

# 目 次

## 論 文

レアメタルのイノベーションに関する研究

仮説Ⅰ：同じ環境ならば異なるイノベーションが「収斂進化」する

仮説Ⅱ：急成長がイノベーションを短命化し「イノベーションの流転」を加速する

..... 村 山 博 ( 3 )

Simulation and the Fourth Industrial Revolution

..... Rie GAKU ( 69 )

David T. STURROCK

Soemon TAKAKUWA

百貨店とアパレルメーカーの返品制

—新聞売り子モデルによる分析—

..... 大 村 鍾 太 ( 81 )

岩猿敏生の業績に見るわが国大学図書館経営思想の探究

—大学図書館職員法制化運動を中心に—

..... 山 中 康 行 ( 97 )

# レアメタルのイノベーションに関する研究

仮説Ⅰ：同じ環境ならば異なるイノベーションが「収斂進化」する

仮説Ⅱ：急成長がイノベーションを短命化し「イノベーションの流転」を加速する

村 山 博\*

## 目 次

- 1章 はじめに
- 2章 レアメタルの成長時代と絶滅時代
  - 2-1 国家備蓄7鉱種のレアメタル
    - 2-1-1 バナジウム
    - 2-1-2 クロム
    - 2-1-3 マンガン
    - 2-1-4 コバルト
    - 2-1-5 ニッケル
    - 2-1-6 モリブデン
    - 2-1-7 タングステン
  - 2-2 レアメタル
    - 2-2-1 ストロンチウム
    - 2-2-2 ジルコニウム
    - 2-2-3 ニオブ
    - 2-2-4 パラジウム
    - 2-2-5 インジウム
    - 2-2-6 アンチモン
    - 2-2-7 バリウム
    - 2-2-8 タンタル
    - 2-2-9 プラチナ
    - 2-2-10 ビスマス
  - 2-3 レアアース
    - 2-3-1 セリウム
    - 2-3-2 プラセオジウム
    - 2-3-3 ネオジウム
    - 2-3-4 スカンジウム
    - 2-3-5 ジスプロシウム
- 3章 考察
  - 3-1 何故、レアメタルのイノベーションにインフレーションが起きるのか
  - 3-2 何故、互いに競争する異なるイノベーションが収斂進化するのか
  - 3-3 何故、成長時代に急成長するとイノベーションが短命化するのか
  - 3-4 何故、社会選択とイノベーションの関係が重要度を増すのか
- 4章 まとめ

---

\* 本学経営学部教授

キーワード：イノベーション、レアメタル、レアアース、収斂進化、国家備蓄

## 1章 はじめに

宇宙の誕生直後、真空のエネルギーが小さな宇宙を大膨張（インフレーション）させた。初期の宇宙<sup>1)</sup>には水素とヘリウムだけが存在していたが、その後、恒星内部の核融合反応により鉄までの軽い元素が生まれ、皮肉にも星が死ぬ超新星爆発や中性子星の合体により鉄よりも重い元素が生まれた<sup>2)</sup>。

本論文は、宇宙が生んだレアメタル<sup>3)</sup>のイノベーションに関する研究であり、なかでも、それらの研究開発の急激な成長と絶滅に関するものである。本論文がレアメタルに関するイノベーションを研究対象とした理由は、レアメタルが、現代社会を支える不可欠な存在だけでなく、国家の浮沈を決める極めて重要な戦略物質としての役割を果たしているためである<sup>5) 6) 7)</sup>。現在の情報通信社会の飛躍的な進歩は、すべてレアメタルの研究開発に端を発していると言っても過言ではない<sup>8)</sup>。

- 
- 1) 「インフレーションとビッグバンにより膨張を続けた宇宙は、誕生から38万年で温度が低下し、原子を形成できるようになった」
  - 2) 細川博昭, 竹内薫 [2016] 「20の科学理論」SBクリエイティブ  
「恒星の核融合はヘリウムから始まり、鉄までで止まる。核反応が止まった恒星は超新星爆発を起こす。その爆発で、鉄より重い元素が作られる。また中性子星の合体でも鉄より重い元素が作られる」
  - 3) 「レアメタルは日本独特の呼び名であり海外ではマイナーメタルと呼ばれる」
  - 4) 「本論文では研究開発の急激な成長をインフレーションと呼ぶ」
  - 5) キース・ベロニーズ著 渡辺正訳 [2016] 「レア」化学同人  
「自動車産業、化学産業、電機・半導体産業、鉄鋼産業などでは、最先端製品の機能・性能は、レアメタルから生み出されており、それこそが競争力の源泉である。電気自動車とハイブリッド車に使われるネオジウム磁石が欠かせない。トヨタのプリウスには、1台あたり14キログラム以上のレアアースを使う。900グラムのネオジウムが駆動用モータの磁石に、9キログラムのランタンが、ニッケル・水素電池の電極に使用される。エアコン、冷蔵庫、洗濯機、テレビのモータの磁石、有機ELや太陽電池に使われるIOTの透明電極にはインジウムが欠かせない。レアアースは最新のエレクトロニクス製品に欠かせない。スマートフォンのタンタル、液晶のユロビウム、光ファイバーのエルビウム、高級レンズ研磨剤のセリウム、超硬工具のタングステン、コンデンサのタンタル、医療機器のロジウム、ルテニウム、パラジウム、テルル、レニウム、オスミウム、イリジウム、心臓ペースメーカーのニオブ、インプラント素材のニオブ、リニアモーターカーのニオブ・チタン合金など」
  - 6) 馬場洋三 [2008] 「レアメタルを巡る最近の状況」表面科学Vol.29, No.10, pp.578-585, 特集「表面科学とレアメタル」
  - 7) 八田善明 [2010] 「レアメタル/レアアースの戦略性と安全保障（資源の偏在性と確保政策の観点から）」外務省調査月報 2010/No.3
  - 8) クラウス・シュワブ著 小川敏子訳 [2019] 「第四次産業革命を生き抜く」日本経済新聞出版社

レアメタル（希少金属）は「地球上に極微量しか存在しない希少な金属」と言う意味ではない。地球上の存在量が比較的多くても、それを含有する品位の高い鉱石が少ない場合、または、たとえ品位の高い鉱石があっても鉱石から金属を単離（一つの物質だけを取り出す）するのに手間がかかる場合や、産出する国が限定され安定した鉱石の供給が難しい場合はレアメタルと呼ばれることが多い。

とりわけ、レアメタルが、どの国に埋蔵され、どの国から産出され、どの国から輸入されるかが、レアメタルと定義する重要な要因になる。レアメタルは採掘可能な国が地球上で著しく偏在しており、レアメタルを「持つ国」と「持たない国」に明確に分けることができる。残念ながら、レアメタル大量消費国（全世界の3割を消費）の日本はレアメタルを採掘できる可能性が少なく<sup>9)10)</sup>、「持たない国」に分類される。レアメタルを持つ国が、政情不安でカントリーリスクの大きい国、鉱山ストライキの多い国、予告なく一方的に重い輸出税を課す国などから産出される金属は、日本にとってレアメタルの範疇に入れざるをえない。このようにレアメタルは特定の国による地政学リスク<sup>11)</sup>と密接な関係がある。

- 
- ㄨ 「材料は第四次産業革命のイノベーションの基礎的構成要素である。多くの技術の物理的な基盤を、それぞれ原子レベルから担う能力は、今後20年のうちに世界中の難題の一部を解決に導いていけるかもしれない。天然資源への需要は高まり、天然資源の供給は細る一方である。このグローバルな課題に取り込むには、技術的にも社会的にも多様な領域でイノベーションを推進し、差し迫った問題の解決策をさぐっていく必要がある。素材の技術の進歩は、緊急な課題への解決策を実現するために大きな希望をもたらしてくれる」
- 「素材の発見、開発、導入には従来から大きな資本が求められた。新素材が市場に到達するまでに、通常10年から20年の基礎および応用研究が必要だ。ここでも第四次産業革命の技術の助けを借りることができる。AIと大きな材料データベースを使ってプラットフォームをロボットと組み合わせることで、材料の発見のプロセスを加速できるだろう。業界の垣根を超えた知識を共有できれば、プロセス全体のスピードがあがるだろう」
- 9) 「日本周辺の海底に眠るマンガン団塊（海底マンガン、マンガン・ノジュール）は、レアメタルを含む。マンガン団塊は水深3000～5000mの海底にある直径数cmの金属塊であり、マンガン（30%）、ニッケル（1.5%）、コバルト（0.2%）などのレアメタルを含み、5000億トンを超えると推定されている。さらにマンガン団塊は11種類の希土類元素を含むため、レアメタルのない日本にとって救いの神となる可能性が高い。現在、長さ数千mの鋼管を使いポンプでマンガン団塊を吸い上げる方法が検討されている。しかし、経済的に採掘できるまでには相当な時間を要すると考えられる。現在の日本は、中国などの産出国の顔色を恐々見て、ご機嫌伺いをするのが常である。日本が、マンガン団塊の採掘法を確立すれば、自前のレアメタルを手に入れることができ、今後の情報通信社会を有利に展開できることは間違いない、と筆者は考える」
- 10) 日本経済新聞2019年1月7日「レアアース泥の本格開発へ 産業技術総合研究所や海洋研究開発機構などのチームが国の支援のもと、2月に南鳥島周辺の海域（水深：5000～6000m）でレアアース（レアメタル）を高濃度で含むレアアース泥の含有量を調査する。その鉱物はネオジウムなどのレアアースが多く含まれ、銅管などで吸い上げるにより採取する」
- 11) 村山博「イノベーションの進化に関する研究 仮説I「イノベーションには2つの変曲点が存在する」 ㄗ

また、レアメタルは科学技術と関係が深い。過去の精錬技術では多大な費用や手間が必要であったが、科学技術の進歩により画期的な精錬法が開発され、レアメタルではなくなった例も少なくない。ちなみに、フランス第二帝政の皇帝であったナポレオン三世<sup>12)</sup>は、大事な客を「アルミニウムの皿」でもてなし、並の客は「金の皿」で我慢させた逸話が残っている<sup>13)</sup>。当時、アルミニウムは金よりも入手困難で貴重なレアメタルであった。しかし、現在、アルミニウムはレアメタルではない。その理由は、ナポレオン三世没後に、アルミニウムの電解精錬法<sup>14)</sup>が発明され、アルミニウムが鉄のように大量かつ安価に生産可能になったためである。

ところが、日本にとってアルミニウムは再びレアメタルに変わる可能性がある。それは、日本は、ボーキサイト鉱石<sup>15)</sup>からアルミニウム地金を取り出す電気コストが著しく高いため、日本はアルミニウム地金を100%海外からの輸入に頼っている<sup>16)</sup>。もし、アルミニウム地金の輸出国が日本への輸出を禁止すれば、日本だけが19世紀のアルミニウムに戻ることは容易に類

---

ㄨ 仮説Ⅱ「指数関数的に進む萌芽時代では科学技術がイノベーションを先導するが、成長時代では人間社会がイノベーションを減速させ、その後の社会変化がイノベーションをさらに減速させる」(単著/2019年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第20号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-53)

「地政学リスクの高い金属には「国境」と言う断崖絶壁が存在する。米中の貿易戦争は地政学リスクの典型例である。スマートフォンや自動車の最先端機能は希少金属から生み出されている。ところが、この希少金属の多くは中国などが独占供給しており、戦略物質として使われる可能性が高い。地政学リスクという人間社会の身勝手な理由が、最先端の科学技術の進歩を停止させ、イノベーションを大きく減速させている。2007年に始まった経済産業省の「希少金属代替材料開発プロジェクト」は、最先端の科学技術を拘束する苦肉の策である。人間社会は、地政学リスクを嫌い、最先端の科学技術に必須の金属材料にも拘わらず、これらを使ったイノベーションにあえて急ブレーキをかけ、最先端の金属材料を使用しない研究開発に方向転換させる。その研究開発がたとえ最先端の科学技術から逆行するものであっても、人間社会は無頓着である。地政学リスクの事例は、人間社会が最先端の科学技術によるイノベーションを拒否できることを如実に物語っている」

12) 在位1852年～1870年

13) エリック・シャリーン著 上原ゆうこ訳 [2018]「世界史を変えた50の鉱物」原出版

14) 「アルミニウムの電解精錬法は、ボーキサイト鉱石を苛性ソーダ溶液で加熱溶融後、ろ過してアルミナを抽出し溶融塩電解する方法。ナポレオン三世の没後1886年にアルミニウムの電解精錬法が発明された」

15) 「ボーキサイトは、アルミニウムの原料である酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) を52～57%含む鉱石である。主な産出国は中国、オーストラリアである」

16) 日本アルミニウム協会のホームページ「国内のアルミニウム製錬は、1977年(昭和52年)に生産量が約120万トンのピークを迎えましたが、その前後の二度のオイルショックによる電力コストの高騰により撤退を余儀なくされ、現在、全ての地金を海外から輸入しています。アルミニウム地金は世界各国から輸入されています。主な輸入先はオーストラリア、UAE(アラブ首長国連邦)、ロシア、ニュージーランド、サウジアラビア、ブラジルなどとなっております。海外からのアルミニウム地金は、その多くが水力発電によって得られた電力で製錬されています」

推できる<sup>17)</sup>。

アルミニウムより遥かに入手困難な金属が本論文の研究対象のレアメタルである。ほぼ100%を輸入せざるをえないレアメタルが日本の情報通信社会や次世代自動車社会に不可欠な金属となった今、レアメタル輸出国が日本の浮沈を握っている。なかでも、レアアース<sup>18)</sup>（希土類元素とも呼ばれ、レアアースもレアメタルである）は、磁性、超電導、レーザー、発光の分野で極めて優れた特性を有し、レアアース以外の材料に代替できない場合が多い。レアアースは、スマートフォンやパソコンなどの情報機器、エアコンや冷蔵庫などの家電、電気自動車やハイブリッド自動車などに大量に使用され現代社会を支えている。そのレアアースの生産は、我が国とあまり良い関係とは言えない中国が全世界の80%以上を占めている。中国が現代社会の生命線を握っていると言っても過言ではない。

ちなみに、中国政府の電気自動車優遇策は、中国にとって一石二鳥の政策であると言える。この電気自動車優遇策は、中国都市部のガソリン車の排ガス公害を解決するだけでなく、中国原産のネオジウムなどのレアアースが世界を支配する戦略兵器に変わることを意味する。現在、中国は実質的に世界で唯一のネオジウム生産国である。ネオジウムは電気自動車の磁性材料に不可欠な金属であり、今のところネオジウムなしで電気自動車は製造できない。すなわち、世界で走るガソリン自動車が電気自動車に転換すれば、中国のレアアースが全世界を牛耳る最強兵器に変貌し、日本や米国や欧州などの先進諸国は、中国の軍門に下るか、電気自動車の生産を断念するか、の二者択一の難しい決断を迫られることになる<sup>19)</sup>。

---

17) 日本経済新聞2019年6月8日「中国からのアルミニウムの供給が減り2四半期連続の値上がり提示となった。買い手側がアルミ地金を調達する際、ロンドン金融取引所の価格に各種費用などを上乗せした金額（割増金）を売り手側に支払う。世界生産の6割を占める中国では上海期貨交換所のアルミ先物が年初から上昇し割高で推移している。中国の輸出業者が供給を絞っているもようだ」

18) ニュートン別冊 [2014] 「注目のスーパーマテリアル」ニュートンプレス  
「希土類元素が周期表からはみだしている理由は内部構造にある。周期表では、原子番号が1つ増えると電子が1つ増える。原子核を取り巻く電子は、グループに分かれて層状に存在する。電子は原子核に近い電子殻から順々におさまっていくのが基本的なルールである。しかし、内部の電子殻にまだ空席があるにも拘わらず、先に外側の電子殻に電子が入り、その後、1つ内側の電子殻に電子が入っていく。こうした元素を遷移元素という。ランタノイドが特殊なのは、1つ内側どころか、そのさらに内側にある電子殻の空席に電子が入っていく点である。たとえば、ネオジウムやジスプロシウムが強い磁石になるのは、内部の電子殻に空席があることが原因である。空席があると、電子雲が変形する。その電子雲によって、鉄原子の向きの変化が封じられ、原子の向きがバラバラになりにくくなる」

19) 中山智弘 [2013] 「元素戦略」ダイヤモンド社  
「実は中国の本当の望みは、日本と同様の「高性能な部材」を中国国内で作ることだ。いつまでも原料輸出に留まっていたくはない。そのため、これまでも日本企業に工場を中国内につくらせ、その製造技術やノ

世界に存在するレアアースの鉱床は、ウランなどの放射性元素と一緒に採掘されてしまう欠点がある。しかし、中国のレアアースの鉱床は、放射性元素が数百万年かけて風化し雨と一緒に流れ出たため、放射性元素をほとんど含まない。さらに、中国は環境規制が緩やかなため低コストでレアアースが生産できる<sup>20)</sup>。これらのことが中国を世界一のレアアース産出国とした理由である。鄧小平氏の言葉「中東には石油がある。中国にはレアアースがある」が指摘するように、中国が「レアメタル」を戦略物質として育ててきたことは疑う余地がない<sup>21)</sup>。

ちなみに、電気自動車のリチウムイオン電池に不可欠なレアメタルのコバルトは、コンゴ民主共和国(旧ザイール)がほぼ独占的に生産している。そのコンゴ民主共和国のコバルト鉱山の多くは中国資本が支配しており<sup>22)</sup> 23), 中国の「一帯一路」構想によるレアメタル対外投資は

- 
- ㄨ ノウハウを自分のものにして内製する戦略を取ってきた。中国では材料分野での論文数も急増し、ついに日本を追い越すまでに至った」
- 20) 「レアアースは中国以外も米国やオーストラリアなどに埋蔵されている。しかし、中国政府の国策により低コストを武器に他国のレアアース生産を駆逐してきた歴史がある。環境規制が厳しく精錬コストの高い米国で産出されたレアアース鉱石を中国に輸出し中国の精錬工場でレアアースを取り出しているのが現状である。中国なしでレアアースは入手できない構図が完成している」
- 21) 「2010年、中国は公害抑制と資源保護を理由に、タングステンやモリブデンなどのレアメタルの輸出割り当て規制を行った結果、レアメタル価格が100倍近くに急騰し、全世界は大混乱した。世界貿易機構WTOは日本、米国、欧州の訴えを認め、中国の輸出規制は協定違反であることを認め、中国の敗訴が決まった過去がある。レアメタルの輸出規制のカードは常に中国が握っていることを日本、米国、欧州は忘れてはいけない」
- 22) <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/12131> 「アップルはなぜアフリカのコバルトを買い占めるのか? コバルトは主にニッケルや銅の副産物として生産されている。そのため、コバルトの需要が急増しても、コバルトの生産量だけを増やすことはできない。特にコバルトを多く含む銅の鉱山はコンゴ民主共和国にあるが、銅もニッケルも2016年まで相場は長い下落傾向にあったため、コバルトを増産させる大型プロジェクトは見当たらない。また、同じコンゴ民主共和国からの生産であっても、コバルトは紛争鉱物には指定されていない。それでもコンゴ民主共和国から生産されるコバルトは敬遠される傾向にあった。また、コンゴ民主共和国でのコバルト生産最大手の資源メジャーであるグレンコア社が、2016年から18カ月の生産停止を発表し、コバルトの生産量がなかなか増加しない状況が作られた。こうしたなか、電池メーカーと自動車メーカーによるコバルトの囲い込みが始まった。さらにコバルト採掘鉱山の現場では児童労働を防止する人権問題が浮き上がりてきた。アップルがコバルト資源の確保に危機感を募らせたというわけだ。中国のコバルト需要も急速に拡大している。また、中国企業による地金・化成品の世界生産シェアは相当に高い。リチウムイオン電池の原料中間体であるコバルト酸リチウムの世界最大のメーカーは中国浙江省の華友コバルト有限公司である。華友コバルト有限公司は、コンゴ民主共和国にもコバルトの原料工場を保有し、コバルト資源を確保する体制を確立している。周知のとおり、中国では国を挙げて電気自動車シフトを強力に推進しているからだ。他のレアメタルと同様に、中国での需給が大きな鉱種は、投機が起りやすく、需給タイトな環境下では相場は急騰しやすい。現在のコバルト市場は、まさにそうした環境にあるといえる」
- 23) JETRO資料 <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2018/5031cf98b023cbd4.html> 「米国地質調査所」

著しく拡大しており、中国は国家を挙げてコバルト独占を推進している<sup>24)</sup>。

中国によるレアメタル世界制覇の野望が物語るように、レアメタルのイノベーションが科学技術の進歩だけに依存していないことは明らかである。特定の国の魂胆や人間社会の企図による「社会選択」がイノベーションを支配しており、たとえ科学技術が飛躍的に進歩したとしても、「社会選択」がその進歩に呼応しなければイノベーションは起きない、と筆者は考える。

すなわち、科学技術の飛躍的な進歩は、イノベーションの可能性を人間社会に知らせるが、その合図に従うか従わないかの決定権は「社会選択」が握っている。このようにレアメタルの

---

24) (USGS)によると、世界のコバルト埋蔵量は約710万トンで、その半分近い350万トンがコンゴ民主共和国に埋蔵されている。生産量をみると、2016年の全世界でのコバルト生産量は約11万1,000トンで、その半分超の6万4,000トンがコンゴで生産されているという。中国の貿易統計をみると、2017年の中国のコバルト輸入量は10万862トン、そのうちコンゴからの輸入は9万9,998トンで、中国のコバルト輸入量全体の99.1%をコンゴに依存している。また、中国のコンゴからのコバルト輸入量は、世界のコンゴからの輸入量の68.8%、世界のコバルト取引量の67.1%を占めており、世界のコバルト取引の中で中国は大きな存在感を示している。中国は貿易だけでなく、生産面でも存在感を高めている。資源エネルギー庁によると、中国は2016年、コバルトの世界生産量の権益の約3分の1を保有しており、製錬所ベースでは50%以上所有している。この背景には、中国が「一带一路」戦略の一環として経済協力や安全保障も含めた資源確保を推進しており、中国企業は中国政府の支援の下、コンゴへの投資を加速させている。今後、「一带一路」戦略などの対外投資戦略により、中国の対外投資が加速すれば、中国によるコバルトの寡占が進む可能性も考えられる」

24) <https://www.recordchina.co.jp/b622108-s0-c20-d0063.html>

2018年7月4日、「中国が持つレアメタル・コバルトの採掘権を日本が欲しがっている」と指摘する記事を掲載した。記事は冒頭、「アフリカ・コンゴで採掘されるコバルトの大部分が中国に輸出されており、中国が同国の鉱物に持つ権益を多くの国が狙っている」と指摘。コバルトがリチウムイオン電池など新型電池の材料として電気自動車や航空精密機器などに広く使われていることを説明し、「コンゴはコバルト世界生産量の54%を占める最大の産地。ある市場調査会社のデータによると、その94%が中国の製錬企業に輸出されている」と紹介する。近年、新エネルギー車の発展を推し進める中国でリチウムイオン電池の需要が増していることや、中国ではコンゴからの資源輸入だけでなく現地への投資も進んでいることを説明。ざっとした見積もりとして、コンゴとザンビアの鉱業資源の7割近くを中国資本が握っていることなどを挙げ、「現在、世界で巻き起こっているコバルトのサプライチェーン争奪戦で中国ははるか先を行っていると言える」「コバルト需要の拡大、値上がりによって中国は巨大な利益を得た。これがコンゴに早くから進出し、利益を得られなかった国の嫉妬を引き起こした」と指摘、その例として日本を名指した。記事は「16年、中国はコンゴに進出し、『世界級』の銅・コバルト生産量を誇るTenke Fungurume鉱山の株式の半数を取得。Tenke鉱区の採掘権を手に入れた。当時、日本は当然、苦々しい思いだった。日本は中国より先にコンゴに巨資を投じていたのに、収穫目前に採掘権が中国に売られてしまったのだ」と説明し、「レアメタル欠乏国」の日本が海外での資源探査、確保を必死になって進めていること、アフリカを最も理想的な資源獲得先としていることを指摘。日本がアフリカ諸国との関係構築に力を入れていることに言及した上で、「コンゴのコバルト鉱山放棄を望まない日本は中国からコバルト採掘権の一部を300億元（約5000億円）で取得することを望んでいる」と伝えている」



イノベーションは「地政学リスク」と言う特定の国の魂胆が極めて大きく影響するため、レアメタルのイノベーションは「社会選択」が支配的になる。このような視座から、本論文はレアメタルのイノベーションと「社会選択」との関係を探求するものである。

ところで、イノベーションは、萌芽時代、成長時代、絶滅時代の3時代に分けられ、萌芽時代にはイノベーションが指数関数的に進行し、成長時代にはイノベーションが指数関数ではなく直線的に増加し、絶滅時代にはイノベーションが直線的に減少する。すなわち、成長時代は、指数関数的急成長の萌芽時代と直線的減少の絶滅時代の間位置する。その成長時代では、イノベーションの萌芽が人間社会の「社会選択」という思惑により成長を邪魔され、指数関数的急成長が難しくなり、生き残ったイノベーションの萌芽だけが指数関数的急成長ではなく直線的に成長すると考えられる。

本論文は、この成長時代をより詳細に研究するためにイノベーションを時間軸で俯瞰して捉え、人間社会とイノベーションの関係を考察するものである。本論文の特徴は、レアメタルの研究開発を長期間（1986年から2018年までの33年間）に渡り調査したことである。

2章は、イノベーションの中核である成長時代を中心に研究するものである。その研究対象は、バナジウム、クロム、マンガン、コバルト、ニッケル、モリブデン、タングステンの国家備蓄7鉱種と、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、パラジウム、インジウム、アンチモン、バリウム、タンタル、プラチナ、ピスマスのレアメタルの10元素と、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、スカンジウム、ジスプロシウムのレアアースの5元素、合計22種類のレアメタルである。

3章は、何故、レアメタルのイノベーションにインフレーションが起きるのか、何故、互いに競争する異なるイノベーションが収斂進化するのか、何故、成長時代に急成長するとイノベーションが短命化するのか、何故、社会選択とイノベーションの関係が重要度を増すのか、を考察することにより、イノベーションの本質に迫る。

また、本論文は、レアメタルのイノベーションの成長時代において、従来考えられていた一本の単純な直線的な成長ではなく、徐々に増加する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」の2つ時期が成長時代に存在することを明確にする。さらに、本論文は、インフレーション<sup>25)</sup>が発生した後にイノベーションが衰退する現象を取り上げ、詳細に研究する。本論文は、仮説Ⅰ：同じ環境ならば異なるイノベーションが「収斂進化」する、仮説Ⅱ：急成長がイノベーションを短命化し「イノベーションの流転」を加速する、を検証することを目的とする。

---

25) 本論文では、宇宙のインフレーションが宇宙誕生直後に急成長したことの類推から、研究開発に関するインフレーションを研究開発の急成長と考える。

## 2章 レアメタルの成長時代と絶滅時代

### 2-1 国家備蓄7鉱種<sup>26)</sup>のレアメタル

#### 2-1-1 バナジウム

原子番号23のバナジウムは、地殻での存在量が97ppm（1ppmは100万分の1）で<sup>27)</sup>、レアメタルである。バナジウムは、軟らかく良く伸びる性質があり、薄く延ばすことができる。バナジウム化合物は、化学反応を促進する触媒として用いられ、化学や電子工学の分野で必須の金属である。バナジウムとチタンの合金は、軽量かつ高強度で耐食性に優れており、航空機材料として使用されている。バナジウムとガリウムの合金V<sub>3</sub>Gaは、現在最も硬い超電導体である。さらに、バナジウムは、鉄鋼の高強度化や高韌性に寄与するため、鉄鋼への合金材料として大量に使用されている。バナジウムが添加された鋼は、橋梁、建築物、化学プラント、車両、石油や天然ガスのパイプラインなどに使われる。また、バナジウムは、体内の血糖値を下げる糖尿病の治療薬として用いられ、体内から有毒な老廃物を排出する効果がある。

最大のバナジウムの産出国は中国であり<sup>28)</sup>、中国、ロシア、南アフリカ共和国の3カ国でほぼ100%が生産されており、バナジウムは地政学リスクが大きい金属である。そのためバナジウムは日本の国家備蓄7鉱種<sup>29)</sup>の1つである。

図1は、バナジウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである<sup>30)</sup>。なお、縦軸は公開特許件数で、横軸は公開年である。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。

26) 経済産業省 資源エネルギー庁「レアメタルは磁性材料や電子部品を作る原料として、電子工業に代表される先端産業に利用されています。また、特殊鋼等の原材料として鉄鋼業、機械工業には必須の資源です。しかし、レアメタルの生産国は政情不安定な国を含めて海外の少数国に限定されており、供給構造は極めて脆弱となっています。そのため、レアメタル7鉱種（国家備蓄7鉱種：ニッケル、クロム、タングステン、コバルト、モリブデン、マンガン、バナジウム）について、国家備蓄を行い、鉱山のストライキや、自然災害等による短期的なレアメタルの供給障害に備えています」

27) 斎藤勝裕 [2019]「SUPERサイエンス レアメタル・レアアースの驚くべき能力」シーアンドアール研究所

28) 日本経済新聞2019年4月16日「バナジウム高騰の背景には中国の規制強化がある。バナジウムなどのレアメタルは中国が主産地だ。中国政府は環境規制に力を入れている。基準を満たさない生産工場の操業停止などが相次ぎ、取引価格を押し上げている」

29) 「日本はレアメタルの大消費国（全世界の30%を消費）である。米国の国家備蓄は3年分であるが、日本では24日間の備蓄に留まる。日本の国家備蓄をさらに積み上げるべき、と筆者は考える」

30) 特許庁のホームページの特許検索を利用した。尚、この調査は公開特許の全文検索で行った。

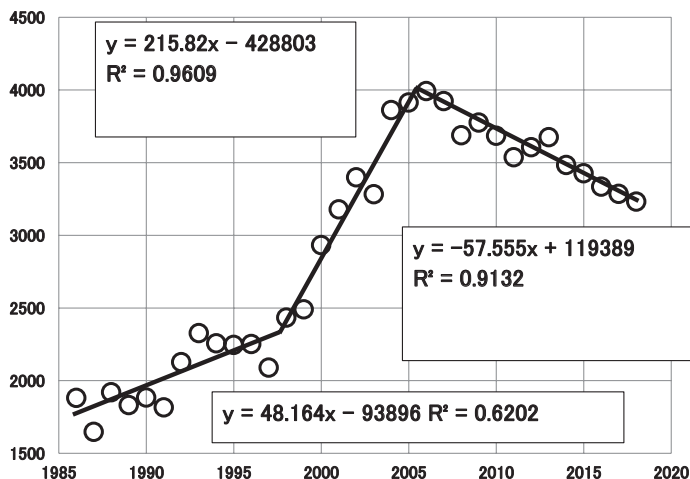


図1 バナジウムに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は1986年から1997.6年の間で、「インフレーション」は1997.6年<sup>31)</sup>から2005.3年<sup>32)</sup>の7.7年間であり、2005.3年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 48.164x - 93896$  寄与率  $R^2 = 0.6202$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 215.82x - 428803$  寄与率  $R^2 = 0.9609$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率（インフレーション率<sup>33)</sup>）は4.48倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -57.555x + 119389$  寄与率  $R^2 = 0.9132$  の直線に従い減少している。絶滅比率（絶滅の傾き÷インフレーションの傾き、単位は百分率）は、 $-26.7\%$ である。

従来のイノベーションの成長時代に関する研究は一本の直線的な増加と考えられていたが、傾きが異なる二本の直線が組み合わせられたものであることが分かった。傾きの緩い「漸進的成長」と傾きの急な「インフレーション」を分ける「インフレーション開始年」と、「インフレーション」が急な減少の絶滅に転換する「インフレーション終了年」に注目して本研究を進める。バナジウムの「インフレーション開始年」は1997.6年、「インフレーション終了年」は2006.3年である。「インフレーション終了年」は「変曲点B」でもある。注目すべき特許は脚

31) インフレーション開始年の1997.6年は、漸進的成長、 $y = 48.164x - 93896$ の直線と、インフレーション、 $y = 215.82x - 428803$ の直線との交点であり、計算で求めた。

32) インフレーション終了年の2005.3年は、インフレーション  $y = 215.82x - 428803$ の直線と、絶滅時代  $y = -57.555x + 119389$ の直線との交点であり、計算で求めた。

33) 「インフレーション率は、「インフレーション」の直線の傾きを「漸進的成長」の直線の傾きで割ったものの百分率であり、たとえばバナジウムのインフレーション率は448%となる」

注<sup>34)</sup>に示す。

## 2-1-2 クロム

原子番号24のクロムは、地殻での存在量が92ppmで、レアメタルである。クロムが鋼に添加されると、不動態被膜を形成し耐食性が著しく向上するため、フェライト系ステンレス鋼（13% Cr鋼）、オーステナイト系ステンレス鋼（18%Cr 8%Ni鋼）として使用されている。また、クロムは優れたメッキ素材としても使われている。クロムとニッケルの合金は高温でも強いいため、電子レンジなどの家電製品に使われている。また、クロムは人体において糖質や脂質の代謝にかかわる大切なミネラルであり、インスリンの働きを助け、糖質の代謝を活発化し糖尿病を予防する。クロムは血液中のコレステロールや中性脂肪の上昇を抑える。

クロムの産出国の第一位が南アフリカ共和国、第二位がカザフスタン、第三位がトルコ、第四位がインドであり、クロムは地政学リスクが大きい。そのためクロムは日本の国家備蓄7鉱種の1つである。

---

34) 特表2017-519330「二次電池用のバナジウム酸硫化物系カソード材料」トヨタ モーター エンジニアリング アンド マニュファクチャリング ノース アメリカ, インコーポレイテッド, 特表2015-520484「バナジウムフロー電池」イマジー パワー システムズ, インコーポレーテッド, 特表2014-500604「ポリオキソメタレートおよびバナジウム (IV) 化合物を含むカソード液を持つ再生可能な燃料電池」エーカル・エナジー・リミテッド, 特表2011-523614「リチウムバナジウム酸化物の製造方法及びリチウムバナジウム酸化物を正極材料として使用する方法」ピーエーエスエフ ソシエタス・ヨーロピア, 特表2010-529622「電池用リチウムバナジウムポリアニオン粉末の製造のための方法」コノコフィリップス カンパニー, 特表2003-510764「改変されたリチウムバナジウム酸化物電極材料, 製品および方法」スリーエム イノベイティブ プロパティズ カンパニー, 特表2002-532509「癌治療用バナジウム化合物」パーカー ヒューズ インスティテュート, 特表平11-505369「高強度鉄-コバルト-バナジウム合金物品」シーアールエス ホールディングス, インコーポレイテッド, 特表平8-503663「酸化バナジウムを有する研磨用品」ミネソタ・マイニング・アンド・マニュファクチュアリング・カンパニー, 特表平4-500883「活性物質としてリチウムバナジウム酸化物を含有する電池」ドウティー エレクトロニック コンポーネンツ リミテッド, WO2017/208471「バナジウム化合物の製造方法, バナジウム溶液の製造方法及びレドックスフローバッテリー電解液の製造方法」昭和電工株式会社, WO2016/158103「二酸化バナジウム含有粒子の製造方法」コニカミノルタ株式会社, WO2016/136773「二酸化バナジウム」株式会社村田製作所, WO2016/129009「金属バナジウムの製造方法」L E システム株式会社他, WO2016/084441「二酸化バナジウム系蓄熱材料の製造方法」新日本電工株式会社, WO2016/047606「カーボン被覆二酸化バナジウム粒子」積水化学工業株式会社, WO2015/198771「バナジウム含有セラミック材料および冷却デバイス」株式会社村田製作所, WO2014/034415「バナジウム系レドックス電池用イオン交換膜, 複合体, 及びバナジウム系レドックス電池」東洋紡株式会社, WO2012/043367「リン酸バナジウムリチウム炭素複合体の製造方法」日本化学工業株式会社, WO2011/049103「バナジウム電池」国立大学法人東北大学, WO96/41678「バナジウム含有触媒およびその製造方法, 並びに, その使用方法」株式会社日本触媒。

図2は、クロムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.2年の間で、「インフレーション」は1997.2年から2005.1年の7.9年間であり、2005.1年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

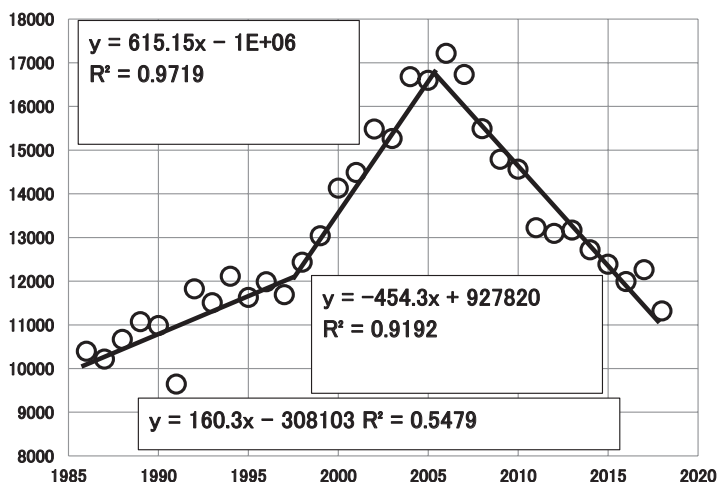


図2 クロムに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は、 $y = 160.3x - 308103$  寄与率  $R^2 = 0.5479$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 615.15x - 1E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9719$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は3.84倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -454.3x + 927820$  寄与率  $R^2 = 0.9192$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-73.9\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>35)</sup>に示す。

35) 特表2017-508075「耐磨耗性、耐クリープ性、耐腐食性、及び加工性が良好な、硬化性ニッケル・クロム・鉄・チタン・アルミニウム合金」ファオデーエム メタルズ インターナショナル ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング、特表2016-525632「高クロムフェライト系ステンレス冷延鋼板の酸洗方法」ポスコ、特表2016-529388「高クロム耐熱鋼」テナリス・コネクションズ・リミテッド、特表2015-520300「好な加工性、クリープ強度及び耐食性を有するニッケル・クロム合金」ファオデーエム メタルズ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング、特表2015-513455「コバルト／クロム合金を含む金属粉末状触媒」ディーエスエム アイピー アセット ピー・ブイ、特表2014-506932「糖尿病、低血糖、およびノ

### 2-1-3 マンガン

原子番号25のマンガンは、地殻での存在量が775ppmで、レアメタルである。マンガンは、アルカリマンガン電池の正極材に二酸化マンガンとして使用されている。マンガン自体は常磁性であるが、マンガンを添加した強磁性体のホイスラー合金（ $\text{Cu}_2\text{MnAl}$ ）などがある。このホイスラー合金は磁界により元の形状に戻る形状記憶合金である。11%～14%マンガンを含むハッドフィールド鋼は、耐磨耗性や耐衝撃性に優れ、鉄道の分機器（2方向のレールを交わらせて線路を分岐する）や防弾鋼板や土木機械に使用されている。ハッドフィールド鋼は1100度C～1200度Cに加熱し急速冷却することにより磨耗と衝撃に強いオーステナイト組織の鋼として製造される。また、マンガンは、鉄鋼の強度、靱性、耐食性などを高める目的で、鉄鋼への合金材料として使用される。

マンガンの産出は、中国、南アフリカ共和国、オーストラリアの3カ国だけで全世界の60%を占める。そのためマンガンは日本の国家備蓄7鉱種の1つである。

- 
- ㍷ 関連障害の治療および予防のためのインスリンとクロムの組成物」ジェーディーエス セラピューティックス、エルエルシー、特表2009-544850「フェライト系クロム鋼」サンドビック インテレクトチュアル プロパティーズ アクティブボラグ、特開2007-186796「高靱性を有する高クロム鋼」エヌケーケーシームレス鋼管株式会社、特開2006-188767「クロムめっき部品の製造方法」株式会社日立製作所、特開2005-194557「溶接缶用クロムメッキ鋼板」新日本製鐵株式会社、特開2004-99964「高強度高靱性高クロム継目無鋼管の製造方法」JFEスチール株式会社、特開2002-224798「高クロム・フェライト系耐熱鋼材の製造方法」住友金属工業株式会社、特開2001-329301「高硬度高クロム鋳鉄粉末合金の製造方法」経済産業省産業技術総合研究所長、特開2000-119324「クロム系の触媒系を用いるシンジオタクチック1, 2-ポリブタジエンの製造方法」株式会社ブリヂストン、特開平9-279308「高延性クロム鋼板」川崎製鉄株式会社、特開平7-216474「高純度金属クロムの製造方法」東ソー株式会社、特開平4-9422「含クロム溶鋼用精錬装置」大同特殊鋼株式会社、第2931980号「耐熱高クロム鋳鋼およびその製造方法」川崎重工業株式会社、特開平8-38904「クロム系フッ素化触媒、その製法及びフッ素化方法」昭和電工株式会社、特開平8-20843「深絞り成形性と耐二次加工脆性に優れたクロム鋼板およびその製造方法」川崎製鉄株式会社、特開平7-224323「耐摩耗用鋳鉄物の製造方法」川崎重工業株式会社、特開平5-106084「光沢性と耐食性に優れたクロムめっき鋼板とその製造」東洋鋼板株式会社、特開平4-146074「硬質クロムめっき皮膜の耐蝕性向上方法」トヨタ自動車株式会社、特開平3-126858「高炭素クロム軸受鋼の浸炭・熱処理方法」住友金属工業株式会社、特開平2-97645「摩耗性および耐肌荒性に優れた黒鉛晶出高クロム鋳鉄ロール材および圧延用複合ロール」株式会社クボタ、特開昭63-169331「延性に優れた高強度複相組織クロムステンレス鋼帯の製造法」日新製鋼株式会社、WO2018/051902「クロムフリー絶縁張力被膜付き方向性電磁鋼板およびその製造方法」JFEスチール株式会社、WO2013/150947「クロム含有オーステナイト合金」新日鐵住金株式会社、WO2012/081229「高炭素クロム軸受鋼およびその製造方法」住友金属工業株式会社、WO2012/070209「フォトマスクブランクおよびフォトマスクの製造方法ならびにクロム系材料膜」信越化学工業株式会社、WO2006/077841「クロム基金と其の製造方法」独立行政法人物質・材料研究機構。

図3は、マンガンのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.7年の間で、「インフレーション」は1997.7年から2003.5年の5.8年間であり、2003.5年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

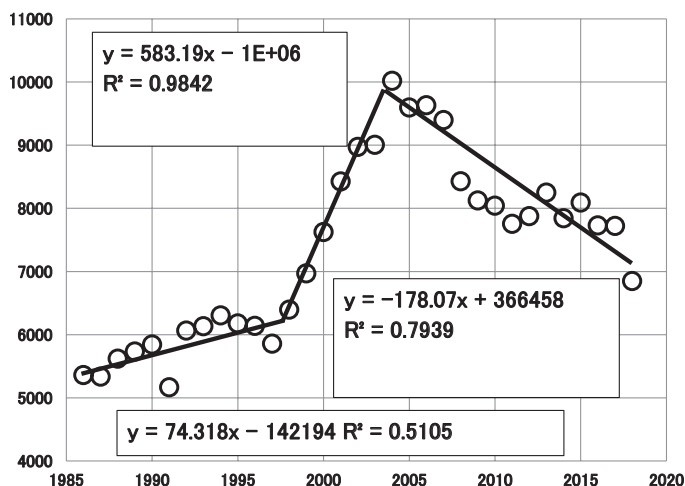


図3 マンガンに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は、 $y = 74.318x - 142194$  寄与率  $R^2 = 0.5105$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 583.19x - 1E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9842$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は7.85倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -178.07x + 366458$  寄与率  $R^2 = 0.7939$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-30.5\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>36)</sup>に示す。

36) 特許第6315858号「リン酸マンガンリチウム系正極活性物質の製造方法」太平洋セメント株式会社、特開2016-188401「高マンガン鋼の溶製方法」JFEスチール株式会社、特開2016-11225「マンガン複合水酸化物及びその製造方法、正極活性物質及びその製造方法、並びに非水系電解質二次電池」住友金属鉱山株式会社、特開2015-140297「マンガンニッケルチタン複合水酸化物粒子とその製造方法、および、非水系電解質二次電池用正極活性物質の製造方法」トヨタ自動車株式会社他、特開2015-88459「リチウムマンガン複合酸化物及び二次電池、並びに電気機器」株式会社半導体エネルギー研究所、特開2015-40157「リチウム鉄マンガン系複合酸化物およびそれを用いたリチウムイオン二次電池」日本電気株式会社他、特開2014-1099「リチウム」

## 2-1-4 コバルト

原子番号27のコバルトは、地殻での存在量が17ppmで、レアメタルである。電気自動車用電池（リチウムイオン電池の正極材にコバルト酸リチウム（ $\text{LiCoO}_2$ ）として使われる）や、パソコンの磁気ヘッド（コバルトと鉄の合金）にも用いられ、コバルトは現代の情報通信社会に不可欠な元素である<sup>37)</sup>。正極材をマンガン酸リチウム（ $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ）に代替したりチウムイオン

ㄨ マンガン含有酸化物とその製造方法、リチウムイオン二次電池の正極活物質、およびリチウムイオン二次電池」トヨタ自動車株式会社、特許第4894969号「ニッケルマンガン複合水酸化物粒子とその製造方法、非水系電解質二次電池用正極活物質とその製造方法、ならびに、非水系電解質二次電池」住友金属鉱山株式会社、特許第3578349号「正極活物質用マンガン酸化物」三井金属鉱業株式会社、特開2004-47445「電池用正極活物質及び電解二酸化マンガンの製造方法並びに電池」三井金属鉱業株式会社、特開2004-115834「チタン-クロム-マンガン系水素吸蔵合金」株式会社豊田中央研究所、特開2001-6634「マンガン乾電池」松下電器産業株式会社、特開平11-345602「マンガン乾電池」東芝電池株式会社、WO2015/174225「リチウムマンガンニッケル複合酸化物及びその製造方法、並びにそれを含む非水系電解質二次電池用である活物質、正極及び非水系電解質二次電池」旭化成株式会社他、WO2014/050812「スピネル型リチウムマンガン含有複合酸化物」三井金属鉱業株式会社、WO2014/034775「炭素複合化リン酸マンガン鉄リチウム粒子粉末の製造方法、炭素複合化リン酸マンガン鉄リチウム粒子粉末、及び該粒子粉末を用いた非水系電解質二次電池」戸田工業株式会社、WO2014/030764「スピネル型リチウムマンガンニッケル含有複合酸化物」三井金属鉱業株式会社、WO2013/108507「マンガン酸化物薄膜および酸化物積層体」富士電機株式会社、WO2013/038517「リン酸アンモニウムマンガン鉄マグネシウムとその製造方法、および該リン酸アンモニウムマンガン鉄マグネシウムを用いたリチウム二次電池用正極活物質とその製造方法、ならびに該正極活物質を用いたリチウム二次電池」住友金属鉱山株式会社、WO2012/111614「リチウムマンガン系固溶体正極材料」三井金属鉱業株式会社、WO2012/077517「ペロフスカイト型マンガン酸化物薄膜」富士電機株式会社、WO2012/131881「ニッケルマンガン複合水酸化物粒子とその製造方法、非水系電解質二次電池用正極活物質とその製造方法、および非水系電解質二次電池」住友金属鉱山株式会社、WO2006/040857「マンガン乾電池負極亜鉛材料の製造方法」東芝電池株式会社、WO2005/080254「デンドライトの構造を有するマンガン酸化物ナノ構造体の製造方法及びデンドライト的構造を有する遷移金属酸化物ナノ構造体を含む酸素還元電極」松下電器産業株式会社、WO2005/064713「電池用負極缶、およびこれを用いたマンガン乾電池」東芝電池株式会社、WO2005/019109「マンガン酸化物ナノ構造体の製造方法とそのマンガン酸化物ナノ構造体を用いた酸素還元電極」松下電器産業株式会社。

37) 日本経済新聞2019年1月7日「コバルト共同調達 EV向け経産省官民で新組織 電気自動車向け電池に使うレアメタルのコバルトをめぐる、経済産業省は日本の自動車や電池メーカーによる共同調達の新組織を2019年度内にもつくる方向で検討に入った。コバルトが不足すればEVの生産ができなくなるため、共同で購買力を高めて稀少資源の確保につなげる。EVには多くのレアメタルが必要で、特にコバルトはリチウムイオン電池に不可欠な資源の一つだ。25年以降供給が不足する可能性が指摘されている。コバルトの多くは現在、アフリカのコンゴ民主共和国で生産され、20年にはコンゴ産比率が7割に達する見通し。自動車のEVシフトが進む中、各国が調達を強化している。コンゴへの進出は特に中国が先行し、生産シェアの3割が実質的な中国資本だ。日本政府は政治的な要因でコバルトの供給が断絶するリスクがあると分析する。ア



電池は、貴重なコバルトを使用しない。当初、日産自動車の電気自動車リーフは、この電池を採用したが、性能低下問題が発生し、現在ではコバルトを使用している。改めてコバルトの重要性が再認識されることとなった。しかし、コバルトを使用しない全固体リチウムイオン電池やリチウムイオン空気電池の研究開発は着々と進んでいる<sup>38)</sup>。

コバルト合金は高温の耐磨耗性に優れているため超硬工具合金（WC-Co系合金）や高速度鋼（ハイス）として使用されている。35%コバルトにタングステンとクロムを添加した合金は最も実用的な磁石である。また、コバルトは耐腐食性に優れた特殊鋼に使用され、航空機のジェットエンジンや化学コンビナートのガスタービンに使用されている。さらに、コバルトは人体の組織に障害を与えないため、歯科用や外科用の材料として用いられる。また、ビタミンB<sub>12</sub>にはコバルトが含まれており、コバルトは人体の必須元素であり、貧血を防ぎ、神経を正常に保つ働きをする。

コバルトの埋蔵量の多い国はコンゴ民主共和国とオーストラリアである。最大のコバルト産出国のコンゴ民主共和国は、世界のコバルト産出の6割を占めるが、紛争が絶えない国でもある<sup>39)</sup>。コンゴ民主共和国の鉱山では、衛生環境の悪い中で幼い子供に素手で掘らせる児童虐待や強制労働が知られており、コバルトは人道問題を避けて通れない。さらに、中国はコンゴ民主共和国のコバルト鉱山の多くを手中にしており、中国によるコバルト独占が急激に強まっている。

現在、世界のコバルトの年間消費量は約14万トンであるが、その半分を中国が消費している。今後、電気自動車が本格化すれば年間消費量20万トンを超える予想<sup>40)</sup>もあり、世界各国が血眼になってコバルトを奪い合う構図は継続すると考えられる。このようにコバルトは、地政学リスクが極めて大きく、日本の国家備蓄7鉱種の1つである。

図4は、コバルトのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1996.8年の間で、「インフレーション」は1996.8年から2004.1年の7.3年間であり、2004.1年から「絶滅時代」に入り現在

---

△ 中国が10年にレアアースの輸出制限を行い、日本企業に影響を与えたような事態を懸念している」

38) 「全固体電池はコバルトを使用しない。トヨタ自動車、ホンダ、パナソニックなどはコバルトを使用しない全固体リチウムイオン電池の開発に成功しており、電気自動車への実用化が待たれる。宇部興産、三菱ガス化学、昭和電工などの素材メーカーを巻き込み、レアメタルに依存しない研究開発が活発である。ソフトバンクなどはリチウム空気電池で脱コバルトを目指している」

39) 「紛争の絶えないコンゴ民主共和国が主産国にも拘わらず、不思議にコバルトは紛争鉱物ではない」

40) 「コバルトを使用しないリチウムイオン電池の研究開発が飛躍的に進めば、この予想は覆る可能性がある」

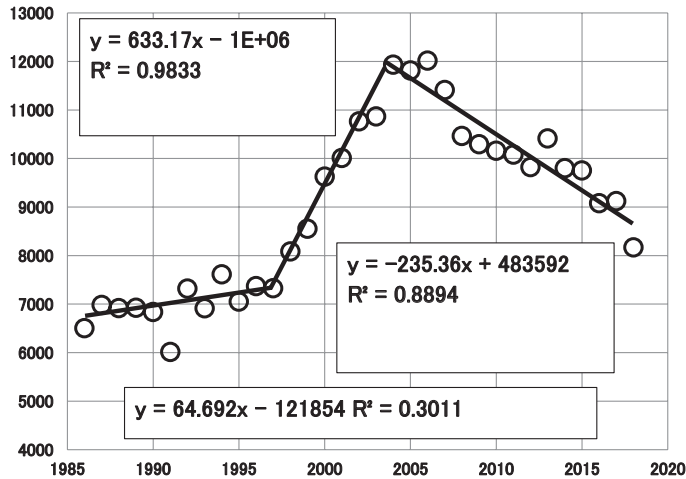


図4 コバルトに関する研究開発（公開特許数）

に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 64.692x - 121854$  寄与率  $R^2 = 0.3011$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 633.17x - 1E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9833$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は9.79倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -235.36x + 483592$  寄与率  $R^2 = 0.8894$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-37.2\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>41)</sup>に示す。

41) 特表2017-508884「耐摩耗性、耐クリープ性、耐腐食性、及び加工性が良好な、硬化性ニッケル・クロム・コバルト・チタン・アルミニウム合金」ファオデーエム メタルズ インターナショナル ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング、特表2016-540753「コバルト触媒並びにヒドロシリル化及び脱水素シリル化のためのそれらの使用」プリンストン ユニバーシティ、特表2016-525778「寿命特性に優れたリチウムコバルト系複合酸化物及びそれを含む二次電池用正極活物質」エルジー・ケム・リミテッド、特表2015-533935「コバルト合金」クエステック イノベーションズ リミテッド ライアビリティ カンパニー、特表2013-522465「ニッケル・クロム・コバルト・モリブデン合金」オウトクンプ ファオデーエム ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング、特表2013-512349「緩衝酸化コバルト触媒」ウイスコンシン アラムナイ リサーチ ファウンデーション、特表2005-533186「耐摩耗性、耐食性コバルト系合金」デロロ・ステライト・カンパニー・インコーポレイテッド、特表2004-503358「コバルト触媒」サソール テクノロジー（プロプライエタリー）リミテッド、WO2017/061126「希土類コバルト系永久磁石」株式会社トーキン他、WO2017/017708「コバルト基合金部材の製造方法」株式会社東芝他、WO2014/051089「ニッケルコバルト複合水酸化物とその製造方法および製造装置、非水系電解質二次電池用正極活物質とその製造方法、および非水系電解質二次電池」住友金属鉱山株式会社、WO2012/063512「耐摩耗性コバルト基合金とそれら

## 2-1-5 ニッケル

原子番号28のニッケルは、地殻での存在量が4700ppmで、レアメタルである。ただし、地球を構成する元素（重量比）は鉄35%、酸素28%、珪素13%、ニッケル2.7%であり、ニッケルは地球で4番目に多い元素である。このためニッケルはレアメタルと言うには少し違和感が残る。しかし、日本は用途の重要性と偏在のためニッケルをレアメタルとしている。

ニッケルは、電気自動車などのニッケル水素電池、MRI（磁気共鳴断層撮影装置）などの電磁波を遮断する磁気シールド、液化天然ガス貯蔵タンク、液化天然ガス運搬船、タービンプレード、ロケットのエンジン、オーステナイト系ステンレス鋼、インバー合金、エリンバー合金などに広く使われている。ニッケルは、耐食性に優れており、硬貨やメッキ素材や合金材料に使われている。白銅（ニッケル25%、銅75%）、洋銀（ニッケル10～20%、銅40～70%、亜鉛20～30%）は食器や楽器に使われる。ニクロム（ニッケル60～80%、クロム10～20%、マンガン1～2%）は発熱材に使われる。ニッケルとチタンが1：1の合金は形状記憶合金として使用される。

ニッケル産出国の第一位がフィリピン、第二位がロシア、第三位がカナダ、第四位がオーストラリアであり、ニッケルは地政学リスクが大きい金属である<sup>42)</sup>。以上のような理由からニッケルは日本の国家備蓄7鉱種に指定されている。

図5は、ニッケルのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.3年の間で、「インフレーション」は1997.3年から2004.5年の7.2年間であり、2004.5年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

---

ㄨ を盛金したエンジンバルブ」福田金属箔粉工業株式会社、WO2011/007858「コバルトセリウム化合物、アルカリ蓄電池、及び、コバルトセリウム化合物の製造方法」株式会社GSユアサ他、WO2007/083457「リチウムニッケルマンガンコバルト複合酸化物及びリチウム二次電池」日鉱金属株式会社、WO98/06670「リチウムニッケルコバルト複合酸化物、その製法及び二次電池用正極活物質」富士化学工業株式会社。

42) 日本経済新聞2019年2月26日「ニッケル価格上昇 ニッケルは年初比2割高い。貿易摩擦を巡る米中両国の協議進展への期待から、需要が急減するとの見方が後退した。実需の底堅さや米国の利上げ休止観測も相場を押し上げている。ニッケルは電気自動車のリチウムイオン電池の正極材にも使う。需要の7割を占める主要用途のステンレス向けに比べ利用率は3～5%にとどまる。ただ用途が重なるコバルトの価格が一時高騰し、ニッケル使用を増す動きが広がる。米中協議の動向をにらみ、ニッケルの値動きが荒くなる可能性もある」

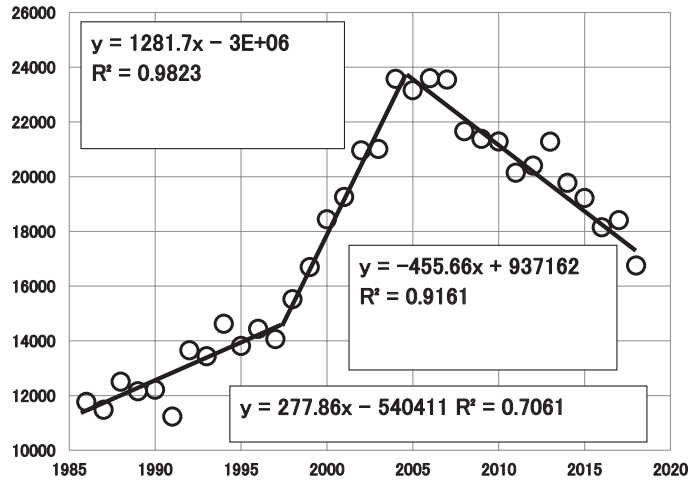


図5 ニッケルに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は、 $y = 277.86x - 540411$  寄与率  $R^2 = 0.7061$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 1281.7x - 3E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9823$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は4.61倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -455.66x + 937162$ 寄与率  $R^2 = 0.9161$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-35.6\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>43)</sup>に示す。

43) 特表2017-508885「耐摩耗性、耐クリープ性、耐腐食性、及び加工性が良好な、硬化性ニッケル・クロム・チタン・アルミニウム合金」ファオデーエム メタルズ インターナショナル ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング、特表2013-513728「インコネル718型ニッケル超合金を製造する方法」スネクマ、特表2000-512341「ニッケルベースの超合金」エービーピー リサーチ リミテッド、特表平8-511128「電池用チタン-ニオブ-ニッケル・水素吸蔵合金」ヒュンダイ モーター カンパニー、WO2017/110285「電極積層体及びそれを用いたニッケル亜鉛電池」日本碍子株式会社、WO2017/094921「電池用ニッケルめっき熱処理鋼板」東洋鋼板株式会社、WO2016/157672「電極用合金粉末、それを用いたニッケル水素蓄電池用負極およびニッケル水素蓄電池」パナソニックIPマネジメント株式会社、WO2016/006330「ニッケル亜鉛電池」日本碍子株式会社、WO2015/174225「リチウムマンガニッケル複合酸化物及びその製造方法、並びにそれを含む非水電解質二次電池用である活物質、正極及び非水電解質二次電池」旭化成株式会社、WO2015/115547「ニッケルマンガニ複合水酸化物粒子とその製造方法、非水電解質二次電池用正極活物質とその製造方法、および非水電解質二次電池」住友金属鉱山株式会社、WO2015/060119「ニッケル銅合金薄膜積層フィルム」東洋紡株式会社、WO2014/083741「ニッケル水素蓄電池および組電池」パナソニックIPマネジメント株式会社、WO2014/068868「ニッケル水素蓄電池及び蓄電池システム」三洋電機株式会社、WO2012/004943「ニッケル水素蓄電池およびその製造方法」パナソニック株式会社、WO2009/060752

## 2-1-6 モリブデン

原子番号42のモリブデンは、地殻での存在量が1.1ppmで、レアメタルである。モリブデンの生産量の約75%が鉄鋼の合金材料として使用される。モリブデンは、高速度鋼，ステンレス鋼，耐熱鋼，工具鋼，特殊鋼などに使用されている。モリブデンは、融点と沸点が高く，タングステンよりも安価なため電子機器に使用される。モリブデンが硫黄と結合しやすい性質を利用して石油の脱硫に使われる。モリブデン酸塩類は顔料や肥料などに使用される。

モリブデンは、人体の肝臓，腎臓，副腎などに存在する大切なミネラルであり，医薬品として使われる。モリブデンは，体内で不要になった成分を分解し，老廃物の尿酸として体外に排出する働きがある。モリブデンの生産国は中国と米国とチリの3カ国である。そのためモリブデンは日本の国家備蓄7鉱種の1つである。

図6は、モリブデンのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い，そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は，徐々に成長する「漸進的成長」と，急成長する「インフレーション」との2段階が存在し，その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.5年の間で，「インフレーション」は1997.5年から2005.7年の8.2年間であり，2005.7年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

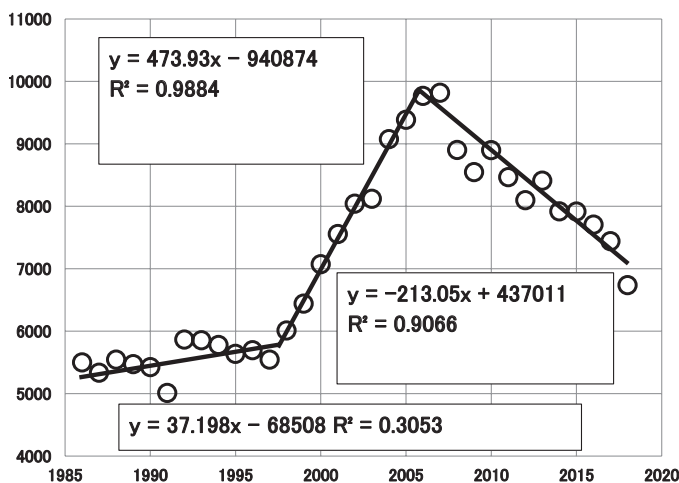


図6 モリブデンに関する研究開発（公開特許数）

- 「固体酸化物形燃料電池用の酸化ニッケル粉末材料とその製造方法，並びにそれをを用いた燃料極材料，燃料極，及び固体酸化物形燃料電池」住友金属鉱山株式会社，WO2006/004143 「ニッケル水素蓄電池」トヨタ自動車株式会社，WO98/10107 「希土類金属－ニッケル系水素吸蔵合金及びその製造法，並びにニッケル水素2次電池用負極」三徳金属工業株式会社。

「漸進的成長」は、 $y = 37.198x - 68508$  寄与率  $R^2 = 0.3053$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 473.93x - 940874$  寄与率  $R^2 = 0.9884$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は12.74倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -213.05x + 437011$  寄与率  $R^2 = 0.9066$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-45.0\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>44)</sup>に示す。

## 2-1-7 タングステン

原子番号74のタングステンは、地殻での存在量が1.9ppmである。タングステンは、融点と沸点が非常に高く、細かく加工できるため白熱電球のフィラメントに使用されてきた。近年のタングステンは、高速度鋼、切削工具、砲弾、戦車の装甲、指輪、印鑑、放射線シールドなどに幅広く使用されている。酸化タングステンは、透明波長領域をもつ高屈折率材料であり、電圧により透明から青色へ変化する性質があり、透明度を調節できる窓ガラスに使用されている。炭化タングステン（WC タングステンカーバイド）は、ダイヤモンド、炭化ホウ素に次いで硬いため、機械材料や切削工具材料に使用されている。

タングステンはコンゴ民主共和国でも産出できるが、ここで産出されるタングステンは「紛争鉱物<sup>45)</sup>」という深刻な問題がある。そのため、日本のタングステンの輸入国は実質的に中国

44) 特表2018-521851「モリブデンおよびビスマスを含有する混合金属酸化物触媒の製造方法」エボニック、特開2015-221935「抵抗溶接用タングステン-モリブデン合金電極材料」三菱マテリアル株式会社、特開2014-159411「モリブデンを含有する触媒を備えた固定床式反応器を用いた不飽和脂肪族アルデヒド、不飽和炭化水素及び不飽和脂肪酸からなる群から選ばれる少なくとも一種の反応物を製造する製造方法」三菱化学株式会社、特許第5000779号「モリブデン電極付光電変換素子用基板」富士フイルム株式会社、特開2012-79773「モリブデン化合物ナノ粒子およびその製造方法、モリブデン化合物ナノ粒子分散インク、デバイスおよびその製造方法」大日本印刷株式会社、特開昭63-157769「クロム-モリブデン銅の溶接方法」パブコック日立株式会社、WO2014/175071「銅およびモリブデンを含む多層膜のエッチングに使用される液体組成物、およびその液体組成物を用いた基板の製造方法、並びにその製造方法により製造される基板」三菱瓦斯化学株式会社、WO2014/077073「モリブデンを含有する薄膜の製造方法、薄膜形成用原料及びモリブデンイミド化合物」株式会社ADEKA、WO2012/169259「炭化モリブデン造粒粉の製造方法および炭化モリブデン造粒粉」株式会社東芝他。

45) 「紛争鉱物（コンフリクトミネラル）は、紛争地域で採掘した鉱物を他国が高額で購入し、武装勢力の資金源に使われる鉱物である。武装勢力は紛争鉱物を買った金で兵器購入するため、紛争が長期化し、犠牲者を増大させる原因になっている。紛争鉱物、紛争地域で人権侵害、環境破壊、汚職など、不正に関わる組織の資金源となっている鉱物を指すようになった。紛争鉱物とは、略して3TGという言い方をするが、スズ、タンタル、タングステン、金のそれぞれの頭文字をとった略称である。コンゴ民主共和国と国境を共有する国で、アンゴラ共和国、ブルンジ共和国、中央アフリカ共和国、コンゴ民主共和国、ルワンダ共和国、南スーダン共和国、タンザニア連合共和国、ウガンダ共和国、ザンビア共和国が対象国となっている」

に限定される。世界生産量8万7000トンの内、中国は7万1000トン（世界の82%）を生産する。タングステンは、地政学リスクが極めて大きい金属であり、日本の国家備蓄7鉱種の1つである。

図7は、タングステンのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1996.6年の間で、「インフレーション」は1996.6年から2005.5年の8.9年間であり、2005.5年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

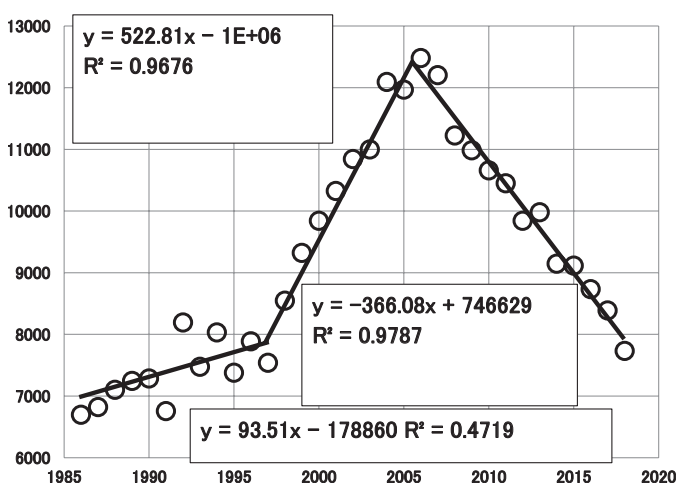


図7 タングステンに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は、 $y = 93.51x - 178860$  寄与率 $R^2 = 0.4719$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 522.81x - 1E+06$  寄与率 $R^2 = 0.9676$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は5.59倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -366.08x + 746629$  寄与率 $R^2 = 0.9787$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-70.0\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>46)</sup>に示す。

46) WO2018/011832 「可視光活性光触媒酸化タングステン化合物」株式会社アンディーン, WO2016/076031 「タングステンを含む材料のダメージを抑制した半導体素子の洗浄液、およびこれを用いた半導体素子の洗浄方法」三菱瓦斯化学株式会社, WO2016/038959 「タングステンコンデンサ素子及びその製造方法」昭和ノ

## 2-2 レアメタル

### 2-2-1 ストロンチウム

原子番号38のストロンチウムは、地殻での存在量が320ppmである。炭酸ストロンチウム ( $\text{SrCO}_3$ ) は、永久磁石（フェライトセラミック磁石）に使用され、ブラウン管などの陰極線管のガラスにも添加される。ストロンチウムは顔料や亜鉛の電解製造に使用されている。ストロンチウム原子時計は3000万年に1秒の誤差である。炎症反応で赤色を示すことから硝酸ストロンチウム ( $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ) は花火に使われる。 $^{89}\text{Sr}$ が癌の骨転移部位で起こる痛みを緩和させる医薬品として用いられる理由は、 $^{89}\text{Sr}$ が細胞障害作用の強い $\beta$ 線を放出しストロンチウムが骨転移部位に高く集積することによる。ストロンチウムの第一位の産出国は中国で、第二位がスペインである。世界生産量32万トンの内、中国は15万トン（世界の47%）を生産する。

図8は、ストロンチウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を

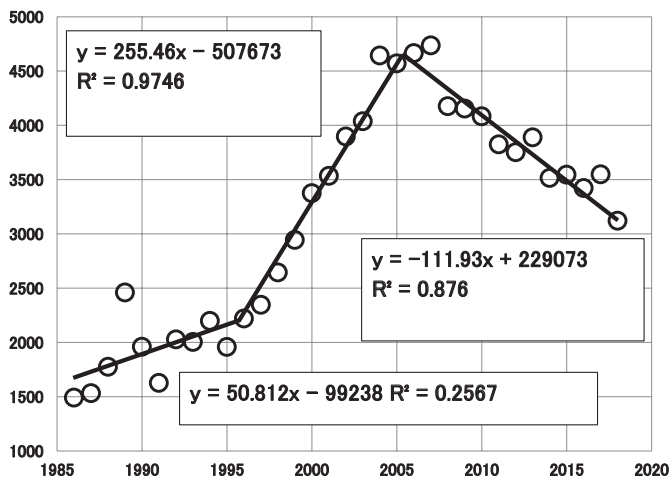


図8 ストロンチウムに関する研究開発（公開特許数）

- \ 電工株式会社, WO2015/182497「タングステン耐熱合金, 摩擦攪拌接合工具, および製造方法」株式会社アライドマテリアル, WO2015/129835「金属化合物吸着剤およびそれを用いた金属化合物の回収方法」京セラ株式会社, WO2015/107749「タングステン固体電解コンデンサ素子の製造方法」昭和電工株式会社, WO2015/080058「タングステン膜の成膜方法」東京エレクトロン株式会社, WO2015/056556「酸化チタン・酸化タングステン複合光触媒微粒子分散液, その製造方法, 及び光触媒薄膜を表面に有する部材」信越化学工業株式会社, WO2014/006779「タングステン合金部品, ならびにそれを用いた放電ランプ, 送信管およびマグネトロン」株式会社東芝他, WO2008/117655「光触媒用三酸化タングステン粉末の製造方法, 光触媒用三酸化タングステン粉末および光触媒製品」東芝マテリアル株式会社他, WO2003/080516「タングステン酸化化合物及びその製造方法」旭化成ケミカルズ株式会社, 特表平7-503997「レニウム結合炭化タングステン複合体」ザ・ダウ・ケミカル・カンパニー。



行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1995.8年の間で、「インフレーション」は1995.8年から2005.4年の9.6年間であり、2005.4年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 50.812x - 99238$  寄与率  $R^2 = 0.2567$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 255.46x - 507673$  寄与率  $R^2 = 0.9746$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は5.03倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -111.93x + 229073$  寄与率  $R^2 = 0.876$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-43.8\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>47)</sup>に示す。

## 2-2-2 ジルコニウム

原子番号40のジルコニウムは、地殻での存在量が193ppmである。ジルコニウムは中性子を吸収しにくいので、原子炉の構造材、核燃料棒の被覆材、熱交換器、配管などに使用されている。酸化ジルコニウム $ZrO_2$ はジルコニアと呼ばれ、融点が2700度Cと高いので耐熱セラミックの原料に使用されている。ジルコニウムにイットリウムなどを添加したキュービックジルコニアは、屈折率が2.18と高いので、ダイヤモンド(屈折率2.42)の代用品として使われる。ジルコニウムの産出国の第一位はオーストラリアで、第二位が南アフリカ共和国、第三位が中国である。

図9は、ジルコニウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、そ

47) 特開2015-151303「チタン酸ストロンチウム微粒子の製造方法」富士フイルム株式会社他、特表2015-510943「疼痛、そう痒および炎症を処置するために局所的に投与されるストロンチウム含有複合体」コスメダームバイオサイエンス、インコーポレイテッド、特開2010-166064「フェライト磁性粉」DOWAホールディングス株式会社他、特開2009-132902「表面被覆ストロンチウムシリケート蛍光体粒子及びその製造方法並びに該蛍光体粒子を具備する発光ダイオード」住友金属鉱山株式会社、特表2006-525243「水溶性ストロンチウム塩を用いる軟骨／骨症状の治療」オステオロジックス エイ／エス、WO2015/152237「チタン酸ストロンチウム微粒子粉末及びその製造方法」戸田工業株式会社、WO2015/141817「針状炭酸ストロンチウム微粒子及びその分散液」宇部マテリアルズ株式会社、WO2007/010874「タンタル酸ストロンチウムビスマス微粒子の製造方法」旭硝子株式会社、WO98/22538「ホウ酸ストロンチウム顔料とその製造方法、ならびにそれを用いた防さび方法、防菌、防かび方法および難燃化方法」堺化学工業株式会社。

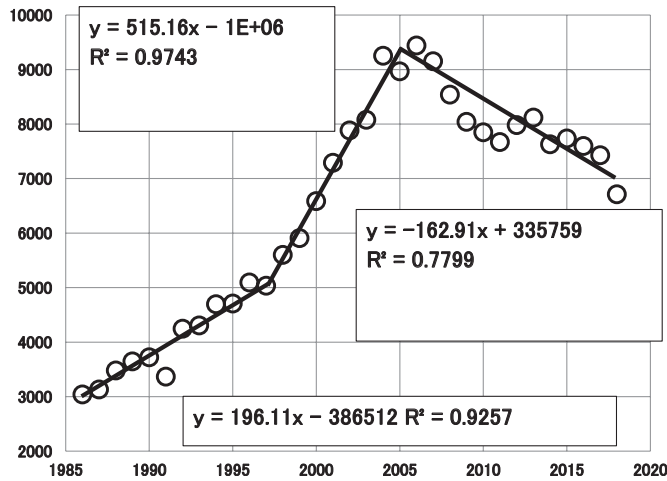


図9 ジルコニウムに関する研究開発（公開特許数）

の後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.1年の間で、「インフレーション」は1997.1年から2004.9年の7.8年間であり、2004.9年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 196.11x - 386512$  寄与率  $R^2 = 0.9257$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 515.16x - 1E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9743$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は2.63倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -162.91x + 335759$  寄与率  $R^2 = 0.7799$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-31.6\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>48)</sup>に示す。

48) 特開2017-178763「酸化ジルコニウムナノ粒子」株式会社日本触媒、特開2013-127404「原子炉燃料集合体用ジルコニウム基合金及び原子炉燃料集合体」原子燃料工業株式会社、特開2006-275620「沸騰水型軽水炉用ジルコニウム合金製構成材料の腐食性加速試験方法」東京電力株式会社他、特開2001-181811「クロム・ジルコニウム系銅合金線の製造方法」三菱電線工業株式会社他、特開平8-49030「高耐食低水素吸収性ジルコニウム基合金及びその製造法」株式会社日立製作所、特開平5-212417「ジルコニウム合金管の製造方法」住友金属工業株式会社、特開平4-224663「ジルコニウム管およびジルコニウム合金管の製造方法」神鋼特殊鋼管株式会社、WO2017/131108「硼化ジルコニウム及びその製造方法」第一稀元素化学工業株式会社、WO2016/035689「酸化ジルコニウム粒子の有機溶媒分散体とその製造方法」堺化学工業株式会社、WO2016/009962「酸化ジルコニウム、酸化ジルコニウム分散液、酸化ジルコニウム含有組成物、塗膜、および表示装置」住友大阪セメント株式会社、WO2015/030131「生体用ジルコニウム合金、その製造方法およびその生体用ジルコニウム合金を用いた生体用医療器具」株式会社IHI、WO2014/156215「タングステン酸ジルコニウム」JX金属株式会社、WO2014/132889「ジルコニウム塩とリン系化合物を含有する耐水性再生ノ

## 2-2-3 ニオブ

原子番号41のニオブは、地殻での存在量が12ppmである。ニオブは、航空機のエンジンやリニアモーターカーなどの超電導磁石やコンデンサに使われる。ニオブは、鉄鋼の高強度化や高靱性に寄与するため、鉄鋼への合金材料として大量に使用されている。これらの合金は、構造用鋼板、建築用鋼材、石油や天然ガスのパイプラインなどに使われる。また、五酸化ニオブ  $Nb_2O_5$  を混ぜたガラスは屈折率が上がるので、レンズに使用される。ニオブの産出は、第一位のブラジルが世界の8割を占め、第二位のカナダを含めると、2カ国だけで世界の99%が産出され、ニオブは極めて偏在している。

図10は、ニオブのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1998.3年の間で、「インフレーション」は1998.3年から2007.5年の9.2年間であり、2007.5年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

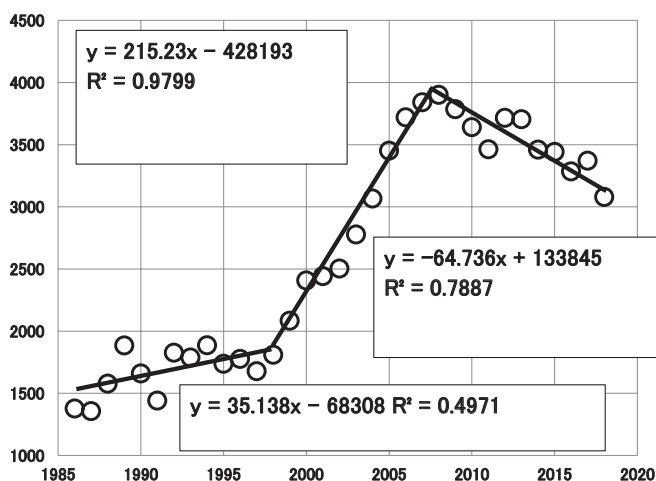


図10 ニオブに関する研究開発（公開特許数）

- ㄨ コラーゲン繊維、その製造方法、及びそれを含む毛髪用繊維束」株式会社カネカ、WO2005/115741「ジルコニウム基金属ガラスの表面成膜方法およびジルコニウム基金属ガラス部品」日本碍子株式会社、WO2004/039868「固体酸性酸化ジルコニウム触媒を用いたポリオルガノシロキサン製造方法」東レ・ダウコーニング株式会社、WO99/12941「ジルコニウム化合物及びこれを用いた電子写真トナー」保土谷化学工業株式会社。

「漸進的成長」は、 $y = 35.138x - 68308$  寄与率  $R^2 = 0.4971$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 215.23x - 428193$  寄与率  $R^2 = 0.9799$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は6.13倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -64.736x + 133845$  寄与率  $R^2 = 0.7887$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-30.1\%$  である。注目すべき特許は脚注<sup>49)</sup>に示す。

## 2-2-4 パラジウム

原子番号46のパラジウムは、地殻での存在量が0.00052ppmで、レアメタルである。パラジウムは、水素を吸蔵する能力が非常に高く、水素吸蔵材料として使われる。パラジウムは水素化触媒として使われる。パラジウムの最大の用途は自動車の排ガス触媒用途である。そのため排ガスを出さない電気自動車の普及が今後のパラジウムの鍵を握っている。また、パラジウムは、加工のしやすさから電子部品の材料や歯科用途やネックレス、リングなどの貴金属の材料として使われている。パラジウムの価格は金よりも高い<sup>50)</sup>。

パラジウムの第一位の産出国はロシアで、第二位が南アフリカ共和国であり、パラジウムは地政学リスクが大きい金属である。パラジウムの世界産出量20万8000トンの内、ロシア（8万トン）と南アフリカ共和国（7万3000トン）の2カ国だけで世界の74%を産出している。

図11は、パラジウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、

49) WO2017/013880「アナターゼ型ニオブ酸窒化物及びその製造方法、並びに半導体構造体」パナソニック株式会社、WO2016/204042「ニオブ酸リチウム単結晶基板とその製造方法」住友金属鉱山株式会社、WO2016/152724「ニオブ酸系強誘電体薄膜素子の製造方法」住友化学株式会社、WO2016/056352「ニオブ酸化物焼結体及び該焼結体からなるスパッタリングターゲット並びにニオブ酸化物焼結体の製造方法」JX金属株式会社、WO2015/194517「超伝導高周波加速空洞の純ニオブ製エンドグループ部品の製造方法」高エネルギー加速器研究機構他、WO2015/053239「ニオブ造粒粉末の製造方法」昭和電工株式会社、WO2014/073029「ケイ化ニオブ基複合材並びにこれを用いたガスタービン用タービン動翼、ガスタービン用タービン静翼及び高温部品並びに当該高温部品を用いたガスタービン、ジェットエンジン及び高温熱機関」三菱日立パワーシステムズ株式会社、WO2010/013701「ニオブ固体電解コンデンサの製造方法」昭和電工株式会社。

50) 日本経済新聞2019年2月19日「NYパラジウム最高値 車触媒向け 排ガス規制で需要増 パラジウムの国際価格が1トロイオンス1400ドルを超え、過去最高値を更新した。半年間の上昇率は6割を超えた。投資家のリスク回避姿勢が和らぐなか、ガソリン車触媒向けの需要増による供給不足を見込んだ買いが増えている。パラジウムは2018年10月から史上最高値の更新が続き、1月中旬には16年ぶりに金を上回り、現在、金との価格差は100ドル程度に拡大している。パラジウムは鉱山からの採掘が伸び悩み、供給不足が深刻化すると  
の思惑が強まっている」

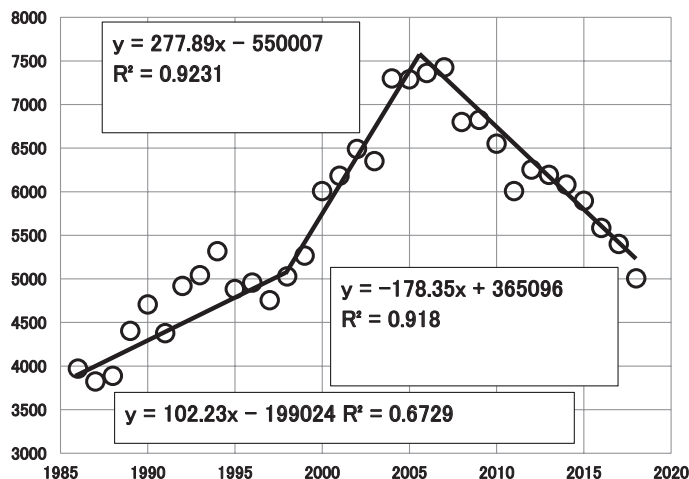


図11 パラジウムに関する研究開発（公開特許数）

徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1998.1年の間で、「インフレーション」は1998.1年から2005.7年の7.6年間であり、2005.7年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 102.23x - 199024$  寄与率  $R^2 = 0.6729$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 277.89x - 550007$  寄与率  $R^2 = 0.9231$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は2.72倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -178.35x + 365096$  寄与率  $R^2 = 0.918$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-64.2\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>51)</sup>に示す。

51) WO2017/094655「芳香族化合物の製造方法およびパラジウム錯体」住友化学株式会社, WO2016/035645「パラジウムめっき液及びそれを用いて得られたパラジウム皮膜」日本高純度化学株式会社, WO2014/050810「エステル化合物の製造方法及びその方法に用いるパラジウム触媒」JXエネルギー株式会社他, WO2012/026565「パラジウム化合物を用いたカップリング法によるフェニル置換複素環誘導体の製造法」帝人ファーマ株式会社, WO2008/081792「パラジウム含有金属担持触媒の再生処理方法、パラジウム含有金属担持触媒およびその製造方法」三菱レイヨン株式会社, WO2007/066460「パラジウム錯体およびこれを利用する触媒付与処理液」荏原ユーザライト株式会社, WO2005/116300「半導体部品の外装パラジウムめっき構造及び半導体装置の製造方法」新光電気工業株式会社, WO2004/037410「炭素侵入型パラジウム金属、パラジウム触媒、及びこれらの製造方法、並びに、 $\alpha$ 、 $\beta$ -不飽和カルボン酸の製造方法」三菱レイヨン株式会社

## 2-2-5 インジウム

原子番号49のインジウムは、地殻での存在量が0.056ppmで、レアメタルである。インジウムは、有機ELや液晶ディスプレイやタッチパネルの透明電極ITO<sup>52)</sup> (Indium Tin Oxide酸化インジウムスズ) や透明電導膜として使われている。インジウムは、半導体レーザー、光学コーティング材料、赤外線反射材料、反射防止膜、ガスセンサーに使用されている。また、インジウムは、メッキ材料、発光ダイオード、帯電防止材料、電磁波シールド材料、電子インク、太陽電池<sup>53)</sup> に使用される。インジウムは、現代の情報通信社会に極めて重要な元素である。

インジウムの産出国は第一位が中国、第二位が韓国であり、この2カ国だけで世界の7割を占める。インジウムは、情報通信社会において極めて重要なレアメタルであるにも拘わらず、日本とあまり関係が良くない中国と韓国が主要産出国であり、供給不安を頭に置いて研究開発を行う必要がある。このようにインジウムは地政学リスクが極めて大きいと言える。

図12は、インジウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々

52) ニュートン別冊 [2014] 「注目のスーパーマテリアル」ニュートンプレス

「液晶ディスプレイには透明な電極が不可欠である。透明電極にはITO (Indium Tin Oxide酸化インジウムスズ) が使用されている。通常、透明であることと電気を通すことは両立しない。金属に電気が流れるのは、原子の間を電子が自由に動き回ることが出来るためである。これは、金属が透明でないことの原因でもある。光が当たると、動きまわる電子に光がぶつかって、反射してしまう。一方、金属と酸素が結合した酸化物は電気を通さない。金属原子の間にある酸素原子が、電子の通り道を分断してしまうためである。ところが金属の酸化物でも、電子を余分に加えてやれば、電気が流れるものがある。それがインジウムなどの酸化物であり、金属原子の電子雲が酸素原子よりはるかに大きく広がって重なり合うため、電子が原子の間を移動できるようになる。酸素の少ない環境でITOを高温で焼くと、酸素原子がところどころ失われ、そのあとに電子が2個残される。この電子がインジウムに加わることで電子雲が広がる」

53) <http://www.sharp.co.jp/corporate/news/160519-a.html>

「2016年5月19日 シャープは、独自の化合物3接合技術により、太陽電池モジュールで世界最高となる変換効率31.17%を達成しました。太陽電池の公的測定機関である国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (AIST) により、31.17%の変換効率が確認されました。一般的に、化合物系の太陽電池セルは、インジウムやガリウムなど、複数の元素から成る化合物を材料とした光吸収層で構成されます。光の吸収特性が異なる複数の材料を組み合わせることで、太陽光の波長をより幅広くとらえられるため、高い変換効率を実現できます。当社の化合物3接合型太陽電池セルは、「インジウムガリウムリン (InGaP)」、「ガリウムヒ素 (GaAs)」に「インジウムガリウムヒ素 (InGaAs)」のボトム層を加えた3つの光吸収層から成り、太陽光をより効率良く電気に変換できる独自の構造を採用しています。本構造を持つ小さなサイズのセル (面積: 1.047cm<sup>2</sup>) で世界最高 (当時) の変換効率37.9%を達成したことを2013年4月24日に発表しました。そしてこのたび、より大きなサイズの太陽電池セルの開発とモジュール化に成功。モジュール (面積: 968cm<sup>2</sup>) としても世界最高の変換効率を達成しました」

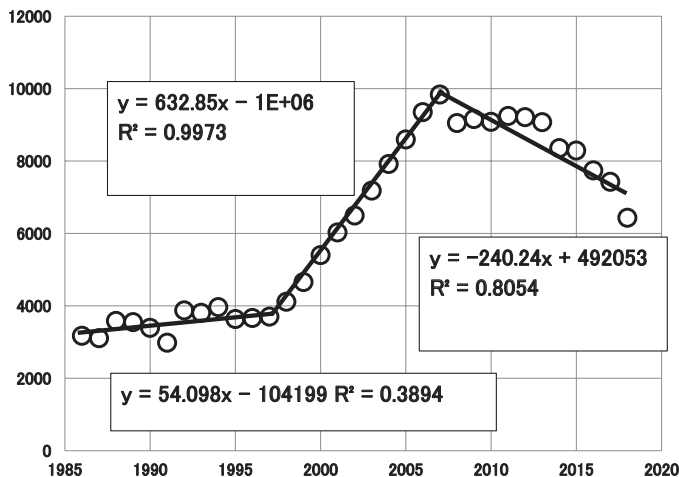


図12 インジウムに関する研究開発（公開特許数）

に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.6年の間で、「インフレーション」は1997.6年から2007.1年の9.5年間であり、2007.1年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 54.098x - 104199$  寄与率  $R^2 = 0.3894$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 632.85x - 1E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9973$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は11.70倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -240.24x + 492053$  寄与率  $R^2 = 0.8054$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-38.0\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>54)</sup>に示す。

54) 特開2015-129091「燐化インジウム基板および燐化インジウム結晶」住友電気工業株式会社、特開2015-54804「インジウム含有ゼオライト及びこれを含む触媒、並びこれを用いたオレフィンの製造方法」東ソー株式会社、特開2015-132002「インジウム被覆銀粉、その製造方法、導電性ペースト、及び太陽電池」DOWAエレクトロニクス株式会社、特表2016-524340「ナトリウムインジウム硫化物緩衝層を有する薄膜太陽電池のための層システム」サンゴパン グラス フランス、特表2016-503964「インジウムドーブシリコンウェハおよびこれを用いた太陽電池セル」エムイーエムシー・エレクトロニック・マテリアルズ・ソシエタ・ペル・アチオニ、特開平9-36408「薄膜太陽電池の製造方法及びインジウム-セレン合金の製造方法」矢崎総業株式会社、WO2016/129172「インジウムリン基板、インジウムリン基板の検査方法、およびインジウムリン基板の製造方法」住友電気工業株式会社、WO2016/017546「酸化インジウム系酸化物焼結体とその製造方法」住友金属鉱山株式会社、WO2015/122250「インジウムと亜鉛とスズおよび酸素からなる酸化物のエッチング用液体組成物およびエッチング方法」三菱瓦斯化学株式会社、WO2014/112198「酸化インジウム-ア

## 2-2-6 アンチモン

原子番号51のアンチモンは、地殻での存在量が0.4ppmで、レアメタルである。アンチモン化インジウム（InSb）はアンチモンとインジウムからなる半導体に使われる。鉛-アンチモン合金、鉛-スズ-アンチモン合金は活字に使われ、軸受合金やブリタニアメタル（ピューター）や、半導体材料や蓄電池用極板に使われている。三酸化アンチモンは、ゴム、プラスチック、繊維などに添加して難燃性を向上させる。

アンチモンの埋蔵量の多い国は中国、ロシア、オーストラリア、ボリビアの4カ国である。しかし、実質的なアンチモンの産出国は中国であり、中国だけで全世界の77%を占める。アンチモンは、情報通信社会に必須のレアメタルにも拘わらず、供給面の不安が非常に大きく、地政学リスクが極めて大きい。

図13は、アンチモンのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、

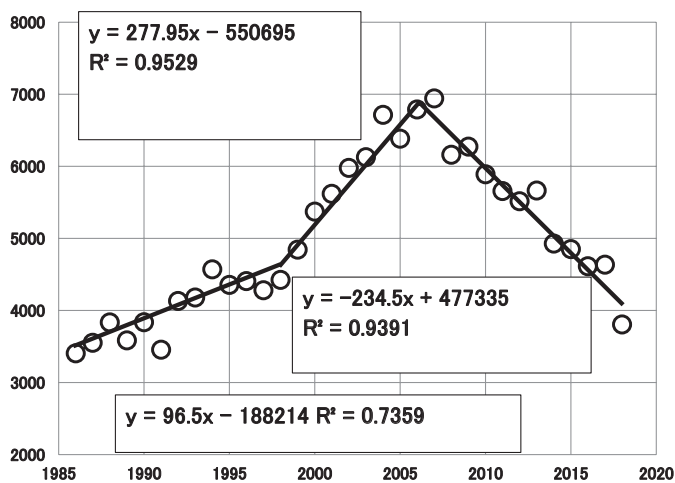


図13 アンチモンに関する研究開発（公開特許数）

- ㄨ 酸化錫粉末の製造方法、ITPターゲットの製造方法及び水酸化インジウム-メタ錫酸混合物の製造方法」JX金属株式会社、WO2010/047063「高純度結晶質酸化インジウム半導体膜を有する薄膜トランジスタ、及びその製造方法」出光興産株式会社、WO2008/123420「酸化インジウム系透明導電膜の製造方法」三井金属鉱業株式会社、WO2008/016154「微粒子の製造方法および有機カルボン酸インジウムの製造方法」HOYA株式会社、WO2007/055422「インジウム系ナノワイヤ、酸化物ナノワイヤ及び導電性酸化物ナノワイヤ並びにそれらの製造方法」住友金属鉱山株式会社、WO2004/106597「燐化インジウム基板および燐化インジウム単結晶とその製造方法」住友電気工業株式会社、WO2004/089829「複合酸化インジウム粒子およびその製造方法ならびに導電性塗料、導電性塗膜および導電性シート」日立マクセル株式会社、WO2002/079092「酸化インジウム中に錫が固溶したITO粉末の製造方法及びITOターゲットの製造方法」株式会社日鉱マテリアルズ、WO01/056927「インジウム亜鉛酸化物系六方晶層状化合物及びその製造方法」大塚化学株式会社。



そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1997.7年の間で、「インフレーション」は1997.7年から2006.1年の8.4年間であり、2006.1年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 96.5x - 188214$  寄与率  $R^2 = 0.7359$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 277.95x - 550695$  寄与率  $R^2 = 0.9529$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は2.88倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -234.5x + 477335$  寄与率  $R^2 = 0.9391$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-84.4\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>55)</sup>に示す。

## 2-2-7 バリウム

原子番号56のバリウムは、地殻での存在量が628ppmである。バリウムは、コンデンサ、塗料、顔料、印刷用インク、自動車用ブレーキパッドの摩擦材、ゴムの充填剤、プラスチックへの添加物として使用される。また、バリウムは、X線を通しにくいいため、硫酸バリウムとして胃のレントゲン検査の造影剤に使われる。世界のバリウム産出量7460トンの内、第一位の中国が3000トン、第二位のインドが900トン、第三位のモロッコが900トンを生産する。

図14は、バリウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1996.4年の間で、「インフレーション」は1996.4年から2003.9年の7.5年間であり、2003.9年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 204.46x - 400052$  寄与率  $R^2 = 0.5398$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 554.13x - 1E + 06$  寄与率  $R^2 = 0.9779$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は2.71倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -326.06x + 665690$  寄与率  $R^2 = 0.9416$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-58.8\%$ である。注目すべき特許は脚

55) WO2013/168812「アンチモンドープ酸化錫、赤外線吸収顔料、赤外線吸収インキ、印刷物及びアンチモンドープ酸化錫の製造方法」共同印刷株式会社、WO2013/147029「アンチモンドープ酸化錫粉末およびその製造方法」三菱マテリアル株式会社他、WO2014/054112「三硫化アンチモンの製造方法」日本精鉱株式会社、WO2012/026522「表面修飾された無水アンチモン酸亜鉛コロイド粒子の疎水性有機溶媒分散液及びそれを用いたコーティング組成物並びに被覆部材」日産化学工業株式会社。

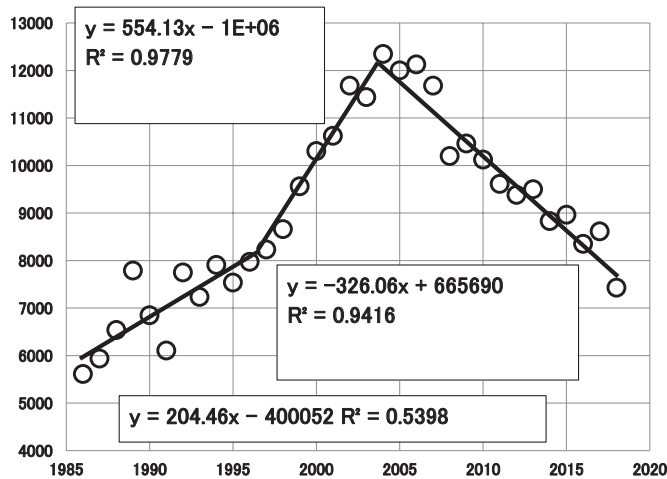


図14 バリウムに関する研究開発（公開特許数）

注<sup>56)</sup>に示す。

## 2-2-8 タンタル

原子番号73のタンタルは、地殻での存在量が9ppmで、レアメタルである。タンタルを用いたコンデンサは、小型で電流漏れが少なくかつ安定しているため、スマートフォンやパソコン等の情報機器には不可欠なレアメタルである。その他、液晶テレビ、デジタルカメラ、ビデオカメラなどのデジタル家電や自動車部品等に使用される。また、タンタルは、耐熱材料、耐食材料、合金添加物、スパッタリングターゲット等に使用され、タンタルの酸化物や炭化物は、切削工具、光学レンズ、表面弾性波フィルタ（SAW: Surface Acoustic Wave）に使用される。また、タンタルは、人体に無害な元素であり、人工骨や人工関節などの整形外科の医療材料、

56) WO2017/111146「低 $\alpha$ 線量硫酸バリウム粒子とその利用とその製造方法」堺化学工業株式会社、WO2017/051640「硫酸バリウムスケール防止剤、硫酸バリウムスケール防止方法、および、硫酸バリウムスケール防止剤組成物」株式会社日本触媒、WO2016/140305「チタン酸バリウム粒子粉末、該粉末を含有する分散体及び塗膜」戸田工業株式会社、WO2016/084562「チタン酸バリウム系半導体セラミック、チタン酸バリウム系半導体セラミック組成物および温度検知用正特性サーミスタ」株式会社村田製作所、WO2014/156746「硫酸バリウムを含むアルミナ材料とその製造方法、それを用いた排気ガス浄化用触媒」エヌ・イーケムキャット株式会社、WO2008/102785「無定形微粒子粉末、その製造方法およびそれを用いたペロブスカイト型チタン酸バリウム粉末」日本化学工業株式会社、WO2006/035593「チタン酸バリウム系半導体磁器組成物」東邦チタニウム株式会社、WO2003/004416「チタン酸バリウムおよびその製造方法」昭和電工株式会社。

手術の縫合糸，人工心臓の材料，歯のインプラントの土台（金属ねじ）にも使われる。

タンタルは，上述のタングステンと同様に「紛争鉱物」であり，ルワンダ，コンゴ民主共和国，ナイジェリア，ブラジル，中国で産出され，地球上で極めて偏在している。2017年から1年間のタンタルの値上がり率は155%であり，レアメタル中で最も高かった。このような価格上昇は，タンタルの情報通信社会における需要の高まりと供給の不安定さを如実に表しており，全世界が必死になってタンタルを追い求める構図は今後とも揺るがないと考えられる。

図15は，タンタルのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い，そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は，徐々に成長する「漸進的成長」と，急成長する「インフレーション」との2段階が存在し，その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1996.7年の間で，「インフレーション」は1996.7年から2006.0年の9.3年間であり，2006.0年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

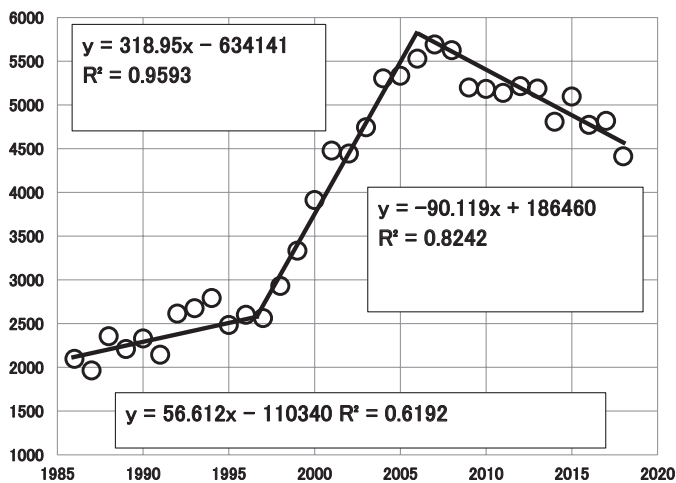


図15 タンタルに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は， $y = 56.612x - 110340$  寄与率 $R^2 = 0.6192$ の直線に従い，「インフレーション」は， $y = 318.95x - 634141$  寄与率 $R^2 = 0.9593$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は5.63倍であり，「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は， $y = -90.119x + 186460$  寄与率 $R^2 = 0.8242$ の直線に従い減少している。絶滅比率は， $-28.3\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>57)</sup>に示す。

## 2-2-9 プラチナ

原子番号78のプラチナ（白金）は、地殻での存在量が $0.0005\text{ppm}$ で、レアメタルである。プラチナは、燃料電池、電子部品（電気接点、抵抗体、熱電対、センサー、磁気ディスク用スパッタリングターゲット、導電塗料）、宝飾品、排ガス触媒<sup>58)</sup>、石油精製反応塔、硫酸製造装置に使用される。なかでも、プラチナは、ディーゼル車の排ガスに含まれる一酸化炭素と炭化水素を酸化させ、それぞれを無害な二酸化炭素と水に変換し、排ガスを浄化させる酸化触媒である。プラチナは、パラジウム（酸化触媒）とロジウム（還元触媒）と共に自動車の三元触媒として重要なレアメタルである。

プラチナは、高価であるため、プラチナを使用しない触媒の研究開発を行ってきたが、未だプラチナを超える物質は発見されておらず、今でも触媒のリーダーとして君臨している。プラチナの逆風はディーゼル車規制である。また、プラチナの化合物は、抗がん剤の医薬品として使用されている。

プラチナは、世界の産出量178トンの内、第一位の南アフリカ共和国が125トン（70%）、第二位のロシアが23トン（13%）、第三位のジンバブエが12.5トン（7%）を産出している。そのため、プラチナは地政学リスクが極めて大きい。

---

57) WO2016/190159「タンタルスパッタリングターゲット及びその製造方法」JX金属株式会社, WO2016/076032「タンタルを含む材料のダメージを抑制した半導体素子の洗浄液、およびこれを用いた洗浄方法」三菱瓦斯化学株式会社, WO2016/010040「タンタル酸リチウム単結晶の育成装置及び育成方法」株式会社福田結晶技術研究所, WO2014/136908「燃料電池電極材料用タンタル含有酸化スズ」三井金属鉱業株式会社, WO2014/123036「炭化ケイ素-炭化タンタル複合材及びサセプタ」東洋炭素株式会社, WO2013/141231「タンタルスパッタリングターゲット及びその製造方法並びに同ターゲットを用いて形成した半導体配線用バリア膜」J X日鉱日石金属株式会社, WO2011/148890「有機タンタル錯体化合物およびその製造方法」昭和電工株式会社, WO2011/061897「タンタルスパッタリングターゲットおよびタンタルスパッタリングターゲットの製造方法ならびに半導体素子の製造方法」株式会社東芝他, WO2010/067778「窒化タンタル膜の形成方法及びその成膜装置」株式会社アルバック, WO2007/145110「タンタル酸リチウム単結晶の製造方法」株式会社村田製作所, WO2006/051610「タンタル酸リチウム結晶の製造方法」信越化学工業株式会社。

58) ニュートン別冊 [2014]「注目のスーパーマテリアル」ニュートンプレス

「白金はきわめてイオンになりにくい。反応のしにくさを比較すると、金について白金が2位である。白金の触媒は、電子の数と配置がにぎっている。白金は78個の電子をもっていて、それらが電子核のまわりに存在している。ただし電子はきっちりつめこまれているわけではなく、内部に空席が1つある。白金原子はこの空席を埋めるために、電子をひきつける性質がある。白金は表面に有害な分子をくっつけてバラバラにし、無害な分子へとつくりかえて解放するという便利な機能につながる。この機能こそが触媒の反応である。メタンは、炭素と水素に分かれて白金の表面にくっつく。そのうち水素は、白金表面にくっついている酸素と結合して水となり、表面をはなれていく。一酸化炭素は二酸化炭素となり、一酸化窒素は窒素となって、外気に排出される」

図16は、プラチナのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1998.3年の間で、「インフレーション」は1998.3年から2006.3年の8.0年間であり、2006.3年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

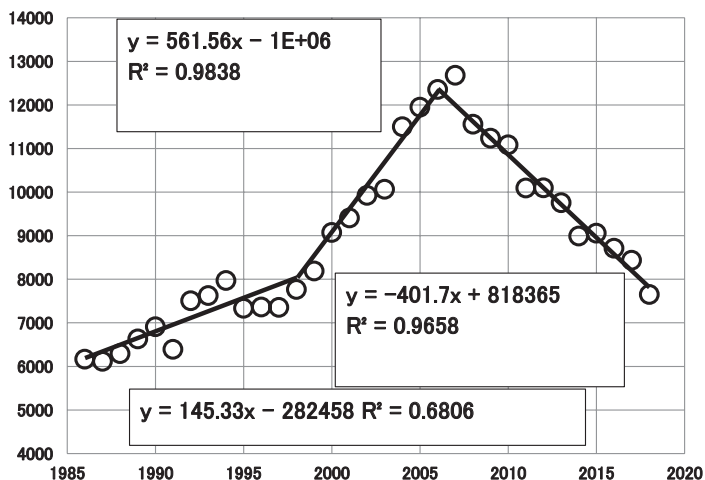


図16 プラチナに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は、 $y = 145.33x - 282458$  寄与率  $R^2 = 0.6806$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 561.56x - 1E+06$  寄与率  $R^2 = 0.9838$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は3.86倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -401.7x + 818365$  寄与率  $R^2 = 0.9658$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-71.5\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>59)</sup>に示す。

59) 特開2014-129356「プラチナシールド技術、プラチナ触媒化学技術、プラチナ固定技術のいずれかを用いたプラチナ加工製品」株式会社バイオフェイス東京研究所、特表2009-522100「プラチナおよびチタンを含有する電極触媒」本田技研工業株式会社、特開平8-104974「プラチナまたはプラチナ合金の硬化方法、およびパラジウムまたはパラジウム合金の硬化方法」田崎真珠株式会社、特開平8-20870「高純度プラチナ膜の形成方法」三菱マテリアル株式会社、WO2012/086204「プラチナシールド技術を用いた家電製品」株式会社バイオフェイス東京研究所、WO2009/041302「ナノサイズダイヤモンド及びプラチナナノコロイドを含有する繊維及びそれを用いた寝具」株式会社ベネクス。

## 2-2-10 ビスマス

原子番号83のビスマスは、地殻での存在量が0.16ppmで、レアメタルである。ビスマスは、電子部品、触媒（化学製品製造用）、磁性体、低融点合金（自動消火器、ヒューズ）、金型用合金に使用される。従来、電子回路などの基板に鉛を含むハンダが使われていたが、鉛が人体に有害であり廃棄物が自然環境に悪影響を及ぼすため、ビスマスを利用した鉛フリーハンダ（Sn-Zn-Bi系、Sn-Ag-In-Bi系）が使われている。次硝酸ビスマスは胃痛、下痢、胃潰瘍の医薬品である。ビスマスの世界産出量1万3300トンの内、第一位の中国が7500トン（56%）、第二位のベトナムが5000トン（38%）を産出している。

図17は、ビスマスのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1995.9年の間で、「インフレーション」は1995.9年から2005.2年の9.3年間であり、2005.2年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

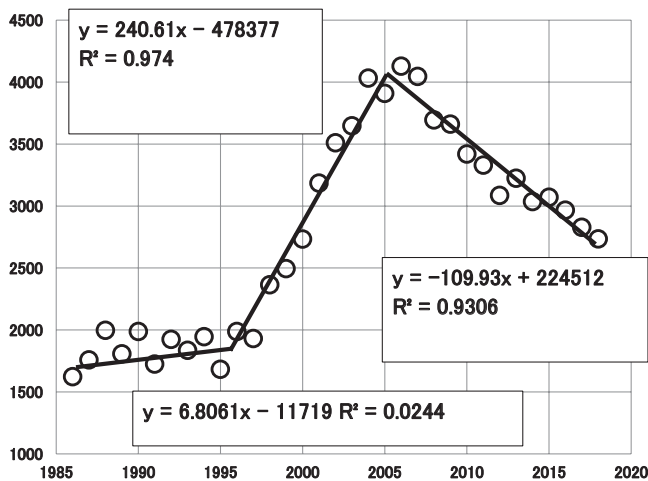


図17 ビスマスに関する研究開発（公開特許数）

「漸進的成長」は、 $y = 6.8061x - 11719$  寄与率 $R^2 = 0.0244$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 240.61x - 478377$  寄与率 $R^2 = 0.974$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は35.35倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -109.93x + 224512$  寄与率 $R^2 = 0.9306$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-45.7\%$ である。注目すべき特許は脚

注<sup>60)</sup>に示す。

## 2-3 レアアース

### 2-3-1 セリウム

原子番号58のセリウムは、地殻での存在量が68ppmで、レアメタルである。セリウムはレアアースのランタノイドにおいて地殻中に最も多く存在する元素である。セリウムがフォトマスク、ハードディスクなどのガラス基板、多層化集積回路の層間絶縁膜に使用される。酸化セリウムが、水晶や石英などの研磨剤に使用される。セリウムは、紫外線吸収ガラスとして自動車のフロントガラスやサングラスの材料として使われている。また、セリウムは、製鋼の添加物や触媒としても使用される。

2011年、中国による突然の輸出制限のため、セリウムの価格が15倍（前年比）に高騰した。このようにセリウムは中国依存度が高く地政学リスクが非常に大きい。

図18は、セリウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、

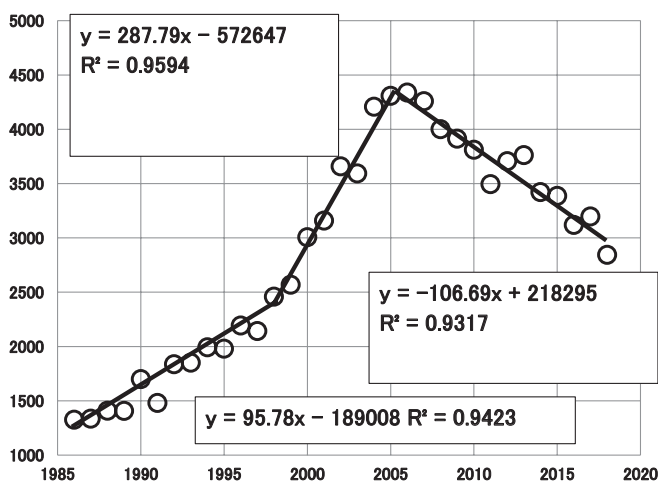


図18 セリウムに関する研究開発（公開特許数）

60) WO2015/083405「低 $\alpha$ 線ビスマスの製造方法及び低 $\alpha$ 線ビスマス」JX金属株式会社, WO2014/087627「透光性ビスマス置換希土類鉄ガーネット型焼成体を用いた磁気光学デバイス及び該焼成体の製造方法」信越化学工業株式会社, WO2013/191075「非晶質無機陰イオン交換体、電子部品封止用樹脂組成物および非晶質ビスマス化合物の製造方法」東亜合成株式会社, WO2009/145088「ビスマス皮膜付き金属材料およびその製造方法、それに用いる表面処理液ならびにカチオン電着塗装金属材料およびその製造方法」日本パーカライジング株式会社, WO2007/010874「タンタル酸ストロンチウムビスマス微粒子の製造方法」旭硝子株式会社, WO2006/090801「ビスマスを含有するガラス組成物、およびこれを用いた信号光の増幅方法」

そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から1998.0年の間で、「インフレーション」は1998.0年から2005.0年の7.0年間であり、2005.0年から「絶滅時代」に入り現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y=95.78x-189008$  寄与率 $R^2=0.9423$ の直線に従い、「インフレーション」は、 $y=287.79x-572647$  寄与率 $R^2=0.9594$ の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は3.00倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y=-106.69x+218295$  寄与率 $R^2=0.9317$ の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-37.1\%$ である。注目すべき特許は脚注<sup>61)</sup>に示す。

### 2-3-2 プラセオジウム

原子番号59のプラセオジウムは、地殻での存在量が9.5ppmで、レアメタルである。プラセオジウムはレアースである。プラセオジウムは、光ファイバーケーブルの信号増幅剤、プラセオジウム磁石 (PrCo<sub>5</sub>)、顔料、溶接作業用ゴーグル (防眩ガラス)、ガラスの着色剤 (Pr<sub>6</sub>O<sub>10</sub>) に使用される。プラセオジウムは中国依存度が高く、地政学リスクが大きいレアメタルである。

図19は、プラセオジウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査を行い、そのイノベーションの成長時代と絶滅時代の変化を調べたものである。その成長時代は、徐々に成長する「漸進的成長」と、急成長する「インフレーション」との2段階が存在し、その後の絶滅時代は衰退することが分かった。「漸進的成長」は1986年から2000.7年の間で、「インフレーション」は2000.7年から2006.5年の5.8年間であり、2006.5年から「絶滅時代」に入り

ㄨ 日本板硝子株式会社他、WO2006/062255「有機ビスマス化合物、その製造方法、リビングラジカル重合開始剤、それを用いるポリマーの製造方法及びポリマー」大塚化学株式会社他、WO2005/001852「ビスマス系酸化物超電導線材およびその製造方法」住友電気工業株式会社。

61) WO2017/051629「セリウム系研磨材及びその製造方法」昭和電工株式会社、WO2015/098945「酸化セリウム被覆酸化亜鉛粒子、その製造方法、紫外線遮蔽剤及び化粧料」堺化学工業株式会社、WO2014/208414「酸化セリウム研磨材、酸化セリウム研磨材の製造方法及び研磨加工方法」コニカミノルタ株式会社、WO2012/137682「セリウム系複合酸化物の製造方法、固体酸化物型燃料電池セル、及び燃料電池システム」TOTO株式会社、WO2011/108457「酸化セリウム-酸化ジルコニウム系複合酸化物及びその製造方法」第一稀元素化学工業株式会社、WO2011/007858「コバルトセリウム化合物、アルカリ蓄電池、及び、コバルトセリウム化合物の製造方法」株式会社GSユアサ、WO2005/042661「セリウム系研磨材及びセリウム系研磨材の製造方法」三井金属鉱業株式会社、WO00/73211「酸化セリウムの製造方法、酸化セリウム研磨剤、これを用いた基板の研磨方法及び半導体装置の製造方法」日立化成工業株式会社。



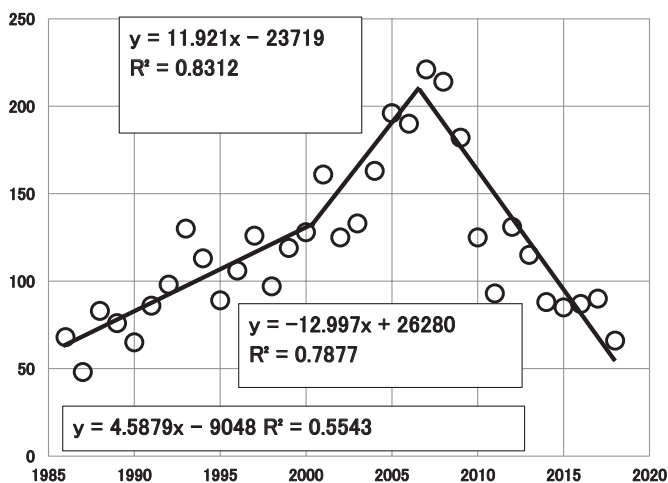


図19 プラセオジウムに関する研究開発（公開特許数）

現在に至っている。

「漸進的成長」は、 $y = 4.5879x - 9048$  寄与率  $R^2 = 0.5543$  の直線に従い、「インフレーション」は、 $y = 11.921x - 23719$  寄与率  $R^2 = 0.8312$  の直線に従う。「インフレーション」と「漸進的成長」の直線の傾きの比率は2.60倍であり、「インフレーション」においてイノベーションが急成長していることが判明した。その後「絶滅時代」は、 $y = -12.997x + 26280$  寄与率  $R^2 = 0.7877$  の直線に従い減少している。絶滅比率は、 $-109.0\%$  であり、20種類のレアメタルの中で最も大きい。注目すべき特許は脚注<sup>62)</sup>に示す。

### 2-3-3 ネオジウム

原子番号60のネオジウム（ネオジウムとも呼ぶ）は、地殻での存在量が38ppmで、レアメタルである。ネオジウムはレアースである。ネオジウム磁石<sup>63)</sup>の主な用途は、電気自動車用モーター、パワーステアリング、コンピュータのハードディスク、エアコン、スマートフォン、エレベーター、産業用ロボット、工作機械、電車、MRI（磁気共鳴断層撮影装置）、磁気センサー、風力発電、電動機付き自転車、スピーカー、ヘッドフォン、DVD・CDプレーヤー、携帯用音

62) WO2017/145401「酸化物超電導体及びその製造方法」株式会社東芝、WO2015/046020「インクジェット用インクセット、それを用いたインクジェットプリント物の製造方法およびインクジェットプリント物」セーレン株式会社、WO2002/103719「希土類永久磁石材料」三菱電機株式会社。

63) 「ネオジウム磁石は、日本の住友特殊金属（現在の日立金属）の佐川真一らが発明した。ネオジウム磁石は、従来のフェライト磁石の10倍以上の強さを持つ永久磁石である」

楽プレーヤーなどである。ネオジウムは中国依存度が非常に高く、地政学リスクが極めて大きい。

図20は、ネオジウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査結果である。ネオジウムは、 $y=70.96x-140714$  寄与率  $R^2=0.9491$ の直線に従い成長している。前述の図1から図19のような、急成長する「インフレーション」は存在しないだけでなく絶滅時代も存在しない。注目すべき特許は脚注<sup>64)</sup>に示す。

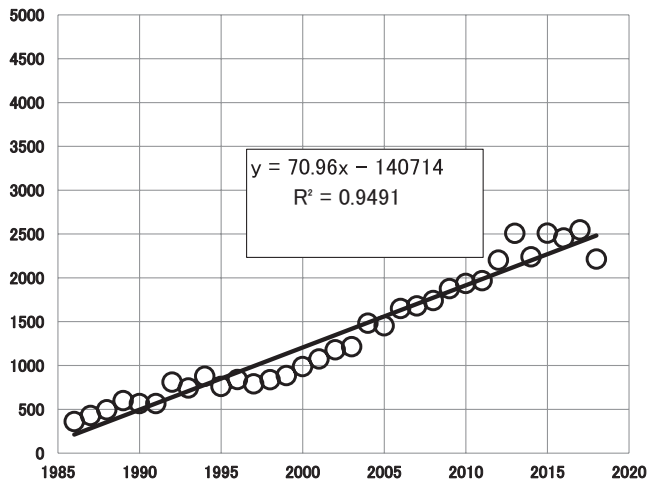


図20 ネオジウムに関する研究開発（公開特許数）

#### 2-3-4 スカンジウム

原子番号21のスカンジウム<sup>65)</sup>は、地殻での存在量が16ppmで、レアメタルである。スカンジウムはレアースである。スカンジウム-アルミニウム合金は、航空宇宙用部品、スポーツ用品（自転車、野球のバット、射撃、ラクロスなど）の材料である。スカンジウムは中国依存度が非常に高く、地政学リスクが極めて大きい。

図21は、スカンジウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査の結果である。スカンジウムは、 $y=38.884x-77141$  寄与率  $R^2=0.9203$ の直線に従い成長している。

64) 特開2016-197991「ネオジウム永久磁石型モータ、及び、該ネオジウム永久磁石型モータを備えた密閉型圧縮機」三菱電機株式会社、特開2010-245392「焼結体の製造方法及びこの焼結体の製造方法により製造されるネオジウム鉄ボロン系焼結磁石」株式会社アルバック、特開2002-373805「ネオジウム系ボンド磁石およびその成形方法」株式会社ダイドー電子、特開2000-216014「ネオジウム系磁石およびモータ」ソニー株式会社、再表2015/019513「ネオジウム系希土類永久磁石及びその製造方法」JX日鉱日石金属株式会社。

65) 「スカンジウムは、今から150年前に周期表を発見したメンデレーエフがその存在を予言した元素である」

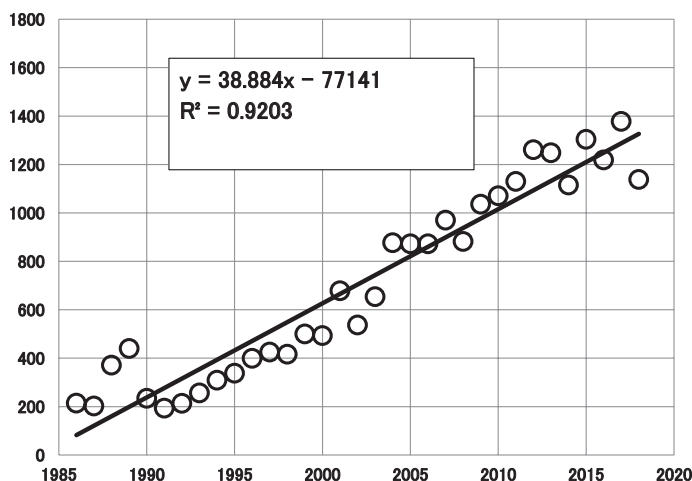


図21 スカンジウムに関する研究開発（公開特許数）

前述の図1から図19のような、急成長する「インフレーション」は存在しないだけでなく絶滅時代も存在しない。注目すべき特許は脚注<sup>66)</sup>に示す。

### 2-3-5 ジスプロシウム

原子番号66のジスプロシウムは、地殻での存在量が6 ppmで、レアメタルである。ジスプロシウムはレアースである。ジスプロシウムの用途は、中性子吸収断面積が大きいため原子炉の制御用材料として利用される。ジスプロシウムは伸縮合金にも使われる。また、ヨウ化ジスプロシウムや臭化ジスプロシウムの塩は高輝度放電ランプの光の赤色領域のスペクトル線を出す用途に使われている。ジスプロシウムは中国依存度が非常に高く、地政学リスクが極めて大きい。

ネオジウム磁石は、自動車のモータの温度が200度Cに上がると磁石の力が弱まる。そこで、ネオジウム磁石にはジスプロシウムが5～8%添加され高温での磁性劣化を防止しており、ジスプロシウムはネオジウム磁石に不可欠な材料である<sup>67)</sup>。しかし、ジスプロシウムの供給不安定

66) 特開2017-101324「スカンジウム、ジルコニウム、およびエルビウムを添加したアルミニウム合金」ザ・ボーイング・カンパニー 他、特開2017-186651「ALM構造体の一体構成のためのスカンジウムを有するAl-Mg-Zn合金」エアバス・ディフェンス・アンド・スペース・ゲーエムベーハー。

67) 「磁石の研究開発：本多光太郎がMKS鋼（1917年）、三島徳七がMK鋼（1931年）を開発し、1982年にネオジウム磁石（鉄60～65%、ネオジウム25～30%、ジスプロシウム5～8%）が佐川真人、広沢哲によって開発され、小型・大出力のモータを実現した。ジスプロシウムはネオジウムのさらに10分の1程度しかなく、全量を中国からの輸入に依存している」

の問題からジスプロシウムを削減する研究開発が行われている<sup>68)</sup>。

図22は、ジスプロシウムのイノベーションに関して1986年から2018年までの33年間の調査の結果である。ジスプロシウムは、 $y = 12.97x - 25658$  寄与率 $R^2 = 0.803$ の直線に従い成長している。前述の図1から図19のような急成長する「インフレーション」は存在しない。注目すべき特許は脚注<sup>69)</sup>に示す。

ネオジウムとスカンジウムとジスプロシウムの研究開発には、図1から図19で示したような急成長する「インフレーション」が存在しないだけでなく、急に減少する絶滅時代もまったく存在しない。19種のレアメタルと比較して、ネオジウムとスカンジウムとジスプロシウムの3種は明らかに相違している。これら3種のレアースは、萌芽時代の指数関数ではなく直線的な成長に転じているため、社会選択の影響を受けた成長時代が継続している。ネオジウムとスカンジウムとジスプロシウムの例は、急成長する「インフレーション」が発生しなかったために絶滅時代も発生しなかったと考えられる。すなわち、これらの研究開発の事例から、研究開発

68) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 [2018]「世界初、ジスプロシウム不使用の省ネオジウム耐熱磁石を開発」

「NEDOプロジェクトにおいて、高効率モータ用磁性材料技術研究組合 (MagHEM) の組合員であるトヨタ自動車 (株) は、世界初の新型磁石「省ネオジウム耐熱磁石」を開発しました。この磁石は、耐熱性能に必要なジスプロシウムを使わないだけでなく、新技術を採用することで、ネオジウムの一部をランタンとセリウムに置き換え、最大50%削減しても、従来のネオジウム磁石と同レベルの耐熱性能を保持できるもので、今後、次世代自動車やロボットなど、さまざまな分野のモータへの使用拡大とレアアース資源の有効活用が期待されます。これまでの磁石ではNdが磁石の粒の中にほぼ均等に存在していたため、不要な部分にもNdが使われていました。開発した磁石では、高温環境下での保磁力を高めるために必要な部分である磁石の粒の表面のNd濃度を高くすることで、効率の良いNdの活用が可能になりました。今回開発した省Nd耐熱磁石は、以下の3つの新技術を組み合わせることで保磁力を高温環境下でも維持できる性能を実現しています。

開発ポイント (1) 磁石を構成する粒の微細化 磁石を構成する粒を従来磁石の1/10まで微細にし、粒と粒の間の仕切りの面積を大きくすることで保磁力を高温環境下でも高く保つことができました。

開発ポイント (2) 粒の表面を高特性にした二層構造化 これまでの磁石ではNdが磁石の粒の中にほぼ均等に存在していたため、不要な部分にもNdが使われていました。開発した磁石では、高温環境下での保磁力を高めるために必要な部分である磁石の粒の表面のNd濃度を高くすることで、効率の良いNdの活用が可能になりました。

開発ポイント (3) LaとCeの特定の配合比 Ndへ軽希土類を単純に混ぜると、磁石の特性 (耐熱性・磁力) が大きく低下するため、軽希土類の活用は難しいとされていました。そこで、産出量が豊富で安価な軽希土類であるLaとCeを適切な比で混ぜることで、特性悪化を抑制できることを見いだしました」

69) 特開2017-226868「ジスプロシウムの分離回収方法」アイシン精機株式会社、特開2015-160803「ジスプロシウム酸化物複合体、複合誘電体粉末及び積層セラミック電子部品」サムソン エレクトロメカニクスカンパニーリミテッド。

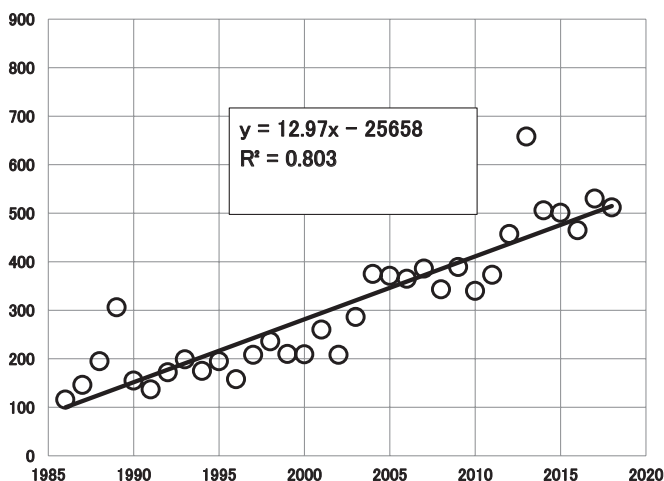


図22 ジスプロシウムに関する研究開発（公開特許数）

に「インフレーション」がなければ絶滅時代の到来が遅れると結論づけられる。その原因に関して、次章で詳しく考察する。

### 3章 考察

#### 3-1 何故、レアメタルのイノベーションにインフレーションが起きるのか

この考察には、イノベーションの萌芽時代の指数関数的な急成長の理由から解き明かさなくてはならない。萌芽時代のイノベーションは科学技術を起源とした指数関数的挙動を示す。これは、萌芽時代におけるイノベーションの萌芽が人間社会の影響を受けないことによる。その理由は、誕生間もないイノベーションの萌芽の存在に人間社会がまだ気づいていないためである。ところが、イノベーションの萌芽は、「ある時」を境に指数関数的急成長を中止し直線的な成長に移行する。「ある時」は萌芽時代から成長時代への転換する「変曲点A」である。成長時代では、人間社会の影響を強く受けるため、イノベーションを進行させる科学技術の影響が相対的に薄まり、成長に急ブレーキがかかり、「変曲点A」が出現する<sup>70)</sup>。

成長時代のイノベーションは人間社会に適合するため「社会選択」される。「社会選択」は、

70) 村山博「イノベーションの進化に関する研究 仮説Ⅰ「イノベーションには2つの変曲点が存在する」 仮説Ⅱ「指数関数的に進む萌芽時代では科学技術がイノベーションを先導するが、成長時代では人間社会がイノベーションを減速させ、その後の社会変化がイノベーションをさらに減速させる」(単著/2019年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第20号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-53)

人間社会が不慣れな指数関数ではなく、慣れ親しんだ直線的な変化をイノベーションに強制する。その結果、「社会選択」を掻い潜ったイノベーションだけが直線的成長するチャンスを与えられる。そのため「社会選択」以降の成長時代では、指数関数で成長するイノベーションは存在しなくなる。

なかでもレアメタルは地政学リスクが非常に大きく、企業の研究開発は地政学リスクを強く意識する事例が多い。しかも、レアメタルは、次世代電池や人工知能やロボットや電気自動車などに必須の材料であり、かつ、国家の思惑が渦巻く戦略的な物質でもある。そのため、レアメタルのイノベーションは、マテリアルズ・インフォマティクス<sup>71)</sup>も相俟って、特定の国の魂胆や人間社会の企図による「社会選択」に左右される側面が極めて強い。たとえレアメタルに関する科学技術が革新的な進歩を遂げたとしても、特定の国家がその進歩を故意に停止させることは珍しいことではない。

イノベーション自体は指数関数的な成長を根源的な特性として有しているが、人間社会から無理難題を浴びせられ、イノベーションは直線的な成長を仕方なく甘受する<sup>72)</sup>。そのため、不本意にも直線的な成長を強いられたイノベーションは人間社会に抗うエネルギーをますます高

---

71) 日本経済新聞2019年2月17日「マテリアルズ・インフォマティクス 材料開発にAI革命！ 職人技より効率的！ 自動車や情報機器、生活用品など優れた製品の実現に材料の進化は欠かせない。金属や半導体、セラミックスなどで研究者は経験や勘を頼りに高い機能を出そうと試行錯誤してきたが、最近その様子が変わってきた。人工知能などの情報技術が最先端で使われだし、人間には思いつかない成果が出始めている。材料に関わるデータやAIなどを組み合わせて新材料を開発する手法は「マテリアルズ・インフォマティクス」と呼ばれる。無限とも思える物質の組み合わせの中から役立つのはどれか。見つけ出すのは容易ではない。組織や構造などに応じて強度や耐腐食性をはじめとする性質は大きく変わる材料研究者は実験や考察を繰り返し、経験を積んで求める特性を備える材料を開発してきた。職人技の世界だったと言える」

72) 村山博「イノベーションの進化に関する研究 仮説Ⅰ「イノベーションには2つの変曲点が存在する」 仮説Ⅱ「指数関数的に進む萌芽時代では科学技術がイノベーションを先導するが、成長時代では人間社会がイノベーションを減速させ、その後の社会変化がイノベーションをさらに減速させる」(単著/2019年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第20号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-53)「人間社会は、法規制や社会規範や伝統文化や不文律という詭弁を弄した理屈を持ち出して、イノベーションを強制的に減速させる。科学技術が秩序なく破壊的に進み過ぎると、人間社会は今まで築き上げた社会が崩壊するのではないかの恐怖に苛まれる。人間社会は、それを回避するため、人間社会にとって不慣れな指数関数的急成長から馴染みのある直線的成長に減速させる。換言すれば、成長時代は、指数関数的進化を食い止めイノベーションを人間社会の速度に減速させる時期であり、そのためには人間社会はイノベーションの退歩も厭わない。人間社会は、イノベーションにとって強い味方や応援者や信奉者であると同時に、減速を強制する恐ろしい敵でもある。重要なことは、このような矛盾する人間社会との関係性が、皮肉にもイノベーションの進化の原動力になっていることである。人間社会が最新のイノベーションを拒絶すればするほど、ますます進化したイノベーションが人間社会に受け入れを迫り、それは受け入れが許可されるまで間断なく繰り返される」

める。本論文ではこれを「皮肉なイノベーションの進化の原動力<sup>73)</sup>」と呼ぶことにする。人間社会による一方的で強引なイノベーションの減速命令が「皮肉なイノベーションの進化の原動力」を増大させる。これは居心地の悪い環境が生命の進化の原動力になったことと類似する。その原動力によるエネルギーが閾値に達するには特定の期間が必要となる。この期間、イノベーションはエネルギーを爆発させる「インフレーション開始年」を手薬煉引いて待つこととなる。

「インフレーション」は、指数関数的に成長したいイノベーションと、それを阻む人間社会の葛藤から生まれたものである。「インフレーション」は、イノベーションと人間社会の共同作業による苦肉の産物と解釈すべきである。成長時代のイノベーションは、人間社会が制御しにくい指数関数的成長ではなく、あくまで人間社会に都合の良い直線的成長に限られる。

換言すると、「インフレーション」は人間社会とイノベーションの間における休戦協定が平和協定へ格上げされたときに発生する。つまり、この平和協定への格上げは、イノベーションに対する人間社会が作り出す規制や圧力を緩和させ、人間社会がイノベーションとの信頼関係を高めたときに現れる。しかし、この平和協定は、レアメタルの地政学リスクという作為的で不安定な環境条件の下で行われるため、イノベーションに直線的成長を許可するが、イノベーションの本来の姿である指数関数的成長を許すことはない。

### 3-2 何故、互いに競争する異なるイノベーションが収斂進化するのか

人間の遺伝子とバナナの遺伝子<sup>74)</sup>は半分が同じである<sup>75)</sup>。しかし、半分の遺伝子が同じとは思えないほど、人間とバナナは似ても似つかぬ生物である。この原因は遺伝子の発現<sup>76) 77)</sup>

---

73) 村山博「イノベーションの進化に関する研究 仮説Ⅰ「イノベーションには2つの変曲点が存在する」 仮説Ⅱ「指数関数的に進む萌芽時代では科学技術がイノベーションを先導するが、成長時代では人間社会がイノベーションを減速させ、その後の社会変化がイノベーションをさらに減速させる」(単著/2019年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第20号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-53)

74) ロブ・ダン著 高橋洋訳 [2017]「世界からバナナがなくなるまえに」青土社  
「バナナは受粉が困難で地下茎から栽培するためバナナの遺伝子はすべて同じ。1億3000年前、我々の祖先は数百種類の食べ物を食べていた。生き延びるため、あるものすべて食べたためである。そのため地域により食べ物が異なり多様化した。ところが、農業が進歩した現在は、人間が摂る80%のカロリーはたった12種類に限定され、多様化が著しく低下した」

75) ベンジャミン・マクファーランド著 渡辺正訳 [2017]「星屑から生まれた世界 進化と元素をめぐる生命38億年史」化学同人  
「ヒトの遺伝子とチンパンジーの遺伝子は95%が同じであり、ヒトの遺伝子とニワトリの遺伝子は70%が同じであり、ヒトの遺伝子とバナナの遺伝子は50%が同じである」

76) シャロン・モアレム著 中里京子訳 [2018]「遺伝子は変えられる」ダイヤモンド社  
「同じDNAでも完全に違う生き物。その差は遺伝子の発現だけ。女王蜂と働き蜂の両親は同じだが女王蜂は

から説明できる。これは人間とバナナが存在した環境が異なっていたため、遺伝子発現調節<sup>78)</sup>によりまったく異なる形や性質に変化したと考えられる。逆に、遺伝子がかなり異なるものであっても、環境が同じならば、それらの形質や特徴が良く似てくることもある<sup>79)</sup>。

「収斂進化<sup>80) 81) 82)</sup>」は、異なる系統の生物が、同じ環境に晒されると、遺伝子発現調節により身体的特徴が似て進化することである。たとえば、哺乳類のクジラと魚類のサメ、鳥類と哺乳類のコウモリのように、起源の異なる動物が、同じ環境におかれると似たような体形や特性を持つように進化する。陸上を歩くよりも海を泳ぐことを選択した哺乳類のクジラは魚類に似

ㄨ の幼虫はいいものを食べる。女王蜂が食べるロイヤルゼリーは、働き蜂にする遺伝子を抑える働きがある。人生も遺伝子も、あなたの手で変えられる。なぜならたった今も、あなたのDNAは常に改変されているからだ。あなたがやっていること、見ていること、感じていることに応じて、遺伝子はオンになったり、オフになったりする。このプロセスは、あなたがどこでどのように暮らすか、どんなストレスを被るか、何を食べるかによって仲介され、調整される。そして、それらはすべて変えることができる。つまり、あなたは確実に変わることができるのだ。遺伝子的に」

77) 福岡伸一 [2018]「動的平衡2」小学館新書

「人間の遺伝子は音楽の楽譜。演奏家により同じ楽譜でも変わるように、遺伝子が同じでもパフォーマーで人生は変わる。遺伝子は音楽の楽譜と同じ役割に過ぎない。音符は同じでも誰が演奏するかで違う音楽になる」

78) 「遺伝子が存在しても発現しなければ遺伝子は有効に働かない。遺伝子発現調節は、環境などの影響で遺伝子の発現が調節される現象である」

79) 小原嘉明 [2016]「入門！進化生物学」中公新書

「種内に存在する変異個体は自然淘汰によって選択され、よりよく環境にマッチした変異個体が生き延び、繁殖して子孫を遺す。形質が環境にどれくらいよく適応しているかは、適応度という尺度によって表される」

80) 鈴木紀之 [2017]「すごい進化 一見すると不合理」中公新書

「収斂進化とは、別々のグループに属する生物の集団であっても、似た環境に晒されると似たような形質が進化すること。コーヒーの木、お茶、カカオに含まれる「カフェイン」という最終物質が大切なのであって、そこに至るまでのプロセスには制約がない」

81) リチャード・ドーキンス著 吉成真由美訳 [2014]「進化とは何か」早川書房

「収斂進化とは同じような目的をもった物体は似てくること」

82) ジェニファー・アッカーマン著 鍛原多恵子訳 [2018]「鳥 驚異の知能」講談社

「鳥は1億年以上前に出現した。鳥は学習し新しい問題を解決し、道具を使い、数を数え、互いの行動を真似ね、物をどこに置いたか覚えている。人間は自然の脅威に対する対処法を鳥と共有するが、両者は大きく異なった進化の道筋をたどって似通った対処法に行き着いた。これは収斂進化と呼ばれる現象で、自然界はこうした例が満ちている。鳥、コウモリ、翼竜として知られる爬虫類の翼が持つ似通った形は、飛行にまつわる諸問題を解決した。人間と鳥の一部が体の大きさに比して大きい脳を進化させたのは収斂進化といって差し支えない。歌（さえずり）と言語学習のための脳回路と過程についても同じことが言え、ダーウィンは鳥のさえずりが言語に一番近いと述べている」



た形になり、哺乳類のコウモリ<sup>83)</sup>は空を飛ぶため前肢を進化させ鳥類と似た形になった。クジラは、後肢が退化（退化も進化のひとつ）し、前肢が鱗状になり、尾が尾鰭になり、海での生活に適した身体を手に入れた結果、魚類のサメと似た身体になった。コウモリは、前肢の指が長く伸び、その間に飛膜のある翼を持ち、哺乳類でも空を飛ぶことができるようになった。

ところで、「船の形を決めたのは海である<sup>84)</sup>」と言う言葉がある。つまり、船は人間が発明したのではなく、海という環境が船を作ったとの教えである。この教えから類推すると、イノベーションも、人間が発明したものではなく、その時代の社会環境が生み出していると言える。つまり、科学者や発明者はイノベーションの「きっかけ」を作っただけであり、イノベーションを作り出しているのは、その時代の社会環境であると結論づけられる。そのため、レアメタルの素材開発は、情報通信社会という同じ環境で切磋琢磨する中で、それらのイノベーションのプロセスが似てくる可能性が高い。

表1は、国家備蓄7鉱種のレアメタルの研究開発に関するインフレーション開始年（急成長開始年）、インフレーション終了年（急成長終了年、変曲点B）、インフレーション期間（急成長期間）、インフレーション率（インフレーションの傾き÷漸進的成長の傾き、単位は百分率）、絶滅比率（絶滅の傾き÷インフレーションの傾き、単位は百分率）を表している。

表1 国家備蓄7鉱種のインフレーション期間、開始年、終了年、インフレーション率

	インフレーション 開始年	インフレーション 終了年	インフレーション期間 (年)	インフレーション率 (%)	絶滅比率 (%)
バナジウム	1997.6	2005.3	7.7	448	-26.7
クロム	1997.2	2005.1	7.9	384	-73.9
マンガン	1997.7	2003.5	5.8	785	-30.5
コバルト	1996.8	2004.1	7.3	979	-37.2
ニッケル	1997.3	2004.5	7.2	461	-35.6
モリブデン	1997.5	2005.7	8.2	1274	-45.0
タングステン	1996.6	2005.5	8.9	559	-70.0
[平均]	1997.2	2004.8	7.6	699	-45.6

83) 秋本俊二 [2018] 「空を飛べるのはなぜか」サイエンス・アイ新書

「コウモリが逆さまで生活するのは、空を飛ぶために体を極限まで軽量化させ必要のない足の筋肉を退化したから、コウモリは地上を歩けない。ぶらさがらなければ指先に少しの筋肉があれば事足りる」

84) マット・リドレー著 太田直子ら訳 [2016] 「進化は万能である」早川書房

「船の形を決めるのは海である。人間はイノベーションのプロセスの中の駒に過ぎない。私たちがイノベーションを起こすのではなく、むしろそれに乗る」

表2は、10種のレアメタルの研究開発に関するインフレーション開始年、インフレーション終了年、インフレーション期間、インフレーション率、絶滅比率を表している。

表2 レアメタルのインフレーション期間、開始年、終了年、インフレーション率

	インフレーション 開始年	インフレーション 終了年	インフレーション期間 (年)	インフレーション率 (%)	絶滅比率 (%)
ストロンチウム	1995.8	2005.4	9.6	503	-43.8
ジルコニウム	1997.1	2004.9	7.8	263	-31.6
ニオブ	1998.3	2007.5	9.2	613	-30.1
パラジウム	1998.1	2005.7	7.6	272	-64.2
インジウム	1997.6	2007.1	9.5	1170	-38.0
アンチモン	1997.7	2006.1	8.4	288	-84.4
バリウム	1996.4	2003.9	7.5	271	-58.8
タンタル	1996.7	2006.0	9.3	563	-28.3
プラチナ	1998.3	2006.3	8.0	386	-71.5
ビスマス	1995.9	2005.2	9.3	3535	-45.7
[平均]	1997.2	2005.8	8.6	786	-49.6

表3は、2種のレアアースの研究開発に関するインフレーション開始年、インフレーション終了年、インフレーション期間、インフレーション率、絶滅比率を表している。

表3 レアアースのインフレーション期間、開始年、終了年、インフレーション率

	インフレーション 開始年	インフレーション 終了年	インフレーション期間 (年)	インフレーション率 (%)	絶滅比率 (%)
セリウム	1998.0	2005.0	7.0	300	-37.1
プラセオジウム	2000.7	2006.5	5.8	260	-109.0
[平均]	1999.4	2005.8	6.4	280	-73.1

上記19種類のレアメタルの平均インフレーション期間は8.0年、平均インフレーション開始年は1997.4年、平均インフレーション終了年は2005.4年であり、極めてバラツキが少ない。この事実は、19種類の異なるイノベーションが非常に類似しており、収斂進化と言える。強いて相違を指摘すれば、レアアースのインフレーション率が若干低いこと、レアアースの絶滅比率が少し高いこと、レアアースのインフレーション開始年が2年程度遅いことである。この原因究明は今後の研究を待ちたい。

図1から図19に示したように、バナジウム、クロム、マンガン、コバルト、ニッケル、モリブデン、タングステン、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、パラジウム、インジウム、アンチモン、バリウム、タンタル、プラチナ、ビスマス、セリウム、プラセオジウムに関するイノベーションは、極めて良く似たプロセスを辿っている。上記のレアメタルのイノベーションのすべてにおいて、徐々に増加する成長時代前半の「漸進的成長」と、急成長する成長時代後半の「インフレーション」の2つ時期が存在し、その時期も非常に近い。また、成長時代から絶滅時代へ転換するインフレーション終了年である「変曲点B」も極めて類似している。また、「漸進的成長」と「インフレーション」と絶滅時代の直線の傾きは非常によく似ており、19種類のレアメタルは明らかに収斂進化している。仮説I：同じ環境ならば異なるイノベーションが「収斂進化」する、を検証することができた。

強いて相違を指摘すれば、インフレーション終了年は、国家備蓄7鉱種が2004.8年、レアメタル10種が2005.8年、レアアース2種が2005.8年である。これらの相違は僅か1年であるが、国家備蓄7鉱種がレアメタルのイノベーションの主導的な役割を果たしている可能性がある。これに関して今後の研究で明らかにしたい。

図23は、インフレーション率とインフレーション期間の関係を示す。国家備蓄7鉱種のインフレーション率が699%でインフレーション期間が7.6年、レアメタル10種のインフレーション率が786%でインフレーション期間が8.6年、レアアース2種のインフレーション率が280%でインフレーション期間が6.4年であることから、回帰式  $y = 0.0039x + 5.2519$  寄与率  $R^2 = 0.9071$  の直線関係が得られた。インフレーション期間が長くなるとインフレーション率は大きくなる。図23はインフレーション率がインフレーション期間と正比例であることを示している。

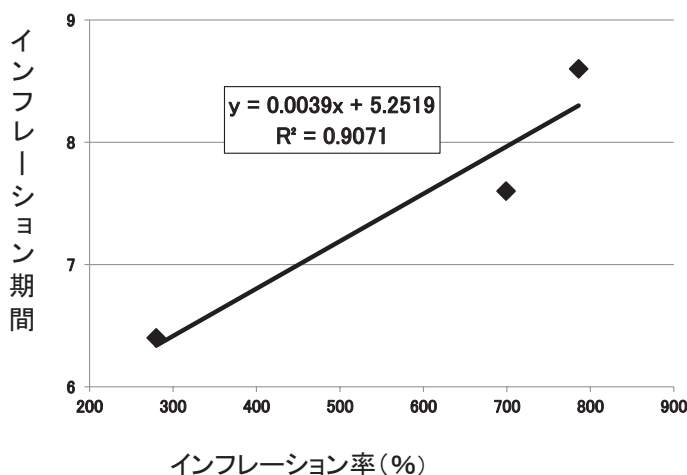


図23 インフレーション率とインフレーション期間の関係

ちなみに、インジウムは、インフレーション率が1170%と非常に大きく、インフレーション期間も9.5年とかなり長い。このためインジウムのインフレーションは急こう配かつ長期になるため、インフレーションによる成長が非常に大きい。一方、プラセオジウムは、インフレーション率が260%と小さく、インフレーション期間も5.8年と短い。このためプラセオジウムのインフレーションは緩やかな勾配かつ短期になるため、インフレーションによる成長が小さい。すなわち、図23が示すインフレーション率とインフレーション期間の正比例の関係は、それぞれのレアメタルのインフレーションによる成長の相違を際立たせている。

本論文が取り上げた19種類のレアメタルは、原子番号も原子量も原子半径も異なり、その化学的、電氣的、物理的な性質が完全に異なる金属である。これらのレアメタルは、互いが競争相手であり、イノベーションにおいて敵対する関係であり、一つのレアメタルの用途開発が成功し研究開発に勝利すると、他のレアメタルのイノベーションは敗退する関係である。さらに、一部のレアメタルの価格が高くなると、他のレアメタルの価格が低くなることもあり、レアメタルは価格面でも競争関係にある<sup>85)</sup>。ところが、19種類のレアメタルのイノベーションがほぼ同時に成長しかつ絶滅しており、これは競争原理から矛盾する。すべてのレアメタルがほとんど同じような進化過程を辿るのは何故か。互いに競争する異なるレアメタルが、成長と絶滅の進化のプロセスと時期がぴったりと同じになる原因は何か。

本論文は、異なるレアメタルが現代の情報通信社会という同じ社会環境で育ったため、それぞれのイノベーションが収斂進化したと考えた。この現象は、イノベーションにとって、それぞれのレアメタルが作り出す独創的な科学技術の成果よりも、人間社会が作り出す「社会選択」の影響の方が大きいことを表している。イノベーションの収斂進化は、人間社会とイノベーションの関係の深さを示す典型例と言える。イノベーションの収斂進化は、イノベーションがそれぞれの科学技術の進歩で進むのではなく、その時代の人間社会が誕生させ、成長させ、絶滅させ、進化させている証左である。つまり、現代の情報通信社会がレアメタルのイノベーションのプロセスを類似させ収斂進化させた結論できる。

イノベーションの収斂進化による大量絶滅の後には、後述する「適応放散」により多様化した新たなイノベーションの誕生が期待できる。しかし、収斂進化による同時期の大量絶滅は「集団絶滅」の危険性も高める。イノベーションの収斂進化の功罪は、「適応放散」と「集団絶滅」の両面から考察が必要であり、闇雲に結論を急ぐべきではない。今後のイノベーションの収斂進化に関する研究がイノベーションの本質に迫る可能性が高いと考える。

---

85) 日本経済新聞2019年2月27日「プラチナ生産国の南アフリカ共和国では、プラチナ鉱石の副産物としてレアメタルのパラジウムやロジウムが生産される。パラジウムやロジウムの価格が高ければ、プラチナが安くても鉱山の収益性をカバーできる。逆に、パラジウムなどが一段高となればプラチナの余剰感は強まり、プラチナ安に拍車をかける可能性がある」

### 3-3 何故、成長時代に急成長するとイノベーションが短命化するのか

成長時代に急成長しないネオジウム（図20）スカンジウム（図21）やジスプロシウム（図22）には、「インフレーション」だけでなく、絶滅時代も存在しない。翻って、急成長しないとイノベーションは絶滅時期が遅れると言い換えることができる。これは何を意味しているかを考察するのが本項の目的である。

本論文は、「各イノベーションはキャパシティーが決まっており、成長が速いと短期間にキャパシティーを消尽し絶滅が早まる」という仮説を考えた。ネオジウムとスカンジウムとジスプロシウムのイノベーションは漸進的に成長しており、まだイノベーションのキャパシティーを消尽していない。そのため、ネオジウムとスカンジウムとジスプロシウムのイノベーションには絶滅時代が訪れていない。一方、本論文が取り上げた19種類のレアメタルでは、「インフレーション」によるイノベーションの急成長が起き、それぞれのイノベーションが持つキャパシティーを短期間に使い果たしたため、絶滅が早期に到来したと考えられる。

ちなみに、太陽のような恒星では、寿命と大きさが反比例する。太陽の寿命は約100億年であるが、太陽より大きな恒星の寿命は3億年から10億年と短い。その理由は大きい星ほど恒星内部の核融合が速く進むので寿命が短くなるためである<sup>86)</sup>。同様に、「インフレーション」がもたらすイノベーションの規模の拡大が数多くの新技術が融合しやすい環境を提供し、新技術結合によるイノベーションの核融合が激しくなり、イノベーションが爆発的に進展し、そのエネルギーを早期に消尽するため、巨大化したイノベーションは短命化しやすくなる。すなわち、イノベーションが大きくなるとイノベーションの寿命は短くなる。

「インフレーション」により短期間に大きく成長したイノベーションは短命化する運命にあると言える。さらに、短命化し絶滅を始めるイノベーションは新たなイノベーションを生み出す速度を上げ、イノベーションを進化させる<sup>87)</sup>。イノベーションの進化において、萌芽時代、成長時代、絶滅時代の3時代は流転を繰り返し連綿と続く<sup>88)</sup>ことから、イノベーションの短

86) 深井有 [2017] 「水素分子はかなりすごい」 光文社新書

「星の一生は質量の大小で決まり、質量が大きい星ほど核融合が速く進むので寿命が短い。銀河系の星の消滅・再生は半分が3億年～10億年の間に起こった」

87) 「日本企業は欧米企業と比べて長寿企業が突出して多く、日本企業の新陳代謝が極めて鈍い。日本企業にはリスクを避けて企業存続を第一義と考える経営者が多い。これは、日本企業が旧態依然とした銀行の依存度が高いことと、挑戦的なイノベーターが育成されてこなかったことによる。しかし、今のグローバルな情報通信社会においては、イノベーションに邁進することが日本企業の究極の目標と変わった。リスクを負わないリスクが今ほど大きい時はない。たとえ、リスクの高いイノベーションに果敢に挑戦し企業が短命化したとしても、大いに称賛される日本の風土に変えなければ日本の未来はない、と筆者は考える」

88) 村山博「イノベーションの進化に関する研究 仮説I 「イノベーションには2つの変曲点が存在する」 〃

命化は流転を加速すると解釈できる。このためイノベーションの短命化は進化を切望する人間社会にとってむしろ歓迎すべきことである、と筆者は考える。

このことは、スピードを重視する現代の情報通信社会が、あえてイノベーションを短命化させてイノベーションの流転を速め、イノベーション進化の加速度を増大させていると考えられる。一方、ネोजウムとスカンジウムとジスプロシウムのイノベーションのように、「インフレーション」によるイノベーションの短命化を選択しなかった人間社会は、結果的に絶滅時代の訪れを遅延させ、逆に、新たなイノベーションを生むチャンスを逃したと言い換えることができる。生物の進化の歴史において、大量絶滅の後に「適応放散<sup>89) 90)</sup>」が起きて生物の多様性が驚異的に増大したことが明らかになっている。イノベーションの絶滅がイノベーションの多様化と繁栄をもたらすことは、生物の進化が我々に教えてくれている。

ネोजウムとスカンジウムとジスプロシウムのイノベーションに「インフレーション」を作らなかった人間社会の判断は、将来を見据えて理性的に行った結果ではない。このため、この判断が正解であったかは今のところ分からない。一般的に、人間社会による「社会選択」は、イノベーションの優秀性や将来性を考えた合理的な選択ではなく、非科学的で利己的な選択が少なくない。そのため、優秀なイノベーションが常に生き残るとは限らない。

ところで、女王アリと働きアリの関係は単純な主従関係ではなく、苛酷な下剋上が存在するシロアリがいる。毎年春先に女王アリの多くが働きアリに見捨てられ殺される。女王アリは、絶対的な存在ではなく、圧倒的多数の働きアリから産卵の状況や健康状態などの監視をうけ、働きアリに運命を握られている。人間は働きアリの手助けがなくても、人間が年をとると自分

ㄨ 仮説Ⅱ「指数関数的に進む萌芽時代では科学技術がイノベーションを先導するが、成長時代では人間社会がイノベーションを減速させ、その後の社会変化がイノベーションをさらに減速させる」(単著/2019年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第20号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-53)

「イノベーションは、萌芽時代、成長時代、絶滅時代の3時代に分けられ、萌芽時代にはイノベーションが指数関数的に進行し、成長時代にはイノベーションが直線的に増加し、絶滅時代にはイノベーションが直線的に減少すると仮定すると、イノベーションの様々な変化を一元的に解釈できる。さらに、絶滅時代は単純にイノベーションが消滅するだけではなく、新たな萌芽が生まれる時代であり、次の萌芽時代をもたらす。すべてのイノベーションは、萌芽時代、成長時代、絶滅時代の3時代において、誕生、成長、消滅、再生されて、萌芽時代につながり、3時代は流転を繰り返して連続と続く」

89) 藤田紘一郎 [2018] 「残念なオスという生き物」フォレスト出版

「適応放散は、地球上の寒冷化や温暖化、酸素濃度などの急激な環境変化により、生き残った生物が環境に適応できるように多様性を増やすこと」

90) 「適応放散は多種多様な生物を誕生させるが、まったく異なった生物でも、同じ環境で良く似た生活をする、互いに似通った姿になる場合がある。これが収斂進化であり、ある限られた環境において適応放散が起きると収斂進化する場合がある」

の遺伝子が自身の体に敵対し始め、健康だった細胞を破壊し始める<sup>91) 92)</sup>。言い換えれば、人間は自分自身の遺伝子の監視を受け、自らに死を宣告し絶命する。

同様に、すべてのイノベーションは人間社会からの厳しい監視を受ける。以前華々しく活躍し人間社会に多大な恩恵をもたらしたイノベーションも、万人が認める著名なイノベーションも、今後役立たないと判断されると特別扱いされることはなく、絶滅という「社会選択」が待っている。

絶滅を宣告されたイノベーションは、微生物が有機物を分解する発酵に似たオートファジー<sup>93)</sup>が始まり、それぞれの技術要素ごとに分解され、「技術要素のアナグラム<sup>94)</sup>」により新しく蘇る。これがイノベーションの流転の本質である。このイノベーションの本質を知るイノベーターは、大半の人が立ち去った後も粘り強く研究開発を続け、絶滅寸前のイノベーションから新たな宝の山を発見し、イノベーションの絶滅がイノベーションの誕生と同義になることを体験する。生命の進化には必ずしも遺伝子自体の変化が必要ではなく、「遺伝子の使い回し(再利用)」が生命を進化させている。イノベーションにおいても「技術要素の使い回し(再利用)」がイノベーションを進化させている、と筆者は確信している。

イノベーションはゼロから生まれることはない。しかし、常識や過去の知見を単純に組み合わせるだけでイノベーションは絶対に起きない。初期のイノベーションは簡単な発見や発明ですぐに誰でも成し得る。しかし、イノベーションの流転に伴い、新たなアイデアの発見や発明は難しくなる。

そこで、イノベーションは、過去の知見をこれ以上分解できないくらいまで徹底的に裁断し破壊することから始まる。イノベーションは、古い常識や昔の定説を破壊し、それらの使い回し(再利用)である「オートファジー」を基本とする。本論文のレアメタルの絶滅時代において、オートファジーが遺憾なく発揮され、新たなイノベーションの萌芽が数多く観察できる。レア

---

91) 村瀬雅俊 [2000]「歴史としての生命 自己・非自己循環理論の構築」京都大学学術出版会「拮抗的多面発現は、個体が若い時に有効な機能を発現する遺伝子は、たとえ、その個体が年老いた時に破壊的な機能を発現するとしても、進化のふるまいでなくなることはない。老化はこのような拮抗的多面発現による遺伝子によって引き起こされる」

92) 「若年期には生殖能力を高める遺伝子が、晩年には老化を引き起こす働きをする」

93) 「オートファジー (Autophagy) は細胞のタンパク質を分解する仕組みである。動植物は死ぬと腐敗し土になる。その土は次の生命の源となる。土がなければ動植物は生まれない。同じようにイノベーションが絶滅すると、細かな技術要素に分解され、次のイノベーションの源となる。イノベーションの絶滅がなければ、イノベーションは生まれない、と筆者は考えている」

94) 「アナグラムは言葉の並び替えであるが、本論文のアナグラムは、技術要素の並び替えを利用し、新たな技術を探しだすプロセスの意味で使用している」

メタルのイノベーションの萌芽が蘇生する様子は、本論文の絶滅時代が如実に物語っている。

このように、成長時代の「インフレーション」が、イノベーションの流転を加速させるために、イノベーションを取って短命化させていると言っても過言ではない。仮説Ⅱ：急成長がイノベーションを短命化し「イノベーションの流転」を加速する、を検証することができた。

### 3-4 何故、社会選択とイノベーションの関係が重要度を増すのか

ダーウィンの進化論では生命は「自然選択」により長い時間をかけて進化してきたとされている。独自の遺伝子を受け継ぎながら連続と続くイノベーションは、生命の進化と似ている。しかし、自然選択がイノベーションの推進者と考えるにはあまりにも不思議な現象が多い。本論文で示した数多くのイノベーションは、冗長で悠長な「自然選択」ではなく、現代社会が作り出す作為的で性急な「社会選択」に依存していると考えた方が理解しやすい。

ところで、今、我々は人類の歴史の中でも例を見ない大きな転換点に直面している。その象徴的な事例が、人間と機械を直接結ぶ非有機的な生命の誕生（AIロボットとバイオテクノロジーの融合、リアル生命とバーチャル生命の融合）である<sup>95) 96)</sup>。これは、長年自然を恐れ戦いてきた人間が自然を支配できる可能性を高め、ついに人間と自然の立場を逆転させることを意味する。このような歴史的転換を望む声が人間社会の大勢を占め、このイノベーションを「社会選択」が力強く推進している。

今後、超高速の進化に適応できる人間（ゲノム編集と合成生物学を利用したデザイナーベビーや人工知能を活用した次世代人類も含む）と、適応できない人間と、非有機的な生命体（バーチャル生命も含む）の3グループが併存する時代が来る。この時代では、生命が再定義され、コンピュータウイルスさえも生命体の範疇に含め、バーチャル生命体と今までの生命体との境界が判別困難になる。すなわち、生命は細胞などの物質を保有することは必須条件ではなくなり、「情報」を「生命」とみなす時代が訪れる。

この時代では、プラットフォーム企業（GAF<sup>97)</sup>やBATH<sup>98)</sup>）による情報独占は、生命を

95) クラウス・シュワブ著 小川敏子訳 [2019]「第四次産業革命を生き抜く」日本経済新聞出版社

「第四次産業革命の技術は人間を改造する。技術と生命体の境界線がぼやけてきている。新しい技術は人間の一部となる。技術は人間の思考に影響している。自分自身をどう理解するのか。人間の定義を改める日が来る。技術は人間の内部で機能し、外界との相互作用を変える」

96) 松尾豊 [2019]「超AI入門 ディープラーニングはどこまで進化するのか」NHK出版「数十年後、人間の脳に蓄積された大量の知識と、人間が作り出すテクノロジーが持つ優れた能力とが融合して、特異点に達する。すなわち、人間とAIが融合する」

97) メリッサ・A・シリング著 染田屋茂訳 [2018]「世界を動かすイノベーターの条件」日経BP社「イノベーターは社会選択に無頓着。イノベーターの孤立主義は、周囲の社会に帰属していないと感じていることをノ



独占していることと同一視される。「社会選択」がさらに進めば「情報」と「生命」が等価になる時代が来る。これも「社会選択」がイノベーションを推進しているために起きる現象である。プラットフォーム企業は、情報独占を「イノベーション独占」に昇華させることが容易になるため、「社会選択」が人間社会の総意ではなく、一部の情報独占企業の手に渡る危険が増大する。今後、プラットフォーム企業などによるイノベーション独占を監視する条約と法律が必要になる。

それぞれのレアメタルに関する研究開発、例えばコバルトに特化した研究開発は数少ない。研究開発の多くは、電気自動車用電池などのリチウムイオン電池の研究開発の一つの候補として、コバルトを研究対象としている場合がほとんどである。すなわち、電気自動車が作り出す未来を待ち望む「社会選択」がレアメタルの研究開発を推進しており、それが科学技術を進化させるエネルギーになっている。換言すれば、その「社会選択」は、コバルト以外のレアメタルでも構わないし、その答がレアメタルである必要もない。もし、ナノ粒子、アモルファス、ファインセラミックス等の研究開発が成功すれば、レアメタルの研究開発は同時に終焉する。そのため「社会選択」はレアメタルのイノベーションの収斂進化を喜んで受け入れる。

本論文はレアメタルに関してイノベーションと「社会選択」の関係を解明できた。さらに、筆者はイノベーションと「社会選択」の関係が、レアメタル以外のすべてのイノベーションにおいて普遍的に成立すると確信している。すべてのイノベーションは「社会選択」に支配される時代が訪れる。その時代の「社会選択」は、早い者勝ちの先着順ではなく、社会が合理的に決める「イノベーション・トリアージ<sup>99)</sup>」(数多くのイノベーション萌芽の中における優先順位であり、イノベーションの選別基準)に従うべきである。ところが、近い将来、国家とブラッ

---

ㄨ 反映している。孤立することで社会通念に影響される度合いが少なくなり、集団が共有する考えに汚染されなくなる。孤立は他人のつくった思考経路の悪影響や妨害を受けることなく、自分の思考の構築を可能にする。集団でアイデアを考えた方が、一人で考えたとき生まれるアイデアを発想する方が、斬新さに欠ける。ブレインストーミングがグループの創造性を低下させる。斬新なアイデアが浮かんでも人にどう評価されるか心配で発表するのをためらう」

98) 「BATH: バイドゥ、アリババ、テンセント、ファーウェイ、GAF A: グーグル、アマゾン、フェイスブック、アップル」

99) 「トリアージは、救急事故現場において患者の重症度に応じて治療の優先順を決めることである。近年のイノベーションの萌芽は極めて多く異分野を横断し複雑に融合することが多い。これらから将来の人間社会に必要なイノベーションの萌芽を見つけ出すのは至難の業である。そこで、イノベーション・トリアージは、数多くのイノベーションの萌芽の中から選択する優先順を決めるルールであり、イノベーションを加速する必須条件である。しかし、災害現場でもトリアージは重症者を見殺しするとの批判が大きい。イノベーション・トリアージの議論は非常に大切であるが、長い議論の末に何も決められない日本であってはならない、と筆者は考える」

プラットフォーム企業とシンクタンクが手を組めば「社会選択」の制御は可能となり、イノベーションを自由に誕生させ絶滅させることが社会の常識になる<sup>100)</sup>。

科学技術はイノベーションがスタートする号砲の意味として重要であるが、科学技術がイノベーションを推進している訳ではない。「社会選択」はイノベーションの創造者だけでなく、イノベーションの破壊者でもある。イノベーションの覇者は「社会選択」であることは議論の余地がない。今まで華々しく活躍したイノベーションに絶滅を迫り、新しいイノベーションに転換することを命令するのは、「社会選択」である。イノベーションの流転は激しさを増し、今後イノベーションに対する「社会選択」の重要度が高まり、これに適応できるものだけが生き残る社会になる。

ところで、1億3000万年前<sup>101)</sup>に、恐竜が絶滅の危機に瀕した犯人は「弱い花」であった<sup>102)</sup>。それは当時最強の恐竜が花の進化スピードに適応できなかったためである。「社会選択」がますます多様化し高速化する中、人間という動物の進化は数万年前でほぼ止まっている。地球上で最強と自負する人間は、イノベーションの進化スピードに適応できなければ、恐竜と同じ悲しい運命を辿るしかない。

流れの速い川には苔が生えない。これは川が速過ぎる流水から十分な栄養を吸収できないためである。相対的に進化の遅い人間は、現代の情報通信社会のイノベーションの速い流れに適応できず、貴重な情報を十分に咀嚼し吸収できない場合が頻発する。それを回避するために、人間の都合でイノベーションを抹殺あるいは遅滞させることは、「社会選択」の乱用であり、人間の驕りである。

#### 4章 まとめ

本論文では、レアメタルに関するイノベーションを研究した結果、次のような結論が得られ

100) 「イノベーションのために、国家とプラットフォーム企業（BATHなど）とシンクタンクが手を組むことが比較的容易な国は民主主義から遠い存在である独裁国家の中国であり、今後「社会選択」を利用した中国のイノベーション戦略を注視する必要がある、と筆者は考える」

101) 白亜紀は1億4500万年前から6600万年前

102) 稲垣栄洋 [2019] 「敗者の生命史38億年」PHP研究所

「1～2年で生まれ変わる花（被子植物）は進化しやすい。恐竜に食べられることを防衛するために、花は学習味覚忌避のない毒を持つように進化した。その結果、それを食べた恐竜の多くが死んだ。恐竜は隕石衝突以前から瀕死の状態であった。さらに、花は恐竜の食物である巨木の森を減少させた結果、巨木の裸子植物にだけ適応した恐竜は旺盛な食欲を満たしきれず、食物不足に見舞われた。これらの理由で、1億3000万年前に、繁栄した巨大恐竜は北米大陸から姿を消した。恐竜を絶滅させた花と共生したのは、人間の祖先の小さな哺乳類であった」

た。

- (1) レアメタルは、地政学リスクが非常に大きく国家の魂胆や社会の動向に著しく左右される。たとえレアメタルに関する科学技術が飛躍的な進歩を遂げたとしても、国家や人間社会がその進歩を抑圧する場合が少なくない。
- (2) イノベーションは根源的に指数関数的に成長する。しかし、人間社会からの抵抗不可能な命令により、イノベーションは直線的な成長を仕方なく甘受する。直線的な成長を強いられたイノベーションは、人間社会に抗うエネルギーを増大させる。
- (3) 「漸進的成長」の時期に培われた「皮肉なイノベーションの進化の原動力」が、「インフレーション」の原点となる。それが閾値に達したときに、「インフレーション」が始まる。
- (4) バナジウム、クロム、マンガン、コバルト、ニッケル、モリブデン、タンゲステン、ストロンチウム、ジルコニウム、ニオブ、パラジウム、インジウム、アンチモン、バリウム、タンタル、プラチナ、ビスマス、セリウム、プラセオジウムのレアメタルのイノベーションは、極めて良く似たプロセスを辿っている。
- (5) 19種類のレアメタルの平均インフレーション期間は8.0年、平均インフレーション開始年は1997.4年、平均インフレーション終了年は2005.4年であり、それらのレアメタルのインフレーションの差は極めて少ない。
- (6) レアメタルのイノベーションの収斂進化は、人間社会とイノベーションの関係の深さを示している。
- (7) インフレーション率はインフレーション期間と正比例の関係がある。
- (8) ネोजウムとスカンジウムとジスプロシウムのイノベーションは、急成長の「インフレーション」が存在しないだけでなく、絶滅時代も存在しない。
- (9) イノベーションの急成長がなければ、イノベーションの絶滅時期は遅れる。
- (10) インフレーションがもたらすイノベーションの規模の拡大が、数多くの新技術が融合しやすい環境を提供し、新技術結合によるイノベーションの核融合が激しくなり、イノベーションが爆発的に進展する。その結果、イノベーションの規模の拡大はイノベーションの寿命を縮める。
- (11) イノベーションの短命化は新たなイノベーションの誕生を加速する。スピードを重視する現代の情報通信社会が、あえてイノベーションを短命化させ、イノベーションの流転を加速させ、結果としてイノベーションを進化させている。
- (12) イノベーションは人間社会から厳しい監視を受ける。人間社会が今後役立たないと判断すると、以前華々しく活躍し人間社会に大きな恩恵をもたらしたイノベーションに対して、人間社会は冷酷に絶滅を宣告する。
- (13) 絶滅を宣告されたイノベーションは、オートファジーが始まり、それぞれの技術要素ご

とに分解され新しく蘇る。

- (14) 大きなイノベーションの後は新たなアイデアの発見が難しくなる。そのため、イノベーションは、古い常識や昔の定説を破壊し、「技術要素のアナグラム（使い回し）」を活性化させる。
- (15) イノベーションの本質を熟知するイノベーターは、大半の人が立ち去った後も粘り強く研究開発を続け、絶滅寸前のイノベーションから新たな宝の山を発見し、イノベーションの絶滅がイノベーションの誕生と同義になることを体験する。
- (16) 国家とプラットフォーム企業とシンクタンクが手を組めば「社会選択」の制御は可能であり、イノベーションを自由に誕生させ絶滅させることが可能になる。
- (17) イノベーションの「社会選択」は、早い者勝ちの先着順ではなく、人間社会が合理的に決める「イノベーション・トリアージ」に従うべきである。
- (18) 科学技術の進歩はイノベーションがスタートする号砲の意味として重要であるが、科学技術がイノベーションを推進している訳ではない。科学技術が飛躍的に進歩したとしても、「社会選択」がその進歩に呼応しなければイノベーションは起きない。
- (19) イノベーションは激しく流転し、それに適応できる者だけが生き残る社会になる。
- (20) 相対的に進化の遅い人間は、現代の情報通信社会のイノベーションの速い流れに適応できず貴重な情報を十分に咀嚼し吸収できない場合が多くなる。それを回避するために、人間が人為的にイノベーションを抹殺あるいは遅滞させることは、「社会選択」の乱用であり、人間の驕りである。

#### 参考文献

- 斎藤勝裕 [2019]「SUPERサイエンス レアメタル・レアアースの驚くべき能力」シーアンドアール研究所  
クラウス・シュワブ著 小川敏子訳 [2019]「第四次産業革命を生き抜く」日本経済新聞出版社  
ロール・クレア・レイエ&ブノワ・レイエ著 根来龍之監修 門脇弘典訳 [2019]「プラットフォーム 勝者の法則」日本経済新聞出版社  
松尾豊 [2019]「超AI入門 ディープラーニングはどこまで進化するのか」NHK出版  
田中道昭 [2019]「GAFA×BATH」日本経済新聞出版社  
田中道昭 [2019]「アマゾン銀行が誕生する日」日経BP社  
稲垣栄洋 [2019]「敗者の生命史38億年」PHP研究所  
マット・ウイルクソン著 神奈川夏子訳 [2019]「脚・ひれ・翼はなぜ進化したのか:生き物の「動き」と「形」の40億年」草思社  
エイドリアン・ベジャン 著 柴田裕之訳 [2019]「流れといのち——万物の進化を支配するコンストラクタル法則」紀伊國屋書店  
渡辺祐基 [2019]「進化の法則は北極のサメが知っていた」河出新書  
倉谷滋 [2019]「進化する形 進化発生学入門」講談社

- 更科功 [2019] 「進化論はいかに進化したか」新潮選書  
中谷巖 [2018] 「AI資本主義は人類を救えるか」NHK出版  
坂井隆之 [2018] 「AIが変えるお金の未来」文藝春秋  
メリッサ・A・シリング著 柴田屋茂訳 [2018] 「世界を動かすイノベーターの条件」日経BP社  
小島健志 [2018] 「つまらなくない未来」ダイヤモンド社  
渡邊哲也 [2018] 「GAFA vs 中国」ビジネス社  
ジェシュ・ミッテルドルフ著 矢口誠訳 [2018] 「若返るクラゲ 老いないネズミ 老化する人間」集英社  
ウィリアム・コーン著 井口耕二訳 [2018] 「ドラッカー全教え」大和書房  
ステファノ・マンクーゾ著 久保耕司訳 [2018] 「植物は未来を知っている」NHK出版  
シャロン・モアレム著 中里京子訳 [2018] 「遺伝子は変えられる」ダイヤモンド社  
須藤斎 [2018] 「海と陸をつなぐ進化論」講談社  
大前研一 [2018] 「発想力」小学館新書  
武井一巳 [2018] 「ジェフ・ベゾス未来と手を組む言葉」青春出版  
ジュニファー・アッカーマン著 鍛原多恵子訳 [2018] 「鳥 驚異の知能」講談社  
秋本俊二 [2018] 「空を飛べるのはなぜか」サイエンス・アイ新書  
宮崎正弘 [2018] 「AI監視社会・中国の恐怖」PHP新書  
大野和基 [2018] 「未来を読む」PHP新書  
横山祐典 [2018] 「地球46億年気候大変動」講談社  
熊谷徹 [2018] 「イスラエルがすごい マネーを呼ぶイノベーション大国」新潮新書  
稲垣栄洋 [2018] 「世界史を大きく動かした植物」PHP出版  
エリック・シャリーン著 上原ゆうこ訳 [2018] 「世界史を変えた50の鉱物」原出版  
廣田章光 [2018] 「大塚正富のヒット塾」日本経済新聞出版社  
中西孝樹 [2018] 「CASE革命 2030年の自動車産業」日本経済新聞出版社  
日高洋祐 [2018] 「モビリティ革命MaaS モビリティ革命の先にある全産業のゲームチェンジ」日経BP社  
シバタナオキ、吉川欣也 [2018] 「テクノロジーの地政学 シリコンバレー vs 中国 新時代の覇者たち」日経BP社  
田中修 [2018] 「植物のかしこい生き方」SB新書  
浅羽茂他 [2018] 「MBA入門2 イノベーション&マネジメント編」日経BP社  
日経BP社 [2018] 「世界をつなぐ100の技術」日経BP社  
更科功 [2018] 「絶滅の人類史」NHK出版  
小谷太郎 [2018] 「元素のすごい話 アブない話」青春出版社  
伊神満 [2018] 「イノベーターのジレンマの経済学的解明」日経BP社  
村山誠哉 [2018] 「イノベーションの壁」クロスメディア・パブリッシング  
NEDO [2018] 「オープンイノベーション白書」NEDO  
マット・リドレー著 大田直子訳 [2018] 「進化は万能である 人類・テクノロジー・宇宙の未来」早川書房  
小林雅一 [2018] 「ゲノム編集からはじまる新世界 超先端バイオ技術がヒトとビジネスを変える」朝日新聞出版  
須田桃子 [2018] 「合成生物学の衝撃」文藝春秋  
キース・ベロニーズ著 渡辺正訳 [2016] 「レア」化学同人  
中山智弘 [2013] 「元素戦略」ダイヤモンド社

- 村山博「イノベーションの進化に関する研究 仮説Ⅰ「イノベーションには2つの変曲点が存在する」 仮説Ⅱ「指数関数的に進む萌芽時代では科学技術がイノベーションを先導するが、成長時代では人間社会がイノベーションを減速させ、その後の社会変化がイノベーションをさらに減速させる」(単著/2019年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第20号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-53)
- 村山博「日本企業の研究開発の絶滅と誕生に関する研究(その1) 仮説「研究開発は直線的に絶滅し指数関数的に誕生し、その絶滅と誕生は同期する」(単著/2018年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第19号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-44)
- 村山博「日本企業の研究開発の絶滅と誕生に関する研究(その2) 仮説「研究開発の絶滅時期は、研究開発を減少させる企業ではなく、逆に研究開発を増加させる企業が決める」(単著/2018年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第19号/桃山学院大学総合研究所/pp.45-92)
- 村山博「日本企業の研究開発の絶滅と誕生に関する研究(その3) 仮説「研究開発の絶滅が作り出すブルーオーシャンにはイノベーションが宿り、その好機が存在する」(単著/2018年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第19号/桃山学院大学総合研究所/pp.93-132)
- 村山博「指数関数的進化企業に及ぼす弱い連携の影響 副題:日産自動車、富士フィルム、川崎重工のイノベーションの源泉」(単著/2017年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第18号/桃山学院大学総合研究所/pp.17-77)
- 村山博「素材開発企業と部品組立企業の特許グローバル化速度に関する研究 素材開発企業におけるイノベーションの源泉」(単著/2016年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第17号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-51)
- 村山博「特許グローバル化速度による共同研究と単独研究に関する研究 共同研究重視企業と単独研究重視企業におけるイノベーションの法則」(単著/2016年2月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第17号/桃山学院大学総合研究所/pp.53-103)
- 村山博「イノベーションに及ぼす企業進化速度と業界ボーダレスの影響 企業進化速度の速いネットビジネス業界、医薬品業界、自動車業界を中心に」(単著/2015年3月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第16号/桃山学院大学総合研究所/pp.3-44)
- 村山博「自動運転車、燃料電池車、電気自動車に関するイノベーションの研究 自動車会社、部品会社、IT企業による次世代自動車の社会的価値の創造」(単著/2015年3月/『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』第16号/桃山学院大学総合研究所/pp.79-132)

(2019年6月17日受理)

## Research on minor metal innovation

Hypothesis I: Convergent evolution occurs in different innovations if they are in the same environment

Hypothesis II: Rapid growth of innovation shortens the life of innovation

Hiroshi MURAYAMA

All the breakthroughs in the current information and communication society originate from the research and development of minor metals. Minor metals do not mean that exist only in extremely small amounts on the earth. From which country the minor metal is buried, and from which country it is produced, they become important factors to define minor metal.

As minor metals are ubiquitous on the earth, countries can be divided into “country with minor metals” and “country without minor metals”. Politically unstable countries, countries with high strikes, countries with very high export taxes, and countries with high country risks are the reasons why Japan is regarded as a minor metal. Thus minor metals have a close relationship with geopolitical risk. Japan must import almost 100% of minor metals. However, minor metals have become essential metals in Japan’s information communication society and the next-generation automobile society. The exporters of minor metals hold Japan’s ups and downs.

Rare earths have extremely excellent properties in the fields of magnetism, superconductivity, light emission, and lasers. Rare earths cannot be substituted for other materials. Rare earths are used in large amounts in information devices such as smart-phones and personal computers, home appliances such as air conditioners and refrigerators, electric vehicles and hybrid vehicles, and support the modern society. China produces 80% of the world’s rare earth production.

The Chinese government’s electric vehicle preferential treatment is the policy of killing two birds with one stone. China’s electric vehicle incentives not only resolve exhaust gas pollution in urban areas of China by reducing the exhaust gas of gasoline vehicles, but also mean that rare earths such as China’s native neodymium turn into strategic weapons that dominate the world. Currently, neodymium production is limited to China, which is essentially the only neodymium producer in the world. The rare earth such as neodymium

is an essential metal for the magnetic material of the electric vehicle, and so far the electric vehicle cannot be manufactured without the neodymium. If a gasoline vehicle running around the world is converted to an electric vehicle, China's rare earths will become the strongest weapon overwhelming the world. Developed countries such as Japan, the United States and Europe will be forced to make tough decisions as to whether they will go to China's military gate or give up production of electric vehicles.

The rare earth deposits present in the world have the disadvantage of being mined together with radioactive elements such as uranium. However, China's rare earth deposits do not contain radioactive elements, as they have weathered and flowed out with rain over millions of years. This is the reason why China has become the world's largest producer of rare earths. China is aiming to conquer the world with minor metals as a strategic material.

By the way, the production of cobalt, which is a minor metal, is almost exclusively done in the Democratic Republic of Congo. Many of the cobalt mines are dominated by Chinese funds. China's national strategy for minor metals is steadily expanding even for minor metals not produced in China. Innovation, like China's rare earths, is not only dependent on scientific and technological progress, but social selection by the intentions of the particular country or human society dominates the evolution and rise and fall of innovation.

The research targets of this paper are vanadium, chromium, manganese, cobalt, nickel, molybdenum, tungsten, strontium, zirconium, niobium, palladium, indium, antimony, barium, tantalum, platinum, bismuth, cerium, praseodymium, neodymium, scandium, and dysprosium.

In this paper, as a result of researching innovation on minor metals, the following conclusions were obtained.

- 1 Minor metals have extremely geopolitical risks that are significantly affected by the soul of nations and social trends. Even if science and technology relating to minor metals has made rapid progress, the nations and human society suppress that the innovations progress.
- 2 Innovation grows exponentially. However, due to the insurmountable command from human society, the innovation accepts linear growth. Innovations driven by linear growth will increase the energy that resists human society.
- 3 Driving force behind the evolution of irony innovation, which was cultivated during the "progressive growth" period, is the starting point of the "inflation of innovation". When it reaches the threshold, "inflation of innovation" begins.



- 4 Minor metal innovations for vanadium, chromium, manganese, cobalt, nickel, molybdenum, tungsten, strontium, zirconium, niobium, palladium, indium, antimony, barium, tantalum, platinum, bismuth, cerium, praseodymium are very similar.
- 5 The average inflation period of the 19 minor metals is 8.0 years, the average inflation start year is 1997.4 and the average inflation end year is 2005.4. There is very little difference in the inflation of these minor metals.
- 6 Different minor metal innovations that compete with each another have clearly the same process and timing of growth and extinction, and are clearly convergent evolution. The convergent evolution of minor metal innovation shows the depth of the relationship between human society and innovation.
- 7 “The inflation rate” is directly proportional to “the inflation period”.
- 8 The rapid growth “inflation” does not exist in the innovations related to neodymium, scandium, dysprosium and there are no extinctions in the three minor metal innovations.
- 9 Without rapid growth of innovation, the extinction of innovation is delayed.
- 10 The expansion of the scale of innovation provides an environment in which many new technologies can be fused easily, the fusion of innovations by combining new technologies becomes intense, and innovation advances explosively. As a result, expanding the scale of innovation shortens the life of innovation.
- 11 Shortening the life of innovation accelerates the birth of new innovation. The speed-oriented modern information communication society dares to shorten the life of innovation and accelerate innovation, and as a result, innovation evolves.
- 12 Innovation receives strong oversight from human society. If human society deems that innovation is not useful in the future, human society will be cruelly extinct against the innovation that has been brilliantly active and brought great benefits to human society.
- 13 Autophagy begins in the innovations that are declared extinct, and the innovations are broken down into new technology elements.
- 14 After major innovations, discovering new ideas becomes difficult. In order to give birth to new innovations, old common sense and old theory are destroyed, and “anagram of technology element” becomes active. Anagram of technology element is reuse of past technology element.
- 15 Innovators who know the essence of innovation continue research and development even after most people leave, discover new treasures from the extinction of innovation, and experience that extinction of innovation is the same as the birth of innovation.

- 16 Social selection should follow “Innovation triage” that society decides fairly, not first-come-first-served basis.
- 17 As nations, platform companies and think tanks will be able to control social selection, innovation can be born and extinguished by nations, platform companies and think tanks
- 18 The advancement of science and technology is important as the meaning of the gunshot that innovation starts, but science and technology do not promote innovation. Even if science and technology progressed dramatically, innovation does not occur unless “social selection” responds to the progress.
- 19 Shift of innovation becomes more intense. In the next society, only those who can adapt to that speed can survive.
- 20 Human beings are relatively slow in evolution. Human beings cannot cope with the rapid flow of the modern information communication society, and often cannot sufficiently absorb valuable information. In order to avoid that, it is the abuse of “social selection” that human beings artificially kill or delay innovation.

# Simulation and the Fourth Industrial Revolution

Rie GAKU<sup>\*</sup>

David T. STURROCK<sup>†</sup>

Soemon TAKAKUWA<sup>‡</sup>

## Abstract

Advancements in systems simulation over the past decade have propelled simulation into a new position as a decision-making tool in Industry 4.0 applications. This paper addresses the specific benefits of simulation which can be utilized to enable greater flexibility in decision making in the Industry 4.0 environment. It is stressed that both discrete event simulation (DES) and agent-based simulation (ABS) can be used to represent complex interactions in a fully integrated set of virtual and physical systems.

*Keywords:* System simulation, Industry 4.0, Operations management, Discrete-event simulation, Agent-based simulation.

## 1. Introduction

Over the past decades, simulation has played an important role in operations management as a means for evaluating systems, comparing alternatives, and optimizing configurations. Information technologies are extremely important for enhancing the performance of simulations to provide potential benefits to Industry 4.0 implementations. In this regard, advancements in system simulations have propelled simulation processes into a new position as decision-making tools in Industry 4.0 applications. In this paper, first, the digital industry technologies embraced by Industry 4.0 environments are described. Second, an example of a decision-making process using simulation in Industry 4.0 is proposed. The

---

<sup>\*</sup>Associate Professor, Faculty of Business Administration, Momoyama Gakuin University

<sup>†</sup>Vice President, Simio LLC; Lecturer, the University of Pittsburgh

<sup>‡</sup>Professor Emeritus, Nagoya University; Professor, Faculty of Science and Engineering, Chuo University

Keywords: System simulation, Industry 4.0, Operations management, Discrete-event simulation, Agent-based simulation

paper illustrates that based on variety of data utilization methods, symbiotic systems can be designed to represent physical systems that include various types of computing resources. Finally, a detailed introduction to symbiotic simulation factories is provided. Symbiotic simulation is one of the driving methodologies for rapidly assessing and predicting the impact of changes in complex manufacturing systems.

## **2. Industry 4.0 and Digital Industry Technologies**

### **2.1. Industry 4.0**

Simio describes the concept of Industry 4.0, the fourth industrial revolution, as shown in Figure 1. Here, “Industry 4.0” refers to industrial change based on the digital revolution. Widespread mobile internet services and powerful computing devices and sensors allow companies to gather, store, and manipulate data at an unprecedented level. The evolution of technologies has allowed greater integration of operations management with data collection because the collection and sharing of large volumes of data have been made easier using the Internet of Things (IoT). This has enabled the rapid dissemination of Industry 4.0 and its adoption in a wide range of industries outside manufacturing (Takakuwa et al. 2019).

IoT is a technology that enables the processing of real-time data through microcontrollers and servers. Industry 4.0 technologies based on the digital revolution lay emphasis on real-time (or near real-time) situational awareness of operations management. In operations management, varied IoT technologies are being developed to support efficient and effective decision making, which is required to survive and prosper in an Industry 4.0 environment. Yang and Takakuwa (2017) illustrated two types of integration in smart factories in the Industry 4.0 environment: vertical integration and horizontal integration. The former is an integration ranging from top management to the shop floor inside a factory, i.e., this integration occurs at the company, factory, and process level. The latter is the integration between suppliers, sales and distribution departments, and customers. Horizontal integration enables direct communication between suppliers and customers. Yoshida (2018) presented a new data collection system that demonstrated an intensive connection with the surrounding physical system and simulation models, as shown in Figure 2. An advanced man-machine interface was designed to collect real-time (or semi-real-time) data from a physical system. According to this study, the simulation model was used to query data from remote physical machines to update parameters and subsequently aid in optimizing later operations. Incorporating IoT devices such as data acquisition sensors with simulation enable the required processing of real-time data. The collected data are then used to adjust parameters and perform simulation models. Thus, the simulation model can represent the physical system and can be used to monitor the behavior and optimize the future behavior of the physical system.

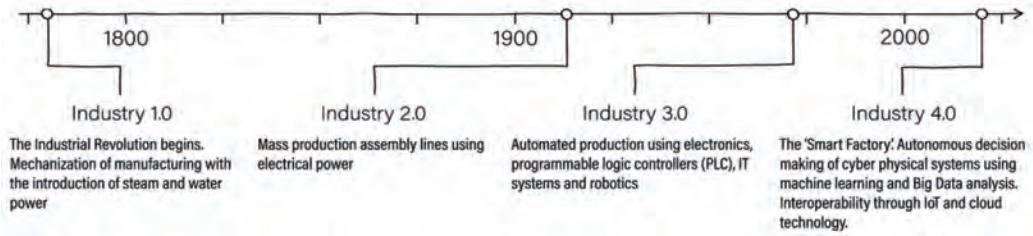


Fig.1. Schematic of the evolution of Industry 4.0 (Simio, 2019).

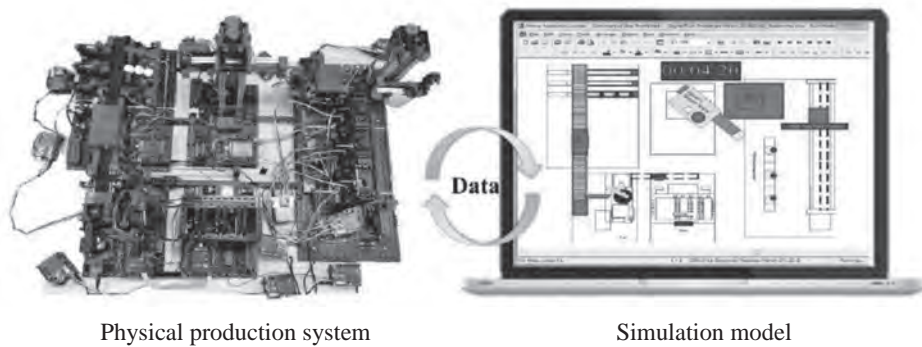


Fig.2. Real-time data collection using sensors [5].

### 2.2. Digital Industry Technologies Embraced by Industry 4.0

The main purpose of the Industry 4.0 environment is to improve production flexibility, quality, safety, and customer response through use of digital industry technologies. In other words, digital industry technologies have in this regard transformed manufacturing from production automation to autonomous manufacturing. Additionally, the capability and sophistication of digital industry technologies have increased over time. With new technologies continuously emerging, digital industry technologies have been adopted by Industry 4.0 organizations in the following categories:

- Robotics and autonomous machines
- Advanced visualization, including augmented reality, virtual reality, and mixed reality
- Sensor technologies and industrial IoT (IIoT)
- Cybersecurity
- Cloud computing and software as a service
- Big data analytics
- Additive manufacturing

- Vertical and horizontal integration of systems
- Simulation

The digital industry technologies described above are being adopted by various industries within and outside of manufacturing (Gunal 2019). These technologies have improved organizational capabilities with respect to data collection. Integrated devices such as mechanical sensors are becoming more commonplace because varied business data can be collected and employed globally in real time (or semi-real time). Additionally, data combined with advanced analytics are used to derive insights from real-time data visualization and subsequently make predictions that can improve business value and automate critical business processes (Familiar and Barnes 2017). These technologies are used for increasing production quality and diversity, optimizing processes, and decreasing costs in manufacturing systems using smart systems. Data collected on supply chain management, customer behavior, marketing campaign performance, and workflow procedures among others are also widely available virtually. Therefore, these technologies have led to broad transformations that have in turn given rise to the Industry 4.0 environment.

Although digital industry technologies are prominent and contribute to the Industry 4.0, they remain a growing area of development. Continuing technology developments are inevitable, and operations management should embrace them in a bid to move forward in this environment.

### **3. Simulation in Industry 4.0 Environments**

#### ***3.1. Areas of Industry Using Simulation***

Computer simulations, referred to simply as “simulations,” were initially used for the analysis of military assignment problems in the 1950s. Later, many corporations employed simulation processes to resolve complicated operations issues. During the third industrial revolution, simulation was widely disseminated giving rise to material requirements planning for developing manufacturing planning, purchasing, and effectively managing factory activities. By the late 1980s, because computer graphics simulation animation became an important factor in decision making, simulation processes developed into a popular and powerful method for industry planning. Previously, the simulation process had been extensively applied in different areas; the following are examples of industries where simulation was applied:

- **Supply chain:** contingency planning, production allocation, inventory positioning, riskreduction, and transportation.

- **Manufacturing:** productivity improvement, personnel planning, product mix changes, and capital investment analysis.
- **Emergency response system:** response policy, routing, resource allocation, and personnel planning.

Advancements in simulation-related hardware and software over the past decade have rapidly upgraded. As large volumes of data can be continuously provided in real time or semi-real time through simulation modeling, operational logic can be described in detail at any level desired. This allows companies to animate and understand real system behaviors more easily. Thus, simulation was identified to support Industry 4.0 technologies combined with data warehouses, manufacturing execution systems (MESs), enterprise resource planning (ERP), and user-based systems among others. A general view of the different components working together in Industry 4.0 environments is shown in Figure 3. These components communicate with each other to achieve a common system objective, for example, in evaluating alternatives and predicting and improving the performance of a system in both long and short terms. Further, simulation models can be designed to solve complicated problems associated with Industry 4.0 environments. Gartner (2012) noted that a mobile client linked to cloud-based analytic engines and big data repositories can potentially enable the use of optimization and simulation anywhere and at any time. This new development provides simulation, prediction, and optimization alongside other analytics, thereby facilitating greater flexibility in decision making regardless of the time and place of a business process action.



Fig.3. Schematic of different components working together in an Industry 4.0 environment.

### **3.2. Decision-Making Processes Using Simulation**

An example of a decision-making process using simulation in an Industry 4.0 context is shown in Figure 4. The steps involved in decision-making processes using simulation are described below.

[Step1]: Data preparation involves requesting or extracting data from data warehouses, MESs, ERP, user-based systems, and/or other physical components. Data can include information regarding the historical demand for products, machine status data, and data linked to decision makers or actuators.

[Step2]: Data analysis is responsible for providing appropriate data to step 3. For example, demand forecasting results can provide ideas for efficient production planning. Because of the objectives of decision making and the characteristics of data, such as volume, velocity, variety, and veracity, advanced analytics are capable of performing data classification, such as grouping, sorting, filtering, and integrating.

[Step3]: Input data preparation is a basic step traditionally applied in system design applications.

[Step4]: A simulation model is created that represents real physical operation systems. In this step, a simulation model is required to successfully access data prepared from steps 1 to 3.

[Step5]: Simulation results are outputted to make short-term or long-term operational management decisions.

[Step6]: Simulation results using an appropriate machine learning method are further required to learn and make necessary data adjustments for the next step.

[Step7]: Evaluation of simulation results gathered from step 6.

The capabilities of simulation languages have also increased. Simulation techniques such as discrete event simulation (DES) and agent-based simulation (ABS) are major methods implemented in decision-making processes. The most basic form of simulation has been applied DES since its creation in the 1950s. In DES process orientation, “entity” is a generic term used to denote any person, object, or thing whose movement through the system causes changes in the state of the system (Pegden 1983; Pegden et al. 1990; Kelton, Sadowski and Swets 2010). In ABS, however, the use of “object” allows modelers to reduce large problems to smaller, more manageable issues. Objects represent machines, conveyors, forklift trucks, and aisles (Kelton, Smith, and Sturrock 2014). Objects are used to improve model reliability, robustness, reusability, extensibility, and maintainability. As a result, overall modeling flexibility and power are dramatically improved. ABS is now a major method used for constructing models.



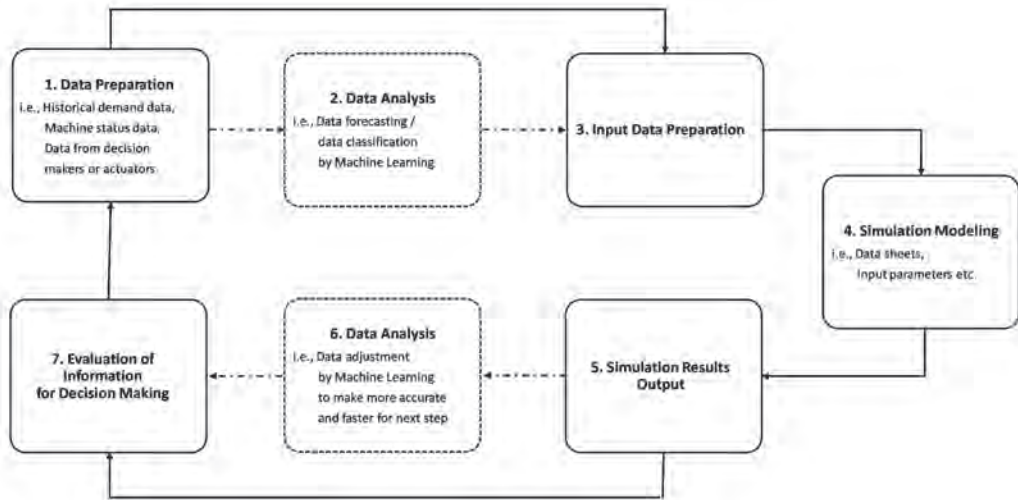


Fig.4. Decision-making processes using simulation in Industry 4.0 environments.

#### 4. Benefits of Simulation in Industry 4.0 Environments

The significant benefits and role of simulation in an Industry 4.0 environment are detailed in sections 4.1 and 4.2. In an Industry 4.0 environment, planning and scheduling activities focus on how to generate an intermediate and precise plan or how to generate a schedule from computerized information, which include complete representations of operating constraints and custom rules (Smith et al. 2018).

##### 4.1. Integrating Various Data Sources with Symbiotic Simulation

In the current age of Industry 4.0, a variety of data types related to customers, orders, and machine operations can be collected and shared more efficiently through powerful computing resources such as extensive sensor networks, wireless monitors, and embedded machine learning. An example of the selected resultant input data for the symbiotic simulation of an actual container terminal is shown in Table 1. A symbiotic simulation driven by real-time or near real-time data allows for cooperation between virtual and physical systems. Simulation with various data sources can enable better performance prediction of utilization areas and bottlenecks.

Effective data flow can be applied to the simulation modeling of an entire product life cycle and its value chain. The difference between simulation objectives in Industry 4.0 and 3.0 relate to the flexibility and accuracy of simulation results due to data requirements and their acquisition. Thus, the speed and flexibility of data collection and processing combined with other computing resources are critically important for symbiotic simulation modeling. In order words, although symbiotic systems present a

useful system design for representing physical systems, including various types of computing resources, there is a need for data utilization methods to integrate different data sources before performing symbiotic simulation models.

Technological advancements have made the collecting and sharing of large volumes of data a great deal easier, in addition to facilitating its application to models and evaluating various possible scenarios to predict and drive outcomes (Smith, Sturrock, and Kelton 2018).

#### ***4.2. Rapid Assessment and Prediction of the Impact of Complex System Processes***

Industry 4.0 includes terms such as “smart factory” and “smart manufacturing,” which redefined the concept of “factory” as a fully connected and automated manufacturing system. In smart factories, autonomous machines can exchange information electronically and continually. This communication enables symbiotic simulation models to collect more usable data, such as machine processing time, production speed, and maintenance status. Simulation is a powerful tool for evaluating the interactions between machines and optimizing manufacturing systems. Thus, the extensive range of applications presented by autonomous machines and robotics is a core aspect of simulation in Industry 4.0 environments.

Because of the level of automation and autonomy in smart factories, however, symbiotic simulation in Industry 4.0 environments faces more challenges than previously. The manufacturing processes in smart factories have become more dynamic and complicated. Complex system processes in smart factories present challenges for operations managers when unanticipated events such as material delays, machine breakdowns, and system failures occur. Therefore, different configurations and settings are needed to enable operational flexibility in smart factories. Operations managers must adapt to changes pertaining to machine status, priority orders, and various scheduling rules among others. For instance, an arriving entity should be immediately assigned to a machine regardless of other entities already in queue for processing by the same machine. Additionally, when failures or machine breakdowns occur, a substitute machine should be immediately assigned to the entity held in the work-in activity using symbiotic simulation models. Further, the assigned worker will need to cease his/her current processing task and a different on-shift worker should be assigned to continue processing the ceased work. It should be noted that symbiotic simulation factories are able to link physical and virtual environments. As a result, symbiotic simulation is one of the driving methodologies for rapidly assessing and predicting the impact of changes in complex systems. In summary, simulation is prominent in Industry 4.0 environments and aids in optimizing complex system processes, which is one of the advantages of using simulation.

Table 1: Selected resultant input data for the simulation of a real container terminal [6].

(a) Importing process

(Operation types: UL and TU)

No.(Priority No.)	Container No.	Vessel No.	Berth crane No.	Real time of loading completion for a truck	Truck No.	Real time of handling instruction for a cargo-handling machinery
1	TRIU8380996	STNG	1	9.18	KR024	9.06
2	NSSU0072627	HTYO	4	10.71	TX170	10.69

Real Time of last job finished for a cargo-handling machinery	Cargo-handling machinery No.	Block No.	Bay No.	Row No.	Real time of job finished for a cargo-handling machinery
9.18	TC11	1F	15	4	9.29
10.62	TC11	2F	12	3	10.80

(b) Exporting process

(Operation types: LD)

No.(Priority No.)	Container No.	Cargo-handling machinery No.	Block No.	Bay No.	Row No.	Real time of handling instruction for a cargo-handling machinery
1	PCSU2120915	TC18	2C	40	5	10.98
2	PCSU2108036	TC18	2C	40	6	11.01

Real Time of last job finished for a cargo-handling machinery	Real time of job finished for a cargo-handling machinery	Truck No.	Berth crane No.	Vessel No.
11.01	11.03	KP118	V4	HTYO
11.03	11.06	TK136	V4	HTYO

(c) Handling between the same bay in a block

(Operation types: RS and IS)

No.(Priority No.)	Container No.	Cargo-handling machinery No.	Block No.	Bay No.	Row No.(from)	Row No.(to)
1	CRSU6022868	TC11	1F	17	2	3
2	YMLU7415614	TC11	1F	10	2	3

Real time of handling instruction for a cargo-handling machinery	Real Time of last job finished for a cargo-handling machinery	Real time of job finished for a cargo-handling machinery
8.80	8.80	8.87
9.36	9.34	9.43

(d) Handling between different bays in a block

(Operation types: IB)

No.(Priority No.)	Container No.	Cargo-handling machinery No.	Block No.	Bay No.(from)	Row No.(from)	Bay No.(to)
1	CKLU4107919	TC30	3E	07	04	04
2	PCLU4050914	TC30	3E	07	05	04

Row No.(to)	Real time of handling instruction for a cargo-handling machinery	Real Time of last job finished for a cargo-handling machinery	Real time of job finished for a cargo-handling machinery
05	7.57	8.32	8.36
04	7.57	8.36	8.40

(e) Handling between yard station to outside tractor

(Operation types: SO and D)

No.(Priority No.)	Container No.	Cargo-handling machinery No.	Block No.	Bay No.	Row No.	Real time of handling instruction for a cargo-handling machinery
1	KKTU7880852	TC15	1J15051	15	05	8.41
2	DFSU2085042	TC15	1J15022	15	02	8.41

Real Time of last job finished for a cargo-handling machinery	Real time of job finished for a cargo-handling machinery
8.63	8.67
8.67	8.69

(f) Handling between outside tractor to yard station

(Operation types: SI and R)

No.(Priority No.)	Container No.	Cargo-handling machinery No.	Block No.	Bay No.	Row No.	Real time of handling instruction for a cargo-handling machinery
1	SNBU2114676	TC11	2F	33	02	8.50
2	TRIU8666969	TC26	2E	27	01	8.51

Real Time of last job finished for a cargo-handling machinery	Real time of job finished for a cargo-handling machinery
8.52	8.57
8.55	8.58

(g) Container attributes

Container No.	Size	Type	Height	FE(Full=1/Empty=0)	Weight	Vessel name
PCSU2120915	20	DC	86	1	15563	HTYO
CRXU6921757	40	RC	86	1	28900	JID

## 5. Conclusion

- (1) Digital industry technologies, in particular, the IoT, which enables the processing of real-time data through microcontrollers and servers, in Industry 4.0 environments were described in this paper. The importance of Industry 4.0 based on the digital revolution was highlighted in terms of improving real-time (or near real-time) situational awareness of operations management.
- (2) Digital industry technologies are prominent contributors to Industry 4.0 but are still developing. Technological developments will continue, and operations management should embrace them to progress in this new environment.
- (3) An example of a decision-making process utilizing simulation in Industry 4.0 was provided. Using current data utilization methods, symbiotic systems can be designed to represent physical systems, including various types of computing resources.
- (4) Symbiotic simulation factories can be linked to physical and virtual environments. Symbiotic simulation is one of the driving methodologies for rapidly assessing and predicting the impact of changes in complicated manufacturing systems.

## Acknowledgments

This research was partly supported by the Grant-in-Aid of the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) KAKENHI Grant Numbers up 17K1380, up 17KK0078, and up 19K01921.

## References

1. B. Familiar and J. Barnes. (2017) Business in real-time using Azure IoT and cortana Intelligence Suite – Driving your digital transformation. Apress.
2. Gartner. “Gartner identifies the top 10 strategic technologies for 2013.” Gartner symposium/ ITxpo, 2012.
3. M. M. Gunal. (2019) Simulation for Industry 4.0 – past, present, and future. Springer.
4. J. S. Smith, D. T. Sturrock, and W. D. Kelton. (2018) Simio and Simulation: Modeling, Analysis, and Applications, 5th edn.
5. Y. Kohtaroh. (2018) “リアルタイムシミュレーションのためのIoTデータ収集システムの設計と構築,” 日本情報経営学会第76回全国大会予稿集.
6. Y. Liu and S. Takakuwa, Modeling of materials handling in a container terminal by using electronic real-time tracking data, in Proceedings of 2011 Winter Simulation Conference, pp. 1596-1604.
7. C. D. Pegden, Introduction to SIMAN (Systems Modeling Corporation, State College, PA, 1983). / S. Takakuwa, Introduction to SIMAN (Japanese edition, Corona-sha, 1987).

8. C. D. Pegden, R. E. Shannon, and R. P. Sadowski, Introduction to Simulation Using SIMAN, 2nd edn. (McGraw-Hill, Inc., NY, 1990) / S. Takakuwa, Introduction to Simulation Using SIMAN, 2nd edn. (Japanese edition, Corona-sha, 1993).
9. S. Takakuwa, J. Nomura, K. Miwa, Y. Tan, R. Gaku, W. Yang, and K. Yoshida. (2019) “Data collection for simulation using IoT,” 日本情報経営学会第79回全国大会予稿集.
10. W. D. Kelton, J. S. Smith, and D. T. Sturrock, Simio and Simulation: Modeling, Analysis, and Applications, 3rd edn. (Simio LLC, 2014). / S. Takakuwa (ed.), Simio and Simulation: Modeling, Analysis, and Applications, 2nd edn. (Japanese edition, Simio LLC, 2014).
11. W. D. Kelton, R. P. Sadowski, and N. B. Swets, Simulation with ARENA, 5th edn. (McGraw-Hill, Inc., NY, 2010).
12. W. Yang and S. Takakuwa, Simulation-based dynamic shop floor scheduling for a flexible manufacturing system in the industry 4.0 environment, Winter Simulation Conference 2017, pp. 3908-3916.

(Received October 15, 2019)

# 百貨店とアパレルメーカーの返品制

## —新聞売り子モデルによる分析—

大村 鍾太\*

### アブストラクト

本研究ではオペレーションズマネジメントの新聞売り子モデルを用いて、百貨店とアパレルメーカーでの返品制をリスク分担に着目して分析する。日本におけるこの返品制は多くの議論とともに運用形態を変遷してきた。本研究では、戦後から現在に至るまでの返品制の具体的運用の変遷についてモデル分析をもとに考察し、①サプライチェーン全体では最適化された、小売価格と在庫量が設定できること、②市場の不確実性の程度によっては、リスク負担はアパレルメーカーにとって大きくならない可能性があること、③さらに市場の不確実性が増すにつれアパレルメーカーのSPAモデルへの転換が促されること、④アパレルメーカーの交渉力の高まりにより返品制（消化仕入）において百貨店の利益率が低下すること、を示す。

### 1. はじめに

返品制は特に日本においては広く採用されている一方で、サプライチェーンマネジメントの全体最適を阻害する要因として指摘されてきた（加藤：2000）。その中で多くの小売・卸売業が返品削減に取り組んできたが、業界全体として返品制をなくすための取り組みは進んでいるとは言い難い（経済産業省（2014）「サプライチェーン効率化に関する調査研究」）。日本において特に議論の対象になるのは百貨店の返品制である。古くは戦後復興期の1954年に公正取引委員会により、百貨店の返品制が「不公正な取引」だとして排除が求められている。しかし現在も百貨店の返品制は運用形態を変えながら維持されており、百貨店の近年の利益率低下と返品制を関係づける議論が行われている。この百貨店の返品制に関しては国内において、流通論や経営史などによる研究蓄積がなされてきている（高岡：1997，加藤：2000，江尻：2003，多

---

\* 本学経営学部准教授

キーワード：返品制，百貨店，新聞売り子モデル，アパレル産業，サプライチェーンマネジメント

田：2003, 石井：2004, 新井田：2010, 李：2010)。

本研究ではオペレーションズマネジメントの新聞売り子モデルを用いて、百貨店とアパレルメーカーでの返品制をリスク分担に着目して分析する。新聞売り子モデルは需要が不確実な状況で在庫量や価格に関する意思決定をモデル化したもので、不確実性化の意思決定モデルとして一般的な数理モデルである。百貨店の返品制を戦後から現在に至るまで新聞売り子モデルでモデル化し、リスク分担、製造（アパレルメーカー）と小売（百貨店）という2プレイヤーでの意思決定の相互作用に着目して分析する。本研究では以下の結果が示される。①サプライチェーン全体では最適化された、小売価格と在庫量が設定できること、②市場の不確実性の程度によっては、リスク負担はアパレルメーカーにとって大きくならない可能性があること、③さらに市場の不確実性が増すにつれアパレルメーカーのSPAモデルへの転換が促されること、④アパレルメーカーの交渉力の高まりにより返品制（消化仕入）において百貨店の利益率が低下する。

本研究の結果はこれまで国内での既存研究と異なる分析視点から百貨店の返品制にアプローチしている。高岡（1997）や石井（2004）は、百貨店の返品制が市場の不確実性に対応する形で運用を変化させてきたことを示しているが、本研究はそれらと同じく市場の不確実性をキーとしてモデル化し、定量的に分析を行ったものと位置付けることができる。より単純化された数理モデルによる分析においても百貨店の返品制が、アパレルメーカーのSPAモデルへの変革や、消化仕入による利益低下をもたらすことが示唆される。

本研究は以下のように構成される。2節では先行文献として、国内の百貨店の返品制に関する研究とオペレーションズマネジメントにおける返品制（返品契約モデル）の数理モデル研究をレビューし、これまで別の分野で研究されてきた返品に関する研究の統合を試みる。3節では既存研究をもとに百貨店の返品制を新聞売り子モデルとしてモデル化する。4節ではモデル分析とその結果を導き、考察を行う。5節では本研究の課題と今後の展望について述べる。

## 2. 先行文献

日本の百貨店の返品制については、多くの研究蓄積がある。高岡（1997）は委託仕入という現在の百貨店の禍根を残すような制度がなぜ戦後復興期に広がり維持されてきたのかについて、その制度の形成過程を百貨店とアパレルメーカーとの関係に着目して明らかにしている。百貨店は、立地と品揃えの豊富さを強みとしていたが、アパレル市場の不確実性の上昇に直面した際に、その強みを維持する策として導入したのが委託仕入だとする。人的資源や資金に制限があった百貨店にとってはその当時は合理的な策であったが、リスクを負うことになったアパレルメーカーが百貨店売場での主導権を持つように戦略的に行動してきたため、現在の百貨

店の小売機能の低下をもたらしたと分析している。石井（2004）は、市場の不確実性の上昇に着目し、アパレルメーカーの小売機能包括プロセスとして、百貨店の返品制を分析している。小売機能として、①製品企画、②小売価格決定、③売場の品揃え、④売場の商品管理（販売員、在庫管理など）、⑤売れ残り処理を上げ、70年代以降の選好の多様化による不確実性上昇によって、①②（場合により⑤）を持っていたアパレルメーカーが、①～⑤を担うようになったことを明らかにしている。市場の不確実性への対応をモデル化する新聞売り子モデルを用いる本研究はこれら2つの研究と親和性が高い。

加藤（2000）はチャネルシステム論の視点から、SCMの全体最適を阻害する日本の取引慣行を分析した。返品制、展示会発注方式、マークダウンの慣行は、事後交渉によってリスクをメーカーに負わせる仕組みとなっており、結果的に部分最適に陥る仕組みになっていることを明らかにしている。多田（2003）は返品制の中でも現在主流である、消化仕入に焦点を当て、その拡大メカニズムについて分析している。特に百貨店における営業の評価指標（売上高、在高予算、利益率、商品回転率）が消化仕入を合理的な取引方法とされ続けたことを明らかにしている。李（2010）は販売リスクの制度的調整として返品制を扱い、特にその中で起こった、ワールドの「オンリーショップ」の返品を含む取引慣行の改革を研究している。オンリーショップでの成功とその後の業績悪化はワールドのSPAモデルへの転換を促す要因となっており、業績悪化で発生した問題は返品によるリスク負担が影響を与えたことを示唆している。新井田（2010）は、大丸のビジネスシステム変革に関するケース研究を行っている。その中で百貨店が、コアコンピタンスを仕入から店舗全体の集客のために取引先を評価して組み合わせることに変化させたことを指摘する。事実大丸は65%をテナントモデルとする店舗を運営しており、百貨店が主体的に小売機能をアウトソーシングしてきたことを示している。

オペレーションズマネジメントの分野ではサプライチェーンマネジメント研究において新聞売り子モデルによる返品制の分析が行われてきた。1990年代後半より、サプライチェーンマネジメント研究は中央集権的な意思決定を前提としたものから、分権的意思決定を前提としたものが中心となってきた。それらの研究ではゲーム理論をベースにした契約モデルを使って、契約によるサプライチェーンの最適化が分析される。サプライチェーン最適な在庫・生産量は卸売価格、販売価格や需要の分布などのパラメータによって決まるため、より具体的なオペレーションの意思決定の分析に用いられる。返品制はその普及度合いや複雑性から多くの研究がされている（Pasternak, 1985; Marvel and Peck, 1995; Padmanabhan and Png, 1997; Emmons and Gilbert, 1998; Lau and Lau, 1999; Donohue, 2000; Webster and Weng, 2000; Tsay, 2001; Tsay, 2002）また近年では、リスク回避行動の相互作用に着目したモデル（Ohmura and Matsuo, 2016）、サプライチェーン間競争を考慮したモデル（He and Zhao, 2012）、サプライチェーン内企業間の情報非対称性を考慮したモデル（Yue and Raghunathan, 2007）、メーカー



による棚確保競争を考慮したモデル (Bandyopadhyay and Paul, 2010)、メーカーの新製品導入のタイミングを考慮したモデル (Matsui, 2010) などで返品制の持つ価値について研究されている。

オペレーションズマネジメントの研究は多くが売り手支配型（製造プレイヤー支配型）のサプライチェーンを前提として研究されている。しかし近年の交渉力の高い小売の出現により、買い手支配型（小売プレイヤー支配型）のサプライチェーンのモデルも研究されている (Wang et al, 2004; Lau et al, 2008; Liu, 2009)。オペレーションズマネジメントでは比較的近年現れたモデルであるが、日本の百貨店の返品制を分析するためにはこの買い手支配型のモデルの分析も不可欠である。本研究は、日本の百貨店の返品制を分析する研究にありながら、オペレーションズマネジメントの研究においてはこの買い手支配型モデル研究の文脈に位置づけられる。

### 3. 百貨店とアパレルメーカーの返品制のモデル化

#### 3.1. 返品制の新聞売り子モデルへの応用

返品制はその具体的な運用の違いにより、返品可能な買取仕入、委託仕入、消化仕入（売上仕入）などが存在する。1954年の公正取引委員会の指摘では買取仕入における返品に関する規制が中心となり、委託仕入、消化仕入などの返品については対象から除外されている。これは委託仕入、消化仕入は消費者が購入するまでは百貨店は「仕入れていない」ため、規制が曖昧となったためである。そのため百貨店の返品制は委託仕入、消化仕入に移行し、現在も運用される取引慣行となっている（表1）。特に消化仕入は拡大しており、現在の日本において百貨店の利益率低下と返品制をめぐる議論は消化仕入を前提に行われている。

表1：百貨店の仕入れ形態の構成比の変遷

	買取仕入	委託仕入	消化仕入
1955	67.5%	20.2%	11.8%
1975	51.5	29.0	22.3
1995	34.4	32.7	36.5
2000 <sup>*1</sup>	10.0	40.0	50.0
2011 <sup>*2</sup>	5-8%	25-35%	60-70%

\*1：江尻（2003）の推定値

\*2：宮副・内海（2011）の推定値

委託仕入と消化仕入（売上仕入）は共に売れただけ仕入が発生する取引方式である。違いは

委託仕入が商品の検品後の損失や減失は百貨店が負担するのに対し、売上仕入は検品後の損失や減失もメーカーが負担することである。多田（2003）によると、委託仕入の場合、発注や返品に関しては百貨店が意思決定をすることが示されている。これを新聞売り子モデルに応用すると、委託仕入は返品契約（Buyback contract）でモデル化でき、消化仕入はレベニューシェアの委託契約（Consignment contract with Revenue share (Wang et al, 2004)）でモデル化することができる。返品制でありながら、どの企業が何をどのタイミングで意思決定しているかがモデル分析では重要となるため、モデル化の詳細は次節に記述する。

新聞売り子モデルを用いた取引は、主に上流である売り手（製造業）をリーダーとしたStackelbergゲームとして定義し分析される。リーダーとなるプレイヤーは取引契約を決め、その契約において先に意思決定を行う。しかし百貨店の返品制においては、百貨店の優越的地位によって委託仕入や消化仕入を導入してきたことが既存研究から明らかであり、買い手支配型サプライチェーン、つまり買い手（小売）をStackelbergリーダーとしたモデルで分析を行う。

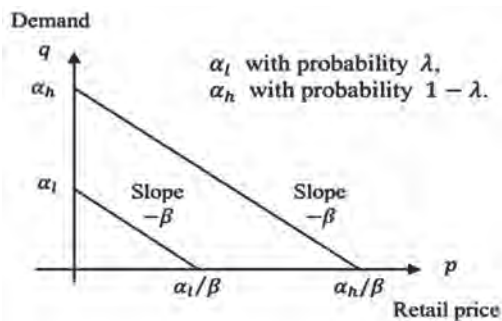
不確実性の影響を分析するために、新聞売り子モデルではリスク回避度を考慮したモデルが研究されている。リスク回避行動を組み込む場合、リスク回避度を考慮した利益関数を最大化するように各企業が意思決定を行うが、新聞売り子モデルでは保持在庫量により利益関数がねじれるため、リスク回避モデルとして経済学で扱われる期待効用モデルの適用が難しい。そのため、本研究では数理モデルでの分析を容易にする平均標準偏差モデルを用いる。また小売価格の決定を含む新聞売り子モデルを用い、市場の不確実性をベルヌーイ分布とする。これらモデルの組み合わせによる分析は、数理モデルでの分析が容易になることが既存研究（Tsay, 2002）で示されており、本研究で採用する。新聞売り子モデルには様々な要素をモデル化したバリエーションが存在するが、多くの場合、数理モデルでの分析に限界があり、分析の多くを数値解析に頼ることになる。本研究では既存の返品制を分析する理論的研究であるため、数値解析を必要としないことを重視して採用モデルを決定している。

### 3.2. 分析モデル

市場の不確実性をベルヌーイ分布でモデル化する（図1）。需要の高低が需要曲線の切片（ $\alpha_h$ と $\alpha_l$ ）で表現されており、それぞれ確率 $\lambda$ と $1-\lambda$ で実現する。需要曲線の傾きは $\beta$ である。販売量 $q$ 、小売価格 $p$ であり需要の高低が明らかになった後に決定される。

百貨店（小売）とアパレルメーカー（製造）はそれぞれリスク回避度を考慮した利益関数として平均標準偏差の価値関数であるMS valueを最大化するように意思決定を行う。MS関数はリスク回避パラメータ $k$ によって平均（期待値）と標準偏差のトレードオフを示し、 $MS(z) = E(z) - k * StdDev(z)$ （ $z$ は確率変数）となる。このMS関数はベルヌーイ分布でモデル化された需要モデルと組み合わせることで、需要の高い時の利益 $\pi_h$ と低い時の利益 $\pi_l$ を用

図1：需要モデル



いて次のように計算できることがTsay (2002) によって示されている。

$$MS = \Lambda \pi_l + (1 - \Lambda) \pi_h \quad , \text{ where } \Lambda = \lambda + k \sqrt{\lambda(1 - \lambda)} \quad \text{for } \lambda \leq \Lambda \leq 1.$$

この時、 $\Lambda$ はリスク調整された確率と解釈することができる。 $\lambda$ にリスク回避係数が掛けられた要素が加算されている。これはリスク回避的であればあるほど、 $\Lambda$ が大きくなることを示している。MS関数に着目すると、リスク回避的なプレイヤーは需要の低い状況が起こる可能性を市場よりも高く見積もることができる。

取引のモデルは買い手である百貨店をStackelbergリーダーとした取引プロトコルを用いる。委託仕入はBuyback contractとして図2のようにモデル化される。分析のベースとなる買取仕入は販売期間後に返品ができないだけで取引プロトコルは販売期間後の意思決定が異なるだけである。また消化仕入はConsignment contract with Revenue shareとして図3のようにモデル化される。分析ではこの意思決定を遡って均衡解を求めるBackwardインダクションを用いる。

図2：委託仕入の取引モデル

■ 販売期間前

1. アパレルメーカーと百貨店は市場の需要  $(\beta, \alpha_h, \alpha_l, \lambda)$  とリスク回避度  $(k_M, k_R)$  の情報を共有する
2. 百貨店は卸売価格  $w$  と在庫量  $s$  を決定する。
  - ✓ 百貨店はアパレルメーカーの最低限必要な売上  $R_M$  を満たすように意思決定を行う

■ 販売期間

3. 需要が明らかになる  $(\alpha_l \text{か} \alpha_h \text{が決まる})$
4. 百貨店が手元の在庫量  $s$  を制約として小売価格  $p_{i \in \{h,l\}}$  と販売量  $q_i$  を決定する

■ 販売期間後

5. 百貨店は売れ残り在庫を仕入れ値で返品する

図3：消化仕入の取引モデル

## ■ 販売期間前

1. アパレルメーカーと百貨店は市場の需要  $(\beta, \alpha_h, \alpha_l, \lambda)$  とリスク回避  $(k_M, k_R)$  の情報を共有する
2. 百貨店はレベニューシェアの割合  $r$  を決定する
  - ✓ アパレルメーカーは在庫量  $s$  を決定する

## ■ 販売期間

3. 需要が明らかになる  $(\alpha_l$  か  $\alpha_h$  が決まる)
4. アパレルメーカーが手元の在庫量  $s$  を制約として小売価格  $p_{i \in \{h, l\}}$  と販売量  $q_i$  を決定する

## ■ 販売期間後

5. 百貨店は売上のうち、 $r$  の割合をアパレルメーカーから受け取る

本研究モデルでは分析のため、二つの前提を置いている。1つ目は単位当たり製造コストと単位当たり在庫保持コストを0と仮定することである。この仮定は、アパレルメーカーと百貨店が、当該商品において利益ではなく売上（とそのリスクを考慮して）を最大化することを意味している。加藤（2000）によれば、「未引き取り」という慣行により、百貨店が口約束による在庫量を決定し、アパレルメーカーは売れ行きを見ながら生産量を調整するという運用がなされていたと言われている。このような事後交渉による調整が行われる取引では、事前のコスト要因である製造コストと在庫保持コストを考慮した意思決定が難しかったことが推測されるが、具体的に売上最大化となるような意思決定がされてきたかについては明らかではない。2つ目は委託仕入において小売価格の決定を百貨店が行っていることである。既存研究によると小売価格の決定はアパレルメーカーが主導的に行ってきたことは明らかである。その意味で本研究のモデルは既存の取引と適合しているとは言い難い。次節で示す通り、百貨店が決定する場合でも小売価格は市場の需要に対して売上を最大化するように決定される。アパレルメーカーも市場に対して売上を最大化する意思決定をしていると仮定、もしくは、百貨店との交渉で小売価格が調整されていたと仮定することも可能であるが、小売価格の決定の実務については、今後研究が必要である。

## 4. モデルの分析と結果の導出

## 4.1. 買取仕入（返品できない契約）の分析

百貨店は卸売価格  $w$  と在庫量  $s$  を製造の最低限必要な売上  $R_M$  を満たすように決定する。 $R_M$  は定数であり、百貨店の小売価格  $p$  と販売量  $q$  の意思決定に影響を与えない。そのため  $p$  と  $q$  は需要の高低それぞれの場合で売上を最大化するように決定される。在庫量  $s$  について

$\alpha_l/2 \leq s \leq \alpha_h/2$ を仮定すると、百貨店のMS関数 $MS_R^N$ は以下となる。

$$MS_R^N = \Lambda_R \left( \frac{\alpha_l^2}{4\beta} \right) + (1 - \Lambda_R) \left( s \frac{\alpha_h - s}{\beta} \right) - R_M$$

ここで $dMS_R/ds = (1 - \Lambda_R)(\alpha_h - 2s)/\beta > 0$  ( $\because \alpha_l/2 \leq s \leq \alpha_h/2$ )となる。また $d^2MS_R/ds^2 < 0$ であるから、最適在庫量 $s^* = \alpha_h/2$ である。 $s < \alpha_l/2$ を仮定した場合、MS関数は減少するので、買取仕入の最適在庫量 $s_N^* = \alpha_h/2$ となる。卸売価格 $w$ は $R_M$ を満たすように決定されるので、 $w_N^* = 2R_M/\alpha_h$ である。つまり百貨店は買取仕入において、市場の需要に合わせて最大限仕入れて、卸売価格を調整することでアパレルメーカーの最低限必要な売上を満たすのが最適となる。

#### 4.2. 委託仕入の分析

返品可能であることから、百貨店は小売価格 $p$ と販売量 $q$ について売上が最大化するように決定する。したがって需要が高いシナリオが実現した場合の売上が最大化するように在庫量が決定される。つまり $s_B^* = \alpha_h/2$ となる。返品が可能であるため、需要が低いシナリオが実現した場合に、 $\alpha_h/2 - \alpha_l/2$ が返品されることになる。今、需要が高いシナリオが実現した時のアパレルメーカーが得る売上高を $R'$ とおくと、この時の卸売価格 $w_B = 2R'/\alpha_h$ となる。この委託仕入のアパレルメーカーのMS関数 $MS_M^B$ 及び百貨店のMS関数 $MS_R^B$ は以下となる。

$$MS_M^B = \Lambda_M \left( R' - \left( \frac{\alpha_h}{2} - \frac{\alpha_l}{2} \right) \left( \frac{2R'}{\alpha_h} \right) \right) + (1 - \Lambda_M)R' = R' \left( 1 - \Lambda_M \frac{(\alpha_h - \alpha_l)}{\alpha_h} \right)$$

$$MS_R^B = \Lambda_R \left( \frac{\alpha_l^2}{4\beta} - \frac{\alpha_l}{2} \frac{2R'}{\alpha_h} \right) + (1 - \Lambda_R) \left( \frac{\alpha_h^2}{4\beta} - R' \right) = \eta_R - R' \left( 1 - \Lambda_R \frac{(\alpha_h - \alpha_l)}{\alpha_h} \right)$$

, where  $\eta_R = \Lambda_R \left( \frac{\alpha_l^2}{4\beta} \right) + (1 - \Lambda_R) \left( \frac{\alpha_h^2}{4\beta} \right)$ .

百貨店はアパレルメーカーの最低限必要な売上 $R_M$ 満たすために、卸売価格 $w_F^*$ を $MS_M^B = R_M$ となるように決定する必要がある。ここで買取仕入のケースでの最低限必要な売上 $R_M$ と同じ値 $R_M = w_N^* \alpha_h/2$ をアパレルメーカーが求めると仮定すると、 $(w_B \alpha_h/2)(1 - \Lambda_M (\alpha_h - \alpha_l)/\alpha_h) = w_N \alpha_h/2$ より、 $w_B = w_N/(1 - \Lambda_M (\alpha_h - \alpha_l)/\alpha_h)$ となる。ここで $0 < (1 - \Lambda_M (\alpha_h - \alpha_l)/\alpha_h) < 1$ であるから、 $w_B > w_N$ となる。これは買取仕入から委託仕入に移行する際に、アパレルメーカーの最低限必要な売上を維持するために、百貨店は卸売価格を上昇させる必要があることを示している。しかし百貨店が卸売価格を上昇させて、 $MS_M^B = R_M$ としたとしても、買取仕入での $R_M$

が不確実性を伴わない定数であるのに対して、委託仕入での $MS_M^B$ は、需要の高低のシナリオによって異なる値を示す不確実性を伴う値であり、またアパレルメーカーのリスク回避度に依存する値であることに注意が必要である。

#### 4.3. 消化仕入の分析

アパレルメーカーはレベニューシェアの割合 $r$ を所与として、売上を最大化するように小売価格、販売量、在庫量を決定する。よってアパレルメーカーのMS関数 $MS_M^C$ 及び百貨店のMS関数 $MS_R^C$ は以下となる。

$$MS_M^C = \Lambda_M(1-r)\left(\frac{\alpha_l^2}{4\beta}\right) + (1-\Lambda_M)(1-r)\left(\frac{\alpha_h^2}{4\beta}\right) = (1-r)\eta_M$$

$$MS_R^C = \Lambda_R r\left(\frac{\alpha_l^2}{4\beta}\right) + (1-\Lambda_R)r\left(\frac{\alpha_h^2}{4\beta}\right) = r\eta_R$$

, where  $\eta_R = \Lambda_R\left(\frac{\alpha_l^2}{4\beta}\right) + (1-\Lambda_R)\left(\frac{\alpha_h^2}{4\beta}\right)$  and  $\eta_M = \Lambda_M\left(\frac{\alpha_l^2}{4\beta}\right) + (1-\Lambda_M)\left(\frac{\alpha_h^2}{4\beta}\right)$ .

百貨店はアパレルメーカーの最低限必要な売上 $R_M$ を満たすように $R_M = (1-r)\eta_M$ となる $r$ を決定する。このとき $r$ は以下ようになる。

$$r = 1 - \frac{R_M}{\eta_M}$$

これはアパレルメーカーの最低限必要な売上が増加するにつれて、 $r$ は減少、つまり小売のMS関数が減少することを意味する。ここで $\eta_M$ における、 $\alpha_l^2/4\beta$ と $\alpha_h^2/4\beta$ はそれぞれ需要の低い時と高い時の最大の売上高を示している。つまり $\eta_M$ は、リスク回避的なアパレルメーカーが持つこの市場に対する評価、もしくはサプライチェーン全体をアパレルメーカー持っている場合に得られるMS関数と解釈することができる。そして $r$ を決定する $R_M/\eta_M$ は、アパレルメーカーが、市場から得られる利益のどの程度の割合を、百貨店との取引で求めるのかを示す。例えばSPAモデルを行うアパレルメーカーであれば、自らのサプライチェーンで $\eta_M$ を得ることができるため、百貨店と取引する場合でも高い割合を得ようとするだろう。この場合、 $r$ は減少することになり、百貨店が得る売上高は減少する。これは近年指摘される消化仕入による百貨店の利益率低下の減少を表している。

#### 4.4. 均衡解の比較と考察

ここまで得られた最適在庫量, 卸売価格などから, それぞれの契約モデルにおける均衡解を求めることができる (表2)。ここから以下のような分析結果が得られる。

表2：各返品制 (契約モデル) の均衡解

	買取仕入	委託仕入	消化仕入
卸売価格 $w$	$2R_M/\alpha_h$	Greater than $2R_M/\alpha_h$	-
在庫量 $s$	$\alpha_h/2$	Same as on the left	Same as on the left
アパレルメーカーのMS	$R_M(\text{constant})$	$R_M(\text{uncertain})$	$R_M(\text{uncertain})$
百貨店のMS	$\eta_R - R_M$	$\eta_R - R_M(\text{uncertain})$	$(1 - R_M/\eta_M)\eta_R$

##### ① サプライチェーン全体最適が達成できる

在庫量  $s$  はすべての契約で  $\alpha_h/2$  となり, サプライチェーン全体で考えた場合の最適在庫量が用意されていることが示されている。売り手支配型のサプライチェーンの契約モデルでは, サプライチェーンの最適化は必ずしも達成されない (Ohmura and Matsuo, 2016)。

##### ② 市場の不確実性の程度によっては, リスク負担はアパレルメーカーにとって大きくならない可能性がある

買取仕入から委託仕入の導入にあたって, 百貨店は卸売価格を上昇させずに維持したことが言われている (江尻: 2003)。理論的には卸売価格を上昇させることでアパレルメーカーの最低限必要な売上を満たすことになるが, この最低限必要な売上  $R_M$  は本研究のモデルでは卸売価格を通じて調整されている。実際に卸売価格は百貨店とアパレルメーカーとの交渉で決定されていたと言われている。その当時, 優越的地位にあった百貨店が卸売価格を維持することによって, 自分たちに有利な取引としたと考えることができる。この卸売価格の維持を本研究のモデルに反映すると,  $w_B = w_N^* = 2R_M/\alpha_h$  であるから, アパレルメーカーのMS関数  $MS_M^{B'}$  は以下ようになる。

$$MS_M^{B'} = R_M \left( 1 - \Lambda_M \left( \frac{\alpha_h - \alpha_l}{\alpha_h} \right) \right)$$

この場合,  $MS_M^B > MS_M^{B'}$  となり, アパレルメーカーは委託仕入導入によりリスク負担を強いられ, MS関数が減少する。一方で, この減少分を示す  $\Lambda_M((\alpha_h - \alpha_l)/\alpha_h)$  の部分は, 市場の不確実性 ( $\alpha_h, \alpha_l, \Lambda_M$  (or  $\lambda$ )) に依存する値であることが分かる。 $(\alpha_h - \alpha_l)/\alpha_h$  は市場の需要の高低

の差を表す値であり、高低差が小さいほど小さな値をとる。また $\Lambda_M$ は需要の低いシナリオが起こる可能性が低いほど小さい値をとり、アパレルメーカーのリスク回避度が小さい時にも小さい値をとる。

戦後復興期から60年代までは、画一的な流行が主であり、70年代以降、アパレルに対する嗜好は多様化していったと言われている（加藤：2004）。委託仕入が広がりを見せた時期に市場の不確実性は大きくなかったと言え、委託仕入によるリスク負担は小さかった。これが百貨店による優越的地位を利用した卸売価格維持を受け入れた形の委託仕入が広がった理由だと考えることができる。

### ③市場の不確実性が増すにつれアパレルメーカーのSPAモデルへの転換が促される

一方で上記のMS関数の減少幅は市場の不確実性が増すにつれて大きくなる。アパレルメーカーは百貨店との委託仕入よりも他の契約モデル、もしくはビジネスモデルを模索することになる。本研究のモデルでは、市場の需要に関する情報（ $\beta, \alpha_h, \alpha_v, \lambda$ ）をアパレルメーカーも共有している。よってこの市場から得られるMS関数 $\eta_R$ を知ることができるため、SPAモデルに移行することのメリットの大きさが計算可能である。委託仕入においては返品に関する運用とともに売場販売員をアパレルメーカーが派遣していることが知られている。つまり現実においても、アパレルメーカーは小売のノウハウを獲得し、市場の情報を得ることができた。委託仕入によるリスク負担が増加すると同時に、アパレルメーカーはSAPモデルのメリットを把握し、実現するためのノウハウを蓄積していった。

### ④アパレルメーカーの交渉力の高まりにより消化仕入で百貨店の利益率が低下する

SPAモデルへの転換により、アパレルメーカーが市場から得られる利益が増加すると、百貨店との取引において要求する最低限必要な売上 $R_M$ が増加する。消化仕入における百貨店のMS関数 $MS_R^C = (1 - R_M/\eta_M)\eta_R$ は、 $R_M$ の増加によって減少することが分かる。ここで注意すべきは、消化仕入でのMS関数の減少は、消化仕入そのものではなく、最低限必要な売上 $R_M$ によってもたらされることである。近年指摘される百貨店の利益率低下は消化仕入が本質的な原因でなく、アパレルメーカーがSPAモデルもしくはサプライチェーンマネジメントを発展させることにより交渉力を高めたことで、より高い価値を百貨店に求めるようになったことが原因であると本研究のモデルは示している。

## 5. 研究のまとめと今後の課題

本研究では、百貨店の返品制を戦後から現在に至るまで新聞売り子モデルで分析し、以下の



結果を示した。①サプライチェーン全体では最適化されること、②市場の不確実性の程度によっては、リスク負担はアパレルメーカーにとって大きくなる可能性があること、③さらに市場の不確実性が増すにつれアパレルメーカーのSPAモデルへの転換が促されること、④アパレルメーカーの交渉力の高まりにより返品制（消化仕入）において百貨店の利益率が低下すること、である。

百貨店とアパレルメーカーの返品制は戦前から戦後にかけて徐々に広がったとされている。特に戦後の経済成長の時期に既製の需要が高まり、60年代ではメーカー、百貨店による流行作りが機能し、消費者の動向は把握しやすかったと言われている。つまり本モデルでの市場の不確実性が高くない環境だったと言える。アパレルメーカーは強い販売力を持つ百貨店との取引のため、多少のリスク増は受け入れることができたと考えられる。

一方70年代以降、所得上昇によるアパレル消費量の増加により選好が多様化し、需要予測が困難となった。この時期から、アパレルメーカーは百貨店に頼らないビジネスモデルを模索し始めており、アパレルメーカーであるワールドが「オンリーショップ」という小売店を整備した。これはワールドが小売機能をコントロールできる小売店といえ、後のSPAモデルへつながる取り組みである。本研究が示唆するのは一方的に製造が負っていたリスクが、市場の不確実性の高まりにより、製造にとって許容できないリスクとなったことである。戦後の百貨店の返品制では、百貨店自身の資金不足を背景に、単なる返品だけでなく、派遣販売員としてアパレルメーカーから人員が店頭へ送られていた。このことも市場の情報を得ることができたアパレルメーカーが、サプライチェーンマネジメントの能力を発展していった要因だと考えることができる。そしてこの結果、アパレルメーカーが市場から得られる利益が高くなり、同時に百貨店との取引で求める利益も高くなった。そのため返品制（消化仕入）で百貨店が得る利益が減少したのである。

百貨店とアパレルメーカーの返品制は国内において多くの研究蓄積があり、SPAのビジネスモデルに至る過程や要因の分析がなされている。一方でそれらの成果は国際的な研究コンテキストでは十分に発信されているとは言い難い。本研究は、新聞売り子モデルというオペレーションズマネジメントで一般的で国際的に多くの研究蓄積があるモデルを用いて、返品制を分析している。本研究で得られた考察はこれまでの国内での研究を補強する結果を示している。数理モデルによる研究のため、国際的に広く発信しやすい点でインパクトがある。

一方で、国内の研究に厳密に対応するのであれば、小売価格の決定がアパレルメーカー主導であったこと、百貨店が品揃えを重要視していたため、返品により店頭の鮮度（インプレッション）を保とうとしていたこと、を考慮する必要がある。また単位当たりの製造コストと百貨店での在庫保持コストも考慮する必要がある。これらはモデルを複雑にするが、とくに在庫保持コストにおいては、近年拡大傾向にあるECアパレルと比較分析するのに重要なパラメー

タとなる。本研究のモデルではこれらはモデル化することができていない。また百貨店の消化仕入に対応させた「Consignment contract with revenue sharing」の契約モデルはAmazonなどEコマースで使用されている契約であり、近年重要性を増している。歴史の長い日本の百貨店の返品制とこの現代的な契約モデルの対応は今後の契約モデルの研究に新たな示唆をもたらす可能性がある。今後の重要な研究課題である。

## References

- Bandyopadhyay, S., Paul, A.A., 2010. Equilibrium Returns Policies in the Presence of Supplier Competition. *Marketing Science* 29(5), 846-857.
- Donohue, K.L., 2000. Efficient supply contracts for fashion goods with forecast updating and two production modes. *Management Science* 46(11), 1397-1411.
- Emmons, H., Gilbert, S.M., 1998. The role of returns policies in pricing and inventory decisions for catalogue goods. *Management science* 44(2), 276-283.
- He, Y., Zhao, X., 2012. Coordination in multi-echelon supply chain under supply and demand uncertainty. *International Journal of Production Economics* 139(1), 106-115.
- Lau, H.-S., Lau, A.H.-L., 1999. Manufacturer's pricing strategy and return policy for a single-period commodity. *European Journal of Operational Research* 116(2), 291-304.
- Lau, A. H. L., Lau, H. S., & Wang, J. C. (2008). How a dominant retailer might design a purchase contract for a newsvendor-type product with price-sensitive demand. *European Journal of Operational Research*, 190(2), 443-458.
- Liu, X., & Çetinkaya, S. (2009). Designing supply contracts in supplier vs buyer-driven channels: The impact of leadership, contract flexibility and information asymmetry. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 41(8), 687-701.
- Marvel, H., & Peck, J. (1995). Demand uncertainty and returns policies. *International Economic Review*, 36(3), 691-714.
- Matsui, K., 2010. Returns policy, new model introduction, and consumer welfare. *International Journal of Production Economics* 124(2), 299-309.
- Ohmura, S., & Matsuo, H. (2016). The effect of risk aversion on distribution channel contracts: Implications for return policies. *International Journal of Production Economics*, 176, 29-40.
- Padmanabhan, V., Png, I., 1997. Manufacturer's returns policies and retail competition. *Marketing Science* 16(1), 81-94.
- Pasternack, B.(1985). Optimal pricing and return policies for perishable commodities. *Marketing Science*, 4(2), 166-176.
- Tsay, A.A., 2001. Managing retail channel overstock: Markdown money and return policies. *Journal of Retailing* 77(4), 457-492.
- Tsay, A.A., 2002. Risk sensitivity in distribution channel partnerships: implications for manufacturer return policies. *Journal of Retailing* 78(2), 147-160.
- Wang, Y., Jiang, L., & Shen, Z.-J. (2004). Channel Performance Under Consignment Contract with Revenue

- Sharing, 50(1), 34-47.
- Webster, S., Weng, Z.K., 2000. A Risk-free Perishable Item Returns Policy. *Manufacturing & Service Operations Management* 2(1), 100-106.
- Yao, Z., Leung, S.C.H., Lai, K.K., 2008. Analysis of the impact of price-sensitivity factors on the returns policy in coordinating supply chain. *European Journal of Operational Research* 187(1), 275-282.
- 新井田剛 (2010) 「百貨店のビジネスシステム変革」 碩学舎
- 石井晋 (2004) 「転換期のアパレル産業 ―一九七〇-八〇年代の歴史―」 *経営史学 (Japan Business History Review)* 39(3) 1-29.
- 江尻弘 (2003) 「百貨店返品制の研究」 中央経済社
- 加藤司 (2000) 「SCMの阻害要因としての日本の商慣行」 *経営研究* 51(2) 1-17.
- 多田應幹 (2003) 「百貨店とアパレルメーカーの取引慣行：消化仕入を中心にして」 *流通* (16) 58-64.
- 高岡美佳 (1997) 「戦後復興期の日本の百貨店と委託仕入 ―日本の取引慣行の形成過程―」 *経営史学 (Japan Business History Review)* 32(1) 1-35.
- 李雪 (2010) 「アパレル産業におけるリスク対応と返品問題 ―ワールドの「オンリーショップ」の仕組みを通して―」 *商学研究科紀要* 71 129-144.

(2019年12月23日受理)

# The Return Policies between Japanese Department Stores and Apparels: A Newsvendor Analysis

Shota OHMURA

In this research we analyze the return policy between Japanese apparel manufacturers and department stores with the newsvendor model considering risk shifting to the manufacturers. The return policies have changed the operational detail with much controversy as to its practical value. We analyze the two types of return policies using a risk-averse newsvendor model. The results indicate that: (i) the entire supply chain optimization can be achieved in the policies; (ii) the risk of apparels in a return policy can be not so high depending on the market uncertainty; (iii) as the market uncertainty increases, the apparels might change their business model to SPA model; and (iv) under a return policy the profitability of department stores decreases because of the increasing bargaining power of apparels.

# 岩猿敏生の業績に見るわが国大学図書館経営思想の探究

## —大学図書館職員法制化運動を中心に—

山中 康行\*

### 目次

はじめに

第1章 戦後の大学図書館職員制度の変遷

第1節 昭和20年代（1945年～1954年）

第2節 昭和30年代（1955年～1964年）

第3節 昭和40年代（1965年～1974年）

第4節 図書館職員の法令指定状況

第2章 国立大学図書館職員の待遇改善運動

第1節 司書職制度に関する特別委員会の設置目的（付託事項）

第2節 司書職制度に関する特別委員会の委員構成

第3章 法改正案の作成

第1節 特別委員会の活動1（法制化研究）

第2節 特別委員会による法改正案

第4章 大学図書館の業務分析作業

第1節 特別委員会の活動2（分析作業記録）

第2節 『大学図書館の業務分析』の概略

第3節 『大学図書館の業務分析』の構成と執筆者

第4節 『大学図書館の業務分析』作成の意義

第5節 『大学図書館の業務分析』の批判

5.1 『大学図書館の業務分析』の意義と限界

5.2 岩猿の指摘に対して—論者の反論—

5.3 業務分析作業上の欠陥

第5章 委員会報告書『大学図書館の業務分析』と岩猿敏生

第1節 委員としての岩猿敏生

第2節 京都大学図書館職員の意識

むすび

---

\* 本学大学院経営学研究科 博士後期課程

キーワード：岩猿敏生，大学図書館経営，大学図書館職員，大学図書館の業務分析

## はじめに

第4回全国国立大学図書館長会議（1957年）議長団に近畿地区大学図書館協議会が提出した報告書「司書職の確立」<sup>1)</sup>において、司書職の確立の意義について「司書職の確立ということは、司書職の法的な確立であることはいうまでもない。昭和23（1948）年に、「国立国会図書館法」が公布、公共図書館では昭和25（1950）年に、図書館法<sup>2)</sup>が実施され、専門職種としての司書職員の地位が認識され、高等学校以下の学校図書館では昭和28（1953）年に公布の「学校図書館法」<sup>3)</sup>によって、司書教諭の資格と配置が一般化している時、大学図書館の職員だけが、法が未制定の現状で何等専門職種としての地位が確立されておらず、一般事務職員の中に含まれた形になっている。「大学図書館改善要項」（1953年）が作成され、その中で大学図書館職員の果たすべき職責が明示されているにもかかわらず、これが実現のため、現在職員の素質の向上を期し、あるいは有能な職員を採用しようとする際など、多くの壁にぶつかるのも、結局は大学図書館員が専門的職種として法的に基礎付けられていない点にあるのではないかとと思われる。司書とはなにか、現在あるべき形と将来いかにあるべきか。現在までに解釈されてきた意味での大学図書館の司書職員の実態を踏まえての法的基礎付けをどのようにすればよいか。現在の大学図書館職員の扱いは、人事院等において便宜的に図書館法の規定による司書、司書補の定義を大学図書館職員に適用したものすぎない」<sup>4)</sup>と法が未制定による問題を述べている。

## 第1章 戦後の大学図書館職員制度の変遷

大学図書館職員が法制化されていないことが原因で、大学図書館職員制度・任用制度・専門職員採用試験制度の再三の変更による混乱の問題があった。このため昭和20年代から昭和40年代まで、専門職種としての司書職員の地位の確立（法制化）要求運動が行われた。

- 
- 1) 全国国立大学図書館長会議編『大学図書館の業務分析』日本図書館協会、1968.8, p.210 (p.98) (近畿地区大学図書館協議会報告書「司書職の確立について」1957 (昭和32)年)
  - 2) 「司書および司書補の職務内容」昭和25年9月 文部事務次官通達
  - 3) 「小・中・高等学校の図書館の司書および司書補の職務内容」昭和27年6月、文部省初等中等教育局長通達
  - 4) 1957 (昭和32)年10月25日に、近畿地区大学図書館協議会から、第4回全国国立大学図書館長会議議長団に提出された「司書職の確立について」

## 第1節 昭和20年代（1945年～1954年）

日本図書館協議会が中心に図書館職員の待遇改善運動が行われた。1946（昭和21）年 公布の帝国大学令において、大学職員の職種が変更され、文部教官・文部事務官・文部技官に区分された。司書職は文部事務官に含まれたが、司書職の採用は試験対象外官職であった。1949（昭和24）年 国立学校設置法が公布された。司書官、司書が廃止された。人事院が「司書職列職級明細書（最終案）」を発表した。司書の職列定義を「この職列は図書館の運営、管理或いは図書その他の図書館資料の収集、選択、受入、分類、目録の編成、保管、閲覧、レファレンス等の専門業務に関して調査、研究、監督又は実施することを職務とするすべての職務を包含する」と定めた。1950（昭和25）年 図書館法公布。図書館の専門職員として司書、司書補が置かれた。国立大学の図書館職員（一般事務職員）の任用は、司書・司書補の有資格者から自由に選考採用（試験対象外官職）。1955（昭和30）年11月10日付人事院事務総長より文部事務次官あての通知の内容は「図書館法第4条に定める司書または司書補をもって補充しようとする官職は、職員の採用にあたって競争を行わない官職である（司書・司書補は試験対象外官職）」とされた。

## 第2節 昭和30年代（1955年～1964年）

活動は全国国立大学図書館長会議が中心に図書館職員の待遇改善運動が進められた。1956（昭和31）年4月 特殊資格職員初任給基準表の中に初めて司書および司書補の職種が加えられた。特殊資格職員初任給基準表（別表第46 昭和31年4月1日）に司書・司書補の職種がはじめて附加される。新大卒は5級5号（7,800円）、短大卒5級1号（6,600円）、新高卒4級1号（5,900円）。司書職ははじめて給与法上、特殊資格職員として認められた。しかし、その初任給基準表は、同表中の他の職種とくらべるとき、新大卒にかぎってみても、医師（7級1号）、歯科医師（6級5号）、薬剤師（6級1号）、栄養士（6級1号）等には、はるかに低いものであった。

岩猿は「図書館法上の有資格者を国家公務員として採用しようとするばあい、競争試験によらず、選考によって採用することができ、しかも初任給は特殊資格職員としての司書および司書補のための初任基準表によって決定することができるにもかかわらず、国立大学図書館には司書及び司書補というもののポジションは、なんら法的に確立されたものではなかった。給与法上は司書及び司書補というものがあるが、それをのぞいては国立大学関係の法令にはなにを見ても、司書のシの字も見出されないのである」<sup>5)</sup>と述べている。

1957（昭和32）年4月1日付「給与法改正」。「図書館職員」になりうる者は、国立学校の図

---

5) 「国立大学図書館専門職員採用試験について」『図書館雑誌』 Vol.54, No.4. 1960.4, pp.114-117, (p.114).

図書館、図書分館または図書室において司書および司書補の資格を有し、図書館業務に従事している者、またはこれと同等以上の職務に従事している者と図書館長において認めたものに限る。

図書館司書業務職員等級区分：行政職（一）4～8等級 これを一般職員、係長と比較したときに、係長：行政職（一）5等級～7等級、一般職員 行政職（一）6等級～8等級 となっている。図書館職員は、課長補佐、係長の役職（管理職）に就かなくても4等級、5等級の待遇を受けることが可能となった。優遇された状況を、国立大学図書館職員の扱いについて、一般職との比較を図表1で示す。

図表1 行政職俸給表（一）等級別代表官職例

等級 組織・階層	1等級	2等級	3等級	4等級	5等級	6等級	7等級	8等級
管区機関	機関の長 部長(重)	部長	課長 (困)	課長 課長補佐 (相困) 係長 (特困)	係長 主任 (極高)	主任 係員 (特高)	係員 (相高)	係員

(注)：表中の（ ）は次の用例による

(重)：特に重要な業務を所掌する

(特困)：特に困難な業務を所掌する

(困)：困難な業務を所掌する

(相困)：相当艱難な長無を所掌する

(極困)：極めて高度の知識・経験を要する

(特高)：極めて高度の知識・経験を要する

(相高)：相当程度の知識・経験を要する

「昇格闘争の具体的すすめか方」<sup>6)</sup>

4等級及び5等級の職務内容を次に示す。待遇改善問題は、給与法改正昭和32(1957)年4月1日により、国立大学の司書職は、給与面では一般職員とは別扱いになった。一般事務職員の場合は、6等級から5等級への昇格は役付職員でなければ昇格できないが、図書館職員は専門を重視され、管理職の責務とは無関係に（役付でなくても、課長補佐、係長の役職に就かなくても）ヒラのままで4等級、5等級の待遇を受けることが可能になり、給与面で他の一般事務職よりも優遇を受けることが決定し国立大学の図書館職員の待遇改善問題は一応の決着がついた。

6) 「昇格闘争の具体的すすめか方」(改訂版) 京都大学職員組合 1977.11 p.71 (p.6).



図表2 等級別標準職務表の定め

4等級	1. 本省の課長補佐又は業務を分掌する長の職務 2. 管区機関の課長、相当困難な業務を処理する課長補佐又は特に困難な業務を分掌する係の長の職務 3. 府県単位機関の相当困難な業務を所掌する課の長の職務 4. 地方出先機関の長又は特に困難な業務を所掌する課の長の職務
5等級	1. 本省又は管区機関の係長又は困難な分掌する係において極めて高度の知識もしくは経験が必要とする業務を処理する主任の職務 2. 府県単位機関の相当困難な業務を分掌する係の長又は困難な業務を分掌する係において極めて高度の智識若しくは経験を必要とする業務を処理する主任の職務 3. 地方出先機関の課長又は困難な業務を分掌する係の長の職務 4. 相当困難な業務を所掌する出張所等の長の職務

〈参考〉

等級別標準職務表及び等級別基準表は事務系と同等に扱われている。ただ文部省の定数管理を要するとして、つぎの基準を定めている。

図表3 図書系4等級への昇格

一. 博士課程の大学院研究科を置く大学で蔵書3万冊以上の部局に勤務する職員のうち、教官等に対する専門分野におけるレファレンス業務、特殊資料の目録分類・解題・検索作成または専門的参考書の利用法の指導助言を行う図書館職員の部下を3人以上有する図書系係長の職務に従事し、年齢42才以上で行政職（一）5等級10俵以上の俸給月額を受けている者。
二. 博士課程の大学院を置く大学で蔵書3万冊以上の部局に勤務する職員のうち、教官等に対する高度の専門的知識と判断に基づくレファレンス業務、ラテン語等の特殊語で記述された資料もしくは高度の専門的特殊資料の解題。目録の分分類・特殊索引の作成または専門的参考書の書誌学的研究もしくは利用法の指導助言を独立して行なう業務に従事し、年齢45才以上で行政職（一）5等級12号俵以上の俸給月額を受けている者。
三. 蔵書3万冊以上の部局に勤務する職員のうち、前2号に掲げる職務と同等の職務に従事し、年齢48才以上で行政職（一）5等級14号俵以上の俸給月額を受けている者。

図表4 図書系5等級への昇格

- 一、蔵書1万冊以上の部局に勤務する図書館職員のうち、司書もしくは司書補の資格を持つ図書館職員の部下2人以上を有する行政職（一）6等級6号俸以上の図書系係長または司書の資格を有する者、若しくは国家公務員採用試験の図書館学（旧国立図書館専門職員採用試験・旧国立大学図書館専門職員採用試験を含む。）合格者で教官等に対する専門知識と判断に基づくレファレンス業務もしくは特殊資料の解題・特別索引の作成ならびに専門的参考図書の本誌学的研究、利用法の指導助言等を独立して行なう職務に従事する者で、行政職（一）6等級7号俸以上の俸給月額を受けている者。

1957（昭和32）年5月31日付人事院任用局長より文部省人事参事官宛て通知では、特別な知識・能力・技術または経験を必要とする官職への採用は、選考によって行ってさしつかえなし」そのような官職の一つとして、図書館学に関する知識・能力・技術または経験を必要とする官職があげられている<sup>7)</sup>。1957（昭和32）年8月27日：人事院局長名「現に有効な採用候補者名簿の対象となっていない官職について。下記に該当する官職へは選考により採用することができます」という官職の中から、5月31日づけの任用局長名による通知に明記されていた図書館学の名辞が省かれている。同通達の第3項に特に「医学・薬学・特殊教育等の特別な知識・能力・技術または経験を必要とする官職」は選考により採用してさしつかえないとあるので、図書館関係者は、図書館学はこの「特殊教育等」の「等」の中に含まれているものと解していた<sup>8)</sup>。1958（昭和33）年5月8日：人事院任用局長名により文部省人事担当部課長宛て通知。通知によると、国家公務員採用試験の対象とならない特別な知識・能力・技術または経験を必要とする官職として、医学・薬学以下全部で18の名辞がならべられているが、その中から図書館学ははっきり落とされてしまい司書職は公務員採用試験の対象とならない特別の官職の枠から除外された。司書職が試験対象外官職でなくなったことにより、司書職も公務員採用試験の対象となった。1950年以来、司書・司書補の有資格者のなかから選考採用ができたのが出来なくなった。試験対象官職になったが採用試験は行われなかった。1959（昭和34）年3月31日：別表十八の中から司書・司書補の初任給基準表が削除された。司書職が試験対象官職になっているにもかかわらず、何の試験も行われぬ。初任給基準表も削除されて司書職は全く宙に浮いてしまった。5月20日：文部省と人事院の協議。協議内容は、「国立大学において、図書館法の司書・司書補の資格を有し、かつ図書に関する専門的職業に従事する職員の占める官職は「特殊の知識技術を必要とし、その職務の複雑・困難・責任の度が相当高度のもの」と認めら

7) 前掲5), p.114.

8) 「戦後の大学図書館における司書職制度に関する史的展望」『大学図書館研究』No.11, 1977.10, p.68.

れ」また今までの職員との釣り合いから、従来通り選考によって採用し、またその初任級もこれまでの基準表を適用して欲しい」。6月13日付：人事院の回答「よろしい」ということになった。

岩猿は次のように述べている。「文部省の協議の筋は、司書の仕事は「特殊の知識・技術を必要」とする官職だから、従来通りの取扱いを認めてくれといい、人事院はよろしかろうという。それならばなぜ、従来「特別な知識・能力・技術又は経験を必要とする官職への採用は選考によって行ってさしつかえない」という人事院の1957（昭和32）年5月31日づけの通知通り、司書を試験対象外官職と認めないのか。司書を試験対象外官職と認めなくなったのは、特殊な知識・能力・技術を必要とする官職と認めなくなったからではないのか。われわれは司書職が試験対象外官職だということが認められなくなったとき、そう感じ、司書職は専門職でないと人事院が断定したものと受け取った。それなのに文部省の協議の筋を人事院がよろしいというのでは、血のめぐりの悪いわたしの頭はこんがらがってしまうのである。わたしの頭がこんがらがったかどうかはともかくとして、この回答のさい、人事院は同時に人事院の認める試験を行って、それによって採用するようにして欲しいと一本釘をさしているのである」<sup>9)</sup>。

1959（昭和34）年7月15日付文部省から「附属図書館専門職員の採用について」通知：人事院のいう試験について目下文部省において検討中である」。10月：全国国立大学図書館長会議において、文部省から試験要綱の案が内示された。1960（昭和35）年1月21日：「国立大学図書館専門職員採用試験要項」制定実施。「採用しようとする各国立大学ごとに、公務員試験の上級、中級、初級準じた試験を行う」。1月以降国立大学図書館で、図書館法上の司書及び司書補の資格をもっているものを採用しようとする場合、この要綱により、各大学でそれぞれ採用試験を実施されなければならなくなった<sup>10)</sup>。各大学で試験実施。選考採用から試験採用へ変更された。

図表5 「国立大学図書館専門職員採用試験要項」の概要

各大学が実施：司書有資格者を対象に採用しようとする各大学がそれぞれ実施  
 試験内容：国家公務員試験の上・中・初級に準じて実施  
 初任級：上級試験合格者は、国家公務員上級合格者と同一の格付け  
 （7等級1号 従来の選考の格付け8等級7号より有利）  
 試験の実施：試験実施大学に厳密さが倫理的に要求される。  
 試験関係の書類（答案を含めて）文部省に提出し、正規の試験に準ずるものであることを認定してもらい、試験の合格者のなかから採用するばあい、これらの合格者の中から採用することを、あらためて人事院の承認が必要。

9) 前掲5), pp.115-116.

10) 前掲5), p.114.

1963(昭和38)年 人事院特設の採用試験実施。国立学校図書専門職員採用上級試験(甲種・乙種)試験。国立学校図書館専門職員採用中級試験(正規の試験16種類中の2)として人事院が実施した。この試験は国立大学の図書館職員だけのための採用試験であり、上級、中級の2種類。その申込者数と試験合格者の数は、上級 60/334 47名採用、中級 99/494名 53名採用(合格者数/受験申込者数)であった。

### 第3節 昭和40年代(1965年～1974年)

国立大学図書館員の問題から、司書職問題の領域が拡大した。1964(昭和39)年全国大学図書館長会議「司書職制度に関する特別委員会」設置された。1972(昭和47)年度司書職は一般の国家公務員採用試験(試験区分:図書館学)に吸収された。同時に上級試験甲種試験廃止。国立学校図書専門職員採用上級乙種試験は、国家公務員採用上級乙種試験(試験区分:図書館学)。国立学校図書専門職員採用中級試験は、国家公務員採用中級試験(試験区分:図書館学)に統合された。1985(昭和60)年度:上級乙種試験および中級試験が廃止。Ⅱ種試験新設され試験区分は「図書館学」。試験区分「図書館学」は、Ⅱ種試験の中でも特に難関の区分試験であり、昭和60年度の、受験申込者数は988名、合格者は35名であった(倍率28.2)。

以上述べたように、司書職の試験制度は一定せずに著しい変遷を経てきている。このことは、大学図書館職員の身分が、法的に定められていないことに原因があり、法制化に向けて、1974(昭和39)年、国大学図書館長会議に「司書職制度に関する特別委員会」が設置された。

岩猿は、司書職の専門性の立場から、選考採用が試験採用に変更になった1958(昭和33)年には選考採用、資格認定試験制度を主張していた(採用試験を改めて、学芸員と同じように資格認定試験制度にする方がいいのではないかと思う)<sup>11)</sup>が、人事院特設の採用試験実施1963(昭和38)年度により、図書館法上の有資格者が、国立大学の図書館職員として任用される資格として認められなくなった。採用試験制度(受験資格は年齢制限だけで、司書資格の有無は無関係)が導入されたことにより岩猿の主張は実現しなかった。

### 第4節 図書館職員の法令指定状況

1. 国立国会図書館職員については、国立国会図書館法(1948年公布)には、国会職員法第一条総則に「この法律において国会職員とは、次に掲げる者をいう」。その三に「国立国会図書館の館長、副館長、司書、専門調査員、調査員、及び参与」と定められている。
2. 公共図書館職員は、「図書館法」(昭和25年公布)第4条 図書館におかれる専門的職員を司書及び司書補と称する。2項 司書は、図書館の専門的業務に従事する。3項 司書補は司

---

11) 前掲5), p.117.

書の職務を助ける」と定められている。

3. 学校図書館職員は、「学校図書館法」(昭和28年公布)第5条 学校には、学校図書館の専門的職務を掌らせるため、司書教諭を置かなければならない。と定められているが、大学図書館職員については、一般事務職員の中に含まれた形であり、司書職の定義は法に定められていない。

戦後の国立大学図書館職員の扱ひの変遷は、要するに図書館法上の有資格者であることが、当初国立大学においても、そのまま図書館員として任用されうる資格であったのが、結局認められなくなったことである。そのためほかの職種と同様に、国家公務員採用試験の中にくわえられたが、それでもなお、外の一般職とは別に図書館専門職員として独立の試験がおこなわれたのである、それで司書制度の確立という運動が、大学図書館界で続けられてきたが、なかなか実現しない。その最大の原因は、大学図書館職員の専門性をどのように考えるのかについて、館界においてすら意見が不一致である事である<sup>12)</sup>。図書館業務の具体的な専門業務を文部省、人事院をはじめ関係者に示す必要が生じた。以後図書館職員の待遇改善要求は法制化運動へ進む。

## 第2章 国立大学図書館職員の待遇改善運動

国立大学図書館協議会の取組み：1956年の第3次全国国立大学図書館館長会議において、全国国立大学図書館館長会議の事業として、大学図書館において司書の専門職の必要について具体的に取りくむことになった。国立大学図書館協議会から、近畿地区に司書職の確立について研究調査が委嘱され、近畿地区大学図書館協議会が担当した。第4次全国国立大学図書館館長会議(1957(昭和32)年10月)において、近畿地区大学図書館協議会提出の調査結果「司書職の確立について」が報告された。わが国の司書職制度研究の礎石となるものであった。第5次全国国立大学図書館館長会議(1958(昭和33)年10月)において、「司書職の確立について」、「司書官一申請大学発足当時の構想一」が配布された。

1964(昭和39)年5月 全国国立大学図書館館長会議委員会会議において、「司書職制度に関する特別委員会」が設置された。

### 第1節 司書職制度に関する特別委員会の設置目的(付託事項)

司書職制度に関する特別委員会への付託事項1は、法改正案の作成：司書職制度を確立ために、必要な法制上の検討をして、法改正案を作成すること。付託事項2は、大学図書館の実態

12)「大学図書館の管理運営について」『学術月報』Vol.22, No.11, 1970.2, p.11.

を把握して、大学図書館司書職を専門職として確立するために必要な基礎的研究（大学図書館の業務分析作業）をして、報告書「大学図書館の業務分析」を作成することの2項目であった。特別委員会が基礎的研究として業務分析に取り組むにいたった理由は、司書職の法制化がなお実現しない原因として、①司書職の専門性を明確にとらえる資料に乏しいこと ②司書職の職務の内容についての理解が一般に欠けていること ③司書職当事者が現におかれている事情が実にさまざまであることなど、いろいろの理由があるように思われる。このため作業の主力を司書職の専門性の明確化におき、大学図書館の業務分析の成果に努力することとなった<sup>13)</sup>。

## 第2節 司書職制度に関する特別委員会の委員構成

特別委員会は、首都圏を中心とした、東京大学（館長、事務部長）、一橋大学（館長、事務長、専門員助手）、東京学芸大学（館長・教授）、横浜国立大学（館長・事務長）、茨木大学（館長）の5大学と、関西地区の、京都大学（整理課長）、大阪大学（事務長）の2大学の計7大学の館長、事務部長・事務長等で構成された。

1. 委員長：深川恒喜（ふかがわつねのぶ）は、1936年東京大学文学部宗教学科卒業、東京大学文学部宗教学助手、1939年文部省に入庁（宗教局宗務補）、1946年文部省図書監修官、文部事務官1951年学校図書館事情視察のため、米国出張、1958年文部省教科調査官、1946年から1961年までの期間、同省における学校図書館の行政担当官として、学校図書館法制定を始めとする戦後日本における学校図書館の振興などに尽力した経歴を持つ人物であり、深川自身も自認しているように、「学校図書館法の成立やその後の実施面で、行政サイドで、もっとも知悉している<sup>14)</sup>」人物であった。文部省退官（1961年）後は東京学芸大学（助教・教授）等の教職にあって、司書・司書教諭養成に従事し、戦後日本における図書館情報学教育の発展に貢献した。館長でもない1教授の深川が、特別委員会の委員長に選ばれた理由は彼の経歴によるものと考えられる。深川恒喜は、文部官僚としての実績から委員長に推されたものと推察される。

### 2. 委員（館長）の専門分野（氏名の五十音順・専門分野）

茨城大学附属図書館長・石原道博（東洋史学）、横浜国立大学図書館長・杉本俊朗（経済学）、東京大学附属図書館長・伊藤四十二（薬学）、横浜国立大学附属図書館図書館長・友成忠雄（工学・電気）、東京学芸大学附属図書館長・岩田孝三（地理学）、一橋大学附属図書館長・馬場啓之助（経済史学）。いずれの館長もその専門分野は図書館とは無関係の方々であった。

### 3. 委員（行政職）（氏名の五十音順・所属等）

行政職の委員は、図書館の管理職青野伊予児（東京大学附属図書館事務部長）、阿曾福円

13) 『大学図書館の業務分析』全国国立大学図書館長会議、1968.6. 207 p.13. pp.19-20.

14) 深川恒喜「学校図書館法の発達史試論」『Library and information science』第13号、1975年10月、pp.13-30.

(一橋大学附属図書館事務長)、岩猿敏生(京都大学附属図書館整理課長)、岡崎義富(一橋大学附属図書館専門員助手)、川崎操(一橋大学附属図書館事務長。文部省図書館員教習所第2期生)、佐竹大通(東京大学附属図書館事務部長。元東京大学書記)、団野弘之(横浜国立大学・附属図書館事務長)藤井和夫(大阪大学・附属図書館事務長)に加え、実務に精通している岡崎義富で構成されている。

#### 4. 委員の特徴

注意すべき特徴は、委員のいずれもが館長と図書館の行政職トップの事務部長及び事務長であるが、岩猿敏生は、京都大学では既に事務部長制が導入されていたにもかかわらず、事務部長を差し置き、整理課長の身分で部長に代わり委員に加わっている。また、一橋大学の岡崎義富は専門員助手の肩書であることである。実務畑経験者を委員にくわえていることに特徴がある。関西から、岩猿、藤井が委員になったのは、近畿地区が司書制度の確立について研究調査結果「司書制度の確立」を国立大学図書館館長会議に報告した実績によるものである。また岩猿は既に司書制度に関する論文があった。諮問委員は、いずれも大規模(総合)大学の館長。委員会は、七大学図書館が主体で構成されている。

図表6 司書職制度に関する特別委員会委員・諮問委員構成員名簿

全国国立大学図書館長会議司書職制度に関する特別委員会			
1964(昭和39)年設置			
委員長 深川恒喜(東京学芸大学教授) 39.9~			
委員			
青野伊予兒(東京大学・事務部長) 39.9~42.3	川崎 操(一橋大学・事務長) 39.9~41.3		
阿曾福円(一橋大学・事務長) 41.4~	佐竹大通(東京大学・事務部長) 42.2~		
石原道博(茨城大学・館長) 39.9~	杉本俊朗(横浜国立大学・館長) 39.9~		
伊藤四十二(東京大学・館長) 39.9~	団野弘之(横浜国立大学・事務長) 39.9~		
岩猿敏生(京都大学・整理課長) 39.9~	友成忠雄(横浜国立大学・館長) 41.1~		
岩田孝三(東京学芸大学・館長) 39.9~	馬場啓之助(一橋大学・館長) 40.4~		
岡崎義富(一橋大学・専門員助手) 39.9~42.5	藤井和夫(大阪大学・事務長) 40.2~		
(五十音順、数字は在任期間)			
設置時 教官5名、事務官5名で構成			
岩猿は司書職制度に関する特別委員会(14名)の委員の一人			
諮問委員の構成			
北海道大学附属図書館長	東北大学附属図書館長	千葉大学附属図書館長	金沢大学附属図書館長
名古屋大学附属図書館長	大阪大学附属図書館長	広島大学附属図書館長	九州大学附属図書館長

会議記録：昭和39（1964）年9月に第1回の委員会開催以後、委員会を21回、小委員会等を随時開催されて、昭和42（1967）年12月に大学図書館の業務分析本文の最終的審議が行われた。

### 第3章 法改正案の作成

#### 第1節 特別委員会の活動1（法制化研究）

第1回～第4回までは、近畿地区大学協議会が提出した「司書職の制度について」法制化問題を討議。司書職制度に関する特別委員会への付託事項1は、司書職制度を確立するために、必要な改正法の検討をすることであった。第1回（昭和39年9月）、第5次館長会議で承認された「司書職の制度について」あらためて検討することを課題とされた。第2回（昭和39年10月）「司書職の確立について」が討議された。第5回（昭和40年1月）文部省が昭和39年に立案した「国立学校設置法施行規則」の改正による「図書職員」の制度化の方式が、もっとも適切な方途であるとの結論に達した<sup>15)</sup>。

図表7 近畿地区協議会（国公立）報告書「司書職の制度について」

昭和31（1956）年10月東京工業大学で開催された第3次全国国立大学図書館館長会議において、「司書資格の確立とそれに伴う待遇改善に関係した諸問題」が協議題として提案がされた。その結果、「司書資格の確立を中心としたこれ等の問題を更に掘り下げた調査研究（「司書職の確立について」）」が、近畿地区大学協議会に委嘱された。近畿地区協議会（国公立）において、委員館を選出し検討した結果「司書職の確立について」が第4次館長会議に報告され、この報告書「司書職の確立について」は、さらに第5次館長会議（昭和33（1958）年10月）で一部訂正を報告し、会議の承認を得ている。

#### 第2節 特別委員会による法改正案

近畿地区大学協議会提出の「司書職の確立について」に基づき、委員会で検討後提案された法制上の改正案はつぎの2案であった。

##### 第一案 司書職の確立について「国立学校設置法施行規則」のみの改正を要求する方法

国立大学の実の問題に限り、しかも現代までに解釈されてきた意味での大学図書館の司書職員という実態を踏まえての法的基礎付けをどのようにすればよいかということについての案。次の箇所にそれぞれの語句を挿入する。第1章第1条 助手と事務職員のあいだに、司書職員

15) 前掲13), p.19.



を挿入。第2条3に司書職員は、図書館の専門的職務に従事するを挿入。第9条3に司書職員を挿入。第10条3に但し、附属図書館においては司書職員を持って充てるを挿入。

図表8 現行規則と改正試案対比表（下線部分追加語句）

[現行規則]	[改正試案]
第1章 国立大学	第1章 国立大学
第1条 国立学校設置法（昭和24年法律第150号、以下「法という。」に規定する各国立大学（以下国立大学）という。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手  事務職員 教務職員 技術職員	第1条 国立学校設置法（昭和24年法律第150号、以下「法という。」に規定する各国立大学（以下国立大学）という。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手 <u>司書職員</u> 事務職員 教務職員 技術職員
3 法第3条の3に規定する各国立短期大学（以下「国立短期大学」図いう。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手  事務職員	3 法第3条の3に規定する各国立短期大学（以下「国立短期大学」図いう。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手 <u>司書職員</u> 事務職員
第2条 学長、(教授、助教授、講師及び助手は、学校教育法（昭和22年法律第26号）第58条に規定する職務に従事する。 2 校長又は園長は、当該附属学校の種類に応じ…………… 3 教務職員は、教授研究の補助その多教務に関する職務に従事する。 4 技術職員は、技術に関する職務に従事する。	第2条 学長、(教授、助教授、講師及び助手は、学校教育法（昭和22年法律第26号）第58条に規定する職務に従事する。 2 校長又は園長は、当該附属学校の種類に応じ…………… 3 <u>司書職員は、図書館の専門的職務に従事する。</u> 4 技術職員は、技術に関する職務に従事する。

<p>5 事務職員は、庶務、会計等の事務に従事する。</p>	<p>5 事務職員は、庶務、会計等の事務に従事する。</p>
<p>第9条 国立大学において必要がある場合は、法</p>	<p>第9条 国立大学において必要がある場合は、法</p>
<p>第6条に規定する図書館に分館を置くことができる。</p>	<p>第6条に規定する図書館に分館を置くことができる。</p>
<p>2 図書館及び図書館分館の長は、それぞれ館長及び分館長とする。</p>	<p>2 図書館及び図書館分館の長は、それぞれ館長及び分館長とする。</p>
<p>3 館長は、その国立大学の教授である者をもって、分館長は、その国立大学の教授又は助教授である者をもって充てる。</p>	<p>3 館長は、その国立大学の教授である者をもって、分館長は、その国立大学の教授又は助教授である者をもって充てる。</p>
<p>但し、必要がある場合は、館長又は分館長は事務職員をもって充てることができる。</p>	<p>但し、必要がある場合は、館長又は分館長は事務職員をもって充てることができる。</p>
<p>第10条 国立大学の各学部、分校、附置研究所、附属学校、学部附属の教育施設及び研究施設並びに附属図書館には、その規模に応じてそれぞれ事務部又は事務室を置くことができる。</p>	<p>第10条 国立大学の各学部、分校、附置研究所、附属学校、学部附属の教育施設及び研究施設並びに附属図書館には、その規模に応じてそれぞれ事務部又は事務室を置くことができる。</p>
<p>2 事務部及び事務室の長は、それぞれ事務長及び事務主任とする。</p>	<p>2 事務部及び事務室の長は、それぞれ事務長及び事務主任とする。</p>
<p>3 事務長及び事務主任は、それぞれ事務職員をもって充てる。</p>	<p>3 事務長及び事務主任は、それぞれ事務職員をもって充てる。</p>
	<p>但し、附属図書館においては司書職員をもって充てる。</p>

第二案 官公私立を含めての全大学を対象とし、大学図書館の司書職員としてのあるべき形についての法的基礎付けをどのようにすればよいかということについての案。

学校教育法および大学設置基準とともに国立学校設置法施行規則の改正を要求する方法

- 改正点は、第1条に司書、司書補の文言を挿入。第2条に司書及び司書補を挿入。第10条の2国立大学の附属図書館には、その規模に応じて、司書部又。は司書書室及び、事務部又は事務室を置くことができる。2 司書部及び司書室の長は、それぞれ司書長及び司書主任とする。3 司書長及び司書主任は、それぞれ事務長及び事務主任の職務を兼ねることができる。4 司書長及び司書主任は司書又は司書補をもって充てる。

図表9 現行規則と改正試案対比表（下線部分追加語句）

[現行規則]	[改正試案]
第1章 国立大学	第1章 国立大学
第1条 国立学校設置法（昭和24年法律第150号、以下「法」という。）に規定する各国立大学（以下「国立大学」という。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手  事務職員 教務職員 技術職員	第1条 国立学校設置法（昭和24年法律第150号、以下「法」という。）に規定する各国立大学（以下「国立大学」という。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手 <u>司書</u> <u>司書補</u> 事務職員 教務職員 技術職員
3 法第3条の3に規定する各国立短期大学（以下「国立短期大学」という。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手  事務職員	3 法第3条の3に規定する各国立短期大学（以下「国立短期大学」という。）に左の職員を置く。 学長 教授 助教授 講師 助手 <u>司書</u> <u>司書補</u> 事務職員
第2条 学長、教授、助教授、講師及び助手は学校図書館法（昭和22年法律第26号）第58条に規定する職務に従事する。  2 校長又は園長は、当該附属学校の種類に応じ…………… 3 教務職員は、教授研究の補助その他教務に関する職務に従事する。 4 技術職員は、技術に関する職務に従事する。 5 事務職員は、庶務、会計等の事務に従事する。	第2条 学長、教授、助教授、講師、助手、 <u>司書</u> 及び <u>司書補</u> は、学校教育法（昭和22年法律26号）第58条に規定する職務に従事する。  2 校長又は園長は、当該附則学校の種類に応じ…………… 3 教務職員は、教授研究の補助その他教務に関する職務に従事する。 4 技術職員は、技術に関する職務に従事する。 5 事務職員は、庶務、会計等の事務に従事する。

第9条 国立大学において必要がある場合は、法第6条に規定する図書館に分館を置くことができる。

- 2 図書館及び図書館分館の長はそれぞれ館長及び分館長とする。
- 3 館長は、その国立大学の教授である者をもって、分館長は、その国立大学の教授又は助教授である者を以て充てる。

但し、必要がある場合は、館長又は分館長は事務職員をもって充てることができる。

第10条 国立大学の各学部、分校、附属研究所、附属学校、学部附属の教育施設及び研究施設並びに附属図書館には、その規模に応じてそれぞれ事務部又は事務室を置くことができる。

- 2 事務部及び事務室の長は、それぞれ事務長及び事務主任とする。
- 3 事務長及び事務主任は、それぞれ事務職員をもって充てる。

第10条の2 国立大学の職の種類ごとの定員は、別表第1の通りとする。

別表1

国立大学の名称	学	教	助	講	助	教	養	そ	計
	長	授	授	師	手	論	論	の他の職員	

第9条 国立大学において必要がある場合は、法第6条に規定する図書館に分館を置くことができる。

- 2 図書館及び図書館分館の長はそれぞれ館長及び分館長とする。
- 3 館長は、その国立大学の教授である者をもって、分館長は、その国立大学の教授又は助教授である者を以て充てる。

但し、必要がある場合は、館長又は分館長は司書をもって充てることができる。

第10条 国立大学の各学部、分校、附属研究所、附属学校、学部附属の教育施設及び研究施設にはその規模に応じてそれぞれ事務部又は事務室を置くことができる。

- 2 事務部及び事務室の長は、それぞれ事務長及び事務主任とする。
- 3 事務長及び事務主任は、それぞれ事務職員をもって充てる

第10条の2 国立大学の附属図書館には、その規模に応じて司書部又は司書室及び、事務部又は事務室を置くことができる

- 2 司書部及び司書室の長は、それぞれ司書長及び司書主任とする。
- 3 司書長及び司書主任は、それぞれ事務長及び事務主任の職務を兼ねることができる
- 4 司書長及び司書主任は司書又は司書補をもって充てる

第10条の3 各国立大学の職の種類ごとの定員は、別表第1の通り

別表1

国立大学の名称	学	教	助	講	助	司	司	教	養	そ	計
	長	授	授	師	手	書	補	書	論	の他の職員	

報告書「司書職の確立について」の調査研究は、近畿地区大学図書館協議会が委嘱されたもので、京都大学に所属していた岩猿の関与は、今後の課題である。

## 第4章 大学図書館の業務分析作業

### 第1節 特別委員会の活動2（分析作業記録）

1965（昭和40）年（1月）第5回特別委員会開催：第5回特別委員会から業務分析の本格的な作業が始められた。文部省が、昭和39年に立案した「国立学校設置法施行規則」の改正案は昭和39年当時、時期尚早との論が多く、実現にいたらなかったがその後今日でも、なお実現をみていない理由として、司書職の専門性を明確にとらえる資料に乏しいこと、司書職の職務の内容についての理解が一般に欠けていること、司書職当事者が現に置かれている事情が実にさまざまである。このことが、特別委員会が、作業の主力を司書職の専門性の明確化におき、大学図書館の業務分析作業を進めることになった根拠であった。米国の大学図書館の専門職の業務分析資料<sup>16)</sup>が研究された。岩猿委員提案の検討スケジュールが協議された。第6回特別委員会（2月）：岩猿委員に業務分析表の作成が依頼された。第7回特別委員会（3月）：岩猿委員作成の「図書館の業務分析」表について討議された。第8回特別委員会（4月）：岩猿委員が「図書館の業務分析」の修正案を立案することになった。第9回（5月）特別委員会：岩猿委員立案の「図書館の業務分析」（改稿）につき逐次審議された。第10回特別委員会（6月）：従来の審議に基づき「図書館の業務分析」を決定した。1965年6月30日開催の国立大学図書館長会議において、「大学図書館業務分析」（案）につき深川委員長より報告し、各館にこれについての検討と意見の提供方を依頼した。第11回特別委員会（9月）：第11回委員会の申し合わせにより、全国国立大学図書館長会議委員長館長名をもって、昭和40年10月4日付けで、『大学図書館の業務分析』について（依頼）を各国立大学附属図書館長あて発送（締切10月30日）し、回収方を依頼した。第12回特別委員会（11月）：大学からの回答について分析表の修正作業に入った。第13回特別委員会（12月）：修正作業続行。特にⅠ、Ⅱの部分の内容、専門職・非専門職の名称等について検討。用語の統一、細部の整理等を、委員長と一橋大学・横浜国立大学・東京大学の各委員により、最終案の原案を作成することとなった。第14回特別委員会（1966年2月）：用語の変更。専門職・非専門職の名称を専門的業務・非専門的業務と改めた。第15回特別委員会（3月）：第14回決定の修正案の再修正を行った。第16回特別委員会（4月）：再修正案に若干の修正を加えて、本委員会の最終案を決定。今回をもって、「司書職制度

16) Descriptive list of professional and non-professional duties in libraries.

アメリカ図書館協会 1948.

に関する特別委員会」の当初来の活動をいちおう終えることとなった。

1966年4月25日、昭和41年度第1回委員館会議に、特別委員会の在来の作業経過を報告し、今後の委員会作業について協議された。1966年6月28日、第13次全国国立図書館長会議に深川委員長より「大学図書館の業務分析」を報告し、了承をえた。第17回特別委員会（7月）：業務分析の各項目について説明を附する方針および今後の作業計画を協議。専門的業務の各事項については、用語も解説、業務内容の細説、業務の専門性・困難性・責任性等を、また、非専門的業務の各項目については、用語解説、業務内容説明を主として説明文を草することとなった。原案起草の分担が決定された。岩猿委員は、I、III、VIIIを執筆することになった。第18回特別委員会（11月）：各委員の分担執筆した原案について会議で業務の全分野について、審議、検討し、委員会としての第一次案を作成。これをもとに検討し二次案を作ることが申し合された。第19回特別委員会（1967年3月）：二次案の各項目を逐条審議。若干の修正をする。説明文の第三次案が作成された。昭和42年6月：第14次全国国立大学図書館長会議に、深川委員長より、特別委員会の作業経過を報告し了承がえられた。第20回特別委員会（12月）小委員会により業務分析説明文の最終検討を行ない、本文の決定をなすとともに、今後の出版計画等について協議された。第21回特別委員会（1968年2月）：日本図書館協会に出版依頼した経緯の了承図出版条件の審議。出版までの具体的手順の打ち合せを行った。1968（昭和43）年6月司書職制度に関する特別委員会報告書『大学図書館の業務分析』<sup>17)</sup>が発行された。

岩猿は1958年に京都大学図書館の現状分析を済ませており<sup>18)</sup>、大学図書館の問題点を把握していた。それを基礎に、大学図書館の業務分析の作業を推進した。『大学図書館の業務分析』は、岩猿が委員会を牽引し、スケジュール作成、原案、本文分担執筆者として、作成等に大きくかかわったことから、岩猿の考えが濃厚に反映されていると推測される。館長委員は図書館業務には門外漢である事もあって、実作業は事務官が担当した。委員会運営上の事務だけでなく、文献照合、資料整理その他の調査等に東京大学附属図書館の世話が合ったことが、あとがき謝辞に記されている<sup>19)</sup>。

## 第2節 『大学図書館の業務分析』の概略

岩猿は、「大学図書館における専門的業務にはどんなものがある、専門的でない業務についてはどのようなものがある」と云うように、一般に図書館の業務を、専門的とそうでないものに分けてある。これはアメリカ図書館協会、イギリス図書館協会ですでに詳細なJob Analysisと

---

17) 前掲13), p.208.

18) 「国立大学の図書行政の現状と問題点」『図書館雑誌』Vol.52, No.5, 1958.5, pp.134-147.

19) 前掲13), p.208.

云うものがなされているのを参考にして、日本の大学図書館で行われている業務、又、行なわれるべきと考えられる業務をひろい上げてそれを専門、非専門に分けて解説をつけたものである」<sup>20)</sup>。「国大学においては、なおいまだ司書職制の樹立をみていないが、館長会議としては、法制上の改訂がなされることを切に望むとともに、専門職制の裏付けとなる業務分析が、今日の大学図書館の業務に対する理解を一般に広め、あわせて人事行政当局の認識を得るに役立つことを期している次第である。これとともに、この業務分析が、各大学図書館の経営に活用され、さらに司書職制が、国・公・私大学行政において、確たる位置付けを得ることを待望するものである」<sup>21)</sup>と述べている

### 第3節 『大学図書館の業務分析』の構成と執筆者

報告書『大学図書館の業務分析』は、図書館の業務全体を、13部門に大別し、その中を専門的業務106項目・非専門的業務54項目に分け、図書館業務を具体的に取り上げている。

- I. 経営管理 (14:5) 岩猿敏生 (京都大学附属図書館整理課長)
- II. 人事管理 (8:2) 森田 (東京大学附属図書館総務課長 委員会外)
- III. 広報活動 (5:4) 岩猿敏生 (京都大学附属図書館整理課長)
- IV. 資料の収集と選択 (11:0) 青野伊予児 (東京大学附属図書館事務部長)
- V. 資料の受入と処分 (6:9) 青野伊予児 (東京大学附属図書館事務部長)
- VI. 分類と目録 (15:6) 団野弘之 (横浜国立大学附属図書館事務長)
- VII. 資料の整備 (1:5) 団野弘之 (横浜国立大学附属図書館事務長)
- VIII. 資料の配置 (4:5) 岩猿敏生 (京都大学附属図書館整理課長)
- IX. 閲覧と貸出 (5:6) 岡崎義富 (一橋大学附属図書館附属図書館専門員助手)
- X. 利用者への援助 (8:2) 藤井和夫 (大阪大学附属図書館事務長)
- XI. 参考業務 (10:2) 藤井和夫 (大阪大学附属図書館事務長)
- XII. 文献情報管理 (14:4) 藤井和夫附属図書 (大阪大学附属図書館事務長)
- XIII. 資料の保管と保存 (5:4) 岡崎義富 (一橋大学附属図書館専門員助手)

\* ( ) 内は、専門的業務項目数：非専門的業務項目数

専門的業務の占める割合の高い項目は、総務関係(経営管理、人事管理)、情報管理関係(資料の収集と選択、分類と目録)、情報サービス関係(利用者への援助、参考業務、文献情報管理)であり図書館業務の専門性をよく示している。なかでも、「資料の収集と選択」がすべて専門的業務とされ、非専門的業務項目が皆無であることは、図書館の業務が専門的であるこ

20) 学図書館職員のあり方』『中国四国地区大学図書館協議会誌』No.14, 1972.2, pp.7-11 (p.7).

21) 前掲13), p.18.

とを明らかに示した。

#### 第4節 『大学図書館の業務分析』作成の意義

特別委員会の目指すのは、直接的な待遇改善ではない。「大学図書館司書職を専門職として確立するために必要な基礎的研究」を行なおうとする。このような見地から、まず図書館員の行っている専門的業務と言われるものの中に、いわゆる専門職の業務としてみるべきものが、どこまであるかを、個々の業務について分析した成果が、1968（昭和43）年に発表された『大学図書館の業務分析』である<sup>22)</sup>。『大学図書館の業務分析』で、(1) 大学図書館の業務内容の明確化と (2) 大学図書館業務の高度な専門的特質の明確化をしている。

岩猿は「大学図書館司書制度制定のための運動－図書館専門職員とはなにか（図書館法による規定）。専門職種とは（1）図書館法は公共図書館だけを規定している。大学図書館には規定がない。（2）図書館の専門的事務に従事する者が司書であるが、図書館の専門的事務とは何か明確でない」<sup>23)</sup>と述べている。また、「大学図書館の業務を、専門職が取り扱うべき業務と非専門職が取り扱うべき業務という観点から分析し、オーソライズされたはじめてのものとして、全国国立大学図書館長会議編の『大学図書館の業務分析』<sup>24)</sup>がある。「『大学図書館の業務分析』では、業務の項目だけが羅列されているだけで、具体的にどのような業務内容をもつものか必ずしも明確にされていない。しかし、この種の業務分析により、はじめて、図書館の専門職員がどのような業務を取り扱が明確にされ、専門職として図書館員の身分を確立していく土台が固められるのである」とあり、「はじめて、図書館の専門職員が取扱う業務が明確にされ、専門職として図書館員の身分を確立していく土台が固められた。現時点で専門職として、どのような要素を含み、どのような専門的業務を果しつつあるかという観点から、業務分析を行ったところに、「業務分析」の持つ価値があった」<sup>25)</sup>と自己評価をしている。

『大学図書館の業務分析』は、日本の大学図書館業務の全体像を提示した唯一の職務区分表であり、図書館業務の在り方を考える基礎資料となり得るものである」<sup>26)</sup>と述べている。しかし、当初の目的であった専門性を明らかにして法制化を目指す資料としてどのように活用されたかは明らかでない。

---

22) 「戦後の大学図書館における職員の問題－司書職制度確立運動を中心として－『大学図書館の管理運営：第2回日米大学図書館会議応募論文集』大学図書館国政連合委員会, 1972.7, pp.63-72. (p.69).

23) 前掲21), pp.7-11.

24) 前掲13)

25) 前掲22), p.70.

26) 大場一郎「大学図書館の業務分析」－日本の大学図書館における専門的職と非専門的職務の分離の試み－『図書館学会年報』日本図書館情報学会 44(1), pp.32-48, 1998.3. (p.32)



## 第5節 『大学図書館の業務分析』の批判

### 5.1 『大学図書館の業務分析』の意義と限界

原案立案者である岩猿敏生は、『大学図書館の業務分析』が持つ意義について、「(1) 大学図書館の業務内容の明確化と、(2) 大学図書館業務の高度な専門的特質の明確化をしたことであった」。『大学図書館の業務分析』の限界については、「(1) 具体的な利用方法が整備されなかったこと、(2) 非専門的職務の担当者とその経過措置が明らかにされなかったこと、(3) 改訂作業が行われなかったことである」<sup>27)</sup>と述べている。その結果として、図書館職員の専門的業務を明らかにすることによって、司書の果たす社会的役割を社会に評価され、法制化の根拠資料を意図した特別委員会の目的を十分に成しえなかった。

### 5.2 岩猿の指摘に対して一論者の反論一

#### (1) 具体的な利用方法が整備されなかったことについて

委員会の性格、「司書制度に関する特別委員会」への、付託事項1は、法改正案の作成：司書職制度を確立ために、必要な法制上の検討をして、法改正案を作成すること。付託事項2は、：大学図書館の実態に即して、大学図書館司書職を専門職として確立するために必要な基礎的研究（大学図書館の業務分析作業）をすることであった。報告書「大学図書館の業務分析」を出版してその任務は終了した。業務分析の結果を、大学図書館司書職を専門職として確立するための資料を提供することであり、実行するのは全国国立大学館長会議の役割であった。

#### (2) 非専門的職務の担当者とその経過措置が明らかにされなかったことについて

『大学図書館の業務分析』の運用については委員会の目的であった。全国国立大学館長会議が経過措置を明らかにできなかったのは、労使問題にまで問題が波及する恐れがあったことも一つの原因と推測する。

#### (3) 改訂作業が行われなかったことについて

その後も特別委員会は国立大学図書館協議会の「司書職制度調査研究班」と名称を改め、司書職制度確立のための活動を継続されたが<sup>28)</sup>、『大学図書館の業務分析』をさらに、発展させる活動は継続されなかった。岩猿はこのことを指摘しているのである。事務を担当した東京大学が大学紛争に巻き込まれ、その対応に追われることになった。京都大学附属図書館も大学紛争、同時に労使問題が起りその対応に岩猿も追われたこと。さらに、大学図書館職員の専門職の法制化運動を牽引してきた岩猿が1976年3月京都大学を退官して、関西大学文学部教授に教育職として転出して、国立大学図書館協会から抜けたことにより推進力を失ったことが原因

---

27) 同上

28) 一橋大学附属図書館研究開発室年報（1）2013.3, pp.78-91.

である。

### 5.3 業務分析作業上の欠陥

大学図書館の業務分析にあたって対象とされたのは、委員構成から、大規模大学の附属図書館（中央図書館）が中心であったこと、図書館の管理職が主体で作成されたこと、東京大学が事務局であったこと、図書館の実務経験者の経験が十分に反映されていないことである。大学図書館の専門性を支えるのは、学部及び学科そして研究所の図書室の順で専門性がより高くなり、そこに勤務する図書館職員にはより専門的な業務がより多くなる。『大学図書館の業務分析』には、この視点が欠けていることが最も大きな欠陥である。学部学科研究室図書室に勤務する図書館職員の実態が反映されていれば、「全体としては、いずれにせよ、司書職は、専門職としてのレベルにおいては、現在のところ、他のそれらと十分に比肩しうるところまでには達していない。しかし、少なくとも、「専門職化を志向」しつつある職種である」<sup>29)</sup> という岩猿の発言は、“一部には専門職として、他のそれらと十分に比肩しうるところまで達している。”と補記されるべきであった。その根拠は論者が、大規模大学（京都大学）の学科図書室（理学部数学教室図書室）、学部図書室（法学部図書室整理掛）、附属図書館（閲覧課、情報管理課）の実務経験があり、京都大学図書館業務機械化概要書作成（図書館業務現状分析調査）<sup>30)</sup>、にたずさわり、また、部局所蔵の重複雑誌のバックナンバーを附属図書館に集積するバックナンバーセンター設立<sup>31)</sup>に深く関わり、学部・学科・研究図書室の実態を熟知していた経験からの指摘である。

(1) 分析の対象図書館が大規模大学の中央図書館が主であった。

専門的業務に従事していることを顕彰する目的で実施された業務分析作業であったが、分析の対象とされたのが、大規模大学の中央図書館を中心としたもので、大学図書館の専門性は、附属図書館（中央図書館）→ 部局図書室（学部図書室）→ 学科図書室→ 研究室図書室の順で専門性は高くなる。専門業務を追求するには、部局図書室、学科図書室、研究所図書室を対象とした業務分析が不可欠であった。昭和42年に協議会賞（岸本賞）を受賞した板寺一太郎は東大法学部図書室所属であった。協議会賞の受賞者が、大規模大学の図書館の館員と共に中規模大学図書館職員も多く受賞していることは、部局図書室等の専門性の高さを示す例である。

---

29) 前掲22), p.70.

30) 『京都大学図書館業務機械化概要書』京都大学附属図書館 1983.3, p.175.

『京都大学図書館業務機械化概要書』京都大学附属図書館 1984.5, p.87.

31) 拙著「京都大学バックナンバーセンター」『大学図書館研究』Vol.32, pp.71-79.

(2) 分析に使用した参考資料の扱い問題

「業務分析は、アメリカ図書館協会、イギリス図書館協作成の詳細なJob Analysisを参考にして、日本の大学図書館で行われている業務、又、行なわれるべきと考えられる業務をひろい上げてそれを専門、非専門に分けて解説をつけたものであった」<sup>32)</sup>。

米のJob Analysisがつくられた時代は、米の大学図書館が担った役割と、業務分析作成時の日本の大学図書館が担った役割とのタイムラグ（大学教育の内容の時代差）が考慮されていない。1920年代アメリカの大学教育はそれまでのエリート教育からマス教育に変化した。それに伴い大学図書館業務の内容も質も変化をした。日本では、エリート教育からマス教育の変わり目は1970年代前後であり、『大学図書館の業務分析』がまとめられたのはこの時期になる。既に50年を経て、マス教育が浸透している大学におけるアメリカの大学図書館業務と、移行期にあった日本の大学図書館業務の専門的業務に対比する資料として使用し、当時の日本の大学図書館職員がになっていた業務の専門的業務の実態と照合した時、彼我の差を示す遅れの実態を示す結果となり、図書館職員の専門的業務を明らかにする積極的な結果にはなりえなかった。特別委員会の作業は「図書館職員の専門性を明らかにする」目的で分析作業は進められたが、基準とした米英の分析を日本の現状に当てはめたため、現に従事している業務内容の専門性を強調することなく非専門業務の段階にとどまっていることが明らかにする結果となった。アメリカの図書館職員の専門的業務を基に作成された、大学図書館事情が異なるアメリカの教育事情等の説明を欠いたことが大きな原因である。岩猿は五年後、「図書館のようなものは、ひとつの社会制度であって、その国の文化的、社会的基盤と切っても切れない縁がある。（中略）アメリカのやっていることをストレートに日本に持って来ることは危険である。私達は常に自分たちの立っている文化的な基盤の違いを充分に考えた上で、外国のことを勉強して行かなければ危険だということを申し上げておきたいと思う」<sup>33)</sup>と述べ『大学図書館の業務分析』で列挙した専門的業務について暗に批判をしている。

(3) 業務内容の分析をして、項目を示したが、熟練度による専門性には言及しなかった。

図書館業務が米に比べ遅れている段階である日本に米の水準を基準とした場合、期待される業務は、日本の大学図書館の現状と比較すれば、専門的業務が不十分であることを認識せざるを得ない状態であった。

(4) 専門職集団の倫理規定に言及していない

図書館職員の職業集団としてのモラルについては記述がない。この件については、後年「図書館の自由に関する宣言」（1954年）、「図書館員の倫理綱領」（1980年）によって補完された。

32) 「大学図書館職員のあり方」『中国四国地区大学図書館協議会誌』No.14, 1972.2, pp.7-11 (p.7).

33) 前掲20), p.8.

#### (5) 『大学図書館の業務分析』結果と影響

大学図書館の業務分析を行った結果、現状が専門職集団とは認定しがたい現状に直面することになった。本来目指した図書館業務の専門職集団の確立を目差した作業結果と現場のレベルとの比較を明らかにしたことによって、専門的業務の項目は多くあるが、現場の図書館職員の日常業務内容の大部分が非専門的業務で占められていることが明白となった。

大学図書館の業務分析を実施した結果を踏まえ、司書職の専門業務について、岩猿は次のように述べている「いずれにせよ、司書職は、専門職としてのレベルにおいては、現在のところ、他のそれらと十分に比肩しうるところまでには達していない<sup>34)</sup>。と言わざるをえない」と根拠を示すことなく述べている。具体的なデータに基づいた発言ではないが、京都大学附属図書館管理者の実感からの判断である。事務部長として職場の状況を見れば、自明の理であったというべきか。立場からは、「しかし、少なくとも、「専門職化を志向」しつつある職種である。それが現時点で専門職として、どのような要素を含み、どのような専門的業務を果しつつあるかという観点から、業務分析を行ったところに（中略）そのねらいがどこまで実現されているかは問題であろうが、先述の「業務分析」の持つ価値があったのである」<sup>35)</sup>と述べざるをえなかったのである。

### 第5章 委員会報告書『大学図書館の業務分析』と岩猿敏生

#### 第1節 委員としての岩猿敏生

岩猿は、文部省大学学術局情報図書館課 大学図書館設計計画要項の解説（昭和41年3月）において、学習図書館・図書館資料の整理・図書館資料の運用・図書館資料の配置の項を執筆している<sup>36)</sup>。全国国立大学図書館長会議「司書職制度に関する特別委員会」の委員として、『大学図書館の業務分析』では、岩猿は原案作成のほか、Ⅰ. 経営管理 Ⅲ. 広報活動 Ⅷ. 資料の配置の3部門を執筆している。図書館専門業務の管理職（計画立案・方針の決定・連絡調整等）の業務（総括業務）。理念を列挙するにとどまっている。図書館業務独自の専門性が必要とされる項目は執筆していない。

#### 第2節 京都大学図書館職員の意識

『大学図書館の業務分析』がまとめられたころ、京都大学附属図書館の図書館員が、自分の

---

34) 前掲22), p.70.

35) 前掲22), p.70.

36) 文部省大学学術局情報図書館課『大学図書館設計計画要項の解説』1966.3

職務範囲の根拠としたのは、「京都大学附属図書館分掌規程」であった。記述等の比較のため『大学図書館の業務分析』VI. 分類と目録と「京都大学附属図書館分掌規程」（1964年刊）の、和漢書目録掛、洋書目録掛項目を対比したのが、図10である。

図表10 『大学図書館の業務分析』と「京都大学附属図書館分掌規程」

『大学図書館の業務分析』 抜粋 VI. 分類と目録	「京都大学附属図書館分掌規程」 抜粋 和漢書目録掛、洋書目録掛の所掌 項目
<p>A. 専門的業務</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 分類目録に関する基本方針と作業計画の確立</li> <li>2. 分類作業</li> <li>3. 分類体系の拡張と展開</li> <li>4. 件名作業</li> <li>5. 件名標目表の拡張と展開</li> <li>6. 記述目録作業</li> <li>7. 副出・分出記入および参照の決定種カード目録の編成に関する事</li> <li>8. 典拠目録の作成</li> <li>9. 目録カードの複製の方法と決定</li> <li>10. 目録編成規則の制定</li> <li>11. 目録編成作業の監督</li> <li>12. 冊子目録の編集と発行の計画</li> <li>13. 目録作成上の相互協力</li> <li>14. 総合目録作成への参加</li> <li>15. 目録業務に必要な記録の決定と監督</li> </ol> <p>B. 非専門的業務</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請求記号の附与</li> <li>2. 目録カードの複製</li> <li>3. 目録の編成作業</li> <li>4. 目録変更・分類変更の図書の処理</li> <li>5. 目録カードの配布および受領</li> <li>6. 目録業務に必要な記録類と整備</li> </ol>	<p>第5条 和漢書目録掛においては、次の事務をつかさどる</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 和漢図書の各種カードの作成および各種カード目録の編成に関する事</li> <li>2. 和漢図書の分類に関する事</li> <li>3. 和漢図書印刷冊子目録編集に関する事</li> <li>4. 購入和漢図書の選択に関する事</li> <li>5. 学位論文の整理に関する事</li> </ol> <p>第6条 洋書目録掛においては、次の事務をつかさどる</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 欧文図書の各種カードの作成および各種カード目録の編成に関する事</li> <li>2. 欧文図書の分類に関する事</li> <li>3. 欧文図書印刷冊子目録編集に関する事</li> <li>4. コングレスカード目録に関する事</li> <li>5. 購入欧文図書の選択に関する事</li> </ol>

京都大学附属図書館分掌規程では、専門的知識をもとにした、立案・計画・決定等についての記述がない。専門的業務、非専門的業務の区分は示されていない。日常業務と稀にしか必要とされない業務や数年に一度に必要とされる業務の区別がされていない。熟練度による判断の程度が示されず曖昧であるそのため。各項目の業務内容が専門的業務であるから、業務の精通度にかかわらず、図書館員（担当者・従事者）は専門職と思っていた。

『大学図書館の業務分析』では、専門的業務で、計画・判断・決定・監督の項目が明示されている。関係者は専門的業務が明確に示されたことによって、曖昧であった「京都大学附属図書館分掌規程」を見直し、『大学図書館の業務分析』で現場の図書館職員の専門性を見直すと、専門的知識を必要とする業務にどれだけ従事しているのか、疑問を持たざるを状態に気付かざるを得なかったにちがいない。

## むすび

国立大学図書館協議会における、国立大学図書館職員の待遇改善の取組み、最初、法制化の必要性をのべ運動に取り組んだ。そして図書館員の専門性を基にした改正案を作成した。改正案を検討する過程で図書館職員の専門性を裏付ける資料が必要となり、図書館の業務分析が行われた。法制化の改正案は近畿地区が担当した。当然岩猿も関与したとおもわれるが、明確にする資料（記録）は見つけられなかった。ひきつづいて実施された大学図書館の業務分析では、岩猿はスケジュール作成や原案作成など深く関わり、岩猿のリーダーシップのもとに作業が推進された。

1968（昭和43）年6月『大学図書館の業務分析』発行後、1969（昭和44）年～1970年には、大学は東京大学医学部ではじまった全国的な大学紛争にまきこまれた。岩猿が事務部長を勤めた京都大学では、大学紛争の対処とともに、定員削減への対応が緊急の問題であった。昭和44年から昭和59年の15年間で、14名もの削減。実に26.9%減であった。京都大学百年史総説編によれば、「図書館職員の人員構成は昭和50年代はどうであったろうか。昭和39年（1964）年から昭和42（1967）年までの欠員不補充と昭和44（1969）年のいわゆる「総定員法」に基づいた定員削減は平成8年度までの第8次定員削減計画実施の現代にいたるまで附属図書館の現場でも例外とはならなかった。昭和44年5月現在、定員52名であったものが昭和49（1975）年48名となり、昭和50年度を初年度として3名減数となり、昭和53（1978）年度には定員43名、数次の削減を経て昭和59（1984）年度には38名の定員数となった」<sup>37)</sup>。これに対し、京都大学職員組合活動が、賃上げ闘争、定員削減、非常勤職員闘争として激化した。1972（昭和47）年9月4日付、京都

---

37) 『京都大学百年史総説編』京都大学百年史編集委員会編 総説編1997. p.1285.

大学職員組合図書館支部機関誌「こぶし」第90号によると、岩猿部長への組合のインタビューで岩猿の発言「組合の皆さんは差別と分断をもちこむと反対なさっていますが、図書系職員を一般職員からきりはなし、職種としての独立を考えています」と答えている。しかし、図書館に勤務する現職の職員をすべて図書館専門職として扱うことについて、岩猿は「国立大学の図書館はなにも図書館専門職員だけで埋めなければならないことはない。アメリカでも専門職の職員は一つの館でせいぜい3割程度であるから、(1961年1月21日付国立大学図書館専門職員採用試験)要項によって今後生まれる専門職員は、一つの館に3割程度おればいだろうし(略)」<sup>38)</sup>と、本心を述べている。

図書館で図書館職員専門性(職務区分)を導入した場合、現職の図書館職員が納得するかという問題があった。1971年5月1日現在、国立大学図書館における有資格者は53.9%(司書45.3%,司書補8.6%)いたが、専門試験合格者は340名であり、全職員の10.2%にすぎなかった。学歴別の職員構成は、大学卒以上29.0%,旧専卒5.4%,短大卒16.6%,高卒30.5%,旧中卒12.0%,その他6.5%であった。当時の京都大学図書館では、学歴や資格によって仕事が明確に分けられていなかった。専門的業務をもとに職務を区分しても、その担当者を専門職員として分離することは事実上不可能であった。

京都大学の大学紛争のなかで組合運動は、労働問題(賃上げ闘争)であり、図書館職員にとっては、図書館職員のヒラ4等級要求、定員削減の対策要求であった。このような状況で、大学図書館職員の専門的業務が明らかになっても、現場の図書館職員を、専門的業務従事者と非専門的業務従事者に分けることは不可能な状態であった。現場では、大学図書館職員の専門職としての法制化運動の実現とは、乖離があった。岩猿は、大学図書館の機能を高める基礎となる、図書館職員の専門性を重視しなければならない主張と行政官(管理職)としての立場の板挟みに苦しんだとことであろう。これ以降、岩猿は研究者として、図書館職員の専門職について取り組むことになった。

## 謝辞

本稿は、「桃山学院大学大学院経営学研究科公開研究会 第3回 経営学への招待において(2018.1.17)」の発表をもとにしてまとめたものである。発表の際に会場からの助言「倫理規定との関連で経営倫理への視野」へのご指摘をいただきましたことをこの場を借りてお礼申し上げます。

(2019年10月21日受理)

38) 前掲5), p.116.

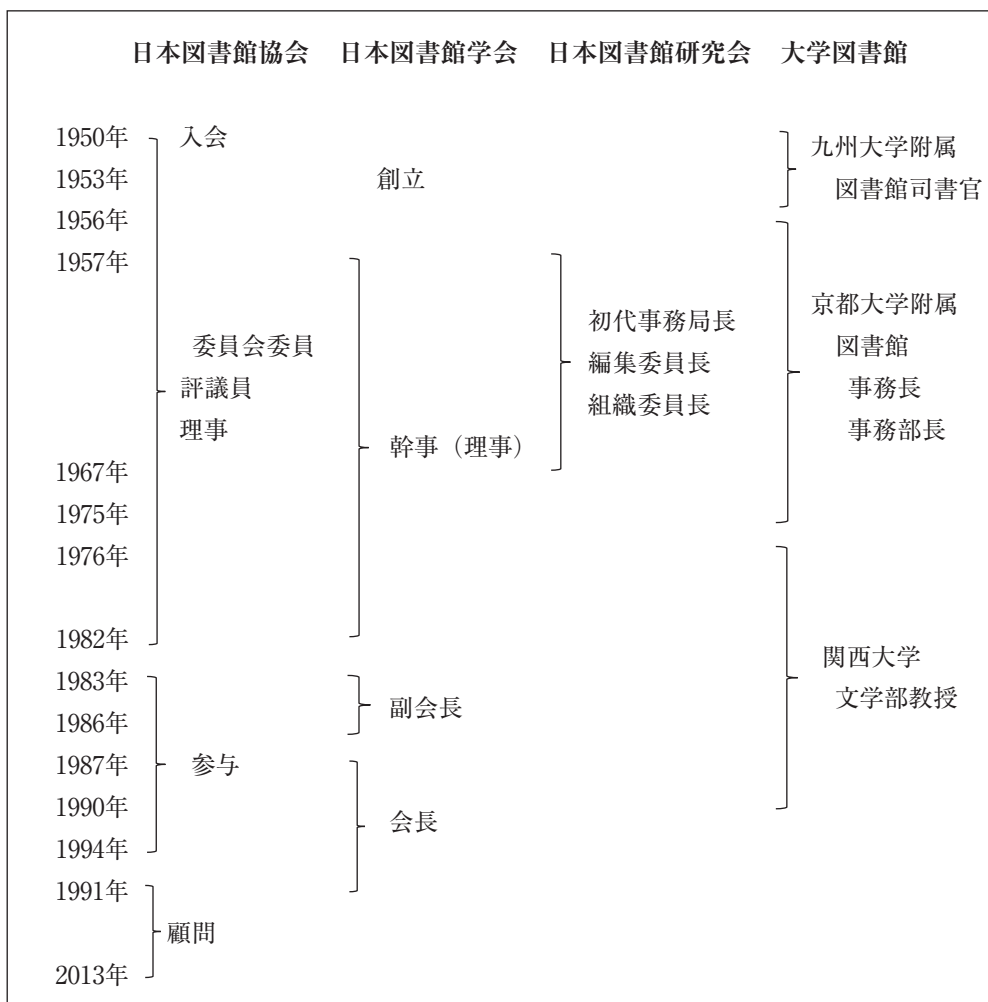
岩猿敏生略歴 (1919.4.30～2016.4.9)



- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| 1943 (昭和18) 年 9 月 | 京都帝国大学文学部卒業   |
| 1948 (昭和23) 年 3 月 | 九州大学法文学部大学院中退 |
| 4 月               | 福岡県立高等学校講師    |
| 1950 (昭和25) 年 8 月 | 九州大学附属図書館司書官  |
| 1956 (昭和31) 年 4 月 | 京都大学附属図書館事務長  |
| 1961 (昭和36) 年 4 月 | 同整理課長         |
| 1965 (昭和40) 年 4 月 | 同事務部長         |
| 1976 (昭和51) 年 3 月 | 京都大学退職        |
| 1976 (昭和51) 年 4 月 | 関西大学文学部教授     |
| 1990 (平成2) 年 3 月  | 同上退職          |



図書館界における岩猿敏生の要職一覧



国立大学図書館協議会 第1回 1968（昭和43）年度 会長：東京大学 副会長：京都大学、北海道大学 1969（昭和44）年度～1976（昭和51）年度 副会長：京都大学、東北大学 国大協の副会長館として館長の補佐として、岩猿は20年間国立大学図書館行政職のトップの重責を勤めた。

## 桃山学院大学環太平洋圏経営研究学会会則

第1条（名称） 本会は、桃山学院大学環太平洋圏経営研究学会と称する。

第2条（目的） 本会は、環太平洋圏における経営事象の研究をおこなうとともに、その研究の進展を支援することを通じて、広く環太平洋圏における国際交流を促進することを目指している。

第3条（事務所） 本会の事務所は、桃山学院大学内におく。

第4条（事業） 本会は、第2条の目的を達成するために次の事業をおこなう。

1. 学内外における研究会の開催
2. 機関誌、ニュース・レター、その他の発行
3. 講演会その他集会の開催
4. 企業や自治体その他における講演会・研修会への講師の幹施ならびに派遣
5. 国内外の学会・研究機関との学術交流
6. その他本会の目的を達成するために必要な事業

第5条（会員） 本会の会員は次のとおりとする。本会の会員となるには理事会の承認を得ることを要す。

1. 正会員 本学院の教員で環太平洋圏における経営事象の研究に関心をもつ者、または本学院の職員にして理事会の承認を得た者
2. 賛助会員 学外者で本会の主旨に賛同し、本会員が推薦する者
3. 法人会員 本会の目的の研究あるいは活動に関心のある法人
4. 学生会員 本会の目的の研究あるいは活動をおこなっている大学院生および学生
5. 特別会員 本会の目的の研究あるいは活動に関心のある外国人（提携大学に所属する者、あるいはその紹介者など）
6. 名誉会員 本会の目的の研究あるいは活動に関心のある本学名誉教授
7. 学外会員 本会の目的の研究あるいは活動に関心のある本学大学院および学部卒業生
8. 準会員 本会の目的の研究あるいは活動に関心のある本学大学院特別研究員

第6条（会費） 会員は別に定める会費を負担しなければならない。

第7条（役員） 役員は、すべて総会において正会員の互選によりこれを選出し、その任期は2年とする。ただし再選を妨げない。

1. 会長 1名
2. 会計 1名
3. 理事 若干名
4. 監事 1名

2 理事会は、監事以外の役員をもって構成する。

第8条（総会） 本会は、毎年4月に総会を開催する。必要に応じて、臨時総会を開催することができる。総会は、正会員の過半数（委任状を含む）の出席をもって成立する。

2 議事は出席者の過半数をもって決する。

第9条（会計及び監査） 本会の会計年度は4月1日に始まり翌年3月31日に終わる。  
監事は毎年本会の会計を監査する。

第10条（会則の改正） 本会会則の改正は正会員全員の過半数による。

付則 決議日 1998年3月10日

本会則は、1998年4月1日より施行する。

本会則は、1998年7月21日より改訂施行する。

本会則は、2004年4月1日より改訂施行する。

本会則は、2012年10月20日より改訂施行する。

#### 環太平洋圏経営研究学会会費細則

環太平洋圏経営研究学会会員は次に定める会費を負担しなければならない。

正会員	年間	5,000円
賛助会員	年間	5,000円
法人会員	年間（一口）	100,000円
学生会員	年間	3,000円
特別会員		徴収しない
名誉会員		徴収しない
学外会員	年間	3,000円
準会員	年間	3,000円

決議日 1998年3月10日

本細則は、1988年4月1日より施行する。

本細則は、2004年4月1日より施行する。

本細則は、2012年10月20日より施行する。

## 『環太平洋圏経営研究』投稿規定

1. 本誌は、定期刊行物であり、原則として一年に1回発行する。
2. 本誌の編集は、環太平洋圏経営研究学会によって選ばれた編集担当理事によって行われる。
3. 本誌の投稿原稿は、会則第2条に示す目的に沿った投稿原稿と依頼原稿からなる。
4. 本誌に投稿できる者は、本会の会員とする。ただし、理事会は、必要と認めた場合、非会員に原稿を依頼することができる。
5. 投稿原稿については、「論文」、「研究ノート」、「書誌」、「資料」、「書評」、「その他」のうちから、投稿者の希望する類別を指定するものとする。ただし、編集の都合で類別が変更されることもある。
6. 原稿は、環太平洋圏の言語で書かれた未発表のものに限るものとする。
7. 原稿の掲載は、編集担当理事の合議で決定するものとする。
8. 原稿料については、別途定める。
9. 本誌原稿の著作権は、環太平洋圏経営研究学会に帰属するものとする。
10. 原稿の提出に際しては、別途定める執筆要領に従うものとする。
11. 本誌に掲載された論文等の著作権うち「複製権」、「公衆送信機」の行使は、桃山学院大学総合研究所に委託する。
12. 本誌に掲載された論文等については、桃山学院大学学術機関リポジトリに公開することを原則とする。

付則 本規定は、1998年4月1日より施行する。  
本規定は、2003年11月1日より改訂施行する。  
本規定は、2007年5月16日より改訂施行する。  
本規定は、2011年10月20日より改訂施行する。  
本規定は、2012年10月20日より改訂施行する。

# *CONTENTS*

## **Articles**

- Research on minor metal innovation  
Hypothesis I : Convergent evolution occurs in different innovations  
if they are in the same environment  
Hypothesis II : Rapid growth of innovation shortens the life of innovation  
..... Hiroshi MURAYAMA ( 3 )
- Simulation and the Fourth Industrial Revolution  
.....Rie GAKU ( 69 )  
David T. STURROCK  
Soemon TAKAKUWA
- The Return Policies between Japanese Department Stores and Apparels:  
A Newsvendor Analysis  
..... Shota OHMURA ( 81 )
- Research of our Country University Library Management thought to  
Watch for Achievements of Toshio Iwasaru:  
Mainly on Law Institutionalization Motion of the University Librarian  
Staff  
..... Yasuyuki YAMANAKA ( 97 )

環太平洋圏経営研究学会役員（2019年度）

会 長 村 山 博  
理事(編集) 金 光 明 雄  
理事(編集) 植 木 美知瑠  
会計(総務) 齋 藤 巡 友  
監 事 中 村 恒 彦

桃山学院大学環太平洋圏経営研究 第21号

2020年2月16日 発行

編 集 桃山学院大学環太平洋圏経営研究学会

発 行 桃 山 学 院 大 学 総 合 研 究 所

〒594-1198 大阪府和泉市まなび野1番1号

電話（0725）54-3131（代表）

印 刷 所 和泉出版印刷株式会社