

(新しい資本主義実現会議) 合成生物学による 新たな産業革命

令和4年3月8日

神戸大学 副学長、 科学技術イノベーション研究科長
理化学研究所 環境資源科学研究センター 副センター長

近藤昭彦

医療・ヘルスケア分野

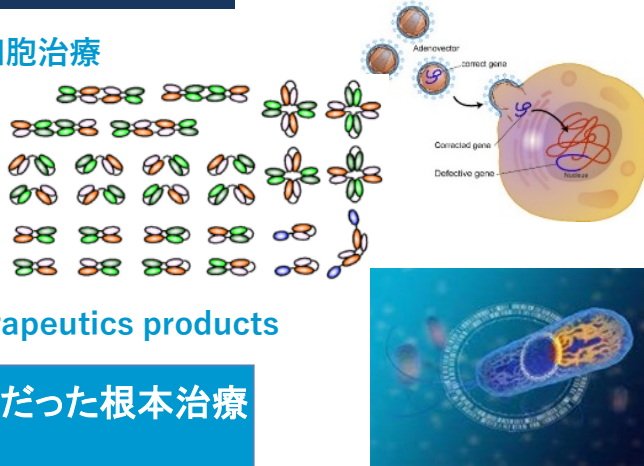
●再生医療や細胞治療

●抗体医薬

●遺伝子治療

●Live bio therapeutics products

従来は不可能だった根本治療の実現



エネルギー分野

●バイオエタノールの例

糖蜜系原料

でんぷん系原料

セルロース系原料



欧米では、自動車用燃料供給においてバイオエタノールを一定量使用するように義務付け

バイオエタノール
工業用エタノール
ガソリンへの混合用



輸送燃料の30%をバイオ燃料に
⇒サウジアラビアの生産量 (約1,200万バレル/日) に匹敵

ジェット燃料
SAF (Sustainable
aviation fuel)



持続可能・環境適合型
エネルギー供給の実現

ものづくり分野

●化学産業プロセスからの脱却 : 1,4-ブタンジオール (高機能プラスチックの原料) の例

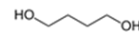
従来 : 石油を原料とした高温・高圧プロセス

グルコース (糖)
・とうもろこし
・さとうきび

バイオテクノロジーを駆使して
細胞機能を設計・改変
常温・常圧プロセス
発酵

高効率な
工業生産を実現
(10万トン規模)

省エネ



●生産困難な物質の生産 : アルテミシニン (抗マラリア剤) の例

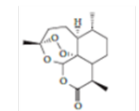
従来 : 工業生産不可能 (ヨモギから抽出)

グルコース (糖)
・とうもろこし
・さとうきび

バイオテクノロジーを駆使して
細胞機能を設計・改変
常温・常圧プロセス
発酵

抗マラリア剤の
安定供給・低価格化

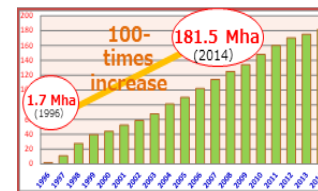
枯渇資源フリー



持続可能・環境適合型素材
供給の実現

食料分野

GM作物



世界の大豆の83%、コーンの29%
が遺伝子組換え作物
(栽培面積ベース、2015年)

●スマート育種

・害虫抵抗性
(作業簡素化、農薬懸念フリー)
⇒化学農薬の使用量減少

・耐病性
(植物病による食物消失は現在14%)
⇒世界の飢餓人口8億人分に相当
環境耐性(乾燥耐性など)



●代替肉、代替ミルク、代替チョコレート等
・低環境負荷生産・健康志向

世界的な食料安全保障の実現
(97億人 2050)



従来：石油を原料とした
高温・高圧プロセス



バイオものづくり

- ・石油依存からの脱却
- ・超省エネ（常温・常圧）プロセスの実現
- ・世界のエネルギー供給構造の変革

<原料>

現在

糖・油脂等

【課題】

- ・現状、原料の大半が輸入
- ・原料栽培には広大な土地が必要。



今後

CO₂



- ・国内のCO₂の原料化の可能性
- ・面積的な制約も解消できる可能性

バイオ技術を
駆使して
細胞機能を
設計・改変



発酵
生産

微生物
(大腸菌等)

付加価値高い
化学物質等

- ・アルコール
- ・アミノ酸
- ・芳香族化合物
- ・ジアミン
- ・ジオール
- ・有機酸

バイオ燃料

バイオ
プラスチック

バイオ繊維

バイオ
フィルム

バイオゴム

バイオファイ
ンケミカル

たんぱく質

→ 化学合成には向かない**複雑で高機能な物質の生産**も可能。
素材、繊維、燃料、食品など**適応可能な分野は広い**。

水素細菌は、CO₂を原料に生分解性プラスチックを生産可能。

→ゲノム改変により、他のものも作れるようになる。

PHBHを原料とする製品の数々



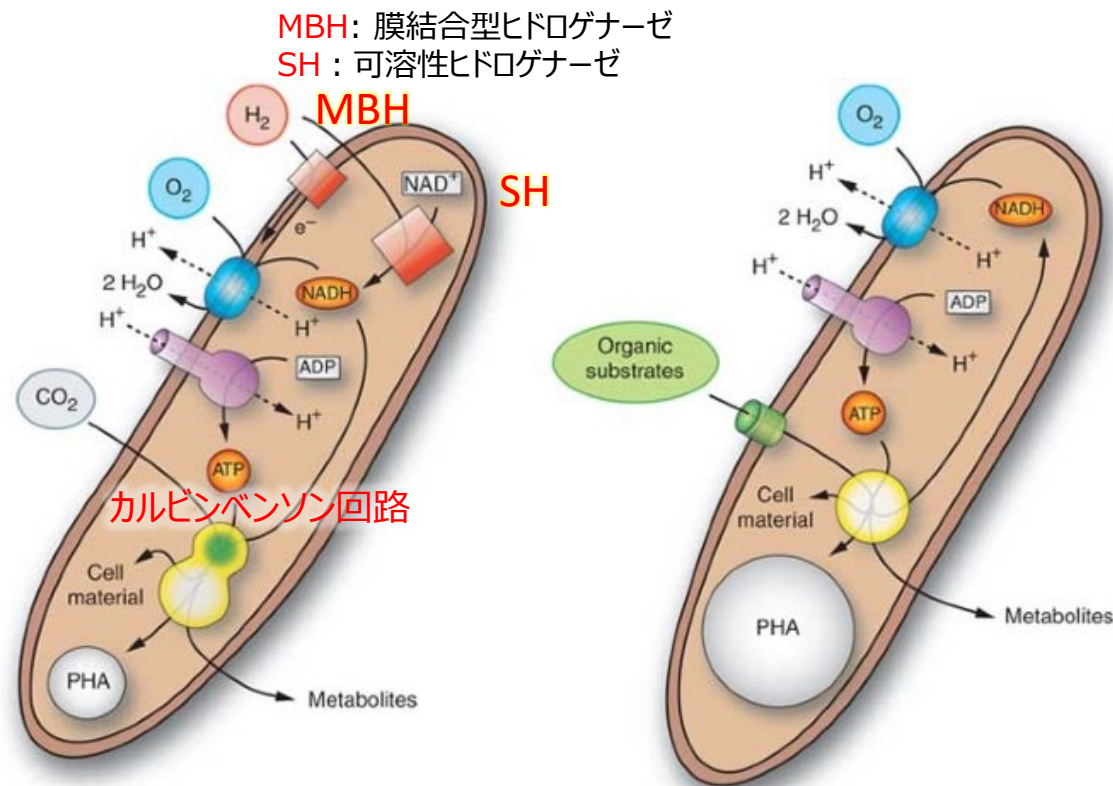
農業用プラスチックフィルム



使い捨ての皿・コップ



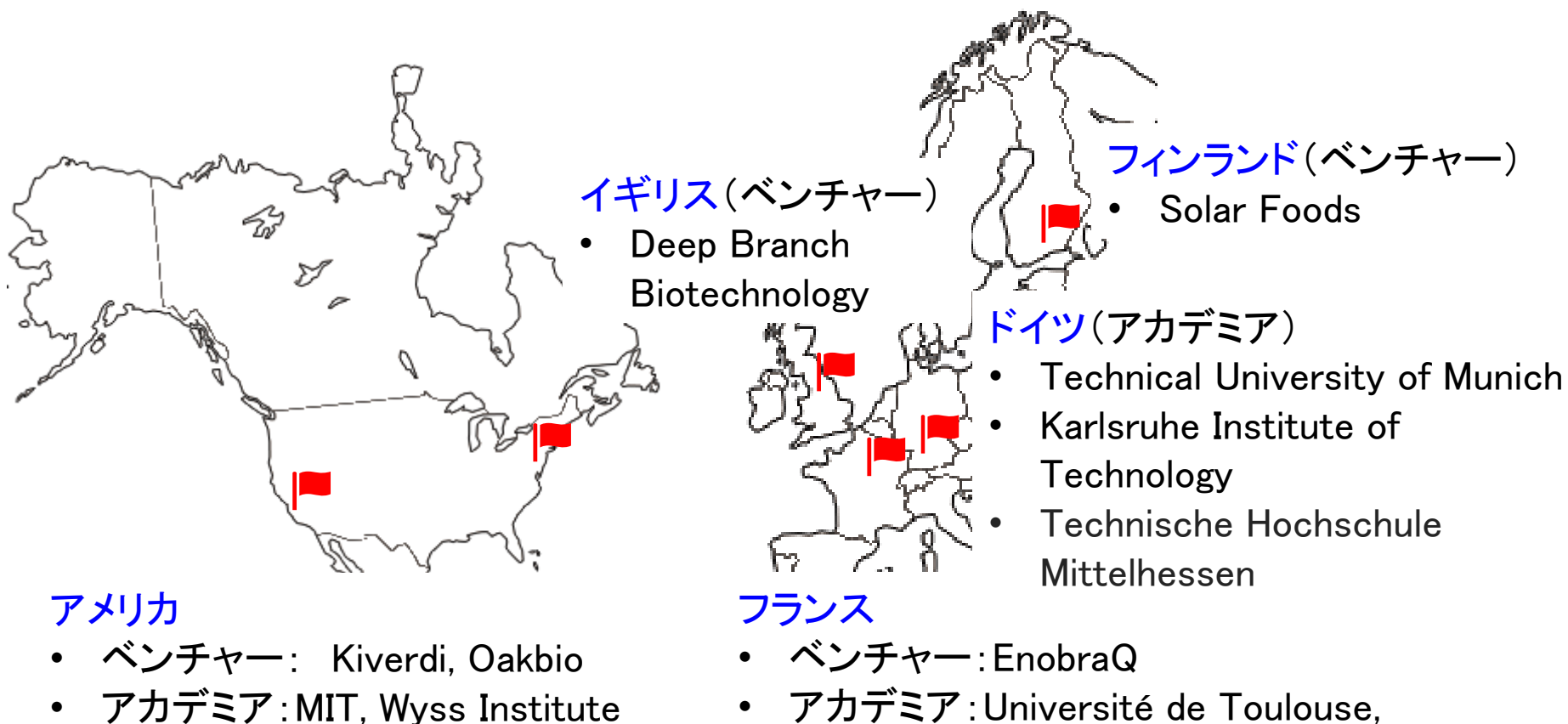
カラフルな包装資材



化学合成独立栄養条件
(CO₂, H₂存在下)

従属栄養条件
(フルクトースなど糖存在下)

水素細菌のゲノムを改変し、CO₂から様々な化学物質を生産する研究が欧米等でベンチャー、アカデミアにより活発に行われている。



太陽光とCO₂を利用した面積あたりの糖生産効率の比較

Nangle. et al., Metab Eng (2020)

面積当たりの
太陽光－資源変換効率※
(≡炭素固定能)

面積当たりの
糖の生産効率
(≡物質生産効率)

サトウキビ

糖への変換

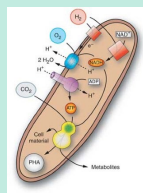


~70t /年・ヘクタール

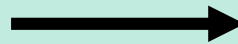
~14t /年・ヘクタール

CO₂吸収
植物の65倍

植物の35倍



水素細菌
(*C. necator*)



4,510t /年・ヘクタール

510t /年・ヘクタール

ゲノム編集・合成プラットフォームの活用により、微生物機能を高めることで、
炭素固定能、物質生産効率のさらなる向上が期待できる。

核心は、ゲノム合成・編集技術 と デジタル技術の融合 による微生物開発のプラットフォーム

6

①ゲノム解析技術

7年で解析費用が
1/10,000に

【ヒトゲノム計画】

13年、30億ドル

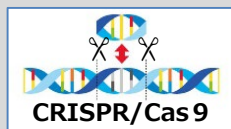


1日 1000ドル



②ゲノム合成・ 編集技術

次世代ゲノム編集・
合成技術によるゲノ
ム書き換えが可能に



③IT/AI技術

IT/AI技術(機械学
習・ディープラーニング
等)が実用レベルに



④ロボット・自動化

作業速度・精度の
飛躍的向上

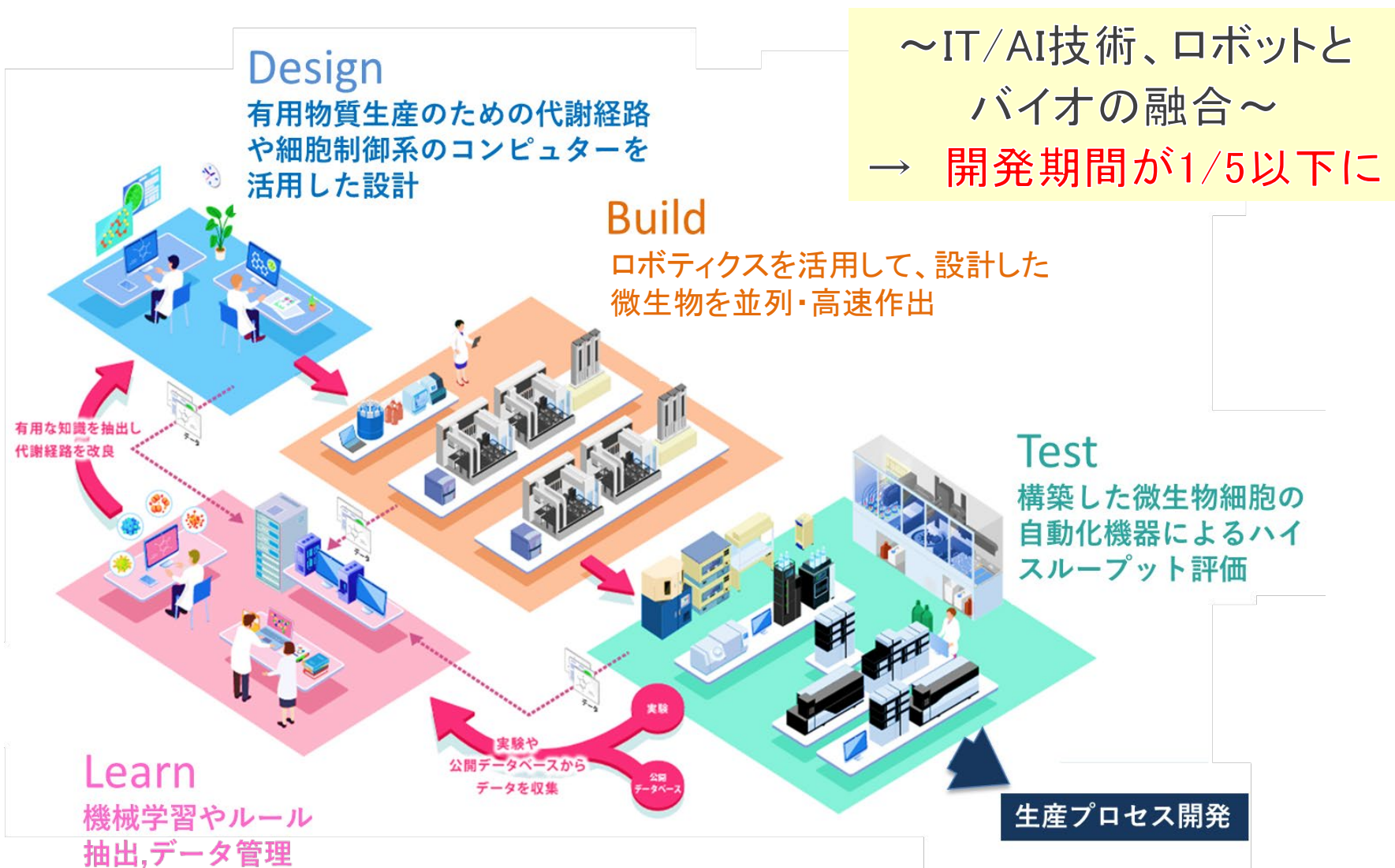


融合

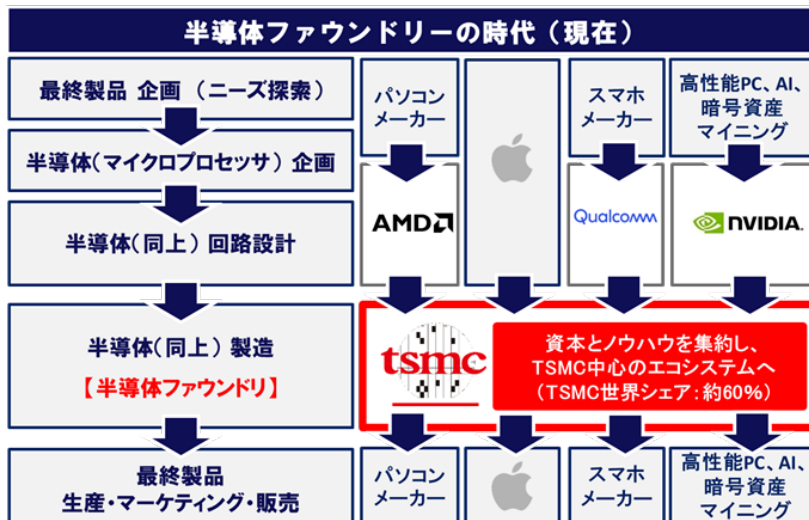
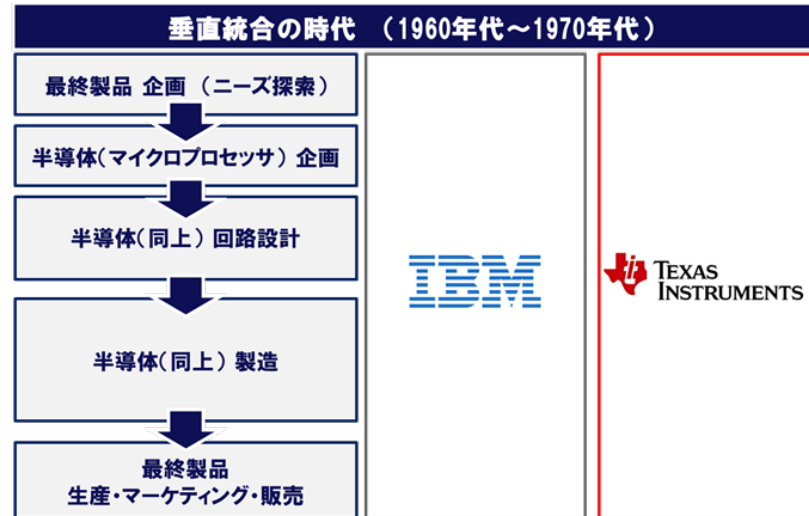
バイオフィアウンドリ：微生物開発プラットフォーム

- ゲノム配列の意味を理解し、自由自在にデザインすることが可能に。
- 微生物開発の開発速度が飛躍的に向上。

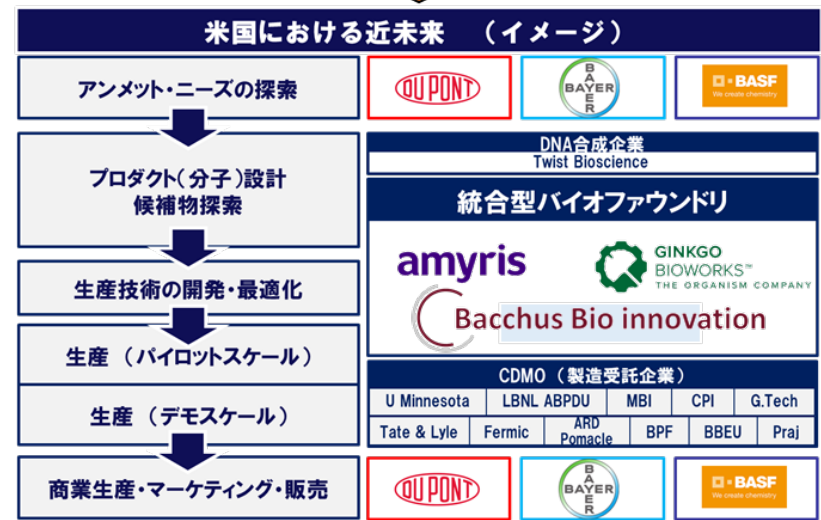
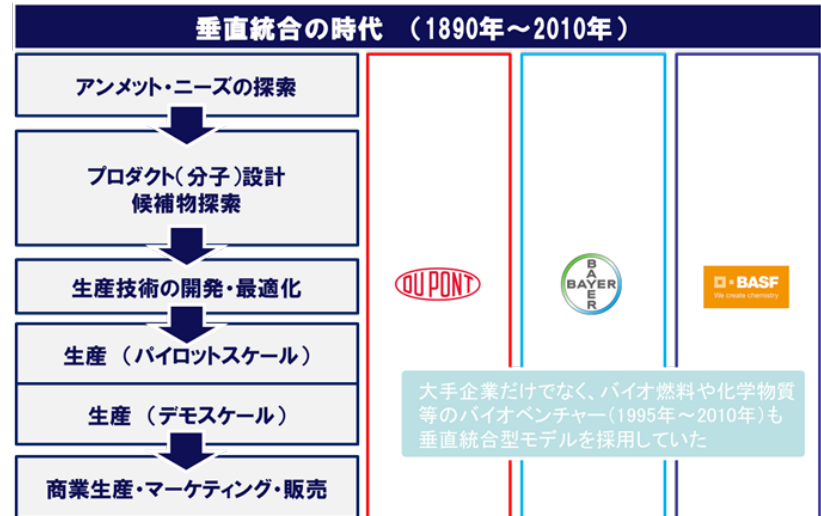
→ 米国を中心に、**飛躍的に民間投資が拡大。**



IT関連製品のバリューチェーン変革



バイオ製品のバリューチェーン変革



2021年には、約180億ドル（約2兆円）が投資されている。



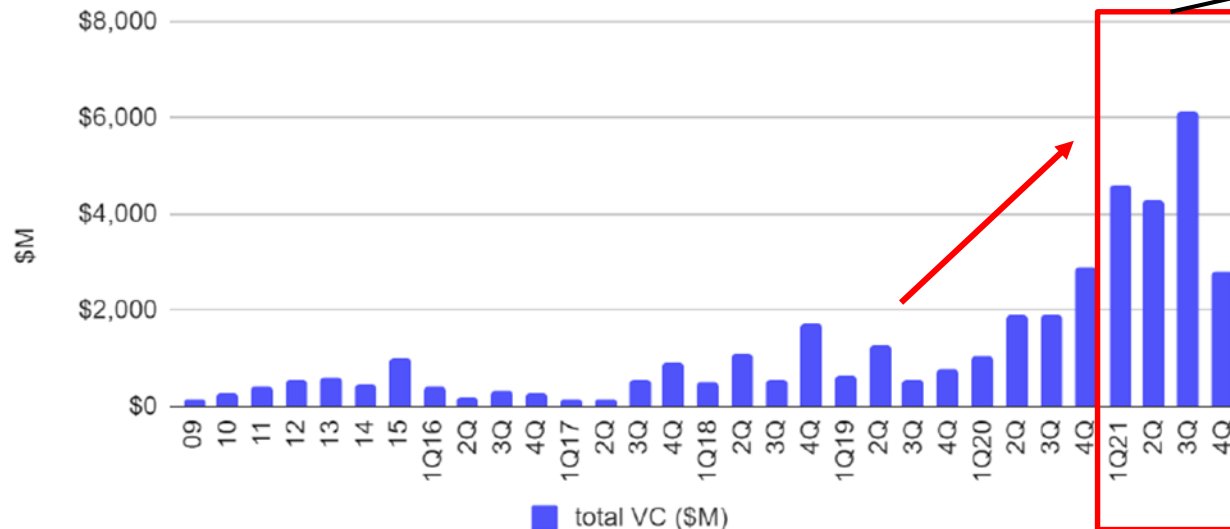
4Q 2021 Synthetic Biology Venture Investment Report

1 Synthetic biology overall investment trends

The year 2021 concluded as the best ever for synthetic biology startups, which raised a total of nearly \$18 billion – nearly as much as the entire amount in all prior years since the emergence of the field in 2009. The fourth quarter's \$2.8 billion was slim compared to the three prior ones of \$4.6 billion, \$4.3 billion, and \$6.1 billion, but still the fifth-best on record by a large margin.

2021
\$ 18billion

Overall investment in synthetic biology





2021
REPORT TO CONGRESS
of the
U.S.-CHINA ECONOMIC AND
SECURITY REVIEW COMMISSION
ONE HUNDRED SEVENTEENTH CONGRESS
FIRST SESSION
NOVEMBER 2021

Printed for the use of the
U.S.-China Economic and Security Review Commission
Available online at: www.uscc.gov

China's Strategy for Synthetic Biology

In recognition of the transformative potential of synthetic biology and the importance of leadership in the field, the 14th FYP has listed biotechnology, including synthetic biology, as one of seven fields in science and technology where the CCP will focus resources and strategic planning. Although detailed data on Chinese government spending on biotechnology are unavailable, according to some estimates, China's central, provincial, and local governments have collectively invested over \$100 billion in life sciences R&D.

連邦議会に設置された米中経済・安全保障調査委員会が2021年11月に議会に提出した2021年版年次報告書によると、中国政府の合成生物学戦略として、1000億ドル(=11兆円)以上の政府投資が研究開発に投じられていると報告されている。

https://www.uscc.gov/sites/default/files/2021-11/2021_Annual_Report_to_Congress.pdf

中国政府による合成生物学研究拠点整備の支援例



山西合成生物産業エコロジーパーク(山西省)
官民合わせて約1400億円を投じ、一大生産拠点を建設中。

<https://kknews.cc/zh-sg/finance/gx2vq2m.html>

<https://talent.sciencenet.cn/index.php?s=Info/index/id/20165>



合成生物技術イノベーションセンター(天津市)
約360億円を投じ、国家プロジェクトとして建設中。
2022年完成予定。

http://www.gov.cn/xinwen/2019-12/27/content_5464585.htm

http://www.tib.cas.cn/xwzx_104015/ttxw/202112/t20211204_6287982.html



国家合成生物技術イノベーションセンター(天津市)建設現場



深センバイオフィューチャー
iSynBio (深セン市)
約130億円を投じ、研究拠点の拡張を決定。

- バイオものづくり(合成生物学)技術は、
経済成長 と 社会課題解決 の二兎を追えるイノベーション。
米国や中国などもしのぎを削っている。
→ 新しい資本主義の中核を担う産業として育成すべく、
国家プロジェクトとして、バイオものづくりに今こそ大胆な投資を行うべき。
- 微生物開発を効率的に行うバイオファウンドリー企業の育成が鍵。
- 酒、味噌、醤油で培った発酵生産技術は、
日本の「宝」であり、高いポテンシャルを秘める。
→ 日本の長所を活かすため、生産技術への支援も重要。