

バイオスフィア実験
を経験して考えた
人類の宇宙進出
(永続的な存続)
前に検討したいこと

Lessons learned from biosphere experiments and
what is required for expanding our activities into
moon, mars, and beyond.

篠原 正典

元環境科学技術研究所・研究員・エコノート(=ミニ地球居住者)

帝京科学大学・生命環境学部・自然環境学科・准教授

JAXA 宇宙イノベーションハブ 月面農場WG 検討委員



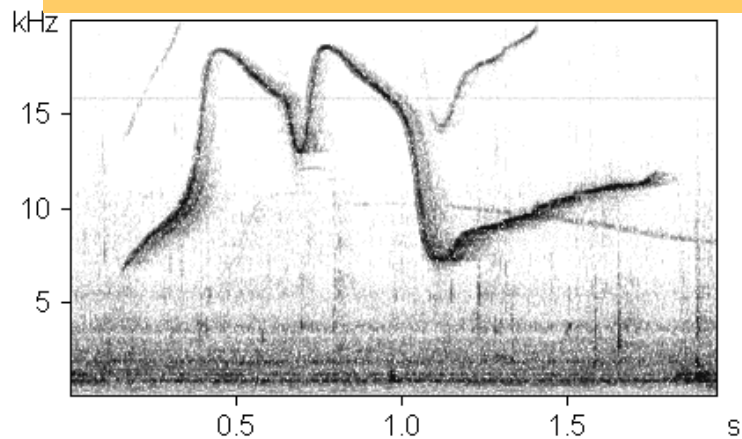
本業は 生物学（動物行動学）でイルカを研究

撮影 高輪奈々





大学院・PD 教員職を得て～





2006 9 18

(財)環境科学技術研究所 @ 青森・六ヶ所



“三二地球”
閉鎖型生態系
実験施設
CEE F

財団法人
(平成2年設立)

環境科学技術研究所



撮影 高田洋三氏



P D後の30~37歳



居住者のミニ地球での役割り

- × 農夫
- × 運転員・整備員
- × 消費者



全く関係のない研究なのでは？



「いきもの」は
どこからきて
どこにいて
どこへいくのか



ヒト と そうならなかったもの
との差分を調べていくのも・・・



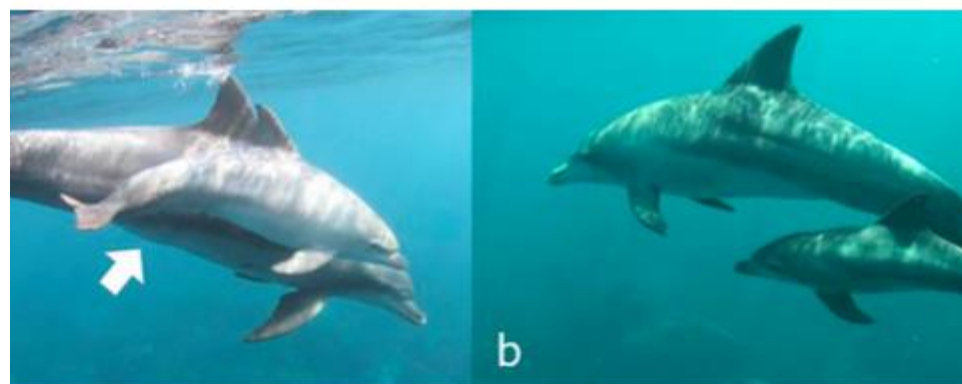
OPEN

A wild Indo-Pacific bottlenose dolphin adopts a socially and genetically distant neonate

Mai Sakai¹, Yuki F. Kita², Kazunobu Kogi³, Masanori Shinohara⁴, Tadamichi Morisaka⁵, Takashi Shiina⁶ & Miho Inoue-Murayama^{7,8}

Received: 21 November 2014
Accepted: 16 March 2016
Published: 06 April 2016

Alloparental behaviour and adoption have been reported in many mammals and birds. Such behaviours are energetically costly, and their causes and functions remain unclear. We observed the adoption behaviour of a wild Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*) near Mikura Island, Japan. A calf was seen with its mother on six observation days. Following the mother's death, the calf was observed with a sub-adult female on all 18 observation days from May to September 2012. On three days, the calf was observed swimming with this female in the suckling position and milk was seen leaking from the female's mammary slit. A five-year dataset revealed no significant social or kin relationships between the biological mother and allomother, indicating that kinship and social relationships did not play an important role in the observed adoption.



male calf and his associates. (a) The calf with #356 in the echelon position (aphed by

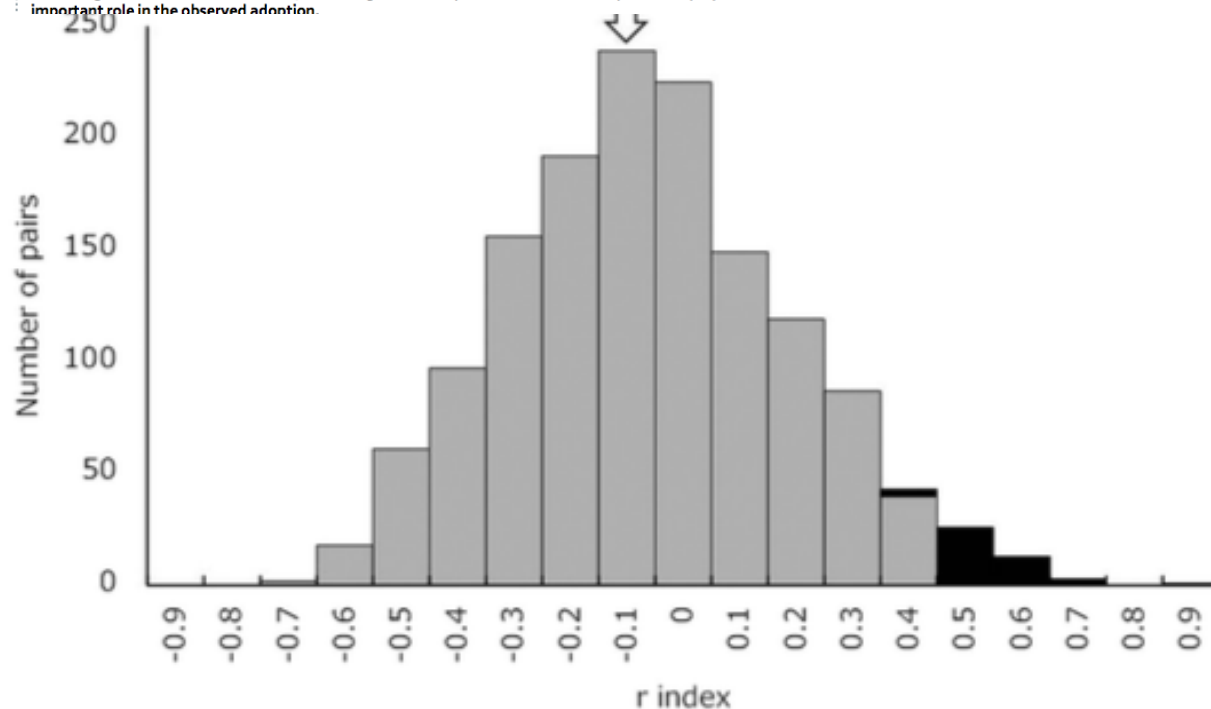


Figure 2. Relatedness indices for pairwise combinations of dolphins in the study population. Black bars suggest a kinship. The arrow indicates the bar including the r index for the biological mother and foster mother.

小笠原諸島父島海域にて観察された ミナミハンドウイルカの養子取り行動について

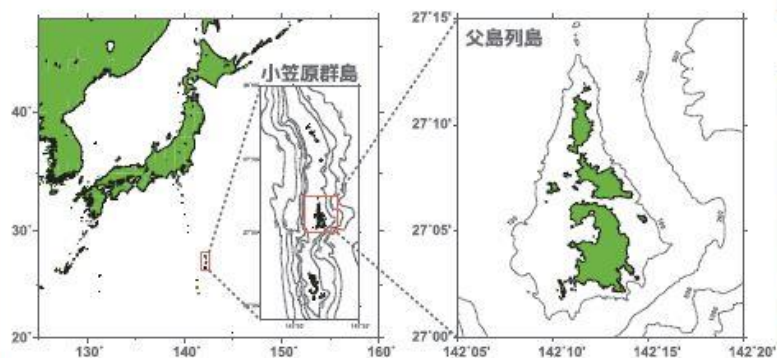
平成 28 年度 日本水産学会春季大会
2016. 3. 29 (火) 第 11 会場 ポスター発表III



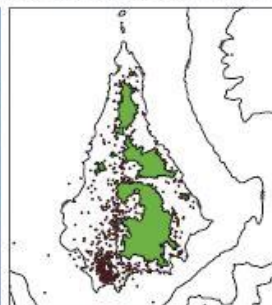
○ 岡本亮介 (小笠原ホエールウォッチング協会)・篠原正典 (帝京科学大学)

はじめに

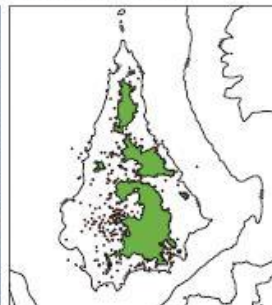
小笠原群島沿岸部には、ミナミハンドウイルカ (*Tursiops aduncus*) とハシナガイルカ (*Stenella longirostris*) が一年を通じて生息し、この 2 種はときに混群を形成することがある。2013 年よりミナミハンドウイルカの成体がハシナガイルカの新生児と思われる個体を同伴している事例が、父島周辺で 3 年続けて目撃されている。本研究では、同伴していたミナミハンドウイルカを個体識別することで、今後の行動生態解明の基礎資料とすることを目的とした。



ミナミハンドウイルカ (外部形態と分布域)



ハシナガイルカ (外部形態と分布域)



哺乳類の養育行動について

母性行動: Maternal behavior

⇒「コドモの生存確率を高めるような母親の行動」の総称 黒田 (2013)

乳母行動: Allopaparental behavior

⇒親以外の個体の同伴などを指し、これまで 120 種の哺乳類で報告

Riedman (1982)

養子取り: Adoption

⇒実の親が不在の状況で、特定の個体が独占的に世話をし、他個体のコドモを育てること

鯨類での養子取りは数例報告されているのみであり、本研究では異種間でも「養子取り」と定義した。

ヒトでは知られていなかった
高次・複雑な社会性がみつかると！

こうした関心の中に 人類の宇宙進出の可能性も

月 居住

火星 有人探査

火星 居住

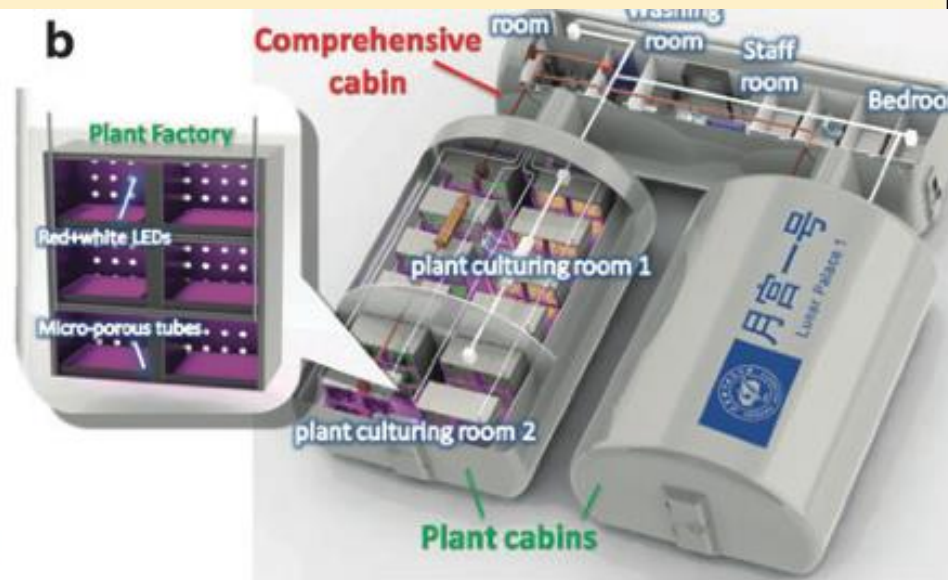
宇宙 人類の生存圏の永続性



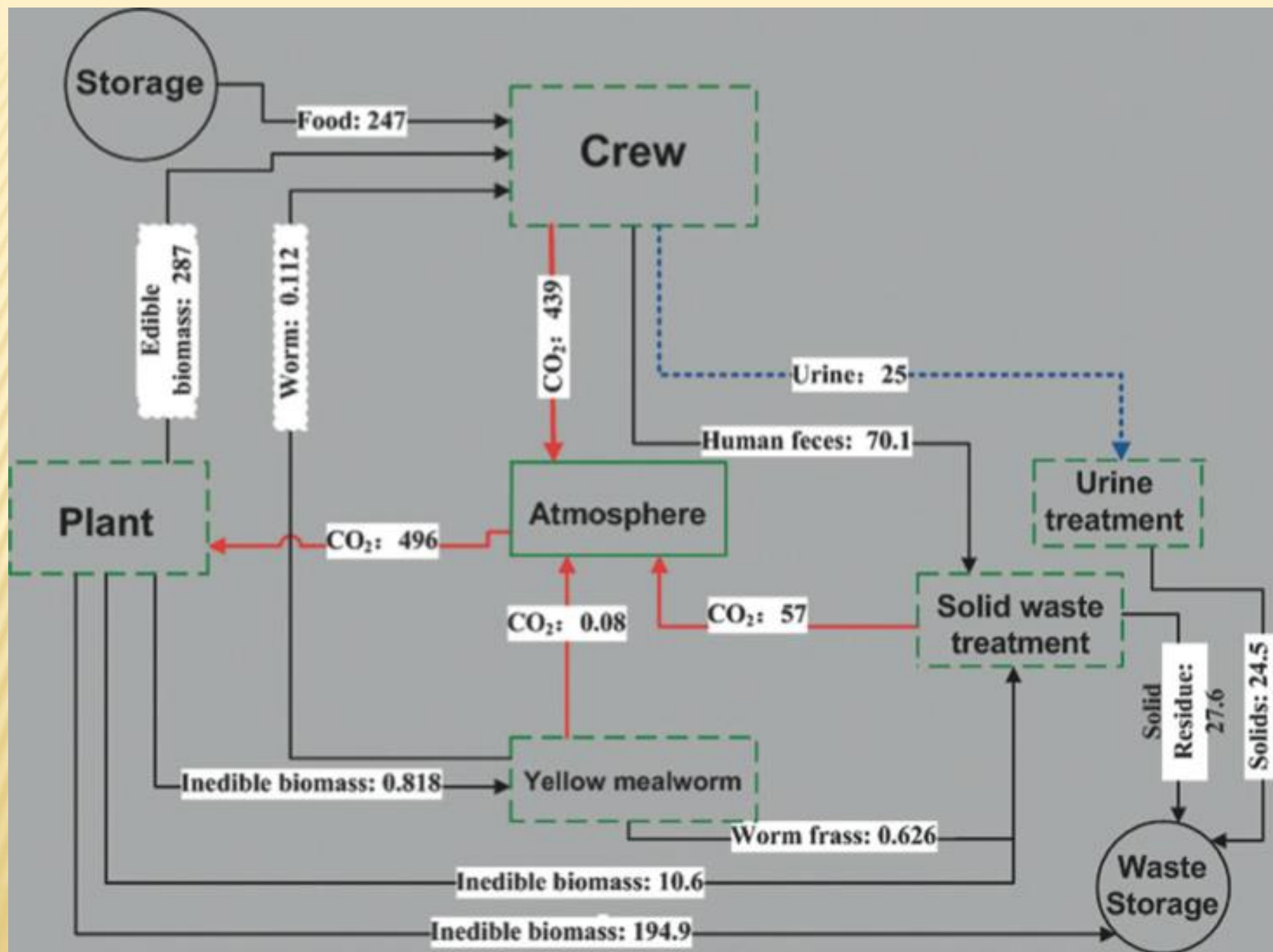
中国 月宫一号

@北京 100平米 300立米





G. 1. (a) Outside look at Stage I of Lunar Palace-1, (b) Lunar Palace-1 project model, (c) three volunteers living in plant cabin and (d) comprehensive cabin.



月宮一号 2014年5月 3名 105日

- 北京航空航天大学内に建設 100M²、300M³
- 4人用（これまでの2回の実験は3名）
- 動物飼育も実施（ミールワーム（食用！＋非可食部の処理））
- 報告の多くは北京大学の研究者
- クルーの素性は不詳も男性クルーは研究者（宮嶋私信）
- 2014年2月～5月の3名105日の報告は、多数の成果報告あり（ACRA ASTRONAUTICA、ASTROBIOLOGYなど宇宙系、ECOLOGICAL ENGINEERINGなど生態工学系、さらに農業・植物生理系、菌叢系など多数）

食料(植物体可食部)

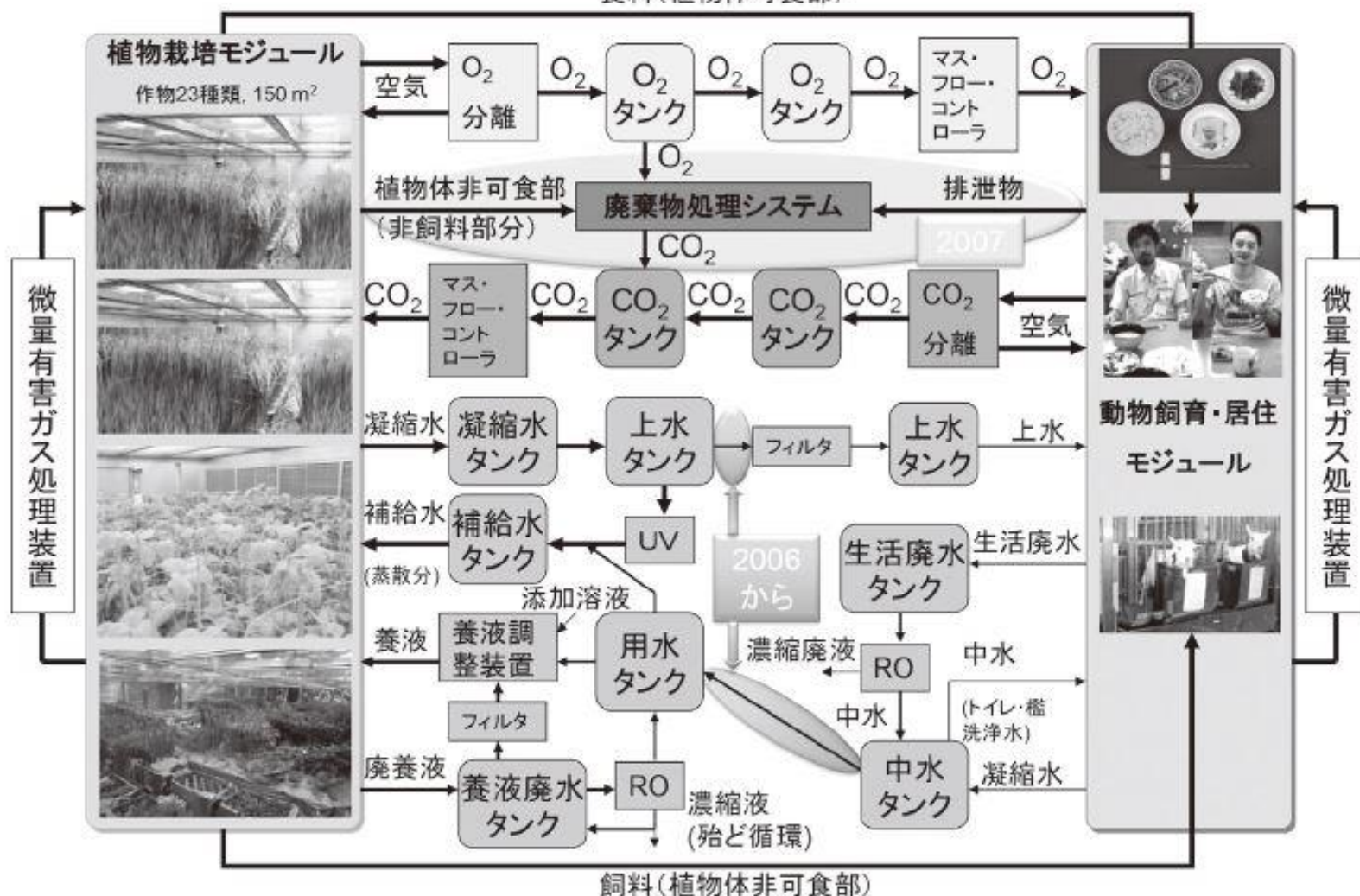


図2 閉鎖型生態系実験施設の植物実験施設と動物飼育・居住実験施設を結合して行った閉鎖居住実験における物質循環 (O₂分離: 圧力サイクルによってモレキュラーシーブへの吸脱着を繰り返すことにより窒素ガスを分離し酸素ガスを濃縮、CO₂分離: 圧力及び温度サイクルにより固体アミンへの吸脱着を繰り返し二酸化炭素を分離、UV: 紫外線殺菌、RO: 逆浸透膜を使った水浄化システム、廃棄物処理システム: 炭化処理の後に燃焼処理)。

4名のべ370日（～2018年5月15日）

「月宮」実験が終了 計370日間は世界最長

2018年5月19日 21:27 発信地：中国

CNS



施設の中で野菜を育てる被験者（2018年5月15日撮影）。(c)Imaginechina



【5月19日 CNS】中国・北京航空航天大学（Beihang University）の「月宮1号（Yuegong-1）」から15日、実験を終えた4人の志願者らが姿を現した。被験者が2チームに分けられ、一定期間ごとに3交代制で閉鎖

4名のべ370日（～2018年5月15日）

チーム1	110d		60d
チーム2		200d	
システム閉鎖運用	370d		

- 4名の居住
- 実験途中での交替
- 最長200日の居住、のべ370日の運用
- 廃棄物処理は微生物的に
- 停電（計画的？）や突然の期間延長宣告によるストレス評価も実施

月面に持っていけるのか？

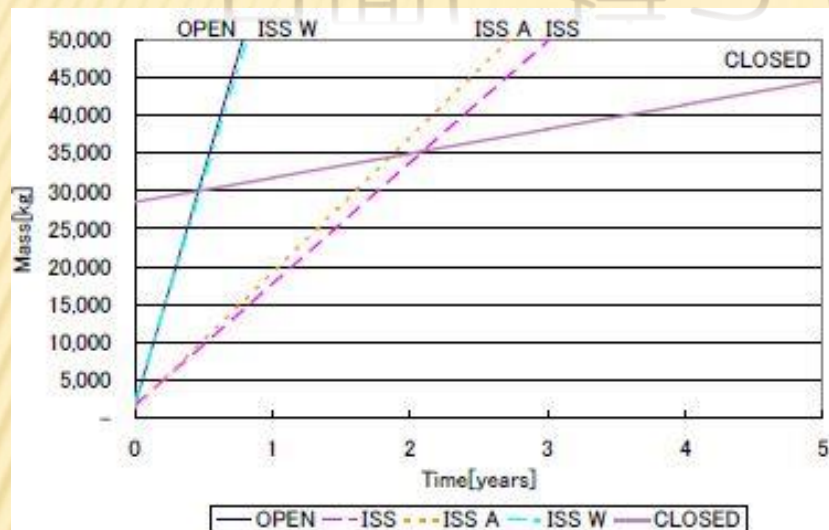


図4 月面拠点生命維持システムの質量比較

宮嶋 2007 宇科連

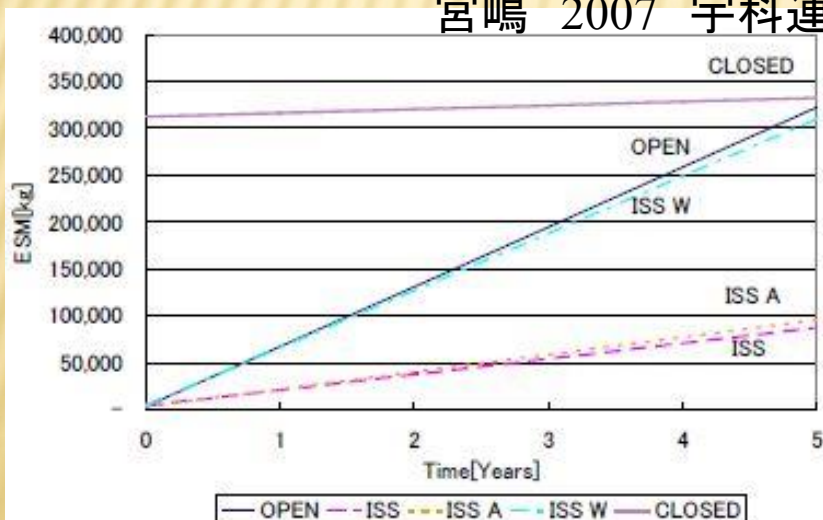


図5 月面拠点生命維持システムの ESM 比較

システムの比較には等価システム質量(ESM : Equivalent System Mass)⁹⁾を用いる。ESMは生命維持システムのコストを式(1)のように質量、体積、電力、熱負荷、労働時間で表し、サブシステム $i=1$ から n まで合計して ESM を計算する。

$$ESM = \sum_{i=1}^n \left[(M_{I_i} \cdot SF_{I_i}) + (V_{I_i} \cdot V_{eq_i}) + (P_i \cdot P_{eq_i}) + (C_i \cdot C_{eq_i}) + (CT_i \cdot D \cdot CT_{eq_i}) + (M_{TD_i} \cdot D \cdot SF_{TD_i}) + (V_{TD_i} \cdot D \cdot V_{eq_i}) \right] \quad (1)$$

M_{I_i} : サブシステム i の初期質量[kg]

SF_{I_i} : サブシステム i の初期質量貯蔵係数[kg/kg]

V_{I_i} : サブシステム i の初期体積[m³]

V_{eq_i} : サブシステム i の与圧体積質量等価係数[kg/m³]

P_i : サブシステム i の必要電力[kW_e]

P_{eq_i} : サブシステム i の電力質量等価係数[kg/kW_e]

C_i : サブシステム i の冷却要求[kW_{th}]

C_{eq_i} : サブシステム i の冷却質量等価係数[kg/kW_{th}]

CT_i : サブシステム i の労働時間要求[CM-h/y]

D : ミッション期間[y]

CT_{eq_i} : サブシステム i の労働時間質量等価係数[kg/CM-h]

M_{TD_i} : サブシステム i の時間依存質量[kg/y]

SF_{TD_i} : サブシステム i の時間依存質量貯蔵係数[kg/kg]

V_{TD_i} : サブシステム i の時間依存体積[m³]

月面に持っていけるのか？

4つのシステム比較

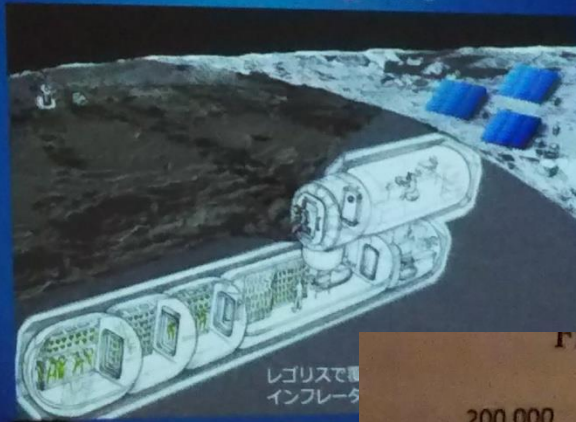
居住人数 6人

- ▶ 開放型 (OPEN)
- ▶ ISS型 (ISS)
- ▶ 閉鎖型 (CLOSED 1, CLOSED 2)

食料生産 カロリー換算で92%
バイオリアクタあり
ISRU 水・酸素、窒素の回収あり
原子力発電

10

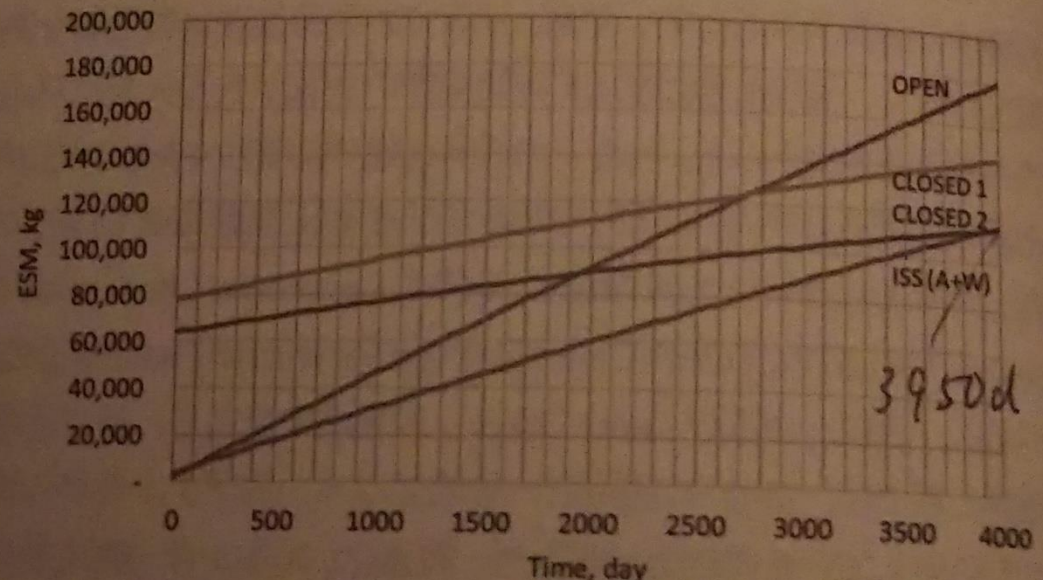
原子力発電設備
ISRU



太陽光
発電設備

レゴリスで
インフレーション

Fig. 2-4 プラズマ・インフレーションの質量の時間変化

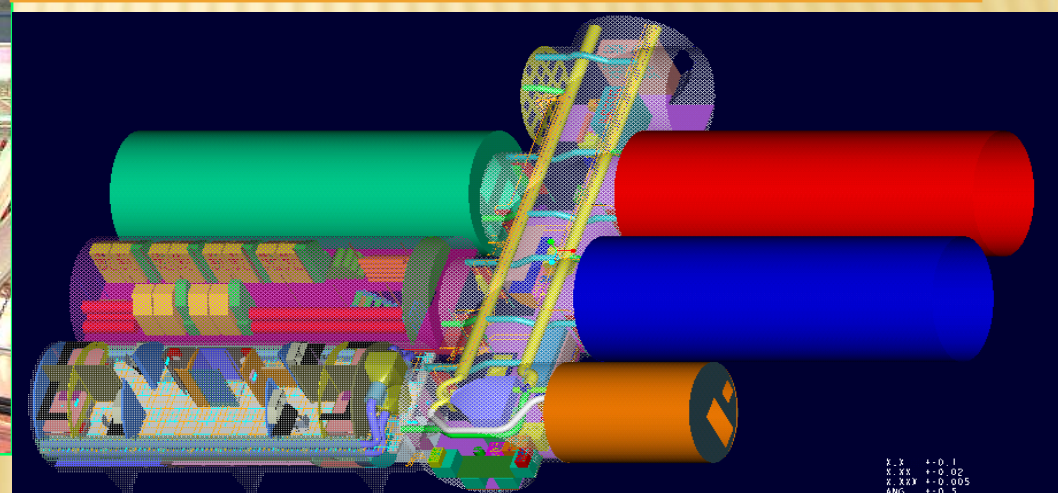
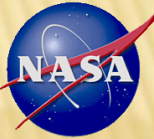


宮嶋ら 生態工学会2018

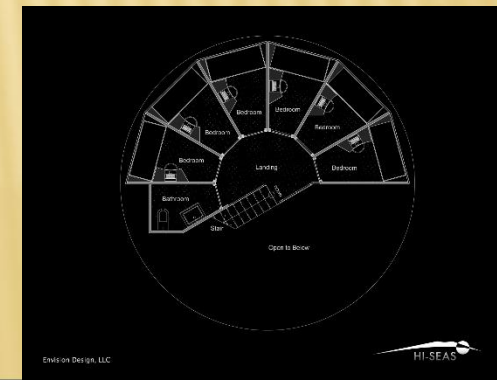
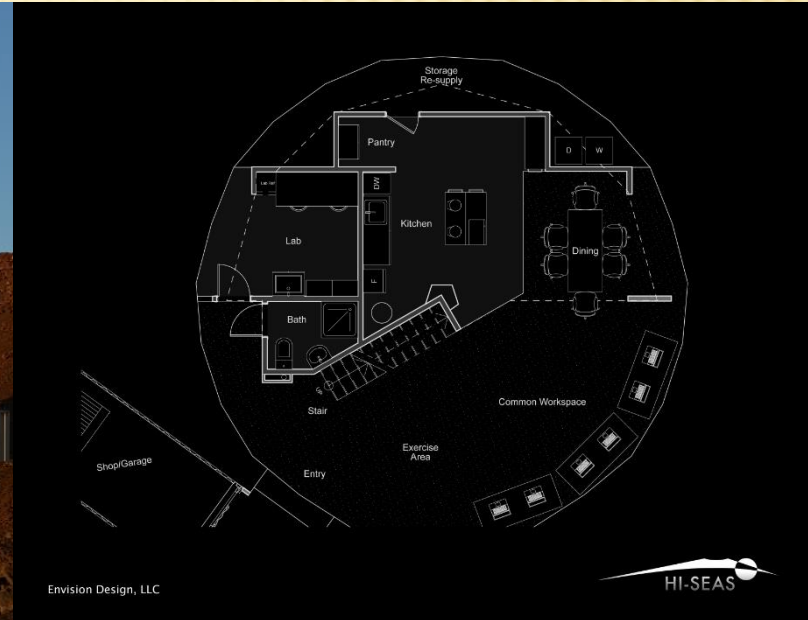
私見ですが・・・きっと分解がネックに・・・
ミニ地球の“分解”を司る装置群



NASAのALSS(ADVANCED LSS) 実験



月面・火星へ向けた居住技術開発は 現在進行形 (HI-SEAS @ ハワイ)



火星へ向けた疑似ミッションは 現在進行形 (HERA @ NASA JSC)

NASA

Topics | Missions | Galleries | NASA TV | Follow NASA | Downloads | About | NASA Audiences

Search

Analog Missions

Analog Missions | Overview | Images | Videos | Media Resources

HERA Mission Overview

Location: Johnson Space Center

Environment: Closed Habitat

Description: HERA is a unique three-story habitat designed to serve as an analog for isolation, confinement, and remote conditions in exploration scenarios.

HERA XVII began their mission on May 4. The 45-day mission will end on June 18.

HUMAN EXPLORATION RESEARCH ANALOG

<https://www.nasa.gov/>

45日間 男性4名 睡眠時間を調整

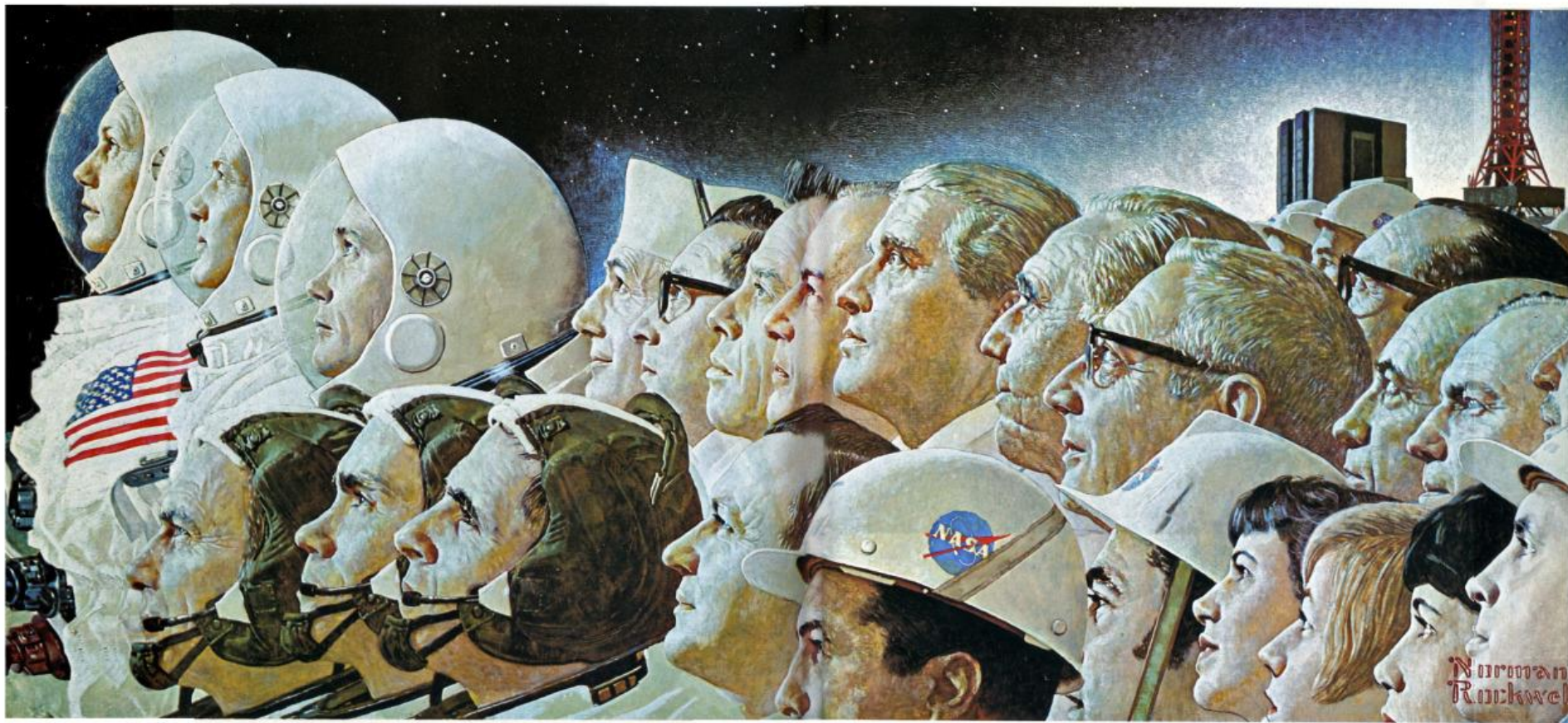
人も選ばれ、トレーニングが必要



宇宙飛行士

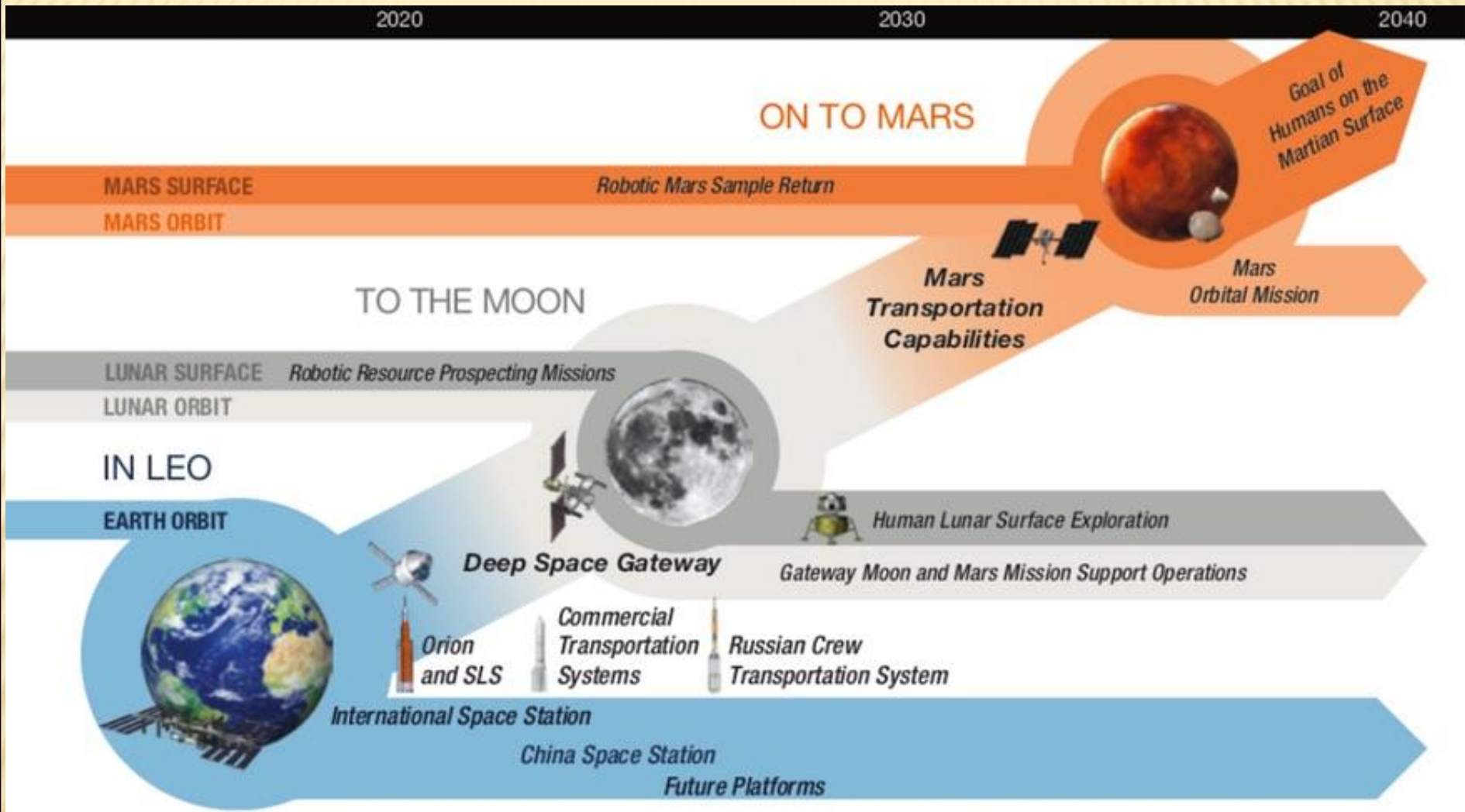


みなで頑張れば（一国でも）月にいった！



さらに頑張れば
ミッションとして火星にもいける！

I S E F 2 2018 @東京



具体的な国際協力での火星探査計画ロードマップも

米スペースX、壮大な火星移住計画を発表

2020年代に有人飛行、2060年代には100万人移住も

2016.09.30

ツイート

いいね! 585

B!

G+

1 2 3 4 >



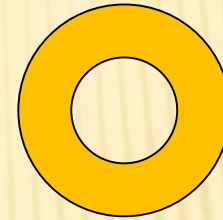
宇宙飛行士を宇宙に送るために設計された宇宙船
CEO、イーロン・マスク氏。(PHOTOGRAPH BY
IMAGES)





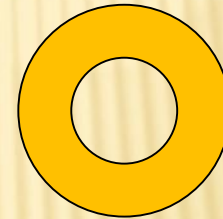
月

居住



火星

有人探査



火星

居住

月面の延長線上

宇宙

人類の生存圏の永続性

検討すべき課題

我々がここにいる（のに） 彼らはどこにいるのだろうか・・・
（楽観的？な天文学者の発案）

ドレイクの方程式

The Drake Equation

- ・ ドレイク方程式：銀河系内にある星間通信が可能な文明の数 N の見積もり

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

R^* ：銀河系内での年間の恒星形成率

f_p ：惑星を持つ恒星の割合

n_e ：惑星を持つ恒星系におけるハビタブル惑星の平均個数

f_l ：ハビタブル惑星が実際に生命を宿す割合

f_i ：生命を宿す惑星で知的生命が誕生する割合

f_c ：知的生命が星間通信を行える（行おうとする）文明を持つ割合

L ：星間通信を行える文明の存続期間

地球人の“L”は何年だろうか
何を調べればもっともらしい数値が？

ヒトとヒトの関係は持続可能か？

ヒトと自然の関係は持続可能か？
(→ 地球上での人間の生活態度は？)

ヒトは自身を凌駕するものを産むか？
(→ シンギュラリティ・プロブレム
(2045年問題) は本当に来るのか？)

イーロン・マスク氏「AIが第三次世界大戦を引き起こす」—— その真意とは？

Sam Shead

© Sep. 05, 2017, 06:00 PM | TECH INSIDER 6,358



FACEBOOK



TWITTER



LINKEDIN



HATENA



LINE

PayPalやテスラ、スペースXなどの共同創業者で、億万長者の起業家イーロン・マスク氏は、人工知能（AI）が人類の存在を脅かす脅威であると再度警告を発した。

マスク氏が、AIは第三次世界大戦を引き起こしかねないとツイートしたのは、ロシアのウラジミール・プーチン大統領が先週、ロシアの学生グループに対し、最強のAIを有する国が「世界を征する者になる」と話したことを受けたもの。

マスク氏はプーチン大統領のコメントを投稿した上で、「私の考えでは、AIの優位性をめぐる国家レベルの争いは、第三次世界大戦を引き起こす原因となるだろう」と投稿した。



REUTERS/Aaron P. Bernstein

地球人の“L”は何年だろうか
何を調べればもっともらしい数値が？

ヒトとヒトの関係は持続可能か？

ヒトと自然の関係は持続可能か？
(＝地球上での人間の生活態度は？)

ヒトは自身を凌駕するものを産むか？
(＝ 2045年問題は本当に来るのか？)

・ ・ かわいい ・ ・
・ ・ ・ ですが ・ ・ ・



© KADOKAWA

2018年に起きた米学校での銃撃事件

通報された銃撃事件: 18件



Source : EveryTown for Gun Safety/US media

© AFP



ヒトはどのくらい
暴力的であったか

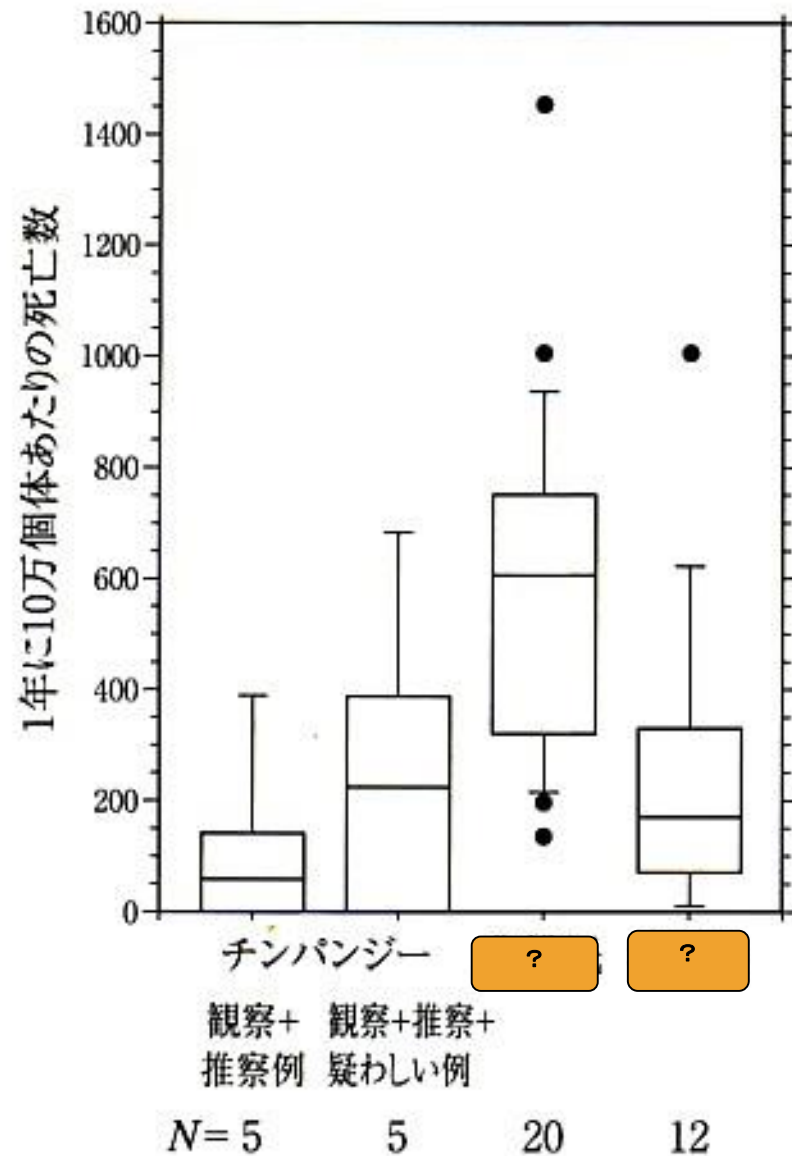


図 5・6 チンパンジーと人類社会の
集団間暴力による死亡数⁵⁻¹⁾

ヒトはより暴力的になっているのか？

暴力人類史の

スティーブン・
ピンカー

幾島幸子・塩原通緒 訳

上

THE BETTER ANGELS
OF OUR NATURE
WHY VIOLENCE HAS
STEVEN PINKER



青土社

欧米諸国の殺人件数動向(1950・1900～2010年)

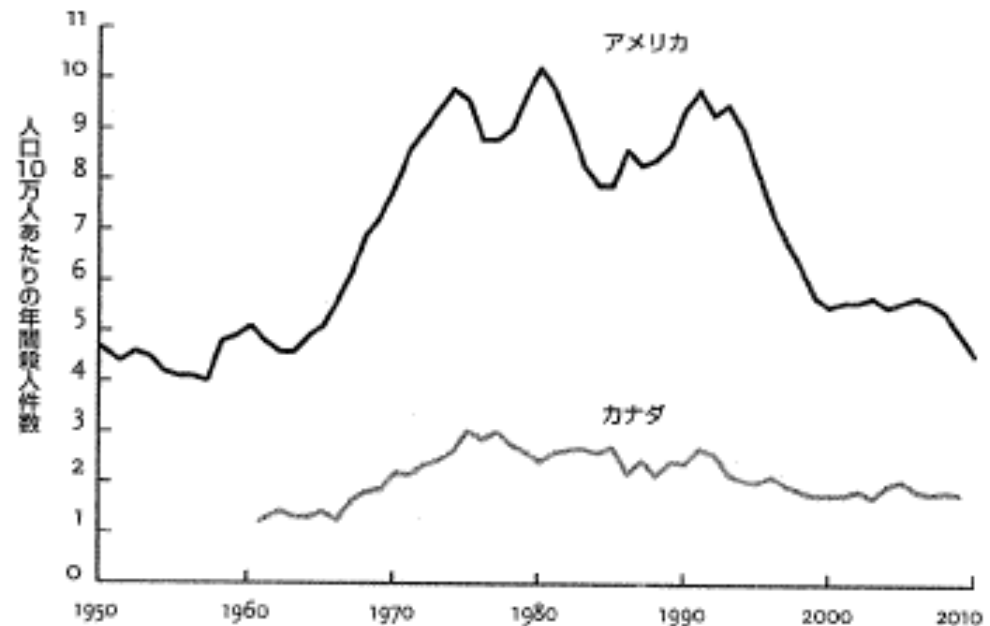


図3-18 アメリカ(1950～2010年)およびカナダ(1961～2009年)における殺人発生率。

出典：アメリカ——FBI Uniform Crime Reports 1950-2010; アメリカ司法統計局 2009; FBI, 2010b, 2011; Fox & Zawitz, 2007. カナダ——1961～2007年は Statistics Canada, 2008, 2008年は Statistics Canada, 2010, 2009年は K. Harris, "Canada's crime rate falls," Toronto Sun, Jul. 20, 2010.

ヒト

図3-18 アメリカ（1950～2010年）およびカナダ（1961～2009年）における殺人発生率。

出典：アメリカ——FBI Uniform Crime Reports 1950-2010: アメリカ司法統計局 2009, FBI, 2010b, 2011; Fox & Zawitz, 2007. カナダ——1961-2008, 2008年は Statistics Canada, 2010, 2009年は K. H. Toronto Sun, Jul. 20, 2010.

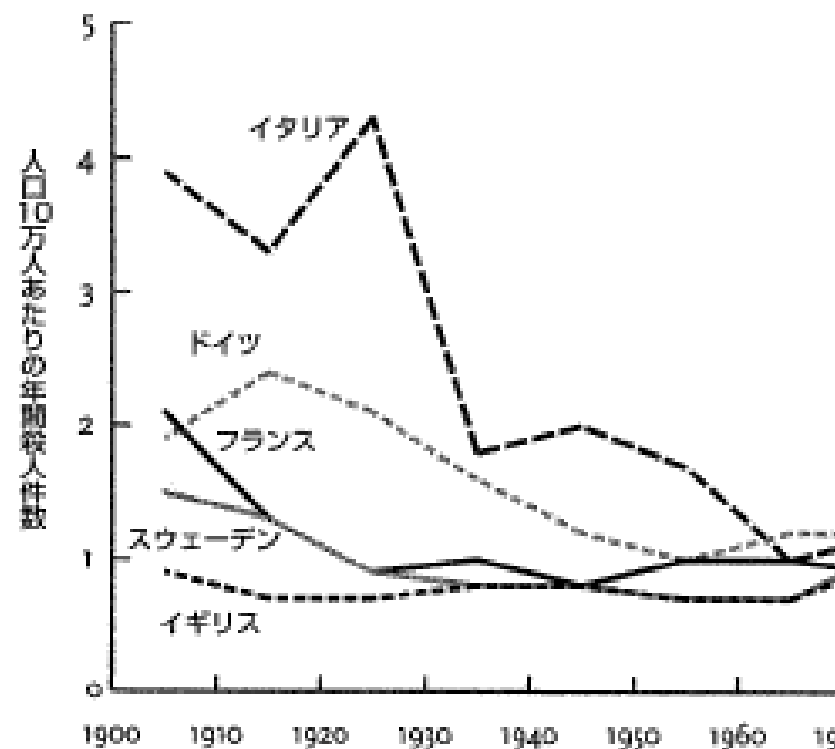


図3-19 西欧5ヵ国における殺人発生率（1900～2000年）
出典：Eisner, 2008（イギリスを除く）, 2009年は Walker 国家統計局 2009 の人口推定。

（資料）スティーブン・ビンカー「暴力の人類史」

か？

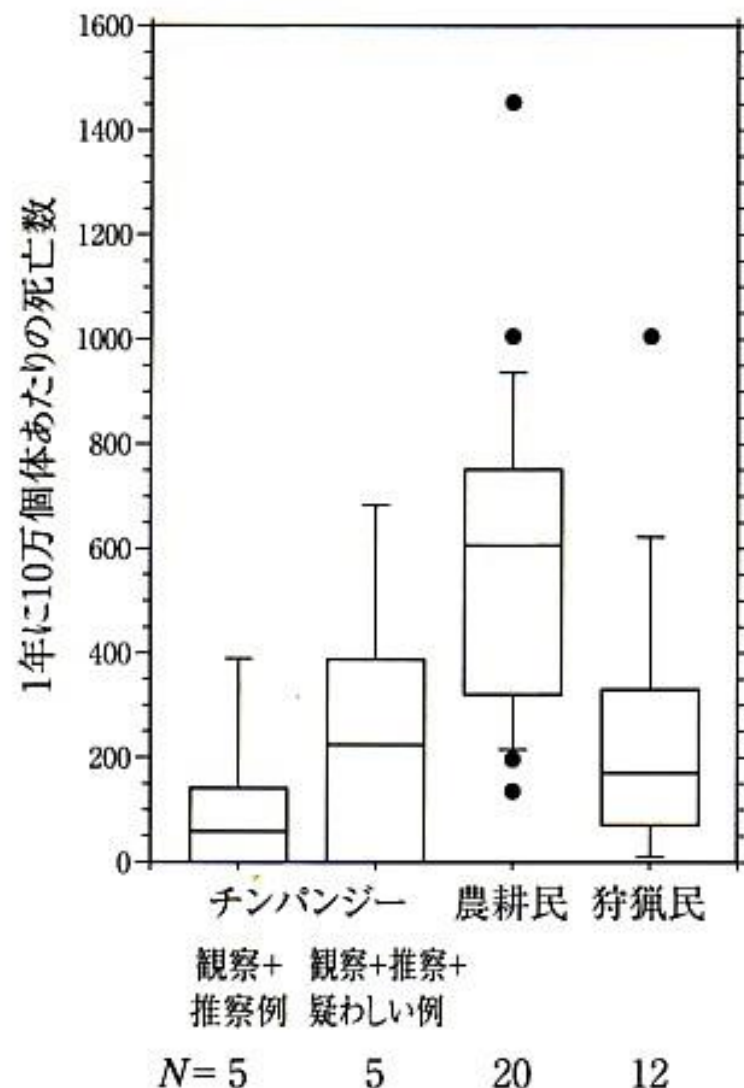


図5-6 チンパンジーと人類社会の集団間暴力による死亡数⁵⁻¹⁾

トマ・ピケティの「 $R > G$ 」

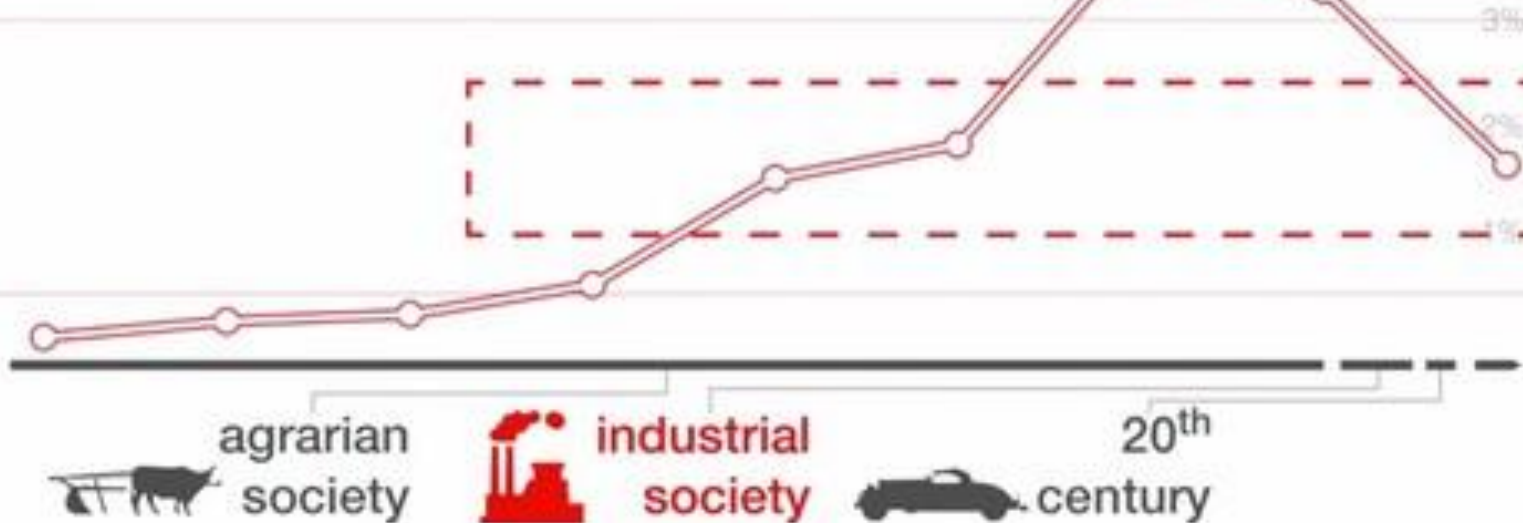
格差は広がっているのは事実が、
ベースの生活も豊かになっている

But in the long run, **g seems to be closer to 1-2%**, especially given projected population growth slowdown.

r
rate of return
on capital



g
economic
growth



社会・共同体

脳・神経回路

細胞・分子

遺伝子

同情

共感

情動伝染



だが、持続可能な暮らしなのか？

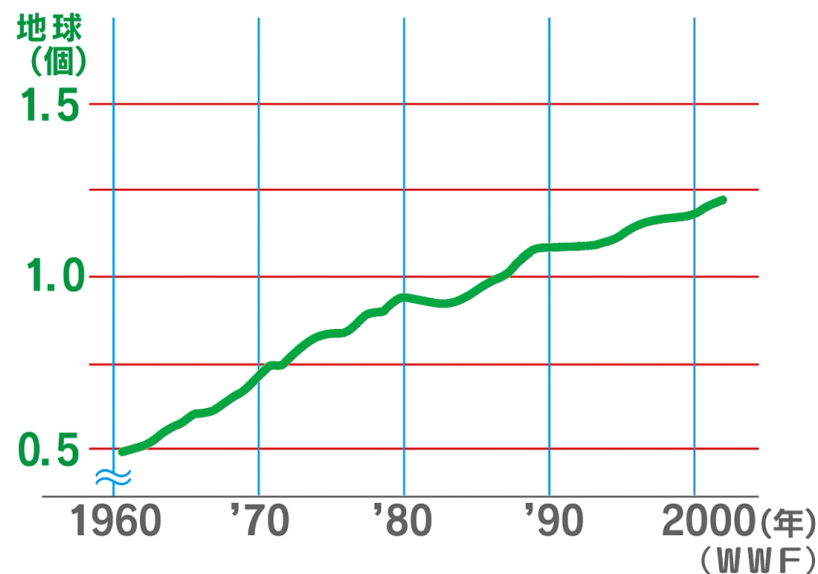
エコロジカル・フットプリント

人間活動により消費される資源を、
人間1人が持続可能な生活を営むために必要とする面積（水産資源の利用を含め）として算出される。

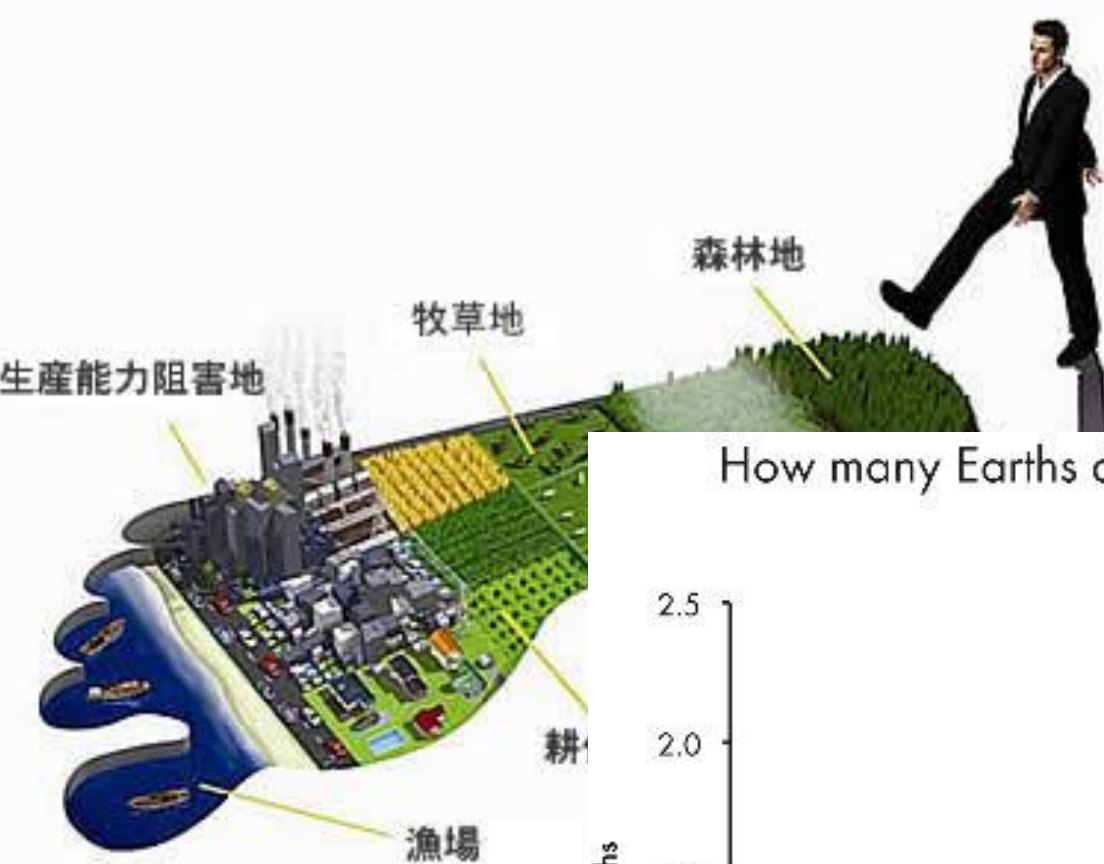
- ・化石燃料の消費によるCO₂の排出
- ・吸収するために必要な森林面積
- ・道路、建築物等に使用される土地
- ・食糧の生産に必要な農地
- ・紙、木材等の生産に必要な森林面積

以上の四つを合計した面積

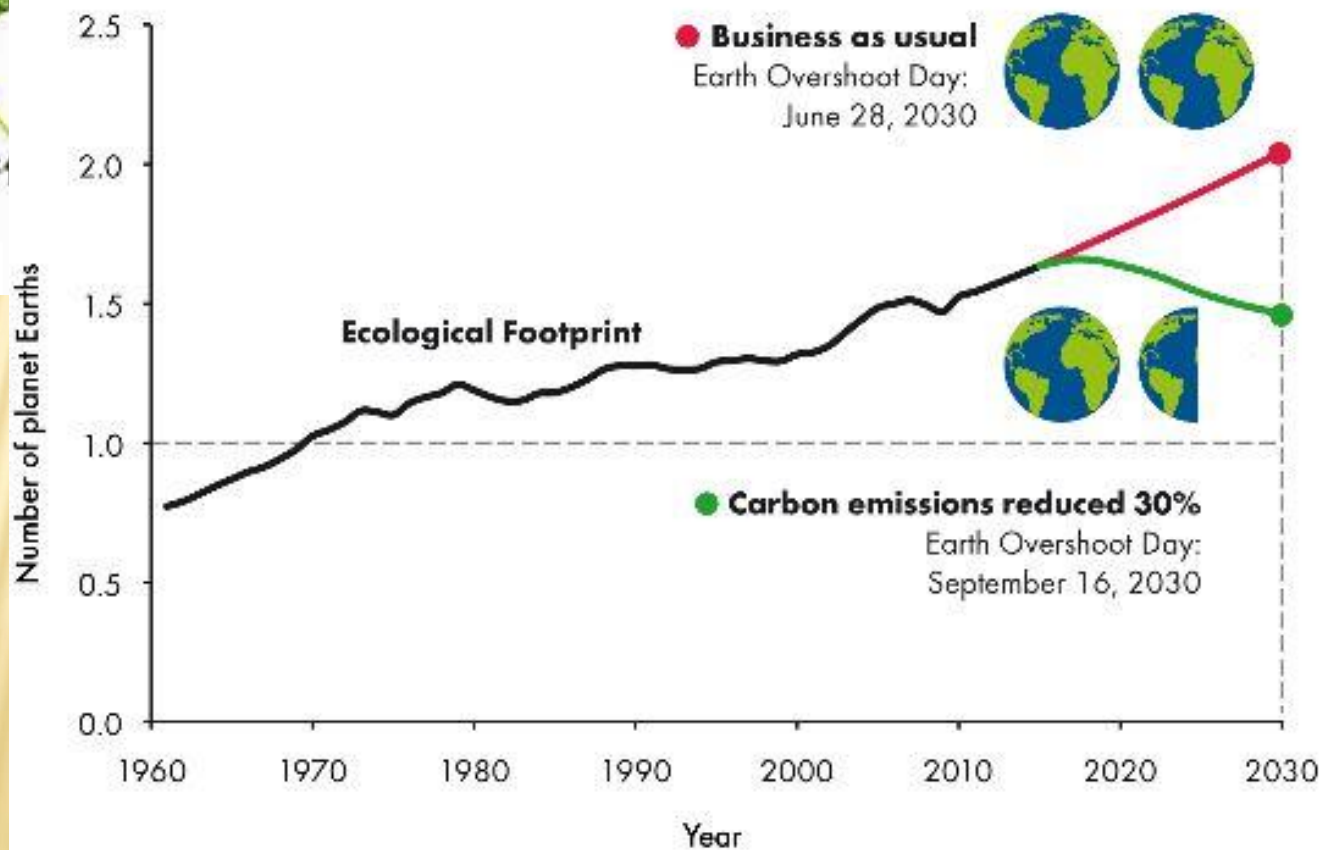
全人類のエコロジカル・フットプリント



米国5.1ha、日本2.3ha、インド0.4ha、
世界平均1.8ha



How many Earths does it take to support humanity?



国連もいろいろな策を練るが・・・



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

1 貧困をなくそう



2 飢餓をゼロに



3 すべての人に健康と福祉を



4 質の高い教育をみんなに



5 ジェンダー平等を実現しよう



6 安全な水とトイレを世界中に



7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに



8 働きがいも経済成長も



9 産業と技術革新の基盤をつくろう



10 人や国の不平等をなくそう



11 住み続けられるまちづくりを



12 つくる責任 つかう責任



13 気候変動に具体的な対策を



14 海の豊かさを守ろう



15 陸の豊かさを守ろう



16 平和と公正をすべての人に



17 パートナリシップで目標を達成しよう



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

2030年に向けて世界が合意した「持続可能な開発目標」です

鬼頭秀一先生
『自然保護を問い直す』など

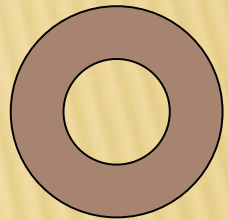
自然と 「切れている」 人

自然と 「切れていない」 人

宮崎駿流だと
「失われし大地との絆」
「人は土から離れて生きられないのよ」

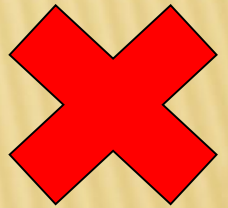
地球人の“L”は何年だろうか
何を調べればもっともらしい数値が？

ヒトとヒトの関係は持続可能か？



ヒトと自然の関係は持続可能か？

(=地球上での人間の生活態度は？)



ヒトは自身を凌駕するものを産むか？

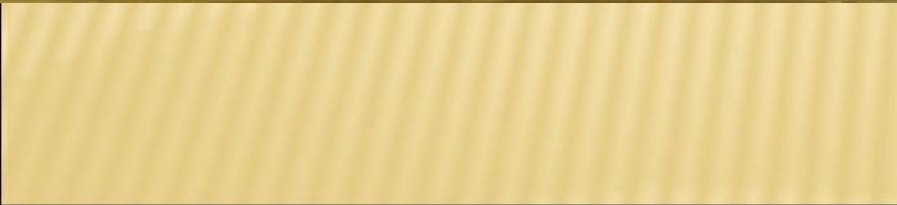
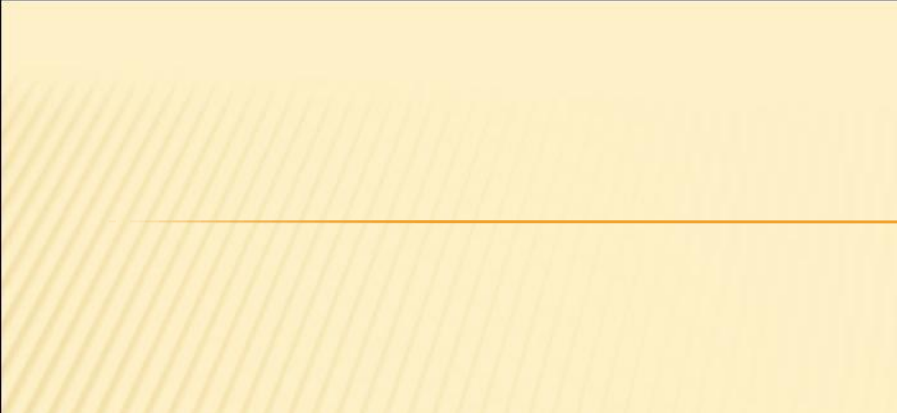
(= 2045年問題は本当に来るのか？)

≡二地球で実際に食料を育て



食べ





一週間の閉鎖生活の後に

時刻	火	水	木	金	土	日	月
13:00	入室						
13:30	整備作業	整備作業	整備作業	整備作業	自由時間	自由時間	整備作業
14:00	整備作業						
14:30							
15:00	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業
15:30		通常業務	通常業務		自由時間	自由時間	
16:00	植物作業			植物作業			
16:30	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理
17:00							
17:30	調理	調理	調理	調理	調理	調理	調理
18:00							
18:30							
19:00	夕食	夕食	夕食	夕食	夕食	夕食	夕食
19:30	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理
20:00							
20:30							
21:00	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間
21:30							
22:00							
22:30							
23:00	就寝	就寝	就寝	就寝	就寝	就寝	就寝
6:30							
7:00	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間	自由時間
7:30	朝食	朝食	朝食	朝食	朝食	朝食	朝食
8:00	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理	衛生管理
8:30	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理
9:00	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業	動物飼育作業
9:30							
10:00	植物作業	植物作業	植物作業	植物作業	自由時間	自由時間	植物作業
10:30							
11:00							
11:30							
12:00	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理	健康管理
12:30	昼食	昼食	昼食	昼食	昼食	昼食	昼食
							退室

“切れた” 関係を取り戻せた



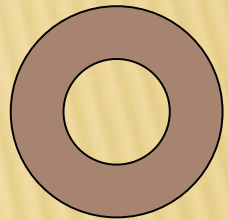
強い生の繋がりを実感、生かされてる！有り難い！

皆が体験できる『ミニ地球体験村』構想

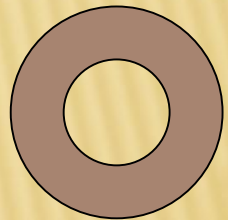


地球人の“L”は何年だろうか
何を調べればもっともらしい数値が？

ヒトとヒトの関係は持続可能か？



ヒトと自然の関係は持続可能か？
(=地球上での人間の生活態度は？)



ヒトは自身を凌駕するものを産むか？
(= 2045年問題は本当に来るのか？)

恐怖や疲労を含む、様々なストレス下で、高いパフォーマンスを発揮できる、
というだけではなく、
新たな資質、新たなトレーニングが求められるかも？

三 自然とのつながりを たしかなもの
として感じられ、持続可能な環境を維持
して生活できる“姿勢”をもつ人

でも、それって・・・

文化人類学・民族学・民俗学の分野でも

地球永住計画

project to stay alive on the earth official website

▼ 地球永住計画について

※ News! スケジュー

▶ ■ 地球永住学園

▶ ◆ 地球永住研究所

● 循環の森

★ 地球永住芸術祭

※ 地球永住出版局

サイトマップ



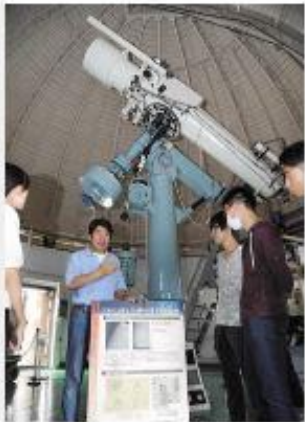
「日本列島にやって来た人々」のルートをとどる7年がかりの挑戦

探検家・武蔵野美術大学教授 関野吉晴 特集

大学教育のカリキュラムとしても

京大で宇宙飛行士の実習 土井教授ら講義、微小重力実験も

9/11(月) 13:21配信



有人宇宙学実習のオリエンテーションで、土井教授（左から2人目）の説明を熱心に聞く学生たち＝11日午前10時40分、京都市山科区・京大花山天文台 撮影・船越正宏

京都大の全学共通科目「有人宇宙学実習」が11日、京都市山科区の京大花山天文台で始まった。宇宙飛行士の土井隆雄・京大宇宙総合学研究ユニット教授ら5人の教員が講義を担当し、学生たちが宇宙活動を模擬体験する5泊6日の教育プログラム。テントを張って泊まり込み、閉鎖的な空間を体験し、天体観測や微小重力環境での実験などを行う。

昨年に京大に着任した土井教授がプログラム作りを進めてきた。全国的にも例がない取り組みで、今春に受講生を募集したところ定員10人に対して約8倍の応募があったという。

初日の11日は午前中、受講する女性2人を含む9人が同天文台に集合して、大型の屈折望遠鏡などを備えた施設を見学し、テントを設営した。午後以降、無重力に近い環境をつくり出す装置を使って植物の生育状況を調べる実験や、夜間に系外惑星の観測を行う。携帯電話は原則使用禁止で、夕食は自炊す

るなど宇宙ステーションに似た環境を体験してもらい、ストレスを調べる心理検査も毎日行う。

受講生の工学部3年の平田大さん（20）は「今回のような宇宙に似た環境の経験を生かし、宇宙で人が住むのに必要な機械を作りたい。チャンスがあれば、宇宙にも行ってみたい」と意気込みを見せた。土井教授は「有人宇宙活動に興味のある学生がこんなに多くいたことは、非常に頼もしくやりがいを感じる」と話していた。



↑ 値をより大きくするために
みんなで！！

