

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18436

研究課題名(和文) デザインされる生態環境とその社会的影響に関する科学技術社会論的研究

研究課題名(英文) Designed Nature and Its Societal Implications: An STS (Science, Technology and Society) Approach

研究代表者

立川 雅司 (Tachikawa, Masashi)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：40356324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：最近のゲノム編集やジーンドライブなど生命工学の革新により、様々な生物に対する人為的な介入が可能となっている。このことは生態環境がデザインされていく領域が拡大していることを意味する。こうした背景を踏まえて本研究では、「社会と環境との関係性」が専門家や消費者においてどのように認識されつつあるのかを検討した。近年、人新世という言葉も学術界で広がり、外来生物の評価も転換しつつあることで、自然と社会との境界が曖昧になりつつある。しかし、生態学の専門家は、技術的介入が生態系に与える影響に関する未知の領域が大きいと認識し、消費者も特に動物への生物工学的な介入には大きな違和感を抱いていることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術界で共有されつつある人新世の時代のもとでは、社会と自然との区分は一層曖昧となり、気候変動など社会と環境との相互作用に対しては、改善のための技術的対応が議論されつつある。ゲノム編集などのライフサイエンスの進展はこうした傾向をさらに加速させる可能性があるものの、生態学などの専門家や市民の合意を得ることは現時点では難しい面が多いことが明らかになった。これは単なる知見が不足しているということではない。特に植物よりも動物への遺伝的な介入を行う場合には、強い懸念が抱かれ、動物福祉に関わる追加的な配慮等を政策のなかに織り込むことが不可欠であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Recent life science innovations such as gene editing, gene drive, and synthetic biology have enabled human intervention in various organisms. This means that the ecological environment is being designed using these techniques. With the backdrop of these technological frontiers, this study examined how "relationship between society and environment" is being recognized by experts and consumers. As the discourse of the Anthropocene has spread in academic fields, and the evaluation of invasive species is changing, the boundary between nature and society is becoming vague. However, experts in ecology recognize the limitation of knowledge regarding the impact of technological interventions on the ecosystem, and consumers are also very uncomfortable with biotechnological interventions, especially in animals.

研究分野：科学技術社会論

キーワード：ゲノム編集技術 生態環境 人新世

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究開始時点の日本及び世界では、ゲノム編集技術が着目されるようになり、農業・食品・医療・物質生産などの分野で広く応用が期待されていた。また情報技術や様々な解析技術の進展とも相まって、ライフサイエンス分野が大きく変化していくことが期待されていた。この状況は現在も続いている。ヒト生殖胚へのゲノム編集技術の応用は不幸にも中国において現実のものとなり、国際的な非難を集めたが、こうしたゲノム的なエンハンスメントを農業や自然保護にも活用していこうという動きが生じつつあった。例えばジーンドライブなどの技術の登場により、生態環境（DNAを有する生物）に対して意図的介入・デザインの対象とする可能性が現実のものとなっており、こうした変化がどのような影響をもたらすのか、そもそもどのような課題として把握すべきなのか、学問的検討が急務となっていた。

2. 研究の目的

以上のような背景を踏まえて、本研究では、ゲノム編集やジーンドライブ、合成生物学などのライフサイエンスの革新により、様々な生物に対する人為的な介入が可能となり、生態環境がデザインされていく領域が拡大（デザイナーベビーの環境版）していく現代において、「社会と環境との関係性」をめぐってどのような課題が登場しつつあるのか、多様な社会変化に対する予期的理解と研究領域について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

ゲノム編集技術とその応用について専門的知識を有するライフサイエンスの専門家へのインタビューを行うことで技術動向とその含意を調査した。ゲノム編集技術の農業（作物・家畜）および野生生物への応用に関する社会的受容性に関しては、Webアンケート調査を実施した。また消費者団体や科学者に対して質問紙調査やドキュメント調査を行った。また研究開始後に、本研究における自然と社会との関係性の現代的变化に関して、「人新世」という枠組みで海外を中心として議論されていることが明らかになったため、人新世をめぐり自然と社会との関係性に関して広範な文献レビューを行った。

4. 研究成果

1) 専門家の知見と懸念

最近の生物学の一部では、外来生物に対する見解が変化しつつある。端的に述べれば、外来生物の侵入をそのまま受け入れ、新たな自然（Novel Nature/Ecosystem）として前提において考えるという態度である。こうした新たな自然観は、こうした外来生物の移動が人間活動と不可分であることに影響を受けている。ここまでくると人工的な駆逐（gene drive）や遺伝的強化、復元（de-extinction）まではあと一步ともみられるものの、生態学に詳しい専門家に対する調査結果では、こうした展開に対して慎重な意見が聞かれた。

調査した専門家の意見によれば、生態系のメカニズムは都市内の生態系など単純なものでは理解が進んでいるものの、それ以外（特に熱帯）などは複雑すぎて、まだ十分に理解できていない。ゲノム編集が行っているのは、遺伝子の配列に対する介入だけであり、介入が生態系にどのような影響を及ぼすのかは予測しがたい。従って操作する場合にも何らかのリセットが可能になるような安全弁（特定の化学物質への依存が生存に必須とさせるなど）を用意しておくことが不可欠であると考えられる。

復元生物学（de-extinction）に関しても、現時点では懐疑的な意見が聞かれた。例えば、動物園での展示程度であれば良いと考えられるが、種として復元するためには集団として遺伝的多様性を復元することが必要であるが、必要な個体数は生物毎に異なる（必要な水準以下の場合には近交弱勢が発生）。そもそも生物の復元や人為的な遺伝子強化（エンハンスメント）に関しては、歴史を書き換えることになりかねない（除草剤耐性組換えとは性質が異なる）。換言すれば、生物種に有利な変化を導入するならば、生物の進化に人間が関与することになる。しかし、人間が書き換えたDNAがその後、どう変化するかは、自然任せになる。

インタビューを行った専門家のなかでは、生態環境に対するデザインは厳密な意味ではなお困難であり、何らかの改変を行ったとしてもこれを打ち消すことができる安全弁を伴ったものとするのが望ましいとされた。

2) 動物に対する介入に関する消費者意識

ゲノム編集などの技術的介入を農業に適用する場合、植物（作物）と動物（価値）との間には、市民の許容度に違いがみられる（動物への介入に大きな抵抗が存在）。この点は、実施したWebアンケート調査結果の分析結果からも明らかになった。作物と家畜に関して、ゲノム編集技術を用いた改変、具体的には「病気に強くする」、「栄養価を高める」、「味を良くする」、「サイズを1.2倍にする」、「サイズを1.5倍にする」という5つの改変に対する賛否を尋ねた結果、すべて動物において懸念が大きかった。また耐病性を高めること以上にサイズを大きくすることへの懸念

が強く表明された。これらの改変はいずれも生物の完全性 (integrity) を損ない、人間の目的への奉仕、すなわち家畜の道具化 (instrumentalization) を一層進めていることに対する懸念と解釈できる。またその後実施した別の Web アンケート結果においては、野生生物への適用に関しても賛否を尋ねており、やはり動物と植物との間には許容度に相違がみられることが窺えた (現在解析中)。これらの知見は生態環境に対する介入 (社会側からのデザイン適用) において、動物と植物とでは異なった反応を市民から引き起こすことを意味しており、動物の場合には動物福祉に関わる追加的な配慮を政策のなかに織り込むことが不可欠であることを示唆している。

3) 人新世概念のレビューとその含意

人新世 (Anthropocene) とは、約一万年続いた完新世の時代から、人類の活動が環境に大きな影響を与え、結果として地質学上の年代としても区別すべき、人類の時代と特徴づけるべき新たな時代に入りつつあるという考え方を提唱しようとする概念である。人新世をめぐる自然科学から人文学まで幅広い分野で論争の対象となっているが、とくに本研究課題と関連して興味深い点は、人新世概念が自然と社会との関係に根本的な再考を迫っている点である。

人新世をめぐる主張のひとつとして、「自然の終わり」、あるいは自然と社会との二分法がもはや維持できない点が指摘されている。こうした見方は、文化人類学者のラトゥールらによる議論、とくに自然と社会とのハイブリッド性を強調する議論や、歴史家のチャクラバルティによる、人新世における人間が地質学的な力を有したことで「自然の歴史」と「人間の歴史」の区別が崩壊しつつあるといった指摘に見ることができる。もはや人間にとっての手つかずの自然は存在せず、歴史性を帯びていない自然はないという意味で、社会と自然とのハイブリッド性や因果関係の複雑化 (例: 単なる「自然災害」は存在せず、その原因には社会変化に伴う複合的影響が関与) が含意されることになる。ここからは「良き人新世」をめざそうとして環境に対する積極的な介入やデザインを正当化する思潮も登場することで、例えば、気候工学や生命工学の積極的援用が正当化される言説も登場する。

人新世概念は、このように自然と社会との二分法を曖昧にし、安定的な環境条件失われることで、社会制度形成における安定性や保険概念、さらには過失認定の考え方にも大きな影響をもたらす可能性があるものの、国内においては人新世をめぐる社会科学研究がほとんどなされていない。本研究では人新世概念をめぐる含意に関して、環境への介入とその社会科学的検討を中心としてレビューを行った。

4) 人新世および「自然さ」をめぐるナラティブ

研究期間中に行った文献研究では、人新世をグローバル化した諸社会が直面する客観的な条件として捉えるだけでなく、それらの社会に共通して受容されつつあるナラティブとして、ただし社会を変革しうるリアリティをもつものとして把握することが重要であると考えられた。後者のようにナラティブとしてみると、人新世の概念が社会にもたらす影響は、他の領域における科学技術と社会の関係の変化、例えば人工知能社会の倫理的問題と相似形である可能性が示唆される。すなわち、目的合理的で唯物論的な科学技術が自然や社会に働きかけという関係から、独我論的で観念論的な科学技術が社会も自然もすべて包含するという方向への変化である。このような変化が引き起こす問題の共通性は、「拡張された心身問題」として考えることができる。

また、平成 30 年度では、人新世に特徴的な科学技術として、農業食料領域の生物のゲノム編集技術を事例として取り上げ、消費者団体と生物学者を対象としたフィールド調査、質問紙調査、ドキュメント調査を実施した。これらの調査では、「自然さ」のナラティブがゲノム編集技術の登場によってどのように変化するかに焦点をあてて実施した。消費者の考える「自然さ」は日常言語の意味の通り、人為的介入の程度を基準としていたが、科学者の考える「自然さ」は、人間を排した世界で起きていることとの類似性を基準としており、ドメスティケートされている農作物においても人間の関与が隠されていた。ゲノム編集技術は意図的な自然の改変を含む点で人新世に特徴的であると考えられるが、人間と生物との相互作用について、人新世のナラティブは未だ機能していないと考えられた。

平成 31 年度では、上記の結果を英語論文 Consumer movements confronted by naturalness in gene editing in Japan としてまとめ、令和元年 9 月に East Asian Science, Technology and Society: an International Journal へ投稿し、査読結果を受けて 12 月末に修正稿を提出した。しかし、修正稿の最終受理の連絡は令和 2 年 5 月 6 日になり、当該雑誌の出版元の変更準備中のため出版までも時間を要する見込みである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 立川雅司	4. 巻 70(2)
2. 論文標題 分野別研究動向（人新世）：人新世概念が社会学にもたらすもの	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 社会学評論	6. 最初と最後の頁 146, 160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 立川雅司・加藤直子・前田忠彦・稲垣佑典・松尾真紀子	4. 巻 26(4)
2. 論文標題 ゲノム編集技術の動物応用をめぐる社会的課題	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 フードシステム研究	6. 最初と最後の頁 283, 288
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 大塚善樹	4. 巻 21
2. 論文標題 拡張された心身問題 人新世と人工知能社会の倫理	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル	6. 最初と最後の頁 6, 16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Otsuka, Yoshiki	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Consumer movements confronted by naturalness in gene editing in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 East Asian Science, Technology and Society: an International Journal	6. 最初と最後の頁 --
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 立川雅司
2. 発表標題 人新世（Anthropocene）と社会学
3. 学会等名 日本学術会議社会学委員会フューチャーソシオロジー分科会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立川雅司
2. 発表標題 ゲノム編集生物をめぐる研究者と消費者の認識
3. 学会等名 科学技術社会論学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立川雅司
2. 発表標題 社会学の視点から 科学技術・持続性（食とエネルギー）・人新世
3. 学会等名 名古屋大学環境学研究科シンポジウム「Role of Science for Society（学術と社会）：環境学の貢献」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Tachikawa and Naoyuki Mikami
2. 発表標題 Civic Epistemology and Governance Issues on Gene Editing
3. 学会等名 World Congress of the International Sociological Association (Toronto, Canada)（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立川雅司・加藤直子・前田忠彦・稲垣佑典・松尾真紀子
2. 発表標題 ゲノム編集技術の動物応用をめぐる社会的課題
3. 学会等名 日本フードシステム学会（宮城大学）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚善樹
2. 発表標題 人新世とドメスティケーションの社会的時間
3. 学会等名 第93回日本社会学会大会（松山大学）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

立川雅司「新技術のリスク管理：遺伝子組換え、ナノテクノロジー」、日本農業経済学会編『農業経済学事典』、300-301頁、丸善出版、2019年（項目執筆）
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大塚 善樹 (Otsuka Yoshiki) (10320011)	東京都市大学・環境学部・教授 (32678)	