

本講義資料のご利用にあたって

本講義資料内には、東京大学が第三者より許諾を得て利用している画像等や、各種ライセンスによって提供されている画像等が含まれています。個々の画像等の利用については、それぞれの権利者の定めるところに従ってください。

著作権が東京大学の教員等に帰属する著作物については、非営利かつ教育的な目的に限り複製および再配布することができます。

ご利用にあたっては、以下のクレジットを明記してください。

クレジット：

The University of Tokyo 学術フロンティア講義 2024 福永 真弓



藻と人間

惑星サルベージとテラフォーミングの倫理

福永真弓(新領域創成科学研究科)

何を研究しているのか(環境社会学・環境と倫理)

方法論:フィールドワーク+エスノグラフィー

- ・非対称なものたちとの関わりを書く
- ・多分野の力を借りる(自然科学・アート)

研究テーマ

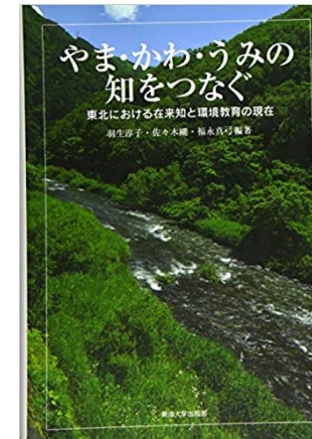
- ・環境倫理と惑星倫理(惑星B倫理委員会)
- ・台所と食料庫の政治と食の倫理
- ・震災後の生業・コミュニティの再生
→気候変動に適応する生業・コミュニティの創造

研究プロジェクト

- ・環境再生デザインの公共社会学(跡地再生)
- ・人新世のサカナの美学(ニジマス)
- ・ブルーフードシステム・ガバナンス(大型・微細藻類)
- ・気候変動の変革的適応を支えるコミュニティ・レジリエンスの探求



左:「サケをつくる人びと」東京大学出版会(2019) 福永真弓著
右:「未来の環境倫理学」勁草書房(2018)吉永明弘 / 福永真弓編著



左:「やま・かわ・うみの知をつなぐ」東北における在来知と環境教育の現在 東海大学出版会(2018)羽生淳子・佐々木剛・福永真弓編著

右:「どうすれば環境保全はうまくいくのか」新泉社(2017)宮内泰介編

近刊

- ・シリーズ環境社会学講座 福永真弓・松原正治編 『答えのない人と自然のあいだ』 新泉社
- ・『食べることの倫理』(慶應義塾大学出版会)
- ・『サーモンになった魚』(出版交渉中)

1. 本講義の目的

- 藻類を題材に、地球と人間の関係性について再考すること。
- 2つの補助線(惑星サルベージとテラフォーミング)を引き、現在、わたしたちが直面している地球と人間の関係性及び社会技術的想像(socio-technological imaginaries)が向かおうとしている方向性について論じる。
- 身近な藻類養殖の事例から、人間がこれまで依拠してきた「地球」と歴史的な連続性をもちたいと願うならば、どのような作法や感覚の涵養が必要かを論じる。→惑星倫理についての議論へ

惑星サルベージとテラ・フォーミング

• 惑星サルベージ

「宇宙船地球号」をいかに救援するか？

B. フラー著, 芹沢高志訳(1968=2000)『宇宙船地球号 操縦マニュアル』ちくま文庫。

宇宙船地球は非常に優れた発明で設計されており、私たちの知る限りでは、人類は二百万年間この船に乗っていることさえ知らずにいました。そして私たちの宇宙船は、局所的な物理システムがエネルギーを失う現象であるエントロピーにもかかわらず、生命を再生し続けることができるように非常に優れた設計がされています。したがって、私たちは生物学的な生命再生エネルギーを別の宇宙船である太陽から取得する必要があります。

中略

私たちの宇宙船地球の設計された星々の放射エネルギーの注入は、あなたと私が安全に生活を続けることができるように処理されています。あなたと私は日光浴をすることができますが、皮膚を通じて生き続けるのに十分なエネルギーを取り込むことはできません。したがって、宇宙船地球とその生命維持の発明の一部は、陸上の植物と海の藻類が光合成を利用して、私たちのために生命再生エネルギーを適切な量で蓄えるように設計されています。



著作権の都合により書影を削除しました。

• テラ・フォーミング

「地球」に似た生物圏はいかに作りだせるか？

Pak, C. 2016. *Terraforming: Ecopolitical Transformations and Environmentalism in Science Fiction*. Liverpool: Liverpool University Press.

Lovelock, J.E. & Allaby, M. 1984. *The Greening of Mars*. New York: Warner Books.

•問題となっている世界の「気候、大気、地形、生態系」の改変を行い、生命圏をつくりだすこと。

•地球を対象とするときには、ジオ・エンジニアリングやテラ・リフォーミングといわれることもある。

グローバルフードシステムのリスクと限界

気候危機と「新しい食の様式」の模索

宇宙の生活様式

合理的な閉鎖型・人工循環フードシステム構築

培養肉などの細胞農業プラント

植物工場・陸上養殖プラント

アクアポニックなど多目的・ハイブリッド型プラント

都市の食料工場(ex. ビル産・ビル消)

地球の生活様式

地球に棲み直すための生活様式開発
生物多様性の再生／造成

地域内／ネットワーク型循環生産
都市／郊外農業・新しい都市農山漁村形成
人工・自然のハイブリッド社会生態系

宇宙船・コロニー居住

人工循環(水・栄養・光・エネルギー)に最適化
した空間設計

テラ・フォーミング

- ・気候工学、光合成・合成生物技術を応用した大規模な人間活動のための環境改変
- ・気候変動に対応する環境創造と「新しい地球」への作り替え

惑星サルベージ

- ・気候工学、遺伝子工学などを応用した環境の再生と維持
- ・気候変動に対応する栽培家畜の開発・環境創造:「歴史的な地球の再生」のために

変容する環境への人間側の変化と適応

- ・経済、社会(制度・価値・知の体系等)、文化の変化
- ・人間・生命・自然・地球の存在論的变化



惑星サルベージ、テラ・フォーミングを導く社会技術的想像とは？

ポスト自然の時代における「自然」のデザイン

…さらに、デザインは、日用品の細部から、都市、風景、国家、文化、身体、遺伝子、そして、これから述べるように、再デザインされることを必要としている自然そのものにまで拡張されてきた。まるで、記号論理学者のいうところの「理解」と「拡張」によって、この言葉の意味が大きくなったかのようである。(Latour 2008: 2)

B. Latour. 2008. A Cautious Prometheus? “A Few Steps Toward a Philosophy of Design (with Special Attention to Peter Sloterdijk).” Keynote lecture for the Networks of Design. meeting of the Design History Society Falmouth, Cornwall, 3rd September 2008.

- ・「手つかずの自然」も想像し、デザインし、人の手をかけて維持・再現
- ・気候危機における「変容後の自然」の再デザイン
- ・衣食住にまつわるインフラ・社会システムの再デザイン
- ・排除や廃棄も為すデザインという政治性を読み解く→必須の倫理的営為

2. 藻類という焦点

藻類とは: 酸素発生型光合成をおこなう多様な生物群の総称。

バクテリア

シアノバクテリア

*一次共生: 従属栄養真核生物 + シアノバクテリア

→ 葉緑体の成立、光合成能の獲得

一次植物

灰色植物門

紅色植物門

緑藻植物門

ex.) アオサ藻綱、緑藻綱

ストレプト植物門

シャクジモ藻類

陸上植物(コケ、シダ、裸子、被子植物)

*二次共生: 一次共生で発生した藻を別の真核生物が取り込み共生。

二次植物(葉緑体: 緑藻起源)

ユーグレナ植物門

クロララクニオン植物門

二次植物(葉緑体: 紅藻起源)

クリプト植物門

不等毛植物門

ex.) 珪藻類、褐藻類

ハプト植物門

渦鞭毛植物門

黒目ら植物門

井上勲(2008)『藻類30億年の自然史: 藻類からみる生物進化・地球・環境』東海大学出版会。

HP: crQlr <https://craqlr.com/2022/ja/winners/airbubble/>

HP: crQlr



Bio Design Prize (バイオデザイン賞)

AIRBUBBLE

ecoLogicStudio

空気を生み出すものたち



「空気」という条件と「地球」の概念化

地表付近の大気組成の容積比:

- 窒素(78)
- 酸素(21)
- アルゴン(0.93)
- 炭酸ガス(0.03)
- 一酸化炭素(1×10^{-3})
- ネオン(1.8×10^{-3})
- ヘリウム(5.3×10^{-4})
- メタン(1.52×10^{-4})
- クリプトン(1×10^{-4})
- 一酸化二窒素(5×10^{-5})
- 水素(5×10^{-5})
- オゾン(5×10^{-5})
- 水蒸気(不定)

生命の歴史と空間的広がり

人間の条件に呼応した「空気」

人間の条件に呼応した「地球」



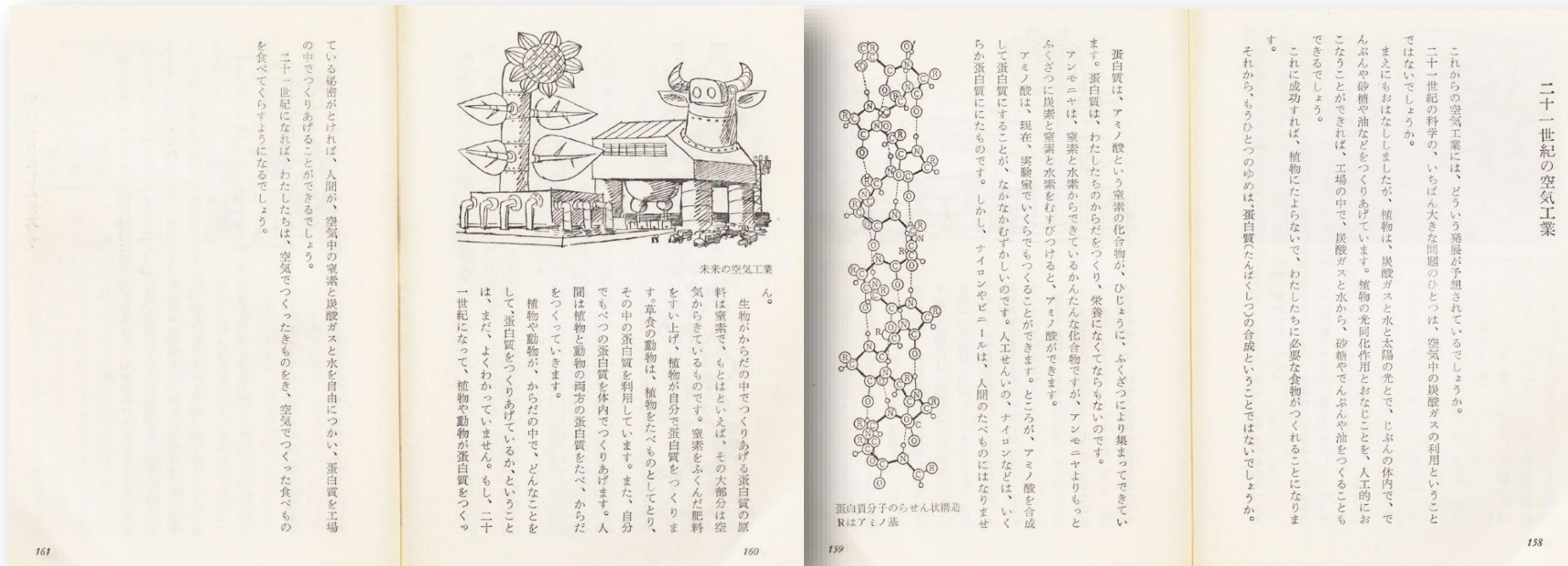
要素化された水、意味を失った水

「前産業社会の文化において、水は純粋性と再生をもたらす素材として知覚されてきた。それは熱によって空中にもち上げられ、そして土に再び戻ってくるときにはある領域から別の領域へと神々のメッセージをもたらし、マクロの宇宙とミクロの宇宙の両者をけっして混同することなく関係づけてきた。ところが、水はいまや忘却のシステムの犠牲者となってしまうている。H₂Oは個々のものの区別をみえなくするような新しい素材、廃棄物と毒のベクトルである。聖書の最後の書である黙示録はこのことについて次のように述べている。「最後の時が来れば、地球上の水は苦くなる」と。水はもはや浄化の担い手ではなくなり、逆に人間が水の浄化を自分の責務と心得るようになった。H₂Oと水は象徴的な反対物といえる。H₂Oは近代の社会的な創造物であり、技術的な管理を要する希少な資源である。それは近代的精神の発露であり、理性の夢によって育まれる怪物なのだ。H₂Oには夢の水を映し出す力が全く残されていない。今日、都会の子供は生きた水に触れる機会をほとんどもっていないし、そのような機会があったとしても、せいぜい街路清掃人がまだ取り除いていない雨水や水たまりに思いを寄せることで想像されるだけだ。」

I. Illich. 1986. *H₂O and the waters of forgetfulness*. London: Boyars. (『H₂Oと水:「素材」を歴史的に読む』(伊藤るり訳, 新評論.)

空気をエンジニアリングする

- 気体の分離と固定化→媒介を介さない気体から物質の再構成
- 「二一世紀の空気工業」(三宅泰雄. 1959『空気の探検』牧書店:158-161)



空気と水(と微生物)で食べものをつくる

エア・プロテイン

- ・1960年代のNASAの宇宙空間での代替蛋白質生産実験から始まる。
- ・微生物により空気中の二酸化炭素から蛋白質を生成。
- ・カリフォルニアのスタートアップ企業「エアプロテイン」では鶏肉味とホタテ味の蛋白質を提供。

著作権の都合により
画像を削除しました。
<https://www.airprotein.com>

<https://www.airprotein.com/>

二つのエンジニアリングの結合

空気のエンジニアリングと水のエンジニアリングの結合

「空気」を生み育て、「地球」を保持する惑星サルベージ

- 光合成というメカニズムの利用 cf. 葉緑体と人工葉の開発
- 水圏と藻類(「地球」をつくって保持してきたテラ・フォーマー)への注目
限界を迎えた陸上ではなく、容量と材料がそろった水域
陸上植物より生育が早く(微細藻類)、資本・エネルギー投入が少なく済む
微細藻類から大型藻類まで多様な利用が可能(食料、エネルギー、衣服、新素材)

空気、水、土の生命圏をつくり、「地球」を離陸するテラ・フォーミング
新しい「地球」／宇宙における「地球」的場所

藻類の多様な用途と生産の拡大

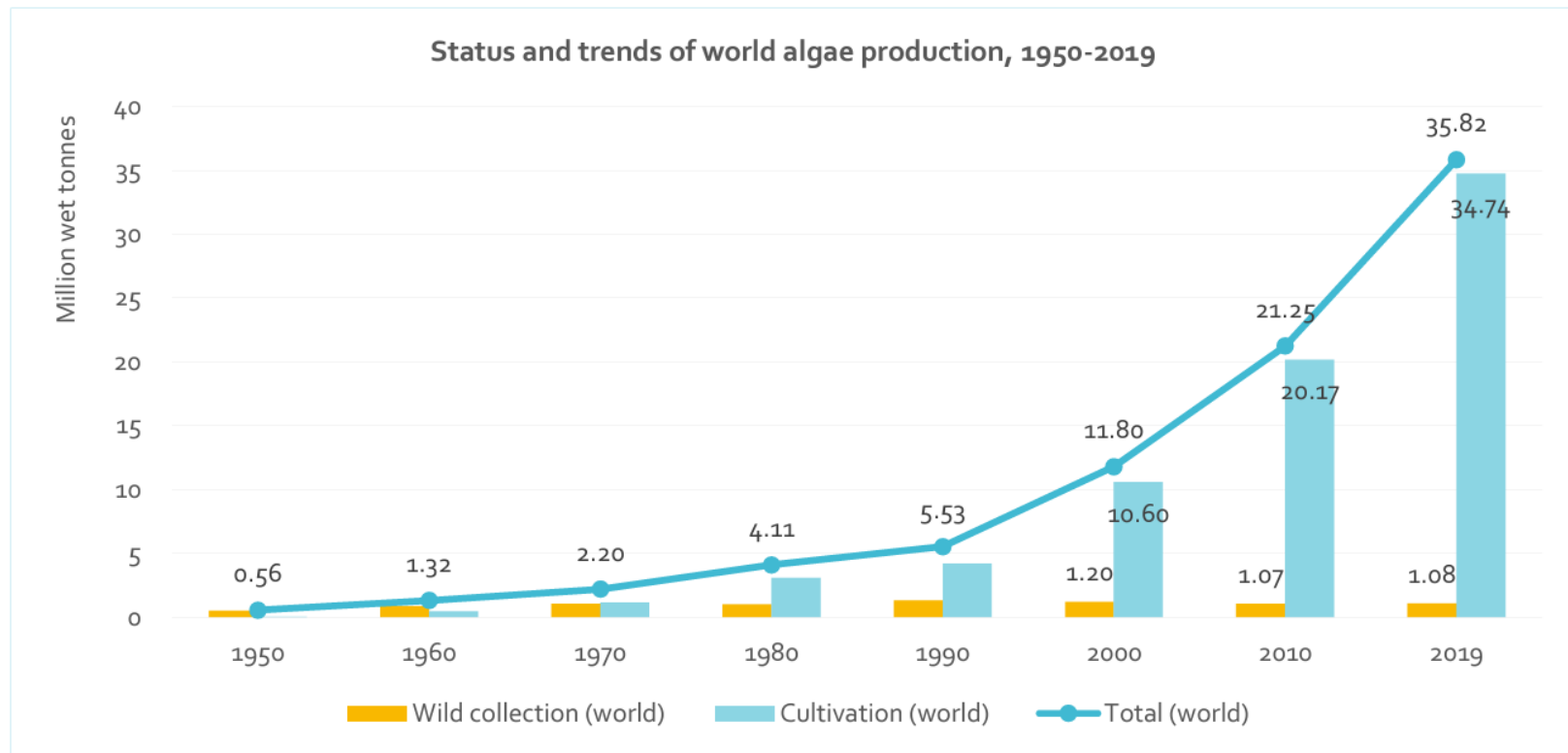
- 藻類の多様な用途
- 経済資源(ブルーカーボン)
- 食用

成分利用:寒天、アルギン酸、カラギナン

- 食品材料:アイスクリームの安定剤、畜肉製品の品質改良剤、タレやソースの増粘剤など
- 医薬品材料:カプセルなど
- 工業製品:
- 美容製品材料

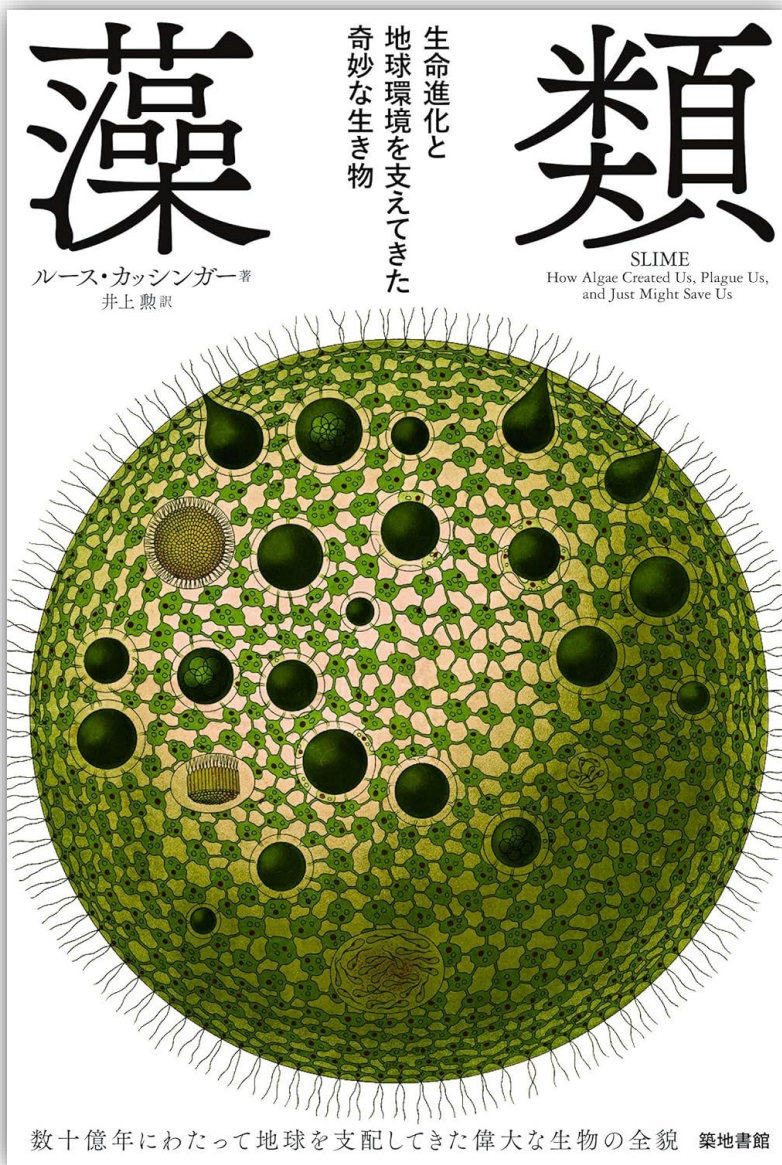


Global algae production (including cultivation and wild collection) increased over 60 times from 0.56 million (wet) tonnes in 1950 to 35.82 million tonnes in 2019; nearly all the growth was contributed by cultivation.

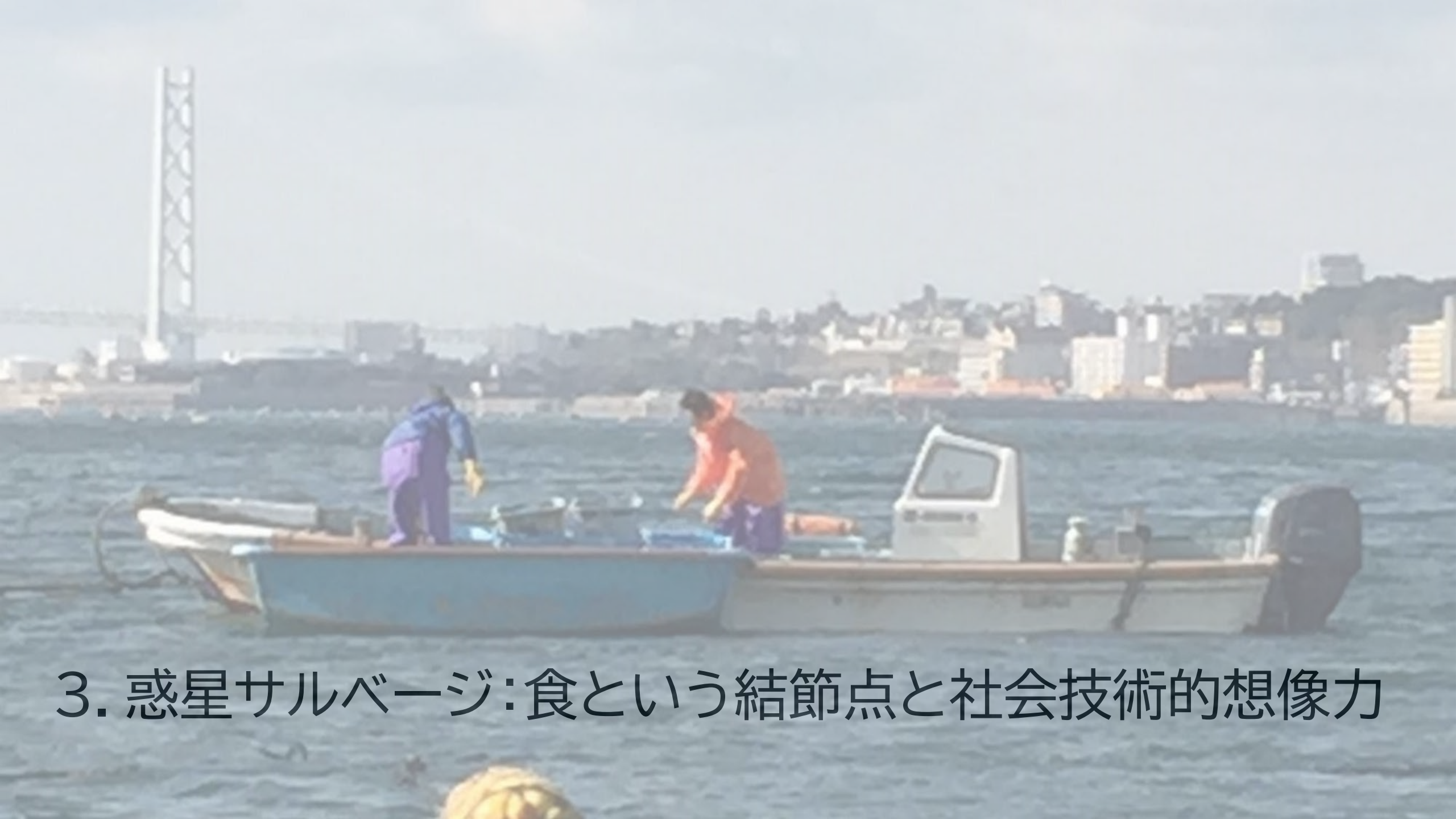


Data source: FAO 2021. FAO Global Fishery and Aquaculture Production Statistics (FishStatJ; March 2021; www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en).

FAO. 2021. Global seaweed and microalgae production, 1950–2019. World Aquaculture Performance Indicators (WAPI) factsheet: 5. (also available at www.fao.org/3/cb4579en/cb4579en.pdf).



- 井上勲(2008)『藻類30億年の自然史: 藻類からみる生物進化・地球・環境』東海大学出版会。
- R. カッシング著, 井上勲訳(2019=2023)『藻類 生命進化と地球環境を支えてきた奇妙な生き物』築地書館。



3. 惑星サルベージ:食という結節点と社会技術的想像力



「われらのフードスケープ」としての海

「われらのフードスケープ」という社会技術的想像力

- フードスケープ: 食の材料の来し方(生産・流通・加工)、行く先(消費・廃棄)、食という行為とその舞台、個人／集団の「食」にまつわるさまざまな行為と記憶
- 食: 「自然」をかたちづくってきた人間の集合的表象・想念が現れる
cf.) 景観に現れる、集合的に生きる意志
- 動植物との関わり: 他の生きものとの居場所を模索する食
⇔ 地球を離脱する／地球を覆う科学技術に支えられた食
- 社会文化の再生による人間らしさおよび「居場所」の保全

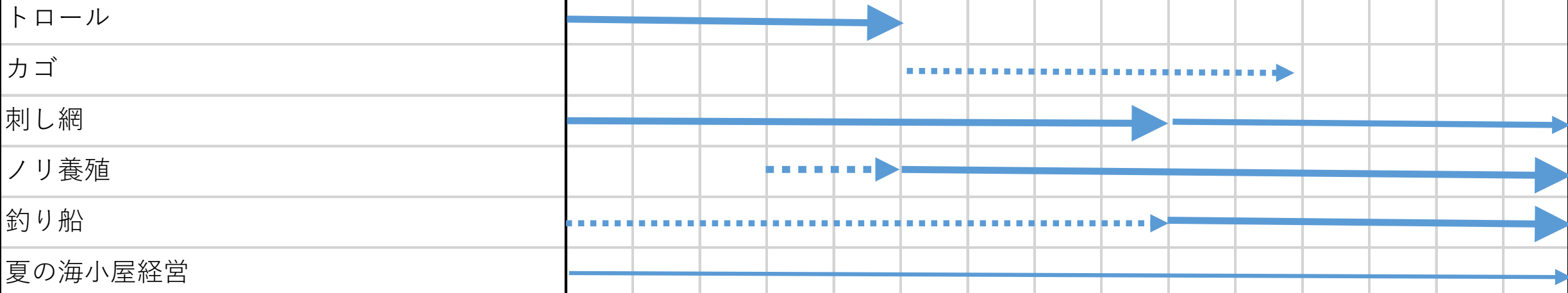


須磨の海と須磨浦漁友会

埋立て・浚渫が継続し続ける「常に引き算される海」

「百億円かけて海を掘ったら、百億円かけて海をなおす」(2015年1月12日、50代漁師 フィールドノートより)

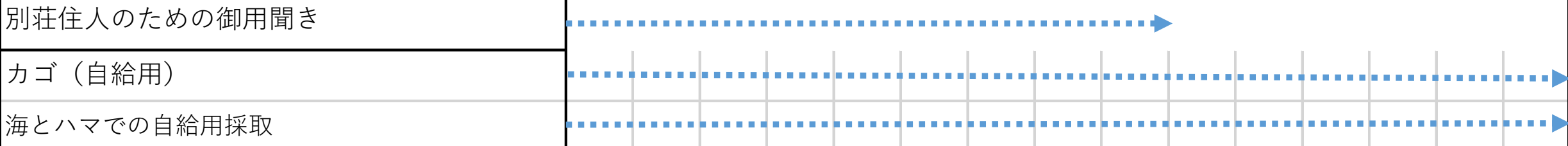
主要な仕事(稼ぎ)



教育とコミュニティ貢献



副業と稼げない仕事 (なぐさ)



年 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

須磨浦の漁師の数 73 40 18

1950年代後半 公害と「死せる海」 ← 反公害運動

1972 瀬戸内海環境保全臨時措置法

1978 瀬戸内海環境保全臨時措置法並びに水質汚濁防止法の一部を改正

1987 神戸ポートアイランド南部着工 390ha

1987 関西空港着工 547ha

1990年代 ノリの色落ち

2000年代 漁獲量の急激な落ち込み

2008 瀬戸内海環境保全知事・市長会議「瀬戸内海を豊かで美しい里海として再生するための法整備の考え方」

2010 「今後の瀬戸内海の水環境の在り方」懇談会

2012 瀬戸内海関係漁連・漁協連絡会「かつて瀬戸内海は宝の海だった」パンフ

瀬戸内海の「海」を
めぐる社会技術的
想像

きれいな海レジーム

里海

豊かな海レジーム



オヤジの頃は、特に考えなくても魚が捕れていたし、オレが習い始めた頃もそうだったんよね。

2000年には行った頃もまだ、いいときは100万円ぐらい入るときもあったんよ。

今はもう、全然ダメ。10万ぐらいいくんか、いかんか。船の油代やら人件費やら考えると、まったくワリにあわない。

それでも、やっぱり刺し網は、漁師らしい営みやから、やりたいんよ。オレは、刺し網やるためのノリやと思ってる。こう、勝負しとるといっつかね。楽しい。

(2015年6月12日、50代漁師、フィールドノートより)

惑星サルベージのための試み



栄養塩をコントロールする

「スキューバダイビングできるぐらい透明で栄養がない」

2019年兵庫県県環境審議会→兵庫県は10月に条例を改正

- ・豊かで美しい瀬戸内海の再生に努めることは事業者や県民の責務
- ・窒素とリンを減らそうと規制してきた上限値に加え、減らし過ぎないために県独自の下限値(窒素は海水1リットル中0.2ミリグラム)を設ける。
- ・冬に下水処理場の排水に含まれる窒素をあえて残す「季節別運転」の実効性を高めるため、生物化学的酸素要求量(BOD)値の規制撤廃に必要な条例を改正。

→栄養塩の能動的な管理へ(国土交通省水管理・国土保全局下水道部)

気候変動の影響と適応策

- ノリの生産への気候変動の影響: 秋季の海水温の高止まりのため養殖開始時期は遅くなり、逆に春季には水温が早く上がり始めるため、養殖の終了時期が早まる。
- 刺し網や釣り船、地引き網などで獲れる魚種も変化: 冷水性のアイナメが消え、タチウオやタイワンガザミなどが獲れるようになり、以前は迷い込む程度だった暖海種の魚が越冬。
- ノリ養殖の適応策: 耐高水温性の種苗開発、短期間でも収益が高くなるノリ品種の導入、藻食性魚類など食害生物の駆除、ノリとは異なる新しい品種栽培の導入の提案。

* 国立環境研究所の気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)

https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/measures/infographic/1_seaweedCultivation.html

豊かな海の再生

須磨と縁を結び直す

空間の再編とコモニング

海の生産力の再生

稚魚放流

栄養塩コントロール
兵庫県／水産庁

砂浜の延伸

アサリの養殖放流

ワカメ養殖

地引網

里海活動(連携)

海に親しむ活動
スポーツ・海水浴

私有地の公共的利用
地元の海の風景の再編

手立てを増やす

ノリ加工の共同事業化
自社ブランド化

トラウトサーモン養殖

真珠養殖

協同組合の再編
事業のコモニング
財産運用の共同化

地元優先の商品販売

組合内の共同空間形成
組合内の海の風景の再編

食のための都市水域という想像

正直、ワカメも地曳網も支出しかない。赤字ありきというより、赤字のためにやっとする。でも、知って欲しいやろ、ここに魚がおって、漁師がおって、うまいもんがあって、地元の味を持ち続けることが出来るっていうこと。それを豊かや、っていいたいねん。

須磨浦漁友会、40代漁師

2014年6月7日、フィールドノートより



直観で「ええ海」に

食べてええなあ、見てええなあ、住んでええなあ、と思ってもらうのがいいね。

細かい理屈じゃなく。

ワカメ食べてうまいね、駅のすぐそこでとれるんやって。

楽しそうやろ。

うちの代表は、恩返しや、っていうとりますけどね。この場所をみんなにもろうとる恩返しやって。

須磨浦漁友会、30代漁師

2015年2月14日、フィールドノートより



身体的経験をつくり続ける

泳ぐのに疲れたら、立つやろ。そしたら、ぐにゅっと踏んでしまうのよ、カレイやらヒラメやら、砂の中にもぐっとるんでね。

問答無用ですわね、そういう経験は。だから、須磨に来た人がね、泳ぎ疲れて立ったら、あれ、ヒラメふんでもうとる、つてなったら、勝ちや思うんですよ。

何もこっちが言わなくたって、わかるでしょ、そして忘れませんよ。それが大事なんやと、思うとります。

だから、延ばそう思うんです。

2015年1月4日、50代漁師、フィールドノートより。





食べるためのインフラとしての海



栄養塩循環の一部としての下水
都市の水インフラと食糧生産拠点
人間社会を支えてきた生きものの居場所

社会文化の源流としての海



地元の味と体験をつくりだす拠点
集合的記憶を生む拠点
地域のアイデンティティや居場所をつくる



「社会技術的想像」を考える指針となる生きものたち

- 指針としての生きものたち (signifiers)

人工物質や人間活動に期限を持つ／依存をする生きものたちとの生命・物質循環(「ネオサイクル」としての物質循環?)

同伴者、親族たち (Haraway 2003=2013) と共に生きる場をつくる

- めぐるべきものがきちんとめぐってくれる場を整える

合理性や道具的価値を携えつつ、思い通りにならない他者とはみ出し続ける他者と共に生きていく場の面白さ、豊穡さ

「めぐるべきもの」を決定するのは誰なのか？

- 気候変動の現在において、栄養循環と「食える海」をデザインする試み
- デザインできないことを知りつつ、指針となる生きものたちとの「漁師としての対話」を行いながら、循環を整える
- どこまでも「改良」主義で進むのではなく、生きものとの社会文化的連続性をいかにつくりうるか←ただし、介入においては他者としての生きものへのまなざしを重視



「自然」を再デザインする(1)

1)現在の「景観」をかたちづくるものは何か？

- ・多目的な空間利用と複数の「想像」の競合
- ・基層としての景観の重層的かつ歴史的な蓄積
- ・資本主義的な空間形成とおのずから生まれるヴァナキュラーな空間

2)「自然」に求めるものとは何か？

- ・どのようなサービスや資源を見だし、利用してきたのか
- ・誰が自然に働きかけ、相互作用の担い手になってきたのか
- ・どのような自然をその関係性ごと「良いもの」と判断するのか

3)わたしたちはいかに生きるか？

- ・「自然」の再デザインにも反映される人びとの間の格差と不正義
- ・資本主義とグローバリゼーションの終着点としての気候危機
- ・気候正義、環境正義にもとづく「自然」と「社会」の再デザイン

「自然」を再デザインする(2)

4) 人間中心主義的な再デザインか、それとも？

- 人為的な気候変動がもたらす他の生命への危機
- 人間が依拠し、存在をつくってきた「居場所」とは？
- 他の動植物や将来世代にとっての「居場所」をどう守るか？
 - anthropocentric/bio(or eco-)centric
 - homocentric/zoocentric (Chakrabarty 2015)

5) 多種多様な生物を保持する条件となった科学技術

- 「自然」とはなにか？ 「生命」とはなにか？
 - 人工・「自然」のハイブリッドとしての環境・生命
 - 存在としての生命／人間／自然をどう考えるのか？
- 際限なき改良主義か、そうではないケア(caring, tending)の技術か？

4. 惑星倫理を考える

- 「地球」という惑星を支える意味、社会文化的な連続性とは？
- 意味と価値を再びつけていくには？
- 適応していくための介入の質・程度をどのように考えるのか？

「誤解を避けるために述べておかなければならないが、人間の条件というのは、人間本性と同じものではない。人間の条件に対応する人間の活動力と能力を全部合計してみても、それで人間本性のようなものができあがるのではない。(中略)たとえば、想像する限りで人間の条件の最も根本的な変化というのは、人間が地球から他の遊星に移住することであろう。まったく不可能であるとはいえなくなったこの出来事は、人間が、地球の提供する条件とは根本的に異なった人工の条件のもとで生きなければならないということの意味するであろう。そうなれば、労働も仕事も活動も、そして実際私たちが理解しているような思考さえ、もはや意味をもたなくなるだろう。とはいえ、このような地球からの空想的な旅行者たちも、やはり依然として人間なのである。しかし、彼らの「本性」についていえる唯一の言葉は、彼らもやはり条件付けられた存在であるということである。もっともこの場合、その条件というのは大部分が人間自身の手になるものであるが。」

(Arendt, H. 1958. *The Human Condition*. The University of Chicago Press. 志水速雄訳, 2021『人間の条件』筑摩eBooks: 20-21.)