

省資源のための新しい生産技術の開発に関する研究

特定研究 第1・第2グループ

1. はじめに

戦後、外国資源・技術に依存しながらも、日本の産業は急速な発展をとげ、その生産技術はめざましい成果をあげてきたが、それとともに大量生産、大量消費化した日本の社会構造は、石油危機を境として、資源、エネルギーの需給関係、環境問題などへの新たな対応にせまられ、大きな構造的変換を余儀なくされるに至りつつあることは周知のとおりである。そこで将来も国際社会において先進的役割を維持していくためには、直面しているこの重要課題を解決していかなければならない。特に生産技術の立場から広い視野に立って、種々の角度から総合的に問題を検討し、その展望を切り開く積極性がいま要求されている。

第一重要資源に極めて乏しい日本では、当然低品位の原鉱よりの製錬、精製技術の開発によって、より経済的に材料を供給することが重要になる。また海水中に含まれる多くの無機化合物からの原料の採取、精製、製造も開発されるべきであろう。一方資源状況に応じて代替材料の開発と、その使用も考えられなければならない。例えば、架空送電線が銅からアルミニウムに代わり、最近では屋内配電線、地中ケーブルにもアルミニウム代替の動きが活発になってきている。

また最近のように材料が高級化するほど、熱的、化学的に安定し、かつ複雑な組成をもつものが多くなり、回収再生処理が難しくなっている。しかし地球上の資源は有限であり、また環境保全の上からも廃棄物の回収「リサイクル」の問題が重要なことはいうまでもない。新材料開発においても回収再処理のしやすさが将来重要な性能の一つになるであろう。回収技術は、回収から分別、分解、予備処理、再生の諸工程において、いかに少ないエネルギーで効率よく目的の材料を再生しうるかということであり、これにもシステム工学の課題が重要になってくる。また一方では、材料の節約、システムの高度化に対応して、軽量化、小型化の要求が高まってくるのは当然であろう。

それには金属系材料はもちろんであるが、無機質、有

機質を用いた高強度複合材料とか、超塑性現象を利用した強靱化などにより、さらに比強度の向上が期待されてくるとともに、材料評価、品質管理の技術の向上、安全工学の面からの材料設計と予測の工学がとくに重要になるであろう。

また大量生産、大量消費の時代に代わって、構造物、機器の性能や耐久性を増すことによって材料の損耗を少なくさせることが重要になり、さらには機器の性能向上が材料の使用環境をますますきびしくするので、従来にも増して耐疲労、耐摩耗、耐食、耐熱耐候性などの特性をもつ材料の開発が要求されるであろう。

また特に戦後のエレクトロニクス工業の発展の歴史を見れば明らかのように、新技術の出現に新機能材料の果たす役割は極めて大きい、エネルギー変換機能や、磁性、誘電率など、これらの機能材料の開発と、その巧妙な利用技術によって著しい技術の進展が可能になる。

このように省資源問題は、未利用資源の活用、資源のリサイクルといった面からだけではなく、一方では材料機能の向上、高度化、資源に応じた材料問題が必要であるとともに、すべての問題について生産技術、加工技術の開発、材料評価や安全設計の技術的向上があいまって推進されるべきものである。

以上のような情勢をふまえて、総合工学研究所である当研究所が、各部門・専門分野を超えて、今までの研究を基礎に、積極的に省資源問題の解決に取り組む目的で昭和53年4月より特定研究として発足した。

2. 研究課題および研究目的

第1グループ未利用資源の活用に関する研究

各種のスラグ、回収石膏、金属屑さらにはヘドロなど広く「未利用資源を有効に利用するための製造、処理技術を開発し、省資源化を図ることを目的とする」とともに本研究の特徴とするところは、可能な限りそれをさらに従来の材料とは異なる高機能の材料にかえ有効な活用を目指している点にある。

(1-1) 高炉スラグと石膏によるセメントの大量置換技術の開発

省資源のための新しい生産技術の開発に関する研究組織

<p>第1グループ 未利用資源の活用に関する研究 (今岡教授, 小林教授) (無機工業化学)(土木構造学)</p>	<p>1. 高炉スラグと石膏によるセメントの大量置換技術の開発 小林教授 (土木構造学) 2. 界面重合法による未利用資源からの高強度構造材料の開発 妹尾教授 (有機工業化学) 3. 工業廃棄物の土質材料としての有効利用の研究 三木教授 (土質工学) 4. 未利用資源による金属材料の化学的耐環境性の評価 増子教授, 原助教授, 石田助教授 (複合金属材料学)(金属加工学)(放射性同位元素工学) 5. 水資源有効利用のための微生物担持吸着剤による処理技術 鈴木助教授, 木村教授, 船橋助教授, 斎藤教授 (環境化学工学)(環境化学工学)(工業物理化学)(工業物理化学) 6. 製紙・製鋼スラグからの耐熱性繊維の製造技術の開発 今岡教授, 大藤助教授 (無機工業化学)(鉄鋼製錬工学) 7. 粉末冶金法による未利用資源, 産業副生物の再生技術の開発 原助教授, 中川助教授, 増沢助教授 (金属加工学)(精密加工学)(精密加工学)</p>	<p>田 中 所 長 (武蔵教授) (環境計測化学)</p>
<p>第2グループ 現有材料の効率的利用技術の開発 (山田教授, 川井教授) (固体材料学)(構造力学)</p>	<p>1. 省資源を旨とした電子材料の開発 安達教授, 河村教授, 原島助教授 (画像電子デバイス工学)(電力工学)(電力機器学) 生駒助教授, 石井助教授 (画像電子デバイス工学)(電力工学) 高橋教授, 白石助教授 (無機工業化学)(有機工業化学) 熊野翁教授 (有機工業化学) 2. 新機能材料の開発とその機構の解明 木内助教授, 中川助教授, 川井教授 (変形加工学)(精密加工学)(構造力学) 3. 三次元不均一構造系の発生制御と材料機能 西川教授, 非野助教授 (金属材料学)(金属材料学) 中川助教授, 小林教授 (精密加工学)(土木構造学) 4. 高温金属の直接押出鍛造法および表面圧接材の製造技術の開発 山田教授, 渡辺助教授, 鳥飼教授, 北川教授 (固体材料学)(材料強度機構学)(応用超音波工学)(材料強度機構学) 5. 一方向析出法および非晶質化法を用いた新しい材料の開発 結城講師, 尾上教授, 山口教授, 川井教授 (材料強度機構学)(応用電子工学)(電気制御工学)(構造力学) 6. 鋼繊維の効率的製造法の開発 佐藤教授, 木内助教授, 増沢助教授 (切削工作計画工学)(変形加工学)(精密加工学) 7. 材料の最適設計と加工技術および解析プログラムの開発</p>	<p>山田教授, 渡辺助教授, 鳥飼教授, 北川教授 (固体材料学)(材料強度機構学)(応用超音波工学)(材料強度機構学) 結城講師, 尾上教授, 山口教授, 川井教授 (材料強度機構学)(応用電子工学)(電気制御工学)(構造力学) 佐藤教授, 木内助教授, 増沢助教授 (切削工作計画工学)(変形加工学)(精密加工学)</p>

産業副生物としての高炉スラグと回収石膏を汎用のセメントと大量に置換して使用する技術を確立し、それらの副生物の有効利用を図るとともに、従来のセメントとは異なる特性をもったセメントを作り出し、材料使用の最適化、効率化を可能にしようとするものである。

(1-2) 界面重合法による未利用資源からの高強度構造材料の開発

炭カル、石膏、各種スラグ、あるいは鉄屑などの表面アルキンド処理などにより界面重合活性性能を賦与し、これを開始剤とするモノマーの重合により界面強度の高い分散型構造材料の新しい製造方法を確立する。

(1-3) 工業廃棄物の土質材料としての有効利用の研究

ヘドロに代表される大量の各種工業廃棄物を土質材料として有効に利用するための処理方法を確立するとともに処理材の土質工学的特性を把握した上で、その効果的利用技術の開発をはかるものである。

(1-4) 未利用資源による金属材料の化学的耐環境性の評価

乾式製錬から排出される廃滓類の無公害処理により有用金属を湿式製錬法により回収する処理システムを確立し、それらの特性に応じた耐環境金属材料の製造技術を確立する。

(1-5) 水資源有効利用のための微生物担持吸着剤による処理技術

水中で活性炭に吸着された微生物が高効率で有機物を分解するという新しい現象に基づくもので、活性炭による微生物の固定化技術の開発は高効率の排水処理法の確立をはかるとともに固定化微生物による高効率醗酵プロセスへの適用を考えている。

(1-6) 製鉄・製鋼スラグからの耐熱性繊維の製造技術の開発

高炉スラグ、転炉スラグの有効利用を目的に含有化学成分調整を行い、耐熱性ウール材、セメント補強材としての耐アルカリ繊維材への適性を明らかにし、これらによる構造材の新しい製造技術を確立する。

(1-7) 粉末冶金による未利用資源産業副生物再生技術の開発

粉末冶金技術と塑性加工技術を応用し、大量に発生する産業廃棄物である金属加工屑を物理的処理により粉化し、焼結により工業材料として再生する加工プロセスの開発を行う。

さらにスクラップ自体の発生を削減する生産方式の開発も行う。

第2グループ 現有材料の効率的利用技術の開発

今後我国の産業構造を省資源型に変換発展させていく

過程で特に重要な役割りを果たすと考えられる材料機能の高度化に関する研究を、金属・化学・情報および構造材料などの諸分野にわたって重点的に行うもので、とくに「従来用いられている材料の機能および効率の向上、あるいは寿命の増大、生産経費の低減、小型化、軽量化のほか、新しい機能の開発を行う」ことに重点を置く。

(2-1) 省資源を目指した電子材料の開発

省資源を目指した電子材料の開発の一つとして苛酷な環境下におけるガイシの汚損耐電圧特性の向上により送電線建設費の低廉化が期待される。複合絶縁材の界面、接着面、および絶縁特性の究明により新しい機能化ガイシを開発し実際の電力系統への実用化をはかる。

また2種以上の酸化物半導体を混合あるいは層状に組み合わせることにより新しい電子的光学的機能を有している材料を開発し、各種電子機器、システムのサージ等による破壊防護のためのデバイス、またブラウン管に代わる新しい固体表示装置など耐久性のすぐれた機能機器を可能にする。

(2-2) 新機能材料の開発とその機構の解明

比較的豊富な資源である金属酸化物、硅酸塩、炭酸塩、カーボン類などの無機物質の化学改質により新しい機能を賦与することによって、これまででない高度の機能をもつ吸着材、担体、充填材、複合強化素材を開発する。

(2-3) 3次元不均一構造系の発生・制御と材料機能
ガラスあるいはカーボンファイバー強化プラスチックの素材の大部分は3次元高分子であり、これらの材料は鉄などに代わる高度機器材料として大型化している現状であるが、3次元高分子は成形条件により分子配向を異にする不均一構造を生成し易く、均一な機能材料としての適性を欠く、したがってその不均一構造の発生を制御し、品質、機能特性の向上をはかるものである。

(2-4) 高温金属の直接押し鍛造法および・表層圧接材の製造技術の開発

金属素形材の製造に従来の塑性加工手法を使用せず、金属の半熔融状態から押し出し、または鍛造して所要の素形材を作り出し、資源、エネルギーの低減をはかる。また高度な塑性加工技術を駆使して、従来不可能視されていた圧接材を効率よく生産する手法を開発する。

(2-5) 一方向析出法および非晶質化法を用いた新しい材料の開発

合金に外部より特殊な条件、例えば一軸方位の応力、一方向の温度勾配、一方向の磁場あるいは電場を加えると外部条件に対応した優先方位の析出物が形成される。この異方性材料の製造技術により高強度材料などの高性能材料の開発をはかる。

(2-6) 鋼繊維の効率的製造法の開発

ファイバーコンクリートや繊維強化複合材料などの複合化による高強度機能材料を生産する上での素材である鋼繊維の効率的生産を可能にするため、切削加工を用いた低コスト高品質の繊維の製造技術を開発するとともに各種金属繊維の加工技術を検討する。

(2-7) 材料の最適設計と加工技術および解析プログラムの開発

今日まで、非弾性解析に関する研究では、主導的役割を果たしてきた。この基礎的成果を3次元構造にまで発展させようとするもので塑性粘弾性の材料非線形性、変形、ひずみの幾何学的非線形性を取り扱うほか、特殊接合要素および破壊要素をプログラムに組み込むことにより局所的な強度や破壊のシミュレーションを同時に可能とする広汎な機能を有する解析手法を確立する。

また非線形動力学問題のコンピューターシミュレーション技術や機械振動解析手法を利用し、加工機械の強度、振動特性と精度との関係や加工プロセス動力学ならびに最適な加工条件のより精密な把握を目標とし、加工条件により省資源をはかる研究を展開する。

(今岡 稔・大蔵明光記)

3. 研究経過および成果

この特定研究は昭和53年度より3カ年計画で進められているもので、現時点ではその第1年を経過したに過ぎず、十分な成果を上げるまでには至っていない。しかしこの中の幾つかのグループでは、すでに本研究へ取り組むための基礎が出来上がっており、かなりの成果がえられたものもある。そこで今日までの研究経過および成果の要約を以下に記す。

(1-1) 高炉スラグと石膏によるセメントの大量置換技術の開発

汎用セメントの大半を高炉水砕スラグと石膏によって置きかえた省資源・省エネルギー型セメントの実用化を目的とした実験研究を行った。

まず、高炉水砕スラグと石膏の合計量で汎用セメントの80%以上を置換するという条件の下で、両者ならびに汎用セメントである普通ポルトランドセメントの構成比と強度との関係を調べ、強度面から実用可能な構成比率の範囲を明らかにした。次にこの種のセメントを用いたコンクリートの強度発現特性とこれに影響を及ぼす諸要因との関係について検討を行い、ポルトランドセメントを用いたコンクリートとは異なる強度則に従うことを確かめた。

現在は素材である高炉水砕スラグおよび回収石膏の品質がこのセメントを用いたコンクリートの強度に及ぼす影響を調べるとともに、このような組成のセメントに懸

念される鉄筋の腐食や表面の劣化 (Absanden) の問題について検討を進めている。

この種のセメントにおける3種の素材の実用可能な構成比率の範囲は、スラグ: 65~85%, 石膏: 15~35%, ポルトランドセメント: 0~5%であることが明らかになった。またコンクリートの強度はポルトランドセメントを用いた場合のように水と結合材の比率のみによって決まるのではなく、コンクリート中に占める結合材量によっても支配されることが確かめられた。

硫黄分の量が多く、しかもセメント硬化体の pH の値が相対的に小さいことに帰因する鉄筋の腐食はアノード抑制型のインヒビターによって防止できる見通しが得られた。

(小林 一輔記)

(1-2) 界面重合法による未利用資源からの高強度構造材料の開発

鉄屑などから高強度の構造材料を製造するための方法として界面重合法の開発を行った。これは金属粉にあらかじめ化学的処理を施すことによって、重合開始能を与え、モノマー中に浸漬することによって、界面強度の強い新しい型の分散型複合材料を製造しようとするものである。重合開始能を賦与するためには、アルコラート ROK, RONa, ヘキサメチルホスホルアミドナトリウムなどのリビングアニオンを含む溶液を塗布する方法をとった。たとえば、エタノール (100 ml) に金属ナトリウム (3 g) を溶解しアルコラートをつくり、これに鉄粉を浸漬処理した後、アクリロニトリル溶液に接触させると激しく反応し、鉄表面に厚くポリマー層が形成される。またこのように処理した鉄粉を、適当な形状をした容器中のスチレン中に浸漬させると、全体が固化し、鉄粉が分散した複合材料が得られた。このようにして得られた材料は、従来の分散型複合材料に比べて、金属ポリマーマトリックス間の結合強度が非常に大きく、そのため大きな材料強度が得られる。この方法により高強度の分散型複合材料を得ることのできる素材として、重合開始剤、モノマーの組み合わせを適当に選ぶことによって鉄、銅、アルミニウム、亜鉛などが利用できることが明らかとなった。製造条件と材料性能との関係について系統的な研究を進めている。

(妹尾 学記)

(1-3) 工業廃棄物の土質材料としての有効利用の研究

ヘドロを代表とする工業廃棄物は、位置的に価値の高い都市圏の一郭に、大量に放置されて時に公害源になるおそれもあるので、これを効果的に閉じ込めて地盤土として有効利用し、必要があれば材料土としての活用方法を見出すことの意義は大きい。

しかしこれらは一般に大量の水を含んで存在すること

が多いので、有効利用の第一着手は脱水問題であり、物理化学的手法による凝集から圧密排水までの機構を、まず含水状態が広範囲にわたるヘドロについて解明することを行ってきた。水中に土粒子が浮遊する状態から、土中に水が不飽和状態で保持される場合までを通しての脱水圧密現象の統一的な考察は、さらに次年度も継続する興味ある研究テーマで、その成果に基づく排水手法のシステム化の確立に期待している。

含水量が減少したヘドロは、化学的処理剤を用いて固結化するが、大量のヘドロの安定化を必要とする現場では全量処理を狙うのは不経済で、現在すでに開発が進んでいる各種の処理機械も、柱状改良部を適当間隔の千鳥状に造成して間に合わせるものがほとんどである。しかしこの場合には、処理土と未処理土とが原位置で複合地盤を構成するので、その耐荷性状は両者の土質工学的性質に大きく支配される。そこで本年度は、自然土よりはかなり固い固結部材の、強度特性と変形特性を解明する三軸圧縮試験機を試作し、クリープ現象までを含む複合地盤の性能評価法の研究を進めてきた。すでに蓄積のある一軸圧縮試験による固結土の力学特性試験に関する成果と併せて、次年度には地盤改良を行った複合地盤の設計法の提案までを行う予定である。(三木五郎記)

(1-4) 未利用資源による金属材料の化学的耐環境性の評価

アルミニウム循環利用材の化学的耐環境性評価に関する研究を主として実施し、まず評価方法として低電流密度溶出法による溶出パターンの解析を中心とする新しい手法を考え、その妥当性を検討した。

試料としては、Zn, Mg, Mn, Cu, Si, Sn, Fe などを 0.1~0.5wt% 含む合金材を溶製し、圧延加工後板材として用いた、アノード溶出液として 1 M. NaCl および 0.001 M. NaCl 溶液を比較したが、耐孔食挙動の判定には、低濃度溶液の方が自然腐食とよい対応を示した。

これら不純物元素の影響は固溶状態と析出状態によっても大幅に変化するうえ、共存元素の種類および量によっても変化する。実用材の代表として 1070 合金、5052 合金、6063 合金をとりあげ約 0.4% の Sn の共存がどのような影響を示すかを調べた。Sn は固溶状態にある場合に耐食皮膜を弱くする効果がある。このため急冷材では耐食性の劣化の原因となるが、再生材の熱処理を実用の規格に合わせた場合には問題がない。なお Mg と共存する場合には Sn の悪影響はなくなるが Sn のレベルは 0.1wt% 以下にすることが望ましいようである。

限界析出した Sn がガルバニック作用によって再生材の耐食性に悪影響をおよぼすという効果は認められなかった。Sn のほかに Fe についても不純物の効果、他元

素との共同作用の影響などを研究中である。さらにメスバウア効果の測定を通して Fe, Sn と他の共存合金元素との相互作用の種類、形態を追究している。

またプラズマ溶射法を利用してアルミニウム循環材からのアルミニウム粉末を用いた、C-Al 複合材料の製造試験もおこなっている。(増子 昇記)

(1-5) 水資源有効利用のための微生物担持吸着剤による処理

有機性の排水処理に当たって多用されている微生物による溶存有機物の酸化処理(活性汚泥法)は、バクテリアから後生動物に至る混合培養系による処理であるが、流入水の濃度変動、流量の変動等の負荷変に弱い欠陥を有し、また流入水の濃度が一定程度低いものではないと微生物の安定な飼育ができない。これらの問題を活性汚泥槽内に活性炭等を添加し、その吸着容量および選択的除去効果を利用する方法により解決する試みとして、(1) 流入水中の有機物がグルコーマからフェノールへ突変した際の処理特性に与える活性炭添加の影響、(2) 活性炭添加に伴う活性汚泥の沈降特性の変化について研究を行っており、前者については、汚泥の馴養時間の著しい短縮を観測した。また沈降特性も若干の改善を見ており、これらの研究をさらに継続し、微生物処理による高濃度、高密度処理の限界を拡げることが可能であるかを次の検討対象としている。(鈴木 基之記)

(1-6) 製鉄・製鋼スラグからの耐熱性繊維の製造技術の開発

高炉スラグ、転炉スラグの有効利用を目的に含有化学成分調整を行い、耐熱性ウール材、セメント補強材としての耐アルカリ繊維材への適性を明らかにし、これらによる構造材の新しい製造技術を確立するため、スラグ基本成分の検討、スラグおよび 3 成分系ガラスの熱特性および耐アルカリ試験を行った。

製鉄スラグは操業条件によって異なるが、基本的成分は SiO_2 , Al_2O_3 , CaO である、そこでこの 3 成分系についてガラス化範囲を調べた。その結果 Al_2O_3 はガラスの網目形成成分となり、 $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} = 1 : 1$ より CaO の多い側にガラス化範囲が存在する。スラグの成分は複雑かつ多様でありそのガラス化の組成からみて直ちに判断することは困難であるが、上記 3 成分系を基本とし、その他の成分 MgO , FeO , MnO 等は CaO に準ずるも、 Fe_2O_3 は Al_2O_3 に準ずるものと考え、スラグの大体の位置を見分けることができる。

耐熱性ガラスの特性を調べるためには、熱膨脹を測定し、その際えられる転移点および屈伏点を求めるのが近道である。そこでスラグおよび SiO_2 - Al_2O_3 - CaO 3 成分系の基礎ガラスの熱膨脹係数ならびに転移点、屈伏点

を調べた。その結果、一般の硬質ガラス（軟化温度 550°C～580°C）はもとより従来報告されているガラス中でも最も高いものに属する。したがって、上記組成中でスラグ成分を調整し、長繊維が引き易い条件を把握すれば当初の目的に添う耐熱ガラス繊維への利用の第1条件は満たされるものと考ええる。

また 2% NaCl による溶出試験の結果から十分コンクリート補強用素材として使用可能な範囲にあることが示唆された。

(大蔵 明光記)

(1-7) 粉末冶金法による未利用資源、産業副生物の再生技術の開発

切削加工、塑性加工、特殊加工等で発生する加工屑は莫大な量に達する。これらは一種の産業廃棄物であり、現在でも金属加工屑については、回収され金属資源に再生利用されている。しかしながら、この再資源化工程はかなりのエネルギー消費を伴い、必ずしも有効に行われているとは言い難い。

このような現状を開閉する研究開発としては次の3つの手法が考えられる。①加工屑の発生を減少させる。②加工屑の有効再生利用をはかる。③加工屑を安価な材料に置き換える。本研究では各種機械加工のうち、上記3手法に当てはまる重要なテーマを取り上げ研究開発を行う。

①プレス加工における板取りの最適化

塑性加工材の中で最も多量に消費される板金プレス加工を取り上げ、板取り法をコンピュータにより行わせることにより省力化し、最適化し、スクラップ発生率を大幅に下げることを目指した研究である。歩留りの向上は直接省資源に結びつくものであり、量的にも大きいので、わずかの歩留りの向上も全体としてみれば極めて大きな省資源効果が得られる。すでにコンピュータプログラムの開発の第一歩は終了し、理論的限界値に1%と迫る良い結果が得られることがわかってきた。

②粉末冶金による切削加工屑の機械部品への再生技術の開発

機械加工屑の中で最も多量に発生する切削加工屑を取り上げ、これを機械的に粉碎し、粉末化して焼結用金属粉末に再生する研究である。このような再生原料は品質的技術的問題が多いので、単なる思いつきでは駄目で、その原料に適した新しい加工技術の開発が必要となってくる。これまでに、鋳鉄切粉、高力黄銅切粉について開発を試みかなりの進展がみられた。今後は、切削切粉の材料範囲を拡大するとともに、これまでの経験を生かし他種の金属屑の再生も手がけていく積りである。

(中川 威雄記)

③水を媒体とする放電加工技術の開発

最近の放電加工の普及は目覚ましいものがある。放電加工では加工液として灯油が用いられてきたが、これを水に置き換え、貴重な資源の節約を図ろうとする研究である。水に置き換えることにより、種々の放電特性の把握と特殊放電回路の開発が必要であるが、予備的な実験の結果、電極送り制御が重要であることが明らかとなり今後の研究の方向が決まった段階である。

(増沢 隆久記)

(2-1) 省資源を目指した電子材料の開発

従来実用に供されていた半導体はシリコンのような単結晶が主であり、不純物を 10^{-9} 以下に制御し、しかも高度な加工技術の実現により数 μm 以下の半導体素子が可能になり、LSI等に見られるように電子系統構成に複雑で高度な機能を実現してきた。これら単結晶半導体は可能な限り不純物元素の除去された完全結晶の作製に努力がはらわれてきたが、一方では、種々の金属酸化物を混合、焼成することによって強い非線形電気伝導を生ずることが見出され、実際に利用する試みがなされている。

そこで省資源の立場から ZnO を主成分とするバリスタに着目し、ZnO, Bi₂O₃ 等にいくつかの金属酸化物を添加した多結晶、多相材を作り、これら複合電子材料の製法、微細構造と電気的性質、非線形電気伝導について検討を加えた。特にバリスタ製造時における添加酸化物元素が、電気伝導特性に大きく影響することが明らかになり、これらは添加物の量、添加成分比、焼成温度に起因するという知見を得ている。なお微細構造、電気特性について現在研究中である。またこれらバリスタの伝導機構の解明、および性能評価を行うとともに、高速度および高電圧用バリスタを試作して、保護回路および電力系統用避雷器への適用をはかり、その際の問題点を明らかにする。また SnO を主成分とする酸化物半導体を塗布・焼結した高性能ガイシについては引き続き耐汚損性能の評価を行い、所外での大型実験も予定している。

一方超電導体エネルギー蓄積システムについては通常コイルによる予備試験を完了し、これを基礎に超電導コイルによる実験を現在計画している。(生駒 俊明記)

(2-2) 新機能材料の開発とその機構の解明(化学改質による高選択性機能材料の開発)

各種の無機材料の表面化学的研究の一環として、種々の手法によって表面改質を行い、表面物性を制御しこれらの表面化学構造を明らかにするとともに高選択性機能を利用することを目的として研究している。現在実験を行っているものは、触媒、触媒担体、吸着材料、吸着分離材料として、既存のものとは異なった新しい高選択性を有する材料開発を目指しており、対象としてシリカ、アルミナ、シリカ・アルミナ、分子ふるいゼオライト、

けい酸塩類、カーボン類を採り上げている。これらの材料開発はいずれも省資源・省エネルギーを目的として計画されている。

混合物からある成分を分離することは化学操作の中で非常に重要なものである。液体混合物を分離するためには、工業的には、蒸溜、共沸、液一液抽出、結晶化などがあり、特殊な場合に吸着法が用いられている。約10年前に液相分離プロセスである *n*-パラフィン分離が工業化されたがこれは分子ふるいゼオライトの利用によるものである。我々は分子ふるいゼオライトを化学改質した材料を用いて、合成脂肪酸製造の際のもっとも問題となる不純物ラクトンを分離することを試み、多大の成果をあげた。またカーボン類、とくに活性炭およびメソカーボンマイクロビーズの還元および適当な酸化によって表面化学構造の制御を行って、これらの表面物性ととの対比を明らかにしつつあるが、一部のものは充てん剤としての吸着分離性において、従来のものとは異なった高選択性を有することが確認され、実用化の可能性を検討している。

(高橋 浩記)

(2-3) 3次元不均一構造系の発生・制御と材料機能

3次元高分子はミクロゲル、マクロゲルをへて生成する。分子としての特徴は粒状ゲルの集合体として作られる巨大分子構造である。粒の内部あるいは粒界の化学組織の不均一性、また粒の大きさやその分布などが不均一構造の要因である。省エネルギーの立場からは、3次元高分子が用いられている有機工業材料の分野では次の問題の解決が重要である。

(1) 塗料・接着剤での無溶剤化：使用溶剤量を減少し、欠陥として生じ易い不均一構造を生じない材料の開発

(2) 3次元高分子生成温度の低下：ふつう120~180℃で反応を行う。その温度を可及的に低下させると共に欠陥の少ない材料を製造する

(1)については、材料系で生成する不均一構造の検出が重要である。欠陥の大きさにより、いろいろな方法があるが、DSC法、光学顕微鏡のほか、とくに電子顕微鏡-イオンエッチングの組み合わせ法が有効で、この方法の一般化を開発中である。

(2)については、従来高分子合成反応では反応における活性化エンタルピーを制御する考え方が重きをなした。現在3次元高分子の生成においてエントロピー支配のコロイド物質の反応系を設計して研究をすすめている。二、三の興味ある結果が得られている。

(熊野谿 従記)

(2-4) 高温金属の直接押し出し・鍛造法、表層圧接材の製造技術の開発

金属素形材の新しい製造技術として、従来の鍛造加工と熱間塑性加工の境界領域に位置する半溶融加工法の開発を進めている。本加工法は金属材料、主として合金、を所定の温度に加熱・保持することにより、内部に固相成分・液相成分の共存状態をつくりだし、この状態特有の変形流動特性を利用し、成形・延伸・切断・接合など種々の形態の加工を行う技術であって、低荷重を以て高加工度を容易に達成できるため、加熱・塑性加工を繰り返す従来の加工法に比して加工工程およびエネルギー消費率を大幅に改善できる可能性がある。すでに各種のアルミ合金・銅合金の押し出し加工を試み、棒・線・管材に関して、低荷重・高減面率の押し出し加工に成功しており製品の特性試験なども通して、実際加工への適用が可能であり、当初の目的を十分達し得ることを示してある。現在、本加工法の長所ならびに半溶融金属の特性を利用した複合材料の製造技術の開発を進めつつある。

一方、押し出し加工・鍛造加工においては、加工時の材料流動の把握、加工限界の予測、加工時の欠陥の発生の予測と防止、などが非常に困難であり、そのため型の設計・試作あるいは試成形などに多大の労力と時間さらには材料・エネルギー消費などを要している。そこでこれらの問題を短時間かつ高効率に処理する手法の開発が強く望まれている。この問題に対して、上界接近法を大規模に適用し、任意な形状の製品の鍛造・押し出し加工について一般的シミュレーション実験を可能とするシステムの開発を進めており、すでにその根幹となるプログラムの開発に成功し、現在実際加工への適用の有効性について、コンピューターにより広範囲にわたる検証実験を行っている。

(木内 学記)

(2-5) 一方向析出法および非結晶質化法を用いた新しい材料の開発

一方向析出法に関しては現在 Al-Cu 合金について研究を進めている。Al-4wt% Cu 合金の [100] 方位をもった単結晶を作製し、これを均一化焼鈍によって偏析のない均一固溶体とし、荷重下での時効を検討している。

非晶質化法については、まず現在研究室で使用しているハンマークエンチング法で、Pd-Si 合金、La-Fe および La-Au 合金につき、非晶質化条件とその構造に関する基礎データの集積、その経年変化について検討を進めている。これをバックデータとして実用的に有望な機能素子材料と考えられる Fe-P-C 系および希土類-遷移元素系の研究に発展させる。

一方向析出法に関しては現在まだ成果の発表はしていない。非晶質化法についての研究成果を次にまとめる。

非晶質化については現在 Pd-Si 合金について最も広く研究が進んでいるが、我々は ^{57}Fe をドーブした Pd-Si

合金の非晶質化の Si 濃度依存性を、メスバウア分光によって調べ、その原子位置は多少の乱れはあるにしても、結晶質 Pd₃Si のそれと非常によく似ているという結論を得た。

無反跳分率の温度依存性より、そのデバイ温度は結晶の場合より10%程度小さくなっていることが判明した。

Pd-Si 系非晶質合金の時効に伴う構造変化を、X線プロファイルおよびメスバウアスペクトルで追跡した結果、225°Cまでは変化なく安定であって、250°C結晶化が始まり300°Cで完了した。この際他の報告にあるように準安定相の析出は検知されなかった。この時効に伴う経年変化の問題は、非晶質合金を実用化する場合最も重要なポイントとなるので、さらに研究を進めている。

また¹⁹⁷Au核メスバウア分光によりLa-Au非晶質合金についても新しい知見を得た。(西川 精一記)

(2-6) コンクリート補強用鋼繊維の効率的製造法の開発

鋼繊維補強コンクリートは最近省資源志向型複合材料として注目され、トンネルのライニング、舗装、橋梁、住宅、キャストブル耐火物などに適用することによってすぐれた効果を発揮することが期待されている。しかしその補強素材である鋼繊維の価格が非常に高いことが実用化に対する大きい障害となっている。本研究は製造コストと性能の両面において従来のものよりすぐれた鋼繊維の製造方法を開発することにより、鋼繊維補強コンクリートの単価の大幅な引き下げをもたらす、その実用化を通じて省資源、着エネルギーを凶ろうとするものである。

原料鋼材として安価な鋼塊を使用し、これを切削用カッターにて高効率に切削し、その切削チップをファイバーとする新しい鋼繊維製造方式を提案し、その生産条件を把握した。また試作した切削ファイバーを実際に使用してみて、その性能評価を行い、その結果をファイバー製造条件に反映させることも行った。現在までに、従来の鋼繊維と比較して、補強効果の高い切削ファイバーの生産方式を確立した。したがって、少量の鋼繊維の使用で、同じ性能の鋼繊維補強コンクリートが得られ、鋼繊維が安価であることもあって、二重の経済効果をもつ切削ファイバーを生み出すことができた。

すでにコンクリート用、炉材用については、実用化が検討されているが、今後は切削ファイバー製造技術の確立を進めるとともに、その評価と適用分野の拡大のための研究を進めていく積りである。さらに、切削ファイバーの製造方式を発展させ、複合材料用一般金属繊維製造へも適用させることを考えている。(中川 威雄記)

(2-7) 材料の最適設計と加工技術および解析プログラムの開発

有限要素法に基礎をおく数値解析法の研究およびそれらに関連する計算機プログラムの開発、モアレ法によるひずみ測定法、応力拡大係数の算定法等に関する基礎研究を発展させ、材料の破壊の研究に適した特異有限要素、および接合要素、大型構造物の最適設計に役立つ可変節点数要素の開発、ならびに積層材等の使用による構造と設計合理化のための数値解析ルーチンの開発を行った。

特に再生材料の変形、破壊機構の解明の手段として、AE (Acoustic emission) を用い、高靱性構造材料 Weiten 60 と低強度 Al-Mg 系合金の1軸引張疲労試験を行い、それに伴うAE計数解析、AE振幅分布解析、AE周波数解析、および破壊力学的解析を行い、それらの成果を学会、Symposium に発表した。

(山田 嘉昭・鳥飼 安生記)

加工技術の開発研究の面では新しい離散化モデルによる加工動力学諸問題のコンピューターシミュレーションに関する基礎的研究が開始され、まず二次元切削問題の解析アルゴリズムが検討された。(川井 忠彦記)

工具寿命の検知予測技術の開発に関連し、マシニングセンタ等高度に自動化された工作機械で穴あけ作業に多用されるドリルの寿命検出について研究を進めた。また加工精度向上の見地から工作機械側の直進精度と加工物側の真直度を同時に測定する方法を開発し、これによる測定結果についても画像表示することを行い、形状精度についての一つの考え方を提示した。

(佐藤 壽芳記)

半溶融加工技術の開発研究として、すでに半溶融状態下の材料の基本的特性について種々の角度から検討を進め、その概要を明らかにしているが、同時に管材、棒、線材の半溶融押し加工の開発研究を進め、その実用化を期しており、さらに鍛造加工その他への適用についても検討を加えた。また鍛造加工が当面している技術的問題に対しては UBET (Upper Bound Element Technique) を大規模に適用し、一般的な取り扱いが可能となるような汎用シミュレーションシステムの開発を進めており、現在実際の加工問題に適用して開発プログラムの有効性を検証する一連のテストを実施中である。また複合材料の加工限界の予測問題や鍛造欠陥の圧着可能な圧延条件等を研究するシミュレーションプログラム開発の基礎研究も併行して行った。(木内 学記)

放電加工プロセスにおける工具電極の送り制御の動特性と加工速度の関連性について研究し、加工面積により最適な送り系周波数特性が存在することを確認し、引き続き深穴加工、長時間加工における加工特性変動と送り系動特性との関連等について検討を加えている。

(増沢 隆久記)