受賞記念講演

低温焼結型触媒*

西 野 敦**

Atsushi Nishino: Low Temperature Calcined Catalyst.

Low temperature calcined catalyst, developed by Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. has met well to consumer desire and several social problems in terms of electric appliances as a home-use catalyst. There are problems involving energy saving and the westernized way of living and eating. As a result, this catalyst has earned a good reputation as a home-use catalyst in the market of cooking appliances and heating equipments.

Depending on these appliances, three types (A, B, C) of these catalysts are available. Two types (A, B) are composed of MnO_2 , Zn-Mn-FeOx and $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaO}$ and the B-type contains a platinum group catalyst in addition to the fundamental constituent. The C-type catalyst is composed of TiO_2 , SiO_2 and $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaO}$ which contains platinum group metals. These catalysts are the low temperature calcined type, have a high specific surface area, and washcoatless catalyst because of using $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaO}$.

This low temperature calcined catalyst, has actually been used for various kinds of home-use appliances for the past 10 years. Because of its high catalytic performance and inexpensive cost, it is expected that it will be applied in many fields of electrical appliances not only in Japan, but also in the global market.

(Received July 24, 1986)

I 概 要

1970年代の初めから、環境問題がグローバルな社会問題となり、さらに1973年以来、二回の石油危機による石油高価格時代に、省資源・省エネルギーが強く叫ばれ、公害問題も企業を対象とした大規模のものから着手され出し、次いで、比較的小規模であるが数の多い自動車の排ガス規制が昭和53年から施行されるようになった。

このような社会背景の下で、昭和53年に調理器庫内壁用自己浄化触媒“SC ホーロー”¹⁻⁵⁾が、昭和54年に石油・ガス燃焼排ガスを浄化する環境保全用触媒“パナピュール”⁶⁻⁹⁾が開発された。この環境保全用触媒が本稿で概説する低温焼結型触媒¹⁰⁾である。

家電機器用として触媒が必要となった背景にはさらに次のようなことがある。石油危機を経て、省エネ・省資源が叫ばれ、住宅用のアルミサッシが普及し、住宅の気密度は著しく改善された。さらに、都市部を中心に集合住宅、高層マンション類の窓の開閉が容易でない建物も急増している。このような気密度の高い居住空間で生活様式は若者を中心に、着実に洋風化し、さらに、焼物料理を中心に、食生活も洋風化しつつある。ニオイ、煙、油煙、有害物質等を排出する家庭用の燃焼器や調理器が問題となり、家庭内での生活公害物質を発生源で解決する時代となった。このために触媒は極めて有効な手段と

なる。すなわち暖房器や調理器を一種の反応槽と考えれば、機器が小型化、多機能化すればするほど家電機器で触媒の果たす役割はその重要さを増す。著者は家電機器に種々の触媒を応用¹⁾してきた。Table 1 は現在家電業界で実用化されている触媒の種類とその代表的な応用機器を網羅したものである。

II 低温焼結型触媒の種類、組成、用途⁶⁻⁹⁾

本触媒は人間の生活環境で使用され、調理器等の食品にも関連するため、触媒の製造、使用、廃棄の各段階で、環境汚染を伴わないよう特に配慮した。

また、使用時の粉塵落下、耐熱強度、機械的強度、食品、調味料、接着剤飛散の影響、湿度、保存環境なども十分検討した。

Table 2 に、本触媒の主な触媒組成⁷⁾、対象とする排ガス、応用機器を示す。また、Fig. 1 は、本触媒の種類と形状を示す外観写真である。

この触媒の成分は Table 2 のように $\text{Zn}\cdot\text{Mn}\cdot\text{FeO}_x$ は MnO_2 アルミン酸石灰からなる A 型、A 型を基本に白金族触媒を担持した B 型、および高湿耐熱用 TiO_2 , SiO_2 , アルミン酸石灰、白金族触媒からなる C 型の三種がある。

* 昭和59年度(第3回)技術進歩賞受賞, 昭和60年5月本協会春季大会にて発表, 昭和61年7月24日受理。

** 松下電器産業(株)中央研究所, 〒570 守口市八雲中町3-15。

Table 1 Various kinds of catalysts used in home electric appliances.

家電市場の触媒応用分野		触媒の種類・構成		触媒の目的・機能・特徴
家電 住設用 触媒	調理器用自己浄化型触媒	ホーロ型（低軟化点ガラス）	Li系低融点ガラスで $\gamma\text{-MnO}_2$ 、ゼオライト、フェライト等を結合させる	調理器庫内壁の自己浄化、タールの浄化（セルフクリーニング触媒）
		水ガラス型	Co, Mn, Feの酸化物を水ガラスで固化	
		塗料型	金属酸化物を有機結合剤で固化	
	環境保全用触媒	バナビュール	A, B アルミナセメントとFe・Mn・Feの酸化物 C アルミナセメントと TiO_2 , SiO_2 (Pt, Pd) 担持	石油・ガス・石炭・木材燃焼器、調理器より排出される未燃焼排ガス、調理油煙、有臭成分などの浄化、キャタヒータ、自動車、触媒吸取器、遠赤外線調理器
		コーゼライト	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ をウォッシュコート (Pt, Pd) 担持	
		発泡メタル	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ をウォッシュコート (Pt, Pd) 担持	
	点火ヒータ	電熱線の表面にアルミナ、白金触媒を担持		ガス・石油燃焼機器用点火ヒータ
	黄金カイロ、白金カイロ	ガラス繊維のマット上に白金族触媒		ベンジンの触媒酸化（局所暖房）
	触媒式ヘヤーカール、パネルヒータ	シリカクロス、セラミック担体に白金族触媒		都市ガス、LPG等の触媒酸化、パネルヒータ、携帯用熱源
	ペロブスカイト型触媒	$\text{La}_{1-x}\text{Ce}_x\text{CoO}_3$ 、粉末担持・直接担持		各種排気ガス浄化触媒
浄水用触媒	家庭用浄水器	粉末活性炭		$\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^-$ 、脱カルキ、脱塩素
	除鉄・除マンガン用触媒	活性二酸化マンガン（ $\gamma\text{-MnO}_2$ ）、マンガン砂		$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{4+}$ 酸化除去
	除フミン酸用触媒	活性二酸化マンガン（ $\gamma\text{-MnO}_2$ 、ゼオライト）		フミン酸塩 $\rightarrow$ 酸化浄化、脱色
電池用触媒	燃料電池（ヒドラジン、メタノール系）	活性炭、導電性黒鉛、白金族触媒、PTFE		離島、山岳地、無人基地用電源
	空気亜鉛電池	活性炭、導電性カーボン、活性マンガン酸化物		空気-亜鉛系・電池の陽極
	触媒栓式蓄電池	セラミックまたはカーボン担体に白金族触媒		無給水型蓄電池（電解液の蒸散防止）
産業用触媒	炭酸ガスレーザ用触媒	上記バナビュールC型（ $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ ）		（ $\text{CO}_2\text{-He}$ ）系ガスの利用効率の向上
	レーザメス用、鍼灸治療用触媒	上記バナビュールC型		手術時の有煙、有臭成分、モグサの煙等の酸化浄化
	シリカクロス触媒	シリカクロス上に白金族触媒		産業用および燃焼排ガス用
	その他（溶剤浄化プラント、 NO_x 浄化プラント用）	上記バナビュールA, B, C型		電子材料、電子部品製造ラインでの排ガス浄化

この成分の中で、Zn, Mn, Fe はいずれも浄水場で飲料水の精製に用いられる歴史的な水処理触媒¹¹⁻¹³⁾の重要な元素であり、人体に安全な触媒として、世界中で使用実績があるので、これらの化合物を種々検討し、触媒的に長寿命な電解二酸化マンガン、Zn・Mn フェライト

を選択した。

また、アルミン酸石灰は優れた固体塩基触媒能¹⁴⁾を有することを実験的に確認した。このアルミン酸石灰は、溶剤、油煙、タール状物質を効果的に分解浄化する性質があり、同時に耐熱性で、常温の水硬性結合剤（アルミ

Table 2 Typical catalytic components, functions, and application of PANAPUEL.

触媒の組成	バナビュールⅠ型 (A)	バナビュールⅡ型 (B)	バナビュールⅢ型 (C)	作用機能
酸化マンガン	○	—	—	酸化触媒 黒色顔料
Zn-Mn フェライト	○	—	—	酸化触媒 耐熱性顔料
金属酸化物	○	—	—	酸化触媒 (目的に応じて)
アルミン酸石灰	○	○	○	固体塩基触媒 耐熱性結合剤
耐熱性珪砂	○	○	○	耐熱性基骨材
二酸化チタン	—	○	○	耐熱性担体
白金族触媒	—	○	○	酸化還元触媒
対象排ガス	タール、ミスト、油煙溶剤、 NO_x 、オゾン、水処理	CO, HC, 臭気、石油ガス燃焼器、調理器	CO, HC, NO_x 、臭気、石油・ガス燃焼機器	
応用機器	調理油煙浄化プラント、水処理プラント	各種燃焼器、各種調理器、ウッドストーブ	自動車用三元産業用機器	

Fig. 1 External view of "PANAPUEL" -A, -B, -C.

ナセメント)であるので、前記の γ - MnO_2 , Zn, Mn フェライトと組み合わせたところ、家電住設機器を対象とした排ガス浄化用触媒として極めて優れた触媒能を示した。

C型触媒は、 TiO_2 , SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ からなるウォッシュコートレスの低温焼結型触媒にさらに白金族金属を担持させたもので、酸化チタンが添加されていることにより、比較的高温雰囲気中での触媒の耐熱性、遠赤外線特性⁷⁾、触媒寿命、触媒の軽量化、ハニカム状成型特性などを著しく改善させることが可能となった。

これら三種の触媒で、A型は $250 \sim 500^\circ\text{C}$ の比較的低温で用いる調理器やガス・石油燃焼機器を対象とし、B型は $500 \sim 700^\circ\text{C}$ の中温領域を対象とし、C型は $600 \sim 900^\circ\text{C}$ の比較的高温領域の家電住設機器の排ガスを対象とした。

III 本触媒と従来触媒の製法比較

Table 2 の触媒組成からなる成形触媒の基本製法を Fig. 2 に示す。触媒原料をまず乾式混合し、成型に必要な水分、成型助剤を添加し、十分湿式混練し、つぎに、目的形状にプレス成型、押出し成型、造粒成型等を行ってから、養生硬化を行う。この際、アルミン酸石灰は、水硬性の常温結合剤であるが、硬化促進のため、熱水養生またはスチーム養生も可能である。この後、二つの工程に分かれる。すなわち、一つは白金族金属を担持させないで養生硬化後乾燥し、製品とするA型、他の一つは白金族金属を担持したもので、養生硬化を行った後、乾燥し、白金族処理を行い、還元処理し、最終的に低温焼結を行って製品とするC型である。

Fig. 3 は本触媒と従来のコージェライト系触媒の製法

Fig. 2 Production method of catalyst "PANAPUEL".

1987年6月

パナピュール製法

従来製法

Fig. 3 Comparison of production methods of conventional cordierite carrier catalyst with PANAPUEL catalyst.

比較を図示したものである。コージェライト ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) 系触媒は $1350 \sim 1400^\circ\text{C}$ で長時間焼結を行い、その時点で比表面積が $1 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下に減少するため、水和アルミナの懸濁液に浸漬、焼成して活性アルミナ層を外表面に形成させる¹⁶⁾。通常、このようなウォッシュコートをして ($100 \sim 200 \text{ g/l}$ の割合で) 比表面積の拡大化を行ってから、触媒担体として用いられている。

これに対し、本触媒 (C 型) は低温焼結であるため、ウォッシュコートなしでも $12 \sim 40 \text{ m}^2/\text{g}$ の高比表面積を有する。また製造にあたって低温焼結のため省エネルギーで、工程数も削減できるので、家電住設用触媒として、低コスト化が可能となる。

IV 低温焼結型触媒の特徴

4-1 触媒の構成

Fig. 4 は本触媒と従来のコージェライト系ハニカム触

Fig. 4 Comparison of catalyst matrix cross sections of conventional catalyst with PANAPUEL catalyst.

Fig. 5 X.M.A observation of PANAPUEL catalyst matrix.

Table 3 Comparison of properties of cordierite catalyst with "PANAPUEL" catalyst.

	コー ジ ラ イ ト	低 温 焼 結 型 触 媒		
		type I	type II	type III
主 な 組 成	$2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 2\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ MeOx	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ $\text{TiO}_2, \text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ $\text{TiO}_2, \text{SiO}_2$
焼結温度 (°C)・時間	1350~1450, 2~5日	250~300 30~60分	600 30~60分	700 30~60分
使用温度 (°C)	<1200	250~500	500~700	600~1200
比表面積 (m ² /g)	6~10	35~45	30~40	40~12
ウォッシュコート層	有	無	無	無
特 長	1 高温焼結 (約 1400°C)	1 低温焼結 (250~700°C)		
	2 焼成収縮率(-28%) 3 WASH COAT 必要	2 焼成収縮率 (0.5~3%)→寸法精度大 3 WASH COAT 不必要で比表面積大 4 製造容易で白金担持量が小		

媒の構成断面を図解したものである。従来の触媒が高比表面積を有する γ または δ 型のアルミナのウォッシュコート層を有するに対して、低温焼結型触媒はウォッシュコート層を必要としない。ウォッシュコート層のない触媒はハニカムマトリックス本体とウォッシュコート層との熱膨張係数の相違による熱衝撃の問題がないため耐熱衝撃性に優れ、また、 $50,000 \sim 100,000 \text{ h}^{-1}$ の高空間速度での触媒使用条件で圧力損失が小である長所を有する。また、使用条件により、K や Na によるウォッシュコート層の脱落 (K アタック) の心配も少ない。

4-2 白金、セリウムの分散状態

Fig. 5 は本触媒の Pt と Ce の分散状態を X 線マイクロアナライザで観察したものである。同図から、Pt のピークと Ce のピークはほぼ同期し、また、Pt は触媒担体の外表面部深さ $30 \sim 60 \mu$ の表面スキン層に効率的に分散担持されていることが観察され、これは本触媒の構成成分にアルミン酸石灰を含有するので担体が本質的に弱アルカリ性を示し、白金族金属塩溶液の含浸時に担体表面層に効果的に担持されるためである。

4-3 触媒担体の特徴比較

ウォッシュコートが必要とする従来のコージュライト系触媒とウォッシュコートをしなくても本触媒との特徴の比較を Table 3 に示した。Fig. 4 および Table 3 から容易に理解されるように、本触媒の製法によるとウォッシュコートレスでも高比表面積の触媒担体が可能であり、担体自体の耐高温特性、焼成収縮率等もコージュライト系より少ないことを示している。

4-4 担体焼結温度と比表面積

Fig. 6 に本触媒の代表的な組成品 (SiO_2 : 45, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$: 40, TiO_2 : 15) についての熱処理温度、機械的強度、比表面積の相関性を示した。比表面積は、マイクロメリテック社デジソープ2500型、圧縮強度は、島津製オートグラフ AG-A 型で測定した。本触媒担体は $100 \sim 200^\circ\text{C}$ で水分を逸散させると $250 \sim 500^\circ\text{C}$ にかけて比表面積が $10 \sim 38 \text{ m}^2/\text{g}$ に増加し、その後焼結が始まり、 1100°C まで徐々に比表面積は減少する。一方、圧縮強度は、触媒体の養生乾燥後は $600 \text{ kg}/\text{cm}^2$ あったものが、 600°C で約 $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$ まで徐々に減少するが、 $600 \sim 1100^\circ\text{C}$ まで焼結の進行にともなって再び徐々に増加する。

4-5 担体組成と熱膨張係数・比表面積の相関性¹⁹⁾

Fig. 7¹⁸⁾ に、アルミン酸石灰の含有量と焼成温度による比表面積の変化を示した。アルミン酸石灰含有量を変化させた残り分は溶融シリカ量で調整した。各サンプルは、それぞれ $700, 800, 900^\circ\text{C}$ で30分間熱処理した時の比表面積を表している。この結果は、 700°C ではアルミン酸石灰の含有量に比表面積は大きく依存しているが、 900°C ではそれほど大きな影響は受けてないことが認められる。

Fig. 8 は、熱膨張係数に対するアルミン酸石灰の含有量の影響について調べた結果である。アルミン酸石灰を $20 \sim 40 \text{ wt}\%$ に変化させ、残り分は Fig. 7 の場合と同様溶融シリカ量で調整した。これらサンプルをそれぞれ、 $800, 900, 1200^\circ\text{C}$ で30分間熱処理した試料を熱膨張率計で測定した。Fig. 8 から熱膨張係数は焼成温度にかかわ

Fig. 6 Relationship between specific surface area, compressive strength and thermal treatment of PANAPUEL.
(thermal treatment: 4 hours)

Fig. 7 Relationship between specific surface area and calcium aluminate compositions after thermal treatment at $700, 800$ and 900°C , for 30 min.

らずアルミン酸石灰の含有量にはほぼ比例していることが認められる。一般に、高温でのハニカム触媒担体は熱膨張係数が $1.2 \sim 2.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ のものが使用されているので、機械的強度が期待できる範囲内でアルミン酸石灰の

Fig. 8 Thermal expansion coefficient of PANAPUEL catalyst vs. calcium aluminate compositions in catalyst after thermal treatment at $800, 900$ and 1200°C .
(thermal treatment: 30 min.)

Curing and drying   Heat treatment at 800°C   Heat treatment at 1200°C

Fig. 9 Variation of catalyst surface for thermal treatment at 150, 800 and 1200°C.
($\text{Al}_2\text{O}_3\text{:CaO}$: 25, SiO_2 : 60, TiO_2 : 15)

添加量は少ないほど好ましいことが認められる。

4-6 触媒担体の熱処理温度と表面状態

Fig. 9 は本触媒を養生乾燥後、800°C、1200°C でそれぞれ熱処理を行ったときの表面を SEM で1万倍で観察したものである。養生乾燥後の表面に対して、800、1200°C のものは焼結が進行している状態が観察できる。

V 触媒の基本特性

5-1 CO の浄化特性

Fig. 10 は本触媒の CO 浄化特性を示す。測定は触媒基本性能測定装置^{6,7)}を用いた。また、触媒には400セル/ in^2 のハニカム構造に成形したものを用い、触媒の大きさは直径 25 mm 厚さ 25 mm であった。測定条件として、CO: 200 ppm in air, S. V. 値: 20,000 h^{-1} を用いた。CO 95%の浄化率を得る下限の温度はA型では 200°C、B、C 型では 150°C 以上と十分に低く良好であった。

Fig. 10 CO conversion on PANAPUEL -1 and -2, -3.
(CO: 200 ppm in air, S.V.: 20,000 h^{-1})

それぞれの触媒が CO を浄化するための活性化エネルギーは、試料条件にもよるが 12~17 kcal/mol であった。

5-2 CO, HC のライトオフ特性

Fig. 11 は本触媒 C の CO, HC のライトオフ特性を示す。触媒には、300セル/ in^2 を用い、S. V. 値: 70,000 h^{-1} , 空燃比: 14.6で判定した。CO のライトオフは、約 250~260°C で起こり、HC のライトオフは 260~280°C であった。

5-3 三元触媒特性

本触媒 C 型の三元触媒特性を Fig. 12 に示す。触媒は、300セル/ in^2 で、950°C で 2% O_2 , 10% $\text{H}_2\text{O}(\text{G})$ 中で24時間の aging を行ったものを用いた。活性の測定は、S.V.: 100,000 h^{-1} , 空燃比14.6の条件で行った。触媒にほどこした aging は、厳しい強制劣化条件であるにもかかわらず、三元特性として安定した特性を示してい

Fig. 11 CO and HC light-off performance of PANAPUEL-C
(air/fuel: 14.6, S.V.: 100,000 h^{-1})

Fig. 12 Three-way catalyst performance of PANAPUEL-C aged at 950°C, for 24 h.
(inlet gas temperature: 400°C, S.V.: 100,000 h⁻¹)

る。

5-4 触媒の遠赤外分光特性⁷⁾

物体は、それを構成する原子、分子の種類、構成法により特有の遠赤外分光特性を示す。Fig. 13 は本触媒の600°Cにおける輻射率と遠赤外分光特性を示したものである。比較のため触媒A、触媒C、SUS 430 ステンレス鋼板の測定結果も対照させた。図から明らかなように、A型はC型より遠赤外波長の全域にわたり輻射率が大きく、特に3~8μmの遠赤外波長に優れている。このことは、暖房機器、調理機器へ応用すれば、触媒浄化効果と遠赤外線加熱効果を同時に期待できることを意味する。この現象を家電住設用触媒に利用して、未燃焼排ガスを浄化し、そのエネルギーを有効に利用し、触媒体から放射される遠赤外線の熱浸透効果を利用し、効率的な暖房と調理効果を改善することができる。(ガステーブルへの応用について後述する)。

Fig. 13 Ultra-infrared performance of PANAPUEL.

VI 本触媒の主な用途^{6~8)}

本触媒は Table 1 に示したように、すでに家電住設用のみならず、一部産業用^{6,7)}にも使用されているが紙数の関係で代表的な石油ファンヒータ、テーブルグリル、ウッドストーブの三用途を概説する。

6-1 石油ファンヒータ

Fig. 14 の (a) に石油気化燃焼式ファンヒータの外観(当社製)を、(b) にその構造を示す。バーナ部に燃焼した排ガスは燃焼筒を進み、触媒を通過して、機器の前面に設けたルーバから室内に排出される。一方、上部ファンにより機器の後面より取り入れた空気は、図の矢印のように燃焼筒の周囲を通り、温風として前面のルーバから排出される。この石油ファンヒータでの触媒の役割は $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$, $\text{HC} \rightarrow \text{CO}_2$, H_2O , $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$ の浄化を行っていることにある。

6-2 テーブルグリルへの応用

Fig. 15(a)(b) にガステーブルグリル(当社製)の外観およびグリル構造を示す。ガスグリルでの触媒の役割は、調理時の油煙、臭気からなる HC (炭化水素) を浄化するだけでなく、Fig. 13 に示した本触媒から放射される遠赤外線を利用して、調理物への熱浸透性を加速させ、ガス炎では不十分なコゲ目を可能にさせ、調理の高速性と付加価値を高める役目をも果している。この他、電子レンジオープン、セルフクリーニング調理器などに使われている。

Fig. 14 Structure and external view of ejector-type kerosene space heater with PANAPUEL catalyst.

Fig. 15 External view and structure of gas table grill with PANAPUEL catalyst.

Fig. 16 Structure of wood stove.

6-3 ウッドストーブへの応用

ウッドストーブは欧米で広く普及している薪を原料とした暖房器である。Fig. 15 はその構造を示す。燃焼方法は、まずパイパスのダンパを開いて薪に点火し、その後長時間、燃焼が持続するように、流入する空気量を制御するため燃焼が不完全となり、数%を越える CO, HC が排ガス中に存在する。このため煙道中にタール状物質が付着し、煙突の径を次第に小さくするだけでなく時には煙道内で着火し、火災の原因にもなるので、欧米では、触媒を装着することが義務づけられている。

Ⅶ 結 言

著者は種々の新機能材料の開発テーマを担当し、その一つとして低温焼結でウォッシュコートレス触媒の開発に取り組んだ。家電住設用触媒は応用範囲が広く、コスト的にも極めて厳しく、また、人体に身近なところで用いられるため、それだけ種々の制約条件や器具適用の観点からも、化学工業で用いられる触媒とは異なった数々の配慮が必要であった。

低温焼結の技法はセラミックコンデンサを始め種々の分野で実用化され、単に省エネによるコストダウンだけでなく、種々の新機能の特徴づけも可能な有効な手段と

考えられる。

Ⅶ 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、早川 茂 松下電器専務取締役技術本部長、広田栄一 技術本部技監、新田恒治 中央研究所長、飯島孝志 グループマネージャからの御指導を賜わり、乾 智行 京都大学教授から実用触媒の観点から有益な御指導、助言を賜わり、本触媒の事業化に当たり、松下電池工業㈱電極事業部 石原公司 技術部長、清水 有 生産技術部長の協力を賜わり、また、本実験遂行に当たり、竹内康弘、小野之良、沼本浩直氏の協力を賜ったことを心から感謝致します。

文 献

- 1) 西野：触媒，**26** (1984)，7.
- 2) 西野，曾根高，木村：National tech. rep., **25** (1979)，908.
- 3) 西野，曾根高，木村，池田，渡辺：National tech. rep., **29** (1983)，27.
- 4) A. Nishino and M. Ikeda: Am. Ceram. Soc., **62** (1983)，683; U.S. Pat. 4147835, Apr. 1979.
- 5) K. Kimura and A. Nishino: Am. Ceram. Soc., **62** (1983)，686.
- 6) 西野，曾根高，木村：National tech. rep., **25** (1979)，921; A. Nishino: New Materials & New Processes Electrochemical tech., (1981)，114.
- 7) 西野，曾根高，木村：National tech. rep., **29** (1983)，42.
- 8) 西野：Mol, **18** (1980)，82.
- 9) 西野：工業材料，**28** [3] (1980)，85.
- 10) 西野：粉体粉末冶金協会昭和60年度春季大会講演概要集，(1985)，14.
- 11) G. V. ジェームズ (内藤幸穂訳)：水処理技術事典，(日本評論社) (1971)，69.
- 12) 用水廃水便覧編集委員会編：用水廃水便覧，(改訂二版) (丸善) (1973)，565.
- 13) 石橋：上水道学，(技報堂) (1969)，76.
- 14) 田部，竹下：酸塩基触媒，産業図書，(1975)，160.
- 15) 樋口，中村：工業材料，**31** [12] (1983)，107~112. U.S.P., No. 4280845.
- 16) 乾：セラミックス，**15** [5] (1980)，324.
- 17) J. P. Deluca and L. E. Campbell: Academic Press, (1977)，293.
- 18) 藤堂：触媒調製，講談社，(1974)，45.
- 19) 沼本，西野，竹内，小野：粉体粉末冶金協会昭和61年度春季大会講演概要集，(1986)，126.