

北九州市立大学
国 際 論 集

第 19 号

自然科学系論文

東田ミュージアムパークを活用した環境・科学教育における人新世という視点

..... 河 野 智 謙 73

北九州市立大学 国際教育交流センター

2021年 3 月

東田ミュージアムパークを活用した環境・科学教育における 人新世という視点

河野 智 謙

(北九州市立大学国際環境工学部・環境生命工学科)

(北九州市立自然史・歴史博物館)

キーワード

アジアの産業革命、科学館、環境モデル都市、北九州地域、高度成長期、人新世、博物館

要 旨

2000年に大気化学者 Paul Crutzen と珪藻類を専門とする生物学者 Eugene Stoermer によって、「我々は、もはや地質年代学的に『完新世』という時代にいるのではなく、人類の活動が地球環境に影響を及ぼすようになった『人新世』という時代の最中にいる」という趣旨の新しい概念が提唱されて以来、自然科学分野のみならず社会科学分野においても多くの研究者による熱い議論が繰り広げられている。提唱者である Crutzen らは、人新世の起点を産業革命期に求め、それ以降の約2世紀半の地球環境の変化に注目し、特に最近の70年間を大加速期と捉えている。一方、国際層序委員会・第四紀層序小委員会・人新世ワーキンググループは、過去70年間に起きた人工物の環境への放出の加速的な増加に着目し、人新世の起点を20世紀半ば、特に1950年代初頭とする案を公表している。筆者は、過去に、アジアにおける人新世の起点を明治日本の産業革命に求める考えを公表している。本論文では、アジアの産業革命の起点となり、地球規模での産業の大加速期に対応する時期に深刻な環境問題を乗り越えた経験を有し、国際的に認知される環境モデル都市として持続可能な社会への移行に関するモデル事例を提示してきた北九州市の在り方から人新世の本質と今後の推移を考察する。また、筆者は、八幡製鉄所東田第一高炉の跡地である北九州市・東田地区に産業史跡・科学館・博物館群が集積し、ミュージアムパークが形成されつつある現状に鑑み、同市・東田ミュージアムパークが、歴史的な背景を反映し、博物館と科学館が連携した形で、人新世に対する視点を提供する場となることを希望している。

1. はじめに：地球の歴史から「完新世」まで

近年、自然科学分野のみならず社会科学分野においても多くの研究者による熱い議論が繰り広げられるようになった「人新世」という言葉について議論する前に、視野を広く取り、地質年代の時間的なスケールで地球の歴史を振り返りたい。図1に、宇宙の誕生から人類の産業活動が地球全体を覆いつくすようになった現在までの期間を、地質年代を指標に振り返る「年表」を示す。約138億年前にビッグバンが起きて宇宙が誕生し、太陽系およびそれを構成する惑星の一つとして地球が形成されたのが約46億年前である(図1A)。地球が形成されて以降の時間経過は地層に刻まれた地質年代と対応させることができる。生命の出現から生物の進化が起きた時代を大別すると、生命誕生以前の冥王代(46億年前～40億年前)、生命誕生以降を太古代(40億年前～)、原生代(25億年前～)、顕生代(5.4億年前～)に大別できる(図1B)。現時点で得られている最も古い生命の痕跡の一例としては、カナダ・ケベック州のハドソン湾東岸沿いのヌヴァギック帯(Nuvvuagittuq belt)から採集された約40億年前の海底の熱水噴出孔で形成された管状や糸状の構造を持つ微化石をあげることができる(Dodd et al., 2017)。

次に生物の進化を考えるうえで注目したいのは、5億4千万年前に開始したとされるカンブリア紀とそれ以前の地質時代(先カンブリア時代)との境界である。これは、原生代と顕生代との境界でもある。エディアカランとは、地球が計3回の全球凍結(約22億年前、約7億年前、約6億年前)を経験した後の原生代最後の区分(代、era)であり、2004年に国際地質科学連合(IUGS)により公式に採択された比較的新しい地質時代の区分である。この地質時代は、エディアカラ生物群の化石に代表される特徴的な生物相が形成(ヴェンド生物群の出現)されていたことで知られる。

カンブリア紀に起きた爆発的な生物の進化による生物相の多様化、いわゆる多くの「カンブリアンモンスター」の出現は、生命の40億年の歴史の長さと比較すると比較的新しいイベントであるといえる(北九州市立いのちのたび博物館、2018)。カンブリア紀の初期には動物門のほとんどすべてが出揃ったと考えられており、この時期の動物の多様性の増大はカンブリア爆発とよばれ、目を持つ生物が出現したのもこの時期である(パーカー、2006)。その後、恐竜の繁栄と絶滅の舞台となった中生代(約2億5千万年前～6千6百万年前)に続き、地球は哺乳類が動物相において中心的な位置を占める新生代(6千6百万年前～現在)に入る。

新生代は、さらに下層の古第三紀(約66百万年前～23百万年前)、新第三紀(23.03百万年前～2.58百万年前)、第4紀(約2.58百万年前～現在)に大別できる(図1C)。新生代最後の第四紀は、さらに更新世(約2.58百万年前～約1万1700年前)と完新世(約1万1700年前～現在)に大別できる。

ここからは、人類の動きに着目したい。更新世中期(約78万1千年前～約12万6千年前)

から更新世後期（約 12 万 6 千年前～約 1 万 1700 年前）にかけてホモ・エレクトス、ネアンデルタール人、ホモ・サピエンスが順次登場し、完新世（約 1 万 1700 年前～）の開始以降、人類の活動はさらに顕著になり、人類の歩みは歴史時代へと近づいてゆく（図 1 D）。現時点で、IUGS により正式に承認された地質時代区分では、この完新世が最後の世（epoch）であるため、日本を例にとれば、縄文時代から現在までの期間、地球は一貫して、この完新世にあったとされてきた。

2. 地球環境と「人新世」

2000 年 2 月に、大気化学者 Paul Crutzen は、メキシコ・クエルナバカ（Cuernavaca）で開催されていた地球圏・生物圏国際共同研究計画会議（IGBP; International Geosphere-Biosphere Programme）において発言し、現在われわれが生きる時代が、完新世ではなく地球に対するヒトの影響が衝撃的なレベルで増大した時代、Anthropocene（人新世）であることを提唱した。この経緯は、桑田（2017）やボノイユとフレソズ（2018）等の日本語の書籍や文献にも記載されている。2000 年のクエルナバカでの IGBP における Crutzen の発言は大きな注目を集めたが、これは、既に 1980 年代に珪藻類を専門とする生物学者 Eugene Stoermer により議論されていた概念と共通する点が多い（Revkin, 2011）。そこで Crutzen と Stoermer は、共著で短い報告を発表し、その中で改めて最終氷河期が終わる今から 1 万 1700 年前に始まった完新世に続く新しい地質時代の名称として Anthropocene という用語を提唱している（Crutzen and Stoermer, 2000）。

地球規模の人類の活動が地球の環境を改変する可能性およびその危険性について警鐘を鳴らしたのは、Crutzen と Stoermer が初めてではない。今から半世紀以上前の 1970 年に国際的な枠組みで学問の領域を超えた有識者たちにより結成された民間の組織「ローマクラブ（The Club of Rome）」が発足している（King and Schneider, 1991）。ローマクラブは、科学者と経済学者の間での活発な議論をまとめた、人類が直面する地球規模での危機についての予測をレポート「成長の限界(The Limits to Growth)」として 1972 年に発表している（Meadows et al., 1972）。このレポートは、限られた資源の供給の下で指数関数的に成長する経済と世界人口に関するコンピュータによるシミュレーションに基づいて、環境、食糧、エネルギーおよび経済分野における危機について警鐘を鳴らしたことから世界の注目を集めた。筆者は、ローマクラブによってもたらされた「地球上の限られた資源に依存した成長は、最終的にはある限界点に達する」ことを示唆した概念は、「人新世」のコンセプトに通じる、現在でも再考に値する報告であると考え、ローマクラブに倣う形で国際的な枠組みで人新世の諸問題を議論するフォーラム Anthropocene Research Club (ARC) をフィレンツェ大学やパリ大学の賛同者と共同で立ち上げている（Kawano, 2019a）。

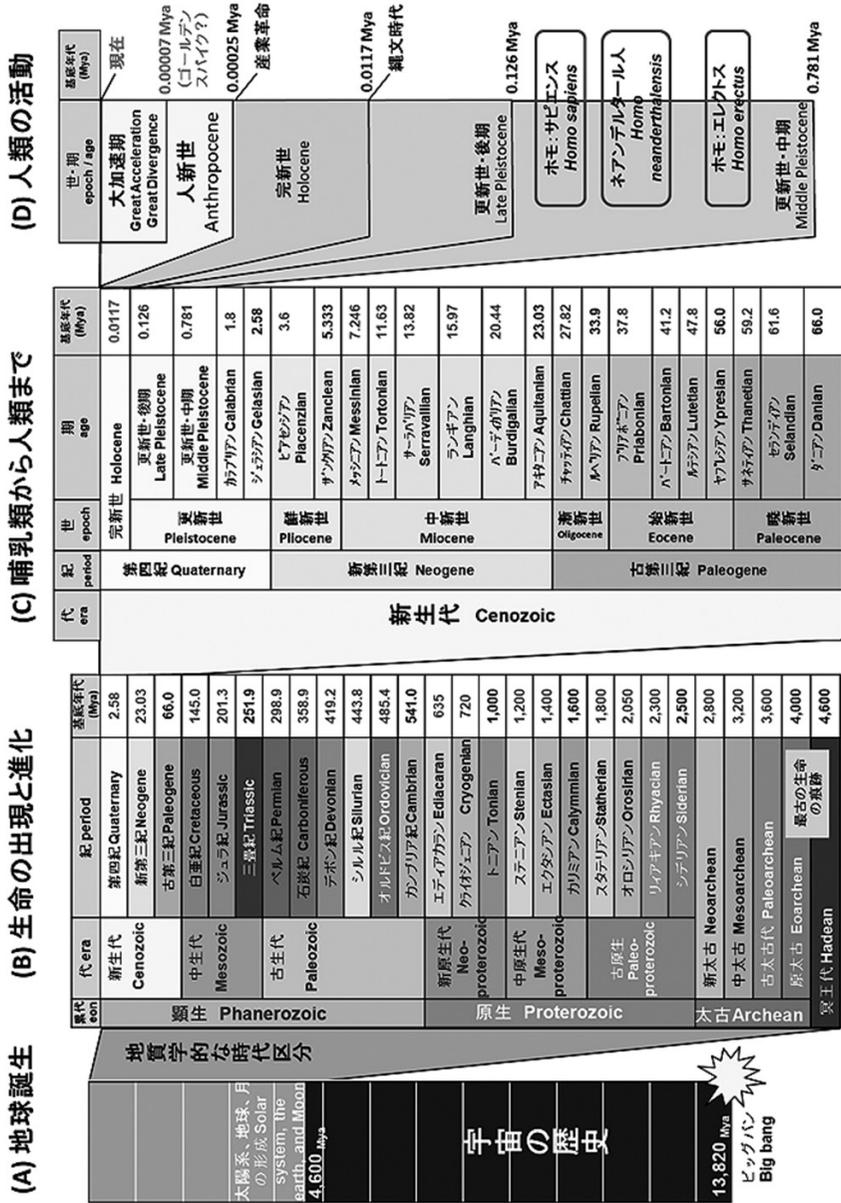


図1. 地質学スケールと比較した生命、ほ乳類、人類の歴史。(A) ビッグバンから太陽系及び地球の誕生まで、(B) 冥王代以降の地質学的な時代区分 (累代・代・紀)、(C) 哺乳類の活躍によって特徴づけられる新生代の下層時代区分 (紀・世・期)、(D) 人類の活動に代表される更新世中期以降、現在までの時代区分。Kawano, 2019a; Nakao and Kawano, 2019 を改変。

近年になり、当時のローマクラブの提言を再評価する動きがみられる (MacKenzie, 2012)。但し、ローマクラブが提言を出した当時の地球規模での様々な危機に関する科学的議論の精度は、決して高いものではなく、当時予測された「人類を待ち受ける壊滅的な未来」に対する予測は、シミュレーションで想定された時期 (2000 年) までには、現実のものにはなっていない。もしかしたら、当時は、地球規模で進行する環境や気候の変動を議論するには早すぎたのかもしれない (Kawano, 2019a)。しかし、本稿で議論する人類の活動の加速的な増大により引き起こされたとする地球規模での環境への痕跡を反映する新しい地質学の時代「人新世」は、1950 年を起点とすべき、あるいは人新世の大加速期 (Great Acceleration) がこの時期にスタートしたという議論があるように、1970 年時点でローマクラブが発する警鐘に携わった科学者や工学者たちは、高い感受性で地球規模での環境の変化の兆しを感じ取り行動を起こした先駆的な人々であったことは間違いない。

3. 人新世の起点

完新世は、放射性炭素年代測定法により推計された約 11,650 年前から現在までの時代についての記述で公式に使用される地質年代学用語である (Walker et al., 2009)。しかし、Crutzen やその賛同者らが提唱する内容によると、今日の我々は、地質年代学的な時間スケールにおいて、まさに臨界点に立っており、地球の運命を大きく左右する可能性のある非常に現実的な問題に直面している (Steffen et al., 2011)。即ち、明確な人為的気候変動の始まりを目標とする現在の我々が置かれた状況と過去 120 世紀もの長期間継続してきた完新世との間には決定的な違いがあるはずだと彼らは指摘している。

人新世の起点については様々な議論が繰り広げられている。2015 年時点での視点を整理した Nature 誌上での議論によると、人新世の起点 (画期) となるイベントとして、(1) 大型哺乳類の絶滅 (5 ~ 1 万年前)、(2) 農耕の起源 (1 万 1 千年以上前)、(3) 大規模農耕の開始・拡大 (8000 年前 ~ 現在)、(4) 稲作の開始・拡大 (6500 年前 ~ 現在)、(5) 人為的な土壌の形成 (3000 年前 ~ 500 年前)、(6) 新旧世界の衝突 (植民地政策・プランテーション) (西暦 1492 ~ 1800)、(7) 産業革命 (西暦 1760 ~ 現在)、(8) 核兵器実験 (西暦 1945 ~ 現在)、(9) 産業由来の化学物質の蓄積 (西暦 1950 ~ 現在) などが提案されている (Lewis and Maslin, 2015)。

最初の提唱者である Crutzen らは、人新世の起点を産業革命期に求め、それ以降の約 250 年間の地球環境の変化に注目している (Steffen et al., 2014)。同時に、Crutzen のグループは、特に最近の 70 年間で人類の活動が加速度的に増大した時期であると捉え、人新世を反映した様々なパラメータが急激な増加を見せているのがこの大加速期 (Great Acceleration) であるとしている。興味深いことに、社会科学分野において世界各地で格差社会の形成が進行したことを意

味する Great Divergence の時期と人新世における大加速期とを重ね合わせる試みもある (Noah, 2012)。そのような観点から ARC メンバーである川口 (2019) は、人新世の Great Divergence の結果として最近の数十年の内に少数話者の固有の言語の多くが消失しているという問題を議論している。尚、筆者らは、Great Divergence を「大いなる格差」の意ではなく、数学的に「収束 (convergence)」せずに「発散 (divergence)」する現象の意味でも用いている。そのため、我々の ARC での議論においては、大加速期 (Great Acceleration) に相当する期間を発散的拡大期 (Great Divergence) と記述することもある (Kawano, 2019a,b,c; Nakao and Kawano, 2019; 川口 2019)。

地質年代の専門家ではない Crutzen らによって提唱された「人新世」という用語が、多くの科学論文においても使用されるようになったことを受けて、地質年代に関する議論において大きな影響力を有する国際層序委員会 (ICS; International Commission on Stratigraphy) の第四紀層序小委員会 (SQS; The Subcommission on Quaternary Stratigraphy) の委員長であった Philip Gibbard は、同小委員会内に、人新世の地質学的な評価を議論するためのワーキンググループの設置を提案した。それ以降、関連用語を学術的にどのように取り扱うかは、2016 年に設置された「人新世ワーキンググループ (AWG; Anthropocene Working Group)」の委員らによる議論に委ねられた (Zalasiewicz, 2016)。AWG には、世界から約 40 名の研究者が評議員として参加し、日本からは、島根大学エスチュアリー研究センターの齋藤文紀教授が参画している (Anthropocene Working Group, 2019)。

2019 年 5 月 21 日に発表された AWG での評議員による投票結果の報告によると、「人新世 / Anthropocene」を地質年代の単位として採用すべきかどうかについて、有効票の 88% にあたる 33 名の評議員が賛成票を投じ、反対票は 4 票であった (Anthropocene Working Group, 2019)。これにより AWG では、人新世の「世 (epoch)」としての公式な採択および国際境界模式層断面・ポイント (GSSP; Global Boundary Stratotype Section and Point) の設定に向けた議論へと進むものと考えられる。GSSP は、一般に「ゴールドenspайク」として知られる、地質時代を分かち地層上の点に打ち込まれるマーカーであるが、その境界となる時点として、「20 世紀半ば」を最適とするコンセンサスが AWG 内で形成されている。今後、人口増加、工業化、グローバリゼーションの「大加速」の結果として生じた一連の地質学的なシグナルが良好に保存された比較的若い地層が GSSP として選定されることになるであろう。そのようなシグナルの一例として、1950 年代初頭から蓄積が開始された核兵器実験の痕跡 (人工放射性核種) 等が想定されている。今後、さらなる議論や承認プロセスが控えているものの、ここまでの AWG での議論は、人新世の起点を 20 世紀半ば、より具体的には、1950 年代初頭に設定することを提案していることがわかる。これは、人新世の概念を提唱した Crutzen らの考える産業革命を起点とする時代区分とは一致しないが、過去 70 年間に起きた人工物の環境への放出の加速的な増加 (大加速期) に

着目している点では、共通の認識が成り立つといえる。

4. 人新世のパラメータ

Crutzen らの考えるスパンにおいて人新世の始まりを明確に記す物的証拠を挙げることができるだろうか。Steffen ら (2014) は、人新世の到来を裏付ける指標として、さまざまな環境的、生態学的、および経済的パラメータなど 24 種類の指標の変化を精査している。ここで指標として選ばれた事象は、①世界の人口、②世界の実質 GDP、③国際的な直接投資、④河川におけるダムの建設、⑤水の使用量、⑥肥料の消費量、⑦都市人口、⑧紙の消費量、⑨マクドナルド店舗数、⑩輸送 (自動車台数)、⑪通信 (電話機の数)、⑫国際的な観光、⑬大気中の二酸化炭素 (CO_2) 濃度、⑭大気中の亜酸化窒素 (N_2O) 濃度、⑮大気中のメタン (CH_4) 濃度、⑯成層圏オゾン層の破壊率、⑰北半球の平均値表面温度、⑱大洪水の頻度、⑲利用された漁場の割合 (海洋生態系)、⑳エビ養殖による沿岸域の構造変化、㉑沿岸域への窒素の流出、㉒森林・熱帯雨林の減少率、㉓開拓された土地の面積、および㉔地球規模での生物多様性の喪失 (種の絶滅) である。

一連の調査によると、①～㉔のいずれの指標を用いても人新世の到来を判断するための手がかりは 1800 年頃までに見つけることができ、それ以降の約 200 年間に大幅な数値の上昇を示し、特に 1950 年頃以降に大きな加速が観察されている (Steffen et al., 2014)。報告された 24 の人新世パラメータの標準化された平均的な動きを図 2A に示す (Nakao and Kawano, 2019 の図表を改変)。描かれたカーブは、産業革命以降一貫して上昇を続け、1950 年前後で大きく加速していることがわかる。

数値の上昇が時間の経過とともにさらに加速し続けるのであれば、それぞれのパラメータの数値は無限度に向かって発散してしまう。筆者らは、このような大加速期に突入して以降の発散的な数値の上昇を見せる各指標の性質から、大加速期を発散的拡大期と呼ぶ場合があることはすでに述べた。しかし、この地球上の有限な世界では、ほぼ全てのパラメータが限界値 (許容される最大値) に達する可能性があるため、本質的に発散的なパラメータというものは存在せず、どの指標の数値も最終的には特定の領域に収束していくはずである。但し、パラメータ群は、発散的な動きをするものと、短期間のうちに収束するものとに大別できるだろう (Kawano, 2019a)。

環境負荷を伴う人類の活動に制限を加えることなしに短期間のうちに収束に向かうパラメータとして、水資源の枯渇や熱帯雨林の消失など有限な資源の枯渇を指標としているものを挙げることができるだろう。そのように捉えるならば、容易に収束に向かうパラメータ群は、より直接的な危機の指標であり、一定期間発散傾向の変化を示すパラメータは、間接的な危機の指標といえるかもしれない (Kawano, 2019a)。

5. 計画的な人新世パラメータの収束

図 2B には、産業革命以降、速度を増しながら増大してきた各パラメータのうち、未来において発散的な増加を見せるものと収束傾向を示すものを例示した。長い時間を要する進化のプロセスを経て新しい生物種が生み出される速度を圧倒的に上回る速度で種の絶滅が続くのならば、生物多様性の消失も収束に向かいやすいパラメータであるといえる。「絶滅」が危惧されるのは生物種だけではない。類似の現象は、川口（2019）による言語の多様性の消失に関する研究においても確認されている。

もしも、このような人新世のパラメータの挙動を計画的に緩やかな収束に向かわせることができれば、環境の急激な悪化によりもたらされる壊滅的な危機は回避できるかもしれない。このようなアプローチは 2015 年に国連総会で採択された持続可能な開発目標（SDGs）のコンセプトにも共通するものであるといえる。図 2C には、17 のグローバル目標を一覧表示するデザインの SDGs の公式ロゴを示している。

ここまで見てきたように、過去のローマクラブによる先駆的な警鐘も近年の SDGs の取り組みも、世界の経済活動を許容できる範囲内で減速させることで人為的にパラメータの収束を計画的に実現することを想定している。今日、科学者たちは、世界的な人口増加およびそれに比例して成長する世界経済の在り方が、将来の人類の健康と自然環境（特に生物多様性と炭素の管理）を考えるうえで重要な因子であることを理解している（Abel et al., 2016; Marques et al., 2019）。そして健康と教育に関する目標も将来の死亡率や出生率の変化に直接的・間接的な影響を及ぼすことを想定し、SDGs の完全な形での実施が、世界人口の増加を抑制する効果を現しうることを予測している（Abel et al., 2016）。従って、SDGs への取り組みは人新世問題への取り組みでもあるといえるだろう。ここでは、OECD によりアジア初の SDGs 推進モデル地域に選定された北九州市の取り組みの中にも人新世問題への取り組みという視点を導入することを提案しておきたい。

6. 人口増加と人新世

地質時代が完新世から人新世へと移行した要因を分析すると、すべての要因は人口の推移と強い関係があることがわかる。Steffen ら（2014）が取り上げた 24 の指標でも、筆頭に挙げられているのは世界的な人口の増加であった。人口の増加に伴う人類の活動の増大は究極的には環境を疲弊させ、地球上での食糧生産能力の低減を招くことを危惧する研究も数多く存在するが、最新の研究では食糧危機の到来に否定的な見方もある（Latham, 2021）。しかし、人口増加と食料供給のバランスに関するテーマは、人新世を迎えた地球の今後を議論する際に避けて通るこ

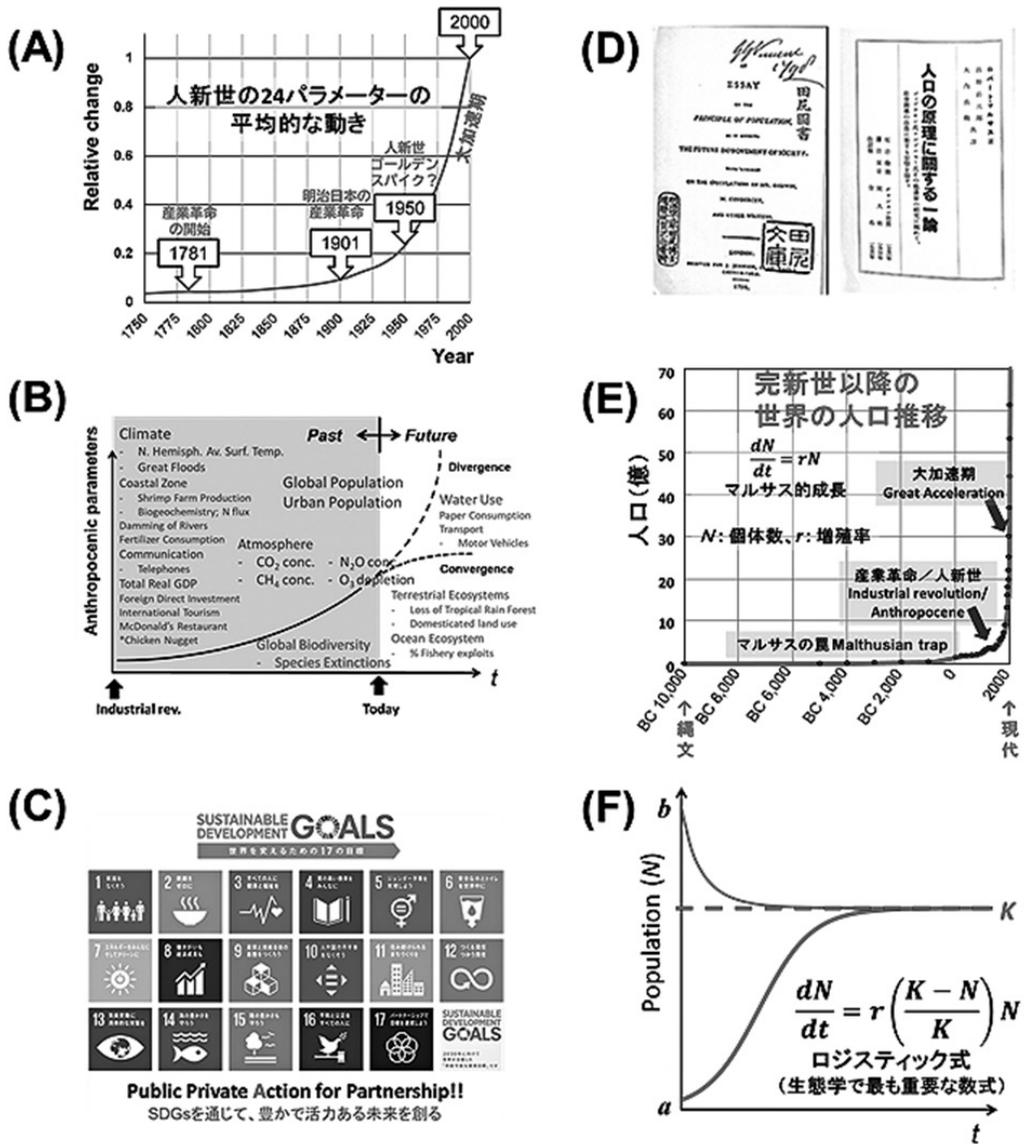


図2. 人新世を読み解くパラメータ群とポピュレーションダイナミクス。(A) 24の異なる人新世パラメータが1750年～2000年までの期間に示した相対変化の平均的な動きを表す曲線。(B) 発散および収束の性質を持つ人新世のパラメータ間の隠れた区別 (Kawano, 2019a 1を改変)。(C) SDGs公式ロゴ。(D) 1933年に日本で出版されたマルサスによる「人口論に関するエッセイ(1798)」の翻訳版。(E) 過去12,000年に生じた世界の人口の推移。(F) ロジスティック式および同式で表現された典型的な正と負の成長パターンを模式化した曲線。

とができないだろう。

実は、人口の増加速度が地球上での食料生産力の増大速度を凌駕することで人口を支える食料供給体制に限界が生じることを示唆する記述は、前述のローマクラブの報告書「成長の限界」にも含まれているが (Meadows et al., 1972)、近代以降、初めて人口増加と食料生産の限界についての考察を示したのは、マルサス (Thomas Robert Malthus, 1766-1834) であろう。図 2D に、筆者が科学史資料収集活動の一環として収集したマルサスの「人口原理に関する一論」の訳書 (マルサス, 1933) の見開き扉を示している。同書 (原著は 1798 年にロンドンで刊行) の中で、マルサスは、「人口は、幾何級数的に増加するが、(土地の生産能力により規定される) 生活資材は算術的にしか増加しないため、生活資源 (食料) は必ず不足する」という趣旨の議論を披露している。マルサスが想定した人口の増加を数式で表すと

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

となる (マルサス成長曲)。実際、図 2E に示したように世界の人口の推移は、マルサスの成長カーブ曲線そのものの動きを示しているように見える。これは、環境中の諸制限の下で一般的な生物個体群が見せる増殖パターンとは大きく異なって見える。

自然界における生物個体群の増殖には必ずと上限があり、個体数密度が低い状態から培養や飼育をスタートした場合、当初はマルサス的な増殖 (成長) 率 (r) を示すものの、個体数密度が環境によって許容される密度上限 (環境収容力、 K) に近づくとつれて増殖の速度を落とし、個体数密度の定常状態へと近づいていく (図 2F)。一方、ある系に導入された生物の個体数密度が、環境条件が許す密度 (K 値) を上回っていた場合は、個体数密度は、速やかに環境収容力の値まで下降する (図 2F)。このような個体数密度 (N)、増殖率 (r) および K 値との関係を数式で表現したのが、生態学分野において最も重要な式と評されることもあるロジスティック式である (Takaichi and Kawano, 2016)。同式を以下に示す。また同式で表現される一般的な生物増殖のモデル曲線を図 2F に示す。

$$\frac{dN}{dt} = r \left(\frac{K - N}{K} \right) N$$

この節の最後に人口動態論から見た人類の未来についての考察を加えたい。世界の人口が典型的なマルサス曲線のように上限のない増加を続けているように見えるのはなぜだろうか。ロジスティックモデルで定義される成長の上限値である K 値は人類に対しては存在しないのだろうか。ほとんどの生物・生態モデルでは、個体密度が K 値に近づくとつれて、見かけの成長速度が徐々に遅くなる。この成長率の低下は、対象となる生物自身が成長の上限を認識している

ことを示している。しかし世界人口の増加率は、単純な指数関数的成長を続け発散的な増加をしているように見える。もしかしたら、人類に対しても目に見えない成長の限界が近づいているにもかかわらず、人類は、近い将来に直面する可能性のある壊滅的な閾値の存在を感知できていないのかもしれない。

かつて、筆者は、リチャード・ドーキンスが著作の中で紹介した増殖密度の上限が飛躍的に上昇する突然変異の出現を通じた細菌の進化の事例 (Dawkins, 2009) を引用したうえで、生物は新規エネルギーの獲得あるいは未利用エネルギーを利用する能力の獲得を通じて生育の上限である K 値を上昇させることができ、逆にエネルギーの利用が制限されれば K 値は下降することについて議論したことがある (Kawano, 2019)。これを人類に当てはめると、人類は産業革命以降、化石燃料を中心としたエネルギー利用に関する飛躍的な技術革新を断続的に繰り返すことで食料の確保と生活環境の最適化を繰り返してきたために人類に対する K 値が上昇を続けてきたと考え、産業革命以降の人口増加の理由を説明できることなども述べた (Kawano, 2019)。近未来において化石燃料の枯渇への対応あるいは低炭素化の流れの中で新規の持続可能なエネルギー源の開発が十分に進まなければ、エネルギーを活用して高レベルに維持されてきた人類に対する環境収容力が低減する可能性がある。この観点から、人新世のまだ開かれていないチャプターを読み解くキーワードとして「人口問題」と「エネルギー問題」を強く意識する必要があるように思われる。

7. ミュージアムパークを構成する明治日本の産業遺産群から学ぶ北九州の成長の軌跡

北九州工業地帯では、1901年にドイツの技術者の支援のもと設置されたアジア初の近代的な製鉄所「官営八幡製鉄所」の設立を起点に重工業の導入が集中的に進み、やや遅れて大規模なセラミック産業および化学産業を発達させた、アジア初の近代的な工業地帯として知られる。現在、八幡製鉄所東田第一高炉は、北九州市の史跡として文化財に指定され、同製鉄所旧本事務所は「明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼・造船・石炭産業」の構成資産として登録され、保全されている。官営八幡製鉄所旧本事務所および東田第一高炉史跡広場は、日本初の鉄鋼一貫製鉄発祥の地として、また明治日本の産業革命を象徴するモニュメントとして東田ミュージアムパークを構成する重要な施設として市民に親しまれている。

八幡製鉄所の設立以前の北九州地域は、産業に乏しく、いくつかの漁村が点在するのみで、人口密集地も存在していなかった。図 3A および B に、八幡製鉄所東田第一高炉跡地に保全される第 10 次改修高炉の外観と 1900 年以降の北九州地域の人口動態を表したグラフを示す (グラフは、Nakao and Kawano, 2019 を改変)。前節では、世界の人口推移が一般的なロジスティック式で描かれる生物増殖のカーブとは大きく違って見えることを議論した。一方、北九州市お

よび北九州市制定前の同地域における人口の推移（都市の成長の軌跡）をみると、典型的なロジスティック曲線を描いていることがわかる。

図 3B では、丸印でプロットした実際のデータと独自に改変を加えたロジスティックモデルを用いて作成した成長曲線（破線）とを比較している。北九州地域の人口の増加は、第二次世界大戦の影響が強い期間（1941～1947）を除いて、改変ロジスティックモデルに従っているように見える。戦争を人類の生存を脅かす対する一種の環境ストレスと捉えるならば、戦争前後の人口のギャップとそれ以降の人口の回復の様子は、生物として示す普遍的な挙動と見ることができらる。実際に第二次世界大戦前後の北九州地域の人口動態は、微生物細胞が環境ストレス前後に見せる細胞密度の変化とよく似ている（Dai et al., 2012）。ここで人口動態のシミュレーションに用いた独自のロジスティックモデルの詳細は、Nakao and Kawano (2019) を参照のこと。このグラフから、第二次世界大戦前に日本が新興の工業国として台頭し、地域経済を中心とした産業の揺籃期を抜け出し、北九州地域が、国家レベルでの産業の中心地としての役割を担うにつれて同地域の人口が増加し、戦後復興期以降には、安定した成長率の下で、北九州地域の人口は成熟期を迎え、その後、徐々に人口が減少に転じたことがわかる。以上のように、北九州の人口の推移は、まさしく北九州が経験した明治の産業革命、世界大戦、戦後の高度成長、産業構造の変化を反映していることが読み取れる。

筆者らが行った北九州の人口をロジスティック式で記述する試みの中では、人口の上限を規定する環境収容力（ K ）を、産業の発展性の関数としての表現できるように修正を行っている（Nakao and Kawano, 2019）。 K 値が継続的に減少していく数学モデルが適応できるということは、戦後、北九州に新しい産業が生まれていないことを示唆している。

人新世の大きな二つの流れ（1）産業革命と（2）大加速の影響をそのまま都市の成長の軌跡として記録してきた北九州の経験の中には、人新世における第3の流れ「大加速後」についてのヒントも隠されているように思える。北九州が経験してきた環境への取り組みが「大加速後」の持続可能な社会、すなわち「人新世後期」のモデルになる可能性があるという筆者は考えている。

図 3C では、Crutzen らの考える人新世の起点である産業革命以降を人新世初期と定義し、Crutzen らの考える人新世の大加速期（AWG の想定する人新世の起点から現在まで）を人新世中期と捉え、これからの「大加速後」の未来を人新世後期と表現した。すでに議論したように人新世前期は世界に一様に伝播したのではなく、まずヨーロッパでの産業革命がおき、Lewis and Maslin (2015) が例示した「新旧世界の衝突」を経たのちにその他の地域でも産業革命が起きたことから人新世の条件が整った（アジアの起点は 1901 年とする）。一方で、人新世中期の「大加速」の時代には、世界が同一タイミングで様な移行を行ったと考えている。地球のどの地域にあっても同時期に変化が起きたことを重視すれば、AWG が 1950 年前後を人新世の開始点と想定する意義も大きいだろう。そして、来るべき持続可能な社会を人新世後期ととらえると、

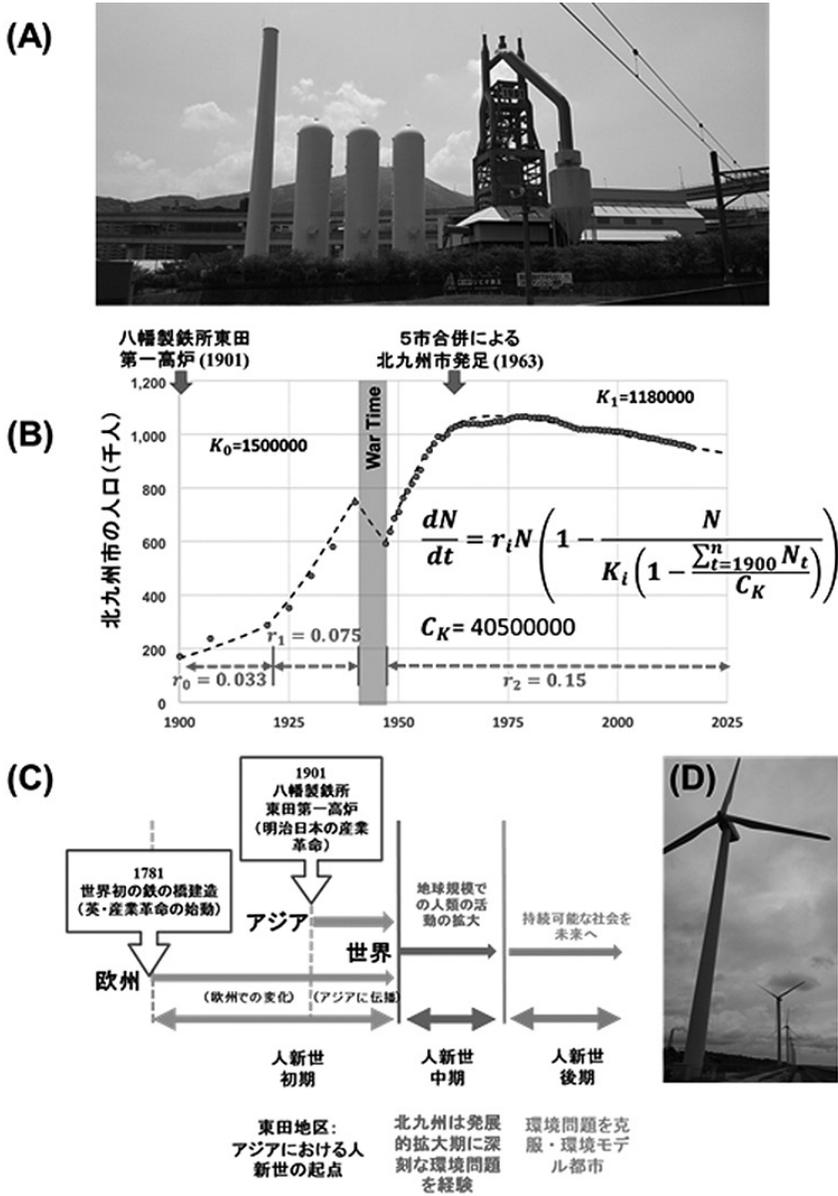


図3. 人新世の三つのフェーズと北九州地域とのかかわりを読み解く。(A) ミュージアムパークのモニュメントとしての八幡製鉄所東田第一高炉。(B) 1900年以降の北九州市・地域の人口推移と改良型ロジスティックモデルによるシミュレーションとの比較。(C) アジア、欧州、世界における人新世の動きの比較と今後の人新世への取り組み方の変化。(D) 持続可能な自然エネルギーの活用（北九州市に集積する風力発電拠点をイメージ）。

環境問題と持続的な社会の推進に先駆的な取り組みをしてきた北九州市のロールモデルとしての存在意義は大きい。響灘で計画されている洋上風力発電の拠点形成構想（北九州市 2021）にも期待を込めて、図 3D には、持続可能な社会における自然エネルギーの利活用を象徴する若松区の風力発電施設の写真を示した。

8. 公害問題の乗り越えと積極的な環境への取り組みと環境ミュージアム

北九州市では、広く知られるように、早くから工業化が進み、さらに戦後の高度成長期の工業の活性化により、かつては極度に汚染された水、空気、土壌への対策に苦悩してきた歴史を持つ（1960年代に環境汚染の被害がピークを迎えている）。しかし北九州市は、現在では、先駆的な環境政策と持続可能な社会システムの構築に向けて先駆的かつ継続的な取り組みを行い、OECD 選定グリーン成長モデル都市や OECD 選定 SDGs 推進モデル地域としての取り組みに代表されるように環境の側面で世界をリードする都市の1つと見なされるようになった。この取り組みに同地域を代表する大学の立場から貢献するために、筆者は、OECD 選定グリーン成長モデル都市（パリ市、シカゴ市、ストックホルム市、北九州市）の基幹大学（パリ大学、シカゴ大学、ストックホルム大学、北九州市立大学）の間でのネットワーク形成と学術連携プラットフォームの構築に取り組み、各大学の若手研究者が参画する国際ワークショップを継続的に開催するなど、環境をテーマとした多国間の学術連携を推進している（Universite de Paris, 2019）。

東田ミュージアムパークを構成する環境ミュージアムは、上記のような北九州市の環境面での取り組みの歴史的背景（公害克服の歴史）から地球環境問題までを展示に反映した、教育学習活動のための博物館である（参考：<https://eco-museum.com/exhibitions.html>）。今後、環境ミュージアムにおける展示とミュージアムパーク内の施設における展示内容をつなぐストーリーとして、「北九州を通じて学ぶアジアにおける人新世の過去・現在・そして未来」というコンセプトの導入を提案したい。市民の環境意識の向上、また、学校教育の中での児童を対象とした環境教育へのサポートを想定した場合、新たな視点として「人新世への視点」を加えることで、人類の未来を左右する「人新世問題」が実は環境問題と不可分であることが理解できるようになるはずである。その意味で、環境ミュージアムには大きな役割が期待できる。

9. 人新世を見る場を提供する北九州：ミュージアムパークの役割

教育の一環で、地層から恐竜や大型の哺乳類の化石が発掘される現場を見学した児童は、過去に存在した生物の姿や生物たちが生息した環境に対する鮮明なイメージを思い浮かべることがで

きるだろう。一方、人新世には、目に見える化石を発掘する現場もない。目に見えない放射性元素や微細なプラスチック粒子が検出される現場に行っても肉眼で人新世の実態をとらえるのは困難だろう。一方、コンクリートの建物やアスファルトでできた道路やゴミの埋め立て地で地球を負いつくす圧倒的な量の「物証」を肉眼で観察しても、日常の生活の中でありふれた人工物が地質学的に明確な時代のシフトを地球の歴史に刻んでいるということをイメージするのは容易ではない。もしかしたら、人新世という概念を現実的なイメージをもってとらえることは意外と困難な作業なのかもしれない。しかし、地球のどこで起きてどこで進行しているのかさえつかみどころのない人新世が、実は、北九州のたどってきた軌跡を追体験することで身近で現実的で重要なテーマであることが伝わるのかもしれない。そのために北九州市内の博物館ゾーンの在り方を提案できるかもしれない。本稿の目的は、この考えを整理することにあつた。

筆者は、過去に、アジアにおける人新世の起点を明治日本の産業革命にもとめる考えを公表している (Nakao and Kawano, 2019)。本稿では、アジアの産業革命の起点となり、地球規模での産業の大加速期に対応する時期に深刻な環境問題を乗り越えた経験を有し、国際的に認知される環境モデル都市として持続可能な社会への移行に関するモデル的な事例を提示してきた北九州市の在り方から人新世の本質と今後の推移を考察してきた。また、筆者は、八幡製鉄所東田第一高炉の跡地である同市・東田地区に博物館・科学館群が集積し、ミュージアムパークが形成されつつある現状に鑑み、北九州市東田ミュージアムパークが、歴史的な背景を反映し、博物館と科学館が連携した形で、人新世に対する視点を提供する場となることを希望している。特にミュージアムパークの中心的施設であり地球上で起きた自然史上のスペクタクルと人の歴史を同一施設で展示する北九州市いのちのたび博物館 (<http://www.kmnh.jp/>) と現在同地区に建設中の「新科学館」(北九州市子ども家庭局・青少年課, 2019) は、人新世と北九州の歴史を展示できるプラットフォームとして高いポテンシャルを有していると言えるだろう。

最後に今後の取り組むべき課題について述べたい。本稿で述べた事柄は、あくまで「人新世」で北九州地域との関係性についての知見の整理に留まるものであり、ミュージアムパークで実際にどのような展示が可能かについての議論まではカバーできていない。また、この地での製鉄産業を支えた周辺の産業遺産 (加藤, 2008) と人新世の関連についても議論ができていない。今後も、人新世を見る場を提供するための博物館や科学館の在り方については、さらに継続したアイデアの整理作業やミュージアムパーク全体でテーマを共有するランドデザインの構築など取り組むべき課題が多く残されている。

引用文献

- Abel, G.J., Barakat, B., Kc, S., Lutz, W. (2016) Meeting the Sustainable Development Goals leads to lower world population growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 14294-14299.

東田ミュージアムパークを活用した環境・科学教育における
人新世という視点

- Anthropocene working group (2019) Results of binding vote by AWG, Released 21st May 2019, by The Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (SQS), International Commission on Stratigraphy (ICS). <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/> (retrieved 26th Jan. 2021)
- Crutzen, P. and Stoermer, E.F. (2000) The Anthropocene. *Global Change Newsletter* 41: 17-18.
- Dai, L., Vorselen, D., Korolev, K.S., Gore, J. (2012) Genetic indicators for loss of resilience before a tipping point leading to population collapse. *Science* 336: 1175-1177.
- Dawkins, R. (2009) *The Greatest Show on Earth. The evidence for evolution.* Free Press.
- Dodd, M., Papineau, D., Grenne, T. Slack, J.F., Rittner, M., Pirajno, F., O'Neil, J. and Little, C.T.S. (2017) Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates. *Nature* 543: 60-64.
- Kawano, T. (2019a) Anthropocene is the epoch in which we handle our future. *Bulletin du Centre Franco-Japonais d'Histoire des Sciences* 13(1): 1-18.
- Kawano, T. (2019b) A toy model of population dynamics and ecological resilience using Japanese paper balloons. *Bulletin du Centre Franco-Japonais d'Histoire des Sciences* 13(1): 19-30.
- Kawano, T. (2019c) Witnessing the Anthropocenic sceneries in Kitakyushu city through the artworks by Shikō Munakata, a woodblock-printmaker: A Report on the Special Exhibition at Kitakyushu Museum of Natural History and Human History. *Bulletin du Centre Franco-Japonais d'Histoire des Sciences* 13(2): 50-59.
- King, A. and Schneider, B. (1991) *The first global revolution. A report by the council of the club of Rome.* Simon and Schuster Ltd., New York.
- Latham, J. (2021) The myth of a food crisis. In: *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Rethinking Food and Agriculture* (Eds: Kassam, A., Kassam, L.), Woodhead Publishing, Cambridge, United Kingdom.
- Lewis, S.L. and Maslin, M.A. (2015) Defining the Anthropocene. *Nature* 519: 171-180.
- MacKenzie, D., (2012) Boom and doom: Revisiting prophecies of collapse, *New Scientist*, Retrieved on 17 May 2019.
- Marques, A., Martins, I.S., Kastner, T., Plutzer, C., Theurl, M.C., Eisenmenger, N., Huijbregts, M.A.J., Wood, R. Stadler, K., Bruckner, M., Canelas, J., Hilbers, J.P., Tukker, A., Erb, K., and Pereira, H.M. (2019) Increasing impacts of land use on biodiversity and carbon sequestration driven by population and economic growth. *Nature Ecology and Evolution* 3: 628-637.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., and Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth; A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind.* New York: Universe Books.
- Nakao, K. and Kawano, T. (2019) History of Kitakyushu along with the great divergence in Anthropocene: An implication for possible periodization. *Bulletin du Centre Franco-Japonais d'Histoire des Sciences* 13(1): 37-49.
- Noah, T. (2012) *The great divergence: America's growing inequality crisis and what we can do about it.* Bloomsbury (New York).
- Revkina, A.C. (May 11, 2011) Confronting the 'Anthropocene'. *Dot Earth New York Times BLOG*. Retrieved 17 May 2019.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P. and McNeill, J. (2011) The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 369: 842-867.

- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P.D., Jager, J., Atson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.-J., Turner II, B.L., and Wasson, R.J. (2014) *Global Change and the Earth System. A Planet Under Pressure*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Takaichi, H. and Kawano, T. (2016) Expanded and practical use of logistic equations in eco-toxicity evaluation: cases of lethal metal toxicity curves in green paramecia with minimal-sized experiments. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics* 20: 681-690.
- Universite de Paris (2019) KEYS2019 公式 URL (<https://u-paris.fr/%C3%A9v%C3%A8nement/keys-2019-on-green-cities/>)
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S.O., Popp, T., Steffensen, J.-P., Gibrard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kersahw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D.J., Nakagawa, T., Newnham, R., and Schwander, J. (2009) Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science* 24: 3–17.
- Zalasiewicz, J. (2016) A history in layers. *Scientific American* 315: 30-37 (10.1038/scientificamerican0916-30).
- アンドリュース・パーカー (著)、(2006) 「眼の誕生—カンブリア紀大進化の謎を解く」(翻訳:渡辺政隆、今西康子) 草思社。
- クリストフ・ボノイユ、ジャン＝バティスト・フレソズ (2018) 「人新世とは何か」(翻訳:野坂しおり) 青土社
- ロバート・マルサス(1933) 人口の原理に関する一論。ゴッドウキン氏コンドルセー氏その他諸家の研究に觸れて、社會將來の改善に對する影響を論ず。(改訂版)、(翻訳:高野岩三郎、大内兵衛) 同人社(原著:1798、訳書初版:1924)
- 加藤尊秋「産業遺産散策：筑豊の石炭輸送で栄えた堀川」日仏科学史資料センター紀要 2(1): 8-15.
- 桑田学 (2017) 「人新世と気候工学」現代思想 45(22): 122-131.
- 川口明宏 (2019) 「人新世の発散的拡大期と世界の言語の消滅速度の比較」日仏科学史資料センター紀要 13(1): 31-36.
- 北九州市 (2021) 「洋上風力発電シンポジウム (オンライン) これからの発展を支える人材育成に向けて」
URL: <https://www.city.kitakyushu.lg.jp/kankyoku/29000046.html>
- 北九州市いのちのたび博物館・公式ホームページ URL: <http://www.kmnh.jp/>
- 北九州市いのちのたび博物館 (2018) 「へんてこモンスター展 (～海から始まったその軌跡～)」開催期間: 2018年7月14日～2018年9月24日。
公式 URL: <http://www.kmnh.jp/2018summer/outline.html> (retrieved 26th Jan. 2021)
- 北九州市子ども家庭局・青少年課 (2019) 「新科学館の基本計画 (案) について」
<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000832408.pdf>

CIEE JOURNAL

THE UNIVERSITY OF KITAKYUSHU

No. 19

Natural Sciences

Anthropocene-based contextualized perspectives for environmental and science education to be provided in the Higashida Museum Park in Kitakyushu city

..... Tomonori Kawano 73

Center for International Education and Exchanges

The University of Kitakyushu

March 2021