



新しい材料開発に向けて

—— 岡田研究室～無機材料工学科 ——



我々と共に歩むセラミックス

「セラミックス」と聞いて皆さんは何を思い浮かべるだろうか。陶磁器・ガラス・セメント……。これらは、文明発祥の頃から人類の生活と関わってきたものばかりである。

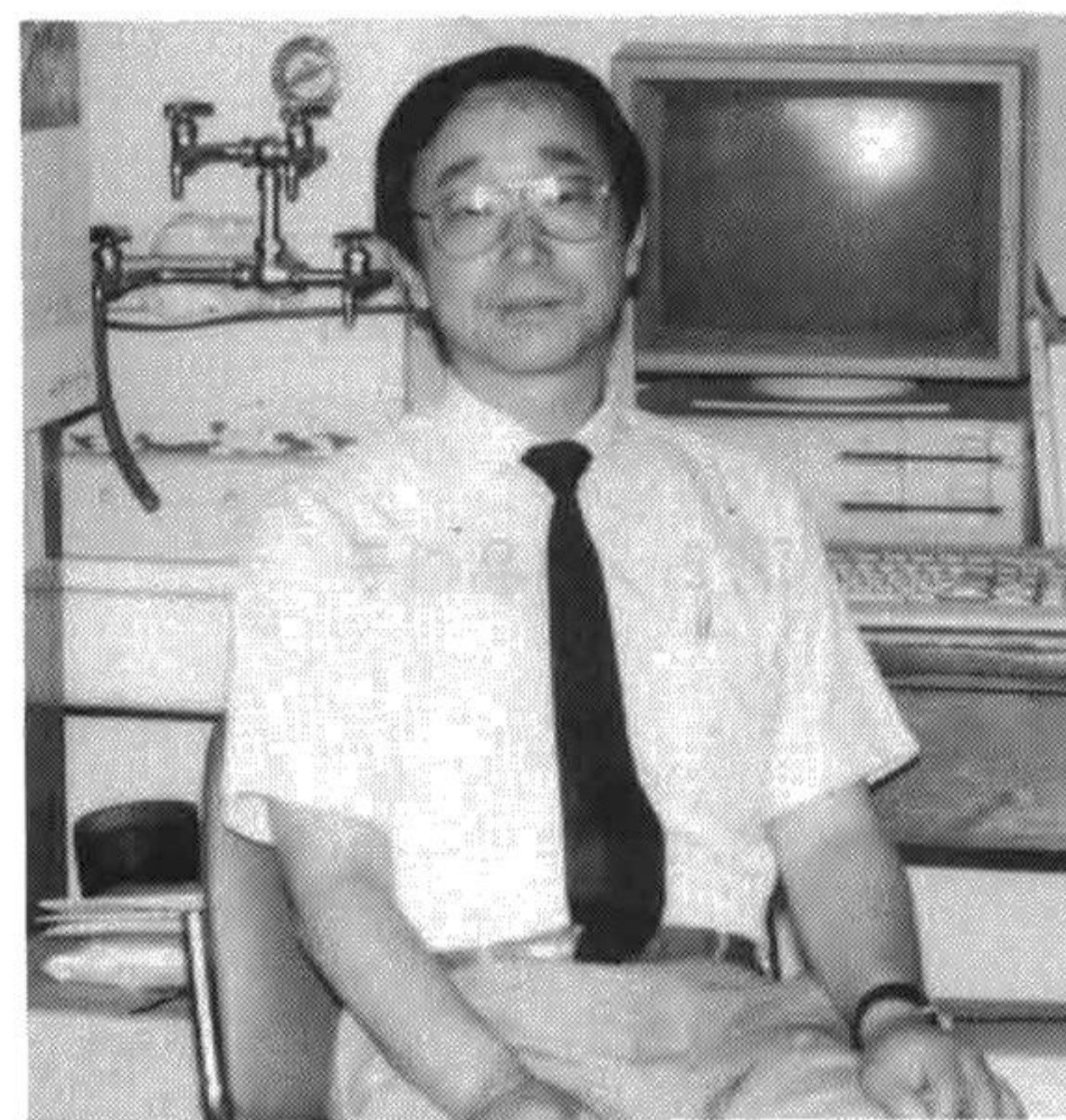
このように無機物を熱処理して出来たものがセラミックスであり、耐熱性が高い。さらにその上、耐化学性・耐摩耗性などの性質も持ち合わせている。

ところで、最近、ニューセラミックスと呼ばれるものが話題になっている。ニューセラミックスは地殻中の希少元素 (Pb・Ba・Zr等) を利用して作られている。これに対し、先に述べた陶磁器・ガラス等のように、地殻中に多く含まれている元素 (O・Si等) で作られたものを、オールドセラミックスと呼ぶ。ニューセラミックスはオールドセラミックスにはない電氣的・磁氣的・生体的・光学的機能などを備えており、現在の私たちの日常生活に欠かせないものとなっている。例えば、超伝導材料・磁気テープ・人工骨・半導体のIC基板等が代表例である。そしてこれらの機能を生かして、さまざまな特性を持った新しい無機材料が開発されている。

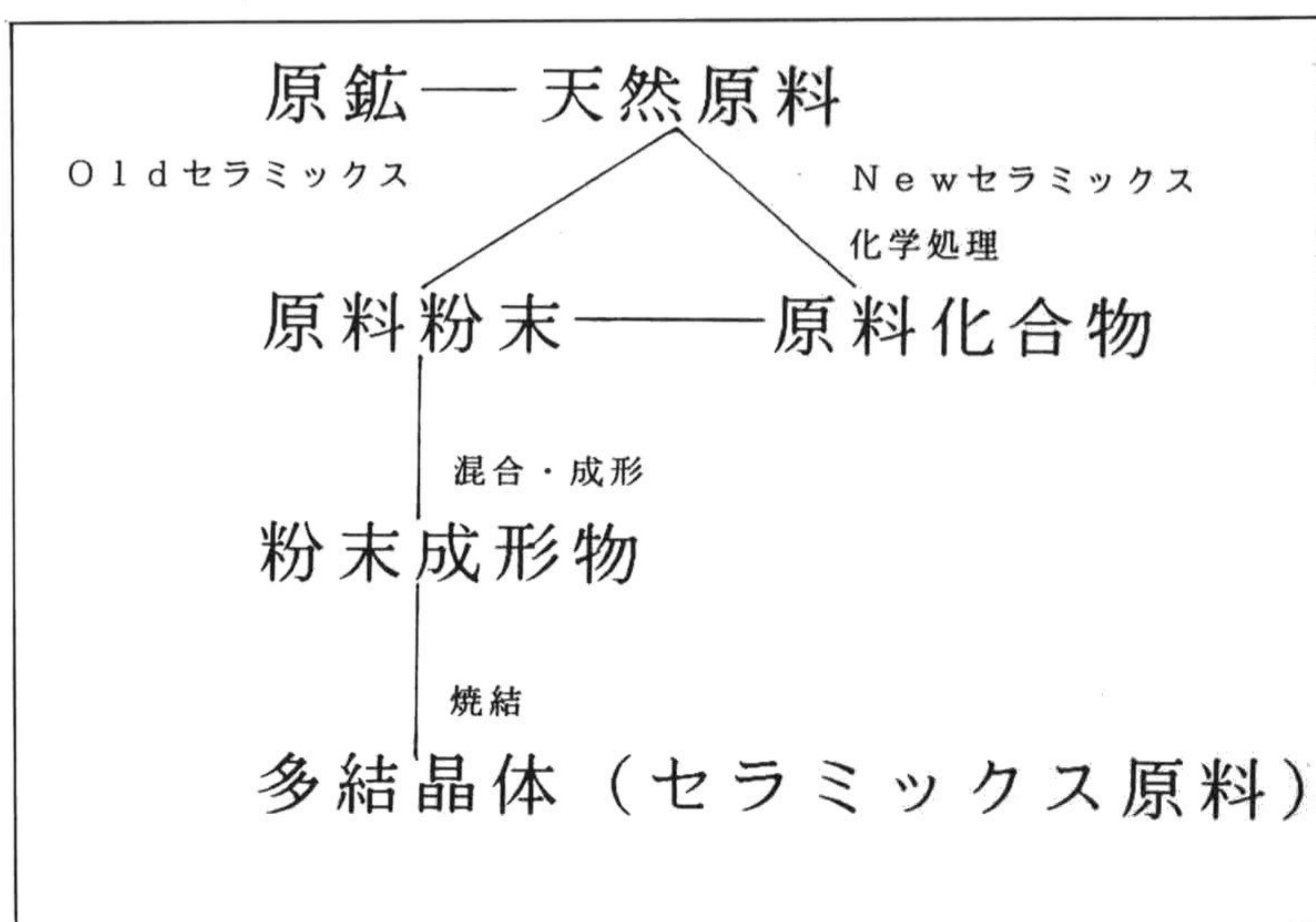


今回、研究室を訪問させて頂いた岡田先生は、無機材料工学科でセラミックス原料講座を担当されている。セラミックス原料の製造過程は図1のようなものである。もともとセラ

ミックス原料は地球上にある石英やカオリナイト (磁器・紙の原料で白色を出す) などの天然資源からできている。それをそのまま焼結したものがオールドセラミックスである。これに対し、ニューセラミックスは天然原料に含まれている不純物を化学的に除去し、高純度にした合成原料を焼結したものである。岡田先生は天然原料と合成原料の両方を研究対象とされている。合成原料の場合、合成原料として持つべき性質が多様にあるが、先生が特に注目しておられるのは、原料の性質に寄与するセラミックス原料の構造・組成・粒子の形である。



岡田 清 助教授





多様なキャラクターゼーション

天然原料では、まず原料の構成鉱物をキャラクターゼーション(物理的・化学的性質を調べる)することが大切である。それでは陶磁器の代表的な原料である陶石を例として説明してみよう。陶石は我が国独特の陶磁器・碍子(架空電線を支え絶縁するために取り付ける器具)用原料で、主に石英が70-80%を占め残りの部分に粘土鉱物が含まれている。石英は焼成体中に骨材として残り、強度を高めたり焼成体中に溶解してガラス相を形成したりする重要な成分である。

まず、陶石を硫酸などで化学的処理をして石英を取り出し、その構造を調べる。石英は主にシリコンと酸素から出来ており、それらがある決まった配列で周期構造をとっている。これを結晶という。内部構造はX線回析法を利用し格子の長さを測るこ

とによって知ることができる。

さらにX線回析法で結晶格子を調べていくと、図2のように石英はただ単に二酸化ケイ素だけで出来ているわけではないことがわかる。このように、結晶格子が大きくなったり、結晶相転移温度(結晶構造が変化する温度)が低くなったりする現象から、シリコンよりも大きい粒子(Alなど)が入りこんでいることがわかる。またこの大きい粒子のために結晶構造に歪が生じることになる。

粘土鉱物はさまざまな鉱物の混合物であるから、産地により構造や粒子の大きさなどが異なる。このような相違は陶磁器を製造する際に手触り・色・粗密性等のさまざまな影響を与えるので、十分にキャラクターゼーションして、その性質を把握する必要があるようだ。

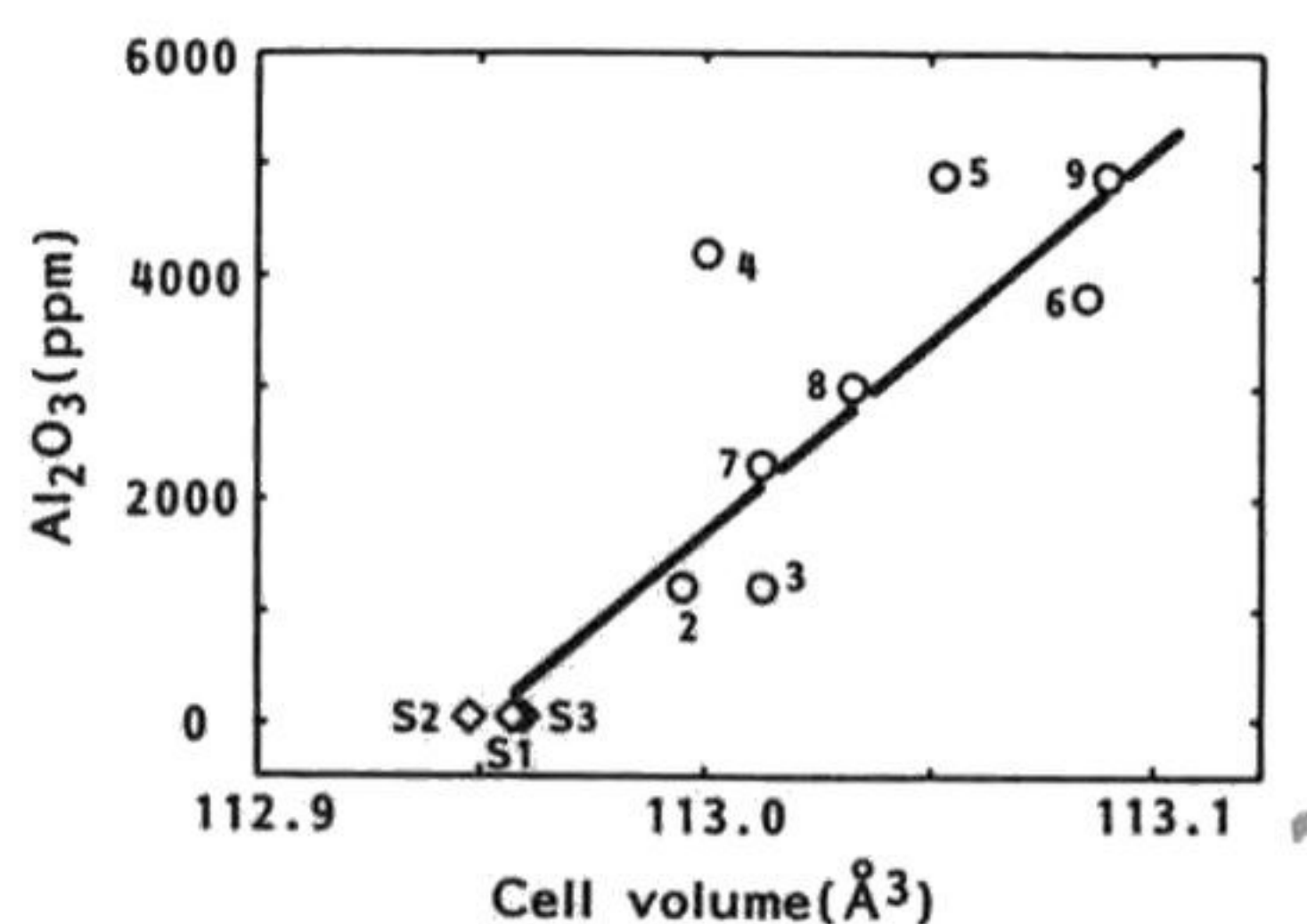


図2 結晶格子



新しい合成セラミックス原料

合成原料は人工的に作るの成分は予めわかっている。しかし成分が同じでもわずかな組成の違いで、出来るセラミックスは大きく異なる。写真1は焼成したセラミックスの表面を電子顕微鏡で見たものである。

異種の粒子を早く均一に合成反応させるためには、接触面積を大きくしなければならない。固体どうしを合成させる場合は粒子をより小さくすればよい。これに対して液体の状態で作成する方法もある。例えば、混合したい2つの成分を液体の状態に混ぜてある沈澱剤を加えて目的物を作る。これによると、固体どうしよりも、はるかに微細で接触面が大きいので、均一な物が出来る。

もう一つは気体状態を利用した方法である。例えば、Fe(鉄)とY(イッ

トリウム)を気化させて、この状態で反応させる。気体状態であるため分子に近い状態で反応が進み、均一な混合組成を有する粉体を作りやすいのである。



先生は粒子の形についても研究をなさっている。これまでにない形の粒子を作ることにより、何か新しい機能が得られるのではないかと考えてから、いろいろな形の粒子を合成されている。

図3は微粒子を合成する噴霧熱分解装置の構造である。まず合成したい成分をアルコールまたは水を溶媒として別々に溶解させる。これをAから送る。Bからは高速度ガスを送るため、Aから送られる液滴は圧力によってとても細かい水滴になる。

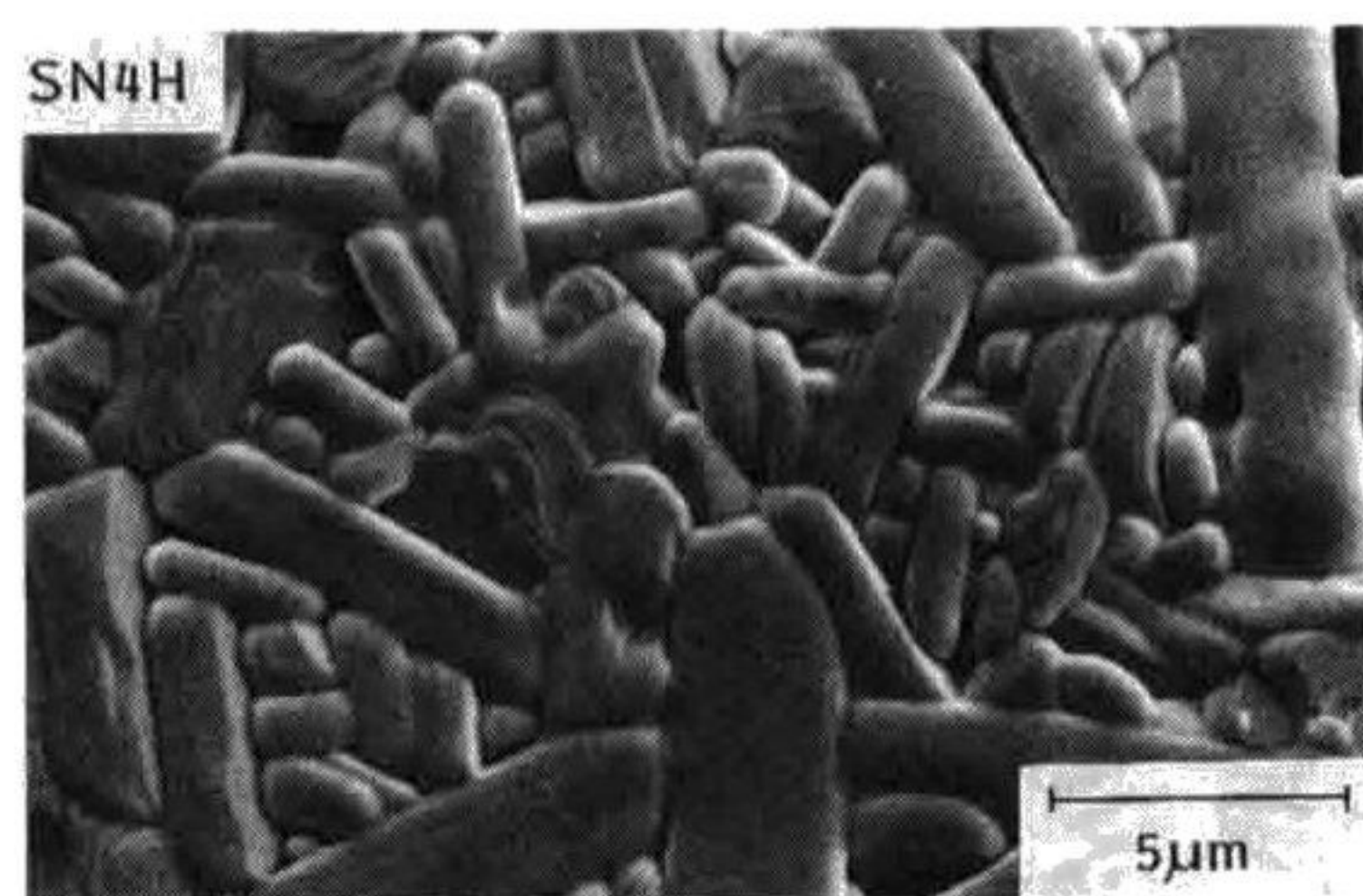
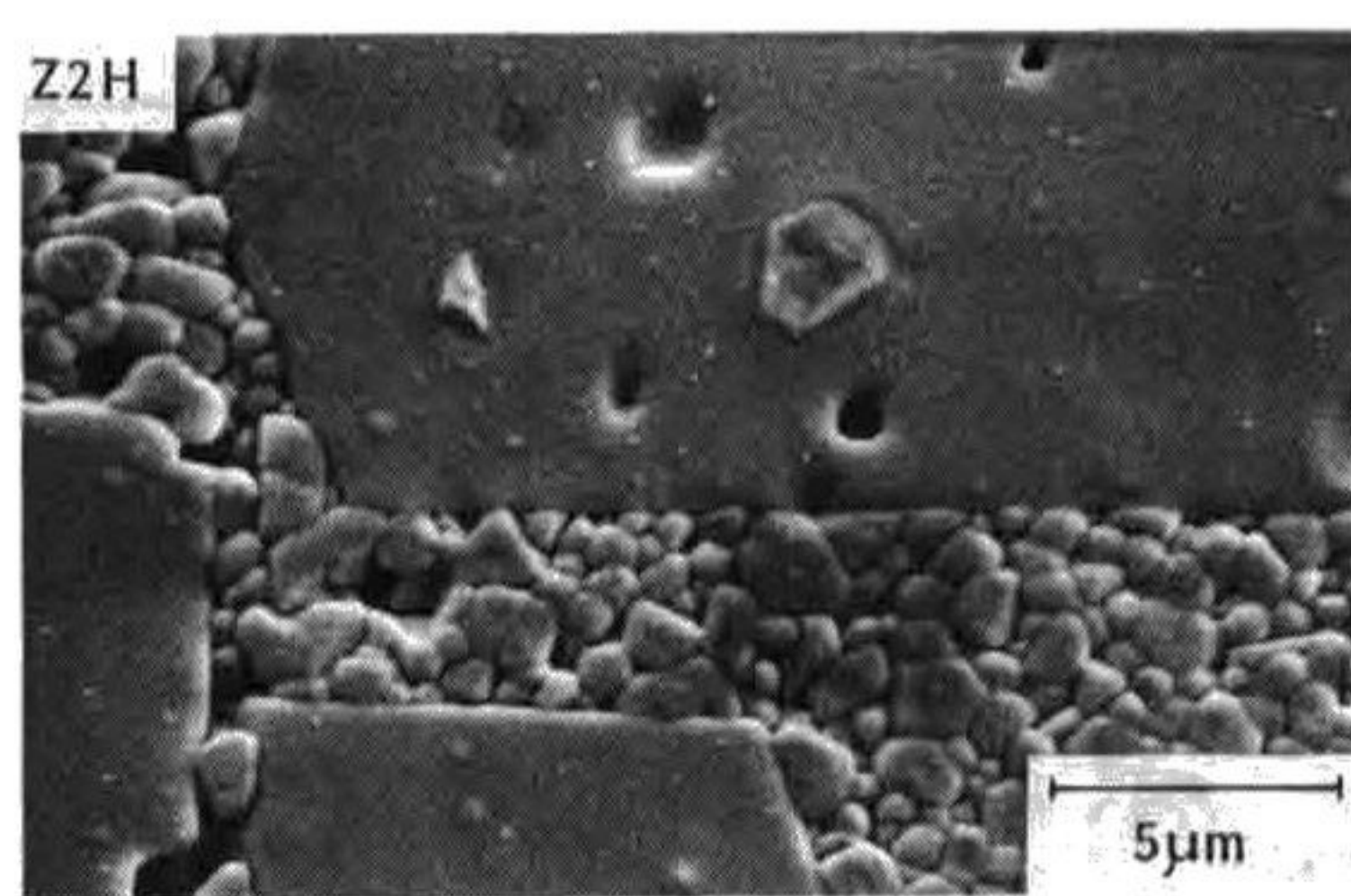


写真1 合成セラミックスの表面

つまり、霧吹きをもっと高速にしたような状態で細かい水滴を作るのである。次にこの微細な水滴を加熱した電気炉中（C）に送りこむと、瞬間的に高温で熱分解・反応そして乾燥して、固体の微粒子となってDから出てくるのである。これを噴霧熱分解法という。

強度をあげるウイスキー

その他に細長い棒状の粒子も合成できる。これらを“ウイスキー”と呼ぶ。ウイスキーの合成は結晶の規則性を利用する。結晶成分をすばやく供給してやると、ある一定の方向に成長する性質がある。例えばフッ化アルミニウムはほぼ1000度で固体から気体に昇華する。このような気体は、高濃度でかつ非常に活性であるため、結晶の成長がかなり早く進む。ある不純物を結晶核にし、気体をどんどん供給していくと、結晶がある一定方向に成長し、ウイスキーが出来るのである。うまく気体を供給すると栗のイガのようなものを作ることも可能である。

図4からわかるようにウイスキーの直径が非常に小さいほど強度が大きくなる。この理由はウイスキーが完全結晶に近く、構造に欠陥が少なく歪みが少ないためである。そのためウイスキーをある物の中に混ぜて

写真2はこの方法で合成した微粒子のセラミックスである。噴霧熱分解法では、球形で中空の粒子が出来上がる。つまり、非常に大きな表面積を持った粒子が得られる。このような特徴を利用して何かに使えないかと現在模索中である。

複合体を合成すると、ウイスキーが無いものに比べて4倍程強度が大きくなるのである。

セラミックスを金属より強くすることはあまり容易ではないが、より強い構造体に近づきつつあるのは確かである。実際、最近のほとんどのプラスチックには強度を上げるためにセラミックス粉末が混ぜられている。また強度のほか、軽量性・耐腐食性・耐熱性も注目されている。例えば、考えられているものとして、セラミックス・エンジンがある。セラミックスであると耐熱性が高いので今より燃焼温度を上げられる。つまり今よりエンジンの燃焼効率を上げ、軽量化することが可能になるのである。

地道な研究であるが、この研究室から夢ある材料が開発されるのが楽しみである。

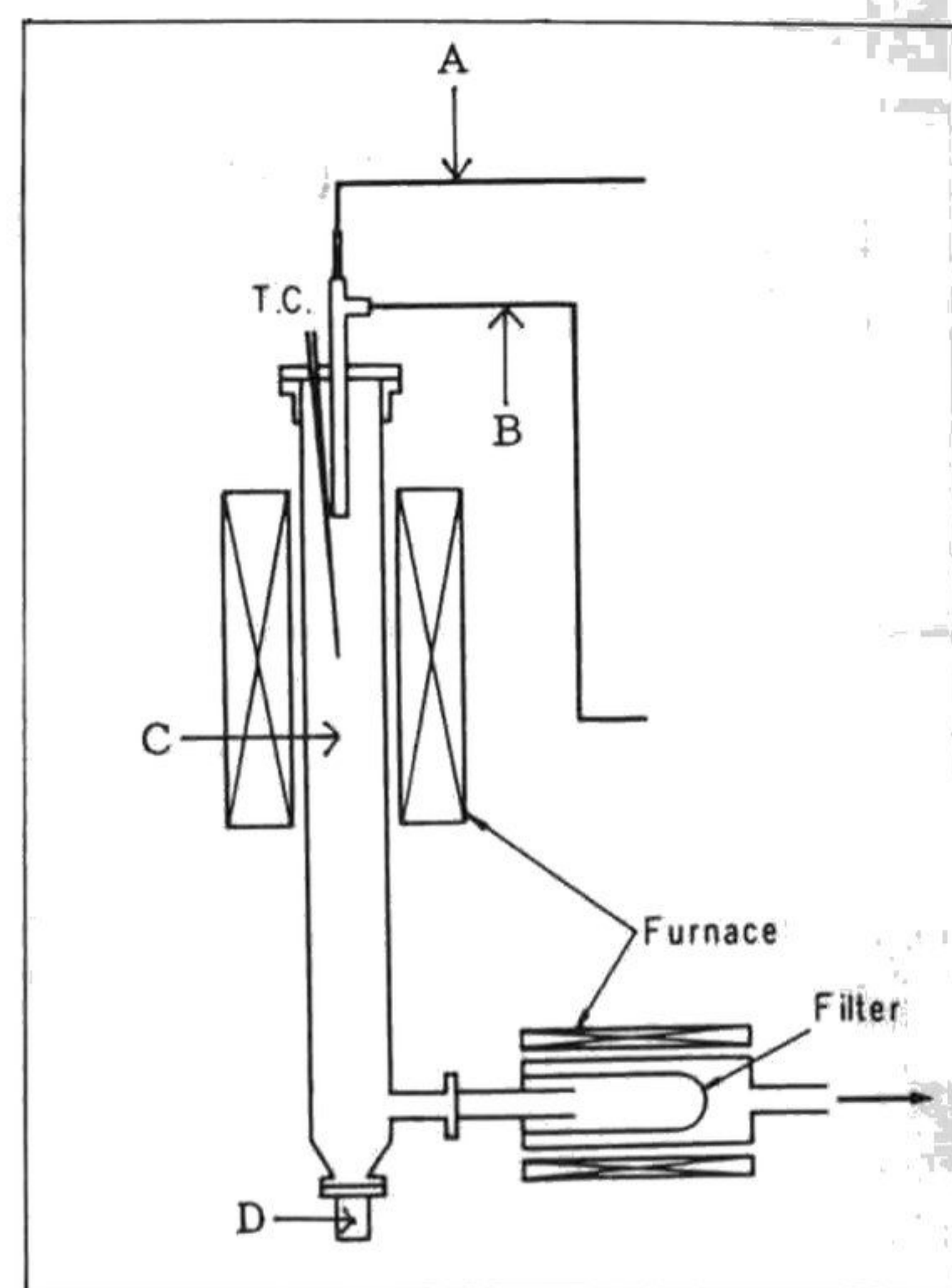


図3 噴霧熱分解装置

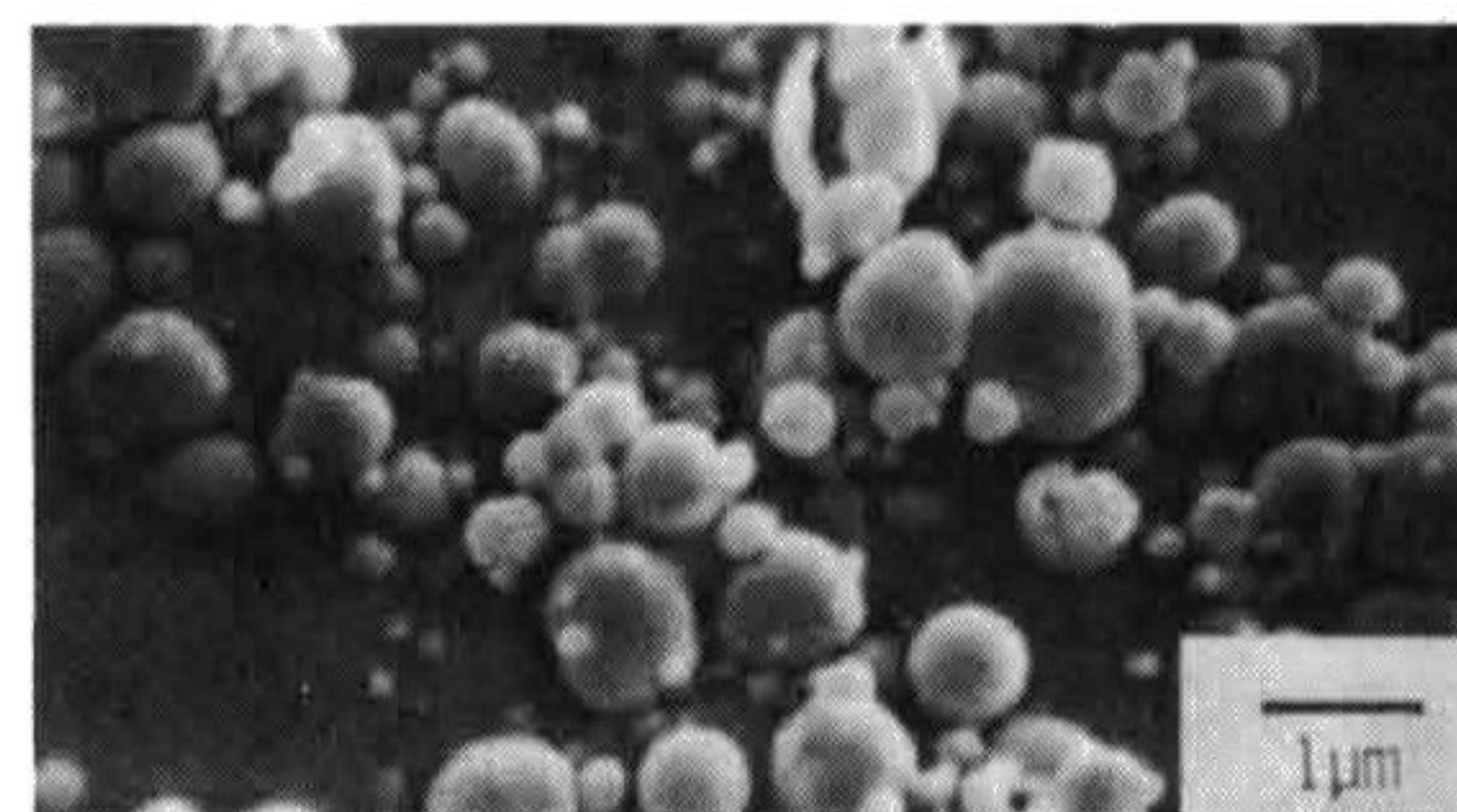


写真2 中空のセラミックス

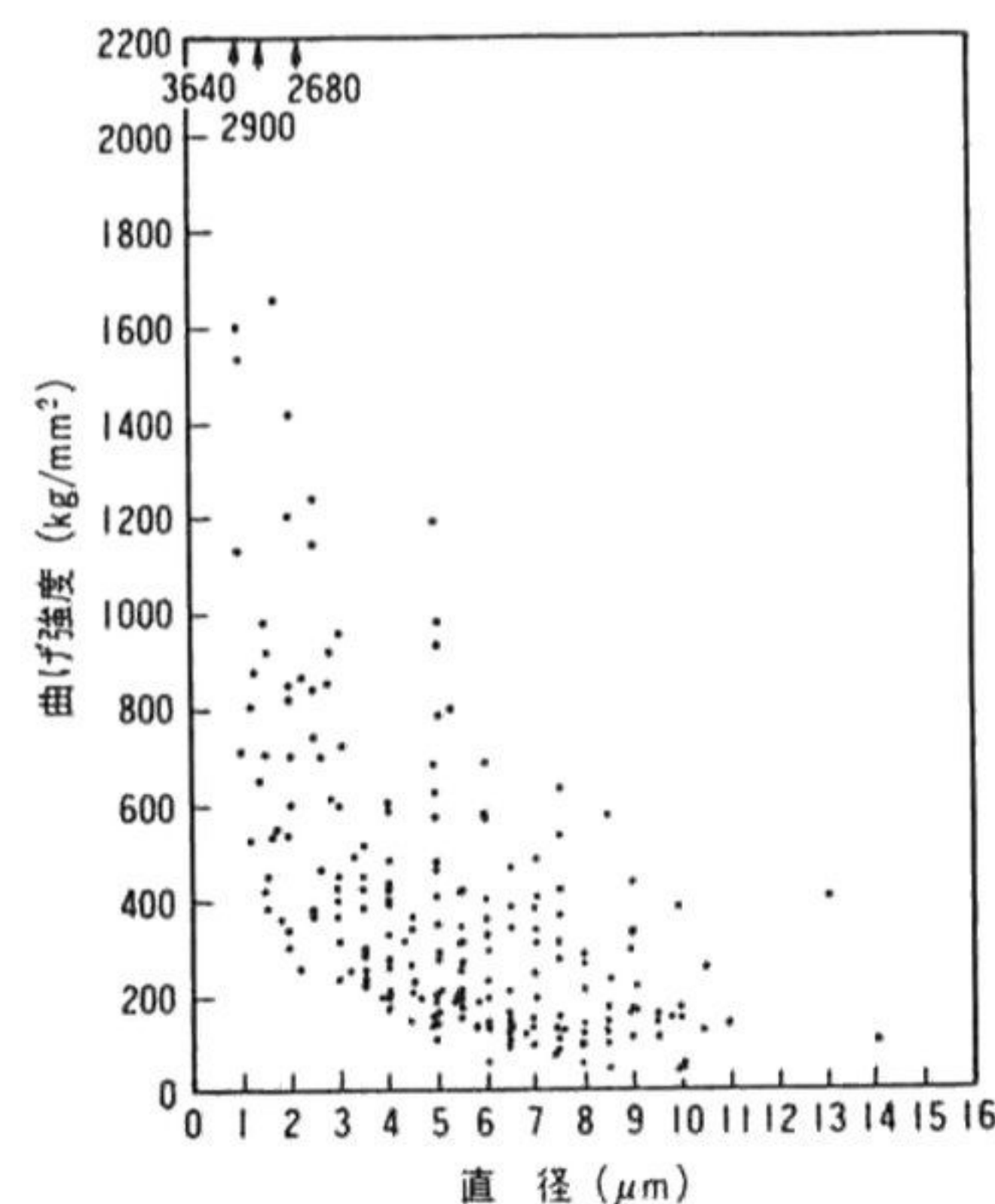


図4 ウイスキー直径と曲げ強度の関係

産地により色や手触り等に特徴があるのでのが神秘的と思っていたが、詳しく研究すると、それはわずかな構成成分や構造の違いによるものであり、さらに原料が望ましい性質を持つように人工的に合成することが分かり興味深かった。

お忙しい中、大勢で研究室に押しかけ、全然専門知識のない私達に快

く、OHP等を使って分かりやすく説明してくださり、さらに多数の資料を提供して下さった岡田先生にこの場を借りて感謝致します。スタッフ一同先生のこれからのご研究がますますご発展されることを祈りつつ筆を置きます。

（澤）