

東京工業大学工学部 山根 正之

西独 Fraunhofer Institut für silicatiforschung のディレクター Helmut Schmidt 博士の招きで、7月10日から約3週間共同研究の為同研究所に滞在する機会を得た。短期間であり、しかも独語に関しては大学卒業と同時に殆ど返納してしまっていたため、研究所の全貌については不可能であるが、所長との会話、年報、研究所の紹介パンフレット等から得た知識をもとにこの研究所の Activity について紹介してみたい。

Fraunhofer Institut für Silicatiforschung (ISC) は西独ミュンヘンに本部をおき国内に35の研究所をもつ、応用、開発研究の専門機関 Fraunhofer Gesellschaft (FhG) の1部門である。FhG の従業員は約5000人、その約1/3が研究者で、残りの2/3は実験補助、機械工作、ガラス細工などを行うテクニシャンである。研究の大部分は、政府または民間企業との契約に基づいた委託研究で、それにより FhG の年間予算約6000ミリオン・マルク(約430億円)の80%がまかなわれている(残りの20%は国の Ministry of Research から)。

ISC のある Würzburg 市は西独のほぼ中央に位置する Frankfurt からメイン川に沿ってアウトバーンを東に約1.5時間走ったところにある人口約10万人の中規模の都市である。有名な観光ルートであるロマンチック街道の起点であるので、日本人の若い観光客を毎日のように見かける。またワインの産地でもあり、独特の形の緑色のびんに詰められたフランケンワインの味は格別である。また、シーボルトの生まれた町、X線の発見された町でもある。

ISC では約30人の研究者(7月現在22名の博士)、博士号取得を目指す10人の学生を含む130

人の従業員が無機材料に関する研究(計47テーマ)を進めている。研究対象分野は①：非金属無機材料(コンベンショナル)の調製と応用、②無機合成材料、③無機-有機高分子複合材料、④環境問題、の4つに大別される。それぞれの分野で現在進行中のテーマは次のようなもので、このうち93%が委託研究、7%が自主研究である。

- A-1 セラミック材料およびガラスの開発とキャラクタリゼーション(微構造、強度 etc)
- 2 コロージョンプロセス(放射性廃棄物貯蔵用ガラス、ガラス繊維)
- 3 無機結合材の物性と利用技術(石膏、水ガラス、リン酸アルミニウム)
- B-1 ゼルゲル法による材料開発
 - 2 セラミックス微粉末の合成とプロセスング(ウイスキー補強セラミックス、エレクトロセラミックス用微粉末調製、成形、焼結、物性測定)
 - 3 ガラスおよびセラミック材料によるコーティング(耐蝕性、表面硬化、触媒)
 - 4 触媒機能をもつゼルゲルコーティング
- C-1 有機高分子、ガラス、金属へのコーティング(耐スクラッチ抵抗、光学的機能付与、耐蝕性)
 - 2 歴史的文化的財の保存(歴史的に由緒ある教会のステンドグラスのコーティング)
 - 3 多孔質材料(触媒、バイオテクノロジー用吸着剤および担体)
 - 4 センサー、光学用、電気用、医用等への応用を目的とした特殊材料
 - 5 マイクロエレクトロニクス用特殊材料
- D-1 廃棄物の投棄または再利用のプロセスエンジニアリング(スラッジ、酸、ダスト)

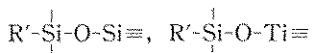
2 クリスタイルガラス工場からの廃水による
環境汚染の低減

3 公害関連の新しい分析システムの開発

これらのテーマからもある程度わかることであるがISCの得意とする技術はコーティングである。例えば

$\begin{array}{c} \text{O} \\ | \\ -\text{R}-\text{CH}-\text{C}-\text{HR} \end{array}$

—R=CHR(メタアクリル基) —R—CH—C HR(エポキシ基) —Ph(フェニル基) —C₃H₇(プロピル基)などの官能基 —R'をもつ市販のトリアルコキシシラン、R'-Si(OEt)₃、R'-Si(OMe)₃、R'-Si(OBu)₃、等とアルコキシド Si(OEt)₄、Ti(OPr)₄、Zr(OBu)₄、Al(OPr)₃を混合した液に水を添加してプラスチックや金属にコーティングするOrganic Modified Ceramic(OMOcer)コーティングはその例である。アルコキシドとアルコキシシランに水を添加するとアルコキシ基の加水分解によって生成した—OH基間で脱水縮合をおこなすが、有機官能基は加水分解されずに残る為、



のように複合高分子(OMOcer)膜が基板上に形成される。生成するOMOcerの厚みは5~6 μmで、プラスチック特有の緻密さとセラミックスの硬さを兼ね備えもつ。従って、アルミニウムやシンチュウなどの金属にコーティングすると腐蝕防止効果が極めて大きい。またプラスチックにはスクラッチ抵抗を増すのに有効である。眼鏡用のプラスチックCR-39やPET、PMMA、PC(ポリカーボネート)などの表面改質に応用する為、この秋には現在のコーティング溶液調製用パイロットプラント100 kg/day scaleを更にスケールアップする為の装置の建設にかかる所である。

また、セラミックスへのコーティングには次のようなものがある。ISCではアルミナやムライト焼結体の強化用のSiCには人体に有害なウィスカーに代えて大きさが20~30 μm、厚み3~10 μmの小板を使用する研究を進めているが、小板を単にアルミナやムライト原料粉に混合して加えるのではなく一度アルミナゾルやチタニアゾルに懸濁させた後噴霧乾燥を行って1~2 μmの厚みの

コーティングを施して焼結時の酸化防止膜を形成してから用いている。

更に国産のスペースシャトル(1~2年後打上げ予定とのこと)用の断熱タイルの製造では、有機バインダーで混練したムライト微粉をノズルから押出して繊維を作り、同時に乾燥して一度ドラムに巻いた後、アルミナゾルを巻きつけて表面コーティングを行い、適当な長さに切断して焼結するという方法をとっている。有機バインダーを焼きとばした後にのこる直径10~20 μm、長さ5~10 mmのムライト短繊維はコーティングしたアルキナを介して互いにしっかりと結合され、多孔質の断熱タイルが得られる。サンプルを手にした感じでは、数年前に米国のシャトルではく離して話題となったシリカファイバーによる断熱タイルと同程度のかさ密度であった。

この他自動車の廃ガス浄化用のコーディエライトハニカムへのV₂O₅ゾルのコーティングなど、ディップコーティング、スプレーコーティング、更には教会のステンドグラスへのブラシによるコーティングまで、目的によって様々な手法でコーティングを施した材料の開発の研究が行われている。

Institut für Silicatforschung はけい酸塩研究所と訳せると思うが、内容的には、前記のOMOcerや、ゾルゲル法あるいはエマルジョン法によるセラミック原料微粉(アルミナ、ムライト、Y₂O₃-部分安定化ジルコニア、PZT、etc)の調製、電気泳動によるアルミナグリーンシートの作製の研究など、非けい酸塩の研究の占める比重が次第に大きくなって来ているようであるのは時代の流れであろうか。

余談になるが西独では労働組合の要求にもとづいて法的に定められた労働時間は昨年までが週40時間、今年は39時間で来年は更に短縮されて38.5時間になるとのことである。それ以上働いても(極めてまれにそういう人がいても)超過勤務手当は出ない(ようである)。ISCではフレックスタイム制をとっている為、出勤、退出時刻は自由であるが、午前7時前と午後6時以降の残務はコンピュータで管理した各人のカードには勤務したこととしては記録されない。殆んどどの職員が朝7時

半には出勤し、午後4時半には帰る。レストラン以外、商店はすべて平日は午後6時、土曜日は午後2時に締まり、日曜日は全休なので4時半をすぎるとあわてて買物に出るわけである。単身の滞在者には不便極まりないシステムであるが、これもまた時代の流れであろうか。

〔筆者紹介〕



山根 正之(やまね まさゆき)
1968年東京工業大学大学院博士課程終了、工学博士
1968年東京工業大学助手(工学部無機材料工学科)
1975年東京工業大学助教授(工学部無機材料工学科 非晶質材料講座)
1983年東京工業大学教授(同上)
1968～1969年米国レンセリア工科大学博士研究員
1969～1971年米国カリフォルニア大学博士研究員
1985～1986年米国ロチェスター大学客員教授