

進化を続けるバイオ産業の 社会貢献ビジョン

～新たな基幹産業の創出と地球規模の課題解決に向けて～



2016年3月
日本バイオ産業人会議

目次

1. 緒言	3
2. 背景	4
1) 地球規模の課題	6
2) 各国のビジョン・戦略	13
3) 日本の課題	17
3. 2030年を想定したバイオ産業の社会貢献ビジョン	18
1) 健康・医療分野	24
2) 新しいビジネスを生むバイオによるモノづくり、環境、エネルギー	38
3) 農林水産業・食糧	52
4. バイオ産業の振興ために重要な基幹技術(例示)	60
5. バイオ産業の振興ために産学官が取り組むべき施策	78
1) バイオ産業に関する国家ビジョンの作成	80
2) イノベーションを生むエコシステムの構築	85
3) 公正な国際競争環境の確保と国際貢献	93
4) 人材育成とコミュニケーションの推進	97
6. さいごに	103

緒言

近年、欧米を中心としたゲノム編集技術や合成生物学の進展は目覚ましく、これまでとは比較にならないスピードとインパクトでバイオテクノロジーが幅広い産業群に影響することが予想される。また、バイオテクノロジーは近未来に地球規模で懸念される人口・食糧・水問題、気候変動・環境汚染、パンデミック等の課題や我が国における健康・医療、環境、農業・食糧等に関する課題を克服しうる重要かつ代替法のない基盤技術である。欧米を中心に、バイオが社会に貢献する姿を「バイオエコノミー」として位置付けたビジョンや、それを「合成生物学」を基幹技術として推進する戦略が発表されている。本ビジョンでは、2030年を想定して日本発のバイオテクノロジーやバイオ産業が地球規模の課題解決に貢献しつつ新たな基幹産業を興す姿を示し、その実現のために設定すべき国家としてのビジョン・戦略およびその達成に必要な産学官の役割と連携について提案するものである。



【補足説明】日本には、発酵産業や製薬産業などバイオテクノロジーを基盤とする産業が発展しており、バイオテクノロジーに関する基礎研究が高いレベルを維持していることは2015年の大村智先生などバイオ関連で5名のノーベル賞受賞者を輩出している点からも示唆される。しかしバイオの産業利用においては直近の30年で欧米との差が広がっている※1。1999年に設立された日本バイオ産業人会議は、同年に設立されたライフサイエンス推進議員連盟や関係省庁とこの危機意識を共有し、2002年には「バイオテクノロジー戦略大綱」が総理の下で策定され、2008年には内閣府よりドリームBTジャパンが発表された。これらの戦略に連動した施策で、一時的に活性化した面もあるが、総じて日本のバイオ産業はその後世界的な競争において苦戦を強いられている。この間、例えば、OECDによる「The Bioeconomy to 2030」(2009年)を契機に、米国や欧州など各国が「バイオエコノミー」という概念を導入し、急速に発展する「合成生物学」を基幹技術として明確に位置付けた、バイオテクノロジーによる産業振興と課題解決を推進する総合的な国家戦略を発表している。一方で我が国では、バイオは、健康・医療や農業・食糧、モノづくりなどの産業分野毎に分断されて国家戦略に記述され、激しさを増す国際競争に打ち勝つためのバイオの総合的なビジョンや国家戦略は健康・医療分野をのぞき策定されていない。

※1；1984年米国議会による国際分析※2で、日本企業は「発酵産業等の伝統があり、バイオテクノロジーの実用化で最も手強く、近い将来必ず台頭するであろう」と評価されていた。しかし、「バイ・ドール法」(1980)や「ヤングレポート」(1985)に基づくプロパテント政策など大胆な産業振興施策により米国内の同産業が活性化するにつれて、日本を脅威とする記載は消え、90年代の報告書では「同分野で日本はプレーヤーですらない」との記載※3もある。

※2；米国議会技術評価局「バイオテクノロジーの開発戦略国際比較」(1984)、 ※3；米国医療経済研究機構「米国における医学生命科学研究開発」(1996)

背景

(産業振興と地球規模の課題
解決のために目指すべきこと)

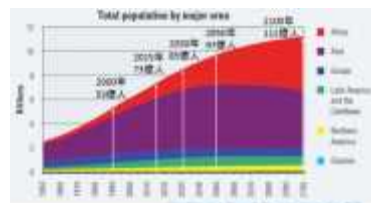
2016 これからの15年 2030
 2020

背景

地球規模と日本の課題、各国政策と技術革新

地球規模課題と国際的な合意

地球規模課題; 2050年; 100億人、食糧・水・エネルギー不足



国連「World Population Prospects」、2015年



英国政府BIS「The Perfect Storm Scenario」(J. Beddington), 2015年



課題解決のための国際合意;

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

国連「2030アジェンダ」(SDGs), 2015年

日本の2030年目標;
温室効果ガス排出量
2013年度比
-26.0%

「パリ協定」, 2015年

各国のバイオに関するイニシアチブ

「The Bioeconomy to 2030」(2009年、OECD)を契機に、欧米等の各国は「バイオエコノミー」の概念を導入し、バイオテクノロジーによる産業振興と課題解決を推進するイニシアチブを発表。

米国; National Bioeconomy Blueprint (2012); 医療を含む総合戦略
Federal Activities Report on the Bioeconomy (2016);
2030年までに10億トンのバイオマス利用を目指す

欧州; Innovation for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe (2012)
課題解決はHorizon2020で実施(バイオ関連予算は7年で約3兆円)

ドイツ; National Research Strategy Bioeconomy 2030 (2012)
世界での主導的役割を目指し
第1回グローバルバイオエコノミー
サミットを主催(2015年)



GLOBAL BIOECONOMY
SUMMIT 2015
German Bioeconomy Council

バイオにおける急速な技術革新

ゲノム編集技術

驚くべきスピードで進展する
CRISPR-Cas9関連技術と知財化



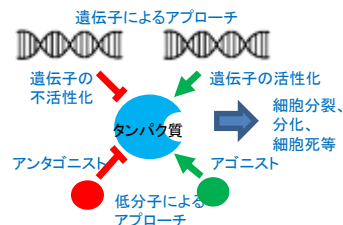
ゲノミックセレクション

DNA配列の個体差(多型; SNP)の中には、特定の遺伝子と強く連動するものがある。次世代シーケンサーを用いてSNPを目印にゲノムを調べて形質と比較することで、遺伝子機能が不明でも個体の選抜が可能になる。家畜や農産物での応用が検討され、国内でも、東大、家畜改良事業団、農研機構野菜茶業研等での研究開発が進展しつつある。

合成生物学

欧米は国家戦略として取組み
英国の例; 2012年に2030年までのロードマップを設定、目指す分野、要素技術、産学の役割等を記載。最新の戦略プラン2016では、実装段階に入ると宣言。

ケミカルバイオロジー



2030年に予想される日本の課題(例)

健康・医療

後期高齢者; 約2千万人、介護費用; 20兆円
平均寿命; 2年延伸、健康寿命の延伸は?
医薬品・医療機器の輸入超過の拡大
国民皆保険制度が事実上破綻する恐れ

モノづくり・ 環境・エネルギー

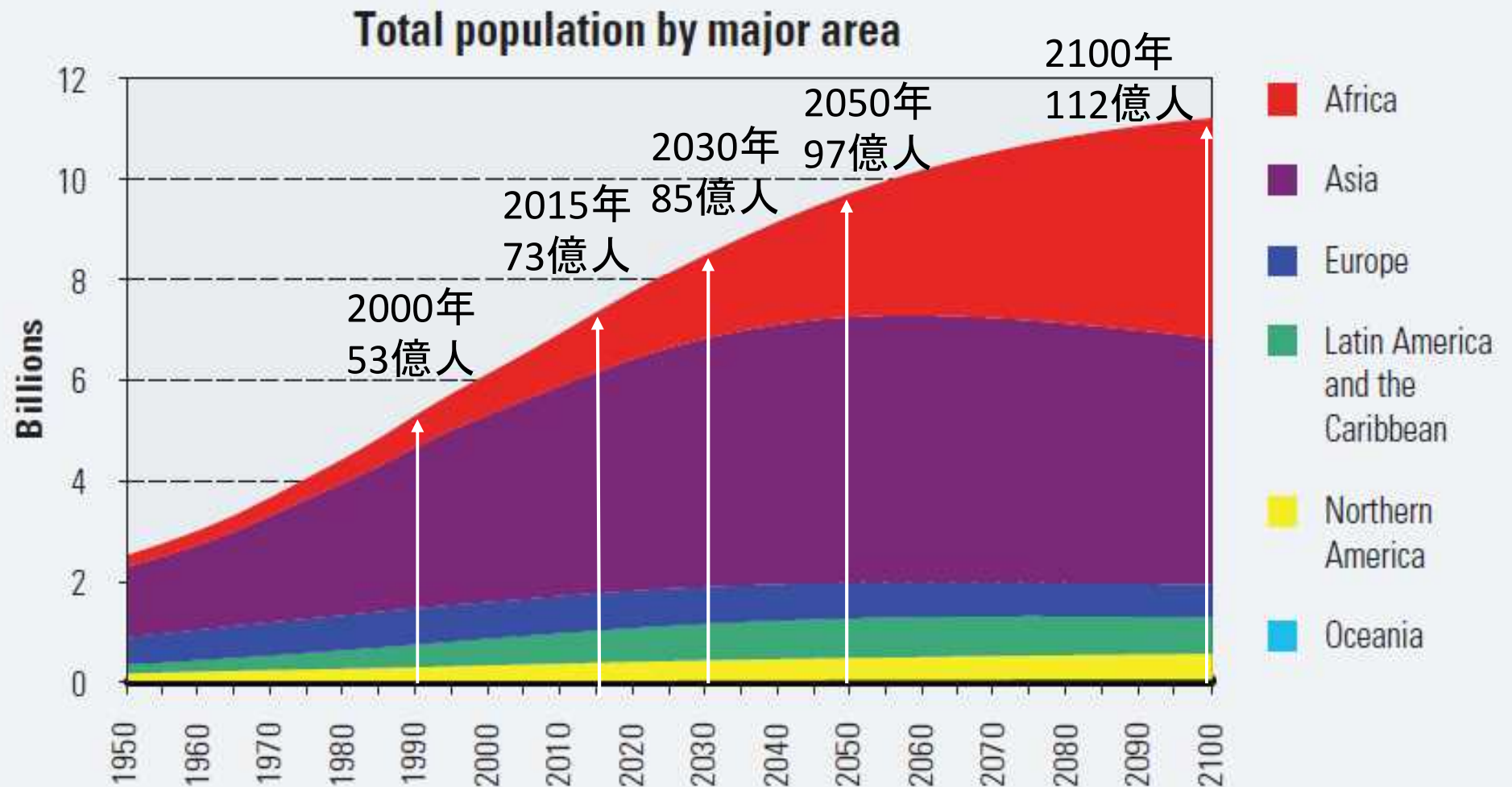
ゲノム編集等の革新的技術の導入促進
化石資源から再生可能な資源への変更
生物資源の安定的確保・新規利用
「2030アジェンダ」の課題への貢献
「パリ協定」における2030年の目標達成

農林水産・ 食糧

65歳未満農林水産業従事者; 30万人
国内外で温暖化の影響が現れはじめる
農林水産業の生産能力・生産額の低下
FTA(EPA)発効と世界の中間層倍増の影響
政府補助金継続、食料自給率

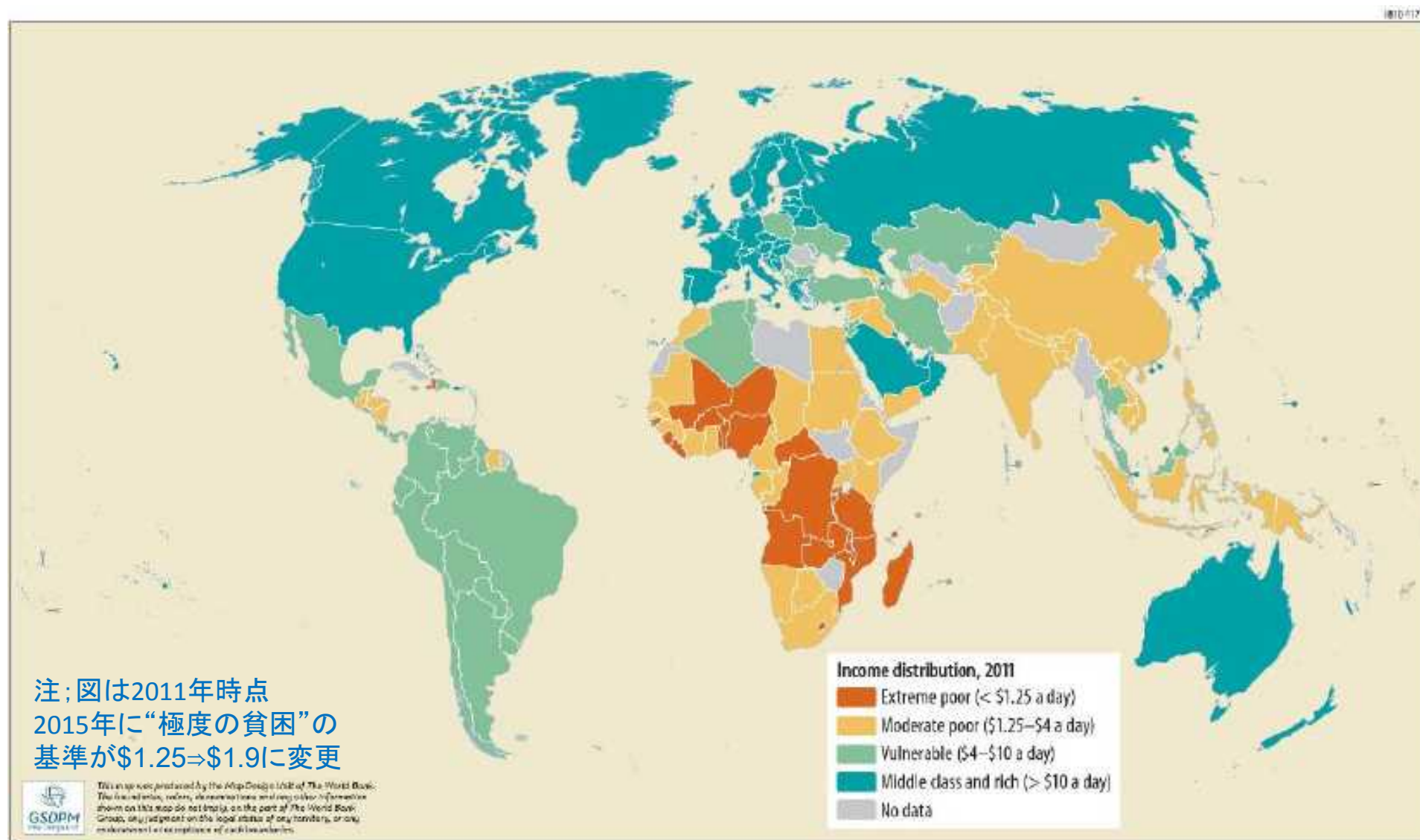
地球規模の課題;世界の人口

2050年に約100億人、うち8割がアジア・アフリカ
⇒食糧、水、エネルギー等の不足が懸念



地球規模の課題;世界の貧困マップ

7億人が1日あたり \$1.9以下で生活（“極度の貧困”）

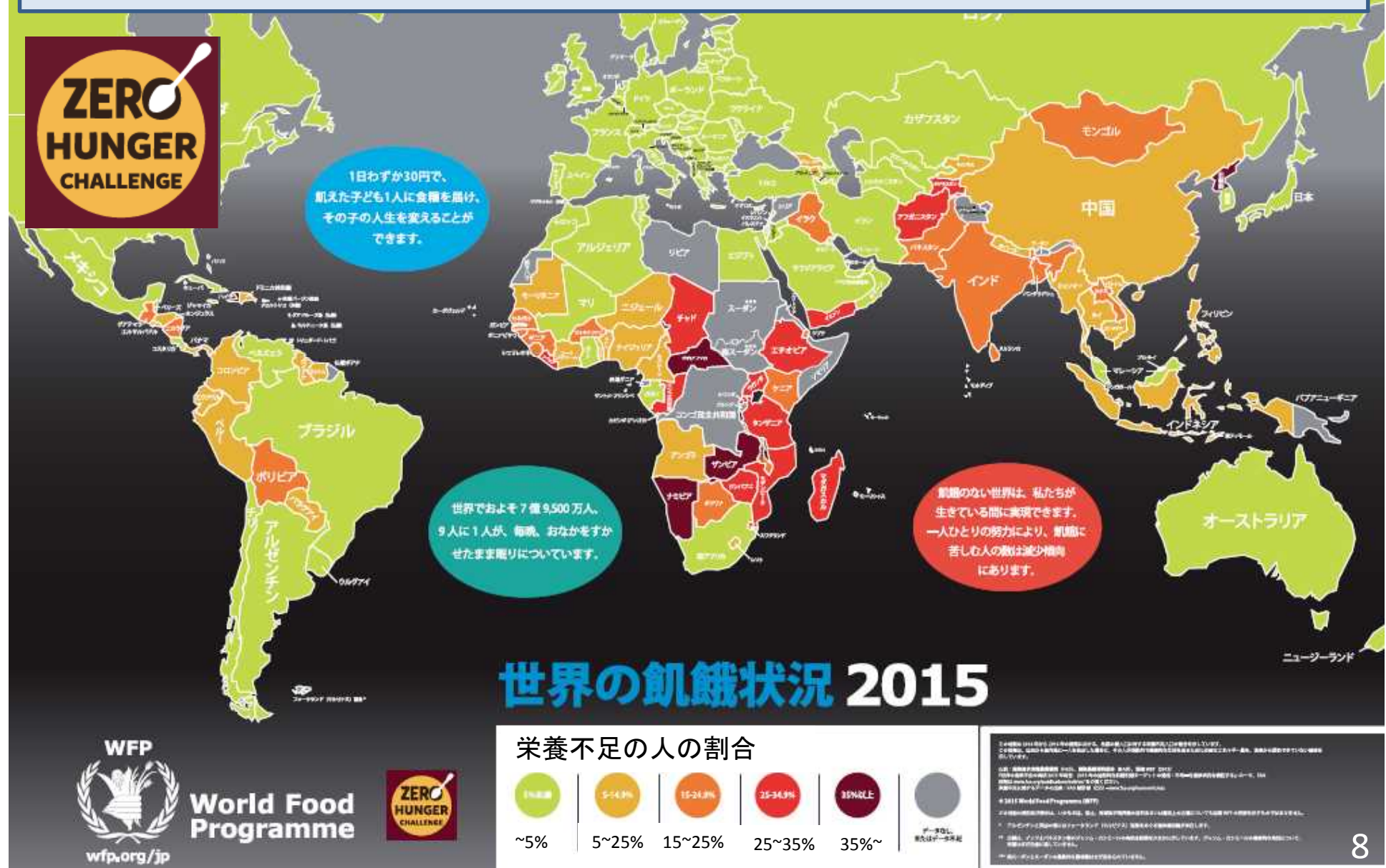


出典 ; Ending Extreme Poverty and Sharing Prosperity; Progress and policies World Bank Group (2015)

SEPTEMBER 2015

地球規模の課題;世界の飢餓マップ

世界で7億9,500万人、9人に1人が空腹のまま就寝している

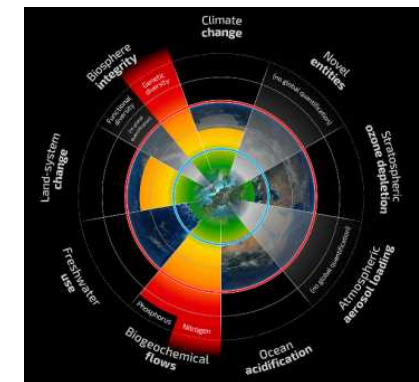
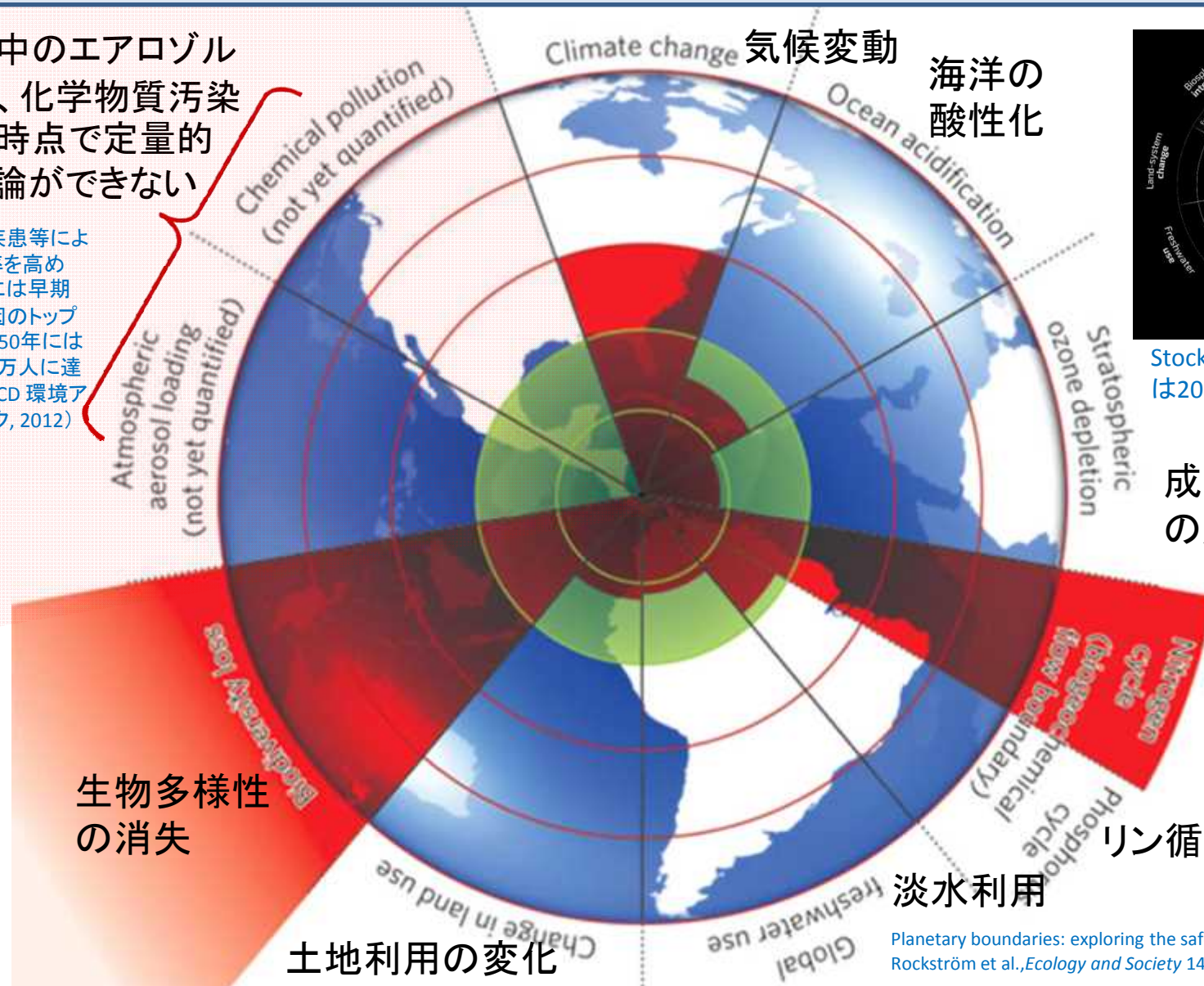


地球システムの限界人類が安全に活動できる領域の減少

生物多様性、窒素循環、気候変動は既に境界を超えている

大気中のエアロゾル
負荷、化学物質汚染
は現時点で定量的
な議論ができない

呼吸器疾患等によ
る死亡率を高め
2030年には早期
死亡原因のトップ
になり2050年には
年間360万人に達
する(OECD 環境ア
ウトルック, 2012)



Stockholm Resilience Centre
は2015年版も公開している

成層圏オゾンの減少

窒素循環
(大気汚染、酸性雨、
富栄養化)

リン循環

淡水利用

土地利用の変化

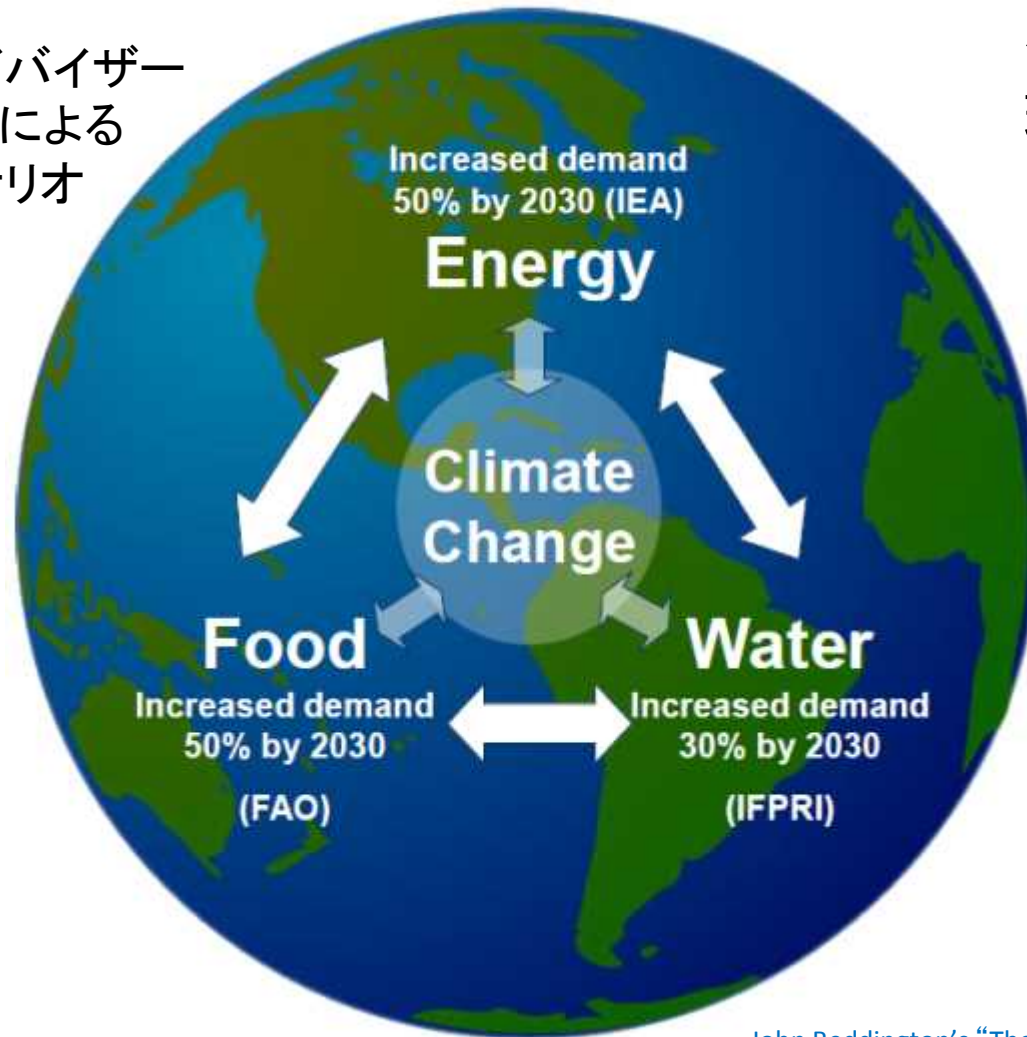
生物多様性の消失

Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity.
Rockström et al., *Ecology and Society* 14(2), 32 (2009). に追記

人口増加と気候変動への対応は待ったなし！

2030年にエネルギー50%、食糧50%、水30%が不足の予測
⇒安全な水と食糧を確保し、化石資源の代替資源を見つける必要がある。

英国政府科学アドバイザー
J. Beddington博士による
Perfect Storm シナリオ



気候変動等の地球
環境の変化の加速

人口増加に伴う
化石資源、食糧、
水の利用の増加
2030年には
現在よりさらに
50%のエネルギー、
50%の食糧、
30%の水が
必要になる。

John Beddington's "The Perfect Storm Scenario (2009)"
英国ビジネス・イノベーション・技能省(BIS)資料

地球規模の課題; 2015年に合意された国際目標

地球規模の課題解決のための2つの重要な国際的な合意

「持続可能な開発のための2030アジェンダ」

略称; 2030アジェンダ、SDGs (2015年9月国連サミット)



ミレニアム開発目標
(MDGs、2001年)



出典: 国際連合広報センター

ミレニアム開発目標(MDGs)の後継となる2030年までの国際目標。MDGsで未達成であった教育、母子保健、衛生等に加え、新たに環境等も含めた17の目標と169のターゲットが設定され、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。

「パリ協定」

2015年12月国連気候変動会議「COP21」

京都議定書
1997年(COP3)



歴史上初めて全ての国が参加した地球温暖化の抑止を目指す国際的枠組み。長期目標に2℃以下を設定し5年毎に評価。日本は、「2030年度に温室効果ガス26%削減」の約束草案を提出、2020年に約1.3兆円の資金支援を表明。

持続可能な開発のための2030アジェンダ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

バイオテクノロジーが貢献すべき
目標は17項目中10項目以上

The Global Goals for Sustainable Development (SDGs)

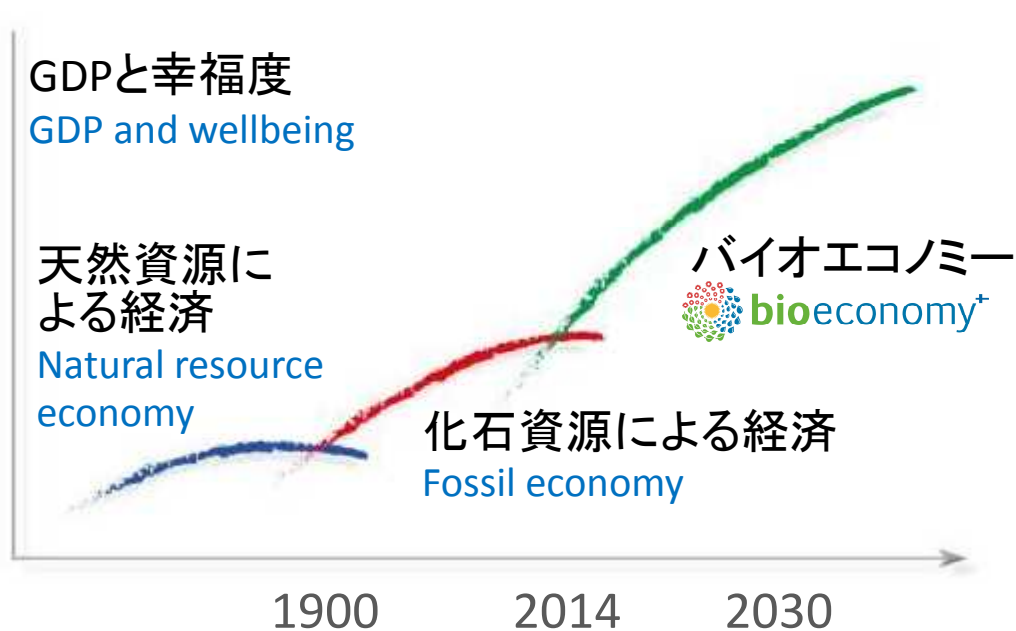


出典: 国際連合広報センター

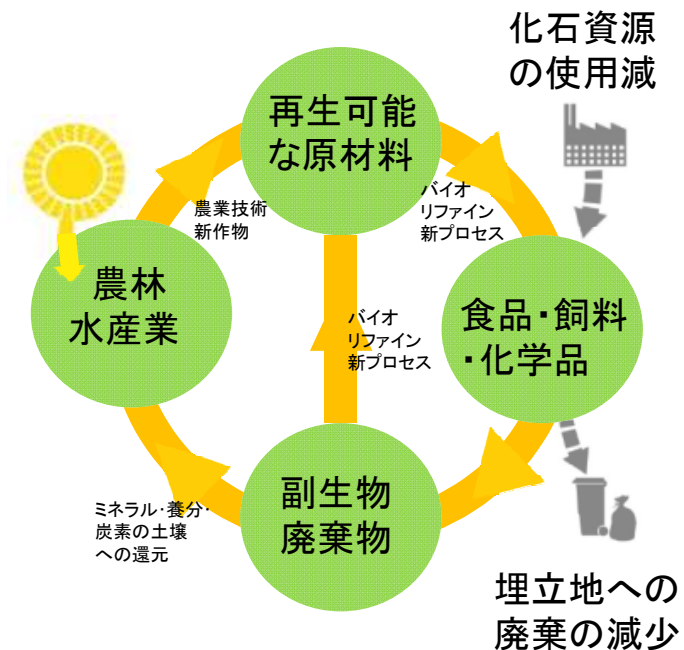
各国のビジョン・戦略; バイオエコノミー

バイオエコノミー (Bioeconomy, Biobased economy); 生物資源とバイオテクノロジーを用いて地球規模の課題の解決と経済発展の共存を目指す考え方
OECDの2030年予想※¹; バイオエコノミーは工業製品の35%、医薬品等の80%、農業の50%の生産に貢献し、GDP総額はOECD全体の約2.7%※²を占める。

※¹; The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda (2009)、※²; 1.6兆ドル、196兆円と試算される。



次の経済の潮流は経済成長と幸福度をもたらすバイオエコノミーである。
Sustainable growth from bioeconomy; フィンランド政府(2014)の許可を得て仮訳



Building a high value bioeconomy; 英国政府(2015)で引用された図の原図を作成したBioValeの許可を得て仮訳

富が2倍になると温室効果ガスの排出量は80%増加 ⇒ 経済と環境悪化の切り離しが必要

National Research Strategy Bioeconomy 2030 Our Route Towards a Biobased Economy; ドイツ政府(2012)

各国のビジョン・戦略; バイオエコノミー

バイオエコノミー戦略は各国で異なるが国際会合も始動

バイオエコノミーに対する考え方は世界の各地域で異なる(日本バイオ産業人会議調べ)

	欧州	北米	南米	アジア	アフリカ
背景	脱石油社会を目指し、森林資源活用	遺伝子技術を駆使して、利益を追求	生活の改善、産業付加価値化	農産物を生かした産業づくり	原始的生活の近代化、食糧確保
産業の目的	化学産業、エネルギー、食糧、住居	医療・食品を含むすべて	エネルギー、食糧、化学産業	食糧、健康産業、化学産業	食糧・健康
バイオマス	森林、廃棄物	森林、農作物、藻類等	農作物	農作物、森林	農作物、雑草
GMO技術	欧州内開放系利用は否定的	積極的	可	可	可
課題	政策が先行して現実が伴わない	米国は順調、カナダは連邦と州に隔たり	経済が不安定	活動に着手したばかり	貧困、飢餓の問題が大きい

第1回Global bioeconomy summit(2015年11月@ベルリン)

「アジェンダ2030」を採択した国連会合(9月)とCOP21(12月)の間に82カ国約850名が参加※して開催。「2030アジェンダ」や「COP21」との連携を強く意識した5つの優先課題を発表。

- 1)再生可能な資源の利用、食料安全保障、生態系保護。
- 2)持続可能な開発への貢献度の測定方法の開発
⇒標準化への布石
- 3)経済と科学の連携促進。
- 4)教育、共同学習、対話の推進。
- 5)「COP21」、「2030アジェンダ」、「貿易」等の国際交渉では、
個々のセクションでなくbioeconomy全体が考慮されるべき。



GLOBAL
BIOECONOMY
SUMMIT 2015

(German Bioeconomy Council)

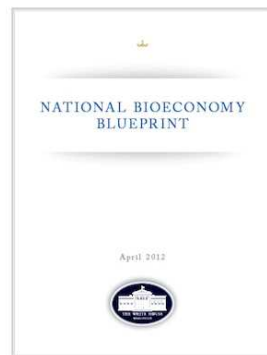
※: 日本からは日本バイオ産業人会議(バイオインダストリー協会)、日本バイオプラスチック協会から2名が参加。

各国のビジョン・戦略; バイオエコノミー

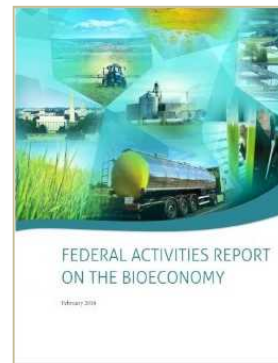
米国・英国は実用化にむけて具体的な目標や戦略を策定

米国; Billion Ton Bioeconomy Vision※

2030年に10億トン(乾物)のバイオマスを用い、化石由来燃料25%を代替、2,300万tのバイオ由来製品と850KWhの電力を供給

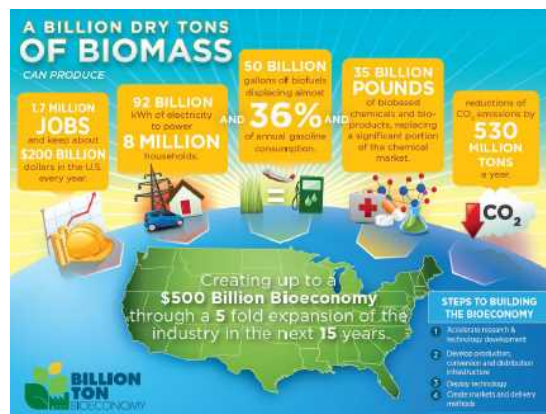


National Bioeconomy Blueprint (2012)



Federal Activities Report on the Bioeconomy (2016)

※; Blueprintを受け設置されたホワイトハウスと7省庁からなるバイオマスR&Dボードによる“Billion Ton Bioeconomy”に由来する。このビジョンでは上記目標に加え170万人の雇用と2,000億ドル(約23兆円)の市場の創出等が記載されている。



英国; BioDesign for the Bioeconomy

合成生物学の実用化を加速してバイオエコノミーを推進する戦略

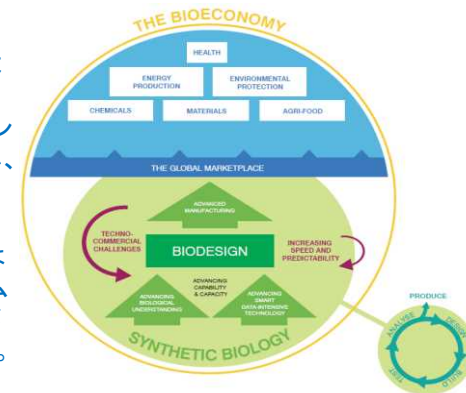


Building a high value bioeconomy Gov.uk (2015)



Biodesign for the bioeconomy UK Synthetic Biology Strategic Plan by the Synthetic Biology Leadership Council (SBLC), 2016

Biodesign for the bioeconomy中の図の脚注には「合成生物学は『設計・構築・試験・分析』のサイクルを加速させて生物をデザイン(BIO-DESIGN)する方法に進化し、経済的、社会的ベネフィットを与える。応用範囲はバイオエコノミーにまで及ぶ可能性があり、より良い基礎研究・研修プログラムのために市場のより深い理解が必要である。」と記載されている。

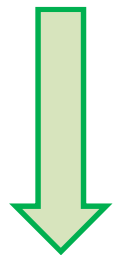


EUによるイノベーションプログラム; HORIZON2020

EUはICT等とともにバイオを重要課題に位置付け、健康・医療とともにモノづくり・環境・エネルギー、農林水産業・食糧分野にも資源配分

Europe 2020(中期成長戦略、2010年)のイノベーションユニオン(イノベーション戦略)イノベーションパートナーシップ(EIP)で推進;社会的に特に重要な5課題を設定

- ・アクティブで健康的な老後(Active & Healthy Ageing)
 - ・農業の生産効率・持続性
- あとの3つは、スマートシティ・コミュニティ、水資源効率、原材料



バイオエコノミー戦略 (Innovation for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe ,2012)

HORIZON2020 2020年までのEUの科学技術・イノベーション枠組みプログラム。3つの取組からなり、予算総額€786億(約10兆円)のうち、ライフサイエンス・バイオ関連予算は総額€200億(2.5兆)程度。

- ①卓越した科学(€244億);
 - ・前身のFP7と同じ比率;約30%(健康20%、農業・食料・バイオ5%)であれば約€70億がライフサイエンス関連
- ②産業界のリーダーシップ(€170億);
 - ・ICTが50%を占めバイオの配分額は数%だが、官民パートナーシップBio-Based Industries Joint Undertaking(BBI JU、バイオ産業共同事業、2014年)は€37億を財源に研究助成を開始(2015年)
- ③社会的な課題への取組(€297億);(7課題のうち4課題はバイオが関連)
 - ・保健・人口動態の変化・福祉(€75億)、・食品安全・持続可能な農林水産業・淡水・バイオエコノミー(€39億)、・安定・クリーンで効率的なエネルギー(€59億の一部)、
 - ・気候変動・環境資源効率・原材料(€31億の一部)

2030年に予想される日本の課題(例)

課題を克服しチャンスに変えるための取組みは今始めるべき

健康・医療

- ◆後期高齢者が約2千万人に倍増
- ◆介護費用が20兆円に倍増
- ◆医療の進展により平均寿命は約2歳伸びるが、健康寿命は
⇒ 病者数・要介護者数が増加する
- ◆医薬品・医療機器の輸入超過がさらに拡大する
- ◆医療費増大により、国民皆保険制度が事実上破綻する恐れ

高齢化率※が世界で初めて30%を超える
超高齢社会先行国の立場を新たなビジネスのチャンスに変えるための戦略が必要。

※: 定義: 総人口に対して65歳以上の高齢者人口が占める割合が高齢化率。世界保健機構(WHO)や国連では、高齢化率が7%を超えると「高齢化社会」、14%を超えると「高齢社会」、21%を超えると「超高齢社会」と定義、日本は2007年に「超高齢社会」となった。

モノづくり・環境・エネルギー

- ◆ゲノム編集技術等の革新的技術の実用化が遅れる恐れ
- ◆化石資源から再生可能な資源への変更が進展していない
- ◆海外の生物資源の安定供給・新規利用に課題(生物多様性等)
- ◆上記3課題で有利な海外製品との競争
- ◆「2030アジェンダ」における課題解決に貢献できていない
- ◆「パリ協定」における日本の2030年目標を達成できていない

モノづくりに影響する革新的な基盤技術※
における出遅れを取り戻し、世界で日本が
一定の地位を確保するための日本らしい
戦略が必要

※: ゲノム編集技術・合成生物学等

農林水産業・食糧

- ◆65歳未満農林水産業従事者は30万人、深刻な温暖化の影響
⇒ 生産機能が低下または消滅する地域が多発し、
農林水産業の生産額は現在の9.5兆円を下回る。
⇒ 食品を含めた輸出目標5兆円を達成できてない。
- ◆TPP等のFTA(EPA)発効と世界の中間層の倍増(20億人)
⇒ 鮮魚・嗜好品等の価格高騰で10兆円以上の輸入超過
- ◆政府補助金継続が困難、食糧自給率が低下

日本の農林水産業や食品産業を取り巻く
国内外の課題を解決しつつ、新たなビジネス
チャンスの創生するための産業界も加えた
新たな取組みの開始が必要。

2030年を想定した バイオ産業の社会貢献ビジョン

2030年はどうな世界でしょうか？

これまでの30年



2016

これからの15年



2020

2030

現在の小学生が成人する2030年にどんな日本であるべきでしょうか。バイオは、地球規模で懸念される課題を克服しつつ新しい産業を生むことが期待される重要な産業技術で、欧米では国家ビジョンのもとに産学官が連携した取り組みが進んでいます。大きな影響を与える重要技術が登場しつつある今こそ、日本の産学官がバイオで実現すべき将来ビジョンを共有し、ビジョンの実現に向けて連携した取り組みをおこなうべきではないでしょうか。

バイオテクノロジーが関連する産業群※

健康・医療、モノづくり、農林水産業など幅広い領域に関連

モノづくりバイオベンチャー

スパイバー、ユーグレナ、ジナリス、
グリーンフェノール開発他



天然ゴム・樹脂

ブリヂストン、JSR、
日立造船他

製紙・繊維

王子HD、日本製紙、
日清紡HD、東洋紡他

環境産業

バイオ関連
は約3兆円

農林水産業

約10兆円、約2,000
法人が参入

食品素材・香料

不二製油、日本食品
化工、長谷川香料、
高砂香料、小川香料他



油脂・海面活性剤

花王、ライオン、日油、P&G他

ゼラチン・接着剤・塗料

昭和電工、東レ、三菱化学、帝人、三井化学、
東洋紡、花王、カネカ、トヨタ自動車、ユニチカ、
住友ベークライト、デュボン他

アグリバイオベンチャー

インプラントイノベーションズ、
プリベンテック、アースノート他

植物工場



バイオ燃料



JXエネルギー、ユーグレナ、
IHI、ちとせ研究所、デンソー、
Jパワー、神戸製鋼、出光興
産、コスモ石油、ANA他



バイオプラスチック

昭和電工、東レ、三菱化学、帝人、三井化学、
東洋紡、花王、カネカ、トヨタ自動車、ユニチカ、
住友ベークライト、デュボン他

食品産業

90万社、大企業1%

モノづくり・環境・エネルギー

農林水産業・食糧

発酵

味の素、協和発酵バイオ、サ
ントリー、アサヒビール、麒麟
ビール、サッポロビール、月桂
冠、オエノン、ヤクルト本社、カ
ルピス、キッコーマン、ヤマサ
醤油、オリエンタル酵母、興人
ライフサイエンス他

酵素(洗剤、食用等)

花王、ライオン、アマノ、ノボザイム、
ジェネンコア、長洲産業、タカラバイオ

バイオインフォマティクス

日立製作所、三井情報、富士通、
三菱スペース・ソフトウェア、
CTCライフサイエンス等

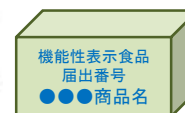


バイオテクノロジー

健康・医療

トクホ・機能性表示食品等

花王、サントリーW、DHC、ファンケル、アサヒF&H、
アサヒ飲料、サントリー食品I、麒麟ビバレッジ、
伊藤園、アサヒビール、麒麟ビール、味の素、協
和発酵バイオ、大塚製薬、小林製薬、東洋新薬、
森下仁丹他



創薬支援産業

シミックHD、イーピーエス、
東洋紡、旭硝子他

個別化医療



再生医療等製品

J-TEC、テルモ、セルシード、JCR
ファーマ(以上は上市)、他に
タカラバイオ、アステラス製薬、
ロート製薬等



機能性化粧品

資生堂、カネボウ化粧品、
花王、コーセー、ノエビア、
ロート製薬、ドクターシーラボ、
富士フイルムHD等

医薬品・化粧品原料

創薬系バイオベンチャー

ノーベルファーマ、ペプチドリーム、
ヒューマンメタボロームT、ナノキャリア、
シンバイオ、キャンパス、そーせいG、
オンコセラピー・サイエンス、アンジェス
MG、グリーンペプタイド、ジーエヌアイG、
カルナバイオサイエンス、アキュセラ他

バイオ医薬品

中外製薬、協和発酵キリン、アステラス製薬、
武田薬品工業、大塚HD、第一三共、エーザイ、
田辺三菱製薬、大日本住友製薬G、塩野義製
薬、杏林製薬HD、旭化成ファーマ、JCRファーマ、
小野薬品工業、ファイザー、ノバルティス、
バイエル製薬他

製薬産業

診断薬

シスメックス、栄研化学、
富士レビオ、日水製薬、
協和メデックス、極東製薬、
和光純薬他

医療機器

東芝MS、オリンパス、富士フイルム、
テルモ、日立メディコ、島津製作所、
浜松フォトニクス、GEヘルスケアジャ
パン、サイバーダイン他



その他のヘルスケア産業

※: バイオテクノロジーが関連する産業群; 最新のバイオを用いた産業に対して、微生物を利用する伝統的な発酵産業・醸造業や、20世紀以降に起こった発酵工業を「オールドバイオ」と呼ぶことがあるが、これらの産業に、生物を利用する農林水産業・食品産業、化石燃料からサステナブルなモノづくりへの変換が求められる化学工業や環境産業をふくめバイオ産業とした。

広範な分野に貢献できるバイオテクノロジー

各産業分野でのバイオテクノロジーの実用化はこれから

バイオ産業 (広義※)

健康・医療

モノづくり・環境・エネルギー (化学工業)

(環境産業)

(エネルギー)

農林水産業・食糧

(流通・飲食店除く)

既存の国内生産額

(兆円、国内バイオ製品市場/国内生産額)

(医薬品) 1.7^{a)}/6.9^{b)} (兆円)

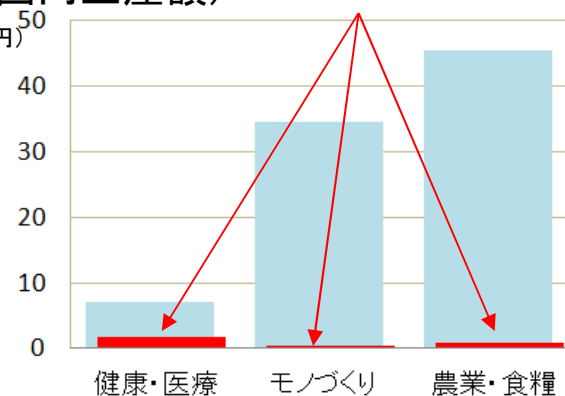
(化学工業) 0.3^{a)}/27.4^{c)}

(環境産業) 0.01^{a)}/3.0^{d)}

(エネルギー) 0.02^{a)}/4^{e)}

(流通・飲食店除く) 0.8^{a)}/45.4^{f)}

遺伝子組換えや培養等の
バイオ技術を利用した製品等



※: バイオテクノロジーが関与する産業; 微生物を利用する伝統的な発酵産業・醸造業や、20世紀以降に起こった発酵工業を「オールドバイオ」と呼ぶことがあるが、これに生物を利用する農林水産業・食品産業、化石燃料から持続可能なモノづくりへの変換が求められる化学工業や環境産業をふくめバイオ産業とした。

出典: a) 日経バイオ年鑑2016より集計(サービス、輸入品を含み分析機器試薬を除く)

b) 厚労省; 平成25年度薬事工業生産動態統計調査(医薬品)

c) 日本化学工業協会; グラフでみる日本の化学工業2015

d) 環境省; 環境産業の市場規模・雇用規模等に関する報告書2013年版より集計

e) 日本再興戦略戦略市場創造プラン(2013年)

f) 農水省; 平成24年農業・食料関連産業の経済

他の産業との更なる連携

新産業群、既存産業群

ナノテク、IoT、ロボット、海洋・宇宙等

バイオテクノロジーの新たな取り組み

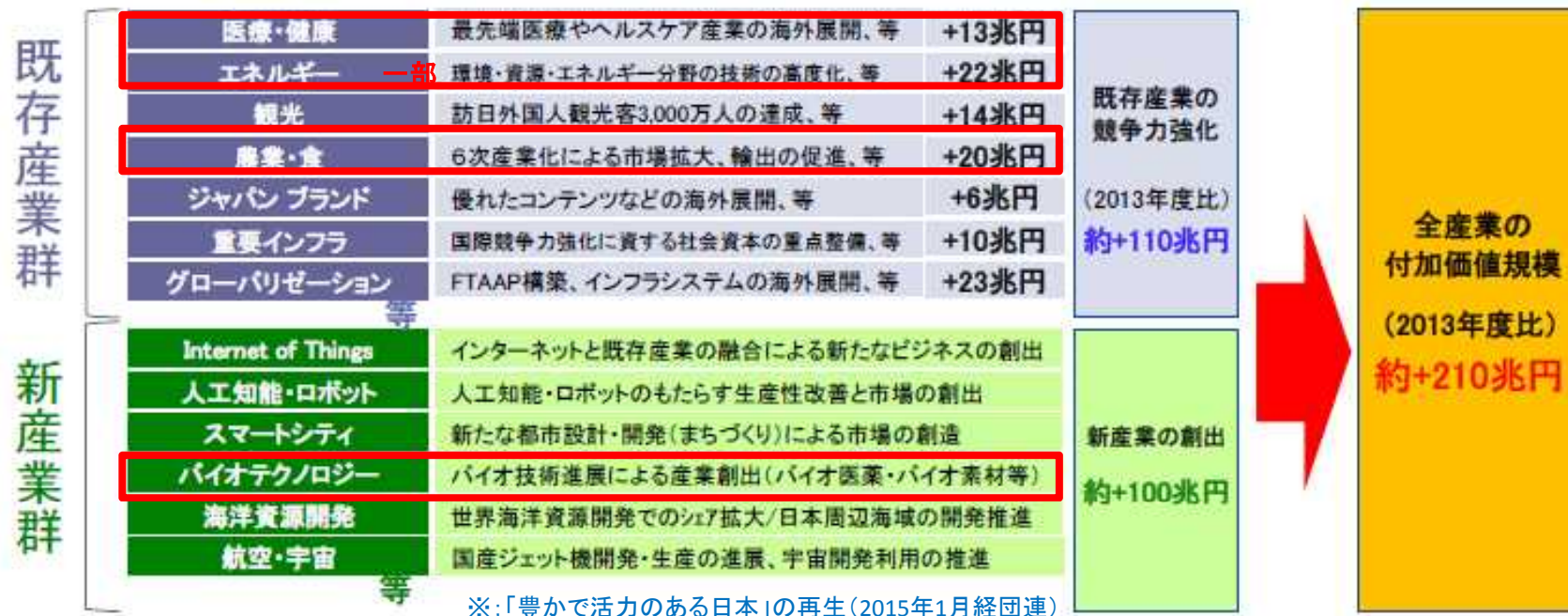
社会的課題へのソリューション提供

新規ビジネスモデルの創成

バイオの市場規模・GDP等への貢献の試算例

1. 経団連による2030年のGDPの試算※

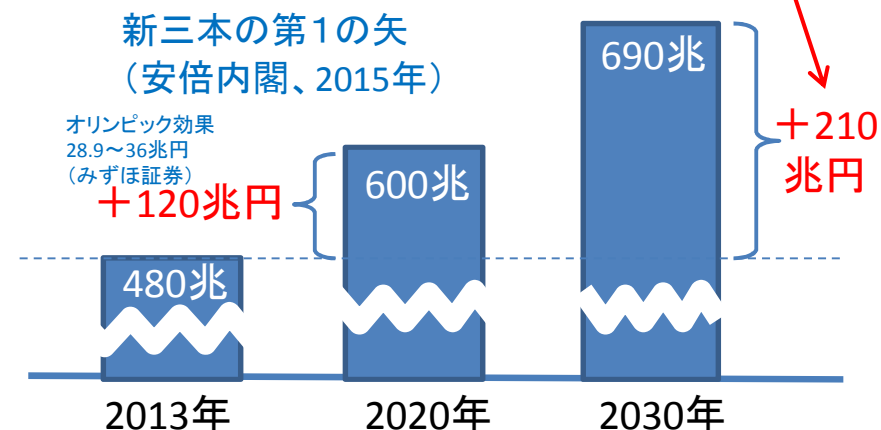
□ はバイオが特に関連する分野



※:「豊かで活力のある日本」の再生(2015年1月经団連)

2. 「日本再興戦略」(2013年)での市場規模試算※1

		国内市場 兆円	海外市場 兆円	雇用 万人
健康・医療※2	2030	37	525	223
	2011	16	163	73
エネルギー※3	2030	11	160	210
	2011	4	40	55
農林水産業・食糧※4	2030	120	680	20
	2011	100	340	10
計 +48兆円	2030	168	1365	453
	2011	120	543	138



※1: 戦略市場創造プラン(2013)、※2: 国民の「健康寿命」の延伸(保険対象外の産業も含む試算)、※3: クリーン・経済的なエネルギー需給の実現(化学工業、環境産業を含まない試算)、※4: 世界を惹き付ける地域資源で稼ぐ地域社会の実現(流通や飲食業も含めた試算)

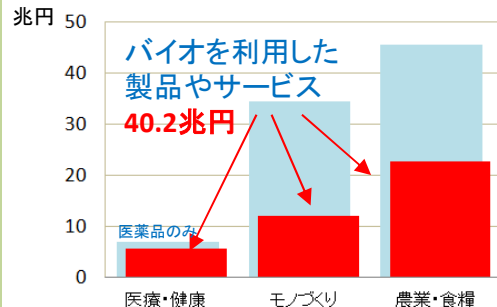
「2030年に想定するバイオの経済効果」

バイオテクノロジーにより、市場；約40兆円、GDP※；約20兆円、雇用；約80万人の新たな創出を想定

※；GDP；国内総生産、国内における商品やサービスの生産額から原材料等を控除した付加価値の総額

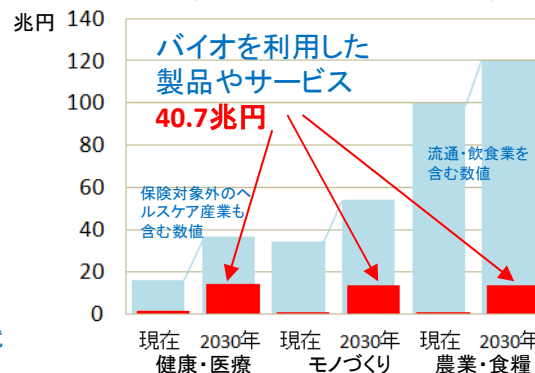
2030年に想定する新たな市場・GDP・雇用規模の試算根拠

【市場規模の試算例1】現在の市場規模でバイオがOECD予測比率で貢献した場合



＜現在の市場規模(p20参照)＞医療・健康(医薬品のみで試算)；6.9兆円、モノづくり(化学工業等)；34.4兆円、農林水産業・食糧；45.4兆円
 ＜2030年のバイオ貢献比率※1＞化学製品等；35%、医薬品等80%、農業等；約50%
 ＜試算＞市場×貢献比率＞医療・健康(医薬品)；6.9×0.8=5.5、モノづくり；34.4×0.35=12.0、農林水産業・食糧；45.4×0.5=22.7、計40.2兆円、試算は医療機器等を含まない。
 2030年の産業規模を現在と同じと仮定して計算。

【市場規模の試算例2】戦略等に記載された市場規模と推定値による試算



＜日本再興戦略※2に記載された2030年の新たな市場＞健康・医療；21兆円、農業・食糧；20兆円、(エネルギー；7兆円)
 ＜モノづくり・環境・エネルギー分野の2030年推定値＞新たな市場；約20兆円(うちエネルギー7兆円)と仮定。
 ＜2030年のバイオ貢献比率＞新たな市場が拡大した分の2/3をバイオ貢献比率と仮定
 ＜試算＞(21+20+20)×2/3=40.7 40.7兆円

【雇用の試算根拠】化学産業や環境産業の直近の市場、DGPと雇用者数の比率を参考
 市場規模40兆円、GDP20兆円で
 新たな雇用を80万人と推定。

＜化学産業(2013年)＞
 市場規模：GDP：従業員数≒1.0：0.36：2.0
 市場規模；42兆円(広義)、
 GDP；15兆円、従業員数；86万人
 グラフでみる日本の化学工業2015
 (日本化学工業協会)

＜環境産業(2013年)＞
 市場規模：従業員数≒1.0：0.4：2.4
 市場規模；93兆円、GDP；40兆円、
 従業員数；225万人
 「環境産業の市場規模・雇用規模等に関する報告書」(環境省2013年版)

【GDPの試算例1】世界GDP、OECD予測比率、日本シェア(10%)、からの試算

23.7兆円(現在のGDPで試算)

＜世界の名目GDP※3＞OECD加盟国77.3兆ドル(8,780兆円)、
 ＜2030年のGDP構成比予測※1＞OECDの総GDPの約2.7%
 ＜日本のシェアの仮定※3＞世界の10%
 ＜試算＞878兆円×2.7%×10%=23.7兆円

【GDPの試算例2】政府GDP目標とOECD予測比率による試算；

18.6兆円

＜2030年の政府GDP目標※5＞2013年に対し+210兆円
 ＜2030年のGDP構成比予測※1＞OECDの総GDPの約2.7%
 ＜試算＞690兆円×2.7%=18.6兆円

【GDPの試算例3】経団連による試算※6

2030年のGDP210兆円に貢献；**約20～25兆円**

(新産業群)バイオテクノロジー；16兆円(100兆円を他の産業と6分割)
 (既存産業群) 医療・保健；+13兆
 エネルギー；+22兆
 農業・食糧；+20兆
 4～9兆円
 計20～25兆円

※1. The Bioeconomy to 2030 (OECD、2009年)、※2；日本再興戦略戦略市場創造プラン(2013年)、※3；World Economic Outlook Databases (IMF、2015年)、※4；産構審バイオ小委員会資料(2015年3月)、※5；「新三本の矢」(安倍内閣、2015年)、※6；「豊かで活力のある日本」(経団連、2015年)

2030年を想定したバイオ産業の社会貢献ビジョン

※; 想定經濟效果; 市場規模; 約40兆円、GDP ; 約20兆円、雇用; 80万人

国内課題の克服

新たな基幹産業の創出

地球規模課題への貢献



23

2030年を想定した
バイオ産業の社会貢献ビジョン(各論)

健康・医療

2030年の社会貢献ビジョン;健康・医療

重要 破壊的イノベーション※による健康長寿社会の実現

※:「イノベーションのジレンマ」(1997, Clayton M. Christensen)で提唱された考え方

- ・最先端のバイオに加え、ICT/IoT、ナノテク、ロボット工学等が融合した製品・技術からなる新たな基幹産業群が成立し、高齢者・障がい者が社会参加する健康長寿社会が実現している。
- ・健康・医療分野で地球規模の課題に貢献する国家となっている。

イノベーションの推進

- ・破壊的イノベーションを生み出す独創的で多様性に富む研究開発の産学官による推進。
医薬品(革新的創薬ターゲット、バイオマーカー含む創薬技術)、医療機器(ジャパンバイオデザイン等による推進)、新治療法(再生医療、遺伝子治療等)
- ・予防・介護技術の開発推進/情報の統合
ICT/IoT(Society5.0)、診断技術、ヘルスケア・介護機器、機能性食品、各種ヘルスケア・介護サービス等

AMED
PMDA

日本型イノベーションエコシステムの構築

- ・優れた研究成果が次々に産業化されるための産官学が連携した仕組みの構築と推進。(以下例示)
- ・アカデミア;医師主導治験推進、TLO再構築、起業家教育推進
- ・既存企業;アカデミア・ベンチャーとの連携や産産連携の推進
- ・民間支援組織;教育ツール・メンター制度・アライアンスの推進
- ・公的支援組織;支援組織間の連携促進、民間キャピタル育成
- ・行政;税制や予算の充実等によるベンチャー投資の促進
⇒企業・ベンチャーでイノベーションが次々に生れ育つ仕組み構築

AMED;日本医療研究開発機構、PMDA;医薬品医療機器総合機構

健康・医療をとりまく環境の整備

- ・医療・介護の効率化・生産性向上の推進、個別化医療の推進、パーソナルデータの利活用(パーソナルヘルスレコード、医療等ID)
- ・個々人の健康(疾病)状態を判断する統合医療情報システム(医療ビッグデータ解析、ゲノム等オミックス解析、診断技術)の構築、
- ・病気からの早期社会復帰・健康寿命の延伸により、すべての国民が社会活動に参加できるコミュニティの構築

2030年に予想される日本の課題(例)

- ・後期高齢者;約2千万人、介護費用;20兆円
- ・平均寿命は2年延伸、健康寿命延伸が課題
- ・医薬品・医療機器の輸入超過の拡大
- ・国民皆保険制度が事実上破綻する恐れ

2030アジェンダへの貢献



国連「2030アジェンダ」(SDGs), 2015年の一部抜粋

健康・医療戦略本部
「平和と健康のための
基本方針の決定」
(2015年12月)
ユニバーサル・ヘルス・
カバレッジ(UHC)推進

2030年に予想される日本の課題と方向性

- ◆ 後期高齢者が約2千万人に倍増
- ◆ 介護費用が20兆円に倍増
- ◆ 医療技術の進展により平均寿命は約2歳伸びるが、健康寿命の延伸が伴わない ⇒ 病者数・要介護者数が増加する
- ◆ 医薬品・医療機器の輸入超過がさらに拡大する
- ◆ 医療費増大により、国民皆保険制度が事実上破綻する恐れ

高齢化率※が世界で初めて30%を超える超高齢社会※先行国の立場を新たなビジネスのチャンスに変えるための戦略が必要。

- 医療・介護の効率化・生産性向上の推進（IT、AIなどの活用）
- 個々人に適した予防や治療技術の研究開発（個別化医療）
- 個々人の健康（疾病）状態を判断する統合医療情報システム（医療ビッグデータ解析、ゲノム等オミックス解析、診断技術）
- 病気からの早期社会復帰、健康寿命の延伸により、すべての国民が社会活動に参加できるコミュニティの構築

※：定義：総人口に対して65歳以上の高齢者人口が占める割合が高齢化率。世界保健機構（WHO）や国連では、高齢化率が7%を超えると「高齢化社会」、14%を超えると「高齢社会」、21%を超えると「超高齢社会」と定義、日本は2007年に「超高齢社会」となった。

各国の健康・医療に関する課題

先進国・新興国・途上国で健康・医療の課題は大きく異なる

先進国

- ◆ より高度で効果の高い健康・医療技術の享受
- ◆ 成熟社会における、健康・医療への社会的経済負担の抑制
- ◆ 予防を含めた健康の管理・維持(科学的エビデンスに裏付け)
- ◆ プレシジョンメディスンや個別化医療など、個々人に最適の医療

新興国

- ◆ 高い経済成長を支える中間労働層への医療アクセスの確保
- ◆ 自国における安価で安定的な医薬品等の製造、供給体制
- ◆ 革新的な新薬への迅速なアクセス
- ◆ バイオ医薬品(バイオシミラー)製造などによる経済的貢献

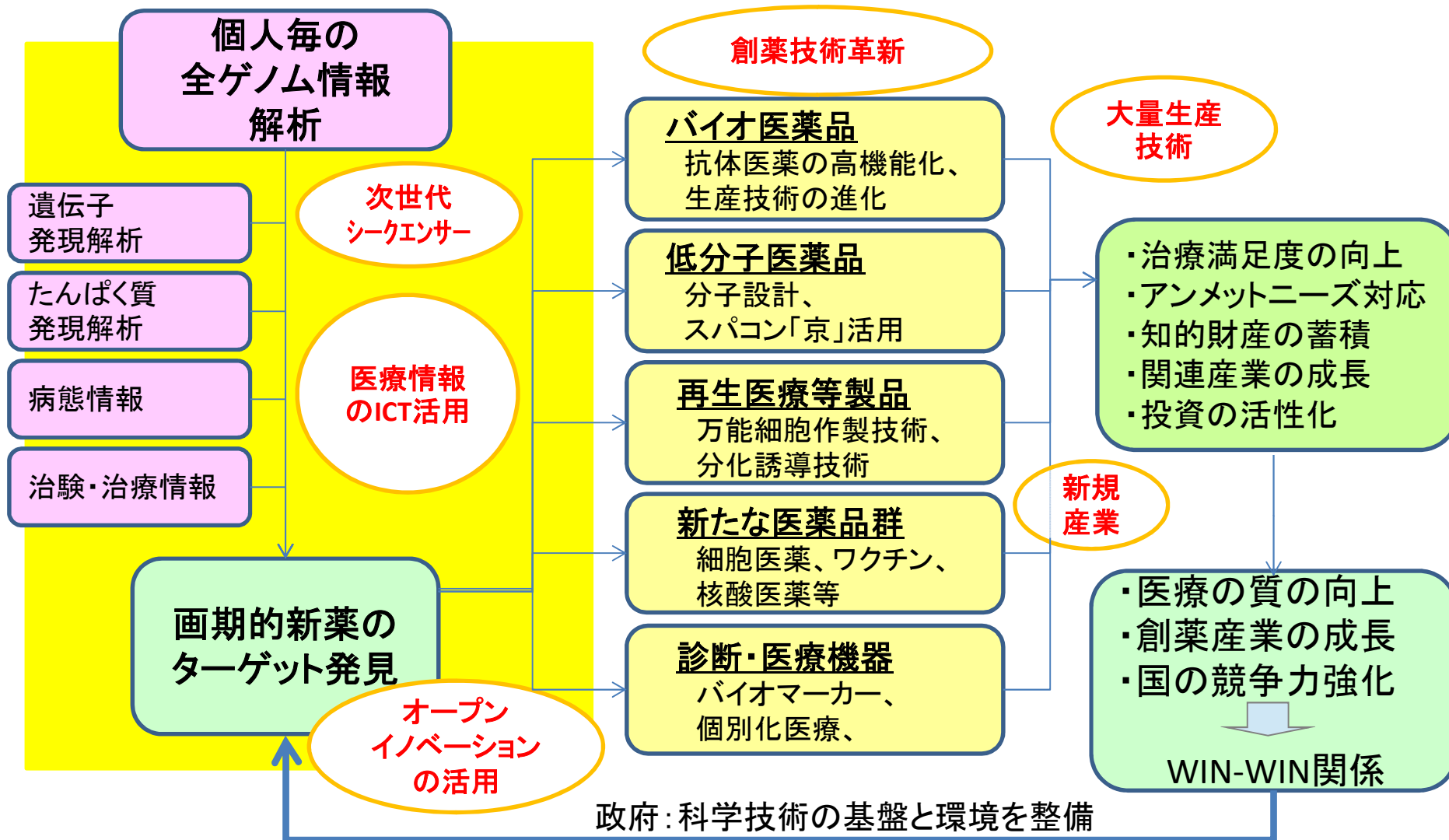
途上国

- ◆ 上(下)水道の整備等による公衆衛生環境の向上
- ◆ 熱帯感染症等の撲滅
- ◆ 安価な必須医薬品の確保
- ◆ 医療提供体制の整備(人材を含む)

創薬に関連する技術の進歩と社会との関係

創薬における最新技術の概観と、政府と産業の社会・国民へ貢献像

政府：科学技術の基盤と環境を整備⇔産業：事業化によりその成果を国民に還元



政府：科学技術の基盤と環境を整備

産業：事業化によりその成果を国民に還元

日本らしい健康・医療産業育成のポイント

医薬品の場合；産官学による多様性に富む研究開発が効率的に創薬に繋がる仕組みの構築

【日本の強み】優れた基礎研究能力を有するアカデミア（海外の企業が注目）と多様な製品を上市できる製薬会社の存在※1

【日本の弱み】イノベーションが次々に生まれるエコシステムの脆弱性

【施策1】産官学が今まで以上に連携した、独創的で多様性に富む研究開発（創薬ターゲット、創薬技術やバイオマーカー含む）の推進

【施策2】日本型イノベーションエコシステムの構築と推進

※1；メガファーマほどイノベーションのジレンマに陥りやすいとの指摘がある。2030年にどのような医薬品が主流になるかを予見できない状況において、一定規模の製薬会社やアカデミアが独自戦略で様々なモダリティに挑戦している日本は、世界で最も効率的な新薬創出をおこなうことができる可能性を有している。

医療機器・ヘルスケアの場合；素材・技術等の日本の強みを生かし超スマート社会における新たな製品/サービスを創造する。

【日本の強み】素材・部品・要素技術は高レベル
（素材、精密エンジニアリング、光学、エレクトロニクス等）

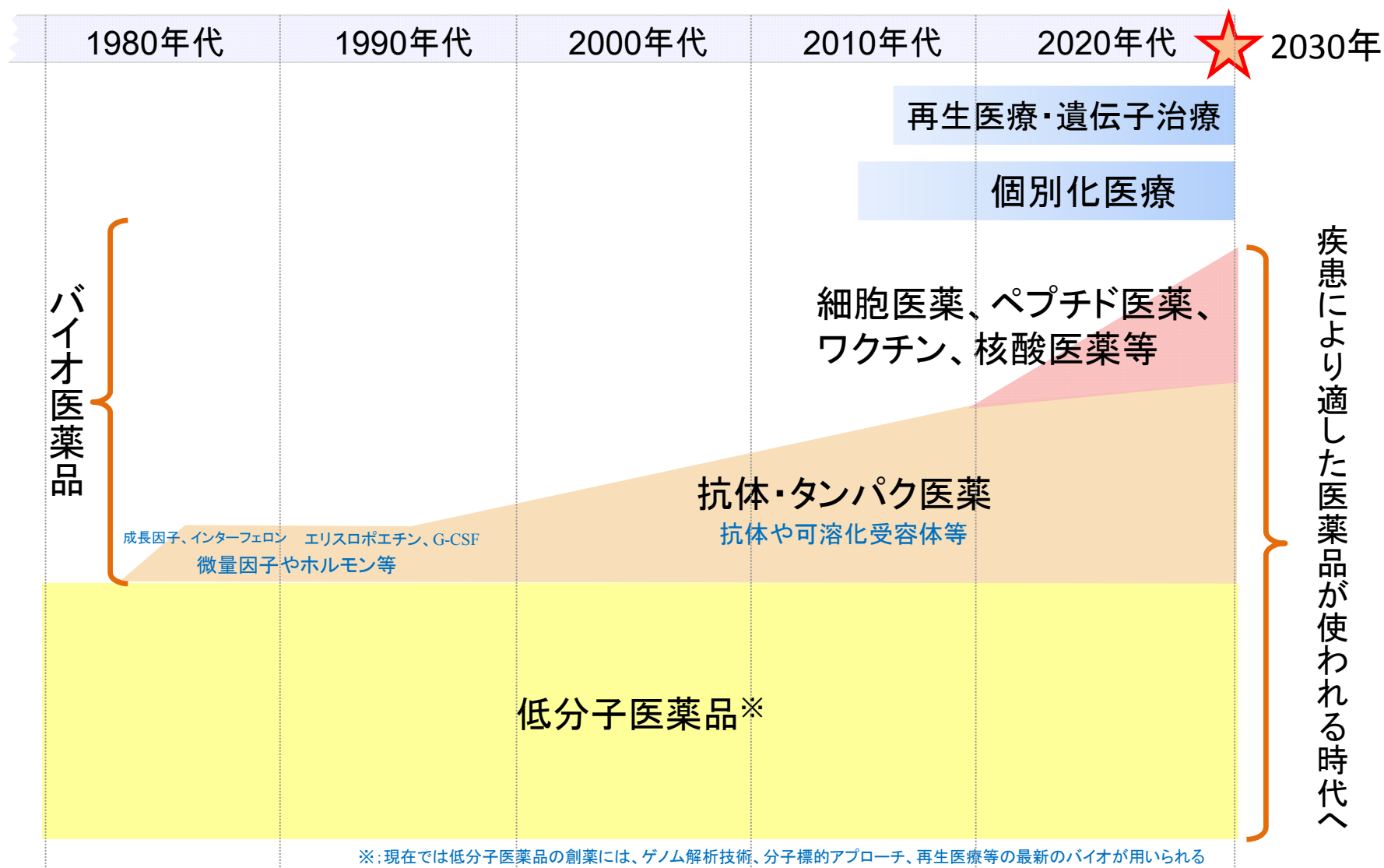
【日本の弱み】技術がインテグレートされた製品が少ない

【施策1】ジャパンバイオデザイン（2015年発足）による人材育成プログラム推進

【施策2】Society 5.0（超スマート社会）を活用した開発の推進

2030年には多様な医薬品や治療法が実用化されている

がんの新たな治療法の開発、認知症の早期診断・治療の大幅な進展、再生医療や遺伝子治療によって多くの難病に治療法が開発される保険医療2035(2015厚労省)

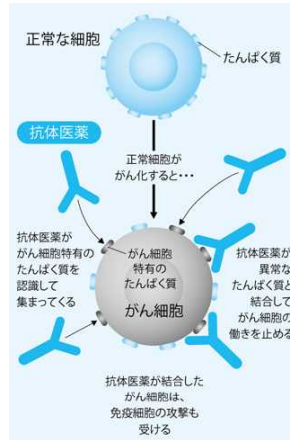


2030年には多様な医薬品や治療法が実用化されている

産官学による多数の研究・開発成果が実用化されている

抗体医薬の例

抗体医薬は標的に対する特異性が高く、今後も利用が増えることが想定される。日本は抗体医薬を開発し製造できる能力を有するが現状は海外製品の比率が高い。しかし、近年、トシリズマブ（抗IL-6受容体抗体、中外製薬）、モガムリズマブ（抗CCR4抗体、協和発酵キリン）、ニボルマブ（抗PD-1抗体、小野薬品工業）のような国産の抗体医薬が開発され、カイオム、ジーンテクノサイエンスなどの有望なベンチャー企業もあり、2030年には国産の抗体医薬が一定の国内シェアを有していることが期待される。



日本製薬工業協会HPより

核酸医薬の例

核酸医薬には細胞外で作用するアプタマーやCpGオリゴ、細胞内で作用するアンチセンス、siRNA等多様な可能性がある。現在の実績は少ないが、第一三共、日本新薬、リボミック、ボナックなどの企業が開発中で、2030年までに国産医薬品が一定の国内シェアを有していることが期待される。

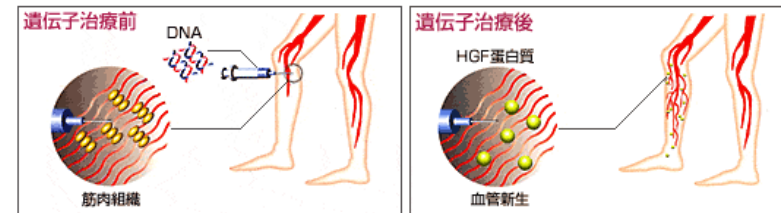
ペプチド医薬の例

特殊な天然アミノ酸や特殊な構造を持つペプチドによる新たな医薬品として、ペプチドリーム、オンコセラピー・サイエンスなどのベンチャー企業が開発中で、2030年までに国産医薬品として実用化されていることが期待される。

遺伝子治療の例

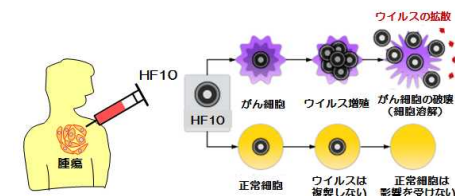
遺伝子異常による疾病に対し遺伝子を導入又は改変して治療する方法で、2030年には国内メーカーが関与する治療法が実用化されていることが期待される。

HGF遺伝子治療薬（田辺三菱製薬/アンジェスMG）；重症虚血肢等の患者にHGF遺伝子を投与することで血管を新生して治療することができる。

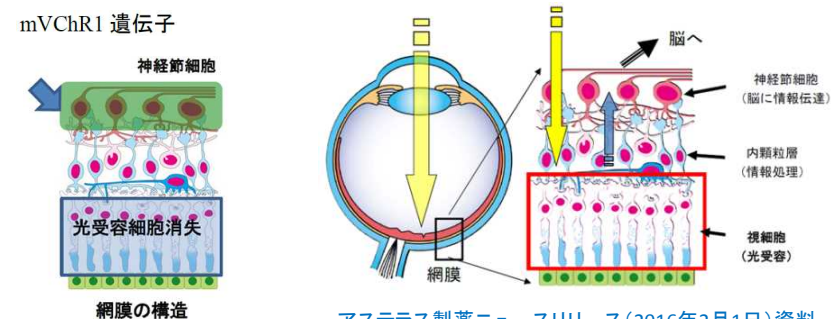


アンジェスMG(株)のホームページより

腫瘍溶解性ウイルス(タカラバイオ)；メラノーマや固形癌を対象として腫瘍溶解性ウイルスHF-10の治療が進行中。



網膜色素変性症遺伝子治療薬(アステラス/クリノ)；改変した光受容イオンチャネルの遺伝子を導入することで、視覚を回復することができる。



アステラス製薬ニュースリリース(2016年2月1日)資料

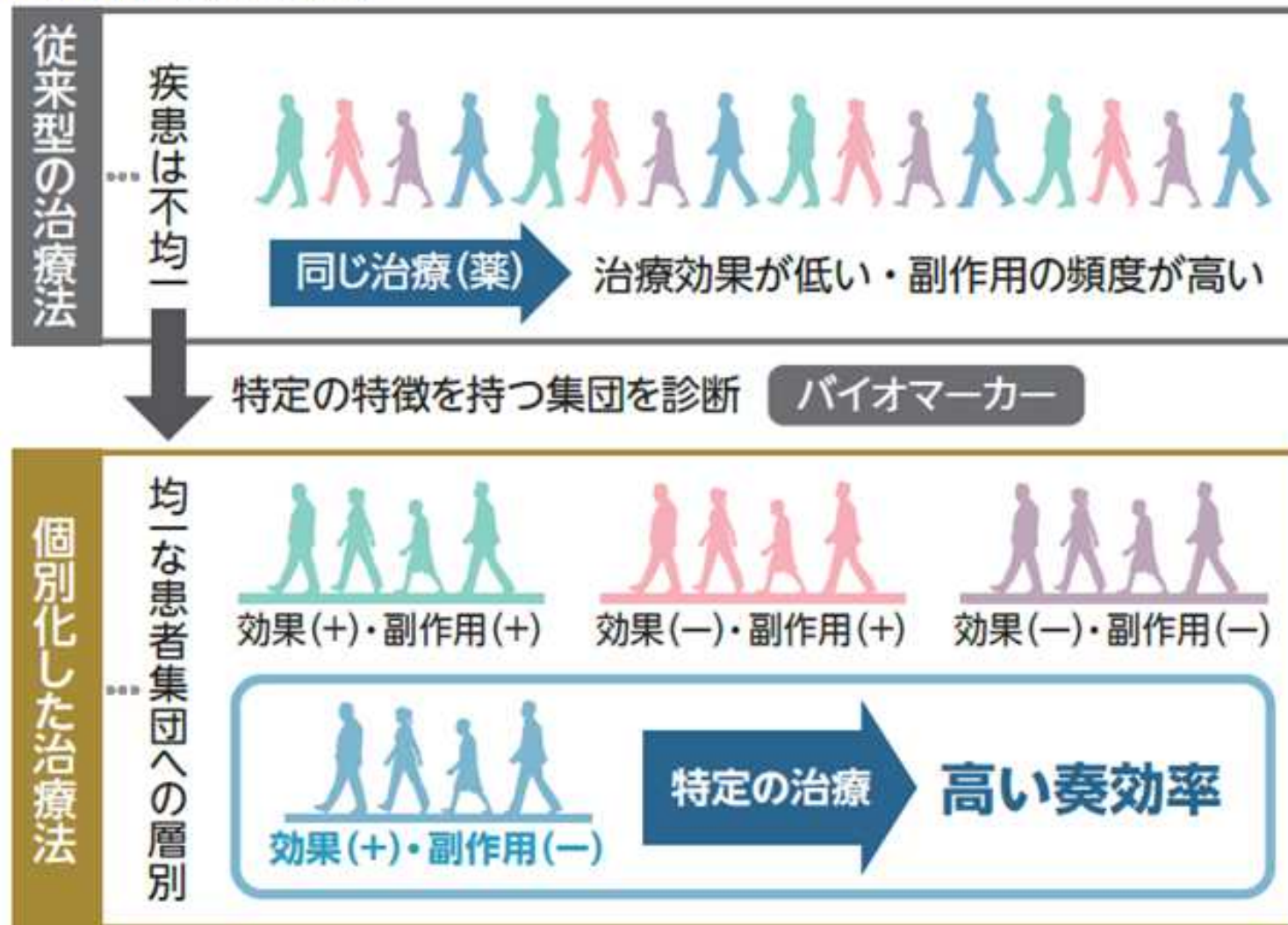
2030年に普及している医療の例；個別化医療

個人ごとの健康データによる疾病管理・健康管理などの個別化医療が進む

保険医療2035(2015厚労省)

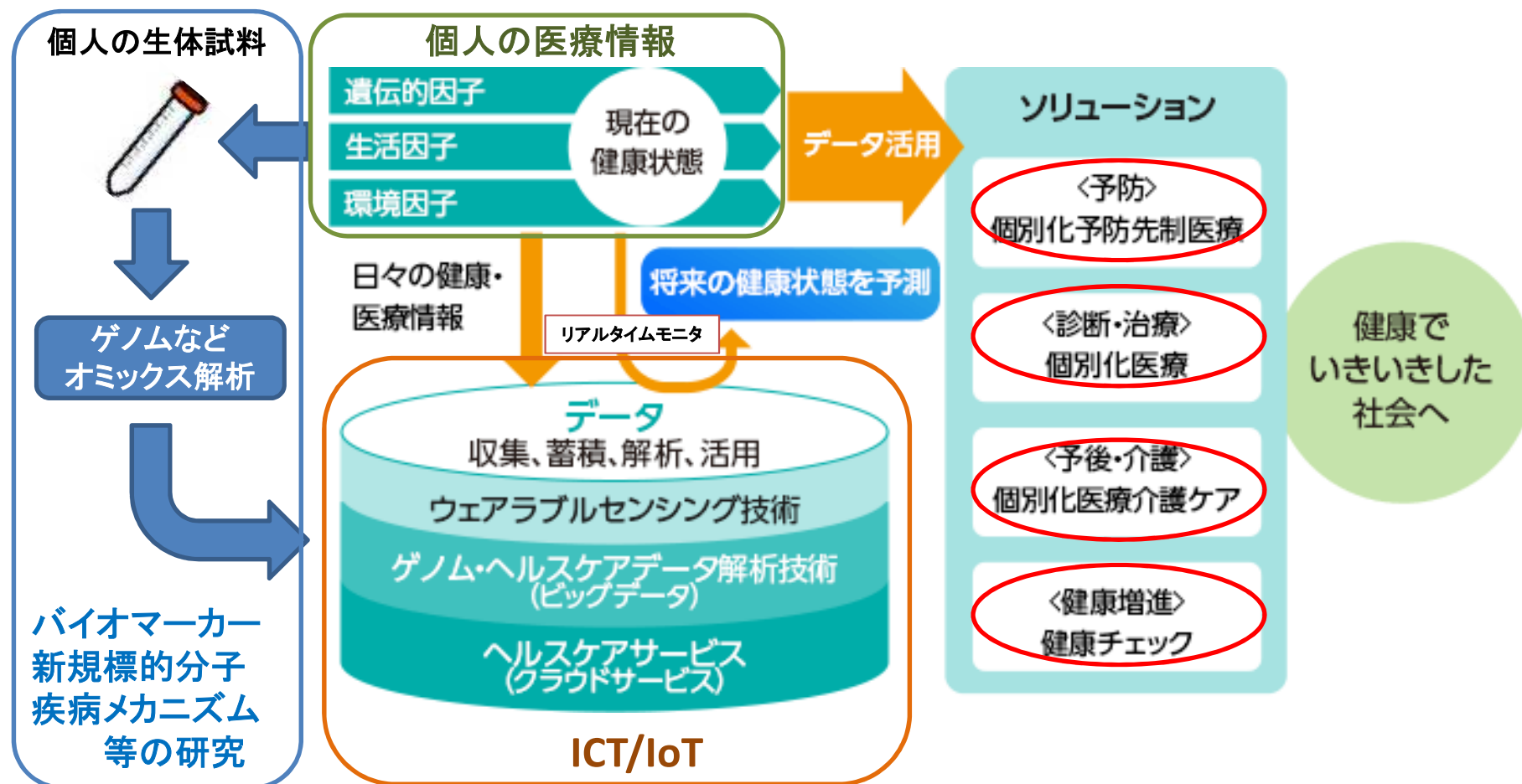
※：個別化医療(広義)には患者に対する治療法の最適化と健常者に対する予防医学がある。

個別化医療の概念(治療法)



2030年に普及している医療の例；医療情報システム

ウェアラブル端末等の測定ツールが普及。個人ごとの健康データによる
疾病管理・健康管理などの個別化医療が進む。 保険医療2035(2015厚労省)



地域医療システム等の整備、パーソナルヘルスレコード(PHR)、医療等ID等の法整備

2030年に普及している医療の例; 再生医療

従来の方法では治療困難とされる疾患の根本治療に路を開く
将来的には、拡大の一途をたどる社会保障費の抑制にも貢献する可能性を有する



幹細胞の種類	作製方法	長所 / 短所	主な用途
	ES細胞 (胚性幹細胞) Embryonic stem cells	【長所】: 半永久的に増殖可能 【短所】: 倫理面での障壁が大	○ 研究段階
	iPS細胞 (人工多能性幹細胞) Induced pluripotent stem cells	【長所】: 倫理上の問題ない。半永久的に増殖可能 【短所】: ガン化のリスクがある。	① ガン化リスクの少ない治療に応用 ② 創薬応用、病理の研究
	間葉系幹細胞	【長所】: 遺伝子導入など特殊な操作が不要。異常増殖しない。 【短所】: 細胞分裂の回数が限られる(数十回程度)。	○ 組織再生に使用 (現在実施される再生医療の大半)

2030年に普及している医療の例; ロボットスーツ

ロボット工学と脳科学や融合した新たな医療機器の普及

- HAL[®](サイバーダイン社製)は、脳からの信号をセンサーで読み取り
装着者の意思に沿った動きをアシストする世界初のサイボーグ型ロボット
- 厚生労働省が神経・筋疾患患者を対象とした医療機器として承認(2015年11月25日)



出典:サイバーダイン社HP



HAL臨床試験
参加者事例

10m歩行72秒

HAL臨床試験
参加4か月後

10m歩行26秒

HALによる
治療を継続

1,000m以上歩行
(歩行器を利用)



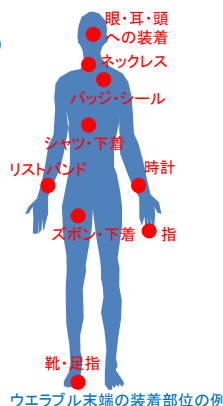
2030年のヘルスケア産業の姿

- ・個人の健康維持に貢献する新たなヘルスケア産業が多数成立
- ・個々のサービスや機器がIoTにより統合され、地域の医療システムと連動した健康管理システムが普及

ヘルスケア・介護に関するモノづくりの例

ウェアラブル端末の進化

衣服や靴・時計等の一体型や貼り付け型等の多様な様式の末端が開発され、ヘルスケア用途(健康管理・投薬・フィットネス・介護支援等)とそれ以外の用途(通信、ファイナンス、教育・娯楽)を併用できる端末が普及している。



介護機器の普及

「ロボット技術の介護利用における重点分野」に記載された介護機器が実用化されている。移乗介助(装着/非装着型)、移動支援(屋外/屋内型)、排泄支援、入浴支援、見守り支援機器(介護施設/在宅介護型)

機能性表示食品・特定保健用食品(別掲)

超スマート社会の実現

Society 5.0(超スマート社会)

「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細やかに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な制約を乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」バイオはSociety5.0を実現する「新たな価値創出のコアとなる強みを有する技術」として記載されている(第5期科学技術基本計画)

ヘルスケア・介護に関するサービスの例

健康管理サービスの普及

健康保険組合/個人向けの様々なサービスが実現している。生活習慣病・既往症再発リスク低減、フィットネス・運動支援、安眠・メンタル・生活サイクル指導、自己血採血検査等)、電子版お薬手帳・母子手帳ほか

介護サービスの充実

介護施設、在宅介護支援サービス、見守りサービス等

遺伝子検査サービスの普及

課題に対する議論や課題解決を経て、一定規模の遺伝子検査ビジネスが実現している。

保険内/保険外サービスのボーダーレス化

国民的運動との連動

地域の医療システムや健康組合との連携



スマート
ウエルネス
コミュニティ

12.2030年の日本の健康・医療産業のビジョン

重要▶ 破壊的イノベーション※による健康長寿社会の実現

※:「イノベーションのジレンマ」(1997, Clayton M. Christensen)で提唱された考え方

- 最先端のバイオに加え、ICT/IoT、ナノテク、ロボット工学等が融合した製品・技術からなる新たな基幹産業群が成立し、高齢者・障がい者が社会参加する健康長寿社会が実現している。

- 健康管理:ウェアラブル端末等の測定ツールが普及。個人ごとの健康データによる疾病管理・健康管理などの個別化医療が進む
- 治療:がんの新たな治療法の開発、認知症の早期診断・治療の大幅な進展、再生医療や遺伝子治療によって多くの難病に治療法が開発される
- 介護:診療支援機器、看護機器、介護機器、ロボット開発により、遠隔医療や自動診断が汎用化されるなど医療、介護の効率化、省力化が大幅に進む

保険医療2035(2015厚労省)を引用

- 健康・医療分野で地球規模の課題に貢献する国家となっている

2030年を想定した
バイオ産業の社会貢献ビジョン

新しいビジネスを生む
バイオによる
モノづくり、環境、エネルギー

2030年の社会貢献ビジョン; バイオによるモノづくり、環境、エネルギー

重要

サステナブルなモノづくりへの変換と新産業の創造

- ・産学官・異業種の連携により、再生可能な資源と革新的な製造法を用いて、競争力の高い独創的なバイオ製品・バイオ技術による新産業が成立している。
- ・モノづくり、環境、エネルギー分野で地球規模の課題に貢献している(国際公約の達成、技術導出)。

イノベーションの推進

「サステナブルなモノづくり」へ変換しつつ「新しい産業を創生する」ために産学官が連携してイノベーションを推進する。

【重要基幹技術※】長期的な国家戦略を産学官で検討し分担して推進する。

- ①国内企業が産業利用できる環境整備(最低限の対応)、②国産技術開発、③日本の優れた生産技術との融合(スマートセルインダストリー等)

※;ゲノム編集技術、合成生物学等、産業利用において知財が大きな障壁になる。

【独創的な技術開発】日本が得意な技術・伝統技術・異分野技術との融合。

- ①微生物の探索・選抜技術(大村先生の例)、②植物・昆虫を用いた革新的物質生産技術(接木・蚕糸技術等の利用)、③資源のカスケード利用技術、④ナノテクノロジー等との技術融合(資源・エネルギー生産・環境技術等も含む)

イノベーションの支援体制

・産学官のビジョン共有と重要目標・基幹技術への連携強化

【国産技術開発プロジェクト推進】

1. ゲノム編集技術等の重要基幹技術
2. 温室効果ガス削減技術
3. サステナブルな資源への変換技術

【イノベーションエコシステム構築】

モノづくり分野で日本型システムを構築

【遺伝資源利用の安全保障】

海外遺伝資源の安定的な利用

2030年に予想される日本の課題(例)

- ・革新的技術の実用化が遅れる恐れ
 - ・化石資源から再生可能な資源への変更が進展していない
 - ・生物資源の安定供給・新規利用に課題(生物多様性条約等)
- ⇒上記3課題で有利な海外製品との競争

2030アジェンダへの貢献、「パリ協定」目標達成



日本の2030年目標;
温室効果ガス排出量;
2013年度比-26.0%

2030年に予想される日本の課題と方向性

- ◆ゲノム編集技術等の革新的技術の実用化が遅れる恐れ
- ◆化石資源から再生可能な資源への変更が進展していない
- ◆海外の生物資源の安定供給・新規利用に課題(生物多様性等)
- ◆上記3課題で有利な海外製品との競争
- ◆「2030アジェンダ」における課題解決に貢献できていない
- ◆「パリ協定」における日本の2030年目標を達成できていない

モノづくりに影響する革新的な基盤技術における出遅れを取り戻し、世界で日本が一定の地位を確保するための日本らしい戦略が必要

- 革新的な基盤技術の推進(ゲノム編集、ケミカルバイオロジー等)
- 国民合意に基づく再生可能な資源への変更の国家的な推進
- 海外遺伝資源の保全と、同資源を日本が安定的に利用できる国際的枠組みへの貢献
- 革新的技術、再生可能な資源への移行、新たな遺伝資源の利用において世界でリーダーシップを発揮している

モノづくり産業をとりまく環境

日本のモノづくりをよりサステナブルな方法に変換しつつ
新たな産業を生みだすための革新的な技術開発が必要

化学工業の
事業環境

再生可能なモノづくりへの変換要請、低いバイオ製品率(生産額27兆円のうち1兆円以下)
ダウ・デュポンの誕生、ゲノム編集技術・合成生物学等の登場

新たなモノづくりの観点

材料(原料・燃料)	プロセス(製造～流通)	製品・サービス
新しい産業を生み出すモノづくりの観点		
効率の高い 資源作物へ改良	優位性のある バイオ利用技術	高付加価値製品 新コンセプトの製品
サステナブルなモノづくりの観点		
化石資源⇒ 再生可能な資源	従来プロセス⇒ バイオプロセスと融合	環境に配慮した 製品

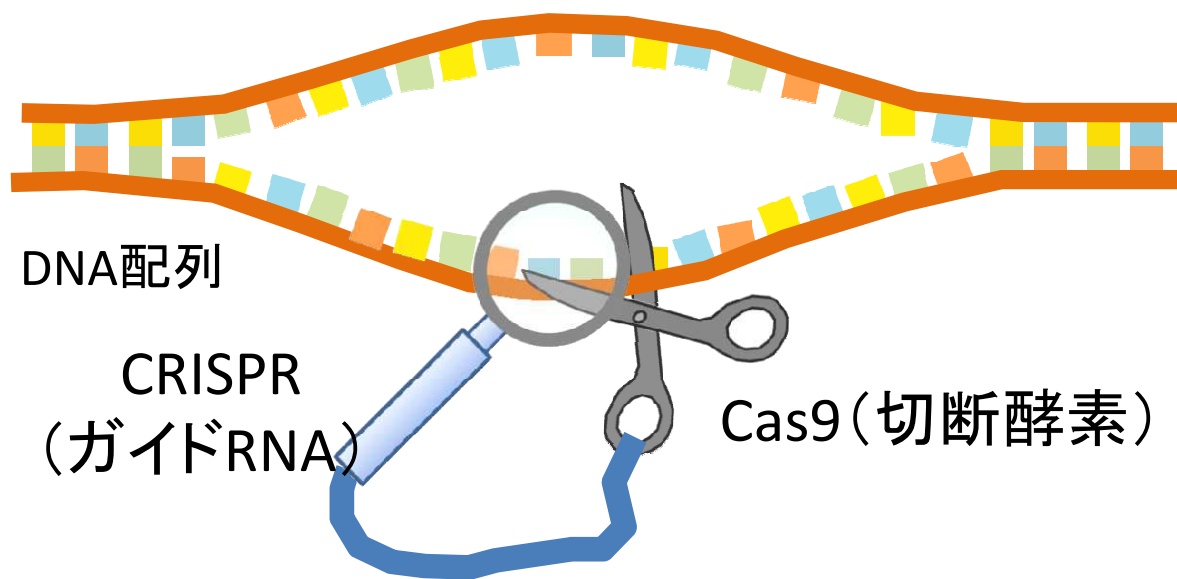
生物多様性

基幹技術; 生物改変技術、バイオ生産技術

バイオにおける革新的な技術

急激に進展するゲノム編集技術を日本発のものづくりのイノベーションに利用できる環境整備が必要

目的の部位で正確に切って遺伝子を編集する技術
2013年に登場した手法(CRISPR-Cas9)は特に注目



合成生物学への展開

Pros blogs (2015年12月15日)は2015年の合成生物学の10大トピックスを「遺伝子編集の津波」と表現

代替技術の登場

(CPG-アイランド等のオフターゲットが少ない技術)

目的の配列を探して(CRISPR)、正確に切る(Cas9)
従来法に比べて簡単に遺伝子の編集が可能
米国で2グループ※による特許係争中

※California大学Berkley校・スウェーデンUmea大学のグループと米Massachusetts Institute of Technology (MIT) Broad研究所

バイオにおける革新的な技術

合成生物学が日本のモノづくりにもたらすインパクトについて産官学で議論すべきである

合成生物学 (synthetic biology)

ゲノム編集技術を用いて、他の生物の遺伝子や人工的に作成した遺伝子を自由に組み合わせて、目的の物質を生産する新たな生物をつくりだす手法

- ・マラリア薬アルテミシンを酵母で生産(2011) → 2014年実用化、投与コストが30円/回に
- ・人工合成したDNA配列から人工細胞(2010)
- ・DNAの文字(塩基対)を増やす研究

次世代シーケンサー

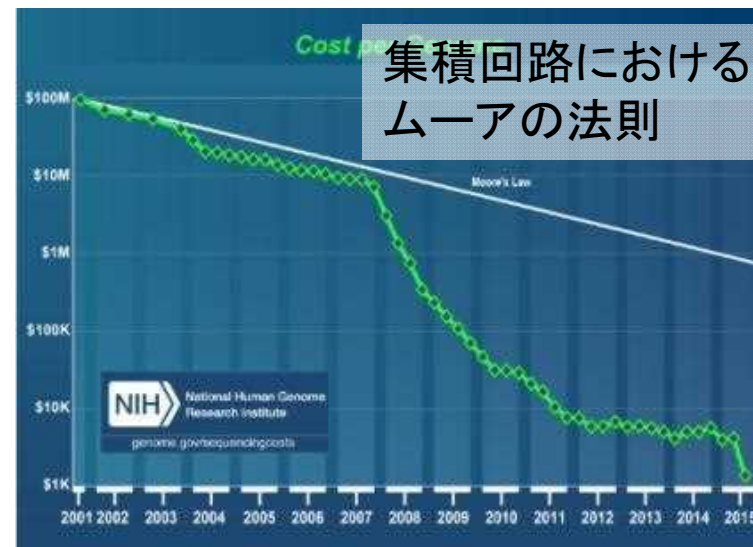
(遺伝子配列の解読)

「ムーアの法則」しのぐゲノム解析

⇒ 15年で解析コストは7万分の1

⇒ 2025年にはコスト100ドル、1時間の予測

膨大な情報を解析するバイオインフォマティクスの不足が課題



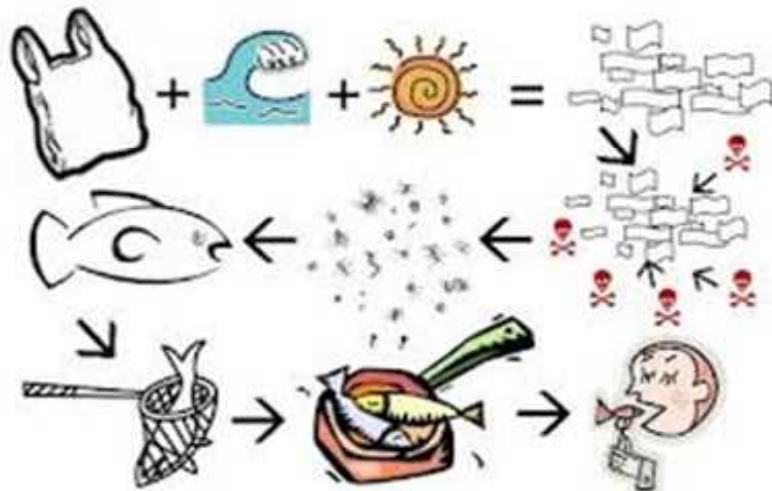
モノづくり・環境に関連する技術課題の例

「化石由来資源の代替」以外の地球規模課題も存在する

新たな課題の例; マイクロプラスチック

(海面浮遊微細樹脂); 細くなったプラスチックは有害物質の吸着能が高く、環境汚染だけでなく食物連鎖によるヒトへの影響も懸念される。今後、爆発的な増加が懸念される。

- ・国連海洋汚染専門家会議 (GESAMP) による報告書 (2015)
- ・環境省主催の海ごみ懇談会⇒日本バイオプラスチック協会 (JBPA) 参画
注: 生分解性プラスチックの海での分解性は調査中



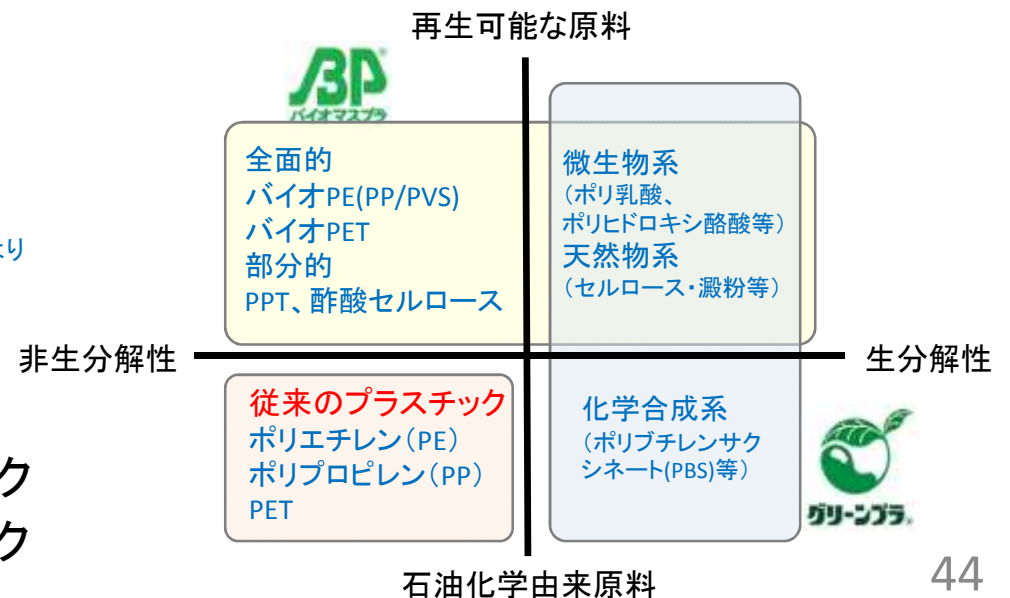
Master Divers (Thailand)のHPより

海洋で生分解するプラスチック等に関する検討が必要

自然から生まれた  バイオマスプラスチック
自然に還る  生分解性プラスチック



Fig. Estimate relative distribution of microplastics in Large marine ecosystem, Based on Lebeton et al. 2012 oneshared.ocean.org
Sources, fate and effects of *microplastics* in the marine environment: a global assessment by GESAMP 2015 より



日本らしいモノづくり産業育成のポイント

日本らしいモノづくり; 日本が得意な技術と最新技術の融合

微生物を用いたモノづくりの展開例

《日本が得意な技術(例示)》

- 世界で最も実績のある発酵工業
- 藻類生産技術
- 微生物の選抜・評価技術
(大村先生の系譜)

例) 難培養微生物のメタゲノム選抜

例) 単細胞による選抜技術

植物等を用いたモノづくりの展開例

《日本が得意な技術(例示)》

- 優れた育種技術・生産技術(農業)
- 世界に類を見ない組織増殖技術
⇒物質生産プラットフォームの可能性
タンク培養; 多糖の生産(花王)、不定根(資生堂)
安価な袋による培養; 芽・茎等の増殖(麒麟)
- 伝統的な侵襲的技術(接木・盆栽)
⇒植物のサイボーグ化技術としての可能性
例; 異種接木⇒新たな生産方法の可能性

ゲノム編集技術
合成生物学

遺伝資源
オミックス情報

Society5.0
(超スマート社会)

2030年に実現している有用生物取得技術の例

高い物質生産能力を有する生物※を迅速に取得する技術が確立している

※; 経済産業省、(独)製品評価技術基盤機構(NITE)ではスマートセルインダストリーを推進している。また、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)次世代農林水産業創造技術では新たな育種技術(NPBT)を推進している。

遺伝資源

(微生物・動植物・昆虫)

新たな遺伝資源の利用
遺伝資源の新しい利用



海外遺
伝資源

↓
選抜・育種・
改変技術

遺伝子組換え、ゲノム編集、合成生物学、
新たな育種技術、DNA配列解読、
ビッグデータ化とその解析

↓
微生物

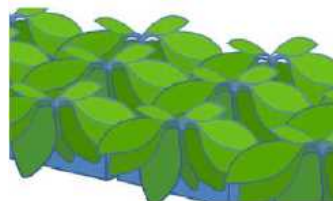
微生物で蜘蛛の糸
(スパイバー社)



Caerostris darwini

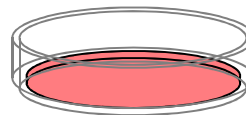
↓
植物

レタスで動物用
医薬品(出光興産)
タバコでワクチン
(田辺三菱製薬)



↓
ヒト・動物

CHO細胞; 抗体
(中外製薬、協和発酵キリン、
東洋紡、旭硝子ほか)
動物でヒト臓器



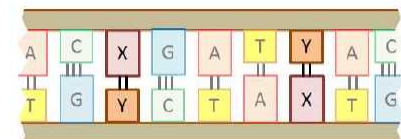
↓
昆虫

カイコでタンパク質
(農業生物資源研究所、
免疫生物研究所)



↓
その他

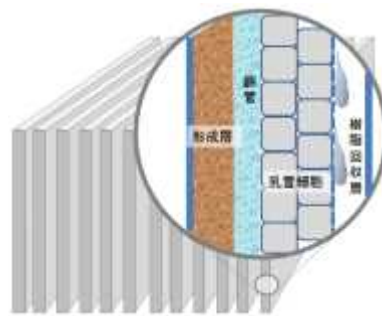
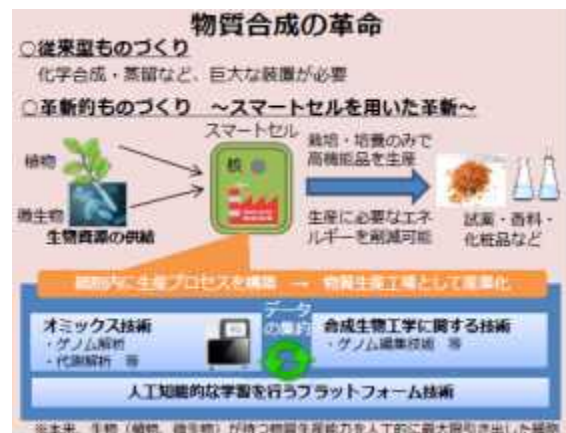
人工塩基対
例; 塩基対を2対から3対に
変更することで172種のアミノ
酸からなる新規タンパク質の
創出が可能になる。



2030年に実現しているバイオによる生産技術の例

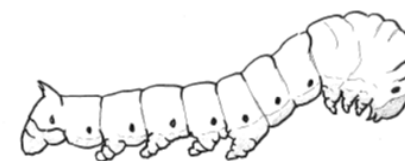
優れた微生物・培養細胞・植物・昆虫等※を用いた進化したモノづくり技術が実用化している

※:経済産業省、(独)製品評価技術基盤機構(NITE)ではスマートセルインダストリーを推進している。



シート培養による生産
(樹木乳管の細胞シートの例)

植物・藻類による生産
(植物工場、圃場・開放系)

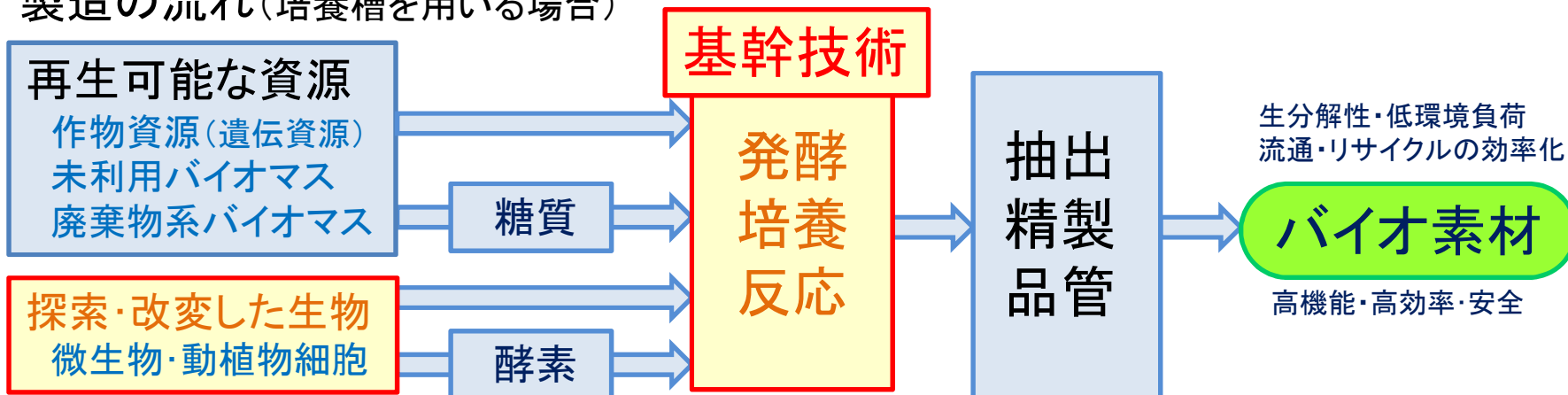


昆虫・動物による生産
(カイコの例)

スマートセルによる生産

(独)製品評価技術基盤機構(NITE)の「バイオテクノロジー産業の新たな発展に向けた政策提言書(2016年)」を引用。

製造の流れ(培養槽を用いる場合)



2030年に実現しているモノづくりの例

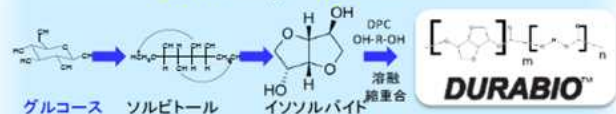
サステナブルなモノづくりによる製品が実用化している

例; 化石資源由来原料をサステナブルな原料に変換する取組み

三菱化学は2025年までに原料の20%をサステナブルなものに変換していく目標を掲げている。既に第一ステップとして、DURABIO、Bio-PBS等を上市している。

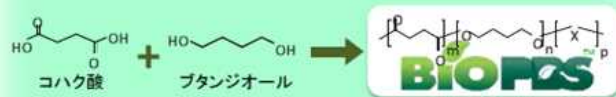
高性能透明エンジニアリングプラスチック

Durability + Bio-Plastic



生分解性プラスチック

Bio-PolyButylene Succinate



1st Step; 導入期

DURABIO、BioPBSなどによる市場形成

2nd Step; 拡充期

・高付加価値品; バイオの特定を活用した導入品・新規製品

・ドロップイン; バイオマスへのコスト優位性を活かしたC3、C4誘導品

3rd Step; 次の段階へ

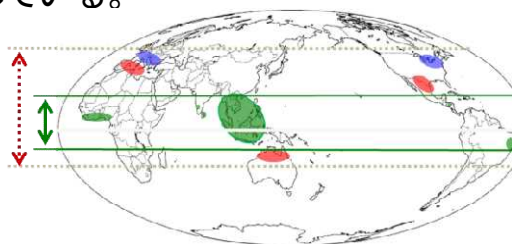


例; グアユール由来のゴムを用いたタイヤ

世界トップのタイヤメーカーである(株)ブリヂストンは、バイオ技術などの応用によるサステナブルなタイヤ原料の調達を目指している。NR(天然ゴム)※の安定供給を実現するために、DNAマーカーを活用した精英樹の選抜や農園における病害診断技術の開発と同時に、北米原産の「グアユール」から得られるNRを用いたタイヤを2020年頃に実用化することを目指している。



※NRの重要性と課題: NRは石油由来の合成イソプレンゴムに比べ、耐久性や金属との接着性など優れた特性を有するため、非常に重要な天然資源であり、今後も需要の増加が予想される。NRを産出するパラゴムノキは殆どが東南アジアで栽培されており、病害や労働賃金の上昇、など課題がある。



天然ゴム産生植物の栽培地



2030年に実現しているモノづくりの例

今までにない製品による新たな市場ができている

例; セルロースナノファイバーで目指す1兆円の素材市場

セルロースナノファイバーはセルロース繊維を高度にナノ化した素材の総称で、優れた素材特性※を有し、日本は製造技術で先行し、生産・廃棄時の環境負荷が小さい等の利点がある。そのため、2030年には素材規模で1,000億程度、関連素材の市場で1兆円の市場が期待され、「ナノセルロースフォーラム」等により産学官が連携して開発が進められている。本素材に関して、①残された課題の解決、②多様な用途開発、③派生する素材の利用促進等において、バイオ産業界は積極的に関与すべきである。

NCF ナノセルロースフォーラム

セルロースナノファイバーによる新市場創造戦略

市場拡大には、革新的製造技術の開発による設備・製造コストの大幅な低減が望まれる

バイオ産業の貢献例

①残された課題の解決;

例; 有用な酵素開発やバイオ手法の利用

②多様な用途開発;

例; 健康・機能性に関する研究
食品用途(増粘剤、安定剤等)の開発

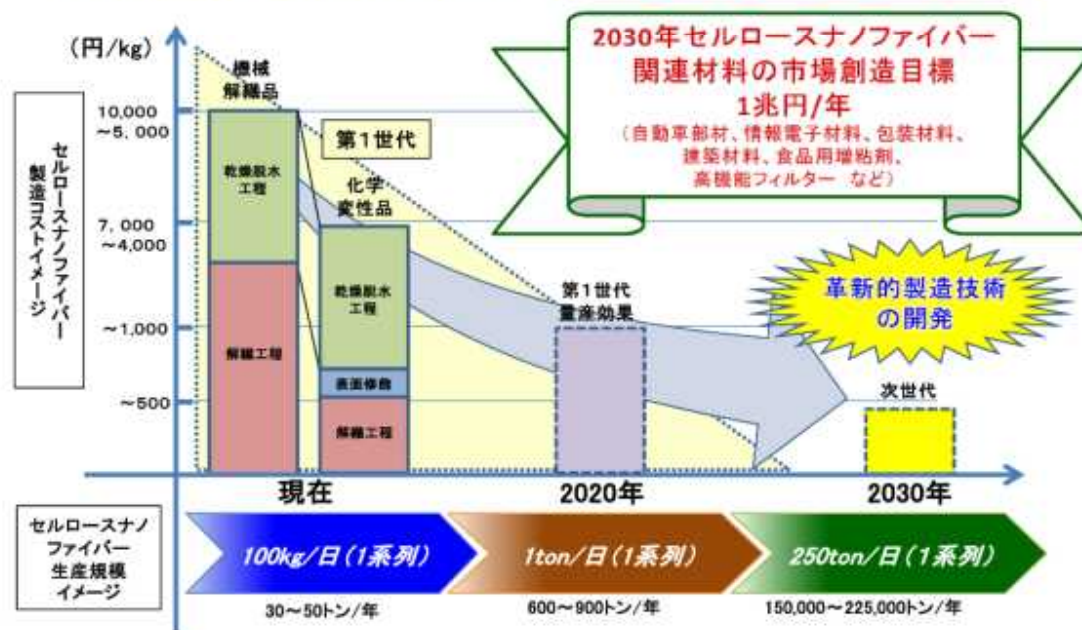
③派生素材の利用促進;

例; リグニンやヘミセルロースが有する
物性や機能性に注目した素材開発

現在、同フォーラムには176の法人会員が所属しているが、入会していないバイオ関連企業も多く、特に食品関連は1社と少ない。

※; 特徴の例;

鋼鉄の1/5の軽さで5倍以上の強度
熱変形が少ない(ガラスの1/50程度)
透明なフィルムへの加工が可能
サステナブルな素材



平成25年度製造基盤技術実態等調査(製紙産業の将来展望と課題に関する調査) 報告書概要版(平成26年3月21日三菱化学テクノリサーチ)より

2030年に実現している環境・エネルギー技術の例

様々な環境・エネルギー関連の技術が実用化している

バイオによるGHG削減目標への貢献の例

バイオテクノロジーを用いた画期的なネガティブエミッション技術が開発され、人工光合成や地下埋蔵等の技術と合わせて2030年の日本の2030年目標;温室効果ガス排出量;2013年度比-26.0%を達成している。

環境技術の高度化の例

例1;高度に緑化された都市

温室効果ガス排出が世界で最も少ない超緑化都市や接ぎ木技術による生きた木を用いた住宅(Mitchell Joachim)が国内で実用化している



例2;砂漠の緑化(2030アジェンダへの貢献)

世界最少の灌水量による灌漑栽培システムが開発されている

例3;水浄化等システム(2030アジェンダへの貢献)

膜処理設備や排水処理施設は電源確保と住民による永続的な維持・管理が課題である。現地の住民が継続して管理できる砂礫層とバイオを用いたシステムの開発と設置が進んでいる※。

※:既にヤマハ発動機のシステムなどが存在する

藻類による物質・エネルギー生産の例



沿岸に浮かぶ大型浮遊水槽



休耕地・休耕期利用を利用し培養

効率的な資源活用 of 例

例1;カスケード利用法;特異性が高い分解酵素の組合わせで、複数の有用物質を同時に取得する方法が実用化している。

	従来法	複数素材取得法
	(木質素材の例) (化学・物理処理)	(酵素による精密分解等)
非常に効率的な	セルロース	○
カスケード法確立	リグニン	△
	タンパク質	○
	ヘミセルロース	△

例2;植物からの画期的な資源取得法が開発されている。

震災復興支援の例

東日本大震災で被災した海岸防災林の再生に必要な松枯れ抵抗性クロマツの苗木を従来の方法で生産するには14年以上かかるが、カルスを経由する不定胚による増殖では短期間に必要量の苗木を供給することができる。松枯れ抵抗性クロマツの不定胚増殖に成功したことで、苗木の生産・植林を推進し早期の防災林の復興が期待される。

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「東北地方海岸林再生に向けたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗生産の飛躍的向上」プロジェクト



2030年のモノづくり・環境・エネルギーのビジョン

重要 サステナブルなモノづくりへの変換と新産業の創造

●産学官・異業種の連携により、再生可能な資源と革新的な製造法を用いて、競争力の高い独創的なバイオ製品・バイオ技術による新産業が成立している。

・ゲノム編集技術やケミカルバイオロジーの基幹技術において国産技術が確立又は産業利用できる体制が整い、日本が得意な探索技術やナノテクノロジー等の異なる分野の技術と融合し、日本発の革新的な素材が誕生している。

・海外の重要な遺伝資源を日本企業が継続して商業利用できる環境が整備され、資源作物の品種改良や増産等の技術開発で資源国に貢献している。

・国民的合意のもと再生可能な資源への移行が急速に進行している。

・いくつかの資源で素材のカスケード取得が実現している。

●モノづくり、環境、エネルギー分野で地球規模の課題に貢献している（国際公約の達成、技術導出）。

2030年を想定した バイオ産業の社会貢献ビジョン

農林水産業・食糧

2030年の社会貢献ビジョン; 農林水産業・食糧

重要

農林水産業への企業参画と食品を含む輸出促進

- ・企業の参画により農業分野で新しいビジネスモデルが次々に誕生し新たな雇用が創出されている。
- ・就業人口の減少や温暖化に対応した農林水産業に変革し、世界の食糧問題に貢献している。
- ・おいしさや安全等の品質に裏打ちされた国際的なブランド化が進展し輸出が大幅に伸びている。

イノベーションの推進

「攻めの農林水産業実行本部」のもと、農林水産業・食品産業を新たな基幹産業・輸出産業にするための技術開発を産学官で推進する。

【農林水産業の競争力強化のための技術開発】

開発の観点; ①就業人口減少や温暖化の克服、②品質や収量のさらなる改善、
③健康機能性、品質・履歴の保証に基づくブランド価値向上、④IoT等と連携
開発例; ①農業; 新たな育種技術による品種改良と革新的栽培法、②林業; 作業支援技術と新規物質生産、③水産; 養殖可能魚種拡大と効率化・規模拡大

【農林水産物・食品のブランド価値向上のための技術開発】

例; 食の安全・安心技術、おいしさの評価技術、高度な加工・輸送技術等

イノベーションの支援体制

【企業の参画促進と農業におけるエコシステムの推進】

農林水産業・食糧分野で各地の特産品や伝統技術等を活用したユニークなイノベーションが次々と生まれる仕組みを形成する。

【コミュニケーションの推進】

農林水産業・食品へのバイオ利用に関するコミュニケーション推進
(バイオだけが食糧問題を解決できる)

2030年に予想される日本の課題(例)

- ・65歳未満農林水産業従事者; 30万人
 - ・国内外で温暖化の影響が現れはじめる
 - ・農林水産業の生産能力・生産額の低下
 - ・FTAの発効と世界の間接層倍増の影響
- 例; 安い農産物の輸入、鮮魚や嗜好品の価格高騰
- ・政府補助金継続、食料自給率

地方
創生
TPP

2030アジェンダへの貢献



特に食糧
問題が
重要課題

2030年に予想される日本の課題と方向性

- ◆65歳未満農林水産業従事者は30万人、深刻な温暖化の影響
 - ・生産機能が低下/消滅する地域が多発、
 - ・農林水産業の生産額が減少し食品を含めた輸出目標5兆円を達成できてない。
- ◆TPP等のFTA(EPA)発効と世界の中間層の倍増(20億人)
 - 例; 鮮魚・嗜好品等の価格高騰で10兆円以上の輸入超過
- ◆政府補助金継続が困難、食糧自給率が低下

日本の農林水産業や食品産業を取り巻く国内外の課題を解決しつつ、新たなビジネスチャンスの創生するための産業界も加えた新たな取り組みの開始が必要。

- 企業の農林水産業への参画による農業経営の効率化の推進
 - ⇒経営の効率化、農業従事者の増加、補助金削減等に寄与
- 温暖化/就業人口減を克服する新技術による農林水産物の増産
 - (例)・農業; 組換えを含む品種改良の推進と革新的栽培法
 - ・林業; 作業支援ロボットとサステナブルな物質生産法の導入
 - ・水産; 養殖可能魚種の拡大と効率化・規模拡大
- 海外の多様なニーズに対応した農林水産物・食品の輸出拡大
 - (技開発の例)・食の安全・安心技術、おいしさの評価技術、高度な加工・輸送技術等の開発

農林水産業に関連する技術課題の例

地球規模の課題は農林水産業にも大きな影響を及ぼす

温暖化の例

「気候変動適応計画」農林水産省(2015年8月)

稲作

<将来予測>

- 現在より3℃を超える高温では北日本を除き減収
- 高温耐性品種への転換が進まない場合、全国的に一等米比率は低下

九州地方の一等米比率の変化予測
(何も適応策を講じない場合で、1990年代と比較)

	2046～2065年	2081～2100年
一等米比率 の変化	28%低下	41%低下

表:(独)農業環境技術研究所の資料を基に作成

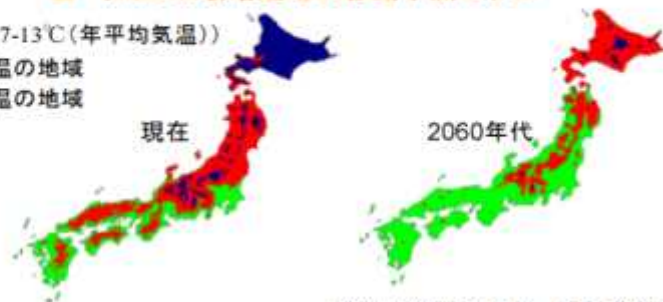
果樹

<将来予測>

- うんしゅうみかん、りんごの栽培適地が年次を追うごとに北上
- ぶどう、もも、おうとう等は、高温による生育障害が発生

■ りんごの栽培適地の移動予測モデル

- 適地((7-13℃(年平均気温))
- より高温の地域
- より低温の地域



資料:(独)農研機構 果樹研究所

海洋表面の酸性化の例

- ・魚類の脳の酪酐
- ・炭酸カルシウムの殻形成への影響
植物プランクトンの一部、有孔虫、貝類、棘皮動物、甲殻類

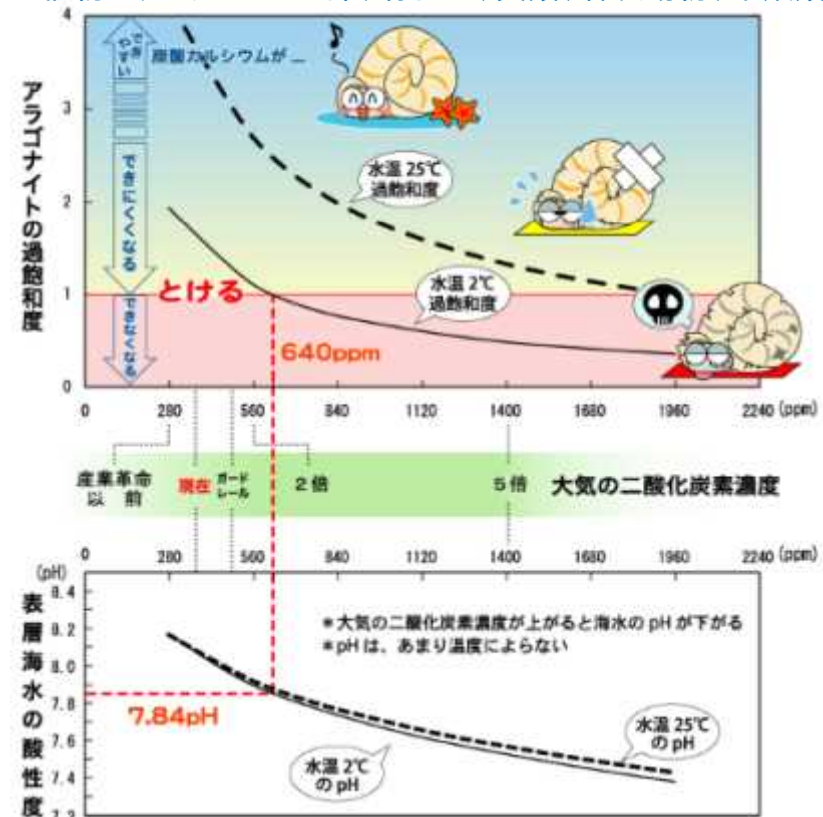


図 大気CO₂濃度が高くなるとアラゴナイト(あられ石型CaCO₃)ができなくなる?

国立環境研究所地球環境研究センター

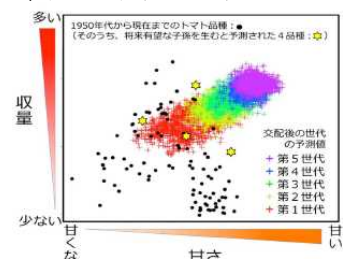
2030年に実現している農業分野の技術の例

産学官により世界で最も優れた農業技術が実用化している

ビッグデータ・IT・ロボット等による育種・栽培の例

新たな育種技術による品種の実用例

例1;ゲノミックセレクション



高濃度トマトの開発例 農研機構野菜茶業研究所

例2;ドローンによる早期病害発見

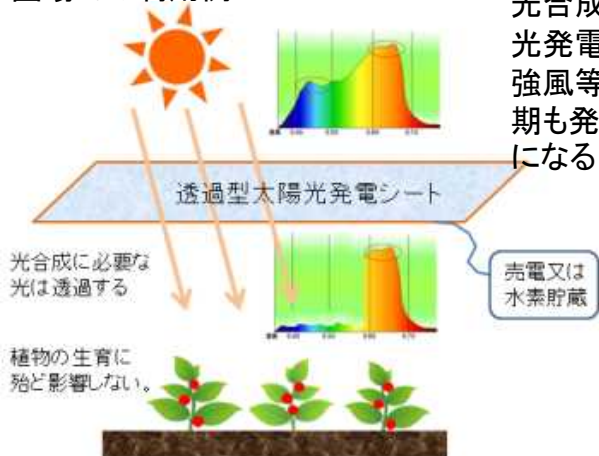
(佐賀大渡邊啓一教授他)



エネルギー効率の良い栽培の例

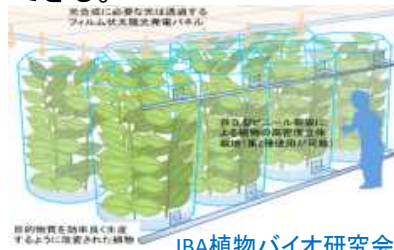
例;フィルム状太陽光発電パネルを用いた農業(京大柴田大輔教授他)

圃場での利用例

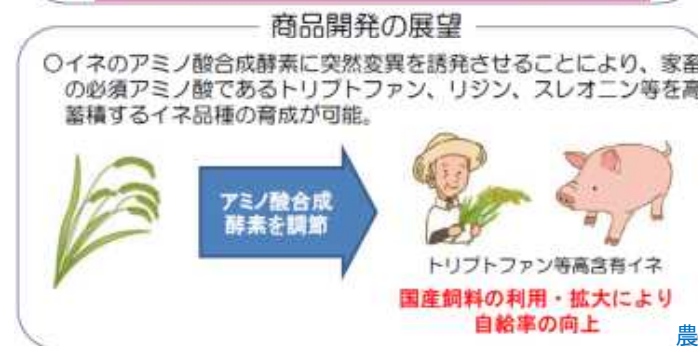
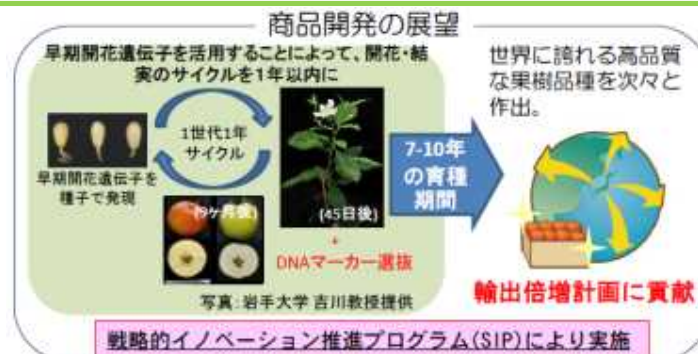


温室・施設園芸での利用例(天面)⇒
昼間は施設の電気代を賄う。

光合成に必要な光を透過する太陽光発電シートの下で栽培。シートは強風等の荒天時は格納可能。休耕期も発電できるため安定した収入源になる。発電した電源を用いた温度管理システムを開発することで温暖化による問題も低減できる。



JBA植物バイオ研究会



増殖・接木技術の高度利用の例

例1;増殖 優秀な母本が1株あればそのクローンを迅速かつ大量に得る技術、新たな育種技術との併用で迅速な産業利用が可能になる。(図はキリンの袋培養)



例2;異種接木技術;これまで不可能であった植物同志の接ぎ木が可能になることで、多様な農産物・園芸品の提供が可能になる。(名古屋大学野田口特任助教他)

2030年に実現している林業・漁業の技術の例

産学官で林業・養殖業で画期的な技術が開発されている

林業 森林面積; 2,500万ha(国土の2/3) 林業従事者; 約5万人

林産資源利用技術の高度化の例

例1; NBT・増殖技術の実用化(前出)

⇒育種目的は生育速度や品質

例2; セルロースナノファイバー(前出)

例3; 効率的なカスケード法(前出)

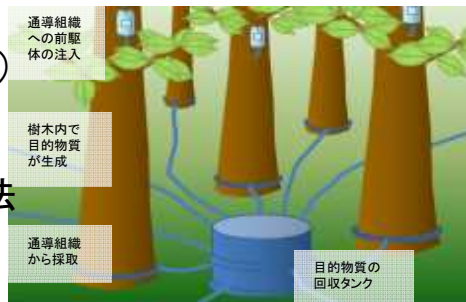
⇒2・3で林業の活性化が期待される

例4; 植物からの画期的な資源取得法

アイデア例; リグニノクス(リグニン代謝育種)、サイボーグ樹木、原皮師の技の効率化

サイボーグ樹木による物質生産のアイデアの例

JBA植物バイオ研究会



林作業の効率化の例

例1; ロボット 枝打ちロボット(早大 榎橋康博 教授他)

例2; アシストスーツ (サイバーダイン社他)

アイデア例; 原皮師(もとかわし)※の技の機械化による剥皮
リグニン質に富む樹皮は石油代替の原料の候補であるが性木からの採取法が課題である。形成層を傷付けない剥皮法を機械化し 樹皮の剥皮後に人工膜等で保護し樹皮の再生を促す技術を確認する。※: 松皮茸用の樹皮を生木より剥ぎ取る職人

漁業 排他的経済水域面積; 447万km²(世界6位) 漁業従事者; 約18万人

新たな養殖魚種の開発

例1; 消費者とのコミュニケーションと選抜技術や養殖法改良による実用化

ウナギ風味のナマズ

におわないブリ

(近畿大学有路昌彦准教授他)

例2; 新たな育種技術

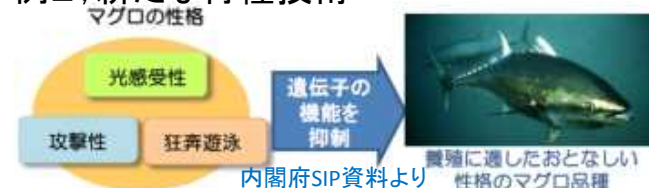
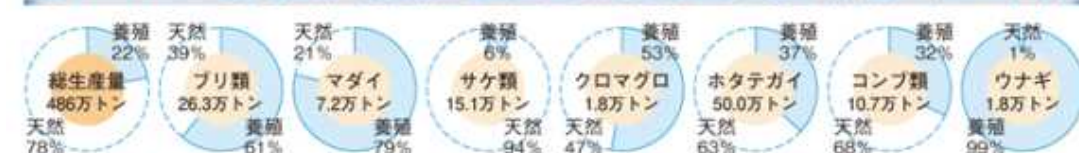


図 I-1-3 我が国漁業・養殖業の生産量に占める養殖生産の割合(平成24(2012)年)

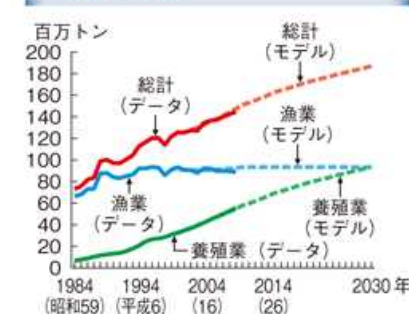


資料: 農林水産省「漁業・養殖業生産統計」に基づき水産庁で作成
注: ホタテガイの「天然」は、地まき式による漁獲である。

水産庁HPより

2030年に世界の漁業の2/3が養殖に

世界の漁業・養殖業生産量と今後の予測



資料: The World Bank 「Fish to 2030」

水産庁HPより

2030年に実現している食品関連技術の例

品質に裏打ちされた商品・ブランド戦略で、日本の食品産業が世界から評価され重要な輸出産業となりつつある。

戦略目標：2030年輸出5兆円※に貢献※；日本再興戦略改定2015のKPI、農林水産物と食品で5兆円

農林水産物・食品の健康・機能性に関する技術

画期的な加工技術



- ・香味や栄養素のロスを低減した方法
- ・低コスト製造法
- ・高品質の代替食品（病者用食品含む）

おいしさに関する技術

- ・加工や保存における香味変化の解明
- ・脳科学・感性工学と官能・機器文責の融合

安心・安全技術

- ・品質管理
- ・トレーサビリティ
- ・産地・偽和判別
- ・有害物質の検出・管理
- ・安全性評価

抗メタボに加え、脳機能および細胞・身体機能改善のための“Quality of Life (QOL)”を対象とした次世代機能性食品を開発する。とくに個人個人のQOLの向上のための農林水産物を国民に提供する

2030年の農林水産業・食糧のイメージ

重要 農林水産業への企業参画と食品を含む輸出促進

●企業の参画で農業分野で新しいビジネスモデルが次々に誕生し新たな雇用が創出されている。

(貢献例) 経営の効率化、農業従事者の増加、補助金削減等に寄与

●新たなテクノロジーによる技術革新により、就業人口の減少や温暖化に対応した農林水産業に変革している。

(開発技術例) ・農業; 組換えを含む品種改良の推進と革新的栽培法

・林業; 作業支援ロボットとサステナブルな物質生産法の導入

・水産業; 養殖可能魚種の拡大と効率化・規模拡大

●多様なニーズに対応し、おいしさや安全等の品質に裏打ちされた国際的なブランド化が進展し輸出が大幅に伸びている。

(ターゲット例) 倍増する世界の間層向け

(開発技術例) ・食の安全・安心技術、おいしさの評価技術、

・おいさを損なわない高度な加工・輸送技術の開発

●開発された技術等で、世界の食糧問題に貢献している。

バイオ産業の振興ために 重要な基幹技術の例

バイオ産業の振興のために重要な基幹技術(例示)

重要

重要な基幹技術には産学官が結集した対応が必要

科学技術基本計画・科学技術・イノベーション総合戦略

健康・医療戦略

攻めの農林水産実行本部

重要な基幹技術や国家的な整備が必要なインフラ

巻き返しを期した産学官が結束した国家的対応を実施

技術優位性の確保が必要な例

国家的に推進する例

ゲノム編集技術・合成生物学

Society5.0(超スマート社会)等

【産学官が結束した対応の例】

- 1) 技術動向や国際動向の把握と共有
- 2) 社会・産業へのインパクトを評価
- 3) 対応を策定し各組織が役割を実施

各分野の基幹技術群

健康・医療の戦略

新規の医薬品・医療機器・治療法等、
予防・介護技術/情報統合

モノづくり等の戦略

育種・選抜・改変技術、多様な生産技術
(スマートセルインダストリー・植物・昆虫)

農林水産業・食糧の戦略

新規の品種・生産法、健康機能性、
安心・安全、おいしさ、加工・保存技術

バイオテクノロジーとの新たな連携が期待される技術群(例示)

ゲノム編集技術・合成生物学

急速な技術の進展と困り込み、バイオ全般への影響大、欧米や中国では産官学で推進

ビッグデータ・IOT; 国家規模の整備が急務
ヒトや遺伝資源のゲノム・試料、IOTのインフラ等

生物学・生物利用技術

分化誘導技術; 再生医療・植物増殖
マイクロバイオーム; 医薬品・食品等
脳科学; ロボット等と連携、医療・産業
植物の増殖・生産技術; 物質生産・農業

化学・素材科学・分析科学

ケミカルバイオロジー; 再生医療・植物分化
情報統合型の有機材料研究; モノづくり
新規原理・高精度の分析法; バイオ全般

ロボット技術・制御工学

バイオ⇒ロボット; センサ・アクチュエータ技術
ロボット⇒バイオ; 重労働軽減、ナノマシン活用

オミックス

医療; 統計学的(疫学的)遺伝子解析
モノづくり; 資源価値と生産性の向上

ナノテクノロジー (例示)

分子・生体イメージング; 診断・分析
DDS; 医薬品・農業
3次元細胞構築; 医療・物質生産
ナノデバイス・ナノマシン; 医療

宇宙・海洋などの未踏領域

食糧・酸素を供給する植物モジュール

トランスヒューマン(h+)

幅広い層でh+に関する議論を開始する必要

1.ゲノム編集技術・合成生物学

社会・産業へのインパクトの大きな分野を優先し国家的な対策が必要

- 1) 産学官が連携し技術動向や国際的なハーモナイゼーション動向等の全体像を共有
- 2) 産学官が一堂に会し、本技術の社会・産業へのインパクトを協議し優先課題を決定
- 3) 国家としての本技術に対する対応策を策定し、産学官で取り組む

ゲノム編集技術における対応の例

シーケンサーとデータベース(DB)蓄積

- ・シーケンサー開発や遺伝子配列の解読とデータ蓄積が海外の機関主体で先行。

DNA合成

- ・費用の安い海外機関への依頼が主体 ⇒ 依頼した時点で配列情報が漏出する。

ゲノム編集技術

- ・ゲノム編集技術を用いた産業技術に関するアイデアを海外に先行される可能性
- ・ゲノム編集技術の産業利用において莫大な利用料が発生する可能性

技術やデータの利用権利の確保

- ・クロスライセンスやプロジェクト参画により技術利用やデータアクセスにおいて一定の権利を確保する

国産技術開発、独自DB構築

- ・国産シーケンサー開発(例:安価機種等)
- ・国内のDNA合成受託会社の育成
- ・国産ゲノム編集(導入)技術への挑戦
- ・九大・神大、理研(オルガネラへの遺伝子導入)等

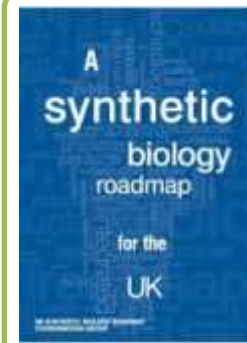
社会・産業へのインパクトの例

Pros blogs(2015年12月15日)では2015年の合成生物学の10大トピックスを「遺伝子編集の津波」と称し、ヒト化酵母、創薬への利用(ヘロインの酵母による製造)、ヒトエピゲノムのマッピング、マイクロバイオーーム工学、感染症対策、ブタによる臓器、合成抗体(合成キメラ抗原受容体)などを紹介。

日本の現状

- ・国家的なイニシアチブ・戦略等が設定されていない。
- ・SynBioBeta San Francisco 2015、2015 Metabolic Engineering Summit(北京)、等の産業利用を中心とした会合には日本勢の参画は少ない。

国家的な取組例;イギリス



ビジョン、2030年までのロードマップ、目指す分野、要素技術、産学の役割等の戦略プランが記載されている(参考資料参照)

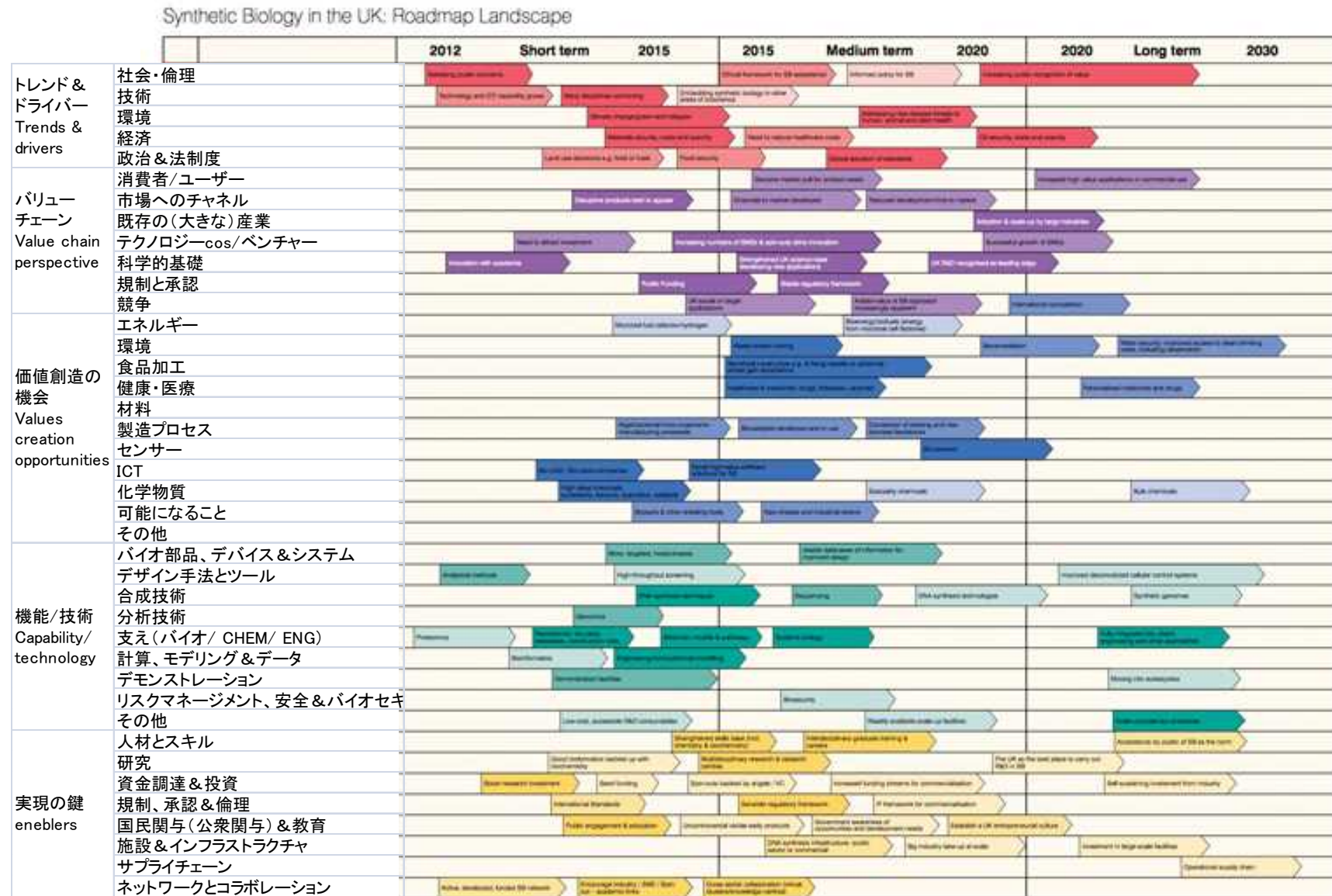
左; A Synthetic Biology Roadmap for the UK (2012)

右; Biodesign for the bioeconomy

UK Synthetic Biology Strategic Plan 2016

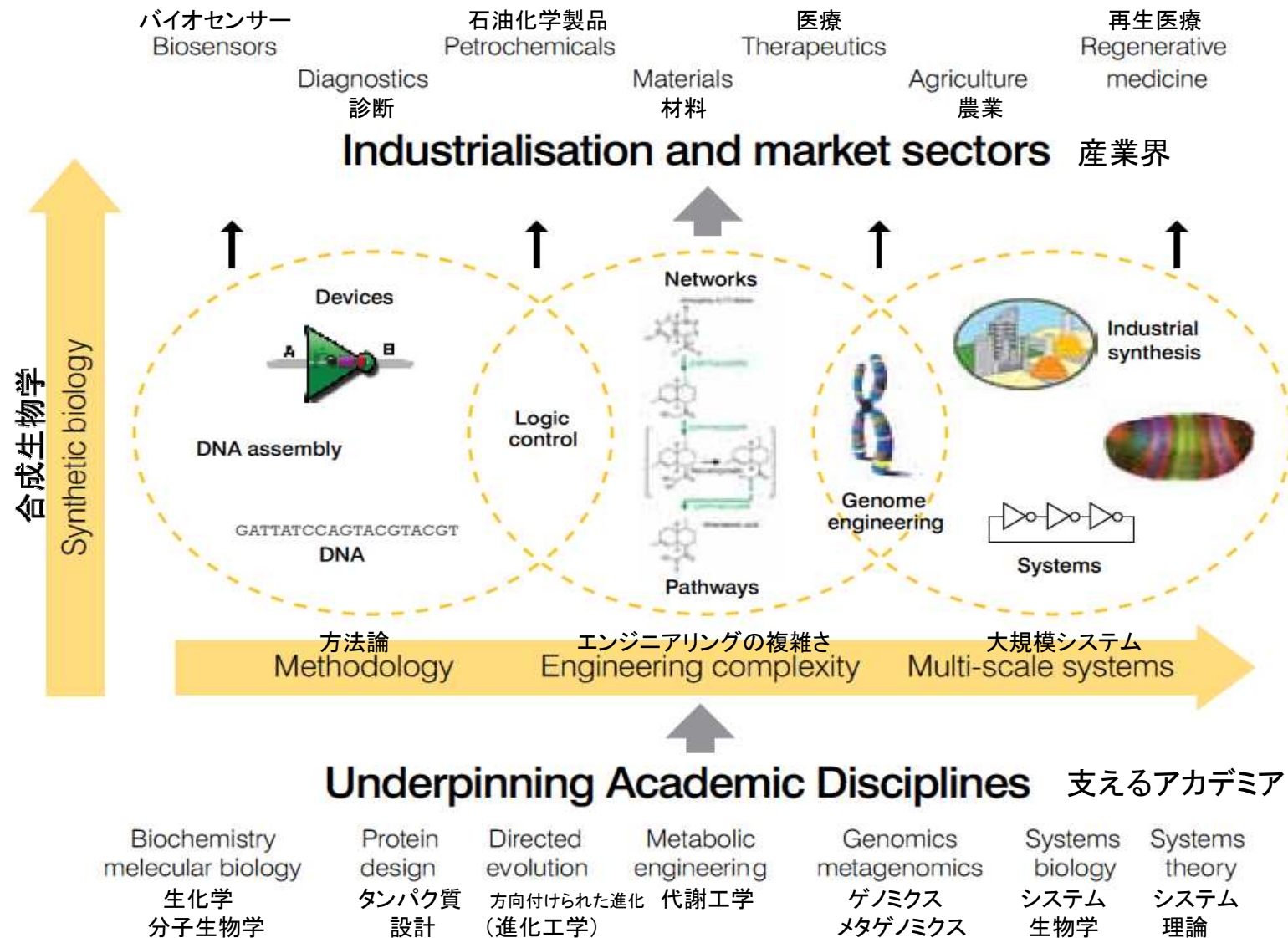
1-2.ゲノム編集技術・合成生物学(参考資料;英国の取組例1)

イギリスは2030年までの合成生物学のロードマップを作製している(2012)。



1-3.ゲノム編集技術・合成生物学(参考資料;英国の取組例2)

イギリスではロードマップの達成に向け産学官による役割を記載している。



1-4.ゲノム編集技術・合成生物学(参考試料;英国の取組例3)

合成生物学をバイオエコノミーを達成するツールにもなりうると位置付け、社会実装の段階に入りつつあることを宣言している。

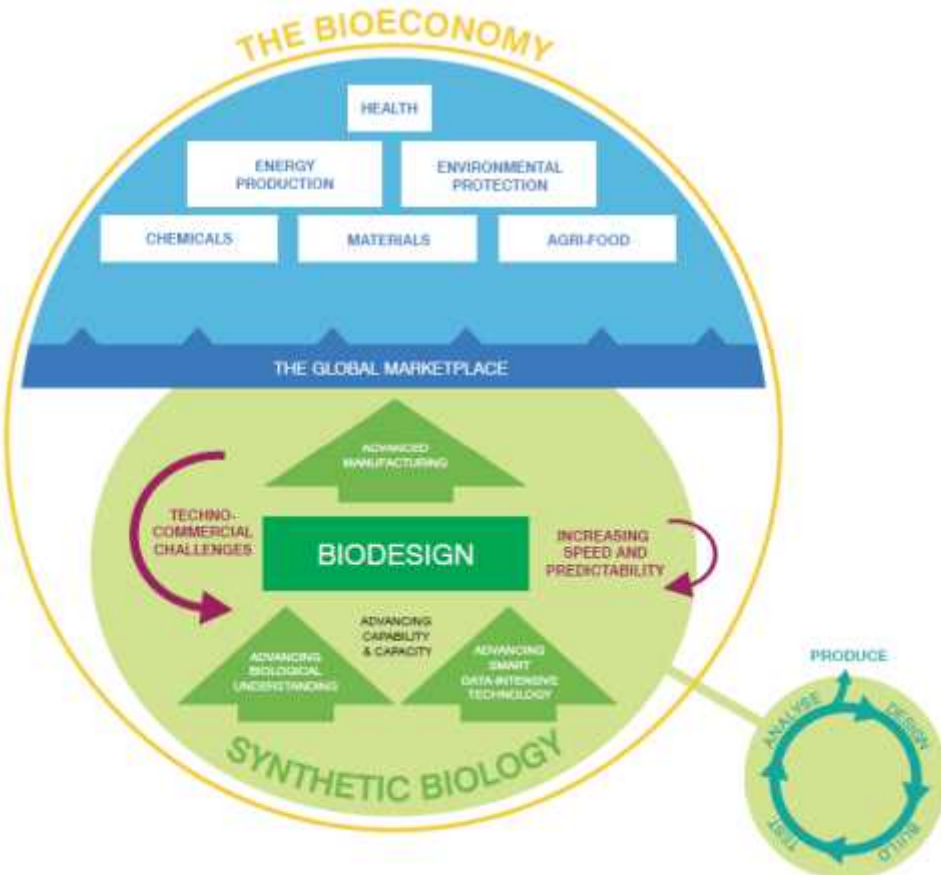
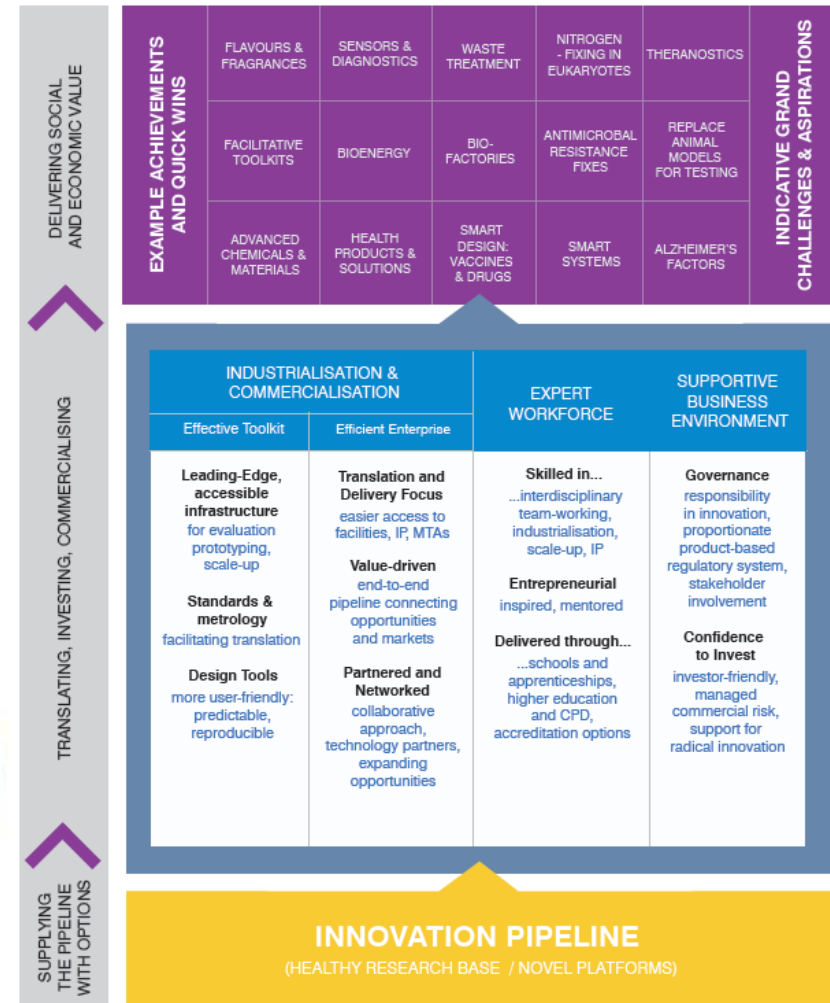


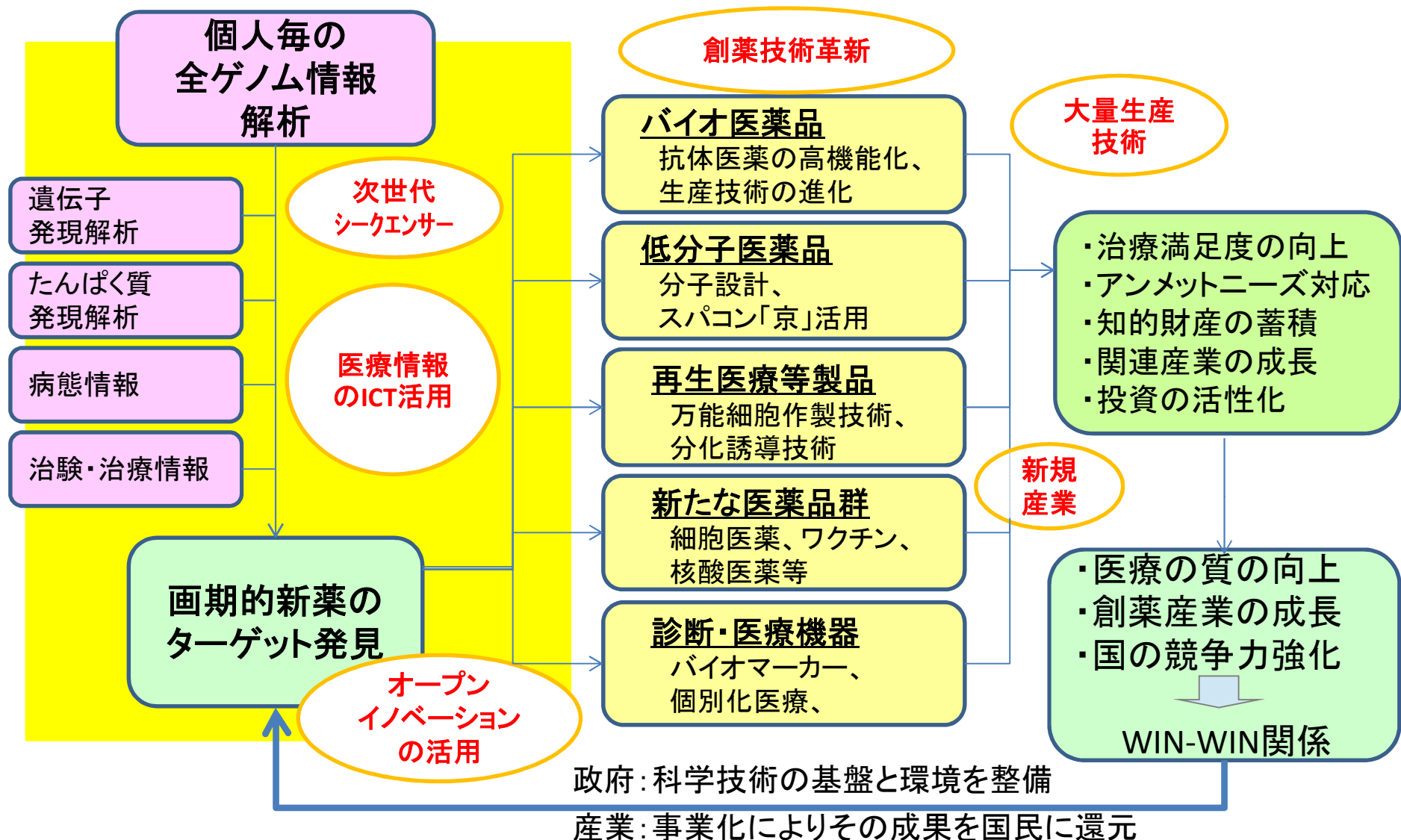
図 合成生物学は、「設計・構築・試験・分析」のサイクルを加速させて生物をデザイン(BIODESIGN)する方法に進化し、経済的、社会的ベネフィットを与える。応用範囲はバイオエコノミーにまで及び可能性があり、より良い基礎研究・研修プログラムのために市場のより深い理解が必要である。

Biodesign for the biotechnology, UK Synthetic Biology Strategic Plan 2016



2.健康・医療（創薬技術を中心とした俯瞰例、再掲）

政府は基盤・環境を整備し、産業は応用して社会還元



2-2.健康・医療(創薬におけるITやゲノムの活用例)

コホート研究・ゲノム情報等の産業利用の推進が重要

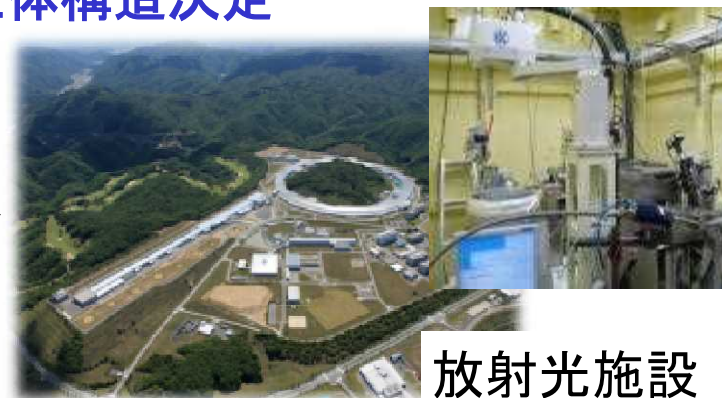


X線結晶解析によるタンパク質立体構造決定

タンパク質

結晶蛋白

遺伝子・細胞



放射光施設

3.モノづくり(育種・選抜・改変技術の俯瞰、再掲)

高い物質生産能力を有する生物※を迅速に取得する技術が重要である

※; 経済産業省、(独)製品評価技術基盤機構(NITE)ではスマートセルインダストリーを推進している。また、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)次世代農林水産業創造技術では新たな育種技術(NPBT)を推進している。

遺伝資源

(微生物・動植物・昆虫)

新たな遺伝資源の利用
遺伝資源の新しい利用

NIAS Genebank
農業生物資源ジーンバンク

NBRP NBRC
NITE Biological Resource Center

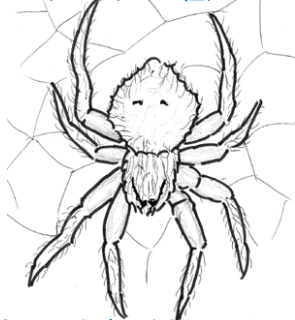
海外遺
伝資源

選抜・育種・
改変技術

遺伝子組換え、ゲノム編集、合成生物学、
新たな育種技術、DNA配列解読、
ビッグデータ化とその解析

微生物

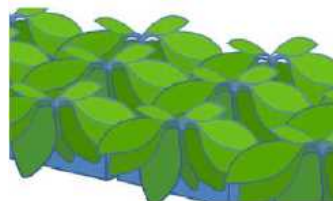
微生物で蜘蛛の糸
(スパイバー社)



Caerostris darwini

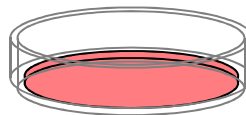
植物

レタスで動物用
医薬品(出光興産)
タバコでワクチン
(田辺三菱製薬)



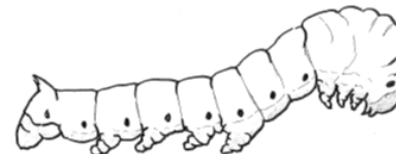
ヒト・動物

CHO細胞; 抗体
(中外製薬、協和発酵キリン、
東洋紡、旭硝子ほか)
動物でヒト臓器



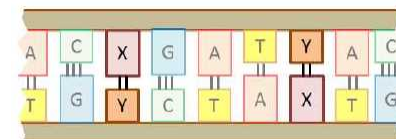
昆虫

カイコでタンパク質
(農業生物資源研究所、
免疫生物研究所)



その他

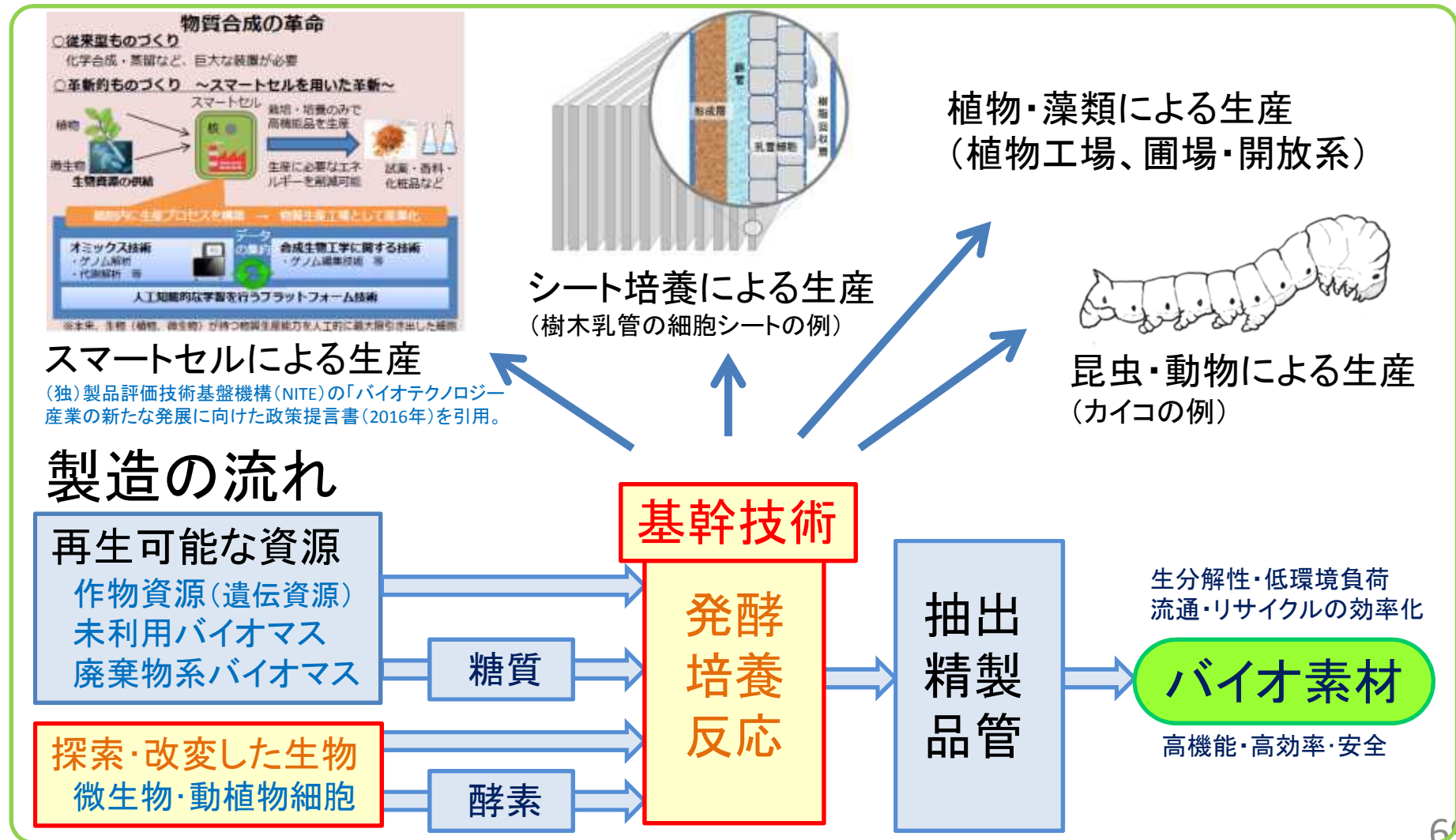
人工塩基対
例; 塩基対を2対から3対に
変更することで172種のアミノ
酸からなる新規タンパク質の
創出が可能になる。



3-2.モノづくり(バイオ生産技術の俯瞰、再掲)

優れた微生物・培養細胞・植物・昆虫等※を用いた進化したモノづくり技術も重要である

※:経済産業省、(独)製品評価技術基盤機構(NITE)ではスマートセルインダストリーを推進している。



4. 農林水産業・食糧（価値向上に関する俯瞰、再掲）

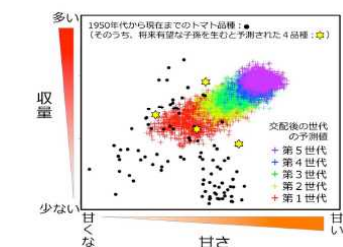
産学官で林業・養殖業で画期的な技術が開発されている

新たな育種技術の実用化

ゲノム編集技術



ゲノミックセレクション



高濃度トマトの開発例 農研機構野菜茶業研究所

SIPでの取組

目的の部位で正確に切って遺伝子を編集する技術、2013年に登場した手法（CRISPR-Cas9）は特に注目（従来法に比べて簡単に遺伝子の編集が可能、米国で2グループ※による特許係争中）

DNA配列の個体差（多型；SNP）の中には、特定の遺伝子と強く連動するものがある。次世代シーケンサーを用いてSNPを目印にゲノムを調べて形質と比較することで、遺伝子機能が不明でも個体の選抜が可能になる。家畜や農産物での応用が検討され、国内でも、東大、家畜改良事業団、農研機構野菜茶業研等での研究開発が進展しつつある。

農林水産物・食品の健康・機能性の解明



抗メタボに加え、脳機能および細胞・身体機能改善のための“Quality of Life (QOL)”を対象とした次世代機能性食品を開発する。とくに個人個人のQOLの向上のための農林水産物を国民に提供する

『次世代機能性農林水産物・食品の開発』公開シンポジウム阿部啓子PD資料（2015年12月）

生産技術の革新

①クローン増殖等による優良種苗の迅速供給、②新規栽培法（栽培理論）、新規植物調節物質、IoT・ビッグデータ等による栽培管理技術、③機械・ロボット化・アシストスーツによる作業負荷軽減

品質に裏打ちされた商品・ブランド戦略

農林水産業・食品産業の活性化・輸出産業化（政府目標：2030年輸出5兆円※）
※；日本再興戦略改定2015のKPI、農林水産物と食品で5兆円

画期的な加工技術
おいしさに関する技術
安心・安全技術（次頁）

4-2.農林水産業・食糧（食品関連技術、再掲）

日本の加工・おいしさ・安全安心技術の更なる高度化が重要

画期的な加工技術

- ・香味や栄養素のロスを低減した製造法（例；加熱変性や機械的損傷等が低減した製法）
 - ・低コスト・工程の少ない製造法（新規酵素や新原理等による製法）
 - ・高品質の代替食品（おいしく食べられる病者用食品等） ← 醤油（魚醤代替）、精進料理からカニカマ・発泡酒まで日本には優れた代替食品の開発の実績がある。
- EUのHorizon2020では2016年中にKIC（Knowledge and Innovation Communities）としてFood4Futureを設立し、産地から消費地までのサステナブルなサプライチェーンの確立に関するR&Dを推進する予定。

現場で利用できる簡易分析法（①低い導入・運転コスト、②小型で操作容易、③迅速な判定）

例；抗体・アプタマー等を用いた迅速分析法（質量分析装置等の必要なし）
同時に複数の有害菌を判定できる培養シート

新たな価値を生み品質を保証する高度分析法（①高感度・超微量、②最終判定）

例1；メタボロミクス情報の共有

各種食品に関するメタボローム情報を各機関でばらばらに蓄積するのではなく、コンソーシアムを形成して連携して蓄積し共有する仕組みを構築する（次頁参照）。

例2；アイソトポマー※を利用した判別技術※；isotopomer, isotopologueともいう。

^{13}C 、 ^{15}N 、 ^{18}O 等の安定同位体を含むアイソトポマー、特に分子内に複数の同位体を含むアイソトポマーは、工程推定や偽装判別等の強力な解析技術となる。開発組合等を組織し、（知財化までは）組合内のみでの利用を前提に各種アイソトポマーの合成と高感度分析法の開発を平行して推進する。

おいしさに関する評価技術

- ・加工や保存における香味変化の解明
- ・脳科学・感性工学と官能・機器分析の融合

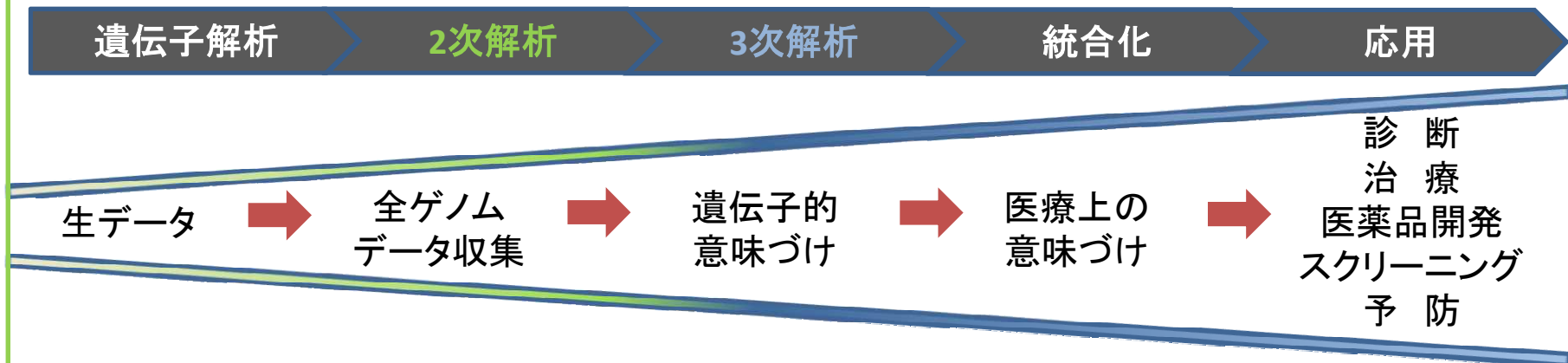
安心・安全に関する評価技術

- ・品質管理
- ・有害物質の検出・管理
- ・トレーサビリティ
- ・安全性評価
- ・産地・偽和判別

5. 共通技術：ゲノミクス（オミックス）

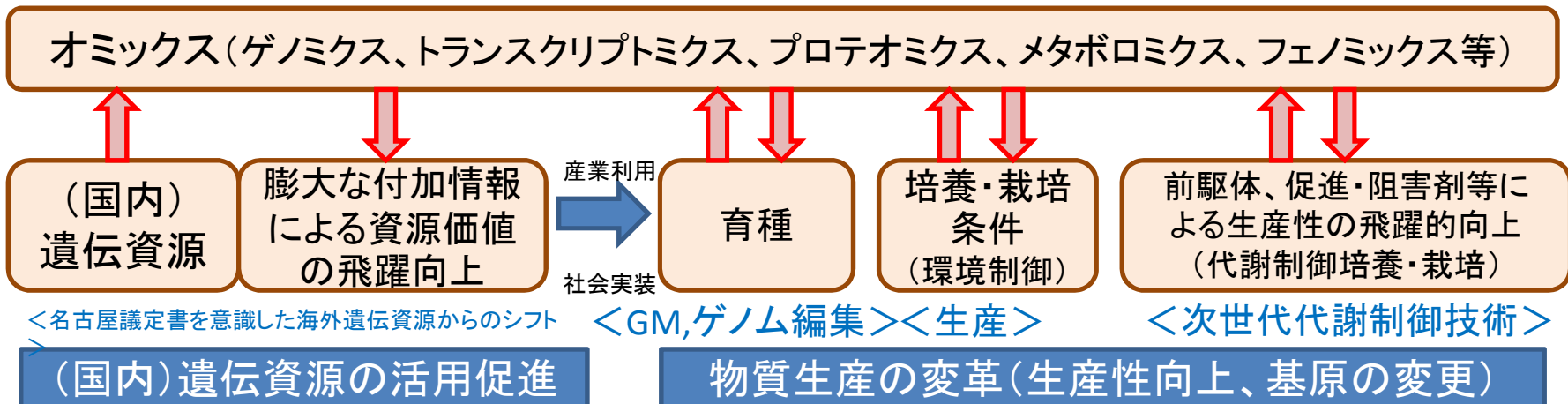
バイオ全般にオミックスは重要なツールである

ゲノミクスの医療分野への応用例：統計学的（疫学的）遺伝子解析



Narges Bani Asadi, Venture Beat, January 27, 2013

オミックスのモノづくり分野への応用例：資源価値と生産性の向上



5-2. 共通技術；生物学等との新しい連携

異分野技術も加えた生物と化学の新しい連携が重要

細胞の分化誘導技術

再生医療や植物増殖技術への利用推進

【ヒト・動物】ゲノム編集技術等の進展により、再生医療等のニーズは非常に大きくなるが、安定性・安全性やコストも含めた個体間差や部位に左右されない優れた幹細胞作出技術の確立が重要になり、ケミカルバイオロジーの利用も含め幅広い検討が必要である。

【植物】現在の化学物質による分化誘導の他、iPS細胞のように必要な遺伝子を組み込むことによる誘導法も含め、植物種を問わず分化制御ができるような技術開発が重要である。

脳科学（NBICのひとつ）

医療・ロボット工学等への利用推進

日本；AMEDにより「脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」を推進、脳の情報処理理論の応用と精神神経疾患の治療に向けた研究を推進。

米国BRAIN Initiative；神経回路の全細胞の全活動を記録・解析し脳マップを作製、10年間で45億ドル。DARPAではTrans-human等の応用研究を推進。

欧州Human Brain Project；脳科学・医療等の情報をスパコン上で統合・再現して、難病克服や脳回路や脳の構造を参考にした新たな演算装置やロボットの開発を目指すとしていたが進捗の遅延が指摘されている。

マイクロバイオーーム

医薬品・食品への利用推進

腸内菌叢を含む人体に棲む微生物数は、ヒトの細胞数よりもはるかに多く、炎症性腸疾患（IBD）、喘息、肥満、がん、自閉症等の疾患や、人工甘味料・抗生物質と関係が指摘され、近い将来、医学や栄養学の考え方を大きく変革する可能性がある。

2015年2月のNatureの特集で注目を集めるようになった。

植物の増殖技術・物質生産技術

物質生産・農業への利用推進

日本が得意な産業技術である接木技術や組織培養技術を物質生産技術として展開する可能性が議論されている。

・接木技術；野菜苗の接木は日韓で盛んで、日本では年間5～6億本の野菜苗が流通している。

・組織培養による増殖・物質生産技術；

日本にはユニークな生産技術が存在する。

・シコニンやチューベロース多糖の生産技術

・再利用可能なビニール袋による増殖技術

（葉・茎・根・マイクロチューバーを増やす技術もある）

※；NBIC；ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、情報技術、認知科学の頭文字、これらはConverging Technologiesと位置付けられている。

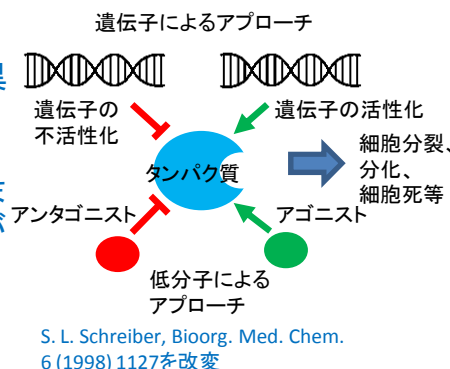
5-3. 共通技術：化学との新たな連携

異分野技術も加えた生物と化学の新しい連携が重要

ケミカルバイオロジー

再生医療や植物の分化技術への応用

遺伝子産物であるタンパク質の役割を、遺伝子の変異ではなく化学物質による不活化や活性化で解析する。活性を有する分子はそのまま産業利用できる可能性がある。効率的な探索のためには物質のライブラリーの整備が必要である。



最近報告された例として4つの化学物質によるiPS細胞の作製等の例がある。(Science Vol 341, Issue 614609 2013)

情報統合型の有機材料研究

革新的なモノづくりへの応用

マテリアルインフォマティクスと合成生物学の統合
米国では、大量の材料データを用いたシミュレーションにより材料特性を確度良く予測することで、研究室での新材料の発見から実用化までの開発を開発に要するコストと時間(半減)の削減を目指すマテリアルゲノムイニシアティブ(MGI)が進行中(2011年～)。同様の取組は世界的に無期材料で先行。有機材料分野での取組はこれからで、我が国で統合データによるマテリアルインフォマティクスと合成生物学が融合した先進的な取組を国家として推進すべきである。



その他バイオテクノロジーを推進する基礎技術の開発

バイオテクノロジー全般の推進

例えば、分子内に複数の分子種(例えば、炭素、酸素、窒素)で各安定同位体種を含む生体分子を自由に作成できる技術が開発されると、バイオテクノロジーの各分野において強力な手段を提供する。

医療分野：薬物のヒトでの代謝をこれまでより簡易に把握することができる。

農林水産業・食糧分野：生体内での解析の他、食品の履歴の推定に用いることができる。

例：アイソトポマー※を利用した代謝解析

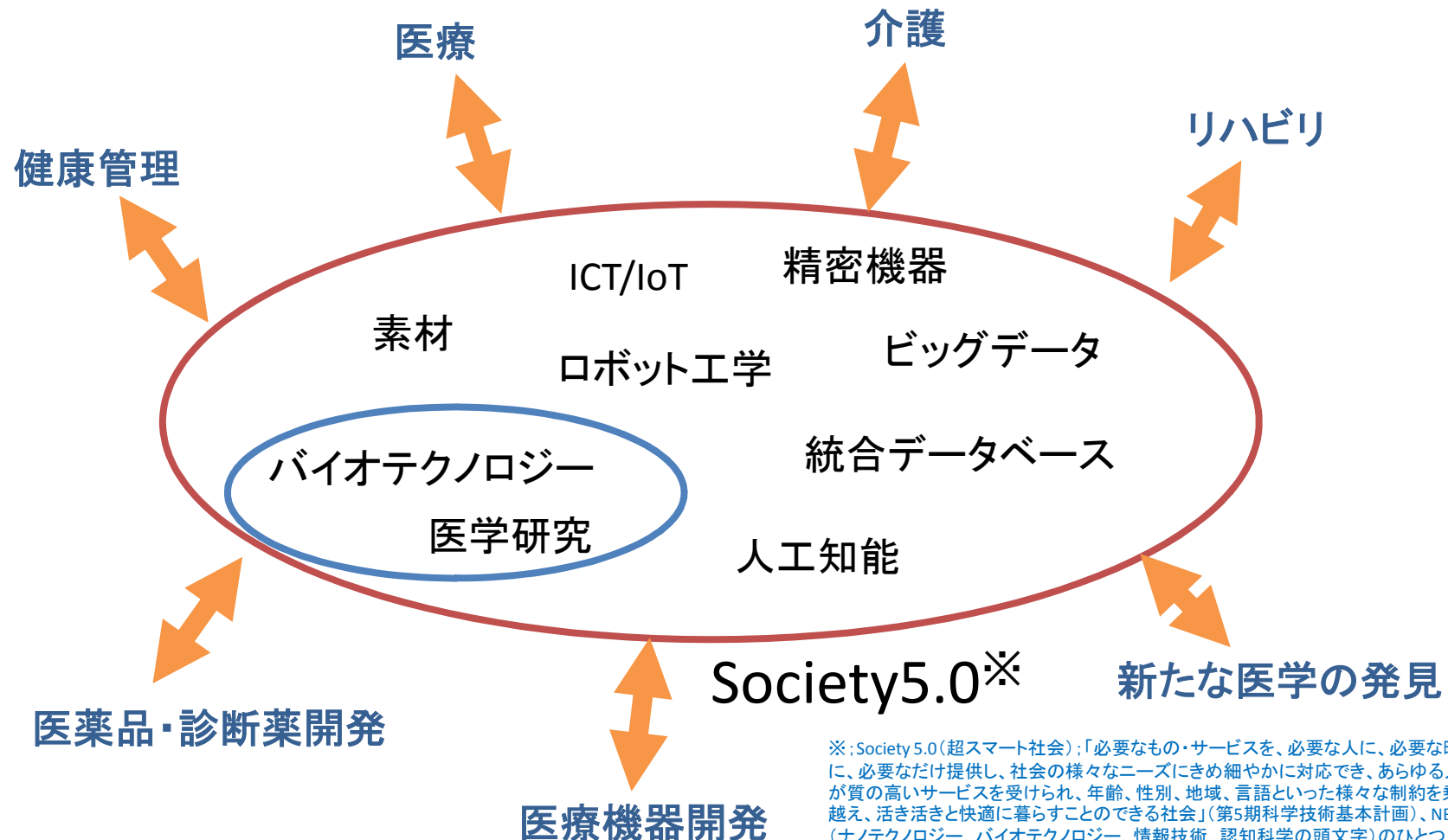
※：isotopomer, アイソトポログisotopologueともいう。

^{13}C 、 ^{15}N 、 ^{18}O 等の安定同位体を含むアイソトポマー、特に分子内に複数の同位体を含むアイソトポマーは強力な代謝解析技術となる。(知財化までは)組合内のみで利用する各種アイソトポマーの合成と高感度分析法の開発を平行して推進する。

6. 異分野との連携；健康・医療分野の例

異分野と融合したイノベーションの創出と実用化が重要

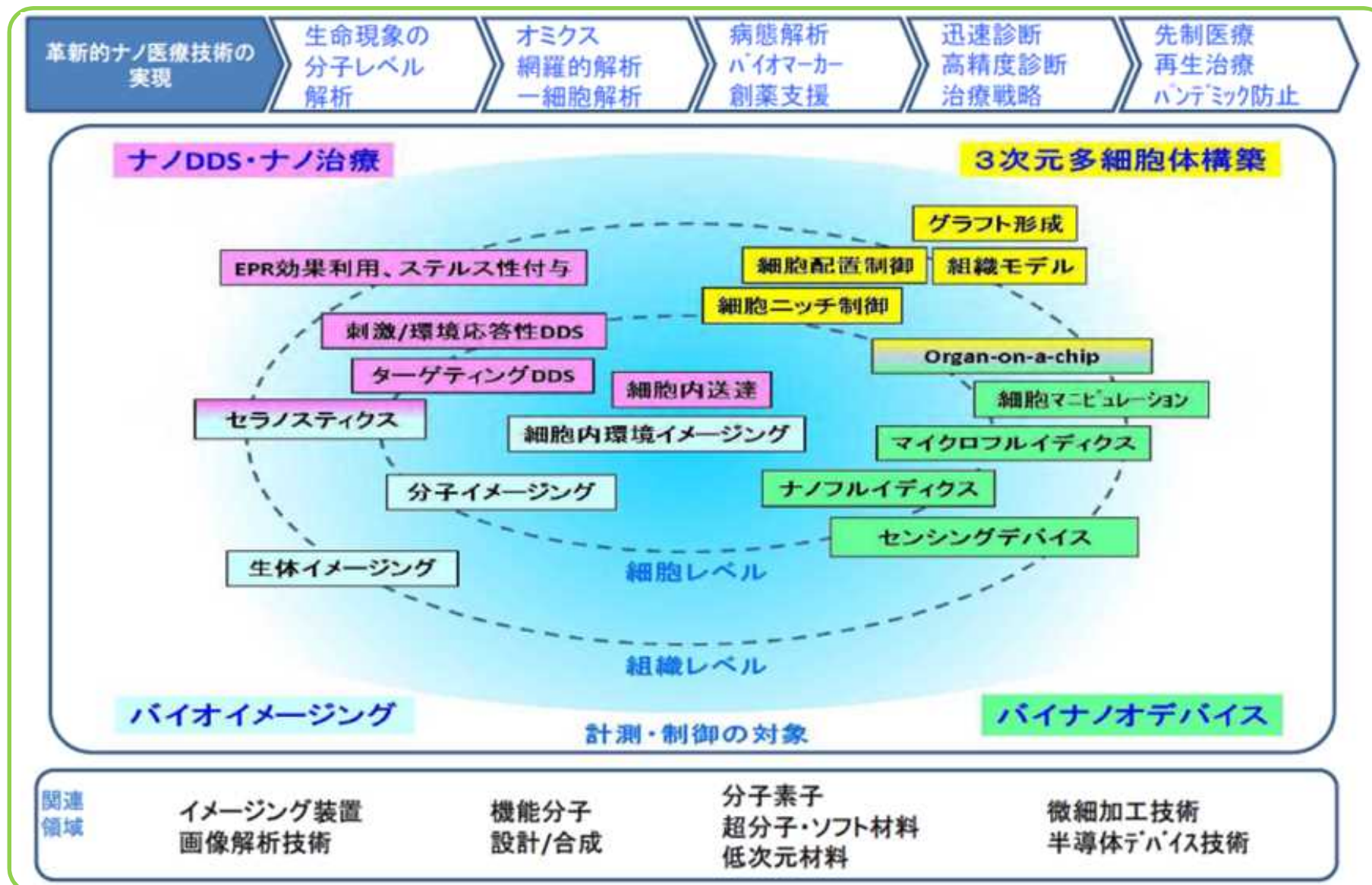
効率的で個々人に最適の健康管理、医療を提供



6-2. ナノテクノロジーとの連携例(医薬の例)

NBICの連携が重要である

※: NBIC; ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、情報技術、認知科学の頭文字、これらはConverging Technologiesと位置付けられている。



6-3. その他の先進技術との連携例

ロボット技術との連携

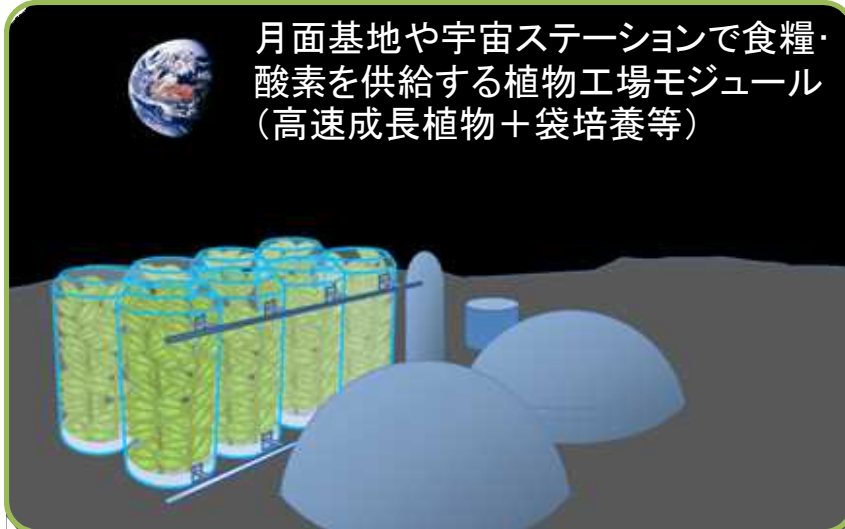
ロボット技術は重労働の軽減からナノマシン活用までの幅広い「バイオテクノロジー」の分野における利用が期待される。

作業ロボット アシストスーツ ドローン マイクロロボット ナノボット 分子ロボット

Society5.0(超スマート社会)への貢献

バイオテクノロジーはセンサ技術やアクチュエータ技術の開発において変革をもたらす(第五期科学技術基本計画に記載された文面)。

宇宙開発等への貢献



トランスヒューマン(h+)

人間拡張(Human Augmentation)の先にあるh+について幅広い層で議論を開始する必要

トランスヒューマン(トランスヒューマニズム):新しい科学技術を用い、人間の身体と認知能力を進化させ、人間の状況を前例の無い形で向上させようという思想。省略して>HやH+と書かれる場合もある。 Wikipedia

米国国防省DARPAのトランスヒューマン研究の例

- ・皮下に埋め込んだ装置で視覚表示するシステム
- ・血液が失われても生存できる能力
- ・正確な記憶を思い出すためのヒトの脳機能の改変
- ・身体損傷や病気に強い代謝系をもつヒトへの改造
- ・赤外線で見えることができるヒト視覚の強化
- ・意思で制御できるロボット製の手足

バイオ産業の振興ために 産学官が取り組むべき施策

バイオ産業の振興ために産学官が取り組むべきこと

ビジョン共有とイノベーションエコシステム構築が重要

重要 バイオに関する国家ビジョンの共有

・バイオによるイノベーションにより、新たなビジネスを創生し、グローバルな課題の解決に貢献するための国家ビジョン※を策定し共有する。

【ビジョンの構成例】

・長期的視点(例えば2030年)での社会貢献ビジョンを記載する。(応用分野が広範であるため3分野に分けて記載)

1. 健康・医療、2. バイオによるモノづくり、環境、エネルギー
3. 農林水産業・食糧

・ビジョン実現に向け実施する施策や役割を記載する。

(以下例示、産学官の役割を明記する)

1. 重要技術への対応、2. イノベーションエコシステム構築、
3. 競争環境・国際貢献、4. 人材育成とコミュニケーション

※; 欧米ではバイオエコノミーや合成生物学に関するイニシアチブや戦略を策定し産学官で推進している。

重要 イノベーションエコシステムの構築

・産学官が連携し新たなイノベーションが次々と生みだされる日本型エコシステムを構築する。

【政府の役割の例】

- ・重要な基幹技術の開発推進、・制度改革・規制緩和の推進
- ・エコシステムのサイクルを加速するための施策の実施

【地方自治体の役割】

- ・他地域・異業種の企業・アカデミアや支援組織との連携推進

【研究開発法人・行政執行法人・公設試等の役割】

他組織と連携したバイオベンチャーや企業の開発支援

【アカデミアの役割の例】

テーマ設定時や研究成果の産業界との連携、人材育成

【企業の役割の例】

- ・中長期的な視野でR&Dによるチャレンジを推進する。

【投資・金融機関等の役割の例】

- ・バイオベンチャーに対して積極的な投資をおこなう。

公正な国際競争環境の確保と国際貢献

《公正な国際競争環境の確保》産学官が連携し、最新動向の収集・共有と意見発信をタイムリーにおこない、日本が公正に競争できる国際環境を確保する。①遺伝資源やバイオエコノミー等に関する国際的枠組みや標準化、②ゲノム編集や合成生物学等の重要技術

《国際貢献と新市場》・2030アジェンダに参画し、温室効果ガス削減目標の達成を目指すとともに、アジア連携などを推進し新たな市場やパートナーを見出す。

人材育成とコミュニケーションの推進

《人材育成》3つの観点で人材を継続的に育成する。

- ・①バイオと情報工学など幅広い専門性を持つ人材
- ・②アントレプレナーシップを持つ人材
- ・③バイオ産業の裾野を広げる人材

《コミュニケーション》・関係者の意見表明やメディア・対話の機会を通じ、バイオテクノロジーのみが果たしうる地球規模の課題解決や産業振興への役割の重要性について国民とのコミュニケーションを推進する。

1. バイオ産業に関する国家ビジョンの作成

● バイオテクノロジーによるイノベーションにより、新たなビジネス※¹を創生し、グローバルな課題の解決に貢献する国家ビジョン(以下ビジョン)を策定し産学官で共有する。

※¹; OECDが予測するバイオエコノミーのGDP効果OECD全加盟国GDP1.6兆ドル(196兆円)の1割で約20兆円と試算される。経団連は「豊かで活力のある日本」の再生経団連 (150101)の中でバイオが2030年に数10兆円のGDPに貢献する姿を提示している。

【ビジョンの構成例】

● 長期的視点(例えば2030年)での社会貢献ビジョンを記載する。

(応用分野が広範であるため3分野に分けて記載) 1. 健康・医療、
2. バイオによるモノづくり、環境、エネルギー、3. 農林水産業・食糧

● ビジョン実現に向け実施する施策や役割を記載する。

(以下例示、産学官の役割を明記する)

1. 重要技術への対応、 2. イノベーションエコシステム構築、
3. 公正な競争環境・国際貢献、 4. 人材育成とコミュニケーション

※; 欧米ではバイオエコノミーや合成生物学に関するイニシアチブや戦略を策定し産学官で推進している。

1-2. 国家ビジョン案；健康・医療

【ビジョンの例】

●健康・医療

世界で最も早く超高齢社会※を経験する国家として、日本の医療の特徴を最大限に活用しつつ、産業振興と国内外の課題の解決を両立できるビジョンを作成し、健康・医療戦略でその実現を図る。

※：定義；総人口に対して65歳以上の高齢者人口が占める割合が高齢化率が21%を超える社会を「超高齢社会」と定義（WHOや国連）

＜ビジョン案＞

●最先端のバイオに加え、ICT/IoT、ナノテク、ロボット工学等が融合した製品・技術からなる新たな基幹産業群が成立し、高齢者・障がい者が社会参加する健康長寿社会が実現している。

●健康管理：ウェアラブル端末等の測定ツールが普及。個人ごとの健康データによる疾病管理・健康管理などの個別化医療が進む。

●治療：がんの新たな治療法の開発、認知症の早期診断・治療の大幅な進展、再生医療や遺伝子治療によって多くの難病に治療法が開発される。

●介護：診療支援機器、看護機器、介護機器、ロボット開発により、遠隔医療や自動診断が汎用化されるなど医療、介護の効率化、省力化が大幅に進む。保険医療2035（2015厚労省）を引用

●健康・医療分野で地球規模の課題に貢献する国家となっている。

1-3. 国家ビジョン案；モノづくり・環境・エネルギー

【ビジョンの例】

●モノづくり・環境・エネルギー

サステナブルなモノづくりへの変換をしつつ新しい産業を創生するために産学官が一体となって向かうべきビジョンを作成し、その実現に向け産学官が連携する。

＜ビジョン案＞

●産学官・異業種の連携により、再生可能な資源と革新的な製造法を用いて、競争力の高い独創的なバイオ製品・バイオ技術による新産業が成立している。

●ゲノム編集技術等の基幹技術において国産技術が確立又は産業利用できる体制が整い、日本が得意な探索技術やナノテクノロジー等の異なる分野の技術と融合し、日本発の革新的な素材が誕生している。

●海外の重要な遺伝資源を日本企業が継続して商業利用できる環境が整備され、資源作物の品種改良や増産等の技術開発で資源国に貢献している。

●国民的合意のもと再生可能な資源への移行が急速に進行している。

●いくつかの資源で素材のカスケード取得が実現している。

●モノづくり、環境、エネルギー分野で地球規模の課題に貢献している（国際公約の達成、技術導出）。

1-4. 国家ビジョン案；農林水産業・食糧

【ビジョンの例】

●農林水産業・食糧

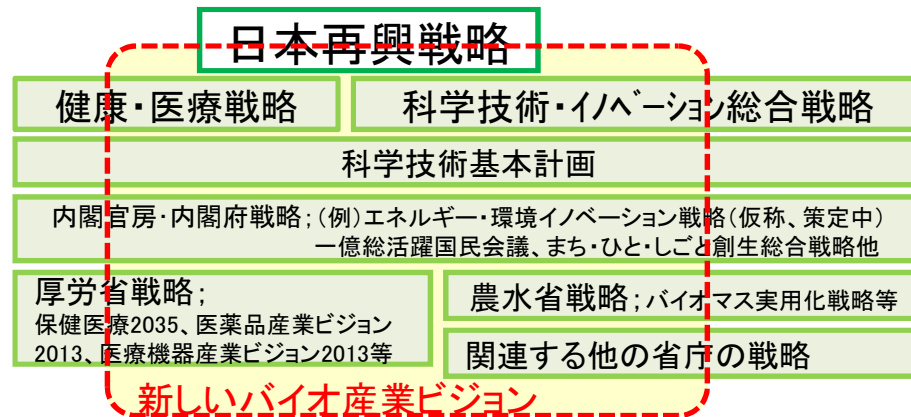
政府は、「攻めの農林水産実行本部」が主体となり、農林水産業や食品産業を新たな基幹産業・輸出産業とするための包括的な戦略を高度化し省庁横断的に推進すべき施策を措置・実施する。産業界は政府による推進施策に対応して積極的に農業へ参画にする。

＜ビジョン案＞

- 企業の参画で農業分野で新しいビジネスモデルが次々に誕生し新たな雇用が創出されている。
- 就業人口の減少や温暖化に対応した農林水産業に変革している。
- おいしさや安全等の品質に裏打ちされた国際的なブランド化が進展し輸出が大幅に伸びている。
- 開発された技術等で、世界の食糧問題に貢献している。

1-5. バイオ産業に関する国家ビジョンの作成(参考資料)

新バイオビジョンと各戦略との関連(イメージ) 過去のバイオに関するビジョン



バイオテクノロジー戦略大綱(2002年) ドリームBTジャパン(2008年)
政権交代で政策に反映されず

各国ではバイオに関するビジョンとビジョンに基づく戦略・計画が発表され推進されている



2.イノベーションを生むエコシステムの構築

【イノベーションを次々と生み出す日本型エコシステムの構築】

- 産学官が連携して、バイオに関する新たなイノベーションが次々と生みだされる日本型エコシステム※を構築する。

【取組の例】

- 日本型エコシステムの構築するため、産学官が協議する場を設定し、日本の特徴や状況を勘案して備えるべき機能を確認し、各組織が分担して整備する。
(役割案)
- 行政; バイオテクノロジーの重要な基幹技術の開発を推進し、同技術が産業や地域の振興に結び付くような施策を実施する。
- アカデミア; 産業界や地域産業のニーズを反映した基幹技術や応用技術を開発する。
- 産業界; バイオを用いた新しい分野・事業・製品に挑戦する。
- バイオベンチャー支援組織; 全国の支援組織が結束し、欧米の巨大なバイオクラスターに匹敵する機能を整備し、日本型エコシステムの推進役となっている。

※; 欧米では、イノベーションやベンチャーが次々に生まれる仕組みをエコシステムと呼ぶことが多い。右図はEUのHorizon2020プロジェクトのHPで紹介されているイノベーションのエコシステムの例



2-2.エコシステムの構築例(再生医療)

再生医療イノベーションフォーラム(FIRM)を中心にした活動

■治療普及

- ・ビジネスを確立するためのコスト/保険の課題
- ・国民に対する世論形成(保険に対する意識改革)
- ・10年後の基盤医療化
- ・世界普及への産業化



■社会受容性

- ・世論形成
- ・メディアとの連携
- ・患者目線での正しい情報の提供
- ・医療経済評価の薬価反映



■ヒト細胞を利用した研究 ~産業活用を視野に入れた制度設計

- ・公的な細胞バンクの必要性
- ・探索的な臨床試験ができる制度

■前臨床研究~治験の課題

- ・安全性の基準とモデル確立
- ・統計評価方法とガイドラインの確立
- ・未承認品目の利用規制明確化

■人材/教育認定制度

- ・細胞培養士等の新制度の必要性
- ・培養精度の向上



FIRMの再生医療実現化活動

共通言語・定義の確認と説明
短期・中期・長期のビジョン提言
積極的な情報発信
患者団体との意識共有
産学官民連携
国際協議・提案

上市・薬価・市販

■製造

- ・周辺産業の整備によるバリューチェーンの構築
- ・機材やサービスの標準作り
- ・GMP/QMSに対して新たに制定されるGCTPへの対応

■標準化・規格化

- ・我が国としての標準化戦略の策定
- ・国際協議の場で提案し具現化

製造

■再生医療等製品/IP・ノウハウ

- ・標準化と絡めた特許戦略
- ・新規参入/中小企業サポート

■上市後の評価

- ・製造販売後臨床試験、市販後調査等の在り方の検討
- ・安全管理、市販後措置等



基礎研究

非臨床研究

臨床研究

再生医療等製品
(医薬品・医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律)

薬事戦略相談→治験



承認申請→承認

承認(条件及び期限付き承認を含む)

医師法下での実施
(再生医療等の安全性の確保等に関する法律)

■細胞培養加工施設の要件

- ・製造及び品質管理に係る要件の整理と基準作成
- ・製造業許可要件(構造設備)の整理と基準作成

■制度上の扱い

- ・先進医療活用による保険外併用の推進
- ・再生医療等提供機関・特定細胞加工物製造業者の責任区分定義

2-3.エコシステム；行政・公的機関の役割

【政府の役割】

●重要な基幹技術の開発推進

【取組の例】

- ・健康・医療分野；健康・医療戦略室・日本医療研究開発機構を中心に推進する。
- ・バイオによるモノづくり・環境・エネルギー、農林水産業・食糧；総合科学技術・イノベーション会議のもと、経産省・農水省・環境省等の関連省庁が連携して、新しいバイオテクノロジー戦略に基づく大規模な国家プロジェクト等を推進する。

●産業振興のための制度改革・規制緩和の推進

- ・例；遺伝子組換え・新しい育種技術、ヒトの遺伝子情報等に関する規制等

●エコシステムのサイクルを加速するための施策の実施

- ・例；制度による支援※¹、目的が異なる公的ベンチャー支援組織間の連携推進※²

※¹；エンジェル税制、試験研究税額控除制度等の拡充等、※²；バイオビジネス推進協議会等による連携

【地方自治体の役割】

●他地域・異業種の企業・アカデミアや支援組織との連携推進

- ・管轄地域での閉じたネットワークだけでなく、必要に応じて国内外の組織と連携して競争力のある製品等の開発を支援する。

【研究開発法人・行政執行法人・公設試等の役割】

●他組織と連携してバイオベンチャーや企業の開発を支援する。

2-4. エコシステム; アカデミアの役割

【アカデミアの役割】

●日本のアカデミアは、バイオテクノロジーの分野で産業に大きなインパクトを与える画期的な基幹技術を生み出す能力を十分に有する。アカデミアの研究テーマに産業界のニーズが的確に反映され、産業界が研究成果を効率的に利用する仕組みを構築する。

【取組の例】

- アカデミアと産業界の交流を加速する制度や環境の整備
 - ・研究テーマ設定時に産業界のニーズが把握される仕組み
 - ・アカデミアと産業界の相互転身・兼務・起業の促進
 - ・橋渡し研究・共同研究推進;
例; 企業と連携した医師主導治験の加速; 医薬品・医療機器
- アカデミアにおけるキャリアプランの見直し
 - ・自由な発想による基礎研究の推進(例えば若手研究者中心)
 - ・実用化研究・起業へのインセンティブ強化(例えば40代以上の研究者中心)
- 戦略的な人材育成
 - ・バイオテクノロジーを専攻する学生、起業家を志向する学生の育成
⇒望ましいスキルや重要技術を持つ人材の育成、特に、優秀な人材の海外の有力機関への派遣やバイオインフォマティクス等の重要な人材育成は計画的に実施する。

2-5.エコシステム;アカデミアの役割(参考資料)

日本のバイオに関する優れた基礎研究(ノーベル賞受賞者等の例)

利根川進 免疫のしくみ
抗体生成原理(1987年)



山中伸弥 再生医療
iPS細胞(2012年)



大村智 有用物質探索
エバーメクチン(2015年)



田中耕一 構造解析
ソフトレーザー脱離法(2002年)



下村脩 分子マーカー
蛍光タンパク(2008年)

他にも多くの事例が挙げられる。
微生物によるアクリルアミド生産;清水昌京大名誉教授
IL6レセプター抗体「ACTEMRA」;阪大岸本忠三教授
抗PD-1抗体「オプジーボ」;京大本庶佑名誉教授
ゲノム編集に使われるCRISPR;九大石野良純教授

バイオの基礎研究において産業界との関わりを強化する

科学研究 → 戦略的創造研究推進 → 研究成果展開



チーム型研究

低酸素化

今までの夢、10年後の常識。
新しい未来を作りたい。



個人型研究

国際展開



総括実施型

SICP



先端研究加速

SICORP



国際協力



SATREPS



地球規模課題



革新的研究開発推進プログラム



IMPACT



SIP



戦略的イノベーション創造プログラム



Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



イノベーション推進



研究成果展開支援



戦略的イノベーション創出



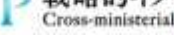
産学共創基礎基盤研究



日本医療研究開発機構に
移管された事業



戦略的イノベーション創造プログラム



Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program



文科省の研究費制度ではまず科学研究があり、次に戦略的創造研究があり、得られた成果を展開するというリニアモデル的な記載となっている。

一般的には企業の参画は戦略的創造研究推進段階からとなるが、研究の初期段階(又はテーマ設定段階)から産業界と交流することより、アウトプットが明確で企業が利用しやすい研究の増加に繋がる。

特にバイオテクノロジー分野では独創的な基幹技術が非常に重要な産業技術になりうるため、知財戦略の観点も含め、初期からの企業との連携は重要である。

2-6.エコシステム;企業の役割

【企業の役割】

●中長期的な視野で、新たな基幹技術の進展や国際標準化※が既存事業に及ぼす影響や新しい分野・事業・製品・製法等の可能性を検討し、R&Dによるチャレンジを推進する。

※; バイオエコノミーの考え方に準拠した新基準を満たさない企業や原料・製品の販売や輸出入ができなくなる可能性。

【取組の例】

日本型エコシステムの育成に参画しつつ同システムを活用する。

●社内のR&D機能だけでなく、国家プロジェクトへの参画、異業種の企業・ベンチャー・アカデミアとの連携を推進する。

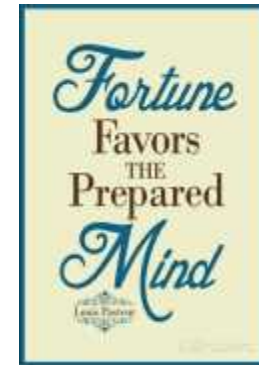
●大幅に権限移譲された社内組織や社内ベンチャーによる取組を推進する。

●有用な中高年の人材がエコシステムの育成や社内外の新たな取組に参画しやすいような社内制度を整備する。

【投資・金融機関等の役割】

●バイオベンチャー※に対して積極的な投資をおこなう。

※; ITベンチャーに比べて高額な資金が必要、開発期間が長い、資金回収に時間を要するとの評価が一般的。



In the fields of observation, chance (fortune) favors only the prepared mind. Louis Pasteur



Fortune Favors the Prepared Firm

Wesley M. Cohen and Daniel A. Levinthal
Management Sci., 1994, 40(2) p.227

2-7.エコシステム;企業の役割(参考資料)

【バイオ・化学産業に新たな取組みが必要な理由】

- ・既存事業の存続を脅かすパラダイムシフトを起こしうるバイオ分野又は他の技術と融合した重要な基幹技術が次々に登場し急速に進化している。

例;ゲノム編集や次世代シーケンサーを活用した合成生物学

- ・既存の事業や生産体系に影響を及ぼしうる国際動向が進展している。

国際標準化の例;バイオエコノミーに対応した新国際標準の策定の動きに乗り遅れる恐れ(Bioeconomy に関するG7会合等で議論)
⇒新しい標準を満たさない企業や原料の製品の輸出入ができなくなる恐れ?

国際的課題の例;化石資源の代替、温室効果ガスの排出削減、2030アジェンダ等の目標を達成できない。

⇒欧米中韓の政府、海外のメガファーマ、巨大化学企業はむしろビジネスチャンスとしてR&Dを強化している。

- ・欧米の国家や巨大バイオ産業は技術動向分析に基づく長期ビジョンを策定し、新しい分野・技術・製品へのシフトを目指した積極的なR&D投資をしている。

例;メガファーマ、ダウ・デュポン等、日本では製薬等一部を除き、限定的なR&D投資に留まっている。

【バイオ産業のR&D部門の現状例】

- ・既存主力事業に必要なR&Dは整備されているが、市場成熟に伴い新製品開発へのR&Dの貢献度は低くなっている場合がある。

- ・研究現場では「技術はあるが(既存事業の中では)取り組むべきターゲットを設定できない」等の声が散見される。

⇒R&Dにおけるニーズとシーズの乖離(現在の事業分野では活用できない技術を保有)。

- ・オープンイノベーション、異業種との連携、新技術への取組み等は限定的であることが多い(製薬やベンチャー等一部企業を除く)。

⇒例えば、合成生物学の産業利用に関する国際会合SynBioBeta San Francisco 2015への日本企業の参加者無し。

2-8.エコシステム;支援組織の役割

【起業やバイオベンチャーを支援する組織の役割】

- 産学官の支援組織が連携し、欧米の巨大バイオクラスターに匹敵するバイオベンチャーの日本型エコシステムを構築する。

【取組の例】

- バイオベンチャーを支援をする公的機関や業界団体の連携

- ・先行取組としてAMED、NEDO、JST、中小機構、JETRO、産革機構、製薬協、FIRM、JBA、オブザーバーとして経産省、厚労省、文科省、medU-net、JABEX等が参加するバイオビジネス協議会を開催(2015年～)。

- バイオクラスターの連携

- ・全国のバイオクラスターや関係する省庁・団体が結集する全国バイオ関係者会議を毎年開催。

- 支援機能・メンターの充実

- ・支援機能同士の情報交換の推進
- ・ベンチャーに対するメンター制度の充実

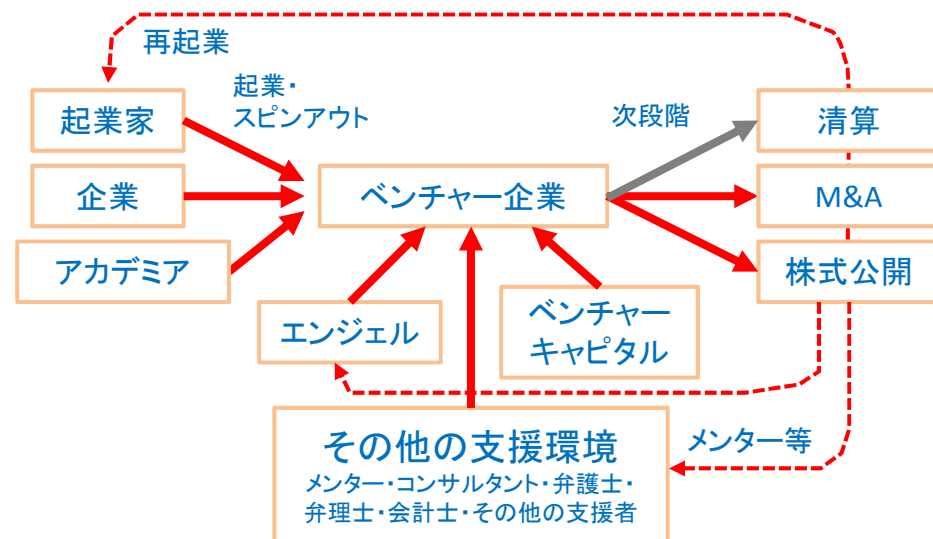
- ビジネスマッチングの充実

- ・BioJapan等で実施されるビジネスマッチングを医療分野以外のバイオベンチャーにも拡大
- ・インベントリーの充実

- 出資環境の整備

- ・出資機関と他の支援機関の連携促進
- ・日本型エンジェルの育成
- 初期資金を支援するエンジェルの発掘

バイオベンチャーのエコシステムの例



3. 公正な国際競争環境の確保と国際貢献

● 公正な国際競争環境の確保

産学官が連携し、最新動向の収集・共有と意見発信をタイムリーにおこない、日本が公正に競争できる国際環境を確保する。

- ① 遺伝資源やバイオエコノミー等に関する国際的枠組みや標準化、
- ② ゲノム編集や合成生物学等の重要技術

● 国際貢献と新市場

2030アジェンダに参画し、温室効果ガス削減目標の達成を目指すとともに、アジア連携などを推進し新たな市場やパートナーを見出す。

【取組の例】

● 重要な国際会合への参加・情報の共有・人脈の構築

＜現状＞日本の意向が反映されないまま国際標準化等の議論が進行するケースがある。
重要な先行情報が得られず日本の取組が正確に伝わらないケースがある。

● 海外への人材派遣と海外拠点の設置の推進

＜現状＞海外留学者が減少している。海外拠点をもつ組織が少ない。

派遣の例；研究機関（若手研究者）、海外クラスター（初期ベンチャー）

拠点の例；JETRO・研究開発法人・大学法人・業界団体等が連携した共同事務所の開設

● 国際機関等による重要文書の体系的な翻訳（要旨訳）と共有

＜現状＞重要な文書で翻訳されているものと翻訳されていないものがある。

3-2. 公正な国際競争環境の確保と国際貢献(参考資料)

【「気候変動」と「生物多様性」に関する国際動向】

気候変動



生物多様性



<名古屋議定書の問題点>

- ・「遺伝資源」等の定義が明確でなく、対象となる範囲の外縁が明確でない。
- ・国内措置が、煩雑で過度な負担を強いるものとなる恐れがある。
- ・過去に取得した遺伝資源に対しても利益配分を求められる可能性がある。

2015年末の時点で海外の遺伝資源の産業利用に関する重要な議論が継続中である

CDB※会合(2015)

合成生物学に関する議論

※; Meeting of the Ad Hoc Technical Expert Group on Synthetic Biology

ITPGR第6回会合(2015)

知的財産に関する議論



国連食糧農業機構(FAO)

第31総会
採択(2001)

発効
(2004)

食料及び農業のための植物遺伝資源に関する国際条約(ITPGR)
加盟 128ヶ国+EU、名古屋議定書の特別法との位置付け

加盟(2013)

3-3. 公正な国際競争環境の確保と国際貢献(参考資料)

【国際貢献は新たなビジネスチャンスに繋がる】

「2030アジェンダ(SDGs)」(2015年、国連)

SDGsの17の目標の達成において資源やエネルギーを使って商品やサービスを提供する企業の参画は必須である。一方で企業にとってSDGsに向けた活動が新たな市場を見出すチャンスにもなりうる。例えば、企業活動を通じて「7:再生可能エネルギー」「12:責任ある消費」「13:気候変動に対する行動」等に取り組む一方で、例えば、「2:飢餓の撲滅」のために食品会社が不足栄養素を補う食品を提供し、「3:健康な生活」「6:清潔な水の確保および公衆衛生」のために製薬会社が新薬を、装置メーカーが浄水装置を提供することが新たなビジネスチャンスに繋がる。

「持続可能な発展のための世界経済人会議」(WBCSD)

WBCSDでは企業向けのガイドライン「SDG compass」を提示し、SDGsへの企業の積極的な参画を促している。



WBCSDによるガイドライン「SDG compass」に記載された企業のSDG活動のサイクル

(公社)グローバルヘルス技術振興基金(GHITファンド)

熱帯感染症に対する治療薬の開発を目指し、外務省・厚生労働省・国連開発計画など政府系組織が1/2を出資、ビル&メリンダ・ゲイツ財団が1/4、アステラス・第一三共・エーザイ・塩野義・武田が残りの1/4を出資する100億円規模の研究開発基金。開発された新薬は蔓延国での権利は保有できないが先進国では権利を取得できる。

「Bioeconomy to 2030」(2009年、OECD)に記載されたバイオ産業規模の予測

バイオエコノミーのGDP効果はOECD全加盟国でGDP1.6兆ドル(196兆円)だが、国際貢献の対象となる非OECD諸国はバイオが一次生産や工業生産のGDPに重要であるため、同技術のシェアはさらに高くなると予測している。また、バイオ燃料や現在では想像できない新しい応用分野、貨幣価値で測定することが困難な影響※を除外したため、2030年におけるバイオの可能性を過小評価しているとしている。さらに、工業用原料としてのバイオマスの需要の増加に対応した農業生産の増加など、各応用分野の結果における増加は考慮されていない。 ※:寿命の延長や品質に及ぼす健康バイオの効果や農業バイオや工業バイオの環境上の利点等

【アジアとの連携例】

JETRO; アジア各国のライフサイエンス関連情報を提供

産総研; 日印共同研究ラボラトリー、インドネシア技術評価応用庁との連携

例; 産総研/ブリヂストン/インドネシア技術評価応用庁: 天然ゴムの生産性向上技術の研究

大学; 大阪大学、岐阜大学(インド工科大学グワハティ校との連携)、

製薬協; アジア製薬団体連携会議

3-4. 公正な国際競争環境の確保と国際貢献(参考資料)

【国際公約・国連演説・関連方針】

● 温室効果ガス削減目標、パリ協定(COP21)

2030年温室効果ガス排出量; 2013年度比-26.0%、
途上国の気候変動対策支援; 2020年に官民で約1.3兆円/年、革新的技術の開発のため、
「エネルギー・環境イノベーション戦略」(2016年春)で集中すべき有望分野を特定し研究開発を強化
国際イニシアティブ「ミッション・イノベーション」参画

● 国連2030アジェンダ

健康・医療戦略本部「平和と健康のための基本方針の決定」(2015年12月)

1. 公衆衛生危機・災害等の外的要因から個人を守る体制を構築する、
2. 生涯の基礎的保健医療、UHC※を達成 ※UHC; ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ
3. 1,2の達成に向け、日本の保健人材、知見、医薬品、医療機器及び医療技術並びに医療サービスを活用
持続可能な環境・社会づくりの実現に向けた努力。3R等、日本が誇る循環型社会形成の知見や取組を世界に共有。
年金積立金管理運用独立行政法人(GPIF、1兆ドル規模の年金積立金を運用)が国連の責任投資原則に署名

【国際会合等の現状】

ゲノム編集、生物多様性、バイオエコノミー等に関する国際会合への関心が低い。

合成生物学の産業利用に関する国際会合

- ・SynBioBeta San Francisco 2015
 - ・2015 Metabolic Engineering Summit(北京)
- 産学官含め日本人の参加は2~3名とすくない。

iGEM 2015への参加 The International Genetically Engineered Machine Competitionに日本からは8つの学生チームが参加、東工大と長浜バイオ大が金賞を受賞。参加費用は自己負担。海外ではスポンサーが提供している。

合成生物学に関するCBD会合(モントリオール、2015)

Meeting of the Ad Hoc Technical Expert Group on Synthetic Biologyでは重要な議題で情報を得られず。

Bioeconomy Summt 2015

700名の参加者のうち日本からは業界団体、NPOからの含め数名のみ。

4.人材育成とコミュニケーションの推進

《人材育成》3つの観点で人材を継続的に育成する。

●異なる分野の幅広い専門性を持つ人材※¹の育成

例;情報工学とバイオ(バイオインフォマティクス)※²、ロボット工学とバイオ、
ナノテクノロジーとバイオ、宇宙工学とバイオ、物理学とバイオ、
医療分野と農業・植物等

※¹;Π型人材と表現されることがある(Π型人材;幅広い知識を有し複数の分野で深い専門性を持つ人材
⇔I型人材;深い専門性を持つ人材、T型人材;深い専門性と幅広い知識を持つ人材)

※²;例えばバイオインフォマティクスには情報工学に関するスキル※³とバイオの知識※⁴が必要であり、バイオの専門家が
情報工学を学ぶ、又は情報工学の人材がバイオを学ぶことが必要であり、その教育システムの整備も重要である。

※³;例えばアセンブリ・マッピング(短い情報から元の配列情報に復元;ゲノムの場合)や解析ツールの作成(アルゴリズムを
つくりプログラミングする)

※⁴;例えばアノテーション(データの意味づけ)等

●アントレプレナーシップを持つ人材の育成

例;理系・文系の枠に拘らない教育

海外のバイオクラスター等でのバイオベンチャーの体験

●バイオ産業の裾野を広げる人材の確保

専門課程の例;薬学・化学・食品系大学・専門学校・高校での実践的研修プログラム

一般教育の例;地球規模の課題解決や幸福で明るい未来社会の構築に、バイオのみ
が果たしうる役割が正しく理解されるような教育や機会を通じて、
バイオを志す学生を増やす。

4-2.人材育成とコミュニケーションの推進

《バイオに関するコミュニケーション》

●関係者の意見表明やメディア・対話の機会等を通じ、地球規模の課題等に果たすバイオテクノロジーの重要性と利用される技術への理解を促進する。

【遺伝子組換え、NBTに関する施策の例】

●政府、アカデミア、企業が連携してGM(NBT)の産業利用促進に関して意見表明する。

・政府; GM作物等のメリット※¹、輸入実績※²、国による研究等の取組状況を説明。

※¹; 産業振興や地球規模の課題の解決に不可欠な技術

※²; 2013年; トウモロコシ、大豆、ナタネ、ワタの4作物で約1622万トン、GM比率は8割以上

・学会; GM(NBT)の利用で実現すること、安全性等に関するコメントを表明※。

米国のアカデミアのscientific consensusの例を参照

・産業界; 業界団体が連携して「遺伝子組換え不分別」等に関する方針を表明。

●教師、栄養士、マスコミ関係者、地方自治体の消費者行政担当者や消費生活相談員等のキーパーソンのリテラシーの向上。

●科学的根拠を前提とした、企業、アカデミア、消費者の対話促進。

⇒くらしとバイオプラザ21やFOOCOM等が接点となった、より幅広い層が参加する議論を推進する必要性。

4-3.人材育成とコミュニケーションの推進(参考資料)

地球規模の課題に対するバイオの役割やリスクに対する議論が必要

フリーマン・ダイソン (Freeman Dyson、物理学者)

雑誌※に掲載された短文「Our Biotech Future」(2007年)で古細菌を発見したウース(C. Woese)の理論を引用し、「太古の生物は水平伝播で遺伝子を交換していたが、その後、異なる種では遺伝子の交換が起こらない垂直伝播が主流となった。しかし新たな生物工学の登場により、水平伝播の時代に戻りつつある。」とした主張は現在でもバイオテクノロジーのあり方に関する議論等で度々引用されている。

※; The New York Review of Books; アメリカの代表的な文芸誌の一つで、購読する幅広い知的層に影響を与えた。

パラケルスス (Paracelsus、16世紀スイスの錬金術師・医師)

「全てのものは毒であり毒でないものは無い。毒でないかは用量のみで決まる。」

暴露される物質の量は、物質の性質と同様に重要であることを指摘し、現在のトキシコロジー(医薬・食品・有害物質の安全の考え方)の基本になっているが、一般的な議論では、物質の性質のみに重点が置かれて議論されることが多い。

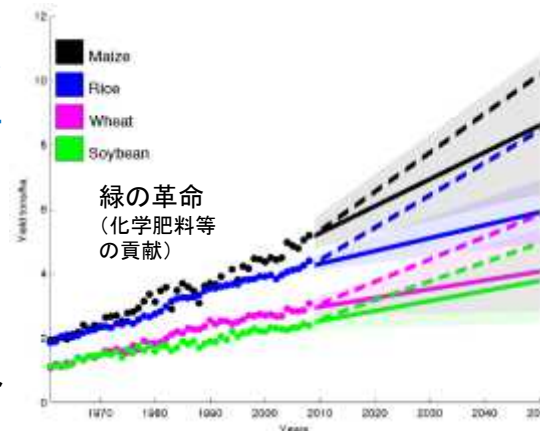


地球規模の食糧の需要と供給への問題意識(単収が順調に伸びるか)

マーク・ライナスの転向 (Mark Lynas、英国の環境保護活動家/作家)

1990年中頃のGM作物に対する反対運動の勃興期に主導的な役割を果たしたマーク・ライナスは、2013年初に開催されたオックスフォード農業会議で、「これまでの、遺伝子組換え作物を誹謗する私の活動を謝罪する。遺伝子組換え技術は飢餓や環境保護に欠かせないものである。」と発言し大きな反響を生んだ。

ビル&メリンダ・ゲイツ財団の取組み
(次頁参照)



高田ユリ (元主婦連会長)

消費者運動に、科学的な根拠に基づく活動を導入。科学的根拠に基づく消費者運動はFOOCOM等引き継がれている

消費者運動に科学を
一写真集 高田ユリの
足あと 単行本 (2009)
高田ユリ写真集編集
委員会 編

4-4.人材育成とコミュニケーションの推進(参考資料)

遺伝子組換え技術や新たな育種技術等の役割に対する議論が必要

偏向情報の例；ビル＆メリンダ・ゲイツ財団

ビル&メリンダ・ゲイツ財団 (Bill Melinda Gates Foundation) は基本財産363億ドルを有し、ウォーレン・バフェットによる寄附約300億ドルも合わせて、世界最大の慈善基金財団で、TEDでのビル・ゲイツのスピーチに感動した人は多い。実際、同財団は「全ての生命の価値は等しい」との信念のもと、約1000人の専門スタッフによる科学的な根拠に基づき設定される国際開発プログラム、グローバルヘルスプログラム、米国プログラムの3つのプログラムを展開し、国際開発プログラムの中で飢餓と貧困を克服する手段として、組換え農産物の普及を支援している。モンサントやカーギルに出資したこと等をきっかけに、一部団体から批判されたが財団では趣旨が理解されていないと説明している。一方で日本語インターネット記事では、“ビルゲイツ(財団)”×“遺伝子組換え(作物)” (または“ワクチン”)を検索すると、悪意に満ちた記事が続く。これらの記事の文面は同じものが多く、ある時期に出回った英文の特定サイトの翻訳が未だにコピーされ続けているためであると思われる。2016年初のインタビューでも、ビルゲイツ夫妻は「遺伝子組換えやゲノム編集技術による第2の緑の革命でアフリカの飢餓を終了させる」との思いを語っている※。

※; <http://www.wsj.com/video/bill-gates-gmos-will-end-starvation-in-africa/3085A8D1-BB58-4CAA-9394-E567033434A4.html>

遺伝子組換え作物・食品に関する書籍等



エネルギーフォーラム社 (NPO法人)くらしとバイオプラザ21 食のコミュニケーション円卓会議
(小島正美編著2015年)

アカデミアによる意見表明

アカデミアによる意見表明の必要性

国内では、例えば、2005年に日本植物生理学会が賛同する5学会とともに、「遺伝子組換え植物の社会における適切な受容を進める体制を求む」と題する提言を提出しているが、これ以外の意見表明はなされていない。一方、国際的な科学機関は遺伝子組換え作物の安全性に関する意見を表明している。



www.geneticliteracyproject.org



4-5.人材育成とコミュニケーションの推進(参考資料)

米国のアカデミアによる意見表明 (scientific consensus) の例

遺伝子組換え 気候変動

米国医師会 American Medical Association

遺伝子組換え食品を特別に表示する科学的な正当性はない。生体工学でつくられた食品は20年近く消費されて、その間に、人間の健康に明白な影響がないことが査読文献で報告され実証されている。

"There is no scientific justification for special labeling of genetically modified foods. Bioengineered foods have been consumed for close to 20 years, and during that time, no overt consequences on human health have been reported and/or substantiated in the peer reviewed literature."

我々AMAは、気候変動に関する第4次評価報告書に関する政府間パネルの調査結果について、望ましくない地球規模の気候変動が起こっていて、人為的な貢献が重要であるとする科学的合意に基づき支持する。(2013)

"Our AMA ... supports the findings of the Intergovernmental Panel on Climate Change's fourth assessment report and concurs with the scientific consensus that the Earth is undergoing adverse global climate change and that anthropogenic contributions are significant." (2013)

アメリカ科学振興協会 American Association for the Advancement of Science

最新のバイオテクノロジー分子技術によって改良された作物は安全であることは科学的に明確である。

the science is quite clear: crop improvement by the modern molecular techniques of biotechnology is safe.

人類の活動により地球の気候変動が起こっていて、それが社会にとって脅威になりつつあることは科学的証拠から明確である。(2006年)

"The scientific evidence is clear: global climate change caused by human activities is occurring now, and it is a growing threat to society." (2006)

米国科学アカデミー U.S. National Academy of Sciences

今日世界で9,800万エーカー以上の遺伝子組換え作物が栽培されている。これらの作物やそれを用いた食品の摂取によるヒトの健康上の問題に関する証拠はない。

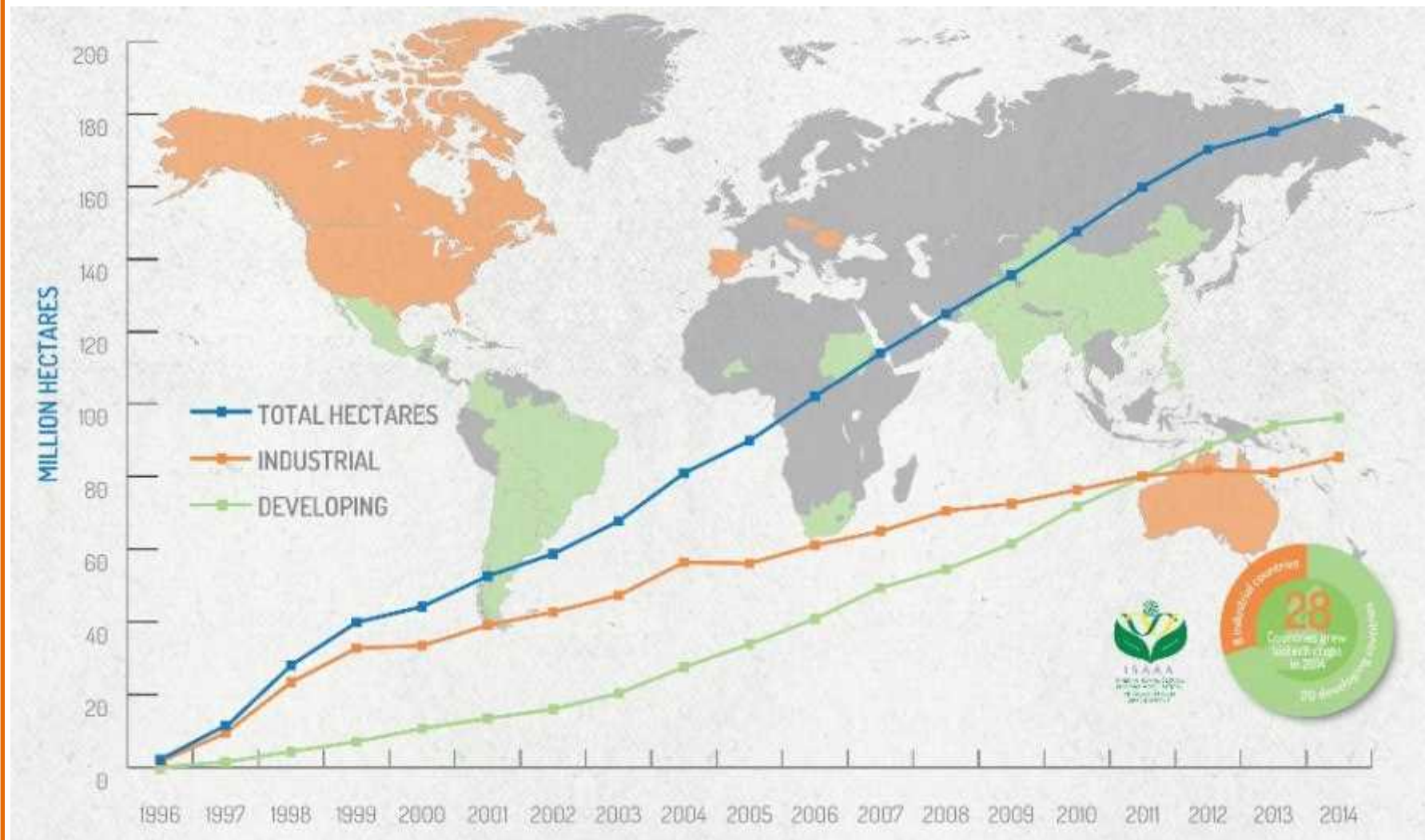
"To date more than 98 million acres of genetically modified crops have been grown worldwide. No evidence of human health problems associated with the ingestion of these crops or resulting food products have been identified."

気候変動の科学的な理解は、大気中の温室効果ガスの量を減らすための手順を取ることを正当化するに十分に明確である。(2005)

"The scientific understanding of climate change is now sufficiently clear to justify taking steps to reduce the amount of greenhouse gases in the atmosphere." (2005)

4-6.人材育成とコミュニケーションの推進(参考資料)

GM作物の栽培普及状況(2014年)



近年は発展途上国での生産が先進国の生産を上回っている(出典;ISAAA)

さいごに

本ビジョンに関する議論を通じて、日本のバイオ産業界が置かれている厳しい状況を改めて認識する場面もあったが、日本のバイオ産業は幾度となく難局を乗り越えた実績があり、産学官が真の意味で結束して対応すれば、海外との競争に十分対抗できる。そのためには、産学官で将来のビジョンを共有することが重要である。本提言がその一助になれば幸いである。

(略)進化してきた時間の長さから見ればほんの短い間に、近年の人類は加速度的に他の生物を絶滅させ、自身の住む地球環境をも破壊しようとしている。このような中で、バイオサイエンス並びにバイオテクノロジーの研究にかかわっている我々は、食糧の確保や医療にバイオテクノロジーの導入を図る一方、率先して人類のみならず、地上の生きとし生ける物の命を守るために砂漠の緑化、水資源の保全そして大気の清浄化といったことにも積極的に参画してゆく心構えが必要であろう。

米国の宇宙飛行士でアポロ9号に乗り、初めて宇宙遊泳に成功したラッセル・シュワイカートの名言「地球は有機的生命体だ」を思い起こしながら、筆を置く。

(社)北里研究所所長(当時) 大村 智

巻頭言; 科学技術の国際的競争の時代に思う 戦略的研究の行く末と地球環境問題
バイオサイエンスとインダストリー 55(6) (1997)