

2022年8月6日
神戸市立青少年科学館

科学技術の最前線と科学者を目指す人へ

和田 智明
神戸市立青少年科学館館長
前東京理科大学教授
2022年瑞宝中綬章

目次

- 2021年の重要な科学成果
- 分子生物学の急速な進展
- 地球温暖化の加速的な進展
- AIの社会での活用
- 宇宙科学と宇宙技術の進展
- 科学者を目指す人に

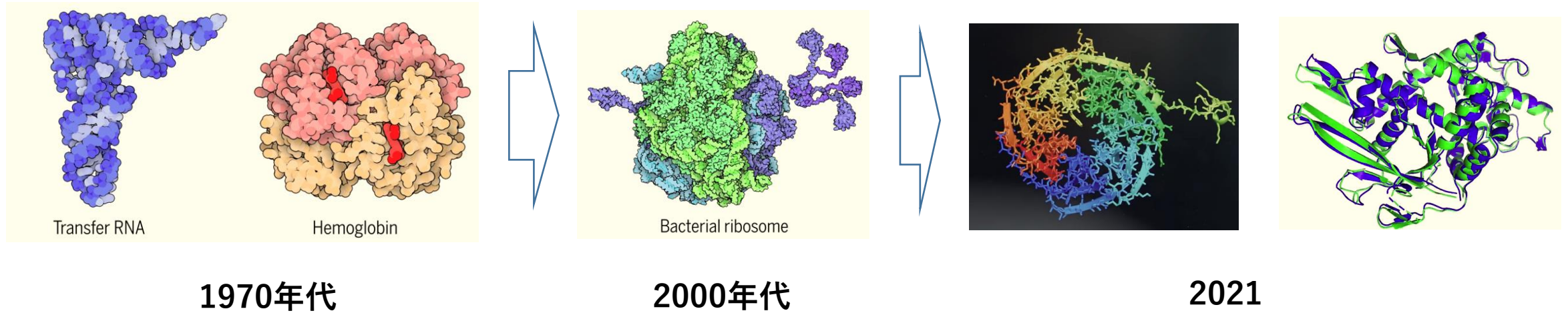
私と科学とのかかわり

- 1951年神戸で生まれる。小学校・中学校・高校を神戸で過ごす。
- 算数・数学は大好き少年。
- 中学・高校時代は週に1冊本(小説が多かった)を読んだ。
- 大学(東京大学工学部精密機械工学科)の時に、金原寿郎の「基礎物理学」の教科書を読んで物理学が好きになる。
- 科学者を志すよりも、科学者が十分な成果を出せる社会を作ろうと科学技術庁に入った。
- 1986年から1990年までIAEA(国際原子力機関)に勤務 → 国際共通語としての英語の重要性を理解した。
- 2008年から2010年 文部科学省科学技術政策研究所所長
- 2010年から2014年 東京理科大学特命教授
- 2014年4月から 神戸市立青少年科学館館長
- 2022年春 瑞宝中綬章(旧勲三等)受勲

2021年の 3つの重要な科学成果

1. AIによるたんぱく構造解析
2. JAMES WEBB 宇宙望遠鏡
3. 大気海洋結合モデルによる新たな地球温暖化予測
(IPCC第6次報告書)

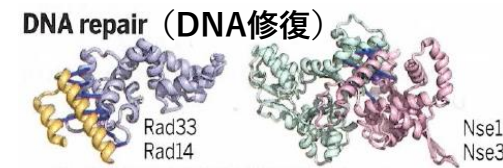
AIによるタンパク構造の解明 (2021年Breakthrough of the Year)



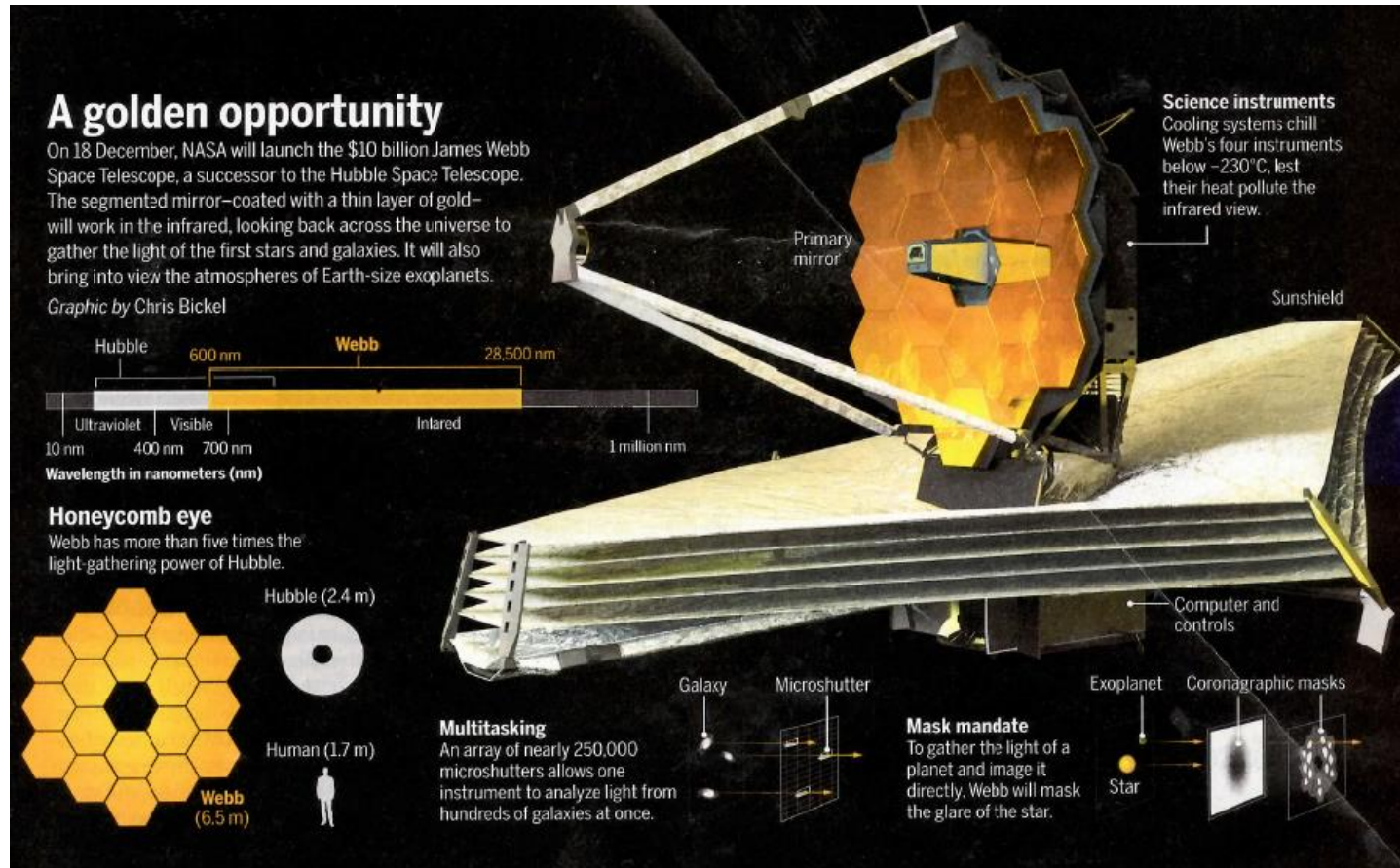
- ・ DeepMind社のAlphaFold2が92.4%の正確性で人体内の35万種類のたんぱく質（すべてのヒトたんぱく質の44%）の構造を予測



- DNA損傷や遺伝子発現など人体内のたんぱく質に関する反応の解明
- 新たな薬品の開発
- オミクロン株のスパイクたんぱく質に対する抗体の解明



James Webb望遠鏡 (2021年12月打ち上げ)



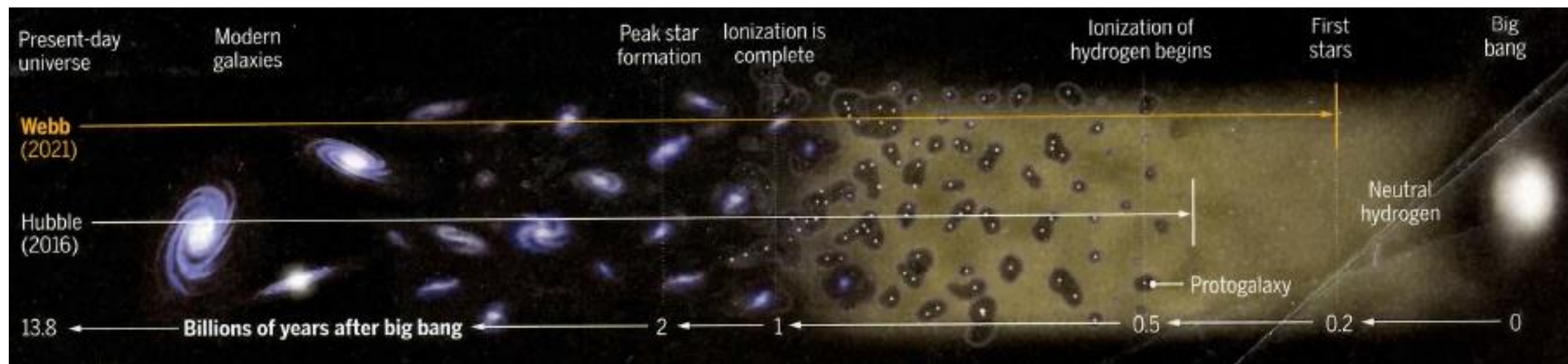
100の銀河を同時観測できる。

総額：100億ドル

1. 赤外線を観測でき、宇宙誕生初期の星や銀河を観測できる。
2. 地球サイズの太陽系外惑星の大気を観測できる。→ 地球外生命の探索

James Webb 望遠鏡による原子宇宙の探索

現在 銀河の形成 星の形成 イオン化終了 水素イオン化 最初の星



138億年

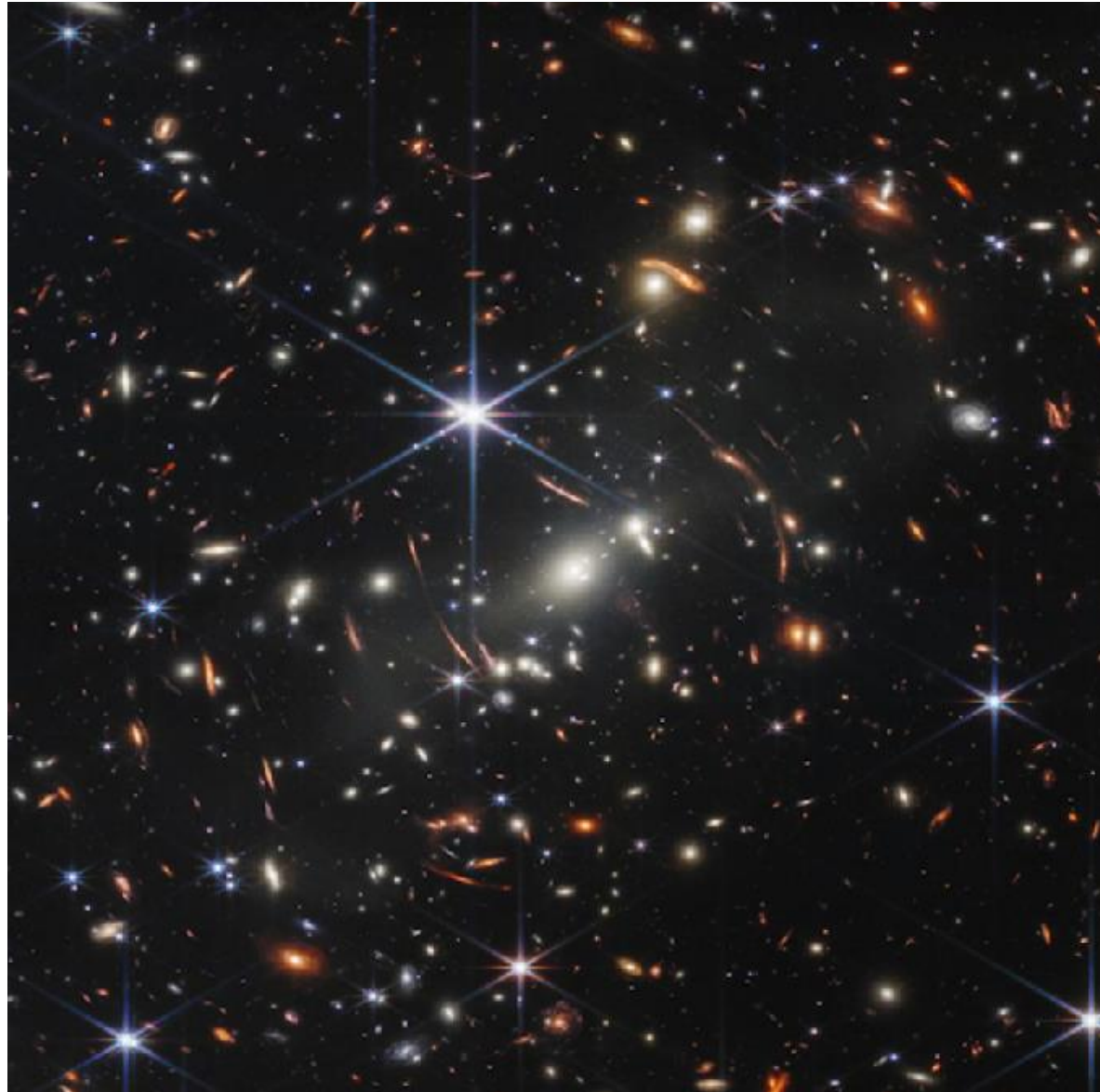
10億年

5億年

ビッグバン

- ・ 地上望遠鏡では60-70億年前までしか探索できない。

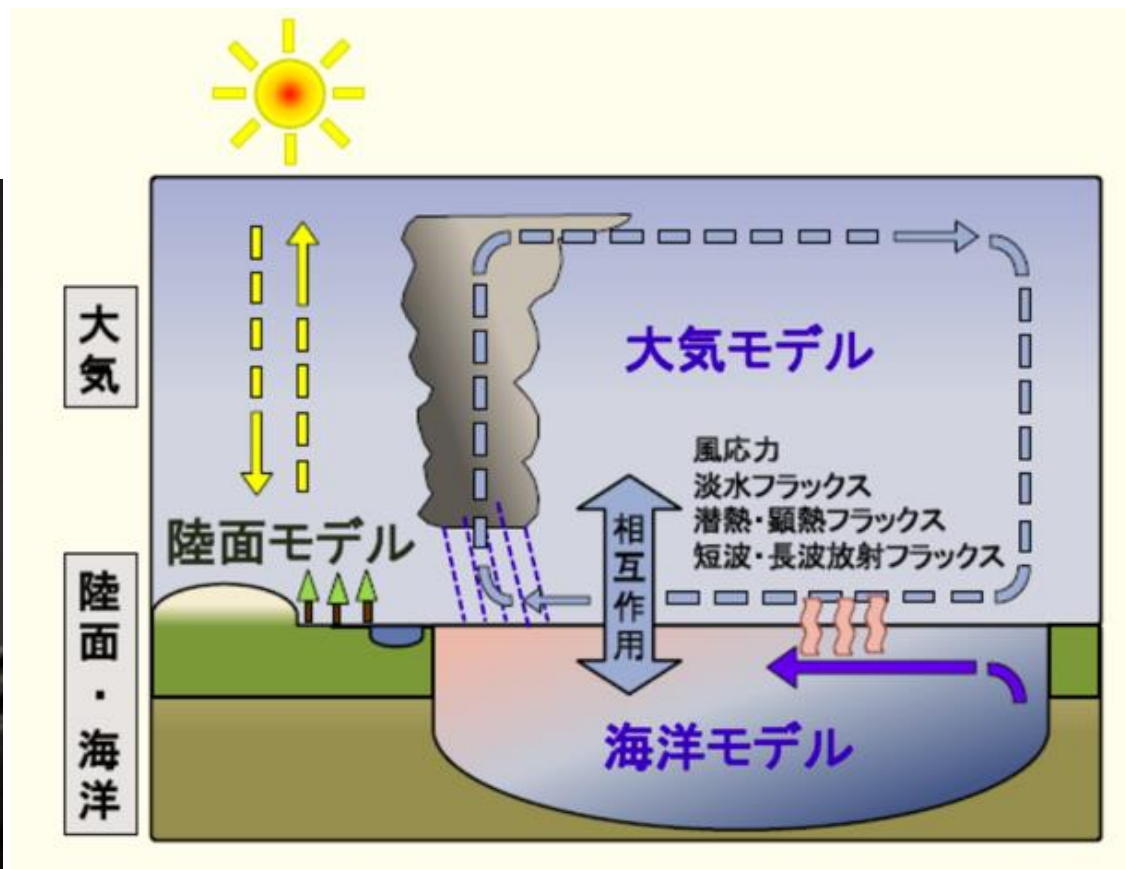
James Webb望遠鏡から送られてきた最初の映像(2022年7月12日)
-ビッグバン後約3億年の宇宙の姿が見える-



2021年ノーベル物理学賞

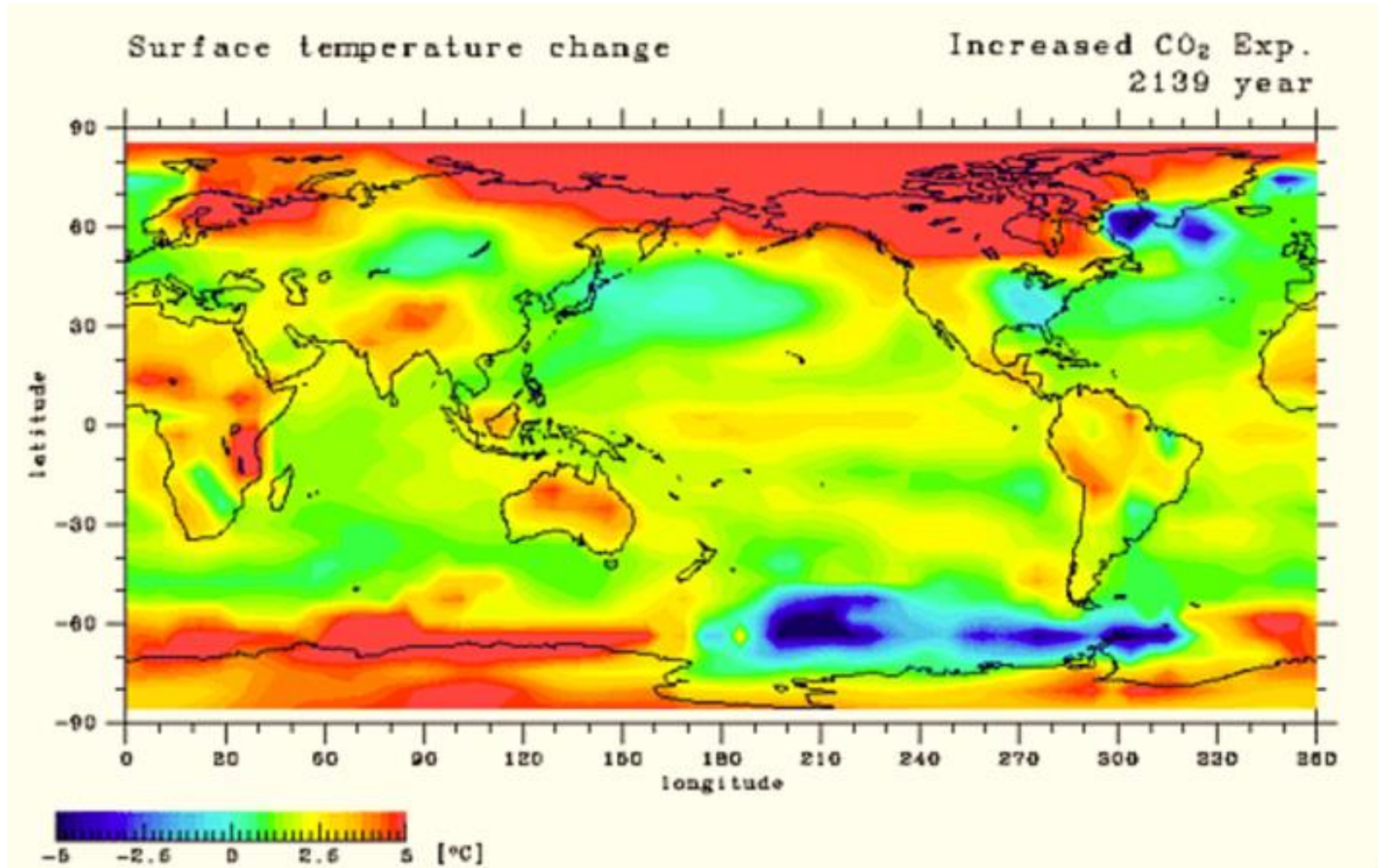


真鍋叔郎博士



真鍋博士が開発した大気海洋結合モデル

大気海洋結合モデルによる気温・海面温度上昇予測(2139年)



A I やスパコンによる科学研究の加速

●バイオテクノロジー

●宇宙物理学

●気候変動研究



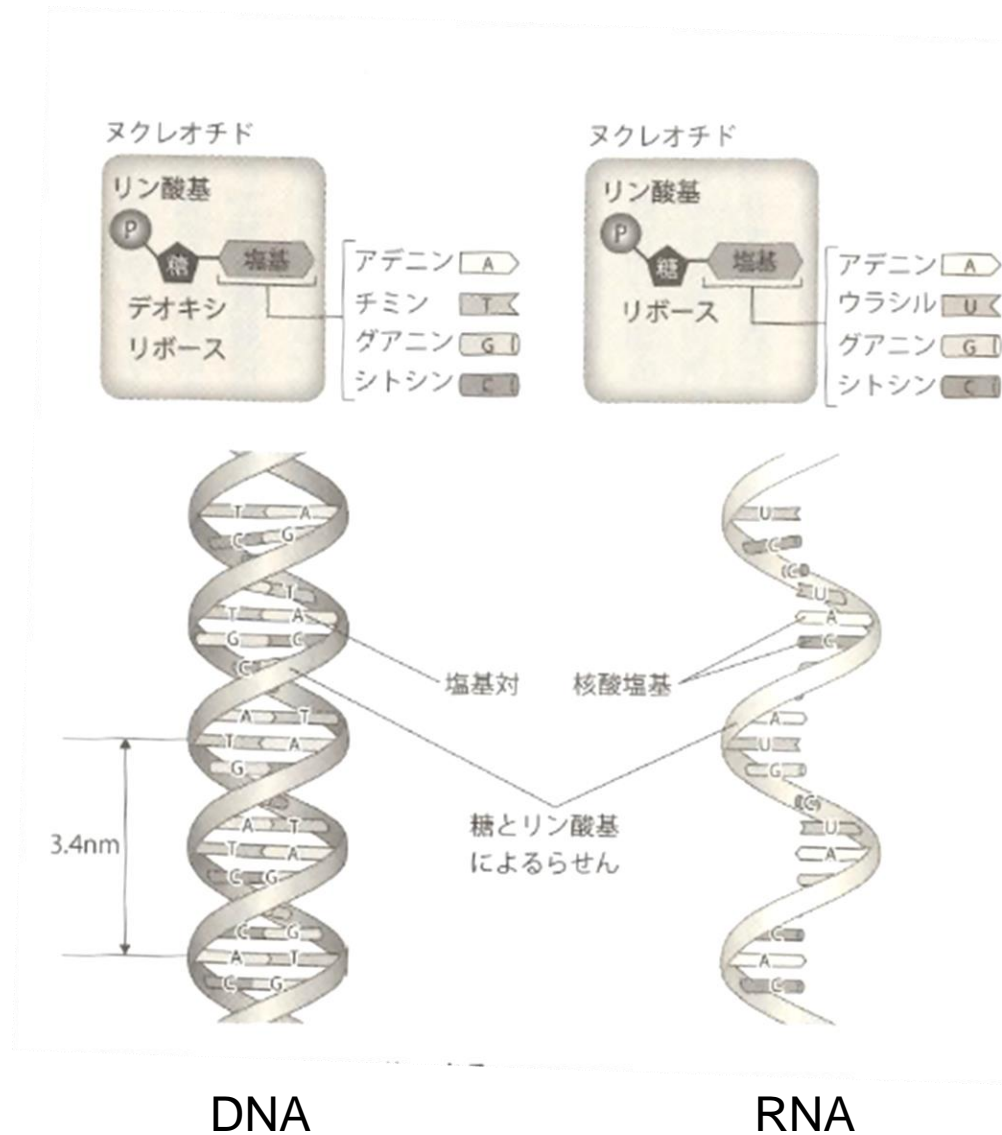
- A I の利用
- スパコンの活用



研究の
飛躍的加速

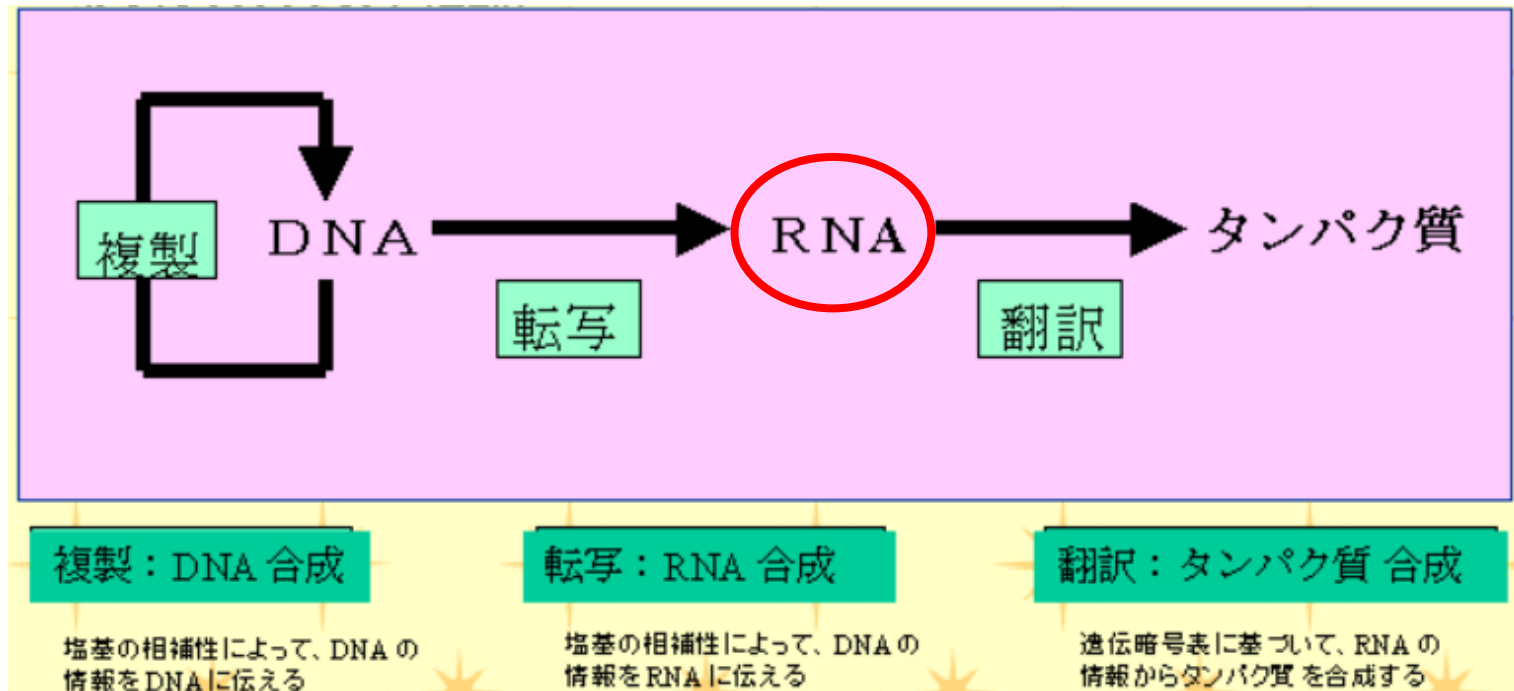
- 分子生物学の急速な進展
 - ・ 新型コロナウイルス対策研究

DNAとRNA

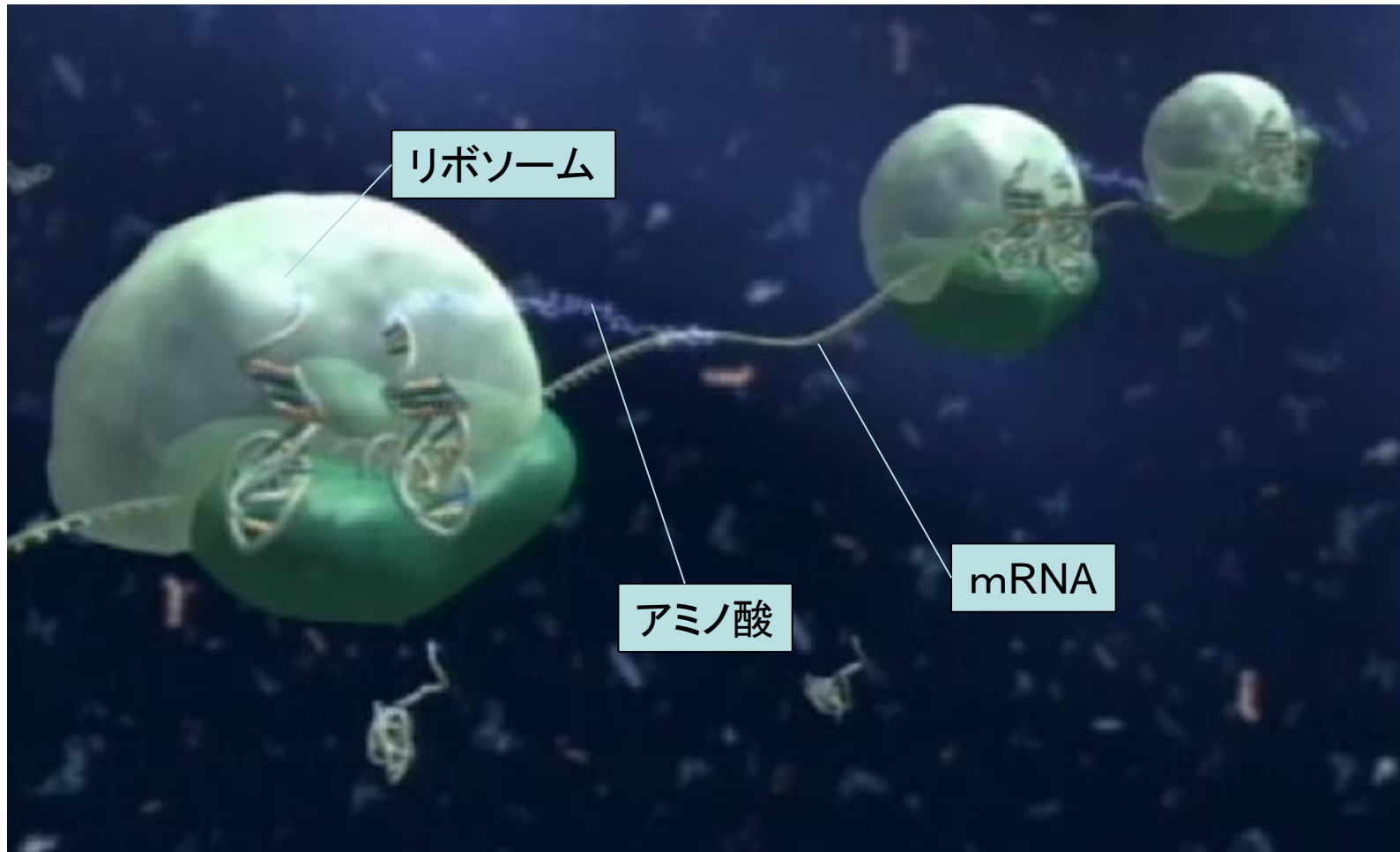


生物のセントラルドグマ

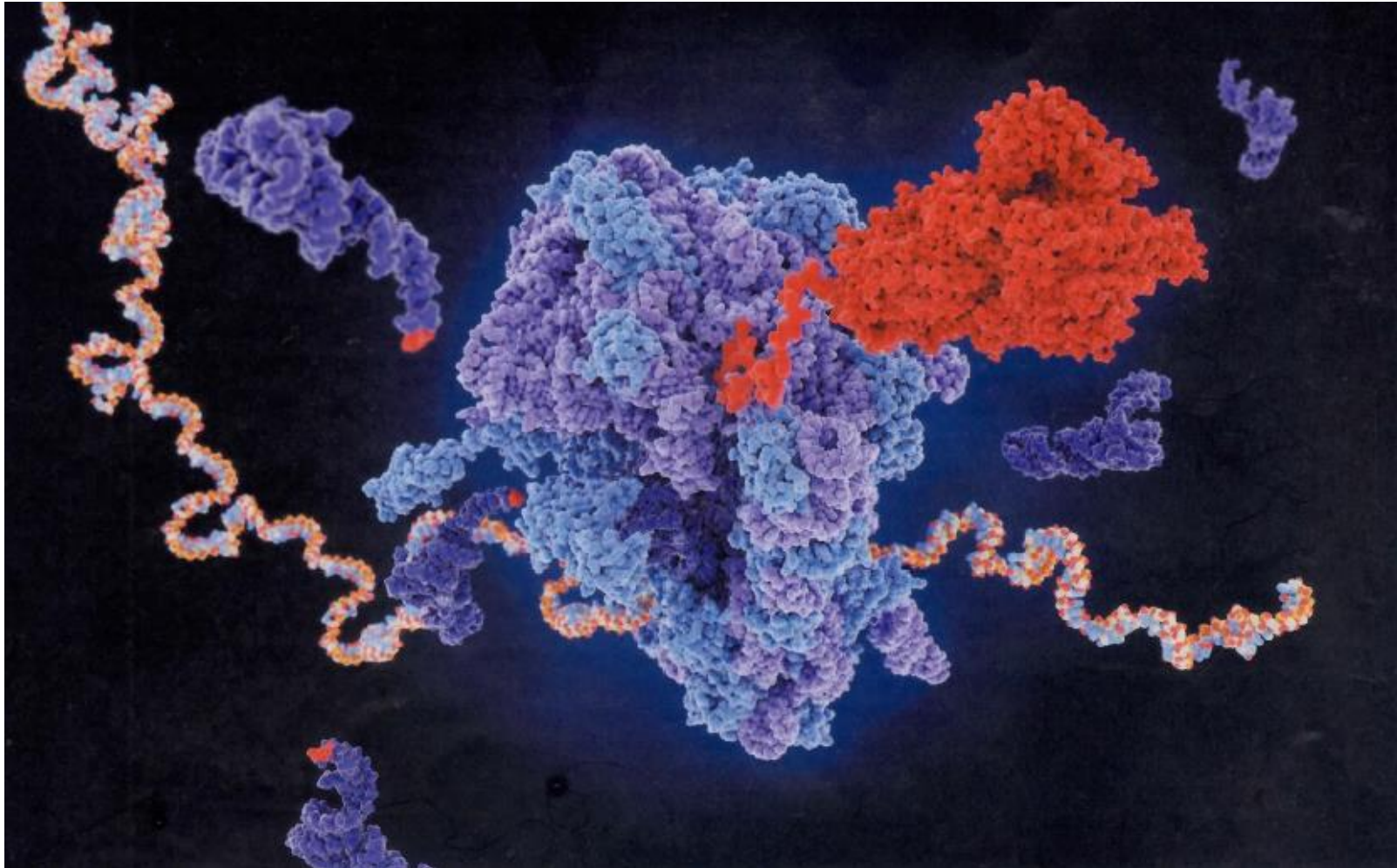
- 遺伝情報は「DNA⇒mRNA⇒たんぱく質」の順に伝達される。
- DNAという設計図からRNAという再生リストが構成され、そこからアミノ酸を経てたんぱく質という三次元巨大分子が作りだされるプロセス。



RNAからタンパク質が作られる

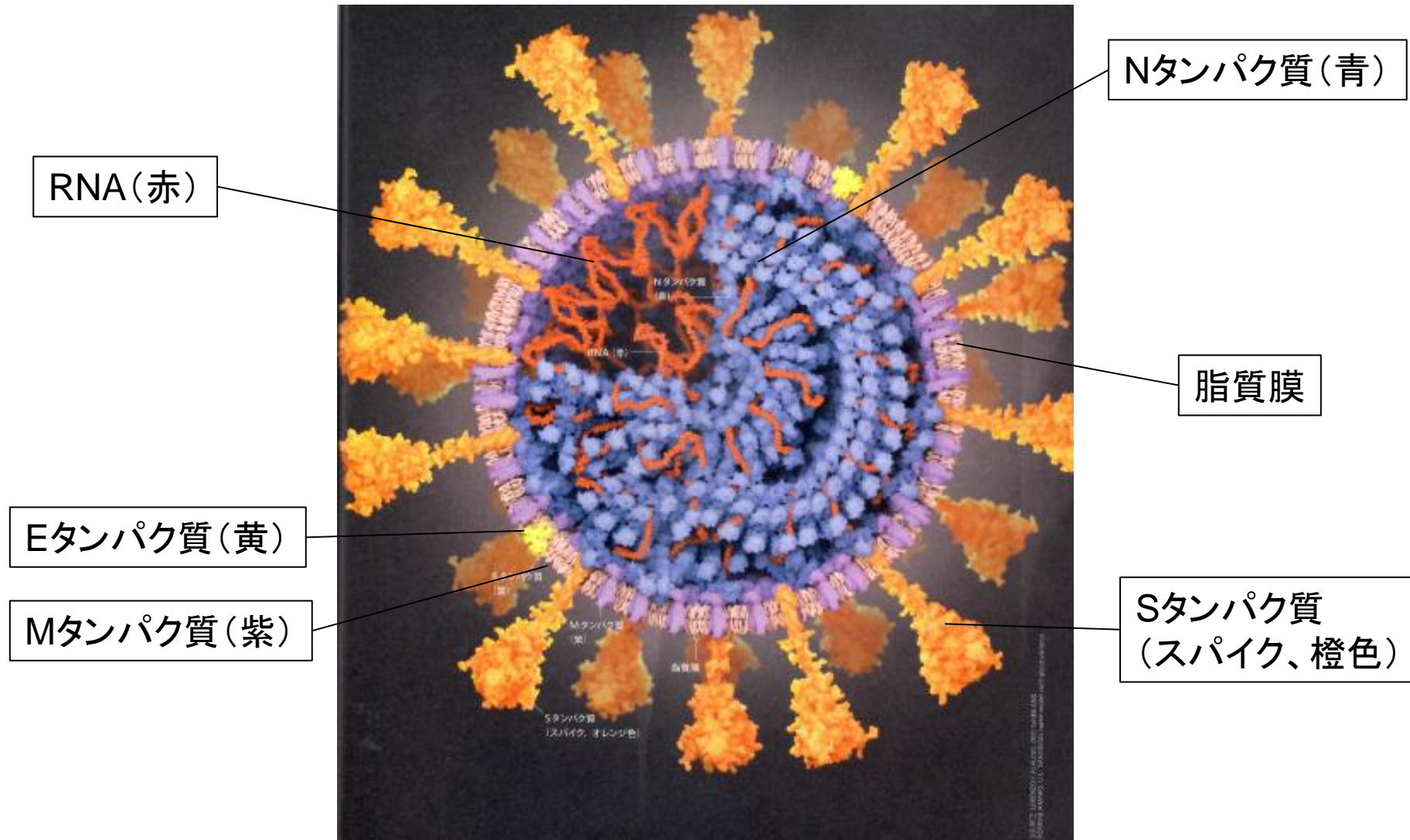


mRNAワクチンが体内で
スパイクたんぱく質を生成する。



(MODERNA)

新型コロナウイルスの構造(直径100nm)



新型コロナウイルスによる疾病対策に関する 科学の進歩(2020年1月ー12月)

- ウィルスの全遺伝子配列の解明 (1月)
- ウィルスの重要たんぱく質の構造解明 (2-4月)
- ウィルスに対抗する人間の免疫反応の主要プロセスの解明 (4月～)
- 治療・予防に役立つ抗体の同定 (6月～)
- 実用化が有望なワクチン(2ー3種)の開発 (12月)
- その他PCR検査の迅速化、簡素化

カタリン・カリコ博士 (mRNAワクチンの開発)



・2005年

mRNAは細胞に到達してもRNAを検出するセンサーによってすぐに分解されてしまうが、mRNAを構成する塩基の1つであるウラシルを人工的な塩基に置き換えることにより、分解されなくなった。

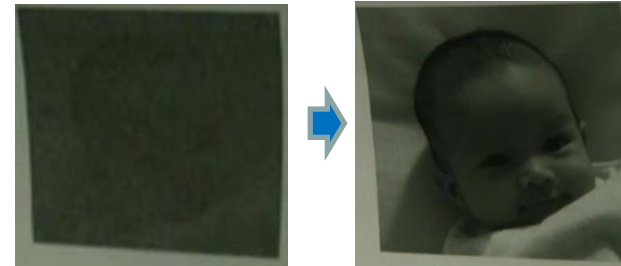
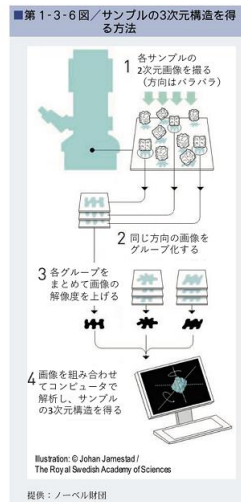
・2011年

投与する前のmRNAに混ざっていた二重鎖RNAを取り除くと細胞内で作られるたんぱく質の量が増える。

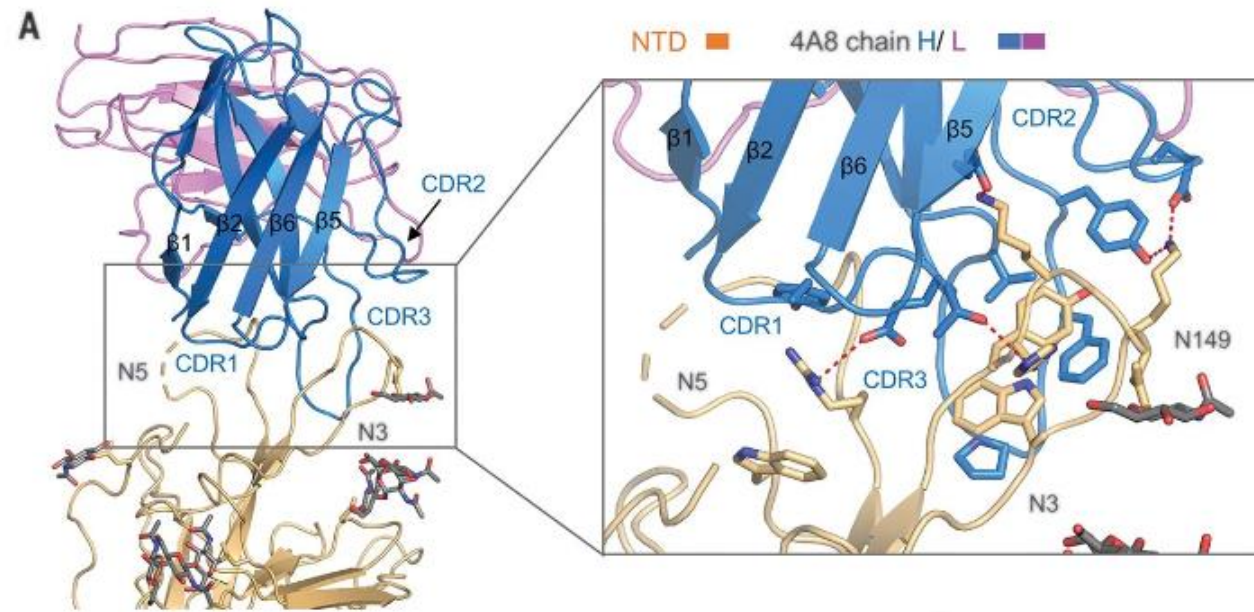
・RNAワクチンは将来「がん発生防止ワクチン(汎用)」として活用する研究が進められている。

低温(クライオ)電子顕微鏡法 (2017年ノーベル化学賞)

- 生物試料を染色せず、凍結することで固定し水分を蒸発させずに、試料を透過型電子顕微鏡で観察する。
- 観察で得られる数千～数万枚の画像データを画像処理アルゴリズムにかけ、画像の相関を解析し、生体内の分子構造の情報が得られる。



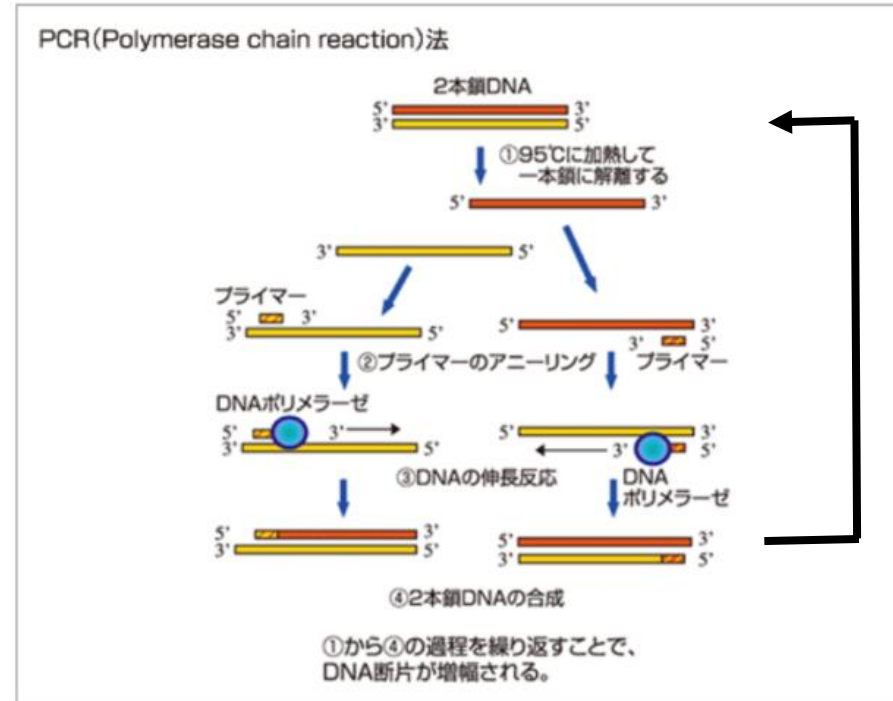
コロナウィルスのスパイクたんぱく質に抗体が結合する仕組み(低温電子顕微鏡法)



NTD(ウィルスのスパイクプロテインの一領域)が4A8(抗体)と結合している。

PCR (1993年ノーベル化学賞) (DNAポリメラーゼ連鎖反応増幅法)

- 1985年、ケリー・マリス(米)によって鋳型となるDNAと必要な試薬を混ぜて装置にかけるだけで、文書をコピー機で複写するように、ある特定のDNA領域を短時間に増やす(増幅する)ことができる手法が発表された。
- PCR法の開発による功績でマリスは1993年にノーベル賞を受賞。
- PCR法は、今では感染症の検査や農水産物などの品種識別をはじめとして、犯罪捜査における犯人の特定(DNA鑑定)にも使われている。



- 地球温暖化の加速的な進展
 - ・ 気候変動研究と対策技術

グリーンランド・ヘルハイム氷河

2002年以降7 km後退し、薄くなりつつある。
融解水の池が現われ、バスタブリングがくっきりと見える。

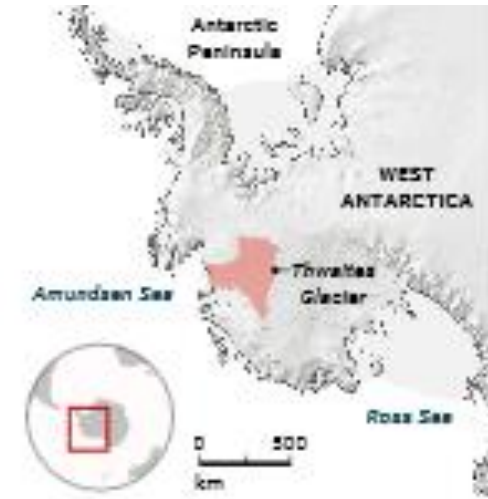


Bathtub Ring

グリーンランドの氷 -白からグレーに-
(永久凍土が露出しメタン等が大気に放出される)



南極Thwaites氷河の融解 (衛星からの観測)



45kmの氷床が割れ始めている
→ 65cmの海面上昇が起こる

永久凍土の融解により建物の土台が崩壊 (ロシア・ヤクーツク)



海面上昇により放置されたモスク
(インドネシア・ジャカルタ)



シベリアで発生した大規模な森林火災（2020年）



In 2020, wildfires raged in Siberia's vast forests, one of many effects of record high temperatures.

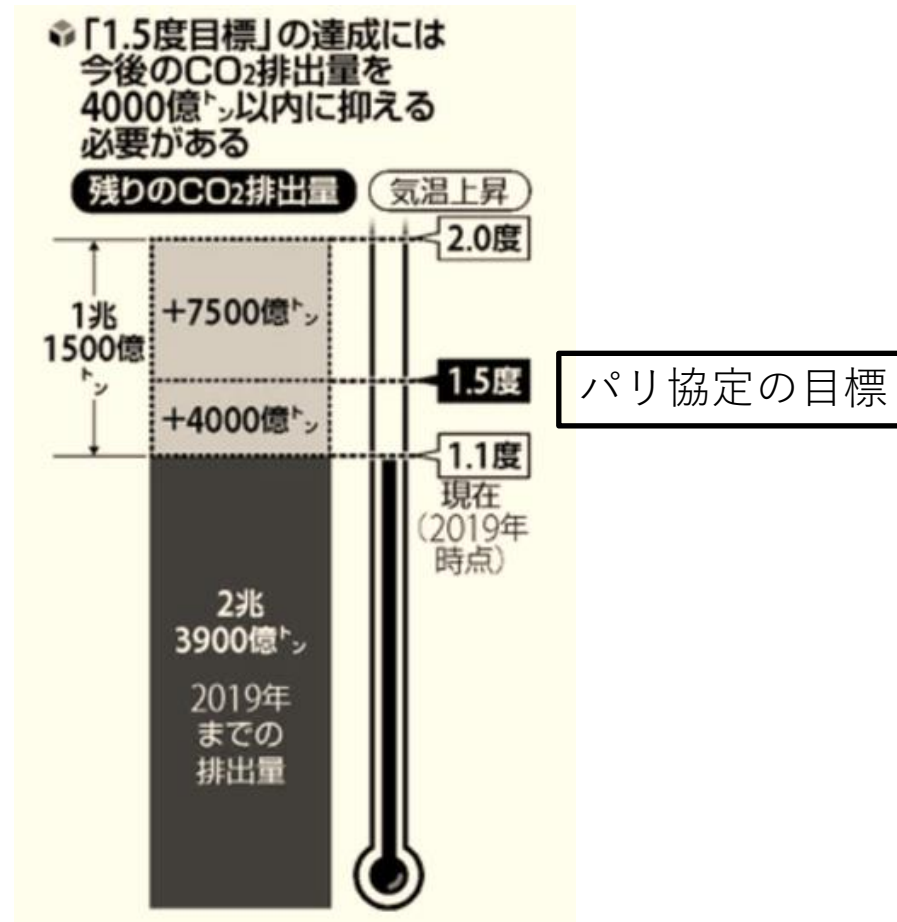
オーストラリアで発生した大規模な森林火災 (ニューサウスウェルズ州、2019-2020年)



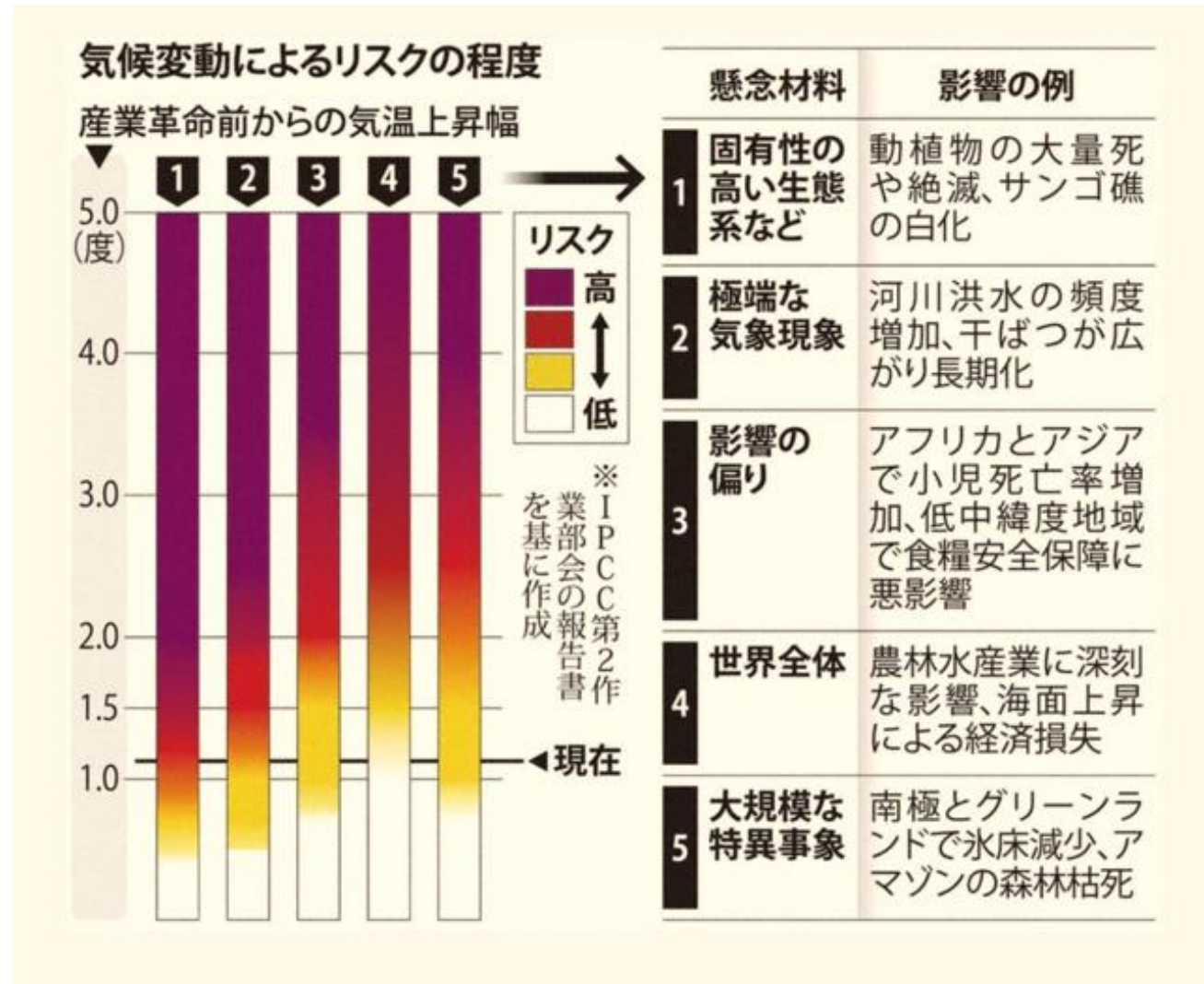
アマゾンの熱帯雨林の大豆畑化



1.5°C目標達成のためには、あと4000億tonしかCO₂を排出できない



IPCC第2作業部会報告書（2022年2月）

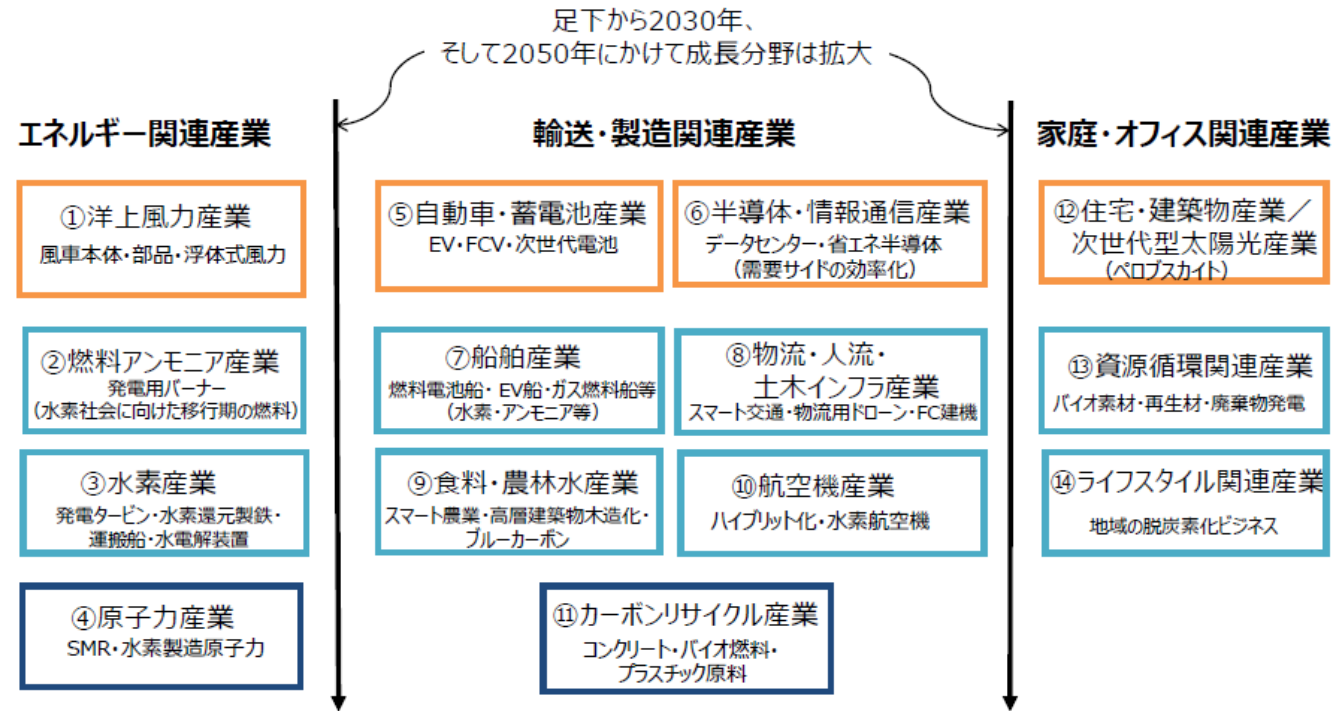


2050年における都市の気候変化

(Thomas Crowther etc.)

2019		2050
• シアトル (米) (北緯47度)	⇒	サンフランシスコ (米) (北緯38度)
• ニューヨーク (米) (北緯41度)	⇒	バージニアビーチ (米) (北緯36度)
• マルセイユ (仏) (北緯43度)	⇒	アルジェー (アルジェリア) (北緯37度)
• カトマンズ (ネパール) (北緯27度)	⇒	深圳 (中国) (北緯23度)
• ストックホルム (スウェーデン) (北緯59度)	⇒	ブタペスト (ハンガリー) (北緯47度)

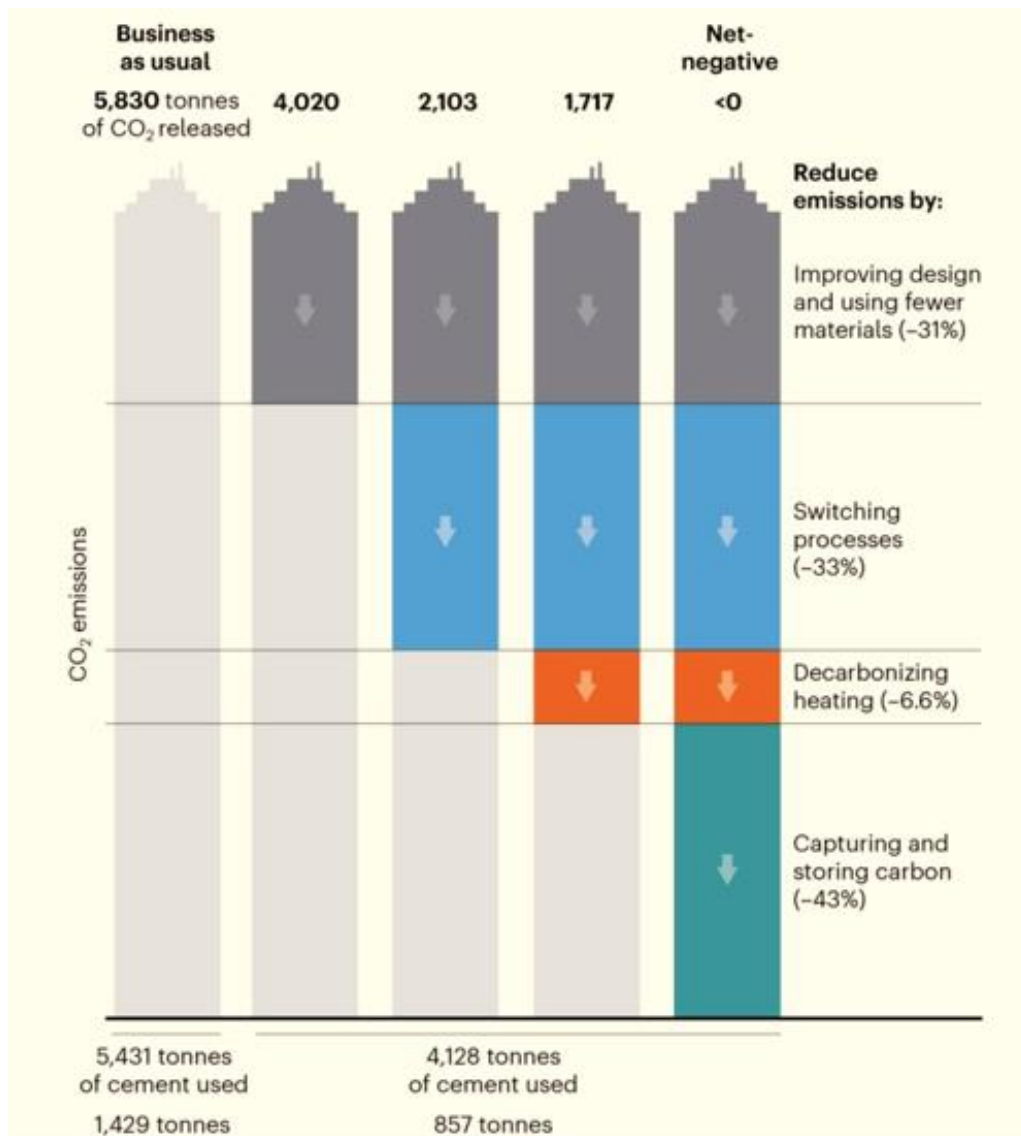
グリーン成長戦略実行計画 (2020年12月)



岸田首相所信表明 (10月8日)

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、温暖化対策を成長につなげる、クリーンエネルギー戦略を策定し、強力に推進いたします。

鉄鋼とセメントのカーボンニュートラルを達成するために (全地球CO2排出量のそれぞれ7%と6.5%)



使用量を削減する設計改善 (-31%)

生産プロセスの変更 (-33%)

脱炭素熱源の使用 (脱化石燃料) (-6.6%)

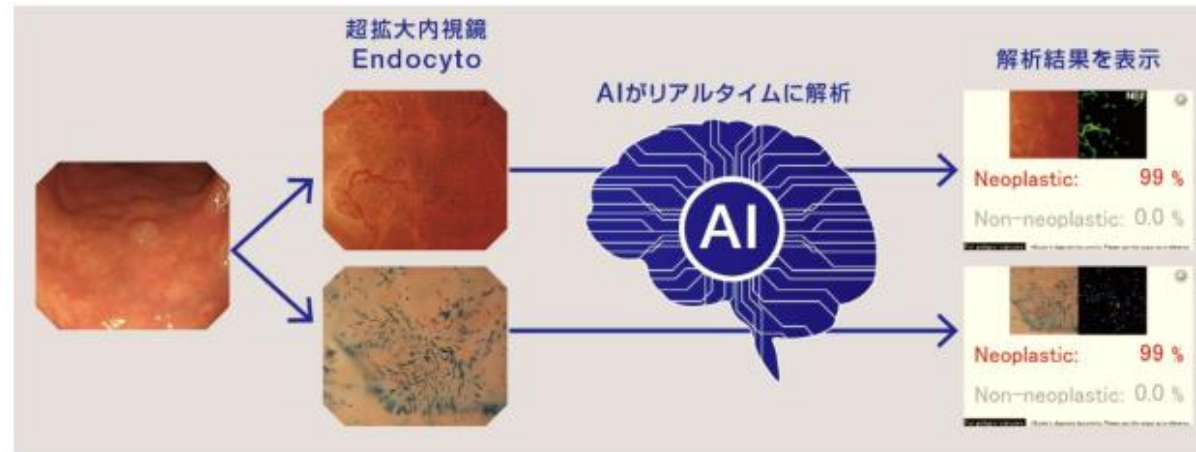
排出炭素の吸着・貯蔵 (-43%)

- AIが活躍する社会

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違いを乗り越え、生き生きと快適に暮らすことのできる社会」

AIの医学利用 (大腸内視鏡診断支援システム)



NBI (Narrow Band Imaging) 観察と染色観察の2種類の観察モードで、毛細血管像や細胞核の異常を検出。正診率98%。

ロボットが実験を行うクラウド研究室（エメラルドクラウドラボ、米）
細胞培養、DNA合成、クロマトグラフィー、質量分析、核磁気共鳴等の
装置を備えており、数年かかる実験が最短で1週間で行える。



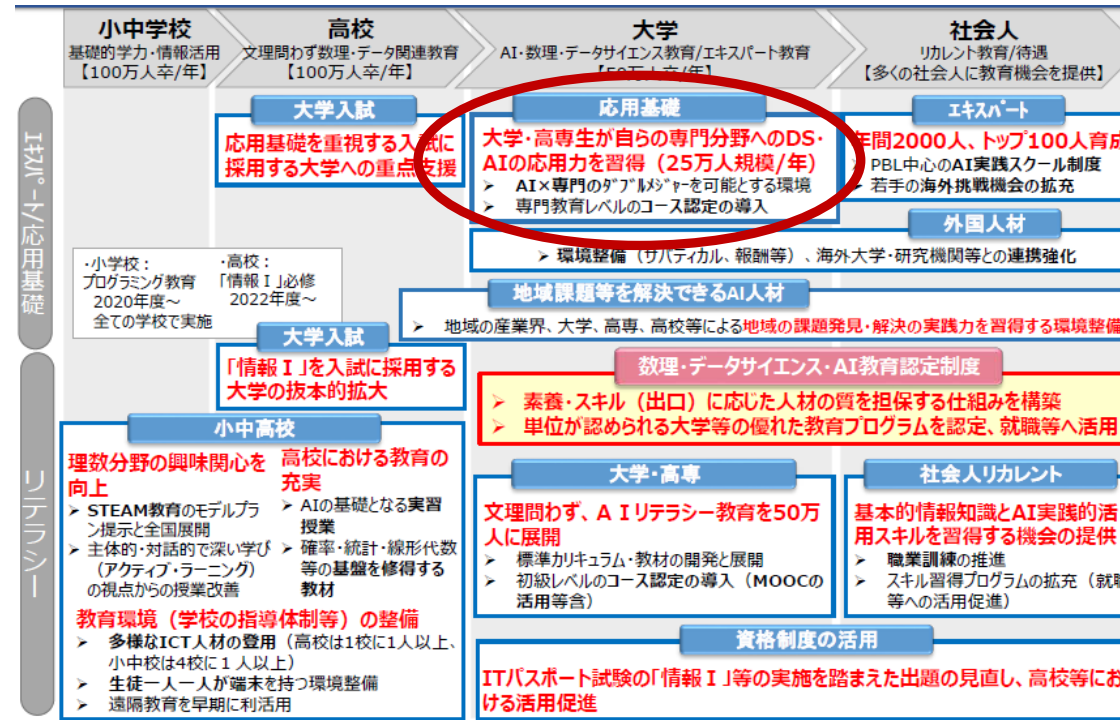
The automated laboratory facility at Emerald Cloud Lab in South San Francisco, California.

EMERALD CLOUD LAB

AIを活用したサービスプラットフォーム

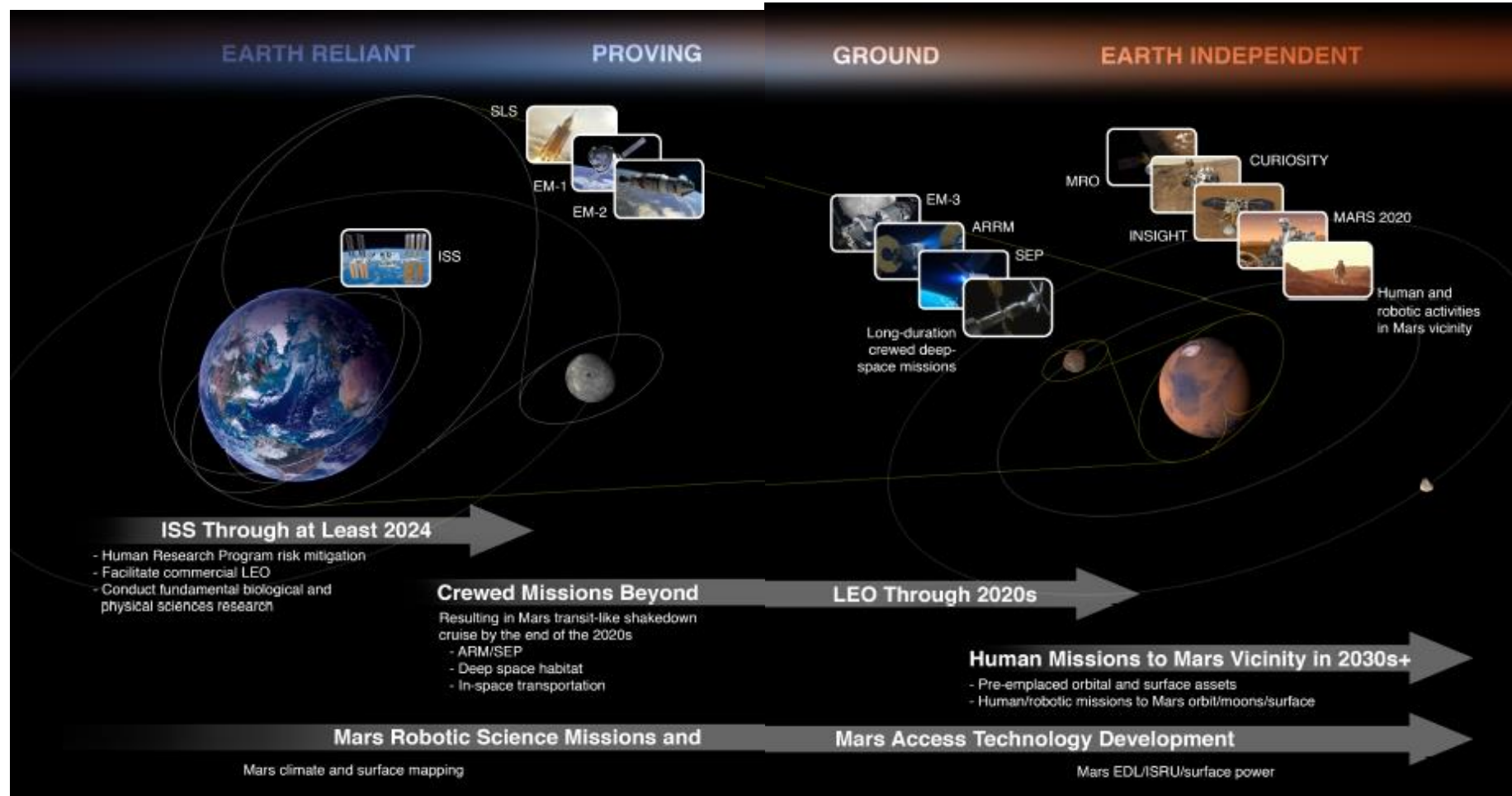


AI戦略(人材育成)(平成31年3月)

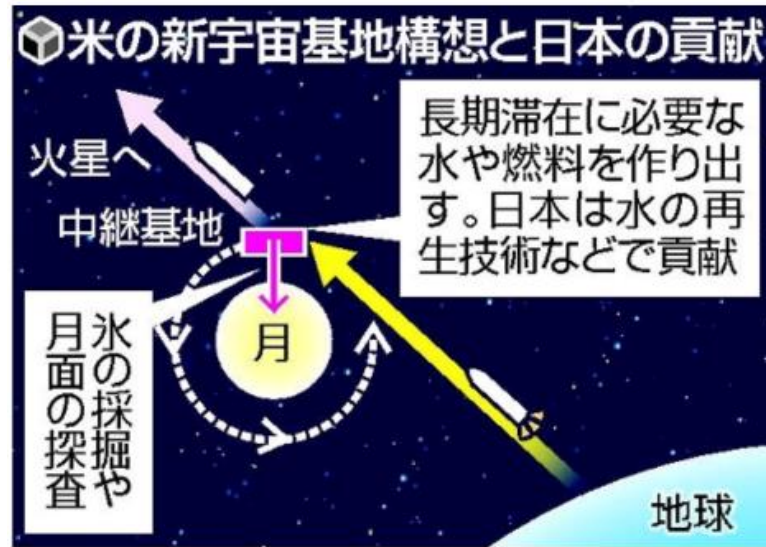


宇宙科学と宇宙技術の進展

Journey to Mars (NASA)



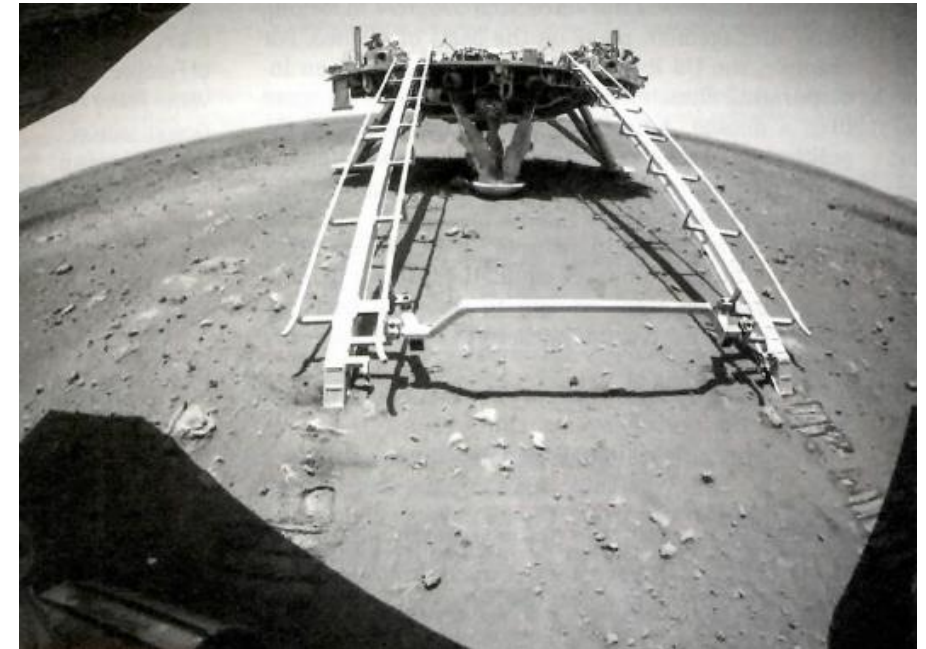
月周回有人拠点(Gateway)構想 (2028年完成予定)



アメリカ・中国の火星探査機



火星での小型ヘリ飛行テスト（2021年4月19日）
NASA探査機「パーサヴィアランス」



中国の火星探査機「祝融」から
探査機「天問1号」を撮影（2021年5月）

火星に建設される都市のイメージ



2020年ノーベル物理学賞

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

9 NEWS WATCH

ノーベル賞 特設サイト

QRコード

ノーベル物理学賞 ブラックホール 証明・発見の3人に

Photo: Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics

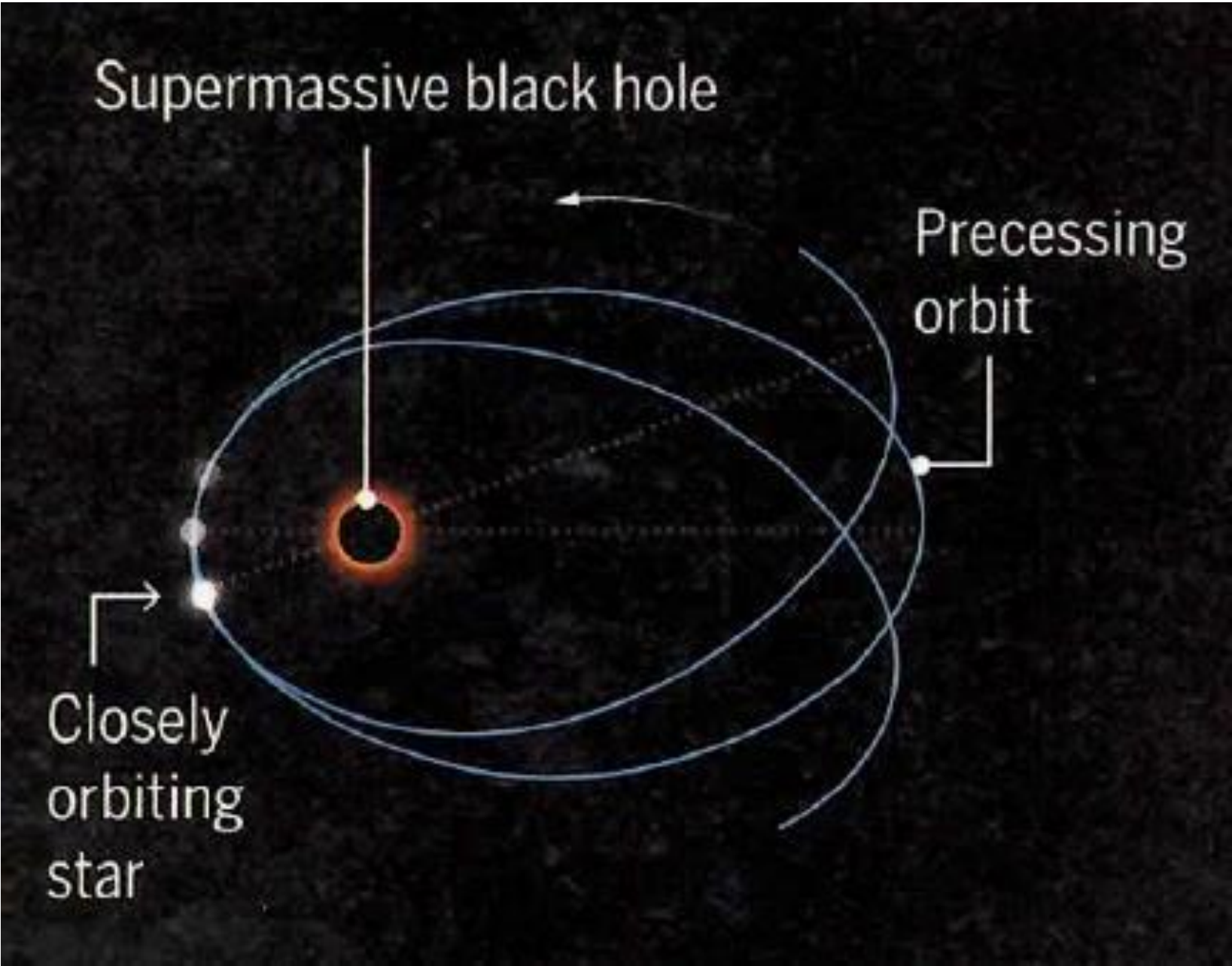
Photo: Christopher Doble, UCLA

イギリス
オックスフォード大学
ロジャー・ペンローズ氏

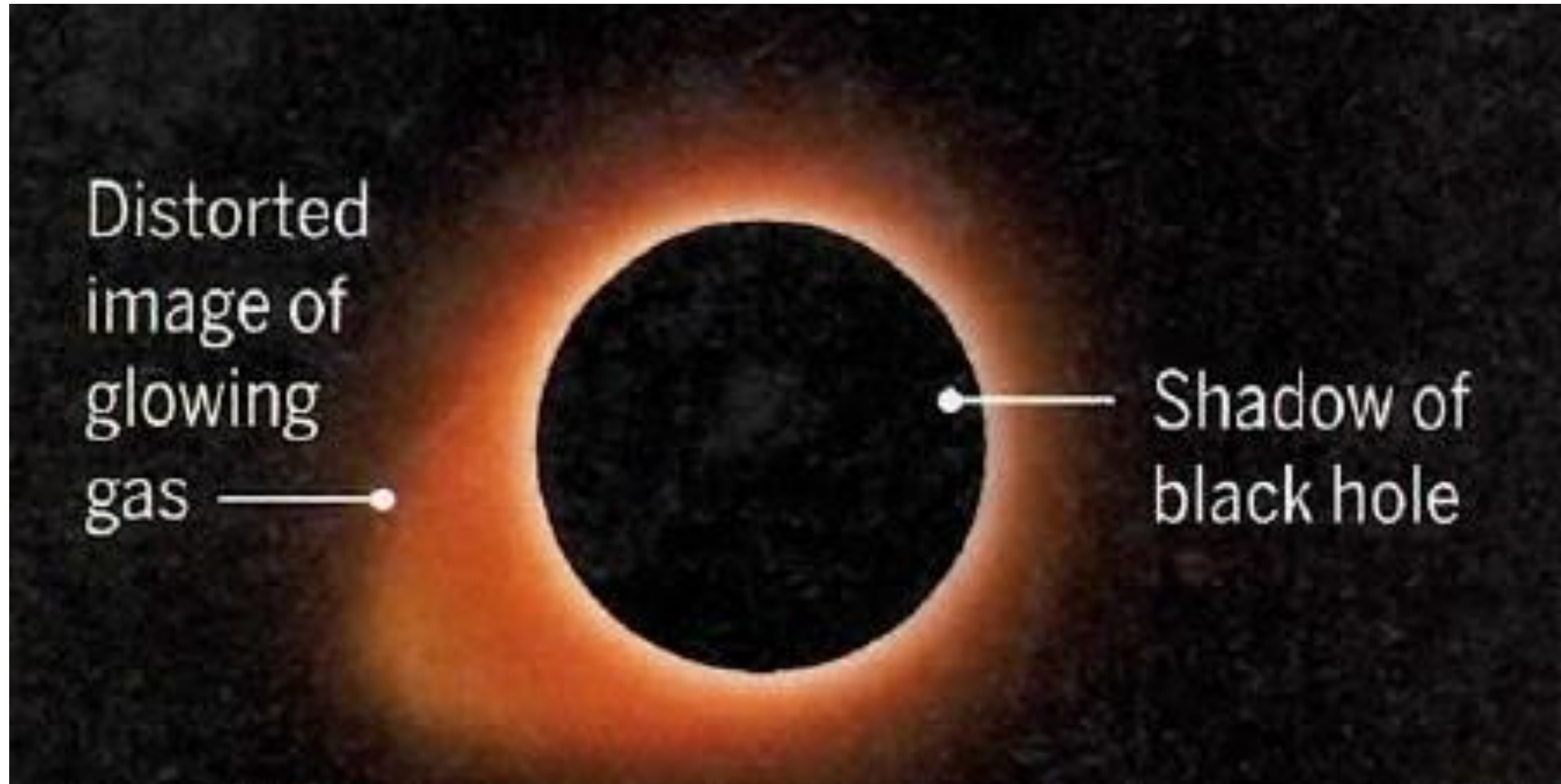
ドイツ
マックス・プランク地球外物理学研究所
ライnhルト・ゲンツェル氏

アメリカ
カリフォルニア大学
アンドレア・ゲッツ氏

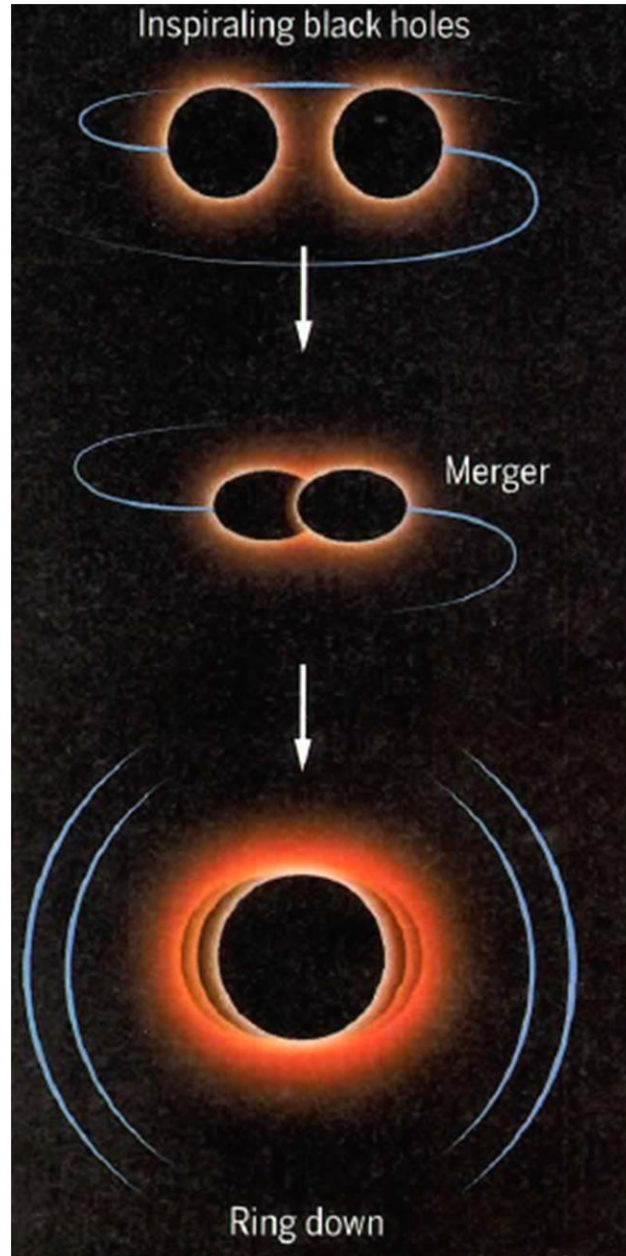
Germany and University of California, Berkeley, USA



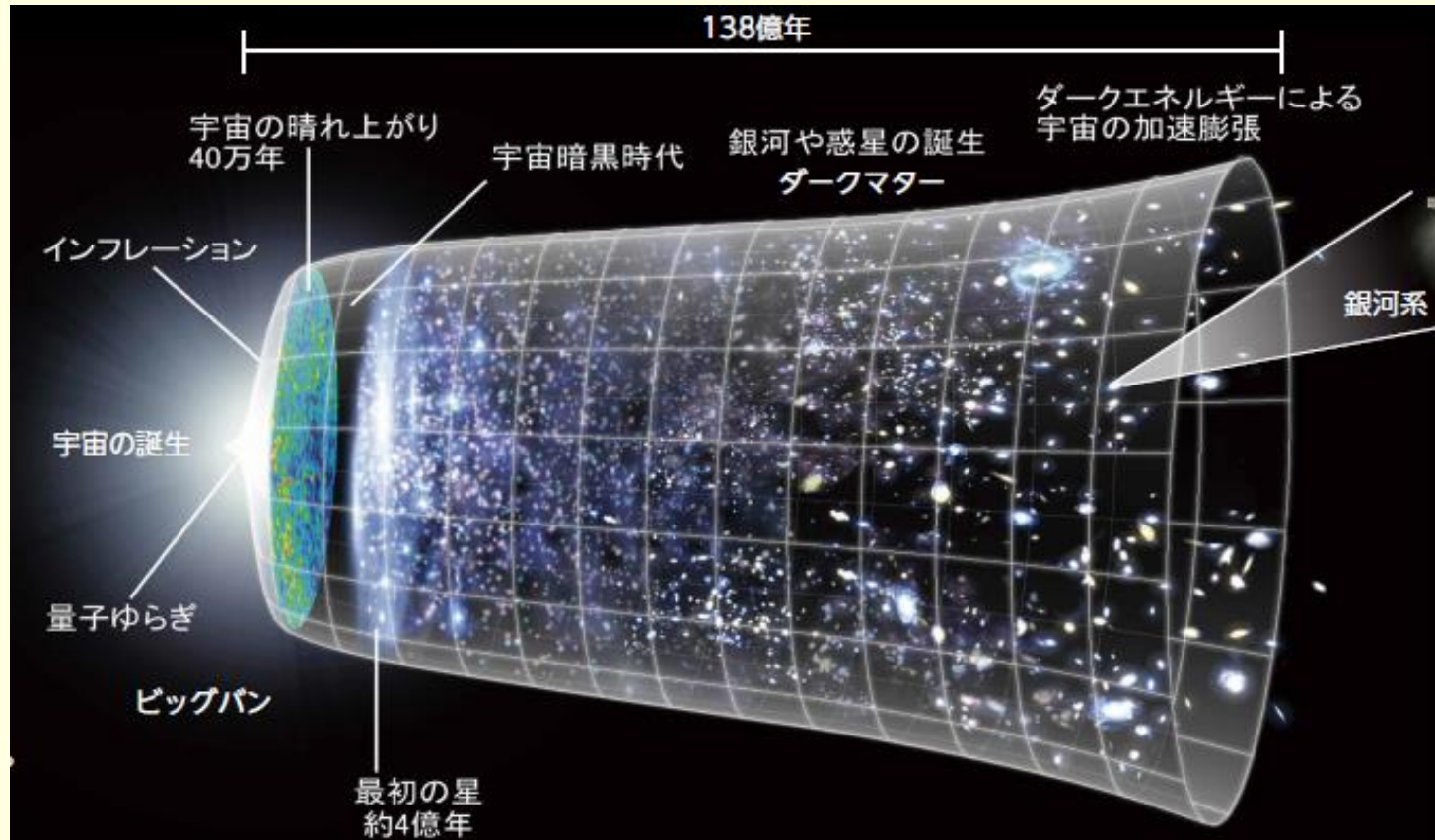
イベントホライズン



重力波の発生



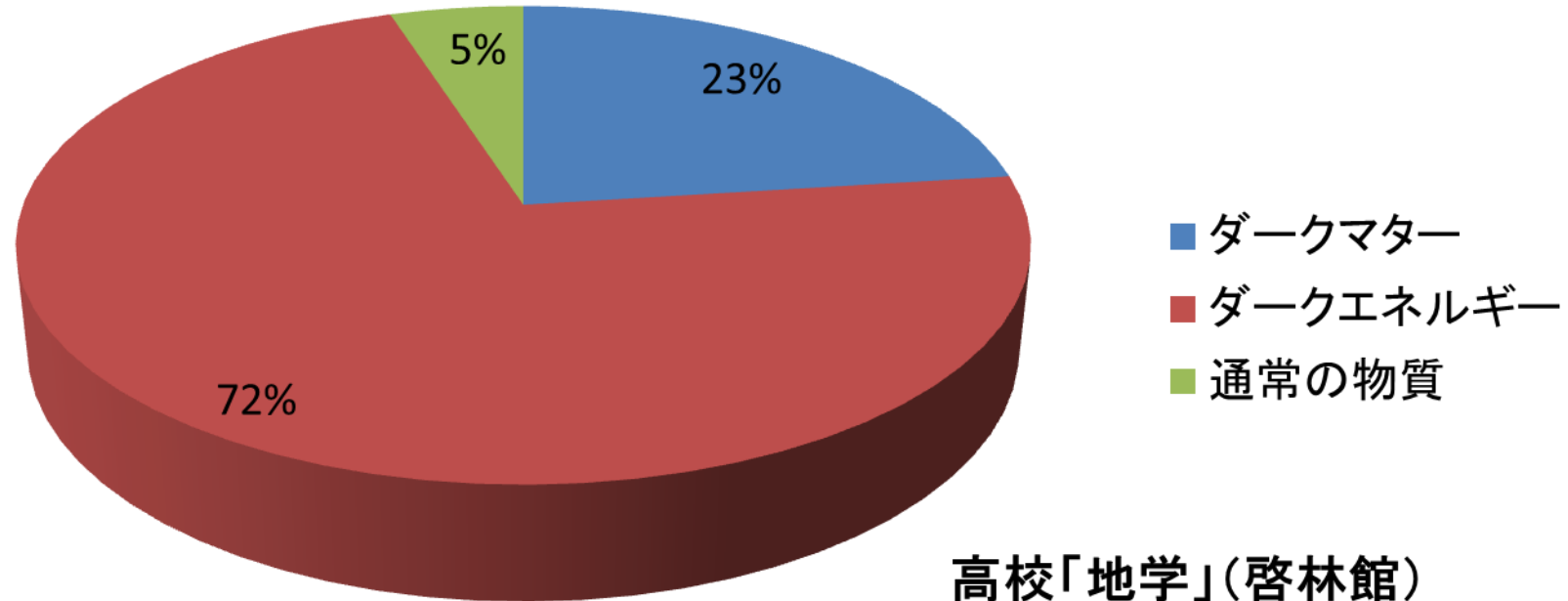
宇宙の進化のモデル



宇宙誕生から最初の約3分間：高温高密度の状態で大量の素粒子が生まれ、それから陽子（水素の原子核）や中性子ができ、さらに陽子や中性子が集まってヘリウムの原子核ができた。

宇宙は何でできているのか？

宇宙の構造



高校「地学」(啓林館)

宇宙関係の職業を目指すとすれば

- 宇宙物理の解明（ブラックホール、ダークマター、素粒子等）
- 衛星（通信、気象、地球観測）開発、宇宙旅行等
- 火星探査、月面探査等

科学者を目指す人に

科学者の生き方と名言

- 井深大（ソニーの創業者）

- ドキドキ・ワクワクする子供の意欲を引き出すことが、人生に前向きな人を育てることにつながる。
- ものをつくる苦労や喜びを知っている人は、自分の失敗を、そう簡単に人のせいにはしません。

- 小柴昌俊（ノーベル物理学賞受賞者）

- つねに三つか四つ、心の中に夢の卵を抱いて生きる。

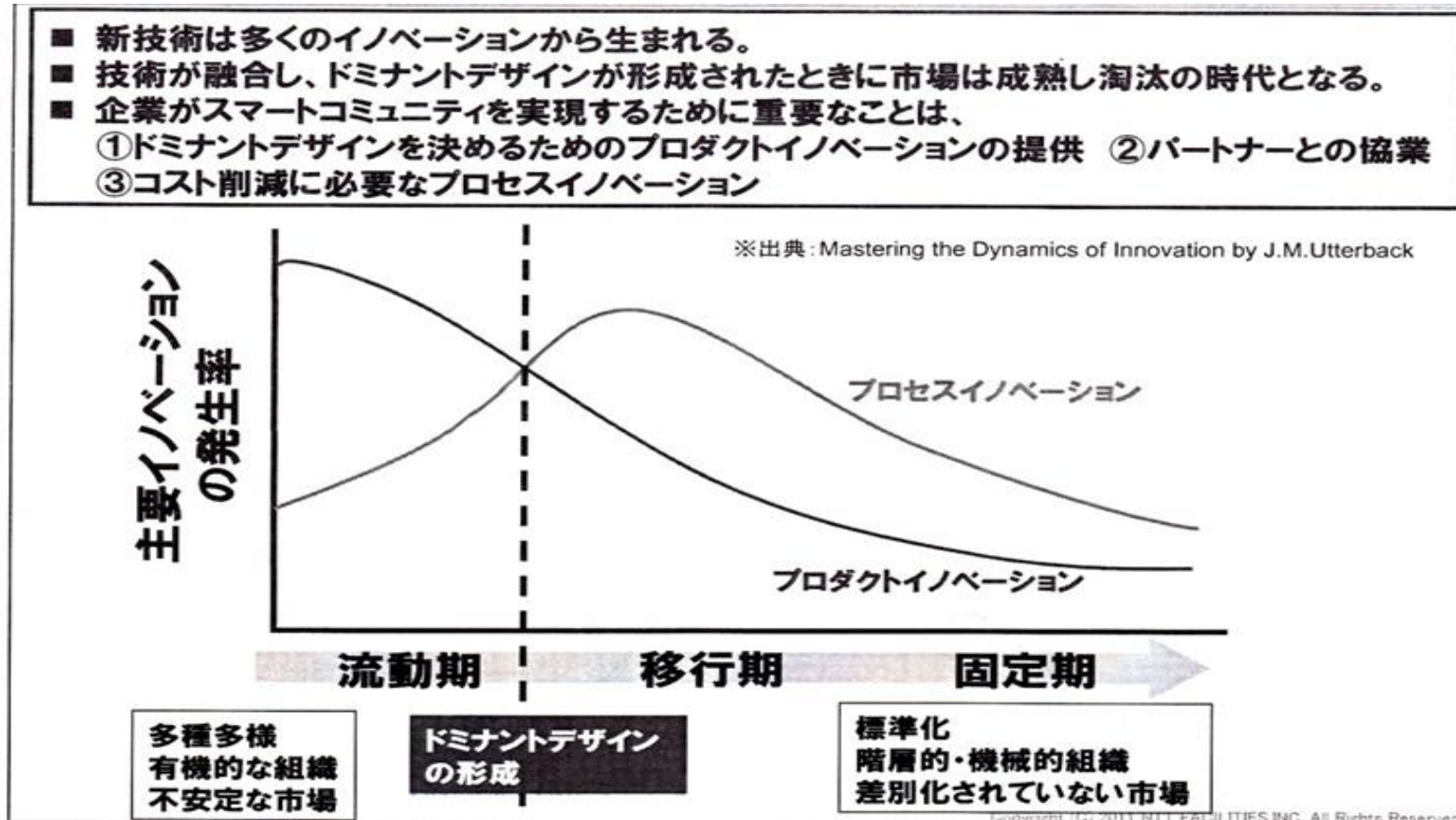
- スティーブン・ホーキング（理論物理学者）

- 人生はできることに集中することであり、できないことを悔やむことではない。

企業におけるイノベーション

プロダクトイノベーション(新たな製品を市場に出すこと)と

プロセスイノベーション(生産プロセス等を新しくまたは改善すること)

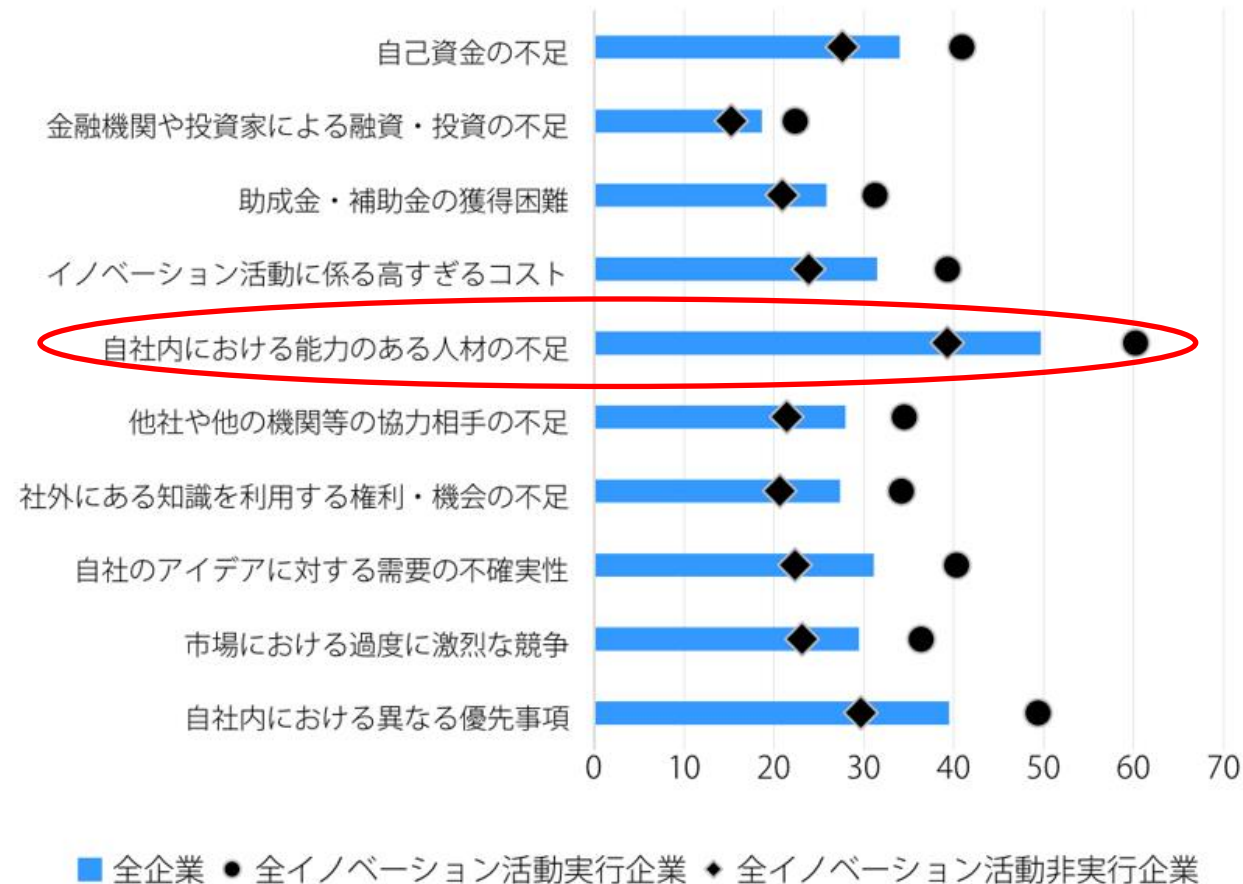


国際特許出願（PCT出願）世界TOP50に入る日本企業(2020年)

順位	企業名
3	三菱電機
9	ソニー
10	パナソニック
15	NTT
19	富士フィルム
20	NEC
22	デンソー
30	NTTドコモ
31	シャープ
33	ソニーセミコンダクタソリューションズ
34	村田製作所
37	京セラ
41	オムロン
41	日立オートモティブシステム
44	ホンダ

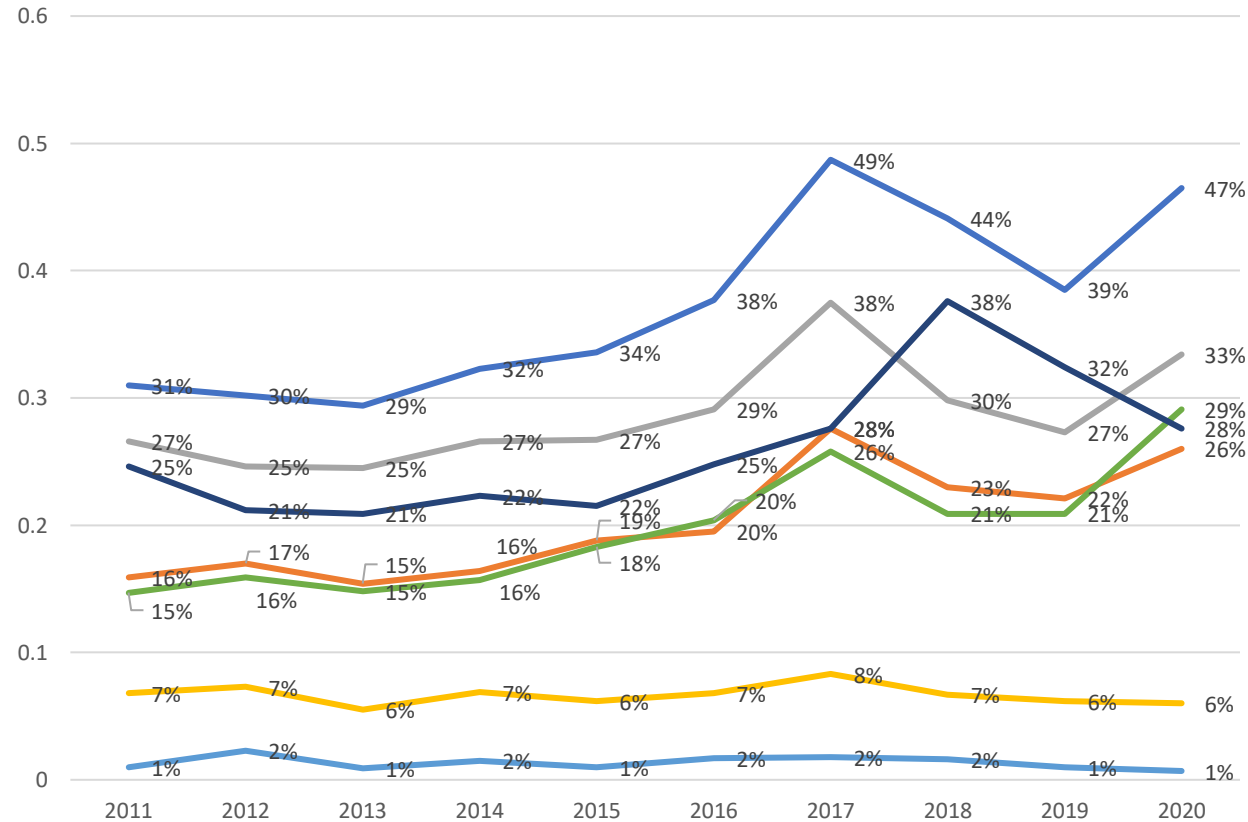
イノベーションの阻害要因： 資金よりも人材不足

図 5.5 イノベーション活動の阻害要因（2017年-2019年）：
該当企業率（%）



企業による研究者の採用

学歴・属性別 研究開発者の採用を行った企業の割合

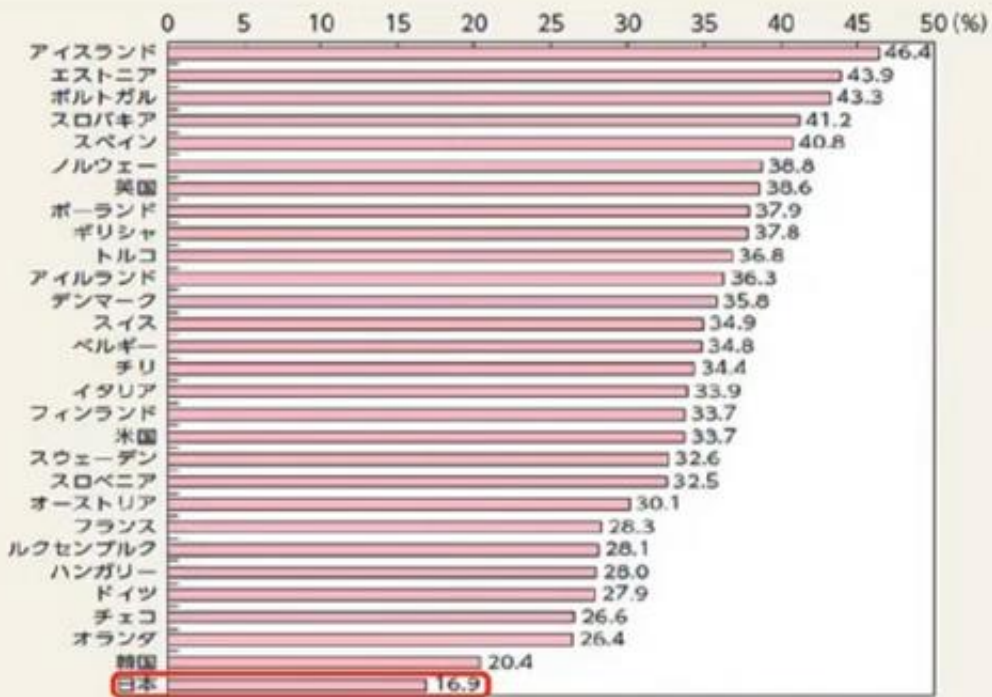


- 研究開発者全体（新卒）
- 学士号取得者（新卒）
- 修士号取得者（新卒）
- 博士課程修了者（新卒）
- ポストドクター経験者
- 女性研究開発者
- 中途採用

主要国の女性研究者割合

日本の16.9%は国際比較で最低水準、
教授割合も理学6.2%,工学3.7%,農学6.2%と極めて低い

1-5-7図 研究者に占める女性の割合（国際比較）



- (備考) 1. 総務省「科学技術研究調査」(令和2年)、OECD*Main Science and Technology Indicators*, 米国立科学財団(National Science Foundation: NSF)*Science and Engineering Indicators*より作成。
2. 日本の数値は、令和2(2020)年3月31日現在の値。アイスランド、ギリシャ、アイルランド、デンマーク、スイス、ベルギー、米国、スウェーデン、オーストリア、フランス、ルクセンブルク、ドイツ及びオランダは平成29(2017)年値、その他の国は、平成30(2018)年値、推定値及び暫定値を含む。
3. 米国の数値は、雇用されている科学者(Scientists)における女性の割合(人文科学の一部及び社会科学を含む)、技術者(Engineers)を含んだ場合、全体に占める女性科学者・技術者の割合は29.0%。

1-5-5図 大学等における専門分野別教員の女性の割合（令和元(2019)年度）



- (備考) 1. 文部科学省「学校教員統計」(令和元年度)の調査票をもとに内閣府男女共同参画局作成。
2. 「大学等」は、大学の学部、大学院の研究科、附置研究所(国立のみ)、学内共同教育研究施設、共同利用・共同研究拠点、附属病院、本部(学長・副学長及び学部等に所属していない教員)。
3. 「教授等」は、「学長」、「副学長」及び「教授」の合計。

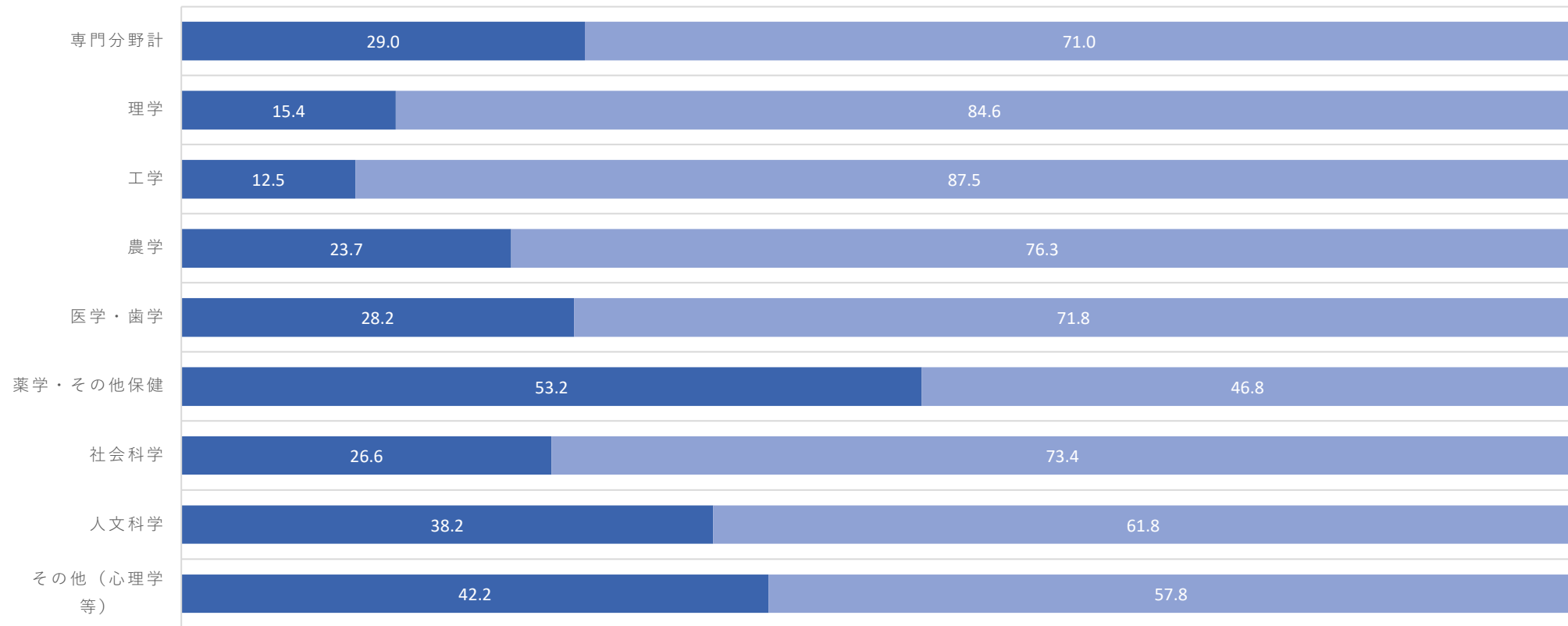
(出典) 令和3年版男女共同参画白書

https://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/r03/zentai/html/zuhyo/zuhyo01-05-05.html

大学等の研究者の男女別割合

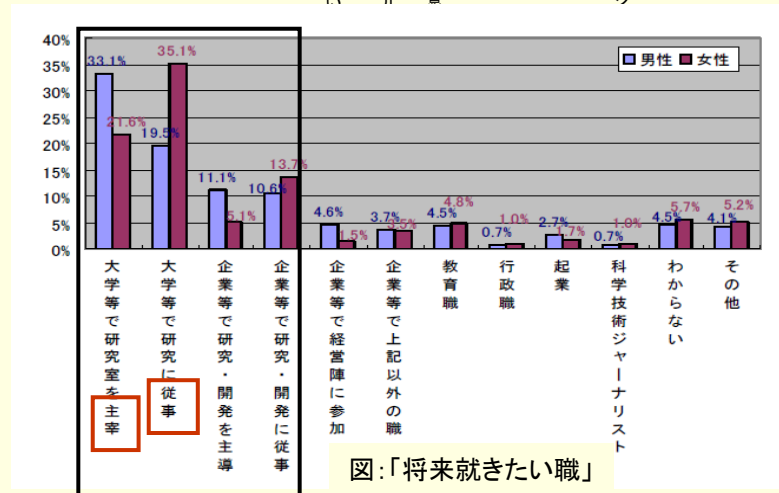
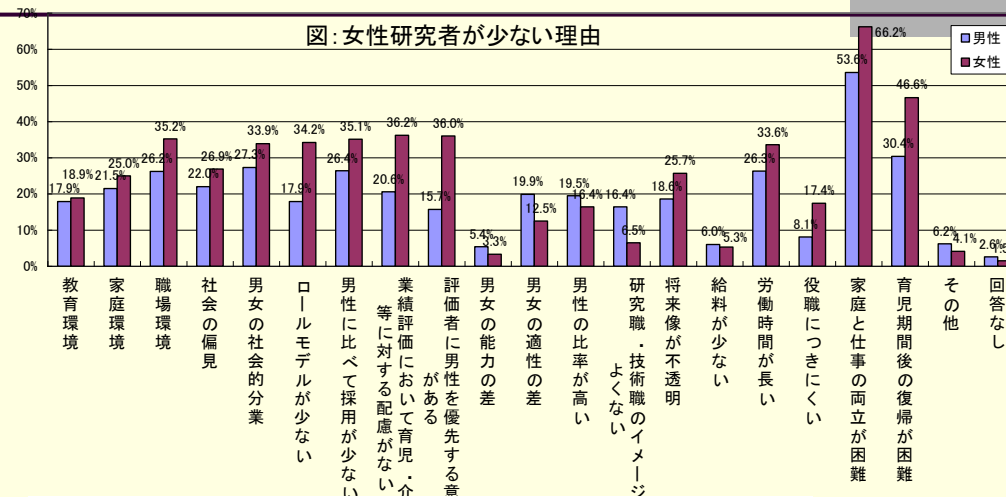
大学等の研究者の男女別割合（専門分野別）

■ 女性 ■ 男性



女性研究者が少ない理由

- 家庭・育児と仕事の両立が困難、育児期間後の復帰が困難との意見が多数。
- 男女間で就きたい職に対する意識も異なる。



新たな科学技術・イノベーション基本計画 (令和3-7年度)

- 基盤分野—AI技術、バイオテクノロジー、量子技術、
マテリアル
- 応用分野—環境エネルギー、安全・安心、健康・医療、
宇宙、海洋、食料・農林水産業
- 5年間で政府研究開発投資30兆円
-官民合わせた研究開発総額120兆円-

英語の学習

- 英語を話す人口 約20億人
 - 英語を母国語とする人 3億8千万人 (米、英、オーストラリア等)
 - 英語を母国語としない人 16億人
- 世界では、「シンプルで論理的かつ効果的に伝える英語」が主流になりつつある。 → **中学英語が重要**
- 子供が母国語を覚えるには1万時間以上必要。
- 日本の中学、高校での英語授業時間は6年間で1,000時間
- 日本語と英語は母音、子音の割合等構造が違い、習得に時間がかかる。
- 英語は学問ではなく、言葉
 - 間違えるのをおそれずに話すこと、
 - 毎日2-3時間以上の練習を3年間連続して続けると、誰でも普通にゆっくり話せるレベルまで到達できる。

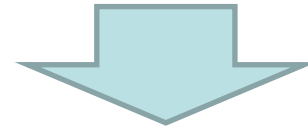
国際的に通用する研究者 になるためには

- 学問的能力(特に基礎学力)
- 視野の広さ
- コミュニケーション能力(国語と英語)
- 心身の健康
- 正義感と品格

研究には楽しさがある。



カタリン・カリコ博士の言葉
「研究室にはたくさんの面白さがある。私の趣味は科学です。」



- 科学は面白い。
- 科学は人の役に立つ。
- 科学は自分の役にも立つ

ご清聴ありがとうございました。



<http://wadatomoaki.web.fc2.com/>をご覧ください。
質問のある人はtomwada@icloud.comに