

# イノベーション創出と 持続可能性を目指す 次世代グリーンバイオテクノロジー



ライフサイエンス・臨床医学ユニット  
フェロー  
齊藤 知恵子

160825@JSTフェア2016

# 本日の話題

## (1)現状認識と問題点

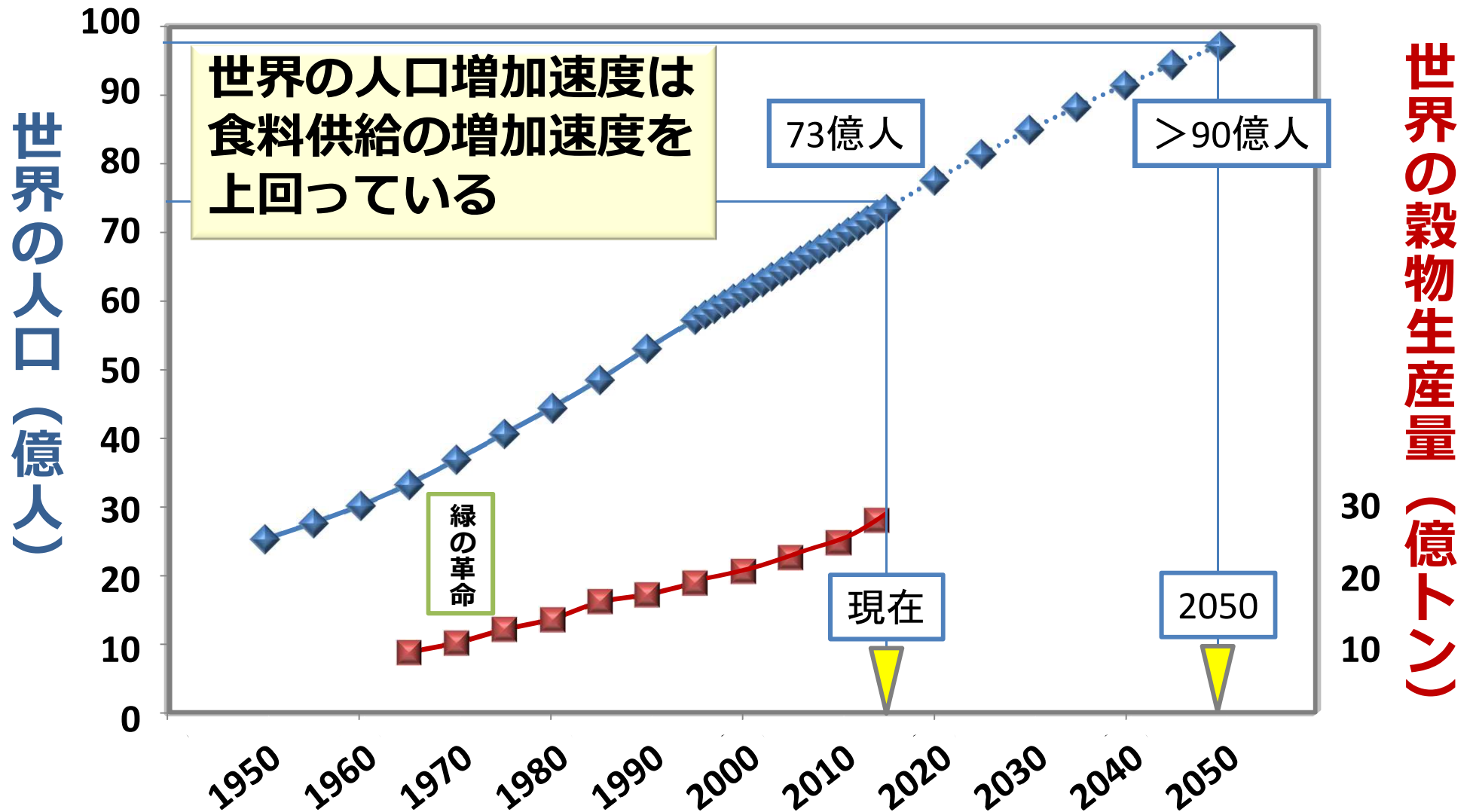
～私たちが直面する社会的課題と  
グリーンバイオテクノロジーへの期待～

## (2)昨年度発刊 調査報告書 概要説明

「グリーンバイオ分野における  
研究開発の重要課題と統合的推進  
～イノベーション創出と  
持続可能な社会の形成へ向けて～」

## (3)注目動向

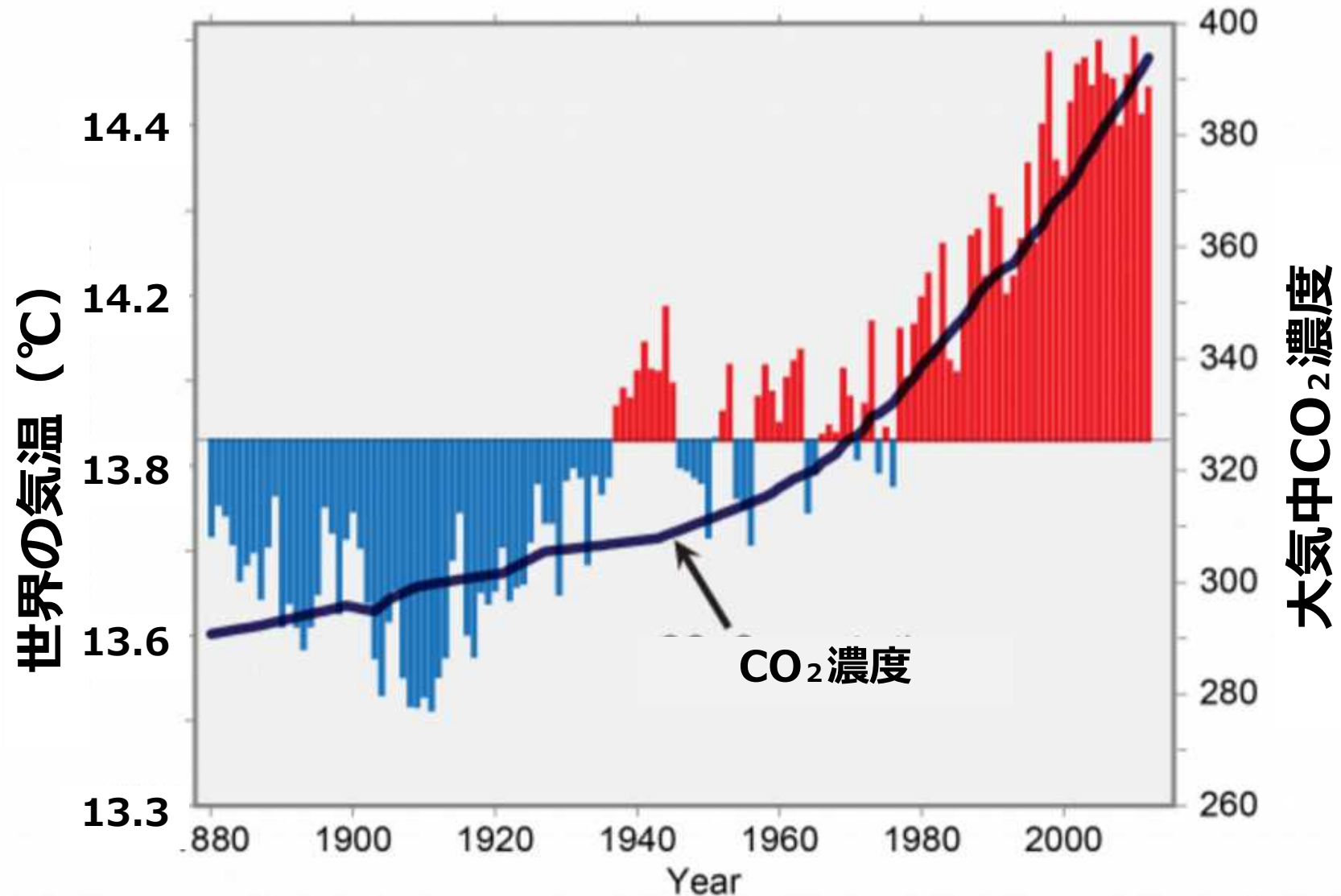
# (1) 現状認識および問題点



総務省統計局、世界銀行のデータを基にCRDSが作成  
<http://www.stat.go.jp/data/sekai/e1.htm#s010103>  
<http://data.worldbank.org/indicator/AG.PRD.CREL.MT>

# (1) 現状認識および問題点

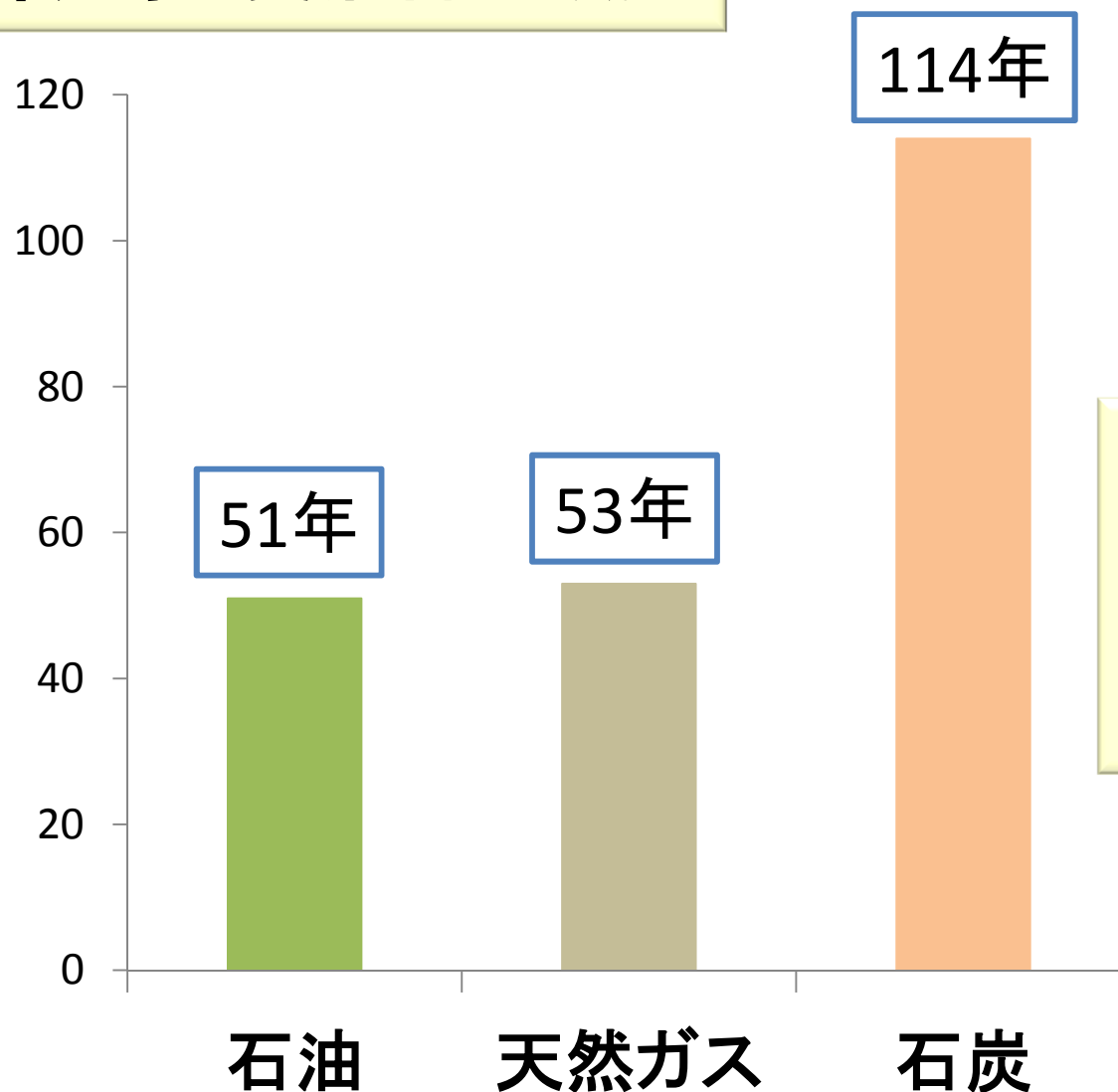
大気中CO<sub>2</sub>濃度と世界の気温変化



U.S. Global Change Research Program より引用  
<http://www.globalchange.gov/browse/multimedia/global-temperature-and-carbon-dioxide>

# (1) 現状認識および問題点

## エネルギー資源確認埋蔵量

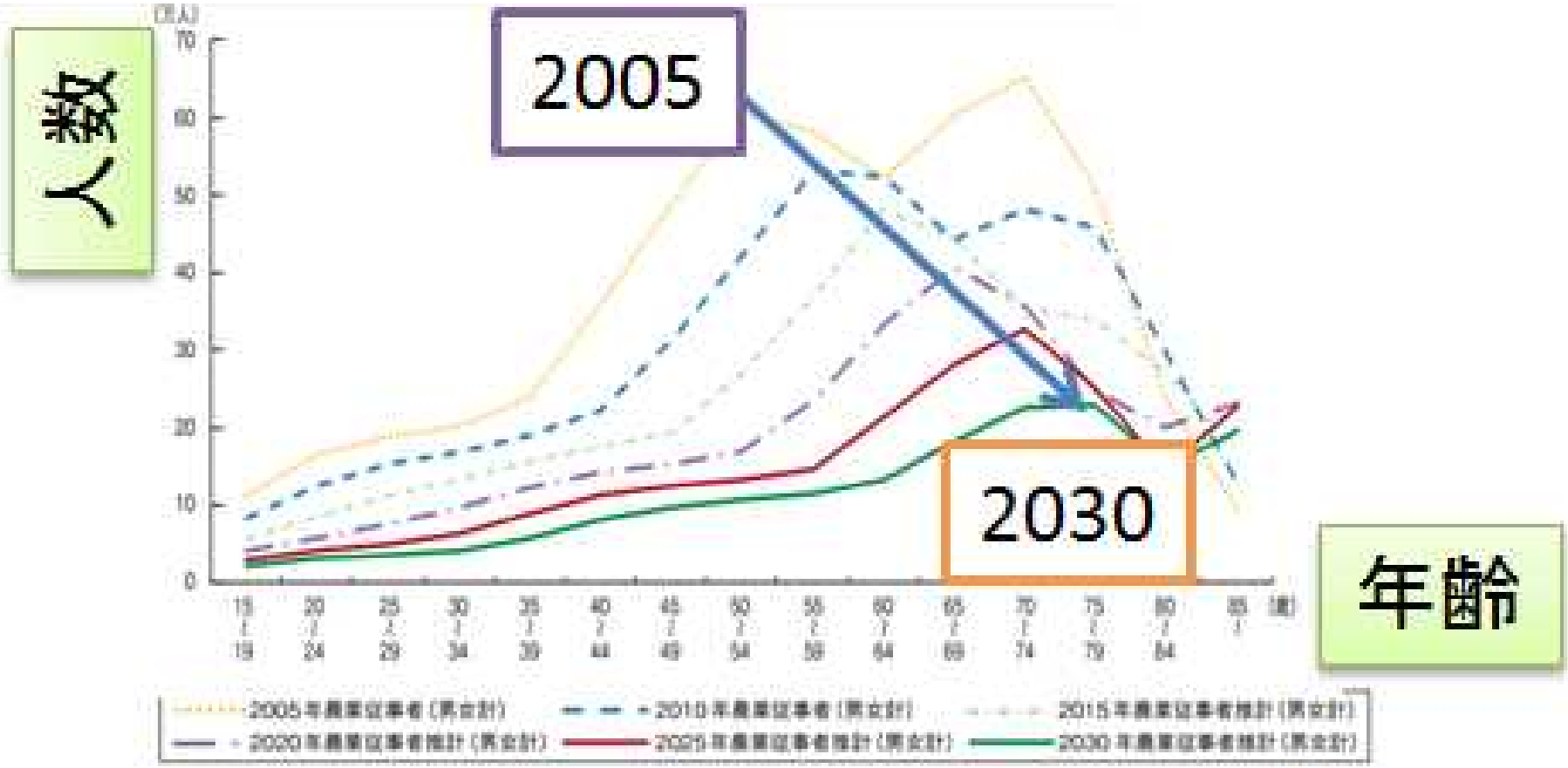


**窒素肥料の製造**  
→化石燃料に依存  
(全消費エネルギーの約1%が  
ハーバーボッシュ法による  
アンモニア合成に使われて  
いる)

BP統計2016のReserves-to-production (R/P) ratioより  
CRDSが作成。

# (1) 現状認識および問題点

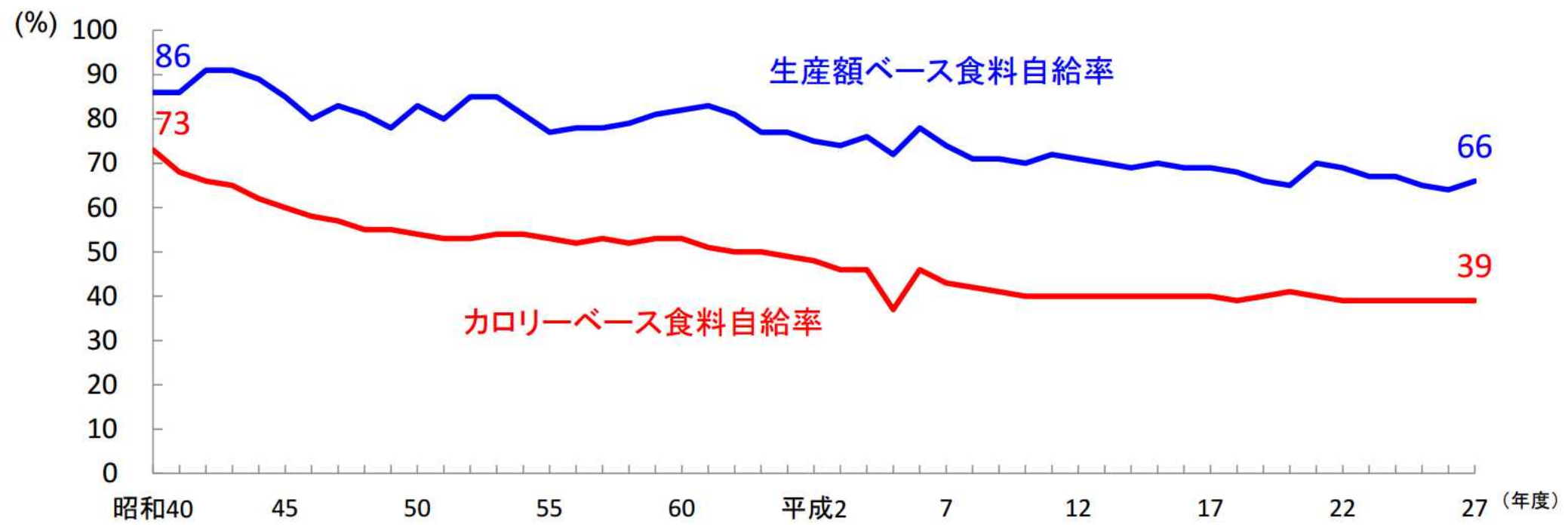
## 就農者の急激な減少



出展：農業センサス2010

# (1) 現状認識および問題点

## 食料自給率の低迷



現在の耕作面積と生産効率のまま食料自給率100%は不可能  
将来も～50%は海外からの輸入と予測される

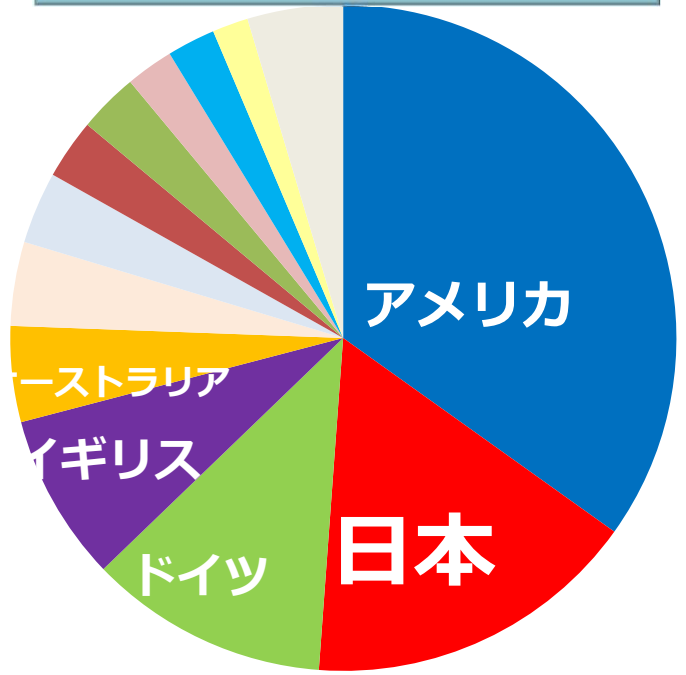
農水省HP掲載資料 「平成27年度食料自給率について」より引用  
「[http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu\\_ritu/attach/pdf/012-1.pdf](http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-1.pdf)」

# (1) 現状認識および問題点

## 我が国の植物科学研究の強み

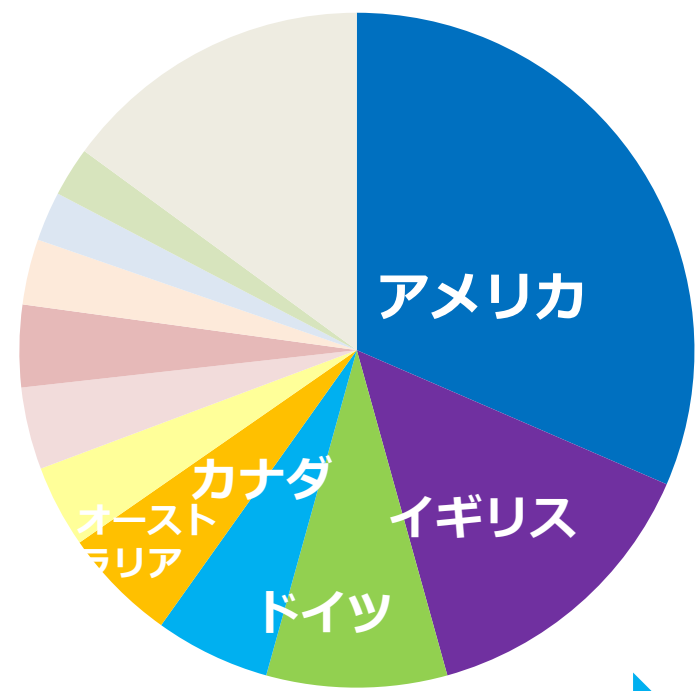
### Plant & Animal Science

- アメリカ
- 日本
- ドイツ
- イギリス
- オーストラリア
- ベルギー
- オランダ
- オーストラリア
- サウジアラビア
- スイス
- フランス
- カナダ
- スペイン
- その他



### Agricultural Science

- アメリカ
- イギリス
- ドイツ
- カナダ
- オーストラリア
- スペイン
- イタリア
- フランス
- ベルギー
- オランダ
- トルコ
- その他



日本の植物科学研究成果を、農学・農業に活用すべき

農業現場で得られる経験・知見による植物科学分野の活性化

※Highly cited researchers の数  
 トムソン・ロイターの資料 “The World’s Most Influential Scientific Minds 2015”をもちにCRDSが作成、Plant & Animal Scienceの日本人の Highly Cited Researcherは全て植物科学関連研究者



# 持続可能な社会への変換は 世界規模で喫緊の課題

基礎研究の強みを、  
国内・海外（特にアジア）での  
育種・栽培技術に橋渡しし、  
農業や他の産業へ生かすべき

## (2) 調査報告書 概要説明

タイトル:

**グリーンバイオ分野における  
研究開発の重要課題と統合的推進  
～イノベーション創出と持続可能な社会の形成へ向けて～**

**エグゼクティブサマリー**

- 1章 背景および概要（現状認識および問題点）**
- 2章 グリーンバイオ分野における重要研究開発課題**
- 3章 グリーンバイオ分野の今後のあるべき研究体制**
- 4章 「グリーンバイオ分野」関連ワークショップ報告**
- 付録1 検討の経緯**
- 付録2 近年の我が国の戦略、基本計画と本調査報告書との関連**

<http://www.jst.go.jp/crds/report/report04/CRDS-FY2015-RR-08.html>

からPDFがダウンロード可能。冊子体をご希望の方は齊藤までご一報いただければ郵送いたします。

# (2) 調査報告書 概要説明

社会  
ニーズ

地球規模:人口増大、資源の枯渇、大気中温暖化ガス濃度上昇、環境変動、生物多様性減少  
国内動向:少子高齢化、就農者激減、食料自給率低迷

3つの  
研究開発  
領域

食料生産と  
安全保障

物質生産と  
バイオリファイナリー

生物多様性維持と  
環境リノベーション

主な関連  
分野

農業 育種 栽培  
食料 食品

バイオリファイナリー  
微生物 発酵

生物多様性 環境修復  
生態系機能

抽出した  
重要研究  
開発課題  
9項目との  
主たる  
対応

- ①高生産・環境適応植物の設計と作出
- ②植物-微生物相互作用を利用した低肥料・低農薬化技術
- ③バイオマス生産植物の開発
- ④ブランド化、高付加価値植物作出技術

- ⑤人工酵素(合成生物学)や化学触媒を用いたバイオリファイナリー技術開発
- ⑥複雑系解析による新たな微生物機能(マイクロバイオーム)制御技術の開発
- ⑦植物、微生物を用いた無機物質(リン、レアメタル等)回収技術

- ⑧生物多様性情報学の充実と生物模倣学への展開
- ⑨グリーンインフラ・エコ防減災

相乗効果のある項目

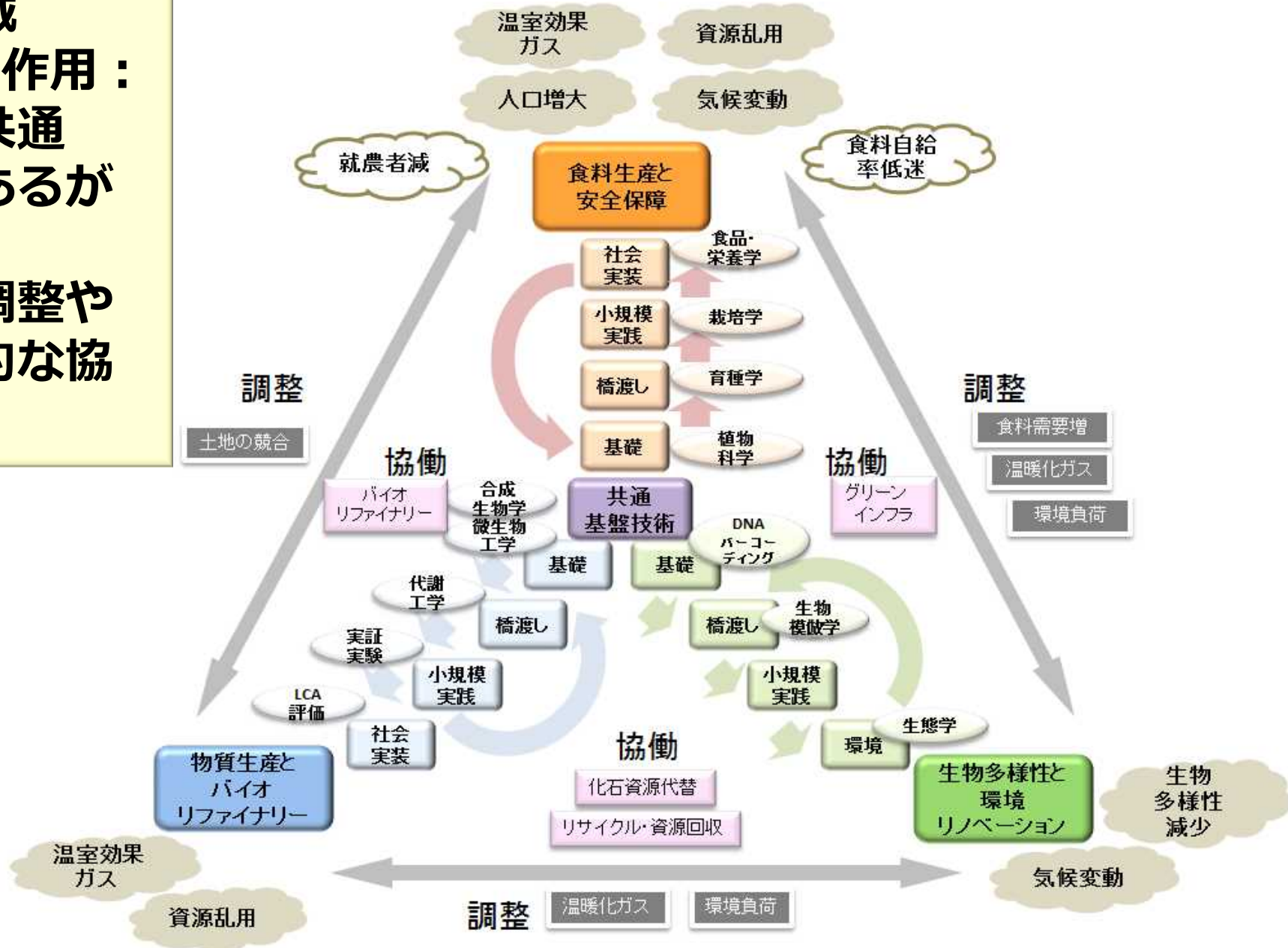
⑤、⑥、⑦、⑨

①、②、③、⑧

①、⑥

# (2) 調査報告書 概要説明

研究開発領域  
 3本柱の相互作用：  
 基盤技術は共通  
 シナジーもあるが  
 競争もある  
 →省庁間の調整や  
 連携、国際的な協  
 調が必要





# (2) 調査報告書

- ① 高生産・環境適応植物の設計と作出
- ② 植物-微生物相互作用を利用した  
低肥料・低農薬化技術
- ③ バイオマス生産植物の開発
- ④ ブランド化、高付加価値植物作出技術
- ⑤ 人工酵素(合成生物学)や化学触媒を用いたバイオリファイナー技術開発
- ⑥ 複雑系解析による新たな微生物機能  
(マイクロバイオーム)制御技術の開発
- ⑦ 植物、微生物を用いた無機物質  
(リン、レアメタル等)回収技術
- ⑧ 生物多様性情報学の充実と  
生物模倣学への展開
- ⑨ グリーンインフラ・エコ防減災

# 概要説明

9課題それぞれについて、

- 概要
- 研究開発内容
- 適時性
- 研究成果によって期待される効果・将来性
- 概念図(2種)を記載した。

**バイオマス生産植物の開発**

**【背景、現状】**

- 化石資源の大量消費による大気中への二酸化炭素の放出を削減するため、エネルギーや化成品原料をバイオマスに置き換えていく必要がある。
- 世界的な人口増加に伴う食糧増産の必要性を考慮すると、バイオマスの製品の原料を生産するバイオマス生産植物は、耕作不適地での栽培が前提となる。したがって、収量の多さだけでなく、ホストレスや不食土壌への耐性、低インプットでの栽培が可能なのも求められる。
- 栽培から最終的な製品に至るまでの、コストおよび二酸化炭素排出削減への効果の詳細が必須である(LCA評価)。

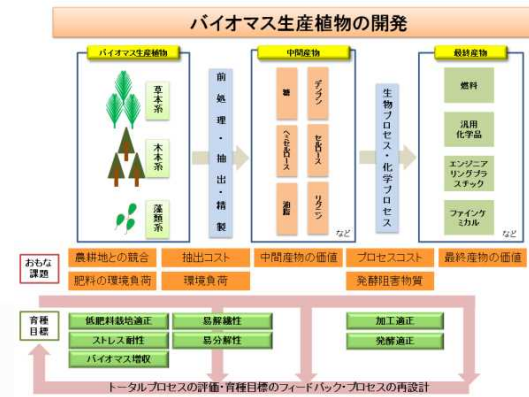
**【分野の概説】**

- 糖、デンプン、セルロース、油脂など、バイオマス資源の量や質に関わる重要な遺伝子効果により、効率的に生産。
- 肥料削減・省エネ(水)と地中の養分を土壌に還元し、有機質を供給。植物の最適化。
- バイオリファイナーやバイオセーフティ評価といった分野との融合研究(最先端研究)の推進。

**【国内の先導的な研究事例・研究領域など】**

- バイオマス生産用の強いユーカタハ、の遺伝子組換えによる耐食性植物の創出と生産試験。
- 高バイオマス性を示すマルガム品種創出から農業生産への実用化と応用。
- 高、光合成性と耐食性を維持するバイオマスの改良。

安定かつ持続可能なバイオマス製品の生産  
石炭資源依存からのバイオマスへの転換



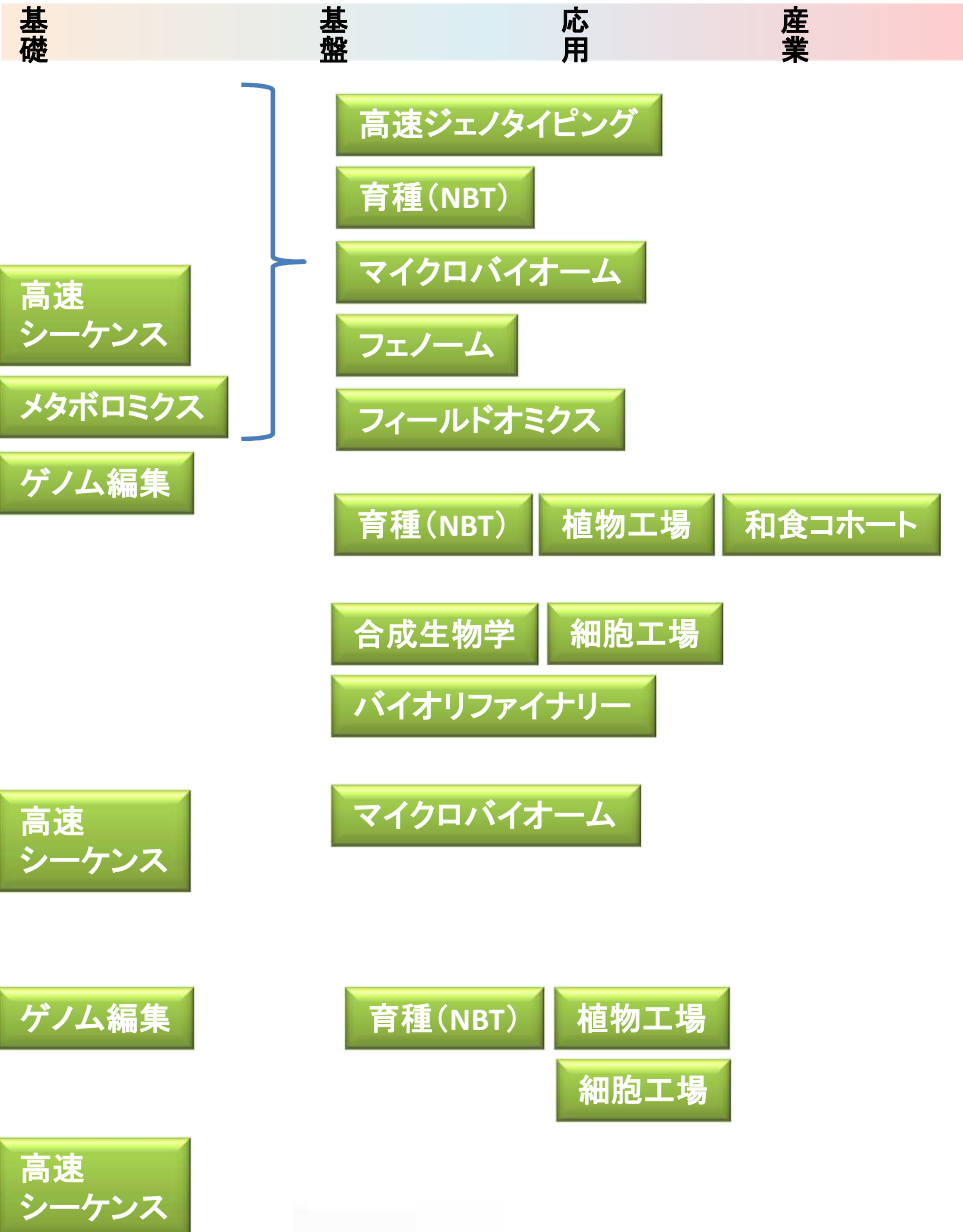
# (2) 調査報告書

# 概要説明

## 重要研究開発課題

1. 高生産・環境適応植物の設計と作出
2. 植物-微生物相互作用を利用した低肥料・低農薬化技術
3. バイオマス生産植物の開発
4. ブランド化、高付加価値植物作出技術
5. 人工酵素(合成生物学)や化学触媒を用いたバイオリファイナリー技術開発
6. 複雑系解析による新たな微生物機能(マイクロバイオーム)制御技術の開発
7. 植物、微生物を用いた無機物質(リン、レアメタル等)回収技術
8. 生物多様性情報学の充実と生物模倣学への展開

## ライフ要素技術



# (2) 調査報告書 概要説明

今後のあるべき研究体制例：「食料生産と安全保障」領域

食と農の“空間共有型”産官学協働クラスター「アグリフードピア」

シーズとニーズのマッチングによる社会実装・社会貢献

新品種・新技術創出

国際競争力強化  
競争力のあるアグリ産業

“空間共有型”産官学協働体制

企業  
(産)

大学  
(学)

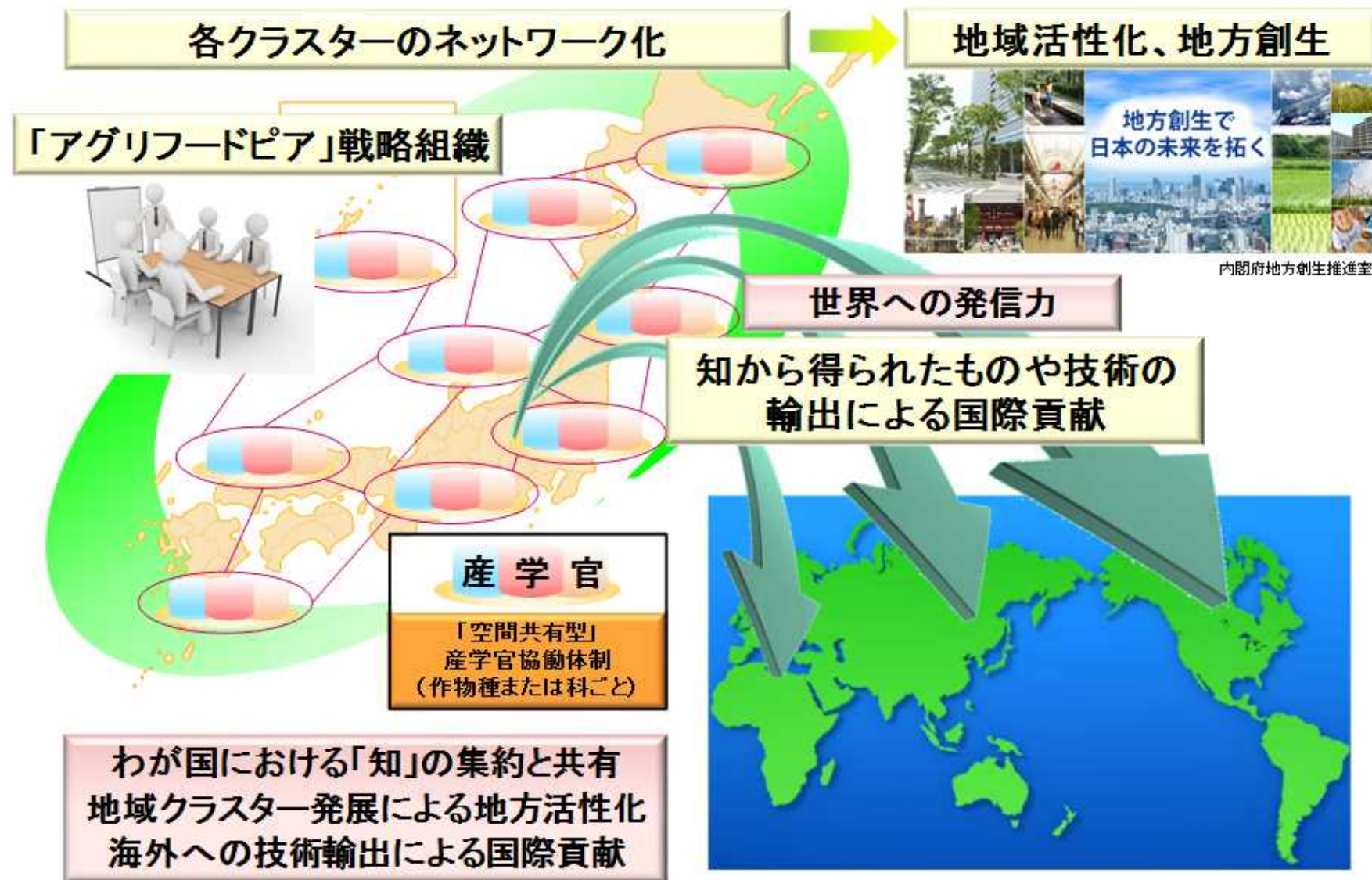
研究所  
(官)

産官学戦略会議・知財戦略会議

教育・人材育成、知の共有・集約および共同研究の発展  
社会実装に向けたシームレスな研究体制

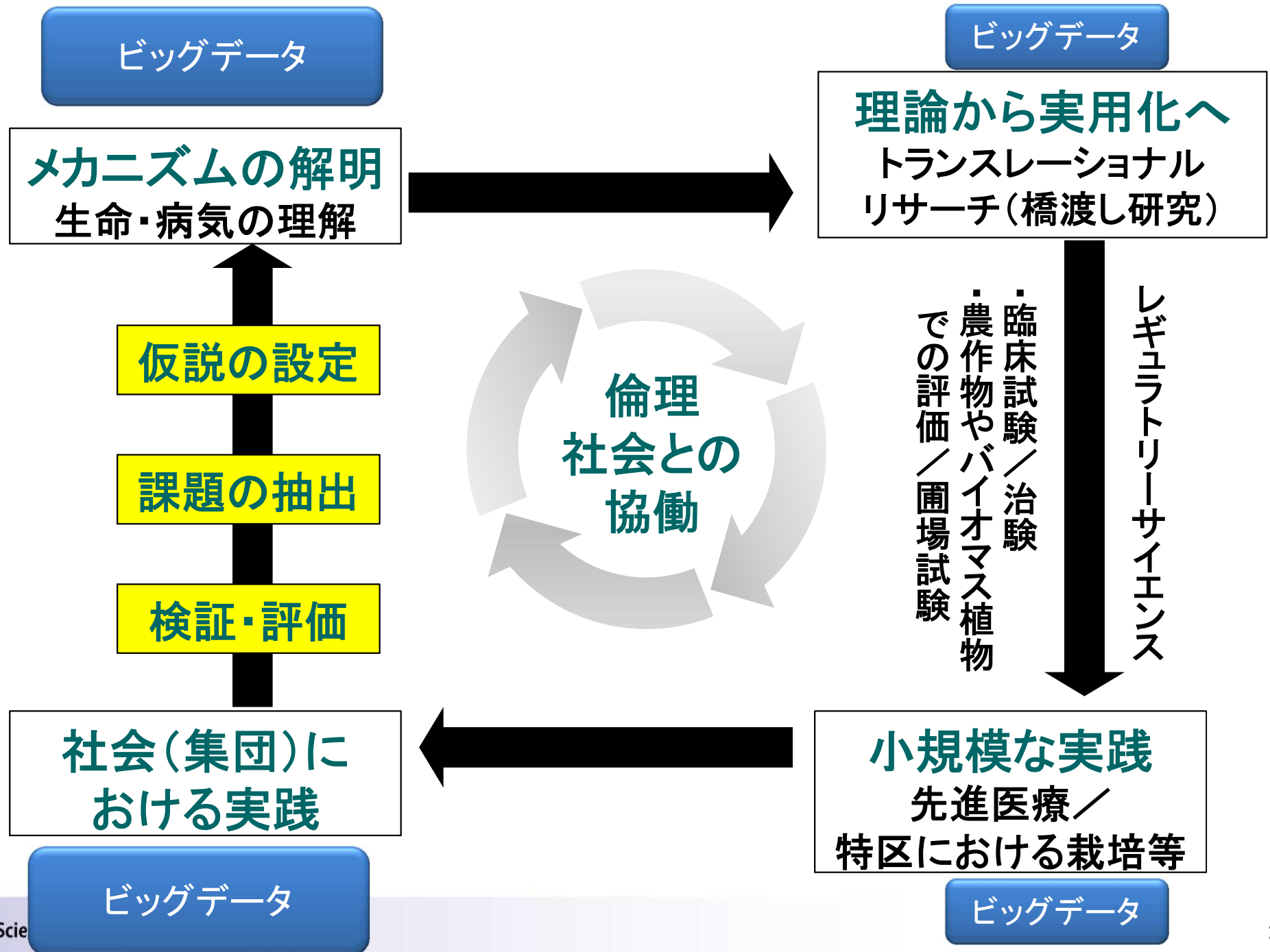
# (2) 調査報告書 概要説明

今後のあるべき研究体制例：「食料生産と安全保障」領域について

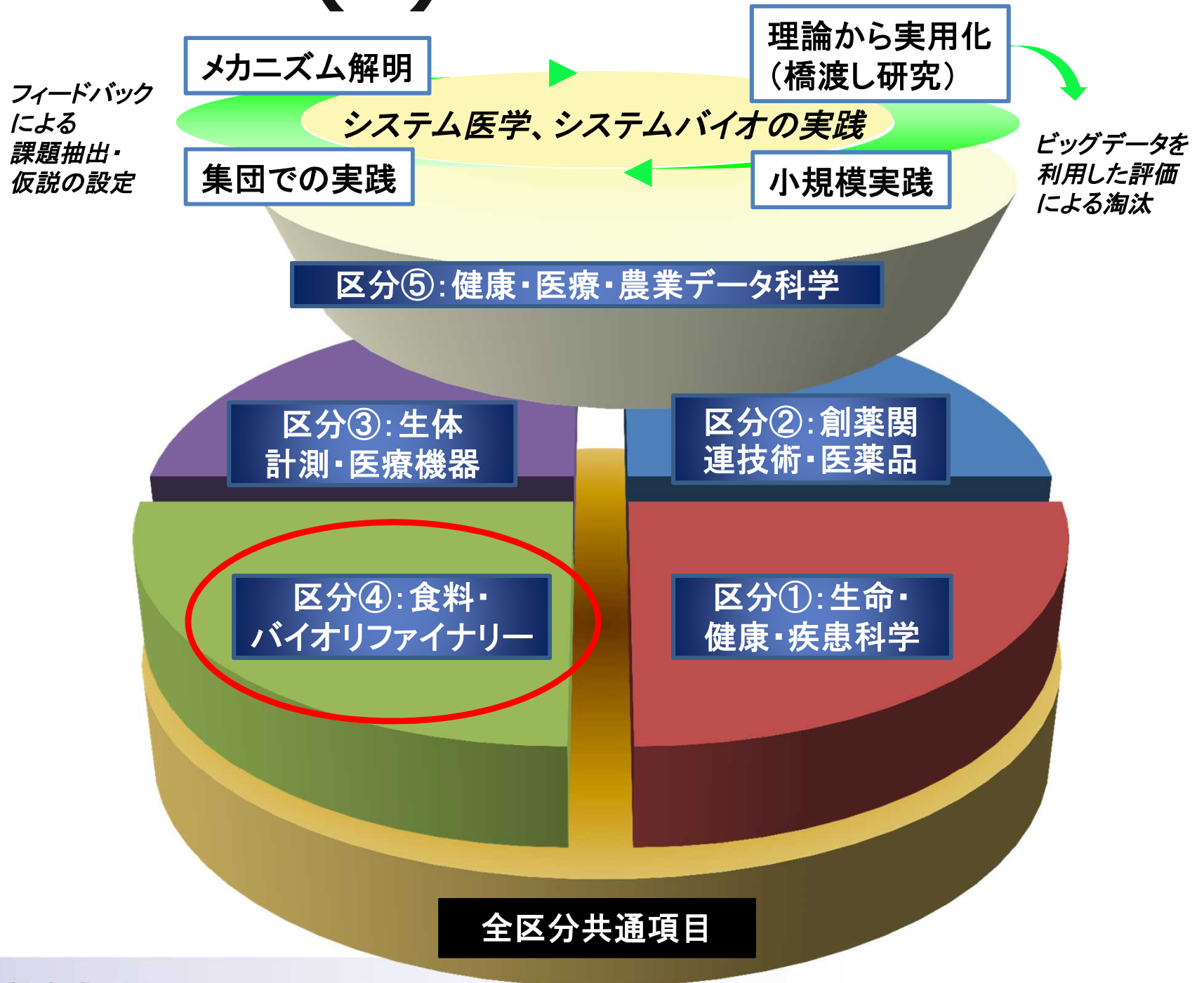




# (3) 注目動向



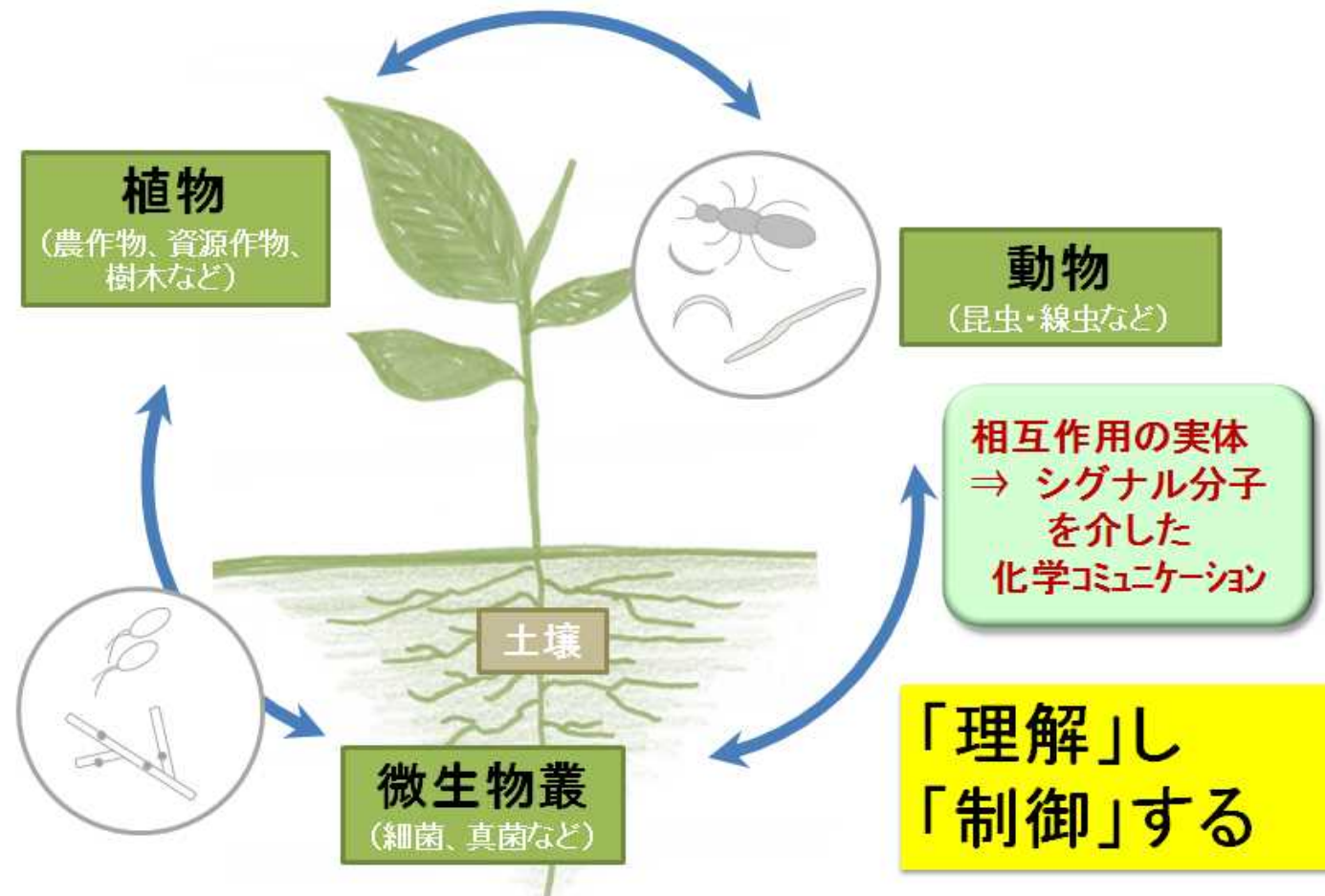
# (3) 注目動向



# (3) 注目動向

## 「生物叢相互作用の理解とシステム制御」

農作物や資源作物および樹木は、栽培時に必ず、土壌など環境中に存在する膨大な数の生物叢と相互作用があるが、その大部分がブラックボックスのままである。



# (3) 注目動向

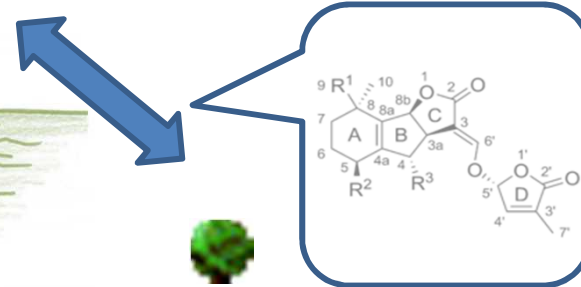
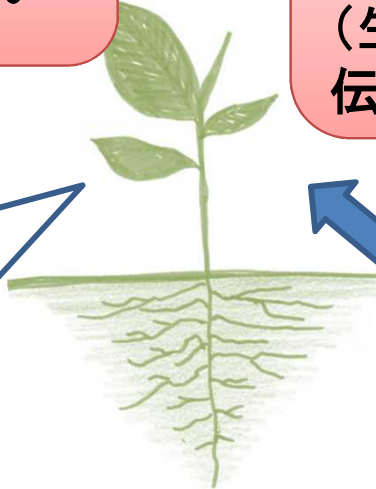
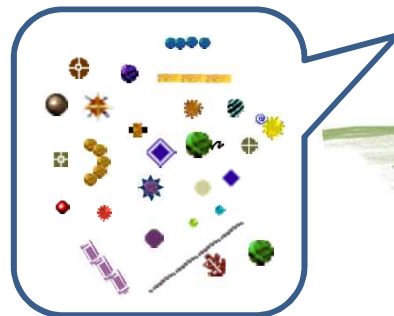


実用植物のゲノムサイズの大きさ  
→ゲノム配列取得難(コスト、時間)

シロイヌナズナ	1.3億塩基対
ダイズ	11億塩基対
トウモロコシ	23億塩基対
コムギ	170億塩基対

微生物叢  
→土壌の微生物叢は最も多様  
→99%以上が実験室で培養できない

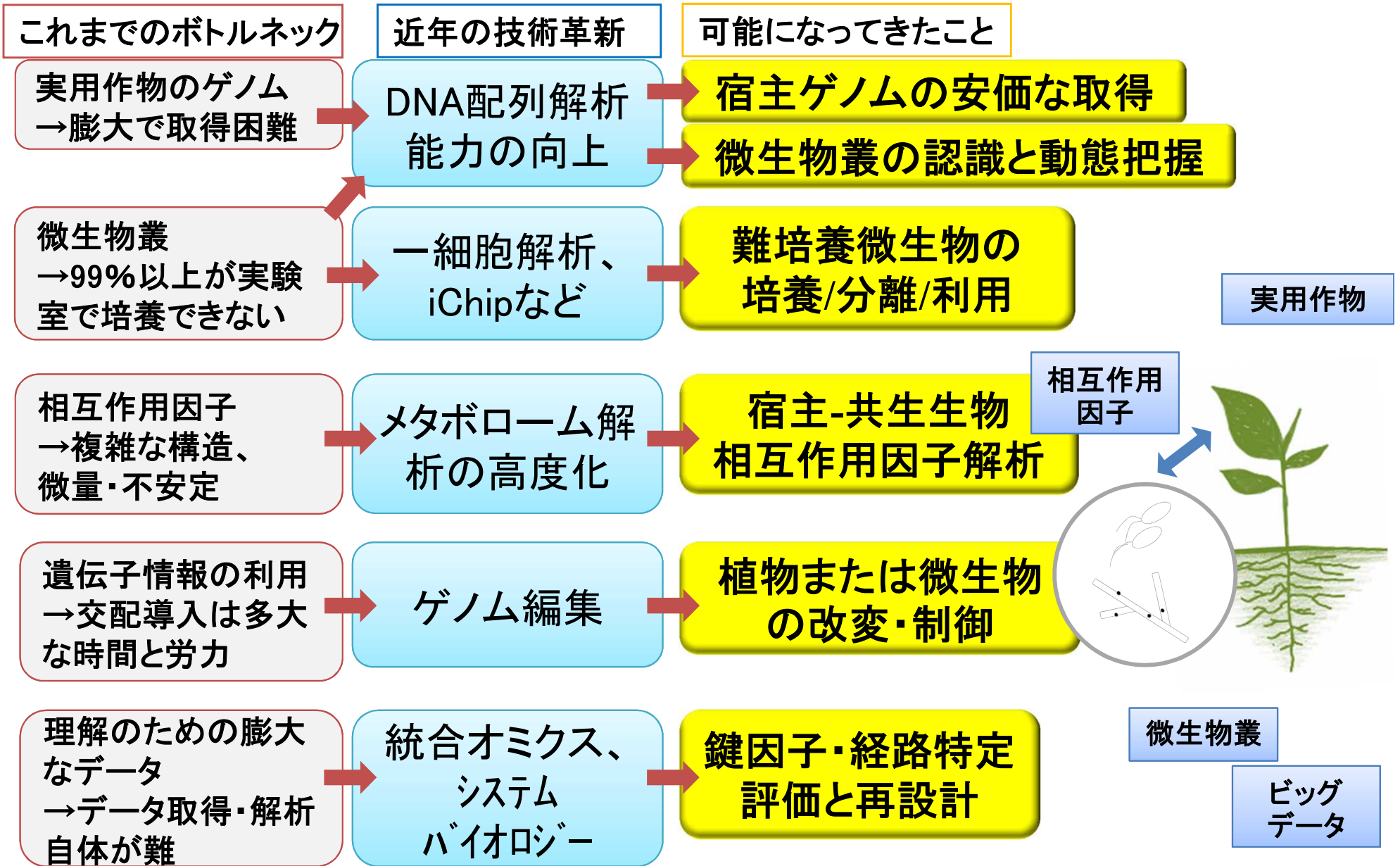
相互作用因子  
→複雑な構造、微量・不安定  
→必須なゲノム情報を得るのが難  
(生合成経路、受容体、シグナル伝達系)。



遺伝子情報に基づいた操作の難点  
→交配での導入、途方もない時間と労力

理解するための膨大なデータ  
→データ取得・解析自体が難

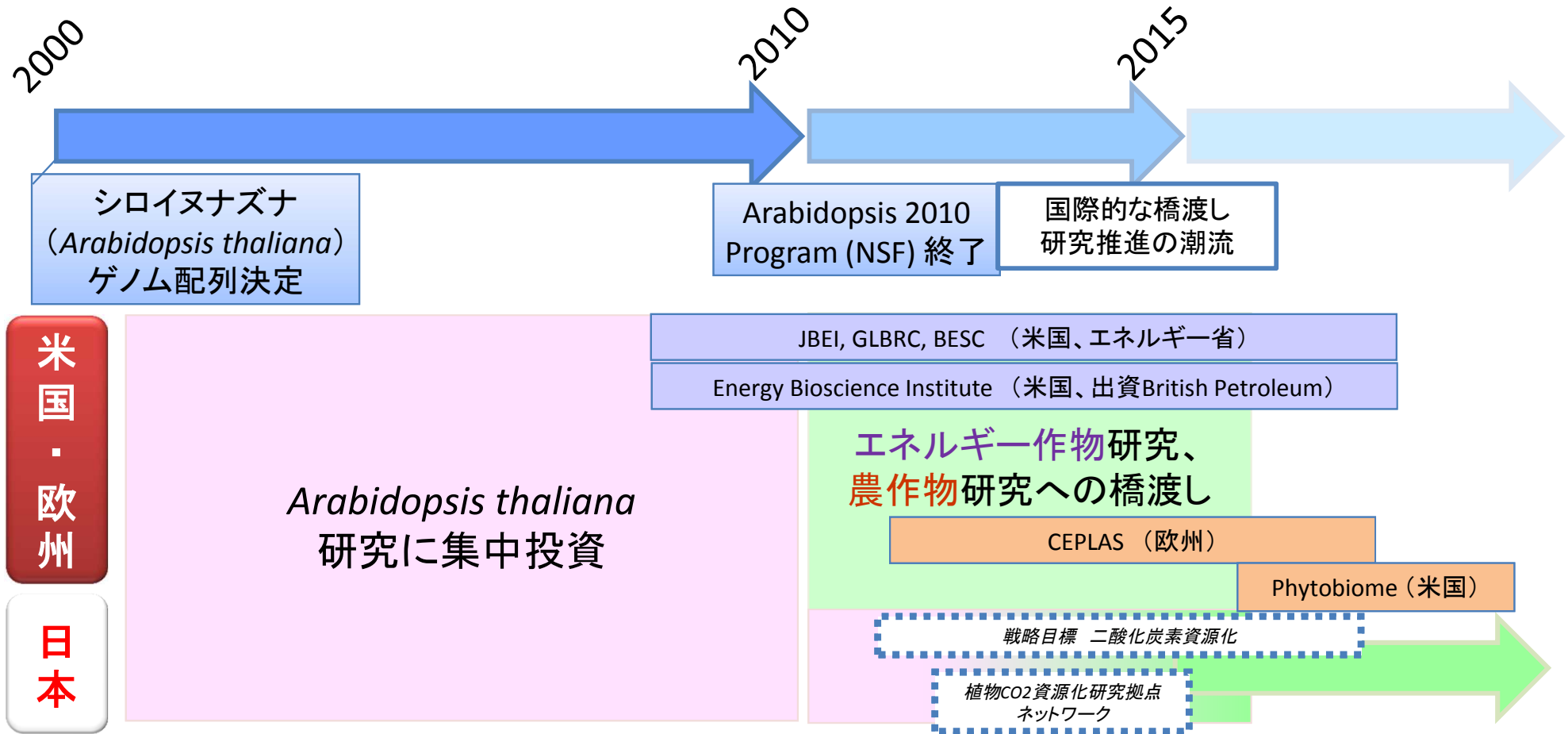
# (3) 注目動向



宿主と生物叢の相互作用の理解と制御が可能になりつつある

# (3) 注目動向

## 植物科学の動向





# (3) 注目動向

## 海外動向：公的資金・アカデミアの研究開発

### エネルギー作物系(米国:2007年～)



出資はDOE。  
目標は、非可食  
バイオマスから  
のバイオエタ  
ノール生産。  
研究拠点群  
( GLBRC, BESC,  
JBEI)を構成し全  
米に配置。



出資はBP社(2007年からの10年で5億ドル)。  
目標は、非可食バイオマスからのバイオエタ  
ノール生産。アカデミアから多数の参加。

### 食料系(欧州:2012～)



ドイツの4つの大学・研究所が中心となった、教育・研究プログラム。目標は農産物の改変・増産。  
5年間21億円。

# (3) 注目動向

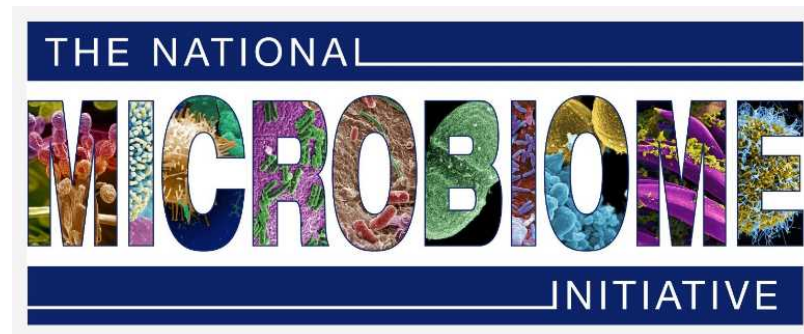
## 海外動向：公的資金・アカデミアの研究開発

### Microbiome系(米国)

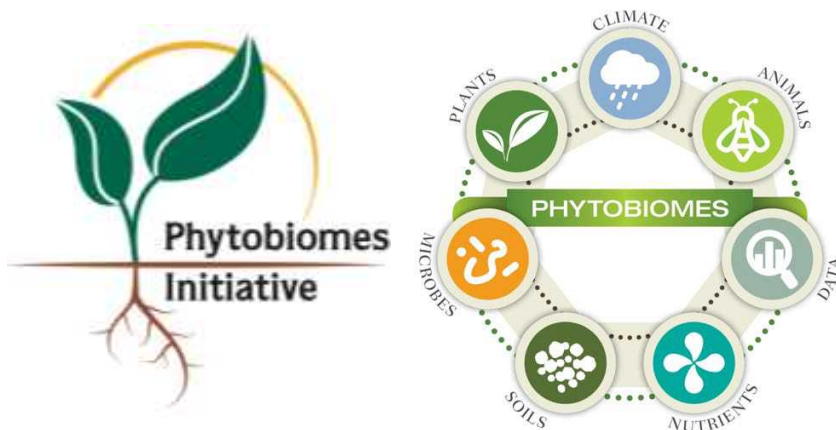
(米国:2010~)



(米国:2016~)



### Plant-Microbe系、データ統合系Phytobiome Initiative(米国:2015~)



概要：  
 環境データと生物叢データの統合、  
 微生物農業資材開発

提唱する目標：  
 5年以内に、Phytobiomeに関わる農業関連  
 研究開発ファンディングについて、  
 年間100億円の増加を目指す(省庁横断的に)。



# (3) 注目動向

## 海外動向：民間企業の動向

BioAg Alliance  
(モンサントとノボザイム)

目標：  
2025年までに微生物農業資材利用を  
全世界で1～2億ヘクタールに



“科学の躍進と新製品の登場により、今後10年で微生物を利用した技術の需要は大きく伸びると見込まれています。微生物資材は作物の収量を増加させ、農薬や肥料を補完または取って代わる存在になる可能性があります。”

DuPont、バイエルなども微生物を用いた農業研究開発を加速しつつある模様

# 本日のまとめ

- ✓ 次世代グリーンバイオテクノロジーへの期待は大きく高まっている
- ✓ 研究推進体制：  
食と農の“空間共有型”産官学協働クラスター  
～アグリフードピア～が重要
- ✓ 研究開発テーマ：  
「植物-生物叢の相互作用」が漸く可能に  
産業応用に向けたシーズの宝庫