

材料科学における イノベーションを目指して

増本 健*

1. はじめに

近年の人類文明の発展は技術革新により遂げられた。とくに大きな革新，すなわちイノベーションは，19世紀の蒸気機関の発明による産業革命であり，新たな産業の創生と社会の変革をもたらした。20世紀に入ると，物理学の発展から誕生した量子論が社会に大きなインパクトを与え，新しい産業を生み出した。その代表例が1947年のトランジスタの発明であり，80年代に入ってマイクロエレクトロニクス時代が開花し，現在の高度情報化社会へと進展した。また，材料分野から見れば，19世紀の産業革命後に発達した鉄鋼産業を中心とした重工業の発展によって，様々な構造材料が開発され，近代社会を構築してきた。20世紀には半導体材料が現れて，様々な情報機器が出現し，米国を中心とした「IT革命」が起きた。21世紀になると，材料科学の方向は，有機材料からバイオ材料，環境材料へと展開し，医療，環境，再生エネルギーなどの発展へと向かっている。

このような材料科学のイノベーションは，新しい産業を誕生させ，新たな社会文明を開いている。ここでは，イノベーションを起こすような材料科学を求めて，どのように挑戦したら良いのであろうか，について考えてみたい。

2. ノーベル賞を受けた材料科学分野とその動機

社会的革命をもたらすような画期的な材料科学は，1901年創設の「ノーベル賞」の受賞テーマに大きく反映されている。ノーベル賞は毎年一課題選定されるが，その課題と内容を分析することによって，科学の時代的発展を知ることができる。

図1は，1980年から2013年までの物理学と化学のノーベル賞の「研究分野」と「研究動機」について調べた結果を示

新物質発見では「興味的」と「偶発的」な動機が発端となっている。

ノーベル物理学賞 (1980~2013)					ノーベル化学賞 (1980~2013)				
分野	件数	計画的	興味的	偶発的	分野	件数	計画的	興味的	偶発的
理論	2	0	2	0	理論	3	2	1	0
現象	9	3	4	2	構造	3	3	0	0
方法	9	3	5	1	方法	14	6	6	2
物性	9	1	6	2	物性	4	0	3	1
物質	5	0	4	1	物質	10	0	4	6
合計	34	7	21	6	合計	34	11	14	9

図1 ノーベル賞受賞研究の発端は？

している。この結果を見ると，面白い傾向が見て取れる。すなわち，物理学賞と化学賞の両者において，研究の動機として「興味的研究」が多いことである。また，物質に関わる研究の動機には，「偶発的」が多く，「計画的」は無いことが分かる。すなわち，ノーベル賞の対象となった新物質の発見では，研究の動機として「興味」か「偶発」が発端になっていると言える。材料科学の研究において「セレンディピティ」の言葉が良く使われる原因になっていると思われる。

3. 材料科学のブレークスルー的發展

それでは，ブレークスルー的な研究を目指すにはどの様に考えれば良いのであろうか。通常，新しい材料の発見があると，初期では著しい機能の向上が起るが，やがて飽和に達し，その後は緩やかな機能向上しか期待できなくなってしまう。この停滞を打破して更なる機能向上を図るには，新しい視点からの材料の発見が不可欠になる。これを図示したのが図2であり，新材料の発見によってブレークスルー的に機能が向上する。

では，このような新材料を開発する研究を考えてみよう。一般に，大別して3つの研究があると考えられる。すなわち，図3に示すように，A型の「物質の組成，組織の最適

* 公益財団法人電磁材料研究所・理事長(〒982-0807 仙台市太白区八木山南2-1-1)
Aiming at the Innovation in Materials Science; Tsuyoshi Masumoto(Research Institute for Electromagnetic Materials, Sendai)
Keywords: materials science, innovation, Nobel prize, breakthrough
2014年6月10日受理[doi:10.2320/materia.53.345]

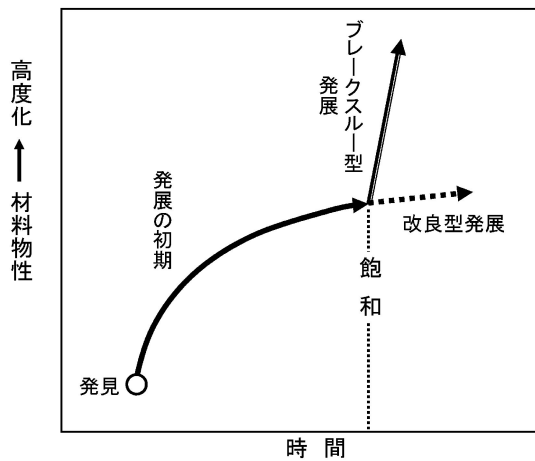


図2 材料機能のブレイクスルー的な性能向上.

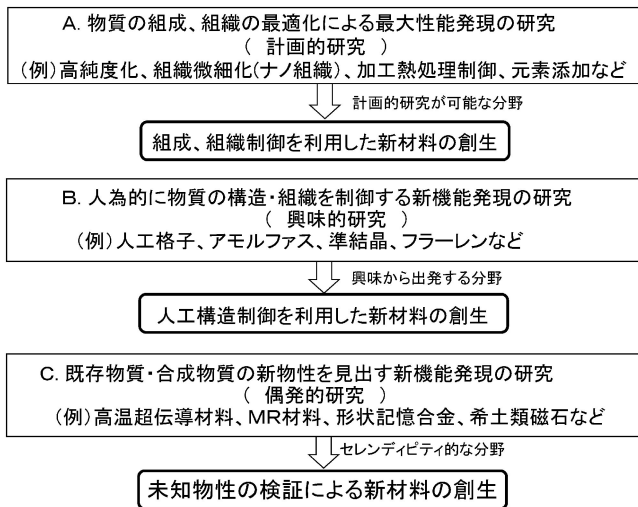


図3 新素材開発における主な3つの研究.

化による最大性能発現の研究」, B型の「人為的に物質の構造・組織を利用する新機能発現の研究」, C型の「既存物質・合成物質の新機能を見出す新機能発現の研究」である。A型研究は、一般に企業で行われている主な開発研究であり、目標を決めて計画的に開発を進めることが可能な分野である。例えば、高純度化、組織微細化、加工熱処理制御、微量元素添加などである。これに対して、B型研究では、興味から出発する研究が発端となることが多く、例えば人工格子、アモルファス、準結晶、フラーレンなどがこの分類に入らう。一方、C型研究では、既存物質あるいは合成物質に見逃されていた物性を見出す偶発的研究であり、例えば高温超伝導材料、磁気抵抗(MR)材料、形状記憶合金、希土類磁石などが挙げられる。これらの3つの研究の中で、ノーベル賞の対象となった研究はB型とC型の研究が多い。このことより、材料科学のイノベーションは興味のあるいは偶発的に行われた研究の場合が多く、「セレンディピティ」の世界であると言えるかもしれない。

材料科学分野においてイノベーションを興した研究の例を幾つか挙げることにする。図4は超伝導材料の発展過程を示している。超伝導材料は、1911年に水銀の電気抵抗が4.2 Kで消失したことを発見したことから始まり、1986年に銅酸

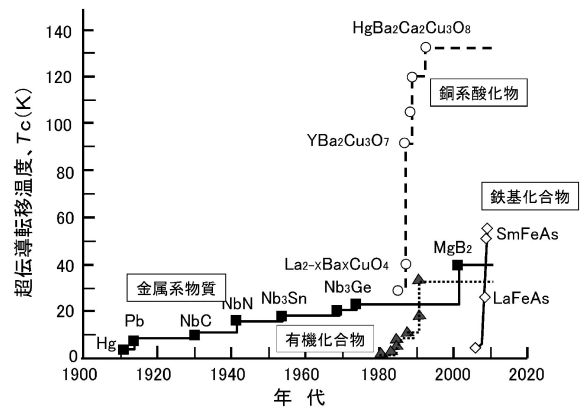


図4 超伝導材料の超伝導転移温度上昇の歴史(C型).

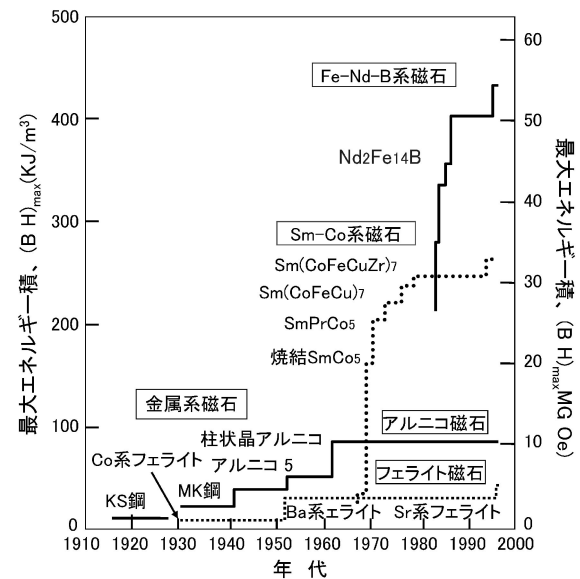


図5 永久磁石の性能向上の歴史(C型).

化物が発見され、現在の最高値は135 Kに達している。さらに現在では、有機材料、Mg 硼化物、鉄系化合物などの新しい超伝導材料が発見され、進化を続けている。新しい材料の発見によってイノベーションが起っている典型的な例である。

図5は磁石材料の歴史を示している。磁石の発展の歴史には日本が大きく貢献しており、1917年の本多光太郎によるKS磁石の発明に始まり、現在では1984年の佐川真人による鉄ネオジウム磁石が最高の性能を持っている。ここでも材料のイノベーションが顕著に現れている。また、B型研究の例として、図6は高強度アルミ合金の歴史である。最初の高強度アルミ合金は1909年に発明されたジュラルミンである。その後、組成や製法の改良によって強度が上昇したが、画期的な向上は筆者らによるアモルファスアルミ合金で達成され、さらにアモルファス中にナノ結晶アルミ粒子を分散させて強度上昇が図られ、現在の最高強度は1550 MPaに達している。

これらの例から判るように、材料科学のブレイクスルーは、B型かC型の研究で多く見られることは大変興味深いことである。

