



だれが与えてくれたのか？ —超音波霧化分離法という贈り物—

松浦 一雄



最近私どもが開発した超音波霧化分離法について、米国で説明する機会に恵まれた。聞き手の一人はすぐに私に質問してきた。

What inspired you?

Inspire がインスピレーションの動詞だということはおぼろげながらわかったものの、日本人の感覚とはやや違っていた。後になって辞書を引いてみると、「靈感を与える」「鼓舞する」とある。「発明は99%のパースピレーション（汗）と1%のインスピレーション」という有名な台詞はエジソンのものだが、日本人の認識では「ひらめき」である。あくまで個人的な自我による頭脳の活動である。

ところが、英語の持つ本来の意味は「1. 靈感」であって、おそらくは「何者かによって与えられたアイディア」という意味なのだ。靈感という日本語には手垢がついた胡散臭いイメージがあり、ついに松浦も頭がおかしくなったか、という語感が強い。その言葉が適切かどうかは別として、英語圏の Inspiration の持つニュアンスは、誰か（おそらくは神様や先生）が「与えてくれたギフト」なのだとうやく理解した。つまり、日本語のひらめきとは異なり、Inspiration は、誰かがその人に贈った贈り物なのだ。ひらめきと比べるとかなり謙虚な考え方である。

たいへんな贈り物

私に「贈られた」ものにはささやかなものも多かったが、超音波霧化分離法はたいへんな贈り物だった。たいへんな気苦労と時間と予算がかかったという意味において、役に立つかどうかは、人様にご判断頂かねばならない。興味深い実験結果や考え方には人生を変えてしまう力がある。技術者・科学者の末席として、私もこの問題にいままで16年間取り組んできた。その強い吸引力から取り組まざるを得なかった。冒頭からの流れでいうと、取り憑かれたとも言って良い。その間、自分の出したデータが間違っていたら（よくそう指摘された）、たいへんなご迷惑をたくさんの研究者、技術者、国に対しても（巨額の研究費を支給してもらっている）与えてしまうことになる。私一人が血迷っていたために、今までこの課題に取り組んできた多数の人たちの努力を水泡に変えてしまう。四国経済産業局の事業を3年、中小企業基盤整備機構の事業を1年、徳島県の事業を1年、NEDOの事業

を2年、他の技術者が私の仕事を基に行った事業は知るだけでも3件ある。海外においてもブラウン大学（米）に科研費もついて研究が行われ、カナダのNRC、イスラエルにも研究者がおり論文が提出されている。論文を読む限り、たいへん精力的な研究活動が行われているようだ。もちろん追い抜かれずにせねばならない。

その上、開発の大半を中小企業で行ってきたので第三者から見ると私はほとんど暴走していたように見えただろう。本業は田舎の地酒メーカーなのである。そういう意味でもご支援頂いた方々の期待、この国の期待に必ず応えなければならない。

この文脈で振り返ると、最初の贈り物は徐々に自己増殖して大きく私の背中にのしかかってきた。現在こそ一定の評価を技術者の方々から得ることができるようになってきたが、それまでは地方メーカーの本業から見たとお荷物にしか過ぎないわけで、本業の売上げを落とさないようにしながら新規事業を立ち上げるという苦勞を社員に強いることになった。幸い社員には恵まれていた。

超音波霧化分離法とは？

この技術について、まだ聞かれたこともない方が大半かもしれない。何度か生物工学会で発表もしているものの、これまでのパラダイムから見て、きわめて異質な印象を持たれているようだ。そもそも溶液を霧にするだけで分離が進行するであろうか。それはなぜか？相変化（蒸発）と似たようなことが生じているのに、気化エネルギーの何倍も小さなエネルギーで分離が進行していくのはなぜか？温度を低下させると分離の傾向が良くなるのはなぜか？温度を高くし沸点に近づいていくと、気液平衡関係に近似していく、それはなぜか？

このような根元的な質問にも、溶液科学者のご協力と精力的な研究により、そろそろよどみなくお答えできるようになってきた。化学の教科書には物質の三態という章が必ず出てくる。気体、液体、固体であり常識的な事柄である。液体と気体の間の相変化を蒸発と呼ぶが、ミスト形成は蒸発ではない。私どもが扱うのは、その中間に位置するメソ液体もしくはメソ気体というべき状態がミストとガスの混相流である。このメソ液体は超音波によって液体がミストになる際に、元の液体の構造を反映した構造を持つ。すなわち、もとの溶液の会合状態を反

映する。このことが決めてであった。

現象面からのみ表現すると、混合溶液を超音波で微粒化（霧化）すると、元の溶液とミスト中の成分が異なるのである。この霧を集める必要があれば冷却するか、吸着するなどして集めてきて製品にする。要するにそれだけである。だから私達にもできたのだと思う。

今では、エタノール水溶液だけでなく、他のアルコール類でも、理想混合するような炭化水素の混合溶液でも、塩類や糖類、アミノ酸、有機酸、グリコール、脂肪酸、高分子ゲルなど微粒化さえすればほとんど何でも分離できることがわかってきている。ただし、高粘度の溶液は微粒化がそもそも困難である。一方、工場の廃蒸気や廃熱を利用して分離速度を高めることも可能である。特に不揮発性物質の濃縮の場合、希薄な水溶液から水を抜き取っていく操作はたいへん効率的である。気化潜熱を与えないでも糖や塩が濃縮していく様はたいへん奇妙でもある。水が糖分子や塩分子を離して、水分子単独ミストとなって分離していくようである。

多くの場合、微粒化にかかるエネルギーは気化潜熱より小さく、分離性能は気液平衡関係と同等もしくはそれ以上の場合が多い。熱を加える必要が必ずしもないので、バイオプロセスとの相性は抜群によい。発酵途中の液体を抜き出してきて、その発酵温度で霧化し、生成物を分離しつつ生産物阻害を低減することは比較的簡単にできる。

贈り主は誰か？

それでは、誰がそのような贈り物をしてくれたのだろうか？ 分離科学の神様が加担しているのは間違いないが、私の恩師とも呼べる人々による、出来の悪い生徒を導くという涙ぐましい努力の賜である。中学時代の理科の牧野先生には助けられた。英語と国語が最悪な劣等生ながら数学と理科は満点のちぐはぐな子供に将来性があると言ってくれた。大阪大学大学院工学研究科の塩谷捨明先生（現日本生物工学会会長）には博士論文の添削でたいへんなお苦勞をおかけした。就職先の前職の研究所長は坂口謹一郎先生門下、布川弥太郎先生で毎月酒を飲みながらの薫陶を受けた。関西学院大学商学部夜間大学院でご指導頂いた杉原左右一先生は今学院の学長を務められているようである。

現在ご指導頂いているのは同志社大学の土屋先生で、早くから超音波霧化分離の研究活動を指導して頂いている。また、独立行政法人産業技術総合研究所・環境管理技術研究部門の脇坂グループ長とは口角泡を飛ばして超音波霧化分離の分離メカニズムの議論をし、世界的な論文を形にいただいた。その上、産総研の客員研究員に推薦して下さった。年下だが立命館大学理学部の矢野客員教授には、いやがるところを留学中のハーバード大に押しかけて研究参画をお願いし、世界最大の放射光施設

SPRing-8にて超音波霧化ミストの粒径（ナノサイズ）を測定して頂いた。このことは、分離メカニズムを追求する上で大きな進展をもたらした。

つまり超音波霧化分離法は個人の「ひらめき」ではなく、恩師に「鼓舞して」頂いてできた事柄なのである。またさまざまな形で支援して頂いている特にNEDOをはじめ経済産業省の政府の方々には感謝しても足りないであろう。今振り返ると、よくぞ挑戦的というより投機的とも見えかねない試みを助成してくれたものだと思う。超音波振動子のメーカー、本多電子社にも多大なお世話になっている。この技術の普及を目指したベンチャー設立にあたっては、多額の出資を受け、資金的な苦勞を分かち合ってきた。

現在は前出の土屋先生を会長とした超音波霧化分離研究会を設立し、毎年一回のシンポジウムを開催している。前出のNEDO事業のメンバーが中核となって研究ネットワークができており、さまざまな方面からこの技術に磨きをかけている。現在では、SPRing-8でのナノミスト発見の成果を基に、微細ミストの広大な界面を利用した吸収・反応・熱回収・分級などの応用事例も充実してきた。

「地球環境の修復」という夢

今では、超音波霧化分離法は我が国産業に貢献できるだけではなく、将来は地球環境を修復する一つの手段になればと考えている。分離装置としての蒸留法やエバポレーターとの最大の違いは、熱的なエネルギーで駆動されているのではなく、電気で分離が進行することである。昨年の石油の高騰を契機に、革命とも呼べる発電法の刷新が進行している。太陽電池の急速な普及はもとより、燃料電池やヒートポンプの普及であり、数年後には温度差発電が寄与するようになろう。そのような時代には、電気を供給して頂いて、霧化分離装置が膜分離技術と共同しながらひたすら世界の至る所で熱力学の第三法則に逆らっているいろんなものを分離精製し、廃液から有害物質を取り除き、大気から化学物質を回収する。また、次世代バイオエタノールを精製し、さまざまな石油化学製品の純度を高めていく。その活動を通じて温暖化ガスを一切排出しない。その上ヒートポンプで作られた海洋や大気中の熱を利用して、分離効率をいっそう高めていく。その活動を通じて地球の温度をむしろ冷やしていく。このことの実現に、残りの人生を捧げたいと考えている。本年1月のオバマ大統領の就任演説を新聞で読んだ。グリーン・ニューディール政策のことを象徴する一文を見つけた。“We will harness the sun and the winds and the soil to fuel our cars and run our factories.”

そのことに貢献したいと考えている。