

水曜会誌

第22卷 第5号

目 次

退官記念講演

- 浮選法の基礎研究 若松 貴英 259
クヌーゼンセル質量分析法による合金の熱力学的測定 一瀬 英爾 269

大会記念講演

- 環境と資源－非鉄金属・セメント素材メーカの役割 高橋 堅之 278
別子銅山と環境問題 植田 正明 289

講 座

- チタニウムの製錬の歴史 (II) 森山徐一郎 294

談 話 室

- 生活の中に健康を探査する 佐々木 敏 304
“水曜会”の名前の由来－おやつの思い出からの推測 和邇 博 309

- 会 報 310

- 会員消息 320

平成7年12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

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 鋳造加工

HZ合金CE、各種青銅、真空脱ガス
処理による鋳造品



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

絶え間のない〈研究と開発〉

鋼線部門

スタビライズドワイ
ヤ及びストランド
Low Relaxation

P C 鋼線

P C 鋼より線

P C 鋼棒

裸鋼線

ピアノ線

めつき鋼線

被覆鋼線

ビードワイヤ

オイルテンバー線

鋼線加工品

ロープ部門

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

一般ロープ

特殊ロープ

鋼より線

ワイヤロープ加工品

特殊線部門

高級バネ用線
SWICシリーズ

ステンレス鋼線

ステンレスロープ

ステンレス鋼線加工品

チタン線

その他特殊金属線

エンジニアリング部門他

HiAm
アンカーケーブル
耐疲労性斜張橋用
ケーブル

イエティ スノーネット

アンボンド工法

架設・緊張用

部材・機器

線材3次加工製品

エンジニアリング

アルポラス



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

地質調査

●地質調査(地下資源)

- ▶ 金属・非金属鉱床、地熱、地下水・温泉、石油・天然ガス等の地質調査と物理探査、試錐
- ▶ 鉱物・岩石等の鑑定

●地質調査(土木地質)

- ▶ 鉄道、道路、トンネル、橋梁、ダム、河川砂防・海岸、港湾、建物、上下水道等建設工事のための地質・土質の調査と解析
- ▶ 海底地質、地すべり、活断層、地下空洞等の調査と解析
- ▶ 土質・岩石等の試験

●資源開発

- ▶ 採鉱・採石・選鉱・製錠・精製の調査、設計と施工監理
- ▶ 鉱業権調査

Sumicon



建設コンサルタント

●土木設計と施工監理

- ▶ 道路、橋梁、上下水道、河川砂防、海岸港湾、工業団地・宅地、ゴルフ場、トンネル通気・冷却等の設計と施工監理

●環境調査と公害防止設計施工監理

- ▶ 大気、水質、振動、騒音、極微小地震、交通量、重金属、スライム、土砂、ずり堆積等の調査と公害防止対策の設計・施工監理

●測量

- ▶ 地形、都市計画、道路、河川、深浅、用地農地、森林、鉱山等の測量

●補償(営業補償・特殊補償部門)

住鉱コンサルタント株式会社

代表取締役社長 酒井 九州男

本社／東京都新宿区歌舞伎町2-16-9(新宿TKビル) ☎ 03(3205)6031㈹

支店／札幌・仙台・東京・名古屋・大阪・四国 営業所／水戸・広島・松山・九州 試験室／札幌・千葉



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。

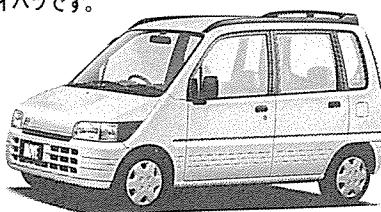
ワールドミニで
未来を創る。

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。

私たち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。

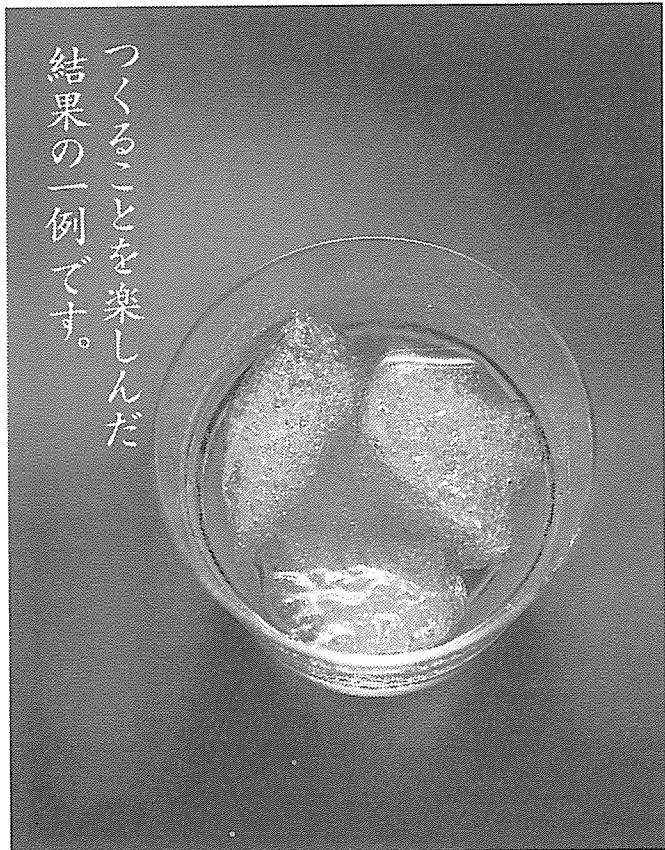
小さなクルマをきちんとつくるダイハツです。



ムーヴ CL

“Earth Conscious”

人と地球にやさしいワールド・ミニ。



(音を奏でる氷。) NKKが南極観測船「しらせ」をつくる時いっしょにつくったものがありました。日本で再現した南極の氷。この氷、気泡のはじける音まで、本物とそっくり。私たちは、ひとつの大きな物づくりのために、楽しみながらたくさん小さな物づくりもしています。



NKK

日本鋼管株式会社
〒100 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

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ラム、
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、パト、スキーストック等
- ENERGY
アルソーラー、サントルーフ、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

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 ㈹

F A X (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

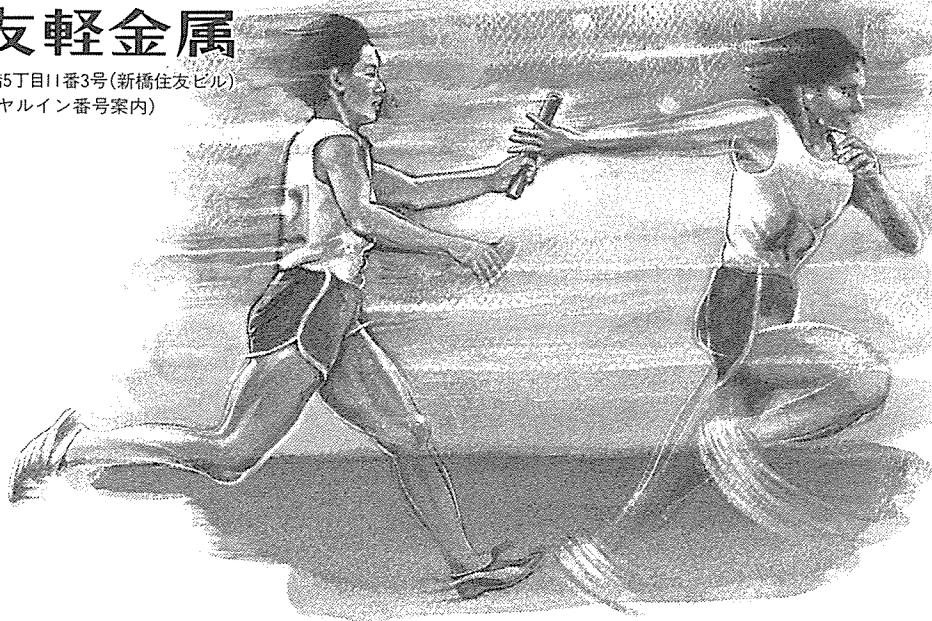
F A X (0775) 65-8118



住友軽金属

〒105 東京都港区新橋5丁目11番3号(新橋住友ビル)

☎03(3436)9700(ダイヤルイン番号案内)



アルミはリレー 競走が得意です。

みんなが、地球ともっともっと仲良くしていこうという時代に
アルミがめざしていること——それは、リサイクリングがた
やすくできる利点を精一杯生かすことです。建築・車両・船
舶をはじめ日用品や飲料缶…あっちでもこっちでもアルミは
リレー競走やってます。エキサイティングに。

あなたと創る Creating Together

三菱自動車

シートベルトをしめて、スピードをひかえめに。安全運転は三菱の願いです。

なかつた。

2代目ディアマンテが、セダンを変えていく。



世界初のINVECS-II スポーツモード5AT



「最適制御」と「予習制御」機能により、Dレンジを選ばだけでドライバーの好みや走行状況に合わせて、5速の中から最適なシフト段を瞬時に自動設定。さらにスポーツモードではレバーワーク操作だけで自在にギアの選択が可能。オーディオダイヤルとファンシードライブを両立させた斬新なA/Tです。

ファーストミディアムクラス New DIAMANTE

Photo: 2SV-SE2WD (INVECS-IIスポーツモード5AT) ●全長4785mm ●全幅1785mm ●全高1435mm
●エンジンV6 2500DOHC24バルブ ●最高出力200ps/6000rpm(ネット値) ●FF ■

「情報」が、クルマをもつと快適にする。

クルマをもつと快適なものにするため、

日本電装は、今、情報通信分野に取り組んでいます。

まず、身近になった携帯電話や、カーナビゲーションシステム。

さらに、渋滞情報の入手から駐車場の予約までができる

次世代のツーウェイ移動体情報通信システムまで。

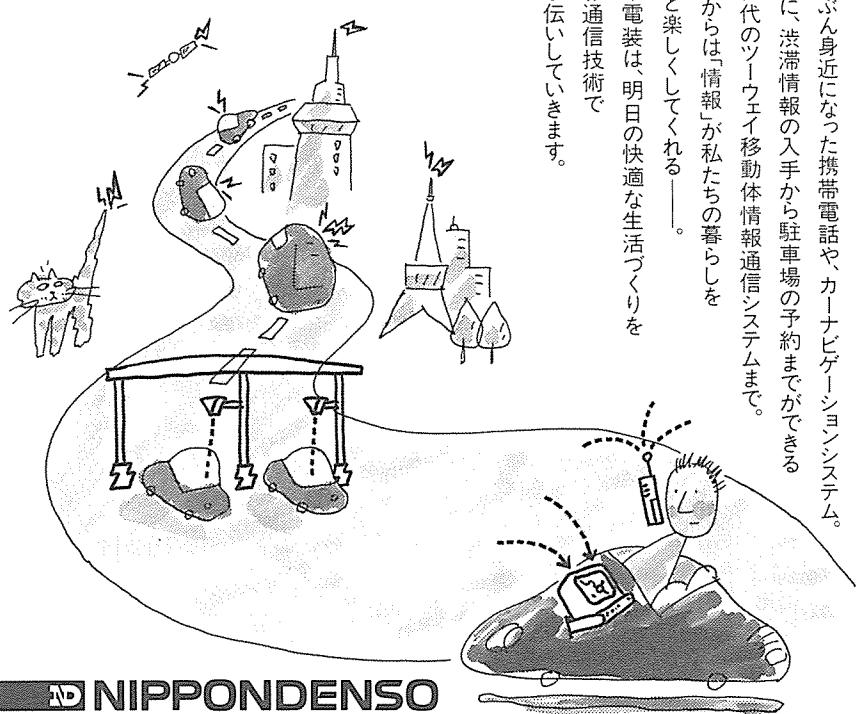
これからは「情報」が私たちの暮らしを

もっと楽しくしてくれる――。

日本電装は明日の快適な生活づくりを

情報通信技術で

お手伝いしていきます。



NIPPONDENSO

日本電装株式会社

〒448 愛知県刈谷市昭和町1-1
(0566)25-5511(案内)

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。

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

明日に新・呼吸!



●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

自然を知り大地を活かす

株式会社 イイトコンサルタント

代表取締役社長 小谷 謙

建設に関する総合
コンサルタント

- 建設コンサルタント部門
- 地質調査部門
- 建築設計部門
- 環境部門
- 補償コンサルタント部門
- 測量部門
- 情報処理部門
- 施工管理部門

本社 〒700 岡山市津島京町3丁目1-21 ☎(086) 252-8917 (代)

岡山 ☎(086) 252-8917 (代)	高知 ☎(0888) 45-6226 (代)
広島 ☎(082) 263-7771 (代)	徳島 ☎(0886) 23-1283 (代)
松江 ☎(0852) 21-3375 (代)	京都 ☎(075) 812-1071 (代)
松山 ☎(0899) 71-6511 (代)	大津 ☎(0775) 23-3878 (代)
大阪 ☎(06) 397-3888 (代)	名古屋 ☎(052) 961-3482 (代)
神戸 ☎(078) 914-2620 (代)	東京 ☎(03) 5391-3191 (代)
山口 ☎(0839) 24-3277 (代)	浜田 ☎(0855) 27-0041 (代)
鳥取 ☎(0857) 26-2710 (代)	津山 ☎(0868) 24-1253 (代)
高松 ☎(0878) 23-5585 (代)	福知山 ☎(0773) 24-5366 (代)



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 (M S K)
- 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

夢をかたちに
信頼と創造の富士通

夢こそ、無限の資源です。

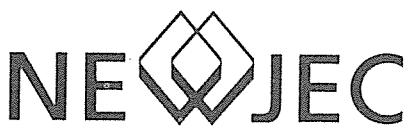
どんなに優れた技術や芸術でも、
人間の想像力と夢から生まれます。

その限りない想像力を信じ、
ひとりひとりの夢を実現すること。

そして、そのためには必要な
エレクトロニクス技術をお届けしたい——
それが富士通の願いであり、夢です。

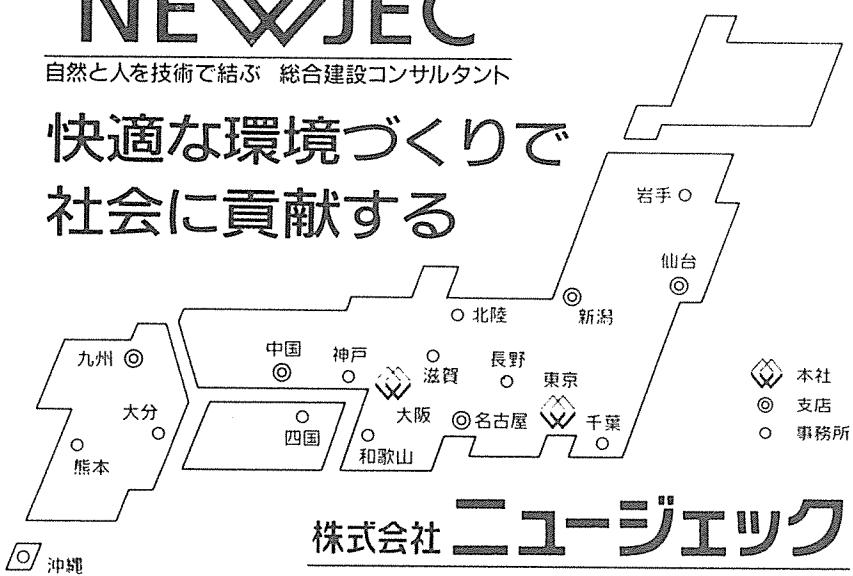
時代がどんなに変わっても、
「夢をかたちに」してゆく私たちのテーマは
永遠に変わりません。

FUJITSU



自然と人を技術で結ぶ 総合建設コンサルタント

快適な環境づくりで
社会に貢献する



株式会社 ニュージェック

取締役社長 錦織 達郎

大阪本社：大阪市中央区島之内1-20-19 TEL. 06-245-4901

東京本社：東京都文京区西片1-15-15 TEL. 03-5800-6701

ミケランジェロやラファエロに代表されるフレスコ画。石灰しつくいが、作画家の吐く息や空気中の二酸化炭素と結合し、壁で固まってゆきます。もっと地球規模の石灰の話は、中国、桂林で語ることが出来ます。桂林もかつては海底だったとか。あの大量の石灰の奇岩群が二酸化炭素を閉じ込めてくれたおかげで、人は誕生したのです。人も芸術も、石灰のおせつかいの賜物。私たち、住友金属鉱山は、地球が営む、こんな自然の大循環を謙虚に受けとめながら物づくりをしていきたいと思います。気の遠くなるような時の流れの中でたくわえられた地球の財産。十分に敬意を払いつつ、これを有効に生かしていくためには、私たち自身が時を超えて伝えられる心と技術を育んでゆかねばなりません。人も、私たち住友金属鉱山も地球という大自然の一部なのですから。

地球の営みと、
ひとつでありたい。



住友金属鉱山株式会社

石灰の、おせつかい。



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

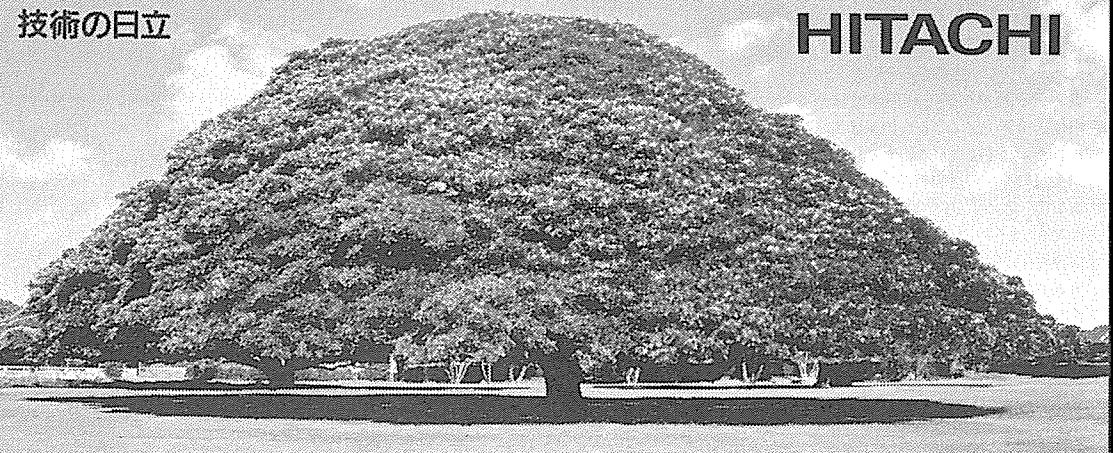
人と地球に貢献します

- 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

技術の日立

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)

National/Panasonic

電池が拓く、
エレクトロニクスの未来



ナショナル/パナソニック電池

松下電池工業株式会社

• Main Technology •

PCタンク
PC橋梁
推進工法
シールド工法

地域環境整備と共に歩む

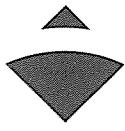
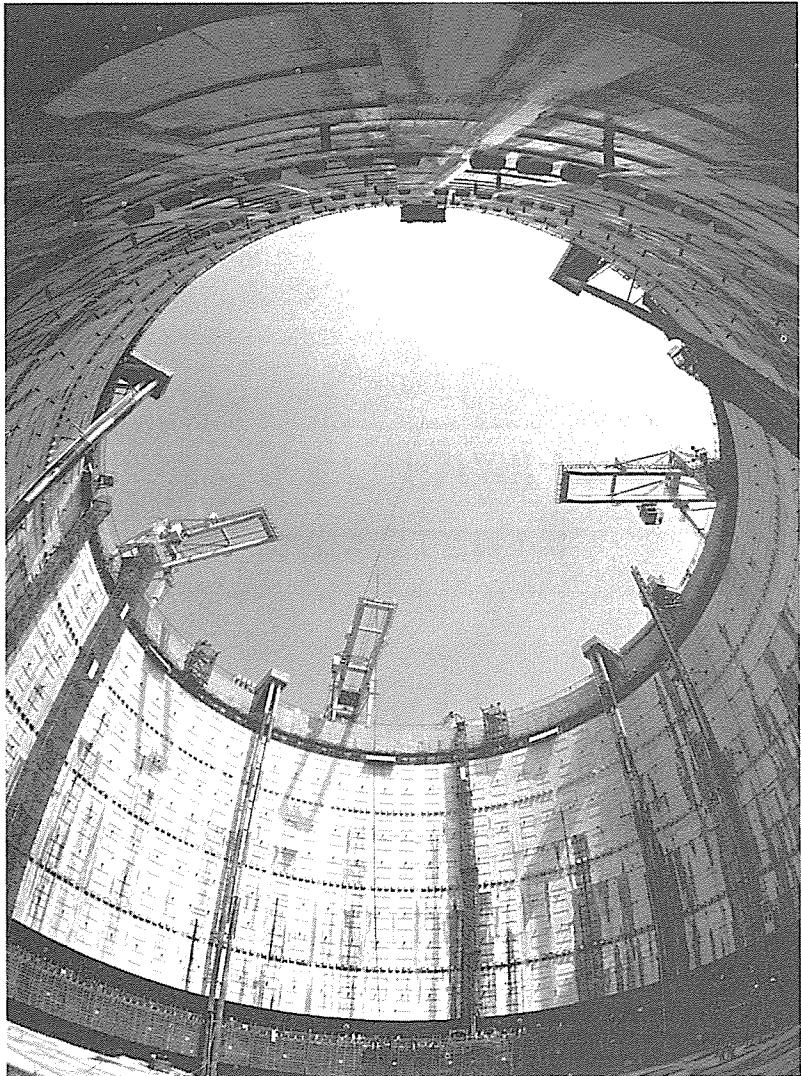
機動建設工業株式會社

代表取締役会長 木村 宏一 (昭和26年卒)

代表取締役社長 木村 信彦 (昭和30年卒)

本社 〒553 大阪市福島区福島4丁目6番31号 TEL.06(458) 5461代
東京支社 〒113 東京都文京区向丘1丁目8番12号 TEL.03(3813)3641代

あしたに 出会う場所



OBAYASHI

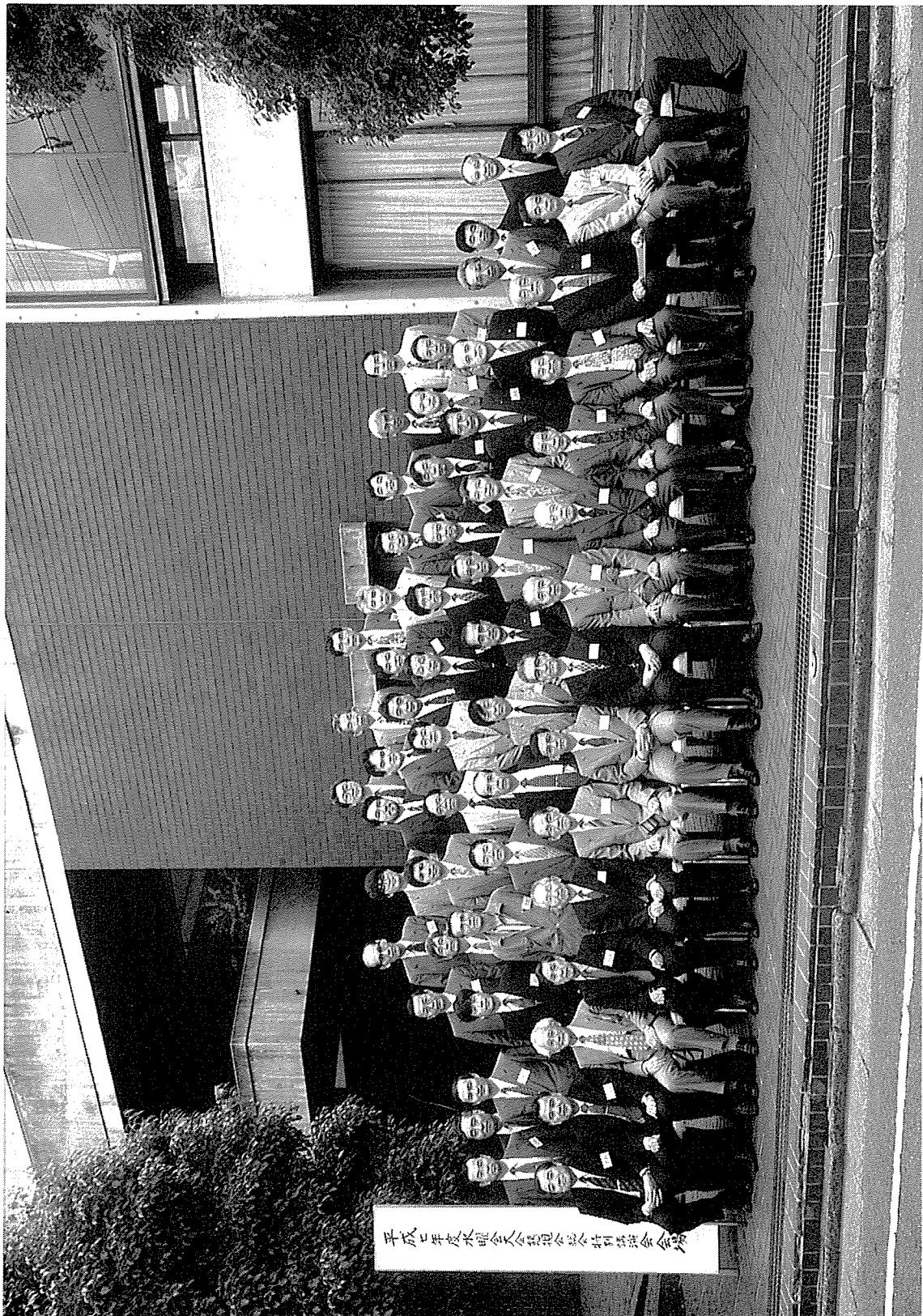
いく年もの歳月をかけ、情熱をそそぎ、
できあがる橋や道路、そしてダム…。
いつの日か風景として自然にとけこんでゆくでしょう。
心にふれる環境を、あすの子供たちに手渡したい。

株式会社 大林組

東京本社／東京都千代田区神田司町2-3 〒101 ☎03-3292-1111
本店／大阪市中央区北浜東4-33 〒540 ☎06-946-4400[電話番号案内]

平成 7 年度 水曜会大会 記念写真（平成 7 年 6 月 17 日 京大会館にて）

平成 7 年度水曜会大会記念撮影会場





平成7年度 水曜会大会懇親会寄せ書

退官記念講演

浮選法の基礎研究

若松貴英*

Fundamental Studies of Mineral Flotation

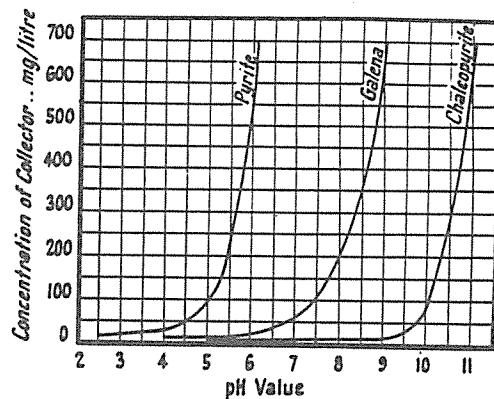
by Takahide WAKAMATSU

1. 緒言

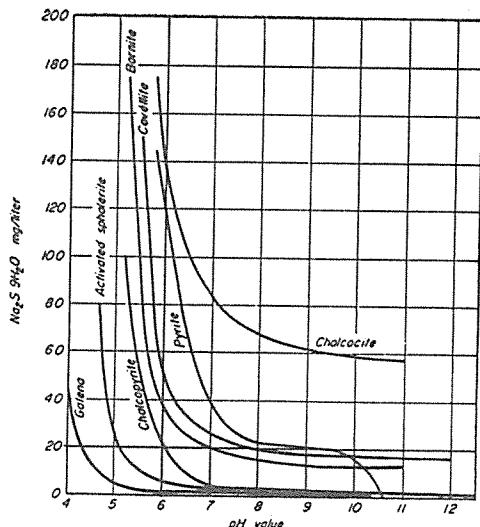
浮遊選鉱法（浮選法）は比重選鉱法、磁選法などと比較すると歴史は浅く、実操業に応用されたのは今世紀の始めである。この浮選法は鉱物の表面性質（疎水性あるいは親水性）の差を利用した湿式の選別法であり、次のような特長がある。1つはパルプ中に試薬（捕收剤）を添加し鉱物の表面性質を人工的に変化せしめ得る事、第2にはこれ迄比重選別に適し得ない微粒子領域の粒子を回収可能な事、さらに第3として大量の処理が可能な事である。この特長のため、それ迄処理できなかった低品位鉱床の処理や、さらに比重選鉱法で処理した後の尾鉱中の有価鉱物の回収が可能となり、浮選法は選鉱技術の主役に位置した。著者が昭和30年代初めに浮選法の研究に取組み始めた頃、すでにそれ迄多くの内外の研究者が浮選の基礎や応用研究に携わってきていた。それらの研究成果をまとめた Gaudin, Taggart, Wark らの成書¹⁻³⁾は有名である。

Wark は純粋な鉱物を試料とし、多くの鉱物-捕收剤-pH 系について鉱物の捕收あるいは抑制する条件を詳細に検討し、各種鉱物の浮遊臨界条件を明らかにした。第1図および第2図は Wark の研究により得られた代表的な鉱物に対する浮遊臨界曲線の一例である。

第1図は3種の硫化鉱物を用い、捕收剤としてアルキルジチオ磷酸塩を使用した場合の pH の影響を求めたものであり、第2図は各種硫化鉱物について、ザンセート捕收剤を一定濃度用いた場合 Na_2S の抑制条件を示したものである。これらの一連の基礎研究により、鉱物は鉱種により浮遊する溶液条件が異なっている事が明ら



第1図 捕收剤としてジエチルジチオ磷酸塩を用いた場合の各種硫化鉱物の臨界浮選曲線



第2図 各種硫化鉱物の Na_2S を抑制剤とした場合の臨界浮遊条件

*京都大学名誉教授、名城大学都市情報学部教授

かにされ、この研究結果は鉱物相互（この例では硫化鉱物相互）の浮選分離を行なう優先浮選に対して重要な指針を提供した。

しかし、このような鉱物特有の捕収・抑制を示す浮選挙動の理論的根拠は未だ解明されておらず、又特に浮選現象を支配する固／液界面に対する捕収剤あるいは抑制剤の反応についても化学反応説（溶解度説⁴⁾、イオン吸着説⁵⁾、中性分子吸着説⁶⁾など多くの議論がなされていった。著者も、浮選法に関する基礎研究の第一歩として、固／液界面における浮選反応に注目し、硫化鉱物表面への捕収剤および抑制剤の反応についての研究から開始した。

2. 硫化鉱物の浮選に関する基礎研究

鉱物を研究試料とする場合、産地により結晶性や微量元素などが異なり普遍性のあるデータが得られない恐れがある。そこで、水銀は精製が容易であり、水銀／水面の界面張力測定、荷電状態を変化させる事、固／液界面での気泡の接触角測定、などが可能であるとの理由で、水銀を試料（鉱物試料の代りに）として研究を進めた。

2.1 水銀を用いた浮選の基礎研究

一連の水銀を用いた浮選の基礎研究において、第3図は水銀表面への気泡の接触角に及ぼす各種電解質の影響について示したものである⁷⁾。この結果より、NaClやKClは濃度が増加しても接触角には変化を与えないが、一方、NaOHやKCNなど従来より抑制剤として考えられている試薬は接触角に影響を与える事が明らかになった。又、これらのNaOHやKCNは水銀の電極電位にも顕著な変化を与える事を確認し⁸⁾、さらに硫化鉱物の捕収剤であるザンセート類も水銀の電極電位に顕著な影響を与えることを確認した⁹⁾。

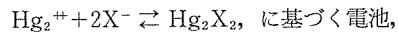
第4図は水銀-ザンセート水溶液系においてpHおよびザンセート（XあるいはそのイオンはX⁻と表示）を変化した場合の水銀の電極電位の変化を示したものである。X無添加の場合でNaOHのみを添加しpHを変化しただけの電位は右下りの直線で示されている。一定濃度のXを添加した場合水銀の電極電位はpHの増大に伴い、はじめはX濃度に規定される電位を維持したまま変らず、OH⁻に依存する電位を示すpH値に達すると、その後はNaOHの添加により示された電位に沿って変化する。すなわち、水銀の電極電位はX⁻による電位とOH⁻による電位との2つの部分から成る電位を示す。

第5図は第4図と同じ溶液条件に対する接触角の変化を示した結果である。第5図と第4図との結果を対比する事から、ザンセート溶液中の水銀に対する気泡の接触角は、電極電位がX⁻による電位からOH⁻による電位

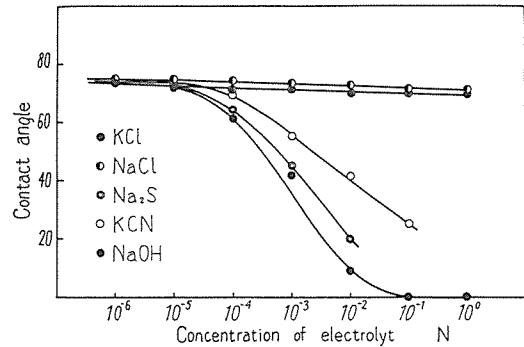
に変化するpH付近で減少し抑制現象が現われる事が明らかにされた¹⁰⁾。

2.2 ザンセートと水銀との反応

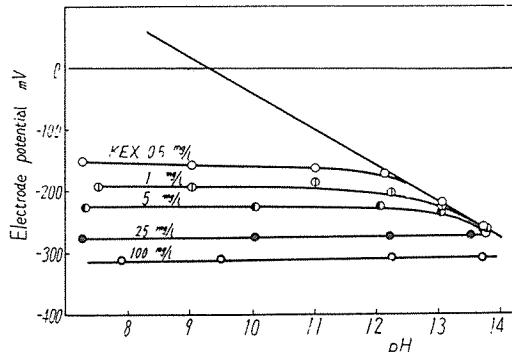
ザンセートと水銀との反応が如何なる反応であるかを確かめるために、起電反応がザンセート水銀生成反応；



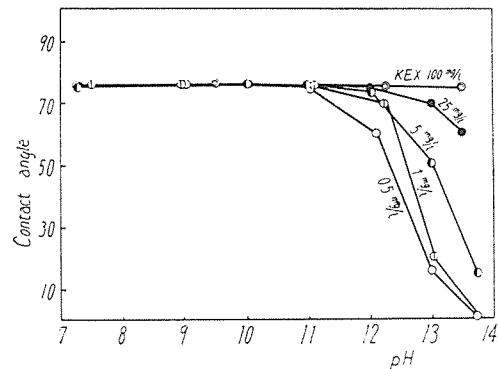
Hg | Hg₂X₂ | mX⁻ || Hg₂⁺⁺ ($\alpha=1$) | Hg, を組立てて



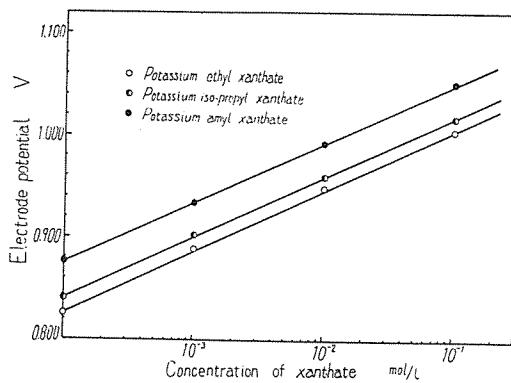
第3図 各種電解質の濃度と水銀の接触角



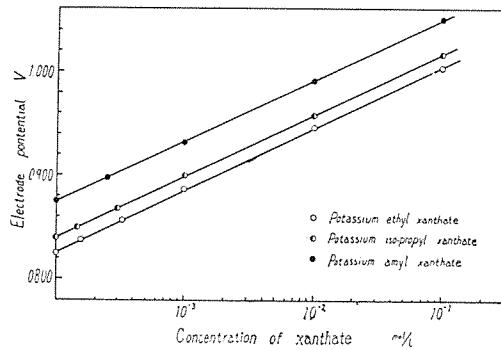
第4図 水銀-ザンセート水溶液においてpHおよびKEX濃度を変化した場合の水銀の電極電位 (KEX: エチルザンセートカリ)



第5図 水銀-ザンセート水溶液においてpHおよびKEX濃度を変化した場合の水銀の接触角 (KEX: エチルザンセートカリ)



第6図 $\text{Hg} | \text{Hg}_2\text{X}_2 | \text{X}^- \parallel \text{Hg}_2^{++} (\alpha=1) | \text{Hg}$ の系の起電力



第7図 $\text{Hg} | \text{X}^- \parallel \text{Hg}_2^{++} (\alpha=1) | \text{Hg}$ の系の起電力

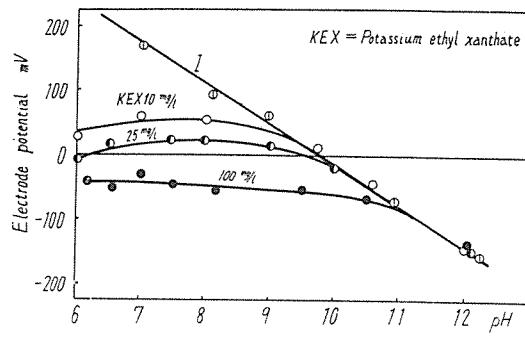
起電力を測定した。この結果が第6図に示されている。起電力の X^- による濃度依存性はNernstの式で表わされ、この結果から得られるザンセート水銀の解離定数は、エチルザンセート水銀 1×10^{-36} 、イソプロピルザンセート水銀 4×10^{-37} 、およびイソアミルザンセート水銀 4×10^{-38} が決定された。ザンセート水銀は極めて難溶性であり、極めて容易に沈殿生成の進行する事が推察された¹¹⁾。

一方、ザンセート溶液中のザンセート濃度を変化させて、カロメル電極を対極として水銀電極の電位を測定した。第7図はその結果である。第6図と第7図とを比較すると、測定した濃度範囲において電位の値は完全に一致している。この結果より、電気化学的観点からザンセート溶液が水銀に接すると、水銀表面に容易に電荷受授の反応が進行し安定なザンセート水銀が生成し得る事を考察した。

2.3 硫化鉱物の浮遊性と電極電位

2.1で示した水銀-ザンセート系に関する水銀の電極電位と浮遊性との関係が、実際の鉱物の場合においても得られるか如何について検討した¹²⁾。

第8図はポタシウムエチルザンセート(KEX)溶液のpH変化による黄鉄鉱の電極電位と浮遊率との関係を示したものである。



第8図 KEX 溶液の pH を変化した場合の黄鉄鉱の電極電位と浮遊率との関係

2.1で示したように、水銀の電極電位はザンセートの濃度が稀薄な場合は低いpH値で、ザンセート濃度が高い場合は高いpH値からpHの変化により影響を受け、水銀の電極電位が変化するpH値で水銀表面の気泡の接触角も変化する事が認められた。一方、天然の黄鉄鉱についても、電極電位の変化するpH値から浮遊率の変化し始めることが認められた。さらに、Hgに対するザンセートならびに OH^- の反応が電子の授受の伴なう反応であると考えられる事から、硫化鉱物界面に対する X^- ならびに OH^- の反応も電子の授受すなわち化学親和力に支配されるものと推察された。

2.4 臨界浮遊曲線について

硫化鉱物および水銀を用いた浮遊反応の検討から、鉱物表面への捕収剤あるいは抑制剤の反応が化学親和力に基づくものと推察された事より、化学熱力学的数値を用いた臨界浮遊曲線に対する考察を試みた。

ザンセート水溶液中において、ザンセートイオン X^- が鉱物表面における陽イオン M^{++} と反応し、ザンセート金属 MX_2 が生成するものと仮定すると；



である。この反応にもとづく自由エネルギー変化 ΔF_f は、

$$\Delta F_i = \Delta F_i^0 - RT \ln \frac{[MX_2]}{[M^{++}][X^-]^2} \quad (2)$$

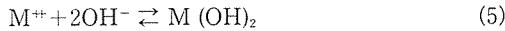
(MX_2) が固相の場合は(2)式は次式となる。

$$\Delta F_i = \Delta F_i^0 + RT \ln [M^{++}] [X^-]^2 \quad (3)$$

ここに、 $\Delta F_i^0 = -RT \ln L_{MX_2}$, L_{MX_2} は MX_2 の溶解度積である。したがって；

$$\begin{aligned} \Delta F_i &= -RT \ln L_{MX_2} + RT \ln [M^{++}] [X^-]^2 \\ &= -RT \ln 10 \{\log L_{MX_2} - \log [M^{++}] - 2\log [X^-]\} \end{aligned} \quad (4)$$

同様に、ザンセート水溶液中において、 OH^- が鉱物表面における陽イオン M^{++} と反応し、金属水酸化物 $M(OH)_2$ が生成すると仮定するならば；



この場合の自由エネルギー変化 ΔF_{ii} は、同様に以下のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta F_{ii} &= -RT \ln L_{M(OH)_2} + RT \ln [M^{++}] [OH^-]^2 \\ &= -RT \ln 10 \{\log L_{M(OH)_2} - \log [M^{++}] \\ &\quad - 2\log [OH^-]\} \end{aligned} \quad (6)$$

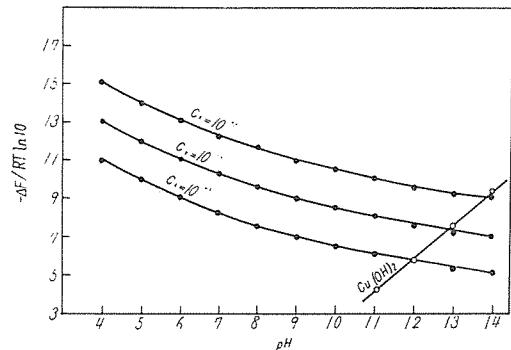
ここに、 $L_{M(OH)_2}$ は金属水酸化物の溶解度積である。

(4)式および(6)式を用いて、鉱物として CuS, PbS および ZnS に対して X^- および OH^- が同時に反応する場合、いずれのイオンが鉱物に優先的に反応するか自由エネルギー変化の比較から検討し、各イオンについて優先的に反応する領域を考察した¹³⁾。

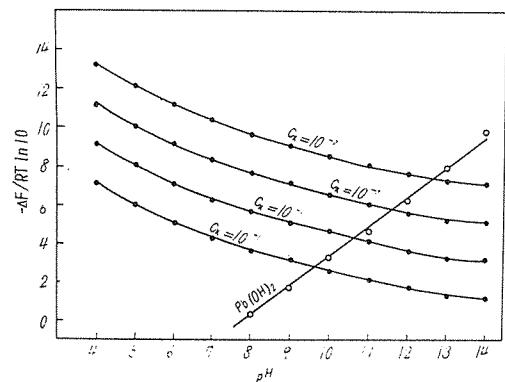
その結果が、第9図、第10図および第11図に示されている。これらの図において $\Delta F_i > \Delta F_{ii}$ の pH 領域では鉱物界面に X^- の反応が優先する領域であり、浮選現象としては捕収作用の表われる pH 領域である。一方、 $\Delta F_{ii} > \Delta F_i$ の領域では鉱物界面に OH^- が優先的に反応する領域であり、抑制作用の表われる pH 領域である。又、 $\Delta F_i = \Delta F_{ii}$ なる pH 値は臨界浮遊 pH 値に相当するものと考えられる。

第12図は自由エネルギー変化により求めた臨界浮遊条件と実際の鉱物を用いて得られた臨界浮遊条件との比較をしたものである。この結果より、硫化鉱物の浮遊率測定から得られた臨界浮遊条件と前記の手法による自由エネルギー変化より求めた臨界浮遊条件とは極めて良く一致する事が認められた。

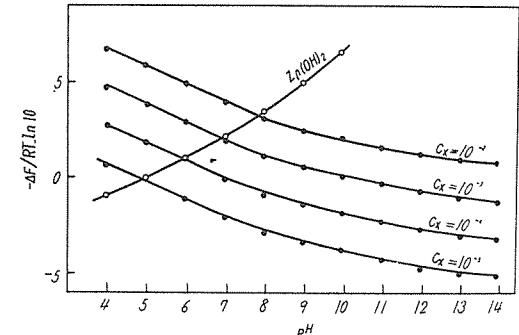
このような考察は、 $CaCO_3$, $BaSO_4$, CaF_2 などの非硫化鉱物とオレイン酸ソーダを捕収剤とした系に対しても良く適応し得る事を明らかにした¹⁴⁾。又、黄銅鉱 ($CuFeS_2$) のように 2 種の陽イオンサイト (Cu と Fe) を有する鉱物の場合は前記のような理論考察により、ザ



第9図 CuS に対するザンセートイオンおよび水酸イオンの反応の自由エネルギー変化



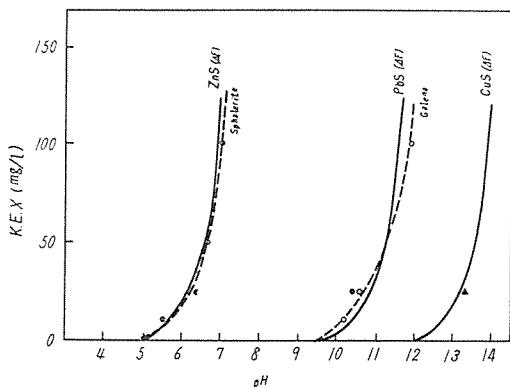
第10図 PbS に対するザンセートイオンおよび水酸イオンの反応の自由エネルギー変化



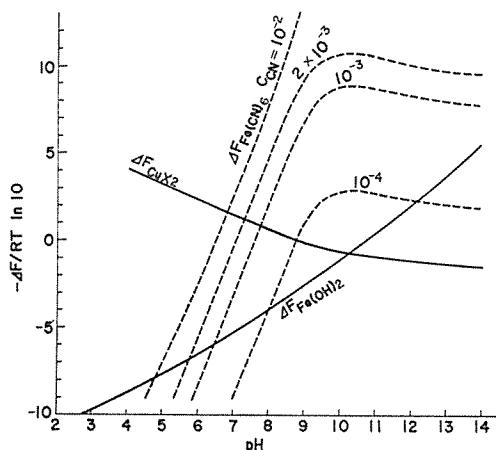
第11図 ZnS に対するザンセートイオンおよび水酸イオンの反応の自由エネルギー変化

ンセートによる捕収は Cu サイトと親和力を有し、 OH^- の抑制作用は Fe サイトと親和力を有して浮遊・抑制の臨界条件が決定されると考える事が妥当である事を明らかにした¹⁵⁾。

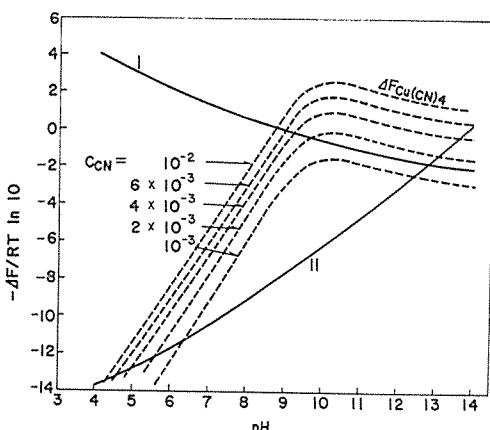
さらに、 OH^- 以外の抑制作用について同様の化学親和力の計算に基づく考察を行ない、例えは黄銅鉱-CN⁻系については第13図、銅らん-CN⁻系については第14図に示されるような親和力の pH 依存性が求められ、それらの臨界浮遊条件としては各々第15図に示されるよう



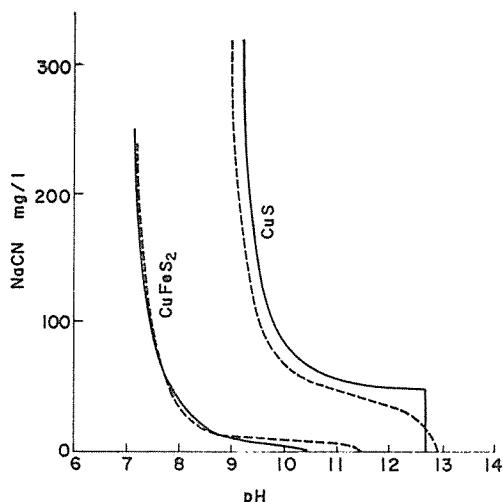
第12図 自由エネルギー変化より求めた臨界浮遊条件と硫化鉱物の臨界浮遊条件との比較
実線: ΔF より求めた臨界浮遊条件
点線: 著者の実験により求めた浮遊条件
●▲: Wark と Cox により求められた浮遊条件



第13図 黄銅鉱に対する CN^- , X^- および OH^- の反応の親和力



第14図 銅らんに対する CN^- , X^- および OH^- の反応の親和力



第15図 親和力より求めた黄銅鉱および銅らんの CN^- による抑制条件

な結果が得られた¹⁶⁾。これらの臨界条件も Wark & Cox により求められた黄銅鉱と銅らんとの臨界浮遊条件と良く一致している。

以上の事から、硫化鉱物の臨界浮遊条件は関与する界面反応の化学親和力計算より決定し得る事が明確にされた。

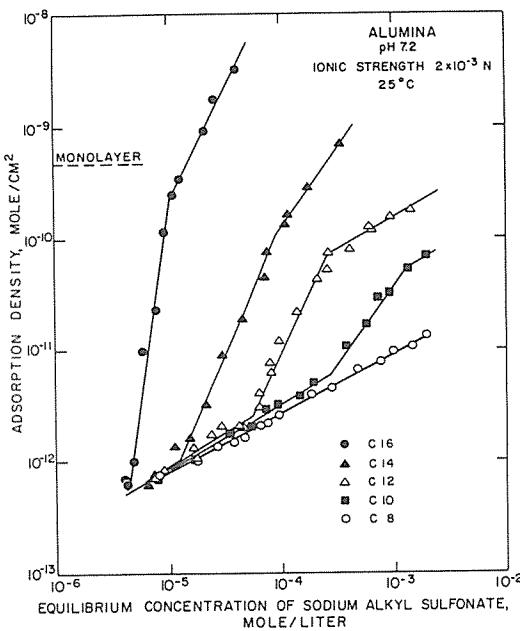
3. 非硫化鉱物の浮選に関する基礎研究

3.1 アルミナーアルキルスルホン酸ソーダ系の研究

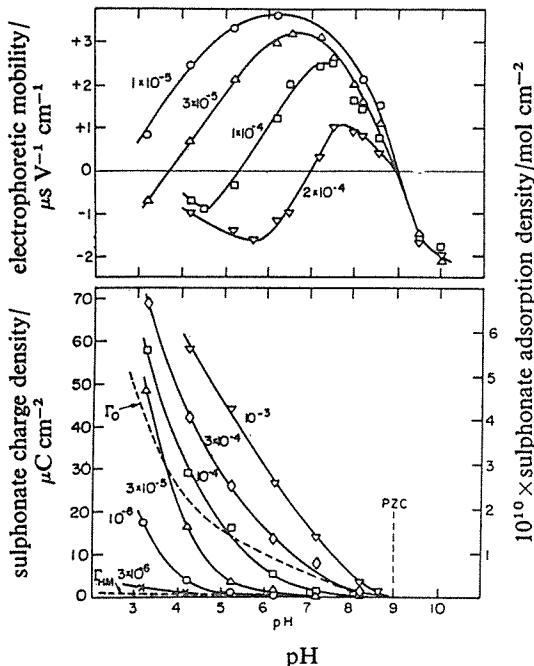
アルミナは等電点が pH=9.0 であり、極めて親水性の大なる鉱物の一つである。この鉱物はアミン捕収剤の他、陰イオン性捕収剤のアルキルスルホン酸ソーダにより捕収可能である。このアルミナーアルキルスルホン酸ソーダ系について、アルキル基の長さを異にした場合の吸着等温線の決定、電気泳動度測定、接触角測定などによる界面化学的検討を行った。

第16図はアルキル基の炭素数を 8, 10, 12, 14, 16 と変化して、吸着等温線を決定した結果である¹⁷⁾。いずれの等温線においても吸着挙動に三領域が認められる。第1領域はスルホン酸ソーダの平衡濃度の増大によっても余り吸着量の増加が大でなく、スルホン酸イオン吸着が無秩序に行われている領域である。第2の領域は平衡濃度の増大と共に吸着量が顕著に増加する領域であり、スルホン酸イオンが疎水基を溶液内部に向け配向し秩序良好く吸着(hemi-micelle 形成)し単分子層形成を行なう領域である。第3の領域は吸着が多層に形成し始める領域である。又、アルキルスルホン酸のアルキル基の炭素数が大なる程、より平衡濃度の小なる値で第2領域が開始する。 ζ -電位の変化も、吸着量の変化と対応する事が確認されている。

第17図はドデシルスルホン酸ソーダ水溶液中におけるアルミナの電気泳動度および荷電量のpH依存性を示したものである¹⁸⁾。



第16図 アルキル基の炭素数を変化した場合のアルミナに対するアルキルスルホン酸ソーダの吸着等温線



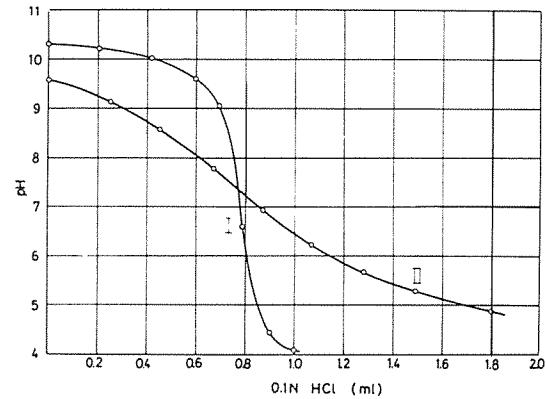
第17図 ドデシルスルホン酸ソーダの平衡濃度を変化した場合の電気泳動度、およびスルホン酸吸着に基づく荷電密度のpH依存性

3.2 非硫化鉱物に対する H^+ および OH^- の吸着量決定

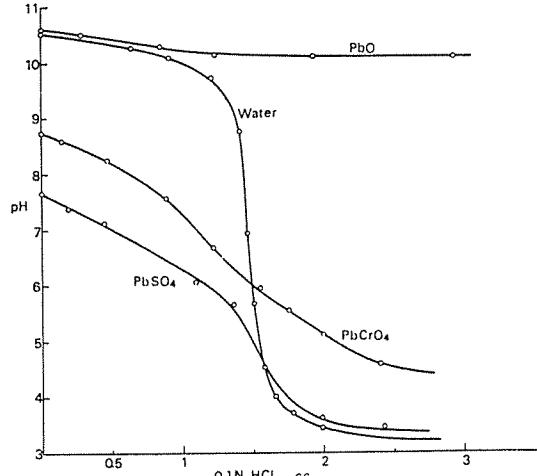
アルミナや石英のような難溶性鉱物は H^+ , OH^- が電位決定イオンである。したがって、これらの鉱物に対する H^+ , OH^- の吸着量測定は重要な課題である。筆者は次のような手法を考案した。

全く等量で同一の pH 値を示すアルカリ水溶液の入った滴定用ビーカを 2 ケ用意し、1 方はそのまま酸滴定を行ない、他方のビーカには目的とする鉱物粉末を一定量投入しそれにより pH 値の変化した懸濁液をそのまま酸滴定すれば第18図に示すような 2 本の滴定曲線が得られる。この曲線の理論解析から、交点の pH は H^+ と OH^- の等量吸着点であり、X 軸に沿う 2 つの曲線の差 $\Delta\Gamma = |\Gamma_H - \Gamma_{OH}|$ は H^+ の吸着量と OH^- の吸着量との差である事を明らかにし、それより H^+ , OH^- の吸着量を決定する方法を確立した¹⁹⁾。

第19図は PbO , $PbCrO_4$, および $PbSO_4$ の粉末を懸



第18図 初期の調整 pH 値が 10.3 でアルミナを懸濁した場合 (II) としない場合 (I) の滴定曲線



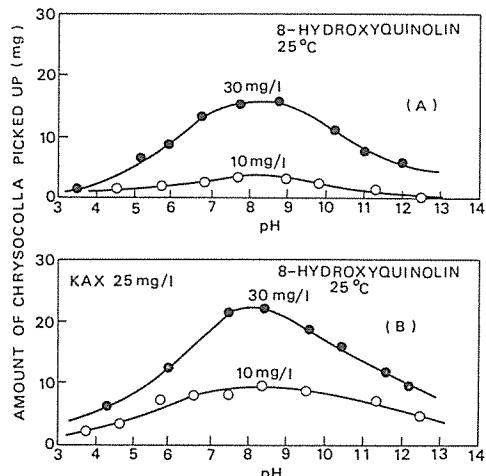
第19図 各種 Pb 塩を懸濁粒子として用いた場合の滴定曲線

濁させた懸濁液に酸滴定した結果を示したものである。等量吸着点のpH値はそれぞれPbO > PbCrO₄ > PbSO₄であり、この事は同じpH値においてH⁺の吸着はPbO > PbCrO₄ > PbSO₄になる事を示すものである。したがってOH⁻の吸着はPbSO₄が最大であり、浮遊性におけるOH⁻の抑制作用はPbSO₄が他のいずれよりも大である事を確認している²⁰⁾。

4. キレート試薬を用いた酸化銅鉱物の浮選に関する基礎研究

酸化銅鉱は硫化銅鉱物に比して親水性が大であり、捕収が困難である。一般には、Na₂Sなどの硫化剤を用い酸化銅鉱物の表面を硫化し、硫化後ザンセート浮選により捕収が行われるが、特に珪孔雀石等の珪酸塩銅鉱物は捕収が困難である。筆者は、銅原子と親和力の強いキレート試薬を活性剤として用い、しかる後通常の高級ザンセートで銅分を回収する方法を開発した²¹⁾。

第20図は、8-ハイドロオキシキノリンを10 mg/l, 30 mg/l添加し、アミルザンセートを無添加および25 mg/l



第20図 8-ハイドロオキシキノリンを10 mg/l, 30 mg/l添加し、アミルザンセートを無添加(A)、および25 mg/l添加(B)の場合の珪孔雀石の気泡への付着量とpHとの関係

1添加した場合の珪孔雀石の気泡への付着量とpHとの関係を求めた結果である。a)はザンセートを添加しない場合、b)はザンセートを添加した場合の結果である。キレート試薬とザンセートとの共存により珪孔雀石の気泡への付着量は増大している。

第1表は、天然の珪孔雀石を主要銅鉱物とする脱スラ임した鉱石について、8-ハイドロオキシキノリンとアミルザンセートを共用した浮選試験の結果である。品位の高い精鉱が極めて収率良く得られる事が明らかにされた。

ここで認められた捕收剤とキレート試薬との共同効果あるいは共同吸着に関する現象の研究については、捕收財-アミノ酸-硫化鉱物系²²⁾、2種以上の捕收剤を共用した系^{23,24)}などについても基礎研究結果を報告している。

5. 複雑硫化鉱の硫酸化浮選法

複雑硫化鉱石中には鉱物相互の単体分離が不完全にしかできない場合や、自然酸化などによる可溶性塩類の存在により、従来の選鉱法のみでは有用成分の分離回収が困難な場合が少くない。インドネシアとの共同研究²⁵⁾において試料とした複雑硫化鉱は、セレベス島中央部に位置する Sangkaropi 地域の鉱床から採取したもので、この種の難処理鉱石である。主たる硫化鉱物は黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱および若干の黄鉄鉱であり、いずれも複雑緻密な共生関係を示し、特に閃亜鉛鉱中には細かい黄銅鉱の鉱染が見られる。脈石は石英、緑泥石、イライトなどから成っている。典型的な銅・亜鉛の分離困難な鉱石である。

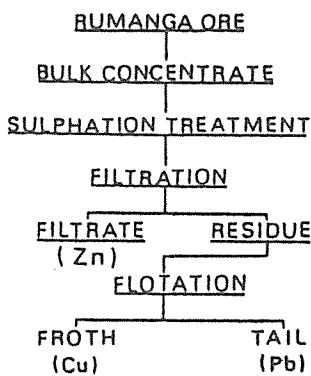
第21図に示すような硫酸化・浮選法を適用して各成分を分離回収する事を検討した。すなわち、含有する硫化鉱物をすべて混合精鉱として浮選採取し、次いで方鉛鉱および閃亜鉛鉱を選択的に硫酸化して亜鉛を溶液中に分離し、残渣は再磨鉱後、浮選法により銅および鉛精鉱に分離する方法である。

硫酸化の処理における検討結果の一例は第22図に示されている²⁶⁾。これは処理温度の影響を検討したもので、

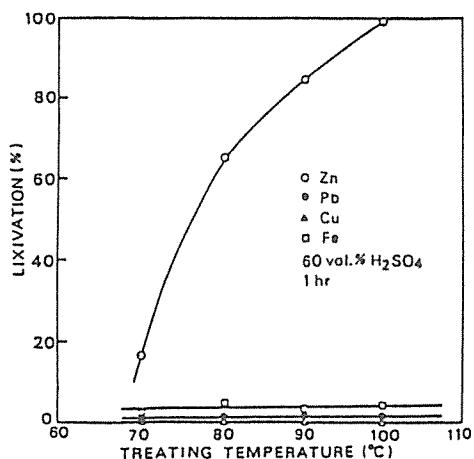
第1表 硅孔雀石を主要銅鉱物とする酸化銅鉱石の浮選実験

	Weight (g)	Assay Cu (%)	Recovery of Cu (%)	Conditions
Feed	9.350	6.14	100	Conditioning: 2min, pH: 8.28 HQ: 40mg/l, KAX: 20mg/l
T ₁	4.006	0.46	3.21	1st flotation Flotation: 7min, KAX: 20mg/l Pine oil: a few drops
C ₁	5.344	10.40	96.79	
C ₂	2.301	21.75	87.19	2nd flotation Flotation: 2min, pH: 7.90 KAX: 10mg/l, Pine oil: a few drops
T ₂	3.043	1.81	9.60	

硫酸化の処理温度が高くなるにしたがって亜鉛の浸出率が著しく増加する。処理温度が 100°C 以上において亜鉛の浸出率は 100% となる。一方、その他の成分 Cu, Pb 等



第 21 図 硫酸化-浮選法を用いた複雑硫化鉱の処理系統図



第 22 図 Rumanga 産混合精鉱の硫酸化に及ぼす温度の影響

第 2 表 Cu-Pb 分離浮選に及ぼす硫酸化段階の処理温度の影響

PRODUCT	WT (%)	ASSAY (%)		RECOVERY (%)		TEMP. (°C)	pH
		Cu	Pb	Cu	Pb		
FEED	100.00	7.14	16.84	100.00	100.00		
FROTH	73.43	8.96	8.56	92.15	37.33	100	3.94
TAIL	26.57	2.12	39.73	7.85	62.67		
FEED	100.00	6.94	16.32	100.00	100.00		
FROTH	65.97	9.01	7.62	85.65	30.80	120	3.68
TAIL	34.03	2.92	33.20	14.35	69.20		
FEED	100.00	6.95	15.54	100.00	100.00		
FROTH	71.11	9.17	3.79	93.80	17.34	140	3.21
TAIL	28.89	1.48	44.46	6.20	82.86		
FEED	100.00	6.89	10.13	100.00	100.00		
FROTH	62.36	9.57	2.09	86.62	12.86	160	3.21
TAIL	37.64	2.46	23.44	13.38	87.14		

SULPHATION: 5g, 60 vol.% H₂SO₄ 100 ml, 1 hr.
FLOTATION : K.E.X. 10 mg/l, Pine oil 40 mg/l, AlCl₃ 1000 mg/l, 2 min.

はほとんど浸出されない事が認められる。

又、硫酸化処理した後の残渣について、銅・鉛の分離浮選について検討した。その結果の一例を第 2 表に示す。第 2 表の温度の欄は、硫酸化の段階の処理温度である。第 2 表の結果によれば、硫酸化の段階で処理温度の大なる程、Pb の実収率が増大している。これは、硫酸化の段階で 100°C の処理温度下では硫酸鉛の生成量は約 10% にしか過ぎないが、160°C の処理温度では 60% の硫酸化に達しているからである。この事から、銅-鉛分離において Pb の回収量は硫酸化の過程で生成される PbSO₄ の量に著しく影響される事が明らかとなった。

したがって、混合精鉱の硫酸化段階では、後工程の Cu-Pb 分離浮選が十分達成し得る程度の硫酸化条件を設定する事が必要である。

6. 石英・長石の浮選分離に関する基礎研究

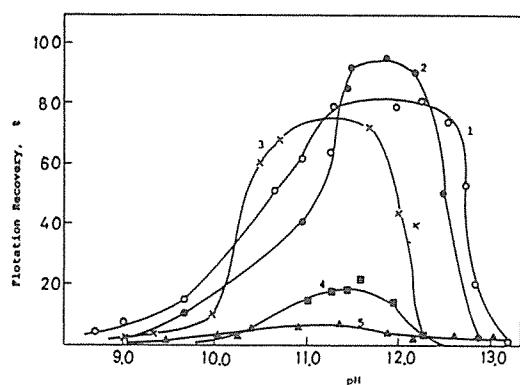
従来の石英・長石の浮選分離は、アミン系捕收剤を用い酸性領域でフローレン (HF) を長石の活性剤として添加し、長石を浮選回収 (石英は尾鉱として採取) する方法が一般に行われた。しかし最近では、環境規制もあり、HF を使用しない石英・長石の浮選分離法の開発が望まれてきた。

筆者らは、石英・長石の浮選分離に関して鉱物の活性現象および新しい浮選剤の開発の両面から検討した。

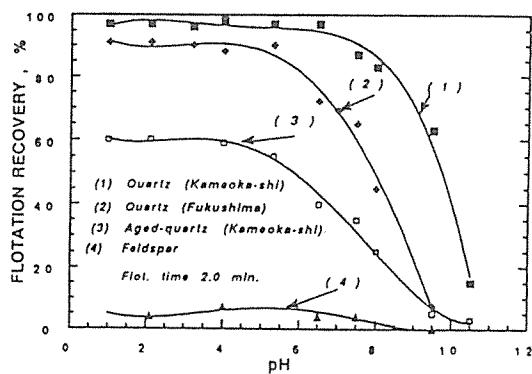
石英・長石に対する一連の重金属イオンの活性現象について詳細に検討した結果、金属イオンの種類により石英・長石のいずれにも活性作用を示すもの、又石英に活性を与えるが長石には活性を与えないイオン種のある事を確認した²⁷⁾。

第 23 図には、長石には活性作用を示さないが、石英には活性作用を示す各種金属イオン、Ca⁺⁺, Ba⁺⁺, Sr⁺⁺, Mg⁺⁺について活性作用の pH 依存性を示したものである。なお、捕收剤としてはドデシルスルホン酸ソーダを使用している。これらのイオンは石英をアルカリ性領域で活性化し、その程度は Mg⁺⁺ < Sr⁺⁺ < Ca⁺⁺ < Ba⁺⁺ である事を確認した。なお、各種のこれら金属イオンによる活性作用について、金属イオンの濃度依存性および捕收剤の濃度依存性について詳細な検討も試みている。

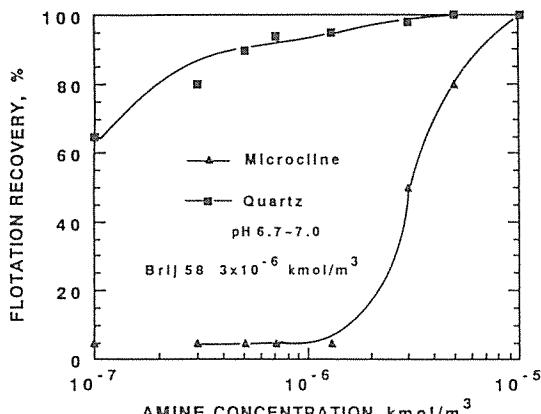
新しい浮選剤の開発としては、非イオン性界面活性剤 (ポリオキシエチレンセチルエーテル, C₁₆H₃₃ (OCH₂CH₂)₂₀, OH, 商品名 BRIJ58) が有効である事を見出した²⁸⁾。第 24 図は BRIJ58 を 7 × 10⁻⁶ kmol/m³ 添加した場合の石英および長石の浮遊率に及ぼす pH の影響を検討した結果である。BRIJ58 により長石は捕收されないが、石英は pH 8 以下の領域で良く浮遊する事が認められる。又、石英の浮遊性はその産地により異なり、さらに水中に約 2 ヶ月浸漬した石英 (Aged quartz) はそ



第23図 捕収剤としてドデシルスルホン酸ナトリウム (1×10^{-4} M) および各種アルカリ土類金属 (1×10^{-3} M) を用いた場合、石英および長石の活性現象のpH依存性
1: 石英/ Ca^{++} 系 2: 石英/ Ba^{++} 系
3: 石英/ Sr^{++} 系 4: 石英/ Mg^{++} 系
5: 長石/各種アルカリ土類金属系

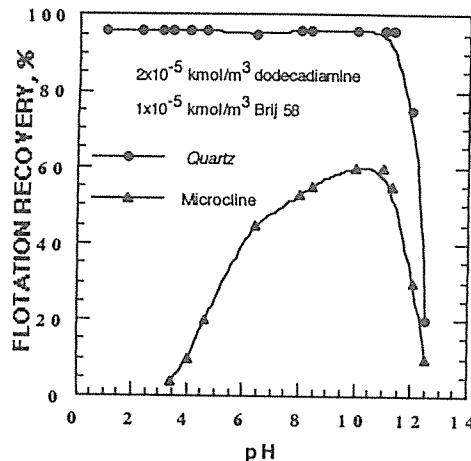


第24図 7×10^{-6} kmol/m³ ポリオキシエチレンセチルエーテル (BRIJ58) を添加した場合の石英および長石の浮遊率に及ぼすpHの影響



第25図 一定 BRIJ58 濃度 3×10^{-6} kmol/m³, pH 6.7~7.0において石英と長石の浮遊率に及ぼす DAA 濃度の影響

の浮遊性を低下している。しかし、BRIJ58の石英・長石分離に対する有効性が認められた。次に BRIJ58 の濃度



第26図 捕収剤としてドデカジアミンと BRIJ58 を共用した場合の石英と長石の浮遊率のpH依存性

を 3×10^{-6} kmol/m³ と一定にし、石英および長石の浮遊率に及ぼすドデシルアミンアセテート (DAA) の濃度の影響を検討した結果は第25図のようである²⁹⁾。BRIJ58 と DAA を共用した場合、特に DAA の低濃度領域で BRIJ58 を適量使用し、pH 6.7~7.0 の中性附近で石英を浮選する方法が効果的である事を考察した。

さらに共同効果を利用する研究として、BRIJ58 と炭化水素鎖の炭素数の異なるジアミンとの共用について石英・長石の分離の観点から検討した結果の1例が第26図に示されている。この場合ジアミンとしてドデカジアミンを用いているが、この系では pH 4 以下の酸性溶液で石英と長石との分離の可能性が認められた³⁰⁾。

7. 結 言

以上、本文では、筆者が昭和33年より浮選法の研究を開始して以来、石炭の浮選やイオン浮選なども試みたが、特に鉱物を対象とした研究に限定して、得られた成果の概略を述べた。昭和30年代初めには、日本には300を超える金属鉱山が稼働していたが、現在ではほんの数鉱山を数える程に減少した。したがって、今後鉱石を対象とした浮選の研究は海外において活発に行われ、この技術は発展し続けるであろう。わが国では、資源開発の分野で浮選が利用される機会は少いであろうが、これからは環境保全や資源リサイクルの分野で浮選の技術が大いに利用される事を期待する所である。

終りに、長年筆者と共に研究を推進してきた京都大学精製工学研究室の方々に厚く御礼を申し述べます。

参考文献

- 1) K. L. Sutherland, I. W. Wark: Principles of Flotation, Aus. Inst. Min. Met., Melbourne, (1955)
- 2) I. W. Wark: Principles of Flotation, Aus. Inst. Min. Met., Melbourne, (1938)
- 3) A. M. Gaudin: Flotation, McGraw-Hill, New York (1957)
- 4) A. F. Taggart: Handbook of Mineral Dressing (1930); vol. 87, p285 (1930); vol. 87, p217 (1930); vol. 112 (Milling method) p308 (1935)
- 5) A. F. Taggart: Trans AIME, vol. 87. p285 (1930); vol. 87, p217 (1930); vol. 112 (Milling method) p308 (1935)
- 6) I. W. Wark: Principles of Flotation, Aus. Inst. Min. Met., Melbourne, (1938)
- 7) M. C. Cook, G. A. Last: J. Phys. & Colloid Chem. vol 56, p637 (1952)
- 8) 向井 滋, 若松貴英: 日本鉱業会誌, 76巻, 866号, (1960) pp. 549-554
- 9) 向井 滋, 若松貴英: 日本鉱業会誌, 77巻, 872号, (1961) pp. 101-108
- 10) 向井 滋, 若松貴英: 日本鉱業会誌, 80巻, 914号, (1964) pp. 675-682
- 11) 向井 滋, 若松貴英: 日本鉱業会誌, 79巻, 895号, (1963) pp. 12-17
- 12) 向井 滋, 若松貴英: 日本鉱業会誌, 81巻, 924号, (1965) pp. 12-17
- 13) 向井 滋, 若松貴英, 一伊達稔: 京大工学部紀要, 26巻, 3号, (1964) pp. 195-207
- 14) 向井 滋, 加納源太郎, 若松貴英, 一伊達稔: 水曜会誌, 15巻, 6号, (1964) pp. 299-302
- 15) 向井 滋, 若松貴英, 高橋克俊: 水曜会誌, 17巻, 8号, (1972) pp. 380-383
- 16) 若松貴英, 高橋克俊, 向井 滋: 京大工学部紀要, 35巻, 2号, (1973) pp. 128-140
- 17) D. W. Fuerstenau, T. Wakamatsu: Advances in Chemistry Series, No. 79 (1968) pp. 161-172
- 18) D. W. Fuerstenau, T. Wakamatsu: Faraday Discussions of the Chemical Society, No. 59 (1975) pp. 157-168
- 19) T. Wakamatsu, S. Mukai: AIChE Symposium Series, vol. 71, No. 150 (1975) pp. 81-87
- 20) 向井 滋, 若松貴英, 今井隆輔, 永井洋一郎: 水曜会誌, 第17巻, 9号, (1973) pp. 429-433
- 21) S. Mukai, T. Wakamatsu: XI IMPC, Proceedings, Cagliari, Italy (1975) pp. 671-689
- 22) T. Wakamatsu, Y. Numata, Y. Sugimoto: XIII IMPC, Proceedings, Warsaw, Poland (1979) pp. 109-127
- 23) T. Wakamatsu, Y. Numata, C. H. Park: Fine Particle Processing, AIME, USA (1980) vol. 1, pp. 787-801
- 24) T. Wakamatsu, K. Takahashi: Int. J. Min. Processing, vol. 12, (1984) pp. 127-143
- 25) 若松貴英: 水曜会誌, 21巻, 10号, (1993) pp. 671-681
- 26) Y. Nakahiro, Djoewito Atomowidjojo, T. Wakamatsu: XV IMPC, Proceedings, Canne, France (1985) vol. 3, pp. 293-302
- 27) M. S. El-Salmawy, Y. Nakahiro, T. Wakamatsu: Mineral Engineering, vol. 6, No. 12 (1993) pp. 1231-1243
- 28) M. S. El-Salmawy, Y. Nakahiro, T. Wakamatsu: XVIII IMPC, Proceedings, Sydney, Australia (1993) vol. 4, pp. 845-849
- 29) M. S. El-Salmawy, Y. Nakahiro, T. Wakamatsu: XIX IMPC, Proceedings, San Francisco, USA (1995) vol. 3, pp. 285-289

退官記念講演

クヌーゼンセル質量分析法による
合金の熱力学的測定

—瀬英爾*

Thermodynamic Study of Alloys by Means of Knudsen
Cell Mass Spectrometry
by Eiji ICHISE

今年定年退官を迎えるに当たって、エネルギー応用工学教室と材料科学教室両教室において最終講義をさせていただきました。本稿は其の最終講義を取りまとめたものです。また本稿の一部は日本金属学会までりあ誌に掲載の谷川・ハリス受賞講演と重複する部分があることをあらかじめお断りしておきます。

冶金学分野においては、クヌーゼンセル質量分析法は主として高温における合金成分の活量測定に利用されてきた。本稿を借りて筆者が行ってきた、本法をより多くの系に適用し、またより多くの熱力学情報を獲得するための工夫を振り返ってみる。

1970年頃、当時の文献などからクヌーゼンセルと質量分析計のくみあわせによる合金の活量測定技術に興味を覚え、勉強を始めました。国内外から研究文献、開発文献、カタログなどを集め一生懸命調べました。調べるほどに面白くなり是非手に入れたいと思うようになりました。どうしても欲しい性能を組み合わせると千八百万円ほどになり、盛先生にお願いして一般Aと一緒に申請させていただきました。余談ですが当時は一般A等の申請は教室会議で相談することになっていたように思います。幸い1972年に採択され念願の研究を始めることが出来ました。当時小生は高い機械を買って貰ったので活量測定だけではもったいないと言う気持ちと、何か他人のしていない事をしてみたいという気持ちが強かったと思います。そのような気持ちが従来の方法では困難とされてきた系の活量測定や、活量測定以外の分野への本法の応用に取り組ませたのだと思います。

1. クヌーゼンセルと質量分析計

クヌーゼンセルとは中の気体の平均自由行程の十分の

一以下の程度の径の開口部（オリフィス）を有する容器を言う。この容器が真空中に置かれているとき、容器内の気体分子はこの開口部を通過するとき相互に衝突することなく容器外へ飛び出すことが出来る。クヌーゼンセル内の気体の温度、圧力をそれぞれ T, p_i としたとき、断面積 A のオリフィスからの噴出流束は、圧力 p_i 、温度 T の平衡気体内に想定した面積 A の平面に単位時間内に片側から衝突する分子の数 ν_i に等しく、これは気体分子運動論から次式で与えられる。

$$\nu_i = Ap_i c_i / 4RT \quad (1)$$

ここで、 c_i は気体分子の平均速度。

クヌーゼンセルが電子衝撃型イオン源を持つ質量分析と組み合わされた場合に検出されるイオン流は次式で与えられる。

$$I_i^+ = \text{const} \nu_i \sigma_i \Delta E_i d / c_i \quad (2)$$

ここで、const はセルオリフィスと質量分析計イオン源との位置関係に左右される因子やイオン種に依存する因子を含む装置定数、 σ_i 、 ΔE_i はイオン化断面積やイオン化エネルギーである。式(1)を式(2)に代入すると、温度 T のセル内の試料の平衡蒸気圧 p_i と質量分析計で検出されるイオン強度 I_i^+ との関係が得られる。

$$p_i = k_g k_i I_i^+ T \quad (3)$$

ここで k_g はオリフィス面積、オリフィスとイオンソースとの位置関係などを含む装置定数、 k_i はイオン種に依存する定数である。

*京都大学名誉教授

2. イオン強度比 Gibbs-Duhem 法による合金の活量測定と Gibbs-Helmholtz の関係に基づく相境界線の決定

クヌーゼンセル型質量分析計では合金成分の活量を測定するために、既知の物理定数からの算出や実験による決定の困難な k_g や k_i の決定を回避する巧妙な方法が工夫されている^{1,2)}。すなわち、1-2 二元系合金の両成分のイオン強度を同時に測定しその比をとり Gibbs-Duhem の関係式と組み合わせて得られる次式

$$d\ln \gamma_i = X_2 d\ln (I_1 + X_2 / I_2 + X_1) \quad (4)$$

を適当な境界条件で積分することによって両成分の活量係数あるいは活量を求めることが出来る。この方法をここではイオン強度比 Gibbs-Duhem 法と呼ぶ。合金系の活量や活量係数の決定には主としてこの方法が用いられてきた。

ある組成の合金試料から得られるイオン強度と温度との関係は一相領域では Gibbs-Helmholtz の関係に従う。

$$\begin{aligned} d\ln (I_i + T) / d(1/T) &= d\ln p_i / d(1/T) \\ &= -\Delta H_i^\vee / R \end{aligned} \quad (5)$$

従って、 $\ln (I_i + T)$ を $1/T$ に対してプロットすると、狭い温度範囲では直線関係が得られ其の勾配から部分蒸発熱 ΔH_i^\vee が得られる。

固液二相領域では各相の組成は固相線及び液相線に沿って変化する。従ってイオン強度の温度依存性は次の

ようになる。

$$\begin{aligned} &\{d\ln (I_i + T) / d(1/T)\}_{\text{two phase}} \\ &= \{\partial \ln p_i / \partial (1/T)\}_{xi} \\ &+ \{\partial \ln p_i / \partial X_i\}_T \{dX_i / d(1/T)\}_{\text{solidus}} \\ &= -\Delta H_i^\vee / R \\ &+ \{\partial \ln a_i / \partial X_i\}_T \{dX_i / d(1/T)\}_{\text{solidus}} \end{aligned} \quad (6)$$

従って、温度が一相領域から二相領域へ、あるいは其の逆に上下するとき $\ln (I_i + T)$ vs $1/T$ の勾配は変化する。近傍組成の試料の二相領域は互いに重なるので $\ln (I_i + T)$ vs $1/T$ 曲線の其の部分も互いに重なり、二相領域のデータは一本の連続した曲線になる。これらの関係を Fig. 1 に示す。

従って、各組成のデータと二相領域曲線との交点の組成、温度から相境界線を決定することが出来る。筆者らの行った Fe-Al 合金の活量測定のための実験結果³⁾をイオン強度比の形で Fig. 2 に示した。二相領域の存在が示されている。得られた活量曲線を Fig. 3 に示した。ここでも活量曲線の不連続性から二相領域の存在が示されている。こうして得られた Fe-Al 系の Fe 側の固相線及び液相線を当時の状態図とともに Fig. 4 に示した。

余談になるが、当時筆者らは手近にあった Hansen の状態図だけを引用し、固、液相線間の間隔がかなり異なることに戸惑いを感じつつ我々の結果を発表した。後にこの間隔が我々の結果とほとんど同じ状態図が出版され大変気をよくしたことがありました。その後調べてみると我々の結果を発表した頃、既にこの間隔の狭い状態図があったことが分かりました。充分な文献調査をしてい

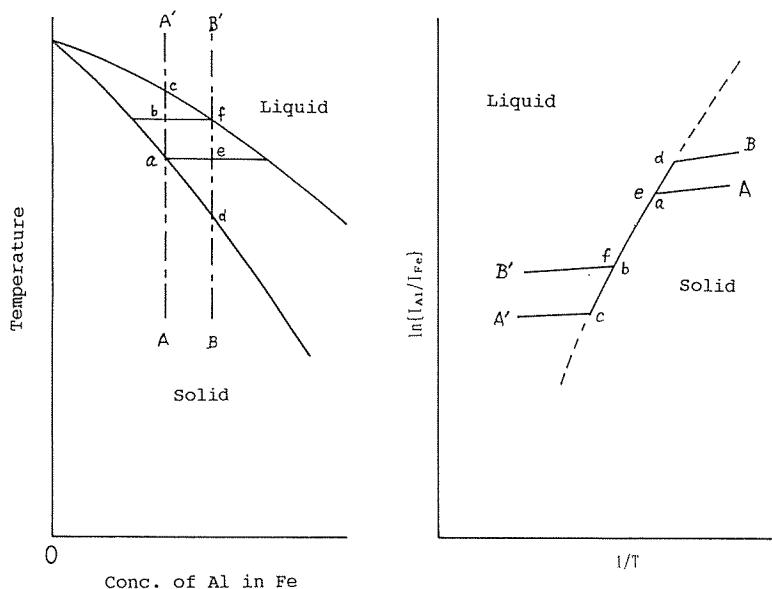


Fig. 1 Schematic diagram of relation between phase diagram and behavior of the ion intensity

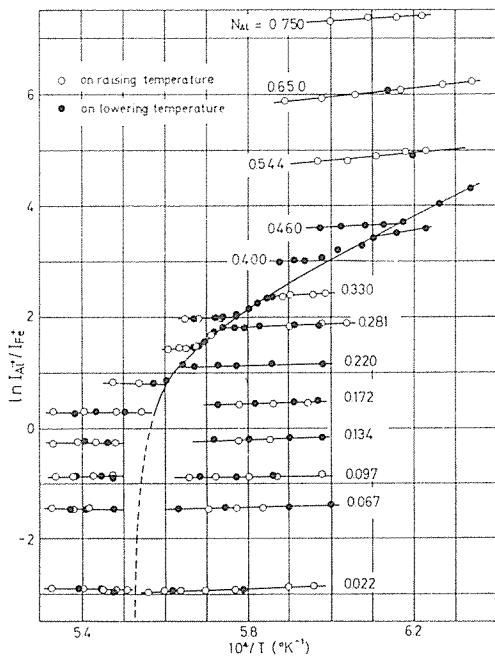


Fig. 2 Relation between ion intensity ratio and temperature³⁾

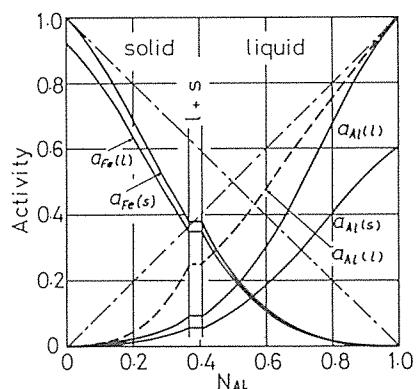


Fig. 3 Activity of the Fe-Al alloy at 1673K³⁾

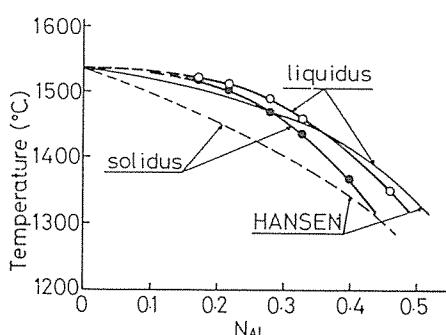


Fig. 4 Solidus and liquidus of the Fe-Al alloy determined from temperature dependence of ion intensity³⁾

れば無駄なことをしなくて済んだかと思ひますし研究者としては当然の文献調査をしていなかったことを責められるべきかとも思います。しかし一方で、従来の知識に反することをあえて発表する緊張感や、後に其の正当性を知ったときの満足感は我々の一寸した楽しみであり、たまには許されてもよいかなと言う気がします。

蒸気種に種々の重合分子が含まれる場合、高次の重合分子の親イオン強度を利用する方法が考案されている⁴⁾。筆者らは溶融 Fe-S 合金の S の活量係数の測定をこの方法を用いて行った⁵⁾。

溶融 Fe-S 合金から発生する S を含む蒸気種としては単原子分子 S をはじめ S_2 , S_3 等の重合分子が存在する。重合分子は電子衝撃によって容易に S^{+} イオンを生成する。従って S^{+} イオン強度は溶鉄中の S の活量に比例しない。さらに $^{32}S^{+}$ の質量数 (31.9721) は高いバックグラウンドピークを示す $^{16}O_2^{+}$ の質量数 (31.9898) に近く、使用した質量分析計では分離が困難であった。反応

$$S_2(g) = 2S \quad ; \quad K_s = a_s^2 / p_{s2} = (\gamma_s X_s)^2 / p_{s2}$$

を利用して、

$$\gamma_s^2 = K_s p_{s2} / X_s^2 = K_s k_g k_{s2} I_{s2} / T / X_s^2 \quad (7)$$

また、

$$Fe(g) = Fe(l); \quad K_{Fe} \\ \gamma_{Fe} = K_{Fe} k_g k_{Fe} I_{Fe} / T / X_{Fe} \quad (8)$$

が得られ、Fe-S 二元系の Gibbs-Duhem 式を変形して得られる

$$d\ln \gamma_s = \{(1-X_s)/(2-X_s)\} d\ln (\gamma_s^2 / \gamma_{Fe})$$

に式(7), (8)を代入して得られる次式

$$d\ln \gamma_s = \{(1-X_s)/(2-X_s)\} \\ d\ln (I_{s2} X_{Fe} / I_{Fe} X_s^2) \quad (9)$$

を積分して S の活量係数を求めた。

3. 内部標準法の開発

上記のイオン強度比 Gibbs-Duhem 法では合金の両成分のイオン強度の比をとるため両性分の蒸気圧の差が大きい場合には研究可能な合金系が装置のダイナミックレンジによって制限される。筆者らはここに述べるような内部標準法によって、Mo(純粋金属の蒸気圧は 2000K で 3.1×10^{-5} Pa)⁶⁾, W(同 2.8×10^{-10} Pa)⁷⁾, Ta(同 8.9×10^{-9} Pa)⁸⁾, Nb(同 1.1×10^{-6} Pa)⁸⁾, などの高融点金属と Fe(同 3.7×10 Pa) の合金の活量測定を行った。すなわち Fig. 5 に示すようにクヌーゼンセル内に所定量の Mo と Fe を、Fe 塊を上に装入し Fe のイオン強度を測定した。測定結果は Gibbs-Helmholtz 型のプロットで

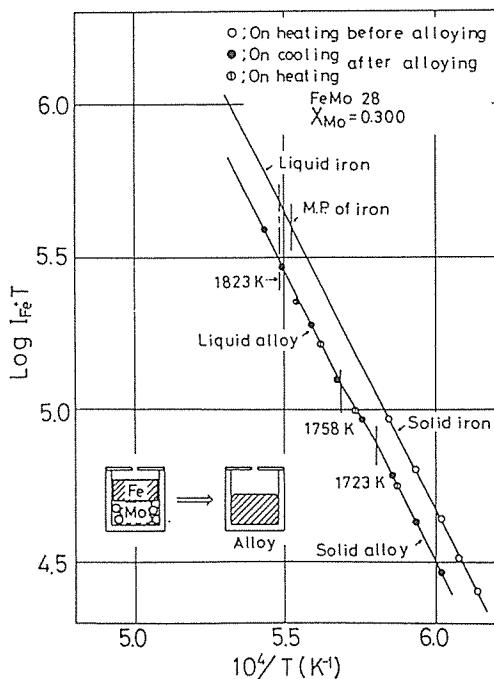


Fig. 5 Procedure to determine activity of Fe in Fe-Mo alloy by means of internal standard method⁶⁾

示した。この測定では、両金属が溶融合金化するまでは検出される I_{Fe^+} は純固体 Fe からのそれである。これらの測定値を図中、白丸で示す。続いて昇温し、溶融合金化し試料組成を均一にする。これはイオン強度の安定化によって確認される。これ以後に検出される I_{Fe^+} は合金からのそれである。これらの測定値を図中、黒丸で示す。Fe の融点以上での活量測定を行う場合は固体純 Fe の I_{Fe^+} を融点まで直線外挿し、さらに融解熱による勾配の変化を考慮して溶融純 Fe のイオン強度線を決定する。こうして得られた任意の温度における合金及び溶融純 Fe からのイオン強度 $I_{Fe^+ (alloy)}$ と $I_{Fe^{+0} (extrap)}$ の比をとれば Fe の活量が得られる。

$$a_{Fe} = I_{Fe^+ (alloy)} / I_{Fe^{+0} (extrap)} \quad (10)$$

このばあい測定はすべて同一のセルで行われているので装置定数 k_g は両者の比をとることで消去できる。

この測定の途中で内部標準物質として Fe 塊の代わりに薄い箔状の Fe で合金試料の表面を覆ったり、また合金試料の表面にくぼみを設けその中に Ag を入れて標準物質とするなどの方法を試みた。このような試みの結果、測定されるイオン強度は試料表面のセル内での位置（オリフィスからの距離）や形状の影響を受けることが明らかとなった。従って、はじめの Fe 塊と Mo 塊を挿入するような方法では融け落ちによる表面位置の低下があり、標準イオン強度の測定時と合金測定時とで表面高さが異

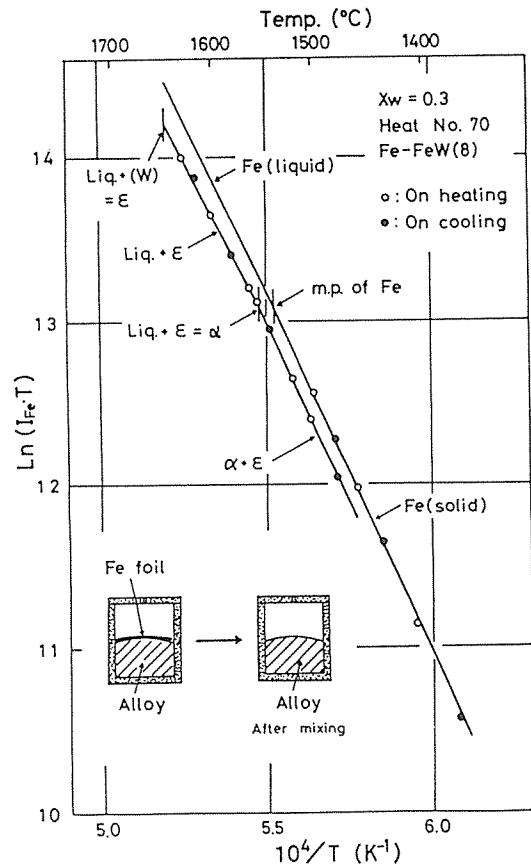


Fig. 6 Modified experimental procedure for internal standard method⁷⁾

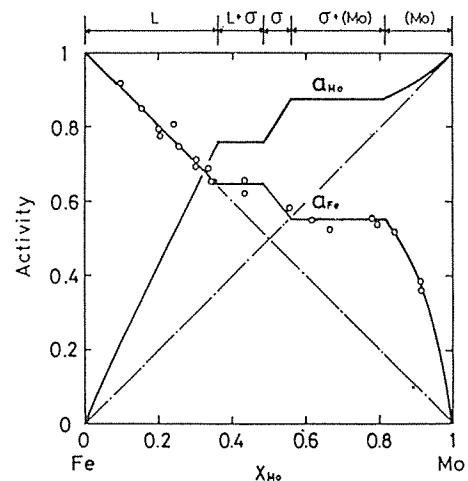


Fig. 7 Activity of Fe-Mo alloy at 1823K⁷⁾

なるため得られた活量値に誤差を生じることが分かった⁷⁾。そこで、所定組成に配合した試料を一度セル内で溶解し凝固させた後、純鉄箔を試料表面に密着させて乗せてることで純固体 Fe および試料の溶融前後の表面高さの変動を極力小さくした⁷⁾。それを Fig. 6 に示す。またこ

のとき箔の大きさは試料表面の90%程度以上を覆う必要があることが分かった。このように、イオン強度がセル内の試料表面の状態に影響されるのは一つにはセル内に存在する縦方向の温度勾配によるものとも考えられるが、それも含め次節で述べるような解釈をしている。

得られたFe-Mo合金の1823Kにおける活量曲線をFig. 7に示す。この活量曲線は二つの二相領域の存在、したがって中間相の存在を示唆している。当時調べた状態図では1815Kで分解するとされていた σ 相がこの温度でもなお安定に存在していると考えられた。このことはFig. 5に示すように σ 相の分解反応 $\sigma = L + (Mo)$ を示すイオン強度曲線の屈折点が1815K付近も含めて実験上限温度まで見られなかったこととも対応している。このように、一つの実験から、等温活量曲線の組成依存性と一定組成におけるイオン強度の温度依存性の二つの独立した情報により状態図の検討が可能になる。

4. イオン強度熱分析法の開発

試料温度が試料の変態点を通過するときの、温度とイオン強度の経時変化を、FeのA₄変態点および融点の挙動を例にFig. 8に示す⁹⁾。低温側から変態点を通過するときは変態熱の吸収によって試料温度の上昇が停滞し、イオン強度の増加も停滞する。高温側から変態点を通過するときは試料温度の過冷却現象に対応する挙動がイオン強度曲線に見られる。この現象はよく知られており純金属の融点などを利用したセル温度の補正に使われている。イオン強度の変化は熱電対起電力の変化に比べて非常に鋭敏である。試料量2gで約30JのA₄変態熱がイオン強度曲線上で明確に現れている。温度変化に対するイオン強度および熱電対起電力の相対変化を比較した¹⁰⁾。

イオン強度の温度依存性はGibbs-Helmholtz式(5)を変形して得られる次式で表される。

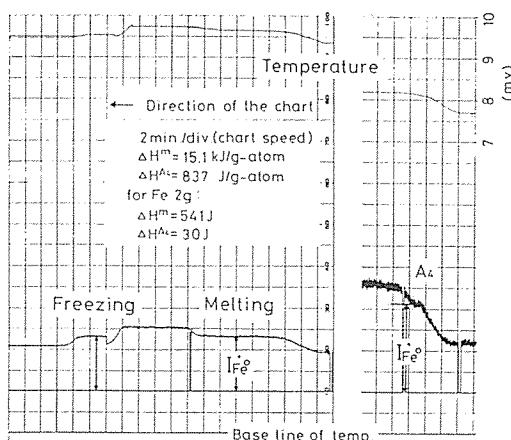


Fig. 8 Behavior of ion intensity of Fe on A₄ transformation, melting and freezing⁹⁾

$$(dI_i/I_i)/(dT/T) = (\Delta H_i^v/RT - 1) \quad (11)$$

一方いくつかの代表的な熱電対について1873K近傍での温度と起電力の関係をTable 1に示した。この表から、実験温度範囲における起電力の温度依存性(dE/E)/(dT/T)を求めることが出来る。両者をいくつかの金属および熱電対について比較したものをTable 2に示す。イオン強度は熱電対起電力に比べて十ないし数十倍の温度依存性を示すことが分かる。

また試料温度が過冷却後融点に戻るときに示すイオン強度の変化からも明らかなように、イオン強度の温度変化に対する追随性は迅速である。この追随性の良さを次のように解釈している。クヌーゼンセル内の蒸気相は直径9mm、高さが試料表面とセルのふたとの間3~5mmの空間を占めているに過ぎない。ところで例えばFeの融点における蒸気圧は約3.4×10PaでありFe原子の平均自由行程は数mmである。従ってこの空間内ではFe原子同士の衝突はほとんど起こらず、平衡気相が形成されているとは考えられない。オリフィスから出てくるFe原子はほとんどが直接試料表面から飛来したものと考えることが出来る。従ってイオン強度は温度によって決まる凝縮相の蒸発速度そのものを反映しているのであって、試料上部の空間に形成された蒸気相の圧力で決定されているのではない。平衡蒸気相が形成されるとすると、必然的に発生すると考えられる試料温度の変化に伴う平衡圧力の形成、また試料が合金の場合は蒸気相の平衡組成を形成するための遅れがこの場合には存在しない。また、平衡蒸気相が形成され、容器壁に設けられたオリフィスから気体分子運動論に従って噴出してくる分子流を捕らえているとすると説明の付かないイオン強度へのセル内試料表面状態の影響が説明できる。蒸発速度は凝縮

Table 1 Electromotive force of several thermocouples

Thermocouple	W-Re (0/26)	W-Re (3/25)	Pt-Rh (6/30)	Pt-Rh (0/13)
Temperature (K)	Electromotive force (mV)			
1773	24.833	27.666	10.094	17.445
1873	26.821	29.404	11.257	18.842
1973	28.744	31.085	12.426	20.215

Table 2 Temperature dependence of ion intensity and thermocouple electro-motive force at 1873K¹⁰⁾

Pure metal (dI/I) (dT/T)	Ag	Fe	Mn	Ni
	16	23	14	25
Thermocouple (dE/E) (dT/T)	W-Re (0/26)	W-Re (3/25)	Pt-Rh (6/30)	Pt-Rh (0/13)
	1.4	1.1	1.9	1.4

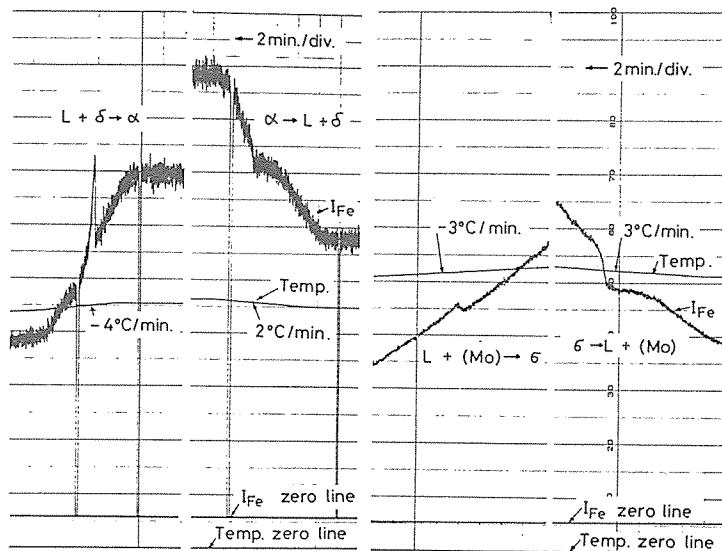


Fig. 9 Example of ion intensity thermal analysis of Fe-Mo alloy ($x_{\text{Mo}} = 0.340$)¹¹⁾

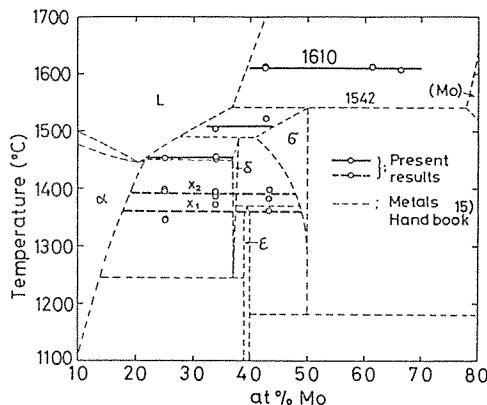


Fig. 10 Non-variant reactions of Fe-Mo alloy detected by ion intensity thermal analysis¹¹⁾

相の温度に依存する凝縮相の物性であり、蒸発速度に依存するイオン強度は試料表面温度を直接表す尺度であるといえよう。熱電対による測量の場合は坩堝壁や保護管壁での熱伝達に伴う遅れが避けられない。試料温度の変化に対する追随性の良さを要求される熱分析などでは、就中熱電対保護管などが必要となる液相が関係する場合イオン強度による熱分析は有利である。Fe-Mo系の α および σ 相の分解反応のイオン強度熱分析の一例をFig. 9に、また検出された不变系反応をまとめてFig. 10に示す¹¹⁾。これらの結果と通常のEPMA観察による相の同定などに基づきFe-Mo合金の状態図を作成し、当時の状態図と比較したのがFig. 11である¹²⁾。その後出版された状態図(1982)¹³⁾で σ 相の分解温度を1884Kとしていることが分かった。

イオン強度熱分析法を用いて変態温度を決定とともに加熱速度を一定に保ったときの停滞時間から推定した変態熱の試料組成による変化から分解相の組成を推定する事が可能である^{10,14)}。

今、セルを加熱して試料の変態点を通過するときを考える。ホルダーの温度 T_h と試料の温度 T との関係をFig. 12に示す。ホルダー温度の上昇速度 $dT_h/dt = \beta$ を小さくすればホルダー温度と試料温度の差は小さくなる。

単位時間当たりの試料への入熱量 dQ/dt はホルダーと試料の温度差に比例するから

$$dQ/dt = k(T_h - T) \quad (12)$$

β を一定に保って昇温しているとき、試料が変態を開始すると試料温度は変化せず一定に保たれる。変態による試料温度停滞の時間を $\Delta\tau$ とするとこの間の試料への入熱量は次式で与えられる。

$$Q = (1/n) k \beta (\Delta\tau)^2 \quad (13)$$

ここで変態熱に比例する量として変態熱量比 q を次のように定義する。

$$q = (1/n) \beta (\Delta\tau)^2 \quad (14)$$

ここで、 n はセル内試料のモル数である。

Fe-W合金の $\epsilon = L + (W)$ および $\alpha = L + \epsilon$ 変態についての変態熱量比測定結果をFig. 13に示す。熱量比最大の位置が分解相の組成を表す。

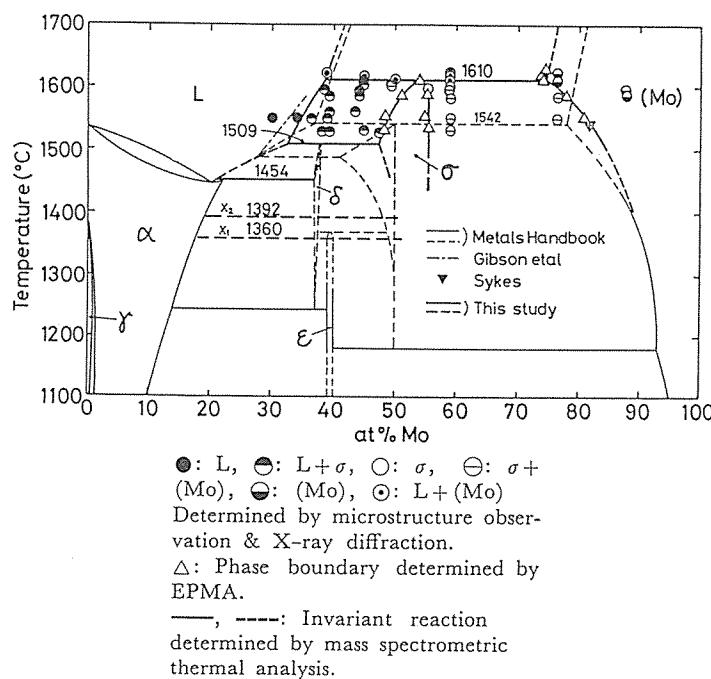
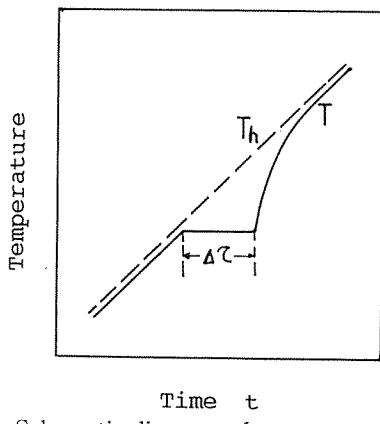
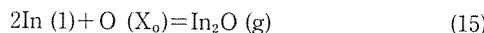
Fig. 11 Phase diagram of Fe-Mo alloy¹²⁾

Fig. 12 Schematic diagram of temperatures of cell holder and sample on non-variant reaction

5. クヌーゼンセル質量分析・電量滴定法の開発

ジルコニア固体電解質製クヌーゼンセルを用いて溶融In中の反応



の平衡定数 K を決定した¹⁵⁾。なお、In-O合金からの酸素を含む蒸発分子種としては式(15)による In_2O が圧倒的である。

用いたクヌーゼンセルを Fig. 14 に示した。本装置によってクヌーゼンセル内の溶融 In に固体電解質を通じて酸素を供給することが可能である。実験方法の概要を

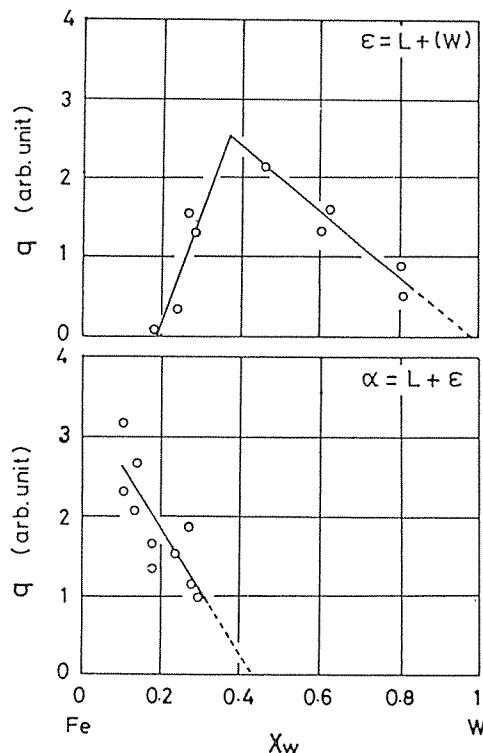
Fig. 13 Composition dependence of relative heat calculated from retention time of ion intensity on non-variant reactions¹⁴⁾

Fig. 15 に示した。すなわち実験前期の In_2O のイオン強度 $I_{\text{In}_2\text{O}^+}$ の増加は定電流電量滴定による In 中酸素濃度

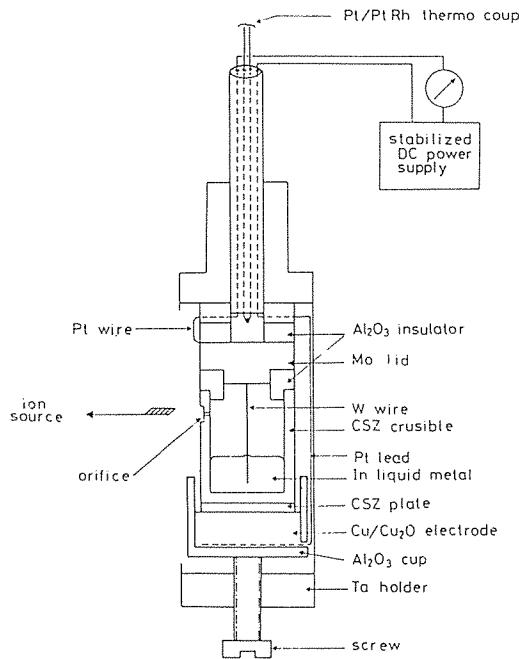


Fig. 14 Solid electrolyte Knudsen cell and cell assembly¹⁵⁾

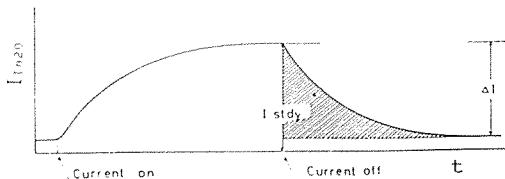


Fig. 15 Schematic diagram of change in ion intensity of In_2O during and after coulometric titration of oxygen¹⁵⁾

の増加に伴うものである。酸素供給と逸失がバランスすると定常状態となり $I_{\text{In}_2\text{O}}^+$ は一定となる。電流を切ると In_2O としての酸素の放出に伴うイオン強度の急激な低下が始まる。放出過程のイオン強度の挙動から式(15)の平衡定数 K を決定した。

溶融 In 中の O に Henry 則を仮定すると式(15)から In_2O の分圧は酸素濃度 X_o に比例する。

$$p_{\text{In}_2\text{O}} = K[X_o] \quad (16)$$

また、酸素濃度の変化は酸素放出速度すなわち In_2O 流出速度に比例する。流出速度は分圧に比例する。

$$\begin{aligned} d[X_o]/dt &= -(Ac/4RTn_{\text{in}}) p_{\text{In}_2\text{O}} \\ &= -\alpha p_{\text{In}_2\text{O}} \end{aligned} \quad (17)$$

従って分圧の変化は其の時々の分圧に比例する。この比例関係をイオン強度を使って表すと、イオン強度の変化はイオン強度に比例することになる。すなわち、

$$d \ln I_{\text{In}_2\text{O}}^+ = -K\alpha dt \quad (18)$$

Fig. 15 の放出過程のイオン強度の経時変化は式(18)に従う。オリフィスの有効断面積 A や In のモル数 n_{in} から算出した α と実測で求めた $I_{\text{In}_2\text{O}}^+$ の減衰率 ($= K\alpha$) から K を決定した。また、定常状態でのイオン強度 I_{stdy} と電解による酸素供給速度 $t_{\text{ion}} J / 2F$ (t_{ion} : イオン輸率, J : 電流強度, F : フラディ定数) との比例係数に含まれる装置定数などを、別に求めた固体 In_2O_3 と平衡させたときの $I_{\text{In}_2\text{O}}^+$ と In 中の酸素濃度との関係を用いて消去することによってイオン輸率を決定することが可能であることを示した¹⁶⁾。

6. まとめ

以上、クヌーゼンセル質量分析法という手法を熱力学的研究に応用するために筆者が行ってきたいくつかの工夫を述べた。この方法は、1. 等温的な活量の組成依存性、2. 一定組成のイオン強度曲線の温度依存性、の二つの独立した情報から in situ に活量曲線や状態図のクロスチェックが可能になる。この可能性は起電力法による活量測定等にもあるが、本法ではこれらの情報を加えて、3. 高感度なイオン強度熱分析法、で得られるダイナミックな情報が同時に得られる。

この装置は大変高価な装置であるだけに、今後色々な可能性が出てくることを期待する。

文 献

- 1) A. P. Lyubimov, V. Ya. Zobens and V. E. Rakhovskii: Fiz. Khim., 32 (1958), 1804
- 2) G. R. Belton and R. J. Fruehan: J. Phys. Chem., 71 (1967), 1403
- 3) The 5th Japan-USSR Symp. on Phys. Chem. on Metall. Proc. ISIJ, (1975), 202
- 4) G. R. Belton and R. J. Fruehan: Metall. Trans., 2 (1971), 291
- 5) 一瀬英爾, 北尾幸市, 盛 利貞: 鉄と鋼, 60 (1974), 2119
- 6) 一瀬英爾, 円尾俊明, 佐生博保, 上島良之, 盛 利貞: 鉄と鋼, 66 (1980), 1075
- 7) 上島良之, 山名 寿, 杉山豊子, 一瀬英爾: 鉄と鋼, 70 (1984), 549
- 8) E. Ichise and K. Horikawa: ISIJ International: 29 (1989), 843
- 9) E. Ichise, T. Maruo, H. Sasho, Y. Ueshima and T. Mori: Trans. ISIJ, 22 (1982), 552

- 10) E. Ichise, Y. Ueshima and H. Yamana: Mass Spectroscopy, 37 (1989), 295
- 11) 上島良之, 一瀬英爾, 盛 利貞: 鉄と鋼, 68 (1982), 2569
- 12) 上島良之, 一瀬英爾, 盛 利貞: 鉄と鋼, 69 (1983), 556
- 13) A. F. Guillermet: "Binary Alloy Phase Diagrams" 2nd ed, Ed. by T. B. Massalski, ASM, (1990), 1727
- 14) 一瀬英爾, 上島良之, 宮川昌治: 鉄と鋼, 72 (1986), 791
- 15) C. B. Alcock, 一瀬英爾, J. Butler: 日本金属学会誌, 44 (1980), 1239
- 16) C. B. Alcock, J. Butler, E. Ichise: Solid State Ionics, 3/4 (1981), 499

大会記念講演

環境と資源 ……非鉄金属・セメント素材メーカーの役割……

高 橋 堅 之*

**Environment and Resources
……Roles in Nonferrous Metals and Cement Industries……**
by Kenji TAKAHASHI

1. はじめに

日本の鉱山・製錬技術、特に公害防止技術は、明治、大正、昭和の御代を経て鉱害と職業病を克服し、世界に誇れる水準に達しています。人類文明の発展は金属資源活用の創出に根ざしており、世界から鉱山は無くならない、少なくとも我々の世代では世界的規模でまだまだ開発は進むことでしょう。そのためには、日本で培われてきた世界に誇れる環境制御技術は生かして行かねばなりません。

しかし、資源は必ず枯渇する、と言う一面も永い目で見れば無視できません。50年、100年のオーダであれば追隨出来るのではないかと思われますが、今まま人口が増え続け、世界の人々すべてが日本と同じ金属量を消費するようになればたちまち破綻を来すことは目に見えています。しかも千年、1万年のオーダともなると現状の科学進歩の延長線上ではどうしようもありません。先ずは21世紀を乗り越えることを考えるのが先決であります。そのような期間で考えたとき、鉱物資源の今後の課題は難処理鉱物をはじめ低品位資源あるいは希薄資源の活用と都市型資源の開発を如何に進めるかにあるかと存じます。前者については、SX-EW法等を駆使した低コストの鉱山開発とか地下深部、深海底鉱山の経済性のある開発あるいは海水に含有する金属回収の開発にポイントがあろうかと思います。後者については、リサイクルの問題となります。金属資源は生物資源と異なり、消費されたものは人類社会がそのシステムを創り出さない限り自然の輪廻の中で元の形に戻ることはありません。都市型資源すなわち産業廃棄物を積極的に利用する

ことは、資源産業に与えられた新しい道となりましょう。鉱山開発の部署から研究所に移り、曲りなりにも地球環境・地球資源の視点からこれから的人類社会の存続を考えさせられる立場におかれました。折角の機会を与えて頂きましたので、ミネラルプロセッシングエンジニアとしての技術を生かし、資源産業の持つポテンシャルティを世の中に役に立てる観点から、日頃得た知見をまとめ当社の環境・資源リサイクルに対する取組みを要約して報告したいと思います。

2. 我々をとりまく環境問題と資源 (生物資源と鉱物資源の相違)

『母なる地球』は今から46億年前に誕生したと言われています。生命が誕生したのは約35億年前、以来無数の生物が出現し、この地球と言う水と大地と大気からなるシステムの中で存亡を繰返しながら生命を営んできました。今や106万種に及ぶ生物が棲息していますが、人類はこの永い地球の歴史の最も後の一頁とも言うべき時期に現れ、火を使い、道具を使い、金属を発見し、新しい物質を生み出し、便利さを追求し、快適さを求めて文明社会を発展させ続け、遂に55億人もの人口に達して今もなお増え続けています。もし近代科学技術がなく裸のままの人間であれば1億5千万人程度に止まっていたであろうと言われています。この急速な発展を促した礎は金属の利用にあると言えます。鉄、金、銀、銅、鉛、亜鉛、錫等の金属は紀元前から使われていますが、殆どの金属は産業革命後に初めて利用されたものです。金属の利用が進むにつれて鉱山も大規模となり、その使い方や精製あるいは新しい複合品の製造も多岐にわたるようになり、鉱害、職業病、中毒が発生しています。これらの原因は人類の無知によるところが多く、経験と物性などに関する知識の集積により解決されてきています

*三菱マテリアル株式会社 総合研究所 生活・環境技術研究所長

が、人口が増え、近代工場の発展と都市部への集中化が始まると、公害と言われる規模の大きな健康障害、生物成育障害、生活環境の破壊が起きてきました。これらの発生源の多くは特定出来るものであり、時間的・空間的ギャップも特定の範囲に限られたローカルな問題として対応できるものでした。公害問題を克服しつつ、大量生産・大量消費・大量廃棄の物質文明を謳歌してきました。ところがここに来てどうにもならないと思える問題が出現してきました。地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊、砂漠化、熱帯雨林喪失、野生種の減少、海洋汚染、途上国汚染、越境汚染を基本とする地球規模での環境問題に発展してきたのです。これらの原因は人間活動、特に生産活動の規模が地球の持つ容量あるいは復元能力を越えたことによって生じています。従って活動を止めてしまえば元に戻ることになりますが、55億の民は1億まで減って裸の生活に戻らねばなりません。誰もそんなことを望むはずがありません。人間活動を抜本的に見直し、地球環境の容量の範囲内で持続的に発展出来る社会を生み出していかねばなりません。92年の地球サミットで『リオ宣言』と『アジェンダ21』が決議され、国内においても『官・学・産・民』の協力と並んで国際協力の重要性が謳われて来ました。環境問題は、一国の枠内で対応するだけでは満足し得る解決は望めず、先進国を中心とした国際協力による対策の立案と実施が重要課題の一つとされ、社会全体の仕組を地球環境適合型に変更して持続可能な開発を進めるための国際協力と途上国に対する配慮原則、行動計画が示されています。

人間活動とは言ってみれば何らかの形で地球から物資とエネルギーを貰い、それらを消費し最終的に大気圏、水圏あるいは大地に排出している行動です。ものは使えば消費されるのではなく使い古したもののが残ることに地球環境問題の根本があります¹⁾。人間活動において利用しているのはエネルギー量や物量ではなく、エネルギーや物質の状態の変化であり、モノは使えば整然とした使いやすいコスモス状態から使いにくいカオス状態に変化する訳ですが、この状態の度合を表すのにエントロピーの概念が考え出されています。物やエネルギーを消費するとエントロピーは増大します。例えば電気やガスのエネルギーは常温の熱エネルギーに転化しエントロピーの高い状態になります。産業活動は自然の状態では役に立たないものを役に立つ状態に変える、すなわちエントロピーを減少させる作用です。排出されたものは自然界の持つ自浄作用により復元される訳ですが、これもエントロピーの減少作用です。人類社会が持続可能な成長を続けるためには適正で良質の低エントロピー物質の供給は欠かせませんが、その生成には相当のエネルギーが必要となります。自然界は太陽から莫大なエネルギー量（地

球に到達する単位時間当たりの太陽熱：1分間 1平方センチメートル当たり 2 カロリー）を受け、低エントロピー物質の再生をしています²⁾。地球上の生態系を構成している植物、動物、微生物による物質循環の様相は色々な科学書によく出てきます、既に循環機能の枠組が天然に存在しています。生物資源につきましては、文明社会と生態系間の時間的・空間的な循環ベースのアンバランスが環境問題を引き起こしていることになりますので、生態系の循環機能を高め、人類社会のインプットとアウトプットをそれらの機能に調和させることで解決出来ると言えます²⁾。オゾン層の破壊は生層圏へ到達して初めて分解される超安定なフロンの問題であり、砂漠化は過伐採、過放牧の問題等々です。自然の力を利用している産業としては、農業、林業、畜産、漁業等が挙げられます。これらを存続するためには、自然の機能を破壊しないように注意するだけで十分であります。ただ、人口の増大に伴って自然を破壊することなく食料の生産を発展させる工夫が必要になります。例えば、人間の食物になる穀類を牛に食わせ、肉に変えて食卓に乗せるのは効率が悪い、最初から植物連鎖の下位にあるものを食べれば効率がよい、普段は穀物・豆類と野菜を食べ、ハレの日のご馳走としてたまに肉を口にすると言う粗食にして雑食と言うのが人間自身と地球の両者の健康に最善の最も効率的な食生活である、と提言している方もおられます³⁾。

化石燃料も生物資源の一種ではありますが、時間的にも数億年の生成歴史を持ち、空間的にも地殻変動等の産物であり、森林生態系がいくら存在しても生態系の循環機能のみでは再生されません。地球が 10⁹ 年掛けて貯めたものを 10⁶ 倍の速さの 10³ 年で使い果そうとしていますので⁴⁾、これはどうしようもありません。二酸化炭素問題も含め、トータルとして効率の良いエネルギー生産・供給システムの構築を考えつつ民意に合致した安全性や廃棄物問題をクリヤーした原子力発電を導入し、将来の自然エネルギーの利用拡大あるいは核融合の利用を図れる技術の開発に期待するしかありません。

一方、金属をはじめとする鉱物資源は人類文明が創り出した活力源であり、消費したものを排出しても自然界で再生されることはありません。人類自らが積極的に作り出さない限り、物質循環の枠組は自然界から与えられることはできません。金属の採掘が困難であり、希少価値のあった時代には大切に使われ、使い古したものの再利用も行われていましたが、ダイナマイトが発明され、浮遊選鉱が開発されて金属資源の採取・精製が容易になり、工業技術の急速な進歩とともに大量生産・大量消費・大量廃棄が当たり前の中となっていました。市場メカニズムが優先し、生産者にも消費者にも廃棄され

たものの処理・処分コストを負担する仕組がないため、経済合理性のあるものしか循環機能が働いていません。しかも『ローマクラブの警鐘』で知られる通りの枯渇性資源あります。鉱物資源の存在量と耐用年数が諸先生方により示されていますがいずれ枯渇すると見られています⁵⁾。人類社会のインプット・アウトプットの調和を図り得る循環機能を創出していくことは、金属資源を利用していく上での前提条件であり、人類文明が総知を結集して進めねばならない責務でありましょう。

生物資源、化石燃料資源、鉱物資源についてはこのようになると思いますが、更に重要な問題は人口の増大です。それに伴って新たな開発が必要となり、そのことによって地球的環境破壊が拡大すると言う問題です。これをトリレンマと言う人もおられます。Population-Poverty-PollutionあるいはEconomy-Energy-Environmentの二つのトリレンマがあります⁶⁾。人口が20%を占める工業先進国が地球上の資源の70%を利用していると非難されています。いわゆる南北格差の問題です。途上国と先進国の経済格差は広がる一方です。経済が低いと環境も悪化し、貧困になり難民が発生します。貧困と環境の悪化は密接に結びついておりその根本は特に途上国における人口の急激な増加にあります。環境の破壊については、科学のあらゆる方法を用いて正しい予測を行い、環境を改善し悪化を防止するための技術開発を強力に進めていく必要がありますが、少なくとも先進工業国では直ちに身の周りの環境が破壊されるようなことにはなりません。これらの技術を開発途上国に移転することも重要です。しかし、途上国が先進国並の生産と消費をするようになればこれは大変な量になります。例えば1990年の銅の一人当たりの消費量は中国、インドでの0.45 kg, 0.16 kgに対し、日本、アメリカでは12.8 kg, 8.6 kgと19~80倍にもなっています。もし2010年に中国の人が現在の台湾の人が消費しているのと同じ量の銅を使えば、2016年までに中国一国で現在の世界の銅埋蔵量に匹敵する量を消費することになると試算されています⁵⁾。一人当たりの金属資源消費量がこのままであったとしても新しく増加した人口の分だけは消費が増大します。

このような動きから、非再生資源である鉱物資源の循環機能を如何に創出していくかは、地球環境問題を考えるときに特に重要なことになってきます。未だかつて枯渇した鉱物資源は見られません。これは幸いにも新しい鉱床が発見されたからに過ぎません。例えば金ではこの20年間に1970年の埋蔵量の5倍近くが発見されていますが、埋蔵量の2.5倍は既に消費されています。地殻存在⁷⁾と資源量の間には良い相関があるとされており、これからも新しい探鉱により埋蔵量の増加はある程度見込め

るとしても限界があります。21世紀には新たな探鉱が極めて難しく価格が高騰する資源が幾つか現れるとされています⁵⁾。

3. 地球環境問題への対応 (最近の世の中の動き)

1972年にローマクラブからの報告『成長の限界』において、指数関数的な世界人口の増加と経済成長がこのまま続けば極めて近い将来に壊滅的な事態を迎えるであろうと言う警告が発せされました。1984年にブルントランチ委員会において『我ら共有の未来』が提唱され、持続可能な開発の概念が示されました。1991年には国連において『持続的発展のための産業界会議(BCSD)』が開かれ、1992年の国連環境開発会議、いわゆるリオサミットにおいて『リオ宣言』と『アジェンダ21』が採択されました。1993年にはISO/TC207が新しく設立され『環境についての国際規格』制定の討議が始まっています。日本においても1993年に『環境基本法』が成立し、1994年の中央環境審議会において環境管理・環境監査の実施、エコビジネスへの積極的対応を軸とした『環境基本計画とエコビジネス』の答申が行われ、また産業構造審議会・地球環境部会においても環境問題の新たな展開を踏まえた企画活動への配慮の組み込みをうたった『産業環境ビジョン』の報告書をまとめています。リサイクル法、廃掃法、バーゼル条約、ロンドン条約等々による法的規制も強化されてきています。

地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、海洋汚染、熱帯林の減少等が顕在化し、大量生産、大量消費、大量廃棄から成立つ物質文明から脱却し、環境容量の枠内で持続的発展が可能な社会の実現に向けて、倫理、生活様式、産業技術等の抜本的変革が求められてきました。今までの科学技術の進歩は、利便性と快適性の追求に向かっていました。利便性は時間の短縮を図ることで快適性は時間の存在を忘れることがありますように、生活の物的充足とかアメニティ性を重視する人間中心主義の考え方で進められてきました。そのため産業が必要としている金属の種類・量・質は大変なものになっています。更に先端産業では金属の複合化、極限化を求める今までになかった特異な性質を持ったものを追求し、複雑な工程を経て付加価値の高められた製品の創出を進歩の成果としてきました。これに対し、これからは地球生命圏の維持と枯渇性資源の完全循環利用を優先価値とする科学技術の開発が求められています。単に利便性や快適性だけでなく、環境負荷の低減を最大の目標として地球環境調和型の製品開発、利用、それらを軸とした生活様式の採用を進めるために、先に述べたような環境関連政策の強化、社会システムの整備が始まったところです。

表1 地球環境問題に関する諸施策

地球環境問題に関する法・条約・議定書			最近のトピックス
関連	国	成立	内容
廃棄物関連	日本	1970	農用地の土壤汚染の防止に関する法律
	国際	1991	公害対策基本法の一部改正による「土壤環境基準」
	国際	1972	ロンドン・ダンビング条約（廃棄物の投棄による海洋汚染防止）
	国際	1978	マールボーラ条約（有害廃棄物の環境移動・処分の規則）
	日本	1991	リサイクル法（再生資源の利用の促進）
	日本	1991	改正廃棄物処理法（廃棄物の処理・清掃の促進）
	日本	1992	バーゼル新法（特定有害廃棄物の輸出入等の規制）
	国際	1985	オゾン層の保護のためのウィーン条約
	国際	1987	オゾン層破壊物質に関するモントリオール議定書
	国際	1992	第4回議定書締結国会合
CO ₂ 関連	日本	1992	オゾン層保護法（特定物質によるオゾン層破壊防止）
	国際	1992	気候変動枠組み条約
	欧他	1979	長距離越境大気汚染条約
	国際	1988	空素化物についてのソフィア議定書
	日本	1980	酸性降下物法
	米加	1980	越境大気汚染に関する合意覚書
	米加	1981	酸性雨被害拡大防止のための大気保全の二国間協定
	米	1990	大気清浄法（改正）
	砂漠化	1993	砂漠化防止条約交渉委員会第2回会合議事録
	国際	1992	国際環境開発会議での森林原則声明
生物種絶滅	国際	1973	ワシントン条約（絶滅危惧のある野生種の国際取引規則）
	国際	1975	ラムサール条約（特に水鳥の重要な生息地の保護）
	国際	1974	渡り鳥保護条約
	日本	1972	自然環境保全法、自然公園法、鳥獣保護・狩猟関連法
	日本	1987	絶滅の恐れのある野生動植物の保存のに関する法律
	・環境基本計画：1994年 中央環境審議会、環境監査の実施とエコビジネスへの積極的対応等を輪とした審議。「循環」「共生」「参加」「国際的取組」の長期目標。		
	・産業環境ビジョン：1994年 産業構造審議会、地球環境部会、環境問題を踏まえた企業活動での環境配慮は如何にあるべきかを審議。15業種について産業別の環境配慮の組込み方向を示し、複数の業種の柔軟的な協力による環境負荷の低減に期待。		

現在進められている幾つかの政策関連について表1にて要約しておきます。

4. 非鉄金属・セメント産業の役割 (当社における取組みの概要)

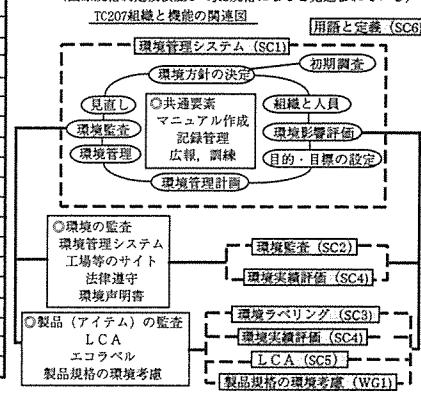
人類文明が創出した活力源・鉱物資源は、再生不可能な枯渇性資源であります。そのリサイクルは人類が鉱物資源を利用していく上で前提条件となります。物質循環の枠組みは生物資源と異なり人類が積極的に作り出さない限り自然からは与えられません。その鍵は鉱物資源の産業そのものにあります。

金属、セメントをはじめとする鉱物資源の産業は、工業社会の最上流に位置します。金属の溶鍊にしろ、セメントの焼成にしろ、1,000°Cを越える熱を必要とするエネルギー多消費型の産業であります。人類社会が必要とするこれらの資源はすべてが先ず資源産業を通過しますから、その先で細かく枝分れした川下産業に比べその取扱量も圧倒的に多くなり、それに伴うエネルギー・物質の消費量も多くなります。エントロピーの高い天然資源を取り出し、濃縮・精製して良質の低エントロピー物質に転換するには相当のエネルギーが必要です。このような太い物質の流れと高温・高エントロピーの工程から良質の低エントロピーの物質を生み出す資源産業の懐の深さは、地球の恒常性保持における物質循環のシンクとしての海洋の役割と同様に、資源産業が工業リサイクルにおけるシンクとしての役割を果たしてくれることを示唆し

ています²⁾。特にセメント工業は既にこのようなシンクとしての役割を果しつつあります。川下の産業セクターと提携して多岐にわたる産業廃棄物を受入れています。その対象は電力、石炭鉱業、鉄鋼、非鉄、金属加工、石油精製、化学、製紙、食品、醸造、建設等ほとんどすべての業種に及んでいます。非鉄金属製錬においてもこれほど大きなループには至っていませんが、高温で大量の高エントロピー物質が流れおり、格好のシンクを提供しています。次にこれらの実態について当社の環境・資源リサイクルへの取組みを中心にお話ししたいと思います。今後の持続可能な発展に向けて新たに担い得る資源産業の役割を理解していただきたいと存じます。

4.1 当社の経営理念と環境管理体制

世界的に環境意識が高まり人々は真剣に地球の将来を考え始めました。地球環境との調和を求めて、当社でも『環境保全等に関する管理計画』を策定しています。当社は創業を石炭や金属の鉱山開発としております。鉱山=鉱害・環境破壊・職業病と言ふイメージが伴いがちです。いくつかの鉱害事例が発生しているのも事実ですが、これは人類が自然に埋没している金属元素を活用し文明の発展を促してきた過程での人類の無知による弊害であったかと存じます。人類の英知を発現し、このような事態を克服しつつ開発=発展が進められてきました。産業公害の過ちを再び起きないように科学的に究明され、投資され、色々なシステムが作り出され、今日に至っています。当社において鉱害や職業病が全くなかったと



は申しませんが、その時その時の先端技術を駆使し問題の発生を抑制するとともに地域社会との融和を最優先に産業の発展に貢献してきた会社と確信しています。金属鉱山では掘り出した鉱石即ち原料の数%しか製品になりません。製錬においても回収する金属量は精鉱の数割に過ぎません。必ずその後始末が必要となります。逆に言えば、鉱山開発を軸とした鉱物資源産業の分野では常に“後始末を念頭に置いたもの作り”に徹してきました。企業と言えます。当社の経営理念は“総合素材メーカーとして社会のニーズに応え、生活と産業の基礎となるなくてはならないモノ作りを通じて、人類の平和と社会の繁栄、そして、私たちにとってかけがえのない地球に貢献する”ことであります。人類文明にかけがえのないモノ作りを軸に、非鉄金属のリサイクルや副産物の回収、様々な産業廃棄物の有効活用、さらには省エネルギーや省資源に努力を傾注し、持続可能な開発を目指した文明社会への貢献を目標に企業活動を進めています。先に申し上げましたように、最終的には鉱物資源に関連する産業界・学界・官界が力を合わせ、末端消費者からの大きな廃棄物リサイクルループのみならず異業種間との無数のリサイクルループを構築し、物質循環機能を果す根本となる高温・高エントロピー物質を扱うプロセスを有する製錬所とセメント工場をシンクとして、鉱物資源の循環機能を創り出していくべきかと存じます。

4.2 非鉄金属製錬

製錬所では基本的には鉱石の処理に適したプロセスを採用していますが、リサイクル原料も活用しエネルギー

使用量を節約しながら高品位の金属地金を再生しています。当社製錬部門のリサイクルネットワークを図1に示します。一つの製錬所で全ての有価物を回収することは困難です。有価物を含んだ中間製品を製錬所のネットワーク内で循環させて順次精製を行い、各種の有価物を効率よく回収するとともに廃棄物を減少させています。また、リサイクル原料のなかには他の素材と複合して使われているため前処理を必要とする例が多くあります。リサイクル原料からのみの錫の製錬、自動車用鉛バッテリーからの鉛製錬等にこれらの例が見られます。銅製錬からであるリサイクル原料を鉛原料と亜鉛原料に分離し、次工程の2次原料とするための前処理や貴金属の回収のための前処理も行っています。このようなネットワークを持って金属資源のリサイクルを進めています。このうちの銅、鉛、亜鉛、錫について略記します。

銅のリサイクルは従来から盛んに行われています。表2に需要別の銅くず消費比率を示します。カスケード型のリサイクルが進んでいます。銅を含んだ輸出製品として国外に出てしまっているものもありましょうし、永久構築物等として市中に滞留しているものもあり厳密な意味でのリサイクル率の算定は難しくはっきりとは言えませんが、加工工程で発生する新くずなどは品位が高く他の材料とも複合化されていないためほぼ100%がリサイクルされており、電気製品等の廃棄品に含まれるものはその選別・処理が経済的に難しくリサイクルは進んでいないのが実状でしょう。日本の製錬所でのリサイクル原料の使用量は年間10万トン程度ですが、当社グループでは3万トン強の銅量を処理しています。

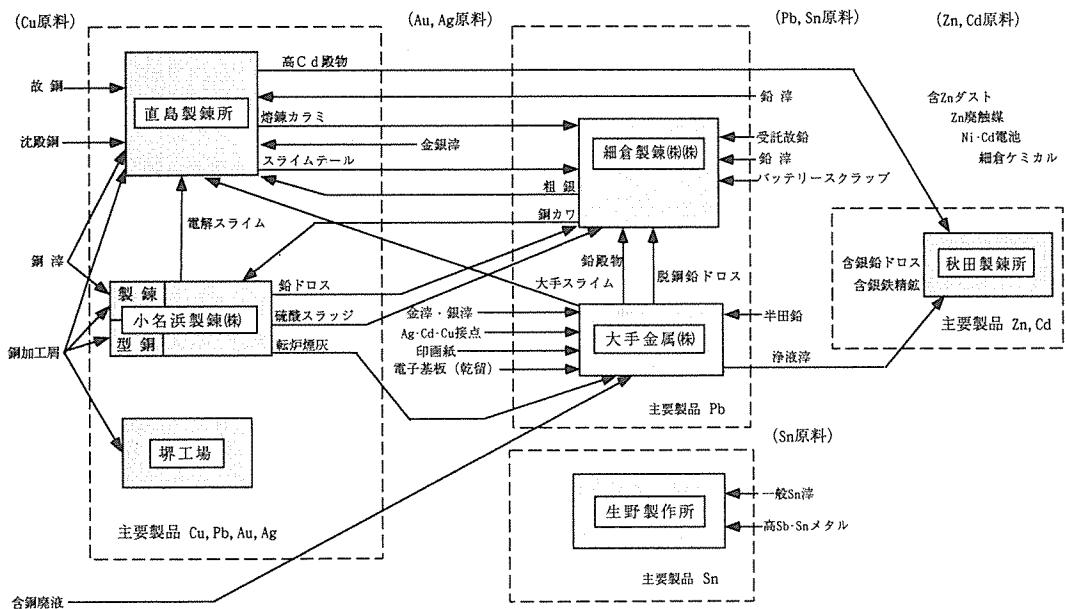


図1 主要金属リサイクルネットワーク

表2 需要別の銅くず消費比率

製品別 需別	電気銅 A	回収銅 B		需要合計 C(A+B)	銅くず消費率 B/C %
		故銅 銅合金の故	小計		
電線	1,157	227	—	227	1.6
伸銅品	530	463	631	1,094	6.7
銅合金塊	1	29	72	101	9.9
銅合金鉛物	2	6	86	92	9.8
貨幣その他	20	39	6	45	6.9
製錬	(1,076) 供給ベース	7	118	125 (1,201) 供給ベース	1.2
輸入	(625) 供給ベース	(96) 供給ベース	(68) 供給ベース	(164) 供給ベース	(789) 供給ベース
合計	1,701	771	913	1,684	3.389

* 単位：千トン／年

* 通産「生産統計資料」より需要別の銅くず消費率を試算。

亜鉛の需要はメッキ向けを中心に伸びています。その使用過程で鋼本体の保護のため亜鉛が酸化してしまうので亜鉛のリサイクル率は銅より低く40%強と言われています。製鋼業界あるいは伸銅業界から出るダストがリサイクルの主原料となっています。

鉛のリサイクル率は60%弱と言われています。当社では特に自動車用鉛バッテリーのリサイクルに積極的に取組んでいます。その処理量は東北圏での発生量の二分の一に達しています。

錫の製錬は国内では当社でしか行っておりませんが、錫を産出する国内鉱山が枯渇後は全量が錫を含む滓類やハンダからの回収によるものとなっています。ここが廃業すればバーゼル条約のこともありますし、錫のリサイクルが止まってしまいます。小規模ながら立派に鉱物資源の人工循環機能を果していることになります。

製錬所における最近のハイライトは三菱連続製錬法による銅製錬工程の連続化です。平成3年、直島製錬所では従来の反射炉法および小型三菱法の2系列で行っていました銅製錬を大型三菱法に一本化しました。その結果、大幅な省エネルギー化を達成するとともに、PS炉がなくなったことにより漏煙、SO₂ガス処理コストが大幅に削減できており、国際商品に育っています。さらにこ

の製錬法については、熔鍊工程廃ガスの余熱を利用した自家発電、酸素工場の設置による燃焼効率の向上等が挙げられます。

異業種とのネットワークとしては、カラミをセメントの鉄原料として供給していることや石油業界から発生する廃硫酸を分解・再合成する硫酸の精製を行っています。

4.3 セメント

セメントは従来、自然界からの石灰石、粘土、珪石、鉄源等を原料として重油あるいは石炭を燃料として焼成し製造されてきましたが、近年これらの原料や燃料の一部に産業廃棄物を利用し省エネ、省資源の効果を上げるとともに、大規模に鉱物資源の人工循環機能を果し、地球環境問題の対応に貢献しています。ナトリウム、カリウム、塩素、重金属等を有するリミット以上含有するものを除いて、凡そあらゆる廃棄物が原料あるいは燃料として利用可能です。図2にセメント工場と異業種とのネットワークを示します。例えば年間4,000万トン近く発生しています鉄鋼スラグ、産炭地に堆積されているボタ、年間400万トン強発生している火力発電の石炭灰等は粘土の代替物として利用出来ますし、SO_xの規制強化から副産物として多量に発生する中和石膏や排煙脱硫石膏は天然石膏の代替物として、年間80万トン余発生している廃タイヤはキルンの燃料として利用可能です。天然資源の代替物を単に最終製品の品質に影響を及ぼさない程度に受入れるだけでなく、高炉セメントやフライアッシュセメントと言った製品の開発も古くから行われており、産業廃棄物を積極的に利用しています。

セメントの焼成は1,500°Cの高温を必要とするエネルギー多消費型の産業ですので、技術の開発による省エネルギー効果も大きく、石油ショック時にそれが証明されています。1973年から86年までの13年間に日本の経済は5割を越える伸びを示していますが、1次エネルギー供給の伸びは6%に止まっています。この間に我々素材

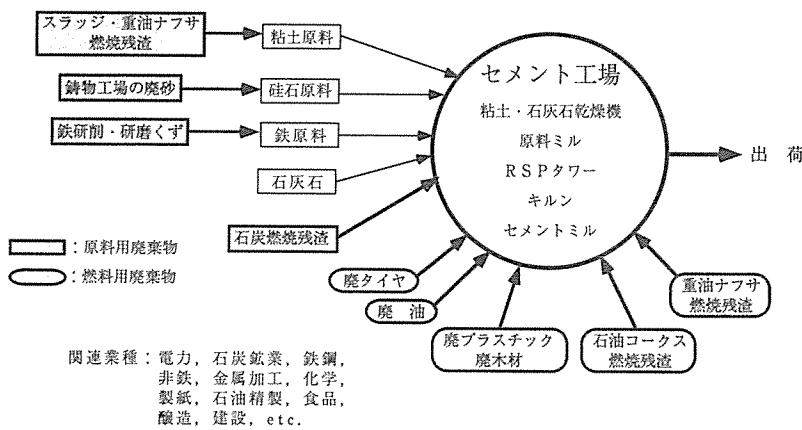


図2 セメント工場と異業種とのネットワーク

産業の省エネルギーも大きく向上しており、セメントではエネルギー消費原単位を30%近く低減しています。当社での例では、従来の湿式キルンに代わりサスペンション・プレヒータ付キルンの導入、更に低公害型のNew SPの開発・設置、熱交換器のプレヒータの4段から5段への変更等を行い、エネルギー効率の向上を図っています。現状では焼成工程のエネルギー入力の83%が有効に利用されています。また、大量に発生する排ガスの余熱を利用した発電設備の設置、効率の良い堅型粉碎機、予備粉碎機、高効率サイクロン集塵機等の導入、キルン運転の最適化を目指したファジー制御の導入を進め、電力消費、燃料原単位の削減を達成しています。

4.4 アルミ缶

当社は、昭和47年にわが国の草分けとして富士小山工場でアルミ缶の製造を開始していますが、昭和50年には使用済アルミ缶の回収事業を開始しています。後始末の習慣が身に付いた鉱山開発を創業とする当社の良いところではないかと思います。アルミ缶 to アルミ缶のリサイクルを行っている当社での処理フローを図3に示します。

アルミ缶のリサイクル効果は、同じ量のアルミ地金をボーキサイトから作る場合に比べて97%の電力が節約出来る非常に大きなものです。現在10万トン強のアルミ缶が回収されており、この回収量の節約電力量は年間約4億5百万kwhとなります。これは東京都の住民世帯数の約三分の一の家庭用電力量に相当します。現在、リサイクル率は60%まで向上し、60数億缶と言う莫大な数を回収しています。省エネ・省資源・環境の美化と言った社会的要請にいち早く対応してきていますが、アメリカのようにボランティア活動あるいはデポジット制度が普及している訳ではなく、ここまでにたどり着く過程では相当の努力が必要でした。自治体や学校、老人会、婦人会等の色々な団体、スーパー、生協等の協力がなければ達成不可能なことだったと言えます。回収コストも含めた廃缶当りの価値は1円未満と少ないものの有償で引取られている点で他の消費財と全く異なっており、ある程度の社会システムと倫理観が出来つつあります。

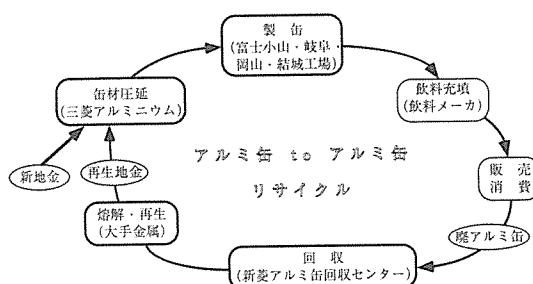


図3 アルミ缶のリサイクルフロー

末端消費者からのリサイクルの輪を広げる努力は極めて重要であり、他の消費財のリサイクルシステム構築についてもその受皿の準備が必要となってしまうが、アルミ缶リサイクルの活動例は良い参考となることでしょう。

4.5 当社での最近の新しい取組み

(シュレッダーダスト・廃家電等)

現在、リサイクル問題で法的に規制の強化が図られようとしている課題は容器・包装材、大型家電製品、シュレッダーダストあります。多数の金属を含有している大型家電製品とシュレッダーダストは、製錬・セメント工場をシンクとして使うことにより効率的に鉱物資源のリサイクルが図れる廃棄物です。当社が考えているこれらの循環概念図を図4に示します。基本的な考え方は、やはり解体です。合金等の複合材も含めて色々な素材から部品ないしは部品ブロックが構成されており、それらが更に組合わされて製品になっています。

廃家電製品の素材の構成は、部品ないし部品ブロックを良く見ますと図5に示すように単一素材から成るもの、金属-樹脂類の凡そ2成分の素材の組合せのもの、金属-金属のおよそ2成分の素材から構成されているもの、多成分素材が複雑に組み込まれたものの4種類に分類できます。4つに分類した中の単一素材系のものは各々の素材メーカーあるいはそれらを扱う2次加工業者にマテリアル to マテリアルとして捌けます。プラスチック類は更に分別を必要とするかもしれません。金属-樹脂系のものも樹脂を燃料として考えれば単一金属素材と見なせます。多成分系のものは電子部品等に見られるおり小さくて多種多様な部材から構成されており、自動車のボディ殻以上に厄介な代物ですのでシュレッダー処理をせざるを得ないと考えられますが、金属-金属系のものはその結合様式、素材・部材間の物性差、形状差等を勘案すればうまく分離できると思われます。そこに着目した方式が素材復元化技術と称する方法です。図6に代表的なものとして熱交換器とコンプレッサーの素材復元化技術の例を示します。H社が力を入れています低温破碎法は鉄と他の部材あるいはPVCと他のプラスチック類との低温脆性の差を利用したもので、この技術に属します。分離しないままであれば銅製錬の上流工程へ持っていくしかありませんが、鉄やアルミはスラグとなってしまい回収されません。このようにしておよそ2種類の金属素材の結合を解きほぐすと言うカリリースしてやれば純度の高いスクラップ材が得られることになり、鉄もアルミも回収されるばかりでなく、銅は直接2次加工業者へ売渡すか、製錬の下流側に投入すれば良いことになり省エネルギーが図れます。

このようなことに着目して、4大家電製品の解体分解

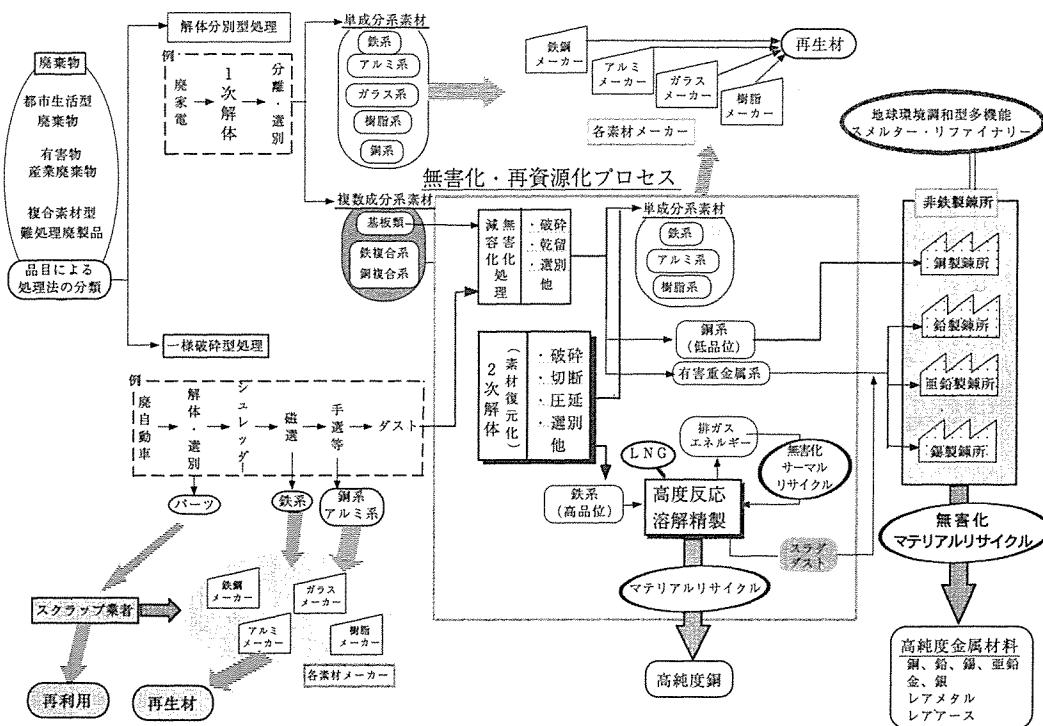


図4 廃棄物のトータルリサイクルシステムおよび処理技術

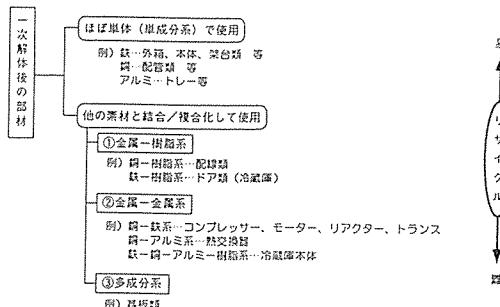


図5 解体によって得られる部品群の分類

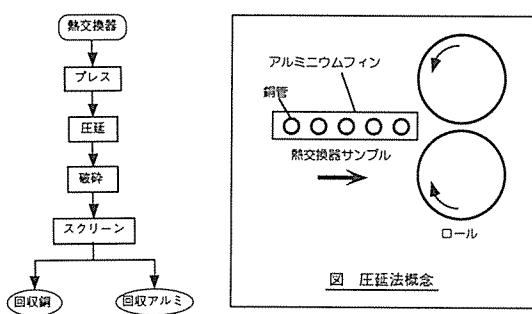


図6 熱交換器の処理フロー

結果を集計したものを表3~4に示します。家電製品のリサイクル率を上げるには一次解体と金属-金属系の素材復元化処理と多成分系のシュレッダー処理を組合わせ

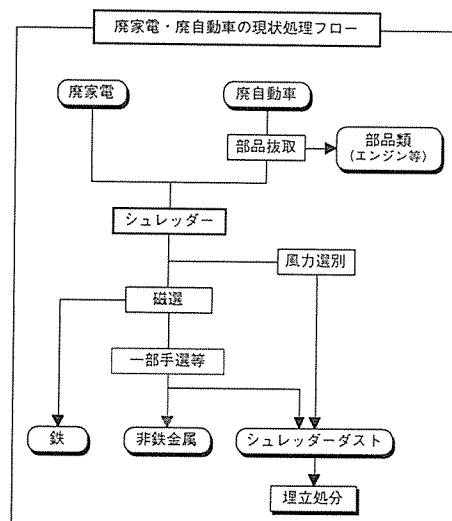


図7 廃自動車の現状処理フロー

たプロセスが最適であることが理解されます。経済性につきましても、このときの解体実験には解体ツールの適切性や慣れの問題もありまた自動化の余地も残されていますので、実際は表4に示しましたコストよりも安く仕上がると考えられます。金属-金属系の素材復元化技術はまだラボテストの段階で研究の余地は多分に残されていますが、解体を前提としたリサイクルプロセスは現状のシュレッダー処理プロセスよりはるかに優れたプロセス

表3 主金属素材の組合せ形態

		テレビ		電気冷蔵庫		ルームエアコン		電気洗濯機	
		'83年製	'93年製	'83年製	'93年製	'83年製	'93年製	'83年製	'93年製
鉄	単一金属系	60	61	73	84	44	46	48	47
	金属-樹脂複合系	<1	<1	4	<1	<1	<1	7	12
	金属-金属複合系	12	6	21	12	54	51	45	41
	多成分系	28	33	2	4	1	2	0	0
計		100	100	100	100	100	100	100	100
銅	単一金属系	0	0	29	49	39	26	0	0
	金属-樹脂複合系	22	44	16	11	4	2	16	16
	金属-金属複合系	61	19	51	37	55	71	84	84
	多成分系	17	37	4	3	2	1	0	0
計		100	100	100	100	100	100	100	100
アルミ	単一金属系	0	0	58	19	8	8	0	0
	金属-樹脂複合系	0	0	0	0	0	0	42	<1
	金属-金属複合系	19	0	39	76	80	84	44	70
	多成分系	80	100	3	5	12	8	14	29
計		100	100	100	100	100	100	100	100

表4 一次解体使用工具および解体所要時間・労力

サンプル名		1次分解工具	1次分解所要労力	
			時間(人員)	労務費 円/台
テレビ	'83年製	ドライバー、ニッパー、ハンマー、ポンチ、タガネ	26分(2名)	867
	'93年製	ドライバー、ニッパー	20分(2名)	667
電気冷蔵庫	'83年製	ドライバー、ニッパー、ハンマー、タガネ、グラインダー、ペンチ、パイプカッター、カッターナイフ	21分(3名)	1,050
	'93年製	ドライバー、ニッパー、ハンマー、タガネ、グラインダー、ペンチ、パイプカッター、カッターナイフ、ポンチ	18分(3名)	900
ルームエアコン	'83年製	ドライバー、ニッパー、六角レンチ、グラインダー、カッターナイフ	10分(2名)	333
	'93年製	ドライバー、六角レンチ、グラインダー	14分(2名)	467
室外機	'83年製	ドライバー、ニッパー、スパナ、カッターナイフ、グラインダー、ハサミ、レンチ、ハンマー、タガネ	16分(2名)	533
	'93年製	ドライバー、ニッパー、スパナ、グラインダー、レンチ	16分(2名)	533
電気洗濯機	'83年製	ドライバー、ニッパー、ハンマー、タガネ、ベンチ、スパナ	20分(2名)	667
	'93年製	ドライバー、ニッパー、ハンマー、タガネ	9分(2名)	300

注) 電気冷蔵庫保温材の解体は1次分解に不含。労務費は@1,000円/時間として試算。

になると確信しています。更に次に述べますシュレッダーストの処理と製錬プロセスを組み合わせれば有害物質の安定化が図れるばかりでなく、プラスチック類のサーマルリサイクルと併せほぼゼロエミッションのリサ

イクルが完結します。

最後にシュレッダーストですが、図7に廃自動車の処理フローを示します。自動車はこの解体からスタートし、部品として再利用できるものは先に取ってしまい、

その後にエンジンや触媒等大きく取外しやすくかつリサイクル価値の高いものが主に人手を掛けて回収されています。ここまでが解体屋の領分です。残ったどうしようもないボディ殻はシュレッダーに掛けられ形状差を利用した篩、比重差を利用した各種選別機と磁選により主として鉄と大きくて判別しやすい銅、アルミ等のくずが回収されています。この処理工程がシュレッダー屋の領分です。大きな処理業者ではこれら二つの垂直統合させた所も見られます。リサイクル率は70~80%になっていますが、最後にプラスチック類を主成分とするシュレッダーストが発生しています。年間500万台即ち500万トンを越える廃車が発生していますので、20~30%と言っても100万トンを越す量になります。しかも嵩密度は0.1~0.3程度ですから大変なボリュウムでかつ埋立後の跡地利用に向かないフカフカの代物です。これには銅線くずを始め小片の鉄線、鉄片、アルミくず等種々の金属を%オーダーで含有しています。また、油分の含有も見られます。このようなことからシュレッダーストの埋立処分上の問題が起こっている訳です。

このシュレッダーストは非常に高カロリーであり、焼却処分が熱利用と減容化の点から最も最も好ましい方法となります。先に述べましたような問題点の他にPVCやポリウレタンが入っていますので炉材等の塩素腐食やシアンガス等の有害ガス発生の問題があり、現状では商用化されていません。シアンガスはアルカリ洗浄で分解可能ですが、塩素腐食の問題をクリアーするためには多量の石灰を必要とします。プラントメーカーを中心に焼却発電・溶融固化法の検討が進められてきました。当社でもM社の焼却発電実験の産物を入手し、焼却発電・選鉱処理／浸出処理の考え方で金属のリサイクルと有害物質の安定化を図る研究を行い溶融固化よりも有利な方法を見いだしていますが、焼却発電プラントの建設コスト等の問題から商用化には至っていません。シュレッダーストを徹底的に粉碎し、物理選別を行う方法

も残されていますが、有価金属の含有量と分離されたプラスチックの処理を考えれば最善の方法とは申せません。そこで、PVCの熱分解特性とダスト中に金属が多量に含まれていることに着目し、低温乾留による脱塩素プロセス、脱塩素後のプラスチック類の炭化・油化乾留プロセスと製錬プロセスと組合せた2段カーボナイゼーション・スラッギング法を開発しました。この処理プロセスの簡略フローを図8に示します。PVCの熱分解によって発生する塩酸は金属塩化物としてほとんどが残渣中に補足されています。この塩素分は水洗により簡単に除去できます。300~350°C程度では乾留油も可燃性ガスもあまり生成していません。この段階で水洗し脱塩素した残渣を製錬工程に持って行っても良いのですが、更に500~600°Cで乾留するとダストそのものあるいはチャーチに比べ取扱い易い乾留油が回収され、これは精製炉での還元剤ともなり得ますので、製錬工程での利用範囲が広がります。残渣を溶融炉に投入しますと、銅より貴なものはマットになり、卑なものはスラグ化されます。このスラグはセメントの原料として活用できます。

5. おわりに

我々を取り巻く環境問題と鉱物資源の位置付け、環境インパクトを低減させる手段としてのリサイクルの重要性、リサイクル社会において資源産業が果たし得る新たな役割と当社における取り組みの概要について述べさせて頂きました。

人類社会が持続可能な成長を遂げるためには、畢竟、人口問題、エネルギー問題、枯渇性資源問題の三つを克服していく必要があります。南北格差を無くし、世界の全人類が先進国並のエネルギーや物資の消費を行うだけでたちまちの中に破綻を来すことは目に見えています。ましてや数百年、数千年のオーダーでものを考えた場合、食生活も含め人類文明の在り方が根本的に変革していくなければ物質収支は成り立たなくなります。太陽エネルギーをはじめとして再生可能かつ自然破壊の心配のない自然エネルギーの徹底的利用、地下深部・深海底鉱山の開発、海水・地殻中の希薄鉱物資源の活用と徹底的循環利用、不足資源に代替し得る大量の製造かつ再生可能な物質の開発等が現実のものとなるまで、当面はあらゆる分野でのエネルギー効率の改善、プロセスの見直し等による省エネルギー、産業廃棄物、耐久消費財、一般ゴミ等の廃棄物の利用等による省資源に努めて行くしかないでしょう。

21世紀を乗り越え、永久に人類文明の成長を遂げるために期待される資源産業の役割は、多大なものがあります。私共素材メーカーとしても、コストの極限を追求した生産体制の確立、国際的生産・流通システムの構築、

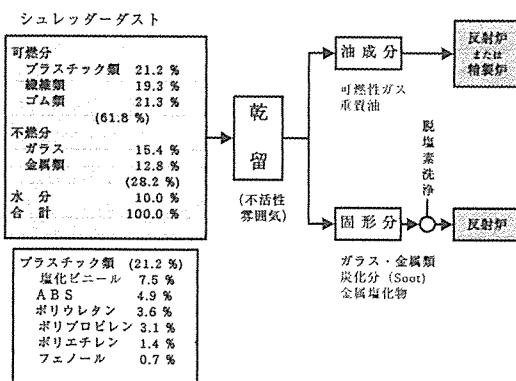


図8 シュレッダースト処理プロセス

国際的かつ異業種にまたがる研究協力体制の確立、健康で快適な生活を保証し地球環境の保護に貢献できる企業活動を行うための積極的な環境保全への取り組みを進めています。

これらの達成には、産・学・官・民の協力が必要ですが、特に大学でのアクティビティに期待しています。地下資源に止まらず当面の課題である陸上の資源…都市型資源…の活用を含め、横断的研究開発と新しい倫理観を持った次世代を担う活力ある若者の教育を進めていただきたいと存じます。“将来の世代の欲求を満たす基盤を損なうことなく、現在の世代の欲求を満足させるような開発”に向けて水曜会が新たなる第一歩を踏み出して下さることを期待して私の講演を終わりたいと思います。

参考文献

- 1) 伊藤利朗他, 地球環境問題の新視点, オーム社,
1994
- 2) 秋元勇巳, 環境インパクト評価とリサイクル, 特集: 地球規模の科学技術(政策的アプローチ)「研究技術計画」第9巻第4号 (1993)
- 3) 米国の批評家ジェレミー・リフキン氏, 日本経済新聞, 1994. 12. 12
- 4) 小島紀徳, CO₂問題の素顔, 化学工業, 第59巻第3号(1995)
- 5) 西山 孝, 環境をめぐる視点, 京都大学環境保全センター環境保全 No. 9, 1994
- 6) 近藤次郎, 持続可能な産業, 国際エコ・マネジメント会議, 1993. 9. 9
- 7) 山田國廣, 材料研究開発と環境管理・監査, セミナーテキスト, 1994. 4. 9. 19

大会記念講演

別子銅山と環境問題

植田正明*

Bessi Copper Mine and Environmental Problems

by Masaaki UEDA

1. 概要

事業は地域社会に支えられなければ、仕事を続けることは出来ない。特に銅製鍊は、亜硫酸ガスによる大気汚染などの環境問題を解決しなければ、地域社会と共に存しつつ、生産活動を続けることはできない。

環境問題は、別子銅山の操業が300年前に始まって以来の最大の問題であった。

この問題を解決するために努力した人々の信条と技術的対策および自然への修復作業について述べる。

2. 別子銅山

2.1 事業の始め

住友の銅事業は、天正19年(1590)に京都(下京区寺町通り松原下るのあたり)で、銅の製鍊加工業を始めたのが最初である。この当時日本の輸出商品の最大品目は銅であった。輸出される銅には金銀が含まれていたが、銅から金銀を分離する技術を持たなかったため金銀は評価されず、銅代のみの安い価格で輸出せざるを得なかつた。住友の業祖の蘇我理右衛門は、金銀銅吹分けの革新的技術の開発に努力し、いわゆる「南蛮吹き」を開発した。図1に銅鉱を吹分る図(南蛮吹き)を示す。

これは金銀を含んだ荒銅3に対し、鉛1の比率に調合し、木炭で溶かして、金銀を鉛のなかに吸い取り、銅から分離する。この鉛からさらに金銀を回収する方法である。この結果銅に含まれて海外に流出していた金銀を回収することが出来て、国益にも貢献し、事業の基礎を築いた。

2.2 別子銅山の開発

事業が大きくなるにつれ、日本国内の銅鉱山の開発に

次々と入っていったが、中でも最も成功したのは、四国の別子銅山である。元禄3年(1690)、当時住友が経営にあたっていた備中(今の岡山県西部)吉岡鉱山の重役、田向重右衛門のところに、伊予(愛媛県)の立川銅山で働いていた切上り長兵衛から「立川銅山の峰続きの幕府領に、すばらしい富鉱の露頭を発見した」との報告があつたと伝えられる。これが別子銅山の始まりである。図2に別子銅山発祥の坑口の「歓喜坑」を示す。図3に別子銅山の露頭を示す。鉱床は、厚さ0.5~8メートル、幅1500メートル、深さ2300メートルの板状のChalcopyriteであった。直ちに操業に入ったが、稀に見る優良鉱山だったため、発見後6年目の元禄9年には年産1000トンを越え、さらに2年後の元禄11年には、1500トンという日本の銅山の新記録を達成した。



図1 銅鉱を吹分る図(南蛮吹き)

*住友金属鉱山株式会社 顧問

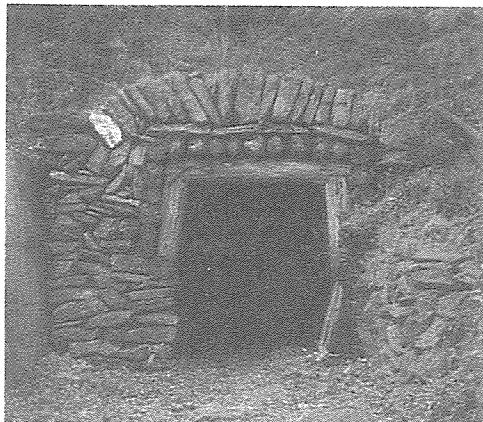


図2 別子銅山発祥の坑口（歡喜坑）



図3 別子銅山露頭

3. 環境問題¹⁾

3.1 煙害

当初は採掘された銅鉱石の製錬作業は、別子銅山の山中で行なわれていた。海拔 1000 メートルもある高所ではあったが、亜硫酸ガスによる煙害は、付近の山林の木を枯らせた。また製錬用の薪炭の製造や鉱山用の坑木の伐採で銅山周辺は禿げ山になり、風水害による土砂崩れが頻発し、貴重な人命が失われた。図4に当時の山容と鉱山長屋を示す。

製錬所が、規模を拡大するに従い、広い工場敷地を必要としてくるので、製錬所は、山間部から平野部に移転してきた。明治 16 年(1883)新居浜に銅製錬所の建設に着手し、洋式還元吹き法の試験を行い、21 年 7 月から操業を始めた。図5に新居浜の製錬所の状況を示す。

明治 26 年 9 月、新居浜の 4 村の農民代表は稻作等の被害を愛媛県に訴え、また会社の新居浜分店に被害原因の調査を求めた。また数百人の農民は、製錬所に押し掛け製錬事業の停止や、製錬所の移転を求めた。

翌 27 年には麦の不作により、5 月下旬から再び煙害問題が起こった。ことに 7 月には 2 度にわたり、3 村の農民数百人がむしろ旗や竹槍をかかげ、大挙して新居浜分店



図4 別子銅山の明治 15 年頃の山容と鉱山長屋

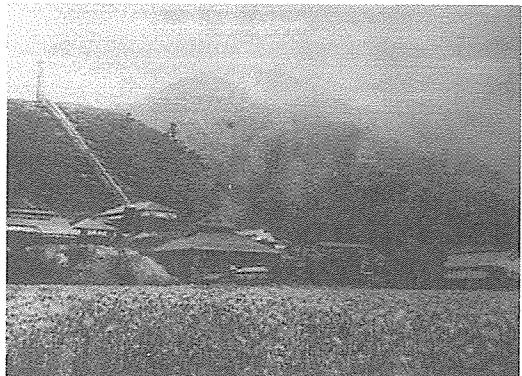


図5 明治 20 年代の新居浜の製錬所

に押掛ける暴動になった。

3.2 製錬所の移転

このような事態にたいして抜本的な対策を迫られた当時の支配人伊庭貞剛は大変苦慮したが、関係官庁と塩野門之助ら技術者の意見をきき地元民の要望を配慮した根本解決の道は、製錬所を陸地から離れた海上に移転するしかないとの結論に達した。候補地として新居浜の北方で陸地から 20 キロメートル離れた瀬戸内海上の四阪島を選び、買収に着手した。

明治 30 年、製錬所を、移転する工事が始まった。移転を決定してから、わずか 1 年後という着工の迅速さに農民たちは喜んだといわれている。四阪島は四つの島からなり、家の島と美的島の間を埋めたて前者に工場を、後者に従業者の社宅を建設した。また島には一滴の水も出なかったので、操業開始に先立ち新居浜から島まで水を運ぶ水船が 4 隻建造された。同時に鉱石・資材を運ぶ木船 24 隻も建造された。建設費用は 170 万円にのぼった。

3.3 四阪島でのつまずき

明治 37 年、莫大な費用をかけた製錬所の移転が完了した。製錬所の煙突から排出される煙は、陸地に達するまで海上の大気中に拡散消滅し、煙害はすべて無くなるはずであった。しかし同年 10 月、溶鉱炉の試験操業が

開始されると同時に、対岸の農民から麦の葉に被害がでるとの声が上がった。翌38年1月本操業を開始すると、越智・周桑両郡の各村から煙害の叫びがおこった。その後煙害の範囲は、新居浜に製錬所があったときより大幅に拡大した。調査の結果製錬所の煙突から排出された亜硫酸ガスは濃厚な帯状になって、そのまま風下の方向に流れて行き、それが気象状況によって遠隔の対岸まで達することが判明した。全く予期しないことが起こったのである。

専門家の調査によって明らかになったことは、煙害が増す時は、海陸各地の風向が一致して風力が弱いときや静穏なとき、日光がつよく気温が高いときであった。煙害が軽微な時は、風力が強いときや、風力が弱くても風向が不定で変転したり、あるいは大雨のときと日光が弱く低温の時であった。このような「煙害日和」にあうと稲の葉は黄褐色の斑点を生じ、稲の結実は期待できなくなり、被害農民は憤然として郡下に蜂起するという不穏な情勢になった。

3.4 賠償金による対応策

明治42年、愛媛県知事の調停のもとに、農民と住友との煙害協議会が開催された。この協議会において、住友は、「除害方法は、住友において熱心に研究しており良い方法が発明されれば、必ず除害設備を設置する。たとえこの費用が、煙害に対する賠償金以上の額であっても、これを支出して施設する覚悟である」との決意を披瀝した。また農民側の被害について、「個別に損害賠償するよりも、農事の改良、奨励の資金を提供し、これによって農民が直接煙害を防いで米麦の增收をはかるとともに、間接には、副産物の生産により現在の損害を償う以上の利益を得る様にしたい」と主張した。この煙害交渉は難航したが、翌43年に農商務大臣の斡旋で賠償金を支払うこと、製錬所での処理鉱量を制限すること、さらに米麦の開花期には、製錬操業を中止することで妥結した。この賠償契約は、以後ほぼ3年ごとに愛媛県知事を斡旋者として更新された。農民との協議による賠償金の額は逐年増え続けた。また途中から寄付金の名目で金額の増加が行なわれた。初年度は7万7千円であったのが、10年後には35万円になっている。所詮、賠償金による煙害対策は、一次しのぎの対策にしかすぎなかつたのである。

3.5 地域指導者の良識ある対応

地域の町長や村長が良識ある人物が多かった事は幸いであった。彼等は基本的に農鉱共栄の立場に立ち、鉱山側にも政府側にも率直に要請した。しかも農民側に対しても「軽拳蛮行にして常軌を逸するの行動をなすにいたっては却って社会の同情を失するの恐れあり。」として徒に感情に走らず良識ある行動を取るよう繰り返し要請している。

4. 初期の技術的な対策

基本方針として「煙害問題は技術によって解決する」にもとづいて、種々の対策に挑戦した。この中には失敗したものも数多くあり、技術者の苦闘が偲ばれる。

まず基本的には、①原料鉱石の硫黄分を減らす、②亜硫酸ガスの量を減らす、③亜硫酸ガスを他の物質に転化するなどの対策を同時平行的に実施した。

先ず試みられた生鉱吹き製錬は、溶鉱炉の構造を工夫し、高圧風を送って鉱石を急速溶解させ、炉内を出来るだけ還元状態に保って、炉内から上昇する硫黄蒸気を燃やすかずに元素状で回収する方法である。これは硫黄として回収できずに失敗した。

鉱煙希釈法は、農商務省、大学研究者等の権威者からなる鉱毒調査会が考えた方法で、これを採用するよう政府から命ぜられた。これは煙突に空気を送りこみ亜硫酸ガスを薄めて放出する方法である。実際には従来からあった高さ108メートルの1本煙突をやめて、高さ72メートルの6本煙突を立て、送風機で煙突下部から空気を送りこんで希釈してから放出する。この方法は政府や当時の権威者が推奨した方法だったので、農民もおおいに期待した。しかし実際に操業を始めてみると、排煙は空気の送り込みによって温度が低下するので、煙突から出るやすすぐに降下し、大気拡散しなかった。さらに製錬所周辺は排煙でおおわれ、従業員とその家族は亜硫酸ガスによって言語に絶する苦痛を強いられた。この鉱煙希釈法は、全く効果のないことが分かり、6本煙突の使用は停止され、従来の大煙突が再び使用された。図6に島の上部に建設された6本煙突を示す。

その他の対策は、煙塵除去法として、障害物（鉄板や鉄線）吊下げによる煙塵の落下法、バッグによる煙塵濾過法、乾式（砂、粒からみ）濾過法などが試みられた。また亜硫酸ガス濃度を減少させるため、コークス塔に排ガスを導入し海水を滴下することや、亜硫酸ガス還元試験などが試みられたがすべて失敗した。

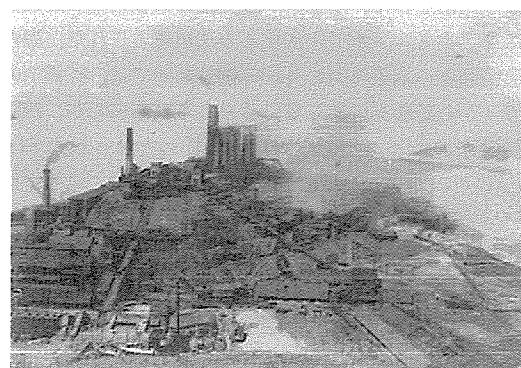


図6 大正2年四阪島に建設された6本煙突

5. 根本対策

5.1 ベテルゼン式硫酸製造装置

大正14年、製錬所の技術陣は、ドイツの専門誌「Metal und Erz」のなかに、ベテルゼン式硫酸製造法の文献を見つけた。この方法は硝酸式（塔式）の硫酸製造装置で、銅製錬の操業のように、排ガスの亜硫酸ガスの濃度が薄く、ガス量が変動しているときに適当な設備であると判断された。しかしながら実操業の経験がなく、試験設備が稼働しているだけであった。

大正15年、四阪島製錬所は、小規模なベテルゼン式硫酸製造装置の建設に着手し、昭和2年完成と同時に操業に入り、良好な成績をおさめた。引き続いてさらに大規模な設備を建設することとなり、焼結炉、転炉、溶鉱炉排ガスの順に工事が進められ、昭和7年に完成した。ただ焼結炉、転炉の排ガスは良好な成果をあげたのに反し、溶鉱炉排ガスは亜硫酸ガス濃度が希薄なため良い成果がえられず、9年に中止された。

ベテルゼン式硫酸製造装置によって、鉱石中の硫黄の70%以上が、硫酸に転化できるようになった。

5.2 浮遊選鉱法の導入

昭和9年別子銅山の鉱石は、比重選鉱と浮遊選鉱にかけられ、それによって得られた銅精鉱は、焼結したのち溶鉱炉に投入されることになった。硫黄を多く含む鉄精鉱は選鉱の過程で取りのぞかれたので、排ガスの硫黄放出量は大幅に減少した。

5.3 煙害問題の推移

大正8年と昭和10年を比較すると、放出された硫黄量と亜硫酸ガス濃度は、第1表のごとく激減している。

しかし農民との煙害協議会では、たとえ微量の希薄な亜硫酸ガスでも「時には気象の関係により、山林や田畠に被害がある」として問題にされた。煙害問題を根本的に解決するには、亜硫酸ガスの排出を絶無にすることが必要であった。

5.4 中和工場の建設

この対策として、溶鉱炉から排出される希薄な亜硫酸ガスをアンモニア水で中和する方法が考えられた。海外の実情調査の結果当時の外国の銅製錬所では、製錬所の排ガスから硫酸を製造しているところはあったが、四阪島製錬所のように殆ど実害に關係ないと見られる SO₂ 0.2%以下の希薄な亜硫酸ガスを、さらに除害の徹底を期

するため処理しようとしているところではなく、またそれを考慮しているところもなかった。この報告にもとづいてこの中和工場は欧米諸国にもない世界唯一のものであるとの確信を強め、昭和12年建設に着手し、13年に完成了。

5.5 煙害の根絶

昭和14年、愛媛県知事は、京都大学工学部 中沢良雄、東京大学工学部 永井彰一郎の両教授に中和工場の性能調査を委託した。この調査には大阪鉱山監督局、農林省農事試験場、愛媛県の技師が立ち会った。中沢教授の報告書には「アンモニア水を吸収剤とした中和法は反応確実にして、また設備適切なるものといふべし。かくのごときは科学的研究により、初めて認めべきものにして、科学よく煙害ガスを克服せりと論ずべきか。この完備せる施設をもって、運用を過たざれば、永年の問題たる煙害問題もまた其の跡を絶つべし」と書かれた。

また愛媛県の報告には、「硫煙の全部は硫酸工場および中和工場にて処理せらるる事となり、煙突よりの放出硫煙は絶無を期したり。従って昭和14年7月以降における農作、山林等の被害は全く見るべきものなし」とある。

こうして別子山中で発生し、山林や農地に被害を与えた場合には四阪島移転の契機にもなった煙害問題は完全に解決された。

昭和15年、住友吉左衛門は
「亜硫酸吐きし煙の無くなりて

島はよみがえる人も草木も」と詠んだ。

同年別子開坑250年の祝賀会の席上で総理事の小倉正恒は、「煙害は、賠償金でかたずけるべきで無く、技術を以て解決すべきであると信じていました。先輩の人々も同様考えておられ、技術的になんとか解決の方法がないか苦心されました。農工は共存共榮でゆかねばなりません。このような考え方で煙害そのものの根絶に努力してまいりましたが、この記念すべき年に、煙害問題が解決し、明朗な気持ちで新年を迎えたことは、欣快これに過ぎるものはない次第です」と述べた。

6. 自然への修復・植林²⁾

別子銅山付近の山の植樹は、亜硫酸ガスの煙と永年の銅山の作業に欠くべからざる坑木および木炭用として乱伐につぐ乱伐で、かつて緑豊かだった山々は見るかげもなく憔悴し、年々出水のため、荒れに荒れた山肌はいたるところ地肌を露出していた。

第二代の総理事の伊庭貞剛は、「實にこれではあい済まぬ。寛厚な自然が、一木一草惜しみなく与えつくしてくれた。その洪恩をおもってはこのまま別子の山を荒れたままにしておくことは、天地の大道に背くことになる。どうかして乱伐のあとを償い、別子全山を旧の青々とし

表1 四阪島製錬所からの放出S量とSO₂%

	S量	SO ₂ %
大正8年	58900トン	1.0%
昭和10年	3600トン	0.19%



図7 現在の別子の森林（中央の石組は蘭塔場といつて鉱山の供養塔）

た姿にして、これを大自然に返さねばならない。」という信条を持ち積極的に植林事業を開始した。

植林に携わった人々は「山が険しすぎて、土も無い岩肌ばかりですから、とてもあんな所には、木を植えられません」といった。これに対して、伊庭貞剛は、「小さな石垣を幾つも築いて、土留めして、それから土盛りして木を植えなさい。枯れてもかまわんし、雨で流されてもよろしい。何度も懲りずに植え続けるのです。自然にお詫びして、自然に緑をお返しするのです。」といったと伝えられている。彼は晩年に回顧して、「わしの本当の事業といってよいのは、これだ。わしはこれでよいのだ。他の事業はなくともかまわぬ」とまでよく語っていた。それほど彼は別子の植林事業に、愉快を感じ満足を感じていた。

彼の信条としては、山から銅鉱石を採掘するという恵みを得たのでありそのため山の木を枯らしたのである。したがって、山に木を植えて、自然の恵みに報いるという報恩の精神があったといわれている。

別子鉱山周辺の植林数は、明治11年から年間10万本、明治27年からは年間100万本を越え、山は徐々に緑を回復していった。

住友吉左衛門は、昭和47年、別子閉山に際して「移し植えし落葉松ここに黄葉して

かく美はしき樹林と成りぬ」

「石垣に植えにし樅の太々と

を暗きまでに立ち茂りたり」と詠んだ。

山口誓子は、昭和34年、別子来山の際「坑を出て万縁一夜経しごとく」の句を残している。

図7に現在の別子山中の森林を示す。中央の石組は、蘭塔場といつて別子鉱山の供養塔である。

7. 東予製錬所

昭和44年、銅製錬所は再び瀬戸内海を渡って、四国新



図8 東予製錬所の全景

居浜の地にもどすべく、新製錬所の建設が始まった。

新製錬所の主目標は、無公害製錬所の建設、徹底した省力化、従来の製錬所のダーティイメージを捨てクリーンイメージへの転換であった。とくに無公害製錬所のために自熔炉製錬法を採用した。この方法は、自熔炉から高濃度の亜硫酸ガスが出てくるので、排ガス処理の点からきわめて好都合である。また熔錬に際して精鉱の持つ反応熱の利用度が高く、燃料率が低いという利点を持っている。自熔炉自身は、フィンランドで開発され、日本で独自の発達を遂げてきたものを導入したが、自熔炉ボイラー等の関連設備、転炉、精製炉、硫酸工場などは、四阪島以来の幾多の先人によって培われた技術を基礎として、独自の工夫を加えて設計建設された。例えば、オンラインコンピューターシステムの導入、転炉における冷剤装入システムの開発等があげられる。

昭和46年、新製錬所の操業が開始され、順調な操業を続けていている。最近では、製錬能力の増強のため自熔炉と転炉に酸素富化操業を適用しており、急激な円高と、国際非鉄市況の変動を乗り切りながら、増産を達成している。

さらに年々きびしくなっていく環境規制に応じて、排ガス処理設備の改善をはかってきており、東予製錬所全体として無公害の製錬所、クリーンな製錬所として操業している。図8は東予製錬所の全景である。

8. おわりに

別子の山中では、荒廃した山の緑も、人の努力で自然に帰って来たのである。地球環境問題では、解決法として、諭語の「故きを温めて、新しきを知る。以て師と為るべし」の心が必要ではなかろうか。先人がすでに確固たる信条の元にやられたことを、今の技術で改良し実施することである。人が壊したものは、人が元に戻し自然にお返しするという報恩の精神を持って実行することである。

文獻

- 1) 住友金属鉱山(株)：住友別子鉱山史，(1991)
- 2) 西川正治郎(住友修史室)：幽翁，(1980復刻)

講 座

チタニウムの製錬の歴史 (II)

森 山 徐 一 郎*

Metallurgy of Titanium (II)

—A Historical Review—

by Joichiro MORIYAMA

6. 1940 年以前の Kroll の実験について

すでに述べたように、1940 以前では韌性のある Ti 及び Zr はヨウ化物法によってのみ製造することができるとされていた。事実、当時のレアメタルについての名著である Reine Metalle¹²⁾にも冷間で加工出来る Zr および Ti はヨウ化物法によってのみ作ることが可能であると、記載されている。これに対して酸化物又は塩化物の活性金属による還元によても、韌性のある Zr および Ti の製造の可能性を示唆したのが Kroll による二つの実験^{15,16)}である。この節ではこの実験の特徴について考察したい。

Kroll による第一の実験は酸化ジルコニウムのカルシウムによる還元であった。この実験では CaCl_2 と BaCl_2 の混合塩(75 : 25)のフラックスを用いて Ar 雰囲気中で高温 1000°C の温度で還元を行っている。 $\text{CaCl}_2\text{-BaCl}_2$ 系は CaCl_2 54 モル%に共晶点(617°C)が存在する²¹⁾。それ故、この塩は還元反応温度で融体であり、熱伝導度がいいので反応進行の均一化に有効である。また、この時代、Kroll らは Zr, Ti の加工性には酸素(又はチッ素)が影響を与えることを定性的に知っていたと思われる。この実験では Hunter の頃は使用出来なかった不活性ガスを用い、さらに酸化を防止するためにフラックスが用いられた。もう一つの大切なことは、Ca および Ba の塩化物は高温において、それぞれの元素を溶解するという現象である。このことは溶融塩電解の実験から分ったことである。例えば Mg-MgCl₂ 系では電解により金属を採取出来るが、Ca-CaCl₂ 系、Ba-BaCl₂ 系と次第にイオン伝導に金属伝導が増加し溶融塩電解を困難にする。こ

れらの現象については Kroll らも、その後整理して理解するにいたっており 1952 年の解説記事の中に表 4 のようまとめてある²²⁾。Ca および Ba の塩化物はそれぞれの金属をかなり溶解することが分る。図 8 は Ca のハロゲン化物とその単体金属との相関係を示している。これらの図から現在の化学冶金の研究者であれば十分な Ca の活量値で還元反応が進行することが考えられるが当時の Kroll, Lilliendahl^{23,24)}らは実験的にこれらの関係を体得していたと思われる。ただし、Kroll による表 4 の数値は正確でない。この相関係の決定は実験がむづかしいことと、さらに化学分析が難しいので 1945 年頃までの初期の研究に正確な値を期待することは無理と思う。一方、図 8 の結果は Schäffer らの実験およびその後に行われたもので信頼度が高い。

このように、高い Ca 活量値のフラックスの中での還元反応があるので、酸素含有量の少ない金属粉末が得られる。この方法による金属ジルコニウム粉末の製造は 1943 年わが国でも行われた²⁵⁾。この実験は金属粉末の製造を目的として行われたので、粉末冶金による固体化さらに加工性についての記述はない。

初期の研究者がこのようなフラックス被覆の下で還元反応を行ったのは、彼らの実験体験によるものであった。しかし、これらが平衡論的に解明されるには年月が必要であった。

1985 年に Max-Planck 研究所 (Düsseldorf) の H. Fischbach は CaCl_2 および CaF_2 中に溶解する Ca の活量の測定を行った²⁶⁾。この鉄鋼研究所における実験は金属カルシウムによる脱リンと脱硫を目的としていた。溶鋼の温度では単体の Ca の蒸気圧は 3 気圧となり、短時間しか接触出来ない。そこでハロゲン化物中の溶解度を利用した。

図 9 は CaCl_2 塩中にとけた金属カルシウムの活量と

*京都大学名誉教授

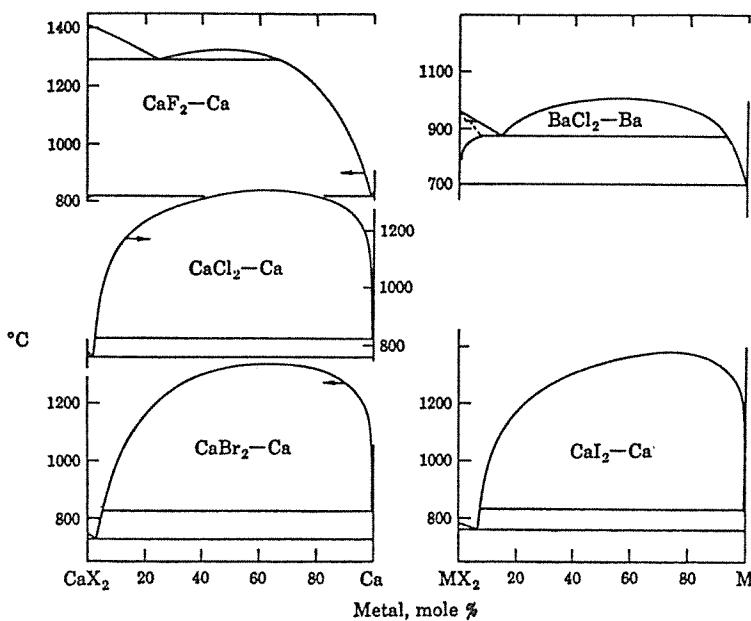


図8 金属とそのハロゲン化物の溶解度
 CaF_2 Richardson et al. (1961)
 $\text{CaCl}_2, \text{CaBr}_2, \text{CaI}_2$ Staffansson (1960)
 BaCl_2 Schäfer et al. (1952).

表4 塩化物中への金属の溶解度
(W. J. Kroll: 1952)

金属	溶解度 モル%	温度°C
Mg	1.2	900
Ca	16.0	900
Sr	20 appr.	900
Ba	30	900
Zn	10	500
Cd	16	650
Ce	33	—
K	1	—

還元モル濃度(モル濃度/飽和モル濃度)の関係を示している。予想通り飽和濃度では活量は1に近づく。この測定はAg-Ca合金との分配平衡により行われた。後者の熱力学数値もまた、Knudsen法によりFischbach²⁷⁾により行われた。図10に1073KでのAg-Ca合金中のCaの活量を示す。

参考までに、さらに高温では CaF_2 が用いられる。これは特殊鋼の脱硫、脱リンの目的でESR法により行われた。図11に $\text{Ca}-\text{CaF}_2$ 溶液中のCaの活量を示す。

以上のように、LilliendahlやKrollの初期の実験はCaによる酸素の化学ポテンシャルの低い雰囲気中で還元が行われることになる。勿論、これらの人達が当時物理化学的な理解をしていたのではないが、実験から体得していたと思われる。Krollの第一の実験により試作さ

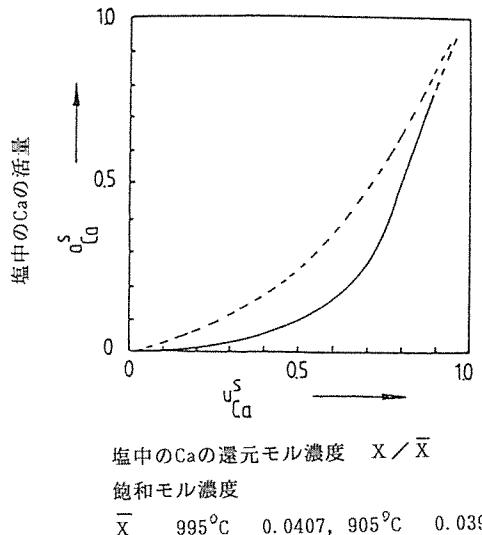


図9 $\text{Ca}-\text{CaCl}_2$ 系中のCaの活量

れた金属粉末は、これを粉末や金で固体化した金属は熱間で加工出来た。

Krollの第2の方法は四塩化チタニウムのMgによる還元でいわゆるKroll法の原形である。図6のようこの実験でもCaによる雰囲気中の脱酸素が行われている。この装置ではCa極間の電弧により放電を行っている。この操作による脱酸素の効果は余り期待出来ないがこの高温の処理によりCaが蒸発し、反応管内壁に蒸着して反応中酸素の吸収を行うことになる。このような手

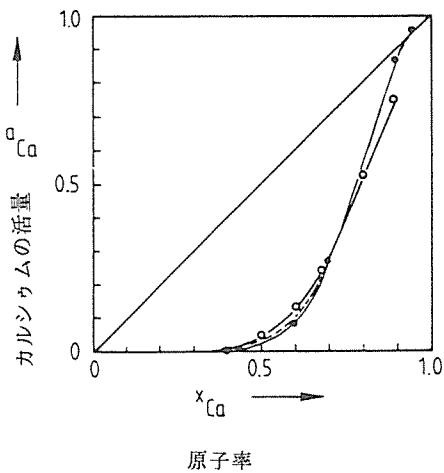


図 10 Ca-Ag 合金中の Ca の活量
1073 K, Fischbach, (1985).

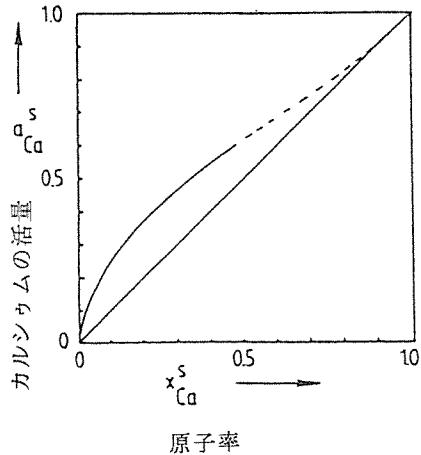


図 11 Ca-CaF₂系中の Ca の活量
1425°C, Fischbach, (1985).

法は Ba ゲッター等により実用されていたものである²⁸⁾。

以上、1940 年頃行われた実験により冷間で加工出来る金属がえられるに到るが、Ca により十分に酸素を除去したことが、成功の一つの原因と考えられる。

7. チタニウム-酸素系について^{29,30,31)}

7.1 Ti-O 系の相図

第 2 次世界大戦前の研究者も実験体験から酸素はチタニウム中によく溶け、またこの Ti-O 合金は安定なものであることを知っていた³²⁾。当時発展しつつあった X 線結晶学等の手法により Ti-O 系の化合物は Ehrlich^{32,33)}は定量的に検討した。 α -Ti 中の酸素の溶解度は $TiO_{0.42}$ であり、この付近で Ti_2O 相が存在する。この相は 1957 年に Magnéli らにより報告され、後に Wahlbeck らもこの相についてその相図を示している。しか

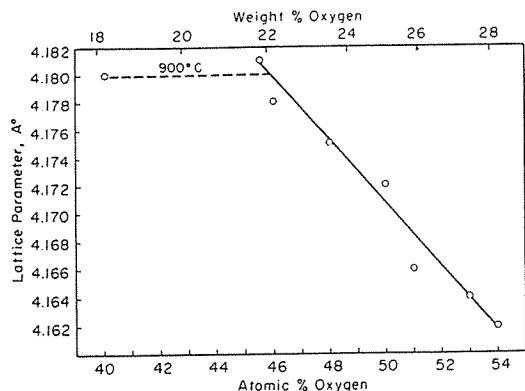


図 12 TiO 均質域における格子定数と酸素含有量の関係
(Bumps ら, 1953)

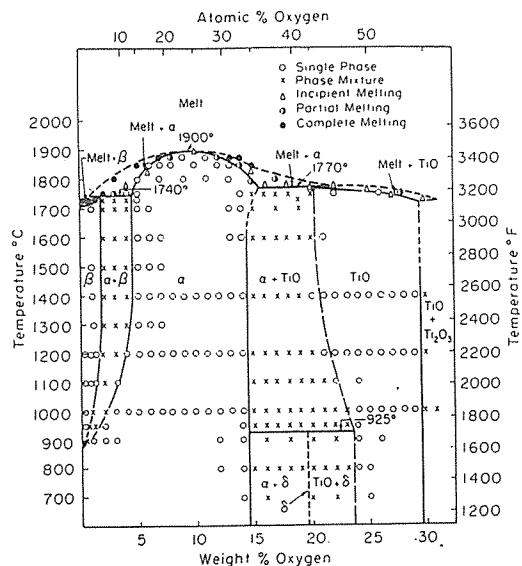


図 13 Ti-O 系
E. S. Bumps, H. D. Kessler, M. Hunsen; Tr. Amer. Soc. Metals, 45, 1008 (1953).

し研究者により意見が異っている。

Bumps らは金相学的及び X 線結晶学により δ 相の存在について述べている。この相は α チタニウムと TiO 相との偏晶反応により生じ、その温度は 925°C といわれる。その組成は $Ti_3O_2 \sim Ti_4O_3$ に該当し、正方晶系で $a=5.333\text{ Å}$, $c=6.645\text{ Å}$, $c/a=1.246$ と報告されている。

TiO 相は 1814 年に無機合成された記録があり、1895 年 Moissan により、この組成に近い青色の結晶が得られたと報告されている。 TiO は学術的に議論の多い化合物で第 1 には変態の存在、第 2 には非化学量論領域が研究者により異なる。

最初に定量的な研究を行ったのは Ehrlich^{33,34)}であった。 TiO は NaCl 型の結晶で $TiO_{0.64} \sim TiO_{1.25}$ の組成範囲のある非化学量論性の化合物である。 $TiO_{0.7}$ で酸素格

子点の $1/3$ が空孔であり、 $TiO_{1.25}$ ではチタン格子点の $1/4$ が空孔である。Naylor ら^{35,36,37)}によると、 TiO は高温と低温で結晶構造が異なり、高温では空孔の多い $NaCl$ 型の結晶であるが、991°Cの転移温度以下では規則

性の单斜晶の構造となる。一方、Groves ら³⁸⁾は相変態はないと報告している。一酸化チタンの均質範囲で格子定数は酸素含有量に直線的に比例すると Ehrlich は述べている。これは Bumps ら³⁹⁾により確認されている(図

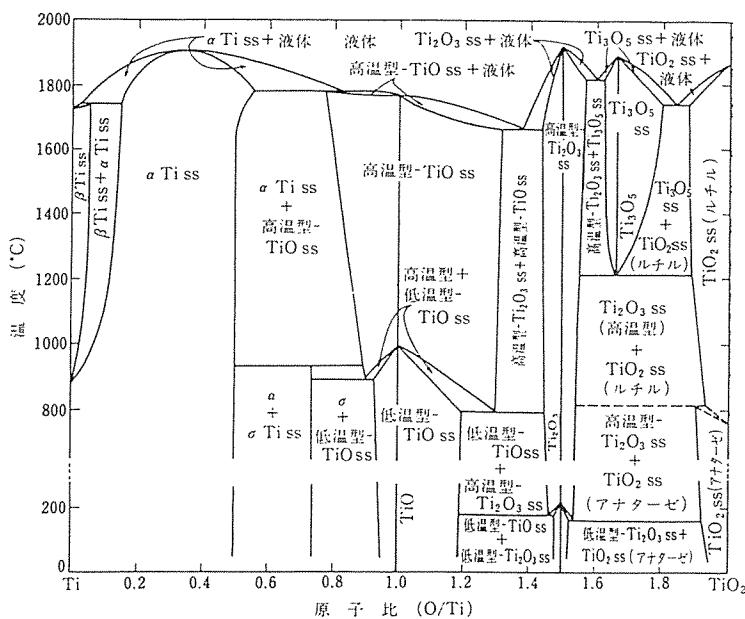


図 14 Ti-O 系状態図

(R. C. DeVries, R. Roy: Am. Ceram. Soc. 33, 370, (1954).

田部ら、金属酸化物と複合酸化物、講談社 (1978) の図面による。

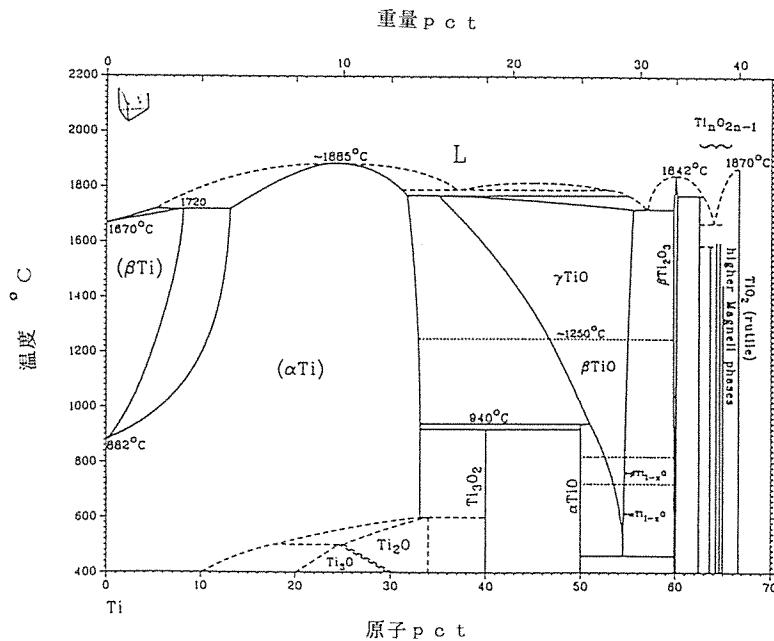


図 15 Ti-O 系状態図

(P. G. Wahlbeck, P. W. Gilles: Am. Ceram. Soc., 49, 180 (1966).

Murray, チタニウム状態図集, ASM, (1987).

12).

Ti_2O_3 相は Ehrlich により見出されたもので、 Al_2O_3 型六方晶の構造でその均質範囲は $TiO_{1.46 \sim 1.56}$ といわれる。この相は 200°C付近で低温変態が存在するという説と変態はないという説に分れる。

Ti_3O_5 相 Ehrlich が発見した相であるが、Bright らは 1300°Cから单斜晶系の構造であると報告している。

同族列 Ti_nO_{2n-1} ($n=4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$)

これ以上、酸化が進むと同族列が出現する。これらの相は Magnéti 相といわれる。

この相から、さらに酸化が進むと酸化チタン相となる。 TiO_2 はアナターゼ、イタチタン石、ルチルの結晶変態が存在する。これらは酸化チタン顔料工業として重要であるが、ここでは省略する。

Ti-O 系の平衡状態図^{29,30}この系についてソ連の研究を加えると 6 種類の相図が発表されているが、それぞれの相図はかなり異っている。まづ、1953 年に Bumps ら³⁹により Ti_2O_3 までの状態図が報告された(図 13)。この相図では、 δ 相は描かれているが、 TiO 相の変態は存在しない。1954 年に DeVries ら⁴⁰も Ti-O 系状態図について報告した。図 14 はこの相図を示している。ただし、この図はわが国の無機化学の研究者による酸化物に関する成書⁴²から引用した。この図には、これらの研究者による説明があるので、原典から引用するより理解し易いと考えたからである。図 15 は Wahlbeck ら⁴¹により 1966 年に報告された相図で、Murry のチタニウム状態図集から引用した。低級酸化物の存在範囲等原図と異っているが、現在、最も信頼性の高いものである。この他、Ti-O 固溶範囲の α - β 変態については Bumps ら³⁹、Jenkin⁴³、Jaffee ら⁴⁴等の研究がある(図 16)³⁰。

7.2 Ti-O 固溶体の熱力学

Ti-O 系の相図から、Ti 中の酸素の固溶度は 30 原子%以上であり、また、この酸素の固溶体は安定でその融点は 1700 から 1900°Cである。この形はジルコニアと全く類似し、この酸素の除去にはカルシウムのような強力な還元剤を必要とし、1940 年までヨウ化物法によつてのみ、冷間加工できる純金属が製造されるといわれて来た。すなわち、可撓性のチタニウム、ジルコニアは、van Arkel, de Boer の方法によってのみ製造し得ると考えられた。この Ti-O 固溶体の分解酸素圧は低く、当時発展しつつあった物理化学の手法では、この酸素の挙動を熱力学的に把握することは不可能であった。

Kubaschewski の実験 1954 年、英國の National Physical Laboratory の Kubaschewski らはこの問題に対して見事な解答を与えた⁴⁵。チタニウム中に溶解する酸素の熱力学として歴史的な実験であった。National Physical Laboratory は Imperial College と密接な連

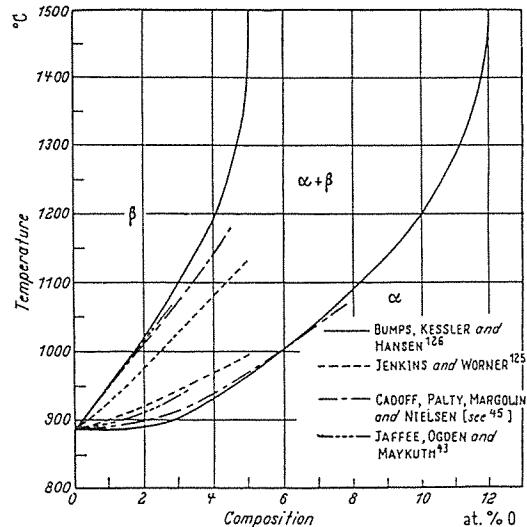


図 16 Ti-O 固溶体における α - β 変態
(Jaffee ら, 1950 その他)

絡を保って研究を進めていた。第 2 次大戦でドイツの研究が停止した当时では世界で最先端のヤ金理論の研究グループの一つであった。溶体の熱力学については Chipman らの混合ガス平衡法による研究が行われていたが⁴⁶、チタニウムの酸素固溶体では酸素の化学ポテンシャルがはるかに低く混合ガス平衡法による測定は不可能であった。Kubaschewski の共同研究者の Allen は新しい方法を提案し、V-O 系について実験を行った⁴⁷。これらの実験については Kubaschewski の著作、ヤ金熱化学に引用されている⁴⁸。Ti-O 固溶体についても同様な実験が行われた。試料としてクロール法チタニウムと TiO_2 をアーチ炉で溶解し、3~12 重量%酸素を含有する合金をつくる。これを炭化タングステン製の乳鉢で粉碎し、0.4~0.12 mm 径、0.12 mm 径に分ける。後者的一部分を更に磨碎して微粉にする。これら三種類の Ti-O 合金は 1~2 倍量の Ca, Mg, Ba と混合し、鉄又はチタニウム製の円筒中に封じ、1000~1200°Cで 1/2~16 時間加熱する。その後、円筒を水冷し、反応物質は粉碎するか、施盤でけずり出すかする。これを 5% 塩酸で洗浄した後、真空乾燥する。この粉末は化学分析の後、水素を除くために、850°Cで真空中で処理する。次にガス分析により酸素を定量する。この実験では真空ガス分析法が用いられている⁴⁹。この方法は黒鉛のつぼ中に試料を装入し、真空中で高周波加熱し、水素と一酸化炭素は酸化後、水と炭酸ガスとして固定する。Toeppler ポンプで排出ガスを集めその総量を McLeod 真空計で測定し、水素は酸化して水としてトラップして真空計で差を見て水素を定量し、次に酸素は炭酸ガスとして液体空気(現在は液体窒素である) でトラップして真空計の差から酸素を測定し、残

量をチッ素する。これらの分析法は真空ガス分析法の初期の形であった*。

Kubaschewski らは 1000°C と 1200°C における酸素の化学ポテンシャルと酸素の重量 pct. の関係を推定した。

1000°Cにおいて、 $2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$ の自由エネルギー変化は、-241,800, 2MgO では-224,000, 2BaO では-204,300 カロリーとする⁴⁸⁾。Ca, Mg, Ba は Ti と合金を形成しないので、その活量は 1 となり、この分解圧は Ti-O 合金の酸素圧と平衡する。1 気圧を標準状態にとった場合、この値は Ti-O 合金の酸素の化学ポテンシャルとなる。

図 17 はこの値を酸素の重量 pct と酸素 (O_2) の化学ポテンシャルの図に示している。

この図の作成には平衡状態図が必要である。この研究では Bumps ら³⁹⁾の相図が用いられた。相律から 1 相の領域では自由度は 2 であるので酸素の組成と化学ポテンシャルの関係は相律により、温度を指定すると 1 相の範囲では曲線になるが、2 相範囲では一定値を示す。

1000°Cでの還元でのチタニウム中の酸素の重量 pct は Ca, Mg, Ba に対して、0.07%, 2.3%, 6.6% となり、

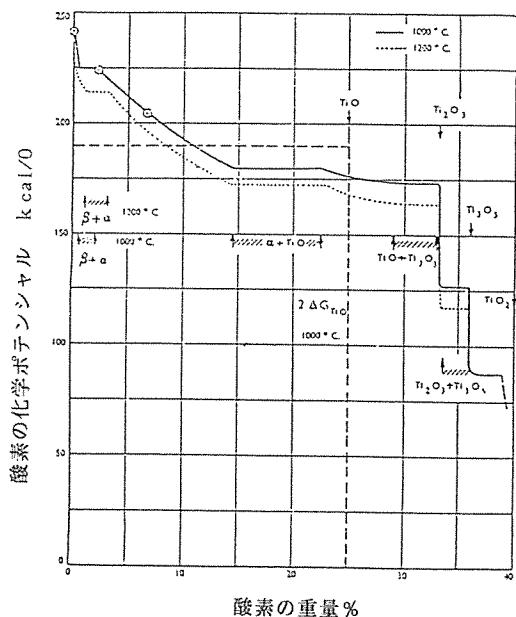


図 17 1000°C, 1200°C における酸素の化学ポテンシャルと重量 pct. の関係
(Kubaschewski ら, J. Inst. Metals, 82, 87 (1953-54).)

*金属中のガスを描出する方法は Toepler ポンプ及び Sprengel 水銀ポンプが用いられたが、1955 年に市販された National Research Coop. (Cambridge, U. S. A.) の真空ガス分析装置では水銀拡散ポンプが用いられた。金属材料のガス分析の発展を知るには、高尾善一郎氏のまとめられた、金属材料の標準ガス分析方法、チタニウム協会編、丸善 (1974) がある。

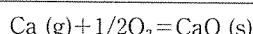
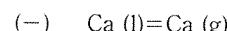
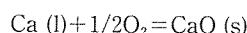
会誌

これらを相図を勘案して作図すると図 17 のように描かれる。

この実験は化学熱力学を十分に理解していた当時のロンドンの研究グループにより行われた歴史的な研究成果であった。ただ、この研究ではチタニウムの粉末を用いたので、Lilliendahl ら**の指摘するように還元生成物中に酸素が残り、平衡値より高い値を示した嫌いがある。さらに、真空ガス分析法は筆者の NRC ガス分析装置による経験から言えば、現在用いられている Carrier gas 法に較べて、はるかに実験条件に左右されるので精度については十分ではない。

Kubaschewski らのこの実験では Ca, Mg, Ba による 3 点の値がえられ、その他は在来の実験結果から推定することになるが、1960 年、Wien 大学の Komarek は相図上に測定値を補充する実験を行った。

Komarek らの実験 原子力材料に関する熱力学国際会議で Komarek が発表したものである。図 18 は実験装置の概要を示している。鉄円筒容器の底部に Ca, Mg の活性金属が装入される(1)。次に上部(2)に Mo 製のるっぽがある。るっぽ内には CaO (MgO) の酸化物と所定量の酸素を含むチタニウムが置かれる。反応容器は蓋部を溶接し内部を排気して真空に達した後封じ切る。反応円筒を炉中にいれ、(1)の部分を T_o 、(2)の部分を T_i より高い温度 T_i に加熱し、100~4300 時間保持し、 T_o における Ca, Mg の平衡圧と CaO , MgO が T_i で示す酸素圧とチタニウム中の酸素と平衡させる。温度 T_i で



$$\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = -RT \ln k = RT \ln P_{\text{O}_2}^{1/2} + TR \ln p_{\text{Ca}}$$

$$\bar{\Delta G}_{\text{o}} = \Delta G^{\circ}_{\text{T}} - RT \ln p_{\text{Ca}}$$

ここに、 $\bar{\Delta G}_{\text{o}}$ は酸素グラム原子当たりの相対部分モル自由エネルギーである。

CaO の標準生成自由エネルギーに対して

$$\Delta G^{\circ}_{\text{T}} = -193460 + 50.8T$$

また、 P_{Ca} は一定温度で一定であるので

$$\bar{\Delta G}_{\text{o}} = -193460 + (50.8 - 4.575 \log p) T$$

で示される。

以上の結果から、図 18 における T_o と T_i をいろいろ選ぶことにより多くの化学ポテンシャルに対するチタニウム酸素合金の試料がえられる。0.5, 1.0, 2.0 について内挿で求めると図 19 のような原子%と酸素の化学ポテンシャルの関係がえられる。

**筆者のジルコニアの製錬を参照されたい。

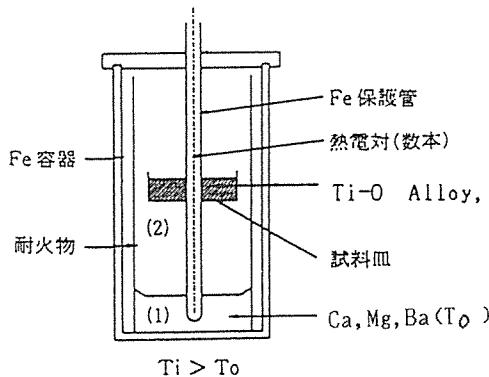


図 18 Komarek による酸素の化学ポテンシャルの測定(1960)

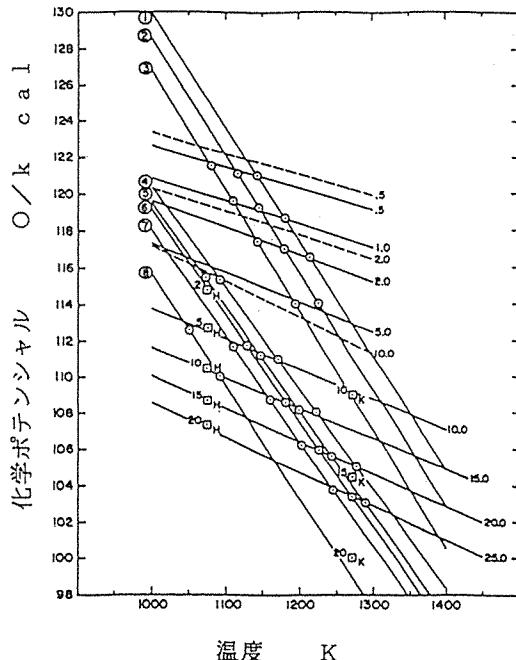


図 19 原子%と温度と化学ポテンシャルの関係 (Komarek, 1960)

この研究は Kubaschewski⁴⁸⁾, Harasymenko⁵¹⁾の実験をさらに発展させたもので、ワインでの会場で Kubaschewski は自分の実験を拡大してくれて感謝するとのべている。

ただ、この実験ではガス分析は行っておらず、格子常数から推定しており、定量的な実験結果としては問題がある。

Mah らの実験 Bureau of Mines の Mah ら⁵²⁾はきわめて精密なカロリメトリーと熱力学計算により、800 ~ 1600Kにおいて Ti-O 固溶体中の酸素の部分モル自由エネルギーを 0.01 ~ 2.00 重量%の酸素濃度領域に対して求めた。

その結果を理解し易いように整理して図 20 に示す。

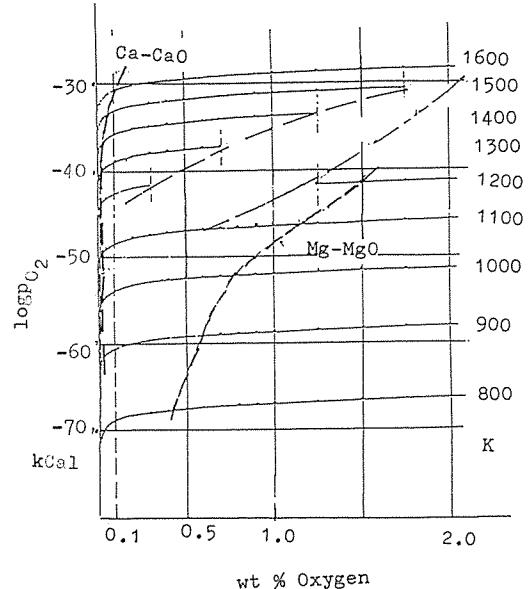


図 20 酸素の化学ポテンシャルと重量%の関係 (Mah ら, 1957)

この値より

$$\Delta \bar{G}_o = RT \ln P_{O_2}^{1/2}, P_{O_2}^{1/2} = N_o \gamma_o \text{ から}$$

Ti 中の酸素の活量係数はつぎのようになる。

$$\log \gamma_o = 5.642 - 30104/T \quad (\alpha\text{-Ti})$$

$$\log \gamma_o = 4.479 - 27857/T \quad (\beta\text{-Ti})$$

また、 $1/2 O_2(g) = O(\%) \text{ in Ti}$ にたいする標準自由エネルギー変化は

$$\Delta G^o = -RT \ln \frac{\% O}{P_{O_2}^{1/2}} = RT \ln \frac{47.9 \times \gamma_o}{16 \times 100}$$

次式のように表わされる。

$$\Delta G^o = -137730 + 18.84T \quad (\text{Cal}) \quad \alpha\text{-Ti}$$

$$\Delta G^o = -127450 + 13.52T \quad (\text{Cal}) \quad \beta\text{-Ti}$$

図 21 は α および β Ti 中の酸素濃度の対数と酸素分圧の対数の関係を示している。各温度で良好な直線関係が成立っている。また、1700, 1800 および 1900Kにおける関係は外挿により求めたものである。

CaO および MgO の標準生成自由エネルギーの値⁵³⁾を用い、図中に Ca および Mg により Ti-O 合金を脱酸したときの除去限界を示した。展伸材料としての Ti 中の酸素含有量を 0.2% と仮定すると Mg による脱酸ではこの値に到達出来ない。一方 Ca を用いた場合には数 100 ppm レベルまでの脱酸が可能である。

以上の熱力学的な考察から、酸化物を出発材料とする

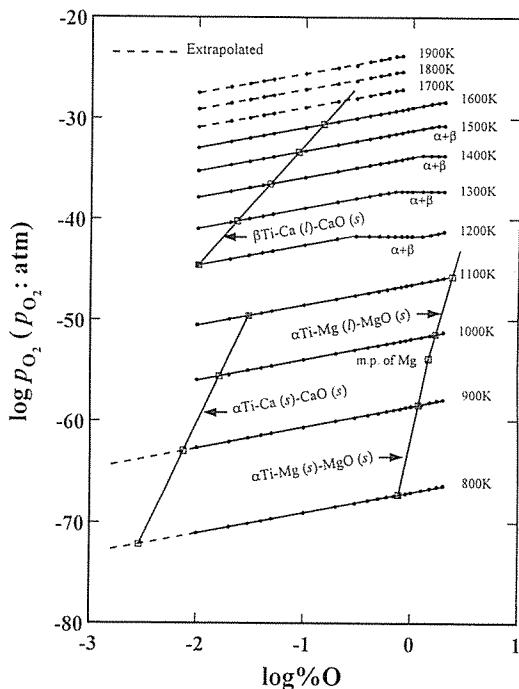


図 21 平衡酸素圧と重量%の関係(Mah らの数値による 1957)

還元反応では還元剤にはカルシウムが用いられることが韌性のあるチタニウムを得るために必要である。

さらに、鉄鋼製錬の研究者がチタニウムについて実験を行うようになり、カルシアを用いた溶解について、いろいろと論議されている^{54,55,56)}。

8. Bureau of Mines におけるチタニウム製錬の研究

1940年、Krollはアメリカに移住した。Bureau of Mines の Dean らは Ti 金属に興味をもち、1938年に Tucson, Arizona の研究所で各種の製造法について実験室での追試を行った。その結果 Kroll の方法が最も工業的な発展の可能性があると決定した。当時の米国の工業力と Bureau of Mines の豊富な開発研究の経験と人材はこのチタニウム金属の製造の工業化の力強い支えであった。1942年、Salt Lake City の研究所で基礎実験から 15 lbまでの実験が行われ、これらの実験によりモリブデンの内張りは還元温度が 900°Cをこえない場合は必要でないことが分った。1944年、工業化実験は Boulder City の研究所で 100 lb バッチを目標に行われた⁵⁷⁾。この実験では還元反応の間で塩化マグネシウムの抜き出しに成功している。1951年までに Boulder City の Bureau of Mines の研究施設で 200 lb の金属を生産する工業化実験が行われた⁵⁸⁾。図 22 は還元装置を示している。この規模の装置による実験が 105 回行われたと記録されている。この実験については多くの教科書に

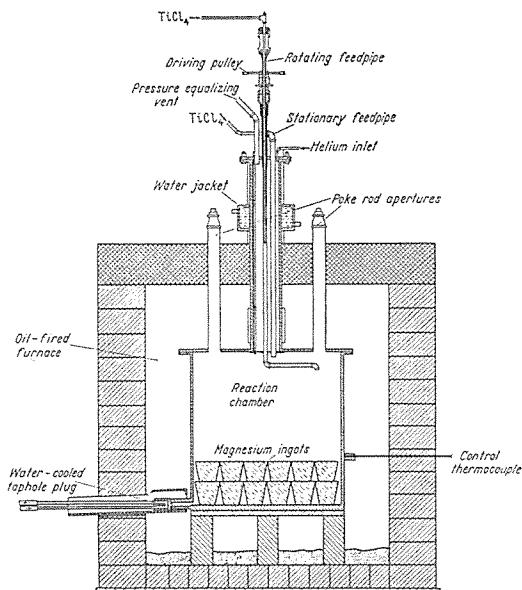


図 22 Wartman による 200 lb 金属チタニウム還元装置 (Bureau of Mines, 1952)

表 5 200 lb 還元炉での操業例
Bureau of Mines, 1952.

時刻	供給速度 l hr
7. 35	加熱開始
9. 40	四塩化チタン供給開始 60 l/hr
11. 30	供給速度へらす 50 l hr
12. 35	520 lb 塩化マグネシウム抜きとり供給速度へらす 46 l hr
13. 15	38 l hr
14. 05	クラストをつきやぶる
14. 50	四塩化チタン供給終了
15. 00	230 lb 抜きとり
15. 55	50 lb 抜きとり
四塩化チタン供給量 886 lb	

引用されているので、この稿では簡単に述べることとする。軽油の燃焼炉の中に軟鋼製の還元装置がある。上部から廻転式の四塩化チタニウムの供給装置があり、底部に Mg のインゴットが装入されている。また底部には四塩化マグネシウムの抜き出し管がある。Mg の融点が 651°C、MgCl₂の融点は 712°Cであるので、反応は不活性ガス雰囲気中で 850°C付近の温度で行われる。975°C以上になると Ti は容器の鉄と反応し合金をつくる。200 lb バッチで反応時間は約 8 時間である。また 3/4 の MgCl₂がこの操業中に抜き出される。容器中の Mg に対して TiCl₄は 10-15%少なく供給される。

クロール法の還元は発熱反応であり、熱の除去が十分に行えるときは速い反応が期待できる。表 5 に Bureau of Mines における 200 lb バッチ実験の操業例を示して

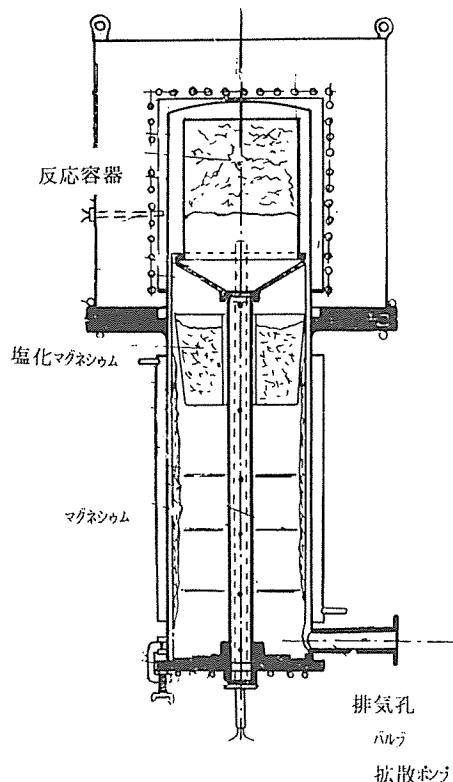


図23 Bureau of MinesにおけるKrollの真空精製装置(1952)

いる。四塩化チタニウムの添加開始後、約6時間で反応は終了する。この間、886 lb の四塩化チタニウムが供給され、800 lb の生成塩化マグネシウムが反応容器から抜きとられる。この例では約70%が系外に除去される。また、四塩化チタニウムの添加速度は40~60 l/hrである。30 in 径の反応容器で約6時間で200 lb の金属が還元される。

炉からとり出された反応容器中の生成物はチタニウムとマグネシウムと塩化マグネシウムからなる。これらを分離してチタニウムを採取するために、二つの方法が検討された。第一の方法は浸出法⁵⁷⁾で、反応容器内の生成物を旋盤で削り出して弱酸溶液で $MgCl_2$ と Mg を浸出する。 $MgCl_2$ の溶解は発熱反応であるので温度が上昇しチタニウム金属粉の表面に酸化膜が出来る。それ故、冷却装置により浸出液の温度を 25°C 以下に保つ必要がある。また、マグネシウムは酸と反応して水素を発生する。チタニウムは水素を吸収し溶解の際問題が生じ易い。

さらに、 $MgCl_2$ 水溶液から無水の塩化物の回収は困難である。脱水により $MgCl_2 \cdot 3/2H_2O$ になるからである。これ以上、加熱するとオキシ塩化物となる。

第2の方法として反応生成物の中から塩化マグネシウム、金属マグネシウムを分離する方法として、真空法が検討せられた⁵⁹⁾。この操作では Wartman によるもの

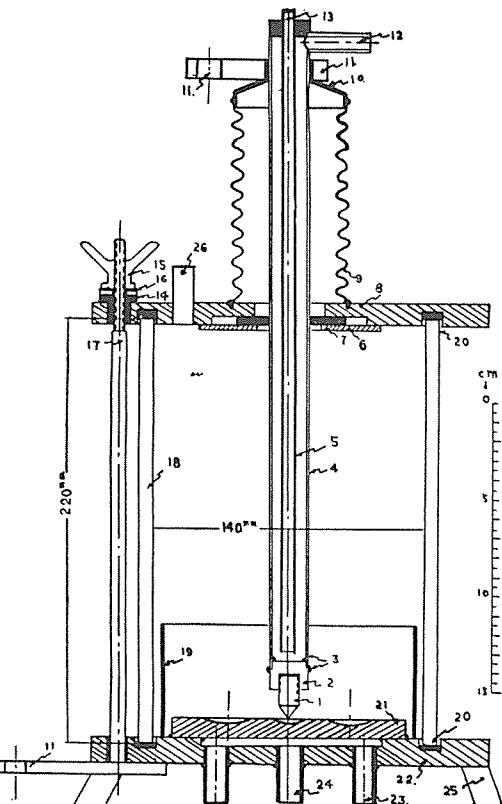


図24 Battelle 記念研究所で開発した実験用アーカー炉

と、Kroll によるものと幾分異なるが、わが国では Kroll による装置が多く用いられたので、これについて述べる。

図23はBureau of Minesの工業化実験において、Krollにより検討された分離装置である。

金属マグネシウムは 1100°C が沸点であるが、塩化マグネシウムの沸点は 1412°C である。

850°C に容器を加熱し排気を行うと、マグネシウムは 70 mmHg の蒸気圧があるので最初に蒸発し冷却部に凝縮する。塩化マグネシウムは蒸気圧は 5 mmHg であるが 720°C が融点であるので、とけて下部の受器にたまる。このようにしてマグネシウム、塩化マグネシウムとチタニウムが分離される。この分離装置では高真空が必要である。図の排気孔に真空バルブ、油拡散ポンプ、回転ポンプの真空装置が付属する。真空度は 10^{-3} mmHg 以下に保持される。操業例として温度上昇に 8 時間、850°C に 15 時間保ち、冷却に 15 時間であったと報告されている。この工程で得られた $MgCl_2$ は電解して Mg と塩素に分け再利用する。

スポンジは粉碎して粒度を調整アーカー炉で溶解してインゴットとする。製品の純度は小型の実験用アーカー炉で溶解してボタン状の試料とし、この硬度から推定する。実験用アーカー炉は 1928 年に Bolten が Ta の溶解には

じめて使用した。その後、Kroll¹⁶⁾も1940年粉末冶金とアーク炉溶解により実験を行った。その後、Battelle記念研究所でこの装置を用いて合金についての研究を行った。この装置は現在でもこの種の研究に多く用いられている(図24)。

文 献

- 21) 佐藤知雄, 天野貞一郎: 金属の研究, 11, 305, (1934).
- 22) W. J. Kroll: Chlorine Metallurgy, I, II, III, IV, V, VI. Metal Industry, 243, 269, 284, 307, 325, 341 (1952).
- 23) W. C. Lilliendahl, H. C. Rentschler: Tr. Electrochem. Soc., 91, 255 (1947).
- 24) W. C. Lilliendahl, E. D. Gregory, D. M. Wroughton: J. Electrochem. Soc., 99, 187 (1952).
- 25) 南房 豊, 崎田忠雄(日本無線): 私信, 昭和19年.
- 26) H. Fischbach: Thermodynamic data for liquid Ca-CaF₂ and Ca-CaCl₂ slags, Steel research, 56, 365 (1985).
- 27) H. Fischbach: J. Less. Common Metals, 108, 151 (1985).
- 28) W. Espe, M. Knoll: Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik, Julius Springer (1936).
- 29) エヌ, ア, トロポフ他, 金属酸化物の状態図, 日ソ通信社(1970).
- 30) A. D. McQuillan, M. K. McQuillan: Titanium, Butterworths Scientific Publications (1956).
- 31) Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, 41 Titan, Verlag Chemie GMBH., Weinheim (1951).
- 32) J. D. Fast: Metallwirtschaft, 17, 641 (1938).
- 33) P. Ehrlich: Z. Electrochemie, 45, 362 (1939).
- 34) P. Ehrlich: Z. anorg. allgem. Chem., 247, 53, (1941).
- 35) B. F. Naylor: J. Amer. Chem. Soc., 68, 87, (1946).
- 36) A. E. Jenkins: Tr. AIME, 45, 1024, (1953).
- 37) C. C. Wang, N. J. Grant: Tr. AIME., 206, 184 (1956).
- 38) W. O. Groves, M. Hoch, H. L. Johnston: J. Phys. Chem., 59, 127 (1955).
- 39) E. S. Bumps, H. D. Kessler, M. Hansen: Tr. Amer. Soc. Metals, 45, 1008 (1955).
- 40) R. C. DeVries, R. Roy: Am. Ceram. Soc. Bull. 33, 370, (1954). 田部ら, 金属酸化物と複合酸化物, の図面による.
- 41) P. G. Wahlbeck, P. G. Gilles: J. Amer. Ceramic Soc., 49, 180 (1966). Murry; チタニウム状態図集による. ASM (1987).
- 42) 田部浩三, 清山哲郎, 笛木和雄編: 金属酸化物と複合酸化物, 講談社, (1978).
- 43) A. E. Jenkins, H. J. Worner: J. Inst. Metals, 80, 157 (1951-2).
- 44) R. I. Jaffee, H. R. Ogden, D. J. Maykuth: Tr. AIME, 188, 1261 (1950).
- 45) O. Kubaschewski, W. A. Dench: J. Inst. Metals, 82, 87, (1953-4).
- 46) M. G. Fontana, J. Chipman: Tr. Amer. Soc. Metals., 24, 313, (1936).
- 47) N. P. Allen, O. Kubaschewski, O. von Goldbeck: J. Electrochem. Soc., 98, 417 (1951).
- 48) O. Kubaschewski, E. LL. Evans: Metallurgical Thermochemistry, First Edition, Butterworth -Springer Ltd. (1951).
- 49) H. A. Sloman: J. Inst. Metals, 71, 391 (1945).
- 50) K. L. Komarek, M. Silver: International Conference of Thermodynamics of Nuclear Materials, Wien (1960).
- 51) P. Herasymenko: Acta. Metallurgica, 4, 1 (1956).
- 52) A. D. Mah, K. K. Kelley, N. L. Gellert, E. G. King, C. J. O'Brien: Bureau of Mines, Report of Investigation 5316 (1957).
- 53) J. P. Coughlin: Contributions to the Data on Theoretical Metallurgy, Bulletin 542, Bureau of Mines, (1954).
- 54) 出川 通: 金属学会報, 27, 466 (1988).
- 55) 池田隆果, 岡田 稔, 荒堀忠久, 馬場良治: チタニウム, ジルコニア, 34, 270 (1986).
- 56) 日本特許, 63-250425 (1987)大田久司, 大同特鋼.
- 57) F. S. Wartman, J. P. Walker, H. C. Fuller, M. A. Cock, E. A. Anderson: Bureau of Mines, Rept. of Investigation, 4519 (1949).
- 58) H. C. Fuller, D. H. Baker, JR., F. S. Wartman: Bureau of Mines, Rept. of Investigation, 4879 (1952).
- 59) M. A. Cook, F. S. Wartman: Bureau of Mines, Rept. of Investigation, 4837 (1951).

談　話　室

生活のなかに健康を探査する

佐々木

敏*

Explorating Health in Life

by Satoshi SASAKI

1. はじめに

わたしは資源工学科探査工学教室に学部・修士課程と合計4年間在籍させていただいたが、どうみても模範学生からはほど遠かった。まじめに研究室へ通った記憶があまりない。しかし、資源工学が社会の基礎を支える工学であることと、対象や仕事の場が地球規模であることを魅力に感じていた。そのなかで探査工学は見えないものを目にする情報にしてくれるロマンに満ちた科学として映った。しかもそれが直接に社会を豊かにするものである点がわたしにとっては魅力であった。ところが…

2. 医学への転身

将来どこか海外（たとえばザイール、インドネシアなど）で働ければ、と考えていたがそれは漠然としたもので、学生のころはインド・トルコ・ヨーロッパへと足を伸ばしていた。それはパック旅行ではなく、自分で宿を捜し、にわか仕込みの片言を操りながらの旅であった。そのなかでわたしの目に止まったのは「生まれ、生活し、死んでいく民衆」と「それぞれの互いに異なる生活習慣」であった。そして次第に医学へと惹かれていった。修士課程2年めで課程を辞し、再び大学（阪大医学部）の門をくぐった。

3. 公衆衛生学・疫学へ

資源工学が社会の基礎を支える工学であると勝手な定義をしてしまったが、医学にもこの分類が適用できる。医学の多くは病気を患った患者さんを対象としている。結果は「治癒したかどうか」である。いっぽう社会医学

と呼ばれる分野がある。公衆衛生学はその代表である。こちらはひとりの患者さんの病気を治すのではなく、集団を対象とする。たとえばある伝染病が広がるのを防いだり、ある種の成人病の予防活動を行ったりと、その結果は個人へは直接は返らない。そのため一般にひとつの認識は高くはないが、われわれが安心して健康な生活を維持できるのは公衆衛生が発達した社会だからである。その方法論としての学問が疫学である。「疫」とは伝染病のこと。もともと伝染病が大きな社会問題であった時代に始まった学問であるが、近代統計学の発達とコンピューターによる大量情報処理が可能となって近年急速に発展した。探査工学が見えない地下構造物を見せてくれるのと同様に、疫学はヒトが単位となっている社会という構造物の中に潜む要素を取り出して見せてくれる学問である。

医学部学生のころから公衆衛生学・疫学に興味を抱いていたわたしは阪大医学部大学院へ進んでまもなく、ベルギーにあるルーベン大学公衆衛生学部疫学教室へ留学の機会を得た。

一見まったく異色の分野へ進んでしまったわけであるが、公衆衛生学・疫学がその発想の底辺に資源工学・探査工学と何らかの共通項を有しているということ、そして社会の基礎を支える科学のひとつであるということをご理解いただければわたしとしては望外の喜びである。

4. 栄養疫学・成人病予防へ

現在日本人の平均寿命は男性76.6歳、女性83.0歳と、わが国は世界一の長寿国である（平成6年度）。「これは医学・医療の発達のおかげである」と理解されやすい。そこで、死亡率（10万人当たりでみた年間死亡率、すべての種類の死亡を含めた総死亡率をここでは例に取る）をいくつかの国で比較してみると意外な真実がみえてく

*名古屋市立大学医学部公衆衛生学教室助手
(昭56・資源工学卒、昭58・同修士課程中退)

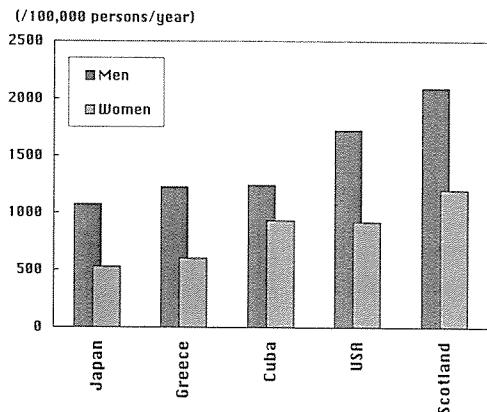


図1 5か国における総死亡率の比較。55-64歳、1984-86年。(文献1より改変引用)

る(図1)¹⁾。ここでは成人病に注目するために、55歳以上から64歳に年齢を限ってみた。医療大国である合衆国や、アメリカ合衆国、スコットランドといったいわゆる先進国での死亡率が、経済・医療水準のうえで難があるギリシャ、キューバといった国よりもむしろ高いことがわかる。つまり、「どの程度治せるか」ではなくて、「どの程度病気にならないか」のほうが重要な因子であることがここから明らかとなる。

環境因子の重要性はこのように理解されるが、問題は環境因子をどのように測定・収集・解析するかということである。留学先の研究室は栄養と成人病の関連に関する研究で世界的に知られていた。そこでわたしに与えられたテーマは「世界各国における集団レベルの栄養(とくに脂質)摂取量を把握するためのデータ作りとその信頼性の検討」というものであった。入手可能な栄養調査に関するあらゆる論文・報告書を収集し、整理を行った。東洋や東欧からの資料は少なく、英語以外の言語による論文もいくつか加えられた。データ整理や管理はもとより、信頼性の検討には統計学の知識が必須である。はじめに工学を学んだ者としてその辺りの分野への取つき易さが幸いした。世界中の資料を整理し、信頼性・妥当性の検討を行うという膨大な作業を比較的短期間に終え、それをまとめてルーベン大学より博士号をいただいた²⁾。研究内容は非常に基礎的なものなのでここでは省略させていただき、代わりにその後の研究活動を簡単に追いかねば、成人病予防のための疫学研究の概要とおもしろさを紹介させていただきたい。

5. 血圧と栄養素: カメルーン・合衆国・韓国への調査行

高血圧は脳卒中や心筋梗塞といった循環器疾患のもともおおきな危険因子である³⁾。循環器疾患の予防は高血圧の予防であるといつても過言ではない(もうひとつ

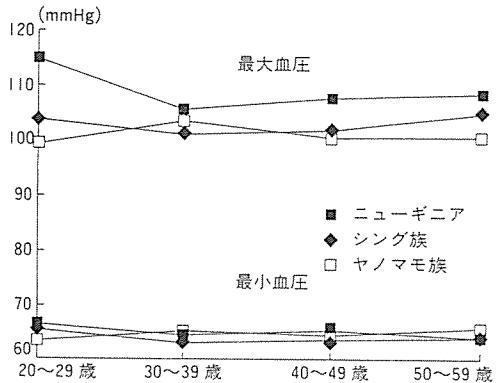


図2 年齢階級別にみた男性の平均最大・最小血圧。代表的な文明未開地域の3集団(ヤノマモ族、シング族、ニューギニア高地人)(文献5より改変引用)

の重要な危険因子は喫煙である)。近年減少傾向にあるもののわが国の脳卒中発症率は現在でも高く、一命を取り留めても半身不随や一部の身体麻痺が残ることが多い成人病である。血圧は文字どおり血管(動脈)内圧であるが、この維持には、血液内の電解質、とくにナトリウム・カリウム・カルシウムそしてマグネシウムの4種類の陽イオンが重要な働きをしている。したがって陽イオン摂取量の多少が血圧に関係しているであろうことは容易に想像され、いくつかの研究によりその関連が明らかにされている⁴⁾。いっぽう血圧値は加齢とともに上昇する傾向が認められ、ある年齢になると高血圧を患うひとがわが国では少なくない。ところがこれは必ずしも生理的な変化(つまり自然な加齢現象)ではなく、特定の環境要因に暴露した集団でのみみられる現象であることがいくつかの研究により示唆されている。たとえば、世界各地の文明未開地域住民の血圧値を測定した結果、いくつかの集団では血圧値が一生のあいだほとんど変化しないことが明らかとなった(図2)⁵⁾。これらの集団の特徴は食塩(ナトリウム)摂取量が極端に少ない(1g/day未満:日本人は13g/day程度)ことである。

そこでわれわれのグループは、この関係をさらに詳細に調べるために西アフリカ、カメルーン南東部に住む狩猟採集民、ピグミー族の血圧を測るべく調査を行った。ジープ3台、熱帯雨林の中にベースキャンプを設営しての調査であった。針を見たことがないひとたちから採血をし、尿を採取した。百数十人分のサンプルが得られた。このとき同時に多数民族であるバンツー族の集団からもサンプルを採取した。かれらはこの西アフリカから数世紀前に奴隸としてアメリカ大陸に送られた民族である。帰国後スタッフのうちふたりがフィラリアという寄生虫病にかかっていることがわかり、治療を始めるという土産までついた。この研究ではピグミーのひとびとが毎日

食べているものを定量的に測定することが不可能であったために、尿中へ排泄された電解質を測定した。その結果は近く発表されるが、ナトリウムと同時にカルシウムの関与が重要であることを示唆する結果が得られている。

しかし、アフリカのひとびとの生理機能はわれわれのそれと同じであろうか、という疑問には回答が得られない。つまり人種の差である。そこでつづいてわれわれは合衆国、テキサス州の Killeen を訪ねた。ここは米軍基地の町で、住民には黒人やスペイン系が多いが、特徴は韓国人女性が多く住んでいることである。これは朝鮮戦争に従軍した米軍青年が現地人女性と結婚し、帰国したためである。その後韓国人街が形成され男性も徐々に増えている。街にはハングルがあふれていた。そこで黒人と韓国人それぞれ約 2 百人の血圧を測り、血液と尿を採取した。ここはアフリカのジャングルではない。そこで日常の陽イオン摂取量を測定するためのもっともよい指標と考えられている 24 時間蓄尿を実施した。これは 24 時間に腎臓から排泄される尿をすべて採集する方法である。これらのサンプルはすみやかに冷凍され、調査終了後にベルギーのわれわれの研究室へ送られ各種の測定がなされた。その半年後、われわれは韓国・釜山へ向かった。同じ調査を行うためである。

こうして生活の異なる黒人と韓国人、それぞれ 2 集団の血圧と陽イオン摂取量が測定された。黒人は渡米後血圧は上昇し、韓国人は下降していた。ナトリウム摂取量は血圧と同じ方向に変化し、カリウム摂取量（血圧を下げる可能性が示されている）は逆方向の変化を示していた。解析は継続中で最終的な結果はまだ得られていないが、同じ人種でも環境の変化によって血圧がおおきく変化することがほぼ明らかとなった。在米韓国人の血圧が在韓国の韓国人に比較して低いことから、ストレスの影響よりも食生活の影響の強いことがうかがわれる。ひとつの文化・習慣のなかで暮らしていると生活習慣が健康におおきな影響を与えていることは見えにくい。ところがこのように異なった文化・習慣を比べてみるとその違いが明白に見えてくるのである。一例として、ナトリウムとカリウムの摂取量の比（この値が高いほど高血圧の危険が高くなる）を世界の集団をグループ別に比較しておこう（図 3）⁶⁾。生理学からみると、もっとも左の文明未開発地域の摂取量パターンが理想のようである。東アジア型がそれからもっとも遠く、日本型がそれに続いている。海外を訪れた際に、無意識にテーブルの上のショウゆのびんを捜している自分に初めて気づいたりする。その無意識の生活習慣が何十年も積もって、高血圧やひいては脳卒中といった成人病となって表面に現れるのである。そうなれば疫学・予防医学の仕事ではなく、治療医

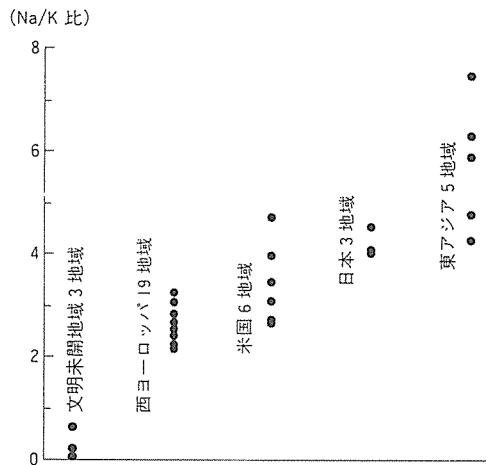


図 3 24 時間尿中排泄量におけるナトリウム・カリウム比 (mmol/mmol)。20-59 歳の男女平均値。インターネット・スタディの結果。（文献 6 より改変引用）

学の出番である。もっとも、その回りに存在するであろう鉱脈（危険に暴露されている個人や集団）を探すためにまだたくさんの仕事が残されているのであるが。

環境から生体が受ける変化と要因を明らかにすべく、世界を回って調査を行った。その他の民族・国での調査計画も現在進行中である。ザイールでの探査を夢にみた時代もあったが、対象すら変わってしまったものの、やはりアフリカに来てしまった不思議に感動しながら、カメリーンからの帰り 25 人乗りのオンボロ飛行機の窓から熱帯雨林を見下ろしたことを覚えている。

6. 交絡因子の補正：工学的発想に支えられて

生活習慣の違いが成人病に影響を及ぼすことを、実感することは困難である。この問題のひとつに、成人病が多因子の原因を有するという点がある。たとえば壊血病がビタミン C 欠乏という単一の原因によって発生するのに比較すると成人病のほとんどは数多くの因子が原因となり (multifactor)，かつ相互に複雑に関連している (interaction)。

たとえば、脳卒中は脳出血、脳梗塞、その他に細分類されるが、脳出血と脳梗塞は互いに高血圧という共通の危険因子を有している。病状も類似している。ところが、凝固しない血液が破綻した動脈から脳実質（脳細胞）へ流れ出していく脳出血と、本来血管内では凝固しない血液が血管内で凝固傾向を有する脳梗塞というように、両者はまったく相反する病因も有している。後者は動脈硬化や高脂血症と関連し、そのために飽和脂肪酸（おもに動物性食品に多く含まれる脂肪の一種）の過剰摂取が考えられてきた。しかしこの仮説は近年までほとんど証明されなかった。それは、1) 高血圧の関与がおおきく、その

表1 脳卒中死亡率(65-74歳)と24時間尿中ナトリウム排泄量(U-Na), 飽和脂肪酸摂取量(SFA)との相関(n=17)
単相関分析の場合は相関係数、重回帰分析の場合は標準化回帰係数

	U-Na (mmol/24h)	SFA (% of total energy)
男性	単相関分析 0.82*	-0.20
	重回帰分析# 0.72***	0.57**
女性	単相関 0.69**	0.14
	重回帰分析# 0.65***	0.64**

同時に尿中カリウム排泄量とアルコール摂取量について補正されている

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

(文献7より改変引用)

影響を統計学的に除去(補正)することが困難であった、2)栄養素摂取量と脳卒中死亡率(または発生率)の関連を調べる研究では、ミネラル類と脂質類の両摂取量を同時に正確に調査することが技術的に困難であった、という2点があげられよう。

そこでわれわれは、先進国々から両栄養素摂取量のデータを収集し、国を単位として関連が考えられている他の栄養素も含めてそれぞれの摂取量を算定した。それを用いて行った研究結果の一部が表1である⁷⁾。食塩(ナトリウム摂取量)を考慮しない単相関分析では、飽和脂肪酸摂取量と脳卒中死亡率のあいだに関連は認められなかつたが、重回帰分析によってナトリウム摂取量を考慮すると、飽和脂肪酸摂取量と脳卒中死亡率のあいだには有意な正の相関が認められた。この研究は、過去の研究の問題点を考慮し、過度の飽和脂肪酸摂取が脳卒中の危険因子となり得る可能性を示したものであった。

これはノイズのなかから目的とする情報を抽出する作業であり、工学者としては珍しいものではない。この研究で用いた発想は医学的というより、むしろ工学的であったと感じている。

7. がんと栄養: 帰国そして将来へ

「日本人はなぜあんなに長生きできるのですか?」とヨーロッパやアメリカではよく尋ねられる。一般的なひとびとも専門家も同じ疑問を持っていた。ところが、その疑問に答えるに足る研究は少ないので現状である。とくに専門家を満足させられる高いレベルの研究が少ない。鉱脈はアフリカだけではなく、日本もあるはずだ。そう考え、昨年帰国を決心した。

疫学の研究手法のひとつに「追跡研究」という方法がある。これはたくさん(数千人から数十万人)の健康なひとびとの生活状況を調べ、目的の病気になってくれるのを気長に待つ方法である。数年または数十年の後に、病気にかかったひととかからなかつたひととで生活状況の違いを調べるという手法である。研究者が先に病いに倒れかねない、気長にというか研究者生命を賭けた研究

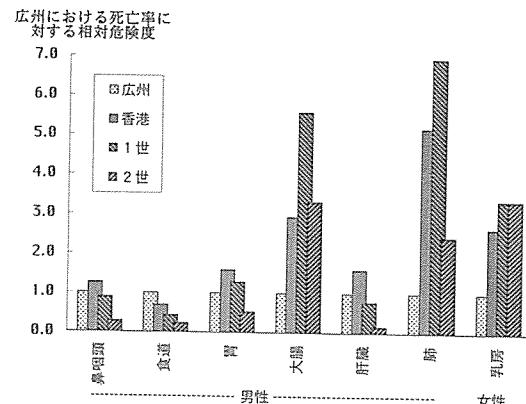


図4 居住地域の異なる中国人4集団における年齢調整済がん死亡率の比較。1世、2世はそれぞれ在米1世および2世を示す。調査年度：広州，1973-75年；香港，1969-73年；在米1世および2世，1968-72年。(文献8より改変引用)

手法である。同時に高度な統計学的手法とデータ処理技術を要する。循環器疾患だけでなく、がんも含めた栄養との関連を調べるために大がかりな追跡調査のための基礎研究に着手しようというところである。

ところで、われわれが行った血圧に関する研究と同じように、がんでも生活要因がおおきな影響を及ぼしていることが示唆されている。たとえば、中国本土、香港、アメリカ合衆国に在住する中国人のがん死亡率を比較すると、それぞのあいだで大きな違いが認められる(図4)⁸⁾。日本人でも類似の傾向が認められている。遺伝子治療の開発が進んでいる現在、とかく遺伝で話が片づけられやすいが、生活の違いで罹るがんも変わるのである。一日でも早く日本人の生活習慣とがんとの関連をより詳細に解明し、その結果が世界中のがん予防に実践される日が来ることを夢にみている。

8. おわりに

資源工学科探査工学教室で学んだことを直接には生かせなかつたが、工学的発想法と「探査する心」は疫学者として現在おおいに役立っていると日々実感している。わが国ではひとつの学問分野を深く掘り下げるが、学問領域の壁を越えた柔軟でダイナミックな発想が西洋では尊ばれる。その意味で、ルーベン大学から博士号を授与されたときに学部長からいただいたことばを京大への感謝のことばとしたい。

「工学と医学というふたつ学問領域を修められたひとに本学が博士号を授与できることを大学としてたいへん名誉なことと感じています。」

文 献

- 1) Kesteloot H. Review: Nutrition and health. *Eur Heart J* 1992; 13: 120-8.
- 2) Sasaki S. On the relationship between fat intake and population health : an ecological approach. Thesis, University of Leuven, Leuven, 1994.
- 3) MacMahon S, Peto R, Cutler J, et al. Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. Part I, prolonged differences in blood pressure: prospective observational studies corrected for the regression dilution bias. *Lancet* 1990; 335: 765-74.
- 4) 佐々木敏他. ミクロニュートリエント(ミネラル)摂取量と血圧値. *血圧* 1995; 2: 494-500.
- 5) Mancilha Carvalho JJ, Baruzzi RG, Howard PF, et al. Blood pressure in four remote populations in the INTERSALT Study. *Hypertension* 1989; 14: 238-46.
- 6) INTERSALT Co-operative Research Group. Special issue - INTERSALT appendix tables. Center-specific results by age and sex. *J Hum Hypertens* 1989; 3: 331-407.
- 7) Sasaki S, Zhang XH, Kesteloot H. Dietary sodium, potassium, saturated fat, alcohol and stroke mortality. *Stroke* 1995; 26: 783-9.
- 8) King H, Li JY, Locke FB, et al. Patterns of site-specific displacement in cancer mortality among migrants: the Chinese in the United States. *Am J Public Health* 1985; 75: 237-242.

談話室

“水曜会”の名前の由来 —おやつの思い出からの推測

和邇 博*

The Origin of the Name of “Suiyōkai”
—A Guess from Childhood Memories on a Snack

by Hiroshi WANI

“水曜会”という名前には古い歴史があり、会報も古くから発行されていることは会員諸兄はよくご存じとは思うが、「水曜会」という名前の由来”については今までの会誌では紹介された記憶はない。そこで、私の知る一端を紹介することは、何らかの参考になるかと思うし、これを機会に関連記事を投稿願えれば「談話室」も賑やかになるのではないかと思う。

私の父は昭和1桁の頃、採鉱冶金学教室の渡辺俊雄教授のもとで非鉄冶金講座の助教授をしていた。渡辺先生は西原清廉教授の岳父に当たるが、西原清廉先生についてもそのお名前をご存じない新しい会員の方も多いようであり、それほど古い昔の話を持ち出したい。

当時、父は「水曜会誌」や「採鉱冶金月報」などの編集にかなりの時間をさいていた記憶がある。今も「水曜会誌」の最後に、「印刷者 小林積造」と書かれているが、小林積造氏には当時から父も何かとお世話になっていた記憶がある。

それはさておき、当時私は小学校の低学年で、熊野神社に近い第一錦林小学校に通っていた。当時の家は今も住んでいる吉田山の東側の神楽岡町で、ここから錦林校へは下り坂で登校は楽であるが、神楽坂を登っての帰宅は、低学年の児童にとってはかなり重荷であった。しかし、木曜日の帰宅はなんとなく足が弾んだ。というのは木曜日に家に帰ると、和菓子のおやつが待っていたからである。そのお菓子は、父が水曜日の晩に大学より持つて帰ってくれた残り物であった。母の説明によると「水曜日には大学で勉強会があって、その席上でお茶とお菓子1箱が出るが、お父さんは甘いお菓子はあまり好

きではないので、1つぐらい食べて、残りをそのまま持つて帰ってきてくださるのだ」、「渡辺先生は甘党でお酒を召し上がらないので、勉強会には必ずお菓子が出るのだ」ということであった。

そのお菓子も今も立派にやっている百万遍のかぎや製で、今と同じように白い四角の箱に4~5個の饅頭や羊羹などの和菓子が入っていた。戦前には、小学校では四大節（祝日）には校章入りの紅白2個の饅頭が渡され、それを楽しみに式に参列したものだが、年に4回としても合計8個にすぎない。それに比べて、大学では毎週お菓子が5つも出るとはすばらしいことだと、僕は幼な心に“大学とはよいところだなあ”とあこがれたものだ。

このように、少なくとも昭和1桁の時代には毎週水曜日に（講座毎に？）研究会か談話会が開かれ、お茶とお菓子を前にして、教授を囲んで研究成果を討議しておられたようである。当時のメンバーにとっては“いやな水曜日”だったかもしれないが、現在の会議や委員会に追われている管理職から見れば、古いよき時代であったのだなあ、これが水曜会となった由来であり、原典であったのだろうと私は受け止めています。

なお、“辛党の教授の講座では何が出たのだろうか”と今でも疑問に残っている次第です。

*松下コンサルティング(株)
(昭和22年・鉱山卒)

会 報

特別名誉会員 若松貴英先生は停年退官された。



若松貴英先生の御歴歴

昭和30年 3月	京都大学工学部鉱山学科卒業
昭和33年 3月	京都大学大学院工学研究科鉱山学専攻 修士課程修了
昭和35年 1月	京都大学工学部助手
昭和39年12月	京都大学工学部助教授
昭和55年 4月	京都大学工学部教授
平成 7年 3月	京都大学停年退官
平成 7年 4月	京都大学名誉教授

名城大学都市情報学部教授

この間、資源処理学会会長、資源・素材学会理事、関西支部長、エネルギー・資源学会常任理事、粉体工学会常任委員、日本学術会議資源開発工学研究連絡委員、文部省学術審議会専門委員、通産省中部・近畿鉱山保安協議会委員などを歴任、資源・素材学会論文賞（平成6年）受賞。

若松貴英先生の定年ご退官によせて

中廣吉孝

若松貴英先生は昭和30年3月京都大学工学部鉱山学科を御卒業になり、同大学院修士、博士課程を経て、同35年1月京都大学工学部助手に任用され、鉱山学第5講座（現精製工学講座）に所属し、教育・研究に携わりました。昭和39年4月鉱山学科は資源工学科に改組し、鉱山学第5講座は資源精製工学講座と名称変更しました。先

生は昭和39年12月に助教授に昇任、さらに同55年4月に教授に昇任され資源精製工学講座を担任されました。同講座は昭和61年に教育・研究内容をさらに充実すべく精製工学講座と改称され、同講座を担任してこられました。また、平成3年4月工学研究科環境地球工学専攻の設立に伴い、同専攻の資源循環工学講座（協力講座）の担任もされてこられました。

精製工学講座は、選鉱、選炭技術、湿式冶金技術も含めた資源処理工学に関する技術者・研究者を養成するこ

とを目的としております。先生は着実に講座運営を実施され、研究の進展をはかり、多くの有能な人材の育成に寄与されました。平成7年3月をもって定年となられ、京都大学名誉教授の称号が授与されました。

この間、教官として35年余りの長きにわたり、教育・研究に関する指導のほか、学内においては東南アジア研究センター協議委員会委員を始めとして各種委員会委員として京都大学の運営に貢献されました。学外においては、資源処理学会会長、資源・素材学会の関西支部長や理事、エネルギー・資源学会の常任理事、粉体工学会の常任委員を務めるなど学会の発展に寄与してこられました。

さらに、日本学術会議資源開発工学研究連絡委員、文部省学術審議会専門委員、日本学術振興会の流動研究等審議会専門委員および特別研究員審査会専門委員などを務められ、学術行政に尽力されました。また、通商産業省中部・近畿鉱山保全協議会委員、石炭協会選炭協議会協議委員、金属鉱業事業団深海底鉱物資源有用金属回収技術開発委員会委員などを務め、資源行政の面でも多大な貢献をされました。

若松先生の御研究は、粉碎あるいは溶液反応を利用した超微粉体の生成、微粉化に伴う固相の物性変化に関する研究など粉体工学に関する研究、および浮選を含めた資源精製工学の分野における基礎的研究から、その応用技術の開発まで幅広い分野にわたっております。

硫化鉱物の浮選に関する基礎的研究としては、界面反応の研究に種々の長所を有している水銀を使用し、水銀に対する浮選剤の反応機構を電気化学的に検討し、その結果から浮選剤の反応を考察し、ついで天然鉱物についても検討し、浮遊選鉱における捕收および抑制現象の機構を明らかにし、多くの重要な知見を見出しております。これらの研究の成果は「浮選における硫化鉱物の捕收および抑制に関する基礎的研究」と題する工学博士の学位論文にまとめられております。

先生は、浮遊選鉱法における浮選現象の基本反応である捕收剤と鉱物表面の吸着反応の基礎研究を通じ、浮選分離の理論体系を確立してこられました。また、複雑硫化鉱および酸化鉱など従来浮選分離が困難とされてきた難処理鉱にキレート試薬を適用する新しい処理法を開発されました。さらに、石英・長石の浮選分離、微粒石炭の脱灰分に関する研究、鉱工業廃水処理に関する研究、マンガンノジュールの処理に関する研究のほか、希有金属を含む鉱石およびスクラップから選鉱技術、湿式冶金技術を駆使して希有金属を回収する研究などにも取り組まれてこられました。これらの研究成果は今日の資源処理に関する諸分野に広く利用されております。

先生は国際共同研究も熱心に推進されました。インド

ネシア国のインドネシア科学院 (LIPI) 傘下の2研究部門、すなわち冶金工学研究開発センター(昭和55年より)および地質工学研究開発センター(昭和59年より)と共同研究を実施してこられました。この国際共同研究は日本学術振興会の開発途上国援助事業の一環として行われ、インドネシア産複雑硫化鉱の浸出-浮選法の研究、低品位ニッケルラテライト鉱の処理、希有金属鉱物の分離回収、金・銀鉱および低品位銅鉱の浸出に関する研究など、幅広い研究を通じてインドネシア共同研究者の育成に尽力されました。

以上のように、先生は鉱山学および資源工学のみならず、環境地球工学などの関連する分野においても研究を推進され、その成果は内外で高い評価を受けておられます。このような研究により、資源・素材学会論文賞を受けておられます。

若松先生、35年にも及び長い間、教室のために御尽力頂きまして誠に有難うございました。引き続き教育機関にお務めと承っておりますが、今後とも健康に留意され、新しい環境で御活躍されることをお祈りいたします。また、教室の先輩として従来通り、御指導、御鞭撻賜りますようお願い申し上げます。

(京都大学教授、資源工学教室、昭和32年卒)

若松貴英先生のご退官によせて

寺田 孝

若松先生との初めての出会いは40年以上も昔のことです。私が鉱山学教室の助手に採用されたばかりの頃であったと思います。当時、京都大学は旧制度から新制度に変わったばかりで、先生は新制度第3回の学生として入学されました。そして4回生の時、平松研究室に配属されて卒業論文をお書きになりました。故岡行俊先生の指導で光弾性利用の岩盤応力計の試作研究をされまして、俗にガラス玉といわれるセンサーがいまも2・3の鉱山の坑内に埋設されています。私も平松研究室にいましたので、先生の学生時代のことはよく知っています。

私が伊藤研究室に移りましてから、若松先生も向井研究室に助手として移られまして、私は採鉱学、先生は選鉱学と、資源工学教室に改組されましてからは、それぞれ開発工学および精製工学と異った分野を対象として、同じ教室の教育・研究に携わってまいりました。

私は平成4年3月京都大学を停年退官しましてからは、名城大学に迎えられまして、教授として新学部設置に関する仕事に携わってまいりました。そして、本年4月都市情報学部を開設することができました。本学部はわが国では例を見ることができない新しい学部であります。

今日、政治や経済の中心が東京に集中し、社会構造にひずみが生じる結果を作っていますが、これを是正し、均衡ある国土開発を実現する地方分権を考える時、その受皿となる地方都市の機能向上を急がねばなりません。また、情報化、国際化が進展する今日、21世紀の老齢社会の都市づくりに役立つ人材の養成が急務で、これらに関する教育・研究を目的として都市情報学部を設置したわけです。

教育内容は経済学、行政学、地域学、環境学など都市に係わる専門知識を総合し、近年発達してきた情報処理の手法を応用して複雑多岐にわたる都市問題を迅速に解決する基礎能力を修得させるものであります。

豊かで活力があり、しかも安全な都市を創造するため役立つ人材には、環境問題を克服するための知識と能力がより利便性や快適性を目指す都市整備の前提条件として必要なことであります。

若松先生は資源のリサイクルが地球環境の保全に大きな効果をあげることに注目され、先生の得意とされる選鉱学や精製工学を応用され、素材の再利用や資源循環に関する研究に業績をあげてこられました。

都市で生活する人間にとりまして、より利便性や快適性のある都市に整備することは願望ではありますが、その環境が自然と調和していることが特に重要であります。このような見地から本学部の教員として、先生は最適任であると考えまして、ご退官後、引き続いて教授としてきて頂くことにしたわけです。

いま、1年生258名しか在学していない本学部では、先生にも学部運営に係わるいろいろな仕事に携わって頂いていますが、ウィークデイは名古屋市西区のマンションから通って頂き、土・日曜日は京都のご自宅に戻られるという単身赴任生活を余儀なくして頂いています。

広くて真新しい可児市にある都市情報学部のキャンパスでは、学生の人影はまばらで非常に静かですが、食堂や体育館などの大学施設とりわけ情報処理の最新設備が完備されています。若松先生の研究室を覗いてみると、パーソナルコンピュータを自ら操作して研究に熱中されておられるお姿が見受けられます。長年お勤め頂いた京都大学の生活とは、また違った全く新しい雰囲気を楽しんでおられるものと思っています。

ご退官にあたりまして、先生の輝かしい教育・研究業績と工業の発展に寄与されてこられましたご功績に深く敬意を捧げますと共に、健康に十分気をつけ下さいまして、名城大学での教育・研究に成果をあげて頂きますようご精進をお願い致します。

(名城大学教授、都市情報学部長、昭和27年卒)

若松貴英先生のご退官に寄せて

四元 弘毅

学生時代の恩師としての若松先生は、気さくで辛抱強い良き指導者でいらっしゃいました。精製学研究室を選んだ同期は私を含めて7人いたのですが、図学を取らなくていいからとか、研究室紹介の時の「木の葉を沈めて石を浮かす」というフレーズが、何か胡散臭くて面白そうだったからとか、いい加減に選択した学生ばかりでした。それを根気よく指導されて、卒業する時には「京都の選鉱を出た」とまがりなりにも胸を張れるまでに鍛え上げて下さったのは、ひとえに若松先生のご忍耐のなせる技です。当時、はやり始めたカラオケスナックにも皆で良く連れて行っていました。先生のフランク永井に負けじと、ピンクレディーで対抗したのが思い出されます。

卒業後は様々な学会活動を通じて若松先生にご指導いただきました。資源・素材学会では、先生が委員長をされた研究委員会に3期9年間参加させていただき、また先生が始められた部門委員会にも加わって勉強させていただきました。先生は、わが国の選鉱・鉱物処理はどうあるべきか、その研究はいかに行うべきかを常に問い合わせ、分野全体の活性化に積極的に取り組んで来られました。学生時代には、先生のこのようなご熱意やご構想は伺い知ることが出来ず、社会人になってあらためて知られ、深く感銘したのを覚えております。この研究委員会や部門委員会には、若松先生と志を同じくする大学の先生方や、現場を抱えた企業の方々などが多く参加され、私たちにとって重要な情報交換の場となっています。

さて、若松先生で忘れてならないのは、「国際化」というキーワードです。私が学生であった当時からも、先生はインドネシアとの研究協力をはじめ、留学生の受け入れなどを積極的に行って来られました。そのおかげで、東南アジアの鉱業関係者の間では「ドクターフカマツ」はちょっとした有名人でいらっしゃいます。私どもの職場でも海外からの来訪者は年々多くなっているのですが、東南アジアからの来訪者には、若松先生のお名前を挙げることでコミュニケーションがスムーズに行くことがあります。また、若松先生は、若い頃米国に留学され、Dr. Fuerstenauのもとで研究されました。その際のご研究は、酸化鉱物へ吸着するアミンのヘミ・ミセル理論として有名であり、現在、米国のさる大学で使用している教科書にも若松先生のお名前が出て来ます。それから、先生が留学された当時の Fuerstenau門下生はそうそうたるメンバーで、現在では米国の大学・鉱業界の重要なポジションを占めています。一度、国際会議で偶然会った米国エネルギー省の人と話をしているうちに、

その人が Fuerstenau 門下で若松先生とは机を並べて勉強した仲だったと判り、私が先生の教え子だということで、その後色々便宜を図ってもらつたこともありました。

こうして、学生時代はやさしい恩師として、また卒業後は私ども鉱物処理に関わる者のリーダーとして、ご指導いただいた若松先生のご退官にあたり、あらためて月日のたつことの早さを実感しております。幸い、先生は名城大学にて資源と環境の研究を続けられるとのことですので、先生の益々のご健康をお祈りしますとともに、今後とも、私ども門下生をご指導ご鞭撻下さいますようお願い申し上げます。

(工業技術院資源環境技術総合研究所、昭和 54 年卒)

若松貴英先生のご退官に寄せて

新苗正和

若松先生と初めて個人的にお話したのは、私が 3 回生の時、講座配属の希望調査が行われた頃がありました。ご存じのように、資源工学科は学科内学科的なところがあり、各講座で研究内容が大きく異なっており、どの講座で研究するかということは、将来の進路にもかかわってくる訳です。また、講義だけでは各講座で現在どのような研究を進めているのかはっきり分かりません。そこで、ある日、先生が担当しておられた資源精製学講座(現、精製工学講座)の研究内容をお聞きしに、先生の研究室をお訪ねし話をしたのが最初でした。予約なしのいきなりの訪問でしたが、先生は気持ちよく応じて下さり、熱心に現在講座で行っている研究の内容や卒業生の進路状況などをご説明した下さいました。特に、浮選法の重要性について熱心にお話しして下さり、講義を通してではなく、先生と直接お話しすることによって今まで漠然としていた浮選法を初めとする分離技術に対する興味が強くなり、先生の研究室で研究することを選んだ次第です。

先生は温厚なお人柄で、学生に対しても常に紳士的に接せられ、学生を叱責するということはありませんでした。これは、先生が学生を一人前の大人として認めて接しておられたためだと思います。先生は、研究は個人の発想を大事にされ、自由な研究を許されておられましたが、卒論や修論の中間発表会では、学生一人一人に適切なアドバイスを与えられ、研究の指針を示されるのが常であ

りました。先生とは何度か国際会議にご一緒させていただきましたが、行く先々で海外の多くのの方々と親しくされているご様子を拝見し、先生の業績を通しての交友関係だけでなく、人との繋がりを大事にされる先生のお人柄の一端を垣間見た気が致しました。また、日本から参加された方をホテルの自室に招待されて、皆と親睦を深めるというように、常に人の和を大事にされておられました。先生は、毎日夜遅くまで研究室に残られて仕事をされておられましたが、平日だけでなく休日も大学に来られて仕事をするという生活を退官されるまで続けておられました。仕事量が多いというだけでなく、仕事に対する情熱というものには学ぶところが多いように思います。

研究や大学の仕事という面以外では、先生は大変な酒豪であられましたが、決して飲み過ぎてはめを外すということではなく、常に毅然としておられました。研究室のコンパでは、普段あまり学生と直接に話をする機会がないこともあり、先生自らが話題を提供して学生との会話を楽しんでおられるという風がありました。また、私が夜研究室におりますと、ひょいと私の部屋に顔を出されて、「軽く一杯飲むか」といった具合で、先生の部屋で二人で酒を飲むということもあります。お酒を飲みながら楽しい一時を過ごさせていただいたことが懐かしく思われます。また、先生は助教授の頃、よく学生を連れてボーリングをされたそうですが、教授になられた私が学生の頃にはもうボーリングはやっておられませんでした。しかし、退官される数年前から年に一度、その春卒業する学生とボーリングをされるようになります。卒業生もそれを楽しみにしており、春になるとボーリングが学生の間で話題になっておりました。退官の今春は、私ども教官も含めた研究室ボーリング大会を自ら企画され、先生も学生と混じってスコアーを競われ、楽しい一日を過ごさせて頂きました。

先生は、京都大学は退官されましたが、名城大学都市情報学部という新天地で現役の教授として教鞭をとっておられます。今春創設されたばかりの新しい学部であり、毎日を忙しく送っておられるとのことですが、ご健康新に気を付けて、益々ご活躍されることを心よりお祈り申し上げます。

(京都大学助手、資源工学教室、昭和 58 年卒)

特別名誉会員 一瀬英爾先生は停年退官された。



一瀬英爾先生の御略歴

昭和32年 3月	京都大学工学部冶金学科卒業
昭和34年 3月	京都大学大学院博士前期課程修了
昭和37年 3月	京都大学大学院博士後期課程単位取得 退学
昭和37年 4月	京都大学工学部助手
昭和42年 4月	京都大学工学部助教授
昭和59年 2月	京都大学工学部教授
平成 7年 3月	京都大学停年退官

平成 7年 4月 京都大学名誉教授

この間、日本鉄鋼協会理事、評議員、関西支部長、日本金属学会評議員、関西支部長、日本学術振興会製鋼第19委員会委員、製銑第54委員会委員などを歴任、日本鉄鋼協会西山記念技術賞（昭和 56 年）、日本金属学会谷川ハリス賞（平成 7 年）受賞。

一瀬英爾先生のご退官によせて

小野勝敏

鉄鋼製錬の学術的研究すなわち鉄冶金学は、欧米の Richardson, Schenck, Chipmann, Darker などが主体となって溶融鉄に関する熱力学的な体系化を行ったことに刺激されて、日本においても戦後は平衡論を基礎とする冶金熱力学が大学における鉄冶金研究の主流となってきた。京都大学においても澤村 宏、盛 利貞、一瀬英爾歴代鉄冶金学講座の教授はメタルラスラグ平衡、気相-メタル平衡系の実験を行ない、溶鉄中成分の活量を測定された。これらの実験は 1600°C 近傍の高温における融体を取り扱うものであるから、高温気圧にある装置の構

成は困難を極め、論文にして一行にもならない事象で一年を棒に振ってしまうこともしばしばである。また平衡論的熱力学諸量を求めるのであるから、Gibbs の相律により規定された系構成で測定を行えば、誰が何時、何処で行おうと本来同じ数値が求められなければならない。世界中でこのような実験が行われて発表され、次にまたより精度の高い数値が提出されるなど、研究者の名前は後世に残る関係上、論文発表は神経質にならざるを得ないのである。したがって戦後 50 年このような研究内容を主流とする鉄冶金の研究者の人格は忍耐力があり誠実でなければならなかつた。

私が親しくお付き合いいたいたい盛、一瀬教授はまさにこのようなお方であったとしみじみ思う。両先生が提

出された溶鉄に関する熱力学的数値は推奨値とて数多く出版され世界中で永久に保存される。一方、鉄冶金研究を取り巻く環境も最近次第に変化してきているように思われる。鉄鋼生産の能率化、高品質化の要請により、速度論が重要視され、製鋼関係では酸素、窒素、炭素の極低下と非金属介在物の制御の問題を残して、平衡論的なアプローチは次第に興味が薄れてきているように感じられる。一瀬先生には失礼な言い方かも知れないが、この変換期に停年になられたことにより、ますます先生のお人柄が輝いて見えるような気がするのである。

一瀬先生は鋼の誘導溶解、レビテーション溶解に職人的な技量を持っておられる。これは論文にいちいち書かないものであるから知る人ぞ知るで、一緒に作業をやらない限りわからないことである。幸い私はとくに昨年この作業で手をとり足をとりご指導いただく機会を得ている。一年間近くまさに寝食を共にしていただいた感じがして今懐しさで一杯である。私は弟子の立場で築炉と本溶解で汗と埃にまみれた一年間を過ごしたので、最終の溶解が終わったときの感慨は忘れることができない。

一瀬先生の最終の年は鉄鋼各社のリストラが急激に進行し始め、学生の就職にも不安が漂い始めた。先生の発案により私も同行し、一週間各本社の人事を歴訪してこの件で懇談する機会をつくられた。何かと忙しくまた次の年には退官される身でありながら、学生の採用にたいする配慮を要請された責任感と温情にも敬服した次第である。

一瀬先生は引き続き、製鉄、製鋼における冶金熱力学の体系化を完結すべく精力的に仕事をしておられる。

(京都大学教授、エネルギー応用工学専攻、昭和36年卒)

一瀬先生と金属学実験『鋼の製錬』

岩瀬正則

一瀬先生に始めてお目にかかったのは、3回生の学生実験『鋼の製錬』の時であったと思いますが、気さくに我々と話をしながら分りやすく説明され、たいへん楽しい実験であったと記憶しております。

『鋼の製錬』というテーマの学生実験は、Fe-C-Si-Mn合金を高周波誘導溶解炉で溶解し、純酸素を石英管ランプで吹きつけてC, Si, Mnを除去するというもので、3回生にとっては、1600°Cの溶鋼を目の当たりにするだけでも『スゴイ!』の一語に尽きます。

おまけに酸素吹鍊が始まると、溶鋼から激しい火花がバチバチと上がり、溶鋼の飛沫があたり一面に飛散り……と、3回生にとっては、なんとも『すさまじい』ものでした。しかも酸素吹鍊中に溶鋼をサンプリングし、C, Si, Mnの分析までやってしまいます。転炉製鋼を3回生で

やっていたわけです。

実験は、大学で扱うには相当大掛かりなもので、3回生配当科目『金属学実験』の日程のほぼ1/4を占めていたように記憶しております。

学生には強烈な印象を与えました。いまだに金属学実験と言えば『鋼の製錬だけが印象に残っている』という卒業生が多いでしょう。

この実験を企画されたのが一瀬先生で、小生が3回生の頃には、この実験が始ってからすでに5,6年を経ていたように思います。

『純酸素酸素製鋼法』を学生実験で取上げたのは、一瀬先生が、恐らく世界で最初でしょう。種々の学会などでもたびたび紹介されました。東大や東工大でも、その後、学生実験として取入れられるようになったと聞いております。一瀬先生の先見の明に感嘆するしだいです。

一瀬先生が、この実験を企画された当時、高周波誘導溶解炉は講座研究費の数年分に相当するほど高価な装置であり(今でもかなり高価であるが…), そういう高価な装置を3回生の学生実験用として購入するについては、当時助教授であった一瀬先生が相当ご尽力されたと聞いております。

小生も、その後、助手として、この実験に参加するようになりましたが、高周波誘導炉は高価なわりには故障しやすく、学生実験の最中に突然言うことをきかなくなるなど、『助手泣かせ』のシロモノで、たびたび一瀬先生に『ご診断』をお願いしたものです。先生は、たちどころに故障箇所を発見されて、その場で修理を終えられ、スタッフ一同を驚かされました。

その後、昭和60年代まで、約25年にわたって、京大金属系における最重要実験科目として存続したわけですが、老朽化した高周波発振機を買い代える予算が取れず、ついに『鋼の製錬』は、金属学実験から姿を消してしまうことになります。

しかしながら、『この実験で鉄の面白さを知った』という卒業生も多く、この実験でお目にかかった一瀬先生を慕って鉄冶金研究室を志望する学生も多数に上り、かく言う小生もその1人です。

『鋼の製錬』を記憶している卒業生は非常に多いと思いますが、この実験を企画し、学生実験向けにアレンジされたのが一瀬先生であること、あの感動的な実験の影で一瀬先生がたいへんご尽力をなさっていたことを知る人は少ないようです。

幸い、小生は、一瀬先生のもとで長きにわたって御指導を受ける機会に恵まれたわけですが、その最初の御指導が『鋼の製錬』であったことを思うと、御退官にあたり、あらためて御礼申上げたいと存じます。

(京都大学助教授、エネルギー応用工学専攻、昭和46年卒)

一瀬英爾先生の御退官に寄せて

上島 良之

一瀬先生には、私と家内両方が4回生から大学院在学中に直接ご指導頂くことができました。研究のイロハから学問の意味、人間としての生き方まで教えて頂きました。そこで、私なりに、先生のお人柄について思い出されるままに書かせて頂くことに致します。

先生に初めてお目にかかったのは、昭和51年3月で4回生の研究室配属のためのオリエンテーションで、研究室の紹介をして頂いた時でした。教壇に立たれた先生は、実験用の作業ズボンに腰手拭いで、黒板を使ってゆっくり分かりやすくお話になる学究的なお姿に強く印象づけられました。

実際に、鉄冶金学研究室に配属された後、幸いにも、先生にご指導頂くことができました。卒業研究のスタートと平行して、鉄冶金のベースになる化学熱力学をマスターすべく、研究室の同級生3名と、Swalinの化学熱力学のテキストの輪読会と熱力学の演習会を先生にお願いしたところ、その場で快諾頂きました。即開始して、週1回のペースで夏休みまで4ヶ月余り、当時1階に構えておられた先生の居室に押し掛け、ご指導頂きました。ある程度進めていったところで、通り一遍の理解では首尾一貫せず、今迄納得していたつもりのことにも自信が無くなることがありました。小さなことでも質問しますと、先生は「ちょっと待ってや。」とおっしゃり、真剣な表情でしばらく黙って考えられます。暫くして「わかった！そうか！こういう風に考えたらいいんや」と、黒板を使って説明していただけます。非常に謙虚で、且つ合理的に説明できる喜びに満ちた先生のお姿に、我々一同、大いに触発され、一期一会の精神で、とことん全力投球する尊さを学ぶことができました。先生との議論が進むにつれて、それまで知らなかったコンセプトを理解して自分で使えるようになり、輪読会の度に、階段を上って、未知の扉を次々開けていく思いが致しました。

先生のご指導のお陰で、4名全員大学院の試験に合格、いよいよ、秋から卒業研究に馬力を掛けることになりました。実験を進めていくにつれて、最初の予想と違う結果も出て参ります。このときも先生は「これは、面白い結果やね。なんでやろ？」とおっしゃり、最初から断定的なことはおっしゃりません。一つ一つ実験条件と手順と結果を聞いた上で、ご自分の仮説を説明されます。最初は、実験に何か不備があったかと思い不安な気持ちでしたが、先生が自分と同じ目線の高さで、対等に議論して頂いたお陰で、物の考え方、議論の進め方が身に付けられたと感謝致しております。

先生のご自宅に講座の同級生、後輩と何度かお招き頂

いたことがありました。当時、中学生と小学生であられたお嬢様お二人にお話されるときの先生のご様子は、ひときわ和やかになられ、暖かいご家庭を大事にされていることが良くわかりました。先生の中国でのご体験は、波瀾万丈で、時を過ぎるのも忘れて、聞き入ったことを覚えております。先生は常にどこか大陸的な物事に動じない自然体の雰囲気をお持ちですが、その理由がその時、納得できたように思えました。

先生から、私が卒業する時に「これから君はいろんな人と仕事をするようになる。周りの人が変わっても『君の周りは君の“雰囲気”ができる』のやから、そう思ってしっかりやつたらいい。」とアドバイスを頂きました。これは、座右の銘として一番大事に考えており、また後輩には伝えていきたく存じております。

先生には、今後とも、我々卒業生をご指導ご鞭撻頂けることを心から願っております。お身体には十分気を付けられ、益々のご多幸あらんことをお祈り致しております。

(新日本製鐵(株)、昭和52年卒)

一瀬英爾先生の御退官に寄せて

藤原 弘康

私は昭和60年学部4回生として旧鉄冶金研究室に配属されて以来、学生、院生、助手と一緒に一瀬研究室に在籍し、この間10年、一瀬先生の御指導のもと研究にとり組ませて頂きました。特に私が研究室のスタッフの一員として勤務した数年間においては、日々の研究活動の詳細にいたるまで多くの御助言を賜りました。先生との研究活動を通じて特に強く感じたことは、ともに研究に携わる人間に対しての誠実さ、寛容さがありました。先生には隔週に1回の割合で学生諸君を交えて研究の進行を確認、討論して頂きました。今、この時の状況を振り返ると、私は時として無茶な計画を進め、わがままな提案をし、また強引に自説を述べることも多かつただろうと思います。結局は先生の言によらざるを得なかつたことであっても、終始、暖かく適切に指導して頂きました。今更ながら、先生のこの寛大な心に深く感謝するとともに、永年にわたり個性的なスタッフ・学生達をまとめて研究室を運営されたことに、頭が下がる思いがいたします。また、私が学生・院生であった頃、何度も研究室の学生一同で先生の御自宅に招待して頂いたことがありました。むさ苦しい輩が押し掛けてさぞや御迷惑だったと思います。にもかかわらず、奥様、お嬢様方の手料理をごちそうになり、賑やかで愉快な時間を過ごさせて頂きました。先生のこのようなお姿には、いかなる分野でしろ共同作業を行うときには相互の信頼が不可欠

だということを教えた頂いたような気がします。先生は酒や煙草を嗜まれないせいか、ジェントルなお見掛けによらず、スポーツがお好きなようでした。水曜会の新入生歓迎比叡山競走に参加した時のこと、その途上で私が先生と並走する場面がありました。先生は“構わず先に行ってください”とおっしゃられましたが、私はすでに体力の限界で、年齢ハンディーを考慮するまでもなく、先生に遅れること数10分でゴールにたどりつきました。このときは先生の健脚ぶりに脱帽させられました。また、ここ2、3年、先生とはしばしばゴルフを御一緒させて頂いており、先生の御退官にあたっても教室有志でフェアウェルコンペを開催いたしました。その折り

のこと、最長老である先生がドラコン賞を獲得され、正直申しまして驚かされました。先生とはネットでいい勝負(?)ですが、またの機会でも比叡山競走の二の舞にならぬように頑張らないとな。と思っています。

取り留めもなく先生の思い出を書き連ねましたが、現在までも気さくにお付き合いさせて頂けるのも、先生のお人柄ゆえであり、心より感謝しております。末筆ながら、一瀬先生の益々の御健康と御活躍をお祈りするとともに、今までと変わらず我々後進をご指導くださるようお願い申し上げます。

(京都大学助手、エネルギー応用工学専攻、昭和61年卒)

平成 7 年度 水曜会大会

●日 時 平成 7 年 6 月 17 日 (土)

●会 場 京都大学工学部資源工学教室、旧金属系教室および京大会館

平成 7 年度水曜会大会は、6 月 17 日 (土) 資源工学教室、旧金属系教室並びに京大会館において、会員約 60 名の参加のもとに開催された。

午前中は研究室紹介が行われ、午後から会場を京大会館に移し、懇親会、記念撮影、総会、特別講演が行われた。

懇親会は、101 号室にてハ田教授の司会のもとに開かれ、朝木教授の開会挨拶に引き続き、向井滋名譽教授の音頭で乾杯が行われた。なごやかな歓談のうちに会は進められ、栗倉教授から工学部改組について説明があった。

引き続いて京大会館前で記念撮影（本誌口絵に掲載）を行った後、会場を 210 号室に移し、午後 1 時 40 分から花崎教授の司会で総会が開かれた。まず朝木会長から 6 年度の事業報告、続いて菊地教授から会計報告、志賀教授から会計監査報告がなされ、いずれも承認された。次いで、一瀬、若松両名譽教授の特別名譽会員への推挙がなされ承認された。さらに、次期役員の推挙がなされ、会長に中廣教授が選出された。最後に中廣新会長の就任挨拶で総会は終了した。

特別講演会では、次の 2 つの講演会が行われた。

1. 「環境と資源」

三菱マテリアル株式会社総合研究所 生活・環境技術研究所長 高橋堅之氏（昭和 40 年資源卒）

2. 「別子銅山と環境問題」

住友金属鉱山株式会社 常任顧問 植田正明氏（昭和 28 年冶金新制卒）

これらは記念講演として本誌に掲載されているが、両講演とも非常に工夫された講演で、参加者は熱心に傾聴した。本年度水曜会大会はこの講演会終了後、午後 4 時過ぎに閉会した。



平成6年度水曜会会計報告

平成7年3月31日現在

収入	支出
前年度繰越金 11,271,149円	会誌印刷代(製版・郵送料込)
会費 4,195,842	22巻2号 1,718,891円
会誌広告掲載料(製版代込)	22巻3号 1,852,601
21巻10号(残) 44,120	印刷代(封筒他) 244,410
22巻2号 1,590,533	水曜会大会経費(平成6年5月28日) 1,027,164
22巻3号 760,750	名簿発行費 3,878,210
会誌論文別刷代 28,000	新入生歓迎会補助(比叡山登山) 226,879
名簿広告掲載料 1,684,396	編集委員会旅費 131,000
名簿 売 上 3,006,170	会誌原稿料 162,000
会誌 売 上 16,500	通信費 139,451
水曜会大会懇親会費 341,000	事務人件費 445,700
預金利息 107,114	文具、コピーマシン等 21,750
収入合計 23,045,574円	小計 9,848,056円
上記の通り会計報告致します。	
平成7年6月17日	
会計幹事 菊地宏吉	
以上の通り相違ございません。	
会計監事 志賀正幸	
次年度への繰越金 13,197,518円	
内訳 銀行普通預金 5,620,151	
定期預金 7,500,000	
郵便振替預金 55,598	
手持現金 21,769	
支出合計 23,045,574円	



会員消息

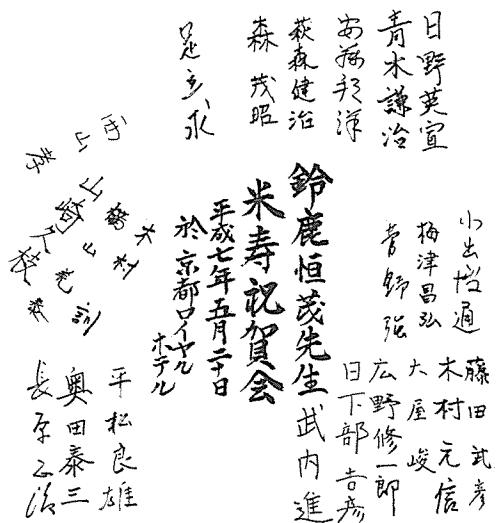
鈴鹿恒茂先生の米寿をお祝いする会

昭和45年に京都大学工学部資源工学を退官された鈴鹿恒茂先生は、今秋米寿を迎える、先生の米寿をお祝いする会が去る5月20日京都ロイヤルホテルにおいて行われた。

会には、平松良雄先生、日下部吉彦先生はじめ、講座の卒業生を中心に22名が出席した。

先生は、最近まで新生駒トンネルなどの現地調査や関西大学での講義を受け持たれ、また、奥様もご健在で御結婚60年を迎えること、一同、先生の公私にわたるご健勝に大いに祝杯をあげるとともに、在学時代の思い出に花を咲かせて、お互いの旧交を温め、和やかな雰囲気の一時を過ごした。先生を囲んでの記念撮影の後、さらに卒寿、白寿の再開を祈念して散会した。

(森 記)



**卒業50周年記念洛塵会
(昭和20年冶金学科卒同窓会)**

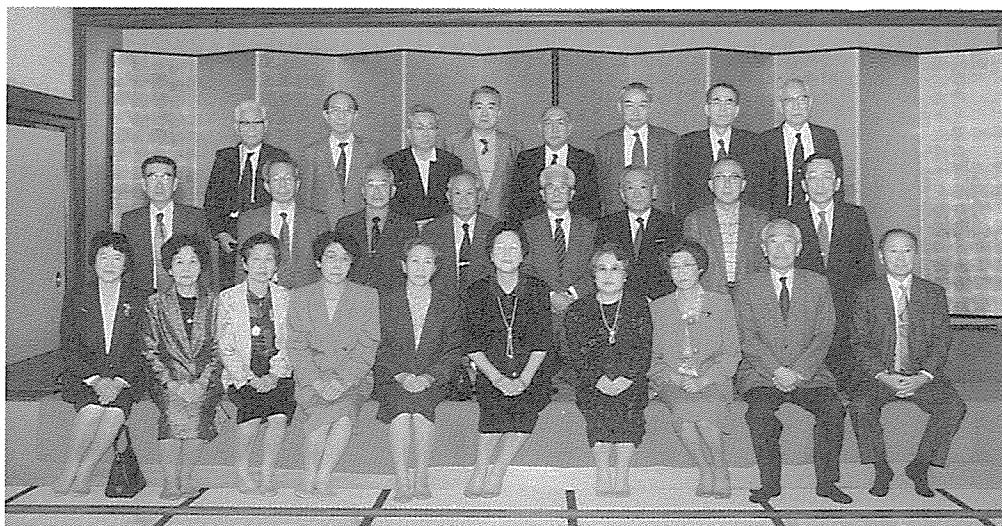
昭和17年冶金学科入学、同20年卒業の我々クラス・洛塵会は卒業50周年を迎えて記念のクラス会を開催致しました。只今生きている者26名の内、18名と夫人8名が集まりました様子は写真でご覧下さい。

旧制高校の修業年限3年が半年短縮されて、8月に大学入試があったのですが、前年京大冶金学科は志望者が定員オーバーとなる不幸せに見舞われました。試験前夜は大文字山の送り火を見ることが出来て、京都情緒を満喫致しましたが、翌日は夕立と雷で試験の最中に停電する騒ぎでした。何とか入学出来てから二回生となつてすぐに文科系の学生は徴兵延期の特典をはずされて学徒

出陣致しました。我々理科マンは何とか二年間の講義を受けることが出来ましたが、勤労動員の命で広畠製鉄所、川崎航空その他へ働きにでかけました。おかげで卒論を提出しないで学士号を頂いた唯一のクラスとなりました。敗戦の日の翌月の卒業式の後吉田山の西村先生のお宅に、就職予定の全く無い全員が集まって「田舎へ帰つて鍛冶屋でもやらねばなるまいなー」と言いながら別れたのです。

其から50年日本経済は世界第二位となる発展を遂げましたが今は又大きな変革期を迎えております。残念ながら冶金学科の呼称も無くなりました。これからは若い水曜会員の諸君のがんばりを期待して止みません。

(森本 記)



卒業50周年記念洛塵会 1995.10.21 於岡崎つる家

**京大冶金甲申会
(昭和19年冶金学科入学)**

第7回甲申会は田辺君の世話を5月31日、西伊豆土肥温泉で開催された。参加者は会員12名、会員夫人5名の他、故西原教授夫人みどり様、級友故津田精三氏夫人ゆかりさん(西原教授長女)、同じく鈴木弘氏夫人みどりさんの計20名。阪神大震災の影響もあり、その他海外旅行、体調不調等々で男性会員の出席は少なかったが、女性の参加は最多となり、華やかなムードで終始した。

当日は晴天、土肥金山見学後、海に面した大浴場で疲れを癒した後、パーティーとなった。やがて素晴らしい落日の光景が会場から観賞出来、感嘆の声が上がった。これも幹事の綿密な計算と精進によるものか。宴は学生時代の思い出話や社会での苦労話に花が咲き、夜の更け

のもの忘れ、延々と続いた。

会員総て大正っ子、飲んだ量は酒、ビール合計で男性1人当たり実に6本。酒量未だ衰えず誠に御同慶の至り。

翌日も晴天、堂ヶ島洋らんセンター、象牙美術宝庫、長八美術館を見学。何れも見栄えのあるものであった。特に洋らんセンターでは何百種という洋らんに魅せられた。全長3,400歩の全見学コースを米寿の西原教授夫人が元気に回られたのは驚きであった。最後に、土肥港より高速船で沼津着、又の再会を約して散会となつた。

(伊賀崎記)

西原教授夫人みどり様から寄せられた歌

(早春賦の讃に合はせて)

花の宴に今宵集へば杳かに過ぎし若き日なつかし
幸も愁もともにわかつて かたりあかせし炉端何處

友よ来りて杯をあげよ のぞみゆたかに青春を
歌ひあかせし日々よなつかし
春の離マガキ 今なほ君を待つ

鈴木みどりさんから寄せられた短歌
亡き夫の 友らの中に 安らぎて
海の没り日を わが見まもれり

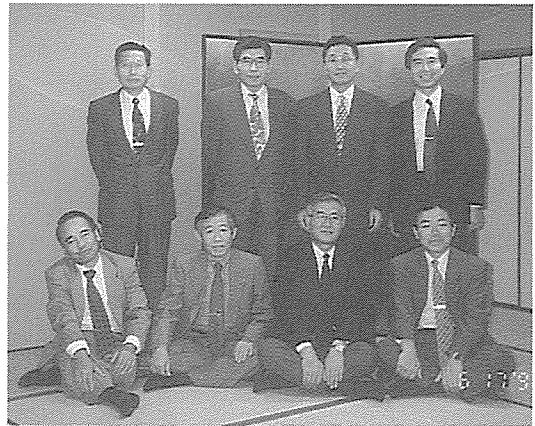


左より後列 鹿取, 大町, 田中, 沢村, 伊賀崎, 田辺
中列 中野, 荒木, 寺井, 萩野, 岸野, 上山, 萩野夫人
前列 鈴木, 田辺, 津田, 西原, 沢村, 寺井, 岸野各夫人

**三八水曜会同窓会
(昭和 38 年冶金学科卒)**

2年振りの会合を平成 7 年 6 月 17 日に京都円山公園内の新風荘で行った。今回は出席者 8 名のささやかな会ではあったが、緑に包まれた静かな古都の初夏を満喫しながらの楽しいひとときであった。尚、出席者の中には阪神・淡路大震災で被害に遭われた方々もおられ、改めて災害の恐ろしさを身近に感じ、一刻も早い復旧を念じた次第です。次回は 3 年後に卒業 35 周年記念会を開催することを決めて散会した。

(吉澤記)



前列左より三浦, 竹田, 大谷(泰), 西村
後列左より吉澤, 須江, 岩尾, 浜崎

会員通信欄

平成7年度水曜会大会はがきの通信欄に多くのご返事がありました。今年は特に阪神大震災で被災された方や知人の安否を気づかわれる方がたくさんありましたので、なるべく多くの返事を掲載いたしました。被害を受けられたみなさまには心からお見舞い申し上げます。

有田貞二郎 (採鉱, 昭9年) その後も無事消光, 御放念下さい。

松海 鉄夫 (採鉱, 昭11年) 最近体調悪く, 歩行不自由のため欠席いたします。

伊東 国男 (採鉱, 昭11年) 83才ですが元気で毎日1万歩歩いています。1昨年は弟(海兵65期)戦死の地ガダルカナルに慰靈旅行を, 昨年は昭22年まで働いていた旧満鉄撫順炭鉱を訪問しました。私は現在も撫順炭坑で石炭を掘り, 又引揚げ後, 石炭局に奉転して石炭行政にたづさわり, その後羽幌炭鉱で石炭を掘ったことを誇りに思って居ります。諸員の御健勝と御盛会を遙かに祈っています。

加藤 清 (冶金, 昭11年) とうとう傘寿を越え老化現象次々来るで少々弱って参りましたが, なんとか生きがいある余生をと頑張っております。同期の吉野政次君阪神大震災で家屋全壊, 幸い怪我もなく救出されましたがその後病気入院去る4月逝去されました。同期クラス生き残り3人と相成りましたが, いずれ全滅の日遠からずや, 今は亡き恩師, 亡き友の事なども次々思い出される昨今です。

安田 享一 (冶金, 昭12年) 昨年の12月から体調が悪く入院しております。

新持喜一郎 (冶金, 昭12年) 元気です。本年もたらや反射炉などの跡を訪れる予定です。

吉村 善次 (冶金, 昭12年) オウム教騒ぎで注目されているヨーガを昭和62年より始め約8年。それ迄悪かった体調がすっかり回復し元気に過ごしておりますが, 最近親しい友人が次々とこの世を去り, 長年続いた昭和12年卒同期会も遂に自然消滅となりました。誠に痛惜の念に耐えず寂寥の感いよいよ深し。これも長生きには絶対に避けられないマイナス点の一つと諦めるより他ありませんが。

岡田 新 (冶金, 昭13年) 病気で自宅にて療養中

持館 英康 (冶金, 昭13年) 体調不全

公莊 惟成 (採鉱, 昭13年) 御盛会を祈り上げます。体力は少し衰え始めましたが, 元気に過ごしています。世の中の変化の速さには追いつきそうにありません。

中路 武雄 (冶金, 昭14年) 小生82才余になりましたが至極健康で弁理士業務を細々と続けています。皆様によろしく。

高嶋 宏 (冶金, 昭15年) 東京水曜会にはよく出席しております。ご盛会をお祈り致します。

成瀬 一郎 (採鉱, 昭16年) 胆管手術して2年近くになり, ようやく元気になりましたので御放念下さい。会員各位のご健勝を祈ります。

河原 勢 (採冶, 昭16年) ご盛会をお祈り申し上げます。

小酒井正平 (採鉱, 昭16年) ご盛会を祈ります。大分年をとりましたが元気でやっています。

村田 信 (冶金, 昭16年) 四月に家内を亡くし, 意気が全く上がりません。

坪田 元幸 (冶金, 昭16年) 無事に過ごしておりますが足が老化で弱くなりました。

広瀬 輝夫 (冶金, 昭16年) 6月は3日から26日迄トラックパラオ島ラバールなどクルーズ船で旅をするので欠席します。

大川 静則 (採冶, 昭16年) 約1年間週3日の人工透析を続けていますが, 透析後の体調が良くありません。欠席しますがどうか皆々様によろしく。

笠原 文雄 (冶金, 昭16年) 80才を越え, お陰様で元気です。諸先輩によろしく。

久我 正芳 (採鉱, 昭16年) 果樹や鉢植えを相手に一応無事消光致しております。

尾上 良愛 (冶金, 昭17年) 家宅全壊。如何に修理するか苦慮中。

有賀 敏彦 (冶金, 昭17年) 南青山はオウム教の本部のおかげでイメージダウン甚だしく迷惑しています。すべての役職から退き元気にしていますが,

当日は出席致しかねます。

盛 利貞 (冶金, 昭 17 年) 昭和 17 年 9 月冶金学科卒業生の阪神大震災被災者は尾上良愛, 廣田実, 宮崎勢四郎の 3 君です。

小倉 一郎 (鉱山, 昭 17 年) 一応元気ですが 77 歳にもなりましたのでそろそろ退会さして下さい。

斎藤 康 (冶金, 昭 18 年) 阪神大震災にて被災, 自家は全壊 (但し倒壊せぬ様つかい棒をして目下居住。近く仮設住宅へ移転予定)。年末には新築出来次第元の所に戻る予定。

斎藤 敏夫 (鉱山, 昭 18 年) お陰様で元気に暮らしています。毎年 1 回鉱山 18 年卒の関東在住者 6 名学士会館に集い旧交を温めています。

久芳 正義 (冶金, 昭 18 年) 元気に過ごしております。御盛会をお祈り致します。

伊吹 昭男 (冶金, 昭 19 年) 特に変わりなく過ごしています。益々の御発展をお祈り申し上げます。

新開芳之助 (冶金, 昭 19 年) 田舎生活にも慣れて晴耕雨読に心掛けています。

加藤 三郎 (冶金, 昭 19 年) 今年は東京水曜会に出席出来た。

有川 正康 (冶金, 昭 19 年) 震災の被害は 0 でした (3 カ月間長男宅に避難していました)。

荒川 武二 (冶金, 昭 20 年) 卒業後 50 年今や職をはなれ、文字通り無事消光しています。とはいえば雑事は少なからず、寧る事多きを望む心境の日々です。秋の同級会を心待ちにしています。本大会の御盛会を祈ります。

塩川満洲夫 (鉱山, 昭 20 年) 専攻外の人生でした。卒業以来の交友もなく会誌内容も理解できず残念です。これも人生かと思っていますがさびしい気もします。

本原 呉朗 (冶金, 昭 20 年) 歩行不自由にて、介添え無しでは外出は叶わず、甚だ残念ですが出席致し兼ねます。悪しからずご了承下さい。

本田順太郎 (冶金, 昭 20 年) 阪神大震災で家屋全壊するも家族全員無事でした。

西原 守 (冶金, 昭 20 年) 家屋倒壊率 30% 地区の周辺部に居りましたが、地震破壊力の粗な部分に当たった為か鉄筋マンションの外壁に割れ其の他の被害がありましたが一部損壊の程度で本人、家族共に安全且つ健康でした。

近藤 良夫 (冶金, 昭 20 年) 6 月 11 日から月末までヨーロッパに出かけており、出席できません。皆様によろしくお伝え下さい。ご盛会を祈ります。

藤原 順一 (冶金, 昭 20 年) (社)高知県産業技術

バンク高知県技術者協会顧問としてボランティア活動して居ります。胃の手術、平成 4 年口腔内の手術 etc. 種々の病に悩まされています。

武中 俊三 (冶金, 昭 21 年) 相変わらず元気で若い学生相手に地質学や環境科学を教えています。

佐伯 博蔵 (鉱山, 昭 21 年) 阪神大震災で被害を受けられた方に心から御見舞い申し上げます。

山本 勝司 (冶金, 昭 22 年) 特にありません。

荒木 一 (冶金, 昭 22 年) 暮三昧。昨年暮れと今年初め小門先生と対局の機会有り、小生の 3 勝 4 敗でした。

中野 良知 (冶金, 昭 22 年) 5 月 31 日甲申会(於、西伊豆土肥温泉)で同窓の皆さんと会う予定です。

寺井 士郎 (冶金, 昭 22 年) s22 冶金卒の面々も 70 才をすぎました。年 1 回の懇談も今ではすっかり定着し本年は伊豆での会合を 5 月末行う予定です。

山崎 豊彦 (鉱山, 昭 22 年) 昭和 22 年 9 月卒業の東京在住者 (鉱山卒) は現在 13 名 (内一名は住所不明) です。昨年 11 月田村仁志君が逝去されました。又次の同級会の模様等水曜会にご連絡致します。今年は出席できません。また次年度出席したいものと思っています。

大町 良治 (冶金, 昭 22 年) 震災は家も会社も軽微でした。相談役に変わりお陰様で元気にしております。

松尾 久 (鉱山, 昭 22 年) せっかくお招き頂きましたのに失礼させて頂きます。主人は一昨年十月脳梗塞で倒れ入院してリハビリをしております。山手の方の病院でしたので地震の被害も少なく無事でした。自宅マンションは倒壊はまぬがれましたが修理ですむのか建てなおしになるのか話合い中でして永くかかると思います。平地が目立ちさびしい思いでございます。

新名 恒三 (冶金, 昭 22 年) 「年々歳々花相似、歳々年々人不同」という言葉がありますが、小生少々体調が芳しくありません。その体と付き合い乍、中学時代の友人と料金 90 円の重量級手紙を頻繁にやりとりしています。これが一仕事となっています。

岡田 明 (冶金, 昭 23 年) 冶金昭 23 年卒同窓会を毎年 10 月の第 2 金曜日に行ってています。今年は入学 50 周年記念となり、なるべく多くの級友と会いたいと思っています。関西地震に遭われた方もおられます、御見舞いいたします。水曜会の盛会をお祈りします。

安達 克己 (鉱山, 昭 23 年) 診療所の事務とゴルフに頑張っています。

石田 厳(鉱山, 昭24年)70才を区切りに一切役職を退きます。

鷹取 正六(冶金, 昭24年)元気で旭精工(㈱)に現役で勤務しています。

神保健二郎(鉱山, 昭24年)昨年12月発行の水曜会誌の消息欄に“鉱山昭和24年卒業クラス会”として紹介下さいまして有り難うございました。本年秋も同クラス会を予定しております。

小西 恒三(冶金, 昭25年)株線熱処理の顧問として主として工具鋼の焼入れ焼戻しに従事しております。

時實 正治(冶金, 昭25年)一度退職した立命大理工に特任教授ということで新大学院の院生指導に草津まで通っています。元気です。

石田 泰一(冶金, 昭25年)去る2月をもって(財)原子力技術機構を退職し、毎日が日曜日になりました。

上田 正雄(冶金, 昭25年)元気です。家は絆創膏だらけながら自立しております。

木村 宏一(鉱山, 昭26年)震度7の東灘区でしたが幸い家族全員無事でした。近くでは大勢亡くなられましたのに。旧家は全壊、新家の1つは半壊、もう1つは一部損傷といろいろでした。石垣土塁と、門、堀は全部倒れて、丸裸の状態ですが徐々に修繕をはじめました。

田中 誠一(冶金, 昭26年)70才になりましたが、健康に恵まれ、元気に過ごしております。ゴルフは4~5回/月位やっています。

貝渕 栄四(冶金, 昭26年)日本の民主化と近代化のために、私に可能なことをしております。いつの間にか、ながい時間が経過していたようです。

木村 治(鉱山, 昭26年)何とか元気にしています。

二宮 修(鉱山, 昭26年)目下、西新宿の高層ビルで理・工・医・薬複合の知識の渦の中で余暇を過ごしております。

田辺 定男(冶金, 昭26年)職を離れて1年余り、漸く生活のリズムもできて、下手な碁と友人とのたまのゴルフを楽しんでいます。これからは京都近郊の山歩きも始める予定です。

寺田 孜(鉱山, 昭27年)単身赴任の生活を楽しんでいます。皆様によろしく。

松岡 秀夫(鉱山, 昭27年)リタイヤしてそろそろ2年になります。家庭園芸、書道、表装などで気ままに生活を楽しんでいます。

谷口 昭雄(鉱山, 昭27年)元気でやっておりま

す。

杉本 和夫(鉱山, 昭27年)いつもお世話様です。

蒔田 敏昭(鉱山, 昭28年)今年の総会でリタイヤ致します。

清水 郁夫(鉱山, 昭28年)阪神大震災最大の死者の東灘区で家族皆元気であります。家は屋根瓦全損、外壁、タイル等は半損の実害がありましたが現在修復中です。御安心下さい。会員の皆様の御健勝をお祈りします。

笹栗 弘喬(鉱山, 昭28年)平成7年3月末で、三井鉱山(㈱)を退職致しました。

西村 義雄(冶金, 昭28年)地震当日は自宅におりました。あまりのすごさに、もう家がつぶれるのかと思いました。幸い壁に僅かな亀裂が入った程度で済みました。大きい被害をうけられた会員の皆様に心からお見舞い申し上げます。

空地 公二(鉱山, 昭28年)すっかりごぶさたしております。皆様によろしく。

倉知 三夫(冶金, 昭28年)天災、人災、円高、貿易摩擦など厳しいこの頃ではありますが、お陰様で元気に毎日を過ごさせていただいております。

岩田 徳重(冶金, 昭28年)無事過ごしております。

田部 忠行(鉱山, 昭28年)身体の方々に多少のガタが来ましたが、なんとかやっています。第二の職場もリタイヤして目下晴耕雨読の毎日です。

菅野 齋(冶金, 昭29年)本年4月より悠々自適の年金生活をおくっています。

小島 勢一(冶金, 昭29年)拙宅は激震地に在りながら軽微の損害で済みました。会社は人身被災はなかったものの、従業員800余名中、46人が住居を失い、尼崎の工場も10日間全休、曲がりなりに生産が整うのに一ヶ月を要し、災害損失2.77億となるも、95年3学期決算は増収増益と大健闘。

佐々木英憲(鉱山, 昭29年)ODAの仕事の手伝いをしております。

田中 功(冶金, 昭29年)元気でいます。阪神大震災で被災された会員各位の一日も早い立ち直りを祈念してやみません。

大久保勝夫(冶金, 昭29年)このところのオウム騒動で大学技術教育のあり方を考える昨今ですが、水曜会(この所の学制変革でどうなるか懸念かりですが)の健全な御活躍を心よりお祈り致しております。

松岡 英夫(冶金, 昭29年)何かと話題の多いこの頃ですが、公私共に忙しく元気で頑張っています。

赤澤 正久 (冶金, 昭 30 年) 昨年研究室を見学しようと思って一年先輩の田中さんとまわったところ、誰も居ないか部屋に鍵がかかるつているところがありました。せめて学生でも居ればと思いました。

塙出 啓典 (冶金, 昭 30 年) 広島でも S25 卒の寺内喜男先輩を中心に水曜会が時々集まっております。母校の諸先生が広島へ来られる時は御一報下さい。そういう機会に集まりたく思います。事務局は S39 卒宮田順氏です。

高田 利男 (鉱山, 昭 30 年) 経済協力の仕事、特に発展途上国の企業に対する民間ベースの専門家派遣の仕事に従事しています。身体の方も元気です。

清滝昌三郎 (鉱山, 昭 30 年) 鹿児島県志布志湾に建設着手した国家石油備蓄基地 (容量 500 万 kl) は 1993 年 12 月に完成し威容を誇っております。目下他の基地への中継のためにタンカーが出入りしています。月に一度位は現地に赴きますが、空港から 2 時間という不便な場所でもあります。

田桐 浩一 (冶金, 昭 30 年) 御発展を祈念致します。

長澤 元夫 (冶金, 昭 31 年) 日本金属に移って 4 年目が過ぎようとしています。水曜会の諸先輩方、又同期や後輩の皆さんにお世話になりながら旧くて新しい仕事に精を出しております。

米津栄次郎 (鉱山, 昭 31 年) 石油業界の規制緩和が前倒しになる中で、その対応に腐心しています。

野村 悅二 (冶金, 昭 31 年) 物理工学科に変身したこと、折からの百周年記念事業と併せ考えると、冶金は遠くになりにけりとの感慨ひとしきりです。元気に過ごしております。

菊川 元隆 (冶金, 昭 31 年) 阪神大震災時には、JR 六甲道 (2km), 阪急六甲 (1.5km) から車で数分北上した処の拙宅も本当によく揺れましたが、奇跡的と言うべきか、活断層や沖積層の影響を受けることもなく、家屋・家財共ほとんど無害でした。ただ、現在も尼崎への毎日の通勤に多少の苦労をしています。

吹田 俊一 (冶金, 昭 31 年) 現在第二の会社日本製箔㈱に勤務しており、豊中市内のマンションに単身赴任しています。地震当日はマンションに居りましたが、家財が倒れ食器類がかなり破損した以外大丈夫でした。

石井 榮一 (冶金, 昭 32 年) 尼崎に住んでいますが、お陰で阪神大震災の被害は軽微でした。

林 明夫 (冶金, 昭 34 年) 胃ガン術後の経過も順調で、元気に過ごしています。教室の発展を通じ

て、社会にますます貢献されることを期待しています。

南浦 基二 (冶金, 昭 34 年) 水曜会からの便りを楽しみにしています。水曜会関係者皆様のご健勝をお祈り申し上げます。

高橋 克侑 (資源, 昭 34 年) 特別に変わったことはありません

杉田 宏 (冶金, 昭 34 年) 今年 (平成 7 年) 6 月末にて住友金属工業㈱を退任し中央電気工業㈱に勤務予定です。

熱田 善夫 (冶金, 昭 34 年) 21 世紀を考える会を平成元年にはじめて 7 年目になりました。各方面から注目され、昨年秋にはある雑誌からこの会の取材を受けました。会の紹介資料をご希望の方はお申し出ください。FAX 0474-82-9222

森 孝夫 (冶金, 昭 34 年) マドリードの国際会議出席のため、欠席いたします。

明田 莞 (冶金, 昭 34 年) 西宮で自宅が全壊した。年内に再建する予定。神戸の事務所は幸い助かった。

児玉 幸夫 (鉱山, 昭 34 年) 胆石症胆のう炎で自宅加療中です。

小泉 俊 (鉱山, 昭 35 年) 円高不況の中、相変わらずあくせく働いて居ります。母校ともすっかり縁遠くなりました。又皆様と歓談できる日を楽しみにしております。

和田 光仕 (冶金, 昭 35 年) 何時も御親切に御連絡を頂き有り難うございます。

赤井 慎一 (冶金, 昭 36 年) 阪神大震災では、当社伊丹製作所も震度 6 の烈震を経験しました。GaAs の水平ブリッジマン炉が向きによっては 45 度に斜め倒しになったり、配管などの接続破壊など、かなりの被害がありました。幸い二次災害もなく、本体設備の被害も軽微だったため、思いのほか早期に復旧することができました。

岩崎 滋 (冶金, 昭 36 年) 趣味の統計学を頼りに、情報処理会社をおこし、一年が経過致しました。ご休心下さい。

石原 和雄 (冶金, 昭 36 年) 昨年 6 月住友金属工業㈱を退社し、鹿島運輸㈱に参りました。はじめての単身赴任をしています。

山本 隆造 (冶金, 昭 36 年) 昨年 (H6) 9 月末日新製鋼を退社し、徳山興産㈱ (3 年前から出向) で働いております。

植野 泰治 (鉱山, 昭 37 年) H7.1.1 付で菱刈鉱山から本社資源事業部・技術部勤務になりました。

松室 知視(冶金, 昭37年)芦屋市も多大の被害を受けましたが家族全員無事です。

梅津 善徳(鉱山, 昭38年)通産省の提唱するグリーン・エイド・プラン(GAP)の一環として、省エネルギーモデル事業を途上国で進めております。中国、インドネシア、フィリピンで現在11の事業を具体化しております。

森脇 政光(鉱山, 昭38年)現在下記に赴任中です。Los Inmigrantes 721 Dpto 44 Antofagasta CHILE (J.I.C.A.)

宮川登規雄(鉱山, 昭38年)京都へ帰ってきて2年経ちました。未だ何事も目新しい状態で仕事をしています。

西村 孝(冶金, 昭38年)東灘区の激震地の中に住んでいました。家に被害を受けましたが、幸い住むことが出来、家族も全員無事でした。

澤田 進(冶金, 昭39年)最近は冶金だの金属だの小さくなつて、システムだのマテリアルだのグローバルだの大変ですね。しかし、これからも最先端といえど材料・金属支配。頑張りましょう。

門脇 元則(鉱山, 昭39年)1995年4月1日付神鋼総合サービス㈱へ出向しています。

江村 信之(金加, 昭40年)53才にして親しく鉄や鋼に接しています。いろいろな材質上の問題につかりながら昔学んだ書をひもとくことも時々あります。心が若返りつつあります。(?)

那須 三郎(金加, 昭40年)震災のひどい所に居住していますので皆様から沢山の御見舞や励ましの御電話などを頂きました。幸い家族・家とも無事(運強く!)です。どうもありがとうございました。

武藤 昭男(鉱山, 昭40年)海外出張中につき欠席いたします。

大橋 和臣(鉱山, 昭40年)上海事務所に赴任していますので欠席いたします。留守宅も震災の被害はありませんでした。

石川 恒夫(資源工, 昭40年)私は現在シンガポール勤務となっております。

岡島 弘昭(冶金, 昭41年)去年7月より初めて設備の仕事に従事しています。兵庫県南部地震で西宮の自宅が倒壊し、現在川西市に住んでいます。本年再築をして西宮に又戻る予定です。

白井 秀明(金加, 昭41年)西宮の活断層の真上?自宅は修理開始、実家は全壊、会社の伊丹、尼崎は一部損壊。しかし、元気にリカバリーしています!

森 邦彦(冶金, 昭41年)6月29日付で水島事業所記憶材工場に転勤となりました。光ディスク、

ハードディスクの開発・製造を担当する事になります。家族は現住所のままですから、連絡は従来通りで結構です。

桑名 信雄(金加, 昭41年)都合により出席できませんが、皆様に宜しく。

山川 洋(冶金, 昭42年)光に赴任してはや2年。元気で頑張っています。

奥島 敏(金属, 昭42年修)アメリカで勤務しております。留守の自宅は神戸市内ですが、幸い被害がありませんでした。

南 一彦(金加, 昭43年)地震被害は微災にとどまり、家族全員無事でした。当日所用あり欠席させて頂きます。

福田 隆(金加, 昭43年)輸出比率の高い当社では、円高に四苦八苦しており、リストラの真最中です。今年久しぶりに京大卒(経済学部)が入社してくれました。この新入社員のためにも、もう一ふんぱりしたく頑張っております。

畠 明郎(冶金, 昭44年)今年の4月から大阪市立大学へ転職しました。

友野 宏(金加, 昭44年)地震からはfreeでした。

湯浅 光行(金加, 昭44年)中進国の追い上げの中で、知的財産権の重要性を痛感するこの頃です。皆様方、水曜会の益々のご発展をお祈りいたします。

飛驒 一彦(資源, 昭44年)当団に通産省から出向しております。異動も多く一ヶ所に定住できません。久しく京都大に立ち寄れませんが、皆様のご健勝をお祈り申し上げます。

浅井 達雄(資源, 昭44年)松下グループの情報通信システム部門において、全社のCALSの推進を担当しています。

足立 芳寛(金加, 昭45年)去年7月より通産省技術協力課長より現職に移りました。

川本 國雄(金加, 昭45年)阪神大震災のため会社も大損害。自宅も一部損害を受けました。

中野 幸紀(冶金, 昭45年)94年7月から95年6月までの一年間の予定でロンドンの王立国際問題研究所の方へ研究員として行っております。まもなく帰国しますが、帰国後の勤務先は今のところ未定です。帰国致しましたら、またよろしくお願ひします。

鈴木 昌也(資源, 昭45年)1月17日の地震で家が全壊し、生き埋めとなりましたが、家内共々何とか生き延びました。

畫間 岳(冶金, 昭45年)阪神大震災の被害な

し。

榎木 義淳 (冶金, 昭 45 年) わが家は JR 甲子園口北側の築後 20 年の古い木造 2 階建てのため, 何とか倒壊はまぬがれましたが, 損傷がかなり大きく, 半壊扱いに指定されました。ただ, 幸い家族にケガもなく, 避難生活もすることなく, 家の修理もやつと終わりました。当日は出席できませんが, 皆様に宜しくお伝え下さい。

萱原 徹男 (資源, 昭 46 年) 出張業務等があり, 欠席と致します。

神田 正昭 (資源, 昭 47 年) 都合により参加できません。悪しからず。

勝田順一郎 (冶金, 昭 47 年) 二度程参加させて頂きましたが, 最近は足が遠のいております。企業人に対し, 今一つ魅力のある大会を企画して頂ければと考えています。(講演の数を増やす, 現役の教授の講演, 企業の見学, etc)

川村 健一 (資源, 昭 48 年) 私は目下米国に長期間の出張中でありますので欠席いたします。ご盛会をお祈りいたします。

朝日 格 (冶金, 昭 48 年) 約 2 年半の韓国暮らしを終わり, 工場勤務に戻りました。

高橋 渉 (金加, 昭 48 年) 地震により, 自宅は大きな被害がでて建て直しました。6 月上旬に完成予定。家族には大きな被害はありません。

井口 新一 (金属, 昭 48 年修) ニューヨークに滞在中 (新日鉄)。

服部 寿 (冶金, 昭 49 年) 半導体業界もボーダレス化が進み, 日本の主動的ポジションの低下が心配です。海外の大学・国立研究所の設備に比較し, 日本のそれは余りにも貧弱です。

小西 和幸 (金加, 昭 49 年) 平成 6 年 11 月アメリカに転勤しております。

朝倉 俊弘 (資源, 昭 49 年) 渡欧の予定のため出席できません。大震災では神戸の実家が被災し, 半壊の認定を受けました。しかしながら怪我人はなく, 不幸中の幸いでした。私はトンネルの被害調査等で天手古舞でした。

中田 裕久 (金加, 昭 49 年) 現在内科医としてノースカロライナ大学に留学中です。

橋本 高志 (冶金, 昭 49 年) 光磁気ディスクを製造しております。

楠井 潤 (金加, 昭 51 年) 94 年 9 月から大阪府八尾市の研究所に転勤になりました。急速凝固アルミ粉末の研究も続けています。

松山 雄三 (金属, 昭 51 年) この 4 月より, 情報

システム部から経理部へ異動になりました。

斎藤 晋三 (資源, 昭 51 年) 倉敷の水島製鉄所から東京本社へ転勤し, 1 年半が過ぎました。現在は, 条鋼分野の鉄の新商品開発 (耐震鋼材など) を主に担当しております。

江原 昭次 (資源, 昭 52 年) 地震では無事でした。大地震にはあわないと思って家財道具などに対策していないかったの反省しています。

辻本 崇史 (資源, 昭 52 年) 私は昨年 3 月 25 日, チリ共和国の首都サンチャゴに駐在員として家族同伴にて転勤しました。平成 9 年 3 月に帰国の予定です。よろしくお願ひします。

平田 八郎 (資源, 昭 52 年) 労働組合の仕事に入りはや 2 年近く, 年功序列から能力成果主義の人事制度への転換など労働組合も新たな視点が求められています。

元山 義郎 (金加, 昭 53 年) 水曜会 OB として名に恥じないように頑張っています。

宮井 康之 (資源, 昭 53 年) 滞米中のため欠席いたします。お世話様でございます。どうぞよろしく。

宮脇 新也 (金加, 昭 53 年) 1 月 1 日付けで米国オハイオ州 USS/KOBE STEEL COMPANY に着任しました。震災では食器など少し被害があった程度で家族皆無事でした。

松尾 直人 (金加, 昭 53 年) 大学での教育・研究生活に入って 1 年が過ぎました。まだ, 研究の方も立ち上げ途上にあり, 忙しい日々をおくっております。

宮下 卓也 (金加, 昭 53 年) 先日の阪神・淡路大震災にて神戸市東灘区において被災し, 家も車も全壊しました。4 月からは上記連絡先に転居し, 会社まで片道 2 時間近くかかって通勤しております。本大会は欠席させて頂きますが, 水曜会の今後の発展を祈ります。

小野 直樹 (資源, 昭 54 年) 昨年夏, 上記連絡先に転勤いたしました。東谷鉱山は二度目の勤務地で, 八年ぶりです。

竹土伊知郎 (冶金, 昭 54 年) 3 年前より兵庫県に住まいしておりますが, この度は被害も軽微で家族共々無事でした。何か, 被害にあわれた方々のお手伝いが出来ればと思っております。

矢内 雅造 (金加, 昭 54 年) 元気にやっております。

村地 洋二 (資源, 昭 54 年) 95 年 7 月より 1 年間程, 中国の天津へ単身赴任しています。

平 雅之 (金加, 昭 55 年) 神戸市 (ポートアイ

ランド住宅)で阪神大震災に被災しました。建物は無事でしたが、住居内の家具、電気製品、食器類は大きな損傷を受けました。たまたま、家具の置いていない6畳一間に家族3人で就寝してたので全員ケガもなく無事でした。

和田 典己(金加、昭55年)元気です。毎日、忙しくしております。

伊藤 洋昭(資源、昭56年)現在カナダ、バンクーバー居住、来春帰国予定です

及川 初彦(冶金、昭56年)不況とはいえ、忙しい毎日です。古くて新しい分野にチャレンジしております。

砂子 岳彦(金加、昭56年)故郷の私大で楽しく働かせてもらっています。

札軒富美夫(金加、昭56年)家族ともども元気でやっています。

土佐 正弘(冶金、昭56年)今回の阪神大震災で被害を受けられた方々に心よりお見舞い申し上げます。ちなみに、私の実家につきましては、全壊→整地→新築中とお陰様で復興も順調に進んでおります。

中嶋 義仁(冶金、昭56年)神戸市東灘区に在住しております。今回の震災では、私に関しては幸い大きな被害はありませんでした。同期生の皆様、諸先輩からあたたかいお見舞い、励ましのお言葉を頂戴し、心から感謝しております。大きな被害を受けられた皆様方にこの通信を通してお見舞いを申し上げます。

柿本 誠三(金属、昭56年)シャープでULSIのための微細MOSFETの研究をしています。大学にもまたお知恵を拝借にまいりたいと思っています。よろしくお願いします。

福井 総一(金加、昭56年)相変わらずのマイペース。ぼちぼちやっています。三田市は、地震の大きな被害はありませんでした。

前田 佳均(冶金、昭57年)4月より日立製作所日立研究所から大阪府立大学総合科学部に移り、半導体光物性を教えることになりました。11年ぶりの帰阪に酷暑に備えて体調を整えています。

大塚 秀幸(金加、昭57年)つくば移転後1年経過しました。新しい環境で仕事も軌道に載りつつあります。

大庭 徹(冶金、昭57年)実家が神戸市灘区ですが、両親、家屋とも無事でした。

梶原 正章(資源、昭58年)現在は某大学医学部に在籍しております。

宗田 安弘(資源、昭58年)妻子と共に中国に居りますので欠席します。

築地 達郎(冶金、昭58年)4月末に日本経済新聞社を円満退社し、ジャーナリストとして独立いたしました。

森 鐘太郎(冶金、昭58年)現在、東京に出向中です。幸い、阪神大震災の被害はありませんでした。

渡辺乃扶也(金加、昭59年)現在、東京本社(tel 03-5252-5407)に単身赴任中です。今回は残念ながら出席できませんが、御盛会をお祈り申し上げます。

小早川直樹(資源、昭59年)ここ一年で、日本DEC→横河ヒューレット・パッカード(株)→日本ヒューレット・パッカード(株)と所属会社名を替えています。

藤野 真(金加、昭59年)円高の厳しい向かい風の中、体力だけが取り柄で元気に過ごしています。

楨田 顯(金加、昭59年)地震の被害は特にありませんでした。

田中 秀敏(金加、昭59年)会社より遠ざかり、自転車通勤にて足が鍛えられる毎日です。

新美由香史(資源、昭60年)長女、沙英子4才、4月から幼稚園。次女、香那子10ヶ月。妻、道子32才。本人、由香史36才。家族皆、元気に生活しています。水曜会の今後の発展をお祈りしています。

竹内 正(冶金、昭60年)95.1.1より、カーラの強度評価を担当しています。半分、設計しているようなもので、クルマの構造がよくわかり大変おもしろいです。

桑原 勝(冶金、昭60年)旧金属系-(旧がつくことについて)時代の流れとはいえ寂しいですね。

山本 保(冶金、昭60年)地震による被害は、明石市とはいへ西端であり、家具等も倒れることなく食器が数枚割れた程度ですみました。ご心配いただいた方々にこの欄をお借りして無作法をおわびいたします。

土井 健司(冶金、昭60年)光に来て4年目です。出向先の弊社は、昨年度初めて単年度黒字を達成しましたが、今年度も黒字を維持できるか、1ドル=90円を割る円高では厳しそう。

宮岡 修武(金加、昭61年)皆様によろしく。

中澤 裕(資源、昭62年)無事です。

村上 裕道(資源、昭62年)三年弱の海外勤務(ネパール)を終え、今春4月、日本で社会復帰を果たしたものの生活のペースに慣れず苦労しています。P.S.4月1日より工業課から企画調査課へ移動しました。

古澤 光一(金加、昭62年)2人目の子どもが誕

生し、これで一姫二太郎になりました。トライアスロントレーニングの時間がまた減りそうです。

松崎 祐司(金加, 昭 62 年) H7.6 月～H9.8 月まで MIT に留学します。

片山 朗(資源, 昭 62 年) 当地(北九州市)へ赴任して、一年が過ぎました。東京とは違う人間らしい(?)生活を送っています。

竹川 宜志(冶金, 昭 62 年) 昨年、柏市にある機能デバイス研へ転勤しました。

掛川 邦彦(資源, 昭 62 年) アメリカ、サンフランシスコに在中で元気で頑張っておりまます。(お母様より)

安藤 聰(冶金, 昭 62 年) NKK より社外派遣で、新技術事業団創造科学推進事業板谷固液界面プロジェクトにて、4 月 1 日より 2 年半研究生活を送ることになりました。

中島 俊明(冶金, 昭 63 年) 年一回は上洛して、都の風に吹かれたいと思っています。

千葉 幸文(冶金, 昭 63 年) 只今、富山に長期出張中。

上田 良史(金加, 平元年) 7 月に一児の父となる予定です。震災では実家(京都)の風呂場の壁にヒビがはいったぐらいで、けがなどはありませんでした。

清水 健一(冶金, 平元年) アメリカ、カーネギーメロン大学留学中。

大屋 昌之(資源, 平元年) 先の阪神大震災により被害を受けられた方々に、心からお見舞いを申し上げると共に、机をならべあった学友や先輩達の安否は今でも気になっております。

岸上 一郎(冶金, 平元年) 西宮にある実家が震災に遭いましたが家族や親類の者は皆無事でした。5 月下旬から実家の修理を始めることになりました。

次井 慶介(冶金, 平元年) 今、イギリスに行つておりますので、出席できませんので、よろしくお願い致します。

山本 健一(金加, 平元年) 会社も変わり、仕事も変わりましたが、内容は材料関係なので何とかやれているこの頃です。

平井 和彦(資源, 平元年) ピッツバーグ近郊のソニー現地法人(Sony Electronics Inc.)にて大型テレビの商品企画、マーケティングをやっています。

上田 路人(資源, 平 2 年) 学研都市にて頑張っております。

黒川俊一郎(資源, 平 2 年) 今回の阪神大震災で

家が全壊し両親は高木小学校に避難しております。私は現在 NEC 本社の開発研究員としてアメリカ・シアトルに勤務しております。

黒川八寿男(金加, 平 2 年) 九州に転勤になり早や丸一年。大学の行事に顔を出せないのが、悩みのタネです。

矢追 善史(冶金, 平 2 年) シャープ㈱からマサチューセッツ工科大学に客員研究員として滞在しております。(お母様より)

西村 武史(冶金, 平 3 年) 現在、関西在住にて携帯電話関係の研究をしております。生憎出張予定のため、大会に参加することはできませんが、また折を見て皆様の御様子を伺いに参りたいと思っています。

瀬戸 順孝(資源, 平 3 年) 大学卒業後、丸四年間勤務した宇部興業㈱を退社し、今春より環境地球工学専攻修士課程に進学致しました。建築系の研究室に所属しておりますが、資源系の若い学生の人たちと出会う機会も多く、さながら浦島太郎になったような気分です。

切畠 敦詞(冶金, 平 3 年) 5 月 28 日(日)に結婚します。

葛原 亨(資源, 平 4 年) 昨年 11 月に結婚いたしました。

石橋 良(金加, 平 4 年) 社会人になって早くも一年が経ちました。まだまだ未熟者ですが、頑張ります。

座間 悟(金加, 平 4 年) 元気で働いています。関西に行くことがあれば大学に顔を出したいと思っております。

塙本 洋平(資源, 平 4 年) 現在ベトナムに勤務しております。日本ベトナム石油㈱へ出向中です。

溝口 将康(冶金, 平 4 年) 只今、神戸の東灘区に住んでおりますが、震災の被害は幸いにもございませんでした。

鈴木 奉努(冶金, 平 5 年) 私は生産技術部という部署に配属され、焼結に関する仕事をすることになりました。職場の雰囲気にも慣れ、毎日元気にやっております。また、大学の方にも顔を出しますのでよろしくお願いします。

吉川 功(金加, 平 5 年) 勤務のため欠席します。

藤田 修司(金加, 平 5 年) 元気にやっています。今年の金属学会はハワイで行われるそうで、うらやましい限りです。

中川 和則(資源, 平 5 年) 新入社員として元気

に生活しています。

小川 典子（金加，平6年）就職難と世間できわがれでいるこの時世に就職活動するのは、とても気が重いです。

有井 慰作（金加，平6年）只今、実家の補修工事中。

薬師神宙夫（資源，平6年）'95.2.19 結婚いたしました。

中道 章雄（冶金，平6年）私も社会人となって一年が過ぎ、忙しい毎日を過ごしています。暇ができたら、研究室にも顔を出そうと思っています。

小島 雄三（資源，平7年）漸くテストや卒論といったものから解放され、恋（？）に遊びに毎日忙しく過ぎ去って、いや飛び去っていっているといった所

が現状です。

熊本 晋吾（金加，平7年）我が日立金属安来工場では土曜日は出勤日のため、残念ながら欠席させていただきます。

長谷川雅志（資源，平7年）北海道は住みよいところですよ。

莊司吉之助（元教官）インドネシアへ技術指導に行っております。

鈴鹿 恒茂（元教官）おかげさまで老人相応ながらも健康でおりますが、高齢のため足元が極めて不安定で歩行も難渋している状態ですので、残念ながら欠席させて頂きます。御盛会をお祈り申し上げます。

逝去会員

平成7年5月20日 高木 清一 昭6・採
 平成6年11月4日 和田 登 昭22・冶
 平成7年7月 安田 享一 昭12・冶
 平成6年11月 田村 仁志 昭22・鉱
 平成6年12月4日 三木 敏雄 昭20・冶
 平成7年1月9日 多木 亨 昭20・冶
 平成7年4月22日 乗田 貞人 昭20・冶
 平成7年7月26日 位崎 敏男 昭20・冶
 平成7年7月29日 寺内 喜男 昭25・鉱
 平成7年10月6日 加納源太郎 昭26・冶
 平成7年11月12日 今井 隆輔 昭46・資
 平成7年11月29日 山本 彰利 昭47・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

平成7年9月1日 材料工学教室 津久井克幸助手は辞職した。
 平成7年10月16日 材料工学教室 福中康博助手は資源工学教室助教授に昇任された。

名簿係よりお願い

平成7年12月現在で、下記の方々の連絡先が不明になつております。
 ご存知の方がおられましたら、名簿係までご一報下さい。

石場一郎 (冶金 昭20)	立花(兼崎)俊一(冶金 昭22)
万木善一 (鉱山 昭26)	大岡耕之 (冶金 昭28)
池見 浩 (鉱山 昭35)	井上直温 (鉱山 昭39)
林炳秀 (鉱山 昭39)	中西輝行 (冶金 昭39)
山崎晴一郎 (冶金 昭39)	工藤 優 (冶金 昭39)
内山良樹 (冶金 昭40)	宇野克洋 (冶金 昭40)
山口浩二 (冶金 昭40)	高田陽允 (金加 昭40)
平澤良和 (金加 昭40)	田中伸昌 (冶金 昭40)
橋本 保 (冶金 昭42)	三浦 孝 (冶金 昭42)
木山晃男 (冶金 昭44)	宮地一明 (冶金 昭44)

林 寿治 (冶金 昭44)	松尾 亮 (金加 昭44)
高岡秀典 (冶金 昭45)	鎌倉英明 (資源 昭46)
井上 章 (冶金 昭46)	小林浩一郎 (冶金 昭46)
森田 裕 (資源 昭47)	山本恵一 (冶金 昭47)
辻 正雄 (資源 昭48)	榎木和人 (金属 昭49)
墨田修作 (金属 昭49)	田中信寛 (金属 昭49)
長野誠規 (金属 昭49)	細川達也 (金属 昭49)
木津嘉弘 (金属 昭50)	森 健雄 (資源 昭51)
朴木秀明 (金属 昭51)	木村 寛 (資源 昭52)
稻田 豊 (金属 昭52)	海老根哲三 (金属 昭52)
田中造雅 (金属 昭52)	松平康平 (金属 昭53)
石原晴彦 (金属 昭54)	大畠俊之 (金属 昭54)
傅寶幸三 (金属 昭54)	茅本隆司 (金属 昭54)
井手 信 (金属 昭55)	岡田 満 (金属 昭55)
恒川裕志 (金属 昭55)	中川裕文 (金属 昭55)
福田啓一 (金属 昭55)	村川健一 (資源 昭56)
安保重男 (金属 昭56)	奥村卓司 (金属 昭56)
宇都宮りつ子 (資源 昭57)	若山 昇 (資源 昭57)
野中正浩 (金属 昭57)	原 邦夫 (金属 昭57)
遠藤 茂 (金属 昭58)	淵崎員弘 (金属 昭58)
田原 了 (金属 昭58)	戸田幸男 (資源 昭59)
池田正人 (金属 昭59)	石井吉文 (金属 昭59)
今泉賢一 (金属 昭59)	桂 俊弘 (金属 昭59)
別所徹也 (金属 昭59)	佐々木誠 (金属 昭60)
直原和哲 (金属 昭60)	原田 均 (金属 昭60)
松岡史郎 (金属 昭60)	平松義昭 (金属 昭60)
山口正人 (金属 昭60)	力久保洋 (資源 昭61)
宮内大介 (資源 昭61)	小野田久彦 (金属 昭61)
木村得敏 (金属 昭61)	富田健一 (金属 昭61)
石原治幸 (資源 昭62)	西川 勇 (資源 昭62)
阿部弘光 (金属 昭62)	佐藤 秀 (資源 昭63)
真次 崇 (資源 昭63)	一ノ瀬隆 (金属 昭63)
大塚崇史 (金属 昭63)	沢田 誠 (金属 昭63)
末次精一 (金属 昭63)	田口典男 (金属 昭63)
富山浩行 (金属 昭63)	山岸康一郎 (金属 昭63)
世古 聰 (資源 平元)	久保田健 (金属 平2)
川上 修 (資源 平4)	佐古伸夫 (資源 平4)
堀 秀成 (金属 平4)	

平成7年度水曜会誌編集委員会

委員長
幹事
委員

栗倉 泰弘	菅野 強	勝山 邦久	西川 信康
和田 裕文	森 茂昭	高崎 誠	中島 義夫
斎藤 敏明	岩瀬 正則	小林 幹男	廣口 貴敏
山口 正治	鈴木 昌也	高橋 明	(順不同)
結城 勇雄	岡田 康孝		
大石 敏雄			

平成7年12月15日 印刷 平成7年12月20日 発行

編集兼
発行者
印刷者

栗倉 泰弘
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 01090-8-26568 電話 (075) 753-7531 (大代表)

銀行口座 第一勵業銀行百万辻支店

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ぎ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是刷上り 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	会誌刷上り 6 頁以内
報 告	会誌刷上り 6 頁以内
総 説	会誌刷上り 10 頁以内
講 座	会誌刷上り 10 頁以内
資 料	会誌刷上り 4 頁以内
各 種 記 事	会誌刷上り 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) 原稿の送付先はつぎのとおりとする。

〒 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合せ、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。

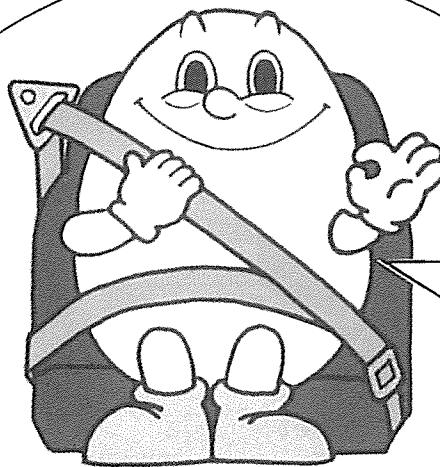
2. 原稿の書き方

- (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にする。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（65 mm 以内）または 2 段通し（140 mm 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。

スピードはひかえめに。

シートベルトは忘れず。



SRSエアバッグ
装着車でも
シートベルトの着用が
必要です。

TOYOTA®

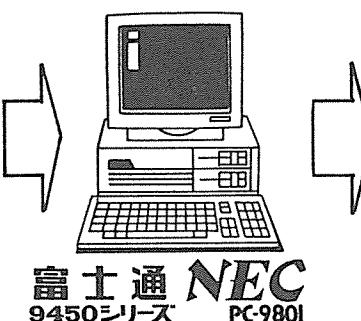
最先端と素敵な出合

データベースでダイナミックプリンティングコミュニケーション

富士通
OASYS

NEC
PC-9801

入力装置
ドット文字



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

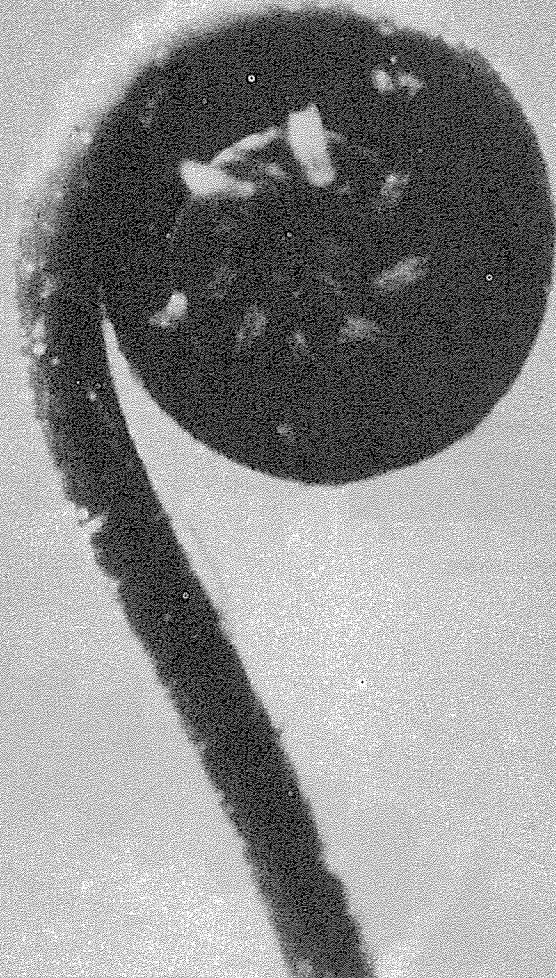
会員管理・名簿管理・調査票発送・集計・印刷・請求・販売促進・検索

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

未来創造力。



大地を突きやぶつて伸びる木の芽。
その姿は無限のチカラを感じさせます。

昭和電工のシンボルマーク“芽”には、より豊かな未来の創造をめざして力強く伸びてゆきたい、そんな思いがこめられています。新素材、エレクトロニクス、ライフサイエンス、新エネルギー…。昭和電工は、日本の化学工業のパイオニアとして、幅広い研究開発をベースに事業活動を展開し、数々の成果をあげてきました。この豊かな実績を土壤に、さらに新しい“芽”を育み、花咲かせ、実らせるため、昭和電工の挑戦はつづきます。

夢がある。心がある。化学がある。
SHOWA DENKO

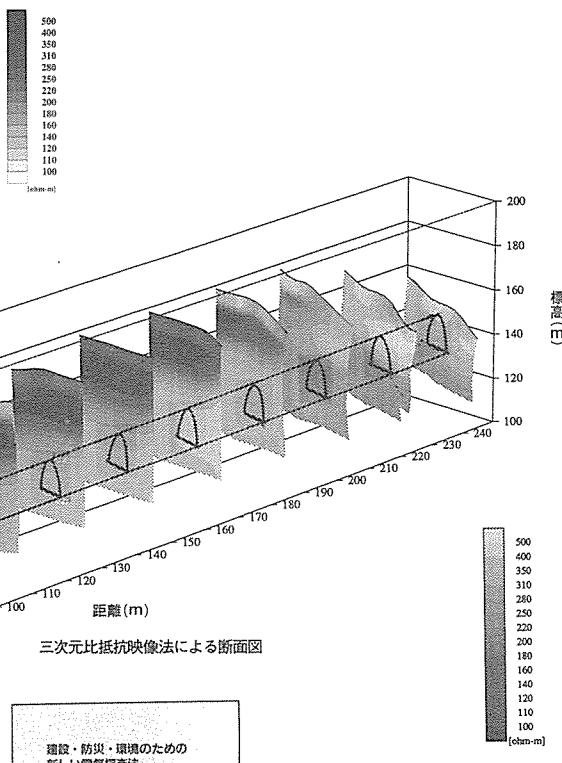
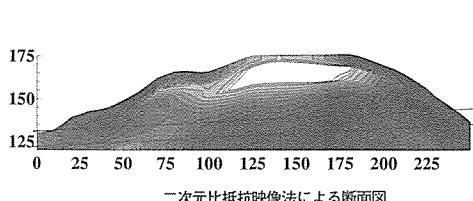


探査技術に与えられた大きなテーマ。

それは、複雑で、しかもひとつとして同じものはない地盤の状況をいかに正確に把握し、わかりやすく見せるか、ということです。応用地質の比抵抗映像法は、このテーマの一つの解答として開発された高精度の技術といえます。地盤に電流を流してその電位分布を測定し、地盤の比抵抗分布をカラーの比抵抗断面図として画像処理するという電気探査技術です。比抵抗分布から地盤の状況を把握する方法は従来からあります。が、正確な地質工学的解釈を可能にした比抵抗映像法は電気探査のイメージを一新しました。

解析精度や解析の客観性を大幅に改善し、信頼される地盤の可視化が可能になりました。下図に紹介したのは、三次元比抵抗映像法によるトンネルの地質調査の例です。地形の複雑なトンネル・ダム・地すべりなどの探査において、断層や変質帯の把握、地下水、空洞など、複雑な分布をする探査対象の検出にも、威力を發揮します。

地盤の状況を三次元で把握する。



大地を知る技術——私たちはジオ・エンジニアリング企業です。



応用地質株式会社

〒102 東京都千代田区九段北4-2-6

TEL(03)3234-0811



編著: 島 裕雅・梶間和彦・神谷英樹
価格: 4,944円 (本体価格4,800円)
出版: 古今書院

新・素・材・で・未・来・に・挑・む



日立金属の六つの研究所は、技術交流を
深めながら、時代の一ーストに応え、
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。

得意技、究める。

最良の金型製造技術を開発し
製品の品質・生産性の
向上とコスト
低減を図る
金型研究所

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

営業品目

高級特殊鋼 金型・切削工具用材料 エレクトロニクス関連製品 マグネット、電子金属材料 自動車用部品 アルミホイール、マレブル鋳物
配管機器 Ⓛ印管継手、精密流体制御機器 機械・建築構造品 ロール、鉄骨構造部品 プラント 環境設備、産業設備

Suiyōkwai-Shi

TRANSACTIONS OF THE MINING AND METALLURGICAL
ASSOCIATION
KYOTO

CONTENTS

Retirement Memorial Lectures

Fundamental Studies of Mineral Flotation	Takahide WAKAMATSU.....	259
Thermodynamic Study of Alloys by Means of Knudsen Cell Mass Spectrometry	Eiji ICHISE.....	269

Memorial Lectures in the Annual Meeting of Suiyōkwai

Environment and Resources		
– Roles in Nonferrous Metals and Cement Industries –	Kenji TAKAHASHI.....	278
Besshi Copper Mine and Environmental Problems	Masaaki UEDA.....	289

Lecture

Metallurgy of Titanium (II) – A Historical Review –	Joichiro MORIYAMA.....	294
---	------------------------	-----

Forum

Explorating Health in Life	Satoshi SASAKI.....	304
The Origin of the Name of “Suiyōkwai”		
– A Guess from Childhood Memories on a Snack	Hiroshi WANI.....	309

Suiyōkwai Information	310
-----------------------------	-----

Letters to Editor	320
-------------------------	-----

Department of Mineral Science and Technology

Department of Metallurgy

Department of Metal Science and Technology

Kyoto University

Japan