

論壇

農学とパストールの四象限

北里大学海洋生命科学部客員教授
渡部終五

最近、Science誌にて掲載されたパストールの4分類科学についての記事を拝見した。これは「パストールの四象限」とも呼ばれるものであるが、元々はアメリカの政治学者ドナルド・ストークスが1997年の著書『Pasteur's Quadrant』で提唱したこと、科学研究を分類するためのモデルである。パストールとは白鳥の首フラスコの実験で生命の自然発生の論争に終止符をもたらした有名な科学者である。パストールは同時に低温殺菌法やワクチンの開発に成功し、葡萄酒の製造法の改良にも没頭した研究者としても知られている。筆者も食品微生物学の講義を行っていたころは、最重要人物の一人として紹介した。この4分類科学モデルは文部科学省の科学技術・学術政策研究所から2016年に出版された「大学研究者の研究変遷に関する調査研究」でも取扱われている。このモデルは、研究を知的獲得の探求（基礎研究）および特定用途（実用化、応用研究）の2軸で分類するものである。それぞれの当事者を科学者（Scientist）および発明家（Inventor）と呼んでいる。その内容を簡単に紹介すると、知的獲得の探究があり、かつ、特定用途（応用）の関連性が高い研究をパストール型とし、知的獲得の探究のみで応用への関連性が低いものを原子構造を解明したボーア型としている。また、応用のみで知的獲得の探究がないものを発明家のエジソン型とし、知的獲得の探究と応用のいずれにも該当しない研究は存在しないとしている。

日本の理工農系の大学の教育で技術者教育が導入されて久しい。詳しくは日本技術者教育認定機構(Japan Accreditation Board for Engineering Education, JABEE)のホームページを参照していただきたい。筆者も農学系でこの導入と運営に関与してきたが、工学系からは農学系の技術者教育プログラムはScienceではないかと指摘されることが多かった。技術的体系のないScienceは基礎研究に該当し、工学(Engineering)とは異なるとの見解である。ちなみに、Technologyは一般的には技術と訳されるが、Engineeringには思想的、哲学的な基盤があるとされている。Engineering Educationを技術者教育と訳すにはやや違和感があるが、欧米では農学教育もEngineering Educationに含めており、これを工学教育とすると日本語の概念からはおかしな意味になる。筆者は農学とは応用科学で基礎科学ではないと教え込まれてきたので、農学はScienceではないかとの上述した見解には違和感があるが、確か

に農学関係では Engineering あるいは Technology を意識した学問体系は工学分野に比べてやや弱いように思われる。

話を元に戻すが、Science誌の記事では Science と Technology への貢献を対比しており、それぞれ論文発表数と特許取得数を指標としている。これはわが国で通常使用されている基礎科学と応用科学への貢献を対比しているようと思われる。Pasteur's quadrant researchers (PQRs) とは論文発表と特許取得の両方を行う者を指す。この論文では、1976年から 2023 年 6 月までに、OpenAlex 科学論文データベースと米国特許データベース PatentsView に論文を掲載した同一個人を特定することで、682,199 件のデータを基に解析を行っている。結論として、1)重要な応用問題に取り組むことは（特許取得）、動機付けと内発的創造性を高め、研究者が非生産的なアプローチに固執するのを防ぐ、2)応用研究は不確実性、新たな組み合わせ、非日常的経験をもたらし、これらは科学で鍛えられた知性が認識し活用するのに適している、と述べている。また、3)学界と産業界の両側面にまたがる立場は、両ネットワーク内の機会を認識する利点と、複数の領域にまたがる影響力の増大をもたらすとしている。さらに、科学者（科学論文の発表）と発明家（特許取得）の同時追求は、積み重ねながら構築され、代替関係ではなく補完関係にあるように見えるとしている。このことから、4)基礎研究と応用研究のいずれかを優先する資金配分戦略に偏るべきではないとしており、5)科学者と発明者の間の厳格な分業が双方の新規性と影響力を低下させる可能性を示唆している、と述べている。

翻って、自分の研究はどうであったのか振り返ってみた。恩師から水産学は食料の供給源を扱う学問であるから可食部の大半を占める筋肉タンパク質の研究を行うことが最も重要と指導されたのが今の研究の始まりである。魚を食べることは好きで、住んでいるところが海に近かったこともあり、水産学を学ぶことは一種の郷愁でもあった。もちろん、水産学は応用学問であることは重々承知で研究を始めたが、恩師の理解もあって当初は基礎研究が主であった。随分後になって蒲鉾の研究も行い、今でも有名な蒲鉾会社の技術顧問として研究の手伝いをさせてもらっている。実際、蒲鉾の製造原理は奥深く、魚肉タンパク質の加熱ゲル化の分子機構は今でも詳細は不明のままである。産業的な製造過程でも未だに解決すべき種々の問題が存在する。

先述のように、研究開始の当初は応用研究にはほど遠かった。折角与えてもらった課題なのだから何か新奇性の研究はないかと考えた。当時は PQR も知らなかつたし、応用研究と基礎研究の関係も深く考えたことはなかった。筋肉タンパク質の研究はウサギやニワトリなどの高等脊椎動物の筋肉を対象に著しく進んでおり、それらの研究を土台にして魚肉ではどうかとの比較研究で精一杯であった。もちろん、国内外の魚肉タンパク質の研究の先人たちがおり、それなりの研究は進んでいたが、魚肉タンパク質は哺乳類のそれに比べて著しく不安定で、例えば主要タンパク質のミオシンの性状を解析するには極めて不利である。それでも

何とか哺乳類の研究のレベルまで迫ったが、このような研究は PQR の規準では極めて質が低いと言わざるとを得ない。それでも基礎研究の発展への貢献を目指して、魚肉に独特の組織である血合筋（遅筋）のミオシンの性状、魚類の遊泳運動の温度適応に伴うミオシン・アイソフォームの発現変動と分子制御、二枚貝閉殻筋のキャッチ運動の分子機構、などの解明に貢献した。しかしながら、これらの研究が応用研究に結びついたかどうかとなると、甚だ疑問である。むしろ、これらの研究の経験を活かして共同研究に参画して行った、魚類の死後硬直の進行や鮮度保持に関する研究の方が余程、応用研究としては価値があるようと思われる。また、特許の申請や取得も関連企業の支援で行ったが、魚肉タンパク質に関するものはわずかで、多くはナマコのムコ多糖やアコヤガイの構成成分に関するものなど、むしろ共同研究者の要請に応じて行った研究のものがほとんどである。

PQR の議論をさて置き、農学が応用科学としての真価を發揮して世の中にアピールするにはどうしたら良いのであろうか。最近の農林水産業では植物工場や陸上養殖などと、自然環境の変化にあまり作用されない現場も多くなってきた。このような最先端の事業への技術的課題はある程度はっきりしており、PQR の評価もしやすいであろう。一方、農学の対象領域には自然を相手にした野外の現場が多くを占めており、地球温暖化や自然災害などの影響を顕著に受けることになる。また、人間活動や社会の変化による影響も受けやすい。このようなところでは、複雑に影響し合う多くの要因を解析しなければならず、正解を求めるのは極めて難しい。筆者も東日本大震災の発災後に日本学術会議の委員会などで行われた復興の種々の試みに参画したが、現場ではいわゆる農学（水産学）の貢献は限定的であるように感じた。三陸地方で当時あまり利用されなかった深海魚のチゴダラ（地域名 ドンコ）を原料に蒲鉾の製造を行って販売まで漕ぎ着けて、わずかながら地域貢献したに過ぎないとと思っている。農林水産業の大規模化や企業化の技術革新への農学の貢献は期待通りに進むと思われる。また、バイオテクノロジー関連への農学の貢献も確実と思われる。一方、過疎化が進む地方の再生や、自然との共生、災害復興などに果たす農学の役割も期待されているのではないであろうか。農学がカバーする学問分野は広い。Science 誌の結論（1～5）は正しいと思うが、農学の多くの分野では応用科学を特許で評価する PQR の規準をそのまま当てはめることはできないようと思われる。

参考文献

Scharfmann et al. Pasteur's quadrant researchers bring novelty, impact to publishing, and patenting. *Science*, 390, 891–893 (2025).