

平成24年度成果報告書

1. 業務の題目

課題研究「科学リテラシーの向上に関する実践的研究」

2. 担当フェロー

星 元紀

3. 当該年度における成果

調査・研究を開始するに当たり、まず、異文化コミュニケーション、生活リスク、科学教育、教育行政など、異なる背景を持った少数の共同研究者を選んだ。初年度は、ユニット・メンバー（研究主幹・フェロー・共同研究者）間の相互理解と基本的知識の共有をめざして、ブレインストーミングを行った。具体的には、項目cで述べるように、ユニットのメンバーないしは外部の専門家による講演とそれをめぐる自由討論を中核とした「研究打合せ会」を、ユニットの活動が本格化した7月より年度末までに11回行った。また科学技術の智プロジェクト報告書を電子書籍化し、公開した。

「国民の科学リテラシーの向上に関する調査・研究」

a. プロジェクトの総合推進

本プロジェクトの目指すところは、「21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト」報告書（2008, 科学技術振興調整費「科学技術の智プロジェクト」）（以下では「SCJ08報告」と略称）の基本的な考え方を踏まえ、「21世紀を心豊かに生きるにあたり、『持続可能な民主的社会』を構築するために万人が共有してほしい」科学リテラシーの向上を図るために必要となる具体的施策の基盤を形成することにある。このために、「国民の科学リテラシーの向上に関する調査・研究」を行うが、科学リテラシーの中でも、最近、特に問題となっている「生活の中のリスクにかかわる科学リテラシー」を重要課題として、リスク教育及び消費者教育との接続という観点から調査・研究することとした。

科学リテラシーおよび科学教育をめぐる議論を通じて、先ず、ユニットの活動は次の三点を基本方針とすることにした。

- i) 学校教育の枠を超えて生涯学習として位置づける
- ii) 既存組織の自立的な活動を促す（教員をはじめ、各方面からの積極的な提案を求める）
- iii) 科学の暫定性、不確実性、答えなどのない問題への対処につき特に配慮する

b. 国民の科学リテラシーの向上に関する調査・研究

本年度は、SCJ08報告の内容を広く普及させるための具体案を策定すること、および生活の中のリスクにかかわる科学リテラシーの向上が目指すべき方向の2点を中心に調査・研究を行った。これまでの議論の概略を次のような内容の中間報告として次年度夏までには纏め、さらなる議論の叩き台とする予定である。

〈中間報告の概略〉

科学リテラシー、科学コミュニケーションとは何か
SCJ08報告はどのように受け止められたか
日本の科学教育の変遷と国民の科学リテラシーへの影響
日本における科学リテラシーの現状とあり方

3.11. が与えた科学リテラシー，科学コミュニケーションへの影響

共同研究者

大橋 理枝	放送大学准教授	(異文化コミュニケーション)
千葉 和義	お茶の水女子大学教授	(科学教育)
長崎 栄三	静岡大学教授	(教育行政)
奈良 由美子	放送大学教授	(生活リスク)

c. 研究打合せ会の実施

本年度実施した研究打合せ会は以下の通りである。

第1回	7月12日10-12時	基本方針・担当分野の検討
第2回	9月3日10-12時	基本方針・位置づけの検討
第3回	9月19日10-12時	基本方針の検討，リスク・安全・安心
第4回	9月21日10-15時	科学・教育・文化，リテラシー
第5回	10月11日13-15時	リスクコミュニケーション
第6回	10月12日10-12時	21世紀の科学技術リテラシー像プロジェクト， 生命・ヒト
第7回	11月2日13-20時	コミュニケーションと日本
第8回	12月4日13-16時	日本の戦後教育の変遷，コンピテンシーとリテラシー
第9回	1月18日9.5-13時	ロボティクスを巡って
第10回	3月18日13-19時	科学コミュニケーション，科学リテラシーとは何か
第11回	3月28日9-18時	科学コミュニケーション，科学リテラシーとは何か

d. 「科学技術の智プロジェクト」報告書の電子書籍化

PDFにて公開されていた「21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト」報告書（2008，科学技術振興調整費「科学技術の智プロジェクト」）を，近年著しく利用の増えているスマートフォンやタブレットでも閲覧できるよう，電子書籍化（mobi,epub）して公開した（<http://csc.jst.go.jp/material/s4a.html>）。

（科学技術の智プロジェクトについて、同プロジェクトの一部門である生命科学専門部会報告書について、次ページ以降に資料を示す。）

科学技術の智プロジェクト

東京理科大学
北原和夫

<http://www.science-for-all.jp/>

声明「社会との対話に向けて」 日本学術会議、2004年4月20日

1. 科学者と社会が互いに共感と信頼をもって協同することなくして、いかなる科学研究も生命感の漲る世界を持続させることができないことを認識する。
2. 科学者が社会と対話をする事、特に人類の将来を担う子どもたちとの対話を通して子どもたちの科学への夢を育てることが重要であると考える。
3. 日本学術会議は、子どもたちをはじめとするあらゆる人々と科学について語り合うように、全ての科学者に呼び掛ける。
4. 日本学術会議は自ら、科学に対する社会の共感と信頼を醸成するために、あらゆる可能な行動を行う。→若者向けの講演会(2004年以降)、サイエンスカフェ(2006年以降)

3

第19期日本学術会議 2003-2005

- 理科離れ現象に対応するために、日本学術会議は「科学力増進特別委員会」を2003年に創設した。
- 日本学術会議は2004年4月「社会の対話に向けて」という声明を出し、社会との接触、特に将来を担う子どもたちへの働きかけを宣言した。

2

科学技術リテラシー像の構築は21世紀社会のデザイン

- 「科学技術リテラシー像」構築とは？：成人がもつべき科学の知識、技能、考え方を整理して文章化すること。すなわち**21世紀の日本をデザインすること**。
- 科学的思考をもって、個人と社会が、長期的展望をもって自ら意思決定できる社会を構築しなければならない。地球と人類の将来を見通す叡智。
- 21世紀とは？世界のそれぞれの構成員がかけがえのない存在として認められる世界(世界人権宣言、1948年)、存在の基盤としての地球環境の持続、demographicalな偏り(富、人口構成、食料生産、など)

4

「科学技術の智」プロジェクトとは

- 「智」は「智慧」の「智」: あたま、こころ、からだで体得する「生きる力」である。人類の智として、**協同して**世界の課題にチャレンジするための基礎的知識、技能、考え方
- 協同の「智慧」であると同時に個人がもつべきもの「智慧」
- この智慧を明示することを目的とするプロジェクトである。

5

“Science for all Japanese”

- 科学は普遍的だが、意識と技術は歴史的、地域的、文化的である。
- 日本の科学の特殊性: 人間は自然の一部であり、関係性の中にある。自然を破壊することなく巧く使いこなす技術。象徴的な高度の感性の世界。技術、藝術、生活が一体。藍染めの風呂敷で銭湯へ。掛け軸を博物館ではなく居間に。
- 日本の特殊性を踏まえることは、第三世界の開発、先進国の見直しに有効かもしれない。

7

Science for all Americans (AAAS, Project 2061, 1989刊行)

- 科学技術の素養を煎じ詰めると以下のキーワード(テーマ)となる。
 - systems (要素と全体がどう組み合わせられているか?)
 - models (現象を説明する様々なレベルのモデル)
 - constancy and change (変遷する現象の中に、不変なものに変化するものを見いだす)
 - scale (大きさ、宇宙レベルから微細な粒子まで、それぞれのレベルで適用される考え方がある)

Science is the blend of logic and imagination.

<http://www.project2061.org/>

6

日本の自然観

- 人間も自然の一部: 関係性の分類 ヒト、ケモノ、トリ、サカナ、ムシ
- 循環的自然の利用: 破壊しないで、巧く使う。「共生」
- 精巧な技術は持っていた
- しかし、世界観に関わるような問いかけは少ない

8

調査研究

- 学術会議(19期、2003-2005) [若者の科学力増進特別委員会]
- 平成17年度科学技術振興調整費(重要課題解決型研究等の推進:科学技術政策に必要な調査研究)「科学技術リテラシー構築のための調査研究」

9

本プロジェクトの組織: 専門部会

- 7つの専門部会: 数理科学部会、生命科学部会、物質科学部会、情報学部会、宇宙・地球環境科学部会、人間科学・社会科学部会、技術部会
- 各部会10-15名程度
- 科学者、教育学者、技術者、メディア、行政者、科学技術理解増進を目指す個人、法人など
- 学問の枠を超え、日本の現状と歴史を踏まえ、科学者と教育学者等が協同して行う作業

11

18-19年度の活動

平成18年度科学技術振興調整費(重要政策課題への機動的対応課題)「日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」内閣府(日本学術会議)と文部科学省(教育政策研究所)

- 国民の科学技術に関する関心や理解の向上に向け、一般的な大人が身につけておくべき科学技術そ基礎的知識や考え方を身近に、生活に密着して理解できるよう、従来の学問分野や教科の枠を超えて整理し、体系的にまとめたもの(科学技術リテラシー像)の策定に向けた調査研究を行う。(実施期間2年)

10

なぜ七つの専門部会としたか?

- 我々が直面している課題に対応するために先ず連携すべき科学技術の領域は何か?
- まだ学問分野としては確立していないが、課題対応として重要な分野をまとめた。
- 七つの領域分けは、課題への入り口であり、全てが関わってくる。「七つの扉」

12

- 数理科学: 認識とコミュニケーションという人間の基本的な精神活動が関わる領域
- 生命科学: 生命とは何かという問いかけが関わる領域
- 物質科学: 世界が物質で構成されているということが関わる領域
- 情報学: 大変革をもたらした情報に関わる科学と技術の関わる領域
- 宇宙・地球・環境科学: 我々を取り囲む自然環境の関わる領域
- 人間科学・社会科学: 人間の行動、社会の現象を科学的にとらえる領域
- 技術: 社会の在り方と関わる技術の領域

13

我々はどこから来て、どこへ行くのか？

- 人類の存在の基盤、現状を良く知ること。「命の継承」としての存在。
- 人類が生きのびてきたときに、目の前の現象の背後にあるメカニズムに思いを馳せ、将来を予想して行動を決める。「科学的精神の起源」 Science is a blend of logic and imagination.
- 人類は特異な生物：体外に記憶装置をもっている。文字、書物、最近ではUSBメモリー
- 「自然進化」 versus 「人工進化」

人間科学・社会科学を取り入れたこと

- 人間や社会の現象を科学の視点からホモサピエンスの現象として考える。
- 地球と人類の歴史を基礎として、社会、経済、政治、倫理などの起源は何か？人間と社会の課題に直面したときに、科学的な思考の枠組みを提示したい。

14

- 目指す日本の将来像
 1. 一人一人がかけがえのない存在として認められる。
 2. 地球環境, 人口構成について持続的で調和ある発展のために協同して行動を起こすための叡智を共有している。
 3. 若者が将来への希望をいだきつつ文化を継承してゆくことができる。
- 「Science, Traditional Knowledge and Sustainability」(2002): 伝統的な知識の中に持続可能性のための叡智の可能性を見いだそうとする。
- 日本文化の智慧: 自然との調和、省資源、省エネルギーの中に、豊かな精神性をもつ生活様式

16

専門部会報告

- 科学技術理解増進運動に関わる人々の間で共有すべき報告書
- これに基づいて、より広い立場, レベルで紹介すべき教材開発、定着化が望まれる。
- 業種、職種間でのコミュニケーション

17

生命科学部会報告書

生命の本質

- 1) 多様性、しかも地球表面と大気圏の極めて薄い領域にのみ存在する
- 2) 生命は酸素をてなすけることによって生き延びてきた
- 3) ヒトは異常な生物である: 対外に情報蓄積機構をもっている、学習によって子孫に智を継承する
- 4) ヒトという一生物種としての倫理的責任

19

数理学部会報告

- 「数学」は古くからの学問であるとともに、諸科学の基礎言語として、さらにコミュニケーション、課題解決の具としての「市民の数学」
- 課題を抽象化することによって、本質が明らかにされる。解決への道筋が見えてくる。
- 厳密な概念規定と論理操作によって正確なコミュニケーションを可能とする。
- 「ゆらぐ」数があることの認識も重要。

18

物質科学専門部会報告

- 物質はエネルギーの授受によって変化する
- 物質の起源は100種ほどの元素である: 重元素は、星の進化の中で生成されてきた(重力崩壊と爆発を繰り返してきた)
- 物質に利用意図が反映するとき「材料」となる
- 物質は、物質同士だけでなく、「場」と相互作用する

20

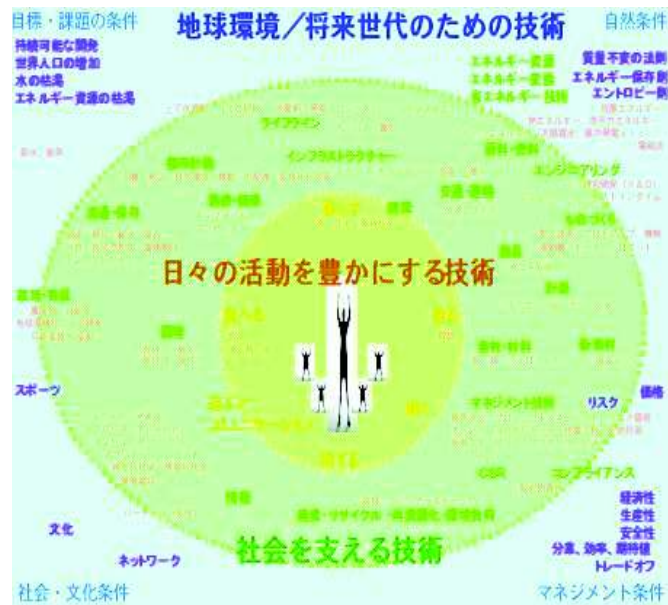
技術部会報告書

技術の本質

- 1) 技術は人間生活に役立つという
- 2) 技術リテラシーとは、技術に関する知識、技術を使うための方法論、技術を使いこなす能力

全体報告書

- Chap1 21世紀を豊かに生きるための科学技術の智に向けて
- Chap2 科学技術の本質
- Chap3 科学技術の智：七つの扉
- Chap4 科学技術の智の視点
- Chap5 科学技術の智の活用
- Chap6 将来へ：科学技術の智の継承と共有



科学技術の視点

- 人間についての科学的理解が深まった
- 情報処理の高速化、巨大化、広域化
- ナノテクノロジー
- 生命の仕組みと制御
- 宇宙モデルの確定
- 環境についての科学的理解

科学技術の共通の考え

- 総合的視点に立つ選択の必要性
- 多様性と一様性
- 可視化による新しい記述
- スケールとサイズ
- 多量データの高速処理
- 科学と技術の相互貢献

29

科学技術の智の活用

- 水
- 食料
- エネルギー
- 地球と人間圏

30

将来へ

- 科学技術の智プロジェクトの継続:ブラッシュアップ:国民的運動、各層、各レベルに対応する資料, 教材, アトラス、ベンチマーク等の開発
- 定着化のための戦略: 日本文化への定着化
- ネットワークの構築

目標: 2030年

31

定着化への活動

- サイエンスリテラシーカフェ
- サイエンスリテラシー講座
- 東京国際科学フェスティバル



持続可能性に向けた高等教育

- 55%が高等教育に進む
- 卒業生の大半は社会の現場に立つ。
- 「学術の継承」型から、「市民の養成」型
- 初等中等教育から高等教育、さらに生涯教育まで持続可能な世界構築のための「協働する知性」
- 学士力の検討（中教審）
- 「大学教育の分野別質保証の在り方検討」（学術会議）では、「世界の認識」に加えて「世界への関与」を明示する「分野別質保証のための参照基準」策定を提案。

具体的な策定状況と今後の対応

- ◆ 分科会を設置し審議を終了
 - ◆ 経営学 「継続事業体」という概念
 - ◆ 言語・文学 人類の創造性と運命の基盤として
 - ◆ 法学 規範に基づく社会の提案
- ◆ 分科会の設置し審議中
 - ◆ 生物学 分子生物学的視点とともに生態学的・フィールド的視点も含めた統合的な生物学像の提案
 - ◆ 家政学 個別分野の資格取得教育を超えた人間のための学問としてのアイデンティティの再構築
 - ◆ 機械工学 4力学のアナリシスと設計・生産のシンセシスを統合して人と社会に貢献する機械工学
 - ◆ 数理科学 数理的リテラシー概念の明確化と応用数学分野の再評価、教養・初中教育への貢献
 - ◆ 土木工学・建築学

近く分科会を設置し審議を開始する方向で検討中
◆ 史学

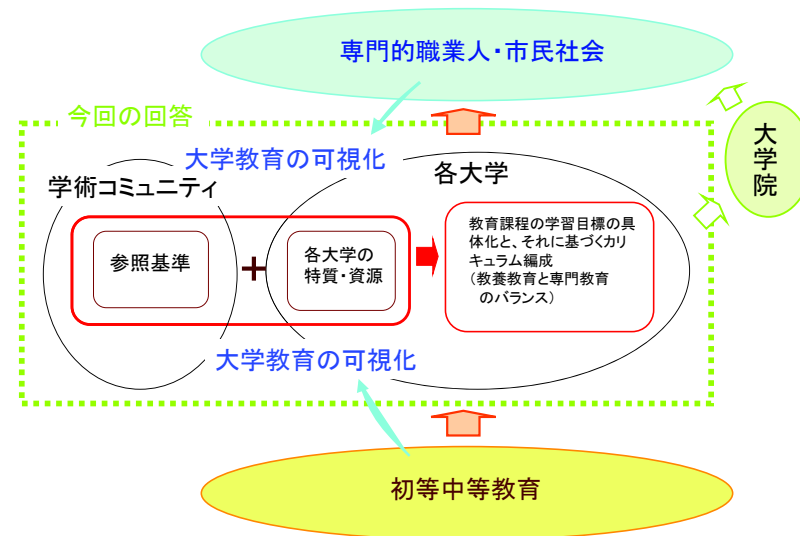
8月31日高等教育局より学術会議に審議依頼「参照基準の策定」

分野別の教育課程編成上の参照基準

1. **各学問分野の特性**
世界の認識の仕方・世界への関与の仕方
2. **すべての学生が身に付けることを目指すべき「基本的な素養」**
基本的な知識と理解、分野に固有の能力、ジェネリックスキル
※ これらを定めるに当たっては、今後学生が、職業人として、あるいは市民として生きていく上でどのような意義を持つのかを明確にすること
3. **学習方法・学習成果の評価方法の基本的な考え方**
※ 単なる知識や理解ではなく、それを活用して「~できる」ようになること。そのための学習方法の重要性
4. **市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育との関わり**
※ 報告書の第二部「学士課程の教養教育の在り方について」との接続

分野の教育の意義に関する、大学と社会との共通理解の形成

一人一人の学習者にとって大学教育が意味あるものとなるために



JST科学コミュニケーションセンター課題研究
「科学リテラシーの向上に関する実践的研究」班
第5回打ち合わせ会・勉強会, 2012.10.12.

“21世紀を豊かに生きるための智” 生命科学専門部会報告書の背景

星 元紀

基本方針

日常生活における生命科学関連の話題について考える
手立て・よすがを得るために、生物の世界はどのようなもの
であり、生きているとはどういうことであるのかについての
基本をまず理解する。

そのうえで、ヒトという生物の特殊性を知り、ヒトの活動
が生命圏全体に及ぼしている激甚な影響に思いをいたすと
ともに、生命科学の観点からヒトは個人として、またホモ・
サピエンスと自称する一生物種として如何にあるべきかに
思いを馳せることが出来ることをもって、生命科学分野に
おける基本的な智慧としたい。

目次案

1. はじめに ー生きているということー
2. 生物の世界
 - 2.1. 多様な生物の世界
 - 2.2. 生命の歴史
 - 2.3. 細胞の成り立ち
 - 2.4. 個体の成り立ち
 - 2.5. 生物社会の成り立ち
 - 2.6. 生態系・生命圏の成り立ち
3. ヒトという生物
 - 3.1. 脳と心
 - 3.2. 文化と社会 ー非遺伝情報の創出ー
 - 3.3. 学習と教育 ー非遺伝情報の継承ー
 - 3.4. 食の確保 ー農耕ー
 - 3.5. 健康の確保 ー医療ー
 - 3.6. 人口爆発とそのもたらすもの
4. 生命の倫理
 - 4.1. ヒトとしての倫理 ー個人としての倫理ー
 - 4.2. ホモ・サピエンスとしての倫理 ー生物種としての倫理ー
5. 心豊かに生きるために ー生命科学の立場からー (座談会記録)

生命科学／生物科学

生命あるものたち (生命体・生物) と
その営み (生命現象・生物現象) の科学

地球型生物科学は「一般」生物科学たいうるか？

生きているものの特徴

階層性・創発性
歴史を内包した遺伝プログラムによる統御
進化能
連続性
調節能
複雑性
秩序性
(合目的性)

限られた大きさ
開放系
高分子 (ポリマー)

— "THIS IS BIOLOGY The Science of the Living World"
by Ernst Mayr, 1997

生命というシステムは約38億年にわたって
絶えることなく続いている

分子は換わっても細胞というシステムは維持され
細胞は死んでも個体というシステムは維持され
個体は死んでも生殖によって種は維持され
種は絶滅しても種形成によって
生命は連綿と続いてきた

要素・構成成分の入れ換えによって維持される
脆弱にして頑丈なシステム

生 命

歴史的な産物である遺伝プログラムを
統御の基盤とする、きわめて強靱な
開放系システムである

主に水と高分子からなる細胞という
構造体を基盤として表現されている

現世生物の総質量は
地球の100億分の一に過ぎない

睫毛一本にも満たない世界

生命現象においてもっとも不思議なことは、
微々たる物質から驚くほどの多様性を生み
出していることであろう。

E. O. Wilson, 1992

生物の種数

生物群	既知種数	推定種数	既知の比率
細菌	0.5万	10万	5%
藻類	5万	10万	50%
菌類	10万	150万	7%
原生動物	2.5万	10万	25%
昆虫類	75万	2000万~1億	0.75~37.5%
線虫類	1.5万	5000万~1億	0.03%以下
植物	26万	30万~50万	50~85%

Spherophylon 生命系

岩槻邦男 (1999)

殆どの生物が未知であるのに、
「生物」科学は成り立つのか？

知られている限りの生物は単系統

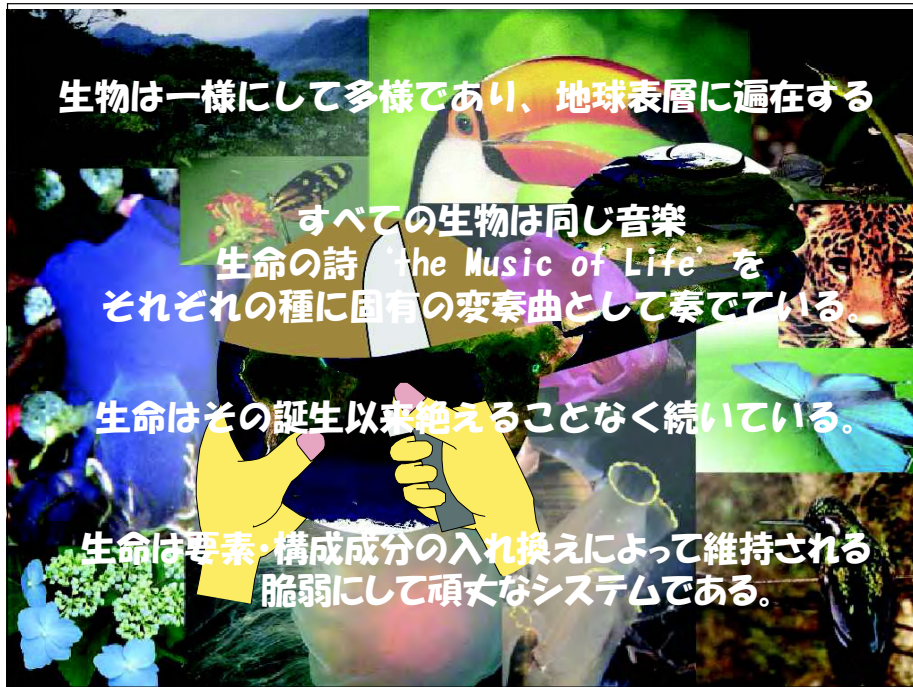
すべての生物は
同じ音楽 'the Music of Life' を
それぞれの種に固有の変奏曲として
奏でている

生物は一様にして多様

地球表層の環境に対する生物の影響

Lovelock, 1979より改変

	金星	地球 (生命なし)	火星	地球 (現在)
大気				
CO ₂ (%)	95	98	98	0.03
N ₂ (%)	1.9	1.9	2.7	79
O ₂ (%)	trace	trace	0.13	21
表面温度 (°C)	477	290±50	-53	13



第4の生物：ヒト

	年前
1. 原核生物	3.8×10^9
2. 真核生物	2.5×10^9
3. 多細胞生物	1.4×10^9
4. ヒト	2.0×10^5

Homo sapiens

私達の体 2

DNA: 1.8 m/cell 0.3 pg /cell
 成人一人のDNA: 1.1×10^{11} km (20 g)
 地球 ⇔ 太陽: 3×10^8 km (>x 300)
 冥王星軌道の長直径: 10^{10} km

全人類のDNA: 0.8×10^{21} km
 銀河の直径: 10^{22} km

原子数: 10^{27}
 タンパク質分子数: 5×10^{23}
 8×10^9 /cell
 タンパク質の種類: $5-7 \times 10^4$

ヒトの脳

重量 2%
 酸素消費量 20~25%

第4の生物：ヒト

ヒトは発達した脳力によって、
遺伝情報とは別に色々な情報を
獲得・集積し、時間・空間を超えて
伝達・共有する特殊な生物である

積極的な教育を行う唯一の生物

ヒトは農耕によって、地球生態系の領域
外で生存する最初の種となった。

しかし、生態系におけるヒトの位置を再
定義するほどに、生態系を実際に離れて
はいない。

ヒトの変化：二つの経路

1. 生物学的な進化

2. 文化の伝播・継承

物質と情報
知識と技術

世界人口

2012.11.01.

1 C	0.3×10^9	
18 C 中葉以降	人口の急増	$\Delta 1.7 \times 10^9 / 150$ 年
1999.10.12.	6.0×10^9	Doubling Time / 40年
2005. 8.	6.5×10^9	
2012.10.31.	7.0×10^9	
2050	8.9×10^9	

Doubling Time 1 C: 1500年 \Rightarrow mid 20C: 40年
私の生涯で世界人口は3倍になった！

地球が生産する食糧で養いうる最大人口： 8.0×10^9

2020年以前

動物種の重量比

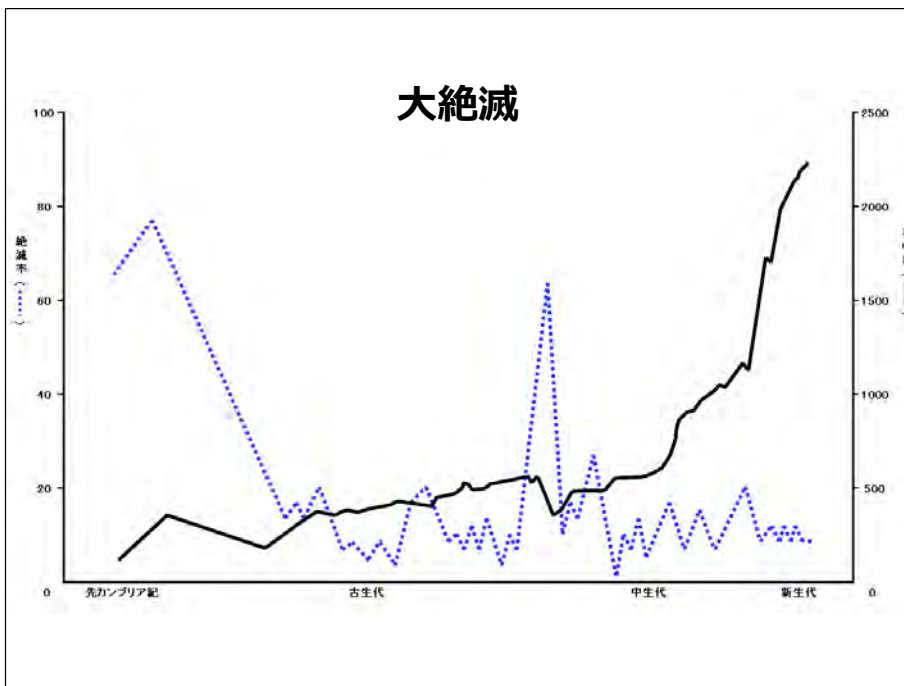
	個体数	重量 トン
ウシ	13.4×10^8	6.7×10^8
ナンキョクオキアミ	-	$\sim 5 \times 10^8$
ヒト	60.0×10^8	3.0×10^8
スイギュウ	1.6×10^8	0.8×10^8
フタ	9.2×10^8	0.4×10^8
ヒツジ	10.7×10^8	0.3×10^8
ウマ	0.6×10^8	0.3×10^8
ヤギ	7.1×10^8	0.2×10^8
シロナガスクジラ	1.4×10^4	2.2×10^6
アフリカゾウ	2.5×10^5	1.3×10^6
全生物		$10^{12} - 10^{14}$

現在、全人類を養うに十分な食糧が生産されているが、
8億5千万人（アフリカが2億人）が飢え
飢えと栄養失調で毎日3万人（半数が子供）が死亡し
12億人近くが1日1ドルで生活している

"In the next 50 years, mankind will consume as much food as we have consumed since the beginning of agriculture 10,000 years ago - Clive James"

Professor Chris Leaver による

大絶滅



ヒトは1日に4万種以上の生物を利用して生活している。その大部分は植物。

**昆虫が消滅すれば、
 人類社会は2,3ヶ月で壊滅。
 ほぼ同時に両生類、爬虫類、哺乳類も
 大部分が死滅。
 ついで、顕花植物の大部分が死滅。
 — E.O. Wilson**

光合成と細胞呼吸：

生態系におけるエネルギーの流れと
化学物質の循環

このシステムは持続するのか？

Homo sapiens

種としての生命倫理

生命系における倫理

環境倫理

生命倫理のはじまり

Van Rensselaer Potter (1911-2001)

Bioethics: Bridge to the Future (1971)

Global Bioethics: Building on the Leopold Legacy (1988)

The Science of Survival としての Bioethics
(造語は1970)

人類の滅亡すら起こりかねない地球環境・生態系の
危機的な状況を回避するために、生物学の知識を
基盤に据えて、社会科学や人文科学を含む諸科学の
成果を結集した「行動の指針としての英知」

