



Material Innovations

応募区分
チームID
チーム名
大学名・学年
リーダー
メンバー
指導教員

大学
SL2201644
ちゃた坊
同志社大学経済学部3年
園田
井川 沖永 スキャンラン
新関三希代教授

基礎学習

1. 私たちの生活に必要な財やサービスを [1] 生産 し、[2] 流通 させ、[3] 消費 することを経済という。財やサービスには、代金を払った人だけが消費を独占できる [4] 私的財 と、政府が税金等を使って提供する [5] 公共財 とがある。
2. 経済の主体には、生産・流通の主体である [6] 企業、消費の主体である [7] 家計、行政サービスや公共財の提供などを通して一国の経済活動を調整する主体である [8] 政府 がある。
3. 通貨には、紙幣や硬貨などの [9] 現金通貨 と、銀行などに預けられており振替などで決済手段として機能する [10] 預金通貨 とがある。
4. 2022 年からの成年年齢の引き下げに関する説明文のうち、誤っているものは？
[11] d
 - a. 成年年齢の引き下げにより、18・19 歳は父母の親権から離れ、親の財産管理権が及ばなくなった。
 - b. 成年年齢の引き下げにより、男女とも 18 歳から結婚が可能になった。
 - c. 親の同意なしで、携帯電話の契約を結んだり、アパートを借りたり、高額商品を買うためのローンを組んだりできるようになった。
 - d. 成年年齢引き下げ後に、いったん結んだ契約を取り消すためには「未成年取消権」の行使が必要になった。
5. 日本では人口減少が進む中、性別や年齢、言語や宗教など多様な視点を有する人たちで構成される組織のほうが強さを増すという [12] ダイバーシティ（多様性） の重要性が指摘されている。
6. 2020 年に署名された RCEP(地域的な包括的経済連携)は、日本や中国、韓国など東アジアを中心に [13] 15 か国が参加し、世界の人口と GDP のおよそ [14] 3 割を占める世界最大規模の自由貿易圏である。
7. グローバル化の進展に関する次の説明文のうち、正しいものは？
[15] d
 - a. 貿易が自由化され、安い輸入品が国内に入ってくることは、消費者にとっても国内の生産者にとってもメリットになる。
 - b. グローバル化の進展による影響は、経済以外の分野ではあまり見られない。
 - c. 「環太平洋経済連携協定（TPP）」は、FTA（自由貿易協定）の一つである。
 - d. 近年の日本の国際収支をみると「投資収益」が大幅な黒字を計上している。

8. 「持続可能な開発目標（SDGs）」の 17 の目標のうち、今回、グループで設定した投資テーマと特に関連が深い目標を挙げ（3 つ以内）、その主な理由を記述してください。

関連の深い SDGs の目標	その主な理由
3. すべての人に健康と福祉を	本稿で提唱するマテリアルイノベーションにより、健康寿命の延伸が見込めるため。
11. 住み続けられるまちづくりを	本稿で提唱するマテリアルイノベーションにより、自然災害に強いレジリエントな街が構築されるため。
13. 気候変動に具体的な対策を	本稿で提唱するマテリアルイノベーションにより、脱炭素社会の構築に大きく貢献する資源循環社会が構築されるため。

9. 「ESG 投資」で重視する 3 つの要素の組み合わせとして、正しいものはどれか？

[16] b

- a. 経済 — 科学 — 成長
- b. 環境 — 社会 — 企業統治
- c. 効率 — 持続可能性 — 企業統治

10. GDP(国内総生産)に関する次の説明文のうち、誤っているものは？

[17] a

- a. GDP とは、一定期間に国民全体として生産したモノやサービスの付加価値の合計額をさす。
- b. GDP とは、一定期間に国内で生産したモノやサービスの付加価値の合計額をさす。
- c. 実質 GDP とは、名目 GDP から物価の変動による影響を差し引いたものである。
- d. 2021 年(暦年)の日本の GDP の額は、名目 GDP が実質 GDP を上回っている。

11. 投資のリスクを小さくする方法には、「長期」、「分散」、[18] 積立 の 3 つが重要とされている。

分散投資は [19] 資産 や、[20] 地域、[21] 時間 を分けることで安定した収益が期待出来る。

12. 「積立投資」に関する次の説明文のうち、誤っているものは？

[22] c

- a. 積立投資は、定期的に株式などの金融商品を購入する投資の方法の一つである。
- b. 積立投資には定量購入と定額購入の 2 つがある。
- c. 積立投資は、元本が保証されている投資方法である。
- d. ドル・コスト平均法では、株価が高いときには少ない数しか株を買えないが、株価が下がれば購入できる株が多くなり平均的な購入価格を抑えることができる。

13. 次のうち、現在の企業価値（株価）が割高か割安かを判断するための指標はどれか。

[23] d

- a. ROE
- b. 自己資本比率
- c. 純利益
- d. PER

14. 「日経アジア 300」は、アジアの 11 の国・地域を対象に、[22] 時価総額、[23] 成長性、[24] 知名度などを基準に選定した約 300 社の有力企業で構成されている。

要旨

“Japan will eventually cease to exist. This would be a great loss for the world”

「日本はいずれ消滅してしまうだろう。これは世界にとって大きな損失になる。」

2022 年 5 月 7 日、米テスラ社の CEO であるイーロン・マスク氏は自身の Twitter 上で上記の発言をした。日本のひっ迫する社会課題に対するこの発言は、世間で大きな注目を集め、改めて課題の深刻性を浮き彫りにした。日本が実際に消滅するかは不確かであるが、課題先進国として数多くの深刻な課題を抱える日本の経済社会は、もはや「消滅」状態と言っても過言ではないだろう。しかし、このように危機的状況にある日本だが、かつては「Japan as No.1」と称されるほど、世界に対して輝きを誇っていた時代が存在した。本稿では、日本が「消滅」状態から復活を果たし、再度世界の模範として輝く状態に返り咲くための方法を考察し、その道筋を記す。

その中で、一見弱みに見える「課題先進国」という日本の現状こそが好機になると捉え、「超高齢社会問題」「自然災害問題」「資源・環境制約問題」の 3 つの社会課題を、マテリアリティ分析を通して重要課題と特定した。日本が国内外においてこの 3 つの課題を解決することで、国内の経済成長を大きく阻害している要因を取り除くことができるだけでなく、日本が現在抱えている課題の多くが今後世界の国々も必ず追従してくる課題であるため、今後の国際標準を構築することができるのである。このように日本は「課題先進国」から「課題解決先進国」になるポテンシャルを秘めている。

では現状、日本の社会課題解決への取り組みが限界を迎える中、それを乗り越える方法はあるのだろうか。本稿では、その解を「マテリアル（素材・材料）」に見出した。最終製品の根源の部分となるマテリアルにはこれら 3 つの課題を根本から解決する能力があり、また産業の川上に位置するため他産業への波及効果を持つ。さらに、マテリアル産業は基幹産業として日本の大きな強みとなっているため、日本においてマテリアルからイノベーションを起こし、社会課題を解決することができる。

川下産業の取組が限界を迎える今、日本が世界に対して輝きを放っていた時代からの隠れた強みの源泉である「マテリアル」が、黒子から主役へと躍進を遂げることで、再び「Japan as No.1」に返り咲くのである。

本仮説を実現に導く企業を選定するべく、5 段階のスクリーニングによって、マテリアル企業とそのマテリアルを活用するユーザー企業の 20 銘柄から成るマテリアルイノベーションファンド（MI ファンド）を構築した。リスク・リターン分析と企業価値の実証分析を行い、当ファンドの経済的価値を示すとともに、3 つの社会課題に対する社会インパクト分析を実施することで、マテリアルからの改革がもたらす社会的価値を示した。マテリアルからの改革が日本及び世界の課題を解決し、日本が経済性と社会性両面において輝きを放つ、「真の Japan as No.1」になれることを示す。

目次

第 1 章 テーマ設定の背景..... 5	第 3 章 ポートフォリオ..... 21
第 1 節 “Japan was No.1”..... 5	第 1 節 投資銘柄紹介..... 21
第 2 節 解決すべき 3 つの重要課題..... 5	第 2 節 フィールドワーク..... 23
第 3 節 現状の取組と課題..... 7	
第 4 節 マテリアルへの着目..... 8	第 4 章 投資家へのアピール..... 25
第 5 節 マテリアルによる重要課題解決..... 10	第 1 節 経済価値分析..... 25
第 6 節 MI の実現と“Japan as No.1”の再興..... 13	第 2 節 社会価値分析..... 26
第 2 章 スクリーニング..... 15	第 5 章 終わりに..... 29
第 1 節 スクリーニング概要..... 15	参考文献..... 29
第 2 節 スクリーニング詳細..... 15	
第 3 節 投資比率の決定..... 19	

第 1 章 テーマ設定の背景

第 1 節 “Japan was No.1”

日本は少子高齢化や自然災害の多発、数十年の経済低迷など、数えきれないほどの問題を抱えている。これらの問題の多くは、解決に向けて様々な取り組みが実施されてきたにも関わらず、いまだ解決に至っていない。このように国際的に先例のない課題を多数抱える日本は、いつしか「課題先進国」と呼ばれるようになった（小宮山[2007]参照）。そして、課題先進国である日本の社会課題は、いずれも深刻な状況であり、現状のままでは日本の経済社会は消滅状態になってしまうであろう。

しかし、このように危機的状況にある日本だが、1980 年代には経済の黄金期を迎え、世界に対して輝きを放っていた。事実、世界における日本の国際競争力は 1980 年代後半から常に 1 位を記録し続け（三菱総合研究所[2022a]参照）、平成元年の世界時価総額ランキングでは、上位 50 社中 32 社を日本企業が占めていた（日本経済新聞社[2019]参照）。このように短期間で世界を牽引する大国へ変化を遂げた日本は、海外で“Japan as No.1”と称され、世界各国の憧れの的となったのである。しかし、日本経済はバブル崩壊をきっかけに衰退し、今でも「失われた 30 年」と言われるように低迷が続いている。では日本がもう一度世界の模範として輝きを放つ“Japan as No.1”に返り咲くにはどうすればよいのか。

本稿では、「課題先進国」という危機的状況こそが、日本を“Japan as No.1”に導く大きなカギではないかと考察した。日本が国内外の社会課題を解決することで、国内の経済成長を大きく阻害している要因を取り除くことができるだけでなく、日本が現在抱えている課題の多くが今後世界の国々も必ず追従してくる課題であるため、今日本がその解決策を示すことで、国際標準を構築することができるからである。さらに、日本は各国より先行して長年課題に向き合ってきたからこそ、他のどの国よりも課題を解決に導くポテンシャルがある。

かつての日本は、経済成長という点においてのみ、世界の模範として輝きを放っていた。しかし近年 SDGs の策定や ESG 市場の拡大など、経済と社会・環境の両立が全世界で求められているため、真に世界から模範とされる状態とは、社会課題解決を通じた経済成長を達成することによる経済性と社会性の両立であると考え、そのような状態こそが「真の Japan as No.1」であると定義した。

第 2 節 解決すべき 3 つの重要課題

本稿では、「真の Japan as No.1」に輝くために日本が重点的に解決を図るべき課題を明らかにすべく、JPX[2020]を参考に重要課題の特定（マテリアリティ分析¹）を行った。

ここでは、日本が世界に先行して抱えている問題の中から、日本の経済社会に与える悪影響の大きさ²、世界の経済社会に与える悪影響の大きさ、解決を通じた日本の経済成長への寄与度³の 3 軸を分析軸に定め、三菱総合研究所[2022b]、日本経済団体連合会[2022]を参考に、定性・定量的観点から課題の重要度を分類した。

その結果、3 軸ともに大きな影響度をもつ以下 3 つの課題を、日本が「真の Japan as No.1」を目指すうえでの重要課題として特定した。

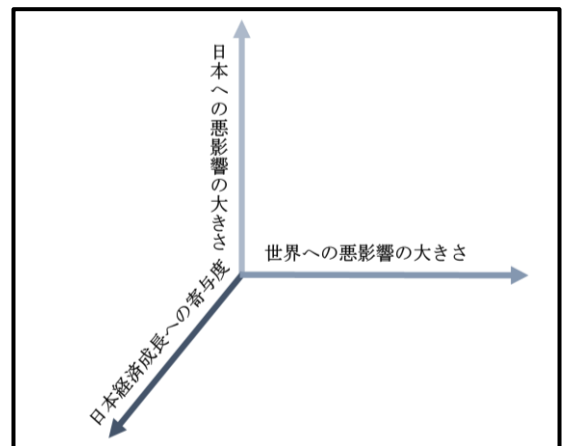
1 超高齢社会問題

2 自然災害問題

3 資源・環境制約問題

以下、特定した 3 つの重要課題において、それぞれの課題が日本及び世界に与える負の影響と、課題の解決がもたらす日本経済への正の影響を記す。

第 1 図 マテリアリティ分析概要



JPX[2020]より独自作成

¹ マテリアリティ分析：理想像「ありたい姿」を実現するための自組織や利害関係者にとって関連性が高く重要度が高い課題を抽出するための分析手法。

² 経済的悪影響の大きさは、該当問題による経済損失の大きさを基に判断を行った。社会的悪影響の大きさは影響を被る関係者の数と深刻度の大きさ（人命に与える影響度）の積を基に判断を行った。

³ 経済成長への寄与度は、ビジネスとの親和性と世界における潜在需要の大きさの積を基に判断を行った。

1. 超高齢社会問題

昨今の日本は、高齢者の割合が年々増加しており、現在世界で最も高齢化の進んだ国である（総務省[2021]参照）。内閣府[2003]では、高齢社会解決に対策を講じない場合、毎年 GDP 成長率が 1.2%減少すると述べられており、年平均 2%の GDP 成長を目指す現在の日本の経済状況を鑑みると、超高齢社会がもたらす経済的損失は非常に大きいことが分かる。また第 2 図から、全世界において今後高齢化は顕著に進んでいくことがわかる。つまり高齢化は日本だけでなく、全世界においても今後避けられない課題である。

しかし、超高齢社会の到来は悲観することばかりではない。高齢者の絶対数が増加するにしたがって、世界全体の高齢者のヘルスケア市場は大きく成長していくことが見て取れる（第 3 図参照）。超高齢社会において課題を解決することは、経済成長を阻む負の影響を取り払うだけでなく、課題解決を通じたビジネスを展開することで大きな経済成長を見込めるのである。

2. 自然災害問題

日本は古来より多くの自然災害に悩まされてきた。日本は国土面積で世界の 0.28%しか占めていないが、内閣府[2014]によると、マグニチュード 6 以上の地震の約 2 割は日本国内で発生し、またその被害額は 17.5%にも上る。また日本の自然災害発生件数及び被害額は増加しており（内閣府[2019]参照）、今後南海トラフ巨大地震などの大規模な自然災害が発生することも予想されているため、直ちに対策を講じる必要がある。

自然災害による被害は日本だけの問題ではない。2010 年代の世界における災害発生件数は、30 年前と比較して 7 倍にまで増加しており（第 4 図参照）、自然災害の深刻さは今後世界でも喫緊の課題になってくる。

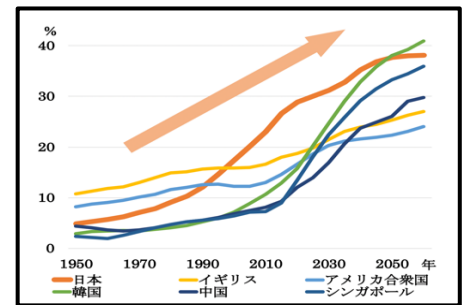
このような現状を踏まえ、世界における災害対策の必要性は大きな高まりを見せており、2028 年までにインフラの需要は約 2 倍になると予想されている（第 5 図参照）。そのため、今後日本が災害に対応できる強靱なインフラを展開していくことで、災害の被害を減少させるだけでなく、ビジネスとしての収益も大きく見込まれるため、日本経済を大幅に成長へ導くことができる。

3. 資源・環境制約問題

日本は資源小国として、古来より自国の天然資源の少なさに悩まされてきた。時が経ってもこの問題が変わることはなく、現在でも日本は他国と比較して圧倒的にエネルギー自給率が低い（経済産業省[2020]参照）。ニッセイ基礎研究所[2013]によると、2012 年度の日本の資源輸入額は 27.5 兆円にも及び、日本の 1 人当たり GDP を下げる大きな要因となっている。この問題は今後日本のみならず、世界でも重要な課題になってくる。現在石油の可採年数は 54 年、天然ガスは 49 年と、世界の天然資源の限界はすぐ目の前まで来ているにもかかわらず（日本原子力文化財団[2020]参照）、世界でも天然資源への依存度はいまだに高い状態である（第 6 図参照）。また、近年のウクライナ侵攻問題によって天然資源の依存リスクが顕在化し、課題の深刻さが浮き彫りになった。

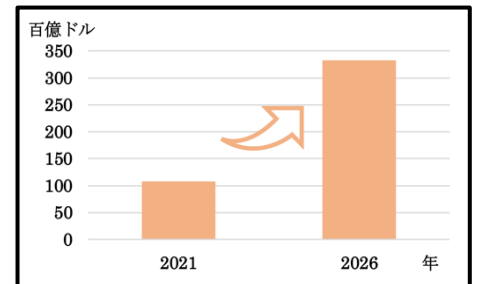
このような状況から、資源・環境問題への意識は年々高まっている。世界のグリーンボンド⁴市場の市場規模は、2030 年には 6150 億ドルにまで成長すると予測されており（第 7 図参照）、ビジネスとしても資源環境問題の解決に対する注目度はさらに高まっていくことが分かる。この問題も解決することで日本経済は大きく成長するだろう。

第 2 図 日本及び世界の高齢化



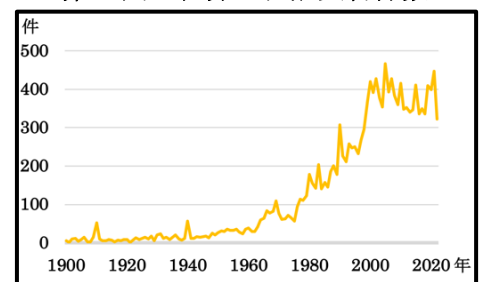
総務省[2021]より独自作成

第 3 図 ヘルスケア市場規模



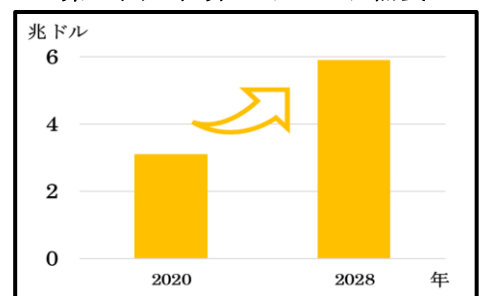
GH[2022]より独自作成

第 4 図 世界の自然災害件数



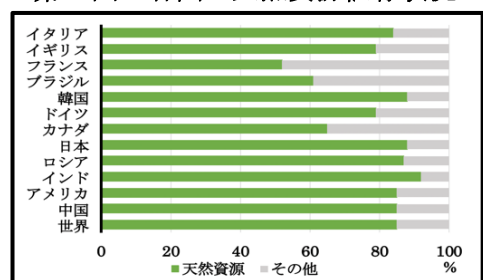
World In Data[2020]より独自作成

第 5 図 世界のインフラ需要



ZION[2021]より独自作成

第 6 図 各国の天然資源依存状況

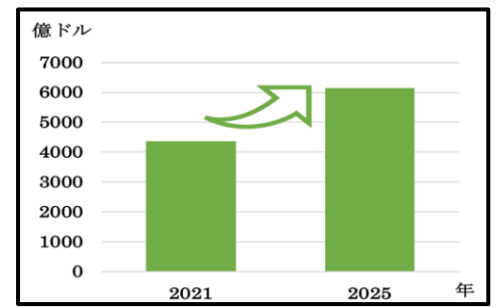


BP 統計[2022]より独自作成

⁴ グリーンボンド：企業や地方自治体等が、国内外のグリーンプロジェクトに要する資金を調達するために発行する債券。

上記のように、本稿で特定した重要課題は日本及び世界に大きな悪影響を与えており、早急に解決する必要がある。もし日本企業がこれらの課題にいち早く解決策を講じることができれば、日本は社会的に世界の模範として輝くことができるだろう。加えて、これらの課題に関連する市場は今後大きく拡大していくことが見込まれている。つまり、これらの課題はビジネスとしても大きなチャンスとしてとらえることができる。国内経済の成長を阻害している課題を解決し、さらに世界の成長市場に先駆者として参入することができれば、日本経済は大きく成長を遂げることができるだろう。そうして日本は経済性と社会性の両面において、再び世界から模範とされる「真の Japan as No.1」に返り咲くことができるのである。

第 7 図 グリーンボンド市場



RESEARCHANDMARKET[2021]より独自作成

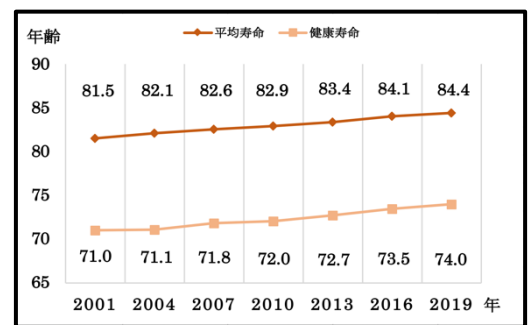
第 3 節 現状の取組と課題

前節では、日本が先進して抱える 3 つの重要課題を解決する必要性について述べた。前述したように、これらの課題は日本が現在世界に先駆けて解決に取り組んでいる課題である。日本はこれらの課題に対してどのように向き合い、解決策を模索してきたのか。本節では 3 つの重要課題に対しての日本のこれまでの取り組み、そして長年課題に向き合い続けてもなお解決にいたらない原因を考察する。

1. 超高齢社会問題

年々深刻さを増す高齢化に対して日本がこれまで取り組んできたことは何か。その大きな取り組みとして医療分野の発展があげられる。高齢化を続ける日本では、健康寿命をいかに延伸させるかが大きな問題となった。そして、メディカル・フロンティア戦略⁵をはじめとした先端医療分野の推進策が取り組まれてきた。この結果、日本の医療技術は大きく進歩を遂げ、世界有数の医療大国の地位を得ることができた。しかし、内閣府[2021]によると、平均寿命は延伸を続ける一方で、平均寿命と健康寿命の乖離は依然としてほとんど縮まっていない（第 8 図参照）。産業技術総合研究所[2022]によると、高齢化問題の最大の課題はこの**平均寿命と健康寿命の乖離**である。この乖離が原因となり、医療費・介護費圧迫による財政難や、高齢者の生活の質の低下などの経済・社会的悪影響が引き起こされる。よって、超高齢社会において平均寿命と健康寿命の差を解決することは必須である。

第 8 図 平均寿命と健康寿命の乖離



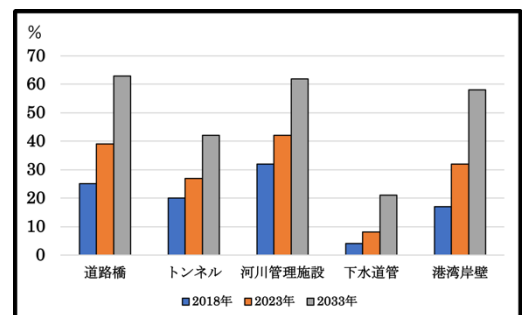
厚生労働省[2022]より独自作成

2. 自然災害問題

長年自然災害に直面してきた日本は、来たる災害に対して何も対策を取らなかったわけではない。数多くの災害に直面してきたからこそ、日本は世界に対して先進的に防災の取り組みを行ってきた。実際に、三菱総合研究所[2015]では、日本が長年培ってきた防災対策は国際的に高い評価を受けていると述べられている。

南海トラフ地震や首都直下型地震等の大災害が想定される現在、世界に対して高い技術を誇る日本の防災分野は、1 つの大きな課題を抱えている。それは**インフラの老朽化問題**である。日本の社会インフラの多くは高度経済成長期に集中的に整備されており、それらが今後急速に老朽化することが懸念されている（国土交通省[2016]、第 9 図参照）。構造物により外力を制御することで災害を防止・軽減する、ハード面の対策に関しては特に新たな対策の必要性が叫ばれており（国土技術研究センター[2018]参照）、直ちにインフラの強化策を講じる必要がある。

第 9 図 インフラ老朽化の推移



国土交通省[2018]より独自作成

⁵ メディカル・フロンティア戦略：平成 14 年に構想された、豊かで活力のある長寿社会を創造することを目的として、先端的化学の研究を重点的に振興する等の取り組みを行う総合的な戦略。

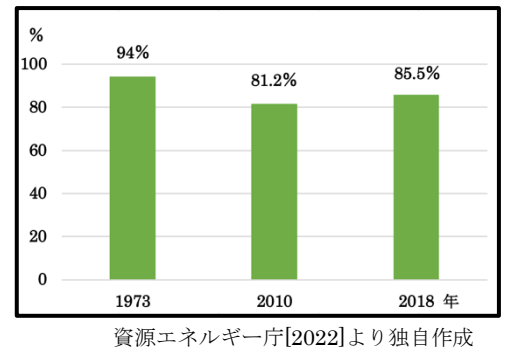
3. 資源・環境制約問題

資源・環境制約問題に対して資源小国の日本はどのように向き合ってきたのか。天然資源に恵まれないからこそ、日本は少ない資源の使用効率を高めるための取り組みを行ってきた。早くから省エネに取り組んできた日本は 1990 年代には「省エネ大国」とも呼ばれ、世界の資源・環境問題に対して先進的な地位を保っていた。

そんな省エネ大国の日本だが、未だ化石燃料に頼っている現状にある。しかし、その化石燃料すら外国からの輸入に頼っている現状である（第 10 図）。さらに、昨年開催された第 26 回気候変動枠組条約締約国会議（COP26）において、日本は気候変動対策に対し消極的な国や地域に贈られる不名誉な「化石賞」を授賞した。昨今、天然資源の枯渇や、化石資源由来の温室効果ガス排出が問題視される中で、**天然資源、化石資源からの脱却**が大きく求められる。

以上のように、日本は先進的に課題に直面し、早くからの取り組みを行ってきた。しかしながら、依然として「平均寿命と健康寿命の乖離」、「インフラの老朽化」、そして「天然資源への依存」という 3 つの重要課題それぞれにおいて課題は深刻さを極めている。現状の取り組みでは解決することのできない、限界を迎えているともいえるこれらの課題を解決するためには、いったい何が必要なのであろうか。

第 10 図 化石燃料依存度



第 4 節 マテリアルへの着目

本稿では、上記 3 つの課題を解決する解をマテリアル（素材・材料）に見出した。そして、マテリアルにより変革を生み出す「マテリアルイノベーション」を起こすことで従来では解決に至らなかった課題を解決することができると考察した。以下マテリアルに着目した 3 点の理由を述べる。

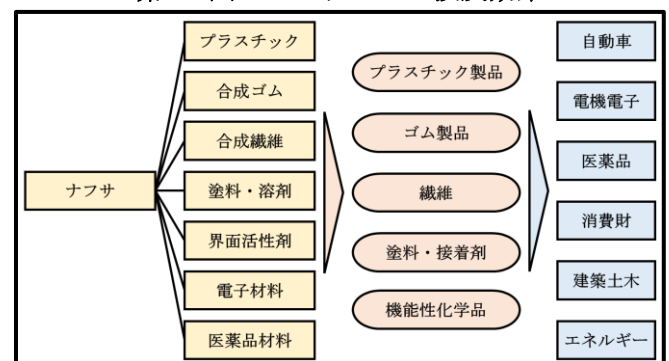
- 1 課題に対して根本的な解決策を示すことができる点
- 2 波及効果があり、川下産業までを巻き込んで変革を起こすことができる点
- 3 日本固有の強みを活かして変革を起こすことができる点

1 点目は、課題に対して根本から解決することが可能という点である。マテリアル産業は産業構造の川上に位置するため、あらゆる最終製品の根源の部分を担う。そのため、根源の部分から変革を起こすことで、従来では困難だった課題に対して革新的な解決策を提示することができる。実際に、2014 年にノーベル賞を受賞した青色発光ダイオード⁶は、発光効率が白熱電球の 10 倍と非常に省エネルギーであり、地球温暖化対策に大きく貢献する革新的なマテリアルとして全世界に大きなインパクトを与えた（竹内[2019]参照）。さらに青色 LED は、情報処理、交通、医療、農業といったさまざまな分野で利用され、幅広い分野に革命を起こした（JST[2017]参照）。また経済産業省[2021b]においても、今後の日本にマテリアルの革新による課題の根本解決に期待が寄せられている。

2 点目は、波及効果があるため、マテリアルを起点に川下産業まで全体を巻き込んで変革を起こすことが可能という点である。川上に位置するマテリアル産業は、製品に使用されるマテリアルの供給によって川下産業に大きな波及効果を与える。製造産業局[2021]によると、マテリアル産業の市場規模は 46 兆円にも及び、下流まで大きく影響を与えていることがわかる（第 11 図参照）。

さらに本稿では、マテリアルの川下産業に与える影響を実証するため、波及効果分析を行った。ここでは、技術知識・アイデアが製品を通して伝播し、他社の生産活動に影響を与える「知識のスピルオーバー（波及効果）」がマテリアル産業から川下産業に向けて発生しているかについて検証した。他産業間のスピルオーバー効果において検証を行った富田[2005]を参考に推定式を作成し、パネルデータをもとに固定効果モデルを用いて検定を行った。日経

第 11 図 マテリアルの波及効果



製造産業局[2021]より独自作成

⁶ 発光ダイオード：半導体に電流を流すことで電気エネルギーを光エネルギーに変換するデバイス。

NEEDS より、データ取得可能であった東証プライムに上場する化学産業（マテリアル産業）92 社と機械産業（川下産業）181 社を対象に、2017 年から 2021 年までの 5 年間の財務データを用いた（n=905）。以下第 1 表に分析の結果を記す。

第 1 表 マテリアル産業の知識の波及効果分析

【推定式】						
$Log(YL)_{it} = \alpha Log(KL)_{it} + \beta Log(RL)_{it} + \gamma Log(MCPL)_{t-1} + \delta Log(L)_{it} + \lambda Log(MS)_{it} + \varepsilon_{it}$						
【変数】						
$Log(YL)_{it}$: i 社の t 期における労働生産性 (対数値)			$Log(KL)_{it}$: i 社の t 期における 1 人当たり実質資本ストック (対数値)			
$Log(RL)_{it}$: i 社の t 期における 一人当たり技術ストック (対数値)			$Log(MCPL)_{t-1}$: t 期のマテリアルスピルオーバープール (対数値)			
$Log(L)_{it}$: i 社の t 期における労働投入量 (対数値)			$Log(MS)_{it}$: i 社の t 期における産業内市場占有率			
【記述統計量】						
	$Log(YL)$	$Log(KL)$	$Log(RL)$	$Log(MCPL)$	$Log(L)$	$Log(MS)$
平均値	12.646	13.037	14.920	4.723	16.033	-2.008
最大値	7.784	9.466	6.864	-2.219	8.952	-8.745
最小値	10.870	11.376	10.872	2.078	11.701	-5.710
標準偏差	0.645	0.588	1.052	1.377	1.386	1.353
【推定結果】						
(注) 以下、括弧内は t 値の絶対値を示している。***は優位水準 1%、**は優位水準 5%で優位である。						
$Log(YL)_{it} = 0.225Log(KL)_{it} + 0.180Log(RL)_{it} + 0.630Log(MCPL)_{it-1} + 0.904Log(L)_{it} - 0.173Log(MS)_{it}$ (0.082)*** (3.842)*** (3.965)*** (3.965)*** (2.065)**						
自由度修正済み決定係数=0.782						

上記の結果より、川下産業の労働生産性に対して、1 期前のマテリアルスピルオーバープール⁷が、優位水準 1%で優位な値をとることがわかる。このことから、マテリアル産業による研究開発は、自産業だけでなく、川下産業にまで波及して影響を与えていることが示された。このようにマテリアルは、製品を通して直接的に影響を与えるだけでなく、知識や技術という無形資産まで川下産業に波及する力を有する。したがって、マテリアル産業がイノベーションを起こすと、それが起点となって川下産業を必然的に巻き込むことができる。つまり、マテリアルイノベーションが起きることで、日本全体としての課題の解決が可能になる。


3 点目は、日本がマテリアルに強みを持つからこそ、マテリアルイノベーションを起こすことが可能という点である。日本のマテリアル産業は鉄鋼、石油、化学等の重化学工業の発展のもと、日本の高度経済成長期を大きく牽引した（環境省[1986]参照）。その後マテリアル産業は石油危機による原材料高騰にともなって構造不況に陥ったが、これを機に重化学工業から知識集約型産業への転換へと舵を切った（石油化学工業協会[2008]参照）。この転換が功を奏し、日本経済の黄金期が終わり、他産業が競争力を失っていくなかでも、マテリアル産業は高い技術力をもとに発展を続けた。実際に野村総合研究所[2016]では、近年国際競争力を失う産業が多い中で、マテリアル産業は高い競争力を維持し続けた数少ない産業であると述べられており、高い競争力を誇るマテリアル産業は今や自動車産業に並ぶ輸出の基幹産業となっている（内閣府[2021]参照）。特に、高い技術力を必要とする機能性素材⁸においては世界で高いシェアを誇り、70 種類のマテリアルが世界シェア 60%以上、19 種類が世界シェア 100%を誇ることから、日本のマテリアル産業が持つ技術力が見受けられるだろう。

マテリアルの持つ課題解決の可能性についてより知見を深めるため、経済産業省にヒアリングを実施した（第 2 表参照）。その結果、課題の限界を突破するためにマテリアルからの改革が不可欠である点、マテリアルは川下産業への波及効果が大きく課題解決に重要な役割を果たす点、そして、今後日本の経済成長の立役者として輝ける点などについて回答を得られた。

⁷ マテリアルスピルオーバープール：マテリアル産業の研究開発による技術知識ストック。

⁸ 機能性素材：従来の材料にはない外部からの熱や光の刺激、或いはガス等の化学的な入力に対して能動的に応答する機能を有する素材。

第 2 表 経済産業省 ヒアリング

経済産業省		オンラインにて実施 
日時	11/9 11:00~12:30	
担当者	匿名希望のため非公開	
訪問者	園田、沖永、スキャンラン、井川	
<p>〈マテリアルによる課題の根本解決について〉</p> <p>現状の日本の課題解決への取組では限界があり、その限界を突破するためにはマテリアルからの根本的な変革が不可欠。「CLOMA」⁹においても、資源循環の根源の部分を担当するマテリアルから変わらなないと循環の達成はできないと言われているように、社会課題の根本解決にはマテリアルから変わる必要がある。</p> <p>〈川下産業への波及効果について〉</p> <p>マテリアルは川上に位置しており、川下産業に大きな影響をもたらすため、社会課題の解決において非常に重要な役割を果たす。例えば素材メーカーがリサイクルしやすい素材をつくると、それが幅広い最下流の産業にまで使われ、大きくカーボンニュートラルの達成に近づく。</p> <p>〈日本の強みとしてのマテリアル産業について〉</p> <p>今までは汎用素材である鉄鋼が、高度経済成長などの日本の急激な成長を陰の立役者として支えてきた。そして現在は付加価値の高いスマートマテリアルにシフトしてきており、その分野で日本は世界においても非常に高いシェアを誇っているため、日本のリーディングインダストリーとして他国に対して優位性を持っている。</p>		

このように、最終製品の根源の部分となるマテリアルは課題を根本から解決することが可能であり、川下産業を巻き込んで変革を起こす力をもつ。また、日本はかつてよりマテリアルに大きな強みを兼ね備えていることから、日本だからこそ、マテリアルイノベーションを起こすことができると考察した。

第 5 節 マテリアルによる重要課題解決

では、実際にマテリアルがどのように社会課題の解決に寄与するのだろうか。本節では、マテリアルイノベーションによる 3 つの重要課題の解決策について述べる。

1. 健康長寿社会の実現

超高齢社会問題に対しては、バイオマテリアル（生体材料）¹⁰を発展させることで、**平均寿命と健康寿命の乖離が縮小された健康長寿社会**が実現するだろう。具体的には、バイオマテリアルの発展が、再生医療や人工関節等のインプラント分野を中心に様々な革新的な治療を可能にする（第 12 図参照）。これによって健康寿命を阻害する主要な要因を根本から解決することができ、平均寿命と健康寿命の乖離を縮小することができるのである。

再生医療とは、機能不全になった組織や臓器を再生させる革新的な治療法であり、従来では治療が困難とされていた疾患に対して根本からの治療を提供する（第一生命研究所[2021]参照）。同文献では『再生医療は、病気によって健康寿命が一旦終わったとしても、それを「リスタート」できる』と述べられている。つまり、健康寿命を「再生」させることにより、平均寿命と健康寿命の差を大幅に縮小することができるのである。しかし、再生医療は 10 年前に iPS 細胞で大きく注目を集めたものの、その発展は思うように進んでいない。再生医療で用いられる細胞は、体内の細胞環境に近い性質を持つバイオマテリアルに接着させることで増殖するが、細胞の足場として機能するバイオマテリアルが未発達である（Hanieh *et al.*[2022]参照）。実際に、田畑[2015]では、再生医療の発展はバイオマテリアルの発展無くしては達成できないと述べられているように、再生医療の今後の躍進において鍵を握る存在となっている。

インプラントの分野においてもバイオマテリアルが果たす役割は大きい。例えば人工関節においても革新的な治療法を提供することができる。現状では、組織が硬直して患部に重大な痛みを引き起こしてしまうなどの問題

第 12 図 マテリアル活用例



Hung-Jin et al [2019]より独自作成

⁹ CLOMA（クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス）：海洋プラスチックごみ問題の解決のために幅広い関係者の連携を強めイノベーションを加速するためのプラットフォーム。


¹⁰ バイオマテリアル：生体適合性に優れ、生体に直接接触する素材や生きている細胞に接触する素材のこと。

が発生しているが (Hanieh *et al.*[2022]参照)、バイオマテリアルが発展を遂げることで、時間の経過による体の成長に応じて骨が伸びるなど、体内の変化に対応することで身体に十分に適応し、歩行機能を大幅に向上させることができる (日本人工臓器学会[2008]参照)。さらには生涯にわたって人工関節の交換手術が不要になり、患者の身体的負担並びに金銭的負担を減らすことができるなどの高寿命なバイオマテリアルの開発も進んでいる (東京大学[2011])。実際に科学技術振興機構[2019]では、高性能な人工関節で要介護者を減らすことは健康長寿社会の実現に大きく貢献すると述べられている。

上記のように、バイオマテリアルの発展は健康長寿社会の実現に大きく貢献すると考えられる。そこで、健康長寿社会の実現におけるバイオマテリアルの重要性について知見を深めるために、先端科学技術推進機構・医工薬連携研究センター長を務められている、関西大学の矢野教授にヒアリングを行った (第 3 表参照)。その結果、バイオマテリアルの発展が過去にも解決困難な病気に対して革新的な治療を可能にした事例や、バイオマテリアルの発達によってはじめて解決が可能になる「材料主導型医療」の取り組みについて知見を深めることができた。

このことから、マテリアルから革新を起こし、日本が発展させてきた医療技術と融合させることが、健康長寿社会の実現のために大きな役割を果たすことがわかる。

第 3 表 関西大学 矢野教授 ヒアリング

関西大学 大矢教授			
日時	12/26 13:00~14:00		
担当者	関西大学 大矢教授		
訪問者	井川、沖永、園田		

〈医療におけるマテリアルの可能性について〉

医療機器のほとんどはマテリアルから製造されており、医療におけるマテリアルは必要不可欠な存在である。その中で、スマートマテリアルに限らず、様々なマテリアルを組み合わせ、機械や情報と統合させることにより、医療分野の発展の可能性を大いに高めることができる。

〈材料主導型医療について〉

材料があるからこそ初めて実現できる医療のことである。例えば、狭心症に対して有効な治療法がなかったが、冠動脈ステントという材料側の変革が起こったことにより、狭心症の人の寿命が格段に延伸した。このように、材料の組み合わせ次第では従来解決することができなかった医療問題を解決することができる。

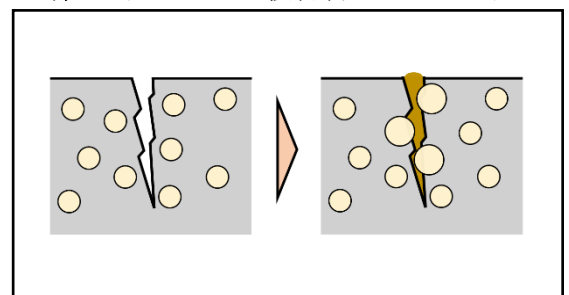
2. 自然災害にレジリエントな社会の構築

自然災害問題に対しては、自己修復材料をはじめとしたスマートマテリアルの発展により、災害に対してレジリエント (強靱) な社会が実現する。

自己修復材料とは、スマートマテリアルの中でも、損傷が生じても自ら修復する夢のようなマテリアルと言われ (第 13 図参照)、全世界で注目を集めている。従来インフラをはじめとした土木建材に用いられるマテリアルは、自然環境に晒されることによって徐々に老朽化し、ヒビや割れが生じてしまう。その後自然災害が発生した際に、脆弱な部分がダメージを受けることにより、衝撃に耐えきれず崩壊してしまう。しかし自己修復材料を用いると、老朽化によって損傷が生じても自己修復することができるため、劣化速度の大幅な低減や耐用年数の延長などの効果があり (Li, Herbert[2021]参照)、災害に対する耐久性も大きく向上する (三菱総合研究所[2020]参照)。さらに、負荷を加えることで強度が 1.5 倍、弾性率は 23 倍に増加するような自己強化材料の開発も行われており、負荷の大きい箇所を自発的に強化する効果が期待されている (三菱総合研究所[2020]参照)。日経 BP[2018]では、将来自己修復材料が発展することで、あらゆるものが何も壊れることのない、安心・安全な世界が訪れるとも言及されている。また自己修復材料を用いることで保守点検コストの低減にもつながるため、自然災害対策に直接貢献するだけでなく、財政を圧迫するインフラの維持管理費の削減にも大きく貢献する (経済産業省[2020]参照)。

さらに、自己修復材料が本当に自然災害対策に重要な役割を果たすのかについて確かめるために、自己修復材料の研究を先進的に行う横浜国立大学の中尾教授にヒアリングを行った (第 4 表参照)。その結果、安全を担保しながらインフラの老朽化問題に対処することで防災対策に大きな役割を果たす点や、今後ますます社会に普及していく可能性について貴重な示唆を得ることができた。


第 13 図 自己修復材料 イメージ図



日本機械学会 [2018]より独自作成

このことから、自然災害に対してマテリアルから革新を起こすことは、レジリエントな社会の構築に重大な役割を果たすことがわかる。

第 4 表 横浜国立大学 中尾教授 ヒアリング

横浜国立大学 中尾航教授		
日時	1/5 10:00~11:00	
担当者	横浜国立大学 中尾航教授	
訪問者	スキャンラン	
<p>〈防災における自己修復材料の重要性について〉</p> <p>今後インフラの点検が全く必要無くなるということはないが、点検と点検の間は自己修復材料によって確実に安全を担保することが可能になる。さらに自己修復材料の適用によって、欠損が生じて簡単に修復が可能になるため点検のコストを削減することができる。また自己修復材料は新規のインフラに適応できるだけでなく、既存のインフラの部品としても使用することができる。</p> <p>〈自己修復材料の普及について〉</p> <p>インフラ分野でも実際に自己修復材料は JR の駅のホームで使用されているなどの事例があり、今後安全性を担保する学術が発展していくとともにその普及は進んでいくだろう。</p> <p>〈日本におけるスマートマテリアルの優位性について〉</p> <p>学術的な面において日本は圧倒的な優位性を持っている。特に自己修復材料のセラミックの分野では日本がトップを独走している状況にある。</p>		

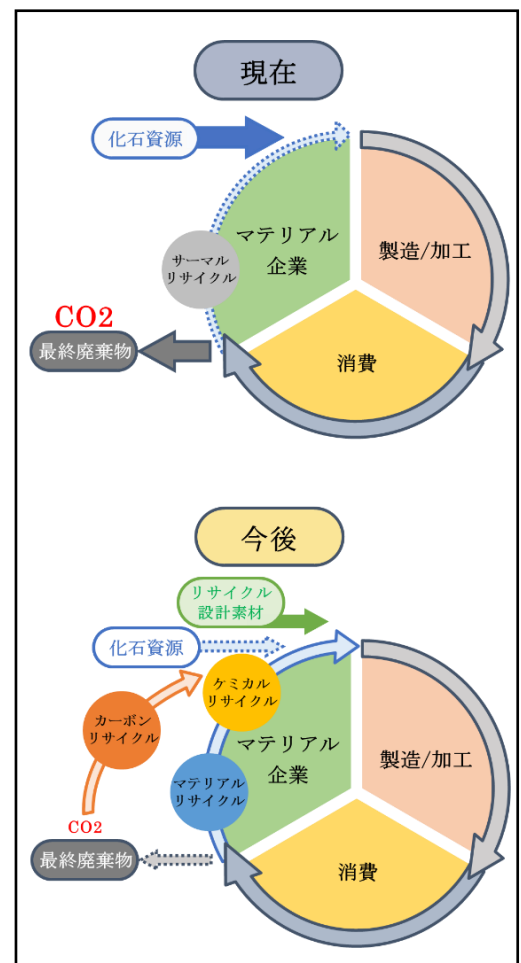
3. 資源制約から解放された社会の実現

マテリアル起点の資源循環の取組を行うことで、**資源の完全循環**による、**資源制約から解放された社会**が実現する。具体的には、資源循環のスタートポイントであるマテリアルを、**再利用・再活用可能な設計に変革することや、ケミカルリサイクル¹¹、カーボンリサイクル¹²**といった高度なリサイクル技術を組み合わせることで、第 14 図のように、資源循環のループを閉じることができる。

従来日本では、省エネ政策や 3R 政策が推進されてきたものの、エネルギー自給率は未だ低いままである。さらに、現在日本で主に用いられているリサイクル技術はサーマルリサイクルである。これは廃棄物の焼却の際に発生する熱エネルギーを回収・利用する技術のことであり、燃焼時に大量の温室効果ガスを排出してしまう（プラスチック循環利用協会[2022]参照）。このように、現状の取り組みでは資源・環境問題は限界を迎えている。しかし、物事の根本を担うマテリアルから変革を起こすことで、この限界を突破することができるのである。実際に KPMG[2022]では、資源循環において、スタートポイントを担うマテリアルが大きなカギを握ると述べられている。

日経クロステック[2008]によると、初めのマテリアル設計の段階からリサイクルしやすい設計に変更することで、それが幅広い最下流の産業にまで使われ、大きくカーボンニュートラルの達成に近づく。また、ケミカルリサイクルを行うと、元素レベルから資源の再利用を行うことができるため、従来資源循環が困難と言われていたプラスチックの完全リサイクルが可能になるほか、燃焼時に発生していた温室効果ガス排出量を 80%削減することができる（荏原製作所[2021]参照）。さらに、カーボンリサイクルでは、今までは廃棄物として扱われていた CO₂ を素材資源として扱うことができる。経済産業省[2019]では、

第 14 図 マテリアル起点の資源循環



筆者独自作成

¹¹ ケミカルリサイクル：廃プラスチックをプラスチックのまま原料にして新しい製品をつくる技術。

¹² カーボンリサイクル：CO₂ を資源と捉え、多様な炭素化合物として再利用する技術。

カーボンリサイクルを通じて CO2 を再利用した化学品やコンクリート製品の製造が可能になるとも言及されている。KPMG[2022]によると、日本のマテリアル企業は長年 3R 政策を進めてきたため、リサイクルに関する技術は他国に比べ優位性を持つ。つまり、長年資源環境問題と向き合い続けてきた日本だからこそマテリアルから資源環境問題を解決することができるのである。

このように、資源循環のスタートポイントを担い、高度なリサイクル技術を持つマテリアルメーカーは資源循環のループを閉じることができるため、従来では成し得なかった完全な資源循環社会を実現させることができる。

以上のように、マテリアルイノベーションはそれぞれの課題を根本から解決し、理想社会を実現できる。

第 6 節 マテリアルイノベーションの実現と"Japan as No.1"の再興

これまで、マテリアルイノベーションについて述べてきたが、現状マテリアルからの改革が起きているとは言いがたい。マテリアルは社会課題を根本的に変革しうる力がある一方で、その力が最大限生かされていない（経済産業省[2022b]参照）。本節ではマテリアルイノベーションが起きていない原因とその解決策について述べる。

本稿では、マテリアルの可能性を引き出すために「開発・実装体制」、「マテリアル企業とユーザー企業の連携体制」、「新素材普及の社会システムの構築体制」の 3 点について変革することが必要であると考察した（第 5 表参照）。

第 5 表 マテリアルイノベーションの現状と理想

	マテリアル企業		ユーザー企業	
	現状	理想	現状	理想
開発・実装体制	長い年月を要する 新素材開発	AI・産官学共創による 開発時間の大幅短縮		
連携体制	ユーザー企業の 需要ありきの体制	マテリアル起点の ソリューション提供	マテリアルを十分 活用できていない体制	データを駆使した 綿密な連携の実施
社会システム構築体制			価格競争で敗れる 新素材製品	社会的価値を持つ 新素材を社会に標準化

まず「開発・実装体制」に関して、課題解決につながる高機能なマテリアルは、開発・製造の難易度が高いため、量産化までに数十年を要してしまうという現状がある（NEDO[2022]参照）。「マテリアル企業とユーザー企業の連携体制」においては、たとえ課題の解決に繋がるマテリアルが誕生した場合でも、ユーザー企業がそのマテリアルの利用価値を分からず、適切に活用することができていない問題（中嶋[2017]参照）、さらにはマテリアル企業がユーザー企業の需要ありきの体制になっており、マテリアル起点での変革が起きていないという問題が存在する（野村総合研究所[2016a]参照）。最後に、「新素材普及の社会システムの構築体制」において、課題を解決に導くマテリアルを用いた製品やサービスは、相対的にコストが高くなる傾向にあり、価格競争に敗れてしまうことで普及に繋がらないという問題が生じている（経済産業省[2022a]参照）。

しかし現在、AI・ビッグデータの発展と世界的な持続可能な社会に向けた意識の高まりによってこれらの課題解決に向けて追い風が吹いている。以下 3 つの問題を解決に導く方法について記す。

〈開発・実装体制〉

産官学連携のもと、AI やビッグデータを活用して研究開発を行うことで、マテリアルの開発・実装を加速させることができる（内閣府[2021]参照）。マテリアルズインフォマティクス¹³やプロセスインフォマティクス¹⁴等の AI を活用した取り組みを行うことにより、従来であれば数年かかる実証研究をわずか数日で行うことが可能になる（日刊工業新聞社[2022]参照）。さらに、日本はマテリアルの研究を数多く行ってきたため、大学やベンチャー企業には多くのデータが埋もれている。よって、産官学連携で埋もれた知識を引き出し、AI・ビッグデータを活用して研究を行うことにより、課題解決に貢献するマテリアルの開発・実装を大幅に促進できるのである。

〈マテリアル企業とユーザー企業の連携体制〉

マテリアル企業は、マテリアル起点のソリューションを提供するビジネスモデルの構築、ユーザー企業は、デジタルプラットフォームを活用したより綿密な情報共有を行う連携体制の構築を行うことで、マテリアルイノベーションを促進することができる。現在は AI の発達によって、ユーザーや最終消費者のニーズの把握が容易になったため、以前まではユーザー企業の需要に伴い変革を起こしてきたマテリアル企業が、自ら主導してソリュ

¹³ マテリアルズインフォマティクス：情報科学を用いて様々な材料開発の効率を高める取組。

¹⁴ プロセスインフォマティクス：人工知能を活用し、欲しい条件を効率よく最短で探索する手法。

ーションを提供するビジネスモデルを構築することが重要になってくる。（野村総合研究所[2016b]参照）。そしてユーザー企業は、マテリアルの価値を十分発揮するため、コストシェアリング¹⁵を行うなど、マテリアル企業との公正な連携をはかることで課題解決に貢献するマテリアルの社会実装を協調して取り組む必要がある（経済産業省[2022b]参照）。また、デジタルプラットフォームを活用したより綿密な情報共有を行うことで、よりカスタマイズされた製品開発が可能になる（NEDO[2022]参照）。


〈新素材普及の社会システムの構築体制〉

課題解決に寄与する社会的価値をもつ新たなマテリアル製品やサービスを、社会において標準化させていくことで、より良いマテリアルを用いた世界の構築が可能になる。2015 年に SDGs が提唱されて以来、世界中で持続可能な社会に向けた取り組みの必要性が高まっているため、価格競争に敗れていた社会的価値の高いマテリアル製品・サービスが経済的価値に繋がる可能性が高まっている。そのため今だからこそ、持続可能な社会に向けた取り組みの標準化を図り、課題解決に繋がるマテリアルを社会へと普及させていく必要がある（経済産業省[2022b]参照）。


このように、「開発・実装体制」、「マテリアル企業とユーザー企業の連携体制」、「新素材普及の社会システムの構築体制」の 3 点について変革することで、真のマテリアルイノベーションを引き起こすことができる。

さらに、研究開発、連携体制、社会システムの構築のそれぞれにおける課題と解決策について知見を深めるため、公的機関の立場から日本のマテリアル産業の振興に取り組んでいる JST と NEDO にヒアリングを行った（第 5、6 表参照）。その結果、今後のマテリアル開発において AI・ビッグデータの活用は重要になってくるといこと、そして、マテリアル企業とユーザー企業のデータを活用した綿密な連携が構築されることで、マテリアルからの具体的なソリューションの提供が可能になるということについて示唆を得ることができた。

第 6 表 国立研究開発法人 科学技術振興機構 ヒアリング

国立研究開発法人 科学技術進行機構（JST）			
日時	11/28 9:15~10:15		
担当者	イノベーション拠点推進部 SIP グループ 竹村様		
訪問者	園田、スキャンラン、沖永		
<p>〈AI・ビッグデータの活用について〉</p> <p>マテリアルズインフォマティクスを導入することによって、従来と比べて研究開発の革新的な時間短縮につながる。従来は、ある物質の 50 年間の耐久性を測るために実際の年月をかけて実験を行っていたが、マテリアルズインフォマティクスのシミュレーションでは、瞬時に結果を出すことができるようになるといった事例があげられる。</p> <p>〈研究開発体制について〉</p> <p>脱炭素社会の到来やインフラの転換期を迎えている現在、マテリアルの需要は高まりを見せている。その中で今後は逆問題解析手法や 3D プリンタなどを活用した新たな研究開発の取り組みが求められている。</p>			

第 7 表 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 ヒアリング

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）					
日時	12/1 10:00~11:00				
担当者	TSC ナノテクノロジー・材料ユニット 大里様、岡田様				
訪問者	スキャンラン、沖永、井川、園田				
<p>〈連携体制・ソリューションの提供について〉</p> <p>以前はマテリアル企業とユーザー企業の綿密な連携が競争力の源泉であったが、グローバル展開が迫られる今日においては、それだけでなく、さらにその強みを活かすためにデジタルツイン等を活用したデジタルプラットフォーム上での連携が重要になってくる。その際に自社のコア技術を流出させることなく情報共有を行うことが重要になり、これができるると他社への具体的なソリューションの提供が可能になる。</p>					

¹⁵ コストシェアリング：商品開発などの費用を当事者間で分担し、利益やリスクなどをシェアすること。

このように、3 点の阻害要因を打破することによって、真のマテリアルイノベーションが実現し、3 つの重要課題を解決に導くことができる。大きな悪影響を与える課題を解決することによる日本経済社会への貢献は計り知れない。さらに、これら 3 つの重要課題は日本だけではなく、世界の国々も同様に抱えている問題である。日本からマテリアルイノベーションを起こして世界中の課題を解決に導くことで国際標準を構築し、大きな経済的利益を得るだけでなく、世界の国々の憧れの的となり、真の“Japan as No.1”に輝くことができるだろう。

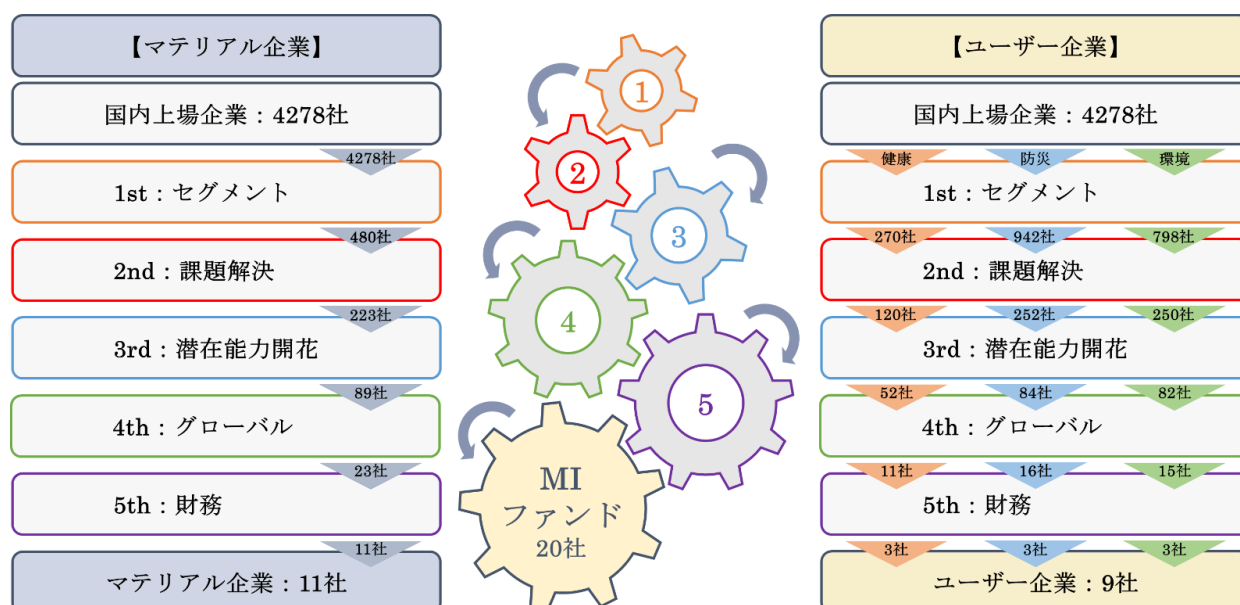
第 2 章 スクリーニング

第 1 節 スクリーニング概要

前述の背景を踏まえ、本稿では「マテリアルイノベーションで日本を課題先進国から課題解決先進国に導く企業は“Japan as No.1”の再興に貢献するため、企業価値が向上する」という仮説を立てた。マテリアルイノベーションを実現させるためには、研究開発に取り組み、イノベーションを起こすマテリアルを生み出す企業（以下マテリアル企業とする）と、マテリアルを利用した製品や仕組みを活用して社会にインパクトをもたらす企業（以下ユーザー企業とする）双方の力が欠かせない。したがって、マテリアル企業群とユーザー企業群でそれぞれ 5 段階のスクリーニングを行い、企業を選定した。

投資銘柄は、日本を“Japan as No.1”に導く企業を選出するため、マテリアル企業・ユーザー企業共に 2022 年 11 月 10 日時点で日本の証券取引所に上場する 4278 銘柄を対象とした。結果として、マテリアル企業から 11 銘柄、ユーザー企業から 9 銘柄を選定し、これら 20 銘柄で構成される「マテリアルイノベーションファンド（MI ファンド）」を構築した。ユーザー企業は「超高齢社会問題」・「自然災害問題」・「資源環境制約問題」の解決に寄与する企業（以下、それぞれ健康企業・防災企業・環境企業とする）を 3 銘柄ずつ選定した。以下第 2 節ではスクリーニングの詳細を示す。また、スクリーニングの全体像は第 15 図のとおりである。

第 15 図 スクリーニング概要



第 2 節 スクリーニング詳細

1. 第 1 次スクリーニング

第 1 次スクリーニングでは、事業セグメントによるスクリーニングを行った。マテリアル企業は Bloomberg の事業別セグメントに従い、「原材料」を取り扱う企業を選定した。また同様にユーザー企業のうち健康企業を「ヘルスケア」、防災企業を「工業（産業サービス）」セグメントに従って選定し、環境企業に関しては、Bloomberg に適切な事業セグメントが存在しなかったため、資源環境分野に対する取り組み意欲を図ることを目的に、2022 年 11 月 15 日時点の「TCFD¹⁶賛同企業」を選定した。以上の結果、マテリアル企業は 480 社、ユーザー企業のうち健康企業は 270 社、防災企業は 942 社、環境企業は 798 社が第 1 次スクリーニングを通過した。

¹⁶ TCFD：気候変動への取り組みを具体的に開示することを目的として設立された気候関連財務情報開示タスクフォース（Task Force on Climate-related Financial Disclosures）のこと。

2. 第 2 次スクリーニング

第 2 次スクリーニングでは、3 つの重要課題に対して解決の姿勢を兼ね備えている企業を選定した。本稿では、日本及び世界が抱える重要課題の解決を通じた“Japan as No.1”の実現を目指す。経済産業省[2021c]によると、企業が社会課題を解決するためには、計画を構想する「アジェンダ構想力¹⁷⁾」と、構想を実行に移すための「社会課題解決力¹⁸⁾」が必要であり、この 2 つの能力を測るための 12 個の定性指標を作成した（第 7 表参照）。

また、マテリアル企業においては、3 分野の重要課題それぞれに対してマテリアル起点の取り組みを行っているかを評価し、少なくとも 1 つの分野で高い点数を獲得している企業を選出した。1 つの企業が複数分野において優秀な取り組みを行っている場合は、複数分野重複での通過とした。ユーザー企業においては、第 1 次スクリーニングで対応課題ごとに企業を分類したため、本スクリーニングでは当該課題に対してのみ取り組みの有無を評価した。スクリーニング項目に記載している課題・当該領域とは 3 つの重要課題のいずれかのことを指す。定性指標の評価には、各企業の HP、CSR レポート、そして統合報告書等に記載されている情報を用いた。

スクリーニングの結果、合計点が平均以上であるマテリアル企業 223 社、健康企業 120 社、防災企業 252 社、環境企業 250 社が通過した。指標は以下のとおりである。

第 7 表 マテリアル企業・ユーザー企業 社会課題解決スクリーニング項目

	スクリーニング項目	点数
アジェンダ構想力	課題に対する計画がビジョン・経営計画に盛り込まれている	1
	課題解決のアプローチ方法の特定の有無	1
	課題解決時の社会的インパクト試算の有無	1
	経営陣による課題に関する講演イベント・セミナーの開催（直近 1 年）	1
	課題に対する社員への取組の浸透策の有無	1
	課題について外部協賛社による肯定的な情報発信あり	1
社会課題解決力	当該領域におけるバリューチェーンの明記の有無	1
	当該領域における特許の取得の有無（直近 3 年）	1
	当該領域における表彰の有無（直近 3 年）	1
	当該領域における学術誌掲載・学会発表の有無（直近 3 年）	1
	当該領域に関する製品・サービスの上市の有無	1
	当該領域の専門人材の採用の有無	1

3. 第 3 次スクリーニング

第 3 次スクリーニングでは、企業がマテリアルの持つポテンシャルを最大限引き出せているかを図るため、マテリアル企業とユーザー企業それぞれの指標を設定してスクリーニングを行った。

3.1 マテリアル企業

背景部分で述べたように、マテリアル企業は、マテリアルの潜在能力を引き出すために「開発・実装体制」と「ユーザー企業との連携体制」において変革を起こす必要がある。したがって、「開発・実装体制」と「ユーザー企業との連携体制」において変革を起こす要素を持ち合わせる企業を選出した。「開発・実装体制」においては内閣府[2021]をもとに、持続的にマテリアルの開発・実装を加速させていくために必要な「産官学共創、データ駆動型研究開発、持続的発展性」から指標を作成した。また、「ユーザー企業との連携体制」においては、野村総合研究所[2016]をもとに、従来の需要ありきの体制ではなく、産業の川上に立つマテリアル産業からソリューションを起こすために必要な「事業ドメインと戦略策定、試行検証体制の整備、持続的な成長に向けた風土づくり」の 3 要素から指標を作成した。

中項目すべてで最低 1 点以上取得し、かつ合計点が平均以上である企業を通過とした結果、89 社が本スクリーニングを通過した。指標は以下の通りである。

¹⁷⁾ アジェンダ構想力：社会課題解決と事業の持続可能性を両立させる計画を構想・設計する能力のこと。

¹⁸⁾ 社会課題解決力：専門人材、技術・アイデア、ノウハウ・経験や、課題解決を推進する体制・組織内方針等、設定した社会課題の解決に資する事業を遂行するために必要な能力やアセットのこと。

第 8 表 マテリアル企業 潜在能力開花スクリーニング項目

		スクリーニング項目	点数
開発・実装	産官学共創	大学連携の有無	1
		政府研究機関との連携の有無	1
		未上場ベンチャー企業との連携開発の有無	1
		マテリアル企業（上場）との共同開発事業の有無	1
		マテリアル共創プラットフォームへの参入の有無	1
	データ駆動型 研究開発	マテリアルズインフォマティクス実施の有無	1
		プロセスインフォマティクス実施の有無	1
		DX 専任組織の有無	1
		逆問題解析手法 ¹⁹ での開発の取組の有無	1
		3D プリンティングによる積層造形技術の有無	1
	持続的発展性	調達 BCP ²⁰ の実施の有無	1
		サステナブル調達の実施の有無	1
		RC(レスポンシブルケア) ²¹ 活動の有無	1
連携	事業戦略	自社の強みの明記の有無	1
		重要顧客/領域についての明記の有無	1
		「ソリューション」提供の有無	1
		非財務に分類される指標を用いた KPI 設定の有無	1
	体制整備	組織型開発の実施の有無	1
		新規開発と既存事業部門の分離	1
		仮説検証型開発の実施の有無	1
		「技術」・「製造」・「販売」の役割の明確化	1
	風土構築	ビジョンに「創造性」/「変革」の記載あり	1
		社内人材教育制度の有無	1
		ビジョン・価値観の社内浸透策の有無	1
		MTP（マネジメント研修プログラム）実施の有無	1

3.2 ユーザー企業

背景部分で述べたように、ユーザー企業はマテリアルの価値を引き出すために「マテリアル企業との連携体制」を変革し、社会的価値をもつマテリアル製品・仕組みが普及するように「社会システム構築体制」において変革を起こす必要がある。したがって、両項目において変革を起こす要素を持つ企業を選定した。「マテリアル企業との連携体制」においては、マテリアルの重要性を認識し、利用価値を最大限引き出す必要がある。そのため、マテリアル企業と公正な取引のもとマテリアル企業の発展を支援し（経済産業省[2022b]参照）、データをもとに綿密な連携体制を築いていく必要がある（NEDO[2022]参照）。したがって、「マテリアルの重要性の認識、公正取引、データ連携」から指標を作成した。「社会システム構築体制」においては、経済産業省[2022a]をもとに、標準化（ルール形成）を推し進めるために必要とされる「ルール形成を支える体制、遠心力（周りへ発信を行う力）、求心力（周りから共感を集める力）」からそれぞれ指標を作成した。

社外との連携や、マテリアルを用いた製品・サービスの提供に関しては、取り組みが対象分野の課題解決に対して行われている場合のみ得点を付与した。中項目すべてで最低 1 点以上取得し、かつ合計点が平均以上の企業を通過とした結果、健康企業 52 社、防災企業 84 社、環境企業 82 社が通過した。指標は以下のとおりである。

¹⁹ 逆問題解析手法：欲しい物性を先に定め、それを実現する素材の条件を求める解析手法。

²⁰ BCP（事業継続計画）：非常事態が発生した際に事業資産の被害を最小限に抑えつつ、事業を復旧・継続していくための計画や対策。

²¹ RC（レスポンシブルケア）：化学品の開発から廃棄に至るすべての過程において、環境・健康・安全を確保し、その成果を公表することで社会との対話・コミュニケーションを行う自主活動。

第 9 表 ユーザー企業 潜在能力開花スクリーニング項目

		スクリーニング項目	点数
連携	マテリアル	HP にマテリアル企業との連携の明記の有無	1
		材料起点の製品・サービスの提供の有無	1
		機能性材料を用いた製品・サービスの取扱いの有無	1
	公正取引	サステナブル調達の取組の有無	1
		パートナーシップ構築宣言 ²² の有無	1
		コストシェアリング契約の提携の有無	1
	データ	データ共有による企業連携の有無	1
		デジタルツイン ²³ の取組の有無	1
		デジタル人材育成の有無	1
社会構築	体制	組織的な基準化/標準化の取組の有無	1
		基準化/標準化を担う常設組織の設置の有無	1
		標準化機関への参画	1
	遠心力	存在意義（パーパス）の設定の有無	1
		公的機関への政策提言の実績の有無	1
		業界内へのメッセージ発信の有無	1
	求心力	SNS アカウントの所持・運用の有無	1
		社会課題解決のための NPO/NGO 連携の有無	1
		賛同したステークホルダーとの連携事業の有無	1

4. 第 4 次スクリーニング

第 4 次スクリーニングでは、マテリアルイノベーションを世界において展開していけるかを図るためグローバルスクリーニングを行った。「Japan as No.1」の実現には世界の社会課題を解決することが必須であるため、最低限の海外進出に対する意欲と、海外に持続的に展開していける基盤が整っていなければならない。そのため、「海外進出意欲、海外展開基盤」を測る指標を作成した。「海外進出意欲」については、企業の経営方針や社内制度から海外進出への意欲を図る指標を作成した。「海外展開基盤」については、Deloitte[2019]によると、海外展開にはグローバルガバナンスとして企業内統治を改める必要があり、日本経済新聞[2016]によると、海外展開での基盤をつくるためには現地の企業や研究所と連携をはかることが重要であるため、それらをもとに指標を作成した。両項目ともに最低 1 点以上獲得し、合計点が平均以上の企業を通過とした結果、マテリアル企業 23 社、健康企業 9 社、防災企業 16 社、環境企業 15 社が通過した。指標は以下のとおりである。

第 10 表 マテリアル企業・ユーザー企業 グローバルスクリーニング項目

		スクリーニング項目	点数
海外進出意欲		経営方針に「海外進出」の記載の有無	1
		海外研修・留学制度の有無	1
		海外特許の取得の有無	1
		海外学会・フォーラムへの参加の有無（過去 3 年）	1
海外展開基盤		内部監査部門の設置	1
		社外取締役業種平均以上	1
		海外研究機関との連携の有無	1
		海外企業との連携の有無（子会社・グループ会社を除く）	1

²² パートナーシップ構築宣言：価格交渉などでもできる関係構築や、利益もコストもサプライチェーン全体で適正にシェアすることで成長と分配の好循環を目指す取り組み。

²³ デジタルツイン：物理空間の情報を IoT など集め、送信されたデータを元に仮想空間でリアル空間を再現する技術。

5. 第 5 次スクリーニング

最後に、第 5 次スクリーニングでは、“Japan as No.1” 実現のための財務基盤が整っている企業を選出するために財務スクリーニングを行った。

マテリアルイノベーションによる世界の課題解決は短期的に成し遂げられるものではなく、長期的な取り組みが必要である。そこで、マテリアル企業とユーザー企業双方において、長期的な取り組みを行うための安定的な財務基盤を兼ね備えている必要がある。さらに、マテリアル企業においては、マテリアルイノベーションを起こすために、新たなマテリアルの開発、実装、そして普及のサイクルをすばやく回転させる必要があるため、効率性が必要であると考えた。一方、ユーザー企業においては、“Japan as No.1” 実現には、社会課題の解決を通じて経済的にも利益を上げることが必要であるため、収益性が重要であると考えた。以上より、マテリアル企業は、安全性と効率性に関する 8 項目の定量指標を、ユーザー企業は、安全性と収益性に関する 8 項目の定量指標を設定した（乙政[2019]参照）。

各指標について得られた数値をマテリアル企業、ユーザー企業（健康企業、防災企業、環境企業）それぞれにおいて標準化し、標準化した点数の合計点が上位であったマテリアル企業 11 社、健康企業・防災企業・環境企業各 3 社を選定した。指標は以下のとおりである。

第 11 表 マテリアル企業・ユーザー企業 財務スクリーニング項目

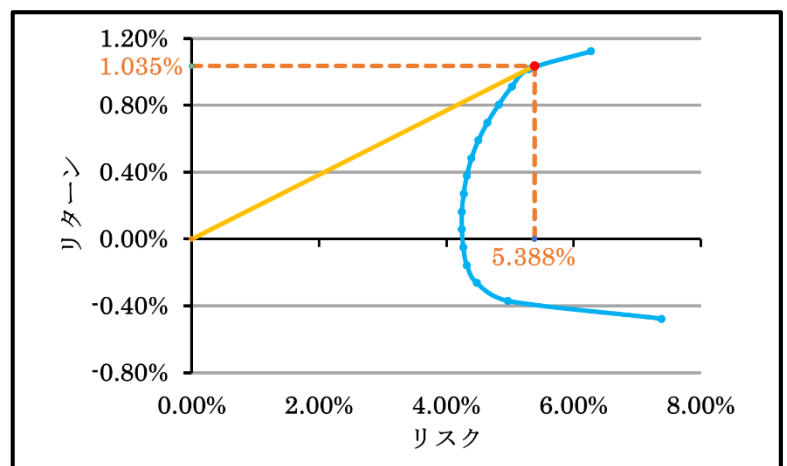
マテリアル企業	スクリーニング項目	ユーザー企業	スクリーニング項目
安全性	自己資本比率	安全性	自己資本比率
	流動比率		流動比率
	固定長期割合		固定長期割合
	営業 CF 対有利子負債比率		営業 CF 対有利子負債比率
効率性	総資産回転率	収益性	営業利益率
	売上債権回転率		ROE
	固定資本回転率		ROA
	買入債務回転日数		CF マージン

第 3 節 投資比率の決定

本節では、前節で実施したスクリーニングにより選定した 20 社の最適な投資比率を決定するべく、過去の株式リターンとリスクに基づいたポートフォリオの効率的フロンティアを作成した（第 16 図参照）。最適ポートフォリオを導出した結果、選定企業の中で投資比率が 0 となる投資対象が存在してしまい、さらに投資配分が大きく偏るものとなった。本稿の目的は短期的利益を追求するポートフォリオを組むことではなく、日本および世界が抱える課題に対して継続的に課題解決に取り組む企業で構成されたポートフォリオである。

上記の結果を踏まえ、本稿では選定した 20 社を対象にリスクパリティ戦略によって投資配分を決定した。本稿で掲げる世界の課題解決は短期間で成し遂げられるものではなく、長期で段階的に実現されるものであるため、投資家からの長期保有が欠かせない。したがって、MI ファンドのリスク寄与度を明示することにより、運用開始後のリスク管理が容易になり、投資家の長期保有を促せると考えた。また、PF の半数以上がマテリアル企業の選出であるため、ポートフォリオ内での業種の偏りがリスクに繋がることも想定される。これらを考慮し、各銘柄のリスク寄与度が均一になるリスクパリティ戦略を用いて投資配分を決定した。具体的な第 i 社のリスク寄与度は以下の式を用いて算出した(kazemi[2011]参照)。第 12 表に本稿で作成した「MI ファンド」の構成銘柄、購入金額、構成比率の一覧を記す。

第 16 図 効率的フロンティア



$$MC_i = w_1 \times \frac{\sum_{j=1}^N w_j Cov[R_i, R_j]}{\sigma[R_f]}, \quad R_f = \sum_{i=1}^N W_i R_i$$

MC_i : i 社のリスク寄与度

R_f : f (ファンド) の期待収益率

w_1 : i 社の投資比率

Cov : 共分散

R_i : i 社の期待収益率

σ : 標準偏差

R_j : j 社の期待収益率

N : ファンドの企業数 (N=20)

第 12 表 投資銘柄一覧

Ticker	市場	分野	企業	株数	購入金額	構成比
マテリアル企業						
4626	東証 PRM	健康	太陽ホールディングス(株)	105	¥272,370	5.447%
4403	東証 PRM	健康/環境	日油(株)	45	¥261,900	5.238%
3402	東証 PRM	健康/災害/環境	東レ(株)	346	¥255,348	5.107%
4114	東証 PRM	環境	(株)日本触媒	46	¥253,920	5.078%
4118	東証 PRM	健康/環境	(株)カネカ	61	¥212,890	4.258%
3407	東証 PRM	健康/災害/環境	旭化成(株)	207	¥210,726	4.215%
4401	東証 PRM	健康/災害/環境	(株)ADEKA	93	¥209,436	4.189%
4005	東証 PRM	健康/災害/環境	住友化学(株)	419	¥207,405	4.148%
4205	東証 PRM	健康	日本ゼオン(株)	150	¥201,750	4.035%
4203	東証 PRM	健康/環境	住友ベークライト(株)	43	¥190,705	3.814%
4023	東証 PRM	健康/災害/環境	(株)クレハ	19	¥186,200	3.724%
ユーザー企業						
4507	東証 PRM	健康	塩野義製薬(株)	44	¥308,660	6.173%
4503	東証 PRM	健康	アステラス製薬(株)	141	¥302,022	6.040%
6645	東証 PRM	健康	オムロン(株)	31	¥221,030	4.421%
9022	東証 PRM	防災	東海旅客鉄道(株)	19	¥318,440	6.369%
1812	東証 PRM	防災	鹿島建設	155	¥242,730	4.855%
1802	東証 PRM	防災	(株)大林組	235	¥240,875	4.818%
4452	東証 PRM	環境	花王(株)	67	¥374,262	7.485%
6326	東証 PRM	環境	(株)クボタ	113	¥236,396	4.728%
6361	東証 PRM	環境	荏原	37	¥198,690	3.974%
消費税、手数料					¥53,944	1.079%
現金保有					¥40,301	0.806%
合計					¥5,000,000	100.000%

第 3 章 ポートフォリオ

第 1 節 投資銘柄紹介

本節では、選定した MI ファンド 20 社の銘柄紹介を行う。銘柄の紹介はマテリアル企業、ユーザー企業（健康、防災、環境）の順で行う。

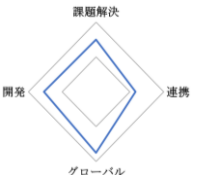

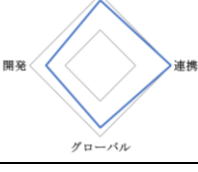



表の右上には、選定企業がどの重要課題の解決を担うかを記す。左側には企業の課題解決に向けた取り組み、マテリアルの潜在能力を最大限発揮するための取り組みを記す。この際、マテリアル企業は「開発・実装体制」ならびに「ユーザー企業との連携体制（ソリューションの提供）」について記載する。ユーザー企業においては、「マテリアル企業との連携体制」ならびに「社会システムの構築体制」について記す。また、右下に記載する四角形のグラフは、第 2 次スクリーニングから第 4 次スクリーニングまでのスクリーニング項目のスコアを 10 点満点に換算してグラフにしたものであり、選定企業と本稿での仮説の整合性を視覚的に表した。銘柄紹介の詳細については、第 13 表の通り記載する。

第 13 表 銘柄紹介例

マテリアル企業		該当する社会課題
取組	企業の代表的な取り組み及び、重要な社会課題に対しての取り組み内容を記載する。	下記項目点数を可視化 ○2次スクリーニング 「課題解決」 ○3次スクリーニング 「開発」 「連携」 ○4次スクリーニング 「グローバル」
開発	3次スクリーニング中項目である開発・実装の取り組みを記載する。	
連携	3次スクリーニング中項目である連携（ソリューション）の取り組みを記載する。	

ユーザー企業		該当する社会課題
取組	企業の代表的な取り組み及び、重要な社会課題に対しての取り組み内容を記載する。	下記項目点数を可視化 ○2次スクリーニング 「課題解決」 ○3次スクリーニング 「連携」 「社会システム」 ○4次スクリーニング 「グローバル」
連携	3次スクリーニング中項目である連携の取り組みを記載する。	
社会	3次スクリーニング中項目である社会システム構築の取り組み内容を記載する。	



第 14 表 銘柄紹介



太陽ホールディングス（株）			健康	防災	環境
取組	固形製剤等の先端マテリアルを開発しており、健康長寿社会の実現に寄与している。また再生医療・遺伝子治療など、新しい医薬品の製造基盤の構築を目指している。				
開発	マテリアルズインフォマティクスによって素材開発を加速させる。また再生医療分野においてベンチャー企業と連携して開発を行っている。				
連携	積極的な人材育成によって企業理念の浸透が行われており、社内一体となったソリューション提供が行われている。				
東レ（株）			健康	防災	環境
取組	資源循環社会の実現を目標として独自の革新的なリサイクルシステム「サイクリード」を展開する。病気の早期発見に貢献する先端医療機器に使われるマテリアルを多数開発している。				
開発	MIを活用した新素材の開発や産官学連携による最先端のがん治療の開発に貢献。				
連携	マテリアルの魅力を顧客に伝える活動を積極的に行っており、マテリアル起点のソリューションを展開している。				
（株）カネカ			健康	防災	環境
取組	高耐久性マテリアルでインフラの長寿命化に貢献し、独自の生分解性バイオポリマーを開発し、幅広く社会実装に繋げることで資源循環社会に貢献している。				
開発	国内外の大学や研究機関と連携して開発を行う。またGlobal Open Innovation企画部を設立し、社外頭脳とスピード感のある連携を実施。				
連携	Material Solutions Unitを設立し、社会ソリューションをもたらし取組を実施。また社内の部門を超えた連携を行っている。				
日油（株）			健康	防災	環境
取組	ヘルスケア分野において、生体適合性素材としてMPCポリマーの開発や、再生医療向け新規高機能素材の開発を進めている。				
開発	先端医療・再生医療分野で産官学連携を通じてオープンイノベーションを推進し、自社のイノベーションにつなげている。				
連携	機能性素材を製造する際に、データ上で連携企業と情報共有を行ない、効果的なソリューションの提供を行っている。				
（株）日本触媒			健康	防災	環境
取組	環境対応技術の事業展開を強化しており、また製品を社内認定審査会にて審査し、環境貢献製品の認定を行うことで、より良い環境配慮マテリアルの開発に取り組んでいる。				
開発	データサイエンス&インフォマティクス推進室を設置し、産官学連携も行う。マテリアルズインフォマティクスの活用で研究開発を高速化。				
連携	「提案する化学」というモットーのもと、化学の力で不可能の壁を越え、かつてないソリューションを届けることを目標とし取り組む。				
旭化成（株）			健康	防災	環境
取組	健康長寿社会の実現のため、バイオプロセス事業において再生医療等の次世代医療へマテリアル起点で貢献する。また数多くの環境配慮マテリアルを開発し、外部有識者からの認定を得ている。				
開発	マテリアルズインフォマティクスによる新素材開発短期化に成功。産官学連携により新規材料開発を目的とした構造解析方法の研究を行う。				
連携	製品販売を主体としたビジネスから、周辺領域を取り込んだソリューションビジネスへ転換を図っている。				

(株) ADEKA		健康	防災	環境
取組	CO2から機能性素材を創り出す技術の研究や製品の長寿命に貢献するマテリアルの開発を行う。また再生医療の研究も進めている。			
開発	CEの推進を通じた様々な異業種・異分野との連携を図り、オープンイノベーションを通じて自社のイノベーションに繋げている。			
連携	専門研究員がユーザーが顧客企業を直接訪問し技術フォローを行うなど、積極的にソリューションを提供する体制の整備がされている。			
日本ゼオン (株)		健康	防災	環境
取組	新規事業に積極的に取り組んでおり、近年は医療用マテリアルの開発に注力しており、再生医療の発展に貢献するマテリアルの製品化に成功している。			
開発	マテリアルプラットフォームを作成し、他企業や官学との連携を図っている。またMIによる新素材開発の短期化にも取り組んでいる。			
連携	顧客ニーズの把握に力を入れる。また社内人材育成も積極的におこなうことで、社内一体となったソリューションの提供が行われている。			
住友バークライト (株)		健康	防災	環境
取組	環境配慮型マテリアルを数多く開発しておりSDGs貢献製品売上比率は48.1%にのぼる。またケミカルリサイクル技術確立にも力を入れている。			
開発	MIを活用した素材開発や産官学連携による環境負荷低減技術の開発に努めている。			
連携	プラスチック製品関連の企業が異業種連携を行って資源循環を目指すCLOMAプロジェクトに参画している。			
塩野義製薬 (株)		健康	防災	環境
取組	健康寿命の延伸を重要課題と捉え、自社のビジョンとして掲げている。また、再生医療などの革新的なバイオ医薬品の製造も積極的に行なっている。			
連携	昨年に医療用中間体を製造しているカネカと連携し新型コロナウイルスに対する新薬「ゾコーバ」を開発。			
社会	産業全体としてAI化が進む中で、DX推進本部を設置し、先端医薬品の開発を実施している。			
東海旅客鉄道 (株)		健康	防災	環境
取組	「日本の大動脈と社会基盤の発展に貢献する」という企業理念のもと、安心・安全な社会のために、地震対策・自然災害対策を行いながら強靱なインフラ構築を進めている。			
連携	自己修復コンクリート開発の支援やデータプラットフォームでの企業連携の実施しており企業同士の連携、DXが進んでいる。			
社会	政府に向けた政策提言を行い、それに加えて発信力・共感力も共に兼ね備えているため、標準化に対して大きな力をもっている。			
(株) 大林組		健康	防災	環境
取組	道路やトンネル、橋などのインフラの強靱化を行うことで、災害から暮らしを守り、地球と共存するための防災活動に取り組んでいる。			
連携	マテリアルスタートアップ企業「TBM」と連携し環境配慮型防災マテリアルの開発をすすめ、社会実装につなげる。			
社会	社会課題解決に向けて国や業界を巻き込んだ標準化に取り組んでおり、地域社会やNPOとも連携を強化している。			
(株) クボタ		健康	防災	環境
取組	ケミカルリサイクルを業界内外に対して積極的に推進している。環境配慮型製品の拡充を目的とした「エコプロダクツ」と呼ばれる制度も導入する。			
連携	環境ソリューションに活躍が期待される新素材「MOF」に強みを持つマテリアルスタートアップ企業と資本業務提携を結んでいる。			
社会	オープンイノベーションによる標準化促進活動を実施しており、資源環境分野をはじめとした多分野で国際標準化を取得している。			
住友化学 (株)		健康	防災	環境
取組	ヘルスケア分野では医薬品のもととなるマテリアルの開発に取り組み、環境分野では環境配慮マテリアルの開発やケミカルリサイクルに積極的に取り組んでいる。			
開発	MIと構造解析、計算科学を融合した材料設計合成・加工技術の開発を行う。国内外の大学や異業種企業との連携にも積極的に取り組む。			
連携	ダウンストリーム事業や異業種への展開も視野に入れた「マテリアルソリューションビジネス」を行っている。			
(株) クレハ		健康	防災	環境
取組	高機能な素材の研究・開発から環境や健康などの社会課題の解決に貢献する製品・サービスを創出し、これらの分野において経済社会の発展に貢献している。			
開発	オープンイノベーションに積極的に取り組み、大学との共同開発や提携先との協業を積極的に行うことで、新素材開発の効率化に取り組む。			
連携	将来の顧客価値を常に探索し、マーケットへのソリューションの提供を目標として新素材の開発を行っている。			
アステラス製薬 (株)		健康	防災	環境
取組	「先端・信頼の医療で、世界の人々の健康に貢献する」という理念の元、医薬品に留まらず医療シーン全般におけるサービスやソリューションを創出している。			
連携	医療関係マテリアルズ・オープンブラッフォームへの加盟や、高機能素材メーカーが作成した製品を用いてソリューションを起こしている。			
社会	医療業界内において、医薬品関連のみならず、医療品販売物流の標準化を促進している。			
オムロン (株)		健康	防災	環境
取組	自社の中期経営計画の中で3つの重要課題を特定し、その中に平均寿命と健康寿命の乖離の是正が挙げられており、乖離は正に貢献する製品を数多く開発している。			
連携	マテリアル探索空間拡張プラットフォームに参画しており、サプライチェーン上でのデジタルデータ共有も実施。			
社会	経済産業省から国際標準化奨励賞を受賞。また、国や法律の違いを超え一元化した情報流通を実現するためプラットフォームを構築。			
鹿島建設		健康	防災	環境
取組	「100年を作る会社」というスローガンの元多種多様な超強高度繊維補強コンクリートを製造し、用途に合わせて老朽化しているダムの整備やインフラ整備に積極的に取り組んでいる。			
連携	老朽化したダムや高速道路の再生のため、長寿命で軽量なマテリアルをマテリアル企業と連携して開発している。			
社会	各部門において国際標準化を進めており、NPOとの連携も積極的に行なっている。			
花王 (株)		健康	防災	環境
取組	「豊かな共生世界の実現」という使命のもと環境配慮製品を多数生産しており、ケミカルリサイクルも実施している。			
連携	マテリアル企業と連携し、環境調和型多機能素「セルロースナノファイバー」を製品化。			
社会	環境啓発活動などを通して社会に強い発信力を持つ。また世界標準化に向けた取り組みを実施。			
荏原		健康	防災	環境
取組	十数年前から先駆けて資源循環社会に向けた取り組みを行う。環境負荷低減に貢献する空調設備の開発や固形廃棄物処理に関するサービスを提供する。			
連携	産官学連携によって、二酸化炭素を排出しない水素製造技術開発を行なっている。			
社会	さまざまな資源の循環システムの提供を業界内外に提案することを通じて持続可能な社会の形成に貢献している。			

第 2 節 フィールドワーク

選出した企業がどのようにマテリアルイノベーションを通じた課題解決に取り組んでいるかについて、さらなる知見を得るべく、選定企業のうち協力を得られた 6 社にヒアリング調査を実施した。以下に調査結果を記載する。

東レ株式会社			
日時	11/22 13:30~14:30		
担当者	広報室長 松村様		
訪問者	園田、沖永、井川、スキャンラン		
〈 AI・ビッグデータの活用について〉			
素材産業は多産業と比較しても、デジタル化が難しい産業である。しかし、素材産業のデジタル化こそが競争力強化の根源となり、マテリアルズ・インフォマティクス（MI）によるシミュレーション技術の向上で開発スピードの向上が見込まれ、デジタル化が新素材開発に大きく寄与すると考えられている。			
〈ソリューションの提供について〉			
「素材には世界を変える力がある」というスローガンは、ボーイング 787 の機体に用いられる炭素繊維を開発したことから、マテリアルは技術革新を起こす根源として社会を変革させることができる考え設定された。つまり、根源にあるマテリアルからソリューションを提供することで、社会を大きく変えることができると考えている。			

株式会社クレハ			
日時	12/12 15:00~16:00		
担当者	広報部 川崎様、人事部 岩間様		
訪問者	園田、沖永、スキャンラン		

〈連携体制について〉

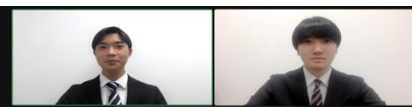

自社内では得られない新たな専門知識を取り入れる目的で、山形大学と産学連携体制で新素材の研究開発を行った実績がある。

〈AI・ビッグデータの活用について〉

全社体制でデジタル化を推進しており、機械学習でビッグデータを読み取らせるなどのデジタルを活用した製造を行っている。また、今後デジタル化に対応できない素材メーカーは淘汰されていく。

〈環境配慮型素材への取り組み〉

近年の SDGs の機運の高まりに合わせて、環境配慮型マテリアルの開発・提供や、廃棄物の削減などの取組を積極的に行っている。

株式会社日本触媒			
日時	12/19 14:00~14:30		
担当者	コーポレート・コミュニケーション部 森口様		
訪問者	園田、沖永		

〈AI・ビッグデータの活用について〉



過去 10 年にわたり、データサイエンス及びマテリアルズ・インフォマティクスの運用を行っており、業界内でも先進的な取り組みを実施している。近年は、培ってきたデータを活かし、他企業とのデータ連携にも積極的に取り組んでいる。

〈研究開発・連携体制について〉

オープンイノベーションに積極的に取り組んでおり、また大学との産学連携による研究開発を行うことで、新素材の開発時間の短縮につなげている。

〈ソリューションの提供について〉

自社のスローガンでもある「提案する化学」は、自社が川上産業ではなく、川自体という認識で社会課題が複雑化していく中で、多種多様なマテリアルを掛け合わせることで解決していくという意味が込められている。




株式会社荏原製作所			
日時	12/8 12:00~13:00		
担当者	環境事業カンパニー事業 企画部 梅檀様、 荏原環境プラント株式会社 企画部 木立様		
訪問者	スキャンラン、園田、沖永		

〈連携体制について〉

資源循環を達成するためには、マテリアル企業などの川上産業との連携が欠かせないという考えを持っている。また、今後企業間のデータ連携が進むと大幅な技術革新や新素材の開発につながる見込みがある。

〈資源循環社会実現に向けた取り組みについて〉

世の中で環境への意識が高まる以前から資源循環社会に向けた取り組みを実施していたが、資源循環に対する取り組みはいまだ浸透していないと感じている。そのため、今後社会全体に資源循環の取組を浸透させていく必要があると考えている。

鹿島建設株式会社				
日時	12/22 16:30~17:30			
担当者	木皿様、伊藤様、内田様			
訪問者	井川、沖永、スキャンラン、園田			
				

〈マテリアル企業との連携〉

産官学連携によってマテリアルを製造している。また、マテリアル企業と連携して建造物の強靱化・長寿命化に貢献する様々な素材の開発を行なっている。


〈自然災害への取り組み〉

老朽化したダムや高速道路の再生のため、長寿命で軽量の素材を使用し、老朽化に対応している。また、「寿命 1 万年のコンクリート」とも呼ばれる長寿命コンクリート「EIEN」の開発なども行なっている。

〈海外展開について〉

業界内でも比較的早くから海外展開に力を入れており、国内需要だけでなく海外のマーケット取り込むことで自社の成長につなげている。

オムロン株式会社	
日時	12/26 15:30~16:30
担当者	藤田様 三浦様
訪問者	園田、沖永、井川



〈社会課題解決型経営について〉

創業当初から「われわれの働きで われわれの生活を向上し よりよい社会をつくりましょう」という社憲の元、社会課題解決を第一優先とし、社員一人一人に社憲を浸透させ様々な取り組みを行なっている。

〈他社とのデータ連携について〉

株式会社 JMDC とデータ連携を軸とした資本業務提携契約を結んだ。データ連携に至った背景として両社が健康寿命の延伸に大きく寄与しており、両社のデータを掛け合わせ、大きくなるほどそこから導き出されるインパクトが大きくなるという考えによるものであった。さらに、複雑化する社会課題に対して自社のみならず他者と協調することが大切であるという考えも持っている。

ヒアリング調査では、社会課題解決に取り組む経済的・社会的意義や、課題解決におけるマテリアルの重要性、そしてマテリアル企業とユーザー企業のデータを用いた連携の重要性などについて、企業のホームページでは得ることのできない社員の方々の貴重な生の声を伺うことができた。さらに、実際に働く社員の方々の声を聴くことで、マテリアルイノベーションを起こす必要性を確認できた他、設定したスクリーニング指標の妥当性を高めることができた。

第 4 章 投資家へのアピール

本章では、投資家からの投資を促進するために、マテリアルイノベーション及び、マテリアルイノベーションの実現に寄与する MI ファンドがもつ経済的価値及び社会的価値についての検証をおこなう。

第 1 節 経済価値分析

1. リスク・リターン分析

本分析では、MI ファンドのリスク・リターンに関しての考察を行う。構築したファンドの分析を行うにあたり、比較対象として定性下位ファンドを組成した。定性下位ファンドは、20 社の MI ファンドのうち、マテリアル企業 11 社を、第 3 次スクリーニングの点数が低いものから順に組み換えたものである。ここでユーザー企業について組み換えを行わなかったのは、本稿の主題である「マテリアル」企業の取り組みの違いがリスク・リターンに与える影響の違いを明らかにするためである。それぞれの構成比は MI ファンドと同様にリスクパリティ戦略を用いて決定した。以下第 15 表に比較ファンドの内訳を示す。また、その他の比較対象として TOPIX、日経 225、化学素材 ETF を用いた。分析期間は、2012 年 11 月 25 日から 2022 年 11 月 24 日の 10 年間ににおける日次終値データを用いた。以下第 16 表、第 17 図に分析結果を示す。

第 15 表 定性下位ファンド 企業内訳

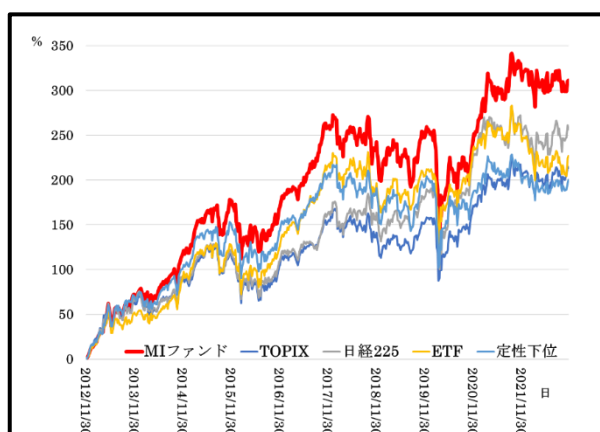
Ticker	企業	Ticker	企業
4208	UBE(株)	7917	藤森工業(株)
4634	東洋インキSCホールディングス(株)	4507	塩野義製薬(株)
5142	アキレス(株)	4503	アステラス製薬(株)
4185	JSR(株)	6645	オムロン(株)
5406	(株)神戸製鋼所	9022	東海旅客鉄道(株)
5233	太平洋セメント(株)	1812	鹿島建設
4631	DIC(株)	1802	(株)大林組
4249	森六ホールディングス(株)	4452	花王(株)
5482	愛知製鋼(株)	6326	(株)クボタ
7895	中央化学	6361	荏原

第 16 表 リスクリターン分析

項目	MIファンド	TOPIX	日経225	化学素材ETF	定性下位
トータルリターン% (10年)	324.558	223.902	264.630	237.712	212.466
平均リターン% (年率)	25.991	20.887	23.511	21.912	20.624
標準偏差 (年率)	20.306	19.023	20.794	19.983	20.073
下方リスク (年率)	14.622	13.728	14.976	14.433	14.431
シャープレシオ	0.885	0.758	0.784	0.762	0.715
ソルティノレシオ	1.229	1.053	1.089	1.055	0.995

第 17 図 トータルリターン比較

以下では、上記の分析結果から得られる MI ファンドの優位性を示す。第 17 図でのトータルリターン比較でわかるように、MI ファンドは 10 年間のトータルリターンで他ファンドに比べて一番優秀な成績を誇っており、収益性に優れていることがわかる。また、効率の運用性の高さを示すシャープレシオ・ソルティノレシオにおいても、最も優秀な成績を残しており、同等のリスク・下方リスクに対して効率的にリターンを稼ぐ力があることが示された。定性下位ファンドとの比較においても優秀な成績を収めていることから、マテリアルイノベーションは株価に良い影響を与えていることがうかがえる。このように MI ファンドは他ファンドと比較しても優れたパフォーマンスを残しており、非常に魅力的なファンドである。



2. 企業価値向上に関する実証分析

本稿では、「マテリアルイノベーションで日本を課題先進国から課題解決先進国に導く企業は“Japan as No.1”の再興に貢献するため、企業価値が向上する」という仮説を立てファンドの構築を行ってきた。そこで、マテリアルイノベーションを起こすことが企業価値にどのような影響を与えるかを確かめるため、マテリアル企業の第 3 次スクリーニングの定性指標をもとに企業価値の実証分析を行った。推定式は日本経済団体連合[2006]を参考に企業価値を表す時価総額を被説明変数に置き、説明変数には配当性向、支払利息、当期売上高、純資産、そして第 3 次スクリーニングの定性スコアの総得点を用いた。

データは日経 NEEDS より 2021 年のデータを取得し、統計ソフト Eviews を用いてクロスセクションデータでの最小二乗法による推定を行った。 u_i は誤差項を示し、添字の*i*はサンプル数を表す ($i=1,2,\dots,206$)。サンプル対象は、マテリアル企業の第 2 次スクリーニングを通過しデータ制約上推定可能であった 206 社とした。以下の第 17 表に記述統計量を、第 18 表に分析結果を示す。

第 17 表 記述統計量

	<i>Log(JIKA)</i>	<i>HAITO</i>	<i>Log(RISOKU)</i>	<i>Log(SHUEKI)</i>	<i>Log(JUNSHISAN)</i>	<i>TEISEI</i> score
平均値	24.266	31.147	18.254	25.011	24.679	7.490
最大値	28.636	239.194	23.767	29.105	28.359	23.000
最小値	21.198	0.000	8.006	21.678	21.243	0.000
標準偏差	1.692	29.501	2.322	1.554	1.550	7.372

第 18 表 企業価値向上の実証分析

【推定式】	
$\text{Log(JIKA)}_i = \alpha + \beta_1 \text{HAITO}_i + \beta_2 \text{Log(RISOKU)}_i + \beta_3 \text{Log(SHUEKI)}_i + \beta_4 \text{Log(JUNSHISAN)}_i + \beta_5 \text{TEISEI} \text{score}_i + u_i$	
【変数】	
<i>Log(JIKA)</i> : 時価総額 (対数値)	<i>HAITO</i> : 配当性向
<i>Log(RISOKU)</i> : 支払い利息 (対数値)	<i>Log(SHUEKI)</i> : 売上高 (対数値)
<i>Log(JUNSHISAN)</i> : 純資産 (対数値)	<i>TEISEI</i> score : 第 3 次 Sc 合計スコア
【推定結果】	
(注) 以下、括弧内は t 値の絶対値を示している。***は優位水準 1%、**は優位水準 5%で優位である。	
$\begin{aligned} \text{Log(JIKA)}_i = & -1.059 - 0.003 \text{HAITO} - 0.023 \text{Log(RISOKU)} - 0.017 \text{Log(SHUEKI)} \\ & (1.400) \quad (2.457)** \quad (0.703) \quad (0.140) \\ & + 1.062 \text{Log(JUNSHISAN)} + 0.012 \text{TEISEI} \text{score} \\ & (10.705)*** \quad (2.070)** \end{aligned}$	
自由度修正済み決定係数=0.882	

t 検定の結果、定性スコアは 5%水準で正に有意であり、本稿の第 3 次スクリーニングの定性指標は時価総額に正の影響を与えていることがわかる。本検証の結果、マテリアルイノベーションによって日本を課題解決先進国に導くことは、企業価値向上をもたらす要因として適切であることが示された。

第 2 節 社会価値分析

ここでは、マテリアルイノベーションが世界に与える社会インパクトの大きさを分析する。マテリアルイノベーションは「超高齢社会問題」、「自然災害問題」、「資源・環境制約問題」という 3 つの大きな社会課題への新たな解決策を提示し、持続可能な社会の構築を促進する。このことから、MI ファンドへの投資はインパクト投資²⁴としての側面を持つ。本節では社会的リターンの観点から 3 つの社会課題に対するインパクトを示す。

²⁴ インパクト投資：事業や活動の成果として生じる社会的、環境的な変化や評価を環境的な変化や効果を把握し、社会的リターンと経済的リターンの双方を両立した投資のこと。

1. 健康長寿社会構築による影響分析

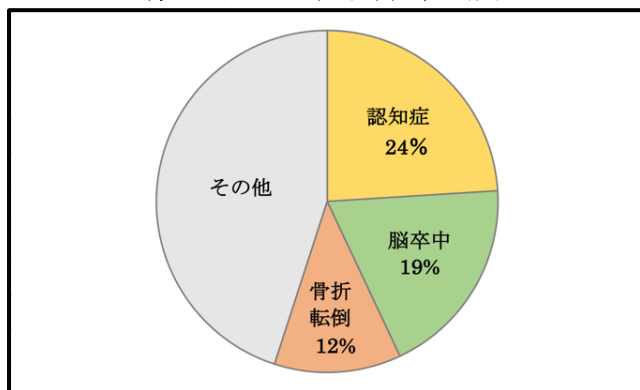
ここでは、マテリアルイノベーションによって健康長寿社会を実現することによる、社会へのインパクトを分析する。背景部分で述べたように、バイオマテリアルの発展は、今後の医療分野に大きな革新を起こし、健康寿命延伸に大きく貢献すると考えられる。そこで、健康寿命を阻害する要因をバイオマテリアルが解決する際の医療費削減について分析を行った。

本分析では健康寿命を最も阻害している要因²⁵の上位 3 位である認知症、脳卒中、骨折・転倒の 3 つにおける、年間新規患者を解決の対象と設定した。認知症の 50%を占めるアルツハイマー症候群は、従来発症してからでは治療できないが、バイオマテリアルが発展すると、原因物質の排除及び神経細胞の修復が可能になり、根本治療が実現する（KAKEN[2021]参照）。また、脳卒中に対しても、従来では損傷した組織は回復できなかったが、バイオマテリアルが発展すると損傷した神経障害を治療し、根本的な解決が可能になる（Wilson et al[2020]参照）。骨折・転倒に対しては、背景で述べたような生体に適合するバイオマテリアルを人工骨や人工関節に用いることで、カラダ内部でマテリアルが成長し、治療に革新的効果をもたらす。

マテリアルの発展に伴い、第 19 表に示すように、認知症、脳卒中、転倒・骨折における新規患者の根本解決が可能になる。認知症においては 50%を占めるアルツハイマー症候群を根本から解決し、年間 4,128 億円もの医療費の削減が可能になる。脳卒中においては年間 4,704 億円もの医療費削減、骨折・転倒においては 367,500 人を寝たきりから救うことにより、年間 4,620 億円もの医療費削減につながる。合計すると、年間 1.3 兆円もの医療費を削減することができ、これは令和 2 年度の医療給付費 12 兆 1,546 億円の約 11%に匹敵する（捧[2020]参照）。

この結果より、マテリアルイノベーションによる健康長寿社会の実現に向けた取り組みは、多くの人の健康寿命を延伸し、そのインパクトは非常に大きいことがわかる。

第 18 図 健康寿命阻害要因



内閣府[2019]より独自作成

第 19 表 マテリアル治療による医療費削減

	1年あたり 新規患者数	マテリアル 解決患者数	1人当たり 年間医療費	1年あたり 削減医療費
認知症	200,000人	100,000人	4,128,000円	4,128億円
脳卒中	290,000人	290,000人	1,622,000円	4,704億円
骨折・転倒	715,000人	367,500人	1,320,000円	4,620億円
合計				13,452億円

独自作成

2. 自然災害に対するレジリエント社会構築による影響分析

ここでは、マテリアルイノベーションによるレジリエント社会の実現がもたらす社会への影響を分析する。自己修復材料をはじめとしたスマートマテリアルは、土木・建築業界に革命を起こし、インフラ強靱化に大きく貢献する。そこで、土木学会[2018]をもとに、南海トラフ地震が発生した際の被害についての分析を行った。

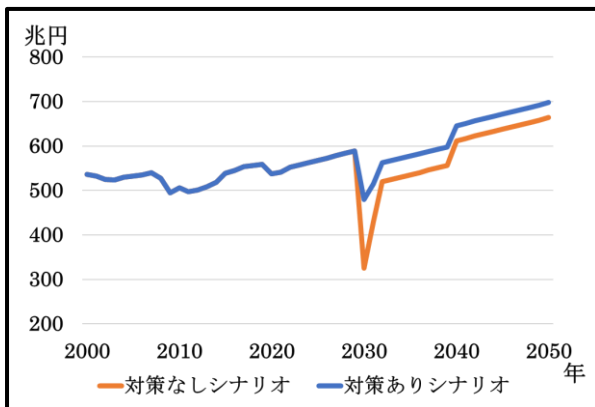
自然災害に対して、使用するマテリアルの特性にこだわらず、通常の実策を行った場合、大きな震災に耐えることができない。一方、マテリアルを変革し、靱性を向上させることで、大震災にも耐えうる強度（以下 L2 とする）の実策が可能になる（土木学会[2018]参照）。マテリアル変革による L2 実策を道路強靱化、建物耐震強化、堤防強化に用いた場合の経済成長シナリオ²⁶を第 19 図、第 20 図に示す。マテリアル起点の実策を講じることで、災害実策を行わなかった場合に比べて 20 年間累計で日本の国家予算 4 年分に相当する 408 兆円の経済被害を縮小することができる。また死者数に関しても、マテリアル起点の実策によって 127,400 人もの命を救うことができるという結果を得た。

この結果から、マテリアルイノベーションによる自然災害実策は社会への悪影響を大きく削減し、社会へ大きなインパクトがあることがわかる。

²⁵ 健康寿命阻害要因：健康寿命における健康の状態とは、介護の必要がない状態をあらわすため、ここでは介護が必要になる要因の上位 3 つを健康寿命阻害要因として用いた。

²⁶ 本シナリオでは、2030 年時点で南海トラフ地震が発生するものと仮定した。

第 19 図 南海トラフ地震想定 GDP シナリオ



第 20 表 南海トラフ地震被害推計

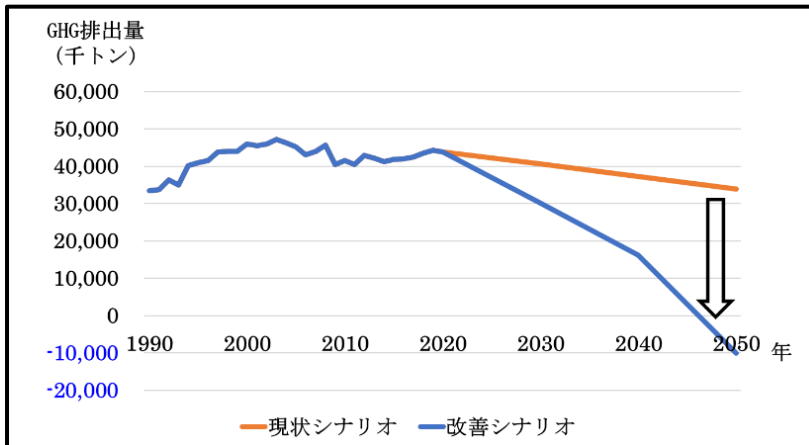
	経済被害 (20年累計)		人的被害	
	被害額	減災額	死者数	救命数
対策なし	1048兆円	0円	323,000人	0人
対策あり	640兆円	408兆円	195,600人	127,400人

3. 資源循環社会構築による影響分析

マテリアルイノベーションは、最終製品の根本である素材から変革を行うことで真の資源循環社会の構築に貢献する。そこで、マテリアルイノベーションによる資源循環社会の構築がもたらす社会へのインパクトを分析する。まず、厚生労働省[2021]をもとに日本における現状の温室効果ガス排出量のデータを取得した。その後、環境省[2021]をもとに、設計段階でのマテリアル転換、ケミカルリサイクル、カーボンリサイクルを実施した際の廃棄物・資源循環分野における温室効果ガス排出量の推移を算出した。改善シナリオは、2022 年以降にマテリアル転換とケミカルリサイクルにおいて最大対策をとり、2040 年からカーボンリサイクルを実施した場合を想定している。現状シナリオは、現状の取り組みを 2050 年まで一定で続けた場合のシナリオである。

結果は下図に示すように、マテリアルイノベーションが起きない場合は 2050 年時点で 33,968 トンもの温室効果ガスを排出し、カーボンニュートラル達成に大きく及ばない。しかしながら、マテリアルイノベーションを起こし資源循環社会の構築を目指すことで、温室効果ガス排出量は 2050 年時点で -9975 トンとなり、カーボンニュートラル達成に大きく貢献を果たすことがわかる（第 20 図、第 21 表参照）。

第 20 図 資源循環社会構築による温室効果ガス排出の削減



第 21 表 温室効果ガス排出量推移

年	現状シナリオ (千t)	改善シナリオ (千t)
2020	43929	43929
2030	40609	30099
2040	37289	16269
2050	33968	-9975

以上の 3 つの社会インパクト分析より、マテリアルイノベーションは、課題に対して根本からの解決を促し、社会に大きなインパクトを与えることが示された。このことから、MI ファンドは経済的リターンに加え、大きな社会的リターンも見込まれるファンドであることがわかる。ESG 投資やインパクト投資に対する注目が高まりを見せるなか、MI ファンドの金融商品としての価値はさらに高まっていくだろう。

MI ファンドの金融商品としての魅力は主に 3 点ある。そのうち 2 点は、上記で説明したような経済的リターンと社会的リターンの大きさである。そして最大の魅力として、投資を通じて“Japan as No.1”実現に寄与できることがあげられる。本金融商品があらゆる投資家からの投資を呼び込むことで、構成銘柄企業の資金調達加速し、より一層マテリアルイノベーションを引き起こすことが可能となる。そして、世界の課題解決を通じて他国の模範として輝きを放つ“Japan as No.1”に返り咲くことができるだろう。

第 5 章 終わりに

本稿では、「消滅」状態にある今の日本が、世界の課題解決を通じて、経済・社会的に輝きを取り戻すための道筋を記した。「超高齢社会問題」、「自然災害問題」、「資源・環境制約問題」の 3 つの重要課題が限界を迎える中、その限界を打破する最適解が「マテリアル」であると導いた。そして、これらの課題に対してマテリアルから変革を起こし、世界の課題解決を通じた経済成長を遂げることで、世界の模範として輝きを放つ真の“Japan as No.1”に返り咲くことを示した。

次に、5 段階のスクリーニングによって、マテリアルイノベーションを起こし“Japan as No.1”を実現に導く MI ファンドを構築し、当ファンド及びマテリアルイノベーションがもたらす効果を 5 つの分析より導き出した。経済価値と社会価値を兼ね備えた MI ファンドへの投資を通じてマテリアルイノベーションが加速することで、真の“Japan as No.1”が実現されるだろう。

学習を進めるにあたり、マテリアルが秘めているポテンシャルを深く理解することができた。本テーマを設定するまでは、消費者に一番近い川下産業にしか目を向けておらず、その陰に隠れている川上産業に位置するマテリアルについて、実際の取り組みや影響力を十分理解していなかった。しかし今回の学習を通じて、ものごとの根源の部分担うマテリアルだからこそ、根本的な改革を起こすことができるということを学んだ。以前は、深刻な社会課題を抱えながら経済の低迷期に陥っている日本の将来に希望を抱くことができなかったが、今回マテリアルのポテンシャルを理解したことで、日本が再度世界に対して輝きを放つことを確信している。

さらにヒアリング調査においてご協力いただいた全ての研究機関・マテリアル企業が、マテリアルから社会を変革していくことができるという強い信念を持っていることが印象深く、より日本の将来に希望を抱くことができた。

最後に論文執筆にあたり熱心にご指導いただいた新関三希代教授や先輩方、ヒアリング調査に快く承諾いただき、専門的な御示唆をくださった企業及び政府系機関の皆様、そして、このような学習機会を設けてくださった日経ストックリーグの関係者の皆様に深く御礼申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

- Hanieh *et al.*[2022], “Cell-Seeded Biomaterial Scaffolds: The Urgent Need for Unanswered Accelerated Angiogenesis”, <https://bit.ly/3ID96Qm>
 Global Information[2021], “Global Healthcare Predictive Analytics Market”, <https://bit.ly/3CyTcCy>
 Hossein Kazemi [2011], “An Introduction to Risk Parity”, *Alternative Investment Analyst Review*.
 JPX[2020], 「マテリアリティ分析とエンゲージメントの実践」 <https://bit.ly/3ZkfjGB>
 JST[2017], 「青色発光ダイオードを実用化」, <https://www.jst.go.jp/seika/bt47-48.html>
 KAKEN[2021], 「神経細胞回復/病因物質排除マルチ作用型バイオマテリアルの創製による認知症治療挑戦」, <https://bit.ly/3GuUsaW>
 KPMG[2022], 「サーキュラーエコノミー時代におけるリサイクルが素材産業へ及ぼす影響」, <https://bit.ly/3WZyhAU>
 NEDO[2022], 「デジタル技術の活用によるマテリアル産業競争力強化に向けて」, <https://bit.ly/3GPOl2y>
 Our World in Data[2020], “Natural Disasters”, <https://bit.ly/3CAA7zY>
 Seongpil, Sam S.Yoon, and Min Wook Lee[2021], “Self-Healing Structural Materials” ,<https://bit.ly/3Ui4xhf>
 Victor C. Li, Emily Herbert[2012], “Robust Self-Healing Concrete for Sustainable Infrastructure”
<https://bit.ly/3ZpcR1B>
 Wilson *et al.*[2020], “Injection of Hydrogel Biomaterial Scaffolds to The Brain After Stroke” ,
<https://bit.ly/3ZzEh58>
 WMO[2021], “WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019)”, <https://bit.ly/3QHy03n>
 ZION[2021], “Infrastructure Market - Global Industry Analysis”, <https://bit.ly/3Qu7mLe>
 荏原製作所[2021], 「ケミカルリサイクルを通じた脱炭素社会の構築」, <https://bit.ly/3v8xCRT>
 乙政正太[2019], 『財務諸表分析(第 3 版)』, 同文館出版.
 科学技術振興機構[2015], 「研究開発テーマ&研究課題 革新的医療を実現するためのバイオ機能材料の創製」, <https://bit.ly/3X0dmxp>
 環境省[1986], 「環境白書」, <https://bit.ly/3W3DRkd>
 経済産業省[2020], 「エネルギー政策の現状について」, 資源エネルギー庁, <https://bit.ly/3ChV7eT>
 経済産業省[2021a], 「エネルギー白書 2021」, 第 2 章「国際エネルギー動向」, <https://bit.ly/3PJjnvR>
 経済産業省[2021b], 「化学産業の現状と課題」, 製造産業局素材産業課, <https://bit.ly/3WEqx6W>
 経済産業省[2021c], 「マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて」, <https://bit.ly/3Ziutfl>
 経済産業省[2022a], 「市場形成力指標 Ver2.0」, <https://bit.ly/3Ge50ww>
 経済産業省[2022b], 「新・素材産業ビジョン（中間整理）～グローバル市場で勝ち続ける素材産業に向けて～」
<https://bit.ly/3XguYoK>
 経済産業省基準認証政策課[2022], 「市場形成力について」, <https://bit.ly/3G8g8uB>
 経済産業省資源エネルギー庁[2019], 「未来では CO2 が役に立つ?! カーボンリサイクルで CO2 を資源に」

<https://bit.ly/3GRHDJn>

経済産業省資源エネルギー庁[2020],「エネルギー政策の現状について」, <https://bit.ly/3BXWsXR>

経済産業省資源エネルギー庁[2021],「日本が抱えているエネルギー問題」, <https://bit.ly/3W2kKXL>

公益財団法人長寿科学振興財団[2019],「長寿科学研究業績集」,第 1 章 序論 1.超高齢社会における認知症の実態と介入のあり方, <https://bit.ly/3XguL4W>

国土技術研究センター[2018],「防災・減災とインフラ整備」,『災害への対応“防災・減災”」,

<https://bit.ly/3vOwEka>

国土交通省[2016],「社会資本の老朽化の現状と将来」, <https://bit.ly/3QnVUAF>

小宮山宏[2007],『課題先進国日本』中央公論新社出版

捧直太朗[2020],「令和 2 年度（2020 年度）社会保障関係予算」 <https://bit.ly/3isPOCk>

産業技術総合研究所[2022],「AIST REPORT 2022」, 産業技術総合研究所, <https://bit.ly/3BU4Ase>

製造産業局[2022],「新・素材産業ビジョン（中間整理）」, <https://bit.ly/3YzPF0a>

石油化学工業協会[2008],「石油危機」, <https://bit.ly/3Iy3JSo>

総務省[2021],「人口推計」, <https://bit.ly/3Cwsyub>

竹内哲也[2019],「マイクロ LED ディスプレイと青色レーザー」 <https://bit.ly/3Xm1QMV>

田畑 泰彦[2015],「材料科学からみた再生医療～再生研究と再生治療」,日本接着学会誌 Vol.51 No.12 pp.524-528, <https://bit.ly/3vQYEwQ>

第一生命経済研究所[2021],「途絶えた健康寿命を再開させるか？～エクソソームの可能性 新たな治療と予防へ～」, ライフデザイン研究部, pp.1, <https://bit.ly/3Vqebvg>

デロイトトーマツ [2019],「グローバルガバナンス高度化の必要性が高まる背景」, <https://bit.ly/3k2xyAe>

東京大学[2011],「生涯型人工股関節が医療現場へ」 <https://bit.ly/3irt1H7>

富田[2005],「R&D のスピルオーバー効果分析」, <https://bit.ly/3ZfgkQe>

土木学会[2018],「『国難』をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書」, <https://bit.ly/3CBJY8z>

内閣府[2003],「年次経済財政報告」, <https://bit.ly/3Gsvg4Y>

内閣府[2003],「経済財政白書」, <https://bit.ly/3XIDVNg>

内閣府[2014],「防災白書」, <https://bit.ly/3Cwtcl7>

内閣府[2015],「人口・経済・地域社会の将来像」, <https://bit.ly/2DompSF>

内閣府[2019],「我が国における自然災害の発生状況」, <https://bit.ly/3GTsh7f>

内閣府[2020],「高齢社会白書」, <https://bit.ly/3W3CqCl>

内閣府[2021],「令和 3 年版高齢社会白書」, 第 1 章 高齢化の状況, 第 1 節 高齢化の状況, pp.4-5

<https://bit.ly/3IBhm36>

内閣府統合イノベーション戦略推進会議決定[2021],「マテリアル革新強化戦略」, <https://bit.ly/3WD6upm>

内閣府統合イノベーション戦略推進会議決定[2021],「マテリアル革新力強化戦略」, <https://bit.ly/3Xk1Ht4>

中嶋英雄[2017],「日本学術会議提言「材料工学から見たものづくり人材育成の課題と展望」」,

<https://bit.ly/3jYqJzD>

日刊工業新聞[2022],「マテリアルズ・インフォマティクスとは」, <https://bit.ly/3ikzF25>

日経クロステック[2008],「環境と品質～設計段階からリサイクルなど考慮する」, <https://bit.ly/3WZMk9E>

ニッセイ基礎研究所[2013],「もし日本が資源大国になったら」, <https://bit.ly/3isRzQc>

日本化学工業協会[2020],「真の循環社会確立に向けた化学産業界の取り組み」, <https://bit.ly/3WhSwJL>

日本経済新聞社[2019],『日経業界地図』日経 BP 日本経済新聞出版

日本経済団体連合会[2022],「“インパクト指標”を活用し、パーパス起点の対話を促進する」,

<https://bit.ly/3CzgGaE>

日本原子力文化財団[2021],「世界のエネルギー資源確認埋蔵量」, <https://www.ene100.jp/zumen/1-1-6>

日本国際協力センター[2018],「災害への対応“防災・減災”」, 防災対策のあり方, pp.38, <https://bit.ly/3X5zxCI>

日本人工臓器学会[2008],「バイオマテリアルとティッシュエンジニアリング」, <https://bit.ly/3iu68CX>

日本総研[2014],「わが国省エネ戦略の方向性 オイルショックからの示唆」, pp.9, <https://bit.ly/2H8UuoT>

野村総合研究所[2016a],「ソリューションモデルにシフトする高機能材料産業：不確実な時代に突入した素材産業への提言」, <https://bit.ly/3vQVd9x>

野村総合研究所[2016b],「素材企業のビジネスモデル変革に向けた処方箋」, <https://bit.ly/3Xb2AV6>

プラスチック循環利用協会[2022],「プラスチックリサイクルの基礎知識」, <https://bit.ly/3VUARXr>

三井住友銀行[2019],「マテリアルズ・インフォマティクスによる材料開発」, <https://bit.ly/3tB3cWW>

三菱総合研究所[2015],「日本の防災対策への国際的な評価」, <https://bit.ly/3ZgHXZn>

三菱総合研究所[2020],「自己修復材料の開発動向と今後の展開可能性」, <https://bit.ly/3FLF61p>

三菱総合研究所[2021a],「イノベーションによる解決が期待される社会課題一覧」, <https://bit.ly/3k83cws>

三菱総合研究所[2022b],「IMD「世界競争力年鑑 2022」からみる日本の競争力 第 1 回：データ解説編」,

<https://bit.ly/3VZ6jDS>

三菱総合研究所[2022b],「100 億人が 100 歳まで豊かに暮らせる持続可能な社会の実現に向けて」,

<https://bit.ly/3XhptWH>

元橋一之[2016],「第 6 回 海外展開、現地との連携が重要」,独立行政法人経済産業研究所,

<https://bit.ly/3CB9E5b>

文部科学省[2009],「77. 再生医療の実現化プロジェクト」, <https://bit.ly/3X1SLcc>

山村紳一郎[2018],「壊れてもモノが自力で修復 機械・インフラから医療分野まで、広がる新発想」,

<https://nkbp.jp/3XeqP4A>