

論 説

双方向ラーニング・ワーケーションによる実証的研究（第三弾－完） －社会課題の解決（カーボンニュートラルの推進）に向けて－

西 村 勝 志* (産業マネジメント学科)

* 責任著者

An Empirical Study on Interactive Learning Workation (3rd-Final)
－ Towards solving social issues (promoting carbon neutrality) －

Katsushi NISHIMURA * (Industrial Management)

* Corresponding author

キーワード：ワーケーション・カーボンニュートラル・連携協働・中島・持続可能な地域社会
Keywords: Workation, Carbon Neutral, collaboration, Nakajima, Sustainable Local Society

【原稿受付：2024 年 7 月 22 日 受理・採録決定：2024 年 8 月 2 日】

要旨

本論文は、前々回（双方向ラーニング・ワーケーションによる実証的研究の第一弾）、前回（その第二弾）の最終編にあたる。第一弾では、ワーケーションの実態を明らかにするとともに、中島で実施することの意義や新たなワーケーションの在り方を究明した。続いて前回の第二弾では、中島ワーケーションを労働環境改善の一手段として捉えることで、働き方改革推進の可能性を模索してきた。そして、今回の第三弾では、中島ワーケーションをビジネスマッチングの場及び社会や地域の課題解決の場（プラットフォーム）として捉えることで、脱炭素化社会に向けたカーボンニュートラル推進の可能性を追究した。そこでの本研究における実証的アプローチとしては、中島ワーケーションを実施する中、まずは、日本におけるカーボンニュートラル推進の背景を探り、カーボンニュートラル推進事業の現状ないし実態を明らかにした。それを踏まえて、脱炭素化社会の必要性を整理するとともに、カーボンニュートラル推進、とりわけ太陽光発電に内在する問題に焦点をあて、その解決策を検討することで、カーボンニュートラル推進の可能性を追究してきた。具体的には、地域企業・金融機関や地方行政を巻き込んで中島ワーケーションを実施する中で、脱炭素化社会を目指すべく、まずは各組織におけるカーボンニュートラル推進への個別問題を共有しながら議論を重ねて解決へと導くワークショップを実施し、参加企業等によるビジネスマッチングを行い、新たなビジネスチャンスの創出を促した結果をまとめたものが、本論文である。また、新たな風を起こして脱炭素化社会を目指すべく、近い将来に地元で働く可能性のある県内大学生にも参加を促している。これにより、これからの産業の担い手である予備軍にもカーボンニュートラル推進の重要性を理解させるとともに、2030 年までと言わずその先に続く継続的活動を図る主旨を含んだものとなっている。

— 目 次 —

はじめに

第1章 地球温暖化とカーボンニュートラルの推進

第1節 地球温暖化の定義・原因及び悪影響

第1項 地球温暖化とは

第2項 地球温暖化の原因と異常気象

第3項 その他の多様な悪影響

第2節 脱炭素化社会と各組織体におけるカーボンニュートラルの推進

第1項 脱炭素化社会とは

第2項 日本政府の動き

第3項 各企業の具体的な取組みと課題

第2章 カーボンニュートラル推進に向けた新たな課題とその解決策

第1節 カーボンニュートラルの推進と再生可能エネルギー

第1項 カーボンニュートラル推進の在り方

第2項 再生可能エネルギーの種類とその特質

第3項 太陽光発電設備の現状とパネルの課題

第2節 課題解決策の模索

第1項 廃パネル材のリユース・リサイクル

第2項 アップサイクル製品の事例と課題

第3項 一組織の枠を超えたサプライチェーンマネジメント

おわりに

はじめに

近年、地球温暖化の影響で、ある地域では著しい熱波や乾燥、別の地域では集中豪雨や大型で勢力の強い台風など自然災害が勃発しており、地球環境問題がますます深刻化を増している。一方で、ロシアによるウクライナ侵攻や台湾を巡る中国の動向、加えてパレスチナにおけるガザ地区でイスラエルとハマスの対立が激化するなどで、世界情勢も混沌とするばかりか、経済面では原油高による物価上昇などで世界経済も困窮状態となってきた。また、これまでの新型コロナウイルスが感染症法上の位置づけで2023（令和5）年5月8日よりインフルエンザと同じ「5類」に移行したことを受け、コロナ規制の緩和が広がりを見せるなど、人の動きが活発化してきている。こうした中、経済が優先されることで、地球温暖化の歯止めがかからない状況になることが危惧されている。今こそ、化石燃料から再生可能エネルギーに代えることで、地球温暖化抑制に向けたカーボンニュートラルを推進していく機会と捉えるべきである。

そこで、本論文は、双方向ラーニング中島ワーケーションの実証的研究第三弾とした上で、地球温暖化防止に向けた脱炭素化を図るべく、新たなビジネスの創出とその社会実装を試みるものである。具体的には、地域の異業種間連携による合宿型ワーケーションを活

用して新たな社会課題解決（カーボンニュートラルの推進）へと導くことができないか、その可能性を探ることとした。その場合、地元企業や地方行政を巻き込んで中島ワーケーションを実施し、各社におけるワーケーションに関する個別問題を共有しながら議論を尽くし、参加企業等によるビジネスマッチングを行う形で、新たなビジネスを創出するワークショップを開催することで、社会実装するものである。まずは、第1章第1節第1項で地球温暖化の定義及び現状や将来予測、同第2項で地球温暖化をもたらす原因と異常気象、同第3項でその他の多様な悪影響を明らかにする。

第1章 地球温暖化とカーボンニュートラルの推進

第1節 地球温暖化の定義・原因及び悪影響

今、地球上では、どんなことが起きているのか。現代社会では、様々な問題が発生している。例えば、便利な暮らしを求めるあまり、自動車の排気ガスや工場の排煙、大規模な森林伐採、そして大量のゴミが溢れ、自然が汚れ、多くの動植物などが住みにくい状況が生じている。また、日本では、これまではあまりみられなかった「大型で強い台風」や線状降水帯による激しい集中豪雨などで川が氾濫し、多くの人命が失われ、家屋等も流出している。大気汚染・自然災害・森林火災・生態系の崩壊が生じているということであ

る。その中でも、人類に限らず現在生息しているあらゆる動植物を含めた生物にとって共通した最重要課題の一つに、地球温暖化が挙げられる。

第1項 地球温暖化とは

現在、地球の平均気温は14℃前後とされるが、仮に、大気中に水蒸気・二酸化炭素・メタン・一酸化窒素などの温室効果ガスがなければ、-19℃くらいになるとされている。このように、太陽から地球に降り注ぐ光は、地球の大気を素通りして地表を暖め、そこから放射される熱を温室効果ガスが吸収し、大気を暖めているからである。しかし、これまでの産業活動によって、二酸化炭素(CO₂)のみならずメタン、さらにはフロン類などの温室効果ガスが大量に排出されてきた結果、大気中の濃度が高まったことで、熱の吸収が増え、気温それ自体が上昇してきた。これが、いわゆる地球温暖化である。また現在では、地球沸騰化ともいわれ始めている。

また、気象庁による図表1¹⁾でもわかるように、日本の年平均気温偏差は、2022(令和4)年の日本の平均気温の基準値(1991～2020年の30年平均値)からの偏差は+0.60℃で、1898(明治31)年の統計開始以降、4番目に高い値となっている。日本の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しており、長期的には100年あたり1.30℃の割合で上昇し、特に1990年代以降、高温となる年が頻出している。

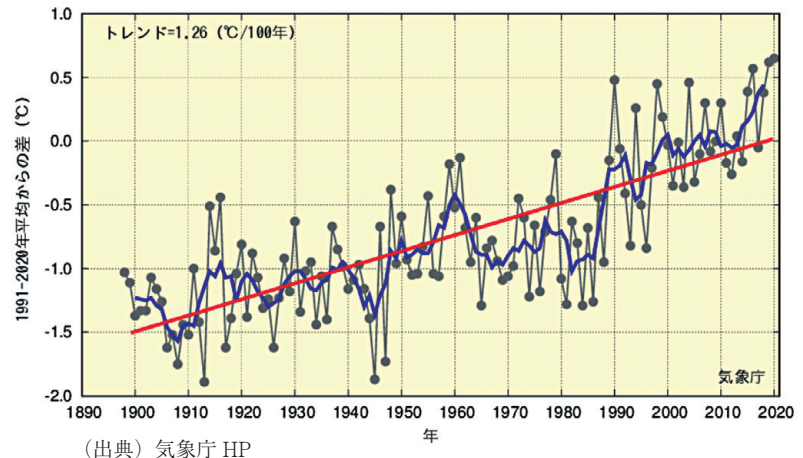
これについては、気候変動について取りまとめたものにIPCC第6次評価報告書²⁾があるが、世界平均気温は工業化前(産業革命前の時代=18世紀の中頃まで)と比較して、2011～2020年で1.09℃上昇している。また、陸域では海面付近よりも1.4～1.7倍の速度で気温が上昇し、北極圏では世界平均の約2倍の速度で気温が上昇するとされている。とりわけ、最近30年の各10年間の世界平均気温は、1850年以降のどの10年間よりも高温となっており、中でも1998年は世界平均気温が、最も高かった年であった。また、2013(平成25)年には2番目に高かった年を記録している。図表2³⁾でもわかるように、地球の気温は、2081年から2100年頃で、最大5.7℃上昇すると予想されている。

第2項 地球温暖化の原因と異常気象

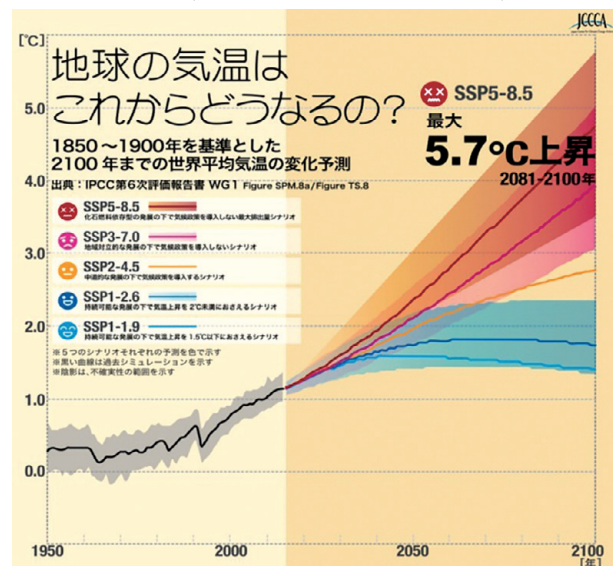
(1) 地球温暖化の原因

一般に地球温暖化の原因と考えられているものに温室効果ガスが挙げられているが、このガスには、厳密

【図表1】日本の年平均気温偏差



【図表2】2100年までの世界平均の変化予測(1950～2100年・観測と予測)



(出典) IPCC 第6次評価報告書

に言えば、CO₂・メタン(CH₄)・一酸化二窒素(亜酸化窒素、N₂O)・六フッ化硫黄(SF₆)・パーフルオロカーボン(PFCs)・ハイドロフルオロカーボン(HFCs)・三フッ化窒素(NF₃)が挙げられる。これらの排出源には、化石燃料の燃焼やセメント製造からの排出、畜産業における家畜からの排泄や農業用地の土壌(肥料)、半導体製造、金属洗浄等の溶剤、冷蔵庫やエアコン等の冷媒、フッ化物製造からの排出などが挙げられる。もちろん、それぞれ温室効果の能力は異なるが、その発生量からすれば、CO₂は温暖化への影響度が最も大きいガスである。歴史的にみれば、工場が立ち並び、蒸気船や蒸気機関車など交通手段・輸送手段が発達した時代である産業革命以降、化石燃料の使用が増え、その結果として、大気中のCO₂の濃度も増加してきた。工場の排煙のみならず船・機関車

の煙や車の排気ガスから生じる汚染物質で、大気が汚されてきた。こうした大気汚染の物質は、ガス・液体・粒子状の物質などで、ヒトの健康に害があるだけでなく、地球温暖化をもたらすなど地球環境に悪影響を及ぼしている。

なお、地球温暖化によって地球環境にどのような悪影響を及ぼしているのかについては、まず気候変動による異常気象が挙げられる。

(2) 異常気象

気象庁によれば、原則として「ある場所（地域）・ある時期（週、月、季節）において30年に1回以下で発生する現象」を異常気象としている⁴⁾。異常気象も、たびたび起これば、表面上は異常気象とは呼べなくなる。異常気象の原因の大半は、西から東に流れる偏西風の蛇行や、台風などの気象の乱れ、エルニーニョ現象といった大気の内外部変動や海洋との相互作用とされてきた。しかし最近では、大気中の温室効果ガス濃度の高まりに伴って地球の平均気温が上昇することで、降雨パターンが変動し、異常気象の発生頻度が高まったとされている。実際、降雨パターンの変化によって、さまざまな影響が出ている。例えば、熱帯地域では台風（ハリケーン・サイクロン）といった熱帯性低気圧が猛威を振るい、中緯度地域では乾燥化が進行し、高緯度地域では洪水や高潮などの被害が多くなっている。

①乾燥化現象

実は、地球乾燥化をもたらす原因も、温暖化とされている。気温上昇に伴って、降雨量が増加する地域と、減少して乾燥化する地域が生まれている。気温が1.5℃上昇で著しい乾燥化が予測された南米北部や南アフリカでは、2℃上昇になると、さらに降雨量が減少して乾燥化が進むと予想されており、水が大変貴重になるとみられている。

実は「アフリカの角」と呼ばれるアフリカ大陸東部の地域（エチオピア・ソマリア・ケニア・ジブチ・エリトリア）では、2020年10月から続く雨不足により3期連続の干ばつに見舞われ、過去40年で最悪の事態になるとともに、この干ばつのため、農作物が不作となることで、「アフリカの角」に住む550万人以上の子どもたちが栄養失調状態に陥っているといわれている⁵⁾。また、小麦など穀物の輸出大国だったオーストラリアも、深刻な干ばつによって輸出がなかなかできない状態になっている。

②熱波

熱波もまた、温暖化が原因とされている。アメリ

カでは日最高気温が35℃を越す日が5日以上連続する現象とされているが、一般には、厳密な定義ではなく、普段にない高い気温の日が連続して出現し、それによる影響が顕在化した場合に熱波と呼ばれることが多いとされている⁶⁾。インドでは、2022年の3月中旬から熱波に見舞われており、強弱を繰り返しながらも、5月中旬にかけて長い期間続いていた。またインドでは、モンスーン入りする前の3月から5月にかけては一年で最も暑い時期であるが、近年は一段と厳しい暑さとなっている。2023（翌）年では、猛烈な熱波の影響で一部の地域では最高気温が45℃近くまで上昇し、地元メディアはこれまでに100人以上が死亡したと伝えている。インドの気象当局の発表によると、東部オディシャ州とジャルカンド州で19日、日中の最高気温が44.8℃を記録したほか、北部ウッタルプラデシュ州などでも40℃を超える日が続いている。猛烈な熱波の影響で、熱中症などで死亡する人が相次いでいて、インドのメディアによると、ウッタルプラデシュ州では少なくとも68人の死亡が確認され、400人以上が入院しているといわれている⁷⁾。

このような熱波と干ばつの影響で、電力供給が低下してくるが、半世紀以上ぶりの記録的な熱波と干ばつに見舞われた中国では、長江の一部が干上がってきた。そのため、水不足による水力発電所にとって問題であり、石炭火力発電に回帰すれば、炭素排出を増やすことになる⁸⁾。火力発電は、温暖化の原因であり、負のループと言えよう。

③集中豪雨

2022年のパキスタンでは、6月からの豪雨により、大洪水が発生した。降雨量は通常の10倍とされ、また温暖化によって氷河が解けたこともあって、国土の3分の1を水没させる洪水を引き起こした。

【図表3】西日本豪雨2019年7月の大洲市



（出典）ふるさとチョイス災害支援

日本では、集中豪雨など降水量が著しい状況にあり、2019（平成31）年7月に西日本豪雨という大変大きな豪雨があり、図表3⁹⁾のように、愛媛県でも大きな被害にあった。とりわけ、南予地方では、大洲など河川の氾濫や土砂崩れなどの被害が甚大であった。また、近年では、様々な所で大きな雹が降ってきている。温暖化が進めば、雨などが降る場所では増えた分の水蒸気がそのまま雨となり、これまで以上に雨量が増加する一方で、その周りは逆に降りにくくなり、干ばつが生じることになる。

第3項 その他の多様な悪影響

地球温暖化は、前述の異常気象以外にも、海面上昇・森林火災・大気汚染・サンゴの白化現象など各方面に多大な影響を及ぼしている。これらについては、以下に詳細を述べる。

（1）海面上昇

海面上昇とは、海面の平均水位が高くなる現象である。温暖化を原因とした海面上昇については、ツバルという国が、その事例となる。実は、1901～2010年の間、海面は19cmも上昇しており、今後の地球温暖化に伴い、海水の温度が上昇して熱膨張し、また氷河などが解けることで、2100年までに最大82cm上昇すると予測されており、現実にはツバルという国が沈没しかけている。

海面上昇の原因としては、一般に地球温暖化による海洋の熱膨張と氷河・氷柱の融解が挙げられている。温暖化によって海が暖められることで体積が膨れ上がるのが、海の熱膨張である。この熱膨張については、例えば、20℃の海水が1℃上昇すると、その体積は約0.025%膨張し、水深500mで2℃上昇すると、その水位は25cm上昇すると言われている¹⁰⁾。また、氷河も今も徐々に溶け出し、海に注がれて海水量を増しているし、グリーンランドの氷床も一段と溶け出している。例えば、グリーンランド氷床が全て融解すれば、海水面が7m以上上昇するといわれている¹¹⁾。

（2）森林火災

森林火災については、乾燥化以外にも、気温が上昇すると生じやすくなる。ここでいう森林火災とは、山や森林で広範囲にわたって発生する火災のことを示している。森林火災は、世界中で起こる災害であり、2023年に発生したハワイ・マウイ島山火事（原因：送電インフラからの出火など）のように人為的なものもあるが、自然発火による森林火災は、主な要因として乾燥が挙げられる。乾燥によって落ち葉の水分が失われ、枯れ葉同士が風によって摩擦をすることで火が

起き、周りの枯れ葉や木々に燃え移ることで火災となる。

オーストラリアでは、しばしば大規模な森林火災に見舞われている。過去には、1939年、1983年、2009年に大規模な森林火災が発生し、数十人の死亡者が出た。オーストラリア政府は深刻な森林火災を未然に防ぐ森林管理を実施してきたが、2019～2020年に大規模な森林火災が発生した¹²⁾。異常な高温と乾燥によって火災が発生しやすい状況が続いており、消火活動も難航して犠牲者23人が出るなど被害が拡大した。また、森林に生息する動物たちにも甚大な被害をもたらした。火災で最大8千頭のコアラが犠牲になっていると言われている。ちなみに、コアラの生息数は5万8千匹で、ニューサウスウェールズ州が41%減と最大のマイナスとなったと言われている。

（3）サンゴの白化現象

海水の温度がある限界以上に高くなると、共生が破綻して褐虫藻がサンゴから追い出されて、サンゴのほうは真っ白になってしまうことを白化現象という¹³⁾が、このような白化した状態が続けば、サンゴは共生藻からの光合成生産物を受け取ることができず、壊滅してしまう。また、海の生き物の4分の1はサンゴを棲み家にしており、サンゴが絶滅すると海洋生物の過半数がなくなると言われている。さらに、二酸化炭素を吸収し、熱帯雨林に匹敵するほどの二酸化炭素を体内に留めているとも言われている。したがって、つまり、我々の豊かな食生活のみならず、温室効果ガスを抑制することで地球温暖化防止に貢献していることを意味している。

このように、地球温暖化によって世界に様々な異常気象をもたらし続けるだけでなく、様々な悪影響を及ぼしている。そのことから、地球温暖化は、今地球上で生活しているすべての人類が地球規模で考え行動していかなければならない最重要課題の一つであると言える。そこで次節では、地球温暖化を防止するために脱炭素化社会に向けて何をすべきか、国・地方自治体・企業が一体となって行うべき取組みについて取り上げることにする。

第2節 脱炭素化社会と各組織体におけるカーボンニュートラルの推進

第1項 脱炭素化社会とは

脱炭素化社会は、地球温暖化を引き起こす温室効果ガスの主な要因である二酸化炭素の排出を実質ゼロにする社会を意味している。ここでいう炭素とはカーボンのことで、元素記号はCで表している。この炭素は、地球上に14番目に多く存在する原子で、地上や海中

には主に炭酸ガスとして、地中には主に岩石・石炭・石油として、そして生物の中にはいろいろな有機物の形で存在している。

一方で、カーボンニュートラルとは、「カーボン＝炭素」と「ニュートラル＝中立・中間」を組み合わせた用語であって、炭素を中立の状態にすることを指している。具体的には、二酸化炭素の排出を実質ゼロにすることを意味しているのので、脱炭素と同義語である。したがって、いずれも、「温室効果ガスの排出をゼロにするのではなく、吸収量を増やし、排出量と吸収量を均衡にさせて結果的にゼロ（＝脱炭素化社会）にする」という考え方を表している。

こうしたカーボンニュートラルを推進するためには、カーボン・オフセットという仕組みも求められている。これは、「差し引き勘定をする、相殺する」などの意味を持つ用語であり、企業や自治体などが、自ら排出した二酸化炭素を、森林吸収や他で削減した分で相殺しようとする仕組み考え方（ないしその考え方）である。このカーボン・オフセットの特色には、温室効果ガスの排出権であるクレジットというものを導入している点が挙げられる。言い換えれば、クレジットは、温室効果ガスの排出削減量・吸収量を環境価値として捉えるカーボン・クレジットのことであり、森林吸収や再生可能エネルギー等で削減した二酸化炭素量を価値化することで、その分だけ排出権が認められるだけでなく、その権利を売買の対象にも用いることが可能であるとされている。カーボン・オフセットに用いるカーボン・クレジットを信頼性のあるものにするため、国内の排出削減活動や森林整備などによって生じた排出削減・吸収量を認証する国の制度ができています。それがJ-クレジット制度（J-VER）と呼ばれている。それ以外にも、例えば、新潟県や高知県の地方公共団体が主体となって、J-クレジット制度の制度文書に沿って温室効果ガス排出削減・吸収量をクレジットとして認証する「地域版J-クレジット制度」¹⁴⁾の運営を行っている。なお、地域版J-クレジット制度において認証されたJ-クレジットは、国が認証したJ-クレジットと同様にJ-クレジット登録簿で管理されている。

第2項 日本政府の動き

カーボンニュートラルは、いうまでもなく、石炭・石油・天然ガスなどといった炭素を含む自然資源からエネルギーを獲得する際に排出される温室効果ガスを実質的にゼロにする社会づくりのことを指している。これは、2015（平成27）年におけるパリ協定の目標を達成するための重要な要素となっている。

ここでいうパリ協定とは、120カ国以上が世界の平

均気温を産業革命以前と比べて2℃より低く維持し、1.5℃までに抑える努力をすることを共通目標としたものである。地球温暖化を抑制するために必要なことは、その原因である温室効果ガスの削減である。温室効果ガスには、すでに述べたように、地球環境温暖化の大きな要因とされていた二酸化炭素に加え、メタンや一酸化二窒素、六ッ化硫黄なども含まれている。日本におけるカーボンニュートラルの推進活動は、これらすべてを実質的に排出ゼロとなる社会を目指している。

2019（令和元）年12月20日、当時の安倍晋三内閣総理大臣が官邸において第8回持続可能な開発目標（SDGs）推進本部会合を開催した。その会議では、SDGs実施指針改定、SDGsアクションプラン2020、及び第3回ジャパンSDGsアワード受賞団体について議論がなされた。

当時の安倍内閣総理大臣は、本日の議論を踏まえ、同年6月のG20大阪サミットでは、議長国として、海洋プラスチックゴミに関する大阪ブルー・オーシャン・ビジョンを始めとした、様々なイニシアティブを打ち出し、G20（金融・世界経済に関する首脳会合）を主導した。一方で、同年9月にニューヨークで開催されたSDGサミットでは、SDGsの進捗状況に遅れがみられる現状を顧みて、強い危機感が共有された。日本国内においても、東日本豪雨など自然災害が相次いだ時であった。こうした災害での課題や教訓を活かし、防災先進国として国土強靱化のいっそうの推進を図らなければならない状況であった。SDGsを原動力とした地方創生の御旗を掲げ、地方経済を支える中小企業によるSDGsの取り組みをいっそう推進し、SDGsの活力を全国に行き渡らせることを重要視した。こうした国内外の情勢を踏まえ、SDGs推進の中長期的な国家戦略であるSDGs実施指針を3年ぶりに改定するとともに、SDGs達成に向けた国を挙げた具体的な取り組みをまとめたSDGsアクションプラン2020も策定した。

そして、2020（令和2）年10月には、当時の菅義偉内閣総理大臣が「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、脱炭素化社会の実現を目指す」ことを所信表明演説で宣言した。また、この思考の下になったのがパリ協定であり、地球規模の気候変動問題を解決するため、世界共通の長期的な目標として、世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること（2℃目標）、そして、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成することなどが合意された。

第3項 各企業の具体的な取組みと課題

本項では、各企業がカーボンニュートラルを推進するために、どのような取組みを行っているかに焦点をあてることにする。様々な企業が加盟して環境問題に取り組んでいる企業連合は、国際的イニシアティブ¹⁵⁾と呼ばれ、加盟企業がそれぞれリーダーシップを発揮し、実際に脱炭素化社会を目指しながら目標達成に必要とされる政策を打ち出し、市場の後押しをしている。また、企業の具体的な取組みには、以下のことが挙げられよう。

(1) 具体的な取組みとは

① EP100 (Energy Productivity100%) への参加

EP100とは、2016年4月に発足した国際的イニシアティブであって、無駄な温室効果ガスを出さないように、省エネ効率を50%改善といった事業のエネルギー効率向上を目指す企業が参加している取組みである。ここでいうEP (Energy Productivity) とは、エネルギー生産性を指しており、算式で示すと、経済生産高をエネルギー消費量で除した数値であり、エネルギー効率を意味している。エネルギー生産性が重要視される理由は、単に節電のような電気の利用時間を減らすという考えではなく、エネルギーの効率的な利用を目指すことで、根本的にエネルギー消費の問題を解決しようとするところにある。この取組みには、ビル全体として消費エネルギーを差引いてゼロにする建物の導入なども目指している。こうしたビルは、一般に、ZEB (Net Zero Energy Building) と呼ばれている。

EP100への参加日本企業には、大和ハウス工業株式会社・日本電信電話株式会社 (NTT)・大東建設株式会社・オムロン株式会社・H & M (2023年3月時点) が挙げられる。各企業が参加するためには、エネルギー効率2倍 (2005年対比で、2030年までに2倍にすること) や、EMSの導入 (10年以内にエネルギーマネジメントシステムを構築すること)、そして、ZEBの所有 (2030年までに達成すること) といった、これら3つを達成することを公約に掲げなければならない。

② RE100 (100% Renewable Electricity) への参加

RE100とは、2014年9月に発足した国際的イニシアティブであって、事業を運営していくのに必要な電力を100%再生可能エネルギーで賄うことを目指している取組みである。公的機関としては、2018年6月に日本の環境省が世界で初めてアンバサダーとして参画している。再生可能エネルギーでの賄い方としては、自社の施設で再生可能エネルギー電力

を発電し、事業運営を行う方法と、発電事業者から再生可能エネルギーで発電された電力を市場で購入する方法が挙げられる。

RE100への参加日本企業には、リコー株式会社・積水ハウス株式会社・ソニー株式会社・イオン株式会社・アスクル株式会社・富士通株式会社など66社 (2022年3月現在) であり、建設業・電気機器・小売業などが多い。各企業が参加するためには、エネルギー使用量の測定・評価・最適化、エネルギー効率に関する公約を明確に定義し、その達成に向けて努力すること、そして毎年、進捗状況を報告し、開示することを公約に掲げていなければならない。

③ EV100 (Electric Vehicles 100%)

EV100とは、2017年9月に発足した国際的イニシアティブであって、2030年までに企業が使用する車を全て電気自動車に変えていくことを目指している取組みである。とりわけ、輸送部門では多くの車両を使用しており、温室効果ガスを排出するガソリン車に代わって電気自動車を活用することで、脱炭素化社会を目指すというものである。

参加日本企業には、イオンモール株式会社・アスクル株式会社・日本電信電話株式会社 (NTT)・東京電力ホールディングス株式会社・株式会社高島屋・株式会社関電工・ニチコン株式会社が挙げられる。各企業が参加するためには、全車両を電化することや、サービス契約にEVの要件を盛り込むこと、またEV充電器を全事業所に設置し、従業員のEV利用を支援すること、さらにお客様のEV利用を支援するためのEV充電器を全事業所に設置することを2030年までに達成することを公約に掲げなければならない。

(2) コストと危機意識の両面における課題

前述のとおり、多くの日本企業が国際的イニシアティブに加盟し、目標達成に向けて努力をしてくれているが、当初は、日本企業は国際的イニシアティブに加盟しておらず、2017 (平成29) 年4月に、ようやくRE100に加盟したところである。現在はEP100・RE100及びEV100に参加している企業数は70を超え、これからも続々と参加企業が増加する見込みであり、脱炭素化社会へ向けて多くの取組みがなされるであろう。これらの取組みに日本企業が参加してアクションを起こすことで、各企業にとってのメリットは、エネルギー効率向上による排ガス削減のみならず、当然ながらコスト削減や経済的便益に寄与できる点が挙げられよう。また、我々の生活や働き方にもプラスの大きな影響を及ぼすであろう新技術の発展や革新に繋がる

ことから、イノベーションの加速化が期待できよう。さらに、ESG 投資の面から見れば、イニシアティブへの参加それ自体が世界的な投資判断基準であることから、日本国内のみならず海外からの資金調達も期待できよう。

しかし、すべてが順調に進んでいるわけではない。というのも、これらの国際的イニシアティブが掲げる目標を果たそうとするには、それなりにコストがかかるからである。もちろん、温室効果ガスを削減することは、無駄を排除することに繋がり、コスト削減という結果をもたらすが、そのためには初期的投資が不可欠である。さらに、日本はSDGs 達成度ランキング 2023 (令和5) 年では21位¹⁶⁾と、2017 (平成29) 年の11位をピークに年々ランクを下げており、環境問題に対しての危機意識を今後も引き上げていく必要がある。また、我々一人ひとりが環境問題についてよく考え、企業や政策に対して声をあげていくことが求められる。

第2章 カーボンニュートラル推進に向けた新たな課題とその解決策

本章では、カーボンニュートラルの推進をどのように果たすべきか、そして再生可能エネルギーの種類と特徴とは何か、その利活用についても取り上げるとともに、これらのうち、とりわけ太陽光発電に注目し、これから将来において生じる新たな課題を浮き彫りにし、その解決策を提案したい。

第1節 カーボンニュートラルの推進と再生可能エネルギー

第1項 カーボンニュートラル推進の在り方

自社独力でカーボンニュートラルを推進しようとする場合、その在り方ないし推進プロセスとしては、以下の図表4で示すように、5段階に分けて展開することが望ましい。

【図表4】カーボンニュートラル推進の在り方

自社の現状把握	
①	自社の置かれている現状を把握することで、自社独自の課題を見出すこと
自社による削減対策・目標（GPI）の設定	
②	自社の現状把握並びにエネルギー削減対象を明確にした上で、削減対策と削減目標を設定すること
自社による削減対策の実施	
③	削減目標を設定したら、速やかに削減対策を実行に移すこと
自社による結果の把握・分析	
④	当初設定した目標を達成すべく、エネルギー使用量やコストについて点検を行うこと
外部への公表と見直し検討	
⑤	削減目標達成に取組予定期間を迎えたら、期間中の実績を振り返りながら、目標達成度の確認・報告を行うこと

①自社の現状把握

まずは、カーボンニュートラルを推進するにあたって、自社の置かれている現状を把握することで、自社独自の課題を抽出することが必要である。そこで、電気・ガス・化石燃料の使用量について請求書を調査し、自社の経営がどれだけのエネルギーを使用しているか、環境への影響を与えているかを認識することができる。そこで、調査したエネルギーやコストのデータを使用して、自社の月々の変化や年度による変化を的確に把握する。具体的には、増減変化や使用量・コストが高騰している理由を調査する。また、同業他社と比較して大きな違いがないか、確認する。

②自社による削減対策・目標（GPI）の設定

次に、自社で削減対策・目標を設定することである。自社の現状把握並びにエネルギー削減対象を明確にした上で、削減対策と削減目標を設定する必要がある。というのも、エネルギー利用効率の改善は、環境対策だけではなく企業の利益改善にも効果が期待できるからである。さらに、チェックリストで情報を収集し、それを基に、「電気を前年比15%削減」「都市ガスを前年比10%削減」といった具体的な目標を設定する必要がある。

③自社による削減対策の実施

さらに、削減目標を設定したら、速やかに削減対策を実行に移すことである。環境省によれば、目標達成の確度を高めるためには、まずは、代表取締役（トップマネジメント）が省エネの進み具合に大きな関心を持つことである。また、特別なことではなく、日常業務として繰り返し実行することである。もちろん、組織の構成員に目標・実績・効果をわかりやすく共有し、一人だけに任せることなくチーム全体で行い、責任者や担当者がいない場所・設備をつくらないことである。さらに、ルール通りにできていなければ、すぐに仲間同士で声がけをし、現場で工夫・知恵を出し合い、行動することである。加えて、他社事例・省エネ診断・補助金を活用することが重要である¹⁷⁾。

④自社による結果の把握・分析

加えて、当初設定した目標を達成すべく、エネルギー使用量やコストについて点検を行うことである。例えば、環境省から配布されている「エネルギー管理表」の様式を利用することで、数値の把握・分析をスムーズに行うことが可能であろう。また、点検を行う際には、まずは、年次推移や月次推移（季節も考慮）で大きな増減がないか確認し、実施してきた対策・施策の効果を測定する。また、大きな変化がみられる部分は、異常性の有無を確認しながら詳しく調査する。予定通りでない場合や問題を発見した場合は、改善策を検討・実施する。以上のことに留意する必要がある。

⑤外部への公表と見直し検討

付け加えて、削減目標達成に取組予定期間を迎えたら、期間中の実績を振り返りながら、目標達成度の確認・報告を行うべきである。振り返りとして、達成できた部分とできていない部分を明確にし、自社の取組実績として様々な媒体で発信する。また、実績を基にして、今後に向けた新たな目標や取組みについての検討も行う。

以上が、自社で独自にカーボンニュートラルを推進しようとする場合の流れである。ただ、化石燃料に代わる再生可能エネルギーを選択する場合には、どの再生可能エネルギーが自社に最適なのか、あるいは組み合わせを判断しなければならない。そこで、次項では、まず再生可能エネルギーの種類やその特徴を把握し、カーボンニュートラルの推進において、最も導入しやすく、効果的な再生可能エネルギーとはなにか、について検討したい。

第2項 再生可能エネルギーの種類とその特質

再生可能エネルギーは、石油や石炭、天然ガスなどの限りがある化石燃料でなく、太陽光や風、バイオマス燃料などをエネルギー源とするエネルギーである。どこにでも存在していて枯渇しない資源で、なおかつ温室効果ガスの排出がない（または増加させない）のが大きな特徴となっている。また、採れる場所が限られる化石燃料とは異なり、再生可能エネルギーは自然のエネルギーを利用するため、海外からの輸入に頼ることなく国内での生産も可能である。その意味で、再生可能エネルギーは、世界が掲げている脱炭素化社会に向けて貢献できるエネルギーとして大きな意義を有している。再生可能エネルギーの種類やその特徴については、以下のとおりである。

(1) 太陽光発電

太陽光発電は、その名のとおり太陽の光を使った発電方法である。太陽光発電に使われるシリコン半導体には、光が当たると電気が発生する特性がある。この特性を利用して電気を作っているのが、太陽光発電である。日本では、とりわけ導入量が増えている発電方法で、2018（平成30）年の導入実績によれば、太陽光発電容量は中国やアメリカに次いで3番目の多さとなっている。また、2020（令和2）年の日本の太陽光発電は、全発電電力量の8.5%である¹⁸⁾。このメリットは、エネルギー源は太陽の光なので、基本的に設置する場所に制限がない点が挙げられる。屋根や壁などのデッドスペースへの設置も可能である。また、送電設備のない場所での電源や非常用電源としても使用可

能である。他の再生可能エネルギーと比較して、個人家庭レベルでも一企業レベルでも導入しやすい面がある。しかし、デメリットは、エネルギーの発電には太陽光が必要なため、天候に左右されやすく、設置の地理的位置ないし場所によっては、安定した電力の供給には問題が生じる場合もある。日中のみの発電となり、夜間の時間帯では難がある。さらに、初期的投資費用は少しずつ下がっているものの、もっと普及させるためにはさらなる低コスト化が求められる。

(2) 風力発電

風力発電機には「ブレード」という羽がついていて、そこに風が当たることによって回転し、そのエネルギーを電気へと変換する仕組みである。日本国内の導入は欧米の国に比べると遅れているものの、2000年以降は着実に増えている。2020（令和2）年の日本の風力発電量は、全発電電力量の0.86%である¹⁹⁾。

メリットは、陸上でも洋上でも発電できる。風があれば夜間でも発電が可能。大規模な運用ができれば発電コストを抑えられる。（火力発電並み）風のエネルギーは効率性が高く、電気エネルギーへの変換率が良いことである。しかし、風力発電は風に左右されるため、太陽光発電と同じく安定的に供給するという面では弱さが出る。また、大規模で行えばコストを抑えられるが、日本での発電コストは高止まりしているのが現状であるため、個人はもちろんのこと、一企業レベルでも導入がなかなか難しい。

(3) 水力発電

水力発電は、水を高いところから低いところへ向けて勢いよく流し、そこに設置してある水車を回転させることによって発電している。日本は水資源に恵まれているので、水力発電は昔から盛んに行われてきた。国内のみで賄える貴重なエネルギー源で、ダムでの大規模な発電だけでなく、河川や農業用水などを利用した中小規模の発電も含めて、幅広い規模で行われている。2020（令和2）年の日本の水力発電は、全発電電力量の7.8%である²⁰⁾。

メリットは、天候や気候などの自然条件に関わらず、安定したエネルギーの供給が可能である。一度発電所を設置すれば、長期スパンでの稼働ができる。歴史のある発電方法なので、技術やノウハウが充実している。しかし、デメリットについては、水力発電には、初期投資費用がかかることが大きなネックとなっている。また、投資額の回収にそれなりの期間がかかるため、なかなか運用を始められないというケースも多い。また、ダム式などの大型水力発電は、環境への影響なども調査が必要となり、地域や地元住民の理解

も必要である。

(4) バイオマス発電

バイオマスとは、化石燃料以外の、動植物などから生まれた再生可能資源を指している。バイオマス発電は、そのバイオマス燃料を燃やして熱せられた蒸気でタービンを回すことで発電する方法である。太陽光発電などと違い天候に左右されず、燃料さえあれば安定して電気を供給できる発電方法として注目されている。2020（令和2）年の日本のバイオマス発電は、全発電電力量の2.9%である²¹⁾。

メリットは、廃棄物を燃料にできるため、廃棄物の減少や再利用に貢献し、循環型社会を推し進められる。木材や家畜の糞尿などが燃料となるため、国内で捻出しながら燃料不足になりにくく安定供給が可能である。しかし、デメリットは、火力発電の一種のため二酸化炭素排出はあるが、燃料となるバイオマスが燃焼時に排出する二酸化炭素と同量の二酸化炭素を吸収しているため、大気中の二酸化炭素量を増やすことにならない。バイオマス燃料は、資源が広い地域に分散している。そのため、収集や運搬、管理にコストがかかる点が挙げられる。

(5) 地熱発電

地熱発電は、地下のマグマを熱源とした発電方法である。マグマは地下1,000～3,000 mに存在し、地上で降った雨や雪がマグマ層まで浸透するとマグマの熱で蒸気となりその場に留まっている。この高温の蒸気を掘り出して、タービンを回すことで発電するのが一般的な方法である。フラッシュ方式とバイナリ方式の2種類の発電方法があり、用途に合わせて使い分けられている。2020（令和2）年の日本の地熱発電は、全発電電力量の0.3%である²²⁾。

メリットは、発電に使う高温の蒸気や熱水を、地域の暖房などに再利用できる。時間にとらわれずに発電でき、途切れることなく供給が可能である。しかし、デメリットは、地熱発電が行える場所は、温泉や公園などの施設と重なることから、地域との調整が必要である。また、初期的投資費用は大きく、発電設備を設置するにあたっての調査や開発がなかなか進んでいない点が挙げられる。

以上のことから、各種の発電指数や初期投資費用を比較すれば、初期投資にそれほど資金がかからず、個人家庭や一企業でも最も容易に導入しやすく、CO₂の抑制効果が得られやすいのは、太陽光発電であると言える。そこで次に、太陽光発電の導入を推進するために、太陽光発電の現状と今後の課題について取り上げる。

第3項 太陽光発電設備の現状とパネルの課題

前述のような再生可能エネルギーに関して、2030年度のエネルギーミックスでは、3,360～3,530億kWhの再エネ導入が目指されている²³⁾。太陽光発電のみでなく風力発電の導入や、新築住宅のZEH²⁴⁾の導入の強化など、再エネ導入の最大化と同時に、安全面の不安や環境への影響を最小化する政策を進めている。

しかし一方で、太陽光発電は、景観や環境への影響等をめぐる地元とのトラブルや調整における課題や、災害に起因した被害の発生に対する安全面の不安が顕在化している。また、地域住民の反対運動もあって、自治体においては、一定規模以上の開発に対して届出等を義務付ける等の条例を定める動きが出てきている。また、パネルの劣化や今後廃棄される廃パネル量についても懸念されている。そこで、本項では、太陽光発電設備の現状と発電パネルに関する課題について取り上げる。

(1) 太陽光発電設備の設置場所について

①太陽光発電設備の景観破壊

ここでの太陽光発電設備は、一般家庭レベルのパネルではなく、大規模太陽光発電設備であるメガソーラーを想定している。そのための太陽光発電設備は、広大な土地を確保しなければならず、簡単に設置できるわけではない。これまでも、幾つもの裁判が行われてきた。例えば、筑波山メガソーラー裁判では、茨城県が、太陽光パネルの設置が国定公園である筑波山麓の風景・眺望を損なうとして、主に景観保護を理由に、自然公園法上の開発行為を不許可としたため、事業者が訴訟を提起した事件であり、この裁判では、第1審の水戸地裁、控訴審の東京高裁いずれも、県の不許可処分が違法であったとして、開発行為を許可する義務があると判断したとされている²⁵⁾。

また、群馬県高崎市では、「高崎観音」として知られる「白衣観音」近くの観音山丘陵でメガソーラー建設が計画されたが、計画地は地元で「遠足の聖地」と呼ばれ、曼殊沙華の群生地として知られる「巾着田」からよく見える丘の林地であったことから、大騒ぎになった²⁶⁾。埼玉県日高市では、2019（令和元）年8月、「太陽光発電設備の適正な設置等に関する条例」を公布・施行されたことで、事業者は届け出を行い、市長の同意を得なければならなくなり、容易に設置できなくなったのである²⁷⁾。群馬県高崎市と埼玉県日高市の条例はいずれも、地元が誇る景観がメガソーラーにより損なわれることを阻止したい、との住民の思いがベースになっている。

こうしたことから、メガソーラーを設置する場合には、景観に重々配慮した上での計画を策定し、実施前には地元住民に対する丁寧な説明を行うとともに、地方行政の条例に抵触しないよう十分な準備検討を重ねておく必要がある。もちろん、地方行政の長たる市長などの理解と承諾を取り付けることも不可欠であろう。

②パネル設置のための森林伐採と自然災害

メガソーラーの設置場所によっては、森林伐採やそれによる生物多様性の喪失といった環境面での問題も招きかねない。例えば、数ヘクタールのスペースを確保すべく、森林の伐採規模も大きくなるのは当然である。森林伐採によって、本来の森林が有する保水機能は低下し、土壌の安定性は失われる。近年の集中豪雨など雨量が多くなれば、土砂崩れなどの自然災害も発生しやすくなる。一方で、こうした土壌の安定性が低い土地の相場はもともと低いことから、太陽光発電設備の設置コストを抑制するために用いられる悪循環となりやすいのである。大規模なスペースを必要とすれば、なおさらである。実際に、2020（令和2）年6月に運転を開始した埼玉県嵐山町のメガソーラーが、同年10月に数日間にわたる大雨の後、パネル9,779枚を敷き詰めた事業地の南側斜面が崩落した事実もある²⁸⁾。これだけでなく、いったん土砂崩れが生じれば、メガソーラーは崩壊しやすいことから、発電エネルギーが使用できず、人的災害となる可能性がある点に注意しなければならない。自然災害は集中豪雨だけではなく、地震なども含まれる。地盤の緩い土地であれば、地震による振動や地割れ・地滑りが生じ、発電効率が著しく低下ないし設備そのものが損壊する恐れもある。海に近ければ、津波による水没などの影響を受けることもあり得る。したがって、防災対策も不可欠で、自然災害による保険加入も考慮する必要がある、却ってコスト負担増となり得よう。

このように、太陽光発電設備をどこに設置すべきかについては、景観問題に関する自治体の規制を受けることもあり、また自然災害問題もあることから、より慎重に検討しなければならない。近年では、バブル時代に設置されたゴルフ場跡地や開発途上の放棄地などが候補地になる場合が多いが、地域住民への説明と理解を丁寧に行う必要であり、長崎県佐世保市宇九島や奈良県五條市などのように、地域住民から思わぬ反発を買うこともある。

(2) 太陽光発電パネルについて

①太陽光発電パネルの耐用年数等

太陽光発電システムは、太陽電池により蓄電した電力をパワーコンディショナーによって増幅して配電するシステムを指しているが、この太陽光発電は、半永久的に使用可能とは言えず、耐用年数がある。そして、これには、法定耐用年数と実際に使用可能な期間としての物理的耐用年数と分けられる。全社の法定耐用年数については、「減価償却資産の耐用年数等に関する省令 別表第2」によれば、「31 電気業用設備」の「その他の設備」の「主として金属製のもの」に該当し、耐用年数は17年と定められている。しかし、「電気業用設備」という場合には、売電目的の太陽光発電設備であり、自家消費型では取り扱いが異なっている。

自家消費型の太陽光発電では、導入した事業所や工場などで最終的に何を生産しているかによって耐用年数が異なっている。例えば、国税庁は自動車製造業を営む法人が自社の工場内で自動車製造設備を稼働するために導入した太陽光発電システムは、「減価償却資産の耐用年数等に関する省令 別表第2」の「23 輸送用機械器具製造業用設備」に該当し、耐用年数は9年としている。その理由として、「その設備から生じる最終製品（電気）を専ら用いて他の最終製品（自動車）が生産されている」点が挙げられる。この国税庁の判断に基づけば、最終製品が農業用設備であれば、「25 農業用設備」に該当し耐用年数は7年ということになる²⁹⁾。

一方で、後者の実際に使用可能な期間としての物理的耐用年数については、まだまだ太陽光発電の歴史が浅いために、明確な資料が出てきているわけではないとしても、一般には20年から30年と言われている。設置の地理的位置ないし場所やメンテナンスの頻度やパネルの種類にもよるが、30年以上変わらず発電し続けている事例もある。また現在では、京セラの太陽光パネルとしては、設置から36年目以降も稼働している事例もある³⁰⁾。

設備やメンテナンスの技術が向上すると、さらなる長寿命へと繋がる可能性はある。とはいえ、半永久的に使用可能というわけではないので、いずれは使用停止及び廃棄・除却しなければならない。事例としては、佐倉ソーラーエネルギーセンターに設置された太陽光パネルは、1984（昭和59）年から30年以上稼働を続けている（2019年12月時点）。公園やセンターの敷地内に設置したシステムも、1990年代から25年以上の稼働記録を更新している事例である。さらなる事例としては、奈良県の壺阪寺に設置された太陽光パネルは、1983（昭和58）年か

ら継続的に安定して稼働している。設置から28年が経過した2011（平成23）年の試験でも劣化はほとんど見られなかった。2016（平成28）年3月時点では、主流とされる太陽光パネルの国内最長寿を誇る事例である。

この耐用年数以外にも、太陽光パネルの特性としては熱に弱いとされ、気温25℃を超えると発電効率が下がることから、夏場には東北地方や北海道などが最適とされる。逆に冬場では、積雪量が多く、日照時間が少なくなる傾向にあるので、パネルの設置角度を調整する、あるいは豪雪に備えて設置位置を高くするなど工夫が必要である。そう考えれば、やはり、日照時間や天候に有利な岡山県などが最適となる。ただし、夏場には35℃以上になる日も多く、冷却水を撒く必要性が生じる。そのため、高熱に強い太陽光発電設備や冷却散水設備など開発も急ピッチで進める必要がある。

②太陽光発電のパネル劣化

太陽光発電のパネルについては、もちろんメーカーによる当該品質にもよるが、今後どのようなことを原因で、どの部分が劣化するのか。メンテナンスの頻度だけではなく、設置の地理的位置ないし場所によっても経年劣化率は異なると考えられるが、メーカーの保証内容や保証期間も重要なポイントとなるので、ここでは経年劣化に繋がる原因と具体的な保証内容等について取り上げる。

【ホットスポット】

太陽光パネルを劣化させる原因として、ホットスポットが挙げられる。このホットスポットは、電気回路や配線の不備、ガラス表面の汚れ、太陽光パネルのひび割れ、周囲の建物や木の影などによって、太陽光パネルに熱が生じ、発電量を減少させるだけではなく火災を引き起こすリスクもある。太陽光パネルのトラブルで見受けられる多くのケースがこれである。したがって、長期間稼働するうえで注意しなければならない。対策としては、定期的なメンテナンスを行うとともに、日々の発電量をチェックすることで、正常に発電できているかどうかを確認することが重要である。

【層間剥離】

太陽光パネルは、ガラスやシートなど複数の層によって形成されている。太陽光パネルに水蒸気のような粒子の小さい水分が入り込めば、樹脂が劣化し、空気や水分が侵入することで層間剥離が生じる。天候などの条件によっては、発生しやすいエリアもある。

剥離した部分は太陽光からの発電ができず、また

白く変色し、剥離していない部分の発電効率を下げる可能性もある。ホットスポットに比べるとリスクは低いが、発生すると劣化を助長しやすい現象である。早期に発見した場合には、太陽光パネルを交換してもらうことが重要である。

【パワーコンディショナーの設置場所とメンテナンス】

パワーコンディショナーの設置場所は、室内外を問わず、設置場所の湿度にも注意しなければならない。湿度が高い場所では、部品のサビによって劣化が進むリスクを高める。太陽光パネルで発電した電気を利用するためには、パワーコンディショナーが欠かせないが、このパワーコンディショナーは、太陽光によって発電された直流の電気を交流に変換したり、電圧を一定に保ったりするための重要な装置であり、太陽光パネルに比べると短命と言われている。エアコンや冷蔵庫などの電化製品よりは長もちしやすい機器ではあるが、パワーコンディショナーの寿命は、太陽光パネルより短く、10年から15年程度とみられている。不備が生じたまま使い続けた場合、正常に稼働せず電気として利用できないかも可能性があり、長期にわたって使用するためには、日々の手入れや定期的なチェックなどメンテナンスが重要である。とりわけ、パワーコンディショナーの換気用フィルターについては、目詰まりに注意が必要である。このフィルターは小さなゴミの侵入を防ぐ重要なパーツでもあるので、フィルターの清掃を怠ると、換気効率が低下して劣化の原因になりかねない。

以上のように、地理的位置ないし場所やメンテナンスの有無や回数によって、寿命が異なるので、注意しなければならない。

【塩風・積雪・火山灰・PM2.5】

太陽光発電に関係する設備は、様々な要因で劣化するが、とりわけ、塩害・積雪といった環境要因が挙げられる。島嶼部など海岸から比較的近い場所に太陽光パネルを設置した場合、塩分を含んだ風が太陽光パネルの劣化を助長する可能性がある。北海道をはじめとする豪雪地帯は、雪がもたらす影響も把握しなければならない。太陽光パネルの上に雪が積もれば、発電効率が下がるだけではなく故障リスクも高まる。同様に、火山灰やPM2.5などもリスクとなりやすいので、こまめな点検が必要である。

点検については、もちろん、災害が生じた場合にも臨時的に点検が必要であるが、定期的な点検は長期利用を実現する上では不可欠であり、普段目につかない部品の故障や劣化も発見しやすくなるメリットがある。また、ホットスポット現象や層間剥離などの進行を防ぐ効果も期待できる。さらに、発電量

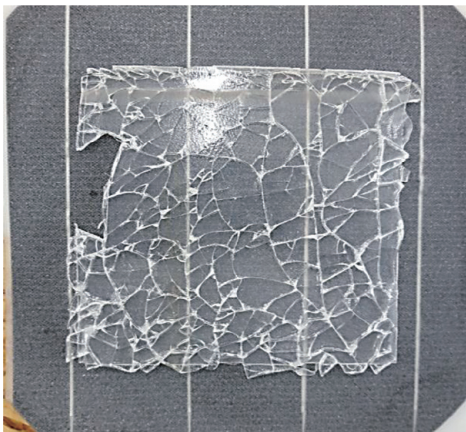
を定期的にチェックすることで、効率性が低下した場合の原因把握が容易になる。保守点検自体は、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（改正 FIT 法）」や「電気事業法（電気事業法執行規則第 53 条第 2 項 5 号）」で義務化されており、ガイドライン³¹⁾に沿って行うメーカーが多い。不具合の発見が早ければ早いほど、その分だけ経済的負担も軽減できる可能性が高いと言える。

③今後におけるパネル廃材の廃棄量について

カーボンニュートラルの実現に向けては、太陽光をはじめ、水力・風力・バイオマスを駆使したり、LNG・水素・アンモニアなどあらゆる発電を駆使しなければならない。しかし、少なくとも 2030 年度までの電源構成は、総合的な視点からは、太陽光発電が中心となる重要なエネルギー源となろう。太陽光パネルの寿命は 20 年から 30 年とも言われ、当該パネル廃棄量は、朝日新聞³²⁾によれば、20 年の年間 3 千トンから 25 年には同 6 千トンに倍増、さらに 35～37 年頃に同 17 万～28 万トンに達するとみられている。とりわけ、図表 5 のようなパネル廃ガラスカレットが問題の中心となる。

これも、大きな懸案事項となっている。筆者は、この点を重視して、2023（令和 5）年の初めに、「持続可能な道後温泉協議会」に愛媛大学理工学研究科武部博倫教授³³⁾を紹介し、4 月から新たな試作品開発に取り組みだしたところである。今後は、主に太陽光パネルの 3R に取り組んでいる企業との連携協力を仰ぎ、再生資源の用途をさらに広げていき、社会実装できるようにワーケーションを活用している。気候危機は、再生可能エネルギーだけの問題でなく物価上昇に至るように、単には解決できない、厄介な問題である。

【図表 5】太陽光パネル廃ガラスカレット



（出所）武部教授より資料提供

そのため、直接に脱炭素化を図ることも大切であるとともに、脱炭素化を推進していけるような環境づくりも不可欠であるとして、こういった点も含めて、解決にあたって積極的に進めていく必要がある。

第 2 節 課題解決策の模索

近年、持続可能な開発目標「SDGs」が注目されているが、前述のような太陽光廃パネル材など現状のゴミ処理技術や受入体制や今後の予想廃棄量では、持続可能性は全く期待できるものではない。大量生産・大量消費が引き起こすゴミ問題や環境問題を解決し、SDGs の目標を達成するためには、循環型社会を実現することが不可欠である。

そこで、一つには、廃パネル材そのものをそのままリユース・リサイクルをすることが考えられる。これについては、第 1 項で取り上げる。また一つには、ゴミの発生と新しい資源の利用を抑え、環境負荷を軽減できる方法としてリサイクルが注目される。具体的には、アップサイクル化が挙げられる。再生可能エネルギーとして期待される太陽光パネルでも、近い将来において大量の廃パネルが生じることは明らかであり、そのためには廃パネルの汎用性を高め、アップサイクル商品化を考えなければならないことはいうまでもない。そこで、本節第 2 項では、廃パネルを駆使した新たな製品製造方法を検討することで、アップサイクル商品化を取り上げる。

第 1 項 廃パネル材のリユース・リサイクル

（1）リユース（廃パネルの同種製品製造方法）

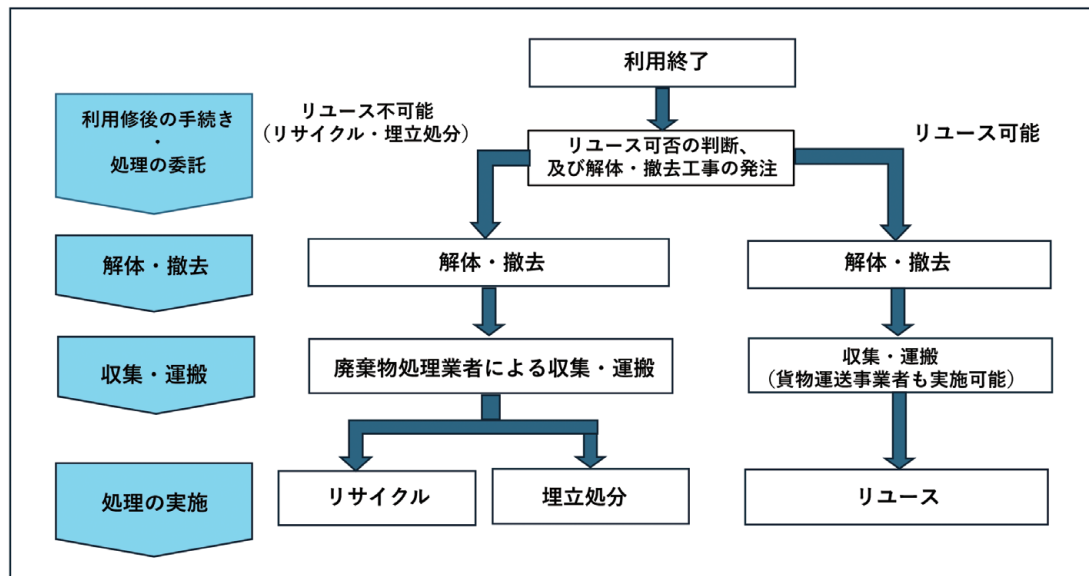
廃パネル材は日常的に排出されるが、その中には、設計・施工の不具合や故障によるものもあったり、場合によっては自然災害などが原因で損壊したりと、一定割合は製品寿命よりも前倒しで排出されていくものと思われる。近年では、2024（令和 6）年 1 月 1 日能登半島大地震などの特定地域での自然災害で、一気に排出される可能性もある。

それでは、排出された廃パネル材は、どのように処理されているのか。あるいは処理されるべきか。これらは、ヒ素・鉛・カドミウム・セレンなどの有害物質を含んでいることから、産業廃棄物扱いで処分されなければならないが、一般的なフローとしては、図表 6 のとおりである³⁴⁾。

しかし、ここでの問題は、リユースできるパネルであっても、単純に繋ぎ合わせれば発電できるわけではなく、異なるサイズのものを繋ぎ合わせたり、性能が落ちる古いものと性能の高い比較的新しいものを繋ぎ合わせても、全体として発電量が低下する。

したがって、ある一定の発電量を維持するためには、

【図表6】 耐用電池モジュール処理の全体像



同一サイズで同一程度の性能のものを組み合わせる必要がある。もちろん、建物など設置位置にも十分注意する必要がある。一つのパネルの発電量が低下して入れば、全体として発電量は低い状態で維持されるので、太陽光発電設備の分解と性能確認が必要である。

(2) リサイクル（廃パネルの新製品製造方法）

廃パネルの新製品製造方法については、すでに愛媛大学武部教授が2021（令和3）年に太陽光パネルガラスのリサイクルカレット（ガラスくず）を利用して、赤色金コロイドガラス（Gold Ruby Glass：GRG）の作製に成功している。

金ナノ粒子を分散させたGRGは、ルビーのような赤色を呈し、おそらくは17世紀から製造されており、ウィングラス・装飾品・道後温泉本館振鷺閣窓材など、付加価値の高い様々な用途に用いられてきた。こうしたことから、武部教授は、清澄剤の酸化アンチモンには金イオンの還元作用があることに着目し、太陽電池廃パネルガラスを利用して金ナノ粒子をガラス中に分散させたGRGの作製に成功している。

しかし、ケミカルリサイクルで得られた材料を通常の原料として使用しては、基本的に採算に合うことがない。それを克服するためには、リサイクルによって得られる材料を高付加価値なものにするしかない。すなわち、アップサイクル商品化である。そこで次に、アップサイクル商品化について取り上げる。

第2項 アップサイクル製品の事例と課題

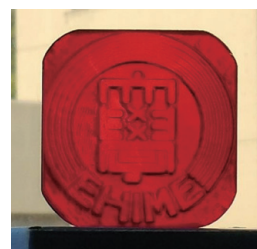
ここでいうアップサイクルとは、作業廃棄物としてゴミ処理されるものや古くなったものに、付加価値を

つけて「新しい商品」に生まれ変わらせることである。リサイクルとは、一般に、いったん原料の状態に戻し、それをそのまま原材料として使用することで製品を作り直すことである。アップサイクル商品は、こうしたリサイクルと違って、新規のデザインやアイデアを用いることで、従来よりも付加価値のついた新しい商品の誕生をもたらすのである。また、ゴミを減らすことでCO₂排出を抑制できるとともに、原材料のためのエネルギーやコストも抑制できる点で優れている。

では次に、具体的なアップサイクル商品の事例を取り上げる。すでに述べたように、武部教授は太陽電池パネルガラスのリサイクルカレットを利用して、GRGを作製しており、現在、金コロイドガラスを用いて、ペーパーウェートとバッグハンガーの試作に取り掛かっている。具体的には、図表7で示すように、太陽電池廃パネルガラスを用いて試作したゴールド・ルビー・ガラスの愛媛大学校章入りペーパーウェート（熱処理前：無色透明ガラス、熱処理後：赤色ガラス）であったり、あるいはガラスペンである。

【図表7】 武部教授による試作品

ペーパーウェート



バッグハンガー



しかしながら、例えば建材や道路材などのように、ある程度量が必要で、かつ廃材利用が好ましい場所での用途が可能であれば、高付加価値化に拘る必要もないであろう。そのためには、廃パネル材をパネルとしてリサイクルできる技術を模索する必要もある。しかし、リサイクルできる技術が誕生して一般向けに商品化できたとしても、廃材利用は消費者にとってイメージが悪く、コストがかかり、高付加価値化しにくい面もあるので、消費者心理に社会的意義(将来にツケを回さない持続可能な地域づくり)を訴えかけることも重要と考えられる。

第3項 一組織の枠を超えたサプライチェーンマネジメント

島嶼部中島が存する愛媛県には、注目すべき組織があり、その一つにNPC 松山工場が挙げられる。株式会社 NPC 自体は、FA 装置及び真空関連装置の設計・開発、製造及び付帯サービス(保守点検・修理)、太陽光発電システムの保守メンテナンスサービスや検査装置等の提供並びに廃パネルのリサイクルのための中間処分を担っている。具体的には、開発・設計・仕入・組立など装置製造のほか、自社で開発したホットナイフ分離法を搭載した自動解体ラインを松山工場に設置し、廃パネルのリサイクルサービス(中間処理)を行っているばかりか、リユースに適したパネルの買取・販売も行っている³⁵⁾。同社は、太陽光発電パネルの廃材問題に対応し、いち早く手掛けてきた会社である。

廃パネルは、現行法においてはリサイクルなどの義務化はされていないことから廃棄物処理法³⁶⁾に従って処理されている。多くの太陽光パネルは、シリコン系太陽光パネルであり、リサイクルの場合には、フレーム・ガラス・機能性資材・太陽電池セル(シリコン)・バックシートとした部品に分けられ、部品に応じた各リサイクル業者が素材利用を行っている。具体的には、太陽光パネルの8.4%がリユースであり、68.3%がリサイクル、23.3%が熱回収で、最終処分量が約12.3%の状況である³⁷⁾。2009年の余剰電力買取制度が導入されたことで急激に増え続ける廃パネル材については、各工程におけるリソースの過不足といった課題やボトルネックとなっている工程などを発見しやすくなり、迅速に改善に取り組むことが重要となろう。そして、将来において収集・解体・分析・運搬・製造がままならなくなる廃パネル材を適切に3R(リサイクル・リユース・リデュース)するために、一企業におけるサプライチェーンマネジメント(SCM)ではなく、組織の枠を超えた企業間連携によるSCMが不可欠と考えられる。通常のSCMは、一社におけ

る「調達→生産→物流→販売」の商品開発から販売に至るサプライチェーンの最適化を図ることで、効率性・高品質性・生産性、そして顧客満足度を高めることにあり、生産管理システムや在庫管理システムを導入して、需要予測や生産性の向上を目指している。ここでのSCMは、一社からみたものではなく、地域社会全体でから見たSCMであり、地域社会全体での効率性・高品質性・生産性の向上を目指すものである。したがって、SCMの在り方自体は、地域社会全体で考えなければならない課題の解決にあるとも言える。

幸いなことに、松山市には上記のNPC 松山工場だけでなく、同市に本社を置いた総合リサイクル企業の金城産業なども存在している。当該会社は、ゼロエミッション型社会への推進と地球環境の保全に貢献することを目的として、廃棄物やスクラップを資源へと変える事業を展開している³⁸⁾。加えて、松山市に本社がある城東開発産業に最終埋立処分場が保有されていることも、松山市の強みである。この城東開発産業は、自社の解体現場や事業者からの産業廃棄物の収集運搬にはじまり、中間処理・リサイクル、最終処分までを一貫して行う会社で、リサイクルを徹底することで、廃棄物を処理するのではなく、リサイクル製品を製造するという考え方の下、事業を展開している³⁹⁾。こうした企業同士が手を組み、各企業の特徴・強みを活かして速やかな分業をなし、サプライチェーンマネジメントが可能となれば、廃パネルの利活用の新たな展開を迎えることができよう。

ここで改めて、SCMにおける「サプライチェーン」とは、何か。一般には、一企業で見た場合の、原材料が調達されてから製品が完成した後に顧客に供給されるまでの調達・生産・物流・販売の過程という一連のプロセスの供給連鎖のことである。これをサプライチェーンに関わる関連業者から見れば、仕入先から原材料が提供された製造業者によって製品が製造され、物流事業者を通して卸売事業者に提供されたのち、小売事業者を通して消費者へと繋がるプロセスである。こうしたサプライチェーンを地域社会全体で捉え直し、関連企業のパートナーシップの下で、地域社会が主体となって太陽光廃パネルのリユース・リサイクル活動を推進するサプライチェーンマネジメントが求められる。

ここでのサプライチェーンの最適化は、地域社会に対して、廃パネルの廃棄を限りなくゼロに近づけることである。高性能なサプライチェーンは、利活用の効率性と即応性を高めるために、地域社会により多くの便益をもたらす(廃パネルを利活用しながら、CO₂の排出を抑制する)とともに、サプライチェーンの持続可能性に貢献する方法で、リサイクル会社が必要とす

る廃パネルを必要とするタイミングで必要とする工場に提供することである。

サプライチェーンを最適化することは、適切な在庫管理を実施できることから、過剰在庫が回避可能となる。また、生産コスト・輸送コスト・保管コスト・廃棄コストなどを最小化できるので、無駄を省くことが可能となり、社会的責任としてのCO₂の排出抑制を果たすことができる。しかし、組織の枠を超えたSCMは、サプライチェーンを最適化するための管理を導入するコストがかかるだけでなく、企業間連携や企業内の部署間連携が不可欠であって、企業一社だけの努力では容易に実現できるものではない。

組織の枠を超えたSCMは、こうした物財の流れ、資金の流れを情報の流れと繋げ、サプライチェーン全体で情報を共有・連携し、地域社会全体の最適化を図る地域マネジメント手法とも言える。その場合、個々の企業における最適の和が必ずしも全体における最適に一致するものではない。そのため、サプライチェーン全体のバランスを見ながら連携管理することが、極めて重要となる。そこに、地方行政の新たな役割が誕生する。

とりわけ、組織の枠を超えた需要予測は、非常に重要とされる。これが適切にできていないと、各社の在庫管理が適正化されずに、個々の企業経営を圧迫しまいかねない。そこで、組織の枠を超えたサプライチェーン全体で、地域の需要予測に関する情報共有を行い、過剰在庫を防ぎながら、必要なモノを、必要な時に、必要なだけ供給する「ジャスト・イン・タイム」を実施していくことが、組織の枠を超えた地域社会におけるSCMの基本といっても過言ではない。

おわりに

第3回目の中島ワーケーション、すなわち2023（令和5）年9月における中島ワーケーションでは、滞在期間中に脱炭素化社会の理解を深め、持続可能な地域社会づくりを目指すべく、社会課題であるカーボンニュートラルを推進するために、地元企業等とビジネスマッチングを行い、新たなビジネスをどう創出できるかについて実証実験を行ってきた。この間、継続して松山市役所・松山市SDGs推進協議会及び地元企業等の協力を仰ぐものであった。そこで掘り起こされた課題については、一つ目が、太陽光発電設備の循環を促すためには、将来において大量に廃棄されるパネル材をどう3R（リサイクル・リユース・リデュース）していくべきか、二つ目が、そのために必要とされる一組織の枠を超えたサプライチェーンマネジメントをどう行うべきかであった。その上で、中島の太陽光発電設備で創出したエネルギーを利活用する地元企業の

新たなビジネスをどう創出し、どう島嶼部活性化に繋げるべきかであった。現時点で埋立処理せざるを得ない廃パネルであっても、将来的に利活用の可能性がある場合には、単純に埋立処理するのではなく、将来的に活用可能性があるものか否かに分けて適切に処理して管理すべきであろうし、可能な限り無駄を出さないためには、将来を見越しての対応が必要と考えられる。そのための3Rが重要であり、地域社会全体を俯瞰しながら、一企業だけに委ねるのではなく、持続可能な地域づくりというベクトルを同じくした他企業との連携を通して無駄なく収集・解体・分析・運搬・製造へと展開していくこと、すなわち組織の枠を超えたサプライチェーンマネジメントが地域社会において求められていくであろう。

続けて、第4回目の中島ワーケーション、すなわち翌（令和6）年2月における中島ワーケーションでは、新たなビジネスの立上げを模索すべく、社会実装に向けた議論を行った。具体的には、2月21日と22日は松山市役所の中島支所をベースに、23日は中島の研修施設「鉄人の里」で研修・ワークショップを行った。初日では、中島のポテンシャルと抱える課題を深掘りして再認識し、松山市SDGs推進協議会における官民連携プロジェクトの取組内容を参加者で共有することで、ディスカッションの下地をつくった。2日目は、中島のポテンシャルと課題を踏まえた上で、課題解決に繋げるべく、各企業のソリューションや参加者からのアイデアを活かしたビジネスの創出を目指した。最終日は、松山東雲短期大学の学生らを中心に柑橘類の有効活用を目指すワークショップを行った。したがって、松山市役所や地元企業等のみならず、大学教育機関の学生も交えながら、太陽光発電における廃パネルのリユース推進の土台作りが可能になったのではないと思われる。また、新たなアイデアに基づくアップサイクル商品創出のみならず、太陽光発電設備を活用した再生可能エネルギーを活用することで、柑橘類の有効活用策による課題解決及び地域活性化を推進するものであったと思われる。ただし、まだまだ社会実装に至ったとまでは言いにくい、持続可能な地域社会づくりという共通目的の下で企業同士を繋げ、連携協力の土壌を作るところまでは進んだのではないかと自負している。

このように考えるならば、第4回目の中島ワーケーションでは、一つ目として、中島出身である高岡伸夫中島支所長より自身が生まれ育った中島のポテンシャルを抽出してもらい、島嶼部の活性化の道を切り開くきっかけづくりができた点、二つ目として、再生可能エネルギーとりわけ太陽光発電廃パネル問題に地域社会全体で考えていく下地ができた点、そして三つ目と

して、島嶼部で得られる再生可能エネルギーを地産地消で新ビジネスに活用する流れをつくりだすことができた点が、今回の成果ではないかと筆者は考えている。

ここで、改めて指摘しておきたいことは、中島における双方向ラーニング・ワーケーションは、社会課題の解決に向けたプラットフォームモデルであり、参加団体企業等は地方行政としての松山市役所、地方大学としての愛媛大学、そして地元企業等であることから、それぞれの特色・強みを活かして、社会課題であるカーボンニュートラルの推進に向かっている。それぞれの役割については、まずは松山市役所が持続可能な将来像を構築すること（カーボンニュートラル推進社会の構築）であり、また愛媛大学がそのためのアイデアを提供することであり、具体的にはアップサイクル商品化・組織の枠を超えたSCMの構築である。さらに、社会実装するために不可欠の存在である地元企業が異業種間連携を行う組織の枠を超えた運命共同体として具現化を担うことである。そして、地方行政としての立場の松山市役所が管理・統制する役割を担うのである。

中島ワーケーションでは、参加団体企業らが第一段階で目的の共有を行い、第二段階では仲間意識を高揚させ、第三段階では各参加団体企業等が有する能力・スキルを活かして各々の役割を認識し、分担する流れとなっている。

謝辞

2023年9月の参加者は、日本政策投資銀行：加藤氏・福岡県リサイクル総合研究事業化センター：坂田氏・東京環境局：山田氏・日本ワーケーション協会コンシェルジュ：山口氏・サイボウズ：久保氏・松山市役所：伊藤氏・栗塚氏・堀川氏・藤澤氏・愛媛大学：武部教授・李准教授・NPC：伊藤氏・城東開発産業：武田氏・デンカシンキ：濱野氏・ネイキッド：中川氏・をかしや：菊間氏・NTT西日本四国支店：中村氏・岡村氏・帝人：澤氏・四国ガス：長谷部氏であった。また、2024年2月の参加者は、松山市役所：高岡氏・伊藤氏・山崎氏・堀川氏・愛媛大学：李准教授・同学生2名・NPC：伊藤氏・城東開発産業：山本氏・武田氏・アドベンチャーラボ：上氏・愛媛銀行：矢野氏・クリエネ：野々宮氏・ネイキッド：中川氏・松山東雲短期大学：亀岡教授・田中准教授・同学生15名であった。皆様には、本実証研究にご参加・ご協力いただき、また貴重なご意見等を賜り、感謝申し上げます。

注

- 1) 国土交通省・気象庁「日本の年平均気温 日本の年平均気温偏差の経年変化（1898～2022年）」
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html（最終閲覧日：2024年8月20日）
- 2) IPCCとは、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）の略であり、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により設立された組織である。IPCC第6次評価報告書は、世界中の科学者の協力の下、出版された文献（科学誌に掲載された論文等）に基づいて報告書を作成し、気候変動に関する最新の科学的知見の評価を提供しており、1990年の第1次報告書に始まり、第6次報告書は2021年8月に195か国と地域が参加し、科学的な分析のほか、社会経済への影響、気候変動を抑える対策などが盛り込まれている。
<https://www.jccca.org/global-warming/trend-world/ipcc6-ipcc>（最終閲覧日：2024年8月20日）
- 3) 全国地球温暖化防止活動推進センター（JCCCA）2-15 世界平均気温の変化予測（観測と予測）
https://www.jccca.org/download/43044?p_page=2#search（最終閲覧日：2024年8月20日）
- 4) 国土交通省・気象庁「気候・異常気象について」
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq19.html>（最終閲覧日：2024年8月20日）
- 5) 日本赤十字社「アフリカの角：過去40年で最悪の干ばつ被害」
https://www.jrc.or.jp/international/news/2022/0504_025661.html（最終閲覧日2024年8月20日）
- 6) 環境健康研究領域 疫学・国際保健研究室長小野雅司稿「熱波による過剰死亡」『地球環境研究センターニュース』Vol.16 No.7 2005年10月
<https://cger.nies.go.jp/publications/news/series/watch/6-3.pdf>（最終閲覧日2024年8月20日）
- 7) NHK「インド 猛烈な熱波で100人以上が死亡か 最高気温が45度近くに」2023年6月21日
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230621/k10014105091000.html>（最終閲覧日2024年8月20日）
- 8) 日本経済新聞『干ばつの中国、石炭火力発電に回帰』
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCB18D140Y2A810C2000000/>（最終閲覧日2024年8月20日）
- 9) ふるさとチョイス災害支援「平成30年西日本豪雨」
<https://www.furusato-tax.jp/saigai/detail/407>（最終閲覧日：2024年8月20日）
- 10) 令和元年12月9日 気候変動を踏まえた海岸保全のあ

- り方検討委員会（第2回）資料2「気候変動に伴う海面上昇量に関する最近の議論」5頁
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/hozen/dai02kai/pdf/doc2.pdf（最終閲覧日 2024 年 8 月 20 日）
- 11) 北極域の氷河と氷床「氷河氷床が地球環境に果たす影響」5頁
https://j-arcnet.arc.hokudai.ac.jp/public_lecture/lecture_3_2/（最終閲覧日 2024 年 8 月 20 日）
- 12) 国立研究開発法人国立環境研究所「2019～2020年のオーストラリアの森林火災は過去20年で同国において最も多くの火災起源の二酸化炭素を放出した」2021年5月6日 地球システム領域 地球環境研究センター
<https://www.nies.go.jp/whatsnew/20210506/20210506.html>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 13) 東京大学情報基盤センター Coastal Biogeochemistry SCIENCE OF THE EDGE OF THE SEA
<https://co.aori.u-tokyo.ac.jp/sc/coralbleaching>（最終閲覧日 2024 年 8 月 20 日）5頁
- 14) J-クレジット制度「地域版 J-クレジット制度について」
<https://japancredit.go.jp/about/region/>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 15) ここでのイニシアティブというのは、一般にいう「主導権」ではなく、問題解決に向けた構想・戦略または新たな取組みを意味している。
- 16) 朝日新聞「SDGs ACTION!【SDGs 達成度ランキング】」『日本、2023 年は世界 21 位に後退 気候変動対策など最低評価』
<https://www.asahi.com/sdgs/article/14937675#:text=2023%E5%B9%B4%E7%89%88%E3%81%AE%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%82%AD%E3%83%B3%E3%82%B01%EF%BC%8882.3%EF%BC%89%E3%81%A8%E7%B6%9A%E3%81%84%E3%81%9F%E3%80%82>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 17) 環境省「中小企業地球温暖化対策新ガイドライン（エネルギーの測定・省エネ実践の経営への役立ち）」（平成 25 年 1 月）（参照 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/21326.pdf>）（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 18) 19) 20) 21) 22) 経済産業省：資源エネルギー庁『国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の論点案』資料 1（2022 年 10 月）「新たな「エネルギーミックス」実現への道のり」8頁
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/078_01_00.pdf（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 23) 経済産業省・資源エネルギー庁『2030 年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）』（令和3年10月）「1. エネルギー需要全体」2頁
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_03.pdf（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 24) 「ZEH とは、net Zero Energy House（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の略語で、『エネルギー収支をゼロ以下にする家』を指している。経済産業省・資源エネルギー庁「知っておきたいエネルギーの基礎用語～新しい省エネの家「ZEH」
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/zeh.html>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 25) 太陽光発電事業者のための法律 Q & A 『『メガソーラー裁判』を読み解く、地裁の判断はなぜ覆ったのか？（前半）』
<https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/feature/00005/062200025/?ST=msb>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 26) 27) 東洋経済 ONLINE「資源・エネルギー」『埼玉・日高「メガソーラー法廷闘争」が招く波紋 豪雨被害や景観破壊恐れ、条例の規制強まる中で』2頁
<https://toyokeizai.net/articles/-/409507?page=2>（最終閲覧日：令和6年8月20日）
- 28) 東洋経済 ONLINE「資源・エネルギー」『埼玉・日高「メガソーラー法廷闘争」が招く波紋 豪雨被害や景観破壊恐れ、条例の規制強まる中で』1頁
<https://toyokeizai.net/articles/-/409507>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 29) 国税庁「風力・太陽光発電システムの耐用年数について」
<https://www.nta.go.jp/law/shitsugi/hojin/05/12.htm>（最終閲覧日：令和6年8月20日）
- 30) 京セラ：トピックス「太陽光パネルの寿命はどのくらい？ 耐久性能や劣化原因を解説
<https://www.kyocera.co.jp/solar/support/topics/202404-solar-panel-lasts/>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 31) 日本電機工業会・太陽光発電協会 技術資料：「太陽光発電システム保守点検ガイドライン」
<https://pita.or.jp/wp-content/uploads/2020/01/f8d37a11f07c47aa7728200bc0e30b7e.pdf>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 32) 朝日新聞デジタル「太陽光発電パネルの登録、新年度義務化へ 廃棄増対策で経産省」
<https://www.asahi.com/articles/ASS1H5726S1HUTFK001.html>（最終閲覧日：2024 年 8 月 20 日）
- 33) 武部博倫教授は、愛媛大学理工学研究科に在籍し、主として金属・資源生産工学の研究を実施している。
- 34) 環境省「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン（第二版）」

<https://pps-net.org/column/110858>（最終閲覧日：2024年8月20日）

- 35) NPC incorporated「太陽光パネルのリサイクルサービス（中間処理）」

<https://www.npcgroup.net/solarpower/reuse-recycle/recycle-service>（最終閲覧日：2024年8月20日）

NPC incorporated「太陽光パネルのリユース売買」

<https://www.npcgroup.net/solarpower/reuse-recycle/reuse-panel>（最終閲覧日：2024年8月20日）

NPC 松山工場では、屋根上に太陽光発電システムを設置することで、密閉性の高い室内でLEDを使用した野菜（はこひめ）を水耕栽培する人工光植物工場や工場内の電源として利用している。

<https://www.npcgroup.net/hakohime>（最終閲覧日：2024年8月20日）

- 36) 廃棄物処理法は、廃棄物の排出抑制と処理の適正化による生活環境保全を目的として、1970（昭和45）年に制定されたものである。その内容は、法律の目的・廃棄物の定義・処理保管等の方法・責任の所在と罰則などが記載されている。

- 37) 環境省「再生可能エネルギー発電設備の廃棄・リサイクルに係る現状及び課題について」（令和5年4月）

<https://www.env.go.jp/council/content/03recycle03/000183808.pdf>（最終閲覧日：2024年8月20日）

- 38) 金城産業株式会社 HP <https://eco-kaneshiro.com/>
（最終閲覧日：2024年8月20日）

- 39) 城東開発株式会社HP <https://www.joto.ne.jp/company/>
（最終閲覧日：2024年8月20日）