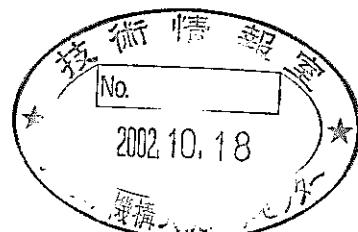


有害物選別システム設計
蛍光 X 線分析装置の適用確認
(技術報告)



2002年7月

核燃料サイクル開発機構
大洗工学センター

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)
2002

有害物選別システム設計 蛍光X線分析装置の適用確認
(技術報告)

磯山 進*, 堂野前 寧*, 菊地 豊*
加藤 徳義**, 宮崎 仁*, 谷本 健一***

要 旨

環境保全課では、大洗工学センター内で発生する放射性固体廃棄物、および日本原子力研究所大洗研究所内の廃棄物管理施設に保管中の α 固体廃棄物Bを、高密度に減容処理し、将来の埋設処分に対応した廃棄体として作製することを目的とした、固体廃棄物処理技術開発施設（以下「L E D F」という）の建設計画を進めている。

L E D Fでは、埋設時に問題となる物質等を除去するため、人手による受入廃棄物仕分けプロセスを有しているが、仕分け精度、信頼性、作業負担低減を目的に、有害物選別装置の導入を検討している。

本試験では、選別装置の一つとして、蛍光X線分析装置に着目し、廃棄物模擬試験片による選別試験を行い、L E D Fへの有害物選別装置としての適用性を検討した。以下に検討結果を示す。

(1) 選別性能

単体金属であれば前処理もほとんど必要なく、ほぼ確実に選別できるが、廃棄物の表面付近のみの測定であるため、表面に塗装やメッキ、不純物などがある場合は選別が困難となる。

(2) 測定位置

廃棄物は測定部に可能な限り密着させる必要があり、隙間が4mmを超えると材質選別が不可能となる。

(3) 放射線影響

放射線の影響によりバックグラウンドが高い場合は、各材質の蛍光X線ピークの判別が困難になり、材質判別が出来なくなる傾向があることが判った。特にアルミニウムは蛍光X線のピークが低いため影響を受け易い。

結論として、蛍光X線分析装置は有害物選別装置としての適用性は有しているが、放射線環境下での利用は問題が多く、セル内設置は困難である。L E D Fに適用するには、目視選別の補助として、セル外設置にて使用するのが合理的と思われる。

* 大洗工学センター 照射施設運転管理センター 環境保全課

** 現 富士電機株式会社

*** 現 大洗工学センター 照射施設運転管理センター

The design of the hazardous substance sorting system
Applicability check of X-ray Fluorescence Spectrometer

(Technical report)

Susumu Isoyama*, Yasushi Donomae*, Yutaka Kikuchi*
Noriyosi Katou**, Hitosi Miyazaki*, Kenichi Tanimoto***

Abstract

Construction of LEDF (Large Equipment Dismantling Facility) is being planned by Waste Management Section. This purpose of LEDF is the melting treatment of the radioactive waste in OEC (O-arai Engineering Center) and the waste package in JAERI (O-arai Japan Atomic Energy Research Institute). It is also considered about the disposal plan of the future.

Therefore LEDF has the sorting process of waste because of the removal of problematic substances. But that process is conducted using its human eyes. This process needs automatic operation because of high classification accuracy, high reliability, burden reduction of a worker.

Then we select EXFS(Energy dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer), and conducted the measurement of waste (a sample) with this device. That purpose is to confirm an application as the sorting device.

A confirmation result is shown in the following.

(1) Sorting performance

Measurement is possible without pretreatment, if it is metal.

However, sorting is difficult when paint, plating, impurities, etc. are shown in the surface.

(2) Measurement position

It is necessary to set a gap of the measurement thing from a measurement position to 4mm or less.

(3) Radiation influence

Because the background had risen by the influence of a radiant ray, the distinction of Fluorescence X-ray became difficult. Therefore the distinction of materials became impossible. Aluminum is influenced specially by it.

As a conclusion, the application nature of EXFS thing Sorting System is high. But there is a bad influence by radiation. Therefore, difficult is installation into the cell. In order to apply EXFS to LEDF, it is necessary to place it outside the cell and to use as the help of the visual inspection.

* Waste Management Section, Irradiation Center, OEC, JNC

** Fuji Electric CO., LTD

*** Irradiation Center, OEC, JNC

目 次

1. はじめに	1
2. 試験方法	2
2. 1 試験手順	2
2. 2 試験片および治具、密封線源	2
2. 3 試験装置	3
2. 4 測定原理	4
2. 5 試験条件	4
3. 試験結果	5
3. 1 形状影響試験	5
3. 2 測定状態影響試験	6
3. 3 放射線影響試験	6
4. 考察	8
4. 1 形状による影響	8
4. 2 測定状態による影響	9
4. 3 放射線による影響	9
4. 4 LEDFへの適用性	10
5. おわりに	11
6. 謝辞	12

付録-1 蛍光X線分析装置の測定データの説明

図 表 目 次

表2-1	試験片詳細	13
表2-2	治具詳細	14
表2-3	測定状態影響試験パラメータ	15
表2-4	密封線源の詳細	15
表3-1	測定結果一覧	16
表3-2	形状影響測定結果（鉄）	17
表3-3	形状影響測定結果（ステンレス）	17
表3-4	形状影響測定結果（アルミニウム）	17
表3-5	形状影響測定結果（鉛）	17
表3-6	形状影響測定結果（銅）	18
表3-7	形状影響測定結果（黄銅）	18
表3-8	表面処理影響測定結果（母材：鉄）	18
表3-9	測定状態影響測定結果（ステンレス）	19
表3-10	測定状態影響測定結果（アルミニウム）	20
表3-11	測定状態影響測定結果（鉛）	21
表3-12	放射線影響測定結果（ステンレス）	22
表3-13	放射線影響測定結果（アルミニウム）	22
表3-14	放射線影響測定結果（鉛）	22
表3-15	放射線影響測定結果（アルミ箔）	23
図-1	エネルギー分散型蛍光X線装置の原理図	24
図-2	試験片測定状態	24
図-3	小片試験片の測定方法	24
図-4	水平隙間の設定方法	25
図-5	傾斜隙間の設定方法	25
図-6	密封線源の設置位置	25
図-7	試験片[アルミ箔]（線源無し）のプロファイルデータ	26
図-8	試験片[アルミ箔]（全数線源）のプロファイルデータ	27
写真-1	蛍光X線分析装置EDX-700	28
写真-2	本体測定部（試料室：開状態）	28
写真-3	試料室内部	29
写真-4	試験片の設置1（直接測定）	29
写真-5	試験片の設置2（サポート使用）	29
写真-6	模擬試験片	30
写真-7	治具	30

1. はじめに

環境保全課では、大洗工学センター内で発生する放射性固体廃棄物、および日本原子力研究所大洗研究所内の廃棄物管理施設に保管中の α 固体廃棄物Bを、高密度に減容処理し、R I・研究所等廃棄物の処分要件を満たす廃棄体を作製することを目的とした、固体廃棄物処理技術開発施設（以下「L E D F」という）の建設設計画を進めている。

L E D Fでは、埋設処分時に問題となる物質等を除去するため、人手による受入廃棄物仕分けプロセスを有しているが、仕分け精度、信頼性、作業負担低減を目的に、有害物選別装置の導入を検討している。

一般的に産業廃棄物等の仕分けに利用される選別装置は、風力選別機、磁力選別機、渦電流選別機等であるが、仕分け対象とする材質の選別には、各選別装置を組み合わせた大規模な設備が必要であり、L E D Fに適用するのは現実的ではない。

そこで、有害物選別装置としての適用実績は無いが、金属材料の元素組成を簡便に分析する装置として一般産業界で活用されている、蛍光X線分析装置に着目した。

蛍光X線分析装置は、測定試料の特別な前処理が不要で、短時間で元素組成を定性定量分析することが可能であり、最近では小型で高性能なものが市販されている。

本装置が有害物選別装置としてL E D Fに適用できれば、廃棄物中のほぼ全ての金属判別が可能となるが、本来は研究室等で利用される分析装置であり、さらに原子力施設のプロセス機器として考えた場合、以下の点を明確にする必要がある。

- ・ 雑多な形状、状態である廃棄物を、前処理せずにどの程度測定可能なのか。
- ・ 廃棄物をそのまま測定する場合は、表面の凹凸により、測定位置において隙間が発生する可能性高いが、どの程度許容できるのか。
- ・ 廃棄物自身および周囲からの放射線により、検出器のバックグラウンドが上昇し、蛍光X線のピークが埋もれてしまう可能性があるが、どの程度影響するものなのか。
- ・ 放射性廃棄物中に含まれる有害物の判別を目的としたシステムの使用事例は無い。

そこで、上記の点を確認するため、市販の蛍光X線分析装置を使用した以下のような確認試験を実施し、蛍光X線分析装置の有害物選別装置としての有効性を評価するとともに、L E D Fへの適用性を検討した。

- ① 形状影響試験 : 廃棄物の形状や表面粗さ、表面処理を模擬した試験片を測定し、廃棄物性状による測定への影響を確認する。
- ② 測定状態影響試験 : 試験片を隙間と傾きが発生した状態で設置し、それらを変化させて測定することにより、許容可能な隙間と傾き、測定への影響を確認する。
- ③ 放射線影響試験 : 密封線源により測定物自身の放射線を模擬し、放射線による測定への影響を確認する。

2. 試験方法

2.1 試験手順

(1) 形状影響試験

表2-1に示す試験片に対して、蛍光X線分析装置(写真-1, 2)による測定を行い、材質判定の可否を確認した。

図-2示すように、蛍光X線分析装置試料室の測定位置に、試験片の中心が一致するようにセットし、全ての試験片の測定を行った。(写真-3, 4)

なお、「板(小)」、「粒」については、そのままでは測定穴から落下するため、図-3に示すように試料容器に収納して測定した。

測定結果(検出された元素の定量分析結果)から、試験片の形状の違いによる材質(鉄、ステンレス、アルミニウム、鉛、銅、黄銅)判定への影響を確認した。

(2) 測定状態影響試験

表2-2治具を組み合わせることにより、試験片が測定面に対して、隙間や傾きがある状態で測定した。(写真-5)

隙間量の設定方法は、水平隙間については、図-4に示すように、試験片と測定ステージの間にスペーサを入れて変化させた。傾斜隙間については、図-5に示すように、傾斜サポートを平行移動させることにより隙間を変化させ、隙間量は平行移動量から計算により求めた。設定した隙間と角度のパラメータを表2-3に示す。

試験片は「板(大)」を使用したが、試験パラメータが多いため、Fe, Cr, Moの元素組成割合が既知であり測定状態による影響が確認し易いと思われるステンレスと、有害物として選別を要するアルミニウムと鉛に材質を限定した。

各傾き角度において、順次隙間を広げていき、材質の判別が出来なくなるまで測定を行った。

(3) 放射線影響試験

放射線を模擬するため密封線源を使用した。試験片は、(2)と同様に「板(大)」(ステンレス、アルミニウム、鉛)と、板厚が薄いことから密封線源の放射線の透過がより多くなり、高線量雰囲気での状態を模擬できると思われる「箔」(アルミニウム)(以下、アルミ箔という)を用いた。

「板(大)」のステンレス、アルミニウム、鉛については、密封線源6個を、図-6に示すように、X線検出器直上付近の測定ステージ上に設置して測定した。

アルミ箔については、試験片上面に各密封線源を設置し、各線源1個ずつ、線源6個全部、放射線が低エネルギーの核種群(Ba-133, Am-241, Ra-226)、放射線が高エネルギーの核種群(Co-60, Cs-137)の9パターンで実施した。

それぞれの測定結果に対して、(1)と同様に材質の判定を行った。

2.2 試験片および治具、密封線源

(1) 試験片

廃棄物の全ての形状を模擬することは困難なため、廃棄物中の代表的な金属

(鉄、ステンレス、アルミニウム、銅、黄銅、鉛)について、以下の基本的な性状を模擬した試験片を準備した。詳細を表2-1、外観を写真-6に示す。

① 形状による影響

- ・大きさの影響：蛍光X線分析装置のX線照射面積Φ10mmに対して、十分に大きいもの、同程度のもの、小さいものの3種を準備した。

- ・曲面の影響：配管等の測定を考慮し、大小の2種を準備した。

- ・厚さの影響：箔状のもの（アルミ箔）の確認。蛍光X線測定装置は、物体表面から内側20μmまでの範囲を分析するため、その範囲より薄いものを準備した。

② 表面粗さの影響：前処理、解体後の廃棄物を測定することを考慮し、切断面の状態（ヤスリ仕上げ、切断面、溶断面）の3種を準備した。

③ 表面処理の影響：材質が鉄の場合、塗装やメッキ処理、鋳の場合が想定されるため、メッキ2種、塗装2種、鋳1種を準備。またメッキ膜厚の影響を見るためメッキの厚い物と薄い物を準備した。

(2) 治具

測定状態影響試験時に試験片の隙間と傾きを調整する治具を製作した。

治具の材質は測定に影響を及ぼさないアクリル製とし、再現性を高めるために角度は固定式とした。詳細を表2-2、外観を写真-7に示す。

(3) 密封線源

密封線源はCo-60、Cs-137、Am-241、Co-57、Ba-133、Ra-226の6核種を準備した。その詳細を表2-4に示す。Co-60、Cs-137、Am-241は廃棄物中に多く含まれると予測される核種であり、Co-57、Ba-133、Ra-226は上記核種の放射エネルギー領域を補間する核種である。

2.3 試験装置

本体はコンパクトであるが大型の試料室を持ち、測定可能元素範囲が広い、島津エネルギー分散型蛍光X線分析装置EDX-700を利用した。

(1) 主な仕様

・測定対象	固体・液体・粉体
・測定範囲	Na～U
・試料形状	最大300mmΦ×150mmH
・X線管電圧電流	Max 50kV, 1000μA
・X線照射面積	10mmΦ(標準コリメータ使用時)
・検出器	Si(Li)半導体検出器

(2) 装置構成

装置は次のユニットから構成されている。（写真-1）

- ・本体測定部：試料室内の試料にX線を照射し蛍光X線を測定する
- ・データ処理部：分析処理と測定部制御用
- ・プリンター：分析結果のプリントアウト用

2.4 測定原理

測定原理は図-1に示すように試料（試験片）の下面にX線管から1次X線を照射し、それによって励起された試料から、その試料の構成元素ごとに特有のエネルギーを有する蛍光X線が放射される。その蛍光X線を半導体X線検出器で取り込み、マルチチャンネルアナライザによりX線のエネルギーごとにカウントし、その値を計算プログラムによって処理し、試料の構成元素の定性定量分析がなされる。

計算プログラムはファンダメンタルパラメータ法（FP法）という蛍光X線装置の定量計算に使われる手法をベースに島津製作所が独自に作成したプログラムであり、標準試料が無くても定量計算が可能となっている。

2.5 試験条件

(1) 蛍光X線分析装置

今回の試験片は金属で、かつ、その主成分の測定が目的であり、簡単に短時間で測定できることが条件となるため、蛍光X線分析装置に予めセットされている、以下のパラメータセットを使用した。

- ・測定モード：簡単分析-未知固体
- ・測定雰囲気：大気
- ・X線管電圧、取込範囲、解析範囲
 - ：軽元素範囲 (Na～Sc) = 15 kV, 0～20keV, 0～4.4 keV
 - ：重元素範囲 (Ti～U) = 50 kV, 0～40keV, 0～40 keV
- ・X線管電流：自動設定(max1000 μA)
- ・フィルター：無し
- ・測定時間：100秒

また、試料容器の使用時は、補正計算のため以下のパラメータを追加した。

- ・第1層 材質：マイラーシート、厚さ：6 μm

(2) 測定時間

測定時間は、軽元素範囲測定時間(100秒)、重元素範囲測定時間(100秒)、管電圧切替え時間、シャッタ開閉時間、分析計算時間の合計となる。今回の条件では約4.5分を要した。(試験片のセッティング時間は除く)。

(3) 測定回数

事前確認の結果、繰返し測定による元素組成割合の測定値の誤差は±1%程度であり、材質の判別程度であれば問題とはならず、各試験片の測定回数は1回のみとした。

3. 試験結果

ほとんどの試験片に対して材質の判別が可能であった。また、測定状態については測定部中心で4mm以上の浮上りでアルミニウムが判別不可となる。放射線の影響は測定データのバックグラウンドの上昇という形で現れ、アルミニウムについて、放射線の影響で判別不可となる事象を確認した。

試験結果の一覧を表3-1に示すとともに、以下に結果の詳細を示す。

3.1 形状影響試験

試験片の6種の材質については、形状が異なっていても全て材質判別が可能であった。しかし、表面の材質が内部と異なっている表面処理(塗装、メッキ)を施した試験片については、内部材質の判別は困難であった。判別結果を以下に示す。

(1) 形状による測定結果

- ・ 鉄 : 全ての形状(5種)で材質判別可能。(詳細:表3-2)
- ・ ステンレス : 全ての形状(5種)で材質判別可能。(詳細:表3-3)
- ・ アルミニウム : 全ての形状(6種)で材質判別可能。(詳細:表3-4)
- ・ 鉛 : 全ての形状(3種)で材質判別可能。(詳細:表3-5)
- ・ 銅 : 全ての形状(3種)で材質判別可能。(詳細:表3-6)
- ・ 黄銅 : 全ての形状(3種)で材質判別可能。(詳細:表3-7)

(2) 表面粗さによる測定結果

- ・ ステンレス : 全ての表面粗さで材質判別可能。(詳細:表3-3)
溶断面においてクロムの増加が確認されたが、材質判別に影響を及ぼす程度では無かった。
- ・ アルミニウム : 全ての表面粗さで材質判別可能。(詳細:表3-4)
- ・ 鉛 : 全ての表面粗さで材質判別可能。(詳細:表3-5)

(3) 表面処理による測定結果(詳細を表3-8に示す)

- ・ ハードクロム : 材質判別は困難。
膜厚1μmであれば、母材の鉄が十分測定できるが、表面のクロムも測定され、Cr:18%と表示されておりFe-Crの合金との区別は難しい。ただしNiが検出されていないのでステンレス材では無いとは判断できる。また、膜厚3μmでは母材の鉄より表面のクロムが強く測定されるため、測定データだけでは母材の材質を鉄と判断出来ない。
- ・ ニッケルメッキ : 材質判別不可。
膜厚4μmも40μmも母材の鉄より表面のニッケルが強く測定されるため、母材の材質の判別は困難。
- ・ エポキシ塗装 : 材質判別不可。
塗膜の成分のみが検出され、母材の鉄は測定されない。

- ・防錆塗装 : 材質判別不可。
塗膜の成分のみが検出され、母材の鉄は測定されない。
- ・錆 : 材質判別可能。

3.2 測定状態影響試験

(1) 事前確認

装置の構造上、試験片の傾斜方向によってX線強度が変化することが予想されたので、試験片の傾き方向を変えて測定を行い、最も条件の悪い（強度の低い）方向を確認した。傾きの影響測定は、全てその傾き方向にセットして実施した（写真-5）。

また、材質判別の限界は試験片の定量分析結果において、主成分の表示値がその材質の妥当な値から大きく外れるところ、またはX線強度が標準測定時の約1/100以下になる隙間とした。ただし、アルミニウムについては、もともと強度が弱いのでアルミニウムが主成分と表示されなくなったところを限界とした。

(2) 測定結果

隙間に関しては、どの条件においてもアルミニウムが最初に判別不能となり、中心隙間4～5mmが境界値となった。傾斜に関しては、水平状態を除き、傾斜角が大きいほど判定不能となる中心隙間値が、若干大きくなる傾向となった。

全体的には、傾斜角度とは関係なく、試験片の設置状態が装置の測定位置から一定の隙間（材料によって異なる）が生じると、材料判別ができなくなることが判った。なお、4mmまでは全て判別可能であった。

測定結果を材質別に表3-9～11に示すとともに、以下に傾斜角度ごとの判別可能隙間の結果を示す。

試験片材質	判別可能隙間(mm)			
	傾斜 0°	傾斜 10°	傾斜 20°	傾斜 30°
ステンレス	7	4.7	4.9	5.5
アルミニウム	4	4.0	4.2	3.8
鉛	6	4.7	4.9	5.5

3.3 放射線影響試験

(1) 事前確認

放射線の影響は、密封線源の位置により変化すると予測されるので、測定器周辺および測定ステージ上で、密封線源の位置を変化させて測定を行い、測定データ（プロファイルデータ）のバックグラウンド上昇の有無を確認した。結果は以下のとおり。

- ・測定器周辺：全密封線源を設置したが、線源が無い状態の測定データと比較して、有意な差を確認することが出来なかった。
- ・試験片近傍：全密封線源を検出器直上付近に設置した場合に、バックグラウンドの上昇が最大となることを確認した。
なお、アルミ箔だけは、試験片上面に設置した場合に最大となり、密封線源1個でも影響を確認出来た。

以上から、ステンレス、アルミニウム、鉛については、密封線源を検出器直上に設置して測定することとした。アルミ箔については、試験片上面に設置して測定した。

また、線源によるバックグラウンドの増加は低エネルギー側に漸増し、最小エネルギー位置(約1keV)で最大となっており、線源核種による違いは次の通りであった。

線源	線源無し	Co-60	Cs-137	Am-241	Co-57	Ba-133	Ra-226	低エネルギー核種群 Am-241, Ba-133, Ra-226	高エネルギー核種群 Co-60, Cs-137
測定最小エネルギー値でのバックグラウンド(counts)	19	48	69	35	23	100	157	191	107

(2) 測定結果

ステンレス、アルミニウム、鉛の「板(大)」については、全ての線源をまとめて試験片近傍に置いても材料判別に影響はなかったが、測定データ(プロファイルデータ)に放射線による影響とみられるバックグラウンドの増加が確認された。アルミ箔については、全ての線源を試験片上に置いた場合には、バックグラウンドの増加によりアルミニウムのピークが埋もれてしまい、材質判別が出来なかった。

表3-12～15に測定結果を示すとともに、判別結果を以下に示す。

- ①板(大)ステンレス : 材質判別可能。(詳細 表3-12)
- ②板(大)アルミニウム : 材質判別可能。(詳細 表3-13)
- ③板(大)鉛 : 材質判別可能。(詳細 表3-14)
- ④アルミ箔
 - ・単独線源(6種) : 材質判別可能。
 - ・複数線源(2組) : 材質判別可能。
 - ・全数線源 : 材質判別不可。アルミニウムの蛍光X線がバックグラウンドに隠されて、検出されなかった。図-7に線源無し状態のプロファイルデータ、図-8に全線源を設置した状態のプロファイルデータを示す。

4. 考 察

4.1 形状による影響

廃棄物の形状と表面粗さによる測定への影響はほとんど無く、測定範囲に一部でも測定物が入っていれば測定可能となる。ただし、表面処理されている場合は、表面層を除去し、母材の露出が必要となる。以下に詳細を示す。

① 形状による影響

- ・測定面の大きさによる影響：

大きさによる影響は確認されず、数mm程度あれば判定可能と思われる。

- ・曲面の影響

試験では、試験片の円筒と測定ステージが接触する部分が、測定位置の中心を通るようにセットしていたため、その部分で十分な蛍光X線が得られたと考えられる。従って、曲面でも測定位置に曲面の一部が接触していれば測定は可能と思われる。

- ・測定物の厚さの影響

アルミ板と比較して、アルミ箔の蛍光X線強度は低下しているが、全体的に低下しているため、材質判別には影響が無い。また、蛍光X線分析装置の深さ方向の測定範囲20 μm であるため、それ以上の厚さでは影響は無い。

② 表面粗さの影響

準備した試験片は、溶断面→ヤスリ面→切断面の順に表面粗さが小さくなっている。主要元素の蛍光X線強度はそれとは逆に大きくなっている。

従って、表面粗さが荒いほど、条件は悪くなるが、材質判別に影響するほどではない。

③ 表面処理の影響

蛍光X線分析装置は、試料表面から深さ20 μm 程度の範囲の組成を分析するため、母材と異なる材質が表面層となる場合は、材質判別は非常に困難となる。

メッキの場合は、メッキ成分と母材成分の両方の元素を検知するため、母材材質のみを判別することが困難である。

塗装の場合は、塗膜が100 μm 以上の厚さがあるため、母材までX線が透過せず、塗膜の成分のみが検出されてしまう。

鉄錆の場合は、主成分が酸化鉄であるため、鉄として検出されている。

従って、表面処理されている母材の材質を判別する場合は、表面層をグラインダー等で物理的に除去し、母材を露出させる必要がある。

4.2 測定状態による影響

平行隙間も傾斜隙間も大差なく、ステンレス、鉛では5～6mm、アルミニウムでは4mmである。即ち傾斜角度の影響はない。

蛍光X線分析装置は、試験片の一部（φ10mm程度）の平均値を測定している。従って、傾斜していても、中心での隙間に對して遠ざかる部分と近づく部分があり、平均すれば中心の隙間距離と同じということになる。

5mm以上になると急激にX線強度が下がる理由は、所定測定位置から離れるとX線管の中心軸方向からずれることによって試験片に励起X線が十分に当たらないこと、また検出器の中心軸方向からもずれることになるので試験片からの蛍光X線の取り込み効率が低下することなどが原因で、材質判別に十分なX線を検出できないことによるものと考えられる。なお、アルミニウムはX線強度が低いため、ステンレス等に比べてさらに厳しい結果となっている。

以上のことから、測定時には廃棄物と測定器の測定位置中心との隙間が4mm以下になるように制限する必要がある。

4.3 放射線による影響

今回の密封線源においては、板(大)(ステンレス、アルミニウム、鉛)の試験片で、個々の線源はもとより全ての線源をまとめて試験片近傍に設置して測定しても材質判別に影響はなく可能であったが、測定データ上はバックグラウンドの上昇が見られ、いくつかの蛍光X線ピークが判別できない状況であった。

これは、検出器の特性上、高バックグラウンド状態では、検出器の飽和を防止するためにX線管電流値が低く制御されることにより、試料からの蛍光X線強度も低下し、強度の低いX線ピークがバックグラウンドに埋もれて検出レベルに達しなくなったためと思われる。

特にアルミニウムの場合、バックグラウンドが低エネルギー側ほど上昇していることと、アルミニウムの蛍光X線が低エネルギー側に位置し、その強度も小さいことから、S/Nが約1となっており、他の材料より放射線の影響を受け易いと思われる。

実際にアルミ箔では、全ての線源をまとめて置いた場合はAl元素が検出されなかった。これはアルミ箔が「板(大)」より薄いために密封線源の放射線が透過し易く、検出器に到達する放射線量が上昇するため、他の試験片よりも高バックグラウンド状態となつたためと思われる。

従って、線源強度がもっと高い場合は、アルミ箔と同様に他の材質も判別不可能になる恐れがある。セル内の高線量雰囲気や廃棄物自身が高線量の場合などは遮へい等の対策が必要と思われる。

なお、アルミ箔のデータではFe、Cr、Ni、Mo等の強度が大きくなっているがこれは線源のケーシングにステンレスが使用されていて、アルミ箔を通してそれが測定されているためである。

4.4 L E D Fへの適用性

試験結果から、L E D Fへの適用性の検討を以下に示す。

①有害物判別

金属であれば全種測定可能。塗装、メッキ品は測定が難しいが、母材は鉄の可能性高く、目視判別が容易なので、実際上は問題無いと思われる。

②前処理

廃棄物の大部分が前処理無しで測定可能と思われるが、以下の廃棄物については前処理が必要と考える。(放射線対策は除く)

- ・メッキや塗装品 : グラインダー等による母材の露出作業
- ・大サイズの廃棄物 : 測定片の切り出し作業。
- ・複合材質のもの : 単体材質に分離するか、それぞれの測定片の採取。
　　または、各材質の露出面があればその場所を測定する。
- ・粒、粉状のもの : サンプリングと測定用の試料容器への投入。

③放射線

セル内設置するのであれば、測定器を保護する遮へいが不可欠。また、測定物自身が強い放射線を出しているときは、拭取りやグラインダー等による線源除去が必要。放射化金属は線源除去が出来ないため測定不可となる。

④自動化

本試験では、軽元素および重元素範囲の測定時間を各100 秒に設定したところ、測定開始から測定結果が表示されるまでの計測時間は270 秒であった。従って「 計測時間 = 測定時間(軽) + 測定時間(重) + 準備時間 」となる。

測定器の設定可能な最短の測定時間は10秒であることから、準備時間は変わらないとすれば、最短の計測時間は90秒程度となると思われる。これに測定物のセット時間を30秒とすれば、1 測定あたり最低 2 分は必要と考える。

従って、廃棄物を処理ライン上で全数測定をすることは時間的に難しい。

また、自動化においては、測定器への測定対象物の供給装置と、測定結果別の排出を行う排出装置が必要となる。しかし、測定位置での廃棄物の浮上りを4mm以下にする必要があるため、廃棄物の浮上り量を判断し、測定位置を調整できる機能を持った供給装置とする必要がある。また、廃棄物は様々な形状であるため、搬送におけるハンドリング等も工夫が必要である。

以上のことから、蛍光X線分析装置は、有害物選別装置としての有効性はあるものの、セル内に設置してL E D Fの処理ライン上に組込むには、解決すべき問題が多く、導入によるコストメリットと比較すると合理的では無いと考える。

従って、L E D Fへの適用を考えた場合、セル内での選別作業は、目視判別を基本とし、判別し難い廃棄物についてのみサンプルを採取し、セル外に設置した蛍光X線分析装置で判別するフローが最適と思われる。

5. おわりに

蛍光X線分析装置による有害物選別装置としての適用性確認試験を行い、以下の結果を得た。

(1) 形状による影響

- ・試験片の形状が板、パイプ、粒等にかかわらず表面組成が内部と異なっていなければ材質判別は可能。
- ・試験片の表面組成が内部と異なっている場合は、蛍光X線では原理的に表面から $20\mu\text{m}$ 程度の範囲の測定しかできないので材質判別は不可。このような場合は、表面を削り取って母材を露出させて測定する必要がある。

(2) 測定状態による影響

- ・蛍光X線分析装置の測定位置から鉄、ステンレス、鉛は $5\sim 6\text{mm}$ 、アルミニウムについては 4mm 浮き上がると材質判別は不可であった。結論として測定物の浮き上がり距離が 4mm 以下であれば材質判別が可能である。
- ・傾斜している場合は傾斜角度には関係なく測定中心部の浮き上がり距離が上記の値で限界となる。
- ・材質判別の限界値を 4mm 以上にするためにはアルミニウムのX線強度を上げる必要があり、大気中の測定をヘリウム雰囲気あるいは真空モードで測定する必要がある。実用面は別としてこれらはEDX-700のオプションとして可能である。また、装置のX線管と検出器の設計の配置を変え中心軸ができるだけ近づけることによって浮き上がり距離に対するX線強度の低下を少なくして限界値を伸ばす可能性もあるが、これは簡単なものではなく特別仕様として検討が必要な内容である。

(3) 放射線による影響

- ・放射線の影響により、測定データのバックグラウンドが上昇し、試料の蛍光X線ピークの有無が判別困難になることが確認された。
- ・今回の密封線源では、厚さが薄いアルミニウム(アルミ箔)が高バックグラウンド状態となり、アルミニウムのX線ピークが検出されず、材質判別が出来なかつた。
- ・今回の密封線源程度の放射線強度でも、アルミニウムは判別が不可能となる場合がある。放射線強度がさらに高い場合は他の材質も測定不能になることから、測定装置の遮へいや、測定物の除染等の対策が不可欠である。

(4) L E D Fへの適用性

- ・セル内設置し、処理ライン上で使用する場合の適用は困難である。
- ・セル内での有害物選別は目視判別を中心とし、判別し難い廃棄物のみサンプル採取し、それをセル外に設置した蛍光X線分析装置で測定するフローとすれば、適用の可能性がある。

6. 謝　　辞

本試験の実施にあたり、多大なご協力を頂いた株式会社島津総合科学研究所の
副島 啓義氏、柴田 澄男氏に深甚なる謝意を表する。

表2-1 試験片詳細

試験片名称	材質	サイズ(mm)	表面	備考
板(大)	鉄	□50×50 * 3t	無処置	SS400相当
	ステンレス			SUS304相当
	アルミ			A5052相当
	鉛			純鉛
	銅			TCuP1相当
	黄銅			BsP1相当
板(小)	鉄	□10×10 * 3t	無処置	
	ステンレス			
	アルミ			
	鉛			
	銅			
	黄銅			
粒	鉄	Φ5程度の粒	無処置	
	ステンレス			
	アルミ			
	鉛			
	銅			
	黄銅			
パイプ(小)	STPG	8A sch40 長さ50	無処置	
	SUS304-TP			
	アルミ			Φ13.8円柱
パイプ(大)	STPG	25A sch40 長さ50	無処置	
	SUS304-TP			
	アルミ			Φ34円柱
箔	アルミ	□50×50	無処置	市販のアルミホイル(厚さ:12 μm)
溶断面	鉄	Φ30×40L	ガス切断面	
	ステンレス			
	アルミ			
	鉛			30mm角のブロック(模擬溶断面)
切断面 & ヤスリ面	鉄	Φ30×40L	両端を金鋸 で切断後、 片端のみを ヤスリ仕上	
	ステンレス			
	アルミ			
	鉛			30mm角のブロック
ハードクロム(薄)	鉄	□50×50 * 3t	約1μm	
ハードクロム(厚)			約3μm	
ニッケルメッキ(薄)			約4μm	
ニッケルメッキ(厚)			約40μm	
エポキシ塗装			防錆:1回 上塗:2回	
防錆塗装			2回塗り	
発錆			錆	錆た鉄板から採取

表2-2 治具詳細

(1)スペーサ(浮上り調整用)

名称	材質	形 状※	個 数	備 考
スペーサ1	PET	□25*t1	4	
スペーサ2	ポリアセタール	φ20*t2	8	
スペーザ3	ポリアセタール	φ20*t3	8	
スペーザ5	ポリアセタール	φ20*t5	8	
スペーザ10	ポリアセタール	φ35*t10	4	

(2)傾斜サポート(傾き調整用)

名称	材質	形 状	個 数	備 考(下図参照)
サポート10°	アクリル(透明)	10°	1	$\theta=10^\circ$ a = 8mm b = 10mm
サポート20°	アクリル(透明)	20°	1	$\theta=20^\circ$ a = 17mm b = 11.5mm
サポート30°	アクリル(透明)	30°	1	$\theta=30^\circ$ a = 25mm b = 6.5mm

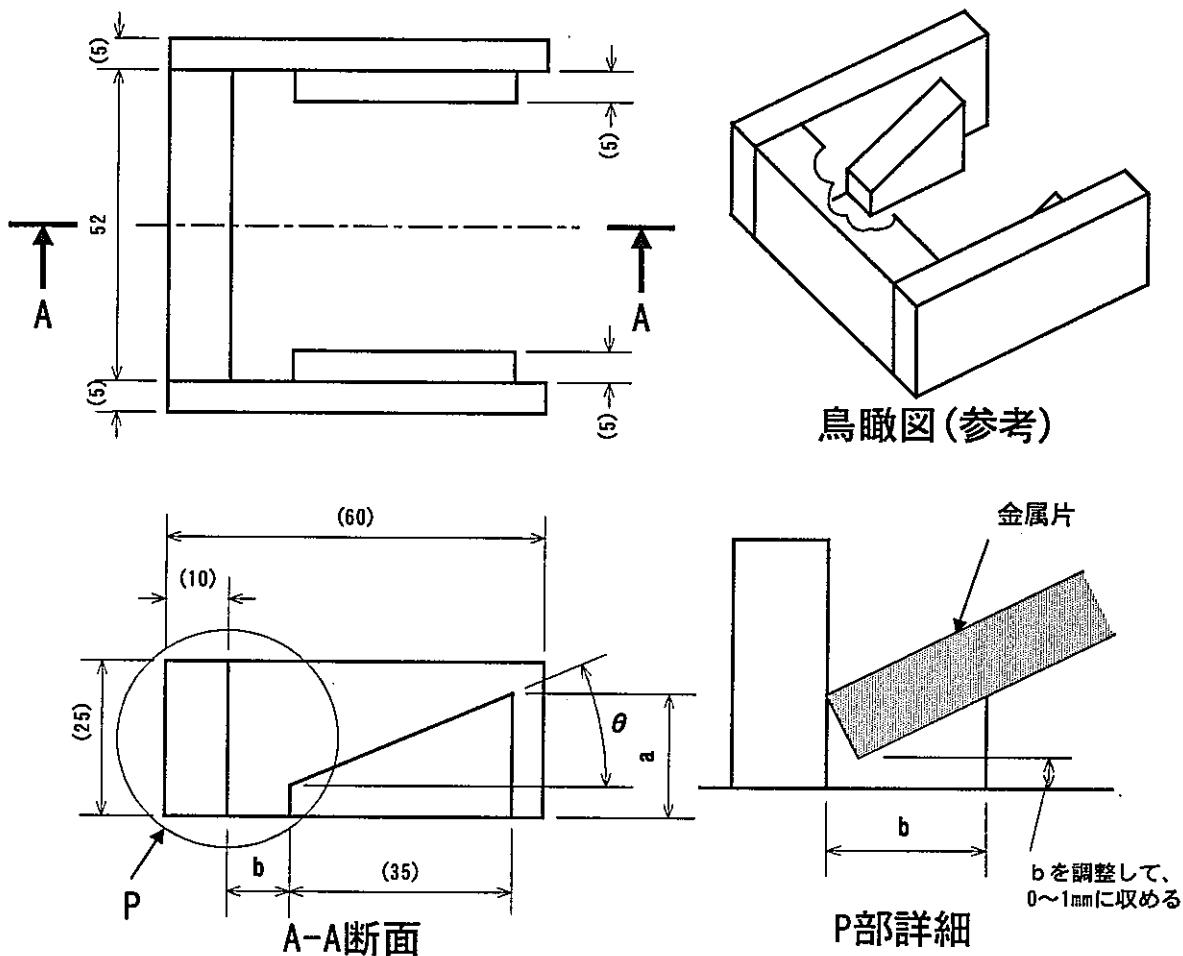


表2-3 姿勢試験測定パラメータ

角度θ°	0	10	20	30
測定限界を確認する隙間の範囲 (mm)	0~20	1.1~20	2.4~20	3.8~20

注)最小隙間 = $(d/2)\tan\theta$

dは装置の測定部開口径(13mm)、θ 傾斜角度

表2-4 密封線源の詳細

線源	放射能量 (Bq)	半減期 (年)	主な放射線のエネルギー (MeV)
Co- 60	9.52×10^5	5.271	1.173, 1.332
Cs-137	2.92×10^6	30.17	0.662(Ba-137m)
Am- 241	3.64×10^6	433	0.0263, 0.0595
Co- 57	2.40×10^5	0.742	0.0144, 0.122, 0.136
Ba-133	1.90×10^6	10.7	0.0810, 0.276, 0.303, 0.356, 0.384
Ra-226	3.68×10^6	1600	0.186

注)放射能量は平成13年4月の値

表3-1 測定結果一覧

(1)材質判別結果

No.	名称	サイズ(mm)	表面	材質	判別	備考
1	板(大)	□50×50*3t	無処置	鉄	○	
2				ステンレス	○	
3				アルミ	○	
4				鉛	○	
5				銅	○	
6				黄銅	○	
7	板(小)	□10×10*3t	無処置	鉄	○	
8				ステンレス	○	
9				アルミ	○	
10				鉛	○	
11				銅	○	
12				黄銅	○	
13	粒	切削片 □5程度	無処置	鉄	○	
14				ステンレス	○	
15				アルミ	○	
16				鉛	○	
17				銅	○	
18				黄銅	○	
19	パイプ(大)	25Asch40 L50mm	無処置	鉄	○	
20				ステンレス	○	
21				アルミ	○	円柱
22	パイプ(小)	8Asch40 L50mm	無処置	鉄	○	
23				ステンレス	○	
24				アルミ	○	円柱
25	箔	アルミホイル	無処置	アルミ	○	市販のアルミホイル
26	溶断面	Φ30×30L	溶断(1面)	鉄	○	
27				ステンレス	○	
28				アルミ	○	
29				鉛	○	□30mmのブロック、溶断面模擬
30	ヤスリ面 & 切断面	Φ30×30L	ヤスリ掛け 金鋸切断 (各1面)	鉄	○	
31				ステンレス	○	
32				アルミ	○	
33				鉛	○	□30mmのブロック
34	ハートクロム メッキ	□50×50*3t	膜厚:3μm	鉄	△	メッキ品と判っていれば○(※1)
35				鉄	△	"
36	ニッケル メッキ	□50×50*3t	膜厚:40μm	鉄	×	
37				鉄	△	メッキ品と判っていれば○(※1)
38	エポキシ塗装	□50×50*3t	防錆1回 上塗2回	鉄	×	塗膜厚:240μm
39	防錆塗装	□50×50*3t	2回塗り	鉄	×	塗膜厚:140μm
40	錆	□50×50*3t	—	鉄	○	

(2)測定姿勢試験

No.	名称	サイズ	表面	材質	浮上	傾き10°	傾き20°	傾き30°	備考
1	板(大)	□50×50*3t	無処置	ステンレス	6mm	5mm	5mm	6mm	判別可能な隙間
2				アルミ	4mm	4mm	4mm	4mm	"
3				鉛	6mm	5mm	5mm	6mm	"

(3)放射線影響試験

No.	名称	サイズ	表面	材質	近	遠	備考
1	板(大)	□50×50*3t	無処置	ステンレス	○	○	パックグラウンドの上昇が確認された(※2)
2				アルミ	○	○	"
3				鉛	○	○	"
4				アルミ箔	×	○	パックグラウンドの上昇が確認された(※3)

※1:メッキ成分のCr, Niが強く検出されているが、地金のFeも検出されているので、メッキ品と判っていれば母材の材質を判別可能。

※2:線源全種(6個)を試験片上に置いた状態で、パックグラウンドの上昇が確認されたが、測定は可能。
装置周辺に線源を置いた状態では、放射線による影響を確認できなかった。

※3:アルミ箔については線源全種の置く位置によっては材質判別不可となった。

上段：組成割合(%)
表3-2 形状影響測定結果（鉄） 下段：強度(cps/μA)

元素	板(大)	板(小)	粒	円柱(大)	円柱(小)	溶断面	ヤスリ面	切断面
Fe	98.99	99.20	97.47	99.05	96.59	98.68	98.94	99.06
	513.021	481.906	320.038	501.21	470.172	317.519	487.884	495.08
S	—	—	1.15	—	—	—	—	—
	—	—	0.035	—	—	—	—	—
P	—	—	—	—	1.78	—	—	—
	—	—	—	—	0.031	—	—	—
Mn	—	—	—	—	—	1.00	—	—
	—	—	—	—	—	3.27	—	—
判定	○	○	○	○	○	○	○	○

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

上段：組成割合(%)
表3-3 形状影響測定結果（ステンレス） 下段：強度(cps/μA)

元素	板(大)	板(小)	粒	円柱(大)	円柱(小)	溶断面	ヤスリ面	切断面
Fe	69.80	69.93	66.63	69.45	68.65	55.53	66.16	66.13
	262.801	230.847	129.99	254.979	249.156	128.934	237.932	246.466
Cr	18.88	19.08	17.15	18.03	18.67	31.01	17.17	17.28
	97.4	85.433	42.631	89.457	92.304	103.661	78.566	81.849
Ni	8.15	8.14	9.67	8.67	8.51	5.69	9.95	9.84
	19.654	17.387	12.252	20.178	19.707	10.248	23.274	23.945
Mn	1.96	1.75	1.89	2.52	2.83	5.22	1.90	1.85
	9.554	7.455	4.525	11.757	13.201	17.881	8.402	8.477
Mo	—	—	2.14	—	—	2.08	2.60	2.52
	—	—	12.452	—	—	17.69	27.329	27.749
S	—	—	1.70	—	—	—	1.01	1.13
	—	—	0.043	—	—	—	0.072	0.084
判定	○	○	○	○	○	○	○	○

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

上段：組成割合(%)
表3-4 形状影響測定結果（アルミニウム） 下段：強度(cps/μA)

元素	板(大)	板(小)	粒	円柱(大)	円柱(小)	溶断面	ヤスリ面	切断面	箔
Al	99.78	99.70	99.47	99.78	99.87	99.40	99.81	99.87	99.83
	0.09	0.017	0.009	0.075	0.07	0.024	0.064	0.066	0.068
判定	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

上段：組成割合(%)
表3-5 形状影響測定結果（鉛） 下段：強度(cps/μA)

元素	板(大)	板(小)	粒	—	—	溶断面	ヤスリ面	切断面
Pb	64.39	76.66	76.38	—	—	70.08	75.70	71.54
	177.95	139.923	95.207	—	—	156.613	156.584	162.825
S	34.47	21.65	13.18	—	—	21.16	14.58	18.67
	2.421	0.693	0.291	—	—	1.248	0.821	1.133
Sb	—	—	7.85	—	—	6.00	7.33	6.39
	—	—	5.558	—	—	7.777	8.634	8.378
Cd	—	—	1.00	—	—	—	1.04	—
	—	—	0.916	—	—	—	1.586	—
判定	○	○	○	—	—	○	○	○

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

表 3-6 形状影響測定結果（銅）

元素	板(大)	板(小)	粒
Cu	99.54	100.00	97.84
	694.73	682.948	182.567
Cs	—	—	1.52
	—	—	0.068
判定	○	○	○

上段：組成割合(%)
下段：強度(cps/μA)

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

表 3-7 形状影響測定結果（黄銅）

元素	板(大)	板(小)	粒
Cu	65.11	64.49	64.02
	430.01	422.191	241.013
Zn	34.44	35.19	35.23
	251.659	254.897	146.707
判定	○	○	○

上段：組成割合(%)
下段：強度(cps/μA)

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

表 3-8 表面処理影響測定結果（母材：鉄）

上段：組成割合(%)
下段：強度(cps/μA)

検出元素	ハードクロムメッキ		ニッケルメッキ		琺瑯塗装	防錆塗装	錆	参考板(大)
	膜厚1μm	膜厚3μm	膜厚4μm	膜厚40μm				
Fe	81.17	47.27	30.24	1.05	1.97	18.90	98.13	98.99
	284.046	106.056	251.032	11.286	3.709	38.783	428.161	513.021
Cr	18.44	52.28	—	—	—	—	—	—
	96.397	200.774	—	—	—	—	—	—
Ni	—	—	69.45	98.28	—	—	—	—
	—	—	305.12	597.401	—	—	—	—
Ba	—	—	—	—	59.26	—	—	—
	—	—	—	—	32.61	—	—	—
Ti	—	—	—	—	27.53	—	—	—
	—	—	—	—	44.243	—	—	—
S	—	—	—	—	4.78	—	—	—
	—	—	—	—	0.319	—	—	—
Pb	—	—	—	—	3.28	—	—	—
	—	—	—	—	9.355	—	—	—
Nd	—	—	—	—	2.05	—	—	—
	—	—	—	—	1.779	—	—	—
Ca	—	—	—	—	—	80.70	1.11	—
	—	—	—	—	—	21.874	0.453	—
判定	△	×	△	×	×	×	○	—

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

上段：組成割合(%)
下段：強度(cps/μA)

表3-9 測定状態影響 測定結果 (ステンレス)

角度 (°)	0					10					20					30		
隙間 (mm)	0	4	5	6	7	1.1	3.8	4.7	5.6	2.4	4.2	4.9	5.6	3.8	5.5	6.1		
Fe	70.00	70.29	70.67	71.08	69.96	69.45	67.06	71.16	59.32	71.26	70.25	71.33	58.36	71.53	69.65	57.97		
	262.129	62.754	23.519	2.433	0.245	173.162	20.075	2.903	0.196	88.541	11.665	2.36	0.159	29.797	1.157	0.134		
Cr	18.86	18.54	18.55	19.26	19.30	18.91	18.43	19.38	19.35	18.20	18.59	19.39	18.98	18.50	18.80	17.39		
	96.995	23.186	8.624	0.936	0.096	64.45	7.282	1.125	0.079	31.714	4.308	0.914	0.063	10.803	0.426	0.055		
Ni	8.23	8.20	8.24	7.59	7.35	7.71	5.96	7.33	5.83	7.76	7.56	7.14	5.88	7.08	6.77	7.20		
	19.725	4.58	1.725	0.164	0.016	12.307	1.151	0.189	0.014	6.018	0.788	0.149	0.011	1.848	0.072	0.011		
Mn	1.74	2.62	1.89	2.08	3.39	2.68	4.77	2.13	2.46	2.24	2.88	2.14	3.89	2.22	1.57	3.64		
	8.434	3.051	0.819	0.094	0.016	8.599	1.792	0.115	0.01	3.616	0.622	0.094	0.013	1.208	0.034	0.011		
Ta	—	—	—	—	—	—	3.66	—	—	—	—	—	—	—	—	2.08	—	
	—	—	—	—	—	—	0.313	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	
Er	—	—	—	—	—	—	—	—	13.04	—	—	—	—	12.89	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	—	—	0.022	—	—	—	—	0.017	—	—	—	
Cu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.12	—	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.014	—	
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.80	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.035	
判定	○	○	○	○	○	<1/100	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	×	

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

上段：組成割合(%)
下段：強度(cps/μA)

表3-10 測定状態影響 測定結果（アルミニウム）

角度 (°)	0				10				20				30	
	隙間 (mm)	0	3	4	5	1.1	3.8	4	4.14	2.4	4.2	4.5	3.8	4.9
Al	99.79	99.63	99.44	—	99.71	99.36	99.45	—	99.60	99.41	—	99.62	—	—
	0.086	0.025	0.01	—	0.035	0.003	0.002	—	0.015	0.003	—	0.004	—	—
Cu	—	—	—	7.03	—	—	—	24.48	—	—	44.72	—	51.40	—
	—	—	—	0.096	—	—	—	0.088	—	—	0.07	—	0.038	—
Fe	—	—	—	13.94	—	—	—	18.27	—	—	19.76	—	18.01	—
	—	—	—	0.174	—	—	—	0.066	—	—	0.033	—	0.016	—
Nd	—	—	—	11.95	—	—	—	16.25	—	—	15.69	—	—	—
	—	—	—	0.051	—	—	—	0.023	—	—	0.011	—	—	—
Cr	—	—	—	9.33	—	—	—	9.64	—	—	10.83	—	13.69	—
	—	—	—	0.095	—	—	—	0.033	—	—	0.018	—	0.011	—
Mn	—	—	—	2.48	—	—	—	6.16	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	0.031	—	—	—	0.025	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	2.08	—	—	—	4.73	—	—	9.00	—	16.90	—
	—	—	—	0.032	—	—	—	0.02	—	—	0.016	—	0.015	—
Gd	—	—	—	14.67	—	—	—	9.92	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	0.071	—	—	—	0.015	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	5.85	—	—	—	10.55	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	0.00052	—	—	—	0.024	—	—	—	—	—	—
Ta	—	—	—	7.04 / 0.036	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca	—	—	—	6.19 / 0.006	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Yb	—	—	—	4.86 / 0.026	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pt	—	—	—	4.32 / 0.035	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	—	1.89 / 0.026	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
判定	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	×	○	×	×

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

表3-11 測定状態影響 測定結果(鉛)

上段：組成割合(%)
下段：強度(cps/μA)

角度 (°)	0					10					20					30		
	隙間 (mm)	0	4	5	6	7	1.1	3.8	4.7	5	2.4	4.2	4.9	5.3	3.8	5.5	6.1	
Pb	73.45	85.09	85.17	67.73	—	79.47	88.29	70.32	24.99	85.09	78.75	81.87	24.35	82.83	67.90	16.47		
	173.487	42.79	15.956	1.448	—	111.472	10.292	1.102	0.116	57.292	7.185	1.062	0.117	19.157	0.762	0.043		
S	23.98	10.42	9.77	22.52	—	18.15	—	16.49	21.50	11.71	9.33	—	18.82	10.52	14.77	32.28		
	1.513	0.147	0.052	0.013	—	0.697	—	0.007	0.007	0.221	0.024	—	0.006	0.069	0.011	0.005		
Cu	—	—	—	1.49	25.01	—	—	2.71	8.13	—	—	3.65	8.44	—	4.58	14.78		
	—	—	—	0.064	0.053	—	—	0.087	0.069	—	—	0.101	0.078	—	0.106	0.084		
Fe	—	—	—	—	—	—	1.40	0.96	1.96	—	1.10	1.43	2.87	—	2.57	—		
	—	—	—	—	—	—	0.182	0.018	0.01	—	0.111	0.024	0.016	—	0.035	—		
Zn	—	—	—	—	15.46	—	—	1.39	5.22	—	—	2.20	5.15	—	2.46	9.53		
	—	—	—	—	0.038	—	—	0.052	0.051	—	—	0.07	0.055	—	0.065	0.061		
Ra	—	—	—	2.92	—	—	4.23	3.28	2.10	—	3.69	3.55	2.23	—	3.07	—		
	—	—	—	0.087	—	—	0.685	0.071	0.013	—	0.468	0.064	0.015	—	0.048	—		
Ir	—	—	—	2.80	—	—	—	3.32	—	—	—	3.13	—	—	2.61	—		
	—	—	—	0.062	—	—	—	0.054	—	—	—	0.043	—	—	0.03	—		
Th	—	—	1.91	1.02	—	—	3.15	1.20	—	—	2.87	1.39	—	2.32	1.20	—		
	—	—	0.838	0.051	—	—	0.853	0.043	—	—	0.608	0.042	—	1.256	0.031	—		
Cs	—	1.89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	—	0.021	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Cd	—	—	1.00	—	—	—	1.08	—	—	1.03	—	—	—	—	—	—		
	—	—	0.133	—	—	—	0.087	—	—	0.494	—	—	—	—	—	—		
Ac	—	—	—	—	59.53	—	—	—	36.12	—	—	—	34.40	—	—	22.35		
	—	—	—	—	0.084	—	—	—	0.236	—	—	—	0.235	—	—	0.084		
Hf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.78	3.73	—	—	4.58		
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.045	0.022	—	—	0.017		
Os	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.52	—	—		
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.317	—	—		
判別	○	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	×		

注記：組成割合が1%未満の元素は未記載

表 3-12 放射線影響 測定結果（ステンレス）

検出元素	組成割合(%)	強度(cps/uA)	参考(線源無し)	
			組成割合(%)	強度(cps/uA)
Fe	71.27	190.366	69.80	262.801
Cr	18.61	70.148	18.88	97.4
Ni	8.33	13.926	8.15	19.654
Mn	1.79	6.284	1.96	9.554
Cs	—	—	0.70	0.157
Cu	—	—	0.22	0.615
Pt	—	—	0.17	0.313
Au	—	—	0.12	0.317
Ar	—	—	0.00	0.242

表 3-13 放射線影響 測定結果（アルミニウム）

検出元素	組成割合(%)	強度(cps/uA)	参考(線源無し)	
			組成割合(%)	強度(cps/uA)
Al	99.81	0.078	99.78	0.09
Cr	0.08	1.75	0.06	1.626
Fe	0.07	2.969	0.06	2.851
Mn	0.01	0.413	0.01	0.376
Ir	0.01	0.574	—	—
Zn	0.01	0.911	0.01	0.856
Cu	0.01	0.624	0.01	0.46
Ar	0.00	0.076	—	—
S	—	—	0.02	0.007
K	—	—	0.02	0.018
Er	—	—	0.01	0.286
At	—	—	0.01	0.837
W	—	—	0.01	0.301
Hg	—	—	0.01	0.449
Ga	—	—	0.00	0.504

表 3-14 放射線影響 測定結果（鉛）

検出元素	組成割合(%)	強度(cps/uA)	参考(線源無し)	
			組成割合(%)	強度(cps/uA)
Pb	67.65	124.82	64.39	177.95
S	26.35	1.305	34.47	2.421
Ir	3.02	5.801	—	—
Ra	2.98	7.631	—	—
Fe	—	—	0.64	1.849
Pd	—	—	0.37	0.835
Ag	—	—	0.12	0.261

上段：組成割合(%)
表 3-15 放射線影響 測定結果（アルミ箔） 下段：強度(cps/μA)

検出元素	線源無し	Co-60	Cs-137	Am-241	Co-57	Ba-133	Ra-226	Am-241, Ba-133, Ra-226	Co-60, Cs-137	全線源
Al	99.85 0.081	97.61 0.089	97.05 0.09	98.58 0.089	97.98 0.091	98.71 0.087	99.01 0.09	99.83 0.084	98.84 0.097	—
Fe	0.13 5.781	1.54 81.624	1.88 102.298	0.91 46.56	1.29 68.926	0.12 5.904	0.65 33.389	0.12 5.671	0.76 41.753	62.94 98.046
Cr	0.01 0.2	0.61 17.631	0.77 23.059	0.37 10.019	0.51 14.551	— —	0.25 6.613	0.01 0.185	0.29 8.503	12.34 21.458
Ni	— —	0.12 9.86	0.16 12.436	0.07 5.344	0.11 8.63	— —	0.05 3.785	— —	0.06 4.986	11.79 11.865
Mn	— —	0.05 2.047	0.08 3.041	0.03 1.041	0.06 2.43	— —	0.02 0.853	— —	0.02 0.866	2.10 3.593
Mo	— —	0.03 13.204	0.04 17.634	0.02 7.433	0.02 10.978	— —	0.01 5.158	— —	0.01 6.812	4.30 16.823
Ta	— —	0.02 0.68	0.02 0.781	0.01 0.448	— —	— —	— —	— —	— —	6.52 2.901
Pb	0.00 0.267	0.01 1.344	0.01 0.462	0.01 0.933	0.02 1.49	0.25 22.689	0.01 0.897	0.01 0.81	0.01 0.829	—
Cu	0.00 0.064	0.00 0.42	0.00 0.405	0.00 0.175	0.01 0.628	0.07 6.382	— —	0.00 0.198	0.00 0.314	—
Sn	— —	— —	— —	— —	— —	0.73 107.888	— —	0.02 3.263	— —	—
Sb	— —	— —	— —	— —	— —	0.09 11.995	— —	0.00 0.323	— —	—
Ir	0.00 0.094	— —	— —	— —	0.01 0.408	0.01 0.779	— —	0.00 0.148	— —	—
Ar	0.00 0.076	0.00% 0.224	0.00% 0.087	— —	0.00% 0.156	— —	— —	— —	— —	—
Pt	0.00 0.134	— —	— 0.184	0.00% —	— —	— —	— —	0.00 0.115	— —	—
At	0.00 0.089	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.00 0.128	— —	—
Zn	0.00 0.171	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.00 0.145	— —	—
V	0.00 0.039	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—
Ti	0.00 0.016	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—
Nb	— —	0.00 0.331	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—
Ra	— —	— —	— —	— —	— —	0.01 1.404	— —	— —	— —	—
Se	— —	— —	— —	— —	— —	0.00 0.736	— —	— —	— —	—
Os	— —	— —	— —	— —	— —	0.00 0.231	— —	— —	— —	—
I	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.00 0.277	— —	—

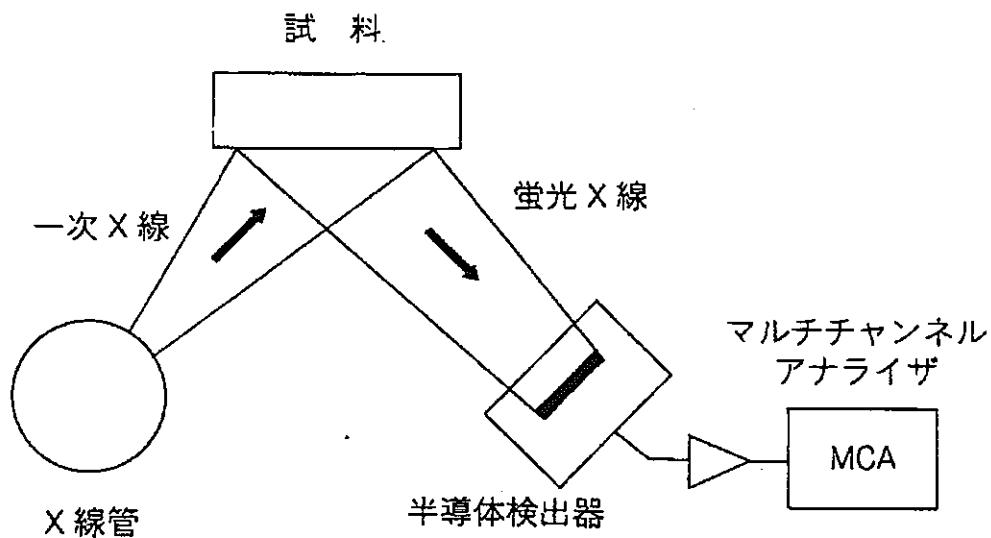


図-1 エネルギー分散型蛍光X線装置の原理図

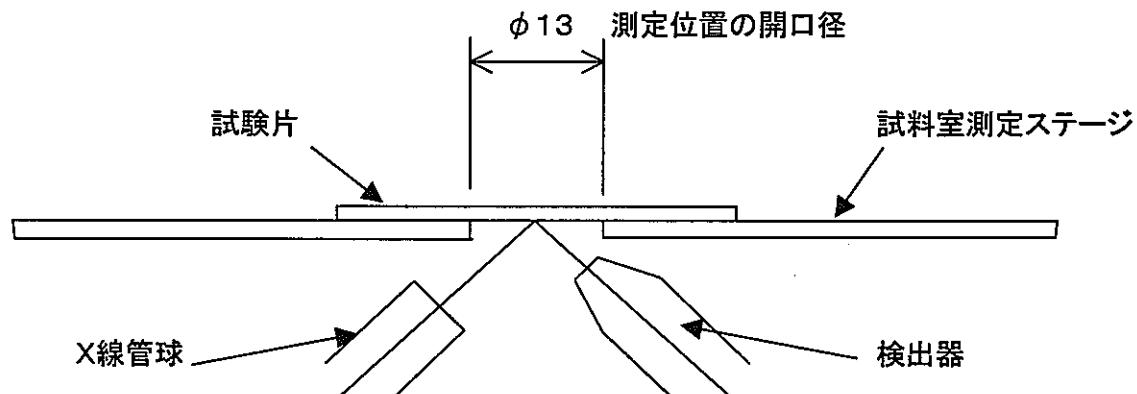


図-2 試験片測定状態

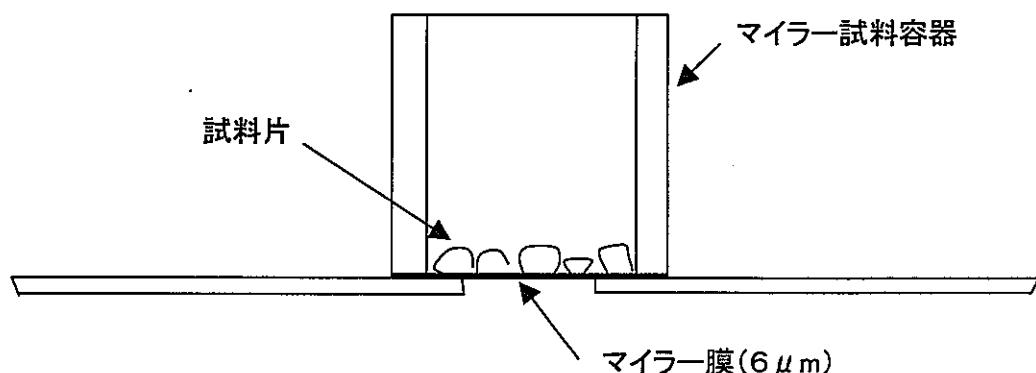


図-3 小片試験片の測定方法

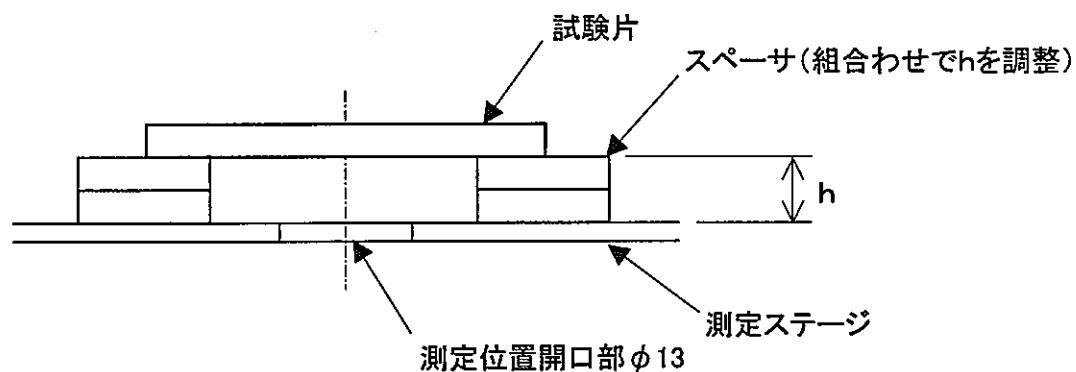


図-4 水平隙間の設定方法

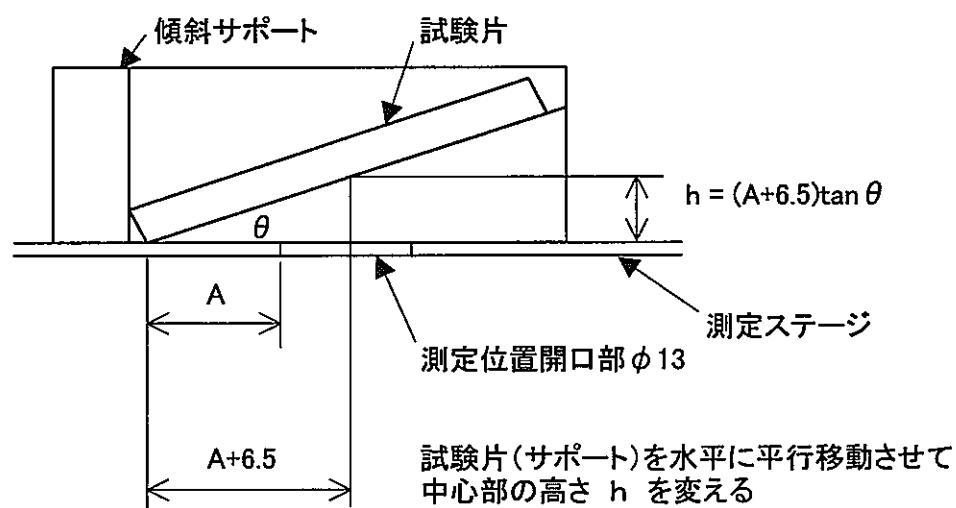


図-5 傾斜隙間の設定方法

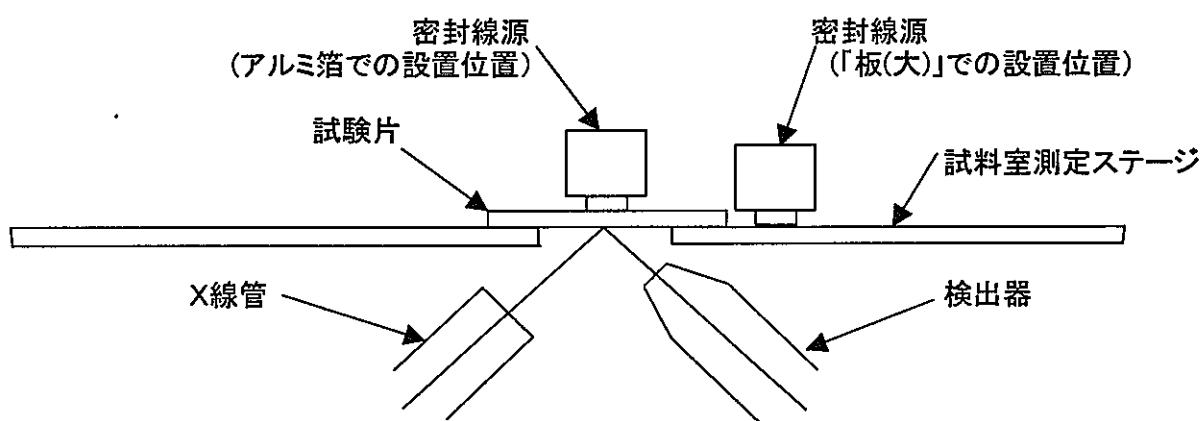


図-6 密封線源の設置位置

ファイル名 : AL箔
 オペレータ名 :
 分析グループ名: JNC大気金属
 コメント : 簡単分析-大気-金属
 検定日時 : 2002-02-01 13:09:33
 01/01

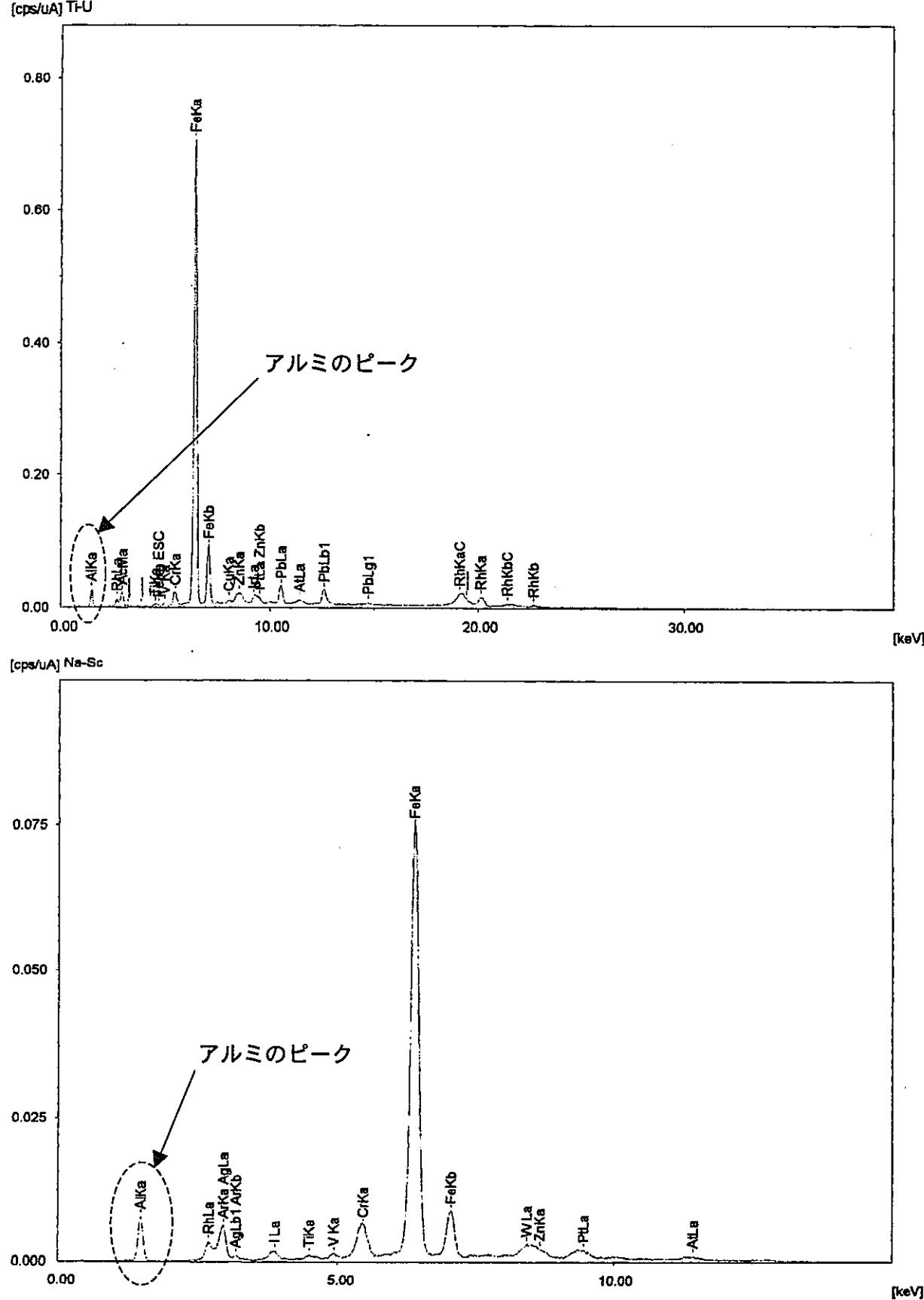


図-7 試験片[アルミ箔](線源無し)のプロファイルデータ

ファイル名 : ALL線源/アルミ箔 分析グループ名: JNC大気金属
 オペレータ名 : コメント : 簡単分析-大気-金属 検定日時 : 2002-03-08 16:03:22
 01/01

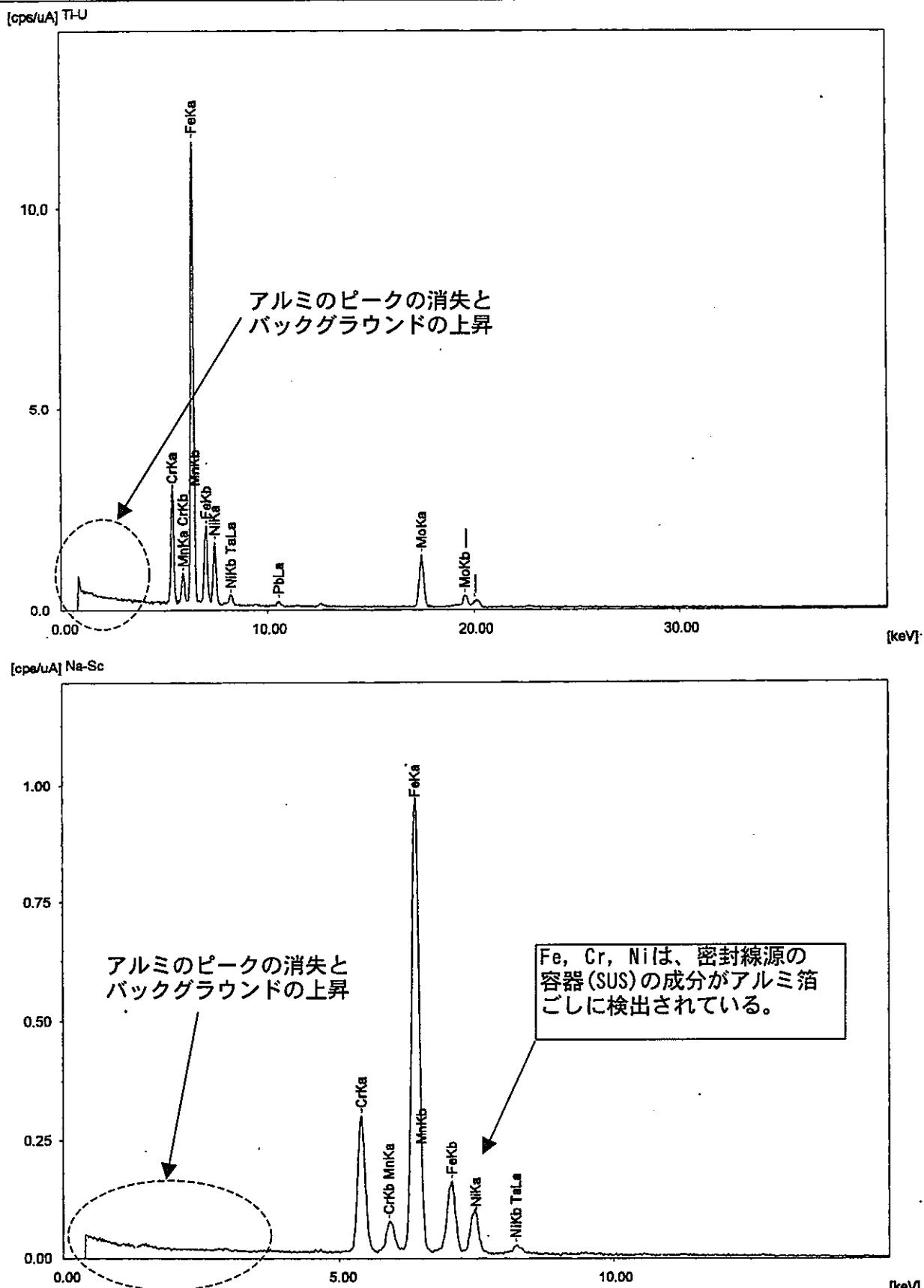
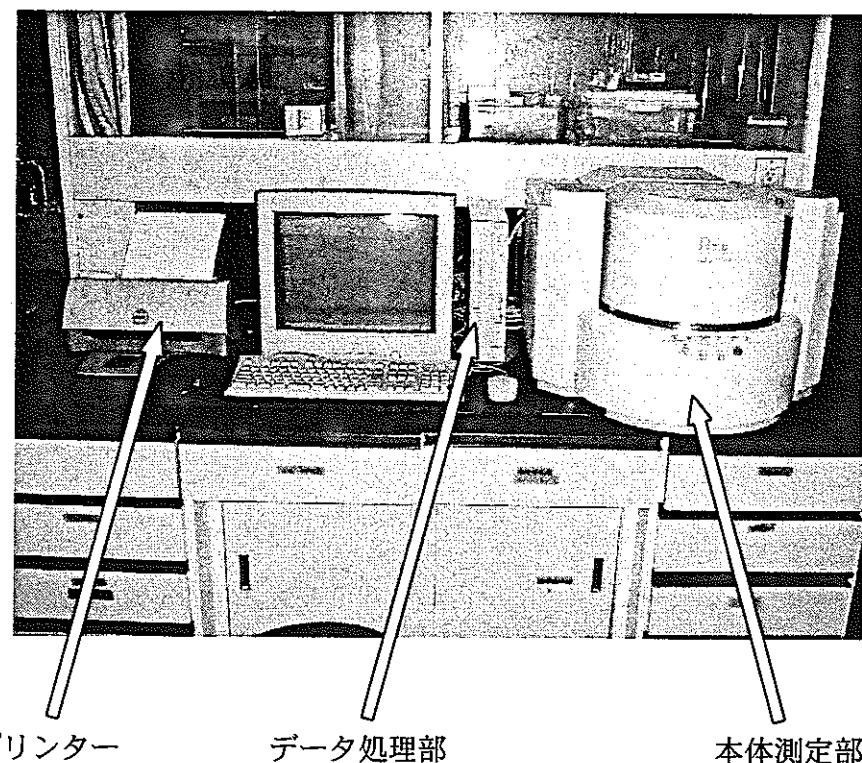
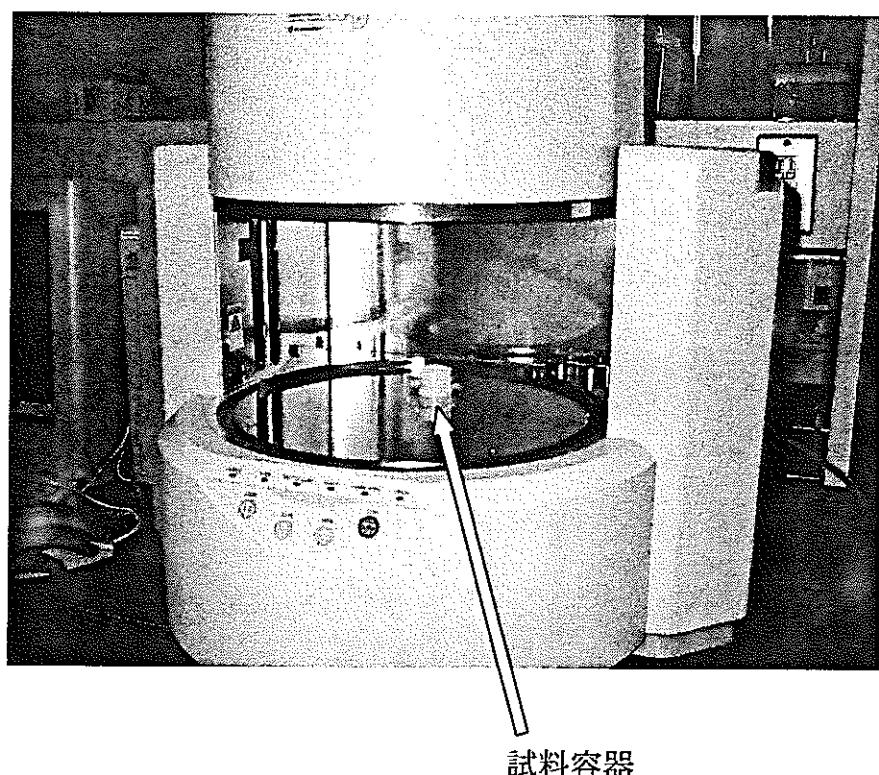


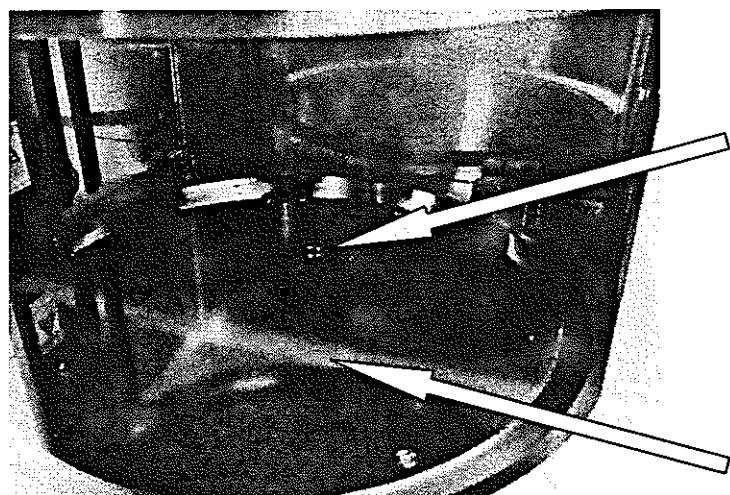
図-8 試験片[アルミ箔](全数線源)のプロファイルデータ



写真－1 萤光X線分析装置EDX-700



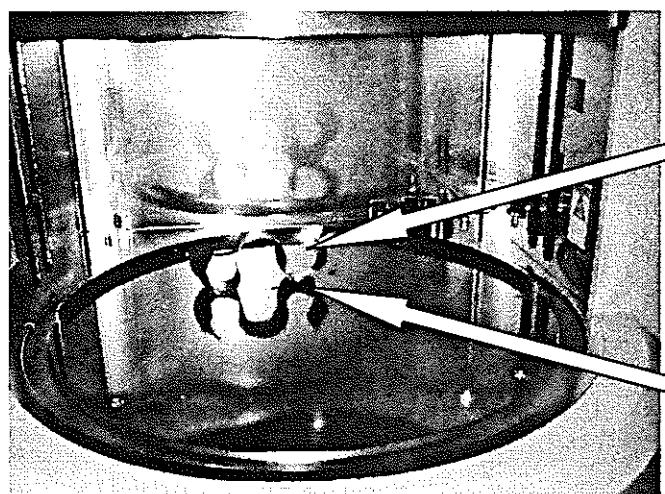
写真－2 本体測定部（試料室：開状態）



写真－3 試料室内部

測定位置(穴があいている)
照射範囲 $\phi 10\text{mm}$
(開口部 : $\phi 13.5\text{mm}$)

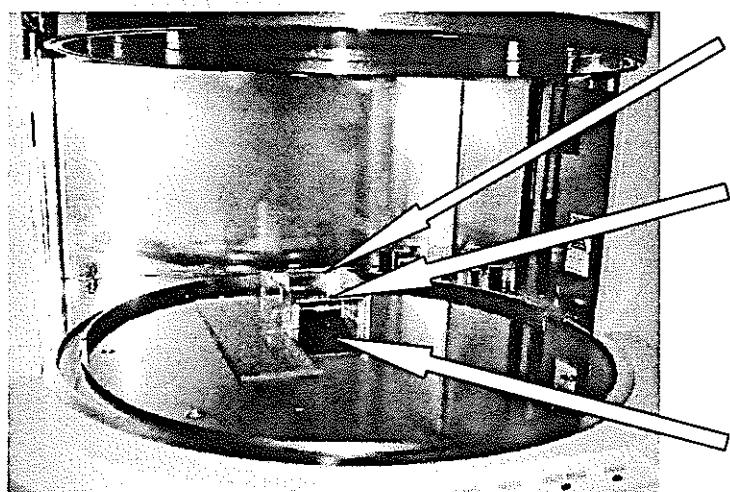
測定ステージ



写真－4 試験片の設置 1 (直接測定)

測定物
(注 : 今回使用した試験片では無い)

測定位置
(開口部 : $\phi 13.5\text{mm}$)



写真－5 試験片の設置 2 (サポート使用)

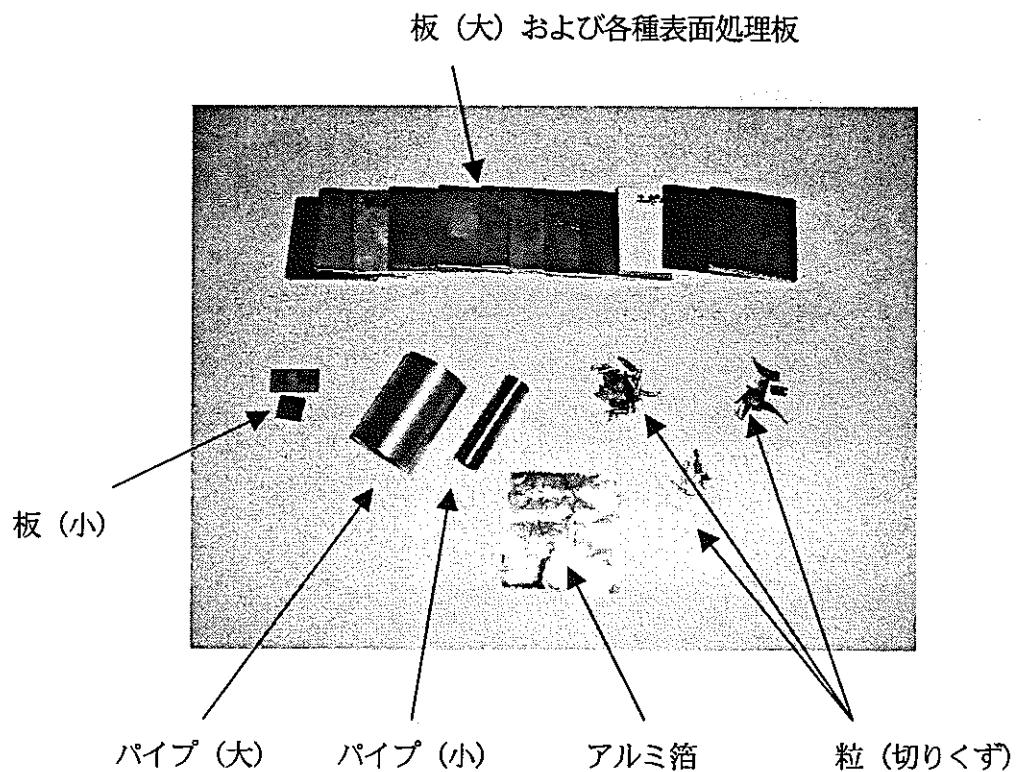


写真-6 模擬試験片

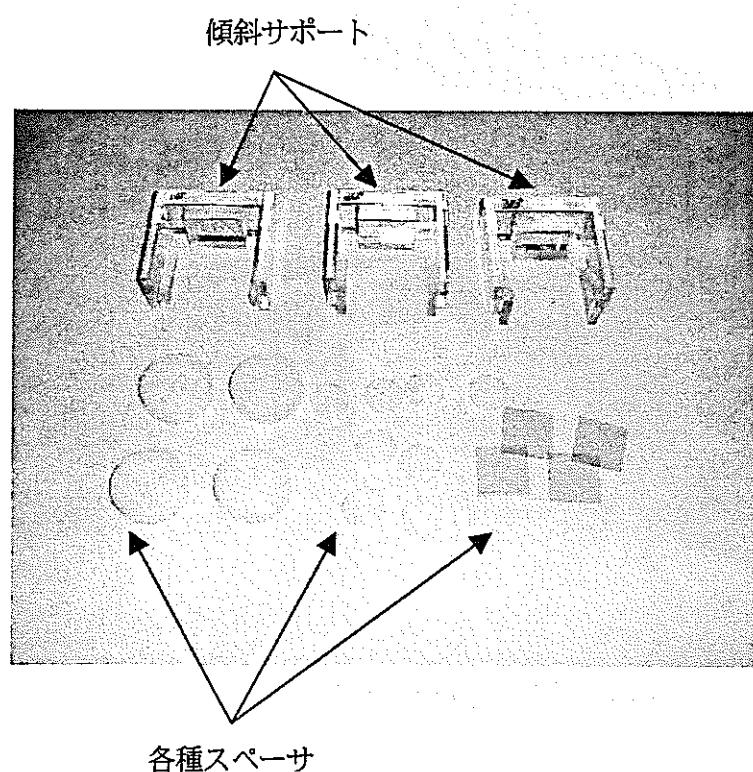


写真-7 治具

付録－1 蛍光X線分析装置の測定データの説明

1. 測定データからの材質判別の注意点

定量結果を見ると、微小量元素まで分析しているが、蛍光X線分析装置の原理上、ゴーストと呼ばれる存在しない元素を検出することもあり、1%以下の元素については、有無を含めて信頼性が低いので注意が必要である。

鉄とアルミニウム、銅は主な元素が99%以上と判別し易い。ステンレスは、CrとNiの含有量で判別可能である。また黄銅もCuとZnの比率で判定可能である。

鉛については、S成分が検出されているが、これはS-ka線とPb-Ma線のエネルギーを分離出来ないためであり、今回の試験片はS=Pbである。

(Pb-Ma線をS-ka線と判定するのは計算プログラムの仕様)

なお、アルミニウムのX線強度が他の材質に比べて非常に小さいのは、大気中でのアルミニウムの蛍光X線(特性X線とも呼ばれる)の吸収が大きいためである。

2. データの読み方

板(大)を使用して6種の材質(鉄、ステンレス、アルミニウム、鉛、銅、黄銅)の標準的な蛍光X線測定データ(測定条件、定性分析結果、ピークリスト、定量分析結果、プロファイル)を測定結果-1～6に示す。

測定結果-1に示した測定データを例として、各項目の記載内容と意味等を以下に示す。

① 測定条件

ここには測定に使用したパラメータが記載されている。

「分析対象」は、分析を行う元素範囲を示す。今回は未知試料の分析であるため、分析対象は全ての元素であるが、最適な測定条件を設定するため、Ti-U(重元素領域)、Na-Sc(軽元素領域)の2つに分けて測定している。

「TG」はX線管球のターゲットで通常はRh管球を使用する。X線管電圧は重元素領域に対しては高い値50kV、軽元素領域に対しては低い値15kVが適している。

「 μA 」はX線管電流で最高は1000 μA であるが実際の測定時は自動で設定される。半導体検出器はトータルX線量が大きくなると飽和し、デッドタイム(不感時間)が大きくなる。そのため通常はデッドタイムが25%程度になるよう管電流が自動的にコントロールされていてその値が表示されている。

「FI」はフィルターの意味であるが今回の測定では不要であり、無し(−)としている。

検出器は「取込(keV)」で示される範囲のエネルギーを取り込み、そのうち「解析(keV)」で示される範囲のエネルギーに対して分析計算を行っている。

測定時間は「Time(sec)」に示されているが、実測定時間が100秒でもデッドタイム「D.T.」が26%であれば、有効測定時間は74秒ということになる。

②定性分析結果

これは試験片の測定データを解析した結果、表に示される元素が検出されたことを意味するが、強度の低い元素については可能性のある元素候補ぐらいの意味に取る方がよい（ピークリスト、ピークプロファイルについても同様）。

③ピークリスト

検出された蛍光X線のピークのリストである。それぞれのX線のエネルギー値とNet強度（積分強度）が示されている。強度の単位が（cps/ μ A）となっている理由はX線管電流が測定対象により変化し、一定ではないので μ Aあたりの強度としている。表中のQFの記号が付いたピークは定量計算のデータ処理に使用したピークである。なお、ピークリストの中にFeKaESCとかFeKaSUMがあるがこれはエネルギー分散型蛍光X線装置特有のピークで今回の測定ではとくに意味はない。

④定量分析結果

測定されたピークと強度から、試験片中の元素の定量分析を行った結果である。処理計算はファンダメンタルパラメータ法（FP法）による簡易定量である。

⑤ピークプロファイル

検出器に取り込んだX線のエネルギーに対する強度プロファイルである。蛍光X線として判定されたピークにはその線種を表示している。重元素領域（Ti-U）、軽元素領域（Na-Sc）の2チャンネルそれぞれについて表示している。

測定結果-1 (1/2) 試験片[板(大)]：鉄

測定条件

装置名: EDX-700 雰囲気: 大気 コリメータ: 10(mm) スピン: しない

分析対象	TG	kV	uA	FI	取込(keV)	解析(keV)	Time(sec)	D.T. (%)
Ti-U	Rh	50	7	無	0 - 40	0 - 40	Real - 100	26
Na-Sc	Rh	15	48	無	0 - 20	0 - 4	Real - 100	26

定性分析結果

元素: Fe, Cr, Mn, Zn, Ti, Rh, Ca

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度(cps/uA)
Ti-U	FeKaESC	4.62	2.122
	CrKa	5.40	1.458
	MnKa	5.86	2.436
	CrKb	5.95	0.219
	FeKa	6.38	575.577
	MnKb	6.49	0.365
	FeKb	7.02	88.968
	ZnKa	8.60	0.257
	TiLa	10.26	0.392
	FeKaSUM	12.76	4.482
	Fe SUM	13.38	1.377
	RhKaC	19.20	1.053
	RhKa	20.12	4.422
	RhKb	22.60	1.367
Na-Sc	RhLa	2.67	0.056
	CaKa	3.70	0.096
	FeKaESC	4.63	0.281
	CrKa	5.46	0.381
	MnKa	5.88	0.513
	CrKb	5.95	0.057
	FeKa	6.37	76.904
	MnKb	6.49	0.077
	FeKb	7.03	10.632
	ZnKa	8.56	0.058
	FeKaSUM	12.76	0.580
	Fe SUM	13.41	0.191
	RhKa	20.26	0.000

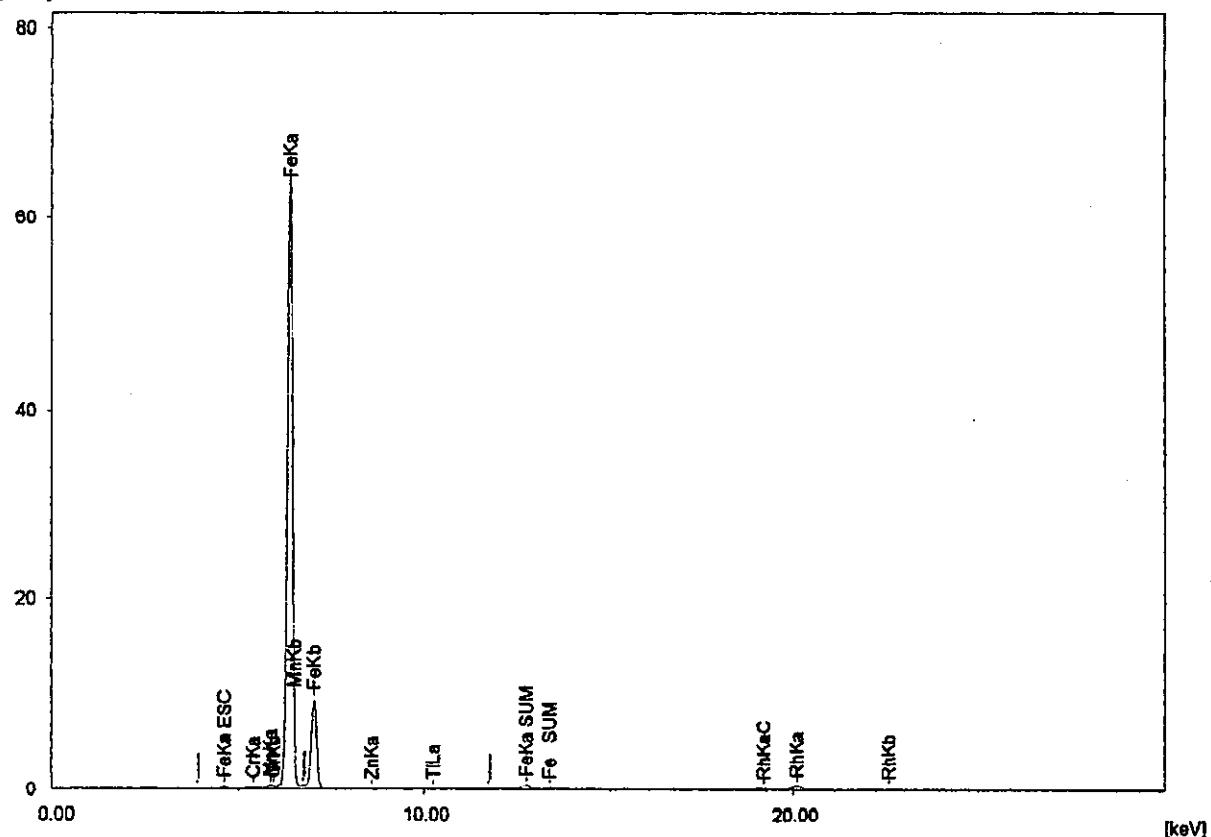
定量分析結果

分析対象	分析結果	標準偏差	処理-計算	分析線	強度(cps/uA)
Fe	98.989 %	0.193	定量-FP	FeKa	513.021
Ca	0.416 %	0.016	定量-FP	CaKa	0.201
Ti	0.215 %	0.013	定量-FP	TiLa	0.541
Mn	0.169 %	0.008	定量-FP	MnKa	0.900
Cr	0.122 %	0.006	定量-FP	CrKa	0.881
Zn	0.088 %	0.008	定量-FP	ZnKa	0.261

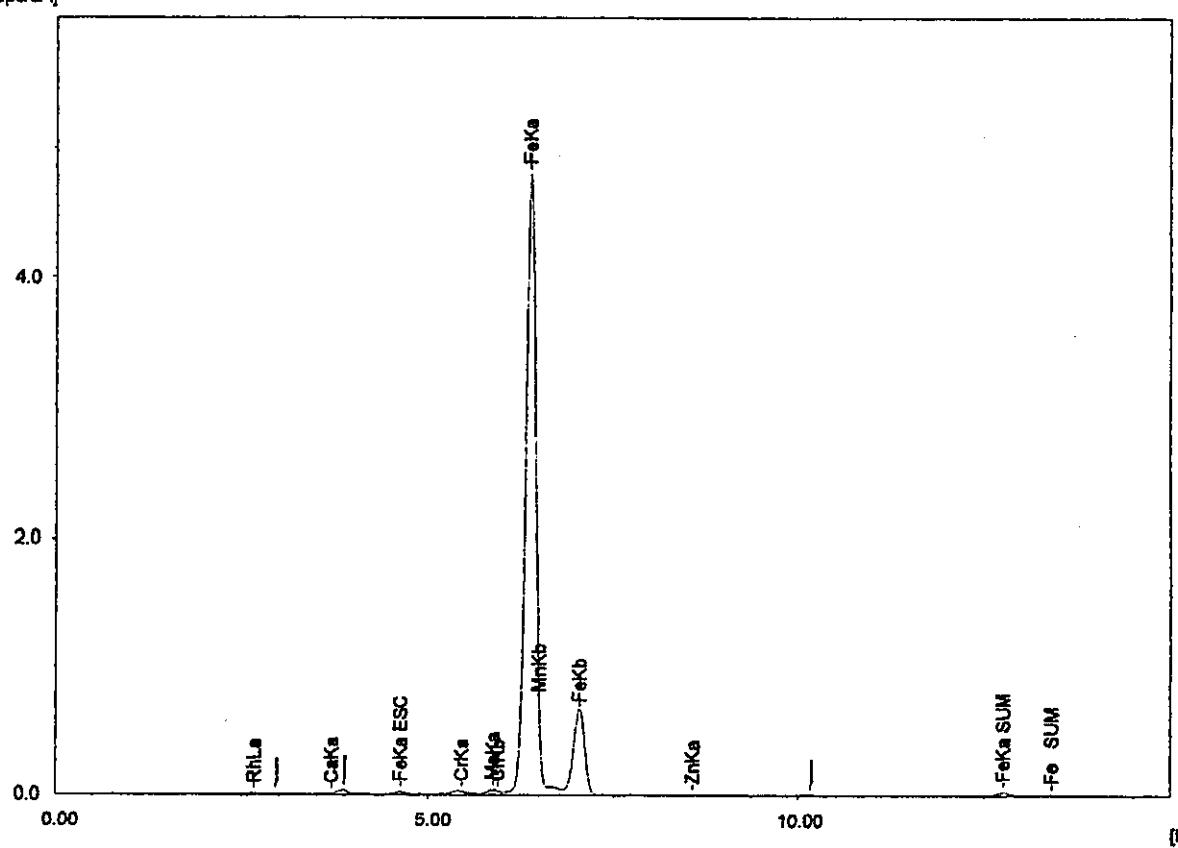
測定結果-1 (2/2) 試験片[板(大)]：鉄

ファイル名 : 鉄板(大)
 オペレータ名 :
 分析グループ名: JNC大気金属
 コメント : 簡単分析-大気-金属
 測定日時 : 2002-01-16 14:19:19
 01/01

[cps/uA] Ti-U



[cps/uA] Na-Sc



測定結果－2 (1/2) 試験片[板(大)：ステンレス]

測定条件

装置名: EDX-700 雰囲気: 大気 コリメータ: 10(mm) スピン: しない

分析対象	TG	kV	uA	FI	取込(keV)	解析(keV)	Time(sec)	D.T. (%)
Ti-U	Rh	50	7	無	0 - 40	0 - 40	Real - 100	26
Na-Sc	Rh	15	48	無	0 - 20	0 - 4	Real - 100	26

定性分析結果

元素: Ar, Cr, Fe, Mn, Ni, Cu, Pt, Au, Rh, Sm, Ag, Cs

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度(cps/uA)
Ti-U	ArKa	2.94	0.249
	CrKaESC	3.64	0.568
	FeKaESC	4.62	1.184
	CrKa	5.38	111.624
	CrKb	5.92	16.744
	MnKa	5.92	5.869
	FeKa	6.38	297.407
	MnKb	6.49	0.880
	FeKb	7.04	44.854
	NiKa	7.44	21.903
	CuKa	7.96	0.460
	NiKb	8.24	3.791
	PtLa	9.40	0.325
	AuLa	9.74	0.305
	Fe SUM	11.78	1.187
	Fe SUM	12.76	2.088
	Fe SUM	13.40	0.646
	RhKa	20.18	3.932
	RhKb	22.70	1.061
	SmKa1	40.30	0.079
Na-Sc	AgLa	2.94	0.100
	CrKaESC	3.64	0.130
	CsLL	3.77	0.120
	CsLa	4.34	0.196
	FeKaESC	4.65	0.253
	CrKa	5.39	21.618
	CrKb	5.90	4.081
	FeKa	6.37	44.562
	FeKb	7.04	6.579
	NiKa	7.44	2.552
	NiKb	8.23	0.443
	CrKaSUM	10.76	0.072
	Fe SUM	11.77	0.229
	Fe SUM	12.75	0.255
	RhKa	20.23	0.003

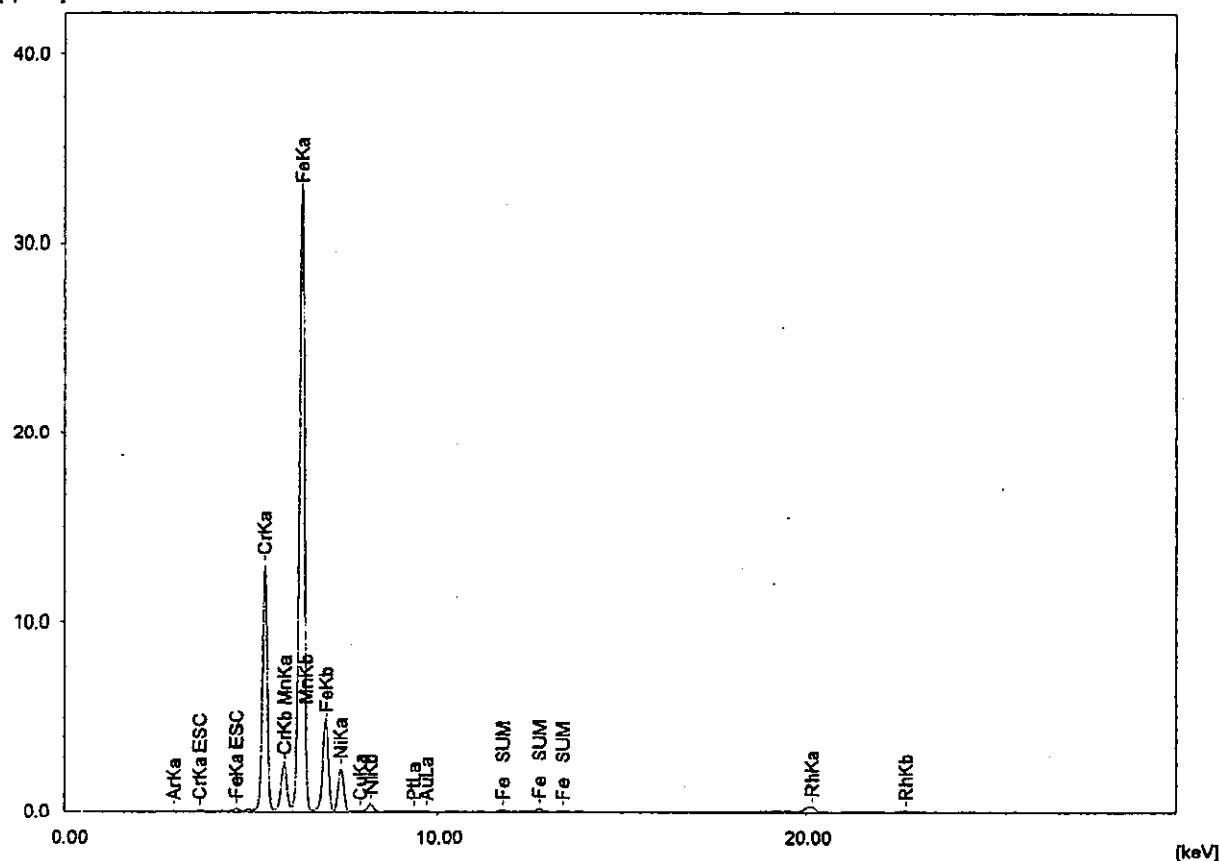
定量分析結果

分析対象	分析結果	標準偏差	処理-計算	分析線	強度(cps/uA)
Fe	69.796 %	0.168	定量-FP	FeKa	262.801
Cr	18.877 %	0.074	定量-FP	CrKa	97.400
Ni	8.151 %	0.072	定量-FP	NiKa	19.654
Mn	1.964 %	0.025	定量-FP	MnKa	9.554
Cs	0.699 %	0.028	定量-FP	CsLa	0.157
Cu	0.219 %	0.011	定量-FP	CuKa	0.615
Pt	0.171 %	0.012	定量-FP	PtLa	0.313
Au	0.123 %	0.008	定量-FP	AuLa	0.317
Ar	0.000 %	0.000	定量-FP	ArKa	0.242

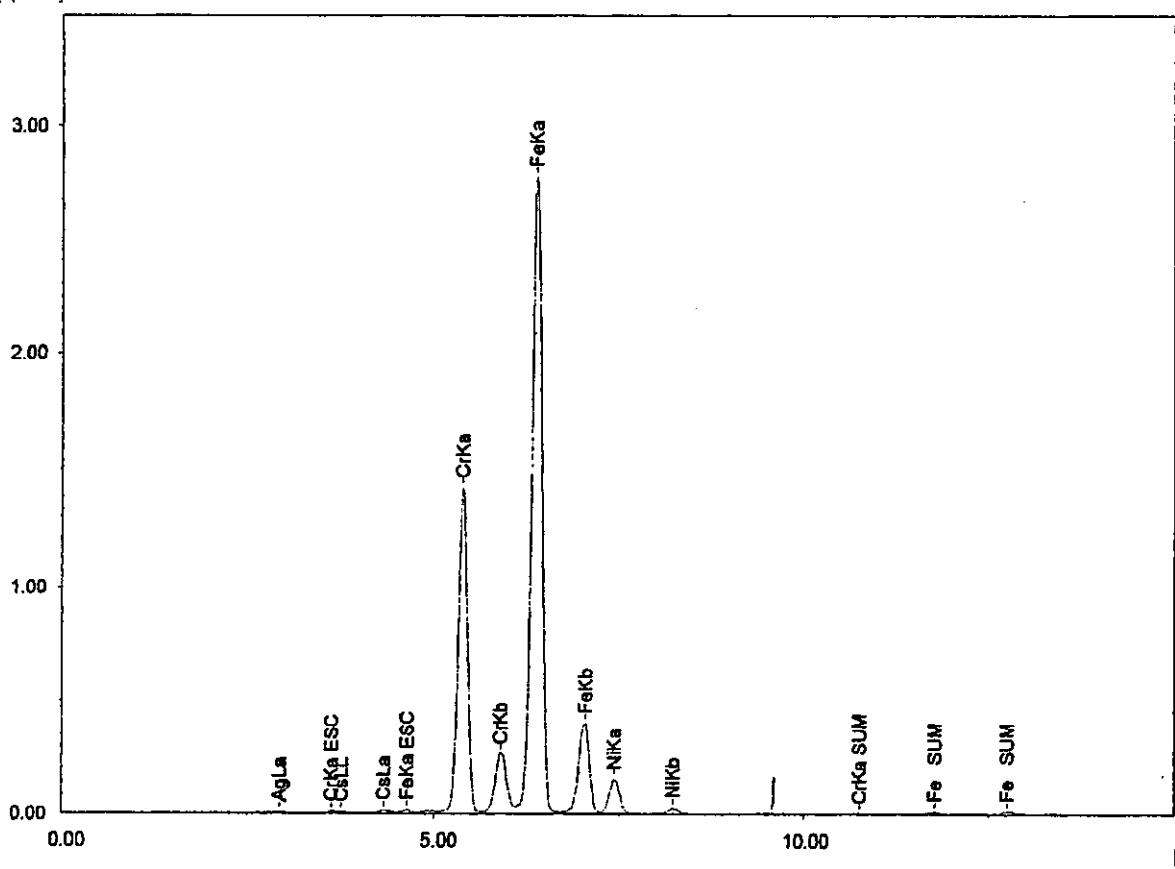
測定結果－2 (2/2) 試験片[板(大)]：ステンレス]

ファイル名 : SUS板(大)
オペレータ名 :分析グループ名: JNC大気金属
コメント : 簡単分析-大気-金属測定日時 : 2002-01-16 14:25:08
01/01

[cps/uA] Ti-U



[cps/uA] Na-Sc



測定結果－3 (1/3) 試験片[板(大)：アルミニウム]

測定条件

装置名: EDX-700 雰囲気: 大気 コリメータ: 10(mm) スピン: しない

分析対象	TG	kV	uA	FI	取込(keV)	解析(keV)	Time(sec)	D.T. (%)
Ti-U	Rh	50	30	無	0 - 40	0 - 40	Real -	100
Na-Sc	Rh	15	851	無	0 - 20	0 - 4	Real -	100

定性分析結果

元素: Al, Cr, Mn, Fe, Er, Cu, W, Zn, Ga, Hg, At, Rh, Ru, Sm, S, K, Ti, V
Lu, Pt, Ge

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度(cps/uA)
Ti-U	AlKa	1.48	0.312
	CrKa	5.40	1.643
	MnKa	5.88	0.331
	CrKb	5.88	0.246
	FeKa	6.38	2.835
	ErLa	7.04	0.459
	CuKa	8.02	0.742
	W La	8.32	0.500
	ZnKa	8.64	0.883
	GaKa	9.22	0.720
	HgLa	10.02	0.589
	AtLa	11.40	0.883
	RhKaC	19.22	7.790
	RhKa	20.14	6.681
	RhKbC	21.40	2.773
	RuKb	21.72	1.558
	RhKb	22.68	2.358
	SmKa1	40.16	0.292
Na-Sc	AlKa	1.48	0.093
	S Ka	2.29	0.011
	RhLa	2.68	0.047
	RhLb1	2.81	0.034
	RhLbC	2.94	0.084
	K Ka	3.32	0.023
	CrKaESC	3.64	0.015
	TiKa	4.50	0.028
	V Ka	4.92	0.021
	TiKb	4.92	0.004
	CrKa	5.39	0.535
	CrKb	5.89	0.080
	MnKa	5.89	0.046
	FeKa	6.36	0.707
	FeKb	7.02	0.079
	LuLa	7.69	0.098
	CuKa	8.00	0.087
	ZnKa	8.60	0.181
	GaKa	9.30	0.085
	PtLa	9.49	0.066
	ZnKb	9.49	0.027
	GeKa	9.94	0.102
	PtLb2	11.34	0.112
	RhKa	20.19	0.001

測定結果－3 (2/3) 試験片[板(大) : アルミニウム]

定量分析結果

分析対象	分析結果	標準偏差	処理-計算	分析線	強度(cps/uA)
Al	99.781 %	1.331	定量-FP	AlKa	0.090
Cr	0.064 %	0.001	定量-FP	CrKa	1.626
Fe	0.058 %	0.001	定量-FP	FeKa	2.851
S	0.023 %	0.001	定量-FP	S Ka	0.007
K	0.017 %	0.001	定量-FP	K Ka	0.018
Mn	0.011 %	0.000	定量-FP	MnKa	0.376
Er	0.011 %	0.000	定量-FP	ErLa	0.286
At	0.008 %	0.000	定量-FP	AtLa	0.837
Zn	0.008 %	0.000	定量-FP	ZnKa	0.856
W	0.006 %	0.000	定量-FP	W La	0.301
Cu	0.005 %	0.000	定量-FP	CuKa	0.460
Hg	0.005 %	0.000	定量-FP	HgLa	0.449
Ga	0.004 %	0.000	定量-FP	GaKa	0.504

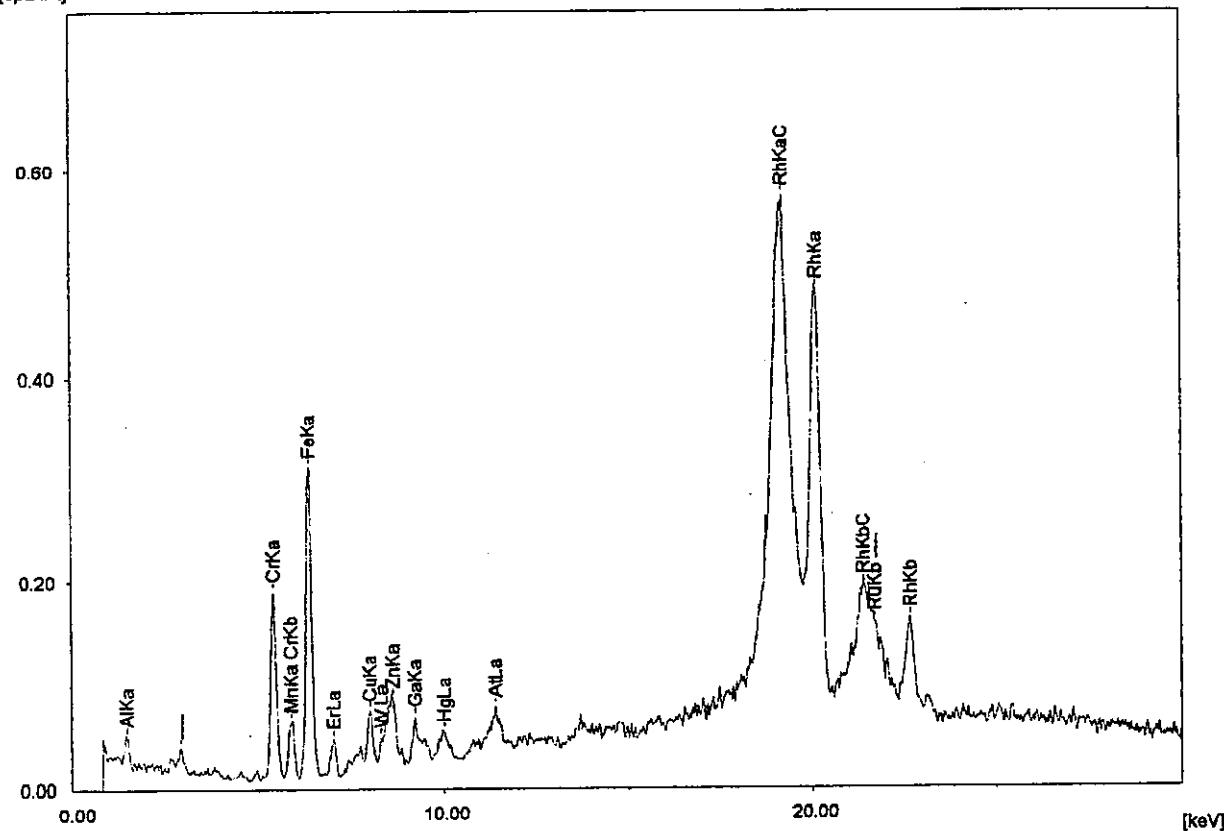
測定結果－3 (3/3) 試験片[板(大)]：アルミニウム

ファイル名 : アルミ板(大)
オペレータ名 :

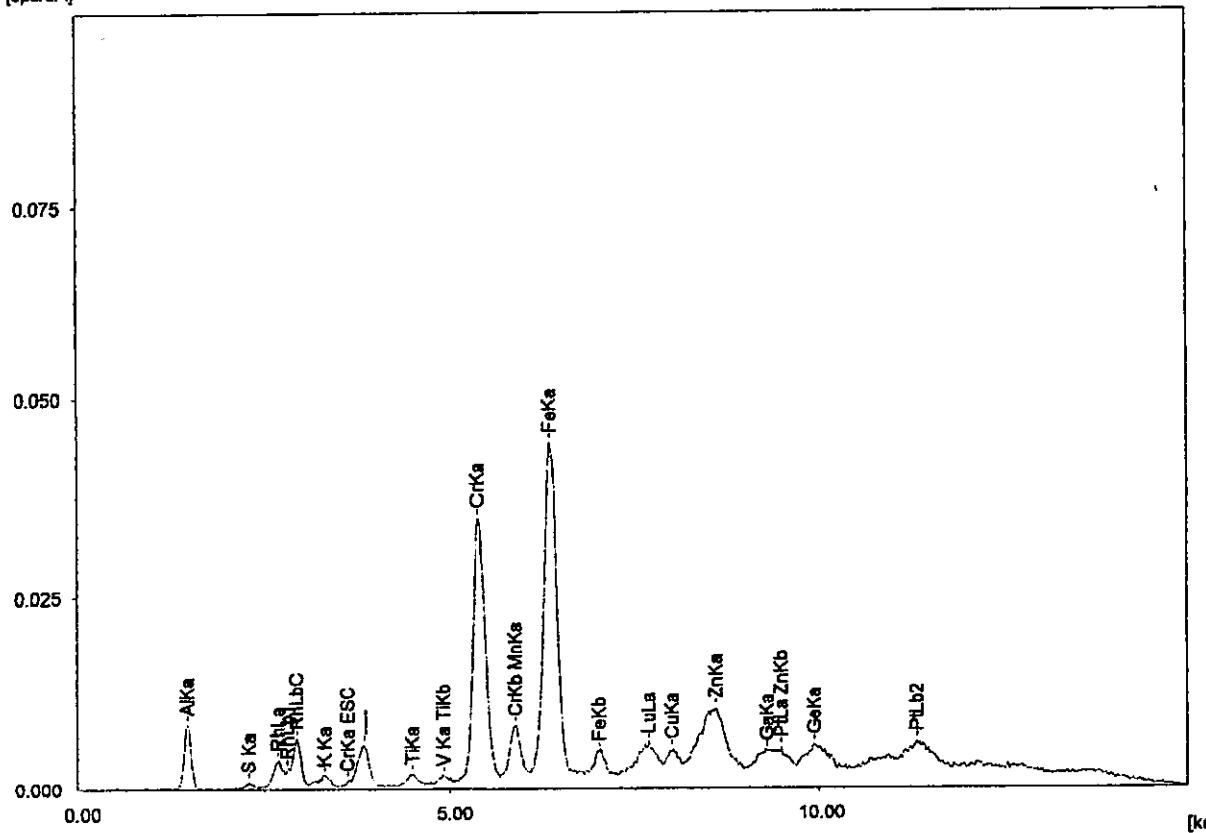
分析グループ名: JNC大気金属
コメント : 簡単分析-大気-金属

測定日時 : 2002-01-16 14:30:23
01/01

[cps/uA] Ti-U



[cps/uA] Na-Sc



測定結果－4 (1/2) 試験片[板(大) : 鉛]

測定条件

装置名: EDX-700 霧囲気: 大気 コリメータ: 10(mm) スピン: しない

分析対象	TG	kV	uA	Fl	取込(keV)	解析(keV)	Time(sec)	D.T. (%)
Ti-U	Rh	50	8	無	0 - 40	0 - 40	Real -	100
Na-Sc	Rh	15	356	無	0 - 20	0 - 4	Real -	100

定性分析結果

元素: Pb, Rh, Fe, Pd, Ag, S, Cd, Ti, Ir

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度(cps/uA)
Ti-U	PbMa	2.36	4.853
	RhLa	2.68	0.538
	FeKa	6.38	1.938
	FeKb	7.06	0.291
	PbLL	9.16	8.322
	PbLa	10.52	186.793
	PbLn	11.30	3.778
	PbLb4	12.22	11.676
	PbLb1	12.58	185.874
	PbLg5	14.26	1.145
	PbLg1	14.72	22.158
	PbLg2	15.14	6.522
	PbLg4	15.74	0.914
	RhKa	20.18	4.564
	PdKa	21.02	0.736
	AgKa	22.02	0.372
	RhKb	22.58	1.175
Na-Sc	S KaESC	0.59	0.035
	FeLa	0.71	0.019
	S Ka	2.33	1.087
	PbMa	2.33	0.709
	RhLa	2.67	0.209
	RhLb2	2.95	0.114
	CdLa	3.20	0.079
	CdLg1	3.68	0.062
	TiKa	4.53	0.063
	FeKa	6.38	0.574
	FeKb	7.06	0.086
	IrLa	9.15	0.192
	IrLn	9.62	0.243
	PbLa	10.50	0.709
	PbLb1	12.58	0.511
	IrLg3	12.94	0.106

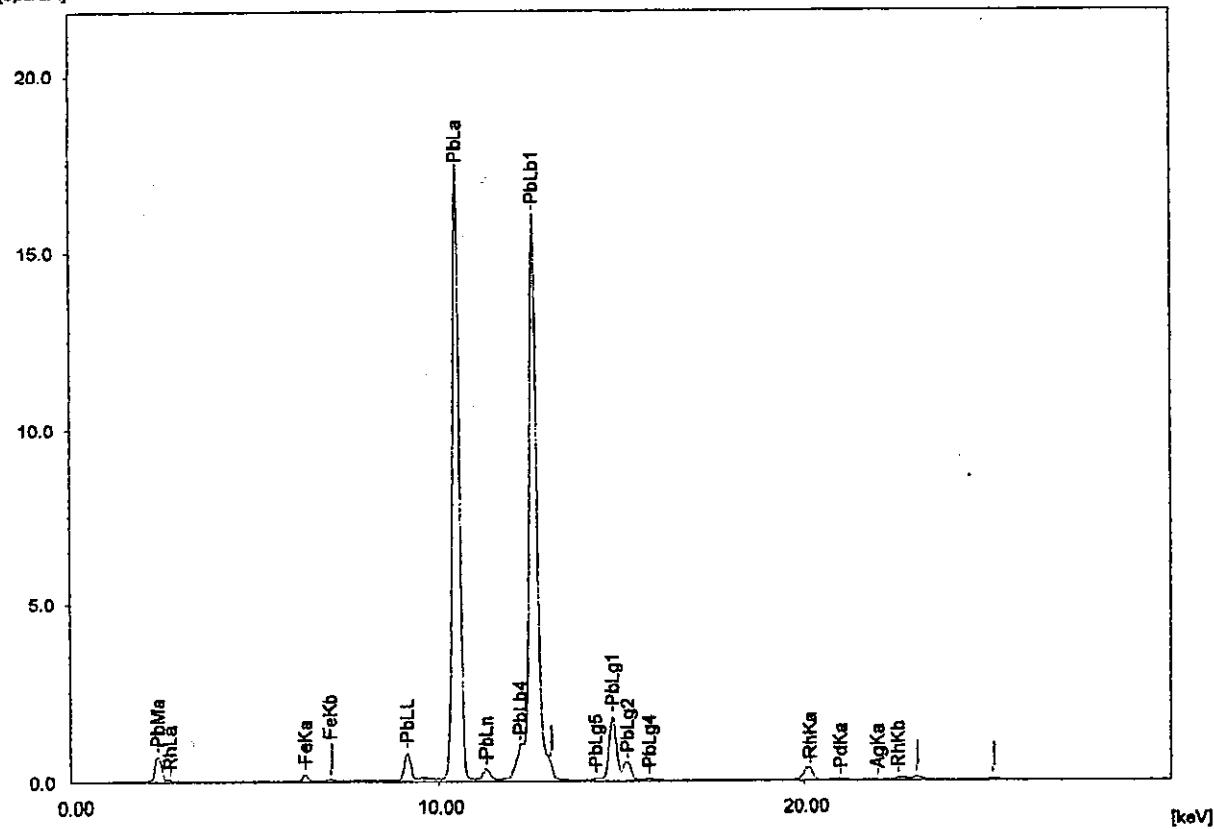
定量分析結果

分析対象	分析結果	標準偏差	処理-計算	分析線	強度(cps/uA)
Pb	64.393 %	0.196	定量-FP	PbLb1	177.950
S	34.474 %	0.136	定量-FP	S Ka	2.421
Fe	0.642 %	0.019	定量-FP	FeKa	1.849
Pd	0.371 %	0.017	定量-FP	PdKa	0.835
Ag	0.120 %	0.010	定量-FP	AgKa	0.261

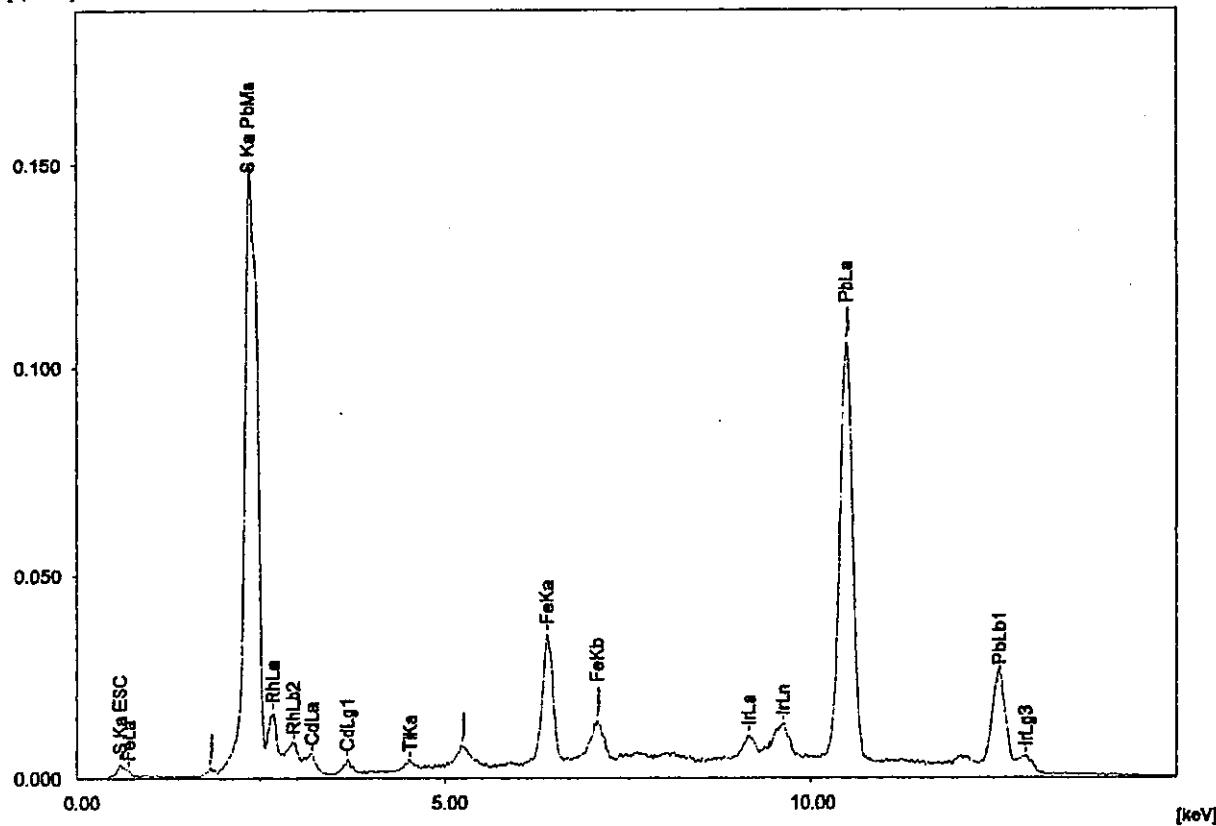
測定結果－4 (2/2) 試験片[板(大)]：鉛

ファイル名 : 鉛板(大)
オペレータ名 :分析グループ名: JNC大気金属
コメント : 簡単分析-大気-金属測定日時 : 2002-01-16 14:35:30
01/01

[cps/uA] Th-U



[cps/uA] Na-Sc



測定結果－5 (1/2) 試験片[板(大)：銅]

測定条件

装置名: EDX-700 雰囲気: 大気 コリメータ: 10(mm) スピン: しない

分析対象	TG	kV	uA	FI	取込(keV)	解析(keV)	Time(sec)	D.T. (%)
Ti-U	Rh	50	5	無	0 - 40	0 - 40	Real -	100
Na-Sc	Rh	15	59	無	0 - 20	0 - 4	Real -	100

定性分析結果

元素: Ar, Ca, Cs, Cu, Rh, Sm, Ag

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度(cps/uA)
Ti-U	ArKa	2.94	0.244
	CaKa	3.76	0.238
	CsLa	4.26	0.364
	CuKaESC	6.26	2.061
	CuKbESC	7.14	1.867
	CuKa	8.02	764.322
	CuKb	8.88	117.326
	CuKaSUM	16.00	6.059
	Cu_SUM	16.94	1.965
	RhKa	20.10	2.941
	RhKb	22.68	0.755
	SmKa1	40.14	0.066
Na-Sc	RhLa	2.68	0.052
	RhLb1	2.82	0.045
	AgLa	2.97	0.086
	CaKa	3.63	0.076
	AgLg2	3.77	0.160
	CuKaESC	6.27	0.271
	CuKbESC	7.17	0.540
	CuKa	8.01	57.446
	CuKb	8.87	8.305
	RhKa	20.27	0.000

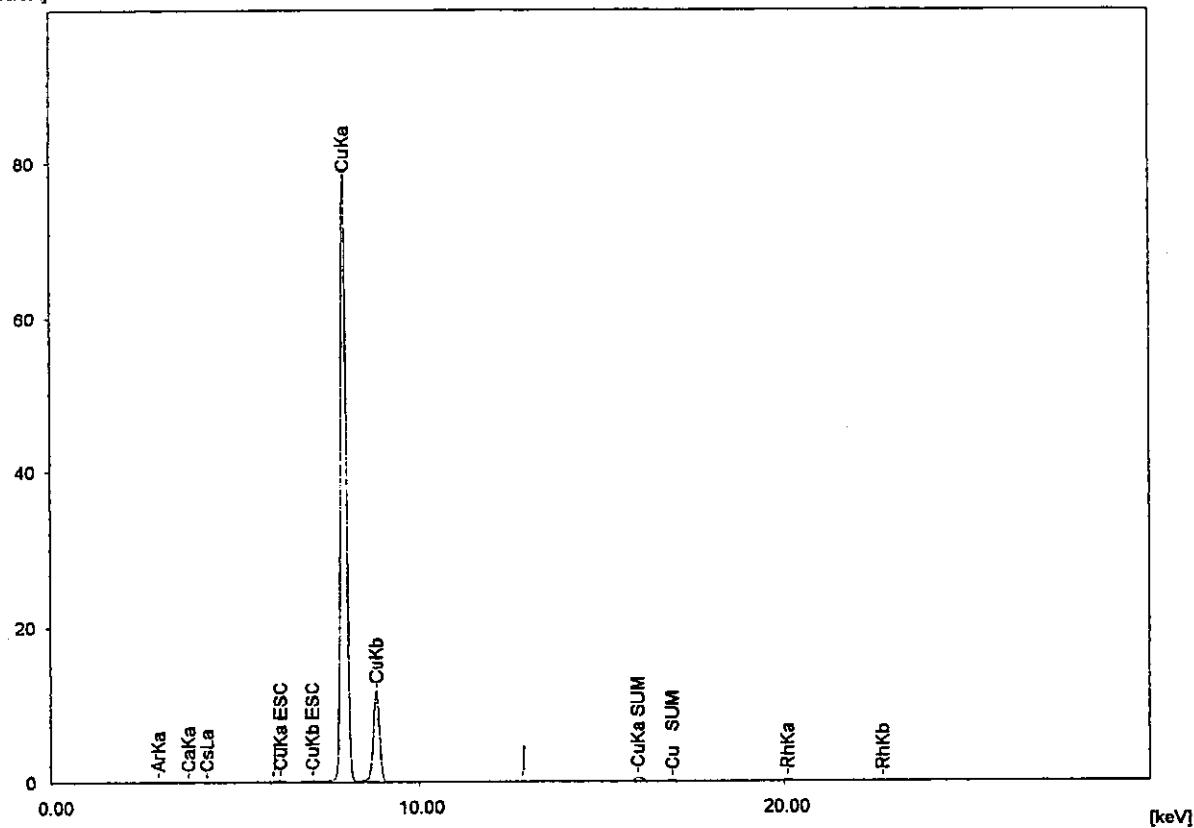
定量分析結果

分析対象	分析結果	標準偏差	処理-計算	分析線	強度(cps/uA)
Cu	99.543 %	0.196	定量-FP	CuKa	694.730
Cs	0.345 %	0.030	定量-FP	CsLa	0.361
Ca	0.112 %	0.008	定量-FP	CaKa	0.040
Ar	0.000 %	0.000	定量-FP	ArKa	0.239

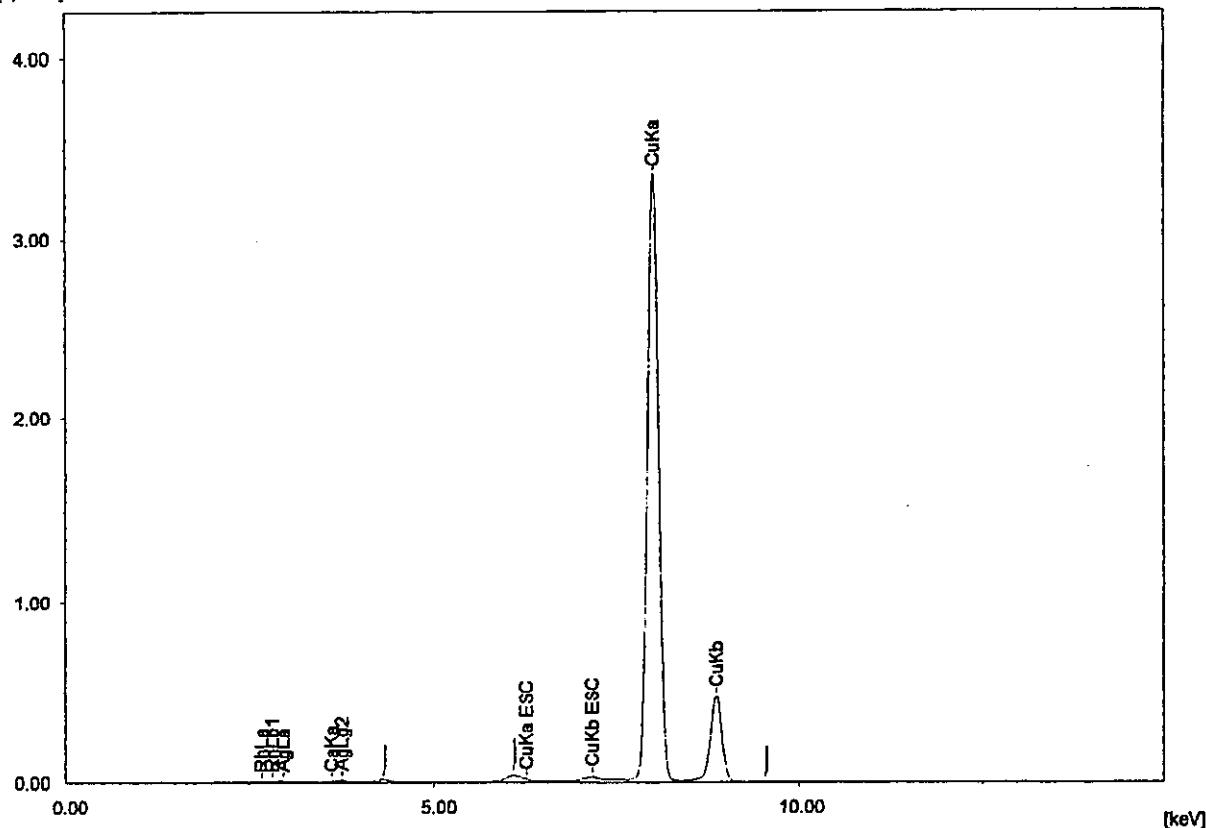
測定結果－5 (2/2) 試験片[板(大)]：銅

ファイル名 : 銅板(大)
オペレータ名 :分析グループ名: JNC大気金属
コメント : 簡単分析-大気-金属測定日時 : 2002-01-16 14:43:56
01/01

[cps/uA] Th-U



[cps/uA] Na-Sc



測定結果－6 (1/2) 試験片[板(大)：黄銅]

測定条件

装置名: EDX-700 雰囲気: 大気 コリメータ: 10(mm) スピン: しない

分析対象	TG	kV	uA	FI	取込(keV)	解析(keV)	Time(sec)	D.T. (%)
Ti-U	Rh	50	5	無	0 - 40	0 - 40	Real -	100
Na-Sc	Rh	15	59	無	0 - 20	0 - 4	Real -	100

定性分析結果

元素: Rh, Ac, Mn, Cu, Zn, Ag, Ca, Co, Ra

ピークリスト

チャンネル名	Line	keV	Net強度(cps/uA)
Ti-U	RhLa	2.68	0.293
	AcMa	2.92	0.251
	MnKa	5.96	1.277
	CuKaESC	6.32	1.250
	ZnKaESC	6.92	1.751
	CuKa	8.02	474.304
	ZnKa	8.60	137.566
	CuKb	8.90	68.062
	ZnKb	9.54	20.635
	AcLa	12.68	0.305
	CuKaSUM	16.02	2.359
	Cu_SUM	16.60	3.229
	ZnKaSUM	17.16	1.372
	RhKa	20.16	2.680
	RhKb	22.60	0.714
Na-Sc	RhLa	2.67	0.063
	RhLaC	2.79	0.057
	AgLa	2.96	0.073
	CaKa	3.65	0.046
	MnKa	5.95	0.575
	CoKa	6.99	0.544
	CuKa	8.01	37.780
	ZnKa	8.60	10.343
	CuKb	8.88	5.326
	ZnKb	9.49	1.551
	RaLa	12.41	0.041

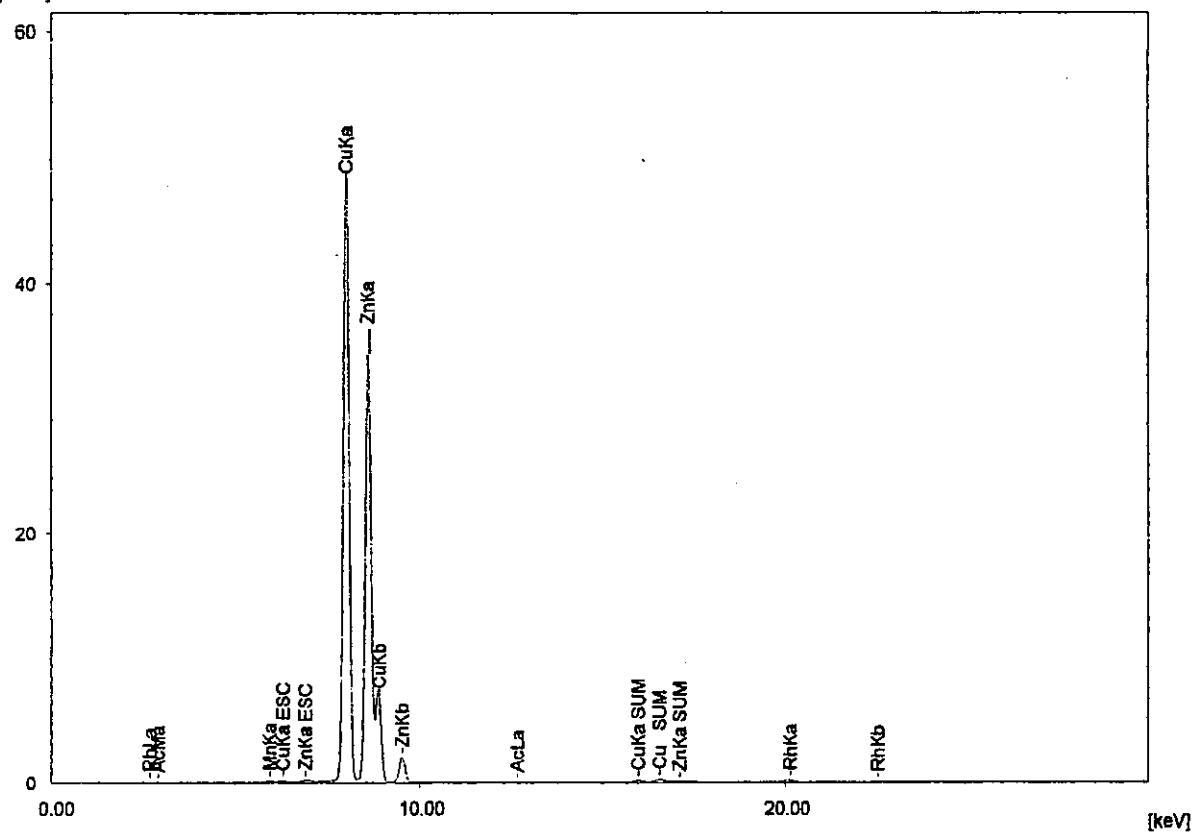
定量分析結果

分析対象	分析結果	標準偏差	処理-計算	分析線	強度(cps/uA)
Cu	65.108 %	0.164	定量-FP	CuKa	430.010
Zn	34.442 %	0.113	定量-FP	ZnKa	251.659
Ac	0.179 %	0.014	定量-FP	AcLa	0.441
Mn	0.170 %	0.008	定量-FP	MnKa	1.183
Ca	0.100 %	0.008	定量-FP	CaKa	0.032

測定結果－6 (2/2) 試験片[板(大)]：黄銅

ファイル名 : 黄銅板(大)
オペレータ名 :分析グループ名: JNC大気金属
コメント : 簡単分析-大気-金属測定日時 : 2002-01-16 14:56:12
01/01

[cps/uA] Ti-U



[cps/uA] Na-Sc

