

セラミックカラーデータベースの構築

— 30数万点の釉薬テストピースのデータベース化と活用 —

杉山 豊彦

産総研に30数万点の釉薬テストピースが保管されている。これらは、陶磁器試験所、名古屋工業技術試験所の80年以上の陶磁器研究において作成されたものである。テストピースは実験結果と実験過程が見える形で残されたものであり、釉薬および陶磁器の研究の基礎データとして貴重である。産業界等にこれらのデータを提供して、研究開発や製品化研究の省力化や加速化を実現する目的で、釉薬テストピースの情報のデータベース構築を行った。釉名称、焼成温度、焼成雰囲気、発色、化学組成、原料調合、外観性状等のデータ項目と外観画像を伴ったデータベース構成とした。データベースは、新規の研究開発等に利用されて有効性が確認された。

キーワード: 釉薬、陶磁器、発色、データベース、テストピース

Construction of a ceramic color database

– Database of more than 300,000 glaze test pieces and its application to industrial research –

Toyohiko SUGIYAMA

AIST has more than 300,000 glaze test pieces, from over 80 years of ceramic studies by the Imperial Ceramic Experimental Institute and the Government Industrial Research Institute of Nagoya. These pieces are the physical evidence of the processes and the results of glaze test experiments. As such, they provide valuable information for glaze and ceramic research. A ceramic color database has been constructed to make this fundamentally important information widely accessible in support of R&D in the ceramics industry. The database includes: glaze name, firing temperature, firing atmosphere, coloring, chemical composition, recipe, physical state, and other information, as well as images of the glaze pieces. The database has been used in recent ceramics research, and its effectiveness has been verified.

Keywords: Glaze, ceramics, color, database, test piece

1 緒言

30 数万点の釉薬テストピースが産総研に保管されている。それらは、80 年以上の陶磁器研究活動において作成されたものであり、各々の実験目的や研究フェーズは多様であるが、個々のテストピースに着目すれば、実験結果が見える形で残された基礎データである。これを体系的に整理して、産業界および学術界に提供し、新たな研究開発に役立てることを目的としてデータベースの構築を行った。

データベースの構築が進み、具体的な活用が始まるに伴って、それに対応した改良を進めた。データベースが対象とする釉薬テストピースは実験結果の現物であり、単純な数値データとは異なる。テストピースからどのような情報を取り出して、どのように整理を行うかは、利用者と利用者による活用を予見することが必要であって、それは将来にわたってこの分野の研究がいかなる方向性をもつか、あるいは方向性をもつべきかに関わる。

基礎研究成果から実用化に進む通常の場合と異なり、本データベースに想定される主な利用形態では、実用化研究等を遂行する研究者が、その目的に合致する基礎データを膨大な情報の中から探索する。それは直接的な単一の情報である場合もあれば、情報群であったり、傍証データであったり、研究の足掛かりとなるヒントのような情報の場合もあると考えられる。そのような活用に対応するためには、元データの有する価値と特質を把握し、体系化することが重要と思われる。この論文では、セラミックカラーデータベース構築とその活用について述べ、データベース化により実現される新たな展開について考察する。

2 データベースの構築

2.1 データベースの目的

釉薬テストピースは、陶磁器試験所以来の研究過程で蓄積された。1919 年に京都に設立された国立陶磁器試験所

産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門 〒463-8560 名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞 2266-98
Materials Research Institute for Sustainable Development, AIST 2266-98 Anagahora, Shimoshidami, Moriyama-ku, Nagoya 463-8560, Japan E-mail: sugiyama.toyohiko@aist.go.jp

Original manuscript received September 3, 2012, Revisions received November 12, 2012, Accepted November 21, 2012

では、「最新科学の応用基礎的科学の研究に依る」研究開発を「常に実地と相連結して行う」ことを主眼として、試作を重要視した業界を牽引する多くの研究が実施された¹⁾。陶磁器試験所の業務を引き継いだ名古屋工業技術試験所においても、新規顔料開発や釉薬の先端研究が数多く実施されて、釉薬テストピースが作成された。それらの研究は世界的に著名なものも多く含まれ、現在からみても水準の高い研究開発である。テストピースは研究過程と結果が見える形で残されているという観点から学術的にも科学的にも貴重な資料である。テストピースは一般に公開されて、陶磁器・釉薬の研究者や製造企業に利用されていたが、その価値の高さに着目し、データベース化によりさらに活用を促進することが計画された。テストピースは産業に対し以下のような点で直接的に有効と考えられた。

- (1) 釉薬の開発・製造において、釉薬テストピースを作成して調合を改良していく作業が繰り返し行われる。既存の膨大な釉薬テストピースの情報を利用すれば、開発実験に要する日数を短縮できる。
- (2) 陶磁器やセラミックス製品の釉薬・ガラス素材を何らかの条件をもって探索する場合に利用できる。
- (3) 着色元素、ガラス組成、焼成条件等と発色の関係等の技術情報を提供する。

陶磁器以外への汎用性も考慮してデータベースは「セラミックカラーデータベース」と名付けられて、膨大な資料の体系的整理が1997年に開始された。

2.2 データベースの設計思想

データベースの第一の目的は、陶磁器や釉薬のメーカーに基盤情報を提供することである。それはこれまでテストピースが利用されてきた形態を踏襲し、利便性を増して活

用を促進することである。図1にセラミックカラーデータベース構築のシナリオを示す。

テストピースの平均的寸法は30×45×5 mmである。一連の試験のピースごとに台紙に貼った状態で保管され、台紙に焼成温度、調割合合等の情報が記載されている(図2)。テストピースの作成時には整理して残すことを意識せず情報が不十分な場合も多い。記載情報もテストピースごとに異なる。データベースの目的からは、すべてのテストピースについて、すべての情報を網羅することが望ましい。しかし、作業量と効率の面から、入力数とデータの絞り込みを行った。テストピースは30数万点、約1万枚の台紙が存在する。1枚の台紙から5点前後のテストピースを選択して入力することとし、5万件のデータ容量を前提としてデータベースの設計を開始した。このデータ件数によればテストピース全体の情報をおよそ活用できると考えた。

データ項目の構成は、釉薬情報として一般的で重要な情報を基本とし、陶磁器の研究者・技術者が利用することを想定しながら、内容および検索機能を設計した。利用状況を把握するために、検索等に関して利用記録を残すようにした。また、画像を伴ったデータベースとした。データ項目の構成や検索機能等の設計の詳細は次節で述べるが、雑多な情報を含む膨大な量の試験片を整理するにあたって次の2点を考慮し、それが設計全体の考え方の基盤となっている。

データベースの対象とする元データは、釉薬テストピースという実験結果のサンプルであり、そこからは多様な情報を取り出すことができる。いかなる情報を、どのような形式で抽出しデータベース化するかは、元データの特質と、将来の利用を考慮して判断する必要がある。データベース

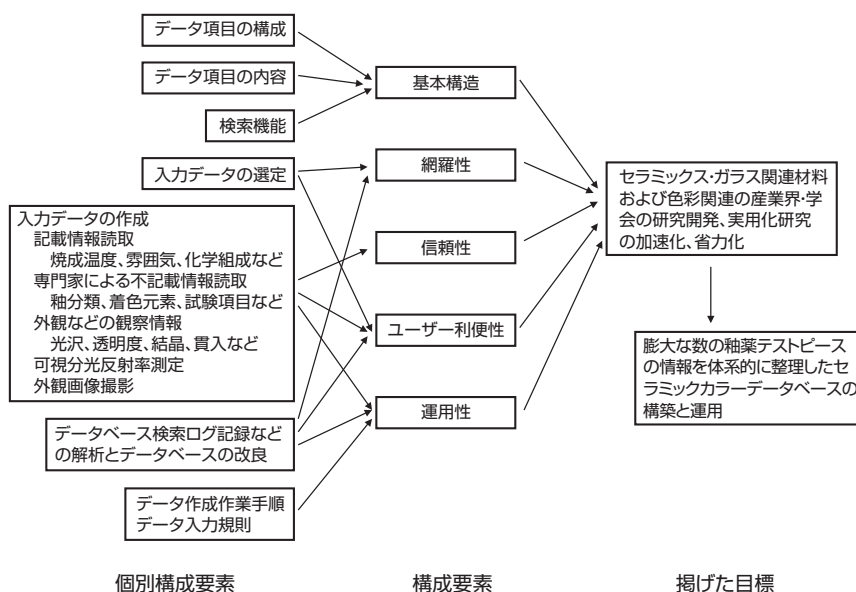


図1 セラミックカラーデータベースの構築のためのシナリオ

のデータ項目や構成を設計するにあたって、陶磁器および釉薬の現在と将来の研究開発の方向性を勘案して指針を立てるように努めた。例えば、釉薬調合では、原料の種類が重要視される。天然原料という特徴のために、主成分の化学組成を一致させても、原料によって微量元素や鉱物組成（結晶種類や結晶度等）によって結果が異なるためである。現時点での産業への実用を考えれば、原料名に基づいた整理が有益と思われる。しかし、データベースではあえて化学組成を重視し、含有元素等の項目を充実させた。天然原料は時代とともに変遷し将来にわたって安定性が保証されないこと、また、データベースが将来より汎用的に異分野からも利用されることを考慮したためである。

もう一つ重視した観点は、テストピースの情報の価値であった。釉薬焼成は熔融途中の非平衡状態で反応を止めることも影響して、実験条件の要因がとても多い。例えば、出発原料はその化学組成のみならず鉱物組成、粒径、混合状態等が影響し、焼成においても温度の不均一性や冷却過程が大きな影響を及ぼす。再現が困難な釉が芸術的な貴重品として存在するゆえんでもある。釉薬の実験では通常これらのすべての要因を制御することはなく、幾つかの着目する要因を制御して比較実験を行う。一方、保管されている釉薬テストピースには主要な実験データの一部の記載が省かれている等のために、テストピース個々に注目すると、情報が不足したり、実験再現性に問題があるものも含まれる。これに対し、1枚あるいは関連する複数枚の台紙上の一連の釉薬テストピースから得られる情報は、その実験が目的とした結果情報を示して有効性が高い。しかし、データベース上での検索を実施するためには、データの単位は個々のテストピースとすることが必要であるので、

表1 元データベースと公開版データベース

	元データベース	公開版データベース
入力対象	全テストピース	典型的テストピース
入力データ	詳細	簡便
操作・利用者	利用者+担当者	一般利用者
提供環境	特定場所	インターネット上
利用目的	専門性	汎用性
特徴	テストピースが基盤	テストピースから独立
入力件数目標	50,000 件	10,000 件
入力済件数(*)	約 33,000 件	3,826 件

(*) 2012年11月現在、元データベースは入力作業途中のデータを含む。

個々のテストピースを基本的なデータ単位としつつ一連のひとまとまりのテストピース情報も同列に扱うことができる設計とした。

データベース構築開始と同時に、このデータベースをインターネット上に公開することとなった（研究情報公開データベース）。このため、研究所内に構築するデータベースとインターネット上に公開するデータベースの二つのデータベースを構築することとした。両者の特徴を表1に示す。インターネット上に公開されるデータベースは多様な利用者が想定される。釉薬に関する専門知識を有しない、あるいはコンピューター操作に不慣れな利用者も考慮に入れて操作の容易性を重視した。そのため、元のデータベースからさらに典型的なテストピースのみを選ぶことにより検索結果が短時間で得られるようにした。また、当時のインターネット通信速度や記憶容量の制約もあってデータ項目も簡略化し、操作が容易になるように設計した。一方、テストピースに併設されている元データベースと異なり、インターネット公開のデータベースでは、元テストピースを容易に参照すること

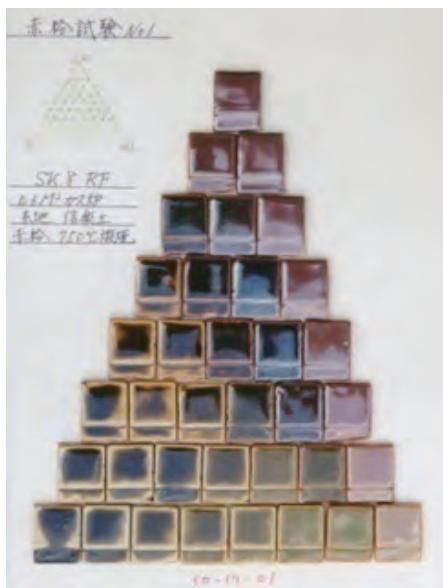
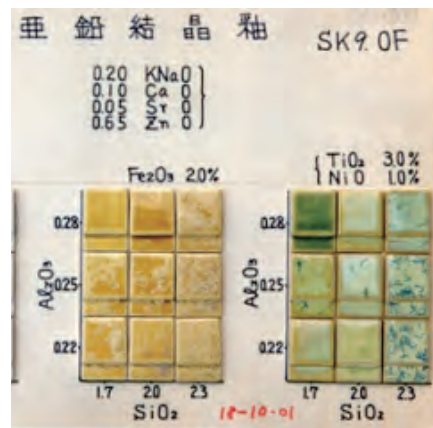


図2 釉薬テストピースの例



ができない。このためインターネット公開のデータベースでは、検索抽出したテストピースと関連するテストピースを整理番号から探索する方法等を重要視した。

2.3 データベースの各項目の設計とデータ入力

2.3.1 データ項目の全体構成

データベースには以下のようなデータ項目を設定した。“*1”は候補リストから選択する形式でデータはコード番号で保存される。“*2”は数値データ、“*3”は文字データである。

(1) 台紙に記入されている情報

原料調合 *3、化学組成 *2、焼成温度 *2、焼成条件 *1、素地 *1、製作年月日 *2、製作者 *3、実験目的 *3

(2) テストピースから専門家が読み取る情報

光沢性 *1、透明性 *1、色 *2、外観 *3、釉薬分類 (釉名称) *1、表面状態 *1、結晶 *3、貫入 *3、着色元素 *1、構成元素 *3、素地種類 *1、特徴 *3

(3) 機器測定等により得る情報

(可視分光反射率)、表色系による色の数値 *2、外観画像

図3に元データベースの画面例を示す。釉薬テストピースに残されている記載情報は、形式および内容が統一されていないため、さまざまな情報をデータベースに入力できるように、コメント形式のデータ項目を多く設定した。インターネット上に公開しているデータベースもデータ項目の基本構成はおおよそ同様である。

2.3.2 記載情報を読み取るデータ項目

テストピースごとに台紙にはさまざまな情報が記載されている。そのうち、釉薬の調合(化学組成あるいは原料配合)と焼成温度は、ほとんどのテストピースに共通して記載がある。しかし、そのような基本情報についても、記載方法

は統一されていないので、整理が必要であった。

釉薬の主成分の化学組成はゼーゲル式の形式を採用した。ゼーゲル式はモル比を用いる組成式であり、また、その係数から釉薬の融点、熱膨張係数等の物性がおおよそ予測できる。検索において酸化ナトリウムの含有量が20モル%以下というような検索が可能となる。このような利点が、今後の釉薬研究や開発において必要であると考えた。

着色剤や乳濁剤等の添加元素は、周期律表の一覧から選択するようにした。また、釉薬に含まれる全元素をリストアップする項目も設けた。釉薬調合が原料配合で記載されているテストピースについては、化学式のデータは欠落することになるが、その場合にも含有元素を入力担当者が判断して記入した。これにより、元素の存否に基づく検索が可能である。

原料配合、いわゆる「釉薬調合」は重要データであるが、原料の種類が多く、また同名の原料でも年代によって化学・鉱物組成が異なる場合もあるため、数値化せず文字データのコメント形式で入力する方法を採用した。この方法では多様な原料種類を入力可能であるが、原料や調合割合数値による検索整理機能に劣るため、今後の課題である。

焼成条件は焼成最高温度を数値、焼成雰囲気は酸化・還元から選択入力とした。釉薬テストピースによっては、最高温度保持時間、昇温、冷却スケジュール等の焼成条件が記載されている場合もある。釉薬では最高温度のみで結果が決定されるものと、結晶析出等冷却条件が重要なものがある。しかし、これらの条件は見落とされて記載されない場合が多い。その欠点を補うために、焼成炉に関するデータ項目を設けた。焼成炉の種類、容量によって、大凡の昇

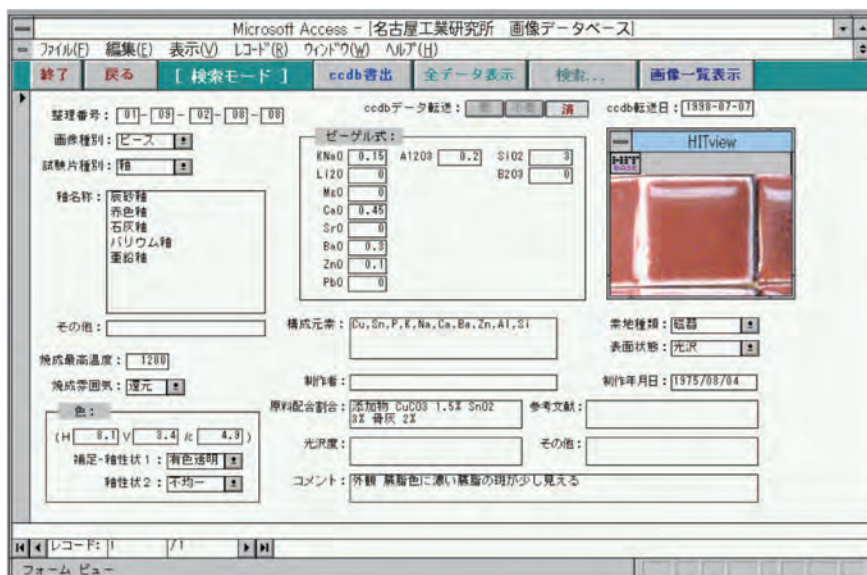


図3 データベースの画面の一例

温冷却速度が推測できるためである。焼成温度がゼーゲルコーン等の火度で記載されているテストピースが多い。最高温度のみでなく熱履歴全体を評価する火度の値は重要であるが、測定状態等の詳細までは記録にないため、その精度等を勘案して、単純な温度換算数値をデータとした。

2.3.3 テストピースから専門家が読取る情報・機器測定によるデータ項目

釉の名称は最も基本的な情報である。黄瀬戸、織部等の伝統名、石灰釉等の成分による名称、柚子肌や貫入、乳白等の外観による名称に分けて、名称一覧を作成した。伝統名は特殊な名称は採用せず、しかしおよそすべての釉薬が分類できるように、候補語を作成した。一つの釉が複数の名称に該当することは一般的であるので、釉名称は候補一覧の中から6件まで選択できるようにした。釉名称の分類法や判別について明確な規定等はないので、入力にあたって複数名の専門家が必要に応じて協議を行い、一般的な慣用に合致するように努めている。また、6件以内で選択した釉名称は、入力担当者がその重要性の順を決めてデータベースに登録する。

釉名称には失敗テストピースの問題がある。例えば黄瀬戸釉の実験のテストピースであるが、それ自体は「黄瀬戸」と呼べないような場合である。単純に黄瀬戸釉を探す場合には、このようなデータが検索に掛ければ不都合であるが、研究開発の参考には有効である。データベースではテストピースの実験目的に関する項を新設し、黄瀬戸の実験結果であることを記述するように設計した。釉名称は検索において最も頻繁に使用される項目である。それはインターネット上に公開したデータベースの検索ログ記録からも明らかとなっている。釉名称は、このように基本的で単純、重要な項目でありながら、その中に複雑さを含んでおり、本データベースの特質の一端を示すものである。

釉の外観の色は重要なデータの一つである。釉薬テストピースの表面の直径5～10 mmの円形部分の半球面積分光反射率を光学機器（日立製C2000S、ミノルタ製CM2002）により測定し、分光反射率からC光源下での色を計算して、マンセル表色系の数値で表した^[2]。マンセル系を用いたのは、色相・明度・彩度という数値化が利用者にとって直感的な検索に最適と思われたためである。釉の外観色における問題の一つは、釉の色の不均一性である。2色の斑紋模様の場合、分光反射率は測定面積内の平均値であるので、元の色を正しく反映しない。しかし、明瞭な斑点の模様、漸近的に色が変化する模様、ごく小さい面積での変化等多様な場合があり、面積平均値が意味を有する場合もある。データベースでは、すべてのテストピースについて分光測定と色の算出を行ってデータを表示し、

同時に、外観色の均一性について別項目を設けた。色に関するもう一つの問題は透明性である。釉の透明性が高い場合は、外観色は釉の下の素地の影響を受ける。透明釉では外観色は無意味である。半透明釉の場合は、外観色が有意であるが、下地の影響を受けている。これについても、釉の透明性に関する別項目を設定した。これらの項目を併用することにより色に関する情報の提供と検索が可能と考えられる。マンセル系により表した3数値を用いると色の範囲を指定して検索が可能である。また、「色相に関わらず彩度の高い釉」といった検索も可能となった。これはデータベース化による利点の一つである。

データ項目の中のコメント欄には、陶磁器の専門家がテストピースの特徴や気付いたことを書き込んでいる。また、釉の特徴の把握に際しては、随時、光学顕微鏡による観察を行っている。データベースにおいて外観画像は提供するが、テストピースの現物を見ることはできない。釉薬の研究者等の複数の専門家が、あるテストピースを見たときの感想は類似することが多い。データ作成担当の専門家が作成するコメントは現物を見ることの代替の働きを有すると考えている。このため、データ作成においてコメントは重要性の高いものと位置付けている。

テストピースの外観写真は、その釉薬の特徴が最も表されるように照明、焦点、明るさを調整して撮影を行うこととした。当初、撮影画像から色の情報を得ることを検討した。その方法により斑な模様でも、各部の色を測定したり、色の分布について解析することが可能と考えたためである。しかし、色相等を正確に再現した画像を得たところ、画像は暗く感じられ、詳細な模様が判別し難く、釉の特徴を画像で示すことができなかった。日常、肉眼で我々が得る釉の印象を画像で示すには、撮影露出を変えた複数枚の画像が必要ではないかと思われる。データベースに表示する外観画像は、陶磁器の専門家が見て、そのテストピースの感覚的な色や模様等の特徴を最も良く現す条件で撮影し、厳密な明度や色相とは異なることを許容することとした。

2.3.4 データの入力作業

データベース中に多種類の釉薬がそろったことを考慮しながらデータ入力を進めている。テストピースの選定では、陶磁器製品に使用する上で一般的に釉薬として良好と思われるものを最優先に選んでいる。しかし、データベースを研究開発に利用する際には、一般的な観点からは失敗作のテストピースが重要となる可能性があり、一定の考慮をしている。

各データ項目の情報を読み取り、コンピューター入力、色測定、写真撮影等の一連の作業を行っている。このとき

に、誤記や写真取り違い等が発生すると、データ量が増えるほど、その発見と修正に膨大な作業が必要となる。このため各作業段階で、複数の担当者がデータ等の再確認を行う作業手順を試行錯誤しつつ確立した。

記載情報は、専門用語やその略記、固有名称等が含まれ、読取には高度の専門知識を必要とする。また、元の記載情報に誤りがある場合はその判定や訂正も重要である。この観点からも、複数の担当者による重複確認を実施するようにしている。

データ入力作業にあたっては、検討と判断が必要な事例が多く発生する。例えば焼成雰囲気において、磁器製造上の「還元焼成」とは、一般に800～900℃までは酸化焼成した後に還元雰囲気にして最高温度から冷却まで還元状態を保つ。テストピースによっては実験のために特殊な雰囲気変化を行ったものがある。そのような場合の焼成雰囲気のデータ項目入力は、陶磁器関係者が利用する場合を想定して、「酸化」あるいは「還元」を適宜選択した。このようなささいではあるが具体的に直面する多くの問題では、データベースの意義、価値といった基幹に立っての判断をするようにした。

元データベースの入力目標は5万件、インターネット公開版は1万件を目標としている(表1)。元データベースのデータ入力は1997年に開始し、最近の年間入力件数は約2,000件、入力済件数は、入力作業途中のデータが多数存在するがそれを含めて2012年11月時点で約33,000件である。また、公開版データベースのデータ数は2012年11月時点で3,826件となっている。

3 データベースの活用と成果

3.1 インターネットによる利用

データベース構築により、テストピース検索は容易となり、また、インターネット上に提供されたため、多くの一般利用が実現した。利用状況を知る一つの手段は、アクセス件数と、データベースに組み込んだ検索利用ログ記録である。アクセス件数は月平均6,000件、多い場合で月1万件程度である。しかし、インターネット利用に関しては具体的な活用実態を把握することはできない。活用的一端を知る機会、利用者からの反響や意見、問い合わせ等が直接あるいはメール等で寄せられる場合である。

研究機関、企業の研究開発者から、釉薬の研究開発を始めるときには必ず利用し役立っているとの評価を頂いている。これは、目的とする具体的な釉薬があり、それを実現していく場合である。釉薬製造企業における釉薬開発では、釉薬テストピースを作成して調合を改良していく作業が行われる。焼成と冷却には最低でも1日、通常数日を要す

る。焼成結果を観察して調合を改良することを繰り返すので、時間と労力を要する。既存の膨大な釉薬テストピースを利用すれば、開発実験に要する日数を省略できる。特に、厳密な色合わせと物性が同時に要求される製品では、調査探索に数ヶ月を要することもあり、データベース利用の有効性が高い。

想定されるもう一つの活用形態として、具体的な探索条件はなくて釉薬を探す場合がある。このような場合にも、「明るい鮮やかな色」「1250℃で焼く」等の大凡の条件はあり、データベース化によって、このような検索も可能となった。また、このような活用では利用者が来所してテストピースを直接閲覧することも多く、利用が把握されている。

利用者からの反響や利用状況は、データベースの改良にもフィードバックされている。色の検索の簡便化の要望があった。色が釉薬検索の重要情報であることから、色の数値表示とそれを用いた検索に不慣れな利用者向けに、釉名称の項に色の名称を追加することによって、色に基づいた簡便な検索を可能として要望に応えた。

3.2 技術相談等を伴う利用

データベースの利用の状況を知る機会として、データベース利用者からの技術相談がある。希望する釉の色や性状を指定して、その調合や製造方法を知りたいという多数の相談件数がある。具体例として、見本サンプルと同一の釉を作成したいという企業からの相談があった。数ヶ月間、試作を繰り返したが、同一の釉が作れないということであった。データベースを利用して、類似のテストピースを半日間探したところ、全く同一の性状のテストピースとその調合、焼成条件の情報が得られた。また別の相談例では、特定の元素を含まず失透する組成を探したいというガラス関連材料の要望があり、データベースにより目的とする製造条件が見いだされた。この事例でも、他の方法では見いだすことが困難であった課題が、データベースにより解決された。

3.3 共同研究・研究開発における利用

データベースの有益性は、新規研究開発ではより明瞭に認識された。瓦や半磁器に使われる中火度釉のホウ素および他の有害元素の使用量を低減する研究では、これらの元素含有量を減らして1150℃以下で溶融する釉薬の開発が課題であった。多くの釉薬組成を試験して最適な釉薬を探索する実験とともにデータベースによる探索を行った。焼成温度として1150℃以下、溶融状態の替りに光沢釉を条件として検索を行った。データベースの検索結果と実験研究の結果は、およそ同一の組成範囲を示した。

リサイクル磁器に適合する釉薬の開発では、焼成温度と釉名称、化学組成等から、釉薬候補を探索し、それに基

づいて研究を進めた。これにより、リサイクル磁器の低い焼成温度に対応できる結晶釉をはじめ、熱膨張係数等を適合させた多種類の釉薬が開発され、リサイクル磁器の実用化に貢献した。

陶磁器以外の分野からの利用も行われた。印刷や外装等の分野からの利用が検討され、共同研究等に発展して色や外観の基礎研究に利用された。また、建材の日射反射率に関連する研究では、色や分光反射率のデータが活用された。このようにデータベース化とその公開により、これまで想定されなかった応用が実現している。

3.4 他機関等との連携

データベース構築当初から、他のデータベースとの連携の可能性が検討された。陶磁器分野では、化学組成と熱膨張率、焼結温度等の関係を得る物性予測システムが研究されていた。また、陶磁器デザイン分野では、コンピューター上でデザイン開発支援を行い、CAD や立体造形による試作品作成のシステムが研究されている。これらの他のシステムとのリンクを想定して複数の他機関とのデータの共有利用等が検討された。技術的には容易であり一部の試行試験を行ったが、他機関では一般公開に対する制限の問題等が発生し、その後進展していない。

一方、外国の公的機関との連携において進展が見られ、本データベースに準拠してデータ項目およびデータ形式を共通化した釉薬データベースが相手国側において構築される等の成果が得られている。今後、データの相互利用やシステムの連携等の発展が期待される。

4 今後の課題と将来の展開

釉薬テストピースの情報の利用者数と利用頻度はインターネット上への公開より飛躍的に増加した。また、これまでには不可能であった検索機能が提供されて有用性も増した。それに伴って、新たな展開の可能性や課題が明らかとなってきた。そのうちの3点について考察する。

第一に、陶磁器分野以外あるいは従来型とは異なる利用の有効性が確認された。今後も各種セラミックスやガラス関連素材等への利用、色の研究への利用等の発展が予想される。そのような観点からのデータ項目のさらなる充実が今後の課題となっている。

新設データ項目の候補として、光沢度と分光反射率データがある。JIS の測定法に準拠してテストピースの光沢度を測定することは比較的簡便に実施できる^[3]。また、色の測定においてすでに可視分光反射率を測定しており、数値データとして提供可能である。この他に、テストピースから得ることができる情報には、表面粗さ、結晶、赤外線反射、光学特性(屈折率等)、撥水性、貫入状態、相状態(斑模様)

等)等が考えられる。研究開発において光沢性を溶融状態の指針として用いた例と同様に、表面の艶消し状態は、析出結晶の種類や大きさを、貫入は熱膨張率や硬度を反映しており、そのような観点からのデータ活用の可能性がある。また、データベースに入力するテストピースの選択、コメントやデータの作成は、基本設計の考え方に基づいて進められているが、陶磁器以外の利用を考慮に入れば、その基準の拡張再設計が課題となる。

第二に、テストピースの情報の活用に関して次のような展開が考えられる。一連のテストピース群から得られる情報の重要性に配慮してデータベースを設計したが、それでも基本設計は個々のテストピースに基づいている。釉薬テストピースは、それぞれ何らかの実験目的に基づいて作成されたものである。例えば、化学組成を系統的に少しずつ変化させて釉薬の溶融状態を調べる、基礎釉に添加する着色元素の種類と割合を変えて発色を検討する、焼成条件を変えて釉の状態を見るといった実験である。テストピースの有する本来第一の情報は、この実験目的に対する結果の情報である。実験目的を記入するデータ項目により若干の対応は実施したが、テストピース群から得られる情報の整理と活用は未達成の大きな課題である。テストピースと研究報告等との対応付けの調査を一部実施した。それは、個々のテストピースに関する情報の増強にも役立つものである。研究報告との完全な対応が見られ、実験の詳細が把握されるテストピースは僅かであった。しかし、台紙の一連の情報を専門家が鑑定すれば、実験の概要は判定可能である。実験において着目された条件要素、例えば、化学組成、焼成温度、添加剤等に基づいて分類整理し、情報を提供する方法等が考えられる。これは現在のデータベース構成の範囲では対応できないので、新たな副データベースの構築による必要がある。小規模な試験データベースの構築から研究を進めることが課題である。

第三に膨大なデータ量を活かした展開が考えられる。データベース構築により、テストピースの高度な検索が実現されたが、膨大なデータ量はさらに新しい質の発展の可能性を含んでいると思われる。例えば、データベースでは、検索条件に最も合致する単独のテストピースを見いだして利用することを主に想定している。しかし、膨大な数のデータを有するので、要件に完全に一致するデータがない場合にも、多くのデータから疫学的に情報を抽出することの可能性が期待される。有害元素の含有量を減らしながら低温で溶融する釉薬の研究開発、リサイクル磁器用の低温焼成結晶釉の開発では、これらの要件に関連する多数の釉薬を検索抽出し、それらの釉薬の情報を参照して研究開発の参考とした。検索条件は数値データでは上限下限を設定

して幅のある検索が可能であるが、さらに曖昧な検索条件の採用も考えられる。また、検索結果として得られた多数のデータ群から共通する情報や傾向を抽出するような機能も有効と考えられる。職人氣質の陶磁器業界の中で、釉薬はさらに職人技が特徴とされる分野である。新規の釉薬の開発は、色や光沢等の外観と同時に、熱膨張率、熔融状態等の相反する諸条件を同時に満足させる必要があり、熟練した職人の経験と勘に頼ると言われてきた。近年、熟練者の減少と技術の継承が業界の課題となっている。本データベースは膨大なデータにより、職人の「経験」の部分の代替となることを期待して構築したものであり、その目的は達成されたと思われる。データベースの改良により「勘」の部分に踏み込むことの実現性は明らかではないが、将来の一つの課題と考えられる。

5 まとめ

釉薬テストピースのデータを整理してセラミックカラーデータベースを構築した。30 数万点の釉薬テストピースは 80 年以上の陶磁器研究において作成された。データベースの有効性は、元となるテストピースの研究水準と、それをデータベース化する作業の質に左右されると考えられる。データベースの構築作業は、すでに 10 数年間継続して行われている。本データベースはこれらの恵まれた環境により実現されたものであり、産業界からの利用、新規の研究開発への活用等多くの利用実績によりその有効性が実証された。インターネット上にデータベースが公開されることにより、利用は拡大した。陶磁器釉薬以外の材料開発や基礎研究への利用の有効性も確認された。それらの利用状況等に基づいて、データベースの改良を実施しているが、さらにデータベースの基本構想に立ち返っての展開も今後の課題である。

謝辞

この論文は著者単独名による著述であるが、セラミックカラーデータベース構築自体は組織的に行われた。データベースの構築は名工試セラミックス応用部と企画官室の協力の下に開始され、公開版データベースの作成には、産総研国際標準推進部、情報環境基盤部 (TACC) 等の担当者の指導を頂いた。データベースの改良は 10 数年の間にデータ入力を担当した陶磁器分野の専門家でもある非常勤職員の方々と議論しながら行った。

また、データベース構築が可能となったのは、30 数万点の釉薬テストピースが作成され、整理されて保管されていたことによる。釉薬関係の当所職員の諸先輩に敬意を表する。

参考文献

- [1] 平野耕輔: 日本陶業の現状及び其将来に対する所感並に試験所の経営方針に就て, *大日本窯業協会雑誌*, 39 (457), 8-18 (1931).
- [2] JIS Z8721
- [3] JIS Z8741

執筆者略歴

杉山 豊彦 (すぎやま とよひこ)

1984 年名古屋大学大学院理学研究科地球科学専攻修士課程修了。同年名古屋工業技術試験所 (現産業技術総合研究所) 入所。遠赤外線放射セラミックス、陶磁器および釉薬の研究等に従事。現在、サステナブルマテリアル研究部門セラミックス応用部材研究グループ長。この研究では、セラミックカラーデータベースの設計、データ入力等、構築全般を担当し、データベースを活用した技術相談、共同研究等を遂行した。



査読者との議論

議論1 論文の全体構成

質問 (立石 裕: 産業技術総合研究所つくばセンター)

中部センターに残されている釉薬テストピースをもとに構築されたセラミックカラーデータベースの構成と活用例がまとめられています。インパクトがもうひとつ感じられません。その大きな理由の一つは、データベースの立ち上げのところがあまりにもあっさり片付けられているからではないかと思えます。テストピースという物理的実体からデータベースという仮想的資料への転換を図る時に、どのような内容にするべきかという最初の設計が極めて重要であり、いろいろな議論があったはずですが、そこがほとんど記述されていないため、どちらかという通常の技術論文になってしまっています。シンセシオロジーの特徴である「社会的価値の創造」をもっと明確に主張するために、以下のような論文構成にしたほうがよいと思しますので、ご検討ください。

2.1と2.2の間に、「データベースの設計」に関する節を設け、合わせて、

図1のシナリオをここで説明する。ポイントは

- ・そもそも、なぜデータベース化の話が出てきたのか?
- ・具体的な目的はなにか?
- ・その目的を達成するためには、どのような構造にするべきか?
- ・どのような形で一般に公開すべきか?

質問 (五十嵐 一男: 国立高等専門学校機構)

それぞれの章は興味深く読めるものの、全体としてこの論文は何が言いたいのが分かりにくくなっています。それは論文の全体構成にあるように思います。この論文のデータベースの構築といった課題では、どのような設計思想の基で構築を進めたかが重要ですが、それらにかかわる文章が各章に分散されているのに加え、その主要と考えられる部分が 4. の「今後の課題と将来の展開」の中と最後に置かれています。例えば、背景・目的と結論は別にして、以下のような章立てとして最初に持って来てはいいかでしょうか。検討ください。

1. データベースの設計思想
2. それを実現するためのシナリオ
3. 構築に必要な項目と工夫
4. データベースの活用
5. 抽出された課題と今後の展開

回答 (杉山 豊彦)

論文の構成をどのようにすべきか悩みつつ書きました。査読コメン

トを参考に、データベースの設計に関する節 2.2 を作り、シナリオの説明を記述しました。また、2.1 の釉薬テストピースの説明は、前後の節に振り分けました

議論2 詳細DBと公開DBの関係

質問 (立石 裕)

2.2 では元データベースの内容が説明されていますが、元DBと公開版DBとの二重構造になった理由がはっきりと説明されないままに、2.3 以降で公開版の説明に移行してしまっているの、読んでいて混乱が生じます。また、例として挙げられている図3の各項目と対応付けながら、本文で説明したほうが読みやすいと思います。

回答 (杉山 豊彦)

二つのデータベースについて未整理な内容でしたので、新 2.2 節に説明を加えました。図3と2.3の説明は主に元DBについての記述ですが、公開DBもほとんど同様な構成なので、記述は両データベースに共通です。2.3.1 に説明を加えました。2.3 は項を作って整理しました。図3のデータ項目の配置とは異なる順になり、対応付けが十分ではありませんが、項はシナリオの図に書いたデータ項目の分け方に準じています。

議論3 データベースの活用例の説明ぶり

質問 (立石 裕)

3. のデータベースの活用の記述が羅列的で雑然としています。適宜項目立てして整理したほうがよいと思います。また利用者からの具体的なコメント例とそのフィードバックを入れたほうがよいでしょう。また、「技術以外の諸般の事情」とは具体的にはどのようなことなのか、支障のない範囲で明記できないでしょうか？ また、「この欄の利用率や有効性は未検証であるが、データ作成では重要性の高いものと位置づけている」と記載されていますが、未検証であるにもかかわらず重要と考える理由を示してください。

質問 (五十嵐 一男)

3. の「データベースの活用」においても、幾つかの事例が同じ重みで羅列されているばかりでなく、途中で結論めいた文章も入ってきているので何を主張したいのかわかりにくくなっています。小項目を立てるなり、優先度をつける等組み立て方の整理を望みます。

回答 (杉山 豊彦)

項を作りました。また、内容の一部は他の章へ移して整理しました。全体の章構成の修正に伴って、文章の一部を設計思想のほうへ移しました。また、小項目を作りました。「技術以外の事情」の具体例としては、先方の公設研究機関に対し、地元の業界から意見が入り、公設機関の作製したソフトやデータに関して、一般公開への制限(他産地の同業者への公開制限)がかかってしまったことが主な障害となりました。

未検証という記述に関しては、2.3.2 の該当か所に理由を記しました。「...未検証...」と書いたのは、コメント欄については、利用者のログ記録等が残らないためでした。この記述は文章の修正に伴い削除しました。

議論4 外国のデータベースとの連携

質問 (五十嵐 一男)

3. の最後のパラグラフにおいて、「他のデータベースとの連携は技術的には容易であるが、諸般の事情で実現していない。一方、外国の公的機関においては、データ項目およびデータ形式を統一した同様なデータベースが構築される等、データの相互利用やシステムの連携において進展が見られる、」と記述されていますが、これは、本データベースの利用形態を凌駕した使い勝手のいいデータベースシステムが海外で開発されたということでしょうか。もしそうであるとするならば、著者らによってそれができなかった諸般の事情についても触れる必要があると思います。また、このようなシステムがあるというのであ

れば、参考として引用しておくことも必要です。

回答 (杉山 豊彦)

外国の公的機関(具体的にはタイのMTEC(タイ国立金属・材料技術研究センター)です)は、産総研の本データベースとデータ項目、形式を一致させて、釉薬データベースを作りました。相互に研究者が行き来して、研究協力をしました。「連携において進展」と書いたのは、本データベースとの連携のつもりでした。文章を修正しました。

議論5 テストピースの研究水準の妥当性

質問 (五十嵐 一男)

まとめに記載されているように、「データベースの有効性の高低は、元となるテストピースの研究水準とそれをデータベース化する作業の質による」となっています。まさしくそのとおりだと思いますが、80年間にわたり続けてこられたテストピース作製の研究水準はどのように担保されたと判断された上でデータベース化に踏み出されたのでしょうか。

回答 (杉山 豊彦)

データベース化を始める以前にも、企業の研究担当者等がテストピースを利用し、その有効性が認識されていました。また、産総研(名工試)の研究者自身も、研究に活用し有益性を確認していました。特に、研究開始初期の実験の方向性を探る段階で、過去の実験データの参照が役立ち、広範なデータは多くの場合に的確な情報を提供してくれました。

また、鉄系釉薬の研究等世界的に著名な研究開発に関連するテストピースもあり、国内外からも注目されていました。

一方、すべてのテストピースの研究水準が保証されているわけではないという問題点もあります。作製当時の研究担当者が判断した一定水準以上のテストピースのみ残されていると思われませんが、データ作成入力作業においても選別の判断を行っています。

議論6 収録データ数と今後の見通し

質問 (立石 裕)

2.2 のはじめの部分で「5万件のデータ容量を前提としてデータベースの設計を開始した。」と記載され、また3ページ目に「(インターネット公開版では)元のデータベースからさらに典型的なテストピースのみを選ぶことにより検索結果が短時間で得られるようにした。」と記載されていますが、論文では、元データベースおよび公開データベースで、それぞれ、具体的にどの程度の数のデータが収録されているのか、まったく記載されていません。例えば、表1に数字を追加してはいかがでしょうか？

また、最終的な目標収録数があるとすれば、それを記載するとともに、いつごろ作業が完了するのか、見通しを述べていただければと思います。

回答 (杉山 豊彦)

表1に目標件数と現時点のデータ登録件数を記載しました。また、この論文の2.3.4の終わりに、データ件数に関する記述を加えました。

データ入力開始から約15年が経過しました。元データベースの登録データ件数は作業途中のデータを含めて約3万3千件、作業が完全に完了したものは2万数千件程度です。5万件を一つの目標としています。データベース開始当初は、年千件に満たない入力速度でした。入力システムや作業手順の改良を続けて、入力作業効率率は飛躍的に向上しました。一方、データの正誤の再確認作業を厳重化して、作業量が倍になりました。現在の入力ペースは年2千件程度です。このペースで今後作業が継続すると5万件の目標達成まで約10年を要します。複数の公設研究機関でも釉薬データベースが構築されていますが、このような長期間の事業が実施されている例はなく、本データベースの大きな長所となっています。

論文中には目標達成時期の見通しは記載しませんでした。今後の作業状況、担当者の人数等の外因によって変動するためです。