

# 有害化学物質代替技術開発 事後評価の概要

平成27年12月18日

製造産業局化学物質管理課

# 目次

1. プロジェクトの概要
2. 事業目的・政策的位置付け
3. 目標
4. 成果、目標の達成度
5. 成果詳細
6. 事業化、波及効果
7. 研究開発マネジメント・体制等
8. 費用対効果
9. 評価
10. 提言及び提言に対する対処方針

# 1. プロジェクトの概要

概要	有害性が懸念される代替困難な化学物質について、代替物質の開発等を行い、無害な化学物質への転換が円滑・迅速に行われるようにする。
実施期間	平成22年度～平成26年度（5年間）
予算総額	1.54億円 平成22年度:0.420億円 平成23年度:0.337億円 平成24年度:0.286億円 平成25年度:0.277億円 平成26年度:0.220億円) * 平成22年度は、NEDOからの委託事業として実施。
実施者	国立大学法人 大阪大学
プロジェクトリーダー	今中 信人 大阪大学大学院工学研究科 教授 (研究分野:無機材料化学) (日本希土類学会会長)

## 2. 事業目的・政策的位置付け

### 2-1. 事業目的

- ◆ 今後、国際的に規制強化が見込まれる重金属を含有する顔料について、代替物質を開発する。
- ◆ 代替化により環境リスクを低減するだけでなく、規制強化により製造・使用ができなくなる企業経営上のリスクを低減するとともに、諸外国に先駆けて代替化を行うことにより、我が国顔料業界の国際競争力強化に資する。

## 2-1. 事業目的

### 社会的背景

- ◆ 2002年持続可能な開発に関する世界首脳会議における「WSSD目標」の国際合意
- ◆ 2006年第1回国際化学物質管理会議(ICCM)「SAICM(国際的な化学物質管理に関する戦略的アプローチ)」採択
- ◆ 2012年第3回ICCMにおける塗料中鉛の廃絶を目指した取組の決定、2015年第4回ICCMにおいて各国で効果的な措置をとることを決定

### 欧州の動き

- ◆ RoHS指令(電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令)に基づく、2006年からの鉛、水銀、カドミウム及び六価クロムを含む電気電子機器の上市禁止
- ◆ ELV指令(廃自動車指令)に基づく、2003年からの鉛、水銀、カドミウム及び六価クロムを含む自動車部品や材料の上市禁止
- ◆ REACH(化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則)における2011年のカドミニウム含有製品の規制強化、2012年の鉛含有製品の規制導入

### 有害元素を含む無機顔料の例

- ◆ 黄鉛( $\text{PbCrO}_4$ )
- ◆ カドミウムレッド( $\text{CdS} + \text{CdSe}$ )
- ◆ コバルトブルー( $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ )

## 2-2. 政策的位置付け

### ◆イノベーションプログラム（平成22年4月）

－環境安心イノベーションプログラム基本計画において、化学物質総合評価管理分野の研究開発として位置付け

### ◆技術戦略マップ2010（平成22年6月）

－化学物質リスク削減技術開発の重要技術として位置付け

### ◆第4期科学技術基本計画（平成23年8月）

－産業競争力強化のための大学や公的研究機関、産業界との連携による研究開発としての位置づけ

## 2-3. 国の関与の必要性

- ◆ 大学が有する基礎研究を活用することによる中小企業の技術力向上と、これに伴う国際競争力強化
- ◆ 化学物質管理の適正な実施

### 3. 目標

#### 研究内容

- ◆ 色の三原色である、赤、青、黄それぞれに対して、人体や環境に対する負荷が極めて少ない原料および合成プロセスを用い、新しい環境調和型の無機顔料の開発を目指す。

#### 新しい環境調和型の無機顔料

- ◆ 毒性を有する金属ではない(無毒な)元素のみ
- ◆ 化学的に安定な物質
- ◆ 固溶させて発色を制御

### 3. 目標

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
新規無機顔料の創成	<p><b>黄色</b>  <math>L^*a^*b^*</math>表色系における<math>b^*</math>値が+90以上  <math>L^*C^*h</math>表現系における<math>C^*</math>値が90以上            着色力が黄鉛と同等以上</p> <p><b>赤色</b>  <math>L^*a^*b^*</math>表色系における<math>a^*</math>値が+25以上  <math>L^*C^*h</math>表現系における<math>C^*</math>値が55以上            着色力がカドミウムレッドと同等以上</p> <p><b>青色</b>  <math>L^*a^*b^*</math>表色系における<math>b^*</math>値が-35以下  <math>L^*C^*h</math>表現系における<math>C^*</math>値が40以上            着色力がコバルトブルーと同等以上</p>	既存顔料と比較して同等以上の性質

### 3. 目標

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
実用性の検証	スケールアップ時の課題抽出と解決策の検討や、代替に伴って改良するプロセス、製品等の課題の抽出と解決策の検討	スケールアップ、製品化の際に必須
生体安全性の評価	高蓄積性ではない 有害ではない 復帰突然変異原性試験等陰性	開発顔料が経口的に人体に取込まれる可能性が考えられるため

## 4. 成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成果	達成度
新規無機顔料 の創成	<b>黄色</b> $b^*$ 値が+90以上 $C^*$ 値が90以上 着色力が黄鉛と同等以上	$\text{Bi}_{0.85}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_{0.05}\text{VO}_{3.95}$ $b^*$ 値 = +93.5, $C^*$ 値 = 93.8 着色力は黄鉛の39%	達成 達成 未達成
	<b>赤色</b> $a^*$ 値が+25以上 $C^*$ 値が55以上 着色力がカドミウムレッド と同等以上	$(\text{Bi}_{0.92}\text{Zr}_{0.07}\text{Al}_{0.01})_4\text{V}_2\text{O}_{11.34}$ $a^*$ 値 = +41.9, $C^*$ 値 = 53.9 着色力はカドミウムレッドの33%	達成 達成 未達成
	<b>青色</b> $b^*$ 値が-35以下 $C^*$ 値が40以上 着色力がコバルトブルーと 同等以上	$(\text{Ca}_{0.94}\text{Eu}_{0.06})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$ $b^*$ 値 = -36.3 $C^*$ 値 = 45.7 着色力はコバルトブルーの57%	達成 達成 未達成

\* 着色力の指標は、中間評価及びその後の推進委員会の指摘を受けて、事業の途中で追加した。



## 5. 成果詳細 5-1. 黄色顔料(設計指針)

### 単斜晶バナジウム酸ビスマス( $\text{BiVO}_4$ )に着目

#### 単斜晶 $\text{BiVO}_4$

- 環境調和型の黄色顔料
- 単斜晶は熱安定性に優れている

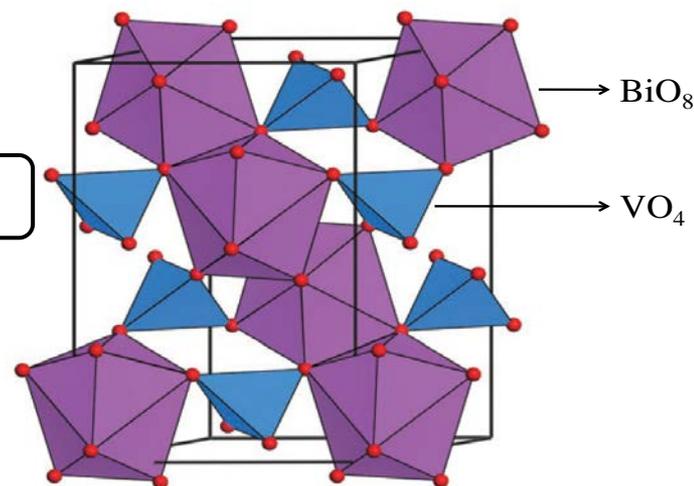
イオン半径の小さい $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Zn}^{2+}$   $\text{La}^{3+}$  を固溶

結晶格子の収縮

バンドギャップエネルギーの低減

黄色度の向上

$\text{Bi}_{0.90-z}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_z\text{VO}_{3.95}$  の合成



単斜晶 $\text{BiVO}_4$ の結晶構造

# 5-1. 黄色顔料(色座標と色の比較)

試料	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h$
$\text{Bi}_{0.90}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{VO}_{3.950}$	87.7	-4.36	+91.6	91.7	87.3
$\text{Bi}_{0.89}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_{0.01}\text{VO}_{3.950}$	89.2	-7.27	+92.4	92.7	85.5
$\text{Bi}_{0.85}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_{0.05}\text{VO}_{3.950}$	89.0	-6.82	<b>+93.5</b>	93.8	85.8
$\text{Bi}_{0.83}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_{0.07}\text{VO}_{3.950}$	90.1	-8.80	+91.0	91.4	84.5
$\text{Bi}_{0.80}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_{0.10}\text{VO}_{3.950}$	92.0	-12.7	+89.2	90.1	81.9
黄鉛( $\text{PbCrO}_4$ , 有害)	89.9	+1.12	+96.5	96.5	89.3
バナジン酸ビスマス	92.8	-16.6	+81.5	83.2	78.5



$\text{Bi}_{0.86}\text{Ca}_{0.07}\text{Zn}_{0.02}\text{La}_{0.05}\text{VO}_{3.955}$

$\text{Bi}_{0.9}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{VO}_{3.96}$

市販バナジン酸ビスマス

市販黄鉛  
(有害)

## 5-2. 赤色顔料(設計指針)

### 斜方晶バナジン酸ビスマス( $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ )に着目

#### 斜方晶 $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$

- 環境調和型の黄色顔料
- 単斜晶よりBi-O平均結合距離が短い

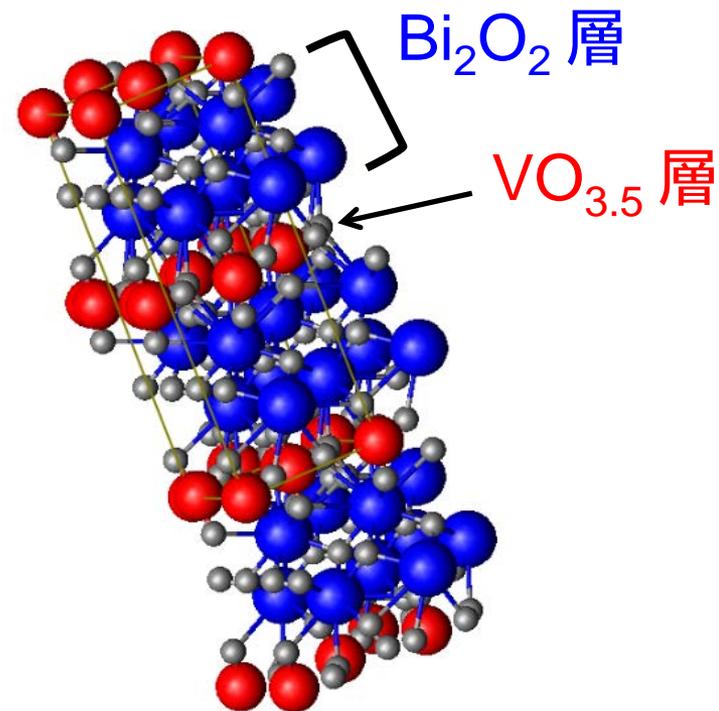
イオン半径の小さい $\text{Zr}^{4+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ を固溶

結晶格子の収縮

バンドギャップエネルギーの低減

赤色度の向上

$(\text{Bi}_{1-x-y}\text{Zr}_x\text{Al}_y)_4\text{V}_2\text{O}_{11\pm\delta}$ の合成



斜方晶 $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ の結晶構造

## 5-2. 赤色顔料(色座標と色の比較)

試料	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h$
$\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11.17}$	47.3	+37.1	+36.6	52.1	44.6
$(\text{Bi}_{0.92}\text{Zr}_{0.08})_4\text{V}_2\text{O}_{11.41}$	49.6	+40.5	+41.1	57.7	45.4
$(\text{Bi}_{0.97}\text{Al}_{0.03})_4\text{V}_2\text{O}_{11.14}$	47.7	+41.6	+38.0	56.3	42.4
$(\text{Bi}_{0.92}\text{Zr}_{0.07}\text{Al}_{0.01})_4\text{V}_2\text{O}_{11.34}$	49.6	<b>+41.9</b>	+34.0	53.9	39.0
市販酸化鉄 (ベンガラ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	38.9	+28.9	+25.3	38.4	41.2
市販カドミウムレッド( $\text{CdS}\cdot\text{CdSe}$ , 有害)	51.9	+63.7	+55.8	84.7	41.2
市販バーミリオン( $\text{HgS}$ , 有害)	52.0	+56.5	+40.5	69.5	35.6



$(\text{Bi}_{0.92}\text{Zr}_{0.07}\text{Al}_{0.01})_4\text{V}_2\text{O}_{11.34}$



市販カドミウムレッド  
(有害)



市販バーミリオン  
(有害)



市販酸化鉄

## 5-3. 青色顔料(設計指針)

### カルシウムスカンジウムケイ酸塩 $\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ に着目



- 無害な元素から構成
- ガーネット構造で安定

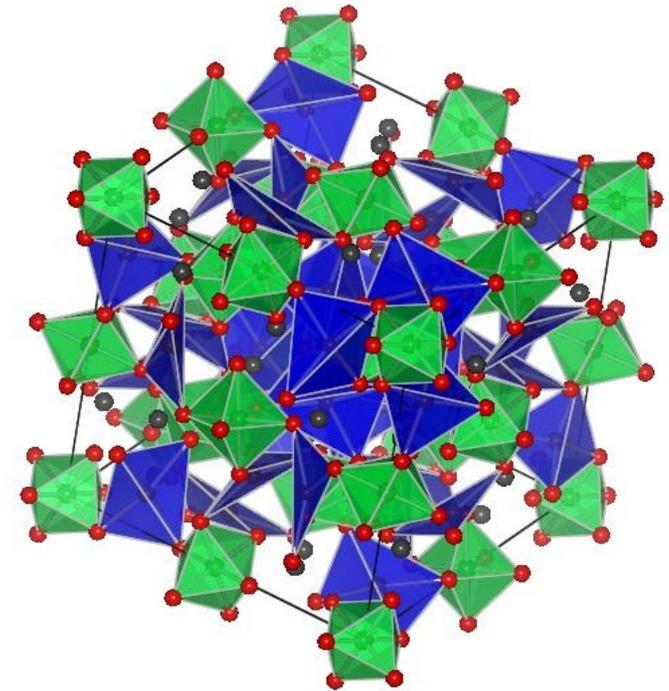
$\text{Eu}^{2+}$  を固溶

空気中ではなく還元雰囲気中で焼成

$\text{Eu}^{2+}$  の4f-5d遷移により  
青色光を除く光を吸収

青色度の向上

$(\text{Ca}_{1-x}\text{Eu}_x)_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  の合成



## 5-3. 青色顔料(色座標と色の比較)

試料	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h$
$\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	93.3	+1.61	+0.19	1.6	353
$(\text{Ca}_{0.99}\text{Eu}_{0.01})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$	78.7	+11.1	-14.0	17.9	308
$(\text{Ca}_{0.97}\text{Eu}_{0.03})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$	66.4	+16.9	-22.7	28.3	307
$(\text{Ca}_{0.94}\text{Eu}_{0.06})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$	36.8	+22.9	-30.1	37.8	307
$(\text{Ca}_{0.90}\text{Eu}_{0.10})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$	40.1	+19.1	-25.6	31.9	307
$(\text{Ca}_{0.94}\text{Eu}_{0.06})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$	31.2	+27.7	-36.3	45.7	307
紺青	9.31	+12.6	-15.6	20.1	309
コバルトブルー	34.6	+32.4	-64.2	71.9	307

焼成温度、  
焼成時間、  
洗浄方法  
の最適化



$(\text{Ca}_{0.94}\text{Eu}_{0.06})_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12+\delta}$



市販紺青



市販コバルトブルー

## 5-4. 緑色顔料(設計指針)

### 希土類-バリウム-銅複合酸化物 $Y_2BaCuO_5$ に着目



- 無害な元素から構成

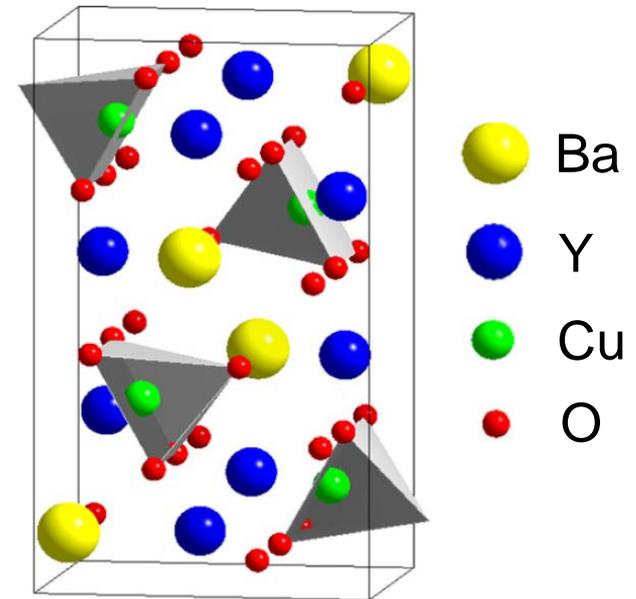
$Cu^{2+}$ の3d-3d遷移により  
緑色光を除く光を吸収

$Lu^{2+}$ の固溶による結晶格子の収縮

対称性の低下に伴い  
緑色光以外の光吸収が増大

緑色度の向上

$((Y_{1-x}R_x)_2BaCuO_5)$ の合成



$Y_2BaCuO_5$ の結晶構造

## 5-4. 緑色顔料(色座標と色の比較)

試料	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h$
$Y_2BaCuO_5$	54.5	-46.7	23.8	52.4	153
$(Y_{0.95}Lu_{0.05})_2BaCuO_5$	53.9	-47.2	24.6	53.2	152
$(Y_{0.9}Lu_{0.1})_2BaCuO_5$	53.4	<b>-48.6</b>	24.9	54.6	153
$(Y_{0.8}Lu_{0.2})_2BaCuO_5$	50.7	-46.9	23.5	52.5	153
$(Y_{0.7}Lu_{0.3})_2BaCuO_5$	50.6	-44.5	22.7	50.0	153
市販クロムグリーン( $Cr_2O_3$ )	49.7	-18.2	18.5	26.0	135
市販コバルトグリーン( $Zn_{0.97}Co_{0.03}O$ )	62.5	-25.3	5.3	25.8	168



市販クロムグリーン  
( $Cr_2O_3$ 、有害)



$(Y_{0.9}Lu_{0.1})_2BaCuO_5$



市販コバルトグリーン  
( $ZnO \cdot CoO$ 、有害)

# 5-5. 色材協会論文賞受賞

275

平成25年度色材協会賞（論文賞）選考報告

色材協会賞（論文賞）選考委員会委員長 柴田雅史

色材協会誌に平成24年度に掲載された論文を対象として、色材協会賞（論文賞）の選考を行った。論文の独創性、学術水準の高さならびに色材の科学・技術への貢献度の点で以下の2件が本年度の色材協会賞（論文賞）にふさわしいと認め、本賞を授与することを決定した。

## 「有田焼用の新規な鉛フリー-CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>黄色顔料」

受賞者 増井敏行君<sup>1)</sup> 白石敦則君<sup>2)</sup> 古川慎也君<sup>1)</sup>  
温都蘇君<sup>1)</sup> 布谷直義君<sup>1)</sup> 今中信人君<sup>1)</sup>

(大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻<sup>1)</sup>, 佐賀県産業技術センター<sup>2)</sup>)



増井敏行君



白石敦則君



古川慎也君



温都蘇君



布谷直義君



今中信人君



## 人体・環境にやさしい新しい 黄色無機顔料

大阪大学  
産業界との  
あゆみ



開発した新顔料



上絵発色試験  
左は有鉛の濃黄(上)と中黄(下)、  
右は無鉛の新顔料



開発顔料を使用した  
有田焼のお皿

無害で美しい焼物づくりを  
可能にした新顔料の開発。

### ■環境調和型の黄色無機顔料

人体や環境に無害な元素である、セリウム(Ce)、ジルコニウム(Zr)、ビスマス(Bi)、及び酸素(O)からなる、新しい環境調和型の黄色無機顔料を開発した。合成法や組成を最適化することによって、既存の環境調和型黄色顔料の中で、最も高い黄色度を実現した。佐賀県産業技術センターの協力を得て、この顔料が、有田焼の上絵具として用いられている有鉛の濃黄、中黄(鉛-鉄-アンチモン系)絵具の色合いを無鉛で再現できることを実証した。

■研究者(所属部署局名(当時)):今中信人(工学研究科)・増井敏行(工学研究科) ■企業など:佐賀県産業技術センター

052

## 5-6. 論文一覽

題目	時期
Novel Environment-friendly Yellow Pigments Based on (Bi,La)VO <sub>4</sub> , Wendusu, K. Ikawa, T. Masui, and N. Imanaka, <i>Chem. Lett.</i> , 2011, 40, 792-794.	H23.8
Novel Lead-free CeO <sub>2</sub> -ZrO <sub>2</sub> -Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Yellow Pigments for Arita Ware, T. Masui, A. Shiraishi, S. Furukawa, Wendusu, N. Nunotani, and N. Imanaka, <i>J. Jpn. Soc. Colour Mater.</i> , 2012, 85, 9-13.	H24. 1
Environmentally Friendly Inorganic Red Pigments Based on Bismuth Oxide, Wendusu, T. Masui, and N. Imanaka, <i>Chem. Lett.</i> , 2012, 41, 1616-1618.	H24. 9
Novel Environmentally Friendly Inorganic Yellow Pigments Based on CeO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Wendusu, D. Kato, T. Masui, and N. Imanaka, <i>Bull. Chem. Soc. Jpn.</i> , 2013, 86, 283-288.	H25.2
Novel and Environmentally Friendly (Bi,Ca,Zn)VO <sub>4</sub> Yellow Pigments, T. Masui, T. Honda, Wendusu, and N. Imanaka, <i>Dyes Pigm.</i> , 2013, 99, 636-641.	H25.12
Novel Environmentally Friendly Inorganic Blue Pigments Based on Amorphous Tungsten Oxyphosphate, Wendusu, A Hosoya, T. Masui, and N. Imanaka, <i>Chem. Lett.</i> , 2013, 42, 906-908.	H25.8
Novel Environmentally Friendly Inorganic Blue Pigments Based on Calcium Scandium Silicate Garnet, Wendusu, T. Honda, T. Masui, and N. Imanaka, <i>Chem. Lett.</i> , 2013, 42, 1562-1564.	H25.12
Novel Environmentally Friendly (Bi, Ca, Zn, La)VO <sub>4</sub> Inorganic Yellow Pigments, Wendusu, T. Honda, T. Masui, and N. Imanaka, <i>RSC Advances</i> , 2013, 3, 24941-24945.	H25.12
Novel Environment-friendly Inorganic Red Pigments Based on (Bi, Er, Y, Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Solid Solutions, Wendusu, T. Masui, and N. Imanaka, <i>J. Asian Ceram. Soc.</i> , 2014, 2, 195-198.	H26.7
Novel Environment-friendly Green Pigments Based on Rare-earth Cuprate, T. Masui, N. Takeuchi, H. Nakado, and N. Imanaka, <i>Dyes Pigm.</i> , 2015, 113, 336-340.	H27. 2
Novel Environmentally Friendly Inorganic Red Pigments Based on Calcium Bismuth Oxides, Wendusu, T. Yoshida, T. Masui, and N. Imanaka, <i>J. Adv. Ceram.</i> , 2015, 4, 39-45.	H27. 3
Novel Environment Friendly Inorganic Red Pigments Based on Bi <sub>4</sub> V <sub>2</sub> O <sub>11</sub> , Wendusu, A. Shiraishi, N. Takeuchi, T. Masui, and N. Imanaka, <i>RSC Advances</i> , 2015, 5, 44886-44894.	H27. 4
Novel Environment-friendly Green Pigments for Over-glazed Decoration of Arita Ware, T. Masui, A. Shiraishi, H. Nakado, N. Takeuchi, Wendusu, and N. Imanaka, <i>J. Jpn. Soc. Colour Mater.</i> , 2015, 88, 203-207.	H27. 7

## 5-7. 事業化に向けての検討

### 1. 既存化学物質であるか

既存物質の複合物であり、新規ではないのでクリア  
(既存物質番号を確認済み)

### 2. 開発した合成法で量産可能か

- 固相反応法において、スケールアップ時に目的とする顔料とは粒径の異なる試料の生成や不純物の生成などが課題として生じたが、原料の検討、反応温度や原料粉末の攪拌条件を制御することにより、目的とする顔料を再現性よく製造できることがわかった。
- 製品単価を抑えつつさらにスケールアップするためには、安価な原料を用いることができ、大量に合成しやすい液相プロセスが有効である。しかしながら、液相合成に関しては、固相反応により合成した試料と同じ結果が得られておらず、合成方法の検討が必要である。

## 5-7. 事業化に向けての検討(つづき)

### 3. 原料試薬について

ビスマス試薬の製造メーカーが異なったが、協力企業と従来より取引を行っているメーカーのもので問題ないことを確認した。

### 4. コスト

100kg単位で試算。2000～3000円/kgにおさめたい。

顔料		コスト目標に対する評価	
黄色	$Ce_{0.43}Zr_{0.37}Bi_{0.20}O_{1.9}$	×	高コストで厳しい
黄色	$Bi_{0.85}Ca_{0.08}Zn_{0.02}La_{0.05}VO_{3.95}$	○	最も期待 Laを抜いて価格をさらに下げたい
赤色	$(Bi_{0.92}Zr_{0.08})_4V_2O_{11}$	×	高コストなので液相法での合成を希望 (現在固相法)
青色	$(Ca_{0.94}Eu_{0.06})_3Sc_2Si_3O_{12}$	—	Scが高コスト 色的にもあまり興味が無いため試算せず
緑色	$(Y_{0.9}Lu_{0.1})_2BaCuO_5$	×	鮮やかな緑で魅力的だが高い
緑色	$Y_2BaCuO_5$	◎	Lu含有試料よりわずかに緑色度が下がるものの十分な性能 価格的にも魅力的

## 5-7. 事業化に向けての検討(つづき)

### 5. ニーズへの対応が可能か

黄色系の需要高い(焼き物、化粧品など)

緑色については鮮やかで魅力的なので市場を調査



緑色顔料について、道路、歩道、駐車場等の安全、交通誘導のカラー塗装用としての市場が期待できると判断した



$\text{Bi}_{0.90}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{VO}_{3.95}$ と $\text{Y}_2\text{BaCuO}_5$ について事業化を進める

### 6. 高級絵具用のサンプル提供

現在、黄色系・赤色系顔料にはカドミウム顔料を使用

EU諸国では、1~2年後から使用不可になる可能性あり

専門画家用絵具メーカーにサンプルを供与中

## 5-7. 事業化に向けての検討(つづき)

### 7. 事業化(工業化)へ向けての今後の課題

- ① 研究室で合成した試料と同レベルの特性を示す顔料を大量合成(スケールアップ、kg単位)し、そのまま大量生産(数百kgまたはトン単位)に拡張したい。
- ② 原料単価が安く、大量合成のしやすい液相反応を用いたい。

理想的には、上記①と②が両立できることであり、液相合成が必要であることは確認できている(検討済み)ため、**液相合成に移行する方針**である。

また、開発顔料の着色力不足を解消するために、**事業者と共同研究を推進**する予定である。

## 6. 事業化、波及効果

### 6-1. 事業化の見通し

#### ◆ 黄色顔料、緑色顔料

$\text{Bi}_{0.90}\text{Ca}_{0.08}\text{Zn}_{0.02}\text{VO}_{3.95}$ 黄色顔料、及び $\text{Y}_2\text{BaCuO}_5$ 緑色顔料について、量産製法として適切な合成方法である液相合成に移行して事業化を行う。

#### ◆ 有田焼用の顔料としての用途

- ・ $\text{Ce}_{0.43}\text{Zr}_{0.37}\text{Bi}_{0.20}\text{O}_{1.90}$ 黄色顔料については伝統色の一つである「中黄」に近い色合いを再現できており、製造先さえ見つければすぐにでも代替可能である。
- ・緑色顔料については、非常に鮮やかな色合いで従来の伝統的な有田上絵にはない透明感もあるため、新しい有田焼の色として期待されている。

#### ◆ 赤色顔料、青色顔料

- ・赤色顔料、青色顔料は、価格が問題となっているが、絵の具用顔料としての利用を考えた場合、多少高価でも色味が良ければ使用されるという特殊な事情があるため、現在、絵の具メーカーにサンプルを提供し、実用化に向けて検討を行っているところである。

## 6. 事業化、波及効果

### 6-2 波及効果

- ◆ 我が国における当該物質の環境リスクを早急に削減させることが可能となるとともに、厳格化する化学物質の世界の環境規制により必要不可欠な物質が使用できなくなることによる経営上のリスクを低減させることができる。
- ◆ 人体や環境に対する安全性が高く、地球、生態系に対し負荷が小さい材料を提供できる。
- ◆ 当該顔料は耐熱性、耐光性、耐薬品(酸・アルカリ)性に優れるだけでなく、高い鮮明度、着色力から、スポーツ・レジャー分野における環境や施設・用具において、人間のこころを豊かにするには欠かせない材料(着色剤)を提供できる。
- ◆ 当該顔料は低温での液相合成が可能であり、天然資源の枯渇や二酸化炭素排出の抑制効果がある。
- ◆ 普及が拡大しているインクジェットプリンター用顔料として利用すれば、一般消費者と有害元素との接触機会を激減させることが可能である。
- ◆ 製造、使用さらに廃棄あるいはリサイクルのそれぞれの各段階で、これらの材料と製品が環境破壊の原因にならない、かつ、よりアクティブに環境調和とこころの豊かさをもたらす、エコマテリアルとして提供できる。

## 7. 研究開発マネジメント・体制等

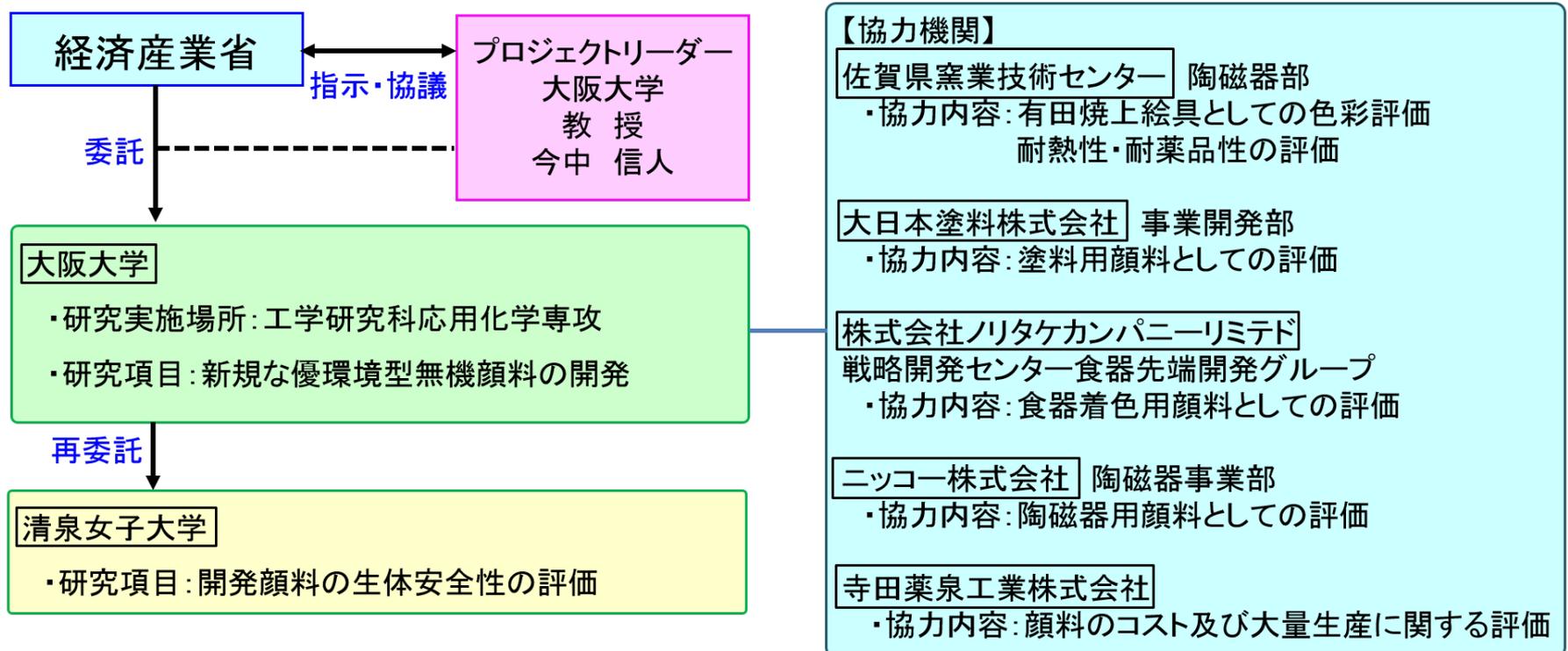
- ◆ 本事業は公募による選定審査手続きを経て、国立大学法人大阪大学がNEDOからの委託を受けて平成22年度から開始された。
- ◆ 政府の事業仕分けの結果、平成23年度からは経済産業省からの委託を受けて実施した。
- ◆ 実用性を評価しつつ開発を進めるため、研究開発推進委員会を設置し、外部有識者からの指導・助言等を受けた。

表 研究開発推進委員会

氏 名	所属・役職
伊藤 征司郎 (委員長)	近畿大学名誉教授・サクラクレパス顧問
宮脇 律郎	国立科学博物館地学研究部・部長
八尋 秀典	愛媛大学大学院理工学研究科物質生命工学専攻・教授
指宿 堯嗣	社団法人産業環境管理協会・常務理事
染宮 昭義	神鋼リサーチ株式会社先進技術情報センター・主席研究員

## 7. 研究開発マネジメント・体制等

- ◆ 研究開発を統括するためのプロジェクトリーダー(大阪大学大学院工学研究科 今中 信人)を設置した。
- ◆ 平成23年度より、開発顔料の生体安全性の評価について、再委託先として清泉女子大学が参加した。
- ◆ 実用性を評価しつつ開発を進めるため、協力機関に試作品を提供し、生体安全性の評価、陶磁器、塗料、プラスチック及び食器着色用の無機顔料としての評価、及び開発した無機顔料のスケールアップについての検討を実施した。



## 7. 研究開発マネジメント・体制等

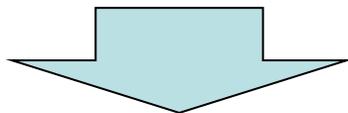
### 変化への対応

- ・中間評価における評価委員の提言

開発した顔料の実用化に向けては、実際の使用現場を想定した色相や着色力等についても評価することが必要であると提言があった。

- ・研究開発推進委員会における意見

実用化を考慮すると $L^*a^*b^*$ の数値のみの指標だけでなく、目で見た実際の鮮やかさや着色力も重要であるため、 $L^*a^*b^*$ の値は今すでに達成されているものとし、新たに鮮やかさや着色力も指標にするよう意見があった。



色の鮮やかさを表す $L^*C^*h$ 表色系における $C^*$ 値、及び着色力を目標の指標に加えるため、基本計画における最終目標の指標を変更した。

## 8. 費用対効果

### 環境対応型顔料の市場規模

①色の種類により異なるが、有彩色顔料では70%以上が黄色

②黄色無機顔料の市場規模：15,000～20,000トン/年

1キロあたり、おおよそUSD6.00であるので、金額としては  
110-140億円の市場規模となる。

③顔料の着色力次第、色(鮮やかさ)次第、価格次第では、  
下記のものも、すべて市場の対象と考えられる。

- トラフィック塗料を主体とした黄鉛顔料の代替が可能であれば、  
27,000トン/年                      約55億円
- セラミック用途のカドミウム顔料の代替が可能であれば、  
3,000トン/年                        約30億円
- アゾ系有機顔料の代替が可能であれば、  
151,000トン/年                      約1700億円
- バナジン酸ビスマス顔料の代替が可能であれば、  
3,000トン/年                        約180億円

(いずれも2014年現在の市場規模)

# 9. 評価

## 9-1. 評価検討会

評価検討会名称

有害化学物質代替技術開発事後評価検討会

座長

山下 仁大 東京医科歯科大学 生体材料工学研究所  
無機生体材料学分野 教授

委員

鳥村 政基 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領  
域 環境管理研究部門 総括研究主幹

中村 英次 株式会社三徳 顧問

橋本 和明 千葉工業大学工学部生命環境科学科 教授

森 史郎 富士色素株式会社 代表取締役社長

評価検討会委員

## 9-2. 総合評価(コメント)

○有害化学物質を用いない新規代替無機顔料の開発は、持続可能な安全・安心な世界を次世代に引き渡す大切な使命であり、短期間で限られた資金の中で、学術的にも世界に発信できる質の高い成果が得られたことは、産学連携と国の財政的支援の優れた成功例と考えられる。

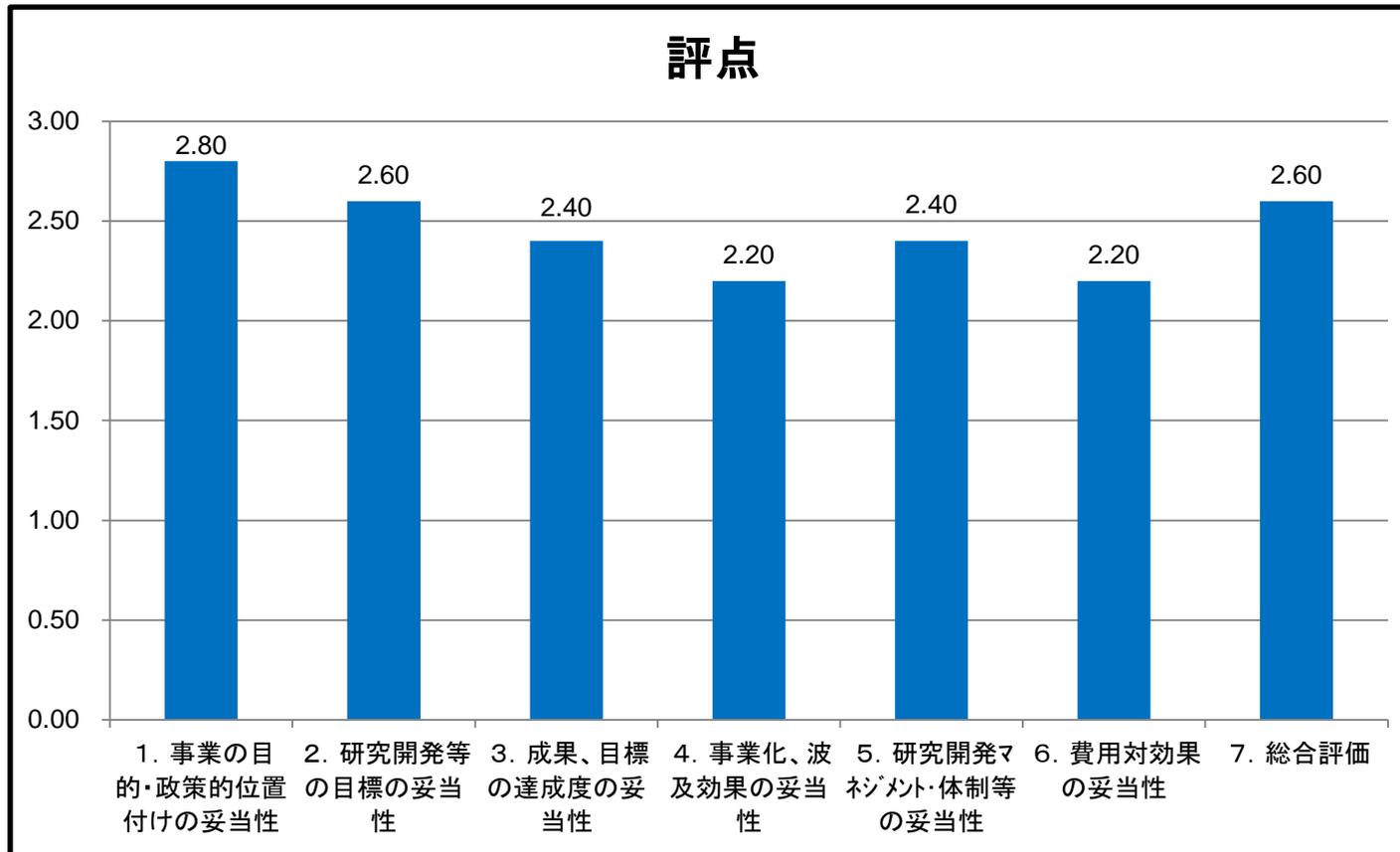
また、国際競争力の強化の観点からも本事業は極めて重要な位置づけにあり、我が国顔料メーカーが世界市場のトップランナーになり得る可能性があり、業界の活性化にもつながるものである。

○一方、事業化の検討は既に行われているものの、まだいくつかの解決すべき課題としてコスト削減、着色力、大量生産プロセス等に対する課題が残っているが、今後の大学と企業の連携による事業化研究やその成果波及に対して、プロジェクトリーダーの力量には大いに期待する。

○また、性能やコスト面だけでなく、国際的な事業展開を見据えて、特許を含めた知的基盤に係る戦略は不可欠である。

## 9-3. 評点結果

「経済産業省技術評価指針」に基づき、プロジェクト事後評価において、評点法による評価を実施した。



### 【評価項目の判定基準】

評価項目1.~5.

3点:非常に重要又は非常によい

2点:重要又はよい

1点:概ね妥当

0点:妥当でない

6. 総合評価

3点:実施された事業は、優れていた。

2点:実施された事業は、良かった。

1点:実施された事業は、成果等が今一步のところがあった。

0点:実施された事業は、成果等が極めて不十分であった。

## 10. 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

本事業における今後の研究開発の方向については、事業化に不可欠な着色力の向上やレアアースの性能に着目した積極的な活用、今後の国の役割についての提言がなされた。

#### ○事業化に向けて残る重要な技術課題

は、より微細な無機顔料を製造する技術と、塗料等製品中の分散性向上のための技術の開発と考える。これにより着色力が高まる可能性がある。既に検討に着手しているものの、是非関連業者も参入させて研究を加速し、我が国発の産業化と学術成果として確立されることを望む。

### 提言に対する対処方針

○現在、複数の顔料合成メーカーと共に事業化に向けて微細化技術や分散性向上技術の課題に取り組んでいるところである。微細化技術に関しては、液相合成やビーズミルによる微粉碎など、分散性向上については、粒子形状の制御や粉体表面のコーティングなどに取り組む。また、複数の関連業者からなるコンソーシアム体制の構築について検討を進めてまいりたい。

# 10. 提言及び提言に対する対処方針

## 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 脱レアアース、省レアアースと言われるが、優れた特性をもつこれら元素群をあえて排除する考え方は今後の技術立国としての我が国にとって大きな障害になる。最近では需要が減ってきたため安価になったレアアースもあるため、必要なところに必要なものを使用して事業化を推進することにより、結果的にコストを低減することも模索してもらいたい。
- 今後の事業化が本当の意味での重要要点となるため、企業のモチベーションを維持できるよう国の役割を大いに期待する。

## 提言に対する対処方針

- レアアースは高価なものが多いが、大量合成が可能になればコストの問題はクリアできると考えている。また、高価なものであっても、ディスプレイ用のカラーフィルターや絵の具等、使用用途によっては代替できる顔料もある。そのため、現状では価格での制限を設けず開発を進めていくこととしている。
- 早期の事業化を促すため、必要に応じて、中小企業が大学等と連携し事業化を目指す補助事業を紹介するなどの支援を行っていくことを考えたい。