

# セラミックスの温故知新 — その1 —

不二門義仁

## はじめに

セラミックスは古代から私たちの生活の中で密接に関わっています。従来までは水を入れたり、食物を貯えたり、目に見える物体を保持するための「かたち」と人間の美的感覚を満足させるための「すがた」がその機能とされていました。この「形状」がセラミック産業を数千年間ささえてきました。

しかし、最近は産業の高度化と日常生活の向上とあいまって「形状」の機能性だけでは満足することができなくなってきました。

特に熱、電気、音、振動、光、磁気、ガス、圧力など目に見えない現象を利用するようになってきたからです。当然ながら新たな機能性を持った、いわゆるファインセラミックが開発されています。

セラミックスのルーツは土器といわれ、炆器、陶器、磁器……ファインセラミックス……へとステップバイステップで新たな素材が今後も開発されて行くことでしょう。そこでセラミックスの古きをたずね新しきを知る意味でセラミックスの昨日、今日、明日を論じてみたいと思います。

## 1. セラミックスの語源

古代ギリシャの陶工をケラメウス、陶工の造った製品や粘土をケラモス、更に陶工区をケラメイコスと呼んだのがセラミックスになったともいわれています。

現在、日本、英国、米国がセラミックス、ドイツがケラミック、イタリア、スペインがケラミカと呼んでいます。

## 2. 日本におけるセラミックスの発生と呼称の変化

セラミックスの全体像をつかむため土器からファイン（ニュー）セラミックスまでの呼称について解説します。

日本では約1万年前に土器が造られたといわれています。最初に発見されたのが縄模様のあることから縄文土器と呼ばれています。

東京大学の敷地から縄文土器とは別の器種のものが出土し、弥生という地名を生かして弥生土器と命名されました。また少し異質の土師器は「はにのうつわもの」、傾斜地に窯を築き高温で焼きしめた須恵器は「すえのうつわもの」、この須恵器の技術を受け継ぎ、釉のかかったものを瓷器「しのうつわもの」と呼んでいます。

江戸時代に入ると佐賀県の有田町で日本最初の磁器が造られ、地名を付して「有田焼」又は積み出し港の伊万里から「いまり」とも呼ばれました。江戸時代は各藩がやきもの造りに力を入れたため各地で産地が興ります。これらのほとんどが「○×焼」又は「○×もの」と地名で呼ぶのが普通でした。

瀬戸地区では有田に200年位遅れて磁器が造られます。以前から造っていた陶器のことを「本業焼」と呼び新しく開発された磁器のことを「新製焼」と区別し、市場の主導権争いの名残りが感じられます。「せともの」の呼び名は瀬戸磁器を大量生産してからで食器などの日用雑器全般

にいられています。沖縄地方では「やむちん」、「やきむぬ」と呼んでいるようです。「やきもの」の呼び名はいつ頃使われたかわかりませんが日本各地で使用され、こんにちでは陶磁器一般に用いられています。

明治になると西洋文明の導入と産業の振興に力を入れます。ドイツのワグネルを招来して有田などの産地で陶磁器製造の科学的手法を指導（近代窯業の父と親しまれています）させたり、海外博覧会へ出展したり、海外へ技術者の派遣を行い陶磁器製造法や石膏型製造法の習得など基礎固めが行われます。原料の化学成分の分析や大量生産方式も導入されました。

陶磁器と親戚関係にあるガラス、セメントなどの化学分析によると珪酸( $\text{SiO}_2$ )やアルミノ珪酸がほとんどを占めることから「珪酸塩工業」と呼ばれるようになりました。1887年には学会で「窯業」の訳語が採用され、現在に至っています。これは「宀」は窯を示し中に羊を入れ、下から火であぶることを意味する典型的な象形文字です。

海外では1895年に炭化珪素( $\text{SiC}$ )の合成に成功、1900年にはチタニア( $\text{TiO}_2$ )のコンデンサーが試作されたりして、「ファインセラミックス」の種が開発されています。

第二次大戦後になると電気を利用した産業、鉄の精錬、原子力発電、自動車の普及などで次々と巨大で新しい産業が出現してきます。このころには新しい機能を持った「やきもの」が少しずつ開発されますが、適当な呼び名がなく特殊磁器と呼んだようです。

高度成長はオイルショック、ドルショックで終えんをむかえます。日本の産業構造も大型化から省資源、省エネルギー、無公害などの質の転換が行われるようになりました。いわゆる「軽薄短小化」、と私たちの生活も「正早安楽」（正確で早く安全又安くしかも楽に）の方向へと進みつつあります。

ほぼ時を同じくしてスペースシャトルの耐熱タイルやセラミックエンジンの試運転など新しい発想のもとで開発された素材が出現してきました。従来のやきものより機能性が一段と優れ、更に新しい機能性を持ったものを「ニューセラミックス」と呼びマスコミ等で取り上げられ一般にも話題性のあるものだけが知られるようになりました。

これらは磁器の延長線上の新素材として認識されるため「新磁器素材」、「魔法の陶磁」、「新石器」、「第三の素材」、「夢の素材」など各人各様に呼ばれています。このため一般の人たちに混乱を引き起しています。このためかどうかわかりませんが、1984年には「純粹」、「すぐれた」、「高級な」、「みごと」、「微細な」、「精功な」、「洗練された」、「華麗な」、「はでな」などの意味のファインとファインケミカル（純粹化学）をもじって「ファインセラミックス」と一応、呼称の統一が図られました。しかしファインセラミックスは和製英語で、ヨーロッパ、アメリカのテクニカルセラミックスにあたるようですが、従来からヨーロッパでは FINE CERAMICS（横文字）を美術陶磁器と定義しています。日本がファインセラミックス（カナ文字）の呼称を拝借したかっこうです。

最も新しい呼び名はアドバンスセラミックスがあります。これはより進んだという意味のセラミックスをさしているようです。

更に、エンジニアリングセラミックス、インダストリアルセラミックス、エレクトロセラミックス、バイオセラミックス、マグネティックセラミックス……などは利用分野、形態、素材、機能などの違いによって使われられていますが現在のところほとんどがファインセラミックスに包

含まれるようです。

しかし、古代から新しい素材と製品が開発され、その呼称も前記したように時代とともに変化してきました。今後も人間の生産活動がある限り、いろいろなセラミックスの開発も行われ、その呼称も変化していくものと思います。一部の呼称は忘れられ、合理的な呼称だけが生きつづけていくことでしょう。すべては永い歴史の中で決定されます。

### 3. セラミックスの定義

セラミックスのメッカともいわれている愛知県で世界最初のニューセラミックスフェアが1983年に開かれ、にわかにはセラミックスの記事が新聞紙上に掲載されるようになりました。

しかし、ひびきの良い言葉でなじみやすい反面、理解しがたい面があるようです。

これには飯茶碗などのやきものと直接関連づけようとしたり、前記したように聞きなれない外来語、和製英語が多いことや、セラミックスの種類が多く一つ一つの理解が困難であることなどがあげられます。

現在、セラミックスに関する書籍が沢山出版され、詳細は他書にゆずりますが最小限のセラミックスの位置づけ、性質、定義などについて説明します。

物体には気体、液体、固体の三態が存在し、固体には有機体、無機体の二つがあります。更に無機体には金属、自然が創造した鉱物、更に人類がこの鉱物を熱処理して造った道具「セラミックス」があります。表にその関係を示す。



物体の中のセラミックスの位置

最も簡単で合理的な定義は「熱処理によって得た非金属の無機質固体材料」とされ、非を取れば金属となり、無を有に変えれば有機質すなわちプラスチックとなります。金属でないことから「錆びない」、無機質だから燃えない（セラミックスの半分は酸化物でいわゆる一度燃えたものが主原料です）「電気を通さない」、「くさらない」、「薬品に強い」、「硬い」、「所望の形に造れる」更に特殊な機能性（ファインセラミックス）を兼ね備えた工業材料です。簡単な言葉で「人工石器」とも呼んでいます。

### 4. クラシックセラミックスとは

#### 4-1 クラシックセラミックス

セラミックスは約1万年前に土を焼けば硬くなることを知り、器を造ったのが最初といわれています。あらゆるセラミックスのルーツは土器にあるわけです。

その後、世界各地で独自又は影響し合いながらガラス、セメント、顔料、炭素製品などが開発されました。製品の用途のほとんどが固体、液体など目に見える物体の用器に使用されます。

（構造的機能と呼ぶ）これらの原料は天然の粘土、鉱物を適当な配合と熱処理によって得られます。

これを「クラシック（オールド、トレデショナル）セラミックス」と呼んでいます。

## 4-2 クラシックセラミックスの原材料

人類は火に出会い、それを使うことを覚え、ある種の土が加熱によって固くなることに気付きました。このようにして最初に土器が生まれ、炆器、陶器、磁器更にはガラス、セメント、七宝などを生み育てて来ました。これらの原材料の大部分は地殻を構成している岩石、鉱物、粘土を原料としたものです。これらの主成分はアルカリ及びアルカリ土類金属あるいは遷移金属の珪酸塩やアルミノ珪酸塩を作っております。このための珪酸塩工業（Silicate industry）とも呼ばれていましたが最近ではクラシックセラミックスと呼ばれています。主な原材料を次に示す。

**陶磁器原料：**木節粘土、蛙目粘土、カオリン、陶石、長石、珪石、風化花崗岩、石灰石、白雲石、滑石、酸化金属等。

**ガラス原料：**珪砂、ソーダ灰、芒硝、苦灰石、石灰石、長石、ガラス屑等。

**セメント：**石灰石、粘土、石膏等。

**七宝、ホーロー：**珪石、硼酸、鉛丹、硝石、酸化金属等。

**炭素製品：**黒鉛、コークス、すす、炭、粘土等。

## 5. ファインセラミックスとは

### 5-1 ファインセラミックス

ファイン（ニュー、モダン）セラミックスは明治時代の後半に開発されたものもあります。新しい産業が興ると新奇の材料が必要になります。例えば、大規模な製鉄所には巨大な溶鉱炉が建てられます。溶鉱炉の耐火物も当然熱（熱的機能）、強度（機械的機能）、侵食（化学的機能）に強いものが要求されます。電気の利用も始まり碍子、コンデンサーなど電気をコントロールする機能（電磁氣的機能）を持つ素材が開発されます。

最近では光を通信に利用することができるようになりました。もちろん光を通す素材やコントロール機能（光学的機能）を持った素材。このほか失なった骨の機能の代替としてのバイオセラミックス（生物的機能）をも開発されています。

このようにクラシックセラミックスの機能より1段と優れ、更に熱、電気、光、音、圧力など物理的に形のない現象をコントロールする新しい素材が必要になってきます。

天然原料を使用するクラシックセラミックスではこの要求に応ずることができません。

この難問を突破するためにいくつかの方法が開発されました。例を上げると、

(1)高純度化、超微粉化（ファイン化）：高純度の天然原料を利用し、超微粉化して、特殊な方法で焼く事で従来までかくれていた物質本来の性質を引きだすことに成功しました。

(2)分子レベルのコントロール：1つの機能性に富んだ物質が開発されれば、同様な結晶形、結合、元素などへと探求方法が拡大し、より機能性のものが開発されるようになりました。

(3)合成原料の開発：天然原料よりも純粋な物質を得やすい合成原料を使用する。

(4)金属からのセラミックス化：先端技術では純金属を酸化、窒化、炭化、硫化、ふっ化、硼化してよりよい原料を得るようになりました。

(5)有機物からのセラミックス化：有機物質を炭化、くん化、化学蒸着法などで新寄の原料を得るようになりました。

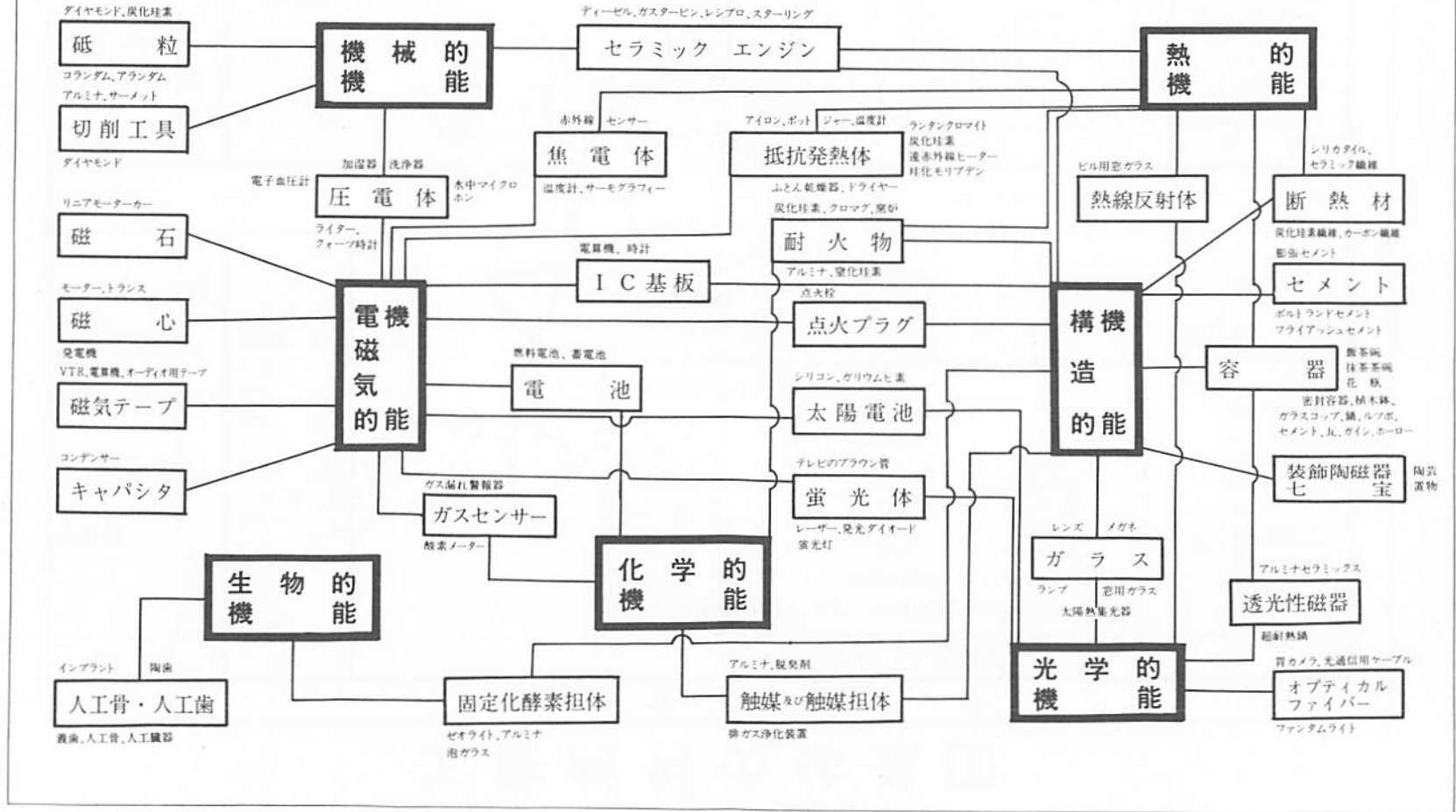
(6)天然鉱物の再結晶化などがあります。

このようにクラシックセラミックスでは考えられない方法でファイン化が行われています。

前記の事からの詳細は工業材料の体系図、セラミックスの機能系統図を参照して下さい。



# セラミックスの機能系統図



## 5-2 ファインセラミックスの原材料

第2次大戦後における宇宙開発、原子力産業<sup>ほつこう</sup>の勃興、エレクトロニクスの発達によりすぐれた機械的、電磁氣的、熱的、化学的、生物的、光学的、構造的機能などを持つ材料の登場を求める結果となりました。セラミックスもその例外ではありません。在来の天然原料は不純物を多く含み、かつその量は一定しないなどの欠点がありました。このため高純度の無機材料又は人造の原材料で要求に応じコントロールするようになりました。その原材料を次に示す。

酸化物：アルミナ、フェライト、ジルコニア、チタニア、シリカ、マグネシヤ、ベリリヤ等。

珪化物：炭化珪素<sup>たんかけいそ</sup>、窒化珪素<sup>ちつかけいそ</sup>等。

硼化物：窒化硼素<sup>ちつかほうそ</sup>等。

炭化物：炭化珪素、炭化チタン、炭化タンゲステン等。

## 5-3 ファインセラミックスの応用商品

私たちの身のまわりにはファインセラミックスを応用した商品が驚くほどたくさんあります。

機能別に分類すると、

(1)電磁氣的機能<sup>でんじきき能</sup>を応用したもの：太陽電池・発熱体・乾電池・IC基板・ライター・時計・温度計・加熱器・ガスセンサー・フェライト磁石・記録用テープ・電気カミソリ・血圧計・電気ギター・ブレーカー・ジャー・ドライヤー・点火プラグ・時計・電気蚊取り器等。

(2)機械的機能<sup>きかくてき能</sup>を応用したもの：エンジン・ベアリング<sup>べありんぐ</sup>・砥石<sup>といし</sup>・糸道<sup>いとみち</sup>・切削工具<sup>せつぎょうこうぐ</sup>（サーメット）<sup>にゆうばち</sup>・乳鉢<sup>にゅうぱち</sup>・ハサミ<sup>はさみ</sup>・包丁<sup>ほうちよう</sup>・粉碎用ボール等。

(3)光学的機能<sup>くわくてき能</sup>を応用したもの：レーザー発振用素子<sup>ほつしんようそし</sup>・ナトリウム発光管<sup>ほつこうかん</sup>・光通信ケーブル<sup>ひかりつうしん</sup>・胃カメラ・サングラス・テレビ・ファントムライト等。

(4)熱的機能<sup>ねつてき能</sup>を応用したもの：エンジン・耐熱タイル<sup>たいてつたいる</sup>・点火プラグ<sup>ほつねつだい</sup>・発熱体<sup>ほつねつたい</sup>・保護管<sup>ほごかん</sup>・熱交換器<sup>ねつこうかんき</sup>・炉材<sup>ろざい</sup>・耐火レンガ等。

(5)生物的機能<sup>せいぶつてき能</sup>を応用したもの：人工歯根<sup>じんこうしこん</sup>・人工骨<sup>じんこうほね</sup>・人工歯<sup>じんこうは</sup>等。

(6)化学的機能<sup>かくわくてき能</sup>を応用したもの：ガスセンサー<sup>でんち</sup>・電池<sup>はいち</sup>・排気ガス浄化担体<sup>はいきかすじようかたんたい</sup>・耐火物<sup>たいてい</sup>・ルツボ等。

## 6. セラミックスの樹

時代とともに新しいタイプのセラミックスが出現しております。植物にたとえて体系化した「セラミックスの樹」を使って、植物の樹と対比しながら説明します。

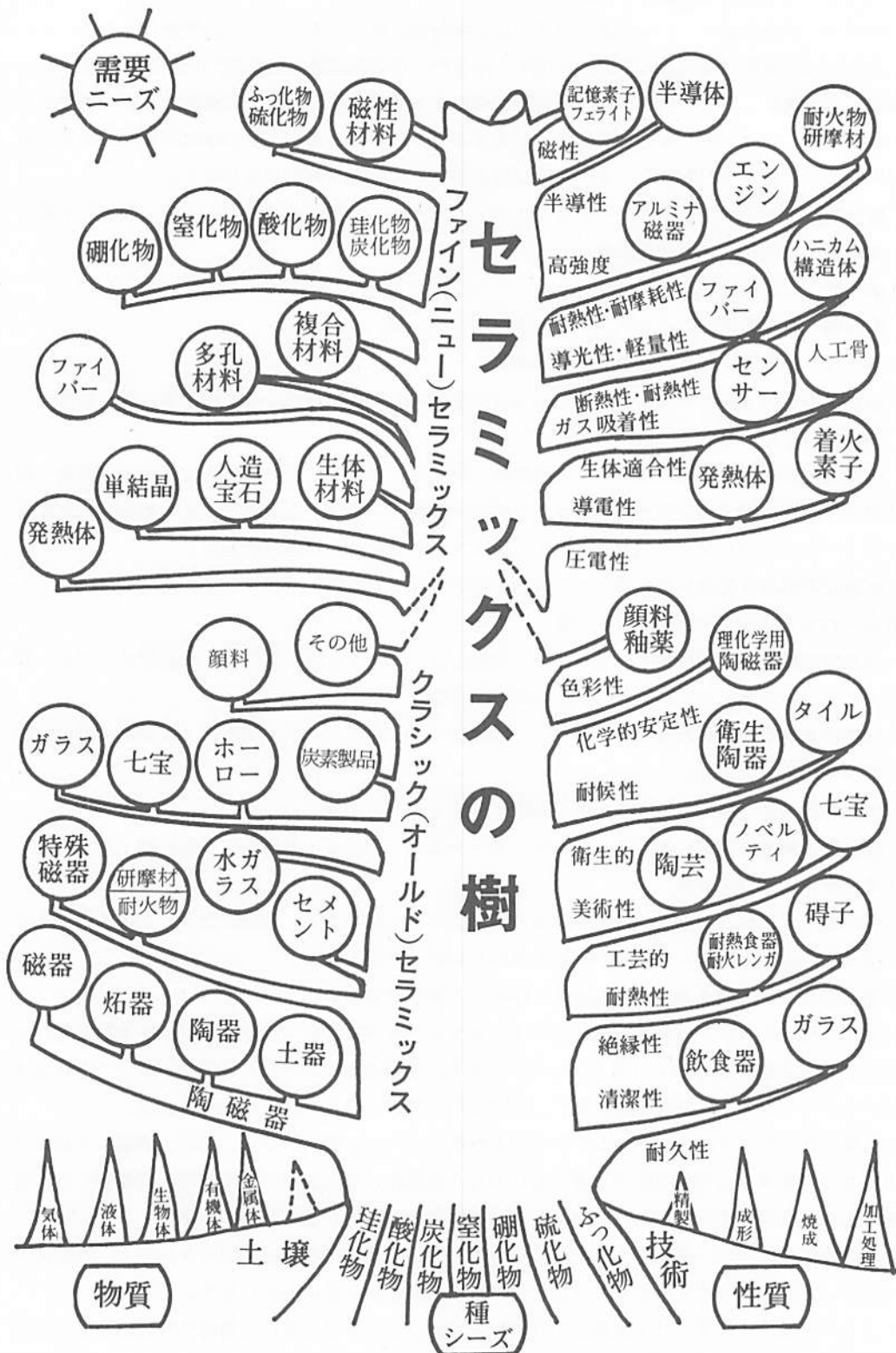
樹が効率よく成長するためには太陽と地球と人間が必要です。

太陽、植物においては日光を意味します。セラミックスにおいては産業の要求する需要（ニーズ）。地球、植物においては種（シーズ）であり、樹を支える大地及び養分の補給源でもあります。セラミックスでは原料（種）です。人間はこの需要と種をコントロールします。

前記したようにセラミックスのルーツの土器が芽を出し、類似の炆器、陶器、磁器がそれぞれ生れ育ってきます。やがて成長の速度にもぶり、成熟化してきます。ところが磁器を焼くには性能のよい窯を必要とします。窯には熱などに強い耐火物が要求され開発されます。

また磁器の原料の一部を変えて焼けば、性質の異なった特殊な磁器も開発されます。同様にセメント、ガラス等も生まれ育ってきます。やがて成熟化し成長は鈍化します。

ところが戦後、産業に一大変革が起ります。当然、この産業に適した素材や性質の向上が要求されます。従来<sup>しん</sup>の性能では満足することができなくなります。今までの延長線上で開発しても画





期的なものは生まれません。

植物には接ぎ木の方法やバイオテクノロジーの発達で新しい芽がでています。

セラミックスも「合成」、「化学蒸着」などの新しい素材の製造法や加工法が開発されています。植物ではふしめにあたるわけです。セラミックスの樹ではファイン化といっています。

更にセラミックスの樹に先端がないのは成長の予測がつかないということです。このように未知の可能性を秘めた素材—セラミックス—は需要と種と人間の連携プレーで大きく成長することでしょう。

## 7. セラミックスの各論

### 7-1 陶磁器 (POTTERY & PORCELAIN)

陶磁器を英語でポッターリーアンドポーセリン、チャイナ。イタリア、フランスでファイアンス。日本ではやきもの、せとものなどと呼ばれています。セラミックスの基本である陶磁器について説明します。

#### 7-1-1 土器 (CLAYWARE)

土器は人類が始めて造ったやきものです。

窯跡が発見されていないことから、野焼(凹地をつくりたきぎの上にやきものを置き、更にたきぎを加え550~900℃位で焼かれています。)で造られたといわれています。

素地は灰色、橙色、茶色、黒色などの有色でしかも多孔質のため吸水性があります。もちろん釉はかかかっていません。たたくと濁音を発し、強度も弱い。一般に液体の容器には適しません。

古くは縄文土器、弥生土器、土師器。現在はいぶし瓦、赤レンガ、こんろ、ほうろく、変わったところで博多人形のボディなどがあります。

#### 7-1-2 陶器 (EARTHENWARE)

陶器は窯を使って1100~1300℃で焼かれます。白色、有色のものが不透光性です。ボディは吸水性があるため釉を掛けています。この釉は装飾性と強度も向上し、清潔性も兼ねているため日常食器や美術工芸品として各地で焼かれています。

茶陶の志野、織部、灰釉陶器などの赤津焼、美濃焼、志野と同種の釉を主体にした唐津焼、萩焼。このほかに薩摩焼、栗田焼、益子焼、笠間焼、大樋焼、壺屋焼などがあります。

#### 7-1-3 炻器 (STONEWARE)

炻器は窯を使用して1000~1300℃焼かれ



「セラミックスのルーツ」土器



釉薬のある陶器

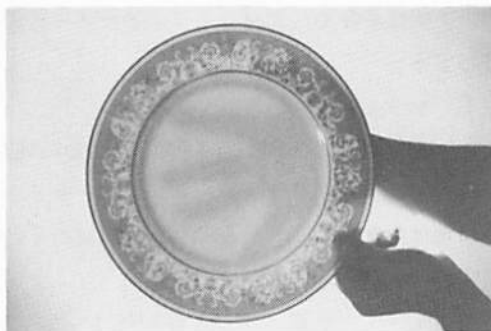


水を通さない炻器

比較的鉄分が多いため有色でしかも焼きしまり吸水性がありません。不透光性でたたくと清音を発します。朱泥の常滑焼、紫泥の四日市万古焼、信楽焼、伊賀焼、備前焼、丹波立杭焼などがあります。

#### 7-1-4 磁器 (PORCELAIN)

磁器は窯を使用して1200～1450℃で、しかもかん元(1000℃前後でいぶして焼く方法)焼成で得られます。一般に透明釉がかかり、磁硝化が最も進んでいて半透光性を示します。たたけば清音を発し、強度が大きく、破断面は貝殻状を示します。また電気の不良導体で化学的安定性、耐熱性などに富んでいて日常食器にはなくてはならないものです。瀬戸焼、有田焼、砥部焼、清水焼、九谷焼、波佐見焼、三川内焼、出石焼、会津焼、美濃焼、波草焼などがあります。



光を通す磁器

陶磁器を明確に分類することは非常に困難ですが、わかりやすくその見分け方を表に示します。

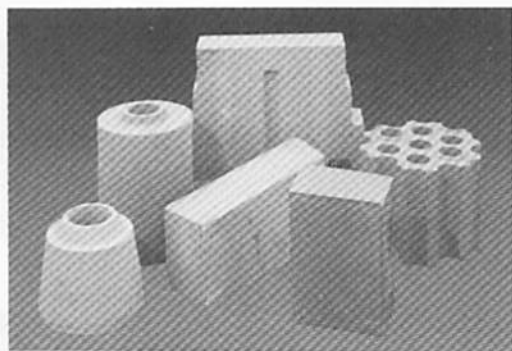
#### ＜陶磁器の見分け方＞

特徴	種類	磁器	炻器	陶器	土器
素地の性質	透明度	半透明	不透明	不透明	不透明
	打音	清音	清音	濁音	濁音
	硬度(ナイフ)	傷つかず	傷つかず	傷つく	傷つく
	吸水度	吸わない	吸わない	吸う	多量に吸う
	破面	貝殻状	貝殻状;凸凹状	凸凹状	凸凹状
	色	白	有色	白・有色	有色
	ガラス分	多	多	少	無
釉薬	有	無	有	無	
釉薬の貫入	無	無	有		
焼成温度	1,200℃～1,450℃	1,000～1,300℃	1,100～1,300℃	550～900℃	
起源(日本)	17世紀初	5世紀頃	8世紀頃	約1万年前	
用途	食器、罎子、置物、理化学用など	花器、茶器、置物など	花器、茶器、置物など	埴輪、七輪、植木鉢、ホーロク、いぶし瓦、赤レンガなど	
※産地・名称	瀬戸焼、有田焼、九谷焼、美濃焼、砥部焼、清水焼、波草焼、三川内焼、波佐見焼、出石焼、会津焼など	常滑焼、備前焼、信楽焼、伊賀焼、四日市萬古焼、丹波立杭焼など	赤津焼、笠間焼、美濃焼、唐津焼、栗田焼、大樋焼、薩摩焼、萩焼、益子焼、相馬焼、壺屋焼など	縄文土器、弥生式土器、土師器など	

(※ 最近は多品種生産を行うために一概に言えなくなっています。)

## 7-2 耐火物 (REFRACTORY)

耐火物は炉材その他高温工業に用いて高温で溶けにくい無機質材料の総称です。高温で熱の作用に耐え、容積の変化も少く、機械的強度がじゅうぶんで、熱の急変に耐え、これに接触するガス、溶融体、固体などの浸食摩滅などに抵抗性のあるものをいいます。耐火物には珪石質、粘土質の酸性耐火物。アルミナ質、クロム質の中性耐火物。フォステライト質、マグネシア質、ドロマイト質の塩基性耐火物。黒鉛、炭化珪素、ジルコン、窒化珪素、サイアロンなどの特殊耐火物（大部分がファインセラミックス）があります。最近諸工業の進歩は目まぐるしく耐火物の形態も粉状、粒状、繊維状、液状などその広範な用途に応じ多種多様なものが生産されています。



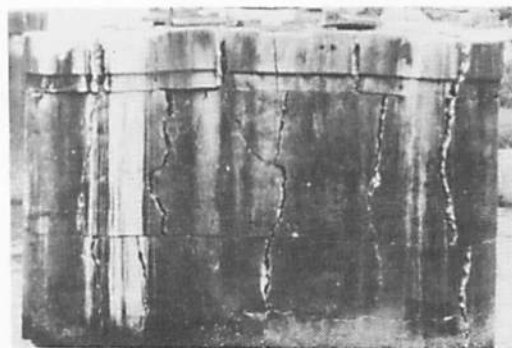
耐火物のいろいろ

## 7-3 セメント (CEMENT)

セメントはCEMENT (英)、ZEMENT (独) およびCIMENT (仏) などとといいます。

その語源はラテン語のCAEDERE (切石、碎石) からCAEDIMENTUM となり、更にCEMENTUMに転じCEMENTになったといわれています。

一般にセメントは水、塩類溶液で練ったとき硬化する無機質材料の総称です。ほとんどがポルトランドセメントですが、高炉セメント、シリカセメント、フライアッシュセメント、膨脹性セメント、着色セメント、特殊(歯科用)セメントなどがあります。



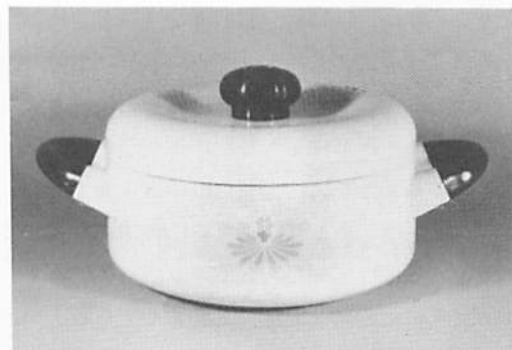
膨脹性破砕剤(セメントの一種) による破砕

## 7-4 ホーロー (ENAMEL WARE)

ホーローは、鍋、浴槽、流し台、ガスレンジなどの家庭用品から醸造タンクや病院の衛生器具まで、私たちの身の回りのさまざまな分野で使われています。

古くは紀元前にエジプトでホーロー製品がつくられていますが、今日最も多く使用されているのは鉄ホーローです。

鉄の下地の上にガラス質のうわぐすりを高温で焼きつけたものが鉄ホーローです。鉄はガラスによってサビが防げ、ガラスは鉄によって強さを与えられます。



鍋としてのホーロー

## 7-5 七宝 (CLOISSONNE)

七宝とは仏典に言う七つの珍宝、金、銀、瑠璃、玻璃、砗磲、珊瑚、瑪瑙をちりばめたような美しい輝きを言います。天保年間に尾張国海東部の梶常吉がオランダ七宝から銅胎植線施釉を学び、その技法を完成させたのが基礎となっています。銅板の素地に下絵を描いて銀線を施し、釉薬をさして焼き、これを数回くり返し、精巧華麗な七宝として仕上げます。



容器としてのガラス

## 7-6 ガラス (GLASS)

ガラスは組成がきわめて広い範囲にわたっています。それによってその性質が非常に異なる種々のガラスを作ることができ、また、物理的、化学的な処理を行うことによって性質をも変えることができます。更に形状の大型化、寸法も自由にコントロールすることができます。ガラスは非結晶性（アモルファス）のため融点を持ちません。一般に高熱に耐え、

↑ 美術工芸品の七宝

安全ガラス  
↓ (部分強化ガラス)



化学的に安定、硬くて表面が滑かで美しい光沢を持ち、光をよく通すなど他のセラミックスには無い、多くの機能を持っています。このため板ガラス、容器ガラス、電球用ガラス、理化医療用ガラス、工芸装飾用ガラス、光学ガラス、ガラス繊維などの多種多様なものがあります。

### 7-6-1 安全ガラス (SAFETY CLASS)

普通の板ガラスを加工することにより、強度を高めたり、万一破損した場合にも危険を最小限にとどめるようにつくられた特殊なガラスです。強化ガラスは熱処理によって、ガラス表面に圧縮応力をつくり、普通のガラスの3~5倍の強度をもたせたもので自動車、テレビなどに利用されています。

合わせガラスは2枚の板ガラスの間に柔軟で強じんなプラスチックのフィルムをはさんだ安全なガラスで高級自動車や防弾ガラスなどに使用されています。

防曇ガラスはガラスを通電加熱して、雨降り時のガラスのくもりを取ります。冬季の結露結氷の防止、融雪にもすぐれた効果を発揮し、運転視野を守ります。

複層ガラスは2枚から数枚の板ガラスをスペーサーで一定間隔に固定することにより、構造的に断熱性をもたせ、結露防止の効果にもすぐれ、鉄道車輛の窓などに使用されています。

### 7-6-2 ガラス繊維 (GLASS FIBER)

ガラス繊維は溶融したガラスを紡糸、遠心法、吹飛ばす方法などで製造されています。一般に長繊維と短繊維に区別されています。これらの用途はFRPつまりガラス繊維で補強したプラスチック材料として活用されています。ピアノ線に匹敵する引っ張り強さを持つガラス繊維の物理的特性及び耐蝕性、不燃性などの化学的特性を利用して、主として不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂を強化成形した材料です。FRPは「鉄よりも強く、アルミよりも

軽い」という有名なキャッチフレーズが示すように金属にも匹敵する強さを持ち、同時にプラスチックの特性である軽量を有し、更に耐腐蝕性、電気絶縁性などを備えています。防火布、浴槽、浄化槽、船舶、自動車、屋根材などきわめて広範囲に及んでおり、新しい用途や利用法が開発されています。

### 7-6-3 光学ガラス (OPTICAL GLASS)

レンズ、プリズム用のガラスでその種類は200以上あるといわれています。普通は1~2トン耐火ルツボで熔融され、その質はきわめて均一で、脈理、アワ、石つぶ、異物などのない透明度の高いガラスです。もちろんひずみは絶対にあってはいけませんし、屈折率、分散能も一定の値をもっていなければいけません。最近ではランタン、トリウム、リチウム、タンタルなどの希元素をいれたガラス

は新種光学ガラスといい、明るい無収差用レンズ材料として欠くことのできないものとなっています。このような希元素ガラスは白金内張りのルツボで電力又は高周波誘導加熱によって熔融されています。冷却後、適当な塊を切り取り、再熔融し、プレスなどで予備成形後、トンネル窯でひずみを無くして注意深く研磨して仕上げます。

応用品：眼鏡、カメラ、望遠鏡、顕微鏡、フィルター、光ファイバー等。

### 7-6-4 結晶化ガラス (GLASS CERAMICS)

ガラス状態の融液を、ガラス製品につくる場合と同じように成形し、これに熱処理を行い、細かい均一な大きさの結晶を持った磁器と類似の素地をアメリカのストーキイが1975年につくり出しました。

結晶化現象、失透現象はガラスではどうしてもない欠陥ですが、特定の組成のガラス ( $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系、 $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系、 $\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系など) を結晶化した磁器類似の素地 (ガラスセラミックス又はデビトロセラミックスともいう) は機械的強度が大きく、熱膨脹係数が小さく、ガラスよりも硬く、ガラスと同じ製造工程で製品をつくることができます。結晶の大きさをコントロールすることによって透明、不透明にもできます。このため耐熱性、高強度を必要とする分野での応用品が続々と開発されています。

応用品：超耐熱鍋、超耐熱食器、電磁調理器のプレート、魔法瓶用ガラス、時計用ガラス、耐熱窓、建材等。



ガラス繊維



光学ガラスの応用品

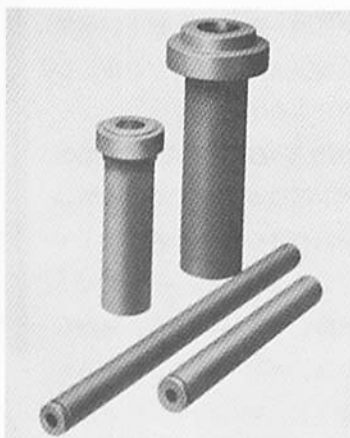


結晶化ガラス (超耐熱鍋)

## 7-7 炭素製品 (CARBON MATERIAL)

### 7-7-1 黒鉛 (GRAPHITE)

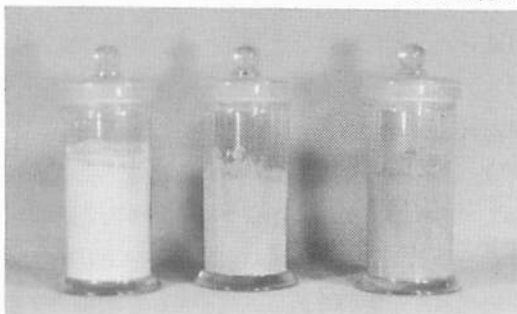
黒鉛は炭、ダイヤモンドと同じ主成分の炭素で出来ています。炭やダイヤモンドは比較的低温で燃えてなくなりますが、黒鉛はきわめて高温に耐え、酸素のない状態では3500~3700℃位で揮発あるいは昇華します。熱および電気伝導度がよく、熱衝撃に強く、化学的に中性で、浸蝕性にも優れています。しかし高温の酸素雰囲気中で燃えてしまいます。応用品には鉛筆の芯、乾電池の電極、モーターのブラシ、自動車用シール材などに利用されています。また黒鉛を他の素材で改質したものにガラス溶融の電極、電気炉電極、ルツボなども開発されています。



←黒鉛の保護管

### 7-8 顔料 (PIGMENT)

窯業における顔料の主な用途は陶磁器の色釉、下絵具、上絵具、色化粧、色素地、ホーロー釉、七宝釉などです。いずれも高い温度で使われるので、耐酸性があると同時に化学的に安定しています。このため化合物はαアルミナ、酸化スズ、スピネル型化合物ジルコンなどが用いられます。



色彩を  
↓付ける顔料

クラシックセラミックスの説明は終わりますが、これらの中にもファインセラミックスの仲間に入れるべきものもあります。

なお、ファインセラミックス等については次号に説明します。