

## 一般社団法人名古屋工業会会誌



# 2014 11-12 月号

### [交流コーナー]

窯業工学科の先達による講演会(その2) 中国での1年を振り返る 板ガラス製造技術の発展と考察

#### [トピックス]

ロボコン工房 世界大会を通じて

#### [研究者紹介]

サリドマイドとフッ素化学:パラドックスへの挑戦(その1)

#### [新聞記事コーナー]

中日新聞、中部経済新聞

#### [学生コーナー]

中山将伸准教授、文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞祝!ロボコンエ房、NHK大学ロボコン優勝、ABUロボコン2014準優勝東海学生春季テニストーナメントベスト4部活の扉 第26回『人力飛行機研究会』

## [学内ニュース]

初出場した「ABUロボコン2014インド・プネ大会」で準優勝 「資生堂サイエンスカフェ in 名古屋工業大学」を開催

#### [情報ネットワーク]

支部報告・会員ニュース

# No.462

発行 一般社団法人名古屋工業会 (名古屋工業大学全学同窓会)

〒466-0062名古屋市昭和区狭間町4

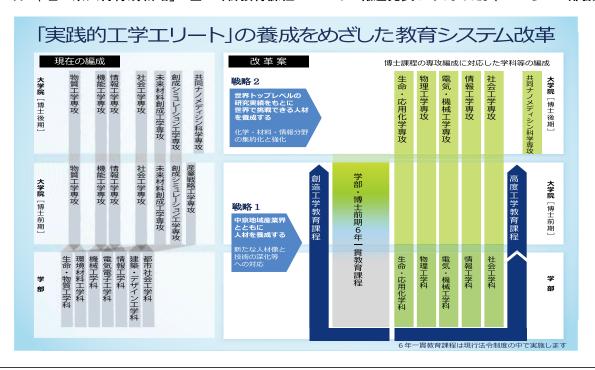
TEL • 052-731-0780

FAX • 052-732-5298

E-MAIL • gokiso@lime.ocn.ne.jp http://www.nagoya-kogyokai.jp/



#### 10月22日に「理工系人材育成戦略」に基づく新教育課程についての報道発表がありました。(HPからの一部抜粋)



# 平成27年 名古屋工業会東海地区新年互礼会

恒例となりました東海地区新年互礼会を、名古屋支部、三河支部、尾張支部、岐阜支部の共催で下記の通り開催いたします。ご多忙中誠に恐れ入りますが、万障お繰り合わせの上ご出席賜りますようご案内申し上げます。

記

日 時:平成27年1月10日(土) 12:00~14:00

場 所:名古屋工業大学大学会館

会 費:5.000円

ご出席下さる方でEメールをご利用可能な方は12月12日(金)までに、<u>支部統括連絡先</u>のメールアドレス(E-mail: gokisonagoya@gmail.com)まで直接お申し込みください。

Eメールを利用されない方、およびこれまで通りの方法をご希望の方は、以下の各単科会の連絡幹事まで連絡をお願い致します。

CE会	山盛 康 (C③)	TEL 052-691-5351	名窯会	多賀	茂(Y62)TEL 090-6801-3353
光鯱会	字佐美智伯(A⑥)	TEL 052-704-6137	名晶会	小山	敏幸(K61)TEL 052-735-5124
巴 会	杉山 耕一 (M⑥)	TEL 052-872-9251	計測会	大鑄	史男(F49)TEL 052-735-5393
電影会	三宅 正人(E60)	TEL 090-3581-4472	経友会	仁科	健(B 50)TEL 052-735-5396
双友会	泉地 正章 (W44)	TEL 052-837-7271	情友会	犬塚	信博(J62)TEL 052-735-5050
緑 会	大橋 聖一 (D45)	TEL 0533-87-3741			

※各単科会幹事様へ連絡があった場合には、下記の支部統括メールアドレスまでご連絡いただけますと幸いです。

支部統括連絡先: 橋本 忍 (名古屋工業大学環境材料工学科内 名古屋工業会名古屋支部庶務) TEL: 052-735-5291 / FAX: 052-735-5281 E-mail: gokisonagoya@gmail.com

#### 表紙写真説明

祝!「ABUアジア・太平洋ロボットコンテスト」世界大会準優勝!!

撮影者 名古屋工業会事務局





# 窯業工学科の先達による講演会 (その2)

## 私の歩んだ道とエレクトロセラミックスの発展 ビクターアドバンストメディア 前会長・福井正見(Y48)

私は1973年に名古屋工業大学を卒業し、40年の間、太陽誘電(株)に在職しておりました。この会社を退職する時に課題"もったいない"と感じていたことが三つあります。一つ目は人材能力(Ability)。能力を持っているのに定年を迎え、退いてしまっていること。二つ目が文化(Culture)。100円ショップ的な陳腐な商品が世の中にあふれている一方で、伝統的技能、技術が消えかかっていること。三つ目が技術融合(Technology)。例えば中小企業が持っている尖った技術が生かしきれていない現状があるということです。現在、私は退職と同時にこの3つの頭文字を冠した(株)ACT Lab.を設立し、この3つのテーマで活動しております。

今回、私の持っている課題と関連付けて、「ひとつのモノの進化は、複数の要素の融合により 革新する」ということを、太陽誘電のコンデン サを例にお話したいと思います。

#### ■セラミックコンデンサの進化

1944年、チタン酸バリウムの強誘電性が日本、海外で時を同じくして発見され、日本では1950年前後にはチタン酸バリウムコンデンサが商品化されました。この時がセラミックコンデンサの夜明けと言えます。この時代の誘電体材料研究の主たる内容は、チタン酸バリウムのキュリー点の移動材料、温度特性の平坦化材料、焼結助剤らを体系的に添加していく方法でした。言い換えると「体系的な宝探し」ということになります。1970年代前半までの誘電体材料の研究開発の手法はほとんど変化していなかったと思われます。

1970年代に入り、PTCサーミスタ、バリスタなどの新機能材料が検討されるに伴い、結晶粒子径や粒界を意図的に制御することが始められました。この技術を応用し、1974年には、結晶

と粒界をコントロールした、ストロンチウムを使った粒界絶縁型半導体コンデンサが、太陽誘電・山岡氏(1966年名工大卒)によって世界に先駆けて世に出されました。(粒界絶縁型半導体コンデンサは1963年に和久氏によって発見)。比誘電率は従来の1,500~15,000程度のものに対し、30,000~100,000となり、これは当時のチタン酸バリウムコンデンサに対し、一線を画すものでありました。

その後、1977年の薄型ラジオの登場が引き金となり、電子部品は基板挿入用のリード付きの物から表面実装用のチップ化、小型化へと動き出します。コンデンサについては、1970年前後から多くの企業で積層型チップが検討されていましたが、太陽誘電はただ1社、円筒型でチップ部品の供給を進めました。しかし、容量拡大の流れに追従できず、後にNi電極積層コンデンサに方向転換を行うことになります。

#### ■時代背景と積層セラミックコンデンサ

世の中の電子機器の回路は半導体の発達とともにデジタル化、高速大容量転送へ変化し、このためたくさんのコンデンサが必要となってきます。従って大容量で低価格のコンデンサの供給が市場から求められるようになります。これまで積層セラミックコンデンサの内部電極材料には、パラジウム等の貴金属を使用していたのに対し、太陽誘電は1984年、卑金属であるNiを電極に使用し、チップ化した積層セラミックコンデンサを世界に先駆けて量産化しました。

1990年代以降のマルチメディア社会到来のなかで、回路のデジタル化、伝送スピードの高速化、電子機器の軽薄短小化の流れはさらに加速し、半導体の集積密度は急激に進化します。CPUクロックは約10年で100MHzから3GHzと高速化し、CPU配線ルールも1μmから現在では10nmレベルへと微細化し、動作電圧も5Vから1V以下へと低電圧化が進んでいます。この流れがセラミック材料の特性とマッチしていたことも、積層セラミックコンデンサが発展した

背景の一つにもなっています。現在、これらの 積層セラミックコンデンサは、スマートフォ ンやタブレット端末で、1台当たり500~1000 チップ、ノートパソコンでは1000~1500チッ プが使われています。

## ■複数の要素技術の融合による積層セラミック コンデンサの革新

積層セラミックコンデンサは薄い誘電体シートの上に電極となるものを薄く形成し、これを何枚も積み重ねて作ります。比誘電率が高いセラミック材料を制御し、より薄いシートを、より多く正確に積み重ねていくことが積層セラミックコンデンサの小型大容量化に必要な技術となります。

40年前の直径約10mmの円板型コンデンサは、現在では0402 (0.4×0.2×0.2mmサイズ)の大きさで同等性能が可能となりました。また、次期量産予定の0201コンデンサはグラニュー糖一粒よりも小さなサイズとなっていきます。ちなみに0402コンデンサはティースプーン1杯で約80,000個すくえます。最先端のアイテムで金額換算すれば約10万円、1g当たりの金額では「金」よりもはるかに高価なものです。原材料(出発原料)が安価であっても、技術により価値が上がっていくという典型的な例であります。

その技術のなかでベースとなる技術がセラミック材料技術です。セラミック材料はこの10年で誘電率を維持したまま、グレインサイズを0.4~0.5μmから半分以下に小さくすることができました。この背景にはグレインのナノレベルの微細構造解析、結晶構造解析により、意図的な構造設計が可能になったことがあります。このチタン酸バリウムの合成技術の発達には、大里先生との産学連携の成果が結びついたものと思っております。

また、セラミック材料だけでなく、内部電極となるNi電極の粉体についても、過去には0.5  $\mu$  mだったものが150nmと微粉化が進んでいます。これには産業間連携の貢献が大きく係わっていました。

一方で、プロセス技術の高度化とその融合も、今日の積層セラミックコンデンサを成立させる重要な因子となっています。例えば誘電体スラリーを厚み1μm以下で均一にシート化しハンドリングする技術(ちなみに食品用ラップ

フィルムは $11 \mu m$ )、この薄いシートを高精度で1000層積み上げていく技術、さらに「金属+セラミック」の異種混合物を焼成する技術などがあり、要素技術数としては約2000を数えます。また、これらの技術の開発手法も、過去の「体系的な宝探し」から、開発前に各要素技術の水準を上げておく手法(要素技術の先行性)に変化しており、その開発マネジメントは今後、ますます重要になると考えています。

セラミックコンデンサの革新は、時代背景の 要因もありますが、技術的には材料だけの進化 だけではなく、産業間連携はもちろんのこと、 産学連携による多くの要素技術のすり合わせ (融合) によるものと言えます。

#### ■終わりに

私自身、この40年間、まれにみる変革の時代に身を置き、若い技術者と共に過ごせたことを本当に幸運だったと思います。多くの技術者が困難な課題に対し果敢にチャレンジし努力したこともあり、太陽誘電の積層部品事業は急激な成長を遂げることができました。この貴重な経験を活かし、今後の人生を現在の仕事を通じ、多くの「融合」のお手伝いができればと思っております。

今回、自分自身の人生を振り返る機会を作って下さいました大里先生と最後までご清聴いただきました皆様方に感謝申し上げます。



#### 福井正見氏の略歴

1973年 名古屋工業大学窯業工学科卒業

1973年 太陽誘電㈱入社

1995年 取締役 総合研究所 所長

1999年 常務取締役 事業本部長 兼 総合研究所 所長

2001年 専務取締役 兼 上席業務役員

2004年 取締役副社長

2009年 ビクターアドバンストメディア(株) 取締役会長

2013年 (株)ACT Lab.設立

## 鉱物学から材料工学へ 私の歩んだ道と鉱物結晶学 高エネ研名誉教授・大隅一政

#### ■はじめに

東大鉱物学教室から名工大の窯業工学科に移られた方々は、杉村隆先生及び牧巌先生であり、それぞれ鉱物学・偏光顕微鏡、及び結晶学・X線回折で貢献されました。 その後、名工大から大里齊先生が文部省(当時)の内地研究員の制度によって東大鉱物学教室で1年間研鑽を積み、X線結晶学を修めて博士の学位を取得されました。このような長年にわたる交流が基盤となって今回の私の役割が与えられたのであろうと思っております。

#### ■東大鉱物学教室の頃

故伊藤貞市先生が1931~1932年にX線結晶学の開祖の一人であるW.L.Bragg先生の研究室に留学され、X線結晶学を東大鉱物学教室にもたらした。以後、X線結晶学が東大鉱物の重要な一角を占めるようになった。伊藤先生は斜方輝石の構造は単斜輝石の単位胞レベルの双晶によることを示された(1935)。このことにより、D.Hilbert先生(ゲッティンゲン大学)が1900年のパリにおける数学者会議で、20世紀に解決すべき問題を23課題として挙げたが、その第18問において空間を合同な多面体で充填する方法は空間群の他にありうるのかという問題を挙げられた。双晶空間群はその解になりうるものであった。

私が鉱物学専攻に進学した時は、既に伊藤先生は退官され、定永両一先生が教授を務められていたが、数理結晶学は定永先生をはじめ当時助教授の竹内慶夫先生にも引き継がれていた。

その頃、三斜晶系の雲母の多型が単斜晶系の 回折図形を与えることが示された(回折対称の 上昇)。対称中心を持たない結晶でも、回折図 形には対称中心が現れることはFriedel則とし て良く知られるところである。この雲母の多型 が示す現象の解明に向けて、国内の数か所の大 学・研究所で研究が開始された。この問題に関 心を持った私は、互いにホモメトリックな構造で、一方の対称が他のそれより高い場合は低い対称を持つ結晶は高い回折対称を持つことから「回折対称の上昇」が起こることを示した。この問題は回折図形の対称はその結晶構造のつくる原子間ベクトルセットと等しいことを証明し、一部の構造モデルは亜群(Brandt;1926)によって記述される対称を持つことを示した。その後、1979~1980年にスイス・ベルン大学に客員研究員として滞在し、回折対称についての研究を進めた。

#### ■高エネ研の頃

1970年代の後半になると、日本でもX線領域の光を提供できる第2世代の放射光源の建設が軌道に乗り始めてきた。1980年当時は通常のX線発生器から得られるX線によって回折強度が得られる結晶のサイズは $30\,\mu$  m径とも $50\,\mu$  m径とも言われていた。しかし第2世代の放射光によれば、ミクロン径程度までの結晶から回折強度が得られるとも言われ期待が高まっていた。

鉱物を対象とすると、極微小結晶あるいは微小領域の解析が期待され、高エネ研に移ってからは、このための回折装置の開発を行った。微小領域からのデータ収集には、試料を静止して入射X線のエネルギーを走査するエネルギー分散法でなければならない。しかし第2世代の放射光源では不可能であるが、白色X線を用いるラウエ法ならば可能であるとして、マイクロピンホールを自作して、試料位置でのビーム径並

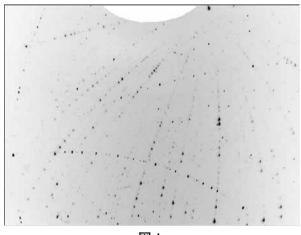


図 1

びにビームの発散角として、それぞれ $1.6 \mu$ m 及び $40 \mu$ rad.を達成して新たな回折装置及び解析法を開発した。

この装置によって得られたNASAによる Stardust計画によって捕獲された彗星からの噴 出物(C2054,0,35,4)の白色 X 線ラウエ像(図1) を示す。2種の斜方輝石と1種のかんらん石の 回折斑点が記録されている。

#### ■SPring-8の頃

高エネ研を定年退職した後、現在は客員主席研究員としSPring-8で仕事を続けている。ここでは更に強力な第3世代の放射光X線を用いて試料静止で入射X線のエネルギーを $20\sim30$ KeVの範囲で40eV毎に走査しながらラウエ像を取得する単色ラウエ法を行っている。ここではKirkpatric and Baez mirrorによって入射X線を集光し、試料位置におけるビームサイズは横2.0、縦 $0.7~\mu$ mである。

試料として「はやぶさ」が小惑星イトカワから持ち帰ったもの(図2)を対象として、この

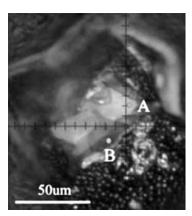
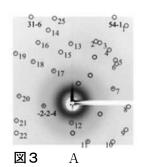


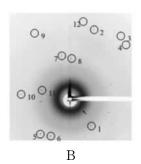
図2

装置によってエネルギー走査で得られたA,B 2 カ所からのそれぞれ251枚の単色ラウエ像の重 畳を以下に示す(図3)。

A及びBはそれぞれかんらん石と長石の一種であると同定され、格子定数も高精度で決定された。

放射光X線を利用することによって従来は不可能とされた回折データの収集が可能となっている。ここでは、白色及び単色ラウエ法による地球圏外試料の微小結晶及び微小領域からの回





折データの解析例を示したが、ここで述べた手法によれば、微小な単結晶の集合体であるセラミックスの構造解析も夢ではなく、材料工学にも貢献できるであろう。



#### 大隅一政氏の略歴

1966年 東京大学理学部卒業

1971年 東京大学大学院修了 理学博士

1973~85年 東京大学 助手 理学部

1979~80年 ベルン大学(スイス)客員研究員

1985年 高エネルギー物理学研究所 助教授

1992年 高エネルギー物理学研究所 教授

1993年8月~2004年3月 東京大学大学院 客員教授

1997年 高エネルギー加速器研究機構(改組)

2006年 同研究機構 定年退職 名誉教授

総合研究大学院大学 名誉教授

2007 ~ 09年 NASA/Johnson Space Center

Senior Fellow

2009年〜現在 (公財)高輝度光科学研究センター 客員主席研究員

## 私の歩んだ道と鉄鋼を支える構造材料の発展 TYK会長・牛込 進 (Y33)

私共の会社は耐火れんがの会社で、特に鉄鋼用の耐火れんがを主に作っています。新製品開発に積極的に取り組み、いろいろな分野で世界的な新製品開発に成功し、特に鉄鋼業界には大いに貢

献していると自負しています。

昭和4年、もともと瀬戸や多治見でとれた粘土の 塊を乾燥し、粉砕した粘土粉末を製鉄会社や耐火 れんが会社に納入していました。そんなことから鉄 鋼用の耐火れんがを作るようになり、昭和40年頃に は鉄鋼向けで下注法による造塊用の粘土質のれん がを主に作っていました。

ところが、この頃鉄鋼業界では大きな技術革新がありました。その一つがドイツのマンネスマンが開発した連続鋳造法で、取鍋中の溶鋼をタンデッシュに注入し、そこから連続的にモールドに注入、冷却して鋼片にする鋳造法で、鋼の歩留り、生産性が大幅に向上しました。もう一つが炉外精錬法で、高級鋼やステンレス鋼の精錬に用いられます。転炉や電気炉で鋼を溶解・精錬し、最後の仕上げの精錬を炉外精錬炉で行う方法で、取鍋を真空槽の中に入れて上から酸素を吹きながら脱ガスを行うVOD(Vacuum Oxygen Decarburization)法やベッセルの炉壁から酸素とアルゴンを吹き込みながら精錬するAOD(Argon Oxygen Decarburization)法などがあり、精錬効率が大幅に向上します。

連続鋳造法は造塊工程を無くすることで生産性を高める方法であるために、その普及に伴い当社の造塊用れんがが使われなくなり会社が大変な状態になりました。皆でいろいろ話し合い、新しい連続鋳造や炉外精錬用れんがを作れば新しいニーズが掴めるのではないかと、取り組むことになりました。ところが、低級なれんがしか作っていない会社がいきなり高級なれんがを作る、しかも新しいニーズで世界に無いれんがを作るのですから、皆が大変苦労しました。

昭和44年、当社は非常に厳しい状況でしたが、れんが以外の新分野にも進出したいと思い、思い切って研究所を作りました。約40人がれんが以外の研究に取り組むことにしました。私が名工大を出た関係で名工大の学生が当社に入ってきて、それが新しい開発を行う上で大きな支えとなりました。

大変な苦労の末、いろいろな分野で新製品の開発に成功しましたが、今日はその中で鉄鋼向けの3つの新製品について紹介します。

1つ目は連続鋳造用の浸漬ノズルです。連続鋳造のタンデッシュとモールドの間で浸漬ノズルと呼ばれる耐火物を使用します。連続鋳造法のなかで最

も重要な耐火物で、 大きな会社では約 300トンの溶鋼がこの ノズルのなかを通過 していくわけですか ら大変厳しい使用 条件になります。

マンネスマンは当 初、フューズドシリカ



(溶融石英)質のノズルを使っていましたが、厳しい鋼種、例えば高マンガン鋼とかになりますと溶損が大きく使えません。私共はこれを何とかしなくてはと思い、浸漬ノズルの開発に取り組みました。

大幅な耐蝕性の向上を図るために材質はアルミナ -黒鉛質としました。形状は長尺のパイプ状で下端 に2つの吐出口を有するという複雑な形状をしてい るために従来の上下から加圧するプレスでは成形 できません。当社の技術者が粉末冶金分野でCIP (Cold Isostatic Press) という成形機が使われて いるということを調べてきました。高圧の容器のなか で水圧を利用してあらゆる方向から均一に加圧す る成形機で、これをノズルの成形に適応しようという ことになりました。しかし、粉末冶金用は小さなもの で大きなものを成形する装置は世界中何処にもあり ません。そこで油研工業と共同で世界で初めて大 型のCIPを開発し、これによってノズルの成形が可 能となりました。黒鉛を使用するために専用の還元 焼成炉を導入した他、外形を加工するためにNC 旋盤なども導入しました。

1本のノズルでも外側がアルミナー黒鉛質で内側に薄いアルミナシリケートの層があり、これが使用中にガラス化し外からの空気の巻き込みを防止します。スラグラインは特に溶損が大きいためにジルコニアーカーボン質を使用するなど、大変手が込んでいます。吐出口の形状は鋼の品質・歩留りに大きく影響するので、形状を決める際にコンピュータを用いて数値流体力学で解析したり、水モデルを作って粒子イメージ流速計を用いてモールド内での溶鋼の流れをシミュレーションするなど細かい分析を行って決定します。

こうして完成した当社のアルミナー黒鉛質の浸漬 ノズルは従来のフューズドシリカ質に比べ耐用が 50%位伸び、好評を博しました。今では世界中に 連続鋳造設備が普及しておりますが、ほとんどの設備でアルミナー黒鉛質の浸漬ノズルが使用されるようになっています。

2つ目はAOD用のマグクロダイレクトボンドれんがです。AODはユニオンカーバイド社が開発したもので、日本では日本金属工業が2つの工場で同時に導入しましたが、処理温度が高く、しかも溶鋼の撹拌が大きいために炉材の摩耗が激しく、従来のれんがではせいぜい5回しか使用できず全く採算が取れませんでした。そこで当社に新しい炉材の開発依頼がありました。会社の近くに1760℃まで上がる高温焼成の窯を持っている原料会社があり、そこに焼成をお願いし、れんがを作って試験使用してもらったところ、12~13回耐えることが分かりました。

高温で焼成することが耐用向上に有効であることがわかり、顕微鏡による組織観察でダイレクトボンドの発達の度合いをみて、1850℃で焼成することにしました。1850℃という温度は普通の石ころを入れたら蒸発してしまう程の温度です。大変金のかかる設備でしたが、日本ガイシと共同で世界で初めての超高温焼成炉を完成させました。炉の最も重要な焼成帯には旭硝子製の電鋳れんがを使用し、温度を上げるために2次空気を加熱して吹き込むなどの工夫をして1カ月をかけて目標の温度に上げました。

成形には大型のフリクションプレスを使用し、研磨 機で表面を研磨して仕上げます。

顕微鏡で組織を観察しますとピクロクロマイトが生成しマグネシア粒子の直接結合もよく発達していることがわかります。この結合により極めて強度が高く摩耗に強いれんがとなりました。このれんがの耐用は25回に達し大成功で、これを契機にAODは他社でも次々と採用されるようになっていきました。

3つ目は高炉炉底用の黒鉛れんがです。 銑鉄を作るための高炉は大型化し、内容積が5000㎡もある大きなものですが、最重要部である炉底れんがが局部的に溶損するために13~15年しか耐えられませんでした。

住友金属工業から寿命延長の要望があり、共同で炉底れんがの開発に取り組みました。長さが250 cmもある大きなもので、従来は無煙炭質の抜出成形品が使用されていました。

炉底はれんがの溶損を少なくするために水冷されているので、れんがの熱伝導率が高いほど溶損が

少なくなります。そこで当社はまず熱伝導率を高めるために原料として人造黒鉛を使用しました。密度を高めるために成形は超大型のフリクションプレスを使用しました。人造黒鉛の使用とプレス成型は世界で初めての試みです。黒鉛を使用するために還元焼成し、表面を研磨して仕上げます。名工大の川島先生の協力で超音波探傷器を用いて非破壊で検査を行う方法も世界で初めて確立しました。

電気炉中で溶銑加圧浸透テストを行うと従来品は溶銑が全量れんがのなかに浸透していきますが、 当社のれんがでは浸透が全くみられません。この差は気孔径によるものと思われますが、顕微鏡で組織 を観察しますと気孔内にSiCのウイスカーが成長し 気孔径を小さくしていることがわかります。

こうして完成した当社の黒鉛れんがは住友金属の和歌山第3高炉で使用開始後27年を経過し、世界新記録を達成しました。これが契機となって世界に広がりつつあります。

最後に、ナポレオンヒルの「思考は現実化する」 との言葉もありますように、私共はどんなことでも本 当にやろうとする気持ちがあれば必ず実現すると信 じて今までやってきました。これからもこの信念で新 製品の開発に積極的に取り組んでいきたいと思って います。

#### 牛込進氏の略歴

1958年 名古屋工業大学窯業工学科卒業

1958年 東京窯業株式会社 (現TYK) 入社

1960年 早稲田大学経営学科卒業

1967年 米国コロンビア大学 大学院修了 MBA取得 (株)TYK取締役、専務取締役、代表取締役社長を経 て、2005年 代表取締役会長に就任

岐阜県経営者協会会長、岐阜県工業会会長、多治 見商工会議所会頭はじめ 要職を歴任

本稿は、2014年2月27日、エレクトロセラミックス研究会が主催、名古屋工業大学研究協力会、産学官連携センター、名古屋工業会、名窯会、創造科学研究会の共催で開催された講演会の後半部分である。前半部分(その1)は、ごきそNo.461(9-10月号)P10~P14に掲載。





# 中国での1年を振り返る

本多 義昭(博士前期課程産業戦略工学専攻2010年修了)

名工大を卒業し社会に出てから丸4年。まだ 学生に毛の生えた程度ですが、海外への赴任・ 技術拠点の立上げ・現地スタッフの教育等の仕 事を与えられ、慣れない海外で試行錯誤しなが ら、忙しくも充実した日々を送っております。

研究室の恩師から本稿の執筆依頼を頂いた時は、何を書いたら?との思いもありましたが、交流コーナーということで「特にテーマもないから、気軽に…」との先生の言葉の通り、気軽に、思いつくままに筆を走らせました。私が実際に肌で感じた日本との文化の違い、体験が少しでも皆様のお役に立てば幸いです。

#### ◆中国深圳(シンセン)への赴任

まずは赴任先の深圳(中国)について。深圳という地名を聞いても場所が頭に浮かぶ方は少ないかと思います。深圳は広東省に属し、香港との境界を持つ都市です。今でこそ『電子製造業のメッカ』と言われるまでに発展した都市ですが、中国四千年の歴史の中では、特に要所としても登場しない、もともとは漁村だった街です。それが今では、市内には高層ビルが立ち並び、日本人・韓国人等のアジア系はもちろん、欧米、インド、アフリカからも人が集まり、ものすごいスピードで発展している都市です。世界中の、パソコン、スマホ等の電子機器はほぼ全て深圳を中心とした中国南部、いわゆる華南地区で作られているのです。

深圳はなぜこれほどまで急激に発展したのか、それは中国で最も香港に近い、という地理的利点と鄧小平による経済特区への指定が大きかったと言われます。市内には鄧小平の功績をたたえる大きな看板もあり、ちょっとした観光名所になっています。



鄧小平を讃える巨大看板(深圳市内)

#### ◆深圳での生活

拠点の立上げということで、深圳へは一人での赴任でした。社内でも土地勘のある人は少なく、私も何度か出張で行ったことがある程度。知り合いもなく、全くわからない状況からのスタートでした。

まず、赴任してすぐしたことは居酒屋に行ったこと。お酒が飲みたかったこともありますが、そこなら知り合いができるだろうと思ってのことでした。幸い店主が深圳歴15年の日本人で、一人で赴任したことなどを話したら「そりゃ大変だろう」ということでその後も色々面倒をみて頂きました。海外に出ると日本人というだけで何か親近感が湧き、自然と一体感が生まれます。その後もそのお店に足しげく通い、おかげで知り合いも酒量も体重も増えました。

知り合いになった方のなかには自分の親くらい年が離れた方もいましたが、みなさんに本当に親切にしてもらいました。この居酒屋店長は1997年、香港返還の年に当時勤めていた会社で深圳に赴任されたとか。一人だけで、本当に苦労されており、当時の話を聞く度に、それに比べれば自分はまだ恵まれていると随分励まされ

ました。

また、深圳には日本人のバスケットボールサークルがあり、週に一度は汗を流していました。年に一度、チャイナカップという大会が開かれ、中国各都市との交流戦や、タイ・フィリピンも交えたアジアカップもあり、国を越えた日本人同士の交流の場にもなっています。また日本人同士だけでなく中国人、韓国人等のチームとの試合などもあり、言葉の通じない人たちとスポーツで繋がるという貴重な機会も多く経験しました。スポーツに国境はない、ということを身を持って体験できました。

#### ◆ハプニング・大雨で車が浸水

赴任中に私が体験した事件をご紹介します。 深圳は緯度が低く、気候も亜熱帯に属し、夏は 夕方になるとスコールのような大雨になりま す。

ある日、事務所からタクシーで家に帰る途中 大雨にあい、高速道路が渋滞してしまいました。 運転手も渋滞に我慢しきれず、高速道路を下り て下道に。暫く道を走っていると大雨で冠水し た道路に行き着きました。諦めて引き返すのか と思っていたら、運転手は真剣な目つきで冠水 した道路を睨みつけているではありませんか …。まさか?と思った瞬間、私の乗っていた車 はスピードを上げ、冠水した道路へ突っ込んで 行きました。しかし、エンジンが浸水したのか 10メートル程度進んだところで車は立ち往生。 車を降ろされ、地下鉄で家へ帰ることになりま した。タクシーの運転手も悪いと思ったのか、



深圳市の風景

私を地下鉄の駅まで送り届け、お金の請求もありませんでした。大雨のなか、知らない道を膝まで水につかりながら歩いた時は、本当に家に着けないのではと不安になりました。

#### ◆語学の重要さを痛感

中国で仕事するなかで語学、特に英語は重要だと実感しました。私の仕事では、中国系の顧客を訪問する際は通訳を連れて行き、中国語で打合せをすることが一般的でした。しかし、欧米系・韓国系の顧客と面談する際は予期せず英語でのミーティングになることも。急に「今日のミーティングは英語で行います」と言った感じです。

そういった時は、通訳に頼るわけにもいかず、 自分の語学力だけが頼りです。技術に関する ミーティングが多いので、たいてい図を描いた りしながら何とか乗り切っていたのですが、や はり英語は必須だと痛感します。

中国語の方も1年間勉強し、日常生活程度はなんとかできるようになりました。自分が中国語が分かるというのは通訳に対しても一種のプレッシャーになるようで、いい加減に訳せないという緊張感も生まれます。時には「今の訳はおかしい」と通訳を牽制したり、相手の言っていることのニュアンスがダイレクトで伝わってきます。しかし、聞く方はなんとなくわかっても、話す方はそう簡単ではありません。

中国語には四声という声調があり、音が上がったり下がったりします。この四声が非常に難しく、発音と声調が合わないと意味が伝わりません。発音に関しても日本語は50個しか音がないですが、中国語は母音だけでも10以上あります、「ン」という発音も[n]と[ng]の2種類あります。日本語でも実際は、この音があるのですが、区別せずどちらも「ン」と表記しています。習い始めた頃は先生の発音が聞き分けられず、適当に発音してよく怒られていました。音の聞き分けの訓練などは、年を取るほど難しくなるので、早いうちにもう少し訓練していきた

いと思います。中国語を勉強される機会がある 方は、最初の頃に徹底的に発音を訓練されるの が良いかと思います。

#### ◆中国についての印象

危ない目にも遭いましたが、私の中国に対す る感想は、テレビなどで言われるほど悪くない、 というものです。テレビでは日本に対するデモ などの映像が流れ、国旗を燃やすということも ありましたが、デモに参加する人たちは全体の ごく一部で、大体の人は日本人に好意的でした。 電車などでも、お年寄りには席を譲る人が多 く、割り込みもかなり少なくなっており、モラ ルも向上してきていると思います。仕事面での 日本人との違いでは、彼らは転職をためらわな いということ。スキルアップのために転職をす るのですが、その背景には会社がいつ潰れるか わからない、自分の身は自分で守るという危機 感があるようです。また、こちらも彼らに長く 働いてもらうには、彼ら自身のスキルアップに なるよう、仕事を与えていかなければならない と感じました。

中国に赴任し、中国人と働くなかで最初は何に怒っているのか、何故上手くいかないのかなど、理解できないことも多くありました。1年間一緒に仕事したことで、大体の部分では理解、納得することができてきたと思います。よく言われることですが、結局彼らの文化・歴史的背

景、考え方に対する理解が不足しており、日本 人の考え方・価値観で彼らの行動を見ていたか らだと思います。どちらの考えが正しいかとい う問題ではなく、中国で仕事・商売をするのだ から、中国のやり方に従う必要があるというこ とを身を持って学びました。

彼らの行動力・実行力には目を見張るものがあります。やって失敗することより、何もしない方がリスクという考えが強いと思います。日本人は戦略を立てるとか、改良するというような思考する力は優れていると思いますが、逆に戦略ばかり考えてなかなか行動に移せないという点があるのではないでしょうか。行動力・思考力どちらも大切でバランスを取ることが重要だと思いますが、そういった部分を理解し合い、補い合っていくことがお互いの成功に繋がるのではないかと思います。

1年間の中国での生活で、多くの中国の友人・ 仲間に恵まれました。今後も彼らとの絆を大切 に歩んでいきたいと思います。

## 本多義昭氏の略歴

2010年3月 名古屋工業大学大学院博士前期課程産

業戦略工学専攻修了

2010年4月 ダイキン工業株式会社入社

2013年4月 技術拠点立上げのため深圳赴任

初代センター長就任

2014年5月 帰任



開所式の様子(最前列右端が著者)





# 板ガラス製造技術の発展と考察

日本板硝子株式会社 馬場 順一(D①)

板ガラス工業は、高度な製造技術と高額の設備投資を必要とする典型的な装置産業であり、世界的にも少数の大企業に集約されてきている。板ガラス製品は、連続製造工程(溶融→成形→徐冷)により直接生産される一次製品と、一次製品に種々の表面処理、強化、合わせ、複層化などの加工処理をした二次製品がある。ここで報告するのは、板ガラスの一次製品であり、板ガラス業界では、素板(もといた)と呼ばれている。

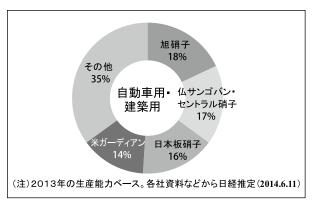


図1. 板ガラスの世界シェア

図1に建築用、自動車用の板ガラスの世界シェアを示す。板ガラス一次製品の約6割が建築用、約3割が自動車用、他が各種ディスプレイ用等の情報電子用と呼ばれる需要である。意外に思われるかも知れないが、板ガラス業界では、日本の板ガラスメーカー3社が、世界シェアの多くを占めている。さらに、製品の品質においても、日本の板ガラス製造技術は世界的に高く評価され、世界のトップレベルに位置している。

#### 1. ガラスとは?

物質は温度によって「固体⇔液体⇔気体」と、 その状態を変える。多くの液体は冷却すると一 定の温度で凝固して結晶体となる。しかしある 種の液体は冷却すると次第にその粘性を増し、 一定の温度で凝固することなくますます粘性を 増して行き、ついには結晶することなく硬い固 体となる。このような物質は常温から加熱する としだいに軟化してふたたび液体となるが、結 晶物質において現れるような一定溶融点を示さ ない。このような非結晶性の凝固物は、ガラス 状態にあるといい、このような物質をガラスと いう。

ガラスの組成は、身近なガラスでは古くから 現代までそれほど変わっていない。主な成分は ケイ酸(シリカ・SiO₂)である。ケイ酸だけで もガラスはできるが、溶融するのに非常な高温 を要する(1700℃以上)。工業的にガラスを多 量に製造するために、溶融温度を下げる必要が あり、溶融助剤としてソーダ(Na₂O)を加える。 しかしケイ酸とソーダでできたガラスは不安定 で、水に溶けて水ガラスとなる。この対策とし て石灰(ライム・CaO)を加えると溶融温度は 少し高くなるが、水に溶けないソーダ石灰ケイ 酸系のガラスができる。いわゆる板ガラス、び んガラス、食器等、現在最も多量に製造されて いるソーダ石灰ガラスである。

ガラスが透明なのは、結晶ではないため光が 反射される粒界(結晶の境目)が存在せず、大 部分が透過するからである。建築用で透明ガラ スとして市販されているものは、実際にはうす い緑色をしている。これは、主原料であるケイ 砂(SiO<sub>2</sub>原料)に不純物として微量に含まれる 鉄分によるものである。原料を厳選し、鉄分を ほとんど含まない、透明度の高い板ガラスも博 物館用等に生産されている。あるいは、各種着 色原料を添加し、熱線吸収性能を高めたり、意 匠性を持たせたりした、さまざまな着色板ガラスも生産されている。また、自動車用では、紫外線カット性能を高めることが求められ、近年はその生産が増大している。

#### 2. 板ガラス製造の歴史

20世紀に入ってガラス溶融技術や成形機械が発達するまでは、窓用板ガラスは7世紀頃にシリアで発祥したクラウン法(図2)で造られていた。これは作業する人の呼気によってできるだけ大きなガラス球を吹成し、これを二次的に展開する方法である。

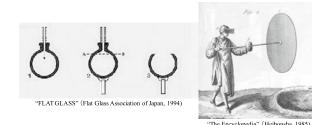


図2. クラウン法

ガラス球ではなく、ガラス円筒を吹成する手吹円筒法が1800年頃からクラウン法に代わって板ガラス成形の中心となるようになり、その後1902年に米国のラバース(Lubbers)の開発による、直径0.6m、長さ12mに達する巨大なガラス円筒を機械的に吹成して、延展炉で軟化させて平板におし広げるラバース式機械吹円筒法へと発展する。

20世紀に入るとガラス溶融技術や成形機械が 発達し、さまざまな板ガラスの連続生産方法が 開発される。

コルバーン法(図3)は米国人、コルバーン (Colburn)によって発明され、1916年リビーオーエンス社で完成された方式である。溶融窯前端に続く浅い引上げ室のガラスの自由表面からガラス帯が引上げられ、ガラス面に近い両端で、ナールロールと呼ばれる溝の刻まれた一対の水冷ロールによってガラス帯の立上がり部を固定する。ガラスは立上がり線に向かって流れる間に冷却器で一様に冷却され、粘度の高い表面ガ

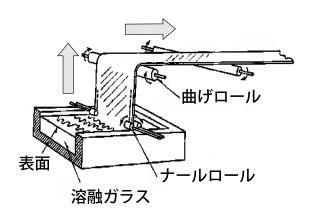


図3. コルバーン法

ラスが引上げられて帯状ガラスが形成される。ガラス面から約60cm鉛直に引上げられたところで、端部を主にガス炎で加熱軟化され、曲げロールによって水平方向に曲げられ、徐冷炉に送られる。コルバーン法では、曲げロールの表面の滑らかさが最も重要である。この方式では、1つの窯に2機の引上げ機を設置しているのが普通である。板ガラスの厚さは1~8mm、巾2.5~4mである。

フルコール法(図4)はベルギー人、フルコー ル(Foulcault)が発明し1910年代に開発が進め られた方式である。溶融窯の前端の引上げ室に デビトーズと呼ばれる中央に細長いスリットの ある耐火物をガラス面に少し押し込み、スリッ トから盛り上がってくるガラスを鉛直に引き 上げる。板ガラス帯はすぐ冷却器によって両面 から冷却され、引上げ塔を上がっていく。この 方式で製造出来る板ガラスの厚さは1~8mm、 巾1.5~2.5m程度である。この方式では1つの 窯に3~11機の多数の引上げ機が設置でき、需 要に応じた厚さや寸法の製品を同時に生産でき る反面、ガラスの立ち上がりでデビトーズのス リット表面の薄層ガラスが失透(結晶が析出す ること) して成長し、引上げられるガラスに細 い筋を刻印しやすいことが問題である。

ピッツバーグ法(図4)は1925年、米国のピッツバーグ社によって採用された方式で、フルコール式と同様な鉛直引上げ法であるが、ガラス面に浮かしたデビドーズの代わりに、ガラス面から5~10cm下にドローバーと呼ぶ細長い

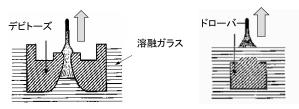


図4. フルコール法(左)、ピッツバーグ法(右)

耐火物を沈め、その直上のガラス面から、その上に設置した一対の水平冷却器の冷却によって板ガラス帯を引上げる。この方式で製造出来る板ガラスの厚さは通常3~8mm、巾2~3.2mである。この方式は引上げ室内の溶融ガラスの温度がフルコール法より約100℃高く、失透(結晶の析出)の問題は少ないが、自由表面から引上げることで、溶融ガラスに化学的不均質があると厚さの不均一を生じやすい問題がある。1つの窯に接続される引上げ機の数は2~9機である。

日本では、1920年に日本板硝子がコルバーン法、1928年に旭硝子が、1959年にセントラル硝子が、フルコール法の操業を、それぞれ開始、独自の改善を重ねて発展させたが、フロート法の導入により、1982年に旭硝子、セントラル硝子が、1988年に日本板硝子が、これらの方式による板ガラスの国内生産を終了させている。

#### 3. 現代の板ガラス製造プロセス

現代の板ガラスのほとんどはフロート法(図5)で生産されている。溶融窯から溶融スズ上にガラスを流し込み、ガラスを溶融スズ上に浮かせ、重力と表面張力により、表面の平滑なガラス帯を作り、徐冷炉へ送られる。古くは、1902年、米国において溶融スズ浴面にガラスを浮かせることが提案されているが、当時は、それを実現できるガラスの成形技術、周辺技術がなかったため、アイデアの段階で終わっている。約50年後の1952年に、英国のピルキントン社のアレステア・ピルキントン(A.Pilkington)により発明され、プロセスの開発が開始された。開発は困難を極め、巨額の研究費が費やされて1959年にその成功がやっと世界に発表された。

フロート法は短期間に世界各国の板ガラスメーカーにライセンスされていき、その後、中国で発達した中国式と呼ばれるものも含めて、現在、世界で約250窯となっている。日本での導入も早く、1965年(東洋初)に日本板硝子、1966年に旭硝子、1969年にセントラル硝子が、それぞれフロート法の生産を国内で開始している。英国ではほとんど考慮されなかったフロートバスの地震対策も各社が独自の対策を講じている。



図5. フロート法 フロートバス (断面図)

図5にフロートバスの断面図を示す。名こそスズのお風呂、スズのプール等と称されるが、我々が利用するお風呂やプールと違い、溶融スズの深さは10cm程度の平べったいものである。溶融金属としてのスズは高温では容易に酸化されるのでフロートバス全体が密閉構造となっている。雰囲気には還元性保護ガス(N₂ガスおよび少量のH₂ガス)が供給充填される。フロートバス内の温度はそのほとんどがガラスの持ち込む熱量によって保持されるが、上流から下流に進むにつれて成形される段階において、ガラス帯の温度降下は冷却クーラーや電気ヒーターによって厳密に管理されている。ガラスの温度は一般的にフロートバスの上流で約1,050℃、下流の出口では約600℃に保持されている。

ガラスの厚さは、溶融ガラスの流入量と、徐 冷炉の搬送ロールによるガラス帯の引上げ速度 で調整される。引上げ速度を上げればガラスは 薄くなるが、ガラス帯の巾が狭くなってしまう ので、これを防ぐためにフロートバス内のガラス両側にガラス上面に接触して回転するロール (トップロール) を使用する (図 6)。

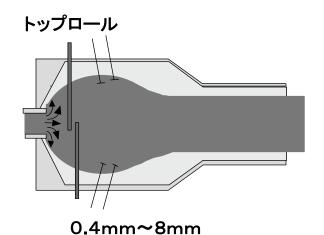
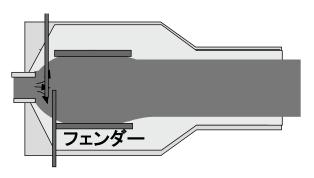


図6. 薄板生産時のフロートバス(平面図)

厚いガラスをつくる場合は、溶融ガラスがフロートバスに流入したところで、ガラス帯の進む方向に平行に、両側に、ガラスに濡れないガイド (フェンダー)を使用する (図7)。溶融ガラスがガイドにより巾方向の広がりが抑えられ、ガラスの厚さはガラスの流入量と引上げ速度により決まる。



#### 8mm~25mm

#### 図7. 厚板生産時のフロートバス(平面図)

フロート法で生産できる板ガラスは厚さ 0.4mm ~ 25mm、巾2.5 ~ 4m程度である。厚 さや巾などの調整がしやすいので、1つの窯に 1つのフロートバスとするのが通常である。

片側に模様のある型板ガラスや金網が封入された網入板ガラスはロールアウト法(図8)で生産される。基本的には1920年に米国で開発されたものに由来する。溶融ガラスを一対の水冷ロールの間に供給し、ロールのギャップで成形する。この方式で製造出来る板ガラスは厚さ2~10mm、巾1.5~2.5m程度である。

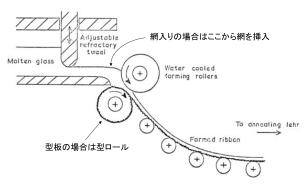


図8. ロールアウト法

### 4. 建築用ガラスの標準化活動

意外に思われるかも知れないが、建築用ガラスの一次製品の国際規格(ISO規格)は、まだ存在していない。自動車用ガラスでは1969年のISO総会で、自動車部会の中に窓ガラス分科会(TC22/SC11)が設置され、1975年には、分科会の国際会議において、それまで各国で規格がばらばらであった自動車用について統一規格が制定された。

しかしながら、建築用ガラスはいまだ各国で 規格がばらばらである。ISOでは建築用ガラス 分科会(TC160/SC1)が設置され、建築用の 統一規格を制定するべく、2000年から分科会の 国際会議を重ね、ようやく統一規格案がほぼ確 定し、制定に向けた手続きに入る段階に来てい る。

#### 馬場順一氏の略歴

1989年 名古屋工業大学応用化学科卒業

1990年 日本板硝子株式会社入社

本稿は、平成26年6月21日、名古屋工業大学2 号館0211教室で開催された平成26年度緑会総会 において、学術講演として行われた講演を「ご きそ」掲載用にまとめて頂いたものです。