

談話室

アブダクションから縁（えにし）へ

宮原 諄二

富士写真フィルム

『そのまま真っ直ぐに行けば、よく知っている大きな道であったのに、その時、なぜ、まったく知らない小さな分かれ道の方を選んだのか』

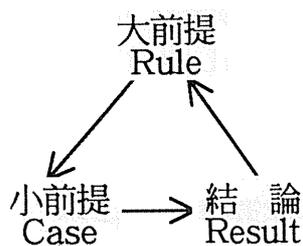
おもしろかった仕事を捨てて、現在イメージング・プレートと呼ばれるようになった放射線イメージセンサーの研究開発に取り掛かった時を振り返ってみると、いつもそう思います。その小道がどこへ続いて行くのか誰も知らないし、崖や急流で行き止まりになっているかもしれない。しかし大きな真っ直ぐな道を歩いて行くよりは、曲りくねった小道を抜けて行けば、ひょっとして見た事もない美しい場所に早く着くかもしれない。

私はアメリカの哲学者C. S. Peirceが唱え、日本では上山春平先生がその啓蒙に努力されたアブダ

クション (Abduction, 仮想的推論) の重要性をとても感ずる一人です。論理としての演繹的推論 (Deduction) や帰納的推論 (Induction) の“理屈”では割り切れない何かを思い至った時、アブダクションの考え方はその時の推論のプロセスを“論理的”に説明してくれるからです。

私たちはこの新しい放射線イメージセンサーの原理として、固体で生じるいろいろな自然現象の中から輝尽発光現象を選びました。この現象は今から100年ほど前に Phillip E. A. Lenardが発見したものです。つまり「ある物質」に放射線などの刺激を最初に与えた後、赤外線などでもう一度刺激すると最初の刺激に応じたルミネセンスが発生するというものです。この現象は将来の新しい放

推論の三つのプロセス



- 演繹的推論 (Deduction)
Rule → Case → Result
- 帰納的推論 (Deduction)
Case → Result → Rule
- アブダクション (Abduction)
Result → Rule → Case

射線イメージングシステムの基本コンセプトにびったりでした。私たちのその後の開発はまさにアブダクティブに決めたこのセンサーが、本当に実現できるかどうかを“論理的”に実証して行くプロセスでした。

「ある物質」とは、具体的には放射線吸収率の高い重金属元素を含む結晶であり、放射線が照射された後、赤い光で再刺激すると、青い光をマイクロ秒以下の高速で発するという輝尽性蛍光体でした。なぜ赤で、青なのか。1970年代の中頃、唯一の実用的なレーザーは赤いHe-Neレーザーであったこと、最も低ノイズで高感度な光センサーは光電子増倍管であって、その検出量子効率も青紫色が最も高かったからです。また赤と青のように波長が離れていないとスペクトルが重なりあってしまい、システムとして成立しないこともありました。そして当然ながら、実用レベルの発光特性を満たすと同時に材料として化学的に安定であり、工業的に安く作りやすいものということになります。

研究の企画を考えていた1970年代の前半では、公開されている情報を検索しても輝尽発光現象に関する研究報告はほとんどありませんでした。それほどこの現象は研究対象として忘れさられていました。どこから手をつけたらいいのか、まったく弱りました。そこで、まずはアナロジーから始めることにしました。

当時、今でもそうですが、放射線被爆量の管理に熱蛍光線量計が使われていました。これはLiFやCaSO₄などの蛍光体に記憶された放射線情報を、後から加熱することによってルミネセンスとして取り出すものです。光と熱の違いはありますが、この周辺の材料に手掛かりはありそうでした。もう一つの手掛かりは、それまでの蛍光体開発の歴史の中で捨てられていった“汚い”蛍光体の中にありそうでした。なぜなら、普通の蛍光体は放射線などの刺激に“瞬時発光”してほしいため、欠陥のないきれいな結晶作りが基本です。私

たちの“輝尽発光”してほしい「ある物質」はそれとは逆の方向にありそうでした。

今から思うと、この程度のいい加減さでよく始めたと思います。実験を始めていくと、最初の手掛かりはすぐに手詰まりになりました。結局、周期率表をにらみながら結晶母体と発光センターとの組み合わせを次々と作っていく。それらを評価解析して、屁理屈に基づいて実験仮説を作る。その仮説に基づいて、酸化物系、硫化物系、ハロゲン化物系などの望ましい次の化合物を合成する。まさに“錬金術”の如く土をこねて焼くという泥臭い仕事の繰り返しになってきました。

宝くじには必ず当たりくじがあります。しかし私たちの「ある物質」はこの世に存在する保証はありませんでした。あったとしても「ある物質」を私たちが最初に見つけるチャンスは極めて稀有な事と思われました。客観的に見れば、3年間という約束の納期内に見つからない可能性の方が高かったと思います。オプティミストに徹して「見つかるさ」と気楽に構えないととてもやっていけません。時には近くの名利大雄山最乗寺に御利益を授かりにお参りに行ったり、箱根の温泉につかったりして、時間をつぶしたのもこの頃です。

研究の進め方として、私たちはその時の最も特性のよい物質を仮の候補として採用し、それを越える新しい物質が見つかるまで発光特性を改良して、素性を確認するという方法を取ってきました。探索と改良の同時並行です。いろいろとおもしろい経験則の発見がありました。それは、

1. 素性のいいものは最初からその片鱗を見せてくれる。
2. ある物質を見つけた時、その物質を地道に「改良」していくと特性は約1桁位は向上する。(それ以上期待してはいけない)
3. その「改良」のカーブは平方根曲線のように次第に飽和に近づいて行く。

(それ以上の特性向上を期待しても、努力の割に成果が出ない)

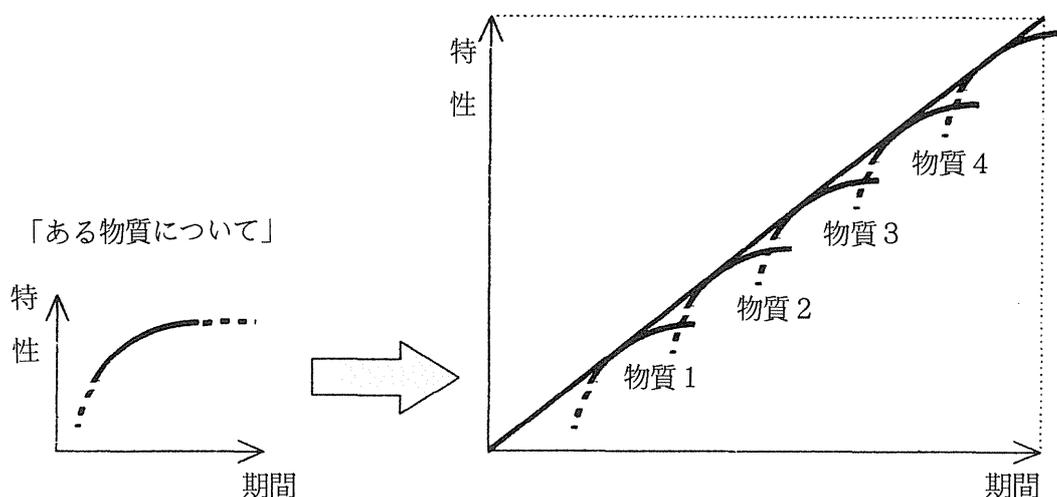
4. さらに高い特性が必要なら、その物質にこだわってはだめで、まったく系の違う物質の「発見」が必要である。

この繰り返しによって性能は向上していきました。私たちの場合、最終候補に至るまで、たぶん輝尽発光強度は一万倍ほど向上しているはずで、開発の当事者としてのミクロ的な立場に立つと、その性能の向上は連続的な変化ではなく、“不連続的”な飛躍の集合でした。一方開発期間の全体を通して見ると、全体が個々の発見と改良の集合ですので、第三者的かつマクロ的な立場では極めて順調に“連続的”に変化する開発プロセスを取ってきたかのように表現されます。同じ一つの事実でありながら、まったく別の見方をすることができます。同じようなことは医療用X線撮影感度の進歩にもありました。この場合は1896年のレントゲン写真の発明以来、1920年代の(蛍光クリン/フィルム)システムの発明、1940年代の写真乳剤の金増感法の発明、1970年代の希土類蛍光スクリーンの発明という大きな3つのブレークスルーがありました。これらの技術はその前の技術がほぼ飽和に達しつつあった頃に突然出現し、不連続な進歩を引き起こしてきました。この感度の進歩は私が体験した輝尽性蛍光体の開発における材料探しととてもよく似ていました。技術がこ

のような歩み方をするのは、どうも普遍的なことのような気がしています。

そうこうするうちに研究の納期が迫り、しかも手詰まりになってきた頃、実用とされている蛍光体を見直す事にしました。最初のドグマから言えば、その中に「ある物質」が存在する可能性は低いはずでしたから、検討の優先順位は低かったのです。その中の一つにDuPon社の医療用X線蛍光スクリーンに使われていたBaFCl:Eu²⁺蛍光体がありました。(注: BaFCl:Eu²⁺とは、BaFCl化合物の母体結晶に発光センターとしてEu元素の2価のイオンが微量に含有されていることを示す蛍光体特有の表現)

驚いたことに合成した最初のサンプルから、それまでに経験した化合物とは何か違う、それこそピカリと光るもの、何か「質のよさ」がこの系にはありました。早速、この周辺の一連の化合物をしらみつぶしに調べました。そして目指すシステムのコンセプトにぴったり合った発光特性を持っていたものが、塩素を臭素に置き換えただけのBaFBr:Eu²⁺でした。よくよく調べてみると、BaFBr:Eu²⁺は水に非常に溶けやすく空気中における潮解性が大きいという理由で医療用X線蛍光スクリーン用としては捨てられ、BaFCl:Eu²⁺が採用された過去のいきさつがあったことを知りま



した。最初のドグマはやはり正しかったのです。さらに同じ物質が“瞬時発光”にも“輝尽発光”にも作り分けられることがわかってきました。よく知られている物質の中に、実は誰にも知られていなかった“輝尽発光”という秘密の特性が隠されていたのです。

実用化の納期が迫っていました。化学的安定性の高い $\text{BaFCl} : \text{Eu}^{2+}$ を採用して発光特性を向上させるか、それとも発光特性のよい $\text{BaFBr} : \text{Eu}^{2+}$ を採用して潮解性を改良していくか。天は二物を与えず、潮解性とは神様がそう定めた物質固有の特性であると信じていましたから、大いに悩みました。今から思うと、この時の選択は、この開発の一つの重要な岐路であったと思います。結局、発光特性を最優先し、潮解性を無視して $\text{BaFBr} : \text{Eu}^{2+}$ を採用しました。

しかし発光特性を改良していくうちに、不思議なことにこの物質を湿度の高い空气中に長期間放置しておいても発光特性はまったく変化がないという事実が次々に出てきました。溶解性と潮解性はまったく別物であり、非常に安定であったのです。この物質の潮解性は本質的なものではなく、この物質を合成して行く過程で生じる表面の不純

物の種類と量や化学量論的なずれによって引き起こされていたようです。過去の報告は間違っていたのです。この結果も予期せぬことで、幸運でした。

それにしてもずいぶんと遠回りをしたものです。最後に採用した「ある物質」が私たちにとって最も身近な蛍光体の一つであったことは、まさに温故知新を実感しました。自然科学の原理である「原因があって結果に達した」のではなく、仏教の世界で言う「縁があって結果に達した」のだと思っています。なぜ最初に最終候補を調べなかったのかと言われても、答えに窮します。「コロンブスの卵」のように、後からならいくらでも理屈は言えます。さらにこの物質の発見の経緯からして、この物質を越えるものはいくらでもありそうでした。この物質を公表したら世界の多くの企業や研究所が秘密を知って、すぐにこれに代わるものを出してくると予想していました。私たちもこれに代る物質探しを続けました。あれから15年。まだこの物質に代わる輝尽性蛍光体は出てこないのです。なぜ出てこないのか、良くわかりません。自然の奥深さを感じます。

