

日中科学技術

No. 88
1999.3.20

発行所
日中科学技術交流協会

〒152-0023 東京都目黒区八雲2-8-11
第1益戸ビル3F 電話 03(5701)4913

伏見康治研究奨励賞(第10回) 天田科学技術研究奨励賞(第9回)
高度自動化研究奨励賞(第10回) 有山兼孝記念研究奨励賞(第7回)

中国人留学生研究奨励賞を受賞して

天田科学技術研究奨励賞を受賞して

この度、日中科学技術交流協会の第9回天田科学技術奨励賞を受賞いただき、誠に有り難うございました。ここで、日中科学技術交流協会並びに天田金属加工機械技術振興財団に深く感謝申し上げます。また、御推薦頂きました東京理科大学基礎工学部の井形直弘教授、この2年間研究指導いただきました湯本久美教授に厚くお礼を申し上げます。

私は1993年中国の東北大学を卒業し、96年同大学大学院材料工学専攻修士課程を修了しました。それから、同秋に研究生として東京理科大学基礎工学研究科博士後期課程に入学しました。それから、ずっと基礎工学部の先生方の研究指導とご支援をいただいております。

この2年間行った研究について以下に報告いたします。私の研究テーマは「鉄化合物蒸着膜の機能性と応用に関する研究」で、鉄化合物の最も基本となる鉄炭化物(セメンタイト)、窒化物(Fe_3N)、酸化物(Fe_2O_3)の機能性を明らかにすること

東京理科大学大学院生 李 松 姫

を目的としています。次に、それぞれの研究について研究現状と進行方向について説明いたします。

1. 鉄の炭化物

セメンタイト(Fe_3C)は鉄鋼材料中に存在する極めて重要な炭化鉄として古くから知られているにも関わらず、セメンタイト単相の作製は困難なため、その機械的特性等はあまり良く知られていません。一方、他の研究者らによりスパッタ法でセメンタイト膜の作製が試みられていますが、セメンタイトの組成比に比べ炭素が遙かに多量であるにも関わらず鉄相が混在しており、セメンタイト単相膜は得られないという結果に終わっています。我々もアークイオンプレティング法により作製を試みましたが、単相膜を得ることはできませんでした。

本研究では電子シャワー蒸着法という新しい真空蒸着法でセメンタイト単相膜を作製し、その硬さと温度依存性、ヤング率の測定を行いました。

電子シャワー蒸着法とは従来の真空蒸着法に電子の照射機構を付加したもので、今までにない新しい蒸着法であります。この方法では電子照射により蒸発物質と反応ガスと共に活性化、イオン化することにより、反応性を促進します。

我々はこの方法を用いて今まで作製不可能だったセメンタイト単相膜を作製することに成功し(X線回折法、EPMA、TEM、ESCA等により確認)、すでにその最適成膜条件も見出しています。また、この単相膜について硬さとその温度依存性、ヤング率の測定を行いました。セメンタイトのビッカース硬さ(2.5g荷重)は室温ではHv=1230と非常に高い値を示しているが、温度の上昇と共に著しく減少し、400°Cでは室温での約半分の値となることを見出しました。一般的に硬さが減少すると延性が増す傾向があるので温度上昇に伴う塑性の著しい増加が予想できます。これから、室温では硬くて脆いセメンタイトが熱間加工しても破断しない原因が説明可能となりました。次に、基板の影響を無くすために特殊なシリコンリードを用いた振動リード法でセメンタイト膜のヤング率測定を行ったところ、セメンタイト膜のヤング率は $17.7 \pm 1 \times 10^9 \text{ Pa}$ でありました。これからはセメンタイト膜の耐食性、磁性などの測定を行い、セメンタイトのデータベースを整えます。

2. 鉄の窒化膜

近年の情報化社会においては、磁気記録媒体の高保磁力化、高密度化が要求されています。現在磁気テープとして主に使われている酸化鉄は耐酸化性や耐摩耗性に優れていますが、飽和磁化が70emu/gと低く、それに比べて飽和磁束密度の高い窒化鉄Fe₃Nは耐腐食性、機械的強度も優れてい

ますので、新しい記録媒体としての利用が考えられています。

本研究では電子シャワー蒸着法でFe₃N薄膜の作製を試み、その磁気特性を調べました。作製されたFe₃N単相膜の飽和磁束密度は1.1T、保磁力は200Oeでしたが、腐食実験(5wt%食塩水に50時間浸食)後は、飽和磁束密度はほとんど変わらないものの、保磁力は30Oeと非常に低く、磁気記録媒体としては1桁低い値がありました。次に、斜め蒸着法により、Fe₃N柱状晶を基板に対して傾けて成長させることにより形状異方性が生じることを利用し保磁力の改善を試みた結果、得られた膜の保磁力は500Oe、飽和磁束密度0.75Tとなり優れた磁気特性を示しました。斜め蒸着法により磁気記録材料として優れている特性を持つ窒化膜を得ることに成功しました。

3. 鉄の酸化膜

光触媒材料は光エネルギーのみで難分解性の有害物質を分解できるため、環境浄化への応用が試みられています。電子シャワー蒸着法を用いて酸化鉄の作製を試みた結果、光触媒特性に優れないとされる $\alpha-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 膜を得ることが出来ました。その光触媒特性及び環境浄化への応用について現在研究を進めている途中です。

本研究は以上のように従来殆ど知られていなかった鉄炭化物、窒化物及び酸化物膜の新しいプロセスを開発すると共にそれぞれの新しい機能性について解明し、それらの評価を通して新しい用途への発展の基礎を与えています。

最後にもう一度、日中科学技術交流協会会長菅野昌義先生を始め、会員のみな様に厚くお礼を申し上げます。また、これを励みに残り僅かな学生時代をもっと勉強に頑張りたいと思っております。

高度自動化研究奨励賞を受賞して

この度、日中科学技術交流協会の第10回高度自動化研究奨励賞を受賞いたしまして、大変光栄に

長岡技術科学大学院生 史 学 敏

存じます。ここで、日中両国間の科学技術交流に多大な貢献をされた日中科学技術交流協会会長菅

野昌義先生と、高度自動化技術振興財団理事長窪田雅男先生を始め、選考委員会の諸先生に心より深く感謝を申し上げます。また、私を積極的に推薦していただいた長岡技術科学大学工学部教授の松野孝一郎先生、この2年間研究指導や色々お世話になっている恩師の福本一朗教授に厚くお礼を申し上げます。

私は1993年7月中国協和医科大学看護学科を卒業してから、北京職員医学院助手として主に外科看護学の教育に従事しておりました。1996年11月から長岡技術科学大学大学院研究生となり、1997年4月同大学大学院修士課程に私費留学生として進学しました。修士課程においての研究テーマは「老年期痴呆自動診断システムに関する研究」であります。

近年人口の急速な高齢化とともに老年期痴呆患者も増えてきています。これらの老年期痴呆患者が早期に診断されることにより、介護者の負担も軽減し、痴呆の進行を抑えることも出来ると考えられます。しかし現在の痴呆診断法として主観的判定法と客観的判定法がありますが、主観的判定法には様々な知能評価スケールが用いられ、その実施には時間を要し、また患者さんの協力にも問題が残ります。一方、客観的判定法には、Scintoらが研究している「点眼散瞳試験」（瞳孔散大薬を目にたらすことにより、アルツハイマー型痴呆患者は健常人または脳血管性痴呆患者より、有意に瞳孔が散大する）がありますが、これらの方法も医師以外のスタッフだけでは実施することができず、また用いられた薬には副作用が有り、計測時間は長すぎるともいえ、さらに被験者への負担も大きいと思われます。こうした現状から、新たな痴呆診断システムが望まれると考え、私は対光縮瞳反応を用いた老年期痴呆自動診断システムの開発を行っています。

対光縮瞳反応では入射光が増加すると副交感神経の働きにより縮瞳反応を引き起します。アルツハイマー型痴呆では副交感神経伝達物質であるアセチルコリンが減少していることが明らかにな

ってきたことから、私が研究を行う対光縮瞳反応を用いた痴呆の診断が可能であるということが示されました。

私が考案したシステムではペンライトからの光、すなわち無害な可視光を利用します。その光は被験者に5秒間照射され、瞳孔の変化の様子は赤外線カメラを用いて撮影され、撮影された画像はコンピューターに取り込み解析されます。今までの研究では、新潟県にある長岡田宮病院、柏崎厚生病院の老年期痴呆患者、また長岡ケアハウス、上富岡町老人ホームの健常高齢者を被験者として計測を行いました。計測項目としては光源がonになる前の瞳孔の大きさ(D_0 [pixel])、光源がonになってから瞳孔が最小に収縮したときの大きさ(D_1 [mm])、また光源がonになって5秒後の瞳孔の大きさ(D_2 [mm])を採用しました。そしてこれらから、縮瞳率1 ($CR_1 = (D_0 - D_1)/D_0 [\%]$) 縮瞳率2 ($CR_2 = (D_0 - D_2)/D_0 [\%]$)、及び縮瞳時間(t =光源がonにしてから瞳孔が最小に収縮するまでの時間)を算出しました。この結果、痴呆（特にアルツハイマー型痴呆）患者は健常高齢者よりも光に対する縮瞳率は有意に小さく、縮瞳時間は有意に長いという違いを示しました。さらに、対光縮瞳反応と痴呆重症度との相関を調べた結果、痴呆が重症になるにつれ、縮瞳率が小さく、また縮瞳時間が長くなる傾向がみられました。以上のことから、対光縮瞳反応を用いた本システムは老年期痴呆の客観的診断、または痴呆重症度の推定が可能であると考えられます。

私は1999年4月から同大学大学院博士課程に進学する予定であります。修士課程の研究テーマを引き続き、痴呆の自律神経機序を解明していくたいと考えています。また名古屋にあるエルモ社は本システムに基づいた痴呆瞳孔対光反応計測器を製品化する意向があるため、その臨床評価部分の研究も進めていきたいと思っております。本手法により痴呆の早期診断が可能となれば、その扱いが簡便なことから、一般的の健康診断の場で早期の痴呆を見つけだすことでき、多くの痴呆予備群

を救うことが可能となり、その社会的貢献度は多大であると考えられます。また、これまでの評価法に比べ簡便でかつ短時間で評価ができるところから、医療の場においても在宅介護の場においても、従事者の負担を軽減することになり、マンパワーの不足が予測される今後の大きな助けになると考えられます。

伏見康治研究奨励賞を受賞して

この度、日中科学技術交流協会の名誉ある伏見康治研究奨励賞を授与頂きまして、誠に光栄に存じます。まずは日中科学技術交流協会の菅野昌義会長、ならびに伏見康治先生に心から厚くお礼を申し上げます。

私は1984年中国新疆ウイグル自治区新彊大学数学部を卒業し、同大学に教員として残り、関数解析と偏微分方程式の数値解法に関する研究を6年間にわたり行っていましたが、1990年4月より92年3月までの2年間、同自治区政府の派遣研究員として来日し、東京電機大学理工学部数理学科の故福湯章夫教授の下ではじめて流体力学の分野に出会う機会に恵まれ、非粘性流体の渦運動についての研究にとりくみはじめました。派遣期間終了後1992年9月に同大学数理学修士課程に入学。94年9月には同大学院博士課程へと進学し、97年9月に満期退学いたしております。この間、修士課程では円柱形の障害物のある管内流についての研究を、博士課程での3年間は特に3次元的撹乱に対する Hill の球形渦の応答を求めるに専念しました。ところが博士課程3年生の夏、それまで7年間ご指導いただき、お世話になった私の恩師である福湯章夫先生が急逝されたのです。私にとって何よりも残念で悲しい出来事でした。その年から私の論文を見て下さる方がいなくなりまして、現在は研究生及び非常勤助手の身分で博士論文を完成させるために一所懸命に頑張っているところであります。今やっている研究は非圧縮

第10回高度自動化研究奨励賞を受賞したことは、私にとって日本での留学の研究成果が評価されただけでなく、なによりもまして、これからの大いなる励みになると思います。今後もよりよい研究成果があげられるように一層努力して参りたいと思っています。

東京電機大学研究生 タジブラ提・ロズ

性、非粘性流体の渦運動と非圧縮、粘性流体の流れの状態を解析することあります。その研究成果の内容について簡単に紹介いたします。

I・3次元的な撹乱に対する Hill 渦の応答

非圧縮性、非粘性流体の定常な軸対称の流れの厳密解の一つとして、または原子論的な現象の模型として、Hill の球形渦がよく知られています。この Hill の渦表面の外部から渦無しの3次元的な微小撹乱（方位数 $m=0$ ）を加えた時に、その後の渦の応答については、既に、Moffatt と Moore による解析があります。その後1994年に方位数 $m=2$ に対する、一般的な3次元的な微小撹乱の場合の解析結果が A. Fukuyu, T. Rozi (私) and A. Kanai によってまとめられました。方位解 $m=3, 4$ に対する、一般的な3次元的な微小撹乱の場合の解析結果も最近の国際会議や学会の場で公表しております。これらの結果によると、方位数 $m=2, 3, 4$ の場合においても、撹乱を加えた後の渦表面の変化の傾向は似ています。そして、後部淀み点の回りから、 $m=2$ の場合は二ヶ所に、 $m=3$ の場合は三ヶ所に、 $m=4$ の場合は四ヶ所に、それぞれ Moffatt と Moore が述べた spike に対応する構造が見られます。 $m=3, 4$ の場合、 $m=2$ に比べて初期撹乱を加えてから前部淀み点付近に不安定が生じるまでの時間が短く、激しくおこります。しかし、展開項数を増やすと、 $m=3, 4$ の場合は $m=2$ の場合と同じ、前部淀み点の回りの流体は安定な流れに収束することが分かっています。

II. 円柱型の障害物のある管内流

平行平板間または円管内の流体に一様な圧力勾配を加えたときの非圧縮、粘性流体の流れは、ポアズイユ流として古くから知られています。このようなポアズイユ流に、流れと共に自由に動く物体を挿入した時の流れは、血管内の流れ懸濁液の流れのモデルとして、応用上も重要であります。この研究では平行平板間のポアズイユ流中に円柱を固定した場合の流れの計算機シミュレーションを実行するが、ここで有限差分法を使用します。この方法から得た結果は、円柱後方に後流渦が発生しています。前方渦は見られますが、渦は弱く、流線図には現われません。このような前方渦は、一様流中に置かれた円柱の回りの流れでは決して見られないものであります。前方渦の発生する理由は次のように考えることができます。一般に流れは圧力勾配によって起こるが、物体の後方のように、流れに沿って圧力が減少すると後方渦ができるやすい。流れの中では、一般に流速の小さい所で圧力は高くなります。円柱が置かれた管内流の場合、圧力勾配によって流れてきた流体が、円柱

に近づくと流れは止められ、圧力が高くなり圧力勾配が逆転します。この圧力勾配の逆転は、平板間隔に対して円柱の半径が大きくなるほど著しく、前方渦の形式につながると思われます。

これからは Hill 渦に3次元的な搅乱を加えた時の非線形問題をまとめたいと思っています。留学期間中、専門知識のほか、日本の生活や日本文化に対して、様々な経験を通じて、理解を深めました。今は日本シルクロードクラブ等のボランティア活動に積極的に参加しております。今後は、日本で得た知識と経験を生かして、日本と中国の友好交流のために頑張りたいと思っています。

最後に、これまでの研究にあたり、御助言と御指導を頂いた東京電機大学の故福湯章夫先生、荒牧淳一先生、九州大学の福本康秀先生、またこれまでに奨学金を授与して下さった文部省をはじめ、いくつかの財団、ならびに多数のお世話になった方々に感謝致します。今後より良い研究成果を得るために、一層努力していくつもりでございますので、引き続きご指導と御鞭撻を賜りますようよろしくお願い致します。

天田科学技術研究奨励賞を受賞して

この度、日中科学技術交流協会の第9回天田科学技術研究奨励賞を受賞して、誠に光栄に存じます。ここで、日中両国の科学技術交流に大きな貢献をなされている菅野会長を始めとする協会の諸先生方や協会の事務の方々、ならびに天田金属加工機械技術振興財団に心から感謝いたします。また、日頃熱心にご指導、ご推薦をいただいた群馬大学の加藤教授及び私を含んで、多数の中国留学生いろいろと相談に乗って下さった千葉大学名誉教授鈴木伸先生に厚くお礼を申し上げます。

私は1986年に中国天津大學を卒業してから、2年間の仕事を経験した後、中国清華大学大学院の修士課程に進学し、1990年に修士号を取得しました。また1995年群馬大学大学院工学研究科生物化

群馬大学工学部博士研究員 許 嘉 玉

学工学科の博士後期課程に私費留学生として進学しました。

博士課程において私が進めた研究は噴流型粉粒流動層を用いて微粒子の取り扱いに関するものです。近年、電子材料あるいはファインセラミクスなどの新材料は、微粒子状のもの、又はそれを中間生成物として製造されることが多いです。これらの粒子を凝集状態ではなく、分散状態で処理することが重要になってきています。

粉体の大量処理において流動層は強力な威力を発揮してきました。これらの流動層に用いられる粒子は、主に Geldart の提案した流動化マップの中で、A、B に分類される粒子であります。しかし、一般的に、C グループに分類される微粒子は、

平均粒径が $30\mu m$ 以下となり、流動化を試みた際、強い粒子間の付着力の影響により層内にチャネルや不動粒子群などを形成し、制御不可能な状況を引き起こすため、流動層で扱うことが困難であるとされています。その場合の改善技術として、噴流型粉粒流動層を開発しました。噴流型粉粒流動層とは $500\sim1000\mu m$ 程度の粗い媒体粒子をガスで激しく流動化しているところへ数 μm からサブ μm 程度の微粒子を連続供給し、微粒子を媒体粒子の表面に付着させて流動化させた後、微粒子のみをガスと共に流出させる装置であります。

要するに、この研究課題の特色及び独創的なところは、今まで流動層工学の分野で利用されていない数 μm 以下の微粒子あるいは超微粒子を流動層分野に利用しようとする点であります。

開発した噴流型粉粒流動層の主な特徴としては、内部循環が激しく、十分な乱流によって、媒体粒子、ガス、微粒子が完全に混合できます。もし湿潤状態の微粒子及び平均粒径数 μm 以下となる微粒子は層内での滞留時間、ホールドアップ量など各因子を解明できれば、今まで使用されていないような微粒子を処理することが可能であります。

本研究では、まず、コールド・モデルの手法で、透明塩ビ製の噴流型粉粒流動層実験装置を用い、噴流型粉粒流動層の基本特性を表す層内微粒子ホールドアップ、微粒子の飛び出し速度定数、微粒子平均滞留時間と操作条件、粒子物性及び装置の

幾何学形状との関係を明らかにしました。また、噴流型粉粒流動層の応用研究として超微粒子スラリーの乾燥を行い、この噴流型粉粒流動層乾燥装置の乾燥特性と従来の粉粒流動層乾燥装置の乾燥特性を比較しました。噴流型粉粒流動層を用いた微粒子スラリーの限界乾燥効率は従来の粉粒流動層よりかなり高いということが分かりました。

私が進めた研究の結果に基づいて開発、設計した「噴流型粉粒流動層」は、サブ μm 級の微粒子を粗い媒体粒子の表面で適当に保持させながら流動化できるため、将来微粒子とガスとの反応、粗い粒子を触媒とした場合の微粒子とガスとの反応、微粒子スラリーの乾燥などの微粒子処理プロセスに応用することができます。

1995年4月から1998年3月にかけての留学生時代において私は4篇の研究論文を発表しました。また多数の国際会議及び国内学会において口頭発表を行いました。1996年4月から1998年3月にかけて日本学術振興会に特別研究員として採用され、同時に文部省科学研究費（研究奨励金）の受給者として任用されました。

最後に、留学中に奨励金を授与して下さった文部省と日本学術振興会、ならびに多数のお世話になった方々に感謝致します。今後よりよい研究成果を得るために、また日中両国の科学技術交流に役立つように、より広い視野に立った研究や活動をしていきたいと考えております。

有山兼孝記念研究奨励賞を受賞して

京都大学大学院生 張 文

この度、日中科学技術交流協会の「第7回有山兼孝記念研究奨励賞」を受賞致し、大変光栄に存じます。ここで、日中両国間の科学技術交流に長年の御努力と貢献をされた日中科学技術交流協会の先生方、ならびに有山兼孝先生のご遺族の皆様に感謝を申し上げます。

私は1987年中国国防科学技術大学材料科学工学科を卒業し、中国核動力研究設計院に就職しまし

た。1993年にこの研究院の大学院の修士課程に進学し、1996年に修士号を取得しました。1996年に文部省国費留学生として、京都大学のエネルギー理工学研究所において、核融合炉用SiC/SiC複合材料の作製及び強度特性に関する研究をはじめました。1997年4月に京都大学エネルギー研究科博士課程に入学しました。以下この2年間の研究について簡単に紹介致します。核融合炉は従来の原

原子炉に比べ材料の放射化を低いレベルに抑える事ができます。このため、保守、点検作業が容易で、また活放射性廃棄物の発生量を低減することができれば化石燃料や核分裂に代わる魅力的なエネルギー源になります。

私が研究している SiC/SiC 複合材料は、核融合炉の厳しい環境に耐える構造材料として実用化が期待されています。この材料の特徴は低放射化や高強度そして優れた高温特性があげられます。しかしこの材料の欠点は破壊靭性が低いことで、この破壊はカタストロフィック的に発生します。一度破壊が発生した場合は、最早それを制御することは不可能です。そこで SiC/SiC 複合材料を今後更に広範囲に実用化するためには、解決しなければならない二つの大きな課題が残されています。一つは SiC/SiC 複合材料部品のコストダウンであり、もう一つは SiC/SiC 複合材料の脆く壊れやすい性質を改善することです。したがって SiC/SiC を信頼性の高い材料として広範囲に実用化するためには、SiC/SiC 複合材料の脆さをいかに改善するか、すなわち破壊をいかに抑えるかが、重要な問題です。

私の研究は SiC 繊維強化 SiC 基複合材料 (SiC/SiC 複合材料) をとりあげ、CVI 法により界面を制御した試料を作製し、靭性を向上させるうえで重要な繊維—マトリックス界面の強度の評価及び、破壊挙動における界面構造の効果を解明することです。

高性能 SiC/SiC 複合材料を開発するうえで、重要な要素の一つは、気孔率をいかに減らし、密度を上げるかということです。研究では主に CVI 法を用いて試料の作製を行いました。この方法では、マトリックスの原料が気体であるために、繊維と繊維の非常に小さな隙間にもマトリックスが付きやすく、結晶性の良い比較的高い密度の SiC/SiC 複合材料を作製することができます。また、過度の圧力を加える必要がないため、繊維を傷つけずに作製することも可能です。

さて、繊維強化型複合材料の強度特性において、

繊維マトリックスの力学特性が大きく影響することはよく知られています。SiC/SiC 複合材料の特性を決める重要な要素も、繊維とマトリックスの界面層にあります。SiC/SiC 複合材料の破壊靭性を向上させるためには、カーボンで繊維マトリックス界面に被覆を施すことが有効とされ、これはカーボン層で界面強度を弱くすることより、亀裂の進展を妨げることができるからです。本研究では、より詳細な SiC/SiC 複合材料の界面特性および界面における破壊のメカニズムを解明し、界面特性と強度との相関関係及び微細構造との関係を明らかにすることを目的としています。界面剥離過程を詳細に検討するために内部に微小押し込み試験機を組み込んだ SEM を開発し、この装置で繊維の押し込み (push-in) 試験を行いました。また、押し込み試験を行った試料に対して破壊挙動における微細構造の影響を評価するために、集束イオンビーム装置を用いて $0.2 \mu\text{m}$ 以下の薄膜を作製し、TEM 観察も行いました。この新たな評価方法に基づき、繊維の炭素被覆厚と界面剪断強度との関係を評価した結果、炭素被覆厚の増加に伴い、急激に界面剪断強度が減少することが示されました。薄目の炭素被覆 (1000nm 以下) は厚めの被覆よりも SiC/SiC 複合材料の強度を上げるのに都合が良いようです。また多層被覆は、单層の被覆よりも良い性質を持っています。

このような多くの研究により SiC/SiC 複合材料の機械的性質が解明されつつあります。しかしながら照射などによる超環境下での特性評価については計画が進行中であり、今後、中性子照射やイオン照射による効果の評価が行われることが予定されています。

今回の有山兼孝記念研究奨励賞を受賞して、望外の喜びを感じております。今後もよりよい成果を得られるように一層努力して参りたいと思っております。

中国環境科学研究機関訪問記

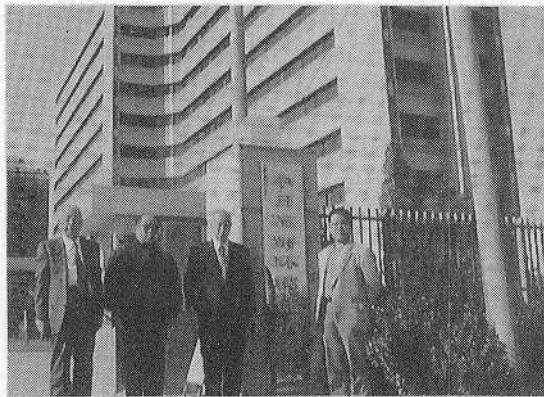
東京大学名誉教授 早野茂夫

はじめに

1998年11月3日から5日まで、北京市中日友好環境保全センターで第6回大気化学ならびに大気質への応用国際会議（ASAAQ'98）に参加する機会に、中国科学院の諸施設を訪問したいという希望が実現して、千葉大学袖澤利昭助教授と私に日中科学技術交流協会を経由して中国科学院から、北京の生態環境研究中心、化学研究所ならびに中国科学技術大学（技科大）への訪問を歓迎するとのご連絡を頂いた。私は1996年に東京大学生産技術研究所を退任し、1998年3月まで二つの大学で環境科学の講義や研究指導に従事してきたので、中国の環境科学研究の現状を見聞することに強い関心があった。以下にその概要を述べる。

1. ASAAQ'98

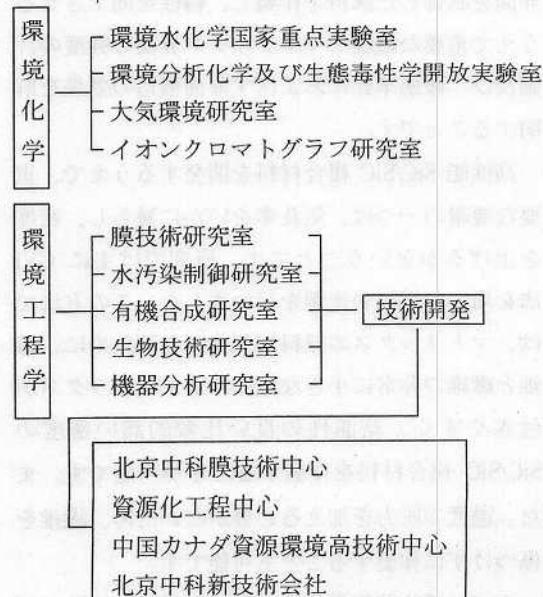
この会議は大気環境の諸問題を討議する国際会議で、ソウル、東京、上海、ソウル、シアトルに統一して初めて北京で開催された。東京で開催されたときは日本学術会議が会場となった。ASAAQ'98には、日本から国際組織運営委員会委員として、鈴木伸千葉大名誉教授、大喜多敏一桜美林大学名誉教授、竹内清秀日本気象協会相談役が参加された。総合講演4件のほか分科会講演122件、ポスター発表60件が発表された。後の二者について発表件数の多い順に項目を整理すると、大気汚染対策29件、シミュレーション並びにモデル化22件、監視・測定21件、エアロゾル20件、大気汚染並びに気象学19件、管理・予測17件、酸性雨17件となっており、関心の在り方が窺える。日本からの参加者のうち、日本の公的機関で活動をしておられる中国籍の方が何人かおられたが、これは中国と日本との国際協力が地味ではあるが深く進んでいることを示すものだと思う。国際組織運営委員会で



ASAAQ'98会場、中日友好環境保全センター
正門で
左から筆者、陳宗良教授、鈴木伸教授、
袖澤利昭助教授

は、次回のこの会議はメキシコで開催されることが決定し、その次は再び日本で開催してほしいとの要望が強く出ていることを鈴木伸教授より伺った。

生態環境研究中心研究組織図



宏観生態学
— 系統生態開放実験室
— 国情分析研究室
— 区域生態研究室
— 生態工程研究室

情報編集
— 情報編集研究室

2. 生態環境研究中心

11月6日の午前、鈴木伸先生、袖沢先生と同行して、生態環境研究中心を訪問した。この事務室の副主任の王晶女士は、千葉大学の鈴木伸先生の研究室で長期研修された方で、日本語に堪能であり、北京滞在中は何かとお世話になった。同女士の案内で、科技処長の呂永龍教授にお会いし、本中心の概要を伺った。本中心の前身は中国科学院環境化学研究所であるが、その後の変遷を経て、名称が現在のように改正され、1996年5月、中国科学院と中国国家環境保護局の共同管理の下におかれようになつた。呂教授はご本務のほかに、本中心に併設されている中国カナダ資源環境高技術中心の主任も兼ねておられる。研究領域から見た、本中心の組織図は付図のように14の研究室と三つの研究中心、一つの新技術会社からなつてゐる。1997年の本中心の年報によると、構成員総数422名、うち科学院院士1名、工程院院士1名、博士教授17名、研究員44名、副研究員92名、中級研究員133名、初級研究員60名で、残りはポストドクター44名、博士課程院生並びに修士課程院生計92名となっている。

いうまでもなく本中心には最新の研究機器が設置されており、計算機網も完備し、所外との交信は即時に行える。ここでは環境科学年報、J. of Environmental Sci. (China)、生態学報、環境科学、環境化学、環境科学進展等6種の刊行物を責任編集して出版している。本中心は創立以来1997年まで2246件の論文を発表し、国家、科学院、省レベル以上の受賞したものが95件に及ぶという。



環境水化学国家重点連合実験室前で
左から筆者、王子健教授、袖澤利昭助教授
鈴木伸教授

本中心の活動の中で、私が強い印象を受けたもののひとつは、国際協力が強く進められていることである。主要な国際共同研究テーマは1997年で19項目あり、アメリカ7件、日本3件（鞍山鉱山の生態回復に関する研究、大気降下物が森林小流域に及ぼす影響に関する研究、酸性降下物の生態学研究）、カナダ2件、ドイツ2件、スウェーデン2件等となっている。

続いて王晶女士の案内で環境水科学国家重点連合実験室を訪問し、主任の王子健教授の説明と研究室内部へのご案内を頂いた。国家重点実験室とは、国のレベルで設定された重点課題を優先的に実施するために指定されたもので、環境科学に関しては、清華大学、北京師範大学、北京大学と本中心が連合実験室として選ばれているという。この実験室のスタッフは23名で、このうち1名が工程院院士、研究員9名、副研究員3名で、これらの半数はPh.D.を持ち、大部分が50歳以下である。院生総数37名は、ポストドクター6名、博士課程院生19名、修士課程院生12名である。実験室には最新の分析機器、シミュレーションデバイス、情報システムが設置され、総合的な環境水科学の研究が進められている。この外、生態毒性学の研究では、光バクテリア、藻類、動物プランクトン、魚類を用いるバイオアッセイが実施され、現在話題を呼んでいるいわゆる環境ホルモンの研究も進

められている。本実験室は、親の生態環境研究中心と同様に、国際協力が精力的に行われており、日本からも多数の研究者が訪れるという。

3. 化学研究所

11月6日午後、袖沢氏と同行して中国科学院化学研究所を訪問した。応接室で副所長費昌沛教授のご挨拶と概要説明を伺い、生命化学分析化学研究室の劉國詮教授（名城大学平田義正教授に師事）のご案内で所内を見学した。本所は1956年に創立され、中国科学院の施設としては最も早く設立されたもののひとつになる。総合的に科学の研究を進めることを目標とし、物理化学、高分子化学、高分子物理、有機化学、分析化学を網羅している。本所からはある時期に青海塩水湖研究所、光化学研究所、生態環境研究中心が分離独立した。本所の所長は朱道本教授で、スタッフの総計は844名である。このうち、高級研究員255名、中級研究員206名、初級研究員184名、技術員36名、博士課程院生70名、修士課程院生90名となっている。また本所の建造物の中に中国化学会、北京科化新技術会社のような6つの公的機関が置かれている。本所は基礎科学指向であり、たとえば物理化学の領域には分子反応動力学国家重点実験室が設置されており、新鋭機器に混じって自作の機器により研究が活発に進められている。テーマとしては、分子とクラスターの光分解ダイナミクス、分子の多光子励起とイオン化、イオン反応とフリーラジカル反応のダイナミクス等が挙げられる。このほか高分子実験室、有機化学実験室でも高い水準の研究が推進されている。本所は生態環境研究中心と同様に、国際交流が活発に行われ、毎年約200人の外国人研究者が訪れるという。現在、アメリカ、日本、ロシア等と約20件の共同開発が実施されている。なお、井口洋夫教授は本所の名誉研究教授の一人として招聘されたという。

4. 中国科学技術大学（科技大、USTC）

11月8日正午、私は合肥空港で科技大の李龍泉先生に迎えられた。先生は13年前に1年間、東京大学の環境安全センターで研修されていたが、久

しぶりの再会を祝した。この日は日曜だったので、李先生ご夫妻の案内で、市民の憩いの場所の逍遙津公園、包公廟や包公公園を散策した。翌9日、李先生のご案内で、午前中にシンクロトロン実験室と、有機物質構造研究室を見学した。このうち前者は中国で初めて設置された国家実験室で、1991年に6240万元の経費で完成したものである。中心部は公称800MeVの電子線のリングとなっており、電流は100～300mAである。周囲には様々なコーナーが仕切られ、サブミクロンリソグラフィー、生体細胞のがん性変異の研究、半導体や希土類元素の研究、非晶質やレーザー物質の蛍光寿命の測定、光電子スペクトル等の研究が進められている。高レベルのエネルギーを用いる研究については私は門外漢であるが、研究に従事されている若い科学者が、見当違いが多いと思われる質問にも鄭重に説明して下さったので嬉しく感じた。この人たちは大抵の人が李先生の教えを受けた由で、暖かい対応で心が和んだ。有機物質構造研究室は4階建ての独立棟で、京都大学を出られた先生が案内して下さった。X線構造解析、レーザーラマン分光器、FT-IR、HPLC、VIS-UV、GC-MS等、新鋭の機器が所狭しと揃っている。ここでは半導体、生態関連物質、高分子が主な対象とのことであった。

9日午後、3時40分から5時まで、応用化学系のセミナー室で私は『界面活性剤と環境問題』について講演をした。ここには化学系、応用化学系の学生約20名の外、化学物理系教授で化学及び材料科学院院長の俞書勤教授、同院副院長で、科学系主任の林祥欽教授、奈良女高師と広島大学の二つで8年間研修され、多くの知人を日本に持つておられる趙貴文教授も来席され、熱心に耳を傾けて下さったので感銘を受けた。ここで頂いたコメントも参考となった。この後、上記の三先生の外、応用化学系の施文芳教授と李先生が加わって懇親会を開いて下さった。私事で恐縮であるが、この日は、私の73歳の誕生日の前日だったので、ケーキと蝋燭まで用意されて祝って下さった。



中国科学技術大学応用化学系セミナー室で
左から2人目李龍泉先生、筆者、
趙貴文教授、俞書欽教授

科技大については、ご案内の方が多いと思うので、ここでは要点を述べる。科技大は中国科学院所属の唯一の大学で、1958年北京に創立され、1970年合肥に移転した。教育組織は、科学、化学及び材料化学、生命科学（1998年2月設立）、工学、ハイテクノロジー、ビジネス等の学部（スクール）と、これらの下に22の学科がある。一般学生には56コース、修士課程には55コース、博士課程には39コースが設けられている。この外ポストドクターに20の特別な領域が用意されている。大学職員1650名のうち、教授390名（うち11名は科学院、工程院院士）、副教授855名である。学生総数1万3000名、うち一般学生5810名、修士院生1410名、博士院生480名、2年コースカレッジ学生1100名、成人教育カレッジ学生4200名である。

組織、設備の中から、環境科学に関連するものを取り上げると、次のものがある。

化学及び材料科学部：化学物理学科

応用化学科

材料化学及び材料工学科

化学科

高分子科学及び高分子工学科

生命科学部：分子生物学及び細胞生物学科

神経生物学及び生物物理学科

基礎実験室：国家シンクロトロン放射実験室

国外との交流も活発で、1981年から姉妹関係を

締結した外国の大学等は37あり、そのうち9が日本である。

科技大の最新の動きを USTC News letter No. 21 998から紹介する。

1998年6月、科学物理学で顕著な業績を上げられた著名な研究者で、科技大のOBでもある朱清時教授が中国国家会議により第7代学長に任命された。同教授は52歳であり、分子の局所モード振動の研究で成功を収め、1995年、*Spectrochimica Acta* のトップソン記念賞を受賞した。同教授は近年、グリーンケミストリーの提唱と研究に専念されており、1998年5月には、ホストの一人として、第1回のグリーンケミストリーの国際ワークショップを安徽省南部の九華山にある科技大キャンパスで開催した。これには8名の科学者や官吏がアメリカ、英国、ロシアから参加し、中国の大学、研究所からは70名の学者が参加し、80篇の論文が寄せられた。これまでの化学とは異なり、高い水準の化学であって、21世紀に向けての最も重要な研究分野であると信じられている。主な特徴は、全ての原子を経済的に用いることであって、化学操作システムの中で、すべての原子がことごとく用いられ、このために外部への放出がゼロになることである。グリーンケミストリーは、資源を完全に利用することによって、汚染を無くすことを目標にしている。これを完全に推進することが産業による汚染問題を解決し、生態学的環境を保護し、持続可能性の発展を実現するための唯一の完全な方法である。このような理由で、グリーンケミストリーは次第に世界中の注目を集めている。

以上、短期間で、訪問先も限られていたが、私の見聞記を閉じる。最後に、私の感想をいうと、現在中国が進めている環境科学での努力は、少なからず新しいヒントと勇気を与えてくれた。環境科学について、日中國際協力が更に進展し、人類の福祉の向上に貢献することを切に願っている。

材料産業の持続発展と環境保全

北京工業大学学長 中国工程院院士
中国材料学研究学会副理事長 左 鉄 鏡

はじめに

本文は材料産業の発展と人類が存在する環境の関係について議論し、社会経済の発展の基礎と方向を指摘し、人類文明の行く末を議論しようとするものである。現在の資源から材料生産—使用—廃棄の過程において、まさに大量の資源が取り出され、再び大量の廃棄物が自然環境の循環過程の中に捨てられている。人類は社会文明を創造しながら、また人類が依存している生存の社会空間を破壊し続けている。人口の爆発的な増大、天然資源の貧鉱化や枯渇、また生存環境の悪化はすでに現在社会発展が直面した三大問題となっている。

材料産業の発展は資源と共に進むべきであり、エネルギーと環境との互いの協調の道こそが持続的な発展と成り得るのである。

一、材料産業の大前提である中国の資源と環境の状況

本世紀以降、地球上には三種類の影響力のある奥深い変化が発生した。一つは社会生産力の極大的な向上である。経済の大幅な増大はかつてない物質の富を創造し、人類文明の進歩を大々的に促進している。二つ目は人口の爆発的な増大で、本世紀の世界人口は目まぐるしく増加し、今ではすでに57億人に達し、しかも毎年約8000万人の速度で引き続き増加している。三つ目に天然資源の過度な開発と消耗による汚染物質の大量排出が上げられ、それによって全世界の資源不足、環境汚染と生態系の破壊が引き起こされているのである。このような問題が蓄積する事によって、人類と自然のあいだに矛盾が生じ、社会経済の持続発展と人類の生存を脅かしている。すなわち、人口膨張、資源不足、環境の悪化は今日、社会の持続発展が直面する三大問題である。正に経済の快速な発展

を遂げる中国が置かれているその環境と発展が直面した問題は更に鋭敏且つ複雑さを増している。^[1]

(1) 巨大な人口

中国の人口はすでに12億を越し、毎年1500万人余りの人口が増え続けている。新たに増加した国民収入の四分の一は新たに増加した人口によって消費される。厳格な人口政策を推進しても、将来50年内にやはり4~5億人は増加するであろう。人口膨張が資源と環境に対して引き起こした影響は、すでに我が国の環境と調和する経済発展の主要な問題となっている。人口増大によって我が国の発展と限られた人口一人当たりの消費水準の向上をずっと制限せざるを得ないのである。

(2) 資源の相対的な不足

我が国は広大な国土と豊富な天然資源を有している。しかし広大な人口の前には、相対的に不足しているのは明らかであり、世界水準においても一人辺りの占める割合ははるかに低い。人類の基本的に生存している淡水、耕地、森林と草地が4種類の資源に関しては、一人当たりの所有量は世界水準の28.0%、32.0%、14.0%と32.0%(表1)しかなく、鉱産資源の一人当たりの占める所有量も世界水準の半分にも満たないのである。資源の不合理な採掘と浪費は更に資源不足に拍車をかけているのである。

(3) 人為的な生態系の変化に対する懸念

人口膨張、天然資源の不合理な利用は生態環境の悪化と自然の生態系の均衡破壊を引き起こしている。統計によると、我が国のおよそ4600種の高等動物と、400種の野生動物が危険な状態にある。

自然生態環境の受容能力は弱められているのである。

表1 我国人口一人辺りの天然資源の保有量と世界平均値との比較

資源の種類	単位	世界平均	我国の平均値	%
土地面積	ha/人	2.56	0.85	33.2
耕地面積	ha/人	0.26	0.084	32.0
森林面積	ha/人	0.77	0.11	14.0
草原面積	ha/人	0.62	0.20	32.0
淡水体積	m ³ /人	8843.5	2484.4	28.0

(4) 環境汚染の持続的悪化

排気、排水、固体廃棄物（“三廃”）の排出量の急激な増加は、重大な環境汚染を引き起こしている（表2）^[2]。全国の600地区以上の都市においては、大気質量が国会一級基準の1%不足に符合している。酸性雨の程度と範囲は日増しに拡大し、すでに華南、西南地区の方から、華中、華東、華北などの地区にまで蔓延しているのである。全国で毎年排出されている汚水の360億トンの内、70%の工業廃水と10%弱の生活排水を除いては、その他は何の処理も施されず直接河川、湖、海に垂れ流され、水質の重大な悪化を招いているのである。全国七大都市の中、半分近くの河川が程度の異なる汚染状態にあり、その河川の経ている都市は86%水質の基準を越えている。都市のごみと固体廃棄物は日々に増加していて、毎年1.8億トンに達し、60億トンにも達するごみが蓄積し、それは5万ヘクタール以上に及ぶ土地を占めているのである。大部分は妥当な処理をされておらず、土壤や地下水に二次汚染を引き起こしており、ごみが都市を包囲する現象は正に進行中なのである。

この種の厳しい形勢に向かって、人類は己の発展の歴史の過程を真面目に振り返り、新たに自分の社会経済の行為を凝視して、新しい発展戦略を探求せざるを得ないのである。このため、国連は1992年6月に「環境と発展」の世界首脳会議を招集し、《The Rio Declaration》と《The 21st Century Agenda》等の重要な文書が承認され、し

かも持続可能発展の道を進んで行く事が一致承認され、未来の長期共同的な発展戦略として行う事になった。百年以上の貧窮の時期を経て、停滞とあらゆる屈辱を受けた中国は正に前代未聞の心意気を以て強国の夢を実現しようとしているのである。中国の発展は正に工業化の迅速な発展に置かれ、人民の驚異的な発展の受容と発達がもたらしたあらゆる重大な問題に向かい合うにいたって、その問題解決の糸口はどこにあるのだろうか。既に我々はこの発展を停止させるわけにはいかない上に、とりあえず発展を選んで、そのあとで整備し直すわけにもいかないのである。このため、持続可能発展できる道を行く事が中国の唯一の選ぶべき選択であり、また環境保全は中国の基本的な国策の一つでもある。すなわち、社会主義現代化の建設の過程においても、人口、経済、社会、環境と資源の相互協調を追求し、現代人と後の子孫の利益と発展の両方に配慮する、これ即ち持続可能発展である。

持続可能発展実現の為、我が国は、《中国21世紀アジェンダ》を編成し、かつ中国の持続可能発展戦略の目標は「持続可能な発展経済体系、社会体系の設立、持続して利用できる資源と環境の基礎を保持すること」と確定している。

解決すべき発展と環境の矛盾、人類の日増しに増大する需要を満たす有限な資源、そのためには二つの根本的な転換、すなわち観念或は意識の転換、発展の様式の転換を実現する必要がある。^[3]

●観念或は意識の転換

資源との対立闘争から自然の尊重、自然との協調と調和への転換

自然に向ける請求から資源を大切にし、環境を保全する姿勢への転換

己の利益のみの関心から地球への関心、人類への関心への転換

目前の利益のみの考慮から長期にわたる持続発展の考慮への転換

この転換は人類の「自然観」或は「世界観」の主要部分の歴史的变化を反映しつつ、「天命論」、

「征服論」より「調和論」まで、自然科学と社会科学の発展と社会の進歩にも反映している。

●経済発展の様式的転換

資源消耗型から資源節約型への転換

環境破壊から環境協調型への転換

技術の遅滞から技術の先進型への転換

経営粗放型より科学管理型への転換

この転換は今、科学技術の敏速な発展を以て基礎的な経済発展戦略とすることに反映して、このような高額な投資、過度な消耗、高度な汚染をもたらす伝統的な発展様式を放棄し、資源節約、エネルギーと環境協調の高率集約型の持続できる発展の様式に変わるものである。

「人類生存の場所はたった一つ、地球だけである。」

—全世界に呼び掛けよう！

全世界の角度より私達に課せられるのは、中国の発展できる大前提から、真面目に材料発展の歴史の過程を振り返り、再び新たに私達の材料開発における行為を詳しく見つめ、材料産業の持続でできる発展戦略を追求することである。

二、材料産業の持続的発展の戦略の追求

1. 材料産業と資源、そして環境

材料は国民経済と社会発展の基礎と先導であり、また現代高水準の新科学技術の発展における三本柱の一つでもある。材料産業は歴史的には国民経済の基礎とされ、要となる支柱産業の一つである。だからこそ材料産業は重視され大発展を遂げているのである。

鉄鋼、非金属、化学工業、建材等を含む、中国の材料産業は建国以来迅速な発展を遂げ、国民経済の工業化と国防の現代化の基礎となり、また先進技術の基礎となっているのである。

統計によると、表2の如く、中国の主材料産業の生産量はすでに世界の先進或は重要な地位にあるのである。

表2 我が国の1994年の材料産出量

材料の種類	材料の産出量
銑 鉄 (万t)	9741
鉄 鋼 (万t)	9261
非金属 (万t)	395
セメント (万t)	42118
プラスチック(万t)	401.40
ゴ ム (万t)	44.35
化学繊維 (万t)	280.33
ガラス (万t)	11925
合 金 (万t)	336.11

上述の結果に明らかなように、中国はすでに今日の世界の材料生産大国であるのだが、しかし生産技術水準、品種、質、特に経済効率から見て、先進国家との距離はまだ相当なものである。

資源と環境の角度からの分析より、材料の採掘、輸送、生産、使用と廃棄の全過程は、資源の消耗と環境汚染の過程である。即ち一方において材料は人類新社会の物質文明を推進しているが、もう一方ではまた大量の資源とエネルギーを消耗し、なおかつ生産、使用と廃棄の過程で大量の排気、排水と工業固体廃棄物の排出が人類の依存している生存空間を悪化させている。

統計から明らかなように、材料産業は鉱産資源の主要な消耗の要因にとどまらず、エネルギーの主要な消耗要因と環境汚染の主要な要因の一つでもある。表3、4にその例を示す。^[2]

表3 1994年主要材料エネルギー消費

材料の種類	エネルギー消費 (万t)	工業の占めるエネル ギー消費の比重%
鉄鋼採掘業	282.63	0.3217
非鉄金属採掘業	487.33	0.5547
非金属採掘業	553.61	0.6302
その他採掘業	252.24	0.2871
化学繊維製造業	993.13	1.130
ゴム製造業	630.43	0.7176
プラスチック製造業	541.16	0.6160
非金属鉱物製造業	12556.14	14.29
鉄 製 錬	15338.62	17.46
非鉄金属製錬	2555.12	2.908
金属製品業	926.86	1.055
合 計	35117.27	39.97
工業消耗費総量(万t)	87853.40	

表4 1994年材料製造業の汚染物排出情況

材料の種類	工業排水 (万t)	工業廃棄 (万t)	固体廃棄物生産 (万t)
鉱 業	140448	1387	26377
化学繊維鉱業	52040	2219	256
ゴム製品	15389	567	102
プラスチック製品	6659	205	38
建築材料及び 非金属鉱物製品	61010	14067	1078
セメント製造業	27045	10186	285
鉄 製 錬	304645	15141	10812
非鉄金属製錬	50742	4524	2124
金属製品	9795	305	69
合 計	667773	50501	41141
鉱業排出総量%	31	44.5	66.7

注) 全国排水放出総量: 3652546万t

其中工業排水放出総量: 2155111万t

排気放出総量: 113630億m³

工業固体廃棄物生産総量: 61704万t

其中排出量: 1932万t

鉄鋼業を以て例とすると、9000万トンの鉄鋼のエネルギー消耗は工業全体の11%を占め、またエネルギー消耗の首位である。排出される排水、排気は工業排出量の13~14%を占め、これだけでなく、化学工業の2次汚染にもつながる。非金属工業は品位が大変低い鉱産資源で採掘し、生産を推進し、生産した400万トンの產品が排出する選鉱くずと固体廃棄物によって主な固体廃棄物は毎年6000万トン、選鉱くず総容量はすでに10億m³に達している。また生産工程中に排出される二酸化硫黄、フッ化水素、ひ素などの排気は有害となる排気の主要原因の一つである。

都市建設の発展と相応した我が国材料産業は1979~1994年の期間において驚くべき大発展を遂げている。統計によると、セメント、ガラス、陶磁器、土レンガを中心とした伝統的な建材の産出量は総て世界首位であり、其の中でもセメントの年間産出量は4.2億トンであり、世界の総産出量の31%を占めている。全国セメント工業平均粉塵、煙とほこりの排出量は1トン毎に23.2キロ、年間排出量は98万トンに達し、都市の重大な汚染原因となっている。

先に述べたデータ分析を通して、私達がはつきりと認識するべき事は、一方では材料産業や材料科学研究者が国民経済の発展、国防建設や人民生活水準の向上の為に甚大な貢献をしてきたが、その一方では材料産業は又、資源、エネルギーの主となる消耗の原因や環境汚染の主要な責任的要因の一つでもあるという事である。有限な天然資源(資源型エネルギーも含む)に対する過剰な開発や貧鉱化、枯渇の脅威と環境にもたらす日増しに重大になっている汚染に対し、材料研究者が為すべき事は、冷静に思考し、保証できる材料性能、数量の需要、又は資源やエネルギー、環境と協調できる材料の生産技術を探求し、材料の持続可能な発展戦略を制定する事である。

これは時代にわたる私達の義務的な歴史的責任である。

2. 材料の持続発展対策

人類社会と経済発展をする為の物資の基礎的な材料は将来どんなモデルで発展させていかなければならぬのか、材料研究者はみな既に真面目に思考し探求している。

(1) 転換の観念

正確な資源意識と環境意識の樹立

前で述べたように、中国の持続可能な発展戦略の大前提のもと、科学技術と材料産業の発展が一つの根本的な転換に直面している。即ち資源、エネルギーと環境の過度な消費より、資源を惜しみ、エネルギーを節約、環境を保護する姿勢への転換、資源と環境の協調発展へともに歩んでいかなければならない。

この種の転換を実現するためには材料科学研究者と管理研究者の資源、環境にたいする意識あるいは観念の転換が必要である。これは即ち、
—正確な資源意識の樹立：天然資源の有限性の理解、過度な消耗の制止、資源保全の強化と資源利用効率向上；

—正確な環境意識の樹立：生態環境維持能力の有限性の理解、環境汚染の制御、環境保全の強化；
—資源の消耗は環境汚染と互いに正比例的に増減する。また資源利用の多様化は環境汚染と修復の複雑化をもたらす。

国際材料学界は材料の発展や、資源と環境の関係を熟視し、次の事を見出している。以前の材料科学とプロセスは材料の性能と機能を最大限度に発揮する追求をもって出発点とし、しかも資源、環境問題に対してはほとんど重視してこなかったのである。これを反映して1979年米国材料学会と技術調査委員会は「材料科学とプロセス」に「材料科学とプロセスは材料組成、結合、工芸に関して、それらの性能と用途間に関係する知識の開発と応用の科学である。」という定義を定めた。

あれから20年たった今日において、我々は先に述べた定義の内容を考える時、広く開拓してなお修正補充すべきである。更に明確な要求を以て材料科学と技術の研究者は次の事を熟知しておかなければならぬ。①材料性能の要求に対し使用者

を充分に満足させると同時に、資源とエネルギー節約の考慮、環境汚染の減少を充分に可能にさせ、片面追求的な観点を改善させる必要がある。②研究、設計、材料の整備及び使用、材料・製品の廃棄の時、必ず材料とその製品のすべてのライフサイクルの中で、環境との調和性にたいして、重点的に評価の指標を作成して、生産、更には使用や廃棄後の資源再生利用や環境汚染を顧みない観点、これらのどれも改善しなければいけない。③この定義の開拓と展開は多彩な方面の学科に関連していくだろう。すなわち、理工学に関連するに止まらず、自然科学と社会科学との関連にまで及ぶだろう。したがって材料科学者と技術者は、広い基礎知識と力強い実践性を備えておかなければならぬ。また、科学効率、経済効率を論ずるだけでなく、社会効率も論じなければならない。材料科学や産業の具体的な発展目標と全世界と中国の持続可能発展の為の大きな目標は結合するのである。

環境材料は正にこのような背景のもとにおいて提出されたのである。

90年代初期、日本の山本良一等によって先ず環境材料の概念が提出され、瞬く間に世界各国において評価を得て、共通の認識に至ったのである。さらにはそれは全世界的に環境材料研究、開発に关心がおよび、盛んに実施され、これは90年代において国際社会の材料科学と技術発展の最も新しい動きとなって行ったのである。

(2) 環境材料の提起と発展の情況

環境材料は優良な使用性能と素晴らしい環境協調性を持つものとして大一類に数えられる。この種の材料は資源とエネルギーに対する消耗、生態系と環境に対する汚染は小さく、再生利用効率は高く、また分解できたり循環利用が可能である。しかも材料製造、使用、廃棄から続けて再生利用の全ての時間までの間、環境との共存性を必ず備えているのである。このため、いわゆる環境材料は実質上伝統的な構造材料、機能材料に与えた特に優れた環境調和性の材料であり、それは材料研究者の環境意識のもと、或は新型材料の開

発、または改善、伝統材料の改造である。我々はあらゆるそれらへの強調を持って、ただ新型材料開発に執心するわけではない。なぜならば実際にどんな種類の材料であっても資源の節約と環境との調和性は改善の過程を経過する必要があるからである。よってそれは環境材料として見られなければならないのである。この種の定義、概念は更に拡大した材料研究者の積極性、鼓動、と彼らの支持によって、膨大な材料產品に生産技術改革、エネルギー節約の実現、汚染の減少と修復の目的を遂行して行くものである。同時に資源、高いエネルギー消耗の汚染の重大な伝統的材料に取って代わる新型環境材料開発の提唱と積極的支持が必要である。まだ指摘すべき問題があり、発展の観点から見て、環境材料は持続可能な発展にあり、人類は材料の全ての歴史的過程について考慮しなければならない。社会発展と科学技術の進歩に沿いながら、新型產品により旧型と取って代わる事で、一つの絶間無い進歩の過程とするものである。

国際上の材料科学研究者は環境材料研究をすでに高く重視している。ここ2、3年近く、環境材料における一つの主題をめぐって国際的に幅広い研究が展開されている。1993年3月、SETAC(国際毒理学と化学学会)がポルトガルにおいて13ヶ国、50人以上の専門家が参加した研究会を組織した。《環境の協調的評価(LCA, Life-Cycle Assessment)推測一実践号》を制定、出版し、ISOとCENの共同の認識を得て、環境材料の研究と材料の生態系循環評価の標準化の為に重要な根拠を提供している。1993年8月、IUMRSは日本の東京で先進材料国際会議を開催し、この会議場で第1回の環境材料研究会が専門的に組織されたのである。その主な主題は地球の環境問題と材料で、環境問題の相關的材料技術、環境協調性相關的な材料整備と処理技術、環境材料の設計と性格描写技術に関連している。1994年10月、日本の筑波において15ヶ国260名の専門家が参加した環境バランス国際会議が開催され、会議はすなわち環境材料及び相關的な評価体系の交流を促進した。

日本やヨーロッパの幾つかの国では、相次いで環境材料研究会が成立し、又は頻繁に国際的な研究会を組織して環境材料の研究と開発を行っているのである。世界の多数の国家の政府と経済人は又これに対して重大な関心を示し、そこで1994年7月15日、クリントンはゴアと共にサインした「持続可能発展的な未来技術に向かって」というホワイトハウスの報告の中に「環境技術市場は正に急速に増大している、なおかつ将来今後も引き続き増大して行くだろう。この技術はアメリカに経済目標、環境目標とエネルギー目標を同時に実現する喜ばしい機会を提供している。」と明確に提示している上に、環境技術産業が国民経済に更に大きな貢献が出来る事を希望しているのである。

環境材料やその材料の環境調和性の評価システム(LCA)及び環境協調的製品(ECP)はすでに数多くの国家の政府官僚及び科学者、生産企業家の共通の認識となり、かつ研究と企業の発展を大きな力で促進している。

国際的に環境材料の研究は既に理論上の研究に限られず、かなりの材料化学の研究者が正に環境浄化、污染防治、有害物質に化わるもの、廃棄物の利用、自然エネルギーの利用、材料の資源化などの方面を含めて大量の研究を行っており重要な発展を遂げている。多数の国家はまだこれに關係ある法律を制定していない。これより環境材料の発展を推進し、経済の持続発展を促す事が出来るのである。イギリス、フランス、オランダのある企業では、各々LCAの評価ソフトウェアと相関的なデータベースを開発し、国際的なある著名な企業は相応な研究発展計画の実施を開始している。例えば、IBMの「環境設計計画」等である。

我が国は正に一つの経済高度成長の時期にあり、そのエネルギーと資源の消耗は急速に増加し、大多数の工業產品はその環境の価値を犠牲にして発展を起こしたのである。特に需要に対し指摘されるのは先程紹介した環境問題で、すでに国際政治、経済、貿易と文化の各方面に浸透し、現在は国際競争の重要な方面になっている。先進国家の強烈

な要求が中国国家の環境基準の向上を発展させ、環境保全の貿易条件をつくり提出するまでにいたったのである。我が国はすでに「経済発展における解決保護、保護環境における持続発展の実現」の原則を確定し、国際重用規約に関するものには署名をし、なおかつ国家に関する環境保護の法律、法規を通している。「三廃」の整備標準と管理実施の方法を制定、これすなわち材料研究者に対する環境保護責任の法律的拘束を執行し形成したのである。このため、材料研究者は制定した材料の持続可能な発展推進計画を真面目に研究する必要があり、かつ政府の指導と支持のもとに実施するべきである。

(3) 環境材料研究開発計画基本的枠組の提案

国際的な環境材料に関して、その相関的技術の研究は始まったばかりであって、我が国の国民経済は正に一つの高速発展の時期にあり、この機会をつかんで、先頭に追い付く為に、国外先進国家の経験を借りて、我が国の国民感情につなげ、環境材料の研究と発展をもって前進して行こうとするものである。理論と実践上長期に渡って解決すべき事は、ただ己の研究の需要の為の研究開発を重んじ、しかも資源と生態環境の人類に対する影響についての根本的なこの問題への無関心さをやめ、また環境材料研究開発の展開、材料科学や技術と資源や環境協調発展の行程の促進、なおかつ持続できる環境材料及び相応的な材料産業を徐々に設立する事である。

環境材料開発研究の基本的な枠組みの内容としては、環境材料及び環境材料学の基本的概念、内容やその範囲の基礎研究、材料の資源に対する環境への影響の評価方法と標準の研究、主管部門及び企業の重大な応用を拡大する価値のある環境材料の開発及びその関連する技術の研究開発の協助と参与、環境材料教育計画の制定と実施の促進、環境材料の国際共同研究や交流等の強化等である。

●環境材料及び環境材料科学の基本問題研究 材料、產品及びその生産、整備、使用に対する

展開は直に廃棄の全ライフサイクル又はある環境節約の環境協調性評価研究に達するのであるが、これは改善乃至材料、產品、或は生産工業の基本的研究の淘汰であり、世界各国の注目的でもある。しかし国際上 LCA の方法や応用、LCA の数学物理方法、材料の環境負荷の性格表示や数量の指標、LCA の評価範囲及び生態循環のインベントリー分析、材料生産と使用過程の環境損害評価や環境改善評価などに関しては、多数の基礎的研究を行う必要がある。同時に ISO14000 標準化作業の中の第 5 部によって行なわれている LCA の討論報告には、生態環境評価の模範的研究を展開し、代表的な幾つかの材料を選び、その生産から整備工業（原材料の採集、取り出し、材料の整備、製品の生産、運輸も含み）資料収集、分析、追求を推進するのであって、材料性能、工業ネットワーク、材料の流通、エネルギー源の消耗、廃棄物の発生、種類や数量と基本的データ等が加えられるのである。その環境負荷の性格表示及び評価方法の研究は、各工業と環境影響に対する環境の節約、人類活動が製造した廃棄物の再生のコストも含まれている。環境材料の基礎理論研究の強化に対して、新しい環境材料を開発する事も重要な指導意義を持つのである。

LCA の方法学と模範的な研究を通して、材料開発、応用、再生の過程と生態環境間の相互制約理論の形成、材料の需要活動が引き起こした生態環境変化に対する人類への掲示、人類生存のあらゆる需要の質と数の影響に対する生態環境変化を以て材料の環境評価標準を提供したデータと模範的な例を制定する。その外、材料の生態循環評価標準の研究や、ISO14000 標準化の促進は又中国材料科学研究者の正に努力目標となっている。

●積極的な国家、各職種、企業へ向けた環境材料研究と開発項目の提案と相関技術の実施の促進

新しい環境材料の開発に関して、材料成分設計する時は環境との相容性を考慮し、特に再生できる循環的な使用が可能なものでなければならない。LCA の評価を通して、その加工整備と使用過程

はみな環境への負担を最大限に押さえなければならぬ。使っている全ての材料システムは無論環境に対して加工整備或は使用過程では全て無害であり、汚染も減少し、環境も保全するのである。

環境の材料性能のあらゆる採取技術の主要は以下の4つの方面で次の通りである。1) 避害技術：すなわち環境を有害物資に対して逃れさせ、人々の生活方式を変える事によって環境破壊を減少させる。2) 評価監査技術：すなわち汚染物資とその自然の過程と人工の過程において生産した有害物資の環境に対する影響の評価を指摘する。3) 制御技術：有害物資が環境に進入する以前において、無害物資に転換する技術。4) 補助修復機能：環境に進入した有害物資を無害物資に転換し自然と人工によって均衡を失った生態系を改善回復する事の指摘。

●環境材料の教育計画の制定と実施

一学者として、環境材料学は一個の研究問題であるとともに、又一つの教育問題でもある。環境材料科学の教育計画を積極的に制定し実施する必要がある。専門教育方面においては、大学の内から材料の専門課程の教育を始め、かつある条件の大学において環境材料学科を試験的に開設する。材料の専門の為に「環境材料」の専修課を開設し環境材料学科の学士学位を設立する。環境意識を材料科学と技術に導入し、環境材料学を国家の環境教育体系へ解けこませるのである。又同時に、専業化の大学院学位の教育設立と整備、博士、修士の大学院生を養成する。新しい環境材料の発展の為、21世紀に向けて持続可能な発展における研究者の創造条件を養成するのである。同時に国内外の環境材料科学研究と研究方法を結合させるため、現在「環境材料学」の教科書を編集している。

正規の教育以外にも、すでにある基礎教育、成人職業教育の教学内容中において、普及型の「環境科学」の内容を増加させる。そして広くマスメディアを利用し宣伝普及させ、材料研究者と人民全体に環境意識を向上させて、環境材料と緑色產品の宣伝と教育を強化するのである。一つの環境

材料教育体系が設立して、中国の持続発展の為に良好な基礎を提供できるのである。

●環境材料研究推進と開発の国際協力と交流

環境材料は一つの全世界的な問題である。「私達は一つの地球を共有している。」のスローガンの元に、中国は正に一系列の処置解決すべき環境問題を抱えていると同時に、環境保護領域の各項の国際協力に積極的に実行方法を検討しつつ参加しているのである。環境材料方面的促進において、中国の材料科学研究者もまた同じで、始めたくすぐに環境材料や発展的な各項目の国際活動に積極的に参加し、一通りの環境材料科学の基礎的研究結果を発表している。1995年に中国の西安において、第2回国際環境材料検討会を成功のうちに組織したのである。同時に日本、ヨーロッパ等の国家の同志達はある具体的な協力を成立し、環境材料科学の基礎研究及び応用開発、その他各種に対応する専門活動にまで及んで展開したのである。

環境材料学の発展を促す為、私達は以下に優先的に展開すべき国際協力について提案する。

- 1) 環境材料学そのものの基礎的研究に関して、完全に整えた環境材料学の理論と概念を設立し、環境材料学の内容と範囲を確定する。環境材料学を一つの学科とし、跡絶えない様な発展を促す。
- 2) LCA の標準及びその応用方面における幅広い協力において、国際的な発展水準を解決する必要があり、すでに成し得ている先進の成果を借りて、中国の生産過程に合った工業、產品の評価技術及び標準を設立し、產品を国際市場に促し一步完全な評価体系を設立していく。これらはみな国際間の協力を要求し、有無相通し、最後に国際化の評価標準と方法を形成する。
- 3) 我が国の汚染の典型的な材料産業に集中して、幅広く国際協力を展開していく。前にも述べたように、典型的な材料の汚染源を管理し、汚染を減少させ、生態環境を保護し、中国材料産業の持続発展を促進し、新しい環境材料を開発し有益な経験を提供するのである。

おわりに

本文は環境保護のこの側面を重視して、材料や資源、環境の関係を議論してきたもので、一部の観点を簡単に述べかつ幾つかの提案をしている。その目的は関係ある部門とその指導者や材料科学、技術界の同志の关心を寄せる為であり、共同の思考と材料の持続できる発展戦略を探求し、協調し合える事を希望する。

参考文献

- 1) 宋健、走可持续发展道路是中国必然选择、

《科技日报》、1996.3.19

- 2) 《中国统计年鉴》、1995
- 3) 钱易、环境保护与持续发展、《中国工程院第二届院士大会文集》、1995
- 4) M. Cohen, Journal of Materials Science and Engineering, 1979, Vol. 137. 1
- 5) 山本良一、《环境材料概论》、日本実業出版社、1994
- 6) 左铁镛、可持续发展环境材料及其行动计划、CHMRWNIX、特邀报告、韩国、ソウル、1996.9

第60回 理事会議事録

日 時：1998年12月1日（火）

場 所：一ツ橋学士会館303号室 13:30～16:00

出席者：会長 菅野昌義 顧問 伏見康治

理事 井形直弘、鈴木伸、土屋喜一

以上の他委任状提出者17名

1. 前回議事録確認
2. 第6回日中石炭シンポジウム（10月13日～17日 於蔵王 学振主催）

協賛について

上記シンポジウムの開催報告が菅野会長からなされた。参加者147名（うち中国から30名）、盛会であった。本協会から60万円（15万×4名）の協賛。プロシーディングスが回覧された。

3. 次回日中科技シンポについて

組織委員長曾田教授（長岡技術科学大）の開催案が配布された。来年早々にさらなる具体案を計画する予定。募金についても検討中。

4. 今年度奨励賞受賞者審査、贈呈式、研究発表会について

菅野会長より11月17日に行われた審査委員会の結果が報告された上で、受賞者の最終決定がなされた。応募資格についての見直しについても議論された。来年度の募集要項の改訂が行われることとなった。

5. 本協会の普通会員並びに賛助会員の増加について

資料を元に賛助会員ならびに個人会員増加の呼びかけがなされた。

6. その他

本年度訪中科学者早野先生、袖沢先生が無事訪中を終えられた旨の報告があった。

目 次

1998年度中国人留学生研究奨励賞を受賞して各受賞者.....	1
中国環境科学研究機関訪問記	
東京大学名誉教授 早野茂夫.....	8
材料産業の持続発展と環境保全	
北京工業大学学長 左鉄鏞.....	12
第60回理事会議事録.....	20