

スマート攪拌技術を目指して



神戸大学 理事・副学長（教育・グローバル担当）
大学院工学研究科 応用化学専攻

教授 大村直人

以前バイオ関連の研究会で研究の話をしたとき、司会者から「先生のような泥臭い攪拌の研究もバイオの分野では必要ですね。」というようなことを言われた。どうも世間では“混ぜる”ことは簡単であり、“混ぜる”研究は泥臭い（スマートではない？）と思われているようである。確かに、熱力学の第2法則（エントロピー増大の法則）から見ても自然現象は均一に向かう方向にあるので、“分ける”というエントロピーが減少に向かう操作より、“混ぜる”というエントロピーが増大に向かう操作の方が簡単に見えるし、放っておいても混ざるような現象をわざわざ研究している輩は泥臭い人間のように見えても仕方のないことかもしれない。しかし、ご承知のように工業的に物質を混ぜるのはそう簡単ではない。粘度の極めて高い流体、脆弱な物質、気体・固体などが混ざった混相流体など容易に混ざり合わないものを混ぜなければならないのである。さらに、攪拌操作に求めている機能も単に物質を均一にするだけではなく、伝熱や物質移動の促進、反応制御など様々であり、たまに求めている機能同士がトレードオフの関係であったりする。時には混ぜ方ひとつで物の価値が全く変わってしまうため、見かけとは裏腹に、なかなか攪拌というのは手強い操作である。

そんな攪拌の研究を学生にさせるとき、まず手習的にさせるのは攪拌所要動力を測定して動力線図を描かせることである。これは、攪拌装置の性能評価にとって所要動力が極めて重要な指標であることを意味する。しかし、所要動力そのものは混合性能の指標ではなく、流動性能の指標である。近年のカオス混合理論は、流れ場にほんの僅かな摂動を与えることで、混合が劇的に進むことを明らかにした。著者の名前は忘れてしまったが、とある論文で混合そのものに使われているエネルギーは、攪拌所要動力のほんの数%であるとも書かれている。つまり、流体を効率的に動かし、ほんの数%でしかない混合エネルギーを有効に使うための新しい流れ場のデザインが必要であり、そのための学問・技術が必要なのである。

これまで攪拌に対して化学工学が用いてきたのは、流体の支配方程式である Navier-Stokes の式に基づいた理論を用いたアプローチ、理論とデータを組み合わせたモデルを用いたアプローチであった。最近ではデータサイエンスの発展により、データを用いたアプローチがこれに加わった。データを用いたアプローチでは情報という視点が極めて重要であり、データから得られた情報を、理論を用いたアプローチやモデルを用いたアプローチに生かせるように価値創造することがケミカルエンジニアに求められる。これら3つのアプローチを融合した“スマート攪拌技術”が展開されることを大いに期待している。