



特集

森林と自然エネルギーを再考する

公益財団法人
森林文化協会

編著 = 森林環境研究会 責任編集 = 村山知博 + 青木謙治

森林環境 2021

<目次>



森林と自然エネルギーを再考する

1章. 自然エネルギーの現状を考える

- その1 世界は「自然エネ 100%」へ動き出した
公益財団法人自然エネルギー財団常務理事 大野輝之 …… 4
- その2 営農型太陽光発電で農業・再エネを同時振興
東京大学大学院工学系研究科教授 吉田好邦 …… 8
- その3 日本国内のエネルギー転換への展望
認定NPO法人環境エネルギー政策研究所 松原弘直 ……12
- その4 自然エネルギーと農山漁村の調和
千葉エコ・エネルギー株式会社代表取締役
一般社団法人ソーラーシェアリング推進連盟代表理事 馬上丈司 ……16
- その5 洋上風力発電は再エネのトップランナー
京都大学大学院経済学研究科特任教授・東京大学名誉教授 荒川忠一 ……20

2章. 森林とエネルギー

- その6 日本の再生可能エネルギー政策と森林環境
都留文科大学地域社会学科教授 高橋 洋 ……24
- その7 熱帯の泥炭、永久凍土の行方
国立環境研究所 伊藤昭彦 ……28
- その8 森林エネルギーによる内発的発展
NPO法人しもかわ森林未来研究所研究員 春日隆司 ……32
- その9 私たちの生活の中にある木材は炭素の貯蔵庫
東京農工大学 加用千裕 ……36
- その10 建築材料から見た木材の省エネルギー
北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場主査 古俣寛隆 ……40
- その11 バイオマスエネルギーの可能性と課題
NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク理事長 泊みゆき ……44
- 総括 連載を通して学んだこと、今後の日常生活への活かし方
森林環境2021 責任編集者 村山知博・青木謙治 ……48

裏表紙から

トレンド・レビュー

新型コロナウイルスが問いかける私たちの食と農	- 4 -
コロナ禍の農山漁村への影響と都市集中是正	- 9 -
ポストコロナ時代の観光のカたち	- 13 -
コロナ禍における海洋プラスチック汚染を考える	- 17 -
緑のデータ・テーブル 2020年 森林環境年表	- 21 -



特集

森林とエネルギーを 自然工再考する



表紙写真：〈上右〉千葉県銚子沖の風力発電設備（右）と気象観測タワー（2017、朝日新聞。連載その5）
〈上左〉木質ペレットの原料として伐採された米国ノースカロライナ州湿地林（写真：Marlboro Productions、連載その11）
〈下右〉営農型太陽光発電所での農業体験イベントの様子（馬上文司、連載その4）
〈下左〉木質バイオマス原料製造施設（北海道下川町提供、連載その8）



その1

世界は「自然エネ100%」へ動き出した

公益財団法人自然エネルギー財団常務理事

大野輝之

いま日本で、一般の人が自然エネルギーについて持っているイメージは、どのようなものだろうか。「環境にいい」「二酸化炭素を出さない」という肯定的な評価とともに、「値段が高い」「お天気がかで不安定」という印象を多くの人が持っているのではないかと。近年、日本で一番身近になった自然エネルギーは、住宅の屋根に乗った太陽光発電だろう。家庭用の電気を供給することはできても、工場や超高層ビルのような大規模需要をまかなうには力不足と思っている方もいるのではないかと。

しかし、値段が高い、不安定、力不足という自然エネルギーに対する評価は、日本での拡大の遅れを反映したものであり、世界の多くの国では全く事情が異なる。自然エネルギーがあらゆる電源の中で最も安いものになり、電力供給の中心を占める国が増えてきている。それどころか、2050年までにほとんどすべてのエネルギーを自然エネルギーで供給することが、世界の目標となってきた。順番に見ていこう。

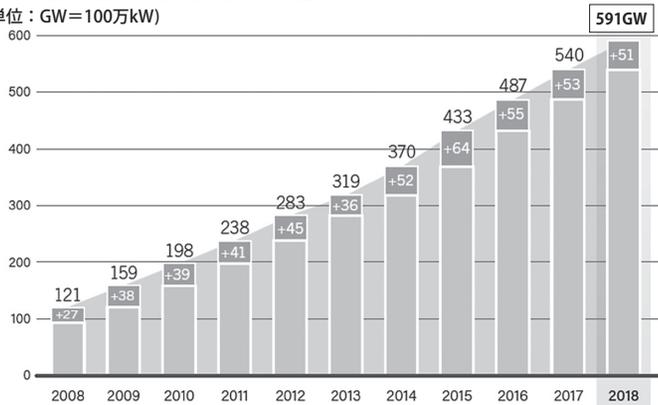
ここまで増えた世界の自然エネルギー

最近の自然エネルギーの拡大をけん引しているのは、風力発電と太陽光発電だ。図1は各年

末の世界全体の風力発電の設備容量の累積導入量を示したものだ。2018年末で591ギガワットとなっている。1ギガワットは100万キロワットであり、大規模な原子力発電1基分に相当する設備容量だ。図からわかるように、ここ数年では毎年50ギガワット以上、すなわち大型原発50基分程度の風力発電が導入されている。福島原子力発電所事故が起きた2011年には238ギガワットだったから、それからの7年間で2.5倍になっている。

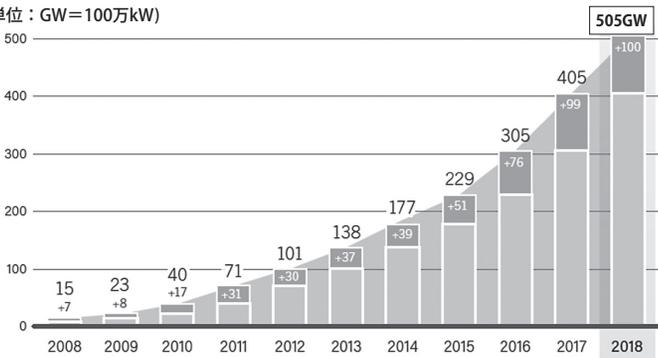
風力発電の増加も大きい。拡大スピードがもつと速いのは図2に示す太陽光発電だ。2011年には71ギガワットだったが、2018年には505ギガワットへと7倍以上にもなっている。過去2年間は1年

図1 世界の風力発電設備容量の推移 (単位: GW=100万kW)



出典: REN21 "RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT"

図2 世界の太陽光発電設備容量の推移 (単位: GW=100万kW)



出典: REN21 "RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT"

間で100ギガワットも増えている。図3は、さらに長い期間にわたって、風力発電と太陽光発電の設備容量を原子力発電と比べたものだ。2015年には風力発電が原子力発電を上回り、2017年には太陽光発電も原発を超えた。原発の増加はゆるやかであり、各国政府が参加する国際エネルギー機関(IEA)の調査でも、今後、大きな伸びは予測されていない。

ない。

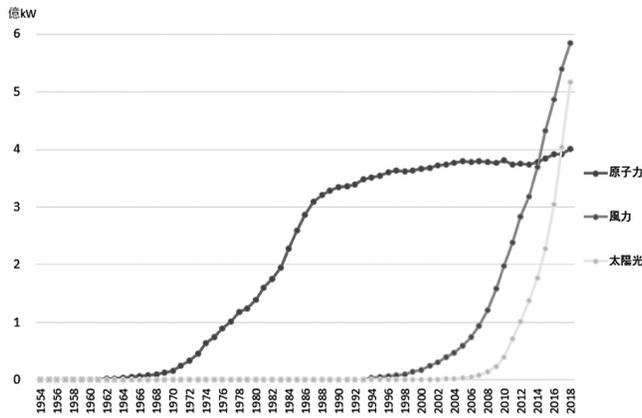
以上に見たのは設備容量の比較だ。同じ設備容量でも実際に発電する電気の量は、電源ごとに異なる。福島原発事故後の日本が典型例だが、原子力発電は事故などによって長期間に運転を停止する場合がある。しかし、そうしたことを除けば定期点検期間中を除き、昼も夜も発電する。一方、太陽光発電は当然ながら夜間は発電しないし、風力発電も風が吹かないときは発電しない。実際の発電量で比較すれば、太陽光、風力だけでは、自然エネルギーの発電量は現時点では原子力には及ばない。

しかし、自然エネルギーには、これ以外にも水力やバイオマス、地熱といった他の電源がある。これらすべての自然エネルギーを合計すると、既に世界の電力の26%程度を供給している。これに対し原子力は10%程度だ。国際エネルギー機関は、自然エネルギー電力と原子力のシェアの予測を毎年公表している。2018年版で2040年時点の予測を見ると、原子力は9.2%と微減しているのに対し、自然エネルギーは41.4%と大幅に増加する。4倍以上の差がつくのだ。

新興国へ広がる自然エネルギー

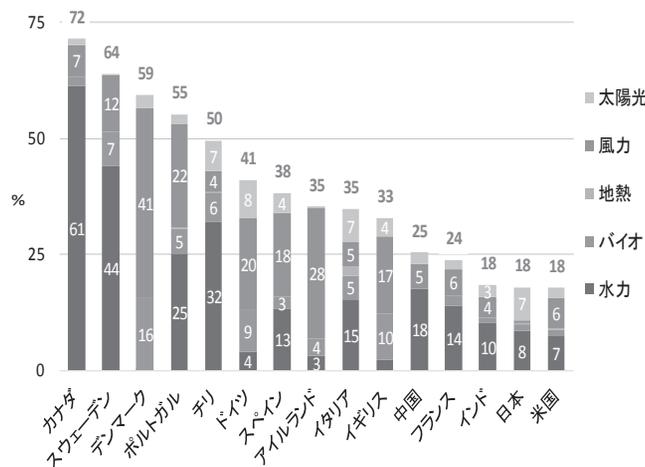
では、太陽光や風力発電は世界のどこで増えているのか。図4は主要国での電力消費量全体に占める自然エネルギー割合を見たものだ。一番、シェアの高いのはカナダの72%、次いでスウェーデンの64%となっている。しかし、この2国では自然エネルギーの中でも

図3 全世界の原子力・風力・太陽光発電の設備容量(1954～2018年)



出典：IAEA「Power Reactor Information System」(原子力、2018年12月3日時点)、GWEC「Global Wind Report Annual Market Update」(風力)、IEA-PVPS「Trends in Photovoltaic Applications 2018」(太陽光、2018年12月)、Bloomberg NEF「World Reaches 1,000GW of Wind and Solar, Keeps Going」(風力・太陽光2018年予測値、2018年8月2日時点)

図4 2018年の電力消費量に占める自然エネルギーの割合



出典：国際エネルギー機関 (International Energy Agency)、中国電力企業連合会 (China Electricity Council)、インド中央電力庁 (Central Electricity Authority) より自然エネルギー財団作成

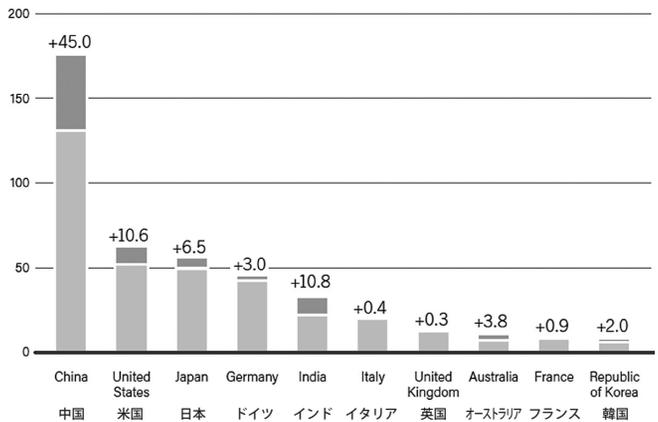
水力発電の比重が大きい。大型の水力発電が使えるかどうかは、地理的な要件により規定され、どの国でも利用可能なわけではない。その点、注目に値するのは第3位のデンマークや第6位のドイツである。この両国は水力発電が全くあるいはほとんどない。にもかかわらず風力、太陽光、バイオマスといった新しい自然エネルギーを積極的に導入し、国全体の電力の6割、4割を供給するにいたっているのである。ポルトガル、スペイン、イギリスなどの国々も、太陽光、風力の拡大によって自然エネルギーの割合を高めてきている。

ここまで触れたのがみな欧州の国であることからわかるように、自然エネルギー拡大を先行してきたのはヨーロッパである。中国しかし、最近では様相が変わっている。中国やインドのような新興国が自然エネルギー拡大のけん引力になってきた。図5は、2018年末の国別太陽光発電導入量を示すものだ。一見して明らかのように、ダントツの第1位は中国である。図には2018年1年間の導入量も表示してあるが、中国の年間導入量は45ギガワットである。これは他の殆どの国の累積量を上回る凄まじい導入量である。累積第2位の米国の2018年導入量は10.6ギガワットだから、中国の4分の1以下である。

一方、インドは累積ではまだ5位だが、2018年単年の導入では僅差で米国を上回り第2位である。このグラフにはまだ出てこないが、サウジアラビアなど中東の国々、チリやブラジルなどの中南米の国々でも自然エネルギー拡大が加速してきている。自然エネルギーの推

図5 国別の太陽光発電設備容量

(単位：GW)



出典：RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT

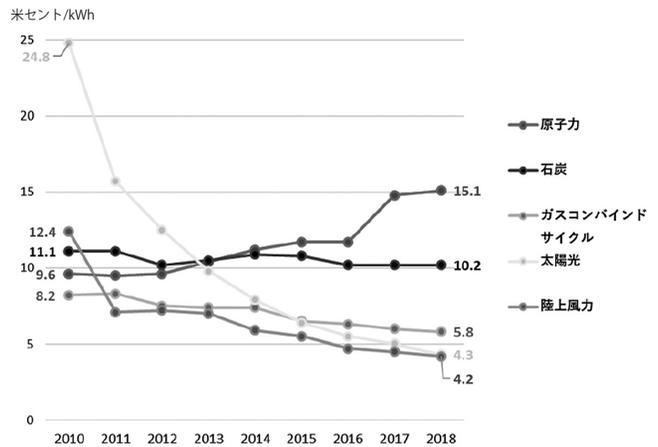
劇的に安くなった自然エネルギー

進力は、いまや先進国から新興国・途上国に移ってきている。

世界全体での、そして最近では新興国・途上国での自然エネルギー拡大の要因は二つある。一つは、その価格が急激に低下してきたことである。もう一つは、気候変動の影響が深刻さを増す中で、自然エネルギーが温室効果ガス削減の中心的な手段として位置づけられてきたことだ。まず価格低下から見よう。

図6に示すのは、世界有数の独立系投資銀行であるラザードが2018年11月に公表した電源別の発電コストの推移である。太陽光発電1キロワット時あたりの発電コストは、2010年には

図6 全世界の電源別の発電コスト
(新設案件、助成なしの均等化発電原価による)



出典：Lazard「Levelized Cost of Energy Analysis - Version 12.0」(2018年11月)

約25セントだったが、2018年には4.3セントまで低下している。わずか8年間で6分の1程度になったのだ。風力発電も同じ期間に12.4セントから4.2セントになっている。この結果、今日では太陽光発電と風力発電が他のどの電源よりも安い電源になっているのだ。

他方、原子力発電は福島原発事故後、安全対策の強化が求められたことなどにより発電コストが上昇し、2018年では15.1セント、最も高い電源になっている。先に、国際エネルギー機関の予測では原子力発電の割合が低下していくことを紹介したが、その要因は、安全性への懸念、放射性廃棄物処理の困難に加え、コストが高くなっている点にある。

自然エネルギーは、もはや豊かな先進国しか

手に入れない贅沢品ではない。今後、大きな電力需要の拡大が見込まれるインドでも太陽光や風力は石炭火力より安くなっている。

気候変動対策の主役になった自然エネルギー

自然エネルギー拡大のテンポが速まっている理由の一つは、気候変動対策だ。

2018年10月に国連の科学者組織「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」が公表した特別報告書は、熱波の被害、生態系の破壊などの深刻な影響を回避するためには、世界の平均気温上昇を産業革命前と比べて2℃未満にとどめる現在のパリ協定の目標では不十分であり、1.5℃以下に抑える必要があることを明らかにした。この報告書は、そのためには2050年前後には二酸化炭素排出を実質ゼロにする必要があること、また2030年までに2010年比で約45%削減を実現しなければならないと指摘した。

脱炭素社会を実現するためには、エネルギー効率化を徹底すると同時に、二酸化炭素を排出しないエネルギーに転換していかなければならない。

前述のように高コスト化し、廃棄物処理の方法も確立できていない原子力発電には将来性はないし、実際にも利用拡大が進んでいない。火力発電から排出される二酸化炭素を回収して地中に貯蔵するCCSという方法が1970年代から提唱され実用化が目指されてきたが、少なくとも発電用には全く現実性がないことが明らかになっている。世界的には、自然エネルギーへ

の転換が最も現実的な選択肢だという理解が広がっている。

エネルギー利用には電気だけでなく、自動車燃料や産業用の高温熱利用、暖房需要など様々な形があり、これらの全てを脱炭素化しなければならぬ。電気自動車やヒートポンプのように、電化できるものは電化し、それを自然エネルギーで供給することで、脱炭素化が進む。航空機の燃料など電化が難しいものは、バイオエネルギーや自然エネルギー電力で作った水素を燃料とするなど、検討が進んでいる。いずれにしろ明確なのは、少なくとも電気は自然エネルギーで100%を供給しなければならないということだ。

IPCCの1.5℃特別報告書は、2050年までに大幅な排出削減を実現する三つのシナリオを示しているが、これらは2030年の時点で世界の電力の48%から60%を自然エネルギーで供給することを想定している。前述のように、現在の自然エネルギー電力供給割合は26%程度であるから、1.5℃目標が求める水準は極めて高い。しかし、世界では既にこのレベルに挑む野心的な目標を、自らのものとして定める先進的な国や地域も登場してきている。

もともと水力発電資源に恵まれているスウェーデンは、2040年には自然エネルギーで100%を供給する目標を定めている。水力発電のないデンマークも風力発電を中心に2030年までに100%の達成を目標としている。ドイツの2030年目標は65%であり欧州連合全体でも、自然エネルギー電力で少な

くとも50%を超える目標を掲げている。

米国では、トランプ政権が気候変動対策に背を向ける中、多くの州政府が積極的な自然エネルギー政策を展開している。人口規模が約4000万人、全米最大のカリフォルニア州は、電力供給に占める自然エネルギーのシェアを2030年までに60%、2045年までに実質的に100%にする目標を定めている。

中国が国の目標として公式に定めているのは、2020年までであり、2030年も2050年も公式な目標は定めていないが、重要な政策を決める国家発展改革委員会を補佐する「国家再生可能エネルギーセンター」が作っている「中国再生可能エネルギー展望2018」では、2035年における自然エネルギー電力の割合は、既定政策シナリオでも60%、2℃未満シナリオでは72%と示している。

欧州では熱波が1000人以上の死者を生み、アマゾンでの森林火災の拡大、オーストラリアの干ばつと洪水など、気候変動の危機はすでに現実のものになっている。脱炭素社会への転換を急ぐため、自然エネルギー拡大が急務としてとらえられてきているのだ。

日本の自然エネルギー拡大

最後に日本にふれる。国がエネルギー基本計画で定めた2030年の電源構成は、自然エネルギーが22%、24%、原子力が20%、22%、火力発電が44%というものである。他国の目標に比べ、自然エネルギー目標は半分程度でしかない。一

方、原子力発電は国と電力会社をあげた努力にも拘わらず、再稼働は進んでいない。20%、22%という目標が到底実現できないことは、もはや常識になっている。

一方、自然エネルギー電力はすでに18%程度まで拡大している。世界に比べ高コストだった日本の太陽光発電や風力発電も、2020年代後半からは現在の世界レベルまで低下する展望が見えてきている（詳しくは、脚注にある自然エネルギー財団の報告書をご覧ください）。

現在、日本は火力発電用の燃料として石炭、天然ガス、石油のほぼ全量を海外から輸入しており、その他の用途も含めた総額は約16兆円にのぼる。国内に化石燃料資源、また核燃料もほとんどない日本は、欧米各国などと比べても、脱化石燃料、脱原子力発電を進めることに合理性が高い。

四季折々の多彩な自然を享受する日本は、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスという自然エネルギーを視野に入れば、決して資源小国ではなく、持続可能なエネルギー資源に恵まれた豊かな国である。自然エネルギーのポテンシャルを活用することが、エネルギー資源の輸入依存を脱し、エネルギー安全保障を確立する最善の道であり、最も確実に脱炭素化を成し遂げる道である。

参考資料

自然エネルギー財団

「脱炭素社会へのエネルギー戦略の提案―2050年CO2排出ゼロの日本―」2019年4月

「日本の太陽光発電の発電コスト―現状と将来推計―」2019年7月

「世界中の企業が自然エネルギーへ」2019年8月



その2

営農型太陽光発電で農業・再エネを同時振興

東京大学大学院工学系研究科教授

吉田好邦

農地における太陽光発電といえば、休耕地や放棄地を農地転用により太陽光パネルを設置するケースが思い浮かぶが、近年になり営農型太陽光発電に注目が集まっている。営農型太陽光発電とは、圃場^{ほじょう}で作物を栽培しながら、同じ圃場に太陽光パネルを設置して栽培とともに発電を行う仕組みで、ソーラーシェアリングともよばれている。先進的な農家による導入事例が増加しつつある一方で、農地に構造物を導入することへの抵抗を感じる農家もある。また農地法による国の規制もある。本稿では、営農型太陽光発電のこれまでの導入実績、またエネルギーの観点からの太陽光発電の今後の可能性を述べ、営農型太陽光発電が農業振興と再生可能エネルギー（再エネ）拡大の同時達成のための大きな潜在力があることをお伝えしたい。

営農型太陽光発電の現状

農地法による規制により、本来の農業以外の用途での農地の使用は禁止されてきた。しかし2013年に農地法の改正が行われ、農業用途以外での農地の使用が可能となり（1）、営農型太陽光発電が認められるようになった。ただし無制限に認められたわけではなく、営農型太

陽光発電をしない場合と比べて8割以上の収量を確保し、著しい品質劣化が生じていないという設置継続条件が課せられている。また設置には併せて地域の農業委員会の承認も必要である。

このような状況下で、営農型太陽光発電の2018年度までの累計認可件数は1314件に達している（全国営農型発電協会調べ）。地域別にはかなり偏りがあり、千葉県で200件、静岡県、群馬県、徳島県で100件を超える認可事例がある一方で、認可件数がゼロの都道府県もある。というのは、地域によっては農業委員会が保守的で営農型太陽光発電に消極的なため、設置が進まない地域がかなりあるからである。

導入された発電規模の分布を図1に示す。50^{キロワット}未満の小規模なものが過半を占めるが、中には1000^{キロワット}を超える太陽光パネルの発電導入事例も数%ある。これらの規模の分布から概算すると、2018年度での累積設備導入量は数十万^{キロワット}に及ぶと推計される。栽培されている主な作物の内訳は、みょうが（145件）、柿^{かき}（111件）、きのこと類（61件）、茶（59件）のように耐陰性の強い作物が多く栽培されてい

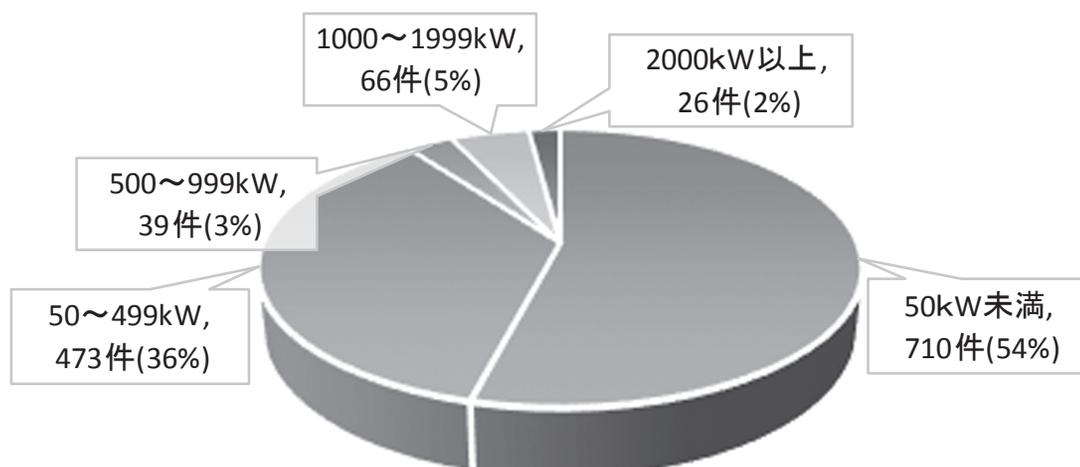


図1 営農型太陽光発電規模と累計認可件数(2018年現在)

る一方で、必ずしも耐陰性が強いとはいえない水稲（63件）もかなり多く栽培されている。

植物の耐陰性は営農型太陽光発電の作物選択の際の重要な指標である。植物は日射量が多ければ多いほど生育するわけではなく、ある一定以上の光量では植物の光合成速度が飽和することが知られている。長島（2）によると光量増加に伴い、光合成速度の飽和が早期に生じる「強耐陰性」の植物や、逆に飽和しにくい「弱耐陰性」の植物がある。強耐陰性の作物は弱光でも十分に生育量が保たれ、弱耐陰性の作物は光を与えるほど生育量が増加する。そのため営農型太陽光発電の多くは強耐陰性の農作物を採用する傾向にある。

また、実用上の問題として、圃場への太陽光パネルの設置によって農機の使用などの作業に支障があるのではないかとという懸念があるが、パネルを高さ3メートル程度に十分高く設置することで農機の稼働の空間を確保できるため、実使用面での問題は無い。一方で、営農型太陽光発電についての学術的研究は不足しており、事業者が遮光条件下の生育状況についての見通しを立てることが困難であり、農作物収量の不確実性が潜在的なリスクとなっている。

太陽光発電の経済性

2012年に導入された再エネの固定価格買取制度（FIT）は太陽光発電の普及を後押しし、累積の設備規模を倍増させた。FITのもとで導入された営農型太陽光発電の発電電力は20年間にわたり固定価格で買い取られている。

このため売電収入の変動リスクが限定されて、投資判断がしやすいメリットになる。一方で、太陽光パネルの量産効果による価格低下は期待できるものの、FITの終了を想定した将来における経済性は、他の太陽光発電と同様の不確実性を持つ。

ただ再エネ賦課金として電気料金に上乗せされる消費者の負担は、標準世帯で年間9000円まで増加しており、制度を終了して自立的に再エネが増加するための手段が模索されている。今後は規模の大きい発電の買い取りから順に入札制となり、営農型太陽光発電の大部分を占める低圧の50^{キロボルト}未満の規模では当面固定価格での買い取りが続くものの、将来的には入札制に移行することになるだろう。ただ入札には基準価格が設定され、落札価格がそれを下回る場合には国による補填が受けられるとされ、制度としてはしばらく事実上の買い取り補償が続くと捉えることもできる。

再エネの社会的価値

FITは太陽光発電を中心とする再エネの普及に繋がった。個別にみると住宅用の太陽光発電は、設置者の電気代を下げる効果とともに、環境貢献の意識向上にも寄与しているだろう。一方で、メガソーラーの一部には山を切り開いて土地を確保するなど、自然環境を犠牲にした景観を損ねたりする負の効果を生じるものもある。このようにエネルギーを生む装置としての太陽光発電としては同じでも、設置条件などの違いにより社会的な価値が異なる場合があ

る。営農型太陽光発電についてはどうだろう。農業は特に食料自給の観点から長年特別な産業に位置づけられ、土地利用や貿易などの様々な点で政府によって管理されてきた。なかでも米は基幹作物として国の手厚い保護を受けている。一方で、農業従事者の高齢化と後継者の不足、中小規模の農家の経営の困難さといった現実の課題が山積している。もし営農型太陽光発電によって、農業を持続しながら発電収入で農家の経営を支援することができれば、農業のみならず国益に繋がるメリットといえるのではないだろうか。これまで太陽光発電には設置条件によらず一律の買い取り価格がFITで設定されていたが、再エネ設備の社会的な価値の違いを考えるとこれは合理的ではないともいえる。FIT制度は終了に向かうが、その社会的な価値を考慮し営農型太陽光発電による電力を、他の太陽光発電よりも高く買い取る、あるいは出力抑制の対象から外すなどの優遇措置があってもよいであろう。また将来的には、エネルギー利用で化石燃料を使用しない「非化石価値」を取引する市場・制度ができる可能性がある。再エネの「非化石価値」は、上述のように同じ太陽光発電であっても一様ではない。そのような取引においては、営農型太陽光発電のもつ、エネルギー以外の便益を含む非化石価値（再エネ属性）が市場で高く評価されることを期待したい。

農業振興と再エネ拡大の同時達成

一方で、社会全体を俯瞰的にみてお金の流れ

を考えると違った姿がみえてくる。図2は日本におけるFIT開始以降の再エネ買い取り額への推移、ならびに農業生産者への補助金等の政府支援額の推移を示したものである。農業への政府支援額は2017年に4.4兆円であり、農業従事者の収入に占める割合で見ると49%に相当する(3)。一方でFITによる2017年度の再エネ電力の買い取り費用は2.7兆円であり、2019年度には3.6兆円に達すると見込まれている。FITによる再エネの国民負担が農業への政府支援額に相当するほどに大きくなってきたことが分かる。

これを踏まえ、もし仮に農業への政府支援額の一部を減らし、同額を農家への営農型太陽光発電の電力の買い取りに充てると理屈上、農業従事者の収入を減らすことなく、再エネを導入できることが分かる。全国の水田面積の1%程度に太陽光パネルを設置すると仮定しよう。このとき水田での発電規模はおよそ1000万^{キワット}となる(2015年の太陽光発電の国内累積導入量は約4000万^{キワット})。営農型太陽光発電の社会的価値を考慮して買い取り価格に多少割高な20円/^{キワット}時を仮定するときの買い取り費用の総額は、1年あたり約0.2兆円と試算される。農業への政府支援0.22兆円を営農型太陽光発電1000^{キワット}の発電電力の買い取りに振り替えれば、農家は政府支援の代わりに発電による収入を手に入れることができ、政府はもともとあった農業への政府支援の予算で1000^{キワット}分の太陽光発電を普及させることができる。0.2兆円の費用も図2の費用スケー

ルからみれば十分に可能な水準にある。営農型太陽光発電の導入で農業への政府支援が減額すると、その影響として国産農産物の価格下落と輸入農産物の流通増加が懸念されるが、無用な心配であろう。結果的に農業従事者の収入を減らさず、かつ消費者は安価な食品を享受できる。国産の農産品の輸出競争力の強化にも繋がるだろう。さらに輸入関税の引き下げ

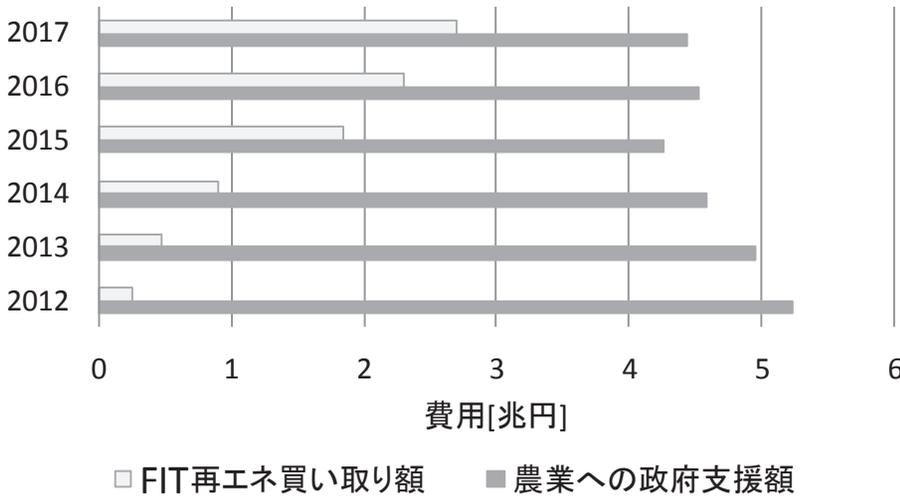


図2 農業生産者への政府支援額と再エネ買い取り額の推移

出典：文献(3)等に基づき著者作成

のオプションは多国間貿易交渉のカードの一つとしても使える可能性がある。ただ以上は経済全体を俯瞰したマクロな議論であるから、社会全体でプラスサムの帰結であつても、実際にはすべてのステークホルダーが便益を得られるとは限らない。すなわち、現状で採算がとれていない中小規模の農業従事者では、発電収入が代替するだけでは採算が改善せず、その場合には全体として再配分の仕組みを検討する必要がある。また営農型太陽光発電の導入による作物の大きな減収がないことも必要となる。

しかし、以上のように農業従事者は売電収益が得られることにより現在よりも安い原価の農産物を生産でき、補助金や輸入品への関税に頼らずとも、国際競争力を持つことが可能になる。同時に農地の再エネの拡大は、温室効果ガスの削減対策として貢献し、農業の振興と地球温暖化対策を両立させることができる。国策としての農業を保護すべき立場がある一方で、農業のこれまでの保護は経済的な効率性を欠くものであり、保護政策の転換を求める声も存在する。営農型太陽光発電はこれらのどちらの立場からみても、優れた戦略となり得るのである。

水稲栽培における実証実験

最後に著者が静岡県立大学、スマートブルー株式会社との共同研究として、東京大学生態調和農学機構(東京都西東京市)の圃場で行っている水稲栽培の遮光実験を紹介したい。これは2016~2018年の3年間にわたり、営農

型太陽光発電を模擬した木製のパネルによる、遮光下での水稻栽培の実証実験を行ったものである。14m²×24m²の圃場を東西方向に強遮光区、弱遮光区、無遮光区の3区分、南北方向に多施肥、中施肥、少施肥の3区分の計9処理区を2反復する計18処理区を設定した。

営農型太陽光発電で水稻の採用件数は2018年時点で作物の中では3番目に多い。しかしながら水稻は日射の耐陰性は強くなく、太陽光パネルの遮光によって、残念ながら収量が減少する傾向がある。一方で、近年その消費量が減少しているものの、米は作付面積が150万haに及ぶわが国の農業の基幹作物である。仮に国内の水稻作付面積の数%にPVパネルを設置するだけで、日本のPVの累積導入量に匹敵する規模になり、再エネ普及の観点からの潜在量が極めて大きい。このような背景より、水稻の生育が遮光によってどの程度の影響を受けるのか、また遮光の影響をどのように緩和することができるのかをテーマに、水稻の遮光試験を行っている。

これまでの結果であるが、遮光による収量の減少はいずれの年でも観察された。遮光によって収量の減った主な要因は穂数の減少であり、穂数の減少を防ぐことが鍵となることが示唆された。また施肥を増やすことによる収量の増加は観察されず、窒素の施肥量の追加によって遮光影響を緩和する結果は得られなかった。農林水産省の基準である、無遮光時と比べて8割の収量を確保できる上限パネル面積は、パネル面積の作付面積に対する割合にして25%前後が上

限と見積もられた。以上の結果を受け、水稻の場合には遮光の影響を緩和する技術・方策を検討することがこれからの課題となっている。

さらなる普及拡大に向けて

現状で営農型太陽光発電は、再エネにおけるマイナーな存在に過ぎない。営農型太陽光発電への人々の理解が深まり、社会が受け入れてくれることが必須である。代々受け継いだ農地に

太陽光発電のような人工物を設置することに農家が抵抗を持つことはやむを得なくもあり、営農型太陽光発電が農業をなおざりにするのではなく、農業と再生可能エネルギーの両立を実現する仕組みであることを粘り強く説明していく必要がある。エネルギーの立場でみると営農型太陽光発電の潜在量は確かに魅力的である。加えて農業の立場からも営農型太陽光発電が農業に活力を与えることができることをしっかりとアピールし、学術研究の蓄積を政策へ還元することによって、その普及拡大を実現したい。



2017年の実証実験（左側が強遮光区、右側が弱遮光区、中央が無遮光区）

（謝辞）本稿は、JSPS科本稿の執筆にあたり全国営農型発電協会より統計情報を頂きました。実証実験では、静岡県立大学の谷見教授、スマートブルー株式会社、東京大学の土肥哲哉客員連携研究員との協同の下、圃場の管理において東京大学生態調和農学機構技術部のサポートを頂きました。また三井物産環境基金、ならびにヤンマー資源循環支援機構の助成を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (一) 農林水産省…支柱を立てて営農を継続する太陽光発電設備等についての農地転用許可制度上の取扱いについて、2014
<http://www.maff.go.jp/j/press/noushin/noukei/pdf/130401-01.pdf>（アクセス日2019.11.1）
- (二) 長島彬、ソーラーシェアリングの開発経緯とその展望、太陽エネルギー、Vol.40, No.6, 11-16(2014)
- (三) OECD Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2018



その3

日本国内のエネルギー転換への展望

認定NPO法人環境エネルギー政策研究所

松原弘直

日本国内ではエネルギー供給の9割以上を海外に依存し、海外から輸入したエネルギー（主に石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料）を効率的に供給するために、一極集中型のエネルギーシステムが構築されてきた。そのため、国産エネルギーとして国内の各地域に資源が分散している自然エネルギー（太陽光、風力、地熱、水力、バイオマスなど）の技術開発が、1970年代の石油ショック以降進められたが、エネルギー自給率（原子力は含めない）は、いまだ1割以下である。日本国内での自然エネルギー（大規模水力を含む）の割合は1990年代以降、2010年ごろまでは全発電量（自家発電を含む）の約10%のレベルで推移してきたが、2011年3月の東京電力福島第一原発事故を踏まえて2012年からスタートした固定価格買取（FIT）制度により太陽光発電を中心に自然エネルギーによる発電設備の導入が進んだ結果、2018年度の自然エネルギーの割合は約17%まで増加した（図1）。一方、原子力発電の割合は2014年度にはゼロとなり、再稼働が西日本である程度進んだものの2018年度も6%程度に留まる。化石燃料を使う火力発電による発電量の割合は、いったん、

2012年度以降に90%を超えたが、2013年度以降、日本全体の発電量の減少と自然エネルギーの増加により、火力発電の発電量は減少

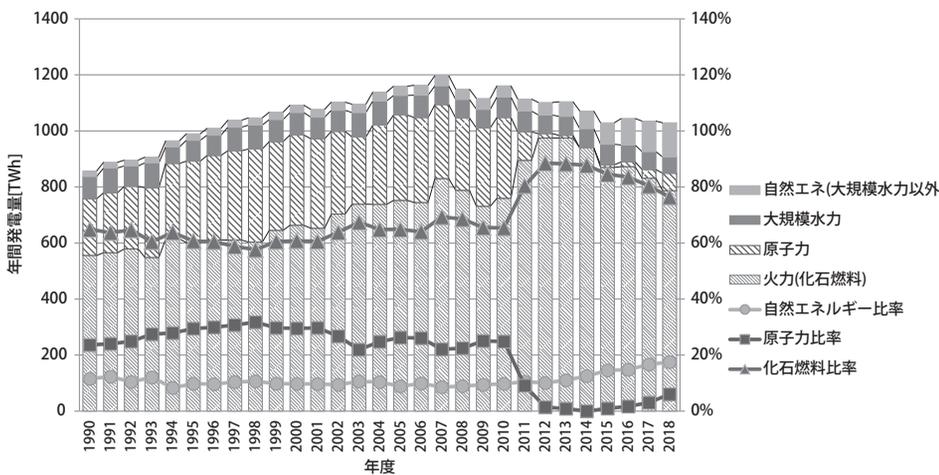


図1 日本の電源構成（発電量）の推移（出所：資源エネルギー庁データより作成）

傾向にあり、CO₂の排出量も2014年度以降は減少している。2013年度以降、GDPはある程度上昇しており、経済成長に対して日本全体のCO₂排出量や発電量などが減少するデカップリングが日本でも少しずつ進み始めていると考えられる。

日本のエネルギー政策の課題

エネルギー政策基本法（2002年公布）に基づき政府がほぼ3年ごとに策定する第5次エネルギー基本計画が2018年7月に閣議決定された。3・11後に政権交代などの紆余曲折を経て策定された前の第4次エネルギー基本計画（2014年）から見直しの時期を迎え、経済産業省の審議会において審議が行われた。その結果を踏まえて中長期的な日本のエネルギー政策の方向性を定めた基本計画であり、気候変動問題に関する「パリ協定」を踏まえて2050年までの長期の計画を視野に入れたことが特徴となっている。この中で、2030年までのエネルギー政策については、2015年に決定されたエネルギーミックス（電源構成の目標）をそのまま変えずに踏襲し、その実現のために「可能な限り原発依存度の低減」と自然エネルギー

の「主力電源化への取組」を早期に進めるとしている。しかし、その計画の内容を見ると、世界で進む自然エネルギーの大躍進やパリ協定により進む自然エネルギー100%への大きなうねりを反映しておらず、3・11後に日本国内でも進み始めたエネルギー転換への様々な取り組みを後押ししているとは思えない。2050年に向けては脱炭素化技術の全ての選択肢を維持するとしているが、脱炭素化で出遅れた産業界の意向を重視するあまり日本企業による今後の技術開発ばかりを期待して、すでに実績のある制度や技術での地球温暖化対策をせずに問題を先送りしているようにも見える。

そのため、エネルギー基本計画で前提としている温室効果ガスの2030年の削減目標や省エネの目標はとも国際的に十分な水準とは言えない。日本国内でも省エネ余地の大きい多くのエネルギーを消費している産業部門や業務部門のエネルギー効率化や省エネルギー対策を根本的に見直す必要がある。それにより2030年までには電力だけではなく、熱利用や交通部門のエネルギー需要についても根本的な削減を目指す必要がある。エネルギー供給高度化法の下では、2030年度の国内での販売電力量の44%を非化石電源（自然エネルギー+原子力）とすることが目標とされているが、実現可能な原発比率20%が含まれている問題がある。原発ゼロを前提としたうえで、自然エネルギーを電力需要の50%以上とすることで、2030年における温室効果ガス削減目標として、欧州各国と同じ水準の40%以上（1990年比）を目

指すことができるはずである。さらに世界全体で1.5℃未満を目指すという気候変動対策の努力を無視した、無責任な石炭火力建設ラッシュを緊急に差し止める必要もある。長期的な温室効果ガスの削減目標としてこれまで定めた2050年に80%削減を達成するにとどまらず、長期的には温室効果ガスの排出ゼロ、自然エネルギー100%を目指す目標を国、地方自治体、企業が定めることが求められている。

自然エネルギー導入状況

日本国内での2018年度の自然エネルギーによる発電量の割合は2010年度と比較すると約10%から増加して17.5%となった（図2、注1）。最も増加した自然エネルギーは太陽光発電で6.7%に達して2010年度の1%未満から10倍以上も増えている。一方で太陽光以外の自然エネルギー（小水力、風力、地熱、バイオマス）はほとんど増えていない状況で、太陽光がいまや水力（大規模水力を含む）の7.5%に匹敵する発電量になっている。世界的には太陽光よりも普及が進んでいる風力発電の割合は、日本ではようやく0.7%で太陽光発電の約10分の1にとどまっている。

2012年7月にスタートしたFIT制度により事業認定された設備容量は2018年度末までに1億キロワット以上に達しているが、その内の79%の8400万キロワットが太陽光である。実際にFIT制度により約4500万キロワットが新たに導入され運転を開始している（図3）。風力発電は1000万キロワット以上が事業認定されている

が、環境アセスメントの手続きや電力系統への接続の問題で34%にあたる360万キロワットしか運転を開始していない。中小水力については、事業認定が140万キロワット程度で、そのうち57万キロワットが運転を開始している。地熱発電は事業認定が9万キロワットと少ない状況で、運転開始もまだ3万キロワット程度である。一方、バイオマス発電は1000万キロワット以上が事業認定されているが、その7割以上が海外からの木材や農業残さ（PKSやパーム油）を燃料とする設備である。国内の森林からのバイオマス（間伐材などの未利用材）は林業のサプライチェーンの整備の遅れから調達量やコストに課題があり、コスト等の

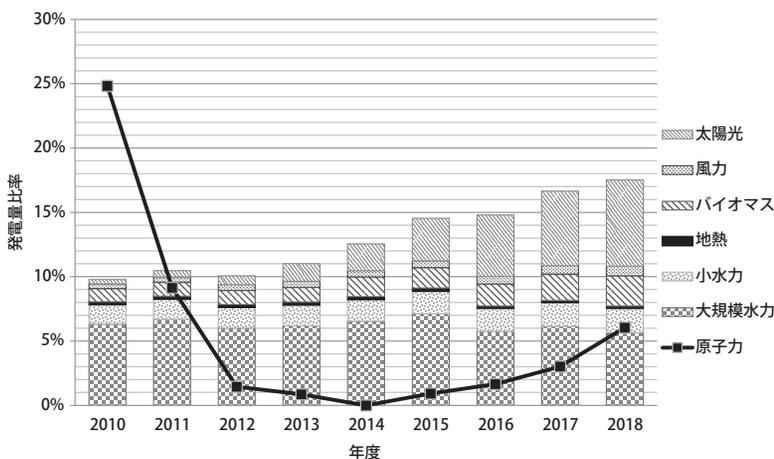


図2 日本国内の総発電量に対する自然エネルギーおよび原子力発電の割合
（出所：資源エネルギー庁データなどより作成）

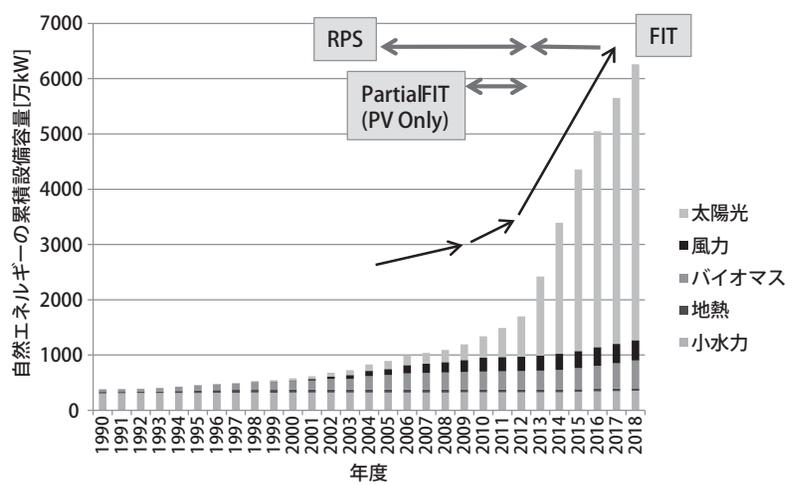


図3 日本国内の自然エネルギー発電設備の累積導入量 (出所: ISEP 作成)

低さから増大が見込まれる輸入燃料の持続可能性が問題となっている。日本国内での未利用材の調達においては、伐採時および加工時に証明が必要になっており(注2)、その適切な運用が求められているが、海外から輸入されるバイオマス(木質ペレット、PKS、パーム油など)についても持続可能性基準に関する検討が進められている。またバイオマスをエネルギー利用する際には、発電よりエネルギー効率の高い熱利用が求められるはずだが、日本国内では欧州のように熱供給のインフラ整備が進んでおらず電気と合わせて熱も供給する熱電併給の導入も遅れている。

持続可能な自然エネルギー

自然エネルギーを地域で利用する際には、その地域での社会的な合意形成が欠かせない。そのため、地域の資源を利用する自然エネルギー事業においては、その事業の計画の段階からしっかりと合意形成に取り組む必要がある。FIT制度の下でも2017年度から導入された事業認定の制度により、事業計画策定ガイドラインに沿った事業計画が求められている。その際、環境影響評価(環境アセスメント)などの手続きや、騒音や景観など法律として規制は最低限、確実に行う必要があるが、地域での合意形成や土地利用の観点からそれだけでは十分ではない。自然エネルギー事業に対する自治体による条例やガイドラインなどの規制も必要になってきているが、それらに加えて事業者自らが社会的な合意形成に向けた取り組みを積極的に行うことが求められている。そのため、事業開発の初期段階から協議会や自治体や地域との協議の場を設け、地域が主体となる事業形態(コミュニティパワー)を推進する動きも各地で生まれている。

その地域の住民や自治体との社会的な合意形成をスムーズに進めるために、長期的な視点でその地域の産業・経済の発展や土地利用のあり方についても考える必要がある。そのため、自治体、地域住民および地域関係者が合意形成を行う「場」の制定や、発電事業の開発に関する自治体条例や合意形成ガイドラインなどを策定し、地域の住民や企業が主導する事業(ご当地

エネルギーまたはコミュニティパワー)の推進、地域企業、地域金融機関(信金、地銀など)および地域住民が参画する「場」において、十分に時間をかけて説明・議論を行うことが重要である。

電力システムの課題

3・11以降、日本国内でも電力自由化や発送電分離に向けた電力システム改革が進み、2016年度から電力小売の全面自由化が始まった。しかし、自然エネルギーの「優先義務」が実現されていないため、自然エネルギーに対して根拠が不透明な「接続可能量」や過大な「工事負担金」、既存電源や電力会社の計画を優先した「空き容量ゼロ回答」などによって実質的に系統への接続が拒否されている問題がある。

2016年度から全国の電力会社エリア毎に公開されている電力需給データ(1時間値)に基づき、日本国内での系統電力需要に対する自然エネルギーの割合が時間毎・エリア毎・電源種別毎に細かく集計・分析できるようになった。日本全国の2018年度の年間の平均値では電力需要に対する自然エネルギー比率は16.4%にまで増加し、変動する自然エネルギー(VRE・太陽光および風力発電)の比率も7.4%に達している(図4)。ISEPが公開している「Energy Chart」では、これらの公表されたデータから様々なグラフをインタラクティブに生成して分かりやすく分析できる(注3)。

その中で、四国電力エリアの2018年5月20日(日)のピーク時の1時間値が日本国内で

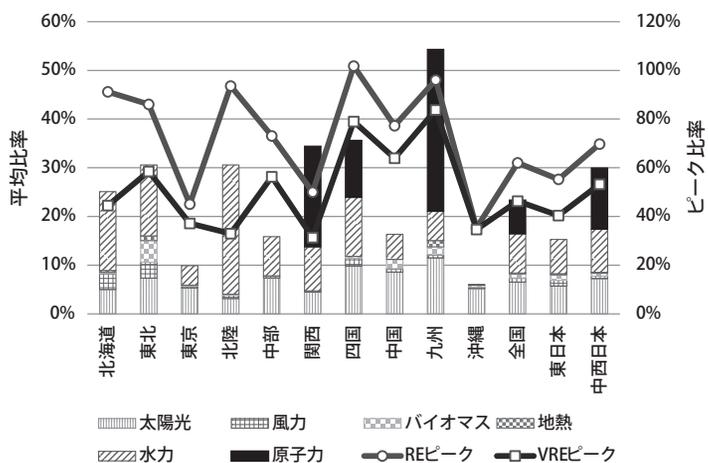


図4 電力会社エリア別の電力需給における自然エネルギー割合 (2018年度)
(出所: 電力会社の需給データより作成)

初めて100%を超えた。ドイツやデンマークに比べると日本国内の各エリアでは太陽光発電の割合が高く、変動する自然エネルギー(VRE)の変動の影響がより強く出ると考えられていたが、日本国内の電力システムにおいても十分に調整が可能であることが証明されている。

自然エネルギー100%へのイニシアティブ

自然エネルギー100%を目指す動きは2015年のCOP21で採択されたパリ協定により、世界中の地域や企業へと広がり、さらに大きなうねりを見せている。2014年にスタートした「RE100」は、企業の自然エネルギー100%を推進する国際ビジネスイニシアティブであり、世界の影響力のある大企業が

日本国内を含め多数参加している(注4)。都市のイニシアティブとしては、2019年5月に世界の大都市のリーダーでつくるU20(Urbans 20)が、「2030年までに電力の割合を再生可能エネルギー100%、2050年までに再生可能エネルギー100%を実現すること」で、エネルギー供給網の脱炭素化を約束する」と宣言し、東京都と大阪市と共に、世界の名だたる大都市のリーダーが署名している。

日本国内では2007年から毎年、千葉大学倉敷研究室と環境エネルギー政策研究所(IES EP)の共同で持続地帯研究会において、「エネルギー持続地帯」として日本国内の地域別の自然エネルギー供給(電気と熱)とエネルギー需要(家庭と業務)から地域的エネルギー自給率を推計している(注5)。2017年度の推計では、日本全国で地域的エネルギー自給率が100%を超えた市町村の数が100を超えた。

さらに世界の様々な自然エネルギー関連団体の協働による「自然エネルギー100%世界プラットフォーム」では、自然エネルギー100%に関するイベントやワークショップなど多くの対話の場が設けられ、各国の政策立案者への働きかけが行われた(注6)。日本国内でも「自然エネルギー100%プラットフォーム」が設立され、自然エネルギー100%に関する国内外の取り組みや情報を発信している(注7)。そのためのイベントを全国各地で開催すると共に、自然エネルギー100%プラットフォームに賛同する団体を広く募集し、自然エ

ネルギー100%を宣言する団体(自治体、中小企業、教育機関など)を募っている。その中で、千葉商科大学は、2017年11月に自然エネルギー100%大学を目指すという宣言を行い、LED照明による省エネや太陽光発電の導入を進め、2019年2月までには年間電力需要に相当する自然エネルギー(太陽光)の発電事業を自ら行うこと等により自然エネルギー100%を達成した(注8)。

日本国内での持続可能な自然エネルギーへの転換は、3・11を契機にその途上であり、様々な課題を克服しつつ自然エネルギーの主力電源化を目指しているものの、長期的な目標やビジョンは国や地域レベルではいまだ定まっていない。しかし、各地域での課題解決のためには地域の様々な資源を活用した分散型エネルギーシステムへの転換は避けては通れない。いまこそ、国レベルの長期的な自然エネルギー100%に向けた仕組みづくりや、そのための各種エネルギーインフラの整備、各地域の特性に応じた地域主体の取り組みが求められている。

〔注〕

- 1 IESD「自然エネルギー白書」<https://www.isep.or.jp/sr/>
- 2 林野庁「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」
- 3 ISEP Energy Chart <https://isep-energychart.com/>
- 4 RE100 <http://there100.org/>
- 5 エネルギー持続地帯 <https://www.isep.or.jp/archives/library/category/energy-sustainable-zone>
- 6 自然エネルギー100%世界プラットフォーム <http://www.gol00re.net/>
- 7 自然エネルギー100%プラットフォーム <http://gol00re.jp/>
- 8 千葉商科大学が日本初の「自然エネルギー100%大学」を達成 <https://gol00re.jp/1437>



その4

自然エネルギーと農山漁村の調和

千葉エコ・エネルギー株式会社代表取締役
一般社団法人ソーラーシェアリング推進連盟代表理事

馬上丈司

農山漁村に賦存する 自然資源への関心の高まり

2010年代は、これまでになく我が国で農山漁村における自然エネルギー資源に人々の関心が向いた時代であり、その開発意欲も急激に高まった時期だったと振り返ることができる。

その背景にあるのは、2011年に閣議決定され、2012年7月に導入された「再生可能エネルギー電気固定価格買取制度」(FIT制度)である。自然資源から得られる電気を、政府が定めた一定の価格で15〜20年の長期間にわたって買い取るという、劇的な自然エネルギー発電を後押しするための制度が始まったことで、民間レベルでの自然エネルギー開発意欲が一気に高まることとなった。2000年代中頃までは、太陽光発電において日本企業が世界最先端を行き、また地熱発電プラントの技術でもトップレベルの企業を有しているなど、世界の自然エネルギー発電の開発を先導してきた我が国であるが、自然エネルギーの普及拡大については政策が追い付かず、FIT制度の導入も先行するヨーロッパ諸国に遅れること10年以上という有り様であった。そんな冬の時代を経て、

東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所のメルトダウン事故という人類史における未曾有の大災害を経験し、やつと自然エネルギーの本格導入に踏み出す政策が実施されたことは、我が国のエネルギー政策における大きな転換点だったと評価されることになるだろう。

自然エネルギー電源には、太陽光・風力・水力・地熱・バイオマスなどの種別があるが、それらの自然資源の多くは農山漁村に賦存している。日当たりの良い土地、風の強い地形、豊富な流水、温泉を含む地熱、木材や畜産物など、農山漁村が豊富な資源を有する場所として評価された。しかし、2012年のFIT制度開始から7年以上が経って振り返ってみると、「豊富な自然資源を有する」という観点で確かに農山漁村は注目されたが、その資源開発は東京を始めとする都市資本によって行われ、地域に落ちる経済的な恩恵は事業収益から見れば数%以下にとどまる。結局は、エネルギー自給率の向上や気候変動対策、地域分散型電源として拡大を図られた自然エネルギー



山林を切り開く太陽光発電所は全国に乱立している

発電でも、都市資本による農山漁村の資源収奪という歴史的な構図が繰り返されたように思えてならない。特に目立つのは、山林を大規模に造成してのメガソーラー（大規模太陽光発電所）の開発が相次いだり、自然エネルギー発電事業のための農地転用も行われていたり、という農山漁村の自然資源の基盤自体を損なう開発行為である。定量的なデータが公開されている農地転用の面積を見ると、農林水産省の統計では2017年度末時点で国内合計が8303・7㌔に及び、転用件数としては4万6194件に達している。FIT制度が始まる前の時点では52件で5・0㌔しかなかったことから、FIT制度導入の影響によって農地を転用する動きが急速に拡大したと言えよう。

自然資源の管理者は農林漁業者である

自然エネルギー発電が拡大するにつれ、「燃料」となる自然資源を誰がどのように管理していくかを考えなければならなくなる。資源需要が少ない時期には、まだ時間経過による再生産によって需要を賄い、資源量の回復が図られたが、太陽光発電の日照や風力発電の風況も、地形などの要素に影響されるため厳密には長期的な管理が必要であり、例えば後述する営農型太陽光発電（ソーラーシェアリング）のように、農業と共生する場合には当然、地域農業の継続と繁栄が必須である。太陽光発電のエネルギー源は太陽光であり、これは人の営みによって増減するものではない。しかし、農地を転用したり山林を伐採したりという開発行為によって太

陽光発電所が設置されれば、その地域は「土地」という資源を占有されることになる。FIT制度導入後の我が国においては、この地域の「土地」を資源として管理するという視点が欠落していたが故に、野放図な地域外資本による太陽光発電所の設置を許してしまった。

また、農村・山村・漁村と考えた時に、自然エネルギー発電の拡大から取り残されているように思えるのが漁村である。昨今は洋上風力発電の導入促進に関する法整備が進み、漁港の持つポテンシャルにも目が向けられるようになってきた。魚礁や養殖池として活用できないかという実験や、漁港にある漁業関連施設への給電などが検討されている。一方で、現在国内で計画されている洋上風力発電は数百億円以上を要する規模が多く、漁業者が事業に参画することは容易ではない。その点において、自然エネルギー事業のオーナーは漁村外の大規模資本にならざるを得ず、そこに地元意向をどうやって反映していくのかは従来と変わらず課題として存在し続けるが、海域を占有する洋上風力発電の特性を鑑みれば、その長期持続的な事業実施のためには近隣の漁業者の関与は不可欠である。

自然エネルギー発電の経済貢献性

一口に自然エネルギー発電と言っても、利用する資源の特性が大きく異なる。太陽光発電や風力発電のように全く燃料費を必要としないもの、小水力発電や地熱発電のように一定の資源管理が必要となるもの、木質バイオマス発電や畜産バイオマス発電のように人が介在して資源

生産・収集・輸送・投入を行う必要があるものに大きく分けられるが、後者になっていくほど資源消費に伴う環境負荷が大きくなっていくと共に、地域に貢献するという視点での経済性も異なってくる。例えば、林業では木質バイオマス発電の燃料として、未利用材を含む木材を供給する。森林資源の管理、切り出し、加工、保管、輸送、消費の各段階で人の手が介在し、資源も消費されていく。一方で、太陽光発電は開発段階を終えて運転を開始してしまえば、高圧以上の設備における電気主任技術者の他は、敷地の除草管理や定期的な電気設備のメンテナンスなどを除いて、ほぼ人の手がかからない。この運転期間中におけるランニングコストの低さが電源としての魅力である一方、地域にオーナーシップがなければ発電事業による収益はほとんどが域外に持ち出されてしまい、設備の償却資産税や土地代が落ちる程度にとどまってしまう。この視点で考えると、自然資源が豊富な農山漁村においては農林漁業者自身が自然エネルギー事業を行い、収益を地元活用して資源管理にも投じられるような仕組み作りが欠かせない。太陽光発電を設置できる土地、小水力発電に必要な水路、バイオマス発電のための燃料のいずれもが、農林漁業者が持ち得る資源である。そして、そのような農林漁業者主体のエネルギー事業として注目されるのが、営農型太陽光発電である。

営農型太陽光発電が開く 自然エネルギーと農業の共生関係

水田や畑などの農地に支柱を立てて、農業を続けながら太陽光発電による自然エネルギー生産も同時に行おうという取り組みが、営農型太陽光発電である。2013年3月に、農林水産省が農地の一時転用許可によって正式に設置を認める通知を発出したことで、国内での導入が始まった。営農型太陽光発電の大きな特徴は、一時転用許可という仕組みを取ることで、農振農用地や第1種農地にも太陽光発電設備を設置できることにあり、その許可条件として設備の下の農地では営農の安定的な継続が求められることから、農業者の関わりなくして成り立たない発電事業という点である。2019年現在、全国で2500〜3000件程度の導入実績があると見られ、千葉県・静岡県・群馬県などに事例が集中しているものの、ほぼ全国の都道府県で取り組みが始まっている。太陽光パネルによる影が農作物の生育にどう影響するかが最も関心を寄せられる点だが、これまで千葉大学や三重大学との共同研究によってデータを積み重ねてきた結果、太陽光パネルによる遮光率が30〜40%のレンジでは、水稲や大豆といった穀物類、サツマイモやサトイモなど根菜類、そして葉菜類や果菜類でも顕著な減収・品質の悪化は見られていない。

経済性の面では、1反当たり年間80万〜100万円の売電収入が得られ、本体設置費用は1000万〜1200万



営農型太陽光発電設備の下で生育するサトイモ



畑における営農型太陽光発電の事例

円程度である。昨今の営農型太陽光発電設備は30年以上の稼働を想定して設計されることから、長期にわたって農業を支える安定した収入源となる。これを1町歩単位で設置していけば、最新の太陽光パネルの導入で年間800万円以上の売電収入を上げることが可能となることから、農業経営の基盤を支える存在にもなり得る。売電収入は電気の価格が1キワット時当たり11〜12円程度であればこの水準を確保でき、本体設置

費用は今後も低減が見込まれることから、FIT制度が終了しても将来にわたって営農型太陽光発電は安定したエネルギー事業たり得る。事業そのものは農業者の関わりなくして成立しないことから、大量の自然エネルギー電源を必要とする都市資本を呼び込み、共同事業という形で運営することで地域に還元される収益の総量を更に増加させることも可能である。

今後は、営農型太陽光発電設備の農村部にお

ける脱化石燃料を進める電源としての活用や、都市近郊農地への大量導入による都市部の自然エネルギー供給率向上に向けた活用も考えている。例えば、東京都東部の江戸川から先、千葉県側の半径20キロ圏だけでも約1万畝の農地が存在しており、そのうち25%に営農型太陽光発電を導入することができれば、約60万世帯分の電源の創出が可能となる。都市近郊農地を保全しながら、自然エネルギー電源を確保していくという営農型太陽光発電の活用モデルは、自然資源に乏しい大都市圏において今後の普及の中



営農型太陽光発電所での農業体験イベントの様子

核になると考えている。結果として農村は、営農型太陽光発電によって豊富な自然資源の存在が評価され、自然エネルギー時代における豊かさを体現するものとなれば、少資源地域となる都市部に対してこれまでとは異なった立ち位置を得ることが出来よう。私自身が千葉市において取り組んでいる、農村地域での営農型太陽光発電事業では、作付けや収穫といった農業イベントに東京都内から多くの家族連れが参加しており、自然エネルギーを切っ掛けにこのような地域への関係人口を増やしていくことは、農村の振興にも資することになるだろう。加えて、農業を軸に考えると小水力発電やバイオマス・バイオガス利用が視野に入り、農地があれば実践出来る営農型太陽光発電を皮切りに農業者が自然エネルギー事業に踏み出し、その発展形として他の自然エネルギー電源種に手をつけていくことで、地域の自然資源の複合的な活用と経済的な収益向上が図れる。

農山漁村での更なる自然エネルギー 発電拡大に向けた行動を

気候変動が気候危機と呼称されるようになり、発電電力量の80%以上を石油・石炭・天然ガスによる火力発電が占める我が国では、自然エネルギー発電を主力電源化していく方向性が、第5次エネルギー基本計画で示された。しかし、現行計画では

2030年時点で自然エネルギーの比率は22%にとどまり、国際エネルギー機関（IEA）が取りまとめた世界水準の2030年導入目標である37%には遠く及ばない。引き続き自然エネルギー発電への転換を図る中で、改めて農山漁村における自然資源の賦存とその活用を目的として、資源管理の視点も踏まえた行動こそが求められる。自然エネルギー発電が主力電源となる時代には、少資源地域である都市部よりも、豊富な自然資源を有する農山漁村の持続可能性を含めた価値の再評価が行われるだろう。気候変動抑制に向けたパリ協定の目標を達成するためには、先に述べた国際エネルギー機関の37%という自然エネルギー発電の導入目標を更に上回り、49%程度まで引き上げなければならないというシナリオが公表されている。我が国がこのシナリオを達成するとすれば、今後10年間で自然エネルギー発電の総量を3倍にしていかなければならない。そのためには、これまで以上に農山漁村における自然資源の存在を評価し、その活用と持続可能性を保つ取り組みを進めていくことになる。人口減少による衰退の闇をはねのけ、今後の社会を支える先進地として農山漁村は大きな可能性を有している。

参考資料

農林水産省 再エネ発電設備を設置するための農地転用許可
<http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukei/rotriryow/attach/pdf/ainogata-28.pdf>
水産庁 漁業と協調する洋上風力発電について
<http://www.jfamaff.go.jp/tesv/kikaku/other/energy.html>
資源エネルギー庁 エネルギー白書2019
<https://www.enecho.met.go.jp/about/whitepaper/2019/>
IEA World Energy Outlook 2019
<https://www.iea.org/weo2019/>



その5

洋上風力発電は再エネのトップランナー

京都大学大学院経済学研究科特任教授・東京大学名誉教授

荒川忠一

欧州で昨秋、WindEuropeという世界最大の風力発電の産業界および学術団体から、洋上風力発電のロードマップが発表された(文献1)。2050年に電力の30%を洋上風力発電で賄い、その設備容量は450GW(ギガワット100万キロワット)に達するというものである。陸上風力発電は既に15%の電力を賄っているのと、風力発電全体でおよそ50%をカバーしようとの挑戦的な目標である。地球温暖化の抑制を目指したパリ協定を実現するために、欧州委員会はこの30%の目標を歓迎し、最終的には再生可能エネルギー(以下、再エネ)100%を目指して、各国政府の具体的な対応や計画を待つ段階となっている。

日本では、2018年のエネルギー基本計画に基づく政府の目標は、2030年に風力発電はわずか1.7%を担当するという目標であり、欧州をはじめとする世界に比べて、あまりに小さな目標となっている。これは、他のエネルギーに配慮していて、再エネは22%の目標であるが、その中には伝統的な大型水力発電が10%程度を占めていて、さらに残りのほとんどを太陽光発電が占める形になるためである。世界では、経済性を有する風力発電が太陽光発電を凌いで

いるものの、国内ではその普及が大幅に遅れている現状がある。本稿では、風力発電の内外の最新情報を紹介し、日本においていかに普及させていくかを述べていくことにする。

風力発電の概要

現在、風力発電において商業的に利用される風車は、水平軸プロペラ3枚翼風車と呼ばれるものがほとんどである。歴史的には、世界遺産となっているオランダ風車などの流れをくみつつ、流体力学的に完成度を高めて3枚翼のプロペラ型となった。回転翼の断面は、航空機の翼と同様な流線形をしていて、流入する風に対して垂直に発生する大きな揚力を利用し、風車として回転力を得ている。流入する風の方向に働く抗力を利用した特殊な風車も存在するが、大型であることや経済性を考慮すると、当分の間は、水平軸プロペラ風車が普及し続けるものと判断している。なお、回転する翼の枚数がなぜ3枚かという質問が出るが、流体力学的には数は何枚でも良いものの、経済性を考えると枚数の少ない方が良く、さらに視覚的に受け入れやすい3枚翼という判断となっている。

現在、最も大きい風車は、発電容量が12MW

(メガワット1000キロワット)機で、回転翼の直径は220¹⁾、トッブの高さは260²⁾に達し、さらに大型化を目指している。つまり、高さは東京タワーの333³⁾に近く、毎分10回転程度のゆっくりとした回転速度となっている。風速などによっても異なるが、1機当たりおよそ1万世帯の電力を賄える発電量となっている。欧州の最近計画されている洋上風力発電所の単位は100機単位であり、出力は1GWを超え、原子力発電や大型火力発電の1機に相当する大きさとなっている。ちなみに、現在の風力発電の世界の設備容量は600GWを上回り、原子力発電所の400GWを超えていることはあまり知られていない。太陽光発電も成長が続き、その設備容量はおよそ500GWに達し、良い競争相手となっている。

風力発電の長所と短所

語るまでもなく、風力発電は風を「燃料」とした再エネであり、1⁴⁾キロワット当たりの発電価格は、欧米では陸上風力で5円、洋上でも10円を切っている。つまり、最も経済性の優れた再エネとして、世界で普及を続けている。現在、一般的には10円を切ると、補助金などの援助を受けず、

商業電源として広く受け入れられると理解されている。

短所としては、「風任せ」とも揶揄されるように、変動するエネルギーだということである。特に、狭い地域での電力系統に限ったとき、その影響は強く現れる。欧州は、国境を越えて大きな地域として系統を運用することにより、規模効果を利用して出力変動を小さくしている。あるいは、北欧の大規模な水力発電などの組み合わせで、バックアップを行っている。もちろん、最新技術や代替技術として、蓄電池、揚水発電所の活用などがあり、変動を実質的に補うことができつつある。さらに、風力発電の発電量の予測技術も性能が高まってきており、出力変動の予測のもとに他電源の活用を容易にすることができるようになった。これらの方法を総合的に活用することにより、風力発電の大幅な導入が欧州などでは可能になってきている。

また、電力系統の問題で、風力発電を期待できる地域の系統の細さがあり、新しい発電所を受け入れる空き容量はないとの問題が過去には指摘されていた。政府も「コネクト&マネージ」という新しい方針を打ち出し、系統の初期設計での積み上げによる既存発電所への割り当てのみではなく、その運用によって乗り越えることができる問題との認識が広がってきた。洋上風力発電を想定した東北電力による新たな系統利用者の募集プログラム、あるいは東京電力の銚子沖洋上風力発電を想定した部分的な解列を含む運用により、従来は空き容量はないとしていた系統も、大規模な再エネを受け入れられる方

向に進んでいる。

陸上風力発電では、低周波による騒音を含む騒音問題が話題となり、その導入が遅れてきたこともある。最近の風車は、回転翼の先端および後縁形状の工夫、また大型化に伴う回転数の減少により、騒音は減少している。さらに、低回転のプロペラ翼と高回転の発電機を結ぶ増速機と呼ばれる歯車を廃止し、直結式と呼ばれる低回転の発電機による新しい方式での発電が可能となり、著しく騒音は減少している。

これらの技術の進歩と工夫により、風力発電導入の障害は一段と小さくなってきた。

欧州の具体的な 洋上風力発電ロードマップ

風力発電で世界の先頭を走っている欧州は、ほぼ陸上風力発電の適地は開発し尽くしたこともあり、洋上風力発電の大規模な普及を狙っている。2000年頃の普及当初は海岸近くで10機程度の規模であったものが、現在の開発規模は100機単位と拡大を続けている。欧州の北海は幸いにも遠浅であり、水深50m以内の浅い海域が広がっている。前述のように、2050年に30%の電力を洋上風力発電で賄うロードマップでは、北海の面積のわずか3%を利用することで450GWの設置が可能となり、現実的な選択肢であることを訴えている。

一般的には風力発電のコストは高い、さらに海上に建設する洋上風力発電はもっと高くなり、経済性が成立しないだろうとの憶測がはびこっている。しかし、欧州では既に入札制度が

導入され、およそ6円/キロワット時という低価格で落札された実績を持つ。今回のロードマップでも、450GWを目指しつつも、価格はおよそ10円/キロワット時までに抑えられると予測している。陸上の風力発電の欧州の価格もおよそ5円/キロワット時と見られることから、風力発電は最も廉価な大規模エネルギー源の一つであると評価できる。

また、このようなロードマップを作成する背景には、継続的な事業を育成する狙いもある。つまり、一度に多くの風車を設置してしまうと、産業として一時的なものになり、継続的な事業は望めない。特に、風車の寿命は一般的に20年として設計されているため、20年ごとに「リパワリング」と呼ばれる新しい風車や設備へ更新することが望まれる。従って、寿命20年で年間20GWの設置とすると、およそ400GWの洋上風力発電が継続的に運転できることになる。建設費をおよそ50万円/キロワットと想定すると、一年当たり10兆円という大規模な産業規模となる。なお、陸上風力発電では現在、世界の総設備容量が既に600GWを超えており、今回の欧州の洋上風力発電の将来計画の一步先を進んでいることになる。

現在計画されている洋上風力発電所は、1GWを超える大きな規模となっている。つまり、10MWの風車を100台配置することになるため、一方では、景観問題を観光業者から提起される可能性がある。当初は、海外線間近に配置されていたものの、多数の風車が配置された現在、海岸のホテルなどからの距離を大きく取る



コペンハーゲン沖に2000年に設置された2MW機20台のウィンドファーム

ことを求められることが多くなった。しかし、コペンハーゲン沖の海外線近くに建設され20台の風車からなる洋上風車群(ウィンドファーム)は、アーティストの幾つかの提案から、円弧上に配置されたデザインを採用し、その美しい姿が話題となっている(左写真)。また、その一部が市民ファンドによって運営されている市民風車となっているため、市民からは「我々の風車」との意識が強く、景観問題などは話題にはならない。このように、風力発電の大型施設の導入において、さまざまな配慮がなされている。

現在、このロードマップの大きな発電量について、欧州委員会はバリ協定の実施に向けて同意して、各国政府にその実現のための政策

立案を要請していると聞いている。もちろん、各国の諸事情があるので単純に計画が進むとは限らないが、これまで欧州は陸上風力発電を10年で10倍に成長させてきた実績を有するため、現在の30GWを、2050年に450GWまで成長させることは可能であると判断している。

日本における風力発電導入促進への提案

日本では風車設備容量は現在わずか4GWで、電力換算でおよそ0.6%の電力を賄っているに過ぎず、欧州の15%に比較すると、桁違いに遅れていることが分かる。これは、政府や産業界が、従前、自然エネルギーの役割を著しく低く評価していたこと、また、未曾有の震災・原子力災害の後も、風力発電に対して環境影響評価などの厳しい条件を課し、太陽光発電に対して立ち遅れてしまったことである。

筆者が2000年に風力発電の研究を開始した頃、初めて参加した国内の風力発電の学会で、基調講演として招待された政府関係者の「イソップ物語の北風と太陽」を引用した講演に驚いたことを思い出す。この物語では、旅人のマントを脱がせるため、北風と太陽が力比べし、強風で吹き飛ばそうとした北風ではなく、燦爛と光を照りつけた太陽の勝ちとなる。この物語を引用し、「国は太陽光を応援する。その心は、風力発電は円熟化した機械産業であり、太陽光発電はこれから成長する半導体技術であり広い応用を期待できる……」と発言したことを記憶している。風力発電の学会の冒頭のこの講演は、初心者であった筆者を非常に驚かせると共に、

当時、政府は自然エネルギーの開発に対して熱意がないこと、さらに風力発電には興味もないことを痛感した。一方、欧州では風力発電のさまざまなロードマップが提案され、現在の風力発電の大規模普及の基礎を構築していた時代であった。

しかし、2000年代の地球温暖化現象の提起に伴って再エネが国際的な話題となり、さらに、震災・原子力災害により、再エネに正面から取り組む時代が日本にもやってきた。環境省をはじめとする調査では、風力発電のポテンシャルは国内の電力を賄うに十分なものであることが分かってきた。しかし、政府は電力の系統問題や経済性、そして発電の出力変動などの問題点を指摘し、現在でもエネルギー基本法に基づく「ベストミックス」では、風力発電は2030年に電力の1.7%、設備容量でおよそ10GWの目標にとどまっている。政府も最近では「キャップをかけていない(上限を設定していない)……」と修正の発言をするようになってきているものの、国民や産業界への明確なメッセージとはなっていない。

一方、国内でも洋上風力発電を普及させるために、発電所の適地を確保する港湾法の改正に続いて、昨年に「再エネ海域利用法」と呼ばれる新法が成立・施行された。これは、都道府県からの情報提供に基づき、一般海域における洋上風力発電の促進区域を国が決めるものであり、現在11区域の情報提供を受け、その中で4区域の促進区域候補としての協議、更にその中から長崎県五島市沖を促進区域の第1号に指定

した。新年度に向けて、さらなる情報提供が都道府県からあることを期待している。

しかしながら、国としてのロードマップがないと産業界への投資が十分ではなく、また、洋上風力発電事業へのさまざまな規制や拘束が残ってしまう。例えば、電力系統の現在の制約により、洋上風力発電の大規模展開が制限されているが、その制約を一日も早く取り除くことが必要である。

具体的にはどのようなロードマップが必要であろうか。実は、筆者らが、数年前に海洋基本計画に基づく政府の委員会で立案し、資料に記載されているものがある（文献②）。その中で、洋上風力発電の2030年の目標を電力の5%、設備容量20GWの設置を提言している。陸上風力発電の開発も同様に期待し、洋上と陸上を合わせて10%を賄うことになる。その理由は、政府の2030年の電力ベストミックスとして、太陽光7%を含めて再エネがおよそ22%、原子力発電が20%とされているものの、国民の理解として原子力発電の20%は非常に難しく、10%程度を維持するにとどまると推測していることである。その減少分の10%を、洋上風力発電を中心とした再エネで助け合おうとの提言である。このような新しいロードマップを構築し、一日も早く、風力発電の大きな目標の下に、関係者が力を合わせる機会が来ることを望んでいる。

風力発電は、一カ所に集中した発電所ではなく、国内に広く配置され、地域のエネルギー産業と呼ぶにふさわしい発展を期待できる。洋上



千葉県銚子沖の洋上風力発電設備。
左は気象観測用のタワー（2017年、朝日新聞）

風力発電であれば、これまで海域を利用し、海を守ってきた漁業者を中心とした利害関係者の調整が必要である。これらの過程で、地域に根差し、地域の発展と結びつき、風力発電設備がその地域のシンボルとなることを期待している。

結び

以前、世界遺産に指定されているオランダ・キンデルダイクの美しい風車群を見る機会があった。およそ300年前から海面より低い土地の灌漑に利用され、それぞれの風車小屋には風車守の家族が生活していた。現在も週末には風車を運転し、多くの観光客を受け入れている。地域に貢献する風車群に対して、その美しさを評価することはあっても、騒音などの環境問題を指摘する人はいない。風というエネルギー密度の低い「燃料」を利用しているため、どうしても筐体が大きくなり、現代では、景観などを含めて環境問題が指摘される場合がある。しか

し、オランダでは地域の生活に大きく貢献していることを住民は承知していて、風車と共存している姿を知ることができた。

電力やエネルギーを得るための機械やシステムは、原子力発電も含めて、それぞれ長所と短所を持ち合わせている。近代の風力発電設備はまだ歴史が浅く、時々、トラブルを起こすこともあるが、幸いにも住民をけがなどに直接巻き込む事故は起きていない。原子力災害と比較すべくもないが、風力発電は、あくまで地域の方々と共存できる、持続可能かつ経済性のあるエネルギーシステムと言える。

再エネの中では、太陽光発電を抑えて、風力発電が最も経済性のあるシステムと世界では評価されている。陸上に続き、洋上風力発電が普及すると、さらに大規模となり、日本でも確実に主力電源に成長すると見込まれる。その一方、地域共存を忘れてしまうと、住民からの理解が得られず、適地の確保が極めて難しい状況になることは自明である。

世界遺産のオランダ風車を一つのお手本として、地域の活動と密着したウィンドファームの普及促進を目指して活動を続けると共に、風力発電の普及促進を目指す世界的な水準のロードマップを提案し、政府への働きかけを強めていきたい。

参考文献

- 文献1「Our energy, our future. WindEurope2019.
<https://windeurope.org/about-wind/reports/our-energy-our-future/>
- 文献2「新海洋産業振興・創出PTの参事会議への報告」主査・湯原哲夫 pp.30、2014
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaifuou/sanyo/sanyo_iken_20140522.html



その6

日本の再生可能エネルギー政策と森林環境

都留文科大学地域社会学科教授

高橋洋

スウェーデン人のグレッタ・トゥンベリさんの訴えを紹介するまでもなく、気候変動危機への抜本的対策が急務となっている。その最大の柱は、再生可能エネルギー（以後、再エネ）の導入である。10年ほど前までは再エネに頼ることはできないと言われてきたが、近年は世界的に大量導入が進んでいる。その代表格は風力と太陽光であるが、木質バイオマスも重要な再エネの一つである。本稿では、世界と日本の再エネの状況を概観しつつ、森林環境が提供してくれる貴重なエネルギーである木質バイオマスの価値と課題を紹介したい。

再エネの世界的な大量導入

どうして今、再エネなのか？ それは、現代社会において人類が利用しうる、唯一の持続可能なエネルギーだからである。再エネとは、水力、風力、太陽光、地熱、バイオマスといった、自然環境がほぼ自動的に再生産してくれるエネルギーを指す。地域差はあるが、どの国にも大きな賦存量がある。枯渇することはなく、輸入する必要もなく、ほとんどが燃料費ゼロで入手できる。そして、温室効果ガスをほぼ排出せず、放射性廃棄物の問題もないなど、相対的に自然

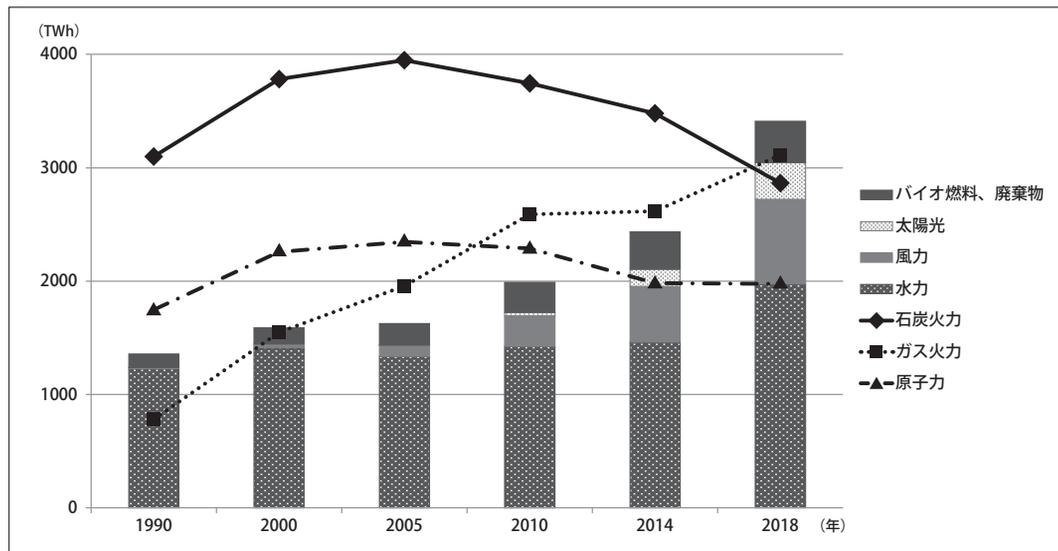
環境に優しい。

このように理想的な条件を備えたエネルギーであるからこそ、人類は古代から風車や水車を、そして薪炭を大量に利用してきた。その結果、森林破壊が進み、ローマ帝国の滅亡の一因になったとの指摘もある。いずれにしろ産業革命以降は、莫大なエネルギー需要を再エネが満たすことはできず、水力を除けば化石燃料の後塵を拝することになった。それだけ化石燃料はエネルギー密度が高く、従ってコストが低くなり、特に石油は内燃機関の燃料として利便性が高かった。

しかし、気候変動や大気汚染といった環境問題の深刻化、いずれ枯渇するという構造的問題から、化石燃料の時代は終焉に向かわざるを得なくなってきた。その過程で原子力に期待する向きもあったが、放射性廃棄物の最終処分問題や度重なる過酷事故により、事業運営上も持続可能ではないとの認識が優勢になった。こうして人類は、再エネに回帰することになったのである。

それでも再エネは、エネルギー密度が低いために広い場所を必要とする上コストが

図1 OECD 諸国の電源別発電電力量の推移



出所：IEA, Electricity Information 2007, 2016, 2019 より筆者作成。2018年の数値は予測

高く、更に雨の時には発電できないなど出力が変動するため、大量には利用できないとされてきたはずだ。ところがここ10年程度の間に、これらの制約は解消されつつある。特に風力と太陽光は、大量生産により発電設備の劇的な低コスト化が進んだ結果、今や最も安い電源と言われるようになり、各地で大量導入が進んでいる(図1)。

出力変動性については、送電網を使った地域間融通(広域運用)や火力発電の精緻な出力調整運転により、需要と供給を柔軟に調整することで安定供給を維持してきた。今後は電気自動車との連結などより構造的な対策が必要となるが、それが新たなイノベーションを起こすとの期待も高い。イギリスが北海で洋上風力の開発を急速に進め、中国が太陽光と風力で世界一の導入量を誇るなど、再エネは21世紀のエネルギー政策の最優先の手段となったと言えよう。

日本における再エネ政策の遅れ

再エネの世界的な大量導入の流れに対して、日本は取り残されつつある。太陽光は累積導入量が56ギガワットと世界3位に躍進したが、風力が世界18位など、伝統的な水力以外の再エネの導入量は限られている。その結果、2017年度の導入率(電源構成)では、水力が8.1%、それ以外の再エネは8%に止まっている。ドイツで水力が3%、それ以外の再エネが35%を占める(2018年)ことと比べれば、対照的である。今後の目標値という観点からも、日本の遅れは顕著である。2018年のエネルギー基本計

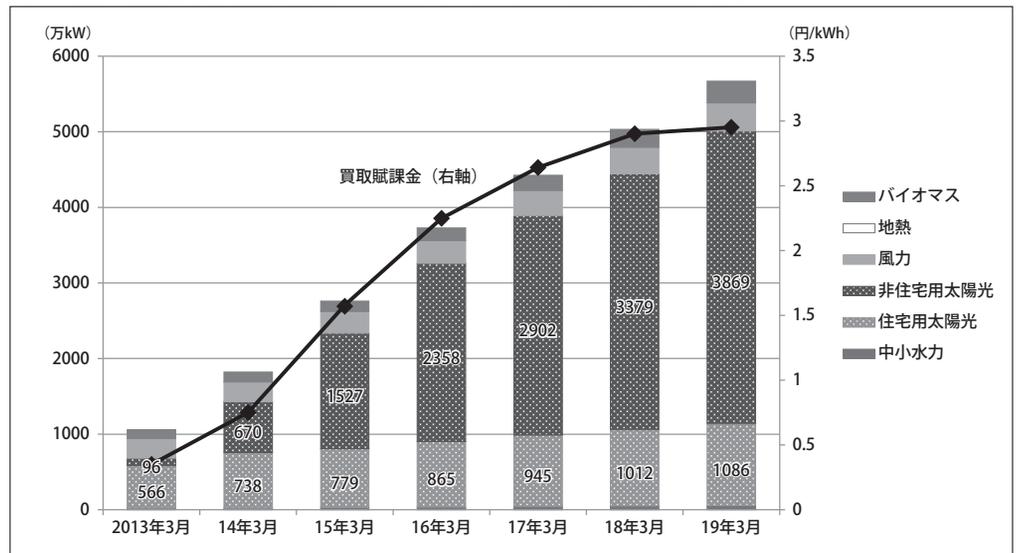
画では、再エネ電力の2030年の導入目標は22~24%とされ、2050年の目標は設定されなかった。一方、ドイツの導入目標は2030年に65%、2050年に80%である。トランプ政権が再エネに積極的でない米国でも、カリフォルニア州の導入目標は2045年に100%など、州レベルの取り組みは活発である。

なぜ日本のエネルギー政策において再エネの優先順位は低いのか? 第1の理由は、政府は気候変動対策として原子力に頼ろうとしてきたからである。2010年のエネルギー基本計画では、これまで30%弱の電源構成を占めてきた原子力の割合を2倍に増やすことが掲げられた。しかしこの方針が行き詰まっているのは、周知の通りである。

第2の理由は、地域独占体制が長らく維持されてきたからである。大手電力会社は、原子力や石炭火力といった集中型電源の開発を好む傾向にある。逆に新規参入者は、分散型の再エネの開発によって差別化しようとする。後者が実現するには自由化と発電電分離が不可欠であるが、日本は欧米と異なりこれらに慎重であった。結果として、大手電力会社の影響力が強く残り、再エネの開発には様々な障壁があった。

それでも日本は、福島第一原発事故後の2012年から再エネ電力の固定価格買取制度を導入した。前述の太陽光の急増はこれによるところが大きい。他の再エネはそれほど増え

図2 日本の固定価格買取制度対象の再生可能エネルギーの累積設備容量の推移



出所: 資源エネルギー庁ウェブサイト「なっとく! 再生可能エネルギー」より筆者作成

なかった(図2)。例えば風力は、太陽光と異なり環境アセスメントの対象になるため、設置のリードタイムが長くなり、導入が進んでいない。太陽光についても、短期間で大量の投資を集めたが、発電電分離が遅れたため系統接続問題が顕在化している。2018年からは九州で再エネ電力の出力抑制が始まっており、更なる導入は楽観視できない。

再エネとしての木質バイオマスの価値

バイオマスは再エネの一つである。間伐材や樹皮などの木質系、家庭ゴミや建設廃材などの廃棄物系、家畜の糞尿などをメタン発酵させたバイオガスなどに分類できる。動植物由来の有機性資源であり、不要物を燃料として使うのが基本だが、トウモロコシなど食料作物からバイオ燃料を作ることもある。

実は、再エネの中でも木質バイオマスはやや異色である。風力や水力が、日々の天気の影響は受けるにせよ、月間や年間といった単位では確実に再生産されるのに対して、木質バイオマスは再生産に30〜50年といった期間を要する。換言すれば、ペレットや燃料材は、石油や石炭と同様に燃焼により確実に消費してなくなるのであり、林業や植林活動が適切に機能すればという条件付きで、「再生可能」と認められるのである。

また消えてなくなると言ったが、その際には二酸化炭素を排出することにも留意が必要である。その時点で確実に二酸化炭素の排出量は増加するが、それは元々木々が生育する過程で空気中から吸収したものに由来するため、カーボン・ニュートラルと考えられている。換言すれば、その燃料材が再生産されなければ、真に気候変動対策上の価値があるとは言いがたい。

更に、風力や太陽光は国内に無尽蔵にあるため輸入することはないが、木質バイオマスには化石燃料に匹敵する調達コスト（燃料費）がかかるため、輸入も可能であるし、実際に行われ

ている。しかし、輸入するようであれば純国産とは言えず、エネルギー安全保障上の価値は下がる。さらに、熱帯雨林の違法伐採など再生可能でない方法で調達された輸入材であれば、むしろ環境にマイナスとの批判を受けることになる。

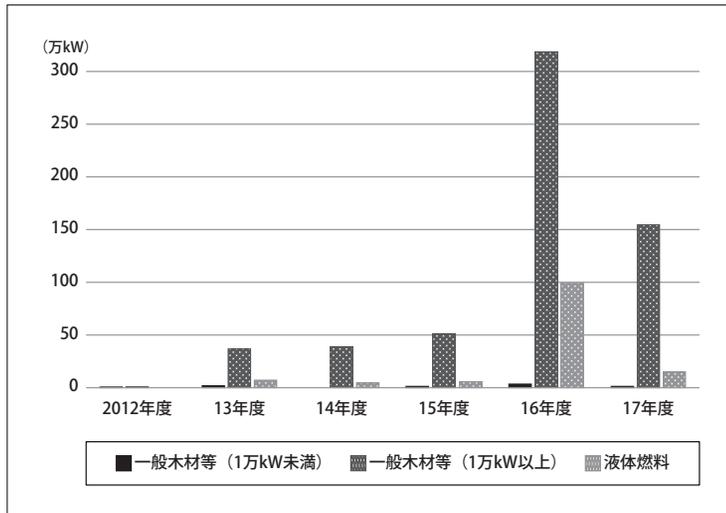
一方でバイオマス発電は、原理的には火力発電と同じであるため、出力調整運転が可能という価値がある。デンマークやドイツでは、風力や太陽光の出力変動に対して、バイオマス発電の出力を調整することで一定の対処を行っている。

日本における木質バイオマスの導入状況

本来日本は木質バイオマスの活用において恵まれた位置にあるはずである。日本の森林面積は国土の3分の2を占め、世界有数の森林国である。戦後に植林されたものが伐採期に達しており、森林資源は膨大にある。しかし、フィンランドやオーストリアといった林業国とは対照的に、木質バイオマスの活用は限定的である。太陽光発電（非住宅用4058万キロワット、住宅用1124万キロワット）と比べれば、全バイオマス発電の導入量は325万キロワットに止まる（2019年9月末）。

一方で、2015年3月の136万キロワットが4年後に2倍以上になるなど、バイオマスの近年の伸びは大きく（図2）、固定価格買取制度の効果と言える。また、運転開始に至る前の案件である設備認定量は、累積で851万キロワット（2019年9月末）に上っている。これもバ

図3 固定価格買取制度におけるバイオマスの年間設備認定量の推移



出所：資源エネルギー庁（2018）「バイオマス発電について」より筆者作成

バイオマス全体の数値であるが、多くが輸入に頼る大型の一般木材とパーム油等のバイオマス液体燃料の区分であり、2016年度に急増した（図3）。もしこれら全てが実現されれば、現状の導入量の4倍近い設備容量に達することになる。更に導入済みは620件であるため、1件当たりの規模は5242キロワットであるが、設備認定量の851万キロワットを件数で割ると、1件当たり1万3381キロワットとなる。要するに、近年は投資が増えるとともに、案件が大規模化しているのである。

このようにバイオマスに投資が集まっている要因として、買い取り価格が高いことが挙げられる。2019年度の買い取り価格は、一般木

質バイオマスで24円／キロワット時（10メガワット未満）、間伐材由来はさらに高く40円／キロワット時（2メガワット未満、2メガワット以上は32円／キロワット時）である。太陽光が当初の40円／キロワット時から14円／キロワット時（500キロワット以下）まで下がったことと比べると、魅力的な投資案件なのである。

日本における木質バイオマスの課題

一方で、日本の木質バイオマスにはいくつかの課題がある。第1に、固定価格買取制度の対象のうち、輸入により調達されたバイオマスが3割に達している（自然エネルギー財団 2019）。またこの中には、森林環境の持続可能性や地域住民の権利の上で問題のある、東南アジアからのパーム油等も含まれている（注）。エネルギー安全保障上の価値や環境上の価値が低い木質バイオマスが、固定価格買取制度を通して日本の消費者に高く買い取られているのである。

第2に、発電用途がほとんどで、熱供給には効果的に利用されていない。本来木質バイオマスは燃料であるから、熱利用した場合の効率性が最も高い。発電に使うとしても、排熱を再利用する熱電併給（コージェネ）とすることで、エネルギー効率を高められる。そのためドイツでは、固定価格買取制度において熱電併給に対して買い取り価格を上乗せしたり、地域熱供給網の建設に補助を出したりしている。しかし日本の固定価格買取制度にはそのような配慮がない結果、エネルギー効率の低い発電事業に投資が集中しているのである。

そもそも木質バイオマスを海外から輸入するには、一定の輸送コストがかかる。それでもなお輸入するのは、高い買い取り価格のお陰で採算が取れるからだろう。効率性の低い発電事業（モノジェネ）に投資が集まるのも、同じ理由である。再エネの導入を促進するために高くした買い取り価格が、結果的に持続可能な形での事業を阻害しているとすれば、本末転倒である。このようなバブルに近い状況では、増加する賦課金（図2）を負担させられる消費者はやり切れないだろう。

政府もただ手をこまねいていたわけではない。当初の固定価格買取制度では、規模別になっ ていなかった木質バイオマスの買い取り価格を、小規模が有利になるよう区分を設け、またパーム油に対しては持続可能性基準を設け、第三者認証を用いて確認することにした。これらの抑制効果が図3に表れているようだが、それでも後追いの側面が強く、抜本的な解決になっていないように思われる。

木質バイオマスの利用拡大のために

以上を踏まえれば、日本で木質バイオマスの利用を持続可能な形で拡大するには、以下のような施策を進めるべきであろう。固定価格買取制度において、地域に根ざした小規模案件や熱電併給に高い誘因を与える、海外産や自然環境に悪影響を与える木質バイオマスを抑制する、発電よりも熱供給をインフラも含めて推進するなどである。

本質的には、木質バイオマスは地域の林業の

副産物としての利用という前提に立つべきである。1本の木から建築木材を取り出すと半分が余ると言われるが、この廃棄費用すらかかる不要物をエネルギー利用することが、再生可能な価値につながる。要するに、木質バイオマスのエネルギー量は、林業（森林資源量でなく）の規模に規定されるのであり、その利用を拡大するには林業の振興が不可欠である。林業が盛んだからこそ、その副産物を活用するバイオマス事業も盛り上がり、それが副収入として林業の持続可能性を高める好循環を生む。バイオマス先進国のフィンランドやオーストリアでは、そのような合理的な仕組みになっているが、日本では林業自体が構造不況産業に陥っており、だからこそバイオマス利用が遅れているのではないか。

日本でも北海道下川町のように、地域での林業振興を前提として、地域主導で木質バイオマスの利用を進めている事例がある。自治体が熱導管も敷設し、地元の木質チップによる地域熱供給を行うことで、化石燃料の消費を減らしつつ雇用を生み、域内経済循環を進めている。このような取り組みが全国に広がり、持続可能な森林環境を前提として木質バイオマスの導入が進むことを期待したい。

（注）資源エネルギー庁（2018）「バイオマス発電について」によれば、固定価格買取制度による2017年度的一般木材等・液体燃料の設備認定量のうち、パーム油等を含むものが23%、PKS（ヤシ殻）を含むものが54%であった。

参考文献

自然エネルギー財団（2019）「地域型木質バイオエネルギー発電に関するFIT制度見直しの提言」



その7

熱帯の泥炭、永久凍土の行方

国立環境研究所

伊藤 昭彦

森林は陸域の約3分の1に分布し、それは赤道直下の熱帯多雨林から高緯度の亜寒帯林（タイガ）にわたっている。世界の森林の中には日本で見られる温帯林とは大きく様相を異にするものも多く、今回取り上げる熱帯の泥炭や永久凍土上の森林などはその例であろう。それらは単に異質な森林というだけでなく、地域の物質の循環や生物多様性、さらには炭素循環を

介してグローバルな気候にも影響を与えうる重要性を持つことが明らかにされつつある。また、熱帯の泥炭と永久凍土は、気候変動や土地利用など様々な人間活動の圧力に曝される脆弱な存在でもある。本稿では、熱帯の泥炭と永久凍土について、その特殊性と機能、今後考えられる変化について解説する。

土地利用に曝される熱帯の泥炭地

泥炭（ピート）とは、湿原のように過度な湿度のため植物の枯死物が分解を受けずに長年堆積したものを指す。通常の森林土壌では、土壌に適度に空隙があり酸素が供給されるため、微生物による分解作用がはたらいて鉱質土層が形成される。しかし泥炭地では、場所により数センチ以上の厚さまで有機物のみ堆積した層が形成され、その上に特有の植物相が生育する。泥炭地は熱帯から北極域まで散在し、場所によっては燃料や蒸留酒製造などに利用もされてきた。

近年明らかにされた泥炭地の著しい特徴は、その巨大な炭素ストックである（図1）。前述のように厚く有機物が堆積するため、単位面積あたりの炭素貯留量が極めて高く、平均してヘクタールあたり20000ト（場所により変動は大きい）、時には30000ト以上にも及ぶことがある（文献1）。その蓄積に要する時間は、放射性炭素同位体などを用いて計測されており、およそ厚さ1メートルあたり1000年程度と考えられている。泥炭はその特殊な性質のため、保水性が高いが栄養塩には乏しく、樹木が根を張るには不安定であるが、そのような環境に順



熱帯（マレーシア）の泥炭地上に造成されたオイルパーム園（筆者撮影）



アラスカの永久凍土上のトウヒ林（筆者撮影）

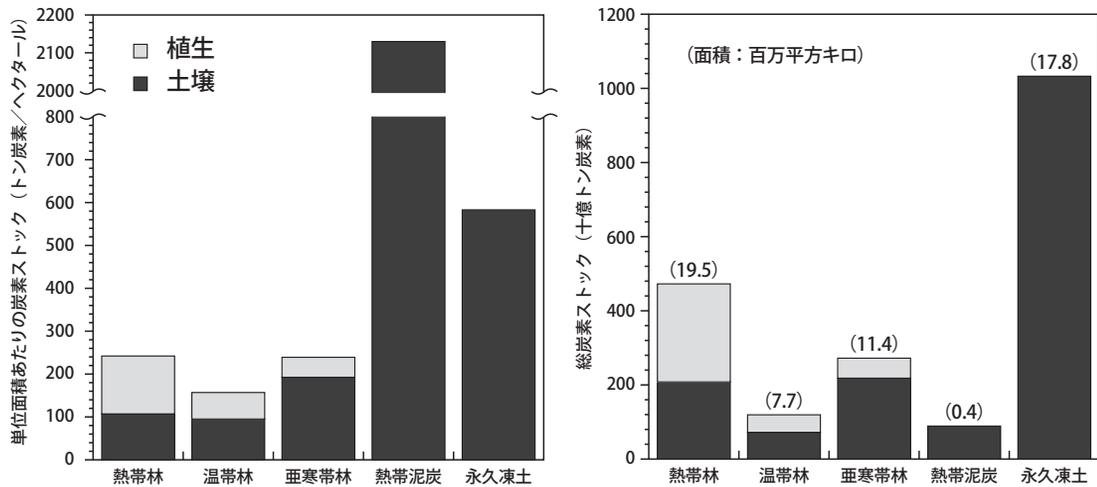


図1 炭素ストックの比較：単位面積あたりの平均（左）およびグローバルな総量（右）。永久凍土の一部は亜寒帯林を含む（出所：Panら(2011)、Pageら(2011)、Hugeliusら(2014)データより作図）

応じた樹木・低木・草本で構成される泥炭林が成立している。湿原の一種であり、動物や鳥類の生息地として生物多様性を担う重要な存在でもある。

熱帯の泥炭地は、気候的にも土壌的にも農地や居住地として適さなかったが、近年の人口増

加や経済活動によるプレッシャーのため土地利用が進められている。その典型例は、東南アジアにおけるオイルパーム、ゴム、コシヨウ等のプランテーション拡大に見ることができる。泥炭地を農地に転用する場合、水路を張り巡らせて排水を行うため、泥炭が急速に乾燥して好気的な条件となり分解が加速される。分解された有機物からは大量の二酸化炭素（CO₂）が放出されることになり、明らかに地球温暖化を加速する方向にはたらく。ここで問題なのは、もともとの泥炭地が放出していたもう一つの温室効果ガス、メタンを考慮するかどうかである。大気中でメタンはCO₂に対して（同じ重量・100年間で）約28倍の赤外線吸収能力があり、湿原は最大の自然メタン放出源とされている。しかし熱帯の泥炭地は、土壌の化学性がメタン生成に向かないためか、予想されたほどメタンの放出量が大きくない場所も多いらしい（ただしメタン放出が大きい熱帯湿原もある）。そのため、農地転用が泥炭地の炭素収支に与える影響としては、CO₂放出や溶脱による炭素の喪失が主な問題になる。泥炭の蓄積に長期間を要することは前述したが、それは失った泥炭の回復が徐々にしか進まないことを意味している。

熱帯の泥炭地に対する脅威は土地利用だけではない。気候変動も泥炭地に影響を与えており、その一つがエルニーニョ発生時に頻発する泥炭地での火災である。強いエルニーニョが発生する時期には、東南アジアで極端に降水量が減り、森林の乾燥によって大規模な火災の発生

を伴いがちである。その際、落雷や強風などの自然の原因だけでなく、伐採や焼畑などの人間活動が発火原因となることで、より火災が拡大しやすい。1997年や2015年はその典型であり、インドネシアなど東南アジアでは広大な熱帯林が焼失した。泥炭地の火災は、地面の下の乾燥した泥炭がくすぶり続ける特殊なもので、消火・鎮火までに長時間を要する。そこから放出された煤煙が都市域まで流れ、健康被害を及ぼすこともまれではない。泥炭地の火災からの放出量を推定することは難しいが、2015年の東南アジアの例では数億ト（例えば約2・3億ト）と日本の年間排出量に迫る規模（文献2）の炭素がCO₂、一酸化炭素などとして大気放出されたと考えられている。火災が頻発化すると、泥炭地を含む熱帯の生態系の衰退につながる負影響がますます強まることが懸念される。

気候変動に影響を受ける永久凍土

永久凍土とは年間を通して温度が0℃を超えない土壌を指し、主に周極域や高山の寒冷地に分布している。シベリアやアラスカ・カナダ、そしてチベット高原などが主要な凍土地帯であり、場所によってその厚さは数百メートルに及ぶ。中にはエドマ（氷楔）と呼ばれる巨大な氷の塊を含むこともある。永久凍土上であっても、夏季には地表近くに融解する活動層ができて植生も存在する。その中には東シベリアのカラマツ林や、北米のトウヒ林といった森林も含まれるが、凍土が障害となり浅くしか根を張ることができ

ず、栄養条件も概してよくないため樹高や立木密度は低くなりがちである。

気候変動やグローバルな炭素循環の観点から、凍土地帯は特に重要な地域として注目されている。凍土地帯は低温のため植生の生産力は低いものの、ツンドラと呼ばれる荒原となり厚い泥炭を蓄える部分も多く、そこに貯留されている炭素は莫大な量である（図1）。近年の研究では、周極域の凍土は1780万平方キロメートルに分布し、その炭素ストックは3倍までの深さでおよそ1兆350億トにも及ぶとされる（文献3）。これは大気中のCO₂に含まれる総炭素量を上回る規模であり、もし温室効果ガスとなって大気に放出されれば地球温暖化に著しい影響を与えることは想像に難くない。また、凍土の中には、最終氷期以降の植物の枯死物や、そこから発生したCO₂・メタンの気泡が凍結状態で封入されている。

周極域や高山域では、地表を覆う積雪が早く解けることで温度上昇が加速されるなどの理由で、温度上昇が他の地域よりも速く進むと考えられている。いち早く現れる影響として、森林の樹木種がツンドラに進出して分布を広げるなどの植生分布の変化がある。人工衛星による植生活動の監視データは、最近30年ほどの間に北半球の植生が活発化してきたことを示しているが、その中には凍土が分布する周極域も含まれる。東シベリアなどでは、沙漠並みに少ない降水量にもかかわらずカラマツ林が成立する要因の一つとして永久凍土による土壌水分の保持があるため、永久凍土の消失は森林の存続にとっ

て脅威となりうる。気候変動に伴う永久凍土の融解とそれに伴う植生の変化は、一度発生すると元の状態に復元することが困難な地球システムの中の「臨界現象（ティッピング・エレメント）」の一つと考えられている。植生の変化は、炭素ストックや光合成によるCO₂吸収量だけでなく地表のエネルギー収支を変化させ（植生の増加は反射率の低下により日射を吸収しやすくするなど）、地球温暖化に複雑な影響を与える。

温度上昇に伴い、融解した凍土中の古い枯死物や地表近くの泥炭が分解され、温室効果ガス（CO₂やメタン）となって大気に放出されるおそれがある。現在のところ、永久凍土から大量の温室効果ガスが放出されているという確かな証拠はないが、このまま温暖化が進めばメタンなどが一気に放出される時期が来ると考えるものは多い。さらに、凍土地帯であっても夏季には20℃程度まで気温が上昇することもあり、そこに少雨による乾燥が重なると火災が起こりがちな条件になる。もともと亜寒帯林では落雷などが出火元となる野外火災が頻発する地域であるが、近年では人為的な原因による火災が増えている地域もある。将来の温暖化とともに乾燥化が進めば、火災が頻発してさらに温室効果ガスやスス（ブラック・カーボン、地表や雪氷のエネルギー収支に影響を与える）など大気に影響を及ぼす物質の放出が増える可能性もある。

泥炭と凍土の現状と将来予測

泥炭や凍土は地表下にあり、その分布や機能

を広域で評価することは容易ではなかった。しかし、近年では、泥炭は世界の土壌調査データや人工衛星データを用いた湿原マップ、永久凍土は掘削（ボアホール）調査データ等に基づいて分布図が作成されている。また地点数は限られるが層の厚さと炭素量を調査したデータから、炭素貯留量の推定も行われている。熱帯泥炭に関しては、インドネシアやマレーシアなどの東南アジアが主要な分布地と考えられてきたが、最近の調査ではコンゴ盆地にも広大な泥炭地が見つかっている（文献4）。

気候変動の観点では、熱帯の泥炭や周極域の永久凍土は、影響がいち早く顕在化しがちな脆弱性の高い領域として注目される。熱帯の泥炭地は、前述のように農地転換が大きな減少要因になっているが、オイルパームでは食用だけでなくバイオ燃料の一種、つまりエネルギーとしても利用が拡大しつつある。一方、永久凍土地帯では化石燃料や鉱物資源の採掘が一部行われているものの、永久凍土の減少を招く主な要因は気候変動による融解と考えられる。泥炭や凍土は地球上での分布が偏っており、気候や植生との相互作用など様々な要因が絡むため将来の減少速度を予測することは簡単ではない。しかし、泥炭や凍土は炭素の大きなストックであり、長期的に炭素を隔離する機能がある。それが失われてCO₂やメタンを大気に放出すれば温暖化の加速を招くことは明白であり、現状を把握して予測を行い、適切な対策を講じることが重要な課題である。

気候変動の予測には、大気や海洋の運動に関

する方程式を数値的に解く大気海洋大循環モデルが用いられてきたが、2000年代以降は陸域や海洋の炭素循環を取り入れた「地球システムモデル」も開発利用されている。それまでの予測では人為的なCO₂放出量に対応した大気濃度のシナリオを用いていたが、海洋や陸域によるCO₂吸収量の変化（炭素循環のフィードバック効果）が温暖化の進行を左右することが分かってきた。地球システムモデルの中で、泥

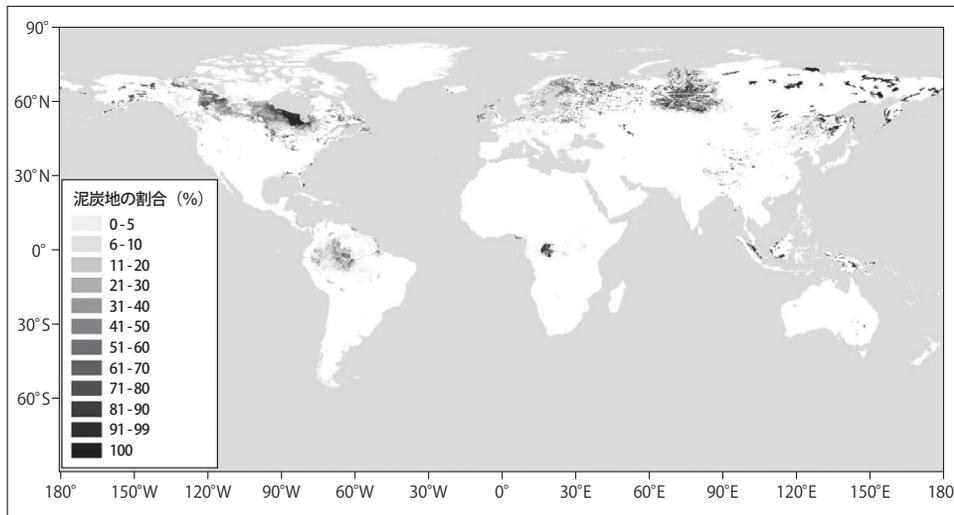


図2 世界の泥炭地の分布（出所：リーズ大学・PEATMAP作成）

炭や永久凍土がどのように応答するかは重要な問題であるものの、まだクリアな結論は得られていない。2013年14に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次評価報告書には、世界の19気候モデルによる凍土面積の予測結果が示された。温暖化対策が進まない限りゆきシナリオでは、世界の凍土面積は21世紀末までに半減からほぼ消滅する予測となり、積極的に対策を進めるシナリオでも大幅

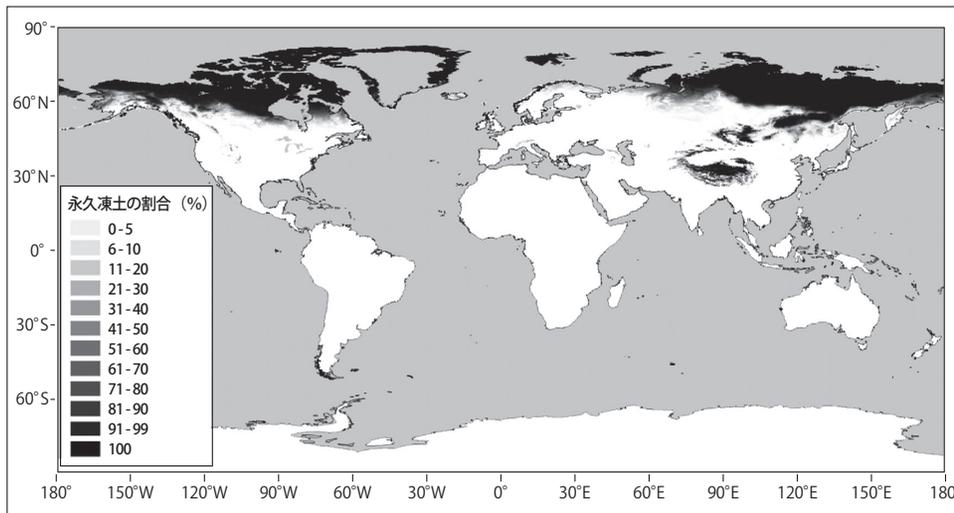


図3 世界の永久凍土の分布（出所：オスロ大学・GlobPermafrost データより作成）

な縮退が示されていた。しかし、モデル間で現状の凍土面積に大きな差があるなど、その推定結果には大きな不確実性が残されている。湿原を含む泥炭は、分布が不均質でさらにモデル化が難しい上、人間活動による影響をどう扱うかなど課題も多く、まさに予測に向けた研究が進められている段階である。

地球温暖化対策と泥炭・凍土

泥炭地や永久凍土の保護は、地球温暖化の防止だけでなく生物多様性の保全など、持続可能性の様々な観点で重要である。泥炭地や熱帯林の消失を伴うオイルパームなど商品作物の栽培拡大は国際的に注目される問題となったため、環境負荷の少ない持続可能なパーム油生産に対する認証制度も設立されている。また、健康被害や炭素放出を抑制するため、泥炭地火災の監視や防止も提案されている。永久凍土に関しては分布域が広いため、居住地や工業地域を除くと直接的な保全は難しいが、包括的な気候変動対策の中でそれを実現していくべきだろう。泥炭と凍土は、日本に住む私たちにとって身近な存在ではないかもしれないが、地球環境の中では特別な役割を果たしており、その現状と機能に関する関心を持ち理解を深めていくことが望まれる。

参考資料

- 気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書 2013年
文献1 Page 5 (2011) Global Change Biology 17: 798-818
- 文献2 Huijnen 5 (2016) Scientific Reports 6: 26886
- 文献3 Hugelius 5 (2014) Biogeosciences 11: 6573-6593
- 文献4 Dargatzis 5 (2011) Nature 512: 86-90
- 文献5 Pan 5 (2011) Science 333: 988-993



その8

森林エネルギーによる内発的発展

NPO法人しもかわ森林未来研究所研究員

春日隆司

下川町は、北海道北部に位置する、人口約3200人の町である(図1)。夏は最高気温が30℃以上、冬は最低気温がマイナス30℃以下となり寒暖の差の激しい地域である。面積は、東西約20キロメートル、南北約30キロメートルで、約6万4000人(東京23区とほぼ同じ面積)を有し、そのうち約5万6000人が森林である。森林の配置は、市街地を中心にドーナツ状の部分が多量な民有林、その他の約9割が国有林となつて

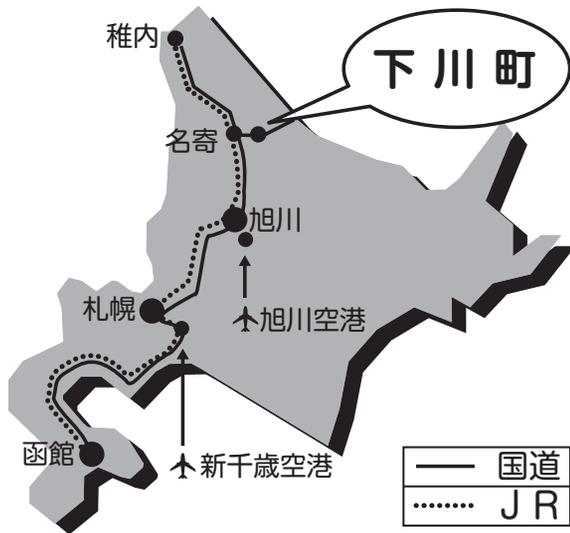


図1 下川町位置図



下川町有林

いる。

かつて「下川町は資源の上にあぐらをかいている町である」といわれたほど、銅山などの鉱業で栄えた。1960年の国勢調査では、1万5000人を超す人口を数えていた。鉱業のほか、町内には二つの営林署が存在するなど森林・林業も大変栄えていた。

しかし、経済や社会状況の変化により、鉱山

の休山、安価な外材輸入による林産業の衰退、営林署の統廃合、JR名寄本線の廃止など非常に厳しい状況が続き、1980年の国勢調査では、全国4番目の人口減少率を記録した。

2012年頃から転入者が転出者を上回る年もあり、国の政策誘導もあつて人口減少に一定の歯止めがかかつてきているとはいえ、現在も人口減少は続いている。少子高齢化の進行や地場産業の衰退、労働者の人材不足など、地域を取り巻く環境は大変厳しい状況が続いている。

持続可能な循環型森林経営

下川が今日あるのは、半世紀以上にわたりいわずに植林を続けてきたからである。1953年、町は国有林1221人を買収することを決断し、本格的な町有林経営をスタートさせた。このとき町が始めたのが循環型森林経営である。毎年50人を伐採し50人を植林することを60年サイクルで繰り返し、持続可能な循環型の森林経営を実現しようとするものである(図2)。毎年50人に木を植えられること半世紀、1年生から50年生までの森林が永続的に生産が可能な森林資源となっている。

それらを担ってきたのが森林組合である。本

(写真・図はいずれも下川町提供)



図2 循環型森林経営のイメージ

来なら民間に委ねる事業であるが、植林から伐採までは半世紀かかる。リスクや収益性の把握も難しく公的な役割がある森林組合が担うことによって、その継続性を担保し、持続的な森林・林業・林産業の雇用の場をつくってきた。

この基盤を築ききつかけとなったのは1981年の湿雪災害である。大切に育ててきた森林が大きな打撃を受けた。町と森林組合は、被害木を何とか生かさそうと試行錯誤を重ね、被害木カラマツの木炭化に成功した。さらに、パーベキューセットの開発、高度な木炭製造手法の開発などにも成功した。その後も、木炭の土壤改良材開発、木炭製造時に出る煙を冷却することによって出る木酢液を間伐材に煮沸含浸させる防腐材の生産、トドマツ葉からアロマオイルを抽出する事業など森林の恵みを余すところなく使う森林クラスター事業に取り組み、これが全国的なモデルとなった。

さらに2003年、森林管理の国際認証であるFSC森林管理認証を取得している。この取得は、1998年から、森林・林業・林産業を

ベースに地域産業の発展方向、新たな産業創造、産業連携等を研究する下川産業クラスター研究会で議論を重ねながら描いたグランドデザインが基本となっている。

森林のCO₂吸収機能の資金化

1997年に京都議定書が批准され、森林の持つ環境価値の数値的評価が国際的になされた。そこで、下川町有林の森林吸収源を市場メカニズムによって資金化できないかと2002年、全国に先駆け「自治体経営林のCO₂吸収権」を主張した。「見えないものを販売するのは適当でない」などいろいろな意見や批判をいただいた。オーストラリアなどでは森林が吸収したCO₂を炭素権として森林所有者に認めている例もある。賛否両論はあるが、炭素権の帰属が森林所有者にあるとするならば、森林地域への資金投入が活性化され、森林整備の促進とともに森林に関する雇用の場が創出され、経済は潤い、地域の活性化が図られ温暖化対策にも大きく貢献することとなる。

そこで2006年、「森林吸収源を活かしたカーボン・オフセット（排出されるCO₂を投資などによって埋め合わせる）」の具現化に向け、下川町の提案で、北海道内の足寄町・滝上町・美幌町を加えた4町で協議会を設立し、独自の制度設計を進めた。こうした中、2008年、国では「我が国におけるカーボン・オフセットのあり方について（指針）」がとりまとめられ、J・V E R制度（カーボン・オフセットを行う際に必要なクレジットを発行・認

証する制度）が創設された。これを受けて、4町協議会は信頼性を確実にするために、この制度に準拠することとした。この取り組みは、国内2カ所とともに下川町が全国初の森林吸収クレジットとなった。

4町の取り組みは、単にCO₂の吸収クレジットを資金の対価として移転、引き渡すのではなく、趣旨に賛同いただける環境先進企業・団体等と「森林づくりパートナーズ基本協定」を結び、森林づくりなどを協働で行うことに対して、協賛金、寄付金などの資金提供を受け、一方、4町からのJ・V E R制度に準拠したオフセット・クレジットを引き渡すものである。現在約1億7000万円の資金化が図られ、森林関係への投資経費として有効に活用されている。

森林バイオマスエネルギー利用

下川町では2000年から、森の恵みを余すところなく活用する理念に基づき、森林バイオマスエネルギー利用の取り組みにチャレンジしてきている。まず情報収集から始まり、資源の賦存量調査など新エネルギービジョンを作成した。2005年には北海道で初めて、公共施設で最もエネルギー消費とCO₂を多く排出している温泉施設の加温に180^{キロワット}の木質バイオマスボイラーを導入した。その後、2006年に幼児センター、2008年にトマト育苗施設、2010年に役場周辺施設、2011年に高齢者複合施設と町営住宅、2013年に一の橋バイオビレッジ、2014年に小学校・病院



地域熱供給システム（ボイラー）

へと公共施設に逐次木質バイオマスボイラーを導入した。現在では11基30の公共施設に熱を供給しており、公共施設の約7割の熱は木質バイオマスボイラーで賄われ、約5000万円の燃料コスト削減効果が発現している。

木質バイオマスボイラーの導入は、化石燃料に頼らずCO₂削減と地域資源を活かした持続可能な地域社会の創造に資するものである。バイオマスボイラーには、原料となる燃料用チップの確保が不可欠となるが、町では、町有林施業から生じる林地残材や未利用材などを活用している。

化石燃料からバイオマスエネルギーへの転換を進めるためには、大きな影響を受ける既存事



木質バイオマス原料製造施設

業者の理解と合意が不可欠であり、業種転換を促進する誘導策との一体的な取り組みを総合的に進めなければ解決しない。

そこで、転換するにあたり、木質バイオマス原料を製造する施設を町が整備し、地元で化石燃料等を販売している3社が「エネルギー供給協同組合」を立ち上げ、この組合がバイオマスエネルギーの原料製造と販売を行うこととした。

森林バイオマスと子育て

公共施設での化石燃料から森林バイオマスエネルギーへの転換によるコスト削減効果は、化石燃料の価格変動にも大きく左右されるが、従



森林整備（間伐）

前では年間約1億円支出していた公共施設の燃料代（重油代）が8000万円ほどになっている。今後さらに森林バイオマスへのエネルギー転換を進め、2022年には削減効果を5800万円まで増やすことを目標にしている。

木質バイオマスボイラーの導入は、CO₂削減効果や富の流出抑制だけではなく、地域の住民や産業にも大きな効果をもたらしている。

町では2013年、「木質バイオマス削減効果活用基金」条例を制定し、公共施設の燃料代削減分を基金として積み立て、再生可能エネルギーボイラー更新費用と子育て支援事業にそれぞれ2分の1を充てることとした。

子育て支援事業として、中学生までの医療費無料、2歳未満の子育てに商品券支給（乳児1人につき月額3000円）、学校給食費の2割減額、不妊治療費支援、幼児保育料1割減額、予防接種助成、絵本プレゼントを行っている。こうした森林バイオオマスをめぐる取り組みは、子育て世代が地域で安心して子育てできる環境づくりにつながるとともに、町民への森林バイオオマスの普及にも大きな意義がある。

人口の流出、経済の低迷、外部依存、自己財源の確保など森林を基盤とする農山村の自治体にあつては課題が山積するが、域外に流出していた燃料に係るエネルギー資金を内部化するこ

とによつて富が域内で循環するシステムを築くことが、いわゆる内発的な地域発展につながるものであり、足腰の強い地域経済を構築していく点からもその有効性が高いといえる。

森林と自然エネによる内発的發展

町の域内総生産は年間215億円（うち農業26億円、林業・林産業33億円）。そのなかで域外に流出する電気・燃料費の金額は12億円（うち電力5億円、石油等7億円）。これまでの森林バイオオマスエネルギーの取り組みを進め、地域で森林バイオオマスによるエネルギー自給を試

算した場合、域内生産額は28億円増、雇用も100人ほど増加、林業・林産業の生産額は7億円増えることが見込まれる。地域資源を活用した内発的な発展をいかに深化させていくかが今後極めて重要であり、その本気度と具現化が試されることとなる。

世界風力エネルギー協会は2011年、①地域の利害関係者がプロジェクトの大半もしくはすべてを所有している、②プロジェクトの意思決定はコミュニティに基礎を置く組織によつて行われる、③社会的・経済的便益の多数、もしくはすべては地域に分配される、というコミュニティパワーの三原則を定義し採択しているが、これに照らし合わせてみると、下川町の森林と自然エネルギーの取り組みは、利害関係者である町が所有し意思決定しており、便益のすべては地域に分配されている。このように、森林バイオオマスエネルギーの取り組みを進めるにあつては、「外部からの制御から脱して、自身の立てた規範に従つて行動する」(注1)必要がある。

下川町における森林と自然エネルギーの取り組みは、外部に地域振興を委ねるのではなく、地域の主体性を基本とし、地域資源である森林を活用し、そして地域の資本が投入され、地域内に好循環をもたらす、内発的發展の有効性が実証されている具体的な事例として特出するものである。

また、町では森林、土壌、川の水などの自然資本の価値評価も行っている。一部独自の評価手法を用いながらであるが、その評価額は約

1000億円となっている。

これらの地域資源を地域における貴重な資本ととらえ、企業や都市自治体などとも連携し、いかに価値化していくか、当NPOでは研究を進め提案しながら具現化を目指しているところである。

下川町の地域づくりは、先人が築いてきた循環型森林経営から森林のCO₂吸収機能の向上、森林バイオオマスの取り組みなどによる内発的發展を基盤として、グローバルな視点で行動はローカルで進められているが、下川町の「内発的發展」が、決して町独自の意思や政策だけではなく、国の政策意図との良好な連携関係の中で実現してきたということである。地方自治は重視されるべきではあるが、地方の財政状況が厳しくなる中で、国の補助に頼らざるを得ないという現実がある。他方、現在、国は国家的課題の解決に貢献する自治体を選別する姿勢を強く押し出してきた下川町であっても、今後安閑とはしてられない。下川町は、そうした国の変化を敏感に察知し、より一層工夫を凝らしたアプローチが求められている(注2)。

このように、時代の変遷とともに循環型森林経営の見直しや森林と自然エネルギーの新たな関係性、そしてコロナ禍時代の理念ある移住定住政策など大きな転換期を迎えている。

注1 内発的發展論と日本の農山村(保母武彦)

注2 下川町は再び「発展」できるか(北大年報公共政策学, 12
159-176坂本雄)



その9

私たちの生活の中にある木材は炭素の貯蔵庫

東京農工大学 加用 千裕

森林から得られる木材は、古くは薪や木炭として、現在は建築や家具の材料、紙の原料としても利用され、私たちにとって身近な資源である。近年は特に再生可能エネルギー源としても注目されている。持続可能な森林管理に基づいた木材の有効利用は、地球温暖化の緩和や持続可能な社会を目指す上で重要な役割を担う。特に温暖化対策としては、木材の樹木が成長過程で大気中から吸収固定した炭素を伐採後も建築物などへ長期間貯蔵し続ける効果（炭素貯蔵効果）が注目されている。さらに、木材よりも生産・加工などのライフサイクルにおける化石燃料消費量が大きい材料を木材へ代替することにより、化石燃料消費量を減らす効果（材料代替効果）や、化石燃料を木質バイオマスエネルギーへ代替することにより、化石燃料消費量を減らす効果（燃料代替効果）も期待でき、京都議定書やパリ協定といった国際的な取り組みでも重要視されている。本稿では、世界と日本の木材利用のこれまでの状況を概観した後、特に木材の炭素貯蔵効果を取り上げ、京都議定書やパリ協定での木材の役割や動向を紹介し、私たちの生活の中にある木材が炭素の貯蔵庫として機能していることをお伝えする。

世界の木材利用は半世紀で1.6倍に増加

まず、世界の木材利用のこれまでの変化を炭素量で見よう。図1は1961～2018年の世界の年間丸太利用量（炭素量）の推移を示している。2018年の世界の丸太利用量は約9億炭素トン（t-C）／年と推定され、過去57年間で約1.6倍に増加した。このうち、産業用丸太は主に製材、合板などの木質パネ、紙の原料のパルプ用チップなどに加工・利用されるが、その利用量はこの間2倍に増え、近年は特に中国の増大が著しい。1990年代前半の利用量の減少傾向は1991年のソビエト連邦崩壊、2009年の急激な減少は前年に起きたリーマンショックによる世界経済の悪化が影響している。一方、燃料用丸太は2018年に産業用丸太とほぼ同量が利用されている。ただし、これらの多くは近年先進国を中心に高性能技術とともに導入されているエネルギー利用ではなく、主に途上国における伝統的な薪炭利用である。

日本の木材利用は近年増加傾向

次に、日本の木材利用の状況を見てみよう。

図2は1955～2017年の日本の年間木材利用量の推移を炭素量で示している。戦後の復興とその後の高度経済成長によって利用量は大きく増え、1973年に過去最高の約0.28億t-C／年を記録した。その後、第一次オイルショックを契機に減少と増加を繰り返し、1990年代中頃まで0.25億t-C／年前後で推移した。1997年の消費税増税前のピークを最後に減少傾向に転じ、特に、2009年は前年に起こったリーマンショックの影響によって約0.15億t-C／年まで大幅に減少した。しかし、その後は徐々に増加傾向にあり、2017年には約0.19億t-C／年まで回復している。用途ごとに見ると、製材用材の約8割は建築用で、特に木造住宅の需要に大きく影響を受ける。利用量は1973年にピークに達した後、木造住宅着工数とともに減少し、2009年に過去最低となった。その後もピーク時の4割程度で推移している。合板用材も製材用材と同様に主に木造住宅の動向に影響される。パルプ・チップ用材は、紙・板紙の需要に大きく依存し、1990年代前半まで急成長を遂げた。しかし、1995年にピークを迎えた後は減少傾向が続き、2009年には大幅に減

少した。その後はほぼ横ばいで推移している。燃料材は1960年代まで薪や木炭などの燃料形態でエネルギー源として多用されていた。その後の化石燃料の台頭によってほとんど利用されなくなっていたが、近年は再生可能エネルギーへの注目を背景に木質バイオマスエネルギーとして再び利用量が増加している。現在は発電や熱供給用のチップ、ペレット、薪、炭などとして利用されている。

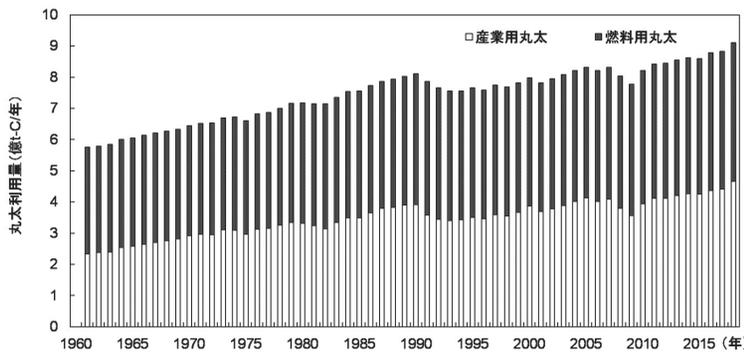
京都議定書からパリ協定へ

京都議定書は、1997年に京都で開催された第3回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP3）で採択された議定書であり、先進国の二酸化炭素などの温室効果ガスの削減目標を定めている。この議定書では、削減目標を達成するために、森林の二酸化炭素吸収量を活用することも認めている。2008～2012年の第一約束期間には、森林から伐採・搬出された木材（伐採木材製品・HWP）に貯蔵されている炭素は搬出時点で大気中に排出されると見なすこととなり、建築物などに長期間利用されていてもその炭素貯蔵量の変化は評価しない決まりであった。しかし、2013～2020年の第二約束期間には、HWPの炭素貯蔵量の年変化を各国の温室効果ガスインベントリ報告に計上することとなった。

ここで問題になるのがHWPの貿易上の取り扱いである。HWPは輸出入によって国間を移動するため、輸出入材をどこの国のHWPとして計上するかが問題となる。そのため、蓄積変

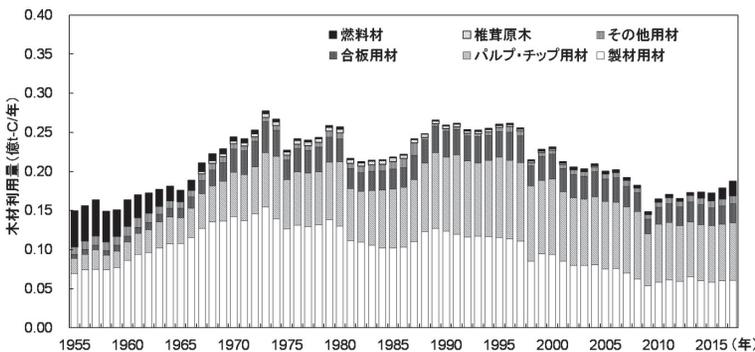
化法、大気フロー法、生産法など、HWPの貿易上の取り扱いが異なる複数の評価アプローチが過去20年以上にわたって提案・議論されてきた。例えば、蓄積変化法は自国で利用されるHWPを対象とするアプローチで、自国内で生産・利用されるHWPに加えて、他国から輸入されるHWPは対象となるが、他国へ輸出されるHWPは対象とならない（文献1）。一方、生産法は自国の森林から生産されたHWPを対象とするもので、輸出されるHWPは対象となる一方、輸入されるHWPは対象外となる（文献1）。各国の貿易状況は異なるため、どのアプローチを用いるかによって有利あるいは不利になる国が出てくる。例えば、輸入材に依存しながら木材利用量を増やしている国は蓄積変化法が有利になり、木材生産量や輸出量が増えている国は生産法が有利になる。このような問題に関して国際

図1 世界の年間丸太利用量（炭素量）の推移



出典：国連食糧農業機関（FAO）「FAOSTAT」の丸太消費量（ m^3 /年）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の炭素換算係数（ $0.229t-C/m^3$ ）（文献3）に基づき著者作成

図2 日本の年間木材利用量（炭素量）の推移

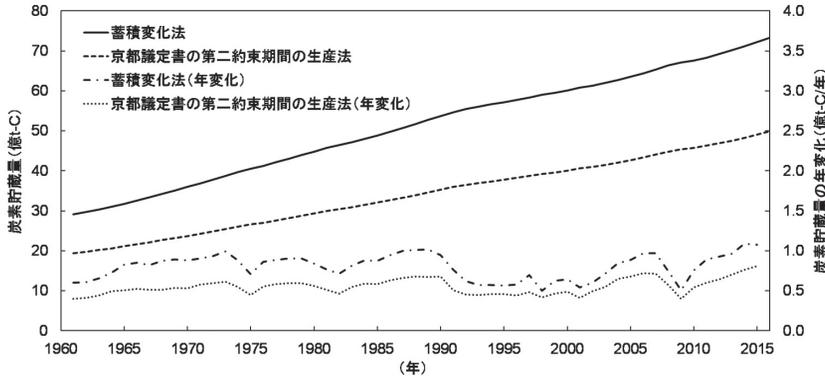


出典：林野庁「木材需給表」の木材需要量（ m^3 /年）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の炭素換算係数（ $0.229t-C/m^3$ ）（文献3）に基づき著者作成

的に様々な議論がなされたが、2011年のCOP17にて、京都議定書の第二約束期間には生産法が採用されることとなった（文献2）。この第二約束期間の生産法では、対象となるHWPは製材、木質パネル（合板・木質ボード）、紙・板紙に限定され、自国の森林から伐採された丸太のうち他国のHWPの生産のために輸出された丸太はどこの国にも計上されない、木材の材積から炭素量へ換算する係数に蓄積変化法（前述）よりも小さい値が用いられているなどの特徴がある（文献3）。

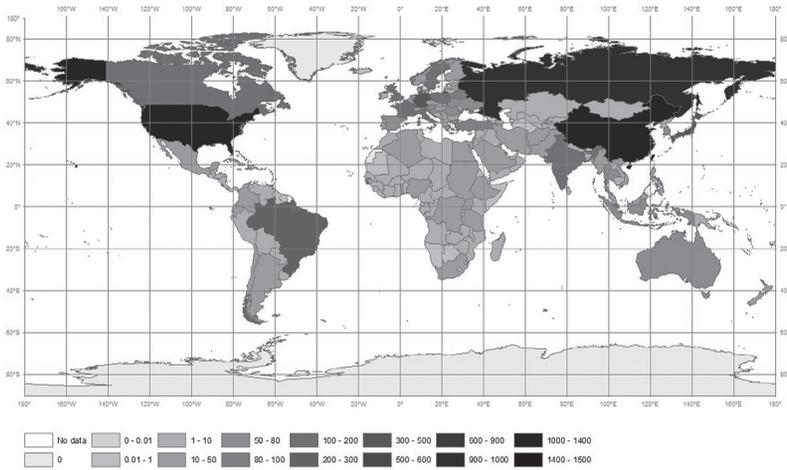
京都議定書後の国際条約であるパリ協定は、2015年にパリで開催されたCOP21で採択

図3 世界のHWPの炭素貯蔵量と年変化の推移



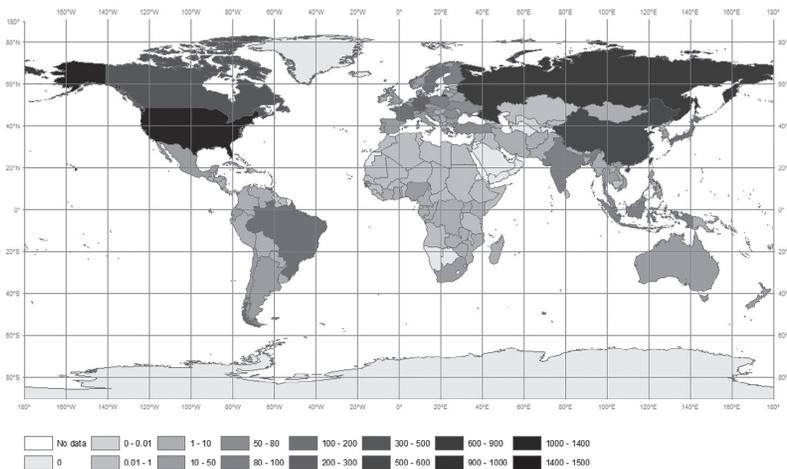
出典：(文献5)に基づき著者作成

図4 蓄積変化法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布 (単位:百万t-C)



出典：(文献5)

図5 京都議定書の第二約束期間の生産法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布 (単位:百万t-C)



出典：(文献5)

され、温室効果ガスの大幅削減に全世界が取り組む2020年以降の新たな枠組みである。このパリ協定においても、HWPにどのアプローチを採用するかが問題となった。2018年のCOP24にて、国ごとの事情に配慮し、各国が自由にアプローチを選択できることとなった。しかし同時に、HWPの炭素貯蔵量が世界全体で過大・過小評価されることを避けるために、京都議定書の第二約束期間に採用された生産法を共通アプローチとし、その数値を各国のインベントリ報告に補足情報として示すことも決まった(文献4)。

木材は炭素の貯蔵庫

では、世界にHWPの炭素貯蔵量はどのくらいあるのだろうか。図3は1961〜2016年の世界のHWPの炭素貯蔵量とその年変化の推移を示している(文献5)。各国内で利用されるHWPを対象とする蓄積変化法(前述)では、2016年の炭素貯蔵量は世界全体で約73億t-Cと推定されている。1961年以降増加し続け、過去55年間で2.5倍の大きさになった。また、炭素貯蔵量の年変化は2015〜2016年が約1.1億t-C/年で最も大

きかった。これは、前述した世界の年間丸太利用量(図1)の約12%に相当する炭素が貯蔵量として増加したことになる。また、世界の森林減少などの土地利用変化による年間炭素排出量(文献6)の約9%、森林を含む陸域生態系の年間炭素吸収量(文献6)の約4%に相当し、地球上の炭素循環に影響を及ぼす大きさである。国ごとにも見てみよう。図4は蓄積変化法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布を示している。また、表1は2016年の炭素貯蔵量の上位10カ国を示している。炭素貯蔵量は大きい順に、アメリカ、中国、ロシア、日本、

ドイツとなった。炭素貯蔵量の年変化(2015～2016年)は大きい順に、中国、アメリカ、トルコ、ブラジル、カナダとなり、中国が特に大きく世界全体の年変化の7割近くを占めていた。また、国土面積当たりの炭素貯蔵量はシンガポール、バルバドス、ベルギー、ルクセンブルグ、マルタが大きい。これらの国々は人口密度が高いという特徴がある。人口当たりの炭素貯蔵量はスウェーデン、ラトビア、ベラルーシ、エストニア、フィンランドといった国々が大きく、いずれも欧州諸国であった。炭素貯蔵量の総量が大きいアメリカや中国は国土面積あるいは人口当たりの炭素貯蔵量では上位国になっていない。日本は炭素貯蔵量の総量が世界第4位、国土面積当たりの炭素貯蔵量が世界第7位であり、木材によ

表1 蓄積変化法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の上位10カ国

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
炭素貯蔵量 (百万t-C)	アメリカ 1405.63	中国 1083.82	ロシア 919.91	日本 396.00	ドイツ 320.51	ブラジル 220.95	カナダ 196.96	フランス 150.68	イギリス 149.81	スウェーデン 138.79
炭素貯蔵量の年変化 (百万t-C/年)	中国 72.22	アメリカ 7.16	トルコ 3.31	ブラジル 2.74	カナダ 2.58	ポーランド 2.10	ドイツ 2.07	インド 1.73	スウェーデン 1.60	ベトナム 1.58
国土面積当たり炭素貯蔵量 (t-C/ha)	シンガポール 103.83	バルバドス 12.23	ベルギー 11.95	ルクセンブルグ 11.76	マルタ 11.01	オランダ 10.79	日本 10.48	バーレーン 10.23	ドイツ 8.96	韓国 7.76
人口当たり炭素貯蔵量 (t-C/人)	スウェーデン 14.11	ラトビア 10.77	ベラルーシ 8.68	エストニア 8.57	フィンランド 8.11	スロベニア 7.03	ロシア 6.39	オーストリア 5.87	デンマーク 5.80	ノルウェー 5.47

出典：(文献5)に基づき著者作成

る炭素貯蔵庫として世界の中で重要な役割を果たしている。

パリ協定以降も世界共通のアプローチとなる京都議定書の第二約束期間の生産法(前述)についても見ておこう。2016年の世界全体の炭素貯蔵量(図3)は約50億t-C、2015～2016年の炭素貯蔵量の年変化は約0.8億t-C/年となり、蓄積変化法の7割にとどまった。生産法は自国の森林から生産されたHWPを対象とするのに対して、蓄積変化法は自国で利用されたHWPを対象とするため、二つのアプローチの炭素貯蔵量が国レベルで異なることは不思議ではないが、世界全体では一致するはずである。しかし実際には、前述した通り、この二つのアプローチは対象となるHWP、輸出丸太の取り扱い、炭素換算係数などが異なり、世界合計は一致しない。京都議定書の第二約束期間の生産法は、蓄積変化法よりも炭素貯蔵量が小さく評価され、パリ協定以降もこの生産法を用いると、HWPの炭素貯蔵量は世界全体で保守的に見積もられるだろう。

国ごとにも見てみよう。図5は京都議定書の第二約束期間の生産法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布を示している。全体の87%の国々で蓄積変化法よりも生産法の炭素貯蔵量の方が小さかった。2016年の炭素貯蔵量は大きい順に、アメリカで約10.4億t-C、ロシアで約6.8億t-C、中国で約5.1億t-C、カナダで約4.1億t-C、ドイツで約2.1億t-Cとなった。日本は世界第6位の約1.9億t-Cであり、生産法でも炭

素貯蔵量の大きい国のひとつである。

木材利用による有効な温暖化対策に向けて

本稿では、木材利用による炭素貯蔵効果を主に取り上げたが、これを温暖化対策として有効なものにしていくためには、木材の供給源である森林の持続的管理との連携が不可欠である。

木材利用を促進し人間社会における炭素貯蔵量を増やしても、それが森林減少を引き起こし森林自体の炭素貯蔵量を減らしてしまつては逆効果である。持続的管理が行われている森林から木材を生産し、その後は再植林を行い、森林による炭素貯蔵量を維持あるいは増加させていくことが必須である。また、木材は材料代替や燃料代替によって化石燃料の消費を減らすことができるため、炭素貯蔵の機能以上に温室効果ガス排出削減のポテンシャルが期待できる。生産・加工時の化石燃料消費量が大きい他材料を転換しながら木材利用を推進し、木材の生産・加工・使用後に発生する林地残材、加工残材、使用済み廃木材などを有効に再利用するなど、化石燃料依存から脱却する方策を総合的に進めていくことが大切である。

引用文献

- 1 IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
- 2 UNFCCC, FCCC/KP/CMP/2011/10/Add.1, 2012.
- 3 IPCC, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, 2014.
- 4 UNFCCC, FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2, 2019.
- 5 須銘秋桜子、篠田悠心、加用千裕、世界各国における伐採木材製品の炭素貯蔵量、木材学会誌、66(2)、76-86、2020。
- 6 Le Quéré et al. Global Carbon Budget 2017, Earth Syst. Sci. Data, 10, 405-448, 2018.



その10

建築材料から見た木材の省エネルギー

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 主査

古俣 寛隆

地球温暖化の抑制と木材利用

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が設立されたのは1988年であるから、国際的に地球温暖化問題が取り上げられるようになって30年以上が経過していることになる。地球温暖化の抑制に対して木材利用が果たす役割は以下の三つ、①伐採木材製品の長期利用による二酸化炭素の固定、そして、②化石燃料との代替および③エネルギー集約的資材との代替による二酸化炭素排出量の削減である。①は、建築物や家具等の使用期間が長い最終製品に木材を利用することで炭素を長期間固定するものである。②は、木材燃焼による炭素は大気中の炭素の増減に影響を与えないという概念（カーボンニュートラルの概念）を利用して化石燃料との代替を図り、二酸化炭素排出量を削減するものである。③は、鉄やコンクリート等の資材と比較して製造・加工に要するエネルギーが少ない木材製品とそれらを代替利用することによって二酸化炭素排出量を削減するものである。木材は、比強度（単位重量当たりの強度）が大きいこと、質感・色調等が多様で機能性・デザイン性に優れること、現場加工が容易であ

ること等から建築材料に適しており、製材、集成材、合板、繊維板等様々な種類の木質材料が建築物の構造材、内外装材として用いられている。

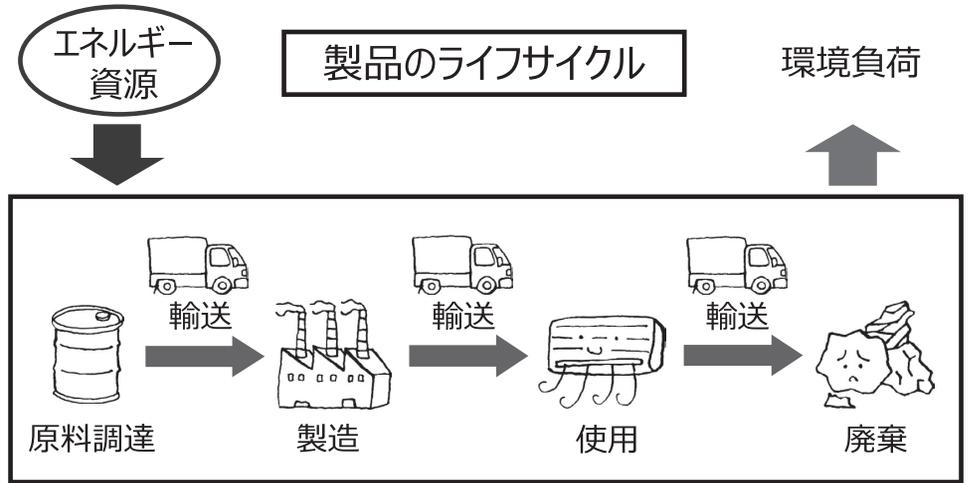
生物資源である木材が地球温暖化防止に寄与するためには、森林が劣化することなく持続的に循環利用されることが大前提である。それが実現できない場合、木材の持つカーボンニュートラルの概念は崩れ、枯渇性資源である化石燃料と同じように木材の燃焼時の二酸化炭素排出をカウントしなくてはならないだろう。SDGs（持続可能な開発目標）に掲げられている17の目標を見た時、森林づくりや木材利用が大部分の目標に関与していることに気付かされる。森林と木材の利用は、地球環境だけでなく経済および社会に果たす役割も大きいということを認識しながら、持続的な利用に向けた様々な取り組みを進めていく必要がある。

本稿では、前述③の「木材製品のエネルギー集約的資材との代替による二酸化炭素排出量の削減」に関して、建築材料に焦点を当てて評価方法や排出量を具体的に示しながら木材利用の意義と課題について述べてみたい。

製品等の環境負荷や環境影響を評価する「ライフサイクルアセスメント」

製品等の環境負荷を評価する手法の一つにライフサイクルアセスメント（以下、LCA）がある。LCAは、原料調達から製造、使用、廃棄に至る製品等の一生（ライフサイクル）において、エネルギー・資源の投入量と環境負荷物質の排出量を求め、地球温暖化等の環境に対する様々な影響（環境影響）を分析する手法である（図1）。投入量と排出量の算定プロセスはインベントリ分析と呼ばれ、そこで用いている環境負荷の原単位には、通常、国内外のデータベースが利用される。この原単位には、各工程の積み上げにより環境負荷を算定する「積み上げ法」と産業連関表という統計表を利用する「産業連関法」の2種類があり、それぞれに長所と短所がある。日本建築学会は、建築物に対するLCAの必要性を認識し、20年以上も前から産業連関法による原単位データベースの整備ならびにそれを利用した評価手法の実用化を進めてきた。産業連関法には、国内の製品部門が網羅されていること、各製品部門の評価範囲が統一されていること、各製品部門の環境負荷の平均

図1



注) 原料調達から廃棄までの範囲の一部を評価する場合もある

値が得られること等の長所がある。最新版は、2005年の産業連関表を用いた原単位データベース(以下、A I J D A T A)(参考文献1)である。それによると、建築材料の1^{キログラム}当たりの二酸化炭素排出量は、木質材料については、製材が0.407^{キログラム}、合板が1.066^{キログラム}、木製建具が2.921^{キログラム}、木製家具・装備品が5.096^{キログラム}等となっている。一方、

木質以外の材料については、生コンクリートが0.300^{キログラム}、板ガラスが0.932^{キログラム}、普通鋼形鋼が1.372^{キログラム}、プラスチック発泡製品が3.246^{キログラム}、アルミ圧延製品が9.366^{キログラム}等となっている。しかし、この結果のみで各製品の二酸化炭素排出量の優劣を判断することはできない。

機能単位を揃えて製品を比較する

LCAによって製品の環境負荷を比較する場合には、比較対象システムの同等性が評価されなければならぬ。これを、分かりやすく説明すると次の通りである。評価を行う製品の主要な機能を定量化したものをLCAの専門用語で「機能単位」という。例えば、自動車の機能単位は、ある走行条件で10万^{キロメートル}走行できる機能、洗濯機の機能単位は、洗濯容量6^{キログラム}、1日1回の洗濯で10年間使用できる機能、等と表現することができる。つまり、この機能単位を揃えないと製品同士の環境負荷を比較することはできないのである。

建築材料ではどうなるだろうか？ 例えば、

鋼製梁と木製梁の機能単位を揃えるには、以下のような手順が考えられる。まず、建築物の設計情報から、スパン、材質・樹種等の基本条件を決定する。次に、使用部位における許容たわみ量、荷重条件から梁の断面サイズ・形状を計算する。最後に、耐用年数の違いを考慮して使用期間における梁の交換回数を設定する(ただし、通常の屋内利用であれば、劣化による交換の可能性は非常に低いため、各梁1本を比較す

ることになるだろう)。以上で、機能単位の揃った重量が決定され、それらに原単位を乗じることとで両者の比較が可能になる。前述の通り、木材は比強度が大きいことが特徴である。構造用途の建築材料を想定した時、機能単位を揃えれば、鉄やコンクリートよりも木材の方が軽量になるため、木質材料の二酸化炭素排出量が他材料のそれより少ないのは一般的であると考えられる。

しかし、普通は各梁1本を比較することなどしない。建築物には様々な構造形式があり、用いる部材の種類、寸法やそれらを組み合わせた構造(例えば、トラスなどの組立梁)が千差万別である。梁1本の比較だけでは、建築物全体の環境負荷のごく一部分を切り取ったに過ぎない。従って、最終的には、建築物として木造と他構造の環境負荷量の検証が必要になる。

構造の異なる建築物の比較

2018年にポーランドで開催された国連気候変動枠組条約第24回締約国会議(COP24)において、国連欧州経済委員会とポーランド政府国家森林局は、おとぎ話「三匹の子豚」をモチーフとした建築物と気候変動に関するアニメーションを作成し、上映した(図2)。概要は次の通りである。鉄骨造、コンクリート造および木造住宅にそれぞれ暮らす子豚がいた。そこに狼役の気候変動モンスターが現れる。鉄骨造およびコンクリート造住宅は、木造住宅と比較して温室効果ガス排出量がそれぞれ3割、4割高い。さらに木造住宅は炭素を長期間ストッ

図2



クすることもできる。気候変動モンスターは木造住宅（に暮らす子豚）に勝てずに消滅する。実際の映像は、YouTube（参考文献2）で閲覧することができるのでご参照いただきたい。算定の前提条件を知ることができないもの

の、地球温暖化防止に関する最も重要な会議において、世界に向けてそのようなメッセージが発信されたことは大変意義深い。

ここで、構造の異なる建築物同士と比較について、産業連関法と積み上げ法を利用した日本の事例をそれぞれ紹介する。

まず、産業連関法の事例を紹介する。前提条件として、建築物は基本的には一品生産であり、設計段階から建築物の機能単位を厳密に揃えて構造別の比較を行うことが難しい。もし実施する場合には、試設計による材料・設備等の投入量の把握が必要となり、多くの労力と設計費が必要となる。その点、産業連関法によるLCAは環境負荷をマクロに捉えることに適している。前述のA I J D A T Aにおいて、用途「在来住宅」の延べ床面積1平方メートル当たりの原材料調達から建築までの二酸化炭素排出量を構造別に見ると、木造が544.4・5_{キログラム}であるのに対して、鉄骨造は792.2・1_{キログラム}、鉄筋コンクリート造は776.3_{キログラム}となっている。

鉄骨造および鉄筋コンクリート造在来住宅は、木造在来住宅と比較して約4割排出量が高く、前述の「三匹の子豚」の結果と類似した。なお、「在来住宅」以外の全て用途においても、木造建築物の排出量は他構造のものよ

り低い。これらの結果には物件の平均規模が反映されているため、構造の違いによって建築物の平均階数や延べ床面積が異なること（鉄骨造および鉄筋コンクリート造建築物は木造建築物よりも平均規模が大きい）に留意する必要があるものの、延べ床面積当たりの排出量を構造別に見れば木造が最も低いという結果になるのである。

次に、積み上げ法による比較事例について紹介する。積み上げ法による詳細な報告事例は多くないが、最近発表された原著論文（参考文献3）において以下の結果が示されている。2階建て、約400平方メートルの学校建築物を対象に、木造（CLT工法）（注）、鉄骨造および鉄筋コンクリート造の原材料調達から建築までの温室効果ガス排出量を算定したところ、CLT工法は鉄筋コンクリート造、鉄骨造と比較してそれぞれ3割、2割の排出量削減効果が認められたというものである。

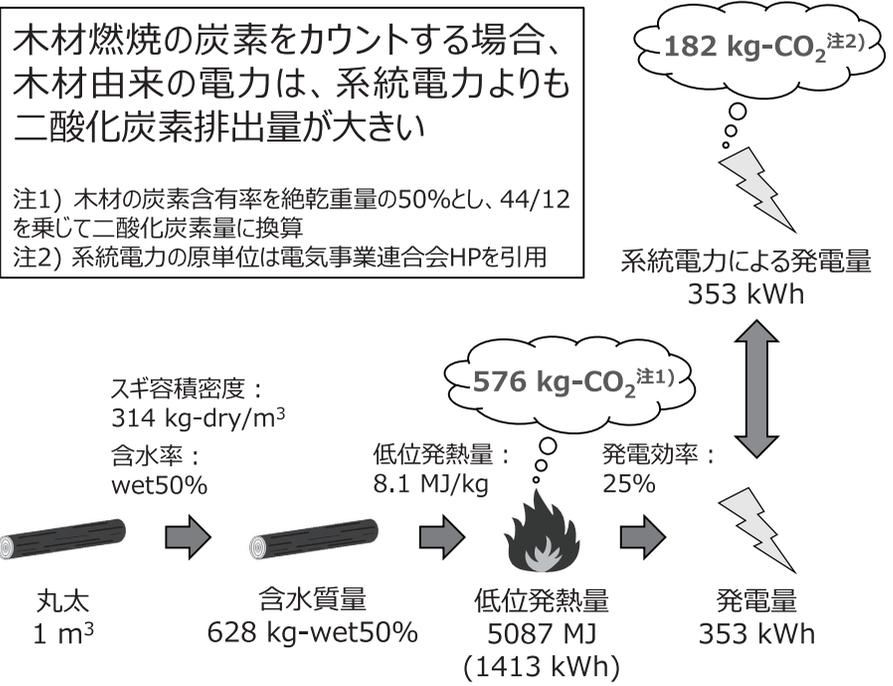
私の知る限り、木造建築物の二酸化炭素排出量は他構造のものよりも低いというのが評価の大勢である。しかし、4階建ての耐火建築物を対象としたCLT工法と他構造の環境影響（地球温暖化も含まれる）の評価事例（参考文献4）は、CLT工法は耐火被覆の石膏ボードやCLTパネルの使用量の増加により、他構造よりも環境影響が大きくなると示唆している。ただし、純粋なCLT工法ではなく、鉄骨とのハイブリッド工法とすることで環境影響が他工法以下となる代替案も示されている。耐火構造が必要となる中層以上の木造建築物は、今後需要の

拡大が見込まれることから、その環境負荷量についてLCA事例の蓄積が必要であると思われる。余談ではあるが、建築物のライフサイクル全体で見れば、二酸化炭素排出量の大半は使用段階（住宅であれば居住時）に起因するため、地球温暖化防止にとって建築物の断熱・気密性能や設備の省エネ性能は重要である。

取り扱いに注意が必要なカーボンニュートラルという概念

LCAでは、通常、木材の燃焼による二酸化炭素排出はカウントしない。例えば、製材乾燥で消費される工場端材やバイオマス発電所で消費するチップからの二酸化炭素排出は計算に含まれない。それは、木材燃焼による炭素は、樹木が成長時に大気から吸収したものであり、大気中の二酸化炭素の総量を増加させないというカーボンニュートラルの概念に基づいているからである。しかし、欧米では、Carbon debt（炭素負債）、Carbon pay back time（炭素回収期間）、Carbon parity time（炭素等価期間）などのカーボンニュートラルに関する10年来の議論がある。それはおおむね以下のようなものである。木材燃焼による炭素を森林が再吸収し、固定するまでに実際には期間を要する。そのため、一時的に「炭素負債」が生じる。また、樹木が生育する気候や樹種によって「炭素回収期間」は大きく異なる。さらに、発電等のエネルギー変換システムを考えた時、発熱量当たりの排出量は、化石燃料システムよりも木材システムの方が大きい（図3）ため、化石燃料と等価の排出量となるまでの期間（「炭素等価期間」も考慮する必要がある。当然のことながら、カーボンニュートラルの概念は、木材を産出した森林が伐採前の元の状態になること、すなわち、植林され、適切に管理されて元の資源量まで再成長することが前提である。元の森林より生産力の低い土地に植林した場合、植林しても適切な施業が行われない場合、植林しない場合および森林以外の土地に

図3



転用された場合は、炭素回収期間が長くなる、ないしは炭素を回収することが不可能となる。我が国の森林・木材の研究者の間では、伐採後の森林は元の状態に戻るという性善説に基づき、これまで木材のカーボンニュートラルに関する議論が十分になされてこなかったように思われる（自戒の念も込めて）。木材のエネルギーおよびマテリアル需要の拡大によって国内では過剰伐採が進み、森林の持続可能性が危惧されている地域もある。今まさに、伐採後の再造林や持続的な伐採可能量などに関する議論を深め、木材のカーボンニュートラルの担保に向けた理論武装を行う必要があるのではないだろうか。

(注) CLTとはCross Laminated Timberの略称で、細長い板を並べた層を繊維の方向が直交するように重ねて接着した大型の木質パネル。これを床、壁、屋根などに使用して建築物を建てる工法をCLT工法という。CLT工法による建築物はコンクリート造建築物と比較して軽量、工期が短縮され、現場の省力化も図れるとされる。

参考文献
(1) 日本建築学会・建物のLCA指針 温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール 改定版、丸善出版株式会社（2013）
(2) YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=66Yml15KJ1>
(3) 測上佑樹ら、「CLT工法を用いた木造学校建築物の建設におけるGHG排出量の定量化、木材学会誌、Vol.66, No.2, pp.101-111 (2020)」、革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）公開成果発表会「CLTの製造コストを1/2にし、施工コストを他工法並みにする技術開発」、東京、2020年2月



その11

バイオマスエネルギーの可能性と課題

NPO法人バイオマス産業界ネットワーク理事長 泊みゆき

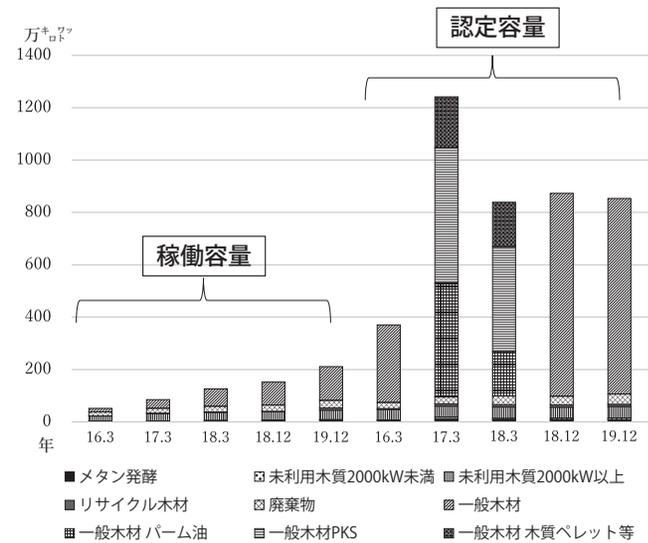
バイオマス利用の現状

木質や有機系廃棄物、農産物などのバイオマス（生物資源）は、古くから人類にとって身近なエネルギーであり、現在も世界で最も多く使われている再生可能エネルギーである。

しかし、持続可能性に配慮しないバイオマス利用は、むしろ気候変動を悪化させ、生物多様性を損ね、食料との競合や深刻な労働問題など、重大な問題を引き起こす。特に、温暖化対策等のため、人為的な促進策が採られる場合は、十分な検討が必要である。

日本でも、2012年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）が開始して以来、バイオマス発電の認定量・稼働量は急増した。FIT制度において、現状では間伐材等を燃料とする未利用木質バイオマス発電（電力買取価格は2000キロワット未満が40円／キロワット時、それ以上が32円／キロワット時）、製材端材やPKS、輸入ペレットなどの一般木材（1万キロワット以下24円／キロワット時、それ以上は入札）、建設廃材のリサイクル木材（13円／キロワット時）、廃棄物（17円／キロワット時）、下水汚泥・家畜糞尿・食品廃棄物などのメタン発酵（39円／キロワット時）に区別さ

図1：再生可能エネルギー固定価格買取制度におけるバイオマス発電の稼働・認定状況（新規）



出典：資源エネルギー庁資料より著者作成

FITバイオマス発電における大きな課題の一つは、パーム油が発電燃料として認められていることだった。アブラヤシ農園開発は、ボルネオ島など東南アジアにおける熱帯林減少の第一要因と言われており、泥炭林開発によって大量の温室効果ガスを排出している。

経済産業省が開催したバイオマス持続可能性ワーキンググループの資料でも、パーム油発電は天然ガス以上の温室効果ガスを排出していることが示されている（図2）。

パーム油発電については、2018年、2019年の調達価格等算定委員会やバイオマス持続可能性ワーキンググループでの議論を踏まえ、厳格な持続可能性基準が適用されることになった。

一方、2017年に一般木材バイオマス発電の買取価格引き下げ（その後、入札制へ移行）直前の駆け込み認定を受けた案件が、最近、次々に建設・稼働されるようになった。それを受けて、燃料となる木質ペレットの輸入も2019年に161万トと一年で1.5倍に急増した。

輸入国の内訳を見ると、これまではカナダが

FITバイオマス発電の課題

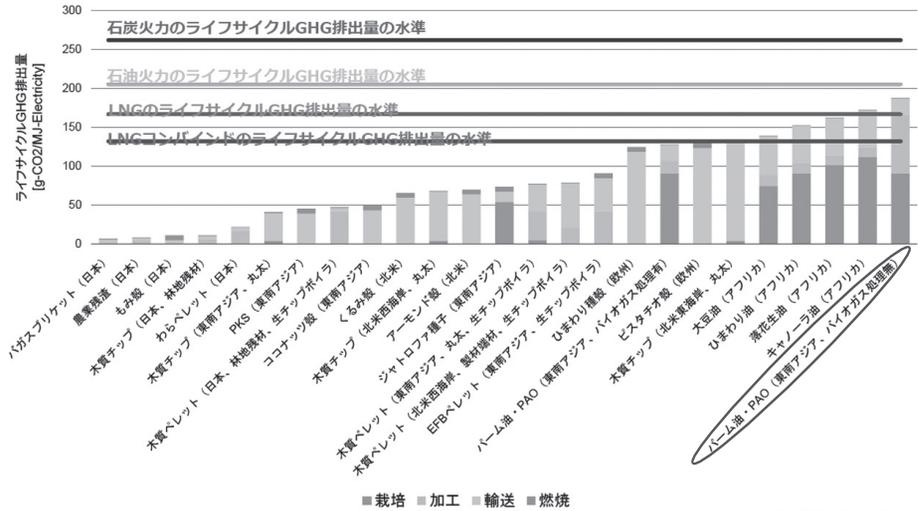
れ、20年間固定価格で買い取られる。同制度により2019年12月時点で、計411カ所、221万キロワットのバイオマス発電所が稼働し、同じく662カ所854万キロワットが認定された。稼働容量の6割強、認定容量の9割弱が主に輸入バイオマスを燃料とする一般木材バイオマスの区分となっている（図1）。

1位だったが、2019年はベトナムが急増している(図3)。

日本のFIT制度において、輸入木質バイオマスは、林野庁の発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドラインにより、合法性の確認が求められている。ベトナム産ペレットではFSC認証制度による確認が多く行われているが、現在、ベトナムから輸入されている

図2：バイオマス燃料のライフサイクル GHG 排出量試算

● バイオマス燃料のライフサイクルGHG排出量は、燃料や原産地により様々であるが、**試算を行った全ての燃料において、化石燃料のうち同じ固体又は液体であって、代替対象である、石炭又は石油よりもライフサイクルGHG排出量が少なかった。**



※ 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成
出典：経済産業省バイオマス持続可能性ワーキンググループ第1回資料5

国産バイオマスの利用状況

ではない。

こうした問題を受けて、経済産業省では2020年夏より、持続可能性ワーキンググループを開催し、バイオマス燃料のGHG排出量について、専門的・技術的検討を行うこととしている。

ペレットには、FIT制度に適合しないものが含まれているのではないかとこの疑念が持たれている(参考資料)。

また、今年以降、米国から大量の木質ペレットが輸入されると予想されるが、日本が輸入するペレット製造企業では、自然林を皆伐した木材も原料としている。

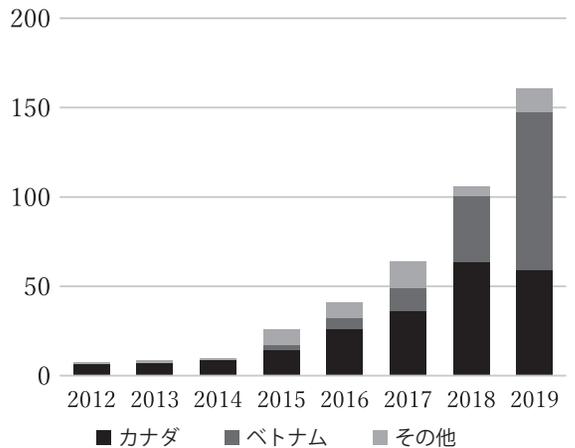
図4は欧州の20人の研究者による、森林バイオマスの持続可能性についてのレポートに掲載されたものだが、森林バイオマスを燃焼し石炭や天然ガスの温室効果ガス排出と均衡する年数は、伐採の場合、樹木が十分成長し炭素ストックが還元されるまでに100年以上かかる。森林バイオマスを伐採し、ペレットなどに加工してバイオマス発電を行っても、天然ガス発電以上の削減効果が得られるのが数百年後では、喫緊の課題となっている温暖化対策として適切

木質ペレットの原料として伐採された米国ノースカロライナ州湿地林



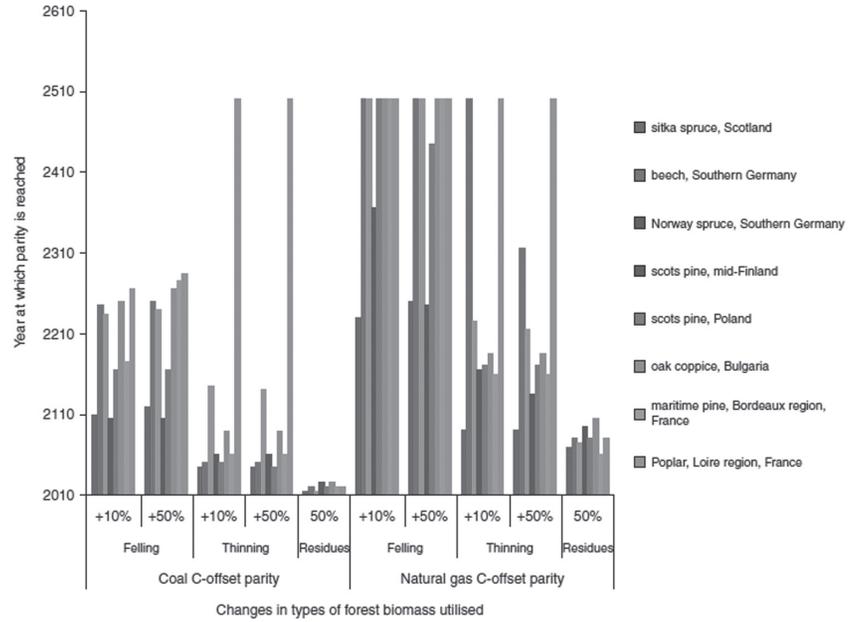
写真：Marlboro Productions

図3：国別ペレット輸入量の推移 (単位：万トン)



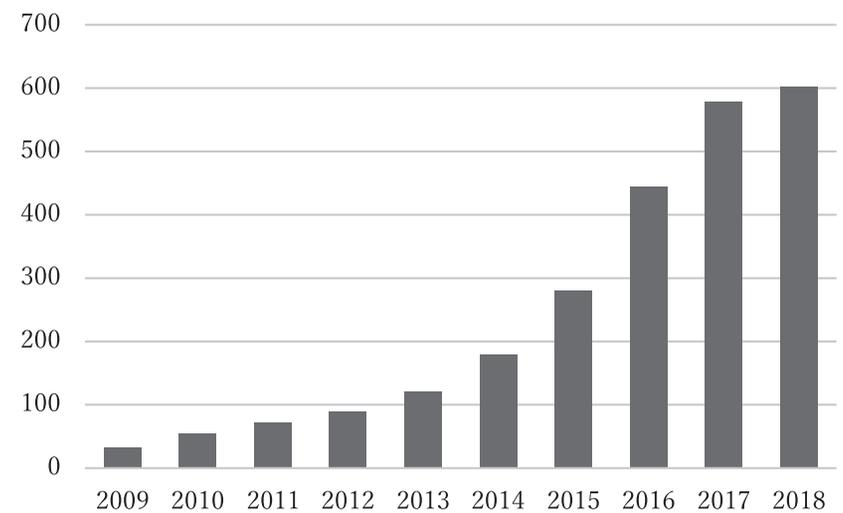
出典：On-site Report No. 358,407 より著者作成

図4：森林バイオマスの類型別の石炭、天然ガスに代替する場合の年数



出典：Multi-functionality and Sustainability in the European Union's Forests

図5：間伐材・林地残材等に由来するチップ利用量（単位：万 m³）



出典：木質バイオマスエネルギー利用動向調査等より著者作成

でも発電を停止すると考えられる。

熱電併給、熱利用へのシフトを

バイオマス発電の問題の一つは、発電効率が30%台以下と低く、温室効果ガス削減効果も限られることである。この問題は、利用効率が60%95%とより高い、熱電併給（コージェネレーション）や熱利用であれば回避できる。また、価格的にも、木質バイオマスは灯油や重油に対して価格競争力を持ちうるため、今後、木質バイオマスは熱利用中心に使用していくべきであろう。

木質バイオマスの熱電併給では、ここ数年、木質ガス化コージェネやORC（オーガニックランキンサイクル）といった機器が導入され始めている。木質ガス化コージェネでは、乾燥チップを使うボルター社、シユパ

ナー社あるいは、木質ペレットを使用するブルクハルト社などの機器がヨーロッパで多数導入されており、日本でも稼働している。ただ、15%未満の含水率の木質チップやA1規格のペレットといった高い品質の燃料が要求され、熱利用とのマッチングも含め、現在試行錯誤が続いている。

FIT制度では未利用木質バイオマス2000キロワット未満に40円/キロワットという高い買取価格が設定されているが、このままではFITなしでの経済的自立は困難である。未利用木

従来、製材端材や建設廃材、食品廃棄物や下水汚泥などがバイオマスとしてエネルギー利用されてきたが、FIT制度により、これまでほとんど使われてこなかった林地残材などが600万立方メートルも使われるようになった（図5）。

これによって、各地に雇用が生まれ、地域経済への恩恵も生じている。だが、バイオマスの買取価格は低く、山主へはほとんど利益が還元されていない。

ここ数年、世界的に急速に、木質バイオマス

発電に対する視線は厳しくなっている。太陽光、風力発電がキロワット時あたりそれぞれ2円、6円以下まで発電コストが下がっているのに対し、燃料を購入する木質バイオマス発電では、化石燃料発電よりも安価に発電することが困難であることがわかってきたからである。現在あるほとんどのバイオマス発電所は、20年間のFIT期間が終了すれば利益を上げることが難しくなると指摘されている。その場合建設廃材などより安価な燃料に転換するか、電力を高く売る方法を編み出すか、そうでなければ設備が利用可能

質の条件をはずし、より安価なバイオマスを使い、熱需要に合わせた設置を行い、バイオマス燃料を集中的に生産するなどして、経済的に自立しうる事業に育てていく必要がある。

日本では、エネルギーという電力、と捉えられることが多いが、実際にはエネルギー最終需要の半分は熱利用である。温暖化対策の点からも、熱分野の再生可能エネルギー化は欠かせない。現在、日本の熱需要の用途は、空調、給湯、厨房と産業用で、産業用が最も多い。

熱利用も需要によって温度帯が異なるが、バイオマスは容易に高温が得られることから工場で使う産業用熱に向いている。暖房（空調）や給湯は、50℃程度の低温で可能で、太陽熱、地中熱、ヒートポンプなどで供給できるが、それらでは高温をつくることは難しい。

日本の木質バイオマス熱利用は、ここ数年、増加が足踏み状態にある。その理由としては、補助金によって木質バイオマスボイラーを導入したが故障などによりそのまま使われなくなったり、導入費が化石燃料に比べ著しく高いこと、木質バイオマス燃料の安定的な供給体制が整っていないこと等が挙げられる。

一方、企業はSDGsやRE100など再生可能エネルギー導入の取り組みに積極的になっており、工場へのバイオマスボイラーの導入を提案・設置するエネルギーサービス会社や、あるいはバイオマスによる熱供給会社を育成することによって、バイオマス熱利用拡大に役立つと考えられる。

既存の産業用木質バイオマスの成功例では、

例えば千葉県のパッケージボード工場において、1500^{キワツ}のストーカー炉直接燃焼の熱電併給設備を導入し、良質な建設廃材をボード原料に、低質の建設廃材を燃料とする事例がある。この工場では、ステラ社のベルトドライヤーを導入し、熱電併給の廃熱、80℃の温水を使って原料チップの乾燥などを行っている。この事例では補助金もFITも使っていない。FITでの建設廃材を燃料とするバイオマス発電の買取価格は13円/キワツ時であり、FITで売電するよりも、自家消費した方が経済性があるという判断である。このように熱利用の規模が大きく、条件が合うなら熱電併給にすることが望ましい。

当面、木質バイオマスの熱利用は、温泉施設や病院、福祉施設、あるいは家庭用の給湯・空調需要向けの導入も可能だが、将来的には、産業用熱を中心に考える方がよいだろう。さらに、熱も高温から低温へと順にカスケード利用することが望ましい。

バイオマスのエネルギー利用においては、多くの面で注意が必要だが、本質的には、持続可能なバイオマスは、以下の三つに集約できると考えられる。

①地域の、②廃棄物系のバイオマスを、③熱利用中心に使う、ことである。

FSCや持続可能なバイオマスに関する円卓会議（RSB）といった厳しい持続可能性認証を得たバイオマスであっても、地球を半周して運搬するのであれば、その分、エネルギーコストがかかる。バイオマスは、発生した近場で

使う方が、経済的にも環境社会的にも合理的である。

また、森林から伐採した樹木を丸ごと原料とする木質ペレットや、農産物であるパーム油を燃料利用する場合、土地利用転換や生産に関わるエネルギーが多く、ライフサイクルGHG排出量が多くなる。木材のカスケード利用にそぐわなかったり食料との競合の問題も生じるおそれがある。廃棄物系であれば、そうしたリスクは少ない。そして熱利用または熱電併給であれば、利用効率が高く、FITのような支援がなくても経済的な自立が見込まれる。

今後も人間社会は木材を必要とし、持続可能な木材利用を追求することとなる。その際に、マテリアル利用が困難な樹皮や端材、あるいは使用後の廃材をバイオマスエネルギー利用するのは望ましいことである。だが、バイオマス＝カーボンニュートラルという現実から懸け離れた仮定に基づき、やみくもにバイオマスを使うことは、深刻な問題を発生させる。

更なる科学的精査が必要だが、こうしたことを考慮しながら、今後のバイオマス利用を推進していくことが重要であろう。

参考資料

固定価格買取制度（FIT）のバイオマス発電燃料の輸入木質ペレットにFSC認証の大量偽装の疑念

<http://rei.jp/arc/cfd/10720>

輸入される発電用木質バイオマスのサプライチェーン管理―森林認証とFITのガイドラインの関係

<http://jsmnet/energy/finwithFSC/finwithFSC.html>

詳しくは、バイオマス白書 (<https://www.jpobnue/taikusho/2020/index.html>) 等を参照のこと



総括

連載を通して学んだこと、 今後の日常生活への活かし方

今回の連載では、前半で世界と日本の自然エネルギーの現状をおさえ、後半で自然エネルギーと森林との関係を考えて。

森林環境2021責任編集者朝日新聞論説委員 村山知博

自然エネルギーを世界に広げている原動力の一つは「パリ協定」である。地球温暖化対策の国際ルールで、2015年12月、第21回・国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP21）で採択された。「産業革命以降の気温上昇を2度未満、できれば1.5度に抑える」という目標を国際社会が共有し、各国の自主的な目標の下で温室効果ガスを削減していくことになっている。

その後、2018年に国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が「1.5度特別報告書」を出したことで、気温上昇の抑制は「2度未満」よりも「1.5度」をめざすべきだという空気が強まって現在にいたっている。

いま世界各地で毎年のように異常気象や自然災害が起き、気候危機は現実的な脅威となってきた。各国の政府や自治体は、温室効果ガスの削減目標を引き上げたり、二酸化炭素（CO₂）の排出が多い石炭火力からの撤退方針を決めた

り、対策を強化している。

また、アップルやマイクロソフトのような世界的な企業が「温室ガス排出ゼロ」や「自然エネルギー100%」といった目標を掲げ、すでに達成している事例もある。ビジネスの世界でも、温暖化対策の強化が企業価値を上げる時代になっているといえよう。自然エネルギーの世界的な拡大は、起きるべくして起きている潮流なのだ。

新型コロナウイルスの流行で経済活動が停滞し、世界的に発電量が2019年より落ちている。そんななかでも自然エネルギーだけは発電量を伸ばしており、シェアも2019年の26%から2020年は30%程度まで増えると予測されている。自然エネルギー開発の意欲が底堅いことを示すデータである。

日本でも自然エネルギーは増えているが、それにとまってさまざまな課題も見えてきた。たとえば、山林を造成したり農地を転用したりして巨大な太陽光発電施設（メガソーラー）を

開発することで、農山村の自然資源が損なわれているとの批判がある。景観が壊されるとか、防災上の問題があるといった声も聞かれる。

今回の連載では、そうした課題の解決策の一例として「営農型太陽光発電」を取り上げた。田んぼや畑の上に太陽光パネルを設置し、作物を栽培しながら、その上で発電するというものだ。「ソーラーシェアリング」ともいわれる。

以前、田んぼや畑などは、農地法によって作物をつくること以外に使うことは許されていなかった。ところが、農林水産省は2013年、農業を続けることや、発電が主目的ではないなどの条件つきで、農地を一時的に別の用途に転用することを認めた。これにより営農型太陽光発電が可能になったのだ。

農業と自然エネルギーの共生とは何か、あるいは、地域と自然エネルギーの共生とは何かを考えるうえで参考になるのではないか。

ちなみに、これから自然エネルギーの柱になると期待される洋上風力発電についても、漁業との共生が模索されつつある。巨大な風車を「漁場を破壊する構造物」ととらえるのではなく、「漁場となる魚礁」あるいは「養殖のための足場」と考えるのだ。今後、自然エネルギーを本格的

に拡大していくには、既存の農林水産業との共生が欠かせない。

特に日本の場合、山がちな狭い国土に1億2000万人を超える人々が暮らしている。陸地に太陽光パネルや風車を設置するには

森林環境2021責任編集者 東京大学大学院農学生命科学研究科准教授 青木謙治

「森林と自然エネルギーを再考する」は、近年の日本および世界におけるエネルギー事情の変化や、それに関わる森林あるいは木材利用の役割を再確認する意味合いで企画化され、太陽光発電などの自然エネルギーの現状を各種データと共に確認しつつ、森林やそこから生産される木材・バイオマス資源が自然エネルギー創出や地球温暖化防止に對しどう貢献できるのかを考察し、我々が今後どのような生活をしていくべきかを各々が考えられるような構成となっていた。以下、全11テーマの重要と思われるポイントを振り返ってみよう。

世界のエネルギー事情をみると、すでに自然エネルギーへの転換が進んでいる国も多く、その中でもデンマークやドイツでは水力ではなく風力、太陽光、バイオマスなどの利用によって国全体の電力の半分程度を賄っている。一方で我が日本では、2030年の目標値で自然エネルギーは22〜24%程度と、まだまだ目標が低いと言わざるを得ない。日本の自然エネルギーの中では、大規模水力を除くと最も多いのは太陽光発電であり、これは国内旅行で少し田舎の方に行くと様々な規模の

限界がある。島国なので領海・排他的経済水域は世界で6番目に広いものの、漁業権や船舶の航路とのかねあいもあって洋上風力を広げるのも容易ではない。脱炭素社会を築くには「共生」という概念が不可欠になるはずだ。

太陽光発電用パネルが設置されている場面に出会うことから、実感としても良く理解できる。太陽光の発電量は今や水力（大規模と小規模を合わせたもの）と肩を並べる程度まで増加しているようだ。

一方、世界的にみると自然エネルギーの主力になりつつある風力発電は、我が国ではまだまだ普及しているとは言えない。2030年の予測でも風力はわずか1.7%と、水力および太陽光に大きく水をあけられている。日本のように平地が少なく周囲を海に囲われた国では、陸上に風力発電を設置する場所を選定するのは難しいが、洋上風力発電であればそれほど難しくはないのではないだろうか。もちろん、欧州のように遠浅の海でないと設置コストが増加するとか、安定的に風が吹くような場所が必要になるなど、課題もあるのだと思うが、原子力発電に多くの期待をできない現在、風力発電にももう少し国としての後押しが欲しいところである。そして、森林から算出される自然エネルギーの代表がバイオマス発電である。日本の豊かな森林資源を背景に、間伐材や林地残材、製材端材などをバイオマス資源として発電などに用

いることを促進している。木質バイオマスは、樹木の成長過程で取り込まれた炭素が燃焼によりCO₂として排出されることからカーボンニュートラルと考えられており、地球環境に負荷を掛けない循環型の自然エネルギーであるとされている。また、樹木を製材あるいは様々な加工をして得られる各種木質材料は、それ自身が炭素を固定した材料であることから、CO₂排出を抑え地球温暖化を防止することに役立つとされている。木造建築物は鉄やコンクリートに比べて材料製造・加工に要するエネルギーが少ないため炭素放出量も削減でき、また建設時にも化石燃料の使用量が少なくCO₂排出量を削減する傾向にある。そのため、世界的に建築物を木造化する傾向が強まっており、日本でも非住宅系の中大規模建築物を木造で建設する事例が増えている。東京オリンピック関連施設でも、木材を各所に取り入れた競技場が建設されていたのは記憶に新しいところだろう。

このように、創エネルギーとしてのバイオマス利用と、省エネルギーとしての木材利用が、森林あるいは木材を通じたエネルギー対策であるが、これは日本の森林が持続可能な資源であり、林業が健全に経営できていることが大前提である。林業が盛んになることで、木材が安定的に生産され、その副産物としてバイオマス発電などによる収入も得られることになる。そのためにも、我々としては森林の重要性・公益性を広く周知し、森林環境税なども活用しながら、森林の整備とその活用を図り続ける必要があるだろう。



トレンド・レビュー

新型コロナウイルスが問いかける私たちの食と農	総合地球環境学研究所	田村典江	……	-4-
コロナ禍の農山漁村への影響と都市集中是正	岩手大学農学部	山本信次	……	-9-
ポストコロナ時代の観光のカタチ	東海大学観光学部	田中伸彦	……	-13-
コロナ禍における海洋プラスチック汚染を考える	大阪商業大学公共学部	原田禎夫	……	-17-
◆緑のデータ・テーブル				
2020年 森林環境年表				-21-

表紙から

特集 森林と自然エネルギーを再考する

その1～11+ 総括 4～49

裏表紙写真：COP24（2018）でポーランド政府国家森林局などが作成した、建築物と気候変動に関するアニメーションの一部、「三匹の子豚」をモチーフに、木造住宅の優位性を示している（YouTubeより、連載その10に掲載）

あとがき写真：値下がりした一般用材（山本信次）

新型コロナウイルスが問いかける 私たちの食と農

総合地球環境学研究所

田村典江

全世界で、社会システムの多大な混乱を招いた新型コロナウイルス感染症の拡大だが、現在までのところ、大規模な食料不足に陥るような事態は、世界のどこでも生じていない。世界銀行が2020年9月に発表した短信によれば、世界の農産物市場は安定している¹。主要穀物である米、大豆、とうもろこしの生産量は高位であり、取引価格はコロナ以前である2020年1月の水準に近い。ひとまず食料供給には大きな問題はないといえそうだ。

しかし、であるにもかかわらず、食料に対する不安と緊張は高まっている。特に、すでに飢餓や貧困の状態にあった人々、あるいは社会的弱者とされる人々が食料不安にさらされている。2020年7月に発表された国連の5機関による年次報告書「世界の食料安全保障と栄養の現状 2020年版」²は、新型コロナウイルス感染症のパンデミックにより、2020年中に最大で1億3200万人の人々が新たに栄養不良に陥ると予測している。飢餓と栄養不良状態の改善は国連の持続可能な開発目標(SDGs)のひとつであり、2030年に「飢餓をゼロにする」ことが目指されていた。しかし同報告書では、新型コロナウイルスの影響がなかったとしても目標達成は難しい状態にあり、特にアジア地域とアフリカ地域では多くの人口が栄養不足にあることを示した。そして、パンデミックのために、社会的に脆弱な人々がより一層、脆弱な立場に追いやられていると述べる。その原因は、社会的弱者にあたる人々の生計では、健康な生活のために必要な食事を手に入れるための費用が賄いきれないためである。十分に栄養価が高い食事は、世界のあらゆる地域で、貧困層の人々にとって手が出ない価格のものとなっている。さらにパンデミックによる景気の後退は、倒産や解雇、減給などのために多くの世帯で収入低下を引き起こした。このため、すでに貧困やそれ

に近い状態にあった人々は、ますます十分に栄養のある食事ができない状況へと追い詰められている。

食の選択は家計と大きく関係する。貧困状態では、限りある食費は主に主食に振り向けられ、青果や畜産物、水産物の購入は切り詰められる。結果として、生き延びることはできても十分な栄養を得ることができず、健康が損なわれ、肥満率が増加するなど、公衆衛生上の問題が生じる。成長期にある子どもたちにさらに深刻なことに、後に景気が回復したとしても、成長段階で十分な栄養を得られないことの影響が引き続き残る可能性がある。

日本国内でも同様の状況がある。ひとり親世帯を支援するNPO法人のアンケート調査結果によれば、7割のひとり親世帯で、休業や勤務時間減による収入減が生じており、その対応として、食事の回数を減らす、食事の質や量を落とすなどの食費の節約がなされている。学校の休校に伴う給食の停止も大きな影響を及ぼしている³。同様に非正規雇用就労の多い高齢者や大学生でも、失業などのために貧困に陥り、食費を切り詰める人は少なくない。本来であれば、セーフティネットとして機能するはずの子ども食堂や炊き出しのような社会的な活動も、新型コロナウイルスの感染防止措置である「3密の回避」のために、感染拡大初期には実践が難しかった。この点はとりわけ、今般の新型コロナウイルスの特徴を反映した困難さだったといえるだろう。

したがって食の消費段階における新型コロナウイルスの影響については、国家などマスのレベルでの量的な食料供給には大きな問題がない一方で、社会のある階層の世帯ないし個人の食へのアクセスに大きな打撃を与えているといえる。1996年の第1回世界食料サミット以降、国連を中心に「食料への権利(the right to food)」は基本的な人権の

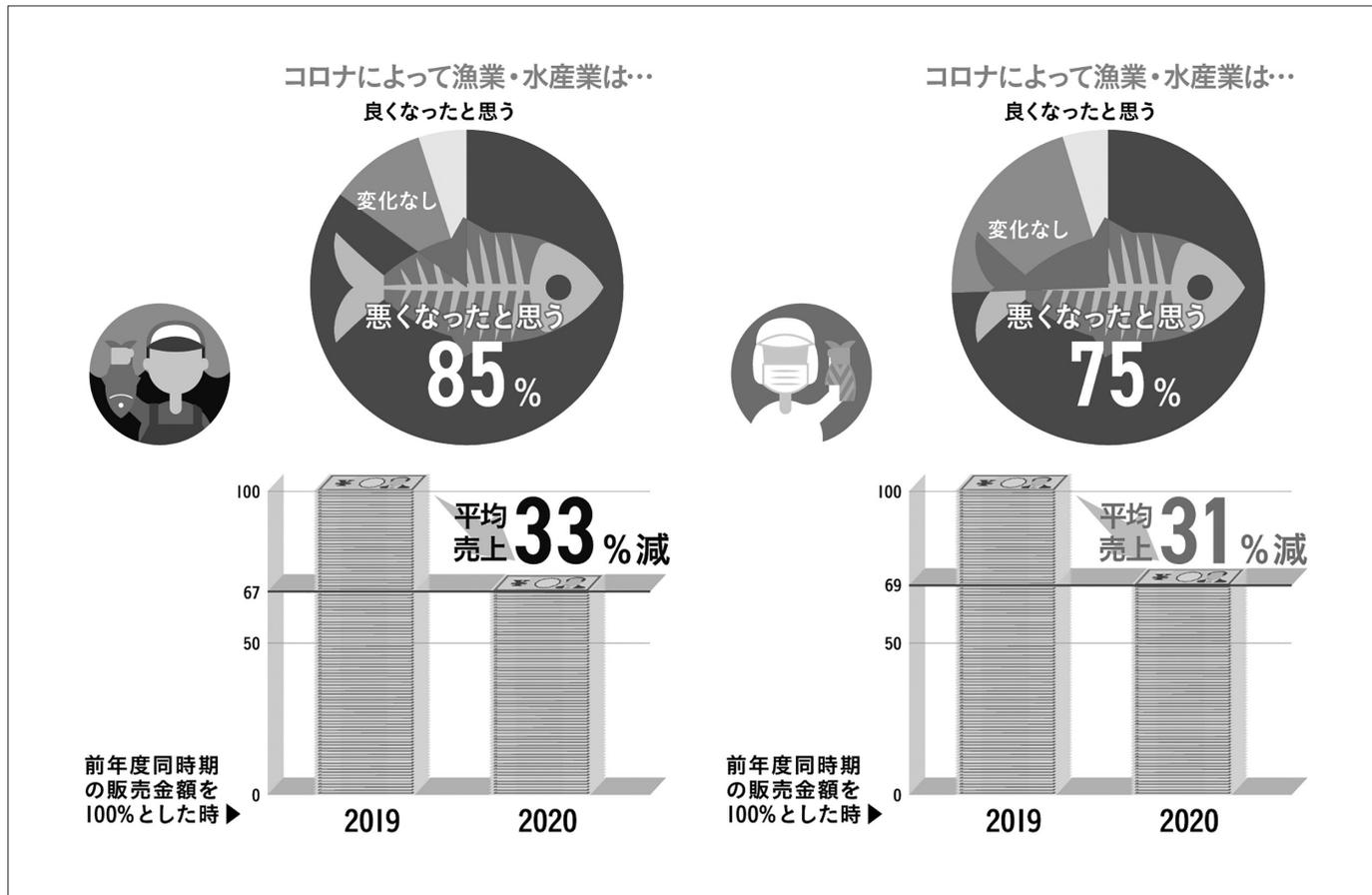


図1 新型コロナウイルス感染症の拡大による変化

一部であるという主張の主流化が進められてきた⁴。現代において、食料へのアクセスは自動的に成就されるものではなく、非常に脆弱な状態にある。パンデミックのような社会的混乱が食へ及ぼす影響を考える場合には、個々の世帯や個人レベルでの食へのアクセスを注視する必要がある。

食の生産段階についてはどうだろうか。国内外で、外国人労働者の入国制限のために、農業生産に支障をきたす事例が報告されている。特に野菜や果樹などの労働集約的な品目で人手不足は顕著である。外国人技能実習生は日本の農業労働の担い手として大きな存在であるが、多くの産地で入国制限のため人手不足が生じた。農林水産省は大規模な補助事業を講じ、代替人材確保のための対策を支援している⁵。また、国連食糧農業機関（FAO）は2020年4月に、東欧や北アフリカからの渡航制限のために、欧州全体で、およそ100万人の人手不足が生じる可能性があるとして指摘した⁶。“出稼ぎ”農業労働は近隣諸国にとって重要な現金獲得手段であることから、季節農業労働者の制限は、欧州内の農業生産の停

滞に加え、周辺国の農村地域における貧困や飢餓を誘因するとも懸念されている。

農産物の販路も課題である。牛乳や青果など、学校給食の停止により多くの生産者が出荷先を失った。加えて、ステイホームのために、都市部や観光地の飲食店が休業すると、多くの農畜水産物の行き場がなくなった。

筆者は水産研究者・実務者有志で「新型コロナウイルスの水産業・地域影響研究グループ」を結成し、2020年5月末より、全国の生産者（漁業者・養殖事業者）と関連事業者（水産加工・小売・流通事業者）を対象として「新型コロナウイルスと水産業影響調査」と題するオンラインアンケート調査を行った⁷。販路の問題と関連して、その調査結果の一部を紹介したい。7月8日までの第一次集計の結果によれば、生産者・関連事業者ともに主観的な評価としては前年と比較して、3割程度の売上を感じていた（図1）。

その原因は、「販路・販売数量の減少」、「イベントの中止」、「販売見通しの不透明化」などがあげられ、漁獲量や出荷量

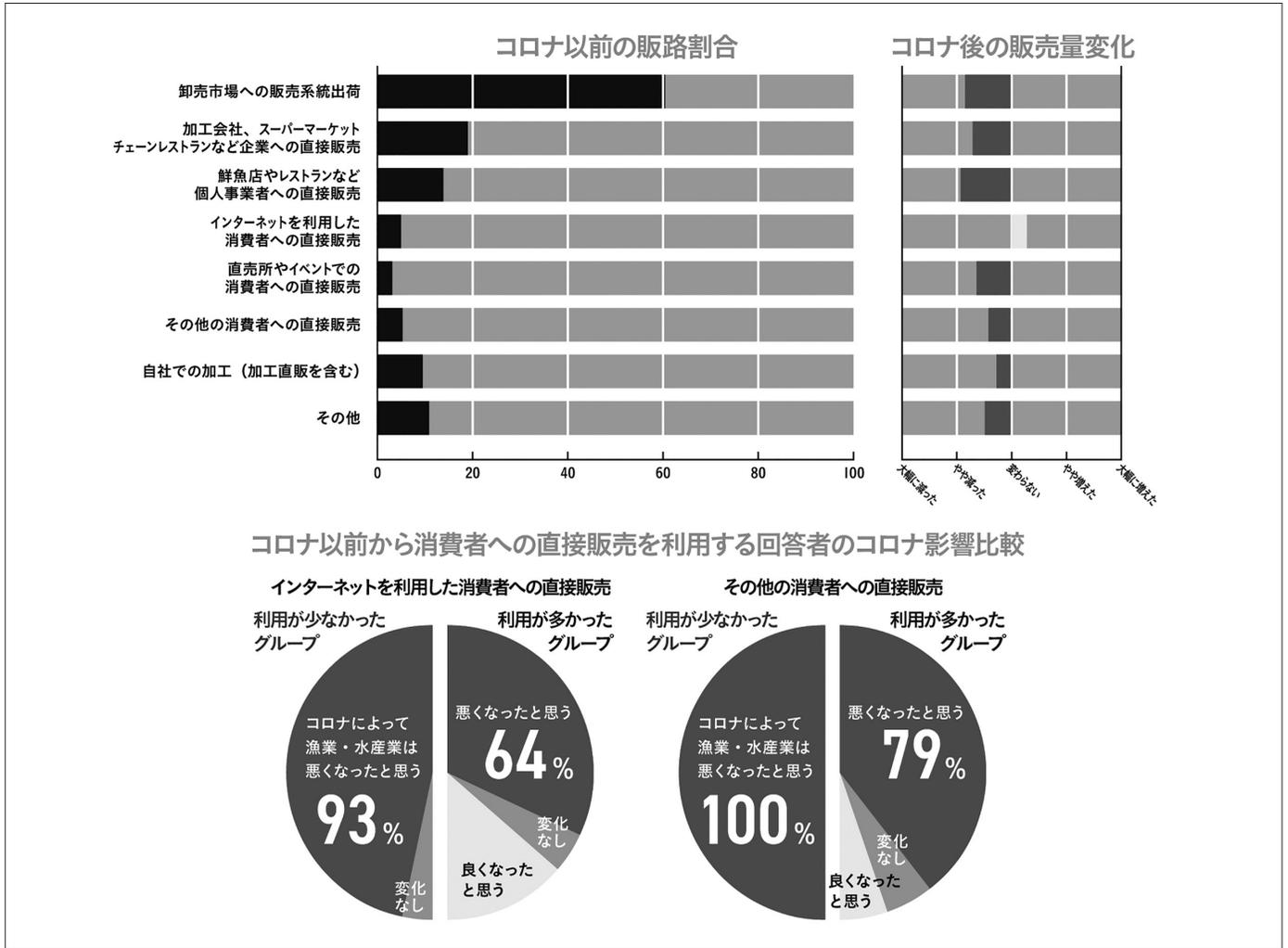


図2 コロナ前後の販路、販売量変化および直売利用者の影響比較

の不足が原因ではなかった。また生産者の販路の変化については、卸売市場への出荷や加工会社やスーパーマーケットへの直接販売などの既存の販路が軒並み落ち込む一方で、インターネットを利用した消費者への直接販売は増加がみられたほか、パンデミック以前から消費者への直接販売を行っていた生産者はパンデミックの影響についても感じ方がおだやかであることが示された（図2）。

これらの結果から、以下のような点が指摘できる。まず、水産事業者の苦境は主としてサプライチェーンの機能不全によるものであるということ。海にも市場にも魚介類はあったが、出口となる飲食店での消費が低調であると、生産者まで遡ってその影響が及ぶ。次に、多くの販路が打撃を受けるなかで、消費者への直接販売はやや堅調であったこと。これは、ステイホームによる巣ごもり需要に対応できたものと考えら

れる。また自由記述では、牡蠣焼き小屋のような観光と一体化した業態に力を入れていたが休業せざるを得なかったという回答も見られた。

以上、食の消費と生産段階のそれぞれで、新型コロナウイルスの影響を見てきた。共通して言えることは、単純にモノが不足するのではなく、サプライチェーンを介して影響が表出しているということである。現代の食のサプライチェーンは生産から消費までがグローバルに絡まりあって形成されている。どこかで何かがあったときに、その問題はチェーンを波及し、思わぬところに影響を及ぼす。食は人間の生存に不可欠なものであり、暮らしの基本をなすものだが、現状、私たちの食生活はグローバルな商業活動のなかに取り込まれており、自身の手が届く範囲を超えたところで安定性が担保さ

れている。パンデミックはこのような国際分業とグローバルゼーションを前提とする現代の食の構造的な脆弱性を浮き彫りにしたといえるだろう。このような視点から日本の農林漁業を見ると、国際的な競争下において、高付加価値農産物の輸出や、都市農村交流の推進、インバウンドを含む観光対応の拡大などで産業の存続や展開を図ってきた経緯がある。しかしながら、今回の新型コロナウイルス感染症は人の往来の制限という形で、このような事業の休止や停滞を招いた。農林水産業の6次化や、輸出振興、観光振興などは国策として推進されてきた部分も大きい。パンデミックによる“多角化”戦略の不振のつけを生産者のみに負わせることは果たして適切だろうか。国内の農林水産業や産地の望ましいあり方について、社会全体で考える必要があるだろう。

国際的な接続性という意味では、感染症の拡大が世界規模に広がるにつれ、「中国やその他の国は野生動物を取引する生鮮・露天市場を規制すべき」という国際世論が高まったことについても指摘しておきたい。新型コロナウイルスはコウモリに由来し、何らかの野生動物を介して、人に感染が広がったものと考えられている。重症急性呼吸器症候群（SARS）、中東呼吸器症候群（MERS）、人に感染する鳥インフルエンザ（H5N1 または H7N9）などのように、近年、世界的な流行を巻き起こした新興感染症は、多くが野生動物に由来する人獣共通感染症であり、新型コロナウイルスもそのひとつである。世界自然保護基金（WWF）は、野生動物が他の食品や家畜、水産物と並べて販売されている生鮮市場（ウェットマーケット）は、違法な野生動物取引の場となっているだけでなく、非衛生的な条件で不健康な動物が他の食品と混在して取り扱われる“生きたペトリ皿”であり、人獣共通感染症の温床となっているとして、野生動物保護だけでなく公衆衛生の観点から、各国の野生動物が取引される生鮮・露天市場の禁止を呼び掛けている⁸。同様の声明は米国やオーストラリアの政府から、また自然保護や動物福祉の活動家からも呼びかけられた。しかし一方で、このような意見は文化的な文脈や現地の実状を無視したものであるという指摘や、人獣共通感染症が頻発化する背景にある大規模な農地開発がもたらす土地利用の変化と人間と野生動物の生息圏の重複にあり、現行の国際的な食農体系のあり方を無視して末端の生鮮市場のみを狙い撃ちにする議論は本質を見誤らせるという批

判もなされている⁹。

他方、新型コロナウイルス感染症の拡大は、日々の暮らしにおいて食と農のあり方に新たな光を照らしてもいる。「新型コロナウイルスと水産業影響調査」の結果で、消費者向け直接販売が増加したことを紹介したが、ステイホームの呼びかけは家庭で過ごす時間の増加をもたらした。結果として、家庭内で調理する機会を増やした。核家族化や共働きの増加などの社会事情の経年的な変化を反映して、近年では多くの世帯が“時間貧乏”の状態を余儀なくされ、家庭内調理は縮小してきた。そして食産業は、そのような消費者の動向に対応して外食や中食を充実させてきた。しかし、日本政策金融公庫が2020年7月に実施した消費動向調査によれば、新型コロナウイルス感染症の拡大の影響下において、全体の3割が「調理をする時間・回数が増えた」と回答しており、かつ、そのうちの6割超が今後も「このまま続くだろうと思う」と回答している¹⁰。単に家庭調理の機会が増えただけでなく、魚をさばく、パンを焼くなどこれまでに縁遠かった手仕事ともいえる取り組みが増加している点も興味深い。また食の生産段階については、新型コロナウイルス感染症の拡大を受けて、国内農業をより大切に感じるようになったという調査結果¹¹や、都市農業や直売所の重要性が高まっているとする調査結果¹²も報告されている。さらにタキイ種苗株式会社の調査によれば、現在、家庭菜園を実施している者のうち3割が自粛期間中に始めており、今後の継続意向も高いことが示されている¹³。

以上みてきたように、「新しい生活様式」の呼びかけや実践は、感染防止という目的を超えて、真に新しい暮らしのあり方を導くきっかけともなったことが示唆される。これまでの食と農のあり方を規定してきた背景には、効率性や生産性を第一義とする新自由主義的な価値観の浸透があった。それは同時に、いびつなワークライフバランスや、社会の不平等の拡大にも寄与してきた。食と農の営みには、本来、競争になじまない部分や、競争にさらされるべきではない領域が多分に含まれている。「飢餓を終わらせ、食料安全保障及び栄養改善を実現し、持続可能な農業を促進する」というSDGs目標2の達成のためにも、新型コロナウイルス感染症の拡大を契機として、もう一度、望ましい食と農のあり方を思い描き、その実現を目指すことが期待される。

- 1 World Bank. 「Food Security and COVID-19」. 2020年 . <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-and-covid-19>.
- 2 FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 「In Brief to The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming Food Systems for Affordable Healthy Diets. Rome」, Italy, 2020年 .
- 3 (特活) しんぐるまざあず・ふぉーらむ . 「ひとり親家庭への新型コロナウイルス (COVID-19) の影響 8月食料支援アンケート分析」. 2020年 . <https://www.single-mama.com/topics/0827covid19-enq/>
- 4 久野秀二 2011 「国連「食料への権利」論と国際人権レジームの可能性」村田武編『食料主権のグランドデザイン：自由貿易に抗する日本と世界の新たな潮流』農文協、pp. 161-206。
- 5 農林水産省「農業労働力確保緊急支援事業」https://www.maff.go.jp/j/new_farmer/roudouryokukinkyukakuho/roudouryokukinkyukakuho.html.
- 6 FAO. 「Migrant Workers and the COVID-19 Pandemic」. Rome, Italy: FAO, 2020年 . <https://doi.org/10.4060/ca8559en>.
- 7 総合地球環境学研究所 . 「新型コロナウイルス感染症による水産物の売り上げは約3割減 ～ウィズコロナの水産業再興はサプライチェーン改革がカギ～」, 2020年7月
- 8 World Wildlife Fund. 「Opinion Survey on COVID-19 and Wildlife Trade in Five Asian Markets」.2020年 <https://www.worldwildlife.org/publications/opinion-survey-on-covid-19-and-wildlife-trade-in-five-asian-markets>.
- 9 Roe, D. et al. 「Beyond Banning Wildlife Trade: COVID-19, Conservation and Development」. World Development 136
- 10 株式会社日本政策金融公庫 . 「食の志向 ほぼ全世代で経済性志向が上昇～コロナ下の調理時間、女性の4割で増加～消費者動向調査 (令和2年7月調査) >」, 2020年 . https://www.jfc.go.jp/n/findings/pdf/topics_200805a.pdf.
- 11 日本農業新聞 . 「日本農業新聞 - コロナ禍で都市住民 4割『農業がより大切』料理回数増え食意識も変化 本紙調査」. 参照 2020年10月12日 . <https://www.agrinews.co.jp/p51104.html>.
- 12 農林水産省 . 「都市農業をめぐる情勢について」, 2020年7月 . https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/tosi_nougyo/attach/pdf/t_kuwashiku-10.pdf
- 13 タキイ種苗株式会社 . 「『2020年度 野菜と家庭菜園に関する調査』を発表」. https://www.takii.co.jp/info/news_200821.html.

コロナ禍の農山漁村への影響と都市集中是正

岩手大学農学部 山本信次

コロナ禍と自助努力の限界

コロナ禍の影響はその感染が人間同士の接触到起因することもあり、人口密度の高い都市部において強く意識されてきた。しかしながら農山漁村やそこで生産される農林水産物にかかわっても大きな影響を与えている。

筆者は大学演習林を管理する立場も務めているが、演習林から生産される一般建築用材用のスギ丸太価格は市場においてコロナ蔓延以前に比して2~3割程度下落した。生産費用・市場への運搬・販売手数料などを考えれば赤字になりかねない価格であった。これはコロナ禍による建築需要そのものの減退の中で起きた、コモディティ化された一般的な商品が売れなくなった一例である。しかしながら、いわゆる「巣ごもり消費」のなかでは販売を伸ばしたものもあり、「すべての農林水産物が売れなくなったわけではない、生産者の販売に



値下がりした一般用材

に対する自助努力が足りないだけだ」という反論もあるだろう。しかし現況は、むしろ「自助努力を重ねてきた農山漁村や生産者ほど強い影響を受けている」とい

えそうである。

なぜならば日本の経済発展とそこで進んだ円高に伴い、国内で消費される農林水産物の多くは価格の安い輸入品に置き換えられていった。だからこそ生き残りをかけて、国産の農林水産物の多くは「ブランド化」や「高付加価値化」に活路

を見出した。日常的に消費される低価格で、輸入品で代替可能なコモディティ化された一般的な農林水産物ではなく、富裕層やインバウンド消費、庶民の「ハレの日」に消費されるような高品質・高価格の農林水産物生産に特化することにより販路を確保し、輸出までをも展望に入れてきた。それがこの間、農山漁村に求められた「強い農林水産業をつくるため



高付加価値農産物としての黒毛和牛

の自助努力」の一面であったといえよう。

そうした側面を代表する高付加価値・高品質農産物の代表である黒毛和牛肉について2020年6月9

日の朝日新聞⁽¹⁾では、外食やインバウンド消費の減退から価格が2割以上下落し、肥育農家が赤字経営に追い込まれ、廃業の危機にあることを伝えている。コロナ禍の状況では「ハレの需要」こそが抑えられた結果、高付加価値化に生き残りをかけてきた農山漁村や農林水産業者こそが強い影響を受けたのである。

ウイルス禍のリスク化と都市-農山漁村関係の再構築

かりに今回のコロナ禍が次年度以降、ワクチン開発などにより短期間で収束に向かったとしても、約10年周期で繰り返されてきた同じコロナウイルス系統のSARSやMARSの経験や2009年の新型インフルエンザ流行を考えれば、これからの世界は周期的にこうしたウイルス性の病による災禍に見舞われることを前提とせざるを得ない。もはやウイルス

による災禍は不確実性ではなく、織り込むべきリスクに転換したといっていよう。

そして伝染性の病が蔓延すれば、その対処法はワクチンが開発されるまでは他者との接触を制限する方向に向かわざるを得ず、そこではインバウンド消費や「ハレの需要」は、今回のように制限されるのは自明の理である。

また農林水産業は産業であると同時に自然資源や国土の管理を担う存在でもあり、それは地域社会としての農山漁村の存在と不可分のものである。市場原理に基づいて参入退出が行われることを前提とした他産業とは異なる特徴がそこにはある。

こうした観点から、ウイルス性の病の蔓延を周期的におこるリスクと見なすことを余儀なくされた今後の社会においては、高付加価値商品生産に特化した農林水産業振興やそうした農山漁村対策に頼り切ることがリスク管理上不適切であることが可視化されたといえよう。

さらに幸いにも今回はそこまでの事態には至らなかったものの、より致死性の高いウイルスの蔓延などの事態を想定すれば、現在のような国際分業に基づくグローバル化を無条件に善とする農林水産物の生産流通システムは、生産者としての農山漁村住民のみならず、消費者としての都市住民にとっても食糧安全保障の面などからも大きな問題をはらむことがあきらかとなったのである。

普通に生きる市井の人々の当たり前のニーズにこたえる産品が、身近でつくられ、それを買い・利用すること。コロナ禍は、そうした暮らしが成り立つ農山漁村と都市の関係をつくりなおす必要性を私たちに突き付けたのである。

農山漁村観光への影響と対応

次に農山漁村振興のもう一つの切り札として、さらに言えば日本経済活性化のための起爆剤として考えられてきた観光の側面から考えてみよう。

2013年、政府は「観光立国実現に向けたアクション・プログラム」を取りまとめ、「今後人口減少・少子高齢化が見込まれる中、国内の観光需要を喚起するとともに、急速に成長するアジアを始めとする世界の観光需要を取り込むことにより、地域経済の活性化、雇用機会の増大などにつなげていくこと」を目指して、訪日外国人観光客 2000万人の目標

を掲げた⁽²⁾。2016年には2000万人、2018年には早くも3000万人を突破し、インバウンド消費による観光地への経済的な影響は大きかった⁽³⁾。

だがいうまでもなく、コロナ禍により、これらは突然失われた。2020年6月の主要旅行業者の旅行取扱状況速報では取扱額対前年比で海外旅行1.2%、外国人旅行1%、国内旅行12.1%、全体で7.1%と壊滅的状况である⁽⁴⁾。7月はやや持ち直したものの全体で対前年比12.6%と依然壊滅的状况が続いている⁽⁵⁾。これこそが政府が感染の再拡大が懸念されつつも「GOTOトラベル」政策を強行した背景であることは一目瞭然であろう。

こうした状況は農山漁村に対してはどのように作用したであろうか。

観光需要が激減する中、「新型コロナウイルス感染拡大防止のため、「3密」を避けながら自然を満喫できるアウトドア熱が高まっている」など、一部には農山漁村に多く存する自然資源を活用するアウトドア・キャンプブームの報道があった⁽⁶⁾。しかし、これは感染リスクを下げるために他者との接触を減らしたいというニーズからくる部分も多く、農山漁村やそこに存する自然資源を、その住民たちが守りはぐくんできた地域資源や生活の場としてではなく、たんなる「人のいない空間」として消費するものであり、そのニーズを完全否定はできないものの、農山漁村の立場からすれば違和感のある「消費」であり、手放しに賛美するわけにはいかないだろう。

そもそも農山漁村を舞台とする観光であるグリーンツーリズムは、その発祥の地であるヨーロッパにおいては農村にゆっくりと滞在し、余暇を楽しむというものであった。しかし、日本においては環境教育的活動や農山漁村の生活や生産活動を体験するなど、現地における農山漁村住民との交流



都市住民による茅葺体験

を伴う能動的な活動を通じて、農山漁村と都市の間に「顔の見える関係」を構築し、その関係性を新たに築き上げていくものとして発展してきた

ことが特徴である。そして、その特徴故に上述したこれから求められる農山漁村と都市との関係の再構築においても大きな役割を果たすものと期待できる。

しかしながら皮肉にも、そうした「人と人の交流」という特徴こそがコロナ禍の状況においては高い感染リスクとなりかねないことから、これらの活動は停滞した。

日本農業新聞によれば緊急事態宣言以降、その解除まで多くの食農体験を受け入れてきた農家民宿が休業を余儀なくされたことが報道され、その解除後も医療資源の乏しい農山漁村に感染状況の不明な遠隔地からの客を受け入れることの懸念が示されている⁽⁷⁾。

さらに大きな影響を受けたのが環境教育・自然体験をプロデュースする自然学校であった。日本環境教育フォーラムによれば「自然学校とは地域の自然を舞台に自然体験やエコツアー等を提供する事業体です。新型コロナウイルスの影響により、子どもたち向けの自然体験やキャンプが延期・中止となりました。4月の調査では、6割強の自然学校が廃業の危機に直面していると回答しています」としており、こうした危機的状況打開のためにクラウドファンディングに取り組んでいる⁽⁸⁾。

このようにコロナ禍は、今後ますます必要性を増す都市と

農山村漁村の関係の再構築に不可欠な日本型グリーンツーリズムにもまた大きな影響を与えたのである。

しかしながら、こうした都市－農山漁村交流そのものが都市住民のニーズを失ったわけではないようである。過去40年ほどにわたり東京都世田谷区との交流事業を続ける群馬県川場村において、各種の交流事業のプロデュースを行う世田谷区民健康村への9月段階での聞き取りによれば、家族向けの農村体験イベントを三密回避のために参加者数を絞った上で、感染防除対策を十分に行って再開したところ、参加申し込みは定員を大幅に超え、抽選をせざるを得ない状況となったとしており、根強いニーズの存在がうかがえる。

こうした点から参加する都市住民サイドにとっての問題は三密の回避や感染防御対策などのイベント運営テクニックの問題といえるだろう。反対に受け入れ側の農山漁村サイドの問題は、不特定多数の都市住民を受け入れた場合の出発地の感染状況が不明なことによるリスクの不透明さの問題といえそうである。前者に関してはコロナ発生から時を経て、感染防御に関する知見も蓄えられ、リスクの低減も可能になってきたといえるだろう。後者については感染状況のわかる特定の場所や近隣都市部からの来訪に限定することでリスクを低減する方策がとられ始めている。



子どもたちへの森林環境教育



自然体験としての木登り

岡山県では、都市部の全小中学校における修学旅行の中止が相次いでおり、中止を決めた学校の中には、代替案として比較的感染リスクの低い県内旅行を検討しているとされ、こうした動きに対して、農村部の農家民宿の協議会が、県内都市部の学校に宿泊利用の呼び掛け、農作業や田舎暮らしを体験できる校外学習の場を提供しようとする取り組みが始まっている⁽⁹⁾。

マイクロツーリズムの限界と多極分散型国土利用

こうした傾向を最もうまく取り入れたのが株式会社星野リゾートの提唱する「マイクロツーリズム」であろう。全国にホテル事業を展開する同社では、緊急事態宣言下の4～5月はグループ全体の売上げが8～9割減という厳しい状況に見舞われたが、その後の移動制限の解除とともに売上げは回復し、夏休みシーズンには稼働率が前年を上回る施設もでてきたという⁽¹⁰⁾。そうした成功の要因は徹底した感染防御対策と近隣客の誘致というマイクロツーリズムの戦略であったという。このマイクロツーリズムの考え方は旅行に行きたい都市住民、不安なく客を受け入れたい農山漁村住民の双方のニーズを満たすものとして、グリーンツーリズムの再興の上でも大いに参考になるものといえよう。

しかし同時にマイクロツーリズムの弱点も同時に明らかとなっている。それは星野リゾートの抱える多数の施設の中で特定の地域や施設で利用が回復しないことであり、具体的には地方では北海道・沖縄を挙げている。その理由は明確であろう。すなわち、それらの地域は領域内に都市部が少なく、国外や遠隔都市部からの観光客のインバウンド消費に頼っていた点で共通しており、そうしたところではマイクロツーリズムによる問題解決は不可能なのである。星野リゾートでは「その個別対応がこれからの課題」とし、個別に問題に取り組むとしている。高名な星野リゾートであれば、そうした自助努力による対応は不可能ではあるまい。

しかし、これを農山漁村と都市との協働的グリーンツーリズムによる地域振興に取り組んできた農山漁村の立場に立っ

て考えれば、近隣の都市部からの集客に期待できる比較的都市近郊の農山漁村はともかく、それ以外の遠隔の農山漁村には、そうした共助的取り組みによる地域振興は持続不可能ということの意味するのである。

こうした点からマイクロツーリズム的手法でグリーンツーリズムを実施し、農山漁村振興を図ろうとするならば、そこには東京に代表される大都市集中を排して、地域ごとに中小都市と農山漁村が並立するヨーロッパ的国土利用構造が前提にならなければならない。そもそもそうした考え方は新しいものではなく1977年に策定された第三次全国総合開発計画の中で提案された定住圏構想を嚆矢として、現在も総務省がすすめる定住自立圏構想や環境省のすすめる地域環境共生圏構想などと通底するものといえよう。コロナ後の社会のために必要な政治構想はすでに存在し、あとはいかに、またどこまで本気でそれを進めていくかという政治の課題なのである。

おわりに

ここまでみたようにコロナ禍の状況では、「自助」的な高付加価値生産に励んだ農林水産業者・農山漁村ほど激しくダメージを受けた。さらに都市と協働して「共助」的なグリーンツーリズムによる農山漁村振興に取り組もうとしても、そこには都市との距離という地理的条件による限界が存在することが明らかになった。農山漁村は自助的にも共助的にも努力を重ねて来ている。コロナ後のよりよい社会形成には、こうした点を踏まえた政府による取り組み・「公助」の強化こそが不可欠といえるのではないだろうか。

(1) 朝日新聞 2020.6.9 付
<https://www.asahi.com/articles/ASN6873J3N64PITB006.html>
最終閲覧 2020.9.13

(2) 観光庁
<https://www.mlit.go.jp/common/001000830.pdf> 最終閲覧 2020.9.13

(3) 日本政府観光局
https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/marketingdata_tourists_after_vj.pdf 最終閲覧 2020.9.13

(4) 観光庁
<https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001358701.pdf> 最終閲覧 2020.9.13

(5) 観光庁
<https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001362765.pdf> 最終閲覧 2020.9.13

(6) 時事ドットコムニュース 2020.8.24 付
<https://www.jiji.com/jc/p?id=20200824091705-0035443419> 最終閲覧 2020.9.17

(7) 日本農業新聞 [新型コロナ] 自粛緩和 農泊じわり再開 「不安」「交流」で葛藤 2020.6.10 付
<https://www.agrinews.co.jp/p50952.html> 最終閲覧 2020.9.17

(8) 新型コロナウイルス対策 緊急プロジェクト 自然学校エイド基金
<https://a-port.asahi.com/projects/nature-school-aid/>
最終閲覧 2020.09.17

(9) 山陽新聞 2020.8.11 付
<https://www.sanyonews.jp/article/1040105> 最終閲覧 2020.9.18

(10) トラベルボイス 2020.9.7 付
<https://www.travelvoice.jp/20200907-147011> 最終閲覧 2020.9.18

ポストコロナ時代の観光のカタチ

東海大学観光学部 田中伸彦

1. はじめに：新型コロナで停滞したのは観光か？旅行か？

日本では、「観光」という言葉が、「旅行」と全く同じ意味で使われることが多い。しかし、英語では両者は使い分けられる。要するに英語圏では、tourism（観光）と travel（旅行）とは、重なりはあるものの異なる意味を持つと認識されている。

一例として、グローバルな企業連携で組織される「世界旅行ツーリズム協議会」を紹介したい。英語名は「World Travel & Tourism Council：略称 WTTC」という。WTTC のメンバーは、世界各国のホテルや航空会社、運輸機関、旅行会社等のトップで構成される。そして、メンバーを核に各国政府や国際経済団体等を加えて「観光のダボス会

議」と呼ばれる世界会議が定期的開催されている。この権威ある WTTC が、tourism（観光）と travel（旅行）を組織名に併記していることに注目してもらいたい。要するに、2つの言葉は同じ意味ではなく並列して記述する必要がある。

travel（旅行）は「2地点間を移動する行為」を単純に指すことが多い一方、tourism（観光）は「出発地から目的地に出かけて戻ってくる現象や、それを支える産業等を総合的に捉えた考え方や概念」である。要するに、tourism（観光）のほうが travel（旅行）より幅広い意味を持つ。もう少し正確に言えば、travel（旅行）は、tourism（観光）の中から「移動」という行為を限定的にとらえた言葉だと理解できる。

以上、冒頭から言葉の細かい定義に踏み込んだが、この「観光と旅行では意味が異なる」という事実が本論では重要である。この事実を念頭に置かないと、新型コロナの蔓延で観光に生じた歪や、負の影響への対応を誤る怖れがある。言い換えれば、違いを踏まえて対応を図れば、ウィズ / ポストコロナ時代の「観光のカタチ」を検討することが容易になる。

観光と旅行では意味が異なる」という事実が本論では重要である。この事実を念頭に置かないと、新型コロナの蔓延で観光に生じた歪や、負の影響への対応を誤る怖れがある。言い換えれば、違いを踏まえて対応を図れば、ウィズ / ポストコロナ時代の「観光のカタチ」を検討することが容易になる。

2. 観光とは何か

観光学では既に古典に入

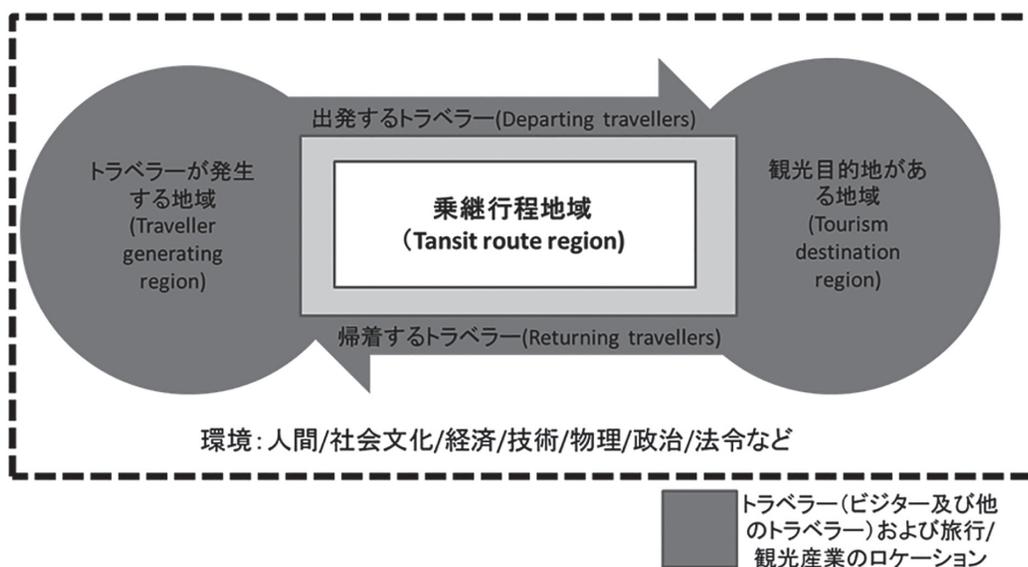


図1 Leiperの観光の概念図

るが「Leiperの観光の概念図」¹⁾というものがある(図1)。この図を読み解くと、観光とは、出発地にいる「人」が、目的地である「デスティネーション」に向かって出発し、やがて戻るという現象だと理解できる。なお、出発地と目的地の途中には、駅や空港などの経由地が存在する。

この図が示す重要な事実は、観光の成立には「人」と「デスティネーション」が存在すれば十分だという点である。言い直すと、観光の必須要素とは「人」と「デスティネーション」の2つで、それ以外は無くても成立する。

この考えに従うと、現在コロナ禍で存続が危ぶまれている企業活動のほとんどは、観光復興にあたり不可欠ではないという事実に行き当たる。従って、ポストコロナ時代の観光のカタチをつくる際には、何を残し、何を改編し、何を終わらせるべきかを慎重に吟味する必要がある。

さて、現在の日本では「旅行業(旅行代理店など)」、「運輸業(航空・鉄道・バスなど)」、「宿泊業(ホテル・旅館など)」が観光の主要3業界とされる。裾野が広い観光関連産業の中で、主要3業界が中心となり観光経済を牽引してきた事実に対し、筆者も異論はない。しかしながら、予約をせずに徒歩移動して野宿すれば3業界の出番はない事実や、これらの企業の誕生以前から観光が成立していた事実を踏まえると、ポストコロナ時代に3業界を、100%元のまま維持する必要はない。むしろコロナを機会に業界を洗練させるべきである。

以上を纏めると、主要3業界はコロナ以前の観光産業の経済発展に大きな貢献をしたのは事実だが、ポストコロナに向けた将来のカタチを再吟味する必要がある。

3. 新型コロナで失われたものは何か

Leiperの観光の概念図(図1)を用いてもう少し論を進めたい。繰り返すが、観光の必須要素は「人」と「デスティネーション」の2つである。これらが新型コロナで毀損されただろうか。

3-1 「人」は失われていない

結論を急ぐと、まず「人」は失われていない。確かに、新型コロナによって世界中で多くの人命が失われた。ただし、グローバルでも国内でも、観光に影響を与えるほどの人口減少は起きていない。もちろん2020年春を境に、観光客とし

て「デスティネーション」を訪れた「人」は極端に減少した。ただし、これは不要不急の地への移動を一時ためらった結果に過ぎず、未来永劫「人」の観光需要が落ち込み続ける訳ではない。

実際、コロナ下でも「人」は順応的に観光を続けている。例えば、海外旅行をあきらめ国内旅行にしたり、3密になりがちな都市観光を避けて地方観光に切り替えたり、「GOTOトラベルキャンペーン」を活用して高級旅館を予約するなど、それまでの経験とは異なる観光のカタチを楽しんでいる。

繰り返すが「人」は失われておらず、観光需要も根強く健在である。

3-2 「デスティネーション」も失われていない

目的地となる魅力的な「デスティネーション」も失われていない。つまり、美しい山や海、古式ゆかしい神社仏閣が消失した事実はないし、春の新緑や秋の紅葉も新型コロナに影響されない。要するに、新型コロナの影響で「人」は来なくなっても、魅力の高い「デスティネーション」は依然健在である。

以上を纏めると、観光の必須要素である「人」も「デスティネーション」も、新型コロナで失われた事実はない。

3-3 何が失われたのか

では、新型コロナで何が失われたのだろうか。2020年の春から夏にかけては、テレビや新聞などで、新型コロナで観光が危機に陥ったという論調が目立った。必須要素が健在な中、観光の何が失われたのか。

結論を言えば、失われたのは、出発地から到着地まで「人」が「2地点間を移動する行為」である。要するにtravel(旅行)が消失したのである。そのためtravel(旅行)への依存度が高かった企業や地域ほど、経営や存続が危ぶまれている。

新型コロナで失われたのが「人」の移動だと認識できれば、現況把握や対処が行いやすくなる。運輸業を例に挙げると、「人」を移動させる部門は壊滅的だが、物流は通販の増加等で活況を呈している。また、通常travel(旅行)には含まない「人」の移動、つまり通勤・通学等の痛手が大きいことも分かる。そして、travel(旅行)による「人」の移動は近い将来回復が期待される一方で、リモート会議や在宅勤務が浸透し、人口減少が進む日本で、通勤・通学や業務出張がコロナ以前の水準へ回復するかは疑問視される。「観光の危機」

と騒がれるが、新型コロナによって失われた「人」の移動は、tourism（観光）の枠を超えて負の影響を与えている。

4. 業界再編は新型コロナ以前から指摘されていた

ところで、新型コロナ発生以前から日本の travel（旅行）産業は、抜本的な再編が必要だと、国が指摘していた事実を思い出しおく必要がある。

2016年3月、首相官邸の政策会議の1つである「明日の日本を支える観光ビジョン構想会議」は「3つの視点」と「10の改革」を提言した。この提言は「日本の観光産業は未だ発展途上段階にある」という認識に立ち、観光先進国になるためのビジョンを示した。そして直ちに改革すべき重要な視点として「観光産業を革新し、国際競争力を高め、我が国の基幹産業に」と明記した。要するに、古い規制で雁字搦めとなり、生産性が低い日本の travel（旅行）関連産業は発展途上段階に過ぎず、近い将来抜本的に革新する必要があると指摘されていた。新型コロナがあろうが無かろうが、travel（旅行）関連産業は大幅な再編が必要だった。

ただし、「構想会議」も、取扱高が20兆円を優に超える travel（旅行）関連産業の再編手順には相当慎重で、ソフトランディングを目指して中長期的に取り組むつもりだった。しかし、新型コロナの発生で計画に狂いが生じ、加速度的にネジが巻かれてしまった。新型コロナによる極端な「人」の移動の抑制が長引けば、数年以内に旅行業、運輸業、宿泊業等でハードランディング的再編が余儀なくされるかもしれない。

5. 農山漁村や自然地域でどのような観光管理を進めべきか

さて、ここからは農山漁村や自然地域に焦点を絞って検討を進めていきたい。ポストコロナ時代の観光を見据えて、農山漁村や自然観光地の管理者や、森づくりを専門とする実務家は、観光に対して何を行えばよいのだろうか。

これらの実務家は、観光の必須要素のうち、「人」の移動よりも、魅力的な「デスティネーション」づくりの専門性が高い。彼らは旅行業務取扱管理者などの国家資格を通常持っていないし、travel（旅行）をコントロールする知識や経験には長けていない。従って、彼らが「人」の移動を回復させ

る努力をしても効果は薄い。「餅は餅屋」として、「人」の移動の回復は、他者に任せの方が得策である。そして、観光需要の回復を見込んで「デスティネーション」に専念し、農山漁村・自然地域の観光地創造やブラッシュアップに注力したほうが効果的であると筆者は指摘したい。

その際、ポストコロナ時代の「デスティネーション」としての農山漁村・自然地域の管理では、どのような学問や技術を振り所にすれば良いだろうか。この点では、人が訪れなくなる魅力的な観光地を、「園」と表現してみると糸口が開ける。「デスティネーション」づくりとは、「園」を「造る」ことである。つまり造園学の知見が、農山漁村や自然地域のデスティネーションづくりで今後一層重要な役割を果たす。

なお、現在日本語で用いられる「造園」という言葉は、「庭いじり」を強く想起させてしまうので、「造園」を「ランドスケープ」と呼びかえて論を進めると良い。「ランドスケープ」づくりに長けた人材が、ポストコロナ時代にますます求められる。

6. 農山漁村や自然地域で着手すべきこと

最後に、ポストコロナ時代の観光のカたちをつくるために着手すべきことについて、3点ほど言及したい。なお、本原稿の執筆時点（2020年9月）の段階では新型コロナ終息の目途はたっていない。そのためここ言及する内容は押しなべて可能性の話になることをお断りしておく。

一つ目には、インバウンドを核に「訪れてよし」に軸足を置いていた観光政策を、「住んでよし」へシフトさせる必要性を指摘する。例えば、軽井沢の2020年夏の現状を見ると、アウトレットへのインバウンド客が減少した一方で、別荘地需要が再燃し、テレワーク施設への投資が進められている。要するに、観光の軸足が、短期間の周遊旅行から、居住や長期滞在を見据えたものにシフトし、農山漁村や自然地域もその流れの中にある。在宅勤務やワーケーションは今後も需要が伸びるため、「住んでよし」に軸足を置いて観光を考えるランドスケープ管理技術の発展と実践が望まれる。

二つ目として、国土利用計画法における「農業地域」の利用目的の拡張を提案する。表1のとおり、日本の国土は5地域に区分されている。人口が減少する日本社会では、都市の郊外や里地里山で、現在「誰が土地管理に責任を持つか」

表-1 国土利用計画法の5地域区分

地域名	定義	根拠法	主な地域
都市地域	一体の都市として、総合的に開発し整備および保全する必要がある地域	都市計画法	都市計画区域
農業地域	農用地として利用すべき土地があり、総合的に 農業の振興を図る必要がある地域	農業振興地域の整備に関する法律（農振法）	農業振興地域
森林地域	森林の土地として利用すべき土地があり、林業の振興又は森林の有する諸機能の維持増進を図る必要がある地域	森林法	国有林、地域森林計画対象民有林
自然公園地域	優れた自然の風景地で、その保護及び利用の増進を図り、生物多様性の保全を行う必要がある地域。	自然公園法	国立公園、国定公園都道府県立自然公園
自然保全地域	良好な自然環境を形成している地域で、その自然環境の保全を図る必要がある地域。	自然環境保全法	原生自然観光保全地域、自然環境保全地域、都道府県自然環境保全地域

という問題が表面化している。また観光面では、有名観光地のオーバーツーリズムを解消するため、里地里山への旅行客の分散が期待されている。加えて、新型コロナで市街地での密な活動が抑制されたことで、さらに分散化が推奨されるようになった。

この様な状況の中、農業地域は「農業の振興に関わらない土地利用が原則できない」と規定されたままである。そのため、里地里山の農的余暇活動は、収穫体験や市民農園、棚田オーナー等に限定され、非農家の地元住民や観光客が、憩い楽しむための豊かな土地利用がなかなか実現できない。

一方都市の郊外では、人口減少や減築で空き地化が進み、農的生活を取入れた余暇活動が推奨され始めた。しかし、農的活動は純粋な農業ではないため、農業地域の農業利用との連携が十分とれていない。

要するに、里地里山からも都市からも、農業地域の利用目的の柔軟化が求められている。農業に直接関係なくとも多様な人々の余暇生活や観光に寄与できる農業地域の土地利用が実現される制度改革が望まれる。

最後に、農山村のマナーフロー活性化のため、観光と地域資源活用との一層の連携を図ることを提唱したい。2020年

6月に「森林サービス産業プロモーション共同企業体」が行った「新しい日常における森林活用の意向調査」²⁾によると、今回の新型コロナを受けて、一般サラリーマンの農山漁村への移住意欲が高まり、再生可能エネルギー産業やサービス産業への就業を望む人が多い実態が明らかにされた。つまり、新型コロナによって、農山村は第一次産業の移住だけではなく、ホワイトカラーやサービス業での移住圧が高まった。

農山村経済をマクロに捉えた場合、観光は他所に住む「人」から収入を獲得する輸出産業だと捉えられる。ただし、観光で域外から「人」に来てもらい、お金を落としてもらっても、燃料費や手数料ですぐに域外へ流出するようでは元も子もない。手に入れたお金は、なるべく域内で循環させた方が、経済効果が生まれ、人口扶養力が高まり、生活が豊かになる。そのためには、観光で域外から得た収入を、域内の農業や再生可能エネルギー産業、各種サービス産業などへ流し、持続可能なカタチで循環させる必要がある。

これらの施策を推進することで、農山漁村や自然地域におけるポストコロナ時代の観光のカタチの一端が見えてくるのではないだろうか。

1) Leiper N. (1979) : The framework of tourism: Towards a definition of tourism, tourist, and the tourist industry: Annals of Tourism Research 6 (4) , 390-407

2) 森林サービス産業プロモーション共同企業体 新しい日常における森林活用の意向

調査」 <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/00000001.000063944.html>
最終閲覧 2020.9.30

コロナ禍における 海洋プラスチック汚染を考える

大阪商業大学公共学部 原田禎夫

はじめに

新型コロナウイルスの世界的大流行は、海洋プラスチック汚染にも大きな影響を及ぼしている。ロックダウンを始めとした行動の制限は、人々の消費行動すら大きく変えた。未知のウイルスへの恐怖は、時として過剰ともいべき感染対策を人々に強いており、それに伴うプラスチック製品の使用と廃棄、そして環境中への流出が急増している。

そもそも、なぜ海洋プラスチック汚染が深刻化したのであろうか。国内外の多くの研究が明らかにしているように、海洋のプラスチックごみの大半は陸域から河川を通じて流出したものである。さらに、こうしたプラスチックごみの多くは、食品の容器包装類などのいわゆる使い捨てプラスチックであり、その一部が、意図的かどうかを問わず環境中に流出している。つまり、海洋プラスチック汚染は誰もが加害者であり、被害者である典型的な非点源汚染である。また、起源地と被害地が離れており、かつ、その被害は人々の目につきにくいところ、すなわち地形の厳しい海岸や離島、あるいは海底により深刻である。さらに、プラスチック汚染の影響は世代を超えて及ぶ、きわめて複雑な問題である。しかし、コロナ禍は、緒に就いたばかりの対策に水を差す格好となった。

本稿では、海洋プラスチック汚染の主たる原因である河川ごみの研究者として、また河川の環境保全に取り組む NPO の一員として、これまで取り組んできた経験に基づいて、コロナ禍で再び激増したプラごみをどのように減らし、海洋プラスチック汚染を防ぐのかを考える。本稿での考察は、定量的な分析や十分な先行研究のサーベイに基づくものではないが、ポストコロナ社会における海洋プラスチック汚染対策に示唆を得ることは出来るかもしれない。そうした観点からま

とめた論考であることをご容赦いただきたい。

コロナ下におけるプラごみの急増

新型コロナウイルスの感染拡大は、世界各地でプラスチックごみの急増を招いた。その背景には、感染対策として使い捨てマスクやゴム手袋などの使用が急増したことや、人々が外出を控えたため、通信販売の利用や飲食店からのテイクアウトやデリバリーが急増したことが挙げられる。

たとえばイギリスでは、ロックダウンにより家庭ごみが急増したことが報告されている (Association of Directors of Environment, Economy, Planning, and Transport, 2020)。一方で、ごみ収集の休止などの影響で不法投棄が 300% 増えたという報告もある (Roberts et al. 2020)。タイの首都バンコクにおける 2020 年 4 月の 1 日当たりのプラスチックごみの排出量は、前年比 62% も増加し 3,432 トンとなった¹。ルーマニアでは、緊急事態宣言前には 1 日当たり 10 トン未満であった家庭ごみの排出量が、ピーク時には 70 トン以上になったと推計されている (Mihai, 2020)。日本でも、NHK によると全国の大都市部における家庭からのプラスチックごみの排出量は 2020 年 4 月から 7 月にかけて、前年同月比で 10% 前後増加している²。

van Doremalen et al. (2020) は、紙や金属などと比べてプラスチックの表面で新型コロナウイルスの活性がより長い時間保たれることを明らかにしたが、衛生面を心配する多くの消費者にとって使い捨てプラスチックは今なお「魅力的」なものである。Klemeš, J. J. et al. (2020) は、医療だけではなく包装資材を中心にプラスチック製品の使用量と廃棄量が世界的に増加しているが、急激な変化に各国の廃棄物処理が追いついておらず、プラスチック汚染がさらに悪化する

可能性が極めて高いと警告している。

プラスチックごみ対策への否定論

諸外国と比べて使い捨てプラスチックの規制が遅れていた日本であるが、2020年7月1日からプラスチック製レジ袋(以下、レジ袋)の無償提供の禁止(有料化)が施行された。その効果は大きく、有料化に慎重だったコンビニエンスストア各社でもレジ袋辞退率は70%を超えるなど³、政府が当初掲げた2020年12月時点でのレジ袋辞退率60%という目標の達成は確実な状況である。

しかし、この規制に対する否定論は今なお根強い。たとえば、レジ袋を製造している清水化学工業は、自社のウェブサイトで「容積ベースではポリ袋は海洋プラスチックごみのわずか0.3%なのに、現在象徴的に非難されています。原因のウエイトと対策のウエイトが乖離しています。」と述べ⁴、多くの共感を得てSNS上で拡散された。しかし、本当にそうなのであろうか。

同社がこの主張の根拠としている環境省の調査⁵は、海流の影響を受ける場所として選定された10地点で行われたもので、東京湾や大阪湾などの大都市部から流出したごみの実態把握を目的としたものではない。さらに、この調査では、破片化したプラスチックも調査対象となっていない。しかし、街中に散乱したレジ袋が海まで流下する過程でどんどん劣化し破片化することは容易に想像できるだろう。原型を留めたまま海まで流れ下ったとしても、表面に微生物が付着するなどして重くなり、レジ袋は海底に沈んでしまう。関西広域連合(2019)では、大阪湾の海底に300万枚ものレジ袋が沈んでいると推計しているが、すでに大阪湾を含む瀬戸内海各地では、ごみの絡まりや海底環境の悪化など、底引き網漁を中心に深刻な影響を及ぼしている。また、世界各地でクジラなどの海洋生物が大量のレジ袋を誤食している事例も多数報告されていることから、国立環境研究所の田崎智宏氏は、体積や重量ベースだけで議論するのではなく、生物への影響や、環境中へ流出したレジ袋の回収やリサイクルの困難性などを



図1 自販機の周りに散乱するペットボトル(2018年 佐竹敦子氏撮影)

考慮したインパクトベースで対策を考えなければいけないと指摘している⁶。

また、海洋プラスチック汚染をめぐる議論では、ポイ捨てが悪いのであり、個人のモラルの問題である、という主張も少なくない。しかし、海や河川で見つかるプラスチックごみの中には、ポイ捨てが原因とは考えにくいものも少なくない。図1は、自販機の周囲に散乱するペットボトルである。雨が降ればこれらは川へ、そして海へと流れ出すことは想像に難くないが、これらのペットボトルはポイ捨てされたものではない。手に持っていたレジ袋が風で飛ばされた経験は誰にでもあるだろう。適切に地域の集積場に出されたはずのごみが、動物に袋が破られて散乱している状況も珍しくないだろう。海や川のごみはポイ捨てばかりが原因ではないのである。今年5月に策定された政府の「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」においても、ポイ捨てや不法投棄とならび「非意図的な海洋流出」の防止が掲げられた。にもかかわらず、「ポイ捨て」ばかりが取り上げられるのはどうしてだろうか。

これについて、社会学者の桜井政成氏は筆者とのSNS上での議論において、環境問題の原因がポイ捨てなどの道徳的問題に矮小化されることや、一方で安易に個人の節約や手作りといったことに解決策を見出そうとする日本の風潮を「環

境問題の自己責任化」とし、社会的な仕組みづくりや技術イノベーションを阻害している原因ではないかと指摘した⁷。すべてのプラスチック製品を廃棄に至るまで完全に管理することができない以上、総量削減を最優先に取り組むべきである。

コロナ禍でのプラごみ急増と市民社会

新型コロナウイルスの感染拡大とともに、国内外の各地で廃棄物が急増した。筆者の住む京都府亀岡市は、2018年12月には「かめおかプラスチックごみゼロ宣言」を発表し、2030年までの使い捨てプラスチックごみゼロの実現を目指すとした。そして、使い捨てプラスチックの象徴ともいえるレジ袋の提供禁止条例を全国で初めて制定するなど、積極的な取組を進める中で起こったのがコロナ禍であった。

亀岡市では、プラスチック製容器包装類は資源ごみとして分別回収している。新型コロナウイルス感染症が全国的に急拡大した2020年3月から4月にかけての回収量は、前年同月比で10%以上増加した（表1）。

この時期、亀岡市は、売り上げが急減した飲食店の支援策として、出前やテイクアウト等に利用できる割引クーポンを発行するなどして、需要の喚起に務めていた。こうした中、若手の飲食店経営者から「テイクアウトが増えると、プラごみがどうしても増える。こういう時こそプラごみゼロマーク（図2）とともに、プラごみ削減に向けた取組を進めて、意識啓発できないか。気にしている事業者もいる。」というメッセージがSNSを通じて仲山徳音副市長（肩書は当時）に届けられ、筆者も加わっている亀岡市のプラスチックごみ削減策の検討チームで共有された。そして、幾度かのやり取りを経て「『プラごみゼロ』クーポンキャンペーン」が始まった。これは、先述の割引クーポン制度の登録店舗のうち、使い捨てプラごみ削減を宣言した店舗を対象とし、顧客はエコバッグやマイ食器の持参などにより10円相当の割引シールを受け取れるというものである。6月末までに発行された割引シールの換金額は27,280円であり、いわば2,728通りの行動変容を促したといえる。緊急事態宣言が継続していた5月のプラスチックごみの回収量は早くも前年同月比でマイナスに転じた。さらに、多くの店舗では、キャンペーン終了後も引き続き自主的な取組が続けられるなど、望外の成果を

挙げることができた。ただし、6月の回収量は、再び大きく増加しており、その発生抑制は極めて難しい課題であることを改めて突きつけられた。

江守(2020)は、気候変動を例に、日本社会の特徴である環境問題に無関心な人が多い理由として、対策行動の「負担意識」、すなわち個人が

我慢や経済的負担、面倒な行為、生活レベルの引き下げなどを受容しなければならないと考えている可能性を指摘した。同時に、関心の高い人々が環境配慮行動をとることで「応分の負担をした」と考え、個人レベルの取組に留まることの危険性も指摘した。そして、こうした問題への対処策として、「わずかな関心を持って個人の環境配慮行動をとる人々を大勢増やすのではなく、本質的な関心を持つ人々とその支持者を増やし、システム変化を起こすことを目指すアプローチ」の重要性を指摘している。プラごみゼロクーポンを始め、現在、亀岡市では事業者や個人から様々な提案がなされ、多くの取組が実行に移されているが、条例制定などを通じて「システム変化」を目指すアプローチが有効に機能し始めている証左ではないか、と感じている。

おわりに

新型コロナウイルス感染症の世界的大流行は、廃棄物問題を含む、さまざまな社会の構造的な問題をあぶりだした。プラスチック汚染対策についても、個人レベルでの取組はもちろん、コロナ禍で後退した使い捨てプラスチック削減の取組を再び強化するよう、政府や、企業へ働きかけることも重要である。

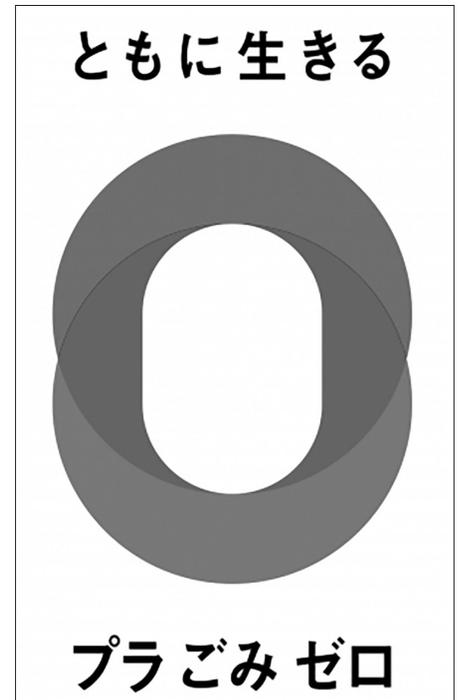


図2 亀岡市の環境ロゴマーク

単位：kg

	1月	2月	3月	4月	5月	6月
2019	64,820	52,290	53,000	58,100	63,409	52,160
2020	63,350	51,520	59,510	65,720	62,660	61,760

表1 亀岡市におけるプラスチック製容器包装類の回収量の推移（出所：亀岡市提供資料をもとに筆者作成）

こうした課題に取り組むヒントとなるのが、社会的営業免許（SLO）と呼ばれる概念である。社会的営業免許は、「ある活動を行う組織と他の社会集団との間の『期待』の合計」と定義され、企業が社会に貢献していると政府や人々からその存在意義を認められることで営業活動の継続が認められる。そして、社会的営業免許を通じて、コミュニティや消費者は企業活動にも影響を及ぼすことが出来る（Morrison、2014）。

日本にも興味深い事例がある。1人の高校生が、製菓大手の亀田製菓とブルボンにプラスチックの過剰包装を無くすよう求めるネット署名を始めたところ、最終的には18,976筆もの署名が集まった。これに対し両社は、「署名には勇気づけられた」（亀田製菓）、「当社と方向性が一致するものであり、活動を継続していきたい」（ブルボン）とコメントしている⁸。たとえば、亀田製菓は2015年からプラスチックトレイを順

次廃止し、2030年には全商品の包装を環境対応とすることを発表しているが、署名活動はこうした取組を加速させる、まさに社会的営業免許の一つといえよう。

海洋プラスチック汚染の防止には、政府による規制など実効力のある政策的対応が不可欠なことはいうまでもない。しかし、現実にはその実現には多くの時間と社会的費用を要する。海洋プラスチック汚染がヒトを含む多くの生物に取り返しのつかない影響をもたらす前に、過度にプラスチックに依存した社会から一刻も早く抜け出す「出口」、すなわち人々や企業の行動が自ずと変容する社会的な仕組みを示すことが我々研究者に課せられた使命である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費19K12489の助成を受けたものである。

1 http://www.tei.or.th/en/highlight_detail.php?event_id=655（最終アクセス2020年9月30日）
 2 <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200908/k10012606851000.html>（最終アクセス2020年9月30日）
 3 <https://www.jiji.com/jc/article?k=2020080500977&g=eco>（最終アクセス2020年9月30日）
 4 <http://www.shimizu-chem.co.jp/message.html>（最終アクセス2020年9月30日）
 5 中央環境審議会循環型社会部会プラスチック資源循環戦略小委員会（第3回）資料 <https://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-03/y031203-s1r.pdf>（最終アクセス2020年9月30日）
 6 FRIDAY デジタル「「レジ袋有料化」はなぜ必要？いま改めて知っておきたい本当のこと」<https://friday.kodansha.co.jp/article/130661>（最終アクセス2020年9月30日）
 7 <https://www.facebook.com/sadao.harada.5/posts/3606196482743262>（最終アクセス2020年9月30日）
 8 <https://www.tokyo-np.co.jp/article/45907>（最終アクセス2020年9月30日）

参考文献
 Association of Directors of Environment, Economy, Planning, and Transport (2020) "COVID 19—waste survey results w/c 27April".
 Klemeš J. J., Fan, Y. V., Tan, R. R. and Jiang, P. (2020) "Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints

related to COVID-19" Renewable and Sustainable Energy Reviews 127, 109883.
 Mihai, F. C. (2020) "Assessment of COVID-19 Waste Flows During the Emergency State in Romania and Related Public Health and Environmental Concerns" International Journal of Environmental Research and Public Health, 17, pp.5439.
 Roberts K. P., Stringfellow, A. and Williams, I. (2020) "Rubbish is piling up and recycling has stalled—waste systems must adapt" The Conversation.
 Morrison, John (2014) "Social License", Palgrave Macmillan.
 van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D.H., Holbrook, M.G., Gamble, A., Williamson, B.N., Tamin, A., Harcourt, J.L., Thornbury, N.J., Gerber, S.I. and Lloyd-Smith J.O. (2020) "Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1" The New England Journal of Medicine 382, pp.1564-1567.
 江守正多 (2020) 「気候変動問題への『関心と行動』を問いなおす—専門家としてのコミュニケーションの経験から」『環境情報科学』、49 (2)、pp.2-6。
 関西広域連合 (2019) 『琵琶湖・淀川流域対策に係る研究会 海ごみ発生源対策部会 報告書』。



緑のデータ・テーブル



2020 年森林環境年表

[凡例]

15日／環境省

プレスリリースなどが出た日／発表主体

1月

7日/トヨタ

建物は木造、「未来都市」計画を発表

トヨタ自動車は1月7日、暮らしを支えるあらゆるモノやサービスをオンラインでつなげる実証都市「コネクティッド・シティ」プロジェクトの概要を米国・ラスベガスの見本市で発表した。2020年末に閉鎖するトヨタ自動車東日本の東富士工場（静岡県裾野市）の跡地（約71万m²）に、自動運転やパーソナルモビリティ、ロボット、スマートホーム技術、AI（人工知能）技術などを導入・検証できる都市を新たにつくる。街の建物は主にカーボンニュートラルな木材でつくり、屋根には太陽光発電パネルを設置するなど、環境との調和やサステナビリティを前提とした街づくりを行う。最初はトヨタの従業員やプロジェクトの関係者ら2000人程度の住民が暮らすことを想定している。

15日/世界気象機関

2019年の世界の気温、観測史上2番目の高さ

世界気象機関（WMO）は1月15日、2019年の世界の平均気温が観測史上2番目に高かったと発表した。過去5年（2015～2019年）と過去10年（2010～2019年）の平均気温はともに過去最高。大気中のCO₂などの温室効果ガス濃度も過去最高を記録しており、気温の上昇傾向に歯止めがかからない。

21日/気象庁

オゾンホールが最小に、南極上空の温度高めで

2019年の南極オゾンホール（南極上空のオゾン量が極端に少なくなる現象）は大規模なオゾンホールが継続してみられるようになった1990年以降、面積が最も小さく、消滅が最も早かったと、気象庁が明らかにした。例年より上空の温度が高く、オゾン層を壊すフロンガス由来の塩素原子ができにくい環境だったため。2019年のオゾンホールは8月中旬に発生し、9月7日に面積が最大（南極大陸の約0.8倍）となった。面積は最近10年間の平均値と比べると最も小さい状態で推移しながら、10月下旬から急速に縮小し、11月10日に消滅した。

2月

18日/森林総合研究所・筑波大学・帝京大学

「寝室に木材・木質が多い」と不眠症少なく

森林研究・整備機構森林総合研究所は筑波大学、帝京大学と共同で、働く人を対象にして日常の睡眠や住環境に関する調査を実施した。寝室に木材・木質の内装や家具、建具が多いと回答した人は不眠症の疑いが少なく、寝室で精神的なやすらぎを感じる割合が高いことが明らかになった。寝室に木製の家具を置くなど、木材・木質材料を多く取り入れることにより、不眠症状の緩和や良い眠りが得られることが期待される。成果は、2020年2月18日にJournal of Wood Scienceでオンライン公開された。

25日/環境省

石炭火力の輸出支援、厳格化へ

二酸化炭素などの温室効果ガスを多く出す石炭火力発電プラントの輸出を巡り、小泉進次郎・環境相は2月25日、政府による輸出支援の要件の見直しを始めることで関係省庁と合意した、と発表した。政府は2018年に閣議決定したエネルギー基本計画で、石炭火力の輸出支援の要件を「我が国の高効率石炭火力発電への要請があった場合」や「エネルギー安全保障および経済性の観点から石炭をエネルギー源として選択せざるを得ないような国に限る」「原則、世界最新鋭の発電設備（超々臨界圧発電方式以上）」などと定めている。

26日/日本森林学会

コロナ禍で、学術大会やイベントが中止・延期に

日本森林学会は2月26日、名古屋大学を中心に3月に開催する予定だった学術大会の中止を決めた。市民も参加できる公開シンポジウム「人と森とSDGs 東アジアからの報告」も取りやめになった。新型コロナウイルス感染拡大の影響。

このほか、2020年春に開催される予定だった森林・林業、環境などに関する学会やNPO法人のイベントなどの多くが、中止・延期となった。

28日/FSC ジャパン

戸建住宅でFSC全体プロジェクト認証を初取得

宮城県三陸町の企業である志津川建設、丸平木材、佐久の3社が建設した新築戸建住宅「南三陸杉の家」が2月28日、新築戸建住宅としては日本初となる『FSC全体プロジェクト認証』を取得した。FSCプロジェクト認証は、建造物や船、イベント会場など一度しかつからないものに対する認証。今回3社が取得した全体認証は、プロジェクト全体の木質原材料の材積50%以上がFSC認証材で、残りの材料もその他の回収原材料またFSC管理木材であることに対する認証である。

3月

4日/欧州連合

温室効果ガスの排出「2050年に実質ゼロ」

欧州連合（EU）の行政機能を担う欧州委員会は4日、地球温暖化の原因になっている温室効果ガスの排出量を2050年までに実質ゼロとする目標を盛り込んだ「欧州気候法案」を発表した。現在の温暖化対策の国際的枠組みである「パリ協定」をさらに野心的にした内容で、環境分野で世界を主導することを狙う。法案は目標達成のため、EU加盟国に協調して必要な対策を講じることを義務づける。欧州委は、対策が不十分な国に対して勧告する権限を与えられる。

16日/内閣府

第14回「みどりの学術賞」に2氏

植物や森林、自然保護など「みどり」に関する研究開発で顕著な功績のあった個人に内閣総理大臣が授与する第14回「みどりの学術賞」の受賞者は3月16日、兵庫県立人と自然の博物館館長の中瀬勲さんと、東京大学名誉教授の福田裕穂さんに決まった。中瀬さんは、造園・

景観の分野で、みどりによるまちづくりへの多様な参画や多自然居住の推進による地域づくりの理論や手法を構築。阪神淡路大震災の復興過程などにおいてみどりを通じたコミュニティ形成を実践した。福田さんは、植物分子生物の分野で、植物の木質形成の中心である維管束形成機構の解明を分子レベルで進め、植物バイオマスの質的・量的改良と利用に関する研究基盤の構築に貢献した。

24日／東京大学

スギ・ヒノキの生理情報データベース構築

東京大学大学院農学生命研究科の橋本昌司准教授らの研究グループは、過去70年間のスギとヒノキに関する文献を収集し、光合成、蒸散速度、林密度、無機養分含有量、乾燥耐性能力など177項目のデータをデジタル化してデータベースを構築した。データには日本国内だけでなく、朝鮮半島や台湾、中国のものが含まれているほか、人工林、天然林双方で測定されている。データベースはオープンアクセスで公開され、だれもが利用できる。気候変動が林業に与える影響の予測や人工林の管理方法改善に役立つと期待している。

27日／凸版印刷・日本製紙

CNF使用カップでプラスチック使用量半減

凸版印刷は、日本製紙グループとともに性能改善に取り組んでいるCNF（セルロースナノファイバー）をコーティングし高いバリア性と密閉性を持つ飲料向け紙カップを開発したと発表した。今までCNFは固形食品用途にしか使用できなかった。従来の飲料向けプラスチックカップと比較して、プラスチック使用量を約50%削減できるという。CNFは、紙の原料となる木の繊維をナノオーダーにまで微細化したバイオマス素材。「軽くて強い」、「熱変形が小さい」などの特長があり、自動車、家電、塗料や繊維などさまざまな分野で新素材として期待されている。

4月

7日／政府

コロナ禍で緊急事態宣言、まず7都府県に

新型コロナウイルスの感染拡大で、安倍晋三・総理大臣は4月7日、東京、神奈川、埼玉、千葉、大阪、兵庫、福岡の7都府県に緊急事態宣言を行った。4月16日には対象を全国に拡大した。

（※5月14日に北海道・東京・埼玉・千葉・神奈川・大阪・京都・兵庫の8都道府県を除く、39県で解除。5月25日には残っていた首都圏1都3県と北海道も解除し、約1カ月半ぶりに全国で解除された※）

5月

12日／森林総合研究所

クビアカツヤカミキリに樹幹注入剤が有効

サクラやウメ、モモ等を枯死させる外来種のクビアカツヤカミキリに対し、樹幹注入剤（木へ注射する薬）が有効であることを、森林総合研究所の研究チームがはっきりさせた。クビアカツヤカミキリの幼

虫に穿孔されたソメイヨシノに樹幹注入剤（有効成分ジノテフラン）を使用して効果を検証。注入前に確認された穴のうち72%は2週間以内にプラス排出が止まり、薬剤の効果によって幼虫が死んだと判断した。一方、残りの28%は効果がなかったが、それらの穴の周辺を観察すると樹勢の衰えや集中的な穿孔があり、水の運搬がうまくいかず薬剤が届きにくかったと考えられた。そのような箇所は切除などによる駆除が必要だ。

6月

16日／政府

SDGsと森林を特集、2019年度「森林・林業白書」

政府は、6月16日の閣議で2019（令和元）年度の『森林・林業白書』を決定・公表した。特集テーマに「持続可能な開発目標（SDGs）に貢献する森林・林業・木材産業」を掲げ、異業種企業などが森林整備や木材利用に参画することで新たなビジネスが生まれる可能性などについて解説している。SDGsは、2015年9月の国連サミットにおいて採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」に含まれるもので、持続可能な世界を実現するための17の目標とその下の169のターゲットからなる。それぞれの目標とターゲットは相互に関連しており、一つの行動が複数の課題を統合的に解決することや、目標同士がトレードオフの関係となる場合もある。

25日／宇宙航空研究開発機構

コロナの影響？ 大都市のCO₂増加鈍る

2020年1～4月の大気中の二酸化炭素（CO₂）増加量が大都市周辺で平年より鈍っていたことが、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」の観測で分かったと、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が6月25日、発表した。新型コロナウイルス感染症の流行に起因した化石燃料消費の減少の影響をうけていると考えられる。大気中のCO₂濃度は現在410ppm程度。植物の光合成や呼吸や風の影響を受けた季節変動を繰り返しながら、長期的には年に2ppmの割合で増えている。世界の主な大都市について、2016～2020年の1月～4月の月別のCO₂増加量を算出した。

26日／秋田県立大学

クマが嫌がる木製のくいを開発

ツキノワグマによる人や農作物への被害を防ぐ「木製のくい」を開発したと、秋田県立大学木材高度加工研究所の野田龍・准教授が6月26日発表した。秋田県横手市の木材加工・販売会社のウッドィさんない株式会社と共同で開発した。高さ2mの丸い杉材の支柱で、これに直径約3cmの穴を30カ所以上開け、トウガラシやミントなど、クマが嫌がるにおいがついた木の栓を打ち込んでいる。この手法だと、クマを傷つけることなく人の生活空間への侵入を防ぐ効果が期待できる。においのついた木の栓は2年ほど効果が持続するという。

30日／内閣府・環境省

「災害をいなし、すぐに興す」社会へ戦略

地球温暖化などに伴う気象災害の激甚化を受け、武田良太・内閣府防災担当大臣と小泉進次郎・環境大臣は6月30日、「気候変動×防災」

に関する共同メッセージ（戦略）を公表した。気象変動はもはや「気候危機」といえる状況で、行政・企業・国民などあらゆる「主体」が横断的に連携し、気候変動のリスクをふまえた防災・減災対策を講ずる必要があると強調。自然災害と向き合ってきた日本人の知恵を活かした「災害をいなし、すぐに復興する」社会づくりを呼びかけた。

7月

2日／農研機構

「2℃上昇」で8兆円超被害、穀物生産で試算

農研機構を中心とした研究グループは、気候変動（地球温暖化）が世界の主要穀物の生産に及ぼす影響とその対策に要する費用を試算した。産業革命以降の気温上昇が2℃の場合。温暖化がない場合と比較して世界全体の生産額は年間8.4兆円（800億ドル）減少する。このうち6.4兆円は、温室効果ガスの排出削減等により気候変動の進行を抑える対策を追加すれば軽減できるが、残りの2兆円は対処しきれずに生じる生産被害（＝残余被害）となる。気温上昇がさらに進むと、対策に要する費用と残余被害が増大する。7月2日に国際科学雑誌「Climate Research」に掲載された。

7日／農林水産省

原発事故被災12市町村の営農再開を加速

農林水産省は、福島県の原発事故被災12市町村（田村市、南相馬市、川俣町、広野町、楡葉町、富岡町、川内村、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村及び飯館村）の営農再開の加速化に向けた広域的な高付加価値産地構想を取りまとめた。主な内容は、拠点となる加工施設等を核にした取り組みと、阿武隈地域など中山間地での展開を見据えた取り組み。

13日／WWF ジャパン

キツネザル類やマツタケが危機、国際レッドリスト

WWF ジャパンは7月13日、IUCN（国際自然保護連合）が絶滅の危機にある世界の野生生物のリスト「レッドリスト」の最新版を公開し、3万2441種を絶滅危機種に選定したと発表した。前回選定された3万1030種を1000種以上上回る。特に深刻なのはアフリカ・マダガスカル島に分布するキツネザル類で、96%に当たる103種が絶滅の危機にあるとされた。また、マツタケも、「VU: 絶滅危惧Ⅱ類（危急）」として記載された。東アジアでは、マツノザイセンチュウによる「松枯れ」が進行しているほか、中国南西部では森林伐採、ヨーロッパでは松林での窒素過剰の問題が指摘され、生育環境の劣化や減少が懸念されている。レッドリストへの記載は、あくまで絶滅危機の度合いを示すものであり、これが売買の規制や禁止を意味するものではない。

※マツタケ不作、78%減（6月30日／林野庁）※

林野庁は6月30日、2019年の特用林産物の生産量（速報値）をまとめた。きのこ類の生産量はほぼ前年並みだったが、「まつたけ」は天候不順の影響で前年比78%減の14tにとどまった。

13日／国連

コロナで2030年「飢餓ゼロ」達成危うし

世界で飢えに苦しむ人が2019年は約6億9000万人にのぼり、5年連続で増加したことが、国連がまとめた報告書で明らかになった。国連が地球規模の課題解決に向けて、採択した17分野の持続可能な開発目標（SDGs）のうち、「30年までの飢餓ゼロ」の達成が危ぶまれている。新型コロナウイルスの感染拡大などが飢餓人口の増加に拍車をかけているためだ。報告書は国連食糧農業機関（FAO）、国連児童基金（UNICEF）、国連世界食糧計画（WFP）などの5機関が「世界の食料安全保障と栄養の現状」にまとめ、7月13日に発表した。

飢餓人口とは、価格の高騰などで食料を入手できず、慢性的栄養不足に陥っている人々を指す。2019年の飢餓人口の最多はアジア（約3億8100万人）で、アフリカ（約2億5000万人）、中南米（約4800万人）が続いた。気候変動が引き起こす異常気象や紛争に加え、新型コロナの世界的な蔓延（まんえん）が食料状況の悪化を加速している。2020年の小麦や米などの主要作物の生産量は平均を上回る見通しだが、各国のロックダウン措置に伴う食料の生産・流通への影響や世界経済の停滞で、新たに約1億3000万人が急性の飢餓状態に陥る可能性がある。東アフリカや南アジア諸国で食料を食い荒らすサバクトビバッタの被害の拡大も懸念される。

8月

6日／国立環境研究所、海洋研究開発機構、気象研究所

世界のメタン放出、約20年間に9%増

国立環境研究所や海洋研究開発機構、気象研究所などは8月6日、メタンのすべての発生源と吸収源をより詳細に網羅した「世界メタン収支2000-2017」の研究結果から、大気中のメタン濃度の増加が一時的に停滞した期間（2000-2006年）に比べ2017年は放出量が9%（メタン重量で年間約5000万t）増加したと発表した。

地域別に比較すると、①アフリカと中東②中国③南アジアとオセアニア④北アメリカ、で特徴的な増加がみられた。アフリカとアジア（中国を除く）では、農業と廃棄物が主要な放出源であり、化石燃料がそれに次ぐ。中国と北アメリカでは化石燃料の消費が最大の放出源及び増加原因となっていた。一方、これらの地域とは対照的にヨーロッパは放出量が減少した。減少の主な原因は、農業や廃棄物部門の作業工程におけるメタン放出削減のための対策が進んだためだ。

メタンは、人為的な気候変動に対して二酸化炭素に次ぐ寄与を持つ温室効果ガスで、すべての温室効果ガスが地球温暖化に与える影響の23%分を担っている。メタン放出増加の主要因となった部門は、化石燃料（生産と消費）、農業活動や廃棄物部門であり、これらの部門の放出量を減らすことが気候変動の緩和に必要であることが明らかになったという。

9日／商船三井

重油流出1000t以上、モーリシャス座礁

インド洋の島国モーリシャスの沖合で大型貨物船が座礁して重油が流出した事故で、船を運航していた商船三井は8月9日、東京都内で会見し、流出した重油は1000t以上だったと明らかにした。座礁したのは長鋪汽船（岡山県）が所有する「WAKASHIO」。燃料用の

重油タンク三つのうち、座礁時に1180tの重油が入っていたタンクが破損した。周辺海域に貴重な野鳥の生息地があるといい、重油が広がらないようオイルフェンスを設けるなどした。

17日／気象庁

浜松で41.1℃、国内最高気温に並ぶ

8月17日は各地で午前中から気温が上昇し、35℃を超えた猛暑日を記録する地点が相次いだ。気象庁によると、浜松市で午後0時10分に41.1℃を記録し、2018年7月に埼玉県熊谷市で観測された国内最高気温に並んだ。浜松市では16日にも観測史上最高となる40.9℃を記録しており、2日連続の40℃台となった。

25日／気象研究所

台風接近が40年間で2割増

気象庁気象研究所は8月25日、関東から東海、近畿、四国にかけての太平洋側の多くの地域で、接近する台風が1980年からの40年で2割ほど増え、特に東京では5割増えたと発表した。九州や沖縄、日本海側の地域では、大きな違いはなかった。太平洋高気圧が北と西に張り出すことが増え、高気圧の縁を進む台風の経路が日本列島に近づいたためとみられる。また、台風の勢力は強く、移動速度は遅くなる傾向があった。

台風は高気圧の縁に沿って移動する。この40年で太平洋高気圧が平均して西に約500km、北に約300km張り出すようになったといい、以前は日本列島の南の太平洋上を通過していた台風が、陸地に接近する例が増えたとみられる。

27日／環境省

オガサワラシジミ絶滅の可能性

環境省は8月27日、飼育下繁殖の実施などにより生息域外での増殖に取り組んでいる国内希少野生動物種オガサワラシジミについて、飼育下のすべての個体が死亡し、繁殖が途絶えたと発表した。本種は2018年6月を最後に、母島においても個体が確認されていない状況が続いており、今回、生息域外個体群が途絶えたことは、本種の保存にとって非常に危機的な状況であるとした。専門家を交え、飼育下個体が途絶えた原因を分析し、教訓として絶滅危惧種の保全対策に活かしていく。

27日／環境省、福島県

「未来志向の環境施策」推進へ協定締結

環境省と福島県は8月27日、「福島復興に向けた未来志向の環境施策推進に関する連携協力協定」を締結した。東日本大震災・原発事故後、環境省は福島地域の強みを創造・再発見する「福島再生・未来志向プロジェクト」に取り組んできた。協定に基づき、原子力災害の影響が残る浜通り地域をはじめ福島復興を一層進める。主な施策は、①「ふくしまグリーン復興構想」等の着実な推進、②復興と共に進める地球温暖化対策、③ポスト・コロナ社会を先取りした環境施策、など。

9月

17日／愛知県

名古屋港に多数のヒアリ、地中への出入りも初確認

愛知県は9月17日、同県飛鳥村の名古屋港飛鳥ふ頭で、強い毒を持つ外来種のヒアリ700匹以上が見つかったと発表した。名古屋港管理組合による定期調査で見つかった。12日にふ頭の臨港道路沿いで300匹以上、15日に近くの事業所の敷地内で400匹以上が、歩道の割れ目や土の中に入り込んでいたという。

これを受けて環境省は、専門家の協力のもと、9月18日から確認地点の追加調査と防除を実施。9月23日の調査において、一定の規模のコロニーを形成しており、多数の有翅女王アリ（数十個体以上）を含んでいることが確認されたことから、殺虫剤を用いた緊急的な防除を実施した。2017年6月の国内初確認以降、これまでのヒアリの確認事例は2020年9月25日（金）現在で16都道府県、計57事例にのぼる。

24日／国連

国連事務総長、脱炭素化呼びかけ

国連のグテーレス事務総長は9月24日、新型コロナウイルスで打撃を受けた経済の回復策について「コストが高く、汚染も多い石炭などの化石燃料産業を経済的に支えることは、『回復』とは呼べない」と述べ、気候変動対策を加速させるよう求めた。国連総会にあわせて気候変動対策をテーマに開いたオンライン会合で述べた。温暖化対策の国際ルール「パリ協定」で目指す目標を達成するには温室効果ガスを2030年に1990年比で45%減らし、2050年より前に「実質排出ゼロ」にすることが求められると指摘。「政府、都市、企業、NGO、国際機関の全てが、50年までに実質排出ゼロに移行する計画を持つ必要がある」とした。

28日／東京大学、住友林業

「木や植物の新たな価値創造」へ協定

東京大学と住友林業は9月28日、産学協創協定を結んだと発表した。『木や植物の新たな価値創造による再生循環型未来社会協創事業』を推進していく。木の最先端科学研究を通じて「木の価値」を高め、木質資源の循環利用でサーキュラーバイオエコノミーシステム（循環型共生経済）を構築、持続可能で人と地球環境にやさしい未来社会を実現する。人材育成およびベンチャー企業の協業にも取り組む。事業期間は10年で、事業費10億円を住友林業が拠出した。

10月

16日／農林水産省、経済産業省

「林業・木質バイオマス発電研究会」が報告書

農林水産省と経済産業省は10月16日、「林業・木質バイオマス発電の成長産業化に向けた研究会」の報告書を公表した。同研究会は、木質バイオマス燃料の供給元としての森林の持続可能性の確保と木質バイオマス発電の発電事業としての自立化を両立させる方策を官民連携により検討する場として設置。2020年7月から10月にかけて、

林業、チップ・ベレット加工業、発電事業、製紙業、学識経験者それぞれの視点を踏まえた検討を行った。主な論点は次の通り。(1) 森林資源の持続的活用（広葉樹・早生樹の活用を含む）(2) 木質バイオマス熱利用の推進 (3) 木質バイオマス燃料の品質安定化

26日／内閣府

日本も「2050年に温室効果ガス排出ゼロ」

菅義偉・総理大臣は10月26日の国会・所信表明演説で「わが国は2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」と宣言した。

背景について「もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらす、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。鍵となるのは、次世代型太陽電池、カーボンリサイクルをはじめとした、革新的なイノベーションです。実用化を見据えた研究開発を加速度的に促進します。規制改革などの政策を総動員し、グリーン投資の更なる普及を進めるとともに、脱炭素社会の実現に向けて、国と地方で検討を行う新たな場を創設するなど、総力を挙げて取り組みます。環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めていきます。世界のグリーン産業をけん引し、経済と環境の好循環をつくり出してまいります。省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、安全最優先で原子力政策を進めることで、安定的なエネルギー供給を確立します。長年続けてきた石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換します」と述べた。

11月

1日／林野庁

異分野×林業のコラボ、2事業に優秀賞

林業現場を知る人材と、独自の技術やノウハウを持つ異分野人材とのコラボで、森林づくりの課題を解決しようという事業共創プログラム「SFA2020」(SUSTAINABLE FOREST ACTION=林野庁補助事業)の審査会(デモデイ)が11月1日、東京・永田町会場とオンラインで同時開催された。2チームが優秀賞を受賞し、200万円の事業化資金を獲得した。事業化・法人化に向けて準備を進める。受賞チーム以外にも、複数のチームが引き続き事業化に向けた活動を行う。

6日／北海道大学

イトウの生息域を「環境DNA」で推定

環境省のレッドリストで絶滅危惧I B類に指定されている日本最大の淡水魚「イトウ」の生息域を推定したと、北海道大学大学院農学研究院の荒木仁志教授らの研究グループが、11月6日に発表した。生態学の最新技術である「環境DNA解析」を駆使し、北海道内の120河川のうち7河川でイトウ分布の証拠となる環境DNAを検出した。捕獲や目視に頼らず、希少生物の分布や生息環境を解明する技術としても期待される。環境DNAとは、生物からはがれ落ちた表皮やふんなどに含まれる細胞や細胞小器官のDNAで、ネス湖のネッシーの調査に使われたことが注目された。

10日／気象庁

生物季節観測を大幅削減

気象庁はツバメやウグイスなど23種目の季節観測を取りやめた。季節の進み具合や気候の変化をみるために、アキアカネ(赤とんぼ)やホタル、ツバメ、トノサマガエルなどの「初見日」のほか、ウグイスや様々な種類のセミ、エンマコオロギなどの「初鳴き日」などを観測してきたが、都市化や地球温暖化により生態環境が変化し、気象台周辺で見つけることが難しくなった生き物が増えたという。また、同じ目的で植物の観測も行っているが、対象の34種目のうちチューリップやタンポポなど28種の観測をやめた。温暖化などで観測に適した場所で標本とする木などの確保が難しくなったためという。桜の開花と満開、カエデの紅葉と落葉、イチョウの黄葉と落葉、梅とアジサイ、ススキの開花の計6種目の観測は今後も続ける。

12日／環境省

アマミノクロウサギをイヌが捕食、徳之島

環境省・奄美群島国立公園管理事務所は11月12日、鹿児島県徳之島北部の集落の居住地域内で死んでいた国の特別天然記念物「アマミノクロウサギ」2匹の付着物から、イヌのDNAが検出されたと発表した。周辺のノライヌ情報も合わせて考え、今回のアマミノクロウサギの死因はどちらもイヌによるものと判断した。集落の居住地域内でアマミノクロウサギの死亡が確認されたのは初の事例となる。徳之島では、アマミノクロウサギのような希少種の生息域(森林)と人間の生活圏が近接しており、これまでノネコの捕食が問題になってきた。

12月

8日／森林総合研究所、東京大学、山階鳥類研究所

貴重な渡り鳥「オオミズナギドリ」をノネコが捕食

伊豆諸島・御蔵島で繁殖する渡り鳥「オオミズナギドリ」が、ノネコ(野生化したネコ)に捕食されていることが分かった。森林総合研究所、東京大学大学院農学生命科学研究科、公益財団法人山階鳥類研究所の研究グループが12月8日に発表した。ノネコ1匹あたり平均で年間313羽を捕食していると推定される。

オオミズナギドリは、東アジア地域の主に日本の島々で繁殖する海鳥。かつては日本の多くの島で繁殖していたが、警戒心が極めて低く、人が持ち込み野生化したイタチやノネコなどがいる島を中心に、繁殖地は次々と消失した。このため、国際自然保護連合(IUCN)のレッドリストで準絶滅危惧種(NT)に指定されている(研究成果は11月7日、国際学術誌「Mammal Research」でオンライン公開された)。

17日／ユネスコ

「伝統建築工匠の技」が無形文化遺産に

ユネスコ(国連教育科学文化機関)は12月17日、日本が提案していた「こうしやう伝統建築工匠の技:木造建造物を受け継ぐための伝統技術」を無形文化遺産に登録することを決めた。提案は、奈良・法隆寺など歴史的な木造建造物の保存修理に欠かせない17件の技術。何世紀にもわたり受け継がれてきた素晴らしい建築技術とともに、茅かやや漆、い草など資材の育成・採取、再利用のサイクルについても、持続可能な開発に寄与するものとして評価された。

伝統建築工匠の技とは、木・草・土などの自然素材を建築空間に生かし、世界に誇る建築遺産を定期的に保存修理してきた技術。材料の採取や再利用、高度な木工・屋根葺・左官・装飾・畳なども合わせ、文化財保護法に基づき国が「選定保存技術」として認定し、継承する団体や職人を支援している。適切な周期の保存修理は、郷土の絆や歴史を確かめる行事でもある。

19日／神奈川県

無花粉ヒノキの苗木を出荷へ

神奈川県自然環境保全センター（厚木市）は、全国に先駆けて取り組んでいる無花粉ヒノキの苗木を出荷できる見込みになったと12月19日、公表した。まず約150本の出荷を考えているという。同センターは2012年に花粉を飛ばさないヒノキを発見し、実用化を研究してきた。神奈川県内では、スギについても無花粉や花粉の少ない品種への植え替えが進んでいる。

23日／京都大学、住友林業

木造の人工衛星打ち上げへ

京都大学と住友林業は、「宇宙における樹木育成・木材利用に関する基礎的研究」に共同である研究契約を締結し、『宇宙木材プロジェクト』をスタートしたと12月23日発表した。2023年に木造人工衛星「リグノサット」を打ち上げ、2024年3月まで宇宙環境下での木材物性評価や樹木育成研究を行う。木材は電磁波・地磁気を透過するため、人工衛星を木造にすればアンテナや姿勢制御装置を衛星内部に設置でき、衛星構造を簡素化できる。また運用終了後、大気圏に突入すると木造人工衛星は完全に燃え尽きる。燃焼時に大気環境等の汚染源となりうる微小物質（アルミナ粒子）が発生しないクリーンで環境に優しい人工衛星の開発につながる。

●森林環境研究会

青木謙治 (東京大学大学院農学生命科学研究科准教授)
一ノ瀬友博 (慶應義塾大学環境情報学部教授)
井上真 (早稲田大学人間科学学術院教授/座長)
鎌田磨人 (徳島大学大学院社会産業理工学研究部教授)
小森敦司 (朝日新聞東京本社経済部)
酒井章子 (京大大学生態学研究センター教授)
田中俊徳 (東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授)
田中伸彦 (東海大学観光学部教授/座長代理)
則定真利子 (東京大学アジア生物資源環境研究センター准教授)
原田一宏 (名古屋大学大学院生命農学研究科教授)
村山知博 (朝日新聞論説委員)



●事務局 (森林文化協会)

片桐さよ子
門永佳代
斎藤義浩
坂本修
立川洋一

(いずれも五十音順)

あとがき

森林や環境の問題に関わってきた研究者とジャーナリストで構成する森林環境研究会は、森林文化協会の専門委員会として年間の研究テーマを選び、その成果を年報という形で発表している。今回の特集テーマ「森林と自然エネルギーを再考する」の狙いは、森林資源をはじめとする自然エネルギー(再生可能エネルギー)は果たして十分に活用できているのか、できていないとしたら何が課題になっているのか、を探る糸口を提供することである。トレンド・レビューでは、新型コロナウイルス禍のもと、私たちの社会や暮らしをどう変えていくべきかにスポットを当てた。緑のデータ・テーブルには、2020年に発表された産学官のプレスリリースから重要と思われるものをピックアップし、森林・環境問題をめぐる1年間の動きをたどった。

この年報が、これまで以上に多くの方々に読まれ、森林文化協会が理念とする「山と木と人の共生」に向けての歩みが少しでも進むことを願う。

森林文化協会 斎藤義浩

森林環境 2021 2021年3月15日 第1刷発行

編著———森林環境研究会
責任編集———村山知博+青木謙治
発行者———飯田真也
発行———公益財団法人 森林文化協会
東京都中央区築地 5-3-2 朝日新聞東京本社内 〒104-8011
TEL 03-5540-7686 FAX 03-5540-7662
e-mail info@shinrinbunka.com

制作・印刷・製本——三協印刷株式会社

©2021Shinrinbunka-kyoukai
Published in Japan
ISBN978-4-9980871-7-5

Global **CO2** emissions could be **reduced** by up to **31%** if builders use wood instead of steel and concrete

This would reduce global fossil fuel consumption by **12 to 19%**.



9784998087175



1920040018003

ISBN978-4-9980871-7-5

C0040 ¥1800E

定価：1980円(税込み)