シャープペンシル芯開発のNM法的展開例

山 上 定 也*

A Process of Ideaformation

Sadanari YAMAKAMI*

発想法という名前が聞かれるようになってから、10年ぐらいになります。企業内には相当広く普及しているで、NM法・KJ法・ブレインストーミングなどをご存知の方もいらっしゃると思います。技術的な問題のアイデアを出す場合にはNM法が一番適していますので、発明技法であるNM法型Hを使った「シャープ芯の開発」の実践例をご紹介します。

NM法の手順

発想法・NM法H型というむずかしい名前がついていますが、実際にはそれほどむずかしい技法ではありません。「創造とは異質のものの結合である」という、アリストテレス以来の定理をそのまま実践していくだけのことです。たとえば、ダンロップタイヤ（空気チューブ入りの普通のタイヤ）の発明過程をみてみましょう。

ダンロップ氏がダンロップタイヤを発明する以前は、車輪にゴムをまきつけただけの、大変クッションの悪いものが使われていました。当時、多くの研究者たちが、タイヤのクッションをよくするための研究をしていたのですが、大部分の人は「材質」の研究に向かったのです。ダンロップ氏もその中の一人でしたが、たまたま公園を散歩していたときに、子供たちがサッカーボールをころばしていたのに出会ったのです。そのボールがよくはずむことに気がつき、「タイヤ」と「サッカーボール」を組み合わせ、空気チューブ入りのタイヤを発明したわけです。

ほかの研究者たちも、サッカーボールを知らなかった

* (株)創造工学研究所東京本社 ()

* Creative Engineering Inc., ()

わけではありません。しかし、彼らにとって、サッカーボールは「サッカー」というスポーツに使うものであり、タイヤは「自動車」に使うもので、両者の間に何の関連性も見つけられない“異質”なものだったのです。その“異質の結合”をやったのがダンロップです。

ダンロップ氏は、たまたま公園を散歩してサッカーボールに出会い、それがよくはずむことに気がついたのですが、現代の技術者には偶然の出会いを待っているほどの時間はありません。積極的に出会いを求めていく必要があります。そのためには、はずむものをさがしなさい」という方向づけをすることが大切なことです。デタラメに出会いを求めても、やはり偶然の出会いを待っているのとそれほど差がありません。「はずむもの」をさがしていけば、タイヤのクッションを良くするのに役に立つものと出会える確率がずっと高くなります。

この「はずむ」という言葉を、NM法ではKW (key word) とよんでいます。つぎに、「たとえば～のように」はずむ、というように考えて、はずむものの具体例をさがし出します。サッカーボールその他が見つかるでしょうが、この具体例をA (analogy・類比) とよんでいます。そのアナロジーについて、「そこでは何がおこっているか」、「それはどうなっているか」というB (background) を考えていくと、「空気チューブを使ってはずませている」ということに、はっきりと気がつきます。このB (バックグラウンド) を生かして、「こういうタイヤを作ったらどうだろう」という提案を、簡単な原理図にしたものがC (conception・着想) となります。この手順を踏んでもなお良いアイデアが出ない場合には、いろいろなC (着想) を組み合わせてレベルアップしていくことになります。

NM 法 H 型の手順

- KW** (key word)はずむ
A (analogy)サッカーボール
B (background)空気チューブを使っている
C (conception)空気チューブ入りのタイヤ

サッカーボールは蹴るものであり、サッカーというスポーツで使うものですが、それと同時にほかにもいろいろな特性を持っています。「はずむ」、「ころがる」というのもそうですし、「体積の割には軽い」という見方もできます。ところが、いつのまにか、「サッカーボールはサッカーで使うもの」、「サッカーボールは蹴とばすもの」というように感じてしまいます。固定観念です。ダンロップ氏以外の研究者たちも、サッカーボールを知っているがそれをタイヤに応用できなかったのは、この固定観念がじゃまをしたといえるでしょう。同じものを見ても“観点”のちがいで、ずい分と変わってくるものです。NM 法の手順が、サッカーボールを「はずむものの一つだ」というように、あらたな“観点”から見ることによって固定観念を切る方法にもなっていることもおわかりいただけると思います。

メタル芯の開発

0.5 mmφ のシャープペンシル芯の開発は、いかにして強度を上げるか、というところにポイントがあります。普通の鉛筆の芯は 2.0 mmφ の太さがあるので、木軸をとりのぞいた芯だけでも十分な強度がありますが、それを 0.5 mmφ の太さにすると、どうしても従来の芯の 3 倍ぐらいの抗折強度が必要になります。鉛筆業界は長い歴史を持っている上に、製造方法が黒鉛と粘土（それを、色を黒くするためにカーボンブラックを少々）とを混ぜ合わせて焼結するだけの簡単なこともあって、品質については行きつくところまで行ってしまい、この上さらに 3 倍の強度を出すことはとんでもないことだったのです。欧米では、シュテットラーほどのメーカーですら、鉛筆の研究などはやめていた状態です。

ところが、国内の P 社が粘土のかわりにポリ塩化ビニルを使うことによって、従来の鉛筆芯よりも 1.5 倍の強度を持つ芯を開発したのです。粘土は黒鉛の粒子を結びつけるバインダーの役目を持っていました。それを塩化ビニルの炭にかえることで、強度が飛躍的に上がったのですが、それにしてもまだ十分ではありません。この P 社の業績の上に立って、さらに強度を高めようというのが目的です。

強度を 2 割アップ、3 割アップする程度でしたら地道な研究で達成できそうですが、3 倍にするためには画期的な方法を考え出さなければなりません。NM 法 H 型、つまり発明技法を使ってアイデアを出すことになります。**KW** (key word) は「強い」です。**A** (analogy) はすぐに出てくるでしょう。「たとえば“竹”“鋼”のように強い」と考えれば、「竹」「鋼」がアナロジーです。

つぎに、アナロジーの一つをとり出して、**B** (background) を考えます。竹では「何がおこっているか」、「それはどうなっているか」と追求していくのが、パッ

クグラウンドのステップです。そうすると、つぎの 3 つのことに気がつくでしょう。

- ① パイプになっている
- ② フシがついている
- ③ 繊維が入っている

竹が強いというのは、これらの要素によるものです。そのメカニズムを鉛筆の芯に応用すれば、竹のように強い芯ができるかもしれません。しかし、①と②は役に立たないことはすぐにわかります。芯の外径が 0.5 mmφ におさえられているのですから、中をくりぬいたパイプ状にするよりも、棒状の方が強いことは明白です。同じ外径ならばパイプよりも棒の方が強いはずです。

③のバックグラウンドから、「芯の中に繊維を入れたらどうか」という **C** (conception・ヒント) がえられます。さっそく実験です。メタルファイバー、グラスファイバーを入れてシャープ芯をつくってみました。頭の中だけであれこれと結果を予測しているよりは、実験をしてしまったほうがよっぽど早い確実です。たった一日の実験で結論が出ます。結果は予期以上の抗折強度が出ました。ところが、強度は飛躍的に上がったのですが、その芯を使って書いてみると、メタルファイバーやグラスファイバーが芯の先端に顔を出して紙を削りはじめ、ガリガリと音がするだけで書けなくなってしまいます。

これでは鉛筆になりません。黒鉛繊維についても実験しましたが、結果は同じです。

「竹」のアナロジーから得られたヒント (C) が全滅したので、「鋼」のアナロジーにうつります。ハガネのバックグラウンドを考えると、つぎのようなことに気がつきます。

- ① 鍛造している
- ② 焼き入れをする
- ③ C (カーボン) を入れる

①の「鍛造している」ということを、鉛筆の芯に応用してみます。鋼が鍛造によって強くなるのは、金属結晶をひたたく押しつぶして方向性を持たせるからです。このことを芯に応用すると、「黒鉛の粒子の形状を、リン片状または棒状にして、一方向にそろえる」という C (conception・ヒント) になります。ところが、このことは鉛筆業界ではすでに十分に研究しつくされており、その成果が最高級品の鉛筆に生かされています。

②の「焼き入れをしている」ということから、何かヒントをつかもうとしたのですが、どうにもまいヒントが得られず、芯を 600℃ に加熱して水の中にボチャンと落としてみました。おどろいたことに、これでもごくわずかですが強度が上がります。あとで考えてみると、焼き入れではなくて焼きなましをやって、組織を均一にしたのでしょう。しかし、3 倍の強度を出すことにはおよびもつきません。

③の「カーボンを入れる」というバックグラウンドを芯に応用します。高炭素鋼という、硬くてろい鋼がありますが、この性質は鉛筆の芯にとっては願ってもないものです。折れにくく丈夫であると同時に、部分的には (ミクロには) もろくて壊れやすくないと「書く」ことができません。ねばっこい普通の鋼よりは、鋳物に近い高炭素鋼のほうが芯の性質に向いているのです。

カーボンを入れることによって鋼が強くなるというのは、 $[\text{FeC}]$ ができるからです。しからば、鉛筆の芯に $[\text{CFe}]$ ができないか、と考えたのです。 $[\text{FeC}]$ も $[\text{CFe}]$ も同じではないか、と考えるようではこまります。たしかに、科学的に考えれば同じものですが、NM 法の世界では全くちがいます。 $[\text{FeC}]$ は鉄の中に少量の C を入れたときにできるもので、 $[\text{CFe}]$ はカーボンの中に少量の Fe を入れたときにできるものなのです。鉛筆の芯はカーボンのかたまりですから、その中に少量の Fe を混ぜようというのが $[\text{CFe}]$ の発想です。

さっそく実験です。鉄以外の金属粉も混ぜることになるでしょうから、何種類かの金属粉をとりよせます。そのあいだに、手近にあった金属粉で実験をしたのです

が、その中に「カルボニルニッケル粉」というのがありました。化学系の人ならすぐにおわかりでしょうが、ニッケルカルボニル $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ を原料として、それを還元してつくったニッケル粉で、純ニッケル粉であることにちがいはありません。ところで、「カルボニルニッケル粉」というのは、大変良い名前です。芯のベースとなっている炭素と関係がありますので、一番目の実験は平均粒径 3μ のカルボニルニッケル粉を 30 wt% を加えてやってみました。

結果はなんと抗折強度が $27,000 \text{ gr/mm}^2$ も出たのです。普通の芯が $8,000 \sim 12,000 \text{ gr/mm}^2$ であることを考えれば、約 3 倍の強度です。この結果におどろいて他の金属粉についても実験をしたのですが、やはり鉄粉でもかなりよい結果が得られました。しかし、銅粉などでは逆にマイナス効果になっています。あとから考えれば、ニッケルがよいという理由づけはできます。「カルボニルニッケル粉」という名が示すとおり、ニッケルはカーボンと「なじみ」が良いのです。銅などはカーボンと全く反応しませんから、強度が上がるはずもないのですが、これはあとになって気づくことでしょう。

もっとも特性のよいニッケル粉について、何%添加するのがよいかを確かめる実験に入ります。この結果、3 wt% という結論が出ました。炭素という軽い素材の芯に、重さでわずか 3% のニッケル粉を混ぜるだけです。ほんのコンショのひとふり程度でいいわけです。たったそれだけのことで 3 倍の強度が出るのですから、物性というのはおもしろいものです。しかも、従来の生産工程をまったく変える必要がありません。原料を混ぜ合わせているときに、ニッケル粉をコンショ程度に加えて少しよくかきまぜればよいだけなのです。実に簡単なことです。

研究と開発とのちがい

メタル芯はなぜ強いのか ニッケル粉を添加した「メタル芯」がなぜ強いのか、今だにその原因は不明です。しかし、いくつかの推論はなりたちます。

1. ニッケル・バインダー説 黒鉛はかなり不活性な物質ですが、黒鉛粒子・黒鉛結晶の末端にある炭素原子は活性化されるはずで、少なくとも、4 つあるボンドのうちの 2 つはフリーボンドになる可能性があります。その末端にある炭素原子と、バインダー部分の炭素原子との間に「……C-Ni-C……」という結合が生じる可能性もあります。黒鉛粒子にヒゲが生えたような状態ですが、バインダー部分の炭素の鎖と黒鉛粒子との間が、ファン・デル・ワールス力によって結合しているより

は、はるかに強いものになるでしょう。

ニッケルは粉末状で添加しますが、そのあと約1,000℃まで加熱して焼結するので、ニッケルは固体拡散して原子状で分散するはずですから、このようなことも十分に考えられます。

2. 架橋反応説(ニッケル触媒説) ニッケルが触媒となって、バインダー部分のカーボンの鎖の間に架橋反応をおこし、バインダー部分の強度が飛躍的に上がったということも考えられます。また、①と同じような反応が、ニッケルを触媒としておこることもあるかもしれません。

3. バンド理論説(析出形合金説) 半導体のほうでいう(物理)「バンド理論」というのがあります。不純物が入ることによって電子の分子軌道の準位が変わるというものです。ニッケルが原子状で固体拡散することによって、その周辺のカーボンの分子軌道が変わり、金属結合に近い状態になることも考えられます。しかも、ニッケル原子はバインダー部分のカーボンの中に分散していますから、ちょうどジュラルミンなどの析出形合金と同じような原理で強度が出るのかもしれない。

いずれにしても、「なぜ強くなるのか?」と追求していくのは“研究屋”の仕事です。ここに足を踏み入れると、少なくとも5年の仕事になってしまいます。私ども

“開発屋”は、理由はともあれ「モノ」ができればよいのです。この無責任さが、“研究屋”と“開発屋”を分ける一線ではないかと思います。開発屋は3倍の強度の芯ができれば、それで目的達成ですから、なぜ強くなったのかという原因追求したいという欲望はあっても、つぎの開発に追われていく、ということになります。

オーソドックスな研究の手法を使って行きづまってしまったときに、「しょうがないから NM 法でも使ってみようか」というのが、本来の発想法の使い方です。着実な研究で達成できるものでしたら、それにこしたことはありません。しかし、過去の発明発見の多くは、当時としては着実な研究ではなく、「バカげた実験・試み」に属していたことも否定できないようです。研究開発ではこのようなムダや遊びが、重要なポイントになっているのではないのでしょうか。

このシャープ芯の開発過程では、生産技術の面でも NM 法がずい分と使われています。たとえば、芯の直径を 0.525~0.575 mmφ におさえる必要があるのですが、これが大変むずかしいことなのです。陶器などの“焼きもの”で、このような精度を出すことは奇蹟的なことですが、これも NM 法で解決しています。機会があればご紹介したいと思います。

(昭和49年10月23日受理)

「有機合成化学協会誌」合本ファイル

「有機合成化学協会誌」合本ファイル1部に1ヵ年分(12冊)がとじられるようになっています。
合本ファイル1部400円(送料実費下表参照)の上、前金にてお申込み下さい。

小包料金表

(単位円)

地帯別	地帯内都道府県名	1~4部 1 Kgまで	5~9部 2 Kgまで	10~14部 3 Kgまで	15~19部 4 Kgまで
第1地帯	東京都23区内	250	300	350	400
	東京都下, 山形, 宮城, 福島, 栃木, 茨城, 群馬, 埼玉, 千葉, 神奈川, 新潟, 長野, 山梨, 静岡, 富山, 石川, 岐阜, 愛知, 滋賀, 三重	350	420	490	560
第2地帯	青森, 岩手, 秋田, 福井, 京都, 奈良, 兵庫, 大阪, 和歌山, 鳥取, 島根, 岡山, 広島, 四国4県	450	520	590	660
第3地帯	北海道, 山口, 九州7県, 沖縄県	550	620	690	760