

本資料は 年 月 日付けて登録区分、

変更する。 2001. 6. 20

[技術情報室]

# 海外出張報告 第9回PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議への参加 およびセラフィールト廃棄物施設訪問

(会議は1989年10月9~11日、西独カールスルーエ原子力センタで開催)

- 高放射性廃液固化研究報告 -

1990年9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

配下布限定期  
PNC-SN8600 90-010  
1990年9月



## 海外出張報告

### 第9回PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議への 参加およびセラフィールド廃棄物施設訪問 (会議は1989年10月9~11日、西独カールスルーエ原子力センターで開催)

#### — 高放射性廃液固化研究報告 —

斎藤信一\*，高橋武士\*\*  
吉岡正弘\*\*，五十嵐寛\*\*

#### 要旨

第9回PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議を西独カールスルーエ研究所で開催するとともに、PAMELA（パメラガラス固化施設：ベルギー）およびセラフィールド（英国）を訪問した。

本会議は、PNCとKfKとの協力協定に基づいて、毎年PNC、KfKにて交互に開催されているものであり、昨年以降の双方の進捗状況について情報を交換した。口頭発表では、双方からR&Dのオーバー・ビューの他、PNC側からは、第19、20キャンペーンの結果を中心として、KfK側からはW4、W5キャンペーンを中心として紹介された。さらに、双方の関心のある検討項目について詳細な議論を行った。また、工学規模のモックアップ施設V-W1プラント、およびWAKの廃液を処理するための試験施設で、現在製作中のVA-WAK施設の見学を行った。現在、PNC、KfK共に白金族元素の抜出し性を向上させるための各種試験を実施しており、今回の会議は、白金族対策を進める上で両者にとって実りの多いものであった。

PAMELAでは、1985年以来、既に 385m<sup>3</sup>の廃液処理の実績を持っている。ガラス固化施設の東側には、フランスからの返還固化体の貯蔵施設の建設が始まっていた。

BNFLセラフィールドでは、展示館、フルスケールのコールド・ガラス固化試験施設およびウィンズケール・ガラス固化貯蔵プラント、低レベル廃棄物処理場（Drigg-site）の見学を行った。この見学により、フランス方式の特徴を充分に理解することができ、極めて有益であった。

\* 東海事業所

\*\*環境技術開発部 環境技術第一開発室

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 日 程 .....	2
3. 第9回 PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議 .....	3
3.1 会議日程 .....	3
3.2 組織および出席者 .....	5
3.3 会議のまとめ .....	6
3.3.1 議事録 .....	6
3.3.2 討議項目 .....	8
3.4 会議概要 .....	9
3.4.1 廃棄物管理に関するオーバビュ (KfK, PNC) .....	9
3.4.2 白金族元素キャンペーンW4 およびW5の運転結果の評価 (KfK) .....	11
3.4.3 モックアップ3号メルタの運転結果 (PNC) .....	18
3.4.4 メルタ白金族堆積物の生成と特性評価 (KfK) .....	26
3.4.5 白金族含有ガラスの特性評価 (PNC) .....	26
3.4.6 白金族キャンペーンW-4 およびW-5における オフガス処理系でのCs とRu の挙動 (KfK) .....	32
3.4.7 WAKプラントのHAWCのガラス固化 (KfK) .....	36
3.4.8 廃メルタ解体技術開発 (PNC) .....	40
3.4.9 挥発性Ru の水への吸収挙動に関する基礎試験 (PNC) .....	40
3.5 詳細討議 .....	45
3.5.1 PNC側の関心 .....	45
3.5.2 KfK側の関心 .....	49
3.6 施設見学 .....	50
4. PAMELAガラス固化施設訪問 .....	58
5. セラフィールド (Sellafield) 施設訪問 .....	60
5.1 Viseters center .....	60
5.2 コールドガラス固化試験施設 (FSIF) .....	62
5.3 ガラス固化・貯蔵施設 (WVP, VPS) .....	62

5.4 低レベル廃棄物処理場 (Drigg site) .....	63
5.5 所感 .....	64
6. 入手資料リスト .....	67

## 1. はじめに

動燃事業団と西独KfKとの間に結ばれている高レベル廃棄物管理における協力協定の一環として、ガラス固化技術を中心とする廃棄物管理に関する会議が1989年10月9日から10月11日まで西独KfKにおいて行われた。

この会議は、1981年6月に開催された第1回会議から数えて第9回目になる。動燃側からは、斎藤副所長（環境技術開発部長兼務）以下5名が参加し、一方KfK側からはWeisenburger以下7名が参加した。

現在、KfKの状況は、WAW計画の中止によって、研究開発の今後が不透明であるのにもかかわらず、ガラス固化技術開発が技術の完成に向けて着実に進められている。当面のガラス固化試験はWAKの高レベル廃液処理を対象とした白金族対策試験に向けられており、中心となる溶融炉（K-6' メルタ）はガラス固化試験施設（VA-WAK）にて製作中の段階にある。試験は、1990年に開始され、1991年までに行われる予定である。

この建設中のVA-WAK（WAK廃液処理用モックアップ施設）を全員で見学したほか、斎藤副所長および上野職員はWAKおよびTEKO（ヴァッカースドルフ再処理工場用モックアップ施設）を見学した。

今回の会議のあと、ベルギー・モルのPAMELA施設を見学した。ガラス固化施設では、1985年以来既に385m<sup>3</sup>の廃液処理を行っており、現在、HEWCの処理を順調に続けている。既存の廃液は、1992年1月頃までに処理を終える予定である。

BNFLセラフィールド施設では、展示館（Visiter Center）、フルスケールのコールドガラス固化プラント（WVP）および低レベル廃棄物理施設（Drigg Storage Depot）の見学を行った。WVPは、ほぼ完成しており、来年のホット運転に向けて、仕上げの作業が行われていた。

今回の施設訪問に際しては、各施設とも非常に友好的で良く説明して頂いた。特にWVPの動燃の公式訪問は初めてとあって、極めて丁重であり、総ての設備を見学することができた。この見学により、フランス方式のガラス固化プラントの特徴を充分に理解することができたことは極めて有益であった。

なお、KfK/PNC会議で発表に双方が使用したOHP原稿は資料集として別冊にまとめた。

2. 日 程

10月7日（土）	成田発
10月8日（日）	フランクフルト着
10月9日（月）	第9回 PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議
10月10日（火）	"
10月11日（水）	"
10月12日（木）	フランクフルト→モル
10月13日（金）	パメラ施設訪問、ガラス固化研究討議
10月14日（土）	モル→ロンドン
10月15日（日）	ロンドン→マンチェスター、セラフィールド
10月16日（月）	B N F L・セラフィールド施設見学
10月17日（火）	マンチェスター→ロンドン、ロンドン発
10月18日（水）	成田着

## 3. 第9回 PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議

## 3.1 会議日程

## AGENDA

for the 9th Annual KfK-PNC Meeting in  
HLLW-Management, October 9-11, 1989

Monday, October 9

8:30	Pick-up from hotel	
9:00 - 9:10	Welcome	
9:10 - 9:30	Overview about KfK activities in HLLW Management	(G. Roth/KfK)
9:30 - 10:00	Overview on R&D program on high-level waste conditioning	(N. Saito/PNC)
10:00 - 11:00	Evaluation of the operational results of the noble metal campaigns W4 and W5	(S. Weisenburger/KfK)
11:00	Coffee break	
11:15 - 12:15	Operational experience of mock-up test facility (19th and 20th campaign)	(M. Yoshioka/PNC)
12:30	Lunch	
14:30 - 15:15	Formation and characteristics of noble metal sediments in the melter	(B. Luckscheiter/KfK)
15:15 - 15:45	Characterization of glass containing noble metal elements	(T. Takahashi/PNC)
15:45	Coffee break	
16:00 - 16:30	Behaviour of Ru and Cs in the off-gas system during the noble metal campaigns W4 and W5	(K. - H. Weiβ/KfK)
16:40	Departure to hotel	
19:00	Dinner	

Tuesday, October 10

8:30	Pick-up from hotel
9:00 - 9:30	Vitrification of HAWC of the WAK plant. The new inactive test facility with the K-6' melter (W. Grünwald/KfK)
9:45 - 10:30	Visit of the new inactive VA-WAK facility (under construction)
10:30	Coffee break
10:45 - 11:00	Melter dismantling technology (H. Igarashi/PNC)
11:00 - 11:15	Study on absorption of volatilized Ruthenium into water (H. Igarashi/PNC)
11:20 - 12:00	Visit of the vitrification plant V-W1 (mock-up for the industrial scale vitrification)
12:15	Lunch
14:00 - 17:00	Start of group discussions (special questions) Visit of WAK-plant and TEKO (arranged for Mr. Saito and Mr. Ueno during group discussions)
17:15	Departure to hotel
19:00	Dinner

Wednesday, October 11

8:00	Pick-up from hotel
9:00 - 12:00	Continuation of group discussion
12:00 - 14:00	Lunch
14:00 - 15:00	Final discussion
15:00 - 15:30	Preparation of the minutes
15:45	Departure

### 3.2 組織および出席者

#### List of participants at the ninth Annual PNC/KfK Meeting on Cooperation in High-level Waste Management

##### KfK

Siegfried Weisenburger	Leader of Vitrification Technology Division of INE
Wolfgang Grüewald	Engineer, Vitrification Technology Division of INE
Günter Roth	Engineer, Vitrification Technology Division of INE
Karlheinz Weiß	Engineer, Vitrification Technology Division of INE
Winfried Tobie	Engineer, Vitrification Technology Division of INE
Horst Pentighaus	Leader of Chemical Technology Division of INE
Berthold Luckscheider	Engineer, Chemical Technology Division of INE

##### PNC

Nobukazu Saito	Deputy Director, PNC Tokai Works
Takeshi Takahashi	General Manager, High Level Waste Technology Section (HTS)
Masahiro Yoshioka	Manager, High Level Waste Technology Section (HTS)
Hiroshi Igarashi	Manager, High Level Waste Technology Section (HTS)
Tsutomu Ueno	PNC's delegate to PAMELA Plant

### 3.3 会議まとめ

#### 3.3.1 議事録

#### Minutes of the Ninth Annual KfK-PNC Meeting

on

Cooperation in High-level Waste Management

held at

KfK, October 9-11, 1989

The ninth annual meeting on high-level waste vitrification of Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) and Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) was held at KfK on October 9-11, 1989.

The purpose of the meeting was to review the progress and the state of the art on both sides since the last meeting in November 1988 and to discuss in detail the melter technology as well as the process treatment technique in two sessions.

The agenda of the meeting and the list of participants are attached in Appendices I and II, respectively.

Both sides have achieved significant development progress since the last meeting at PNC. KfK currently constructs the advanced new melter to overcome the noble metal problem. PNC is constructing the Tokai Vitrification Facility by research and development experiences.

In the meeting, the noble metal behaviour in the vitrification process was discussed in detail in most part of the technical sessions as the common interest in the process development in both countries. The results obtained through the discussions about all the subjects are very useful for both sides.

Both parties confirmed that the exchange of specialists is an effective part of the cooperation and should be continued.

As the next exchange, KfK will accept a PNC's delegate for KfK's K-6' melter operation in the spring of 1990. PNC will accept a delegate from KfK.

As a tentative date for the next meeting at PNC on November 1990 was envisaged. Topics to be treated in the next meeting will be announced and agreed upon in written form about three months ahead.

Both parties agreed to continue the cooperation in the field of HLLW management, and to exchange the information about other waste treatment technologies.

For Power Reactor and  
Nuclear Fuel Development  
Corporation

For Kernforschungszentrum  
Karlsruhe mbH

N. Saito

S. Weisenburger

N. Saito  
Director of Waste  
Technology Development  
Division

S. Weisenburger  
Leader of the Technology  
Division of the Institute  
of Nuclear Waste Treatment

### 3.3.2 討議項目

グループ討議の項目を以下に示す。なお、討議内容の詳細については、3.5に示す。

#### Discussed items:

PNC's interest: - KfK experience about effectiveness of bottom slope inclination to drain out noble metal sludge (campaign W4/W5, flow mechanic studies)

- The effect of the glass temperature on the noble metal draining efficiency and mitigation of accumulation of the sludge (20 th campaign)
- Effectiveness of bubbling on homogenous dispersion of noble metal deposits (campaign)
- Effect of Rhodium on viscosity of noble metal enriched glass
- Behaviour and structural properties of noble metal elements in the glass
- Results of physical modelling of the K-6' melter
- Results of mathematical modelling of the K-6' melter
- Ruthenium behaviour during processing

KfK's interest: - PNC draining experience with a nozzle of 28 mm inner diameter

- Behavior of film-collet off gas tube
- Progress in development of microwave heating to support melting process
- Behaviour of noble metal particles in dependence on melting conditions (time, temperature)
- PNC development on new materials for electrode and ceramics
- Dependence of viscosity of noble metal sludge on shear rate
- Objectives and schedule of future PNC vitrification campaigns
- Time dependent decrease of the power release to the MF heated drain nozzle

### 3.4 会議概要

#### 3.4.1 廃棄物管理に関するオーバビュ (KfK, PNC)

##### (1) OVERVIEW ABOUT KFK ACTIVITIES IN HLLW MANAGEMENT (発表:Roth, G)

i) WAKプラントからの高レベル廃液(白金族元素高含有)固化処理技術の開発(H AWC-WAC PROGRAM)

① コールドテスト: 1987~1991

② 試験内容:

45° の炉底勾配をもったK-W2メルタにより、WAK廃液を模擬した白金族元素を含有する廃液の処理運転を実施し、白金族元素の堆積による運転への影響、およびその抜き出し等について評価した。また、白金族元素の堆積防止、および抜き出し性向上に対するバブリングの効果を確認する試験を実施した。現在までのテスト状況は以下のとおりである。

連続運転 63日

模擬廃液処理量 63m<sup>3</sup>

白金族元素処理量 275kg

ガラス製造量 25ton

③ 試験結果:

試験の結果、白金族元素処理運転における問題を防止するにはメルタ炉底構造の変更が必要であると結論した。そのプロトタイプのメルタとして、より大きな炉底勾配をもったK-6'メルタを設計し、現在、VA-WAKに建設中である。K-6'の設計上の廃液処理能力は22~25l/h、溶融速度は11~14kg/hであり、来年1月には立ち上げられる予定である。

④ WAK廃液処理:

PAMELAにK-6メルタを設置し、90年代半ばからの処理を予定している。ただ、これはWAK廃液のPAMELAへの輸送のライセンスを取得する必要があるが、見通しは厳しい。取得できない場合にはKfKで処理するオプションが残されている。WAK廃液量は現在までに62m<sup>3</sup>、そしてシャットダウンまでに20m<sup>3</sup>が見込まれ、トータル82m<sup>3</sup>である。

VA-WAKにおけるK-6'メルタの建設を1989年末までに終了し、90年初めから約2年間その試験運転を実施し、長期にわたる白金族元素処理における性能を評

価する。一方、PAMELAの廃液の処理は91年末までに終了するが、輸送のライセンスが取得できた場合、92年にK-6メルタをPAMELAに据え付ける。それと平行してWAK廃液をPAMELAに輸送する。そして93年初めからPAMELAでのコールド運転を実施したあと、93年後半からの処理を予定している。

#### ii) Industrial Vitrificationのための技術開発

WAK廃液の様に燃焼度の高い廃液の固化処理の技術開発を進めるに当たってKfKではメルタ内の電場、発熱、温度、そして速度分布等をモデリングにより求め、理論的な検討を行い、メルタ設計に反映している。以下にその概要を示す。

##### ① Physical Modelling

K-6' メルタと同構造の物理モデル実験装置により、メルタ内の

- Electrical potential field (V)
- Electrical field intensity (V/cm)

を3次元的に測定し、それぞれの分布図を作成し、評価している。さらに、炉底にAl-foilを貼って、白金族元素の堆積を模擬することにより同上の測定を実施し、その影響を評価している。この物理モデルにおいては、全ての流れの無次元数を實際のメルタに合わせることは不可能であることから、その流体としては食塩水を用いている。

##### ② Mathematical Modelling (3D)

PNCにおける3次元熱流動解析コードと同様に

- Electrical potential field
- Power density field
- Temperature field
- Velocity field

について解析することが出来る。

##### ③ Flow Mechanic Studies

炉底斜面上の白金族元素の堆積層が動くかどうかを検討するのに、その層の微小体積を考え、これに働く力の変化を斜面の勾配、層の厚みをパラメータとして解いている。

(2) Overview on R&D Program for Vitrification of High Level Liquid Waste

(発表：齊藤信一)

動燃における高レベル廃棄物処理の研究開発の現状について以下のような項目について発表を行った。

- ・ TVF のスケジュールおよび現在の建設状況
- ・ TVF 運開まで、および運開後の固化処理の研究開発プログラム、並びに新固化技術を含むその他の研究開発プログラム
- ・ ガラス固化各プロセスにおけるこれまでの技術開発項目とその目的
- ・ 商業固化プラント建設への協力
- ・ TRU 廃棄物の処理
- ・ PWT F の概要

3.4.2 白金族元素キャンペーン W4 および W5 の運転結果の評価 (KfK)

(Evaluation of the Operational Results of the Noble Metal Campaigns W4 and W5, 発表 : Weisenburger, S)

(1) キャンペーンの目的

45° の炉底勾配を持った K-W2 メルタの運転により W4 および W5 キャンペーンを実施した。それぞれのキャンペーンの主要な目的は以下のとおりであった。

- ・ W4 キャンペーン : ① 設計上の 72 l/h の廃液処理能力および 30 kg/h のガラス製造速度の確認  
② 白金族元素 (Ru, Rh, Pd) 150 kg を含む廃液の処理
- ・ W5 キャンペーン ① 廃液処理能力へのプレナム・ヒーティングの効果の確認  
② 白金族元素の抜き出しへのエアバブリングの効果の確認  
(Rh を除く 123 kg の白金族元素含有廃液の処理)

(2) 試験の結果

試験の結果は主要な項目について次のとおりである。

① メルタ処理能力の確認

W4 キャンペーンの実績では、廃液処理能力は平均で 45~50 l/h、最大でも 55~60 l/h と設計上の能力を満足しなかった。現象としては、非常に大きな供給速度のために溶融表面における仮焼体クラストの厚みが、推定で 10~40 cm にも達しプロセス条件が異なっていた。

また、このクラストが厚かったことからプレナム部温度は200～350°Cと低かった。プレナム・ヒーティングを併用したW5キャンペーンでは、プレナム部温度は450～600°Cと通常の運転条件であったが、廃液処理能力は平均で47 l/h、最大で50 l/hとW4キャンペーンとほぼ同じであった。しかし、メルタ運転状態は非常に安定していた。

## ② 白金族元素含有廃液の処理

W4キャンペーンでは、白金族元素の抜き出し率が60～70%と低く、メルタ内に堆積した白金族元素に起因する電極間の短絡現象が発生した。このとき電極間抵抗は0.3オームから徐々に0.1オームまで低下した（図3.4.2-1に示す。）。

一方、W5キャンペーンにおけるエアバブリングは白金族元素の抜き出しに効果は認められたが、ここでもやはり電極間の短絡現象が見られた。電極間抵抗の低下は0.25オームから0.15オームと僅かであった。W5キャンペーンにおける抜き出し率はPdについては110%と高かったが、これはW4キャンペーンで炉内に残留していたものが抜き出されたためと推定された。一方、KfKで白金族元素問題の元凶であるとされたRuの抜き出し率は85%と低く、10%以上がメルタ底部に堆積したものと推定された。

運転終了後の炉内堆積状況は両キャンペーンともほぼ同じであり、特にコーナー部等に大量の堆積が認められた。また、その白金族元素濃度はコーナー部の上部ほど高く、W5キャンペーンにおいてはRuでは10%以上であった。炉底部では5～8%であった。この傾向はPdについても同様であった。W-4キャンペーン終了後の炉内残留ガラスの白金族元素濃度を図3.4.2-2に示す。

以上の試験結果から45°の炉底勾配とエアバブリングでは白金族元素の堆積を短絡が発生しない程度に防止することは不十分であると判断された。このため電極近くの斜面に白金族元素の堆積が起こらないように、45°よりも更に大きな勾配（60～75°）をもつK-6'メルタが設計された。メルタ構造を図3.4.2-3に示す。

この設計では数学的モデリング、または物理モデリングによる検討が行われた。例えば、数学的モデリングでは白金族元素の堆積を考慮した解析が可能で、これを用いた評価が実施されている。K-6'メルタの炉底部の75°の斜面に1cmの堆積（ガラスの10倍の電導度を与えている。）を仮定した場合、中段電極の下部コーナー部近傍のガラス温

度が、堆積を考えない場合の1140°Cに対して1200°Cまで上昇することが示された。なお、解析では通常運転（白金族無し）での最高温度が中段電極の下部コーナー部近傍に見られた。このためコーナー部への電流集中を避ける目的でコーナー部に丸みを持たせた設計となっている。

一方、計算ではメッシュ間隔として5cmをとった場合、電導度が10倍増加しているのに電流は2.5倍しか増加せず、収束が不十分と判断された。このため、炉内にモニタリングポイントを6点設けて、その温度が動かなくなるのをもって収束と判断する方法をとっている。

- ・W5キャンペーンではCr酸化物が多く見られ、これはバーリングにより耐火物か電極がアタックされた結果と推定された。
- ・バーリングによりRuのメルタからの移行率が増加するかどうかについては、W4とW5キャンペーンの運転条件が異なるため評価できない。
- ・W4およびW5キャンペーンから白金族元素問題の元凶はRuであると判断している。

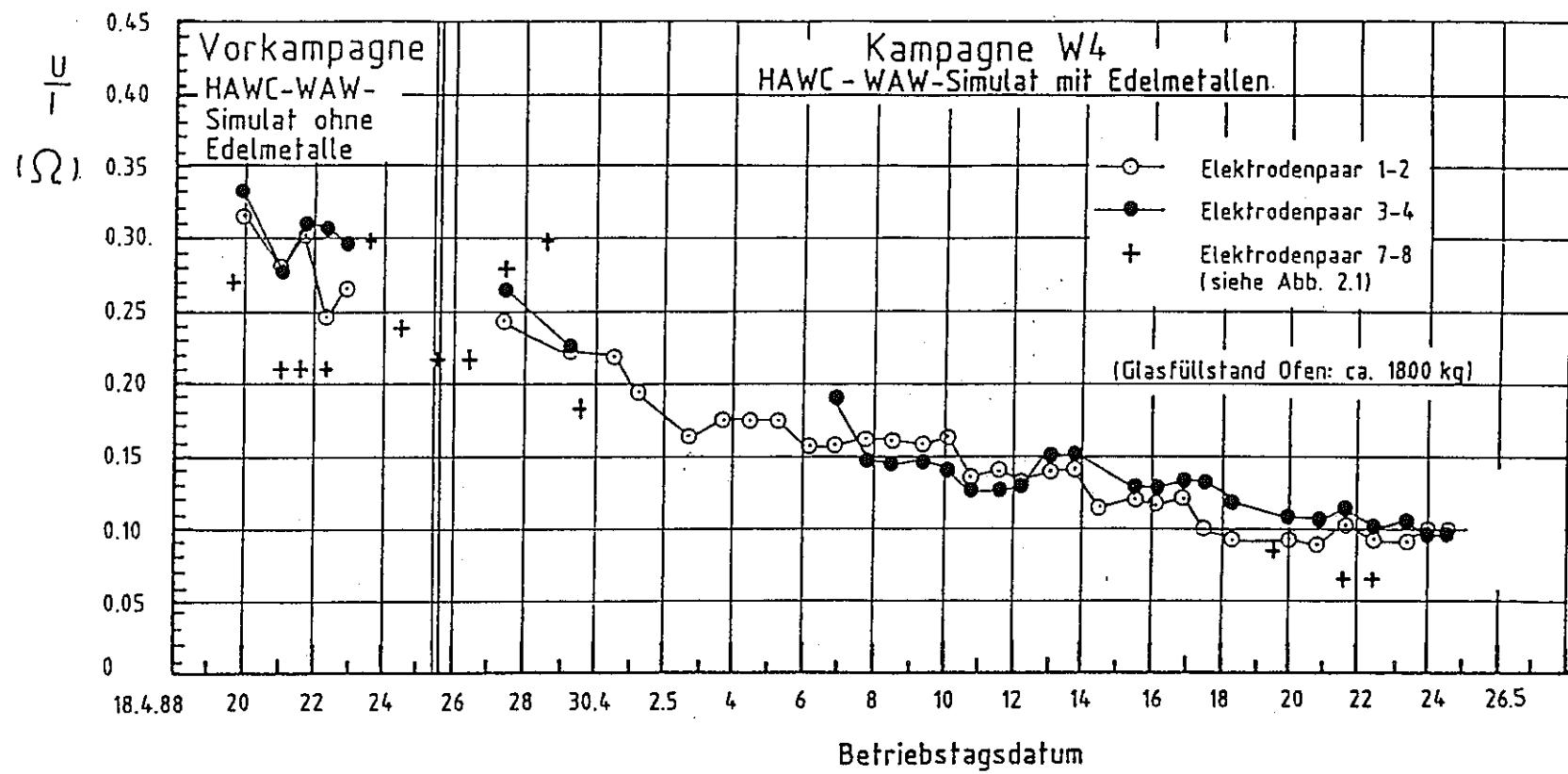


図3.4.2-1 W4 キャンペーンにおける電極間抵抗の変化

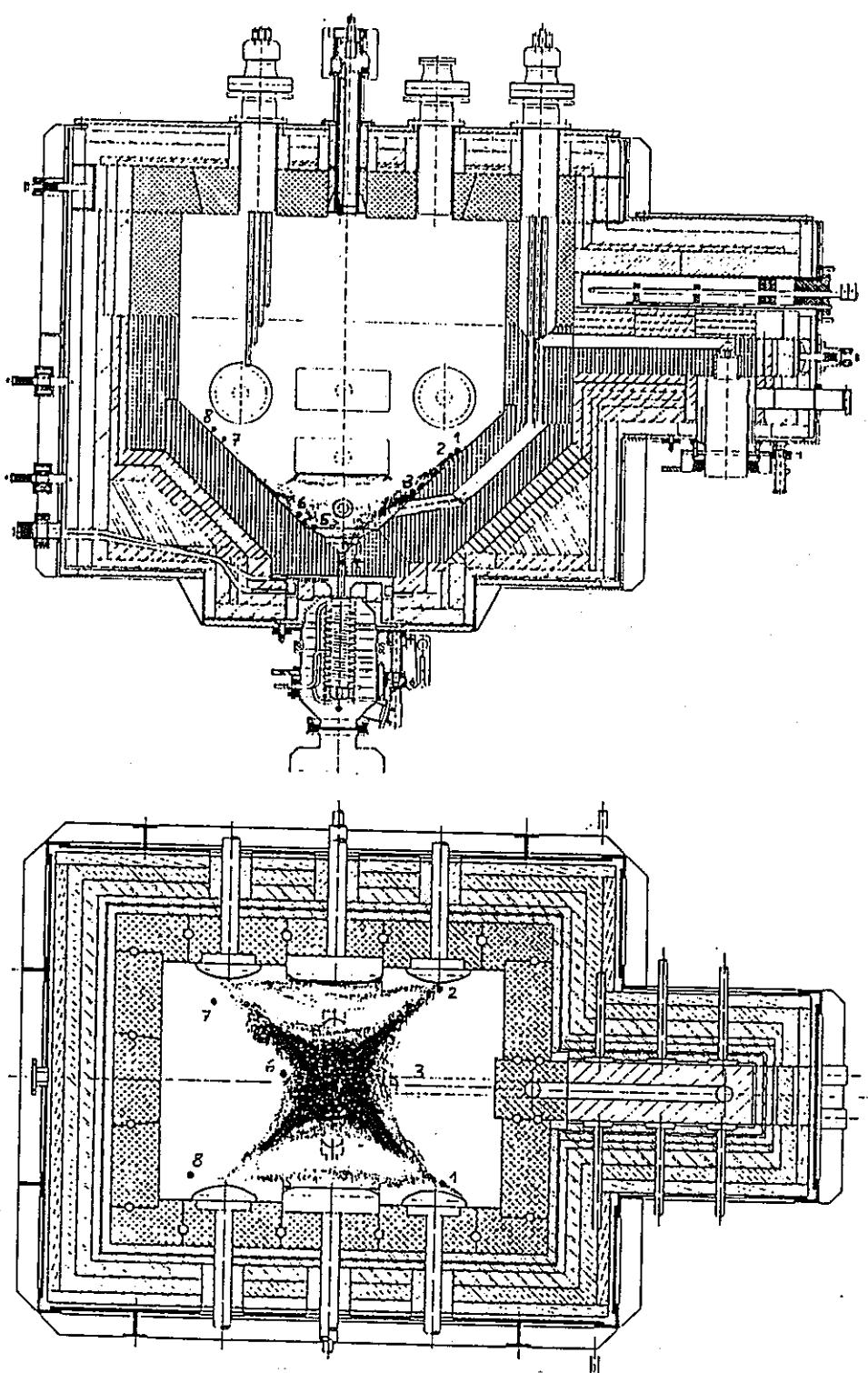


図3.4.2-2(1) キャンペーン終了後の炉内堆積状況

Abb. 3.6: Restglasschmelze im K-W2 Schmelzofen nach Entleerung des Ofens unmittelbar am Ende der Betriebskampagne W4. Die Zahlen bezeichnen Probenahmestellen. Von diesen Stellen wurden schmelzflüssige Glasproben genommen. (Analysenergebnisse siehe Tab. 4.3)

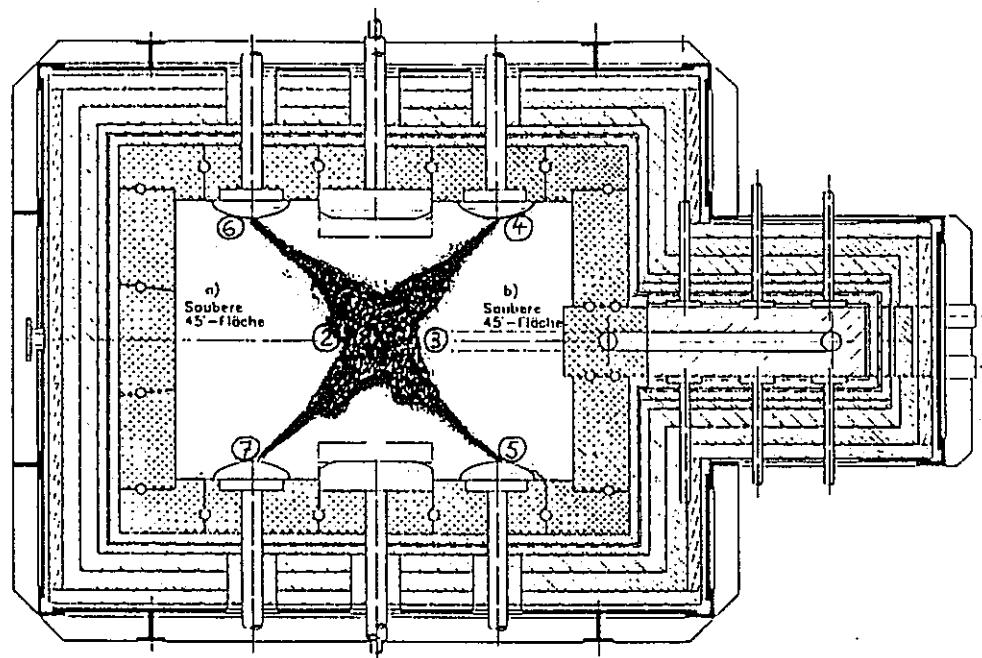


図3.4.2-2(2) キャンペーン終了後の炉内堆積状況

	Probe Nr. *) Platinmetallgehalt (Gew. %)			
	Ru		Pb	
	Ist	soll	Ist	soll
1	6.33	0.539	0.45	0.47
2	8.37	0.539	4.67	0.47
3	6.86	0.539	3.54	0.47
4	10.23	0.539	5.75	0.47
5	11.22	0.539	4.42	0.47
6	11.23	0.539	4.44	0.47
7	11.28	0.539	5.85	0.47
8	5.08	0.539	3.0	0.47
9	8.23	0.539	3.66	0.47
Mittelwert		8.75	-	3.98
*) Probenahmestellen siehe Abb. 3.34				

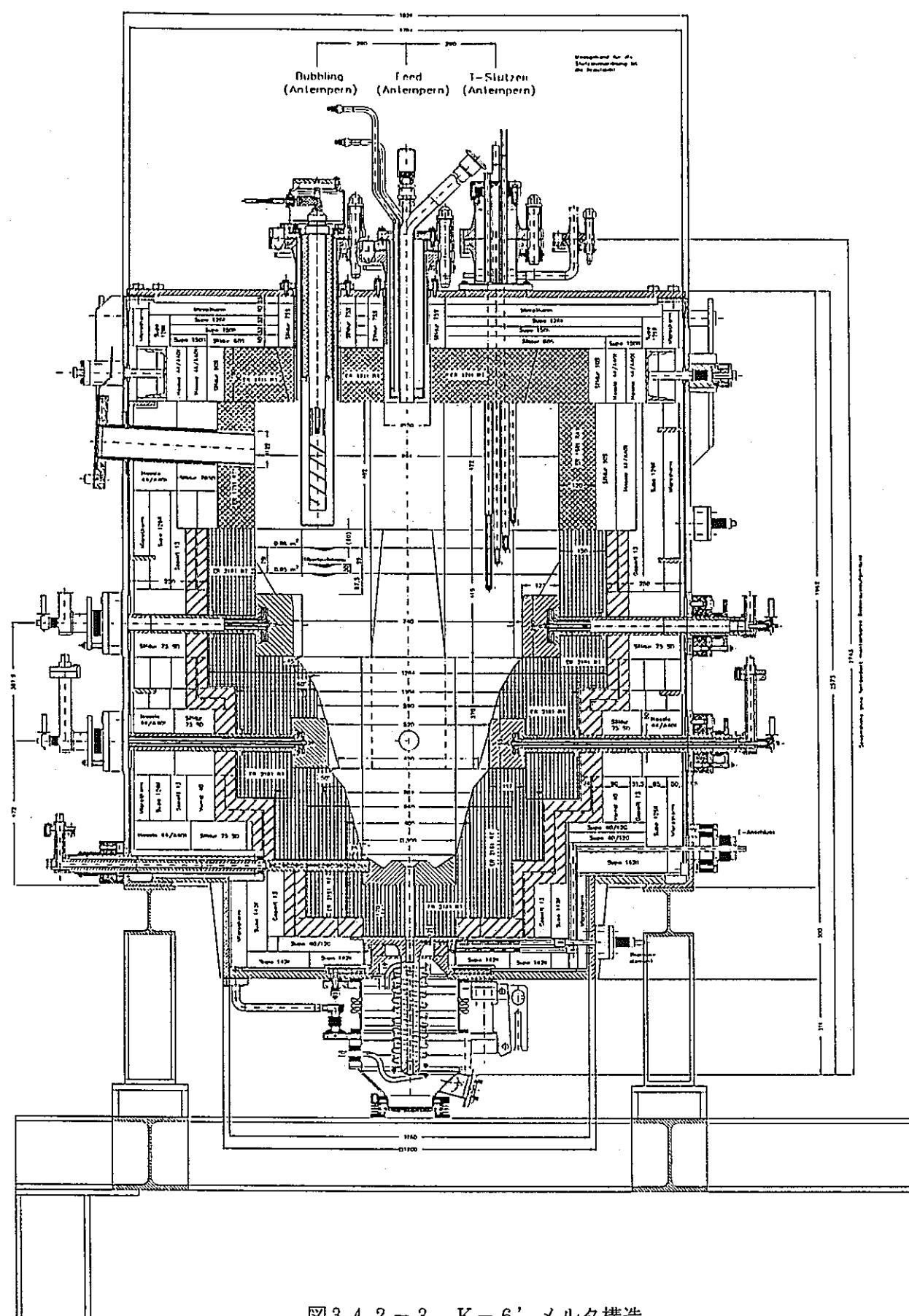


図3.4.2-3 K-6' メルタ構造

### 3.4.3 モックアップ3号メルタの運転結果（PNC）

(Operational Experience in Mock-up Melter (III) Campaigns, 発表：吉岡正弘)

メルタ運転における白金族元素の挙動を明らかにするために、これまで実施してきたキャンペーンのうちモックアップ第19および第20キャンペーンについてその経験ならびに解析・評価結果を報告した。

#### (1) モックアップ第19キャンペーンにおけるメルタ運転の経験

##### ① 運転状況

- ・主電極間抵抗が運転の経過とともに低下した。
- ・炉内ガラス温度の変化で、炉底ガラス温度が運転の経過とともに高くなった。一方、主電極の中間レベルのガラス温度は逆に低下する傾向が見られた。
- ・このときの主電極および補助電極パワーは、それぞれ運転の経過とともに上昇、下降する傾向が見られた。このことから白金族元素の堆積により主電極電流が炉底部に回り込んでいたと判断された。

##### ② 運転終了後の炉内状況

- ・残留ガラス量は約58kgでコーナー部に多く堆積していた。
- ・45° と 55° では 45° の斜面に多く、特に西側斜面により大量に堆積していた。
- ・その白金族元素濃度は斜面の上部ほど高く、最大で約20% RuO<sub>2</sub>であった。

##### ③ 白金族元素の抜き出し状況

- ・流下における白金族元素濃度の変化は、初期の高濃度、そして急激な平均濃度以下の低下が見られた。
- ・各バッチの抜き出し率は70%以下であった。

#### (2) モックアップ第20キャンペーンにおけるメルタ運転の経験

モックアップ第19キャンペーンまでの白金族元素を含有した廃液の処理運転の経験から、45° の炉底勾配だけでは白金族元素問題を根本的に解決することは難しいことがわかった。そこで、この問題をメルタの運転方法により解決する試みを第20キャンペーンで行った。即ち、炉底を低温に保持することにより、白金族元素の炉底への沈降および固着を防止するとともに主電極電流の回り込みの防止を図るものである。

##### ① 運転状況

- ・主電極間抵抗は非常に安定しており、運転の経過に伴う抵抗の低下は認められなかった。

- 各バッチの補助電極間抵抗は白金族元素の供給量の増大とともに低下するが、流下により復帰し、バッチ間の抵抗の変化は特に認められなかった。
- 運転状況の変化を図3.4.3-1に示す。

② 運転終了後の炉内状況

- 炉底に異常な堆積は認められなかった。
- 炉内残留ガラスの分析の結果、白金族元素濃度は最大濃度が流下時の最大濃度とはほぼ同じであることから流下時に良く抜き出されていたと判断される。
- 白金族元素濃度とガラス量から炉内に残留した白金族元素の量は供給した量の1%以内であった。図3.4.3-2にメルタにおける白金族元素収支を示す。

③ 白金族元素の抜き出し状況

- 流下における白金族元素濃度の変化は、初期濃度はそれほど高くないものの流下とともに緩やかに低下するのが見られた。図3.4.3-3に第17キャンペーンでの濃度変化と合わせて今回の運転における濃度変化を示す。
- この濃度変化のために低温運転を実施した各バッチのRuO<sub>2</sub>の抜き出し率は、濃度分析値から評価すると80%以上であり、平均は95%であった。
- 炉内に残留した白金族元素量から評価すると第20キャンペーンでは99%以上の抜き出し率が得られた。

④ その他

- バブリングの白金族元素の挙動に及ぼす効果を確認する試験を1バッチ実施したが、バブリングにより流下における白金族元素濃度は全期間に渡ってほぼ均一であった。バブリングは白金族元素粒子の凝集を阻止する効果があるものと推定される。
- 炉底の低温保持による白金族元素の抜き出し性の向上には低流下速度の寄与も大きいと推定される。図3.4.3-4に抜き出し性に及ぼす流速の効果を示す。

これらの発表に対し、K f Kは炉底低温運転に関心は示したもの、彼等の試験および研究の結果、白金族対策としては炉底勾配を45°より大きくすることだけだけで、この運転だけに頼ることはできないという見解であった。

(3) ガラス流下技術の開発

流下の開始時には従来、高周波コイルの全段を加熱することによりノズル内のガラス

を加熱・溶融して流下を開始させていた。この方法ではファイバが発生し、スムーズな流下が開始できず、ときには結合装置内で閉塞が発生することがあった。

これを改善するために高周波コイルの上段のみを初めに加熱しノズル内上部のガラスを加熱・溶融した後、全段加熱を行う方法を採用した結果、ファイバの発生は全く認められず、かつ初期の流下速度の立ち上がりが大きく速度の制御が容易であった。図3.4. 3-5に上段加熱法の原理を示す。

- 21 -

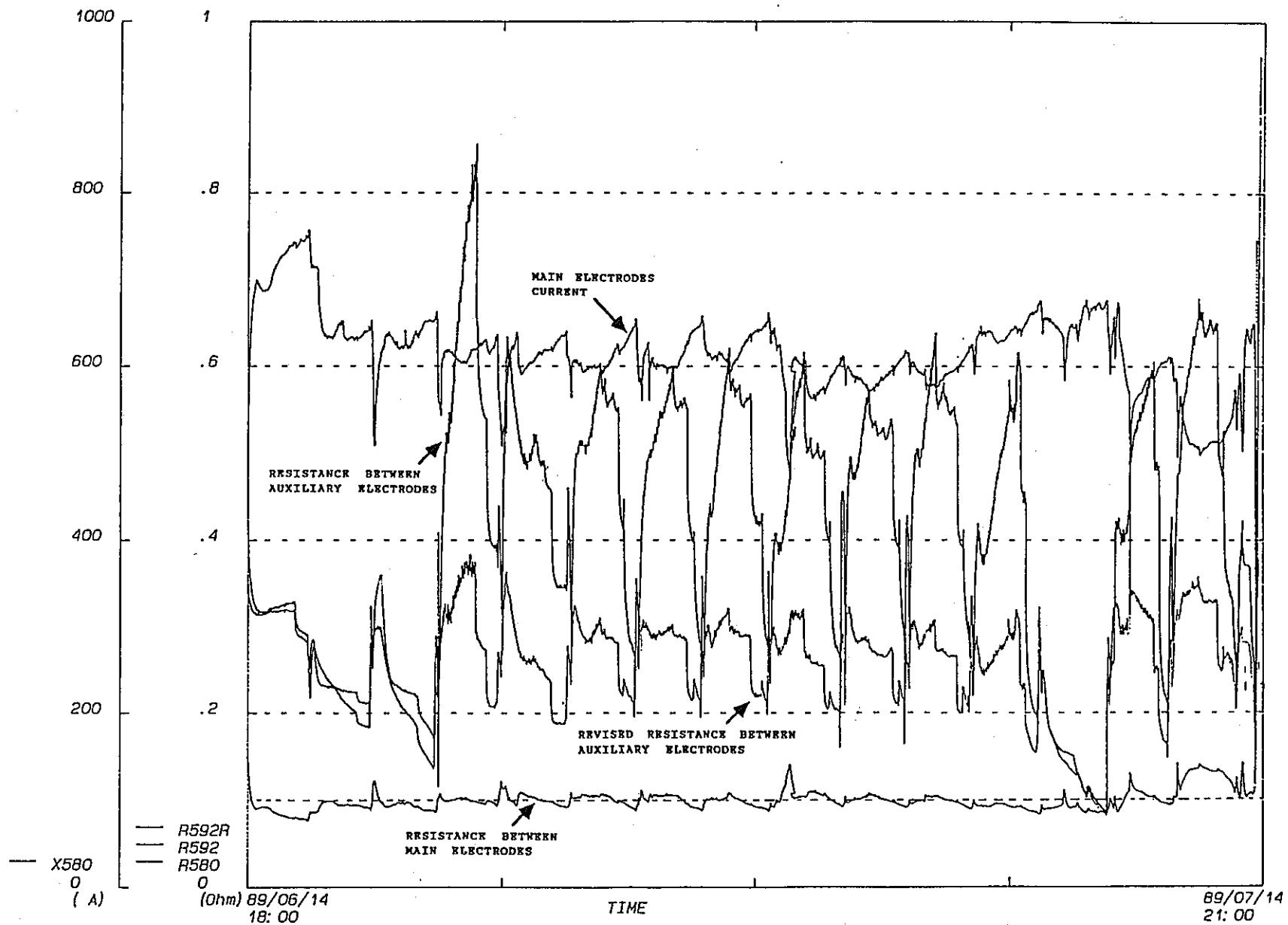


図 3.4.3-1 Melter Operation during the Feed of Noble Metals

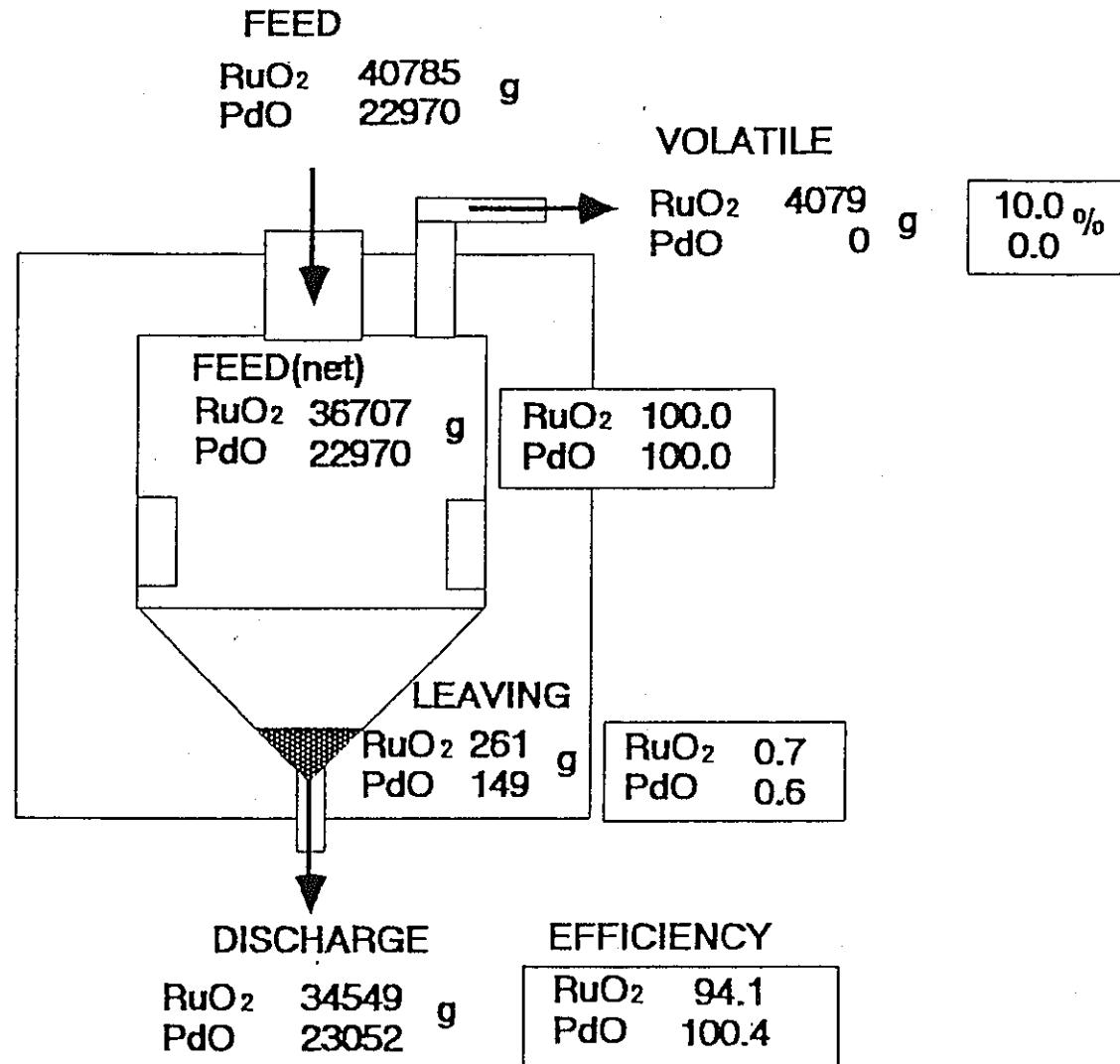
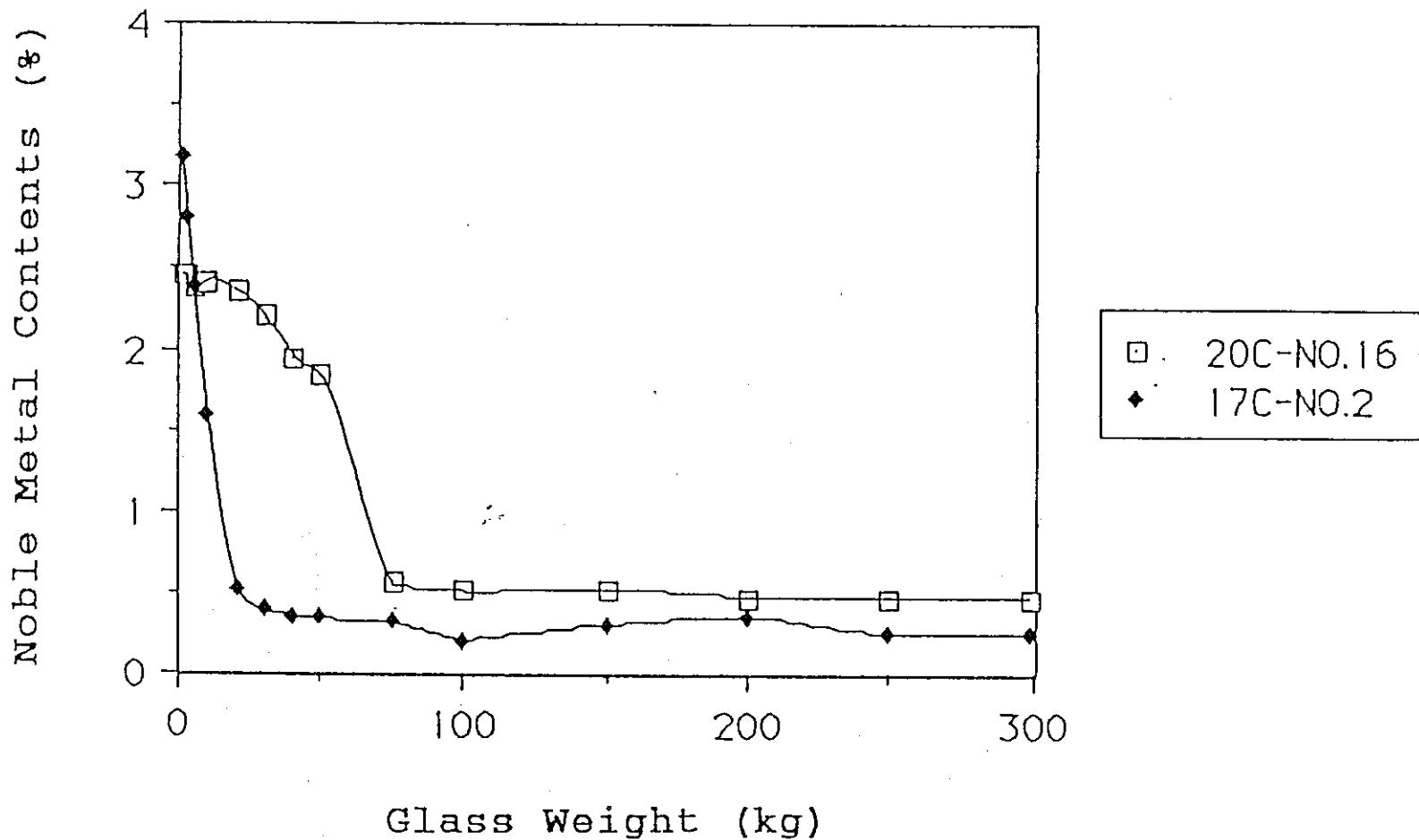
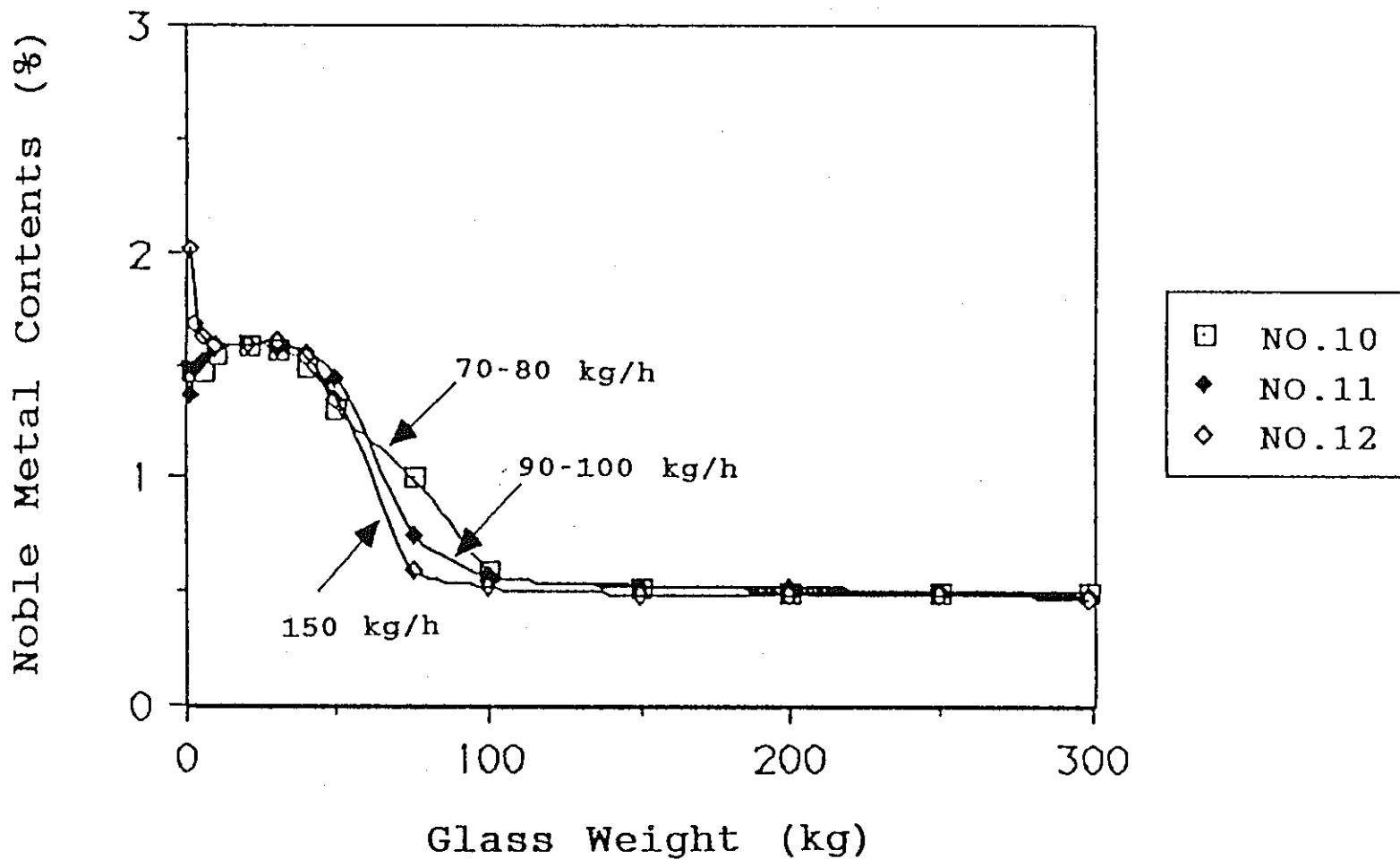


図 3.4.3-2 Balance of the Noble Metals in Melter  
(20th Campaign)

図3.4.3-3 Comparison in Change of RuO<sub>2</sub> Content during the Glass Pouring

図3.4.3-4 Effect of Pouring Rate to RuO<sub>2</sub> Content

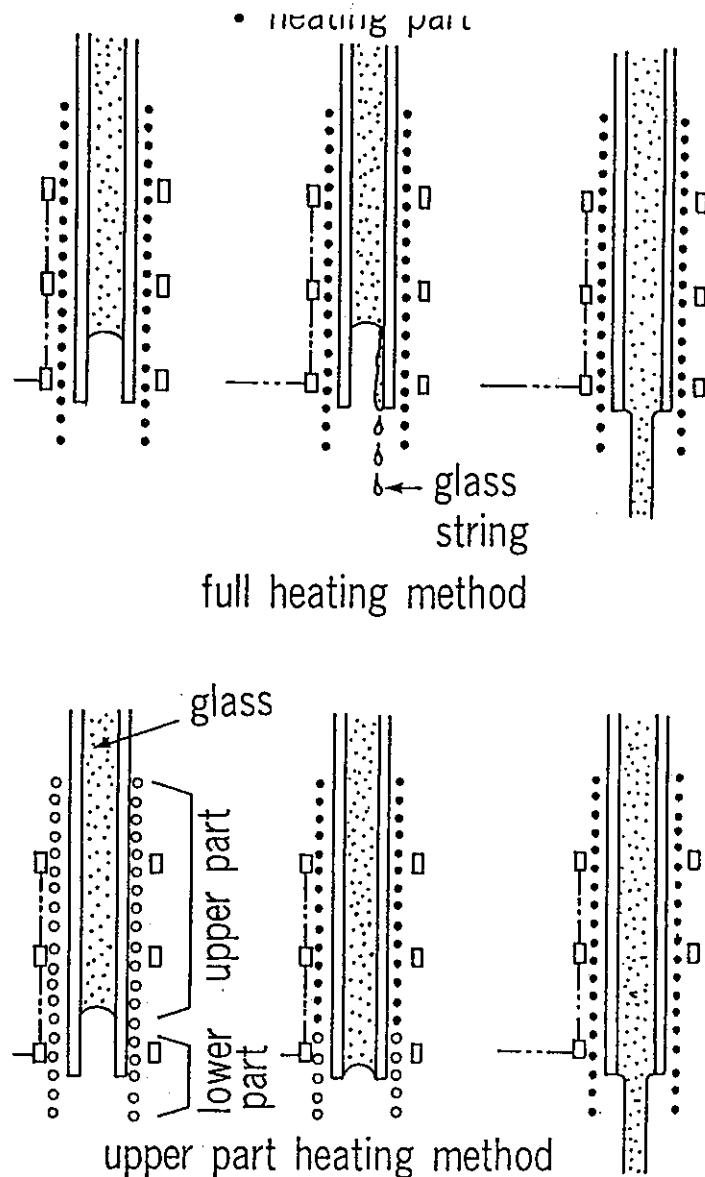
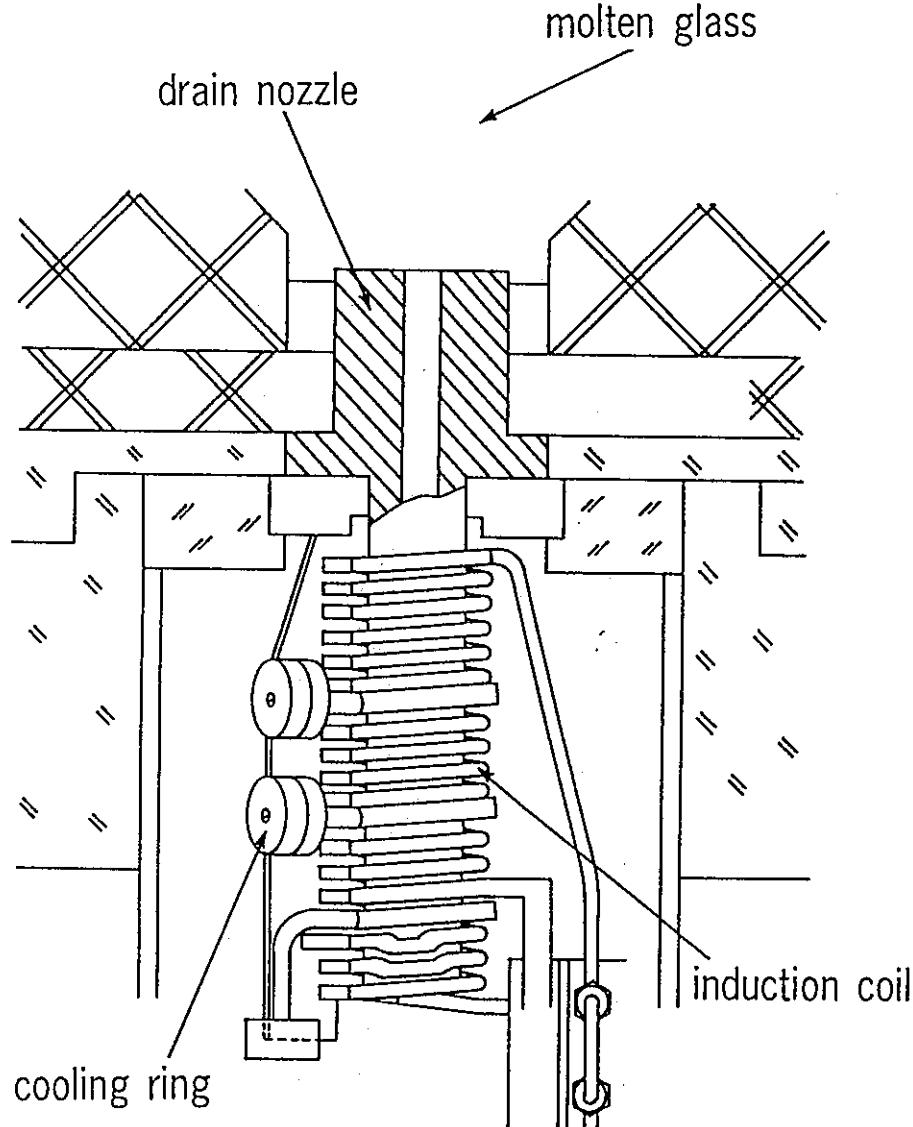


図 3.4.3-5 Schematic picture of the construction of drain nozzle and nozzle heating method

### 3.4.4 メルタ白金族堆積物の生成と特性評価 (K f K)

(Formation and characterization of noble metal sediments in the melter,  
発表 : B. Luckscheider)

W-4 と W-5 キャンペーンで製造されたガラス、およびフリットに Na, Mo, Ru のみ添加したガラスについて特性を調べた結果が紹介された。

図 3.4.4-1 に示すように白金族元素含有率が高くなると共に粘性は高くなり、白金族含有率 0 ~ 15% では 5 倍程度異なる。電気抵抗への影響については図 3.4.4-2 に示すように、白金族元素を 9.5 % 含んだ場合は、含まない場合に比べ 1/10 に比抵抗が減少する。白金族元素含有率と密度との関係を計算値と共に示したのが図 3.4.4-3 である。白金族元素含有率が高い試料で測定と計算値が合わなかったのは、組成分析値または密度測定値が試料を代表していなかったためと考えられた。

小型のメルタを用い、白金族元素の析出について評価が行われた。RuO<sub>2</sub> は Pd-Rh-Te 合金の周囲に析出した。フリット + (Na, Mo, Ru) の 100 時間の溶融試験では溶融時間は結晶の成長に大きく影響しないことが確認された。溶融の初期には過飽和の状態が高い場合に生じ易いと言われる針状結晶の RuO<sub>2</sub> が観察される。この針状結晶は均一なものではなく粒子の集合体であった。

白金族元素析出に関する結論は次のとおり。

- ・ 実験室規模で充分な時間をかけて溶融すれば均質なガラス固化体が得られる。
- ・ ガラス溶融炉では、非常に早い時期から白金族粒子の堆積が進んだ。
- ・ 20 時間までの運転時間では、白金族粒子の粒径は時間とともに増加する。
- ・ Pd-Rh-Te 粒子の組成は、微粒子の低 Rh、Te 含有率から粗粒子の 80% Rh 又は 23% Te まで変化する。
- ・ Pd-Rh-Te 粗粒子は高 Te - 低 Rh と、高 Rh - 低 Te の 2 相に分離する。
- ・ RuO<sub>2</sub> 微粒子は僅かながら他の元素を含んでいる。より粗い粒子は Cr と Rh の含有率が増加する（それぞれ最大 6 mol%）。

### 3.4.5 白金族含有ガラスの特性評価 (PNC)

(Characterization of glass containing noble metal element, 発表 : 五十嵐)

改造 B メルタ第 4 キャンペーン、モックアップ第 19 及び 20 キャンペーン製造ガラスの特性評価結果について発表した。

白金族ガラスの析出状態については、標準組成ガラス中の白金族元素は粒子が分離して存在しているのに対し、白金族元素が高濃度になると針状 RuO<sub>2</sub> と球状 Pd 粒子が形成

されていることを紹介した。第19キャンペーン炉底残留ガラス中から採取された白金族塊の組成は図3.4.5-1に示すように、KfKと同様高Rh合金を含むPd-Rh-Teの合金であった。

改造Bメルタ残留ガラスから採取された白金族元素濃度の高いガラスの粘性および電気抵抗を図3.4.5-2および-3に示す。粘性は非ニュートン流体挙動を示し、電気抵抗は1000°C以下ではほぼ一定となった。KfK側はせん断応力とずり速度との関係で、ずり速度=0となった時のせん断応力について関心を示していた。

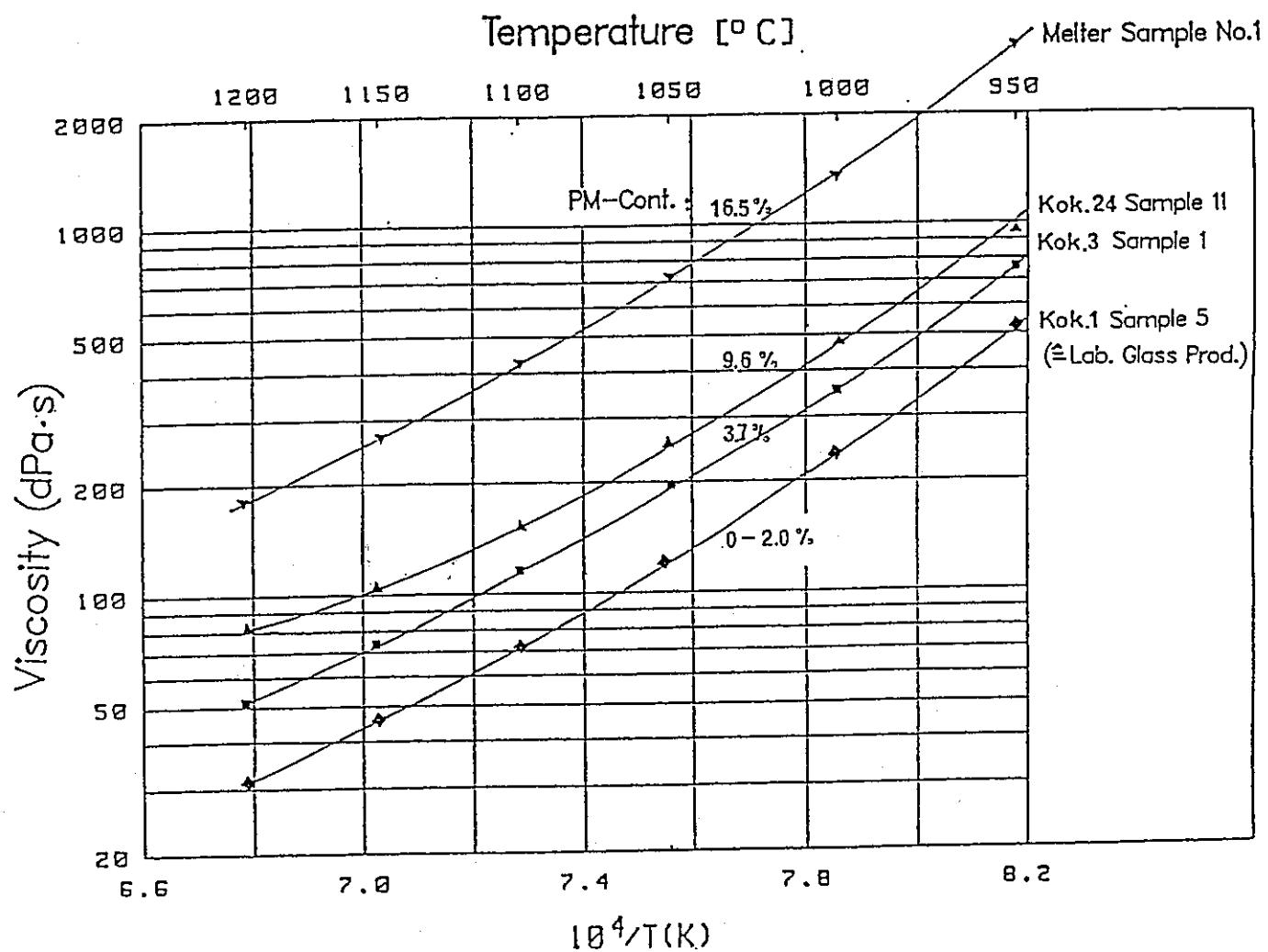
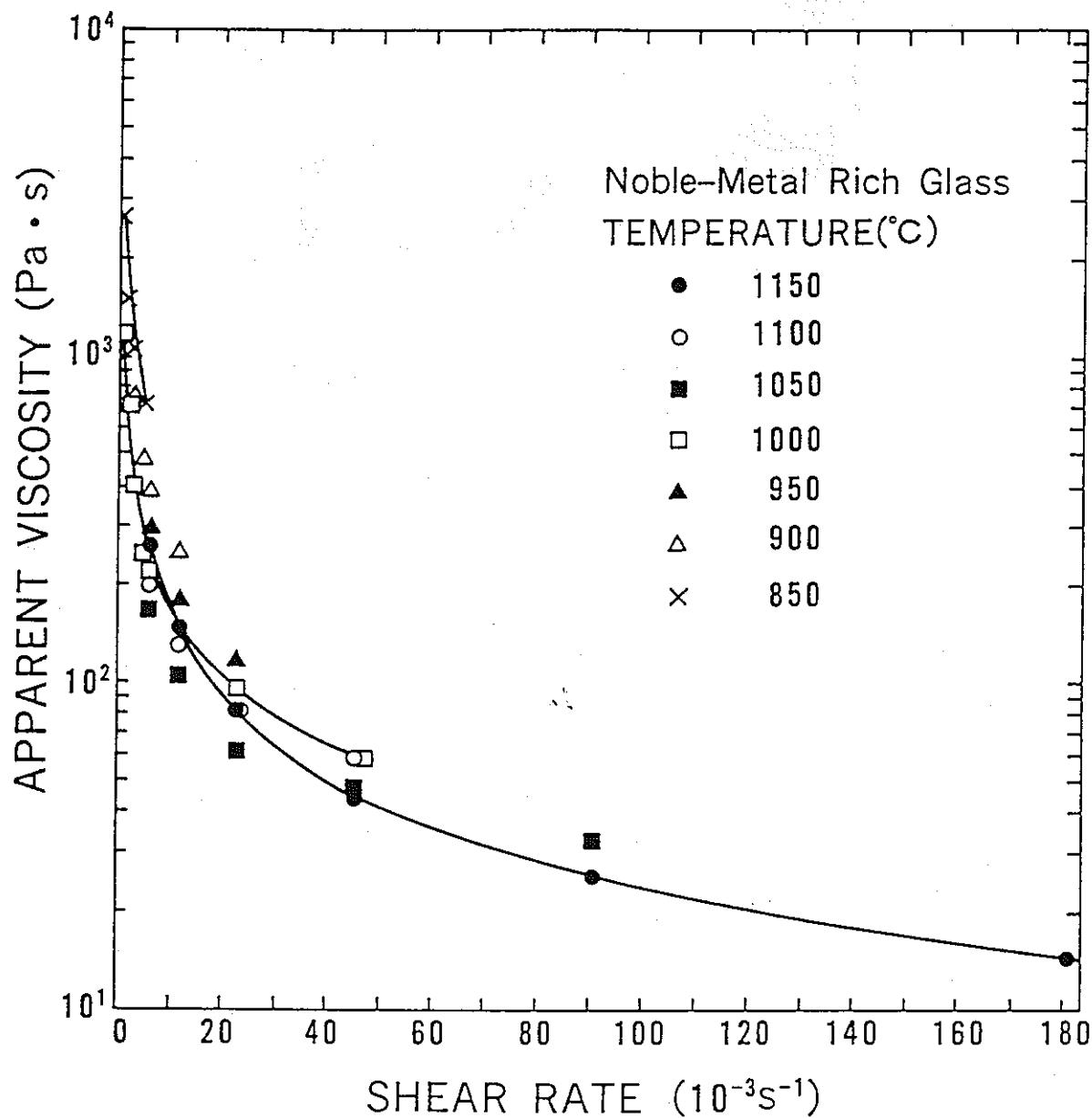


Abb. 5: Viskoositätskurven von Glasproben mit unterschiedlichem EM-Gehalt aus der Verglasungskampagne W4

図3.4.4-1 白金族含有ガラスの粘性 (W4 キャンペーン)

## 6. VISCOSITY



Apparent viscosity of noble-metal rich glass.

図 3.4.5-1 改造Bメルタ第4キャンペーン炉底残留ガラスの粘性



0.1mm

19th Campaign Noble Metal Nodule  
aqua regia etching, 5s, R.T.

white part : 40Pd—56Rh—1Te—3Ru  
gray part : 84Pd—1Rh—9Te  
black part : 87Pd—1Rh—8Te

図3.4.5-2 第19キャンペーン炉内残留ガラス中の白金族塊

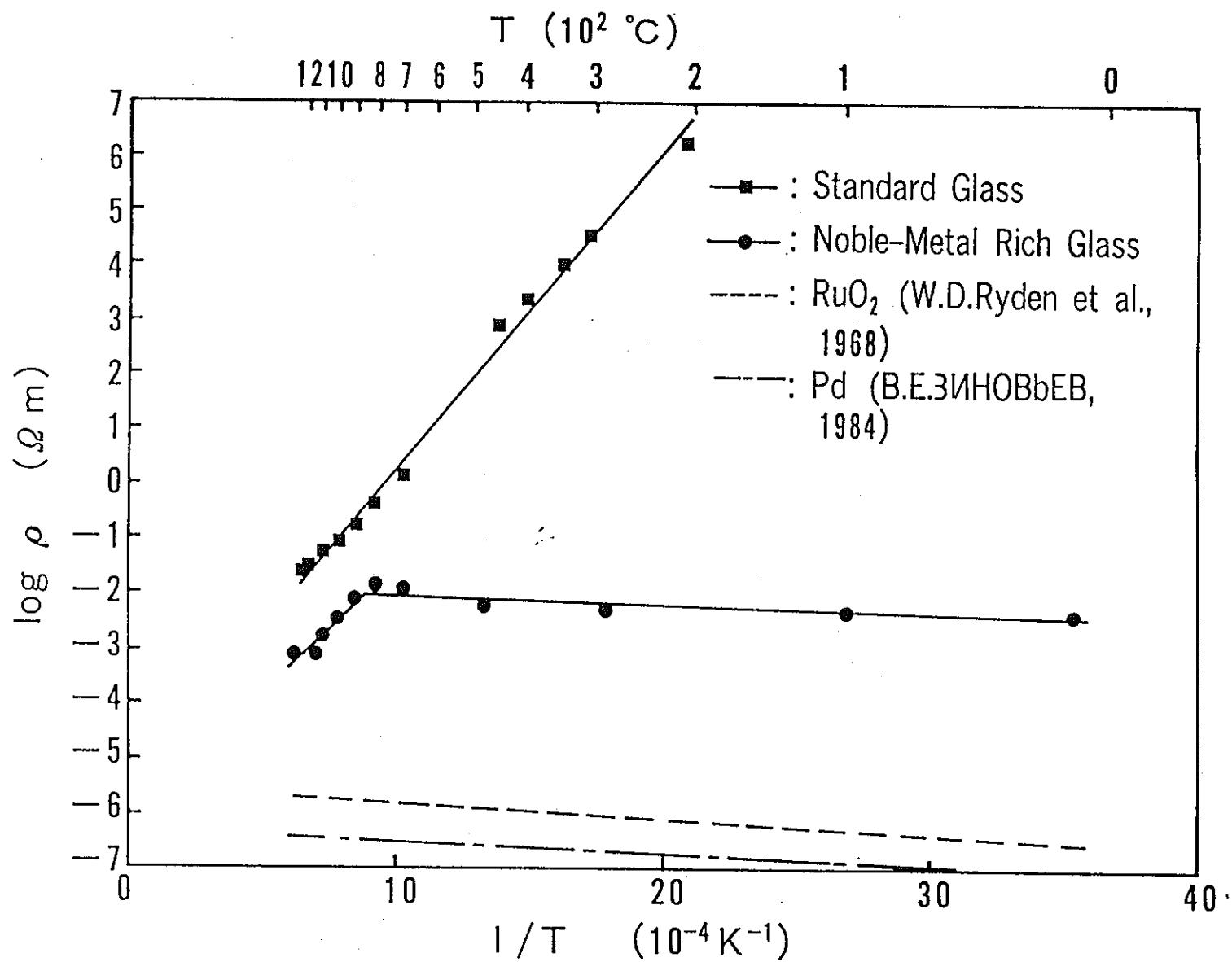


図3.4.5-3 改造Bメルタ第4キャンペーン炉底残留ガラスの電気抵抗

Electrical resistivity of waste glasses and noble metals.

### 3.4.6 白金族キャンペーンW-4 およびW-5におけるオフガス処理系でのCsとRuの挙動 (KfK)

(Behaviour of ruthenium and cesium in the off-gas system during the noble metal campaigns W4 and W5, 発表: K. Weiss)

ここではCsとRuの物質収支と各オフガス処理機器のDFが発表された。

W-4とW-5キャンペーンのオフガス処理に関する運転条件を表3.4.6-1に示す。

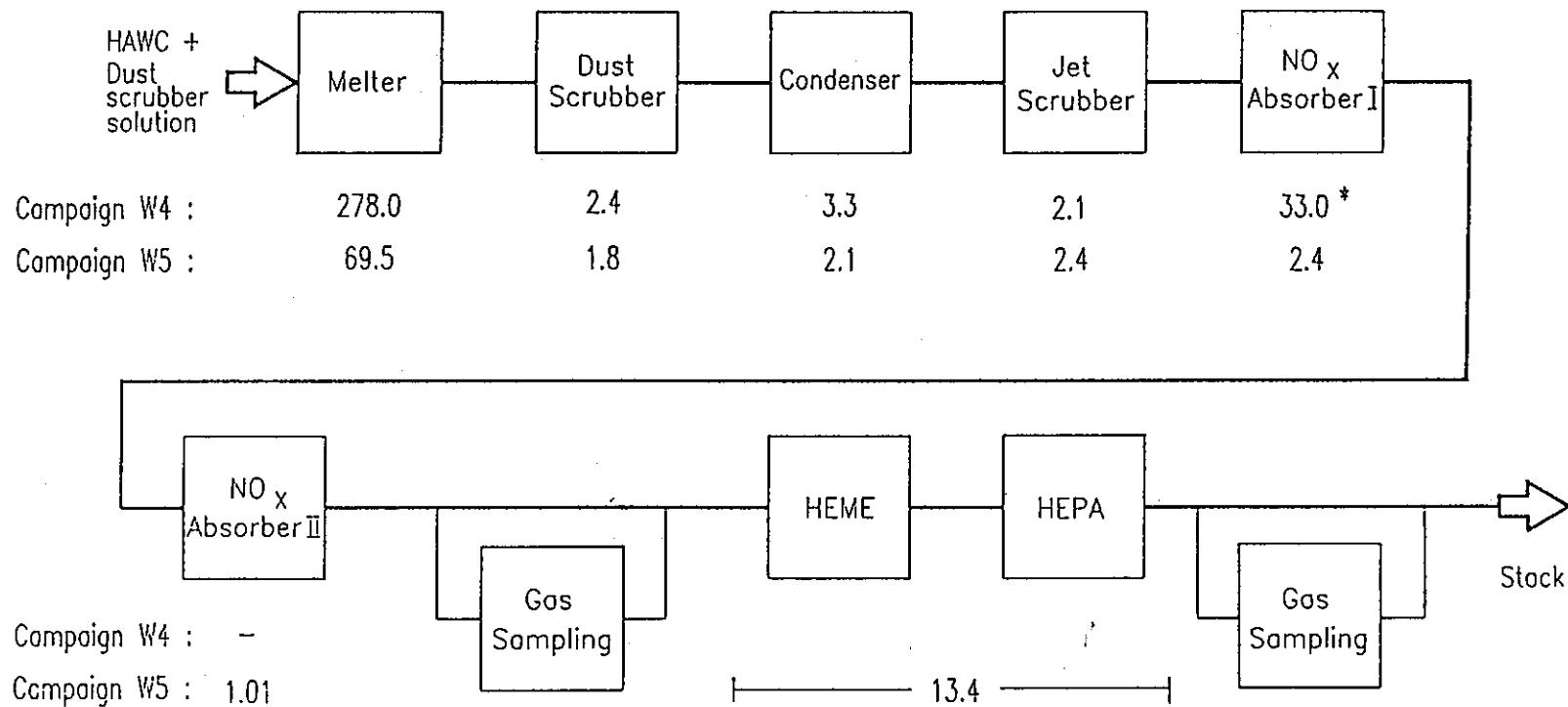
W-5キャンペーンではプレナムヒータによる補助加熱を行っているためプレナム温度が高く、溶融ガラス中にバブリングを行っているのが特徴である。

CsとRuに対するDFを図3.4.6-1と-2に示す。RuとCsに対するコンデンサのDFがW-4キャンペーンでより高いのはメルタから移行量がより多いためと説明された。しかし、メルタのDFがプレナム補助加熱とバブリングを行っているW-5でより少ない理由については現在明確ではなく、今後調査することであった。

表3.4.6-1 W-4 およびW-5 のオフガス評価関連の遷移

PARAMETER		W 4	W 5
Feed rate	ℓ/h	45-60	40-50
Power input	kW	75-90	75-85
Plenum heating	kW	-	15
Bubbling	m³/h	-	2×0.8
Process conditions		complete pool coverage	optimal coverage
Central temperature	°C	1150	1150
Plenum temperature	°C	300-450	450-600
Off-gas temperature (scrubber entrance)	°C	115-150	120-160
Quantities of			
Ruthenium	kg	73	66
Cesium	kg	122	111

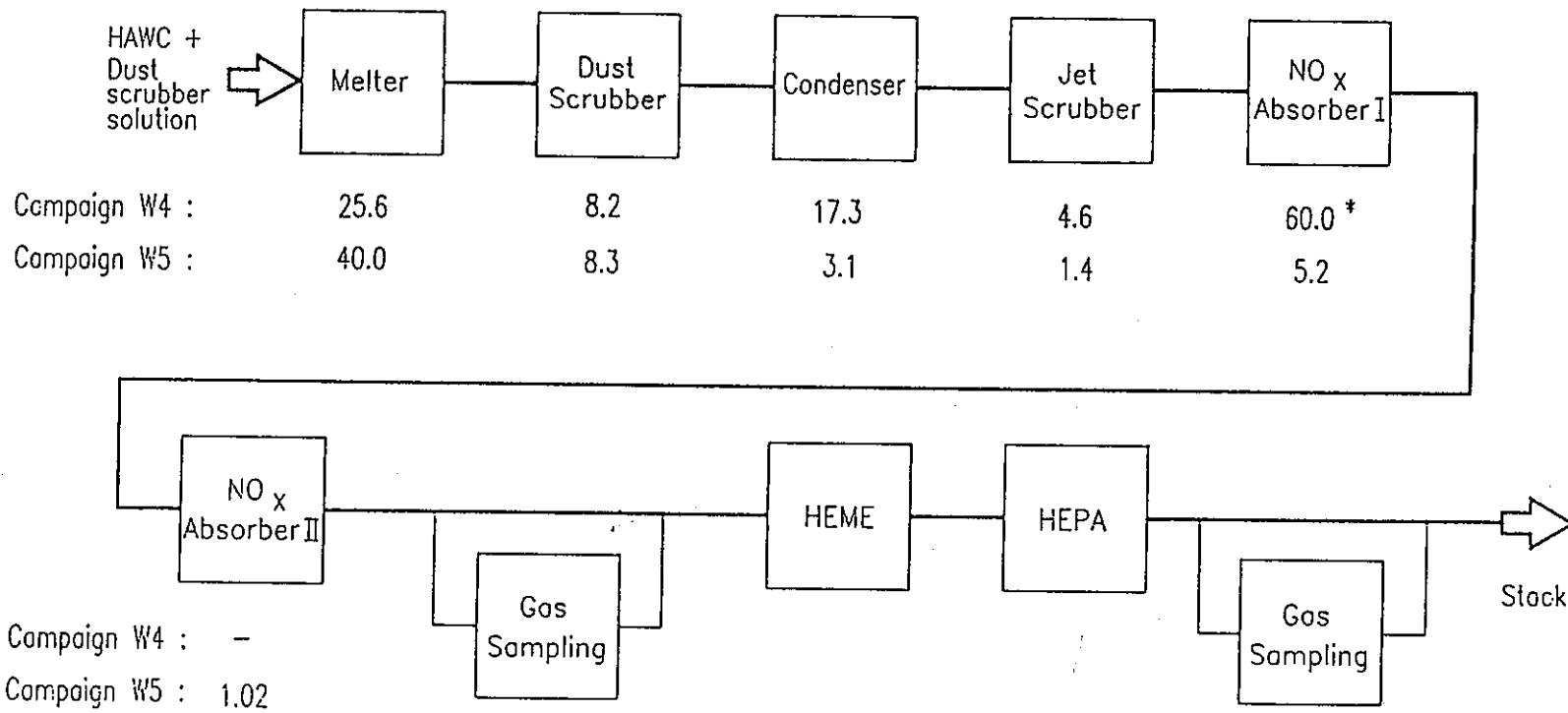
## OFF-GAS RELEVANT PARAMETERS OF THE NOBLE METAL CAMPAGNS



\* high DF, because no analytical data available after NO<sub>x</sub>-Absorber II

## DECONTAMINATION FACTORS OF MELTER AND OFF-GAS-COMPONENTS FOR CESIUM INVESTIGATED DURING THE NOBLE METAL CAMPAIGNS

図 3.4.6-1 W-4 および W-5 キャンペーンにおける Cs に対する DF



\* high DF, because no analytical data available after NO<sub>x</sub>-Absorber II

## DECONTAMINATION FACTORS OF MELTER AND OFF-GAS COMPONENTS FOR RUTHENIUM INVESTIGATED DURING THE NOBLE METAL CAMPAIGNS

図3.4.6-2 W-4およびW-5キャンペーンにおけるRuに対するDF

### 3.4.7 WAKプラントのHAWCのガラス固化 (K f K)

(Vitrification of HAWC of the WAK plant - The new inactive test facility VA-WAK with the melter K-6' - , 発表 : Gruenewald, W)

#### (1) WAKプラントの高レベル廃液

WAKプラントは1971年9月から処理を続けており、1990年の末にはシャットダウンされることになっている。この間に発生する高レベル廃液の量は、今後の推定発生量20m<sup>3</sup>を含めて82m<sup>3</sup>である。この廃液をPAMELAに輸送し、1993年に固化処理を開始する計画であるが、この輸送のライセンスが取れない場合にはK f K内に新たに建設する施設(VA-WAK)で処理することが考えられている。

WAKの廃液は商業用原子炉からの燃料(高燃焼度)で、かつ再処理の方法も研究用原子炉からのものと異なるため、その組成は白金族元素の濃度が高くなり、またNaを高濃度(20g/l)に含有している。元素組成を図3.4.7-1に示す。

#### (2) HAWC-WAC Technology Program

WAK廃液を固化処理するのに必要な技術開発として次の目的が挙げられ、これまで開発が進められて来ている。

##### ① 白金族元素を多く含有する廃液の処理のための最適なメルタ構造の開発

(K-6' メルタがこのとき建設中であった。)

-カールスルーエのK f K - I N Eで進められている。-

##### ② 高いウエストローディングを可能にするガラスフリットの開発

(現在のウエストローディングは18%)

-ベルリンのHM Iで進められている。-

この開発のスケジュールは以下のとおりである。

##### ① コールドメルタ K-6' の運転テスト

・ホットメルタ K-6 の設計のために2度のメルタ運転を1990年に予定

・ガラス品質等の確認を含めた試験に関するメルタ運転を1991年に実施

##### ② ホットメルタ K-6 の設計・建設

・設計を1991年中頃迄に終了し、建設を1992年末迄に終了する。

・建設と平行してメルタの運転マニュアルを作成する。

##### ③ PAMELAでのK-6 メルタのテスト運転を1993年に実施

#### (3) VA-WAKでのK-6' メルタ運転のフローシート

・WAK廃液は22l/hで受け入れる。

- ・メルタでは25ℓ/h（ダストスクラバからのリサイクル3ℓ/hを含む）で処理する。
- ・ガラス製造速度は13kg/hで、流下は2度に分けて行い、400kg流下する。
- ・フィルムクーラ（35m³/h）がテストされる。
- ・メルタの溶融温度は1200°C
- ・オフガス系はダストスクラバ、コンデンサ、ジェットスクラバ、NOxスクラバ、クーラー、デミスタが設置され、プロアは40m³/hである。

#### (4) K-6' メルタ

K-6' メルタの主要諸元は以下のとおりである。

溶融表面積	0.88m <sup>2</sup>
ガラスプール容積	400 ℓ
ガラスプール深さ	95cm
中段電極からの炉深さ	28cm
勾配—炉中段部	60°
—炉底部	52°, 75°
全高さ	2.9m
全重量	20トン

これをPAMELAメルタであるK-3、K-4、K-5と比較すると、炉幅は同じであるが、炉高さは約30cm長くなる。これは炉深さが深くなったことに対応している。また、K-6' メルタは炉内が勾配を持っていることからガラスプール容積が小さくなるため、PAMELAメルタに比較してプレナム部へプールが長くなり、結果的にプレナム部が15cmほど短くなっている。

運転中の炉底部温度は900～950°Cで、このための底部電極パワーは電流で最大 150A である。

K-6' メルタの構造をPAMELAメルタ K-3、K-4、K-5と比較して図3. 4.7-2 に示す。

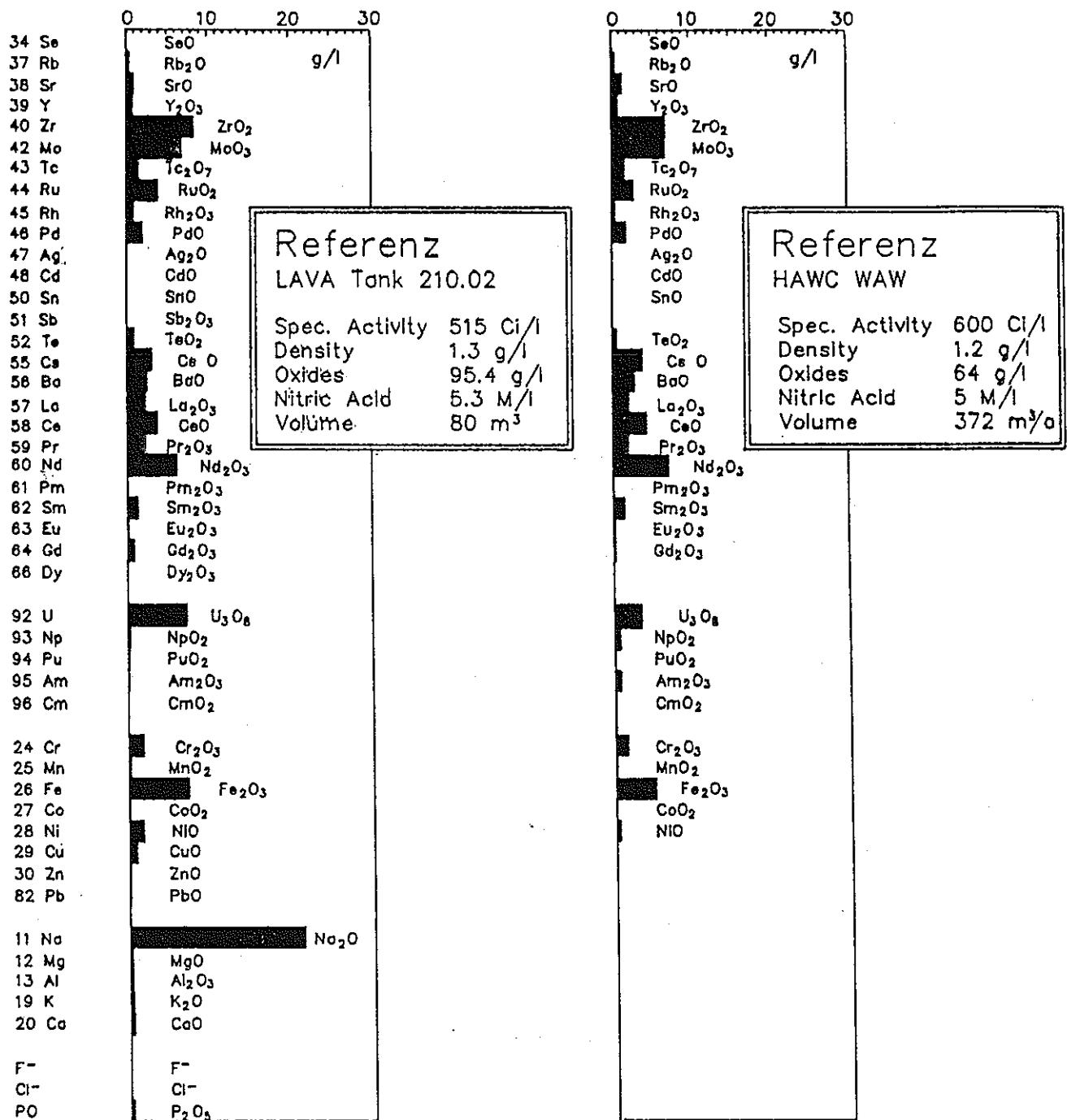
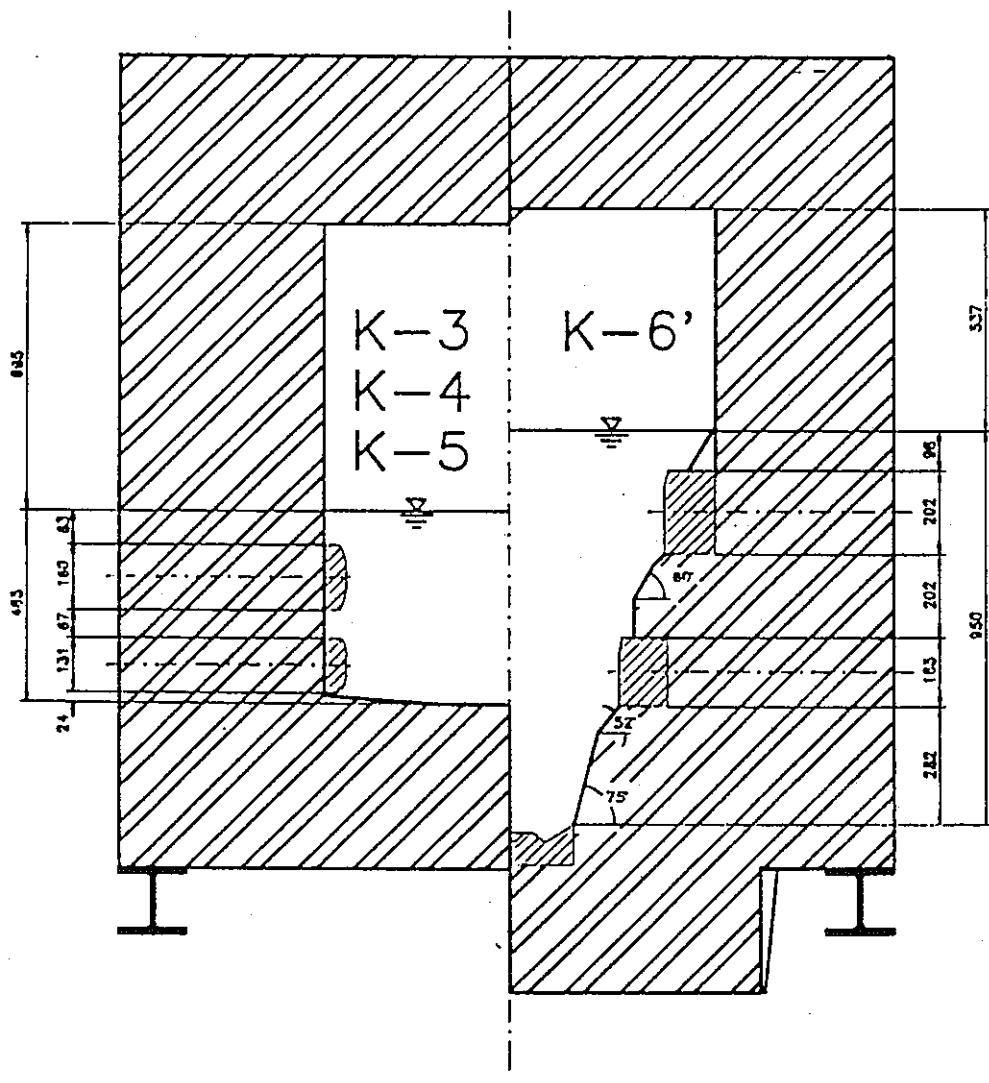


図 3.4.7-1 Comparison of HAWC-WAK to waste produced by industrial reprocessing



Melter designation	K-3, K-4, K-5	K-6'
Waste type	LEWC, HEWC	HAWC-WAK sim.
Glass pool surface	0.72 m <sup>2</sup>	0.88 m <sup>2</sup>
Glass pool volume	300 l	ca. 400 l
Discharge volume	60 l (3 x 50 l)	2 x 75 l
Start-up technique	20 MoSi Elements	5 SiC Elements
Containment Height	2.6 m	2.9 m
Total weight	18 to	ca. 20 to

### ☒ 3.4.7 - 2 Comparison of PAMELA melter types

### 3.4.8 廃メルタ解体技術開発（PNC）

(Current status of dismantling technology for liquid fed ceramic melter,  
発表：五十嵐)

これまでの解体技術開発経緯、解体プロセス、解体機器および解体試験結果について発表した。図3.4.8-1に解体手順を、表3.4.8-1に解体試験結果から推定された解体所要時間表示す。

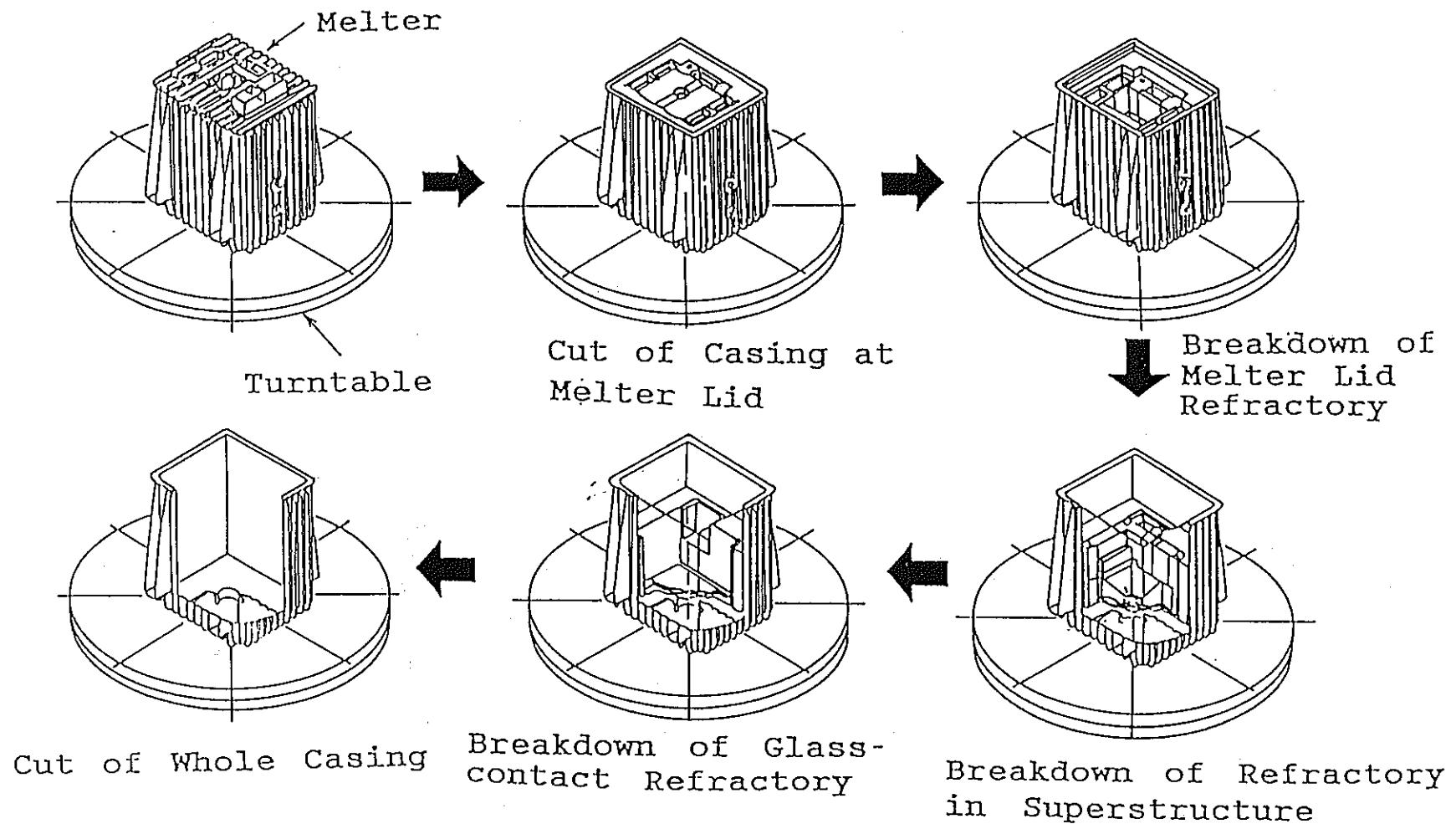
KfKではメルタ解体技術に関する経験はないということでPNC技術に興味を示した。一方、解体廃棄物発生量の低減が課題であるとのPNC側の今後の計画に対して、KfK側はメルタの寿命が充分長いので廃棄物発生量はそれほどどの関心事では無いとの見解を示し、最近のWAK計画中止の影響を感じた。

### 3.4.9 挥発性Ruの水への吸収挙動に関する基礎試験（PNC）

(Study on absorption of volatile ruthenium into water, 発表：五十嵐)

オフガス中水蒸気の凝縮時における揮発性Ruの気液濃度比について発表した。

図3.4.9-1および-2に示すようにNO<sub>x</sub>を添加すると揮発性Ru(RuO<sub>4</sub>)が水に吸収され易くなり、特にNO<sub>2</sub>よりNOのほうがその効果が大きいことが判った。また、仮焼時に発生した揮発性Ruの水への吸収は吸収液温度が上昇しても低下しなかった。

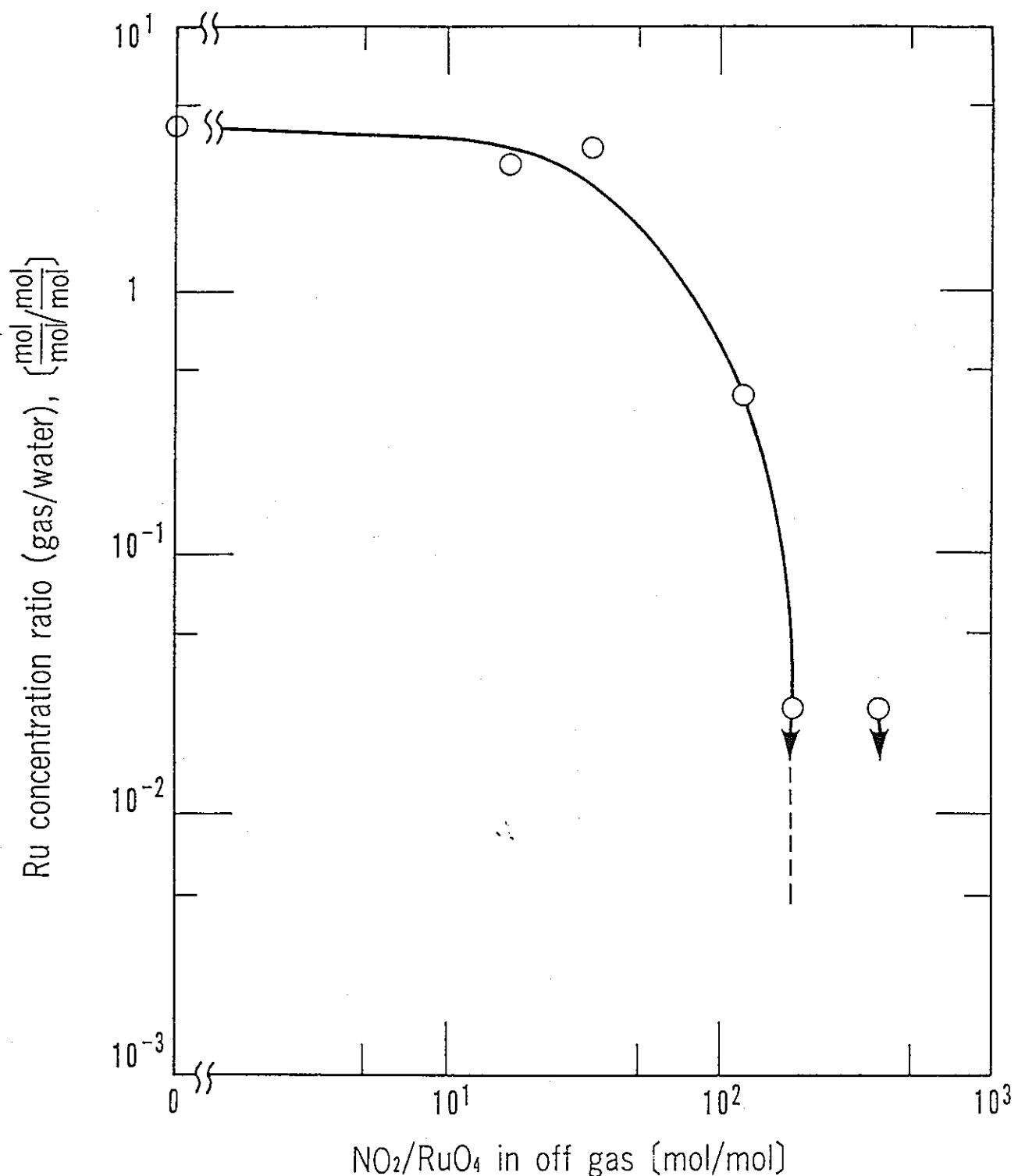


### PROCEDURE OF DISMANTLING FOR MELTER

図3.4.8-1 廃メルタ解体手順

表3.4.8-1 廃メルタ解体所要時間  
ESTIMATED WORK TIME OF DISMANTLING TEST

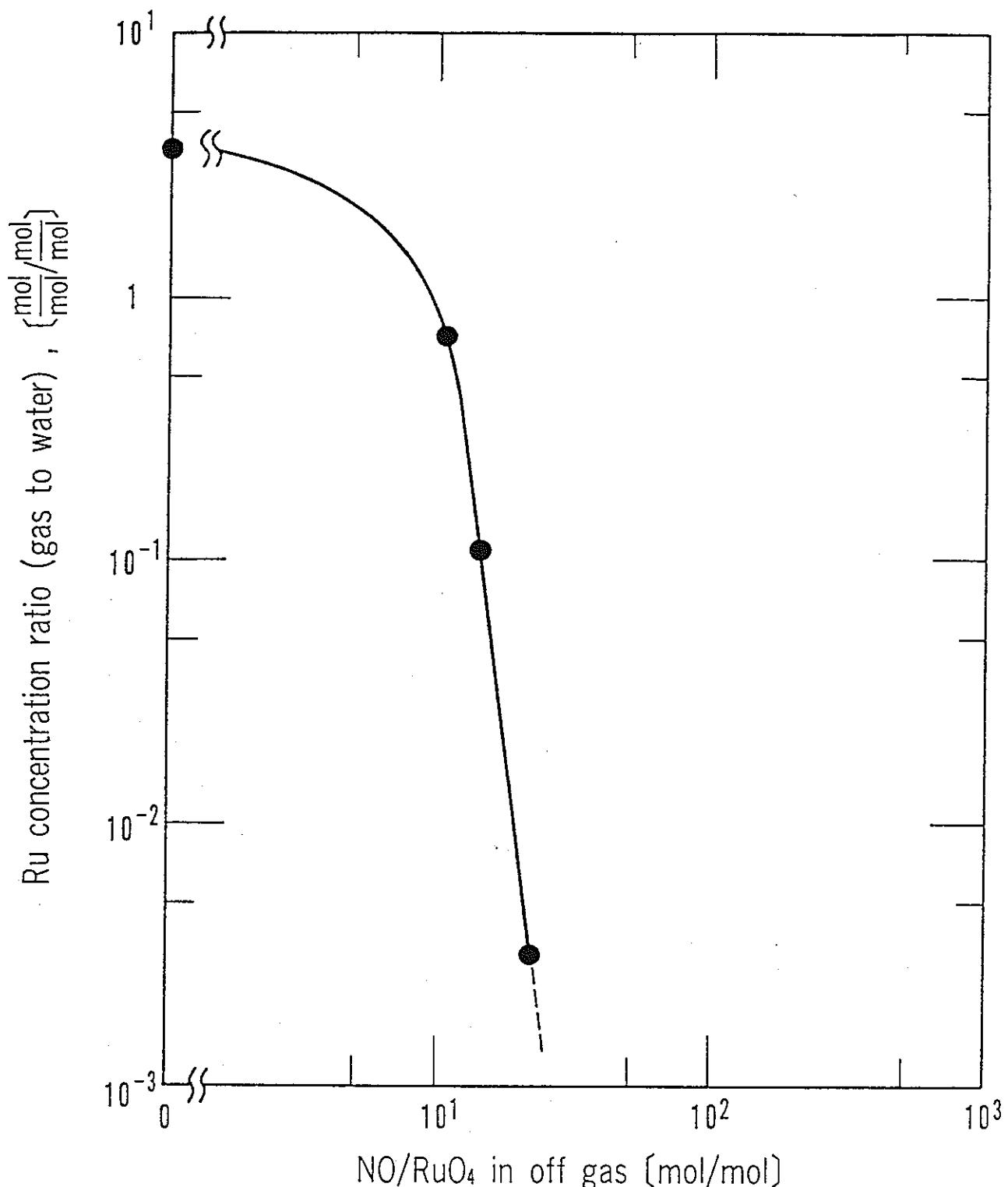
Name of Refractory	Total vol. (m <sup>3</sup> )	Dismantling time (min)	Handling time (min)	Total (min)
LN-135	2.28	1186	1550	2736
C-1	0.57	433	405	838
DCN	0.08	181	71	252
Fiber board	0.47	357	334	691
AZG	0.33	350	191	541
MRT-70K	0.47	508	461	969
K-3	0.78	2597	1841	4438
Total amount				174 h



Effect of  $\text{NO}_2$  in off gas on  $\text{RuO}_4$  concentration ratio (gas to water)

○ denotes under detection limit

図3.4.9-1  $\text{RuO}_4$  の水への吸収に及ぼす  $\text{NO}_2$  の効果



Effect of NO in off gas on RuO<sub>4</sub>  
concentration ratio (gas to water)

図 3.4.9-2 RuO<sub>4</sub> の水への吸収に及ぼすNOの効果

### 3.5 詳細討議

発表が終了した後、PNCとKfK双方の疑問点および関心事について理解を深めるため、詳細討論に移った。このように発表と詳細討論に分ける形式は第4回会議の頃から採られているものである。ただし、従来はメルタ、オフガス、前処理、およびガラス物性等の小グループに分かれて議論していたが、今回は議論のテーマが白金族問題に絞られ、且つ溶融、オフガス、ガラス物性等の各分野が密接に関連し合うので、グループに分かれずに実施した。PNC/KfKの双方から提示されたテーマ（付録-1参照）に基づく議論の概要は以下のとおりである。

#### 3.5.1 PNC側の関心

##### (1) 白金族抜き出しに対する炉底勾配、および炉底低温度運転の有効性

PNCの試験では炉底勾配と炉底低温度運転の組合せが白金族抜き出しに対して有効であることが確認されている。

一方、KfKでは、W-4、5のキャンペーンの試験結果から45°の勾配は不十分であると判断している。その対策として、K-6' メルタでは60~75°の勾配とした。炉底温度を低くすることも有効と考えられるが、いつも運転でこれに頼るわけにゆかないし、バブリングもPAMELAでバブリングチューブを2カ月に1回交換しているので廃棄物発生量の点で好ましくない。また、バブリングを底に近い所で行うと付近のガラスが過熱される傾向がある。このため、実用的見地からは可能な対策は勾配を大きくすることだけだったとしている。

##### (2) バブリングの白金族分散に対する効果

バブリングは有効だが、ガラス抜き出し時に数kg白金族元素が残留したので長期的信頼性の点で依然問題が残る。但し、W-5キャンペーンでは2tonのガラスをオーバーフロー槽から流下し、組成も均一であることを確認した。このことからバブリングは白金族元素を微粒子化し、ガラス中に均質に分散させる効果があると考えられる。

##### (3) ルテニウムの挙動について

バブリングを実施したにもかかわらずW-5キャンペーンでRuの揮発率が減少したのは溶融表面が改善されたためと考えている。詳細については検討中である。

##### (4) ガラス中における白金族元素の挙動と構造

白金族元素を用いたプロセス試験では廃液コスト低減のためにRhを使用せず、RuとPdで模擬することが多い。このため、Rhの白金族スラッジ特性への影響について

議論した。PNC側の観察ではPd-Te-Rh合金のまわりにRuO<sub>2</sub>粒子が集まり、両者の界面にRhの拡散現象が認められた。このため、Rhが白金族粒子の凝集すなわちスラッジの流動性に影響をおよぼすと考えられた。一方、KfK側では、RuO<sub>2</sub>の結晶構造はRhによって置換され易いといわれるものの、W-4 (Rh-Pd-Ru)とW-5 (Pd-Ru)の比較ではとくに白金族の存在状態に差は認められなかった。

Pd-Te合金はその組成から、ガラス溶融中は融点に近い状態にあると考えられた。

白金族粒子の炉内での沈降速度については粒径から計算される速度は遅いはずなのだが、実際の運転で観察される沈降は早い。その理由については不明である。

KfK/PNCで観察されている白金族含有率の高いガラスの粘性が剪断速度が大きくなると低くなる現象は流動により粒子の方向がそろうからではないかと考えられた。

また、KfKは大学と協力して斜面上の白金族スラッジの流動について基礎的検討を進めている（図3.5.1-1参照）

#### (5) 物理モデル実験

KfKではK-6' メルタの設計と運転バックアップのために、K-W3のスケールモデルを対象にした物理モデル実験を行っている。PNCでは模擬粘性流体を用いた熱流動実験を計画しているのに対し、KfKでは流動の評価の限界から電気的な挙動のみを調べるための塩化ナトリウム水溶液を用いた実験を行っている。装置を図3.5.1-2に示す。モデルは5系統の独立した通電制御系統を有しており、溶液の比抵抗は40.5オームである。測定項目は電位および電位差である。電流密度は図3.5.1-3に示すような測定プローブで各位置における3次元の電位差を測定し、液体の抵抗から電流密度が計算される。測定メッシュ間隔は約3cmである。これまでの測定では、上部電極から下部電極の1~1.5cm下まで炉壁に沿ってアルミ箔で覆うと電位分布は運転不可能な状態になるが、下部電極の下方にアルミ箔があるだけでは影響は小さいことが判っている。

電位差測定手法はPNCの今後の実験にとって参考になった。

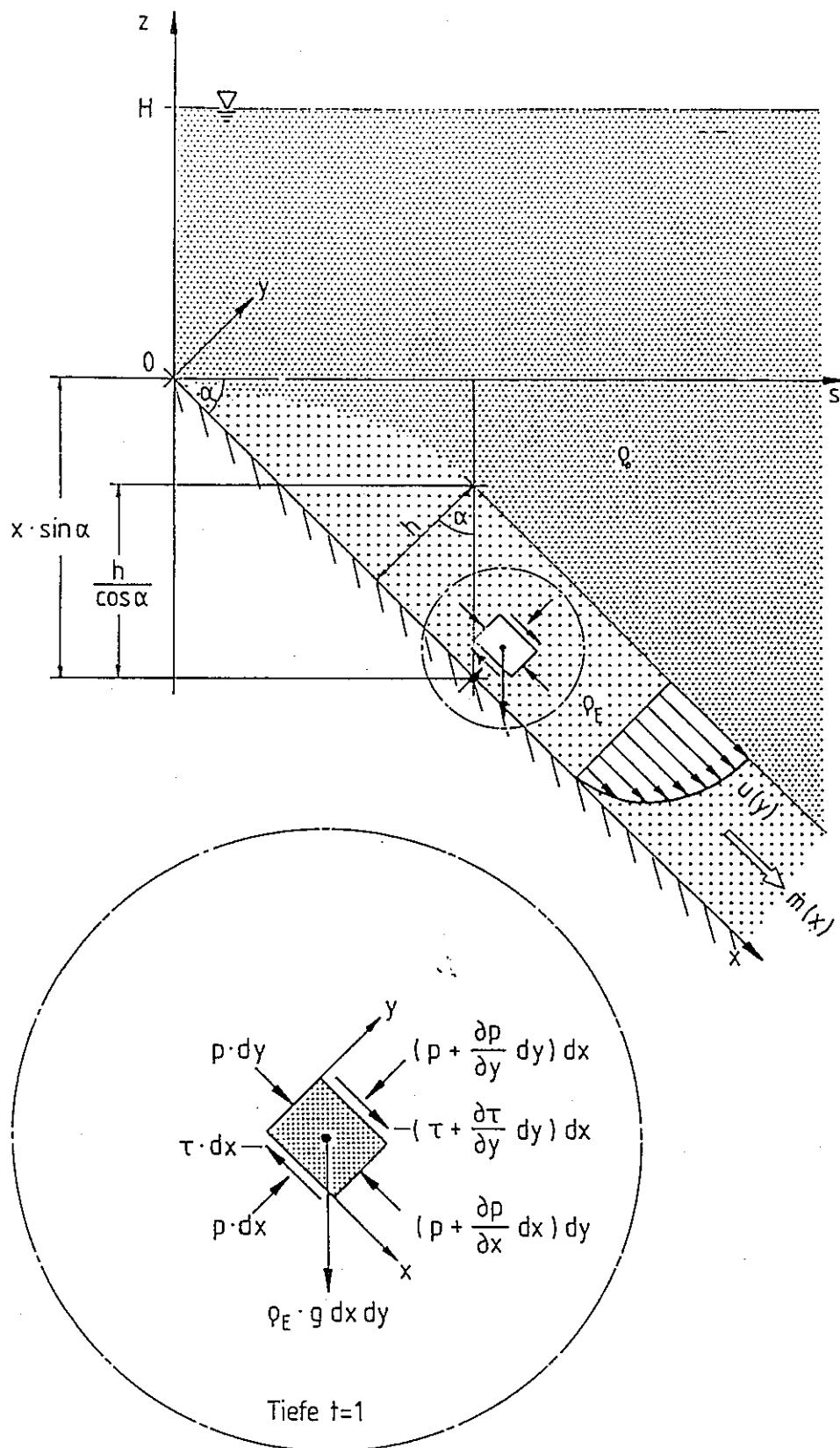


Bild 2: Filmströmung - Modellbetrachtung

図 3.5.1-1 斜面上の白金族スラッジの流動の検討

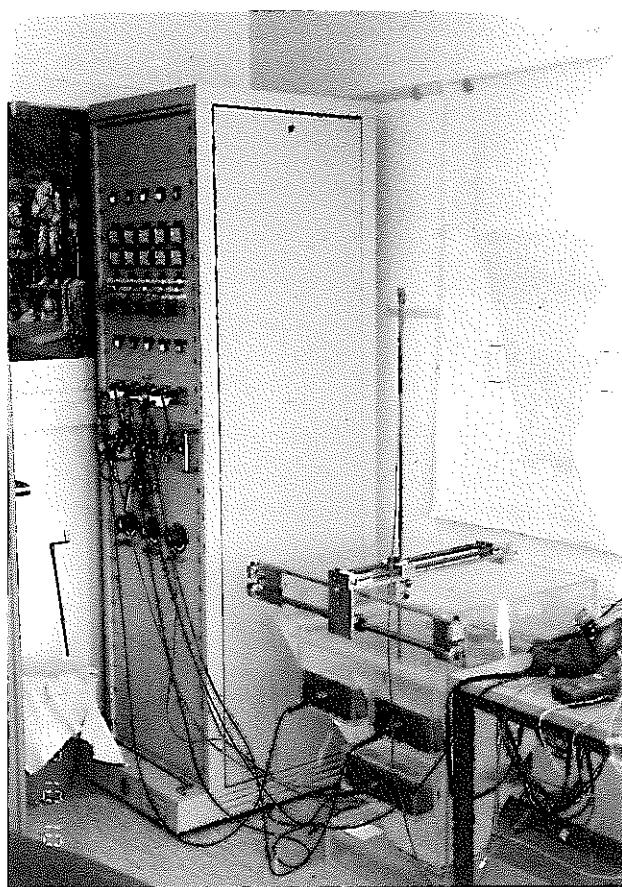


図 3.5.1-2 物理モデル実験装置 (K f K)

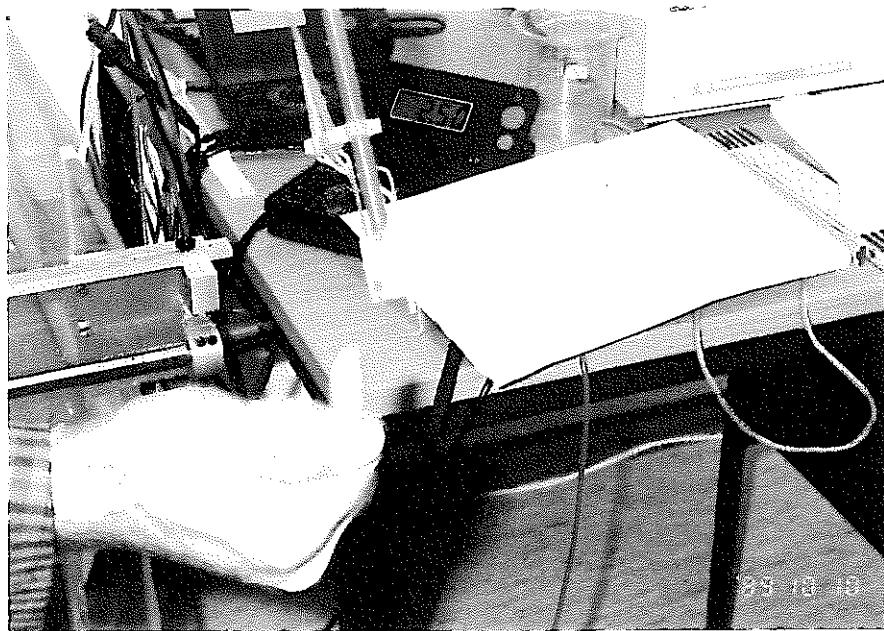


図 3.5.1-3 電位差測定プローブ

#### (6) 計算コードによる解析

KfKでは白金族スラッジが電気的挙動および熱流動に与える影響を調べるため、計算機による解析を行っている。計算はKfK内部ではやらず、Battelle/Frankfurtの協力を得て実施している。使用コードは、以前Battelle/PNLからも紹介されたことのあるTEMPESTコードである。当初、3次元で進めていたが、スラッジの影響を調べるには計算時間が長過ぎるため2次元解析とした。定性的には2次元解析でも充分とのことである。解析例ではガラスの10倍の電気伝導度のスラッジが5cmの厚さで体積したケースについて計算している。

### 3.5.2 KfK側の関心

#### (1) ガラス流下ノズルの内径

前回の会議でPNCのモックアップ3号メルタのガラス流下ノズル内径を28mmと話したことに対し、その後の運転状況について問われた。誘導加熱の電力を調整することによりガラス流下速度および流下停止を充分制御できる旨回答した。

#### (2) エアフィルムクーラの経験について

モックアップ20キャンペーンではオフガス管に熱電対を挿入したため運転中に閉塞したがこれまでの最長連続運転期間である20日間の経験では問題ない。KfKのビッグブラスタも順調に機能している。

#### (3) マイクロ波加熱技術の進捗状況について

マイクロ波については改造Bメルタにより試験を継続している。KfKの心配している放電についてはこれまでの試験では微小なもの以外は観察されていない。課題は電磁ホーン冷却水による熱損失であるが、冷却水流量を削減することにより熱損失を低減できることを確認した。実プラントでは空冷方式となるであろう。

#### (4) メルタ運転条件の白金族元素挙動への影響

炉底ガラスを低温度にすれば炉底への白金族堆積を抑制できることを先のキャンペーンで確認している。保持時間の影響については次の第21キャンペーンで確認する予定である。

#### (5) 新電極・耐火物材料

PNCで開発している新電極・耐火物材料の進捗状況について問われた。耐食性により優れた合金(Ni-Cr-Co系)および耐火物(Cr-Al-Mn系)を試作し、今後は小型の溶融炉で試験を行う予定である。

(6) 白金族含有ガラスの粘性に及ぼす剪断速度の影響

白金族元素の含有率が高くなるとガラスの粘性は非ニュートン流体挙動を示す。PNCの測定方法について問われたが、その場で詳細資料を持ち合わせなかつたので、帰国後にDr. Kelmが来所した際に資料を手渡した。

(7) PNCにおける今後の試験計画と目的

モックアップ試験ではバーリングの効果、運転員の訓練およびプロセスの総合評価を行う。ガラス溶融炉の開発は、TVFの2号炉に反映させるための試験をおこなう。

JNFSからは商用メルタの確証試験を要請されている。試験項目としては、1/3スケールおよび1/4部分スケールの小型溶融炉を用いた白金族対策試験を行うと共に、運転と設計に反映するための3次元熱流動解析コードの開発および物理モデル試験を実施する。

(8) 流下ノズル誘導加熱系の経時変化

PAMELAでは流下ノズル温度を1100°Cまで加熱するのに当初11~13kWで済んだのが、徐々に所要電力が増加し、40kW必要な状態にまでなった。PNCの改造Bメルタおよびモックアップ3号メルタでは、コイルの交換時に多少の効率の減少は認められたが、そのような大きな変化は経験されていない。

### 3.6 施設見学

白金族元素の抜き出しを考慮し、60~75°の炉底勾配を持つK-6'メルタの建設が進められているVA-WAK施設を見学した。この時点では、メルタのケーシングが組み立てられ、これから築炉が行われるところであった。K-6'メルタはボトムドレンの他にオーバーフローによる流下システムを備えているため、その部分を含めてTVFメルタよりも一回り大きかった。また、このメルタをPAMELAに運んで運転するオプションも考えられており、このための搬出口が設けられていた。図3.6-1に本施設における各機器の配置を示す。

メルタの建設と並行してオフガス系の各機器、ダストスクラバ、コンデンサ、ジェットスクラバ、そしてNO<sub>x</sub>スクラバが既に設置されていた。また、メルタ等の制御盤がKfKの手で製作されていた。1990年初めまでに建設を終了し、その年に白金族元素供給によるコードテストランを行うことになっている。ホットメルタK-6は1992年末までに建設し、1993年にはホット運転を開始するスケジュールとなっている。

図3.6-2のフローシートに示すように、WAK廃液を模擬した廃液は22ℓ/hで供給し、最終的にメルタに供給する廃液量はダストスクラバからの戻り3ℓ/hを加えて25ℓ/hとなる。これに目標廃棄物濃度となるようにガラスを供給し、400kgの固化体を約30時間で製造するフローとなっている。ガラス製造速度は13kg/hである。メルタからのオフガスは図に示す機器により処理されることになっている。また、今回、フィルムクーラがテストされることになっている。図3.6-3に建設中のVA-WAKモックアップ試験設備の写真を示す。

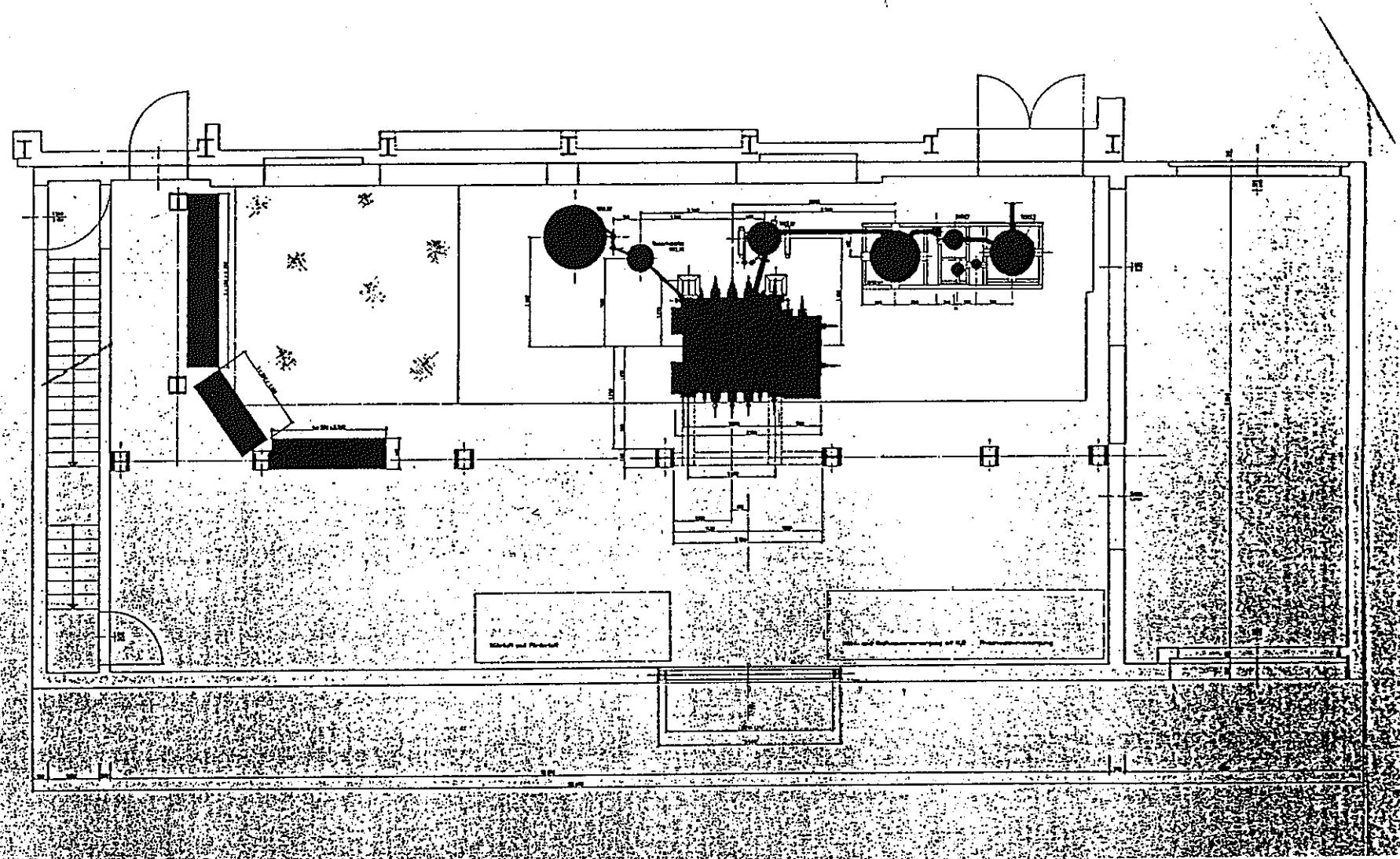


図 3.6.-1 Komponentenanordnung Anlage VA-2

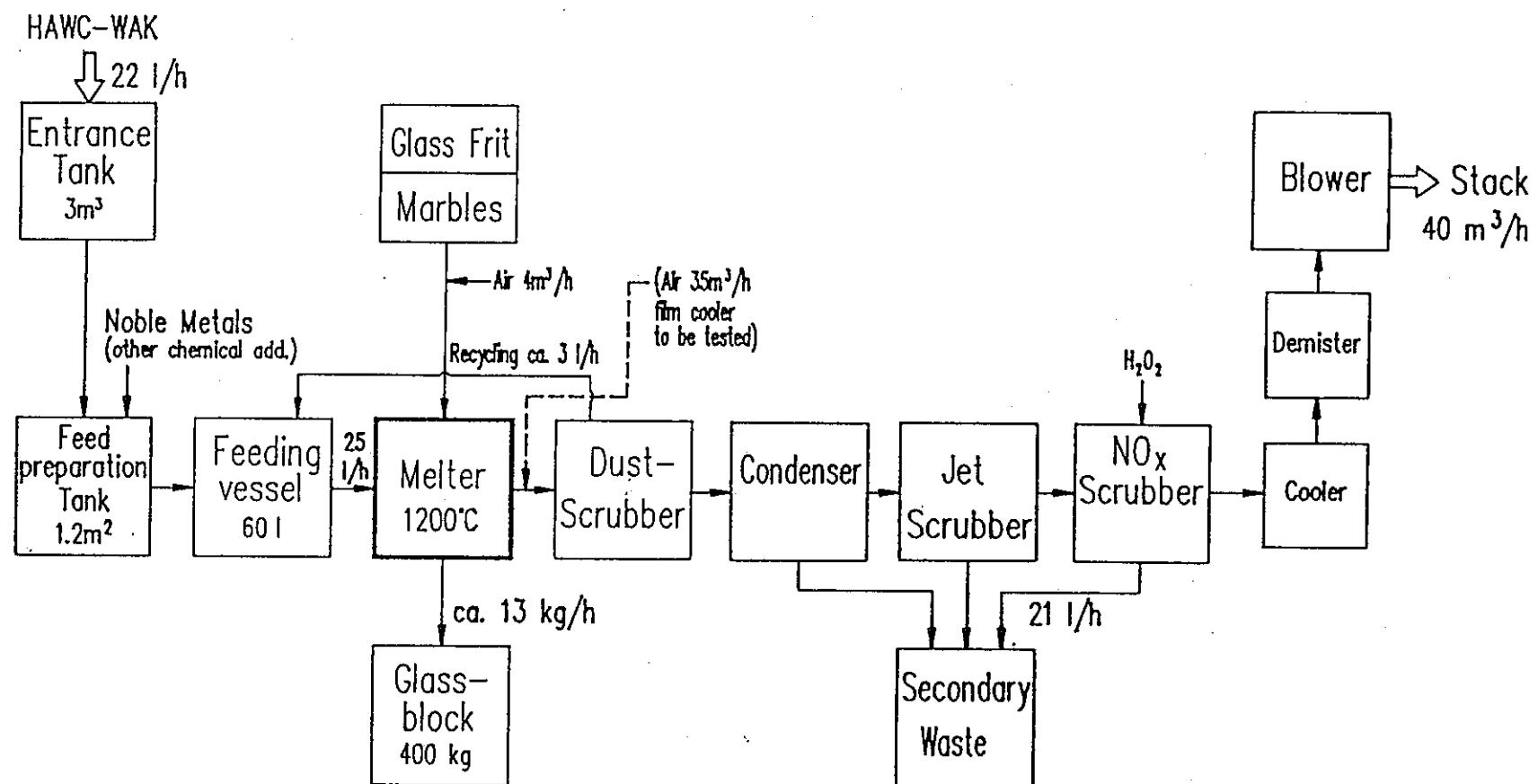
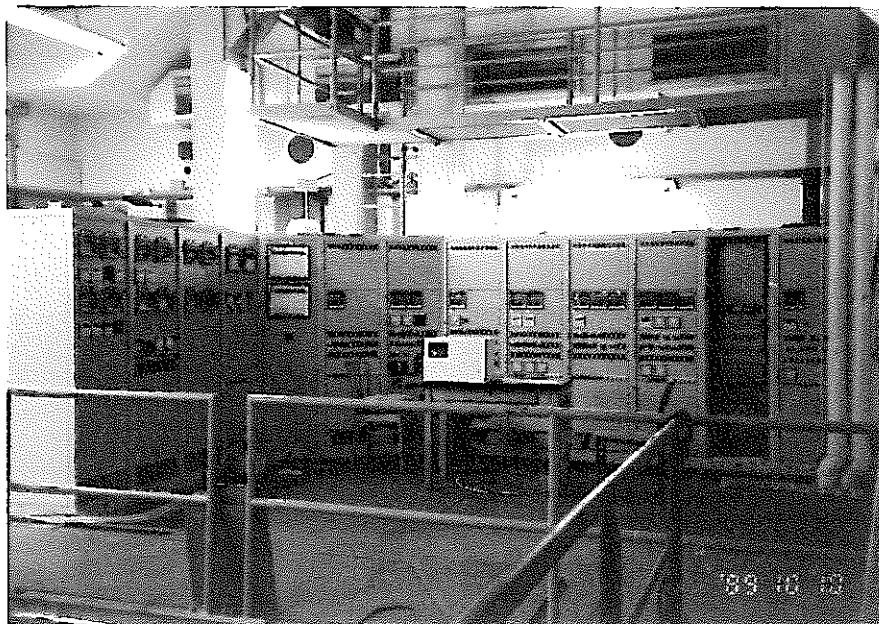
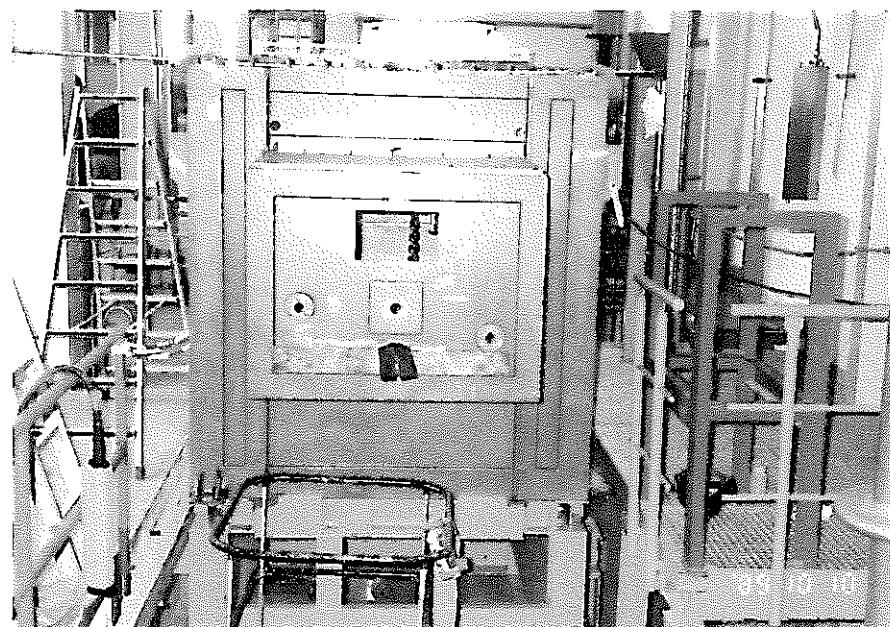


図3.6.-2 Basic flowsheet mock-up plant VA-WAK for vitrification of HAWC-WAK

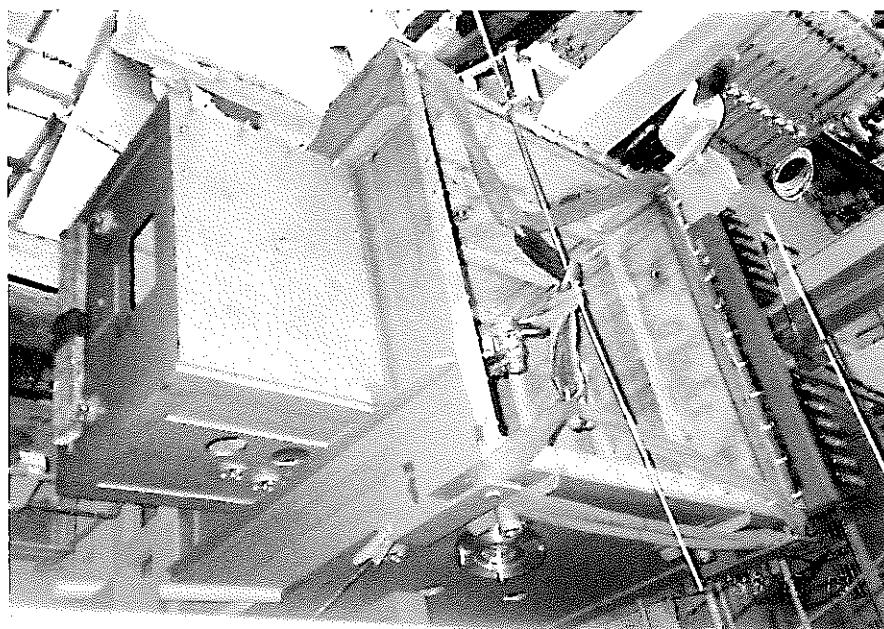


(a) 制御パネル

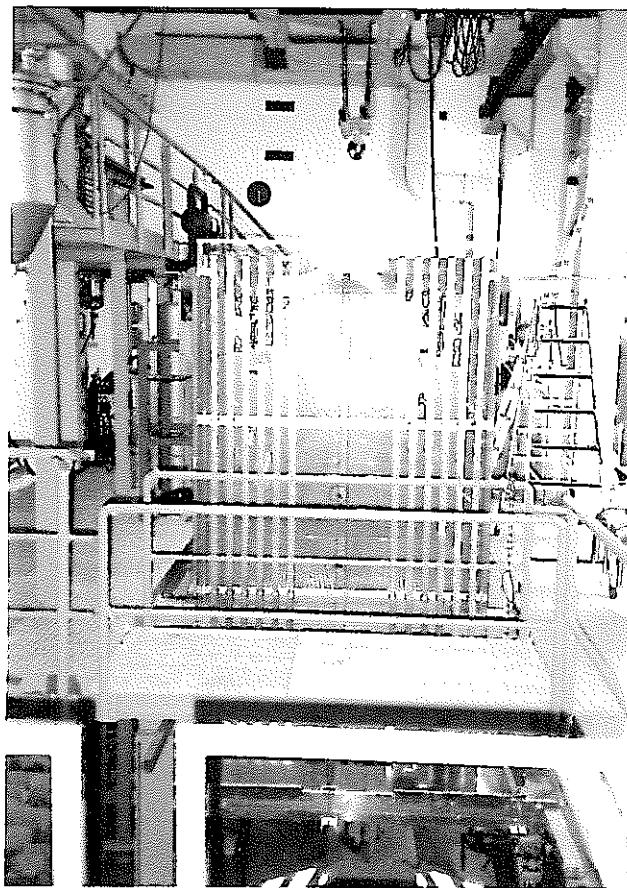


(b) K-6' メルタ  
(オーバーフロー槽側  
から撮影)

図 3.6 - 3 建設中のVA-WAKモックアップ試験設備

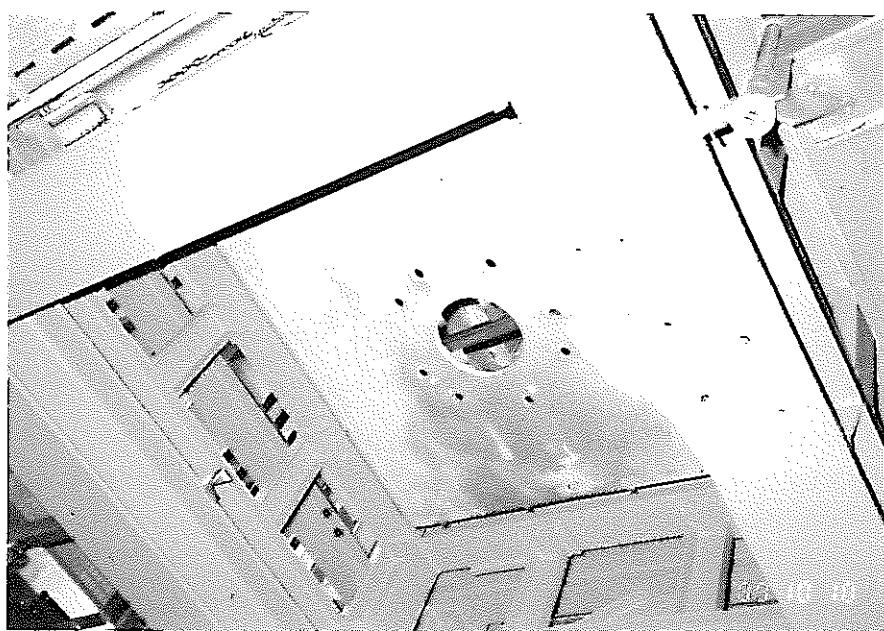


(c) K-6' メルタ  
(斜上から撮影)

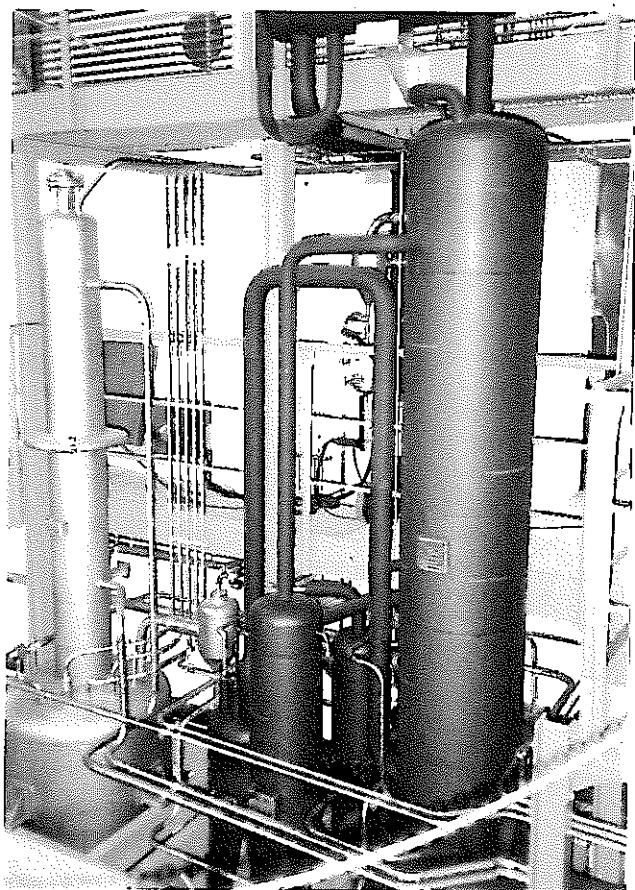


(d) K-6' メルタ  
(側面；オーバーフロー槽  
の反対側から撮影)

図 3.6-3 建設中のVA-WAKモックアップ試験設備（続き）



(e) K-6' メルタ  
(底面から撮影)



(f) オフガス処理用  
スクラッパ

図 3.6-3 建設中のVA-WAKモックアップ試験設備（続き）



(g) 供給設備

図 3.6-3 建設中のVA-WAK モックアップ試験設備（続き）

## 4. PAMELAガラス固化施設訪問

平成元年10月13日 9:00~12:00

PAMELA 側対応者 Mr. H. Wiese (PAMELA工場長)  
Mr. E. Ewest (運転責任者)

PNC	斎藤副所長 高橋室長 吉岡主査 五十嵐主査 上野 (PAMELA PLANT駐在) 佐田副理事長 山本副本部長 佐久間氏 (本社) 石堂 氏 (PNCパリ事務所)
別行程の出張であるが現地で合流	

西独カールスルーエでのKfKとの専門家会議の後、ベルギーのモルに移動し1985年からガラス固化のホット運転を行っているPAMELA プラントを訪問した。以下に訪問時の施設の状況などを報告する。

OHP及びパンフレットを用いたPAMELA プラントの運転状況などの説明を受けた後、同施設を訪問中の佐田副理事長一行と我々の2班に分かれて施設内を見学した。

説明によると施設の運転はほぼ順調に行われており、HEWC (High Enriched Waste Concentrate)の累計処理量は9月末日で約385m<sup>3</sup>とのことである。

施設は1階から3階まで吹き抜けの固化セルを中心にして、その周辺に除染セル(1階)、検査セル(2階)、制御室(3階)、分析セル(4階)、解体セル(4階)、原料供給室、保守室、キャニスタ搬入室などを配置しており、見学はこれらの殆ど全域を安定して頂いた。

当日は溶融ガラスのキャニスタへの流下作業、キャニスタ蓋の溶接作業を実際に見ることができた。溶融ガラスの流下は溶融炉の底部に設けているボトムドレンノズルの高周波加熱装置が補修中のため、側面に設けているオーバーフローノズルを用いて行っていた。また、溶融炉とキャニスタの結合装置は用いておらず、遮断窓を通して流下中の溶融ガラスを見ることができた。

なお、ボトムドレンノズルの高周波加熱装置の補修は10月中に終了する予定とのことである。

キャニスタ蓋の溶接作業は、TIGの自動溶接(ノンフィラ)で行っており、当日の作業では溶接前に設定する溶接電極と溶接対象物との間隔が適切でなかったため、初回の溶接では十分な溶接ビードが得られなかった。(遮断窓を通した目視検査で確認可能) その場で作業者が

電極間隔を再設定し、再溶接作業を行っていた。

現在、同施設には1988年8月に更新を終了した廃溶融炉「K-4 Melter」を予備セル内に保管している。（現在は「K-5 Melter」で運転中）

この廃溶融炉は、更新時の予定では解体、内部調査を行う予定であったが、現在のところそれらを行うための予算がつかず、結果として同施設のディコミッショニングの時までセル内に保管する予定とのことである。現在運転中の「K-5 Melter」についても更新予定は1990年末であるが同様に保管することである。（溶融炉の寿命は約3年と設定している。）

4階の解体セルには、プロセス系の使用済のHEPAフィルタなどと共に、流下停止に失敗しオーバーフローしたガラス固化体が保管しており、その周辺にはキャニスターの側面に付着していたものを工具等で除去したガラスの破片が散乱していた。施設側としてもこの固化体の処理には苦慮している様子である。

今後は、高放射性廃液貯蔵槽（540-12）の廃液（残量：約375m<sup>3</sup>）の処理を継続し、1992年の前半までには貯蔵している廃液のガラス固化処理を終了させる予定とのことである。

なお、PAMELA プラントの東側にはフランスからの返還ガラス固化体の貯蔵施設を建設する予定とのことで、訪問の時点ではすでに敷地の造成が終了していた。

-以上-

### 5. セラフィールド (Sellafield) 施設訪問

訪問日時：平成元年10月16日（月） 9:00～16:00

案 内 者 : Mr. Peter T. Wilson, Assistant Technology Business Manager (全体随行)

Dr. A. Tognarelli, Visit Manager (Visitors Center 案内, 全体随行)

Mr. Neil Baldwin, (FSIP案内)

Mr. Tom Jones, Assistsant Works Manager,

Engineering Vitrification Plants (WVP, VPS 案内)

PNC 見学者：斎藤副所長、高橋室長、吉岡主査、五十嵐主査

目 的： 英国に於けるガラス固化・貯蔵技術等の廃棄物管理技術に関する最新情報を入手する。

#### 5.1 Visitors center

説明はビデオによるBNFL事業概要紹介で始まった。BNFL従業員は約16,000人で全英では約50,000人が何らかのかたちでセラフィールドに関係している。セラフィールドでの従業員数は約7,000人で関連会社も含めると12,000人となる。再処理事業に関しては日本は最大顧客のようであった。

この後、センタ内の展示物の見学に移った。展示物は原子炉を含む核燃料サイクル全体にわたっており、質、量ともにPRへの力の入れようが窺われるものであった。

原子炉については図5.1-1に示すような部屋全体が黒鉛炉内部の模型になっており、制御棒が上下に動く様子を再現できるようになっていた。ガラス固化については図5.1-2に示すようなロータリカルサイナー金属メルタのフローが説明されていた。

見学者の数はすでに13万人を超えていた。

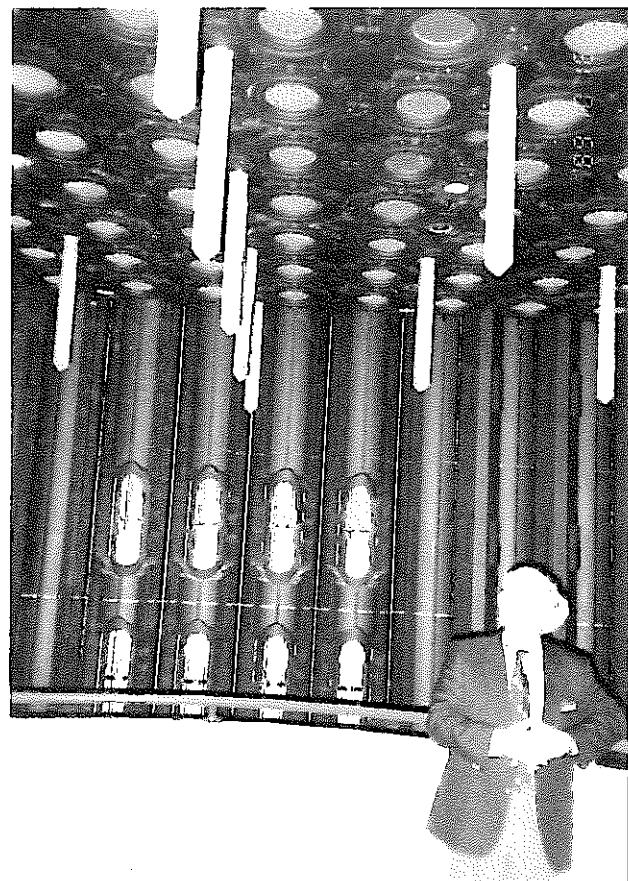


図 5.1.1-1 黒鉛減速原子炉模型  
(セラフィールド Visitters Center)

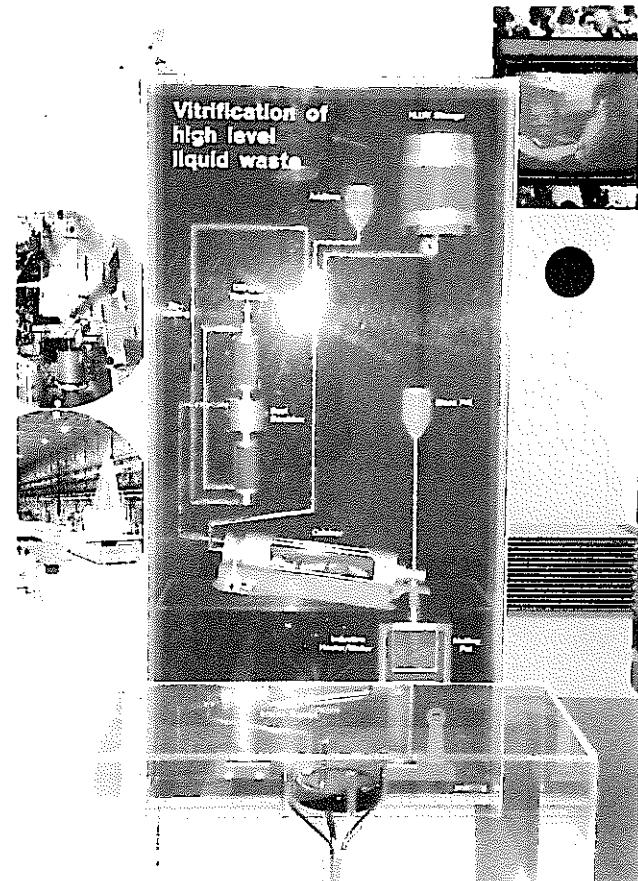


図 5.1.1-2 ガラス固化プロセス説明パネル  
(セラフィールド Visitters Center)

### 5.2 コールドガラス固化試験施設 (F S I F)

Full Scale Inactive Facility (F S I F) と呼ばれるコールド試験施設は1978～83年にかけて建設され、大半の試験は1986年までに行われた。試験設備はメルタを中心とするプロセス機器および周囲の模擬固化セルはA V Mを模擬したもので、別のラインの模擬セルには溶接装置、スミヤ検査試験装置が据えつけられていた。また、使用後のものと思われる金属メルタとロータリカルサイナの回転胴が展示されていた。Magnox模擬廃液 5,000時間、Thorp模擬廃液 1,000時間の運転経験および改良で、技術はすでにB N F L独自のものといつており、キャニスターの溶接および除染についてはP A M E L Aより優れているとの自信を示していた。キャニスターの溶接はプラズマ方式で、これまで200～300本の溶接試験が行われた。ここでもR uとP dを模擬した白金族含有廃液の試験を実施しており、100 l/h空気流量でバーリング試験も行ったとのことであった。

B N F Lでは、完成されたとされるフランス方式の固化プロセスを導入したにもかかわらず、F S I Fのような実規模のコールド試験施設を何故必要としたか、その理由について質問したところ、Wilsonの回答は次のようなものであった。

フランスから購入したのはプロセスの概念と運転のノウハウでプラント自体はB N F Lで建設・運転する必要があった。フランス技術のままでは運転・保守等についてはB N F Lの要求に合わないのでB N F L自身で確認する必要があった。

F S I Fの試験目的は、

- (1) フランス技術を確認する
- (2) 運転員の訓練
- (3) エンジニアリングの確認
- (4) ホット運転のバックアップ

である。

### 5.3 ガラス固化・貯蔵施設 (W V P, V P S)

現在建設中のガラス固化・貯蔵施設(Windscale Vitrification Plant : WVP、およびVitrified Product Store : VPS)のほぼ全域を見学した。施設は主要機器の試運転と内装機器の仕上げ段階に入っていた。来年にはホット運転に入る予定である。

まず、施設内のホールで、パネルと高さが2 mほどあるプラントのプラスチックモデルにより概要が説明された。その後、制御室、廃液受入れセル、各セルの操作室および貯蔵ピッ

トに移動した。以下に、見学中の説明および質疑のトピックを述べる。

制御室は固化プロセス専用のローカルなものでデータの表示にはCRTディスプレイを使用しているが、制御方式は従来型のアナログ式である。放射線管理用のCRTディスプレイも設置されていた。室内では配線作業等が行われている。運転員は10人×4班体制で行う。

廃液受入れセルはまだ工事用足場が残っている状態であった。セル内に入ってまず感じたのは配管の数と引き回しの複雑さである。10m先は配管でほとんど見通せないほどであった。配管、槽類は2系統になっている。溶接部のデータ（時間、作業者、場所、検査結果等）はすべてCAEシステムに入力されている。

固化セルの操作室にもまだ足場が残っていた。遮蔽窓からは試運転中のカルサイナが回転しているのが見えた。フランスがガラス原料に薄片状のflakesを使用するのに対しここでは水碎カレットのような粉末を使用する。溶融炉には2ヶ所のガラス抜き出しノズルがあるが通常はサイホン型のノズルを使用し、最終抜き出しの時にボトム抜き出し型のノズルを用いる。

固化セルに隣接する解体セルには剪断装置、ハックソーおよび解体廃棄物封入のための溶接機が設置されていた。

検査区内のスミヤロボットにより、プログラムに従いキャニスタ表面の100%がスミヤされる。

貯蔵ピットの搬送エリアは貯蔵施設制御室の窓からガラス越しに見えるもので、ガラス固化体の搬送キャスクは搬送エリアの床面上で運転員が直接操作する。案内者が強調するようにピット間の距離はかなり合理化されたものであった。

#### 5.4 低レベル廃棄物処分場 (Drigg site)

このサイトは国の処分場であり、1959年から運転されている。運営はBNFLに委託されている。サイトの概要および配置を表5.4-1および図5.4-1に示す。受入れ廃棄物の種類は大学、病院および電話会社（夜光塗料）からの放射性廃棄物、ならびにTNT工場からの廃棄物など多種類にわたっている。

廃棄物の処分方法として、これまで素掘りのトレントにドラム缶入りの廃棄物を並べ、その上に土をかけて埋め戻し、周囲の集水溝の水は海洋に放出していた（No.1～7トレント）。Drigg siteの面積は109ヘクタールのうち、すでに22ヘクタールがこのトレント方式の処分に供されている。最近は廃棄物はモジュール化されたISO規格のコンテナに入れ、これを

深さ10m程度のコンクリート製ピットの中に積み重ねる、Vault方式とよぶ処分方法を採用している（No.8以降）。水はパイプにより集水してから排水している。

地質は10,000年以上前に形成された粘土層である。地下水位は処分位置の2～3m下で、地下水は15マイル（24km）までモニターされている。Public Relationはうまくいっているかとの質問に対して、Vault方式にしてからは問題になっていないとのことであった。サイトのすぐ隣は牧場になっていたのが印象に残った。

### 5.5 所 感

- (1) Manchesterまでの送迎、当日の手続き省略、および施設案内など極めて丁重に扱われた。
- (2) ガラス固化プロセスはフランスから導入されたものであっても、プラントはBNFLで建設したという自負のようなものを感じた。
- (3) 再処理が順調に進んでいるようにみえる英國でも、日本での最近の原子力に対するPA事情について関心があり、もし日本で商用再処理でつまづくことがあれば歐州でも何故、仏国と英國だけが再処理するのかという議論が起こるであろうとの懸念が持たれていた。



表5.4-1 ドリッゲ処分場の概要

Area of Site	109 hectares (270 acres)
Area occupied by trenches used for shallow land burial of low active wastes	22 hectares ( 55 acres)
Dimensions of trenches	25m wide x 8m deep x typically 700m long but note that Trench 7 is designed to make the maximum use of the available land, hence the triangular shape. The longest side is 350m in length, the maximum width is 120m and the maximum depth is 9m.
No of filled trenches	6
No of trenches in use	1 (Trench 7)
Filling rate per annum	30,000-40,000 cubic metres
Total low active waste buried	650,000 cubic metres
Anticipated life of site for the purpose of shallow land burial	at least 8 years but longer, if the waste is pre-treated, eg by compaction now under consideration. If all known plans for waste arising, waste pre-treatment (volume reduction) and vault construction are fulfilled, the presently consented area of the site will remain in use until 2010-2015.
Average number of loads delivered per day  Construction materials also enter the site by road, and BNFL are assisting the County Council to upgrade the standard of local roads.	One train of up to 25 skips and about four road deliveries of radioactive waste.

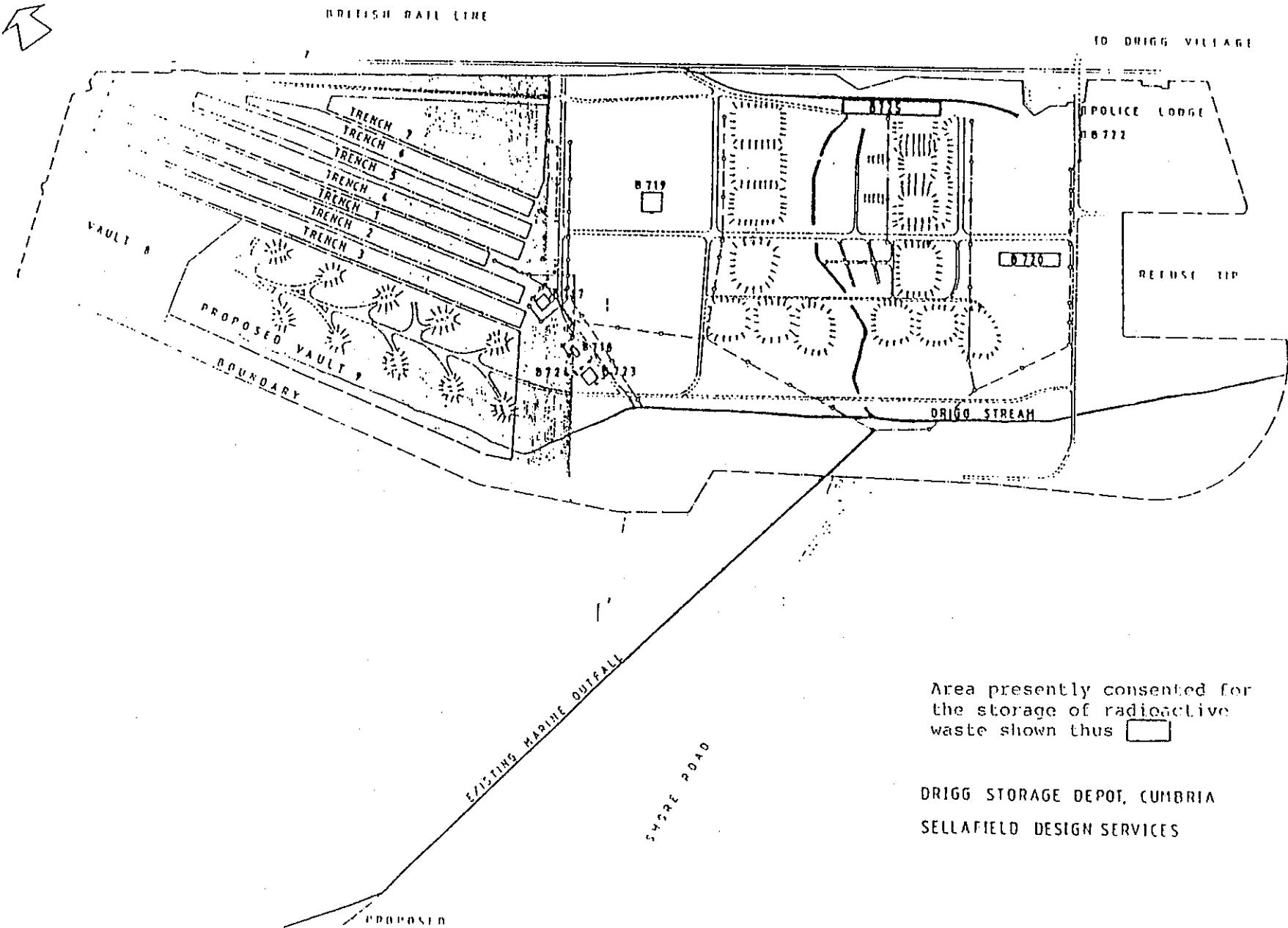


図5.4-1 ドリッグ処分場の配置

## 6. 入手資料テスト

### 第9回 PNC/KfK高レベル廃棄物管理会議でのKfK発表資料

- ① Overview about KfK activities in HLLW management
- ② Evaluation of the operational results of the noble metal campaigns W4 and W5
- ③ Formation and characteristics of noble metals sediments in melter
- ④ Behaviour of ruthenium and cesium in the off-gas system during the noble metal campaigns W4 and W5
- ⑤ Vitrification of HAWC of the WAK plant
  - The new inactive test facility VA-WAK with the melter K-6'