

日本及び世界の温室効果ガスによる気候変動とその影響

ー北極圏高温化の偏西風、海流への影響

河野 仁、KONO Hitoshi、(兵庫県立大学名誉教授・日本気象(株)・JSA-ACT)

1. はじめに

国連環境計画¹⁾によると、現在の各国の政策が継続すると今世紀末の地球平均気温は 3℃上昇すると予測している。2023 年の気温は既に 1.45℃上昇(WMO)だが、1.5℃の上昇でグリーンランドと西南極の氷床融解がティッピングポイントを超えるという論文²⁾が発表された。気候変動はコロナウイルスより大きな危機を人類に及ぼすと筆者は考えている。1.5℃の目標を実現するには 2030 年に世界の温室効果ガス排出量を 2019 年比、つまり 11 年間に 48%削減が必要だが、対策先進国は未だ EU に限定されており 2019 年から現在まで世界の排出量はほぼ横ばいの状態である¹⁾。

削減政策実行には、多くの人が、気候変動対策は緊急の最優先課題と理解する必要がある。そのため、本稿では気候変動の日本に対する影響について、近年の具体的事例を示す。また、北極圏の高温化によるグリーンランド氷床融解、偏西風、海流への影響などについて、「氷、海洋、大気」の連結系における相、流れ、温度の不連続変化」の視点で解説を行う。

2. 北半球高緯度の昇温とその影響

(1) 北極海氷面積の縮小と気温上昇

北極圏の気温上昇は地球平均と比べて格段に大きく、1850 年から 2016 年で 5℃³⁾上昇している。北極圏の気温上昇が地球上の他の地域と比べて特に大きい理由は、北極海の氷が融けることにより地表の反射率が小さくなり、太陽のエネルギーをより多く吸収するようになったためと考えられている³⁾。北極海の海氷面積は年間で 9 月に最小になる。9 月の海氷面積は 1970 年頃から 40 年間で約 1/2 に減少した。そして、今世紀半ばには 9 月の北極海に氷はなくなると予測されている⁴⁾。

(2) 氷河の縮小

温暖化によって降雪量が減少し、融解量が増えると氷河が縮小する。現在の地球平均で 1.1℃上昇で、既に世界の多くの地域で氷河の縮小が進行している。氷河縮小はティッピングポイントを超えている具体的で分かりやすい例だ。

・山岳氷河

Alps の氷河は 1850 年～2015 年で面積の 57%、体積の 65%が融けている⁵⁾。ヒマラヤの氷河も融解が進んでおり、氷河湖の決壊による洪水が報告されている⁶⁾。アフガニスタンでは 4000m クラスの山の万年雪が温暖化により融けて、砂漠化が進行した⁷⁾。

・グリーンランドの氷床融解

グリーンランドはその 80%が氷床に覆われている。氷の厚さは平均 1700m で、地球上にある氷の体積の 10%に相当する。全体が融けて海に流れ込むと、海面の高さが 7m 上昇することが分かっている。人工衛星の観測によると氷床の融解が急速に進んでいる⁸⁾。

・西南極氷床

西南極の氷床も融解が始まっている。モデル計算結果によると 1.5℃シナリオでも融解は止まらない⁹⁾。全て融けると海面が 5m 上昇する。

(3) 海流への影響

グリーンランド氷床の融解により、低密度の淡水が大量に北大西洋に流れ込み、ラブラドル海とイルミンガー海の対流が突然崩壊し、北大西洋の深層水の形成や沈み込みー熱塩循環(AMOC)が止まるという研究発表が行われている²⁾。止まる時期については、確定が未だ難しいようだが 2050 年頃という論文¹⁰⁾が出された。AMOC が止まると地球全体の気候が短期間に大きく変わる事が古気候(ダンスガード・オシュガ

一現象、ハインリッヒ現象)やモデル計算¹¹⁾から分かっている。

(4) 偏西風波動への影響

大気上端における低緯度と高緯度の単位面積当たりの正味放射量の差によって生まれた熱が、大気大循環と海流によって低緯度から高緯度に輸送されている。中緯度における南北の熱輸送の主役は偏西風波動（傾圧不安定波）が担っている。偏西風波動の駆動力は、極と赤道の温度差とコリオリ力である。偏西風波動はロッキー山脈やヒマラヤ山脈等の地形の影響、海陸の温度差の影響、南北のコリオリ力の変化も受けており、準定常プラネタリー波を作り出す。

地球温暖化によって、北極の海水面積が縮小し、北極海の反射率（アルベド）が小さくなっている。その結果、赤道に比べて北極の温度上昇が大きい。また、海上と比べて陸上の温度上昇が大きい。これらは大気に対しては、地表面境界条件の変化として、偏西風の流れに変化を与え、それが世界中に異常気象を発生させている¹²⁾。（解析例は Tachibana, 2019¹³⁾）

3. 日本における気候変動の影響

(1) 黒潮の北上－海水温上昇と気温への影響

黒潮は従来、房総半島沖から東に流れていた。2010 年以降、黒潮の暖水塊が北海道近くまで届いている¹⁴⁾。そして、北日本で冷夏が 2010 年以降見られなくなった¹⁵⁾。さらに、黒潮主流が東北、北海道まで北上することが、2022 年以降に顕著になる。その結果、北日本の夏の気温がジャンプし、2023 年、24 年は平年より 3～5℃高くなっている¹⁶⁾。2023 年以降の夏の気温のジャンプは今後も続くと思われる。

(2) 熱中症患者増大

気候変動の影響は夏季の熱中症患者（2023 年救急搬送者数 9 万人；総務省）と死亡者（年間 1500 人；厚生労働省人口動態統計）の増加をもたらしている。

(3) 農作物、漁業への影響

夏の高温により東北地方を中心に多くの県でコメの白未熟粒の発生と品質低下などの農産物

への影響が出ている。三陸沖の魚が寒流系から暖流系に変化するなど漁業への影響が出ている¹⁷⁾。

(4) 集中豪雨の増加

2024 年台風 10 号の集中豪雨によって東京の地下鉄が冠水した。気温上昇によって大気中の水蒸気量が増え、集中豪雨の増大をもたらせている。

(5) 台風の進路の変化

強い台風の北上(2019 年 19 号)や太平洋側から東北地方に台風が上陸(2016 年 10 号)する。台風が日本の東海上で南下する(2016 年 10 号)等、台風の進路が従来と変化している。これは、海水温の上昇、偏西風波動の変化が影響しているようだ。

文献

1. UNEP, Emissions Gap Report 2023 (2023).
2. Armstrong McKay, D.I. et al. Exceeding 1.5 °C global warming could trigger multiple climate tipping points, *Science* 377, 1171 (2022).
3. 山内 恭, 極域大気科学・気候科学研究の 40 余年を振り返って, *天気* 68 (12), 3-21, (2021).
4. IPCC AR6 WG1 SPM 図 SPM.8 (2021).
5. Reinthaler, J. and Paul, F.: Reconstructed glacier area and volume changes in the European Alps since the Little Ice Age, *EGU sphere* [preprint].
6. 奈良間千之ら、インド・ヒマラヤ、ラダーク山脈のドムカル谷における氷河湖と氷河湖決壊洪水の現状、*ヒマラヤ学誌* 12, 73-84 (2011).
7. 河野 仁、アフガニスタンにおける干ばつと洪水－気候変動の影響、*天気* 66, 12, 3-13 (2019).
8. 杉山 慎 ら、グリーンランド氷床とは？
https://www.nipr.ac.jp/grene/20141117seminar/pdf/poster_Enomoto2.pdf
9. Kaitlin A. Naughten et al. Unavoidable future increase in West Antarctic ice-shelf melting over the twenty-first century, *Nature climate change* 13 1222-1228 (2023).
10. Ditlevsen, P. and Ditlevsen, S. Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation, *Nature communications* 14:4254 (2023).
11. Stefan Rahmstorf, Ocean circulation and climate during the past 120,000 years, *Nature* 419, 207-214 (2002).
12. 河野 仁、日本の異常気象と気候変動、*日本の科学者* 65, 11-18 (2020).
13. Tachibana, Y. et al. Warm hole in Pacific Arctic sea ice cover forced mid-latitude Northern Hemisphere cooling during winter 2017–18, *Nature Scientific Report* 9 5567 (2019).
14. Miyama, T. et al. Marine Heatwave of Sea Surface Temperature of the Oyashio Region in Summer in 2010-2016, *Frontiers in Marine Science* 7 Article 576240, January (2021).
15. Amano, M., Y. Tachibana, Y. Ando, Consideration of whether a climatic regime shift has prevented the occurrence of a cold summer in northeast Eurasia since 2010, *J. of Climate* (2023), DOI 10.1175/JCLI-D-23-0191.1.
16. 河野 仁、温室効果ガスによる気候変動と自然エネルギー、省エネによる対策、第 39 回原子力発電問題全国シンポジウム、日本科学社会議、敦賀市、2024 年 8 月 15 日。
17. 森友彦、奥西 武、三陸海域における魚種組成の変化－岩手県沿岸及び沖合域における魚種組成と海洋環境との関係、*水産海洋研究* 88(2) 114-116, (2024).

2035 年に向けた排出削減対策について

歌川学、Utagawa Manabu（産総研）

1. はじめに

気候危機回避のため温室効果ガス排出削減・脱炭素転換が求められる。産業革命前からの気温上昇 1.5℃未満抑制に世界の CO₂ 排出を 2030 年に 2019 年比 48%以上削減、2035 年 65%削減、2050 年頃実質ゼロが求められる。先進国は人口比 CO₂ 排出量が世界平均の 2 倍、累積排出量も大きく、資金・技術を有し、大きな排出削減が求められる。

日本の対策で、IGES、WWF ジャパン、自然エネルギー財団、未来のためのエネルギー転換研究グループなどが省エネと再エネにより 2035 年に 2019 年比 60%以上、2013 年比で 70%以上の排出削減が可能と報告している (IGES、2024、WWF ジャパン、2024、自然エネルギー財団、2024、未来のためのエネルギー転換研究グループ、2024)。後の 3 試算は原発は使わないか 2035 年以降ゼロ、輸入水素や CCS もゼロまたは限定的である。

本報告では既存技術と改良技術普及による対策を検討する。省エネと再生可能エネルギー転換、石炭優先削減で、2035 年を含む 2050 年にむけた排出削減を検討する。

2. 試算方法

ボトムアップモデルによりエネルギー起源 CO₂ 排出量を試算する。活動量(生産量など)を用いエネルギー需給と CO₂ 排出量推計を行う。素材生産量は 2030 年まで第 6 次エネルギー基本計画想定、その後人口比減少とする。それ以外は生産量、輸送量、業務床面積(実質使用分)は人口比で減少、半導体製造業とデータセンターは増加を想定する。

省エネ対策で、更新時に省エネ設備、断熱建築、燃費の良い車を導入する。自動車は 2050 年までに電気自動車化とする。工場設備省エネ改修、建築も新築相当既存建築断熱改修を見込む。省エネ行動は企業保有車の運用効率化のみ想定、産業・業務・家庭の省エネ行動は想定しない。

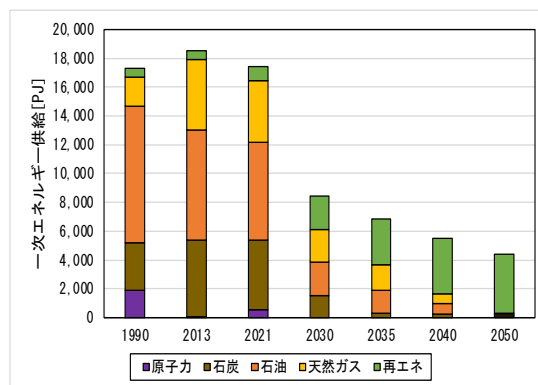
再エネ転換・燃料転換は、電力は 2030 年に第

6 次エネルギー基本計画の非化石割合に当たる再エネ電力割合 58%を想定、2035 年 80%、2040 年 90%、2050 年 100%とする。石炭、石油火力は 2030 年迄に停止、水素・アンモニア火力発電、原発は用いない。熱利用は電化・再エネ電力利用、低温熱の一部は再エネ熱利用を見込む。運輸燃料は自動車と鉄道で電化・再エネ電力利用を見込む。

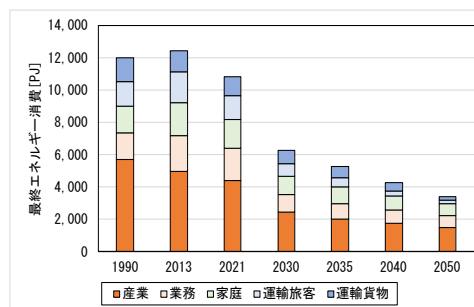
3. 試算結果

エネルギー起源 CO₂ 排出は 2030 年に 2013 年比 70%削減、2035 年 80%削減、2050 年には既存技術と改良技術で 95%以上削減が可能である。これに加え高温熱利用と船舶航空燃料に新技術も使い、再エネ 100%、排出ゼロを実現する。

1 時間ごと需給は十分な再エネ導入と、デマンドレスポンスなど系統柔軟性で調整する (未来のためのエネルギー転換研究グループ、2024)



(a) 一次エネルギー供給



(b) 最終エネルギー消費

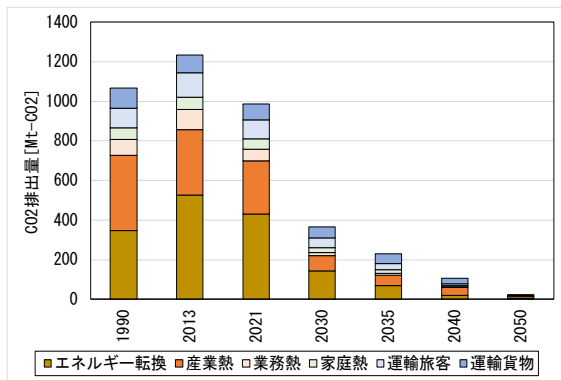
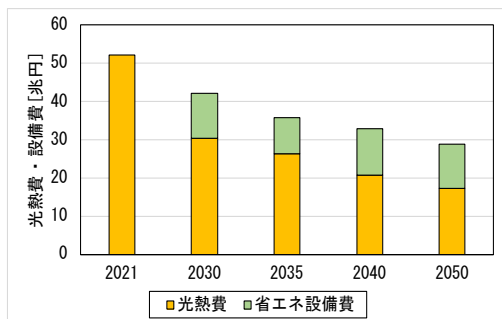
(c) エネルギー起源 CO₂ 排出量図 1 対策による 2050 年までのエネルギー・エネルギー起源 CO₂ 排出量

図 2 対策による 2050 年までの光熱費と設備費増

光熱費と設備費増の合計を減らし費用効果的に対策を進めることができる。光熱費削減、地域主体再エネ売電収入、設備費の国内・地域産業受注の経済効果がある。未来のためのエネルギー転換研究グループは 2035 年に毎年約 340 万人の雇用増加可能性を指摘している

4. 考察

電気自動車の電力消費増が話題になる。2050 年にトラックを含め全てが電気自動車になっても現在の電力消費を 10～15%増やすのみである。

半導体製造業とデータセンターの電力消費増の対策全体への影響を検討する。

電力消費について大きな想定で半導体製造業生産量が年率 5%増、データセンターが年率 15%増の場合、両業種電力消費割合は 2021 年の 2.6%から 2035 年に 5.2%に増加するが、2035 年の全国電力消費量は 2013 年比 29%削減、エネルギー起源 CO₂ 排出量 70%削減が可能である。省エネ・再エネの既存技術・改良技術普及による 2050 年全国電力消費量も 2013 年比 17%減になった。

さらに極端なケースで半導体製造業生産量が

年率 10%増、データセンターが 20%増の場合、両業種の電力消費割合は 2035 年に 8.2%だが、2035 年の全国の電力消費量は 2013 年比 27%減、エネルギー起源 CO₂ 排出量 70%削減が可能である。省エネ・再エネの既存技術・改良技術による 2050 年の電力消費量は 2013 年比 11%増である。新技術を使い産業高温熱と船舶航空燃料を太陽光・風力による国内水素・合成燃料で再エネ転換(輸入水素は使わない)しても 2050 年の電力消費量は 2013 年比 26%増加に止まる。

データセンターは地域の排出激増（市町村排出量が 5 倍になるなど）、排熱も数倍で地域気候を変える可能性もある。再エネ 100%を 2050 年より早くし地域熱供給新設で排熱放出を最低限にすることを新設の条件にすること、排熱の大きな施設立地禁止を定めること、等も考えられる。

5. まとめ

ボトムアップモデルで 2050 年までの日本の脱炭素対策を試算した。既存技術・改良技術による省エネ・再エネ対策でエネルギー起源 CO₂ 排出量を 2030 年に 2013 年比 70%削減、2035 年に 80%削減、2040 年に 90%削減、2050 年に 95%以上削減可能性があり、残りを新技術による再エネ化で排出ゼロを達成する。

対策の多くは設備費増加分を光熱費削減により「もと」がとれ、対策は光熱費と設備費増の合計を削減できる。

引用文献

IGES(2024)「IGES 1.5℃ロードマップ」

WWF ジャパン(2024)「2050 年脱炭素社会に向けた 100%自然エネルギーシナリオ」

自然エネルギー財団(2024)「脱炭素へのエネルギー転換シナリオ」

未来のためのエネルギー転換研究グループ(2024)「2035 年に再エネ電力割合と CO₂ 排出削減のダブル 80%を実現する経済合理的なシナリオ」

石炭火力および原子力廃止の場合の電力需給バランス、 再生可能電源比率 60%の可能性検討、簡易モデルによる試算

竹濱朝美（立命館大学）、Asami Takehama、（立命館大学産業社会学部）京都支部

1. 目的

IEA Net Zero by 2050⁽¹⁾シナリオによれば、1.5°C上昇を抑制するには、先進国は 2030 年までに石炭火力発電を廃止し、再生可能電力比率 61%を達成する必要があるとする。本研究は、2030 年までに石炭火力と原子力発電を廃止する場合について、再エネ電力比率 60%の可能性と電力需給バランスを概算する。

2. 分析方法

電力需給解析には、在来電源の起動停止-経済運用 (UC-ELD) の簡易モデルを作成し⁽²⁾⁽³⁾、東日本、中西日本、各電力エリアの需給を解析した。電力エリア別に、在来電源を、出力上昇／下降速度、LFC 調整力配分、最低出力、最大出力を考慮して、22 種類に区分した。1時間値の有効電力量 MWh の需給について、各電源の出力が等式制約、不等式制約を満たすように、燃料費を最適化する。目的関数は 1 時間値の平均燃料費の最小化である⁽⁴⁾。

$$\min. TK(t) = \sum_{k=1}^N P_k(t) \times u_k(t) \times FK_k + m \times S(t) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & 0.95 * \sum_{k=1}^N P_k(t) \times u_k(t) \times (1 - w_k) \\ & + 0.95 * \{PHY(t) + PPV(t) + PWD(t) + PBioGe(t)\} \\ & + S(t) + REIm(t) \\ & = D(t) + LHP(t) + LEV(t) + REEx(t) \end{aligned} \quad (2)$$

外生変数: C_k :稼働可能な発電機定格出力。 u_k : 稼働／非稼働バイナリー変数。 $D(t)$:電力需要。 $PHY(t)$:流入水力出力。 $PPV(t)$:PV 出力。 $PWD(t)$:風力出力。 $PBioGe(t)$:バイオマス地熱の出力。 $REIm(t)$, $REEx(t)$:連系線受送電。 FK_k :燃料費[JPY/kWh]。 m :供給不足ダミー価格。 w_k :所内電力消費比率。 $LHP(t)$:ヒートポンプ負荷。 $LEV(t)$:EV 充電負荷。 内生変数: $P_k(t)$:電源 k の合算出力。 $TK(t)$:燃料費総額 [JPY/h]。 $S(t)$:供給不足。 目的関数:1時間値燃料費の最小化、式(1)。 最適化計算は Matlab optimization tool box 線形計画法。 制約条件:等式制約:電力需給バランス制約、式(2)。 不等式制約:負荷追従能力、出力上昇／下降速度、最低出力等。

3. 2030年の導入目標、連系線、蓄電池、DR の想定

2030 年までに、風力 83GW、太陽光(PV)115GW を導

入する。風力導入量は、2020 年の接続検討申込量の 50%を導入する。本試算では、石炭火力 52GW と原子力を廃止する。連系線運用容量は、OCCTO の 2030 年長期計画値に追加して、北海道→東京に 1.8GW、九州→関西に 2.78GW、中国→関西に 2.7GW、四国→関西に 1.4 GW を増強する、蓄電池を 20GW 導入し、デマンドレスポンス(DR)として、業務部門と産業部門の時間別需要を±35%変化させる。乗用車保有台数の 20%が EV に移行する。

4. 分析結果

(1)表 1 は、東日本と中西日本の再エネ電力比率(需要比)の試算結果である。再エネ電力比率は、中西日本から東京に余剰電力を送電し、東京域内で余剰電力を蓄電する場合を示す。風力・PV を出力抑制すると、再エネ比率は、全国で 55%となり、目標に届かない。出力抑制をゼロにするように、蓄電池・電力貯蔵を追加すれば、再エネ電力比率は全国で 65%となり、目標を達成する。

(2)余剰電力は、軽負荷期の 5 月、10 月に偏って、大規模な余剰電力量が生じる。今回試算は、西日本から東京に余剰電力を送電し、東京で、余剰電力を1時間あたり 6GWh で貯蔵すると想定した。図1に、各エリアからの余剰電力の域外送電量を示す。ただし、「東京からの域外送電量」は、東京での余剰電力量を意味し、東京の 5 月の余剰電力量は 3,500GWh に達した。再エネ電力比率 60%を達成するには、この余剰電力を貯蔵する対策が必須である。本試算では、蓄電池容量を、揚水発電出力の 70%の出力規模*6 時間*5 日分で計算したが、追加の電力貯蔵が必要である。風力／PV の出力抑制も季節偏差が大きく、出力抑制率は、東日本で、5 月に 45%、10 月に 31%、中西日本で、5月に 24%の抑制が発生した。

(3)東日本、中西日本とも、1 月、8 月の需要ピーク時も需給バランスを維持した。東京の 8 月は、下げ DR35%では供給ひっ迫するため、下げ DR40%が必要である(図3参照)。中部・関西エリアは、1 月の雨天・積雪の日に、供給ひっ迫するため、下げ DR40%の投入が必要である。

*本研究は、産業技術総合研究所研究員、歌川学氏との共同研究によるものである。

表1 再エネ電力比率(電力需要比), 中西日本から東京へ送電の場合

再エネ電力 比率(電力 需要比)	東日本		中西日本		全国	
	出力抑制 実施	出力抑制 なし	出力抑制 実施	出力抑制 なし	出力抑制 実施	出力抑制 なし
5月	75%	109%	55%	67%	64%	86%
8月	50%	54%	51%	52%	51%	53%
10月	61%	80%	54%	56%	57%	67%
1月	59%	75%	47%	49%	53%	61%
年簡易推計	60%	77%	51%	59%	55%	65%

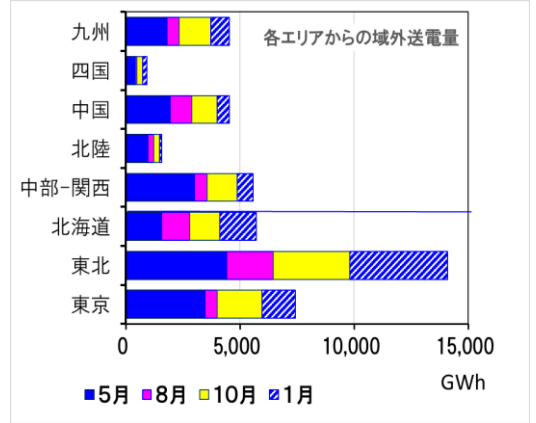


図1 エリア別の域外送電量の季節変動

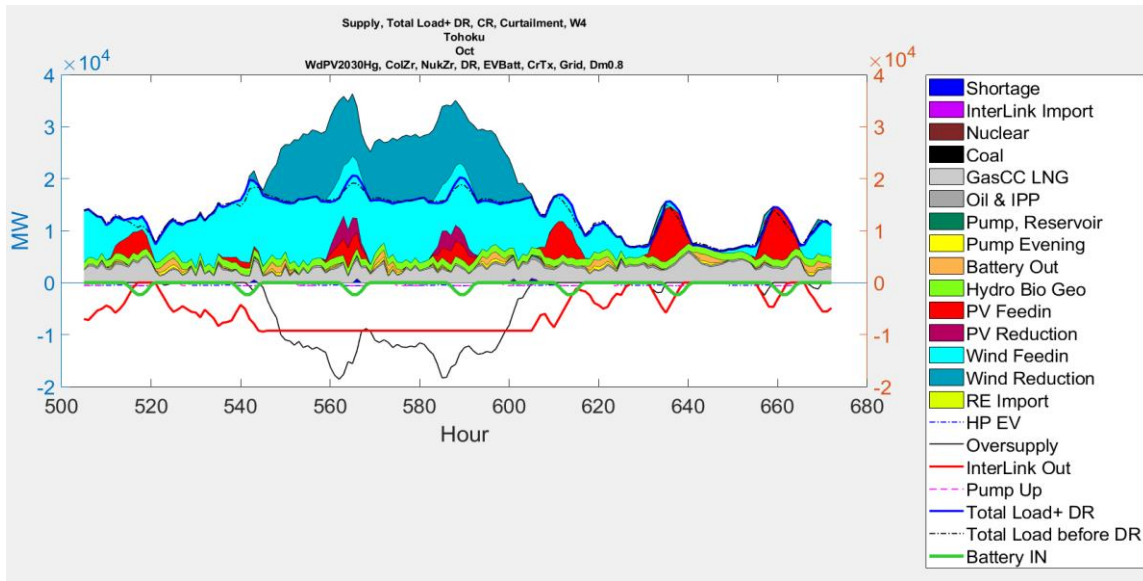


図2 東北エリアの需給(10月4週目)

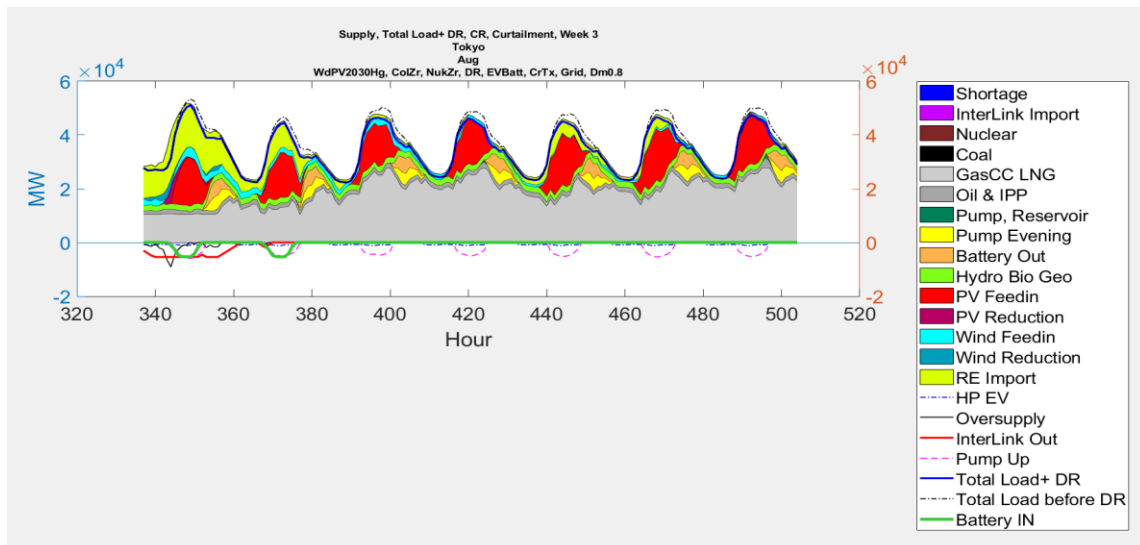


図3 東京エリアの需給(8月3週目)

- (1) International Energy Agency (IEA): Net Zero by 2050 (2021).
- (2) 加藤文佳, 他: 太陽光発電合計出力のラング変動が系統周波数に与える影響に関する一検討. 電気学会論文誌 B, Vol.137, No.4, (2017).
- (3) T. Kato, K. Kawai, Y. Suzuoki, 'Evaluation of forecast accuracy of aggregated photovoltaic power generation by unit commitment,' IEEE Power & Energy Society General Meeting, (2013). DOI: 10.1109/PESMG.2013.6672455.
- (4) 竹濱朝美, 歌川学: 2030年の西日本における電力需給分析: デマンドレスポンスおよび地域連系線活用, 再エネ電源比率大幅拡大の検証. 第38回エネルギー・資源学会研究発表会, (2019), 22-1.

電気自動車充電の脱炭素化の一方策と市民の受け止め

今中政輝、Masaki Imanaka、馬場博幸、Hiroyuki Baba (東京大学)

1. はじめに

輸送部門の脱炭素化に向けて、電気自動車が注目されている。電気自動車 (EV) による CO₂ 削減効果は様々な議論がなされているが、その充電タイミングを変えることで CO₂ 排出量を大幅に減らせる可能性がある。本報告では電力システムにおける充電タイミングの変化の影響や、電力システムの状況と EV の充電率に基づく IoT 技術を用いた充電コントロールについて概観する。さらに、本学のキャンパス公開にてそれらを実際の充電制御や CO₂ 排出量のレジ袋換算を交えたデモで説明した様子や、200 人以上の来場者から寄せられたアンケートの概要も紹介する。

2. 電気自動車の充電タイミングと排出量

電力システムにおける太陽光発電の比率は国内では年間で 10% を超え、水力発電を抜いて火力発電に次ぐ電源となった。太陽光発電は晴れた昼間に集中するため、図 1 に示すように特に電力需要の少ない時期には太陽光発電が占める割合が多くなり、使用しきれない部分は出力抑制されている。これは昼間の方が夜間と比べて CO₂ 排出係数が小さい電力で充電できることを示している。ここでは 2023 年 4 月の九州エリアを参考に¹⁾、夜間の排出量が 0.5 kg/kWh であるのに対し、昼間は 0.2 kg/kWh だったとする。

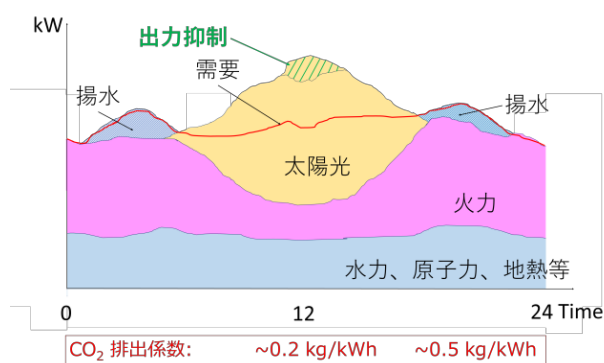


図 1. 電力システムの発電内訳と CO₂ 排出係数

したがって、同じ走行距離でも EV の充電タイミングを昼間にシフトできれば、充電による排出を大幅に減らせる。このことを図 2 の実際のキャンパス公開時のポスターを用いて例示する。図 2 の左右は、どちらも 11 時に出発し 144 km の走行を経て 20 時に目的地に到着する EV での移動を示している。途中 1 度普通充電器によって 6 kWh 充電する。多くの人は、図 2 右のように電池の蓄電率 (SoC) が低くなる（この例では 30%）18 時から充電するのではないだろうか。しかし、この場合はほとんど火力発電の電力であり、CO₂ 排出量は 3.0 kg となる。他方、13 時から充電すれば CO₂ 排出量は 1.2 kg ですむ。この差は 1.8 kg である。

1.8 kg の CO₂ と言われても実感がわからないため、レジ袋に換算した。1 枚のライフサイクルでの CO₂ 排出量は 10~20 g 程度である。1.8 kg の CO₂ 排出削減はレジ袋 90~180 枚に相当する。

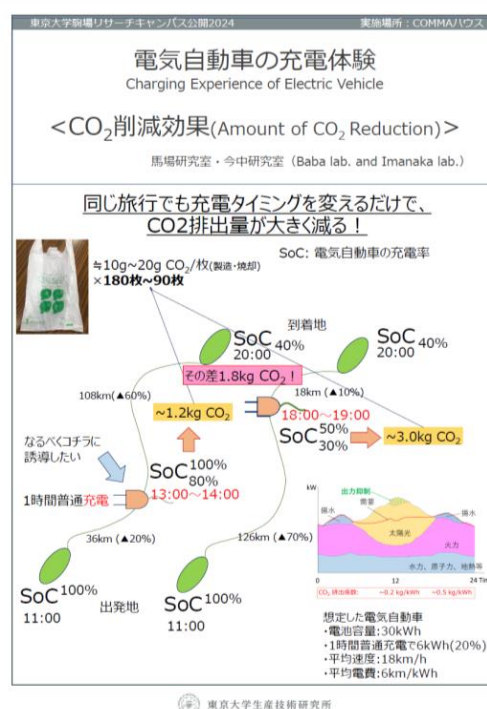


図 2. キャンパス公開で使用したポスター例

3. キャンパス公開でのデモンストレーション

2024 年 6 月 7 日、8 日に開催された東京大学駒場リサーチキャンパス公開 2024 で、このテーマで一般参加者向けのデモンストレーションを行った。まずは展示された電気自動車とその充電器・充放電器の概要を紹介し、その後前節で示したような時間帯による CO₂削減効果を説明した。実際にレジ袋も約 150 枚展示して、イメージを持ってもらった。

その後は IoT (Internet of Things) 技術を活用して、パソコンのブラウザ上のアプリからインターネット経由で電気自動車の充電を開始した。さらに、ここでは日中に職場などに長時間止まっている EV を想定して、仮設定した電力システムの再エネ率に合わせて、再エネ率が高い時には充電電力を多くするというデモを実施した。



図 3. キャンパス公開の様子

4. キャンパス公開の参加者アンケート結果

デモンストレーション中に参加者にアンケート用紙に記入してもらい、2 日間で 209 枚集まった。以下は概要を示す。回答者は 4 割以上が 20 歳未満で、高校生が多かった。20～29 歳も 19%であり、大学生・大学院生も一定数いた。そのため、車の保有については持っていない人が最も多く (94 人)、ガソリン車 (85 人)、ハイブリッド車 (22 人)、電気自動車 (4 人)、プラグインハイブリッド車 (1 人) となった。以降の回答もその前提で読む必要がある。また、回答者は本展示に関心を持って来ており、更に主催者の説明を聞きながらアンケートに回答している点にご留意いただ

きたい。

将来の車の購入について、EV は「選択肢の 1 つ」と答える人が多く (105 人)、「車は持たない／免許がない」(59 人)、「購入済み／買っていたい」(27 人)が続き、「電気自動車以外を買う」と回答した人は 10 人にとどまった。自由記述では、選択肢の一つという人は環境性の良さを上げる声が非常に多く、ランニングコストの安さを上げる人もいた。他方、充電の不便さへの懸念もあった。「最近、自動車をかえました。コンセントなどの設置がととても大きな作業だと思いやめました。」という声もあった。

「電気自動車に変えることで、二酸化炭素の排出を減らせると思いませんか？」の問いには、「思う」が 137 人、「思わない」が 14 人、「どちらともいえない」が 57 人だった。「思う」と答えた人は再エネ活用を理由に挙げる場合が多く、エネルギー効率の改善への言及は少なかった。「どちらともいえない」「思わない」は発電時・製造時 CO₂の排出への懸念が挙げられた。

充電メニューについても聞いた (複数選択可)。詳細は割愛するが、「すぐにフル充電」(74 人)と同程度が「電気料金の安い時間充電」(75 人)を選択し、「再エネが多い時間に充電」(47 人)、「さすだけで充電」(40 人)のも一定の関心があった。

全体としては、自動車の購入経験がない人が多い中で、EV への関心は一定ある一方で環境改善効果への期待と不安がある中で、本デモンストレーションは充電電力の CO₂排出量や再エネ電力の活用について考える一つのきっかけになったのではないかと考える。

5. おわりに

気候危機の打開には EV への急速な転換が求められるが、実際に EV への充電なども体験し、EV について考える場が広がることが重要だと改めて感じた。

引用文献

- 1) 今中政輝他：「EV 充電の脱炭素化に向けた方策の一検討」，令和 5 年電気学会全国大会，6-191

脱炭素社会における化学工業

－如何にして持続可能な産業に脱皮するか－

佐藤忠久、Sato Tadahisa、(東京支部・中長期気候目標研究委員会(JSA-ACT))

1. はじめに

化学工業の現在の中核は石油化学工業であり、原油から製造した石油化学基礎製品を基に、合成樹脂（プラスチック）や合成繊維、合成ゴム、塗料、接着剤、化粧品などの幅広い製品を生み出している。これらの製品を分子レベルで見ると、主要構成元素は炭素原子である。本報告では、脱炭素社会において、炭素（原子）含有製品を社会に提供している石油化学工業が持続可能な産業となりうるにはどうすべきかを考える。

2. 脱炭素社会とは

「脱炭素社会」の定義は、改正温対法¹⁾（地球温暖化対策の推進に関する法律）において、「人の活動に伴って発生する温室効果ガス²⁾の排出量と吸収作用の保全及び強化により吸収される温室効果ガスの吸収量との間の均衡が保たれた社会」としている。これはカーボンニュートラルを実現した「炭素循環社会」と同義である。

3. 国内石油化学工業における原油の消費量

2022年に輸入消費された原油（約3億3千万トン）のうち、炭素源として石油化学工業がエチレン、プロピレン等の基礎製品の製造に使用した原油は2,150万トン(6.5%)である³⁾。

残りの輸入された原油（93.5%）は自動車や発電所の燃料に使用されており、自動車がEVになり、発電が再生可能エネルギーに転換されれば国内利用の原油のほとんどが不要になる。しかしながら、6.5%の原油由来の製品から排出されるCO₂は約0.7億トンと見積もられ、国内全ての森林によって毎年吸収可能なCO₂の約60%の量を占める⁴⁾。この結果は、石油を原料としていた石油化学工業が脱炭素社会において持続可能な

産業たりえることは難しいことを示している。原油はいずれ枯渇する⁵⁾ことも考え合わせると、石油化学工業はこの機会に炭素源を石油以外に求める思い切った大転換を行うべきである。

4. 石油化学工業のカーボンニュートラル

石油化学工業のカーボンニュートラルとは、「炭素含有製品の製造に、地中の炭素を消費せず、現在地表にある炭素を循環利用すること」である⁶⁾。地表にある炭素（源）は、①バイオマス、②廃棄物、③大気中のCO₂、の3つが主要なものである。①と②もCO₂に変換して利用される場合がほとんどなので、石油化学工業のカーボンニュートラルとは「炭素源としてCO₂を循環利用すること」と言ってもよい。③の大気中のCO₂の回収利用は開発途上であり（後述）、現在利用可能なのは①と②から得られるCO₂である。

近年、石油を使用せずにCO₂を原料として石油化学工業の基礎製品を製造する技術が開発されている。その技術はCO₂と水素を原料とする方法である。CO₂と水素を反応させて一酸化炭素(CO)をまず製造し、連続してそのCOと水素を反応させる方法である⁷⁾。COと水素の反応はフィッシャー・トロプシュ反応として有名で、ドイツで1920年代に開発され、第二次世界大戦下のドイツや日本で石油の代替燃料の製造に利用されたという実績がある。よって、グリーン水素が十分に入手でき、CO₂の効率的回収技術があれば、石油化学工業のカーボンニュートラル化は十分可能であり、石油に依存しない「炭素循環」化学工業へと脱皮できる（図1）。中濃度のCO₂を含むバイオマスや廃棄物燃焼の排ガスからCO₂を回収・貯蔵する技術⁸⁾はすでに開発されているので、化学工業の脱皮実現性は高い。

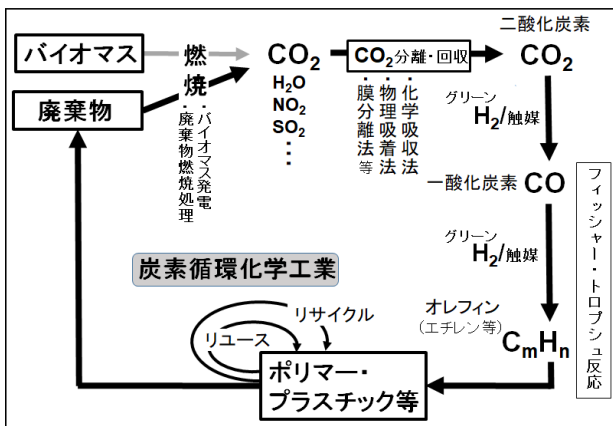


図1. 石油化学工業のカーボンニュートラル

5. カーボンニュートラル実現後の化学工業

石油化学工業が、石油に依存しないカーボンニュートラルな炭素循環化学工業に脱皮できる可能性は高い。しかし、産業革命以降、化石燃料を利用してCO₂を排出し、地球温暖化の原因を作ってきた化学工業の責任がこれによって免れることにはならない。

5-1. ネガティブエミッションへの取り組み

地球の気候を産業革命以前に戻すためには、大気中のCO₂の濃度を当時のレベル程度に下げなければならない。そのためにはネガティブエミッション技術が必要である。

ネガティブエミッション技術は、「大気中のCO₂を回収・吸収し、貯留・固定化することで大気中のCO₂除去に資する技術」と定義され、その技術は、①自然プロセスの人為的加速、②工学的プロセスの2つに大別されている⁹⁾。人類は、産業革命以来CO₂を大量に排出し、大気中のCO₂濃度（体積比）を約278ppm（1750年）から417.9ppm（2022年）と約1.5倍に増大させてしまった¹⁰⁾。概算では大気中のCO₂が約1.4兆トン増えたことになる¹¹⁾。この量を上記①の方法だけで削減しようとする膨大な年月を要する。よってCO₂濃度を早期に産業革命前に戻すためには、②の工学的プロセスに取り組む必要がある。

5-2. 直接空気回収技術（DAC）について

CO₂をその濃度が希薄な大気から、工学的に直

接回収しようという技術（DAC：Direct Air Capture）の開発が進められている¹²⁾。この技術の実用化は簡単ではないが、これまでCO₂を大気に排出してきた化学工業には、この工学的プロセス技術を実用化し、快適な地球環境を維持できるようにする責任があると考えられる。

6. おわりに

地球温暖化防止は待ったなしの課題である。化学工業は、技術的に確立されている実用化可能な技術を駆使してカーボンニュートラルをまず達成すべきであるが、それと同時にDAC技術のような大気からCO₂を回収するネガティブエミッション技術に取り組むべきである。この技術が実用可能になれば、地球温暖化防止に役立つだけでなく、化学工業にも大きなメリットがある。すなわち、植物のように大気中のCO₂を炭素源として利用できるようになるからである。

引用文献

- 1) 地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律（令和三年法律第五十四号）
- 2) 7種のガス(CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)。日本では90%以上がCO₂。（2022年度）
- 3) <https://www.pwmi.jp/plastics-recycle20091119/life3/>
- 4) 国立環境研究所の推定データによる。
- 5) <https://www.ene100.jp/www/wp-content/uploads/zumen/1-1-6.pdf>
- 6) https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene-shinene/suiso_seisaku/pdf/006_01_00.pdf
- 7) 鈴木ら，住友重機械技法，No.206，13(2022)
- 8) <https://green-innovation.nedo.go.jp/article/co2-separate/>
- 9) https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/negative_emission/pdf/20230628_1.pdf
- 10) 大気中二酸化炭素の経年変化(気象庁，2024年)
- 11) 地球の大気の容積は51.4億km³とした。（2010年工藤昇技術士(建築)の報告より）
- 12) https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20230830.html

滋賀県における省エネ・スマートコミュニティ推進について

左近 拓男、Sakon, Takuo (JSA 京都支部・龍谷大学)

1. はじめに

滋賀県北部は福井県の若狭地域と隣接しており、原発から 10 数 km ほどしか離れていないために、県民の原発に関する危機感は強い。県内の原発依存度を低下させる取り組みとして再生エネルギーの推進を進めている。滋賀県では 2030 年までに再生エネルギー推進とコージェネレーションで電力の自給率を 30%以上高める構想を推進中である。県内には永源寺ダムをはじめ大型のダムによる水力発電所が数箇所あるが、さらに太陽光発電と小水力発電を拡大して、電力自給率の向上と、災害に強い地域の実現を目指している。本発表では滋賀県のスマートコミュニティの推進状況と農業用水路を活用した小水力発電について解説する。

2. 滋賀県でのスマートコミュニティの実践例

これからの世界は、化石燃料に頼ったエネルギー生産・消費システムではなく、太陽光や風力、水力などの再生可能エネルギーを最大限活用し、一方で、エネルギーの消費を最小限に抑えていく社会が必要である。それを実現するのが家庭やビル、交通システムを IT ネットワークでつなげ、地域でエネルギーを有効活用する次世代の社会システムである「スマートコミュニティ」である[1]。自然を利用した発電は天候によって発電量が変化し、電力の消費量も変化する。スマートコミュニティでは変動する電力の需要と供給を IT によってコントロールし、無駄なく安定した電力の活用を可能にする。滋賀県内では、いくつかの例があるが、ここでは立命館大学 BKC キャンパスや、龍谷大学の学内ベンチャー企業について紹介する[2]。

3. 立命館大学 BKC トリシア

立命館大学びわこ・くさつキャンパス(BKC)に 2014 年 5 月、理工系新棟「トリシア」が竣工された。建物自体が実践的な建築・環境教育が可能

な教材(実験棟)。関連企業の協力のもと、最新の創エネ・省エネ・環境負荷軽減等の技術や設備、建築材料など建築・環境関連の新技术が導入されている[3]。この建物の新規なシステムは、(1) 快適性を追求しながら省エネ・節電を実現するパーソナル空調システム：居住者それぞれに吹出ユニットを設置し、パソコンなどから個人の好みに応じた吹出気流をコントロールできる。快適性の向上とともに、省エネ・節電に寄与。(2) 再生可能な自然エネルギーによる総合的発電システムの開発：風向によらず、わずかな風でも回転する垂直翼式小型風力発電システム、トリシアから出る生活排水や屋上に降る雨水の位置エネルギーを利用したマイクロ水力発電技術を開発し、発電性能や有効性を検証。(3) 壁面緑化システムの開発：外表面塗布の釉薬による打水機能を付加し、タイル表面に打ち水した水を拡散させ、均一かつ効率よく外壁を冷却することが可能。(4) 太陽熱・地中熱利用：太陽熱と年間を通じて 15~18℃程度の地中温度をそのまま利用。

4. 龍谷大学瀬田学舎学内ベンチャー企業の活動

トランスブート株式会社(大津市)は、龍谷大学(瀬田学舎)の学内ベンチャーとして 2009 年 1 月に設立[4]。2012 年に自社製品として販売を開始した「スマートリアス」は、エネルギー計測、エネルギーの見える化、蓄電池の制御が行える家庭向けエネルギーマネジメント製品。蓄電池の制御やエネルギーの計測などを行う「HEMS 制御盤」と、エネルギーの見える化と HEMS 制御盤の操作を行う「HEMS モニター」の 2 つから構成される。特徴：①家庭の電気をすべて見える化②蓄電池をコントロール③太陽光発電・蓄電池を最大限に活用。

5. 滋賀県における小水力発電

滋賀県の面積は全国で 38 位であるが、米の生

産量順位は 17 位である。県面積の 1/6 を占める一級河川琵琶湖や、半分の森林があるが健闘しているといえる。県内の盆地には田園が広がっており、また、鈴鹿山脈、伊吹山地、比良山地と 1,000 m 超級の山岳も擁しているので水源が充実しており、また、扇状地も多いので農業用水路が充実している。この用水路を利用した小水力発電も設置・稼働している[5]。この発電の意義としては、身近な再生可能エネルギーの活用や、照明灯のない地域への外灯の設置、農家の電源補助に利用できるだけでなく、再エネ導入推進のための意識の醸成として地元の子供達への環境学習の現地教材としての利用もされている。土地改良区が管理する用水路の水流を利用し、幹線水路の落差工を利用している。この発電施設を導入することで、揚水機場等の電気料金の軽減や土地改良施設の維持管理費の低減が可能となる。また発電機回転翼には上流からのゴミや枝葉による詰まりが発生するために、定期的に近隣農家が清掃するが、その清掃費は発電機の維持管理作業としてアルバイト代として農家に支払われるので、農家の経済的支援にも供する。2012 年時点では、県内に 3 kW 以上の小水力発電地点が 72 地点、2013 年から 2015 年は 8 地区で事業化に向けた採算性の検討、河川法、電気事業法等の事前協議がなされ、工事の実施が 2 地区でなされた。導入例としては、

①湖北地区

- 設置場所:高時川水系、長浜市高月町保延寺、尾山中央幹線水路 1~4 号落差工
 - 最大出力：11kW(2019.4~)、 9.9kW(2016.10~)、11.8kW(2016.10~)
 - 年間発電可能量: :約 26 万 kWh(合計)
 - 最大使用水量:6.5m³/s
 - 有効落差:4.0m (4 箇所合計)
 - 施設管理者:湖北土地改良区
- #### ②姉川沿岸地区 (姉川エコ発電所)
- 設置場所:米原市小田小田落差工下流部
 - 最大出力:16.5kW

■運用開始:2017 年 9 月~

■年間発電可能量:約 8.7 万 kWh

■最大使用水量:1.4m³/s

■有効落差：2.4m

■施設管理者:姉川沿岸土地改良区

③足俣川小水力発電所

■設置場所 :米原市上板並

■事業者 :(株)クリハラント

■設備容量 :194kW

■年間発電量:147 万 kWh(約 404 世帯分)

■稼働開始 :2016 8 月~

用水路では 10 kW 程度の小型のものであるが、③の足俣川小水力発電所は中規模のもので、400 世帯以上の電力を賄える。小水力発電の利点は、従来の水力発電は大型ダムを建設して、その水の位置エネルギーを利用したシステムであり、自然の地形に手を入れるものであったが、これらの小水力発電はすでに農業で活用されている用水路を利用したり、③のような小規模のダムと林道に設置した配管というコンパクトな機構なので、自然環境への新たな負荷も小さいことである。さらに小型の「ピコ発電」としては、長浜市木本町、多賀町多賀、東近江市紅葉尾、高島市マキノ町、湖南市東寺で設置されており、農村の街灯用、非常用発電として地域の安全や安心に貢献している。

引用文献

- [1] 経産省 資源エネルギー庁 HP
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/smart_community/about/fallback.html
- [2] 滋賀県「新しいエネルギー社会の実現に向けて」スマートコミュニティ推進
<https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/5177315.pdf>
- [3] 立命館大学 BKC トリシア
<https://www.ritsumei.ac.jp/rs/category/tokushu/140430/tricea.html/>
- [4] トランスブーツ株式会社
<https://www.tranceboot.com>
- [5] ゼロナビしが・小水力発電
<https://zeronavi.shiga.jp/files/renewable-energy/small-hydropower01.pdf>

奈良県における平群、山添のメガソーラー発電の問題 (2024 年版)

ー地域住民の利益になる再生可能エネルギーを目指してー

石川直太、ISHIKAWA Naota (メガソーラーを考える奈良の会、JSA 奈良支部)
naota@neo-zion.sakura.ne.jp

1. はじめに

24 総学での発表^{*1)}の続きとして、奈良県でのメガソーラー発電の問題と経緯を説明する。さらに、身近な再エネ・省エネ事例を紹介する。

2. 山添村の近況

2023 年 2 月末に FIT 認定が取り消され、メガソーラー計画は頓挫した。2024 年 7 月 17 日に K エナジーが現地事務所を引き払った^{*2)}しかし、事業者が用地を所有しているので、地元住民の利益になる保存あるいは利用が課題である。

3. 平群町の近況

木の伐採が進み、雨が降ると泥水が流出している。

2023 年 8 月 24 日に、住民が奈良県に対して、林地開発許可取消を求める行政訴訟を起こした^{*3)}。行政訴訟では原告適格性が重要なので、河川が氾濫すれば自宅が浸水する可能性が高い地域の住民が原告になった。事業者(共栄ソーラー)を被告とする裁判と県を被告とする裁判が同時に行われている。

県は、森林法により、認可基準を満たせば「許可しなければならない」と主張している。メガソーラー造成地下流の竜田川には、造成工事以前から大雨による氾濫の可能性がある。県と事業者は、工事の前後で敷地から流出する水の量が同じになるように調整池を設置すれば、許可基準を満たすと主張している。住民側は、将来において竜田川の河川改修が完了すれば県と事業者の主張が成り立つが、河川改修前の許可は住民の人格権を侵害する憲法違反だと主張している。

奈良地方裁判所が現地調査を予定している。

4. まぼろしの条例案

2023 年 1 月に奈良県が太陽光発電施設の設置及び維持管理等に関する条例制定に向けてパブリックコメントを募集した。筆者は次の条例案を提案した。

「敷地面積〇〇平方メートル以上(数値は要検討)の発電設備を運営する事業者、敷地面積が小さくとも地形改変を伴う設置工事を行う事業者は、排水と土砂崩れによる事故に備えて、対人対物賠償責任保険に加入する。本条は、開始済み、着工済みの事業にも適用する。発電設備が強風で飛ばされた場合、屋根から転落した場合の賠償責任保険については別に定める。議論:(1) 事故が起きて事業者が賠償責任を負いきれない可能性に備えて、対人対物賠償責任保険は必須です。(2) 事前に保険会社が冷静中立にリスクを評価するという効果もあります。(3) 自転車保険加入義務が既に自転車を持っていた人にも適用されるように、既に工事が始まった平群でも、賠償責任保険を義務づけられれば、事業者への圧力になります。→ 法律と保険に詳しい人に相談したい。」しかし、2023 年 3 月に奈良県がまとめたパブリックコメントでは、自転車保険の例が切り捨てられ、「法令の遡及適用は、法的安定性を害し」との回答だった。

奈良県は 2023 年 3 月県議会採決、閉会後にパブリックコメント結果を公開し、民意軽視、議会軽視との声があがった。



写真1 平群町造成地に「水害対策」の名目で置かれた土嚢 2021 年 11 月 筆者撮影

5. Think global, act local.

筆者は奈良県下北山村小水力発電所に出資し、そこで発電した電力がならコープでんきを通して自宅にきている。コープは 2 カ所の小水力発電所と屋根の太陽光発電を持っているが、電力を固定価格で売って市場価格で買い戻しているため、市場価格が高騰すると関西電力よりも電力価格が高くなる。

筆者は自宅と奈良 1 区市民連合事務所に断熱カーテンを設置した。エアコンがよく効く体感はあるが、対照実験していないので、定量的な節電効果は解らない。

ならコープに「ガラス製ビール瓶のように業界標準で再利用可能な容器を使い、ゴミを減らせないでしょうか。」と投書したところ、食品容器の再利用は衛生上難しいが、透明プラスチックトレイの分別リサイクルが始まった。

ならコープでんきに、問い合わせフォームに入力する FAX 番号を任意にするように要望した。実現し、FAX を持っていなくても、ならコープでんきを利用できるようになった。

生駒市が生活保護世帯にエアコンを援助する^{*4)}。筆者らは賛成ではあるが、工事費込み 10 万円では省エネ性能が高いエアコンを導入できない。筆者らの仲間が省エネ家電の導入と建物の断熱化を支援するように、生駒市へ陳情している。

奈良市庁舎の ZEB (Zero Emission Building) 化構想があるが、建物の改修費用と将来節約できる電力料金の比較をめぐって、市議会が紛糾している^{*5)}。2020 年の市庁舎耐震化の際に、断熱化もすべきだった。工事の費用と将来の電力料金節約の効果が比較されているが、未来のためにどうあるべきかの議論が深まっていない。

6. 参考資料：日本科学者会議奈良支部声

2023 年 12 月 6 日

緊急声明「原発は気候変動対策にならない」

日本科学者会議奈良支部

アラブ首長国連邦(UAE)で開催中の気候変動枠組み条約締結国会議(COP28)において、アメリカ政府、日本政府代表らは、2050 年までに原発による発電容量を世界で 3 倍にするという誓約を発表しました

<<https://www.energy.gov/articles/cop28-countries-launch-declaration-triple-nuclear-energy-capacity-2050-recognizing-key>>。これに対して環境 NGO は「原発は気候変動対策にならない」という緊急プレスリリースを発表しました

<<https://foejapan.org/issue/20231202/15236/>>。日本科学者会議奈良支部は環境 NGO らによる「原発は気候変動対策にならない」の主張に賛同します。

参考文献

- 1) 石川直太「奈良県における平群、山添のメガソーラー発電の問題ー地域住民の利益になる再生可能エネルギーを目指してー」日本科学者会議 24 総学、2022 年
- 2) 山添村のメガソーラーに反対する会 2024 年 8 月
- 3) 平群町 太陽光発電所計画 “県の開発許可は違法” 住民提訴 NHK 2023 年 8 月 23 日
<https://www3.nhk.or.jp/lnews/nara/20230823/2050014418.html>
- 4) 奈良県生駒市が生活保護世帯にエアコン全額補助 1 台もない世帯、10 万円を上限に、2024. 06. 27 奈良新聞有料記事
<https://www.nara-np.co.jp/news/20240627213501.html>
- 5) 奈良市庁舎の「ZEB 化中止を」 市会 2 会派など連名で異例の申し入れ 2024. 08. 07 奈良新聞有料記事 <https://www.nara-np.co.jp/news/20240807212604.html>

平群町 太陽光発電所計画 “県の開発許可は違法” 住民提訴

08月23日 17時52分



平群町で建設が計画されている大規模な太陽光発電所について、防災対策を十分行わず県が開発許可を出したのは違法だとして、建設に反対する住民が許可の取り消しを求める訴えを奈良地方裁判所に起こしました。

平群町では、東京の業者が山林を切り開いて、およそ 5 万 3 000 枚のソーラーパネルを設置する大規模太陽光発電所の建設を計画していて、ことし 2 月、奈良県が開発許可を出しています。

写真 2 行政訴訟の入廷行進

NHK ウェブサイト 2023 年 8 月 23 日

わが町の近くに巨大風力発電の計画が～反対運動か、チャンスか～

FEC 自給圏ネットワーク 世話人副代表 福井富久子

1. はじめに：

日本の風力発電の累積導入量は、5,213.4MW、2,626 基¹⁾。私が住む滋賀県高島市は、山側で風速 7m 以上の風が吹くところもありますが、市民にとっては風力発電は遠い話でした。しかし、昨年 2023 年 9 月に事業者から、環境影響評価方法書の説明会が開催されました。多くの方が、反対の意見を述べられました。しかし、地球温暖化が急激に進む今、反対するだけで良いのかを考えました。

2. 風力発電に対する、市民の運動(新聞情報から)

①関西電力の風力発電計画に、「余市町の風力発電を考える会」が、「私たちは全員農業者。風力発電はデメリットしか感じないし、関電の説明も十分納得いくものではない。まずはやめてほしい」と語った。(朝日新聞 2024/04/09)

②風力から命を守る全国協議会結成 国の政策変えるネットワークに 地域のエネルギーのあり方も提言 (長州新聞) 社会 2022/05/24)

③陸上の巨大風車建設、強まる逆風 騒音や景観懸念、住民ら反対運動 拡大へ洋上に活路 (神戸新聞 2023/5/1)

④私たちは、なぜ今も、風力発電計画取り止めを言い続けるのか「子どもや孫の世代によりよい自然環境を残すため、風力発電建設計画の問題点を考えてほしい」と呼びかけている。(朝日新聞 2023/11/20)

⑤北海道の道央で繁殖する国の特別天然記念物タンチョウの見守り活動などを行う「ネイチャー研究会 in むかわ」が、風力発電事業の中止を求める署名 9503 筆を両市町に提出した。(松本英仁 2024/08/07)

反対する市民運動が、ニュースになっています。

3. 風力発電所建設への反対理由についての研究

①現在では海外諸国で低周波音に対する規制値が設けられていること・・・わが国に規制値がなく・・・環境省が早期に低周波音被害の防止に向かうことを期待したい。」¹⁾と述べられているが、風車だけの問題ではないことが明らかである。

②「風車建設は、森林の持つ公益的機能を害することは明らかである。」と断定されているが、風車の「公的機能」の評価を考慮することは、今後必要ではないか。²⁾

③「既存の風車による健康被害の主な症状は、すべて風発電建設後に主に自宅内で起こった症状であり・・・(概ね 3km 以内)」³⁾とあり、改善可能です。

他に鳥の通り道、生息地の環境影響などにも、進める立場での意見・研究が期待されます。

4. 市民の意見に対する、前向きな意見もある。

最近の F B より (英国のウインドファームに対して) 「日本のようにバードストライクや低周波、環境破壊はクリアできているのでしょうか」との質問に対するコメントの 1 例を紹介します。

議論の前提として、全ての人類の活動には何らかの「環境破壊」があることを認識すること。バードストライクの問題では、最も鳥を殺すのはガラス張り高層ビルであり、ついで猫 (人類の活動としての結果としての愛玩動物)、送電線、自動車であり、風車は全体の 0.01% 以下。低周波も橋や道路、鉄道などほぼすべての人口長尺物に発生する。・・・(略)・・・2050 年までにカーボンニュートラルを達成するためには「2030 年までにあと 3 倍」、「2050 年までにあと 8~10 倍」の再エネが必要で、その半数は風力、特に陸上風力が担い、大形風車を否定すると、結果的に石炭や原子力を擁護するのと同じになってしまうので、注意が必要です。⁵⁾

5. 風力発電所の建設と市民の関係

①市民による市民のための風力発電所は、現在、24 基と、生協や企業と共同開発した風車 35 基 計 59 基あります。出資者はのべ4,763 人、これまで、市民の出資金が元本割れしたことが無いとのこと。市民風車には、必ずニックネームを付け、地域住民に親しみを持ってもらえるようにしているとのこと。市民風車のモデルはデンマーク。第1号は2001年に建てた「はまかぜちゃん」。⁶⁾

②建設にあたって、地元調達で経済的波及効果などを活用する事例(五島市)⁷⁾ もあります。

6. 市民が主体的にかかわる方法として、「企業が提案する計画へ関与し、チャンスとする」ために

①風力発電を建設する場所のゾーニング

日本では、乱開発を防ぐ抑制地域条例を作っている自治体はいくつかあるが、岩手県や浜松市のように促進地域のゾーニングを行っている自治体はまだ少ない。これからの課題である⁸⁾ と言われています。

風力発電の先進国デンマークでは、風力発電所の設置場所に関して「建築法」「土地分割法」「環境保護法」「環境保全法」「自然保全法」「航空法」「電波通信法」「農地法」などの法律を整理し、風力発電所を設置して良い場所と設置してはいけない場所(ゾーニング)を早い時期に示しているとのこと。そして、そのうえで風力発電所は、「電柱」と「航路標識」と同一扱いとした⁹⁾ のことです。その他詳細に決められています。

②計画には地元枠を設けて、地元の参加を義務付ける

企業も地元とともに進めることで、実現可能性も高まり、地元にも利益があり、普及が進み、地域活性化がすすみます。このまま、反対運動が主流である状況では、「企業が提案し市民が反対する」ことが普通になり、企業にとっても、市民にとっても、そのかける労力と費用と時間は莫大で、とても生産性のない無駄といえます。「エネルギーの未来は、国まかせにせず、市民が主体性を持って関与する」(注4)ことでこそ

「普及」につながると言えます。デンマークでは、農地法との関係では、農場地主には 自己の農地に風力発電機 1 基を建てる権利を認め、風力 エネルギーは地元のエネルギー資源および資産とし、投資者資格を過去 10 年間で、最低 2 年間居住、給与所得者、自営業者であることとし、住民の投資を促し、風力発電所が国内外からの投資対象にならないよう制限しています⁹⁾。日本では、投資について慣れていないのですが、今後、市民が積極投資する時代に、再生可能エネルギーに主体的にかかわり、リスクもみんなで負担するという事例が増えることが望まれます。

7. おわりに

風力発電の健康被害、環境破壊への科学的な視点を広げ、4で紹介したコメントや、「EV車への意見に対する『EVはエコじゃない』論の背景にある7つの間違いなど」¹⁰⁾を語る人が増えると良いと思います。できれば、風力、小水力、太陽光、バイオマス利用することについて、否定的視点からの「研究」ではなく、普及、住民参加(出資)を「応援」する「研究」や、事例紹介を期待したいです。

引用文献)

- 1) 風力発電協会【速報版】日本の風力発電導入量(2023年12月末時点) <https://jwpa.jp/information/9782/>
- 2) 日本科学者会議 第24回総合学術研究集会予稿・報告集「低周波音被害の歴史 in 2022」 85-86 ページ
- 3) 同上 「国有林保全と風車建設」89-90 ページ
- 4) 同上 「既存の風車による健康被害について」91-91 ページ
- 5) フェイスブック「グラスゴーの英国最大の陸上風力発電所」の安田陽氏の投稿とコメント <https://www.facebook.com/YasudaYoh>
- 6) 風は地域の資源 (朝日新聞 2024 年 5 月 15 日 オピニオン&フォーラム)NPO 法人北海道グリーンファンド鈴木亨氏
- 7) 五島市協議会資料「長崎県五島市沖における洋上風力発電事業の概要」 <https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001464711.pdf>
- 8) 日本の科学者 2024 年 2 月号 河野 仁氏「山間の町村と風車低周波音の高次倍音構造と健康被小都市における自然エネルギー 利用促進と環境保護 経済循環 一先進施策例と課題」より
- 9) 日本の科学者 2024 年 2 月号 ケンジステファンスズキ氏「デンマークにおける自然エネルギー 導入への市民参加と教育」より
- 10) 「EV はエコじゃない」論の背景にある7つの間違い オルタナ 2023/10/27 <https://www.alterna.co.jp/104153/>

再エネと福祉の相乗効果

—社会受容性を高める市民共同発電事業—

今井 絵里菜, Erina Imai, (市民共同発電サンサンすいた)

1. はじめに

市民共同発電は、市民や地域主体が共同で再生可能エネルギー（以下、「再エネ」）発電設備を設置・運営する取り組みである。必要な資金は寄付や出資などの形で拠出されるが、資金提供者は地域外も含めた地球温暖化防止や脱原発など高い意識を持つ人¹⁾、環境・エネルギーについて一定の問題意識がある人²⁾が多い。市民共同発電の取り組みによって、地域内の個人や事業者における“新たな”再エネ設備導入を促す効果を狙うのであれば、環境問題に関心がある市民のみではなく、そうではない市民、つまり再エネの普及以外の価値に期待を寄せる市民を巻き込んでいく必要がある。

太陽光パネルの屋根上設置型の市民共同発電事業では、設置公共性と安定性の観点から高齢者施設や保育園などの社会福祉施設が選定されることが多い。本報告ではそれらの施設関係者や利用者、福祉に関わるコミュニティへ市民共同発電支援の輪を広げることを狙いとして、社会福祉施設との協働によって生まれる価値を整理することとする。

2. 地域社会にもたらす貢献価値

白井³⁾は市民共同発電の先進事例の調査にあたり、再エネ導入による地域社会の変革目標 5 点と共に、目標を評価するための具体的なチェック項目を設定している。それぞれの目標に対し、実践例を参考に社会福祉施設とのパートナーシップによって推進される貢献価値を以下の表 1 にまとめた。その中でも特筆すべき貢献価値を以下(1)～(3)に整理する。

(1) 貢献価値：災害への備え

高齢者や障害者を対象とした社会福祉施設では、災害時にライフラインの断絶が利用者の生命に直

表 1. 社会福祉施設と連携した市民共同発電が地域社会にもたらす貢献価値

地域社会の変革目標・チェック項目 (白井, 2016)	社会福祉施設とのパートナーシップにより 促進される固有の取り組み
エネルギーの自治 ・エネルギーの自治の理念の共有 ・行政等による支援の仕組み ・地域全体を調整する仕組み ・地域組織の主体的取り組み ・中核となる地域事業体 ・地域技術の活用	・市町村の関与による指定福祉避難所の整備の強化, 促進
対話とネットワーク ・学習の場 ・エネルギーの見える化, 情報共有 ・不特定多数の参加・関与 ・専門家との連携 ・地域組織と NPO, 企業との関係形成 ・都市・農山村の関係形成	・保育園などの児童福祉施設やその他施設における子ども向け・地域住民向けの環境・エネルギー学習の実施 ・発電設備設置施設における省エネルギー行動に貢献するデータの可視化 ・社会福祉分野に関わる主体と、環境・エネルギー分野に関わる主体、施設周辺地域の住民の関係形成
地域経済の自立 ・地域外への販売・資金移入 ・地域内での資金調達と地域還元 ・地域内での設備投資と維持管理 ・地産地消による資金の移出代替 ・RE 事業に対する意欲や活力 ・地域内での贈与や自給の活発化	・地域通貨や地域商品券の発行による地産地消の促進 ・社会福祉施設が実施している寄付活動への支援
公正と安全, 環境共生 ・地域内の弱者の支援 ・地域活動の資金確保 ・災害への備え ・地域の環境問題への貢献 ・気候変動の緩和	・子どもや高齢者, 障害者の福祉への貢献 ・災害時の非常用電源としての活用 ・指定福祉避難所に求められる機能や設備の充実
地域主体の自立共生 ・住民のエネルギー意識の変化 ・地域への愛着の高まり ・関与を通じた歓びと連帯感 ・新たな暮らしの創造	・施設利用者との新たな交流の場の創出

結するリスクがあるため、2023 年度末までに業務継続計画（BCP）の策定が義務付けられている。さらに、福祉避難所のガイドラインも強化されており、自治体には福祉避難所の機能強化と運用が求められている。特に呼吸器機能障害者の受け入れには、電源の安定確保が不可欠である。

NPO 法人サークルおてんとさんは、奈良県内の社会福祉施設を中心に 2004 年以降に 11 基の市

民共同発電所を設置しており、うち 2 基の障害者福祉施設は福祉避難所に指定されている。その 1 つである認定 NPO 法人きららの木が運営する施設 いも葉は、2023 年 3 月に太陽光パネル（7.5kW）と蓄電池（5.6kWh）が設置された 2 か月後に、市の福祉避難所に指定された。施設側が設備の設置に前向きだった理由として、電気代削減と共に、地域の防災拠点としての役割の意識があった。

（２）貢献価値：環境教育による意識啓発

認定 NPO 法人きょうとグリーンファンドは、2001 年以降に京都府内で 25 基の市民共同発電所を設置しており、そのうち 17 基は民間の保育園や幼稚園の敷地内にある。動物のイラストが描かれた発電量表示パネルが園児の目に届く位置に設置されているなど、設置後も発電所が地域の環境学習の場や環境情報発信の場として機能するよう工夫がなされている。

同法人のブログによると、園児向けの環境教育は、腹話術や紙芝居などの屋内でのプログラムと屋外での自然観察会に大別される。すべての施設で過去に 1 回以上の開催が記録されており、多い所だと大宮保育園では稼働後 18 年間で 23 回、妙林院では 17 年間で 22 回実施されている。園児らは学んだことを家庭に持ち帰り、保護者の環境意識を高める波及効果が期待される。

加えて職員向けの勉強会も開催されている。市民共同発電の取り組み後の職員の間での変化として、通勤手段を車から自転車や公共交通機関に変更する者が現れるなど、日常生活における行動変容が見られた。さらに、エコ商品の購入を啓蒙し合うなど、施設内外での持続可能な行動が浸透したとされている。

（３）貢献価値：発電利益の地域への還元

市民共同発電事業における出資金・借入金の返済は 10～20 年程度で、一般的には現金で行われるが一部地域では地域商品券が活用されている。

滋賀県東近江市は 2009 年より地域商品券「三方よし商品券」を導入し、同市における市民共同発電事業では出資金の元本の返済が市内限定・期

間限定の商品券で行われるようになった。同市の複合施設 あいとうふくしモールでの市民共同発電事業では、出資者は配当の 2 割を運営委員会に寄付し、毎年 7,000 円の地域商品券を受け取るとされている。2024 年 7 月 12 日時点で、商工会議所および商工会の参加協力店 428 店舗で利用可能だ。産業連関表を活用した推計では、地域商品券を活用した売電収入の市内への効果は現金で配当する場合より、地域商品券で配当する方が 1.72 倍大きくなるという結果が出ている⁴⁾。

３．まとめ

市民共同発電事業に社会福祉施設をアクターとして取り込むことにより、単なるエネルギー供給の役割を超えた社会的価値を生み出すことが確認できた。発電・蓄電設備が導入された施設は防災拠点として機能し、社会的弱者への配慮や公正な社会の実現に寄与する。さらに、施設で行われる環境教育が施設利用者や関係者の意識と行動に変化をもたらし、再エネへの理解と支持を広げることにつながる。こうした協働は地域における再生可能エネルギー設備の導入を促進し、持続可能な社会の発展に貢献を果たすと言える。

引用文献

- 1) 査 蓄，竹歳 一紀：「日本の市民共同発電所—市民の関わりと地域活性化への取り組み—，桃山学院大学総合研究所紀要，41(1) (2015)。
- 2) 升本 潔：「社会的受容性の醸成と社会イノベーション：市民共同発電事業」松岡 俊二編『社会イノベーションと地域の持続性：場の形成と社会的受容の醸成』有斐閣，89-107 (2018)。
- 3) 白井 信雄：「再エネによる地域社会の構造的再生の理論的枠組みの設定～長野県 飯田市の取り組みの分析」法政大学サステナビリティ研究所「サステナビリティ研究」，5, 5-19 (2016)。
- 4) 総務省：『「緑の分権改革の推進に係る取組の経済効果等の分析に関する調査業務」報告書」(2011)。

「地球温暖激甚化下での地球生態系内での水の分離圧上昇等の危惧」—

—弱生態系からの人類の異変が起こる可能性—

後藤 隆雄、Takao GOTOH、(元神戸大学・兵庫支部・JSA-ACT)

1. はじめに

我々人類が誕生してから、500 万年近くが過ぎ、人類の同胞も 20 種類を超すまで発展したが、残っているのはサピエンス 1 種のみである¹⁾。サピエンスは最終氷河期前に出誕生し、温暖期に出アフリカし、欧州や豪州、アジアへむかい、前者はネアンデルタールと温血となり、アジアヒマラヤ山系ではデニソワ人と混血となる。サピエンスはアジアでも混血と 3 人種と結ばれたが、温暖期に栄えるのは、サピエンスのみであった。

どうしても報告しなければならない古代史は、樹上生活から 2 足歩行の地上へ移行する。第 1 期は自作の弓矢をもち、火をおこして作った松明を掲げて脱兎のごとく仁追い詰め、マンモス肉を野獣や猛獣、鷹、わし等が食べ、残してから人が食べた。しかしこれを絶滅するところに問題があった。サピエンスの歴史書によると、サピエンスはあらゆる生物の中で最も多くの動植物を絶滅へと追い込んだ²⁾。生物史上最も危険な種である。そしてサピエンスが直接あるいは間接的に追い込んだ可能性のある種には、ネアンデルタール人など、私達以外の人種も含まれている。こうした生物や、家畜化されて不自由で短い生涯をおくった動物の幸福度の観点からは、サピエンスの歴史は惨事の連続となっていた。サピエンスは、かつてないほどの数に増えたことは、生物種として成功だが、個々の幸福が増したとは言えない。人口の爆発的増加は農業革命のせいであり、サピエンスの暮らしの質は狩猟時代よりも落ち、未来への不安を招いたのが実情である。

最後に、進歩に伴って起こった地球の温暖化や広域な種々の汚染が自らの生息環境を悪化させていることは自明となっているためである。

2. 水の分離気圧と地球生態系生物の生存

水中で合わせた二枚の板ガラスを垂直方向に引き放すためには、「分離圧」が必要である・分離圧が生ずる原因は「水の構造化」と関係がある。分離圧は温度共に変化し、16、30、45、60℃付近で極大値を示す。分離圧の温度による変化も、温度変化に起因するものと考えられる³⁾。

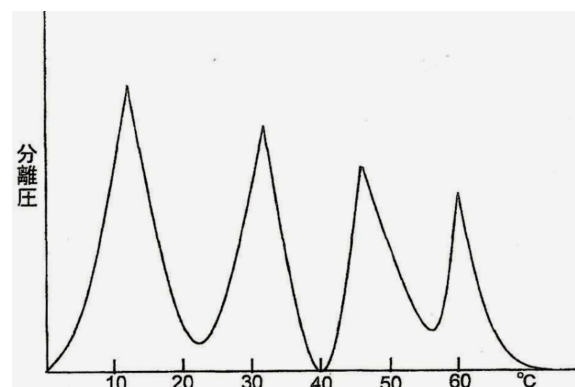


図 1 2 枚のガラスに生じる分離圧の温度変化

分離圧が極大値を示す温度は、生物の生存にとって好ましくないため、生物は、進化の過程で選択的に、連続した遷移温度の midpoint で生きようになった、すなわち、哺乳類は、30℃と 45℃の midpoint 付近で生存している。その他の生物も同様である。

上図からわかるように、地球の気温上昇の影響は、哺乳類以下の昆虫、魚等の水中生物で大きく影響する⁴⁾。

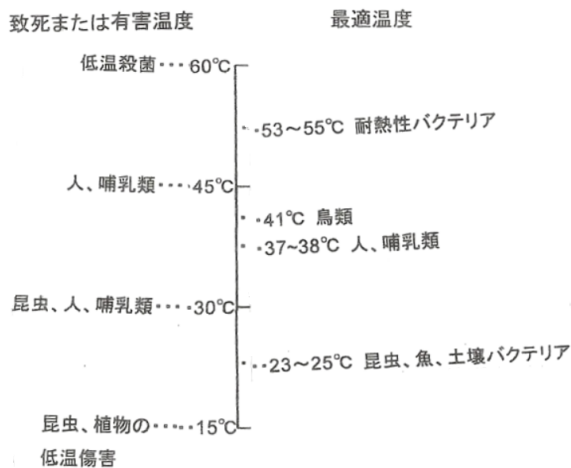


図 2 生物と温度の関係

3. 影響の資料検索は以下

関連する項目の検索を行なう・

- ① 水の利用による環境問題
- ② 水態水文学水循環機構
- ③ 水の利用論文
- ④ 淡水生態系の特長
- ⑤ 淡水生態系の保全に関する資料
- ⑥ 水の多様性の喪失水問題
- ⑦ 生態水文学は水
- ⑧ 自然ら水循環への転換

4. グローバル視野での私の史観

最後に、今後の気温上昇は、地球生態系の様相そのものを、多分変えることになるでしょう。人類が生誕した 500 万年の歴史を見ても、地球の歴史では氷河期が 26 回、長い期間では、何十年、何百年もあるかもしれません。平均気温が 6℃も下の生活で、多くのサピエンスを亡くしたに違いありません。これが逆に、6℃も上昇しておればもっとよい十年も生きてきたのだということに自信を持ってください。そして太陽光も有効利用して、生き続けていく方策は、古代の方々の歴史の中に、一杯ある筈である。

一方、高温化を、技術で減温することは、何故止めるべきかを述べておきます。地球で利用できるエネルギー源は限定されていて、エネルギー源ゼ

ロで、資源ゼロでは再生可能エネルギーにも利用できないことも起こりうるからです。

一方、人類史上で今我々が、体験し始めている定常温よりも 5～10℃高温に暴露され続けた歴史は見る限り、ないようですね。

この面でも、現在米国でも、日本でも核融合装置の展望が出ていますが、膨大なリスクは、宇宙に関係するもので、ノー表示をしておきます。米国でもノー表示であります。

5. まとめ

低エントロピー（低エネルギー）社会は、日本では江戸時代 250 年間に立派に自給自足、産地直送で 250 年間も進行した歴史を有している。人口も当初から 500 万人以上が増加し、米以外の生産品の割合が増え、江戸時代末期他の先進国に負けない状態に近いことも明白になっている。

さらに、先進国においてすら、国民の大多数が読み書きそろばんができたことでなかったことから、この 250 年間はとても大きかったと言えるものである。

引用文献

- (1) サピエンス全史下、今、サピエンスに誇れるようなものは、なにもない。P. 264.
- (2) サピエンス全史下、サピエンスは、あらゆる生物の中で、最も多くの動植物種を絶滅へと追い込んだ可能性がある。P. 270.
- (3) 水の物理学、後藤隆雄、田中喜之、生物の分離圧とその温度の関係、P. 123
- (4) 海生物シンポジウム 2018 海生研 ii — 3 海生研における海洋酸性化研究、林正裕.
- (5) 渡辺健吾、森下和弘、名黒功、一條秀憲細胞は目に見えないフォースを内部から感じる JP18H039955 科研費 登録