



# 高強度マシナブルセラミックス「ナノセラム」

HOYA 株式会社 オプティクス事業部 蜂谷 洋一



Yoichi HACHITANI

フッ素金雲母を含有する結晶化ガラスは、金属のように切削加工できるセラミックス「マシナブルセラミックス」として知られている。しかしその曲げ強度は100~150 MPa程度で、エンジニアリングセラミックスの代表であるアルミナセラミックスの曲げ強度(300~500 MPa)に比べるとかなり低い。そのため、使用にあたっては力学的な制約が大きい。強度の高いマシナブルセラミックスはできないものか?

## 1. 基礎研究

材料の基礎研究はHOYA材料研究所でなされたものである。その頃研究所では、歯科／生体材料用としての結晶化ガラスが研究されていた。宇野智子氏、春日敏宏氏(現在、名古屋工業大学)らは雲母の層間域イオンの結合力が強いバリウム雲母あるいはカルシウム雲母を析出させた結晶化ガラス<sup>①②</sup>、およびジルコニア結晶を分散させた“ナノコンポジット”結晶化ガラス<sup>③</sup>を報告している。すなわち、これがナノセラムの原点である。ただし、これらはもともと歯科材料用に開発されたガラスであり、サイコロくらいの小さいものは作れても、大きな板状あるいはブロック状のものをうまく作ることができなかった。そこで、この技術を応用した新しい高強度マシナブルセラミックスを作ろうと決意した。

## 2. 材料開発

宇野氏らは雲母の層間域イオンとしてバリウムやカルシウムを用いて“強い”雲母結晶を析出さ

せたが、私はまず層間域に入りうる元素をいろいろ試してみることにした。その中で特に興味深かったのがナトリウムだった。ナトリウムだと層間域イオンの結合力は弱くなるが、そのかわり微細な結晶が析出しやすく、加工性と強度を両立させることが可能になった。今度はこれをマトリックスとして正方晶ジルコニアを分散させてみた。その結果、曲げ強度は最高500 MPaまで増加した。それを電子顕微鏡で観察すると、約1 μmの雲母結晶に数十nmのジルコニア粒子が分散された“ナノコンポジット組織”を形成していることが確認された<sup>④</sup>。こうして、アルミナセラミックス並みの曲げ強度と優れた機械加工性を有する結晶化ガラス「ナノセラム」が開発された。

## 3. 試作

ところが、試作の段階で思わぬアクシデントが発生した。開発中には問題にならなかったが、試作炉でガラスブロックを作製し、それを熱処理して結晶化させると粉々に砕けてしまった。それも1度や2度ではなく頻繁に起こった。調査していくと、どうやらガラスが結晶化するときの急激な発熱が原因であること、そしてその発熱が熱処理中の隣のガラスにまで影響を及ぼしていること、さらには最初からガラス中に存在していた結晶(デビ)が破壊源となっていることがわかった。そこで熱処理スケジュールを改善し、昇温速度を遅くした。また結晶化炉内のガラスの置き方を工夫し、隣接するガラスの影響を受けないようにすることで割れを防ぐことができた。

## 4. 量産化

試作に成功したナノセラムは、大ロットのガラ

ス溶解プラントによる量産が計画されていた。しかし、ここでまた大きな問題が持ちあがった。

ナノセラムは原料にジルコニアを使用しているが、ジルコニアはガラスに溶けにくい成分であり、未溶解物として残ってしまうことが懸念された。その溶け残りが核となって、周囲のガラスを結晶化させる。こうなってしまったガラスはいくらその後うまく熱処理しても、結晶は大きく成長しすぎており、目標の特性が得られない。ナノセラムの特性を決定する微細な結晶を析出させるためには、まず透明で均質なガラスブロックを作り、それを熱処理によって結晶化させなければならないのである。さらに未溶解物は前に述べたようにガラス破碎の原因にもなる上、溶解プラント自体にかなりのダメージを与えることがシミュレーションによって判明した。

そこでジルコニアを完全にガラスに溶かし込むことが技術課題となった。原料の選択から、基本組成、ガラスの溶解条件、最後には溶解炉の構造にいたるまで検討の対象になった。ナノセラムの開発の中でも最も苦心したのはここであり、1つの大きな山であった。この時の検討結果に基づい

て、ナノセラムに適応した現在の溶解設備が作られたのである。

#### 参考文献

- 1) T. Uno et al., J. Ceram. Soc. Japan, 100, 703-707 (1992)
- 2) T. Uno et al., J. Ceram. Soc. Japan, 100, 315-319 (1992)
- 3) T. Uno et al., J. Am. Ceram. Soc., 76, 539-541 (1992)
- 4) Y. Hachitani et al., Proceedings of The Fourth International Symposium on New Glass, 121-122 (1993)

#### 〔筆者紹介〕

1989年 京都工芸繊維大学大学院

無機材料工学専攻 修士過程修了

同年 HOYA 株式会社入社

主として電子材料用ガラス、結晶化ガラスの開発に従事、現在に至る。

現在 HOYA 株式会社 オプティクス事業部 開発部 材料開発課