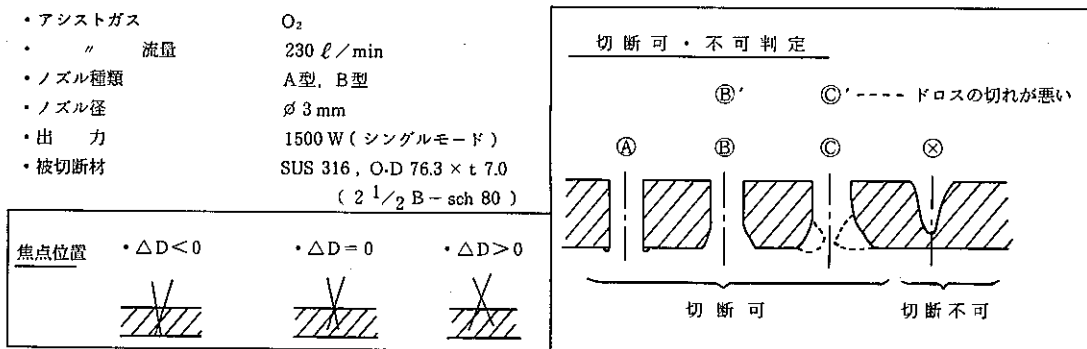
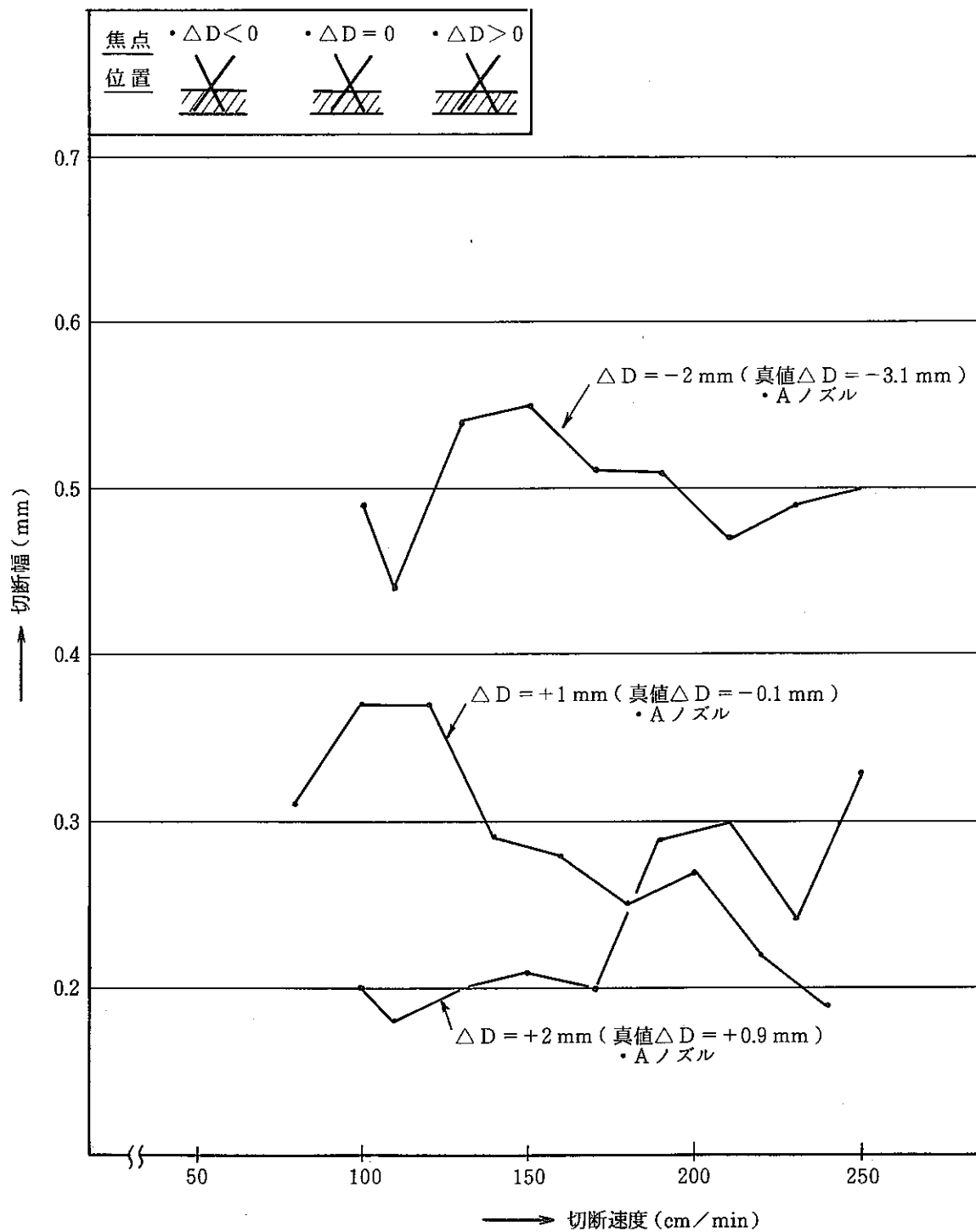


図2 焦点位置と切断速度の関係 (O.D 76.3 × 7 t)

- ・アシストガス O_2
- ・ " 流量 $230 \ell / \min$
- ・ノズル種類 A 型
- ・ノズル径 $\phi 3 \text{ mm}$
- ・出力 1500 W (シングルモード)
- ・被切断材 SUS 316, OD 76.3 $\times$ t 5.2
($2\frac{1}{2}$ B-sch 40)

図3. 切断幅と焦点位置, 切断速度の関係 (OD 76.3 $\times$ 5.2 t)

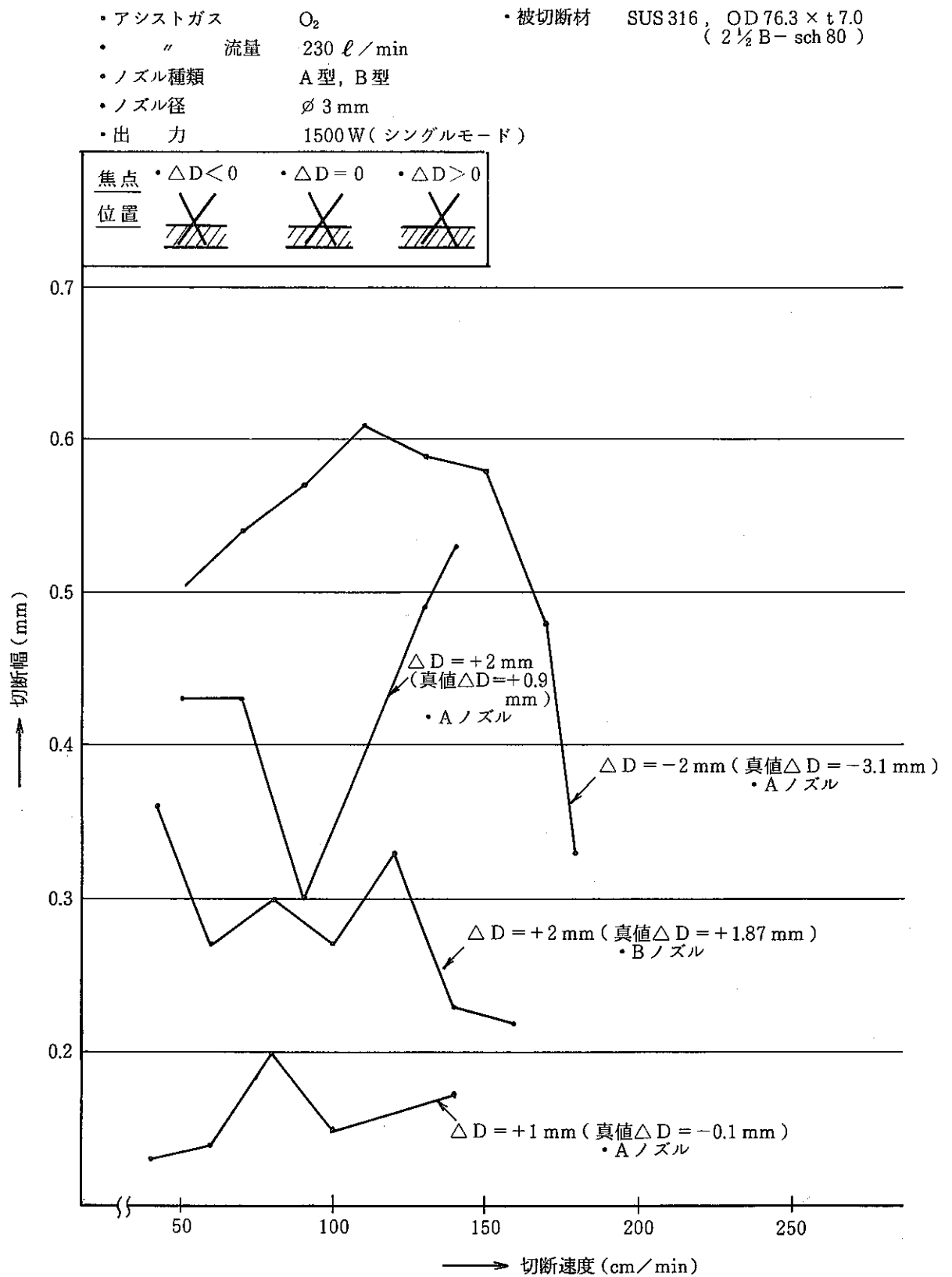
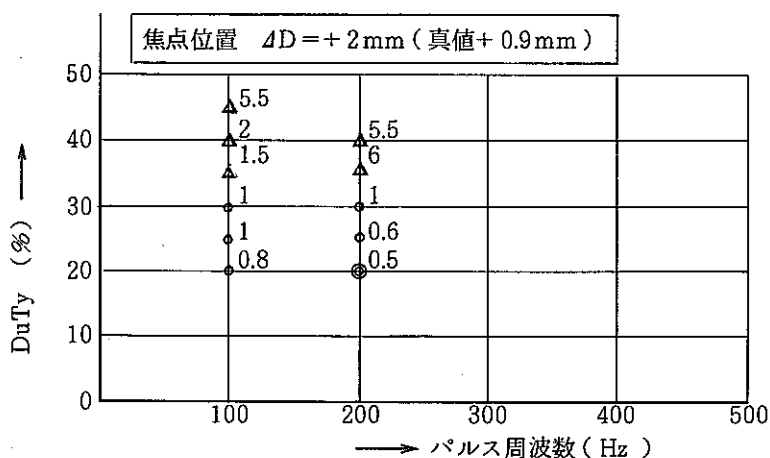
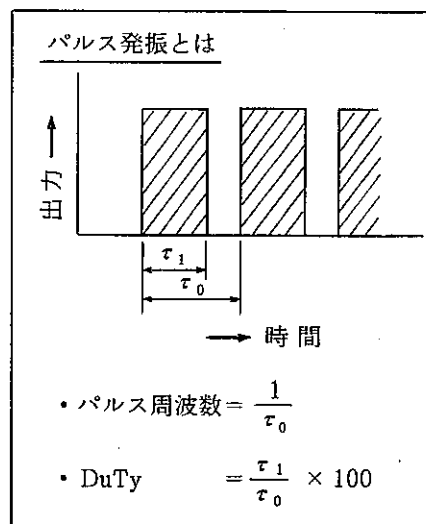
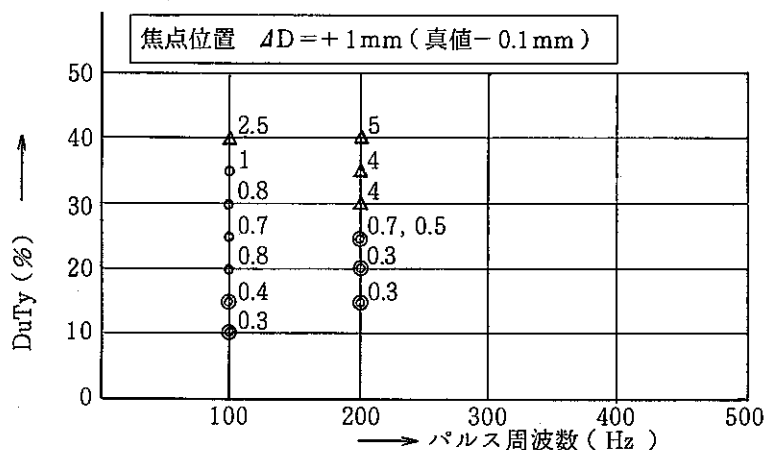
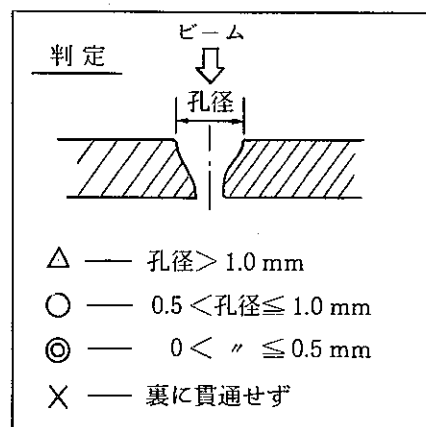
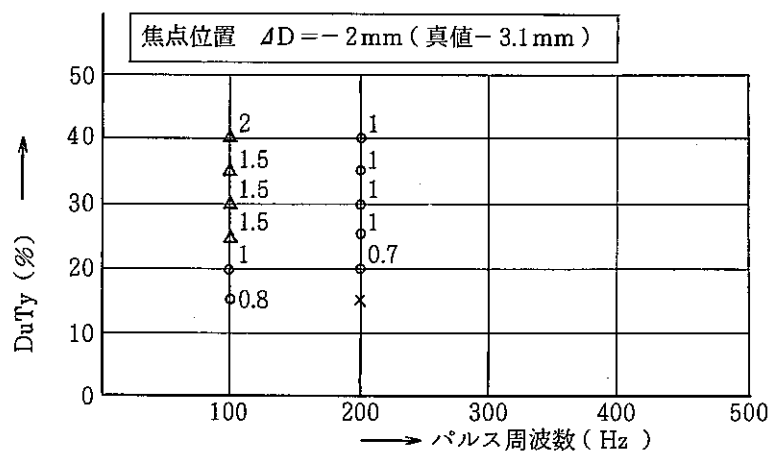


図 4. 切断幅と焦点位置，切断速度の関係（OD 76.3 × 7.0 t）

被加工体: SUS 316, $\phi 76.3 \times 5.2$ (2 1/2 B-sch 40)
 加工条件: O_2 , 230 ℓ/min , ノズル径 $\phi 3 \text{ mm}$, A 型ノズル
 照射時間 6 sec
 1500 W (シングルモード)

図5 ピアッシング (孔あけ) 条件 ($\phi 76.3 \times 5.2 \text{ t}$)

被加工体：SUS 316， $\phi 76.3 \times t 7.0$ (2 1/2 B-sch 80)
 加工条件：O₂，230 ℓ/min，ノズル径 $\phi 3$ mm，A または B 型ノズル
 照射時間 3 sec
 1500 W (シングルモード)

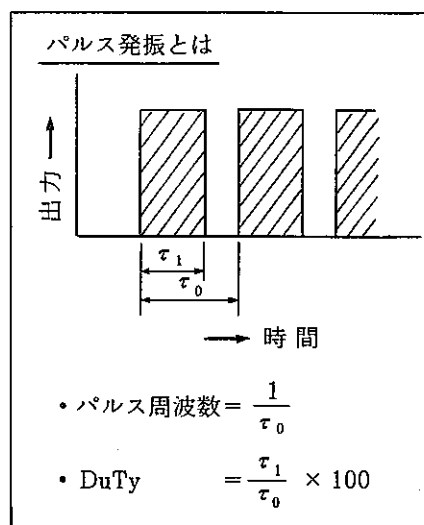
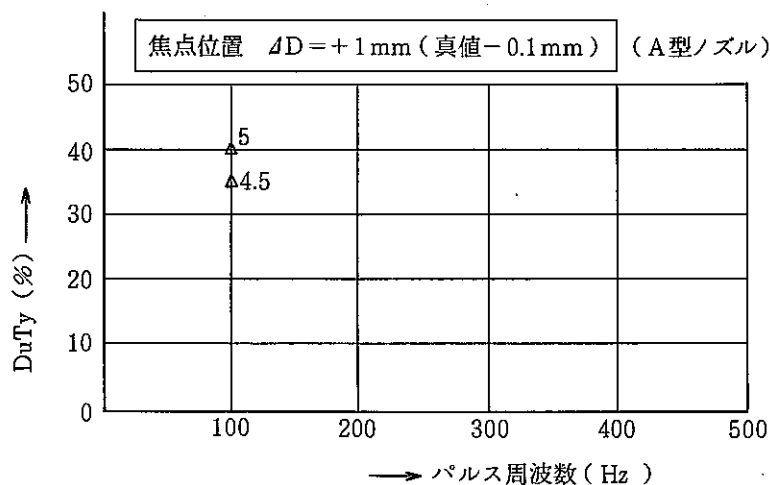
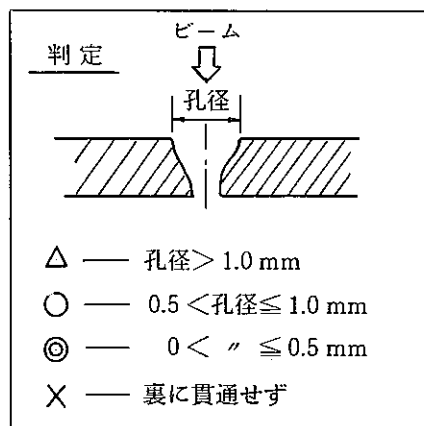
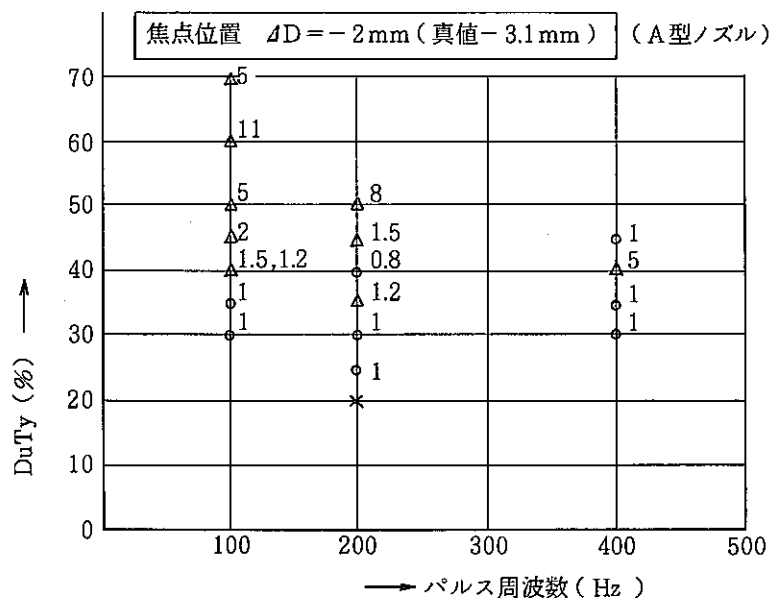


図6 ピアッシング (孔あけ) 条件 (O.D 76.3 × 7.0 t)

被加工体：SUS 316, $\phi 76.3 \times t 7.0$ (2 1/2 B-sch 80)
 加工条件：O₂, 230 ℓ/min, ノズル径 $\phi 3$ mm, A または B 型ノズル
 照射時間 3 sec
 1500 W (シングルモード)

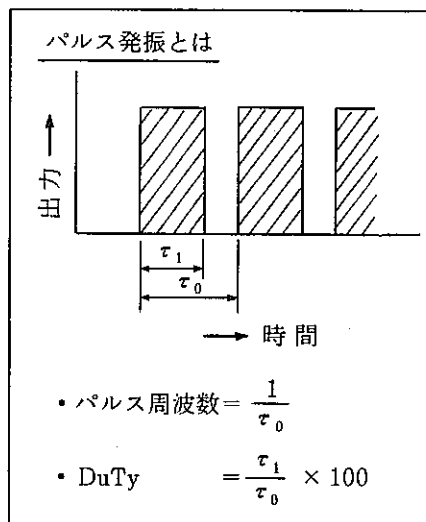
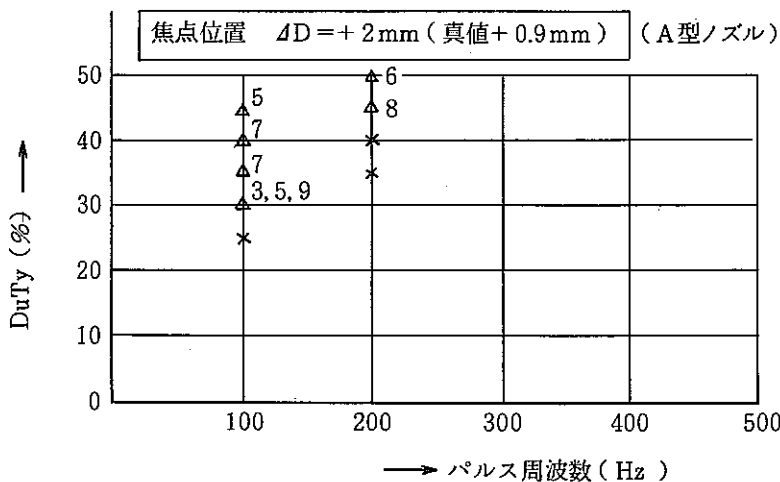
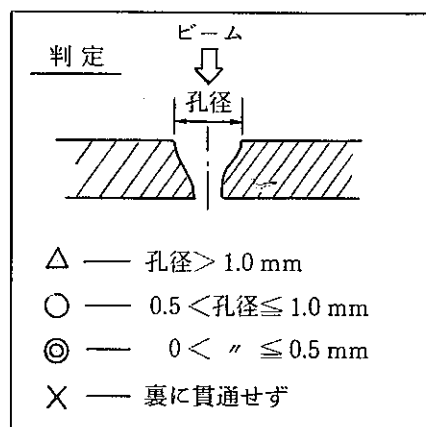
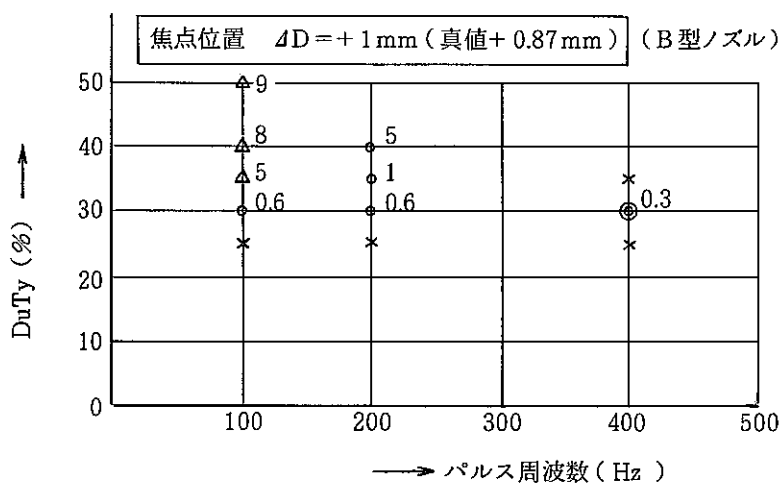


図7 ピアッシング (孔あけ) 条件 (O.D 76.3 × 7.0t)

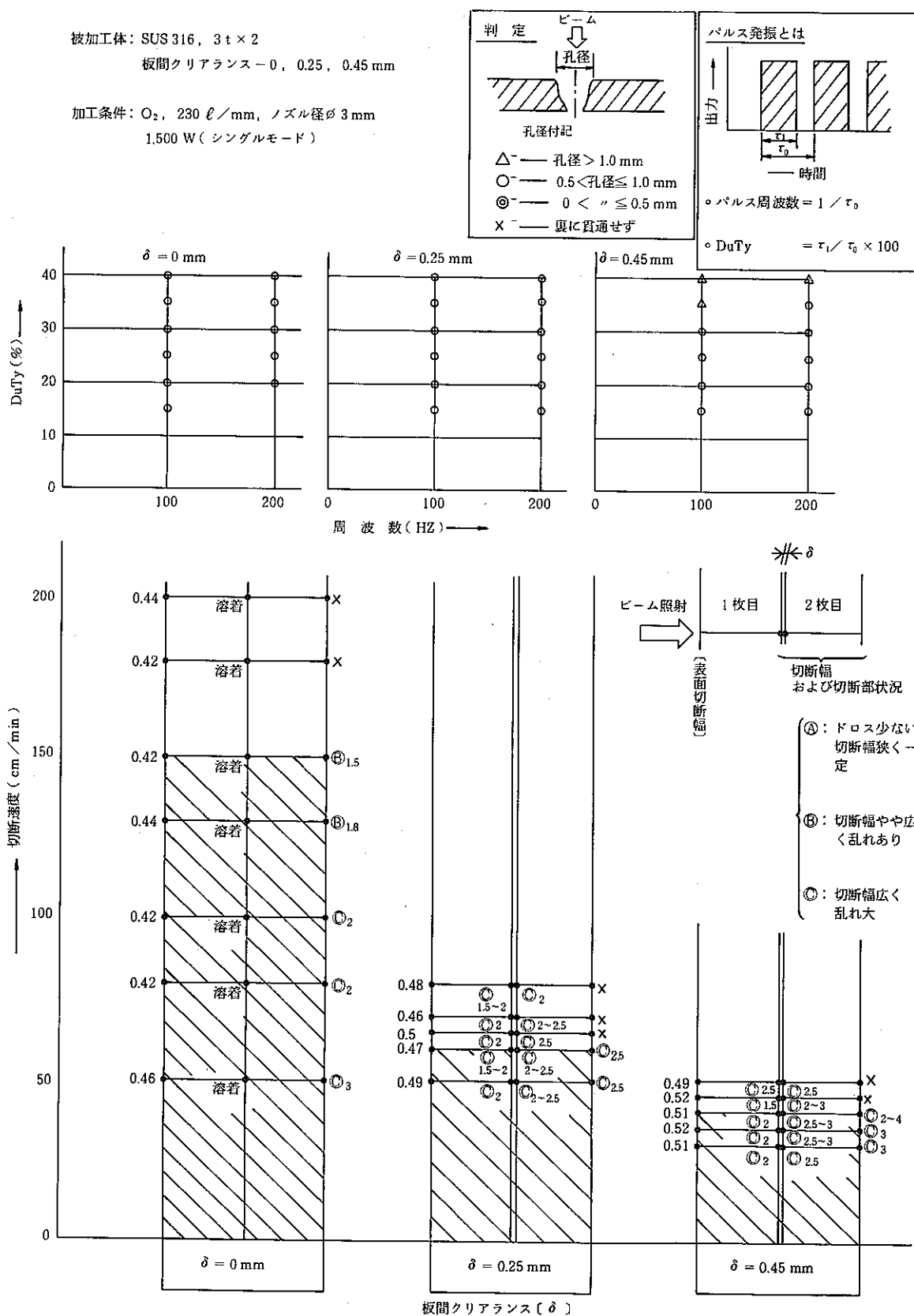


図8 二枚重ね板切断性能 (焦点位置 = -2 mm)

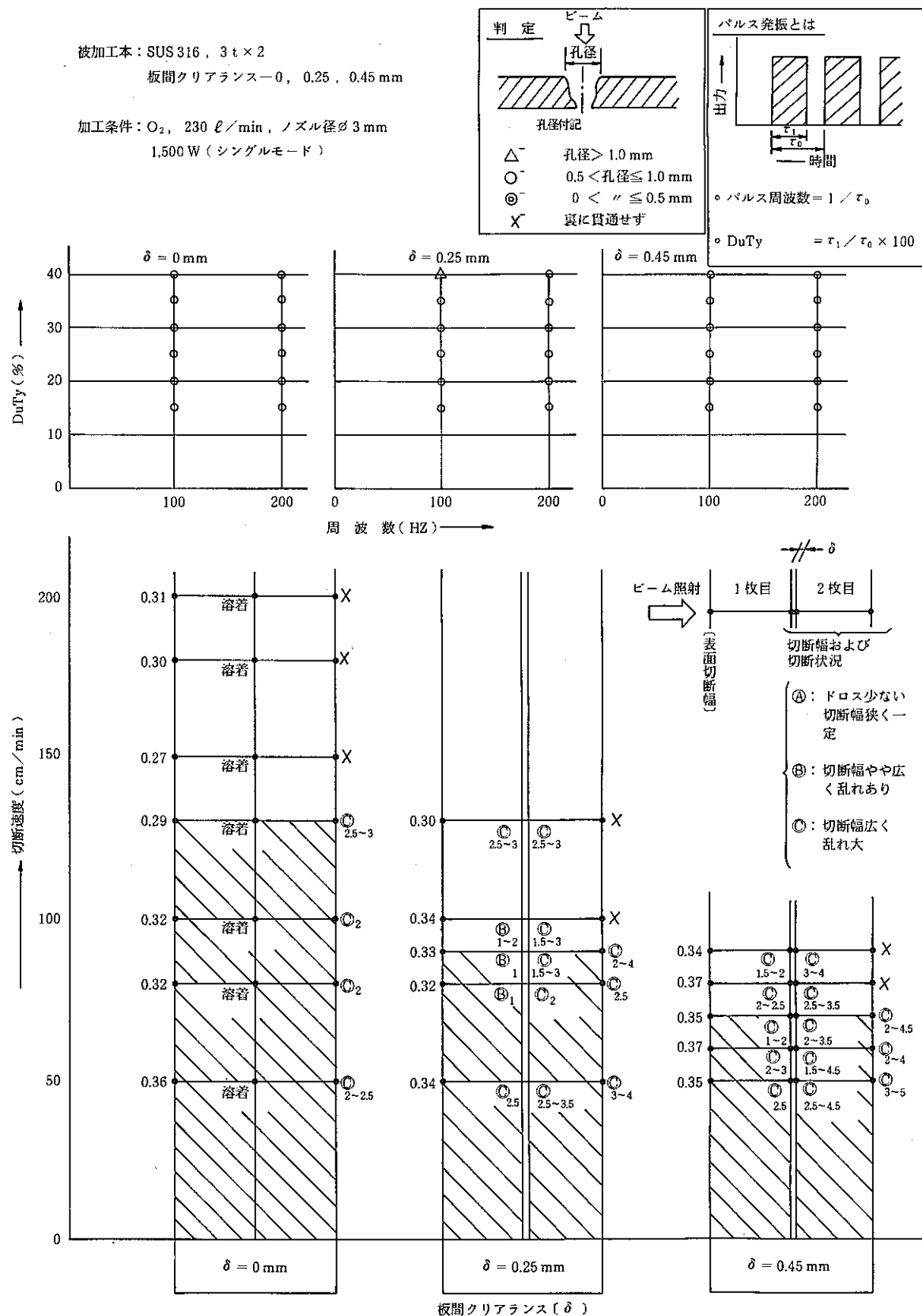


図9 二枚重ね板の切断性能 (焦点位置+1 mm)

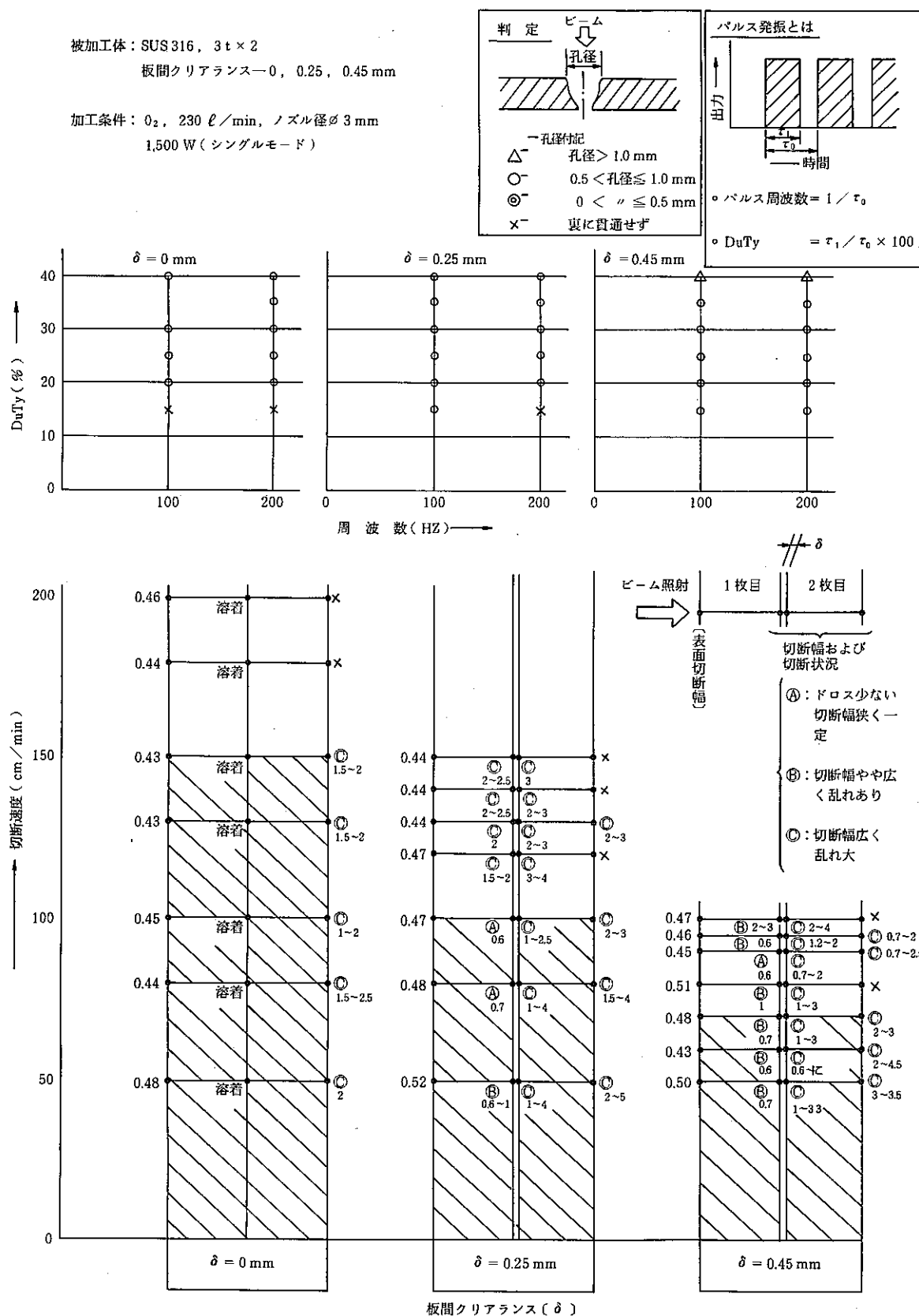


図10 二枚重ね板の切断性能 (焦点位置 + 2 mm)