

第1回有害化学物質代替技術開発事後評価検討会
議事録（案）

1. 日時 平成27年9月30日（水） 13:30～15:40
2. 場所 経済産業省別館11階1111各省庁共用会議室
3. 出席者

（検討会委員）[敬称略・五十音順、※は座長]

- 鳥村 政基 国立研究開発法人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 学校法人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
※山下 仁大 国立大学法人東京医科歯科大学学生体材料工学研究所 無機生体材料学分野 教授

（研究開発実施者）

- 今中 信人 国立大学法人大阪大学大学院工学研究科 教授
増井 敏行 国立大学法人鳥取大学大学院工学研究科 教授

（事務局）

- 製造産業局化学物質管理課化学物質リスク評価室
企画官 奥村 浩信
課長補佐 宮地 佳子
専門職員 道源 由紀

（評価推進課）

- 産業技術環境局技術評価室
専門職員 小木 恵介

4. 配布資料

- 資料1 有害化学物質代替技術開発 事後評価検討会 委員名簿
資料2 研究開発評価に係る委員会等の公開について
資料3 経済産業省における研究開発評価について
資料4 評価方法（案）
資料5 有害化学物質代替技術開発プロジェクトの概要について
資料6 有害化学物質代替技術開発プロジェクト 評価用資料
資料7 評価報告書の構成（案）
資料8 評価コメント票
参考資料1 経済産業省技術評価指針
参考資料2 経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準
参考資料3 中間評価報告書概要
参考資料4 環境安心イノベーションプログラム基本計画

5. 議事

(1) 開会

事務局から、出席委員・事務局・オブザーバーの紹介が行われた。

委員の互選によって、山下委員が本検討会の座長に選出された。

(2) 評価検討会の公開について

事務局から、資料2により、評価検討会の公開について説明がなされた後、本評価検討会について、会議、配付資料、議事録及び議事要旨を公開とすることが了承された。

(3) 評価の方法等について

事務局から、資料3、4、7、8により、評価の方法等について説明がなされ、了承された。

(4) プロジェクトの概要について

事務局（宮地補佐）及び研究開発実施者（増井教授）から、資料5により、有害化学物質代替技術開発プロジェクトの概要について説明があり、以下の質疑応答がなされた。

【1. プロジェクトの概要 2. 事業目的・政策的位置付け】

質疑応答なし。

【3. 研究背景・目標】

質疑応答なし。

【4. 成果概要 5. 成果詳細】

○中村委員 2つほど質問します。つくり方の問題で、液相であるというのが大量生産という意味では一番良いと思うのですが、その場合、固相でやったときの性能とはかなり変わってくるような気がするのですが、そういうのはこういう化合物では大丈夫なのでしょうか。

○増井教授 今試した段階では、固相法ですときちっとした単相が得られて目的の色が出るのですが、液相だと少し原料成分が分相してきたりとか目的とは違う組成のものができたりします。ビーカースケールでは結構できたりするのですが、いわゆるキロスケールの大きなものだとなかなかうまくいかないです。それは今検討していただいているところです。

○中村委員 結構酸化物も大型化するとちょっと変わってくる時もあるって。

○増井教授 そうですね、ビーカーでの攪拌とこういう大きいところで回すのとでは大分攪拌条件が違うみたいで、できてくるものが異なってしまいます。

○中村委員 ぜひ良いものを開発してほしいと思います。

それから、一番問題なのは鉛のセンターラインですか、ああいうものにはこれは使えないのでしょうか。その使えない理由というのは性能なのか、コストなのか。

○増井教授 まずコスト面は大きいです。鉛のものは非常に安いということがあります。コスト面以外には、性能面でも、実は着色力が黄鉛に比べてまだ4割しかないということで

す。つまり色をつけるためにたくさん顔料を配合しないとイケない。コストが高い上に量がたくさん要するというので、かなり不利な状態ではあります。ところが、着色力を黄鉛に近づければ、また環境に対する国民の意識の高まりとともに置きかえが進むと考えています。東京都はビスマス、バナジン酸系のものに一部変わっていると聞いています。ただし、こちらは黄鉛に比べると色が薄いのです。夜、しかも雨が降ると、白か黄色なのか見分けがつかない。開発した顔料の色味はいいので、あとは着色力を上げれば恐らく黄鉛の代替品になり得るのではないかと考えています。赤味が黄鉛に比べて少し足りないのですが、合成法を少し改良するともっと赤味を黄鉛に近づけることができますので、一番のネックはこの着色力だと思います。

○鳥村委員 この着色力には、スタンダードな評価技術というのがあるのですか。

○増井教授 白の顔料とまぜて、分光曲線を計ってどれぐらいの吸収があるかという方法で評価します。同じ割合で市販のものもまぜて、同様に評価します。J I Sの標準的な規格法があり、それで黄色の着色力が黄鉛の4割程度しかないという評価になっています。

○鳥村委員 厚く塗れば、そういう意味では一緒だと思うのです。

○増井教授 たくさん入れれば、もちろん少ない量を入れたこれと同じ値を出すことはできるのですが、それはたくさん入れないとイケないので、当然値段が高くなるということがあります。

○鳥村委員 素人的な発想ですが、そもそもセンターラインなんて結構分厚く塗っていますよね。それぐらい載せれば、それぐらいのパーセントだと問題ないのかなと思ったりするのです。

○増井教授 色を出す点では問題ないのですが、先ほどから問題となっている値段がはるかに高くなります。

○鳥村委員 もう一つお伺いしたいのですが、こういった色素は既存の組み合わせなので登録は必要ないというお話でしたけれども、一方でビジネスとして考えたときに、製造メーカーにおける知的財産権の戦略は何かございますか。

○増井教授 恐らく製造プロセス、今液相ではうまくできないというお話ですね、特に大量スケールでできないとお話ししましたが、多分その製法で権利を押さえていくのではないかと考えています。つまり我々が公開している、いわゆる公知となっている方法では着色力、色合いはもちろんすごい値が出ますけれども、着色力が足りないので、これを改良するために製造プロセスで何かノウハウを導入しないとイケないと思うのです。そこで新しい知的財産が発生すると思われま。

○鳥村委員 コメントなのですが、恐らくこの技術は世界全体に影響を及ぼす技術なので、そこら辺の戦略も含めたところは結構重要なのかなと思ってお伺いしていました。

○増井教授 その辺は多分協力メーカーさんも考えておられると思います。

○鳥村委員 ありがとうございます。

○山下座長 この組成がどのくらいシャープなものが要求されているのか、それによって先ほどの、固相反応とおっしゃっていましたので、今回は重要です。プロセッシングでどんな原料で、どんな熱処理でというご発表はなかったと思うのですが、これがシャープであれば、またそのプロセスそのものにオリジナリティーが出てくるような印象もあるのです。それはどのくらいシャープですか。

○増井教授　例えば黄色なんかでも、資料の 28 ページにあります。ランタンの組成がちょっと変わるとその黄色みが下がってしまいます。山下先生ご指摘のようにかなりシャープです。それだけに大量合成したときに、いかに組成をきちっと制御するかということも大事になってくるわけです。そこで今おっしゃったように権利関係といますか、ノウハウが入ってくると思います。我々のこのプロジェクトの段階としては、こういった新しいものを提供するというか、こういうふうにするだけでこの色が出ますよというのを提案させていただいた、開発させていただいたということで、大量生産に至るところについては連携するメーカーさんにお力をお借りしたいと思っております。

○山下座長　こういう酸化物で、固相反応合成というのは頭が痛い問題ですね。これは熱処理されると固相反応では粒度が大きくなってきますよね。そうすると粉で使うケースは、粒度によって例えば粉で色彩やら明度を評価したときに、これは大分変わるのでしょね。

○増井教授　変わります。

○山下座長　その辺は、もちろん液相法が新たにみつかったらいいと思うのですが、現在の固相法はここまで確立されつつあるわけですから、ビジネスとしてもこれを進めていくのがまずいいような印象があるのですが。

○増井教授　もちろんメーカーさんも、固相法ではキログラムスケールでできるということは確認されているのですが、よりコストを下げたいというのがあるようです。性能はもちろんいいのだけれども、売り手側としては値段を下げたいので、できれば液相でやりたいとおっしゃっておられます。粒度をコントロールすると、もっと着色力が上がる可能性もありますし、色合いももっと変わる可能性もあるのです。その辺については本プロジェクトではそこまではできませんでしたが、こういう物質は、いい性能があるというご提案はできていると思います。

○山下座長　固相合成法では、ある程度オプティマムな条件は確立されていると思ってよろしいですね。

○増井教授　はい。それは課題として最初あったのですけれども、本プロジェクト内で解決いたしました。

○今中教授　少量生産での固相法では考えております。大量生産だとまた変わってきますので、それで今はまだ。

○山下座長　なるほど。それはまたこれから企業さんがやってみたいということになるわけですね。

○今中教授　そうです。大量生産の顔料をつくるのか、少量でも高付加価値のものをつくるのか、それは固相法でもいけると思います。それからコストの点で考えますと、液相法でつくったほうが安いですね。

○山下座長　逆に心配したのですが、液相のほうが安くなりそうですか。

○今中教授　現在の価格ではそういうのがあります。

○増井教授　その協力メーカーさんが取引しておられる試薬会社の値段を比較すると、液相でつくるほうが安くなるそうです。

○山下座長　そうすると性能は液相がうまくいったら均一混合もできますし、これはまだまだ期待は伸びそうな感じがありますね。粒径ももっと小さくなる可能性もありますし。

ほかにいかがですか。

○橋本委員　これは無機化合物で酸化物ですので、耐水性とか耐光性はどのようなのでしょうか。

○増井教授　耐水性については全く問題ないです。酸の溶出試験をしているものももちろんあるのですが、水に対しては大丈夫です。耐光性も、このものについては紫外光を照射下で加速試験を行って色の変化をみましたが、それも問題ないということは確認しております。

○橋本委員　あと着色力が低いということで代表的な無機顔料と比べていますが、今ほとんどこういう色がついているものは有機顔料が多いですね。そうすると有機顔料に比べればそんなに遜色ないような気もするのです。

○増井教授　自分たちに有利な条件での比較というのは余り好ましくないと思うのです。目標とするものがこういったものの置きかえですので、これと比べてどうなのかというのが大事だと考えています。年に2回推進委員会を行っているのですが、推進委員の先生も、一番の敵と戦うべきであるとおっしゃっていました。

○橋本委員　私も無機顔料をやっていたのですが、やはり有機顔料に勝たないと、無機顔料は置いていかれるということもありまして、有機顔料に勝ちたいというぐらい鮮やかさもあるので、有機顔料と比べたときの着色でもいいのかなどという気はします。

○増井教授　有機と比べてどうかというのは全然検討していません。

○橋本委員　ただし、そのときに有機顔料の場合には、塗料とかプラスチックと混ぜたときの分散性が非常にいいのです。逆に無機顔料の場合には分散性が悪くなってしまいますので、そういう塗料とかプラスチック等の今現在の開発した顔料の分散性というのはどういうように。

○増井教授　その点もまだ評価していません。

○橋本委員　もしこれが広まって、どんどん置きかわるようなことが起こるとすれば、いずれは有機顔料の生産のところを代替できるようなもののほうがいいと思います。そうすると塗料とかプラスチックと練り込んだときの分散性とかそこら辺を検討されて、ほぼ有機顔料と同じぐらいの分散性をもっていけば私はおもしろいなと思います。あとは着色力がないことによって、フィルター系の材料ですね、テレビとかディスプレイ系のものに考えられたことはないですか。

○増井教授　今のところはそういう検討はしていません。今先生からご指摘いただいて、そういう用途もあるのかなど。連携企業さんは粉をつくらしている会社ですので、まだ具体的な用途までは念頭に置かずに、いかに開発した顔料を安くつくるかということでしか主眼を置いておられないので、その辺も含めて検討する必要があります。

○橋本委員　それはある一つの方法や用途としての話になりますが、液晶とかディスプレイのRGBのフィルターで使う用途があるのかなど聞かせていただきました。

○増井教授　ありがとうございます。分散性について評価していただこうかなということもあって、サンプルをメーカーさんに出したのですが、電子顕微鏡で見てちょっと凝集が強いので、多分このままだと評価してもそんないい成果は出ないでしょうということで、そこでとまったのが1件あるのです。粒度の制御を全然していない状態のサンプルですので、今ご指摘がありましたように粒をそろえたときどうか、形をそろえたときどうかというのでも検討する必要はあると思います。

○今中教授　液相での結果は出ていませんので、液相でできれば可能性はあると思います。

今のは固相法の結果ですので。

○増井教授 どうしても固相で焼きますと、だまになります。凝集します。

○橋本委員 わかりました。ありがとうございました。

○森委員 なかなか難しいですね。今先生から話ありましたけれども、カラーフィルターは確かにグリーンはRGBの一つですからおもしろいなと思っておりますが、それにしても顔料が細くなることと、それなりの透明性が要りますから、細くならないといけない。そういう意味で小さくなるということと色相が大事である。加えて分散性の場合、例えば塗料とか印刷インキの場合は、1つの顔料でもバインダーに合わせて表面処理をします。それで分散性の評価をしますから、今回の無機顔料でも用途はターゲットを絞って分散性評価しないと、非常に多岐にわたって何をやっているかわからないようになります。そういう意味で分散性、着色力、顔料の透明性、バインダーとの相溶性とか本当にこれは難しいので、絞って検討することがいいと思います。

○増井教授 ありがとうございます。本プロジェクトでは、こういう物質がよいという探索がメインになっていまして、推進委員会から中間評価の提言を受けて実用化云々の話に展開しました。

○森委員 基本的に今大事なのは、この結果をみて私が思うのは、実用化に通ずるには着色力がないと、コスト面も含めて非常に大事になります。やはり色相が大分近いものが出ていますからその辺はいいのですが、問題は着色力を上げることです。

○増井教授 ありがとうございます。

○山下座長 最後に生体安全性の評価もごさいます。経口摂取だと体内に蓄積されないという結果だったのですが、現場のメーカーさんの今の状況ですとかなり粉を使う。吸収していく上でそのあたりは今回検討しましたか。

○増井教授 当初はやろうと思ったのですが、予算の関係でその部分は割愛して、食器等に使われたときのことを想定して、経口投与だけに絞らせていただきました。その辺は大震災の影響もあって予算を削減されたこともありまして、吸入曝露も当初は最初の目標としてあげていたのですが、予算の都合でこうなりました。安全性評価は再委託になりますので、経口投与だけにさせていただきました。

○山下座長 我々も生体内で使う場合には、その元素を含む化合物が過去に毒性を呈しているかどうかという履歴で安全性が評価されているのがあるのです。そのくらい調べておくといいかもしれませんね。

○増井教授 ありがとうございます。

○橋本委員 ということはLD50は求めてないということですね。

○増井教授 そうですね。単に食べさせて、解剖して、どれぐらいの濃度が残っているかを分析したという段階です。

【6. 研究開発マネジメント・体制等】

○山下座長 政治情勢や世界情勢がちょうど大きく変わった中で、このプロジェクトは進められてきたのですね。

○増井教授 ただ、全部やめてしまうのではなくて、希土類を使った材料開発も大事なので、それもやりなさいということもいわれたのです。この中間評価の場で委員の先生からも

指摘を受けましたので、希土類を使うものと使わないものの両方の研究を進めました。実際に今現在の中国の状況は、ほかの鉱山開発もあって、価格も大分落ち着いてまいりました。今中研究室は、従来ずっと希土類一本でというか、希土類が柱になっている研究室ですので、それをやめてしまうのは、せっかく今まで培ったノウハウがあるのもったいない話でありますから、希土類を含む顔料開発もあわせて行ってまいりました。

○山下座長 中間評価には、適量希土類を使っているからよろしいというコメントもありましたね。

○増井教授 はい。

○森委員 希土類を使う場合は付加価値の高い用途に絞らないと、トラフィックペイントとかそういう点では全く話にならないので、2つ分けてしっかりと考えたほうがいいですね。

○増井教授 例えば先ほど申しました専門画家が使うような油絵、ほんの少量でいいようなものですね。

○森委員 そうですね。ああいう場合は、濃い色も欲しいけど、ぼやっと薄い色も欲しい。それは芸術的なものがありますから、そういう点はいけると思います。

○増井教授 ありがとうございます。

○今中教授 希土類を使うのは高付加価値の顔料を考えております。希土類なしは、割と多めに使う一般的な汎用にも使えるということで、区分けしてやっていくべきだと思います。おっしゃるとおりだと思っています。現在それで進めています。

○山下座長 この報告書をみる限り、先ほど森委員や橋本委員がご指摘された部分は、これを進めていく委員の方たちのご意見にも既にあったわけですね。それを反映しないからということですね。

○増井教授 着色力が足りないこともあって、この5年間では難しかったです。中間評価の後に着色力を評価しなさいという指摘があり、それから取り組み始めたこともあって、目標が一部達成にとどまってしまったところもあります。当初から基本計画に入っていればできたかもわからないです。取り組みが少し遅れたというのは正直なところございます。

○中村委員 少し戻りますが、先ほど材料費のコストの話がありました。レアアースというのはこれだけ変動しているとき、どの辺の価格でやっていたのですか。

○増井教授 事業化の少し前ですのでよく分かりません。

○今中教授 一番高いときです。今だったらもっと安くできます。今は余っていますから。

○中村委員 ちなみに、さっき使われている今事業化を考えているイットリウムですけど、これは今余っています。

○増井教授 ランタンも余っていますよね。

○中村委員 現在ランタンは余っていますが、今後はランタンは少し厳しいですね。イットリウムは数千トン、1万トン近く余っているのではないかと思います。今酸化物ではグレードにもよりますが5ドル/kgとかなり安いのもあります。

○増井教授 それで多分これだと事業化が可能だという判断だと思います。

○山下座長 かなり安いのがそこに反映されているのですね。

○増井教授 そうですね、ルテチウムを抜くだけで価格は10分の1ですから。高いですね。青はスカンジウムが入っていると説明した瞬間に、もうだめといわれましたので。

○森委員 話は戻りますが、1つは陶磁器に使って研究しますね。そのときに、粘土に顔

料を加える場合に、まず水で粘土を練りますね。この無機顔料を分散剤を使って非常に細かく分散する技術がありますから、それで分散したものを粘土にまぜて色をつけるとかなり着色力は上がる可能性はあります。それで焼くと、普通分散剤、界面活性剤、界面樹脂はなくなってしまうから、そういう意味ではひと工夫というのもいいと思います。要するに分散したものを使う。

○増井教授 有田の試験のときは、単にフリットとまぜています。

○森委員 それではとても色は出ません。

○山下座長 ボーンチャイナもボーンは結構いろいろなものと反応しやすいのです。ですから、選んだほうがいい。

○今中教授 その詳細を研究協力者が教えてくれないので、わからない。反応したということしかわからない。

○増井教授 そうなのです、何を使っているかは一切教えていただけない。

○森委員 顔料が凝集したら、もう一ついい色が出ません。分散してこそ本来の着色が出るということです。

○橋本委員 あと1点ですが、絵の具に使われるということで、例えば硫化カドミウムなどの硫化物は、あるものとまぜると色が変わります。このため、ダイレクトに絵の具と絵の具をまぜて調色していくと、色が変わっていくということがあるのです。これらの化合物のある物質との反応性とか、そういう物質と物質を水で練ったりしたときに、そこですぐに反応が起こるとか起こらないという確認はやられていますか。

○増井教授 例えば10年、20年のスパンでどうかというのはわかりません。

○橋本委員 わからないけれども、そういう美術を愛好されている方で使っていて、パレット上でどうかという話は聞かれていますか。

○増井教授 まだそんな段階ではなくて、絵の具メーカーさんに、鉛とか六価クロムとかカドミウムがない顔料があるけど、どうですかというのを検討していただいている段階です。

○今中教授 向こうからサプライしてもらえませんかといわれて、今その顔料を渡して、油絵の具用としてどうかの評価をされているところです。ですから、まぜたりするのはされていると思います。水彩ではなくて油絵の具用です。高級油絵の具用のものとしての検討ということです。特にヨーロッパでは鉛とか使えなくなりますので、そのときに代替がないということで、かなり緊急性はいわれていました。

○増井教授 硫化物に比べれば全て酸化物系ですので、かなり安定であるとは思いますが。

○橋本委員 趣味の世界は、今やっとそこまで規制がかかっている状態なので、ずっとまだ使われていますよね。カドミウム系であろうが、鉛系であろうが。ですから、その辺ももしこれから変わってくるのであれば、こういうものに置きかえていけないということが切迫してくるのではないですか。

○増井教授 EUではそういう動きが今あるようです。

○森委員 日本画のときに岩絵の具を使いますね。無機顔料。だから今回のこれでも、そういう高級な点は評価されるかもしれませんね。

○増井教授 ありがとうございます。

【7. 事業化、波及効果 8. 費用対効果】

○森委員　今回は無機顔料がターゲットですね。そこにアゾ系有機顔料と書いていますが、その用途が有機顔料は普通は塗料とか印刷インキで、無機顔料の場合は耐熱性があるという特徴があります。だから、少々そのところが。

○増井教授　これはいただいた文面というか、ご意見をそのまま掲載しております。ここにも書いていますが、これ次第ですけれども、もしこれが可能だったらすごいですよとはいわれました。

○森委員　それはわかりますが。

○増井教授　済みません。

○橋本委員　私は逆にマツダ自動車のマツダカラーの赤にかわる無機顔料であれば非常に魅力的だと思って、有機顔料に変えてほしいと思っているぐらいです。

○森委員　そのときは塗料にしても印刷インキにしても、顔料がものによりますけれども、1 ミクロン以下くらいに微粒子化して使用します。そこまで無機がくれば先生のおっしゃることはわかります。

○増井教授　このプロジェクトではそこまで詰められておりません。ただ、市場規模は伺った段階ではこれぐらいあるよ。それで改良次第ではということで、少々これは言い過ぎというか。これはせつかく教えていただいたので、載せておかないと思ひまして。

○橋本委員　あとブルーのフタロシアニンも置きかえてほしいと思うぐらいです。とにかく今の日本の産業の中で無機顔料をやっているところは非常に少なく、市場規模もそんなに大きくないことはわかっていますが、それを世界に発信できるならば、あえて有機顔料の代替になってほしいという希望があります。

○山下座長　話半分でも 1000 億近いですからね。

○増井教授　まだまだ乗り越えないといけない壁が幾つもあるのですけど。

○山下座長　先ほどの森委員の話でも、プロセッシングで液相がコントロールできるようになれば、20 ミクロンというのはかなりできそうな目標ですよ。

○増井教授　そうです。これは無機の粒子にしては大きいほうです。

○山下座長　確かに経産省のプロジェクトで費用対効果、波及効果も大事ですが、今車の排ガスの不正が問題になっていますね。カリフォルニア、アメリカは、これから有力なメーカーは排ガス規制をもっと厳しくする。そういう意味では環境と命に関わる規制というのは、もっと強化されていく可能性がありますよね。そのような中でそれをクリアする技術、たとえば審美性の稚拙さやコストが少しかかってもやっていくべきと。中間評価にもありましたように、さすが先駆的なプロジェクトと私はそこを強く感じます。政治や国際情勢の大きな波が一山も二山もかぶったということですので、その結果ということも先ほどご説明がありましたが、またいろいろな企業さんともお話しされながら、先ほど来ご指摘がありますように、やりようによっては大きなビジネスにもつながることですので、ひとつめげずにいかれたらいかがでしょうか。

○増井教授　ありがとうございます。

(5) 今後の評価の進め方について

事務局から、「資料 8 評価コメント票（評点シート含む）」について説明があり、評価コメント票の提出期限を 10 月 15 日とすることを確認した。

また、第2回評価検討会を11月上旬に書面審議で行う予定であることを確認した。

(6) 閉会

以上