革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発
事前評価報告書

平成２３年７月

産業構造審議会産業技術分科会

評　価　小　委　員　会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成２０年１０月３１日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成２１年３月３１日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤　泠　東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成２３年７月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委　員　名　簿

委員長	平澤　泠	東京大学　名誉教授
	池村　淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス研究科研究科長 バイオサイエンス学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科　教授
	大島　まり	東京大学大学院情報学環　教授 東京大学生産技術研究所　教授
	太田　健一郎	横浜国立大学大学院工学研究院　教授
	菊池　純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林　直人	早稲田大学研究戦略センター　教授
	鈴木　　潤	政策研究大学院大学　教授
	中小路　久美代	株式会社ＳＲＡ先端技術研究所　所長
	森　　俊介	東京理科大学理工学部経営工学科　教授
	吉本　陽子	三菱ＵＦＪリサーチ＆コンサルティング株式会社 経済・社会政策部　主席研究員

（委員敬称略、五十音順）

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発

の評価に当たり意見をいただいた外部有識者

長洲　毅志	エーザイ株式会社　理事
阪井　康能	国立大学法人　京都大学　大学院農学研究科　教授
四方　哲也	国立大学法人　大阪大学　大学院情報科学研究科　教授

（敬称略、五十音順）

事務局：経済産業省製造産業局生物化学産業課

革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

製造産業局生物化学産業課長　　荒木　由季子（事業担当課長）

産業技術環境局　産業技術政策課　技術評価室長　　秦　茂則

革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発事前評価
審 議 経 過

〇新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集（平成２３年５月）

〇産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２３年７月１日）
・事前評価報告書(案)について

目　　次

はじめに
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会　委員名簿
革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発の事前評価に当たり
　　意見をいただいた外部有識者
革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発の評価に係る
　　省内関係者
革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発事前評価　審議経過

ページ

第１章　技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要
　１．技術に関する施策の概要　……　１
　２．新規研究開発事業の創設における妥当性等について　……　１
　３．新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等　……　２

第２章　評価コメント　……　５

第３章　評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針　……　８

参考資料　革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発の概要
　　（ＰＲ資料）

第１章　技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

１．技術に関する施策の概要

化学プロセスによる物質生産は、製造業のエネルギー消費の 30%を占めるほどエネルギー消費量が多く、また、複雑な分子を合成することが困難です。そのためバイオ技術により、省エネで高効率にものづくりができること、これまで存在しなかった複雑な化合物を生産できる技術として期待されています。これまでも部分的な遺伝子組み換えの研究開発は多々行われていましたが、本事業では工業用微生物を作成するために、微生物の遺伝子を人工的に合成し、大規模に組換える技術を開発し、バイオプロセスによるバイオマテリアルの合成技術を飛躍的に向上させます。

２．新規研究開発事業の創設における妥当性等について

①□事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムについて

これまでの遺伝子組換え技術は、微生物が想定外の抑制反応を起こすなど、手作業で手間と時間が必要等の課題があり、実用化が十分図られているとはいえない状況にあります。この状況を打開するため、細胞に組み入れるべき遺伝子をトータルでシミュレートして設計し、人工的に遺伝子を合成し細胞に組み入れる技術の開発をします。

②事業の必要性について

本技術開発により、組換え微生物が合理的かつ高速で作成可能になり、年間数百個の組換え微生物作成が可能になり、バイオ研究の生産性が数十倍に向上し、医薬品、バイオ材料、環境・エネルギーの各分野において非連続的イノベーションが実現します。

③次年度に予算要求する緊急性について

昨年、米国の研究者が細菌の全遺伝子を化学合成し、別の細菌に移植して機能させることに成功しました。一方で、統合データベースが整備されつつあり、あらゆる生物情報を取り込んで、ゲノムを設計する基盤が出来てきました。ゲノムを設計し、合成し、大規模に遺伝子を組換えた微生物を作る技術は、バイオ産業の基礎であり、欧米との競争力保持のためにも、緊急に進めるべき事業です。

④国が実施する必要性について（非連続型研究、民間とのデマケの整理等）

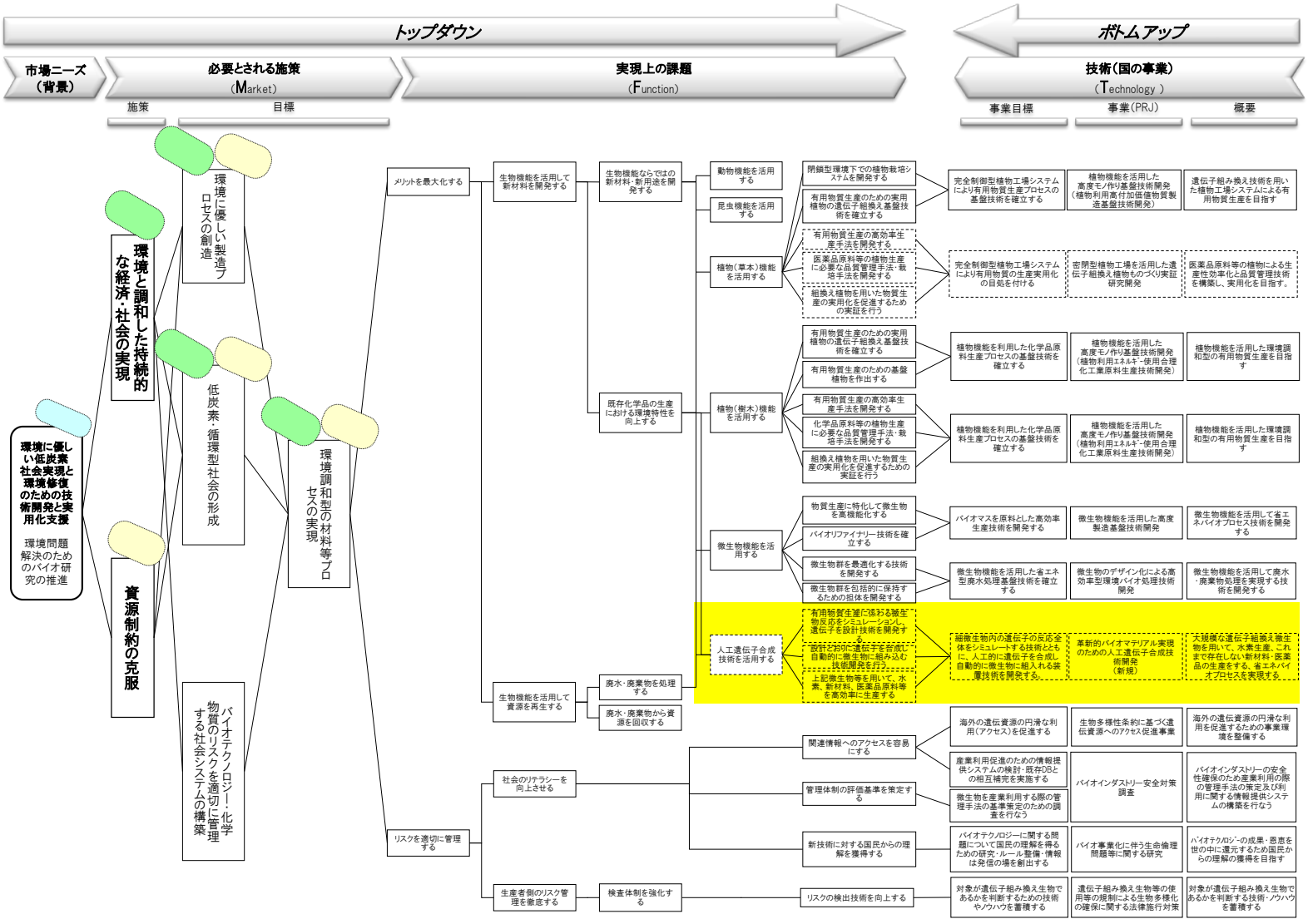
大規模な遺伝子組換え技術を利用して、物質生産に適した微生物を作ることは、超高効率に水素や材料の生産を実現したり、これまで存在しない新材料・医薬品を生産する微生物を作成したりするなど、我が国が抱えるエネルギー問題や高齢化の解決に貢献する技術を実現する事業であり、本技術を早急に実用化するためにも、

国が積極的に推進すべきであると考えています。

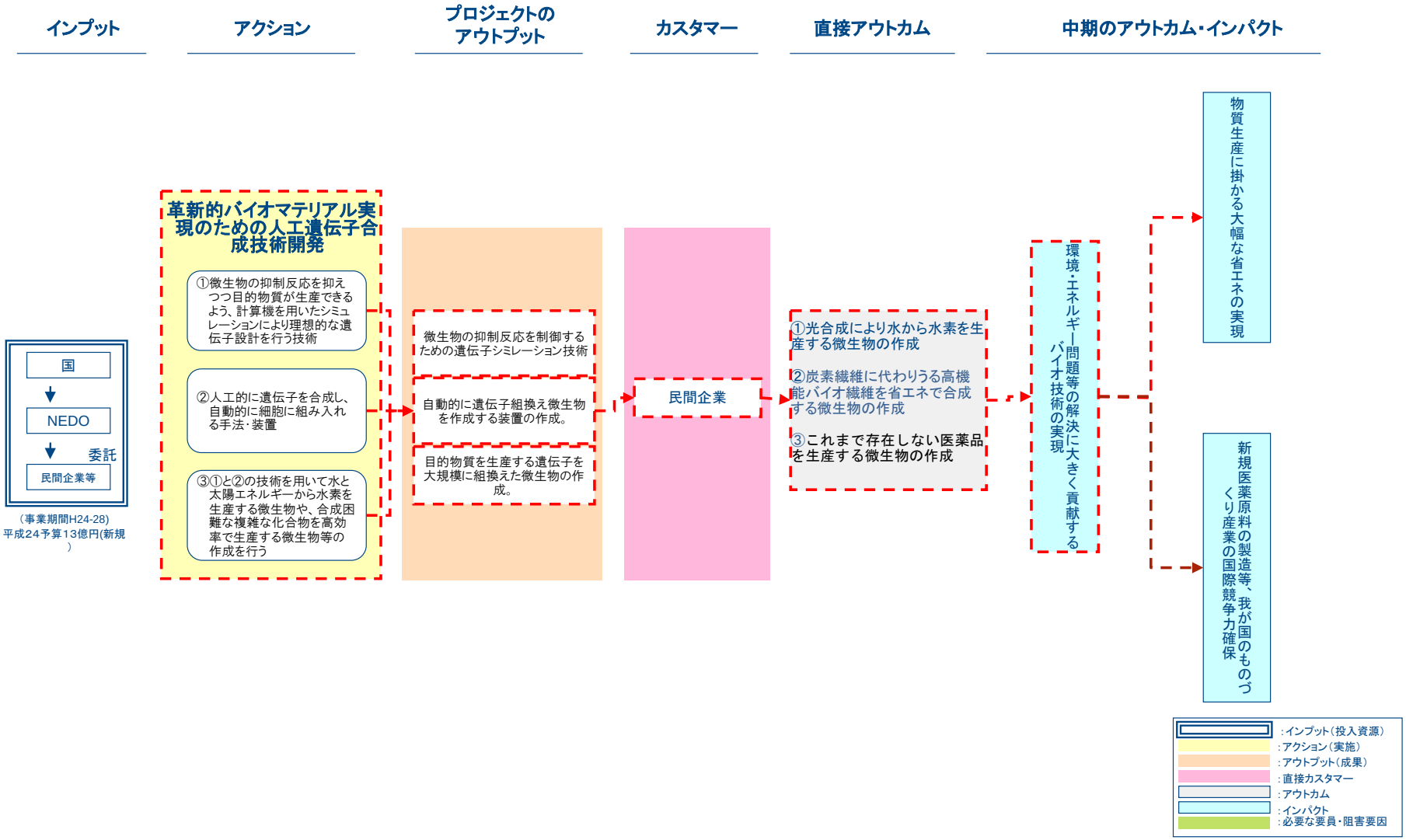
⑤省内又は他省庁の事業との重複について
　微生物のゲノム全体を対象に、遺伝子を人工的に設計し合成して、大規模に組換える技術の開発は、他にはありません。

３．新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

環境・エネルギー・ものづくり分野（1）の施策体系図



人工遺伝子合成技術分野におけるロジックモデル



第２章　評価コメント

事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性等に対するコメント

【肯定的意見】

○近年のバイオテクノロジーの進歩はその点で極めて大きく発展をしており次の段階に進むべき時期に来ている。

○微生物ゲノムを用いた合成的生物学は国際的に急進している分野であり、日本の競争力強化に必要な分野である。

○従来、生育を指標に切り落としてきた遺伝子の中から、改めてバイオマテリアルの効率的生産に有用な遺伝子を探索するなど、欧米型のゲノム設計では不可能なことが、本プロジェクトでは可能となり、あらたなシミュレーション技術とともに、効率的にアウトカムが得られる可能性は高い。

○微生物ゲノムとその発現・生産能力など、膨大な情報量を管理し、かつ、エネルギー問題から高齢化の解決など、広域な重要領域にわたる技術開発のためには、一企業・研究機関でなく、国がプロジェクトの元で、総括して、総合的に研究開発を推進する必要がある。

○既存の技術の効率化ならば、民間で行うべきである。国が支援するのであれば、革新的新規技術開発を伴うものである必要性があり、革新的新規技術開発と産業応用を結びつけるプロジェクトはほかにはない。

○環境エネルギー部分においては、工学的技術開発との融合が必須であり、天然には存在しない有用微生物の創生は必須の技術となっていくことは間違いない。

【問題点・改善すべき点】

○効率的生産に必要な遺伝子セットはターゲットにより異なっており、個別に対応する必要がある。

○この分野は、ヒトの演繹的な理解を進めるこれからのライフサイエンス研究と呼応して進むものであり、全体を見据えた１０年単位での戦略的な（もちろん省庁連合的な）進め方が必須。合わせて、実用化への社会的な基盤整備、法整備、教育も必要。

○完全合成で作られたバクテリアは数百遺伝子しか持たぬ限定的な生命体であり、有

用微生物創生とのギャップは非常に大きい。この克服には優れたバイオインフォマティクス・シミュレーションサイエンスの発展が必要。

（以下に有識者のコメントを列記して下さい）

【肯定的意見】

〇微生物ゲノムを用いた合成的生物学は国際的に急進している分野であり、日本の競争力強化に必要な分野である。

〇低コスト生産性や変動に対する頑強性を備えた微生物の開発は、すでに産業応用されている微生物を置き換えるだけでなく、新しい産業を生み出す可能性がある。

〇急進している分野であり、国際競争力を保つために新規技術開発への投資が緊急である。

〇既存の技術の効率化ならば、民間で行うべきである。国が支援するのであれば、革新的新規技術開発を伴うものである必要性がある。

〇革新的新規技術開発と産業応用を結びつけるプロジェクトはほかにはない。

〇従来、生育を指標に切り落としてきた遺伝子の中から、改めてバイオマテリアルの効率的生産に有用な遺伝子を探索するなど、欧米型のゲノム設計では不可能なことが、本プロジェクトでは可能となり、あらたなシミュレーション技術とともに、効率的にアウトカムが得られる可能性は高い。

〇ゲノム操作と設計・シミュレーションという一般的技術の開発により、広範なバイオ研究の効率化が可能となる技術であり、その必要性は極めて高い。

〇昨年、米国で開発された細菌の全遺伝子化学合成とは、異なる視点、ミニマムゲノムファクトリープロジェクトでの成果を早急に反映して、ゲノム情報を利用した、ものづくり産業を我が国で確立する必要性がある。

〇微生物ゲノムとその発現・生産能力など、膨大な情報量を管理し、かつ、エネルギー問題から高齢化の解決など、広域な重要領域にわたる技術開発のためには、一企業・研究機関でなく、国がプロジェクトの元で、総括して、総合的に研究開発を推進する必要がある。

〇経済産業省が、開発した、日本独自のゲノム利用開発法を提案している点の他、ターゲットが、主に、広範な工業製品・エネルギーなどであることから、他の省庁における事業との重複は見受けられない。

〇ライフサイエンス研究の究極の目的はヒトの理解とそれによる健康の増進や生活環境の改善、地球規模での環境整備などヒトの存続そのものにかかわるものである。近年のバイオテクノロジーの進歩はその点で極めて大きく発展をしており次の段階に進むべき時期に来ている。

〇そもそも遺伝子組み換え技術は工学的な技術とともにヒトが他の生物と異なって

今後の地球の主人として発展してくための基盤であり、いわゆる自然の進化とは異なったタイムスケールで積極的に活用して行く必要があるものである。

〇微生物は地球上でなくてはならない生物学的なシステムをなしておりその役割は地球環境の維持、エネルギー物質代謝の維持、生物の共生体としての役割など多岐に及ぶ。ここに切り込む技術を開発することは長い目で見て必須であり、現在スタートするだけの基盤技術も確立している。

〇ヒトに有用微生物を共生させて環境に対応させるとか、病気を克服するということがすぐに実用化されるべきことである。そのためには微生物を「デザイン」して「創造」する技術の開発とそれを可能にする社会基盤の構築が急務であり、ここに先んじて手をつけることは日本のライフサイエンスを今後世界のトップレベルで継続するための優れたストラテジーとなるであろう。

〇環境エネルギー部分においては、工学的技術開発との融合が必須であり、天然には存在しない有用微生物の創生は必須の技術となっていくことは間違いない。

【問題点・改善すべき点】

〇その効率的生産に必要な遺伝子セットはターゲットにより異なっており、個別に対応する必要がある。

〇すでに完全合成遺伝子による微生物の創生はなされているが、だからと言って全てを合成して作るということにこだわると、「できることしかできない」ことからの脱却が遅れる。目的は有用微生物の創生であり、現在現存の微生物をホストにすることや、他の有用微生物の遺伝子資源の活用（特に極限微生物、共生細菌、光合成細菌など）を視野に入れないと非常に限られた成果しか見込めないことになるので注意が必要である。

〇この分野は、ヒトの演繹的な理解を進めるこれからのライフサイエンス研究と呼応して進むものであり、全体を見据えた１０年単位での戦略的な（もちろん省庁連合的な）進め方が必須である。いままでそれがあまりに欠如していたがために欧米やアジアに後れをとってきている。これは最後のチャンスであろう。もちろん、実用化への社会的な基盤整備、法整備、教育が必要なことは言うまでもない。この点、日本は非常に動きが遅く後手に回るので注意が必要である。

〇完全合成で作られたバクテリアは数百遺伝子しか持たぬ限定的な生命体であり、有用微生物創生とのギャップは非常に大きい。この克服には優れたバイオインフォマティクス・シミュレーションサイエンスの発展が必要であり実際の投資の多くはこの部分へおこなうということを想定しないと完全に間違えたことになろう。

第3章　評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対象方針は、以下のとおり。

（コメント①） バイオやライフサイエンスに投じてきた資金がなかなか産業に結びついていない現状で、産業化に向けた経済産業省の役割は非常に大きい。 （コメント②） 人工遺伝子を使った微生物に何をさせるか、技術シーズ（工業微生物）をどの様に産業化や市場性に結びつけていくかといった視点を持って進めていくことが必要であり、その仕組みを組み込んだ計画とすべきである。物質生産を目指す場合既存の方式とのコスト競争力がポイントとなるが、汚泥等の処理に目的がある場合では処理コストが眼目であり副製品に割り付ける生産コストは第一義的には重要ではない。
（対処方針①） 大学、公的研究機関、民間団体等、産学官が連携した体制で実施する。 （対処方針②） 生産コストおよび市場性から産業化が可能と判断される物質を選択した計画とする。

革新的バイオマテリアル実現のための人工遺伝子合成技術開発

製造産業局　生物化学産業課
03-3501-8625

事業の内容

事業の概要・目的

○組換え微生物等バイオ技術による物質生産は、従来化学合成できなかった材料を高効率に生産できる技術として期待されています。

○しかし、生物内の遺伝子の働きが複雑なため想定外の抑制反応を起こすことがある、組換えが手作業で手間と時間が必要、等の課題があり、実用化が十分図られているとは言えない状況にあります。

○このため、本事業では、微生物内の遺伝子の反応全体をシミュレートする技術とともに、人工的に遺伝子を合成し自動的に細胞に組入れる装置技術の開発を行います。

○また、これらを用い、水と太陽エネルギーから水素を生産する微生物や、これまで存在しない新材料・医薬品を生産する微生物等を実現し、我が国が抱えるエネルギー問題や高齢化の解決に貢献する技術の実現を目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

国 → 交付金 → NEDO → 委託 → 民間団体等

事業イメージ

人工遺伝子合成技術

これまでの遺伝子組換え技術

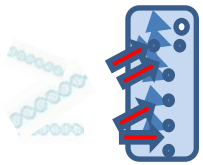
- 生物の予期せぬ抑制反応により生産性低下
- 既存の遺伝子を取り出し、組み換えている
- 手作業で組み換え、試行錯誤している

将来の遺伝子組換え技術

- 計算により組換え生物の設計図を確定
- 設計図に合わせて必要遺伝子を合成
- 自動的に複数遺伝子の組換え生物を作成

シミュレーションによる生物設計図の作成

DNA合成し、自動的に組入れる装置の開発



複数の遺伝子を組換えた生物の作成

創製した工業用生物を用いて、他の方法では合成困難な複雑な化合物の生産、超高効率な物質合成を実現

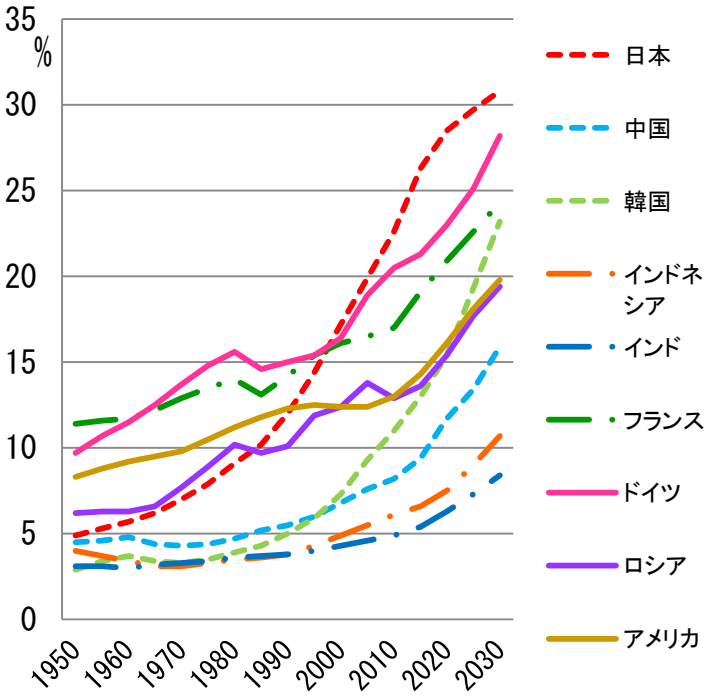
複雑な高分子化合物の合成	革新的基盤素材の合成	低コスト・クリーンエネルギーの生産
副作用のない抗ガン剤のような新薬開発	強度と伸縮性をあわせもつ高機能繊維の開発	水から水素を低コスト・直接・無限生産

～補足説明用資料～

平　成　２　３　年　７　月
製　　造　　産　　業　　局
生　物　化　学　産　業　課

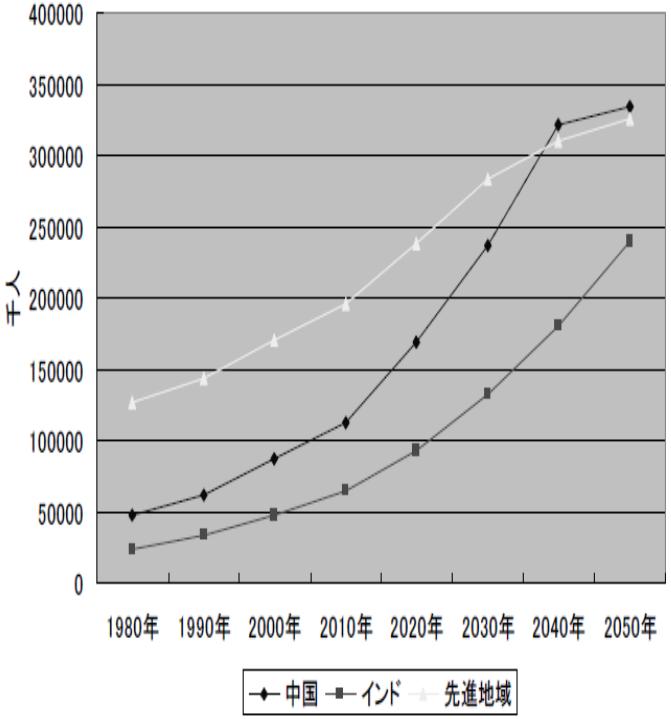
成長産業としての医療関連産業とわが国の現状

各国の高齢化率
（総人口に占める65歳以上人口の推移）



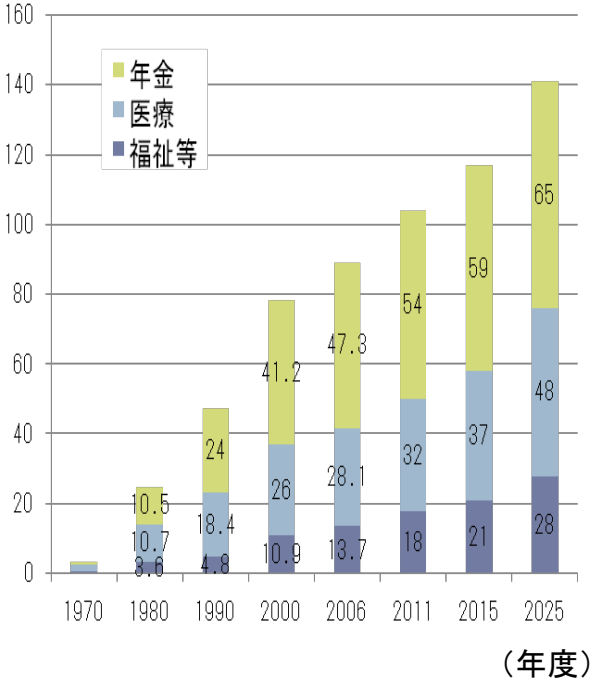
（出典）Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2008 Revision,

中国・インド・先進地域の高齢者人口予測



（出典）http://esa.un.org　中位推計、2008-11-27

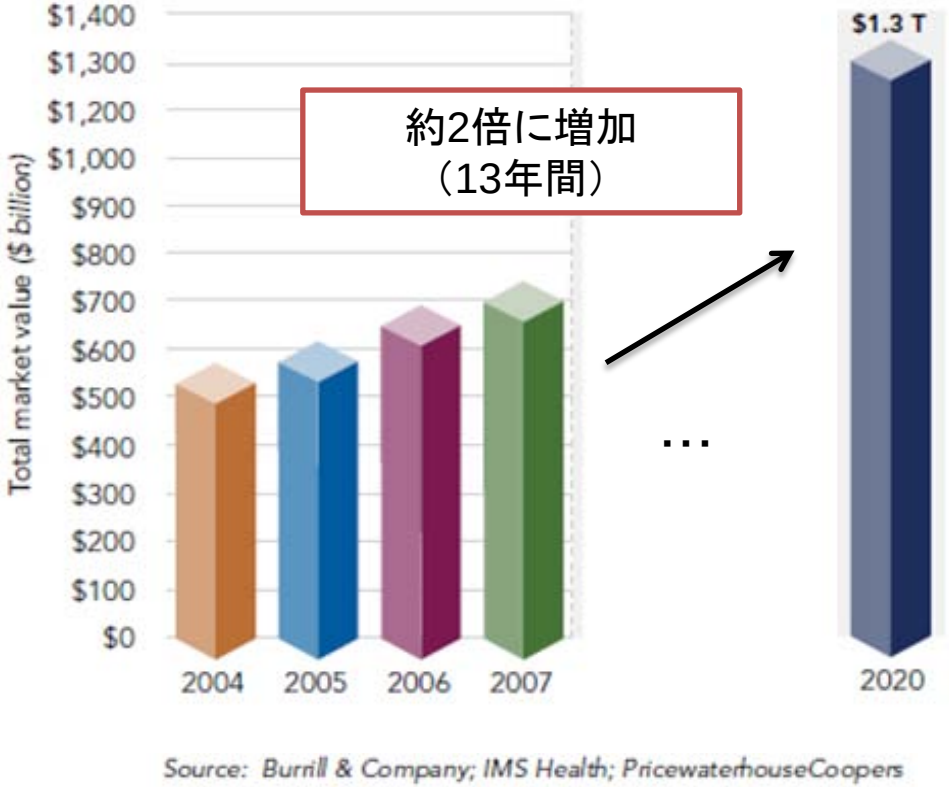
社会保障給付費の推移と予測



（出典）2006年度までは国立社会保障・人口問題研究所「平成18年度社会保障給付費」、2011年度以降は「社会保障の給付と負担の見通し（厚生労働省　平成18年5月推計）」

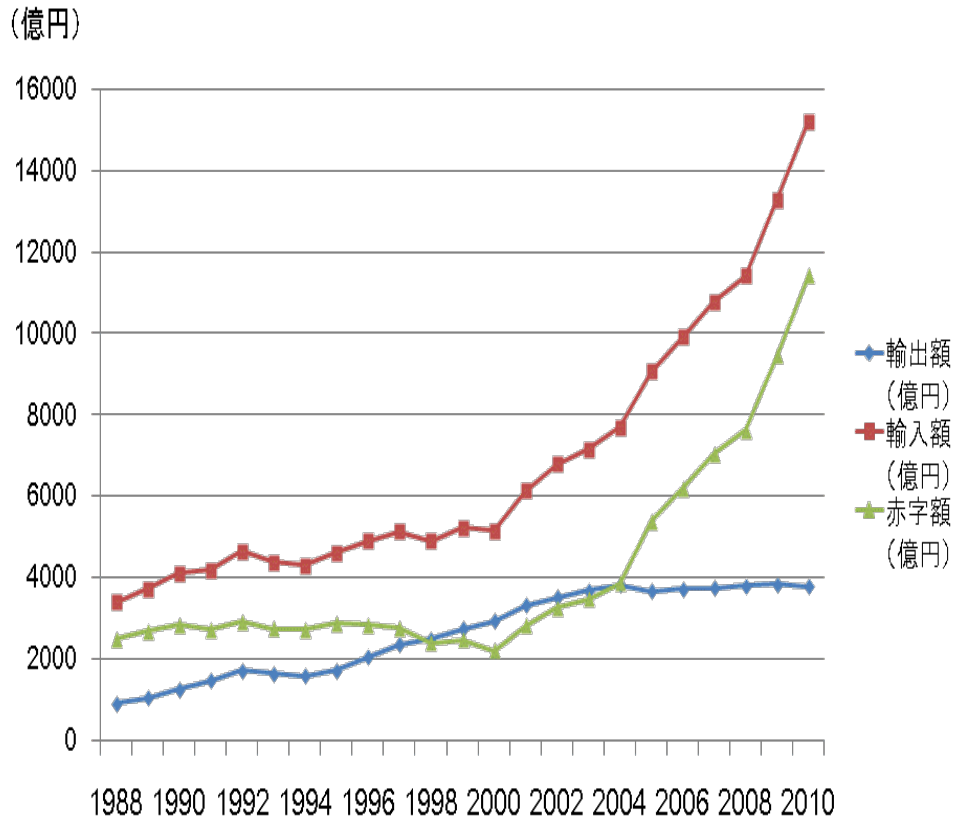
医薬品の実態

＜医薬品の世界市場の将来予測＞



Source: Burrill & Company; IMS Health; PricewaterhouseCoopers

＜医薬品の輸出入額の推移＞



2010年度は1兆1500億円の輸入超過

革新的な医薬品、医療機器等を創出するための我が国の強み

○我が国には、これまで自動車産業や家電・IT産業と一体的に成長してきた部品・材料産業や、ものづくり基盤技術を担う中小企業群が存在。
○また、我が国には、伝統的な発酵・微生物培養技術に強みがあり、またiPS細胞など最先端のバイオテクノロジーでも技術競争力を有している。
○これらの技術力を活かし、上手く組み合わせることで、日本発の革新的な医薬品、医療・福祉機器等を創出する大きなポテンシャルを有している。

日本経済を支える基幹産業

自動車
生産規模：46兆円

家電・IT機器
生産規模：64兆円

部品　鉄鋼　電子部品　半導体

センサ　ソフト

計測機器　素材　製造装置

電子顕微鏡
世界シェアNo.1

部品、材料など
幅広い関連産業群

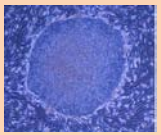
産業用ロボット
世界シェアNo.1

切削　プレス　鍛造　鋳造　金型　メッキ

ものづくり基盤技術を担う中小企業群

発酵・バイオ関連産業

発酵



iPS細胞
など細胞
技術

遺伝子
組換え
技術

これらの技術的強みを上手く組み合わせることで、日本発のライフイノベーションを推進

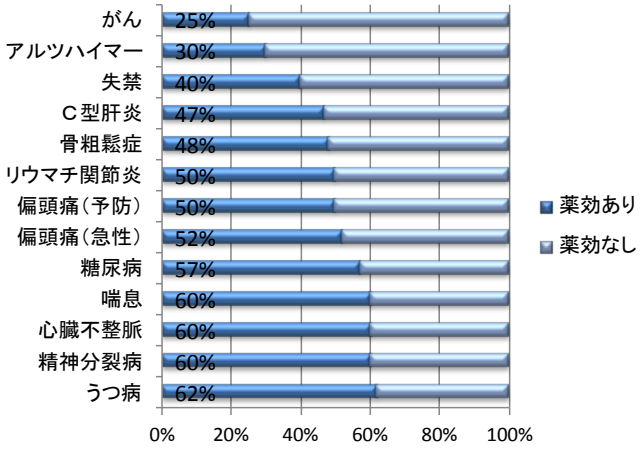
①個別化医療の推進

○　現在の抗がん剤は、がん患者の25%にしか効果なしといわれており、医薬品の効用・副作用には個人差が大きい。
○　患者個々人に合った薬を選び、投薬を行う「個別化医療」を実現するためには、がん組織等の組織サンプルや遺伝子解析データ、診療情報等をデータベース化し、それをもとに、個々の患者に対する医薬品の薬効や副作用を投与前に予測する診断技術や個人差を反映した新しい治療薬の開発が必要。

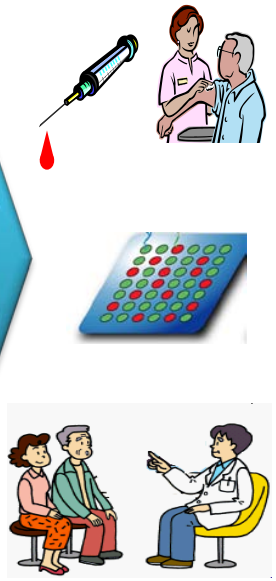
画一的な投薬による奏功率の低迷

患者個々人に合った投薬を行う
「個別化医療」の実現

医薬品が効果を示す割合



個別化医療のイメージ



期待されるアウトプット

①医療の効率化

効果のない不要な投薬を回避し、薬剤費を抑制

②副作用の軽減

患者個々人の疾患タイプを詳細に判別し、**副作用の少ない治療薬の選択・投薬を行うことができ、患者のQOLが向上**

③医薬品開発の効率性向上

詳細な疾患タイプを判定できる診断技術により、**医薬品候補の有効性・安全性が高い患者群を絞り込むことができ、医薬品開発の成功率が向上**

①個別化医療の推進 （復興への提言）

＜「復興への提言　～悲惨のなかの希望～」より抜粋＞

第3章 原子力災害からの復興に向けて
（7）復興に向けて

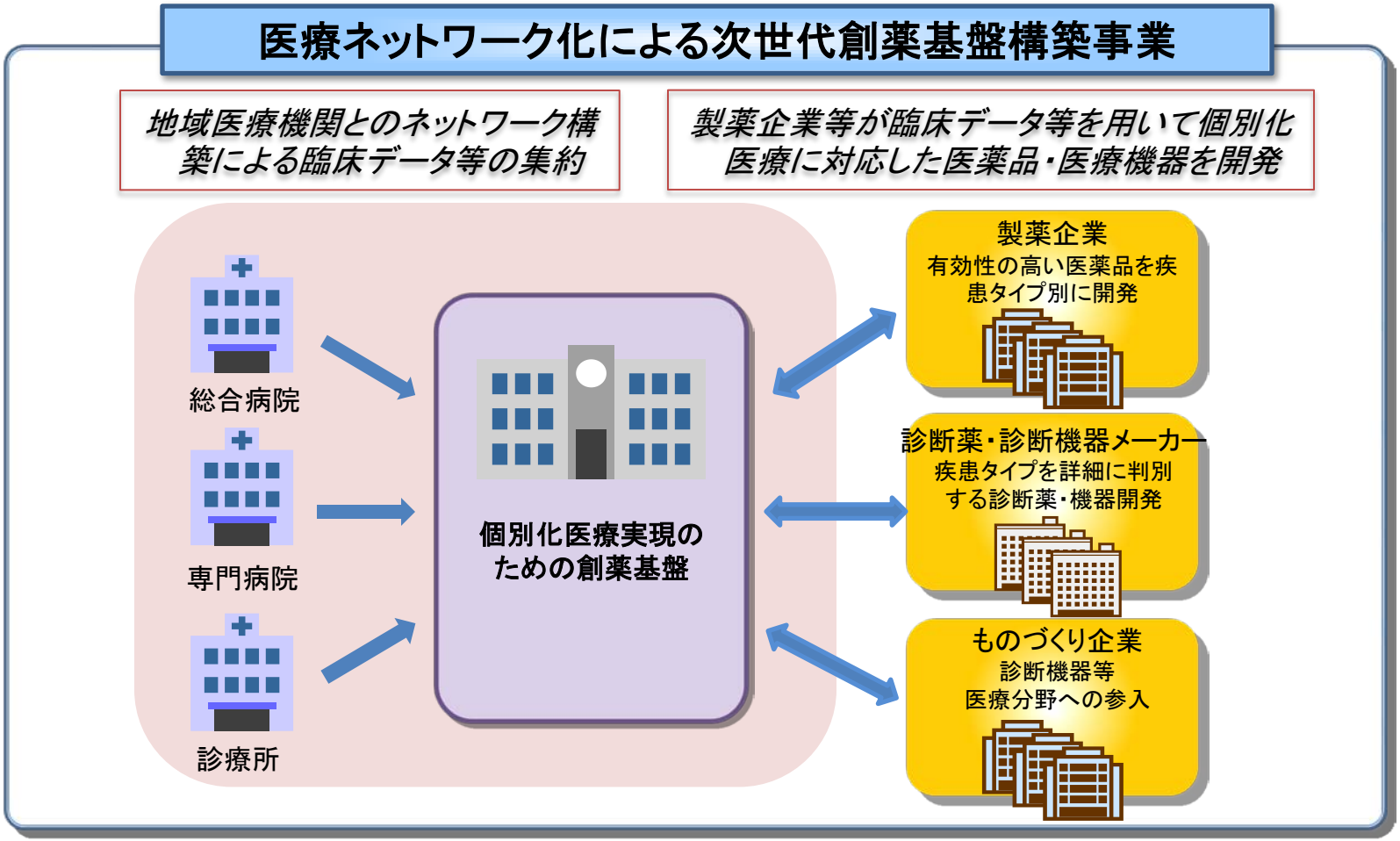
～福島県に医療産業を集積し、世界をリードする医薬品・医療機器・医療ロボットの研究開発、製造拠点とするため、「特区」手法を活用する。そのなかで、産学連携で最先端の医薬品・医療機器の研究開発を実施するとともに、先端的な医療機関を整備する。

（平成23年6月25日　東日本大震災復興構想会議提言）

①個別化医療の推進

○ 疾患をより細かく分類しそれぞれに合った医薬品等を開発する「個別化医療」の実現には、多くの患者の組織サンプルや診療情報を集約し、データベース化し、創薬や医療機器開発に活用できるような研究開発基盤が必要。このため、①関連情報を集約する拠点病院と多くの医療機関・診療所の連携構築、②拠点病院への総合的データベースと解析基盤の構築、③製薬企業、診断機器・診断薬メーカー等との共同研究機能の構築が必要。

○ また、あわせて、個別化医療に適した薬事審査や診療報酬、ゲノム倫理指針等のあり方も検討。



①個別化医療の推進（医産ネットワーク化による次世代創薬基盤構築事業）

インフォームド・
コンセントの取得

疾患組織

血液

尿

生体サンプルの採取

凍結処理（液体窒素）

・生体サンプルの採取

患者からインフォームド・コンセントを取得後、各医療機関で共通の手順により生体サンプルを採取し、凍結処理

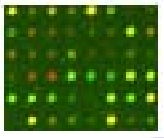
・生体サンプルの輸送（-20℃）
・診療情報の取得

・生体サンプルや診療情報を集約
・データベース化し、疾患タイプを細分化

・生体サンプルの集約

県内外の20の医療機関から患者3000人の生体サンプルや診療情報を福島医大に集約し、データベース化

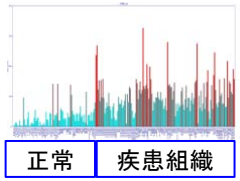
生体サンプルからの
遺伝子の取り出し



シーケンサーによる
遺伝子の解析

・生体サンプルの遺伝子解析

生体サンプルから遺伝子を取り出し、シーケンサーにより、遺伝子を解析



各種疾患に特異的な
遺伝子を抽出

診断技術（診断薬・診断機器）
や治療薬の開発

・診断技術や治療薬の開発

疾患タイプを判別する診断技術（診断薬・診断機器）や、疾患タイプに応じた治療薬を企業と共同開発

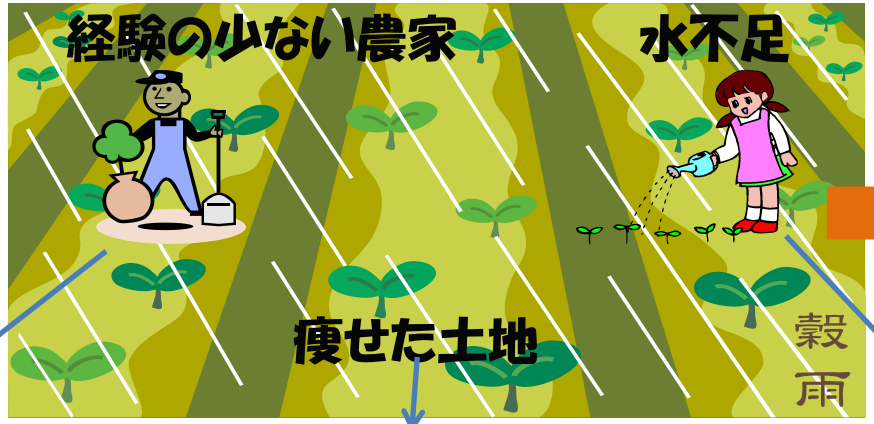
②バイオベンチャーの活性化

「具体事例から学ぶ　創薬系バイオベンチャー経営の要点」（2010年度調査研究事業）

○本調査では、2000年前後に立ち上がった我が国バイオベンチャー産業の約10年の貴重な経験を総括するため、バイオベンチャーの成功・失敗事例調査（計109名にヒアリング）を実施。

○リスクマネーの不足など環境面での課題とともに、経営戦略上での課題も明らかに。「知っていれば避けられる陥りがちなミス」や「上手く工夫できるポイント」といった課題を具体的な事例を用いて紹介。

田畑に植えられることのない種（シーズ）
→論文指向の研究者
→起業に関する大學の経験不足。



・少ない収穫
・売れずに倉庫で腐敗

収穫を待つ製薬企業

○経営戦略の欠如

・「研究」と「開発」の違いの認識不足。「論文データ」のみでの起業（再現性あるデータの不足）。
・知財戦略の甘さ。
・マーケティング思考の欠如。製薬企業が求める領域とズレ。
・プレゼン能力や、製薬企業との人的ネットワーク不足。製薬企業が評価するのに必要なデータへの理解が不足。

○チャレンジを阻害する風土、インキュベーション機能の弱さ

新薬開発に必要なノウハウが製薬企業に内製化。受託サービスや支援人材が国内で未発達。

①技術的ノウハウ
（創薬ノウハウ、治験・薬事審査、新薬の生産ノウハウ　等）
②ビジネスノウハウ
（事業戦略、契約・法律、知財・ライセンス戦略、国内・海外とのネットワーキング）

○リスクマネーの絶対的不足

・欧米と比べて、ベンチャーキャピタル（VC）の投資能力が小さい。

・結果として、少額で多数のVCが資金提供。増資や売却、IPOなど重要な経営判断の際に、VC間の調整に無駄な時間・手間がかかっている。

②バイオベンチャーの活性化

○ バイオベンチャーは大学等の研究成果を実用化に近い段階まで育てる役割を果たすが、概して言えば、資金調達の困難さ、規制対応の煩雑さに加えて、経営・知財戦略の欠如等から厳しい状況に置かれている企業が多い。
○ 起業数は、平成13年の77件から平成21年の2件へと大幅に減少。

ライフイノベーション地域創業チャレンジ支援事業

優れた技術シーズを有する大学等の研究者に対して、専門家チームによる事業計画、研究計画、知的財産戦略等の策定アドバイス、事業化の判断に必要な実験費用の支援をパッケージで実施し、新たな起業を促進。

大学等の優れた技術を持つ研究者

起業時の適切な知財戦略・事業戦略・目標設定が、成功には不可欠。
ベンチャー経験者等がチームを組み、各大学TLO等と連携しながら、一連の支援をパッケージ実施。

１．研究者の公募

優れた研究成果を有し、起業に関心のある大学等の研究者を公募。（論文のための研究は×）

２．事業化判断

事業化判断に必要となる再現性ある実験データ収集への支援や、新薬開発に係る技術的・制度的知見を提供。

３．事業計画等の策定

事業計画書・知財戦略等の策定にあたり、経営や知財等の専門家による指導を実施。

４．マッチング

産業革新機構等投資家や製薬企業とのマッチング等の機会を提供し、資金調達等を支援。

ベンチャー立ち上げ

○ビジネス・起業に対する関心と一定の理解を有する研究者・学生の育成

○優れたシーズを有するバイオベンチャーに対する、産業革新機構・民間企業等による資金的支援の拡充
○中小企業基盤機構等による、ハード・ソフト両面でのインキュベーション機能の充実。

生物の優位性

人工合成出来ない複雑な物質生産
タンパク質、ホルモン、デンプン、ヒアルロン酸等

省エネ・高効率な物質の大量生産
常温・常圧での物質生産

酵素

酵素は生物だけが作れる優れた触媒
様々な環境に適応するため膨大な種類の酵素を合成

生物は遺伝情報に基づいて酵素を合成

酵素合成を制御できれば生物のポテンシャルをものづくりに活用可能

遺伝子組換え技術
生命活動を制御し生物のポテンシャルを利用する技術

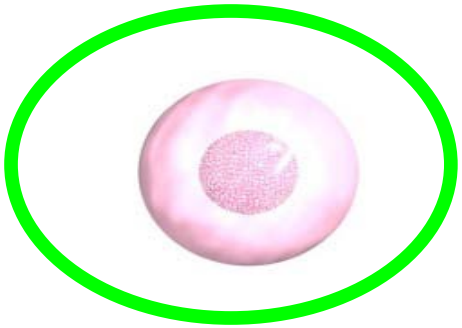
遺伝子組換え技術による物質生産

	人工合成できない物質の合成	省エネ・高効率な物質の大量生産
現状	○酵素（洗剤の蛋白・脂肪分解酵素） ○バイオ医薬・抗体医薬・ホルモン ○バイオセンサー（血液検査用試薬）	○アクリルアミド（全生産の約半分がバイオプロセス）
技術開発	***次世代の遺伝子組換え技術の開発***	
将来	**○医薬品原料の合成** （副作用のない抗ガン剤、特効薬のなかった病気の治療薬） **○高機能繊維材料の合成** （炭素繊維を超えた強度と伸縮性を持ち合わせた高機能繊維、染料なしでもカラフルで色あせない繊維） **○人工酵素の創出** （バイオマス分解酵素、炭化水素合成酵素等）	**○クリーンエネルギー生産** （太陽エネルギー等から水素や石油等の低コスト大量生産） **○化成品原料の省エネ・低コスト生産** （エチレン、乳酸、コハク酸など石油代替製品等）

バイオ産業の創出・振興

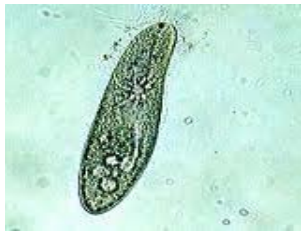
遺伝子組換え技術の概念図

大腸菌等
微生物

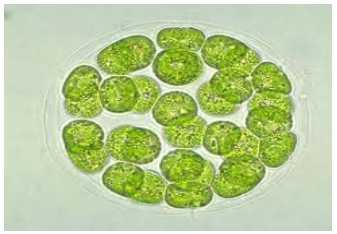


遺伝子導入

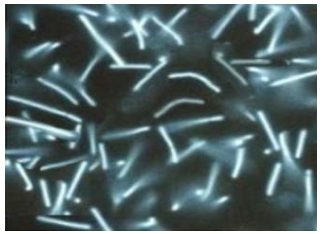
遺伝子情報



（ゾウリムシ）



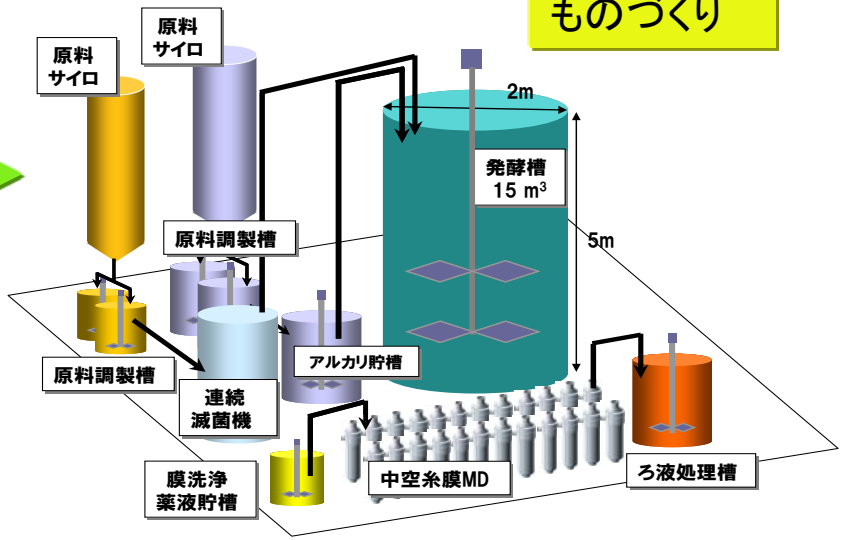
（葉緑体）



（好熱細菌）

新バイオ産業の創出

ものづくり



人工合成出来ない複雑な物質生産

省エネ・高効率な物質の大量生産

③人工遺伝子合成技術の概要

〇現在の遺伝子組換え技術は、成果が出るまで試行錯誤で行われ、かつ手作業であり、1研究者が作成できる組換え微生物は年10個程度が限界
〇本技術開発により、組換え微生物が合理的かつ高速で作成可能になり、年数百の組換え微生物作成が可能に。これにより、**バイオ研究の生産性が数十倍に向上**し、医薬品、バイオ材料、環境・エネルギーの各分野で技術革新が実現

これまでの遺伝子組換え技術

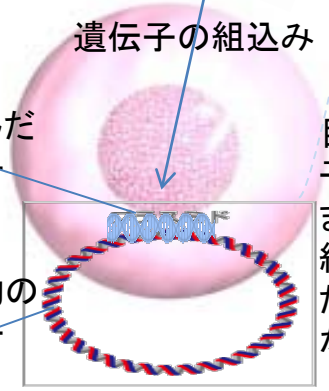
ホルモン、抗生物質など有用物質生産に関わる遺伝子を**他の生物から手作業で取り出す**

遺伝子取り出し

遺伝子
(1000塩基程度の短いもの)

手作業で、微生物に組込み

遺伝子の組込み



組込んだ遺伝子

微生物の遺伝子

目的物質を生産する遺伝子組換え微生物ができるまで遺伝子の取り出し・組込みを**試行錯誤**。また、複雑な化合物の合成が困難

新しい人工遺伝子合成技術

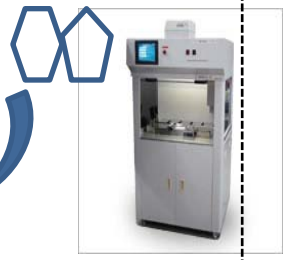
①様々な生物のデータを計算機に取り込みシミュレーションし、**微生物の全遺伝子設計図**を作成

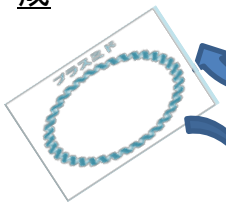
②設計図どおりに**化学物質から全遺伝子(DNA)を自動合成**

③化学合成した全遺伝子を**汎用工業用微生物に自動で組み入れ**

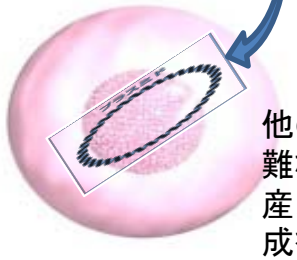
DNAの原料はA·T·G·Cの各塩基

化学物質から約300万塩基対の長いDNAを合成





遺伝子組込み基盤となる工業用微生物(NEDO開発済)に化学合成した遺伝子を組み入れる



他の方法では合成困難な複雑な化合物の生産、超高効率な物質合成を実現