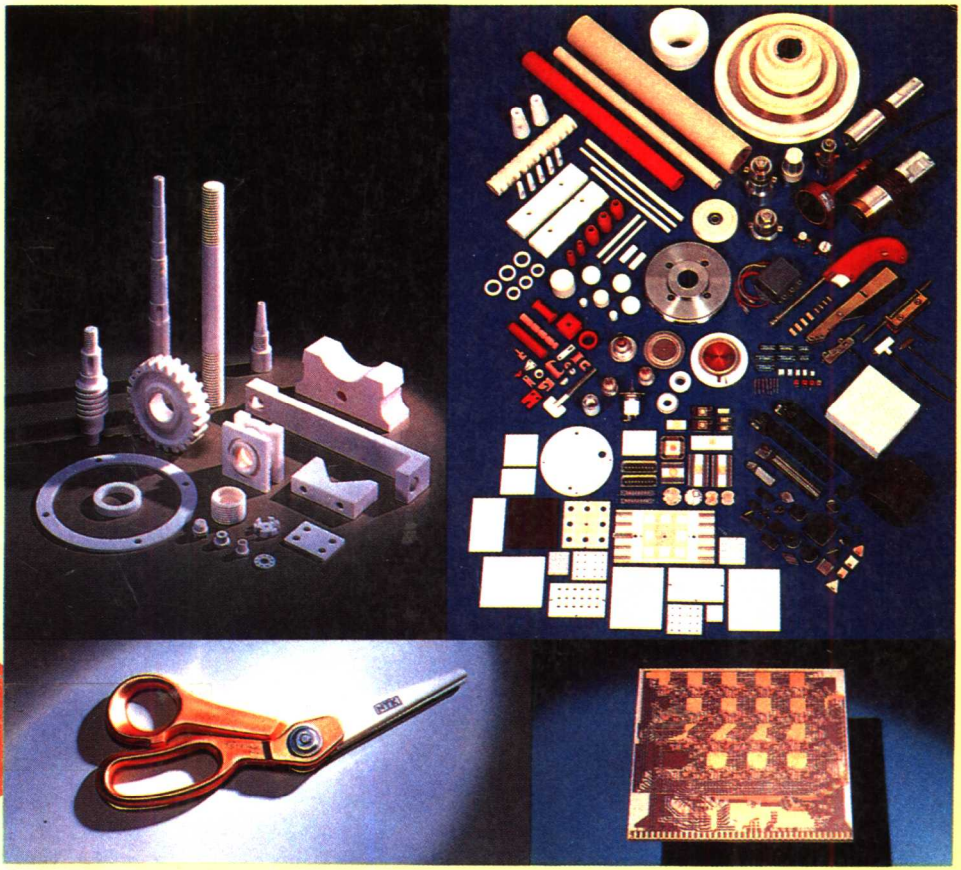
新材料叢書—材料至製法應用

新陶瓷學

葉思武 編譯



復文書局

新技術叢書—材料至製法應用

新陶瓷學

(New Ceramics)

坂野久夫著

葉思武 編譯

復文書局

新 陶 瓷 學

(1992) 民國八十一年四月再版發行

著作權執照台內著字第　　號

版權所有　　翻版必究

編譯者：葉　思　武

發行者：吳　主　和

發行所：復文書局

門市：台南市林森路二段 63 號
電話：(06) 2370003 · 2386937
郵政劃撥帳戶 0032104 － 6號

NO. 63 SECTION 2 LIN-SEN ROAD.
TAINAN. TAIWAN. R.O.C.

本書局經行政院新聞局核准登記發給
出版事業登記證局版台業字第0370號

特　價 150 元

前　　言

新陶瓷（或稱精密陶瓷）被認爲是繼金屬、塑膠之後的第3種產業素材，除了專家之外，連一般人也開始對之注目。因此，世界上最早，而於1983年3月在名古屋舉行的「新陶瓷展，83」獲得很大的迴響。5天的會期中，到場者超過17萬人。第2次的「精密陶瓷展，84」更多，到場者約有27萬人。

新陶瓷世界並不是單純傳統燒瓷的延長線，是在科學技術的基礎上成立的。和金屬、塑膠對比，它包含有廣範的材料領域，而且應用也很雜，因此專家以外的人要充分理解很不容易。

承 パワー 公司託付，就「新陶瓷」執筆時，著者由於正在連載給專家外的技術者看的「新陶瓷入門講座」（工業調查會「自動化技術」雜誌，由1983年4月號至1984年8月號止，12回），在徵得「自動化技術」雜誌的許可後，將之加以修飾整理而成本書。

著者雖然在新陶瓷公司（日本特殊陶業（株　）參予研究開發二十餘年，但是由著者的略歷看來，還是相當的外行的。本書也是在這種立場下寫的，同時也認爲可以利用這個機研習新陶瓷。

爲了知道新陶瓷是什麼，能以什麼表示，本書中加有甚多的材料微構造及製品照片。因此本書說是技術書，倒不如說近乎型錄集。同時承著者同事友人的協助，稱呼本人爲編者比著者應當還來得恰當。

物質是由材質形成材料，因此以其應用而成陶瓷製品的過程爲中心，回顧其開發歷史，並加入許多快被遺忘的先人們努力的事跡，很遺憾的是整理不完全，不能充分讓人滿足，希望有機會能加以改訂。

新陶瓷（或稱精密陶瓷）爲「學際性」，且又可稱爲「業際性」。本書對陶瓷初學者、專家以外的人以及想利用陶瓷的人多少可作爲

參考。如果能達到對陶瓷深入關心的目的，著者就感覺幸甚了。

最後，對「自動化技術」雜誌的工業調查會細井邦彥氏的幫忙，允許「自動化技術者的新陶瓷入門講座」轉載到本書的工業調查會，以及本書執筆時，提供寶貴照片及技術資料的日本特殊陶業公司，相關者和著者的友人等（姓名在本書中有記載），特別是對新陶瓷、電子陶瓷給與指導，又賜給序文的防衛大學副校長岡崎清教授，和本書出版時給與種種方便的パワー公司平柳勝敏氏深深的感謝。

1984年8月

著　者

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

新陶瓷

(NEW CERAMICE)

(由材料、製法到應用)

序　文

陶瓷是一種相當好的素材。即使是傳統的陶瓷，也像山崎豐子名作，「不毛地帶」中的女性Ceramist、秋津千里一樣的優美。「新陶瓷」是相當好的。坂野久夫先生和我出身的大學不同，在大學和企業裡的立場也相異，雖然沒有其它相互利害關係，却不可思議的結了深緣。這次，正値坂野先生「新陶瓷」之書由パワー公司出版，要我寫篇序文，一次二次，最後只有答應。

「傳統陶瓷」與「新陶瓷」的不同處是什麼？雖然答案在本書的新陶瓷問答中有，但是和前者在秋津千里名人藝受尊重的程度相比，後者被排除在職人藝外，是否認爲科學方法是不需要的呢？而且，若被稱爲新陶瓷領域的東西是由傳統陶瓷的進化過程而生，那麼所謂日本傳統陶瓷製造商的愛知縣瀨戶附近理應成爲新陶瓷的中心，但是却未見到它成爲事實。也就是說，新陶瓷並不是那些窯業領域之外的人所捏造的。本書前言中，所說的『著者（坂野）對陶瓷是專家外的門外漢』這件事意義相當重大。我本身雖然在電子陶瓷領域37年，但是從未接受過窯業傳統教育。並沒有掌握既有的概念，在自由構想的基礎上，和眾多領域的人們協力合作，以一雙污髒的手浸淫在這個稱

作新陶瓷的學際領域。

要一下子解說新陶瓷，本來就相當困難。有由材料面分類，有由機能別分類，有由巨視或微視構造面的方式分類，也有由製造過程的看法分類。那一種方式都相當困難，然而看了本書的校樣，雖然也是這種寫法，但是已經感覺有些改變了。

如本書後記所言，坂野先生於1980年秋，在加州大學柏克來分校和我一起接受紀念故Richard M. Fulrath教授的Fularath獎。今年秋天舉行第七屆頒獎儀式，日本方面的領獎者有21名，美國方方面有6名。雖然是小小的嘗試，但是對日美陶瓷技術交流的貢獻却絕對不小。

1983年6月，在National Bureau of Standards（華盛頓DC）召開ISAF（與強誘電體材料的應用有關的國際會議）。我也以亞洲地區代表組織委員的身分參加。在這個會議裡，坂野先生就壓電組成舉行演講。我聽了這個演講相當感動。內容、嚴謹、幽默所交織的英語表現力，這三個要件是眾多日本人所缺乏的，但是以坂野先生的資質，利用所謂的天賦及努力磨練，使他具有了這些。發表論文的原稿是在日本完成，在飛機上反復的練習，最後在由洛杉磯往華盛頓DC的飛機中，還與機上的人推敲英語的表現。因此在正式演講時，可認爲相當流暢。再度作爲Fulrath獎的得獎人那是當然的。

我在距今約10年前，曾寫過21世紀的經團連會長一定是新陶瓷會社的社長。當時注意到這方面的人還很少，而時代正朝這個方向前進。本書的出版更加速了這個方向的行動。在這裡祝坂野久夫「新陶瓷」的出版，並期待新陶瓷能成爲21世紀的基幹產業。

1984年7月20日

岡崎　清

目　　錄

第一章　新的窯製品「新陶瓷」…… 1

1－1　新陶瓷問答…… 2

1－2　爲什麼，現在是新陶瓷…… 8

第二章　氧化鋁陶瓷…… 12

2－1　氧化鋁陶瓷的材料特性…… 13

2－2　氧化鋁陶瓷的運用…… 18

2・2・1　由火星塞至切削工具…… 18

2・2・2　陶瓷表面的金屬化…… 21

2・2・3　IC封裝與基板…… 23

2・2・4　透光性氧化鋁…… 25

2・2・5　耐蝕性、生物體適合性、耐熱性的應用…… 25

2・2・6　適於蓄電池的B—氧化鋁…… 26

2・2・7　發揮靜電機能性…… 27

第三章　氧化鋯陶瓷…… 31

3－1　氧化鋯陶瓷的材料特性…… 33

3－2　氧化鋯陶瓷的應用特性…… 37

3・2・1　電氣應用與光學應用…… 37

3・2・2　機械應用等…… 41

第四章　氧化鈦陶瓷…… 47

4－1　氧化鈦陶瓷的材料特性…… 48
4－2　氧化鈦陶瓷的應用特性…… 50
4·2·1　氧感測器、溫度感測器方面的應用…… 51
4·2·2　溫度補償用陶瓷電容器方面的應用…… 55

第五章　BaTio3, SrTio3陶瓷 …… 61

5－1　$BaTio_3$　$SrTio_3$ 陶瓷…… 61
5·1·1　$BaTio_3$, $SrTio_3$ 的誘電特性…… 62
5·1·2　$BaTio_3$的強誘電性及壓電性…… 66
5－2　$BaTio_3$, $SrTio_3$ 陶瓷的運用…… 68
5·2·1　陶瓷電容方面的應用…… 68
5·2·2　PTC特性的應用…… 69
5·2·3　強誘電性及壓電性的應用…… 71

第六章　PZT系陶瓷……77

6－1　PZT系陶瓷材料的特性…… 77
6·1·1　PZT的壓電特性…… 77
6·1·2　PZT的焦電特性及透光性PLZT…… 81
6－2　PZT系陶瓷的應用…… 81
6·2·1　作爲機械系至電氣系的變換素子應…… 81
6·2·2　作爲電氣系至機械系的變換素子應用用…… 84
6·2·3　作爲電氣系經機械系再至電氣系的變換素子應用…88
6·2·4　由熱系至電氣系的變換素子…… 89
6·2·5　作爲電氣光學機能素子的應用…… 90

第七章　SnO_2，ZnO_2，SiO_3陶瓷……94

7－1　SnO_2，ZnO_2 在氣體感測器上的應用……94

7－2　ZnO_2 在變阻器上的應用……97

7－3　ZnO_2 系陶瓷在溼度感測器上的應用……99

7－4　ZnO_2 與 SiO汗的壓電應用……100

7－5　SiO_2 玻璃的光纖維應用……102

7－6　太空梭的絕熱瓷片……103

第八章　肥粒鐵，氧化鐵陶瓷……106

8－1　肥粒鐵陶瓷的特性與應用……106

8・1・1　肥粒鐵的歷史……108

8・1・2　軟肥粒鐵……109

8・1・3　硬肥粒鐵……112

8・1・4　活用肥粒鐵特性的應用……113

8－2　氧化鐵陶瓷的材料特性與應用……115

8・2・1　磁帶上的應用……115

8・2・2　純機械的應用……116

第九章　Codialite陶瓷，雲母陶系……118

9－1　Codialite 陶瓷的材料特性及應用……118

9－2　雲母陶瓷的材料特性及應用……118

第十章　Sic，Si_3N_4陶瓷……126

10－1　Sic，Si_3N_4 陶瓷的製造法……127

10·1·1 熱壓法（Hot· Pressing ：HP法）……130
10·1·2 反應燒結法（Reactering ：RS法）……130
10·1·3 常壓燒結法（Pressureless Sintering:PLS法）131
10·1·4 HIP法（Hot Isostatic Pressing法）……132
10·1·5 GPS法（Gas Pressure Sintering 法）……133 132
10·1·6 PS法（Post Sintering 法）……135 133
10－2 Sic, Si_3N_4 陶瓷的材料特性……135
10－3 Sic, Si_3N_4 陶瓷的應用 ……137

第十一章 新陶瓷的種種……144

11－1 組成與構造（由微觀至巨觀）……146
11－2 新陶瓷的材料形態 ……148
11－3 複合構造體的新陶瓷 ……153

第十二章 新陶瓷材料的製作方法……157

12－1 陶瓷的燒結……159
12－2 成形體的製作方法……162
12－3 新陶瓷的原料調整……165

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第1章　新的窯製品「新陶瓷」

“金屬，塑膠之後的第三種產業素材”引人注目的新陶瓷，本章首先敍述其概要及特徵。

對新陶瓷的現狀與將來，常稱之爲「“新”石器時代」。如圖1－1所示，由石器經歷土器、陶瓷器等傳統陶瓷以至新陶瓷（或精密陶瓷）的流程如能掌握的話，那麼那樣的稱呼是可能的。

以這種觀念來看，把石器當作是地球所產生的陶瓷，並將之和新陶瓷比較如表1－1所示＊。

＊　由這種定義分類來看，我們身邊所見，石器製品並不止於石器時代的握槌、石刀、石槍等，現在的切石作業，石材業、墓石製造業，天然寶石製造業等也是石器時代的延續。

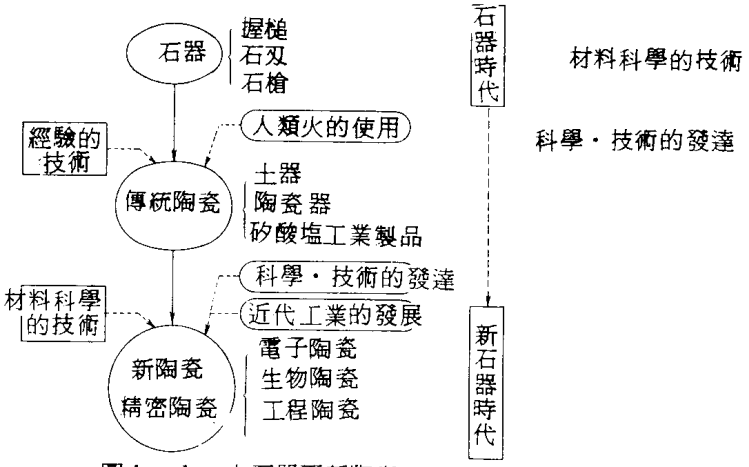


圖1－1　由石器至新陶瓷

土器、陶瓷器等傳統陶瓷，由表1－1可看出，只有原料是利用天然物。人類擁有使用火的長久歷史，即使是現在也和生活有密切的關係。因此，雖然石器的原料和熱處理都屬天然，而原料與熱處理如都成爲人工的話，是可以成爲新陶瓷的。

近年，對新陶瓷的關心逐漸增高，著者由大眾傳播及經濟調查機關取材，編成了珍問愚答，摘要介紹於下。

1、1　新陶瓷問答

所謂新陶瓷，就如同上面所說明的，和傳統陶瓷不一樣，是使用人工精選過的原料，精密調整的化學組成，然後以高度控制的成形法，燒成法所製成的東西，首先以教科書方式說明。

表1—1　石器，傳統陶瓷，新陶瓷的比較

製品 / 製程	石器	傳統陶瓷	新陶瓷
原　料	天然	天　　然	人　工
熱處理（燒成）	天然	人　　工	人　工
加　工（製品化）	人工	人　　工	人　工

表1—2　金屬，塑膠，陶瓷的比較

稱　呼	材　料	原子間結合
金　屬	金屬	金屬結合
塑　膠	非金屬・有機物	共有結合凡得爾瓦斯結合
陶　瓷	非金屬・無機物・固體	離子結合共有結合

表1—3　金屬與陶瓷物性比較例（山本）

物性 / 材料		融點〔°C〕	電氣比阻抗〔Ω cm〕	莫氏硬度
金屬	鋁Al	660	2.8×10^{-8}	3以下
陶瓷	氧化鋁 Al_2O_3	2,030	10^{14}以上	9

＜問＞爲什麼對新陶瓷如此處理？

＜答＞這樣處理的原因是，和傳統陶瓷比較，其性能顯著提高，以往沒有的新機能也出現；同時，以往沒有的新使用方法及用途也開拓的緣故。

＜問＞這麼說來，所謂的陶瓷，新陶瓷究竟是什麼東西？

表1－2所示，「不是金屬，不是有機物，可謂是很難稱呼的『非金屬無機固體材料』，此爲最近的新陶瓷定義。這麼一來，愈發不能了解了。「非金屬無機物究竟是什麼東西？」，於是就產生了疑問。

這樣的疑問，雖然迄今沒有正面聽到，也沒有認眞去思考，但是此際不回答是不行的。

＜答＞元素有金屬性元素（Al，Zr，Ti，Pb等）及非金屬性元素（O，N，Si，C等）。僅由非金屬性元素C所組成的鑽石、碳纖維，或非金屬性元素間的化合物（例如Si和C結合的碳化矽），當然不用說是非金屬無機物，而金屬性元素與非金屬性元素結合的東西（例如Al與O結合的Al_2O_3）也是非金屬無機物＊。

這些東西熱處理（燒）成陶瓷後，如表1－3中所示，和金屬相比較，會出現顯著不同的物性。

*

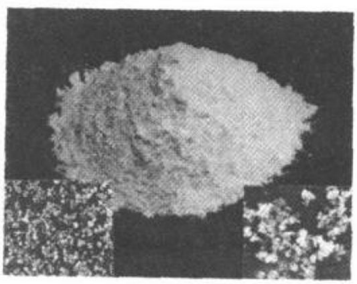
*　元素可分爲金屬性元素、半金屬性元素（B，C，Si等）及非金屬性元素（N，O，F，S，Cl等）。化合物的場合，金屬性元素間的化合物屬金屬；而非金屬性元素（半金屬性元素＋非金屬性元素）間的化合物則爲非金屬。後者中的無機物固體爲陶瓷。

＜問＞這麼一來，金屬及非金屬的氧化物或氮化物就是陶瓷的原料囉。

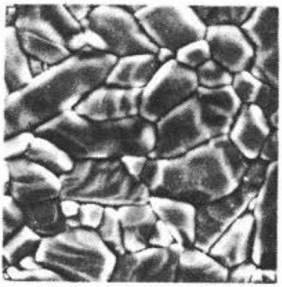
由以上的說明，照那種作法還不知行不行。現在所謂的氮化矽（Si_3N）反應燒結法裡，是使用矽粉末與氮化合而成陶瓷。因此也算是那種方法，但是現在大部分新陶瓷並不使用那種作法。

＜答＞雖然有種種的製作方法，但還是就現在的新陶瓷中，用來生產最多的氧化鋁（Al_2O_3）來說明。在由含鋁成分最多的礦石Borkicite（音譯，澳洲或南半球產物；參照照片1－1（a））製作鋁金屬過程中，將產生的氫氧化鋁$Al(OH)_3$熱處理（假燒），首先做成氧化鋁粉末＊（照片1－1（b））。氧化鋁陶瓷就是在氧化鋁粉末中添加第2，第3成分，就所要求的特性控制其成分，燒製成如照片1－1（c）所示的陶瓷內部微構造。火星塞的絕緣體、切削銅的陶瓷切削工具、電腦用IC封裝的陶瓷都是這樣做成的。

(a) Borkicite 礦石



(b)氧化鋁粉末



照片1－1　(c)氧化鋁陶瓷的內部微構造

*　詳細參照第2章附錄2－1項。

<問>那麼加入第2，第3成分燒製的話，就可做出很多種類的陶瓷了。

<答>金屬性與非金屬性元素的組合約略相等，又因這些可彼此組合，再加上不同的製造方法，就有相當多種類了。由這些東西中，就可產生能發揮特異性能的陶瓷。這些受到材料科學技術支持，以及近代工業發展，於是開發出如表1－4所示的各種應用製品。接著，更可由這些產生期待和開發。

<問>由表1－4所見的感覺是，與金屬、塑膠等的樣子完全不同……

<答>金屬和塑膠，其材料製造商和加工製造完全分開，對此，新陶瓷則多在其製造商內將之部品化及製品化。同時，由於新陶瓷的機能性很豐富，因此，並不只是陶瓷單品，如照片1－2所示，與金屬或塑膠等組合而成製品的場合也相當多。由於是使用於機器或裝置中，故即使說是陶瓷，也與一般的飯碗、茶杯或咖啡杯等的感覺不同。

在家庭中點瓦斯時，ㄆㄚ一聲火就點著。這是敲擊稱爲PZT壓電陶瓷的新陶瓷，使電氣產生，然後火花跳出，將瓦斯點燃。當說明這種「現代打火石」時，就會「啊，啊，就是這樣嗎」。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com