【産業競争力懇談会 2018年度 プロジェクト 最終報告】

【デジタル・バイオエコノミーの実現に向けて】

２０１９年2月１５日

産業競争力懇談会 COCN

【エクゼクティブサマリ】

1. 本プロジェクトの基本的な考え方

昨年度のプロジェクト活動では、持続可能な社会構築（循環型社会の実現と健康寿命の延伸など）を目標として、産学連携・産産連携などを通じた、①有用なデータベースの整理および開発プラットフォームの構築および②バイオ産業加速施策について提言を行った。

これらの提言のうち、データ駆動型技術開発に係る部分については、第二期 SIP（スマートバイオ産業・農業基盤技術：SIP2 バイオ・農業）で先行して取り組まれることになったが、今後さらに戦略的な議論を進めてあるべき社会実現に向けた具体的な取り組みの加速が必要である。

SIP2 バイオ・農業がデータ駆動型バイオを推進する前輪とするなら、さらに力強く産業化・社会実装・定着を推進する後輪が重要である。SIP2 バイオ・農業は、技術基盤プラットフォーム構築との認識のもと、その技術プラットフォームを活用して産業を大きく展開する産業基盤プラットフォームに資するユニット構築についての具体的な提言を目的とする。

2. 検討の視点と範囲

本プロジェクトでは、デジタル・バイオエコノミー[1)]の実現を目指し、①循環型社会形成における工業的モノづくり産業と②健康社会形成におけるヘルスケア事業を中心に、デジタルとバイオを融合させ、異業種、異産業との連携を考慮した施策を検討した。

1）：環境・エネルギー、ものづくり、農林水産、食品、健康医療分野において、イノベーションを通じて、バイオとデジタルとの融合によりもたらされる産業

戦略的実施分野として、デジタルとバイオの融合による①バイオベース化学品産業の創出、②新たな食×健康産業の創出、の具体化を提言する。

【循環型社会形成に向けた検討】

地球規模の課題解決のため、化石資源依存から持続可能資源活用への転換が求められている。温室効果ガス排出やプラスチック廃棄物の問題を考慮し、循環型社会形成に向けたバイオエコノミーの社会実装推進が必要である。産業界として狙うべきバイオ化学品、バイオマスの確保、バイオ化学品の製造コストの低減、及び環境影響を議論し、循環型社会の実現を促進、加速する取組（バイオマス由来の原料の低コスト化、教育・啓蒙活動、グリーン購入法の活用、バイオ化学品の分別回収等）について検討を行った。

【健康社会形成に向けた検討】

日本は世界の中で最も高齢化が進んだ国であり、医療費の適正化が課題である。このため、国民の健康寿命の延伸が重要であり、健康維持に対するセルフケアへの意識と行動力の向上について検討を行った。具体的には、日本の高い生体センシング技術や健康機能性商品（食品・サービス）開発技術を駆使することや、大規模コホート研究により科学的なエビデンスを取得、活用することである。さらに、健康や食に関する規制も多く、国民・社会・国が一体となった持続的取組への施策についても検討した。

【データ連携に向けた検討】

他分野と同様、データ連携による活用促進は、デジタル・バイオ産業の競争力強化にとって

重要である。現状、公的データの蓄積は進みつつあるが、産業界個社あるいは企業群持つデータとの連携（共有・統合）による利活用は必ずしも進んでいない。ロバストなセキュリティを確保した上で、バイオデータ提供者の権利保護に係るガイドラインやバイオ情報銀行の試行制度など企業からのデータ提供へのインセンティブに繋げるための検討を行った。

3. 産業競争力強化のための提言および施策

(1) 産業界が行う推進項目

A) 循環型社会形成に向けた検討

① 非可食バイオマス由来の化学品製造プロセスの開発（プラスチック等）

② リサイクル性を考慮したプラスチック材料の開発

③ プラスチック廃棄物問題解決に資する、淡水中／海水中で高速生分解するプラスチックの開発

B) 健康社会形成に向けた検討

① 健康診断を補完・代替する新たな健康状態把握法の開発（非侵襲、日常的）

② 食品表示の視認性向上技術の開発（セルフケア行動支援）

③ セルフケア表示食品の導入

(2) 大学、国研等の研究機関が取り組むべき推進項目

A) 循環型社会形成に向けた検討

① 非可食バイオマス由来の化学品原料製造の低コスト化技術の開発
（ゲノム編集活用、革新的糖化技術など）

B) 健康社会形成に向けた検討

① セルフケア行動の効果を検証・推進する総合的研究の実施

(3) 政府の支援を必要とする推進項目

A) 循環型社会形成に向けた検討

① 国内／海外のバイオマス原料の政策的確保（非可食、林産資源、ASEAN 産資源）

② バイオマス由来の化学品利用を促進する各種制度の設計と基盤インフラの整備
（都市での分別回収、地産地消サイクル）

B) 健康社会形成に向けた検討

① セルフケア行動へのインセンティブ制度設計（個人、事業者）

② セルフケア行動支援・推進のための社会規模データ蓄積とフィードバック

4. 今後の課題と展開

本プロジェクトでは、デジタル・バイオエコノミー実現に向けた各種課題を整理した。データ連携に向けた体制整備については、現状まだ十分ではないため、中長期的な視点から産官学連携による適切なシステム構築が必要である。SIP2 バイオ・農業や他のナショプロとも連携しながら継続的に具体的な議論と実現を目指す。

国家のバイオ戦略は広範囲にわたるため KPI を設定した上で実行し、継続的に見直しをする体制で臨むことが重要である。産業界がコミットメントを伴った意見発信する機関設置（官民議論の場）も検討中である。

【目　次】

1. 昨年度プロジェクト活動のレビュー及び今年度活動方向性 ・・・・・3

  1.1. 昨年度提言概要及び活動成果について（事務局）

  1.2. デジタルを融合したバイオ産業についての環境認識（アップデート）（事務局）

  1.3. 今年度活動方向性

2. 循環型社会形成に向けた課題 ・・・・・5

  2.1. バイオプラスチック市場拡大によるデジタル・バイオエコノミーの始動

  2.2. さらなる展開について

3. 健康社会形成に向けた課題 ・・・・・11

  3.1. 新たな健康状態把握法の開発による健康社会形成の加速

  3.2. コホート研究の拡大・充実化とデータの二次利用のシステム構築

  3.3. さらなる展開について

4. バイオデータ連携に向けた課題 ・・・・・17

  4.1. バイオデータ連携基盤の構築

  4.2. さらなる展開について

5. 共通課題 ・・・・・20

6. 提言と今後の展開

7. 補足資料

【はじめに】

国連は、2015 年に開催した「国連持続可能な開発サミット」において、持続可能な開発目標（SDGｓ）を掲げた。これは、「極度の貧困解消」と「持続可能な社会」の実現の二本柱であり、全ての国が達成する目標としている。

日本政府も第 5 期科学技術基本計画、「未来投資戦略 2018」において、持続可能でインクルーシブな経済社会システムである「Society 5.0」を実現し、日本経済の潜在成長率を大幅に引き上げ、国民所得や生活の質、国際競争力を大きく向上するとしている。

また、「統合イノベーション戦略 2018」でも、強化すべき主要分野としてバイオテクノロジーがあげられ、目指すべき将来像を描き、具体的な目標を設定して取り組むとして、2019 年を目指して「新たなバイオ戦略」を策定すること、「データ駆動型」の技術開発等を早期に加速するため先行的に着手したことが示されている。

さらに、第四次循環型社会形成推進基本計画が、6 月閣議決定されたが、その中で、目指すべき将来像として、誰もが、持続可能な形で資源を利用でき、環境への負荷が地球の環境容量内に抑制され、健康で安全な生活と豊かな生態系が確保された世界に向けて、環境的側面、経済的側面、社会的側面を統合的に向上させることが示されている。

このような持続可能な社会を目指すうえで、バイオテクノロジーは、一つの有力な手段となり得るが、近年膨大に蓄積し始めているバイオ関連データを有効に活用することにより、産業競争力をさらに強化することが可能である。本テーマでは、昨年度、データ駆動型の技術開発の重要性、化学品や食品をターゲットとした持続可能な社会実現のための方策などを提言した。「データ駆動型」の技術開発は、第二期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）で具体的な実行を進めることとなった。

今年度は、継続して、バイオとデジタルとの融合により、真の持続可能性の追求とともに産業競争力向上を目指すことを目的として、さらに加速すべき技術的な課題や社会実装に向けた社会課題などについてまとめ、デジタル・バイオエコノミーの実現に向けた提言をまとめた。本年夏を目標とした政府の「新たなバイオ戦略」策定に向け、より具体的な戦略にすることに寄与できればと考えている。

循環型社会の実現や健康寿命の延伸は、全世界的な課題でもあり、その実現に向けての取り組みは、日本の産業競争力強化に大きく貢献するものである。関係各位のご支援をお願い申し上げる。

【プロジェクトメンバー】

○ リーダー	水無　渉	三菱ケミカル株式会社
○ WG 主査・副査		
データマネージメント WG 主査	武田　健一	株式会社日立製作所
	嶋田　惠一	株式会社日立総合計画研究所
データマネージメント WG 副査	高木　利久	科学技術振興機構
	五斗　進	情報・システム研究機構
生体計測・バイオセンシング WG 主査		
	水無　渉	三菱ケミカル株式会社
社会課題 WG 主査	北野　真	住友化学株式会社
社会課題 WG 副査	川地　康治	キリン株式会社

○ メンバー

＜＜参加メンバーとアドバイザーのリストは補足資料参照＞＞

○ アドバイザー（府省庁・機構，所属機関あいうえお順）

経済産業省　生物化学産業課

内閣府

農林水産省　農林水産技術会議事務局

文部科学省　研究振興局　ライフサイエンス課

新エネルギー・産業技術総合開発機構　材料・ナノテクノロジー部
技術戦略研究センター

農業・食品産業技術総合研究機構　本部　企画調整部

科学技術振興機構　経営企画部

○ 事務局	横尾　敏明	三菱ケミカル株式会社
	坂元　雄二	バイオインダストリー協会
	小川　修平	AGC 株式会社
○ COCN 実行委員	五十嵐　仁一	JXTG エネルギー株式会社
	上田　博	住友化学株式会社
	古賀　淳一	第一三共株式会社
○ COCN 企画小委員	武田　安司	日本電気株式会社
○ COCN 事務局長	中塚　隆雄	一般社団法人産業競争力懇談会
○ COCN 副事務局長	五日市 敦	株式会社東芝

【本　文】

1.　昨年度プロジェクト活動のレビュー及び今年度活動方向性

1.1. 昨年度提言概要及び活動成果について

昨年度、本プロジェクト（デジタルを融合したバイオ産業戦略）にて、持続可能な社会構築（循環型社会の実現と健康寿命の延伸など）を目標として、産学連携・産産連携などを通じた“有用なデータベースの整備及び開発プラットフォームの構築”、さらに“バイオ産業加速施策”を提言した。

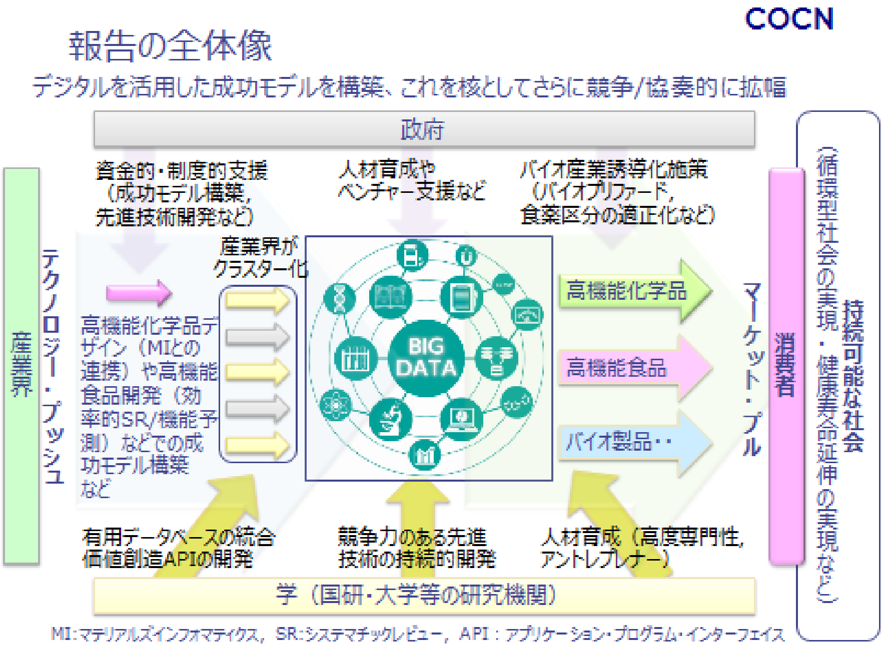


図 1-1. 2018 年度プロジェクト（デジタルを融合したバイオ産業戦略）報告の全体像

データ駆動型技術開発の重要性の認識のもと官民学でのさらなる議論を通して、第二期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のテーマとして、「スマートバイオ産業・農業基盤技術」開始へと繋がったと認識している。

本、SIP テーマ「スマートバイオ産業・農業基盤技術」は、国際競争がさらに激化されることが予想される本分野において世界に伍していくため、ビックデータを用いたゲノム編集等生物機能を高次に活用した革新的バイオ素材、高機能製品の開発、スマートフードシステム、スマート農業等に関わる世界最先端の基盤技術開発、社会実装を目的とするものである。

1.2. デジタルを融合したバイオ産業についての環境認識（アップデート）

国内では「統合イノベーション戦略 2018」で強化すべき主要分野の一つに「バイオテクノロジー」が挙げられ、革新的新素材・製品の創出に向けて、生物機能やバイオマスを利用した有用な物質・素材の生産技術の開発及び大量生産工程に係る多種多様なデータの取得と AI 解析による生産条件の最適化が示されている。

「未来投資戦略 2018」においては、「エネルギー・環境」にて、エネルギー転換・低炭素化

に向けた次世代エネルギー環境社会の実現を目的として、デジタル技術の活用による 3R ビジネスの革新や低炭素技術の幅広い選択肢を提案することを目指している。さらに「次世代ヘルスケア・システムの構築」にて、CT 等の技術革新を積極導入・フル活用し、個人・患者本位の新しい「健康・医療・介護システム」を全体最適な形で実現することを目指している。このためには、食を通した健康増進（予防的活用）も非常に重要と考えられる。あわせて、2018 年にはデータ利活用に関する制度整備も進められており、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」「生産性向上特別措置法」「情報信託機能の認定に係る指針」「新たなデータ流通取引に関する検討事例集」などが、公表、施行され、バイオ産業におけるデータ活用も期待される。

また、第四次循環型社会形成推進基本計画が、6 月閣議決定され、その中で、目指すべき将来像として、誰もが、持続可能な形で資源を利用でき、環境への負荷が地球の環境容量内に抑制され、健康で安全な生活と豊かな生態系が確保された世界に向けて、環境的側面、経済的側面、社会的側面を統合的に向上させることが示されており、新たに設定された資源生産性（GDP/天然資源等投入量）の 2025 年度目標達成に向けて、ビッグデータ、AI、IoT などのデジタル技術を活用した革新的な資源循環（3R）関連ビジネスの創成・普及を促進すると示されている。また、海洋プラスチック対策に向けた官民連携でイノベーションを加速するため、クリーンオーシャンマテリアルアライアンスが設立され、循環型社会形成に向けた機運が高まってきている。

さらに、前述のように、内閣府は、第二期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のテーマとして、「スマートバイオ産業・農業基盤技術」が設定され、世界最先端の基盤技術開発、社会実装へ向けて始動するとともに 2019 年夏までにバイオ戦略の策定を目指して議論を進めている。

海外では、特に EU の動きを注視すべきと思われるが、2018 年 10 月、欧州委員会が新たなバイオエコノミー戦略を発表している。その中で、この 5 年間の施策により、年間 2 兆 2000 億ユーロ規模の市場が創出され、1800 万人以上の雇用が生み出されたと振り返り、食料安全保障の確保、持続可能な資源管理、再生不能資源への依存低減、気候変動の緩和と適応、雇用創出と EU 競争力の維持という 5 つの優先事項について引き続き継続するとともにさらに、3 つのアクションプランを設定した（①バイオ開発における投資拡大と市場開拓の強化、②地域バイオエコノミーの迅速な開発、③バイオエコノミーにおける環境保護に対する生態学的根拠）。

さらにグローバル規模での国際連携の動きも加速しており、OECD を中心とした連携、バイオファウンドリーにおける国際連携などが進んでいる。2018 年 4 月には、2 回目の Global Bioeconomy Summit（GBS）も開催され、日本からも産官学多くの参加者が集まった。今後はアジアで開催される可能性もあり、継続して議論に参加するとともにリーダーシップをとることが重要である。

1.3. 今年度活動方向性

このような国内外のバイオエコノミーの状況において、バイオとデジタルの融合の観点から産業競争力を強化し、社会的価値と経済的価値を両立させる具体的なバイオ戦略の提言を行うことを目的とする。

特に、循環型社会形成における工業的モノづくり産業と健康社会形成におけるヘルスケア事業を中心に、デジタルとバイオを融合させ、異業種、異産業との連携を考慮した施策を議論し、デジタル・バイオエコノミー[1)]の実現をめざすゴールとする。

1）：環境・エネルギー、ものづくり、農林水産、食品、健康医療分野において、イノベーションを通じて、　　バイオとデジタルとの融合によりもたらされる産業

産業界からのコミットメント（注力すべき領域の設定、開発ロードマップなど）と異業種・異分野領域との連携を持続的に行う体制案などを提言する。

2. 循環型社会の形成に向けた課題

化石資源の利用による気候変動、環境問題等の諸課題を解決するため、持続可能な社会を目指す動きが進んでいる。そのための仕組みとして、「バイオエコノミー」という考え方が海外を中心に採用されてきている（補足資料　表 2-1 参照）。日本でも「新たなバイオ戦略」の策定が進められているが、バイオエコノミーの議論及び国民の理解・認知度がまだ十分ではない。

2.1. バイオプラスチック市場拡大によるデジタル・バイオエコノミーの始動

循環型社会の実現においては、エネルギー対策と連動した議論が必要であり、例えば、プラスチックにおいても、原料として使用される化石燃料の全体使用量における割合は、現在数%であるが、2050 年には 30%を超えると試算されており、将来的に大きな問題となることが明らかである。

日本は機能化学品分野では強みを有している。その強みを有している分野で、まず、バイオ化学品を普及させようとするものである。デジタルとバイオの融合で、この強い技術・システムをさらに強化、新たな市場創出による産業競争力の強化を目標とした以下のようなバイオプラスチック市場拡大の戦略が必要である。

バイオベースの光学材料や耐熱材料等特徴的な製品が日本発で展開されているが、これらは個別の擦り合わせ技術を必要とすることなどから、基盤技術強化や産業誘導化策などの適切な支援のもと競争領域で市場拡大を狙うべきである。一方、生分解性プラスチックなどの業界連携のもと協調領域で産業化拡大へ取り組むべき領域と考えられる。生分解性プラスチックは、日本が強い領域の一つであり、戦略投資によりグローバルリーダーとなれる可能性が高い。政府との連携により、製品種の拡幅、革新的生産技術の開発、安価バイオマス原料の調達（ゲノム編集や革新的糖化技術など）を進めるべきである。さらに量産効果や安価原料の効率化などのスパイラル効果によりバイオ化学品全体の事業強化に繋がることが期待される。生分解性プラスチックは、自然界で積極的に生分解させるというよりも、コンポストなどによる有価物回収のシステム構築も念頭に入れた開発が重要である。意図せずに環境に投機されたプラスチックの場合に、現在問題になっているような海洋プラスチックやマイクロプラスチックになりにくいという面はあるが、リスク管理と考えるべきと思われる。

欧米のバイオエコノミーの戦略は、ベースとして、バイオマスの増産（オイルメジャーのアナロジーとしてのバイオマスメジャー戦略）をあげている。しかし、資源の少ない日本の戦略としては単に真似をすることはできない。バイオ燃料ではなく（機能性）化学品を目指すこと

が適切である。しかし、国土面積の少ない日本では、バイオマスメジャー化は戦略的に難しい面もあるが、地政学的なリスクを考慮して、長期的には一定程度の持続的なバイオマスの国内での確保を目指すべきである（林産資源、廃棄物の資源化など）。

2.2. さらなる展開について

循環型社会では物質生産から消費、廃棄・リサイクルのすべての工程において、化学品等の物質が持続的に循環する。日本でもいわゆる 3R（使用量削減、再利用及びリサイクル）の取組がすでに推進されており、このような物質循環の中にバイオマス由来の化学品（以下、「バイオ化学品」という）がどのように取り込まれるかという議論が必要である。日本はリサイクルを含めた 3R において、強い技術・システムを有しており（Recycle Society 4.0)、様々な業種において「リサイクル率」に関する指標は高い水準に達しているが（補足資料　補足 2-1 参照)、サーマルリサイクル（熱焼却）の温室効果ガスの排出への影響、海洋プラスチック問題や廃プラスチック等による環境への影響といった問題は残されている。　これらの問題に対する環境負荷対策として、バイオ化学品及びバイオ技術が大きな役割を果たすことが期待されている。

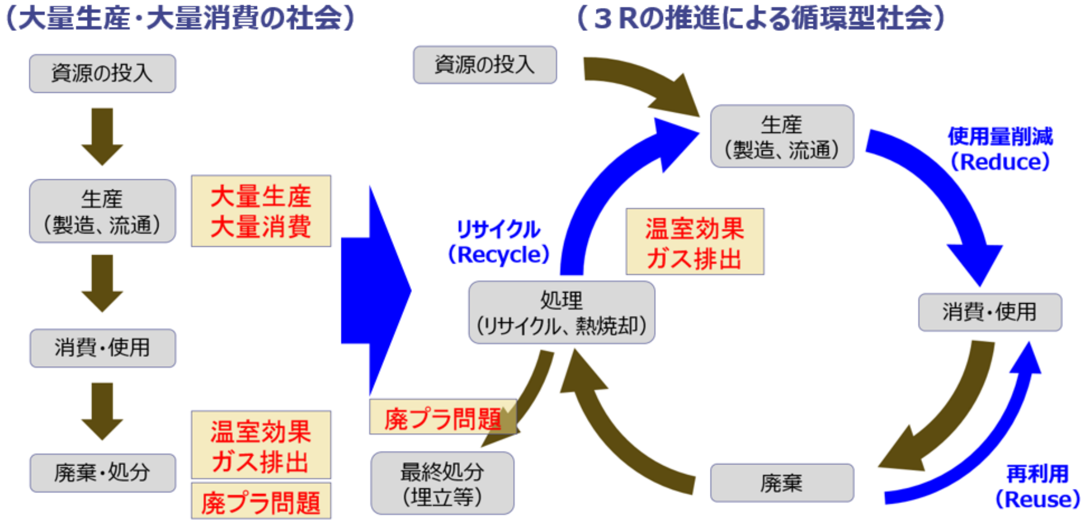


図 2-1. 3R の推進による循環型社会

バイオ化学品の生産については、COCN 2017 年度「デジタルを融合したバイオ産業戦略」の中の提言にも含まれ、SIP2 バイオ・農業の研究開発計画の一つに『「生物機能を活用したものづくり」による持続可能な成長社会の実現』が組み込まれている。

2.2.1. バイオエコノミーの社会実装に向けた諸課題

バイオエコノミーの社会実装のための諸課題（補足資料　図 2-2 参照）のうち、重要な課題と考えられる以下のものについて主に議論した。

- 狙うべきバイオ化学品の特定と想定される事業
- バイオマスの確保（国内外のバイオマスの調達、これに関する国際協調・フェアトレード）
- バイオ化学品の安価原料の技術開発（非可食バイオマス由来の原料の低コスト化）
- バイオ化学品の普及のための取組（国民理解の醸成、グリーン購入法の活用、バイオ化学品の分別回収・買取り制度等による循環型社会形成の加速）

2.2.2. 狙うべきバイオ化学品

日本が狙うべきバイオ化学品は、国際市場における日本の国際競争力という観点（補足資料 図 2-3 参照）では、機能性バイオ化学品である。一方、循環型社会の形成を目指す観点では、生産規模が見込める汎用バイオ化学品の普及も不可欠である。汎用バイオ化学品については、単糖類等の共通原料について多く検討されているので、バイオマスの確保や製造コスト等の諸課題に対し産業界として共通の取組が可能である。

現時点では、機能性バイオ化学品は競争領域として各社が個別に議論しつつ、汎用バイオ化学品は協調領域として産業界全体で推進することがバイオエコノミーの社会実装を推進する上でも重要である。

日本における汎用バイオ化学品であるバイオプラスチックの想定される用途として、農業・土木資材、食品残渣回収袋や食品容器包材等が挙げられる。また、2017 年の日本における生産量の多いバイオポリマーはバイオマス由来のポリマーで､生産量全体の約 9 割となっている(補足資料　図 2-4 参照)。まずは産業界全体で、実績のあるこれらのバイオポリマーの普及を進め、バイオエコノミーの社会実装を推進することが重要である。

2.2.3. バイオマスの確保

天然資源や耕作面積の限られた日本では、バイオ化学品の製造に必要なバイオマスの量確保が大きな課題となる。可能な選択肢として①国内バイオマスの利用、②海外のバイオマスの利用、及び③国内での新たなバイオマスの栽培が挙げられる。それぞれ長所短所があり、現時点では複数のルートの組み合わせを前提にバイオマスの確保を検討していく必要がある。

①は量確保の観点で、実質的に未利用のバイオマスである農作物の非可食部と林地残材の 2 つになる（補足資料　図 2-5 参照）。農作物の非可食部の利用は化学品と食糧との競合はないが、でんぷんや糖が利用できる第一世代のバイオマスを用いる場合と比較し、現状では製造コストが高いという課題がある。林地残材等の国内の森林資源の利用では、林道等のインフラの整備が必要である。

②については、植物バイオマスの育成に適し、日本からも近い ASEAN 諸国が対象となる（補足資料　補足 2-3 参照）。しかし、ASEAN 諸国におけるバイオマスの確保にも課題があり、現地の人が必ずしもバイオマスの栽培を望んでいない可能性がある。また、伐採地によってはインフラの整備や輸送コストの問題を考えなければならない。さらに、相手国の食糧問題、農業政策及び環境問題等への配慮も必要なので、官によるバイオマスの確保に向け政府間での調整や現地の産業界との調整が不可欠である。

③として、食糧用の植物の生産以外のバイオマス専用の植物を国内で積極的に育成していくという方法もあり、成長が早く単位面積あたりの収量が見込めるススキ属植物等の国内各地で栽培・育成の検討がなされている。しかし、これらはまだ小規模な取組であり、現段階で汎用バイオ化学品の原料としてすぐに利用できる段階ではない。

2.2.4. 非可食バイオマス由来の原料の低コスト化

前記の 3.1.3 で対象としたバイオマスはいずれもの非可食バイオマスである。セルロース等の炭素源をすべてバイオ化学品の原料として利用できれば有用であるが、非可食バイオマスか

らの原料の製造にはコストの課題があり、バイオ化学品の普及の大きな阻害要因となっている。

この原料の製造コスト削減については、前記の SIP2 バイオ・農業の研究も含め様々な検討（補足資料　補足 2-4 参照）がなされている。これらの成果を有効に活用することはもちろんであるが、さらに低コスト化に資する革新的な技術開発も待たれる。

また、バイオマス全体の約 5%を占める多様な化合物群の中には、化石資源由来の原料（ナフサ）からの製造では高コストになる複雑な化合物も含まれており、ゲノム編集を含むバイオ技術によりこれらを増量することができれば有用な高機能化学品の製造に寄与すると考えられる。

産は、引き続き学とも連携して低コスト化及び成果の事業化を目指すとともに、飛躍的な低コスト化を目指し、ゲノム編集等の革新的なバイオ技術の開発・活用に力を入れていくことが必要である。さらに、これらの製造技術を集約し、産業の基幹化合物の確保に向けた仕組み作りを検討する必要がある。例えば、特定の基幹化合物については、国有又は半官半民のバイオリファイナリ会社を設立し、バイオ化学品の普及が進むと予想される 2030 年（補足資料　補足 2-2 参照）を目途に民営化する等の取組が考えられる。

2.2.5. バイオ化学品の普及に向けて

官及び学は、国民に対し高コストでもバイオ化学品を使用するような観点を醸成する教育及び啓蒙活動を推進する必要があり、そのためのファクトデータの取得も重要である。さらに、各企業も消費者に向けてバイオ化学品のコストに対する説明を丁寧に行うことが必要である。

最近、一部の製品について多少コスト高でも一般的に受容される傾向もあることから、官はそのような製品を地産地消するような枠組を積極的に支援する取組を進める必要がある。

また、各企業はグリーン購入法を積極的に活用してバイオ化学品の普及を進めることも検討する必要がある。同法の適用を受けるには温室効果ガス排出削減の指標となる $LCACO_2$ は特に重要である。$LCACO_2$ の計算にはその前提となる物質、プロセス、エネルギー使用量等の詳細なデータが必要になるので、各企業の個別の取組ではなく産業界全体での取組が必要である。

さらに循環型社会の形成を加速するため、官は現行の廃棄物の分別収集に、有機系廃棄物も含めたバイオマス由来の化学品の区分の設置や有償の買取り制度等を検討するとともに、バイオマスプラスチック製品の識別表示制度の利用拡大を促進、コンポスト施設やバイオガス施設の増設を検討することも必要である。産は、リサイクル性を考慮したプラスチック材料の開発を産業界全体で議論し決定していく必要がある。

これらの取組を通して、バイオ化学品の熱焼却を含めたリサイクル処理が進み循環型社会の形成が加速されることが期待される。

一方、非可食バイオマスを含む植物バイオマスの太陽エネルギー変換効率が低いことを考えれば、持続可能な炭素源として利用することを主な利用目的とすることが適当である。循環型社会が形成される中で化石資源の使用量の削減が進むことから、バイオマス以外の安価な再生エネルギーの確保も進めていかなければならない。

また、バイオ化学品普及の取組の中で以下のものについてはデジタル技術を活用した取組が必須である。

・ LCACO2 の算出時の化学品や製造プロセスのデータ共有
・ 革新的バイオ技術を活用した非可食バイオマスからのバイオ化学品原料の製造技術開発におけるインフォマティクスの活用
・ 新たなバイオマス育成におけるデジタル技術を利用した精密管理

バイオエコノミーの社会実装を進める際には、バイオ化学品が普及し徐々に取り込まれていく循環型社会の形成の全体像を、産学官及び国民全体が共有し、課題や対策について議論を継続することが重要であり、継続して議論できる場の設置が必要である。しかし、解決すべき課題は多く、多岐に渡る専門的な知識も必要とされることから、バイオ関連又は化学品の業界団体等に研究会や勉強会のような形で議論の場を設置し議論を深めていくことが必要である。

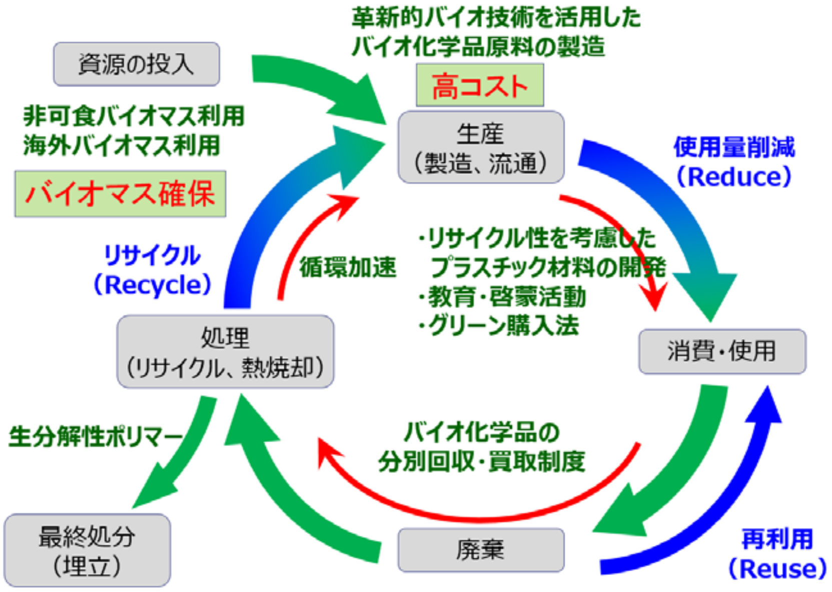


図 2-6. 循環型社会形成に向けたバイオエコノミーの社会実装のイメージ

2.2.6. 環境影響

バイオエコノミーの社会実装を進める上で、海洋プラスチックやマイクロプラスチックといったプラスチック廃棄物問題における生分解性プラスチックの位置づけ、及びバイオ化学品の環境への影響についての正確な理解が必要になる（海洋マイクロプラスチック問題の背景については、補足資料　補足 2-5 参照）。この理解に基づいて、環境・プラスチック規制促進策の下でバイオプラスチックの普及を進める海外の動向に対して、日本における法規制・促進策のあり方について検討する必要がある（法規制等の動きについては、補足資料　表 2-2 参照）。

海洋マイクロプラスチック問題に対して、海洋中にて生分解性を示すポリマーなどの新材料は課題解決方法の一つとして注目されている。しかしながら、海洋マイクロプラスチック問題と生分解性ポリマーの関係は、状況を整理、精査して議論しなければならない。日本についての誤った報道もあり、一般消費者が受ける印象にも影響を与えている。

欧米ではプラスチック材料を循環利用するための法規制が活発に議論されている。その中で、3R の推進に加え、特に包装材料などの使い捨てプラスチック素材は、バイオマス由来で、かつ生分解性を有するポリマー（特にホームコンポスト性）の利用を促進する動きが進んでいる。

また、海洋マイクロプラスチック問題の ASEAN 解決に向けて、総合的な観点から議論する必要がある。基本的には分別回収の強化が重要であるが、生分解性プラスチックの活用も一つの手段となりうる。その範囲と限界を考察する上でも、既存プラスチック材料の環境影響の定義、定量化技術の開発、ならびに生分解性ポリマー利用によるプラス側面の定量的な議論が必要である。生分解性ポリマーによる環境影響評価技術（LCA など）の ISO 化議論も欧米を中心に進んでおり、日本も積極的に議論に参加し、このような動きに対してイニシアチブをとるべきである。

炭素循環の観点からは、自然界で分解させるより、コンポスト増設などにより有価物回収も併せて広く普及を図る方策を講じることが重要であり、意図せず環境放出された場合でも問題とならないというリスク管理の視点を念頭に入れて進めた方が適切と考える（普及による量産効果や安価原料の調達によりコスト低下が図られ、汎用化に向けての布石となる。その場合は LCA の観点から環境投機・分解の方が CO_2 等の削減に寄与する用途では積極活用に道が開ける）

さらに、バイオプラスチックの区分において、通常、海洋生分解性ポリマーと生分解性ポリマーは、明確に区別されていないことが多いが、海洋生分解性に関する認証を取得したポリマーは現状ではポリヒドロキシアルカン酸系ポリマー（以下、PHA 系ポリマーという）等の限られたものしかない。海洋生分解性の評価方法の見直しも必要との議論もされており、適切な評価方法を確立し、標準化することにより日本がリーダーシップをとることも重要である。海洋マイクロプラスチック問題の対策として、PHA 系ポリマーの普及を積極的に推進するとともに広く海洋生分解性ポリマー群の開発を進めることも必要である。

2.2.7. バイオエコノミーの社会実装に向けた産官学の役割と提言

以上述べてきた、現状認識をもとに、循環型社会形成のための方策として、バイオ化学品に関わる技術開発及び産業化を強力に推進することをバイオ戦略に盛り込むことを提言する。ポイントは、日本が強みを有する高機能化学品分野の強化、さらには汎用バイオ化学品の原料に資する安価なバイオマス由来原料の調達及びこの原料を用いた産業化推進である。

バイオ化学品の光学材料や耐熱材料などの高機能製品は、個社の競争領域での事業努力により拡大を目指すべきと考えるが、政府調達などの産業化支援策は有効と考える。一方、例えば生分解性ポリマー等のバイオマス由来のポリマーは各社が持つ材料を複合的に活用することなどの点から協調領域での産業拡大が狙える領域である。また、生分解性ポリマーは最近特に問題視されている海洋プラスチック問題の解決の一助となることが期待される。

また、機能性バイオ化学品、汎用バイオ化学品ともに原料の安価調達が欠かせない。バイオマス等の原料から効率的な原料（単棟類等）の取出し技術やゲノム編集による原料に適した植物の開発なども重要と考える。このような観点から以下、産官学の役割と提言をまとめる。

【産の役割と提言】

① 非可食バイオマス由来の化学品製造プロセスの開発（プラスチック等）

② リサイクル性を考慮したプラスチック材料の開発

③ プラスチック廃棄物問題解決に資する、淡水中／海水中で高速生分解するプラスチックの開発

④ 汎用バイオ化学品のために必要なバイオマス等資源の調達に対する相互協力連携

⑤ 循環型社会への貢献についての定量的データ（LCACO2 の計算）の取得・モニタリングと情報公開

⑥ バイオエコノミーの社会実装が進む全体像を産業界全体で共有し、狙うべきバイオ化学品及びその普及率について定量的な議論の場の設定

【学の役割と提言】

① 非可食バイオマス由来の化学品原料製造の低コスト化技術の開発（ゲノム編集活用、革新的糖化技術など）

② 循環型社会の形成における適正負担についての国民理解を醸成するためのファクトデータの取得や教育、啓蒙活動の積極推進

【官の役割と提言】

① 国内／海外のバイオマス原料の政策的確保（非可食、林産資源、ASEAN 産資源）

- バイオ化学品原料（産業の基幹化合物）の確保に向けた仕組み作り
- ASEAN 諸国でのバイオマスを調達可能にするため、各国政府やその国の産業界との調整
- 国内において、農作物の非可食バイオマスを地産地消で利用できる仕組み作り、及び林地残材のバイオマスの利用促進のための林道等のインフラ整備

② バイオマス由来原料利用を促進する各種制度の設計と基盤インフラの整備（都市での分別回収、地産地消サイクル）

- バイオ化学品の分別回収の仕組み作り、コンポスト施設やバイオガス施設の増設
- グリーン購入法等の公共調達の積極活用のための宣伝・普及

③ 循環型社会の形成における適正負担についての国民理解に必要な科学的エビデンスの取得

- 環境影響に関するデータ取得（総合的 $LCACO_2$、海洋プラスチックの影響度（毒性等）等）

3. 健康社会形成に向けた課題

世界的に高齢化社会が形成されており、その中でも日本は最も高齢化が進んだ国である。高齢化に伴い医療費が増大しており、医療費の適正化が課題となっているが、日常生活に制限のない期間、すなわち健康寿命を延伸し、平均寿命と健康寿命の差を縮小することが、医療費の適正化に必要な一方策であると考えられる（健康寿命推移は補足資料　表 3-4 参照）。健康寿命の延伸に関しては、SIP2 バイオ・農業の研究開発計画の一つに「健康寿命の延伸を図る「食」を通じた新たな健康システムの確立」が組み込まれている。

本 WG では、上記の取組の補完も念頭におきながら、新しい切り口も取り入れ、健康寿命延伸を実現する提言について議論した。また本 WG では、『健康維持に関する日常のセルフケア』を充実させ、健康な期間を維持・延長することが健康社会形成の第一歩であるとし、本報告では、セルフケア＝健康維持に関する日常のセルフケアとして報告する。医療を受ける前のセルフケアの充実を図ることが、医療費の適正化への効果が大きいと考える。

「健康意識に関する調査」（補足資料 図 3-6 参照）から、国民の約半数が普段から健康やセ

ルフケアに気をつけてない人であると考え、この人々をメインターゲットとした。仮にメインターゲット(国民約半数 5,000 万人)がセルフケア対策のために年間 20,000 円支出した場合、計 1 兆円となる。また次世代ヘルスケア産業協議会(経済産業省、平成 30 年 4 月 18 日、資料「次世代ヘルスケア産業協議会の今後の方向性について」)が、参考としてヘルスケア産業(健康保持・増進に働きかけるもの)の市場規模が 2025 年に約 12.5 兆円規模になると示しており、潜在的に日常のセルフケアマーケットは大きいと考え、産業界も積極的に取り組む必要があると考えた。

健康社会形成のための方策として、3.1～3 の技術開発及び産業化の強力な推進をバイオ戦略に盛り込むことを提言する。特にセルフケアも組みこんだ健康社会(健康社会 3.0(仮称))の実現が重要である。

健康社会 1.0：医療中心(シックケア)、疫病・感染症との闘いの勝利、主要疾患治療法確立

健康社会 2.0：医療＋健康増進の連携、トクホ・ロコモ対策などの日本発の取組

健康社会 3.0：医療＋健康増進＋セルフケアの連携

3.1. <u>新たな健康状態把握法の開発による健康社会形成の加速</u>

現在知られている生体計測・センシング技術を俯瞰的にまとめた（補足資料センシング技術俯瞰調査参照)。各々の技術の特徴と限界を詳細に調べる必要はあるが、計測・センシングデータと生体状態との関連についての科学的なデータ取得が重要である。食によるセルフケアに向けて、我が国の強みでもあるセンシング技術の利用は重要なファクターになる。既存のモバイルに搭載されているいくつかのセンシング技術を組み合わせた API を開発することで、健康状態を評価するセンシングネットワークを構築することが可能になる。

日常の健康状態がより簡便にモニタリングが可能となれば、セルフケア意識の向上だけでなく、高額、時間を要する検査・診断の頻度を低下させることによる国民および事業者への負担を低減させることも可能である。この課題に対し、定期的な健康診断の補完、もしくは受診期間の間の代替として、自分の健康状態をリーズナブルに把握できる生体センシング技術が重要である。ポイントは、日々のセルフケアに必要な指標を「スピーディー」「非侵襲」「安価」「自己で測定」できることで、日本の高い技術力を活かせる分野である。

図 3-7.　ターゲットとなる既存の診断のイメージ

日常のヘルスケアにて、身体のバイオ/化学情報を捉えるバイオセンシング機能を有する新たなデバイス、そして非観血的なバイオ計測技術が必要である。生体成分・バイオマーカーを対象とする次世代バイオセンサーへの期待が大きい。特に、生適合性材料と MEMS（Micro Electro Mechanical Systems：微小電気機械システム）技術を融合した非侵襲型デバイスとして「フレキシブル型バイオセンサー」、窩腔体液（涙液・唾液）成分用の「キャビタス（窩腔）型バイオセンサー」の開発、そしてデジタル IoT 機器との連携が必要である。

また、非観血での早期の疾病スクリーニングや代謝の簡便評価において、呼気や皮膚ガスな

どの生体ガスに含まれる揮発性バイオマーカーを高感度に計測する「生体ガス計測用バイオセンサー」や「ガス認識素子」の研究開発が不可欠である。

さらに、どのような項目をセンシングすればよいのかは、医学関係者の意見を取り入れて、個人データの時系列変化の収集と時系列変化の意味することをアドバイスできる仕組み作りが必要であり、日常生活の中で使う健康管理のためのセンサーとして、医療機器とは別のカテゴリーで何らかの認定制度があると消費者にとって安心して活用することができるのではないかと考えられる。このような観点からも、消費者にアプリケーションを提供する企業、計測・センシング技術企業、医療関係者などとの連携が重要である。

社会実装への課題として、技術を実証することができる環境整備がある。この環境整備に官の支援が必要である。日常生活の中での検証となるため対象者は健常者ではあるが、検証には医療従事者や関係者との連携は必要である。神奈川県藤沢市や大阪府吹田市や摂津市などで取組が行われているが限定的で、より規模の大きいものへ拡大していくには、官との連携強化が求められる。このために、国による特区制度活用も有効と考える。特区での取組により、産業界の参入を呼び込み、国を挙げ産官学一体となった取組として国民の関心も高まり、メリットは大きい。さらにこれらの技術は日本人にしか当てはまるものではないため、世界展開・世界標準化も可能で、国際競争力の強化にも期待できる技術である。

デジタルを有効に活用するためには、ビックデータの蓄積が重要であり、このような健康に関するビックデータの解析は、データの蓄積と統合の標準化の推進が必要と考える(4.1参照)。

本提言における役割を以下に示すと共に、医療も含めセンシング業界中心の継続議論が必要である。

【産】医療・学と連携しセンシング項目を選抜し技術開発。
実証を特区の活用や地方と連携し規模を高めて進める。
官が標準化したデータを蓄積・解析し、個別最適されたセルフケア情報発信へ活用。

【官】技術の実証支援(特区など)
学と連携し、データ蓄積・統合の標準化推進

3.2. コホート研究の拡大・充実化とデータの二次利用のシステム構築

国民のセルフケア意識の向上には、納得感のある(科学的妥当性の高い)エビデンスをベースに情報を発信する必要がある。科学的妥当性の高い研究としてコホート研究があり、SIP2 バイオ・農業において食のコホート研究によるエビデンスの獲得が実施されている。この SIP2 バイオ・農業でのコホート研究に対し、データの二次利用のシステム構築を含めた研究の拡大・充実化について提言する。

SIP2 バイオ・農業の計画では5年間に5拠点のコホート研究が計画されているが、限られたものとなる。コホート研究をさらに拡大し、より効果的なデータベース構築につなげ、発症率と食の関係性を解明するなど国民のセルフケア意識・行動の向上につながる情報の充実化を行うことが必要である。これには、学と連携し試験デザイン構築やデータ取得のための技術開発、さらなるコホート研究データの蓄積が必要である。コホート研究の実施やデータベースの構築・維持には多額の費用が必要であり、官による地域との連携面や資金面のバックアップも加

える。SIP で構築した試験系を展開し、最低でも 10 以上のコホート研究を行い、食によるセルフケアに役立つエビデンスおよびデータベースの充実を実現する必要がある。

コホート研究に限らず、データを共有し更なる研究に利活用・再利用することは、セルフケアをはじめ新たなエビデンスの効率的な取得につながると共に、研究への投資回収率の最大化にもなるため、データの二次利用は大きな課題である。医療分野の研究開発に資するための匿名加工医療情報に関する施策の推進を図るため、次世代医療基盤法が施行(2018 年 5 月 11 日)された。本法令を活用するためのシステム構築を加速する必要がある。その障壁としてインフォームドコンセントによる制限がある。この制限をなくし、広く二次利用できるようデータベースに登録できるインフォームドコンセントの共通化を行うことが重要と考える。例えばバイオサイエンスデータベースセンター(NBDC)では、同意文書・説明文書(例)の中にデータの共有について記載することが挙げられており、研究者はこれを参考に取得したデータを円滑に共有できるように取り組むことが望まれる。

データを二次利用する取組については、先の例も含め、NBDC やライフサイエンス統合データベースセンター(DBCLS)でも取り組まれているが、海外に比べ規模が小さいため、産官学連携し、早期に国全体のシステムとして構築する。SIP2 バイオ・農業の研究にも含まれており、その促進が必要である。官と学が中心となってデータの二次利用可能なシステムを構築し、データの二次利用を産・学が中心となって行い、新たなエビデンス取得からの国民生活の充実と産業発展につなげる。コホート研究の充実化や SIP2 バイオ・農業と並行して、5 年以内にシステムを構築する。

本提言における役割を以下に示す。また SIP2 とも連携し、補完する取組を議論する場を設定することが必要であると考える。

【産】 官支援のもと、学と連携しコホート拡充(SIP2 とも連携し、SIP2 の 5 試験の倍以上試験実施)。

【学】 インフォームドコンセントの共通化などデータ二次利用のシステムを構築

3.3. さらなる展開について

① 食品表示の視認性向上技術開発とセルフケア情報の伝達

現在の食品表示は記載することが多く、国民は適正な購買判断や摂取のための情報を表示から得ていない現状がある。これでは健康増進にとって有用な商品の価値が国民に伝わってない。

この課題を解決するために、産業界は、メニューを含む食品表示の視認性を高める技術開発を行う。具体的な技術としては、表示が飛び出して見やすくなる技術である。

図 3-8.　視認性向上技術のイメージ

また視認性を高める共に、同時に個人に適した健康やセルフケア情報が表示することで(3.2 で得られたエビデンス情報も含む)、購買時のスピーディーかつ適切なセルフケア行動につながる、といったメリットもある。スマートフォン等を用いた QR コードの読み取り技術の応用

が考えられるが、個別最適化された情報が飛び出るようにはっきり読み取れるには、新たなコード設定や画面の開発が必要で、情報通信業界が協調領域として結集する必要がある。またこの技術はあらゆる商品にも適用が可能であり、国民の購買機会や購買意欲を高めるため、様々な産業の発展や大きな経済効果をもたらすと考える。

社会実装には、技術や情報伝達のインフラや情報セキュリティの整備も必要であり、市場全体の取組となる。しかしこの仕組みを作り上げるには相当な資源が必要で、各産業界が連携してこの社会実装を行う。個人経営の商店や飲食店まで本技術が導入するには、負担を減らす施策が必要である。さらに食品表示や情報セキュリティなどの関係法令の整備も必要となってくる。このため産官が連携して進めていく必要がある。

本提言は、官も含めた IoT を通した情報通信の業界団体を中心とした議論が必要である。役割を以下に示す。

【産】技術開発。官支援のもとインフラ整備。セルフケアや健康情報をまとめ、個別最適情報の発信。本技術の他産業への拡大。

【官】食品表示や情報セキュリティなどの関係法令の整備

② セルフケア表示食品の提供

医食同源の思想から伝承的に食が予防の役割をもって摂取されている場合があり、食品は健康維持に関する日常のセルフケアの役割も担って日々摂取されてきたと考えられる。この思想に基づき、食品の安全性は適切に確保していること前提で、食品にセルフケア表示ができれば、国民の食を通じたセルフケア行動につながる。産業界は、エビデンスに基づきセルフケアに関する表示を行った食品の提供を行うと共に、おいしく、手軽に摂取できるものとして、継続的に容易に摂取することができる食品を開発する。

健康機能性を食品に表示できる制度として保健機能食品制度と特別用途食品制度がある。しかしながらこれらの制度で表示できる健康機能性の内、セルフケアに関する表示は、一部、特定保健用食品(疾病リスク低減表示)や特別用途食品にあるのみで、その品目数も少ない(補足資料　表 3-5 参照)。また機能性表示食品では、疾病の予防や治療効果等、健康の維持増進の範囲から逸脱すると考えられる表示はできず、また身体全体の免疫表示等の機能性表示が期待されるが未だ存在しない。一方、海外に目を向けてみると、疾病リスクを低減する表示や免疫機能に関する表示などセルフケアに関する表示が日本よりも幅広く実施されている（補足資料　表 3-6 参照)。日本人への外挿性や異なる表示制度といった課題があり、日本でもそのままの表現で表示できるとは考えられないが、海外の制度がとても参考になる。

日本において、特に免疫機能の研究成果は多く発表されており、乳酸菌を代表に免疫の活性化が期待できる食品も存在するため、免役は、企業がとても関心のある表現である。日本においても、海外のように日々の健康やセルフケアを意識づけすることができる「免疫」という表示を一般化し、国民が免疫表示食品を積極的にとることで、健康を維持したまま長寿となることは、国民、企業、国にとってもメリットがあることだと考える。また日本の今の制度における表示が健康増進の範疇でも、機能はセルフケアに通じるものがある。例えば、「〇〇成分は、血圧の高めの方の血圧を下げます。」は「〇〇成分は、高血圧のリスクを下げることが期待できます。」とすることである。

セルフケア表示食品の科学的根拠として、3.2 のコホート研究やでデータの二次利用から得られるエビデンスは有効活用ができる。官がセルフケアに関する表示を可能とする制度や仕組みを整備し、3.2 の取組のアウトプットとして、この制度活用を連動させることも重要である。海外の例も参考にすると、5 年以内のスピーディーな制度導入と食品開発が可能と考える。

健康食品の業界団体中心に官民議論の場を設定し、制度設計を行っていく必要がある。以下に役割を示す。

【産・学】自社研究および 3.2(コホート研究やデータ二次利用)からの新エビデンス取得。
制度に従い、味覚等の魅力も併せた商品の開発。セルフケア食品市場規模拡大。

【官】制度整備(海外参考に 5 年以内)

③ <u>持続的な発展のため、セルフケア効果の確認と健康度の向上によるインセンティブ制度</u>

国民のセルフケア意識や行動、および事業者の健康経営を、国を挙げた施策として持続的かつ効率的に行うために、以下の 2 施策が効果的と考える。

Ⅰ. セルフケア行動の効果を検証・推進する総合的研究とフィードバック

Ⅱ. 健康の維持・増進および健康経営の目標を達成した個人および事業者にインセンティブを与える制度

Ⅰに関して以下に示す。セルフケア施策の PDCA を回すために検証が必要で、罹患率の改善などが指標になると考えられるが、あくまでも医療の話である。日常のセルフケアや健康増進を直接評価することも含め、セルフケア効果の総合的な研究が求められる。その研究で社会規模でデータを蓄積し、解析しフィードバックすることで、国全体で適切なセルフケア施策を持続的かつ非連続的に行うことができる。この研究は官支援のもと、学が中心になって行う。

Ⅱに関して以下に示す。日本と米国では医療保険制度が異なるが、医療費が高額な米国では主に民間医療保険会社が医療をマネージメントしていることから、健康状態の維持そのものが保険会社・個人に対して、直接的・間接的に金銭的インセンティブが働いている特徴がある。

日本は保険制度が充実し自己負担金も少ないため、セルフケアに対する金銭的インセンティブを国民が感じにくい特徴がある。国民が実感できるインセンティブとして、個人にはポイント還元によるプレゼントや所得税減税、事業者には法人税減税が効果的と考える。財源は、セルフケア施策によって実現した医療費の適正化より捻出し、国民に還元する。(日常のセルフケアの充実による国の負担は増えるが、病気の発症率の低下や治療期間の縮小から医療費の適正化につながり、トータルで国の負担が減る)。

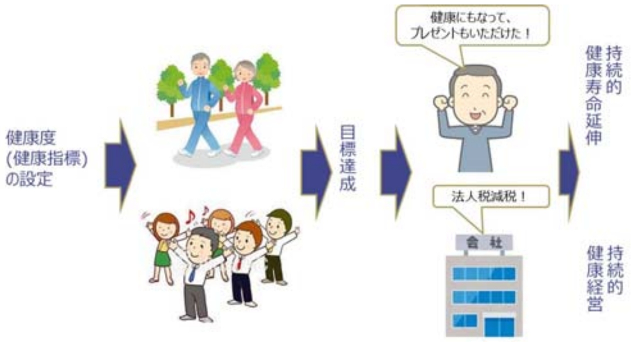


図 3-9. インセンティブ制度概念

健康に関する指標の設定が重要となる。個人に対しては、SIP2 バイオ・農業の中の「健康状態の指標化」の取組によって得られる指標が活用できると考える。事業者に対しては、日本健康会議（厚生労働者、経済産業省）が発行している健康スコアリングレポートの中の健康状態等の成績が活用できると考える。本施策実行には有識者の議論が必要である。

以下に役割を示す。

【産】Ⅰ　セルフケア行動推進施策の支援・実施

Ⅱ　制度を活用し健康経営を促進すると共に、産業競争力も高める。

【学】Ⅰ　セルフケア行動の効果を検証・推進する総合的研究の実施とフィードバック

Ⅱ　SIP 検討の健康指標などを活用し健康度を設定。

【官】Ⅰ　社会規模のデータ蓄積とフィードバック支援

Ⅱ　有識者議論。セルフケアによる医療費適正化から予算を捻出し制度設計。

4. バイオデータ連携に向けた課題

4.1. バイオデータ連携基盤の構築

持続可能な社会を達成するための有効な手段であるバイオ産業、特にデジタル・バイオ分野において、イノベーション創出と日本の国際競争力を強化するためには、バイオ関連デジタル・データ 2)（バイオデータ）の流通と革新的なデータ連携・活用が鍵になると考えられる。

2）：酵素反応や生態反応を含むバイオプロセスと環境条件、バイオ物質のライフサイクル、ヒトの代謝反応など広範にわたるデジタル化されたデータ

現状のバイオデータ利活用について、公共のオープンデータに関しては NBDC、DBCLS を中心に統合化、共有利用が進みつつあり、これから普及が促進されると期待している。一方で、産業界の個社（民間企業各社）が所有する、クローズデータに関しては、連携、共有といった活用が遅れている状況にある。バイオデータを用いたデータ駆動型バイオ産業で新たな価値を創造するためには、データの蓄積、流通、活用といった一連のマネジメント・プロセスを推進することが必要となる（補足資料　図 4-1）。しかしながら、プロセス推進に不可欠な、ビジネス環境、技術開発、社会制度が未整備であることが、課題として挙げられる。

昨年度の本活動では、バイオデータの蓄積に関する課題を中心に、データベース化の方針（統合データベース構築）や利用を想定したデータ取り扱いなどを検討した。検討結果及びデータ運用拠点の体制化については、今年度の「SIP2 バイオ・農業」にて具体的な開発として取組開始されている。バイオデータ蓄積を Step1 とすると、今年度は、バイオデータの蓄積だけでなく、流通から活用まで、マネジメント・プロセス全体を俯瞰して検討を行った。直近の Step2 ではデータ流通が、その後の Step3 ではデータ活用が検討課題となる。以下、各プロセスにおける課題と対応方針を述べる。

4.1.1. バイオデータの蓄積（Step1）

近年、バイオ分野における研究開発で技術革新が進み、バイオデータの取得が安価、短時間で行えるようになってきた。その結果、バイオデータの蓄積量は加速度的に増えている。しかしながら、これら膨大なバイオデータを誰もが有効に利用できる状況には至っていない。その

ため昨年の COCN 活動においては、データベースの統合や活用のためのデータ構造、データ取り扱いについて、検討した。統合データベースは、プロジェクトによる推進とともに NBDC、DBCLS などで既に開発が進みつつある。

バイオデータ蓄積に関する具体課題は、昨年度の検討や「SIP2 バイオ・農業」などで対応が始まりつつあるものと未検討な事項があり、それらを表に示す（補足資料　表 4-1）。また、バイオデータに特有の具体課題についても、表に示す（補足資料　表 4-2）。

バイオデータ蓄積プロセス（Step1）に関する役割提言を以下に示す。

【産】企業内のバイオデータ共有化モデル構築、開発エンジン設計

【学】既存バイオデータベースの統合、統合データベースと開発エンジンの維持管理

【官】バイオデータ流通に向けたセキュリティ保護やルールの先行検討支援

4.1.2. バイオデータの流通（Step2）

バイオデータ流通に関しては、特に民間企業のデータについて秘匿（クローズデータ）されているものが多いため、公開・流通に制約があり、データ連携が進んでいるとは言えない。データ流通を促進するには、データ流通市場およびデータ銀行の実施・運用が効果的である。一般的なデジタル・データを扱うデータ銀行については、既に民間データの共有事業に対する枠組みの必要性や、民間のデータ共有事業者が関係省庁にデータ提供を要請できる制度の必要性、といった観点で提言が進んでいる。実際、個人データや IoT（Internet of Things）データなどの分野では、流通が進みつつある。ユーザ個人の各種データを一元管理する PDS（パーソナル・データ・ストア）サービスや、IoT 機器から得られるデータを流通するデータ取引所サービスが始まっており、またクラウドサービス上でもデータ・マーケットプレイスが利用できるようになっている。しかしながら、バイオ分野に特有のデータを扱うための、バイオデータ流通市場やバイオデータ銀行に関する検討はこれからである。今年度のバイオデータ検討課題の主対象は、この直近 Step2 にあたるデータ流通検討である。

バイオ分野において、データの有効利用促進を可能とするバイオデータ流通の構造は、「バイオデータ提供者」「バイオデータ流通市場」「バイオデータ利用者」で構成される（補足資料図 4-2）。このバイオデータ流通市場において、オープンデータとクローズデータの連携が重要な役割になる。ステークホルダとしてデータ提供者とデータ利用者が存在するが、両者は同じプレイヤーとなる場合もある。国、公的機関、民間企業などで研究開発を行っている組織であれば、R&D データを、また多くの場合民間企業において、量産における生産データを利用することになる。これらデータ提供者と利用者の間でニーズをマッチングさせ、データ利用を促進するのがデータ流通市場になる。現在のオープンなバイオデータに関する利用であれば、NBDC が中心となって進めているデータベースーアーカイブや RDF ポータルの取り組みなどインターネット環境そのものをデータ流通市場と捉えても良い。

このようなバイオデータ流通の構造はあくまでも仮想空間における位置づけを示している。実際の、データ提供者、データ利用者、あるいは統合データベースやバイオデータ銀行が扱うデータやツールは、各組織が所有しているストレージやクラウドなどに分散的に存在している。利用者がインターネットなどサイバー空間バイオデータを活用する際に、仮想的に一体として

見えるものである。また、バイオデータ銀行は、自社でデータそのものを常に所有している必要は無く、データベースにアクセスできるようになっていればよい。

以上のようなバイオデータ流通構造において、各プレイヤーをつなぐデータ経路に求められる機能を表にまとめる（補足資料　表 4-3）。

バイオ分野が扱うデータは、多様性や環境依存性等が高く、他者のデータを利用することや絶対的な価値評価をすることが難しい、という特性がある。このようなデータを仲介するバイオデータ流通市場、バイオデータ銀行には、運用者自身の信頼性が求められるだけではなく、バイオ系データに関する専門的知識、さらにはデータの評価や、戦略的なデータ活用促進など、単なる仲介を越えた役割も期待される。バイオデータ銀行の実現性を高めるための具体的な施策例を表に示す（補足資料　表 4-4）。

バイオデータ流通プロセス（Step2）に関する役割提言を以下に示す。

【産】デジタル・バイオの産業化、産業力強化を実現するため、バイオデータを品質に応じてインセンティブ設計し、収益化できるビジネスモデルを構築

【学】バイオデータの流通におけるセキュリティ保護のため、データタイプに対応したブロックチェーン分散管理台帳技術などの適用
個人データや企業機密データを保護するための、匿名化データ処理技術開発

【官】バイオデータの流通を促進するための、バイオデータ銀行やバイオデータ流通市場を実施するための制度設計支援

4.2. <u>さらなる展開について</u>

バイオデータの蓄積（Step1）、バイオデータの流通（Step2）が進んだ後、デジタル・バイオの産業競争力強化を図るためには、バイオデータの活用（Step3）が求められる。すなわち、デジタル・バイオ産業拡大に資するバイオデータのマネジメント・プロセスで最も重要な項目が、データ活用である。データ活用により価値が高まれば、データ流通が促進され、バイオ産業発展が加速すると言える。

バイオデータ活用例の一つとして、人工知能（AI）などを用いたデータ駆動型科学への適用が挙げられる。例えば、バイオと材料のデータベース統合による物質創生 AI では、医薬分子や高機能素材などの新規な高付加価値物質（分子）をバイオ-材料融合による低炭素消費プロセスによって合成することが可能になると期待される。医療用・生物学研究用画像データを包含する AI システムでは、高精細化が進む CT（コンピュータ・トモグラフィー）等の診断データや病理用・研究用電顕画像を元に分子レベルから細胞レベルの現象を俯瞰して様々な縮尺のデータ統合を行い、原子レベルでの薬理開発に応用可能な AI プラットフォームの構築をめざす。さらに分子動力学的解析による movie データをとりこむ 4D（4 次元）AI への拡張により、時間を加味した 4D 解析が進展すると期待できる。これと併せて、現在精力的に進められている文献キュレーション機械学習用に収集した過去の生化学文献からの膨大なデータについて、時間軸を含む速度論データ等の各実験データとの照合・統合した AI 構築が可能となり、新規分子創生プロセス開発の精度向上を図ることができる。

マテリアルズ・インフォマティクスにおけるデータ活用の例では、自社でデータベースを構

築し、AI 材料データ解析をサービスする企業がある。公開データの提供者には無償で、非公開データ所有者には有償で AI 機能を提供するビジネスモデルを行っている。バイオデータの活用においても、ユーザが必ずしも自社データを公開しなくても、公開データと自社クローズデータをクラウド上で AI 解析することが可能な WES（Workflow Execution Service）を利用できる。この場合、クローズデータでもデータ連携活用が可能である。

バイオデータの具体的な活用は、「SIP2 バイオ・農業」でも進められている。化学品では機能性ポリマー開発にて検討されており、バイオデータとマテリアルズ・インフォマティクス・データの統合活用に取組んでいる。また、化学品の循環型社会実現に向けて、バイオデータを利用した材料トレーサビリティ管理を行うことが求められる。バイオデータのトレーサビリティ監視により、例えば環境影響を事前にシミュレーションで見積もることなどが期待できる。機能性食品へのバイオデータ活用では、センシングデータを用いた個人の健康管理（セルフケア）に適用できる。日常生活のモニタリングや食品データと、個人の健康状態データから相関分析を行い、機能性食品の開発やセルフケア（簡易検診）促進につながることが期待される。

バイオデータ活用プロセス（Step3）に関する役割提言を以下に示す。

【産】バイオデータの AI 逆解析アプリケーションを用い、化成品・食品・医薬品などの分野を強化するための、DaaS（Data as a Service）ビジネスの施行

【学】公共オープンデータと民間クローズデータを連携解析するための、バイオ版 WES プラットフォーム技術等の開発

バイオデータ分野における人材育成（バイオデータ・エキスパート、バイオデータ・ビジネスコーディネータなど）

【官】バイオデータを用いたシミュレーション解析結果を実験・実測の代替データとして、各種承認が可能となるための規制緩和に向けた議論への取組み

バイオデータ保護に関する国際的枠組みへの戦略的な対応

以上述べてきた、バイオデータ連携に向けた取組み全体像と、将来的に検討されるべき規制・制度の具体例を資料に示す（補足資料 図 4-3、表 4-5）。

5. 共通課題

全産業において AI 人材の需要が高まる中、バイオエコノミーを推進していく上でバイオ・インフォマティクスの人材確保（人材育成事例については補足資料表 5-1 参照）やスタートアップ活用についても議論した。具体的な施策提案まで至っていないが継続して議論すべき課題と考える。

6. 提言と今後の展開

本プロジェクトでは、内閣府が作成するバイオ戦略への具体的な施策の提言をめざした。バイオは、工業・農業・医療と範囲が広いことからも、継続的に戦略施策をモニタリングし、リバイスを繰り返すことが重要である。この機能を担う、関係する産業界・学界・政府機関が集う議論の場（官民会議体、賢人会議）の設定が重要である。

【補足資料】

１）補足資料：調査まとめ部分

２）プロジェクトメンバーリスト

３）デジタルを融合したバイオ産業についての環境認識（昨年度最終報告書より抜粋）

1）補足資料：調査まとめ部分

(2.循環型社会に向けた課題)

表 2-1.　海外のバイオエコノミー戦略

年	国・地域	バイオエコノミー戦略
2009	OECD	「The Bioeconomy to 2030」
2012	EU	「Innovation for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe」
	米国	「National Bioeconomy Blueprint」
	ｽｳｪｰﾃﾞﾝ	「Swedish Research and Innovation Strategy for a Bio-based Economy」
2013	ﾄﾞｲﾂ	「National Policy Strategy on Bioeconomy」
	ﾏﾚｰｼｱ	「Bioeconomy Transformation Programme」
2014	ﾌｨﾝﾗﾝﾄﾞ	「The Finnish Bioeconomy Strategy」
2016	ｲﾀﾘｱ	「Bioeconomy in Italy」
	ｽﾍﾟｲﾝ	「The Spanish Bioeconomy Strategy - 2030 Horizon」
2017	ﾌﾗﾝｽ	「France Bioeconomy Strategy」
	ﾀｲ	「THAILAND'S BIOECONOMY INDUSTRY」

補足 2-1：日本のリサイクル率の事例

資源・リサイクル促進センターのウェブサイトには主要品目のリサイクル率が掲載されており、例えば、2016 年の自動車タイヤのリサイクル状況として重量比で、熱利用 63%、原料加工利用 16%、海外輸出 12%、その他 9%と高いリサイクル率であることが示されている。また、プラスチック循環利用協会の「2017 年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」ではプラスチックのマテリアルフロー図が掲載されており、廃プラスチック総排出量 903 万トンに対し、有効利用された総量は 775 万トン（利用率 86%）、そのうちサーマルリサイクルの総重量は 524 万トン（利用率 58%）というデータが示されている。

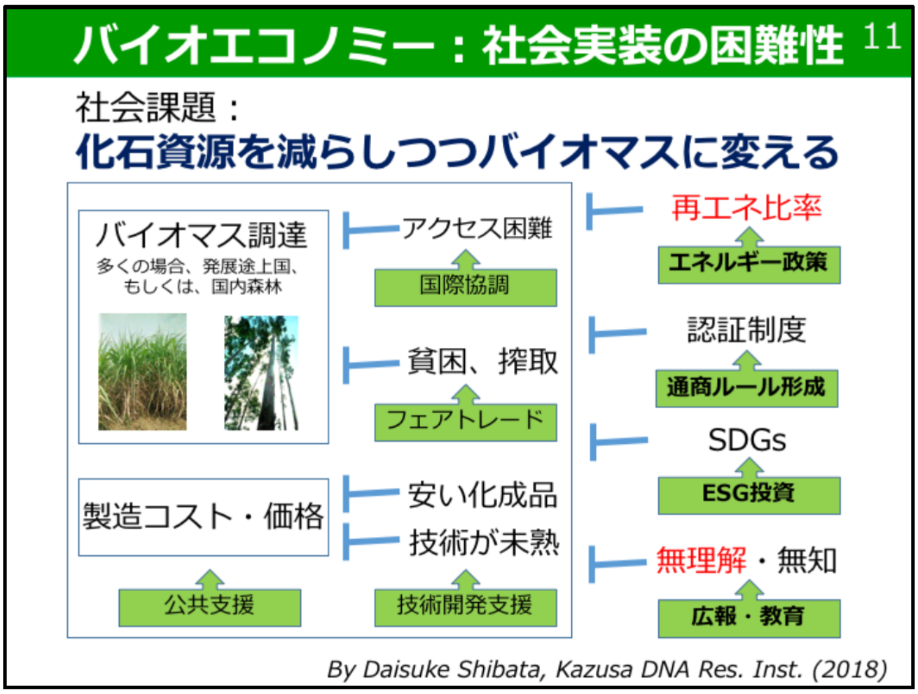


図 2-2. バイオエコノミーの社会実装に向けた諸課題

補足 2-2：バイオ化学品の普及率の目標値

2030 年におけるバイオ化学品への置換えの割合の見積りとして参考になるものとして、第四次循環型社会形成基本計画において 2030 年におけるバイオプラスチック国内出荷量の目標値（年間約 200 万トン）が挙げられている。ただし、日本のバイオプラスチックの国内出荷量は現時点で約 4 万トンであり、2030 年にこの目標値を達成するのは容易なことではない。

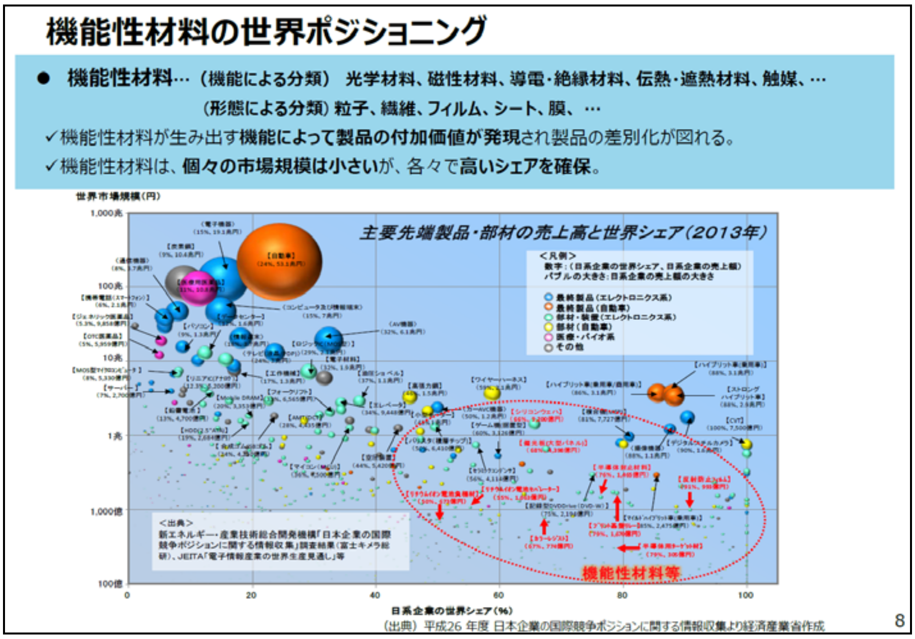


図 2-3. 世界市場における機能性材料のポジショニング
（経済産業省「素材産業におけるイノベーションの役割と期待（平成 30 年 1 月）」p8）

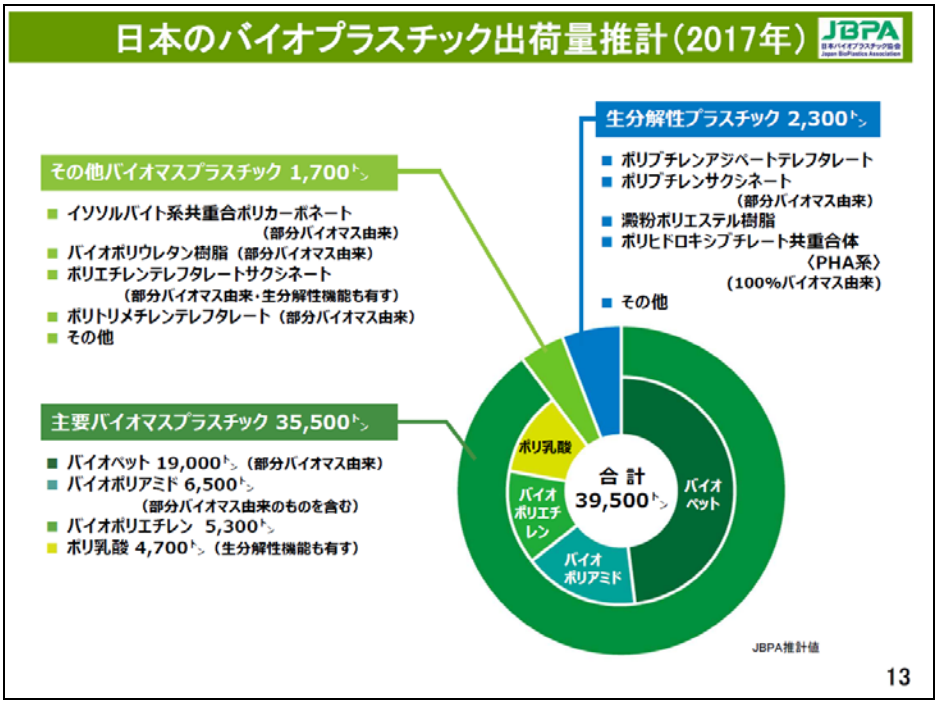


図 2-4. 日本のバイオプラスチック出荷量推計

(環境省プラスチック資源循環戦略小委員会 資料 5「バイオプラスチック概況(日本バイオプラスチック協会)」 p13)

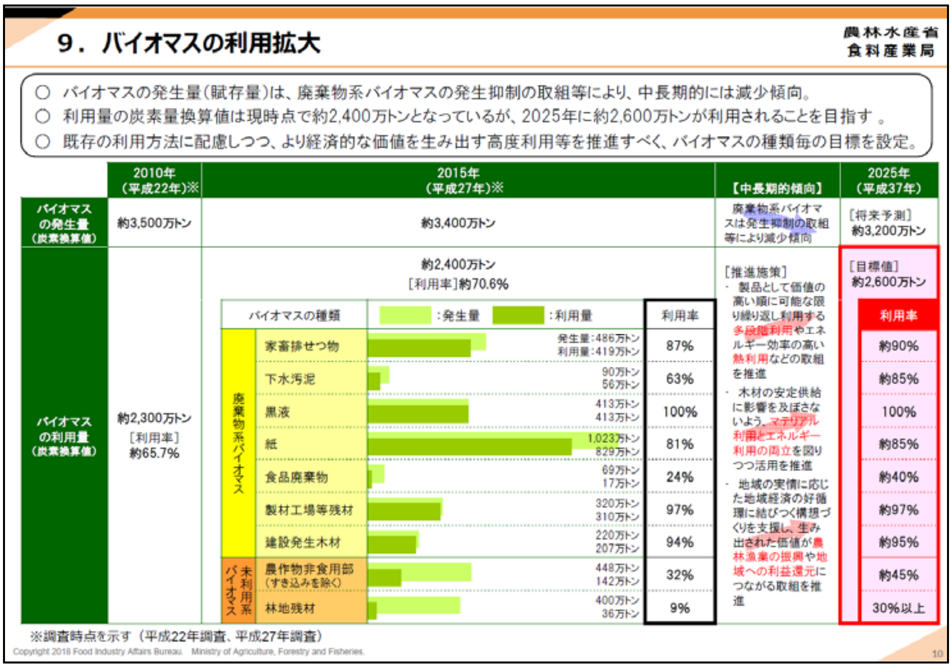


図 2-5. 国内の利用可能なバイオマスの量

(農林水産省の「バイオマスの活用をめぐる状況(平成 30 年 7 月)」p12)

補足 2-3：アセアン諸国におけるバイオマスの確保について

ASEAN 諸国における天然林の伐採地に、生産性の高い大型の草木性バイオマス（イネ科植物）を育成するモデルが候補の一つになり得る。ASEAN 諸国には、アランアランと呼ばれる未利用の草原（主にチガヤ属植物が生育している）が広がっており、アジア全体で日本の面積とほぼ同等（約 3500 万ヘクタール）という報告例もある。例えば、生産性の高い大型イネ科植物の生産量を約 80 トン/年・ヘクタールとし、すべての伐採地が利用できる前提で計算するとバイオマスとして 28 億トン／年という量が確保できる見込みがあることになる。

ただし、道路等のインフラが整備されている石炭採掘跡地の森林伐採地を見ると、人の多い石炭採掘跡地周辺は、農作地となり、その周辺にアブラヤシやゴムの木の栽培地となっている。さらにその外に紙パルプ用のアカシアの生産地となっており、バイオマス用の候補地は人が住む場所からはかなり遠い場所というのが実情である。

補足 2-4：非可食バイオマス原料の製造コスト削減の事例

NEDO の「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発」のプロジェクトにおいて、非可食バイオマス原料の製造コスト削減等のコスト競争力のあるプロセス技術の開発がなされている。また、単糖類の製造コスト削減の事例として、プロセスシミュレーションを活用して木質バイオマスからの糖製造コストを大きく削減する技術開発について、産業技術総合研究所から報告されている。

さらに、SIP 第 2 期（内閣府）の「スマートバイオ産業・農業基盤技術」の研究開発計画の『「生物機能を活用したものづくり」による持続可能な成長社会の実現』のサブテーマである「バイオ素材等サプライチェーンのボトルネックを解消する技術の開発」において、農林水産業系未利用資源を原料とする基幹化合物を安価で安定供給するための技術確立を目指した研究が実施される。

補足 2-5 海洋マイクロプラスチックの背景

海洋マイクロプラスチックは 1972 年に初めて報告されて以来、2004 年に Science 誌での報告がなされるまでの間、その存在量や環境影響評価がほとんどなされていなかった。2004 年以降調査が進み、毎年約 800～1200 万トンものプラスチックが海洋へ流入している試算が報告され、社会問題として認知された。

国連環境計画（UNEP）において海洋マイクロプラスチック問題に関する国際報告書が毎年出されており、その中で、既存の生分解性ポリマーは実環境中での分解性が十分ではないと報告されている。複数種のポリマー材料に関して、プランクトンやフジツボなどの海生生物に対する負の影響が報告されている。また、難燃剤などの人体への影響が懸念されているプラスチック添加物が吸着し濃縮された海洋マイクロプラスチックが海鳥に摂取されている旨の報告もなされている。

表 2-2.　環境・プラスチックに関する法規制・促進策の動向

国・地域	主な法規制・促進策
欧州	・2030 年までに使い捨てプラ包装全廃を目指す ・2019 年までに海洋ごみのゲインとなる使い捨てプラの抑制・規制の法整備を準備
米国	州や市が独自のプラスチック規制を開始
中国	プラスチックごみの輸入を禁止
国連	国連環境計画が「海洋ごみ及びマイクロプラスチックの専門家グループ」を設置
東南アジア	タイ、マレーシア等でも廃プラスチック輸入の禁止・規制が始まる
日本	・循環型社会形成推進基本計画において、「プラスチック循環戦略」の作成に着手 ・マイクロビーズ対策の為の「海岸漂着物処理推進法」を参院で可決

（3. 健康社会形成に向けた課題）

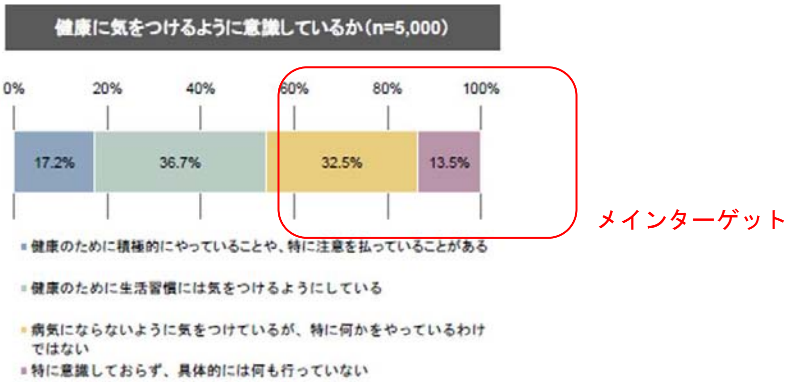
表 3-4.　日常的に制限のない期間（健康寿命）の調査結果

性別	年次	日常生活に制限のない期間の平均（年）			日常生活に制限のある期間の平均（年）			前２者の合計：平均寿命（年）		
		推定値	95%信頼区間		推定値	95%信頼区間		推定値	95%信頼区間	
男性	2010	70.42	70.28	70.55	9.22	9.08	9.35	79.64	79.60	79.67
	2013	71.19	71.07	71.32	9.01	8.89	9.14	80.21	80.18	80.24
	2016	72.14	72.01	72.27	8.84	8.71	8.96	80.98	80.95	81.01
女性	2010	73.62	73.46	73.77	12.77	12.62	12.92	86.39	86.36	86.42
	2013	74.21	74.07	74.35	12.40	12.27	12.54	86.61	86.58	86.64
	2016	74.79	74.65	74.94	12.34	12.20	12.49	87.14	87.11	87.16

基礎資料として、健康情報は国民生活基礎調査を、死亡情報は人口動態統計を用いた。

2016年の健康情報は、国民生活基礎調査が熊本地震により熊本県を調査していないため、熊本県を除く全国のものを用いた。

出典：橋本 修二　「健康寿命の全国推移の算定・評価に関する研究　―全国と都道府県の推移―」　厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）　平成 29 年度分担研究報告書



出典：「健康意識に関する調査」（平成 26 年 8 月 1 日　厚生労働省）より抜粋。一部追記。

図 3-6.　国民の健康への意識調査結果例

表 3-5.　特定保健用食品(疾病リスク低減表示)の表示

対象成分	表示	許可件数※
カルシウム	この食品はカルシウムを豊富に含みます。日頃の運動と適切な量のカルシウムを含む健康的な食事は、若い女性が健全な骨の健康を維持し、歳をとってからの骨粗鬆症になるリスクを低減するかもしれません。	13
葉酸	この食品は葉酸を豊富に含みます。適切な量の葉酸を含む健康的な食事は、女性にとって、二分脊椎などの神経管閉鎖障害を持つ子どもが生まれるリスクを低減するかもしれません。	0

※2019 年 1 月 18 日現在

表 3-6.　海外での表示例

国・地域	対象成分・食品	表示
アメリカ	低ナトリウム食品	ナトリウムの低い食生活は、多くの因子に関連している疾病である高血圧のリスクを軽減させることがあります。
	特定の食品由来の水溶性繊維	○○由来の水溶性繊維は、飽和脂肪酸およびコレステロールの低い食生活の一環とした場合、心疾患の危険を軽減する可能性があります。
	ビタミン C	ビタミンCは、免疫機能をサポートします。
EU	大麦βグルカン	大麦βグルカンは血中コレステロールを低下／減少させることが示されています。高コレステロールは冠状動脈性心疾患発症の危険因子です。
	ビタミン D	ビタミンDは、子供の正常な免疫系機能に寄与します

補足　3-6　国民のセルフケア意識向上に必要な専門家・企業家の育成

健康社会形成の提言①～⑤の技術システムおよび制度の導入だけでなく、国民の、特に健康への関心が少ない国民のヘルスケア意識を向上させるために効果的に伝える人材育成も重要である（補足資料参照）。IT を駆使した情報発信技術では一方向の情報発信になったり、健康は自分事として扱わなければならないことから、ヒト対ヒトのコミュニケーションが必要と考える。医師にもその役割を果たすことができるが、患者の治療という重要や役割があるため、健康維持に関する日常のセルフケアに関する専門家がこのコミュニケーションに必要と考える。セルフケア情報は食に限ったものではなく扱う範囲も広いことから、専門家を育成するには仕組みそのものから作っていかなければならない(管理栄養士が近い資格であるが、範囲が限られている)。この専門家が資格として確立することは新たな雇用を生み出すことにもつながると考える。

産業界が開発した技術を社会実装するために、マーケティング要素も含めどのようにデザインするか、相手に対しどのようにカスタマイズするかといったスキルをもった人材、ここでは企業家と記すが、この企業家の育成も重要である。これまでにない高齢化社会の中で、健康やセルフケアに関する企業家は活躍の場が多くなると予想される。企業家育成には学生といった

若い世代からの育成が重要であり、大学での養成が効果的と考えるが、自社技術の社会実装を目的とした社会人も大学の育成に組み入れることも必要である。技術開発と共に産官学協働で企業家育成を行うことがポイントである。

補足 3-7　健康寿命延伸プラットフォームの海外進出

日本は世界に先駆け超高齢化社会に突入しており、超高齢化社会下での成功事例を積み重ねることができるという強みがある。世界各国も次々と超高齢化社会に入っていくことから、健康寿命延伸に関する方策をプラットフォーム化し世界に展開することは、日本が海外競争力を高めるための大きな武器となる。単純計算ではあるが、日本の人口約 1 億に対して世界の人口は 60 億であり、 市場規模は少なくとも日本の 10 倍以上はある。スピーディーに世界にマッチングさせることで、投資の早期回収だけでなく、市場の独占性を高め、国内関連産業のさらなる発達が見込まれる。海外展開の第一歩としては、日本人と関係の深いアジアへの展開、中でも ASEAN 諸国への展開を考えると、ASEAN で検討されている制度の統一化(ハーモナイゼーション)において、健康食品・機能性表示に関わる制度を日本の制度に近いものにしていくことは重要な取り組みであると考える。

（4. バイオデータ連携に向けた課題）

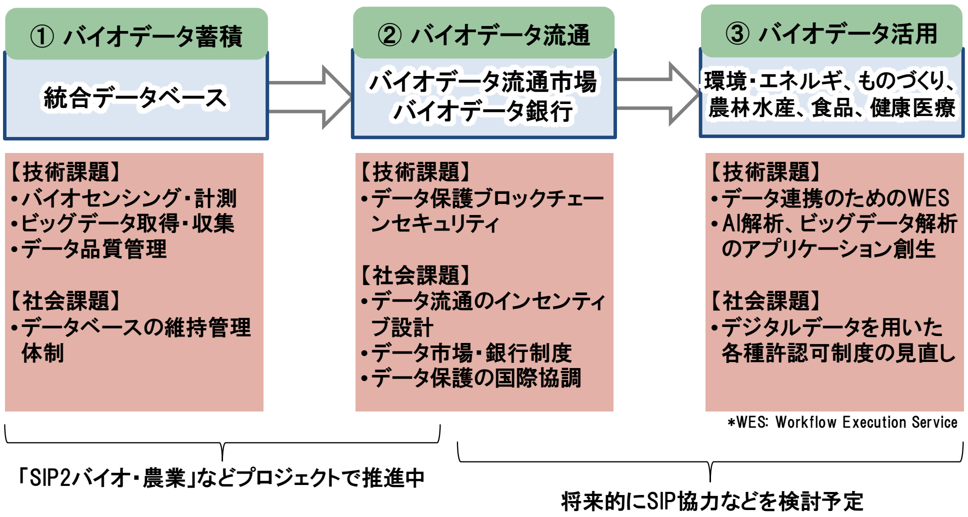


図 4-1. バイオデータ活用の価値創造に向けたマネジメント・プロセス

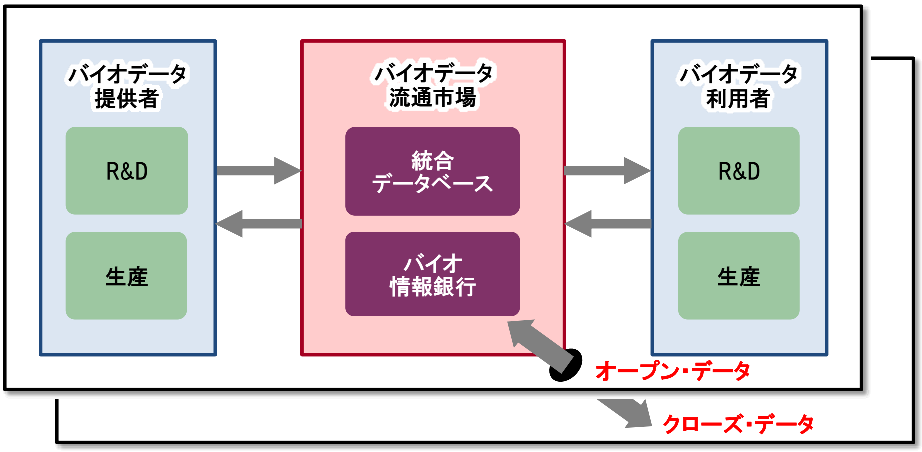


図 4-2. バイオデータのデータ流通構造

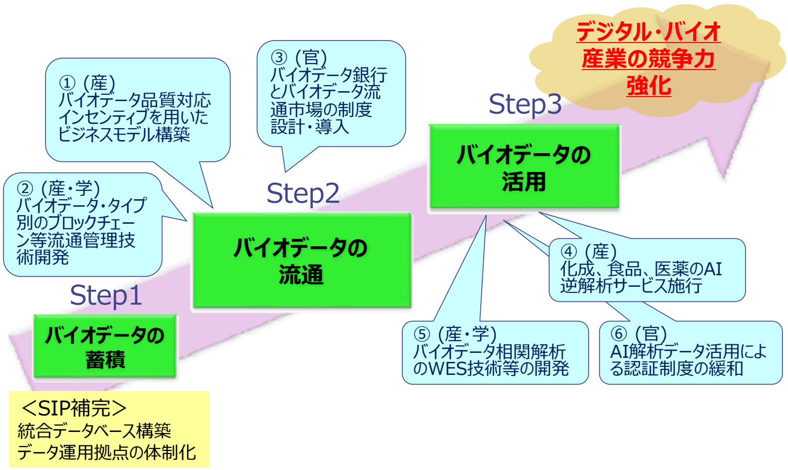


図 4-3. バイオデータ連携に向けた取り組み全体像

表 4-1. バイオデータ蓄積に関する課題状況

#	分類	既に取り組み中の課題	未対応・今後の課題
1	データ書式	データベースフォーマット、ロー・データの扱い、メタデータ生成、データベース間のリンク	標準化、時間軸データ、入出力の相関データ
2	データ品質		データアップデート、データ品質評価、データ再現性評価
3	データ管理	データ保管	継続的な維持管理、データセキュリティ管理、データ流通管理、規制・規格対応
4	データ入力	ネット自動取り込み	計測装置からのデータ変換
5	データ出力	便利機能(バルクダウンロード、絞り込み検索)	分析ツール不十分
6	データ流通・活用		無償データベースや検索プラットフォーム少、民間企業データの非公開、制度設計

表 4-2. バイオデータ特有の課題

データ内容に関する課題	規制・規格に関する課題
• 多様性や複雑性 • 解釈の多義性 • 新種データへの対応 (気象、土壌、化合物など関連データ) • 個人情報、ELSI(倫理的・法的・社会的課題) • 名寄せと匿名化	• 生物多様性条約(名古屋議定書) • 個人情報保護、倫理指針 • 次世代医療基盤法

表 4-3. データ流通構造における要求機能と制度

バイオデータ流通市場における位置	必要な機能	必要な制度
データ提供者からのデータ受取	・データフォーマット変換 ・データ品質確認 ・データの匿名化 ・データのセキュリティ確保 ・WES(Workflow Execution Service)によるデータ秘匿	・データオープン要件
データ提供者への返戻	・インセンティブ設計 ・レピュテーション	・データ流通優遇税制
データ利用者へのデータ提供	・データの可視化 ・データ解析	・データオープン要件
データ利用者からの見返り	・料金制度設計	・デジタル課税
統合データベース	・データ再現性の検証 ・データクレンジング ・データの意味づけ ・メタデータ作成	・データ維持管理 (オープンデータ:公的事業) (クローズデータ:民間運営)
バイオ情報銀行	・データの価値づけ ・取引者の与信 ・取引者間のデータマッチング ・取引時のデータ開示条件設定 ・市場の管理と運営	・データ価値評価指標 ・データ利活用促進制度 ・データ知財化対応
オープン・クローズ接続	・必要なデータの探索 ・オープン・クローズ間のデータマッチング ・データ接続時の品質比較 ・接続後データの意味づけ ・接続後データの価値づけ	・セキュリティとトレーサビリティ確保 (Block Chainなど)

表 4-4. バイオデータ銀行実施に向けた施策例

(1)	バイオデータ銀行のガイドライン策定	情報提供者・利用者の権利と利益を守る中立性や、積極的なデータ活用策を提示できる事など、バイオ産業の発展に向けてバイオデータ銀行が能動的に活動するために求められる条件に関する、バイオデータ銀行のガイドライン
(2)	データ提供者の免責・保護のガイドライン策定	バイオデータ提供の対価として、供出されたデータを含むビッグデータ解析等で獲得した成果の配分を裏付けるなど、将来的な価値創出に対してデータ提供者にも利益供与される仕組みや、諸外国へのデータ保護規制へ対応し、データ利用者を保護するためのガイドライン。また、バイオデータ提供により利用者が損失を生じた場合の、提供者および利用者それぞれへの免責や保護に関するガイドライン。
(3)	バイオデータ銀行の試行制度策定	バイオデータ銀行運用に関する諸課題を解決するために、具体的な分野や目的を定めて、試験的に運用するための制度。公募事業として、バイオデータ銀行を発足・運営する制度を設け、ロールモデルとして複数企業から構成される各業界での取り組みを支援。バイオデータ銀行に対して、民間企業の潜在的なビジネスニーズは高いが、ビジネスモデルが不透明なため進展していない。上記の試行制度による取り組みが、民間企業参入に対する普及促進となる。

表 4-5. 規制・制度見直しに関する具体例

(1)	規制緩和	・ 認証許可（薬機法や種苗法など）へのシミュレーション（バイオデータ）適用
(2)	規制見直し	・ 製造者責任や品質保証への AI 学習機能おりこみ ・ 遺伝子組み換え作物のトレーサビリティ
(3)	規制の国際協調	・ 生物多様性条約への協調及び戦略的対応 ・ 個人情報保護法、投資規制法への協調
(4)	制度設計	・ バイオデータの継続的な維持・管理の制度化 ・ バイオデータ流通市場・バイオ情報銀行の施行規則

（5. 共通課題）

表 5-1.　バイオ・インフォマティクスに関する内容を含む人材育成事業の事例

実施期間 （開始期間）	関連省庁	事業名・施策名
2001 年度～2005 年度	文部科学省	科学技術振興調整費新興分野人材養成
2006 年度～	経済産業省	NEDO 特別講座（NEDO プロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の統合的展開）
2006 年度～	経済産業省	バイオ学園（バイオインダストリー協会）
2017 年度～	文部科学省	データ関連人材育成プログラム

2）プロジェクトメンバーリスト

【プロジェクトメンバー】

○ リーダー	水無　渉	三菱ケミカル株式会社
○ WG 主査・副査		
データマネージメント WG 主査	武田　健一	株式会社日立製作所
	嶋田　惠一	株式会社日立総合計画研究所
データマネージメント WG 副査	高木　利久	科学技術振興機構
	五斗　進	情報・システム研究機構
バイオ計測・バイオセンシング WG 主査		
	水無　渉	三菱ケミカル株式会社
社会課題 WG 主査	北野　真	住友化学株式会社
社会課題 WG 副査	川地　康治	キリン株式会社

○ メンバー（所属機関あいうえお順）

岡　辰哉	株式会社 IHI プラントエンジニアリング
吉川　修	株式会社 IHI プラントエンジニアリング
臼田　佳弘	味の素株式会社
三輪　哲也	味の素株式会社
今泉　明	味の素株式会社
中島　亜弓	味の素株式会社
福永　哲也	出光興産株式会社
田代　裕統	出光興産株式会社
高木　利久	科学技術振興機構
星　潤一	科学技術振興機構
森田　浩	科学技術振興機構
亘理　篤	鹿島建設株式会社
上野　嘉之	鹿島建設株式会社
柴田　大輔	かずさ DNA 研究所
八十原　良彦	株式会社カネカ
富永　雄仁	株式会社カネカ
吉田　慎一	株式会社カネカ
佐藤　俊輔	株式会社カネカ
川羽田　守	キリン株式会社
川地　康治	キリン株式会社
篠原　裕之	キリン株式会社
田村　具博	産業技術総合研究所
萩原　義久	産業技術総合研究所
関口　勇地	産業技術総合研究所

中島　芳浩	産業技術総合研究所
光田　展隆	産業技術総合研究所
山口　有朋	産業技術総合研究所
富永　健一	産業技術総合研究所
油谷　幸代	産業技術総合研究所
柳下　立夫	産業技術総合研究所
加藤　大	産業技術総合研究所
成廣　隆	産業技術総合研究所
室冨　和俊	産業技術総合研究所
渡辺 斉志	サントリーグローバルイノベーションセンター株式会社
福田　明	JXTG エネルギー株式会社
富安　寛	次世代化学材料評価技術研究組合
前田　修一	次世代化学材料評価技術研究組合
久保　秦	次世代化学材料評価技術研究組合
青木　根玄	次世代化学材料評価技術研究組合
御石　浩三	株式会社島津製作所
山下　洋司	株式会社島津製作所
堅田　一哉	株式会社島津製作所
荒川　清美	株式会社島津製作所
植木　昌也	株式会社島津製作所
目賀　章正	株式会社島津製作所
高石　貴子	株式会社島津製作所
五斗　進	情報・システム研究機構
河野　信	情報・システム研究機構
樋口　敏浩	住友化学株式会社
北野　真	住友化学株式会社
重松　邦彦	住友化学株式会社
冨永　幸雄	住友化学株式会社
乾　将行	地球環境産業技術研究機構
石原　健一	帝人株式会社
三林　浩二	東京医科歯科大学
梶原　将	東京工業大学
北本　仁孝	東京工業大学
小畠　英理	東京工業大学
山本　直之	東京工業大学
柘植　丈治	東京工業大学
河村　健司	東レ株式会社

牧野　英顯　　　日本化学工業協会
中島　　隆　　　農業・食品産業技術総合研究機構
白井　正人　　　農業・食品産業技術総合研究機構
本島　邦明　　　農業・食品産業技術総合研究機構
林　　茂彦　　　農業・食品産業技術総合研究機構
片寄　裕一　　　農業・食品産業技術総合研究機構
山本(前田)万里　農業・食品産業技術総合研究機構
小堀　真珠子　　農業・食品産業技術総合研究機構
石川　豊　　　　農業・食品産業技術総合研究機構
中山　繁樹　　　農業・食品産業技術総合研究機構
西村　麻里江　　農業・食品産業技術総合研究機構
折戸　文夫　　　農業・食品産業技術総合研究機構
夜久　英信　　　パナソニック株式会社
阪井　英隆　　　パナソニック株式会社
中南　貴裕　　　パナソニック株式会社
村岡　仁　　　　パナソニック株式会社
後藤　泰史　　　日立化成株式会社
貫井　憲之　　　日立化成株式会社
山崎　由香　　　日立化成株式会社
武田　健一　　　株式会社日立製作所
西田　洋一　　　株式会社日立製作所
伊藤　潔人　　　株式会社日立製作所
横井　崇秀　　　株式会社日立製作所
松尾　俊明　　　株式会社日立製作所
嶋田　惠一　　　株式会社日立総合計画研究所
松本　洋人　　　株式会社日立総合計画研究所
吉田　博史　　　株式会社日立総合計画研究所
宮﨑　祐行　　　株式会社日立総合計画研究所
山下　優香　　　株式会社日立総合計画研究所
濱里　史明　　　株式会社日立ハイテクノロジーズ
佐保山　友加里　株式会社日立ハイテクノロジーズ
仲西　正壽　　　富士フイルム株式会社
滝澤　俊樹　　　株式会社ブリヂストン
渡辺　訓江　　　株式会社ブリヂストン
会田　昭二郎　　株式会社ブリヂストン
南　洋　　　　　北海道三井化学株式会社
椎名　康彦　　　マルハニチロ株式会社

庵原　啓司	マルハニチロ株式会社
御手洗　誠	マルハニチロ株式会社
本多　倫子	マルハニチロ株式会社
金井　浩之	株式会社三菱ケミカルホールディングス
漆坂　雅弘	三菱ケミカル株式会社
前田　直弥	三菱ケミカル株式会社
市川　直樹	三菱ケミカル株式会社
高野　純志	三菱ケミカル株式会社
佐野　浩	三菱ケミカル株式会社
笠井　俊宏	三菱ケミカル株式会社
古賀　裕久	三菱ケミカル株式会社
柏　啓太	三菱ケミカル株式会社
高橋　洋介	三菱ケミカル株式会社
渡邉　由子	三菱ケミカル株式会社
田中　伸一郎	三菱ケミカル株式会社
水無　渉	三菱ケミカル株式会社
川端　潤	三菱ケミカル株式会社
村尾　耕三	三菱ケミカル株式会社
樹神　弘也	三菱ケミカル株式会社
村瀬　友英	三菱ケミカル株式会社
福田　健	株式会社三菱総合研究所
谷口　丈晃	株式会社三菱総合研究所
池田　佳代子	株式会社三菱総合研究所
鈴木　健吾	株式会社ユーグレナ
岩田　修	株式会社ユーグレナ
中島　綾香	株式会社ユーグレナ
杉本　良太	株式会社ユーグレナ
山本　洋介	ユニバーサルマテリアルズインキュベーター株式会社
抜井　正博	理化学研究所
曾根　秀隆	理化学研究所
山岸　卓視	理化学研究所
大浪　修一	理化学研究所
粕川　雄也	理化学研究所
荒　勝俊	早稲田大学

○ アドバイザー（府省庁・機構，所属機関あいうえお順）

上村　昌博　経済産業省　商務・サービスグループ　生物化学産業課　課長
大石　知広　経済産業省　商務・サービスグループ　生物化学産業課　総括課長補佐
玉木　秀幸　経済産業省　商務・サービスグループ　生物化学産業課　課長補佐
前田　修二　経済産業省　商務・サービスグループ　生物化学産業課　係長
児玉　真理子　経済産業省　商務・サービスグループ　生物化学産業課　係長
中島　潔　内閣府　政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付　企画官
石井　毅　内閣府　政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付　上席政策調査員
松室　寛治　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官
中野　明正　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究調整官
宇木　俊晴　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究専門官
千徳　直樹　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究専門官
高橋　陽子　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究専門官
高原　学　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究専門官
谷口　洋二郎　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究専門官
西村　宜之　農林水産省　農林水産技術会議事務局　研究開発官（基礎・基盤、環境）室　研究専門官
西尾　陽介　文部科学省　研究振興局　ライフサイエンス課　技術参与
日比　忠晴　文部科学省　研究振興局　ライフサイエンス課　科学技術・学術行政調査員

林　智佳子　新エネルギー・産業技術総合開発機構
尾上　尚子　新エネルギー・産業技術総合開発機構
瓦田　研介　新エネルギー・産業技術総合開発機構
長嶋　正紀　新エネルギー・産業技術総合開発機構
波多野　淳一　新エネルギー・産業技術総合開発機構
南　誓子　新エネルギー・産業技術総合開発機構

○ 事務局

横尾　敏明　三菱ケミカル株式会社
坂元　雄二　バイオインダストリー協会
小川　修平　AGC 株式会社

○ COCN 実行委員	五十嵐　仁一	JXTG エネルギー株式会社
	上田　博	住友化学株式会社
	古賀　淳一	第一三共株式会社
○ COCN 企画小委員	武田　安司	日本電気株式会社
○ COCN 事務局長	中塚　隆雄	一般社団法人産業競争力懇談会
○ COCN 副事務局長	五日市 敦	株式会社東芝

３）デジタルを融合したバイオ産業についての環境認識（昨年度最終報告書より抜粋）

1　デジタルを融合したバイオ産業戦略に向けて（事務局）

第5期科学技術基本計画では、目指すべき国の姿として、①持続的な成長と地域社会の自律的発展、②国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現、③地球規模課題への対応と世界の発展への貢献、④知の資産の持続的創出を上げている。そして、その実現のために新しい価値やサービスが次々と創出される「超スマート社会」を世界に先駆けて実現するための一連の取組みをさらに深化させつつ「Society5.0」として強力に推進するとしている。さらに、未来投資戦略 2017 では、健康寿命の延伸をはじめとした具体的な戦略分野を設定している。

このような目指すべき姿や戦略分野の中で、『循環型社会の実現』や『快適健康社会の実現（QOL の向上)』という社会的課題に対して、バイオテクノロジーは有効な解決手段の一つとなり得る。さらにこのような社会課題への取り組みは、国連が目標とする持続可能な開発目標（SDGs）の多くに合致するものである。

我が国は、伝統的な醸造・発酵技術を強みとして、医薬品事業（抗生物質、バイオ医薬品)、食品関連事業（アミノ酸、有機酸）などで世界をリードしてきた。しかし、近年は、圧倒的な研究開発資金を投入する米国や国際規格等の仕組みで攻める欧米などに押されている状況が続いている。OECD は、2030 年の世界のバイオ市場は、GDP の 2.7%（約 200 兆円）に成長すると予測しており、この市場で競争力優位に立つことが、産業振興や雇用創出の観点からも重要である。

さらに、近年、著しい量のバイオ関連データが蓄積してきている。これは、遺伝子配列などのバイオデータを解析する次世代シーケンサー（遺伝子配列を高速で読み取る装置）などの技術革新により格段に解析コスト等が下がったことによる。しかしながらこれらのデータは分散・偏在化していたり、データ品質が不明確であったりするために十分使いこなされているとは言えない状況である。

現有する莫大なデータ及びこれから発生してくる膨大なデータ（ドライ：サイバー）とバイオテクノロジー（ウエット：フィジカル）を有効に繋ぐことにより、化学品、食品やその他の新機能材創出が、これまでにない期間、コスト、性能で開発できることが期待される。

この点について、単に技術論のみならず、産業化への仕組み（規制緩和、規制化、国際規格化、標準化、促進政策など）の観点から課題を整理して具体的な施策を提言・実行していくことが重要である。

バイオ素材及びバイオテクノロジーを用いて成長が期待される産業分野・領域として、医療/ヘルスケア・工業・農林水産業分野が考えられるが、今後さらに成長を期待する工業・農林水産業分野を選定して議論を進めた。なお、医療/ヘルスケア分野、特に医薬品分野については、バイオを活用して、すでに一定の規模の産業が成立していること、デジタル・データの活用の取組みが進められていることから本プロジェクトの範囲に今回は入れていないが、医食同源の観点からも今後密に連携することは非常に重要である。

工業・農林水産業分野として、具体的には、化学品、食品、その他の活用分野を想定した上で、分野ごとの現状調査（産業上の課題、技術動向、各種データの存在状態）、課題を整理した上でデータ利活用についての課題と課題解決の方策をまとめた。

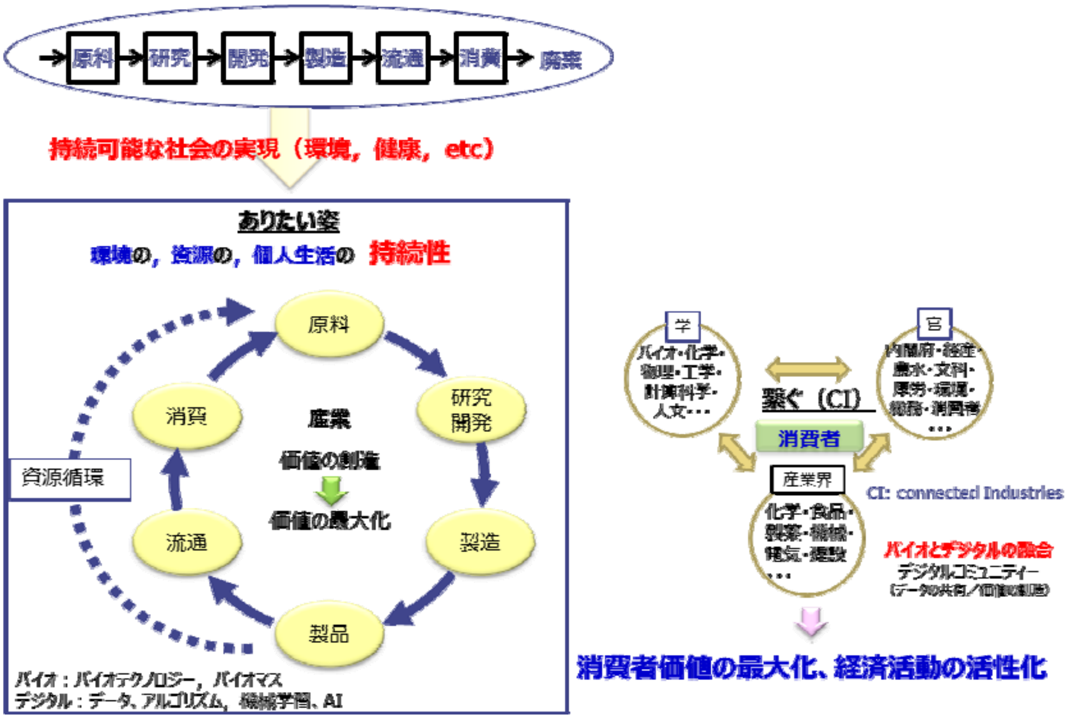


図 1.1. 目指すべき循環型社会とバイオとデジタルの融合コンセプト

2　各国のバイオ戦略（事務局）

国際的な課題の解決を目指すもっとも上位の考え方は国連の 15 年間の目標である「持続可能な開発目標（SDGs）*1」（2015 年）である。SDGs の 17 目標のうち、貧困・産業振興、飢餓・健康、エネルギー、生産と消費、環境・気候変動、生物多様性などに関する少なくとも 10 目標以上はバイオが技術的に貢献すべき目標である。

OECD 報告書「2030 年に向けたバイオエコノミー*2」（2009 年）は、2030 年における同加盟国のバイオ産業市場は約 200 兆円規模に拡大し、このうちモノづくり分野が約 4 割を占めると予測した。これを受け、主要各国や EU では、バイオエコノミー戦略が策定された。

米国では 2012 年、当時のオバマ大統領によるマテリアルゲノムイニシアティブとともにバイオエコノミーブループリント*3 が発表され、現在の合成生物学の興隆の礎となる技術や仕組みが整備された。

欧州諸国では、国単位、地域単位のバイオエコノミー戦略とともに、EU としてのバイオエコノミー戦略*4 が発表され（2012 年）、Horizon2020 や官民パートナーシップによるイノベーション推進だけではなく、バイオエコノミーを推進するための社会の仕組みや生活の変革に関する試みも推進されている。特に、ドイツやオランダはバイオエコノミーを強力に推進しており、例えば、ドイツではインダストリー4.0 を推進したハイテク戦略の後継戦略の案においては「持

続可能な経済」の推進が設定されて、その推進力として産業のバイオ化「Biologization[*5]」が提唱されている。欧州におけるバイオエコノミー政策における最近の動向として、「持続可能な開発目標（SDGs)」(2015 年、国連）や世界経済フォーラムが推進する「サーキュラーエコノミー」との整合性を図った考え方を議論している点が挙げられる。また、レジ袋やガソリンに関する規制やバイオ製品の利用推進を世界に先駆けて実施しているが、これらの施策にはバイオエコノミーに関する国際的な標準化において有利に立とうとする意図も伺える。

バイオエコノミー戦略の立案は欧米だけではなく、アジアでも策定されている。マレーシアは、アジアにおけるバイオエコノミーの拠点となることを目指したフォーラムを毎年開催し、タイでは数年間で 1 兆円の投資を伴う戦略が発表された。中国は早期にドイツからバイオエコノミーの考え方を取り入れていたため、バイオエコノミーに関する論文数は、国別で最も多い。2015 年に策定された「中国製造 2025」において医療・バイオは重点分野のひとつに設定され、省単位でもバイオ産業の推進に関する施策[*6]が発表されている。

一方、日本政府は 2008 年に最後のバイオ戦略[*7]が策定されたが、施策として実行されることはなく、現在に至っている。2015 年に開催された第 1 回グローバルバイオエコノミーサミットに日本政府は参加しなかったが、2018 年に開催される第 2 回サミットでは、日本政府の積極的な参加が期待されており、産業界も連携して進めている。

*1：持続可能な開発目標（SDGs）; The Global Goals for Sustainable Development（SDGs)、SDGs には、その前身のミレニアム目標（MDGs）で未達成であった課題に新たに環境等の課題も含めた 17 の目標と 169 のターゲットが設定された。SDGs の達成のため、企業を含むグローバル･パートナーシップによる実施が宣言され、「持続可能な発展のための世界経済人会議」（WBCSD）では企業の取組を推進する「SDG compass」を策定した。

*2：OECD 報告書「2030 年に向けたバイオエコノミー」(2009 年）; The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda (2009) ; 2030 年に、バイオエコノミーは OECD 加盟国の GDP 総額の約 2.7%（1.6 兆ドル）に貢献し、うち工業製品は 38%程度を占めると予測している。

*3：バイオエコノミーブループリント（2012）; National Bioeconomy Blueprint (2012) ; 米国は、Blueprint を受け、170 万人の雇用と 2,000 億ドル（約 23 兆円）の市場の創出を目指す Billion Ton Bioeconomy Vision が 2016 年に発表された。

*4：EU としてのバイオエコノミー戦略（2012 年）;（Innovation for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe ,2012)、2030 年までに石油由来製品の 30%、輸送燃料の 25%を生物由来に置換すること等を目標に掲げ、その推進のため「研究開発･イノベーションへの投資」、「産業･市場の強化」、「政策対話とステークホルダーエンゲージメントの強化」の 3 本柱を設定している。

*5：ドイツにおける「Biologization」(2017) ; 産業のデジタル化（Digitalization）を目指す Industry4.0 で有名なドイツの科学技術・イノベーション政策“ハイテク戦略”の改定に向けたハイテクフォーラムにおける勧告（2017 年）では、国連 SGDs を受けた「持続可能な経済」が掲げられ、「持続可能な経済」を牽引する手段として“Biologization（バイオ化)”がライ

フサイエンス、材料科学、エンジニアリング、IT を密接に結びつけデジタル化に匹敵する社会変革を起こしうると記載されている。
*6：中国における省単位でのバイオエコノミー産業の推進；たとえば、2017 年に第 10 回中国バイオテクノロジー産業会議を開催した広東省は、数兆円規模のバイオクラスター構想（ヘルスケアを含む）を発表した。
*7：日本におけるバイオ戦略；2002 年、小泉総理（当時）のもとで「バイオテクノロジー戦略大綱」が策定され、2008 年には内閣府が「ドリームＢＴジャパン」を策定したが、この戦略は政権交代により実行段階に移行することはなく、それ以降、バイオ戦略は策定されていない。

3　バイオとデジタルの融合に関する技術動向（事務局）

バイオとデジタルの融合においては、医療/ヘルスケア分野が先行しているが、製造業という観点でも、例えばドイツでは、GE やシーメンスなど産業界の先行を受け、国家として産業のデジタル化を目指すインダストリー4.0（2014 年）を推進し、シーメンス、Bosch や BMW 等の開発・生産・流通の現場において実装されはじめている。日本においても、2016 年以降、第５期科学技術基本計画やその他の戦略等において Society5.0 が掲げられた。

一方で、米国では 2012 年以降の先進製造パートナーシップの一環として、新規素材の作出や開発期間短縮を目指すマテリアルゲノムイニシアティブが掲げられ、バイオが将来有望な基幹技術として位置づけられ、データの共有システムなど推進するための技術基盤が整備された。そのような中で、次世代シーケンサーによるゲノム解読コストの大幅な低下や 2012 年に登場した CRISPR/Cas9 などゲノム編集技術などの登場も重なり、合成生物学を用いた革新的なモノづくりを目指すベンチャーが次々に興隆し、これまでデジタル産業に投資してきたシリコンバレーなどの投資家も次々に合成生物学ベンチャーに投資を始めた。これらのベンチャーの中でも、人工知能とロボットを活用したシステムを目指すベンチャーが特に注目されている。一方で、米国の研究機関とアカデミアが連携した、大規模なファウンドリーシステムも立ち上げられ、米国は国家として合成生物学を推進しようとしている。日本でも、経産省/NEDO によるスマートセル・インダストリーの考え方に基づくプロジェクトが始動したが、このプロジェクトでもデジタル技術の活用が大きな課題になっている。

一般社団法人 産業競争力懇談会（ＣＯＣＮ）

〒100-0011　東京都千代田区内幸町２－２－１
日本プレスセンタービル　４階
Tel：03-5510-6931　Fax：03-5510-6932
E-mail：jimukyoku@cocn.jp
URL：http://www.cocn.jp/
事務局長　中塚隆雄