

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
マテリアル事業化イノベーション・育成エコシステムの構築
社会実装に向けた戦略及び研究開発計画(案)

令和5年1月 26 日

内閣府

科学技術・イノベーション推進事務局

目次

I. Society 5.0 における将来像	2
II. 社会実装に向けた戦略	8
1. ミッション	8
2. 現状と問題点	10
3. ミッション到達に向けた5つの視点での取組とシナリオ	24
(1) 5つの視点によるゴールイメージ	24
(2) ミッション達成に向けたシナリオ	28
(3) SIP 期間における5つの視点での取組	29
4. SIP での取組（サブ課題）	32
5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル	35
(1) ロードマップ	35
(2) 本課題における成熟度レベルの整理	36
6. 対外的発信・国際的発信と連携	45
III. 研究開発計画	47
1. 研究開発に係る全体構成	47
2. 研究開発に係る実施方針	51
(1) 基本方針	51
(2) 知財戦略	52
(3) データ戦略	52
(4) 国際標準戦略	53
(5) ルール形成	53
(6) 知財戦略等に係る実施体制	54
3. 個別の研究開発テーマ	55
(1) サブ課題 A 「エコシステム形成の為のソフトインフラ整備」の個別テーマ	55
(2) サブ課題 B 「データ基盤連携技術の確立」の個別テーマ	56
(3) サブ課題 C 「マテリアルユニコーン予備軍の創出」の個別テーマ	57

I. Society 5.0 における将来像

(我が国マテリアル産業の位置付けと課題)

我が国のマテリアル産業¹は、製造業が創出する GDP のうち約 3 分の 1 を占める、正に我が国の基幹産業であり、GDP の創出への貢献のみならず、人々の生活に深く関わる産業である（図 I-1）。マテリアル産業は技術面における国際的地位も高いとされ、我が国発の発明や技術開発により多くの製品が産み出され、世界的な規模で普及が進んでいる²。一方で、近年における我が国マテリアル産業の国際競争力は他国の状況に押されている状況であることは否めない。図 I-2 はマテリアル産業の主要産業の一つである化学企業の国際的地位を売上、営業利益、ROE、時価総額の観点で比較をしたものであるが、本邦企業の上位ランクは少ない。この理由には様々な理由が挙げられるであろうが、その一つとして重要であると考えられるのが、研究開発の効率である。図 I-3 は先の化学産業の売上上位 25 社及びグローバルで事業展開を進める他国化学企業における、過去に支出した R&D 費に対する営業利益の創出割合（これを「研究開発効率」と呼ぶ。）を示したものである。近年の約 10 年間でグローバル化学企業は研究開発効率を大きく改善しているのに対し、我が国企業は効率が低位で維持されている状態である。研究開発効率は M&A などによる無機的成長ではない、企業の根源的価値の拡大に必要な有機的成長の動力源であり、研究開発効率の低さはすなわち成長性・競争力の低さに直結する。我が国基幹産業たるマテリアル産業の国際競争力の維持・強化、そしてマテリアル産業によるさらなる国富の増大への貢献の為には、この研究開発効率を如何に向上させるかが肝要である。

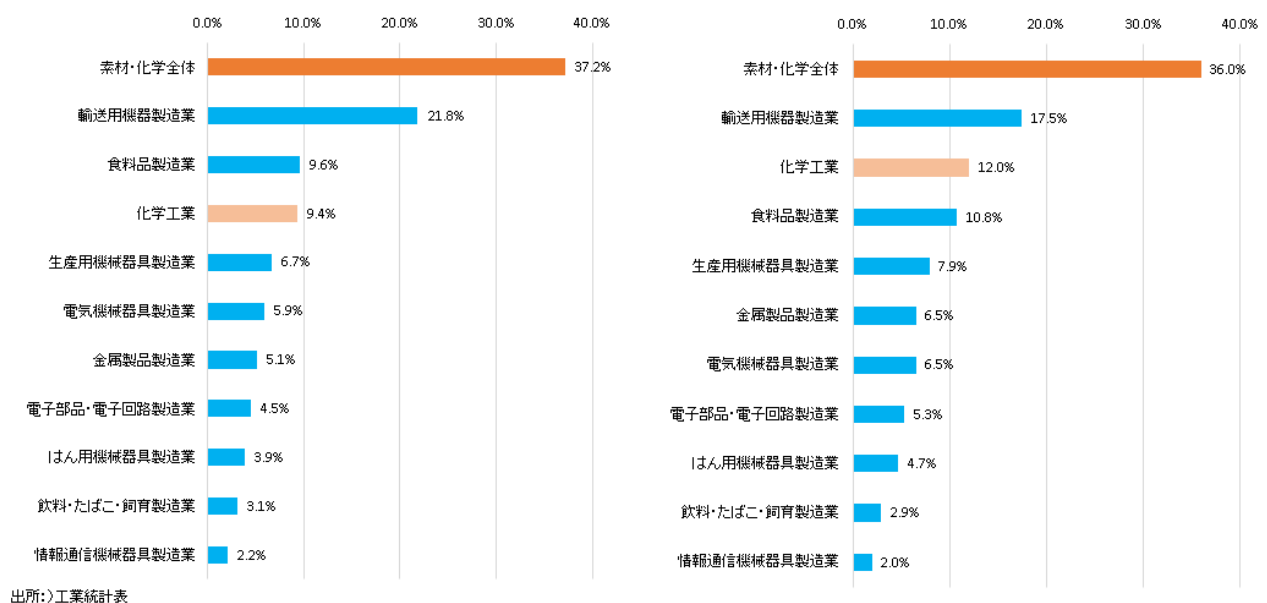


図 I-1 マテリアル産業の位置づけ・・・我が国製造業の GDP の 1/3 を占める基幹産業³

¹ 工業統計表における化学工業の他、パルプ・紙、プラスチック、ゴム、窯業・土石、鉄鋼、非鉄金属、金属。

² 多くの例が存在するがノーベル化学賞受賞となったリチウムイオン電池は我が国発の技術であり、技術の要はマテリアルの組み合わせである。この素材も多くが日本発技術である。また紙おむつの主要な原料である吸水性ポリマーは、材料そのものの発明は日本ではないが、世界で初めて商業レベルの量産を実現したのは我が国の技術による。前者のようにマテリアル技術そのものの発明のみならず、後者のようにマテリアルの生産技術の発明も、我が国マテリアル産業には多く存在する。

³ 経済産業省工業統計表（2020 年）より。

売上高		営業利益		ROE		時価総額	
企業名	売上高 (百万円)	企業名	営業利益 (百万円)	企業名	ROE(%)	企業名	時価総額(注 基期末) (百万)
1: BASF SE	7,199,225	1: 3M Company	742,468	1: Tronox Holdings Plc	79.2	1: 3M Company	10,426,182
2: Dow, Inc.	4,115,072	2: BASF SE	402,263	2: Celanese Corporation	66.2	2: Saudi Basic Industries Corp.	8,371,662
3: 3M Company	3,436,238	3: 信越化学工業	392,213	3: Sherwin-Williams Company	52.5	3: 信越化学工業	7,733,334
4: Saudi Basic Industries Corp.	3,327,655	4: Sherwin-Williams Company	304,739	4: 3M Company	47.0	4: BASF SE	7,509,281
5: 三菱ケミカルホールディングス	3,257,535	5: Dow, Inc.	274,715	5: Hubei Yuhua Chemical Industry Co., Ltd. Class A	47.0	5: Sherwin-Williams Company	6,790,470
6: LyondellBasell Industries NV	2,962,720	6: Sasol Limited	269,238	6: NewMarket Corporation	37.4	6: LG Chem Ltd.	6,092,923
7: LG Chem Ltd.	2,721,635	7: LyondellBasell Industries NV	219,836	7: Kingfa Sci. & Tech. Co., Ltd. Class A	36.2	7: DuPont de Nemours, Inc.	5,390,344
8: 住友化学	2,286,978	8: DuPont de Nemours, Inc.	203,501	8: RPM International Inc.	33.2	8: Wanhua Chemical Group Co. Ltd. Class A	4,512,648
9: DuPont de Nemours, Inc.	2,177,757	9: Wanhua Chemical Group Co. Ltd. Class A	192,908	9: Chemours Co.	29.2	9: Dow, Inc.	4,230,551
10: Johnson Matthey Plc	2,170,658	10: PPG Industries, Inc.	182,467	10: Beijing Oriental Yuhang Waterproof Technology	28.3	10: Sika AG	4,003,560
11: 旭化成	2,106,051	11: 旭化成	171,808	11: Asian Paints Ltd.	27.4	11: Asian Paints Ltd.	3,677,470
12: Sherwin-Williams Company	1,960,451	12: ENN Natural Gas Co., Ltd. Class A	163,427	12: EMS-CHEMIE HOLDING AG	26.6	12: 日オベイントールディングス	3,635,337
13: 信越化学工業	1,496,906	13: LG Chem Ltd.	162,716	13: Sika AG	25.7	13: PPG Industries, Inc.	3,524,257
14: Evonik Industries AG	1,484,782	14: Saudi Basic Industries Corp.	142,260	14: Inner Mongolia Junzheng Energy & Chemical Gr	24.3	14: LyondellBasell Industries NV	3,160,932
15: PPG Industries, Inc.	1,477,036	15: 住友化学	137,115	15: ENN Natural Gas Co., Ltd. Class A	24.1	15: Koninklijke DSM N.V.	3,063,200
16: Sasol Limited	1,395,323	16: Siam Cement Public Co. Ltd.	128,444	16: Wanhua Chemical Group Co. Ltd. Class A	22.0	16: EMS-CHEMIE HOLDING AG	2,330,250
17: Siam Cement Public Co. Ltd.	1,364,458	17: Sika AG	128,368	17: FMC Corporation	21.1	17: Formosa Plastics Corporation	2,254,860
18: ENN Natural Gas Co., Ltd. Class A	1,353,965	18: Kingboard Holdings Limited	125,189	18: PPG Industries, Inc.	19.3	18: Akzo Nobel N.V.	2,107,514
19: Hengri Petrochemical Co., Ltd.	1,335,090	19: Eastman Chemical Company	120,115	19: LyondellBasell Industries NV	17.8	19: Nan Ya Plastics Corporation	2,095,234
20: Covestro AG	1,303,063	20: FMC Corporation	119,623	20: 日産化学	17.5	20: Industries of Qatar Co.	1,864,884

出所: 日経バリュースサーチ(素材化学セクターのうち、肥料・ガス専業企業を除いて編集)

図 I -2 財務状況からみる我が国化学企業の位置づけ (2020 年度) ⁴

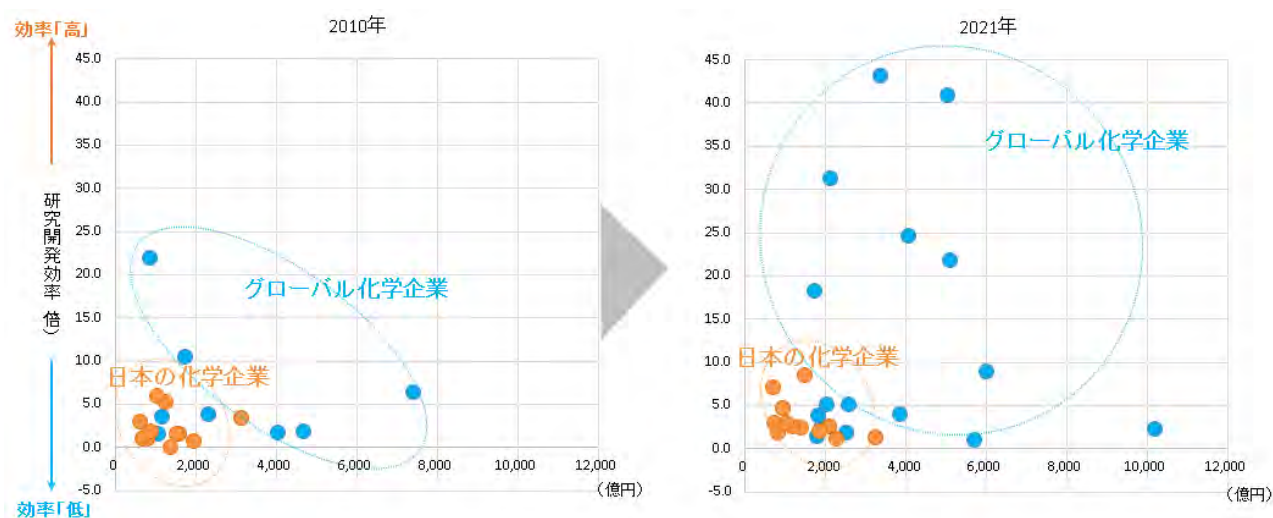


図 I -3 我が国化学企業とグローバル化学企業 Top25 の研究開発効率
(左 : 2010 年→右 : 2021 年／横軸売上) ⁵

⁴ 日経バリュースサーチよりマテリアル関連セクターのうち、肥料・ガス専業企業を除いて編集。

⁵ 研究開発効率はみずほ総合研究所による手法を参考に下記の通り算出した。

2010 年度 R&D 効率＝ (2008 年～2010 年の営業利益の総和) ÷ (2003 年～2005 年の R&D 費の総和)

2021 年度 R&D 効率＝ (2019 年～2021 年の営業利益の総和) ÷ (2014 年～2016 年の R&D 費の総和)

(スタートアップの可能性)

このような中、高い研究開発効率で飛躍的な成長を遂げ、新産業を創出するモデルとして昨今、創業間も無いスタートアップベンチャー企業（以下、「スタートアップ」）への注目が高まっている。元来、マテリアル産業は IT 産業のような比較的少資本で始められる事業とは異なり、深い研究開発に依拠し、その後のスケールアップや量産含めて設備産業的な意味合いが強く、さらにサプライチェーンにおける川上のポジショニングであることから、最終的なエンドユーザーに至るまでの各チェーンにおける意思決定に必要な時間もかかり、黒字化までに多額の資金と長大な時間がかかる。この為、スタートアップ創業には不向きとされていた。一方で、近年ではマテリアル産業のような深い科学技術に基づくディープテックと呼ばれる分野が、昨今スタートアップ産業を牽引したクラウドコンピューティングや SaaS 分野の次を牽引するとしてグローバルで注目を浴びつつある⁶。元来、ディープテックはものづくり関連技術に紐づくことが多い為、ものづくり産業が強い我が国においては、関連する分野が多くユニコーン企業（時価総額 1,000 億円以上の企業、以下「ユニコーン」）として挙がる（図 I-4）⁷。最近では投資家の意識として強く社会課題解決への意識が向いてきており、グローバルにおけるディープテック領域のスタートアップの殆どが社会課題解決を掲げている⁸事も追い風になっていると考えられる。

これらディープテック、特にマテリアル分野において特に注目すべきは合成生物学分野⁹であろう。合成生物学分野は特に米国において先行しており、ユニコーンのみならずデカコーンとなる事例が多く生まれている¹⁰。マテリアル関連産業という観点では注目に値すると考えられ、我が国においても

順位	企業	分類	企業価値 (億円)
1	Preferred Networks	ソフトウェア	3,517
2	GVE	ITサービス	2,245
3	スマートニュース	ITサービス	2,039
4	SmarHR	金融・不動産、法人向けサービス	1,732
5	TRIPLE-1	金融・不動産、法人向けサービス	1,641
6	クリーンプラネット	工業、エネルギー、その他産業	1,458
7	Spiber	工業、エネルギー、その他産業	1,457
8	TBM	工業、エネルギー、その他産業	1,337
9	リキッドグループ	金融・不動産、法人向けサービス	1,194
10	Mobility Technology	ITサービス	1,169
11	HIROTSU バイオサイエンス	医療機器・ヘルスケアサービス	1,031
12	アストロスケールホールディングス	工業、エネルギー、その他産業	979
13	ヘイ	ITサービス	922
14	ティアフォー	ソフトウェア	908
15	LegalForce	金融・不動産、法人向けサービス	809
16	ispace	工業、エネルギー、その他産業	786
17	アンドパッド	金融・不動産、法人向けサービス	756
18	ビットキー	ITサービス	720
19	スリーダムアライアンス	工業、エネルギー、その他産業	703
20	ダイナミックマップ基盤	ソフトウェア	685

- Deep tech(工業、エネルギー、その他産業)
- ▲ Deen tech(ヘルスケア)

図 I-4 2022 年上半期スタートアップ
企業価値ランキング（未上場企業）⁷

⁶ Boston Consulting Group “Deep Tech, the Greate Wave of Innovation”より。

⁷ INITIAL “Japan Start up Finance 2022 上半期”より。「工業、エネルギー、その他産業」「ヘルスケア」が所謂主要なディープテックに該当するが、ディープテックの定義としてはディープラーニングも含まれ（実際、ランキング 1 位の Preferred Networks 社と 14 位のティアフォー社はものづくり産業に深く関係する）、これも含めると我が国の次世代のユニコーンスタートアップの実に半数以上はディープテック領域となる。

⁸ Boston Consulting Group “Deep Tech, the Greate Wave of Innovation”より。

⁹ 生物と工学の融合による学際的な分野とされ、特にマテリアル産業においては、遺伝子工学や発酵工学などを組み合わせたバイオテクノロジーにより、本来石油などの化石資源を原料に製造されていた有用なケミカル・マテリアルを生産する技術をいう。英語（特に当該領域が強い米国）では“Synthetic Biology”から略して“Synbio”ともいう。

¹⁰ 代表的な例としては 2021 年 4 月に約 40 億ドルの企業価値で NASDAQ 市場に上場した Zymogen、2021 年 5 月に 175 億ドルの企業価値で SPAC によりニューヨーク市場に上場した Gingko Bioworks が挙げられる。その後、Zymogen は株価が低迷したが、3 億ドルで Gingko Bioworks 社に 2022 年 8 月に買収された。上場時から 10 分の 1 の規模とはいえ、我が国では類のない規模の大規模ディープテックスタートアップの買収額である。

ネクストユニコーンと目される企業がこの合成生物学分野で産まれつつある。合成生物学分野のスタートアップは、その多くがバイオテクノロジーを駆使して石油由来のマテリアル・ケミカルを植物由来にすることを目指しており、脱炭素社会の実現という大きな社会課題解決の観点で、マテリアル産業としても意義高い。この合成生物学分野のスタートアップの特徴として、サイバー空間におけるデータ駆動開発による開発スピードの促進と、企業価値としての技術蓄積の圧倒的な優位性が挙げられる。ユニコーン化するいずれのケースにおいても、データ駆動（サイバー空間）と所謂ウェットプロセス（現実）を組み合わせ、合成生物学によって得られるケミカルやマテリアルの同定から、スケールアップ、製造までを、市場や顧客のニーズからバックキャストして事業推進しており、これまでのマテリアルの開発におけるボトムアップアプローチと大きく異なる。このようなアプローチにより、従来では考えられないような複雑な製品を比較的短期間で量産にまで引き上げる事に成功している。これらユニコーンのケースは、マテリアル産業の研究開発のあるべき姿を示唆するものである。

（データ駆動によるマテリアル開発促進の可能性）

合成生物学は、発酵工学などの既に社会実装されてから相応の時間が経っている技術に、遺伝子工学などの最新のデータ駆動技術を搭載したという点や、米国においてバイオテクノロジー関連のインフラが整っていたなどの点により、比較的、データ駆動（サイバー空間）とウェットプロセス（現実）の組み合わせによる開発・スケールアップ環境が整っており、これにより社会実装が早く進んだという事も考えられ、スケールアップに様々な要素技術が必要なマテリアル産業一般にこれを適用するのは難しいとする向きもある。

こうした状況下において、マテリアル分野においても広範に適用できるデータ駆動開発の手法は我が国において推進されている。内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム（以下「SIP」）の第1期「革新的構造材料」及び第2期「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」の施策として、構造材料開発のコストと時間を大幅に低減する技術の開発が行われており、この中で開発されているマテリアルズインテグレーションシステムの開発が実施されてきた。マテリアルズインテグレーションは材料工学をデジタル化して開発を加速するという概念であり、これを具現化するシステムとして、主に金属系を対象とする MInt（Materials Integration by network technology）システムと炭素繊維強化プラスチックを対象とする CoSMIC（Comprehensive System for Materials Integration of CFRP）が開発されてきた。両者ともに、材料開発の基盤として画期的な成果を生み出しつつある。このうち MInt システムは物質・材料研究機構（以下「NIMS」）及び東京大学を中心とするオールジャパン体制で開発が進められてきた。MInt を用いることで、欲しい性能から適切な材料・プロセスを求める逆問題において、先端的な構造材料・プロセスを対象として、従来の実験科学的手法では到底為し得ない画期的な時間短縮を実現している（図 I-5）。

ニッケル基耐熱合金の熱処理プロセスの設計：実験と比べ100倍以上高速

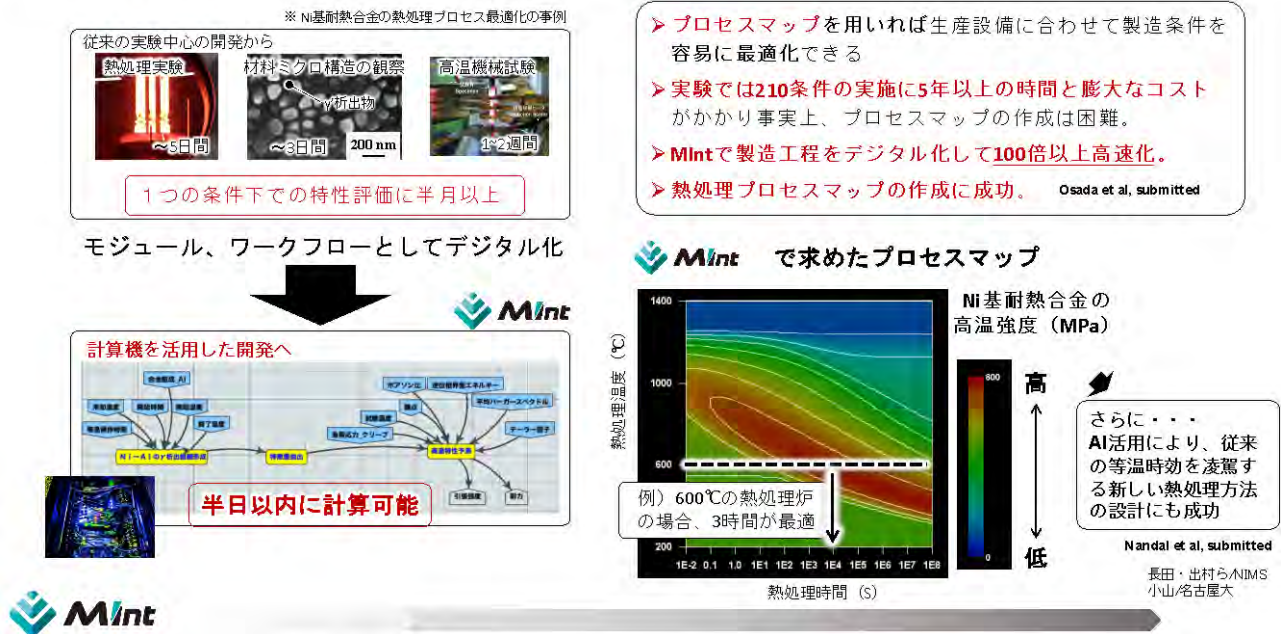


図 I -5 MInt システムを活用した開発時間大幅短縮の事例
(ニッケル基耐熱合金の熱処理プロセスの設計)

SIP での取組が主に構造材料を中心とした取り組みであったのに対し、先端素材高速開発技術研究組合・産業技術総合研究所 (以下、「AIST」) 及び新エネルギー・産業技術総合開発機構 (以下、「NEDO」) による超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト (以下、「超超プロジェクト」) は有機系材料を中心とする機能性材料に特化した取り組みである。超超プロジェクトは、有機系機能性材料を対象にマルチスケールシミュレーション等の計算科学を活用して、現在不足している材料の「構造」と「機能」を結びつけたデータ群を作り出し、マテリアルズインフォマティクスと融合することで革新的な機能性材料の創成・開発の加速化を目指したプロジェクトであり、計算科学だけでなく、実際に材料を試作するプロセス技術、これまで観測出来なかった計測技術も並行して開発した。この結果、様々な機能性材料の創出や、マテリアルの製造プロセスの改善を実現した (図 I -6)。

以上のように、ナショナルプロジェクトによりデータ駆動による様々な開発事例が創出されてきており、データ駆動開発は単に材料の探索のみならず、スケールアップや生産にも適用が拡大することで、広範な応用・用途分野での活用が期待される。世界的にもマテリアル産業が強いとされる我が国こそ、マテリアル開発の手法として一般化し、産業競争力の強化に繋げるべきである。

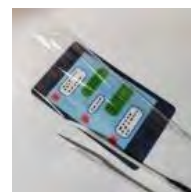
例 1) フレキシブル透明フィルムの開発

- 相反する複数の要求特性がある機能性材料の開発

→ 開発者の“経験と勘”に基づく多数の実験が必要

構造・組成と機能のデータをAIに学習

→ 研究者の知見のみに基づく実験に比べて実験回数を25分の1以下で、相反する透過率、破断応力、伸びの3項目の特性が等しい割合で最高となる要求を満たすフィルムの開発に成功



フレキシブル透明フィルム（昭和電工）

例 2) バイオマス由来のブタジエンゴムのタイヤを試作

- 脱化石資源に向けて、再生可能なバイオマス由来原料からのタイヤ製造が必要であるものの、実用化に必要なブタジエン収率は、従来プロセスで開発する触媒では収率30-40%程度が限界。

ハイスループット実験システムの活用

→ 短い実験時間で大量のデータを取得

それらのデータを活用したデータ駆動型学習の活用

→ バイオエタノールからブタジエンへの効率的な変換を実現する触媒を開発（収率60-70%）

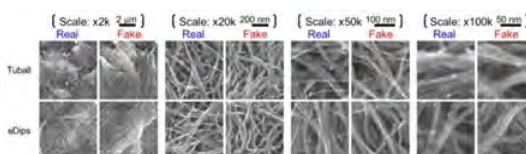
→ 全体を通じて、この触媒開発時間も従来開発の1/20に短縮



試作したタイヤ（横浜ゴム）

その他にも

深層学習を活用した仮想実験により、蓄電キャパシタ用途CNT不織布物性を、実験に比べて98.8%もの時間を短縮して予測



CNT膜の構造画像（実験およびAIで生成した画像）

図 I -6 超超プロジェクトにおけるマテリアルズインフォマティクス活用成果の事例

（Society 5.0 とマテリアル産業のこれから・・・マテリアル産業が目指すべき姿）

Society 5.0 は「サイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）」と定義される。経済発展と社会的課題の解決の両立が Society 5.0 においては重要であり、これは社会課題解決を掲げるディープテックスタートアップが貢献出来る余地は大きい。特に、先に挙げた合成生物学分野のユニコーンは、まさにサイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより社会課題解決を目指し、これを経済的に成立させようとする事例であった。

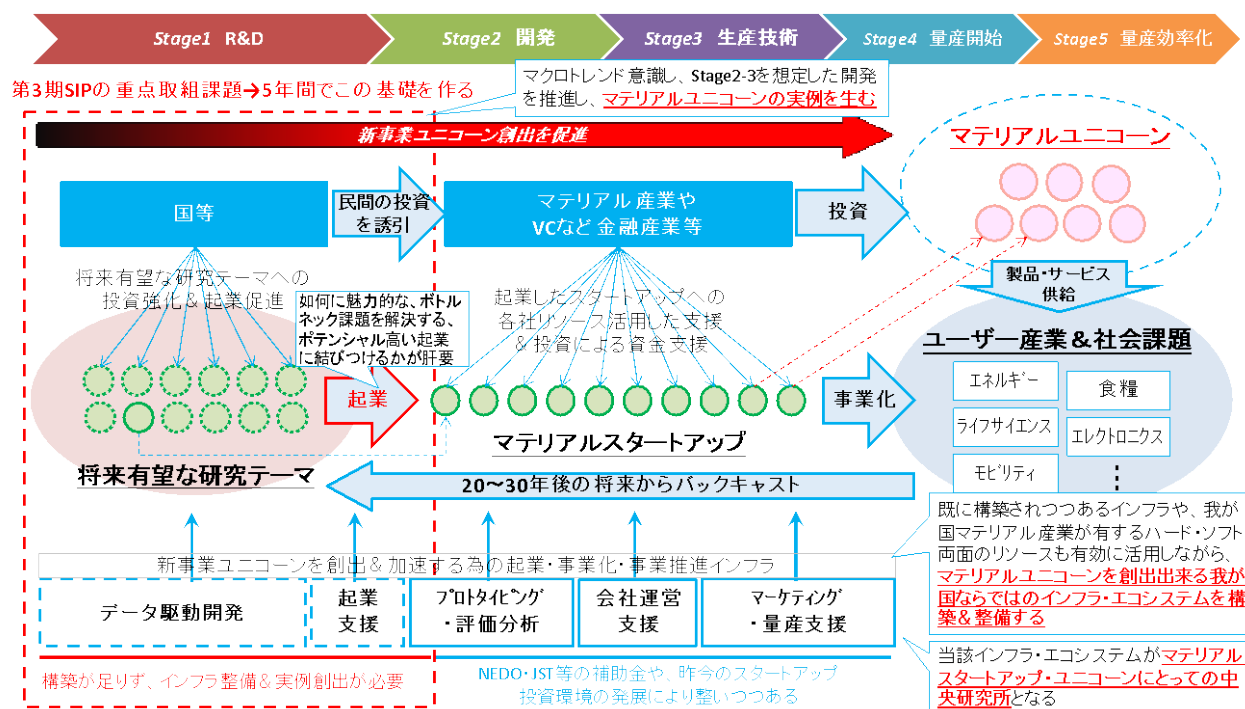
そこで本課題では、マテリアル産業こそが Society 5.0 を実現し、世界をリードする産業として飛躍的な成長を遂げる状況を生み出す為、Society 5.0 を体現するユニコーンを多く産むことで、スタートアップから産業変革を起こす事を目指す。将来の我が国マテリアル産業は、世界に名だたるサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたデータ駆動による開発基盤を有し、この基盤を活用したマテリアル開発が一般的になっており、この基盤から生まれたユニコーンスタートアップがデカコーンとなることで、我が国の GDP を牽引しているであろう・・・この実現こそ、我が国マテリアル産業が目指す姿である。

II. 社会実装に向けた戦略

1. ミッション

先述した通り、マテリアル産業が目指す姿は、Society 5.0 を自ら実現し、そして牽引する産業としてユニコーンが次々と生まれることで、GDP を牽引する新たな産業を創出することであった。このイメージを具体的に示したものが以下、図Ⅱ-1 である。その要諦は下述の通り定義される。本計画記載時点から 10 年後、2030 年台半ばから 2040 年頃の姿である。

研究開発フェーズのテーマの段階から将来の社会課題解決に繋がる長期のマクロトレンドを意識し、ここから起業を促し、さらに様々なインフラを活用し、開発を大きく加速させる。これによりマテリアル分野のユニコーン（以下「マテリアルユニコーン」という。）が次々と生まれるエコシステムが形成されている。このインフラはサイバー空間とフィジカルを融合させたデータ駆動開発の基盤が要であり、これと共に我が国アカデミアを中心とする研究開発のインフラが、マテリアルユニコーンの中央研究所として、次々に価値を創造している。



図Ⅱ-1 マテリアル産業が目指す将来像

本 SIP 課題は 10 年後にこの姿を実現する事がミッションであり、具体的には下記の通り定義した。このミッションの達成により、我が国マテリアル産業による国富の増大、そして国際競争力の強化を実現するものである。

- マテリアルユニコーンが次々と生まれる、データ駆動開発の基盤をフル活用した「マテリアル

ユニコーン育成基盤」をベースとしたエコシステムの確立

- 我が国からマテリアルユニコーンを数多く創出（＝高い研究開発効率のインパクトある企業の創出）
- 上記の結果、「マテリアルの社会実装に必要なプロセスデータは必ず日本を経由しなければならない」状態の創出

本ミッション完遂の為に、SIP における取り組み期間である 5 年間でマテリアルユニコーンの予備軍の実例創出を通じ、これをロールモデルとして育成基盤を整備することとしたい。そこでこれを下記図 II-2 の通り本 SIP 取り組み期間中のタスクであり、本 SIP 課題におけるサブ課題として定義した。

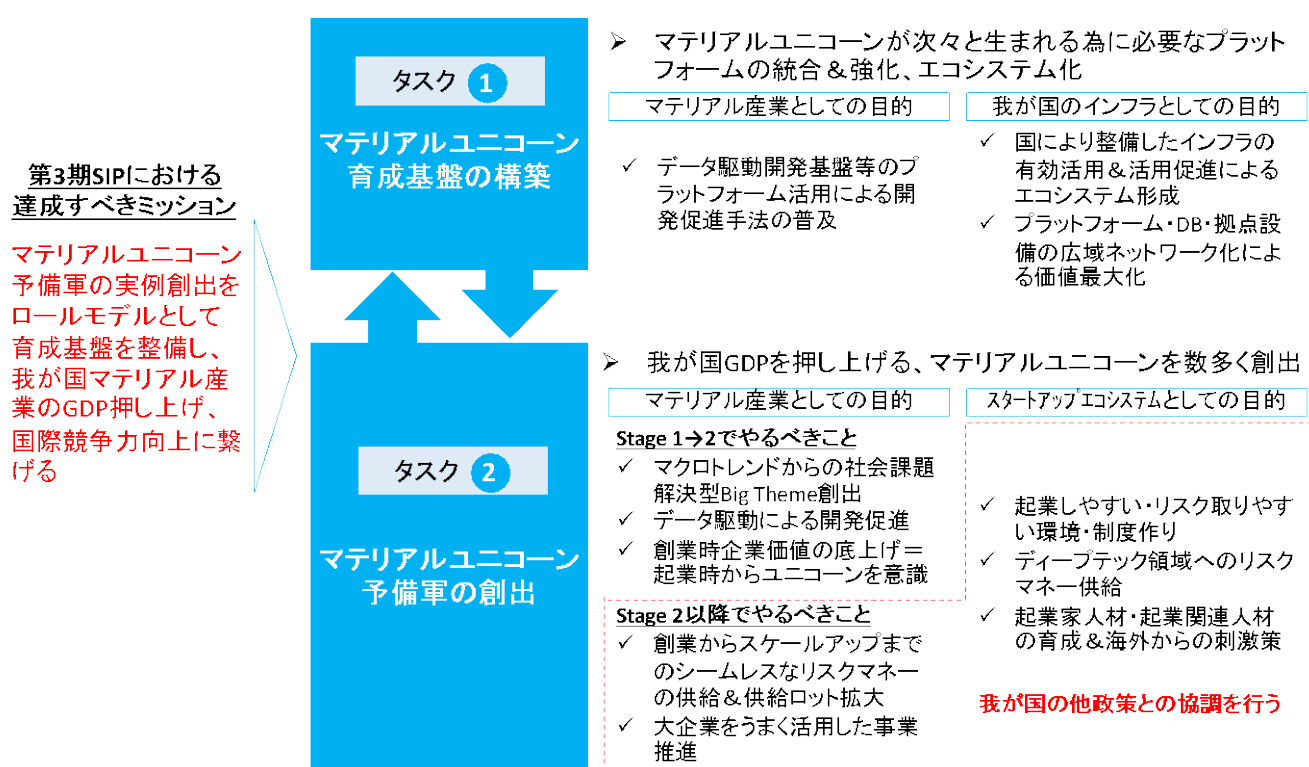


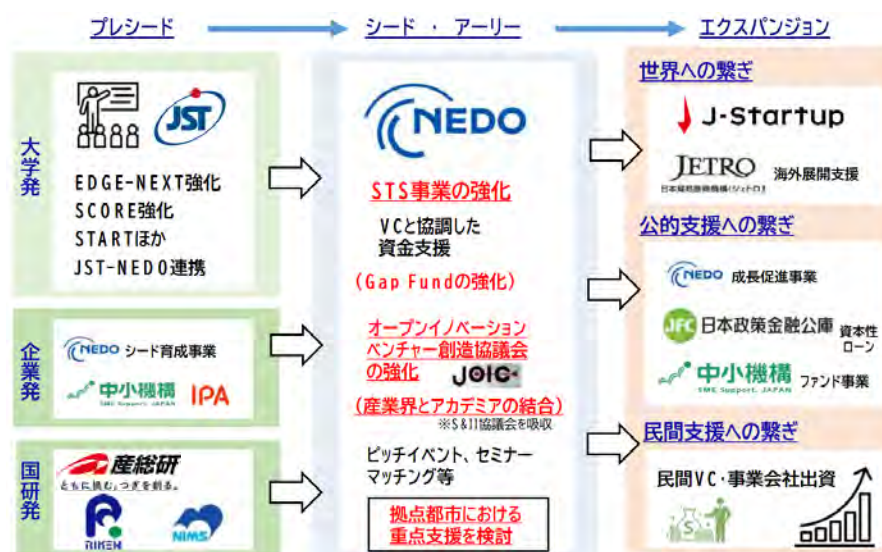
図 II-2 本 SIP 課題のミッション達成の為に取り組み期間中におけるタスク（サブ課題）

このミッション・タスクの定義・設定背景について、本 SIP 課題の成立性検証の為にフィージビリティスタディによって明らかになった結果も交え、次項以降で述べることにする。

2. 現状と問題点

（我が国とグローバルのスタートアップの環境）

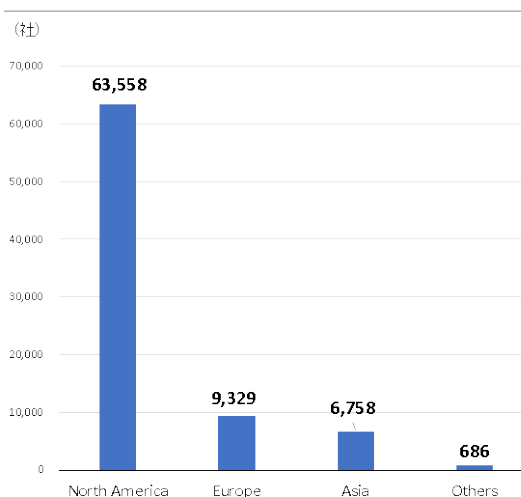
我が国においてスタートアップ投資は大きく隆盛してきており、2011年に800億円前後であった国内スタートアップによる新規資金調達額は2021年には10倍の8,228億円に達した¹¹。我が国のスタートアップ支援策も充実しつつあり、図Ⅱ-3に示す通り、シード期からエクспанション期まで様々なプログラムが存在する¹²。特にアカデミアから将来有望な研究成果をベンチャー化する為の支援を行う科学技術振興機構（以下「JST」）の大学発新産業創出プログラム（以下「START」）からの起業数は2021年時点で61社に達している。



図Ⅱ-3 国のスタートアップ支援プログラム概観¹²

一方、米国のスタートアップ新規調達額は2021年では3300億ドル¹³と約50倍の開きがあるばかりでなく、大学発スタートアップはこの10年で6,000社を超える¹⁴など他地域を圧倒している（図Ⅱ-4）。この結果、ユニコーンの数も我が国はまだ少なく、グローバルでのポジションは上位から数えて20位と、後塵を拝している状況である（図Ⅱ-5）。

地域別大学発起業数（2011年～2021年）



図Ⅱ-4 地域別大学発企業数¹⁴

¹¹ INITIAL “Japan Start up Finance 2022 上半期”より。

¹² 内閣府、文部科学省、経済産業省資料より。

¹³ National Venture Capital Association（NVCA：米国ベンチャーキャピタル協会）”PitchBook-NVCA Venture Monitor”より。

¹⁴ 同上。

国別ユニコーン企業の数と企業価値(2022年)

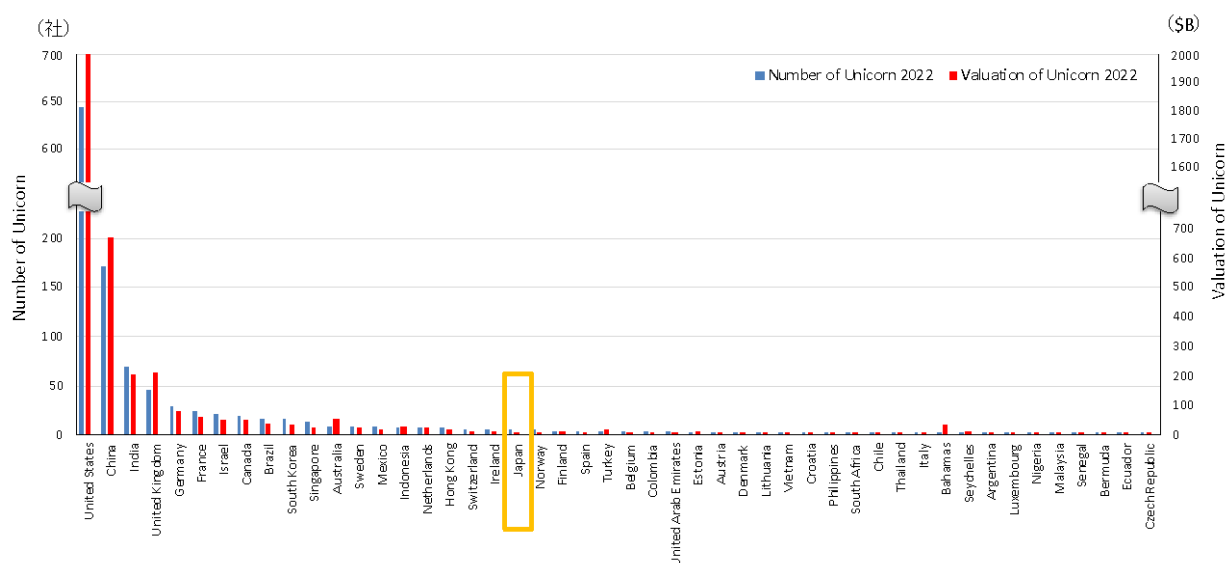


図 II-5 国別ユニコーン企業の数と企業価値 (2022 年) ¹⁵

(ユニコーン創出の鍵は何か？投資環境とマテリアル分野の特性)

GDP を牽引するマテリアルユニコーンを次々に産み、産業競争力の強化を目指す本 SIP 課題にとって、グローバルのスタートアップ環境と比較して、我が国の現状はまだ改善の余地が大きいと言わざるを得ない。そこで、この状況を打開する為、投資環境と、マテリアル分野の特性という 2 軸で分析を行った。まず投資環境であるが、一番大きい要因として、ユニコーンに至るまでに必要な資金投下が少ないということが考えられる。図 II-6 はベンチャーキャピタルによる投資金額の推移を国別に比較したものである。我が国の投資額は他国と比して、グローバルでの GDP ポジショニングからいっても極端に小さい。この結果、図 II-7 に示す通り米国と比して日本はベンチャーキャピタルのサイズが大幅に小さくなり、この結果、1 件あたりの投資額が小さくなってしまいう傾向がある ¹⁶。設備産業であることから資金が多く必要となるマテリアル産業において、量産による商業ベースにまで引き上げるには数億円ではとても足りず、数 10 から 100 億円、場合によっては数 100 億円オーダーの資金が必要だが、日本のベンチャーキャピタルの平均的な規模感では、これを賄うのは困難を伴う。

¹⁵ CB Insight “Global unicorn club(2022)”より。

¹⁶ 一般的に、ベンチャーキャピタルはファンドサイズの 10%が 1 件あたり投資金額の上限として定められている事が多い。この為、ファンドサイズが小さければ小さいほど、1 件あたり投資額は制限される。

国別VC投資額の推移(2015～2020年)

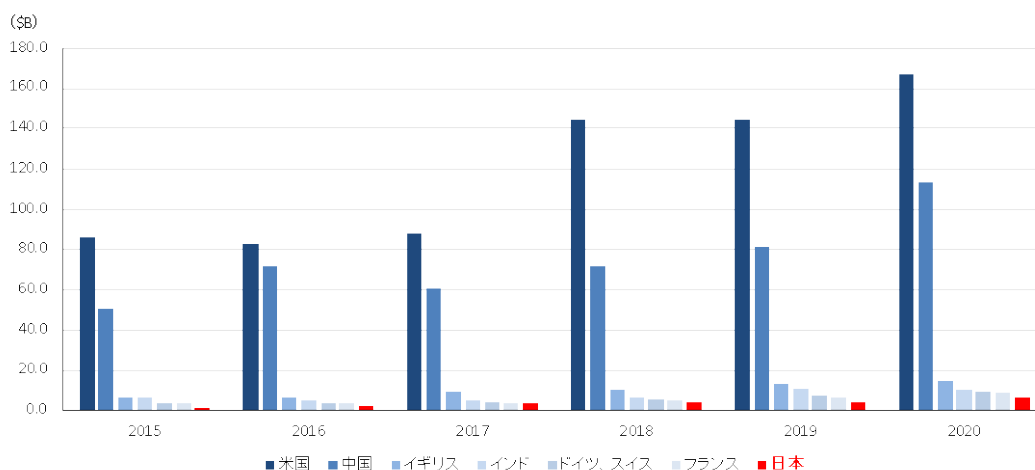
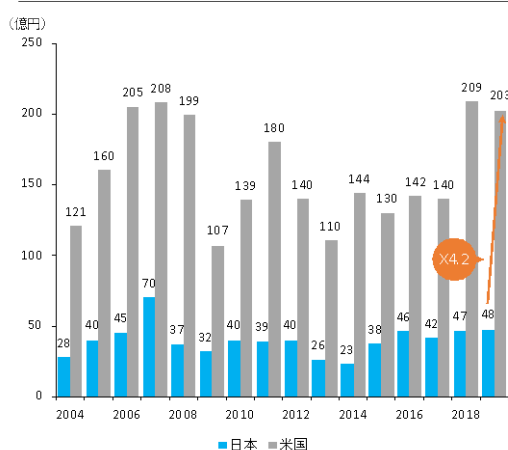


図 II-6 国別ベンチャーキャピタル投資額の推移¹⁷

ベンチャーキャピタルの日米比較
平均ファンド規模(億円)



ベンチャーキャピタルの日米比較
1件あたり平均投資額(億円)



図 II-7 ベンチャーキャピタルの日米比較 (左) 平均ファンド規模、(右) 1 件あたり平均投資額¹⁸

ベンチャーキャピタルからの調達だけでなく、株式市場での調達も我が国は環境としては容易では無い。図 II-8 は IPO¹⁹時調達額の推移と国別の Exit²⁰件数の年次推移を示したものであるが、我が国

¹⁷ NVCA“PitchBook-NVCA Venture Monitor”, Pitchbook “2021 Annual European Venture Report”, Pitchbook “Greater China Venture Report 2021”, Bain & Company “India Venture Capital Report 2022”, INITIAL “Japan Start up Finance 2022 上半期”より作成。1\$=1€=130 円とした。

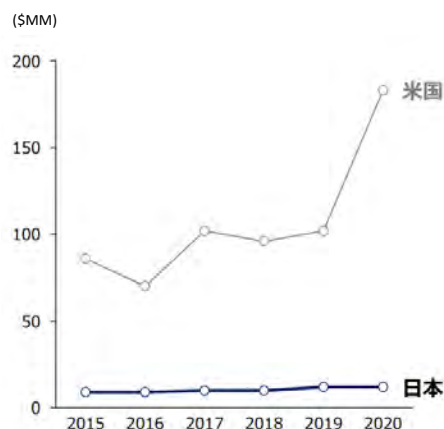
¹⁸ ベンチャーエンタープライズセンター“ベンチャー白書(2020)”, Cambridge Associates LLC “U.S. Venture Capital Index®”より作成。1\$=130 円とした。

¹⁹ Initial Public Offering の略。新規株式公開や新規株式上場とも言う。証券取引所(株式市場)に上場し、誰でも株取引ができるようにすること。以降、本項では単に株式上場や新規上場などとも表現するが同義。一般的には IPO 時に新株も発行して、これまで投資していたベンチャーキャピタルなどが売却する他、資金調達も併せて行う。

²⁰ 一般的にはベンチャーキャピタルの支援が終了し、その株式を売却するタイミングをいうが、ここではスタートアップが①株式市場に新規上場する (IPO)、②事業会社を買収される (M&A)、③ファンドに買収される (Buyout) の 3 パターンと定義した。

は IPO 時に調達できる金額が米国と比して圧倒的に少ない。IPO 時の企業価値が小さい事にも起因しており²¹、そもそも我が国ではユニコーンになる前にベンチャーキャピタルが早期に Exit してしまうケースが多いとされている。図 II-8 に示す通り、ベンチャーキャピタルによる投資総額が米国等と比較して小さい割に、Exit の件数が多いことは、この証左でもありと考えられる。我が国の証券取引所は赤字上場は原則認めておらず、マテリアル産業は黒字化までに長い時間がかかることを踏まえると、ベンチャーキャピタルのビジネスモデル上の時間的制約²²から、この傾向はより強くなると考えられる（黒字化した瞬間に IPO しなければならない状況に陥る）。米国ではファンド期間の問題で手放す必要がある場合であっても、将来の IPO による高い企業価値が期待出来れば、その時点での企業価値で他のファンド等へ売却が出来る事が多い²³が、我が国では IPO 時の企業価値が期待できない、読めないことから、セカンダリ市場は未成熟である。結果的に、資金が大きくなる割に大きな Exit に繋がらず、ベンチャーキャピタルとしては「儲からない」という構図になってしまう。

■ IPO 時調達金額の推移 (2015～2020年)



■ 国別EXIT (IPO、M&A、Buyout) 件数の推移 (2016～2020年)

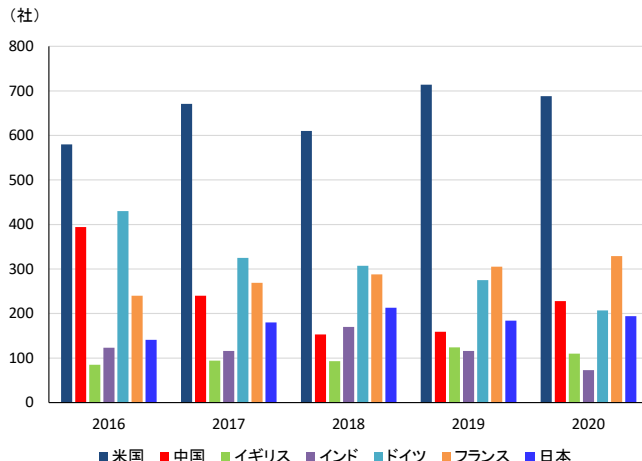


図 II-8 (左) IPO 時調達金額の推移²⁴ (右)、国別 Exit 件数の推移²⁵

スタートアップへのベンチャーキャピタルからの投資額も、その後の Exit も、Exit 時の金額も、我が国と比して圧倒的に大きい米国は、スタートアップ創出環境の点でも抜きん出ている。図 II-9 はアカデミアなどからスタートアップ創出を行う際に、それを起業専門家としてアドバイスを行う、「ア

²¹ 個別の株式市場毎にルールが異なるが、スタートアップの新規上場時に概ね 30%以上の株式を市場に流通させる必要がある。流通株を増やせば増やすほど、少量の株購入では株価が変動しにくくなるため、株価形成の観点では不利に働くとされ、ベンチャーキャピタルが上場時に売却して持ち分が流動化することを考慮すれば、実際には総発行株数の 10%（即ち時価総額の 10%程度）が上場時の資金調達の規模感となる。この為、IPO 時調達資金が小さいということは、上場時株価が低いということを示唆している。

²² ベンチャーキャピタルの運用するファンドは 10 年間+2 年間の延長可という設計が一般的。この期間内に案件ソーシングから投資実行、売却（Exit）まで必要であり、特に金融機関投資家は期間中の IRR も重視する為、短期的な Exit を志向しやすい。

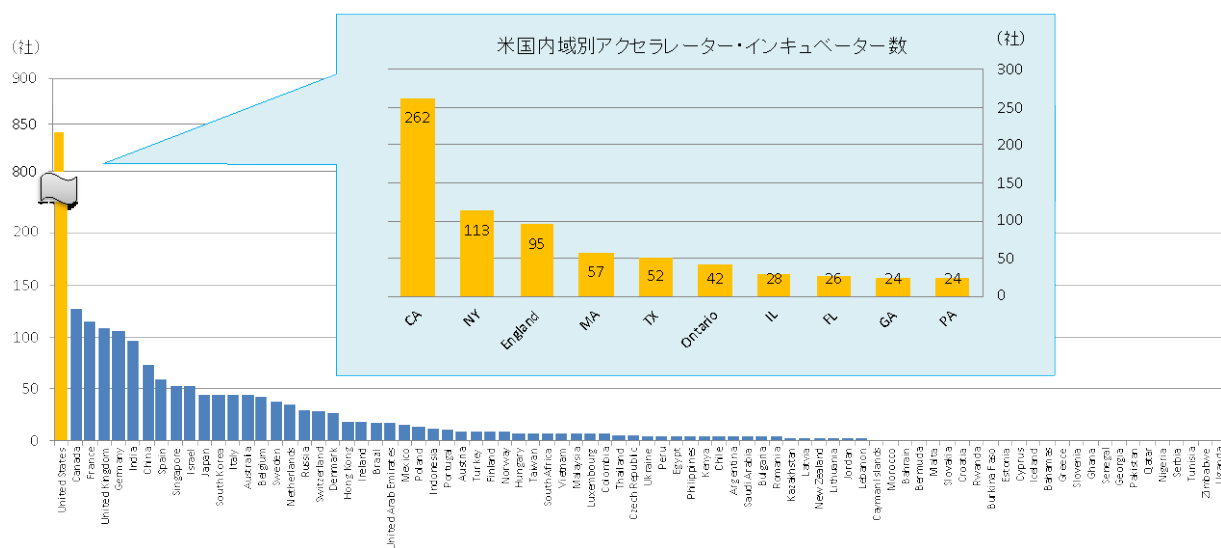
²³ これをセカンダリ売却という。米国ではシード・アーリー期のベンチャーキャピタルがセカンダリ売却してリターンを得ることは一般的である。

²⁴ 経済産業省資料より。

²⁵ ベンチャーエンタープライズセンター“ベンチャー白書(2021)”より。

アクセラレーター・インキュベーター」と呼ばれる事業者がどれだけ存在するか、国別比較を行ったものである。この事実が示す通り、米国はアクセラレーター・インキュベーターの数で他国を圧倒しており、カリフォルニア州だけで第二位のカナダの数を大きく引き離している。ベンチャーエンタープライズセンターが我が国で2019年と2020年に行ったアンケートにおいて²⁶、「起業しない理由」として「失敗に対する自分自身への危惧」や「教育」、「身近に起業家がない」という回答が多いという結果が得られており、失敗に対する危惧含めて、アドバイスを行ってくれる身近な存在がない（返すという米国内にはアドバイスをしてくれる存在がとても多い）という環境も課題であると考えられる。

世界のアクセラレータ及びインキュベーターの数(2022年)



図Ⅱ-9 世界のアクセラレーター及びインキュベーターの数²⁷

次いで、マテリアル分野の特性に移る。先述の通り、我が国においては特にマテリアル産業にとってユニコーン化するには容易ではないように見えるが、グローバルで見るとマテリアル分野でもユニコーン、デカコーンになる事例は多く存在する。図Ⅱ-10は過去30年以内に創業したマテリアル分野の企業のうち、ユニコーンになったグローバルの19社について、創業からの事業成長において、何がターニングポイントであったか、何が特徴であったかを整理したものである。この分析から示唆される事実として、①かなり初期の段階から環境問題など社会課題解決に繋がるテーマを掲げており、所謂ピボット（事業戦略やターゲットの変更）を殆ど行わないこと、②創業初期において、アカデミアなどで技術的優位性を確保してから創業していること、の2点が挙げられる。これは開発期間が長いマテリアル分野のスタートアップにおいて、成功の為には長期視点での社会課題解決を目指すことが肝要であり、さらにアカデミアがうまくスタートアップ創出に寄与しており、サイエンス基盤が強いスタートアップこそ競争優位性を担保できることを示唆するものである。実際、アカデミア発スタートアップである事が多く、先述の合成生物学のユニコーンのように、圧倒的なデータ量によって優位

²⁶ ベンチャーエンタープライズセンター“ベンチャー白書(2021)”より。

²⁷ PitchBook “Analysis of the 2022 PitchBook university rankings”より作成。

性を担保しているケースを見れば、マテリアルユニコーン創出にはアカデミアからの質の良いサイエンスと、データ駆動開発による差別性担保は親和性が高いと考えられる。尚、起業初期の段階では政府機関からの補助金の手当を受け、その後、業界有力ベンチャーキャピタルから投資を受けているということも、マテリアルユニコーン創出の特徴として注視すべき事実であろう。

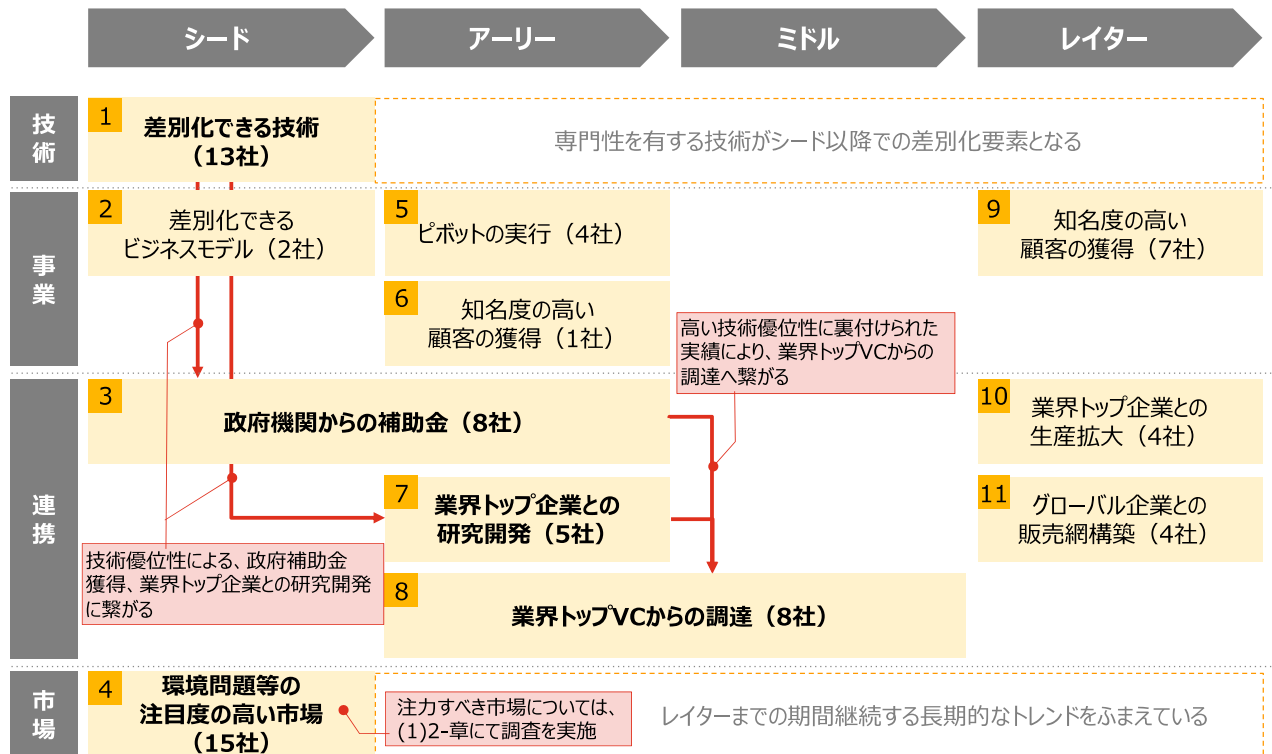


図 II-10 世界のマテリアルユニコーン 19 社の成長フェーズ別ターニングポイント ²⁸

（データ駆動開発基盤の課題と可能性）

先述の通り、現在我が国ではマテリアル産業で幅広く適用可能となるデータ駆動開発の基盤（以下、単に「データ基盤」と略す。）が検討されている。この他にも近年ではデータ駆動開発の機運が高まり、多くのデータ基盤が各所で整備されている。前項でも言及した通り、マテリアルユニコーンの創出にあたっては、データ駆動開発は、開発スピードの向上のみならず、差別性の担保の観点でも重要であることが示唆された。我が国のデータ基盤が、マテリアルユニコーンを産み、育てる「ゆりかご」になる可能性が期待される。

そこで、今回、SIP の課題設定検討にあたりフィージビリティスタディを行い、データ基盤の悉皆的調査を行った。この結果、我が国には実に主要なものだけでも 47 拠点（確認できるだけでも 100 以上）ものデータ基盤が存在することが明らかになった。その一部は国際的にも極めて優位性の高いデータ量を誇る ²⁹。さらに、これらデータ基盤に有用となるフィジカルにデータを取得する、評価分析の拠点も我が国には多く存在し、同じくフィージビリティスタディの結果、全 56 拠点も存在する

²⁸ PwC コンサルティング合同会社による SIP 課題候補 FS における調査より。

²⁹ 例えば NIMS の有する高分子データベース"PoLyInfo"や、無機材料データベースである"AtomWorks"は長年の研究者によるデータ蓄積により世界有数レベルのデータ量を誇る。

ことが明らかになった。特に後者の評価分析の拠点は文部科学省のナノテクノロジープラットフォーム事業によりネットワーク化が進められており、分析や評価、加工という一連のプロセスをネットワーク内の機関が連携して対応する仕組みが機能している。この事業はさらに、ARIM 事業 (Advanced Research Infrastructure for Materials and Nanotechnology) として進化し、将来のデータ活用に備えた基盤整備が進んでいる (図 II-11)。既に年間で 3,000 件以上の依頼分析を全国から受け、これをネットワーク分散しており、フィジカルによるデータ取得のインフラとして大いに期待が出来る。課題はデータ基盤である。



ARIM Japan (2022年4月より)
Advanced Research Infrastructure for Materials and Nanotechnology

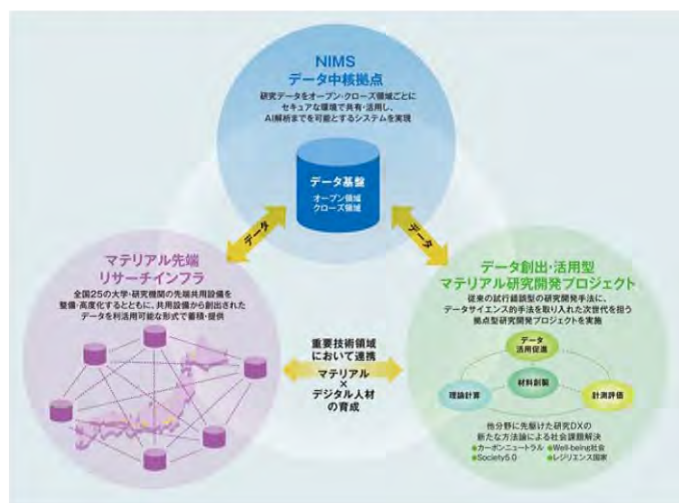


図 II-11 文部科学省の進める評価分析拠点のプラットフォーム化 ³⁰

今回フィージビリティスタディの結果明らかになったデータ基盤は、一部については NIMS および AIST などの国研を中心にネットワーク化が図られているが、ほとんどのケースにおいてはネットワーク化は図られていない。この為、データ様式や取り扱い、運用は各データ拠点でバラバラであり、有効活用の観点で課題がある。見える化がされていない為、国内で類似データ基盤が作られてしまっている可能性も示唆される。一方、この各データ基盤の傾向について、グローバルベンチマークを行うと違った視点も見えてくる。図 II-12 は、これら我が国のデータ基盤の傾向と、グローバルの 60 近いデータ基盤の傾向をマッピングしたものである。この結果が明らかにすることは、海外のデータ基盤は比較的オープン領域かつサイバー空間でのデータ創出に偏っているのに対し、我が国は各種データ基盤を総合すると、満遍なくカバーしていることが特徴である。既に我が国で先行する評価分析のプラットフォームである ARIM 同様、広域ネットワーク化することで、世界でも類を見ないデータ基盤となれることが示唆されるものである。既に充実したインフラを有効活用することが肝要である。

³⁰ 文部科学省資料より。

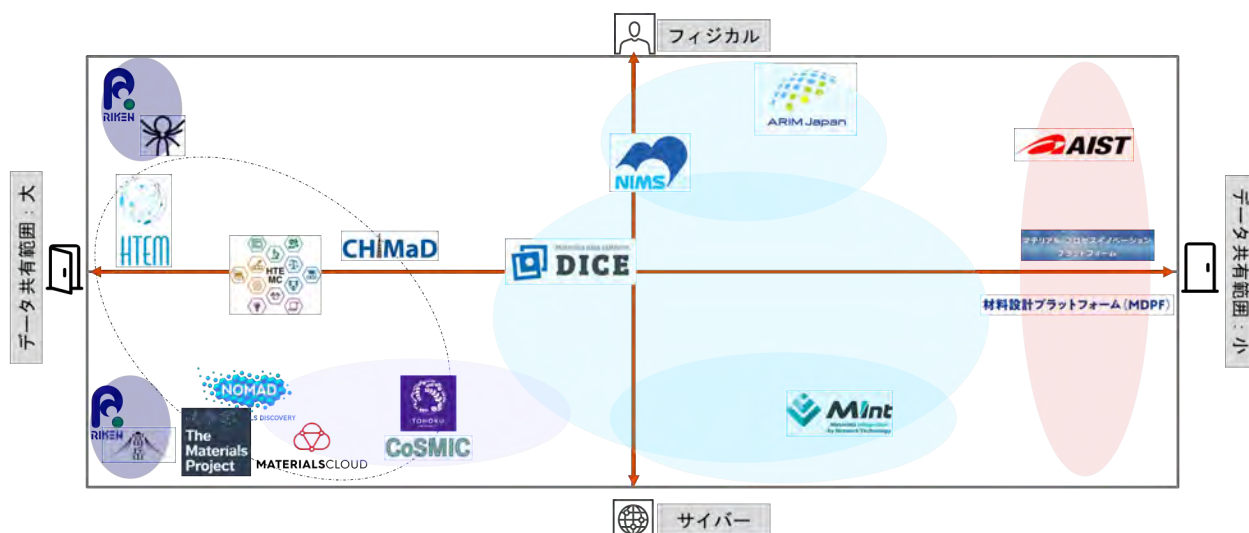


図 II-12 グローバルの主要データ基盤のポジショニングマップ ³¹

（マテリアルユニコーンのポテンシャル）

ここまで主にマテリアルユニコーンを創出する為の環境面・インフラ面の課題や創出における鍵について論じてきたが、果たしてマテリアルユニコーンを目指すようなテーマが我が国にどの程度存在するか、という観点も重要である。そこで、今回フィージビリティスタディにおいて、マテリアルユニコーンになるまでのシナリオ立案を支援するという公募を行い、ここでベンチャーキャピタル出身である本 SIP のプログラムディレクター候補による公募事前アドバイスに加え、採択後、プログラムディレクター候補によるガイド・指針提示の元、戦略コンサルティングファームによるシナリオ立案支援を行うという試みを行った。この結果、アカデミアからの起業相談のみならず、大企業からの新事業としてのカーブアウト相談含め、公募前に 30 件近い相談に加え、公募に対し 32 件の応募があった。表 II-1 は、ユニコーン予備軍として実際にシナリオ立案することを決定し採択した 10 件であり、いずれもユニーク且つ差別性の高いアカデミアの技術を根拠に事業を行おうというものである。シナリオ立案支援の結果、何も社会課題に直結する、ボトルネック課題を解決できるような大きいテーマであり、ユニコーンを十分目指せるものである。

今回、フィージビリティスタディの試みには二つの意味がある。まず一つ目として、公募前の段階でマテリアルユニコーンを目指すということはどういうことか、どのようなビジネスや技術開発を志向すると良いか、研究者に対しアドバイスをを行う事で、応募時点で規模感の大きい、社会課題解決に繋がるようなテーマとするように試みた。次いで二つ目として、提案者の意図や想いを読み取った上で、あるべき方向性を提示し、その方向性に基づいて事業成立性をプロの視点（＝戦略コンサルティングファーム）で組み上げ、シナリオにリアリティを持たせるようにした。いずれの試みも、先述した我が国の投資、創業環境からいって、ユニコーンとなるようなスタートアップを生み出したいという想いがある研究者がいても、単に資金だけ提供してもユニコーンにはなり得ない、という仮説に基

³¹ PwC コンサルティング合同会社による SIP 課題候補 FS における調査より。

づく。この試みの結果、提案者がイメージできていなかった TAM→SAM→SOM³²の規模感が具体的に
になり（ケースによっては可能性ある市場が提案時と比較して 10 倍、100 倍となった）、ビジネスモ
デルも含めてリアリティがありながら、夢のある、2030 年代半ばにはユニコーン、さらにその先はデ
カコーンとなり得るシナリオがいくつも生まれる結果となった。

表 II-1 フィージビリティスタディにおいて採択したユニコーン予備軍テーマ

No.	応募機関名	テーマ名
1	東京工業大学	アンモニアが世界中どこへでも水素を届ける未来へ ～革新的アンモニアクラッキングシステムによる安価水素輸送の実現～
2	東京工業大学	CO ₂ を利用して脱炭素 ～世界初の CO ₂ と炭素を使った大容量蓄電システムの実用化～
3	NIMS	海水と淡水の出会いが生み出すクリーンエネルギー ～大規模濃度差発電プラントの事業化と世界展開～
4	NIMS	マテリアルプロセスイノベーションから瞬時にめっきの環境問題を解決 ～ヒトと地球を守る次世代型エコプレーティング技術～
5	NIMS	新合金が切り開く、ものづくり新時代 ～DX 合金デザインと 3D プリンタが世界のものづくりを変える～
6	アグロデザイン・ス タジオ	Biology by 3D Design ビームライン建立と超バイオマテリアル創生
7	上野技術研究所	究極の軽さで、宇宙・空の新時代を切り拓く ～超軽量構造材料イノベーションの創出
8	大熊ダイヤモンドデ バイス	究極素材ダイヤモンドが実現する超高速 IT インフラ ～世界初のダイヤモンド半導体の社会実装とデファクト化を目指して～
9	CrestecBio	脳と臓器を護る高分子医薬の開発 ～最先端の科学と医療の融合により救急医療に革命を起こす～
10	大阪大学	骨密度医療から骨質医療への大変革 ～本邦発の 4D デバイスと骨配向診断が世界を救う～

さらに、全てのテーマで、先に挙げた国のデータ基盤を活用する事でビジネスの価値、技術開発の
促進等が図れることも確認された。データ基盤はあくまでツールであり、何のために使うのか？とい
う観点が重要である。具体的には図 II-13 に示すアプローチを取った。伴走支援ではまずコア技術を
理解した上で、その技術が最大限生きる、且つ提案者がやりたい、と思う市場をターゲットし、その
上で想定される顧客を定義した。次いでこの想定顧客に対しどのような価値を提供すべきか検討を行
い、その上で当該技術を使ったスタートアップのビジネスモデルを定義した。その上で、定義したビ
ジネスモデルを実現させ、且つ差別性・競争力の源泉となるようなデータ基盤は何かを定義した。そ
の上で、このデータ基盤を成立させるためには、我が国に存在するどのデータ基盤を組み合わせれば
良いか調査を行った。ここでいう、スタートアップにとっての「差別性・競争力の源泉となるような
データ駆動開発基盤」が図 II-13 に示す「用途特化モジュール」である。この用途特化型モジュール
をスタートアップが有し、アカデミアのリソースも活用しながらデータ駆動による開発を進め、価値
を高めていく事が、ユニコーンに至るまでの重要なコアとなり得るのでは無いかと考えられる。

³² TAM : Total Addressable Market (ある事業が獲得できる可能性のある全体の市場規模)、SAM : Serviceable Available Market (ある事業が獲得しうる最大の市場規模)、SOM : Serviceable Obtainable Market (ある事業が実際にアプローチできる顧客の市場規模)。

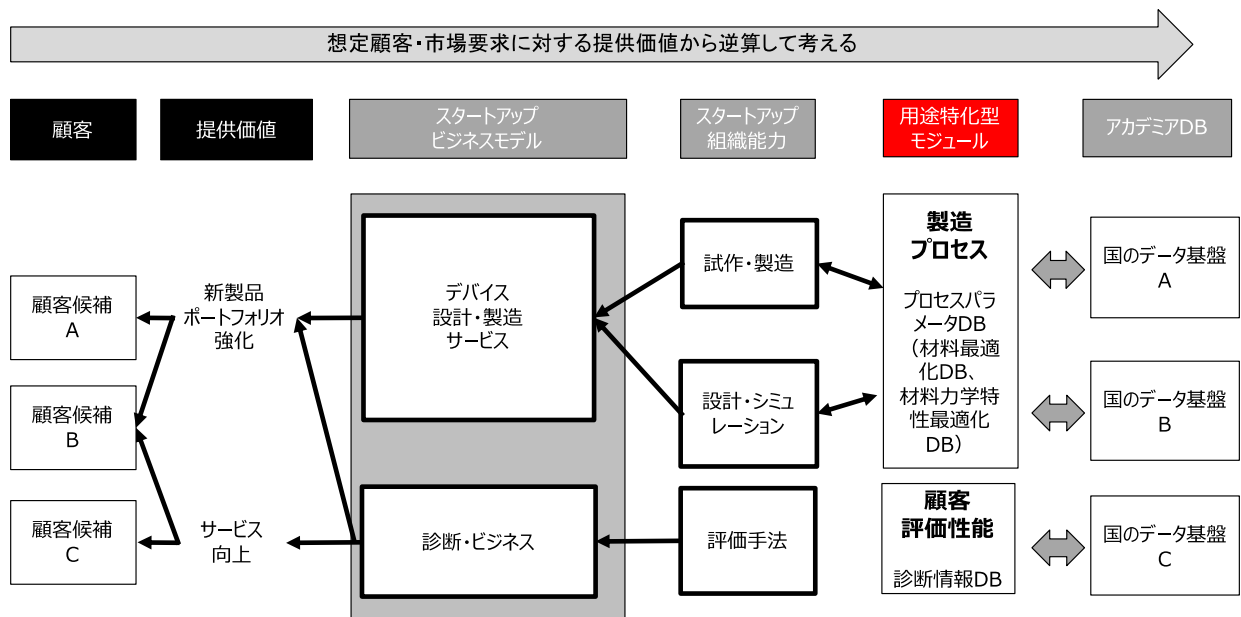


図 II-13 各ユニコーン予備軍におけるデータ基盤活用のイメージ

以上のフィージビリティスタディの結果が示唆することは、適切なガイドさえ行えば、我が国にはユニコーンとなり得るような有望なテーマは多く存在し、さらにそれらは我が国のデータ基盤を活用することで、高い差別性・優位性を確保し、飛躍的な成長を遂げられる可能性があることを示唆するものである。ユニコーン予備軍となり得るシナリオ検討として今回採択したテーマは、いずれも重複がない幅広いテーマにも関わらず、全てのケースでデータ基盤の活用可能性が示唆されたことは、図 II-12 に示す通り、我が国のデータ基盤が、サイバー空間からフィジカルまで、そしてオープンだけでなくクローズ領域含めて偏りなく満遍に分布しているということが活かされたものとも考えられる。

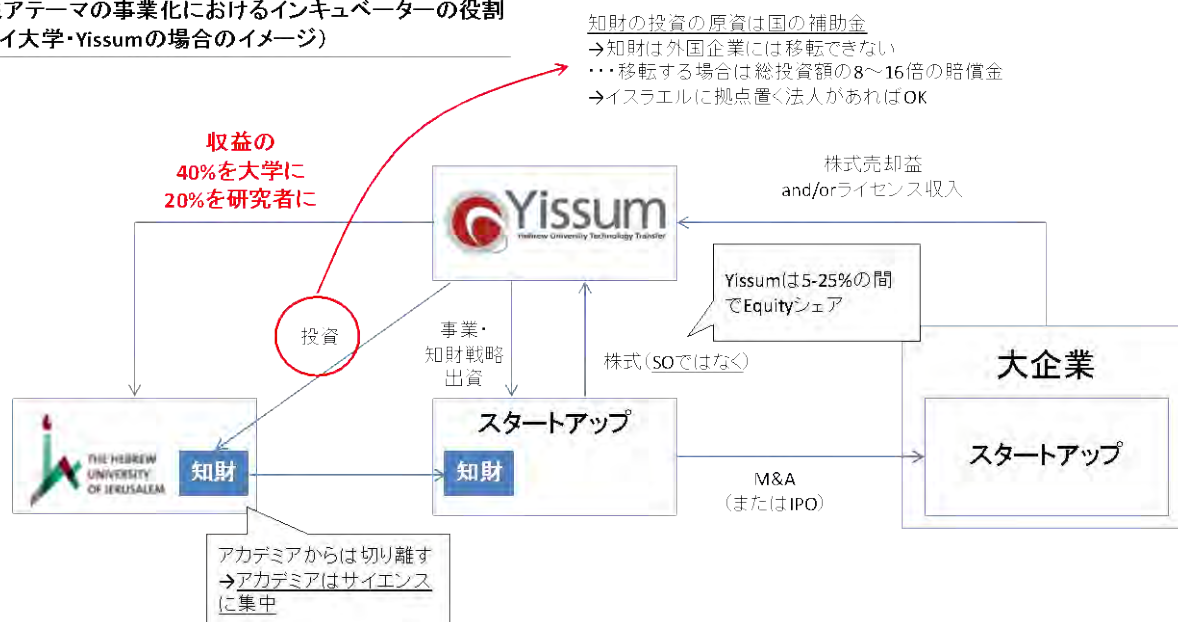
(持続的なエコシステムとするために…データ基盤・アカデミアに還元する仕組み)

ここまで、マテリアルユニコーンを次々と産む為の課題と可能性について論じた。そこでは、我が国のスタートアップ・投資環境上、他国と比して容易ではない状況ではあるものの、過去のマテリアルユニコーンの事例を踏まえれば、(課題はあるものの) 我が国のデータ基盤の活用によりマテリアルユニコーンを創出できる可能性が示唆され、適切なガイドさえすれば、十分にユニコーンを狙えるポテンシャルのあるテーマはいくつも存在するということが確認出来た。ここで肝要となるのが、ここから如何にエコシステムを形成していくか、という事であろう。本SIPの取り組みによる投資を行い、5年間でインフラと共にユニコーン予備軍を生み出したとして、そのインフラが持続的に対価を得、次につながるエコシステムとならなければ、マテリアル産業が目指す「Society 5.0」を自ら実現し、そして牽引する産業としてユニコーンが次々と生まれることで、GDPを牽引する新たな産業を創出する」状況を作り出すことは出来ない。データ基盤の運用や、将来ユニコーンとなるような有望なサイエンスの創出を担うアカデミアに、適切な対価が支払われる仕組みの構築が必要である。

そこで、スタートアップエコシステムとして大学発で多くのユニコーンを産んでいるイスラエル国

立ヘブライ大学の技術移転機関である Yissum³³を事例として本項で取り上げたい(図Ⅱ-14)。Yissum は日本でいうところの TLO に近い組織であるが、ライセンスのみならず、起業支援や投資機能も有し、技術の売り込みのためのマーケティング部隊も有しているというのが特徴である。先述したアクセラレーター・インキュベーターの大学専属組織と解される。Yissum 社はヘブライ大学の技術シーズがスタートアップとして起業した際に、特許等の知的財産の移転の対価として、相応の株式を得ることで、将来、当該スタートアップが IPO や大企業に M&A されたときに、大きなキャピタルゲインを得られるように工夫されている。尚、このキャピタルゲインは一部、研究者にも支払われる事が特徴である。このような知的な財産の移転対価として株式等を受領することにより、アカデミアが大きな利益をあげられるようにする仕組みは、最近欧米を中心に増えており、我が国においても法的には可能である。そのため、我が国においては具体的な事例の創出が重要であるが、現在、政府において大学の抜本的強化に向けた強力な施策がうたれており、このような仕組みについても世界と伍する整備が求められるであろう。

アカデミアテーマの事業化におけるインキュベーターの役割
(ヘブライ大学・Yissumの場合のイメージ)



図Ⅱ-14 イスラエル国立ヘブライ大学における知財対価支払いのイメージ

³³ Yissum は、イスラエル・エルサレムにある国立ヘブライ大学の技術移転会社であり、1964 年に世界で 3 番目に設立された技術移転会社として知られる。2020 年までに 170 社以上のスタートアップを設立し、そのうち 100 社以上が 2020 年現在も活動中で、全世界で 10750 件以上の特許を登録し、1050 件以上の技術をライセンスを行なっている。Google、Intel、Johnson & Johnson といった世界的企業の多くと業務提携をしており、MIT やスタンフォード大学等の海外の有名アカデミア機関とも共同研究を行なっている。最近では自らギャップファンドも運営している。

(取り組み仮説・・・我が国でマテリアルユニコーンを次々に産むエコシステムを作るために)

以上、我が国の環境、フィージビリティスタディや各種分析の結果を踏まえ、本 SIP 課題が取り組むミッション達成に向け、我が国でマテリアルユニコーンを次々に産むエコシステムを作るための取り組み仮説を図Ⅱ-15 の通り整理した。

取組仮説	仮説の概要
1 Big Theme を目指す	✓ 世界的な社会課題解決や、グローバルで広がりそうな、人々が共感しやすいマクロトレンドに則ったボトルネック課題を解決できるテーマとする ✓ 世界中の投資家が投資したいと思えるテーマとする
2 (企業価値の) 発射台を上げる	✓ 起業時から最初のファイナンスにおける企業価値を上げる ✓ そのために創業直前時、創業直後時含めて厚めに資金投下し、徹底的にサイエンスとビジネスモデルを磨く
3 データ駆動 開発	✓ 川上産業のためサプライチェーンが長く、ディープテックである為、開発が多岐にわたり、リソース・人手・金がかかるとにかく必要だからこそ、データ駆動開発をフル活用 ✓ これにより技術の価値を一気に高め、企業価値に繋げる
4 ソフトインフラ & 人材育成	✓ アカデミアのインフラ・資産活用に関する知見が構築し、共有することで、アカデミアに正当な対価が払われる仕組みへ ✓ 起業のイメージを明確に持たせるアントレプレナー教育を起業候補者だけでなく、様々な人たちに提供
5 リスクマネー 供給量増加	✓ ディープテックである為、資金が多く必要にもかかわらず資金が集まりにくい状況を打破し、Big Themeにして投資家に積極的に魅力度をアピールする仕組みを構築 ✓ 国の他の政策と連動

図Ⅱ-15 マテリアルユニコーンを産む為の仮説

まず第一に、我が国のスタートアップ環境、ベンチャー投資環境の厳しさを憂うばかりでなく、そもそも投資家にとって魅力的なテーマを産み、日本のみならず、欧米などベンチャー投資が盛んな海外の投資家を含めて投資を受けられるよう目指す事が最も肝要ではないか。その為にも、まず、社会課題解決に直結するようなボトルネック課題に取り組む **Big Theme** であるべきだろう。先述の通り、ポテンシャルのあるテーマは多いものの、適切なガイドが無いとユニコーンを目指せなかった状態のテーマも同時に多く散見され（だからこそガイドが有効であった）、技術の初期段階からビジネス視点、社会課題解決視点でのシナリオ作りが必須である。起業を目指す者の視座を高め、高い志を持たせる必要がある。本来、我が国の研究者にはそういった志を持っている者は多いはずである。

次いで第二に、企業価値の発射台を上げる必要がある。スタートアップの創業から最初のベンチャーキャピタルからの資金調達となる **Series A** ファイナンスにおける企業価値は、我が国の場合、米国のそれと比して低い傾向があるとされる。企業価値 1,000 億円以上を目指すユニコーンを産む為には、この最初の発射台をそもそも引き上げる必要がある。その後の必要資金調達額の大きさからいって、

最初の企業価値が小さいと資本政策³⁴上、資金調達可能額が困難になってしまうリスクは回避する必要がある。

さらにここにデータ駆動開発の積極起用を行う。元来、マテリアル産業は川上産業のためサプライチェーンが長く、ディープテックである為、開発が多岐にわたり、リソース・人手・金がかかるとにかく必要だからこそ、データ駆動開発をフル活用が必要である。この効果、可能性については先述の通りであり、これにより技術の価値を一気に高め、企業価値に繋げることは、先述の企業価値の発射台を上げることに繋がる。

この一連の流れを良い流れで始め、その後のユニコーン化にまで繋げて、将来自立した収益基盤を有するエコシステムにする為に必要な事が、ソフトインフラそして人材の育成である。アカデミアに正当な対価が支払われるようにするエコシステム作りもさることながら、このエコシステムに関わる人全てがアントレプレナーシップを理解し、我が国マテリアル産業が目指す姿の実現の為に協力し合える環境を構築することが肝要である。特にこのようなエコシステムの形成にあたっては、アカデミアやスタートアップ、それにかかわる大企業含む様々な企業が出入りし、価値を共有することになるかと考えられる。

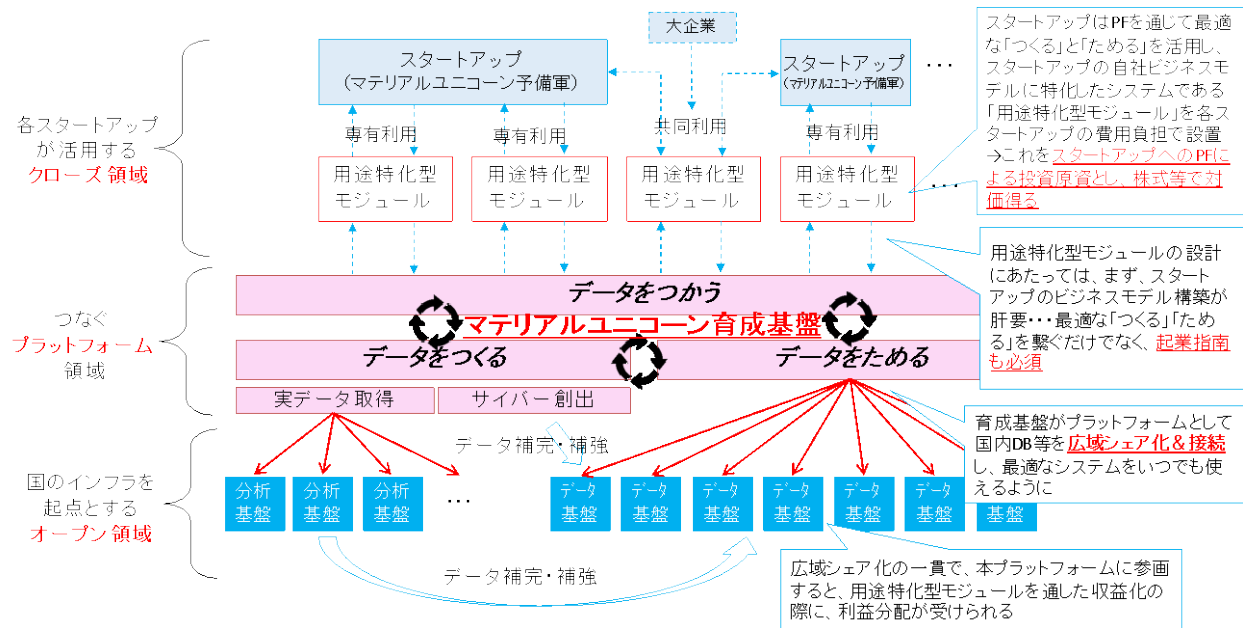
このようなエコシステムが形成する為にも、成功するマテリアルユニコーンを産む必要があり、その為にもリスクマネー流動量を高める必要がある。本 SIP 課題では特に取り組み仮説の第 4 までを取り組み、この第 5 の仮説については、国内等の民間などの投資機関からの積極的支援が得られるためのネットワーク構築や情報発信を進める。

(エコシステムの核となるプラットフォームとエコシステムの形成・発展イメージ)

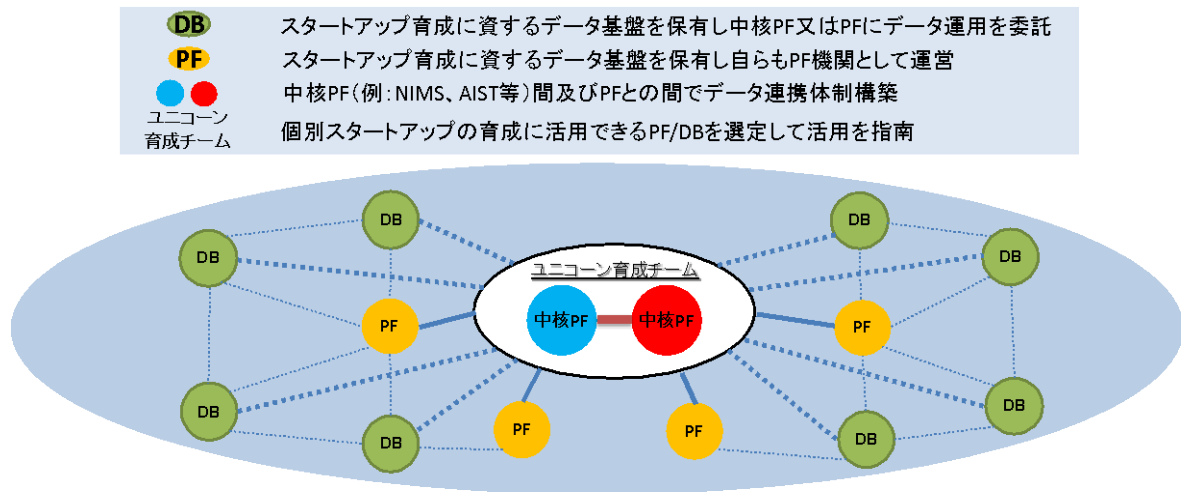
前項の取り組み仮説の実現にあたって、マテリアルユニコーン創出インフラとして我が国のデータ基盤を、評価分析系基盤である ARIM と同様に広域ネットワーク化することで、マテリアルユニコーンが次々に育成される「ゆりかご」とする可能性について示した。先述の用途特化型モジュールのアイデアや、アカデミアに対価が帰る仕組みとしての Yissum の事例などを踏まえ、具体的なこの「ゆりかご」のイメージを図Ⅱ-16 に示す。この「ゆりかご」を「マテリアルユニコーン育成基盤」と名付ける。この基盤は様々なデータをフィジカルに取得、あるいはサイバー上で創出し、国内の様々な個別のデータ基盤を接続し、データを「つくる」「ためる」そして「つかう」機能を促進するプラットフォームである。このプラットフォームの上に、図Ⅱ-13 で示した用途特化型モジュールが乗るイメージで、このモジュールはスタートアップの為に開発され、スタートアップの価値の源泉として専有されることを想定する。用途特化型モジュールの設計・開発にあたっては、スタートアップのビジネスモデルからあるべきシステムを定義し、必要なデータ基盤等を本プラットフォームを通じて接続する。ここで、用途特化型モジュールは専有権をスタートアップが得る代わりに対価を支払うものとし、この対価として、スタートアップの株式やストックオプション等をプラットフォームが得る。この株式

³⁴ 株式移動、第三者割当増資、組織再編などの手法により、資金調達、資本構成の最適化、インセンティブプラン、創業者利潤、事業承継対策といった目的を実現することと定義される（定義出所：PwC Japan グループ）が、スタートアップファイナンスにおいては主に第三者割当増資によるものが多い。例えば第三者割当てによる新規資金調達により、経営陣などの既存株主や従業員のストックオプションのシェアが株価と調達資金規模によって下がってしまい（これを「稀薄化」という）デモチベーションに繋がる事や、特定の株主のガバナンス担保の為に拒否されることがあるなど、企業価値が低いと調達額が抑えられてしまう結果に陥る事がある。

等が将来スタートアップが IPO 等した際に、あるいはその後デカコン³⁵として大きく成長した際に大きなキャピタルゲインを得る事が出来、この収益を当該用途特化型モジュールに関与したアカデミアに分配する、という仕組みである。エコシステム形成の第一歩は本プラットフォーム「マテリアルユニコーン育成基盤」を構築することから始まる。そして、その構築の基礎は、既に我が国に存在する、様々なデータ基盤の連携によるものである。連携のイメージを図Ⅱ-17 に示す。中核となるプラットフォームを選定して（複数を想定）、この中核プラットフォームを軸に広域ネットワークが形成されていくことを想定する。前述のスタートアップ向けの個別の用途特化型モジュールの設計がこの広域ネットワークによるプラットフォームの上で実施され、中核プラットフォームを軸として必要なデータ資産が提供されていくことを通して、実践的に広域ネットワークが形成される事が期待される。



図Ⅱ-16 マテリアルユニコーン育成基盤のイメージ

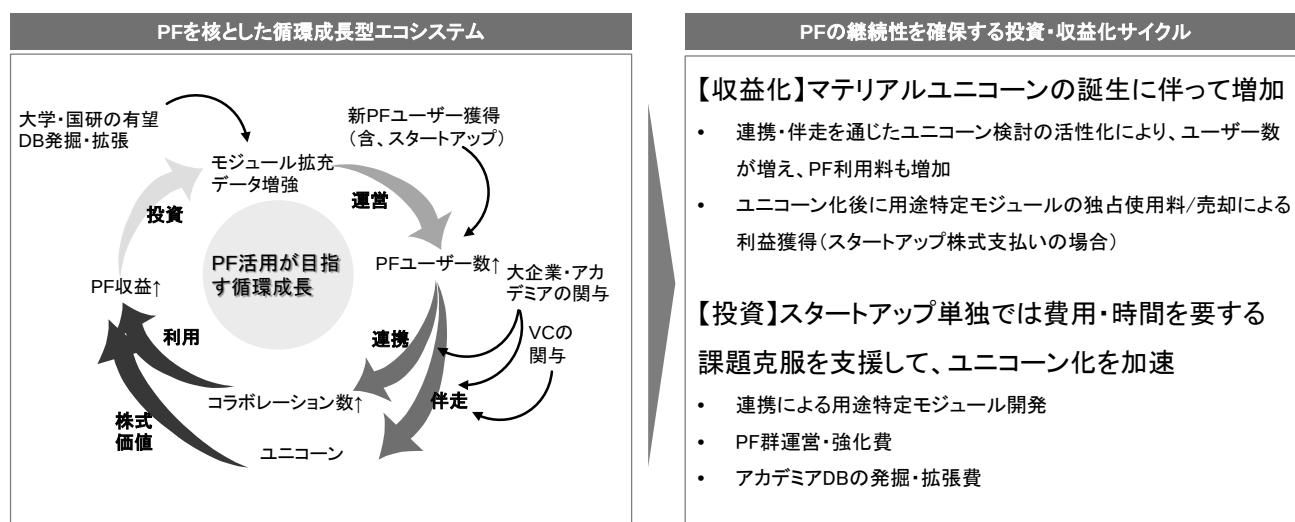


図Ⅱ-17 マテリアルユニコーン育成基盤構築におけるプラットフォーム連携のイメージ

³⁵ 企業価値 1 兆円以上の企業。

このプラットフォーム（マテリアルユニコーン育成基盤）を核にしたエコシステムのイメージを図Ⅱ-18に示す。プラットフォーム（マテリアルユニコーン育成基盤）が核となり、大学・国研の有望データ基盤の発掘・拡張を通じて用途特化型モジュールのユーザーとなるスタートアップの創出を促し、さらにスタートアップのユニコーン化を醸成し、ユニコーン創出活性化による利用料・株式価値向上によるリターンの再投資サイクルによって成長を目指す。このエコシステムはデータ基盤の提供者・ユーザーという単純な関係に留まらず、スタートアップを取り巻く様々なステークホルダー（大企業、中小企業、アカデミア、ベンチャーキャピタル等の金融、様々な事業化支援機関）が参加することで、我が国ならではのマテリアルユニコーンを次々と生み出すエコシステムに昇華させる。これが、マテリアル産業が目指す姿である。

尚、本課題では主にユニコーンスタートアップを産むエコシステムを主眼としているが、本エコシステムによるプラットフォームの活用はスタートアップに限られない。スタートアップがユニコーンとして成長していく過程でこのエコシステムが広く認知・普及していく過程で、スタートアップのみならず、中小・中堅、大企業など様々な規模感のマテリアル産業の企業が本プラットフォームを活用し、これら企業からもユニコーンクラスの新事業が生まれていく、という効果も期待できると考えられる。この時、我が国のマテリアル産業は世界をリードする高い研究開発効率の産業となっているであろう。



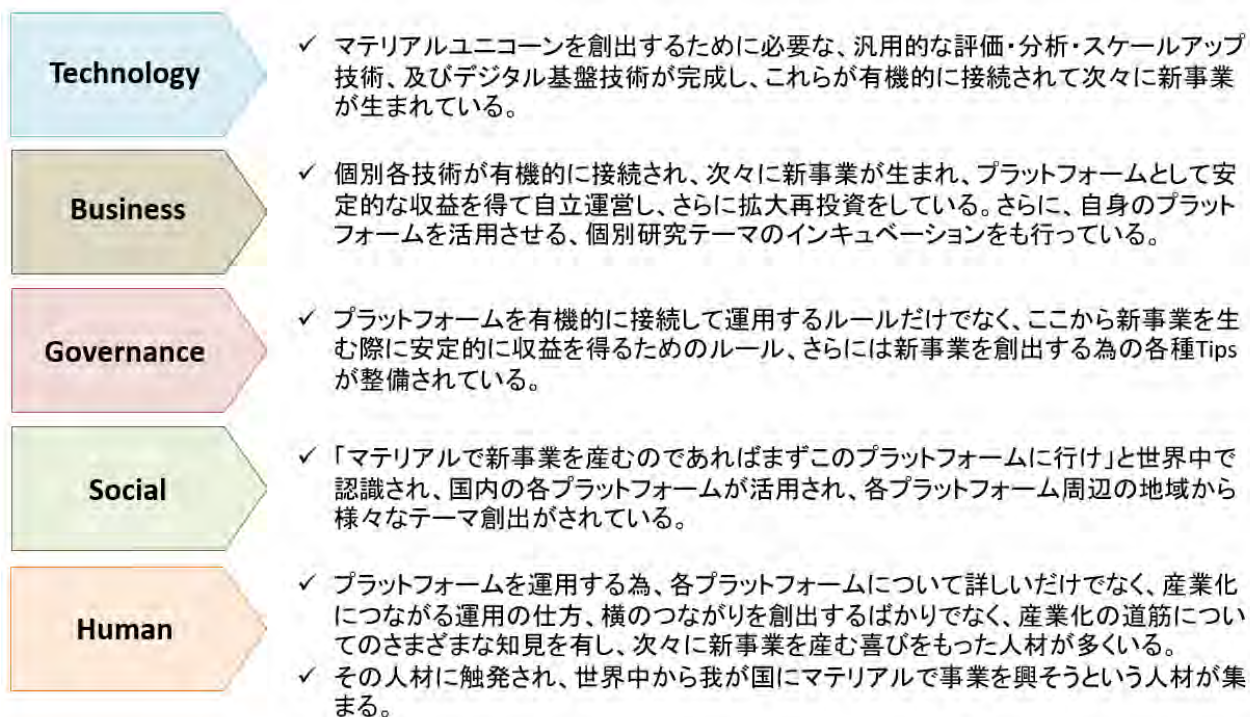
図Ⅱ-18 エコシステムのイメージ

3. ミッション到達に向けた5つの視点での取組とシナリオ

(1) 5つの視点によるゴールイメージ

本 SIP 課題が成し遂げようとしているミッションは即ち、マテリアルユニコーン育成基盤というプラットフォームを核にした、エコシステムの形成である。この高い目標の実現の為には多くのステークホルダーが共有できる志が必要であり、ミッション達成の為のシナリオを立案するには、将来のゴールイメージを定義した上で、バックキャスティングで思考する必要がある。さらに、先述で導出

された取り組み仮説の通り、ミッション達成には技術開発にとどまらず、人文科学など含む様々な知見を活かした「総合知」の観点で課題に取り組む必要がある。そこでミッション達成に向けたシナリオを立案にするにあたり、まず、マテリアルユニコーン育成基盤がエコシステムの核として確立し、マテリアル産業が目指す姿として実現している、即ち本 SIP 課題で掲げたミッションが達成出来ている状態＝ゴールについて定義を行った。（図Ⅱ-19）。



図Ⅱ-19 マテリアルユニコーン育成基盤のゴールの状態

このゴールイメージをよりクリアに理解し、ゴールの状態を広く共有する為、状態についてのより詳細にブレイクダウンするとともに、より理解しやすいよう、「あるユニコーンのストーリー」として、この5つの視点でのゴール時点（即ちエコシステムが確立している2040年頃を想定）での状態についてイメージした。本 SIP 課題の取り組みは謂わば未来社会の構築であり、未来予想図を描くものである。マテリアル産業にこのような未来がやってきたら、さぞワクワクしないだろうか。このイメージのマテリアル産業での共有こそ肝要であると考えらる。

技術開発(Technology)

<状態についてのより詳細な説明>

- 材料・化学領域における主要な評価・分析手法が確立され、用途毎にどのように使えば良いかの方法論が確立されている。
- 各種デジタル基盤が基盤ごとに強みをもって、さまざまな技術・事業領域における手法論が確立されている。
- 上記をもって、デジタルとハードが有機的に垣根なく接続され、単に材料探索だけでなく、スケールアップ、その後の効率オペレーションや不具合解析も含めデジタル駆動でスタートアップ

ブの事業促進に貢献している。

＜あるユニコーンのストーリー＞

- ある新材料を生み出したアカデミア研究者 A は、この発明をブーストアップする為、マテリアルユニコーン育成基盤（以下、「プラットフォーム」）のネットワークに属する基盤にコンタクトした。
- この結果、ネットワーク上の評価分析の B 基盤、データ駆動開発拠点の C 基盤と連携し、志向するイメージからビジネスモデルを定義した上で用途特化型モジュールを開発した。これにより自身の技術を一気に高め、誰もなし得ない性能の材料を、とても安価に作る方法を生み出した。
- 続いてこれをさらにスケールアップ検討する為、B 基盤・C 基盤と連携し、先の用途特化型モジュールをアップデートし、次々にスケールアップを実現させ、社会実装に繋げるまで、継続的に B 拠点、C 拠点の伴走を受け、なんと 5 年で初期量産まで持ち込めた。
- 研究者 A はこの間、プラットフォームが推薦する CEO 候補と出会い、一緒にスタートアップを立ち上げ、極めて短期間で社会実装して収益事業を生むことに成功した。このスタートアップは世界中からトップリーダーとして尊敬されている。

事業(Business)

＜状態についてのより詳細な説明＞

- スタートアップを生み出そうとする人のみならず、大企業・中小企業・既存ベンチャー含めて、適切な対価を支払い、適切に基盤活用がなされ、継続的な収益が発生している。
- 「適切な対価」は高過ぎず、かといって安過ぎてコスト回収できないレベルではない適切な設定になっており、さらにさまざまな収益化手法を確立させて、世界中に積極的に売り込みがなされ、資金運用ができるまでになっている。
- 余剰資金を使い、プラットフォームのアップデートを継続的に行う他、投資をも行う。

＜あるユニコーンのストーリー＞

- ある新材料を生み出したアカデミア研究者 A は、当初は国の補助金を受け、この活用によって、まず初期的にスタートアップが産めるような、飛び抜けたパフォーマンスを生む製品ができるかの検証をおこなった。プラットフォームからの助成も多く、国の補助金にそこまで頼らずに済んだ。
- 当初資金がなかった為、「出世払い」として使用料は抑えてもらい、その分、株式で支払いを行った。
- 研究者 A によるスタートアップは 5 年後に、時価総額 1,000 億円もの価値となり、その時点で、プラットフォームが対価として得た株式の価値は 30 億円（総シェアの 3%）にもなった。
- そこでプラットフォームは半分市場で売却して 15 億円現金化し、15 億円分はそのまま株式として保有することになった。結果、その 10 年後に、時価総額 10 倍の 1 兆円になり、15 億円分の株式はなんと 150 億円にもなった。
- この資金を活用してプラットフォームのネットワークに属する各基盤へ利益還元し、これを原資にアップデートを行ったり、次世代の投資や使用料の減免を行なっている。

制度(Governance)

＜状態についてのより詳細な説明＞

- プラットフォームに属する各基盤の見える化がなされ、稼働状況も含めて一目で分かるようになっている。
- 各基盤で共通の運用ルールが定められ、対価の受け取り方法も含めて、法律上・制度上も統一ルールが定められ、これが全員に周知され、運用されている。
- さらに、新事業を生むために必要な、そしてその新事業を大きくする為の様々な知恵が集積され、我が国で事業創出する場合はとにかくここに来れば全てわかる。

＜あるユニコーンのストーリー＞

- ある新材料を生み出したアカデミア研究者 A は、研究の段階からスタートアップ創出、その後のスタートアップ経営に至るまで、基盤の使用料の支払いについて、どこでも統一である上、株で支払えるというのは資金が無いのでとてもありがたかった。
- その方法も誰もがわかる見やすいホームページや、ガイドしてくれる人がおり、特段困ることなく理解を進めやすかった。
- このホームページはとても便利であり、各基盤に何がどれだけあって、どうやって使うと効果的であるか、しかもそれが空いているかもリアルタイムでわかる。また事業創出の上で必要なビジネス上の知識や、法律上の知識、経営に関わる様々な知識やフォーマットがあり、本当に便利である。
- 関係省庁へもここへ行けば横串でコミュニケーションでき、とにかく便利だ。

社会的受容性(Social)

＜状態についてのより詳細な説明＞

- プラットフォームを基軸に、大企業・中小企業、投資家、各種コンサルティングファーム、国など多様なプレイヤーがコミュニティを形成し、このコミュニティに入りさえすれば様々な情報を得ることができる上、新事業創出のヒントが多く得られるという状態にある。
- 地方も含めた拠点が有機的に接続され、都心・地方という概念がもはや無い。
- 世界中からこのプラットフォームを核とするエコシステムが尊敬され、「マテリアルといったら日本のエコシステム」という状態になり、グローバルパートナーも多くコミュニティに入っている。

＜あるユニコーンのストーリー＞

- ある新材料を生み出したアカデミア研究者 A は、実はいわゆる地方大学の研究者である。東京には住んだことは無い。にも関わらず、研究の段階からスタートアップ創出、その後のスタートアップ経営に至るまで、プラットフォームを核とするエコシステムに本当に助けられた。何故ならば、このエコシステムこそ、「世界である」からである。
- このコミュニティに入るだけで、世界中のパートナーとつながることが出来、世界にいかなくても世界がここにあるだけでなく、親身なパートナーシップにより事業促進が進む。
- 最初からこのエコシステムに入ったことで、最初からグローバルにつながっている状態であった。地方から世界へは、もはや一般的な状況だ。結果的に、世界中から地方の我が街にスター

トアップである我が社とのコミュニケーションの為、来客がある。これら海外からの来客者に対し、このエコシステムの中核拠点や各基盤拠点の視察ツアーを観光付きで案内したら、「自分も日本にきたい」という人で溢れかえった。

人材(Human)

<状態についてのより詳細な説明>

- 各基盤拠点の情報共有が行われる人的な仕組みが構築され、そこに属する人が「事業創出するためには、このような使い方をすれば良い」というアイデアマンの集団であり、事業創出しようとする人の良い刺激となっている。ここでは実際にやったことのあるプロのシニアが多く活躍している。
- これをもって何かしたいという若い方々が多く集まり、アントレプレナー教育や、事業創出の実践を通じた訓練・研鑽が行われ、スタートアップを創出し、失敗し、再チャレンジすることが「カッコいいこと」、と認識されている人々の群がそこにいる。

<あるユニコーンのストーリー>

- ある新材料を生み出したアカデミア研究者 A は、創業期から本当に人には困らなかった。何故ならば、最初からプラットフォームを核とするエコシステムに入ると、「スタートアップをやりたいくてしょうがない人たち」がたくさんいたからだ。
- さらに、産業化を支援する人も多くいる。実際に産業界でビジネスや技術を立ち上げてきた百戦錬磨の猛者のようなシニアから、実はたくさん経験している失敗談について教えてもらいながら、具体的にこうすれば良いという指南を受けられるのだ。
- 産業化というのが漠然としたものだった研究者 A は、これらの人々のサポートにより、本当に助かった。とてもクリアなイメージが付いた。この結果、とにかく事業創出・社会実装に邁進することだけを考えればよかった。

(2) ミッション達成に向けたシナリオ

前項で定義されたゴールに至った状態が、本 SIP 課題が取り組むミッションの達成である。ここまでのシナリオをバックキャストでイメージすると、このエコシステムの形成過程は大きく分けて3つ存在すると考えられる(図Ⅱ-20)。本 SIP 課題は未だ無いエコシステムを形成しようという観点で、最初のフェーズである「フェーズ1」の取り組みとなるであろう。(尚、下記フェーズをイメージするにあたり、5つの視点各軸についてバックキャストを行い、その結果を基に下記の通り定義している。これについてはⅡ.5で後述する。)

フェーズ1: SIP 検討期間=エコシステムの基礎構築(2023年~2027年:エコシステムの基礎を構築)

プラットフォームを通じたデータ基盤連携、利用促進技術の開発やマテリアルデータ資産の掘り起こし、さらに、ロールモデルとしてのスタートアップの事業化支援を行い、この支援を通じて、プラットフォームとしてのスキームを構築していく。

フェーズ 2: エコシステム醸成(2028 年～2032 年: 実践を通じて実績を積み上げる期間)

フェーズ1での実践をベースにプラットフォームを通じたデータ基盤連携、利用促進が実現し、この結果データ資産が拡充し、スタートアップが益々生まれやすい環境が生まれつつある。さらにフェーズ1で支援したスタートアップ第1期生が大きく成長し、IPOへの期待値が高まり、収益化についてのリアライズが間もなく実現する。

フェーズ 3: 循環成長(2032 年～2040 年頃: ゴールの状態)

フェーズ2での実践拡大をベースにプラットフォームを通じたデータ基盤連携、利用促進の実績が確立し、利用料だけでも大きな収益となりつつある。またデータ資産への再投資ができるようになるばかりでなく、フェーズ1で支援したスタートアップが次々とユニコーンとなり、プラットフォームに対し、大きな利益還元を実現し、ここから新たなスタートアップがまた生まれようとしている。

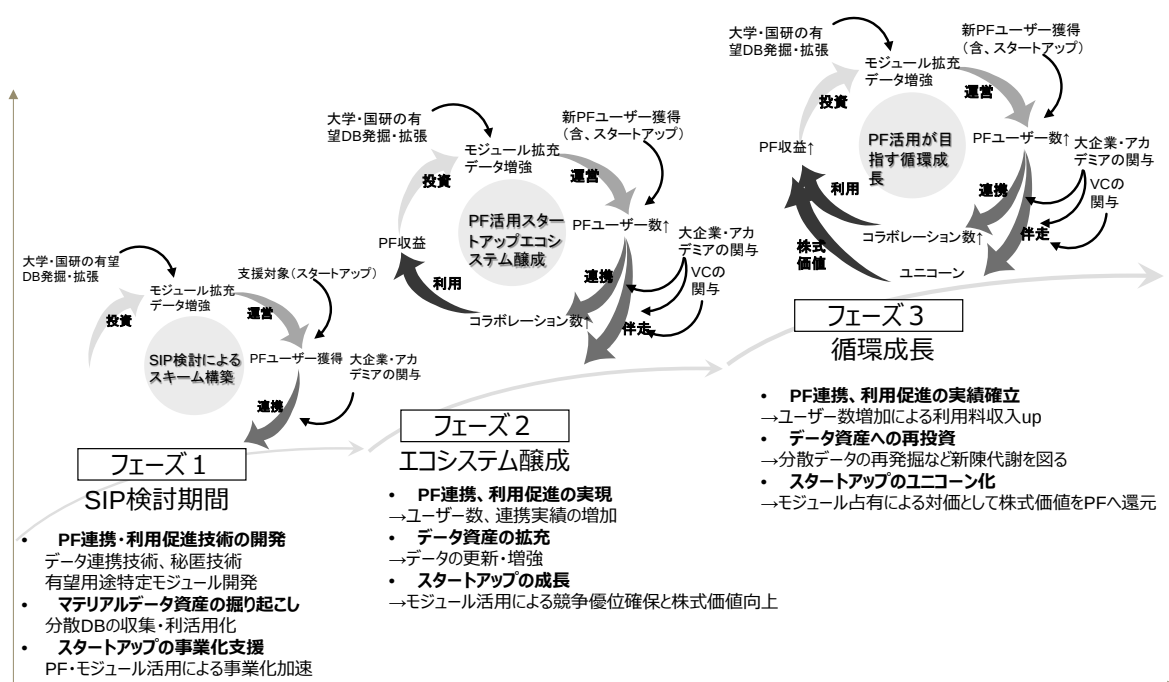


図 II-20 エコシステム形成の発展段階

(3)SIP 期間における5つの視点での取組

以上のゴールイメージ、ここから想定されるミッション達成までのシナリオ、そしてエコシステム形成段階のフェーズ1での内容を踏まえ、本SIP課題で取り組むべき事項を、図II-21のとおり、同じく5つの視点から定義した。

① 技術開発

(SIP内で実施:各データ基盤の広域連携の加速と用途特化型モジュールの開発)

各地に散在する各データ基盤などを広域連携し、これを活用するスタートアップが利用する用途特化型モジュールの開発が進められるよう、基盤の構築・必要技術の開発を行う。これはスタートアップ（ユニコーン予備軍）が想定するビジネスモデルから要件定義される用途特化型モジュールの開発を通して、必要技術を定義していく。

（関係省庁等との連携により実施）

各データ基盤の連携は所属する機関の所属省庁の連携が不可欠である。対象となるデータ基盤について個別に所属する機関とのコミュニケーションを進めるだけでなく、コミュニケーションを円滑に進める為、文部科学省、経済産業省等と連携を行う（予定）。

② 事業

（SIP 内で実施：エコシステムとしての収益モデルの確立）

エコシステムの収益モデル、すなわちプラットフォームとしての収益化手段は、単に利用料金ではなく、今回用途特化型モジュールのような大型の知的資産をスタートアップ等の株式等で得ることを想定する。この為の制度面での検討はさることながら、実際の収益化モデル（どのようなスタートアップ候補に投資すべきか、という収益最大化のみならずリスクマネジメント手段を含む）、プラットフォームに所属する複数機関への収益分配スキーム、その運営方法など、自立したエコシステムとしてプラットフォームが運用される為の検討を行う。

③ 制度

（SIP 内で実施：ソフトインフラとしての共通ルールの体系化）

プラットフォームそのもののみならず、プラットフォームに所属する機関・データ基盤含め、運用に関する共通ルール作りを行う。また②事業の軸で検討される収益モデルを成立させるための法的担保、制度、ルール作りを行う。

（関係省庁等との連携により実施）

大学の知的財産の活用ルールについては、知的財産戦略推進事務局、及び有識者会議である大学知財ガバナンス検討会において共通指針の導入が議論・検討されている。ここで検討されているルールは今回のプラットフォームにおける収益化手段に応用できると考えられ、連携を図る（予定）。また、プラットフォームに接続する機関の所属省庁は複数に渡ると考えられ、①技術の軸で検討される関係省庁連携と同様に議論を進める（予定）。特に文部科学省は令和4年度第2次補正予算において、大学発スタートアップ創出の抜本的強化として、大学発スタートアップ創出を支援するギャップファンドプログラムの新設や、地域の中核大学等のスタートアップ創出体制の整備を検討しており、マテリアル分野におけるエコシステム形成の議論と共に連携を図る（予定）。

④ 社会的受容性

（SIP 内で実施：社会的認知度の向上）

マクロトレンドの発信や、本プラットフォーム（マテリアルユニコーン育成基盤）の認知度向上、さらに成功モデルの共有などにより社会認知度を高めていく。マテリアル分野で起業するのに必要な情報をまとめたポータルサイトの立ち上げのほか、各種イベント等を通じ、社会的受容性を高める。また、将来のエコシステム形成に有意義となる、大企業・中小企業、金融機関、各種支援

機関などのネットワークを広め、本エコシステムに参画させることで、アカデミア・スタートアップの関係に留まらないシステムを形成する。

⑤ 人材

(SIP 内で実施: 共通ルールの体系化)

プラットフォーム運営と起業人材はセットと捉え、共に事業創出を行えるような人材の育成を図る。具体的にはプラットフォーム運営に必須となる用途特化型モジュールの設計指針を担うコーディネーターや、エコシステム全体を担うプロデューサーや、スタートアップの事業化を支援するアクセラレーター、インキュベーターとしてのプロジェクトマネージャーの存在が肝要である。SIP 課題実施を通じて、各役割に必要なスキル、マインドを持った人材を育成し、ロールモデルを確立させることで SIP 終了後にも、必要な人材が恒常的に育成される仕組みが整備されている状態を目指す。図 II-22 に人材の要件定義を示す。

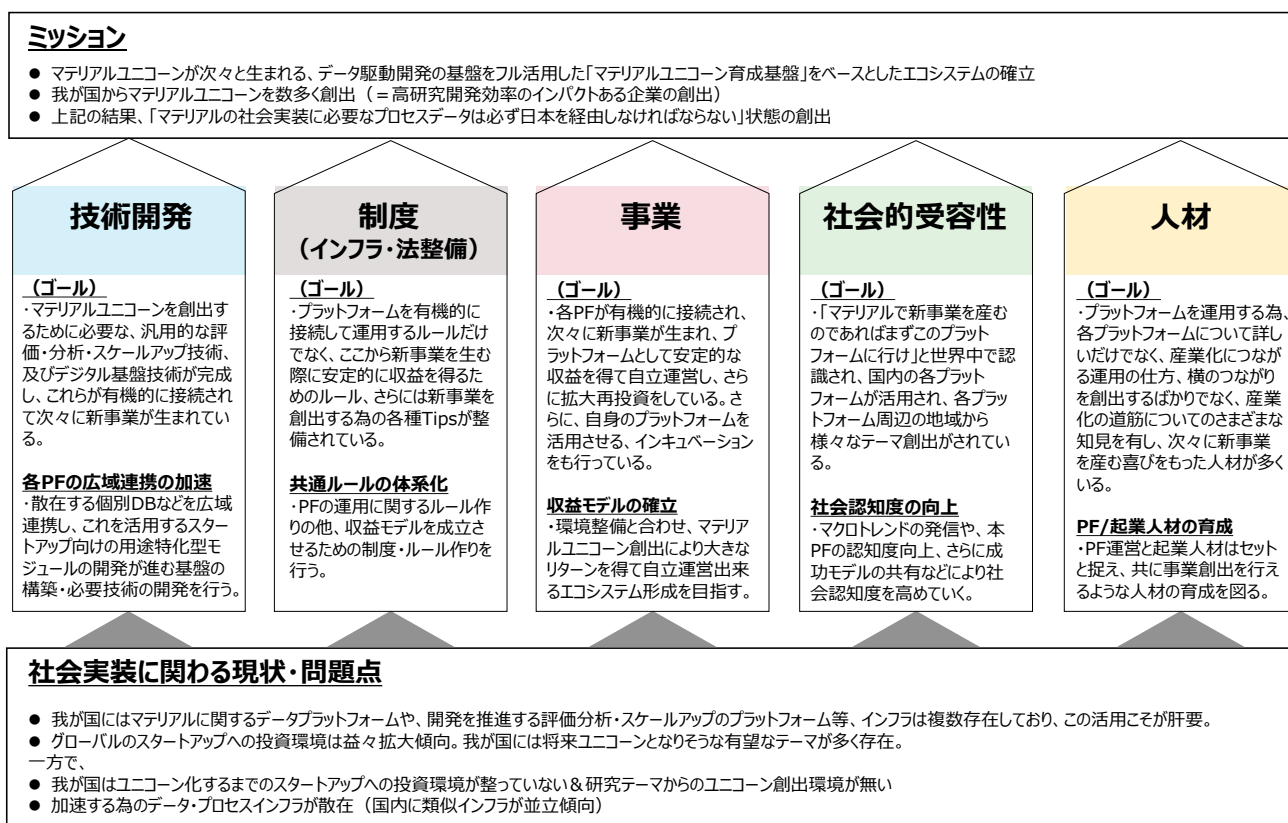


図 II-21 5つの視点での取組

	役割	責任	スキルセット	マインドセット
社会実装・連携PFの課題を解決する人材像	プロデューサー	- マテリアル産業の競争力確保 - スタートアップ育成 - 連携PFや用途特化モジュールの企画・設計の構想 - 構想の具体化	- 戦略思考 - 制度や政策の理解 - 企画・立案能力 - プレゼンスキル - 実行力	- 未来志向 - 具体・抽象の切り替え - 大局観 - 社外や異種の巻き込み - 失敗に対する姿勢
	コーディネーター	- 俯瞰的視点に立った産官学の利害把握（産業活性化、国際連携、科学技術政策） - 連携PF実現に向けてステークホルダー間の折衝	- 制度や政策の理解 - 対立構図の理解 - コミュニケーションスキル - 交渉力	- 中立性 - 協調性 - 対立から逃げない - 柔軟性と忍耐力
	プロジェクトマネージャー	- 用途特化モジュールの開発先導 - 開発物及び連携PFの価値・効果を時間軸内に具現化	- 管理スキル（スケジュール、予算） - テクニカルスキル（知識や技術） - コミュニケーションスキル - 問題解決スキル - 判断スキル（優先度）	- 責任感 - 執着性 - 仲間へのリスペクト - オープン性 - チャレンジ精神

図Ⅱ-22 本プラットフォーム「マテリアルユニコーン育成基盤」に必要な人材の定義

4. SIP での取組(サブ課題)

本 SIP 課題では、マテリアル産業が 2030 年半ばから 2040 年頃に実現するエコシステムの姿をイメージし、前項で示した通り最初の基礎となるフェーズ 1 として、3 つのタスク＝サブ課題を設定した。特に今回の SIP 課題取り組みのコンセプトは、インフラ整備はあくまで実例の創出に拘り、実例をロールモデル化する事で実例をプラクティスにエコシステムとしての具体的な設計を行なっていくことを基本としており、各課題が緊密に関係し連携することで初めて「マテリアルユニコーン育成基盤の構築」が成し得ると考える。また、エコシステムは広くマテリアル産業に受入れられるものでなく、幅広いステークホルダーが協調して取り組む必要がある。個別の技術開発だけでなく、企業・消費者の行動変容を促せるよう、人文・社会科学分野も含めた幅広いステークホルダーが参画し「総合知」を活用することで、産学官民が連携して共通の課題に取り組む体制を、PD、サブ PD のリーダーシップの下、各課題で親密に連携し合いながら構築する。

以下、各サブ課題ごとに SIP での取り組みを述べる。

【サブ課題 A: エコシステム形成の為のソフトインフラ整備】

① 背景と概要

先述の通り、本課題のミッションはマテリアル分野において GDP インパクトのあるマテリアルユニコーンを次々に産む状態、そういったエコシステムを作り出すことにあり、ユニコーン化するまでの技術面と事業面の支援を如何に系統的に実施していくかのみならず、経済合理性の下、自律的なエコシステムとなるかが最大の課題である。この為にはデータ基盤としてのプラットフォーム開発や、これを活用するスタートアップを支援するだけでなく、これらを長期的視点、先に定義したゴールイ

メージの実現に向けて、ルール整備や人材育成、アカデミア・産業界への情報発信など、円滑に運用するための仕組み作りが肝要である。本サブ課題では、後述するサブ課題 B 及びサブ課題 C と連携し、これらの開発や育成を通じて、運営の為のルール等のトライアルを行い、エコシステムとしての基礎を構築する。

② 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

我が国のフィジカル・サイバーの研究開発基盤（プラットフォーム群）が有機的に接続されたマテリアルユニコーン育成基盤の、特にエコシステム形成に係る運用面でのソフトインフラを構築する。その上で、新事業が次々に生まれることでプラットフォーム群が安定的な収益を得ながら、これを原資として拡大再投資をしていくエコシステムの形成を目指す。

SIP 期間中に、当該育成基盤が備えるべき事業、制度の整備、これを担う事業化人材の育成と国内外への認知拡大を進める。これによって、SIP 終了後に自走していく姿が描けることを、SIP における達成目標とする。

③ ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針

3 年度終了時期。判断するポイントは、以下の通り。

- プラットフォーム間連携の運営面での目処が立っていること。
- 安定的な収益を得るための仕組みと公的セクターの役割について事業面の設計ができていること。
- 収益配分、デジタル資産の取り扱いなどのルールが検討され制度面の設計ができていること。
- 事業化人材（プラットフォーム運営人材及び起業家人材）の定義ができ、育成対象の人材が確保できていること。

④ SIP 後の事業戦略（エグジット戦略）

SIP 期間中に整備したプラットフォーム間連携ルール、事業設計、制度に基づいて、育成した事業化人材を活用しながら持続的に運営し、ユニコーン等の新事業創出のためにスタートアップ等の支援を実施する。特に、SIP で支援したスタートアップに対しては開発したツール資産を適切な対価で提供することとし、将来収益化の基礎とする。これらを初期の基礎基盤として、支援数の増加、マテリアル分野の拡大を順次行い、最終的には、マテリアルユニコーン等の新事業を創出するには当該育成基盤を活用するのが最も近道であるという世界的な認知・評判を獲得することで、エコシステムを確立していく。

【サブ課題 B: データ基盤の連携技術の確立】

① 背景と概要

本 SIP 課題のミッションにおいて、ユニコーン化するまでの技術面と事業面の支援を如何に系統的に実施していくかが重要であり、特に技術面ではデータ駆動型のアプローチを徹底活用してスケールアップ技術を迅速に確立することが焦眉の急と言える。データ駆動型アプローチの徹底活用に関しては、これまでに政府投資によって、MIInt/CoSMIC（内閣府・第 1 期/第 2 期 SIP）、マテリアル DX

プラットフォーム（文部科学省・NIMS 他）、AIST Materials Gate DPF（NEDO・AIST 他）、マテリアル・プロセスイノベーションプラットフォーム（経済産業省・AIST）などのプラットフォーム群が整いつつある。

これらすでに存在するプラットフォーム群を連携させながら、アカデミアの研究力を有効活用していく仕組みを整えていくことで、マテリアルユニコーンの育成基盤を構築することが可能な状況にある。

② 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

我が国のフィジカル・サイバーの研究開発基盤（プラットフォーム群）が有機的に接続されたマテリアルユニコーン育成基盤における、特にデータ基盤の連携にかかる技術確立。その上で、サブ課題 A 及びサブ課題 C と連携し、新事業が次々に生まれるプラットフォームとしての確立を目指す。

SIP 期間中に、中核プラットフォーム拠点を定め、当該育成基盤が備えるべき技術の整備を進めながら、スタートアップ創出・育成にプラットフォーム群を活用した事例創出を支援しながら、将来収益化が見込める技術資産の積み上げを図る。これによって、サブ課題 A と連携して SIP 終了後に自走していく姿が描けることを、SIP における達成目標とする。

③ ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針

3 年度終了時期。判断するポイントは、以下の通り。尚、本サブ課題はサブ課題 A と連動して評価されるものであり、参考までにサブ課題 A の判断ポイントも併記する。

- 中核プラットフォームが特定され、プラットフォーム間連携の技術面の目処が立っていること。
- 日本国内のマテリアルデータ資産が特定され、ネットワーク化に向けた目処が立っていること。
- データ連携にかかるエンジニアリング人材（プラットフォームコーディネータ人材など）の候補となる人材が確保できていること。

④ SIP 後の事業戦略（エグジット戦略）

SIP 期間中に整備したプラットフォーム間連携技術を用いて、データ連携エンジニアリング人材が適切なコーディネーションをしながら、ユニコーン等の新事業創出のためにスタートアップ等の支援を実施する。SIP の事例によりプラットフォームとしての収益化モデルに必要な技術的資産を蓄積し、サブ課題 A で育成した事業化人材を活用しながら、持続的、かつ、自立的に運営できるようにすることで、エコシステムの核となることを目指す。

【サブ課題 C: マテリアルユニコーン予備軍の創出】

① 背景と概要

サブ課題 A/B ではマテリアルユニコーンを産むためのプラットフォーム構築により、エコシステム形成の基礎を築いていくというものであった。本サブ課題 C は、マテリアルユニコーン育成基盤というプラットフォームを、実際のユニコーンとなり得るテーマを育成する事でロールモデルとし、当該

プラットフォームの構築に繋げようというものである。

② 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

我が国において、マテリアルユニコーン育成基盤がサブ課題 A で構築されるとともに、我が国マテリアル産業の GDP を将来大きく底上げするような、マクロトレンドを意識した社会課題解決につながる Big Theme（ボトルネック課題）に取り組むマテリアルユニコーン予備軍を複数創出する。そして、当該育成基盤から産まれた複数のスタートアップが 2040 年に時価総額 1 兆円を超えるデカコーンとなる事を目指す。

SIP 期間中にインキュベーションを行い、高い企業価値評価で資金調達できるようなレベルまでに一気に引き上げる。ここで当該育成基盤を大きく活用し、各テーマの想定ビジネスモデルに基づく用途特化型モジュールを開発させ、これによって圧倒的な優位性を構築出来るようにする。

これによって、SIP 終了後に各テーマが起業して 1 年以内に 10 億円以上の資金調達を実現させ、自走していく姿が描けること、さらに当該育成基盤の効果により事業が加速し、さらに当該育成基盤に収益が見込めるまでに昇華させることでエコシステムとしての基礎を構築することを、SIP における達成目標とする。

③ ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針

3 年度終了時期。以降、同様の指標にて毎年行う。判断するポイントは、以下の通り。

- 初年度支援案件の起業準備及び、1 年以内の SIP 支援期間と同等以上（10 億円を目安）の資金調達に向けた具体的な計画と、ユニコーンに至るまでのエクイティストーリー³⁶が構築されていること。
- 第 2 年度支援案件の起業に向けた目途が立っていること。

④ SIP 後の事業戦略（エグジット戦略）

SIP 期間中に整備したプラットフォーム間連携技術、事業設計、制度に基づいて、継続的にスタートアップを支援することで、運営収入を得ると共にスタートアップの企業価値向上とデータ基盤としての価値向上に繋げる。さらに、積極的な支援を行うことで、スタートアップの株式市場への上場などにより、大きな収益を得、これを原資に自立したエコシステムとなることを目指す。

5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル

(1)ロードマップ

前項で述べた通り、本 SIP 課題における取り組みは「フェーズ 1：エコシステムの基礎構築」である。このフェーズ 1 の確立に向けた本 SIP 取り組み期間中のロードマップを図 II-23 に示す。

³⁶ コーポレートストーリーとも呼ばれ、広義には、会社の投資魅力を投資家に対して、分かりやすく整理して伝える対外説明、狭義には狭義には、第三者割当て増資などによる株式等での資金調達を実施する際に、その後の資金使途や事業戦略、成長シナリオなどを投資家に説明するものをいう。ここでは特にユニコーンとなるまで、そしてユニコーンになった以降の事業戦略を踏まえた株式等による資金調達を指す。

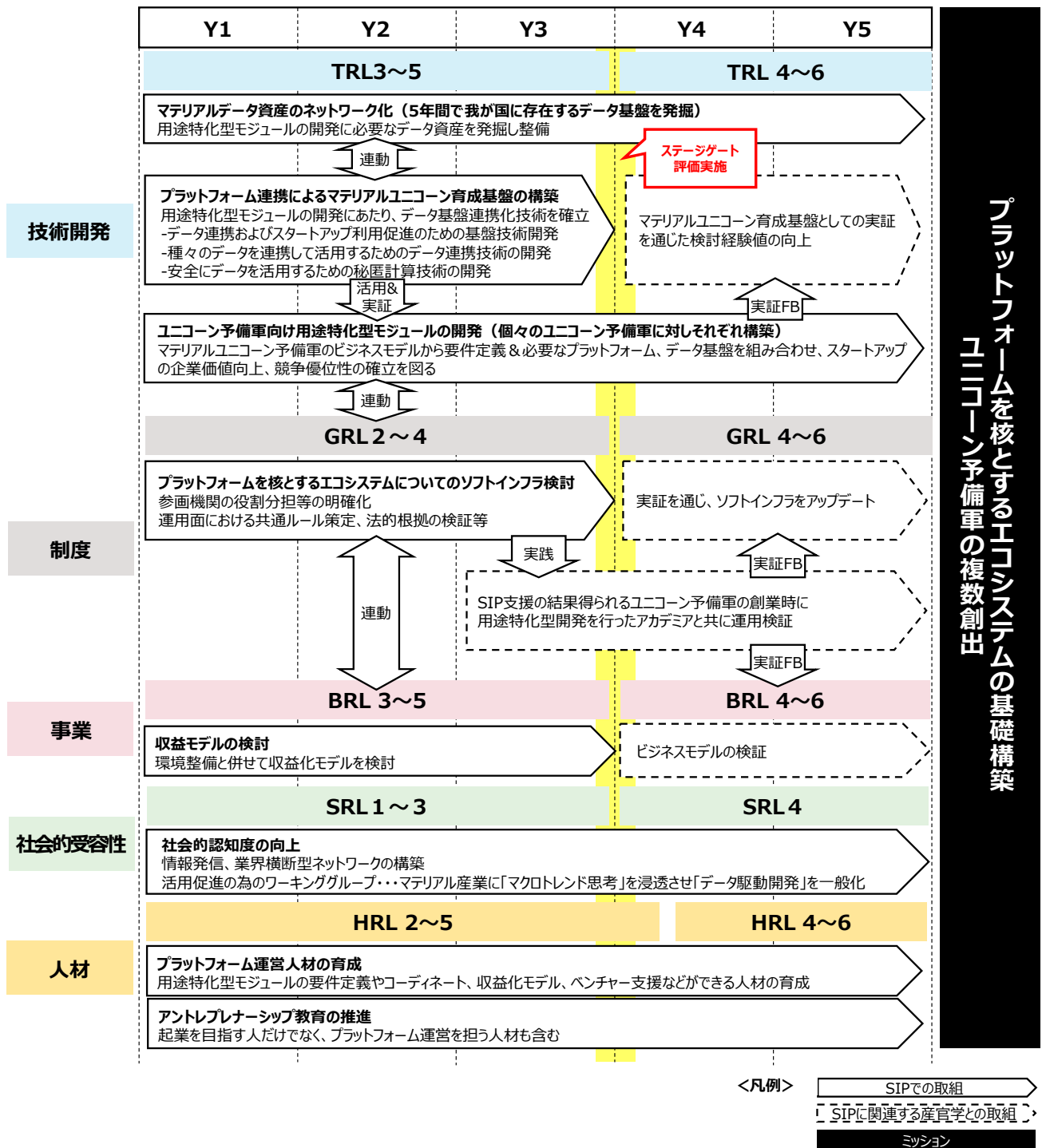


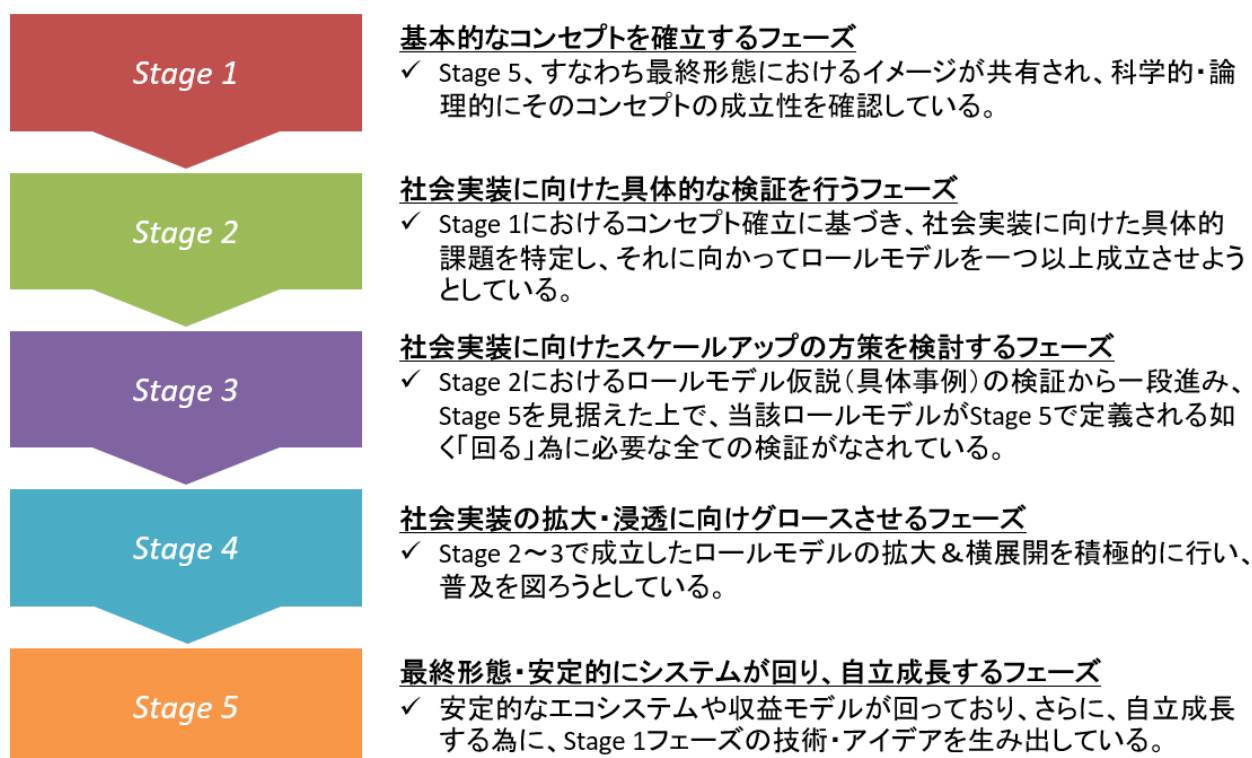
図 II-23 SIP 取り組み期間におけるロードマップ

(2) 本課題における成熟度レベルの整理

(共通指標たる「ステージ」の概念の定義)

本 SIP 課題の特徴はマテリアルユニコーン育成基盤というプラットフォームの構築と社会実装という観点（サブ課題 A・B）の他、このプラットフォームから実例としてユニコーン予備軍を創出し、

当該ユニコーン予備軍の実際の育成と成功を導く事でロールモデルとし、事例ドリブンでエコシステムを形成しようという観点（サブ課題 C）も有する。この為、プラットフォームとしての社会実装レベルと、個別のユニコーン予備軍の社会実装レベルに差が出てくる。また双方、5つの視点での「総合知」的アプローチが必要であり、5つの視点の Readiness Level も複合的に繋がってくる。そこで、理解をしやすくする為、マテリアル産業で比較的一般的に用いられている5ステージでの成熟度の概念を定義し、これを共通の指標として用いることとした（図Ⅱ-24）。



図Ⅱ-24 5ステージによる共通成熟度

このステージの考え方に基けば、①マテリアルユニコーン育成基盤については、基本的なデータ基盤の構築や、その活用方法、有効性については既に認められており、ステージでいえば Stage1 を既に過ぎ、Stage2 に入っている状態と考えられる。一方、社会実装に向けた取り組みとしては SIP の5年間で Stage3 までを完遂させるべきであり、Stage2～3 が SIP の取り組みステージとなろうかと考えられる（図Ⅱ-20 のフェーズ 1 にあたる）。他方、②ユニコーン予備軍の創出においては創業期から比較的アーリーフェーズのテーマが想定され、基礎的なサイエンス・原理原則が明らかになった Stage1 から Stage2 に入る直前のステージから今後スケールアップを想定する Stage2 が対象となると考えられる。ターゲット市場を定義し、そこに向けたボトルネック課題を解決する唯一解を見つけ、ビジネスモデルのイメージを固めようとするというフェーズであろう。このマテリアルユニコーン育成基盤の構築とユニコーン予備軍創出の関係を図Ⅱ-25 に示す。

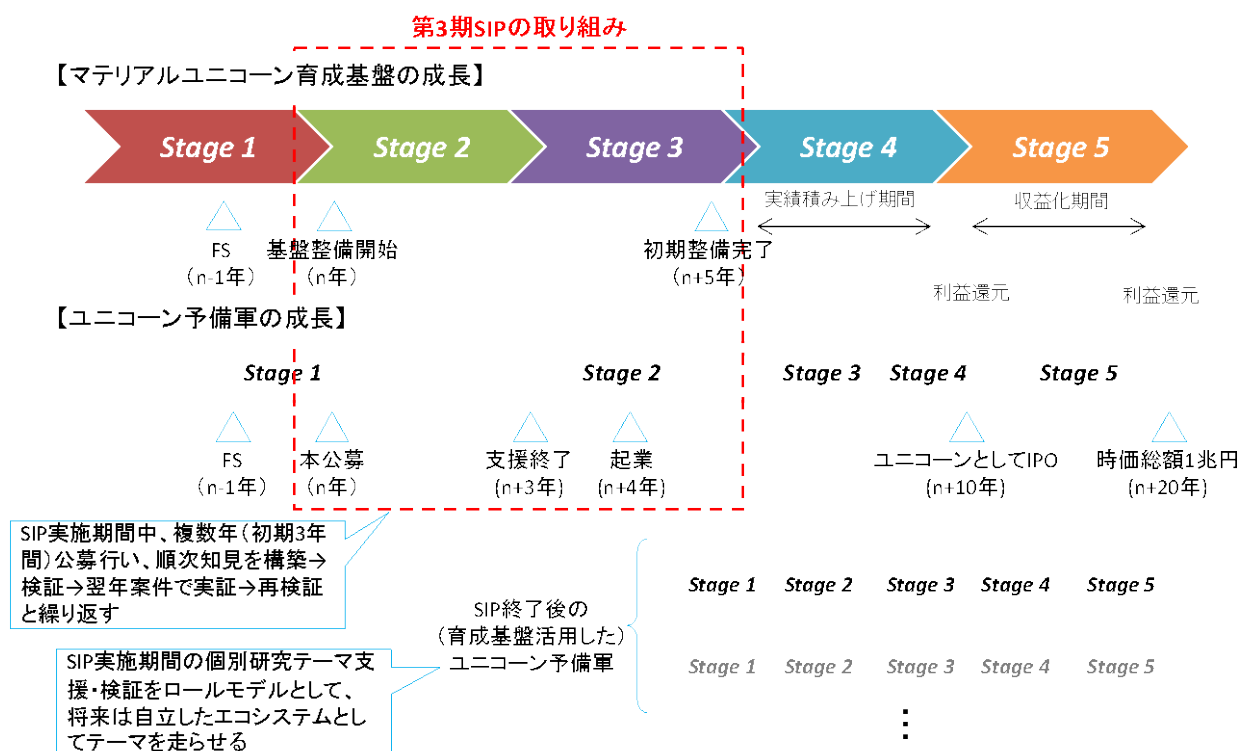


図 II-25 マテリアルユニコーン育成基盤とユニコーン予備軍の成長のステージ関係

以上を踏まえた上で、サブ課題 A/B、サブ課題 C それぞれについて、ゴールと 5 つの視点に基づいた成熟度レベルについて、次以降で定義する。

(サブ課題 A/B: マテリアルユニコーン育成基盤の成熟度モデル)

成熟度評価の観点でゴールイメージの共有が重要であり、その状態について 5 つの視点で出来るだけ具体的なイメージを定義した。次いで、このイメージから 5 つの視点それぞれ、ゴールから逆算する形で、先述のステージごとに状態定義し、これを **Readiness Level** モデルに適用し、成熟度を整理した (図 II-26)。この成熟度の流れこそが、それぞれの視点における成長シナリオになると考えられる。

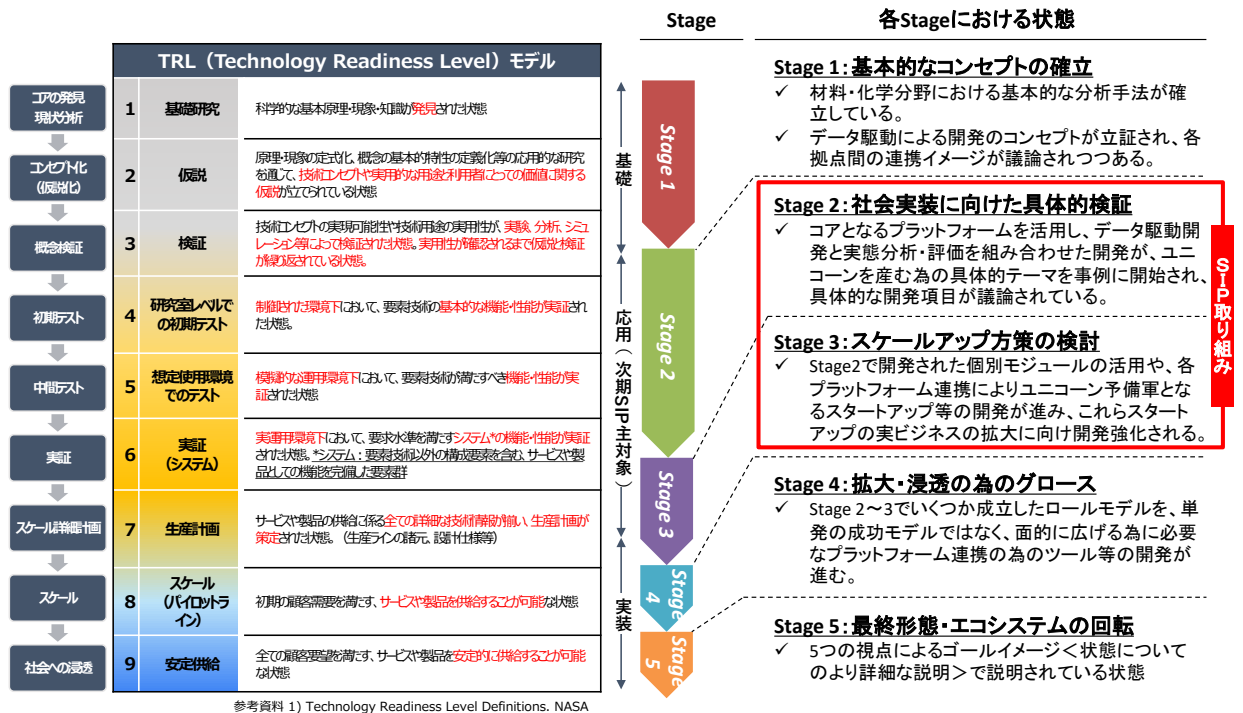


図 II -26(1) Readiness Level モデルに基づくレベル・ステージ整理：TRL

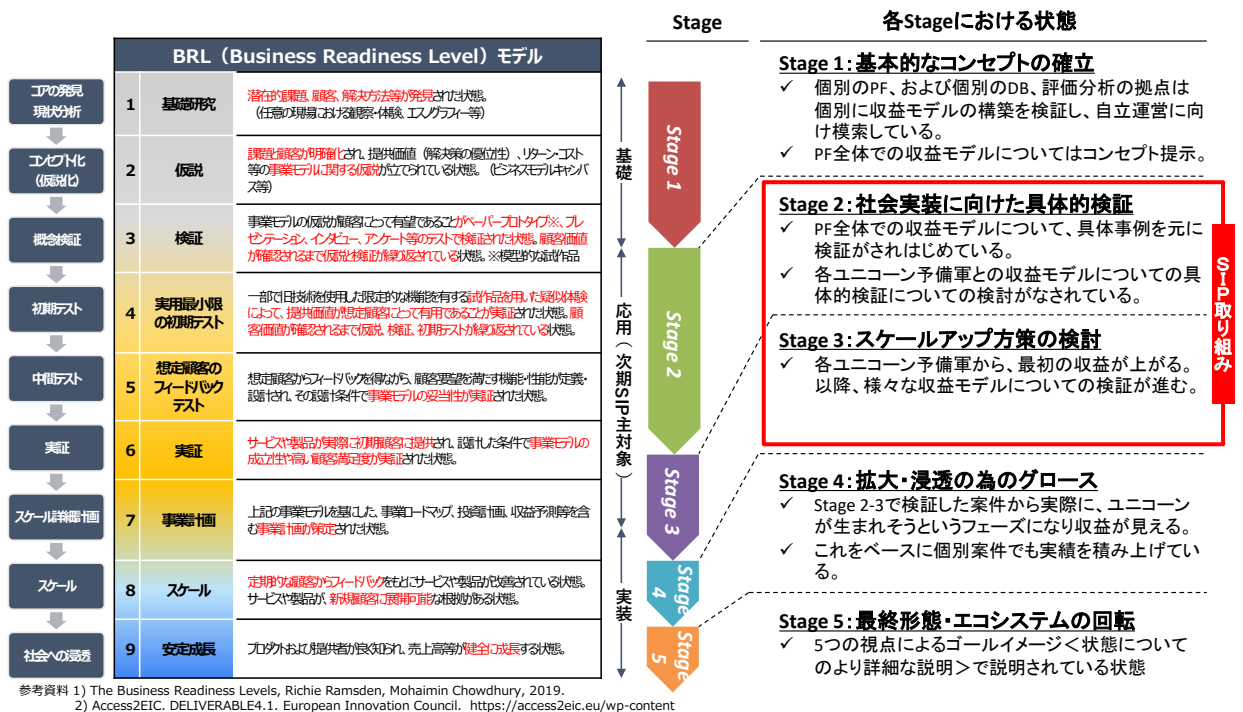


図 II -26(2) Readiness Level モデルに基づくレベル・ステージ整理：BRL

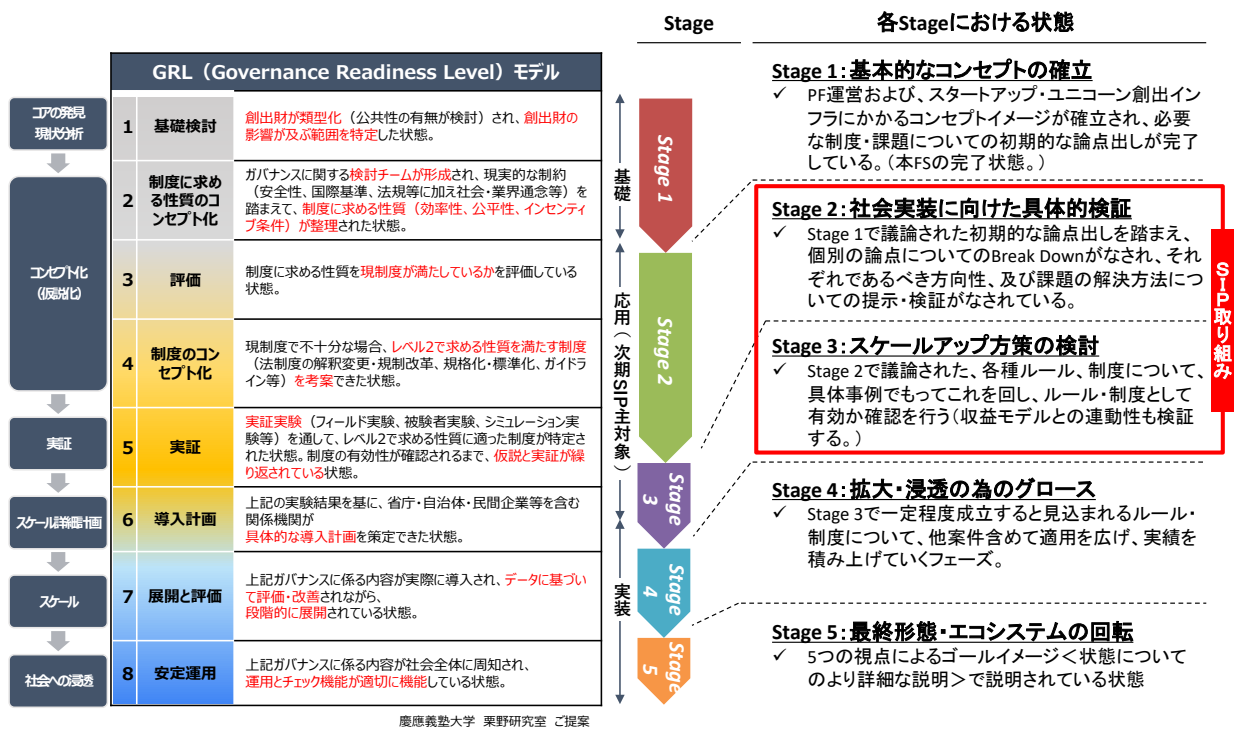


図 II -26(3) Readiness Level モデルに基づくレベル・ステージ整理：GRL

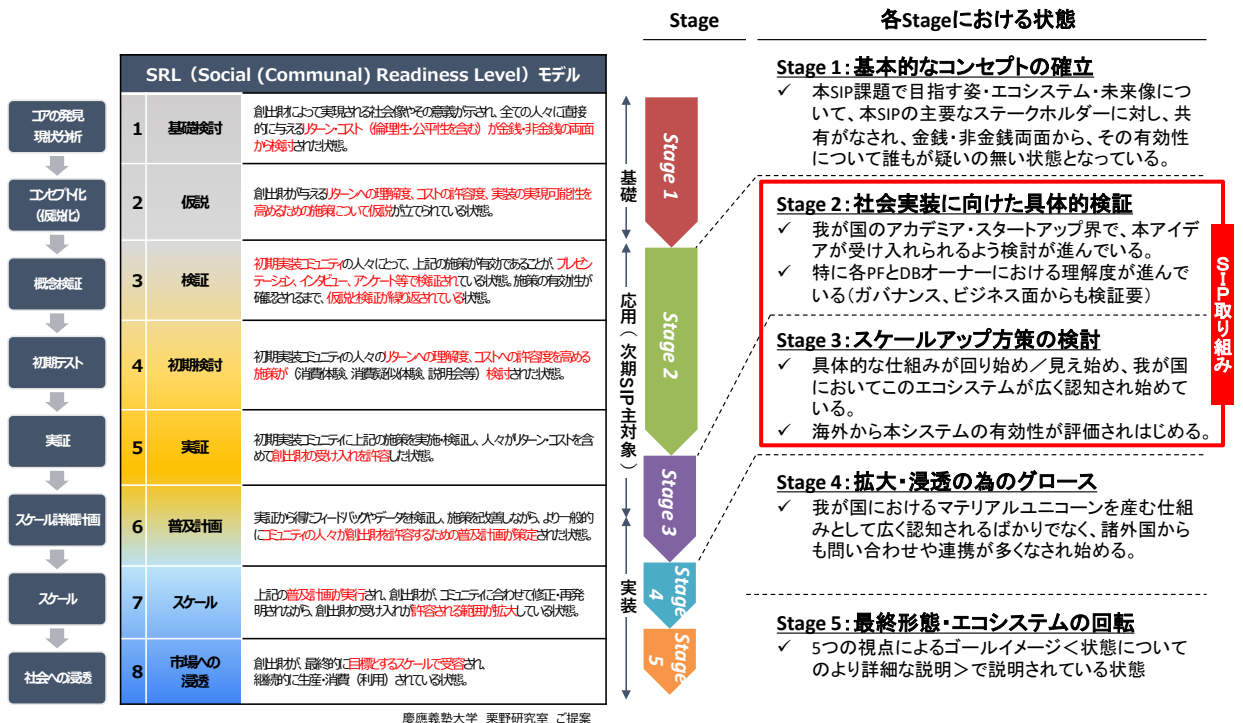


図 II -26(4) Readiness Level モデルに基づくレベル・ステージ整理：SRL

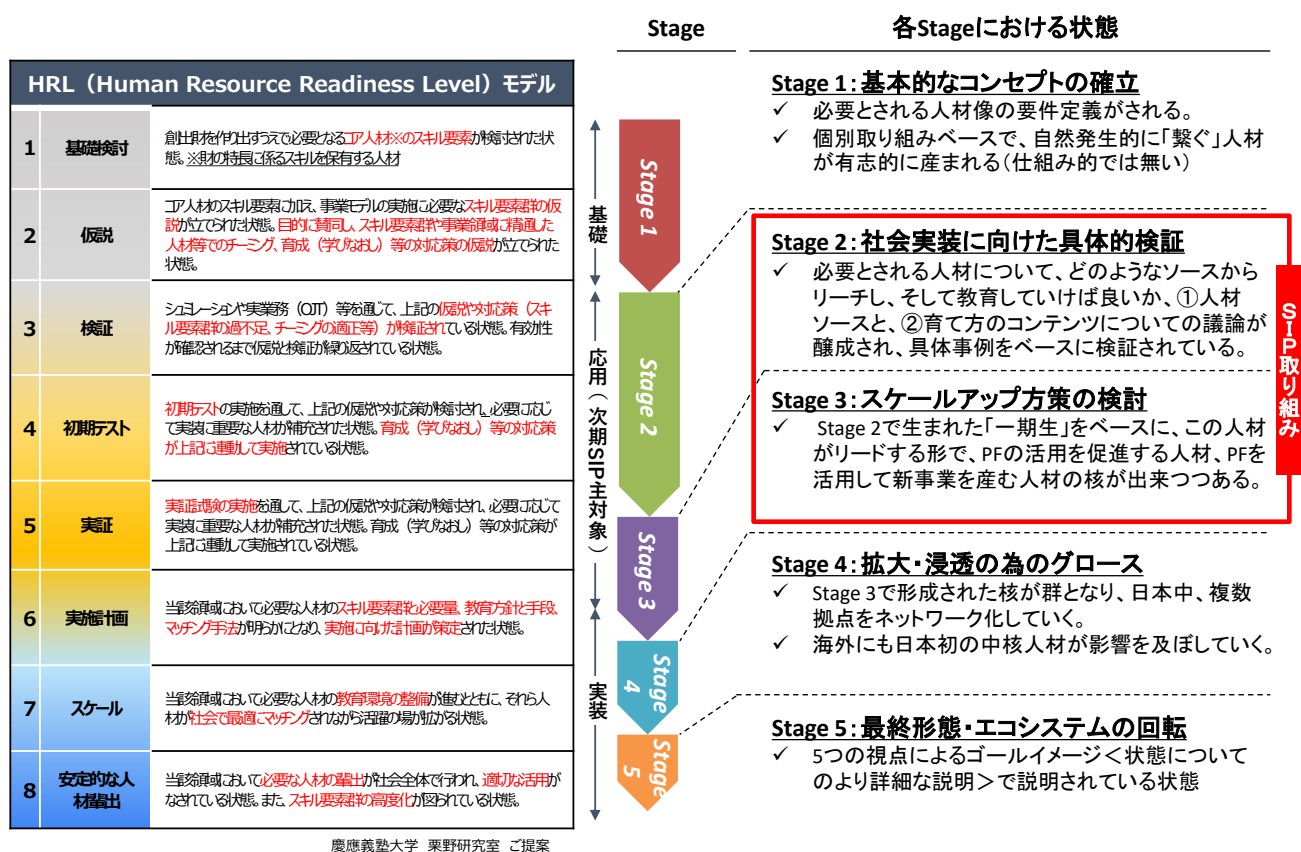


図 II -26(5) Readiness Level モデルに基づくレベル・ステージ整理：HRL

(サブ課題 C: マテリアルユニコーン予備軍の創出におけるステージ定義)

サブ課題 C は謂わば個別のマテリアル産業における新事業創出であり、マテリアル産業における一般的な指標が適用出来る。図 II -27 はマテリアル産業における事業成長のイメージを示したもので、船を会社・事業に例え、水を事業をドライブするのに必要な資金に例えている。各ステージの意味合いについては図 II -28 に示す。マテリアル産業は、Stage2 と Stage3 に 2 回死の谷があることが特徴³⁷で、この部分を乗り越えるだけで数 10 億円の資金がかかる事が一般的である。その後も量産を伴うようなビジネスの場合、100 億円単位で資金が必要となってくる。但し、ここでいう Stage4 以降は比較的顧客が確定し、キャッシュフローも見えてくるので資金量の勝負となり、このステージにさえ行けば寧ろ大企業が興味を持つケースも多い。問題はこの前の Stage2~3 であり、顧客も確定しておらず、マテリアル産業に特有のスケールアップの課題、さらにそのスケールアップの最中にビジネスモデルも検討しなければならない、という観点でハードルが極めて高い。この為、大企業でもリスク取る事ができず、これが昨今、マテリアル産業で新事業が創出されない一因となっている。一方で、価値が最も向上するのもこのステージであり、この空白こそ、マテリアル分野のスタートアップが目指すべきステージである。

³⁷ Stage2 では川上産業の場合、用途探索で時間がかかり、この探索の為に試作評価等で時間をロスする傾向が強い。Stage1 の段階で一定程度の想定市場・顧客についての「あたり」をつけるべきである。Stage3 では生産技術開発で開発要素が一気に広がり、パイロットプラントなどの建設に加え、このパイロットプラントをオペレーションする為の資金が多額にかかる。この Stage3 の死の谷を乗り越えられないケースが多く、Stage1~2 の段階から Stage3 を見据えた開発を進めるべきであり、ここにデータ駆動開発の余地は大きい。

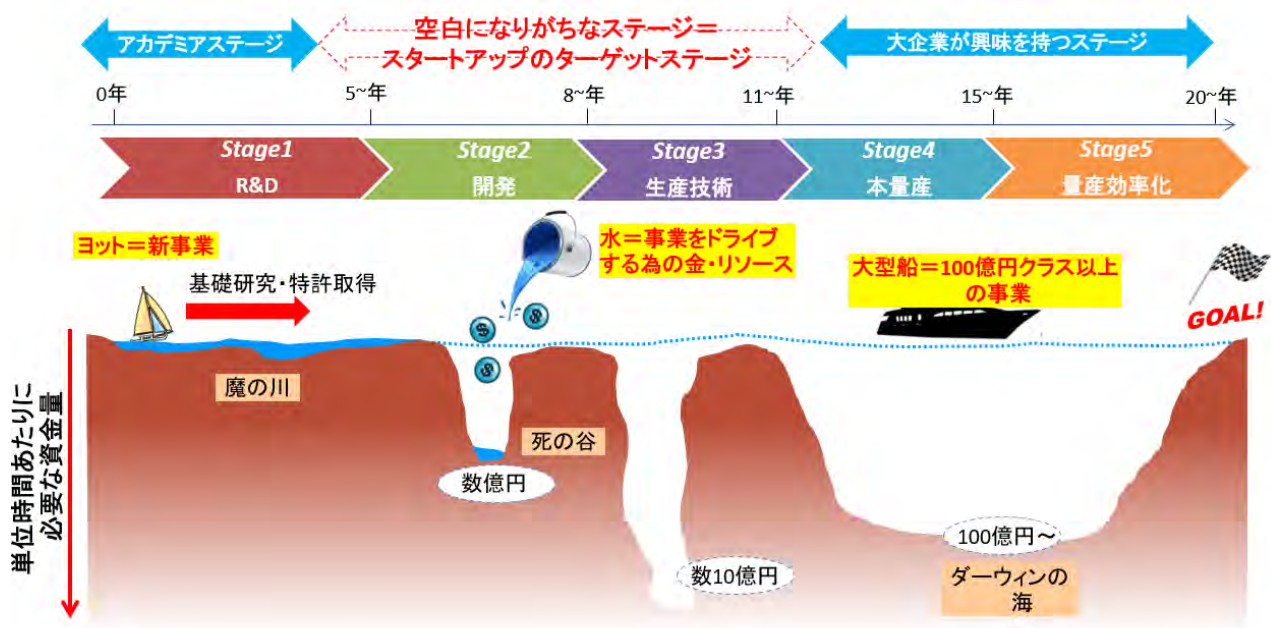
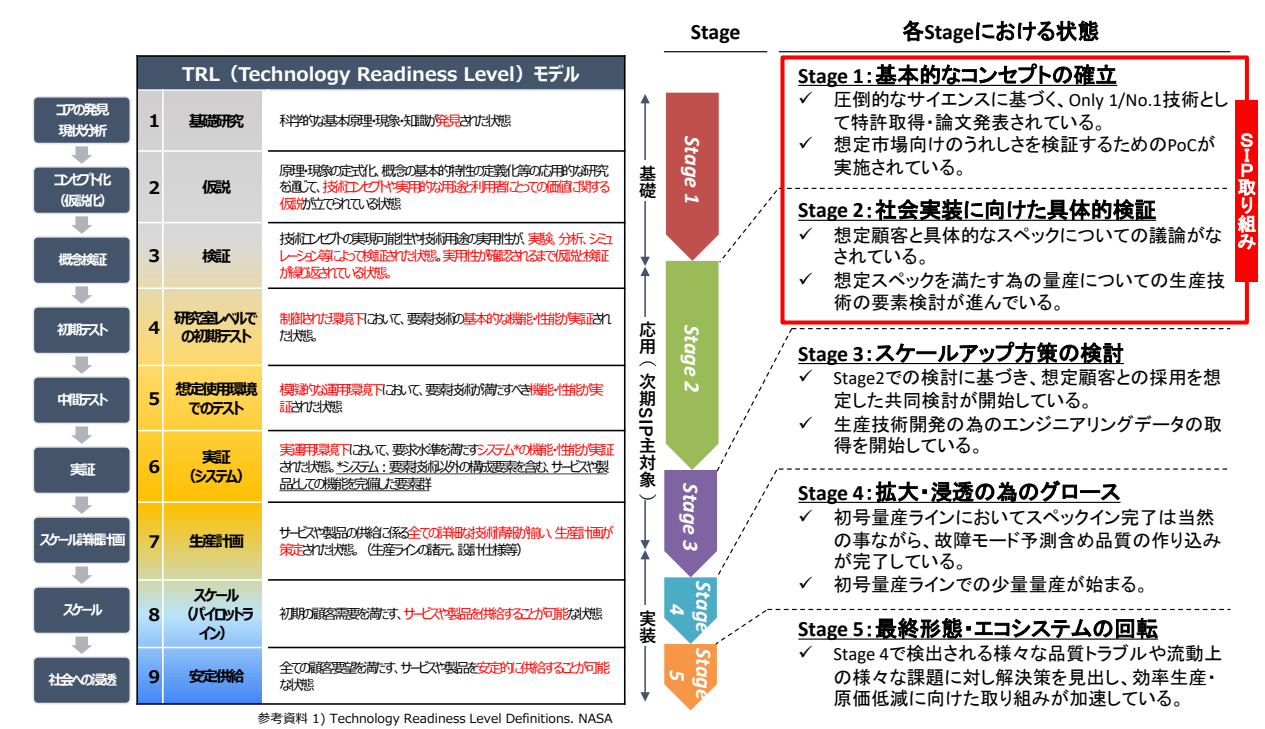


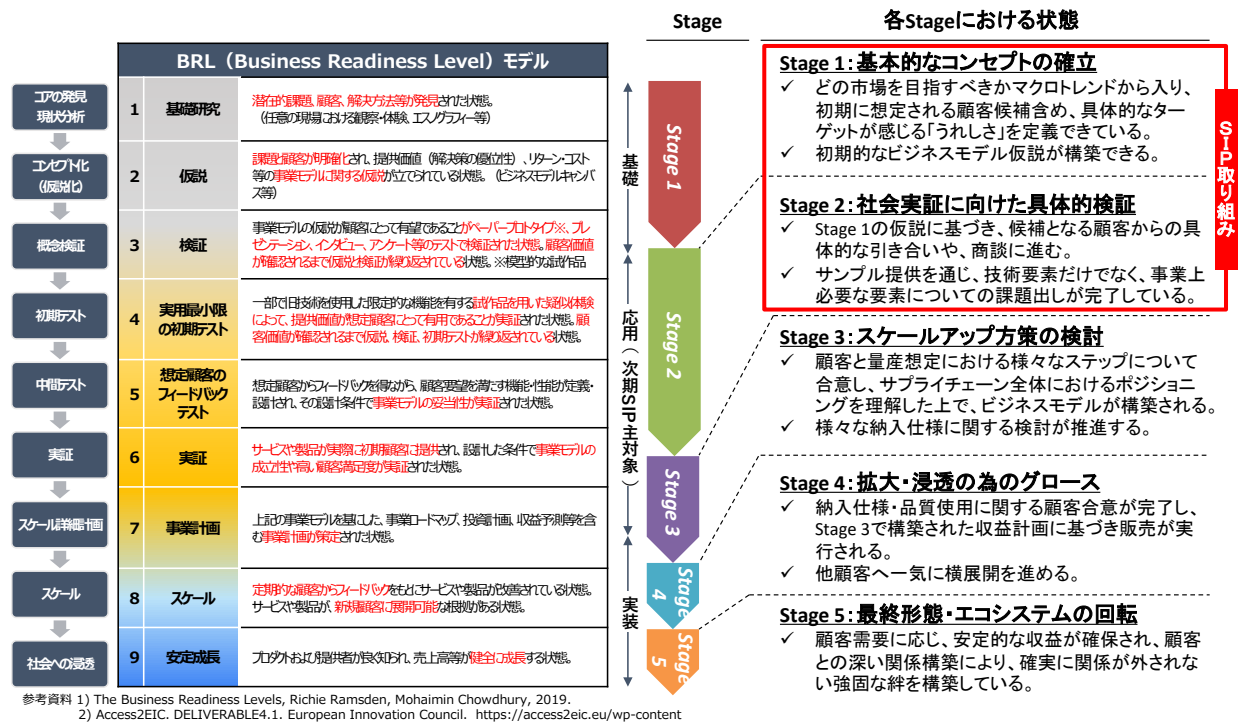
図 II-27 マテリアル産業におけるステージとマテリアルスタートアップの位置付け

ステージ共通指標		マテリアル産業の新事業創出における解釈	
Stage 1	基本的なコンセプトを確立するフェーズ ✓ Stage 5、すなわち最終形態におけるイメージが共有され、科学的・論理的にそのコンセプトの成立性を確認している。	→	科学的な理論の確立・PoCの完了 ✓ 原理原則が同定され、基本特許を取得 ✓ 想定市場に対するうれしさを確認 ✓ 初期的な事業シナリオの確立
Stage 2	社会実装に向けた具体的な検証を行うフェーズ ✓ Stage 1におけるコンセプト確立に基づき、社会実装に向けた具体的課題を特定し、それに向かってロールモデルを一つ以上成立させようとしている。	→	想定市場・顧客に向けた具体検討 ✓ Stage 1で想定した市場の具体顧客獲得 ✓ 想定顧客に向けた開発&スペックイン
Stage 3	社会実装に向けたスケールアップの方策を検討するフェーズ ✓ Stage 2におけるロールモデル仮説(具体事例)の検証から一段進み、Stage 5を見据えた上で、当該ロールモデルがStage 5で定義される如く「回る」為に必要な全ての検証がなされている。	→	量産の為に生産技術とビジネスモデルの確立 ✓ 量産の為に生産技術の確立 ✓ 検証する生産技術に応じたコストに基づく、ビジネスモデル&サプライチェーンの検討
Stage 4	社会実装の拡大・浸透に向けグロースさせるフェーズ ✓ Stage 2〜3で成立したロールモデルの拡大&横展開を積極的に行い、普及を図ろうとしている。	→	初号ラインからのL/O&キャッシュフロー黒字化 ✓ 初号量産ラインからの製品L/O ✓ はじめて単年ベースでキャッシュフローが黒字化・・・グロース期に突入
Stage 5	最終形態・安定的にシステムが回り、自立成長するフェーズ ✓ 安定的なエコシステムや収益モデルが回っており、さらに、自立成長する為に、Stage 1フェーズの技術・アイデアを生み出している。	→	安定拡大再生産フェーズ ✓ 一定程度の資本力をもって拡大再生産 ✓ さらに新しい事業の柱を検討し始める時期

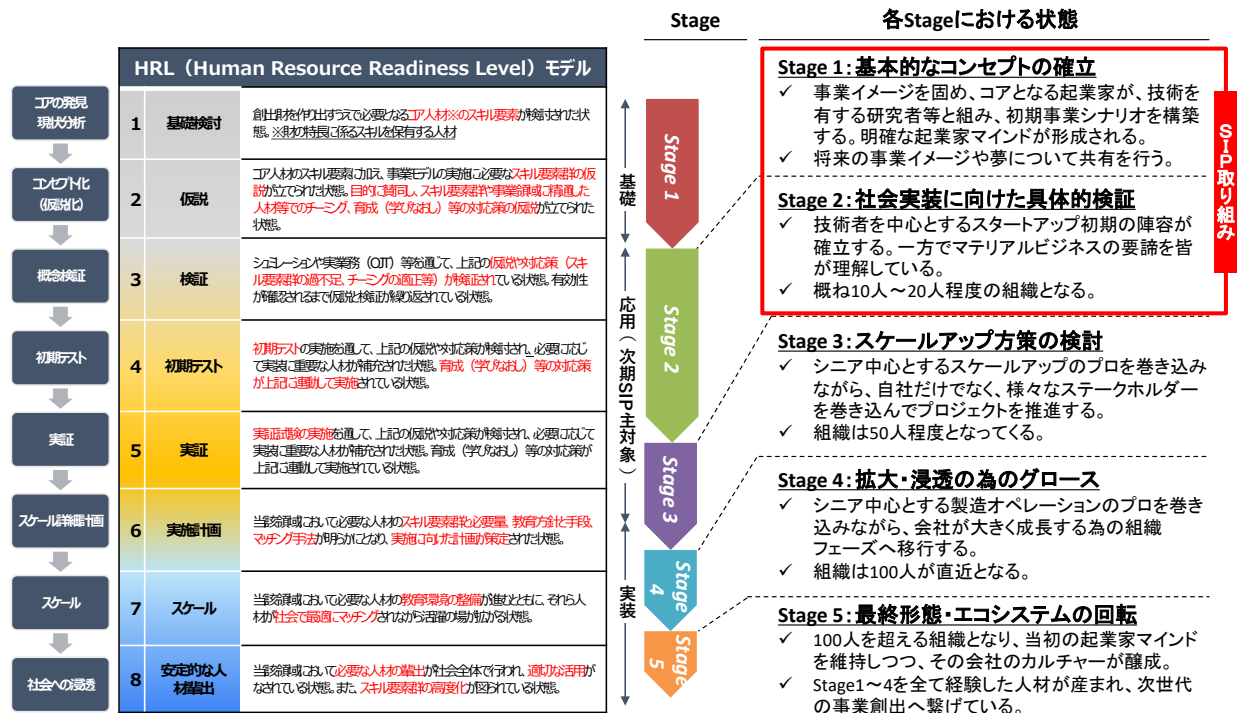
図 II-28 マテリアル産業におけるステージの解釈（共通指標との関係性）

川上産業であるマテリアル産業の個別の新事業創出テーマは必ずしも社会制度が鍵となる案件とは限らない（そのような案件は少数派であり、あったとしてもビジネスモデルの中では、どちらかというビジネスの軸で評価される話・・・ただでさえ長い時間がかかるマテリアルの新事業で、社会制度の変革が必要条件になるような事業は積極的に期待すべきでは無い）。一方、マテリアル産業における新事業創出の考え方（特に「マクロトレンド視点」「デジタル基盤活用」）の浸透は必須であり、技術開発、事業開発及びこれを回す為の人材育成は成熟度評価の軸として論じられるべきである。よって、サブ課題 C においてはTRL、BRL、HRL の3つの視点を導入し、ユニコーン予備軍の育成度評価を行うことにした。図Ⅱ-28のステージをReadiness Levelモデルに適用した指標を図Ⅱ-29に示す。





参考資料 1) The Business Readiness Levels, Richie Ramsden, Mohaimin Chowdhury, 2019.
2) Access2EIC. DELIVERABLE4.1. European Innovation Council. <https://access2eic.eu/wp-content>



慶應義塾大学 東野研究室 ご提案

6. 対外的発信・国際的発信と連携

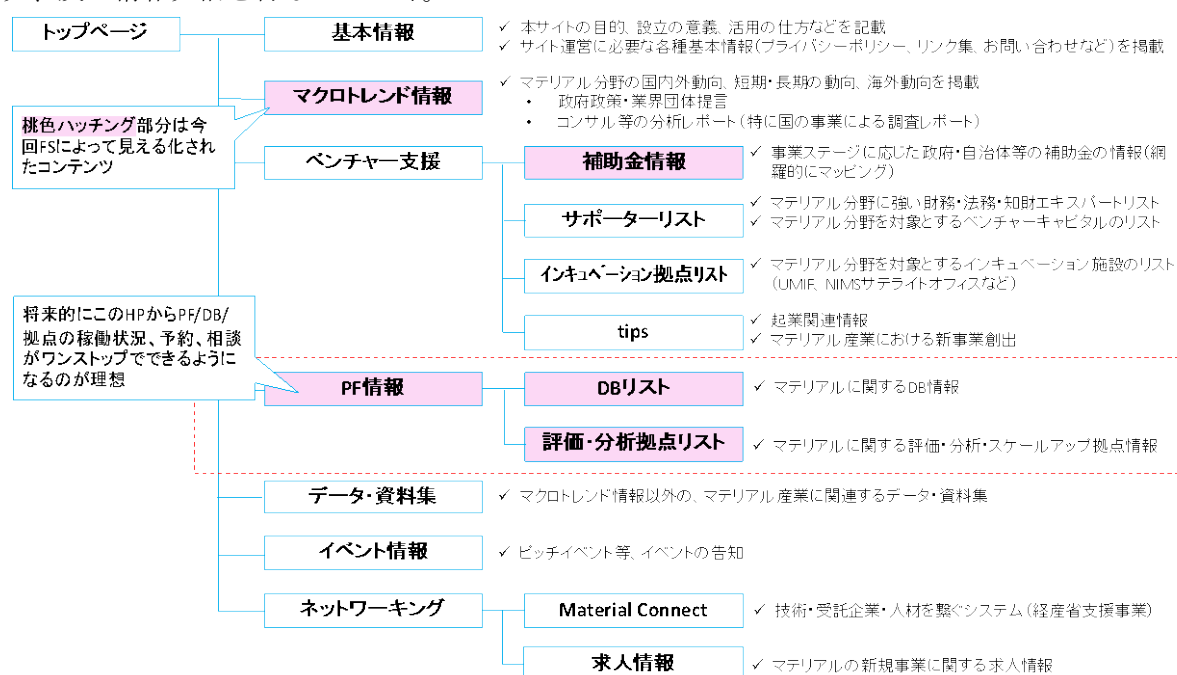
SIP の取り組みは、技術開発にとどまらず、5つの視点に基づいた総合知を活用することにより社会変革を起こすことが重要である。特に本 SIP 課題の場合、エコシステムの形成である為、社会的受容性の観点でマテリアル産業のみならず、幅広い層への認知活動が肝要である。そこで、以下の取り組みを実施することを想定している。

（幅広い業界ネットワークの構築）

今回の本 SIP 課題はエコシステムを構築するという壮大な計画であり、多くの産業、ステークホルダーの協力が必須である。特にスタートアップエコシステムを今回のプラットフォームに組み込む必要があり、ベンチャーキャピタルなどの既往のスタートアップエコシステムの住人や、その周辺産業の人々との連携を図る必要がある。本 SIP 課題取り組みの初期から、国内外問わず、これらの産業と連携を強化する。

（マテリアル産業向け啓発&情報発信活動）

今回、本 SIP 課題で提起した取り組み仮説である「マクロトレンド・社会課題解決を意識した Big Theme（ボトルネック課題への挑戦）」及び「データ駆動型開発」をマテリアル産業界に対し、新規の事業立ち上げにおける標準的な概念として、広く認知、普及させる必要がある。業界の意識を高める為、本 SIP 課題で取り組むミッション、ゴールイメージの共有も然りである。特に、データ駆動型開発は、これまでの国主導の開発成果には目覚ましいものがあるが、一般的に知られていない事も課題である。また、今回フィージビリティスタディで明らかになったデータ基盤の拠点や、起業にあたっての情報など、情報としてまとまっていないものが多く、これは積極的に対外発表を進める。図Ⅱ-30に示すような情報発信ホームページ（まとめサイト）の公開のほか、様々な機会での講演などを通じ、啓発、及び情報発信を行なっていく。



図Ⅱ-30 フィージビリティスタディで検討中の「まとめサイト」のサイトマップイメージ

(PD・サブ PD による海外プラットフォーム視察とベンチマーキング)

これまでの調査により、欧米を中心とする海外のプラットフォームは比較的オープン領域におけるサイバーデータ創出に強みがある傾向であり、我が国として構築しようとするプラットフォームと方向性が異なる。このような海外プラットフォームとの連携の可能性も踏まえ、我が国がマテリアル分野で抜きん出た存在となる状態を維持する為にも PD、サブ PD が適宜海外プラットフォームを視察の上、ベンチマーキングを行う。

III. 研究開発計画

1. 研究開発に係る全体構成

PD、サブ PD のリーダーシップの下、下記の 3 つのサブ課題を設定する。サブ課題を構成する個別の研究開発テーマの内容は後段「3.個別の研究開発テーマ」で詳述する。

サブ課題 A: エコシステム形成の為のソフトインフラ整備

中核となるプラットフォームにユニコーン育成のための機能を付与する。この為のソフトインフラを整備する。下記 2 個別テーマで構成される。

- 個別テーマ(1): プラットフォームの円滑運用手法の検討・・・プラットフォームを核に、将来エコシステムを形成するにあたって必要な論点を整理した上で、運用ルール策定、収益化モデル、利益分配スキームの検討を行う。その上で、エコシステム形成に必要な事業化人材の要件定義を行い、その育成を実施する。
- 個別テーマ(2): プラットフォーム活用の為の情報発信・・・プラットフォームの活用を積極的に進める為、ワーキンググループを設置しアカデミア、産業界での周知を図っていく他、利活用を進める為の情報発信手段についての整備を行う。

サブ課題 B: データ基盤連携技術の確立

中核となるプラットフォームを通じ、日本国内のさまざまなデータ資産・基盤を有機的に連携していくことで、マテリアル分野において事業化を推進し、ユニコーン等を育成するための基盤の形成を目指す。下記 2 個別テーマで構成される。

- 個別テーマ(1): プラットフォーム連携のための基盤技術の構築・・・スタートアップ等の研究開発を加速し、マテリアル分野の事業化イノベーションを推進していくために、中核となるデータプラットフォームを選定し、日本国内の種々のデータ資産を連携・活用させるために必要な基盤技術の開発と当該データ連携に係るエンジニアリング人材の育成を実施する。
- 個別テーマ(2): 我が国マテリアルデータ資産のネットワーク化・・・これまでの公的資金プロジェクト等によって大学・国研に蓄積されたマテリアルデータを再利用できる形で収集するとともに、継続的なマテリアルデータベースの蓄積に向けた仕組みを確立する。

サブ課題 C: マテリアルユニコーン予備軍の創出

マテリアルユニコーン育成基盤の構築と共に、本基盤から生まれるロールモデルたるスタートアップ予備軍を創出し、マテリアル産業の GDP 押し上げに繋げる。下記 2 個別テーマで構成される。

- 個別テーマ(1): マテリアルユニコーン予備軍創出支援・・・マテリアル産業が目指すべきマクロトレンドにかかるボトルネック課題に取り組む、データ基盤により飛躍的な成長が見込めるスタートアップ候補或いは創業間もないスタートアップについて、3 年の支援期間により開発ステージ 2 相当までの引き上げを行う。この引き上げの過程で、プラットフォームであるマテリアルユニコーン育成基盤と連携し、支援するスタートアップが活用する用途特化型モジュールの開発も併せて行う。
(用途特化型モジュール及びプラットフォームであるマテリアルユニコーン育成基盤との関係は

図Ⅱ-25を参照。)

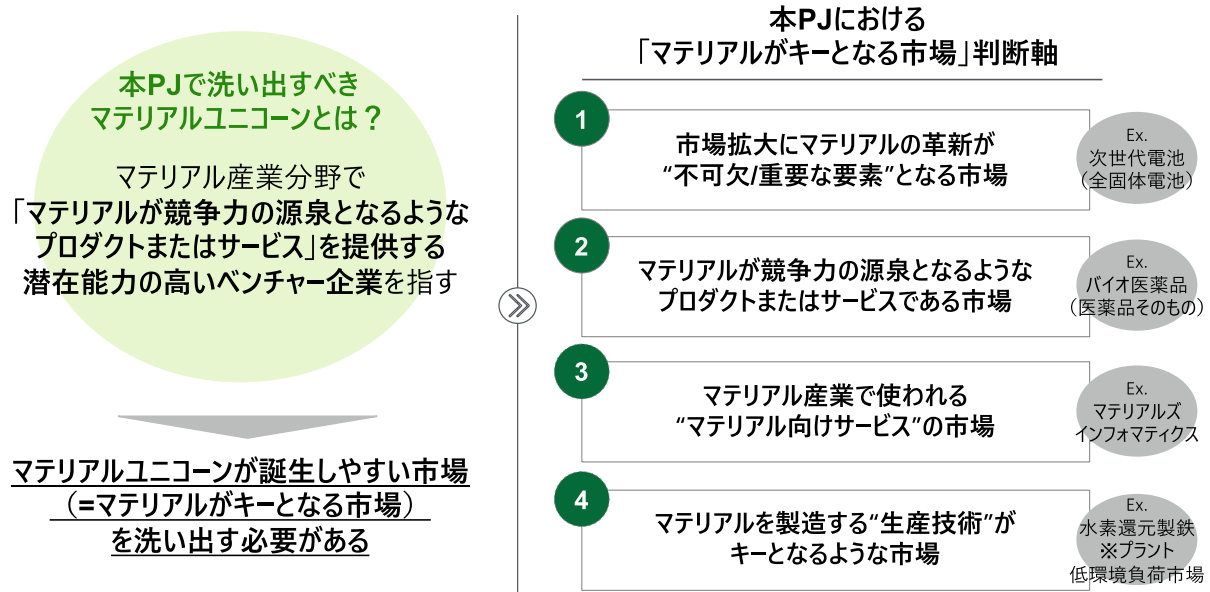
- 個別テーマ(2): テーマメンタリング・・・個別テーマの創出にあたり、効果的な事業シナリオ・研究開発計画立案の為の支援を行う。

尚、本サブ課題の研究開発にあたり重要となるマクロトレンド、テーマメンタリング、及び用途特化型モジュールの考え方について下述の通り述べる。

(マテリアル産業が目指すべきマクロトレンドの考え方)

マクロトレンドからマテリアル産業の未来を予測する上で、人口動態や気温動向などの一定程度確定している未来と、変動要素として政治や宗教、技術イノベーションのボトムアップで想定される未来を組み合わせ、2040年にトレンドとなっていると想像される市場をまず特定した。次いでマテリアルに関連する市場(図Ⅲ-1)を定義し、さらにユニコーンが創出されうる市場規模として2,000億円を閾値として絞り込みを行った。結果、2040年にトレンドとなっていると想像される100の市場のうち、49市場をマテリアルに関連する市場として抽出し、さらに2,000億円の市場規模のある、技術的に蓋然性がある市場として38市場を絞り込んだ(図Ⅲ-2)³⁸

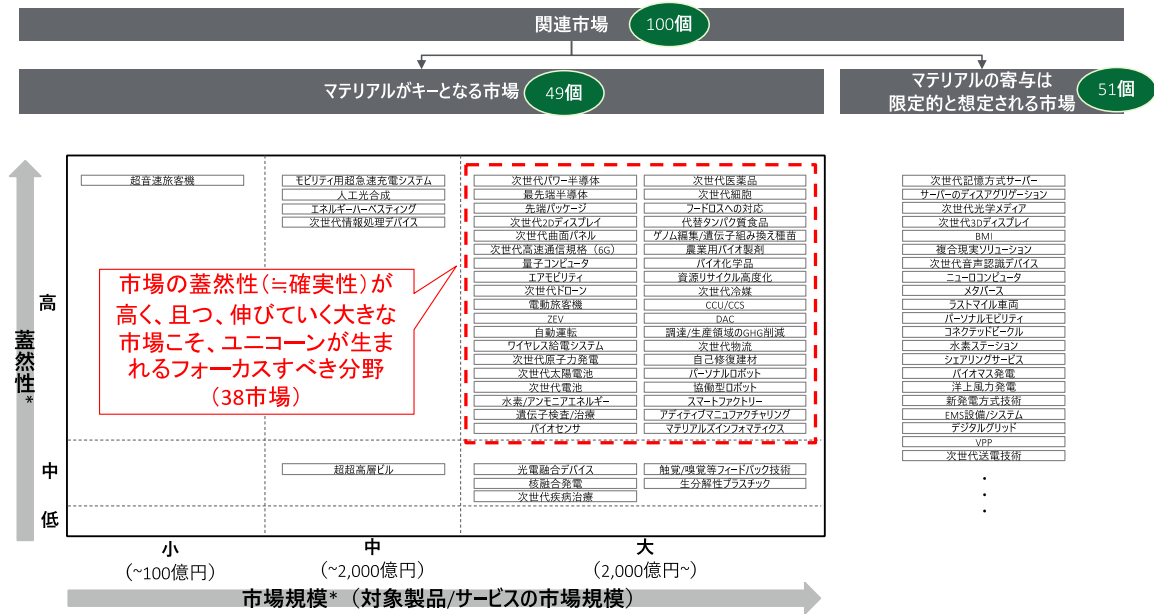
マテリアルユニコーンが生まれやすい“ターゲット市場”の判断軸



図Ⅲ-1 マテリアルがキーとなる市場の定義³⁸

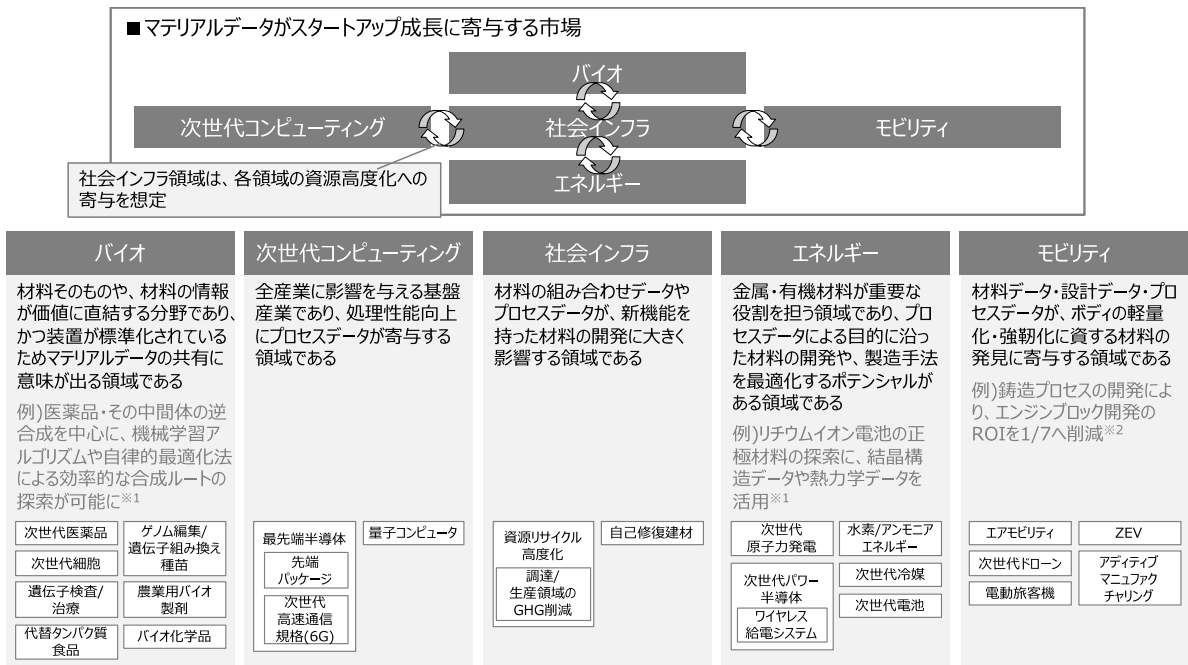
³⁸ デロイトトーマツコンサルティング株式会社によるSIP課題候補FSにおける調査より。

LV3(関連市場)の蓋然性/市場規模マッピング



図Ⅲ-2 マクロトレンドから想定されるマテリアル産業の注目市場³⁸

次いで、この 38 市場に対し、マテリアルデータやデータ基盤が研究開発の加速や費用削減、既存プロセス効率化に寄与すると想定される 5 領域 25 市場の抽出を行った (図Ⅲ-3)³⁹。この 25 市場は今後、データ基盤を活用した開発によりマテリアルユニコーンが創出されやすいと考えられ、この市場が抱える、或いは解決しようとする社会課題におけるボトルネック課題を本サブ課題で取り扱っていく。



※1 「材料創製技術を革新するプロセス科学基盤 ～プロセス・インフォマティクス～」国立研究開発法人科学技術振興機構, 2021
※2 「材料・触媒開発における新手法の開発状況」富士経済, 2016

図Ⅲ-3 マテリアルデータがスタートアップ成長に寄与する市場³⁹

³⁹ デロイトトーマツコンサルティング株式会社による SIP 課題候補 FS における調査より。

(テーマメンタリングの考え方)

事業化を検討したことが無い研究者発信のユニコーンシナリオでは、往々にして「新奇性」ばかりのみが重要視され、果たしてそのテーマがどれほどマクロトレンドに則った、社会課題解決につながるのか、それは本当にボトルネック課題なのか、具体的にどの程度の市場にアプローチでき、その結果、どれほどのポテンシャルのある事業となるのか、かなり曖昧である事が多い。このまま走ってはどれほど研究開発を進めても、投資家にとって魅力的なシナリオになることは無い。テーマメンタリングでは、提案者たる研究者が本当にやりたかった本質を理解し、その上で、世界を救う技術として何を目指すべきかの指針を提示し、その指針に基づいてプロの視点で事業シナリオの立案支援と、定量的な収益規模、事業規模の予測を行うものである。本 SIP 課題に先立つフィージビリティスタディで採択した 10 テーマ（ユニコーン予備軍候補）について、伴走支援として行ったメンタリングにより導出・完成された事業シナリオに基づき、SIP による支援を投資とみなして簡易的に投資効率を算出した。

事業化の機微情報に該当するため算出結果の詳細な数値は開示できないが、各テーマの事業シナリオについては相応の分析と一定程度の保守的な視点、投資効率の計算の前提上も必ずしもストレッチしているとは言えず、その観点から言えば得られた結果から極めて多くのユニコーンを産む可能性があることを示唆すると言って良いと考える。また、このような数字上の見える化を行うことで、公金の有効運用、社会へのインパクト、そして本件による呼水効果という国の資金活用の評価だけでなく、提案者サイドが、自分達の目指す姿について、この数字をもって具体的に語れるようになったことが意義としては大きい。あくまで本 SIP 課題はユニコーンを多く産むことこそが重要であり、ユニコーンとなった姿からのバックキャストイングをする上でもこの思考は有効である。

(用途特化型モジュールの考え方)

先述のようなテーマメンタリングの後、このユニコーン化に至るまでのシナリオとして描いた事業計画を実現し、さらに他社に対して圧倒的な差別性・優位性を獲得する為に今回開発するのが、用途特化型モジュールである（図Ⅱ-13）。考え方としては下記の通りで、目指すべき市場からバックキャストイングして用途特化型モジュールの要件定義を行い、その上で、必要な我が国のデータ基盤を特定するというものである。

- (1) まずコア技術を理解した上で、その技術が最大限生きる、且つ研究者がやりたい、と思う市場をターゲットする
- (2) その上で想定される顧客を定義する
- (3) 次にこの想定顧客に対しどのような価値を提供すべきか定義する
- (4) その上で当該技術を使ったスタートアップのビジネスモデルを定義する
- (5) その上で、定義したビジネスモデルを実現させ、且つ差別性・競争力の源泉となるようなデータ基盤＝用途特化型モジュールは何かを定義する
- (6) 用途特化型モジュールの要件定義をした上で、これを成立させるためには、我が国に存在するどのデータ基盤を組み合わせれば良いか特定する

今回のフィージビリティスタディの結果明らかになったこととして、いずれのケースにおいても我が国のデータ基盤が用途特化型モジュールにおける重要なベースのデータ資産になり得るということであろう。これは国内に散在するデータ基盤を、ニーズドリブンで連携することで、用途特化型モジュールという新たな価値を生み出すツールとなり得ることを示すものであり、同時にこれら異なる複数のデータ基盤を接続し、個別用途ごとにシステム開発ができるプラットフォームの必要性を示唆するものである。この用途特化型モジュールをスタートアップが有し、アカデミアのリソースも活用しながらデータ駆動による開発を進め、価値を高めていく事が、ユニコーンに至るまでの重要なコアとなり得ると考える。

2. 研究開発に係る実施方針

(1)基本方針

本 SIP における研究開発の推進にあたって下記を基本方針とする。キーテーマは、長期視点でのあるべき姿の共有と、バックキャスティングである。

(エコシステム形成視点での思考)

本 SIP 課題におけるミッションは、マテリアルユニコーンを次々と生み出すエコシステムの形成である。故、単に技術開発のみならず、「総合知」の観点で、すべてのステークホルダーがメリットを享受する、経済合理性に則った自律的な循環が生まれる状態を作る必要がある。本 SIP 課題では、エコシステムの初期段階として、中核となるプラットフォームの構築と、エコシステムの設計、そしてこれを具体的に活用するマテリアルユニコーン予備軍の創出を通じてこれら構築・設計を推進する。この為、本 SIP 課題に関わるすべてのステークホルダーが、本 SIP 課題が取り組むミッションと将来イメージ（ゴール）を共有し、常にどのパートであっても、将来イメージからのバックキャスティングで理想のエコシステムを形成するという視点を持ち、研究開発を進める。

(マテリアル産業の新事業としての「マクロトレンド思考」の浸透)

先述のようなエコシステムの形成にあたり、マテリアル産業に「マクロトレンド思考」を浸透させる事を意識する。現在の我が国大企業の研究開発効率はグローバルトップ企業と比較して大きく乖離があり、これは長期視点での研究開発が弱いことも一因と考えられる。黒字化までに時間がかかるマテリアル産業だからこそ、長期視点に基づいたマクロトレンド思考を持ち、ここで想定される社会課題、そしてこの社会課題を大きく解決できるようなボトルネック課題を、将来からのバックキャスティングによって特定し、そこに向かってやはり長期視点で取り組むということが肝要である。このような思考をマテリアル産業の新事業創出に浸透させるべく、本 SIP 課題ではボトルネック課題に取り組むスタートアップ創出を支援し、ユニコーンにまで育てる、というロールモデルを生み出す。このようなマクロトレンド思考を本 SIP 課題では常に持ちつづけ、研究開発を進める。

(データ駆動開発のマテリアル産業における一般化)

先述のマテリアルユニコーンの創出にあたって、本 SIP 課題では我が国が有するデータ基盤をフ

ル活用し、データ駆動開発により可能な限り早くユニコーン化できるようにし、さらに差別性と優位性を獲得するという実践を行うものである。真なるミッションはこれにより、我が国のマテリアル産業が **Society 5.0** を体現しリードする産業として、世界をリードし、我が国の **GDP** を牽引する産業となることであり、その為の研究開発効率向上という観点で、データ駆動開発を我が国のマテリアル産業の競争力の源泉として一般化すべきと考える。このような普及の観点を念頭に置き、研究開発を進める。

(データ駆動開発におけるオープン・クローズ戦略)

先述の通り、データ駆動開発によりマテリアルユニコーンを創出するにあたって、そのスタートアップのビジネスモデルに合わせた用途特化型モジュールの開発を行う。この用途特化型モジュールは原則、対象となるスタートアップ専有のクローズド領域とし、プラットフォームを介したアカデミアのオープン領域のデータ基盤の活用により構成される。オープン領域のデータ基盤はクローズド領域の用途特化型モジュールの開発の促進に合わせ、そのデータを拡充し、さらなる他のモジュールの開発へ繋げる。このように、クローズド領域の用途特化型モジュールの充実化により、オープン領域の充実化も図っていく。以上のような、クローズド領域で開発される用途特化型モジュールのニーズドリブンでバックキャストすることで、あるべきオープン領域のデータ基盤拡充、連携について意識しながら研究開発を進める。

(2) 知財戦略

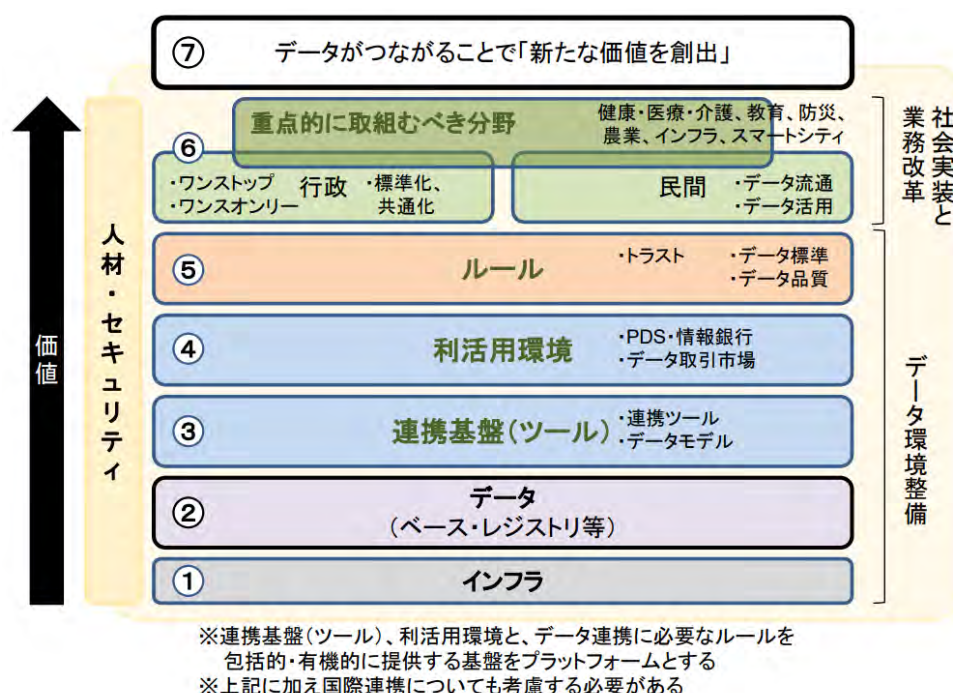
知財戦略についてはプラットフォームであるマテリアルユニコーン育成基盤と、各ユニコーン予備軍の両軸の視点が必要である。まず、エコシステム形成の観点では、プラットフォームを活用した知的創作物としての用途特化型モジュールや、アカデミア側主導で研究開発が進められた結果創出される知的財産は、仮にそれがスタートアップ専有を目的とするものであっても、アカデミア側の所有権とすることを原則とする。スタートアップから対価を得られるようにする為である。その上で、プラットフォームとして構築する知的財産のみならず、マテリアルユニコーン予備軍たるアカデミアやスタートアップの知的財産戦略は、プラットフォームと一体的に考える必要がある。マテリアルユニコーンの事業シナリオ立案支援と共に、エコシステム形成の観点で知財戦略を各ユニコーン予備軍ごとに検討し、それぞれの個別戦略の策定支援を行う。なお、知財戦略の検討・策定に当たっては、プラットフォーム、ユニコーン予備軍共に後述【知財戦略等に係る実施体制】に定める知財委員会において行う。

(3) データ戦略

本 SIP 課題におけるデータ戦略は、前述の研究開発に係る基本方針における「データ駆動開発におけるオープン・クローズ戦略」の通りであるが、データ環境整備に当たっては、我が国における包括的データ戦略⁴⁰を参考にする。具体的には本 SIP に参加するプレイヤーが、図Ⅲ-4 の我が国全体のデータ構造＝「アーキテクチャ」を共有し、それぞれの取組の社会全体での位置付けを明確化、連携の

⁴⁰ 令和 3 年 6 月 18 日デジタル庁

在り方を模索するとともに、無駄な重複の排除、欠落部分の補完を行うものとする。



図III-4 包括的データ戦略のアーキテクチャ（デジタル庁「包括的データ戦略」より）

(4)国際標準戦略

マテリアル産業は川上産業であるが故、幅広い産業に対して価値提供を行うことから、マテリアル産業そのものの標準化よりも、マテリアルが使われる用途側の標準戦略に合わせる事が通常である。また、他国に対する参入障壁の観点でも、今回構築するマテリアルユニコーン育成基盤としてのプラットフォームを他国の導入している基準などで国際標準化することは必ずしも得策とも言えない。一方で、今回のようなプラットフォームは世界的にも類をみない取り組みであり、将来、エコシステムの形成にまで至った暁には、「マテリアル産業で事業創出するには日本が一番」というような世界的にも我が国がリードして、海外から多くの事業やデータが集まり、我が国のデータ基盤が拡充されている状態となっていることは十分に考えられる。このように我が国が唯一の存在となった状態こそ国際標準であり、本 SIP 課題ではこのような世界をリードする状態による国際標準戦略を志向する。

(5)ルール形成

本 SIP 課題の取り組みではエコシステム形成にあたり、サブ課題 A でルール形成に関する検討を行う。具体的にはプラットフォーム連携やスタートアップへの専有権付与、それに対する対価の支払い方法、収益の分配方法など、実際にプラットフォームを運用する上で必要となるルールについて検討を行う。マテリアルユニコーン予備軍の創出・育成を通じてこれら検討を行ったルールのトライアルを行い、ルール形成に繋げる。

(6) 知財戦略等に係る実施体制

知財委員会

- 課題または課題を構成する研究項目ごとに、知財委員会を研究推進法人等または選定した研究責任者の所属機関（委託先）に置く。
- 知財委員会は、研究開発成果に関する論文発表及び知財権の権利化・秘匿化・公表等の方針決定等のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整等を行う。
- 知財委員会は、原則として PD または PD の代理人、主要な関係者、専門家等から構成する。
- 知財委員会の詳細な運営方法等は、知財委員会を設置する機関において定める。

知財及び知財権に関する取り決め

- 研究推進法人等は、秘密保持、バックグラウンド知財権（研究責任者やその所属機関等が、プログラム参加前から保有していた知財権及びプログラム参加後に SIP の事業費によらず取得した知財権）、フォアグラウンド知財権（プログラムの中で SIP の事業費により発生した知財権）の扱い等について、予め委託先との契約等により定めておく。

バックグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのバックグラウンド知財権の実施許諾は、知財の権利者が定める条件に従い（（注）あるいは「プログラム参加者間の合意に従い」）、知財の権利者が許諾可能とする。
- 当該条件などの知財の権利者の対応が、SIP の推進（研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む）に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

フォアグラウンド知財権の取扱い

- フォアグラウンド知財権は、原則として産業技術力強化法第 17 条第 1 項を適用し、発明者である研究責任者の所属機関（委託先）に帰属させる。
- 再委託先等が発明し、再委託先等に知財権を帰属させる時は、知財委員会による承諾を必要とする。その際、知財委員会は条件を付すことができる。
- 知財の権利者に事業化の意志が乏しい場合、知財委員会は、積極的に事業化を目指す者による知財権の保有、積極的に事業化を目指す者への実施権の設定を推奨する。
- 参加期間中に脱退する者に対しては、当該参加期間中に SIP の事業費により得た成果（複数年度参加の場合は、参加当初からのすべての成果）の全部または一部に関して、脱退時に研究推進法人等が無償譲渡させること及び実施権を設定できることとする。
- 知財権の出願・維持等にかかる費用は、原則として知財の権利者による負担とする。共同出願の場合は、持ち分比率及び費用負担は、共同出願者による協議によって定める。

フォアグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、知財の権利者が定める条件に従い（（注）あるいは「プログラム参加者間の合意に従い」）、知財の権利者が許諾可能と

する。

- 第三者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、プログラム参加者よりも有利な条件にはしない範囲で知財の権利者が定める条件に従い、知財の権利者が許諾可能とする。
- 当該条件等の知財の権利者の対応が、SIP の推進（研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む）に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾

- 産業技術力強化法第 17 条第 1 項第 4 号に基づき、フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転には、合併・分割による移転の場合や子会社・親会社への知財権の移転、専用実施権の設定・移転の場合等（以下、「合併等に伴う知財権の移転等の場合等」という。）を除き、研究推進法人等の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の場合等には、知財の権利者は研究推進法人等との契約に基づき、研究推進法人等の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の後であっても研究推進法人は当該知財権にかかる再実施権付実施権を保有可能とする。当該条件を受け入れられない場合、移転を認めない。

終了時の知財権取扱いについて

- 研究開発終了時に、保有希望者がいない知財権等については、知財委員会において対応（放棄、又は、研究推進法人等による承継）を協議する。

国外機関等（外国籍の企業、大学、研究者等）の参加

- 当該国外機関等の参加が課題推進上必要な場合、参加を可能とする。
- 適切な執行管理の観点から、研究開発の受託等にかかる事務処理が可能な窓口又は代理人が国内に存在することを原則とする。
- 国外機関等については、知財権は研究推進法人等と国外機関等の共有とする。

3. 個別の研究開発テーマ

(1) サブ課題 A 「エコシステム形成の為のソフトインフラ整備」の個別テーマ

① 研究開発目標

我が国のフィジカル・サイバーの研究開発基盤が有機的に連携するマテリアル分野における事業化イノベーションのための育成基盤のうち、特にエコシステム形成に係る運用面でのソフトインフラを整備する。当該育成基盤の上で、新事業が次々に生まれることでプラットフォームとこのプラットフォームにネットワークとして連携する各基盤拠点が安定的な収益を得ながら、これを原資として拡大再投資をしていくエコシステムの形成を目指す。

SIP 期間中に、当該育成基盤が備えるべき事業モデル、法制度含む運用制度の検討と整備、これを担う人材の定義及び育成と、国内外への認知拡大を進める。これによって、SIP 終了年度である 2027

年度以降に自走していく姿が描けることを、SIP における達成目標（Stage3 終了：BRL7、GRL6、SRL6、HRL6 相当）とする。

② 実施内容

テーマ(1):プラットフォームの円滑運用手法の検討

プラットフォームを核に、将来エコシステムを形成するにあたって必要な論点を整理した上で、下記を行う。これらの検討は、具体事例としてサブ課題 C における個々のユニコーン予備軍に対する開発支援（サブ課題 C における個別テーマ①の各テーマ）を通じ、SIP の期間終了までに円滑運用手法として必要な基本的事項を全て網羅する。

- ・プラットフォーム・各基盤の運用ルール of 検討及び策定
- ・プラットフォームの収益化モデル及びプラットフォーム・各基盤への利益分配スキームの検討
- ・事業化人材（プラットフォーム運営人材及び起業家人材）の定義及び育成

テーマ(2):プラットフォーム活用の為の情報発信

プラットフォームの活用を積極的に進める為、国内外の認知拡大を進める。具体的には以下を中心に行う。

- ・アカデミア、産業界での周知を図っていく為のワーキンググループの設置（あるべきワーキンググループのカテゴリ、要件、インフルエンサーになり得る初期構成員の定義の検討を含む）
- ・利活用を進める為の情報発信手段についての整備（対外公表する為のホームページの設置、運用を想定するがこれに限らない幅広い情報発信手段について検討）

(2) サブ課題 B 「データ基盤連携技術の確立」の個別テーマ

① 研究開発目標

我が国のフィジカル・サイバーの研究開発基盤が有機的に連携するマテリアル分野における事業化イノベーションのための育成基盤のうち、特に、データ基盤が連携するための技術を確立する。当該技術の確立によって、マテリアル分野における我が国の中核となるデータプラットフォーム群において、種々のデータ資産を活用して事業化を加速できるようになることを目指す。

SIP 期間中に、データ基盤の連携に必要な技術の開発、データ連携にかかるエンジニア人材の育成を進めながら、スタートアップ等の新事業創出・育成にプラットフォーム群を活用した事例創出を支援しながら、将来収益化が見込める技術資産の積み上げを図る。サブ課題 A と連携して SIP 終了年度である 2027 年度以降に自走していく姿が描けることを、SIP における達成目標（Stage3 終了：TRL7 相当）とする。

② 実施内容

テーマ(1):プラットフォーム連携のための基盤技術の構築

スタートアップ等の研究開発を加速し、マテリアル分野の事業化イノベーションを推進するために、中核となるデータプラットフォームを選定し、日本国内の種々のデータ資産を連携させて活用していくために必要な基盤技術の開発を実施する。具体的には下記を想定するが、これらの検討は、具体事例としてサブ課題 C における個々のユニコーン予備軍に対する開発支援（サブ課題 C における個別テーマ①の各テーマ）を通じ、ユニコーン予備軍のニーズと実態にあった技術開発を行う。

- プラットフォーム間のデータ連携および利用促進のための基盤技術開発
 - 日本国内の種々のデータを連携して活用するためのデータ連携技術の開発
 - 安全にデータを活用するための秘匿計算技術の開発
- データ連携に係るエンジニアリング人材（プラットフォームコーディネータ人材など）の育成

テーマ(2): 我が国マテリアルデータ資産のネットワーク化

これまでの公的資金プロジェクト等によって大学・国研に蓄積されたマテリアルデータを再利用できる形で収集するとともに、継続的なマテリアルデータベースの蓄積に向けた仕組みを確立する。具体的には SIP の 5 年間で我が国に存在するデータ資産を抽出し、整備を行った上でプラットフォームに実装し、利活用化を目指す。データ資産の選定にあたっては、具体事例であるサブ課題 C における個々のユニコーン予備軍に対する開発支援（サブ課題 C における個別テーマ①の各テーマ）で必要とされるものを優先し、その他、様々なテーマで共通で使われるマクロトレンド上重要な要素技術に関するものを抽出する。

(3) サブ課題 C 「マテリアルユニコーン予備軍の創出」の個別テーマ

① 研究開発目標

我が国において、マテリアルユニコーン育成基盤の構築が本 SIP のサブ課題 A 及び B でなされるとともに、我が国マテリアル産業の GDP を将来大きく底上げするような、マクロトレンドを意識した社会課題解決につながるマテリアルユニコーン予備軍を複数創出する。そして、当該育成基盤から産まれた複数のスタートアップが 2040 年に時価総額 1 兆円を超えるデカコーンとなる事を目指す。

SIP 期間での取組によって、SIP 終了後に各テーマが起業して 1 年以内に SIP での支援研究費総額と同額以上（目安として 10 億円以上）の資金調達を実現させ、自走していく姿が描けること、さらに当該育成基盤の効果により事業が加速し、さらに当該育成基盤に収益が見込めるまでに昇華させることでエコシステムとしての基礎を構築することを、SIP における達成目標とする。この達成の為、ユニコーン予備軍を複数創出することを目指し、各テーマが支援終了時に自立した事業運営が出来、ユニコーンとなるまでの最初の走り出しで大型の資金調達が出来る事業・技術水準（Stage2 に入るレベル：TRL3～6、BRL4～6、HRL3～5 相当）にまで引き上げることを達成目標とする。

② 実施内容

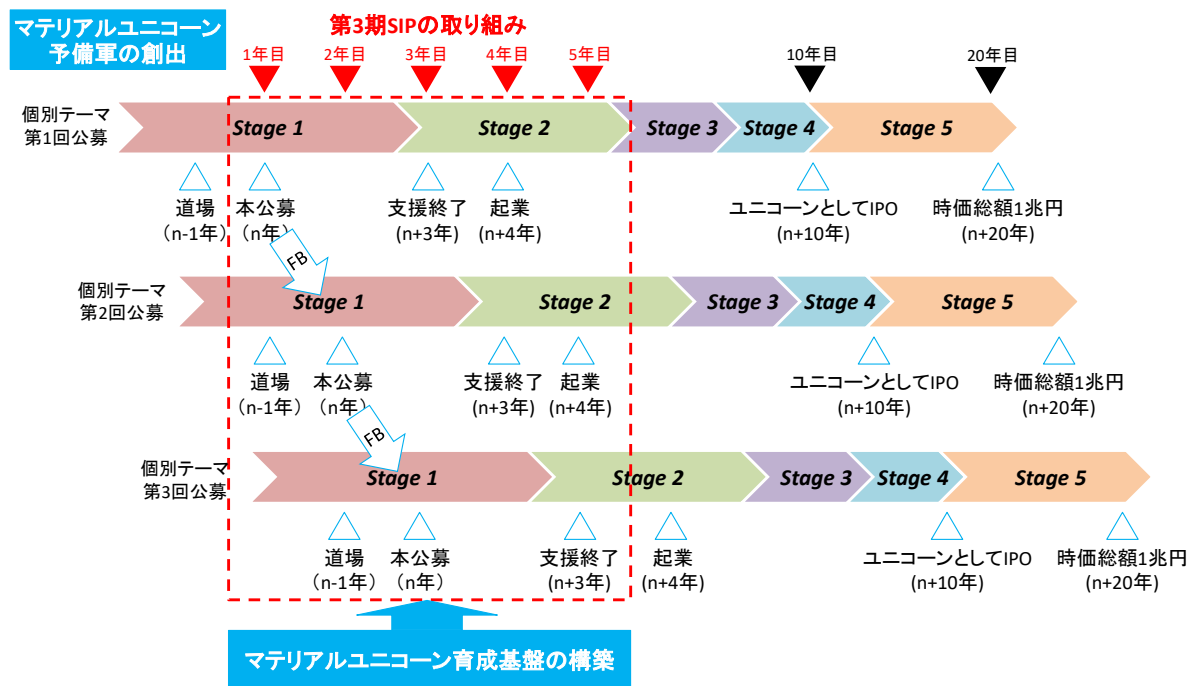
テーマ(1): マテリアルユニコーン予備軍創出支援

マテリアル産業が目指すべきマクロトレンドにかかるボトルネック課題に取り組む、データ基盤に

より飛躍的な成長が見込めるアカデミア技術等のスタートアップ候補、或いは創業間もないスタートアップについて、3年の支援期間により Stage 2 相当までの引き上げのための研究開発を行う。研究開発では、PD の指南の下、外部の専門家による事業化伴走支援も同時に行い、検討初期の段階から、事業化、ユニコーンを見据えた将来シナリオの策定を行う。これに基づき、マテリアル分野を中心とする技術開発や事業化の専門家も交え、事業化のプロの視点による開発推進を行う他、プラットフォームであるマテリアルユニコーン育成基盤と連携し、支援するスタートアップが活用する用途特化型モジュールの開発も併せて行う。これによって圧倒的な優位性を構築出来るようにする。各テーマの採択にあたっては、以下を満たすことを要件とする。

- SIP 支援後 1 年以内に自立した事業運営を行うスタートアップを起業し、下記の要件を満たすことで将来革新的なユニコーンとなることを企図すること
- 図Ⅲ-2 に示す、我が国マテリアル産業が目指すべきマクロトレンドにおけるボトルネック課題を解決し、社会課題を解決しようとする高い目標を掲げ、その実現の為の事業モデルについて、具体的な事実（市場情報等）に基づく明確な仮説を有していること
- データ駆動開発等により、我が国が先駆的なポジションを構築できる、他国に比して圧倒的な優位性を構築出来るものであること
- SIP 支援終了時に、SIP 支援後 10 年以内にユニコーンとなることを想定したエクイティストーリーを構築し、それに基づいて SIP 支援後 1 年以内に SIP における支援額と同等かそれ以上の額（目安として 10 億円程度以上）の VC 等からの資金調達を実現すること
- 以上を実現できる、SIP 支援期間内に Stage2（TRL3～6、BRL4～6、HRL3～5）以上相当まで引き上げることの出来る Stage の革新的技術であること（目安として SIP の支援により Stage2 に引き上げられる Stage1 後半水準以上の技術であること）
- （サブ課題 A での検討結果踏まえ）SIP の支援を受けるにあたっては、特に用途特化型モジュール等の開発に協力するアカデミア等に対し適切な対価の支払いを株式等によって行うことを検討・協力すること、且つ、この対価を受けるアカデミア等の機関が株式等による新しい資産形成手法について積極的且つ前向きに検討・協力する体制を構築すること

尚、本個別テーマは SIP 期間の最初の 3 年間毎年実施することを想定する。具体的には図Ⅲ-6 の如く複数のテーマが並列して事業化検討される。初年度の知見を活かし、次年度、次々年度への公募及び事業化検討に繋げる。この検討を通じ、サブ課題 A 及びサブ課題 B の具現化を図る。



図Ⅲ-6 マテリアルユニコーン予備軍創出の公募イメージ

テーマ(2): テーマメンタリング(通称「PD 道場」)

個別テーマの創出にあたり、「PD 道場」と称し、効果的な事業シナリオ・研究開発計画立案の為に支援を行う。個別テーマの公募の前年度の秋から実施することを想定する。(初回公募にあつてはフィージビリティスタディにおいて、これを実施済み。) 具体的には以下により、SIP 支援期間内に Stage1 から Stage2 までに引き上げられ、図Ⅲ-2 に示す、我が国マテリアル産業が目指すべきマクロトレンドにおけるボトルネック課題を解決し、社会課題を解決しようとする高い目標を掲げ、その実現のための事業モデルについて、市場情報等の具体的な事実に基づく明確な仮説を構築を出来るまでの支援を行う。

- PD によるテーマメンタリング公募の為に初期的事業シナリオ仮説議論支援 (壁打ちとして、考え方のレクチャーを含む、ガイド、助言を行う事を想定)
- PD の指南による外部専門家を活用した事業シナリオ仮説構築