目　　次

論　文

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」
……………………………………………　村　山　　　博（３）

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」
……………………………………………　村　山　　　博（45）

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」
……………………………………………　村　山　　　博（93）

明治初期の簿記導入史の研究
―森下岩楠と森島修太郎の簿記書を通じて―
……………………………………………　久　井　孝　則（133）

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
―京都大学附属図書館事務部長としての活動を中心に―
……………………………………………　山　中　康　行（159）

書　評

イヴォン・シュイナード 著　井口耕二 訳
『新版　社員をサーフィンに行かせよう――パタゴニア経営のすべて』
ダイヤモンド社，2017年
……………………………………………　村　上　伸　一（175）

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」

村　山　　　博*

目　次

１章　はじめに
２章　絶滅する研究開発
　２−１　シリコン
　２−２　白金
　２−３　銀
　２−４　クロム
　２−５　タングステン
　２−６　錫
　２−７　チタン
　２−８　パラジウム
　２−９　鉄
　２−10　亜鉛
　２−11　アルミニウム
　２−12　ニッケル
３章　誕生する研究開発
　３−１　スマートフォン
　３−２　CNF（セルロースナノファイバー）
　３−３　SNS（ソーシャルネットワーキングサービス）
　３−４　人工知能
　３−５　ナトリウムイオン二次電池
　３−６　金属空気電池
　３−７　全固体電池
　３−８　ワイドバンドギャップ半導体
　３−９　仮想通貨
　３−10　プラットフォーム
　３−11　グラフェン
　３−12　拡張現実・仮想現実
４章　考察
５章　まとめ

＊本学経営学部教授

キーワード：企業，研究開発，指数関数，イノベーション，誕生

１章　はじめに

138億年前の宇宙誕生後，程なくして核融合が始まり原子番号26番の鉄までの軽い元素が誕生し，その後，新星爆発などにより鉄より重い元素が作り出され，隕石の落下や衝突などで地球にもたらされた。人類はそれらの元素から多くの素材を生みだし多大な恩恵を受けてきた。我々は，元素ごとの性質を解明するだけでなく，その元素の特徴を活かした数々の素材やそれを利用した製品を競って研究開発してきた。元素自体の特許取得は許されないが，その用途発明や関連発明は企業や個人による取得が認められている。そのため，企業は，元素の結晶構造や組織などを変えることにより，従来知られていなかった元素の性質を見出し，あるいは，元素と元素を組み合わせて画期的な特性を発見し，それらを利用した発明品を生み出してきた。

自動車，航空機，家電，スマートフォン，コンピュータなどの電子機器や医薬品や食料品や衣料品や建材などのあらゆるものが，素材開発から端を発して生まれている。素材の進歩は，企業成長のみならず人類進化そのものであり，素材開発が現代社会を作り上げたと言っても過言ではない。素材の研究開発は歴史の先駆者であり水先案内人である。つまり，現在の素材の研究開発を基に将来の素材を予見することは，我々の未来を垣間見ることに他ならない。

ちなみに，リチウムイオン電池は携帯電話，スマートフォン，電気自動車などに幅広く使われている。イオン化傾向が最も高いリチウムは電池用素材として使用できるのではないかと従来から考えられていたが，リチウムはあまりにも化学反応が激しすぎるため実用化には至らなかった。しかし，水島公一氏が安定した正極材料としてコバルト酸リチウムを発見したことが発端となり，現在のリチウムイオン電池の誕生につながった。

藤嶋昭氏が光触媒の実用化の基礎を創った素材は酸化チタンであった。この光触媒の適用範囲は，人工光合成，セルフクリーニング，環境浄化などの分野に広がっている。光触媒は，無尽蔵と言える太陽の光エネルギーが汚れを分解し殺菌するため，建築物の外壁や窓ガラス，空気清浄機フィルターなどに広く使われている。さらに，光と水だけでエネルギーを生み出せるため，光触媒による人工光合成が喫緊の課題であるエネルギー問題を解決できる可能性が高い。

2014年ノーベル物理学賞を受賞した名古屋大学の天野教授，名城大学の赤崎教授，カリフォルニア大学の中村教授は，窒化ガリウムGaNを発明した。窒化ガリウムは，LED電球の素材であり，ハイブリッド自動車や電気自動車などのパワー半導体の素材である。

電気エネルギーを運動エネルギーに変換する電磁石やモーターは，佐川眞人氏が発明したネオジウム磁石[1)]が大きく寄与している。ネオジウム磁石は，冷蔵庫，エアコン，携帯電話，ス

１）キース・ベロニーズ著　渡辺正訳［2016］「レア」化学同人↗

マートフォン，ノートパソコン，電気自動車など我々の生活を支える重要な素材となっている。また，水素と酸素だけで電気エネルギーを得られる燃料電池車[2,3,4]は，白金が触媒として必要不可欠な素材である。さらに，炭素などに応用されるナノテクノロジーは，カーボンナノファイバーなどの素材開発を加速させ，画期的な新商品が次々と開発されている。

ところが，近年，日本企業の素材開発力が極端に弱体化しており，このことが日本企業のグローバルな位置づけを低迷させる原因の一つではないかとの懸念が強い[5]。本論文は，日本企業による素材開発，なかでも主要元素の研究開発を詳細にかつ定量的に分析し，その問題点を浮き彫りにする。また，日本企業において，減少させる研究開発がある一方で，増加させる研究開発も少なくない。本論文は，その減少の仕方と増加の仕方を明確に区別し，その原因を探求するのが本論文の主な目的である。なかでも，本論文は，その増加と減少が指数関数に従うか，一次関数（直線）に従うか，について研究する。

オリヴァー・ガスマンは，「技術革新のスピードは速いが，直線的な伸びをするのではなく指数関数的に進む。今日の技術はほんの数年前までの技術と大きく異なり，時が進むにつれて

↘「ネオジウム磁石は，自動車用のモーターに使用される。トヨタのプリウスには，１台あたり14キログラム以上の希土類を使う。900グラムのネオジウム，９キログラムを占めるランタンは，ニッケル・水素電池の電極に使用される」

２）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/pp3～51）

３）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/pp3-44）

４）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/pp79-132）

５）山口栄一［2016］「イノベーションはなぜ途絶えたか　科学立国日本の危機」ちくま新書
「日本の科学が危機に瀕している。科学の中核をなす物理学や分子生物学の日本におけるアクティビティが今世紀に入って低下し始めた。主因は担い手である研究者の減少による可能性が高い。科学から連なるサイエンス型産業も衰退の一途をたどっている。かつて科学立国と呼ばれ，世界をリードしてきた日本は，その存在感を急速に失いつつある。なかでも今世紀に入ってから，日本のお家芸だった半導体や携帯電話をはじめとするエレクトロニクス産業の国際競争力は急落した。物理学，材料科学，生化学・分子生物学の分野で，2004年から減少の一途をたどっている。応用物理学と物性物理学の減少が甚だしい。応用物理学・物性物理学・材料科学は，いわば物質に関する科学であり，半導体やナノテクノロジー，その先にある量子力学産業を支える学問である。日本では21世紀を担うイノベーションに直結している最も重要な領域において，科学のアクティビティが急速に下がっている。これらの分野において民間企業などに勤める職業科学者の数が減り始めた」

発展のスピードは加速を続けている[6]」と述べている。現在のイノベーションが指数関数的に進化することは多くの論文[7]で指摘されているが，これは指数関数的な進化が現代社会における必要条件になったためと考えられる。すなわち，従来の直線的な進化は，指数関数的な進化に埋没してしまい，指数関数的な進化だけが現代社会に生き残るためである。

この指数関数的変化は，直線的変化に比べ，我々に対処する時間を与えない特徴を持っている。指数関数的に変化する現代では,変化のスピードが格段に速くなり,業界のトップランナーであると誰も疑わなかった企業が，極めて短期間に消滅の危機を迎えることが多くなった。人工知能，ビッグデータ，IoTなどに関する研究開発と，それを活用した情報通信技術の進歩は，指数関数的変化を世界の本流に変えた。

企業や大学や各種研究機関などの研究開発の成果である特許数は，指数関数的変化と，直線的変化が混在する場合が多い。本論文は，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」を提起し,その仮説の検証を行い,その原因や背景を考察する。一般的に，企業の研究開発の成長や進化に関する論文は多いが，企業の研究開発が衰退し絶滅することに関する論文は少ない。本論文は，成長する研究開発のみならず，絶滅する研究開発にも焦点をあて研究するものである。その理由は，研究開発の絶滅と誕生に関連があり，絶滅する研究開発を研究することが新たな研究開発の誕生を予測できると考えるためである。

この仮説を検証するため，本論文は，シリコン，白金，銀，クロム，タングステン，錫，チタン，パラジウム，鉄，亜鉛，アルミニウム，ニッケル，セルロースナノファイバー（CNF)，全固体電池，金属空気電池，ナトリウムイオン二次電池，グラフェン，ワイドバンドギャップ半導体，人工知能，スマートフォン，プラットフォーム，拡張現実･仮想現実，ソーシャルネットワーキングサービス（SNS)，仮想通貨の24分野の研究開発について調査するものである。

2章　絶滅する研究開発

2−1　シリコン

原子番号14のシリコンは，現代社会を支える極めて重要な元素である。シリコンは，地球上に酸素の次に多い元素である。ちなみに，地殻中の元素の存在量は，酸素46%，シリコン26%，アルミニウム８%，鉄７%である。シリコンは，石英，長石，水晶，ザクロ石などの鉱物に極めて豊富に含まれ，他の元素に比べ入手しやすい形で存在している。鉄などの金属元素

6）オリヴァー・ガスマン他著　渡邊哲訳［2016]「ビジネスモデルナビゲーション」翔泳社

7）村山博「指数関数的進化企業に及ぼす弱い連携の影響　日産自動車，富士フイルム，川崎重工業のイベーションの源泉」(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/pp17〜77)

は地球の中心部に多く存在するため採取が容易ではない。一方，シリコンは岩石として地表に多く存在し採取が極めて簡単である。その理由は，シリコンの比重が比較的小さいためである。このことからも，我々の地球は，シリコンの惑星と言っても過言ではない。

さらに，シリコン[8)]は現代の情報社会を支える半導体（半金属）の代表的な元素であり，LSI（大規模集積回路）やVLSI（超大規模集積回路）に不可欠な元素である。米国カリフォルニア州のサンフランシスコ南部に，多くの半導体メーカーやその関連企業が集まっており，その地域は「シリコンバレー」と呼ばれている。シリコンは不純物を取り除き純度を高めることが比較的容易で，高純度シリコンに微量のホウ素や砒素を添加して，ｐ型半導体やｎ型半導体が製造される。シリコンは電気製品，コンピュータ，自動車，航空機などの必須元素と言える。しかし，今後，シリコン半導体は，SiC（炭化ケイ素）やGaN（窒化ガリウム）などの高性能なワイドギャップ半導体に置き換わる可能性が高く，研究開発の主体がシリコン半導体からワイドギャップ半導体へ移行している事実は疑う余地がない。

シリコンは，半導体用途だけでなく，水晶（二酸化珪素）の共鳴振動を利用し，その固有振動数の電気振動を発振させるクォーツ時計やコンピュータのクロックジェネレイターとして使われ，現代社会に無くてはならない重要元素である。さらに，多結晶シリコンは太陽電池の素材であり，地球温暖化を食い止めるために必要不可欠な素材である。シリコンは，コンピュータなどの電気機器の液晶ディスプレイの素材に利用され，我々の生活を支える必須元素である。

また，シリコンは電磁鋼板（珪素鋼板）を製造するためになくてはならない元素である。電磁鋼板は，電気エネルギーを運動エネルギーに高効率で変換するための唯一無二の材料であり，この意味からも今後市場拡大が期待される電気自動車はシリコンなくしては考えられないと言える。シリコンの酸化物を原料とするシリカはガラスの原料である。地盤改良に使われる水ガラスは，シリコンの化合物である珪酸ナトリウムを加工して作られる。さらに水ガラスを乾燥させると，乾燥剤として使われるシリカゲルになる。シリコンと炭素と結びついたシリコーン（有機珪素化合物の重合体）は，医療用素材やコンタクトレンズなどに使われる。

図１は，2007年から2016年の過去10年間のシリコンの関連発明を図示したものである。シリコンの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -1635.4x + 49111$　寄与率 $R^2 = 0.978$ に従うことが分かった[9)]。なお，横軸は西暦から2000を引き算したものを使用している。図１の直線回帰式から計算したシリコンの研究開発がまったくゼロになる絶滅年[10)]は2030年

８）シリコン自体は電気を通しにくい特徴を持っているが，温度が上がると電気が通りやすくなる。逆に，金属は温度が上がると金属自体が持つ自由電子が活発になるため，電気が通りにくくなる。

９）特許庁のホームページの特許検索を利用した。

10）絶滅年は，回帰式における $y = 0$ のときの x の値に2000をプラスして計算した。ちなみに，シリコンの絶滅年は，回帰式 $y = -1635.4x + 49111$ において $y = 0$ のときの x は30となり，シリコンの絶滅年は2030年となる。

である。この絶滅年の意味は，2030年にシリコンに関する研究開発がなくなることであり，2030年にはシリコンが世界で使用されなくなる意味ではない。しかし，現代社会を支える最重要素材としてのシリコンの地位が2030年には別の素材に交代することを，図１は予言している。

地球は，その内部にある放射性元素により常に温められ現在の姿を維持しているが，時間の経過に従い，放射性元素から出る放射線が減少する。その放射性元素の性質を理解する手段として半減期が使われる。すなわち，半減期とは放射性元素から出る放射線が元の半分になる時期を言う。仮に2000年を減少のスタートと考えると，シリコンの研究開発の半減期は図１から計算すると2015年であり，現在，すでに半減期を過ぎた素材であると言える。

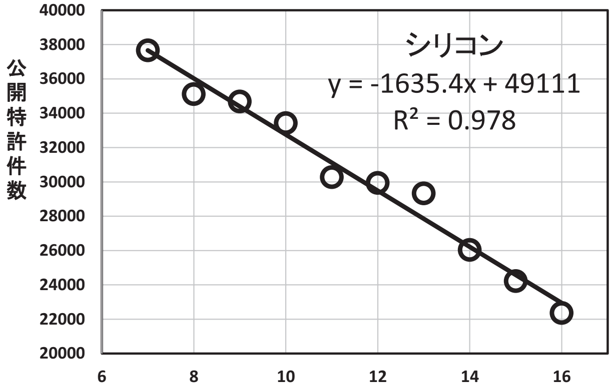


図１　シリコンの公開特許変化

2−2　白金

原子番号78の白金はプラチナと呼ばれ，綺麗な光沢と加工の容易性と極めて優れた耐食性から，古くから装飾品やアクセサリーに使われてきた。特に，白金は酸に対する耐食性が極めて優れており，王水以外には溶けない特性を持つ。しかし，白金は南アフリカに偏在しており，白金を他の元素や化合物で代替する研究が活発である。このように白金が希少性の高い貴金属であることが，その研究開発を多くの企業が競ってきた原因の一つである。

他方，白金は，貴金属としての需要以外に，現代社会に必要不可欠な素材にもなっている。なかでも，白金は触媒として高い活性を持っており，自動車の排ガス浄化や石油精製の触媒として広く使用されている。白金は，自動車の三元触媒として，パラジウム，ロジウムと共に，排ガスに含まれる有毒な窒素酸化物や炭化水素を，無害な水や窒素や二酸化炭素へ変化させる特徴を持つ。今後急激な拡大が見込まれる燃料電池車にも白金は不可欠な素材である。また，白金は電極の接点や高温用温度計である熱電対や自動車の点火プラグなどにも使用される。

図２は，2007年から2016年の過去10年間の白金の関連発明を図示したものである。白金の関

連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 y＝−405.45x＋14838　寄与率 R^2＝0.954に従うことが分かった。図２の直線回帰式から計算した白金の研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2037年である。また図２は，2000年の発明数が2018年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

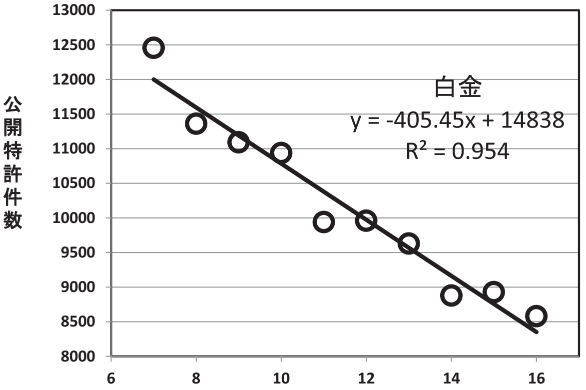


図２　白金の公開特許変化

2−3　銀

原子番号47の銀は熱伝導度と電気伝導度があらゆる元素の中で最も優れている。銀は可視光の反射率に優れ，延性や展性の加工が非常に容易なため，アクセサリーや貨幣や食器や歯科用途に使用されてきた貴金属である。さらに，銀は写真の感光材料と使われ，臭化銀やヨウ化銀を含んだ写真フィルムに光が当たることで，銀の粒子が遊離する性質を持つ。しかし，デジタル化によりディスプレイで写真を見ることが普及し，印画紙に印刷することが少なくなったため，写真用の銀の需要が激減している。デジタル化は，銀の研究開発にも大きな影響を及ぼしていると考えられる。しかし，近年，銀イオンの殺菌効果を利用した抗菌剤や殺菌剤の需要が拡大し，その関連商品が数多く販売されている。また，銀イオンは，防臭効果が優れており，防臭に関する研究開発が行われている。さらに，銀は太陽光発電の需要が増加している。

図３は，2007年から2016年の過去10年間の銀の関連発明を図示したものである。銀の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 y＝−539.42x＋22286　寄与率 R^2＝0.8823に従うことが分かった。図３の直線回帰式から計算した銀の研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2041年である。また，図３は，2000年の発明数が2020年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

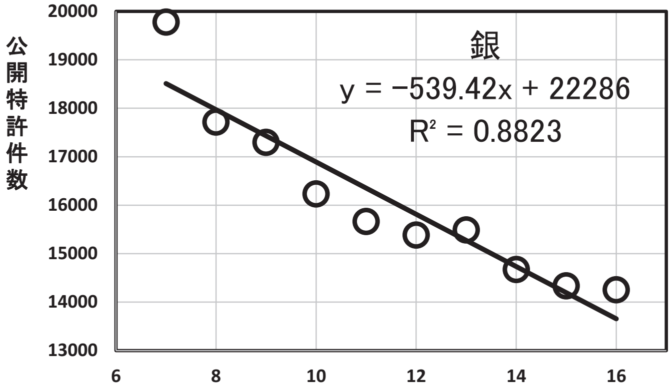


図３　銀の公開特許変化

2−4　クロム

原子番号24のクロムは，フェライト系ステンレス鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼の必須元素であり，耐食性に優れた不動態被膜を鋼板表面に作るため，クロムはステンレス鋼の耐食性の源である。ステンレス鋼はキッチンや車両や機械などに広く使用されている。また，クロムは光沢があり耐食性に優れているため，クロムメッキ材料として広く使用されている。クロムバナジウム合金は耐磨耗性に優れた工具に使用される。しかし，クロムは非常に重要な元素であるにも関わらず，南アフリカやカザフスタンに産地が限定されているため，日本では国家備蓄を行うなど，安定供給の不安が払拭できない元素でもある。ステンレス鋼に関する基本的な研究や発明はほぼ完了しているとの見方があり，このことがクロムに関する研究開発を減少させる原因である。

図４は，2007年から2016年の過去10年間のクロムの関連発明を図示したものである。クロム

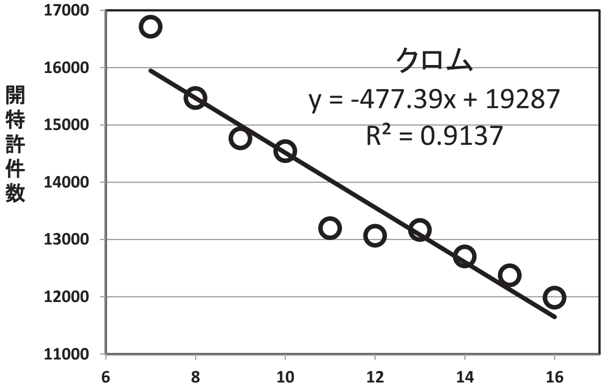


図４　クロムの公開特許変化

の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -477.39x + 19287$　寄与率 $R^2 = 0.9137$ に従うことが分かった。図４の直線回帰式から計算したクロムの研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2040年である。また，図４は，2000年の発明数が2020年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

2−5　タングステン

原子番号74のタングステンは融点（3380度C）と沸点（5555度C）が非常に高く，細かく加工することができるため白熱電球のフィラメントに使用されてきた。しかし，近年，GaN（窒化ガリウム）などの半導体素材を利用したLED（発光ダイオード）の普及によりタングステンの需要は減少している。タングステンと鉄の合金である高速度鋼，高速度工具鋼，ハイス鋼はドリルに用いられている。また，超硬合金のタングステンカーバイド（炭化タングステン）は切削工具に使用される。タングステンは砲弾や戦車の装甲などの軍事用にも必須の元素である。タングステンは，指輪や印鑑や放射線シールドなどにも使われる。このようにタングステンは産業や軍事の両面から重要な元素であるが，その主な産出地は中国に限られているため，供給の不安定化は常に存在する。そのため，タングステンの供給不安は，タングステンを他の元素に代替する研究開発を加速させている。

図５は，2007年から2016年の過去10年間のタングステンの関連発明を図示したものである。タングステンの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -348.75x + 14238$　寄与率 $R^2 = 0.9598$ に従うことが分かった。図５の直線回帰式から計算したタングステンの研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2041年である。また図５は，2000年の発明数が2020年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

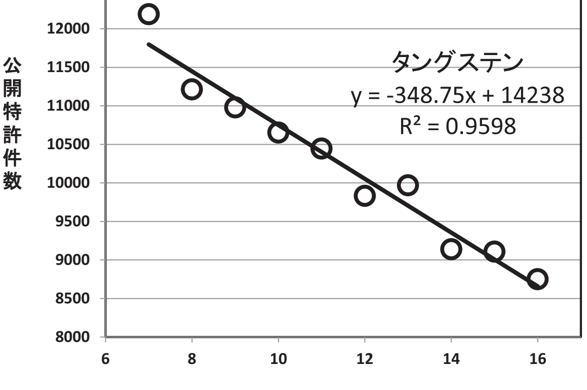


図５　タングステンの公開特許変化

2−6　錫

原子番号50の錫は比較的融点（292度C）が低く精錬や加工が容易なため，耐食メッキ材料に使われる。鋼板の表面に錫メッキしたものをブリキといい，ブリキは広く使用されている。錫と銅の合金は青銅と呼ばれ，古くから使用されてきた。錫と鉛の低融点合金はハンダ11)として接合に使用され，錫の使用料の半分を占める。錫を主成分とするアンチモニー合金のピューター（白目）は，皿や花瓶などの工芸品や装飾品に使用されている。溶融金属の上に溶融したガラスを薄く浮かべて製造する板ガラスに，錫が使用されている。

図６は，2007年から2016年の過去10年間の錫の関連発明を図示したものである。錫の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -271.41x + 11472$　寄与率 $R^2 = 0.9365$ に従うことが分かった。図６の直線回帰式から計算した錫の研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2042年である。また，図６は，2000年の発明数が2021年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

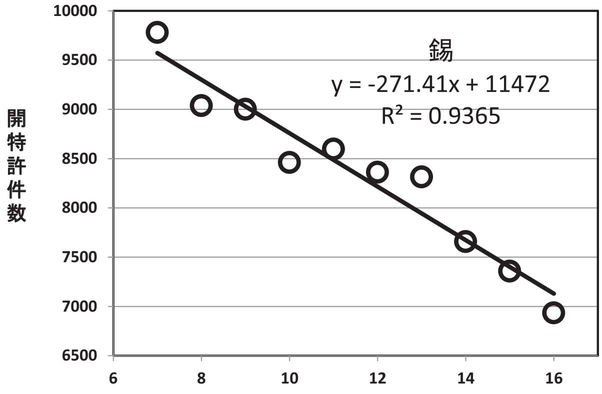


図６　錫の公開特許変化

2−7　チタン

原子番号22のチタンは酸化チタン（ルチルやチタン鉄鉱）で採掘されるため精練が難しく，さらに常温では稠密六方格子結晶のため加工が難しく，他の金属に比べ高価である。しかし，チタンは比重あたりの強度（比強度）が高く，耐熱性や耐食性に優れ，航空宇宙産業や建築材料に多く使用されている。チタンはゴルフクラブ，自転車，パソコンにも使われている。チタンは金属アレルギーなどの人体への影響が少ないため人工関節や人工骨や，紫外線を遮断する

11）ハンダは，錫63％の共晶点のものが融点182度Cで最も低融点になるが，JIS規格では錫95％から錫20％までをハンダとしている。

日焼け止め化粧品や白色の顔料に使用されている。チタンは光触媒の性質を有しており，水を使わず光だけでよごれを落とすことができる優れた特徴を持っている。

図７は，2007年から2016年の過去10年間のチタンの関連発明を図示したものである。チタンの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y=-767.43x+35055$ 寄与率 $R^2=0.9382$ に従うことが分かった。図７の直線回帰式から計算したチタンの研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2046年である。また，図７は，2000年の発明数が2023年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

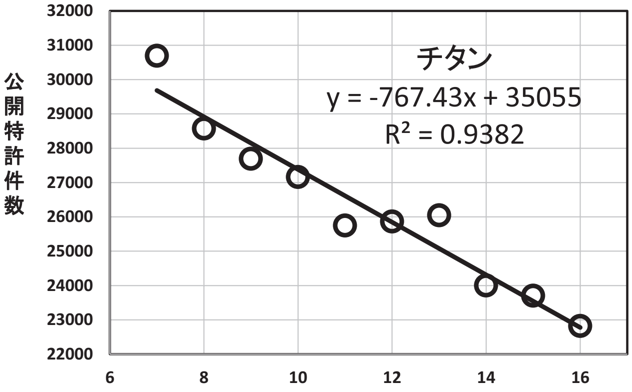


図７　チタンの公開特許変化

2−8　パラジウム

原子番号46のパラジウムは自動車の排ガスから不完全燃焼ガスを吸収する触媒コンバータに使用され，エチレンからアセトアルデヒドを合成する触媒にも使用されている。パラジウムは歯科治療における銀歯[12)] の材料として使われている。パラジウムはネックレスやリングなどの宝飾品として使用されている貴金属である。また，パラジウムは体積の900倍以上の水素を吸収するため，水素精製に利用される。パラジウムは水素をエネルギーとして利用するための必須元素である。

図８は，2007年から2016年の過去10年間のパラジウムの関連発明を図示したものである。パラジウムの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y=-165.55x+8265.2$ 寄与率 $R^2=0.8627$ に従うことが分かった。図８の直線回帰式から計算したパラジウムの研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2050年である。また，図８は，2000年の発明数が2025年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

12）銀歯は，銀40％，パラジウム20％，金12％，その他（インジウム）などから作られる。

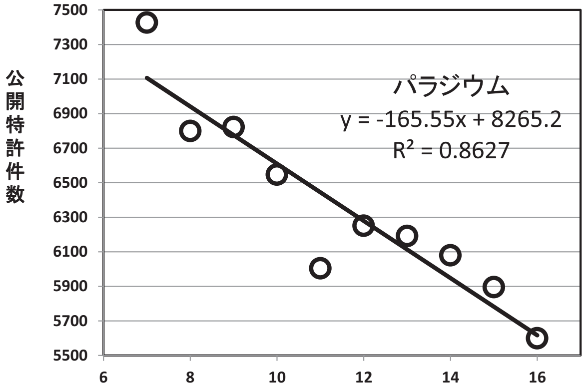


図８　パラジウムの公開特許変化

2−9　鉄

原子番号26の鉄は地球上で最も多量に存在する金属元素である。地球は，約３分の１が鉄で構成されており，地球が「鉄の惑星」と呼ばれる所以である。鉄は恒星の核融合で最後にできる元素であり，すべての元素の中で原子核のエネルギーが最も安定している。約4000年前，ヒッタイト帝国は鉄に炭素を入れることで強靭な鋼を発見し[13]，その鋼で武器や戦車を製造し，支配地域を拡大した。現在でも，鉄は世界の金属生産量の95％を占めており，金属材料の主役と言える。鉄が大量に使用される理由は，他の金属に比べ強度が高く，かつ様々な形に加工しやすく，鉄鉱石などの原材料が非常に豊富で安定供給が約束されており，かつ安価であるだけでなく，最先端技術による製鉄の生産体制が確立されているためである。そのため，鉄は，自動車，鉄道車両，橋梁，高層建築物，家電，鉄塔，石油精製プラント，石油天然ガス用パイプラインなど，非常に幅広く使用されている。さらに，鉄は人体の必須元素であり，不足すれば貧血を引き起こすため，薬として使用される。血液中のヘモグロビン[14]や筋肉中のミオグロビンは鉄が含まれており，成人には約５グラムの鉄が常に必要であり，もし人体の鉄が３グラム未満に減少すれば人間は生命を維持できない。

図９は，2007年から2016年の過去10年間の鉄の関連発明を図示したものである。鉄の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -1310.8x + 65807$　寄与率 $R^2 = 0.8945$ に従うこと

13）純鉄の融点は1535度Cであるが，炭素を添加すると融点が下がる。例えば，炭素濃度4.2％では融点が1154度Cまで下がり，精練が比較的容易となるため，昔から鉄が広く普及したと考えられる。鉄は，高温に加熱すると，結晶構造が金，銀，銅と同じ面心立方構造になるため，さまざまな形状に加工しやすく，さらに，高温から常温に急冷すると，焼き入れ変態を利用して強靭な鋼に変化する。

14）ヘモグロビンは，ヘム鉄とタンパク質の一種であるグロビンが化合したもので，赤血球の主成分である。このヘム鉄は，酸素と結合すると鮮やかな赤，酸素がないと暗い赤になる。つまり，血の色は鉄の色である。

が分かった。図９の直線回帰式から計算した鉄の研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2050年である。また，図９は，2000年の発明数が2025年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

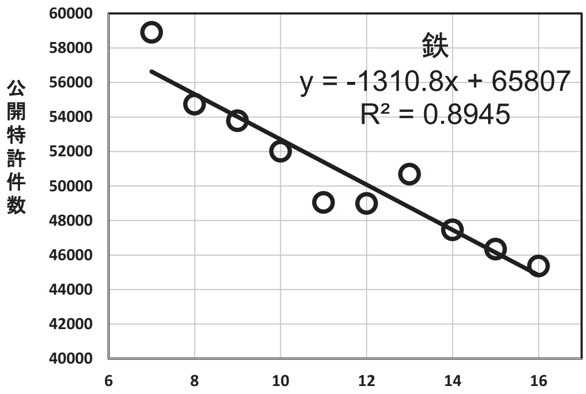


図９　鉄の公開特許変化

2－10　亜鉛

原子番号30の亜鉛は融点（420度C）が低く光沢があるため，鋼板にメッキする材料として使われ，トタンの主原料である。亜鉛と銅の合金は真鍮である。酸化亜鉛ZnOは透明電極や透明薄膜トランジスタの伝導膜としても使われる。亜鉛はマンガン電池の負極材料や電解液に，アルカリ電池では負極材料として使用される。亜鉛空気電池も普及し始めている。亜鉛の酸化物である酸化亜鉛は，白色の粉末で，おしろいなどの化粧品，顔料などの原料や精密機械の部材として使われる。船舶や水道管の犠牲電極として亜鉛が使用されている。亜鉛は，鉄塔や橋梁などの屋外の建築物のメッキ材料として使われる。また，亜鉛は生物にとって必須元素であり，亜鉛不足は味覚障害や免疫力の低下や甲状腺機能の低下や生殖機能の低下や貧血などを引き起こす。このため，亜鉛は医薬品や医療用途に幅広く使われる。

図10は，2007年から2016年の過去10年間の亜鉛の関連発明を図示したものである。亜鉛の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y=-485.95x+26126$　寄与率 $R^2=0.903$ に従うことが分かった。図10の直線回帰式から計算した亜鉛の研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2054年である。また，図10は，2000年の発明数が2027年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

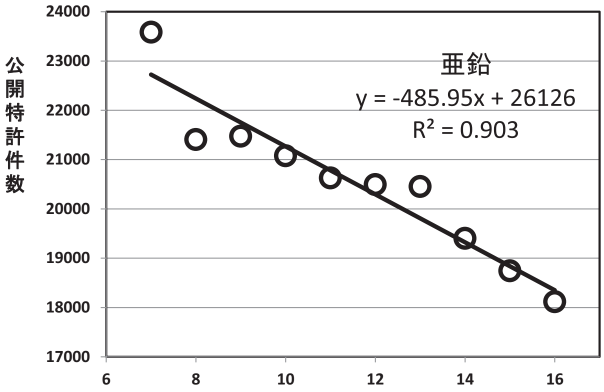


図10　亜鉛の公開特許変化

2−11　アルミニウム

原子番号13のアルミニウムは熱伝導性と電気伝導性が高く，軽くて加工しやすいため，アルミ缶，アルミ箔，自動車，建築，鉄道車両，自転車などに幅広く使用されている。アルミニウムはジュラルミン（アルミニウムと銅とマグネシウムなどの合金）製の航空機にも使用されている。しかし，新幹線や自動車などのアルミニウムは，炭素繊維（カーボンファイバー）やセルロースナノファイバー（CNF）にその地位を明け渡す可能性が高く，アルミニウムの用途は減少する傾向にあると言える。逆に，高圧電線へのアルミニウムの使用が拡大し，現在では送電線の９割にアルミニウムが使用されている。その理由は，単位体積当たりの電気伝導度が銅に劣るがアルミニウムはトータルコストで優れているためである。

アルミニウムは酸化アルミニウムから電気分解で生産され，非常に多くの電気エネルギーが必要になる致命的な欠点を持つ。しかし，アルミ缶などのリサイクルを利用すれば，消費エネルギーが電気分解に比べわずか４％以下となる。アルミニウムのリサイクルは，省資源や省エネルギーの観点から理想的であり，アルミニウムの使用範囲の拡大に寄与している。アルミニウムは，アルミホイルのように薄い紙状に加工できる。また，アルミニウムは，熱伝導率が高く，熱を放出するため，ヒートシンクやエンジン部品に使われ，光や熱をよく反射し，低温にも強いことから，人工衛星の部品にも使われている。

図11は，2007年から2016年の過去10年間のアルミニウムの関連発明を図示したものである。アルミニウムの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式$y = -963.32x + 54701$寄与率$R^2 = 0.8238$に従うことが分かった。図11の直線回帰式から計算したアルミニウムの研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2057年である。また，図11は，2000年の発明数が2028年には半減することを表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

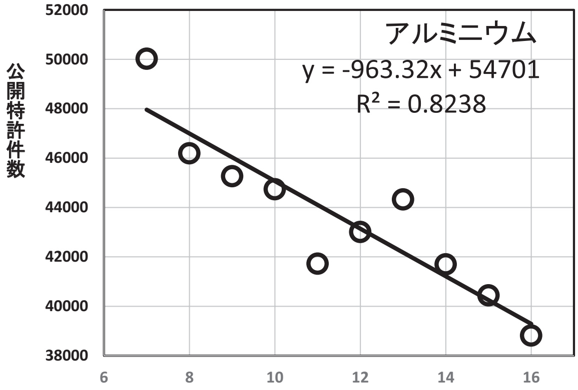


図11　アルミニウムの公開特許変化

2−12　ニッケル

原子番号28のニッケルは耐食性に優れているため，硬貨やメッキ素材や合金材料に使われる。なかでも，ニッケルとクロムを鉄に合金化したオーステナイト系ステンレス鋼やニッケルと銅の合金である白銅は広く使用されている。ニッケルと鉄の合金はMRI（核磁気共鳴画像装置）の電磁波を遮断する磁気シールドに用いられている。また，電気自動車の二次電池には，ニッケル水素電池として使用されている。ニッケルと鉄の合金のインバー合金は熱膨張率が非常に小さく，ニッケルと鉄とコバルトのエリンバー合金は温度による弾性率の変化が非常に小さい。

ニッケルは電池の正極材料として用いられる。二次電池のニッケル・カドミウム電池は，寿命が25年と長く，ビデオカメラやパソコンや携帯電話のバッテリーとして使われてきた。しかし，カドミウムの環境問題から，正極に酸化ニッケル，負極に水素を取り込む性質を持つ水素吸蔵合金を使用したニッケル水素電池が発明された。また，ニッケルは錆びにくいためメッキ材料として使われる。ニッケルは電気を通しやすいことから，電気接点のメッキにも使われる。ニッケルの最大の用途は，オーステナイト系ステンレス鋼である。また，９％ニッケル鋼は，LNG（液化天然ガス）貯蔵タンクやLNG運搬船に使われている。ニッケルは高温強度と耐高温酸化性に優れた材料であり，タービンのブレードやロケットのエンジンなどの耐高温用部品に使われる。また，チタンとニッケルが１：１の合金は，ニチノールと呼ばれ，形状記憶合金として使用されている。

図12は，2007年から2016年の過去10年間のニッケルの関連発明を図示したものである。ニッケルの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -443.53x + 25780$　寄与率 $R^2 = 0.814$ に従うことが分かった。図12の直線回帰式から計算したニッケルの研究開発がまったくゼロになる絶滅年は2058年である。また，図12は，2000年の発明数が2029年には半減すること

を表しており，その減少傾向は今後も継続すると考えられる。

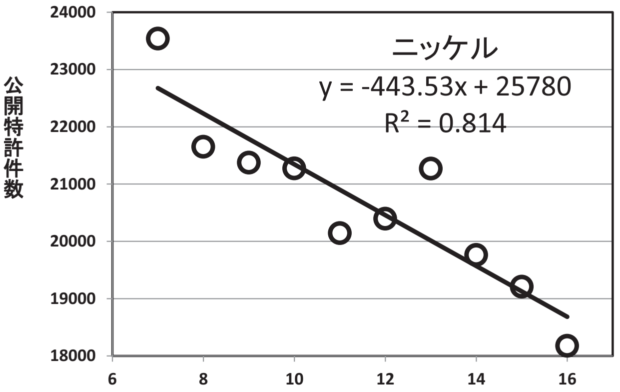


図12　ニッケルの公開特許変化

図13は，図１から図12で表した研究開発を絶滅年順に図示したものであり，元素により絶滅年が相違することが分かった。絶滅年が早い順番は，シリコン，白金，クロム，銀，タングステン，錫，チタン，パラジウム，鉄，亜鉛，アルミニウム，ニッケルであった。ちなみに，シリコンの絶滅年は2030年で，ニッケルの絶滅年は2058年であり，大きな相違があることが分かった。何故，素材により研究開発が絶滅する年に相違があるのかは，非常に興味深く，今後研究していきたい。

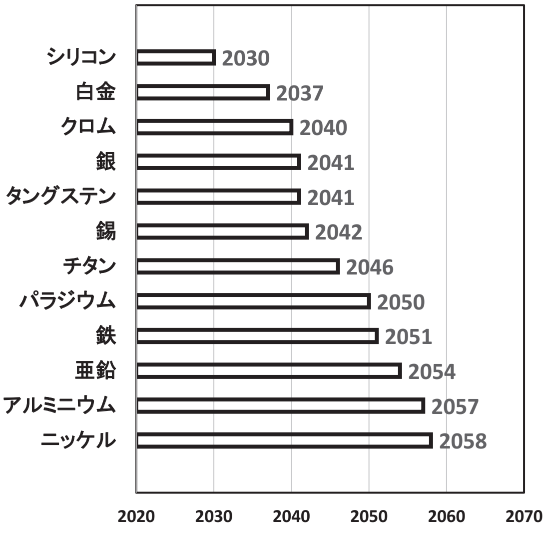


図13　発明の絶滅年（発明がゼロになる推定年）

３章　誕生する研究開発

3−1　スマートフォン

スマートフォンは我々の生活やビジネスに不可欠なものとなっている。情報化社会は，スマートフォンと共に進展しており，その重要性が増大している。そのため，スマートフォンに関する研究開発が活発で，その特許は幅広い分野から出願されている。図14が示すように，スマートフォンの発明数は指数関数的に増加しており，回帰式$y=1.0783e^{0.6435x}$　$R^2=0.9553$で表される。ちなみに，図14を直線による回帰分析すると$y=2185.4x-18985$　$R^2=0.8568$であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0985優れており，この図は直線の一次関数ではなく，指数関数に従って増加していることが明らかである。

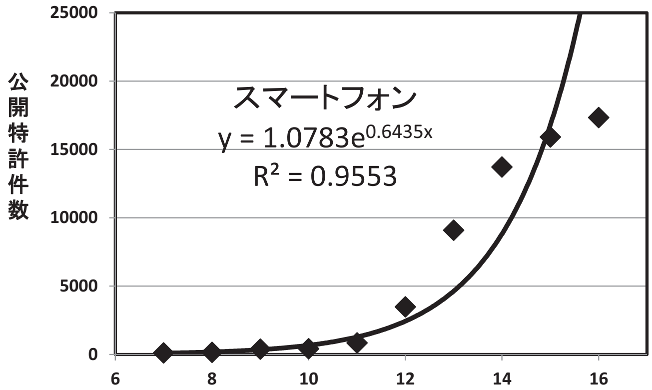


図14　スマートフォンの公開特許変化

スマートフォンの注目特許は，キヤノン（特開2016-157352）「スマートフォンを活用した画像形成装置」，KDDI（特開2013-142910）「スマートフォンの動作安定化方法，動作安定化プログラム及び動作安定化装置」，東芝（特開2013-84213）「スマートフォン及びそれを用いた自動改札機又はこれらを用いた自動改札システム」，エヌ・ティ・ティ・ドコモ（特開2013-81034）「電話帳情報同期システム，スマートフォン用電話帳サーバ装置，フィーチャーフォン用電話帳サーバ装置，加入者情報管理サーバ装置，電話帳情報同期方法」である。

スマートフォンに関する研究開発企業は，シャープ，リコー，富士通，パナソニック，ソニー，キヤノン，KDDI，東芝，京セラ，日本電信電話，カシオ計算機，大日本印刷，デンソー，三菱電機，富士ゼロックス，トヨタ自動車，日立製作所，ヤマハ，パイオニア，本田技研工業，ローム，沖電気工業，船井電機，オリンパス，コロプラ，日立マクセル，エヌ・ティ・ティ・コミュ

ニケーションズ，エヌ・ティ・ティ・ドコモ，ソフトバンク，ナカヨ，オンキヨーなどである。

3−2　CNF（セルロースナノファイバー）

セルロースナノファイバー[15]は，鉄の７分の１の重量で５倍の強度を持つだけでなく，その原料は雑草や産業廃棄物など無尽蔵とも言える豊富さが第一の特徴である。セルロースナノファイバーの研究開発は，資源の少ない日本にとって，国土の７割を占める山林がグローバル競争の武器に変わる可能性を秘めている。さらに，セルロースナノファイバーが本格的に実用化すれば，プラスチックなどを代替できるため石油や天然ガスの地下資源の枯渇に歯止めがかかる。セルロースナノファイバーは，熱に強く，かつ薄く加工できるため，極薄の電子回路基板の作成も可能である。経済産業省は，2030年にセルロースナノファイバー関連業界で売上１兆円を見込んでいる[16]。

セルロースナノファイバーで作られた低熱膨張素材の透明基板が研究開発された結果，バクテリアセルロース補強透明材料上で有機ELが発光することに成功している。また，セルロースナノファイバーにフェノール樹脂を含浸して積層熱圧すると，400MPaの曲げ強度になるため，構造用材料への期待が大きい。高強度で軽量なセルロースナノファイバーは，自動車の鋼板やアルミニウムを代替できる可能性が高く，自動車の軽量化と低燃費化と排出二酸化炭素の大幅な低減に貢献する。それだけではなく，セルロースナノファイバーの原料である植物は光合成により大気中の二酸化炭素を吸収してできたものであり，セルロースナノファイバーは環境に優しい次世代素材の本命として呼び声が高い。化石燃料である石炭（石炭の高温乾留で得られるコークス）を高炉に投入せざる得ない鉄や，大量の電気エネルギーが必要なアルミニウムと比べ，地球にやさしいセルロースナノファイバーは，さまざまな分野や用途で研究開発が始まっている。

セルロースナノファイバーは，高強度，透明性，光透過性，絶縁性，親水性・疎水性，高弾性，

15）ナノセルロースフォーラム編［2015］「ナノセルロース」日刊工業新聞社
「セルロースナノファイバーの繊維径は10nm以下で揃っており，可視光の波長に比べ十分小さいため，その水分散物は固体セルロースの分散物であるにもかかわらず透明な外観を示す。皮膚に塗布した感触は粘度があるにもかかわらず，ベタツキのないサッパリした水のような感触が他の多糖類からなる増粘剤にはない特徴であり，化粧品の用途で日本人の好みに合った皮膚への塗布感を有している。サンスクリーン，リキッドファンデーション，化粧水などに使われる」

16）週刊エコノミスト［2017・4・18］
「日本製紙：石巻工場（宮城県）に年間生産能力500トンのCNF量産設備を建設。王子HD：世界初のCNFの透明連続シートを開発。大型ディスプレイや太陽電池への応用が見込める。中越パルプ工業：2017年度中にCNFを粉末にする乾燥設備を三島工場（愛媛県）に導入予定。三菱鉛筆：CNFを増粘剤として採用したボールペンを開発。旭化成：CNF不織布を開発。高性能フィルターなどの用途に期待される」

軽量，電導性，靭性などに優れている。そのため，プリント基板材料，自動車用材料，ディスプレイ素材，スマートフォン用素材，電子機器用素材，光通信用材料，記録媒体用素材[17]，建築用材料，断熱材，医療用途に幅広く使用される可能性が高い素材である。問題は，今のところ製造コストが高いことで，これを解決する研究開発が多い。

図15が示すように，セルロースナノファイバーの発明数は指数関数的に増加しており，回帰式 $y = 1.995e^{0.2829x}$　$R^2 = 0.9736$ で表される。ちなみに，図15を直線による回帰分析すると $y = 19.383x - 38922$　$R^2 = 0.8758$ であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0978優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

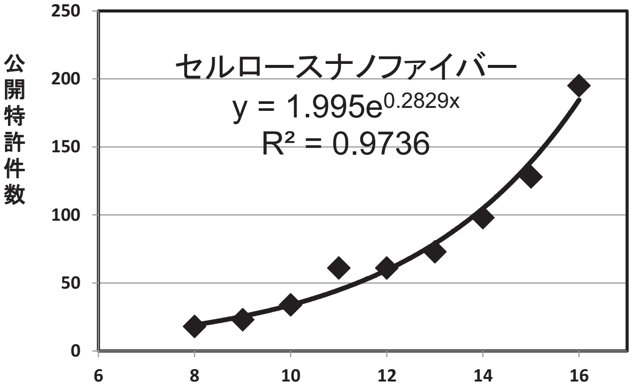


図15　セルロースナノファイバーの公開特許変化

セルロースナノファイバーの注目特許は，日本製紙（特開2016-69536）「セルロースナノファイバーの製造方法」，大王製紙（特開2016-56460）「セルロースナノファイバー，構造体，積層体及びセルロースナノファイバーの製造方法」，富士フイルム（特開2016-53230）「電界紡糸ノズル，ナノファイバ製造装置及び方法」，日本製紙　他（特開2016-52620）「金属－有機構造体とセルロースナノファイバーとの複合体」がある。

セルロースナノファイバーの主要な発明企業は，日本製紙，三菱製紙，王子製紙，大王製紙，東洋インキ，日産自動車，トヨタ自動車，半導体エネルギー研究所，パナソニック，凸版印刷，東レ，日本触媒，花王，ソニー，大日本印刷，古河電気工業，DIC，コニカミノルタ，東芝，

17）ナノセルロースフォーラム編［2015］「ナノセルロース」日刊工業新聞社
「従来の金属酸化物半導体層の代わりに，銀ナノ粒子担持ナノセルロースで作った紙を用いて絶縁する。導電スイッチを実現し，世界で初めて紙自体にデジタル情報を記憶させることに成功した。デジタル情報を記憶する紙は，次世代電子デバイスに適した新しいフレキシブル不揮発性メモリーとして有用である。シュレッダーにかけることで簡単に証拠隠滅できる使い捨てメモリーという使い方も可能である」

キヤノン，帝人，富士ゼロックス，富士フイルム，日立化成，日本電気，旭化成，日本写真印刷，ニコンなどの企業である。また，セルロースナノファイバーの出願人には多くの大学が含まれているのも特徴の一つである。

3−3　SNS（ソーシャルネットワーキングサービス）

SNSソーシャルネットワーキングサービスは，ウェブ上の社会的ネットワークであり，個人間のコミュニケーション機能を有するサービスである。ラインやフェイスブックやツイッターやインスタグラムなど情報発信を通じて，人と人との繋がりが生まれ，その機能を利用したビジネスの研究開発が多い。図16が示すように，SNSの発明数は指数関数的に増加しており，回帰式$y=7.7507e^{0.292x}$　$R^2=0.8578$で表される。ちなみに，図16を直線による回帰分析すると$y=76.048x-551.96$　$R^2=0.7751$であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0827優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

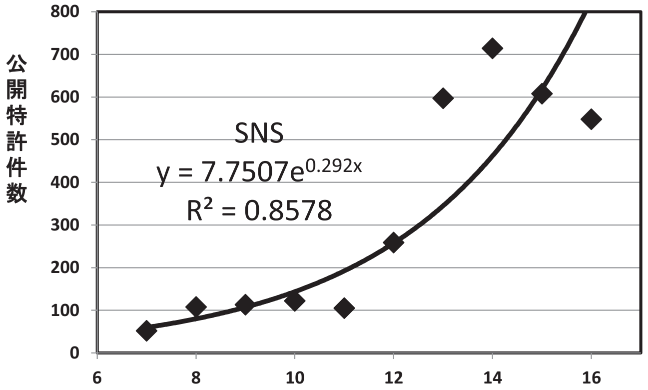


図16　ソーシャルネットワーキングサービスの公開特許変化

SNSの注目特許は，ニコン（特開2015-114698）「ソーシャルネットワーキングサービス提供システムおよびサーバ」，ヤフー（特開2014-134908）「携帯情報処理端末，ソーシャルネットワーキングサービスシステム，サーバ，処理方法及びプログラム」，KDDI（特開2013-30067）「ソーシャルネットワーキングサービスシステム及び方法」，ミクシィ（特開2012-113493）「ソーシャルネットワーキングサービス提供サーバ，及び同サービスにおけるプレゼント贈答方法」である。

SNSに関する研究開発企業は，コナミデジタルエンタテインメント，gloops，グリー，ミクシィ，ヤフー，ソニー，日本電信電話，富士通，シャープ，日本電気，大日本印刷，キヤノン，ニコン，NECパーソナルコンピュータ，メイクソフトウェア，富士ゼロックス，NTTドコモ，

バンダイナムコエンターテインメント，KDDIなどである。

3−4　人工知能

人工知能[18]は，人間の頭脳に迫る進歩を遂げ，これからの十数年で人間の知能を遥かに凌駕することは誰の目にも明らかである。洗練された人工知能が完全に人間と置き換わろうとしている[19]。たとえば，自動運転自動車，自動運転産業機械，自動運転飛行機，セルフサービスの売店，物流ロボット，無人ロボット工場，オンライン大学，医師，弁護士，税理士，会計士，金融・保険・証券に関する業務に人工知能が活用された結果，人工知能の頭脳労働が人間の頭脳労働に比べより多くの付加価値を生み出すことが証明されつつある。今後，人工知能ができる仕事は増え続ける。人工知能による人材採用は，人間の直感に基づく採用よりも成功率が高くなる。人間が人間を判定するより，人工知能が人間を判定する方が，客観的に公正な結論を出すためである。採用試験だけでなく，企業内の人事考課や昇進や昇格などの人事決定は，依怙贔屓のない人工知能に任せる企業が増える。人工知能が大学の教授となり，若い学生を教育するだけでなく，独創的な研究成果を創造する日も近い。優秀な人間の医師が分からない病気でも，人工知能の医師は正確かつ迅速に判定を下すことができるようになる。熟練した腕利き弁護士よりも，人工知能の弁護士は過去の判例や文献を早く正確に読み込み，人間の弁護士に的確な指示を出すことができる。

図17が示すように，人工知能に関する発明数は指数関数的に増加しており，回帰式 $y=130.8e^{0.114x}$　$R^2=0.9614$ で表される。ちなみに，図17を直線による回帰分析すると $y=60.358x-179.61$　$R^2=0.8931$ であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0683優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

18）三宅陽一郎［2016］「絵でわかる人工知能」SBクリエイティブ
「シンギュラリティは，人工知能が人間と融合する時点，人工知能と人間はお互いの存在の形を変える。技術は蓄積され，蓄積がさらに技術の進化を速くし，技術は指数関数的に進化する。それはあたかも，人間の手を離れた人工知能たちが，自律的な進化を遂げるようである。ディープラーニング（深層学習）は，ニューラルネットワークの一技術。学習データが十分あれば，ニューラルネットワーク自身がデータ群の特徴を自動抽出する。例：グーグルのアルファGO。GPUは数百の計算コアからなる並列演算装置であり，ディープラーニングの計算を高速化する」

19）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，富士フイルム，川崎重工業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/pp17-77）

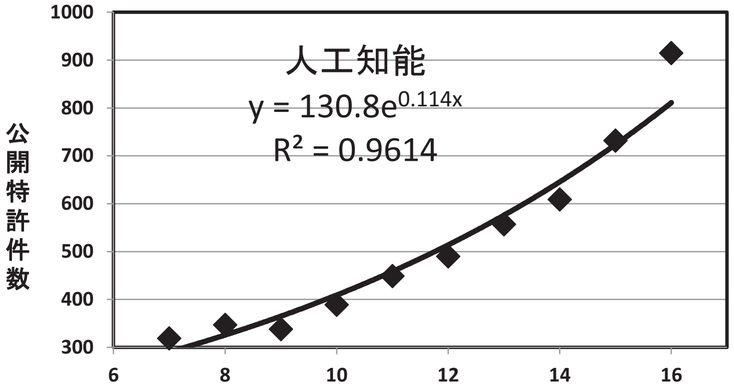


図17　人工知能の公開特許変化（含む機械学習・教師なし学習・強化学習）

人工知能に関する注目特許は，LINE（特開2015-179519）「メッセージサービス提供システム及び方法」，ソニー コンピュータ エンタテインメント アメリカ リミテッド ライアビリティ カンパニー（特開2014-135049）「クラウドベースのゲームスライス生成および即時再生との無摩擦ソーシャルシェアリング」，古河電気工業（特開2013-77139）「画像処理方法及び画像処理装置」である。

人工知能，機械学習[20)]，教師なし学習，強化学習に関する研究開発企業は，日本電信電話，ソニー，キヤノン，東芝，日本電気，日立製作所，富士通，富士ゼロックス，ヤフー，LINE，KDDI，日本放送協会，デンソー，リコー，トヨタ自動車，国際電気通信基礎技術研究所，三菱電機，パナソニック，本田技研工業，NTTドコモ，東芝メディカルシステムズ，大日本印刷，沖電気工業，古河電気工業，豊田中央研究所，オリンパス，カシオ計算機などである。

3−5　ナトリウムイオン二次電池

ナトリウムイオン二次電池は，ナトリウム化合物を正極，カーボンやチタン酸化物を負極と

20）三宅陽一郎［2016］「絵でわかる人工知能」SBクリエイティブ
「機械学習は，人工知能における学習のこと。機械学習＝人工知能。プログラマーがプログラムした以上のことができるようになることが機械学習の一つ。機械学習には，単にプログラムされたものではないという意味が込められており，機械自身が学習する，という意味がある。教師なし学習は，データなしに人工知能自身が活動を通して集めたデータから自ら学習すること。教師なし学習の例：アルファGOにおける自己対戦。教師あり学習は大量のデータを必要とし，教師なし学習はきちんと学習できる整合性のある環境を必要とする。人工知能が自分の属する環境において，自ら試行錯誤しながら最適な行動を見つける学習を強化学習と言う。強化学習は教師なし学習である。報酬は結果に対する評価値であり，報酬をどう設定するかで学習の方向が決定される」

し，ナトリウムイオンが移動することで充電と放電を繰り返す電池である。これは，現在広く使用されているリチウムイオン二次電池のリチウムイオンをナトリウムイオンに代替するものである。南米などの限られた地域に存在するリチウムに比べ，ナトリウムは，地球上に無尽蔵と言えるほど豊富であり，採取地域が限定されず安定供給が可能であり，低コストである。ナトリウムイオン二次電池が実現すれば，リチウムイオン二次電池をナトリウムイオン二次電池に置き換える可能性が極めて高いと言える。

図18が示すように，ナトリウムイオン二次電池の発明数は指数関数的に増加しており，回帰式 $y=0.191e^{0.4407x}$ $R^2=0.9309$ で表される。ちなみに，図18を直線による回帰分析すると $y=17.121x-139.59$ $R^2=0.8872$ であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0437優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

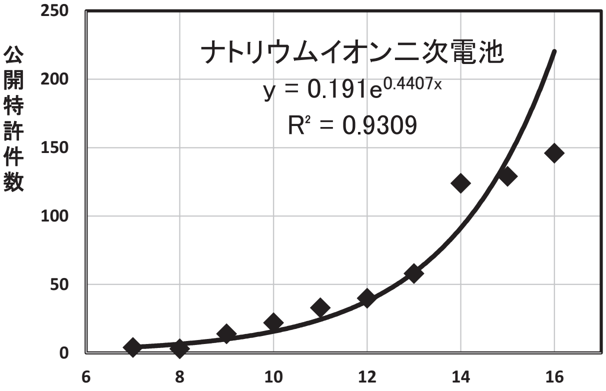


図18　ナトリウムイオン二次電池の公開特許変化

ナトリウムイオン二次電池の注目特許は，住友電気工業（特開2016-157602）「ナトリウム二次電池用正極活物質およびその製造方法，並びにナトリウムイオン二次電池」，トヨタ自動車（特開2016-85887）「ナトリウムイオン二次電池」，日本電気硝子（特開2015-41455）「ナトリウムイオン二次電池用負極活物質，ならびに，それを用いたナトリウムイオン二次電池用負極及びナトリウムイオン二次電池」である。

ナトリウムイオン二次電池の主要な発明企業は，トヨタ自動車，住友電気工業，東洋インキSCホールディングス，旭化成，住友ベークライト，日本電気硝子，協立化学産業，セントラル硝子，GSユアサ，日本触媒，東ソー・エフテックなどである。

3-6　金属空気電池

金属空気電池は，正極に無尽蔵に存在する空気中の酸素を，負極に亜鉛，アルミニウム，マ

グネシウム，リチウムなどの金属を用いる。金属空気電池は，正極が空気であるため，正極素材を取り変える必要がないだけでなく，他の電池に比べ大きなエネルギー密度にすることができる特徴を持つ。金属空気電池は，すでに一次電池として使用されているが，二次電池への応用には課題も多く，その課題を解決する研究開発が活発である。

図19が示すように，金属空気電池の発明数は指数関数的に増加しており，回帰式 $y=5.1406e^{0.2727x}$　$R^2=0.9693$ で表される。ちなみに，図19を直線による回帰分析すると $y=36.782x-265.29$　$R^2=0.9369$ であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0324優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

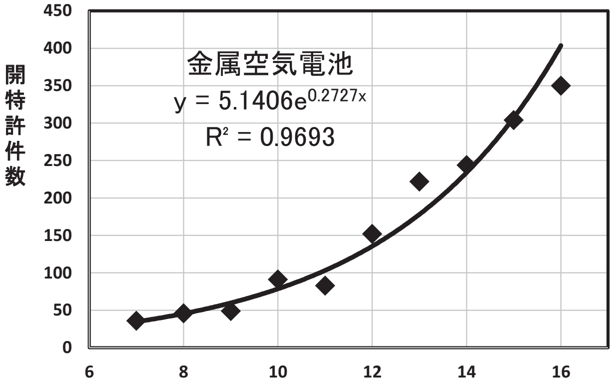


図19　金属空気電池の公開特許変化

金属空気電池の注目特許は，日立造船（特開2016-181400）「金属空気電池」，日産自動車（特開2016-76340）「金属空気電池用電解液及び該電解液を用いた金属空気電池」，古河電池（特開2015-210910）「金属空気電池」である。金属空気電池の主要な発明企業は，トヨタ自動車，本田技研工業，日産自動車，スズキ，豊田中央研究所，古河電池，日立造船，半導体エネルギー研究所，大日本印刷，日本触媒，日本電信電話，シャープ，ソニー，パナソニック，日本碍子，京セラ，昭和電工，日清紡ホールディングス，住友重機械工業などである。

3-7　全固体電池

一般的にバッテリーのイオン交換を行う電解質は液体やゲル状のものが使われているが，全固体電池のような完全な固形の電解質を用いることでエネルギー密度を大幅に高めることができる[21)]。全固体電池の研究開発は，イオン伝導性の高い固体素材の研究が主体となる。セラ

21）高根英幸［2016］「エコカー技術の最前線」SBクリエイティブ

ミックを素材とする全固体電池は，現在のリチウムイオン電池の数倍の出力を持つものも開発され始めている。

図20が示すように，全固体電池の発明数は指数関数的に増加しており，回帰式 $y=6.6884e^{0.2321x}$ $R^2=0.9743$ で表される。ちなみに，図20を直線による回帰分析すると $y=24.321x-160.99$ $R^2=0.9476$ であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0267優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

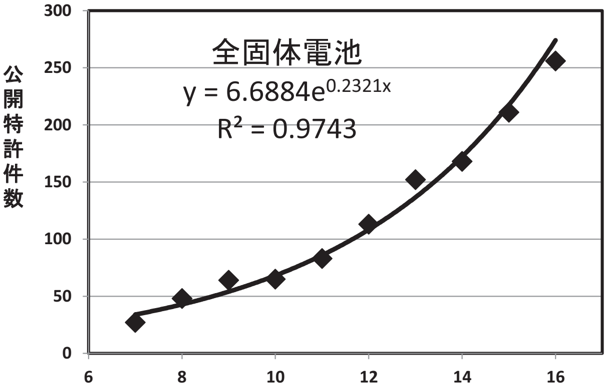


図20　全固体電池の公開特許変化

全固体電池の注目特許は，トヨタ自動車（特開2016-219348）「全固体電池の製造方法」，トヨタ自動車（特開2016-207577）「全固体電池」，日立製作所（特開2016-139461）「電気化学素子用固体電解質及びそれを用いた全固体電池」である。全固体電池の主要な発明企業は，トヨタ自動車，出光興産，半導体エネルギー研究所，日本碍子，TDK，村田製作所，ソニー，豊田中央研究所，日本特殊陶業，パナソニック，日立製作所，富士通，富士フイルム，昭和電工などである。

3−8　ワイドバンドギャップ半導体

現代社会を支えてきたシリコン半導体は，シリコンに比べ２倍以上のバンドギャップを持つSiC（炭化ケイ素）やGaN（窒化ガリウム）などの高性能なワイドバンドギャップ半導体[22]に

22）菅沼克昭［2014］「SiC　GaNパワー半導体の実装と信頼性評価技術」日刊工業新聞
「Siパワー半導体により一定の省エネルギー効果が得られるものの，その電力変換効率は限界に到達している。発電所から出る電力を100％とすると，家庭では40％にまで減少している。この失われる電力をSiC GaNワイドギャップパワー半導体の実現で大幅に改善できる。バンドギャップは，Si1.12eV，SiC3.26eV，GaN3.39eVである」↗

置き換わる可能性が高い。優れた特性からワイドバンドギャップ半導体は，発光ダイオードの光半導体，液晶ディスプレイの透明電極，パワー半導体の必須素材となる可能性が高い。ワイドバンドギャップ半導体の研究対象は，SiCやGaNの他，AlN（窒化アルミニウム），人工ダイヤモンド，ZnO（酸化亜鉛）などがある。ワイドバンドギャップ半導体は，高速演算を可能にし，周波数の利用効率を高めるため，超高速大容量データ通信やワイヤレス通信になくてはならない素材である。また，シリコン半導体より大きな絶縁破壊電圧[23]を持つため電子回路基板の高密度化や大幅な小型化が可能である。ワイドバンドギャップ半導体は，エネルギーを効率よく利用できるため，ハイブリッド自動車，電気自動車，省エネ家電などへの適用や，発電所からの送電ロスの軽減などが期待されている。

図21が示すように，ワイドバンドギャップ半導体に関する発明数は指数関数的に増加しており，回帰式$y=201.26e^{0.086x}$　$R^2=0.9212$で表される。ちなみに，図21を直線による回帰分析す

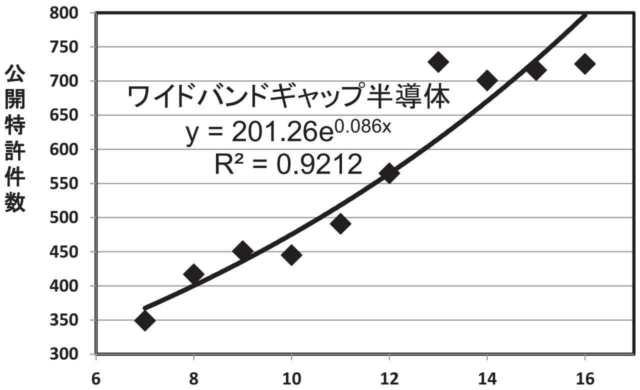


図21　ワイドバンドギャップ半導体の公開特許変化

↘「ワイドバンドギャプ半導体は，電力変換時の電力損失（素子のオン抵抗に起因する通電損失とスイッチング速度に起因するスイッチング損失の和）が少なく，より高耐圧な素子ほど高性能になる。ワイドバンドギャプ半導体は，低オン抵抗，高耐圧，高速スイッチング，加えて高温動作も実現できる。また，スイッチング損失が小さいことや容量が小さいことなどよりシリコンに比べ高周波動作が可能となり，周辺機器の小型化も期待されている」

「SiCは，シリコンに対し，絶縁破壊電界が約10倍大きいため，同耐圧を得るために必要な耐圧保持層（エピタキシャル層）の不純物濃度を約100倍に，厚さを10分の１にすることができ，エピタキシャル層の抵抗を約500分の１に低減できる。また，SiCはバンドギャップがシリコンの約３倍であること，さらに熱伝導率がシリコンの約2.5倍であるため，放熱性に優れており，200度以上の高温動作が可能である」

23）絶縁破壊とは，電気絶縁体に加わる電場の強さがある値を超えると，その物質がほとんど不連続的に絶縁性を失い，大きな電流を通すようになる現象。絶縁破壊を起こすのに要する最小電圧を破壊電圧といい，絶縁破壊を起こさずに絶縁体を使用し得る最高の電圧を絶縁耐圧という。

るとy＝46.364x＋25.618　R^2＝0.9117であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0095優れており，図21は指数関数に従って増加していることが明らかである。

ワイドバンドギャップ半導体の注目特許は，富士電機（特開2015-207780）「ワイドバンドギャップ半導体装置」，住友電気工業（特開2015-173158）「ワイドバンドギャップ半導体装置」である。ワイドバンドギャップ半導体の主要な発明企業は，三菱電機，住友電気工業，東芝，富士電機，半導体エネルギー研究所，パナソニック，古河電気工業，日産自動車，セイコーエプソン，デンソー，ローム，新日鐵住金，日立製作所などである。

3-9　仮想通貨

仮想通貨[24)]は，デジタル通貨や暗号通貨とも呼ばれ，中央銀行を介さずウェブ上で決済を行うため諸経費や手数料が発生しない特徴を持つ。ビットコインは仮想通貨の一つである。仮想通貨を活用し発展させたブロックチェーン[25)]は，分散された取引の履歴に関して，誰がい

24）楠真［2016］「FinTech2.0」中央経済社
「通貨は国の中央銀行が発行し，政府や中央銀行が価値を保証するが，仮想通貨には政府も中央銀行もない。仮想通貨と電子マネーとの異なる点は，管理者が存在するかどうかで決まる。仮想通貨の取引記録は，暗号化されたうえで参加者全員が共有される。取引を不正に記録する参加者がいても，不正は露見し不正ができない仕組みになっている。利用者のメリットは，管理者のコストがかからず，手数料が必要ない。ビットコインはナカモトサトシという論文に基づいて，2009年に運用が開始された。仮想通貨と国家の対立：現在の金融機関が行っている業務の多くが代替することになり，金融機関に重大な影響を与える。仮想通貨による取引は匿名性を有し，すべての取引を捕捉できないため，税の徴収ができない」

25）ウィリヤム・ウーゲイヤー著　黒木章人訳［2016］「ビジネスブロックチェーン」日経BP
「ブロックチェーンは，ゼロ知識証明，電子署名，完全準同型暗号などより進んだ数学的技術を取り入れれば詳細な個人情報を明かさなくても所有者証明が可能となり，ユーザーがオープンスペースにデータを保管してもプライバシーを維持できる。ウェブがインターネットの第一レイヤとすれば，ブロックチェーンはその上を覆う第二レイヤ。主に信用を扱うのでトラストレイヤと言える。ブロックチェーンは，中央集権型の支配と取引システムに異議を申し立てている。銀行，大企業，政府など中央機関に委ねられた信用はブロックチェーンによって解き放たれ，旧来の支配者から逃れる。取引先の検証はブロックチェーンが行う」
「ブロックチェーンのメリットは，コスト削減，スピードアップ，透明化，プライバシーの向上，リスクの軽減，公平なアクセス，生産性の向上，効率の向上，品質の向上。ブロックチェーン上で警察官が免許証の真偽と有効期限と運転者に関する最新情報をチェックできる」
「バーチャルガバナンスは，ビットネーションにその可能性がある。ビットネーションは，法律業務や保険業務，社会事業，安全保障から外交にいたるまで，政府が行っている業務を提供する。ブロックチェーンは，取り消しも改ざんもできないタイムスタンプを法的文書に押し，ブロックチェーン上の記録・保管するグローバルな公証人サービスも可能である。ブロックチェーンは決済までのスピードが速い。仲介機関による時差がない。身元情報と評価情報が常に更新される。パーミッションレスなユーザーアクセス。ネットワーク内での信用を構築する。攻撃に対する弾性が高い。検閲がない。合意によるガバナンスの意思決定。ピア・↗

つ，なんの取引をしたのかという記録を，複数の場所で照らし合わせることで，その取引が正当なものかどうかを立証するものである。ブロックチェーンは，ビットコインを実現するプロトコルであり公開台帳である。ブロックチェーンは，銀行だけでなく，あらゆるビジネスに適応できる可能性が高い[26]。

図22が示すように，仮想通貨に関する発明数は指数関数的に増加しており，回帰式$y = 0.7719e^{0.3389x}$　$R^2 = 0.8136$で表される。ちなみに，図22を直線による回帰分析すると$y = 18.497x - 147.52$　$R^2 = 0.7985$であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0151優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

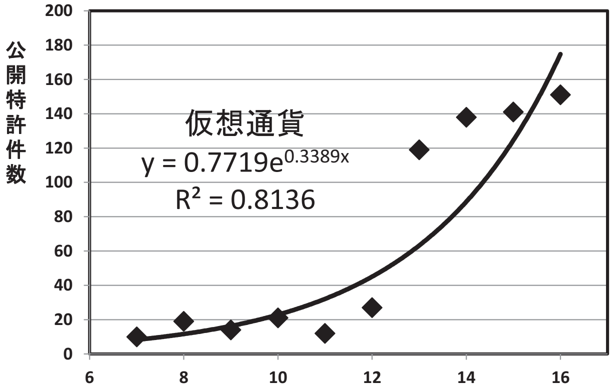


図22　仮想通貨の公開特許変化

仮想通貨の注目特許は，バンダイナムコエンターテインメント（特開2016-53765）「仮想通貨管理用サーバシステム，プログラム，及び，仮想通貨管理システム」，ディー・エヌ・エー（特開2015-223502）「ゲームプログラム及び情報処理装置」，グリー（特開2015-157080）「サーバ，ゲームの制御方法，及びプログラム」，ディー・エヌ・エー（特開2015-32303）「電子商取引装置，電子商取引方法，及び電子商取引プログラム」，バタフライ（特開2012-113445）「共通ポイント管理サーバ，共通ポイント管理システムおよび仮想通貨交換プログラム」である。

↘　ツー・ピア間のコミュニケーション」

26）【ブロックチェーンの活用が期待できる分野】　金融（銀行，資金移動，有価証券取引），流通・小売（物流，デジタルコンテンツ流通），エスクローが有効な資金回収リスクの回避手段となる取引（業務委託契約，貿易，不動産売買，中古品売買），予約を伴う各種産業（宿泊施設，交通機関，医療機関，学習施設），時間利用・使用料など従量課金を伴う各種産業やサービス（駐車場，レンタカー，貸し倉庫，貸しロッカー，デジタルコンテンツ，カラオケボックス，スポーツクラブ），IoTを活用した自動取引を伴う産業（内容証明，商業登記，不動産登記）

仮想通貨に関する研究開発企業は，ディー・エヌ・エー，スクウェア・エニックス，グリー，バンダイナムコエンターテインメント，セガ，任天堂，gloops，エクシング，セガゲームス，コロプラ，ヤフー，バタフライなどである。

3−10 プラットフォーム

プラットフォーム[27]はコンピュータが動作するために基盤として機能する土台または環境である。元々プラットフォームは列車やトラックなどの荷役を行う場所や海底油田の大型構造物を意味していた。アプリケーションソフトウエアにとってのプラットフォームは，オペレーティングシステムのことであり，一般的なシステムにとってのプラットフォームは，CPUやコンピュータや情報端末や車載機のことである。互換性がないシステムは，特定のプラットフォームでしか稼働しない場合が多い。そのため，どのプラットフォームに属するかがシステムの拡張性や汎用性を決定する。さらに，プラットフォームビジネスのように，さまざまなビジネスを提供する「場」をプラットフォームと呼ぶことが多い。プラットフォームビジネスは，独り占めできる場合が多いため，大きな利益を上げ，かつ，我々の社会や生活に深く入り込むようになってきている[28]。

例えば，アマゾンや楽天市場は，ビジネスプラットフォームと言える[29]。これらは，多くの会員や消費者や出店者を持つため，環境内でさまざまな商品やサービスを提供し，複数の業界

27）尾原和啓［2015］「ザ・プラットフォーム　IT企業はなぜ世界を変えるのか？」NHK出版
「ITは圧倒的な参加のしやすさをプラットフォームにもたらした。IT企業にはプラットフォームビジネスが多く存在し，また大きな利益を上げている。プラットフォームがビジネスというジャンルを超え，社会や私たちの生活までしみ出し，世界を大きく変える可能性が見えてきたからこそ，今プラットフォームに注目する必要がある」

28）デトロイト　トーマツ　コンサルティング著［2016］「モビリティー革命2030　自動車産業の破壊と創造」日経BP社
「プラットフォーマーは，顧客接点を握り，業界内・業界間横断的に多様なデータ基盤を収集・蓄積し，サービス提供者との連携の媒介となるプレーヤーである。IoTデータ価値は接続されたデバイス数の２乗に比例して増加する，スケールを持つプレーヤーに有利，通信・セキュリティーなど用いられる知能化・IoT化要素技術は自動車に特化したものではなく業界横断的な展開が必要。それゆえ，データを収集・解析するプラットフォームを形成する巨人，要素技術を提供するエキスパートたちによる水平分業が知能化社会に適している。特定自動車メーカーに閉じないことが強みとなる」
「プラットフォーマーは，自動車産業を破壊する変革者になる。プラットフォーマーの顧客は，自動車のドライバーだけでなく，移動ニーズを有するすべての人。プラットフォーマーの収入源は必ずしもエンドユーザーから得られるものだけでなく，その課金がフリーになる場合もあり，ユーザーから収益を得ている自動車産業にとって破壊的となる」

29）松島聡［2016］「UXの時代　IoTとシェアリングは産業をどう変えるのか」英治出版↗

を跨ぐことも可能となる。プラットフォームは，商品だけでなくクラウドワークスのように，個人ワーカーのプラットフォームとしての機能もある。小田切宏之が指摘するように，プラットフォームは，プラットフォーム間均等条項（APPA）を活用して独占的な地位を得やすいビジネスモデルである[30]ため，さまざまな分野の研究開発が始まっている。

図23が示すように，プラットフォームの発明数は指数関数的に増加しており，回帰式$y=961.52e^{0.0601x}$　$R^2=0.925$で表される。ちなみに，図23を直線による回帰分析すると$y=119.19x+580.57$　$R^2=0.9114$であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0136優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

プラットフォームの注目特許は，リコー（特開2016-171374）「情報処理装置，プログラム，通信プラットフォーム決定方法，伝送システム，伝送端末」，エヌ・ティ・ティ・インターネット（特開2016-149087）「生体認証プラットフォームシステム，生体認証情報管理装置，生体認証情報管理方法，及び生体認証情報管理プログラム」，日立製作所（特開2015-103039）「健康プログラム分析システム及びプラットフォームサービス提供方法」，日本電信電話（特開2014-229128）「電子商取引システム，マーケットプラットフォーム装置，センサ装置，電子

↘「GEはリース事業によって約1800機を保有する世界最大の航空機リース会社になった。さらにGEはエンジンの性能を測定するシステムをすべてのエンジンに埋め込み，飛行中や空港にいるすべての航空機の移動・活動状況をモニターできるようにした。そこから得られるデータを解析することで，GEは航空機会社の収益を最大化するような運行やメンテナンスをアドバイスすることができる。つまりGEの航空機事業は，航空会社をユーザーとするトータルソリューションサービスである。厳しい国際競争に晒される航空機会社は，もはやこのサービス抜きに利益を確保することは難しい。この事業によってGEは20％という高い利益率を得ている」

「ミシュランも，運送会社向けのリース事業で新たなビジネスモデルの創造に成功している。タイヤの製造販売は，製品を販売したところでバリューチェーンが終わってしまう。ミシュランは，これを走行距離で課金するサービス業に変えた。タイヤをリースするだけでなく，使用されるタイヤをモニタリングし，メンテナンスやコストなどの一括管理も行う。これでユーザー企業にも単なるリース以上の付加価値が提供される」

「アップルなどはITを武器に自動車に新たな価値を加えたサービスに参入しようとしている。IT企業が目指しているのは，自動車というハードウエアに新たな機能を組み込むことではなく，自動車に乗る人間の体験を新しい次元に進化させるソフトウエアである」

30）小田切宏之［2016］「イノベーション時代の競争政策　研究・特許・プラットフォームの法と経済」有斐閣
「プラットフォーム運営に要する費用は固定費用が中心で限界費用が小さいため，規模の経済性が生じやすい。またネットワーク効果が働きやすい。このため，大規模化したプラットフォームへの集中が進みがちである。これにより，プラットフォームは供給者との交渉において優位な立場に立ち，自社経由の小売価格より他社経由の小売価格や直販の小売価格が下回ることがないように要求することになりやすい。これをプラットフォーム間均等条項（APPA）という。APPAに対して競争法違反として，電子書籍サイトと宿泊予約サイトが問題となった」

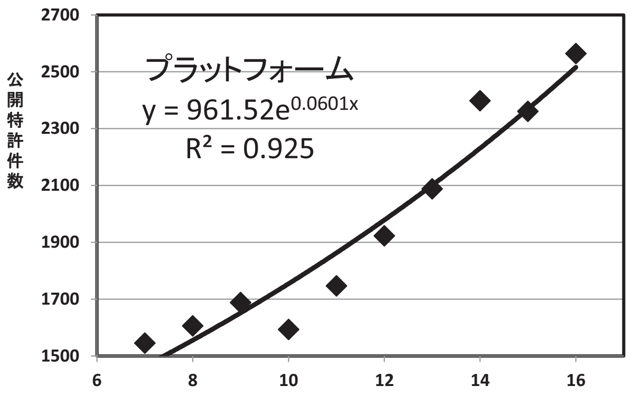


図23　プラットフォームの公開特許変化

商取引方法及び電子商取引プログラム」である。

プラットフォームに関する研究開発企業は，リコー，キヤノン，日立製作所，日本電信電話，富士通，東芝，三菱電機，ソニー，日本電気，ディー・エヌ・エー，京セラ，三菱重工業，シャープ, コナミデジタルエンタテインメント, KDDI, グリー, トヨタ自動車, IHI, 東芝テック，住友電気工業，ローム，ヤンマー，本田技研工業，NTTドコモ，エヌ・ティ・ティ・インターネット，日本放送協会，野村総合研究所，横河電機，三菱日立パワーシステムズなどである。

3−11　グラフェン

グラフェン[31]に関する日本企業の本格的な研究開発は，2010年のノーベル物理学賞の受賞[32]から始まる。グラフェンは原子１個分の厚さ（１ナノメートル）の極めて薄い炭素原子のシートである[33]。グラフェンは，鉄の100倍の強度を持つと同時に柔軟に折り曲げることが

31）グラフェンは，１原子の厚さしかない炭素原子のシートで，カーボンナノチューブやフラーレンと同じナノカーボン材料であり，特徴的な導電性，熱伝導性，機械的強度を持ち，次世代エレクトロニクス分野のほか，幅広い分野への応用が期待されている。しかし，グラフェンは，①量産化が難しい，②加工が難しい，③熱伝導率や電気伝導率が高いため下地の影響を受け易いなどの解決しなければならない課題が少なくない。

32）グラフェンの単離は2004年，イギリスはマンチェスター大学のAndrei Geim博士の研究グループによって成功した。その後，グラフェンを用いた研究や，その産業への応用は爆発的に進み，A. Geim博士と共同研究者であるK. Novoselov博士はその功績により，2010年にノーベル物理学賞を受賞した。

33）齊藤理一郎［2015］「フラーレン・ナノチューブ・グラフェンの科学」共立出版
「グラフェンには強靭さと導電性がある。この強靭さを利用して，無重力空間に巨大な帆をはり，太陽風で宇宙空間を進む宇宙ヨットを作る計画がある。もしグラフェンで100m四方の帆を作ったとしても，重さはたった３グラムにしかならない。グラフェンの中で電気を流す電子は，秒速1000㎞の猛烈な速度で動く。これはスマホのタッチパネルなどに応用できる。現在のタッチパネルはインジウムが用いられ高価である。↗

でき，さらに，熱伝導性（銅の２倍），電気伝導性（銀より高い），耐熱性に優れ，透明性が高く，シリコンの代替品として注目されている。このような特性からグラフェンは宇宙エレベーターの建設素材として脚光を浴びるなど，次世代の素材としてさまざまな企業の研究開発が始まっている。折り曲げ可能なディスプレイ素材，リチウムイオン電池素材，太陽電池素材，燃料電池素材，触媒への用途開発競争が激しく行われている。

図24が示すように，グラフェンに関する発明数は指数関数的に増加しており，回帰式 $y=28.872e^{0.252x}$　$R^2=0.9255$ で表される。ちなみに，図24を直線による回帰分析すると $y=150.98x-1054.5$　$R^2=0.9138$ であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0117優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

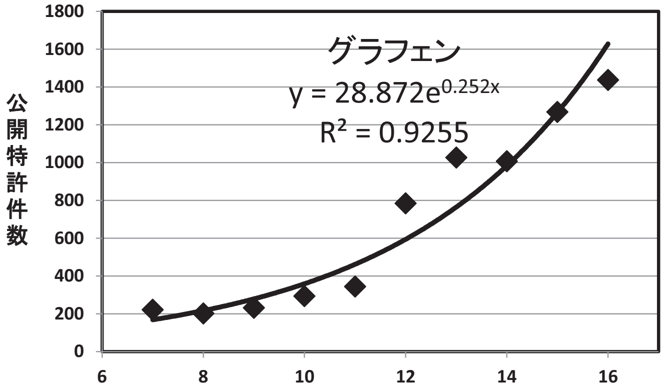


図24　グラフェンの公開特許変化

グラフェンの注目特許は，トヨタ自動車（特開2007-101400）「カーボンナノチューブ中の不純物を定量分析する方法」，北海道大学（特開2007-335532）「グラフェン集積回路」である。グラフェンの主要な発明企業は，半導体エネルギー研究所，東芝，産業技術総合研究所，積水化学工業，トヨタ自動車，ソニー，東レ，豊田中央研究所，デンソー，セイコーエプソン，富

↘　ナノカーボンだけでスイッチや回路を作り，集積回路を作ることができる。集積回路を作るにはシリコンで作られた半導体が必要だが，ナノチューブには円筒の巻き方によって金属にも半導体にもなる特徴があるから，あらゆる部品を炭素だけで作れる。さらにシリコンなど従来の半導体材料と比べ，ナノカーボンは透明で，高温かつ高速で動作する点で優れている。ナノチューブで縄を作ると，鋼鉄ワイヤーの百倍の強度（同じ重さあたり）になる。これを利用して，人工衛星と地上をナノチューブで結ぶ宇宙エレベーター計画がある。ボーイング787機体は軽量化のため，総重量の半分が炭素繊維でできている。炭素繊維をナノチューブにすると，より高機能の複合材料が期待できる。現在炭素繊維は年間10万トン生産されるが，将来はナノチューブに置き換わるであろう。21世紀はカーボンの時代になる」

士通，日本電信電話，昭和電工，カネカ，日本触媒，大阪瓦斯，DIC，東洋インキSCホールディングス，住友電気工業，本田技研工業，日本ゼオン，古河電気工業，旭化成，TDK，JSR，住友ベークライトなどである。

3−12　拡張現実・仮想現実

拡張現実[34]は，コンピュータにより人間が認識する現実を超える技術である。仮想現実は，コンピュータを使い現実をまったく変えるが，拡張現実は現実を残しつつ，現実の一部を改変する。ポケモンGOは拡張現実を使っている。

図25が示すように，拡張現実・仮想現実に関する発明数は指数関数的に増加しており，回帰式$y = 32.253e^{0.1761x}$　$R^2 = 0.9275$で表される。ちなみに，図25を直線による回帰分析すると$y = 46.697x - 257.72$　$R^2 = 0.9234$であり，指数関数による寄与率の方が直線による寄与率より0.0041優れており，この図は指数関数に従って増加していることが明らかである。

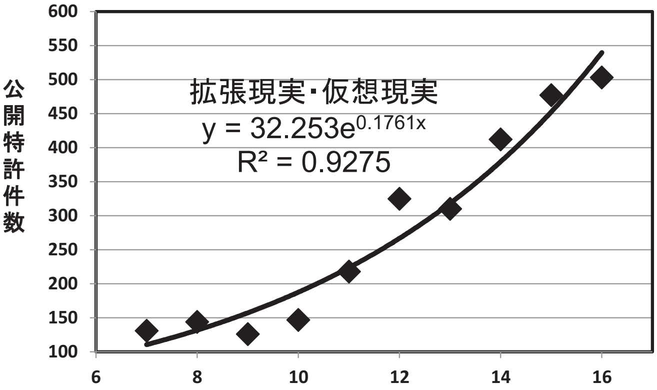


図25　拡張現実・仮想現実の公開特許変化

拡張現実の注目特許は，京セラドキュメントソリューションズ（特開2016-207048）「拡張現実操作システムおよび拡張現実操作プログラム」，富士フイルム（特開2016-154044）「ヘッドマウント型拡張現実映像提示装置及びその仮想表示物操作方法」，ファナック（特開2016-107379）「拡張現実対応ディスプレイを備えたロボットシステム」，大日本印刷（特開2016-4564）「拡張現実を利用した試着支援システム」である。

34）IO編集部［2016］「VR　AR技術ガイドブック」工学社
　「ARは，オーグメンテッド・リアリティ，拡張現実，強調現実と呼ばれ，現実世界と，そうでないものが結び付けられている。利用者の動きなどにリアルタイムに反応し，立体的に位置合わせがなされる。」

拡張現実・仮想現実に関する研究開発企業は，ソニー，キヤノン，富士通，KDDI，パナソニック，コニカミノルタ，セイコーエプソン，日本電信電話，リコー，東芝，大日本印刷，シャープ，カシオ計算機，日本電気，富士ゼロックス，富士フイルム，三菱電機，京楽産業，大都技研，キヤノンマーケティングジャパン，日本精機，ゼンリンデータコム，三洋物産，デンソー，ブラザー工業，ファナック，京セラドキュメントソリューションズ，京セラ，ニコンなどである。

４章　考察

小原嘉明は，「進化が話題になる際，その多くは新種の誕生や地球上の生物の豊かさなど，進化の表舞台の現象が語られることが多く，絶滅など種の終焉が話題に上ることは少ない。しかし種の衰退や絶滅も進化の一側面で，進化の理解には欠かせないテーマである[35)]」と述べているように，絶滅する背景や絶滅する過程を解明することが新たな発見を見出すことがある。本論文は，日本企業の研究開発の衰退や消滅にスポットライトを当て，近い将来に絶滅すると考えられる研究開発をあえて取り上げることで，これからの研究開発を考察することを目的とするものである。

本論文は，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」を提案した。図１～図12は直線的に減少し，図13に示すように，それらの絶滅は疑いのない事実となっている。また，図14～図25は指数関数的な増加が明確であり，今までにない研究開発が急激に誕生していることが判明した。すなわち，本論文で調査した24例は，2007年から2016年の10年間において，絶滅と誕生が同時に起きており，本論文の仮説に従うことが分かった。研究開発は直線的に減少し，それらに同期をとり，あたかも呼応するように，新たな研究開発が指数関数的に誕生し急激に増加していることが判明した。シリコン半導体に関する研究開発が絶滅に近づく時期に，ワイドギャップ半導体に関する研究開発が急増していること，鉄やアルミニウムに関する研究開発の絶滅が近づく同時期に，セルロースナノファイバーなどの新素材に関する研究開発が指数関数的に急増していることは，本論文の仮説である絶滅と誕生が同期している明確な証拠である。

35）小原嘉明［2016］「入門！進化生物学」中公新書
「動物は幾度となく地球を襲った大規模な地学的変動にさらされ，多くが姿を消していった。これまで大規模な絶滅は５回起こっている。その結果，当時生息していた動物の90～96％が消滅した。過去５億4500万年の間，地球上の生物は少なくとも475万年に一度の頻度で，絶滅の縁に追いやられる地学的変動を経験してきた。これより規模は小さいが，ある種の生物の絶滅をもたらす地学的変動は，この何百倍もの頻度で起こっていたことは間違いない」

図26が示すように，誕生した研究開発における指数関数傾向[36]が示すように，指数関数傾向が強い研究開発と，指数関数傾向が弱い研究開発が存在することも分かった。指数関数傾向の大きな順番は，スマートフォン（9.85％），セルロースナノファイバー（9.78％），SNS（8.27％），人工知能（6.83％），ナトリウムイオン電池（4.37％），金属空気電池（3.24％），全固体電池（2.67％），仮想通貨（1.51％），プラットフォーム（1.36％），グラフェン（1.17％），ワイドギャップ半導体（0.95％），拡張現実・仮想現実（0.41％）である。

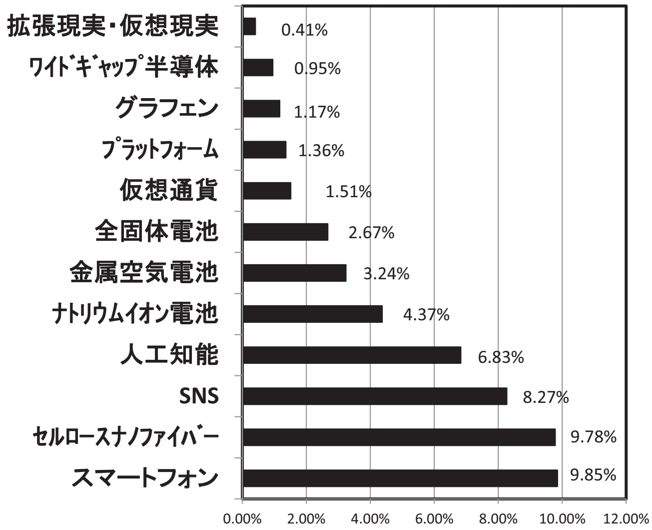


図26　誕生した研究開発の指数関数傾向

セルロースナノファイバー，ナトリウムイオン電池，金属空気電池，全固体電池，グラフェン，ワイドギャップ半導体は，絶滅するシリコンなどから素材の主役を奪うと同時に，スマートフォン，SNS，人工知能，仮想通貨，プラットフォーム，拡張現実・仮想現実などを誕生させる重要な役割も担っている。また，これらの進化する速度が，すべて指数関数に従っていることは，それぞれが独立して誕生したのではなく，関連性を持って誕生していると考えられる。これらの現象は，一つの素材が消え去り，それに代わって新たな素材が生まれる単純な素材の交代劇ではなく，大規模な絶滅と誕生が関連して発生していると解釈した方が自然である。

ところで，絶滅と誕生が繰り返されるのは企業の研究開発だけではなく，地球の歴史においても生命の絶滅と誕生が同時期に発生している。大絶滅をもたらした環境の変化は新たな生物の誕生の引き金になったと考えられる。オルドビス紀，デボン紀，ペルム紀，トリアス紀，白

36）指数関数傾向とは，指数関数の寄与率から一次関数の寄与率をマイナスした寄与率の差である。

亜紀のように，地球は少なくとも５回の大絶滅を経験している。いずれの大絶滅もその末期に起こり，その時代を終わらせると同時に，次の世代のために新たな生命を誕生させるものであった。ちなみに，白亜紀末の大絶滅は，巨大な星の衝突が原因で，メキシコのユカタン半島で巨大なクレーターが発見されている。衝突で舞い上がった塵が太陽光を遮断し，気温が低下し，光合成を行う植物が死滅し，恐竜などが絶滅した。しかし，恐竜などが絶滅するのを待っていたかのように，極めて多種類の哺乳類が爆発的に誕生した。恐竜の絶滅が様々な哺乳類を誕生させたと言っても過言ではない。このように絶滅と誕生の強い関係は，地球の歴史が物語っている。

鎌田浩毅は，「海洋無酸素事件は当時の生物を死滅させたが，大量絶滅は新しい生態系を作って生物の進化を促した」と述べているように，絶滅と新たな生命の誕生は間違いなく同期している。また，鎌田は，「地質時代で生物が絶滅した時期を見ると，酸素濃度が急激に低下していることが多い。生物が大量絶滅した後には，低酸素の環境にも耐えられる新しい機能を備えた生物が出現する[37)]」と述べているように，その環境の激変は絶滅と誕生の両方を同時期にもたらしたと言える。

本論文が述べたように，現在は日本企業にとって研究開発の激動期であり[38)]，研究開発の絶滅と誕生が同時進行していると言える。鎌田の言うように，生物は絶滅することで新たな種に生存の場を提供してきた[39)]が，日本企業の研究開発においても，図１から図12が示す絶滅と図14から図25が示す誕生が同時に，かつ，連動して起きていると考えられる。研究開発の絶滅は，新たな研究開発の誕生の必要条件である。新しいものが誕生するから，古いものが絶滅するのではなく，絶滅することが誕生を誘発していると言える。

伊勢武史は，「淘汰圧は自然淘汰の強さの度合いを表す。環境が悪化して多くの個体が子孫を残さずに死に絶え，適応力の高いごく一部の子孫を残して繁栄するような状況では，淘汰圧が高くなる。淘汰圧が高いとき，進化は猛スピードで進む[40)]」と述べている。すなわち，絶滅する環境は生存に厳しい環境であるが，同時に新しいものを生み出す高いエネルギーを持ち，

37）鎌田浩毅［2016］「地球の歴史（下）生命の登場」中公新書

38）D・モンゴメリー著　片岡夏実訳［2016］「土と内蔵　微生物がつくる世界」築地書館
「競争が進化を促進する」

39）鎌田浩毅［2016］「地球の歴史（中）生命の登場」中公新書
「地球の歴史には古生代，中生代，新生代という区分がある。生物が出現した後に対して付けられた名前だが，それぞれの時代の最後に生物が死滅するという事件が起きている。これは大量絶滅と呼ばれる現象だが，地球上に出現した九割以上は絶滅の道をたどるのである。逆を言えば，生物は絶滅することで新しい種に生存の場を提供してきたとも言える」

40）伊勢武史［2016］「生物進化とはなにか？」ベレ出版

新たな生命誕生や企業においては研究開発を加速する役目を持っていると言える。本論文は，日本企業の研究開発の絶滅は直線的に進行するが，誕生は指数関数に従い，大きな加速度を持って急激に進行する事実を明らかにした。現在の日本企業は，非常に高い淘汰圧に晒されていることから，新たに誕生する研究開発が猛烈なスピードの指数関数に従うことになる。

絶滅という高い淘汰圧が指数関数による誕生を作り出していることから，その絶滅と誕生が同期することは明白である。本論文が提案した仮説「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」は検証された。

日本企業の研究開発において，大絶滅がさまざまな種類の研究開発を誕生させており[41)]，これはカンブリヤ紀の生物の大爆発[42)]を連想させる。最も環境適応力に優れ多様性を確保した昆虫が他の種を圧倒したように，絶滅の同時期に現れる研究開発は多様性を最大化するように進行する。つまり，絶滅後に誕生する新たな研究開発の特徴は多様性にある。本論文が示したように，新しく誕生した研究開発は，小規模なものが多く，かつ，その分野は多岐にわたる。これは絶滅が引き起こす新たな研究開発の特徴の一つである。

41）木村壽男［2015］「研究開発は成長戦略エンジン」同友館

「日本企業の研究開発投資は長期的に拡大傾向である。個別の企業においても，東レの先端融合研究所（2003年），キヤノンの先進技術研究所（2005年），富士フイルムの先端研究所（2006年），日産自動車の日産先進技術センター（2007年），武田薬品工業の湘南研究所（2011年）がある。未来に向けた企業成長のためには，研究開発投資は不可欠であるとの認識が広く定着してきており，研究開発投資の拡大基調は今後とも続くと思われる」

「研究開発の成否は，研究者・技術者のモチベーションを喚起・誘発が重要で，心理状態によって大きく影響を受ける。魅力ある新製品・新事業を継続的に創出して研究開発の生産性を高め，最終的に成長戦略の実現に大きく寄与していくためには，テーマを生み出す研究者・技術者個々および組織のテーマ創造力が不可欠である。テーマ創造の源泉は，あくまでも研究者・技術者個々のセレンピティ（思わぬ発見をする特異な才能）の能力や意志に依存するものであり，企業が注力すべきは，研究者・技術者個々のセレンピティを最大限に発揮できる環境づくりにある」

「富士フイルムは，今世紀初頭，それまで同社の収益の大きな柱であった銀塩写真ビジネスを含むイメージングソリューション事業が，写真のデジタル化という大きな波を受けた。しかし，その一方でライフサイエンスやエレクトロニクスといった成長分野製品を含むインフォメーションソリューション事業，複写機等を含むドキュメントソリューション事業を強化し，全社的な売上規模の大幅な落ち込みを克服している。同社はその過程で，2006年「第二の創業」を最大の使命とする先進研究所を開設し，魅力的な新製品・新事業を創出してきている」

42）鎌田浩毅［2016］「地球の歴史（中）生命の登場」中公新書

「先カンブリヤ時代までわずか数十種に過ぎなかった生物が，一気に8000種まで爆発的に増加した。現在の地球上で見られる大部分の生物の祖先が短期間に出現したことは，驚くべきことである。鳥類9000種，魚類23000種，哺乳類5000種，両生類2000種，爬虫類5000種があるが，昆虫は100万種であり，多様性が最も優れているため，地球上で最も繁栄している。」

ところで，企業の研究開発の減少は，指数関数ではなく，なぜ直線的に減少するのか。次に，この原因を考察する。直線的な減少の第一の原因は，「環境要因の同時性」である。すなわち，環境や法律や価値観の変化が研究開発を競い合う企業に等しく経営判断を迫る。新たな環境の変化は，どの企業にも経営判断の変更を迫るため，同時に，既存の研究開発の撤退を促すことになる。このため，研究開発が減少するのは，徐々に減少するのではなく，直線的に減少し絶滅を迎えることになる。

直線的な減少の第二原因は，「企業の横並び思考」である。すなわち，企業における研究開発は競争的な側面を持つため，競争相手が研究開発を中止または撤退すれば，他の企業も中止または撤退を検討する横並び思考が存在し，これが直線的な減少をもたらす。特定の分野の研究開発の減少が始まると，多くの企業は徐々に撤退するのではなく，我先に撤退を始める習性がある。研究開発は多額の予算が必要であるため，競争相手が撤退の意向を明らかにしただけで，企業における研究開発予算の削減は有無を言わさず断行され，研究者の配置転換や新しい研究者の採用人事にも反映され，その研究開発は直線的に減少し絶滅を迎えることになる。

直線的な減少の第三原因は，「研究者の意欲の減退」である。一般的に，研究者は新しい発見や新たな発明だけでなく，研究論文の投稿や学会発表や特許出願を最終目的にする場合が多い[43)]。そこで，研究者は競争他社がほとんど撤退し誰も注目しなくなった研究分野に興味がなくなり，競合相手が多数集まる新規分野の研究開発を好む傾向が強い。多くの企業が撤退した分野で，たとえ画期的な研究開発が完成しても，学会での評価が得られないことを研究者は一番よく知っている。やる気をなくした研究者は自ら研究開発を直線的に減少させる。

一方，指数関数的な増加の原因は，新しい研究開発テーマを企業の一部の研究者やエンジニアが気づいていても，次年度の研究開発計画に反映させるには多くの労力と時間と予算が必要になり，新しい研究開発テーマへの参入は，企業が同時にスタートすることはないためである。将来を見抜く眼力を持った研究リーダーや経営者がいる企業が，ファーストランナーとして小規模な研究開発を始めるのが常である。その他の企業は，このファーストランナーの企業の研

---

43) 櫻井敬三［2017］「ファジーフロントエンド活動による技術革新創成」文眞堂
「研究者は，流暢性（発想の速さ），柔軟性（アイデアの広さ），独創性（アイデアのユニークさ），再定義性（自然科学で発見された事象を具現化するためには，根本的原理や達成手段を把握することが求められる）が優れていることが重要である。優れた研究者は，特許出願件数が多く，初期発想過程から独創性や再定義性に富む発想が飛び出し，持続して行われる。特許出願件数が多いグループに属する研究者の特許は新製品に活用される確率も高い。個人資質要因の評価値が優れている研究者は，特許出願件数が多く，「好奇心が強い」や「想像力は豊かである」といった創造性に欠くことのできない要因が上位にある。また特許出願件数が多いグループは，特許出願件数が少ないグループよりも，「仲間の意向に従う」が低い評価値であり自己中心型資質の傾向にある」

究開発の状況を横眼で見ながら，参入のタイミングを判断する。参入すべきと決断する時期には，数多くの企業が同じ分野の研究開発を開始するため，あたかもゴールドラッシュのように，指数関数的な研究開発の急増が白日の下に晒される。本論文で取り上げた指数関数的に増加する研究分野は，特定の企業の発明数が増加するよりも，新規参入企業の数が急増する傾向が強かった。

ちなみに，グラフェンの研究開発における2016年の新規参入した企業や大学は，三五，ダイセル，テイカ，関西熱化学，ADEKA，JX金属，富士フイルム，三井化学，三菱電機，日鍛バルブ，日本化薬，信越化学工業，国立研究開発法人物質・材料研究機構，国立研究開発法人産業技術総合研究所，国立研究開発法人科学技術振興機構，大阪市立大学の16社であった。このように研究開発の指数関数的な増加は，新規参入企業の急増が大きく寄与している場合が多かった。

また，研究開発のスタート直後は研究成果が少ないが，ある時期を過ぎると研究成果が雪だるま式に増加する。その理由は，研究開始時の小規模な実験から脱皮して，研究の体制や人員や予算が本格的に投入され，研究開発のシナジーが現れ始める時期に，研究成果が指数関数的に急増するためである。このように，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」は，日本企業の研究開発の特徴の一つと言える。

本論文が明らかにしたシリコンなどのように多くの研究開発の絶滅が迫っている同時期に，セルロースナノファイバーなどのように，まったく新たな研究開発が急に突然誕生している。換言すれば，既存の研究開発の絶滅がなければ，新たな分野の研究開発の誕生もない。本論文は，成長する分野に関する研究だけでなく，逆に，絶滅する分野の研究を行う方が，将来の研究開発を予見できる可能性が高いことを指摘したい。

５章　まとめ

24の事例研究の結果，次のことが判明した。

１）シリコン，白金，クロム，銀，タングステン，錫，チタン，パラジウム，鉄，亜鉛，アルミニウム，ニッケルに関する研究開発は，直線的に減少している。

２）絶滅年は，シリコン2030年，白金2037年，クロム2040年，銀2041年，タングステン2041年，錫2042年，チタン2046年，パラジウム2050年，鉄2050年，亜鉛2054年，アルミニウム2057年，ニッケル2058年であり，大きな相違があることが判明した。

３）スマートフォン，セルロースナノファイバー，SNS（ソーシャルネットワーキングサービス），人工知能，ナトリウムイオン二次電池，金属空気電池，全固体電池，ワイドバンドギャップ半導体，仮想通貨，プラットフォーム，グラフェン，拡張現実・仮想現実に関する研究

開発は，指数関数的に増加している。

４）指数関数傾向の大きな順番は，スマートフォン（9.85%），セルロースナノファイバー（9.78%），SNS（8.27%），人工知能（6.83%），ナトリウムイオン電池（4.37%），金属空気電池（3.24%），全固体電池（2.67%），仮想通貨（1.51%），プラットフォーム（1.36%），グラフェン（1.17%），ワイドギャップ半導体（0.95%），拡張現実・仮想現実（0.41%）である。

５）本論文が提案した仮説「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」は検証された。

６）絶滅する環境は，生存に厳しい環境であるが，同時に新しいものを生み出す高いエネルギーを持ち，新たな生命誕生や企業においては研究開発を加速する役目を持っている。

７）絶滅後に誕生する新たな研究開発の特徴は多様性にある。新しく誕生した研究開発は，小規模なものが多く，かつ，その分野は多岐にわたる。

８）指数関数的に増加する研究分野は，特定の企業の発明数が増加するよりも，新規参入企業の数が急増する傾向が強い。

参考文献

加谷珪一［2017］「AI時代に生き残る企業，淘汰される企業」宝島社

國領二郎，三谷慶一郎［2017］「トップ企業が明かすデジタル時代の経営戦略」日経BP

本間洋［2017］「緑のトマト」日経BP

小川正博［2017］「情報技術と中小企業のイノベーション」お茶の水書房

山中隆幸［2017］「ジェネリックvsブロックバスター」講談社

高根英幸［2016］「エコカー技術の最前線」SBクリエイティブ

アーヴィンド・ナラヤン他，長尾高弘訳［2016］「仮想通貨の教科書」日経BP社

小田切宏之［2016］「イノベーション時代の競争政策　研究・特許・プラットフォームの法と経済」有斐閣

高根英幸［2016］「エコカー技術の最前線」SBクリエイティブ

楠真［2016］「FinTech 2.0」中央経済社

IO編集部［2016］「VR　AR技術ガイドブック」工学社

デトロイト　トーマツ　コンサルティング著［2016］「モビリティー革命2030　自動車産業の破壊と創造」日経BP社

オリヴァー・ガスマンら著　渡邊哲訳［2016］「ビジネスモデルナビゲーション」翔泳社

鎌田浩毅［2016］「地球の歴史（上）（中）（下）生命の登場」中公新書

菅野健一・淵邊善彦［2016］「起業ナビゲーター」東洋経済新報社

吉田たかよし［2016］「元素周期表で世界はすべて読み解ける」光文社新書

鈴木淳也［2016］「決済の黒船」日経BP社

ウィリアム・ウーゲイヤー著　黒木章人訳［2016］「ビジネスブロックチェーン」日経BP

馬渕邦美監修［2016］「ブロックチェーンの衝撃」日経BP

井上智洋［2016］「人工知能と経済の未来」文藝春秋
齊藤理一郎［2015］「フラーレン・ナノチューブ・グラフェンの科学」共立出版
尾原和啓［2015］「ザ・プラットフォーム　IT企業はなぜ世界を変えるのか？」NHK出版
木村壽男［2015］「研究開発は成長戦略エンジン」同友館
ナノセルロースフォーラム編［2015］「ナノセルロース」日刊工業新聞社
菅沼克昭［2014］「SiC　GaNパワー半導体の実装と信頼性評価技術」日刊工業新聞
長谷川慶太郎［2011］「素材は国家なり」東洋経済新報社
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，富士フイルム，川崎重工業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/pp17-77）
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/pp3～51）
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/pp53～103）
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/pp3-44）
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/pp79-132）

（2017年７月11日受理）

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」

村　山　　　博*

目　次

１章　はじめに
２章　短期間に絶滅する研究開発
　２－１　シリコンに関する企業別研究開発
　２－２　白金に関する企業別研究開発
　２－３　銀に関する企業別研究開発
３章　比較的長い期間をかけて絶滅する研究開発
　３－１　亜鉛に関する企業別研究開発
　３－２　アルミニウムに関する企業別研究開発
　３－３　ニッケルに関する企業別研究開発
４章　考察
５章　まとめ

１章　はじめに

一つの研究開発テーマに数多く企業が群がるように集まり激しく競い合う最先端の分野[1,2]もあれば，かつて激しかった研究開発競争が減少の一途をたどり，嘘のように静まり

＊本学経営学部教授
キーワード：企業，研究開発，イノベーション，誕生，絶滅
１）世界一のシェアを持つ日本の素材メーカー（例）
「炭素繊維：東レ，アラミド繊維：帝人，電極活物質の接着剤：クレハ，セパレータ：旭化成，電解液：宇部興産，白色LED：日亜化学工業，排ガス浄化装置：日本ガイシ，印刷インキ：DIC，有機顔料：DIC，イオン交換膜：旭化成，PVBフィルム：積水化学工業，MBS樹脂：カネカ，ジルコニア（入れ歯用）：東ソー，PETフィルム：東レ，半導体用シリコンウェハ：信越化学工業，フォトレジスト：JSR，EVOH樹脂フィルム：↗

返った分野もある。多くの論文は，前者の画期的な新製品や今までにない優れた特長を持った新技術に関するものがほとんどである。しかし，本論文は，後者の減少する研究開発分野を研究するものである。なぜ，衰退する研究開発を研究しなければならないのか。それは，衰退する研究開発の中から，新たなアイデアやシーズが誕生することが頻繁に起こる経験からである。さらに言えば，今までの研究開発が減少し衰退することと，新たな研究開発の誕生は深く関連している可能性が高く，研究開発の絶滅と誕生はほぼ同時期に起こる場合が非常に多いことが，本研究の発端である。

地球の生命の38億年間において，生命体の絶滅の危機と目覚しい生命体の進化はほぼ同時期に起きており，言い換えれば，絶滅が進化を誘引していると言える[3)]。この絶滅は地球の生命体だけでなく，日本企業の研究開発にも同じことが言え，研究開発の絶滅と新たな飛躍との間には高い蓋然性がある。すなわち，企業における研究開発の絶滅の根源的な原因を研究することは，次世代の日本企業の姿を予見することに他ならない。そこで，本論文は，成長する研究開発ではなく，逆に衰退し絶滅する研究開発の中に，革新的な研究開発が隠れている可能性が高いと考え，研究を進める。

日本の企業における研究開発は，それぞれの企業の研究開発戦略に従い，減少と増加を繰り返すのが常である。なかでも，同じ研究開発テーマにおいて，その研究開発を減少させる企業と，逆に増加させる企業が同時に存在することが少なくない。本論文は，企業ごとの研究開発戦略を調査し，減少させる要因と増加させる要因を導き出す。本論文は，絶滅する６分野（シリコン，白金，銀，亜鉛，アルミニウム，ニッケル）の研究開発を取り上げ，それぞれの分野における企業ごとの研究開発を詳細に調査することにより，絶滅する研究開発の中から新たな

↘　クラレ，PVA樹脂：クラレ，TACフィルム：富士フイルム，偏光板：日東電工」

２）田宮寛之［2016］「みんなが知らない優良企業」講談社
「水濾過膜：日東電工，東レ，東洋紡の３社で世界シェア５割。日プラ：水族館の水槽用アクリルパネル。ミズホ：脳動脈瘤クリップの国内シェア７割，世界シェア４割。東京鐵鋼：ネジ節棒鋼は世界シェア５割。村上開明堂：自動車のバックミラーの国内シェア４割。産業ロボット：ファナック，安川電機。ナブテスコ：産業用ロボット向け精密減速機の世界シェア６割。富士電機：自動販売機。曙ブレーキ工業：自動車用ブレーキ。村田製作所：セラミックコンデンサ世界一，ノイズを除去するEMI除去フィルター世界一。京セラ：セラミックパッケージ世界シェア80%。TDK：HDD用磁気ヘッド世界シェア１位。日本電産：HDD用モーター世界シェア80%。ソニー：電子の目のCMOSイメージセンサー世界シェア50%」

３）小原嘉明［2016］「入門！進化生物学」中公新書
「動物は幾度となく地球を襲った大規模な地学的変動にさらされ，多くが姿を消していった。これまで大規模な絶滅は５回起こっている。その結果，当時生息していた動物の90～96%が消滅した。過去５億4500万年の間，地球上の生物は少なくとも475万年に一度の頻度で，絶滅の縁に追いやられる地学的変動を経験してきた」

研究開発の萌芽やイノベーションの可能性を探求するものである。

さらに，本論文は，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」を提案し，その検証を試みる。研究開発の絶滅時期は撤退する企業や研究開発を減少させる企業が決める，と考えるのは一般的である。しかし，本論文は，研究開発から撤退する企業や研究開発を減少させる企業に逆らって，あえて研究開発を増加させる企業が研究開発の絶滅時期を決めているとの考えに立ち，それを検証するものである。

２章　短期間に絶滅する研究開発

2−1　シリコンに関する企業別研究開発

2007年から2016年の過去10年間のシリコンの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y=-1635.4x+49111$　寄与率 $R^2=0.978$ に従い，シリコンの関連発明の絶滅年は2030年であり[4)]，近い将来消滅することが分かっている。

図１は，2007年から2016年の10年間のパナソニックのシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-157.84x+2840$　寄与率 $R^2=0.983$ であり，非常に良い相関関係がみられた。なお，横軸は西暦から2000を引き算したものを使用している。その回帰式からパナソニックのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，パナソニックのシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より12年も早く絶滅することが分かった。

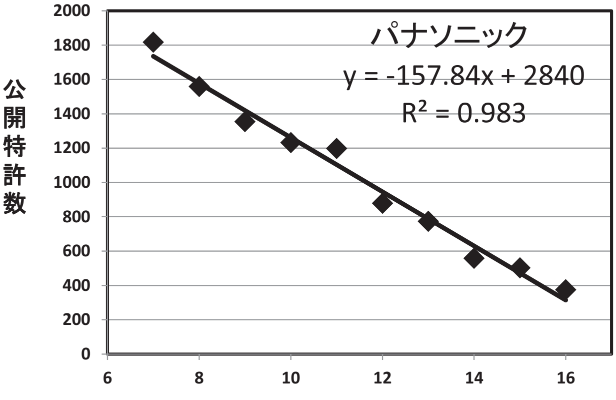


図１　パナソニックのシリコン発明の減少

4）特許庁のホームページの特許検索を利用した。

図２は，三洋電機のシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−49.806x＋783.57　寄与率R^2＝0.9484であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から三洋電機のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2016年と計算できる。すなわち，三洋電機のシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より14年も早く絶滅することが分かった。

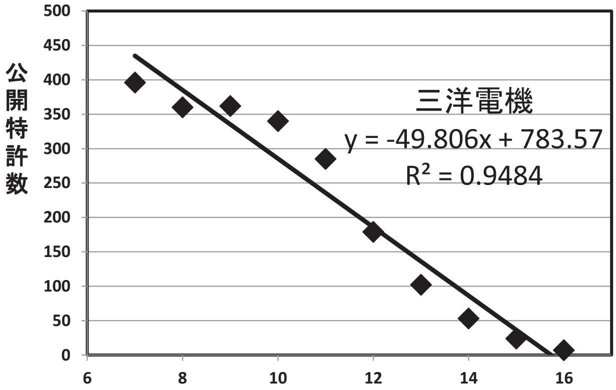


図２　三洋電機のシリコン発明の減少

図３は，ソニーのシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−97.873x＋1725　寄与率R^2＝0.9187であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からソニーのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，ソニーのシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より12年も早く絶滅することが分かった。

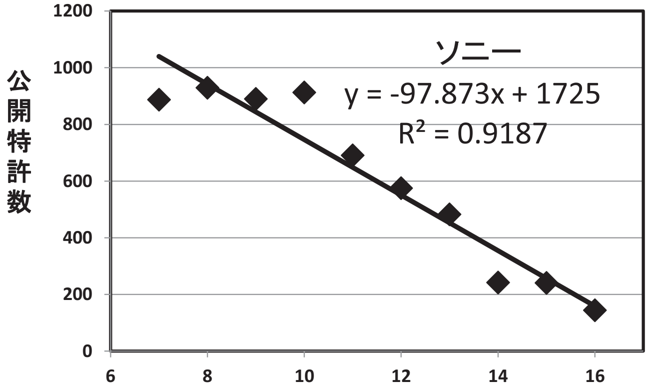


図３　ソニーのシリコン発明の減少

図４は，日立製作所のシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y = -29.061x + 516.1$　寄与率$R^2 = 0.8851$であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から日立製作所のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，日立製作所のシリコンの研究開発は，シリコンの絶滅年2030年より12年も早く絶滅することが分かった。

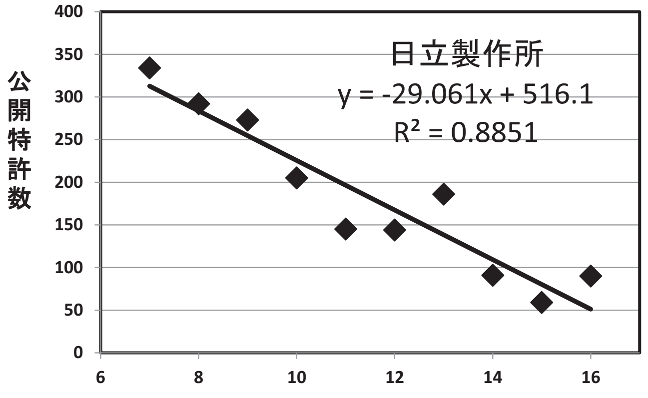


図４　日立製作所のシリコン発明の減少

図５は，富士ゼロックスのシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y = -38.358x + 698.21$　寄与率$R^2 = 0.8537$であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から富士ゼロックスのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，富士ゼロックスのシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より12年も早く絶滅することが分かった。

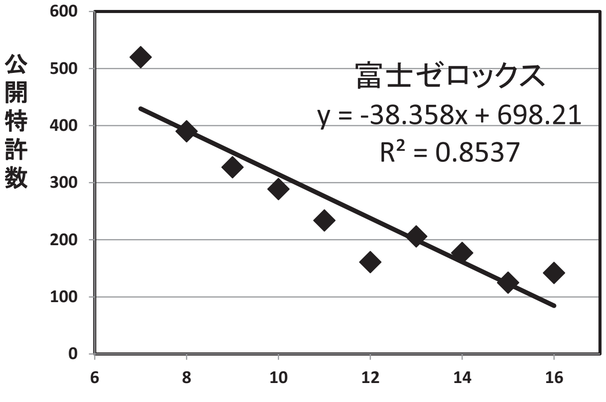


図５　富士ゼロックスのシリコン発明の減少

図６は，富士フイルムのシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−116.79x＋2232.8　寄与率R^2＝0.9036であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から富士フイルムのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，富士フイルムのシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より11年早く絶滅することが分かった。

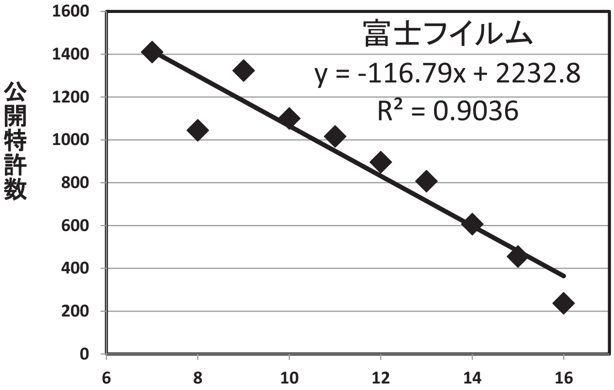


図６　富士フイルムのシリコン発明の減少

図７は，日本電気のシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−14.194x＋266.83　寄与率R^2＝0.8663であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から日本電気のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，日本電気のシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より11年早く絶滅することが分かった。

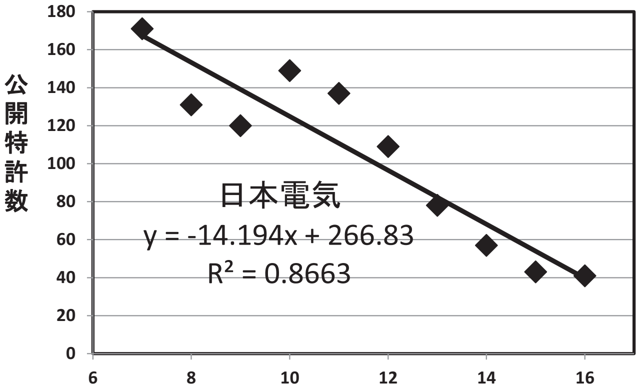


図７　日本電気のシリコン発明の減少

図８は，セイコーエプソンのシリコンに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−178.77x＋3655.8　寄与率R^2＝0.9263であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からセイコーエプソンのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，セイコーエプソンのシリコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より10年早く絶滅することが分かった。

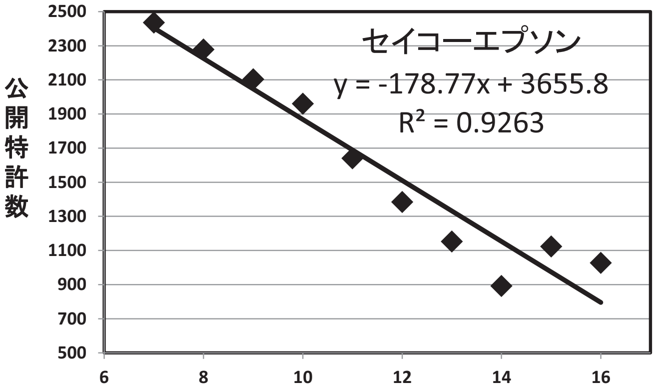


図８　セイコーエプソンのシリコン発明の減少

ルネサステクノロジーのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−74.036x＋1038.6　寄与率R^2＝0.7747であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からルネサステクノロジーのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2014年と計算できる。すなわち，ルネサステクノロジーの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より16年も早く絶滅することが分かった。

沖電気のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−18.37x＋269.35　寄与率R^2＝0.5407であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から沖電気のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2015年と計算できる。すなわち，沖電気の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より15年も早く絶滅することが分かった。

京セラミタのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−61.612x＋901.94　寄与率R^2＝0.8973であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から京セラミタのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2015年と計算できる。すなわち，京セラミタの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より15年も早く絶滅することが分かった。

コニカミノルタのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−37.903x＋582.88　寄与率R^2＝0.7891であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からコニカミノルタのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2015年と計算できる。すなわち，コ

ニカミノルタの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より15年も早く絶滅することが分かった。

日立ディスプレイのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−25.939x＋384.9　寄与率R^2＝0.8487であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日立ディスプレイのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2015年と計算できる。すなわち，日立ディスプレイの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より15年も早く絶滅することが分かった。

カシオ計算機のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−27.236x＋430.02　寄与率R^2＝0.817であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からカシオ計算機のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2016年と計算できる。すなわち，カシオ計算機の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より14年早く絶滅することが分かった。

日産自動車のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−11.879x＋203.41　寄与率R^2＝0.6303であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日産自動車のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2017年と計算できる。すなわち，日産自動車の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より13年早く絶滅することが分かった。

日立電線のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−6.8x＋115.8　寄与率R^2＝0.6704であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日立電線のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2017年と計算できる。すなわち，日立電線の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より13年早く絶滅することが分かった。

アルプス電気のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−5.2182x＋99.709　寄与率R^2＝0.5341であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からアルプス電気のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，アルプス電気の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より11年早く絶滅することが分かった。

富士通のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−36.073x＋706.44　寄与率R^2＝0.7169であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から富士通のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，富士通の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より10年早く絶滅することが分かった。

シャープのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−63.364x＋1337　寄与率R^2＝0.718であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からシャープのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，シャープの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より９年早く絶滅することが分かった。

TDKのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−9.4485x＋204.56　寄与率R^2＝0.715であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からTDK

のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2022年と計算できる。すなわち，TDKの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より８年早く絶滅することが分かった。

キヤノンのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-64.552x+1623.8$　寄与率$R^2=0.7553$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からキヤノンのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2025年と計算できる。すなわち，キヤノンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より５年早く絶滅することが分かった。

トヨタ自動車のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-20.479x+522.21$　寄与率$R^2=0.5519$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からトヨタ自動車のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2025年と計算できる。すなわち，トヨタ自動車の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より５年早く絶滅することが分かった。

東芝のシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-85.352x+2176.6$　寄与率$R^2=0.774$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から東芝のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2026年と計算できる。すなわち，東芝の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より４年早く絶滅することが分かった。

リコーのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は$y=-40.273x+1075.6$　寄与率$R^2=0.7909$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からリコーのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2027年と計算できる。すなわち，リコーの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より３年早く絶滅することが分かった。

京セラのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-16.279x+465.21$　寄与率$R^2=0.6926$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から京セラのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2029年と計算できる。すなわち，京セラの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年より１年早く絶滅することが分かった。

デンソーのシリコンに関する研究開発数は，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-5.473x+466.84$　寄与率$R^2=0.4683$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からデンソーのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2030年と計算できる。すなわち，デンソーの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年と同時期に絶滅することが分かった。

ニコンのシリコンに関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，$y=-13.824x+422.88$　寄与率$R^2=0.3026$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からニコンのシリコンに関する研究開発の絶滅年は2031年と計算できる。すなわち，ニコンの研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年の１年後に絶滅することが分かった。

日本電信電話のシリコンに関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，$y=-2.4242x+158.08$　寄与率$R^2=0.4089$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日本電信電話のシリコンに関する研究開発の絶滅年は2065年と計算できる。すなわち，日本電信電

話の研究開発は，すべてのシリコンの絶滅年2030年の35年後に絶滅することが分かった。

図９は，半導体エネルギー研究所のシリコンに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，$y = 108.27x - 430.27$　寄与率 $R^2 = 0.8952$ であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，半導体エネルギー研究所の研究開発は，シリコンの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，半導体エネルギー研究所のシリコンに関する発明は，特開2013-89832「シリコン基板の加工方法」，特開2012-89708「微結晶シリコン膜の作製方法，半導体装置の作製方法」，特開2011-258937「微結晶シリコン膜及びその作製方法，並びに半導体装置」などがある。

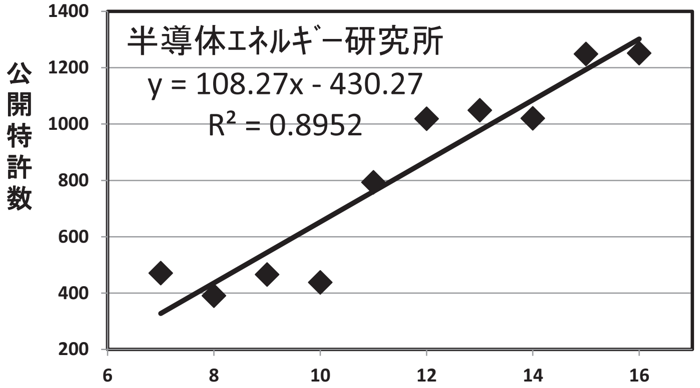


図９　半導体エネルギー研究所のシリコン発明の増加

日立国際電気の回帰式は，$y = -8.5394x + 246.7$　寄与率 $R^2 = 0.253$ であり，住友電気工業の回帰式は，$y = -4.7394x + 292.5$　寄与率 $R^2 = 0.1575$ であり，信越化学工業の回帰式は，$y = -0.2727x + 157.44$　寄与率 $R^2 = 0.0032$ であり，三菱電機の回帰式は，$y = 6.097x + 291.48$　寄与率 $R^2 = 0.1083$ であり，東京エレクトロンの回帰式は，$y = 0.6848x + 285.42$　寄与率 $R^2 = 0.0128$ であった。これら５社は寄与率が非常に小さく相関関係がないので，本論文では変化なしとする。

つまり，34社のシリコンに関する研究開発企業を調査した結果，26社の絶滅年がシリコンの絶滅年2030年より短く，２社の絶滅年が長く，増加傾向にある企業が１社あることが分かった。その他の５社は相関関係がみられず絶滅年を推定できなかった。増加企業の比率は，１社÷(26社＋２社＋１社)＝3.4％であった。

2−2　白金に関する企業別研究開発

白金の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -405.45x + 14838$　寄与率 $R^2 = 0.954$ に従い，その絶滅年は2037年であり，近い将来消滅することが分かっている。

図10は，2007年から2016年の10年間のJSRの白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−9.1273x＋147.96　寄与率R^2＝0.8141であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からJSRの白金に関する研究開発の絶滅年は2016年と計算できる。すなわち，JSRの白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より21年も早く絶滅することが分かった。

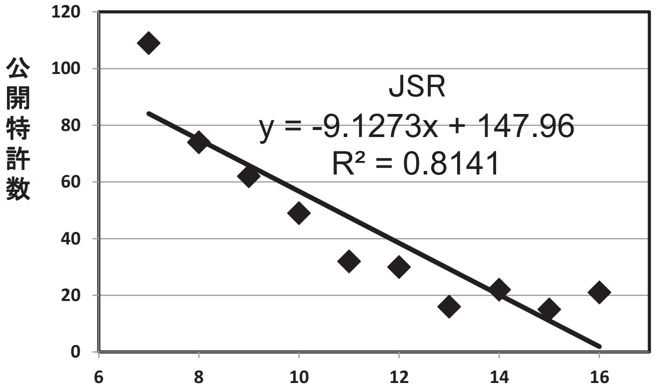


図10　JSRの白金発明の減少

図11は，パナソニックの白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−40.909x＋689.45　寄与率R^2＝0.945であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からパナソニックの白金に関する研究開発の絶滅年は2017年と計算できる。すなわち，パナソニックの白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より20年も早く絶滅することが分かった。

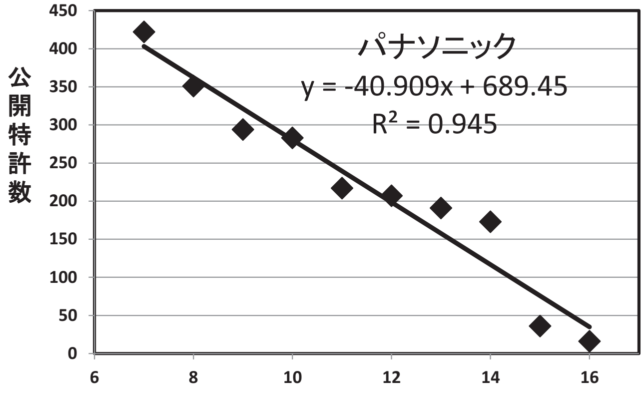


図11　パナソニックの白金発明の減少

図12は，富士フイルムの白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−42.042x＋749.59　寄与率R^2＝0.8987であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から富士フイルムの白金に関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，富士フイルムの白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より19年も早く絶滅することが分かった。

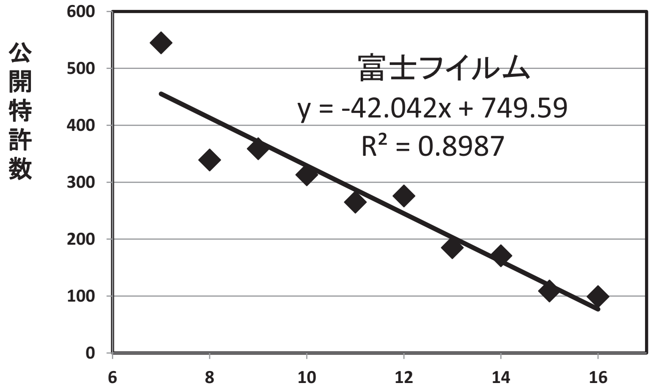


図12　富士フイルムの白金発明の減少

図13は，ソニーの白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−27.17x＋503.15　寄与率R^2＝0.862であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からソニーの白金に関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，ソニーの白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より18年も早く絶滅することが分かった。

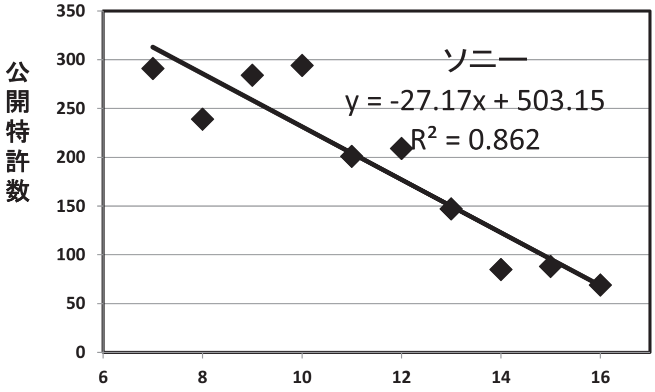


図13　ソニーの白金発明の減少

図14は，キヤノンの白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−19.758x＋394.61　寄与率R^2＝0.8531であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からキヤノンの白金に関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，キヤノンの白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より17年も早く絶滅することが分かった。

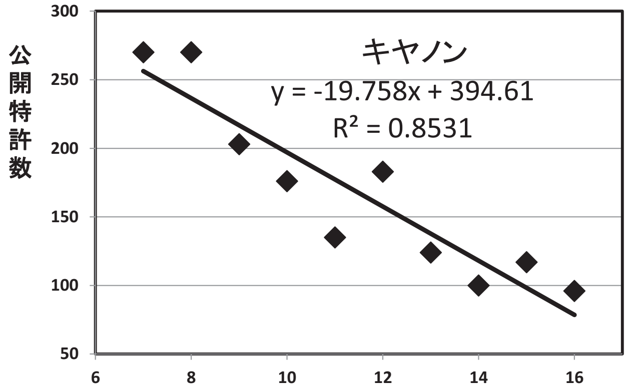


図14　キヤノンの白金発明の減少

図15は，産業技術総合研究所の白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−11.188x＋235.46　寄与率R^2＝0.8378であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から産業技術総合研究所の白金に関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，産業技術総合研究所の白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より16年も早く絶滅することが分かった。

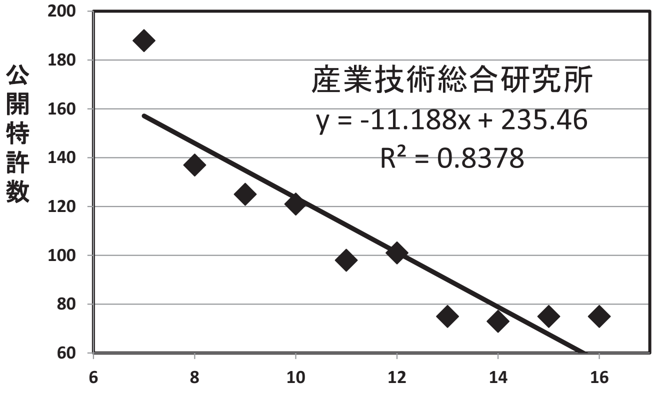


図15　産業技術研究所の白金発明の減少

図16は，豊田中央研究所の白金に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−5.297x＋122.12　寄与率R^2＝0.8078であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から豊田中央研究所の白金に関する研究開発の絶滅年は2023年と計算できる。すなわち，豊田中央研究所の白金の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より14年も早く絶滅することが分かった。

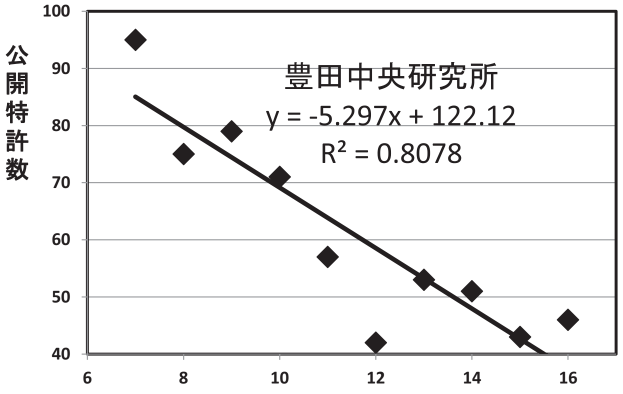


図16　豊田中央研究所の白金発明の減少

トヨタ自動車の白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−51.018x＋1031.9　寄与率R^2＝0.6963であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からトヨタ自動車の白金に関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，トヨタ自動車の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より17年も早く絶滅することが分かった。

日本電信電話の白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−2.9333x＋61.533　寄与率R^2＝0.7507であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日本電信電話の白金に関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，日本電信電話の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より16年も早く絶滅することが分かった。

アイシン精機の白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−2.1576x＋47.612　寄与率R^2＝0.4376であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からアイシン精機の白金に関する研究開発の絶滅年は2022年と計算できる。すなわち，アイシン精機の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より15年も早く絶滅することが分かった。

三菱マテリアルの白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−2.8061x＋61.57　寄与率R^2＝0.464であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三菱マテリアルの白金に関する研究開発の絶滅年は2022年と計算できる。すなわち，三菱マテリアルの研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より15年も早く絶滅することが分かった。

旭化成ケミカルズの白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝－2.2788x＋55.606　寄与率 R^2＝0.4079であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から旭化成ケミカルズの白金に関する研究開発の絶滅年は2024年と計算できる。すなわち，旭化成ケミカルズの研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より13年も早く絶滅することが分かった。

東芝の白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝－11.836x＋340.82　寄与率 R^2＝0.4896であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から東芝の白金に関する研究開発の絶滅年は2029年と計算できる。すなわち，東芝の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より８年早く絶滅することが分かった。

凸版印刷の白金に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝－4.2909x＋139.75　寄与率 R^2＝0.3919であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から凸版印刷の白金に関する研究開発の絶滅年は2033年と計算できる。すなわち，凸版印刷の研究開発は，すべての白金の絶滅年2037年より４年早く絶滅することが分かった。

図17は，クラレの白金に関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y = 3.7636x − 12.182　寄与率 R^2＝0.6854であり，良い相関関係がみられた。すなわち，クラレの研究開発は，白金の研究開発の減少傾向とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，クラレの白金に関する特許は，特開2010-138430「金属回収資材及び白金族金属の回収方法」などがある。

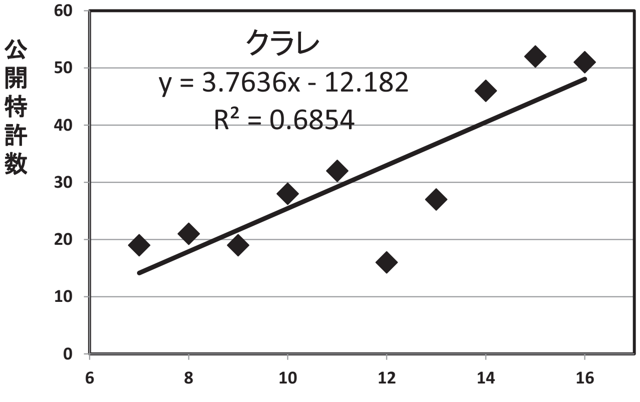


図17　クラレの白金発明の増加

日本電気硝子の白金に関する研究開発数は，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y = 4.2545x＋43.873　寄与率 R^2＝0.6488であり，良い相関関係がみられた。すなわち，日本電気硝子の研究開発は，白金の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。日本電気硝子の白金に関する特許は，特開2010-188299「白金

材料容器の乾燥被膜及び焼成被膜の形成方法」などがある。

本田技研の白金に関する研究開発の回帰式は，y＝−1.2848x＋159.78　寄与率R^2＝0.0153であり，日東電工の回帰式は，y＝4.4909x＋31.855　寄与率R^2＝0.2737であり，旭硝子の回帰式は，y＝1.8242x＋51.121　寄与率R^2＝0.1696 であり，大日本印刷の回帰式は，y＝3.9576x＋78.388　寄与率R^2＝0.1418であり，信越化学の回帰式は，y＝1.1879x＋129.14　寄与率R^2＝0.0447であった。これら５社は寄与率が非常に小さく相関関係がなく，本論文では変化なしとする。

つまり，21社の白金に関する研究開発企業を調査した結果，14社の絶滅年がすべての白金の絶滅年2037年より短く，２社は研究開発を増加させていることが分かった。その他の５社は相関関係がみられず絶滅年を推定できなかった。増加企業の比率は，２社÷(14社＋２社)＝12.5％であった。

2−3　銀に関する企業別研究開発

銀の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式y＝−539.42x＋22286　寄与率R^2＝0.8823に従い，その絶滅年は2041年であり，近い将来消滅することが分かっている。

図18は，2007年から2016年の10年間の富士フイルムの銀に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−69.709x＋1176.9　寄与率R^2＝0.9366であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から富士フイルムの銀に関する研究開発の絶滅年は2017年と計算できる。すなわち，富士フイルムの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より24年も早く絶滅することが分かった。

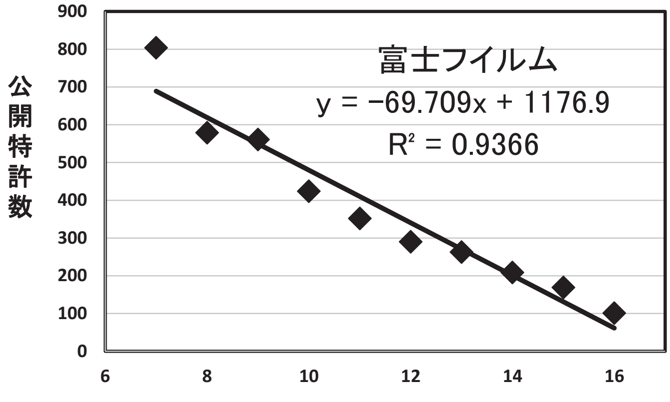


図18　富士フイルムの銀の発明の減少

図19は，日立製作所の銀に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−16.606x＋291.97　寄与率R^2＝0.9384であり，非常に良い相関関係がみられ

た。その回帰式から日立製作所の銀に関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，日立製作所の銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より23年も早く絶滅することが分かった。

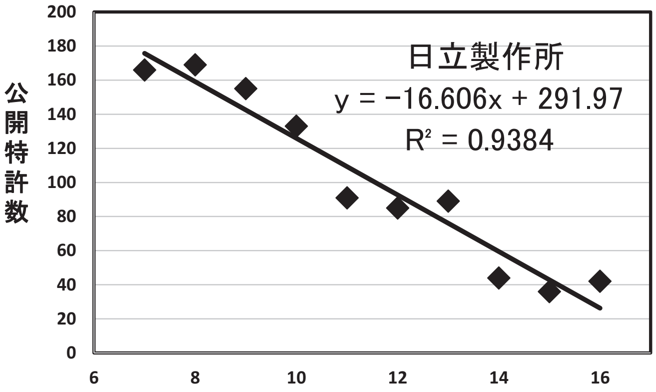


図19　日立製作所の銀の発明の減少

図20は，ソニーの銀に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−51.303x＋907.28　寄与率 R^2＝0.9172であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からソニーの銀に関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，ソニーの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より23年も早く絶滅することが分かった。

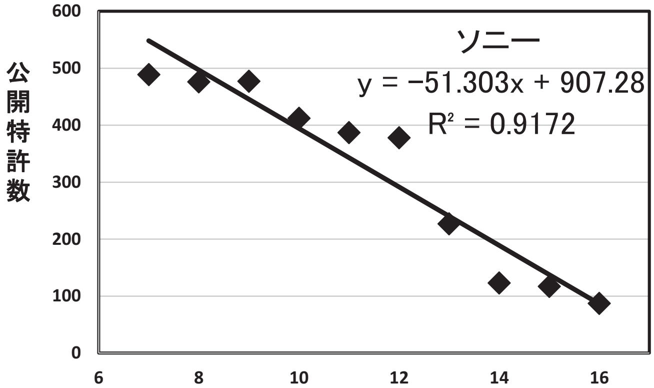


図20　ソニーの銀の発明の減少

図21は，オリンパスの銀に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−14.267x＋253.27　寄与率 R^2＝0.9139であり，非常に良い相関関係がみられ

た。その回帰式からオリンパスの銀に関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，オリンパスの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より23年も早く絶滅することが分かった。

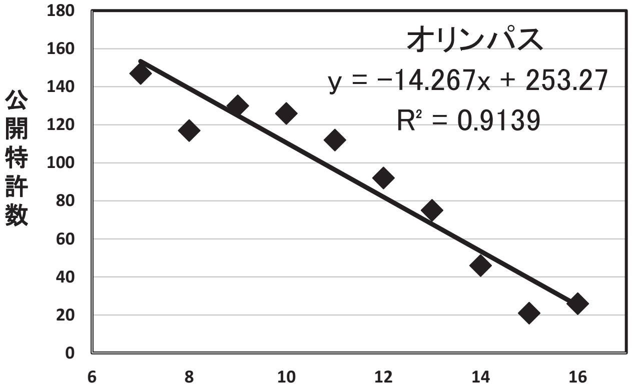


図21　オリンパスの銀の発明の減少

三井化成の銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−11.352x＋186.24　寄与率R^2＝0.5109であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三井化成の銀に関する研究開発の絶滅年は2016年と計算できる。すなわち，三井化成の銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より25年も早く絶滅することが分かった。

三菱製紙の銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−5.1818x＋98.491　寄与率R^2＝0.7172であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三菱製紙の銀に関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，三菱製紙の銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より22年も早く絶滅することが分かった。

JSRの銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−3.8182x＋74.309　寄与率R^2＝0.6975であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からJSRの銀に関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，JSRの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より22年も早く絶滅することが分かった。

コニカミノルタの銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−40.497x＋767.52　寄与率R^2＝0.6828であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からコニカミノルタの銀に関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，コニカミノルタの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より22年も早く絶滅することが分かった。

三井金属鉱業の銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−2.2424x＋44.788　寄与率R^2＝0.543であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三井金属鉱業

の銀に関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，三井金属鉱業の銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より21年も早く絶滅することが分かった。

富士ゼロックスの銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−20.909x＋437.65　寄与率 R^2＝0.7682であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から富士ゼロックスの銀に関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，富士ゼロックスの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より20年も早く絶滅することが分かった。

太平洋セメントの銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−0.5636x＋13.182　寄与率 R^2＝0.3116であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から太平洋セメントの銀に関する研究開発の絶滅年は2023年と計算できる。すなわち，太平洋セメントの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より18年も早く絶滅することが分かった。

三菱マテリアルの銀に関する研究開発数は減少している。直線による回帰式は，y＝−2.7758x＋88.521　寄与率 R^2＝0.4048であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三菱マテリアルの銀に関する研究開発の絶滅年は2032年と計算できる。すなわち，三菱マテリアルの銀の研究開発は，すべての銀の絶滅年2041年より９年早く絶滅することが分かった。

図22は，東ソーの銀に関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝2.7273x−3.9636　寄与率 R^2＝0.5487であり，良い相関関係がみられた。すなわち，東ソーの研究開発は，銀の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，東ソーの銀に関する特許は，特開2016-166382「銀の回収方法」などがある。

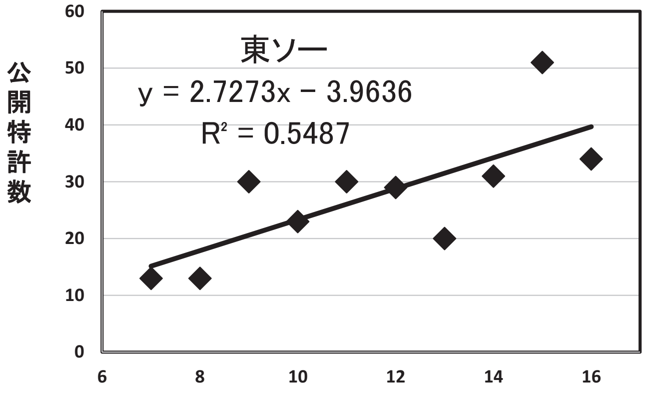


図22　東ソーの銀の発明の増加

日立化成の銀に関する研究開発数は，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝26.517x−250.64　寄与率 R^2＝0.7974であり，非常に良い相関関係がみられた。す

なわち，日立化成の研究開発は，銀の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，日立化成の銀に関する特許は，特開2016-169411「多孔質銀製シート及び多孔質銀製シートを用いた金属製部材接合体」などである。

ノリタケの銀に関する研究開発数は，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，$y = 1.2x + 0.6$　寄与率 $R^2 = 0.4901$ であり，良い相関関係がみられた。すなわち，ノリタケの研究開発は，銀の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，ノリタケの銀に関する特許は，特開2015-209555「銀ナノワイヤおよびその製造方法」などである。

京セラの銀に関する研究開発の回帰式は，$y = -8.9697x + 425.55$　寄与率 $R^2 = 0.2793$ であり，三菱重工の回帰式は，$y = -0.8242x + 32.679$　寄与率 $R^2 = 0.27$ であり，アルプス電気の回帰式は，$y = -3.103x + 73.285$　寄与率 $R^2 = 0.2559$ であり，カシオの回帰式は，$y = -2.8667x + 99.067$　寄与率 $R^2 = 0.1113$ であり，電力中央の回帰式は，$y = -0.2242x + 8.6788$　寄与率 $R^2 = 0.0554$ であり，ダイセルの回帰式は，$y = 1.5333x - 2.1333$　寄与率 $R^2 = 0.2842$ であり，東芝の回帰式は，$y = 5.1758x + 179.88$　寄与率 $R^2 = 0.2401$ であり，田中貴金属の回帰式は，$y = 0.7697x + 2.2485$　寄与率 $R^2 = 0.1791$ であり，日本写真印刷の回帰式は，$y = 1.297x + 14.485$　寄与率 $R^2 = 0.0743$ であった。これら９社は寄与率が非常に小さく相関関係がなく，本論文では変化なしとする。

つまり，24社の銀に関する研究開発企業を調査した結果，12社の絶滅年がすべての銀の絶滅年2041年より短く，逆に３社は研究開発を増加させていることが分かった。その他の９社は相関関係がみられず絶滅年を推定できなかった。増加企業の比率は，３社÷(12社＋３社)＝20.0％であった。

３章　比較的長い期間をかけて絶滅する研究開発

３−１　亜鉛に関する企業別研究開発

亜鉛の関連発明の数は年々減少している。その直線の回帰式は $y = -485.95x + 26126$　寄与率 $R^2 = 0.903$ に従い，その絶滅年は2054年である。亜鉛に関する研究開発は，比較的長い期間にわたり減少傾向が継続する可能性が高い。

図23は，2007年から2016年の10年間のパナソニックの亜鉛に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y = -58.479x + 1027.8$　寄与率 $R^2 = 0.8581$ であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からパナソニックの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，パナソニックの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より36年も早く絶滅することが分かった。

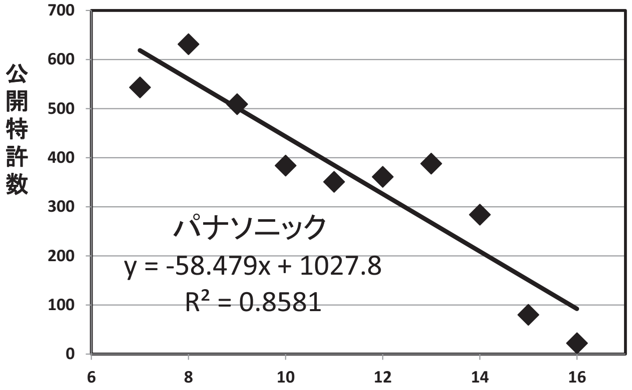


図23　パナソニックの亜鉛発明の減少

図24は，本田技研の亜鉛に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−5.503x＋101.28　寄与率R^2＝0.8311であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から本田技研の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，本田技研の亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より36年も早く絶滅することが分かった。

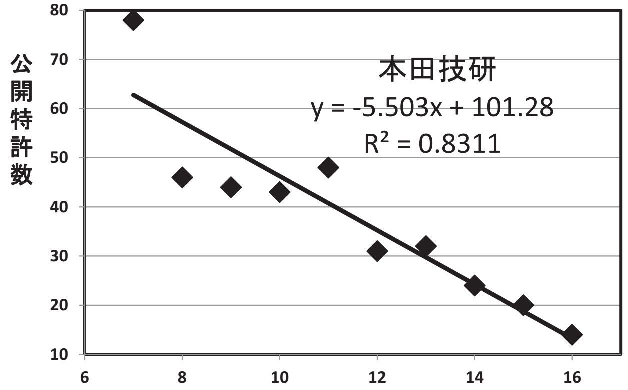


図24　本田技研の亜鉛発明の減少

図25は，富士フイルムの亜鉛に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−100.76x＋1874.6　寄与率R^2＝0.9458であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から富士フイルムの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，富士フイルムの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より35年も早く絶滅することが分かった。

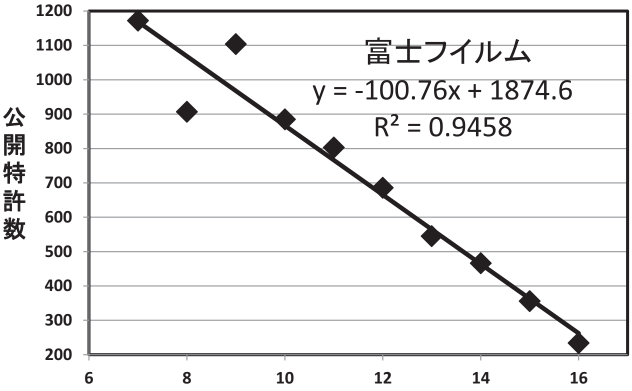


図25　富士フイルムの亜鉛発明の減少

図26は，ブリヂストンの亜鉛に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−37.018x＋694.31　寄与率R^2＝0.843であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からブリヂストンの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，ブリヂストンの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より35年も早く絶滅することが分かった。

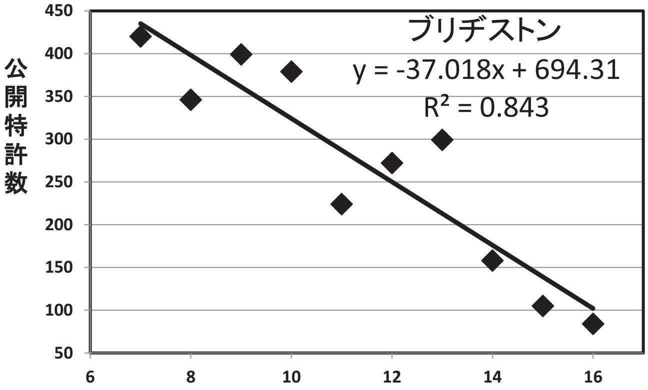


図26　ブリヂストンの亜鉛発明の減少

図27は，ソニーの亜鉛に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−30.897x＋603.72　寄与率R^2＝0.87であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からソニーの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，ソニーの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より34年も早く絶滅することが分かった。

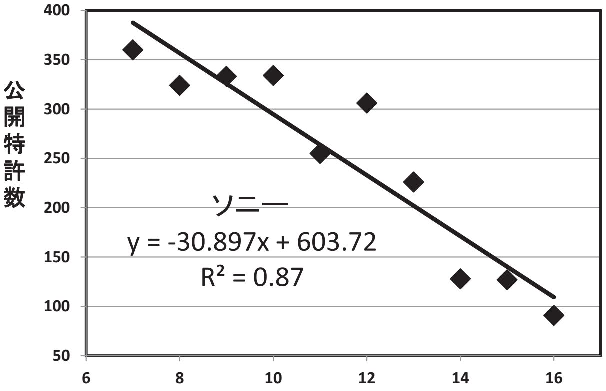


図27　ソニーの亜鉛発明の減少

図28は，富士ゼロックスの亜鉛に関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−33.527x＋698.16　寄与率R^2＝0.7672であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から富士ゼロックスの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，富士ゼロックスの亜鉛の研究開発は，すべての銀の絶滅年2054年より33年も早く絶滅することが分かった。

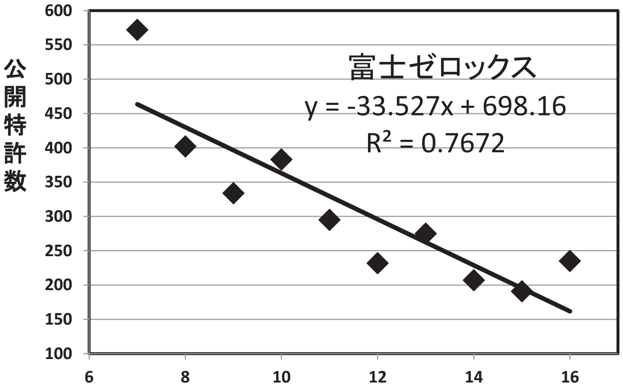


図28　富士ゼロックスの亜鉛発明の減少

日産自動車の亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−7.7879x＋153.46　寄与率R^2＝0.4457であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日産自動車の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，日産自動車の亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より34年も早く絶滅することが分かった。

日立製作所の亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝

−4.3515x＋96.242　寄与率R^2＝0.6462であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日立製作所の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2022年と計算できる。すなわち，日立製作所の亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より32年も早く絶滅することが分かった。

JFEスチールの亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−12.673x＋316.44　寄与率R^2＝0.5739であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からJFEスチールの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2025年と計算できる。すなわち，JFEスチールの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より29年も早く絶滅することが分かった。

新日鐵住金の亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−6.7758x＋197.12　寄与率R^2＝0.6425であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から新日鐵住金の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2029年と計算できる。すなわち，新日鐵住金の亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より25年も早く絶滅することが分かった。

豊田中央研究所の亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−2.4121x＋71.339　寄与率R^2＝0.716であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から豊田中央研究所の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2030年と計算できる。すなわち，豊田中央研究所の亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より24年も早く絶滅することが分かった。

カネカの亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−7.8242x＋237.48　寄与率R^2＝0.4646であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からカネカの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2030年と計算できる。すなわち，カネカの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より24年も早く絶滅することが分かった。

三菱レイヨンの亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−3.3273x＋107.76　寄与率R^2＝0.4683であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三菱レイヨンの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2032年と計算できる。すなわち，三菱レイヨンの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より22年も早く絶滅することが分かった。

宇部興産の亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−3.2061x＋101.37　寄与率R^2＝0.332であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から宇部興産の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2032年と計算できる。すなわち,宇部興産の亜鉛の研究開発は,すべての亜鉛の絶滅年2054年より22年も早く絶滅することが分かった。

キヤノンの亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−14.479x＋560.01　寄与率R^2＝0.5074であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からキヤノンの亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2039年と計算できる。すなわち，キヤノンの亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より15年早く絶滅することが分かった。

トヨタ自動車の亜鉛に関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−4.4424x＋189.79　寄与率R^2＝0.4883であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からトヨ

タ自動車の亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2043年と計算できる。すなわち，トヨタ自動車の亜鉛の研究開発は，すべての亜鉛の絶滅年2054年より11年早く絶滅することが分かった。

図29は，積水化学工業（以下は積水化学）の亜鉛に関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝18.17x－32.352　寄与率R^2＝0.7509であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，積水化学の研究開発は，亜鉛の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，積水化学の亜鉛に関する特許は，特開2011-11932「合わせガラス用中間膜，合わせガラス，及び，酸化亜鉛微粒子分散液」などである。

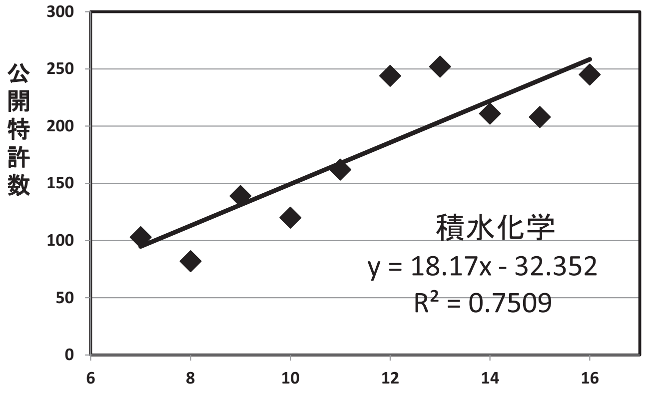


図29　積水化学の亜鉛発明の増加

図30は，ロート製薬の亜鉛に関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝4.5576x－14.212　寄与率R^2＝0.6764であり，良い

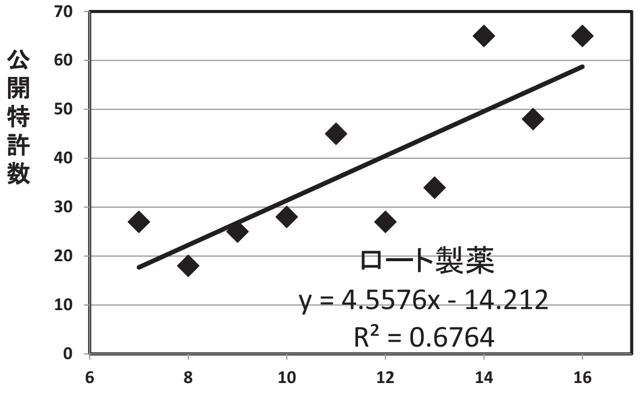


図30　ロート製薬の亜鉛発明の増加

相関関係がみられた。すなわち，ロート製薬の研究開発は，亜鉛の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，ロート製薬の亜鉛に関する特許は，WO2011/129370「ヒアルロン酸金属塩の製造方法，ヒアルロン酸金属塩を含む化粧品の製造方法，ならびにヒアルロン酸亜鉛およびその製造方法」などである。

図31は，住友金属鉱山の亜鉛に関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝4.0727x＋28.964　寄与率R^2＝0.6149であり，良い相関関係がみられた。すなわち，住友金属鉱山の研究開発は，亜鉛の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，住友金属鉱山の亜鉛に関する特許は，特開2016-166381「酸化亜鉛鉱の製造方法」などである。

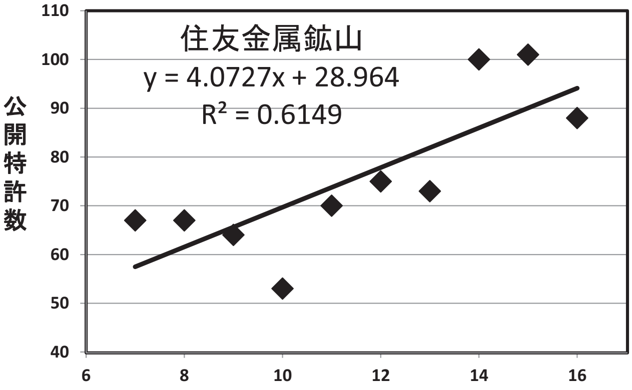


図31　住友金属鉱山の亜鉛発明の増加

クラレの亜鉛に関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式は，y＝4.6364x＋18.982　寄与率R^2＝0.6107であり，良い相関関係がみられた。すなわち，クラレの研究開発は，亜鉛の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，クラレの亜鉛に関する特許は，特開2012-197370「硫化亜鉛蛍光体粒子」などである。

味の素の亜鉛に関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式は，y＝3.2x－6　寄与率R^2＝0.5626であり，良い相関関係がみられた。すなわち，味の素の研究開発は，亜鉛の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，味の素の亜鉛に関する特許は，特開2013-48558「酸可溶性亜鉛を高含有する野菜」などである。

日本化薬の亜鉛に関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式は，y＝5.0424x＋1.8121　寄与率R^2＝0.5432であり，良い相関関係がみられた。すなわち，日本化薬の研究開発は，亜鉛の研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

三菱マテリアルの亜鉛に関する研究開発の回帰式は，y＝−3.6x＋89.6　寄与率 R^2＝0.2807であり，神戸製鋼所の回帰式は，y＝−3.1758x＋137.52　寄与率 R^2＝0.2517であり，出光興産の回帰式は，y＝-4.3636x＋167.78　寄与率 R^2＝0.2439であり，旭硝子の回帰式は，y＝1.4242x＋50.721　寄与率 R^2＝0.1092であった。これら4社は寄与率が非常に小さく相関関係がなく，本論文では変化なしとする。

つまり，26社の亜鉛に関する研究開発企業を調査した結果，16社の絶滅年がすべての亜鉛の絶滅年2054年より短く，逆に，６社は研究開発を増加させていることが分かった。その他の４社は相関関係がみられず絶滅年を推定できなかった。増加企業の比率は，６社÷(16社＋６社)＝27.3％であった。

3−2　アルミニウムに関する企業別研究開発

アルミニウムの関連発明の数は年々減少している。その直線の回帰式y＝−963.32x＋54701　寄与率 R^2＝0.8238に従い，その絶滅年は2057年である。アルミニウムに関する研究開発は，比較的長い期間にわたり減少傾向が継続する可能性が高い。

図32は，2007年から2016年の10年間の電気化学工業のアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−15.073x＋267.44　寄与率 R^2＝0.8356であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から電気化学工業のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，電気化学工業のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より39年も早く絶滅することが分かった。

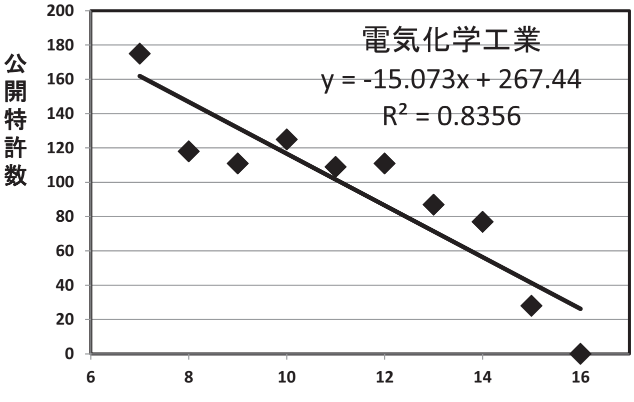


図32　電気化学工業のアルミニウム発明の減少

図33は，日立製作所のアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−45.4x＋830.6　寄与率 R^2＝0.8337であり，非常に良い相関関係がみ

られた。その回帰式から日立製作所のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，日立製作所のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より39年も早く絶滅することが分かった。

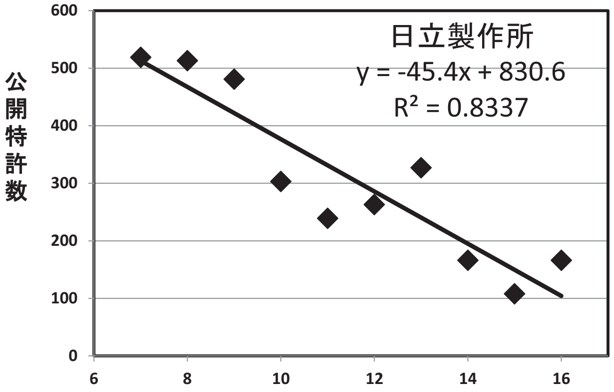


図33　日立製作所のアルミニウム発明の減少

図34は，昭和電工のアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-36.945x+703.27$　寄与率$R^2=0.8016$であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から昭和電工のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2019年と計算できる。すなわち，昭和電工のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より38年も早く絶滅することが分かった。

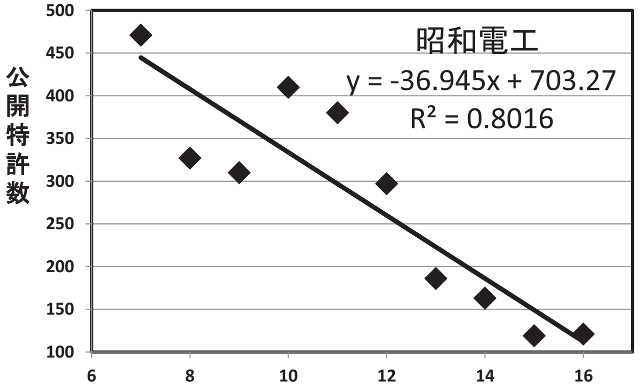


図34　昭和電工のアルミニウム発明の減少

図35は，東洋製罐（以下は東洋製缶）のアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著

しく減少している。直線による回帰式は，y = −5.6242x + 112.48　寄与率 R^2 = 0.78であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から東洋製缶のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2020年と計算できる。すなわち，東洋製缶のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より37年も早く絶滅することが分かった。

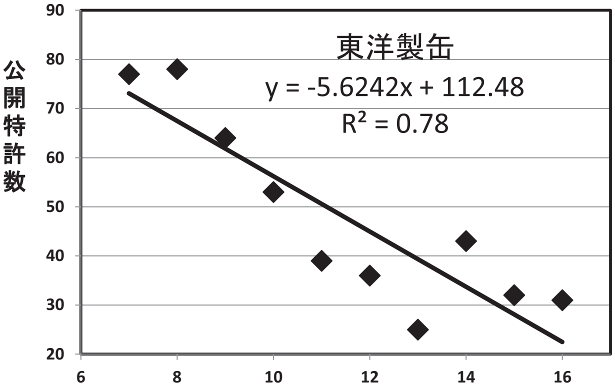


図35　東洋製缶のアルミニウム発明の減少

図36は，パナソニックのアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y = −191.02x + 3943.5　寄与率 R^2 = 0.99であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からパナソニックのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，パナソニックのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より36年も早く絶滅することが分かった。

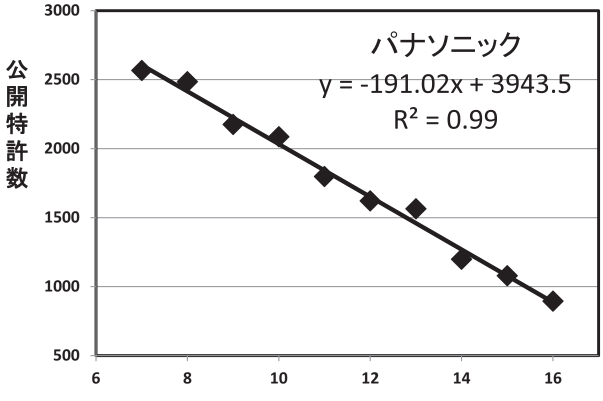


図36　パナソニックのアルミニウム発明の減少

図37は，東レのアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-45.891x+968.75$　寄与率$R^2=0.8262$であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から東レのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，東レのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より36年も早く絶滅することが分かった。

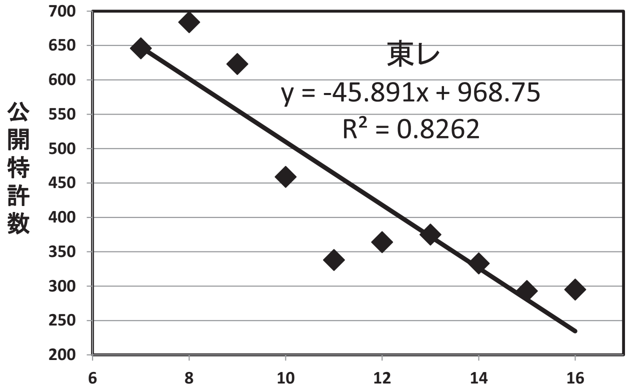


図37　東レのアルミニウム発明の減少

図38は，JSRのアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-23.697x+538.52$　寄与率$R^2=0.8231$であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からJSRのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2023年と計算できる。すなわち，JSRのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より34年も早く絶滅することが分かった。

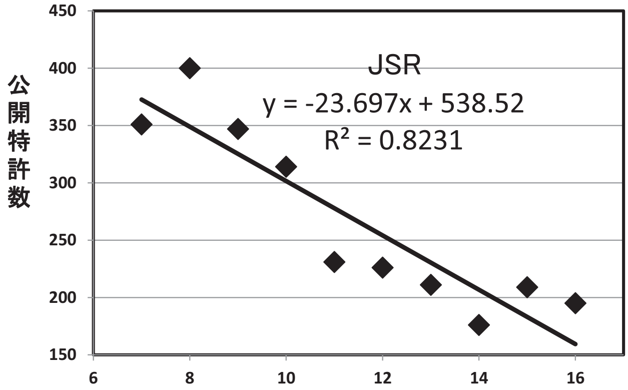


図38　JSRのアルミニウム発明の減少

図39は，セイコーエプソンのアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−105.05x＋2541.4　寄与率R^2＝0.9042であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からセイコーエプソンのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2024年と計算できる。すなわち，セイコーエプソンのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より33年も早く絶滅することが分かった。

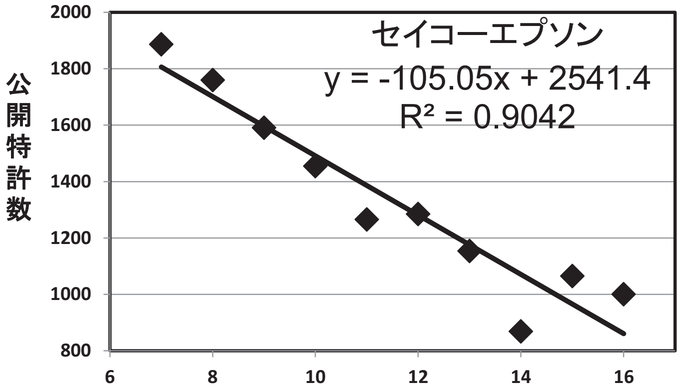


図39　セイコーエプソンのアルミニウム発明の減少

図40は，花王のアルミニウムに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−14.291x＋506.75　寄与率R^2＝0.8491であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式から花王のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2035年と計算できる。すなわち，花王のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より22年も早く絶滅することが分かった。

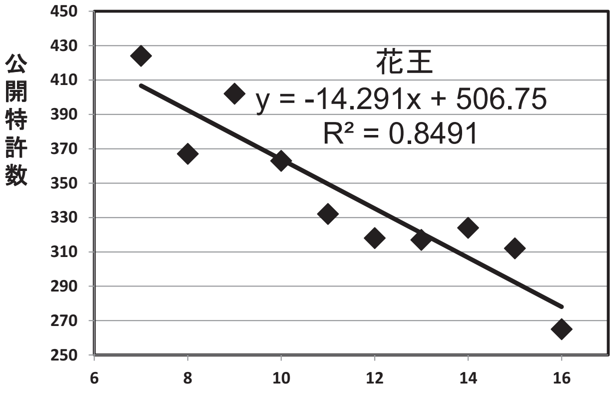


図40　花王のアルミニウム発明の減少

東海ゴムのアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−13.018x＋228.71　寄与率R^2＝0.5328であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から東海ゴムのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，東海ゴムのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より39年も早く絶滅することが分かった。

日産自動車のアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−29.242x＋621.79　寄与率R^2＝0.5278であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から日産自動車のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，日産自動車のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より36年も早く絶滅することが分かった。

富士ゼロックスのアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−50.376x＋1128.3　寄与率R^2＝0.7669であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から富士ゼロックスのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2022年と計算できる。すなわち，富士ゼロックスのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より35年も早く絶滅することが分かった。

竹中工務店のアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−1.7636x＋40.582　寄与率R^2＝0.3191であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から竹中工務店のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2023年と計算できる。すなわち，竹中工務店のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より34年も早く絶滅することが分かった。

産業総合研究所のアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−16.673x＋439.84　寄与率R^2＝0.7856であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から産業総合研究所のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2026年と計算できる。すなわち，産業総合研究所のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より31年も早く絶滅することが分かった。

旭化成ケミカルズのアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−12.267x＋325.07　寄与率R^2＝0.5476であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から旭化成ケミカルズのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2026年と計算できる。すなわち，旭化成ケミカルズのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より31年も早く絶滅することが分かった。

新日鐵住金のアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−16.085x＋450.18　寄与率R^2＝0.7332であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から新日鐵住金のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2028年と計算できる。すなわち，新日

鐵住金のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より29年も早く絶滅することが分かった。

京セラのアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−26.206x＋835.77　寄与率R^2＝0.7429であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から京セラのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2032年と計算できる。すなわち，京セラのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より25年も早く絶滅することが分かった。

JFEスチールのアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−8.1212x＋289.79　寄与率R^2＝0.3497であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からJFEスチールのアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2036年と計算できる。すなわち，JFEスチールのアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より21年も早く絶滅することが分かった。

神戸製鋼所（以下は神戸製鋼）のアルミニウムに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝−7.6424x＋351.39　寄与率R^2＝0.5779であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から神戸製鋼のアルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2046年と計算できる。すなわち，神戸製鋼のアルミニウムの研究開発は，すべてのアルミニウムの絶滅年2057年より11年早く絶滅することが分かった。

図41は，三菱航空機のアルミニウムに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝2.1515x−18.242　寄与率R^2＝0.8553であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，三菱航空機の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

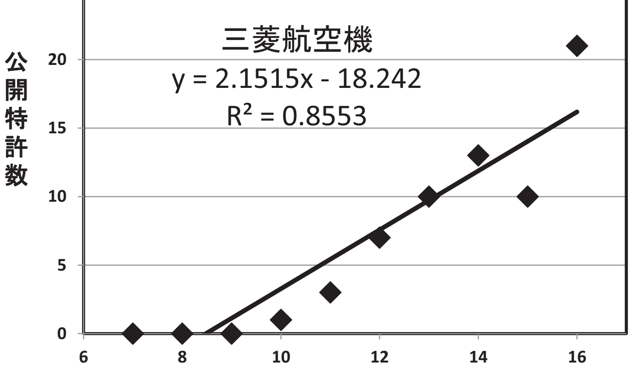


図41　三菱航空機のアルミニウム発明の増加

図42は，タツタ電線のアルミニウムに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y = 1.6848x − 13.176　寄与率 R^2 = 0.7374であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，タツタ電線の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

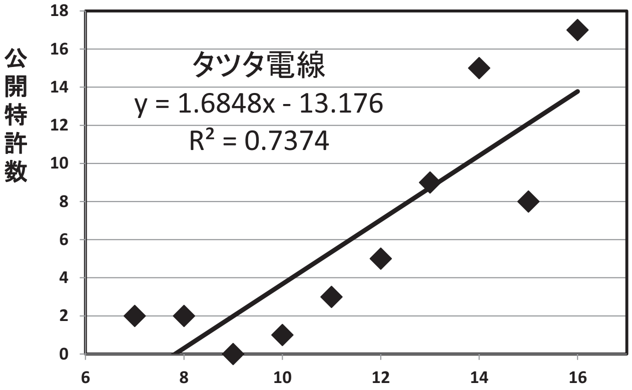


図42　タツタ電線のアルミニウム発明の増加

図43は，アイシン精機のアルミニウムに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y = 5.0485x + 43.642　寄与率 R^2 = 0.7336であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，アイシン精機の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，アイシン精機のアルミニウムに関する特許は，特開2016-60963「アルミニウム合金及びアルミニウム合金線」などである。

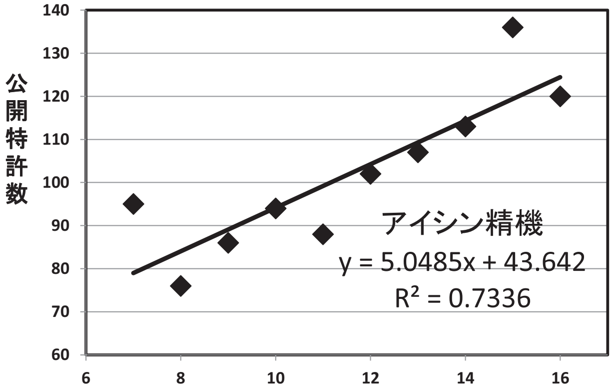


図43　アイシン精機のアルミニウム発明の増加

図44は，半導体エネルギー研究所のアルミニウムに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝109.05x－409.93　寄与率R^2＝0.8865であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，半導体エネルギー研究所の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

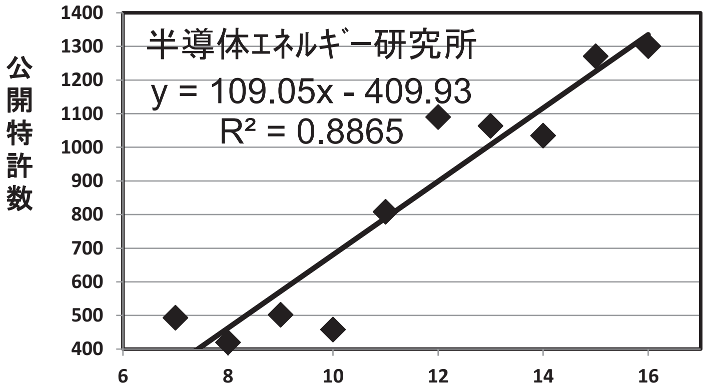


図44　半導体エネルギー研究所のアルミニウム発明の増加

図45は，日立オートモーティブのアルミニウムに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝25.618x－179.71　寄与率R^2＝0.8707であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，日立オートモーティブの研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

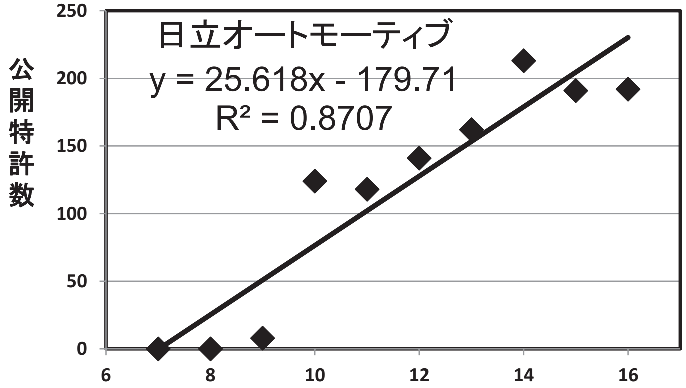


図45　日立オートモーティブのアルミニウム発明の増加

三洋物産のアルミニウムに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式はy＝30.776x－83.721　寄与率R^2＝0.7586であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，三洋物産の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

旭硝子のアルミニウムに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式はy＝14.642x＋19.212　寄与率R^2＝0.6143であり，良い相関関係がみられた。すなわち，旭硝子の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

東ソーのアルミニウムに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式はy＝8.6424x＋55.412　寄与率R^2＝0.591であり，良い相関関係がみられた。すなわち，東ソーの研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

住友電工のアルミニウムに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式は y＝28.982x＋235.71　寄与率R^2＝0.5806であり，良い相関関係がみられた。すなわち，住友電工の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

スタンレー電気のアルミニウムに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式は y＝11.594x＋20.17　寄与率R^2＝0.3226であり，良い相関関係がみられた。すなわち，スタンレー電気の研究開発は，アルミニウムの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

本田技研のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−11.485x＋501.78　寄与率R^2＝0.2617であり，東洋アルミのアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−0.6848x＋28.776寄与率R^2＝0.2599であり，日本硝子のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−4.4364x＋253.22　寄与率R^2＝0.1773であり，日本軽金属のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−2.2x＋99.6　寄与率R^2＝0.1548であり，住友化学のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−32.909x＋1015.5　寄与率R^2＝0.122であり，デンソーのアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−10.958x＋753.41　寄与率R^2＝0.1114であり，トヨタ自動車のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−15.024x＋1278.1　寄与率R^2＝0.0866であり，大和製缶のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−0.2121x＋20.539寄与率R^2＝0.0459 であり，マツダのアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−1.1394x＋105.7　寄与率R^2＝0.0164であり，昭和電線ケーブルのアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝−0.1333x＋15.933　寄与率R^2＝0.0112であり，日立金属のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝11.667x－11.067　寄与率R^2＝0.2688であり，三菱電機のアルミニウムに関する研究開発の

回帰式は，y＝8.2788x＋475.39　寄与率R^2＝0.0776であり，三菱重工のアルミニウムに関する研究開発の回帰式は，y＝0.7879x＋171.34　寄与率R^2＝0.0031であった。これら13社は寄与率が非常に小さく相関関係がなく，本論文では変化なしとする。

つまり，42社のアルミニウムに関する研究開発企業を調査した結果，19社の絶滅年がすべてのアルミニウムの絶滅年2057年より短く，逆に10社は研究開発を増加させていることが分かった。その他の13社は相関関係がみられず絶滅年を推定できなかった。増加企業の比率は，10社÷(19社＋10社)＝34.5％であった。

3−3　ニッケルに関する企業別研究開発

ニッケルの関連発明の数は年々減少している。その直線の回帰式y＝−443.53x＋25780　寄与率R^2＝0.814に従い，その絶滅年は2058年である。ニッケルに関する研究開発は，比較的長い期間にわたり減少傾向が継続する可能性が高い。

図46は，2007年から2016年の10年間のパナソニックのニッケルに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−106.38x＋1749.3　寄与率R^2＝0.9564であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からパナソニックのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2016年と計算できる。すなわち，パナソニックのニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より42年も早く絶滅することが分かった。

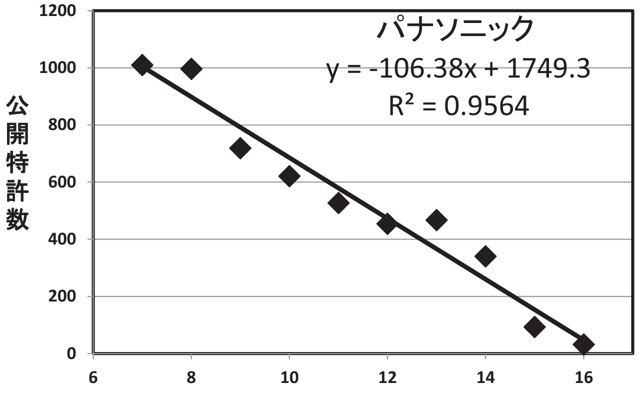


図46　パナソニックのニッケル発明の減少

図47は，ブラザー工業のニッケルに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，y＝−8.1333x＋142.93　寄与率R^2＝0.8002であり，非常に良い相関関係がみられた。その回帰式からブラザー工業のニッケルに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，ブラザー工業のニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058

年より40年も早く絶滅することが分かった。

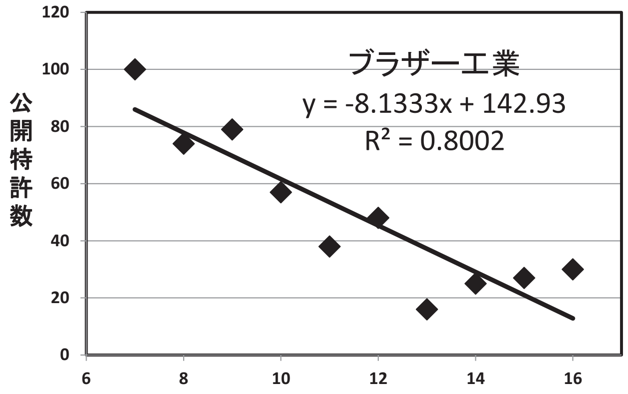


図47　ブラザー工業のニッケル発明の減少

図48は，三井金属鉱業のニッケルに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-4.7333x+82.933$　寄与率$R^2=0.6779$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式から三井金属鉱業のニッケルに関する研究開発の絶滅年は2018年と計算できる。すなわち，三井金属鉱業のニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より40年も早く絶滅することが分かった。

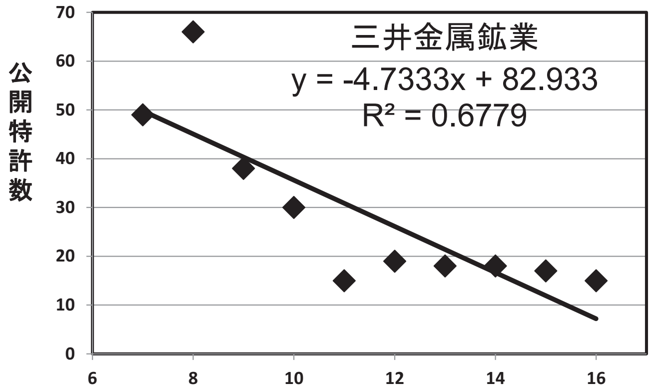


図48　三井金属鉱業のニッケル発明の減少

図49は，セイコーエプソンのニッケルに関する研究開発数の変化であり，著しく減少している。直線による回帰式は，$y=-41.085x+943.58$　寄与率$R^2=0.7716$であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からセイコーエプソンのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2023年と

計算できる。すなわち，セイコーエプソンのニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より35年も早く絶滅することが分かった。

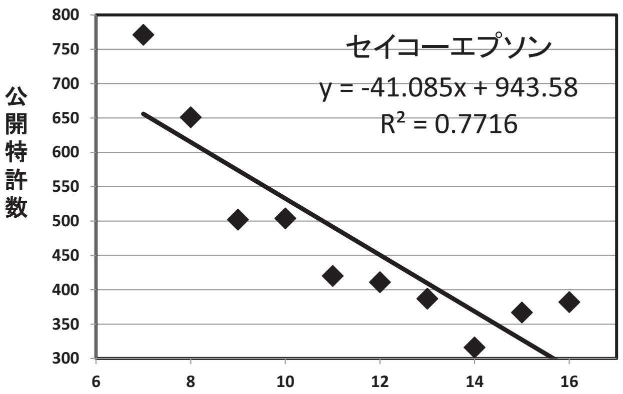


図49　セイコーエプソンのニッケル発明の減少

TDKのニッケルに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝－14.091x＋302.15　寄与率R^2＝0.5966であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2021年と計算できる。すなわち，TDKのニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より37年も早く絶滅することが分かった。

日立製作所のニッケルに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝－8.497x＋219.32　寄与率R^2＝0.3679であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2026年と計算できる。すなわち，日立製作所のニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より32年も早く絶滅することが分かった。

新日鐵住金のニッケルに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝－3.6303x＋112.65　寄与率R^2＝0.575であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2031年と計算できる。すなわち，新日鐵住金のニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より27年も早く絶滅することが分かった。

JFEスチールのニッケルに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝－2.7697x＋86.552　寄与率R^2＝0.3749であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2031年と計算できる。すなわち，JFEスチールのニッケルの研究開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より27年も早く絶滅することが分かった。

本田技研のニッケルに関する研究開発数は減少している。その直線による回帰式は，y＝－3.9212x＋132.79　寄与率R^2＝0.4113であり，良い相関関係がみられた。その回帰式からのニッケルに関する研究開発の絶滅年は2034年と計算できる。すなわち，本田技研のニッケルの研究

開発は，すべてのニッケルの絶滅年2058年より24年も早く絶滅することが分かった。

図50は，GSユアサのニッケルに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝13.012x－103.34　寄与率R^2＝0.9081であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，GSユアサの研究開発は，ニッケルの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，GSユアサのニッケルに関する特許は，特開2016-69692「水素吸蔵合金，電極及びニッケル水素蓄電池」などである。

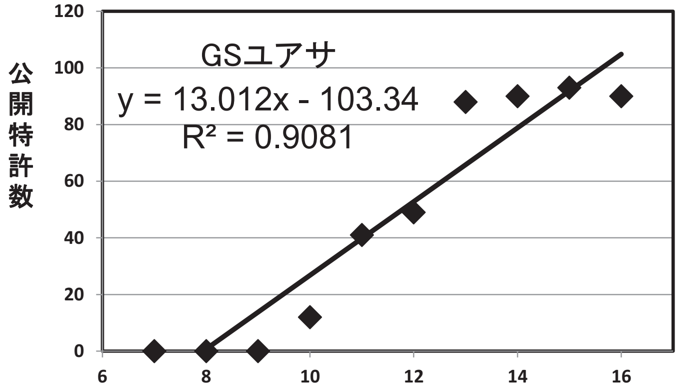


図50　GSユアサのニッケル発明の増加

図51は，半導体エネルギー研究所のニッケルに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，y＝78.558x－313.01　寄与率R^2＝0.8749であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，半導体エネルギー研究所の研究開

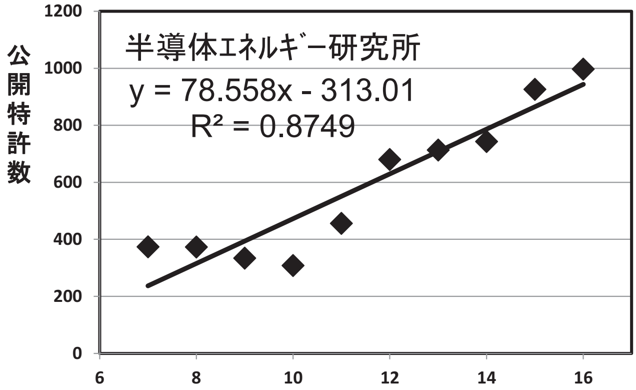


図51　半導体エネルギー研究所のニッケル発明の増加

発は，ニッケルの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。

図52は，豊田自動織機のニッケルに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆に著しく増加している。直線による回帰式は，$y = 39.176x - 315.12$　寄与率 $R^2 = 0.7554$ であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，豊田自動織機の研究開発は，ニッケルの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，豊田自動織機のニッケルに関する特許は，特開2015-95407「リチウムニッケル含有複合酸化物の処理方法及びリチウムイオン二次電池用正極活物質およびそれを有するリチウムイオン二次電池」などである。

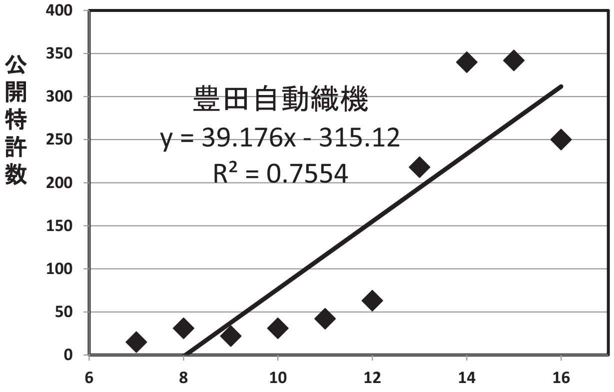


図52　豊田自動織機のニッケル発明の増加

図53は，住友金属鉱山のニッケルに関する研究開発数の変化を示しており，他の企業とは逆

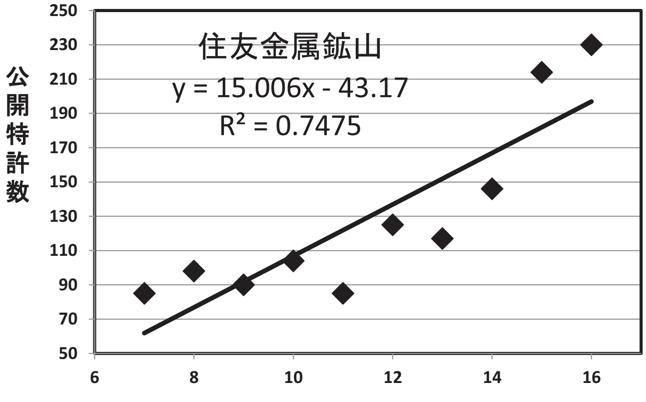


図53　住友金属鉱山のニッケル発明の増加

に著しく増加している。直線による回帰式は，y = 15.006x − 43.17　寄与率 R^2 = 0.7475であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，住友金属鉱山の研究開発は，ニッケルの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，住友金属鉱山のニッケルに関する特許は，特開2016-164121「酸化ニッケル微粉末及びその製造方法，並びに該酸化ニッケル微粉末製造原料用の水酸化ニッケル粉末及びその製造方法」などである。

富士電機のニッケルに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式はy = 6.4182x − 49.909　寄与率 R^2 = 0.7588であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，富士電機の研究開発は，ニッケルの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，富士電機のニッケルに関する特許は，特開2012-21178「無電解ニッケルメッキ膜の製造方法およびそれを用いた磁気記録媒体用基板」などである。

プライムアースEVのニッケルに関する研究開発数は著しく増加している。直線による回帰式はy = 2.6182x − 18.309　寄与率 R^2 = 0.7055であり，非常に良い相関関係がみられた。すなわち，プライムアースEVの研究開発は，ニッケルの研究開発の絶滅とはまったく異なり，新たに研究開発が誕生していると言える。ちなみに，プライムアースEVのニッケルに関する特許は，特開2016-186844「ニッケル水素蓄電池」などである。

ニッケルに関する研究開発の日産自動車の回帰式はy = −11.212x + 296.94　寄与率 R^2 = 0.2907であり，住友化学の回帰式はy = −13.63x + 413.05　寄与率 R^2 = 0.1475 であり，豊田中央研究所の回帰式はy = −2.0545x + 118.93　寄与率 R^2 = 0.1202 であり，凸版印刷の回帰式はy = −2.2364x + 222.62　寄与率 R^2 = 0.0966であり，三菱化学の回帰式はy = −3.3455x + 262.67　寄与率 R^2 = 0.0602であり，三菱マテリアルの回帰式はy = −1.00x + 76.8　寄与率 R^2 = 0.0382であり，東洋インキの回帰式はy = −1.1515x + 117.24　寄与率 R^2 = 0.0635 であり，村田製作所の回帰式はy = 2.1697x + 31.648　寄与率 R^2 = 0.096であり，東芝の回帰式はy = 3.8x + 382.4　寄与率 R^2 = 0.056であり，トヨタ自動車の回帰式はy = 9.0121x + 718.86　寄与率 R^2 = 0.0467であった。これら10社は寄与率が非常に小さく相関関係がないので，本論文では変化なしとする。

つまり，25社のニッケルに関する研究開発企業を調査した結果，９社の絶滅年がすべてのニッケルの絶滅年2058年より短く，逆に６社は研究開発を増加させていることが分かった。その他の10社は相関関係がみられず絶滅年を推定できなかった。増加企業の比率は，６社÷（９社＋６社）= 40.0％であった。

４章　考察

シリコンに関する研究開発の絶滅年は2030年であり，調査企業34社の内，26社（短期絶滅企業）が絶滅年2030年より早く絶滅し，２社（長期絶滅企業）が2030年より遅いことが分かった。

１社のみが増加企業であった。すなわち，増加企業比率は3.4％であった。白金に関する研究開発の絶滅年は2037年であり，調査企業21社の内，14社（短期絶滅企業）が絶滅年2037年より早く絶滅し，2社が増加企業であった。すなわち，増加企業比率は12.5％であった。銀に関する研究開発の絶滅年は2041年であり，調査企業24社の内，12社（短期絶滅企業）が絶滅年2041年より早く絶滅し，３社が増加企業であった。すなわち，増加企業比率は20.0％であった。

亜鉛に関する研究開発の絶滅年は2054年であり，調査企業26社の内，16社（短期絶滅企業）が絶滅年2054年より早く絶滅し，６社が増加企業であった。すなわち，増加企業比率は27.3％であった。アルミニウムに関する研究開発の絶滅年は2057年であり，調査企業42社の内，19社（短期絶滅企業）が絶滅年2057年より早く絶滅し，10社が増加企業であった。すなわち，増加企業比率は34.5％であった。ニッケルに関する研究開発の絶滅年は2058年であり，調査企業25社の内，９社（短期絶滅企業）が2058年より早く絶滅し，６社が増加企業であった。すなわち，増加企業比率は40.0％であった。

図54は，増加企業比率と絶滅年との関係を表したものであり，その回帰式は$y=0.8617x+2025.7$　寄与率$R^2=0.9089$であり，非常に良い相関関係が得られた。図54は，もし増加企業比率が0％ならば2026年に絶滅し，もし増加企業比率が50％ならば絶滅年が2069年まで延長することを示しており，増加企業比率が高くなればなるほど，絶滅年は長くなることが判明した。本論文が提案した仮説「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」は検証できたと言える。換言すれば，研究開発の絶滅時期は，その研究分野から撤退する企業が決めるのではなく，新たに参入し研究開発を増加させる企業が決めていると言える。絶滅と誕生が交錯する激動期は，同じ業界内の顔なじみだけの競争ではなく，未知の企業や業界外部から思いもよらぬ新規参入企業が現れやすい環境条件が整っている。そのため，既存の企業が見逃していた宝物を，異なる業界の新参者が見つけ出し

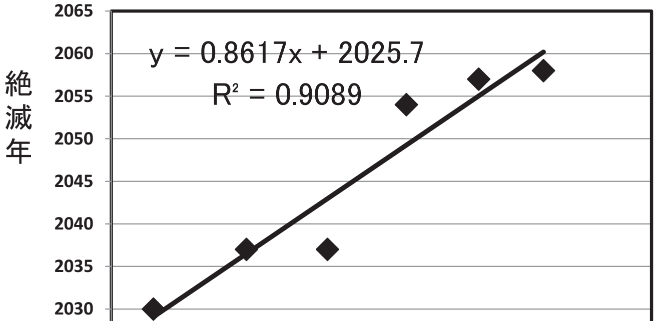


図54　増加企業比率と絶滅年との関係

復活させることが少なくないため，絶滅時期が変化すると考えられる。

同じ素材の研究開発において，減少や衰退させる企業があると同時に，逆に増加や発展させる企業が混在している。特定分野の研究開発はいずれ衰退し消滅する運命にあることは間違いないが，その絶滅年は研究開発を増加させる企業の比率が高いほど長くなり，その分野の研究開発を延命させていることが分かった。なぜ，同じ素材でも研究開発を減少させる企業と増加させる企業が存在するのか。それは各企業が有する研究開発費や研究者・技術者の数や質だけが研究開発を減少や増加させていると考えるのは早計である。

本論文の調査の結果において，俯瞰的でかつ長期的な視点で研究開発分野を見抜く眼力を持ち，その素材分野の将来性や発展性や拡張性を確信する企業が，多くの競争企業が撤退する中，あえて研究開発を増加させていると断定できる。しかし，近視眼的で目先の利益だけを追い求め，研究開発を縮小または中止または撤退する企業が後を絶たないのは極めて残念である。素材の研究開発は，他の研究開発に比べ長期間を要する場合が少なくない。さらに，過去にすでに研究し尽くされた[5]と思われる地味な素材の研究開発に比べ，華々しい成果が出やすい分野に鞍替えしたいと考えるのは，研究者だけでなく経営者も同じである。

しかし，研究途中で止めてしまうと，後で取り返しのつかない大失敗になることが少なくない。なかでも，素材の研究開発は緻密で丹念な積み上げが大切であり，研究開発を数年間休止した後で再スタートしても，当時競っていた企業の後姿は完全に見失うことが多い。素材に関する研究開発は，たとえ企業が直面する問題を解決できなくても，近い将来イノベーションの種になる可能性が高く，現状の企業の事業範囲を広げて，俯瞰的な立場から研究開発の進め方を判断すべきである。また，本論文が示したように，競争企業の撤退が相次ぐ素材開発の中で，あえて研究開発を増加させる企業は，未来を正確に予測し長い目で研究開発を育てる社風を持った先見の明のある企業であると考えられる。素材の研究開発は，日本がイノベーションに満ち溢れる国に蘇る唯一無二のプラットフォームであることを忘れてはならない。

本論文が強調する素材の研究開発の重要性は，アップルやグーグルの最近の動向が教えてくれている。アップルは，iPhoneなどの製品の組立製造はすべて外部委託しているにも関わらず，それらに使われる半導体はアップル独自で研究開発し製造している。アルファ碁にも使われている人工知能のための半導体TPUはグーグル自ら製造している。今やアップルやグーグルは，半導体メーカーと言っても過言ではない。最先端の半導体部品をデンソーなどの自動車部品メーカーが研究開発し製造した後，それらを組み立てるトヨタ自動車に対し，アップルやグーグルはまったく異なる戦略を実践している。現在の主戦場は，製品組立ではなく，半導体

5）「取り尽くし効果は，簡単な発見はすぐに成し得るので，イノベーションが進むにつれて，新たなアイデアの発見が難しくなること」

などの素材の研究開発に変わっていることを，日本企業は見逃してはならない。本論文の研究結果は，素材の研究開発の重要性を熟知し，それを実践した企業だけが次世代の覇者になることを明示している。

５章　まとめ

１）企業別のシリコンの研究開発における絶滅年は，パナソニック2018年，三洋電機2016年，ソニー2018年，日立製作所2018年で，富士ゼロックス2018年，富士フイルム2019年で，日本電気2019年，セイコーエプソン2020年，ルネサステクノロジー2014年，沖電気2015年，京セラミタ2015年，コニカミノルタ2015年，日立ディスプレイ2015年，カシオ計算機2016年，日産自動車2017年，日立電線2017年，アルプス電気2019年，富士通2020年，シャープ2021年，TDK2022年，キヤノン2025年，トヨタ自動車2025年で，東芝2026年で，リコー2027年で，京セラ2029年で，デンソー2030年であり，これら26社の研究開発はシリコンの絶滅年2030年より早く絶滅する。

２）企業別のシリコンの研究開発における絶滅年は，ニコン2031年，日本電信電話2065年であり，シリコンの絶滅年2030年より遅い。半導体エネルギー研究所はシリコンの研究開発を増加させており，シリコンの絶滅を延命させている。

３）企業別の白金の研究開発における絶滅年は，JSR2016年，パナソニック2017年，富士フイルム2018年，ソニー2019年，キヤノン2020年，産業技術総合研究所2021年，豊田中央研究所2023年，三菱マテリアル2019年，トヨタ自動車2020年，日本電信電話2021年，アイシン精機2022年，旭化成ケミカルズ2024年，東芝2029年，凸版印刷2033年であり，これら14社の研究開発は白金の絶滅年2037年より早く絶滅する。

４）クラレと日本電気硝子の２社は，白金に関する研究開発を増加させており，白金の絶滅を延命させている。

５）企業別の銀の研究開発における絶滅年は，富士フイルム2017年，日立製作所2018年，ソニー2018年，オリンパス2018年，三井化成2016年，三菱製紙2019年，JSR2019年，コニカミノルタ2019年，三井金属鉱業2020年，富士ゼロックス2021年，太平洋セメント2023年，三菱マテリアル2032年であり，これら12社の研究開発は銀の絶滅年2041年より早く絶滅する。

６）東ソー，日立化成，ノリタケの３社は，銀に関する研究開発を増加させており，銀の絶滅を延命させている。

７）企業別の亜鉛の研究開発における絶滅年は，パナソニック2018年，本田技研2018年，富士フイルム2019年，ブリヂストン2019年，ソニー2020年，富士ゼロックス2021年，日産自動車2020年，日立製作所2022年，JFEスチール2025年，新日鐵住金2029年，豊田中央研究所

2030年，カネカ2030年，三菱レイヨン2032年，宇部興産2032年，キヤノン2039年，トヨタ自動車2043年であり，これら16社の研究開発は亜鉛の絶滅年2054年より早く絶滅する。

8）積水化学，ロート製薬，住友金属鉱山，クラレ，味の素，日本化薬の６社は，亜鉛に関する研究開発を増加させており，亜鉛の絶滅を延命させている。

9）企業別のアルミニウムの研究開発における絶滅年は，電気化学工業2018年，日立製作所2018年，昭和電工2019年，東洋製缶2020年，パナソニック2021年，東レ2021年，JSR2023年，セイコーエプソン2024年，花王2035年，東海ゴム2018年，日産自動車2021年，富士ゼロックス2022年，竹中工務店2023年，産業総合研究所2026年，旭化成ケミカルズ2026年，新日鐵住金2028年，京セラ2032年，JFEスチール2036年，神戸製鋼2046年であり，これら19社の研究開発はアルミニウムの絶滅年2057年より早く絶滅する。

10）三菱航空機，タツタ電線，アイシン精機，半導体エネルギー研究所，日立オートモーティブ，三洋物産，旭硝子，東ソー，住友電工，スタンレー電気の10社は，アルミニウムに関する研究開発を増加させており，アルミニウムの絶滅を延命させている。

11）企業別のニッケルの研究開発における絶滅年は，パナソニック2016年，ブラザー工業2018年，三井金属鉱業2018年，セイコーエプソン2023年，TDK2026年，日立製作所2026年，新日鐵住金2031年，JFEスチール2031年，本田技研2034年であり，これら９社の研究開発はニッケルの絶滅年2058年より早く絶滅する。

12）GSユアサ，半導体エネルギー，豊田自動織機，住友金属鉱山，富士電機，プライムアースEVの６社は，ニッケルに関する研究開発を増加させており，ニッケルの絶滅を延命させている。

13）増加企業比率と絶滅年は非常に良い相関関係があり，増加企業が多くなればなるほど，絶滅年は長くなる。本論文が提案した仮説「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」は検証できた。

14）俯瞰的でかつ長期的な視点で研究開発を見抜く眼力を持ち，その素材分野の将来性や発展性や拡張性を確信する企業が，多くの競争企業が撤退する中，あえて研究開発を増加させている。

参考文献

吉村信吾［2017］「日本流イノベーション」ダイヤモンド社

グロービス著　嶋田毅訳［2017］「MBA100の基本」東洋経済新報社

加谷珪一［2017］「AI時代に生き残る企業，淘汰される企業」宝島社

デトロイト　トーマツ　コンサルティング著［2016］「モビリティー革命2030　自動車産業の破壊と創造」日経BP社

大塚英樹［2017］「作らずに創れ」講談社

洋泉社編［2017］「世界を変える７つの次世代テクノロジー」洋泉社
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
山口栄一［2016］「イノベーションはなぜ途絶えたか　科学立国日本の危機」ちくま新書
オリヴァー・ガスマンら著　渡邊哲訳［2016］「ビジネスモデルナビゲーション」翔泳社
濱畠太［2016］「ヒット商品を生みだす最良最短の方法」こう書房
小原嘉明［2016］「入門！進化生物学」中公新書
小田切宏之［2016］「イノベーション時代の競争政策　研究・特許・プラットフォームの法と経済」有斐閣
鎌田浩毅［2016］「地球の歴史（上）（中）（下）生命の登場」中公新書
菅野健一・淵邊善彦［2016］「起業ナビゲーター」東洋経済新報社
井上智洋［2016］「人工知能と経済の未来」文藝春秋
東洋経済新報社編［2016］「2017年版会社四季報業界地図」東洋経済新報社
日本経済新聞社編［2016］「2017年版業界地図」日本経済新聞社
吉田たかよし［2016］「元素周期表で世界はすべて読み解ける」光文社新書
木村壽男［2015］「研究開発は成長戦略エンジン」同友館
ニュートン別冊［2015］「マテリアル革命」ニュートンプレス
長谷川慶太郎［2011］「素材は国家なり」東洋経済新報社
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，富士フイルム，川崎重工業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/pp17-77）
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/pp3～51）
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/pp53～103）
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/pp3-44）
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/pp79-132）

（2017年７月11日受理）

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」

村　山　　　博*

目　次

１章　はじめに
２章　短期間に絶滅する研究開発
　２−１　シリコン
　　２−１−１　シリコンの用途分布
　　２−１−２　シリコンに関する用途別研究開発
　２−２　白金
　　２−２−１　白金の用途分布
　　２−２−２　白金に関する用途別研究開発
　２−３　銀
　　２−３−１　銀の用途分布
　　２−３−２　銀に関する用途別研究開発
３章　比較的長い期間をかけて絶滅する研究開発
　３−１　亜鉛
　　３−１−１　亜鉛の用途分布
　　３−１−２　亜鉛に関する用途別研究開発
　３−２　アルミニウム
　　３−２−１　アルミニウムの用途分布
　　３−２−２　アルミニウムに関する用途別研究開発
　３−３　ニッケル
　　３−３−１　ニッケルの用途分布
　　３−３−２　ニッケルに関する用途別研究開発
４章　考察
５章　まとめ

＊本学経営学部教授

キーワード：研究開発，イノベーション，企業，ブルーオーシャン，絶滅

１章　はじめに

企業の研究開発の速度は一定ではない。それは，予想もできない速さで進歩することもあれば，多くの優秀な企業の研究者が努力をしても長く停滞することがある。研究開発競争の激しさと研究開発の成果が無関係であることは歴史が証明している。

研究開発競争が激しいレッドオーシャンで企業が生き残るのは極めて難しい。一方，競争相手の少ないブルーオーシャン[1)]では企業が成功する確率が高まる[2)]。そこで，多くの企業は今までまったく手が付けられなかった未開拓の分野であるブルーオーシャンを目指し研究開発する。しかし，未開拓の分野には，それぞれに未開拓である理由や事情が存在する。たとえば，その分野を支える材料や素材の供給ルートの不備，研究者や専門家の絶対的な不足，市場や流通網や販売網の不備，社会や顧客への周知不足，法律や標準などの不備などがある場合が多い。たとえ，未開拓の分野で画期的な特性を持った新商品や新サービスが開発されたとしても，それが社会に広く普及し，イノベーションを起こすためには数々の障壁が待ち構えるのが通例である。競争相手の少ない未開拓のブルーオーシャンを目指すか，競争相手が多く競争は激しいが市場や流通網などの新たな構築が不要なレッドオーシャンで闘い続けるか，これは企業戦略の大きな分岐点となる。

本論文は，かつて多くの企業が競って研究開発を行い，典型的なレッドオーシャンであった分野が，何らかの原因で研究開発が行われなくなり，ほとんど企業競争がなくなってしまった分野を研究するものである。これは，かつてのレッドーシャンが競争のないブルーオーシャンに変貌したと言える分野であり，今までの定義では未開拓の分野ではないためブルーオーシャンと呼ぶには若干の疑義があるが，本論文ではこれを「転換型ブルーオーシャン」と呼ぶことにする。

１）W. チャン他著　入山章栄他訳［2015］「ブルーオーシャン戦略」ダイヤモンド社
「ブルーオーシャン戦略は，競争のない市場空間を切り開き，競争を無意味なものにし，新しい需要を掘り起こす。ブルーオーシャンを創造するには，基幹事業以外の分野に進出しなくてはならないという誤解。ブルーオーシャン戦略は，先進テクノロジーが欠かせないという誤解。ブルーオーシャンを創造するには，他社に先駆けるしかないという誤解。ブルーオーシャン戦略は，要するに差別化戦略のことであるという誤解。ブルーオーシャン戦略は，創造的破壊や非連続的変化と同じであるという誤解」

２）安部義彦［2011］「ブル－オーシャン戦略を読む」日経文庫
「ブル－オーシャン戦略は，リスクをできるだけ低く，成功の確率を上げていくことができるアプローチ。（事例）富士フイルム：複写機・プリンター　→　医療関連。日清紡：自動車部品　→　太陽電池関連。三井ハイテック：半導体関連　→　環境車部品」

ところで，2007年から2016年の過去10年間のシリコンの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -1635.4x + 49111$　寄与率 $R^2 = 0.978$ に従い，シリコンの関連発明が消滅する絶滅年は2030年である[3)]。すなわち，シリコンの研究開発のブルーオーシャン化は2030年と推定できる。また，白金の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -405.45x + 14838$　寄与率 $R^2 = 0.954$ に従い，その絶滅年は2037年である。すなわち，白金の研究開発のブルーオーシャン化は2037年と推定できる。

図１は，シリコンと白金の公開特許件数が減少し，ブルーオーシャン化する現象を図示したものである。シリコンと白金のブルーオーシャンは，年々近づいていることが分かる。現在のシリコンと白金に関する研究開発は，以前の非常に厳しいレッドオーシャンではないが，まったく競争のないブルーオーシャンでもない状態である。しかし，これらの研究開発は，確実にブルーオーシャンに変化する過程にあると言える。同様に，銀の関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y = -539.42x + 22286$　寄与率 $R^2 = 0.8823$ に従い，その絶滅年は2041年である。すなわち，銀の研究開発のブルーオーシャン化は2041年と推定できる。このように，シリコン，白金，銀に関する研究開発は直線的に急減しており，いずれも近い将来，絶滅年を迎え，ブルーオーシャン化することは疑いようのない事実である。

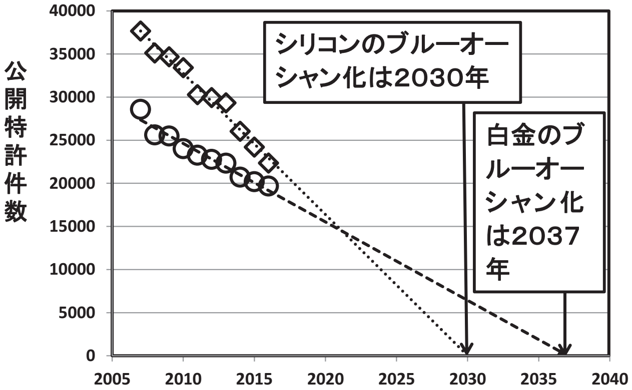


図１　シリコンと白金のブルーオーシャン化

シリコン，白金，銀の分野は，以前，競争の激しかったレッドオーシャンから競争の少ないブルーオーシャンへ確実に転換する過程にあり，研究開発費が毎年減少するだけでなく，研究者や専門家が次々と別の分野に移動を始めており，研究設備や製造・販売・流通・市場などのインフラが閉鎖の危機に直面している。ちなみに，日本におけるDRAMなどの半導体製造が

３）特許庁のホームページの特許検索を利用した。

壊滅的な事態に陥っている[4)]。もし，シリコンウエハの生産や半導体製造が日本から完全に姿を消せば，再度作り直すエネルギーは並大抵ではなく，その復活は不可能に近い。

一方，亜鉛の関連発明の数は年々減少しているが，直線の回帰式 $y=-485.95x+26126$　寄与率 $R^2=0.903$ に従い，絶滅年は2054年である。また，アルミニウムの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y=-963.32x+54701$　寄与率 $R^2=0.8238$ に従い，その絶滅年は2057年である。また，ニッケルの関連発明の数は年々減少しており，直線の回帰式 $y=-443.53x+25780$　寄与率 $R^2=0.814$ に従い，その絶滅年は2058年である。このように，亜鉛，アルミニウム，ニッケルは，減少しているが，上記のシリコン，白金，銀に比べると，絶滅年が比較的長い。

亜鉛のブルーオーシャン化は2054年，アルミニウムは2057年，ニッケルは2058年に完了する。シリコン，白金，銀に比べ，亜鉛，アルミニウム，ニッケルは，完全なブルーオーシャン化には多少時間がかかるが，ブルーオーシャン化する傾向は同じである。亜鉛，アルミニウム，ニッケルでは，研究者や専門家の他分野への移動，研究・製造・販売・流通・市場などのインフラの衰退や劣化は，徐々に，かつ，確実に進行していると考えられる。

本論文は，これらの短期間に絶滅する研究開発の３分野と長い期間をかけて絶滅する研究開発の３分野を研究対象とすることにより，ブルーオーシャン化を支配する要因を分析し，その背景にある原因や課題を究明するものである。従来の論文は，新規の研究開発分野を対象にし，その成長過程を研究するものがほとんどであった。しかし，本論文は，すでに知られている研究開発が衰退するブルーオーシャン化過程を解明することで，研究開発の絶滅と誕生との関係を明らかにすることを主な目的とする。研究開発は単純な衰退や絶滅ではなく，そのブルーオーシャン化の過程でまったく新たな研究開発が誕生し，その誕生がブルーオーシャン化を抑制し延命させていると考えられる。そこで，本論文は，新しい用途開発[5)]が研究開発を延命させているとの推論に基づいて研究を進める。

かつて研究開発競争が激しかったレッドオーシャンが研究開発競争のないブルーオーシャン

4）泉谷渉［2017］「日・米・中IoT最終戦争」東洋経済新報社
「日本の半導体デバイスの世界シェアは12～13％しかない。最も重要なシステムLSIはまったく太刀打ちできないし，DRAMメーカーはもはや日本に存在しない。半導体基板のシリコンウエハ，それに焼き付ける回路パターンのフォトマスク，それに塗る感光剤フォトレジストの材料は世界シェア5割以上を日本メーカーが持っている。日本の半導体製造装置は，少し前まで世界シェア5割だったが，現在3割に低下，欧米と覇権争いを繰り広げている」

5）吉藤幸朔［1997］「特許法概説」有斐閣
「既知の物質DDTに殺虫効果があるということが発見されれば，この属性を利用し，DDTを有効成分とする殺虫剤又はDDTを虫にふりかけて殺虫する方法の発明は，用途発明である。用途発明は，発見が直ちに発明として利用できることが自明であり，発見から直ちに発明が成立する場合であるから，発見と発明とは実質上ほとんど異なるところがないということもできる」

化した分野は，従来よく知られている未開拓のブルーオーシャンとは根本的に異なる。この転換型ブルーオーシャンの研究開発分野は，かつて多数の企業が激しく競い合い，先陣争いを繰り広げた結果，過去に蓄積された研究成果が豊富で，その中には未だ活用されないアイデアやノウハウが眠る「宝の山」と言える分野でもある。そのため，絶滅する研究開発自体は，新たな研究開発のインキュベーションに最適な場所となることが多い。この転換型ブルーオーシャンの分野は，新たなイノベーションを生み出す出発点だけでなく，それ自体がイノベーションの生誕地なると考えられる。

数多くの企業が鎬を削った研究開発分野が衰退し絶滅することは，その研究分野から撤退する企業が参入する企業を急激に上回り，競争が激しいレッドオーシャンから競争する企業が非常に少ないブルーオーシャン[6)]への転換を意味する。この絶滅する研究開発分野は，極めて有用な材料や優秀な専門家が豊富に存在し，専門家を育てる手間と労力が必要な従来のブルーオーシャンとは大きく異なる。また，この分野は，競争企業が我先に撤退するため，高価な研究設備や生産設備を非常に安価に入手できる利点もある。さらに，この分野は，業界を牛耳る大企業が撤退するため，業界の縛りや拘束が極めて緩くなり，競争相手の動向を気にすることなく自由に研究開発ができる「制約の少ない理想的な研究対象」に変貌し，イノベーションの成功確率が著しく高まると考えられる。そこで，本論文は，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」を提案する。

競争の激しかった研究分野は，すでにほとんど研究開発が完了しており，特許など知的財産権がパズルのように隙間なく埋め尽くされており，新たな研究開発の余地がないと考える経営者が多いのは事実である。しかし，新たな環境変化が過去の研究開発成果にスポットライトを当てると，役に立たない不要なものと考えていた研究成果が蘇ることが少なくない。

ちなみに，ランタンニッケル合金$LaNi_5$，マンガン亜鉛合金$MnZn_2$，チタンモリブデンクロム合金TiMoCrなどの水素吸蔵合金[7)]の研究開発は，非常に多くの企業が研究開発を行ったにもかかわらず，所定の水素を吸蔵させる目的は失敗に終わり，燃料電池車への水素吸蔵合金の搭載は実現しなかった[8)]。20年間の水素吸蔵合金の研究開発が徒労に終わろうとしていた。しかし，絶滅するかに見えた水素吸蔵合金は，負極に水素を取り込む性質を持つ水素吸蔵合金を活用したニッケル水素電池の主要材料として，過去の研究開発の知見を役立て見事に復活している。現在でも水素吸蔵合金の技術開発は，新日本電工，日本製鋼所，那須電機鉄工などの企業

６）W. チャン他著　入山章栄他訳［2015］「ブルーオーシャン戦略」ダイヤモンド社

７）大角泰章［1997］「水素吸蔵合金　その物性と応用」アグネ技術センター
　　大西敬三［2003］「水素吸蔵合金のおはなし」日本規格協会

８）現在の燃料電池車は，水素吸蔵合金の代わりに，炭素繊維などで作られた水素タンクに圧縮水素を貯蔵する方式を採用している。

で継続されている。

このように，本来の研究開発の目的から予想もしない分野や用途で復活する事例[9, 10]は枚挙に暇がない。レッドオーシャンの中の激しい研究開発競争においては役立たなかった研究成果が，ほとんどの競争相手が撤退し静まり返ったブルーオーシャンで花開くことは少なくない。

本論文は，地球上の生命が絶滅と誕生を繰り返してきたことから類推し，日本企業の研究開発を絶滅と誕生という視点から研究するものである。生命の絶滅が新たな生命の誕生を誘引した歴史は異論のない事実である。このことから，企業における研究開発が衰退し絶滅すること自体が，新たな研究開発を生み出し，日本のイノベーションの起点となると考えられる。本論文は，日本企業における研究開発の絶滅と誕生の関係を解明するだけでなく，絶滅する研究開発分野に，どのようにして新たな研究開発が誕生するのかを研究するものである。

地球上の生命が完全に絶滅すれば，新たな生命を一から創りだすことは至難の業となる。しかし，歴史が物語るように，生命の絶滅の寸前に新たな生命が生まれることが分かっている。企業の研究開発においても，研究開発の絶滅の直前，換言すれば，完全なブルーオーシャンになる少し前に，新たな研究開発の成果が生まれると考えられる。本論文は，かつて多くの企業が激しく戦ったレッドオーシャンからブルーオーシャン化する過程を詳細に調査することにより，新たなイノベーションの誕生を探索するものである。

２章　短期間に絶滅する研究開発

2−1　シリコン

2−1−1　シリコンの用途分布

シリコンは，地球上に極めて豊富に存在し，かつ他の素材にはない優れた特性を有するため，

９）2015/9/7付　日本経済新聞　電子版　「既存薬が別の疾患治療薬に　薬の転用，研究成果相次ぐ」
「特定の病気に効く薬が別の病気の治療に役立つ可能性を示唆する研究成果が相次いでいる。末梢神経障害の治療薬がALS（筋萎縮性側索硬化症）に効いたり，脳梗塞の再発予防薬が軽度の認知症を改善したりする例が見つかった。副作用のリスクや製法がわかっている既存薬であれば，未知の物質から作るのに比べ，３万分の１ともされる新薬開発の成功率が高まりそうだ」

10）インフルエンザ治療薬のアビガンがエボラ出血熱の薬になったように，既存のものが新たな分野や異なる用途に使用される例は，医薬品，食品だけでなく，あらゆる分野に広がっている。今まで注目されなかった過去の研究開発成果を復活させ，画期的な新製品を開発する事例が非常に多い。ED薬で有名なファイザー製薬のバイアグラは，当初，狭心症の薬であった。世界で飲まれているコカ・コーラーは、モルヒネやアヘン中毒の治療薬の研究開発から生まれた。

多くの分野でさまざまな用途で活用されている。なかでも，半導体用途としてのシリコンは，現代社会の礎になっており，我々が生存す現在は「シリコン時代」と言っても過言ではない。図２は，2007年から2016年の10年間のシリコンの用途に関する公開特許を調査したものである。半導体用シリコンは48％，液晶素材用シリコンは21％，シリカ用シリコンは15％，太陽電池用シリコンは７％，時計用シリコンは６％，珪素鋼板用シリコンは３％であった。シリコン用途に関する研究開発はこれらの６分野に分けることができる。

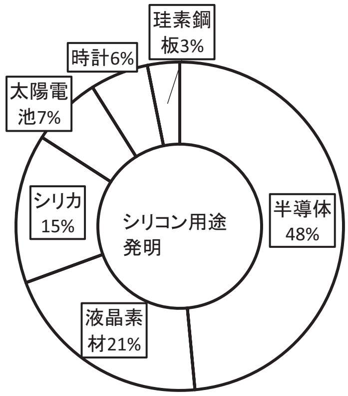


図２　シリコンの用途発明の比率（2007年～2016年）

このように，シリコンの半導体用途に関する研究開発は，約半分を占めており，今でも最大の研究開発対象である。また，シリコンは，液晶ディスプレイの素材に利用される重要な元素である。シリコンの酸化物を原料とするシリカはガラスの原料であり，他に地盤改良用の水ガラス，乾燥剤のシリカゲルなどに活用されている。多結晶シリコンは光エネルギーを電気エネルギーに効率よく変換する太陽電池の素材である。シリコンは，水晶（二酸化珪素）の共鳴振動を利用し，その固有振動数の周波数の電気振動を発振させるクォーツ時計やコンピュータのクロックジェネレイターとして使われている。さらに，シリコンは電気エネルギーを運動エネルギーに高効率で変換する電磁鋼板（珪素鋼板）を製造する必須元素である。

シリコンに関する代表的な研究開発成果には，三洋電機（特開2007-161505）「半導体シリコン材料の再生方法」，シャープ（特開2007-29159）「ポリシリコン薄膜トランジスタ基板の製造方法，ポリシリコン薄膜トランジスタ基板及び液晶表示装置」，富士フイルム（特開2007-91521）「シリカ分散液及びその製造方法」，カネカ（特開2011-146528）「多結晶シリコン系太陽電池およびその製造方法」，新日本製鐵（特開2008-69391）「高磁束密度方向性珪素鋼板の製造方法」などの特許がある。

2−1−2　シリコンに関する用途別研究開発

図３は，2007年から2016年の10年間の液晶素材のシリコンに関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式はｙ＝−497.41x＋13010で，寄与率R^2＝0.981であり，非常に良い相関がある。なお，横軸は西暦から2000を引き算したものを使用している。この激しい減少は，コンピュータやスマートフォンやテレビなどのディスプレイを液晶から有機ELへ転換する動きに合わせて，液晶素材のシリコンに関する研究開発の件数が急激に減少していると考えられる。シリコンの研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2030年であったが，液晶素材だけのシリコンの研究開発の絶滅年は2026年であり，６分野の中で最も早期に絶滅を迎えることが分かる。このように，液晶素材に関するシリコンの研究開発は，第一の減少原因であり，換言すれば，シリコンに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因と言える。

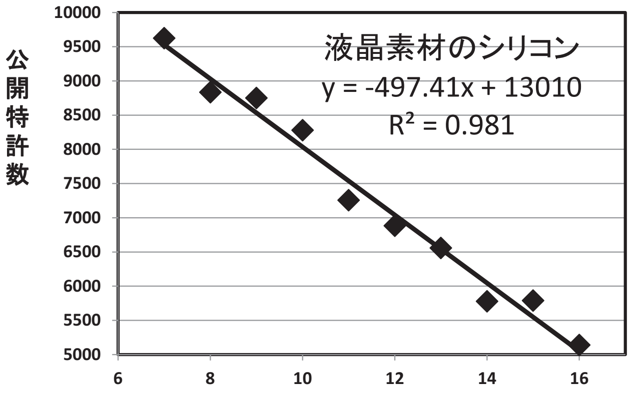


図３　液晶素材のシリコン発明の減少

図４は，シリコン半導体に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式はｙ＝−940.76x＋27741で，寄与率R^2＝0.9658であり，非常に良い相関がある。シリコンの研究開発の絶滅年が2030年であったが，半導体だけのシリコンの研究開発の絶滅年は2029年であり，シリコンの全用途の研究開発において，シリコン半導体は早期に絶滅を迎えることが分かる。このように，半導体に関するシリコンの研究開発は，第二の減少原因であり，換言すれば，シリコンに関する研究開発のブルーオーシャン化を加速させる要因と言える。

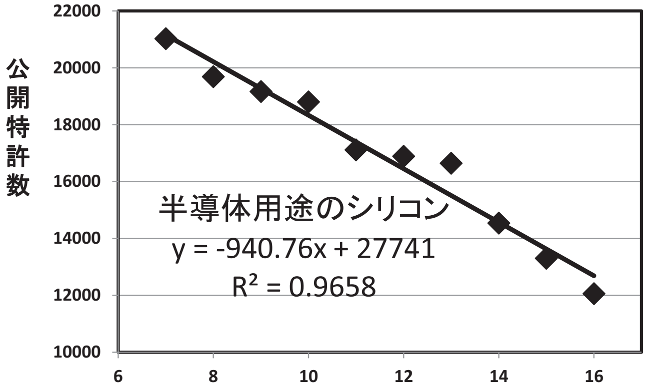


図４　半導体用途のシリコン発明の減少

図５は，シリカに関する研究開発をグラフにしたものであり，減少していることが分かる。直線による回帰式は $y=-230.1x+7769.1$ で，寄与率 $R^2=0.8967$ であり，良い相関がある。シリコンの研究開発の絶滅年が2030年であったが，シリカだけのシリコンの研究開発の絶滅年は2034年であり，図３の液晶素材用途や図４の半導体シリコン用途に比べ，絶滅年は比較的長いことが分かる。このように，シリカに関する研究開発の件数は減少しているが，その減少傾向は上記のシリコン半導体や液晶素材に比べやや緩やかである。

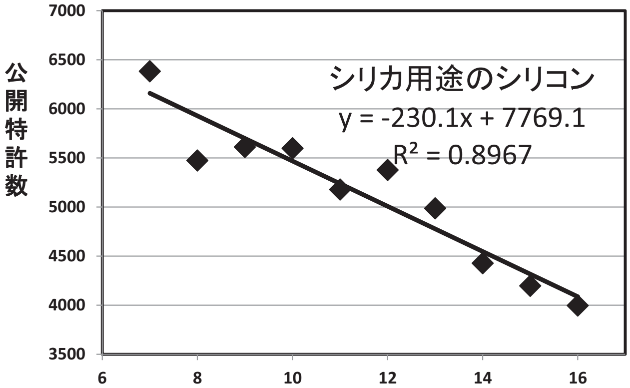


図５　シリカ用途のシリコン発明の減少

図６は，時計に関する研究開発をグラフにしたものであり，減少していることが分かる。直線による回帰式は $y=-72.788x+2848.3$ で，寄与率 $R^2=0.872$ であり，良い相関がある。シリコンの研究開発の絶滅年が2030年であったが，時計だけのシリコンの研究開発の絶滅年は2039年であり，上記の液晶素材用途や半導体シリコン用途やシリカ用途に比べ，絶滅年は長いことが

分かる。このように，時計に関する研究開発の件数は減少しているが，その減少傾向は緩やかである。

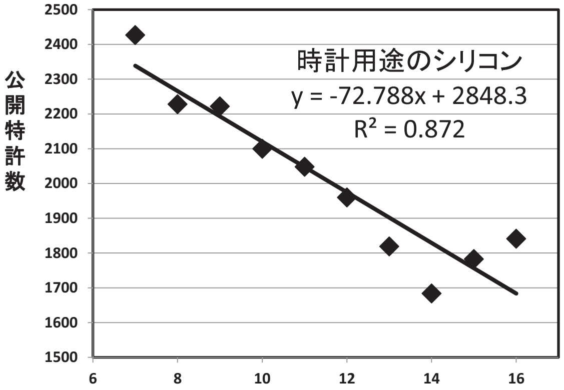


図６　時計用途のシリコン発明の減少

電磁鋼板（珪素鋼板）に関する研究開発は増加する傾向が見られ，直線による回帰式はy＝15.303x＋930.92であるが，その寄与率は小さいため，増加とは判定できない。本論文では，電磁鋼板（珪素鋼板）は変化なしとする。

太陽電池に関する研究開発は増加しており，直線による回帰式はy＝144.21x＋769.06で，その寄与率はR^2＝0.3295である。寄与率が小さいことは，太陽電池に関するシリコンの研究開発があまり大きな影響を与えていないと思われる。しかし，この太陽電池用途は，図３の液晶素材用途，図４の半導体用途，図５のシリカ用途，図６の時計用途とは逆に，明らかな増加傾向を示しており，シリコンに関する研究開発を考える上で，太陽電池用途の研究開発は注目すべき点である。

以上のように，シリコンの研究開発において６野の用途を調査した結果，４分野が減少，１分野が増加であり，１分野は変化がなかった。すなわち，図３から図６が示すように，主要なシリコンの用途に関する研究開発が減少しているため，極めて早期の絶滅を迎えると考えられる。しかし，太陽電池用途のように増加する用途開発もあり，これがシリコンに関する研究開発の減少を遅らせる要因になっていると考えられる。

多くのシリコンの研究開発分野は著しく減少しており，なかでも，半導体用途，液晶用途，シリカ用途，時計用途がシリコンの研究開発を着実にブルーオーシャンに近づけていることは疑いのない事実である。一方，太陽電池用途は，ブルーオーシャン化して不要になったシリコンに関する知見やインフラや研究者を安価に，かつ，自由に活用できることが成長の原動力になっていると考えられる。シリコンの研究開発が示すように，用途分野ごとにブルーオーシャ

ン化を加速させる分野と減速させる分野に分かれるだけでなく，シリコンに関する研究開発の成果が分野を移動している可能性が高いと考えられる。

2−2　白金

2−2−1　白金の用途分布

白金は，綺麗な光沢と加工のしやすさと優れた耐食性から，古くからアクセサリーや装飾品に使われるだけでなく，自動車の排ガス触媒として不可欠な素材である。その他，白金は燃料電池用材料，携帯電話用材料，太陽電池用材料，医療用途，高温用温度計の熱電対用素材，石油精製用触媒，点火プラグ用素材，タッチパネル用素材，有機EL用途，光触媒用途，電極接点用途に幅広く使用されている。

図７は，2007年から2016年の10年間の白金の用途に関する公開特許を調査したものである。自動車用途は25%，燃料電池用途は17%，医療用途（ペースメーカーや医薬品の原材料）[11]は11%，熱電対用途は11%，石油精製用途は10%，点火プラグ用途は８%，タッチパネル用途は５%，有機EL用途は４%，光触媒用途は３%，電極接点用途は３%，装飾用途は３%であった。白金の用途に関する研究開発はこれらの11分野に分けることができる。白金の用途に関する研究開発は，上記したシリコンの半導体用途のような大半を占めるような特定の用途はなく，さまざまな分野で非常に幅広く使われていることが特徴である。

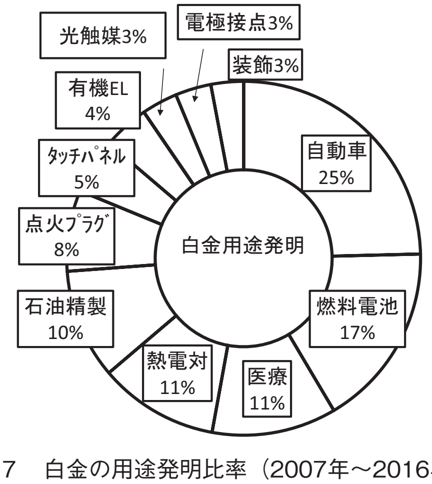


図７　白金の用途発明比率（2007年〜2016年）

白金に関する代表的な研究開発成果には，富士フイルム（特開2009-226318）「白金担持カー

11）白金は低アレルギーのためペースメーカーなどに使われている。

ボン，燃料電池用触媒，電極膜接合体，および燃料電池」，クラレ（特開2010-138430）「金属回収資材及び白金族金属の回収方法」，JSR（特開2009-38097）「白金膜の形成方法」，ソニー（特開2010-274235）「白金含有触媒及びこれを用いた燃料電池」などの特許がある。

2-2-2　白金に関する用途別研究開発

図８は，2007年から2016年の10年間の燃料電池用途の白金に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は $y = -164.92x + 3268.4$ で，寄与率 $R^2 = 0.9248$ であり，非常に良い相関がある。白金の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2037年であったが，燃料電池用途だけの白金の研究開発の絶滅年は2020年であり，極めて早期に絶滅を迎えることが分かる。このように，燃料電池用途に関する白金の研究開発が第一の減少原因であり，換言すれば，白金に関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因と言える。

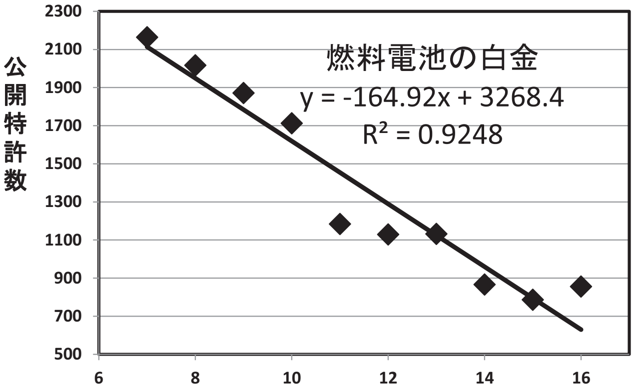


図８　燃料電池の白金発明の減少

図９は，石油精製用の白金に関する研究開発をグラフにしたものであり，減少していることが分かる。直線による回帰式は $y = -35.545x + 1189.7$ で，寄与率 $R^2 = 0.7026$ であり，良い相関がある。白金の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2037年であったが，石油精製用途だけの白金の研究開発の絶滅年は2033年であり，早期に絶滅を迎えることが分かる。このように，石油精製用途に関する白金の研究開発が第二の減少原因であり，換言すれば，白金に関する研究開発のブルーオーシャン化を加速させる要因と言える。

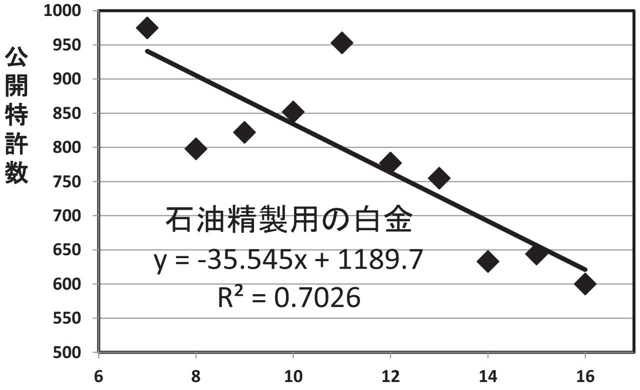


図９　石油精製用の白金発明の減少

また，光触媒用途の白金に関する研究開発は，直線の回帰式がy＝−18.158x＋477.61であり，その寄与率はR^2＝0.537である。その絶滅年は2026年であり，光触媒用途の白金の研究開発が第三の減少原因であり，換言すれば，白金に関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

図10は，自動車用の白金に関する研究開発をグラフにしたものであり，減少していることが分かる。直線による回帰式はy＝−37.752x＋2127.2で，寄与率R^2＝0.7278であり，良い相関がある。白金の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2037年であったが，自動車用途だけの白金の研究開発の絶滅年は2056年であり，絶滅年はかなり遅いことが分かる。すなわち，自動車用途に関する白金の研究開発は，白金の研究開発を減少させる一つ要因ではあるが，主原因であるとは言えない。

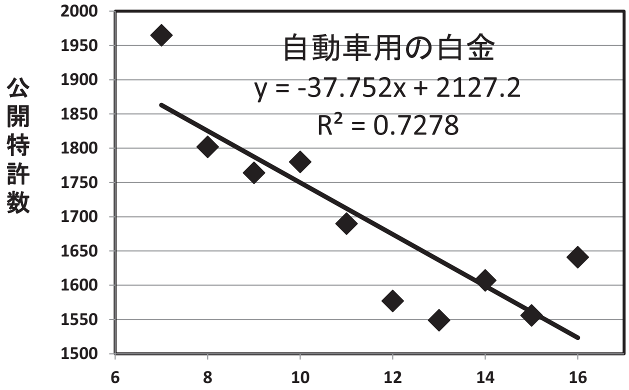


図10　自動車用の白金発明の減少

また，高温度計熱電対用途の白金に関する研究開発は，直線の回帰式が$y=-15.024x+1023.1$で，寄与率$R^2=0.5399$である。その絶滅年は2068年であり，白金の絶滅年2037年に比べかなり遅い。すなわち，熱電対用途の白金に関する研究開発は，白金の研究開発を減少させる一つの要因ではあるが，主原因であるとは言えない。

装飾用途の白金の直線の回帰式は$y=-1.2303x+216.05$であり，点火プラグ用途の白金の直線の回帰式は$y=-2.0364x+543.22$であるが，いずれも減少傾向にあるが，その回帰式の寄与率が不十分なため，明らかな減少とは断定できない。本論文では，装飾用途，点火プラグ用途の白金の研究開発は変化なしとする。

図11は，2007年から2016年の10年間のタッチパネル用途の白金に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく増加していることが分かる。直線による回帰式は$y=77.4x-482.2$で，その寄与率は$R^2=0.9419$であり，非常に良い相関がある。上記の白金の用途に関する研究開発がいずれも減少傾向にあったことと，まったく逆の現象であることが分かった。図７で示したように，タッチパネル用途の研究開発の構成比率はわずか５％であるが，これが白金に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を遅らせており，換言すれば，白金に関する研究開発のブルーオーシャン化を減速させる要因となっている。

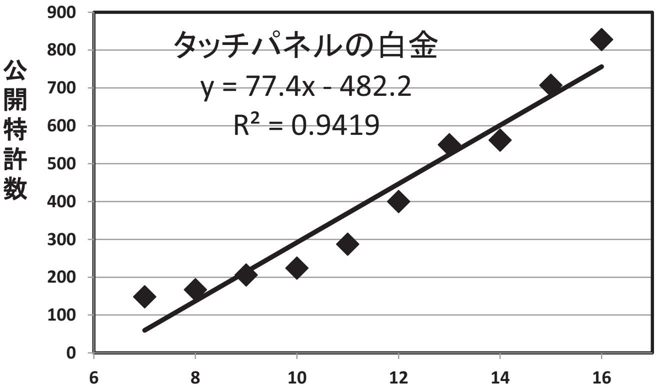


図11　タッチパネルの白金発明の増加

さらに，医療用途の白金に関する研究開発は，直線の回帰式が$y=20.667x+570.13$　寄与率$R^2=0.3597$に従い，直線的な増加傾向がある。医療用途も，タッチパネル用途と同じように，白金に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を遅らせており，白金に関する研究開発のブルーオーシャン化を減速させる要因となっている。

電極接点用途の白金は$y=6.297x+263.08$であり，有機EL用途の白金は$y=4.4727x+329.96$であり，いずれも増加傾向にある。しかし，回帰式の寄与率が不十分であるため，明らかな増

加とは断定できない。本論文では，電極接点用途と有機EL用途の白金の研究開発は変化なしとする。

以上のように，白金の研究開発において11分野の用途を調査した結果，５分野が減少，２分野が増加であり，４分野は変化がなかった。一部の分野で増加する用途開発があるものの，白金に関する研究開発は概ね減少傾向が主流であることが判明した。

多くの白金の研究開発分野は著しく減少しており，なかでも，燃料電池用途，石油精製用途，自動車用途，高温度計熱電対用途が白金の研究開発を着実にブルーオーシャンに近づけていることは疑いのない事実である。一方，太陽電池用途，タッチパネル用途は，ブルーオーシャン化して不要になった白金に関する知見やインフラや研究者を容易に活用できることが成長の原動力になっていると考えられる。白金の研究開発が示すように，用途分野ごとにブルーオーシャン化を加速させる分野と減速させる分野に分かれるだけでなく，白金に関する研究開発の成果が分野を移動している可能性が高いと考えられる。

2−3　銀

2−3−1　銀の用途分布

銀は熱伝導度と電気伝導度がすべての金属の中で最高で，さらに加工性に優れるため，アクセサリーや貨幣や食器や歯科用などに使用されてきた。銀は写真フィルムや写真印刷の感光材料を主な用途として使われてきた。近年，銀は，抗菌剤や殺菌剤や防臭剤としての用途や太陽光発電の用途にも広く使用されている。図12は，2007年から2016年の10年間の銀の用途に関する公開特許を調査したものである。写真用途は72％，自動車用途は９％，太陽電池用途は６％，歯科用途は５％，抗菌用途は４％，装飾用途は３％，浄水用途は１％であった。銀の用途開発は７分野に分けることができる。銀の研究開発分野は写真用途が非常に大きいことが分かる。

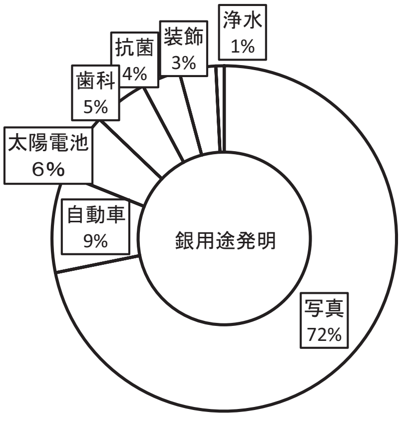


図12　銀の用途発明比率（2007年～2016年）

銀に関する代表的な研究開発成果には，富士フイルム（特開2007-264269）「ハロゲン化銀カラー写真感光材料」，東ソー（特開2016-166382）「銀の回収方法」，JSR（特開2014-189888）「銀ナノワイヤーの製造方法，該方法で得られた銀ナノワイヤー及び該銀ナノワイヤーを含有するコーティング剤」などの特許がある。

2－3－2　銀に関する用途別研究開発

図13は，浄水用途の銀に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は$y=-11.321x+278.79$で，寄与率$R^2=0.8305$であり，非常に良い相関がある。銀の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2041年であったが，浄水用途だけの銀の研究開発の絶滅年は2025年であり，極めて早期に絶滅を迎えることが分かる。このように，浄水用途に関する銀の研究開発は第一の減少原因であり，換言すれば，銀に関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

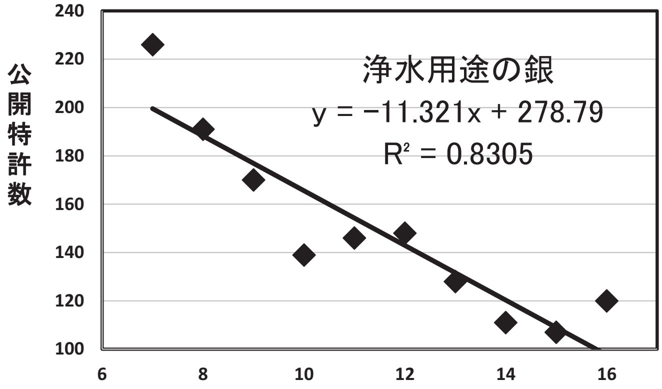


図13　浄水用の銀の発明の減少

図14は，2007年から2016年の10年間の写真用途の銀に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は$y=-429.76x+18514$で，寄与率$R^2=0.841$であり，非常に良い相関がある。銀の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2041年であったが，写真用途だけの銀の研究開発の絶滅年は2043年である。写真用途は，銀の用途研究開発の72％を占めるため，影響力が非常に大きい。このように写真用途に関する銀の研究開発は銀の研究開発の絶滅年とほぼ同じである。

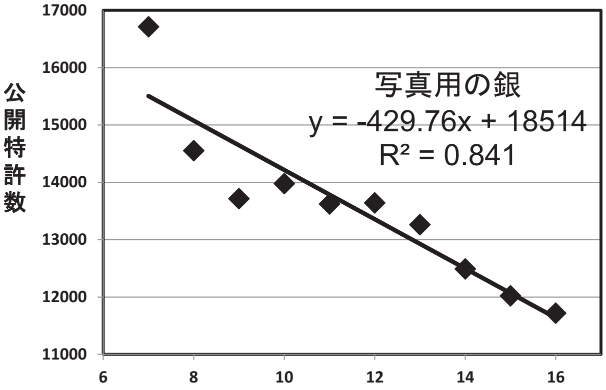


図14　写真用の銀の発明の減少

図15は，抗菌用途の銀に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は $y = -18.418x + 896.51$ で，寄与率 $R^2 = 0.5141$ であり，良い相関がある。銀の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2041年であったが，抗菌用途だけの銀の研究開発は減少してはいるが，その絶滅年は2049年であり，銀の研究開発の絶滅をわずかに遅らせていることが分かる。

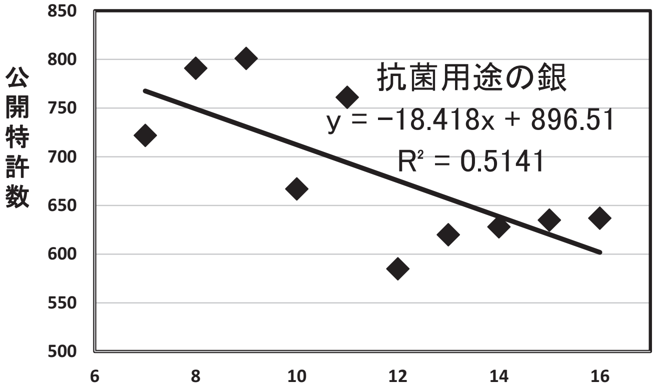


図15　抗菌用の銀の発明の減少

図16は，自動車用途の銀に関する研究開発をグラフにしたものであり，増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 53.2x + 1147$ で，寄与率 $R^2 = 0.583$ であり，良い相関がある。上記の銀の用途に関する研究開発の多くが減少傾向にあったことと，まったく逆の現象であることが分かった。自動車用途の研究開発の構成比率は９％であり，これが銀に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，換言すれば，銀に関する研究開発のブルー

オーシャン化を減速させる要因となっている。

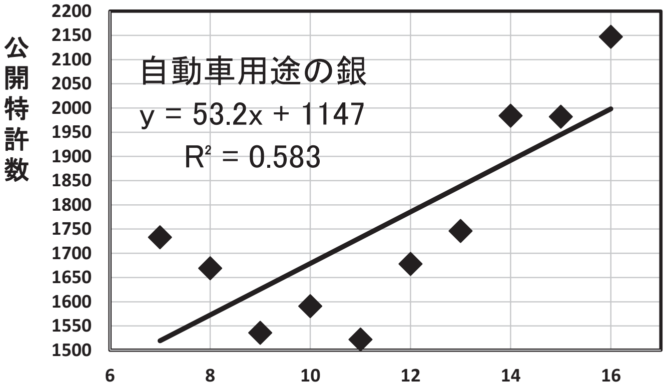


図16　自動車用の銀の発明の増加

図17は，2007年から2016年の10年間の太陽電池用途の銀に関する研究開発をグラフにしたものであり，非常に増加していることが分かる。直線による回帰式はy = 76.879x + 270.99で，その寄与率はR^2 = 0.574であり，良い相関がある。上記の銀の用途に関する研究開発の多くが減少傾向にあったことと，まったく逆の現象であることが分かった。図12で示したように，太陽電池用途の研究開発の構成比率は６％であるが，これが銀に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，ブルーオーシャン化を減速させる要因になっている。

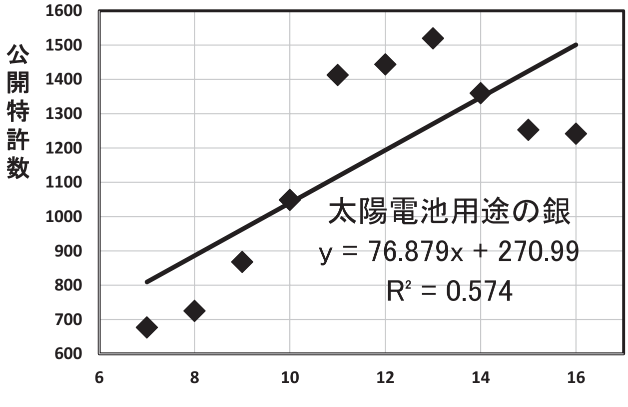


図17　太陽電池用の銀の発明の増加

図18は，歯科用途の銀に関する研究開発をグラフにしたものであり，非常に増加していることが分かる。直線による回帰式はy = 41.642x + 486.41で，その寄与率はR^2 = 0.5785であり，良

い相関がある。図12で示したように，歯科用途の研究開発の構成比率は５％であり，銀に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，ブルーオーシャン化を減速させる要因になっている。

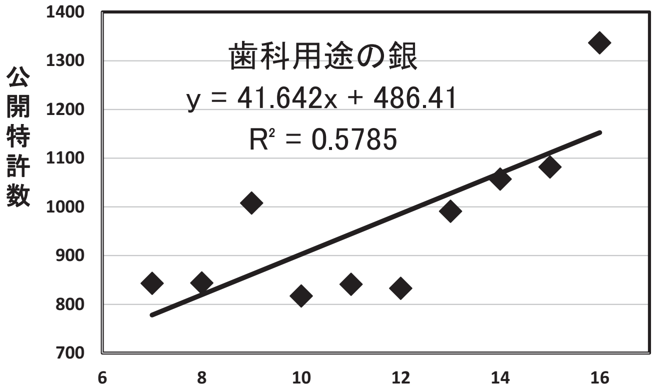


図18　歯科用の銀の発明の増加

銀の研究開発において，装飾用途は増加傾向にあり，直線による回帰式は$y = 42.83x + 160.15$で，寄与率は$R^2 = 0.5541$である。図12で示したように，装飾用途の研究開発の構成比率は３％であるが，これが銀に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，ブルーオーシャン化を減速させる要因になっている。

以上のように，銀の研究開発において７分野の用途を調査した結果，３分野が減少，４分野が増加であった。銀の用途開発は，増加する分野の数が減少する分野の数を上回ったが，写真用途の減少の影響が大きいため，銀の研究開発の減少傾向に歯止めがかからない状況であることが判明した。しかし，現在は小さな分野の研究開発であるが，増加する分野も多く，今後の銀の研究開発は注目すべきである。

多くの銀の研究開発分野は著しく減少しており，なかでも，写真用途，浄水用途，抗菌用途が銀の研究開発を着実にブルーオーシャンに近づけていることは疑いのない事実である。一方，自動車用途，太陽電池用途，歯科用途，装飾用途は，ブルーオーシャン化して不要になった銀に関する知見やインフラや研究者を容易に活用できることが成長の原動力になっていると考えられる。銀の研究開発が示すように，用途分野ごとにブルーオーシャン化を加速させる分野と減速させる分野に分かれるだけでなく，銀に関する研究開発の成果が分野を移動している可能性が高いと考えられる。

３章　比較的長い期間をかけて絶滅する研究開発

3−1　亜鉛

3−1−1　亜鉛の用途分布

亜鉛は融点が低く光沢があるため，鋼板のメッキや鉄塔や橋梁などの屋外の建築物のメッキ材料として使われる。亜鉛はマンガン電池やアルカリ電池の負極材料として使用される。亜鉛の酸化物である酸化亜鉛は，白色の粉末で，化粧品，医薬品，顔料[12)] などの原料として使われる。液晶などに使われる透明電極や透明薄膜トランジスタの伝導膜など，精密機械の部材としても利用される。

図19は，2007年から2016年の10年間の亜鉛の用途に関する公開特許を調査したものである。顔料用途は23%，半導体用途は21%，透明電極用途は14%，亜鉛メッキ用途は14%，電池用途は10%，発光ダイオード用途は８%，医薬用途は５%，化粧品用途は５%であった。このように，亜鉛の研究開発は８分野に分類できる。

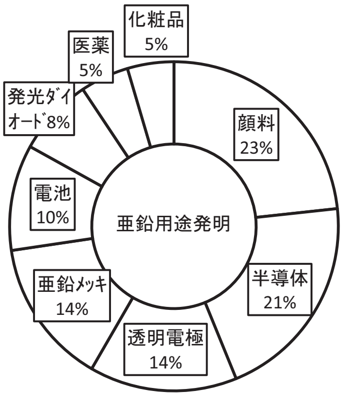


図19　亜鉛の用途発明比率（2007年～2016年）

亜鉛に関する代表的な研究開発成果には，資生堂（特開2007-277415）「表面処理酸化亜鉛粉体及びこれを含有する化粧料」，パナソニック（特開2009-146846）「空気亜鉛電池」，本田技研工業（特開2004-249356）「亜鉛メッキ鋼板溶接装置」，富士フイルム（特開2010-232316）「酸化亜鉛系半導体薄膜の成膜方法，及び成膜装置」などの特許がある。

12）顔料は，塗料，インク，合成樹脂，織物，食品などの着色に使われる。

3−1−2　亜鉛に関する用途別研究開発

図20は，2007年から2016年の10年間の顔料用途の亜鉛に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式はy＝−274.15x＋9964.2で，寄与率R^2＝0.9533であり，非常に良い相関がある。亜鉛の研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2054年であったが，顔料用途だけの亜鉛の研究開発の絶滅年は2036年であり，極めて早期に絶滅を迎えることが分かる。顔料用途は，亜鉛の用途研究開発の23％を占めるため，影響力が非常に大きい。このため顔料用途に関する亜鉛の研究開発は，第一の減少原因であり，換言すれば，亜鉛に関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

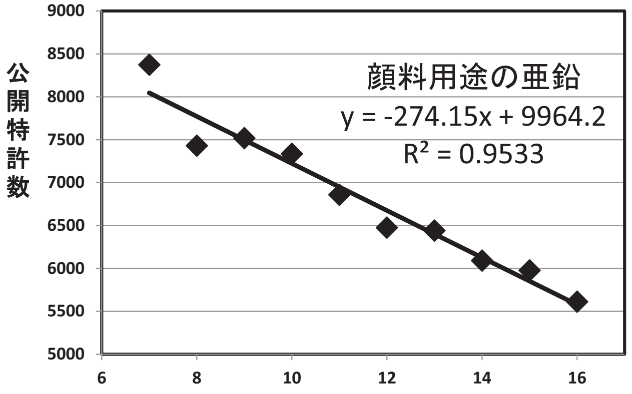


図20　顔料用途の亜鉛発明の減少

図21は，化粧品用途の亜鉛に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式はy＝−45.539x＋1859.9で，寄与率R^2＝0.7133であり，非

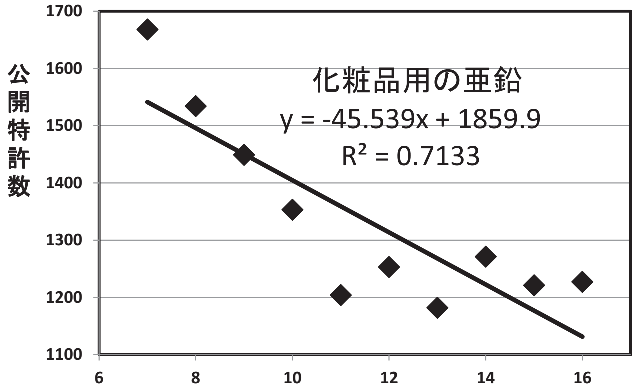


図21　化粧品用の亜鉛発明の減少

常に良い相関がある。亜鉛の研究開発の絶滅年は2054年であったが，化粧品用途だけの亜鉛の研究開発の絶滅年は2041年であり，早期に絶滅を迎えることが分かる。このため化粧品用途に関する亜鉛の研究開発が第二の減少原因であり，換言すれば，亜鉛に関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

図22は，亜鉛メッキ用途の亜鉛に関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は $y = -106.04x + 5404.4$ で，寄与率 $R^2 = 0.8176$ であり，非常に良い相関がある。亜鉛の研究開発の絶滅年は2054年であったが，亜鉛メッキ用途だけの亜鉛の研究開発の絶滅年は2051年であり，早期に絶滅を迎えることが分かる。亜鉛メッキ用途は，亜鉛の用途研究開発の14％を占めるため，影響力が非常に大きい。このため亜鉛メッキ用途に関する亜鉛の研究開発が第三の減少原因であり，換言すれば，亜鉛に関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

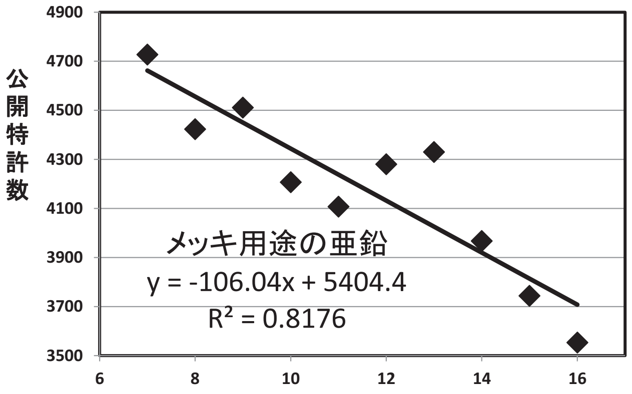


図22　メッキ用途の亜鉛発明の減少

透明電極用途の亜鉛の研究開発は $y = -70.776x + 5061.9$ で，寄与率 $R^2 = 0.3481$ で減少している。亜鉛の研究開発の絶滅年は2054年であったが，透明電極用途だけの亜鉛の研究開発の絶滅年は2072年である。透明電極用途は，減少傾向であることは間違いないが，亜鉛の研究開発が減少する主な原因であるとは言えない。

半導体用途の亜鉛の研究開発は $y = -19.073x + 6249.2$ であり，減少傾向にあるが，回帰式の寄与率が不十分であるため，明らかな減少とは断定できない。本論文では，半導体用途の亜鉛の研究開発は変化なしとする。

図23は，2007年から2016年の10年間の医薬品用途の亜鉛に関する研究開発をグラフにしたものであり，非常に増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 46.279x + 867.39$ で，その寄与率は $R^2 = 0.6633$ であり，良い相関がある。上記の亜鉛の用途に関する研究開発の多くが

減少傾向にあったことと，まったく逆の現象であることが分かった。図19で示したように，医薬品用途の研究開発の構成比率はわずか５％であるが，これが亜鉛に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を遅らせ，ブルーオーシャン化を減速させている。

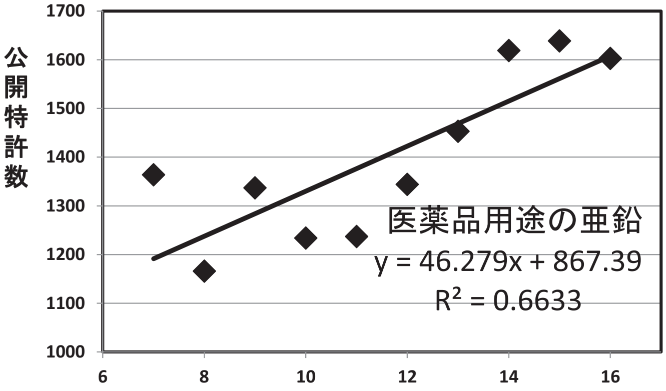


図23　医薬品用途の亜鉛発明の増加

図24は，電池用途の亜鉛に関する研究開発をグラフにしたものであり，非常に増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 129.37x + 1553.8$ で，その寄与率は $R^2 = 0.6444$ であり，良い相関がある。上記の亜鉛の用途に関する研究開発の多くが減少傾向にあったことと，まったく逆の現象であることが分かった。図19で示したように，電池用途の研究開発の構成比率は10％であるが，これが亜鉛に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を遅らせ，ブルーオーシャン化を減速させている。

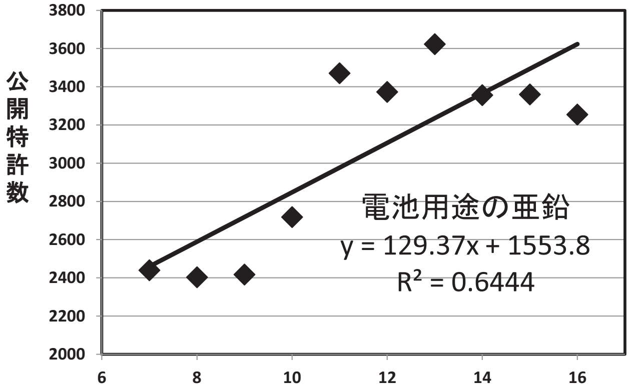


図24　電池用途の亜鉛発明の増加

発光ダイオード用途の亜鉛の研究開発は増加しており，その直線による回帰式は y = 40.382x ＋1759.1で，寄与率は R^2 = 0.4341である。図19で示したように，発光ダイオード用途の研究開発の構成比率は８％であるが，これが亜鉛に関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を遅らせ，ブルーオーシャン化を減速させている。

以上のように，亜鉛の研究開発において8分野の用途を調査した結果，４分野が減少，３分野が増加であり，１分野は変化がなかった。なかでも，顔料用途，化粧品用途，亜鉛メッキ用途の３分野は，減少の主な原因であるが，医薬品用途，電池用途，発光ダイオード用途の３分野の増加は，減少傾向に歯止めをかけていることが分かった。亜鉛の研究開発における衰退する分野と成長する分野の比率が，亜鉛の研究開発の絶滅年を決めていると考えられる。

多くの亜鉛の研究開発分野は著しく減少しており，なかでも，顔料用途，化粧品用途，亜鉛メッキ用途，透明電極用途が亜鉛の研究開発を着実にブルーオーシャンに近づけていることは疑いのない事実である。一方，医薬品用途，電池用途，発光ダイオード用途は，ブルーオーシャン化して不要になった亜鉛に関する知見やインフラや研究者を容易に活用できることが成長の原動力になっていると考えられる。

3−2　アルミニウム

3−2−1　アルミニウムの用途分布

アルミニウムはアルミ缶，アルミ箔，建築，車両，自転車，航空機などに幅広く使用されている。また，高圧電線の９割にアルミニウムが使用されている。アルミニウムは加工しやすく，アルミホイルのように薄い紙状に加工できる。さらに，アルミニウムは熱伝導率が高く，熱を放出するため，ヒートシンクやエンジン部品に使われる。光や熱をよく反射し，低温にも強いことから，人工衛星の部品にも使われている。

図25は，2007年から2016年の10年間のアルミニウムの用途に関する公開特許を調査したものである。箔用途は28％，自動車用途は25％，合金用途17％，建築用途は10％，缶用途は６％，高圧電線用途は５％，航空機用途は５％，ヒートシンク用途は4％である。

アルミニウムに関する代表的な研究開発成果には，東洋製罐（特開2007-76012）「耐食性，密着性に優れる樹脂被覆シームレスアルミニウム缶」，昭和電工（特開2008-144255）「電解コンデンサ電極用アルミニウム箔とその製造方法，電解コンデンサ用電極材の製造方法，アルミニウム電解コンデンサ用電極材およびアルミニウム電解コンデンサ」，電気化学工業（特開2007-297225）「窒化アルミニウム基板」，日立製作所（特開2013-221210）「防食処理アルミニウム材及びその製造方法」などの特許がある。

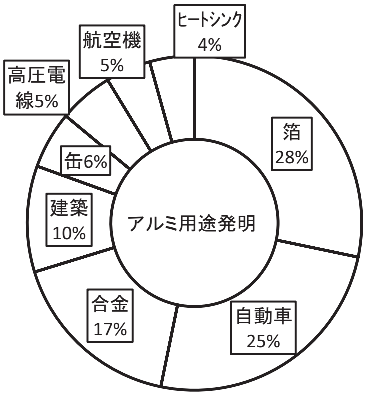


図25　アルミニウムの用途発明比率（2007年～2016年）

3−2−2　アルミニウムに関する用途別研究開発

図26は，2007年から2016年の10年間の缶用途のアルミニウムに関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は$y=-45.339x+2445.3$で，寄与率$R^2=0.6111$であり，良い相関がある。アルミニウムの研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2057年であったが，缶用途だけのアルミニウムの研究開発の絶滅年は2054年であり，比較的早期に絶滅を迎えることが分かる。缶用途は，アルミニウムの用途研究開発の６％を占める。缶用途に関するアルミニウムの研究開発は，第一の減少原因であり，換言すれば，アルミニウムに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

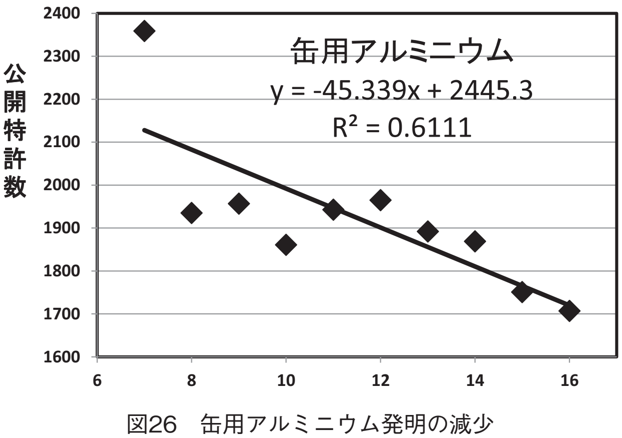


図26　缶用アルミニウム発明の減少

箔用途のアルミニウムに関する研究開発は著しく減少している。直線による回帰式は$y=-8.5212x+298.79$で，寄与率$R^2=0.5352$であり，良い相関がある。しかし，缶用途に比べると

寄与率が小さい。アルミニウムの研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2057年であったが，箔用途だけのアルミニウムの研究開発の絶滅年は2035年であり，早期に絶滅を迎えることが分かる。箔用途に関するアルミニウムの研究開発は，第二の減少原因であり，換言すれば，アルミニウムに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

アルミニウム合金用途に関する研究開発は，減少しており，直線による回帰式は $y = -188.83x + 18736$ で，寄与率 $R^2 = 0.527$ である。アルミニウム合金用途に関する研究開発が第三の減少原因であり，換言すれば，アルミニウムに関する研究開発のブルーオーシャン化を加速させる要因となっている。

建築用途のアルミニウムに関する研究開発は，減少しており，直線による回帰式は $y = -29.927x + 3910.6$ である。しかし，その寄与率は不十分であり，明らかな減少とは断定できない。本論文では，建築用途のアルミニウムの研究開発は変化なしとする。

図27は，2007年から2016年の10年間の航空機用途のアルミニウムに関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 89.406x + 491.83$ で，その寄与率は $R^2 = 0.8275$ であり，良い相関がある。図25で示したように，航空機用途の研究開発の構成比率は５％であるが，これがアルミニウムに関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，換言すれば，アルミニウムに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく減速させる要因となっている。

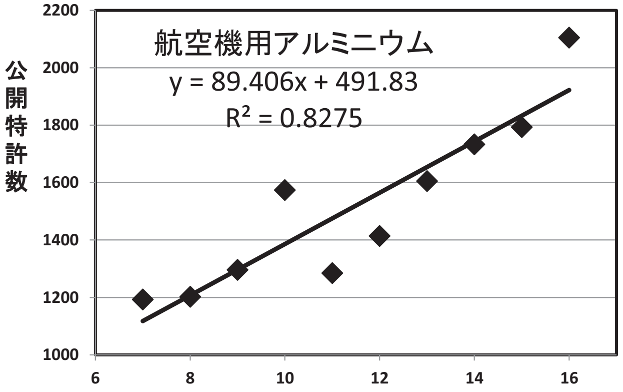


図27　航空機用アルミニウム発明の増加

図28は，高圧電線用途のアルミニウムに関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 59.352x + 1149.8$ で，その寄与率は $R^2 = 0.62$ であり，良い相関がある。図25で示したように，高圧電線用途の研究開発の構成比率は５％であるが，これがアルミニウムに関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせてお

り，換言すれば，アルミニウムに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく減速させる要因となっている。

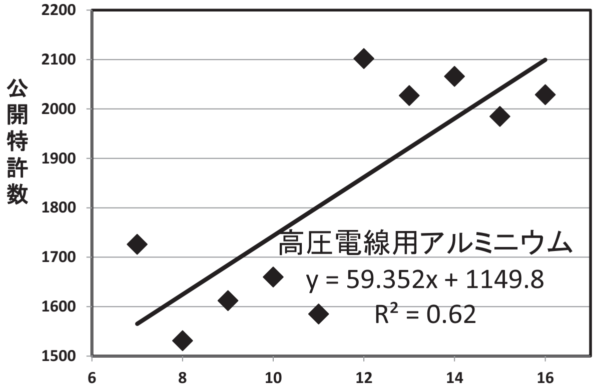


図28　高圧電線用アルミニウム発明の増加

ヒートシンク用途のアルミニウムは増加しており，その直線による回帰式は$y=35.109x+1097.9$で，その寄与率は$R^2=0.5241$である。また，自動車用途のアルミニウムは増加しており，その直線による回帰式は$y=88.764x+7654.6$で，その寄与率は$R^2=0.4032$である。ヒートシンク用途と自動車用途は，アルミニウムに関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を遅らせており，換言すれば，アルミニウムに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく減速させる要因となっている。

以上のように，アルミニウムの研究開発において8分野の用途を調査した結果，３分野が減少，４分野が増加であり，１分野は変化がなかった。このように，アルミニウムの研究開発は，減少する分野に比べ増加する分野が多く，絶滅年が比較的長くなっていると考えられる。

多くのアルミニウムの研究開発分野は著しく減少しており，なかでも，缶用途，箔用途がアルミニウムの研究開発を着実にブルーオーシャンに近づけていることは疑いのない事実である。一方，航空機用途，高圧電線用途，ヒートシンク用途，自動車用途は，ブルーオーシャン化して不要になったアルミニウムに関する知見やインフラや研究者を容易に活用できることが成長の原動力になっていると考えられる。

3−3　ニッケル

3−3−1　ニッケルの用途分布

ニッケルは鉄に合金化したオーステナイト系ステンレス鋼の主原料である。鉄とニッケルの合金はMRI（核磁気共鳴画像装置）の電磁波を遮断する磁気シールドに用いられている。ま

た，ニッケルは電池の正極材料として用いられ，ニッケル水素電池は，電気自動車の二次電池である。ニッケルと鉄の合金のインバー合金は熱膨張率が非常に小さく，ニッケルと鉄とコバルトのエリンバー合金は温度による弾性率の変化が非常に小さい。ニッケルは錆びにくいためメッキ材料として使われ，電気を通しやすいことから電気接点のメッキにも使われる。図29は，2007年から2016年の10年間のニッケルの用途に関する公開特許を調査したものである。ステンレス用途は26％，メッキ用途は25％，電池用途は23％，自動車用途は９％，シールド用途は７％，インバー用途は６％，歯科用途は４％である。ニッケルの研究は７分野に分類できる。

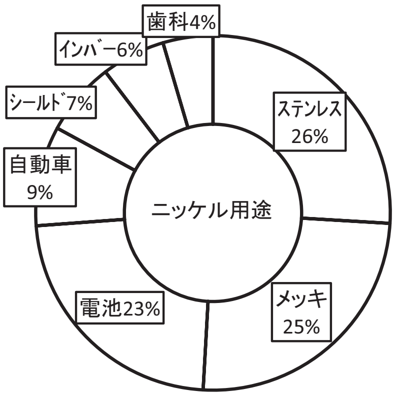


図29　ニッケルの用途発明比率（2007年～2016年）

ニッケルに関する代表的な研究開発成果には，パナソニック（特開2010-10097）「ニッケル水素蓄電池の製造方法」，ブラザー工業（特開2011-110918）「ニッケルフィルタ，インクカートリッジおよびインクジェット記録装置」，GSユアサ（特開2016-69692）「水素吸蔵合金，電極及びニッケル水素蓄電池」，豊田自動織機（特開2015-95407）「リチウムニッケル含有複合酸化物の処理方法及びリチウムイオン二次電池用正極活物質およびそれを有するリチウムイオン二次電池」，住友金属鉱山（特開2016-160526）「ニッケル硫化物の製造方法，ニッケル酸化鉱石の湿式製錬方法」などの特許がある。

3-3-2　ニッケルに関する用途別研究開発

図30は，2007年から2016年の10年間のメッキ用途のニッケルに関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は$y = -264.62x + 9449.9$で，寄与率$R^2 = 0.9548$であり，非常に良い相関がある。ニッケルの研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2058年であったが，メッキ用途だけのニッケルの研究開発の絶滅年は2036年であり，極めて早期に絶滅を迎えることが分かる。メッキ用途は，ニッケルの用途開発の25％を占

めており，その影響は非常に大きい。メッキ用途に関するニッケルの研究開発が，ニッケル研究開発の第一の減少原因であり，換言すれば，ニッケルに関する研究開発のブルーオーシャン化を著しく加速させる要因となっている。

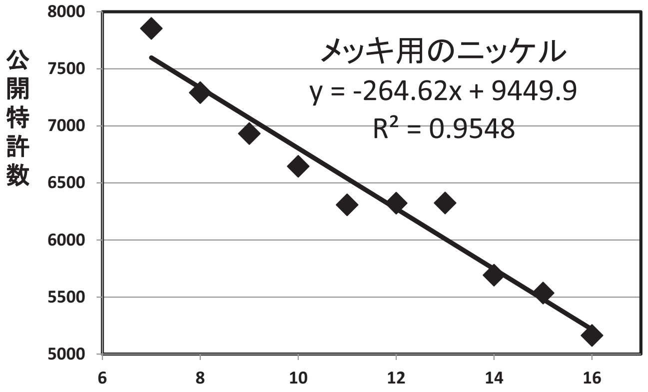


図30　メッキ用のニッケル発明の減少

図31は，ステンレス用途のニッケルに関する研究開発をグラフにしたものであり，著しく減少していることが分かる。直線による回帰式は $y=-92.679x+7729.4$ で，寄与率 $R^2=0.6585$ であり，良い相関がある。ニッケルの研究開発は，回帰式から絶滅年を計算すると2058年であったが，ステンレス用途だけのニッケルの研究開発の絶滅年は2083年である。ステンレス用途は，ニッケルの用途研究開発の26％を占めており，その影響は非常に大きい。ステンレス用途に関するニッケルの研究開発は減少原因の一つである。

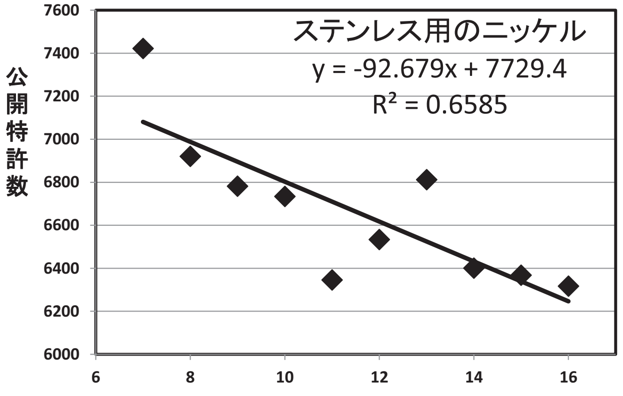


図31　ステンレス用のニッケル発明の減少

シールド用途のニッケルに関する研究開発は減少している。その直線による回帰式は $y = -31.655x + 2084.7$ で，その寄与率は $R^2 = 0.4458$ である。シールド用途だけのニッケルの研究開発の絶滅年は2066年である。シールド用途は，ニッケルの研究開発の7%を占めている。シールド用途に関するニッケルの研究開発は減少原因の一つである。

図32は，2007年から2016年の10年間のインバー合金用途のニッケルに関する研究開発をグラフにしたものであり，非常に増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 76.364x + 617.02$ で，その寄与率は $R^2 = 0.8056$ であり，非常に良い相関がある。図29で示したように，インバー合金用途の研究開発の構成比率はわずか６％であるが，これがニッケルに関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，ブルーオーシャン化を著しく減速させる要因である。

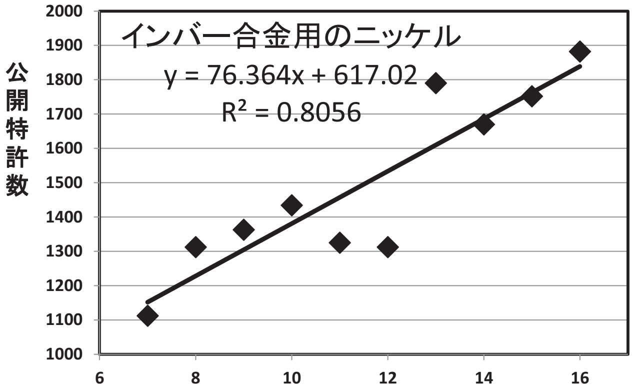


図32　インバー合金用のニッケル発明の増加

図33は，自動車用途のニッケルに関する研究開発をグラフにしたものであり，非常に増加していることが分かる。直線による回帰式は $y = 125.25x + 894.47$ で，その寄与率は $R^2 = 0.7168$ であり，良い相関がある。図29で示したように，自動車用途の研究開発の構成比率は９％であるが，これがニッケルに関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，ブルーオーシャン化を著しく減速させる要因である。

電池用途のニッケルに関する研究開発は，非常に増加している。直線による回帰式は $y = 196.24x + 3641.2$ で，その寄与率は $R^2 = 0.6919$ であり，良い相関がある。図29で示したように，電池用途の研究開発の構成比率は23%であり，比較的大きな影響がある。これがニッケルに関する研究開発の減少を食い止め，絶滅年を大きく遅らせており，ブルーオーシャン化を著しく減速させる要因である。

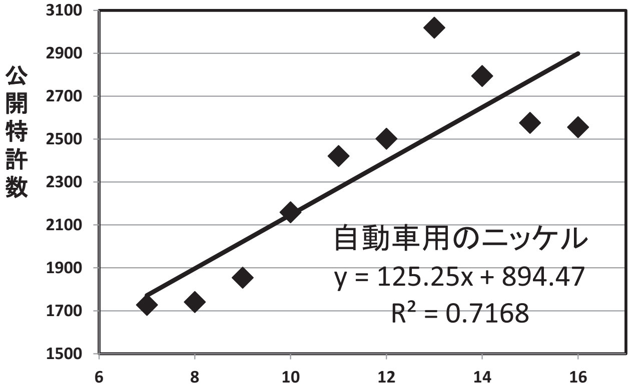


図33　自動車用のニッケル発明の増加

歯科用途のニッケルに関する研究開発は，増加しているが，その直線による回帰式はy＝9.2485x＋1063.2であるが，その寄与率は不十分であり，増加傾向があるとは断定できない。本論文では，歯科用途のニッケルの研究開発は変化なしとする。

以上のように，ニッケルの研究開発において７分野の用途を調査した結果，３分野が減少，３分野が増加であり，１分野は変化がなかった。このように，ニッケルの研究開発は，減少する分野と増加する分野が拮抗しており，このことが絶滅年を長くさせている源泉と考えられる。

多くのニッケルの研究開発分野は著しく減少しており，なかでも，メッキ用途，ステンレス用途，シールド用途がアルミニウムの研究開発を着実にブルーオーシャンに近づけていることは疑いのない事実である。一方，インバー合金用途，自動車用途，電池用途は，ブルーオーシャン化して不要になったニッケルに関する知見やインフラや研究者を容易に活用できることが成長の原動力になっていると考えられる。

４章　考察

本論文は，シリコン，白金，銀，亜鉛，アルミニウム，ニッケルに関する研究開発の件数が急激に減少し，その絶滅する時期を明確化し，それぞれの研究開発の用途開発分野で，減少する分野と増加する分野が共存することを明らかにした。

図２が示す６分野の内，半導体用シリコン48%，液晶素材用シリコン21%，シリカ用シリコン15%，時計用シリコン６%の４分野は減少，太陽電池用シリコン７%は増加，珪素鋼板用シリコン３%は変化なしであった。減少分野の構成比率は90%，増加分野の構成比率は７%，変化なしの構成比率は３%であった。すなわち，新しく増加する用途開発は７%のみであり，減少する分野90%を相殺できないため，シリコンの研究開発の絶滅を延命することができないと

考えられる。減少分野と増加分野の差（増減率差）は83％である。

図７が示す11分野の内，自動車用途25％，燃料電池用途17％，熱電対用途11％，石油精製用途10％，光触媒用途３％の５分野は減少，医療用途11％，タッチパネル用途５％の２分野は増加，点火プラグ用途８％，有機EL用途４％，電極接点用途３％，装飾用途３％の4分野は変化なしであった。減少分野の構成比率は66％，増加分野の構成比率は16％，変化なしの構成比率は18％であった。すなわち，新しく増加する用途開発は16％のみであり，減少する分野66％を相殺できないため,白金の研究開発の絶滅を食い止めることができないと考えられる。しかし，減少分野と増加分野の差（増減率差）は50％と比較的小さい。また，新しい用途開発が白金の研究開発を延命していることは明らかである。

図12が示す７分野の内，写真用途72％，抗菌用途４％，浄水用途１％の３分野は減少，自動車用途９％，太陽電池用途６％，歯科用途５％，装飾用途３％の４分野は増加であった。減少分野の構成比率は77％，増加分野の構成比率は23％であった。すなわち，新しく増加する用途開発は23％のみであり，減少する分野77％を相殺できないため，銀の研究開発が絶滅する傾向は変わらないと考えられる。しかし，減少分野と増加分野の差（増減率差）は54％と比較的小さい。また，新しい用途開発が銀の研究開発を延命していることは明らかである。

図19が示す８分野の内，顔料用途23％，透明電極用途14％，亜鉛メッキ用途14％，化粧品用途５％の４分野は減少，電池用途10％，発光ダイオード用途８％，医薬用途５％の３分野は増加，半導体用途21％の１分野は変化なしであった。減少する分野の構成比率は56％，増加する分野の構成比率は23％，変化なしの構成比率は21％であった。すなわち，新しい用途開発は23％のみであり，減少する分野56％を相殺できないため，亜鉛の研究開発が絶滅する傾向は変わらないと考えられる。しかし，減少分野と増加分野の差（増減率差）は33％と比較的小さい。また，新しい用途開発が亜鉛の研究開発を延命していることは明らかである。

図25が示す８分野の内，箔用途28％，合金用途17％，缶用途６％の３分野は減少，自動車用途25％，高圧電線用途５％，航空機用途５％，ヒートシンク用途４％の４分野は増加，建築用途10％の１分野は変化なしであった。減少する分野の構成比率は51％，増加する分野の構成比率は39％，変化なしの構成比率は10％であった。すなわち，新しく増加する用途開発は39％のみであり，減少する分野51％を相殺できないため，アルミニウムの研究開発が絶滅する傾向は変わらないと考えられる。しかし，減少分野と増加分野の差（増減率差）は12％とかなり小さい。また，新しい用途開発がアルミニウムの研究開発を延命していることは明らかである。

図29が示す７分野の内，ステンレス用途26％，メッキ用途25％，シールド用途７％の３分野は減少，電池用途23％，自動車用途９％，インバー用途６％の３分野は増加，歯科用途４％の１分野は変化なしであった。減少する分野の構成比率は58％，増加する分野の構成比率は38％，変化なしの構成比率は４％であった。すなわち，新しく増加する用途開発は38％のみで

あり，減少する分野58％を相殺できないため，ニッケルの研究開発が絶滅する傾向は変わらないと考えられる。しかし，減少分野と増加分野の差（増減率差）は20％と小さい。また，新しい用途開発がニッケルの研究開発を延命していることは明らかである。

図34は，上記の減少分野の構成比率から増加分野の構成比率を引き算した数字（増減率差）を横軸にして，それぞれの絶滅年，換言すれば完全にブルーオーシャン化する年を縦軸に図示したものである。絶滅年に及ぼす増減の構成比率の影響は，y＝−0.4335x＋2064.4であり，寄与率R^2＝0.9124の非常に良い相関が見られる。この図は，もし増加分野の構成比率がゼロ（x＝100）で，すべて減少分野であれば絶滅年は2021年であり，もし減少分野と増加分野が同じ構成比率（x＝0）ならば絶滅年は2064年になることを示している。このように減少分野の構成比率と増加分野の構成比率は絶滅時期と良い相関関係がある。上述したように，増加する新しい用途開発が研究開発を絶滅の危機から救い，研究開発を延命させ，研究開発の衰退を回避していると言える。

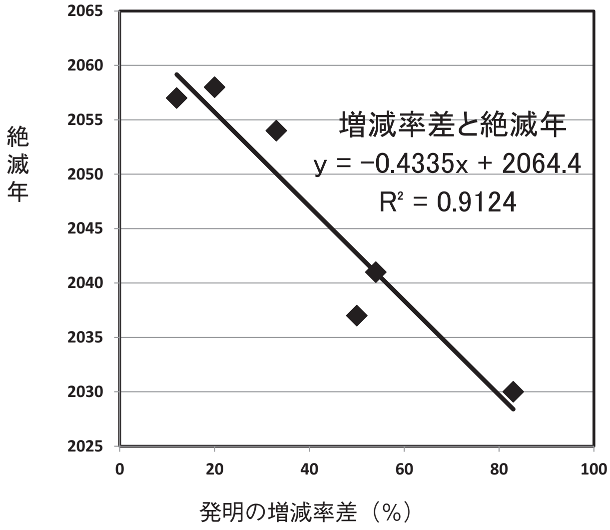


図34　絶滅年に及ぼす増減率差の影響

いずれの研究開発においても，同じ研究開発の中で減少する分野と増加する分野が混在することが分かった。換言すれば，研究開発の絶滅と誕生が同期していると言える。ここで，新たな研究分野が誕生したために古い研究分野が絶滅するのか，逆に，古い研究分野が絶滅したために新しい研究分野が誕生するのか，の疑問が生じる。本論文では，地球上の生命の絶滅が新たな誕生を誘引した史実から類推して，日本企業の研究開発の絶滅が新たな研究開発を誕生させた，との考えに基づいて議論を進める。すなわち，企業における研究開発が衰退し絶滅する

こと自体が，新たな研究開発を生み出していると考える。本論文は，先ず研究開発の絶滅が先行し，絶滅途中に新たな研究開発が誕生すると推論する。

地球上の生命が絶滅した後なぜ多種多様な生命が誕生したのか。それは絶滅自体が環境を変化させ，その環境変化に適応した生命が誕生したためである。日本企業の研究開発においても，地球生命の絶滅と誕生に似た現象が起きていると考えられる。研究開発が減少し衰退し絶滅する環境変化は，その環境でも生きることができる新たな研究開発を誕生させると考えられる。

絶滅する研究開発には，企業が激しく争い研究開発を繰り返した結果，過去に蓄積された研究遺産が豊富で，その中には未だ活用されないアイデアやノウハウが存在するイノベーションの宝庫と言える分野でもある。すなわち，絶滅する研究開発自体は，新たなイノベーションを生み出すインキュベーションになる可能性が高い。さらに，数多くの企業が鎬を削った研究開発分野が衰退し絶滅することは，その研究分野から撤退する企業が参入する企業を急激に上回り，レッドオーシャンからブルーオーシャンへの転換が起きる研究分野となることを意味する。競争の激しかった研究分野は，すでにほとんどの基礎研究が完了しており，その研究遺産を活用した新たな用途開発が容易に行える稀有な特長を持つ。

本論文は，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」を提案した。研究開発の絶滅は，レッドオーシャンを単純にブルーオーシャンへ変えるだけでなく，以前激しく戦った後の残骸（使われなかった研究成果や社会インフラ）が栄養豊富に存在する絶好のブルーオーシャンを誕生させたことに他ならない。すなわち，今まで誰も研究しなかった従来型のブルーオーシャンと比べ，レッドオーシャンからブルーオーシャンに変わった転換型ブルーオーシャンには，新たな成長分野を誕生させる土壌，つまり過去の研究遺産を容易に活用できるだけではなく，その分野の専門家や研究者などの人的資源が豊富で，研究開発設備も安価に継続使用が可能であり，市場や流通などの社会インフラなどが完備されているため，それらを活用した新たな成長分野が出現しやすいと考えられる。多くの場合，画期的な研究開発成果でさえも，費用対効果を考慮して採算が合わないと，ただの発明で終わってしまい，社会を変革するイノベーションにまで昇華しない。転換型ブルーオーシャンにおける研究開発は，整備された社会インフラを活用できるため商業ベースに乗せやすく，さらに，社会への認知度がすでに高いため広告宣伝費も削減できるメリットがある。

レッドオーシャンで発見され発明された研究遺産は，競争相手に負けまいとするあまり研究目的が限定的になりすぎ，かつ，競争が激しいため俯瞰的に考える時間の余裕がないことが多く，少しでも目標から外れると素晴らしい成果にもかかわらず無視され，活用されないことが極めて多くなる。それらの活用されなかった研究遺産は，研究開発の絶滅により出現したブルーオーシャンという時間がゆったり流れる時空間で復活の場を与えられる。しかし，それらの研究遺産は，そのままの状態で活用されることはほとんどなく，新しい環境に適合する条件を探

すため，細かな要素に分解され，バラバラな部品に解体され，再利用のタイミングを待つことになる。このプロセスは，我々の身体の細胞で起きているオートファジー[13]に類似しており，企業の研究開発においても，過去の知見やアイデアを細かく分解することで，不要なものを捨て，必要なものを再利用することが一般的である。このオートファジーが最も有効に活用できる場が，レッドオーシャンから転換したブルーオーシャンである。オートファジーは，もともと飢餓状態で機能することが知られており，研究開発においてもブルーオーシャンという飢餓状態がオートファジーを遺憾なく発揮させ，新たなイノベーションの核となる研究開発の要素ごとに細かく分解され，それらは再結合の機会を待つことになる。

本論文が調査した事例では，ブルーオーシャン化する中で，あえて研究開発を増加させる企業は新規参入企業であることが多かった。すなわち，転換型ブルーオーシャンでオートファジーにより発見しやすくなった金鉱を掘り当てるのは，その分野の常連ではなく新参者である場合が少なくない。さらに，本論文で取り上げたシリコンやアルミニウムなどは，採掘，生産，加工，流通，販売などの社会インフラがすでに確立されており，安定的な供給体制が存在するだけでなく，高品質かつ低コストの材料が容易に得られる。社会インフラの構築されていない未開拓の材料を白紙の状態から研究開発するよりも，イノベーションの成功確率が高まることは明らかである。新規参入企業は，転換型ブルーオーシャンにおいて，オートファジーにより金鉱発見が容易になるだけでなく，完成された社会インフラにただ乗りする幸運にも恵まれ，逆にイノベーションの方から新規参入企業に近づいてくるチャンスに遭遇することになる。

一般的に，研究開発が築き上げた研究成果は，実際に使用する研究成果に比べ，使用されず放置され研究遺産となる方が少なくない。「転換型ブルーオーシャン」には，研究者やエンジニアの人的資源や，研究設備や試験装置などの物的資源だけでなく，さらに，使われず放置された研究遺産やアイデアやノウハウが無料かつ無尽蔵に眠っている。

アダム・グラントは，「既知のものを目の前にして，新たな視点でそれを見つめ，古い問題から新たな洞察を得る。しかし，真っ先に行動を起こすのには注意が必要である。後から行動するよりも，先陣を切る方はリスクが高い。先延ばした方が，起業家は会社を存続させる確率が高まり，リーダーたちはチャレンジがしやすくなり，イノベーターたちは創造性を保ちやすくなる[14]」と述べている。転換型ブルーオーシャンにおけるイノベーターたちは，先陣を切り

13）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。

14）アダム・グラント著　楠木建訳［2016］「オリジナルズ　誰もが人と違うことができる時代」三笠書房
「先発企業の失敗率は47％，後発企業の失敗率は８％。先発企業は後発企業よりも約６倍，失敗率が高かった。先発企業は，平均10％の市場を占有するのみで，後発企業の占有率は28％だった。先延ばしは，生産性の敵かもしれないが，創造性の源である。イノベーターか，フォロワーか，成功と失敗を分けたのはタイミングであった。しかし，人はフォロワーではなくパイオニアになりたがる」

戦ったが敗れ去ったイノベーターの遺産をほとんど無料で引き継ぐフォロワーたちと言える。このフォロワーたちは，転換型ブルーオーシャンを利用して容易にかつ安全に成功確率を高めることができる。

さらに，本論文は，転換型ブルーオーシャンの優れた特長を指摘したい。それは，転換型ブルーオーシャンの抱える遺産は，極めて多様性に優れていることである。多様性の中から新商品や新技術が生まれることは良く知られている。転換型ブルーオーシャンは，まったく知らない企業の研究遺産が無尽蔵に横たわっているだけでなく，それらはまったく異なる分野や業界や市場に関する研究遺産であり，自前主義に慣れ親しんだ日本企業の研究開発では絶対に得られない多様性に富んだものである。この多様性こそがイノベーションの源泉となり，プロジェクトの成功に導く場合が多くなる。

日本の研究開発やイノベーションが停滞していると叫ばれて久しい。日本は，かつて得意分野であった素材研究開発が衰退することを嘆き悲しむのではなく，その絶滅時期が刻々と近づく今こそがイノベーションの好機であり，レッドオーシャンからブルーオーシャンに変わるタイミングを見逃してはならない。ちなみに，日本からシリコンウエハ生産や半導体製造が駆逐されようとしている。それらが皆無になってから日本に復活させることは何百倍もの労力を要する。研究開発分野が完全に絶滅した後は，その分野の研究者やエンジニアが雲散霧消するだけでなく，その社会インフラが解体され利用不可能な状況に陥る。その分野が完全崩壊した後で，新たな用途発明を考え出しても，イノベーションに辿りつくことは奇跡に近い。つまり，レッドオーシャンからブルーオーシャンに完全に変わってしまった後では，イノベーションは望めない。研究開発が衰退し絶滅に向かっている現在が，新たなイノベーションを誕生させる絶好のチャンスであると，本論文は日本企業に訴えたい。

５章　まとめ

１）シリコンの半導体用途は48％，液晶素材用途は21％，シリカ用途は15％，太陽電池用途は７％，時計用途は６％，珪素鋼板用途は３％であった。シリコン用途に関する研究開発は６分野に分類できる。

２）シリコンに関して増加する用途開発は7％のみであり，減少する分野90％を相殺できないため，シリコンの研究開発の絶滅を延命することができない。つまり減少分野と増加分野の差は83％である。

３）シリコンの研究開発は確実にブルーオーシャン化が進行している。その中で太陽電池用途のようなイノベーションが生まれている。

４）白金の自動車用途は25％，燃料電池用途は17％，医療用途は11％，熱電対用途は11％，石

油精製用途は10%，点火プラグ用途は８%，タッチパネル用途は５%，有機EL用途は４%，光触媒用途は３%，電極接点用途は３%，装飾用途は３%であった。白金の用途に関する研究開発はこれらの11分野に分類できる。

５）白金に関して増加する用途開発は16%のみであり，減少する分野66%を相殺できないため，白金の研究開発の絶滅を食い止めることができない。つまり減少分野と増加分野の差は50%である。白金の研究開発は確実にブルーオーシャン化が進行している。

６）ブルーオーシャン化が進行する白金の研究開発の中で，医療用途やタッチパネル用途のようなイノベーションが生まれている。

７）銀の写真用途は72%，自動車用途は９%，太陽電池用途は６%，歯科用途は５%，抗菌用途は４%，装飾用途は３%，浄水用途は１%であった。銀の用途開発は７分野に分類できる。

８）銀に関して増加する用途開発は23%のみであり，減少する分野77%を相殺できないため，銀の研究開発が絶滅する傾向は変わらない。つまり減少分野と増加分野の差は54%である。銀の研究開発は確実にブルーオーシャン化が進行している。

９）ブルーオーシャン化が進行する銀の研究開発の中で，自動車用途，太陽電池用途，歯科用途，装飾用途のようなイノベーションが生まれている。

10）亜鉛の顔料用途は23%，半導体用途は21%，透明電極用途は14%，亜鉛メッキ用途は14%，電池用途は10%，発光ダイオード用途は８%，医薬用途は５%，化粧品用途は５%であった。亜鉛の研究開発は８分野に分類できる。

11）亜鉛に関して増加する用途開発は23%のみであり，減少する分野56%を相殺できないため，亜鉛の研究開発が絶滅する傾向は変わらない。つまり減少分野と増加分野の差は33%である。亜鉛の研究開発は確実にブルーオーシャン化が進行している。

12）ブルーオーシャン化が進行する亜鉛の研究開発の中で，医薬品用途，電池用途，発光ダイオード用途のようなイノベーションが生まれている。

13）アルミニウムの箔用途は28%，自動車用途は25%，合金用途17%，建築用途は10%，缶用途は６%，高圧電線用途は５%，航空機用途は５%，ヒートシンク用途は４%であった。アルミニウムの研究開発は８分野に分類できる。

14）アルミニウムに関して増加する用途開発は39%のみであり，減少する分野51%を相殺できないため，アルミニウムの研究開発が絶滅する傾向は変わらない。しかし減少分野と増加分野の差は12%と小さい。

15）アルミニウムの研究開発は徐々にブルーオーシャン化が進行している。その中で航空機用途，高圧電線用途，ヒートシンク用途，自動車用途のようなイノベーションが生まれている。

16）ニッケルのステンレス用途は26%，メッキ用途は25%，電池用途は23%，自動車用途は９%，シールド用途は７%，インバー用途は６%，歯科用途は４%である。ニッケルの研究は７

分野に分類できる。

17）ニッケルに関して増加する用途開発は38％のみであり，減少する分野58％を相殺できないため，ニッケルの研究開発が絶滅する傾向は変わらない。しかし，減少分野と増加分野の差は20％と小さい。

18）ニッケルの研究開発は徐々にブルーオーシャン化が進行している。その中で自動車用途，インバー合金用途，電池用途のようなイノベーションが生まれている。

19）ブルーオーシャン化を加速させる研究開発と，研究開発のブルーオーシャン化を減速させる分野が同時に存在する。増加する分野と減少する分野の構成比率の差（増減率差）はブルーオーシャン化と非常に良い相関がある。

20）新しい用途開発が研究開発を絶滅の危機から救い，完全なブルーオーシャン化を食い止める。

21）シリコン，白金，銀，亜鉛，アルミニウム，ニッケルの研究開発が示すように，用途分野ごとにブルーオーシャン化を加速させる分野とブルーオーシャン化を減速させる分野に分かれるだけでなく，それぞれの研究開発の成果や人的資源が分野を移動している可能性が高い。

22）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」は検証された。

23）過去の研究遺産は，そのままの状態で活用されることはほとんどなく，新しい環境に適合する条件を探すため，細かな要素に分解され，バラバラな部品に解体され，再利用のタイミングを待つ。ブルーオーシャンという飢餓状態が，研究開発におけるオートファジーを遺憾なく発揮させる。

24）転換したブルーオーシャンでオートファジーにより発見しやすくなった金鉱を掘り当てるのは，その分野の常連ではなく新参者である場合が少なくない。その新規参入企業は，転換型ブルーオーシャンにおいて，金鉱を容易に発見するだけでなく，すでに完成された社会インフラにただ乗りする幸運にも恵まれ，イノベーションと遭遇することになる。

25）転換型ブルーオーシャンにおけるイノベーターたちは，先陣を切り戦ったが敗れ去ったイノベーターの遺産をほとんど無料で引き継ぐフォロワーたちと言える。このフォロワーたちは，転換型ブルーオーシャンを利用して容易にかつ安全に成功確率を高めることができる。

26）転換型ブルーオーシャンでは，まったく知らない企業の研究遺産が無尽蔵に横たわっているだけでなく，それらはまったく異なる分野や業界や市場に関する研究遺産であり，自前主義の強い日本企業だけは絶対に得られない多様性に富んだ研究遺産である。

27）研究開発の絶滅時期が刻々と近づく今こそがイノベーションの好機であり，日本企業はレッドオーシャンからブルーオーシャンに変わるタイミングを見逃してはならない。

参考文献

三菱総合研究所編［2017］「フロネシス　16号」ダイヤモンド社

永田和宏［2017］「生命の内と外」新潮選書

アダム・グラント著　楠木建訳［2016］「オリジナルズ　誰もが人と違うことができる時代」三笠書房

小田切宏之［2016］「イノベーション時代の競争政策　研究・特許・プラットフォームの法と経済」有斐閣

鎌田浩毅［2016］「地球の歴史（上）（中）（下）生命の登場」中公新書

ラリー・ダウンズ他　江口泰子訳［2016］「ビッグバン・イノベーション」ダイヤモンド社

井上智洋［2016］「人工知能と経済の未来」文藝春秋

吉田たかよし［2016］「元素周期表で世界はすべて読み解ける」光文社新書

山田英夫［2015］「競争しない競争戦略」日本経済新聞社

尾原和啓［2015］「ザ・プラットフォーム　IT企業はなぜ世界を変えるのか？」NHK出版

木村壽男［2015］「研究開発は成長戦略エンジン」同友館

W. チャン他著　入山章栄他訳［2015］「ブルーオーシャン戦略」ダイヤモンド社

高橋琢磨［2012］「戦略の経営学」ダイヤモンド社

DIAMONDハーバード・ビジネス・レビュー　2015年10月号ダイヤモンド社

安部義彦［2011］「ブルーオーシャン戦略を読む」日経文庫

長谷川慶太郎［2011］「素材は国家なり」東洋経済新報社

大西敬三［2003］「水素吸蔵合金のおはなし」日本規格協会

大角泰章［1997］「水素吸蔵合金　その物性と応用」アグネ技術センター

吉藤幸朔［1997］「特許法概説」有斐閣

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/pp3～51）

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/pp53～103）

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/pp3-44）

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/pp79-132）

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，富士フイルム，川崎重工業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/pp17-77）

（2017年７月11日受理）

明治初期の簿記導入史の研究
―森下岩楠と森島修太郎の簿記書を通じて―

久　井　孝　則*

目　次

第１章　はじめに
　第１節　研究の背景
　第２節　研究の方法と目的

第２章　わが国における簿記教育
　第１節　わが国の近代化
　第２節　明治維新と文明開化
　第３節　文明開化と西洋複式簿記
　第４節　明治初期の簿記ブームと簿記書

第３章　『帳合之法』の後継簿記書の研究
　第１節　三菱商業学校の『簿記学階梯』
　第２節　問題演習のための『簿記学例題』
　第３節　小学校の教科書となった『民間簿記学』
　第４節　Folsom理論を紹介した『簿記学第壱』

第４章　まとめ

一次史料および参考文献

＊本学大学院経営学研究科博士後期課程
キーワード：福澤諭吉，森下岩楠，森島修太郎，西洋複式簿記，Folsom

第１章　はじめに

第１節　研究の背景

現在，商業高等学校で行われている商業教育の教育課程は，2009年（平成21年）３月に文部科学省より告示された学習指導要領に基づくものであるが，その中で教科「商業」の目標として示される「商業の各分野」はマーケティング分野，ビジネス経済分野，会計分野，ビジネス情報分野の４つの分野である。このうち，簿記会計に関する科目は明治初年の学校教育への簿記導入以来，常に商業科目の中心であり，科目の名称，範囲の構成は変わっても，商業に関する科目として一貫して教育課程に置かれている。

現在，一般的な商業高等学校では卒業までの３年間で商業の専門科目を32単位前後履修することが多いが，そのうち会計分野の履修は30％以上を占め，履修単位数からも商業教育に閉める割合が大きかった。商業に関する学科に在籍する生徒数は，昭和40年度の857,379人をピークとして，大きく減少していき平成20年度には在籍生徒数はピーク時の４割弱の335,000人まで落ち込み，それに伴い平成元年度には全国に310校あった独立商業高校が，平成20年度には219校に激減し，商業高等学校在籍生徒数は高校生全体の6.8％にすぎない[1)]。

これに反して簿記教育そのものである日本商工会議所主催の簿記検定は，年間受験者数が50万人を超える。言い換えれば，わが国の中等教育における商業教育は衰退傾向にあるにもかかわらず，商業教育の核ともいえる簿記教育はその導入から140年経過した今も人気が高いというのが実情である。ではなぜそのようなことになったのか，簿記教育のスタートと言われる明治初期のわが国の簿記教育がどのように発展し今日に至ったのかということについて深い関心を持ったのが，本研究に取り組む背景である。

わが国における西洋複式簿記導入は，福沢諭吉の『帳合之法』が発刊された1873年（明治６年）がスタートであり，その先行研究は西川〔1971〕，津村〔2007〕をはじめ数多いが，『帳合之法』を引き継ぎいだ簿記書に関する研究は少ないと思われる。本研究は，福沢諭吉の直系の弟子である森下岩楠並びに森島修太郎の簿記書を取り上げ，明治初年の西洋複式簿記の導入発展について検証するものである。

第２節　研究の方法と目的

わが国で最初に西洋複式簿記を紹介したとされる福沢諭吉に慶應義塾で直接学び，その後継となった森下岩楠・森島修太郎共著『三菱商業学校　簿記学階梯』及び『民間簿記学』，森島

１）吉野〔2003〕218頁。

修太郎『簿記学例題』,『簿記学第壱』という４冊の簿記書を通して，1873年（明治６年）から1892年（明治25年）頃までの西洋複式簿記導入史を検証することによって，次のような課題を考察したい。

① 福沢諭吉とその直系弟子たちによる簿記教育はいかなるものであったか

② 明治初期に於ける慶應系簿記書の系譜はどうなっていたか

③ 検定教科書として学校教育の中に組み込まれた簿記書は存在したのか

④ 森下・森島の著書が，後のわが国の理論簿記の先導となったことは証明できるか

また，研究の方法としては，西洋複式簿記導入前夜におけるわが国の簿記教育の状況や福沢諭吉『帳合之法』発刊後の簿記教育について先行研究をレビューし，その後に発刊された森下岩楠並びに森島修太郎の4冊の簿記書を現代語訳した上で検証する。そして，その取り組みの中で上記の課題について考察する。

第２章　わが国における簿記教育

第１節　わが国の近代化

18世紀後半からイギリスで始まった産業革命により工業生産力は飛躍的に高まった。イギリスを初めとする欧米列強は，工場制機械工業の生産品の販売市場と原料の確保をめざして，アジアへの進出を開始し，アジア諸国を資本主義的世界市場に強制的に組み込もうとした。こうした時代背景のもと1853（嘉永６）年，浦賀沖にアメリカ合衆国艦隊が突然来襲し，わが国に開国を求めたのである。その後わが国の体制は劇的に変化し，ついに1867（慶応３）年12月王政復古の大号令が発せられ，260年あまり続いた江戸幕府は滅亡した。黒船来襲からわずか14年後のことである。1868（明治元）年９月，新政府は元号を明治と改めて，従来の旧習を一新して新政を推進する決意を示した。新政府が成立に際して発した王政復古の大号令では，摂政・関白・将軍を廃し，神武創業にもとづく天皇親政を行い，総裁・議定・参与の三職を置くことが定められ，「百事御一新」を唱え，政治をすべて新しくすることを強調した。御一新という言葉は，そうした期待をこめて世に広まり，大きな変革を意味する物として，広く用いられるようになった。この一新に通じる言葉として，中国の古典である『詩経』のなかにでてくる維新という古語があてられたものと思われる[2)]。そしてこの時期の変革を1911（明治44）年に文部省内に設置された維新史料編纂会[3)]が，公式に「明治維新」と称した。

２）佐藤信（他）〔2012〕314頁。

３）明治維新関係史料の収集・編纂を目的として1911年（明治44）文部省内に設けられた修史機構。1931年（昭和６）までに「大日本維新史料」稿本初稿四千余冊が編纂された。

明治維新は，近代日本の出発点となった大改革であり，日本はこれによって「近代化」の第一歩を踏み出したといえる。天皇を頂点とする中央集権的統一国家体制の成立，自由民権運動，立憲制，議会主義など，日本資本主義の出発点がはじめて見い出される。このような見地から「明治新政府の樹立が我が国の「近代化」の始まり」という歴史認識が一般的だが，「近代化」概念は明治・大正・昭和と資本主義化・民主化が徐々に浸透していく過程に言及したもので，100年のタイム・スパンで考えられる概念であり[4)]，西洋複式簿記は日本の近代化のために導入され，企業社会の発展に寄与したと考えられる。

第２節　明治維新と文明開化

我が国の近代化の始まりとされる明治維新はいつからいつまでを言うのであろうか。

明治維新の定義には諸説があるが，一般的にはペリー来航から廃藩置県・地租改正・秩禄処分などの封建諸制度解体に至る一連の大きな変革について，明治維新として理解するのが普通である[5)]。したがって「明治維新」は，1868（明治元）年新政府の樹立から1889（明治22）年大日本帝国憲法制定までの21年間で，その間に殖産興業・文明開化という近代化のための明治政府の政策が遂行されていく過程そのものであると考える。

明治新政府は，「欧米列強に追いつけ追い越せ」のスローガンの元に，富国強兵をめざした「殖産興業」で近代産業の育成を図るとともに，「文明開化」と呼ばれる諸制度の西洋化を推進したが，ここで「明治維新」と「文明開化」の関連を整理する。

「文明」の語義を新村出編『広辞苑』第四版（岩波書店，1991年）では，

①　文教が進んで人知の明らかなこと

②　（civilization）都市化。㋑生産手段の発達によって生活水準が上がり，人権尊重と機会均等などの原則が認められている社会，すなわち近代社会の状態。↔蒙昧・野蛮。㋺宗教・道徳・学芸などの精神的所産としての狭義の文化に対し，人間の技術的・物質的所産。

同じく広辞苑によると「文明開化」については「人知が開け，世の中が進歩すること。特に明治初年の近代化や欧化主義の風潮を言った。」となっている。

これまでの研究では，明治維新は政治史が中心になり，文明開化は文化史・思想史を主とする傾向が存在した。文明開化は，概してその始まりを1871（明治４）年に断行された廃藩置県の前後とみなし，それから２年後の1873（明治６）年，明六社の結成を「文明開化」の本格的な時期と位置づけている[6)]。国家という建築物が造られるのに呼応して，その住人を造り上げ

4）山地（他）〔2014〕27頁。
5）佐藤（信）他〔2012〕342頁。
6）松尾〔2004〕303頁。

ることをめざすのが，今日，啓蒙思想と呼ばれるもので，その啓蒙思想家たちの結社が明六社である。明六社は，1873（明治６）年駐米弁理公使だった森有礼が帰国し，米国の学会のような組織をつくろうと発起したのを受けて結成された。創立社員には，森以外に福澤諭吉，津田真道，西周など当時の著名な知識人が名を連ねたが，その中で西洋の導入と人心の改造にもっとも包括的な構想をもち，大きな影響力をもったのは，いうまでもなく福沢諭吉であった[7)]。

福沢諭吉の思想家・著述家としての出発は，使節に随行しての三度の欧米見聞とその際購求した書物を火種としている。なかでも幕末・明治初年のベストセラーとなった『西洋事情』（1866-70年）で，西洋社会を成り立たせている制度と理念の全容を，かみくだいて紹介した。制度の紹介は，政治に始まり，収税法・国債・紙幣・商人社会・外国交際・兵制・文学・技術・学校・新聞紙・文庫（図書館のこと）・病院・貧院・唖院・盲院・癲院・痴児院・博物館・博覧会・蒸気機関・蒸気船・蒸気車・伝信機・瓦斯燈，そのほか付録として太陽暦・時制・温度・度量衡・各国貨幣にまで及んでいる[8)]。

以上のことから，「明治維新」という近代国家形成の過程の中で「文明開化」はその手段として大きな役割を果たした。そしてその中心的役割をわが国に初めて西洋複式簿記を紹介した福沢諭吉が担っていたことをあらためて心に留めておきたい。

第３節　文明開化と西洋複式簿記

複式簿記なしに近代的な資本主義は成り立たないし，近代国家も存続できない。複式簿記は，損益を計算し，財政を管理する基本的なツールで，1300年頃のトスカーナと北イタリア各地で発祥した。複式簿記の誕生は，資本主義と近代政治の幕開けを意味した[9)]。一般的に言って，資本主義あるいはそれを構成する企業が今日のように発展する必要条件として，利益計算方式あるいは利益の可視化手段としての複式簿記の存在が不可欠であったと評価されている[10)]が，わが国の近代化に西洋複式簿記は大きな役割を担った「文明開化」の一つであったのだろうか。

わが国に初めて西洋複式簿記が紹介されたのは，1873（明治６）年福沢諭吉が横浜の友人から紹介されたH. B. BryantとH. D. Strattonの共著*Bryant & Stratton's Common School Book-keeping*（1861）を翻訳して出版したことに始まる。時期的にいえば，既述したとおり「文明開化」の本格的な時期と完全に重なる。また，わが国最初の簿記書となる『帳合之法』初編２冊は，『学問のすゝめ』初編のあと５ヶ月，二編に先立つこと５ヶ月で出版され，『帳合之法』後編２

７）鹿野〔2004〕50頁。
８）鹿野〔2004〕25頁。
９）ジェイコブ・ソール〔2015〕16頁。
10）山地〔2014〕27頁。

冊は，『学問のすゝめ』第10編と時を同じくして1874年（明治７年）６月に出版されている。

黒沢清は，「同じ著者が同時並行的に二つの異なる著書を世に問うたことについては，そこに何らかの共通の因子，あるいは内面的な関係が作用していたものと解釈することは，決して無理であるまいと考えられる。『学問のすすめ』は，思想の書であり，『帳合之法』は，簿記書である。そこに共通の因子を考えるのは困難であるかにみえる。しかし，『帳合之法』は単に簿記の技術を教えるために書かれたのではなくて，『学問のすすめ』と同じ精神において，すなわち古い学問観では，学問でないかのごとくにみられてきた「帳合」なるものを新しい学問の一つとして，世人に説くために書かれたのである[11]。」と述べている。

したがって，西洋複式簿記の導入は，福沢が旗振りの中心であった「文明開化」の一環と考えられ，その後福沢は西洋複式簿記の研究を彼の門下生に引き継いでいる。福沢諭吉と慶應義塾の門下生は，商法講習所に協力するとともに，神戸，大阪，岡山，横浜をはじめとする商業学校の開校と運営に協力した。また，福沢の会計教育への影響は，簿記や商業学に関する著作，出版活動に及び，多くの門下生が旺盛に簿記，商業学に関する教科書，翻訳書を出版している[12]。

第４節　明治初期の簿記ブームと簿記書

『帳合之法』に続く1873年（明治６年）12月出版のAlexander Allan Shand原著『銀行簿記精法』は，大蔵省が指導して，当時初めて設立された国立銀行に使用させたので，この本はすぐに実用に直結したが，その他の一般簿記書は，容易に実用化されなかった。それにもかかわらず簿記書の出版は，その後急速に増えていく。次頁の図表２が1873年（明治６年）から1886年（明治19年）までに発行された簿記書のリストであるが，80冊を超える。明治初年の印刷，出版状況から推測してこれはブームと言われるに値する冊数ではないだろうか。その理由は簿記を教える学校が急速に増加したことによると思われる[13]。図表３が東京都における簿記学校の数であるが，明治10年の26校にくらべ明治23年には47校と倍近い数に増加している。しかし，「簿記教育は流行しても簿記そのものは容易に普及せず，商家の子弟は学校で簿記を学んでいるが，その家の店では大福帳を使っている」と福沢が嘆く状況であった。この簿記ブームは，明治10年代から20年代にも続く。それは，巡査や初級官員の試験にも簿記が含まれていたことと，さらに明治23年には，わが国に初めて商法典ができて商店は大福帳を廃して西洋複式簿記に改めねばならないという大騒ぎがあって簿記の流行に一層拍車がかかったためである[14]。

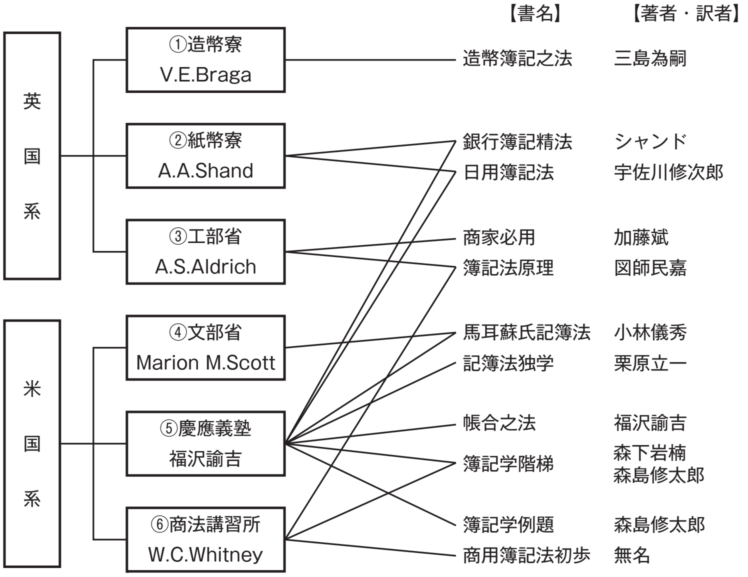
11）黒沢〔1990〕72頁。

12）山内〔2016〕35-41頁。

13）西川〔1971〕379頁。

14）西川〔1971〕385頁。

【図表１　初期簿記書導入門戸別系統図】（黒沢清編〔1979〕303頁を筆者が加筆編集）



【図表２　明治初年に発行された簿記書】（日本会計学研究会〔1978〕165-173頁より抽出編集）

1873年（明治6年）	福沢諭吉訳『帳合之法（初編二冊）』		福井太七郎『新撰記簿早学』		竹田等訳『簿記学原論』
	加藤斌訳『商家必要』		高松久次郎『馬耳蘇氏記簿法試験問題』		大蔵省銀行局『銀行簿記例題解式』
	大蔵省『銀行簿記精法』		佐藤永孝『簿記法大意問答』		熊野秀之輔『（小学）簿記学教授書』
1874年（明治7年）	福沢諭吉訳『帳合之法（二編二冊）』		山科元秀『単式記簿階梯』		樋口藤次郎『官省簿記独学（上巻）』
1875年（明治8年）	小林儀秀訳『馬耳蘇氏記簿法』		松井惟利『官用簿記例題』	1885年（明治18年）	吉村一郎『簿記独案内』
1876年（明治9年）	小林儀秀訳『馬耳蘇氏複式記簿法』		土肥謙吉『簿記法独案内』		神戸商業講習所『新編銀行簿記例題』
1877年（明治10年）	栗原立一『記簿法独学』	1880年（明治13年）	大蔵省印刷局『当用日記簿』		戸田十畝『試験例題簿記講習全書』
	加藤斌『商家必要記簿教則』		奥村常矩輯録『簿記必携全』		阪井正方『簿記単記法階梯』
1878年（明治11年）	石井義正『複式啓蒙記簿階梯』		篠塚武編集『普通小学帳合法全』		宮武嘉平二『官用簿記例題』
	森下岩楠・森嶋修太郎『簿記学階梯』		三輪振次郎『簿記法初歩解式』		清沢予十『商用簿記記入手続』
	森嶋修太郎『簿記学例題』		山田尚景編輯『小学簿記法（全）』		福島県師範学校『諸学校用単式簿記教授本』
	田鎖綱紀『英和記簿法字類』		吉田忠健抄訳『小学記簿法』		樋口藤次郎『官省簿記独学（下巻）』
	中島祐吉訳『単記簿記教授法』	1881年（明治14年）	愛知信元『簿記教授本』	1886年（明治19年）	青柳源十郎『簿記学独習』
	吉田健吾訳『商家必要記簿初歩』		図師民嘉抄訳『簿記法原理』		石上友七『簿記学独習官用簿記部』
	藤井清『略式帳合法附録』		吉村一郎編輯『簿記独案内』		稲田邦衛序『官用簿記例題』
	遠藤宗義『小学記簿法』		平本道政『簿記学仕訳ノ助ケ』		海野力太郎纂訳『簿記学起源考』
	宇佐川秀次郎訳『日用簿記法』	1882年（明治15年）	竹田等『商用簿記学』		萩原久太郎編纂『会計例題類集』
	川口武定『記牒須知答式』		印刷局『簿記順序』		奥村如静編輯『官用簿記学例題全』
	安倍迪吉『初学必携通俗簿記法』		草野萌『簿記必携』		佐久間文太郎『（高等）小学簿記法』
	城谷謙『小学記簿法独学』		松井惟利編輯『官用簿記例題雛形』		高橋鶴太郎編輯『帳合法早わかり』
1879年（明治12年）	鍋島直『国立銀行簿記一斑』		鈴木五郎『簿記学提要』		田村美枝編輯『簿記之部』
	大蔵省銀行課『銀行簿記例題』	1883年（明治16年）	熊野秀之輔『小学簿記学教授書』		堤永類編述『簿記学教程』
	高木貞作ほか『銀行簿記教授法』		神戸商業講習所『新編簿記例題』		綱取善成『新式簿記法軌範』
	山田十畝『銀行簿記用法』		土肥謙吉『増補改正簿記法独案内』		富樫義一『簿記法手引草甲之部』
	山田十畝『人民必携簿記提要』	1884年（明治17年）	森下岩楠ほか『民間簿記学』		堀内正善纂訳『普通簿記学』
	井田忠信訳『簿記学捷径』		前田貫一『農業簿記教授書』		三田村金次郎編輯『（商用）簿記学』
	秋元普訳『簿記法独学』		塩沢兵蔵『官用簿記教授書』		森半次郎『（官用商業）簿記学独案内』

【図表３　明治初年の簿記学校】

明治10年の簿記学校

学校名称	学校名称
青藍館	簿記夜学校
有則学舎	潔進舎
三菱商業学校	英学所
勧商書院	記簿法学舎
鳩功学社	盛国学舎
商法簿記夜学校	高陽学舎
進善舎	簿記夜学舎
愛知学舎	開広舎
商業夜学校	賑世学舎
米商会所附属学校	塵劫記舎
簿記学舎	開雲舎
遊海学校	精業館
商法夜学校	精々学舎

明治23年の簿記学校

学校名称	学校名称	学校名称	学校名称
東京簿記学校	簿記専修日本橋分校	三田簿記学講習所	東京簿記専門学校
東京簿記全修学校	簿記学専修館	日本簿記館	簿記学講習所
開知学校	頓成舎	東京有為学館	専修学校
簿記専門学校	精理舎	簿記専門学校	東京学館
東京秀明学校	簿記専門学舎	簿記専門学館	明治商業専門学校
東京専修簿記学校	開雲学校	東京簿記学校	共立常磐夜学校
精修学館番町分校	簿記専修夜学校	東京簿記専修芝分校	高等商業学校
豊国学校分校	盛門学校	博愛学舎	東京商業学校
簿記夜学校	東京簿記講習所	簿記学専修館	開盛商業学校
東京簿記神田学校	簿記速成学舎	簿記専修学校	東京理財学校
精計学舎	豊国学校	台陽学舎	商業素修学校
精経学校	東京簿記専修学校	槐陰学館	

当時の簿記書導入の門戸・経路には図表１のように６通りの系統があった[15)]。以下，その系統を簡単に説明する。

① 〈造幣寮〉現在の独立行政法人造幣局にあたる造幣寮は，1871年（明治４年）４月の開設であるが操業はその前年から始まっていた。首長は英人William Kinder，その下にポルトガル人Vincent Emirio Braga（以下Bragaと称す）がいて複式簿記を実施した[16)]。維新政府は近代的統一国家を建設するためには先ず幣制を確立し，逼迫した経済を立て直す必要に迫られ，造幣寮の造幣工場の建設に着手した。造幣寮ではBragaに簿記組織を立案させ，実施させた。Bragaの簿記は，貨幣価値による計算ではなくて，金・銀等の重量（オンス）による計算だった[17)]。

② 〈紙幣寮〉紙幣寮とは現在の独立行政法人印刷局のことである。1871年（明治４年）７月に大蔵省紙幣司として創設され，同年８月に紙幣寮と改称された。創設当初の業務は紙幣の発行，交換，国立銀行（民間銀行）の認可・育成等紙幣政策全般で，その後，幾多の変遷を経て2003年（平成15年）４月独立行政法人国立印刷局となり現在に至っている[18)]。1873年（明治６年）わが国最初の株式会社である第一国立銀行は，インフレーション収拾という経済上の目的のために政府主導で設立され，大蔵省紙幣寮

15）黒沢〔1979〕303頁。
16）黒沢〔1979〕296頁。
17）西川〔1971〕74-93頁。
18）国立印刷局HP。

附属書記官として雇用されたShandが，第一国立銀行の会計業務のため銀行簿記の原稿を執筆し，これが和訳されて『銀行簿記精法』として出版された。

③　〈工部省〉工部省は1870年（明治３年）より諸工業，鉱山，鉄道等，全官営事業の開始，育成に当たり，特に鉄道は英人Arthur Stanhope Aldrich（以下Aldrichと称す）が書記兼会計長として長く勤務し功績があった。図師民嘉は，1875年（明治８年）商法講習所開設時に入学，９年に中途退学して渡米し，簿記法を研究した。11年に帰国後は，第一国立銀行，12年に工部省に転じ権少書記官となった。そこで会計担当のAldrichと出会い, 14年に『簿記法原理』を出版する。そして18年に鉄道事務官となって以降は42年鉄道院経理部長で退職するまで，主に鉄道会計の整備に尽力した[19)]。

④　〈文部省〉文部省は1872年（明治５年）８月範をフランスの制度にとった学制を公布し，小・中学校・師範学校の教科目に「記簿法」を加えた。初めは『帳合之法』と加藤斌『商家必用』が教科書として用いられたが，後に文部省顧問David Murrey・雇教師Marion McCarrell Scottらの意見によって米人Christopher Columbus Marsh（以下Marshと称す）の二書*A Course of Practice in Single-Entry Book-keeping*（1871）および*The Science of Double-Entry Book-keeping*（1871）が選ばれ，文部省六等出仕・小林儀秀が翻訳をした。

文部省は，この翻訳本を『馬耳蘇氏記簿法　一, 二』（明治８年３月），『馬耳蘇式複式簿記法　上中下』（明治９年９月）として1500部刊行した後，全国書店にリプリントを許可したので，東京・甲府・大津・大阪等各地書店で翻刻されて全国に普及した[20)]。

⑤　〈慶應義塾系〉慶應義塾系の簿記書は，福沢諭吉の『帳合之法』を継承し発展させたもので，本研究で主としてとりあげようとしているものである。

⑥　〈商法講習所〉商法講習所は，森有礼の発案により1875年（明治８年）８月東京に設立され，最初は私塾として開所され，後の一橋大学の前身となった。森有礼は，明治政府の初代文部大臣であり，開明期におけるわが国の教育の進展に尽力した人物である。森は，アメリカ留学中に商業教育の必要を痛感し，米人William Cogswell Whitney（以下Whitneyと称す）を指導教師として招聘した。Whitneyは，エール大学を卒業後ニュージャージ州ニューアークに実業学校であるBryant, Stratton & Whitney Business Collegeを創設してその校長となるが，それは各地で経営する実業学校のチェーンのひとつであった[21)]。

19）黒沢〔1979〕303-304頁。
20）黒沢〔1979〕306頁。
21）東京都〔1960〕28頁。

第３章　『帳合之法』の後継簿記書の研究

第１節　三菱商業学校の『簿記学階梯』

タイトル　＝　簿記学階梯. 巻之上
著　　者　＝　森下岩楠, 森島修太郎 著
出 版 者　＝　森下岩楠［ほか］
出版年月日＝　明治11年10月

(1) 三菱商業学校の創立

現在，三菱グループは三菱金曜会と呼ばれる三菱系29社の巨大企業集団である[22)]。この三菱グループの源流は明治初期の実業家として著名な岩崎彌太郎に繋がっている。岩崎彌太郎は，高知藩の郷士で維新当時，藩の経営する土佐商会に勤務し1870年（明治３年）それを譲り受けて運輸業を始め，1875年（明治８年）政府の保護助成を受けて社名を郵船汽船三菱会社とし，わが国最大の汽船会社を創りあげた。岩崎彌太郎の事業が最盛期に達したその頃に三菱商業学校が開校されたが[23)]，三菱商業学校の設立には岩崎と福沢の親密な関係があった[24)]。三菱財閥の成立は，わが国財閥の中で最も新しいが，西洋複式簿記採用については，我が国財閥中最も古くて早い。西洋複式簿記採用は，家業と家計の分離，企業経営の組織化，経営管理の計数化等の現れとみると，財閥の中で最も早く経営の近代化が進んだといえる。それは，三菱が他の財閥に比して成立が新しく，そこに複式簿記採用を妨げる既成の何者もなかったからである[25)]。言い換えれば三井，住友といった財閥では従来の和式帳合を容易に西洋複式簿記に切り

22) 三菱重工業・三菱倉庫・三菱東京UFJ銀行・三菱UFJ信託銀行・三菱マテリアル・三菱地所・三菱電機三菱商事・JXホールディングス・三菱化学・旭硝子・三菱レイヨン・三菱製鋼・三菱製紙三菱化工機・三菱ガス化学・三菱樹脂・日本郵船・東京海上日動火災保険・明治安田生命保険・キリンホールディングス・ニコン・三菱自動車工業・三菱ふそうトラックバス・三菱アルミニウム・ピーエス三菱・三菱総合研究所・三菱UFJ証券ホールディングス・郵船ロジスティクス

23) 西川〔1972〕374頁。

24)「福沢は慶応４年、三田に慶応義塾を開設し教鞭をとる。その翌々年、岩崎彌太郎は大阪で海運業を立ち上げた。明治６年には三菱を名乗り、翌７年東京に進出した。当時の最大手は日本国郵便汽船会社。態度大きくいかにも乗せてやるという風情。これに対し、新興の三菱は、店の正面におかめの面を掲げ、ひたすら笑顔で応対する。武士の意識が抜けず笑顔の出来ない者には、彌太郎は小判の絵を描いた扇子を渡し『お客を小判と思え』と指導したという。これを聞き、自ら両社の現場を視察した福沢は、『岩崎は商売の本質を知っている…』と塾生に語ったと言われる。

替えられなかったといえる。そして，1878年（明治11年），神田錦町に三菱商業学校が設立された。校長の森下をはじめ理想に燃える教官のほとんどが福沢諭吉の門下生だった。

三菱商業学校は，三菱のための人材育成を目的として主として社員の子弟を対象とした商業教育のために設立された学校であるが，校則の中に「此学校ハ当会社社員ノ子弟ヲ薫陶スルヲ以テ主意トス然レドモ若シ社外ノ人ニシテ本校ノ教育ヲ受ント欲スル者ハ亦其望ニ応スベシ」とあり，一般にも広く門戸を開いていた。明治新政府は，明治5年8月に学制を頒布し，わが国に初めての近代教育制度を取り入れたが，実情のところ商業教育は遅れていた。それは，学制の中で「国内繁盛の地」数カ所に商業学校を設けることを定めていながら，一校も設立されなかったことを見ても明らかである。そういう厳しい環境ながら商業教育は民間の力によって興った。

(2) 三菱商業学校と商法講習所

民間による商業教育の場には，三菱商業学校に加え，三菱商業学校設立の３年前，1875年（明治８年）８月に森有礼によって設立された商法講習所も該当する。森有礼は，初代文部大臣として，わが国近代教育制度の基礎を固めた人物であるが，商法講習所を開設した功績によって，「わが国商業教育の第一の功労者」と見なされている。森は1870年（明治３年）初代駐米公使となり，その在任中に実業教育の振興と充実の必要性を痛感する。そしてとりわけ実業教育の中でも，福沢諭吉と同様に，商業教育の振興と充実こそ，最緊急事案であると考えた[26)]。ここに私塾としての商法講習所が誕生し，指導教師として Whitneyが招聘された。Whitneyは，Bryant, Stratton and Whitney Business Collegeと名付けられた米国ニュージャージー州ニューアークにある実業学校の校長であり，BryantとStrattonはいうまでもなく福沢諭吉によって翻訳された『帳合之法』の原著者である。『帳合之法』を翻訳刊行した福沢諭吉が，その原著者であるBryantおよびStrattonの名を冠したニューアークの実業学校の校長Whitneyを迎えて開設されようとしていた商法講習所の設立に多大の共感を覚えたことは間違いない。福沢は，森の依頼に応じて1874年（明治７年）11月１日，著名な「商学校ヲ建ルノ主意」と題する寄付金募集の趣意書を起草している[27)]。こうして後の一橋大学の前身となるWhitneyの商法講習所がスタートしたが，Whitneyは来日の際に２冊の簿記書を持参したという。１冊はSilas Sadler Packard[28)]（以後Packardと称す）の*Manual of Theoretical Training in the Science of*

25）西川〔1972〕347頁。

26）田中〔1976〕1-32頁。

27）田中〔1974〕89-118頁。

28）Packardは、各地で簿記教師をした後、Bryant & Stratton連鎖学校の一つであったNew York City Mercantile Collegeの校長を務めた。1858年には、ニューヨークのBryant & Stratton Schoolスクールを買い取り、↗

Accounts,（1868）であり，もう１冊はFolsomの*The Logic of Accounts*（1976）である[29]。ここに第２章第４節で述べた【図表１】の系統図中の⑥商法講習所系の簿記書の流れが始まるが，『簿記学階梯』の著者の一人である森島修太郎は24歳で慶應義塾に入塾し，その３年後明治８年27歳の時には商法講習所に入所し，明治10年３月同所の第１回卒業生となっている。そして翌月４月には商法講習所の助教となり簿記を担当した。つまり森島修太郎は，福沢諭吉の弟子であり，かつWhitneyの弟子であったということである。もともとBryant= Stratton= Packardの簿記３部作」を教科書として使用する慶應義塾と三菱商業学校そして商法講習所は，福沢諭吉の大きな影響を受けて設立されたことで近しい関係にあった。さらに，福沢とWhitney双方の教えを受けた森島修太郎が『簿記学階梯』を著したことで，【図表１】の系統図中の⑤慶應系統と⑥商法講習所系の二つの簿記の流れが，集大成されたであろうことは推察できる[30]。

（3）原著と翻訳について

19世紀中葉以降のアメリカで商業専門学校あるいはビジネス専門学校が，社会のニーズに答えて急成長を遂げ，これらの学校では簿記教育が最も重要とされていた。この当時最大のチェーン校なったのがBryant & Stratton Schoolであり，そこでの使用を目的として作成された教科書が次の「Bryant=Stratton=Packardの簿記３部作」である。これら３冊は，順に①初級，②中級，③上級とグレード別にその内容が段階的でカリキュラムに工夫がほどこされていた[31]。

① *Bryant and Stratton's Common School Book-keeping*, New York, 1861（以降，*Book-keeping*初級と称す）

② *Bryant and Stratton's National Book-keeping*, New York, 1860（以降，*Book-keeping*中級と称す）

③ *Bryant and Stratton's Counting House Book-keeping*, New York, 1863（以降，*Book-keeping*上級と称す）

三菱商業学校の教科書『三菱商業学校　簿記学階梯』は，森下および森島が慶應義塾において福沢に学び，その『帳合之法』の精神の影響のもとに，『*Book-keeping*上級』等を参照して著述したもので，英米式簿記法の輸入であることは明らかである。この書は簿記教科書

↘　Packard実務専門学校（Packard's Business Colledge）を設立した。

29）工藤〔2011〕174頁。

30）東京都編集〔1960〕131頁。

31）工藤〔2011〕172-173頁。

として当時最良の文献であり，その影響力は『帳合之法』とともに，明治時代全般に及んだものと言ってもさしつかえない[32)]。本書の第１章の「貸借の事」は，『*Book-keeping*上級』はじめの「Debits and Credits」に相当する。第２章の「口訳座の事」はPacardのManual of *Theoretical Training in Science of Accounts*（1868）の翻訳であり，第３章の「貸借仕訳の事」もPackardによる同著の第２章「Record of Transaction」の翻訳である[33)]。従って『帳合之法』が「Bryant=Stratton=Packardの簿記３部作」の初級の翻訳で，５年後に発刊された『三菱商業学校簿記学階梯』は，その中級編の翻訳を含んだ簿記書であることから『帳合之法』を引き継ぎ発展させたものであり，第２章第４節で述べた【図表１　初期簿記書導入門戸別系統図】の中の⑤慶應義塾系簿記書の本流であった。

（4）序文と内容の特徴

「序文（１‐６頁)」では，簿記の目的を「そもそも簿記法の本質は数多くの事務が麻の乱れるように混乱するのを整理し一目で財産の増減と商売の状況を知ることである」と明快に規定している。そして「はやりの簿記法が世に行きわたれば利益が増え政府や商社これを用いることになる。そしてその翻訳書が輩出すれば我が国会計がさらに進歩する」と述べている。「はやり」という言葉をつかっているので，本書発刊時にはすでに簿記ブームが起こり，簿記書も数多く出版されていたらしい。そうした背景があって次に，「しかし翻訳書の多くは単記複記の両式を述べその解説は詳細であるが，大変冗長なので読者を退屈させ，記入法は雛形を示すだけである。実地練習の例題が少ないため読んでも充分理解できず記憶もできない」という文が続く。さらに，現状の簿記教育について，「つまるところ理論が冗長で例題記入の演習をさせることが少ないからである」と嘆き，この本ではその欠点を認識して，演習をたくさん取り入れたと述べている。
序文の次は「第１章　貸借ノ事」で，この章では借方と貸方に関する説明をしている。

> 「勘定学ニ於テ計算ヲ立ル趣向ノ発端ハ金主ト商売トヲ別視スルニ在リ固（もと）ヨリ商売ナルモノハ只名ノミナレトモ金主ト向ヒ對スルノ姿ニテ金主ノ元入金ハ商売ナルモノヘ貸渡スト看做（みな）サザルヲ得ス是レ商売ナルモノハ一個ノ人名ナリト看做スト同一理ナリ」

> 「勘定学において計算を立る趣向の発端は金主と商売とを別視するにあり。もとより商売なるものは只名のみなれども金主と向い対する姿で金主の元入金は商売なるものへ貸渡すと見なすもの

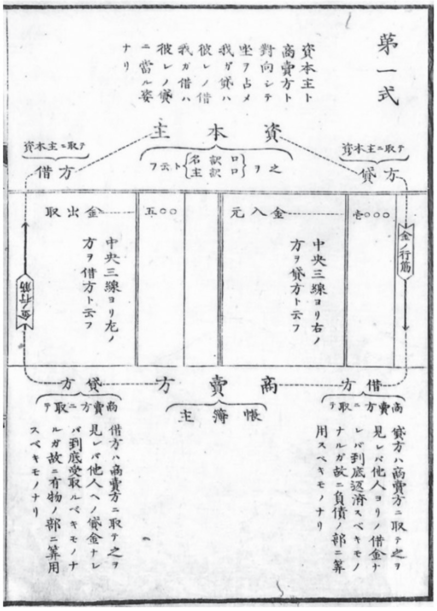
32）黒沢〔1990〕110頁。
33）滋賀大学附属図書館編〔2006〕103‐104頁。

でこれは商売なるものが一個の人名であると見なすと同じである」

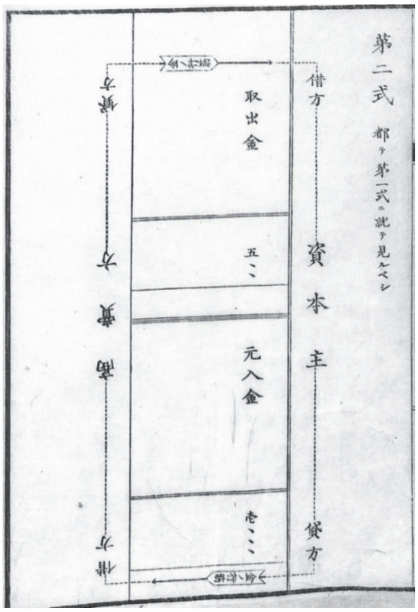
ここでの商売は，商店又は会社と置き換えることができる。すなわち，「勘定学においては貸借とは決しておのれと相対したものではなく，元帳における口座名前（商売と相対して取り引きする相手方）の貸借を云う」であり，資本主勘定における資本主から商売（企業）への元入金ならびに取出金（引出金）の流れを次頁の図表４ならびに図表５のように示している。図表４は，第一式として洋帳簿に日本数字の左横書きを示し，図表５は第二式として日本数字の右縦書きである。

２章の「口訳座の事」は，既述のようにWhitneyが来日の際携えた２冊の簿記書の内の一冊*Pacard*の*Manual of Theoretical Training in Science of Accounts*の一部を翻訳したものであることから，Whitneyにも師事した森島修太郎の考えが反映されている。また，第２章のまとめとして第１から第７まで「定則」を述べているが，これはBryant & Strattonの*General Principles*（1868）の翻訳で，『帳合之法（巻之３）』にもあげられている。『簿記学階梯』と『帳合之法』にはほとんど同じところがあり，著者は代わったけれども『簿記学階梯』が『帳合之法』の後継の簿記書であることが明らかである。

【図表４　資本主勘定第一式】

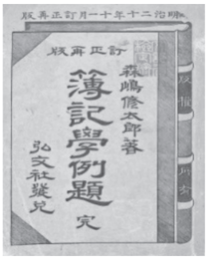


【図表５　資本主勘定第二式】



第2節　問題演習のための『簿記学例題』

タイトル	=	簿記學例題
著　　者	=	森島修太郎 著
出 版 者	=	弘文社
出版年月日	=	明治20年11月



(1) 凡例について

『簿記学例題』は，当時アメリカで最も大きな影響力をもった*Folsom*の*The Logic of Accounts*（1976）を祖述したもので，わが国で「受渡説」の名で広く知られることになった勘定学説を最初にわが国に紹介した文献である[34)]。『簿記学例題』は理論は簡単な説明とし，問題演習が中心の構成である一方，この書では『簿記学階梯』では取り上げられていないFolsomの簿記書に倣った理論解説と複式簿記の練習問題が提示されている[35)]。冒頭の凡例を現代語訳すると次のようになる。

一　この書は1873年米国アルバニー商業学校教師のイー・ヂー・フォルサム氏の著書に基づいて少し私の考えを加えて執筆し，遂に数十頁の冊子となったので印刷をし簿記を学ぼうとする人に頒布する。もし，これが簿記法の練習を補うことになれば幸せである

一　この本は上下２編で, 上編は開業３類13様の権衡（はかり）と問題を示し, 下編では様々な問題を示している　もともと例題のみを集めたものなので，その記入法や体裁は森下氏と私が合著した簿記学階梯を見なさい

一　問題を記入する帳簿は，日記帳，仕訳帳及び元帳を用いるが，異なる体裁の帳簿や主要帳以外に増補帳を用いるのは教える先生の自由である

一　各問題の最後には元帳に使用する紙の枚数と答をつけてあるので，よろしく利用しなさい。もし，違った答がでるようなら何度も反復練習しなさい

一　手形の日数を数える時は，すべて手形を振り出した翌日を起算として日数を数え支払期日としなさい。例えば，１月１日付10日後支払いなら，２日より数えて11日は10日目にあたるので，これを支払期日とするようなものである

一　手形の日数は約束日数以外に３日の猶予を入れるルールがある。ゆえに支払期日を知ろうと思えば書面の日数に３日を加えその３日目に当たる日を支払期日とする。あるいはこの猶予日を算入しないものがあるときは，その旨を附記して弁明すること。例えば前の例

34）黒沢〔1990〕110頁。

35）津村〔2015〕61頁。

では，１月11日は10日目にあたり支払期日になるが，３日を加えて14日を支払期日とするようなものである

一　元帳の紙数を半枚と書いてあるのは10行罫紙の半枚のことである

（2）内容の特徴

『簿記学例題』の内容はすべて複式簿記の練習問題で構成されているが，凡例に著者森島修太郎のこの書に関する考えが凝縮されている。まず第１は，森島自身がこの書の底本が，E. G. Folsom氏の著書と言っていることである。これは，既述のWhitneyが来日の際，携えたもう一つの簿記書Folsomの*The Logic of Accounts*（1976）であることは間違いなく，商法講習所の第一回卒業生である森島がWhitneyに師事しFolsomの簿記論に大きな影響を受けたことは明白である。『簿記学例題』の後，Whitneyが商法講習所で講義したFolsomの簿記理論の影響を受けて，Folsomの理論を取り入れた簿記書は数多く発行された。Folsomの学説は取引を等しい価値の交換であるとする受け渡し説で，これが後に発展してわが国では取引要素説という勘定記入の法則に関する一つの学説となった[36)]。

凡例の第２のポイントは，「もともと例題のみを集めたものなので，その記入法や体裁は森下氏と私が合著した簿記学階梯を見なさい」と述べている点である。実際，明治20年11月発刊の訂正再版は本文138頁の本であるが，５頁以降はすべて例題となっており，いわゆる体裁（フォーム）は一切記載されていない。故に記帳法については森下岩楠と共著の『簿記学階梯』を参考にせよということになる。したがって，この『簿記学例題』はワークブックのように，『簿記学階梯』と合わせて使用されていたものと考えられる[37)]。『簿記学例題』は，『簿記学階梯』と同じく三菱商業学校の教科書として出版され，当初の表紙には横書きで『三菱商業学校』と印刷されていたが，幾度も訂正版が発行され，手形支払日，用語や語句が修正された。明治20年の訂正再版からは，表紙の『三菱商業学校』の文字が削除され，又明治21年１月19日付けで文部省検定済となり，三菱商業学校の教科書から広く世に読まれるようになったことが推測される[38)]。

36）西川〔1972〕334頁。

37）津村〔2015〕60頁。

38）一橋大学附属図書館ホームページ〈http://www.lib.hit-u.ac.jp/service/tenji/k15/〉

第３節　小学校の教科書となった『民間簿記学』

タイトル	＝　民間簿記学２巻
著　　者	＝　森下岩楠, 森島修太郎 著
出 版 者	＝　中近堂
出版年月日	＝　明治17年８月

(1) 自序について

『簿記学階梯』と『簿記学例題』に続いて，明治17年に森下，森島の共著で『民間簿記学』が発刊されている。冒頭の自序を現代語訳すると以下のとおりである。

「さきに我々が三菱商業学校の初等の生徒を啓発するため，複式の簿記学を簡単平易に説明するを目的とした簿記学階梯を著した。もとより初めて学ぶ者を対象にしたけれども，中学校の教科書に適して，小学校の生徒に教えるときは難しすぎるという声があった。それでさらに小学校の教科書に適応するこの本を書き，簿記学の入門にするという企画をし，久しぶりに暇ができたので，この本を書き名付けて民間簿記学とした。まさしく初めて学ぶ人に道筋を開くつもりなので，簡単かつ平易にすることを心がけた。明治17年４月」

(2) 内容の特徴

序文から明らかなように，この本は『簿記学階梯』を「小学校向けに簡単平易にしたものである。」上巻では単式簿記を下巻で複式簿記を取り上げている。そして初心者を対象に簿記学の理論を簡単に説明する意図で主要３帳簿（日記帳・仕訳帳・元帳）に絞って説明している。また，初心者向けということで問答式（Ｑ＆Ａ）を取り入れているのが特徴である。例えば，(問)「商売を開始しようとして資本主より商売方へ元入れした金額を初めて帳簿に記入するときの規則はなにか」(答)「資本主より元入れした金額はすべて貸方とする」のような問答が続く。そして，下巻の最初第九章では，次のような文がある。

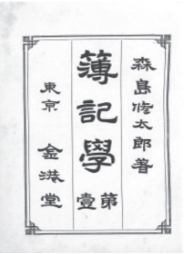
「簿記学の理論を理解し，その技術に熟練するには例題によって記入の練習をすることがとても大事である。ゆえに学ぶ者は，上巻単式簿記法の雛形に従い，左の例題で記入の練習をすること。そして，尚それが充分でない時は森島修太郎著の簿記学例題の中から学力に応じたところを選んでその不足を補うこと。」

記帳について反復練習を勧めるのは，森下・森島の簿記書に共通しており，一貫して理論だけが空回りしない実践的な簿記教育を目指す姿がうかがえる。また，ここでも例題が足りないときは前節で取り上げた『簿記学例題』を使用することが推奨されており，『簿記学階梯』『簿記学例題』『民間簿記学』は，『帳合之法』を引き継ぐ教科書の三部作とも言えよう。

『民間簿記学』では，複式簿記の説明が少なく取引の定義や貸借分類の法則は示されていないが，『簿記学階梯』で提示されていた７勘定科目を，①資本主②金銀③商品④請取手形⑤支払手形に相当する「物」⑥人名勘定に相当する「人」⑦無形物に相当する「事」に再整理して貸借分類の説明を行っている。そして，このうち「物」については，「受ケタル者ハ借ニシテ渡シタル者ハ貸ナリ」とFolsomの貸借分類の法則に類似する説明も見られる。その一方で，未だ「人」では①資本主と⑥人名勘定を分けて貸借分類の解説をするなど，十分に整理できていない説明も残されているが，資本勘定を含む人名勘定から成る「人」と，実在勘定を指す「物」と，名目勘定を指す「事」の三勘定説が展開されている[39)]。

第４節　Folsom理論を紹介した『簿記学第壱』

タイトル	=	簿記学第壱
著　　者	=	森島脩太郎 著
出 版 者	=	金港堂
出版年月日	=	明治24年７月



（1）緒言について

『民間簿記学』に続いて，1891年（明治24年）に森島修太郎は，簿記書『簿記学第壱』を著した。本書はこれまで検証した３冊の簿記書が明治20年までに発刊されたものに対して，1891年（明治24年）発刊と少し遅くなるが，『簿記学例題』でFolsomの簿記理論紹介の先鞭となった森島修太郎が，その４年後に発刊した簿記書である。冒頭の緒言は10項目13頁に及ぶ長文であるが，その最初の１項目は次のとおりである。

> 「凡ソ専門学ノ要ハ其学ノ原理ニ基キ之ヲ実事ニ応用シ以テ該学問ノ実用ヲ社会ニ表示スルニ在リ抑モ簿記学ハ一種ノ専門学ニシテ凡天下ノ会計之ニ依ラサルハナシ故ニ苟モ此学問ヲ修ムル者ハ充分ニ其原理ヲ了解シテ世間何等ノ事ヲ問ハス都テノ会計ニ普ク之ヲ応用シ得ルノ実績ヲ示シ社会ヲシテ此学問ノ最モ有益ニシテ欠ク可ラサルモノタルコトヲ知ラシムルヲ要ス」

> 「およそ専門学の要はその学問の原理に基づいて実際に応用して，その学問の実用性を社会に示す事である。そもそも簿記学は一種の専門学であり，およそ天下の会計でこれに頼らないものはない。故にかりそめにもこの学問を修めた者は十分にその原理を理解して世間のどのようなこと

39）津村〔2015〕63頁。

でも全ての会計にあまねくこれを応用しうる実績を示し，社会的にこの学問が最も有益で欠くべきものであることを知らせることが必要である。」

簿記学が社会にきわめて有用性をもった実学であることを広めたいという森島の思いが伝わってくる一文である。また緒言の最後の項目では，「簿記学を学ぶにその原理を充分会得すれば，これを実業に応用するのはもとより難しいことではないけれど，応用の巧拙は自ら免れるものではない。最初にその原理を会得した時に，これを応用する手続を練習しなければならない。すなわちこれを練習するのは，記帳の一途以外にないので，ただ原理を会得したといって学者のような気持ちにならず，種々の例題によって種々の変化の記帳を多く練習し，十分にこれを応用する技術を具えそして理論と応用との二者を合わせて会得しなければ，実用に活用する時に臨み大変な困難を感じてしまう。単に理論のみに走り，ついには空論になってしまう弊害に陥らないように努めてほしい。」

この一文では，簿記学を学ぶ者にとって陥りがちな「理論と実践の乖離」を鋭く指摘し，そのためには記帳練習に心がけることを説いている。この記帳練習を重視する考え方は，その後のわが国の簿記教育の礎になったのではないだろうか。

(2) Folsom理論と森島の解釈

Folsom理論とはいかなるもので，それを森島はどうわが国に伝えたのであろうか。Folsomの簿記理論は受渡説といわれ，「複式簿記は等価の価値の受け取りと引き渡しを記録すること，それらを交換することでもたらされる二重の結果を表示することからなっている[40]」という。森島修太郎の『簿記学第壱』は凡例にあたる緒言にFolsomについての記述は見あたらない。しかし，その緒言では，簿記の「原理」「理論」を理解することが大事であると強調されているし，『簿記学第壱』の章構成はFolsomの簿記書の第１章から第３章までの内容をまとめたものと考えられる。『簿記学第壱』において，森島は「第１章　價ノ事」と題して価値について以下のように述べている。

第三　〈取引とはなにか〉

取引とは通貨の名称で価値の分量を示し物と物とを交換するすべての会計の事務を言う。

第五　〈価値とはなにか〉

価値は無形で有力な一種の力であり常に交換の標準となるものである。

第七　〈価値の交換とはなにか〉

40）工藤〔2011〕174頁。

価値の交換とは一方より価値を保つ物を受けて他の一方へ価値を保つ物を渡し交換することである

まさにFolsom理論の等価の価値の交換を説明した部分であり，さらに〔價ノ分類〕という項目で，次のようなことを述べている。

第一　〈価値の分類とはなにか〉

価値はもともと無形物であるのでこれを分類することはできない。しかし今これを分類するのは実は価値を分類することで，名称が変わって分類するのは価値を保つという勘定科目でこの価値を保つ物を分類する。

第二　〈勘定科目とはなにか〉

勘定科目とは価値を保有する物を分類して一つの勘定を示す名称である。

第三　〈勘定科目の大別３種類とはなにか〉

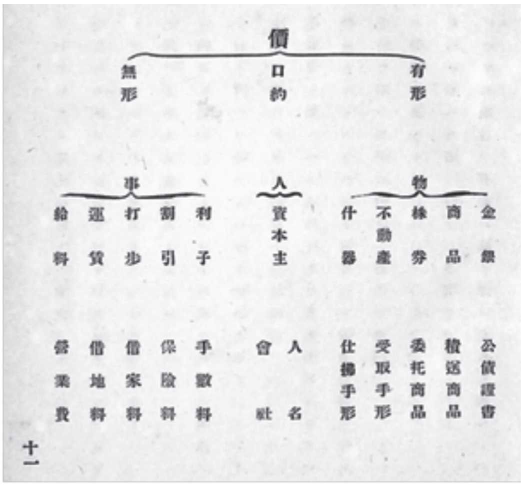
値を保つ勘定科目はもとよりさまざまなものがあるので，あえてその名称を掲載するには際限がないが，今これを大別するとどんな種類の会計でもすべて形を有するものと人の口約束に関するものとそして形を有しないものの３種類がある。

第七　価値の分類表を示せ

この分類表は商業に関するおおよそ大事な勘定科目を掲げたもので，その他の営業に関してもこの趣旨に倣うこと。

そして，森島によって示されたのが図表６である。森島の価値の分類表における有形は「有形物＝物」であり，金銀や商品及び受取手形，支払手形といった資産・負債にあたる勘定である。また口約は「口約束＝人」を意味する資本のことであり，無形は「無形物＝事」のことで

【図表６　価値の分類表（森島）】

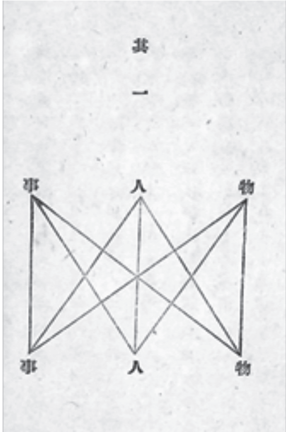


利子や手数料などの費用・収益の勘定となる。それに対してFolsomは価値の分類を資産・負債を表す商業価値と収益・費用・資本を表す観念価値とに分類しているので，森島がFolsomの「価値」を新たに解釈し直していることがわかる。

特徴としては，資本金勘定と債権債務にかかる人名勘定について新たな区分として「口約束＝人」を設けたことである。そして，この「物」「人」「事」の３つの勘定科目をもとに取引の９種の交換パターンを示したのが図表７であり，Folsom理論の「核」である価値の分類を森島はわが国流にアレンジし，価値の交換９種類を線で繋ぐという工夫を加えた。森島の作成した価値交換９種類の図表８は，当該交換等式において３つの要素間の結びつきを線で繋いで表現したことで，わが国独自の「取引要素説」という理論形成に最大の貢献を果たしていくことになる[41]。「取引要素説」は，その後明治から大正にわたる多くの簿記書に採用された。この

【図表７　Folsom価値交換９種類の等式】

【図表８　価値交換９種類の変化】



【図表９　文部省教科書】

明治 6年	福澤諭吉『帳合之法　初編1,2』	明治14年	愛知信元『簿記教授本　上下』
明治 8年	小林儀秀訳『馬耳蘇式記簿法　1,2』文部省	明治17年	熊野秀之輔『小学簿記学教授書』
明治 9年	小林儀秀訳『馬耳蘇式複式簿記　上中下』文部省	明治20年	熊野秀之輔『小学簿記学　巻上下』
明治11年	小林儀秀訳『馬耳蘇式複式簿記　上中下』文部省	明治20年	森下岩楠・森島修太郎『民間簿記学　巻上下』
明治11年	中島佑吉『単記簿記教授法　巻下』	明治20年	佐久間文太郎『高等小学簿記法』
明治11年	森下岩楠・森島修太郎『三菱商業学校簿記学階梯　上下』	明治20年	有沢菊太郎『製造所簿記教科書』
明治12年	小林儀秀訳『馬耳蘇式複式簿記　上中下』文部省	明治20年	堀内正善『普通簿記学　2,3』
明治12年	松井惟利『小学正則単式簿記学　巻上,下』	明治20年	森島修太郎『簿記学例題　完』
明治13年	山田尚景『小学簿記法』		

（鳥居〔1967〕501-502頁より筆者が抜粋、編集）

41）工藤〔2013〕76-94頁。

ような「取引要素の結合関係」図式は，欧米にはないわが国独特の簿記書及び簿記教育の特色とされている。そういう意味で森島修太郎の『簿記学第壱』は，Folsom理論をアレンジしながら後世に伝えた簿記書であるといえよう。

第４章　まとめ

これまで1873年（明治６年）から1892年（明治25年）頃までのわが国おける西洋簿記導入及びその発達史を『三菱商業学校簿記学階梯』『簿記学例題』『民間簿記学』及び『簿記学第壱』という４冊の簿記書を通して検証してきたが，第１章第２節 「研究の方法と目的」で設定した以下の４つの課題を考察してみたい。

①「福沢諭吉とその直系弟子たちによる簿記教育はいかなるものであったか」

明治初年の知識人の多くが，わが国が一日も早く列強と肩を並べることが独立の証と考え，そのために文明開化による「富国強兵，殖産興業」を目指した。その中で，福沢諭吉は西洋簿記の導入が近代国家建設のためのシンボルになり得ると考えた。福沢自身は簿記の研究から手を引いてしまうが，後は慶應義塾で学ぶ弟子たちに委ねられ，そして福沢の薫陶を受けた弟子たちが，官公庁，学校などで簿記教育の普及に尽力するようになった。そのお陰で簿記ブームが起こり，数多くの簿記研究がなされることになった。換言すれば簿記教育は，わが国の時代・歴史を動かした一つのファクターであり，本研究で取り上げた森下岩楠，森島修太郎の貢献は簿記教育に関して福沢の直系弟子であり，『帳合之法』をベースにしながらも新しい米国の簿記理論を取り入れた研究者として，また指導者として明治初年の簿記教育を支えた功績は大きく，両者の著した簿記書が明治30年ころまで版を重ね現在の簿記教育に繋がったことは賞賛に値する。

②「明治初期に於ける慶應系簿記書の系譜はどうなっていたか」

明治初期の簿記ブームの中で『帳合之法』の流れを汲む慶應系簿記書が主流を占めたことが明らかになった。『帳合之法』は，1856年シカゴに創設された米国のBryantとStrattonの連鎖商業学校で使用されていた教科書を底本としており，当然簿記教育そのものが米国をお手本としてスタートした。当時の米国の商業学校では，簿記を中心にして商業取引全般を教授するような方法がとられ，短い期間で簿記を含む商業教育が覚えられるという教育制度であり[42]，こうした米国の学校をモデルとして，慶應義塾でも商法講習所でも三菱商業学校でも同じような

41）西川〔1972〕233-234頁。

商業教育が行われていくことになる。最初に教科書として使用されたのは『帳合之法』であったが，本研究で取り上げた森島修太郎がキーパーソンとなりWhitneyやFolsomの流れを汲む商法講習所系の簿記書と慶應義塾系簿記書が統一されて簿記教育の教科書となっていったことが確認された。

③「検定教科書として学校教育の中に組み込まれた簿記書は存在したのか」

1872年（明治５年）の「学制」に科目としての「記簿法」が含まれていた。しかしながら商業教育に関しては政府も当初積極的ではなく，ほぼ名目のみといった状況であり教科書も限られていたが，1886年（明治19年）の森文相による学制改革で教科書の検定制度が導入され，その実施については1886年（明治19年）４月に公布された小学校令中に「小学校ノ教科書ハ文部大臣ノ検定シタルモノニ限ルヘシ」（第一三条）と規定されている[43]。そもそも記簿法については，わが国固有の商家の場合，外部には見せることなくその家の秘密であり，したがって教科書というものは存在しなかった。しかし，1872年（明治５年）の「学制」の中に規定した小・中学校の教科目に記簿法が加えられたので，文部省は小・中学校の教科書として『馬耳蘇氏記簿法』を刊行したが，授業時間その他の事情に合わず難易度も高かった。【図表９　文部省教科書】の明治以降教科書総合目録によると最初のうちは，教科書として使用されたのは『帳合之法』が圧倒的に多かったと思われるが，徐々に『馬耳蘇氏記簿法』と『馬耳蘇氏複式記簿法』にその座を奪われることになった。その後，本研究で取り上げた森下岩楠・森島修太郎『三菱商業学校簿記学階梯』，『民間簿記学』も教科書として採用され，更に明治20年には森島修太郎『簿記学第壱』も文部省検定済みの教科書となった。『馬耳蘇氏記簿法』の訳者小林儀秀も慶應義塾の出身であることも含め，慶應義塾系の簿記書が教科書として公教育の現場に取り入れられ，その後の学校教育の主流となったことが明らかである。

④「森下・森島の著書が，後のわが国の理論簿記の先導となったことは証明できるか」

森島修太郎の『簿記学例題』及び『簿記学第壱』がFolsomの受渡説を最初に紹介した簿記書であった。Folsomは，今日でも米国会計学の先駆者として著名なHenry R Hatfieldに先立つ米国の会計理論者として知られる[44]が，Folsomの受渡説を簿記学として後世に引き継ぐ役目を果たしたのが『簿記学第壱』であると考えられる。

43）文部科学省ホームページ「国定教科書制度の成立教科書の検定制度」
〈http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317624.htm〉

44）千葉準一〔2009a〕398頁。

黒沢〔1978〕は，1873年（明治６年）から1973年（昭和48年）に至る百年を前期50年と後期50年に区分し，さらに前半の50年を25年ずつに分けて，1873年（明治６年）から1899年（明治32年）の改正商法の制定までを「会計前史の前段」と呼び，この会計前史の前段のことを福沢の『帳合之法』とShandの『銀行簿記精法』によって点火され，燃え上がるように欧米の進歩した簿記が伝えられた，わが国に会計史における簿記時代と名付けている[45]。この簿記時代の端緒となり中心となったのが本研究で取り上げた簿記書であり，あらためてその歴史的意義を評価したい。

「継続は力なり」，続けることは難しいが，明治初年に点火された西洋複式簿記の炎が140年後の今も燃えている。先人の努力に敬意を表し結びとしたい。

【一　次　史　料】
福沢諭吉〔1874〕『帳合之法　初編』『帳合之法　二編』慶応義塾出版局。
森下岩楠，森島修太郎〔1878〕『簿記学階梯　巻之上・巻之下』著者蔵板。
森島修太郎〔1879〕『簿記学例題』弘文社。
森下岩楠，森島修太郎〔1884〕『民間簿記学　巻之上・巻之下』中近堂。
森島修太郎〔1891〕『簿記学第壱』金光堂本店。
Folsom〔1976〕*The Logic of Accounts*, New York.

【参　考　文　献】
ジェイコブ・ソール，村井章子訳〔2015〕『帳簿の世界史』文藝春秋。
青木茂男編〔1976〕『日本会計発達史　わが国会計学の生成と展望』同友館。
石垣康雄〔1984〕「わが国における簿記教育の歴史的展開―簿記教科書の内容を中心として」経理知識，第63号，125-139頁。
――――――〔1985〕「わが国における簿記教育の歴史的展開－2－簿記教科書の内容を中心として」経理知識，第64号，101-125頁。
井手健二他〔2009〕「わが国における洋式帳簿の導入過程」Fuji business review，第１号，58-64頁。
福沢諭吉著・伊藤正雄訳〔1977〕『現代語訳学問のすゝめ』教養文庫。
岩田康成・米田正巳・石塚一彌［他］〔2009〕「複式簿記の日本への導入とその影響」Fuji business review，第１号，74-79頁。
岩田康成・米田正巳・関口和代［他］〔2010〕「明治期の簿記教育と簿記関係各種学校」Fuji business review，第２号，60-64頁。
内田　糺〔1968〕『明治期学制改革の研究』中央公論事業出版。
笈川達男〔2001〕『商業教育の歩み　現状の課題と展望』実教出版。
大阪市編〔1933〕『明治大正大阪市史第３巻』日本評論社。
奥村恒夫・奥村紀夫〔1973〕『商業科教科教育法改訂版』大明堂。

45）日本会計学会〔1978〕2-3頁。

小倉栄一郎〔1960〕「江州中井家帳合の法について」会計，第77巻２号，264-290頁。
―――――〔1980〕「わが国固有帳合法の史的展開－11－明治以降の固有帳合法の実態」企業会計，第32巻第11号，1788-1791頁。
―――――〔1980〕「わが国固有帳合法の史的展開－12完－諸家の決算書の概観」企業会計，第32巻第12号，1898-1901頁。
片岡泰彦〔2008〕「アラン・シャンド『銀行簿記精法』に関する一考察」経営論集，第15巻，43-62頁。
鹿野政直〔2004〕『近代日本思想案内』，岩波文庫別冊14。
工藤栄一郎〔2011〕『会計記録の基礎』中央経済社。
―――――〔2012〕「明治初期における農業簿記教科書の登場とその社会的意味」熊本学園商学論集，第17巻第１号（通巻第49号），41-61頁。
―――――〔2013〕「わが国固有の複式記入理論の形成－「取引要素説」形成過程の検討－」産業経理，第73巻第２号，76-94頁。
黒沢清総編集〔1979〕『体系近代会計学Ⅵ会計史および会計学史』中央経済社。
黒沢清〔1990〕『日本会計制度発展史』財経詳報社。
幸田成友訳〔1967〕『日本大国王誌』東洋文庫。
小島男佐夫〔1967〕「明治初期の我国商業教育－『帳合之法』に関する一考察」関西学院大学共同研究紀要，第１号，169-179頁。
小宮山隆行〔2005〕「商業概念と商業教育の一考察」愛知学院大学論叢商学研究，第46号，33-47頁。
酒井雅子〔2008〕「商法講習所の創立から東京外国語学校との合併まで」一橋フォーラム。
佐藤信，五味文彦，高埜俊彦，鳥海靖編〔2012〕『改訂版詳説日本史研究』山川出版社。
滋賀大学附属図書館編〔2006〕『近代日本の教科書のあゆみ－明治期から現代まで－』サンライズ出版。
田中昭徳〔1974〕「森 有礼とわが国近代商業教育の創成」商學討究 25(1/2)，89-118，小樽商科大学
――――〔1976〕「わが国近代商業教育制度の成立過程（その２）」小樽商科大学人文研究 52，1-32頁。
千葉準一〔2009a〕「明治前商法期における英国型報告会計実務の形成と変容」経済志林，第76巻第４号，375-401頁。
――――〔2009b〕「商法計算規定の形成」経済志林，第77巻第１号，97-124頁。
千葉準一・中野常男〔2012〕『体系現代会計学第８巻会計と会計学の歴史』中央経済社。
司　忠〔1951〕『丸善社史』丸善株式会社。
津村怜花〔2007〕「明治初期の簿記書研究－『帳合之法』の果たした役割」會計，第172巻第６号，87-88頁。
――――〔2013〕「『尋常簿記法』および『日用簿記法』と簿記教育」研究紀要，第58・59号、121-152頁。
――――〔2015〕「森島修太郎に見るアメリカ簿記書の影響（第30回全国大会）」日本簿記学会年報，第30号，59-67頁。
――――〔2015〕「『簿記法原理』および『簿記学　第一』にみるFolsomの簿記書の系譜－兼子〔1891〕の再検討を中心として－」研究紀要，第62・63合併号，49-75頁。
東京都〔1960〕『商法講習所』都史紀要八。
鳥居美和子編〔1967〕『教育文献総合目録第三集（明治以降教科書総合目録Ⅰ小学校編）』小宮山書店。
西川孝治郎〔1971〕『日本簿記史談』同文館。
西川登〔1996〕「<資料紹介>社史に見る西洋式簿記の導入」商経論叢，第31巻第３号，99-135頁。
日本会計学研究会〔1978〕『近代会計百年～その歩みと文献目録』。
日本商業教育学会〔2006〕『教職必修　最新商業科教育法』。

日本商工会議所〔2009〕『平成21年度総括的概要』日本商工会議所。
広瀬大有〔2006〕「原書における福沢諭吉の未翻訳部分について－その出版を中心に（2）」経済論集，第１号，1-15頁。
松尾正人編〔2004〕『明治維新と文明開化』（シリーズ〈日本の時代史21〉）吉川弘文館。
宮川隆泰〔1998〕「<土曜セミナー・総会記念講演>初期三菱と福沢門下生」福澤諭吉年鑑，第 25巻，17-190頁。
――――〔2001〕「<福沢諭吉研究論文>三菱商業学校と明治義塾」福澤諭吉年鑑，第28巻，21-56頁。
毛利敏彦〔1985〕「大阪商業講習所の誕生と福澤諭吉　大阪市立大学事始め」近代日本研究，第２巻，207-236頁。
文部科学省〔2010〕『高等学校学習指導要領解説　商業編』実教出版。
山内慶太〔2016〕「福沢諭吉門下生による会計教育の全国展開」企業会計Vol.68 No.3。
山地秀俊，藤村聡〔2014〕『複式簿記・会計史と「合理性」言説－兼松史料を中心に－』神戸大学経済経営研究所。
吉野弘一〔2003〕『商業科教育法－21世紀のビジネス教育－』実教出版。
百合野正博〔2012〕「「会計学」領域における「監査論」の位置づけ」會計，第182巻第２号，151-165頁。
渡辺和夫〔2006〕「財務会計の構成要素とその起源」商学討究，第57巻第１号，1-12頁。
――――〔2009〕「福沢諭吉と『帳合の法』」札幌学院大学経営論集，第１号，43-49頁。

【参考ウェブページ】
国立印刷局ホームページ〈http://www.npb.go.jp/ja/guide/enkaku.html〉
慶應義塾公式サイト〈http://www.keio.ac.jp/index-jp.html〉
Bibliographical Database of Keio Economists〈http://bdke.econ.keio.ac.jp/psninfo.php?sPsnID=28〉
一橋大学附属図書館ホームページ〈http://www.lib.hit-u.ac.jp/service/tenji/k15/〉
文部科学省ホームページ「教科書の検定制度」〈http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317624.htm〉
三菱グループのホームページ〈https://www.mitsubishi.com/j/history/series/yataro/yataro15.html〉

（2017年11月２日受理）

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
京都大学附属図書館事務部長[1]としての活動を中心に

山　中　康　行*

目　次

はじめに
1．「大学図書館の近代化」の定義
2．「大学図書館近代化」運動の流れ
3．「国立大学図書行政の現状と問題点」
4．「大学図書館近代化運動の流れのもとに」
5．岸本英夫の東京大学附属図書館の「近代化」と京都大学附属図書館の「近代化」
6．国立大学図書館近代化の流れ
7．京都大学附属図書館の近代化
1）京都大学附属図書館運営機構の近代化
2）京都大学附属図書館業務の近代化
おわりに

はじめに

岩猿敏生は，京都大学附属図書館事務長・事務部長を20年間務めた後，1976年関西大学文学部教授として，教育者・研究者に転じ，13年間後進の指導にあたった。また図書館情報学会（旧称図書館学会）でも1983年度から1986年度まで副会長として，1987年度から1995年度まで会長として学界の活動を牽引した。

本稿は，九州大学附属図書館から，京都大学附属図書館に勤務した時期に焦点をあて，彼の

1）京都大学附属図書館事務部長在任期間は、1956（昭和31）年４月～1976（昭和51）年３月

＊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，大学図書館の近代化，京都大学附属図書館

足跡を研究することを課題とする。この時期の彼の著作「大学図書館近代化運動の流れのもとに」[2)] を手がかりとして，岩猿が実施した京都大学附属図書館の近代化について考察を加える。

大学図書館の近代化について，岩猿は，「戦後日本の図書館界では，これまでの整理中心から奉仕活動に重点がうつされてきた。これは近代図書館のあり方として当然なことといえるであろう。近代図書館は近代社会をその存在基盤とするものである。だから天皇制デスポチズム（専制）の支配した戦前の館界で，図書館奉仕という近代図書館の理念が貫かれなかったのも当然であろう。（中略）日本の社会体制そのものの遅れた制約されたものであった」[3)] と述べている。

1．「大学図書館の近代化」の定義

「大学図書館の近代化」について，東京大学附属図書館長岸本英夫は，「近代大学の図書館というものは，もはや，図書をしまっておく場所ではない，図書ひろく，効果的に，読ませる，利用させるような働きをする，その働きこそ近代大学図書館の役割である」[4)] と定義している。

2．「大学図書館近代化」運動の流れ

日本の大学図書館に関する法令上の取扱いは，「国立学校設置法」（1949年）第６条に「国立大学に，附属図書館を置く」という条文があるだけであった。これをうけた法令「国立学校設置法施行規則」（1949年）第12条に「附属図書館には館長を置き，その大学の教授をもって充てる。但し，必要がある場合には，事務職員をもって充てることができる」とあるだけで，図書館のあり方とか，その活動について，法的には何も規定がなされていない。その不備を補うかたちで，「大学図書館基準」（1952年）が，大学基準協会（民間団体）によって作成された。この基準は，大学図書館に関する最初の包括的な基準であり，大学図書館関係者からは大いに注目を集めた。専門職としての司書，あるいは専任館長制を原則としている点など，今後の目標を示す点もないではないが，この基準は新制大学の認可基準との関係もあり，図書館の最低の基準を定めたもので，実際には大学図書館のレベルを上げる上では，ほとんど何の役にたたなかった。そのことから，「国立大学図書館改善要項」（1953年），「私立大学図書館改善要項」

２）『図書館雑誌』61巻８号（1967年８月），pp.10-12.

３）「ライブラリアンについて（自由論壇）」『図書館雑誌』Vol.50, No.4, 1956.4, p.122.

４）「東京大学附属図書館改善記念式典（式辞）」より『大学図書館の近代化を目指して・その行方』元東京大学附属図書館長　岸本英夫図書館関係論集・記録ノート　金子豊編東京大学附属図書館 2007.7巻頭語

(1956年),「公立大学図書館改善要項」(1961年),「私立大学図書館運営要項」(1963年), 薬学図書館改善要項, 私立短期大学図書館の要項などの改善要項があらわれる。

3.「国立大学図書行政の現状と問題点」[5)]

1956年, 京都大学附属図書館事務長に就任2年後の執筆である。タイトルには国立大学図書館となっているが, 岩猿が京都大学図書館行政の実態を調査し分析をしている。冒頭で新制大学における図書行政の混乱の原因を,「大学に研究・教育のための根本資料としての図書を, 全学的に利用できない状態のまま（大学附属図書館に全学図書の綜合目録が未整備な状態）に放置して, ただ蔵書の数量だけで大学設置の許可」(p.134) を与えたこととしている。岩猿は京都大学図書館行政上の問題点・課題を列挙して, 1. 受入　2. 目録　3. 保管　4. 管理の4項目にわけ現場の問題点・課題を列挙し, 利用者サービスを重視する岩猿の見解は, 人手不足のため整理中心主義になり, 奉仕関係に人手が不足することになっていると指摘している。この岩猿の見解には, 戦前からの歴史ある大規模総合大学京都大学の図書館の複雑な構造や実態の把握に, 本館事務トップの地位あることによる限界があった[6)]。人手不足の原因は整理中心のためであり, そのため奉仕関係の人員が公共図書館にくらべ少ないとの捉え方は, 部局図書室・学科図書室・研究室図書室・研究所図書室等の現場の情報不足による判断の誤りである。「国立大学の図書行政の現状と問題点」は, 戦前からの歴史のある大規模総合大学における図書館複雑な実態（学部図書室との地理的位置, 学部の自治, 附属図書館と部局図書室との行政組織関係等）にいち早く着目し, 問題点を析出していることは注目すべきである[7)]。

4.「大学図書館近代化運動の流れのもとに」[8)]

大学図書館の近代化について最初に, 近代化運動の展開を記し, ① 経営管理　② 収書, 蔵書　③ 整理, 奉仕　④ 施設の4項目につき, 先行する関係論文を紹介し, それらを論究している。近代化運動の展開：大学図書館の近代化への要求は, 図書館内部からの動きである岸本東大館長による東京大学図書館の近代化運動に始まり, 全国的に多きな影響を与えた。同時に図書館の外部からの要求については, 日本学術会議が内閣総理大臣佐藤栄作宛てに行った勧告

5）『図書館雑誌』Vol.52, No.5, 1958.5, p.134-147.

6）「京都大学図書館業務機械化概要書」1983.5, p.79-84.

7）部局図書室等の現状は、館報「静脩」1964（昭和39）年9月以降順次掲載された。

8）『図書館雑誌』Vol.61, No.8, 1967.8, p.324-326.

「大学図書館の近代化について」(1964 (昭和39) 年) と，科学技術会議が総理大臣あてに出した意見書「科学技術振興の総合的基本方策」(1966 (昭和41) 年) をあげている (p.324)。

1) 経営管理の近代化：具体的な大学図書館の近代化は，① 経営管理面における近代化，② 収集，整理，奉仕の面における近代化，③ 施設・設備の近代化等が考えられる。経営管理の面における近代化の問題について，岩猿は，沢本孝久の「図書館をとりまく近代的環境に答えるように図書館経営することである」[9] を引用し，たとえば，情報源資料の増大，研究方法の変貌，工学技術の進歩による図書館業務の機械化の可能性の増大等，旧来の図書館経営では応え得ない近代的環境が生まれている。このような近代的環境に図書館が応えていこうとするのが，図書館の近代化である (p.324)」と述べ，その経営管理を近代化するためには，まず業務の分析が必要であるとしている。

業務の分析には，システム・アナリシスが必要であり，現状の分析のあと，評価が必要になる。評価には，量的評価と質的評価があり，量的評価には，図書館経営の評価に原価計算的観点をもちこんだ ① 河田政雄の「図書館業務の原価的管理について」[10]，② 尾原忠雄「医学図書館業務の原価計算」[11]，図書館経営管理の近代化の問題を，全体的に概説した文献として ③ 沢本孝久「図書館経営の近代化」[12]，大学図書館管理の問題を近代経営学の立場からとり上げるべきことを説いた ④ 大山綱憲「近代的大学図書館と近代的管理職能」[14]，システム・アナリシスの方法としてのフロー・チャート法の図書館業務への適用として，⑤ 野口廸子「フロー・チャート ―図書館業務の流れ図への応用―」[14] 及び「フロー・チャート：その動向と発注・受入業務改善の一例」[15] を紹介している。

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作成『大学図書館の業務分析』[16] をあげ，「大学図書館の業務を，さらに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たものとして挙げている。「ただ，業務の項目だけで，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ではないので，解説を作る作業が進められている」と述べ，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

---

9)「図書館経営の近代化」『医学図書館』Vol.13, No.1, 1966. p.1-13.

10)『図書館界』Vol.16, No.6, 1965. p.167-174.

11)『医学図書館』Vol.13, No.1, 1966 .p.75-84.

12) 前掲[5]

13)「大学図書館における諸問題」『私立図書館協会』1965.

14)『図書館界』Vol.15, No.1, 1963. p.7-13.

15)『医学図書館』Vol.13, No.1, 1966. p.61-74.

16) 全国国立大学図書館館長会議編 日本図書館協会，1968.8, 210p.

ある（p.324）。図書館の近代化には図書館職員の専門職としての身分の確立が必要であることを指摘し，図書館運営を近代化し，さらにそれを発展させていく主軸となるのは図書館員であることを強調している。

2）収書，蔵書構成の近代化：「収書及び蔵書構成の問題こそ，大学図書館をどのように機能させるかを考える場合，もっとも根本的な問題である。これまでもっぱら教官の関与する分野として，図書館員はノータッチである事が多かった」（p.325）と述べ，堀内郁子「大学図書館蔵書論」[17]，入交光三「大学図書館収書政策」[18]，永田清一「自館蔵書構成の科学化」[19]，不用図書の廃棄の問題について，酒井忠志「単行書の発行年と利用」[20] を挙げている。そして，これは一般調査であるから，すぐに一定の相関関係は云々できないが，調査方法として，きわめて示唆的であると評価している。

3）整理，奉仕の近代化：「新しい大学図書館の運営（指定図書制度が大学図書館の近代化の一環としてようやく定着しつつある，あるいは主題部門別閲覧制度が導入されている。）に即応した目録体制の問題などが，公共図書館における問題とは異なった角度から，検討されるべきではなかろうか」（p.325）と大学図書館独自の問題としている。

奉仕の近代化について，石川清治「授業形態との関連における学生の図書館利用学習についての一考察」[21] を，大学における授業形態との関連（利用者の実態調査）で着目して書かれた論文として紹介し，「琉球大学という特定の機関におけるケース・スタディーである（石川）とことわっているが，ここに描き出された教授形態および学生の図書館利用実態は，そのまま全国の大学にも見られるものと思う。（中略）一読に値する興味ある論」（p.326）としている。「大学図書館では，研究者に対する雑誌利用の閲覧奉仕がより重要であり，雑誌の購入，廃棄，閲覧室内での効果的な配置のためにも，利用調査の必要性を説き，すぐれた調査結果を津田良成「北里記念医学図書館における雑誌の利用調査」[22] に見ることができると紹介している」（p.326）。奉仕活動の近代化のためには，参考奉仕活動の発展のためには，全図書館機構の改革が必須であることを述べ，大学におけるレファレンス・ワークの重要性について，境域・研究活動とも深いかかわりがあると述べ，長澤雅男「大学図書館近代化の機軸としてのレファレンス・ワーク」[23] を紹介している。相互協力には，学内部局間の協力と外部の協力という二重

17）*Library Science* no.2, 1964.

18）「大学図書館おける諸問題」に所収

19）同上

20）『図書館界』Vol.17, No.4, 1965.

21）琉球大学教育学部紀要10集 1967.

22） *Library Science* no.2, 1964.

23） *Library Science* no.3, 1965.

の協力活動が必要であると述べている。堀内郁子「大学，学術図書館の協力の問題」[24] のなかで「しかし日本の現実は，協力すべき単位となる一つ一つの図書館がおおむね立遅れた非能率な状態にあるので，それらの図書館が集まって行う協力活動の実績は乏しい。わずかに見るべきものは，前述した医学図書館相互貸借サービスである。」と述べていることに岩猿は注目して，主題を同じくする図書館相互の組織化の必要を述べている。主題別組織化の観点から大学図書館の相互協力活動を論じたものとして，近畿地区国公立大学図書館協議会編「大学図書館の相互協力活動」[25] を挙げている。

4）施設の近代化：大学図書館施設委員会が1966（昭和41）年４月に文部大臣に答申した「大学図書館施設計画要項」をとりあげ，まだ文部省の正式の大学図書館施設基準とはなっていないが，大学図書館の建築を，機能，組織，運営と密接に建築技術上とむすびつけて考察した点におおきな特徴があると述べ，大学図書館建築について，エルスワース著「大学図書館の建築」長倉恵美子翻訳[26] を紹介している。

５．岸本英夫[27] の東京大学附属図書館の「近代化」と京都大学附属図書館の「近代化」

京都大学附属図書館の行政職のトップにいた岩猿にも大きな影響を与えた岸本英夫東京大学図書館経営の近代化について，岸本館長が，① 全学総合目録の編成　② 図書館組織体制の確立 ③ 指定図書制度の強化充実　④ 中央図書館の大改装，改修　⑤ 文献複写・国際交換，貴重書管理の改善・停滞業務の打開・館外貸出制度を開始といった具体的な近代化の課題を挙げたのに対して，岩猿は，大学図書館の近代化運動について，図書館内部からの近代化運動と，図書館外部の要求からの近代化運動があり，図書館内部からの近代化には，①経営管理　②収書，蔵書　③整理，奉仕　④施設の４項目に集約して問題点を羅列し，関係論文を挙げ，岩猿の論考をしている。図書館外部からの近代化については，日本学術会議が内閣総理大臣佐藤栄作宛てに行った勧告「大学図書館の近代化について」（昭和39年），科学技術会議が内閣総理大臣佐藤栄作宛てに出した意見書「科学技術進行の総合的基本方策」（昭和41年）がそれぞれ提出され，大学図書館近代化の必要性が強調されている（p.324）。図書館関係者に大学図書館の近代化の課題を大学図書館関係者に説いている。

岸本館長の業績としては，大学図書館の近代化については，東大学内だけでなく図書館界へ

24）「大学図書館の相互協力活動」近畿地区国公立大学図書館協議会編 1966.

25）『図書館雑誌』Vol.61, No.5, 1967.

26）JLA1966.

27）館長在職期間　1960（昭和35）年４月～1964（昭和39）年１月

周知するための働きがあげられ，1962年３月　メトカーフ（Keyes Dewitt Metcalf）ハーバード大学副館長と，1963年５月から６月に，ブライアント（Douglas W. Bryant）ハーバード大学名誉館長を招待し，全国各地で講演会を行ったことがあげられる。このような活動が，図書館外部からの近代化をもたらし，他の大学図書館にもおおきな影響を与えたとして，岩猿は銘記すべき業績であると激賞している[28)]。

６．国立大学図書館近代化の流れ

東京大学，京都大学で始められた国立大学図書館の近代化（改革）の波は，1954（昭和29）年に発足し，国立大学図書館の改善のため，おおいに尽くすところがあった全国国立大学図書館長会議が，大学図書館の近代化に対する各方面からの要請の高まりとともに，従来の組織を根本的にあらため，機構を強化する必要にせまられ，委員長館を広島大学とする，組織強化のための特別委員会がもうけられ，文部省とも事務的折衝の結果，新しい規約のもとに，従来の館長会議を解散して，1968（昭和43）年 国立大学図書館協議会として発足し，創立総会が東京大学で開催された。協議会は，役員は理事20名，幹事２館より構成され，理事は互選によって，会長，副会長（２館）を選出する。理事は各地域から選出される。近畿地区選出館の理事は，京都大学，大阪大学，滋賀大学の３館。理事会での互選の結果，本年度の会長は東京大学，副会長館として京都大学と北海道大学が選出された。20館の理事は，第一部会は，図書館の管理問題を扱い，第２部会はそれ以外の問題の処理にあたる。各部会は10名の理事で構成された。

７．京都大学附属図書館の近代化

1）京都大学附属図書館運営機構の近代化

1953（昭和28）年10月，第29回（京都大学附属図書館）商議会は「商議会規程」,「附属図書館規則」,「附属図書館規則執行手続」の改正を決議。「商議会規程」の改正内容：「第４条　商議会は図書館長が招集し議長となる。」従来は列席者であった館長が商議会の主宰者となり，総長の諮問機関であるという性格が消滅し，「学長の諮問機関としての図書館委員会」から「館長の諮問機関としての図書館委員会」に改正された。「附属図書館規則」の改正内容：第１条「京都帝国大学附属図書館ハ京都帝国大学ノ図書ヲ貯蔵スル所トス」が「京都大学附属図書館は，京都大学に所蔵する図書の管理と運用をつかさどる」に改正され，「蔵書のための図書館」から「利用者のための図書館」に変更された。1959（昭和34）年７月には「附属図書館長候補

28）「大学図書館の流れのもとに」図書館雑誌 Vol.61, No.8, 1978.8, p.324.

選考内規」を改正，館長任期が４年から３年に変更された。1959（昭和34）年９月，事務機構が改正され，新しい京都大学附属図書館の運営基礎が確立した。

1964（昭和39）年10月京大における図書館機構の近代化を進めるため。「京都大学図書館改善特別委員会」が商議会の承認のもとに発足した。委員会の目的は，大学図書館近代化の問題を審議していく。基本的問題を明らかにする，将来歩むべき基本方針を打ち出す（図書館組織全体の機能，運営等を再検討）等であった。委員会は，各学部・教養部・附置研究所，教授・助教授により構成された。委員会の主な議題は，図書館サービス諸問題。本館と部局図書室の関係：分散方式 or 集中方式，コンテンツ・シート・サービス，閲覧・貸出，図書の収集組織，雑誌の収集および利用上の諸問題（寄贈･交換窓口の一本化，欠号の処理，ソ連科学アカデミー発行雑誌の英訳版購入），文献複写業務。部局図書室の現状と問題では，部局図書室の現状と改善策･機能，保存図書館，学問分野別の専門図書館，人事と予算等はばひろいものであった。具体的な議題項目は，「京都大学附属図書館の概念について」。附属図書館とは何か，本館と部局図書室の関係，図書館商議会のあり方。検討事項：図書の廃棄，保存図書館の問題，ロシア語雑誌の英訳本の共同購入，冊子目録（農学編）。将来計画の立案を行う等であった。岩猿の立場は兼事務部長事務取扱として会議に同席した。1965（昭和40）年11月に，通算10回開催された京都大学図書館改善特別委員会終了が資料し，同委員会は。1966（昭和41）年３月　総長に『京都大学附属図書館報告書』提出した。報告書の要点は，附属図書館の実情と大学図書館の近代化の見地から，図書館サービスの現状における問題点と将来のあり方，部局図書室のあり方，附属図書館の概念，改善されるべき目標ないし構想が具体的に掲げられており，以後の図書館運営において検討の成果が強く打ち出され図書館行政を推進していく方針となり，1966（昭和41）年５月の附属図書館商議会規程改正（改正内容は，商議員に附置研究所から若干名参加。各種の専門委員会を随時開催できるよう条文化した。商議会開催の発議の明確化）につながった。この改正により，それ以後の図書館商議会が本学の図書館運営上に果たすおおきな役割が明確に位置付けられた。

1969（昭和44）年11月「図書館問題を検討改善するための商議会専門委員会」が商議会のもとに組織された。12月から1971（昭和46）年3月まで13回開催され，大学図書館改革問題について，新しい大学における図書館の位置付けのための諸問題を検討された。

主な検討事項は，① 商議会のあり方　② 学内における附属図書館長の地位（図書館長と評議会の関係，図書館長と商議会との関係）　③ 本館の総合図書館的機能：管理，情報，学習・教養，保存図書館計画　④ 部局図書館と本館および教養部図書室との関係　⑤ 全学的な図書館組織のあり方，図書館間の連絡調整の不充分さ　⑥ 予算問題　⑦ 京都大学附属図書館の機械化計画　⑧ 部局図書委員会の諸問題　⑨ 部局図書室や部局の図書委員会などであった。討議の結果として，1971（昭和46）年３月開催の同第13回で『商議会専門委員会報告』が承認さ

れている。

『京都大学附属図書館六十年史』の編纂と「大学図書館改革問題懇談会」：京都大学附属図書館創立60年記念事業のひとつとして，編纂された本館史である。岩猿敏生が企画，編集を担当し，館員が協力して各部門を執筆した。編集の目的意図したことは，「この図書館に働く私たちの新しい出発点をしるしづけたいということがその一つである。（中略）現在は過去の集約である。本館史の上で，いまのわたしたちの置かれている歴史的時点を正しくつかむことによって，今後の進路の展望も得ることができるであろう。（中略）本館は現在の国立大学附属図書館としては，東京大学とともに，官制上はじめての附属図書館である。その意味で，善かれ悪しかれ，本館史は国立大学附属図書館の歩いた歴史の，ひとつの典型を示すであろう」[29]。

京都大学図書館が近代化を進めている時期に図書館員により，『京都大学附属図書館六十年史』が編纂されたことは，とりもなおさず図書館業務の現状分析になった。その意味でも重要な刊行であった。『京都大学附属図書館六十年史』は図書館員だけで構成された委員会で編纂されたものである。執筆者は岩猿を含め10名で構成された。直接執筆に当たらなかった館員たちも，資料の調査を援助するなど，館員全員の一致協力によってなされたものである。教官の援助をうけることなく，図書館員だけでこの「京都大学附属図書館六十年史」の刊行をなしたことは，商議員をはじめとする学内の教官等にも図書館員の実力とレベルを客観的に示す良い結果をもたらした。また，この作業を通じて図書館員としての専門性にめざめ，図書館の近代化に関心を持つ図書館員が生まれたことである。その成果が，商議会とは別に，各部局の有志の図書館員により，1969（昭和44）年８月「大学図書館改革を検討する準備会をつくるための準備会」が結成された。この名称には，当時の事務官と教官との関係が鮮明に現れている。専門委員会での議論を現場レベルに引き寄せて大学図書館運営の根本理念からサービスの実情そして大学図書館のあるべき姿について議論。議題：① 利用者に対して図書館は十分役割を果たしてきたか　② 附属図書館と部局図書室の連携は機能してきたか　③ 商議会や部局図書委員会の役割はどうか　④ サービスの円滑化のために図書館業務はどのように改善されるべきか。専門委員会での議論を現場レベルに引き寄せて，大学図書館経営の根本理念からサービスの実情，そして大学図書館のあるべき姿について議論が行なわれるようになり，学生が利用しやすい図書館への体質改善を行い，利用者サービスを重視しようとする姿勢から，現場で働く職員の視点から問題点が整理されたといえる。大学の根源的なあり方から発した，大学図書館改革への図書館職員による問題意識の現れであった。大学紛争の影響をうけて事務官（司書職）が教官（特に教授層）に，発言できる雰囲気や機会ができたことも大きい。この準備会は

29）『京都大学附属図書館六十年史』あとがき，p.321.

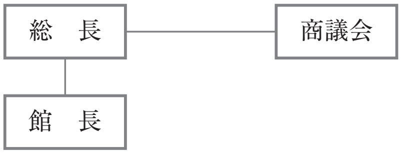
発展的に解消し，1970（昭和45）年２月に全学図書館職員にまで範囲を広げた「大学図書館改革問題懇談会」（仮称）として再出発した。目標は,「大学図書館のあり方について」であった。商議会でも紹介され，日常の実務面から問題点を抽出した点で，実のある大学図書館改革を実現する参考となった。この検討のなかで，図書館職員の中からもコンピュータの導入が検討され，システム化への関心が高まったり，図書館の近代化がさらに進行した[30)]。

1973（昭和48）年１月　館長が評議員として評議会に出席することになり，京都大学の最高機関の決定に発言権を得ることになった。

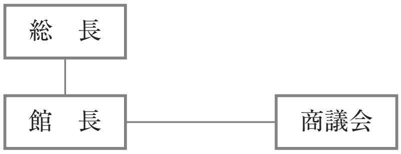
「国立大学の評議会に関する暫定措置を定める規則」(1953（昭和28）年４月22日文部省公布）では，「附置研究所の教授，附属図書館長，（中略）その他重要な職にある職員を評議員とすることができる」とあったが，京都大学において1953（昭和28）年９月29日から施行された「評議会規程」では，附属図書館長は評議員の一員ではなかった。「国立七大学（旧七帝大）の中で評議員会に出席していないのは京都大学だけであり，部局の立場を超えた全学的な立場から，図書館は大学の教育・研究活動に重要な役割を有しているので，館長が大学の評議会に加わる必要がある」と館長から提案（1971（昭和46）年12月商議会）があり，館長から総長に上申され総長が了承したものである[31)]。ここに館長の学内の地位が確立し，附属図書館の発言力が強化されたといえる。

図表１

１．総長（学長）の諮問機関としての商議会



２．館長の諮問機関としての商議会



30）『京都大学百年史　総説編』1998.6, p.1243-1250.

31）同上 p.1, 258.

学内における最高の意思決定機関を評議会とすれば，館長が自動的に評議員であるかどうかということと，委員会が総長の下にあるか，館長の下にあるかということは，深い関係がある。館長が自動的に評議員でない比率の低さが，日本の図書館の学内での発言力の弱い原因があるのではないかと思う。

「大学図書館近代化運動の流れのもとに」に述べられた，(1) 経営管理の近代化　(2) 蔵書構成の近代化　(3) 整理の近代化　(4) 奉仕の近代化　(5) 施設，設備の近代化 の区分をして示すと次のようになる。

(1) 経営管理の近大化

京都大学附属図書館商議会の動き

1954 (昭和29) 年１月　改正「商議会規程」，「附属図書館規則」施行

1964 (昭和39) 年10月　「京都大学図書館改善特別委員会」設置

1966 (昭和41) 年５月　「附属図書館商議会規程」改正

1969 (昭和44) 年11月　「図書館問題を検討改善するための商議会専門委員会」発足

1973 (昭和48) 年１月　館長が評議員として評議会に参加承認

図書館員による京都大学附属図書館の動き

1969 (昭和44) 年８月　「大学図書館改革を検討する準備会をつくるための準備会」結成

1970 (昭和45) 年２月　「大学図書館改革問題懇談会」発足

2) 京都大学附属図書館業務の近代化

1961 (昭和36) 年　「京都大学附属図書館六十年史」刊行

(1) 経営管理の近代化

1959 (昭和34) 年　事務機構の改革

1974 (昭和49) 年４月　総務課設置（一部長三課長制）

1965 (昭和40) 年　旧帝国大学に部課長制実施

(2) 蔵書構成の近代化

1962 (昭和37) 年　学生用指定図書の指定依頼書各部教授あてに発送

(3) 整理の近代化

1958 (昭和33) 年　本館のユニットカードを，希望部局に配給開始

1959 (昭和34) 年　「全学的な目録記入法の統一」実施

1964 (昭和39) 年　ゼロックスによるカード目録の配布開始

1967 (昭和42) 年　受入事務の簡素化

1967 (昭和42) 年　事務用，閲覧用カードの一本化

(4) 奉仕の近代化

1956 (昭和31) 年　マイクロフイルム複写業務開始
1963 (昭和38) 年　開架（安全開架）図書室開設，参考図書室設置
1964 (昭和39) 年　図書館報『静脩』創刊
1965 (昭和40) 年　『京都大学学術雑誌総合目録（自然科学欧文編)』発行
1966 (昭和41) 年　電子複写業務の開始
1966 (昭和41) 年　電子複写業務の開始
1966 (昭和41) 年　『京都大学学術雑誌総合目録（人文科学欧文編)』発行
1967 (昭和42) 年　『京都大学附属図書館要覧』発行
1967 (昭和42) 年　『京都大学和文雑誌総合目録』発行
1967 (昭和42) 年　目録カード室の移転・全学総合目録の整備
1967 (昭和42) 年　『京都大学附属図書館要覧』発行
1968 (昭和43) 年　第二閲覧室開設，雑誌利用窓口の一本化
1968 (昭和43) 年　「学内図書相互利用書」の様式統一
1968 (昭和43) 年　『京都大学学術雑誌総合目録（自然科学欧文編)』改訂版発行
1969 (昭和44) 年　『京都大学附属図書館概要』。『附属図書館利用要項』発行

(5) 施設，設備の近代化

1965 (昭和40) 年　図書館にセドリック（図書・複写文献集配の専用車輛）を購入
1967 (昭和42) 年　大閲覧室に冷房・参考図書室の改装
1968 (昭和43) 年　新聞閲覧室設置

おわりに

京都大学附属図書館の近代化は，岩猿が京都大学附属図書館に事務長として赴任する以前からすでに始まっていた。岩猿はそれを引き継ぎ，加速度化した。大学図書館に関係する法律，各種基準を俎上に上げる一方で，「国立大学図書行政の現状と問題点」において，伝統ある総合大学図書館である京都大学附属図書館の実態を公開し，（図書館）商議会に情報を提供して，図書館の近代化を推し進めた。同時に図書館の近代化のためには，現場の図書館職員の関与の必要性を説き，現場図書館員職員を対象としたリカレント教育を意図した多くの著作を精力的に投稿している。京都大学附属図書館の近代化の流れは，「国立大学図書館改善要項」について見解を述べ，それを土台にして「国立大学野図書館行政の現状の問題点」で，行政職のトップの立場から，京都大学図書館の現状の問題点を洗い出し，「国立大学図書館改善要項」を批判したうえで,「大学図書館近代化運動の流れのもとに」大学図書館の近代化に言及し，さらに，

京都大学図書館の近代化を推進した。その過程で60年史編纂を通じて図書館職員の教育を行ったことになり編纂作業を通じて，図書館教育を行った成果であり，岩猿の功績である。図書館員が専門職として自覚する一つのきっかけとなったこの経験は，行政組織の制約をうけない自主的な団体（グループ）の広がりが，附属図書館の新営時には多くのワーキンググループが部局図書室職員を含めつくられた。岩猿敏生が率先垂範した京都大学図書館の近代化は，岩猿が関西大学文学部教授に転出した8年後に開館した京都大学附属図書館新館開館時に結実することになる。

図表２　岩猿敏生と京都大学附属図書館の近代化

図書館界の動向		図書館界の動向	
1952（昭和27）年６月	「大学図書館基準」の公表		
1953（昭和28）年１月	「国立大学図書館改善要項及びその解説」	４月	登録図書集配のため、本部と部局図書室との間に、定期的にトラックを往復開始
		11月	参考掛設置（運用保管部）
1954（昭和29）年	全国国立大学図書館長会議発足	１月	商議会規程の改正（館長が商議会の主宰者となる）（＊1）
1955（昭和30）年		12月	新書庫の内装完成・図書資料の搬入・排架完了
1956（昭和31）年５月	「私立大学図書館改善要項」	３月	小倉親雄事務長教育学部助教授に転任
		４月	岩猿事務長叙任
		７月	マイクロフイルム複写業務開始(マイクロフイルム・センター館に指定)。
10月22日	「大学設置基準」		書庫内のエレベータ設置（＊2）
1958（昭和33）年		５月	「国立大学の図書行政の現状と問題点」
1959（昭和34）年		４月	全学的な目録記入法の統一　実施 ＊全学図書館運営合理化の第一歩となる。
		９月	事務機構の改革　（＊3）
		10月３日～12月４日	岩猿　アメリカ図書館視察（＊4）
1960（昭和35）年４月	岸本英夫 東京大学附属図書館長に就任	10月	「司書職の危機」
		１月	「アメリア図書館印象記」
		４月	「国立大学図書館専門職員採用試験について」 『アメリカの図書館』（共同執筆）
1961（昭和36）年	「公立大学図書館改善要項」	３月	「京都大学附属図書館六十年史」刊行（＊5）
		３月	「国立大学図書館改善要項」の諸問題
		４月	旧帝国大学に部課長制実施（＊6）
1962（昭和37）年10月	東大附属図書館館報『図書館の窓』創刊	６月	学生用指定図書の指定依頼状発送（各部教授あて）
1963（昭和38）年３月	「私立大学図書館運営要項」	６月	「国立大学における分館制度」
		８月	「大学図書館改善総合委員会報告」
1963（昭和38）年９月	（文部省）大学基準等研究協議会設置	12月	開架図書室開設（大閲覧室の東隅　安全接架式)、参考図書室設置
1964（昭和39）年４月	（文部省）図書館特別部会設置（＊7）	９月	図書館報『静脩』創刊（＊8）
		９月	ゼロックスによるカード目録の配布開始（＊9）
		10月	「逐次刊行物の利用法」

	11月「大学における図書館の近代化について（勧告）」内閣総理大臣佐藤栄作宛て（＊11）	10月「京都大学図書館改善特別委員会」（＊10）設置
1965（昭和40）年	４月 文部省情報図書館課設置（文部省大学学術局学術情報主任官室が課に昇格） 図書館視察員制度の設置	２月『京都大学学術雑誌総合目録（自然科学欧文編）』刊行 ３月 図書館に車輌（セドリック７）購入－機動力を期待—（図書・複写文献の集配）
	４月 岩猿事務部長に就任	
	５月 大学図書館実態調査開始	11月 京都大学図書館改善特別委員会終了（＊12）
1966（昭和41）年		３月『京都大学附属図書館報告書』（＊13）総長に提出 ３月「開架閲覧方式について」（学術月報） ４月 電子複写業務の開始 ５月 附属図書館商議会規程改正（＊14） 開架室の排架を大幅に変更（＊15） ３月『大学図書館施設計画要項の解説』文部省大学学術局情報図書館課（＊16） ３月「司書とドキュメンタリスト」（論調）
	８月「科学技術振興の総合的基本方策に関する意見」 内閣総理大臣に提出	11月『京都大学学術雑誌総合目録（人文科学欧文編）』刊行 12月「大学図書館の相互強力活動」
1967（昭和42）年		『京都大学附属図書館要覧』発行 ３月『京都大学和文雑誌総合目録』刊行 ４月 受入事務の簡素化（蔵書印の省略）（＊17） ７月 大閲覧室の冷房装置設置 参考図書室の拡充と目録カード室の移転（目録の整理統合）（＊18）
1968（昭和43）年６月７日	国立大学図書館協議会発足（＊ 19）	４月 新聞閲覧室設置（本館２階） ９月「大学図書館の問題点」（論調） ９月 第２閲覧室開設、雑誌室開室（利用の窓口の一本化 「学内図書相互利用書」の様式を統一 『京都大学学術雑誌総合目録（自然科学欧文編）』改訂版刊行
1969（昭和44）年		２月「大学図書館の管理運営について」（学術月報） ５月「日本の大学図書館に関する諸基準および調査とその問題点」
	５月15日～19日 第１回日米大学図書館会議 宍戸館長・岩猿事務部長出席	『京都大学附属図書館概要』発行 「図書館運営改善特別委員会」（＊20） ８月 大学図書館改革を検討する準備会を作る準備会 結成
1970（昭和45）年		２月18日～３月６日 西ドイツ・オーストリアの大学図書館視察 ２月 大学図書館改革問題懇談会（仮称）発足 ９月「大学図書館蔵書論」 12月「日本の大学図書館に関する諸基準および調査とその問題点」
1971（昭和46）年		３月 商議会専門委員会報告(図書館運営改善特別委員会)承認 ９月「国立大学野図書館委員会について」
1972（昭和47）年10月15日～11月２日		２月「大学図書館の職員制度」

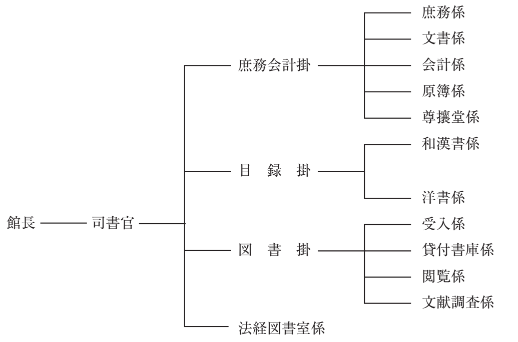
	第２回日米大学図書館会議	２月	「大学図書館職員のあり方」
		７月	「戦後の大学図書館における職員の問題」
		８月	「戦前のわが国における図書館員問題の展開」
		12月	「アメリカの大学図書館におけるacademic statusの問題」
1973（昭和48）年		１月	館長が評議員として評議会に参加することになった
		８月	「日本の大学図書館における職員問題」
		10月	「戦後のわが国における学術情報流通体制の問題」
		12月	「大学図書館組織論」
		12月	「大学図書館職員の育成と図書館学教育」
1974（昭和49）年		４月	総務課設置（一部長三課長制）
		３月	「日本の大学図書館における職員問題」
		10月	「英国における図書館学教育の発展」
1975（昭和50）年	第３回日米図書館会議（京都）		

(注 ＊)

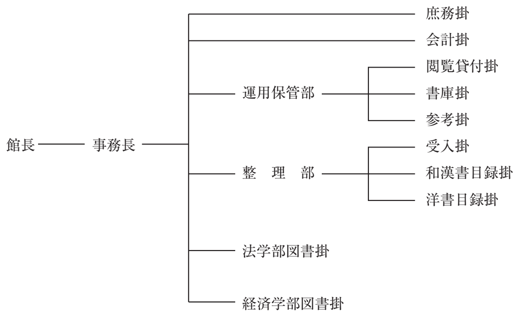
＊１）附属図書館規則および同執行手続き改正「京都帝国大学附属図書館ハ京都帝国大学ノ図書ヲ貯蔵スル所トス」→「京都大学附属図書館は，京都大学に所属する図書の管理と運用をつかさどる」（本館規則第１条）。
明治33年11月29日制定「附属図書館規則」，明治41年12月１日「附属図書館商議会規程」制定，昭和29年１月26日「附則図書館商議会規程」改正。
評議員：図書館長，各部長，教養部長，各学部および教養部の教授1名　『共著大学附属図書館六十年史』p.317.

＊２）1936（昭和11）年閲覧室消失以来，書庫と閲覧室の分離によってサービス業務に支障を来すことが多かった図書館もようやく本来の姿になった。

＊３） 1944（昭和19）年８月～1956（昭和31）年３月



1956（昭和31）年９月～1961（昭和36）年３月



＊４）日本の図書館員のための図書館参考奉仕に関するアメリカンセミナー（アメリカ図書館協会主催）。
＊５）1969年は京大図書館創立60周年に当たり，式典と『京都大学附属図書館六十年史』の刊行を岩猿事務長の緻密な計画，予算措置，全館員参加の方針等によって成功裡に達成され，これが大学図書館の個館史としての嚆矢となる名誉を獲得されたのであった。〈追悼〉京大図書館事務長時代の岩猿敏生先生　廣庭基介　『図書館界』Vol.68, No.3,
＊６）この機構改革を機会に，本学全体の学部，研究所の各図書室をも包含した図書行政の統合をめざしたが，結局附属図書館の枠内に改革に留まらざるを得なかった。岩猿敏生は整理課長。
＊７）大学基準等研究協議会の下部委員会　大学図書館の近代化の基本構想を検討する体制の整備。
大学施設基準規格調査会―大学図書館小委員会。国立大学協会―第一常置委員会。日本学術会議―ドキュメンテーション研究連絡委員会。国立大学附属図書館に関する小委員会。
＊８）全学の図書館利用者と図書館側とのコミュニケーションを図ることを目的として発行。
創刊号：誌上で学生と図書館懇談会の記事尾特集　以後においても利用者（教官，学生，職員）の声が掲載され，発刊の趣旨を反映している。
＊９）整理業務の近代化：本館で作成していた全学図書の受入原簿を廃し，供用命令書を複写して代える。全学事務用総合目録に使用してきた小型カードを標準カードに改める。
＊10）商議会の承認。京大における図書館機構の近代化を進めるため。目的：大学図書館近代化の問題を審議していく，基本的問題を明らかにする，将来歩むべき基本方針を打ち出す（図書館組織全体の機能，運営等を再検討）。委員会の構成：各学部・教養部・附置研究所，教授・助教授。議題：図書館サービス諸問題。本館と部局図書室の関係：分散方式 or 集中方式，コンテンツ・シート・サービス，閲覧・貸出，図書の収集組織。雑誌の収集および利用上の諸問題：寄贈・交換窓口の一本化，欠号の処理，ソ連科学アカデミー発行雑誌の英訳版購入，文献複写業務。部局図書室の現状と問題：部局図書室の現状と改善策・機能，保存図書館，学問分野別の専門図書館，人事と予算。
大学図書館の近代化の見地から，図書館サービスの現状における問題点と将来のあり方，部局図書室の構想，附属図書館の概念等の重要な課題をはじめ多くの問題点について検討し，活発に論議され，有益な助言や，意見が出された。岩猿（整理課長兼事務部長事務取扱）は幹事。『京大百年史　総説編』p.1, 263.
＊11）専門職としての司書職制度の確立も要望として盛り込んでいる。
＊12）最終（第10回）議題「京都大学附属図書館の概念いついて」。附属図書館とは何か，本館と部局図書室の関係，図書館商議会のあり方。委員長より，来年度の検討予定：図書の廃棄，保存図書館の問題，ロシア語雑誌の英訳本の共同購入，冊子目録（農学編）。将来計画の立案を行う。岩猿の地位：兼事務部長事務取扱。
＊13）報告書の要点：附属図書館の実情と大学図書館の近代化の見地から。図書館サービスの現状における問題点と将来のあり方，部局図書室のあり方，附属図書館の概念，改善されるべき目標ないし構想が具体的に掲げられている。以後の図書館運営において検討の成果が強く打ち出され図書館行政を推進していく方針となった。→1966（昭和41）年５月24日　附属図書館商議会規程改正につながる。
＊14）商議員に附置研究所から若干名参加。各種の専門委員会を随時開催できるよう条文化した。商議会開催の発議の明確化。このことにより，今後の図書館商議会が本学の図書館運営上に果たすおおきな役割が明確に位置付けられた。
＊15）指定図書を一般図書と混排，分類別排列。「指定図書の利用高まる」静脩　Vol.3, No.2 1966
＊16）岩猿敏生：学習図書館。図書館資料。図書館資料の運用。図書館資料の配置の各項を担当。
＊17）蔵書印，受入番号印，受入日付印，隠し印の省略。
＊18）全学総合目録の整備（目録業務の標準化あるいは近代化への礎石）。２体系のカード目録（事務用，閲覧用）の一本化をはかる。
＊19）役員　理事20館（各地区から選出）　監事２館　理事の互選で会長，副会長２館）。
会長：東京大学　副会長：京大，北大　　第１部会：図書館の管理問題　第２部会　それ以外の問題処理を担当。
＊20）1969（昭和44）年，人文社会科学，理・工学，医学等の分館網をめぐらし，附属図書館を中央館とする，調整された分散方式が，主唱された。これが新制大学の図書館集中主義と既存の旧制帝大の事実上の部局独立の図書館（室）の状態を調整する唯一の方途であると考えられたのだった。

（2017年11月15日受理）

〈書　評〉

Yvon Chouinard, *Let My People Go Surfing: The Education of a Reluctant Businessman*（2nd ed.）, NY: Penguin Books, 2016

イヴォン・シュイナード 著　井口耕二 訳
『新版　社員をサーフィンに行かせよう――パタゴニア経営のすべて』
ダイヤモンド社，2017年

村　上　伸　一*

著者による「第２版序文」（邦訳では「新版に寄せて」）によれば，2005年刊行の*Let My People Go Surfing*（森摂訳『社員をサーフィンに行かせよう』東洋経済新報社，2007年）は，パタゴニアの社員に理念を示す手引き書になるものを執筆するというのが元々の意図だったという。著者はパタゴニアを因襲にとらわれない方法でビジネスを行う１つの実験だと常に考えていた。成功する確信があったわけではないが，「常識的にビジネスを行うこと」には興味がないことは認識していた。結果としては，創業から半世紀近く生き残り，成長し，皮肉にも，なりたいと夢見たわけでもなかった大企業になってしまった。

影響力のある大企業になったパタゴニアは，社会への責任が大きくなり，責任ある企業となる努力もますます強めなければならないと著者はいう。初版出版後の10年間にしてきたこと，これからしようと考えていることを伝えるため，本書（第２版）は執筆された。2016年にPenguin Books（NY）から出版され，翌年には邦訳書も出版された。

小稿では，本書の概要を紹介し，次に批評を加える。なお，引用部分など，邦訳書と必ずしも同じ訳文になっていない部分もあることを予めお断りしておきたい。

１．概要

本書は「歴史」と「理念」との２部構成になっている。「歴史」はフランス系カナダ人の父親の思い出から始まるが，邦訳書では読みやすいように，14の適切な見出しが付けられ分けら

＊本学経営学部教授

れている。著者はアメリカ合衆国メイン州で生まれ，1946年にカリフォルニア州に一家で移住した。公立学校に通うが，英語も分からずいじめは受けるはで逃げ出すなど，言語と文化の壁に阻まれ，いつも一人で遊んでいたことが綴られている。高校時代は悲惨な落ちこぼれ組だったが，一人のクライマーに出会い，クライミングにのめりこんでゆく。1956年に高校卒業後コミュニティカレッジに進学。クライミング用具を自分で作りたいと思い，冬に道具を作り，夏に岩場や山に出かけた。結婚後，徴兵され陸軍の基礎訓練後，韓国に送られた。

1964年に除隊になり，米国に戻り離婚。ブリキ小屋でクライミングギアの製作再開。ガリ版刷りの1枚ものの初めてのカタログも発行した。1966年にサーフポイント近くに移る。需要が増え，手作りでは間に合わなくなり，高性能機械を導入。最優先したのは品質だ。シュイナード・イクイップメント製のものは卓越していたのですぐに分かった。仕事が増えるのに合わせて，友達を雇い入れた。事業そのものが目的の人はいない。クライミングの旅の資金が手に入ればよかった。利益はそれほどなく，自分たちの報酬は時給にしていた。1970年再婚。

売上は倍々ゲームで増えたが，利益率は１％ほどしかなかった。製品をどんどん改良してゆくため，３年から５年かけて償却する工具や金型を１年で廃棄してしまうからだ。ただ，競争はほとんどなく，1970年には米国最大のクライミング用具メーカーになっていた。同時に，環境の敵になる道を歩み始めてもいた。というのは，もろいクラックで硬鋼製ピトンをハンマーで打ち込んだり抜いたり繰り返すと，岩壁が傷んでしまうからだ。あまりの傷み方を見て，著者は主力製品のピトンの事業をやめる決断をする。これが環境配慮の道を歩み始めた瞬間である。

幸いピトンに替わるものがあった。チョックというアルミ製ギアで，ハンマーを使わずに手でクラックに押し込める。英国製を参考にして製品開発し，1972年にカタログに掲載した。数か月後から,チョックが飛ぶように売れ始めた。このころ登山服についても考えるようになる。コーデュロイのニッカーポッカーと短パン，そしてラグビー・シャツの完売から，クライミング用品市場で約75%のシェアがあってもたいした利益が出ていないシュイナード・イクイップメントを衣料品事業が支えてゆくのではないかと考えるようになった。

次第に多くの衣料品を製造し始めると,衣料品分野の事業のネーミングが必要になってきた。すでに良いイメージを獲得していた「シュイナード」が最初に示唆されたが，２つの理由で見送られた。第1に，同じレーベルで衣料品を展開し，クライミングギアの会社としてのイメージを弱めたくなかった。第２に，この衣料品を山登りに特化させたくなかった。というのも，著者らはより大きな将来構想を持っていたからだ。

議論の中でまもなくパタゴニアという名前が浮かび上がった。当時それには知る人ぞ知るどこか遠くにあるおもしろそうな感じがあった。実際，目的は南アンデスやホーン岬のような過酷な環境にも耐えうる衣料品を製造することだったから，良い名前になった。ロゴも作成し

た。

この頃，ラグビー・シャツが人気になり，需要に対応できず，香港の縫製工場と直接取引した。ところが，出荷は遅れるし品質もお粗末で，結果，多額の借入金を抱え倒産を覚悟するほどの大失敗になった。これを機に社長も替わったが，著者は引き続きクライマーであり，サーファーであり，スキーヤーであり，鍛冶職人だった。ビジネスマンにならざるをえないのなら，自分なりのやり方が必要だった。アントレプレナーシップについてのお気に入りの言葉の１つは，「起業家を理解したいならば，非行少年に学べ」だ。彼らは自分の好きなようにやる。たとえビジネスマンになっても，変えたくないこと。それは毎日楽しく仕事をすることだ。

パタゴニアは研究部門やデザイン部門に多額の投資をして，新製品を開発し，既存製品を改良し続けた。そして80年代初めに，鮮やかな色彩の製品を展開して大人気になり，パタゴニアのレーベルはアウトドアのコミュニティを超えてファッションとして流行になった。

80年代半ばから90年に，売上は2000万ドルから１億ドルへと５倍になった。成長に伴い，1984年にグレートパシフィック・アイアンワークスの社名をロスト・アローに変えて持ち株会社にし，その下に，ウェアのデザイン・製造販売のパタゴニアと，登攀用具の設計・製造販売のシュイナード・イクイップメントを置いた。直営店の運営にあたるグレートパシフィック・アイアンワークス社を新たに設立し，パタゴニア・メールオーダー社を分社した。ロスト・アローの管理棟も建てた。役員さえ個室がなかったが，それはコミュニケーションのオープン化を促進した。そして社内に託児所を開設した。子どもたちが中庭で遊んでいたり，カフェテリアで母親や父親と一緒にランチを食べていたりすると，家庭的な雰囲気に包まれる。仕事時間のフレックス化とジョブシェアリングも推進した。職場のカジュアル化を進めるアメリカ企業も今ではずいぶん増えたが，当社は先駆けの役割を果たした。

ビジネスの拡大に関しては，伝統的な教科書通り，製品数を増やし，取扱店や直営店をオープンさせ，海外市場を開拓した。本来のニッチであるアウトドア専門市場にほとんど収まりきらないところまで成長したが，1980年代，著者はこの成長と当社が掲げてきた「最高のハードウェアのメーカー」という基本的なデザイン原則との両立は可能なのか，という問題に悩まされた。

もう１つの問題にも悩まされた。それは，自然界の荒廃だ。登山やサーフィン，釣りなどで訪れるなかで，世界的にも，そして身近にも環境破壊が進行していることを実感した。このような状況下で，当社は動植物の生息域を守ったり蘇らせたりしている小さな団体に寄付をするようになった。1986年，利益の10％寄付を宣言。後に，売上の１％か税引前利益の10％かのいずれか多いほうとした。1988年には全国規模の環境キャンペーンに乗り出し，社内でも古紙リサイクルを始め，カタログも古紙配合率の高い用紙にした。

1980年代後半は目覚ましい成長に恵まれたが，80年代末にはシュイナード・イクイップメン

トが幾つかの訴訟のターゲットになるという法律問題を抱えた。理由は，想定外の使い方をすると危険であると十分な警告をしていないというもので，示談の末，最終的にはシュイナード・イクイップメントは連邦破産法第11条の適用を申請することになった。その後，社員はバイアウトにより，新たにブラックダイヤモンド社を興した。

海外事業でも眠れない夜を過ごした。欧州でも日本でも事業のトップに据えた人物との良好な関係を築けなかった。こうしたことが，ライセンシーや代理店よりも直営店を重視させ，国内外で直営店を増やすことにつながった。カタログ通販のパタゴニア・メールオーダーも苦労した。余分に仕入れてシーズン終わりに卸売り部門に回して在庫一掃セールの投げ売り。この繰り返しだった。

結局，製品を８つのカテゴリーに分け，それぞれに責任者を雇った。各責任者は製品開発，マーケティング，在庫，品質管理，そして３つの販売チャネルすなわち卸売，カタログ通販，直営店，との調整に責任を負った。しかし，今振り返れば，成長企業にありがちな間違いを一通り犯してしまっていた。新しい責任者に適切なトレーニングを提供しそこなったし，そもそも８つの自律的な製品部門と３つの販売チャネルから構成される会社を管理するというのは経営陣の能力を超える難しさがあった。全社目標に向けて部門同士が積極的に協力できるメカニズムもまったく開発していなかった。５年間で５回も組織再編したが，改善されなかった。

そこで評判の経営コンサルタントの助言を求めた。彼はなぜ私が事業をしているのかを知りたがった。自分は職人で，その延長線上で事業に成功しただけだと答えた。お金が十分に貯まったら，完璧な波と究極のソトイワシを求めて南の海を旅するのが夢だが，会社を売却して引退しない理由は世界の行く末にペシミスティックだからであり，結局のところ，事業を手放さずに留まっている最大の理由は寄付の資金を得るためだと述べた。それはたわ言だ，と彼は述べ，寄付がしたいのなら，会社を１億ドルほどで売り，200万ドルほど手元に残して残りを基金にすればよろしい，と続けた。売却したら，会社に何が起こるか心配だと答えたら，「多分あなたは自分自身に本当のことを言っていない。あなたがビジネスを行っている理由について」と彼は述べた。それはあたかも禅師に頭越しに打たれたようなものだったが，悟りは得られず，混乱したままその場を辞することになった。

なぜビジネスに携わっているのか，と模索していた1991年に，パタゴニアの成長が止まった。生産量を最小にし，新規採用も凍結して，低収益性製品は打ち切ったが，事態は悪化の一途をたどった。経費削減，事務所・店舗の閉鎖，CEOの交替も行い，遂に７月31日に従業員の20％にあたる120人を解雇した。

世界経済と同様に，持続できない無軌道な成長になってしまっていたのだ。当社に成功をもたらした価値観が危うくなっていると感じ，著者はビジネスについて根底から考え直さなければならないと考え，哲学的指針すなわち理念を掲げた。それは環境危機というコンテクストこ

そ原点であり，その解決に向けて歩むことを示したもので，製品品質，そして持続可能な環境の一部であるコミュニティを重視し，利益追求を最優先とせず，成長と拡大は根本の価値とはならない，というような内容を含んでいた。スポーツから学んだように，ギリギリまで行っても，限界を超えてはならない。同じことはビジネスにも言える。なぜビジネスを行っているのか。その答えを著者は知った。環境活動へ寄付したいという気持ちに嘘はない。しかしそれ以上に，環境スティワードシップや持続可能性を求める企業に１つのモデルを創りたかったのだ。

当社は1991年に意外なほどすばやく再生を遂げた。たちまちしっかりと焦点が定まり，自制心のある会社になった。成長ペースは持続可能なものに限られた。管理階層をよりフラットにし，在庫管理一元化，販売チャネルの中央統制を進めた。明文化された理念と文化の共有がこの再生に決定的に大きな役割を果たした。その後，半独立のスポーツ製品チームを4つ設置し，それぞれにリーダー，デザイナー，製品マネジャー，そして財務とマーケティングの担当者を置いた。ただし，在庫管理という重荷は背負わせない形を採った。これにより，多様な製品をいかにマネジしたらよいかという懸案の問題も解決した。1993年，ペットボトルのリサイクルによりシンチラ・フリースのジャケットを製造し，1996年，コットンをオーガニックコットンに切り替えた。1994年以来，サプライチェーンの大掃除をし，製品の誕生から再生まで責任を負う形をとるように努めた。

振り返れば，諸々の試みのなかでも環境保護活動への寄付は最大の誇りだ。結局，これまでの歩みはビジネスを通して，環境危機の解決に向けて人々を駆り立てそれを実行するというミッション・ステートメントをどう実現しようとしてきたか，というものだった。

第２部の「理念」では，見出しが付けられ読みやすいものになっているが，邦訳書はさらに細かく見出しが加えられている。８つの理念が示されるが，邦訳書では理念ごとに要約的な言葉が付加され一層理解されやすいスタイルになっている。

最初に，パタゴニアの理念とは様々な部門に適用する価値の表現である，と説明されている。パタゴニアでは，この理念が社員全員に伝えられなければならず，結果，厳密な計画に従ったり，上司の命令を待ったりすることなしに，皆採るべき正しいコースを知ることができるようになる。それは指針であり，ラフな地図のようなもので，変動するビジネス世界で唯一有用なものだ。皆を共通の方向に向かわせ，効率を促進し，コミュニケーション不足に由来する混乱を回避させる。

第１の理念は製品デザイン理念である。「最高の製品（the best product）を作る」というのが当社の存在理由であり，企業理念の土台である。常に最高を目指す製品主導型の企業なのだ。ただ，何をもって「最高」というのかは難問で，結局，品質は客観的で定義可能であると考え，デザイン基準のチェックリストを完成させた。主要なチェックポイントは以下の通りで

ある。①機能的であるか。②多機能的であるか。③耐久性は高いか。④修理可能性はあるか。⑤顧客の体にフィットするか。⑥シンプルの極致か。⑦製品のラインアップはシンプルか。⑧革新なのか発明なのか。⑨グローバル・デザインか。⑩手入れや洗濯は簡単か。⑪付加価値はあるか。⑫本物であるか。⑬美しいか。⑭流行を追っているだけではないか。⑮コアの顧客を念頭に置いてデザインしているか。⑯不必要な悪影響をもたらしていないか。16番目のチェックポイントにかかわる代表的な事例は，オーガニックコットンへの切り替えである。それが11番目のチェックポイントもクリアすることにもなる。

２番目の理念は製造理念である。納期や低コストより品質を優先する。パタゴニアは紡績工場も縫製所も持たないので，高い品質を保つには，業者との深い取引関係が必要だ。仕事の質の高い仕入先や外注先に絞り込んで集中し，品質基準から企業倫理に至るまで密なコミュニケーションをとり深く長い関係を築く。当社は業者や顧客もその一部である１つのエコシステムだと著者は考える。そのどこかで問題が生じれば，エコシステム全体に及ぶ。2014年，フェアトレード認証製品を発売。以後，フェアトレード・プログラムを拡充する方針を堅持している。

３番目の理念は流通理念である。当社の製品販売形態は，取扱店への卸売，直営店での小売，カタログ通販，インターネット販売，である。いずれも顧客と絆を結ぶ重要な流通形態である。カタログ通販の根本原理は，著者らの理念を伝えることが製品販売と同じくらい重要だといえる。カタログの最大の目的を，顧客とコミュニケートする媒介物として役立つものと著者は考えてきた。ｅコマースの良さは顧客ニーズに素早く対応できることだ。今やカタログ通販以上の売上を上げているが，この成功は他の３つの流通方式とのシナジーに起因する。直営店では，利益率や値上げよりも在庫の回転率を上げたほうが利益につながることがよく分かった。卸売の利点はカタログ通販や直営店よりもはるかに少ない投資で顧客へ商品を届けられることだ。顧客との関係は取扱店次第だから，それらと密接な協力関係を築くことが大事になる。ｅコマースが強い昨今だが，実店舗の強みもある。体に合うか，手触りはどうか，なども確かめられる。何より，夢に命を吹き込む情熱をかきたてることができる。ネットよりもより親しい人間関係や，より高い満足感が得られる，というのが著者の感想である。

４番目の理念はマーケティング理念である。著者によれば，人にしろ会社にしろ，他人からどう見られているのか，そのイメージを創り進化させている。パタゴニアのイメージの中核は，世界一のクライミング用具を作る鍛冶屋という原点だ。そこで働いていたのは自由に思考する自立的なクライマーやサーファーで，その信条，心構え，価値観からパタゴニアの文化が生まれ，そこからイメージが育っていった。自ら使う人々によって作られた妥協のない製品，本物で高品質，というイメージだ。それは進化を続けるが，その中心にあるのは，自分が追求するスポーツと自然，両方の野性的な側面に対するコミットメントである。このイメージを統制することは重要である。日常の営みや販売する製品，歴史に恥じない行動ばかりでなく，通常の

マーケティングや販売のチャネルを通して当社がどのように見られているかという面からも統制しなければならない。

そのために，カタログでストーリーを語り，それを読んでもらう。カタログの第１の目的はイメージの基盤を成す人生哲学を共有し元気づけることだ。この哲学の基本には，環境への深い感謝と環境危機の解決に貢献したいという強いモティベーションがある。写真はモデルがポーズをとるようなものではなく，製品を使って実際に登山などをしている写真を使用している。コピー・広告文はすべて顧客の立場で書かれる。これは自分たちが一番の顧客と言える状態なので難しいことではない。顧客を社会に積極的にかかわる知的で信頼のできる個人として，一人ひとりに語りかける。自分たちもそうされたいと思うからだ。

顧客は信頼する友人のアドバイスに最も価値を置く。次に，インストラクターやガイドのような専門家やプロの言葉である。だからパタゴニアでは，専門分野のキーパーソンに割引価格でウェアを販売するプログラムを提供してきた。また，トップのクライマー，サーファー，エンデュアランス・アスリートには，デザインへのフィードバックを受けるため，装備を提供したり，報酬や給付金を払って当社のウェアを着てもらったりすることもある。彼らには販売方法のアドバイスや販売会議への出席のほか，アンバサダーとしても活動してもらっている。

パタゴニアはパブリシティに積極的だ。広告は最も信用してもらえないと考えている。広告宣伝費は基本的に売り上げの１％以下で，他のアウトドア企業に比べ破格に少ない。

５番目の理念は財務理念である。パタゴニアはまず製品ありきだ。製品を作りサポートするために会社は存在する。ミッション・ステートメントは利益を上げるなどということについて何も言っていない。事業が成し遂げた善い行いこそが最終損益だと考えている。とはいえ，環境危機に警鐘を鳴らし，その解決に向けて先導者になる責任を自らに課している会社が利益を上げられないとなったら，一目置いてくれる企業などないだろう。事業を継続するためには，利益を上げることができる必要がある。ただし，利益を上げることは目標ではない。「すべてを正しく行えば」結果的に利益が生じる，と禅の教えのように考えている。

当社の理念では，財務はすべての事業の基盤なのではなく，むしろ他部門を補完するものなのだ。当社の利益は仕事と製品の質に直結している。事業の方向性に関する深刻な問題に直面したら，質を高めることが正解になる。地球にとって正しいことを行う決定をすると，結局，事業にとっても良いことになるのだ。

パタゴニアは株式を公開していない。無借金経営の目標も達成した。なりたいのは最善の企業だ。規模は小さいほうがそれになりやすいから，決して拡大したいと思わない。それゆえ，いつも自制的でなければならない。ゆっくりとした成長あるいは成長しないということは，毎年より効率的であることから利益が生み出されなければならない，ということだ。

2013年，当社は持ち株会社の社名を，ロスト・アローからパタゴニア・ワークスへと変えた。

傘下に，パタゴニアとパタゴニア・プロビジョンズを持つ。パタゴニア・ワークスは，ビジネスを使って環境危機の解決に貢献するというたった１つの目的に捧げられる。

6番目の理念は人的資源理念である。パタゴニアの文化は創業期から連綿と続いている。オーナーも社員もクライマーで，製品の使用者と製造者の区別もなく，自身が顧客なので「顧客の身になって考える」必要もない。今も，できるだけ多くの従業員が実際に顧客でもある，というのが採用の第１原則である。多くの社員は山登りの時間に価値を置き，必要最低限の生活費を稼ぎ，働く時間はできるだけ短くしていた。会社員生活には魅力を感じないどころか，それはまがいもので，正統的ではなく，中毒性のある生き方とみなしていた。

採用にあたっては，創業以来の文化を保つため，それに適合し，協調的な人を尊ぶ。方法としては，友人や同僚，取引相手などのインフォーマルなネットワークを通じて人を探すことを好む。採用と教育には時間をかけるが，長い目で見ればこの努力は報われると考えている。

仕事は楽しくなくてはならない。パタゴニアは従業員が豊かで満ち足りた生活を送ることに価値を置く。だから，柔軟な働き方ができる職場にしている。

本物のサーファーはサーフィンに行く時間を予定などしない。サーフィンは波と潮回りと風がぴったりとおあつらえ向きになったときに行くものだし，パウダースキーはパウダーのような雪が降ったら行くものだ。しかもいち早く。これが「社員をサーフィンに行かせる」フレックスタイムの方針を生んだ。こうした柔軟性により，自由とスポーツが大好きな大切な社員に，画一的な職場の制約と折り合いをつけて仕事を続けてもらえる。

当社の福利厚生は気前のよいものだが，戦略的でもある。どの制度も事業に良い効果がある。例えば，社内に託児施設があるからと優秀な人が来てくれるし，働き続けてくれ，仕事中に子供の心配をせずにすめば，社員の生産性も上がるからだ。社員一人の入れ替えには，採用から教育訓練，生産性低下などで年間給与の２割ほどかかるともいわれる。会社の補助などとは比べものにならない利益の源泉になっているのだ。

７番目の理念はマネジメント理念である。パタゴニアは独立心が旺盛で高度に個人主義的な社員の割合が多いといわれる。こういう社員をまとめ共通目的に向かって働いてもらうのが，パタゴニアのマネジメントのアートである。皆の一致により決定されたり，なされた決定が正しいと皆が同意に至ったりするのが，一番民主的だ。一致を形成する鍵は，良いコミュニケーションである。

独裁制のようなトップダウンの中央集権システムはその維持に多大の力と労力を費やすが，やがては崩壊し，混乱をもたらす。パタゴニアのような家族経営の会社は，権威主義的な規則よりも信頼の上に経営がなされる。何か問題が生じても，有能なCEOはすぐにコンサルタントに相談しない。社外の人は自分たちが行っているビジネスを知らないし，たいていのコンサルタントは破綻企業の出身者であることも事実である。自身で問題に正面から取り組んで解決

しようとすること以外に，他の形で再び起きることを防ぐことはできない。その鍵は，過去のすべての兆候を把握し本当の原因にたどり着くまで十分に問い続けることだ。

８番目の理念は環境理念である。この理念は，事業経営と直接かかわる他の理念とは由来が違う。会社を出て，自然の中で過ごすことからもたらされた。パタゴニアにとって自然環境の維持や保護は，単に終業後に行う何かとか通常業務をやり遂げたら行うというものではなく，これこそ事業を行っている理由なのである。よってミッション・ステートメントの宣言は，口先だけで終わらせてはならず，１つのフレームワーク，すなわちガイドラインとして定めなければならなかった。それがこの理念であり，次の６点にまとめられている。

①　吟味して生活する

自分の巣を汚すような間抜けな動物は，人間以外にはいない。日々の活動が将来どういう結果を招くのか，予測できるほど賢くはないことは確かだ。無知により，地球に損害を与えているという問題を明らかにし，解決するには，事実に基づいて信念を決めるだけではなく，厳しい問いをたくさん発することも求められる。

②　自分自身の行為を正す

責任ある行為を他社に促したいのなら，先頭に立つことだ。例えば，コットンを有機栽培品に切り替えるのは1歩前進だが，そこに留まらず，その農作物がどこで作られているかまで知らなければならない。また，リサイクルは最後の手段であり，当社では修理や中古品買戻し再販にも力を入れる。社内業務も環境への貢献に向けて改善が進んでいる。

③　罪を償う

努力しても，何か作ればゴミも出るし環境汚染もする。だから，こうした罪を犯すことが終わる日まで，罪を償うことに責任を負う。1996年，パタゴニアは環境保護活動を展開する様々な集団や組織に対する売上の１％の寄付を宣言した。

④　市民デモクラシーを支援する

米国は建国時から，３つの大きな社会勢力を持っていた。すなわち，連邦政府，州政府，市民デモクラシーだ。今はそれらに企業が加わる。このなかで最も強力なのは市民デモクラシーで，イギリスからの独立の契機も，19世紀の奴隷制廃止や女性の権利向上も，市民デモクラシーが主導した。不要なダムを取り壊し川の流れを取り戻すために戦ったのは，市民であるカヤッカーや釣り人だ。有害物質がある廃棄場の浄化を子どものために求める母親ももちろん普通の市民だ。寄付は天然資源を守る義務を果たすよう政府に求める普通の市民に提供される。会社の政治的信念に賛成しない社員も少数いるが，自分が賛同できないことをしている会社で働くべきではない，というのが著者の答えだ。

⑤　善行をなす

製造に伴う害を減らすのは称賛に値はするだろうが，害を減らすことと善行をなすこととは

同じではない。地球に住む生物にとって気候変動以上の脅威はない。二酸化炭素の濃度を産業革命以前の水準まで削減しなければならないし，農薬などで傷んだ土を再生して地力を回復する必要がある。そのために，当社はパタゴニア･プロビジョンズという食品会社を立ち上げた。有機農業から環境再生型へと一歩進めるかもしれない。漁業も畜産も同じだ。

⑥　他社に影響を与える

2013年に，環境と社会に責任ある事業を展開する営利目的のベンチャー企業を対象に，ベンチャーキャピタル基金を創設した。一緒になって活動していけば，必要な変革を生み出せる。

２．批評

本書は研究者による専門書ではなく，創業した経営者により執筆されたものなので，批評は，経営理論への貢献というような観点よりも，むしろ述べられているその経営活動の実務的な意義というような観点からなされるべきなのかもしれない。ところが，評者は実務家ではないので，どうしても経営理論というレンズを通して読んでしまう。したがって，ここでの批評は，基本的に理論的視座からなされ経営理論との関係性に重点が置かれることになる。本書にはやや冗長な部分や繰り返しの部分も見られるが，それも経営者である著者の強調したい点や正直な気持ちを丁寧に示そうとした表れだと理解したい。

評者にとって最も興味深い本書のなかの記述は，利益に関するものである。「歴史」のなかのミッション･ステートメントに関する記述で「利益追求を最優先としない」と著者は述べる。それでは最優先するものは何なのか。「理念」のなかの５番目の財務理念の記述で，パタゴニアはまず製品ありきだ，と製品最優先を宣言する。そして，それをサポートするために当社は存在すると会社の存在理由すなわち根本目的を明らかにする。赤字を垂れ流し消滅してしまっては，製品は製造できるはずもない。事業を継続するためには，利益を上げることが必要だ。環境問題解決の先導者になると言っている企業が利益も上げていないというのでは説得力を欠く。とはいえ，ミッション・ステートメントで利益を上げるなどということについて何も言っていないように，利益を上げることは目標ではない。「すべてを正しく行えば」結果的に利益が生じる，と考えている。

これは経営学の近代化の礎石を築いたBarnard（1938）の考えと合致する。利益は目的ではない。結果なのである。では企業の目的は何か。Barnardは，財やサービスの生産と配分だと考える（眞野, 1978）。まず製品ありき，でパタゴニアという会社はそれをサポートするためにある，と根本目的を述べる著者の見解は，Barnardのそれの継承と捉えられる。

さて，結果としての利益なのであって，利益追求が目的ではなく，製品最優先なのだとはいっても具体性には欠ける。ここに著者が用意するのは品質である。当社の利益は仕事と製品の質

に直結している，と述べる著者は，事業の方向性に関する深刻な問題に直面したら，質を高めることが正解になるという。品質最優先なのだ。地球にとって正しいことを行う決定をすると，結局，事業にとっても良いことになるというのだ。著者によれば，戦略計画研究所のPIMSで，事業の成功と相関が最も高いのは価格ではなく品質であることがはっきりしてきたという。質を重視しない会社は，著者の指摘通り，コスト削減，無理やりの販売増，そして従業員の酷使によって，利益極大化を図るのだろう。それは一時的には成功したように見えるかもしれないが，長い目で見れば破滅の道をたどることになる。

次に，成長についての記述も評者には興味深い。ふつう，成長はどの企業も目指すべき疑いのない常識的な概念と捉えているであろう。ところが著者は，成長と拡大は根本の価値とはならないと述べている。成長のペースは持続可能な範囲に限られ，そうした成長を有機的成長と呼ぶ。急成長の結果の失敗からの学習であろう。成長を遂げる際のペースについて着目し，持続可能性という尺度を適用しようとした点は評価に値する。要は，何のための成長か，ということなのだ。成長を遂げて，持続できなくなる，生存できなくなる，というのでは，本末転倒なのである。

確かに，地球に住む人類の人口は増大し，経済成長は進み，生活は豊かになったようにも見られるが，一方で，著者が悲観的にならざるを得ないように，環境破壊も進み，種の絶滅がすさまじい勢いで進行し，おそらく人類も例外ではない状況に追い込まれつつある。母なる地球が健全で，人々が健康でなければ，企業活動も経済活動もあったものではない。そこは分かっているのだが，すぐにどうにかなるものでもない，とかそのうち何とかなるかもしれない，などと多忙な日常生活に流されながらたまに環境問題に目をやる程度の人々も多いのではないか。著者が悲観的になるのは，社会にきちんと対処しようという意思が見られないからだ。

環境理念について述べるなかで，著者は「われわれが事業を行っている主な理由は，各国政府や企業が環境危機を無視することを止めさせるように努めることであるから，そのための行動はどうしても必要になる」（p.178, 邦訳293ページ）と述べている。パタゴニアにとって環境問題への対処，自然環境の維持や保護は，まさに事業を行っている理由なのである。

では，このミッションと，製品ありきで，それをサポートするために会社がある，という根本目的とはどのようにつながるのであろうか。根本目的は，企業が生存し存続するこの地球とそこに住む人々が健康に健全に生き続けていくことができることを大前提としている。それはパタゴニアに限らず，どの企業も同じことなのだが，しばしば企業も人々も，この当たり前のことを忘れがちになる。パタゴニアはこの当たり前のことを一時も忘れず常に意識して行動する。

そして，重要な点は製品の販売量，消費者の消費量だ。パタゴニアCEOのR. Marcarioは，消費者が地球のために何かしたければモノをなるべく長く使うことが一番だ，と本書コラム

（pp.83-84，邦訳142-143ページ）で述べる。高品質の製品ほど長持ちする。修理し，これ以上使えないとなったらリサイクルする，という形で環境への負荷の低減を図るべきなのだ。ところが，ほとんどの企業はすぐに壊れ，買い替えなければならない安物を作っているし，消費者は少しでも安く買うのがいいことだと思い込んでおり，安物の連鎖が生まれていると大量生産・大量消費の社会風潮をR. Marcarioは批判する。

世界最大の産業・食料生産が典型的なのだが，今やそれは地球環境破壊の主犯格だと，著者は断じる。環境危機が地震などの大災害のようにすぐにやってきて大規模な被害をもたらすのならば，人々は全力でそれに対処するだろうが，環境危機はじわりとしかもあまり表面化しないように進行するから曲者なのだ。例えば，著者によれば，米国だけでも毎年50万トンもの殺虫剤が使われ，広く使われている除草剤のアトラジンは内分泌を狂わせる恐れがあるとされている。殺虫剤，遺伝子組み換え食品や有毒プラスティック，各種化学品などは，「有罪が証明されるまでは無罪」であり，有罪の証明は消費者がやれという有様だと著者は現状を憂うる。だから，パタゴニアが先頭に立って環境問題の解決に向けて動かなければならない。自然環境の維持や保護をまさに事業を行っている理由として掲げなければならないのである。

地球環境の持続性を無視せず最大の注意を払う当社にとって，製品ありきなのだが，その大量生産・大量販売という量を追い求めるのではなく，その品質こそが最も重要なのである。既述のように，パタゴニアの成長は持続可能な範囲のペースで進めるべきもので，著者もいうようにこれが自然な成長なのであり，これを有機的成長，と呼ぶのも当を得たものである。著者のいう有機的成長とは，組織と環境の適応関係を持続性という時間軸で把握しようとするものなのかもしれない。

「ゆっくりとした成長あるいは成長しないということは，毎年より効率的であることから利益が生み出されなければならない，ということを意味する」（p.154，邦訳255ページ）と著者は述べる。効率あるいは能率はアメリカ経営学の父とも称されるTaylor（1911）がマネジメントの肝に据えた概念である。労働者への高賃金，使用者への低コスト，それらを同時実現するのは突き詰めると最高の能率だと主張した。能率の重要性は，ノーベル賞受賞学者のSimon（1997）にも継承されるなど，いわば常識的な考えといえる。

H. FordはTaylorの考えを大規模な工場にコンベア方式を導入したT型フォード生産で実現した。しかしながら，絶好の波が来たら，社員を自由にサーフィンに行かせる，などというような発想はFordにあるはずもなかった。業務の効率を最大化する，という伝統的な常識と「社員をサーフィンに行かせる」というような柔軟性とは矛盾しないのか。

パタゴニアの方針は，他者にネガティブな影響を与えずに仕事をこなせる限り，従業員に柔軟な労働時間で仕事をすることを常に許してきた。「社員をサーフィンに行かせる」フレックスタイム制度だ。これは，仕事は楽しくなくてはならないという根本的な考え方が基盤にある

のだが，こうした柔軟性により，自由とスポーツが大好きな大切な社員に，画一的な職場の制約と折り合いをつけて仕事を続けてもらえる。結局は，利益につながる戦略的な方針でもあるのだ。

どうも著者のいう効率は，一般的に用いられる概念よりも，むしろBarnard（1938）のそれを評者に想起させる。Barnardの能率とはいささか不思議な概念で，個人動機の満足に関連する。組織からすると，個人の貢献の確保に関する。

> 組織の生命は，その目的を成し遂げるに必要なエネルギーの個人の貢献を確保し，維持する能力にかかっている。この能力はおそらく狭義の多くの能率，非能率の合成されたものであり，また，もしある点の非能率が修正されたら成功するかもしれないという意味では，その非能率が全体の失敗の原因として取り扱われる場合がよくある。しかしたいていの組織――例えば社会的，政治的，国家的，宗教的組織のごとき――では，存続という絶対的なテストのみが客観的に重要な意味を持ち，個々の能率を比較する基礎は存在しない。（Barnard, 1938, pp.92-93, 邦訳96-97ページ）

Barnard（1938）によれば，組織の能率とはそのシステムの均衡を維持するに足るだけの有効な誘因を提供する能力であり，組織の生命力を維持するのはこの意味の能率なのである。

本物のサーファーはサーフィンに行く時間を予定などしない。サーフィンは波と潮回りと風がぴったりとおあつらえ向きになったときにいち早く行くものだ。本物のサーファーの社員が突如職場を抜け出したら，職場が滅茶苦茶になるとまでは言えないだろうが，通例の意味での効率あるいは能率は一時的には落ちることも多いのではなかろうか。しかし，そうした効率低下や非効率よりも，より大きな個人の満足，そして会社にとっての大切な社員の確保を著者は圧倒的に重視する。「社員をサーフィンに行かせる」フレックスタイム制度の活用で，社員は満足するし，それは継続的参加を促すことになり，優秀な社員の高い定着率に結び付き，最終的に利益を生み，組織の生命力を維持していく。著者の言う効率には，通例の意味での能率すなわちバーナードのいう狭義のそれも含まれているのだろうが，こと「社員をサーフィンに行かせる」フレックスタイム制度をめぐるコンテクストでの効率ということになれば，Barnardの能率概念に即して考えてみるほうが，かなり分かりやすい。

著者の地球環境という広い空間への意識と100年先も存続する企業を目指す長期的な時間軸とが，「社員をサーフィンに行かせる」フレックスタイム制度などをはじめとする読者を惹き付ける内容の基盤的要因となっていると捉えられる。

著者はダイナミックな変化を生み出すリーダーシップについても言及し，100年も存続したいと思うなら，オーナーも経営者も変化を好むほうが良いと主張する。著者によれば，ダイナミックな企業の経営者の最も重要な仕事は変化を促すことだ。危険を伴うスポーツが自身をよ

りよくする方向に導くストレスを生むように，会社も成長のために恒常的に自身にストレスをかけて追い込み続けるべきなのだ。賢いリーダーはすべてうまくいっていて，皆がのんびりと怠惰になり幸福を感じているときに，自身が動くことを知っている，と著者はいう。今動かなければ，本当の危機が起きた時にも動くことはできないからだ。絶対的な安定，安住は死に至る。長期間存続し進化を遂げていくには，緊張や遊びや偶然性などを組織に取り込み不均衡状態にしなければならない時期も必要であるという組織進化論（例えば，野中, 1985）の見解を経験的に述べていると評価できる。

環境活動への寄付以上に，環境経営や持続可能性について考えようとする企業がお手本にできるモデルを確立したかった，と著者は述べたが，いうまでもなく，今やパタゴニアは環境経営の先端的モデルを示している。単なる「環境配慮」を超えた，ラディカルな立場の表明も著者には見られる。非暴力・不服従の市民活動に参加し，環境を保護しようとして逮捕された社員のために保釈金を払うこともあり得る。政府が法律を破ったり，その執行を拒んだりしている場合，不服従も市民の正しい行動だと著者は考えるからだ。

環境経営の先端的モデルを示すとともに，本書に通底しているのは，個人の自由や柔軟な働き方，そして組織文化の重視である。

パタゴニアは独立心が旺盛な社員の割合が多い。そもそも，命令で好きなように動かせるような人は雇わないという。欲しいのは，悪い決定と考えるならそれを質すような社員だ。そして，いったん納得したら，鬼のように働き，最高の質のものを作ろうという社員だ。こういう高度に個人主義的な人々をいかにまとめて共通目的に向かって働いてもらうかが，パタゴニアのマネジメントのアートである，と著者は述べる。しかしながら，採用にあたっては，創業以来の文化を保つため，それに適合し，協調的な人を尊ぶとも述べている。高度に個人主義的で普通の会社では働けないような人と協調的な人というのは，いささか矛盾している。採用方法も，いわゆる縁故採用形式を好むようで，当社が掲げるオープン性にやや疑問を投げかけられかねない。

命令により好きに動かすことはできないから，求められたことが正しいと納得させられるか，自分で正しいと気づいてもらわなければならない。著者によれば，独立心旺盛な人のなかには，理解するか，自分もそう思うようになるまで仕事をすることを拒んだりする人もいるという。これはBarnard（1938）の権限受容説に近似した説明といえる。

著者によれば，パタゴニアのような複雑な組織になれば，一人の社員が問題に答えられるということはなく，各人がその解決策の一部分を少しずつ持っているという。皆の一致により決定されたり，なされた決定が正しいと皆が同意に至ったりするのが，一番民主的だといえる。妥協ではなく総意が形成されるには，良いコミュニケーションが鍵を握る，というのが著者の考えだ。そのため，オフィスに役員も含めて個室はなく，ドアも仕切りもないオープンな部屋

で皆仕事をする。官僚体質にならず風通しの良い状態に保つには，拠点ごとの人数は100人以内に抑えるべきだと著者は述べる。Barnard（1938）も，組織の構造，広さ，範囲は，ほとんどまったくコミュニケーション技術によって決まるから，コミュニケーションが組織理論の中心的地位を占めると論じた。コミュニケーションの質が最も重要なのは，今や言を俟たないだろう。ただ，仕事空間と良いコミュニケーションの関係はそう簡単でもない。とはいえ，パタゴニアの拠点ごとの組織の構成メンバー数を抑えたオープンな大部屋制は，家族的で民主的な雰囲気にフィットしているように評者には感じられる。

たとえビジネスマンになっても，変えたくないこと。それは毎日楽しく仕事をすることだ。これは著者の心からの叫びだろう。仕事は楽しくなくてはならない。ワクワクしながら出社したいし，思い思いの服装の仲間が良い。著者によれば，パタゴニアは従業員が豊かで満ち足りた生活を送ることに価値を置く。だから，いい波が来たらサーフィンに行ったり，パウダースノーが降ればスキーに，子どもが病気になったら家にいて看病したりする柔軟な働き方ができる職場にしている。仕事と遊びと家族との区別はあいまいにすることが必要だった，と著者は述べる。慣例的なやり方を覆し，自分なりのやり方を確立することはマネジメントの創造的な部分であると考える著者は，数年かけてビジネス書を読み自分たちに合う理念を探した。米国よりも日本や北欧のマネジメントのスタイルに関する本に興味を引かれたという。

当社にはもともと製品を使う人と作る人の区別がなかった。いわばプロシューマー集団だったのだ。そして，仕事と遊び，会社と家庭・家族という線引きもあいまいにする。この渾然一体の志向は近代社会システムの批判とか大昔に戻りたいというノスタルジーの表出というよりも，典型的には最近の社内も含む起業家の活動や研究開発組織を想起すれば分かりやすいのだが，より先端的なワーク・ライフ・バランスのスタイルを模索する１つの試みと評価できよう。ライフスタイルやライフステージに合わせた多様な働き方が仕事と生活の調和（ワーク・ライフ・バランス）をもたらし，両者を充実させるのである。これからの本格的なAI時代にイノベーションを進めていくには，オープンでより自由なクリエイティブ･マネジメントが必要だ。また，自由な働き方･生き方には，自律性や責任感が求められよう。パタゴニアの「実験」は，場所と時間に縛られない働き方・生き方の１つの先端的な事例をわれわれに提供してくれている。

もう１点。Barnard（1938）の二重人格者仮説への深い思考を促す点も指摘しておきたい。二重人格者仮説とは，協働参加者は皆個人人格と組織人格とを持つ二重人格者になるというものなのだが，著者の思考は，この二重人格者仮説に対する問題提起にもなり得る可能性がある。

著者は組織文化を極めて重視するが，この点に関して，強力な文化や価値観を持つ企業に入ると，現状に挑むべきではないと思うかもしれないが，それは逆だと著者は注意を促すことを忘れない。価値観は決して変えるべきではないが，どの組織も適応的で柔軟でなければならず，

新しい運営の発想や方法を常に取り入れていかなければならないというのだ。長期存続にはコアの組織文化を維持しつつ，柔軟に変化する環境適応力が必要であるという主張であり，傾聴に値する。組織エコロジー論（e.g.，Hannan &Freeman, 1989）との関連性も見出せる。

組織文化論の父は誰よりもBarnardだとScott（1990）は論じた。組織文化論の生成には，1980年代の日本経営論の影響もあったのだが，著者の「日本のビジネス」観は悪くない。日本企業との提携の失敗を経て，今では「パタゴニアでは，要求の最も厳しいわれわれの顧客である日本人に合わせて品質基準を定めている」（p.123, 邦訳205）と述べるに至っている。ここにたどり着くまでには，日本企業との提携を解消して，完全子会社の日本法人を設立した経緯がある。

日本のマネジメント・スタイルに著者は興味を引かれたのだが，現実の日本企業とのアライアンスは上手くいかなかった。提携先の日本企業は「規格品の大量生産・大量販売」，「良いものをより安く」という呪縛からまだ抜け出せていなかったのかもしれない。先述のR. Marcarioの言葉を借りれば，少しでも安く買うことが何よりも一番という消費者の思いこみにあるいは合わせていたのかもしれない。

高品質で，そして修理により，長持ちするような製品ほど地球環境のためになるが，売上は加速度的には伸びず，企業の飛躍的成長は期待できない。ならば，成長至上主義は止めようではないか，というのがパタゴニアだ。廉価品を次々と欲しいからと大量に買い込み，すぐに大量に廃棄するよりも，本当に必要なものだけ，耐久性に優れた高品質のものを買い，修理などして大切に長く使おう，と著者は消費者に呼びかける。有限なこの星で生きていくためには，消費を減らさなければならないというのが著者の信念なのだ。自社商品のジャケットをこれ以上買うな（その広告についてはp.153, 邦訳256ページ），と顧客をいさめる企業など前代未聞だろう（N. Kleinによるフォワード）。何しろ，想定する顧客像は，買い物を楽しむ人ではなく，刺激的な宣伝広告を嫌う「人生をカネで買う」ことをしない，人生を深くシンプルに生きたいと思う人，というのだから筋金入りだ。消費文化をも変えようというのだ。

根本的な問題は，有限な地球で無限に成長しようとすることだと著者は指摘する。解決する答えがあるとしたら，自制，品質，簡素といった言葉で表されるものだろうと著者はいう。シンプルな暮らしこそ，とても豊かなのだと述べて，著者は本書を締めくくる。N. Kleinはフォワードで，解決の可能性があるとしたら，買い物以外のことをするようになったときで，社会運動や政治運動をする，自然の中で過ごす，愛する人と過ごすなど，お金で買えない体験に深い喜びを見出すようになったときだろうという。含蓄に富む言葉だと思う。経済的価値のみならず非経済的価値をも思考枠組に組み込んだBarnard（1938）にもつながる。

以上，本書を主として経営理論，なかでも経営学の近代化の礎石を築いたと高く評価されるC.I.Barnardの理論との関係性に重きを置きながら批評を加えた。もちろん本書は，研究書で

はなく実務家の著作であり，また経営学の範囲を超える領域にも記述が及んでいる。したがって，小稿は本書の一部分の内容に限られた書評となった。そうした限界を内包しているが，著者自ら実験というパタゴニア経営の事例が魅力に富んだ考察材料を実務家のみならず研究者にも提供し，深い思考を求めていることは，小稿で明らかにできたのではなかろうか。

本書の裏表紙（邦訳383ページ）に思慮深い老人の写真がある。創業の地カリフォルニア州ベンチュラの鍛冶場に立つ著者である。高校時代に悲惨な落ちこぼれ組だった彼を半世紀の間にここまで成長させたのはいったい何だったのか。一個人史としても興味が湧いてくる。一人のクライマーに出会い，クライミングにのめりこんでゆくのが契機とはなるのだが，N. Kleinが述べるように，自然への愛，自然を体いっぱいに感じたい強い願いが彼を突き動かしてきたのだろう。著者の自制，品質，簡素といった３つの言葉に加えるとすれば，自然，愛という言葉になろうか。著者が「禅の学びは私に簡素を教えた。簡素を極めるほどより充実した成果が得られるのだ」（p.21，邦訳47ページ）と述べている通り，著者の思考に及ぼす禅の教えの影響も大きいといえる。この意味で，清貧や簡素という言葉にある程度馴染んでいる日本の人々には読みやすい内容なのかもしれない。著者の願望も叶えられる日がいつかは来なければなるまい。

参考文献

Barnard, C.I. 1938. *The functions of the executive*. Cambridge, MA: Harvard University Press.（山本・田杉・飯野訳『新訳・経営者の役割』ダイヤモンド社，1968年。）

Hannan, M.T. & Freeman, J. 1989. *Organizational ecology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

眞野脩　1978 『組織経済の解明』文眞堂。

野中郁次郎　1985 『企業進化論』日本経済新聞社。

Scott, W.R. 1990. Symbols and organizations: From Barnard to the institutionalists. In O. E. Williamson (Ed.), *Organization theory: From Chester Barnard to the present and beyond*. NY: Oxford University Press.

Simon, H.A. 1997. *Administrative behavior* (4th ed.). NY: Free Press.（二村敏子ほか訳『新版・経営行動』ダイヤモンド社，2009年。）

Taylor, F.W. 1911. *The principles of scientific management*. NY: Norton.（有賀裕子訳『新訳・科学的管理法』ダイヤモンド社，2009年。）

（2017年11月17日受理）

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，ニューズ・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・研修会への講師の斡施ならびに派遣
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

A Study on the Extinction and the Birth of R & D of Japanese Companies Part 1
Hypothesis "Research and development is extinct linearly and is born exponentially, and the extinction and the birth are synchronized"
………………………………… Hiroshi MURAYAMA (3)

A Study on the Extinction and the Birth of R & D of Japanese Companies Part 2
Hypothesis "The extinction period of research and development is not decided by companies that reduce R & D, but is decided by companies that increase R & D"
………………………………… Hiroshi MURAYAMA (45)

A Study on the Extinction and the Birth of R & D of Japanese Companies Part 3
Hypothesis "Innovation lives in the Blue Ocean created by the extinction of research and development"
………………………………… Hiroshi MURAYAMA (93)

A Historical Study of Double-entry Bookkeeping in the Meiji Period:
An Analysis of Textbooks by Iwakusu Morishita and Syutaro Morishima
………………………………………… Takanori HISAI (133)

Research of our Country University Library Management though to Watch for Achievements of Toshio Iwasaru.
Mainly on the Activity as the Library Office Work Director Attached to Kyoto University.
……………………………… Yasuyuki YAMANAKA (159)

Book Review

Yvon Chouinard, Let My People Go Surfing: The Education of a Reluctant Businessman (2nd ed.)
………………………………… Shinichi MURAKAMI (175)

環太平洋圏経営研究学会役員（2017年度）

会　長　　村　山　　　博
理事（編集）　村　上　伸　一
理事（編集）　金　光　明　雄
会計（総務）　大　村　鍾　太
監　事　　中　村　恒　彦

桃山学院大学環太平洋圏経営研究　第19号

2018年２月26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