

水曜会誌

第22卷 第2号

目 次

講 座

- ジルコニウムとハフニウムの製錬の歴史（V）森山徐一郎..... 41

総 説

- 石油資源の探査と開発芦田 譲..... 53

談 話 室

- 一人だけのクワルテット近藤 良夫..... 61

- 近況報告—21世紀を考える会の幹事として—熱田 善男..... 66

- 芸術における冶と丹—芸術と金属元素（I）—松田 勝彦..... 68

- 東京水曜会におけるアンケート結果について東京水曜会幹事一同..... 74

- 京都大学工学部の改組について朝木善次郎..... 78

- 会 報 84

- 会員消息 103

平成6年6月20日発行

京 都 大 学

工学部 資源工学教室

冶金学教室

金属加工学教室

水曜会

新・素・材・で・未・来・に・挑・む



得意技、

究める。

日立金属の五つの研究所は、技術交流を深めながら、時代のニーズに応え、特色ある製品を生み出してきました。これからも、得意分野の技術を究め、お客様に喜んでいただける新製品を作り出します。

次に、生みだすものは?

希土類磁石や電子部品など
エレクトロニクス材料の
開発に挑戦する
磁性材料研究所

ガス・給排水の管継手から
精密流体機器の開発を進める
配管機器開発センター

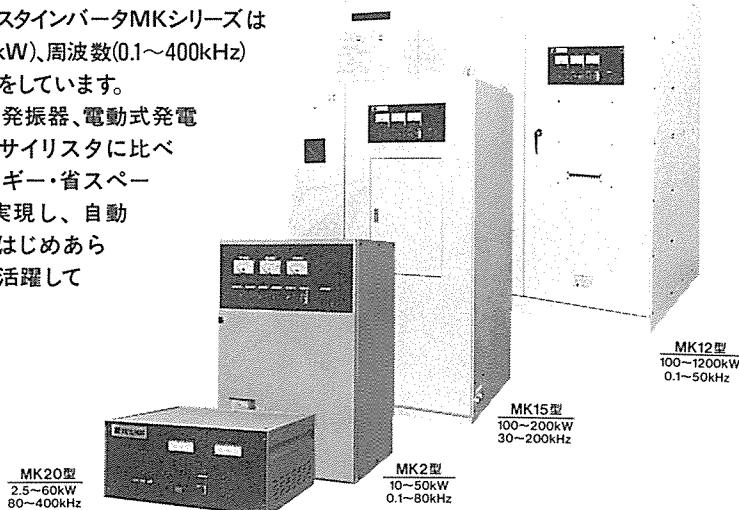
省エネ・軽量化を目指し
自動車用の超耐熱薄肉
鋳物を追求する
素材研究所

世界中で使用される刃物鋼から
リードフレームやシャドウマスク
などの電磁気材料を開発する
冶金研究所

ハイテク技術を駆使した
生産ラインの設備開発を手がける
生産システム研究所

高効率・超小型で新時代のニーズに応える MKシリーズトランジスタインバータ

ネツレントランジスタインバータMKシリーズは
出力(2.5~1200kW)、周波数(0.1~400kHz)
と豊富な品揃えをしています。
従来の電子管式発振器、電動式発電
機(MG)、およびサイリスタに比べ
大幅に省エネルギー・省スペー
ス・高信頼性を実現し、自動
車、建設機械をはじめあら
ゆる産業分野で活躍して
おります。



NETUREN
高周波熱練株式会社 (ネツレン)

本社 〒141 東京都品川区東五反田2-16-21 PHONE.03-3443-5441 FAX.03-3449-3969
電機部・営業課 〒141 東京都品川区東五反田2-16-21 PHONE.03-3448-8900 FAX.03-3448-8901
電機部・平塚工場 〒254 神奈川県平塚市田村5893 PHONE.0463-55-1552 FAX.0463-53-1029
電機部・名古屋工場 〒470-11 豊明市沓掛町八幡前77-41 PHONE.0562-92-8338 FAX.0562-92-8666
電機部・大阪サービスセンター 〒555 大阪市西淀川区千舟2-14-8 PHONE.06-475-0512 FAX.06-475-0430



ワールドミニで未来を創る!
ダイハツ工業株式会社

●スピードは控えめに、シートベルトはしっかりと。

ワールドミニで
未来を創る。

'90年代はエコノミーからエコロジーへ。
クルマも人と社会と環境との調和が大きなテーマになっています。
21世紀へ向けて、ダイハツは地球やエネルギー・社会を考えたクルマづくりを目指したいと思います。
小さなクルマをきちんとつくるダイハツです。

“Earth Conscious”

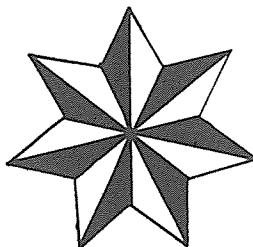
人と地球にやさしいワールド・ミニ。



Charade

銅及銅合金

铸造ト加工



光金属株式会社

社長 広本 照夫

〒555 大阪市西淀川区歌島2丁目4番39号

電話 大阪 (06) 474-1636 (代表)

創業以来50余年

私たちは合金生産技術の可能性を

追求しています。

非鉄
中間合金

りん銅、マンガン銅、けい素銅、
ボロン銅、鉄銅等

銅合金
铸造加工

HZ合金CE、各種青銅、真空脱ガス
処理による铸造品



株式会社 大阪合金工業所

代表取締役社長 水田 泰次

本社 〒910-31 福井市白方町第45号5番地9 TEL (0776)85-1811(代) FAX (0776)85-1313
大阪 〒567 茨木市五日市1丁目2番1号 TEL (0726)26-1313(代) FAX (0726)26-1353
東京 〒104 東京都中央区八重洲2丁目6番5号 TEL (03)3278-1188(代) FAX (03)3278-1329

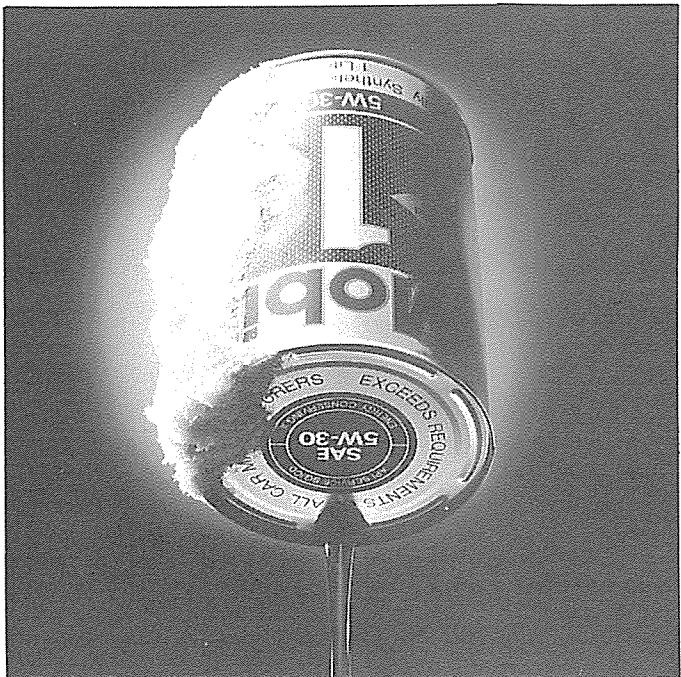
夢飛行。

NIPPON STEEL
新日本製鐵株式會社



私たちが最も大切にしているもの、それは夢。夢は明日を想像する源、そして今日を創る情熱。新日鐵は、常にそんな夢を集め、大いなる創造力と限りない努力で数々の夢を実らせてきました。いま、その一つ一つは、ニュースチール開発、新素材、エレクトロニクス・情報通信、バイオテクノロジー、レジャー産業といった、さまざまな分野で大きく花開いています。こういった実績とノウハウを基にこれからも新日鐵は、さらに新しい夢を描き未来に向ってチャレンジし続けます。

モービル1。酷寒から灼熱まで。



モービル1が過酷ともいえる条件を自らに課したのには、もちろん理由があります。たとえば厳寒下でのエンジンスタート。低温での活動性が保持できなければ、始動はしにくくなります。あるいは真夏の長距離高速ドライブ。高温下でも粘度変化を抑えてはじめて、オイルはエンジンを守るという大切な使命を果たすことができます。100%化学合成オイルモービル1は、従来の鉱物油と比較して極めて広範囲な温度条件下で、優れた耐摩耗性、酸化安定性を、高い次元でキープ。さまざまなトラブルを未然に防ぐとともに、エンジンの磨耗を最小限に減らします。さらにスラッジなど堆積物の発生を抑え、新車時の好調を長期間維持。過酷なテストを経験して生まれたオイルだからこそ、モービル1は優れた性能を発揮できるのです。

Mobil 1
SG/CD規格合格 100%化学合成



丸尾カルシウム株式会社

原料石灰石

鉱山採掘から製品まで

膠質炭酸カルシウム (MSK)

軽質炭酸カルシウム

重質炭酸カルシウム

炭酸カルシウムの総合メーカー

創業 大正15年10月1日

取締役社長 丸尾 儀兵衛

資本金 5億3千5百万円

専務取締役 青山 三樹男 (鉱27)

株式上場 大阪証券取引所
市場第二部

粉体研究所 江原 昭次 (資52)

本社・中央研究所
粉体研究所

明石市魚住町西岡1455番地 ☎674 ☎078 (942) 2112(代)

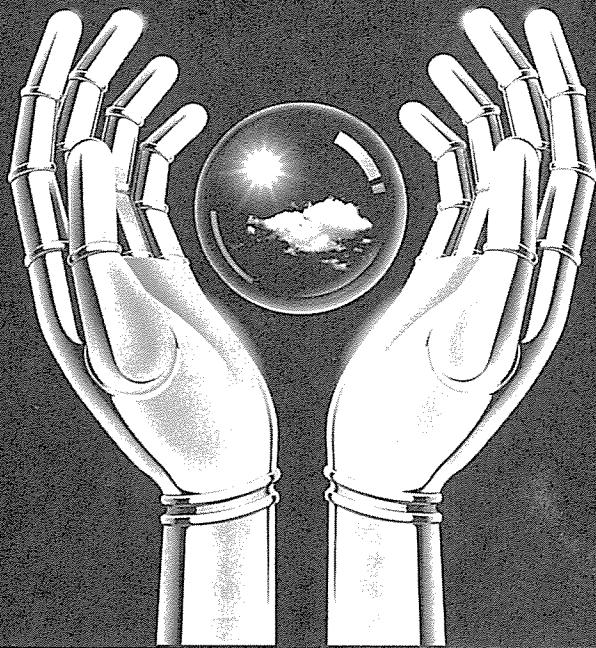
工場

本社工場・土山・土浦・長野・岡山・九州

営業所

東京・大阪・神戸・名古屋・九州

資源を活かした未来づくり



私たち
人とのふれあいを深め
アルミニウムを基軸として
地球の未来づくりに
貢献します。

■ ELECTRONICS

電子機器産業用アルミ製品、ポリゴンミラー、
アモルファスシリコン感光ドーム、
電磁波シールド、メモリーディスク

■ MOTORIZATION

自動車・二輪車用熱交換器、自動車専用AIM、
軽量化部品

■ SPORTS

ハングライダー、バット、スキーストック等

■ ENERGY

アルソーラー、サンルーフ、サントホイル、
サーモコイル、トリスタン計画用超高真空材

■ FAMILY

食品医薬品包装材、容器、アルミ缶、家庭日用品等



東京都千代田区飯田橋3丁目6番5号☎03(3239)5321

昭和アルミニウム株式会社

「天国に一番近い島」といわれるニューカレドニア。雨期、乾期を繰り返す熱帯気候のもとで、この島を構成するカンラン岩が、酸化・風化・分解され、ニッケルが溶け出し、下部で濃集されニッケル鉱床となる。ニューカレドニアの場合、更に、島全体の隆起と地下水位の低下による再度の濃集により、高品位の珪ニッケル鉱となつた。気候・隆起・浸蝕が絶妙に合った素敵な幸運、天国の恵みだ。

私たち、ニッケルをはじめとして、様々な素材を鉱物から採ります。世界的な純度非鉄金属メーカーです。これからも、生活に欠かせない、銅・ニッケル・亜鉛・鉛・金などの非鉄金属と共に、歩き続けています。

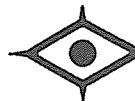
この広告について、あなたの声を聞かせ
ください。住友金属鈴山株式会社 標榜部
広報室〒105 東京都港区新橋5丁目11番3号
☎03(3436)7701へ。



地球に夢中 ◆ 住友金属鈴山株式会社

絶え間のない〈研究と開発〉

鋼 線 部 門	ロ ー プ 部 門	特 殊 線 部 門	エンジニアリング部門他
スタビライズドワイ ヤ及びストランド Low Relaxation	ユニロープ ユニバランスロープ 産業機械用 非自転性ロープ	高級バネ用線 SWICシリーズ	HiAm アンカーケーブル 耐疲労性斜張橋用 ケーブル
P C 鋼線	一般ロープ	ステンレス鋼線	イエティ スノーネット
P C 鋼より線	特殊ロープ	ステンレスロープ	アンボンド工法
P C 鋼棒	鋼より線	ステンレス鋼線加工品	架設・緊張用
裸鋼線	ワイヤロープ加工品	チタン線	部材・機器
ピアノ線		その他特殊金属線	線材3次加工製品
めつき鋼線			エンジニアリング
被覆鋼線			アルポラス
ビードワイヤ			
オイルテンパー線			
鋼線加工品			



神鋼鋼線工業株式会社

取締役社長 小島勢一

(本社) 〒660 尼崎市中浜町10-1

電話 (06) 411-1051 代

(工場) 尼崎・尾上・泉佐野

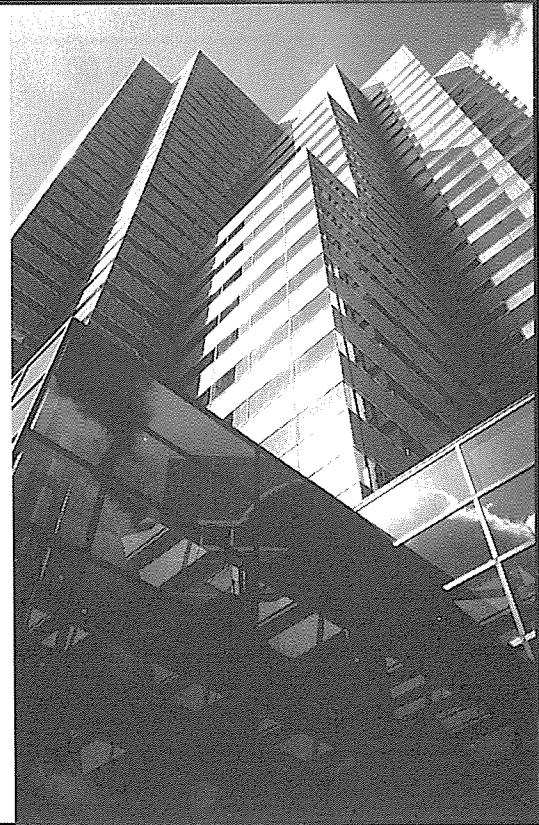
(支店) 大阪・東京

(出張所) 札幌・広島・福岡

INAX

人・間・空・間
た い せ つ に

INAXが提唱する「環境美」は、都市空間を再構成する都市美、
高質の住まいづくりを推進する生活美、
そして企業イメージを建築物で高める企業美――
この3つが柱となっています。
そしてここに共通する基盤は、「セラミック技術」です。
台所、浴室、トイレなど水まわりはもとより、
門、庭園、玄関まわりなどのエクステリアをカバーし、
さらに建築の内外装から街の広場づくりへと、
INAX商品の世界は大きく未来をひろげつつあります。



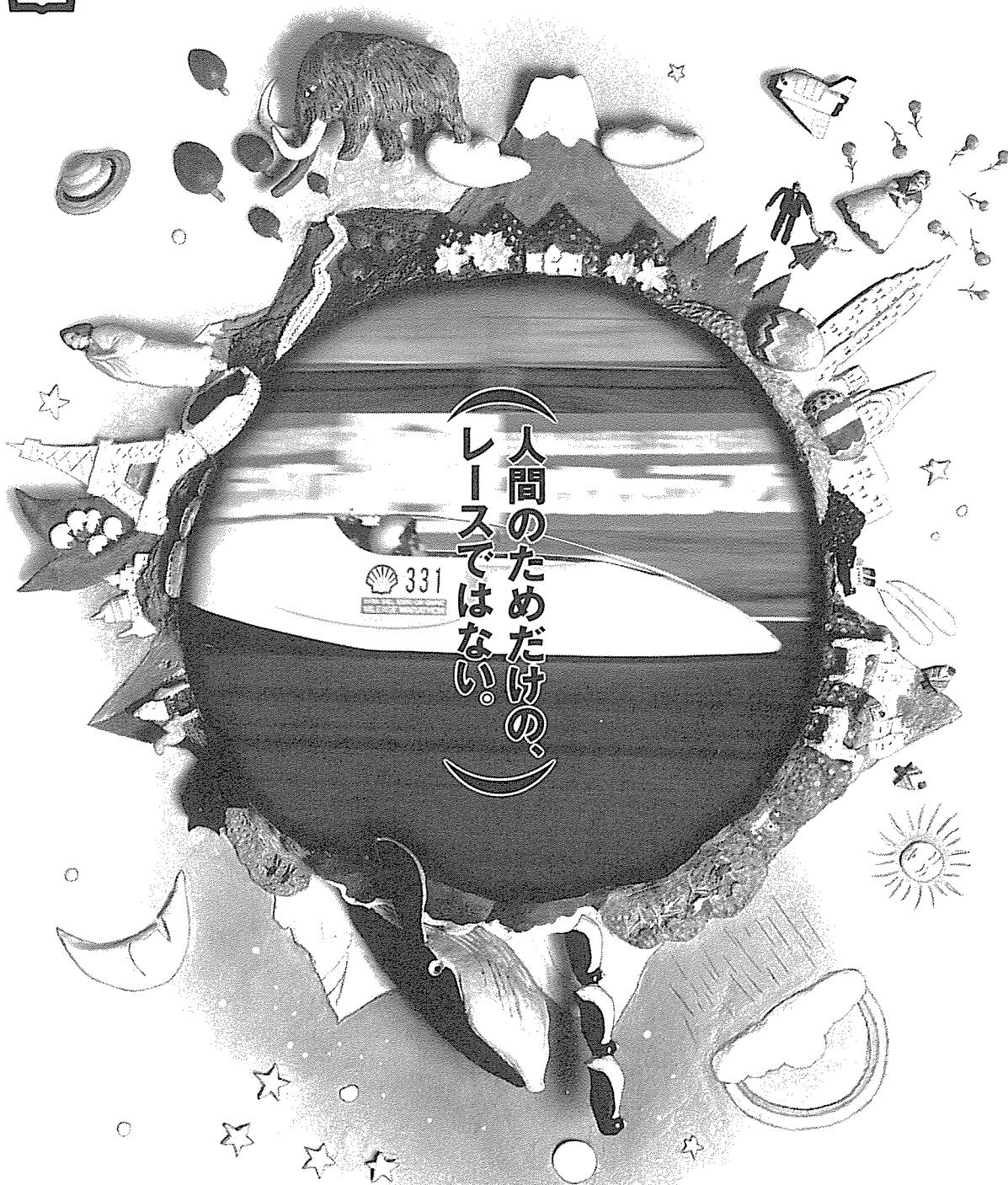
株式会社 INAX

本社 〒479 愛知県常滑市鯉江本町5丁目1番地 ☎0569-35-2700

東京本部 〒160 東京都新宿区西新宿一丁目6番1号 新宿エルクワー ☎03-5381-7428



エンバイロメンタリー・フレンドリー 昭和シェル石油



「マイレッジマラソン」って、ご存じですか。これは、1ℓのガソリンでクルマがどこまで走れるかを競う、手づくりカーレース。毎年、鈴鹿サーキットで開催され、既に12回の歴史があります。昭和シェル石油は、エネルギーの有効利用をテーマに、このレースを第1回から応援。地球資源の問題、地球環境問題がクローズアップされている今、ますます、この活動を充実させていきたいと思っています。エネルギーの未来を考えながら、地球の未来も考えたい昭和シェル石油です。



SHOWA SHELL SEKIYU-CAR GRAPHIC
マイレッジマラソン

エネルギーを、次の世代へ。

君の美しさは僕の元気です。

かたいものからやわらかいものまで、
なんでもつくっています。
たとえば、女性の肌の上なんかにも、
私たちの元気が息づいています。
気づかないけど、いつも身边に。
 H_2O のようにしなやかな大同特殊鋼です。



ロマンを技術にする大同特殊鋼のトレンド。

●自動車用材料 ●家電用材料 ●溶接用材料 ●工具材料 ●刃物材料 ●家庭食器材料 ●磁性材料 ●電子材料 ●粉末材料 ●化学プラント材料 ●電力関係材料 ●原子力関係材料 ●造船関係材料 ●航空機関係材料 ●鉱山機械関係材料
●石油機器関係材料 ●建築・構造物材料 ●自動車部品 ●帶製品 ●工業炉
●特殊溶解炉 ●機械装置 ●環境保護装置 ●自動化機器 ●メカトロニクス ●計測機器 ●半導体 ●複合材料 ●機能材料 ●磁石材料



本社 〒460 名古屋市中区錦1丁目11-18(興銀ビル)
TEL.(052)201-5111
東京本社 〒105 東京都港区西新橋1丁目7-13(大同ビル)
TEL.(03)3501-5261
大阪支店 〒541 大阪市中央区高麗橋4丁目1-1(興銀ビル)
TEL.(06)203-1251

新しい何かが誕生する。



技術革新の波のなか、これまでの常識を打ち破るより高度な素材が、次々に生まれてきます。時代に先進した製品を産業界に送り出し続ける…。日本高周波鋼業は、これからもしっかりと未来を支え続けてまいります。

概要

設立 昭和25年5月(創業昭和11年1月)
資本金 88億5,000万円
従業員数 1,200名
上場 東証、大証一部上場



日本高周波鋼業株式会社

本社 〒100 東京都千代田区大手町1丁目7番2号(サンケイビル別館) ☎東京03(3231)6771(代)
大阪支社 〒530 大阪市北区西天満2丁目6番8号(堂ビル) ☎大坂06(364)1661(代)

C セメダイン

粘着接着

CEMEDINE
SUPER X
NO.8008

一液 無溶剤 弾性 常温硬化

広範な接着性

セメダイン・スーパーXは、接着剤の理想の概念と言われている「粘着接着」と「弾性接着」そして「無溶剤」という三大特長を備えた世界初の画期的な一液常温硬化形接着剤です。さらに、最先端技術によって開発されたNEWテクノポリマーにより、現在の接着剤に対するさまざまな社会的ニーズを満足する機能を備えることができました。

代理店 セメダイン株・日本ロックタイト株・住鉱潤滑剤株・信越化学工業株・東レ・ダウコーニング・シリコーン株・積水化学工業株・旭硝子株・昭和電工株・シャープ株・ニチバン株・ダイキン工業株



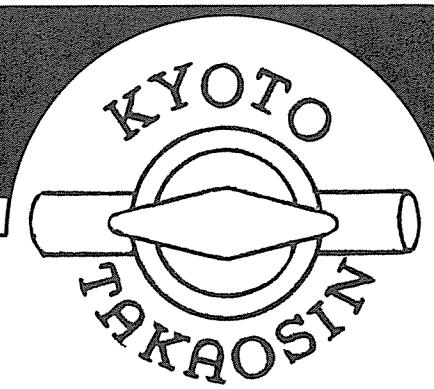
SS 株式会社 沢村商会

代表取締役 澤村行高

本社 〒601 京都市南区吉祥院西定成町5番地
TEL (075) 691-7351(代表)
FAX (075) 671-8503
久御山営業所 〒613 京都府久世郡久御山町佐山新開地75
TEL (0774) 45-0351
FAX (0774) 45-0650

真空の
極限を

目ざして…



ULVAC グループ代理店

株式会社 京都タカオシン

本社 〒606 京都市左京区川端丸太町東入ル (075) 751-7755(代)

FAX (075) 751-0294

滋賀営業所 〒525 滋賀県草津市大路2丁目13番27号(辻第3ビル) (0775) 65-8008

FAX (0775) 65-8118

MITSUBISHI

ベーシックからドリームまで

さまざまな

「モノづくり」を通して

三菱マテリアルは

人と地球上に貢献します

- 非鉄金属 ●セメント ●金属加工部門
- アルミ缶製造 ●シリコン・新素材・ファインケミカル
- セラミックス ●資源開発 ●石炭・石油
- 建材部門 ●原子燃料サイクル ●エンジニアリング

三菱マテリアル
TEL.03(5252)5206

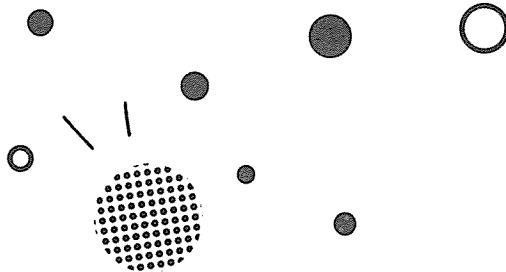
スピードはひかえめに。シートベルトは忘れずに。



Mark, the MARK II

人へ。社会へ。地球へ。  TOYOTA

みんなが集まる会社です。



水と空気をはじめに考えているから環境のクリエイター。

日立プラント建設

〒101 東京都千代田区内神田1-1-14(日立錦倉橋別館) ☎(03)3292-8111(大代)

テクノハート・カンパニー
◆住友金属

事業内容／鉄鋼、システム技術、エレクトロニクス、
新素材、地域開発、バイオ・メディカル、
ソフテクノロジーズなど。

満ちて。
情熱と感動に



↑↑
J

鹿島アントラーズFC / ジーコ

東京本社 〒100 東京都千代田区大手町1-1-3 TEL.03-3282-6111 大阪本社 〒541 大阪市中央区北浜4-5-33 TEL.06-220-5111

SET
SHIANTOMO ELECTRIC
INDUSTRIES

ど、までも、夢航海。

明日を素敵に創りたい
住友電工



Kubota

美しい日本をつくろう。

何か不思議だなと思えることを見つけてだし、それを発見へと導く。そんな基礎ともいえるテーマが、サイエンスを研究する者には必要です。何もない所から、何かを創造するための基礎。アクションのためのコンセプトが重要なのです。これはサイエンス以外の世界でも同じことがあります。クボタのコンセプト。それは人と環境との共生。そして地球という惑星で上手に人が暮らすためのアクションがクボタの活動領域です。例えば、高齢化社会などのニーズに応えて住環境を改善する。いとある生活のために上下水道や廃棄物処理施設などの整備をおこなうなど社会资本の充実に貢献しています。

株式会社クボタ

97年度「文化医学・生物学賞受賞
利根川道博士

重要なのは
コンセプト。
**LOVE
THE EARTH
MORE**

「ラブ・ン・アース・モア」がや土壤などの環境と人間の共生に取り組むクボタからの呼びかけです。



私たちがつくるのは人の環境です。

橋によって、大きな川や海を自由に渡れる。超高層ビルによって、空の近くで都市のパノラマを楽しみながら食事ができる。ふだん、当たりまえになっていること、でも、自然のままではありえないこと。

それは、人がつくる環境によって手にできるものなのです。ただ“器”をつくるのではない。そのまん中には、いつも人がいなければ環境とは言えない。人が求めるもの、そんな“人の環境”を私たちは創っていきます。

21世紀へのかけ橋
 **三井建設**
〒101 東京都千代田区岩本町3-10-1
☎東京(03)5821-7022 (広報室)

HITACHI



きっと、もっと、すてきな夢を咲かせます。

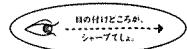
人間らしさをキーワードに、いま私たちの生活や社会には、本当の豊かさやゆとりが求められています。

日立は、どこまでも人にやさしい先端技術を通じて、そんな暮らしの夢をひとつひとつ花開かせ、豊かな実りをお届けします。

Interface

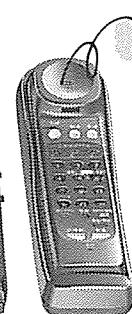
◎ 株式会社 日立製作所 〒101-10 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 電話(03)3258-1111(大代)

SHARP



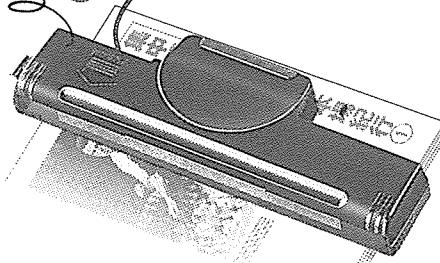
デジタル留守録

ハンドコピー



新・イラストーク
LCR Super
コードレス電話機

ファクシミリコードレス電話機
UX-T1CL (ペールブラック)
標準価格 98,000円(税別)



ハンドコピーとデジタル留守録で選びたい。新コードレスFAX電話

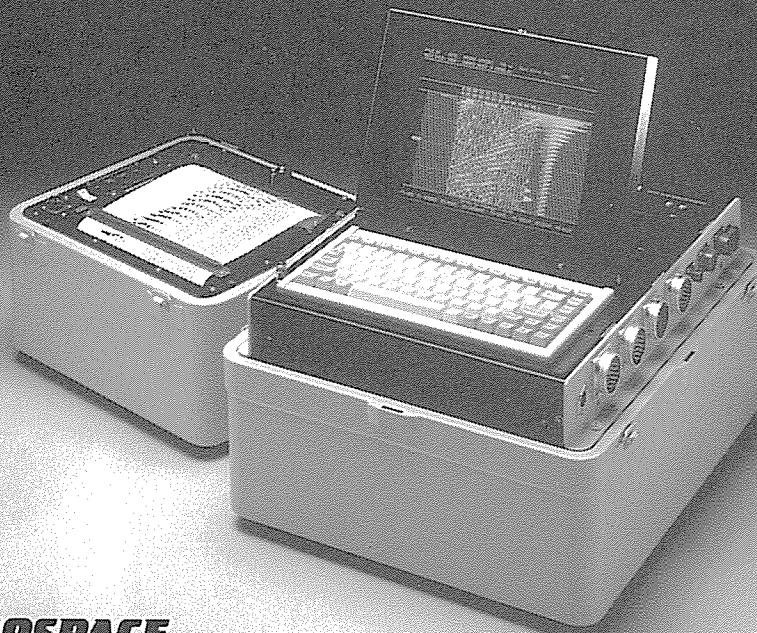
●コンパクトでB4サイズ送受信 ●子機プラス3台(別売) ●ホームテレホン ●32枚調査モード ●スーパーLCR&通話料金お知らせ ●プリントモード ●ハイグレード感熱ロール紙対応 ●ダイヤルメモ ●電子電話帳(10局)

シャープ株式会社 お問い合わせは…〒545 大阪市阿倍野区長池町22番22号 ☎(06)621-1221(大代表) ビジネス通信営業部

24ビット高性能サイズモグラフ DAS-1

DAS-1は土木・環境・資源探査など広い分野で利用できる高性能な多目的地震探査装置です。

シグマモデルタ方式24ビットA/D変換を採用し、高分解能で画期的なダイナミックレンジを達成しました。



OYO GEOSPACE

〈特長〉

- 各種振源(インパルス、バイブレーター等)が利用できます。
- 一般的DOSベースソフトウェアをシステム上で動かせることができます。
- 低ノイズ・広ダイナミックレンジです。
- 豊富なオプション

〈チャンネル数拡張、大容量データ収録用磁気テープ、内部メモリ拡張外部プロッタ選定など〉

DAS-1はOYO GEOSPACE社(米国)の製品です。

性能・仕様	DAS-1	従来の簡易型IFP
A/D分解能	24ビット	15ビット
ダイナミックレンジ	132dB	114dB
ダイナミックリリューション	114dB	84dB
入力換算ノイズ	0.1μV	0.5μV
総合歪率	0.005%	0.1%(標準値)
サンプルレート	31.25μs 4ms	50μs 2ms
最大ワード長	80,000サンプル	4,096サンプル
チャンネル数	24~144	24~120

* 仕様の比較は各メーカーより公表された数値を用いております。



応用地質株式会社

〈本社〉 平102 東京都千代田区九段北4-2-6 TEL(03)3234-0811 FAX(03)3263-6854
 〈研究所〉 ●計測技術研究所(048)882-5371 ●川本地盤工学研究所(03)3946-3206 ●探査工学研究所(048)882-5374 ●中国四国技術センター(082)921-1161
 〈事業本部〉 ●東京(03)3945-3111 ●関西(06)384-5105
 〈支社〉 ●札幌 ●東北 ●北陸 ●中部 ●中国 ●四国 ●九州 ●信越
 〈事業部〉 ●北関東
 〈支店〉 ●秋田 ●山形 ●福島 ●千葉 ●埼玉 ●水戸 ●新潟 ●長野 ●前橋 ●静岡 ●笠置 ●神戸 ●山口 ●岡山 ●高松 ●徳島 ●高知 ●長崎 ●熊本 ●鹿児島
 〈営業所〉 ●網走 ●帯広 ●函館 ●旭川 ●青森 ●盛岡 ●いわき ●羽田 ●宇都宮 ●川口 ●福井 ●富山 ●豊橋 ●浜松 ●岐阜 ●米原 ●三重 ●京都 ●和歌山 ●大阪 ●南大阪
 ●奈良 ●鳥取 ●島根 ●新居浜 ●大分 ●宮崎 ●沖縄

〈海外〉 ●アメリカ ●カナダ ●イギリス ●フランス ●スイス ●オランダ ●ロシア ●シンガポール ●マレーシア ●中国 RP-5395

現代の先端産業を支えていくマテリアルの数々。それらなくしては、わたしたちの生活は成り立ちません。けれども、どんなハイテク素材も、モトをたどれば、すべて地球が与えてくれたもの。地球の恵みから新しい価値を創り出す、それが三井金属の「マテリアルの知恵」です。

モトは、地球だ。



三井金属

三井金属鉱業株式会社
東京都中央区日本橋室町2-1-1
郵便番号 103
Telephone 03 3246-8080

講座

ジルコニウムとハフニウムの製錬の歴史 (V)*

森山 徐一郎**

Metallurgy of Zirconium and Hafnium (V)

—A Historical Review—

by Joichiro MORIYAMA

21. ジルコニウムとハフニウムの分離

21.1 概説^{25,26,118,119,122}

ジルコニウムの鉱石中には常に1~2%のハフニウムが含まれていることは既に述べた。これらの二つの元素の化学的な挙動は非常に類似しており、1923年、Costerらはジルコン砂中のその存在を物理的手段で確認している。それ故、当時はこれら元素の分離が工業的規模で行われる等、誰も考えていなかった。ただ、無機化学研究者の学問的興味の下にこの分離の実験は行われて来た¹²⁰。しかし乍ら、第2次大戦後、ジルコニウムの燃料被覆材としての開発が行われるに及び、熱中性子吸収断面積の大きいハフニウムの除去が工業的問題としてとり上げられるに到った。ジルコニウムとハフニウムは化学的に類似しているので分離は困難であり、特に原料中に1~2%に存在するハフニウムは原子炉材料用のジルコニウム中では100~150 ppmまで減少する必要がある。多くの方法が提示されたが、大別すると、分別沈澱法、分別結晶法、精溜法、イオン交換樹脂による方法、イオン交換液及び溶媒抽出による方法、化合物の熱力学的安定度の差による方法、吸着による方法等である。

1949年、Hudswell¹²¹は分離について次のように述べている。初期の纏った見解として引用する。(1)リン酸塩沈澱による方法は古くから知られている方法であるが、ゲラチン状の沈澱を生じ、濾過が困難であったが、粒状の沈澱が得られるようになり有効な方法となりつつある。(2)アムニウム複フッ化物、又はオキシ塩化物による分別結晶法により分離は可能であるが時間がかかる。(3)3 (Zr, Hf) Cl₄•2POCl₃による精溜分離は短時間で行

われる。(4)溶媒抽出法とイオン交換樹脂による方法は最も有望である。以上、初期の見透しのように、溶媒抽出法とイオン交換樹脂による方法がその後の分離技術の主流として研究された。

21.2 分別沈澱法^{122*}

歴史的な分離方法で1927年、de Boerの実験後、リン酸塩法がその中でも最も多く検討された^{123,124}。硫酸溶液にリン酸を加えるとZr, Hf, Tiのリン酸化合物が沈澱する。Al, Fe等は沈澱せず、Tiは過酸化水素の添加により液中に残る。Hfのリン酸塩はZrのリン酸塩より溶解度が少ない。この点を利用して分別沈澱による分離が行われるが、これらのリン酸沈澱はゲラチン状で濾過

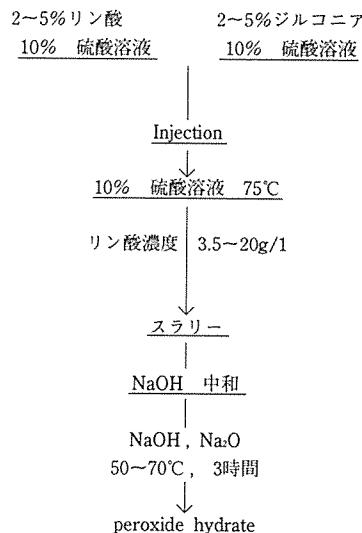


図79 分別沈澱法、(Larsenら、1943、Ohio State Univ.)

*平成6年4月18日受理

**京都大学名誉教授

*Fractional precipitation

が困難であり、さらに沈殿を再び水溶性の塩に変えることが、むづかしい等問題があった。1943年、Larsen ら¹²⁵⁾は容易に濾過出来る粒状の沈殿の作製及び再び水溶液にする方法を報告した。この方法では、10%硫酸溶液中に(1)同じく10%硫酸溶液中に2~5%のリン酸を含むもの、(2)10%硫酸溶液中に2~5%のZrO₂を硫酸ジルコニウムとして含むものを、75°Cで急速に攪拌しつつ添加する。最終の液は3.5~20 g/lのリン酸を含むように調整すると、密度の高い粒状の沈殿がえられる。この沈殿は沈降性もよく洗浄も容易であった。さらに Larsen らは不溶性リン酸塩を酸溶性の化合物に変えるため、リン酸塩を水でスラリーとし、これにカ性ソーダを加え中和し、0~10°Cに保つ。過酸化ソーダを含むカ性ソーダ溶液を次に加え、50~70°Cで3時間放置し過酸化物の沈殿をうる。これを硫酸にとかして再びリン酸塩の沈殿をうる。この操作をくり返し沈殿物中にHfを濃縮する。図80には、この分別沈殿法の段数と濃縮の関係を示す。13%から93%まで7回で濃縮される。この場合の収率はHfについて10%である。また59%から97.7%に4回で濃縮されており、この場合の収率は30%である。さらに、硫酸ジルコニル溶液にメチル又はエチル・リン酸を加え煮沸を続けると沈殿が出来る。濾過後、カ性ソーダ、過酸化ソーダで処理すると酸溶の水酸化物が得られる。この方法は Willard ら¹²⁶⁾により報告され、後にNBS*で検討された。藤原は¹²⁷⁾ジルコニウムのリ

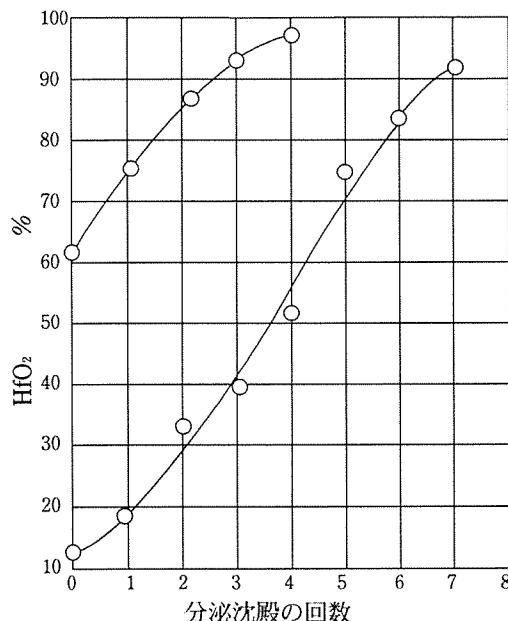


図80 分別沈殿法によるHfの濃縮 (Larsen ら, 1943)

ン酸塩をフッ化水素酸でとかし、カ性ソーダにより水酸化物の沈殿をうる。これを硫酸で処理すると、溶液中にジルコニウムは溶解し、残渣中にハフニウムが含まれると報告した。この他、フェロシアン化物の沈殿による分離、水酸化物沈殿、ヒ酸塩の沈殿による分離、ジルコニウム硫酸塩の過酸化物の生成による分離が報告されている²⁵⁾。

21.3 分別結晶法^{25,26,128,129,130)*}

水溶液中の分別結晶ではZr, Hfは陰イオンとして存在することが必要である。陽イオンでは加水分解が生じる。分別結晶法は古い時代から用いられており、特に分離係数が大きくなないが、化学技術者に親みやすい点が特徴である。複フッ化物、オキシハロゲン化物による分離に大別される。

複フッ化物の分別結晶ではHf塩は液中に濃縮される。ジルコニウムの複フッ化アンモンは水酸化物をフッ化アンモン中に溶解する。この際、容器の腐食の防止のためににはフッ化水素の濃度は低いことが望ましいが、濃度が低いときは加水分解を生じ、或いはまた、(NH₄)₃ZrF₇が生成する。表23には、Zr, Hfの複フッ化アンモンの溶解度を示している。(NH₄)₃MF₆が出来ると溶解度が等しくなり分離が困難となる。(NH₄)₂MF₆の沈殿をうるにはpHを2に維持する必要があり、このHF濃度では不銹鋼の腐食はかなり激しい。フッ化アンモン塩による分離は多く報告されているが、Brush Beryllium社²⁹⁾では0.01% Hfの試料を3~10回の分別結晶で0.001%以下まで精製している。

K₂Zr(Hf)F₆による分離もよく知られている。この場合もK₃ZrF₇の生成の問題がある*。Kaweki Chemical社ではこの塩により、10回の分別結晶により100 ppm以下のHfを含むZr塩を採取したと報告している²⁵⁾。

Sajan らは¹³⁰⁾、出発材料にZr(OH)₄を用いず、酸化物とフッケイ酸カリの混合物を650~700°Cでバイ焼して(図9)、粉碎後、希フッ化水素溶液で浸出し、上澄液を再結晶してK₂ZrF₆をうる。これを16~18回分別結晶を行い、0.01% HfのZr塩を得る。図81に分別結晶

表23 Zr, Hf複フッ化アンモンの溶解度 (20°C)

塩類	溶液	溶解度 モル/l
(NH ₄) ₂ ZrF ₆	0.125 N HF	0.06545
(NH ₄) ₂ HfF ₆		0.10080
(NH ₄) ₃ ZrF ₇	water	0.56
(NH ₄) ₃ HfF ₇		0.60

*Fractional Crystallization

*Zr(OH)₄+4HF+3KF=K₃ZrF₇+4H₂O

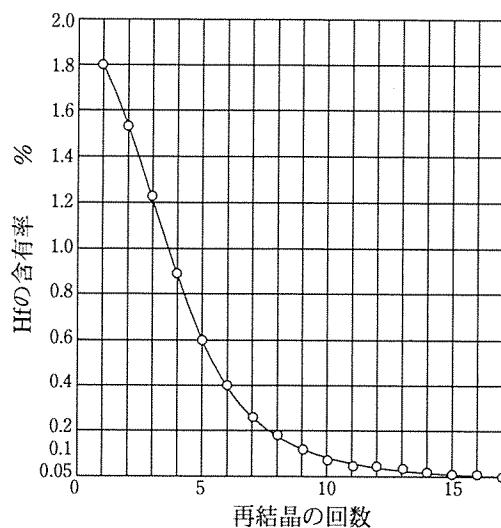


図 81 K_2ZrF_6 塩の分別結晶による Zr と Hf の分離
(Sajan, 1956)

の回数と分離の関係を示す。尚、 K_2ZrF_6 の溶解度は 100°C 250 g/l, 19°C で 16.3 g/l である。

オキシ・ハロゲン化物による分離 : $ZrOCl_2$, $HfOCl_2$ の溶解度の差による分離も行われた。濃い酸性溶液中では $H_2(ZrOCl_4)$ の化合物が生成すると de Boer らは述べている。Zr, Hf の塙基性塩化物の塩酸溶液中の溶解度は酸濃度の増加に従い増す。12 N 塩酸中で $ZrOCl_2$, $HfOCl_2$ の 20°C における溶解度は 0.310 モル/l, 0.090 モル/l と報告されている。オキシ塩化物による分離は Hf の濃縮に用いられ、この場合、Zr 及びその他の不純物は溶液中に残る。

21.4 精溜法^{25,26)}

$ZrCl_4$, $HfCl_4$ の蒸気圧の測定は Iowa 大学及び Kuhn らにより、1949 年に行われた。後に Flengas らにより追試されている¹³¹⁾。

$$\begin{aligned} HfCl_4 \log p &= -\frac{5170}{T} + 11.663 \text{ mmHg} \\ &= -\frac{5197}{T} + 11.712 \text{ Torr} \quad (\text{Flengas}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZrCl_4 \log p &= -\frac{5390}{T} + 11.741 \text{ mmHg} \\ &= -\frac{5400}{T} + 11.776 \text{ Torr} \quad (\text{Flengas}) \end{aligned}$$

$ZrCl_4$ と $HfCl_4$ の昇華点は 331° と 317°C* であり、融点は 437° と 434°C と報告されている。融点における蒸気圧は 14100 mmHg, 22400 mmHg であり、この温度で単蒸溜を行うと、1.70 の分離係数がえられる。

du Pont 社では¹³²⁾融点より高い温度での精溜を行つ

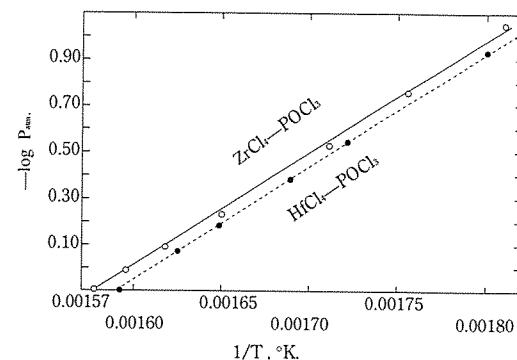


図 82 Zr と Hf のリン複塩化物の蒸気圧と温度の関係 (Gruen, Argonne National Lab. 1949)

表 24 アルコオキサイドの蒸気圧
(Wardlaw ら, London Univ. 1951)

	Zr 化合物の沸点 5 mmHg, °C	Hf 化合物の沸点 5 mmHg, °C
Tert-butoxide	89.2	87.6
Tert-amyl oxide	137.0	135.8

た。316 不銹鋼の内径 3 in, 高さ 26 ft の円筒に金属又は陶器の充填物を用い 440~465°C で精溜し、下部のスチールで 0.006% $HfCl_4$ を含む $ZrCl_4$ を得たと報告している。この場合は 30~60 atm の高圧になり、技術的な困難がある。

常圧における精溜法も行われた。 $2ZrCl_4 \cdot PCl_5$ の化合物は 1879 年に報告されており、van Arkel ら¹³³⁾はこの化合物により Zr と Hf の分離を 1924 年に行った。第 2 次世界大戦後、Gruen ら¹³⁴⁾はこれらの化合物について研究を行い、安定な化合物は $3Zr(Hf)Cl_4 \cdot 2POCl_3$ であり、その沸点は 360° 及び 355° と報告した。図 82 に Zr と Hf の複塩化物の蒸気圧と温度の関係を示す。

英国 AERE の Hudwell ら¹³⁵⁾は $Zr(Hf)O_2$ を PCl_5 により塩化し、 $3ZrCl_4 \cdot 2POCl_3$ の化合物を作製した。 $3Zr(Hf)O_2 + 6PCl_5 = 3Zr(Hf)Cl_4 \cdot 2POCl_3 + 4POCl_3$

この場合、残った PCl_5 (昇華点 160°C), $POCl_3$ (沸点 107°C) は蒸溜により除く。 ZrO_2 中 HfO_2 1.5% を含む複塩化物を高さ 60 in, 内径 3/4 in の充填塔で 1000 g 精溜し 0.075% の HfO_2 を含む化合物 400 g を採取した。それ故、4~5 回の精溜で 0.01% まで Hf を減少することが可能である。

ロンドン大学の Wardlaw らにより Zr 及び Hf のアルコオキサイドを精溜して分離する実験が行われた^{135,136)}。新しい化合物として興味をもたれたが蒸気圧の差が少なく分離係数が低い。表 24 にその一例を示す。

この他、カーボニル塩による分離も報告されてい

*Glassner による

る¹³⁷⁾。

21.5 吸着法による分離^{25,26)}シリカゲルカラム

Hansen らは¹³⁸⁻¹⁴⁰⁾ジルコニウムとハフニウムの四塩化物のメタノール溶液から、シリカゲルは Hf 化合物を優先的に吸着することを見出した。この場合、28~200 メッシュの活性化したシリカゲルを用い、メタノールは無水にし、四塩化物の濃度を 15~25% にする。これをシリカゲルカラムに 20 cm/h の流速で流すと Hf 分の低い Zr 溶液がえられる。一般に 100 分の 2 の Hf を含む Zr の処理では約 5 倍量のシリカゲルで吸着を行うと、実用出来るジルコニウムがえられる。この方法は塩化物を非水溶液系中で処理し分離する点が特徴である。

セルローズ・カラム¹³⁵⁾：英国で開発された方法で硝酸ジルコニル $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ 200 g から 70% の収率で Hf 0.01% を含む 51 g の Zr が得られたと報告された。実施例として、高さ 120 cm、径 6 cm の円筒中にエーテルとパルプ 230 g が充填され、その上に硝酸ジルコニル飽和溶液と 450 g のパルプを加える。100 cc の硝酸と 700 cc のエーテルにより 800 cc/h で 36 時間溶離する。この方法は分離係数が高く純粋なジルコニウムがえられるが、人手を必要とすることと、発火の危険のために工業的には用いられない。

21.6 イオン交換樹脂による分離^{25,26,118,119)}

陽イオン、陰イオン何れの型でもイオン交換樹脂による分離は可能である。1948 年 Street ら¹⁴¹⁾は陽イオン交換樹脂に吸着した Zirconyl 及び Hafnyl を 6 M 濃度の塩酸で溶離して Zr と Hf を分離した。ただ、この初期の実験は mg のオーダーであった。Newnham¹⁴²⁾ らは

表 25 Dowex 50 による分離
(Newnham, 1951)

フラクション	回収した HfO_2 %	HfO_2 含有率
1	42	99.9
2	18	90
3	10	75
4	10	52
5	10	34

表 26 Zr および Hf の溶離恒数
(Lister, AERE, 1951)

酸	N	E_{Zr}	E_{Hf}	$E_{Zr}/E_{Hf} = \bar{E}$
$HClO_4$	3	0.001	0.001	1.0
HCl	3	0.038	0.067	0.57
	6	0.39	0.52	0.76
HNO_3	3	0.038	0.038	1.0
H_2SO_4	0.8	0.064	0.013	4.8
	1.0	0.085	0.022	4.1
	1.2	0.181	0.069	2.7

の実験を拡大した。20% の HfO_2 を含む 2 g のジルコニアをオキシ塩化物とし、40 ml の Dowex 50 とスラリーにする。このスラリーを長さ 150 cm、径 3.5 cm の Dowex 50 のイオン交換塔の頂部に移し、6 M 濃度の塩酸により溶離を行った。フラクションによる Hf の分布を表 25 に示す。

以上 の方法では、Hf を先に溶離し Zr を残したが Lister¹⁴³⁾ は Zr を先に溶離する方法を試みた。そこで塩酸以外の酸を溶離液として陽イオン交換樹脂カラムで実験した結果、表 26 に示す溶離恒数*が実測された。すなわち硫酸溶液を用いると塩酸溶液と溶離の順序が逆になり、また分離もより顕著であることが認められた。先の Street の方法は過塩素酸の溶液中で吸着させた樹脂をカラムの上部に置き、クロマトグラフのように分離を行ったが、Lister は “Breakthrough” 法を提案した。長さ 120 cm、径 2.5 cm の円筒中に 350 g の樹脂をいれ、硝酸ジルコニル 2.5 g を 1 l の $N \cdot H_2SO_4$ にとかした溶液を 200 ml/h の割合で流す。図 83 により実験条件を整えると Zr と Hf の分離を行うことが出来る。この方法は操作が簡単で、Zr が先に流出する点が工業的に有利である。

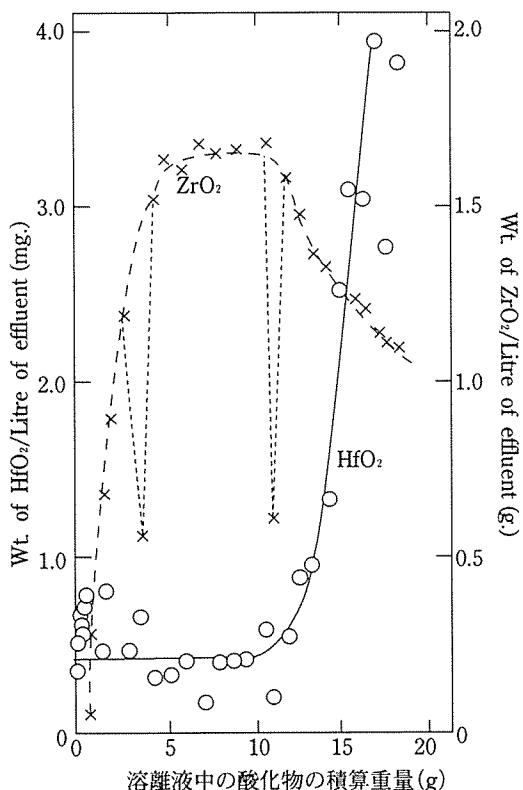


図 83 Breakthrough 法 (Lister, 1951)

* $E = dA/V \quad A \text{ cm}^2$ のカラムの断面を $V \text{ ml}$ の溶離液が流れたとき、吸着帯の移動距離を $d \text{ cm}$ とする。

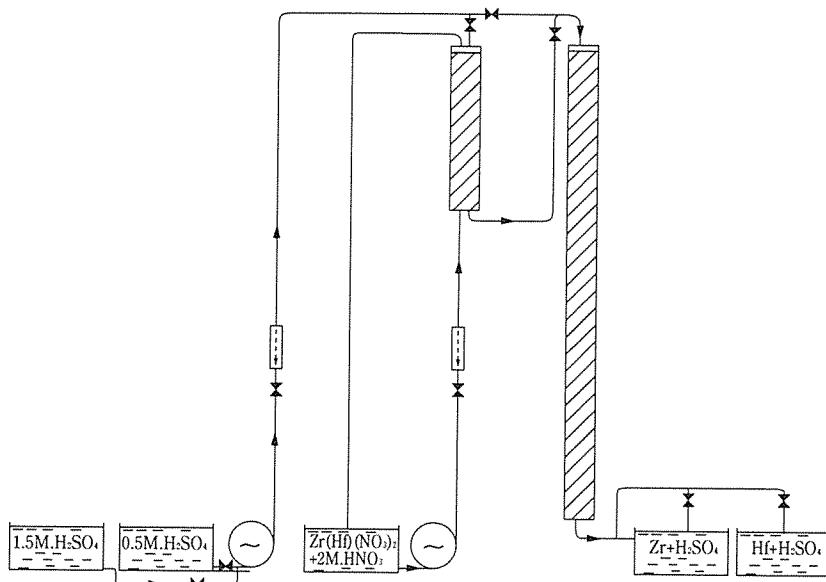


図 84 AERE におけるイオン交換法による Zr と Hf の分離 (Hudswell, 1956)

ある。Lister, MacDonald¹³⁵⁾はさらに、Zr と Hf 塩を ZK 225 交換樹脂カラムの頂部に吸着させる。これを 0.5 M の硫酸で溶離すると Zr が先に移動しカラムが十分長いときは 95~98% の Zr (0.01% Hf) が回収される。Hudswell はさらに大型の実験を行った(図 84)。補助塔に 13.3 kg, 主塔に 21.3 kg の樹脂が充填される。硝酸ジルコニルの硝酸溶液が補助塔に流入される。一方、主塔は 0.5 M 硫酸で H 型とし補助塔とつなぎ 0.5 M の硫酸で溶離する。溶出液の Hf 含有量が限界に達すると、溶離液を 1.5 M の硫酸溶液にかえ、Hf 分を採取する。この操作で Zr の 93% が 0.035% Hf の品位で、また 98.5% の純度の Hf がえられる。溶離速度は 0.05 g/h·cm² で違う。

この他、陽イオン交換樹脂を用いる方法として Benedict ら¹⁴⁴⁾は Dowex 50 に捕捉された Zr, Hf を 0.91 M クエン酸, 0.045 M 硝酸で溶離を行った。

Zr, Hf は安定な複フッ化物イオンを形成するので、陰イオン交換樹脂による分離も報告されている。Kraus ら¹⁴⁵⁾は Dowex 1 に吸着した陰イオンを 0.5 M フッ酸, 1.0 M の塩酸の混合液で溶離した。Huffman ら¹⁴⁶⁾は IRA 400 にフッ酸溶液から吸着を行い、塩酸で溶離した。また、Huffman ら¹⁴⁷⁾は濃塩酸溶液中の複塩化物による分離についても報告している。

21.7 溶媒抽出による分離^{25,26,148,149)}

核燃料の再処理等で多く用いられるこの方法は、当然 Zr と Hf の分離研究においても古くから検討され、今日の工業的規模での分離法の主流となっている。Fischer ら^{150,151)}は Zr と Hf の分離について、これらのチオシアノ酸塩溶液からエーテルにより Hf 分が優先的に抽出さ

れることを発見した。これは米国 AEC による MIBK による抽出実験の基礎であった。Fischer らはこの方法により、0.5% の HfO₂ を含む ZrO₂ から 70~90% HfO₂ を含む混合酸化物を採取した。歴史的な実験であるのでその一例を示すと、約 5 g の硫酸ジルコニル(含 Hf)を 100 mL の水、40 g のチオシアノ酸アンモニウム、5 g の硫酸アンモニウムに溶解する。分液漏斗で 600 mL のエーテルチオシアノ酸溶液と振盪する。(60 g のチオシアノ酸アンモニウムを 200 mL の硫酸にとかし 600 mL のエーテルと振盪し分液したもの) 0.75% Hf の原料から、3 分間の抽出により水溶相の酸化物には 0.35%，エーテル相の酸化物中には 5% の Hf を含むことが認められた。

β -ジケトンによる分離も報告されている。Huffman ら¹⁵²⁾は TTA* により 2 M の過塩素酸溶液中の Zr, Hf の抽出を検討した。TTA は Zr, Hf とキレート化合物をつくりベンゼン等の有機溶剤にとける。0.2 M TTA ベンゼン溶液での抽出により、20 : 1 Hf を含む Zr 溶液から 0.4% Zr を含む Hf を 50% の収率で得た。この分離では Zr, Hf は希土類、Al, Fe からも分離出来る¹⁵³⁾。Schultz らは¹⁵⁴⁾ Zr, Hf の 0.07 N 塩酸溶液からトリフルオロアセチルアセトン* 0.075 M ベンゼン溶液を用いた。この場合 Zr が優先的にベンゼン相中にとける。この他、リン酸モノ及びジアルキルにより Zr, Hf は容易に抽出せられる。D2EHPA により Zr, Hf の硫酸溶液から Hf を、また塩酸溶液から Zr をそれぞれ選択的に抽出できる。

さきの、 β -ジケトン及び D2EHPA による方法は平衡

* Thenoyltrifluoroacetone, Trifluoroacetylacetone

表 27 MIBK-チオシアノ酸系
(Overholser, 1949)

水溶液相	5 mL	有機相	30 mL
ZrOCl ₂ ·8H ₂ O	0.2 M	Hexone-HCNS	1 M
NH ₄ CNS	2.6—5.2 M		
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.18—1.52 M		
30°C		抽出時間	3 分

表 28 錯化剤と塩析剤の抽出率に及ぼす影響
(Overholser, 1949)

NH ₄ CNS M	(NH ₄) ₂ SO ₄ M	抽出率 % Hf	抽出率 % Zr	分離 係数
1.3	0.18	77	16	18
2.6	0.18	90	35	17
2.6	0.18	90	22	—
2.6	0.73	84	12	38
3.9	0.73	91	21	38
5.2	0.73	97	37	54
5.2	1.14	94	23	52
5.2	1.52	86	12	45

に達する時間が長く、この点により工業化がされ難いといわれる。

現在、Zr と Hf の分離の主流となる方法は、チオシアノ酸 Zr, Hf を含む水溶液から、ヘキソン、チオシアノ酸混合溶媒により、チオシアノ酸ハフニルがジルコニウムの錯塩より優先的に抽出される、(1)チオシアノ酸法と(2)TBP 法 (3)アミンによる抽出法である。

チオシアノ酸法⁴⁸⁾: Fisher の実験が基であるが、工業化については、Oak Ridge の Carbide and Carbon Chemical 社の Y-12 工場で 1949 年 5 月から数年間にわたる大規模の実験により開発せられた。

Overholser^{155,157)}, Leaders ら¹⁵⁶⁾はチオシアノ酸-エーテル系について追試し、di-ethyl ether は引火の危険があるため、他の有機溶媒についても検討を加えた結果、水に溶解度の少ない、極性の高い溶媒により、Hf のチオシアノ酸塩が Zr 塩より優先的に抽出されることを見出した。この中には、カルボキシル酸およびリン酸のエステル、ケトン類、アルコール類、長鎖状アミン等があるが、ヘキソン (MIBK) が粘性と密度が低く、安定なチオシアノ酸溶液をつくり、Zr と Hf について高い分離係数*を示し、安価で、エーテル程引火の危険のないこ

表 29 塩析剤の濃度および容量比の変化と抽出率の関係 (Overholser, 1949)

抽出条件	水溶液相 有機相	1.5M HCl, 5.2M NH ₄ CNS, 5.0 mL Hexone-HCNS 1 M.
Zr 濃度 M	添加量 (NH ₄) ₂ SO ₄ g/5 mL	容量比 (有機相 / 水溶液相)
0.2	0.48	1
0.2	0.48	3
0.2	0.48	6
0.4	0.48	6
0.4	0.75	95
0.4	1.0	96
0.4	0.75	3

とから、工業的標準溶媒として採用された。

MIBK-チオシアノ酸系について、Overholser¹⁵⁷⁾, Leaders¹⁵⁸⁾, Grimes¹⁵⁹⁾, Barton ら¹⁶⁰⁾は表 27 の抽出条件を選び錯化剤および塩析剤の添加量が Zr と Hf の抽出率、分離におよぼす影響について検討を加えた。硫酸塩およびロダン塩の濃度が増すと一般に抽出率は増加する。両者の適当な濃度範囲を選ぶと有効な分離が可能になる。一例を表 28 に示す。

水溶液相中の酸度は塩酸 1~2 N で十分な分離効果がえられる。水溶液と溶媒の容量比が変化しても分離係数に余り大きな影響を与えない。また、溶媒中のチオシアノ酸の濃度も 1~2 M の間では著しい差を示さない。しかし水溶液相中のチオシアノ酸塩の濃度は Zr および Hf の抽出率にかなり影響を与える。図 85 は、HCl 2 M, 塩析剤 (NH₄)₂SO₄ 0.75 M の濃度でチオシアノ酸塩の添加量を変化した実験結果である。チオシアノ酸塩の添加量に比例して抽出率は増すが、分離係数にはそれほど影響を与えない。抽出を行う場合、水溶液相の金属塩の濃度を高くし、且つ、溶媒の使用量を少くすることは経済的に望ましい。表 29 に更に高い金属塩濃度を用い、低い容量比の溶媒を用いた例を示す。

塩析剤として食塩を添加しても抽出率は増加すると報告されている。さらに表 30 に実験室実験結果を示す。

以上の結果から良好な抽出率と分離係数をうるために次の条件が選ばれる。

Zr 0.4 M, NH₄CNS 5.2 M, (NH₄)₂SO₄ 1.5 M,
HCl 2 M; 5 mL
HCNS-Hexone 2 M; 30 mL

HCNS の分解: パイロットプラントの操業のための向流抽出実験で、HCNS の分解による沈殿の生成がある。この沈殿は isodithiocyanic acid H₂C₂N₂S₂,

*分配比 distribution factor:

D = 有機相中の全濃度 / 水相中の全濃度

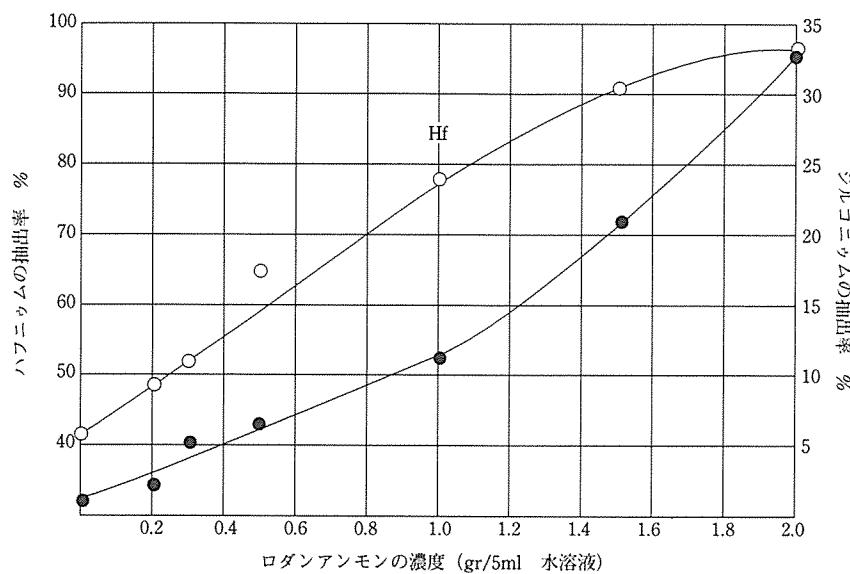
D_{Zr} = (Zr)₀ / (Zr)_a, D_{Hf} = (Hf)₀ / (Hf)_a

分離係数 separation factor S = D_{Hf} / D_{Zr}

抽出百分率 %E = 100 D / {D + (V_a / V₀)}

V_a / V₀ は水相と溶媒相の容積比

* ZrOCl₂ → ZrO (CNS)₂; HfOCl₂ → HfO (CNS)₂



抽出条件 0.2M Zr, 2M HCl, 0.75M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 5ml; 2M HCNS, Hexone, 30ml;

図 85 抽出率におよぼす錯化剤の影響 (Overholser et al. Y-12 Plant, 1949)

表 30 1.5 M HCl 酸性溶液による抽出例
(Y-12 Report, 1949)

Zr 濃度 (M)	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6
NH_4CNS (g/5 ml)	2	2	2	2	2	2	2	2
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (g/5 ml)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.75	1.0	0.75	1.0
容積比 溶媒/水溶液	1.0	3.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0
抽出率 (%)	Hf	78	95	96	95	96	95	93
	Zf	7	24	33	42	29	21	16
分配比	Hf	3.5	19.0	24.0	19.0	24.0	19.0	13.3
	Zf	0.075	0.32	0.49	0.92	0.41	0.27	0.19
分離効率		46	60	49	27	58	71	70

表 31 多段抽出例
(Grimes, 1950)

段数	Hf 抽出率 (%)		Zr 抽出率 (%)	
	各段	計	各段	計
1	90	15		
2	89	98.8	12	24
3	91	99.9	9	30
4	100	100	7	35
5		6	39	
6		5	42	

抽出条件 : Zr 0.4 M, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1.5 M, NH_4CNS 5.2 M, HCl 2 M; 5 ml HCNS-Hexone 3 M; 30 ml

表 32 水溶液相中の Zr の分析 (ppm)
アンモニアとサリチル酸による沈澱
(Grimes, 1950)

	Ammonia Hydroxide	Salicylic Acid (ppm)
Al	200-1000	25
B	3-40	1
Ca	350-2000	25
Fe	1000-2000	25
P	200-1100	200
Si	100-1000	50-500
Ti	4-25	25
Mg	200-1000	25

表 33 逆抽出の例
(Barton, 1950)

水溶液相	容積比	逆抽出率(%)		分配比		分離係数
		Hf	Zr	Hf	Zr	
H ₂ O	6 : 1	59	91	4.2	0.6	7.0
1 M HCl	〃	61	91	3.8	0.6	6.3
1 M HCl + 1 M NH ₄ CNS	〃	49	62	6.2	1.3	4.8

organic phase: Hexone-HCNS 2.2 M, 16.8 g (Zr, Hf) O₂/ℓ

isoperthiocyanic acid H₂C₂N₂S₃で、前者は isothiocyanic acid の重合により、後者は 3HCNS → H₂C₂N₂S₃+HCN の反応によるといわれる。HCNS はアルカリまたは中性溶液では比較的安定であるが、CNS⁻濃度と H⁺濃度が増すと分解が進む。生成物は活性炭処理により除去することが出来る。また、ヘキソン中の HCNS の安定性を増すために 20% 酢酸ブチルをヘキソンに加えると良好な結果がえられている。

Hf の除去^{159,161,162)}: Grimes らの実験によると上記の抽出条件で Hf および Zr の抽出率がそれぞれ 90, 15%, 分離係数は 51 となる。Hf を除去するため、この条件で多段抽出を行った結果を表 31 に示す。4 段で Hf はほぼ 100% 抽出され、同時に 35% の Zr が抽出される。しかし乍ら、塩化アンモンの添加により抽出率および分離係数は増大するが、ZrO⁺⁺, SO₄²⁻ の濃度の増大について、水溶液は硫酸複塩の安定性が増し、抽出後の溶液からのジルコニウムの沈殿は NH₄OH, NaOH により可能となり、0.25 M のジルコニウム溶液では長時間保存する際は塩基性硫酸塩を析出する傾向を示す。工業的にはジルコニウムの濃度を大きくすることが望ましいが、硫酸アンモンの濃度を低くするか、あるいは含まない水溶液を用いねばならない。その結果、抽出率及び分離効率ともに下降し抽出段数を多くする必要がある。

Hf を除去した Zr の酸性溶液に NH₄OH を加えた沈殿には表 32 に示すように多くの不純物が含まれる。この不純物を除くために種々の沈殿剤の使用が検討された^{159,163)}。サリチル酸、シュウ酸、グリコール酸、フタル酸が沈殿剤として実験されたが、製品の純度、沈殿物の濾過性、経済性よりサリチル酸、フタル酸が実用化された(表 32)。サリチル酸、フタル酸ジルコニウムはアンモニアで処理してアンモニア塩として再生出来る。さらにより経済性の高い塩基性硫酸塩による精製も報告せられている¹⁶⁴⁾。

逆抽出工程 (Stripping)¹⁶⁰⁾: 抽出工程では Hf の 99% 以上、Zr の約 30% が有機相中に移行する。この有機相中から Zr を回収することは経済的に重要であり、また、高純度の Hf の採取も工業的に望ましい。20% H₂SO₄ 溶液で溶媒相を洗浄すると Zr 及び Hf は同時に

表 34 逆抽出における硫酸イオン影響
(Barton, 1950)

(NH ₄) ₂ SO ₄ M	NH ₄ CNS M	逆抽出率(%)		分離係数
		Hf	Zr	
0.1	0.1	17	73	13
1.0	2.0	61	94	10
2.0	2.0	77	99	35

org./aq.=1:1, 1.6 g (Zr, Hf) O₂/ℓ, Hf=14%

水溶液相に移行する。溶媒相より Zr が逆抽出され、Hf が溶媒相に濃縮されれば都合がいい。Y-12 工場で Barton らは逆抽出について実験を行った。H₂O, HCl で洗浄すると Zr がより選択的に水相に移行する。これにロダン塩を加えると分離係数は変化しないが、逆抽出率は減少の傾向を示す(表 33)。さらにロダン塩の濃度を増し硫酸を添加すると分離係数は著しく改善される(表 34)。実験結果から逆抽出を行った後の溶媒中には Hf 分 78% の金属塩を含有することになり、数段の逆抽出工程により Zr を含まない純粋な Hf をうることが可能である。ただ、工業的規模では水溶液相は抽出塔に還流するための問題があり、塩酸溶液により逆抽出が行われる。

洗浄工程(Scrubbing), ロダン塩の回収, ヘキソンの循環: Hf を含む溶媒は 5 N の H₂SO₄ で洗浄し Hf を除いた後、一部は抽出塔に循環し、一部は NH₄OH で中和し純ヘキソンとロダンアンモニウム水溶液に分ける。Hf を含む水溶液を中和して Hf の水酸化物の沈殿を得、これを塩酸に溶解し、Hexone, 2 M HCNS で抽出し、0.3 M H₂SO₄ 水溶液にて逆抽出を行い、収率 94% で Zr 含有率 200 ppm 以下の純 Hf を採取する。一方 Hf を除いた Zr の塩酸水溶液を Hexone で洗い HCNS を抽出しこの Hexone-HCNS 溶媒は抽出塔に送る。水溶液にフタル酸アンモニウムを加え、Zr のフタル酸塩の沈殿をえ、さらにアンモニアで処理して Zr(OH)₄ とし、フタル酸アンモニウムを回収する。

1950 年には、米国は数千 kg の原子炉用ジルコニウムを必要とした。そこで工業生産に関する諸元を知るために mixer settler による実験が行われた¹⁶⁵⁾。この結果から、原液中の Zr の濃度は 1.25 M まで上昇出来、逆抽出

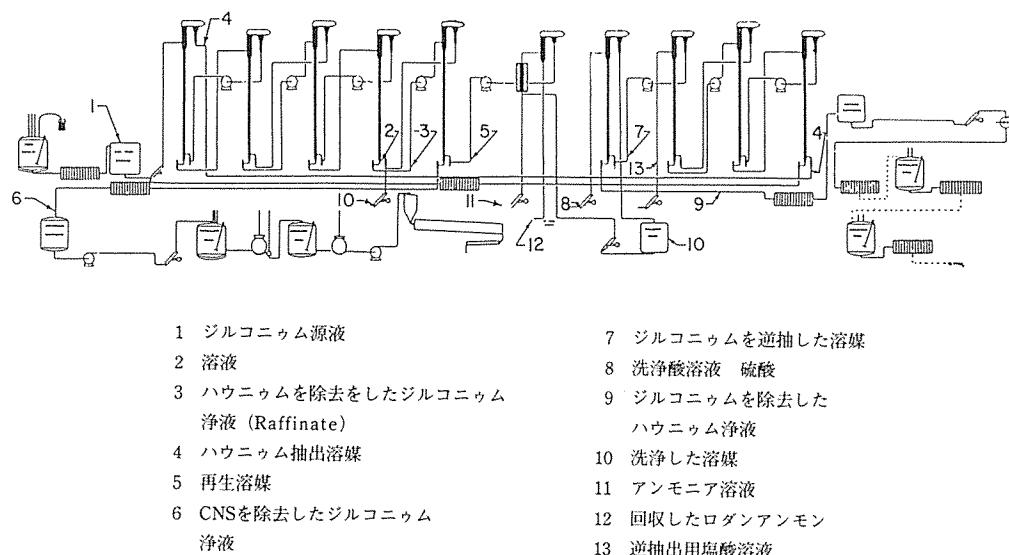


図 86 Y-12 工場の分離工程 (Shelton ら, 1956)

には 2 M の塩酸溶液が用いられ、溶媒から高純度の Hf も回収出来る。次に 200 kg/日 の spray tower plant が設計された。この場合、硫酸を含まない Zr 濃度の高い抽出系で行う。分離係数の低下は段数を増して補う。図 86 に Y-12 工場の工程を示す^{166-169,48)}。

2~3% Hf を含む $ZrCl_4$ を水に溶解し、塩酸 1 M/l, NH_4CNS 2.6 M/l, Zr 1 M/l に調整して (1) に貯蔵する。水溶液は抽出塔の上部から、HCNS を含んだ溶媒は下部から流入する。Hf を除去した水溶液 (3) は溶媒で洗いロダン塩を除く。Hf と一部 Zr を含む抽出塔からの溶媒 (4) は逆抽出塔で塩酸溶液と向流式に接触させる。主として Zr を含む塩酸溶液は原液の貯槽に送り、Hf を含む溶媒相は硫酸溶液で洗浄し金属分を除き、一部はアンモニアで処理しチオシアノ・アンモニウムを回収する。抽出塔からの浄液は 0.1 M/l に希釈し、pH 1.2~1.6、温度 80°C 付近でフタル酸アンモン、または濃硫酸を加え、フタル酸ジルコニウムまたは塩基性硫酸ジルコニウムの沈殿を得、アンモニアで処理して水酸物とし 700°C で焼成する。

リン酸トリブチル*-硝酸塩系^{128,135,170)}: 錯形成剤と溶媒を混合して用いる例で原子力工業等でもよく用いられている。(U と Pu の分離) Zr と Hf の TBP による分離は英国、フランスで実験が進められ、その後米国の研究も報告されている¹⁷¹⁾。TBP-硝酸系では装置の腐食も少なく、抽出された Zr 中の不純物も少ないので、アンモニアによる沈殿も可能であり、分離係数は硫酸を含まないチオシアノ酸ヘキソノン系とほぼ等しい。TBP は比重が 1 に近く、粘性が高いのでキシレン等で希釈して用

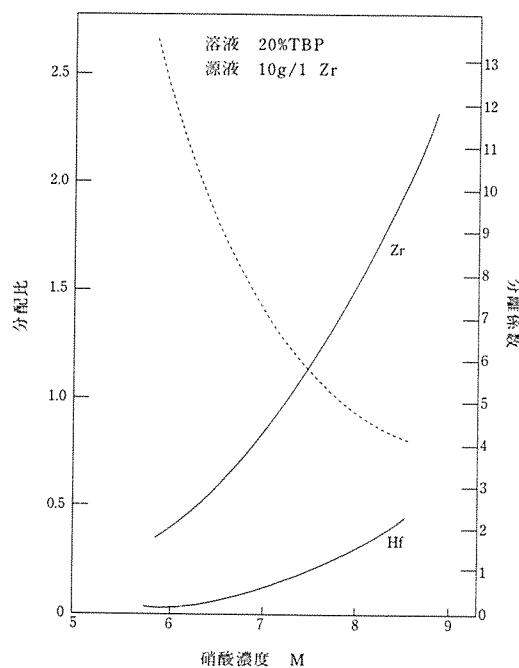
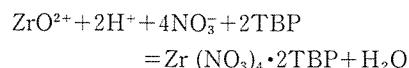


図 87 硝酸濃度の影響 (Hudswell, 1956)

いる。

TBP は遊離硝酸を含む硝酸ジルコニウムに対して次のように反応する。



質量作用の法則から平衡定数は

$$K = G \frac{[Zr(NO_3)_4 \cdot 2TBP]}{[ZrO^{2+}] [H^+]^2 [NO_3^-]^4 [TBP]^2}$$

それ故、分配比は

*TBP Tributyl Phosphate

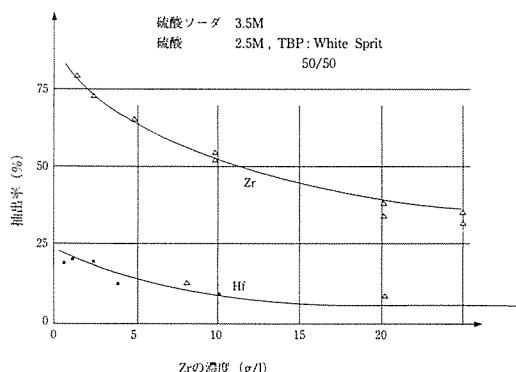


図 88 Zr 濃度の影響 (Hure ら, CEA, 1954)

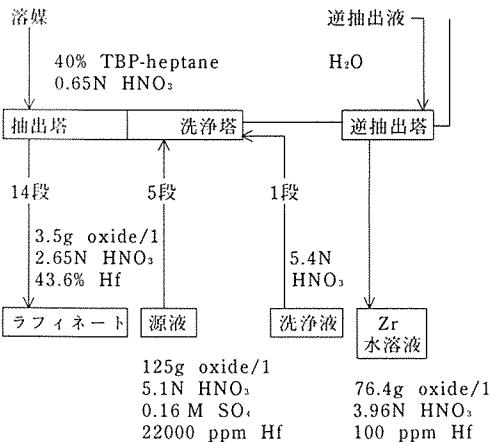


図 89 TBP による抽出例 (Cox ら, Missouri 大, 1958)

$$D_{2r} = \frac{[\text{Zr}(\text{NO}_3)_4 \cdot 2\text{TBP}]}{[\text{ZrO}^{2+}]} \\ = \frac{K}{G} [\text{H}^+]^2 [\text{NO}_3^-]^4 [\text{TBP}]^2$$

となり、酸濃度、硝酸イオン濃度、Zr 濃度、TBP 濃度に影響される。硝酸濃度が増加すると分配比は増すが分離係数は下降する(図 87)。また、原液中の金属が増加すると抽出率は減少する(図 88)。Cox ら¹⁷²⁾による抽出例を図 89 に示す。2% の Hf を含む硝酸塩溶液は抽出塔で TBP 溶媒と向流する。段数は 14 段で 4 段までは溶媒の洗浄に用いられる。Zr は溶媒中に移行し、逆抽出塔で水と接触して 100 ppm Hf を含む水溶液として回収される。原料中の不純物は洗浄工程でラフィネートに移行し逆抽出でえられた Zr 化合物中の不純物は少ない。

アミンによる抽出分離^{148, 173, 174)}：抽出の機構がイオン交換樹脂に似ているので液体イオン交換体ともいわれる。1950 年、Oak Ridge National Laboratory において放射性物質の分離を目的として各種アミンについて検討され、塩酸(硫酸)系に対し、tri-n-benzylamine と methyl-di-n-octylamine が有望であると報告された。

表 35 5% Methyl-di-n-octylamine による Zr の抽出の際の HCl 濃度の影響 (Moore, Oak Ridge National Lab., 1957)

HCl 濃度, M	抽出率 %
6	1.2
8	17.2
9	79.2
12	99.5

Zr-95 による実験

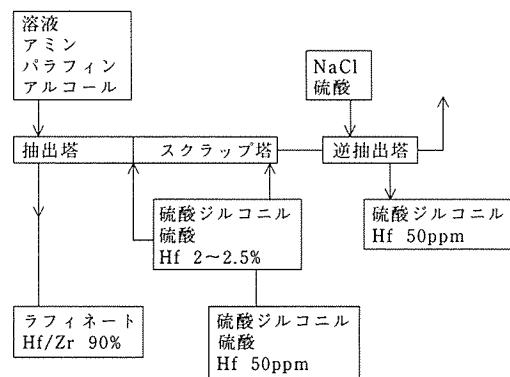
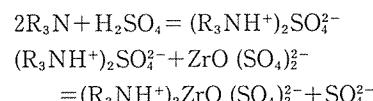


図 90 日本鉱業におけるジルコニウムとハフニウムの分離 (小窪, 1981)

表 35 に塩酸系のアミン抽出における塩酸濃度の影響を示す。⁹⁵Zr による実験である。Hf も同様な抽出率の傾向を示すが、酸濃度の調節により分離が可能となる。

日本鉱業中央研究所の小窪は硫酸ジルコニル水溶液から tri-n-octylamine のパラフィンとアルコール溶液により抽出分離を行った。この場合、Zr が優先的に移行する。



Hf とほとんどの不純物が水溶液中に残る。抽出後のアミン溶液中に尚 Hf が含まれるので、Hf を含まない硫酸ジルコニル水溶液で洗浄して Hf を水溶液相に移す。その後、溶媒から硫酸水溶液で逆抽出を行うと、Hf 50 ppm 以下を含む硫酸ジルコニルの水溶液がえられる。この溶液中には不純物が含まれないので NH₄OH で中和し、洗浄、濾過、乾燥、焙焼を行い、原子炉級の ZrO₂ とする。図 90 に工程図を示す。

文 献

- 118) 北里資郎, 坂野 武: 純金属の製造法, 新しい化学, VIII, 半導体と純金属, 共立出版, 昭和 38 年 (1963).
- 119) 南房 豊, 藤原鎮男: ジルコニウムとハフニウム

- の分離、実験化学講座、10、希有金属の製造、丸善、昭和32年(1957)。
- 120) E. B. Maxted: Modern Advance in Inorganic Chemistry, Oxford Press (1947).
- 121) F. Hudswell: Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Berkshire, England, Rep. C/R 381 (1949).
- 122) W. R. Schoeller, A. R. Powell: Analysis of Minerals and Ores of the Rarer Elements, Charles Griffing & Co., London (1955).
- 123) J. H. deBoer: Z. anorg. allgem. Chem., 165, 16 (1927).
- 124) W. Prandtl, G. Mayer, L. Buttner: Z. anorg. allgem. Chem., 230, 419 (1937).
- 125) E. M. Larsen, W. C. Fernelius, L. L. Quill: Ind. Eng. Chem., 15, 512 (1943).
- 126) H. H. Willard, H. Freund: Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., 18, 195 (1946).
- 127) 藤原鎮男: 日本化学雑誌, 70, 132 (1949).
- 128) J. M. Googin: Progress in Nuclear Energy, Series III, 2, 194, Pergamon Press London (1956).
- 129) J. M. Beaver: AEC Report, BBC, 54 (1950).
- 130) N. P. Sajan, E. A. Pepelyaeva: Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of the Atomic Energy, 8/P 634 (1956). 文献36)と同じ
- 131) D. A. Asvestas, P. Pint, S. N. Flengas: Can. J. Chem., 55, 1154 (1977).
- 132) M. L. Bromberg: E. I. du Pont de Nemours and Co., U. S. Patent, 2, 852, 446 (1958).
- 133) A. E. van Arkel, J. H. de Boer: Z. anorg. Chem., 141, 289 (1924).
- 134) D. M. Gruen and J. J. Katz: J. Amer. Chem. Soc., 71, 3843 (1949).
- 135) F. Hudswell and J. M. Hutcheon: Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of the Atomic Energy, 8/P 409 (1956).
- 136) D. C. Bradley, W. Wardlaw: J. Chem. Soc., 280 (1951).
- 137) 中沢元一: 原子力と金属, 7 (1960).
- 138) R. S. Hansen, K. Gunnar: J. Amer. Chem. Soc., 71, 4158 (1949).
- 139) R. S. Hansen, K. Gunnar, A. Jacobs: C. R. Simmons: J. Amer. Chem. Soc., 72, 5043 (1950).
- 140) G. H. Beyer, A. Jacobs: R. D. Masteller: J. Amer. Chem. Soc., 74, 825 (1952).
- 141) K. Street, G. T. Seaborg: J. Amer. Chem. Soc., 70, 4268 (1948).
- 142) E. Newnham: J. Amer. Chem. Soc., 73, 5899 (1959).
- 143) B. A. J. Lister: J. Chem. Soc., 3123 (1951).
- 144) J. T. Benedict, W. C. Schumb, C. D. Coryell: J. Amer. Chem. Soc., 76, 2036 (1954).
- 145) K. A. Kraus, G. E. Moore: J. Amer. Chem. Soc., 70, 4268 (1948).
- 146) E. H. Huffman, R. C. Lilly: J. Amer. Chem. Soc., 71, 4147 (1949).
- 147) E. H. Huffman, G. M. Iddings, R. C. Lilly: J. Amer. Chem. Soc., 73, 4474 (1951).
- 148) 伊藤卓爾, 星野芳夫: 原子力工業, 7, 41 (1961).
- 149) 園 欣弥, 堀 一彦: 化学と工業, 10, 159 (1957).
- 150) W. Fischer, W. Chalybaeus, M. Zumbusch: Z. anorg. Chem., 255, 79 (1947).
- 151) W. Fischer, W. Chalybaeus: Z. anorg. Chem., 255, 277 (1948).
- 152) E. H. Huffman, L. J. Beaufait: J. Amer. Chem. Soc., 71, 3179 (1949).
- 153) F. L. Moore: Anal. Chem., 28, 997 (1956).
- 154) B. G. Schultz, E. M. Laresen: J. Amer. Chem. Soc., 72, 3610 (1950).
- 155) L. G. Overholser, C. J. Balton, W. R. Grimes: Separation of Hafnium from Zirconium By Extraction of Thiocyanate Complexes. US AEC-Report Y-431, Carbide and Carbon Chemical Corp. (1949).
- 156) W. M. Leaders: Summary of Progress on the Separation of Zirconium and Hafnium. US AEC-Report Y-499, (1949).
- 157) L. G. Overholser, C. J. Barton, W. R. Grimes: Separation of Hafnium from Zirconium by Extraction of Thiocyanate Complexes, Part II Chemical Studies. US AEC-Report Y-477, (1949).
- 158) W. M. Leaders, L. P. Twichell, J. W. Ramsey, F. B. Waldrop, P. B. Petretzky, R. D. Williams: Preparation of Pure Zirconium Oxide. Progress Report. US AEC*-Report Y-599, (1950).

- 159) W. R. Grimes, C. J. Barton, L. G. Overholser, J. P. Blakely, J. D. Redman: Preparation of pure zirconium oxide, US AEC-Report Y-560 (1950).
- 160) C. J. Barton, L. G. Overholser, W. R. Grimes: Preferential extraction of zirconium and hafnium tetracyanate, Preparation of pure hafnium, US AEC-Report, Y-611 (1950).
- 161) 大塚毅矣: Zr, Hf の分離, 新金属に関するシンポジウム溶媒抽出法の製錬への応用, 日本鉱業会, 昭和37年。
- 162) N. Benedict, T. H. Pigford: Nuclear Chemical Engineering, McGraw Hill Co., 1957.
- 163) 大塚毅矣: 軽金属, 11, 66 (1961).
- 164) R. H. Nielsen, R. L. Govro: U. S. Bureau of Mines, RI 5214.
- 165) F. B., W. T., Ward. W. M. Leaders: Zirconium Hafnium Separation; Mixer-Settler Studies, Y-612, (1950).
- 166) F. A. Knox: Corrosion Studies for the chemical Processing Plant, Y-589, (1950).
- 167) J. M. Googin, G. A. Strasser: Separation of Zirconium and Hafnium-Proposal for Construction and Operation of Zirconium Production Plant, Y-573 (1950).
- 168) J. W. Ramsey, W. K. Whitson: Production of Zirconium at Y-12, Y-817 (1951).
- 169) J. W. Ramsey, W. K. Whitson: Supplementary Information on Production of Zirconium at Y-12, Y-824 (1951).
- 170) J. Hure, R. Saint-James: Proceedings of the International Congresses on the Peaceful Uses of the Atomic Energy, 8/P 347 (1956).
- 171) H. C. Peterson, G. H. Beyer: AEC Report, ISC-416 (1951).
- 172) R. P. Cox, H. C. Peterson, C. H. Beyer: Ind. Eng. Chem., 50, 141 (1958).
- 173) 小窪勇平: 日本鉱業会誌, 97, 1122 (1981).
- 174) F. L. Moore: Anal. Chem., 29, 1661 (1957).

総 説

石油資源の探査と開発*

芦 田

譲**

Prospecting and Exploration of Petroleum

by Yuzuru ASHIDA

1. 緒 言

将来の一次エネルギー供給予測によると、21世紀の中頃においても、石油・天然ガスが大きな比重を占めるであろうというのが一般的である。しかし、化石燃料である石油・天然ガス資源は無尽蔵ではなく有限である。増加する石油の消費量を吸収しつつ、かつ可採年数（確認埋蔵量/生産量（R/P））を増大していくには新規の油・ガス田の発見が必要である。しかし、ここ数年来、埋蔵量5億バーレル（1バーレル=160リットル）以上の巨大油田の発見がないことからみても、巨大油田の発見の可能性は少なく、中小油・ガス田の探査・開発に向かわざるを得なくなり、また地理的にもアクセスの困難な僻地、深海、極地などにも進出せざるを得なくなってきたのが実情である¹⁾。したがって、今後の石油開発事業には探査・開発におけるコストの軽減と新規技術の開発が要求される。ここでは、石油資源を取り巻く環境、探査と開発技術および今後の課題について紹介する。

2. 石油資源を取り巻く環境

2.1 石油・天然ガスの需給予測²⁾

図1は世界の一次エネルギー需要の実績と予測を示したものである。これによると石油・天然ガスの一次エネルギーにおける比率は2000年においても約58%（年間約400億バーレル）を占め、依然として主要なエネルギー源であると予測される。

図2は1967年から1991年までの世界の石油の確認埋蔵量と可採年数を示したものである。この図によると可採年数は大体30~40年の間を推移している。このこ

とはこの間に新規の発見が相次いだことを意味している。したがって、100年後においても可採年数は30~40年位あるのではないかということも考えられないことはない。しかし、最近の探査技術の進歩と地球上で石油の探査を行っていない地域がほとんどないという状況を考えると、その可能性は小さいと言わざるを得ない。

世界の含油堆積盆地約800個のうち30%以上で石油鉱床が発見され、また水深200m以浅の大陸棚でも海象条件の比較的良好な海域では既に探鉱・開発がなされている。したがって、今後の探鉱地域は地理的にアクセスの困難な僻地、極地、深海が多くなってくると考えられる。それに伴い、探鉱費用は大幅に上昇すると思われる。ここで、探鉱開発費用を概観してみる。物理探査費に5~10億円、試掘費としては使用する掘削リグにより

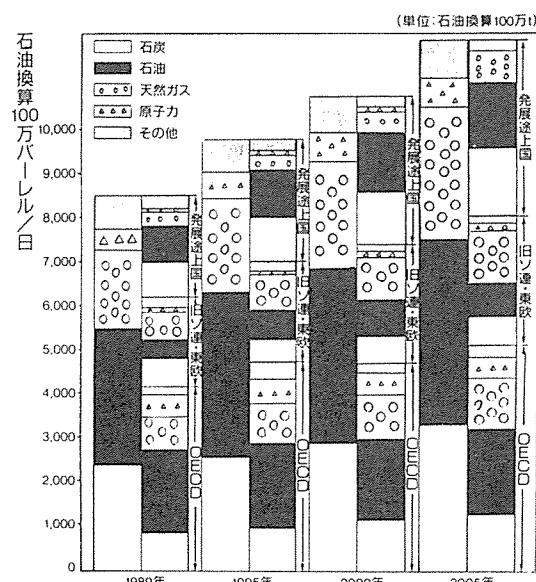


図1 世界の一次エネルギー需要の実績と予測

*平成6年2月11日受理

**京都大学工学部資源工学教室 助教授

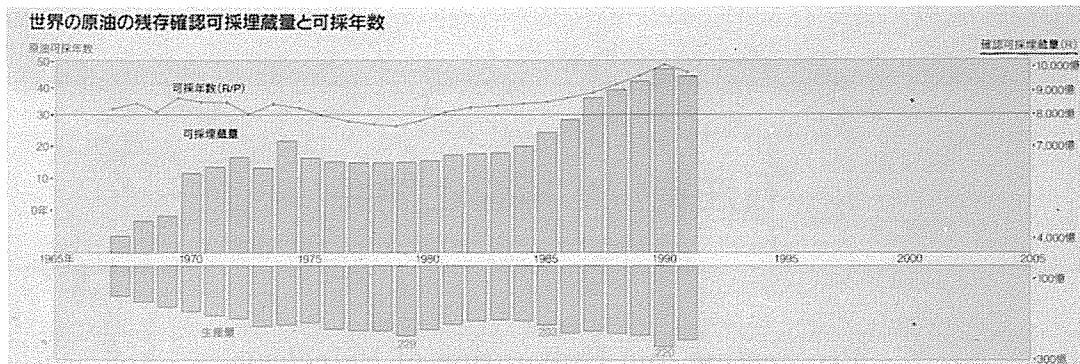


図2 可採埋蔵量と可採年数の推移

表1 試掘成功率（1956年～1967年の平均）

商業的規模の油田の発見率	1.92%
巨大油田の発見率	0.01%
開発保留のものを含めた発見率	10%

異なるが10～20億円/坑、開発生産費としては地域、開発方式、陸上か海上、パイプラインを新たに敷設するか否かによって大きく変化するが約100～500億円である。すなわち、試掘段階において物理探査を実施し、数本の試掘井を掘るとして約50～150億円の投資が必要であり、しかも必ず石油・天然ガスが発見されるという保証はない。

表1に試掘成功率を示す³⁾。油・ガス田を開発に移行するかどうかは、その当時の油価および油価の予測に大きく左右されることを考慮して、開発保留中のものを含めても成功率は10%である。さらに、油・ガス田発見から生産開始まで数年のリードタイムがかかることからその間の金利負担も相当な額になる。このように、石油・天然ガスの探査と開発はリスクの大きい事業であると言わざるを得ない。

3. 探査および開発技術

図3に石油・天然ガスの探査と開発におけるフローチャートの一例を示す。以下に、まず石油・天然ガスの形成条件を考え、ついでこのフローチャートに基づいて石油資源の探査と開発技術について概説する。

3.1 石油・天然ガスの成因と油・ガス田形成の条件⁴⁾

石油・天然ガスの成因については、炭化水素が無機化学的に合成されたとする無機起源説と、動植物の遺骸からなる有機物が熱化学作用により分解してきたとする有機起源説がある。しかし、最近では原油から生物体に由来する物質が認められ、また原油の安定炭素同位体比¹³C/¹²Cの値が植物の脂質のものとほぼ一致したことなどにより有機起源説が有力である。有機起源説にも各種の説があるが、堆積物中の不溶性有機物であるケロ

ジエンが長い地質時間の間に地温にさらされ、熱分解により石油・ガスの根源になるというケロジエン説が有力である。このようにしてできた炭化水素が油・ガス田を形成するには、石油の生成、移動、集積の三位一体機構に関する以下の条件が満たさなければならない。

(i) 根源岩

有機物を含む細粒の泥岩である。

(ii) 貯留岩

大きな孔隙率と高い浸透性をもつ岩石であり、砂岩、炭酸塩岩である。日本では緑色凝灰岩も貯留岩になっている。

(iii) トラップ

貯留岩が石油・天然ガスを集積するような構造形態のことであり、構造トラップ、層位トラップおよびそれらの組み合わせの組み合わせトラップがある。

(iv) シール

トラップに封塞された炭化水素が逸散しないためには、細粒の泥岩、蒸発岩からなるシールが必要である。

(v) 地温

ケロジエンが分解して熟成するには適度な熱が必要である。

このように油・ガス田を発見するには、地史を再現し、生成、移動、集積の各段階における条件が満たされているかどうかを正確に把握することが必要である。

3.2 探査技術⁵⁾

石油・天然ガスの探査と開発は、まず公開された鉱区の入札から始まる。入札するかどうかを決定するにあたって、周辺の広域的な地表地質、坑井、物理探査データなどの技術的資料はもとより、政治・経済的安定性や立地条件をも含めた入手可能なすべてのデータに基づいて鉱区の有望性について判断がなされる。鉱業権を取得すると、まず物理探査が実施される。通常、石油・天然ガスの探査で用いられる物理探査法には、重力探査、磁気探査、地震探査法がある。

重力探査とは図4に示すバネ秤の一種である重力計

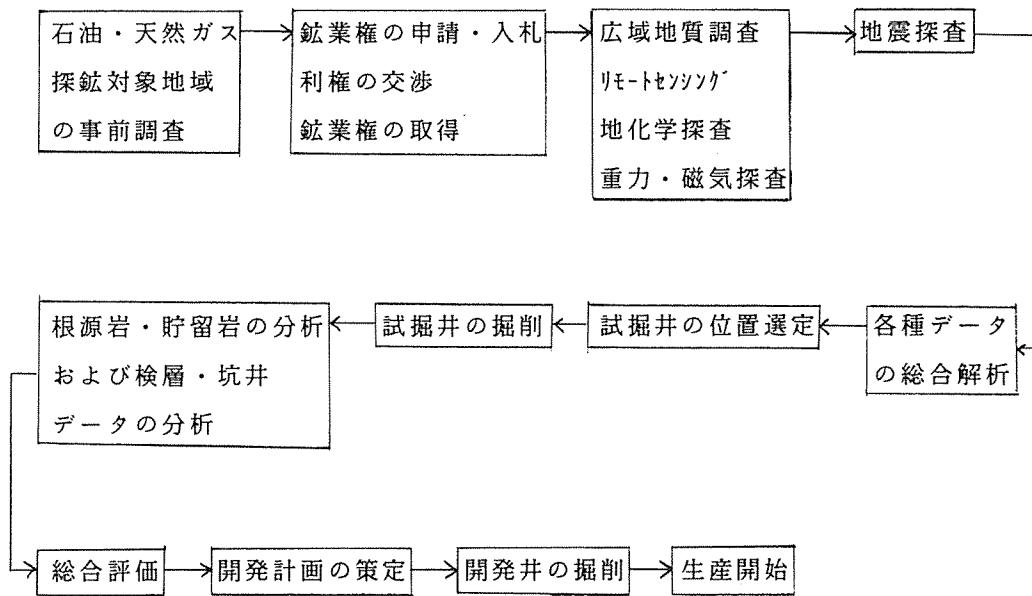


図3 石油・天然ガス探査と開発のフローチャート

を用いて地表面で地球の重力値を測定し、地下構造を調べる技術である。重力値は物質の質量に比例し、距離の2乗に反比例する。一般に基盤岩の方が堆積岩より密度が大きく、また堆積岩でも地下深部の岩石ほど圧密作用に伴う固結化により密度が大きくなる。したがって、図5のように基盤岩が堆積盆地を形成し、さらに堆積盆地の中に火成岩、背斜構造、断層、岩塩ドームがあるところで重力調査を実施すると、基盤岩の窪みに相当する全般的な低重力異常の中に、高密度の火成岩および背斜構造による局所的な高重力異常と低密度の岩塩ドームによる低重力異常が現れる。

磁気探査は磁力計で地球の磁場の大きさを測定し地下構造を調査するものである。磁力計としては、炭化水素と水を入れた容器に入れ、コイルに電流を流して水素の原子核を地球磁場と逆の方向に強制的に整列させ、ついで電流を切ると水素原子核が地球磁場の周りに才差運動をする。この才差運動の周波数が地球磁場の強さに比例するという原理に基づいたプロトン磁力計が多用される。地表で観測される磁力値には、地球自身の磁場、磁鉄鉱などの強磁性物質の含有による誘導磁化および火成岩が冷却固結するときに生じる残留磁化の影響が含まれる。データ処理の段階で地球磁場の影響を除去し、さらに残留磁化の値は誘導磁化に比べて小さいと考え無視する。そうすると、岩体の深度と帶磁率の影響による磁力値が得られる。そこで、帶磁率の値を仮定し、モデル計算を行うことにより岩体の磁気基盤深度が求まる。磁気基盤深度がわかると、逆に堆積層の厚さがわかつることになる。重力・磁気探査は簡便かつ廉価で堆積盆地を評価する概査として用いられる。

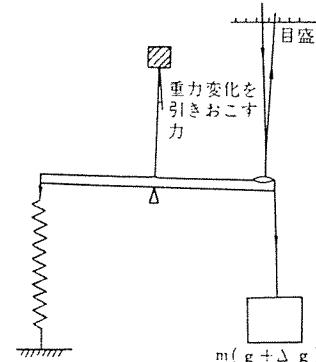


図4 重力計の原理



図5 地下構造と重力異常

弾性波は均質媒質中では直進するが、弾性波伝播速度と密度との積である音響インピーダンスの異なる境界面に到達すると、そこで図6のように反射・屈折現象が生じる。屈折した波はより深部の地層境界でさらに反射・屈折を繰り返す。一方、反射波は地層の境界面で反射して地表に戻ってきて、地表に設置された受振器と呼ばれる一種の地震計を利用すれば地動に応じた電圧変化として波動の到達を記録することができる。反射法地震探査とは、この反射波を利用して地下構造を調べる技術である。アメリカの物理探査学会の1991年の資料によると、

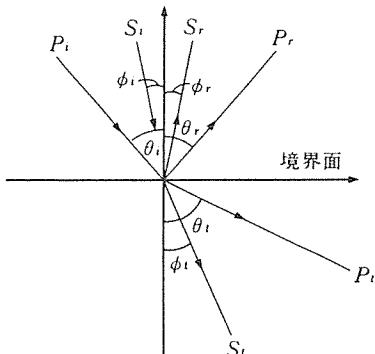


図 6 弹性波の屈折・反射現象

全世界の地下探査への投資額 (US\$ 2,250,340 千ドル) のうち, 96% が石油の探査に向けられ, さらにそのうちの 99% が反射法地震探査で占められている。このことからわかるように, 反射法地震探査は石油・天然ガスの探査において最も有効であると考えられている。反射法地震探査でデータを取得するには, 人工地震を発生させる震源, 地動を受ける受振器およびデータを記録する記録装置が必要である。図 7 は海上の地震探査専用船による調査の模様を示す。この船には地震探査だけではなく重力探査, 磁気探査も同時に実行する機器も搭載されている。現場で取得されたデータは電子計算機により S/N 比と分解能の向上を目指して各種の処理が実施され, 最終的に図 8(a) に示す地下の構造形態を示す記録断面が得られる。その他にも, 地下の構造形態やそこでの各種物性値を示す多くの断面が作成される。

ついで, 総合解釈が地質データ, 重力探査, 磁気探査, 地震探査データおよび既往の坑井データを有機的に組み合わせて実施される。図 8(b) に図 8(a) に対する解釈の一例を示す。総合解釈は地下の構造形態および発達史の把握, 炭化水素賦存の可能性の検討, 対象層の広がりの把握という観点から行われる。すなわち, 現在の地下構造形態を知るとともに, 構造の発達史, 堆積環境の把握により地史を再現し, 油・ガス田形成のための条件が

満たされているかどうかを調べる。そのために表 2 に示す各種の解釈画面が作成される。最近では, 大量のデータを迅速に会話形式で処理・解釈するためにワークステーションと呼ばれる専用の電子計算機が開発されている。総合解釈により石油・天然ガスの賦存の可能性が得られると, 試掘井が掘削されることになる。

3.3 掘削技術⁴⁾

探査データの総合解釈により試掘位置が決定されると掘削作業が行われる。掘削は掘管の先にビットを付け, これを高速で回転させて掘り進むロータリー式掘削が一般的である。既に掘削された坑井部分にケーシングパイプが挿入され, 坑壁との間をセメントで固定する。ケーシングパイプは地層の崩壊を防ぎ, 坑井を保護する機能をもっている。掘管はケーシングパイプの内部を通って降ろされる。ロータリー式掘削は図 9 に示されるように, ビット交換時の掘管の揚降のための巻揚機構, ロータリーテーブルを回転させる回転機構, 泥水を循環させる循環機構および石油やガスが突然噴出して坑井内の圧力が急激に上昇する場合に坑井を一時的に密閉する安全・防噴機構からなる。泥水の主な機能は掘くずを地表まで運ぶ, 地層の崩壊を防ぐ, 地層流体の噴出を防ぐ, ビットを冷却するなどである。これらの機構を備えたものを掘削リグと呼ぶ。

海上掘削の方法は, 離岸距離と水深により決められる。離岸距離が短く, 傾斜掘で対象層に達するならば図 10(a) に示す陸上に設置したリグから傾斜掘が行われる。水深が浅い所では図 10(b) の人工島や構造物によるプラットホーム上のリグから掘削される。水深が 100 m 以浅では図 10(c) のジャッキアップ (甲板昇降) 型のリグが用いられる。これは移動する時は脚を揚げ, 掘削するときは脚を海底につけてジャッキアップして固定して掘削を行う。水深が 100 m を越すと浮遊型 (フロータタイプ) のリグが用いられる。浮遊型には図 10(d) の半潜型 (セミサブマージブルタイプ) と図 10(e) の掘削船 (ドリルシップ) がある。この型は海に浮かびながら掘

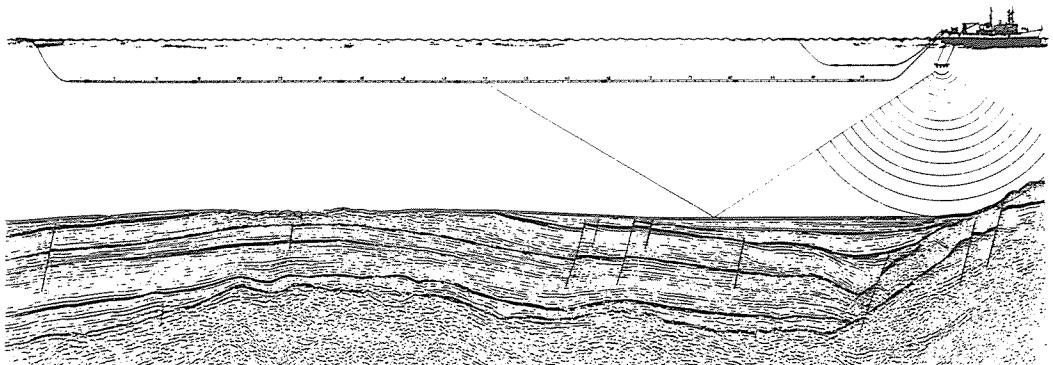


図 7 海上地震探査の模式図

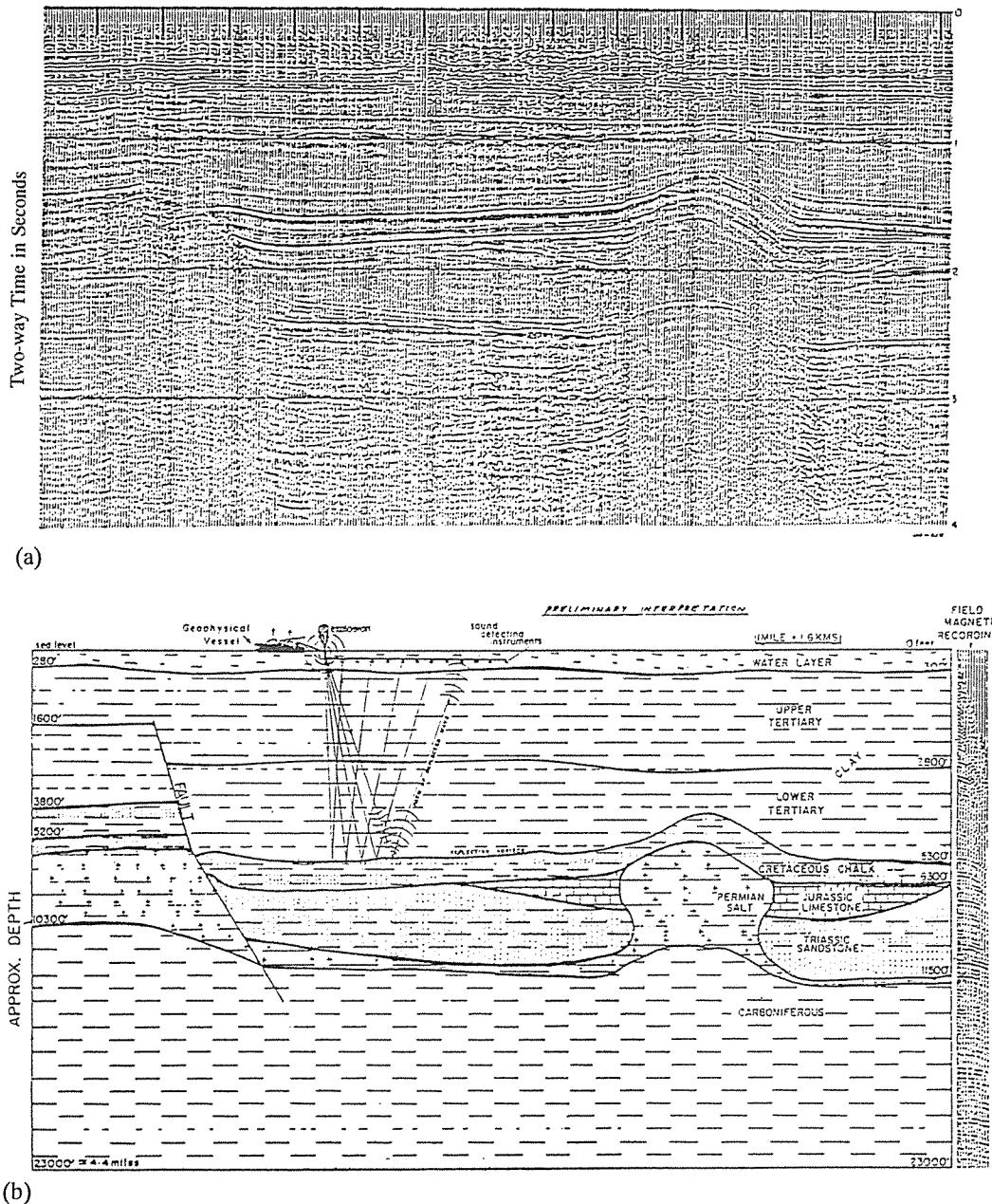


図8 地震記録(a)と解釈断面(b)

削するので位置を保持する必要がある。位置保持方法としてはアンカーと係留索による方式とダイナミック・ポジショニング・システム (DPS) 方式がある。DPS 方式は海底に設置したビーコンとリグのハイドロフォンで常にリグの動きを探知し、位置がずれたときはスラスタを作動させて位置の保持を行う。アンカー方式の場合の稼働水深はせいぜい 1000 m 以浅であるが、DPS 方式では 2000 m を越す大水深でも掘削可能である。現在、掘削された石油井の最も深い水深は 1984 年アメリカのバージニア州沖合で水深 2110 m である。また、最も深い掘削深

度は 1993 年に旧ソ連が 12300 m まで到達し、さらに 15000 m を目標に掘り進んでいる。

3.4 検層と油・ガス層の評価技術⁴⁾

試掘井を掘削する目的は地下の地質情報を得、ひいては石油・天然ガスの有無を知ることである。その評価のために、試掘井掘削後以下の調査が行われる。

(i) Mud Logging (泥水検層)

循環泥水により地上に上がってきた掘くずを検査する。掘くずには紫外線をあてて蛍光反応を調べたり、泥水から抽出した成分をガスクロマトグラフや赤外線分光分

表2 総合解釈のために作成される各種図面

構造形態の把握

1. 等時間線図 (Time Contour Map)
2. 等深度線図 (Depth Contour Map)
3. 重力基盤図
4. 磁力基盤図

構造発達史の把握

1. アイソクロン図 (Iso-chron Map)
2. アイソパック図 (Iso-pach Map)
3. たい積復元図 (Restored Section)
4. 古構造図 (Paleo-structure Map)

炭化水素賦存の可能性の検討

1. ブライトスポット現象
2. 合成音響インピーダンスログ
3. 砂岩、頁岩分布比率図
4. 古流系図 (Paleo-current Map)
5. 振幅、位相、周波数のカラー表示

対象層の広がりの把握

1. 合成地震記録
2. 合成音響インピーダンスログ
3. Sonic Log, SP, Log, 柱状図, 合成音響インピーダンスログの対比図
4. 振幅、位相、周波数のカラー表示
5. 地層圧こう配、破碎圧こう配の計算
6. 密度比の計算
7. 帯磁率の計算

油井の掘削

- ①クラウンブロック
- ②スラブ
- ③ドリルインライン
- ④セカンドブレットフォーム
- ⑤トゥヘリングブロック
- ⑥フック
- ⑦スペベル
- ⑧ロータリーホース
- ⑨ドリルワークス
- ⑩クリー
- ⑪ガスセバレータ
- ⑫シールルエーカ
- ⑬泥水タンク
- ⑭チオカニコニフォールト
- ⑮セシターラック
- ⑯サブトラクチャー
- ⑰防噴装置
- ⑱泥水ポンプ
- ⑲ケーシングヘッド
- ⑳アキミミレータユニット
- ㉑ケーシング
- ㉒セメント
- ㉓底盤(ドリルパイプ)
- ㉔ドリルカラー
- ㉕ビント

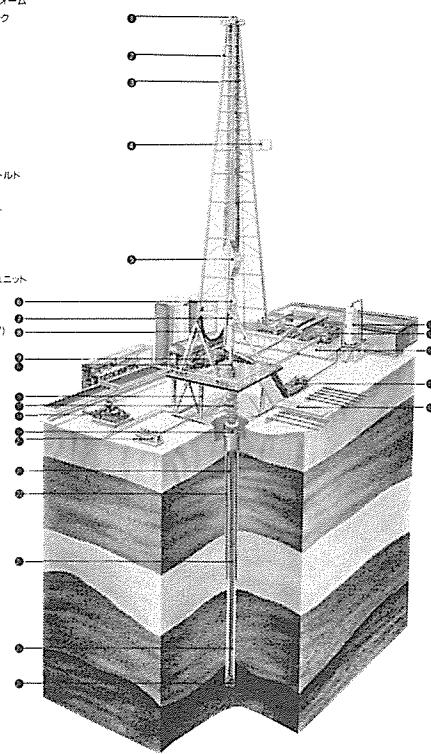


図9 掘削装置

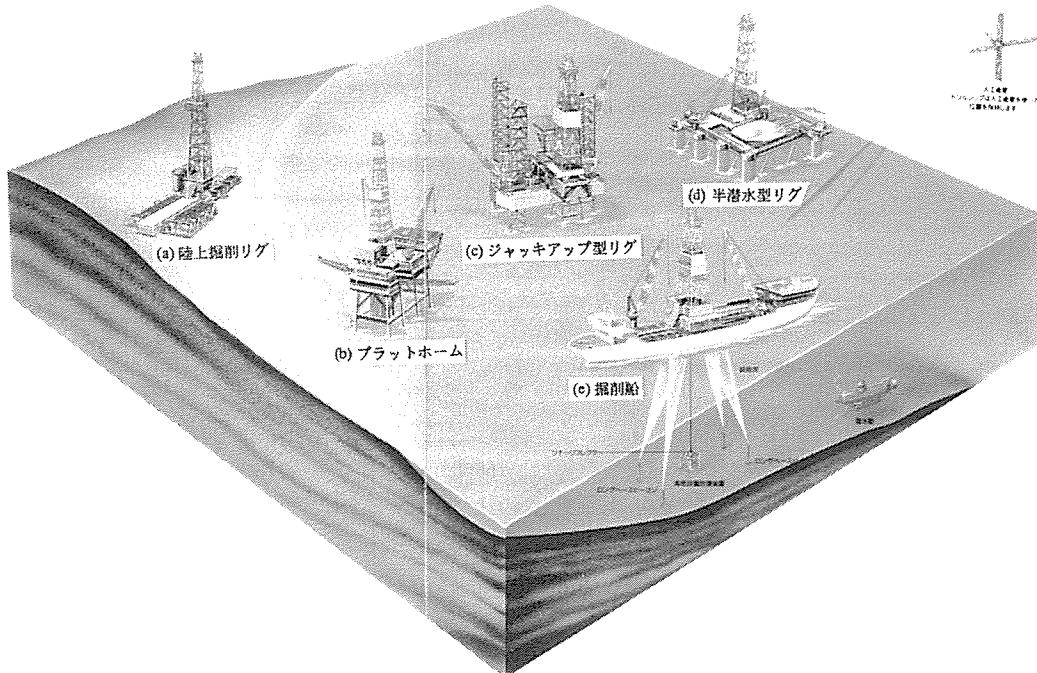


図10 各種掘削リグ

- (a) 陸上掘削リグ (b) プラットホーム (c) ジャッキアップ型リグ
 (d) 半潜水型リグ (e) 掘削船

析装置で油・ガスの有無を調べる。

(ii) コア分析

地層そのものをコアサンプルとして採取する。

(iii) 物理検層

坑井内にワイヤーライン検層測定装置を降ろし、地層の電気抵抗、密度、弾性波伝播速度、放射能などの各種物性値を連続的に測定する。これらの物性値から地層の孔隙率や孔隙内の油水飽和率を、理論式および実験式を用いて計算する。

(iv) Drill Stem Test (DST)

油・ガス微がある有望地層に対し、ケーシングパイプを挿入する前に試験生産する方法である。

(v) 試油・試ガステスト

坑井内にケーシングパイプ、チューピングパイプを設置し、坑井元にクリスマスツリー（坑口装置）を取り付け、油、ガス、水の算出量を計算し、生産能力を把握する。

3.5 生産技術⁴⁾

地下に埋蔵されている油・ガス層には大きな圧力がかかっている。したがって、地表から坑井を掘削すると、油・ガス層内の圧力により石油・ガスが自噴してくる。しかし、石油・ガスを生産するとその圧力は下がり、生産レートも下がり、やがて自噴しなくなりポンプ採油、ガスリフト採油が行われる。この段階までの回収を一次回収という。一次回収での回収量は全体の埋蔵量のうち20~30%にすぎない。しかし、別の坑井を掘って油・ガス層に水、ガスを圧入する水攻法、ガス圧入法などの自然力を補足する二次回収法や、さらに廃油機構にさかのぼって回収率を向上させる三次回収法が用いられるようになった。三次回収法には熱によって油の粘性を下げる火攻法や水蒸気圧入法、界面活性剤を圧入して油と水の界面張力を下げるケミカル攻法、炭酸ガスを溶媒として油を抽出する炭酸ガスミシブル攻法などがある。二次回収法と三次回収法をあわせて EOR (Enhanced Oil Recovery) 法と呼ばれる。EOR 法は既に存在することが確認されている油・ガスの生産量を増加させることから、今後ともますます重要な技術となるであろう。油・ガス層からの回収率を高めるには、その油・ガス層に最適な生産レートで生産する必要がある。そのため電子計算機を用いて膨大な生産シミュレーションが行われる。

海底石油資源の開発には図 11 に示す総重量が数万トンに達するプラットホームが建造され設置される。現在のところ最も深い水深に設置されたプラットホームは、シェルが 1988 年にメキシコ湾のブルウインクルに設置した水深 410 m である。

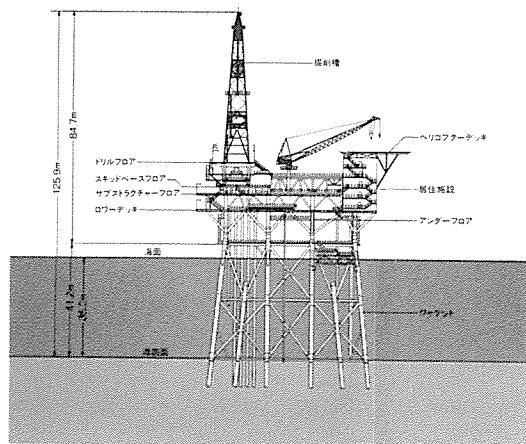


図 11 海上プラットホーム

4. 今後の展望と課題

エネルギー問題を考える場合、コストは重要な要素である。1987 年の統計によると、石油の需要量約 5 千万バーレル/日のうち、非 OPEC 諸国の生産量は約 60% を占める。これに OPEC 諸国の生産量を加えると生産量が需要量を越えることになる。一方、OPEC 諸国の国際収支をみると、クーエート、アラブ首長国連邦、カタールがわずかに黒字でその他は赤字である。とくに、最大の産油国サウジアラビアの赤字は最も大きく約 1500 万ドルである。石油が主要な輸出品である OPEC 諸国の国際収支が赤字となれば、石油の生産量を調整することは困難であろう。したがって、よほど突発的なことがない限り、また非 OPEC 諸国の生産量が確保される限り油価は当分の間急激に上昇することはないと考えられる。さらに、今後の探鉱対象となる油・ガス田は巨大油・ガス田ではなく、堆積盆地周辺部の中小規模のものにならざるを得ないであろう。しかも、新規の探鉱地域は地理的にアクセスの困難な僻地や極地および大水深の海域となると予想される。したがって、石油資源の開発に課せられた今後の問題は、新規技術の開発とコスト軽減であり、具体的には以下のことが考えられる。

- (i) 三次元地震探査の適用とその精度向上
- (ii) P 波震源と S 波震源による探査データの併用による物性評価技術の確立
- (iii) 人工知能化を含めた探査データの総合評価、解釈技術の確立
- (iv) 掘削コストの軽減化
- (v) リグ、プラットホームの軽量化によるコスト軽減
- (vi) 海底生産システムの実用化
- (vii) 回収率向上のための EOR 技術の開発

5. 結 言

コストがいくら高くなようと、リスクが高かろうと代替エネルギーの実用化が遅れ一次エネルギー源として石油・天然ガスが要求される限り、探査、開発および回収技術の向上と、費用の軽減を図り、また環境問題への配慮を行なながら、石油・天然ガスの探査と開発は今後とも積極的に推進していく必要があろう。

参 考 文 献

- 1) 石油学会：ガイドブック「世界の大油田」，技報堂出版，(1983)
- 2) 石油鉱業連盟：石油開発のしおり，(1991)
- 3) 石油公団：石油鉱業の技術講座，(1980)
- 4) 石油技術協会：石油鉱業便覧，(1983)
- 5) 佐々宏一，芦田 謙，菅野 強：建設・防災技術者のための物理探査，森北出版㈱，(1993)

談話室

一人だけのクワルテット

近藤 良夫*

A Solitary Quartet

by Yoshio KONDO

序に代えて

いささか強引に、大学卒業以来の私の主な活動分野を区切ってみると、私は20年ごとに仕事を変えてきたようと思う。もちろんそれらの分野の間の移行は連続的で、これらの間に明確な境界線が引けるわけではないが、ほぼ次のように示されそうである。

1945～1965年 製錬冶金

1965～1985年 移動現象

1985～2005年 品質管理

こう考えていただいてもよい。私の大学卒業は、第2次世界大戦の終った1945年であり、教授任官は1961年で、定年退官は1987年である。上の時期がほぼこれらと対応していることがわかる。また最後を2005年で区切ったのは、ちょうど品質管理の20年目に当り、また80才すぎまで働けば、後はのんびりさせて頂こうという程度の意味である。

日本では、中国思想をうけて、「初志貫徹」とか「少年老い易く、学成り難し」とか、最初に決めた専門分野を一貫して、深く掘下げて探究することが尊ばれ、分野を変えたり、複数の分野に跨ったりすることを「二足の草鞋をはく」などといって軽蔑する傾向がないではない。

上に述べたように私は2足どころか3足の草鞋をはいてきた。さらにこれに、学術登山とでも言うべき活動をつけ加えるなら、4足の草鞋をはいたことにもなる。この学術登山の活動は、私にとっては1940年ごろから始まり、今西錦司先輩から「長丁場を歩いてもらわんと、どもならん」と励まされた京都大学学士山岳会の会長をへて、今日まで続いているのだから、音楽でいうならバックグラウンド・ミュージックのように、私に染みつ

いているのかもしれない。

たしかに4足の草鞋をはくことは、1足に比べると、しんどいことである。しかしそこには、それぞれの間のシナジー効果もあって楽しいことも多い。クワルテットは、それがうまくいけば、ソロでは実現できない独自のよさをもっているのである。

大学卒業から学位受領まで

私たちが大学で習った冶金学は、経験的記述に溢れていた。鉄鋼製錬に使われる溶鉱炉の断面は円形であり、銅製錬のそれは矩形であることは習ったが、なぜそうであるかは習わなかった。

第2次世界大戦は末期に近く、勤労動員で、私は日本製鉄の広畠製鉄所で半年ばかり圧延機の運転に従事していた。当時は2直2交代12時間勤務のきびしい仕事であったが、なんとか若さのせいで乗切った。同時に、その頃は現場の主力を占めていた徴用工の人たちから、いかに巧みに仕事の手を抜いてさぼるかをも学んだ。さらに現場技術者のやるべき仕事はなんであるかを考え、いろんな人に意見を聞いてまわったりもした。これらの経験は、あとで品質管理の仕事に役に立ったと思っている。

終戦を約8か月後に控えて、戦時特別研究の要員として、広畠から京大に戻った。なんでも日本軍が打ち墜した「空の要塞」と称されるアメリカの爆撃機B29を分解調査したところ、その軸受には銀が使われていたので、銀軸受の製造研究が取上げられ、私は銀メッキによる製造を担当することになった。カリ資源の不足からシアン浴以外の電解液としてチオ硫酸ナトリウムの水溶液を用いることとなり、いろいろの苦労はあったが、夏にかかる頃には、きれいな銀の厚い膜ができるようになった。

卒業直前の終戦のせいで、私たちの学年には卒論は課せられなかった。得をしたような、損をしたような複雑

*京都大学名誉教授

な気持であった。

一方では、終戦のせいで、8月15日までは決まっていなかった就職先のほとんどはご破算になった。私と少数の同級生は、東條内閣の唯一の善政といわれる大学院特別研究生に採用され、ありがたいことに給料をもらって研究を続けることができた。

上に述べたように、戦時中の研究テーマはまさに「泥縄式」で決められたり、またそれを批判することは容易でも、それらを改善することは困難で、私にはないほどの大きな勇気と決断が必要であった。

大学卒業後5年間を非鉄冶金学講座で過ごした私に与えられたテーマは、「塩化焙焼反応の機構に関する研究」であった。食糧不足に悩んでいた日本にとって、肥料の原料となる硫酸の増産は緊急課題の一つであった。そのイオウ源には、先ず黄鉄鉱を主体とする硫化鉄鉱が、また1960年代の後半からは非鉄製錬所の排ガスがあてられた。これらのうち、前者の場合には硫化鉄鉱を焙焼した後の硫酸鉄鉱からの有価金属の回収が問題となる。この焼鉱に食塩を加えて再焙焼すると、有価金属の浸出率がいちじるしく向上することが知られており、そのメカニズムを解明しようというのがこの研究の目的であった。

この研究は、私が電気冶金学講座へ移ってからも、西原清廉先生のご好意で、硫酸鉄鉱の脱銅をへて、黄鉄鉱の焙焼へと継続して進めることができた。また西原先生は生産現場をごらんになることが大変お好きであったから、私も「門前の小僧、習わぬ経を読む」のたぐいで、よく現場を歩き、大学では教わることのない多くのことを学んだ。

この研究も終りに近づいたころ、黄鉄鉱(FeS_2)の熱分解生成物($Fe_{1-x}S$)の焙焼初期の反応が

$3Fe_{1-x}S + 2(y-x)O_2 = 3Fe_{1-y}S + (y-x)Fe_3O_4$ によって示されることを、熱磁気分析とx線粉末法によって解明した。この反応は式に示すように、 SO_2 ガスを発生せず、取入れた酸素の分だけ重量が増加するカチオンの優先酸化にもとづくもので、同じ硫化物でもその形状による反応進行の差異、複合硫化物の焙焼反応におけるカチオン相互間の優先酸化の差異などを解明するといとぐちともなった。

こんなことを思い返してみると、長い年月にわたって1つのことに注意と努力を集中していると、問題が解けて、すべてが明らかになる輝かしい瞬間があることを体験できた。もちろんこのようなことは、いつも起こるのではなく、大小交ぜて私の人生ではこれまでに数回しか体験していない。京大学士山岳会のチベット高原学術登山隊が標高7281メートルの未踏峰カンペンチンに登頂した時、隊長の私は急性肺炎のため、京都の病院に入

院中であったが、このニュースを聞いた時のうれしさ、体の暖もり、安堵感を私はいまだに忘れない。

話を戻そう。私の興味は次第に次へと移っていました。

教授任官から定年退官まで

金属系教室では1961年に金属加工学科が創設され、高村先生が結晶塑性学講座の担任教授に移られた。その後の冶金学科の講座を冶金反応及操作と名づけ、私が担任することとなった。

私はこの講座名が次の2つの理由で気にいっている。その1つは、この名前には「学」がないからであり、もう1つの理由は、その意味が判りにくいかからである。

前者については、日本の大学では講座名に「学」をつけるのが多すぎるのではないかと思う。ちなみに京大職員録で調べてみると、工学部の150講座(大学院)のうち、「学」のない講座はその22パーセントに過ぎないのである。例えば冶金反応及操作について言うなら、その背景にあるのは製錬冶金学、移動現象論、不均一系反応速度論などの「学」なのである。こうして学問の体系が組まれていくのである。また職員録を見ていて気がついたのだが、エレクトロニクスとかシステムなど英語の講座名を採用しておられるところでは「学」がない、いや、つけようがないのである。

後者に関しては、この講座ができる頃、何人かの先生方に「この講座ではいったい何をやったらよいとお考えですか」とおたずねしてまわったことがある。その答はまちまちで、「鉱石の予備処理をやりたまえ」とおっしゃる方もあれば「いまの製錬関係の講座は鉄、非鉄のように縦割りだから、横割りのことをやりなさい」と言われる方もあった。先生方のおっしゃることをすべてやつたら、体がいくつあっても足りない。私はこれらのご意見を「なにをやってもよい」と受止めた。何をやってもよいが、どのようにやるかが問題なのである。

例えば松下電工㈱は35の事業部を有する大企業であるが、雨樋などのように具体的な商品名をつけた事業部よりも電動機器のように融通のきく名前の事業部の方が業績をあげていることが多い。これは新製品開発に際しても事業部名にこだわる必要もなく、また関係者の抵抗も少いせいであろう。冶金反応及操作とはなんと融通のきく名前だろう。私は講座にこの名前をつけていただいたことに心から感謝している。ちなみにこの講座の英語名は“Prosess Metallurgy and Quality Control”とした。さあ、これで準備は整った。いよいよ出発である。

有難いことに、私には1962年の9月から1964年の1月までMITに研究員として留学するチャンスが与えられた。留学中にニューイングランドの風光を楽んだこと

は言うまでもないが、私は私なりに、MITでしか得られない貴重な経験のいくつかを味わった。

研究室によって違いはあるけれども、MITだからと言って研究費が桁外れに潤沢であるわけではない。それよりも、そこにあるのは徹底した実績主義であった。金よりも頭を使うことの重要さを、私は自分の研究を通じてたたきこまれた。

私のいたのは鉱物工学のGaudin先生の研究室であった。この選鉱学の泰斗はディスカッションには極めてきびしいが、その反面では実にきさくな性格の持ち主でもあった。ある時、私の実験装置の冷却水の流量を測ろうということになった。私にはすぐオリフィス流量計が頭に浮んで、それ位のガラス細工はお手のものと言いかけたら、先生は頭を横にふって「メスシリンダーをもって来なさい」と命じられた。言うまでもなく、液体の流量はメスシリンダーとストップウォッチで測るのがいちばん簡単で、しかも正確なのである。Gaudin先生はそのころMITでは「最後の工学者」と言われていた。

さて、日本へ帰ってから私はなにをどのようにしたらよいのだろうか。この疑問はMIT留学の間ずっと私の頭から離れなかつた。

その頃MITの冶金学科ではElliott先生たちが中心になって、金属製錬に用いられる不均一系反応の速度論に、移動現象論を利用する事がさかんに試みられていた。1965年に出版されたChipman先生の退官記念論文集“Steelmaking”がこの種の論文によって埋め尽されていることからも、このことは明らかである。さっそくCoble, Cooper両先生担当の“Kinetic Problems in Metallurgical and Ceramic Process”的聴講手続をとることにちゅうちょはなかつた。

そのうちCarl Wagner先生がMITにおられた1955年に、この講義を担当されていたことも判ってきた。先生の講義録も手に入った。さすがに立派なものであつた。彼はその頃からすでに自然対流に興味をもつており、有名な垂直平板岩塩の静止水への溶解実験と計算もこの講義録に含まれていた。

非鉄製錬は鉄鉱製錬に比べて、そのプロセスは広く乾式および湿式にわたり、その種類もきわめて多い。また研究者の数も少くて、まさに未開拓の原野を前に立った開拓者の心境を連想させた。「40才の手習い」と言われるけれども、もう一ふんばかりして化学工学の勉強を最初から始めることとした。

一方では研究費のことを考え、高温融体は先に延ばして、固体に関係する反応から手がけることとした。

さきに述べた硫酸焼鉱は、海外からの鉄鉱石の輸入が自由化される前には、有望な製鉄原料の1つであった。このように、黄鉄鉱中に含まれる鉄を利用する立場から

すると、このためには2当量のイオウを硫酸に変換せねばならず、また多量の硫酸の貯蔵も、それが液体であるだけに問題を予想させた。さいわい黄鉄鉱は中性雰囲気中で加熱すると、熱分解をおこして1分子のイオウを解離し、その平衡圧は690°Cで1気圧に達する。したがつてこの反応を利用すると、1当量のイオウを固体として回収し、こうして貯蔵の厄介な硫酸の量を半減することができる。この熱分解に伝熱特性の優れた流動層を使おうという構想から、流動層における黄鉄鉱の熱分解の研究に着手した。幸いこの研究がAIMEからEMD科学賞を、日本で始めて受賞したことは大きい励みになった。

流動層を用いる気-固反応の研究は、その後石灰石の熱分解、硫化亜鉛の酸化反応へと進んでいった。ところが、硫化亜鉛の粒子を900°C, p_{O_2} 0.01 atm. 以下のような、比較的高温、低酸素分圧の下で焙焼すると、その平衡解離圧が比較的高いため、硫化亜鉛は昇華ないし解離して、気相内で酸化反応がおこるようになる。そのため反応の総括速度は高められ、一方、焼鉱は多孔質となり、その周囲にはこうもり傘を全体に広げたような薄い酸化物の殻が生成し、一般に広く適用される未反応核モデルとは全く違った様相を呈するようになる。

このような現象は、硫化亜鉛の平衡解離圧が高いことに基因しているが、なによりも重要なことは、実際に起こっている現象を注意深く観察することであろう。反応の解析にあたって、これを定量的に表現する数学モデルを立てることは必要であるが、実際の現象を説明し得なかつたり、これに反するようなモデルを考えることは本末転倒であつて、百害あって一利もないのである。

静止した水溶液中に設置された垂直平板電極上では、電解の進行に伴って自然対流が生ずる。この自然対流の研究も、数年おくれて開始した。流動層内の粒子の運動はもともと統計的だから、データのバラツキを前提として理解すべきであるのに対し、自然対流のデータは、測定の精度がよければ、理論値とよく一致する。このことはとても気に入った。

自然対流は局所的に密度が異なる流体に、普遍的に見られる現象である。例えば気象学は地球の大気圏や海洋でおこる流体の自然対流とそれにまつわる現象を研究する学問であるし、われわれの朝食の冷めかけた味噌汁のお椀の中でも自然対流は観察される。金属の製錬や加工のプロセスにおいても、例えは高炉底部に溜まる溶銑でも、凝固中の液体金属でも、温度差にもとづく密度差によって自然対流が生じ、これらの解析には自然対流の効果を無視するわけにはいかない。

垂直平板電極上に生ずる自然対流は、陽極溶解や陰極析出などの現象に顕著な影響を与える。Wagnerもこのことに深い興味をもち、自然対流を考慮して陰極平均限

界電流密度を計算し、これらを測定値と比較している。

しかしあれわがもっと知りたいのは、自然対流の結果として定まり、また通常測定される平均限界電流密度に加えて、その電流密度の分布がどうなっているかであり、さらにこれらを生じさせる自然対流の速度分布や、さらに遡って、自然対流境界層内のカチオンの濃度分布がどうなっているかなどであった。私はこれらを自分の目で見たかったのである。幸いホログラフィック干渉法によってこれらを観察できたよろこびは、ヒマラヤの未踏峰に登頂できたよろこびと同質であり、これに優るとも劣らないものであった。

そして現在まで

私が品質管理に興味をもち始めたのは1951年だから、もう40年あまり以前のことになる。さきに述べたように、私は戦争中の勤労動員の時の体験から、現場の技術者の仕事はなにかを考えてきた。大阪で品質管理のベーシックコースが開かれることを聞いて、書記を志願して参加した背景にはこの体験があったからである。もう1つの単純な理由は、私の山の大先輩の西堀栄三郎さんが品質管理の先駆者として活躍しておられたことによる。大先輩があれだけ熱心にやっておられるのだから、間違いはなかろう。私にはそんなふうに思えたのである。

このようにして、私の品質管理の勉強は始まったのだが、ベーシックコースを最初のところから聞く必要はない高を括って、大学の夏休みに入ってから、後半の3か月だけに出ることとした。

しかし困ったことがおこった。講義は判ったつもりであっても、実際の経験をいろいろ積んでいる研修員の質問の意味がよく判らない、判っても的確に答えられないなど散々な目にあった。これはいけないと想い Bennett, Franklin の "Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industries" の輪読をしたり、10年ばかりもかけて勉強会をひんぱんに開いたり、私としては埋合せの勉強をおおいにさせて頂いた。こうしてまとまった成果の1つが、後に日経品質管理文献賞を受賞することになった「統計的方法百問百答」なのである。

私が、仕事への動機づけや意欲など、品質管理の人間的側面への関心を深めたのは、1969年に端を発した大学紛争のころからであった。これは偶然の一一致ではない。特に1974年に始めた関西モチベーション研究会の第1回の冒頭に、西堀さんが、「現在の世間のワイワイガヤガヤはなお暫く続くだろう。しかしこのガヤガヤの先で社会はどうなるのか。われわれは大局を見失ってはならない」と言われたことが私の心には、この研究の原動力として強く留まっている。

大学に長い間勤めていると、学内、学外の各種の委員会の委員、教室主任、補導委員などなど結構いそがしいものである。私はしっかりけじめをつけようと思い、学外から依頼された品質管理の仕事は、平日の午後5時以降、土曜日の午後または日曜日に片付けることとした。若干の例外はあったが、その頃の手帳をみると週末はほとんどつまってしまっていて、ゆとりはなかった。元気なものであった。

1987年に私は定年を迎え、退官した。現役時代の制約はなくなり、途端にいそがしくなった。また大学以外の人には当り前のことだが、パスポートと切符さえ持つて伊丹へ行けば、外国へ旅立てることが無性にうれしかった。モチベーションのように、日本人にはよく理解できても、外国人には難解だと思われることでも、論理的にきっちりと、できるだけ例を示しながら話して、「近藤の言うことはよく判った」と反応を示してくれると、報いられた気持になる。人間はなにより先に、まず人間なのである。

1992年の秋から1年間、日本品質管理学会の会長を勤めた。1役すんでほつとしたら、国際品質アカデミー(IAQ)の会長をやれと言うことになり、1994年の1月から3年間大役を勤めることとなった。タイプライターと複写機とファクシミリを手許において、1人で奮闘している毎日である。

観察、物を観ること。この重要性については、すでに繰返して述べた。観察には肉眼だけでなく、走査型電子顕微鏡やホログラフィック干渉法など、種々の方法が使われる所以である。データの統計解析に先立って、どのようなデータをとるかも、これと同じように重要である。

例えば、納期達成率というデータがある。これは顧客への全納入件数のうち、どれ位が契約納期以前に納入されたかを示す百分率である。したがって、これだけを見ていたのでは、もともと計量値である実績納期の分布は判らず、納期達成率を向上させるためには、実績納期の平均値を短縮すればよいのか、バラツキを小さくすればよいのか、またはその両方が必要なのかは判らない。換言すれば、納期達成率は部下を督励するにはよいが、部下を指導するには不向きなのである。

山に樂しむ

私は1950年に第三高等学校へ入学したころから登山を始めた。今西錦司、西堀栄三郎、桑原武夫などの大先輩にあこがれたせいでもあった。しかし戦争は近く、装備や食糧を手に入れることにも苦労をした。地下足袋や草鞋で沢を歩き、焼きおにぎりを腰にしてスキーを楽んだ。

こうして私の学んだのは、踏み跡を見つけ、地図を正

しく読み、風雨や吹雪の中でも焚火やピバークのできる技術であった。山に登るためには、ロック・クライミングやアイス・テクニックももちろん必要であるが、それ以前に、これらがサバイバルの基本技術として重要なのである。またこれらの技術と共に通しているのは、それらの教育の困難さである。地図の読み方、焚火のしかたなどは、これらを実際の場で体験的に教えることはできても、これらを教室の内で集合教育の形で教えることは殆んど不可能であろう。

これらの「野外科学」の訓練は、後になって私の仕事の進め方、研究のしかたにおおいに役に立った。

京大学士山岳会はヒマラヤを目指して、いろいろの検討を行い、準備を進めた。研究室で仕事がうまくいかずにもしやくしゃしているような日、夕刻から近衛通の樂友会館の2階で頻繁に行われた山岳会の会合で、さきにあげた大先輩たちの会話を、隅にいて、だまって聞いていると、それらの人たちの考え方が判り、これらに同感することから新しい元気がわいてくることも、しばしばあった。これもクワルテットの効果の1つであろう。

最後に述べておかねばならない。京大学士山岳会は中国雲南省の未踏峰梅里雪山（メイリッシュエシャン）を指して、日中合同登山隊を送り、その登頂を目指したが、1991年1月5日、登頂を目前にして、登山隊との連絡は途絶え、11名の日本人隊員と6名の中国人隊員の全員が死亡したと判断せざるを得ない結果となった。このなかには水曜会会員の近藤裕史君も含まれている。私はこの事故を通じて、「天を恨む」以外にないことの辛さと悲しみを味わった。また同時に、人間のやることは、それを「完全」に近づけることはできても、つねに完全ではないことをも痛感した。この悲しい経験を将来に活かすに

は、一体どうすればよいのだろうか。

私はその年の5月にアレルギー性の喘息を患い、11月には胃の手術を受けた。おかしな年であった。

エピローグ

私が大学を卒業した1945年の前後は、大学の研究室は配給の大豆を塩酸で炊いてアミノ酸醤油をつくったり、風邪薬のフェナセチンから甘味料のズルチンをつくる臭いに満ちていた。それから50年、ほんとうによく來たものだと思う。

ふり返ってみると、こうしていろんな仕事をやってきた体験は貴重である。これだけの経験を積めば、小々の事に直面しても「なんとかなる」という自信をもち、楽観的に考えるようになる。

「案ずるより生むは易し」という格言がある。あれは案ずれば案ずるほど、生むのが易くなるのだと解釈するのがよい。またその事をやるかどうかは、案ずるよりも前に決断すべきであって、この順番を逆にすると、散々案じたあげく、やはり止めておこうと言うことになりがちである。たしかに最初に始めることは、2回目よりもはるかに大変である。しかし物事は必ず第1回目からしか始まらないのである。ここに創造の価値がある。

ロマンということばは日本語である。私はロマンには次の2つの条件が必要だと思っている。その1つはやろうと決めたことが、人から見て、一見馬鹿げたことでなければならないということである。第2は、いくら馬鹿げたことでも、それをやってみる価値がおおいにあると判断したら、執念をもって積極的に取組むことである。

皆さんはどうお考えであろうか。

談話室

近況報告
－21世紀を考える会の幹事として－

熱田善男*

A Briefing on the Activities of the Study Group for 21 Century
by Yoshio ATSUTA

21世紀を考える会は、新日鉄・元・副社長・戸田健三氏（昭和19年・京大（工）機械卒）を中心に、筆者（熱田善男・工業所有権協力センター/水曜会・昭和34年・冶金）が幹事となり、月に1回、講師を招き、①夕食と講演を楽しみながら、②会員の相互交流を行い、③情報蓄積と、④人脈集積に務め、⑤現在の仕事と、⑥将来の発展の材料にしようと、平成1年（1989年）4月、約25人の人が集まって始めた会ですが、平成6年（1994年）5周年を迎える、会員数60名を越す立派な会に成長し、会員も、千葉大、千葉工大の教授、助教授、新日鉄、IHI、川崎製鉄、日立金属、神戸製鋼、宇部興産、日本ゼオン、カントク、日新製鋼、等の企業の役員、社員、他に、特許事務所、調査会社、技術開発コンサルタント会社などのオーナー、ジャーナリスト、学生、主婦など、たいへん巾が広がってきました。

水曜会会員では、荒木修氏（東海鋼業/昭20年・冶金）、青木信美氏（第一高周波工業/昭24年・冶金）、松塚健二氏（日本パーカーライジング/昭33年・冶金）、枝徹也氏（日立金属/昭34年・冶金）、田原正明氏（トピーメタリ/昭34年・冶金）、秦瑛氏（パーカー熱処理/昭35年・冶金）、小林隆彦氏（産業構造研究所/昭36年・冶金）が会員として参加されています。他にも、榎本修造氏（カクタスリサーチ/昭29年・冶金）、田桐浩一氏（オスラム・シルバニア/昭30年・冶金）、森孝夫氏（日本鉛亜鉛需給研究会/昭34年・冶金）、齊藤晟氏（日本検査/昭34年・冶金）、森田有彦氏（日新製鋼/昭34・冶金）、吉村忠良氏（日立金属/昭38年・冶金）もテーマにより参加されておられます。

平成6年（1994年）に入ってからのテーマは、1月「ジャーナリズムの役割と責任」元・毎日新聞論説委

*（株）工業所有権協力センター主席部員（昭34年・冶金卒）

員・鳥井守幸氏、2月「私と川柳/21世紀をよむ」松下電工・笹沼洋一氏、3月「鉄鋼サバイバル/ニューコア社とアイバーソン会長の挑戦」川崎重工・三谷一雄氏、4月「地中海文明/その歴史と現在」文明評論家・田中瑛也氏、と、多様なジャンルを取り上げています。

水曜会は金属の関係者が多いので、3月の「鉄鋼サバイバル」を簡単に紹介させていただきます。

講師の三谷一雄氏は早大（理工）35年卒、新日鉄で、製鋼、条鋼、鋼管の製造に従事、特に、钢管では、君津製鉄所の特殊電縫钢管工場で、電縫のボイラーチューブや熱交チューブの製造に力量を發揮されました。その後、川崎重工に移られ、産業プラント部に所属。

著書としては、昭和61年（1986年）「鍛接管と電縫管－その発展と歴史」（共著：コロナ社）を出版されました。さらに、平成2年（1990年）に前著の英訳版「A HISTORY OF BUTT-WELDED AND ELECTRIC-WELDED PIPE」（東大出版会）を出されました。

講演会の紹介のつもりが本の紹介になって恐縮ですが、この三谷さんが、また、本を出版されました。「鉄鋼サバイバル/ニューコアとアイバーソンの挑戦」（昭和テクノシステム/定価4,500円・送料500円）です。

三谷さんが、この本のオリジナル版（英語版）を目にしたのは、平成3年（1991年）のこと。「ドイツの友人、SMS社のクーパー氏から送ってきたのです」。アメリカの鉄鋼会社ニューコアのアイバーソン会長が、ドイツのSMS社の開発した薄スラブ連鉄を主体にしたコンパクト・ストリップ・プロダクション・マシンを、未経験のカウボーイや農家の息子などを素人集団の使って立ち上げに成功した挑戦の物語です。「私も鉄鋼の技術者の1人として、関心を寄せていましたので、一気に読みました」。

「長らく不振を続けていたアメリカ鉄鋼業がく徹底した経営スタイル」と「新しい技術革新」で変化していく姿

を、ハッキリと見通すことができた」。

それから、三谷さんの挑戦が始まった。何かに憑かれたように、この本にのめり込んだ。原著者と交渉して、翻訳権（有料）を獲得、余暇を一切この本の翻訳に捧げて、ようやく、平成6年（1994年）2月、A4版478頁の本を完成させ、出版されました。

平成5年（1993年）夏、翻訳原稿を完成前に、三谷さんは、渡米して、アイバーソン会長を訪問、自分の耳で本人から直接経営思想を聞き、自分の目でニューコアの工場の実情を見ました。当初はアイバーソンはきっと革新技術の導入に失敗するだろうと好奇の目で見られていたのに、それを乗り切った後、驚異的なほど安いコストで薄鋼板を製造し、今では、全米各地に16ヵ所の工場がある、売上16億ドルの大会社に成長しているが、その本社は僅か22人という極限の人員ですましている。ニューコア式の弱点と言われていたスクラップ問題も、新しい鉄源対策として、カーバイド鉄製造プロセスの実機化を進めており、やがて解決を見るのではないか。世界各地で、ニューコア式のミルの計画がすすんでおり、やがて、建設・実働となり、日本包囲網ができる、安い製品が日本に上陸する時は、日本の製鋼業は完全に網に捕まるだろう。三谷氏は、あらためて、ニューコアの恐ろしさを認識したそうです。

そこで、21世紀を考える会では、出版が終わり、一段落した三谷さんに、〈三谷が聞いたアイバーソンの経営

哲学〉と〈三谷が見たニューコアの工場〉を語って貰ったのです。

日本の鉄鋼各社は、リストラに悩んでいます、際限なく人減らしをしても、採算が採れないのではないかと心配している人もいます。大量生産のみを追って発展したから、この激変期に耐える、経営哲学と革新技術が見えないので、そこで、鉄鋼各社にも、三谷さんの講演をリストラ参考にしていただくために、参加を呼びかけたところ、新日鉄、住友金属、川崎製鉄、神戸製鋼、日新製鋼、から多数ご参加をいただきました。また東北大学名誉教授・井垣謙三先生、東工大・大学院の学生さん3人、PHP研究所、カクタス・リサーチ、にも参加いただき、総参加者は94人にも達して、三谷さんのお話を熱心に聞き、質疑を交えて、盛会に終わりました。

このように、その講師ならではの特別なテーマを講演していただき、つい金太郎飴的な発想に陥りがちな頭腦に、異質なエネルギーを注入して、柔軟な発想が出来るよう改質していくことを狙っています。参加者からは、楽しくて、タメになると、好評をいただいております。

今後の予定は、「〈生き水〉〈死に水〉の見分け方」「在日外国人問題」「尊厳死を考える」「経済・94年を回顧して95年を予測する」などを準備しております。

毎月1回、第2週の水曜日に、神田の学士会館で、さぼらず、必ず開催しております。

（連絡先：21世紀を考える会/FAX 0474-82-9222）

談話室

芸術における治と丹 -芸術と金属元素 (I)-

松田勝彦*

Coloration in Various Arts
achieved with Metallic Elements

by Katsuhiko MATSUDA

1. 治について^{1),2)}

工学部再編成に伴い、冶金学科の名称が近々消えてしまうそうである。新時代にレトロ調の名称は合わないとは思うものの、長年慣れ親しんで来た名称なので、消えることに一抹の淋しさを覚える。そのうちに三井枢密院と同名の水曜会という名称も時代感覚に合わないということで変更になるのかもしれない。近年まで京大、九大、秋田大の3大学が冶金の看板をあげていたが、今や京大のみとなり、外からは孤高を保っているように見えただけに少し惜しい気もする。

治という字は今の日本語で、鍛冶、陶冶、冶金の3つ位にしか用いられないで、冶金学科という名称はよく冶金学科と間違われて来たが、いずれこんな話は昔話になるのだろう。以前、一度だけ夜勤工学科御中という郵便物が届いたことがある。有名な所から送られて来たものだったので呆れてしまった記憶がある。

さて、問題の治の字であるが、そのなりたちは二水偏が氷の筋目を表わし、台が緩むの意味で、治は本来、氷が緩み溶けることを表わし、そこから派生して金属が溶けるとか、なまめかしいという意味に用いられて来た。溶けるという意味での治の字は現代日本語として少しは残っているが、なまめかしいという意味での治は漢詩などで昔にはよく使われていたが、今では日本語として用いられることがほとんどない。治春とは氷が緩んだ後の、なまめかしく花咲き乱れる春のこと、治遊とは治春の山野で冬衣を脱ぎ捨て嬌声をあげながら遊びたわむれる美少女たちのなまめかしい様子のこと、遊治郎とは白馬に乗り美しい妓女達となまめかしく風流に遊ぶ貴公子のプレイボーイ（花々公子とも言う）のこと、治歩とはモン

ローオークのようななまめかしい歩き方のこと（金蓮歩とも言う）、治容とは男につきまとわれる位になまめかしく装うこと、妍治とは妍を競ってなまめかしく装うこと、艶治とは艶っぽくなまめかしいことをそれぞれ表わし、昔は治の字が華やかな意味に用いられて来た。

固有名詞としては論語の公冶長、中国の鉄鉱山・大冶に用いられている他、歌舞伎・・と話情浮名横櫛（よわなさけうきなのよこぐし）の斬られ与三郎とお富の玄冶店（げんやだな）にも用いられている。玄冶店は源氏店とも書く。

現代の中国語では、なまめかしいという意味で治が用いられることがないが、現代の韓国語ではなまめかしいという意味の派生語として治ハダという語が用いられており、派手だという意味になる。金属光沢、色、服装、顔、考え方などに用いられる。

今まで述べて来たように、治の字には溶けるとなまめかしいの意味があるが、筆者はこの治の字が本来は後述の煉丹術で登場する液体 Hg の溶けた状態での金属

□□□-□□

京都府左京区
吉田本町
京都大学
夜勤工学科御中

*成安造形短期大学、昭和43年冶金卒

光沢のなまめかしさを表す字ではないかと考えている。以下、この考え方へ従って話を進めることにする。

治が金属光沢を表すものとすれば、治は単体金属だけではなく、パイライト (FeS_2)、カルコパイライト (CuFeS_2)、ガレナ (PbS) などでもみられる。乾式冶金学のことをパイルメタラジーと言うが、パイルはギリシア語で火の意味であり、火花の出る石はパイライトと言われた。硫化物は一般に軟らかいが、パイライトはモース硬度 6~6.5 で硬い方に属する。クロマニヨン人がパイライトで火をおこしていたとされ、鉄砲でも、雷管（雷汞（らいこう） $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ を利用）登場以前にはパイライト発火を利用していた時期がある。パイライトは黄金色で Au とまぎらわしいのでネコ金とも言われる。これはネコにマタタビ、女郎に小判やネコに小判の諺と関係がありそうである。筆者は小判を持った招き猫を見るといつもパイライトを連想するようになっている。蛇足だが、招き猫には左手を上げているものと右手を上げているものがあり、彦根の井伊家と関係がある。

パイライトの治の金色の原因は半導体のエネルギーバンドの価電子帯 (d 電子帯) から伝導帯 (d-p 混成伝導帯) への電子遷移による光吸收であるが、最近、若者の間で人気があるラピスラズリのペンダントではこの金色が上等のラピスラズリと安物のラピスラズリを区別する決め手となっている。

ラピスラズリはラテン語で青い石のことであり、 $(\text{Na}_2\text{O})_3 \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3)_3 \cdot (\text{SiO}_4)_6 \cdot (\text{Na}_2\text{S})_2$ で表され、リング状の S が青色の原因である。この青色の中に金色の FeS_2 が入っているところから青金石とも呼ばれる。無機化合物の色の原因は大部分が金属元素によるものであるが、ラピスラズリは例外中の例外である。そこに含まれる FeS_2 の金色は夜空の中の星を表わすとされ、クレオパトラの時代から尊ばれて来た。筆者はラピスラズリの名産地、バグクシヤン（アフガニスタン）の名石を持っているが、大変美しい石でその中の FeS_2 は神秘的見え、硫化物としての治の美の極致である。最近、 FeS_2 が生命誕生の鍵であるという説がアメリカで発表され、 FeS_2 にまた 1 つ神秘性が加わった。

硫化鉄には FeS 、 FeS_2 、 Fe_2S_3 などがあり、ゆで卵の黄身の表面の黒っぽいのも、黒海の黒色も硫化鉄に由来し、ロシアの刀剣用表面処理でも硫化鉄皮膜を利用している。ちなみに、黄海の黄は黄土の色で $\alpha\text{-FeOOH}$ によるものであり、紅海と赤潮の赤はプランクトンによるものである。金属工芸では硫化物の融体を用いることもあり、黒金流しと呼ばれている。この技法はヨーロッパやタイで用いられ、日本で用いられることが多い。

1 月の誕生石であるガーネット（ざくろ石）の上等のものをパイループと言い、このパイルは火のように赤い石

というところから来ているが、赤という漢字の成立ちは大と火が合わさった会意文字である。大と火と言えば大文字の送り火そのものであり、この送り火はゾロアスター教（拝火教）の光明の神アフラ・マツダ信仰の影響を受けているとも言われているが、大文字の点火にはパイライトを用いない。

さてここで、治の王者である Au の記号の由来について述べてみる。Au はラテン語の aurum (金) に由来するが、その元は古代インド語の光や輝きの意味であり、極光の aurora はローマ神話の暁の女神の名 Aurora から来ている、これも aurum と関係がある。一方 Ag の方はラテン語の argentum (銀) から来ているがギリシア語の argos (光り輝く) に由来し、argos も古代インド語に発する言葉であるとされる。輝銀鉱の argentite (Ag_2S) や Argentina (国名) も argos から来ている。とにかく、Au も Ag も、記号の由来は治の意味である。

2. 丹について

治と似たレトロ調の文字で、金属元素に関係のある字として丹をあげることができる。現代の日本語では丹と言う字は丹精、丹念、牡丹、丹頂鶴、雲丹、丹毒の他、固有名詞として丹波、丹後、仁丹位にしか用いられない。丹前とは、本来固有名詞だったものが普通名詞に切換ったものであり、江戸時代に丹後守の屋敷前にあった風呂屋で用いられた浴衣のことを指す。韓国語では丹楓（タンブン）は紅葉、丹根（タンゲン）は人参のことで、丹はいずれも赤を指しているが、少し古風な言葉で丹粧（タンジャン）という語があり、化粧の意味であるが、この丹粧には赤の意味の他に、金属元素に関係のある丹の本来の意味が秘められており、後に述べるオーカル系化粧品と関係があるようである。丹とはもともと、中国では煉丹術に用いられた朱 (HgS) のことを表し、道教と関係が深いが、道教を国教とした唐王朝では丹薬を飲みすぎた皇帝が 6 人も命を落しており、丹薬禁止をめぐって論争が起こっている。玄宗が息子の嫁に横恋慕し、道觀（道教寺院）にその嫁を入れ禊を済ませた後に楊貴妃として迎えたことからも、唐王朝での道教の隆盛ぶりが窺え、煉丹術は唐代に特に流行した。

さて、丹という字は象形文字であり、水銀鉱山の鉱井を表し、住友の泉屋のマークの井桁が銅鉱山の鉱井を表しているのとよく似ている。丹の発音そのものは古代インド語であるサンスクリット語やペーリー語の tang から来ているとされ、tang は本来人の血の色を表す語であった。これは古代における丹色（にいろ）信仰と関係がありそうである。昔の日本で赤金（あかがね）とも呼ばれていた銅のことを古代インド語で tanba と言い、血の色の金属ということらしい。

丹波の地名がこの語に由来するという説と、丹波の丹は古代の赤米だとするする説がある。風土記にはインド人の記述があり比自と呼ばれる。丹波の比自里にはクリシュナ物語が残っている。いずれによ、丹後は丹波の後のことであるが、現在の丹後が本来の丹波であり、現在の丹波が本来の丹後であると主張する丹後中華思想とも呼ぶべき考え方の人々もいる。仁丹は戦前には赤色だったが、いつのまにか銀色に変わった。仁丹に Hg が含まれているわけではないが、その色は道教の丹薬 HgS の赤またはその単体の Hg の銀色をまねたものと思われる。三重県の丹生（にう）では昔辰砂がとれ、 Hg_2Cl_2 を作って伊勢白粉（ハラヤ）として売っていたが、これも仁丹と同じく丹薬の変形商品と見ることができる。 Hg_2Cl_2 は甘汞やカロメルと呼ばれ、電気化学の方で参照電極として用いられて来た白い化合物である。伊勢から徳島にかけて中央構造線沿いに HgS が産出し、道教を取り入れている仏教でその丹薬が重視され、その為に中央構造線沿いに寺が並んでいるとする説がある。その中の1つの寺、長谷寺は牡丹で有名であるが、本来は花が目的ではなく、根を目的とした薬草園であった。牡丹は牡の丹（赤色）と書くがその根が赤く、牡のシンボルを表すことに由来すると言われている。丹頂鶴は花札や千円札の裏のデザインとなっているが、赤色を示す丹は頭の肉瘤の血の色が透けて見えている為であり、古代インド語の tang の本来の意味である。丹精や丹念は精や念を込めて顔料としての丹を作ったり、塗ったりするよう、東洋画のニュアンスを感じられるが、どちらも国字であり、中国では用いない。中国には似た意味の丹心、赤心という語があり、赤い心、すなわち真心を指す。道教とも関係の深い東洋医学で丹田という語が用いられ、人体の重要な部位3ヶ所を指す。鍼灸や経絡麻酔のみならず、武道や氣功術でもこの語が用いられており、念力とも関係がありそうである。インドのヨガの修業で生体エネルギーがチャクラと呼ばれる身体の6つの部位に集中するという考え方があり、丹田の考え方と似ている。東洋医学の古典である医心房、房内編では女のシンボルを丹穴と呼び、この丹は本来の tang の意味である。ちなみに成人1人分の血に含まれる Fe 錯体から冶金により Fe を取り出すとすれば 3.5 g 位になり、小さい鉄クギ1本分に相当する。

丹には以上のように丹礬（たんばん）という用いられたもあり、古代インド語の tanba と関係がありそうである。湿式精錬の中間産物である $CuSO_4$ を昔は丹礬（胆礬）、 $FeSO_4$ を昔は綠礬とそれぞれ呼んでいた。これらの化合物は焼物の世界でも古名で呼ばれることがあり、例えば志野焼では抜け丹礬という言い方が今も用いられている。 $CuSO_4$ 溶液を用いると色が器の外から内側まで

抜けけるという意味である。金属工芸着色の方では今でも丹礬や綠礬という古名を用いることが多い。染色の方でも古名が用いられることがあり、綠礬のことをローハとも言い、ローハは古代インド語で鉄サビのことであるが、染色で用いるローハが古代インド語のローハとつながりを持っているのかどうかは不明である。染色用語のローハは綠礬が日本で單になまつたものかも知れないし、古代インド語のローハの当字が中国で綠礬になったものかも知れない。礬は硫酸塩のことである。

さて、今日の科学では、常温近くで Ga やウッドメタルが液体であることがわかっており、我々にとっては常温近傍での液体金属がそれほど珍しい存在とは思えないが、古代中国人にとって辰砂の鉱石に点在する液体 Hg の玉（みずがね、水金）が不思議な存在であり、注目を引いたであろうことは想像に難しくない。Hg は貴な金属であり、 HgS の合成では銀色の液体 Hg と黄色の S から朱色の HgS が生じる反応 $Hg + S \rightarrow HgS$ が起る。生じた朱色の HgS を加熱すると $HgS + O_2 \rightarrow Hg + SO_2$ の反応が起り、銀色の Hg に戻る。Hg が貴な為に起るこの Hg と HgS の変幻自在性が神秘的とされ、東洋哲学的な意味をつけられて、不老長生のシンボルとみなされ、その殺菌力も不老長生に関係があるとされた。Hg を含む赤チン（マーキュロクロム）がついこの間まで傷薬であったのと似ている。筆者は前にも触れたように、この金属光沢を持つ液体 Hg が治の本来の意味であり、朱の HgS が丹の本来の意味ではないかと考えている。乾式法で生じた HgS が朱色であるのに対して、湿式法で生じた HgS が黒色であるのは粒度の違いによるものであり、煉丹術は乾式法なのでそこで生じた HgS は朱色である。Hg は Pt, Fe, Ni, Co, Mn 以外の金属を溶かし合金アマルガムを作ることも不思議だった筈であり、Au アマルガムは金銅製の仏像の Au メッキに使われて来た。Cu 合金の上に Au アマルガムをのせ、加熱により Hg を気化させて Au を残すという、いわゆる減金法であり、メッキの語源はここから来ているという説がある。ちなみに Hg の沸点は 356.6°C であることを付け加えておく。奈良の大仏の金メッキは減金法で行われたとされているが、付近の残土から Hg が検出されてないのが謎とされており、気化した Hg の回収法が秀れていたのかも知れない。なお、西洋鍊金術の賢者の石も Hg と HgS の変幻自在性を扱ったものであり、洋の東西を問わず、Hg が不思議な金属であったらしく、西洋ではタロット占いや占星術とも関係していた。

丹の字は HgS 以外に有色の化合物全般に用いられており、 $\alpha\text{-}Fe_2O_3$ （ヘマタイト、赤鉄鉱、赤土（あかつち））、 $\alpha\text{-}FeOOH$ （文豪兼鉱物学者ゲーテの名に因んでゲーサイト、黄土（おうど）、鉄サビ）、 PbO （黄丹（おうたん）、

密陀僧), Pb_3O_4 (鉛丹, 光明丹(こうみょうたん)) を指すこともある。日本では丹生(にう)の地名は HgS 産地のことと、丹(に)は HgS 以外に赤土や粘土をも指し、ハニ(埴)はハニワ(埴輪)を作る赤土の粘土のことであり、ハニヤスヒコとハニヤスヒメは古事記神話ではイザナミノミコトから生まれた粘土の神々、すなわち丹の神々である。ちなみにカナヤスヒコ、カナヤスヒメも同時に生まれた神々であり、こちらは治の神々である。丹がスラグ、冶が溶融金属と考えればイザナミノミコトが溶鉱炉ということになる。青丹(あおに)は $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ (マラカイト、孔雀石、岩綠青) を指し、奈良の都につく枕詞の青丹よしの由来には良質の岩絵具である岩綠青が採れる奈良の都という説や、樽(ナラ)の木の実の色が丹青のように美しいという説などがある。

さて、ここで言語学的には間違っているかも知れないが、大胆な仮定として既述のように冶が単体金属や金属硫化物の光沢から来るなまめかしさを表わす字と考え、丹が Hg 系、Fe 系、Pb 系の金属化合物の赤から黄色の美しさを表わす字であると考えて、芸術における冶と丹の役割を眺めてみることにする。

3. 芸術における冶

冶が自由電子に由来する金属光沢を示すものとすれば、考古学的に見て冶の芸術作品の初期のものは自然金属を利用したものだった筈であり、スキタイの Au の工芸品もその 1 例であろう。地球から冶の状態でとれる自然金属は貴度(Nobility Index)から考えて通常 Au, Pt, Ag, Hg, Cu の 5 種であり、隕鉄を含めれば、Fe の自然金属もありうる。ちなみに 19 世紀にグリーンランドのディスコ島で発見された 20 トン以上の自然鉄の成因は不明で隕鉄説を否定する人が多く、謎とされている。自然金属を利用した時代の後に冶金の技術が興り、青銅器時代を経て、現在にまで続く鉄器時代に進んで行ったとするのが考古学の通説であるが人工的に還元して得た金属は、化学的に不安定であり何らかの特別な理由がない限り、腐食する運命にある。この為、古代に作られた冶の造形作品が今でも金属光沢を保っている場合は Au と Ag を除いては稀である。春秋時代の越王勾践の宝剣は Cu-Sn 合金製であるにもかかわらず、2500 年を経た今でも錆びずに美しく光っており、最近の研究によれば表面の硫化物皮膜のせいで、腐食が進まなかったのではないかとされている。いずれにせよ、美女西施や吳越同舟や臥薪嘗胆でおなじみの勾践の錆びない宝剣はインドのデリーにあるイスラム教寺院の錆びない鉄柱と並んで驚異である。デリーの鉄柱の耐食性に関しては Corrosion Science に報文がでており、空気が乾燥している為だという結論になっている。Cu 系や Fe 系の古い造形作品は

これらの特例を除いて、一般にはさびているのが常である。なお、鉄系ではサビの字に錆、非鉄系では錆が用いられることが多いが本字は鏽である。Fe 系の場合茶道の茶釜では水分に注意して永く使用しているし、日本刀の保存では錆が出ないように油をしみこませた白サヤに入れ丁字油などで小まめに手入れをしている。これに対して、Cu 系では古代中国の青銅器で見られるように自然に生じた Cu-Sn 合金表面の $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ や $(CuCO_3)_2 \cdot Cu(OH)_2$ の緑や青の錆(Patina)をめでるという考え方昔からあり、特に北宋の皇帝であり書画家としても有名な徽宗の頃からその考え方が定着し始めた。それらの名品を今でも左京区天王町の泉屋博古館で見ることができる。これらの青銅器には神酒を受ける為の酒器が多いとされており、盃、尊、爵などと呼ばれる。周では諸侯の格式を爵の良否で決めており、戦前の華族の公侯伯子男の五等爵は青銅器の酒器に由来する。酒器としての金属杯の流は今の優勝杯に受け継がれているようと思われる。信長、秀吉の頃の茶器にもそのような意味合いが含まれており、ゴルフ外交のような茶道外交があった。

金属製の芸術作品は Au, Ag, Pt, あるいはステンレスを用いていればさびずに金属光沢を保っているが、普通の Cu や Fe を用いた場合にはさびが生じる為、金属工芸では美観と防錆を兼ねて表面着色が行われる。

金属工芸着色で有名なものは明の宣宗の時代の宣德銅器であろう。ちなみに、この皇帝はコオロギ賭博を好み、虫の容器にも凝って景德鎮陶磁器の名品を焼かせており、今でもコオロギ賭博は香港で秘かに流行している。日本における金属工芸着色は刀装品の方で有名であり、室町期に始まる後藤祐乗の一派が活躍した。明治以後、金属工芸着色は煮色仕上げ(にいろしあげ)と呼ばれるようになったが、銅器が主流の着色で、 $CuSO_4 + (CH_3COO)_2Cu$ 混合水溶液を用い、 Cu_2O の皮膜を生成させて着色する。この $(CH_3COO)_2Cu$ は酢に金属銅を入れて作った綠青の主成分のことであり、化学薬品を用いると煮色仕上げは出来ないとされている。鉄器の方では Fe_3O_4 の黒皮仕上げ、タンニン酸鉄のオハグロ掃き、漆の主成分ウルシオールと $Fe(OH)_2$ の化合物で作る黒漆コーティングなどが用いられる。銅器の方でもオハグロ掃きがあるが、皮膜の主成分は Cu_2O であるとされている。なお、漆に関しては今から 5,500 年前ものが中国で劣化せずに出土しており、胎(基底材)は腐食して存在しないのに外皮のみが残り、その耐久性には驚かされる。漆の乾燥には $Cu^{+}-Cu^{2+}$ redox 系を持つ酵素が働き、重合には H_2O が必要な為、高温多湿の室(むろ)に入れなければならないということと、漆の英語 japan が動詞としても用いられることは一般には知られていない

ようである。

現代の鉄の立体造形作品では NaCl を付けて水をかけ、赤錆を発生させるということも行われるが、作品表面に Cl^- イオンが残ってしまい、その作品は長持ちしないようである。金属屋から見れば耐久性から考えてどんな發想であるが赤錆の丹を美しいとする彫刻芸術が存在することは事実である。

銀器の方では Ag_2S の黒色仕上げが普通であるが、筆者は先日、銀のすばらしい着色芸術を見る機会を得た。大津市膳所の山口特殊電線(株)の社長、山口善造氏(筆者の高校同期生山口善章氏の父君)の作品である。着色技法はトップシークレットということで、教えてもらえなかつたが、渋い感じで、あらゆる色が出ていた。Ag 器の着色には K_2S を主剤とするムトーハップ 610(商品名)がよく用いられるが、 $\text{AuCl}_3 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot \text{KI}$ 系溶液を用いる金フルビと $\text{CuSO}_4 \cdot \text{NaCl}$ 系溶液を用いる銀フルビという方法もある。反応機構はどちらも不明であり、金フルビの場合には Ag_2S と AgI の膜が生成されているとされ、光を当てると反応の様子が変わる。これは写真調色と類似の現象のようであり、山口善章氏が現像という語を用いていたことをヒントにすれば、山口善造氏の作品は金フルビに近い方法で Ag_2S と AgI の薄膜を作り、膜厚コントロールで、光の干渉により色々な色調を出しているのではないかと筆者は推定している。いずれにせよ金属光沢を帯びた状態での着色で、Ag の銀色も治そのものの形で残してあり、これこそ、まさしく治の芸術の一品の1つに入れることができる。薄膜干涉を用いたカラーステンレスと共に現代版耀変と呼ぶべきであろう。耀変(曜、熹、燿でもよい)については焼き物のところで後に触れる。山口氏の Ag 板の着色原因については目下、ESCA で調査中であり、作品は近いうちに滋賀県近代美術館で展示予定だとのことである。

さて、Ag は貴な金属であり、その化合物が還元されやすい為、昔の化粧用のガラス鏡や天文用の反射鏡の銀鏡反応に用いられ、ブドウ糖・果糖などの单糖類($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)や麦芽糖・乳糖などの二糖類($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)が還元剤として用いられて来たが、同じ二糖類でもショ糖には還元性がない。天文用のレンズ磨きには丹の1種であるベンガラ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)や Ce 酸化物が用いられる。ちなみに、日本人形の顔に用いられる胡粉(ごふん、 CaCO_3)の研磨には砥草(とくさ)が用いられ、砥草には SiO_2 が多く含まれている。一方、Ag 化合物の光化学反応が写真に利用されて久しいが、他の貴な金属元素 Au, Pt, Hg 等が写真にはうまく利用できないようであり、Ag 元素の貴度が微妙な位置にあるということを再認識させられる。1839年にはフランスの画家ダゲールが Ag 板に Hg を併用して写真を発明し、ダゲレオタイプの写真と呼ばれ

た。この Ag 板写真は独特的の色をしており、その反応機構は未だに十分には解明されておらず、山口氏の作品はダゲレオタイプに近いものかも知れない。今の写真は AgBr から Ag 粒子を作り、カラー写真の場合にはこの Ag 粒子の近傍の現象剤酸化物にカプラーを付けて色素を作っており、反応機構はかなり解明されている。余分の AgBr は Ag のチオ硫酸錯体として除去するが、近年、この錯体が生花延命剤として役立つことが発見され、園芸の盛んな国、オランダの特許となっていて、その薬は日本でも発売されている。

さて、煮色仕上げでは伝統的に大根オロシ(主として脱脂作用)、アサリの煮汁、ネズミの糞などを用いることがある、いい色の作品ができるが、それらの反応機構が不明であるところはダゲレオタイプの写真と同様であり、今後の研究課題である。

工業的な金属表面着色としては既述のカラーステンレス以外に Al の封孔処理や Fe-Cu 系の耐候性鋼のチョコレート色の着色などがあるが、これらに関しては既に報文が多数出ているのでここでは触れない。

金属工芸の方で有名なものとして日本刀やダマスカス刀の刃紋があり、昔から金属屋の興味を引いて来たらしく、既に金属学会会報や他の成書で度々紹介されているのでこれらの記述もおもしろい分野ではあるが割愛する。

治の芸術としてもう1つの大きいジャンルはアクセサリーであろう。宝石とも組合わせて貴金属やステンレスが多く用いられているが、最近、ピアスや指輪などのアクセサリーによる金属アレルギーが問題となっている。純金でもアレルギーを起こす人が稀おり、Ni でアレルギーを起こす人が非常に多いとされている。24 Karat 金が 100% Au, 18 Karat 金が 75% Au で、残りは Ni や Cu であり、略して 24 金や 18 金と呼ばれる。強度を上げる為に金合金として用いているが、今後は Ni を除くなどのアレルギーケアが必要であろう。ちなみに Au の Karat は古代ギリシアの単位ケラティアに由来するのに対して、宝石の Carat はキラトの木の実1つの重さに由来し、1 Carat は 0.2 g のことである。

金属アレルギーはアクセサリー以外に歯科用金属材料、腕時計、眼鏡フレームでも起り、腐食工学と医学にまたがる学際領域の研究課題として、今後の研究が必要である。アレルギーを起す素材を用いた作品にデザインの良いものが多いことが指摘されているのは皮肉なことではあるが、今後皮膚科医と金属屋がアクセサリーの造り手をも教育しなければならないものと思われる。

眼鏡フレームの製造が盛んな鯖江市では Ti のフレームが軽いので主力製品になっているが、アクセサリーや時計でも最近、Ti 製のものが発売され始めた。Ti は Zr

と共に昔から耐食性オートクレーブの内張りに用いられており、金属イオンが溶出しにくい為、金属アレルギー体质の人には向いている金属であろう。ちなみに、ZrはTiに比べてはるかに高価で強度も低いので、Tiで十分だと思われる。なお、染色の方でもステンレス容器から溶出した微量の Fe^{2+} イオンが染料分子と錯化合物を作り、色がくすんでしまうので、染色にはTi容器を用いるのがよいという報告もある。

さて、次に単体金属コロイドを用いるガラス工芸について述べてみよう。金属光沢を持たないので冶の芸術に入らないように思えるが単体金属を用いているので、写真芸術と共に冶の芸術に分類すべきであろう。ガラスの着色法にはイオン着色、コロイド着色、干渉着色、色中心着色の4種があるが、イオン着色が配位子場吸収、干渉着色が薄膜干渉、色中心着色がカラーセンタによるものに対してコロイド着色の機構に関してはモットーによって提唱されたプラズマ電子球モデルなどがある。ガラスの中にAuコロイドを入れると赤、Cuコロイドを入れると深紅となり薩摩切子（江戸期に始まるカットグラス）の深紅はCuコロイドによる。Agコロイドを用いると黄色になるが、コロイドの粒径制御が難しく、粒径が変わると典型的な色が出ない。カットグラスで同形なのに赤が青よりも3,000円ほど高い場合には赤の方が単体のAuコロイド着色を、青の方が Co^{2+} イオン着色を用いていると考えてよく、3,000円の差はAuの代金である。なお、 Co^{2+} イオン着色の青ガラスを昔の日本で瑠璃と言った、ラピスラズリはこれと区別して本瑠璃と呼ばれた。ビール瓶などにみられる茶色は硫化鉄によるコロイド着色であり、色の再現性が悪いとされる。

陶磁器の方でも単体金属のコロイドで色を出す場合がある。元代に始まった釉裏紅はCuコロイドで赤色を出しているが、別名を辰砂と言う。辰砂は一般にHgS鉱物のことであるが、焼物の世界では釉裏紅を指す。化学的知識の無かった頃の命名だから、混同があつても仕方がないだろう。

次に天然の芸術に触れてみよう。地球外の条件下での冶金学はまだ未開拓の分野で、例えば無重力下で合金を作ると珍しいものができるそうであるが、何と言っても人類の手におえないのは冷却速度 $1^{\circ}\text{C}/100$ 万年で生じた隕鉄中の巨大なウッドマンステッテン模様であろう。これは普通のウッドマンステッテンとは比べものにならぬ位すばらしい自然の造形美である。

冶の芸術におけるホットな話題として貴金属粘土をあげることができる。三菱マテリアル㈱の新製品で、今後のアクセサリー用材料として注目すべきものであろう。

（以下次号）

参考文献

- 1) 松田勝彦：耐火物，38 (1986), p 805.
- 2) Katsuhiko Matsuda: Taikabutsu Overseas, 7 (1987), p 44.

次号内容

4. 芸術における丹
5. おわりに

談　話　室

東京水曜会におけるアンケート結果について*

東京水曜会幹事一同

**Views of Tokyo Suiyokwai Members
by Secretaries of Tokyo Suiyokwai**

東京水曜会は、近藤名誉教授の御示唆や在京の会員諸氏のご要望で、年一回開催しており今年で第七回を迎える。最初は、冶金の卒業生が集まって始めましたが、第三回から資源工学教室の方にもご案内して、名実ともに水曜会になっています。東京地区とは、筑波以西から静岡以東の方々にご案内していますが、約1400名になっています。案内は、1400名の方に往復葉書でご案内していますが、始めの間は、この宛名書きが大変でした。途中から水曜会名簿の印刷をしている日本印刷出版㈱で印刷してもらうようになりました、省力化できました。

出席者は、第1回が80名でしたが、逐年増加して最高188名になりました。本年は不況の影響か若干少なくなった、165名の出席の申し込みがありました。ただし当日都合で欠席の方もあり、申し込みの方の75%ぐらいが実際の出席者になっています。

開催の日の会の内容は2部に別れています、

第1部は、京都からわざわざ先生に来ていただいて講演会をしています。

今迄の演題は以下のとおりです。

第1回 昭和63年

近藤名誉教授「モチベーションについて考える」

第2回 平成1年

村上名誉教授「金属系新素材の研究開発の現況」

第3回 平成2年

森山名誉教授「情報化社会の黎明期を支えた化学冶金技術者達」

第4回 平成3年

高村名誉教授「研究開発雑感」

第5回 平成4年

寺田教授・水曜会会长「京大と水曜会の現況」

若松教授「インドネシアとの国際協力20年」

第6回 平成5年

若松教授・水曜会会长「京大と水曜会の現況」

新宮教授「ゴルフ場牧場論」

第7回 平成6年

佐々教授・水曜会会长「京大と水曜会の現況」

小野教授「ENERGETICS-エネルギー応用工学専攻の創設」

各先生方は、聴衆が昭和10年代卒業の方から、平成卒業の方まで50年くらいの年令の幅のある方々にアピールする演題を考えくださり、それぞれ示唆に富むお話を賜わり、非常に好評であります。

第2部は、懇親会になり立食パーティ形式で先生方とも、先輩後輩とも直接お話ししていただいている。この会で知り合いになることができて、仕事上でも助かったというお話を聞くと少しはお役に立っているのかなと思います。

会場は、東京都港区新橋の住友新橋ビルの会場を利用させていただいている。幹事として、昭和28年卒の木村貞志、植田正明、30年の桑山健、35年の成瀬宏、38年の福井利安、吉田秀隆等が世話をさせていただいているが、会場の借用や応援人員の供出について、住友軽金属工業㈱、住友金属鉱山㈱の世話になっています。

この会も資金的には非常に苦しく、当日出席者から5000円の会費を徴収していますが懇親会費に50%、通信費その他に50%となり、懇親会の内容を節約して収支を償っています。

今回、幹事の任期も長くなりマンネリ化のそりもあるかと思い、水曜会出席者からアンケートを募りました。大学の改革も進んでいることから、その点も卒業生のご

*本文は平成6年3月17日に開催された東京水曜会におけるアンケート調査結果をまとめたものである。

意見を聞いてみました。結果は下記の通りですが、特にそれについての解釈はせず、ご意見を列挙するに止めました。

記

京都大学では、我々の出身学科の改革が進行しています。卒業生としてそれに対する意見や水曜会に対する要望など色々おありかと思います。今回水曜会会长や教授をお迎えしたこの機会に、東京在住の会員の皆様の要望や意見を伝える良い機会だと思いますので、皆様の忌憚のないご意見をいただければ幸いです。

質問1. 資源工学教室の改革について

回答

「これから教室のイメージが大きく変わることと思いますが、従来の感覚で考えますと今後の運営は大変でしょう。資源探索、採取、精製という一連のprocessをこれに付帯する環境問題社会問題等々とも併せて取扱うようにすれば如何でしょうか。」

「佐々先生のお話で、大凡判りましたが、旧制高校を廃止したことがそもそももの誤りでした。」

「現役の教官中心に常に時代にマッチした改革が必要」

「現状どうなっており、それがどう変わろうとしているのか全く分かりません。感覚的には、学生の基礎学力の低下、実務に対する応用力の低下が著しいように思います。もっと基本を徹底的に教えてほしい」

「長く大学との接触がなく、卒業以来初めて水曜会に出席しました。どのような方向に学問が向いているのか、どのような近未来にたいして学問的ニーズがあるのかよく分かりませんが、少なくとも佐々先生のお話にある様に、社会でビジネスマンとして必要な素養を幅広く深く、しかも基本的なものを身につける体制が必要。(経営学、経済学、法律等を含む)」

質問2. 金属系教室(冶金学、金属加工学)の改革について

回答

「“精錬”的な内容を逐次資源工学に移行、合金系を中心とした組織・材料・加工・応用等を、これに付帯する環境問題、社会問題等々とも併せて取扱うようにすれば如何でしょうか。」

「落第生を1/2くらい作って如何」

「何をやっているのか素人分かりのしない講座名等をつけない様に(もしあったら)」

「工学部の意味合いから離れかかっているように見える。理学部ではないのだから」

「現役の教官中心に常に時代にマッチした改革が必要」

「名前が変わり、消えるのは淋しいが実態として学際的に変革される必要があると思うので止むを得ないというよりもむしろそうあるべきと思う」

「これまでの枠を外して大ぐくりな組織に変わるようにですが、賛成です。学生さんには幅広い教育(たとえば法則、経済なども)をお願いします」

「本日お聞きした通りで結構です」

「材料一般に対象を拡大してはどうか」

「別途 要望・意見等を述べる機会があったほうが良い」

「改革の意義がよく見えてこない」

「企業との交流をさらに深めるよう努力してほしい」

質問3. 水曜会誌の内容につき充実してほしい点は?

○印は幾つでも可。

回答

回答数

- 研究論文(例:石英に対する銅イオン吸着の基礎的研究:若松) 15
- 総説(例:レアアース事業の概要とその特長:森) 19
- 講座(例:ジルコニウムとハフニウムの精錬の歴史:森山) 17
- 報告(例:インドネシアとの国際協力:若松) 12
- 教室の研究速報(例:探査工学講座や非鉄冶金学講座の研究速報) 22
- 座談会(例:企業と大学における研究のあり方) 19
- 談話室(例:メゾ材料研究センターの紹介:長村) 10
- 会報(例:物故者への追悼文、学生の卒論テーマ等) 14
- 会員消息(例:各地の水曜会の報告、教官人事、逝去会員報告等) 24

「傾斜機能合金・水素吸収合金」

「このような会誌が続いていることは誇に思っている。」

会員が待望している内容を狙ってください」

「各研究分野のトピックスの紹介」

質問4. 水曜会大会(京都)について

回答

回答数

- 現状で良い 23
- 改革が必要 10

・特になし	10
運営に対するご要望.	
「会長を時々は関西の企業にいる社会人OBにやらせては如何」	
「時期的に変更希望、10月頃。」	
「時期的に変更希望、7、8月頃が良い」	
「若年層だけの大会を開いてはどうか。今年は同年代(平成2年卒)の人がおらず淋しかった。」	
「単なる同窓会に陥入っている」	

東京水曜会について

質問1. 今後も引き続いて開催することについて

回答	回答数
・賛成である。	49
・開催の必要なし。	0

質問2. 水曜会会长から“大学と水曜会の現状”を話してもらうことについて

回答	回答数
「京大の特徴的なことは、他学部（文系）についても触れてほしい。」	
「難しい時代ですが從来のままで良いと思います。」	
「大学・水曜会の動向、学生の意識、研究課題の動向」	
「新しい改革とか変遷の実体」	
「特に改革期にある大学の現状についてお話を伺いたい」	
「教室改革の方向」	
「学校から離れた現在、今回の内容は大変興味あった」	
「大学の現状についての話を希望」	
「大学の内容・組織が変革の時期であり、どのように変わるべきかを知りたいので当分の間続けてほしい。」	
「從来どおりでOK」	
「大学の現状、問題点、今後の方向などを毎年お話しただければ幸い」	
「大学の研究のトピックスと教室内の現状等も話題に入れては如何でしょうか」	
「学生の動向、教室の方向等について」	
「良いことだと思います」	
「OHPのコピーを配布して欲しい」	
「企業、官庁の関連分野の現状まで広げた内容についても会員の講演時間を設けてみてはどうでしょうか」	
「具体的な内容についてのお話」	
「現在の方式で良い」	
「現状で良い」	

質問3. 教授のご講演について

回答

「講師の独自のお話で良い」
「余り専門分野に入りこまず、かといって余り通俗的なものでもどうかと思われ，“肩のこらない内容だが後で何かと頭に残るようなもの”という厚かましいお願ひを致しておきます。」
「第2回 村上先生：金属系新素材の研究開発の現況、第4回 高村先生：研究開発雑感のような多少専門部門の講演が良い」
「先生が東京水曜会の為に話したいと考えておられることで結構です」
「専攻テーマに関係なくお考えになっている事項についてお話願えればと思う」
「最近の動きに関連して出来るだけ一般的なこと」
「有意義な講演に感謝」
「教授に一任」
「現在のような内容で良いと思う」
「現状で良い。あまり準備をして頂くようなものは問題がある。」
「技術的な講演よりも先生方の研究哲学をお聞きしたい」
「現状で良い」
「続けてほしい」
「講演については専門外の分野でも良いと思う。(例：経済 etc)」
「次回以降も材料一般に関して我々に刺激を与える内容の講演をお願いしたい」
「今迄通りの一般的な題材でよろしいと思いますが、欲をいうならば大学の教室の装置や研究室、学生の様子もあれば興味深くなると思います」
「学生あるいは助手クラスの人に講演してもらって良いのでは？」
「専門外のお話（趣味、学会、委員会等）」
「各先生の特色ある御講演を望む」
「最近の話は、アカデミックでない」
「現状で良い」
「先端技術等の興味のあるテーマでやってほしい」

質問4. 会費について（一人当たり 5000 円）

回答	回答数
・5千円/人は、妥当と思う。	42
・高すぎるので、改善すべし。	0
・会費を上げて、懇親会の内容を充実すべし。	9
「もう少し高くても。」	
「幹事さんの御負担も可成のものでないかと思います。その点で必要あれば会費 up も止むを得ない場合	

もあると思います。」

「出席者の多数化を図るために、5000円くらいが適切と思う」

「会費の割には充実している。お招きした先生方に失礼の無いよう、そのために値上げするのは賛成」

「5000円/人は運営するのに苦しいと思います」

「7000円位が良い」

「必要な額なら高くても可」

「多少値上げも可(何に使っても良い)」

質問5. その他のご意見をお書きください。

回答

「案内発送先のうち出席者が約1割は、一寸淋しい感がある。出席率向上の妙案はないものでしょうか」

「幹事の方には毎回本当にごくろうさまです」

「先輩、後輩の広い懇親の場としていただきたい」

「開催時期は、年度末よりも4~6月の方が会員(特に私は)時間的にゆとりがあって良いかと思います。」

「水曜会の名称をそのまま用いるのではなく、例えば、水曜会技術セミナー等とし、各教室の助手・講師・助教授クラスの最近の研究課題を話していただく様にしたらいかが?」

「学内改革により、水曜会の今後の枠組と従来の伝統とがうまく噛み合うような運営を願いたい」

「企業・官界・学会でのトピックスについてのトークがあれば良いのだが…」

以上の通りであります。今後も水曜会会員の相互啓発と懇親のささやかな一助として運営してまいりたいと思っています。色々ご助言やご示唆を賜われば有がたいと思っています。

談話室

京都大学工学部の改組について

朝木善次郎*

Restructuring of Faculty of Engineering, Kyoto University

by Zenjiro ASAHI

1.はじめに

三年後の平成9年(1997年)に、京都大学は創立百周年を迎える。水曜会の母体である採鉱冶金学科は1898年(明治31年)に創設されたので、百周年はその翌年の平成10年ということになる。このおおよそ百年の前半は京都帝国大学として多くの人材を輩出した。また第二次大戦後の1949年、第三高等学校を教養部とする新制度の京都大学が発足した。当時、工学部は11学科から成り、学部入学定員は380名であった。戦後から立ち直ったわが国は、その後の高度経済成長期に入り、1960年に粗鋼生産量が二千万トンであったのが、1975年には一億トンに達するに及んだ。この間、多くの技術者が要請され、本学部では教室の増設によって23学科に増え、入学定員も約1000名に達した。科学技術の進歩はもとより、工業製品の品質の向上と生産量の伸びには著しいものがあった。

ところが、1975年前後の2回にわたるオイルショックの頃から、生産量の単なる伸びから、構造材料の質的変化、高機能電子デバイス、光通信システムなど新しい分野の開拓へとベクトルが変わってきた。一方、オゾンホールの拡大、地球の温暖化など地球規模での環境問題が顕著に起り始め、資源・エネルギーの高効率利用と開発が重要になってきている。このように科学技術の革新とともに多くの問題を抱えて21世紀に突入しようとしている現在、科学技術の高度化と学際領域の研究の重要さはさらに大きくなってきていている。

従来、工学部の学科は、主として既存の産業に対応して構成されていた。また、大学院は学部のadvanced courseとして位置づけられていた。各学科では、世界的

水準の基礎研究を行うとともに、社会的要請に応えるべく自己変革に努めつつ、社会で指導的役割を果たす優れた技術者・研究者を多く輩出してきた。一方、このように各専門分野における学問が高度化したことは、それぞれの専門分野で深い穴を堀ることなり、隣の穴が見えなくなる結果ともなった。従って、このままの組織では、今後学問がさらに高度化し、学際領域の研究が重要な世代に対応しきれないことは明らかである。今回の工学部の改組は、科学技術の高度化に対処するため大学院重点化を行うとともに、学部では従来の学科を超えて広い範囲にわたって教育を行い、多面的な基礎学力をもち学際領域の仕事にも柔軟に対応しうるようにすることがねらいである。

2.改組の進捗状況

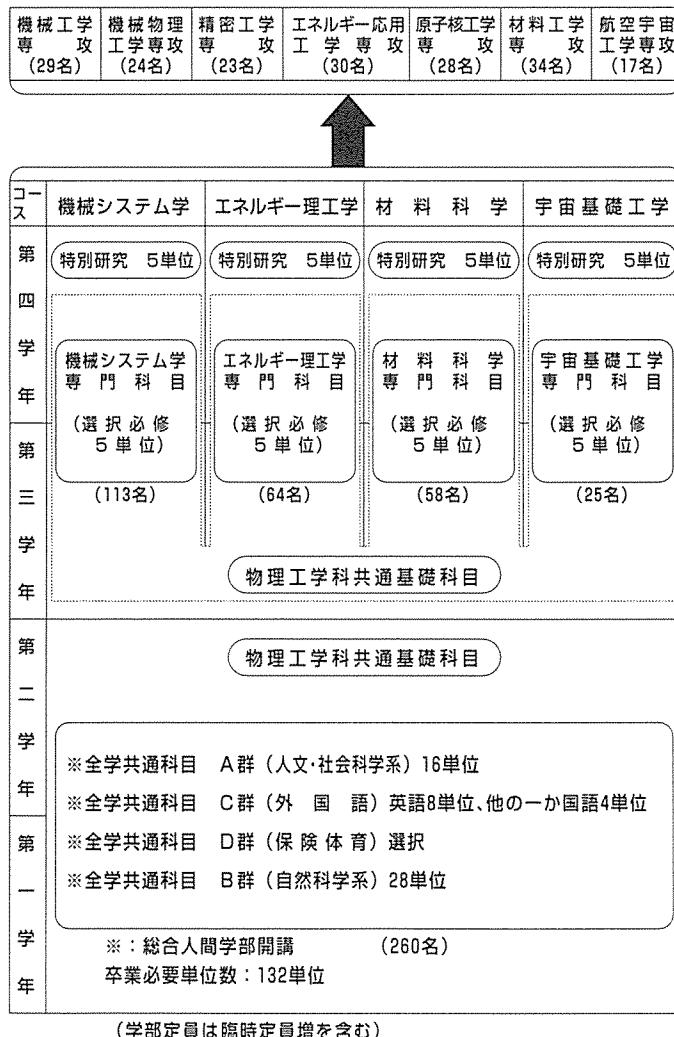
工学部では平成2年度、大学院における教育・研究を充実するため、大学院の改組・拡充が検討された。これを具体化するため、工学部高度化調査研究会(代表:東村敏延教授(現名誉教授))が設置され、平成3年11月に報告書が提出された。この報告では、

- (1)高度の専門能力のある人材を教育・養成すること
 - (2)高い研究水準を維持・向上すること
- を京都大学工学部における重要かつ緊急の課題としてとりあげ、その具体策として、つぎの5項目について提案がなされた。

- (1)工学部教官全員が大学院に所属することを軸として、改組することが望ましい。
- (2)現在の専攻および講座の名称の変更、現専攻間の講座の入替なども含めて専攻の再構成を行い、先端技術の創成、基礎研究の充実を図る。この改組により、先端技術・学際領域での研究が促進されることが期待できる。

*材料工学教室主任

- (3)現在の講座の規模を分野として保ちながら、複数の分野で大講座を構成し、教育・研究に柔軟性をもたらせる。
- (4)高度の専門知識を有する技術者・研究者に対する社会の要請に応えるため、修士課程の学生数を増加することが強く望まれる。このため、大学院専任講座を各専攻に設けることが望ましい。
- (5)大学における研究の活性化、若手研究者の確保のため、また社会の要請のため、博士課程の充実を図る。博士課程の定員増とともに、奨学金制度の充実とティーチング・アシスタント制度の導入などにより、学生の生活基盤を確保することが望まれる。
- 一方、学部においては幅広い基礎学力を有する学生を育てることが要請されており、現在の複数の学科からなる系で4年一貫教育を行う必要がある。系内のコース分けおよびその時期については各系に任せることが望ましいと提言している。
- これらの検討結果に基づいて、中川博次前工学部長および西川禪一現工学部長のもとに、つぎのような改組が進められている。
- 平成5年4月：旧化学系5教室をまとめて、新しく工業化学科が発足した。
- 平成6年4月：機械工学科、物理工学科、精密工学科、冶金学科、金属加工学科、原子核工学科、航空工学科の7学科を統合して、新しく物理工学科が発足した。
- 平成7年：電気系学科、情報工学科、数理工学科、応用システム科学などの改組が行われる予定。
- 平成8年：資源工学科、土木系学科、衛生工学科、建築系学科などの改組が行われる予定。
- 一方、平成5年4月には、従来の教養部を廃止し、総



(学部定員は臨時定員増を含む)

図1 物理工学科と関連する大学院専攻

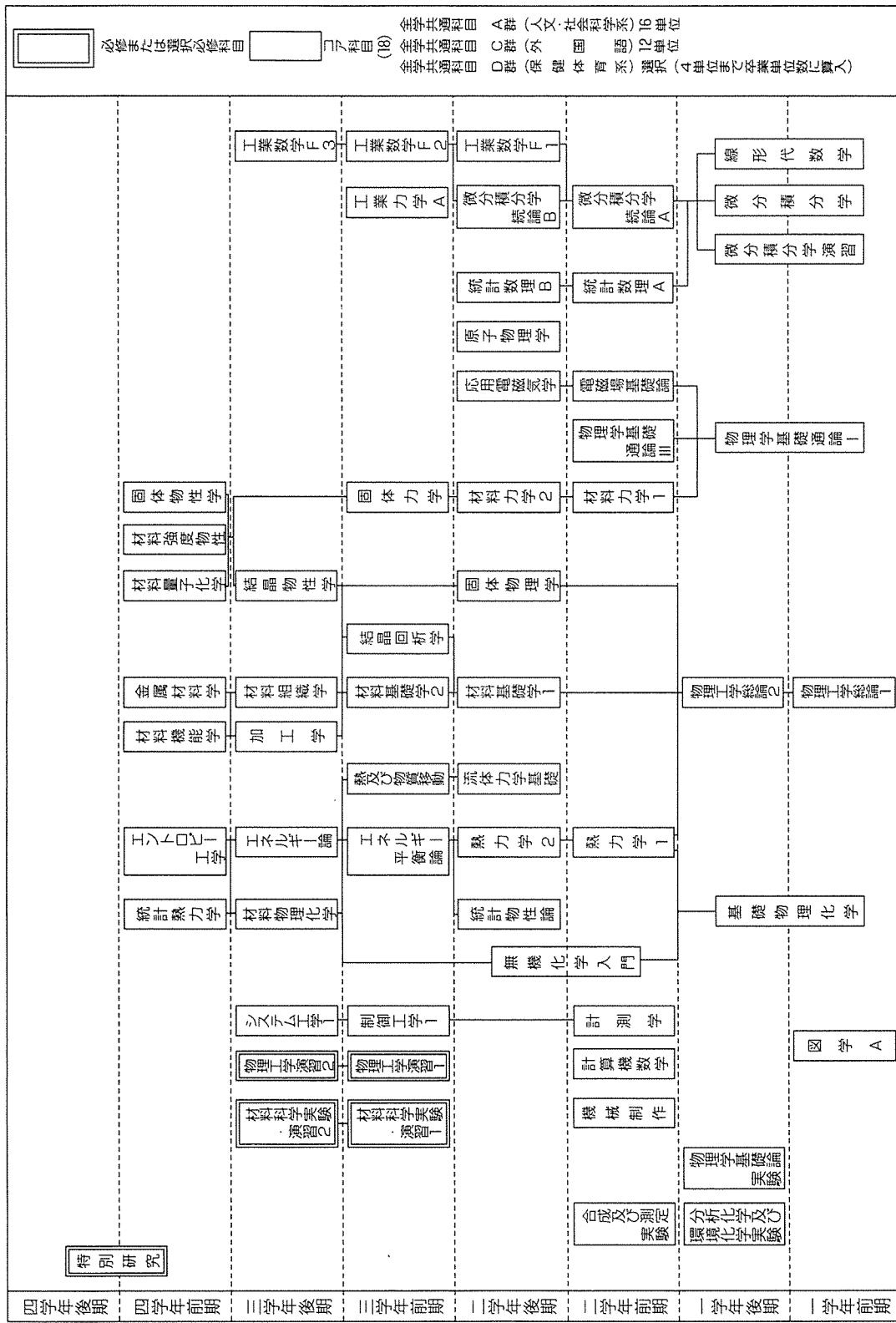


図2 材料科学コースの講義科目のフローチャート

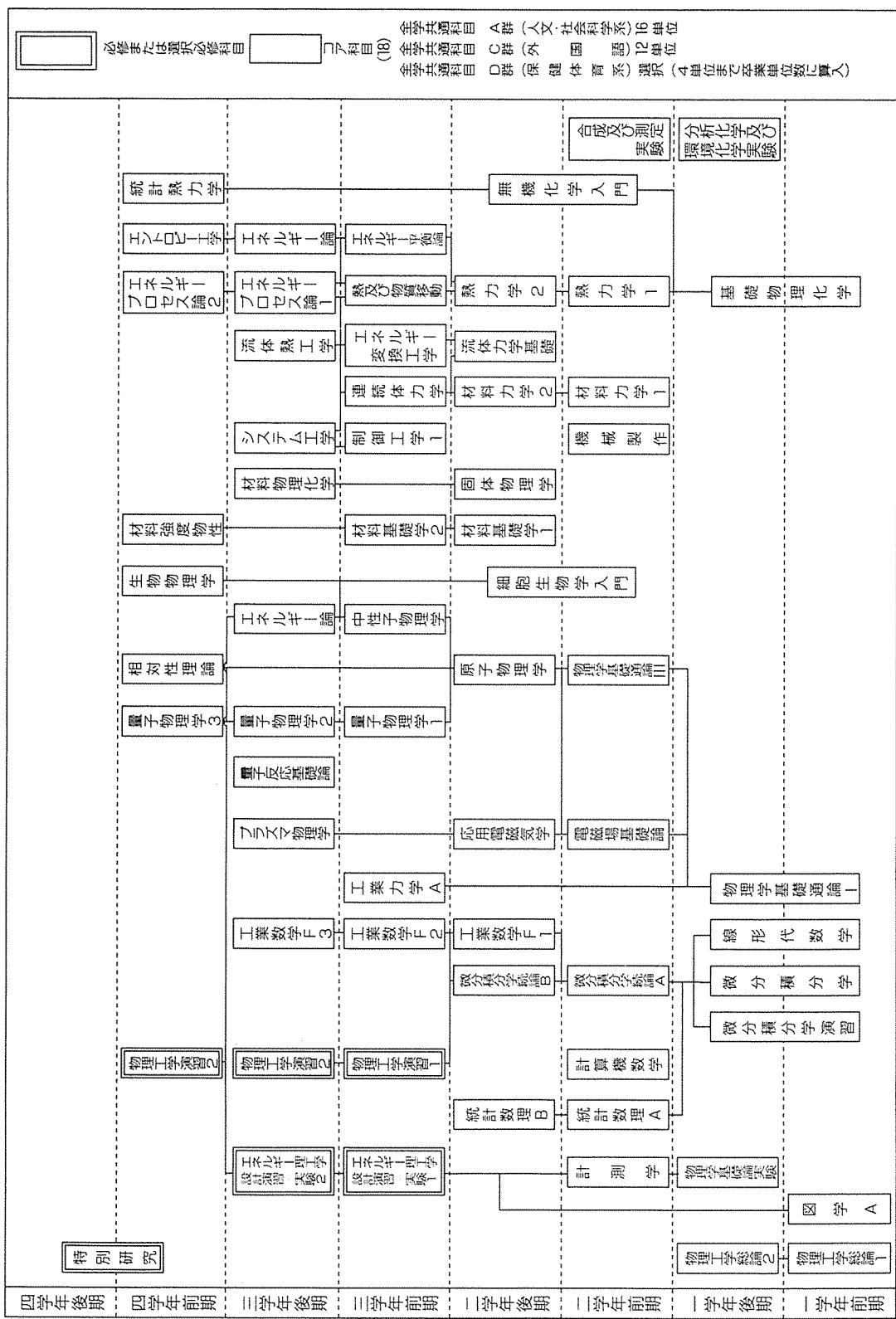


図3 エネルギー理工学コースの講義科目のフローチャート

合人間学部として第一回の新入生を受け入れ、他の学部の一貫教育と併せて、教養教育の改革も現在実施の段階にある。

また、平成4年5月には、京都大学の部局長会議に第5部会を設け、将来の京都大学のあり方について討議が始まられた。その後、平成5年4月に将来構想検討委員会（委員長：井村裕夫総長、委員長代行：久馬一剛農学部長）が設けられた。この委員会では、学問の多様化と複合化が顕著になる21世紀の課題に対処するため、従来の伝統的学問体系の枠を超えた学際的・総合的な教育研究の場として、各学部の相互乗り入れによる独立研究科の設置が検討されている。また、この他にも第3キャンパスについても検討されている。（京大広報号外、平成6年2月）

3. 物理工学科の概要

上に述べたように、機械工学科、物理工学科、精密工学科、冶金学科、金属加工学科、原子核工学科、航空工学科の7学科が統合されて物理工学科が発足した。図1に示すように、第二学年までは物理工学科全体で教育を行い、第三学年から機械システム学、エネルギー理工学、材料科学、宇宙基礎工学の四つのコースに分ける。この

四つのコースのうち、旧金属系教室に関連する材料科学コースとエネルギー理工学コースのカリキュラムのうち、全学共通科目（B群、自然科学系）と専門科目についてそれぞれ図2と3にフローチャートにして示す。これらは、いずれも今後改善、充実して行く必要があるが、基本的には第二学年までは同じカリキュラムで教育を行う。

四年一貫教育ということで、教養科目と並んで専門基礎科目が第一学年から開講される。物理工学総論1および2は第一学年前期および後期にそれぞれ開講されるが、学生数が260名であるので、それぞれ3コマずつ同じ講義名で並行して講義が行われている。前期は機械系専攻、材料工学専攻、原子核工学専攻の教官が担当し、後期には、機械系専攻の教官が前期と同じ内容の講義を行い、他の2コマはエネルギー応用工学専攻と航空宇宙工学専攻の教官が担当している。学生は、前期と後期でそれぞれ自由に選択することができる。ただし、前期と後期の両方で機械系の物理工学総論を選択することはできない。また、熱力学1および2についても同様に、同時に複数の講義が行われる。

一方、コース分けした第三学年以上においても、図2および3に示したように、コース間で相互乗り入れしたカ

表1 材料工学専攻と関連分野の教員配置

	分 野	教 授	助 教 授 講 師	助 手	旧関連教室
専 任 講 座	材料設計工学	足立裕彦	成田舒孝 富井洋一	田中 功	冶金学教室 (鋳造冶金学)
材料プロセス工学講座	表面処理工学	粟倉泰弘	平藤哲司		冶金学教室 (電気冶金学)
	プロセス設計学	朝木善次郎	河合 潤	田邊晃生 福中康博	冶金学教室 (冶金反応及操作)
	マイクロ材料学	村上正紀	小出康夫	津久井克幸 奥建夫	金属加工学教室 (溶接工学)
材 料 物 性 学 講 座	量子材料学	志賀正幸	和田裕文	中村裕之	金属加工学教室 (金属物理学)
	結晶物性工学	山口正治	白井泰治	西谷滋人 乾晴行	金属加工学教室 (結晶塑性学)
	格子欠陥物性学	小岩昌宏	菊池潮美	沼倉 宏 田中克志	金属加工学教室 (金属組織学)
材 料 機能 学 講 座	材料物理学	長村光造	松原英一郎	山本 悟 奥田浩司	冶金学教室 (金属材料学)
	材質制御学	牧 正志	津崎兼彰	古原 忠	金属加工学教室 (特殊鋼学)
メゾ材料研究センター	メゾ材料基礎工学	酒井 明	諸岡 明	長谷川幸雄	
原子エネルギー研究所	固体電子物性学			吉田起国	山本正雄 千葉明郎

表2 エネルギー応用工学専攻と関連分野の教員配置

	分野	教授	助教授 講師	助手	旧関連教室
専任講座	エネルギー社会工学	新宮秀夫	石原慶一	大槻徹	金属加工学教室 (鋳造加工学)
エネルギーシステム工学講座	動力工学	池上 詩	塙路昌宏 山根浩二		機械工学教室
エネルギー基礎工学講座	エネルギー化学	伊藤靖彦	萩原理加 和田一洋	多田正行	原子核工学教室
エネルギー材料工学講座	エネルギー材料学	小野勝敏	鈴木亮輔	植田幸富	冶金学教室 (非鉄冶金学)
	材料プロセス 物理化学	一瀬英爾	岩瀬正則	藤原弘康	冶金学教室 (鉄冶金学)
	エネルギー材料設計学	井上達雄	星出敏彦	水野衛	機械工学教室
原子炉実験所	エネルギー輸送工学	西原英晃	三島嘉一郎	日引俊	
	エネルギー資源 転換工学	神田啓治	代谷誠治	小野光一 藤根成勲 宇根崎博信	
メゾ材料研究センター	メゾ材料評価学	落合庄治郎	北條正樹		

リキュラムになっている。このように、学部では幅の広い講義が聴けるようになっており、将来諸問題に柔軟に対処しうる基礎学力をつけるよう努めている。

4. 教員配置

上に述べたように、教員は全員大学院に所属することになった。学部の物理工学科に関連する大学院は図1に示したように7専攻から成る。このうち、旧金属系教室に関連する材料工学専攻とエネルギー応用工学専攻の教員配置をそれぞれ表1および表2に示す。これらの表には、旧教室と講座名を最右欄に参考として示した。

各専攻には、大学院専任講座を一つずつ設け、その他の講座は、従来の講座を分野とし、複数の分野から構成される。教員の人数は、例えは講座が3分野から成る場合には、原則として教授3、助教授・講師3、助手4の10名とし、流動的に運用される。

表2に示したように、エネルギー応用工学専攻は従来の金属系教室、機械工学教室、原子核工学教室からそれぞれ講座をもち寄って構成し、原子炉実験所とメゾ材料研究センターの協力を得ている。

これらの表には記載されていないが、近い将来材料工学専攻の材料機能学講座には材料評価学分野が、またエネルギー応用工学専攻のエネルギーシステム工学講座にはエネルギー環境工学分野が、エネルギー基礎工学講座

にはエネルギー量子工学分野が設けられる予定である。表1および2に見られるように、分野名が対応する旧講座名と全く異なるものになっている場合や、延長上有るがさらに幅の広い名称あるいは基礎科学的な名称に変更されている場合がある。

5. おわりに

以上に工学部改組の必然性と目的ならびに改組がどこまで進められているかを具体的に述べた。学部における幅の広い多面的な教育と大学院における高度な技術と情報化社会をリードしうる教育と研究を行っていくためには、教官の努力はいうまでもなく、学生の自発的な勉強と研究を通しての思考が望まれるところである。

物理工学科は、本年4月に始めて1回生を受け入れたところであり、2回生以上は金属系学科の学生である。彼らが学部を卒業するまでは、カリキュラムその他において過渡的な時期にある。それを過ぎると、水曜会新入会員の卒業学科名が変更されることになる。さらに、平成8年度には資源工学科を含む学科群の改組が行われる。新しい組織で教育を受け、卒業していく新入会員をも含めて、21世紀において、水曜会員の社会における指導的役割を果す活躍を期待しつつ、改組状況の報告を終ります。

会 報

追 悼

特別名誉会員 田村今男先生

弔 詞
小 岩 昌 宏

京都大学名誉教授田村今男先生の御靈前に、謹んでお別れの言葉を申しあげます。

先生は、昭和 20 年東京工業大学に入学されましたが、戦後の未曾有の食糧難の時期に直面して、郷里の和歌山に近い大阪大学に転学し、昭和 23 年 3 月、大阪大学工学部冶金学科を卒業されました。大学院特別研究生を経て助手となり、鉄鋼材料の研究者として歩み始められました。昭和 36 年、大阪大学産業科学研究所茨木研究室に移り、電子顕微鏡による鉄鋼材料研究という、当時としてはきわめて先進的かつユニークな分野の開拓にあたられました。そのエネルギーで斬新な研究姿勢は高い評価を受け、日本の材料科学研究の一大中心となることをめざして計画された京都大学工学部金属加工学教室の創設要員として招へいされ、昭和 39 年 12 月から特殊鋼学講座を担当されました。爾来、昭和 62 年 3 月定年退官さ

れるまで、23 年の長きにわたり後進の指導に尽力され、その研究室からは多数の俊秀が輩出し、広く学界・産業界の第一線で活躍しております。先生のご研究は鉄鋼材料全般にわたる広範なものであり、とくに鋼の加工熱処理、二相混合組織鋼、鉄系形状記憶合金に関する研究においては、パイオニアとして指導的役割を演じられ、各種国際会議の実行委員、委員長としてこの分野の発展に大きく貢献してこられました。とくに、平成 4 年 11 月京都で開催された第 8 回の熱処理国際会議で、組織委員長としてその運営に当られ活躍されたことは記憶に新しいところであります。先生の研究成果は 300 篇をこえる論文として発表されており、これらの業績により、日本金属学会功績賞、日本鉄鋼協会西山賞、日本金属学会論文賞をはじめ数々の栄誉に輝いておられます。この間、日本金属学会、日本鉄鋼協会、日本熱処理技術協会、日本材料学会、日本材料強度学会、金属表面技術協会、高温学会など多数の学協会において、理事、副会長、支部長として、幅広い分野の学術振興に多大の貢献をされまし

た。

京都大学退官後は住友金属株式会社顧問として企業の研究者の指導にあたられた他、ごく最近にいたるまで財団法人応用科学研究所理事として研究指導をつづけてこられました。

先生はかぎり気のない率直なお人柄で、多くの人々に親しまれましたが、その一方で研究者として、また大学人としてきびしい使命感をもちつづけた方がありました。

とくに、大学の活性化をはかるためには、出身大学にこだわらず広く人材をもとめるべきであるとの考えにたって、安易な人事をいましめる一方、他大学からの研究者の招へいには、労をいとわず、誠意を尽くして奔走されました。

今、大学改革の時期にあって、金属系教室も大きく変貌しようとしております。この時期にあって先生が退官記念講演で強調された言葉、「大学は学問の灯台たるべし」を肝に銘じつつ、私どもは、悲しみをのりこえて新たな発展をめざして参りたいと存じます。

京都大学工学部金属系教室一同を代表して、ここに先生の偉大な御業績と温かいお人柄を偲び、心から哀悼の意を捧げるとともに、御冥福をお祈り申し上げます。

平成6年1月12日

(京都大学工学部金属系教室主任)

田村今男先生を偲んで

時 實 正 治

田村今男先生。先生には、先生が大阪大学から京都大学に移られ特殊鋼学講座の教授を担当された昭和39年12月後間もない昭和40年4月から、私が立命館大学へ転出するまでの7年間、直属の部下として、またその道の後輩としてご指導を受け、公私共にわたって非常にお世話に成ると同時に、多くのことを学ばせて頂きました。当時の研究室の学生諸君が、誰言うとなく「鉄腕アトム」と先生を慕っていたことを想い起こし、その先生が既に逝去されたという現実を見つめる今、深い悲しみの念を拭うことができません。

鉄冶金学研究室で化学冶金の分野を専門としていた私は、なにも解らない物理冶金の分野の鉄鋼材料学を当時の研究室の学生諸君と一緒に、田村先生のご指導で一から学ばせて頂きました。鋼の相変態、析出過程及びそれらを巧みに利用した加工熱処理による組織制御と強靭化、それらは總て新鮮で興味深く、私は先生のもとで勉学・研究をさせて頂いた7年間に、かけがえのない非常に大きな収穫を得させて頂きました。それと同時に、先生は常に「何事をやるにも、お嬢さん芸では役に立たな

い」と説いておられましたが、先生のこの厳しい人生観からも私は多くのことを学ばせて頂き、学問の世界の厳しさをしみじみと感じさせて頂きました。

殆どコンクリートの床一つから始まった新しい研究室に、やっと研究設備が充実し研究体制が整った頃、いわゆる大学紛争の嵐に突入しました。この時期には、何度か研究室に泊り込み、先生と夜明けまで話し合ったことがあります、それらの機会に田村先生が非常に厳しい反面、だれにも平等に温かい心を開かれる方であることをしみじみと感じました。このような先生は、多くの学生を温かく見守りながら、学問的に厳しく育てられ、多くの優れた研究者、技術者を世の中に送り出されました。

又、先生は学会活動に於いても常に先達として、数々の立派な業績をのこされました。特に先生は、米国で始まった Thermomechanical Treatment と呼ばれる技術を「加工熱処理」と言う日本語にして、我が国にいち早く紹介され、学会、産業界を通してこれを発展させて体系化され、日本の鉄鋼産業の戦後の隆盛に大きく貢献して来られました。

私は立命館大学に転出後も、しばしば先生の所を訪れ、なにかとご指導を仰ぎ、また具体的なご援助も色々と受けました。

昭和62年3月に京都大学を退官されるまで、先生は常に元気で、毎年世界各国の国際会議に出席されましたが、中でも先生は中国に強い関心を持たれ、ご在職中に日中學術交流に随分貢献されました。

ご在職における先生の、学術的、技術的なご活躍については、私が今更申し上げる迄もなく、日本鉄鋼協会、日本金属学会をはじめ、諸学会、諸協会の副会長、理事、評議員、国際会議組織委員長、などを歴任され、多くの賞を受賞されたご業績が如実に物語っています。

先生は、ご退官後も(財)応用科学研究所理事、住友金属工業株式会社顧問、金沢工業大学客員教授としてご活躍をつづけられました。そして、このような研究教育活動、学会活動に対して本年一月、勲三等旭日中綬章が授与されました。

今、私がただ一つ残念至極に存じますのは、先生と直接お話し、「先生、これからはのんびりとお好きだった花作りでもされ、長生きをなさって下さい」と申し上げたのが、昨年の4月の事で、天命とはいえ、その後このように早く、先生が私達と、幽明境を異にされた事です。

ここに、先生を偲び謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

(立命館大学理工学部教授、昭和25年冶金卒)

田村今男先生を偲ぶ

牧 正 志

平成6年1月12日、我々田村先生の門下生は京都東山の靈山觀音において、深い悲しみのうちに先生との最後のお別れを致しました。在職当時のあのエネルギーッシュな先生のお姿が心に焼き付いている門下生一同にとって、こんなに早く他界されたことがどうしても信じられませんでした。田村研究室の創設時期に研究室の学生となり、そのまま研究室に残させていただき、約20年間にわたりご指導を受け、育てていただいた私にとりましても、突然の悲しい現実に直面し、改めて田村先生が心の大きな支えであったことを痛感いたしました。

田村先生にお教えをいただいた全ての門下生の気持を代表して、ご葬儀の当日拝謁させていただいた弔辞をもって、先生を偲ぶよですがとさせていただきます。

弔 辞

田村今男先生。先生は最近やや体調を崩しておられましたが、「また元気になって皆と会おう」と、おっしゃっていましたね。私たちも、必ずや健康を取り戻されるものと信じおりましたのに、まさか、こんなに早く逝ってしまわれるとは夢にも思いませんでした。今はただ、驚きと共に、深い悲しみの気持ちで一杯でございます。

私たち門下生は、田村先生を尊敬し、お慕いし、そして多くのことを学ばせていただきました。

先生は研究に対しては、人一倍の情熱、妥協を許さない厳しさ、そして、大学人としての使命感を常に持ち続けておられました。私たちはそのような先生のお姿を見ながら、研究者、技術者としての基本的なあり方を学ばせて頂きました。

田村先生が教授としてご活躍された期間は、ちょうど日本の鉄鋼業が飛躍的に成長した時期がありました。このような時期に、先生が鉄鋼材料の研究に全力を投入され、ご活躍された事は、お幸せだったと思います。

研究室では、自由な雰囲気を与えて頂きましたが、一方、絶えず私たちに厳しさを求めておられました。規則、規律を守ることは当然のこと、敢えて難関に挑戦する気概を持つことを、常に説いておられました。「お嬢さん芸では何も出来ない。プロにはなれない」と常々おっしゃっていました。学生にこのような厳しさを求められる姿勢に説得力がありましたのは、先生が何よりも自分に対して一番厳しくあられたからです。

先生は、厳しさと共に、限りない優しさがあり、また分け隔てなく誰にも接する公平さがありました。頑固で一徹などころがあったため、時々誤解をされる事もありましたが、正直で、飾り気の無い、人間味のあるお人柄の故に、門下生一同先生を心からお慕いしておりました。

私たちは、優れた教育者、研究者である田村先生のもとで大学生活を送れた事を、本当に幸せに思っております。そして、田村先生の門下生である事に、大きな誇りを持っております。有り難うございました。私たちは、各自が持っております田村魂を、それぞれの分野で継承し、発展させて参ります。

田村先生、先生の70年の人生は、立派でございました。長い間、お疲れ様でした。どうか安らかにお眠り下さい。そして天国から、我々をいつまでも見守って下さい。さようなら。

平成6月1月12日

(京都大学工学部教授、昭和41年金属加工卒)

「田村今男先生への追悼」

藤 原 正 二

田村研で20年近く楽しい研究生活を過ごさせて頂けたのは、言うまでもなく先生のひたむきな学問追求の日々の姿勢を見続けさせて頂けたからです。

学生として、スタッフとして在りし日の先生の色々な「顔」を思い出しながら、何処かで我々を眺めておられる事を期待して、先生に直接お伝えすることの無かつた「学問」以外での「人間像」を2,3紹介して追悼文とします。

1) 新しい学生が研究室に配属された時、6月末頃になると、必ず「研究室の夏休みは何日からですか?」と聞きますに来る学生がいます。そこで「先生に聞いてきたら?」と答えることが恒例になっていました。

その学生が、その日を境に真剣に仕事をし始めるからです。答えは勿論、「ろくに研究もしていないのに夏休みとは何ごとだ!」とカミナリを落として頂けるからです。

2) それでも研究室で毎年旅行をしました。会社も必ず、その途中で見せて頂きました。旅行中、学生の頭の中にはタイムテーブルがインプットされており、先生が一人になられた時は、会話をすることになっておりました。先生は無趣味を趣味とされておられたので、テーマ選びがすばらしい訓練になりました。もちろん、研究のことが一番なのですから、学生の努力が大変でした。

3) また、こんな話も、よく研究室では語り継がれていました。学生が先生と一緒に帰宅していた時の出来事です。京阪電車のなかで隣に座った一見○○さん風の男が、足を組んで、その靴の裏が先生の膝へ近づいて来たことがあったそうです。この時、先生は躊躇されることなくその足を手で払いのけられたのだそうです。その時、一緒にいた学生は本気で覚悟をしたとのことです。ケンカをしてもとても歯が立ちそうにない相手だし、かといって先生を守らなければならぬし、「そうだ、身代り

に殴られよう」と……。

こんな逸話も聞きました。先輩が先生と奈良へ行かれた時のことだそうです。歩行者用信号が青色に変わった途端に、まだ車が突っ込んで来ているのに、先生がサッサと渡りだそうとされたそうです。横にいた先輩が慌てて、「先生！ 危険です。」と先生を引き留められた時、師曰く「もう青やないか…」先輩は恐る恐る申し上げたのだそうです。「でも怪我をされるのは先生ですから・」、師曰く「言われたら、君の言うとおりやな、はっはっは…」

では、最後に先生がお亡くなりになる少し前、先生とお話をさせて頂いたことを述べて追悼文の結びとします。

田村研を離れてからも、毎年7月と12月には家族と一緒に先生のお宅へ、アポなし訪問を致しました。時にはステテコ姿で庭木の手入れをされておられたし、時には暮れの大掃除の最中でした。奥さんにもご子息さんにも何方にもお会いできなかつたのは1回くらいでしたが、常に「本日、ご不在のご様子のため、失礼致します。」の文章は持ち歩いて居りました。

昨年末、1時間以上にわたり色々なお話をして頂き、「明日天下をとる人間も、明日処刑をされる人間も、体に痛みがなければ、今日は同じ気持ちを持つことができるのやな…。ゆっくりと過ごすことも少しは考えねばな…。」と言っておられました。「暖かくなれば、旅行をして下さい。」とお願いをして、手を握らせて頂いて別れてから、僅か10日後に計報を聞きました。

今、思えば、人との別れ際に「手」を握らせて頂いたのは、初めてでした。合掌。

(高知工業高等専門学校教授、昭和42年金属加工卒)

田村先生、ほんまにお世話になりました！

川嶋一博

「田村先生、こんにちわ。お身体は大丈夫ですか？」
「ああ、川嶋君か。まあまあ、歩きにくくてアカンわ。そや君、車、呼んでくれ。帰るわ」平成5(1993)年6月、関西大学で開催された日本熱処理技術協会の春季講演大会会場で、田村先生とは、久し振りにお会いした。そのあと、杖をつきながらソロソロと歩かれる田村先生を、どの方向に倒れられても支えられるように、田村先生の奥様、車を手配下さった関西大学の赤松先生らと周囲から取り囲みながら車までお送りしたが、これが、最後のお見送りになってしまった。

それから約半年。享年70才。何とも早すぎるご逝去であった。

和歌山弁と独特の話術を駆使して、難解な内容でも、小生の如く不出来な学生にも理解できる（できたと錯覚

する？）ように講義された先生が、定年でご退官後、まず、声が出にくくなるトラブルに見舞われてしまった。さらに、伏見桃山城が見えるご自宅から京阪墨染までと、京阪三条から京大まで、長距離をさっささと歩いて通われていた健脚の先生が、ご年令からすると早々と杖を使われるようになり、平成4(1992)年夏に胸骨を骨折されてからは奥様のご介護なしでは外出もままならぬようになられてしまった。先生としては最も得意とすることが思うに任せられなくなり、さぞかし辛く、苛立たれていたことと推察する。また、このような先生を長年支えてこられた奥様、ご家族様、牧先生はじめ関係の皆様には、何度「ご苦労様でした」と申し上げても足りないかもしれません。残念ながら、あの独特のお声は聞けなくなってしまったが、きっと、天国で「みんな、おおきに、おおきに」とおしゃっていると思う。

ところで、田村先生にはご迷惑であったかもしれないが、小生は、不思議と先生にご縁があった。まず、昨年末、高野山の麓の紀ノ川沿いに住んでいた祖母が102歳で大往生したが、その祖母が、小生が京大に入学した時「知り合いの息子さんが京大教授らしい」と言っていた。そこで、確か4回生の時の田村研コンパの席で、恐る恐るお訪ねしたところ「その田村や。お前とは腐れ縁やな！」と言われ、ひっくり返ってしまった。

また、小生は、不出来と不摂生で、大学院入試に失敗し、どういう訳か、すでに大学院入学後の小生の研究テーマを決めておられた田村先生から、「君は、もう！……」とえらく怒られてしまった。就職先のことなど何も考えていなかった小生は、時期も遅く、途方に暮れていたが、先生はいろいろ問合わせて下さり、小さいがユニークな技術をもつという高周波熱練術を紹介下さった。

以来約20年、小生との腐れ縁が続くとは予想だにされずに…。

高周波誘導加熱が何たるやも知らずに高周波熱練術に入社した小生は、研究開発部門に配属され、「思ったより田村研での勉強が役立つな」などと生意気なことを思いながら社会人として歩み始めた。その間、大学紛争が盛んな最中の学部卒業生としては団々しくらい頻繁に、田村研を訪ねさせていただいた。そして、田村先生に、高周波誘導加熱による短時間加熱γ化挙動に関する実験データをお話したところ「その話は珍しいから“熱處理”に書け」とか、引張強さが200kgf/mm²級の高周波熱処理ばね鋼線(ITW)の開発状況をお話したところ「世界で初めてなら“鉄と鋼”に書け」とご指示をいただき、とうとう、「ばね鋼のごとき低合金鋼が、高周波焼入焼戻しにより、マルエージ鋼に近い210kgf/mm²程度まで高強靱化できるなら、その機構を研究して博士論文を書け」とご指導いただくまで発展してしまった。大変

な重荷ではあったが、田村先生はじめ諸先生、諸先輩、同僚諸氏らのご支援により、何とか田村先生のご定年直前に、学位をいただくことができた。これを最も喜んでくれたのは、田村先生の知り合い（のつもり）の祖母であった。

その後も、新たに着手した「高周波誘導熱プラズマ法による超微粒子の開発」について、常に成行きをご心配いただいた。その成果の一部を、田村先生が大会委員長として大変ご苦労された“’92 Heat & Surface”で、やはり田村研卒業生の宇高政道が発表し、Young Author賞をいただいた時には、珠の外、喜んでいただけ、つい商品化に難儀している悩みをお話しし損ねてしまった。

本当に、本当に怒られはしたが、先生とのありがたい腐れ縁のお陰により、小振りで強靭性不足ながらも充実した金属屋人生を歩ませていただいている。

田村先生、どうか天国からも、弟子達を、「君い、何をやつるのか！」と見守り続けて下さい。お教えが小生の頭の中に存在する限り、腐れ縁も受けさせていただきます。

ほんまにお世話になり、ありがとうございました。残念ながら、もう講義はありませんので、どうか、ゆっくりおやすみ下さい。合掌。

（高周波熟練技術部次長、昭和48年金属加工卒）

田村先生の思い出

吉岡 剛

田村先生から初めての御指導を受けたのは、3回生の「鋼の熱処理論」の授業でした。この授業で、先生は開口一番、鉄鋼材料開発の意義とその重要性について説かれました。マルテンサイト変態はよく解かりませんでしたが、実に迫力満点かつ研究に携われる先生の情熱がひしひしと伝わってきた事を思い出します。金属学について知識も浅く、かつ専攻に関する希望も薄かった私にとって、まさにこの講義が、先生との出会いが、私の進路を決定する事になりました。即ち「鋼」を「こう」ではなく「はがね」と呼べる鉄鋼材料の研究者になる事を目指した訳であります。

研究室で私に与えられたテーマは、田村研では開始したばかりの動的再結晶であります。このテーマは熱間加工中に生じる鋼の物性変化とその原因（マクロお呼びミクロ組織）を調査する事でしたが、当時この研究はまだ新しく、先生の御質問にしどろもどろで答える私に対し、「データは視覚に訴えよ！」と自分の意志を正確かつ迅速に相手に伝える事の重要性を繰り返し教えて頂きました。また、「データや現象の解析は客観的かつ第一原理的たるべし」と繰り返し教えていただいた事は今も座右

の銘と致しております。

研究以外でもたくさんの思い出があります。先生は機械の操作が不得手でいらっしゃったので、秘書の広庭さんが帰られた後にコピー機の操作方法を何度も教えて差し上げた事。毎年恒例であった新年会では、洋酒の良否がお分かりにならず、最年少の我々に最高級ブランデーを、先輩方には安価なウイスキーをすすめておられた事などもなつかしく思い出しております。

就職に際しましても色々とお世話になりました。材料系メーカーを希望する私に対して、「面倒見のよい子（田村研諸先輩）がたくさんおるから、ここにしなさい。君のような子も色々助けて貰えるから・・・」と会社の概要を説明して頂くよりも先に、私の性格（能力か？）をご心配いただいた事がなつかしくかつ恥ずかしく思ひだされます。

入社後は、鉄鋼材料とは縁のないセラミックス薄膜の研究に従事する事になった私に対し、「君、そんな研究して大丈夫か？僕がわかる仕事をやったほうがいいんと違うか？こまったらなんでも言ってきなさい・・・」等々、社会人になってからも本当に御心配をおかけしました。

振り返りますと、お世話になるばかりで御恩返しのまね事すらできませんでした。誠に申しわけありません。今後も先生の御教えを忘れる事なく、研究に一層精進する事をお約束して先生のおゆるしをえたいと思います。先生本当に有難うございました。どうかやすらかにお眠り下さい。

（住友電気工業（株）伊丹研究所 主任研究員、昭和53年金属加工卒）

田村先生を偲ぶ

村上 晃一

教壇に立たれると先生はやおら背広の上着を脱ぎ捨て、正しい名称は何というのか、ワイシャツが汚れないように防ぐ布製の黒い、両端にゴムのはいった筒状の腕カバーを両の腕にはめられると一本の白墨を手に、鉄鋼の相変態について講義を始められた。

静寂とざわめき。

「ここのオーステナイトの温度から焼入れすると鉄は、カチカチのマルテンサイトになります。このマルテンサイトいうのはね、焼入れのままやと硬くて脆くて、いうたら融通がきかんのやけど、このへんの温度で焼なましてやるとすーっと粘りがでてきて、実際にいい具合になるんや。これがね、鉄のええとこなんや。一見これはあかんなど思っても、ちょっとかもうてやると、実際にいい子になる。」

「せやけど、この辺の温度で時効するのはいかん。ここ

で加熱すると、柔らかいフェライトが旧オーステナイトの粒界にちゅーっと薄くでできよる。これはくせものや。引っ張ると、このフェライトのところだけ変形しよる。こんな時はね、こことここの温度でくり返し時効してやると、このフェライトが、粒内にもまんべんなくこう細かく出てきて、こう・・・細かく出てきて、強さも変わらんし、しかも韌性もある組織になるわけや」

微細なフェライト析出の過程が黒板上に示される。抑きつけるように描かれた無数の白いチョークの丸が受講者を圧倒する。黒い腕カバーがほのかに白く染まる。

「それでね、同時にこの温度ではね、炭化物が析出してくるんや。この炭化物はね、細こうて、しかも均一に出てくるとますます鉄をいい子にするわけや。こう・・・細かくね・・・出るほど・・・いいんやなあ。」

炭化物を表わす赤いチョークの点、点、点。碎け散る赤チョーク。白丸と赤点の綾。鉄と人の交わり。先生の腕カバーに紅がさす。ここに至って我々は、あの先生の黒い腕カバーの深遠な意味の一端を垣間見る事ができたような気がした。

「高周波焼入れいいうのは結局、材料の表面にだけ焼きがはいるから、中は粘くて表面だけカチカチにしたい材料、例えば車のギヤなんかによく使われる。・・・15年前や！僕の車が、五条の大橋の上で距離のメーターが、9999から0000にひとまわりした。忘れもせえへん。ちゃんと鍛えて、きちんととかもうてあげた鉄は、いつまでもいつも頑張りよる。」

先生は必ずOHPやスライドのスクリーンの直前、最前列に座られる。発表者に緊張が張りつめる。

「君ね、ブルーのスライドは綺麗やけど、講演をまじめ

に聴いてる者にはとても不親切なんや。」

「？」

「青い地やと、スクリーンの反射がなくて、場内が暗くなるやろ。メモがとれへんのや。君のデータがほんまに大事や、役に立つもんやと思うた人は必ずメモをとるからね。白地のスライドにしなさい。」

「君の発表はあれや。あかんわ。考察いうんは、君が自分の頭で考えて、真実は何か、何が本質かを君自身が見つける事をいうんや。こないしたら、こうなりました、あないしたら、あなりました、これは皆、あの人の式で説明できますいうたらただのお話や。研究いうんはね、前人未踏の領域で行わねばならんのや。」

旅行に行かれる時、先生はいつも「小犬の散歩」といった風情であった。滑車の付いた小さな旅行鞄をひもで曳いて歩かれる。「君な、これが一番楽なんや」と言われた言葉が、三十代も半ばに差しかかり、重い荷物をショット出張する度に想い出されてならない。私は今、あの形の鞄を捜しているのだけれど、何處にも売っていない。

社会に出る直前の僅か3年間。当時は先生の言われる事もよく分からず、文字通り猫に小判であったものが、年を経るに従い、少しづづ、少しづづ熟成してきたようと思われます。もう一度、西側四階階段横の教授室で

「君ね、これはどないなっとるんや！」

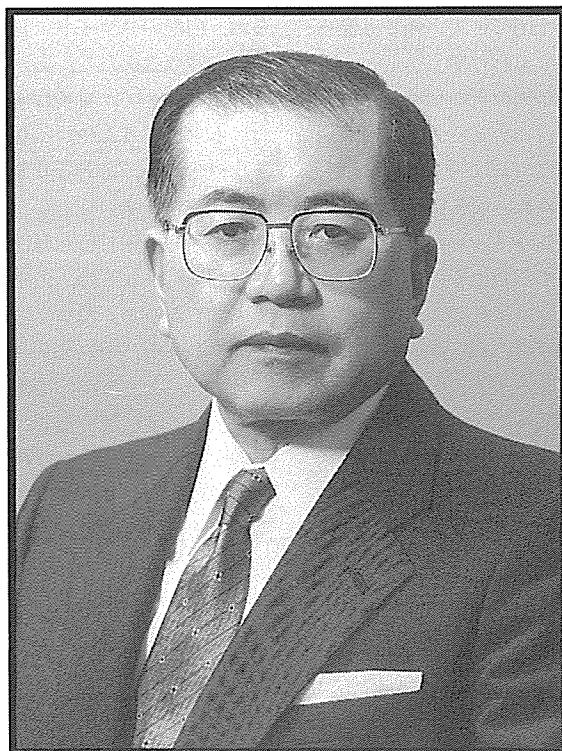
そう叱咤激励されたい衝動にかられます。

謹んで、心より、先生のご冥福をお祈り申し上げます。

(石川島播磨重工業株式会社 技術研究所、昭和58年
金属加工卒)

追 悼

特別名誉会員 藤中雄三先生



弔 詞
水曜会会長 佐々宏一

平成5年12月20日早朝藤中雄三先生の突然の訃報に接し愕然と致すのみでした。

御逝去の前日の12月18日にたまたまお声に接し、「月曜日に今年最終の講義のため福井に行く」とおっしゃられたお言葉が最後になるとは夢にも思いませんでした。あの時のお声が胸に深くよみがえり、幽明境を異にされたことがいまだに信じ難く正に断腸の思いでございます。

ここに御年66才で御逝去されました藤中先生を偲び謹んで哀悼の意を表します。

先生は昭和2年2月10日に京都でお生れになり、昭和26年3月京都大学工学部鉱山学科を御卒業後直ちに京都大学に奉職され、助手、助教授を経て昭和55年4月に教授に昇任され、資源工学教室応用計測学講座を担任されました。

平成2年京都大学を停年御退官になり、福井工業大学教授に御就任になりました。この間41年の長きに恒り、

教育研究を通じて斯学の発展と人材の養成に尽力され多くの俊英を世に送り出してこられました。

先生の御業績は広い分野に及びますが、特に電気雷管の不発に関する研究とワイヤーロープの探傷と劣化の評価に関する先駆的独創的な御研究は誠に顕著でござります。

一方学外においても、水曜会会長をはじめ、資源・素材学会、非破壊検査協会などの学協会の役員や研究委員会委員長、ハンドブック編集委員長などの多くの要職を歴任され学問および関連業界の発展に尽力されました。

また、国際的な視野の下に研鑽を深められ、特に、中国政府からの招聘により幾度か訪中され多くの中国人留学生の教育に尽力されました。

先生は教育研究に関しては厳格な面をお持ちでしたが、お人柄は温厚誠実であり、学生に対しては親の如く御指導され、後進に慕われる先生でございました。また、先生は京都大学体育会フィギュアスケート部の部長として部の発展にも貢献されました。

先生には御指導賜わりたいことが沢山残っておりました。先生の突然の御他界は我々後進のみならず、学会や

関連業界にとって大きな損失であり、哀惜の念を禁じ得ません。

先生にはその独創性洞察力を生かすべく意欲を燃やしておられた矢先の御他界、そのご無念たるや、察するに余りあります。ここに先生の御心を心とし、一層の精進を先生の御靈にお誓い申し上げます。

また、奥様始め最愛の御遺族の方々をお守り下さいますよう御願い申し上げます。

先生の偉大な御業績を偲び、心から哀悼の意を捧げるとともに謹んで御冥福を御祈り申し上げます。

平成5年12月23日
(京都大学工学部教授、昭和31年鉱山卒)

同期の友人の一人から

木村 宏一

藤中雄三君、まさか私が君にこのような文章を書こうとは、夢にも思わなかつたことです。でもこれは事実なのでとても悲しいことですが、静かに受け入れて四十五年前からのことを今一度ゆっくりと思いおこしています。君の学問の専門的なことは、私にはとてもわかりませんが、従来のいろいろな学問の間を埋める新しい学問研究に随分貢献されたと伺っています。最後にお目にかかるて、いろいろ話がはずんだのは、君が京都大学名誉教授になられ、その時の退官記念講演会、懇親会の時だったと思います。その時電動ラジコン模型飛行機の話をして雑誌を一冊お送りしたら、すぐにいろいろの提案や感想をまとめて送ってくださいました。その時、心臓の具合が悪くて入院されたことや、入院中のエピソード等拝聴しましたが、その時からほんの僅かしか経っていないのにこんな寂しく悲しいことが突然起つてしまつて夢のようです。先日研究室の頃のアルバムを眺めていますたら、君のスケーティングの写真がでてきました。颯爽と後で手を組んで滑っている姿は、若さ以外の何物でもありません。そんな若い楽しい時と一緒に過すことのできたこと、懐しく有難く思っています。そしてその頃のことが君を中心に次々と思い出されてきます。

今、私の机の上には昭和五十年六月六月十七日付の君の手紙と、一緒に送ってきた弟さんの手術の記録、そしてWesternのTABLE MANNERがあります。先程から読み返していますが、当時私は血圧の上下変動が激しく不安定な上に、何時起るかわからない目茶苦茶な動悸に不安な毎日を過ごしていました。このことを君の研究室で、いろいろ話したところ、その不安を取り除く配慮から直ちに書いて送ってくださった君独特の几帳面さによる自筆のレポートです。以来二十年、励まされたり不安を取り除く大事な宝物として所持してきました。今

改めて、君の有難い気持ちに感謝しています。そして、それ程理性的であり論理的であり、又きちんとした科学的な思考と行動に徹しられていたと思っている藤中雄三君が、どうしてこんなことになってしまったのか、誠に残念です。

レコードのオートチェンジャーのこと、研究室間の自動交換器電話のこと、そしてピアノの演奏や調律のこと等、実に多才な君の歩んでこられた人生、もっと近くで詳しく知りたい思いで一杯です。又平成三年十月十二日には、京都での卒業四十周年記念の集いを、計画から準備実施まで、すべて一人で御苦労いただき感謝しています。大変な盛会であったことと共に我々同期生の胸に忘れ得ぬ出来事の一つとして深く刻まれています。

京都大学の名誉教授となられ、福井工業大学で新しく仕事を始めた矢先のこととて、奥様はじめ御家族の皆様のお気持ちを察するとき、そしてこれから的人生に新たな大きな夢をえがかれておられた君の心に思いを致す時、本当に申し上げる言葉もありません。昭和二十六年卒業の京都大学工学部鉱山学科の同期生の一人として、心から御冥福をお祈りすると共に、君が育てられた多くの弟子の方々が、君の残した仕事を皆でやりとげることを念じ、同期生一同と共に、永遠の眠りの安らかなることを、お祈り申し上げます。

(機動建設工業株式会社会長、昭和26年鉱山卒業)

故藤中氏を偲んで

小川 昌平

昨年12月20日故藤中氏の訃報に接し、余りの唐突さに驚かされました。聞けば腹部動脈瘤破裂だそうで、ご本人はもちろんのことご家族の方にとっても腹部に動脈瘤があるとはご存じなかったそうである。ここに、彼との思い出の二、三を記し、ご冥福を祈るとともに、追悼の辞と致します。

最初に思い出されるのは、彼の実家（酒店経営）を尋ねたときのことである。通された部屋の中はスピーカ、トランス、真空管、電気コードなど電気部品や工具類で埋まり、彼の座るところだけ僅かに畳が顔を覗かせていた。そこに座らされて当時としては珍しい進駐軍からの横流し品のGT管を手にした彼が、眼を輝かしながらその特性を説明してくれた姿が今も鮮明に浮かんでくる。電気を苦手にしていた私は、それ以来、彼に畏敬の念を抱くようになった。

電気工学実験（赤煉瓦の電気工学科教室の正面玄関を入った所の実験室）ではクラス中が彼のいる班を頼りにしていた。彼が電気に強いことを誰も彼もが知っていたからである。

1回生の終わりに岡山県棚原鉱山で坑内実習をするのが習わしあつた。京都駅から彼と同じ客車に乗ったときのことである。彼はGT管を使った手作りの小形ポータブルラジオを取り出して聞かせてくれた。居合わせた乗客は何処からラジオが聞こえてくるのか不思議がり、盛んにきょろきょろと辺りを見回していた。その様子を見てラジオを作つてもいい私までいい気分に浸つたものである。

坑内実習も終わりに近づいて、京都大学の先輩達に歓迎のすき焼きパーティを開いていただいた。彼と私は隣同士で箸をつついていた。ほろ酔い機嫌になつた私は、もう飲めないという彼に家が酒屋さんなのに飲めないことはないだらうと勧めた。人のいい彼はその一杯を飲むと真っ赤になり、文字どおり後ろにひっくり返つてしまつた。以来、それを教訓にして他人に余りお酒は勧めないことにしている。

卒業後、12年間を北海道の会社で過ごしてから京都工芸繊維大学の助手になったが、そんな私に対して先生と呼ばれ非常に恐縮した。以来、彼を藤中先生と呼ぶようになった。

私の大学在職中は測定装置の相談で幾度となく研究室を訪ねましたが、いつも適切な助言をいただき、感謝していました。

定年退官後、現在はある会社にオーナー（故人）と個人的な関係で勤めるようになった。偶然にも藤中先生もそのオーナーと知合いであることを知つた。そのような関係で、先生にも新製品の開発会議に加わつて頂いたが、それも今となっては適なわないことになつてしまつた。

（昭和26年鉱山卒）

藤中先生を憶う

八田 夏夫

藤中雄三先生の突然のご他界に誰もが納得しがたく吃驚している、というよりも私などは茫然自失している有様です。先生に対する哀惜の念と空虚な思いが、今になつても胸にせまつて、何とも筆舌に尽し難い思いがします。私が最後に先生にお会いしたのは昨年（平成5年）9月の末頃でした。場所はとあるホテルで、私の他にも数人の先生方が居られました。いろいろな議論を終えて、最後にコーヒーを飲もうということになり、そのホテルのラウンジに行きました。それまで姿を見せておられなかつた藤中先生が突然現われて、久し振りにお会いすることができました。そのときの印象はあの端正な先生のスースが何となく大き目に見え、先生自身が小さく感じました。そこで、私が「先生、少しやせられましたね」と声をかけましたところ、先生は「いや、これで体重は以前

と少しも変わってないんです。私自身もう少しやせたいと思っているんですがね」と返答されました。他の先生方も私と同じ印象だったと思います。そのときから3カ月も経過しない内に、先生の訃報に直面したことになります。

先生は昭和26年に京都大学工学部鉱山学科をご卒業になり、卒業後直ちに工学部助手に任官され、昭和37年に助教授に、そして昭和55年に教授に昇進され、平成2年3月に退官されました。その間、私は昭和40年から55年3月までの約15年間、先生と同一の講座に籍を置かせて頂きました。しかし、先生と私の研究は直接結びつかないのですが、有形無形の多大なご指導を受けることができました。先生は当時から物理的現象を把握するための実験的能力とその結果を何かに応用する技能は職人的であるとさえ言われていました。また、実験装置の製作における技術と創造性、それに卓越したアイデアは先生の何処から生まれてくるのだろうかと感心させられたものです。その意味では、先生のお部屋はラジオやテレビの使い古された電気部品や自転車や自動車のこまごまとした機械部品などで一杯、先生ご自身はその片隅にうずもれて夜遅くまで計測器の製作や測定結果の解析に創意工夫されていたのが印象的でした。また、今まで適切な方法が見出されておらず、実施に困難を伴つた計測対象に対して、鋭い洞察力と過去に得られた経験的知識を結集することによって、それを客観的に明らかにしようとする先生の意欲には敬服の域を越えるものがありました。

いま、資源工学教室にある応用計測学という講座は、採鉱機械学講座から昭和61年に講座名変更されたものですが、そのことは時代の流れと学科の将来的構想を考えたことだと思いますが、先生の強い信念があればこそ実現されたものと考えています。計測とは未知のものに対する第一歩であり、基礎知識の自由な組替え、展開、集約が可能となるための柔軟性が不可欠であり、その理念に基づくものが客観的観測の原点である、というのが計測を学問とされた先生のお言葉でした。

思い返してみると、藤中先生から受けた恩恵はすこぶる大きいと考えます。先生と対話しているときにも、先生の表現には独特的響きがあり、ユーモアかときにはアイロニーか区別のできない比喩を交えた話術の中に先生の個性を見出で、私個人が計測対象の1つになつてゐるのではないかと思う場面も少なくなつたように考えています。その先生も京大ご退官後、4年足らずの若さでご他界され、最早お会いできない悲しい別れとなつてしまつました。まだまだお元気で私共をご指導頂けると思っていましたのに、突然翔け抜けるように黄泉に行つてしまわれたことを思うとき、痛恨の極みというより啞然と

してしまいます。藤中先生の御靈のご冥福を衷心よりお祈り致します。

(京都大学工学部教授、昭和36年鉱山卒)

藤中先生を偲んで

北川 亮三

先生が採鉱学第一講座の助手から鉱山機械講座の助教授になられ、新しい講座での教育と研究に着手された昭和37年の秋から先生の指導を受けることができました。

研究テーマの一つが鉱山の荷役用ワイヤーロープの非破壊検査でした。その研究はワイヤーロープ素線の断線状態をオンラインで検出し、その解析結果からワイヤーロープの残存強度を推定し、鉱山におけるロープ事故防止のための基礎を確立することにありました。

現場では電磁探傷の信号をテープレコーダに記録し、ロープ引張力をひずみゲージ式の検出器で測定しました。いずれの検出部も先生の自作であり、それらの製作を手伝いながら、新しい現象を磁気記録し、再生して解析する手法を詳しく教えていただきました。

今ではLSI化され、小型になった測定機器も多く市販されていますが、当時はその種類も少なく、それぞれの機器の信頼性に対して多くの取扱い上の注意が求められていました。これらの機器の電気特性を先生は十分に理解されて、不足する部分は自作してシステムを完成させ、実験の目的を達成し易くする工夫をなされました。これは先生の電気計測に関する知識の深さと研究に対する先見性の賜物であったし敬服しています。

まだ、学界・産業界ともに磁性材料や磁気に関する基礎研究が始まったばかりの時代でした。その時に先生はテープレコーダーに低い周波数のアナログ現象を記録する方法を確立されるなど最先端の手法を導入されたことは先生の研究に対する先見性の一例だと思います。

当時の電気計測器は真空管全盛の時代であり、どの機器も大きく、重く、性能も不十分なものがありました。しかし、先生はこれらの不足を補う装置の回路図を書いて、宮野製作所に部品を注文して自分でハンダ付けをされて組立てられました。そして、これらの装置一式を持って各地の炭坑へ出かけ、現場で繰り返し実験が行なわれ、データの収集が行なわれました。

そして、これら電磁探傷の測定システムの原理や取扱いについて先生から懇切丁寧な指導を受けることが出来ました。このことは先生のお人柄を示す良い例だと思います。多くの基礎研究の結果に基づいてワイヤーロープの電磁探傷装置とその使用法がロープテスターとして完成し実用化されました。製造メーカーのお話ではロープ

テスターは産業界におけるロープ破損事故防止に役立っているとのことです。

これらの研究の進行過程で小門先生、藤中先生のお手伝いとして、その時の大学院学生、中井幹雄君、上田和彦君、私が九州の松島炭鉱(現大島鉱業所)や北海道の足別、歌志内、空知、砂川、豊富などの炭鉱における実験に参加させていただきました。坑内から石炭の搬出時外の実験であり、早朝や夜間の辛い実験もありましたが、現場で先生から教えていただいた多くの事柄は今日まで研究や教育に役立っています。また、各炭鉱のクラブにおける先輩達と先生方などとの交流など有益な事も多くあったと思います。

その後、私は昭和43年春に山口大学工学部へ移り、機械工学科で機械加工の教育と研究を行なっていますが、機会あるたびに先生に電気計測の指導を受けました。そして、先生の研究室で回路図を書いていただき、部品もいただいて帰学し、実験に使用させていただきました。

先生には教育・研究のことから人生の教訓、人間関係の在り方など幅広く指導を受けることができたことに深く感謝しています。

ここに先生の偉大な御業績を偲び、謹んで先生の御冥福をお祈りします。

(山口大学工学部教授、昭和37年鉱山卒)

藤中先生を偲んで

花崎 紘一

先生とこんなに早くお別れするとは夢にも思いませんでした。4年前の先生のご退官あたり、今後もご指導とご鞭撻を願う拙文を本誌に寄せましたが、それから幾許もなく、先生の追悼文を書かねばならなくなつたのは誠に痛恨の思いです。先生が応用計測講座を担当されて以来、直接ご指導を受け、陽となり蔭となってご助力を下さった日々が走馬燈のように浮かんでまいります。

先生は、お得意の電子回路の設計や製作の技術を活かされ、省力化、省エネルギー化の自動機器の開発研究を推し進められました。特に常々、昨今の「使い捨て時代」の風潮を嘆いておられた先生は、産業機器等を安全に長期間有効に使用できるため、云いかえれば早期廃棄による資源の無駄をなくすための、いわゆる省資源に寄与する保守管理技術の開発に力を入れられました。このように、先生は早くから「人類の持続的発展」にマッチした研究に着手されていたことは、先生の先見の明、見識の高さを示すものであります。

また先生は、現代の日本ではややもすれば忘れられる礼節や律儀を重んじられ、その場にふさわしい振舞に気を配っていました。例えば、議論の場における激

しい論争においても、常に冷静にその場のルールを守りながら、相手の言い分もよく聞き、自らの主張を述べておられました。このように当然とも云えることが、いざとなるとなかなか実行出来ない我々門下生は先生の態度に感銘を受けたものでした。

先生にお教え頂いたことで忘れてならないのは国際活動の重要さであります。先生は、出来る限り世界の人々と交流することが、学術の交流もさることながら、お互いの国情や人々の考え方を理解する上で大切であると云っておられました。具体的には、国際会議に出席することや、事情が許せばできるだけ早い時期に外国へ留学すること、また逆に外国人学者を招聘することや留学生を受入れることなどであります。先生自らは、冷戦時代の1960年代に旧ソ連での国際会議に一人で参加されて以来、2年間のカナダへの留学を含め、幾度となく国際会議へ参加されるなど国際的に広い視野のもとに活発な国際活動を続けて来られました。ご退官前の数年間には、中国政府の招聘を受け何度も訪中されましたし、逆に外国人学者の招聘、留学生の受入れなども行われました。また、先生の奥様共々、日本に居る中国人留学生の日常生活をも献身的な努力でお世話なさっていました。彼等は先生がお亡くなりになってからも、時おり奥様を訪ねてはお慰めをしているようですが、これも先生の人徳の現われに他なりません。

この様に先生の思い出を辿りますと、先生からもっと多くの事を学びたい気持ちで一杯ですが、今となっては叶わぬ事となりました。今後は先生から頂いた数多くのご教訓をいつまでも心に留め、より一層の努力と最善を尽くすことで、先生のご恩に報いる覚悟です。

ここに先生の偉大な業績を偲び、心からご冥福をお祈り致します。どうぞ、安らかにお眠り下さい。

(京都大学工学部助教授、昭和38年鉱山卒)

弔 辞 朴 承 凤

ただ今、外出先から帰校したばかりですが、京大の花崎先生のFAXから藤中先生ご逝去の悲報に接しまして、茫然自失てしまいました。あまり突然の事とて、信じられぬくらいです。奥様を始め、ご令息様、ご令嬢様のお嘆きのほどお察し申上げます。先生のご冥福をお祈り申上げます。

昨年の九月から今年の六月までの訪日中、何回も先生にお目にかかりましたおりは、大変ご健在で色々と昔話ををして楽しい日々を過ごしましたし、研究の方でも有益なご教示をいただきましたのに・・・。

天は先生に命を貸さず、まだ先生のご研究が次から次

へと創造されますものを、業いまだ終わらせられずして、われらの手から恩師を奪い去るとは・・・。

今やこの世に私の恩師は無し。ただ、私の日本留学の記念アルバムの中にお姿を拝むのみであります。しかし、私の心中には、いつも若々しく意欲あふれるばかりのそして中日両国人民の友好と学術交流にご全力を尽された先生が生きておられ、心を勇気付けてくださるのです。

奥様、私は先生のご徳を慕い、いささかでもご恩にむくいる覚悟で一筋に正しい人生を歩みます。私を含む中国留学生に捧げてくださいました先生のありがたいご恩徳に対しまして、心からなる感謝の祈りを捧げます。

奥様が力落としのあまり、お体にさしさわりませぬようお祈りいたします。遠方の為にご焼香にも参れないのが残念でたまりません。

取り急ぎ、心乱れるままにおくやみ申上げます。

1993年12月21日

藤中サワエ様

(中国阜新礦業学院教授、昭和57年~58年招へい外国人学者、奥様宛にFAXで送られて来たものを葬儀の当日弔辞として代読披露し御供えしたもの、原文のまま)

藤中雄三先生を偲んで

山本忠彦

昨年暮に私の母が亡くなった為、藤中先生宛に喪中につき卒業以来20数年一度も欠かしたことのない新年のご挨拶を御遠慮させていただきます旨の葉書を出しておりましたので今年は先生からの賀状なしはお心づかいと思っておりました矢先、先生の突然の訃報を耳にし、あのいつもニコニコと親しみ深くして下さった先生がこんなにも早逝されるなんて全く思いもよらぬことでした。

振り返ってみますに、在学中の私は教室での自信はありませんでしたので藤中先生との思い出は専ら私的な面で2~3お話をしても先生の往時のお姿を彷彿させながら追悼文に代えさせていただきたいと思います。

先生は学問の傍ら、知る人ぞ知るベートーヴェンの大のファンでいらっしゃいました。昭和43年頃工場見学の為に私共学生を九州方面へ引率していただきました折、旅館にてひとしきり音楽の話をしたのを昨日のごとく思い出します。その後、先生宅で夕御飯をご馳走になつた時、腹ごなしにと御自身で何とベートーヴェンのピアノソナタの1曲を弾かれました。(これが一番好いのですと言っておられました。奥様は「また始まった」というような表情をされていたような気がしました。)

その後レコード鑑賞になり秘蔵のコレクションから何枚も聴かせていただきましたが、先生はオーディオでも一家言をもっておられ、今でも強烈に記憶しています

は、スピーカーボックスの裏蓋をはずして見せてどうだと言わんばかりでしたので中のぞくと女性用ストッキングがいっぱいぶら下がっていました。(奥様のお古とのことで、通常はグラスウールなんですがと)。

一方、メカ好きの先生の車のことを思い出してみると初期のブルーバードを永年愛用され、塗装はアチコチかなり傷んでおりましたが、一担ボンネットを開けると車検屋泣かせの手入れの良さで外観に似合わずエンジン音は快調であったと記憶しております。中でも先生の珍発明の一つに、自動巻上げ式ラジエータ風量調節装置(?)にはド肝を抜かれたものでした(夏場になって風量調節幕の巻上げを忘れた場合どうなるのでしょうかと笑ったことも憶えています)。

先生の今一つの珍発明に首振り形石油ストーブがあり

ました。首振り扇風機と同じで、首振り回転台の上に石油ストーブを載せてできるだけ多くの人に反射板が向くようにしたとのご説明でしたが個人的には全然暖かくなく且つ、大変危険ですねと、これ又大笑いしたことが昨日のように思い出されます。

一見氣むずかしく見えた藤中先生、しかし一担当その懐に入ると暖かく親密にお話しして下さって先生。

今先生のあまり知られざる私的な面でのエピソードを敢えて披露しました。この機会に藤中先生の別な人間像の一端を会員の皆様に知っていたいだき、新たな御認識もしていただきたかったからです。

ここに謹んで心から先生のご冥福をお祈り申し上げます。

(ダイキン工業㈱、昭和46年資源修士課程修了)

平成6年3月卒業者名簿
資源工学教室

学部卒業

氏 名	研究論文題目	就職先
応用地質学講座		
石川 正紀	画像処理法による菱刈鉱山の切羽品位の算出	帝国石油(株)
岩崎 慎治	ボーリングデータを用いた節理の3次元幾何学的モデルの作成に関する検討	三井建設(株)
川上 靖典	蛍光法によるロックアンカーの破壊機構の観察	(株)三菱マテリアル
田岸 直己	東京電力日川ダム基礎岩盤における節理分布性状に関する地質工学的評価および検討	京都大学大学院
陳 友晴	蛍光法を用いたボアホールテレビの開発	京都大学大学院
友金 容崇	早川再開発における逆調整池ダム基礎岩盤の地質工学的評価並びに安定性の検討	西日本旅客鉄道会社
宮本 健也	宮ヶ瀬ダムにおけるグラウティングによる岩盤変形性の改良効果に関する現場実験による検討	京都大学大学院
探査工学講座		
片山 弘行	流電電位法電気探査による3次元構造情報の抽出の研究	京都大学大学院
岸田 隆行	電気探査比抵抗トモグラフィに関する基礎的研究	京都大学大学院
北風 裕介	電流収束型電極配置による比抵抗電気探査法に関する研究	奈良先端技術大学院大学
近藤 充	差分法による波動現象のシミュレーション	石油資源開発(株)
高見 康	気泡を含む媒質の弾性波伝播特性に関する基礎的研究	京都大学大学院
平井 俊之	速度異方性を考慮した弾性波トモグラフィ解析に関する研究	京都大学大学院
薬師神 宙夫	孔間弾性波トモグラフィの現地実験データの解析に関する研究	ダイハツ(株)
開発工学講座		
青木 由貴子	掘削過程を考慮した石灰石露天掘削面の安定解析	東京ガス(株)
岡本 繁樹	特異な破壊後特性を持つ砂岩の破壊過程	京都大学大学院
仲井 幹雄	岩石不連続面の力学特性に対する時間依存性について	京都大学大学院
羽根 幸司	円形空洞周辺の支保領域設計に関する考察	鹿島建設(株)
応用計測学講座		
神谷 岳	ヒステリシスを考慮した漏洩磁場の有限要素法による非線形解析	京都大学大学院
杉田 善紀	長大斜坑巻上設備の運行に伴う巻上ロープの動的挙動について	(株)東芝
高橋 一興	ニューラルネットワークと線形回帰を併用したワイヤロープの疲労寿命予測について	(株)三菱銀行
蜷川 裕一	垂直巻上ロープの縦振動解析	(株)スクエア
原田 昌寛	画像復元フィルタを利用した平面欠陥分布の可視化とそのシステム開発について	京都大学大学院
若井 延夫	傾斜開口欠陥まわりの漏洩磁場解析と欠陥形状パラメータの推定について	(株)JCB
精製工学講座		
天野 則之	酸化物微粒子の液-液抽出法に関する研究	京都大学大学院
石田 尚之	希土類磁石スクラップのリサイクルに関する研究	京都大学大学院
葛谷 俊博	浮選法による廃鉛蓄電池酸化鉛ペースト中のアンチモン除去に関する研究	京都大学大学院

氏名	研究論文題目	就職先
加工設備学講座		
岡秀行	円筒容器の中心から流入される非圧縮性流体の自由表面の挙動解析	京都大学大学院
木下健治	平板上に衝突する液滴の挙動に関する実験的研究	京都大学大学院
神野晶弘	スプレー流による高温鋼板の冷却過程の解析	京都大学大学院
高橋雄一郎	横磁場下における液体金属の流れ場の数値解析	京都大学大学院
平野克幸	水カーテンが平板に衝突することによって形成される水膜流の流れ場の数値解析	新日本製鉄(株)
福本学	周期運動をする円筒周りの流れ場の数値解析	京都大学大学院
山本竜太	マグネシウム合金の熱間変形抵抗の式化	ダイハツ工業(株)

大学院修士課程 資源工学専攻

氏名	研究論文題目	就職先
応用地質学講座		
安達毅	金鉱石量から推測される総鉱物資源量	東京大学
宇津木慎司	孔内打撃応答試験機の適用性に関する研究	(株)間組
喜藤剛	節理密度の評価に基づく土木・岩盤構造物の工学的評価に関する研究	日本国土開発(株)
探査工学講座		
長谷川信介	MT法電磁探査のインバージョンに関する基礎的研究	応用地質(株)
藤本顕治	弾性波トモグラフィの精度向上と空洞探査に関する研究	九州電力(株)
古田学	電気探査比抵抗トモグラフィに関する基礎的研究	シャープ(株)
薮内聰	能動型リモートセンシングにおけるマイクロ波の散乱特性に関する基礎的研究	動力炉核燃料開発事業団
開発工学講座		
梅田亮	軟岩の三軸応力下での破壊後を含む力学特性とその時間依存性に関する研究	(株)クボタ
応用計測学講座		
中嶋研	ワイヤロープ漏洩磁束探傷に関する逆問題解析	住友金属工業(株)
加工設備学講座		
植村敬	Behaviour of a Droplet Impinging on a Hot Plate beyond Leidenfrost Temperature	川崎製鉄(株)
魚住真人	Numerical Analysis of High Pressure Gas-Particle Two-Phase Flow around a Corner in a Two Dimensional System	住友電気工業(株)
土田充孝	Three-Dimensional Finite Element Analysis of Aluminium Slab during Hot Rolling	トヨタ自動車(株)
平田岳夫	Thermal Process of a Hot Plate beyond Leidenfrost Temperature Cooled by Water Spraying	住友金属(株)
福井隆志	Numerical Analysis of Viscous Flow with Free Surface Wave	京都大学大学院博士課程
正木潤	Analysis of Flow Field of Water Film Generated by Laminar Sheet Impinging on a Plate Surface	NKK

大学院修士課程環境地球工学専攻

氏名	研究論文題目	就職先
資源循環工学講座		
山崎信彦	Influence of Cold-Rolling and Annealing Conditions on Formability of Aluminium Alloy Sheet	松下電子部品(株)

大学院博士後期課程・資源工学専攻

氏名	研究論文題目	就職先
精製工学講座 El-Salmawy 胡 玻	Fundamental Studies on Non-Hydrofluoric Acid Flotation Separation of Quartz from Feldspar Studies on Recovery of Fine Particles by Liquid-Liquid Extraction	Suez-Canal University, Egypt 小野田セメント(株)
金 属 系 教 室		
学部卒業		
氏名	研究論文題目	就職先
鉄冶金学講座 五十嵐 昌夫 川 畑 涼 松 井 敬之	酸化物融体中の酸素の透過 固体 Ni 饽和 Ni-P 合金の熱力学 CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系フラックス中の Fe _x O の活量	京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院
非鉄冶金学講座 五十嵐 正樹 小 泉 敦 竹 村 康司 西 川 黙 西 畑 敏伸 日 谷 知嗣 三 村 享	Ag-Cu-O 系の状態図 NH ₃ 吹き付けによる溶銅の蒸発 溶融塩電解による TiO ₂ からの直接還元 高純度 Nb の製造およびその純度評価 溶融塩電解法による鉄へのチタンコーティング Nb-Ti 合金の電子ビーム溶解 Sr-Ca-Cu-O 系の相平衡と熱力学	京都大学大学院 住友海上火災保険(株) 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院
電気冶金学講座 鵜 飼 伸 介 佐 藤 彰 洋 中 道 章 雄 三 宅 孝 司	塩化物浴から大型電解槽による高電流密度下での亜鉛電解採取 ポリエチレングリコールを添加した ZnSO ₄ -Cr ₂ (SO ₄) ₃ 水溶液からの Zn-Cr 合金電析 ZnSO ₄ -H ₂ SO ₄ -H ₂ O 系および MgSO ₄ -H ₂ SO ₄ -H ₂ O 系の水の活量測定 Cu (II) アンミン水溶液による黄銅および亜鉛めっき鋼板の浸出	アイシン精機(株) 京都大学大学院 伊藤忠商事(株) 京都大学大学院
金属材料学講座 池 田 輝 之 宇 田 哲 也 加 藤 邦 興 高 谷 曜 和 野 中 荘 平 宮 田 成 紀	X 線異常散乱法による大きな過冷却融体領域を示す ZrGaNi 非晶質合金の構造解析 Zn-Al 合金系における加工軟化現象について X 線異常反射小角散乱法による Cu/Co 多層膜の構造解析 Ag/Bi2223 超伝導テープ材の加工不均一性の臨界電流密度 (J _c) に及ぼす影響 Ag/Bi2223 超伝導テープ材の組織および生成相と電磁気学特性との相関 複合加工法による多層積層材の試作	京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院
鋳造冶金学講座 浅 田 知 恒 磯 尾 圭 司 桑 原 浩 史 仙 波 崇 夫 高 尾 直 樹 樽 稔 樹	SiC の積層構造を決める電子論的因子 TiC およびその固溶体の電子状態 NaCl およびその混晶における破壊韌性 ZnSe の電子状態 La-Pd 合金の電子状態 水素クラスターの電子状態	伊藤忠商事 三菱銀行 京都大学大学院 三菱自動車 京都大学大学院 京都大学研究生

氏名	研究論文題目	就職先
冶金反応及操作講座		
青野 寛之	Ni-Pr系金属間化合物の反応拡散	第1生命(株)
伊藤 忠広	固気インジェクションにおける熱移動	日本写真印刷(株)
稻田 伸哉	還元拡散法によるNi-Ce系金属間化合物の生成	研究生
木戸 滋	電解エッティングによる薄膜の微細加工と物質移動	研究生
藤木 恒夫	溶融Pb液滴へのZn蒸気の吸収速度	シャープ(株)
山口 修司	Cd-Te化合物の電析	安田生命(株)
結晶塑性学講座		
小川 典子	金属間化合物Ti ₃ Al中の格子欠陥の陽電子寿命法による研究	東京大学大学院
小林 修	Ti ₃ Al単結晶の高温変形	東京大学大学院
穴戸 逸朗	高速陽電子ビームを用いる新しい材料評価装置の開発	京都大学大学院
島田 裕	TiAl基二相合金一方向性凝固材の組織特性	京都大学大学院
西迫 隆志	金属間化合物薄膜の衝撃変形	東京大学大学院
三浦 浩之	エネルギー可変低速陽電子ビーム表面分析装置の開発	京都大学大学院
矢野 尊之	一方向凝固したMoSi ₂ /SiC複合材料の組織と機械的性質	京都大学大学院
金属組織学講座		
織田 平	Pb-Sn共晶合金の疲労組織と強度	JTB
柏崎 和久	Ni-Fe希薄合金におけるCによる内部摩擦	京都大学大学院
北川 敬介	Ni ₃ Feの弾性率の温度変化	住友生命
田中 聰	銅単結晶と微小結晶体の界面における再結晶	NTT
福井 詔一	銅の合金化による弾性率変化	京都大学大学院
三谷 貴俊	Fe-Cr希薄合金中における窒素のスネーク緩和	東京大学大学院
八木 博史	<123>軸方位Ni ₃ Al単結晶の高温変形挙動	京都大学大学院
特殊鋼学講座		
有岡 照晃	極低炭素3%Mn鋼のマッシブ変態	京都大学大学院
出井 康博	Ti-Mo合金の α 相析出におよぼすMo量の影響	京都大学大学院
小林 英之	Fe-19%Cr合金の拘束圧延を施した(111)[011]単結晶の再結晶	京都大学大学院
杉田 憲彦	鉄単結晶基板でのZn電析膜の形態と結晶学	京都大学大学院
近泉 隆二	β 型チタン合金の($\alpha+\beta$)microduplex組織と結晶学	東京大学大学院
中岡範行	極低炭素鋼のペイナイト変態	京都大学大学院
鋳造加工学講座		
五野 隆由	繰り返しプレスによるNi-Cu多層模試料の作製	日商岩井
北薗 幸一	繰り返しプレスで作製されたAg-Co系材料の磁気抵抗効果	東京大学大学院
中田 充浩	PHIPによるTiAl複合材料の作製	京都大学大学院
松田 成弘	繰り返し圧縮によるAg-Cu粉末混合体の組織と物性変化	日本IBM(株)
松本 隆	メカニカルアロイングとカオス	京都大学大学院
芳村 公嗣	ボールミリングによるSiの微細構造について	京都大学大学院
金属物理学講座		
有井 慰作	NaCl型R-Bi化合物の試料作製と磁性	シャープ(株)

氏名	研究論文題目	就職先
木村 啓成 河野 直久 高橋 晴美 光田 暁弘 宮本 剛 森 豪	Yb _{1-x} Y _x InCu ₄ のNQR メカニカルアロイングによる蓄冷材料の探索 NdCu ₂ のNMR ThCr ₂ Si ₂ 型をもつEu化合物の低温比熱 Mnホイスラー合金の比熱と磁気エントロピー FeSiの磁性に及ぼすGeの置換効果	京都大学大学院 ダイハツ工業(株) 京都大学大学院 京都大学大学院 東京大学大学院 京都大学大学院
溶接工学講座		
赤穂 文保 石川 英憲 亀谷 則光 久保 和造 小林 節子 二井 一志 古米 正樹 横場 幹人	P型ダイヤモンド半導体への炭素固溶元素によるオーシックコンタクトの形成 n型GaAsにおけるNiGe系オーシック・コンタクト材の伝導機構・形成機構の解明 GaAs基板とInAs膜の界面反応に及ぼすNi添加の影響 ZnSe化合物半導体へのAuコンタクトの電気的特性と界面反応 P型ZnSe化合物半導体へのNiコンタクトの電気的特性と界面反応 半導体SiにおけるCu薄膜の拡散バリア材に関する研究 n型GaAsにおけるNiGe(Pd)オーシック・コンタクト材に関する研究 P型半導体ダイヤモンドへの炭化物生成元素によるオーシック・電極の作製	松下電器 京都大学大学院 IHI 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院 京都大学大学院
メソ材料基礎工学講座 (メソ材料研究センター)		
榮川 元雄 久禮宗典 黒川 修 湯浅光博	低温STMの開発と超伝導材料評価への応用 Cu _{13-n} X _n クラスターの熱力学 金属-金属微小点接合の静電容量測定 超高真空STMの開発とそれによる局所仕事関数分布の測定	京都大学大学院 新日鉄情報通信システム(株) 京都大学大学院 京都大学大学院
大学院修士課程 冶金学専攻		
氏名	研究論文題目	就職先
鉄冶金学講座		
宮田 健士朗 渡邊 博久	溶融Fe+Al+CaO合金中のCaの活量及びAl ₂ O ₃ 飽和CaO+Al ₂ O ₃ +SiO ₂ 系スラグ中のSiO ₂ の活量 Solubilities of CO ₂ in Candidate Glasses for Nuclear Wast Immobilization Systems, Cs ₂ O+SiO ₂ , Cs ₂ O+B ₂ O ₃ , Rb ₂ O+SiO ₂ and Na ₂ O+B ₂ O ₃	(株)神戸製鋼所 (株)神戸製鋼所
非鉄冶金学講座		
石田 齊 菊池 潤 出浦 哲史 松下 浩司	Cu-Cr, ZrおよびCe合金の溶製とその評価 NH ₃ による溶鋼の脱銅 高温冶金反応を利用した活性金属の精錬 溶融塩電解による鉄のチタン・コーティング	(株)神戸製鋼所 住友金属工業(株) 京都大学大学院博士課程 川崎製鉄(株)
電気冶金学講座		
中谷 純也 渡邊 英一郎	アルカリ水溶液からのCdTe合金電析に関する研究 Cr(II)イオンからのZn-Cr合金電析に関する研究	川崎重工業(株) 科学技術庁

氏名	研究論文題目	就職先
金属材料学講座		
梶田潤一	Bi2223系超伝導テープ材の電磁気学特性に及ぼす組織制御の効果	トヨタ自動車(株)
杉本真一	放射光小角及び100散乱測定によるAl-Li合金の相分解構造の解明	トヨタ自動車(株)
中尾和樹	高温超伝導混晶系における非超伝導化の機構とピニング特性	ムラタ(株)
若林利幸	拡張ヒュッケル法による金属合金の相安定性の評価	日新製鋼(株)
鋳造冶金学講座		
井上武洋	Al ₃ Tiの電子状態	NEC
小林玲	バナジウム酸化物の電子状態	新日鉄
松永克志	イオン結晶における転位遮蔽効果と破壊靭性	京都大学大学院博士課程
冶金反応及操作講座		
田中一郎	Zn-Pb焼結鉱のCO-CO ₂ 混合ガスによる還元反応速度	住友化学(株)
鶴田明三	熱CVDによるTiC薄膜の成長速度	三菱電機(株)
中西淳	固気イジェクションにおける伝熱速度	松下電産(株)
大学院修士課程 金属加工学専攻		
氏名	研究論文題目	就職先
結晶塑性学講座		
小林雅人	TiAl PST結晶の塑性変形に及ぼす第三添加元素の影響	新日本製鐵(株)
三崎雅信	TiAl PST結晶の引張変形挙動	三菱重工業(株)
村上敬	陽電子消滅法による金属間化合物 TiAl, Ti ₃ Al中の格子欠陥の研究	九州工業技術研究所
金属組織学講座		
石橋良	Fe-Mn-C希薄合金におけるMn-C相互作用	日立製作所
川野晴弥	銅双結晶の再結晶初期過程	神戸製鋼所
高尾丹晴	Ni ₃ Al単結晶の高温変形機構	川崎製鉄
細江晃久	Al合金の弾性的性質の時効による変化に関する研究	住友電気工業(株)
特殊鋼学講座		
夏目欣秀	Fe-High Mn系合金の $\gamma \leftrightarrow \epsilon$ マルテンサイト変態における結晶学的可逆性と形状記憶特性に関する研究	日本ガイシ(株)
兵江猛宏	Fe-19Crフェライト合金における(001)[uvw]単結晶の圧延・再結晶に関する研究	川崎重工業(株)
和田健司	拡散相変態における異相界面構造と格子変形の機構に関する研究	NKK(株)
鋳造加工学講座		
近藤暁裕	金属箔の繰り返しプレスによるメカニカルアロイング	三菱マテリアル
安那啓	メカニカルアロイングによって作製した材料の巨大磁気抵抗効果	京都大学大学院
山本紀宏	金属粉末混合体の繰り返し圧縮による組織と物性の変化	新日本製鐵(株)
金属物理学講座		
今井英人	RT ₂ (R=希土類, T=Co, Mn)の磁気比熱と結晶場の効果	京大院(博士)進学
上西朗弘	Nuclear Magnetic Relaxation in the Low-Carrier System YInCu ₄	新日本製鐵(株)
八重樫利武	Cu中に析出したfccFeの電子状態と磁性	(株)東芝

氏名	研究論文題目	就職先
溶接工学講座 伊地知 博	Thermal strain in indium thin films deposited on GaAs substrates	東京電力
奥西祐之	Ohmic contacts to n-type GaAs prepared by sputter-deposition of In _x Ga _{1-x} As	関西電力
中西次郎	Formation of Ohmic contacts to p-type diamond using carbide forming metals	住友金属鉱山
メソ材料基礎工学講座 (メソ材料研究センター) 小菅 浩	(Fe, X)m クラスターによる溶鉄の熱力学的性質の評価	トヨタ自動車(株)

大学院博士後期課程 金属加工工学専攻

氏名	研究論文題目	就職先
特殊鋼学講座 辻 伸泰	鉄系合金における(001) <uv0> 凝固柱状晶および単結晶の圧延・再結晶に関する研究	大阪大学工学部

平成5年度博士学位授与者(論文博士)

氏名	研究論文題目	主査	取得年月日	備考
渡辺俊樹 (京都大学)	直達P波による現位置岩盤の高精度調査と評価に関する研究	佐々宏一	平成5年9月24日	京都大学工学部資源工学科昭和61年卒
小林幹男 通産省工業技術院資源環境技術総合研究所	複雑鉱の浮遊選鉱に関する基礎的研究	若松貴英	平成5年9月24日	京都大学工学部資源工学科昭和48年卒業
小野田守 (日清鋼業(株))	鉄鋼石ペレットの冶金性状の改質に関する研究	若松貴英	平成5年9月24日	秋田大学鉱山学部冶金学科昭和35年卒業
眞目薫 (住友金属工業(株))	真空下粉体上吹脱炭・脱窒精錬法に関する研究	一瀬英爾	平成5年11月24日	京都大学工学部冶金学科昭和47年卒
小口深志 (前田建設工業(株))	高含水粘性土および重金属汚染土の処理に関する研究	若松貴英	平成6年1月24日	京都大学工学部資源工学科昭和54年卒業
山本英文 (関西日本電子(株))	磁性層間相互作用のない金属人工格子の磁気抵抗効果	志賀正幸	平成6年3月23日	京都大学工学部金属加工学科昭和58年卒
山本定弘 (日本鋼管(株))	オーステナイト系ステンレス鋼の加工熱処理に関する研究	牧正志	平成6年3月23日	京都大学工学部金属加工学科昭和49年卒

平成5年度博士学位授与者(課程博士)

氏名	研究論文題目	主査	取得年月日	備考
El-Salimawy (精製工学)	Fundamental Studies on Non-Hydrofluoric Acid Flotation Separation of Quartz from Feldspar	若松貴英	平成5年5月24日	
日下英史 (精製工学)	Surface-Chemical Studies on the Liquid-Liquid Extraction of Fine Mineral Particles	若松貴英	平成6年3月23日	
胡玻 (精製工学)	Studies on Recovery of Fine Particles by Liquid-Liquid Extraction	若松貴英	平成6年3月23日	
辻伸泰 (特殊鋼学)	鉄系合金における(001) <uv0> 凝固柱状晶および単結晶の圧延・再結晶に関する研究	牧正志	平成6年3月23日	

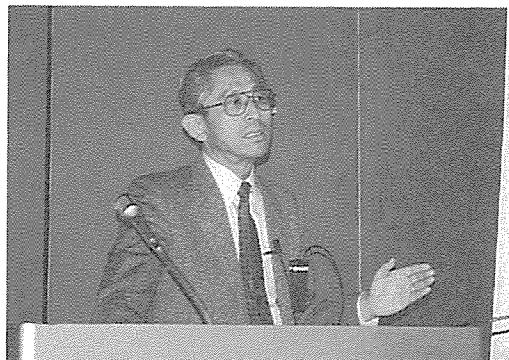
會員消息

東京水曜会

第7回(平成6年)東京水曜会が、佐々宏一教授、小野勝敏教授をお招きして、平成6年3月17日、新橋住友ビルで開催された。参加者は約150名であった。

第1部は植田幹事の開会挨拶に始まり、水曜会会長の佐々先生より、冶金学科、金属加工学科の改革を例に挙げ、大学教育（技術系）の目指す理念、従来の学科、講座の組織変更を御紹介頂いた。

引き続いて小野先生の御講演「ENERGETICS—エネルギー応用工学専攻の創設」であった。お話は「熱力学の法則—ゴルファの法則」、「Systematicにおける仕事



坂塔一	中村喜信	南光宣和	才やまらか
松本洋祐	永澤正幸	津田伸三郎	花岡義
森存夫	勝山邦久	町田朗	菅和田義
後藤裕規	桑田貴史	木村真治	大谷昌平
千草學	後藤恒雄	土佐正弘	金田勉
藤井清文	官下恒雄	糸川冬郎	八島乙人
車谷省三	尾川情二	八木信二郎	久賀俊正
小野勝敏	伊藤剛男	中尾彌	大谷昌平
東京水曜会	内山寅介	松本善文	金田勉
平成六年三月十七日	山本剛男	佐藤重天	木烟朝晴
新橋住ビル	岩鶴勇	元木信二郎	下川敬治
内山久男	室崎宏治	田中鳴由	青木誠
佐々木一	佐々木恒男	高崎誠	菅和田義
好原二郎	荒木修	鬼頭信弘	中村昭雄
高嶋宏	川島喜一	長澤元天	小林進
阿部光延	吉田秀隆	河野一清	木村光弘
植田正明	山眞澄	山下鉄哉	泉谷謙二郎
佐伯博志	成瀬宏	田中社一	豊田順一
石田辰一	福井利安	福井利安	京舟
笠原太郎	成瀬宏	池田博	下田耕一
中尾智三郎	伊藤正人	伊藤正人	野村悦二
伊藤紘一	安井正人	伊藤正人	小原邦夫
田淵宏	日下武夫	伊藤正人	神原正三
松平靖	山口健一	伊藤正人	高山新司
笠原太郎	正	笠原正人	西村光彦
中島恒	正	斎藤正人	内貴治三
山口健一	正	斎藤正人	下高井勝治
	正	斎藤正人	江村信之
	正	斎藤正人	加藤雅典
	正	斎藤正人	水落洋一
	正	斎藤正人	加藤裕厚
	正	斎藤正人	三田村良太
	正	斎藤正人	斎藤茂

ら、エネルギー応用工学教室の必要性とその組織体制へと展開された。大変興味深いお話であった。

第2部は恒例の懇親会になり、両先生を囲み、先輩、後輩、同期、そして又同業、異業種の交流の場となり、例の如く大変な盛会となった。最長老の村山潔先輩(昭11卒)のお元気な姿を拝見出来たのは嬉しかった。

幹事：木村、植田(昭28)、桑山(昭30)、吉田、福井(昭38),
福井(記)

昭和22年鉱山卒(東京在住)同窓会

昭和22年9月鉱山学科卒業生のうち、東京在住者の同窓会を平成6年2月25日(金)の夕刻、九段の日本料理店で開催し久闊を温めました。卒業以来46年ぶりにお会いした同級生もあり、大へん思い出深いものが有り、今後も出来る限り、同級会を開いて行く予定にしています。幸い京大教授だった小門君も東京に来られたようだ



し、同級生は皆さん毎年の会合を楽しみにしています。
出来れば地方の同級生も一緒になる機会があればと期待
しています。

(平成6年3月 山崎記)

逝去会員

過去半年間にご連絡いただいた分

平成5年12月19日	藤中 雄三	特名昭26・鉱
平成6年1月8日	田村 今男	特名元教官
平成5年5月5日	内田 章	昭31・鉱
平成6年1月23日	外島 健吉	昭2・採
平成4年11月15日	西脇 実	昭26・冶
平成6年4月24日	川本 清二	昭25・冶
平成4年6月3日	高田 昭	昭27・冶
平成5年5月10日	蜷川 親治	昭15・採
平成6年4月12日	横井 育	昭44・冶
〃 5月1日	諫早 易二	昭16・採
平成5年5月27日	北 省吾	昭18・冶
〃 12月21日	出村 収	昭22・鉱
平成6年4月7日	高須 武	昭23・鉱
〃 1月8日	小田仁平次	昭26・鉱
平成5年10月29日	寺沢 敬作	昭26・鉱
平成4年7月18日	畠間 良治	昭39・鉱
平成5年8月3日	誉田 周郎	昭23・冶

ご逝去を悼み、ご冥福をお祈り申し上げます。

教室報告

教官人事

資源工学教室	なし
旧金属系教室	
平6.3.1	
河合 潤	冶金学教室助教授に昇任
平6.3.31	
森本 武	定年退官(原子エネルギー研究所)

職員人事

資源工学教室	
平6.1.1	
岡田 淳志	採用
平6.3.31	
中澤 政治	定年退職
旧金属系教室	
平6.3.31	
岸 洋子	退職
森 茂三	定年退職
平6.4.1	
堀江 節子	数理工学へ転出
清水 理佐	機械工学より転入
今井 淑子	付属図書館へ転出
松田 泰代	付属図書館より転入

平成5年度水曜会誌編集委員

委員長	小野勝敏
幹事	芦田譲 津崎兼彰
委員	八田夏夫 関順一 北田紀芳 則竹和光 齊藤修二 高橋克侑 竹本裕 楠井潤 川崎実 山口進 富井洋一 尾野均 天野宗幸 長尾護 松原英一郎 (順不同)

平成6年6月15日印刷 平成6年6月20日発行

編集兼
発行者 朝木善次郎

印刷者 小林積造

日本印刷出版株式会社

553 大阪市福島区吉野1丁目2番7号
電話 大阪 (441) 6594~7
FAX 大阪 (443) 5815

発行所 京都大学工学部
資源工学教室・冶金学教室
金属加工学教室

水曜会

606 京都市左京区吉田本町
振替口座 京都 9-26568 電話 (075) 753-7531 (大代表)
銀行口座 第一勵業銀行百万辺支店
普通 476-1242526 水曜会

水曜会誌の企画と投稿のお願い

水曜会誌編集委員会

本委員会では、会員の皆様の近況や展望など幅広い内容記事を紹介する『談話室』を前号より設け、投稿を募っております。『談話室』は、会員各位の意見・情報交換の場としてご利用頂くことを目的としたもので、投稿規定（次頁に掲載）の分類では『各種記事』に相当します。具体的には、

- 第一線で活躍中の会員の幅広い展望・随想
- 各企業の研究所の紹介（特殊機器や意外な研究内容など）
- 研究についてのトピックス（形式は問わない）
- 国際会議や海外出張の紹介・こぼれ話
- 種々の分野でご活躍の会員の特異な体験記事
- 新教官の自己紹介や抱負など
- 水曜会の活動における歴史的こぼれ話

などを企画しております。掲載分には薄謝を進呈いたします。奮ってご投稿下さい。また、他に取り上げるべき企画などご意見がありましたら編集委員会までお知らせ下さい。さらに、投稿規定に従い、論文・講座・総説などにつきましても投稿を隨時受け付けております。

会誌発行は現在のところ6月、12月の年2回行っており、各号の原稿締切は3カ月前となっております。また、編集委員会は1月末、7月末に開催しておりますので、皆様からのご意見、ご投稿をお待ちしております。

水曜会誌投稿規定 (昭和62年4月23日改訂)

1. 投稿要領

- (1) 投稿原稿の著者（連名の場合は1名以上）は水曜会会員でなければならない。ただし、水曜会誌編集委員会（以下編集委員会という）で認めた場合はこの限りではない。
- (2) 投稿原稿は論文、報告、総説、講座、資料、会員消息などとし、分類指定がない場合には編集委員会が判定する。
- (3) 投稿原稿の分類はつきの基準にしたがうものとする。
 - a. 論文 他の刊行物の未発表のもので、独創性をもつ著者の基礎研究または応用研究の成果、技術の開発改良などを内容とするもの。
 - b. 報告 現場の操業報告などに類するもので、学術的に価値があると認められるもの。
 - c. 総説 特定の問題について普遍的に広い視野から解説し、その推移を知るうえに役立つもの。
 - d. 講座 特定の問題について掘り下げて解説し、会員の啓蒙、再教育に役立つもの。
 - e. 資料 学問的あるいは技術的に価値のある内容を含み、会員の参考資料として役立つもの。
- (4) 論文、報告には英文表題のほかに100語前後の英文概要を添付されたい。
- (5) 原稿の長さは必要な図・表を含めて次表に示すとおりとし、これを越える場合は必要経費を負担されたい。但し依頼原稿についてはその限りではない。なお、会誌1頁は図表のないときには2,400字（25字×48行×2列）であり、表題および英文概要は刷上り1/4頁～1/2頁を要することを考慮されたい。

分類	制限ページ数
論文	6頁以内
報告	6頁以内
総説	10頁以内
講座	10頁以内
資料	4頁以内
各種記事	4頁以内

- (6) 投稿に際しては本会規定の原稿用紙を使用し、原稿整理カードを添付されたい。
- (7) 原稿の送付先はつきのとおりとする。
〒606-01 京都市左京区吉田本町
京都大学工学部資源工学・金属系教室内

水曜会誌編集委員会宛

- (8) 原稿は水曜会誌編集委員会が受理した日をもって受理日とする。
- (9) 投稿原稿に対し、編集委員会は査読を行って掲載の可否を決定する。また、査読結果に基づき編集委員会は投稿原稿に対して問い合わせ、または内容の修正を求めることがある。
- (10) 編集委員会は、用語ならびに体裁統一のため編集係によって文意を変えない程度に投稿原稿の字句の修正をすることがある。
- (11) 初校は著者にて行ない、第2校以降は編集委員が行う。初校における原文訂正の必要のないようとくに留意されたい。
- (12) 別刷については実費を負担されたい。著者は、著者校正と同時に別刷必要部数を申し出るものとする。

2. 原稿の書き方

- (1) 章・節などの区分はポイント・システムによる。すなわち、章に相当する1・緒言などは中央に2行分をとり、節に相当する1・1実験方法などは左端に書き、つぎの行より本文を書くようとする。また、項や目に相当する(1)試料などは左端に書き、2字分あけて本文をつづける。
- (2) 図面は鮮明なものであること。刷上り図面の大きさは横幅でもって指定するものとするが、横幅は1段(65mm以内)または2段通し(140mm以内)のいずれかとなることを考慮されたい。原図は刷上り図面の少なくとも2倍に書かれたい。この際図面の縮尺を考慮して作図し、とくに図中の文字の大きさについては十分に注意を払われたい。また、原図の左下隅に著者名、論文名、図表番号などを必ず明記されたい。
- (3) 単位は国際単位系(SI単位系)によることが望ましい。
- (4) 参考のため文献を記す場合には本文の肩に1), 2)などを付し、論文末尾につぎほ形式で書き加えること。
 - 1) 大塚一雄、宮越 宏：日鉄誌、87,[1001], 521-525, (1971)
 - 2) M. R. Taylor, R. S. Fidler and R. W. Smith: Metallurgical Trans., AIME, 2, [7], 1793-1798, (1971)

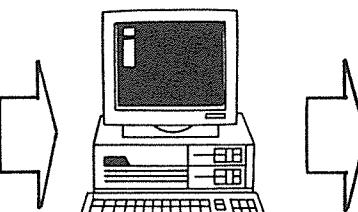
[注] 原稿用紙などは編集委員会までご請求下さい。

最先端と素敵な出合

データベースでダイナミックプリントイングコミュニケーション

富士通
OASY
NEC
PC-980I

入力装置



写研

美しい 文字

富士通 NEC
9450シリーズ PC-9801

生まれかわるデータベース

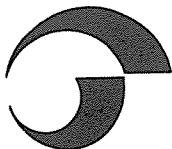
会員管理・名簿管理・調査票発送・集計・印刷・請求・販売促進・検索

Cコーポレイトアイデンティティで企業発展に貢献する――

日本印刷出版株式会社

■本社 〒553 大阪市福島区吉野1丁目2番7号 / TEL 06-441-6594(代)

■電算室 〒553 大阪市福島区吉野1丁目3番18号



OSAKA CEMENT

新時代の技術、

新時代の材料。

大阪セメント株式会社

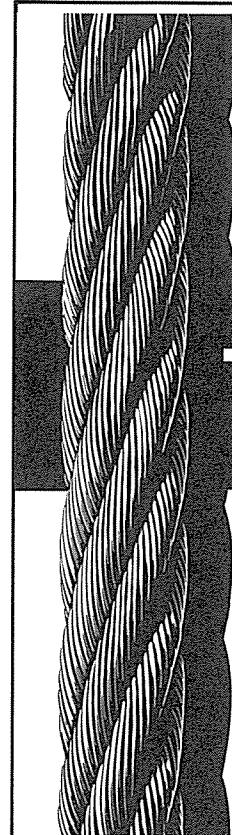
本社事務所

〒551 大阪市大正区南恩加島 7-1-55 TEL 06-556-2111

伊吹鉱山事業所

〒521-03 滋賀県坂田郡伊吹町春照

TEL 0749-58-1211



Tokyo-Rope

ワイヤロープ
パラレルワイヤストランド
スチールコード・ベルトコード
PC鋼線・PC鋼より線

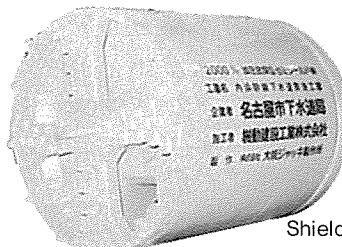
ガードケーブル・安全防護柵
トヨロック・合纏ロープ・網



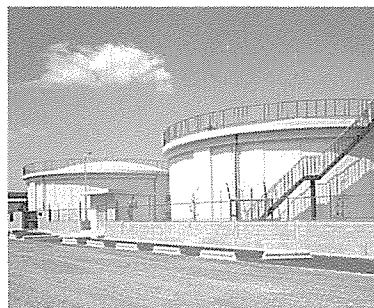
東京製綱

本社 東京都中央区日本橋室町2-3-14(古河ビル内)
〒103 ☎(03) 3211-2851 (代)
支店 札幌 ☎(011) 241-8256 (代)
仙台 ☎(022) 263-3811 (代)
名古屋 ☎(052) 571-3541 (代)
大阪 ☎(06) 252-5821 (代)
広島 ☎(082) 222-0301 (代)
福岡 ☎(092) 441-0685 (代)
工場 土浦・泉佐野・小倉

自然と共生
『技術』で造る新天地



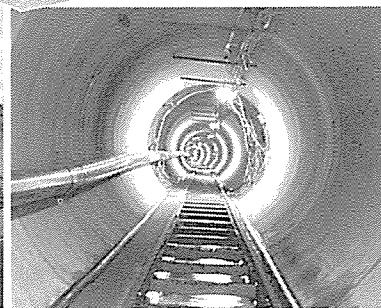
Shield Method



PC TANK



Prestressed Concrete Bridge



Pipe Jacking Method

◎ 機動建設工業株式會社

取締役会長 木村 宏一 (S.26年卒)

取締役社長 木村 信彦

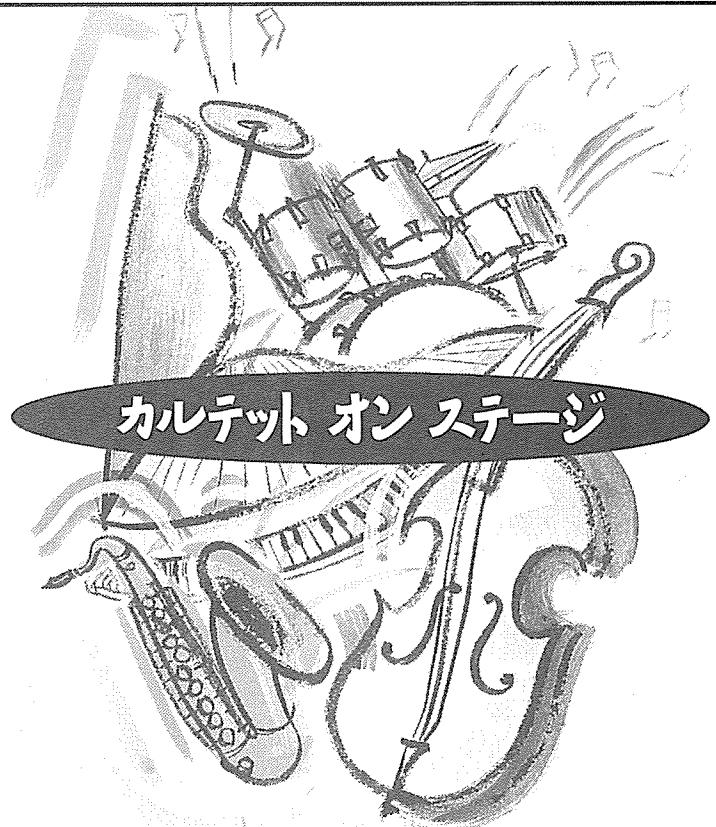
本社／大阪市福島区福島4丁目6番31号(〒553) ☎(06) 458-5461 (代)
東京本部／東京都文京区向丘1丁目8番12号(〒113) ☎(03) 3813-3641 (代)

4つの個性から生まれる ハーモニーが輝きます。

アンサンブル演奏には2重奏、3重奏、オーケストラなどなどたくさんあります。私たちの演奏は4重奏。神戸製鋼は、鉄鋼・溶接、アルミ・銅、機械・エンジニアリング、電子・情報の4事業部門が、それぞれの個性を発揮しながら、1つに融合し、さらに高度な技術力を発展させ複合企業体の完成をめざしています。そして音楽が人々を感動させるように、神戸製鋼も豊かな社会づくりに貢献したいと考えています。

KOBELCO
◆ 神戸製鋼

東京本社／〒100 東京都千代田区丸の内1丁目8-2
(鉄鋼ビル) Tel:(03)3218-7111
神戸本社／〒651 神戸市中央区脇浜町1丁目3-18
Tel:(078)261-5111



カルテット オンステージ

ドキドキする
エナジーが
好きだ。

しっかりやろうよ
たのしくやろうよ
テクノとハートで。

明日に新・呼吸!

鉄鋼を核に、
エレクトロニクスもシステムも
バイオ・メディカルも
みんな住友金属で育っています。

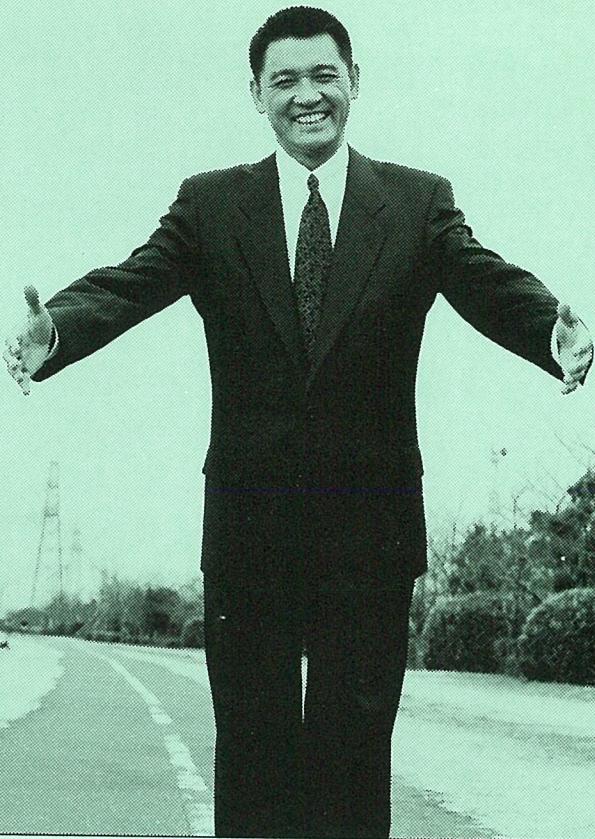
テクノハート・カンパニー
住友金属

●住友金属は鹿島アントラーズのメインサポーターです。

東京本社/〒100 東京都千代田区大手町1-1-3 TEL.03(3282)6111 大阪本社/〒541 大阪市中央区北浜4-5-33 TEL.06(220)5111

お母さん、

ここが日新製鋼です。



日新製鋼株式会社 東京都千代田区丸の内3-4-1 新国際ビル TEL.03-3216-5511

あなたの身の回りにあるものを、ちょうどご覧ください。その中のひとつやふたつは、もしかしたらファインスティールでできているかも知れません。たとえば、流し台・シートベルトのバックル、フロッピーディスクの部材や屋根などなど。鉄に優しさや美しさや楽しさをプラスすると、それは毎日をもっと便利にし、快適に、愉快にしてくれる素材になるのです。ファインスティールが、もっともっと暮らしの中を見つかれば、暮らしはもっともっと豊かになっているかもしれません。そんな想いをもつて、きょうも私たちは新しい「お母さん、ここが日新製鋼です」とうつてゆきます。

鉄+人=ファインスティール
日新製鋼の仕事です。

夢を形にする。

Ansaku

営業品目／ロープウェイ
ゴンドラリフト
チエアーリフト
Tバーリフト
Jバーリフト
プラットターリフト
スーパースライダー
ウォータースライド
トランスマービル
人工造雪機
各種ゴルフ場機器



安全索道株式会社
本社及び工場：滋賀県甲賀郡水口町笛ヶ丘1番地13 (0748)62-8001
東京本店：東京都中央区日本橋本石町3-2-12 (03)3241-2361

Suiyōkwai-Shi

TRANSACTIONS OF THE MINING AND METALLURGICAL
ASSOCIATION
KYOTO

CONTENTS

Lecture

Metallurgy of Zirconium and Hafnium (V)	
— A Historical Review —	Joichiro MORIYAMA..... 41

Reviews

Prospecting and Exploration of Petroleum	Yuzuru ASHIDA..... 53
--	-----------------------

Forum

A Solitary Quartet	Yoshio KONDO..... 61
A Briefing on the Activities of the Study Group for 21 Century	Yoshio ATSUTA..... 66
Coloration in Various Arts achieved with Metallic Elements	Katsuhiko MATSUDA..... 68
Views of Tokyo Suiyōkwai Members	Secretaries of Tokyo Suiyōkwai..... 74
Reorganization of Faculty of Engineering, Kyoto University	Zenjiro ASAHI..... 78
Suiyōkwai Information	84
Letters to Editor	103

Department of Mineral Science and Technology
Department of Metallurgy
Department of Metal Science and Technology
Kyoto University
Japan