



特集 未来の資源

エネルギー安全保障 第4号

【巻頭言】天然ガスとロシアのエネルギー地戦略

理事長 山本武彦

【ウェビナー報告】 「エネルギーがつなぐ環日本海経済圏とユーラシア」

山本武彦、玉井雅隆、稲垣文昭、宮脇昇、玉井良尚

【研究ノート】

海流発電の導入プロセス —鹿児島県口之島・中之島の実証実験の事例から—

高田莉央・諏訪亜紀

日本の事業系食品ロスとバーチャル・ウォーター

浦上寧々

「国産」の化石燃料再開発の可能性（1）

宮脇昇

北東アジアエネルギー安全保障センター
Center for Energy Security in Northeast Asia

Journal of Energy Security in North East Asia, Volume 4, 2022

ISSN 2434-8740

特集 エネルギーをつなぐ

エネルギー安全保障 第4号

北東アジアエネルギー安全保障センター

Center for Energy Security in Northeast Asia

© Center for Energy Security in Northeast Asia. All rights reserved.

目 次

【巻頭言】

天然ガスとロシアのエネルギー地戦略

理事長 山本武彦 1

【ウェビナー報告】

「エネルギーがつなぐ環日本海経済圏とユーラシア」

山本武彦、玉井雅隆、稲垣文昭、宮脇昇、玉井良尚 2

【研究ノート】

海流発電の導入プロセス ―鹿児島県口之島・中之島の実証実験の事例から―

高田莉央・諏訪亜紀 36

日本の事業系食品ロスとバーチャル・ウォーター

浦上寧々 43

「国産」の化石燃料再開発の可能性（1）

宮脇昇 75

編集後記

CONTENTS

Forward

Takehiko Yamamoto

Russian Geostrategy of Natural Gas Development and Its Supply

1

Webinar Report

Takehiko Yamamoto, Masataka Tamai, Fumiaki Inagaki, Yoshinao Tamai and Noboru Miyawaki

Energy Dynamics in Northeast Asia and Eurasia

2

Research Notes

Rio Takada and Aki Suwa

The Process of Introducing Ocean Current Power Generation — A case study islands in Kagoshima Prefecture, Japan

36

Nene Urakami

The Food Waste of Japanese business and Virtual Water

44

Noboru Miyawaki

Re-development of National Fossil Fuel in Japan (1)

76

Editor's Note

【巻頭言】

天然ガスとロシアのエネルギー地戦略

理事長 山本武彦

ロシアのエネルギー戦略の変化に世界は固唾を飲む。中東地域と並ぶ世界のエネルギー大国としてロシアの占める比重は年を追うごとに高まる。化石燃料の代表格である石油と天然ガスの産出国・輸出国として、とくに西欧と日本に対して地政学的・地経学的にますます大きな影響力を及ぼそうとしている。

私は、これまで地政学と地経学を合成する戦略概念として地戦略(geo-strategy)という概念を用いてきた。図式化すれば、地戦略(geo-strategy) = 地政学(geo-politics) + 地経学(geo-economics)、という簡単な公式として要約できようか。主権国家体系を基本構造とする国際社会でいかにエネルギー資源を安定して確保していくかは、国家の生存にとって最も重要な政策課題である。その点でロシアは、石油と天然ガスの豊富なエネルギー資源を保有する超大国として極めて有利な地位を占めてきた。エネルギー資源を外交政策の有力な手段として手中に収める。エネルギー資源の兵器化(weaponization)がますます洗練化されていくことであろう。

ロシアはエネルギー資源を外交政策を有利に進めるテコとして用い、エネルギー地戦略をフルに展開していくのは間違いない。1979年12月に起こったソ連軍のアフガニスタン侵攻に対して、我が国を含む西側諸国が対ソ経済制裁を断行したことを想起してみよう。ソ連向けに輸出が予定されていたパイプライン用鉄鋼製品の禁輸措置が発動されたが、この制裁措置は制裁対象となったソ連に打撃を与えというより、むしろパイプライン用鉄鋼製品やローターなどの関連製品をソ連に輸出できなくなった日本や西ドイツの企業に大きな打撃を与えてしまった。対ソ制裁のブーメラン効果が制裁を発動した国に及んだのである。皮肉な結果、というほかない。

昨年末からロシアがウクライナに大軍を派遣して以降、アメリカや西欧がロシアに制裁を課すかどうか、議論が沸騰してきた。これに対してロシアは天然ガスの禁輸を対抗措置としてちらつかせ、天然ガスの40%近くをロシアから輸入する西欧を揺さぶる。天然ガスは、英語で natural gas と表記する。ロシアの地戦略の有力な手段の一つとして天然ガスの輸出制限を考慮しているという。そうなると、天然ガスは natural gas から unnatural gas へと大きく変質してしまう。エネルギー資源の兵器化は、果たして今後も加速するのだろうか？

【ウェビナー報告】

■シンポジウム記録

エネルギーがつなぐ環日本海経済圏とユーラシア¹

【主旨】東日本大震災の際に発生した福島第一原発事故を受け、原子力発電所への依存低下が叫ばれている。日本、なかでも東北地方のエネルギー問題について考えるときには、環日本海経済圏の一翼を担うロシア・サハリン州からの天然ガス開発・輸入や、シベリアで採掘された石油・天然ガスのパイプライン日本延伸についても検討されるようになってきている。このほか、原子力発電や火力発電に依存しない再生可能エネルギーとして風力、水力、太陽光発電にも注目が集まっているが、その施設の建設場所をめぐって地域から強い反発を受けるなどの課題もある。このようなエネルギーに関する諸問題を、環日本海経済圏と山形県庄内地域に焦点を当てるウェビナーを開催した。本稿はその記録である。

【日時】2021年8月9日（月） 13：00～15：00 （媒体：Zoom）

【登壇者】

司会 山本武彦（早稲田大学、CESNA代表）

宮脇昇（立命館大学）

稲垣文昭（秋田大学大学院 国際資源学研究科）

玉井良尚（岡山理科大学）

玉井雅隆（東北公益文科大学）

（所属は当日のもの）

¹ 本企画は庄内開発協議会「令和3年度公益のふるさとづくり活動補助事業」の一環として東北公益文科大学大学院主催で実施され、CESNAが共催となった。本企画の後、本誌発刊までの間にウクライナ戦争などを含め国際情勢が急変しているが、以下の内容は2021年8月時点での登壇者の見解であることをお断りしたい。

○ 山本武彦(司会)

本日の企画は、環日本海経済圏におけるエネルギー協力の可能性、特に山形を軸としまして特に日本海側地域の協働、地理的な接続性、そしてエネルギー供給の近接性という観点からエネルギー安全保障の将来の在り方を考えていき、実行につなげようというものです。早速ですが、玉井先生から本日の基調報告をいただきたいと思います。どうぞ宜しくお願い致します。

○ エネルギーがつなぐ環日本海とユーラシア

○ 玉井(雅)

初めに、今回のテーマを私から趣旨説明をさせていただきたいと思います。

まず、本シンポジウムの目的をお話しさせていただくと、実は、これは私も知らなかったのですが、昭和49年の段階で庄内地方にも原発をつくるという構想があったとのことでした。鶴岡市七窪地区、庄内浜に原発をつくろうということだったようです。ところが、考えてみれば隣県の新潟県にも柏崎刈羽原発があり、庄内原発はあってもおかしくはないだろうということだったようですが、結局、最終的には、太平洋側の女川原発になりました。ということは、我々もエネルギーというものを、別に原発は賛成、反対はともかく考えていかなければならない。実は、庄内地域も全く無縁な話ではなく、日本海に接しているため、日本海を俯瞰しながらエネルギーというものを考えていくことが一つよろしいのではないのかということで今回企画いたしました。原発というのがベースロード電源ということで、今政府がその様に申しておりますが、福島原発事故等々を受けて原発依存度の低下ということも視野に入れる必要があるであろうと。

エネルギー資源の自給率自体、日本は約8%です。再生エネルギーによる自給率向上は非常に重要であるわけです。再利用可能であるとも一般的には言われる原子力発電にしてもウランは日本が輸入に頼っていると。なかなか自給率の向上を考えたら、石油が次々と出てくるということでもなく、再生エネルギーというものが重要視されてくるだろう。尚且つ、環日本海というものを考えれば、エネルギー供給国としてロシア、モンゴル、中央アジアで、エネルギー輸出国としては日本、韓国、中国。中央アジアに関しては稲垣先生から今後のエネルギー資源というものについて、お話しいただけるかなと思うのですが、残念ながら現状、そのエネルギーが若干奪い合い状態になっているので、そうではないという話で考えてみるというのも本シンポジウムの開催目的でございます。

少しずつ話が本筋に入っていきますが、各国のエネルギー資源、8%と言いましたが、7.4%、約8%ですね。やはり非常に少ない自給率7.4%の中で再生エネルギーというのが結構な割合を占めているということになっています。お隣の韓国が面白いことに自給率が18%、19%あるのに、日本が7%という、消費量の違いがあるにしても、面白いなと思いました。2010年段階で20%あったのが、ここまで減ってきているわけですね。一つは、恐

らく原発が止まっちゃって、火力発電が思い切り増えているというのが恐らく、理由の一つなのだろうとは思いますが。

次に、三大資源と言ったら変ですが、原油、石炭、LNGの輸入ですが、どこから輸入しているのだろうということで少し調べてみました。これは資源エネルギー庁のホームページに載っているやつですが、こうしてみると結構ロシアが目立っています。原油も6.1%、石炭は10%、LNGも8%。これはメインがLNGだとサハリン2とか、あとは後ほどお話しすると思いますが、北極海航路を通じてLNGが運ばれてくるということでございます。

皆様ご承知のとおりエネルギー資源は、特に石油に関しては中東依存を下げようということで、日本の国策として長らく注力していましたが、残念ながら今でも80%程が中東に依存しているということで、それを何とかしようという形にはなってはいます。

歴史的に見た環日本海経済圏ということで、地図を使って、日本海をひっくり返して見たときにどう見えるかです。日本海というのは平行四辺形。なぜ平行四辺形であるのかといいますと、理由は簡単で、昔々数千万年前は大陸と日本海がくっついていたのが、東北日本と西南日本がフォッサ・マグナを境として東北日本は反時計回り、西南日本は時計回りで割れていったため平行四辺形になっているという話らしいのです。意外と庄内と対岸というのはそんなに遠いものではないということになります。ただ、ここから先はまた別の話になってしまうため省略しますが、まずはこの地図を頭に入れていただけたらと思います。

先ほども申し上げました通り、日本の場合は資源がございませんので、では、どのようにつくるのかということは本日お話しする内容ですが、日本の自給率8%の中で再生エネルギー比率は、14.5%。カナダは水力発電が多いので当然高いのですが、日本はフランスと並んでいます。決して高い数字ではなく、反対にそれは、これからが高くなっていく可能性とポテンシャルがある、と捉えることができるかと思います。

現在、再生可能エネルギー、余剰電力買取制度等々もございますので、伸び率としては非常に高く、特に東日本大震災後、一気に太陽光が伸びています。ですから、これからも再生可能エネルギーというのは注目すべき資源であります。

一方で、山形県について考えていきたいと思います。エネルギー自給率を調べたところ、平成22年、少し古いデータですが、63%です。言い換えると37%、約4割は県外からの輸入です。陸羽西線沿いに電力幹線が通っていて、宮城などから運ばれてきたり、東北電力管内であるため、新潟などからも来たりしているのだろうと考えております。あと、秋田からも来ていると思います。したがって、多くの電力自給はできていないのです。この状態が悪いと言っているわけではないですが、ただ、地産地消という形でエネルギーを地元で何とか増やせないかと、エネルギー種別ごとに導入目標を定めて、風力発電に関しては目標を大幅に上回る導入結果となっていますが、太陽光発電に関しては3割程度となっています。酒田にお住まいの方はよく分かると思うのですが、酒田、遊佐、国道を通過していただいてもいいですし、J Rの羽越本線を通っていただいてもいいのですけれど、やはり

風車が多いです。これは、特に酒田や遊佐で、風力発電が非常に導入されているということです。

では、風力発電に頼れば良いのではないかということですが、それはまた後にお話をすると、これが山形県のエネルギー戦略から少し抜き出したものですが、可能な限り地域の中にエネルギー源を分散配置する取組、すなわち地産地消です。地域に賦存する再生可能エネルギー、これが本日の後半のプレゼンの重要なポイントになってきます。生活や産業活動に不可欠なエネルギーを生み出し、供給していくのだと。ゆくゆくは原子力に頼らない卒原発社会の実現につなげていきたいというのが山形県の考え方だそうです。

山形県エネルギー戦略の白書から持ってきたのですが、当然エネルギーというのは電源と熱源に分かれますので、電源利用に関しては太陽光、風力、地熱。注目してほしいのが熱源利用のところのバイオマスです。電源利用でもバイオマスは使っていますが、バイオマス、要するに木くずとか間伐材とかそのような、言葉は少し悪くなりますが、使えないようなもの。使えないことはないですが、そういうもの。自然に生み出されてきたものを使った発電の方法になります。一応山形県は令和3年度、このような形で様々な補助をしています。聞いた話なのですが、再生可能エネルギーに関しては補助が手厚く、非常に熱心に取り組んでいるということは伺ったことがあります。

では、実際どのようなことをしているのか。これも山形県の白書からですが、興味深いことで、浄水場の写真がありますが、実はこれは水力発電です。当たり前ですが、浄水場というのは水をきれいにして配水池に流し、高低差をつけるとそこで発電できます。ですから、山形県はこのような小型発電に非常に熱心で、この電力を何に使うのかなと考えたら、災害発生時に電力が途切れたとしても、このような自家発電で何とか最低限の電力を賄おうとしているのかなと。当たり前ですが、水はないと困るため、水に関しても災害時でも供給できるように導入しているのだということです。ですから、現状、山形県が取り組んでいるのは、浄水場の小水力発電や風力発電。実は、私の家の目の前には風車があるのですが、まさしくそれだということです。

山形県の再生可能エネルギーについて、もう少し踏み込んで考えていくと、山形県の形は、おじさんの横顔とよく言われるのですが、私が住んでいる酒田では、額の辺りに住んでいるなどと言うそうです。県土面積の72%が森林で、日本の平均が大体6割から7割であるため、日本の国土平均の少し上くらいかと考えております。さらにもう一つ面白いデータがあり、最上に置賜というのが、山形県の一番南側、ここになります。米沢を中心とした地域と、最上、新庄市を中心とした地域です。この2つの地域は平均を大きく上回っています。最上に至っては78.8%で、かなり森林が高いですね。一方で、庄内は平野が多いため、やはり森林率が山形平均を下回っていて、村山は都市部が多いですね。ですから、山形の中では若干下がってはおりますが、それでも特に内陸3地域に注目したときに、森林率は高いのです。ただ、今ご承知のとおり森林というものはなかなか採算が取れないため、後継者がいません。したがって、森林利用を活性化しようと考え出されたのがバイオマス発電です。これは酒田港にあるバイオマス発電所ですが、このような形です。ホッパ

一で細かくし、これをガスにして、燃やして冷やしてエネルギーにすることです。これを見て分かる人はなかなかいないと思いますが、平たく言うと、木などを碎いてエネルギー資源にします。実は、特に山形県でバイオマス・エネルギーを活用している地域は2つあり、1つが最上町です。もう一つが酒田市だったのです。私も知らなかったのですが。このような形で間伐材の丸太などを放置すると森が荒れます。近年土砂崩れが増えたというのは、実は森が荒れているということであり、ご承知のとおり針葉樹が経済林になりますが、針葉樹というのは広葉樹と違って根が深く張らないため、土砂崩れを防ぐ機能が少ないのです。ですから、手入れをしないと山が荒れてしまい、残念ながら現状では、手入れになかなか手が回らないため、伐材などをエネルギーにしまえば一石二鳥、三鳥になるのではないかとということで、最上町が取り組んでいます。実は3年前に私と山本先生と2人で見学に行った福祉施設がございまして、そこがバイオマスでこのように取り組んでいました。これがボイラーで、先ほど言った生チップを焚いて、こちらは熱資源で行っていました。

最上町では、スマートコミュニティ構想というものがあり、2020年までに再生可能エネルギーを20%、日本平均よりはるかに上回る形で実施しようとしております。1メガワットの発電設備で700万キロワット時の電力を供給することが可能で、説明をすると、最上町の総世帯数が2,900世帯ですが、その70%ほどがバイオマスで賄えるということになっています。一石二鳥なわけです。もう一度言いますが、林業にも優しい、環境にも優しい、エネルギーにも優しい、一石三鳥になるわけです。

もう一つの再生可能エネルギーとしましては、酒田市のサミット酒田パワーという、これが住友商事の子会社です。住友商事の子会社によるバイオマス発電所の運転が2018年に開始されました。これはバイオマス専用の発電所です。ちなみに東北公益文科大学はこの辺です。地図に載っていません。国産チップが4割、残りが輸入ペレットになっています。このようになっており、わざわざカナダから輸入しています。これが、全量国産で賄えるようになれば、恐らくかなりの森林保護になるのではないかという気がします。

もう一つが、先ほどとは別に、東北電力の酒田共同火力発電所ですが、1970年代に稼働を開始しました。ここも35万キロワット発電できる2号機でバイオマスと石炭の混燃を行っています。要するに、バイオマスのみではやはり火力が若干弱いため、電力の品質に若干問題があるため、石炭と混ぜて燃やすことで火力を一定させます。この石炭は先ほど見たとおりロシアや中国から輸入してきており、先ほどの最初の地図を思い浮かべてください。日本海でロシアや中国から日本海を渡ってやって来た石炭と、日本のバイオマスとで燃やして、エネルギーにするのだということになっています。興味深いなと思いましたが、実は問題がありまして、今石炭発電はかなりの悪者にされており、国も少し規制を検討しており、そのため、ここの発電所は1号機が石炭の専燃なのです。石炭しか使わず、2号機が石炭とバイオマスで、結局石炭を使う発電というのがこれからどうなるのか分からないという、少しその辺の問題も出てきています。ただ、酒田市の雇用にもかかわる問題であるため、少し難しいのかなという気はします。

最後にまとめです。再生可能エネルギーの積極的活用で卒原発の流れをつくりたい、これは山形県が言っていることです。山形県は、風力などの新エネルギーの潜在的発電量は全国7位ですが、立地問題で風力は特に限界なのです。山形県の県民の方、2020年、覚えておられると思うのですが、月山のところに風力発電機をつくるということが問題になりました。月山でしたか湯殿山でしたか。鶴岡市長と山形県知事が両方反対して、結局白紙撤回されたのですが、このように、風力発電の適地は多く、潜在的発電量は全国7位です。特に庄内は風が強いのですから。ただ、新規立地が非常に難しいのです。酒田市でも新しくつくりたいと企業が言っていますが、なかなか通りません。ですから、バイオマスというものに注目するというのは恐らくこれからも興味深い方向に進むのかなと。最終的には、エネルギー輸入県から輸出県に。要するに、自給率7割から自給率100%をさらに超えられるような県になれるかな。最後は、北東アジア、環日本海地域や諸国のエネルギー政策をリードする潜在力を持てるのではないのかということになります。

○ 山本

どうもありがとうございました。特に山形県、特に玉井先生の本拠である酒田を中心としたエネルギーの地産地消の実態を聴取いたしました。先ほどもお話にありましたように、玉井先生とは私、2020年に最上町に行きまして、バイオマス発電の現場を見学いたしました。森林面積の多い山形県のバイオマス・エネルギー事業に大変感銘を受けたところであります。都会に住んでいますとバイオマス発電の現場を見る機会がないため、山と多くの森に囲まれた山形県のバイオマス発電の実情を見ることができました。そんなことも踏まえたご報告で、エネルギーの地産地消の一つの場を見たわけではありますが、稲垣先生も秋田県におられて、このあたりの実態をよく把握しておられると思います。いかがですか。今ご報告にありました環日本海という地域的な広がりエネルギー供給との関連で見た場合、例えば稲垣先生、お隣の秋田県におられて、今のご報告、どのようにお感じになりましたでしょうか。

○ バイオマスの着火材

○ 稲垣

玉井先生の報告にあったバイオマス発電所はまさに秋田市にあるのですが、玉井先生、いかがでしょうか、酒田のバイオマス発電所が利用している着火材は何を使っているかというのは分かるでしょうか。

着火材とは何かというと、先ほど酒田の共同火力発電所の例で玉井先生がおっしゃったとおり、バイオマスチップだけだと火力が弱いため、どうしても他のものと混焼するととなります。例えば、秋田のバイオマス発電所だと「PKS」というパームヤシ殻をインドネシアから輸入して利用しています。そのため、環日本海というか、おそらく、バイオマス発電を考えたときには環日本海だけではなくて、東南アジアまで広がるという気がします。さらに東南アジア諸国もやはり脱石炭火力の文脈では、それこそ森林資源が多いですから、バイオマス発電の導入を考えているのが現状かと思います。その際、日本で使ったバイオ

マス発電の技術といったもの北東アジア、日本海諸国だけではなくて東南アジアまで含めた形で、さらに広く共有できる部分はあるかなと思います。例えば、以前、お伺いした話なのですが秋田でバイオマス発電を行っている企業は、インドネシアでの事業展開も将来的には考えているとのことでした。このように日本海からさらに飛び越えて東南アジアへということが、バイオマス発電では考えられます。

その一方で、実はバイオマス発電というものは我々も使い始めたばかりであって、バイオマス発電で持続可能にするにはどうしたらいいのかということは、まだまだ未知数なところが多いと思います。例えば、関西ではバイオマス発電が難しいといわれています。関西で実施しようとする、森林資源が圧倒的に足りず、チップをカナダから輸入しなければ実施できないなどと言われているようです。そうすると、東北は唯一バイオマスを地産地消でできるかもしれないけれども、あまりやり過ぎると、資源の奪い合いになってしまいます。カナダなどの海外からチップを持ってくるとなると、その輸送に天然ガスを用いることになってしまいます。そのため、我々は、持続可能な森林資源の管理を適切に行いながらバイオマスの利用を考えていくことが必要で、技術的なことに加え、資源管理のガバナンスとして新しい枠組みを秋田、山形と協力してつくり、そのシステムそのものを海外に輸出するということを考えなければならないと考えております。

○ 玉井(雅)

実は酒田のバイオマスの発電もパーム、先ほどおっしゃられたように輸入しております。質問にお答えすると、エネルギー効率の話ですが、当然のことながら、石油、石炭に比べるとやはり高くはないため、石炭と混燃しているという状況になっています。資源の奪い合いというのはそのとおりで、関西は確かに滋賀県に天井川が多い理由というのと一緒に、本当に難しいです。ですから、そういう意味でいうと、東北にあるポテンシャルというものを我々はさらに意識しつつ、先生がおっしゃられたとおり、かといってやり過ぎても駄目という難しいバランスではありますが、東北だからできるということを考えてみるのが大事なかなと思います。

○ 稲垣

ただ、見ていて少し思うのが、実はバイオマス発電所のシステムも石炭発電所のシステムも、ボイラーそのものは基本的に同じものを利用している。特に日本の火力発電所のボイラーというのは優れていて、廃タイヤも燃やせます。もしかしたら我々は、もう少しバイオマスに加えて廃タイヤなど廃棄するものをここで燃やし、電力を得るということを考えてもいいかもしれません。そのような資源の循環という視点から、バイオマスに取り組んでいくべきだと思っています。

○ 風力発電の将来

○ 山本

バイオマス発電が本日の議論の中心点になっているわけですが、東北地方の地域特性として、特に風力ですね。例えば秋田で見学しましたときも風力発電の現場を見ましたし、日本海という海の特性、地域の特性からして非常に風が強い場所であります。風力発電の将来の展望については、玉井先生、いかがでしょうか。

○ 玉井(雅)

風力については、先ほども少し申し上げましたが、月山か湯殿山で、昨年揉めています。確かに風力発電には適しているかもしれませんが、一方で、月山、湯殿山というのは聖地なのです。県知事も市長も反対し、結局、その計画は撤回に追い込まれたという状況でした。そう考えると、風力発電として確かに風は強いのですが、もはや、適地というのがあるのか。酒田市でも新しい立地を認めるかどうかで市議会を開かれて、そこでも議論が出ているらしく、少し難しいと思っております。ご質問でもありましたが、風力発電の場合、私、専門ではないので間違っているかもしれませんが、低周波公害なども出てくるため、その辺が難しいと考えます。これらの状況から、これ以上大規模な拡大は無理という気がします。

○ 山本

他方、電力を生産する電力会社ですね。山形県の場合は東北電力がそれに相当する企業かと思いますが、地域全体をカバーしている東北電力の戦略と、それから自治体も含めた地域共同体の戦略との間には、整合性があるのでしょうか。

○ 玉井(雅)

それは何ともいえません。また、先ほどご意見が来たため申し上げますと、確かに風力発電の場合、山の生態系を壊します。これは恐らく、太陽光発電もそうだと思いますが、その辺りの生態系との兼ね合いを考えても難しいと思っております。東北電力との関係は、まだ勉強不足で、これから勉強します。

○ 山本

今のご発言、それからご質問の内容、要するに環境保全、つまり環境の安全保障とエネルギーの安全保障という2つの大きな命題が関連し合うという問題関心からそういうご質問があったのではないかと思います。この点、エネルギー供給を安定的に維持していくためにはどうしても克服しなければならない2つの大きな問題だと思うのですが、この点について何か解決策はあるのでしょうか。これは単に東北一地方だけに限定した問題ではなく、日本全体の問題でもあり、また環日本海圏という広い圏域を考えた場合も、ロシア、それから朝鮮半島、場合によっては中国も含めた地域のエネルギー安全保障と、それから国々の個別的な安全保障との関わりも出てきて、非常に複雑な関係性を作り出すと思うのです。この点、答えるのは非常に難しいと思いますが、大まかにどのような展望をお持ち

でしょうか。

○ 玉井(雅)

非常に大まかに言わせていただくと、まずエネルギーの関係で考えると、地方においてエネルギーというのは同時に雇用になるため、当然のことながらその地方においては歓迎されますが、それがどこまでなり得るかどうか。そこから戦略を組み立てていかないといけません。ですから、国との利害が当然ぶつかることもあって、その辺を勘案しないといけません。ただ、安全保障の絡みになると、日本の都道府県がどこも東京の政府を見ているのですが、東京の政府はやってくれますかという話で、これは私の昔からのテーマなのですが、我々山形が東京の政府にお願いと言ったところで、やってくれないのです。日本海の向こう側にはロシア、中国、モンゴルがあって、その向こう側にはヨーロッパもつながっており、これは日本海航路や北極海航路でもそうですが、その辺も勘案しつつ、エネルギーの例えばバイオマスでも新技術の開発などでより引っ張っていけないのではないかと考えております。新しい雇用にもつながるため、答えには全くなっていないかもしれませんが、これが私の率直な思いです。

○ 山本

それでは、引き続き宮脇先生からご報告をお願いいたします。

○ 日本海に接近したいモンゴル

○ 宮脇

本日は、日本海に接近したいモンゴルということで、日本海は海ですので、どう渡るかという点を中心に話をしたいと思います。

本日は、資源地政学の話から環日本海の現在と未来ということで、ツーリズムの話までいけばいいなと思っております。

「接続性の地政学」ということで、これは後ほど玉井良尚先生のところでお話がありますので、少しだけ話をしますけれども、カンナという人がパラダイムチェンジ的な話をしたのです。もともとこれは山本武彦先生のご紹介ですが、国家が国境を争う時代から、巨大都市が接続性をめぐり競争する時代が変わってきたということなのですね。つまり、争う主体が国じゃなくて巨大都市、都市が変わってくると。力の源泉は軍勢力からインフラ整備のための工学が変わってくると。土地というのは大事だけれども、所有が大事なのではなく、利用することが大事だというふうに変化するということです。具体的にはパイプラインやネットの回線、高度技術、市場へのアクセスなどそういうようなもの、鉄道、海底ケーブルなども含めてそのようなネットワークの線というのが大事だということになってくるわけです。そして、下のほうに書いていますけれども、国家というものは地理的な運命を接続性によって乗り越えることができるということで、例えばモンゴルは海がない内陸国とか、日本は大陸とつながっていない島国とかありますけれども、そういう地理的

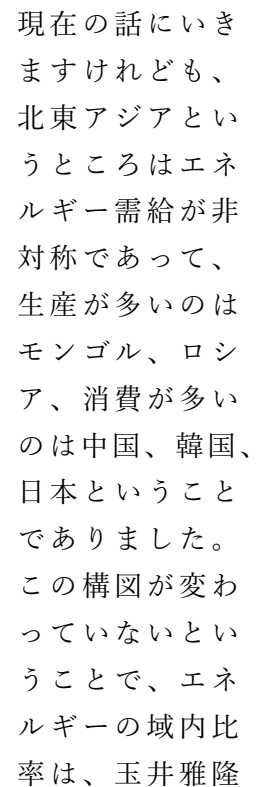
な限界を接続性によって超えることができるのだという話です。

接続性が高いということは、それだけ速く、安くということも含めてですけれども、物を運ぶことができるわけです。そうすると、今にも増して時間というものが非常に大事になってきて、1分1秒を争う時代がますます激しくなってくるということなのですね。同じものを1か月かけて運ぶのと、1日で運ぶのと比べれば価値が違うわけですから、当然高速化と比例してきて時間資源を競う時代になってくると。これが接続性の新しい資源になってくる、力になってくるというふうに私は考えております。

この連結性という観点で申しますと、接続性と似ている観念で連結性という言葉がございます。これは時間がありませんので飛ばしたいと思います。

玉井雅隆先生のお話でもありましたとおり、資源地政学という観点で話をすると、資源というのは生産と消費両方大事なのですが、それ以外に通過というのも同時に大事なのだということでございます。その通過というところで話をしたときに、天然資源の特性ということでいうと、密度とか体積重量というのがありますので、どうしても航空機で運ぶことというのは今までは難しかった。これからは結構可能になってくるとは思いますけど、今までは難しかった。特に石油なんかを運ぶというのはなかなか難しいわけですね。輸送というのは陸の接続性の話であって、そこには「地理の復活」というのがやはりあるのだという話でした。輸送ルートというのは、どうしても都市と都市を結べば一番効率的なのですが、なかなかそうもいかず、国家が国境の観念の下にいろいろやっていくのでということです。また、海は港や半島のようなチョーク・ポイントというのが大事だということと、輸送経路と手段でいいますと、パイプラインやLNGの港湾というもの、鉄路もそうですが、一回置くと基本固定的なものですので、可動性がありません。ということは、それに縛られるのですね。土地というより場所に縛られていくということになるわけです。

1950年代、私はまだ生まれておりませんが、そのときどうだったかということで、当時の中学生の地図帳をみながら、庄内地方との関連で本日は話をさせていただきます。先ほど玉井雅隆先生がおっしゃったとおり、ポテンシャルという意味では非常に庄内地域のポテンシャルが高いのです。昭和33年（1958年）に、日本の水力発電で最上川の未開発の割合が半分ぐらいあるという地図が右の下の方にあると思います。そして、電力というところでいいますと、その左に日本の動力資源の変化というのがあって、一番上の棒グラフが戦前ですが、石炭が非常に多く、戦後も1950年代までは石炭、そしてその後は電力という形で、電化が非常に弱かったという時代でした。この日本地図でピンクの帯がありますが、これは石炭の生産と消費の間の輸送経路なのですね。流れです。こういうものが重要でした。中学生が勉強しないといけないような重要性を持っていたということでもあります。庄内地方では石炭は採れませんが、いわゆる含有地帯ということで、水色のところは、石油が埋まっているということでありました。



当然それぞれのエネルギーの特徴というのがあって、これは先ほどお話少ししましたけれども、石炭とか石油ということで、3.11以降、当然今原子力は減っていますけれども、2017年の電源構成でいうと、石炭32%、LNGが40%です。これ菅さんのゼロエミッションの話の前の段階ですので少し古い計画ですが、2030年度の電源構成だとLNGが27%、石炭はまだ26%残るという状況であります。

2010年代の環日本海を地球の外から見ます。航空路のところをピンクの線でしているわけですが、大陸の正に中央です。これ地球を横から見ていますので、日本が少し中央より下にあります。中国がちょうど中央から少し左にありますが、つまり、東が下になって北が右になっていますが、大陸の正に中央を飛行機があまり飛んでいないことがよく分かる

かと思います。日本も、残念ながら東京から右、つまり北のほうは少なく、これは中国もそうですし、ロシアもそうですけれども、北のほうは非常に少ないということで、この辺の接続性が非常に悪いということでもあります。内陸部から日本海のアクセスが悪いということで、これは豆満江の失敗ですとか、あるいはシベリア鉄道の利便性の低さですね。ちょうど朝鮮半島が南北に分断されているということが非常に大きな影響を与えているということですし、日本だけで見ても太平洋ベルトに開発はどんどん進んでしまっていて、冷戦や朝鮮半島の分断があったので、日本海の内航は当然減っていますし、人口も減っていると。日本海の接続性は全体的に低下しているということでありまして、これは太平洋から見ても日本海というのは接続性が悪いですし、大陸から見ても日本海の接続性が悪いということになって、大陸から見ると、本来なら日本海に行くべきところを黄海や東シナ海に行くということになっている。ただし、後で言いますが、ここにはまた一つの問題があるわけです。

接続性の具体例として、少し夢のある話をしますと、宗谷海峡です。右の上に表がありますが、宗谷海峡は幅43キロで、最深部70メートルしかありませんが、津軽海峡は深さがその倍あるのです。それでもトンネルを掘っているということです。ドーバー海峡と宗谷海峡は大体似ているのですが、当然ユーロトンネルが数十年前からあるわけですし、海底ケーブルもあるわけです。パイプラインを引こうという話もあって、これは安倍首相、あと世耕大臣の頃の経産省を含めて強いリーダーシップでやりましたが、なかなか実現しないまま安倍政権は終わっていったわけですが、全長1,350キロのパイプラインをサハリンからそのまま引っ張ってこようと。つまりサハリンのガスは液化されて船で行くわけですが、パイプラインは南北に実は通って、そこからそのままという話があり、その辺に対していろいろネガティブな意見も含めてうまくいかず、これも進んでいないということです。そのLNGの基地はこのような場所で、私が冬の寒いときに、1月にサハリンのコルサコフに行き行って撮りに行ったのですが、このように船が出ているということです。

サハリンは南北に細長い島で、大体北海道と同じ面積ですが、北のほうに油田とガス田があり、南の先端までパイプラインは伸びています。サハリン大学には石油ガス学部があり、一回見学に行きました。「東洋のアルザス・ロレーヌ」というふうに100年前は言われたわけですが、現在は外資の導入によって輸出の成功に至っているということです。パイプラインについては種々議論があるとおりで、これは、現在パイプラインで送るよりも、液化して、つまりLNGにすることがトレンドになっていまして、パイプラインはどうしてもさっき言った依存性が高いけれども、LNGはそうでもない。フロートでつくるという話もある程で、可変性があるというということで、LNGの輸入国が現在非常に増えているということです。特に中国は今石炭からガスにシフトしているため、それは非常に大きな影響を与えているということでもあります。

ヨーロッパでは、ノルトストリーム2がポーランドを迂回する形でロシアから直接ドイツに行くというのが既にできています。1はできています。2はまだ止まっていますが、そのような話ができているということでもあります。

モンゴルの場合は、内陸国で日本海とは直接出口はないのですが、日本海に出たくて仕方がないです。出たいというのは領土を増やしたいわけではなく、線を伸ばしたい、鉄道で物を輸出したいということであるわけです。こういうことを後押しする国際規範は海洋法条約で既にあるわけですが、なかなか実現できていないということでもあります。

同志社の浅野先生が言うとおりの、接続性というのは水平的なネットワークではなくて、上から見るとそうなのですが、実は三次元的で垂直的なのです。そのため、垂直の上のほうを目指さないと、また周辺部は周辺部のままになってしまいます。ですから、そのために必要な力というのがインフラ技術と結節点ということになるわけです。

この辺は飛ばしますが、モンゴルというのは非常に石炭の国でありまして、一番奥の大きい写真は「忍者マイニング」です。これは非合法の採炭なのですが、個人でやっているところで、なぜ非合法かというと、石炭が多く採れるのですが、質が悪いのです。冬の大気汚染の原因になっており、非合法であり、それでも安く石炭がないと、ウランバートルの周辺の貧しい地区は集合住宅ではなくてゲルに住んでおり、温熱のパイプが来ないため、寒くて本当に凍死してしまいます。そうすると、暖をとるのは昔から石炭であるということで、下の写真の右から2番目、これは従来型の石炭をそのまま燃やしているところです。右から3つ目、つまり正に中央の下の写真は丸い石炭ですけれども、これはいわゆる練炭、豆炭ですね。これは、中国でも日本も昔ありましたが、煤煙を含めて大気汚染を減らすための石炭ということで、練炭、豆炭が見直されていてということで、2019年の暮れからモンゴル政府、ウランバートルの州は、この赤い袋に詰めてこれを売っているということで、これで少し大気汚染が減ればいいなという話になります。

石炭火力発電所がモンゴルには4つありますが、これは基本メインで、風力発電もできていますけれども、まだ僅かということです。石炭がないとモンゴルは冬を越せないということで、京都議定書、パリ議定書、ゼロエミッションに向けてということですが、非常にハードルが高いということが日本海のすぐ向こう側にあるということになります。

これは2020年の1月の調査のときですが、下の写真のゲルに行きました。ここはウランバートルの郊外のため、練炭ではありません。普通に生炭をそのまま燃やしているのですが、その屋内が、左の上に写真がありますが、ゲルの中で、黒いところで石炭を燃やして暖をとるわけですね。暖房のために石炭が必要だと。非常に暖かく、暑いぐらいです。



筆者撮影（モンゴルでの撮影について、以下同じ）



次の写真は、同じゲルの牛です。これは何の話かということバイオマスで、先ほど話が出たバイオマスをモンゴルはやりたいのですが、技術がありません。昔はウランバートルの市内で牛を飼っている人も当然いたわけですが、牛のフンをそのままその辺に放置しており、それは不衛生だということで郊外に持ち出さないといけなくなったため、待っているのです。輸送手段。重いですし。左下に牛のフンが沢山溜まっているところがあり、何とかならないかという相談を受け、肥料にしたいそうなのです。堆肥になるわけで、肥料にするのはいいのですが、それをバイオマスにすれば電気も本来ならつくれるはずですが。そこまでなかなか技術が行かない。もちろん資金もないということになるわけです。



内陸部には当然電力は行っており、内陸部のウランバートルからさらに内陸部の奥地に送電線はあるのですが、そこから先がありません。先ほどの家もそうですが、電線はありません。右の下にあるとおりこれは遊牧民で、先ほどのところは遊牧ではなく定住しているのですが、右の下のところは遊牧です。そうすると、非定住のため、電線を一緒に持っていくわけにいきませんから、電気は太陽光のソーラーパネルでやっているということでもありますし、ガソリ

ンはガソリンの大きい車、アメリカと同じような長い、左の下の写真のように道路で運んでいるということでもあります。

しかし、モンゴルは石炭がないと生きていけないのは人々の生活だけではなく、外貨獲得のためにも非常に重要で、石炭の輸出が非常に輸出の大部分を占めています。石炭と銅ですかね。これで半分以上なのですが、その石炭の98%は実は中国向けです。中国は石炭消費を減らしていますが、依然として輸入国のため、モンゴルからいい石炭を買っているのですね。モンゴル側としては様々なところに販路を拡大したいため、天津港の関税を減らしてくれと言っているのですが、なかなかうまくいかないということでもあります。貿易のコストとしては、移動距離が多少ありますが、時間が非常にかかります。これは距離に比例しますが、係数や変数がかなり関わります。モンゴルから北東アジアの域内輸出を平均すると44日かかりますが、日本から北東アジア全体だと11日、4倍かかるのです。同じ北東アジアの先端の右と左の端ですが、4倍も違うということであって、モンゴルは天津港を何とかしたいということですが、強く言えないため、北朝鮮の羅津港、北のほうの港を使おうという話があり、銅のテスト輸出をしたことがあります。これを含めて私は海陸格差というのですが、SDGsでいうと海の豊かさと陸の豊かさ、そして平等というところに関わってくるわけですが、モンゴルは323万人の人口がいて、GDPが140億ドルです。対して山形県は県内総生産が400億ドルで、人口は105万人ということなのです。これだけの格差がある。もちろん単純比較はできませんが、この単位だとこうなるということなのです。

モンゴルのお話をもう少ししますが、鉄道が脆弱だということで、左の下の写真はウランバートルの時刻表ですが、これが全ての時刻表です。ほかに路線とかありません。右の

写真はウランバートルの駅の中ですが、電線がありません。非電化ということです。

INTERNATIONAL TRAIN SCHEDULE
Beijing-Ulaanbaatar-Moscow

Train	Dep	Arr	STATION	Dep	Arr	Tra
Train no 3/4			Beijing time			
		10:00	Beijing	12:13		
	15:28	15:44	Jining	06:37	06:55	
	20:18	00:59	Erlian	21:00	02:00	
			Ulaanbaatar time			
3	01:25	02:40	Dzamyin-Ude	18:30	20:35	
	06:15	06:30	Sainshand	14:47	15:20	
	10:13	10:30	Choir	11:30	11:35	
	14:35	15:22	Ulaanbaatar	06:50	07:30	
	17:39	18:14	Zyunkharaa	08:45	04:00	
	20:14	20:24	Darkhan	01:41	01:59	
	21:50	23:10	Suho-Bator	22:29	00:14	
			Moscow time			
	18:55	20:45	Nauuski	14:57	16:47	
18:58		Moscow		23:55		

Ulaanbaatar-Beijing Ulaanbaatar

4		07:30	Ulaanbaatar	14:35		
	11:30	11:35	Choir			
	14:47	15:20	Sainshand	01:25	02:40	
	18:50	20:35	Dzamyin-Ude	01:25	02:40	
			Beijing time			
	21:00	02:00	Erlian	20:18	00:59	
	06:37	06:55	Jining	15:28	15:44	
	12:13		Beijing		10:00	

Ulaanbaatar-Huhe hot Ulaanbaatar

5		20:45	Ulaanbaatar	10:05		
	00:55	01:13	Choir	05:19	05:49	
	04:26	04:56	Sainshand	01:10	01:50	
	08:30	10:00	Dzamyin-Ude	17:35	21:35	
			Beijing time			
	10:25	13:45	Erlian	05:26	17:10	
	19:20	19:53	Jining	23:35	23:55	
	21:36		Huhe-Hot		21:59	

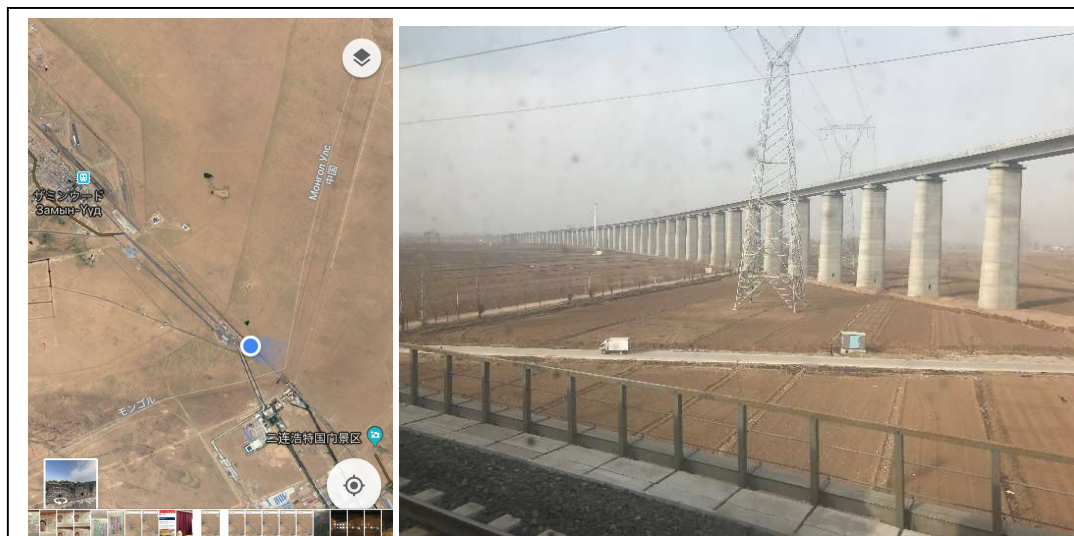
Ulaanbaatar-Erlian Ulaanbaatar

6		20:45	Ulaanbaatar	10:05		
	00:50	01:13	Choir	05:19	05:49	
	04:26	04:56	Sainshand	01:10	01:50	



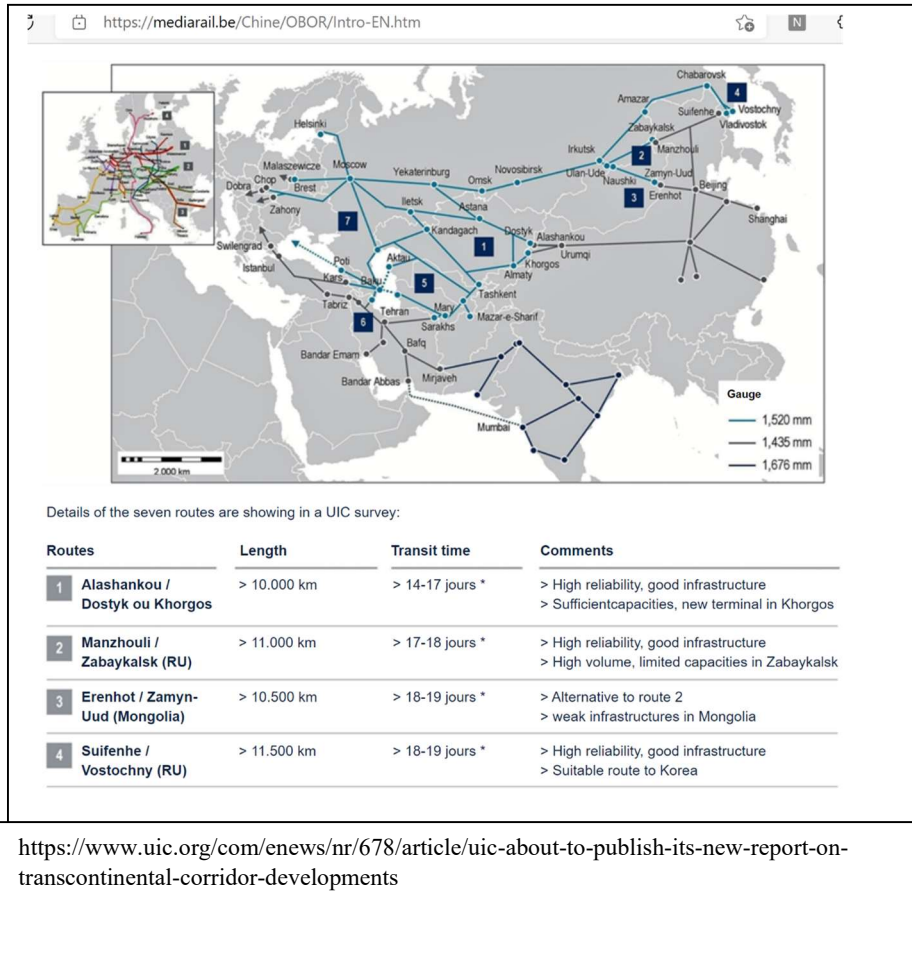
非関税障壁ということでは、ウランバートルから天津に輸送するときに、コンテナ単位でいうと大体パナマ運河と同じぐらいの値段がかかっているということで、非常に非関税障壁になっています。

モンゴル、中国の国境を何回か越えたのですが、これはグーグルマップの中央に写真があるとおりで、縦長の写真の左の上がザミンウードですね。これはモンゴル側の国境の駅で、二連です。これは中国側の駅ですが、その中間地帯です。ここでは鉄道の線路の幅が違うのですね。ソ連式の非常に広い幅の鉄路で、中国は国際標準軌であるため、新幹線と大体同じですが、それとの差があって、一回台車を持ち上げて、レールを入れ替えないといけない。非常に大変なことになっている。これを毎回やっているわけですね。2、3時間



かけています。しかし、中国側に入ると右の写真のとおり、高架の柱が電化されていて複線なのです。非常に快適な鉄道の旅ということになってしまいますが、この差は何なのかと思うぐらい接続性が違うということになるわけです。

一帯一路における支線化の恐怖ということではありますと、一帯一路は中国からヨーロッパに行くわけ



ですが、最短ルートはカザフスタンを通る。モンゴルを通るものも500kmしか変わらず、下の番号でいうと1、2、3、4ということで、1と3の違いなのですね。3がモンゴルですが、1万 km と 1万500kmしか変わらず、ところが日数が三、四日違うのですね。500kmで三、四日違うという差は

何なのかというと、これはコメントのところに書いていますが、インフラが弱いということなのです。モンゴルはインフラが弱いので当然通らない、ということになり、一帯一路の中でもモンゴルは支線化されるということになる。

ガスパイプラインもシベリアの力というのがあり、現在ロシアから中国にパイプラインが陸ではつながりましたが、モンゴル経由の計画もあり、これもいつになるか分からないということになるわけです。

サプライチェーンでいうと、モンゴルも実は困っており、人流は止まったが物は止まっていないという言説が当初コロナ禍でありましたが、そんなことはなくて、物もかなり止まっていますし、内陸国宛て、特にモンゴルのEMSを郵便局から出すことは2020年の3月からできません。FedExでこの間も送ったのですが、普段よりも遅いということで、これはどうしても今飛行機が飛んでいないためそうになってしまうということになるのですね。

ところが、いい話としてあるのは、ドローン革命、無人化革命ということで、これは少子高齢化が進んでいる、ゼロエミッションが進んでいるということが一つあるわけです。海上輸送でいうと当然排出量が少ないわけですが、無人フェリーとか帆船型ドローンというのは次々と実証テストが進んでいるということから、海上ドローンも航行実験ができています。楽天はまた一つの物流システムをつくろうとしているそうですが、そういう無人物流が完成していくということです。ドローンは当然脆弱なところがあって、バッテリー、電波、耐候性など、特に風との関係です。積載重量やシステムの話もありますが、中継ポイントや基地局をやっていくことで技術的には克服可能だろうと思われれます。

将来の話をしませんが、20年後、30年後、40年代から50年代にかけてですが、世界のエネルギー需給でいうと、2016年単位で考えると、日本はマイナス50掛けるメガトンということで減るわけですね。ヨーロッパもアメリカも減ります。増えるのはインドとか中国とか中東、アフリカで、発展するところはそちらに移っていくとよく分かるかと思います。

デジタル経済圏というのが進んでいくということで、国民経済が弱くなっていくわけですね。これは日本の政府が出している資料ですが、アマゾンやアリババなどそのようなサプライチェーン、デジタル通貨を発行するところが強くなっていくというのが、2050年です。そうすると、今現在ふるさと納税で、例えば私が山形県村山市の美味しいお米を頂いています。そういうのが2050年になるとどうなるかという、日本海ふるさと資源税みたいな感じで、モンゴルの何かを買う、もしくは税金をモンゴルに納める理由はないのですが、何らかの形でデジタルプラットフォームの中でファンドができてくるという可能性が出てきます。そういう面白い時代になってくるということであるわけです。

日本の将来の話でいうと、CO₂のゼロ目標の話がありますし、高齢化がピークに達するわけですね。地方はいろんな課題があるわけですがけれども、ドローンは次々と進んでいくだろうということでドローンタクシーという、人を乗せる無人タクシーが出てくるということになります。日本海でいうと、朝鮮半島が統一されればですが、非常に日本海は平和な海になってきて、可能性が増えてくるわけですね。また、温暖化で北極海航路が活発化されるだろうということで、これは玉井雅隆先生のご専門ですがけれども、それが低炭素、高速化のルートで入ってくるわけですが、それは津軽海峡、宗谷海峡のチョーク・ポイント化が当然進みます。そうすると、それに対して日本はどうするかという話になりますから、内陸水運を何とかしなければならないということになるわけです。日本は山が多い国で、なかなか内陸水運って運河を簡単に通せないのですが、いろいろあり、国交省が出しているのは日本海北前船構想です。これは玉井良尚先生が後ほど話をするため話を譲りますが、もう一つは、昔大野伴睦がやった日本横断運河。これは大型船舶を敦賀から揖斐川経由で名古屋、四日市にという話だったのですが、なかなかそれは今さら大きなお金はかけられないと思いますが、リニアモーターカーではないためできませんが、無人の小型船舶の貨物であればトンネルを掘ることは非常に楽なのです。そういう形で80km掘ればいいのかと私は思っております。

また、空では、日本海が非常にいいのは、海というのは当然遮蔽物がないため、風は強

いですけど、簡単に通しやすいのですね。低炭素物流ということで考えると、空が海陸格差を是正することはできるということですね。北海油田のように寒いところで風があっても延々と浮いているため、中継のメガフロート、つまり浮いているもの、メガフロートを大和堆のところに置くのですね。大和堆は日本海の正に中央にあって、日本側のE E Zの中に際どいところにあるわけですが、そこは漁礁です。そのため、漁港も兼ねればいいと思いますが、そのような空の駅をつくってハブ化するのはです。そうすると、山形県から大和堆にドローンを飛ばすと。そこで中継基地を通して北朝鮮の羅津と、もしくは元山から黒龍江、天津、ザミンウッド、ウランバートル、これは南ルートですね。北側ルートもあって、大和堆から豆満江を経て黒龍江省のハルビンですね。山形県と姉妹都市ですけれども。満州里を経てウランバートルという形で、無人貨物航空路を設定することはできるのではないかと思います。そのような技術を日本は提供することができますし、その利益を得ることができるということでもあります。

最後に、国際ドローン空路のデジタル経済圏の話をし少しだけしますが、20世紀初頭に冷凍船ができてアルゼンチンは非常にもうかって、世界五大富裕国になったわけです。それと同じように高速道路が拡大して日本の地方の農村が非常に潤った。さらに同じように、ドローン革命というのは冷蔵ドローンを使うことによって鮮度維持路線が非常に増えていくということです。そうすると、今モンゴルは石炭を売って外貨を得ていますが、石炭は国内産、国内用に置いておいて、モンゴルの主力の一番おいしい乳製品、ヨーグルトやチーズは、今までは売れなかった。冷凍船がないから売れなかった。海がないから売れなかったのですが、これをドローンで飛ばして日本に売ればいいのです。実際ヨーグルトを凍らすアイスヨーグルトがあるのですが、現在ソウルでかなり売れています。これを日本で売ろうとするのですが、今規制が厳しくて売れないのですが、これができるのではないかと思います。モンゴルの人たちはマイクロ太陽光とか風力発電をつくるということ。練炭暖房は続きますが、遊牧生活を維持できるということです。山形県は一方でメロンやサクランボなどをモンゴルにドローンで直ぐに飛ばす。そうすると、より安くモンゴルの人たちは日本のサクランボを得ることができ、山形県の人たちもデジタル通貨を得ることができるということです。

最後のほうは少し未来の話になりましたが、ここで終わりたいと思います。

○ 山本

どうもありがとうございました。2030年代以降、2050年代をもカバーする未来構想が多く散りばめられていまして、私は頭の中で整理するのが大変でしたが将来構想を含むモンゴル、中国、場合によってはロシア、そして山形をつなぐ広大な地政学と地経学が絡まって展開している様子、また将来の展望が聞けたなという思いがいたしました。ありがとうございました。

次は稲垣先生からご報告をお願いいたします。

○ ユーラシアでの地中熱ヒートポンプの展開 ー秋田大学SATREPSプロジェクトについてー

○ 稲垣

私はユーラシアでの地中熱ヒートポンプの展開ということで、毛色が少しほかの皆さんと異なりますが、実際私が今行っている研究プロジェクトについてお話ししたいと思っています。

このプロジェクトはJICA（独立行政法人国際協力機構）及びJST（科学技術振興機構）から予算いただきまして、2021年の6月から研究プロジェクトを開始しました。プロジェクト名「地中熱による脱炭素型熱エネルギー供給システムの構築」にある通り地中熱ヒートポンプといったものを中央アジアのタジキスタンで広げていこう、拡大していこうという研究プロジェクトになります。

まずは、SATREPSとは何かとの説明ですが、正式名称は「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）」と言います。その英語名の頭文字を取ってSATREPSと言います。SATREPSの分野としては感染症対策など医学分野があるのですが、その医療分野に関してはJSTではなくAMED（日本医療研究開発機構）がかかわっています。JSTとAMEDとJICAの3組織が共同で実施している研究プロジェクトがSATREPSとなります。なお、開発途上国の研究者が共同でカウンターパートとして研究を行うことになっています。JICAが入っていることから分かります、これは実は半分ODA（政府開発援助）です。

SATREPSは、基本的に科学技術を通して途上国との関係を深めていくことが掲げられています。実は、山本先生のご友人でもある薬師寺泰蔵先生が立ち上げられたプロジェクトとなります。以前、とある研究会で伺ったのですが、例えば本日のエネルギー問題を例にとると、太陽光パネルを砂漠地帯に輸出した際に砂嵐が起こります。しかし、砂嵐の砂を除去する技術などのノウハウを日本は持っていない。でも、現地の人たちは、そのノウハウを伝統的に持っている。そうすると、地元の人たちの伝統的なノウハウをうまく日本の技術に取り入れて、日本の太陽光パネルの技術、商品力をアップするのだということです。現地の伝統的なノウハウと日本の技術を融合することによって日本の企業の競争力を上げていくとともに、現地の生活を向上させていくというのがこのSATREPSのポイントということになります。このような目的に基づき、外交政策の一環として立ち上げられた部分があります。ですから、SATREPSで重視されているのは実は研究成果の社会実装と言われていまして、いかに研究成果が実際に現地の社会で広がっていくのか、これが一般化していくのか、そこまで考えて研究しなさいということをおっしゃられています。

具体的なプロジェクトの内容としては、2021年度が準備期間でして、正式にはプラス5年間で2027年までになります。計6年間は研究期間となります。対象地域は、中央アジアのタジキスタン共和国となります。地中熱ヒートポンプシステム、通称「GSHP(Ground Source Heat Pump)」をタジキスタンで広げていくというのが一番の目的で、その中でも実際にGSHPがタジキスタンの中で広がっていくために、資金調達スキームを含めて制度案をつくっていきます。また、地中熱ヒートポンプシステムが産業化して、さらにそれが雇用創出できるように、そういった制度設計もしていきますというのがこの研究プロジェクトの目的になっております。

GSHPとは何かということをご存じない方も多いかと思うのでご説明しますが、この目的は、地熱とは違います。地熱発電は皆さんご存じかと思いますが、温泉地帯や温泉と結びつけて議論されますが、要するに、マグマなど超高温の地中の熱を使って蒸気で発電するのが地熱発電です。

他方で、GSHPは、いわゆる発電技術ではなく、省エネ技術になります。大体30%から50%ほど省エネ効果があるものになります。基本的には地下水を使うものになります。

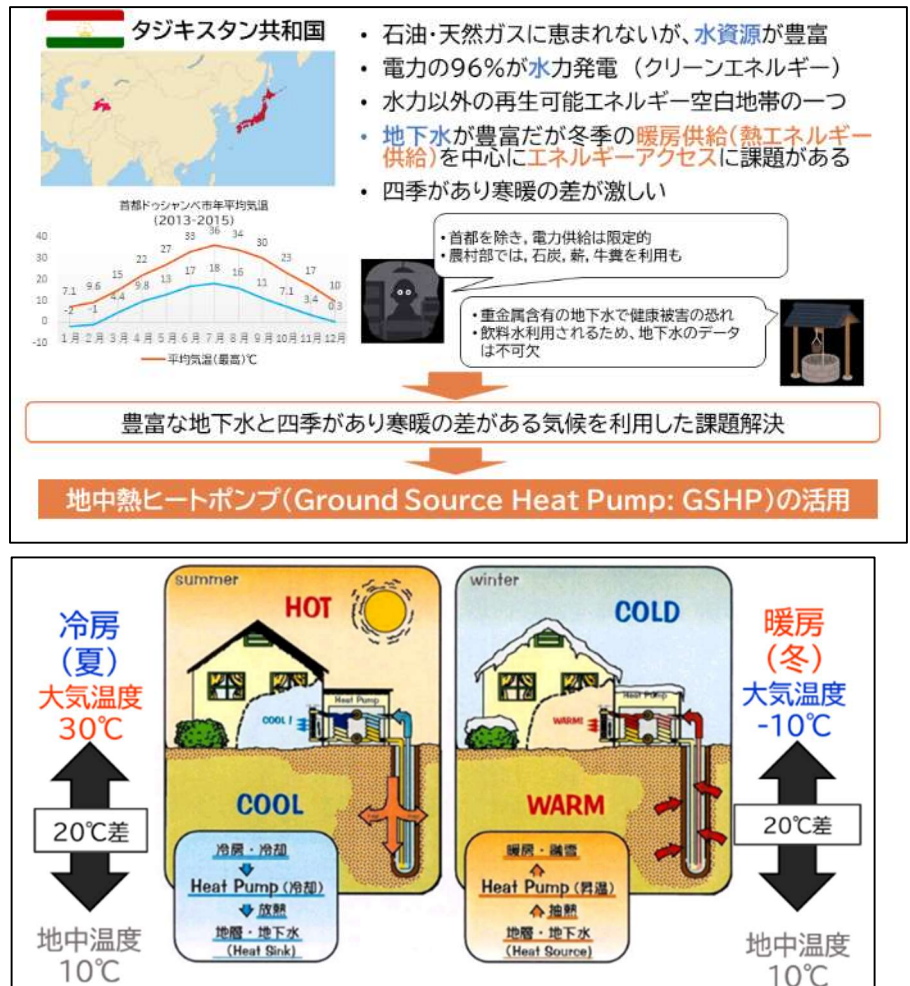


図2 地中熱ヒートポンプについて（地中熱利用促進協会の図を一部修正）

皆さんご存じだと思いますが、地下水の温度というのは一年を通して変化しない恒温性を持っています。例えば10℃だとしたら、これは1年を通して10℃であると。そうすると、2021年のように猛暑のときの大気温度、例えば36℃とすると大気と地中間の温度差が26℃になる。その場合は、36℃の外気を地中に入れて、10℃の地中の熱で冷ます。その冷ました空気を取り出して冷房に利用します。一方で、冬には、大気温度がマイナス10℃になる。つまり待機温度は地中温度より20℃低いわけです。この場合は、冷たい外気を地中に入れて、その地中の中で熱交換して暖かい空気に変えたものを暖房に使うという形になります。GSHPの主な用途としては、冷暖房や、東北地方ですと融雪となります。

GSHPには、オープンループとクローズドループというシステムが2つ主にあるのですが、オープンループのほうが安くつくれるというのがあります。

基本的にGSHPのコストは熱交換するための「交換井（こうかんせい）」といいますが、この井戸の掘削費用です。ですから、井戸の数が少ないオープンループのほうが初期コストは安く済みます。クローズド

図3 オープンループとクローズドループ
(引用) 環境省 (2019) 地中熱利用システム、p.3

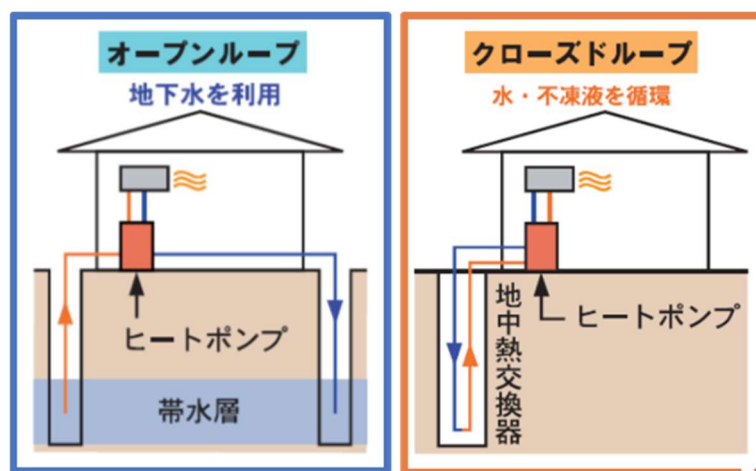


表2 オープンループとクローズドループの特徴（太字は優位な点）

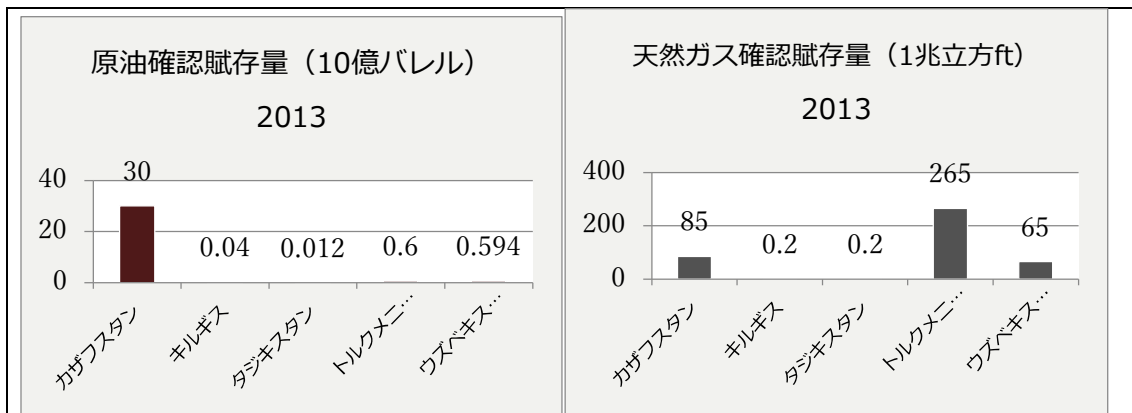
基準項目	オープンループ	クローズドループ
初期コスト	井戸数が少なく安い	井戸数が多く高い
地下水面深度	深いと設置不可	問わない
地下水算出能力	低いと設置不可	問わない
地下水質	不純物が多いと設置難	問わない
維持管理	頻度が高い	頻度は低い

ループは、場所を問わないことがメリットですが、その代わり井戸を大量につくらなければならないため、コストが高くなるという欠点があります。つまり、GSHPを設置する土壌環境を調べてより適したシステムを設置することになります。

具体的にタジキスタンはどこか。タジキスタンを知らない方のほうが圧倒的に多いかと思いますが、先ほどの宮脇先生のご報告があったモンゴルをさらに飛び越えてユーラシア大陸中心部となります。今非常に不安定化しているアフガニスタンの北部にあるのがタジキスタンです。中国を越えてちょうど反対側にある国という形になります。

なぜタジキスタンでこのプロジェクトを実施するかというと、実はタジキスタンは水力発電でほぼ電気を賄ってしまっていて、96%が水力です。ただ、電力そのものは依然として足りていません。首都を除いて電力供給は限定的で、場合によっては1日2時間に限定されて

います。農村部では石炭や薪、牛糞を利用することもありますし、冬場になると暖房のために各家庭で5トン分の石炭を購入しているのが現状です。また、タジキスタンは地下水も豊富ですが、その地下水が十分に使われていない。なおかつそのタジキスタンは、山岳地帯で鉱物資源に恵まれているために、むしろその地下水は様々な重金属が含有している可能性がある。公衆衛生の観点からも、地下水のデータはきっちり取らなければならないのですが、実はタジキスタンは地下水について十分に調査ができていないのが現状です。例えば、自国で地下水の重金属含有率を調べる調査機器も持っていない。そのため、このプロジェクトは地下水を活用するので、プロジェクトを進める中でその水質を調査し、タジキスタンと日本が掲げているエネルギーアクセスの向上や安全な飲料水の確保、公衆衛生の向上に貢献しようということでこのプロジェクトを開始しました。



グラフ 1 中央アジア諸国の原油及び天然ガス賦存量（世界銀行及び米国 EIA のデータを元に稲垣作成）

	人口* (万人)	一人当たり GNI (米国\$)*			GDP* (米国\$)	石油埋蔵量 (億 bbl) **	天然ガス 埋蔵量 (兆 m³) **
		1993	2011	伸び率			
ウズベキスタン	2,934	600	1,510	251.7%	454 億	60	1.1
カザフスタン	1,656	1,423	8,260	580.5%	1,880 億	300	1.2
トルクメニスタン	511	800	4,800	600.0%	280 億	60	17.5
キルギス	552	450	900	200.0%	62 億	0.4	0.06
タジキスタン	698	290	870	300.0%	65 億	0.4	0.06

* 世界銀行のデータを参照。

**ウズベキスタン、カザフスタン、トルクメニスタンは BP の値、キルギス、タジキスタンは米国エネルギー庁 (EIA) のデータを ft^3 に m^3 変換した値。

表2中央アジアの経済力と石油・天然ガス埋蔵量 (2011)

(引用) 稲垣文昭 (2013) 「資源小国のエネルギー政策—キルギスとタジキスタンから見た中央アジア」伊東孝之監修、広瀬佳一・湯浅剛編著『平和構築へのアプローチ』吉田書店、pp.221

さて、中央アジアというとエネルギー資源が豊富だというイメージを持っている方が多いかもしれませんが、実際にエネルギー資源である化石燃料、つまり石炭や天然ガスや石油の埋蔵量を見てみると偏りがあります。例えば、原油でいうと十分な量を持っているのはカザフスタンだけです。天然ガスで見ると、トルクメニスタンは世界でも第4位ぐらい

の天然ガス埋蔵量があり、他に持っているのはカザフスタンとウズベキスタンで、実はタジキスタンとキルギスは石油と天然ガスに恵まれていません。一方で、少ないとはいえ石炭は自国内で賄うだけ十分にあります。この天然ガスや石油の有無が、経済力の明確な差を生み出しています。

例えば表1は2011年のものとなるので、今はこれよりさらに1人当たりGNI(国民総所得)が増えています。カザフstanは中央アジアで最も金持ちの国になります。これは豊富な石油賦存量によるものです。トルクメニスタンの経済力高いですが、これはやはり天然ガスの賦存量によるものです。このように炭化水素、天然ガスと石油を持っているか持っていないかが如実に経済力の差に出てしまい、それらを賦存しないキルギスとタジキスタンは貧しい国になってしまっているというのがあります。この結果、発電所に投資するお金もなく、エネルギーアクセスが非常に悪いという状況になっているとえます。

タジキスタンの気候は、首都のドゥシャンベで見ると、平均でも36℃、最高気温が場合によっては40℃を超えるときもあります。冬は、平均では最低でマイナス10℃程度ですが、マイナス30℃を記録したこともあり、寒暖の差が非常に激しい場所です。先ほども言ったとおり、電力の96%が水力発電です。しかしながら、1.2ギガワットの電力が不足していて、中国は石炭火力発電所をつくって支援していますが、問題は、これをつくると大気汚染がありCO₂排出も多い。



写真1 中国が支援したドゥシャンベ第2熱電併給所

(2014年稲垣撮影)

写真1のキャプションには熱電併給所と書いてありますが、熱電併給所とは何かというと電気と熱両方を供給するシステムとなります。日本の火力発電所は、電気をつくるだけのシステムになっていますが、海外に行くと実は火力発電所というのは電気だけではなく、熱エネルギーつまり暖房エネルギーも供給している場合も多い。どういうことかということ、火力発電所は、高温の蒸気でタービンを回し発電します。この600℃以上になる蒸気を捨てるのはもったいないということで、周辺地域にパイプで供給して暖房を賄う形になっています。ということは、この施設は必然的に住宅地の側につくらざるを得なくなります。そうすると、この煙突から出た有害物質が健康被害、大気汚染をもたらすという形になります。

他方で、GSHPであれば発電はできないが消費電力は抑制できて、CO₂排出はゼロとなる。なおかつ熱(電)併給所は暖房しか供給できないが、GSHPであれば冷房にも利用できます。つまり、GSHPは1年を通じて電力を抑制できるというメリットがあります。この

ような技術的背景からGSHPをタジキスタンで実証することになり、タジキスタン共和国科学アカデミーと共同研究を立ち上げました。

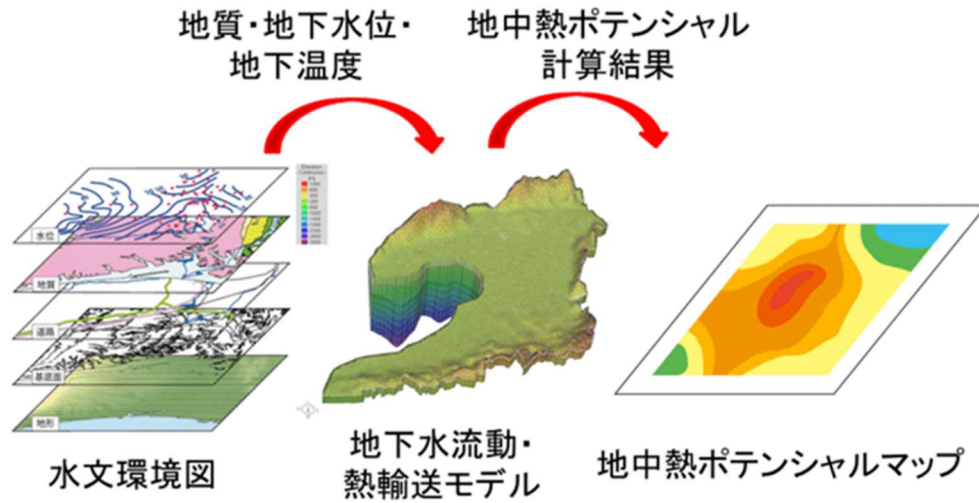


図4 GSHP導入のための地下水流動・熱輸送モデルとポテンシャルマップ

なお、メンバーには山形市に本社を置くGSHP関連企業である日本地下水開発も入っています。このように山形県、そして我々秋田大学という形で、秋田と山形の経験を使ってうまく電力が不足するタジキスタン、さらには中央アジアで電力アクセスを向上していこうということがこのプロジェクトの目的になっています。実際にGSHPをつくるとなると、地下水がどういう形でどの深さにあるのか、どれぐらいのスピードで地下水が流れているのかというデータを取らなければなりません。そのデータを元に、地下水流動・熱輸送モデルをつくる必要がある。そのためには実際に井戸を掘って試験しなければならず、その上で、どこにこういったタイプの地中熱ヒートポンプシステムが入れられるかというポテンシャルマップをつくります。

最終的には、省電力化による余剰電力の確保をすることでの「エネルギーアクセスの向上」というSDGsの目標7、熱エネルギー分野での脱炭素化を進めることで目標13、地下水の水量・水質データを把握することによって安全な飲料水を確保することが可能となるため目標13にこのプロジェクトは貢献していきます。また、最終的には中央アジア、そしてアフガニスタンにもこのGSHPを広めることによってエネルギーアクセスを向上させ、少しでも地域の安定化に貢献できないかと考えています。

秋田と山形は実は日本でもGSHPといったものがかなり使われている地域であり、ここでの経験をつなぐことによって、ユーラシアの安定化に貢献できるのではないかと、エネルギーを使って貢献していきたいというのがこのプロジェクトの概要となります。

○山本

ありがとうございました。大変興味深い、地中熱をどう利用していくかという、私が頭の中に発想が全くなかったものですから、非常にクリーンな形で議論できました。

国際政治における水上コネクティビティの重要性と環日本海の課題

○玉井(良)

私の報告としては、「国際政治における水上コネクティビティの重要性と環日本海の課題」というタイトルの報告をしていきたいと思います。

私の専門は国際政治と資源地政学、とりわけ水の安全保障で、今春、『制水権』というタイトルの本を出版させていただきました。本日、私は、庄内または環日本海という枠組みで、先ほど宮脇先生からもご説明がありました、地政学の接続性、とくに水上コネクティビティに関する内容をお話ししていきたいと思います。

まず、接続性は宮脇先生のご説明にもありましたように、バラグ・カンナという学者が「接続性の地政学」という本の中で重視している概念で、これからはメガシティが輸送、エネルギー、そして通信等のインフラを構築し、これをメガシティ間で接続することが国際政治にとって極めて重要になると指摘しました。このカンナの接続性の理論を踏まえた上で、今回、私は水上輸送、とりわけ河川や海上の輸送による接続性の意義を概観し、その中で環日本海の海上輸送、つまり水上コネクティビティの可能性について考えてみようと思います。

輸送という点でみると、世界の物流は、コンテナ船やタンカーの海上輸送に大きく依って立っていることがわかります。そして、その海上輸送路は、大西洋やインド洋、太平洋、そして南シナ海と、南極海や北極海以外のすべての海にわたっています。海上輸送が発展している理由は、世界経済における国際分業化にあります。i P h o n e のサプライチェーンの例を見ても分かるように、世界中に製品を構成する部品工場が散らばっており、それら部品が海を越えて移動し、中国で最終組み立てが行われ、そしてその組み立てられた製品が消費地である世界各地にまた輸送される。それゆえに今現在、海上輸送が拡大しているのです。

このように海上輸送を考えたとき、とりわけ我々が忘れがちになるのは、海だけに限定すべきではないということです。つまり、河川や運河なども含めて見ることによって初めて水上コネクティビティが見えてくるのではないか。現在の世界の覇権国はアメリカですが、アメリカの発展に関して、私は水路から始まったと思っております。とりわけ19世紀のアメリカの主要交通は水上輸送でした。しかし、19世紀後半に大陸横断鉄道ができて以降は、鉄道、さらには現在ではトラック輸送といった陸上輸送が主になっています。しかし現在においても、ミシシッピ川を中心とするアメリカ国内の水上貨物輸送量は依然大きく、陸上輸送や鉄道輸送という他の輸送方法の選択肢がある中においても一定のインパクトというか大きさがあります。

アメリカの歴史を振り返ってみますと、先ほど私が述べたように、水路の展開によって経済発展が始まりました。アメリカの国土は、とりわけ中西部を中心として巨大河川が集

まっています。その中においても最も大きいのが、ミシシッピ川です。さらに、このミシシッピ川に流れ込んでいくテネシー川やオハイオ川、イリノイ川、ミズーリ川、そしてレッド川といった巨大な河川がミシシッピ川を中心としてアメリカ国土を扇状に流れています。アメリカは、この国土を扇状に流れている巨大河川を交通路として利用することによって、中西部をはじめとする内陸開発を歴史的に展開してきました。加えて、アメリカ国土の中で次に重要なのは五大湖です。スペリオル湖、ミシガン湖、ヒューロン湖、エリー湖、オンタリオ湖、そして、このオンタリオ湖から流れ出、アメリカとカナダの国境地帯を流れて大西洋に至るセントローレンス川を含めた水路は重要です。このセントローレンス川を含めた五大湖、そしてイリノイ川、オハイオ川、ミシシッピ川の水路を開発することによって、ミシシッピ川からメキシコ湾、大西洋、そしてセントローレンス川からまた内陸の五大湖に入っていく、ある種、水路の環状線をアメリカは19世紀につくり出すことに成功しました。さらに、ニューヨークにあるハドソン川とエリー湖を結ぶエリー運河も開発し、アメリカは内陸水路と外洋であるメキシコ湾、大西洋を結ぶことによって大きな経済的な輸送網を完成させ、大きな経済発展を遂げることができたのです。

そして、19世紀のアメリカの最大の主力輸出品は綿花でした。綿花はアメリカ国内のどこで生産されていたかという点、南部州において主に生産されていました。とりわけミシシッピ川、テネシー川流域において多く生産されていました。ここで採れた綿花は、テネシー川やミシシッピ川を通して下り、ニューオーリンズで積み出し、メキシコ湾、そして大西洋を渡って世界各国市場に輸出されていました。さらに19世紀後半になるとアメリカでは工業化が進んでいきますが、先述したように、五大湖およびセントローレンス川の水路開発が成功することによって、内陸における五大湖周辺の工業化が成功していきました。そういった一連の文脈から、水路開発こそが現在の覇権国アメリカの経済力の礎であったことが歴史的に証明できるわけです。

そして現在、かつてのアメリカと同じように水路をもって経済成長を大きく遂げている国が存在します。それは中国です。現在、世界最大の経済水路は長江であります。この長江を見ると、その流域には、上海、南京、武漢、重慶、そしてさらにその奥には成都があり、これら長江で結ばれた経済圏、要するに長江流域経済圏は世界有数の水上経済圏を構築しています。

現在、中国の国内貨物輸送における内陸水運のシェアは13%とされています。シェアトップはトラック輸送を含む陸上輸送で、水運はそれに次ぐ輸送シェア第2位にあります。そして、内陸水運のおよそ6割強がこの長江水路の利用によってなされていることは注目すべき点であります。

現在はコロナ禍の問題があり、少し減少しているかもしれませんが、近年、長江水路は30億トン以上の貨物取扱量・輸送量の実績があります。この大きさに関して、先ほど説明したミシシッピ川の現在の貨物輸送量が約5億トン、そしてヨーロッパにおけるライン川の貨物量は3億トンという数字と比較すると、いかに長江水路が大きな貨物輸送のインフラになっているのか、そしてこの水路インフラがあるからこそ中国の経済発展があること

がこの点からも理解できます。

現在の世界の港湾都市ランキングにおいて貨物の取扱量ナンバーワンにあるのは上海です。そして、第3位は中国の寧波です。上海と寧波は地理的に杭州湾を挟んで両岸に位置しているのですが、なぜ上海や寧波が国際港湾都市として大きな力を持っているのかというと、まさに長江水路が存在し、その後背に南京や武漢、重慶、成都といった大きな都市があるからです。つまり、これら後背地の都市における膨大な生産物および消費物が長江を上り下りすることによって、上海や寧波の港湾都市としての世界的な重要性が増していることを我々は理解しなくてはなりません。すなわち、港湾都市ランキングをその港湾都市のみで比較するのではなく、その港湾都市周辺および後背にどういった生産力のある都市が存在するのかを考えなければいけないことをここで指摘したいのです。

先述したミシシッピ川流域においては、ミズーリ川とミシシッピ川の合流地点にセントルイスがあり、五大湖のミシガン湖とイリノイ川の結節点にはシカゴがあるなど、世界的な都市が流域に複数存在するからこそ、実は河川の水路、河口の港湾都市の経済力が相乗的に大きくなっていくのです。

現在の長江や19世紀のアメリカの事例を踏まえれば、内陸水路と海上路の結節点として港湾都市が存在しているがゆえに、その港湾都市の発展については内陸交通網と海上輸送網の二つを同時に考えていかなければいけない。水上輸送の本来の形とは、内陸と外洋との間のコネクティビティであるのです。くしくも現在、現覇権国であるアメリカ、そしてその覇権に挑戦している中国が同じような水路に基づく経済発展の歴史をたどっていることは注目に値するでしょう。

かつて日本も横浜や東京、大阪、名古屋といった都市が世界港湾都市ランキングの上位にありましたが、現在では年々その地位が低下しています。そして、現在の上位トップ10の中に複数の中国の港湾都市があると、中国のすごさに我々は目を奪われがちですが、中国以外のアジアの港湾都市の地位上昇にも注意しなくてはなりません。中国以外のアジア港湾都市の貨物取扱量も年々大きくなって、世界有数の港湾都市が生まれています。例えばスリランカやベトナム、インドネシア、さらにはフィリピンなどの国々の港湾都市までが日本以上になってきているのです。我々日本人は中国を中心とした東アジアだけを注目しがちですが、実は世界の経済的な富がインドをはじめとした南アジアや東南アジアに徐々にシフトしていつている。経済的な機会や富が日本の南にあることを、我々は認識しておかなければなりません。

以上、富の地域シフトと水上コネクティビティの特徴について踏まえた上で、日本の現状はどうなのか。例えば、日本の国土交通省は「日本の港湾コンテナ取扱量は堅調に拡大している。それゆえに、日本の港湾都市の成長はしっかりなされている」と言いますが、実際のところ日本の取扱増加量は、他国、とりわけ他のアジア諸国の港湾都市と比べて相対的に小さく、全体的に見れば、日本は停滞しています。

国土交通省は現在、環日本海における港湾都市の成長を促そうとしています。2011年に国土交通省は日本海側拠点港を選定しました。これは何かというと、日本海側の対岸諸国

の経済発展を日本の成長に取り込むと同時に、3.11以降の太平洋側の緊急災害時における物流、貨物輸送のバックアップとして日本海側に拠点港を育てていこうという戦略の下で出されたものです。しかし、山形県・酒田は、国土交通省がそういった戦略を展開する前の1990年代から環日本海を中心とした物流戦略というものを展開していました。例えば、1994年にはロシア・アムール川を経て中国・ハルビン市へ至る東方水上シルクロードを構想し、翌1995年には酒田港や韓国・釜山や中国・大連との間にコンテナ航路を開設しています。そして酒田港は、先述の国土交通省の日本海側拠点港の一つとして選定もされています。しかし酒田の港湾都市としての現状を調べてみると、平成29年度までは年々コンテナの取扱個数は増加していたのですが、平成30年以降、低下していています。酒田は港湾都市としてのポテンシャルはあるが、実績としては近年伸び悩んでいるというのが正直な現況と言えます。

これは酒田だけの問題なのかというと、酒田以外の日本海側拠点港も実は伸び悩んでいるのです。富山港、下関港、新潟港、北九州港、そして博多港にしてみても、一応増加はしていたとしても微増で、目に見える劇的な取扱量の増加にはつながっていません。それでは、なぜこういった状況になっているのか考えますと、それは日本海側拠点港が、ほぼ環日本海の枠組みで、中国や韓国、ロシアの極東州とつながろうとするからです。とりわけ日本海側拠点港のほぼすべてが中国・大連と韓国・釜山への接続性を強く意識しています。それゆえに、日本海側の拠点港間で競合して、同じように伸び悩んでいるという構図なのです。

ここで考えなければいけないのは、韓国・釜山とのコネクティビティです。釜山は、直近の世界港湾都市ランキングでは第6位に位置しており、日本の東京や横浜、神戸や名古屋、大阪といった港湾よりもはるかに大きな貨物取扱量の実績があり、そして実際に東アジアにおけるハブ港湾の一つになっています。それでは、この釜山につながることで何が起るのかというと、ハブである釜山港に対する日本海側の港湾都市のローカル化です。日本の太平洋側の港湾都市は、北米や、または富が増大している東南アジアや南アジアの国々とつながることによって大きな経済的なパイが得られるのに比較して、日本海側の港湾は非常に小さい環日本海の枠組みで競争している。そういったことから、日本海側の港湾都市は非常に苦しい。

この現状にどのように対応していくべきか考えるとき、一つのヒントになり得るのは、先ほど宮脇先生からもご説明がありました北前船の歴史ではないでしょうか。北前船とは、江戸時代における日本海から瀬戸内海の沿岸地をまわっていた商業船のことです。この北前船によって日本海側地域の物流が促され、物の取引が拡大し、豊かな経済圏を創出したと言われます。この北前船の物流と商いは、日本海側の地域と集落をつなげ、そのつながりの中で日本海側全体の経済的なパイを拡大していきました。ただし、一つ忘れてはならないのは、当時の日本海沿岸地域は、人口が多く、また当時の経済源であった米の生産高が非常に大きかったことです。つまり、生産者と消費者の同時に存在していた。そういった前提の下で実は北前船の繁栄があったことを、我々は理解しておかなければなりません。

翻って、現在の産業構造、とくにモノの生産という点で見ると、東北の日本海側地域は全くの空白地帯であります。東北の日本海側地域はコネクティビティ以前に何を生産し売っていくのかを真剣に考える必要があります。でないと、ハブ港湾都市の大連や釜山にただでさえ少ない富を吸われ、これらの都市の経済に大きく依存するだけになるでしょう。

最後にまとめると、水上コネクティビティ競争は、港湾都市が単独で競争するのではなく、その後背の内陸都市と連携することが何より重要になる。それゆえに、むやみに環日本海という枠組みで接続することだけではなく、港湾都市の后背の内陸地における産業振興も同時に考える必要があるのです。産業空白が目立つ東北の日本海側地域の産業振興と経済分業を促進した上ではじめて、環日本海の接続性の効果があらわれるのではないかと私は考えます。

◆討論 日本海のエネルギー戦略

○ 山本

それでは、討論に入りたいと思います。

玉井雅隆先生、玉井良尚先生、宮脇先生、稲垣先生、それぞれ大変有意義な報告をしていただいたわけですが、自由に討論していきたいと思います。何か具体的に質問、あるいは疑問を投げかけたいということがあればご指摘してください。

○ 玉井(雅)

稲垣先生のご報告がとても面白くて、ただ、うちの大学ではタジキスタンは非常に有名な国であると思いました。

玉井(良)先生のご報告、宮脇先生のご報告も大変興味深く伺わせていただいたわけですが、ドローンを使った庄内の産業の活性化等、非常に面白いのですが、モンゴル側でドローンの話は出ているのでしょうか。

○ 宮脇

ありがとうございます。出ていますが、まだまだです。

○ 玉井(雅)

ありがとうございました。

○ 山本

宮脇さんの報告の中で少し違和感を覚えたのは、モンゴルと山形を中心とする東北地方との間の接続性、あるいはリンケージと申しますか、具体的に何かコネクティビティの材料になる関係性があればご指摘ください。

○ 宮脇

モンゴルといってももちろん広いわけですが、例えば静岡県がモンゴルの東のほうの県と姉妹都市といった、様々な交流のものは自治体によってももちろん違うと思いますが、東北、北海道とモンゴルは比較的似ております。特に北海道とモンゴルは似ているということで、多々交流がごございます。これは自然環境などなのですが。東北地方ということでは、先ほど言った農産品で、もちろん違うものをそれぞれつくっているわけですが、やはり一次産業の重みが東北地方は比較的ほかの地方に比べて大きいのではないかと。関西に住んでいる私からいうとそう思います。モンゴルにおいても、都市化が非常に進んでいて、ウランバートルの人口はモンゴルの人口の半分以上を超えていて、遊牧民というのは3分の1以下ですし、昔は馬で羊を追っていたのが、今はバイクで追い立てていると、そんな状況になっているわけですが、しかしやはり遊牧ということについての思い入れは歴史的な民族性も含めて非常に強いと思います。そういう共通点があるので、商品もしくは農産品に対する共通のバックグラウンドがあるのではないかと。ということが一つ私の考え

ていたことをございます。

○ 山本

私のほうから玉井良尚先生に一つお伺いしたい点があります。

酒田港における定期コンテナ航路取扱個数の推移を紹介していただきましたが、物資輸送に関わる水運についてです。確かに北前船の時代から重要性が増して、現在も海上輸送も含めた水運が重要な輸送形態になっていますが、他方でスピードの時代に航空輸送の取扱量が非常に増えている。つまり海運と航空輸送との間の競争関係は、今後どのように展開していくのでしょうか。私はむしろ航空輸送が海運を凌駕していく可能性が高いのではないかと予想しているのですが、私の予想は間違っているのでしょうか。教えてください。

○ 玉井(良)

航空輸送のほうがこれから優位になっていって、水運がより低下していくのではないかと山本先生のご質問がございましたが、確かにスピードが現代において何より重視されている部分もあります。しかし、やはりそれと同時に考えなければいけないのは、何を運ぶのかです。例えば小包程度であれば、よりスピードが重視されるかもしれませんが、巨大なもの、例えば巨大ないしは膨大な重工業品やエネルギー資源、食糧品になってくると、やはり航空便は非常にコストが高くなる。コストを考えるのであれば、またそういった巨大で膨大な量ものを一度に運ぶのであれば、やはり依然として水運の重要性は大きいのではないかと思います。それゆえに、まだ当分の間、水運の重要性は低下することはないと私は思います。

○ 山本

稲垣先生、一つご教示ください。地熱発電と風力発電等々の非従来型エネルギーの競争力の点でいうと、地熱発電には将来性はあるのでしょうか。

○ 稲垣

地熱発電についての将来性は考えられているよりも難しいかと思います。先ほどの地中熱ヒートポンプと一緒にですが、コスト、つまり掘削費用がかなりかかります。日本の場合には井戸を掘るコストが非常に高い。その結果、地熱発電は、最終的に競争力がなくなっている部分はあると思います。それを考えると、洋上風力が今のところコスト的には、また太陽光パネルが一番高いと見られていると思います。再生可能エネルギーにおいては、おそらく今は太陽光で、将来的には洋上風力という流れになるかと思います。

○ 山本

私の素朴な疑問ですが、東京のエネルギー戦略と、地方、例えば山形県とか秋田県等の日本海に面した地方自治体を含む地方全体が考えているエネルギー戦略と、整合性が果たしてあるのかと疑問に思うのですが、どうでしょうか。例えば原子力発電、在来エネルギーである石油等々のエネルギーを継続して使用する東京などの大都市の戦略、特に原子力

と地方の考えているエネルギーの競争力との点でいうと、どちらがどうかとはいいづらいところはありますが、戦略でいうと東京と地方とのねじれのようなものが存在するのではないかというのが私の抱いている素朴な疑問ですが。調整は可能でしょうか。

○ 稲垣

私はおそらく調整は可能と思っています。特に洋上風力に関しては、洋上風力は公海上なので、都道府県に権利がありません。国交省と環境省、経産省の許可が必要で、結局国の調整を待たなくてははいけない。国が現状でかなり洋上風力に対して積極的ということを考えても、やはり長期的に見ると洋上風力や再生可能エネルギーにシフトというのは、国は考えているだろうと。地方がそこにどうついていくか。私は逆に国が先走り始めてしまい、むしろ地方が置いていかれているのではということに危惧しています。

○ 山本

なるほど。もう一点、玉井雅隆先生のご報告の中心点であったバイオマス発電について、山形、秋田、東北地方の日本海に面した2つの重要な県ですが、東北電力のエネルギー戦略と、山形、秋田、東北2県のエネルギー戦略と、整合性が欠ける矛盾点をお感じになることはありませんか。つまり、石油、石炭火力、原子力といった在来型エネルギー。他方で風力、それから太陽熱等々の非在来型エネルギーとの間の関係性からいって。東北電力がどういう戦略を持っているか分かりませんが、やはり既存のエネルギー戦略を踏襲しながら、同時に非在来型エネルギー源を活用していこうという二正面戦略で臨んでいるのかどうか。このあたりについて教えていただきたいです。

○ 稲垣

東北電力は再生可能エネルギー、非在来型にかなり力を入れていると思います。年初に新聞でも東北電力の社長が再生可能エネルギーにこれから注力していくと明言していますし、東電に比べて東北電力が再生可能エネルギーに関しては熱心という印象は持っています。

○ 山本

なるほど。分かりました。ありがとうございます。

地中熱の活用と海中の環境

○ 玉井(雅)

Q&Aを代読します。稲垣先生に質問です。地中熱ヒートポンプシステムは日本国内においてどの程度活用されていますか。この学生は、山形出身で、山形の企業がプロジェクトに参加できるほどの技術力を持っていると知らなかったのが、そのような技術がどの程度、国内で活用されているのか気になりましたということです。

あと、洋上風力は海中の生態系にマイナスの影響を及ぼすのではないかと思いますがい

かがですかというのがオーディエンスの方からの洋上風力の発電の質問で、ヒートポンプがもう一つの質問です。

○ 稲垣

地中熱ヒートポンプどれくらい広がっているかというのと、具体的な数字は少し難しいですが、例えば秋田市役所は地中熱ヒートポンプで全館冷暖房を行っています。秋田市内の小中学校も幾つか導入していますし、山形でも公的施設で導入しているところが多いかと思います。また、農業ではハウス栽培で地中熱を使っているところもありますし、かなり今広がっていると思います。あと、交差点の融雪などにも使っています。ただ、首都圏は、地盤沈下の問題から、井戸が掘れないという条件があり、広がっていないので、日本ではあまり広がっていないというイメージがあるのかと思います。

○ 山本

これからますます課題が多く、しかも問題も山積しているというのが本日皆さんのご議論を聞いていた私の印象でございます。引き続き再生可能エネルギーを含む将来のエネルギー戦略、秋田、山形等の東北地方もそういった意味では非常に重要な地政学的、地形学的重要なポイントを占めた2つの地方自治体ではないかと思った次第です。モンゴルもこれから日本との関係性を深めていくでしょう。そういう環日本海という地理的な広がりの中で、ジオストラテジックなエネルギー戦略を私ども一層考えて、そして政策課題を発信していきたいと思います。

○ 玉井(雅)

最後にオーディエンスの方からの質問に答えますと、海中の生態系にもマイナスの影響は間違いなく及ぼすと思います。なぜかというのと、つくるときに海底をいじりますので、それで酒田市で問題になっており、どのようにやっていこうとなっているということです。

最後に、私のほうからご挨拶申し上げますと、もう一点が、実は今回大学院の企画でございまして、本学の大学院、鶴岡市で致道ライブラリーと同居しておりますので、またオーディエンスの皆様、機会がありましたら大学院もしくは致道ライブラリーにお寄りいただいて、どういうものかなと見ていただけたらありがたく思います。せっかくある知的財産なので、ぜひとも鶴岡だけではなくて酒田の方もご活用いただけたらなと思います。

○ 山本

ありがとうございました。失礼いたします。

【研究ノート】

海流発電の導入プロセス

—鹿児島県口之島・中之島の実証実験の事例から—

京都女子大学 現代社会学部
高田 莉央 (2021 年度卒業生)・諏訪 亜紀

1 はじめに

持続可能な社会を実現するためには、再生可能エネルギーの導入が必要不可欠である。現在、わが国では、気候変動問題への対策として、また、2011 年に発生した福島第一原子力発電所の事故も受け、再生可能エネルギーの導入が進められている。本研究では海流発電を取り扱う。海洋エネルギー発電はイギリスなどの海洋を有する西洋諸国で普及が進みつつある一方、日本においては実用化には至っていないが、近年実証実験などを通じた導入への取り組みが進められつつある。本稿では、我が国における海流発電の実証事例を取り上げ、海流発電関係者と漁業関係者の合意形成の構築方法なども含め、実験実施プロセスについて明らかにする。

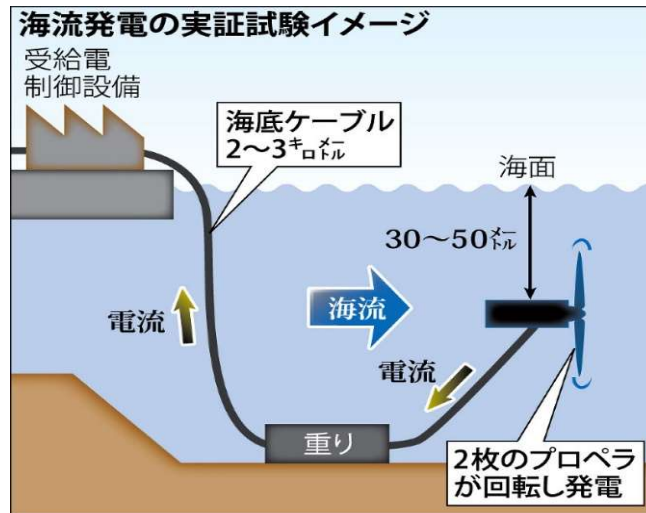
2 海流発電

我が国において海流発電はこれまで政策的に十分な支援を受けてきたとは言い難い。例えば、1997 年に施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」において、太陽光発電、風力発電、地熱発電、バイオマスエネルギー、天然ガスコージェネレーションなどの新エネルギー導入が促進されることとなったものの、海流、潮流をはじめとする海洋エネルギーは「新エネルギー」の対象とならなかった。このため、海洋エネルギーは、新エネルギーの利用促進に関する助成策の対象から基本的には外れることとなった(山口, 2011 年)。また、2012 年から施行された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(通称 FIT 法)」も、太陽光発電・風力・水力・地熱・バイオマスを対象としているが、海洋エネルギーは支援の枠組みに入っていない。これら政策的支援の欠如を背景に、民間企業による海洋エネルギー事業に対する参入障壁が高くなり、ますます研究・開発が進まないという悪循環が発生していたと考えられる。

なお、呼称が類似している潮力発電は、潮の満ち引きのときにおこる海水の流れによる運動エネルギーを利用して発電する方法であるが、海流発電は、海中のプロペラを海流

で回転させ、タービンを動かして発電する仕組みである。一定の方向・速さの海流を利用するため、年間を通じて安定して発電できるのが特徴である。一般的な洋上風力の設備利用率が 30～40%、太陽光発電 10～15%であるのに比べ、海流発電の設備利用率は 50～70%とされている(図 1)。

図 1 海流発電の仕組み



(出典)毎日新聞 2017 年

3 事例研究 鹿児島県十島村における海流発電導入に向けた取り組み

世界的には、大規模な海洋エネルギー発電技術を開発する国も増加している。特にイギリスは積極的に海洋エネルギー技術開発に着手しており、スコットランド北部のペントランド海峡に、MeyGen（メイジェン）社によって世界最大の潮力発電装置アレイが建設された他、同社以外によっても、多くのプロジェクトが実施されている(The Guardian, 2016 年)。

一方、日本でも、2015 年前後から東京大学や株式会社 IHI(以下 IHI)などの国内研究機関や工業メーカーが開発に着手しており、このうち IHI は 40 メガワット級のプロペラ装置を海中に沈め、海底の支持物からワイヤーで固定して海流に漂わせる水中浮遊式海流発電システムの開発を行っている。IHI はこうした水中浮遊式海流発電システムの 100kW 級実証機「かいりゅう」を完成させ、2017 年夏に国立研究開発法人・新エネルギー産業技術総合開発機構(以下 NEDO)とともに、口之島(鹿児島県十島村)沖の黒潮を利用したテストを実施した。100kW 級海流発電の実験は世界初となるものである (NEDO, 2017 年)。

しかし、海流発電に関しては、実証実験とはいえ、漁業関係者等、地域の関係者の理解を得ることは重要である。本稿では、以下、鹿児島県総合政策部エネルギー政策課及び十島村へのヒアリングを基に、実証実験実施までのプロセスを明らかにする。なお、ヒアリ

ングはそれぞれ 2020 年 12 月及び 2021 年 10 月に対して行った。

4-1 鹿児島県口之島・中之島と実証実験概要

十島村は、鹿児島県本土から南南西方向の南西諸島に位置しており、熊毛諸島の屋久島と奄美大島との間に挟まれている。また十島村は、北から南へ、口之島・臥蛇島・小臥蛇島・中之島・平島・諏訪之瀬島・悪石島・小島・小宝島・宝島・上ノ根島・横当島の順に並んでいる。このうち、臥蛇島・小臥蛇島・小島・上ノ根島・横当島の 5 島は無人島である。

本研究の調査対象地域である口之島・中之島は鹿児島県の南部に位置し、人口は両島合わせて約 290 人である。口之島は、村の最北端に位置し、野生牛が棲む玄関口とされている。一方、中之島は、面積、人口ともに十島村で最大の島である。中之島港近くに役場の出張所が置かれ、村の中心的な役割を担っている。鹿児島県天然記念物のトカラ馬が駆け、御岳（トカラ富士）がそびえる両島は海洋エネルギーの豊富な場所として位置づけられている（鹿児島県 HP）。

図2 十島村位置



(出典)十島村役場

前述の通り、海流、潮流をはじめとする海洋エネルギーは「新エネルギー」の対象には含まれていなかったが、2010 年に潮流・海流発電が国の「地球温暖化対策技術開発等事業」

の1つに認められ、2013年に実証実験に向けた公募が開始された(表1)。これと前後して鹿児島県も、「九州(鹿児島県)は海洋エネルギーのポテンシャルが高い」という認識に基づき、十島村で海流発電の実証実験を推進する動きを開始した。

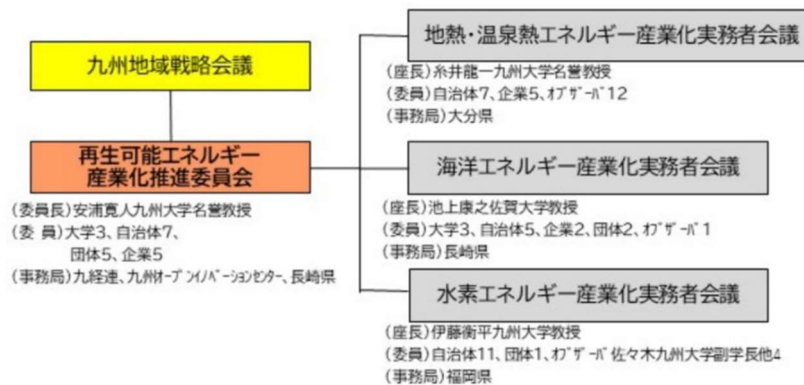
表1 鹿児島県の海流発電における実証フィールドに係る主な経緯

平成25年3月12日	国が実証フィールドの公募を開始
平成26年2月24日	鹿児島県が国に対し、以下の2海域を提案 1口之島・中之島周辺海域(海流) 2長島海峡(潮流)
平成26年7月15日	国が実証フィールドの選定結果を公表(4県6海域) ・鹿児島県が提案した2海域については、海域利用者が確定していないという事由で、選定を保留。海域利用者の確定が確認された時点で、追加選定するとされた。
平成27年4月3日	岩手県が追加選定(5県7海域)
平成29年6月21日	鹿児島県が海域利用者の確定について、国へ報告 ※株式会社IHIが今夏、実証試験を実施予定
平成29年6月28日	国が、口之島・中之島周辺海域を実証フィールドとして追加選定(6県8海域)

(出典)鹿児島県 2020年

なお、2012年(平成24年)には、九州地域戦略会議の下に再生可能エネルギー産業化推進委員会が発足した(図3)。同会議の下に組織された「海洋エネルギー産業化実務者会議」は、九州の海流発電を初めとした「海洋エネルギー関連産業の拠点アクションプラン」を策定している。

図3 九州経済連合会の組織体制



(出典)九州経済連合会 2021年

海洋エネルギー産業化実務者会議の目標は、潮流、浮体式洋上風力、海流の実証事業を推進、地場企業の参入機会を確保し、新規参入の促進である。具体的な活動は、海洋エネ

ルギー人材育成機関の活用、離島を含めた送電インフラ、港湾施設、蓄エネ等の整備であり、同アクションプランは、実用化に向けた基本方針として、次の3点を挙げている。

1. 九州圏内海域における実証事業の誘致
2. 広域的な研究・開発・人材育成等のネットワークの形成
3. 商用化フィールドの形成と関連企業の誘致及び地場企業の関連産業化

具体的には、九州圏内海域において、2030年までに4件の実証事業(累計)実施を目標としている(海洋エネルギー産業化実務者会議, 2021)。

一方、IHIは2011年度から海流エネルギー発電の研究開発を開始し、NEDOとの協力関係の下、海流発電の技術的な開発を完了、100kW級実証機「かいりゅう」をIHI横浜事業所(神奈川県横浜市)で完成させた。その後2017年8月に鹿児島県十島村口之島沖の黒潮海域で、「かいりゅう」の発電性能や姿勢制御システムの検証などを行う短期実証試験を行うこととなる(鹿児島県, 2020年)(IHI, 2017年)。

4. 実証フィールド選定にむけたプロセス

本稿では、我が国における海流発電の実証事例を取り上げ、海流発電関係者と漁業関係者の合意形成の構築方法なども含め、実証実施プロセスについて明らかにするため、ヒアリング調査を実施した。調査対象者は鹿児島県総合政策部エネルギー政策課及び十島村とした。以下、ヒアリング内容を総合的にまとめたものである。

鹿児島県は、実証フィールドとして選定される以前から、大学等が参加する研究会等で海流発電の実証実験について議論を重ねており、県として再生可能エネルギーを推進していた。この研究会には、鹿児島県漁業連や九州電力、鹿児島大学、東京大学の研究所などが参加し、オブザーバーとして、内閣府や経済産業省、事業者として国の機関が参加している。その後鹿児島県は、利害関係者や関係機関を含め、実証実験にあたっての課題の調整や、具体的な解決策を検討して、実証実験を円滑な進行を目的とした2016年に口之島周辺海流発電推進協議会を設立し、翌2017年に国の実証フィールドに選定された。ただし、フィールド選定当初は、海流発電の実証実験の主体となる企業選定に苦慮した面もあったとのことであった。しかし、最終的にIHIの参加をもって実証実験の実施が可能となった。

その後、2018年にIHIにより実証海域での実験を開始したが、翌年の2019年、台風により実験の継続が困難になった。2020年は新型コロナウイルスのため、IHI等の関係者が島に入ること自体が禁止されたが、2021年には、屋久島と口之島の間の海域を用いて実験が再開され、2021年の夏に実証実験を終えた。期間短縮の背景には、実験期間の短縮化、効率化に向けた経済産業省からの指導があったとのことである。

なお、実証フィールド選定に際しては、海域が実証実験の場として適していることが基本的前提となるが、加えて、利害関係者との調整機能を持っている地域が選定されやすい傾向があるとのことであった。鹿児島県では毎年再生可能エネルギー関係のフェアを通じて、県民や事業者に対してエネルギー導入等への理解を促している。また、海流発電実証

実験に関しては、十島村での住民説明会を実施し、協議会だけでなく、広く関係者に対して当該事業についての理解促進に努めているとのことであった。今回は実証実験であり、事業化の案件ではなかったこともあり、住民説明会及び協議会においても大きな反対はなく、概ね地域の理解は得られているものと考えられる。なお、IHI は海洋調査等を通じて海域の生態系への影響等を評価し、説明会等において得られた意見には極力対応するよう努めた模様である。例えば、海底に沈める実証機の画像や発電量の表示をしてほしいという要望が地域住民からあった際には、実証機のリアルタイムの動画や発電量の表示を可視化できるようにしたとのことである。また、海流発電の実証実験の動向が変化した場合の検討は、説明会においても協議を行っている。

また、先述の通り、台風やコロナ禍の影響によりデータ取得上のハードルが経験されたが、単に発電量の確認を行うだけではなく、商業的な能力の確認も行われ、発電機そのものの性能だけでなく、支援の枠組み、電力の活用方法も含めて検討を進める必要があるものと認識されている。すなわち、ただ発電を行うだけではなく、電力をどのように地域に活かすかも重要視されている。そもそも海流発電は地域性の高い発電方法であるため、人口が少ない十島村ではあるが、海流発電を産業として発展させ、地域と技術をどう調和させていくのが鍵となるが、そのためには海底ケーブル等の大規模なインフラ整備の検討などが必要となるものと考えられる。

図4 口之島沖での実証実験に向けた準備作業の様子



(出典) NEDO 2017 年

5 おわりに

我が国は、海洋エネルギーに恵まれながら、それらの実用化には至っていない。ただし、本稿でも扱った海流発電実証実験などを通じ、各種海洋エネルギー導入への取り組みが進められている。

海流発電等の実証実験が実施されるなかで、その円滑な推進に必要なことのひとつに、漁業関係者合意形成やコミュニケーションが挙げられる。今回の事例においても、協議会や住民説明会等の開催を通じて行政と関係者との間の信頼関係構築が図られ、比較的スム

ーズに実証実験が推進されていた。

一方、今後の海流発電等の海洋エネルギーの本格的な導入に向けては、地域とのより繊細かつ密なコミュニケーションが必要になってくるものと考えられる。同時に、発電の採算性を確保するための外的・内的要因（インフラ整備状況・発電コスト・売電価格・需要動向・利益の地域還元度合い）などの調整が求められる。

気候変動問題対応が喫緊の課題となる中、地域との共存を図りながら、海流発電をはじめとする海洋エネルギー活用に向けた各種努力が進められることを強く期待する。

参考文献

IHI (2017)「世界初 100kW 級海流発電の実証実験を完了」

https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2017/technology/2017-8-25/index.html

海洋エネルギー産業化実務者会議 九州地域戦略会議再生可能エネルギー産業化推進委員会 (2021)「海洋エネルギーアイランド九州」

<https://www.kyukeiren.or.jp/js/filemanager/images/planleaf2.pdf>

鹿児島県 (2020)「口之島・中之島周辺海域が、国の「海洋再生可能エネルギー実証フィールド」に選定されました」

<https://www.pref.kagoshima.jp/ac10/infra/energy/new/kaiyoujissyuu.html>

九州経済連合会 (2021)「再生可能エネルギー産業化を目指すアクションプラン」

https://www.kyukeiren.or.jp/committee/index.php?id=3352&committee_id=12

十島村 (2018)「十島村の概要」, <http://www.tokara.jp/profile/gaiyou/>

NEDO (2017)「世界初 100 kW級の海流発電の実証実験を完了」

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100824.html

毎日新聞 (2017)「注目 IHI 世界初の実証実験へ 実用化コストが課題」

<https://mainichi.jp/articles/20170708/ddm/008/020/026000c>

山口裕史 (2011 年)『日本はエネルギー大国だ-海流発電・実験成功-』ダイナミックセラーズ出版

The Guardian, (2016), “World's first large-scale tidal energy farm launches in Scotland”,

<https://www.theguardian.com/uk-news/2016/sep/12/worlds-first-large-scale-tidal-energy-farm-launches-scotland>

【研究ノート】

日本の事業系食品ロスとバーチャル・ウォーター

浦上寧々（東北公益文科大学 公益学部公益学科4年生）

1 はじめに

日本の食料自給率は令和元年時点で38%であり、我々が日々食べている食料はほとんどが輸入で賄われている。日本の食品輸入量は世界最高で、超輸入大国とも呼ばれている。しかし、日本の食品ロス発生量は平成30年の農林水産省及び環境省の推計によると約600万tにものぼる。これは、多くの食料を海外から輸入しておきながら、「まだ食べることができる」食料がこれだけ捨てられているという矛盾した状況が起きているということである。

食品ロスは家庭から発生するもの（家庭系）と食品産業で発生するもの（事業系）に分けることができる。家庭系食品ロスは人々の意識や食習慣を変える必要がある。最近、自治体やNPO、学生などのあらゆるアクターから問題視され、緩やかだが意識は確実に変わってきていると感じる。しかし、事業系食品ロスは、企業の利益達成のために食品が犠牲になっていると考えられ、全体の食品ロスの半数以上を占めている。また、5年前とあまり変化がない現状から、私は、最優先として解決していかなければならないと考えた。

また、食品ロスを他の視点から見ると、世界各地で食品を生産する過程において使われた水や土地などの資源やエネルギー、そしてその食料を生産するために人々が費やした時間でさえ、私たちは無駄にしている。特に水に関しては、世界の淡水の大部分の69%が食料生産（農業）で利用されており、その水の使用量は、人間が飲む水よりもはるかに多い。日本での生活は、水を豊富に利用できるため、人々が水に対する危機感を感じることは滅多にない。しかし、多くの食品を輸入に頼っている日本は、その生産を行っている地域で水不足が起こってしまった場合、食料自給率が高い国と比べ、食料の確保が不安定になってしまう可能性が高くなる。また、水不足が深刻化すれば、貧しい国から飢餓が発生し、生きるための水と食料を奪い合うといった戦争が起きかねない。

以上のことから、食品ロスをテーマにする上で、食品と水の関係は非常に重要であると考えた。

本研究では、日本の食品産業における食品ロスを中心に、バーチャル・ウォーター（仮想水）と呼ばれる¹、輸入国が食料を生産するために使うと推定される水の概念と結び付けて研究を行い、その実態や水資源への影響を明らかにしていく。

¹ 沖大幹（2016）『水の未来』，岩波書店，pp.86-87.

2 日本の食品ロス

2-1 「食品ロス」と「フードロス」

日本における「食品ロス」の定義は、各省庁で大差はなく、食品ロスとは「本来食べることができるのに捨てられてしまう食品のこと（不可食部は含まない）」を指しており、国内では統一された認識になっている。

一方で、「フードロス」と英語で呼んでしまうと、日本で定義された「食品ロス」と若干違った意味合いになってしまう場合もある。なぜなら、FAO（国際連合食糧農業機関）の定義²では、「フードロス」は、サプライチェーンの過程で技術不足や不十分な保管施設などが要因になって起こる“食品損失”のことを指しており、日本が認識するものとは違うためである。また、食品製造や卸売、小売、飲食店、家庭で“食品廃棄”してしまうことをFAOでは「フードウェイスト」と呼び、どちらかといえば「フードウェイスト」の方が、日本の「食品ロス」の認識に近い。このように国や組織によって定義が異なることもあること、不可食部も含まれていることが日本の「食品ロス」と異なっている。

2-2 日本の現状

世界では1年あたり13億tの食品が無駄にされており、農業生産から世帯での消費に至るフードサプライチェーン全体を通して捨てられている。これは世界全体で人の消費向けに生産された食料のおおよそ3分の1に相当する³。

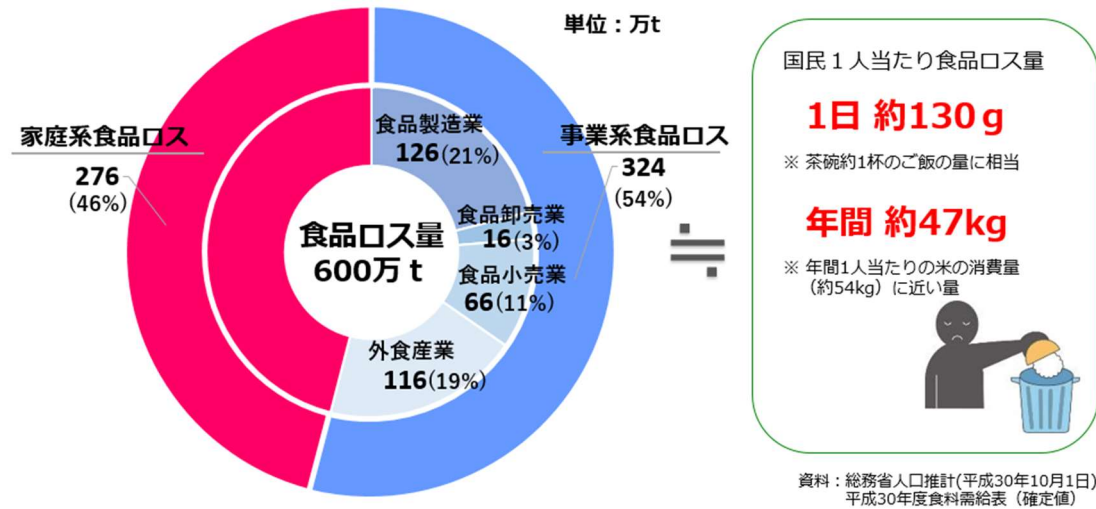
平成30年度の日本の穀物自給率は、172の国・地域中128番目であり、28%となっている。他の食品別の自給率を先進国などと比較しても、下から数えた方が早いというほど低く、日本で出される多くの食事は、輸入により他国の生産によって賄われている現状である⁴。

² FAO (2019) *THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp.xii-xiii.

³ 消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室 (2020) 『食品ロス削減関係参考資料』, p.12.

⁴ 農林水産省大臣官房政策課 食料安全保障室 (2020年11月30日版) 『食料需給表 令和2年度』, pp.14-17.

図5 平成30年度推計値 日本の食品ロス



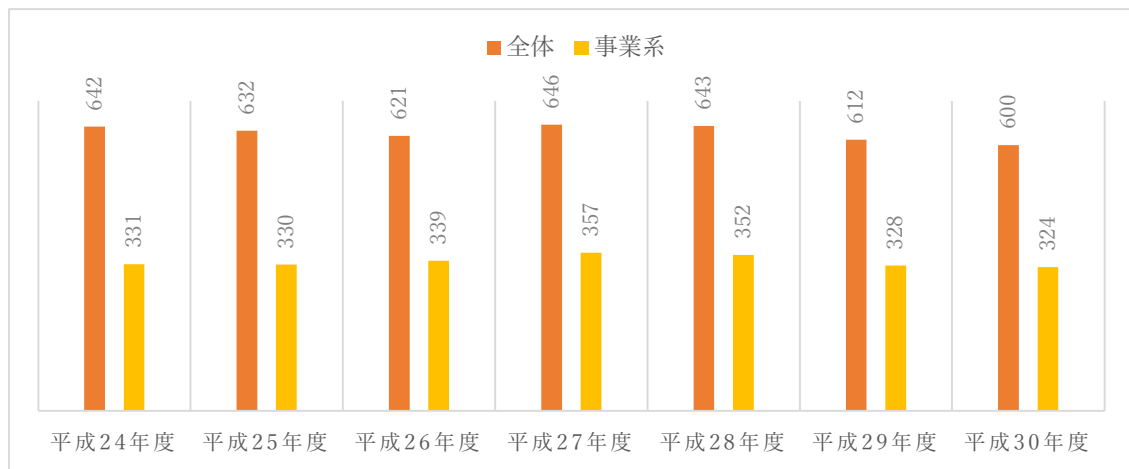
出所：農林水産省ホームページより

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html

一方で、農林水産省のホームページによると、日本で食品ロスは、約600万t発生している。国民1人当たりの食品ロス量で表すと、1日で130g、年間で47kgとなり、毎日お茶碗一杯分のお米を捨てていると例えることができる。内訳としては、事業系食品ロスが324万t(54%)、家庭系食品ロスが276万t(46%)となっている。

さらに詳細に見ると、事業系の割合は、食品製造業が126万トン(21%)、食品卸売業が16万トン(3%)、食品小売業が66万トン(11%)、外食産業が116万トン(19%)となり、この推計では、農家で直接廃棄される規格外野菜は対象となっていない。事業系食品ロスの原因として、食品製造業では、製造・流通・調理の段階で発生する規格外食品や、返品、売れ残り、外食産業では、作りすぎや顧客による食べ残しが考えられる。

図6 食品廃棄物等のうち可食部と考えられる量



出所：消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室(2020年11月30日版)『食品ロス

削減関係参考資料』p.22 より著者作成

上の図は、過去7年間の事業系食品ロスの変化と全体の量をまとめたものである。平成27年度から見ると、どちらも少しずつ減少しているが、更にさかのぼり平成24年から比較すると全体の食品ロスは若干減少したが、事業系にはあまり変化がなく、ここ数年間、横ばい傾向だということがわかる。

また、お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科の頓所等の研究⁵では、2019年5月28～30日に、飲食店を営んでいる全国の20～69歳の男女に対して「食べ残し記録の取り組み状況」についてインターネット調査を行った。結果では、飲食店を営む外食事業者950人のうち412人から回答を得ることができ、食べ残しを計測している者は2.8%、記録している者は目測把握を含めて約15%であり、日本の外食産業では、食べ残しの状況把握は一般的でないことが示唆されていた。また、それらの企業は従事年数が長く、食品ロス削減の取組を行っていることがわかったとされている。

2-3 政府の取り組み

次に、政府の食品ロスの推計方法⁶について述べる。

＜農林水産省による事業系食品ロスの推計方法＞

- ①食品リサイクル法に基づき行っている定期報告及び統計調査の結果により、食品産業全体の食品廃棄物等の年間発生量を試算する。
- ②定期報告者へのアンケート調査により得られた食品廃棄物等の可食部割合を、①で試算された食品廃棄物等の年間発生量に乗じることで食品ロスの量を推計している。

＜環境省による家庭系食品ロスの推計方法＞

- ①環境省が毎年、市町村を対象に行っている食品廃棄物、食品ロスの発生状況のアンケート結果に基づき、家庭から発生する食品ロス量を把握する。食品ロスの発生量を把握していない市区町村については、前述のアンケート結果を基にする。
- ②食品廃棄物に対する食品ロス量の割合の平均を、対象の地区町村の食品廃棄物量に乗じて推計する。

これらの推計方法を見ると、どちらも可食部はアンケート調査で出た割合で算出されているため、正確な量とは言えず、現時点で、食品廃棄物の可食部だけを推計することは非常に難しいことが分かる。

家庭系食品ロスの推計では、対象範囲が狭い。食品ロスの発生量を調査している市町村

⁵ 頓所希望, 赤松利恵, 齋木美果, 小松美穂乃, 井邊有未, 渡邊紗矢 (2021) 「外食事業者の食べ残し記録の取組状況および提供量と食べ残しに対する態度」『栄養学雑誌』Vol.79, No.1, pp.46-52.

⁶ 消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室 (2020年11月30日版) 『食品ロス削減関係参考資料』, p.8.

は平成 29 年度には 145 市町村であり、その平均を使って推計している。だが、全国の市町村の数は 1,724 市町村もあり⁷、調査をしている箇所は全体の約 12 分の 1 のみである。その平均から計算した山形県の家庭系食品ロス量は約 22 万トンになる。だが、まだまだデータが少ないため、仮算出であり具体性のない数値である。

また、政府の事業系食品ロスに対する推計方法も同じように正確ではない。令和元年度の食品ロス削減の地方公共団体の取り組み⁸において、主に住民・消費者への啓発が 890 自治体、子どもへの啓発・教育が 375 自治体などであり、どれも国民の食習慣を改善するための取り組みで、事業者への啓発や連携などが圧倒的に少なかった。

日本の食品ロスの削減のために制定されている法律は、「食品ロスの削減の推進に関する法律（食品ロス削減推進法）」と事業系食品ロスの推計方法でも述べた「食品循環資源の再生利用等の推進に関する法律（食品リサイクル法）」の二つ存在する。

食品ロス削減推進法は、令和元年法律第 19 号として令和元年 10 月 1 日に施行され、国・地方公共団体・事業者の責務、消費者の役割、関係者相互の連携協力を行い、食品リサイクル法に基づく食品廃棄物の発生抑制等に関する施策の実施に当たっては、この法律の趣旨・内容を踏まえて、食品ロスの削減を適切に推進することを定めた法律である。具体的には、消費者・事業者への調査・研究や啓発活動、顕著な功績がある者に対する表彰、食品ロス削減に関する取り組みへの支援、フードバンク活動への支援とその食品提供等に伴う責任の在り方の調査・検討などである⁹。この法律の特徴は、事業者だけでなく、消費者も対象としており、強制力はないが、対等に食品ロス削減を推進するための、支援・調査・発信をしていることである。

次に、食品リサイクル法は、平成 12 年の法律第 116 号として平成 13 年 5 月 1 日に施行され、家庭系食品ロス・事業系食品ロスにおいて発生している食品廃棄物について、発生抑制と減量化により最終的に処分される量を減少させるとともに、資材や肥料等の原材料として再利用するため、食品関連事業者（製造、流通、外食等）による食品循環資源の再生利用等を推進する法律である。基本方針では実施目標を統一にするのではなく、業種別（食品製造業、食品小売業、食品卸売業、外食産業）に定めている¹⁰。2019 年 7 月 12 日に公表された基本方針では、2024 年までに業種全体で食品製造業は 95%、食品卸売業は 75%、食品小売業は 55%、外食産業は 50%を達成するよう目標が設定されている¹¹。

⁷ 広域行政・市町村合併（総務省）（2021 年 3 月 11 日アクセス）

<https://www.soumu.go.jp/kouiki/kouiki.html>

⁸ 消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室（2020 年 11 月 30 日版）『食品ロス削減関係参考資料』p.52.

⁹ 食品ロス削減の推進に関する法律（消費者庁）（2021 年 12 月 17 日アクセス）

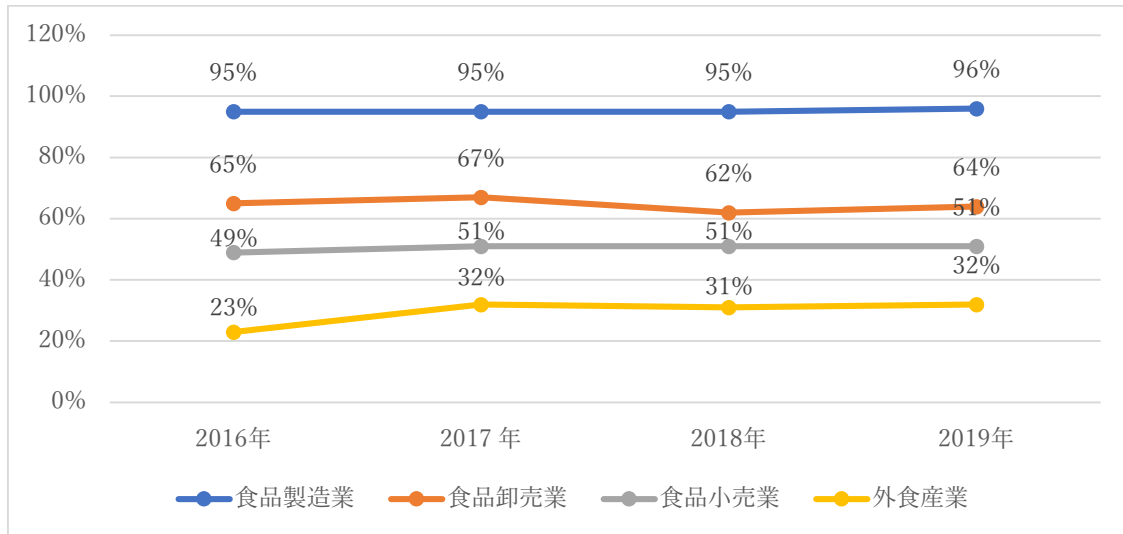
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/attach/pdf/161227_4-148.pdf

¹⁰ 農林水産省（2019）『食品循環資源の再生利用等の推進に関する法律の概要』, p.1.

¹¹ 食品廃棄物等の再生利用等の目標について（農林水産省）（2021 年 12 月 10 日アクセス）

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/s_info/saiseiriyo_mokuhyou.html

図7 食品廃棄物等の年間再生利用等実施率



出所：農林水産省ホームページより著者作成

<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/kouhyou.html>

上の図は、過去4年の食品廃棄物等の年間再生利用実施率である。全体的に変化は緩やかで、食品製造業のリサイクル率はとても高く、すでに食品リサイクル法で定められた2024年の目標を達成しており、食品卸売業・食品小売業のリサイクル率も2024年の目標まで10%を切っている。しかし、外食産業のリサイクル率は低く、2016年から2017年まで実施率が大きく伸びているが、目標の50%まで2019年時点で18%もの差があり、他の業種に比べて取り組みが遅れている現状である。

食品ロス削減に関する法律は、取り組みへの強制力はなく、このように地域や業種ごとの数値が十分に把握できない状況が続いてしまっている。近年の事業系食品ロスでは、万が一発生したとしても、焼却処分が減少し、再利用が進んできているが、一方で、家庭系食品ロスではほとんどが未だ焼却処分されているという状況もある¹²。食品ロス問題を更に解決していくための土台となる詳細な調査や、地域・業種による取り組みが不十分であることから、食品ロスに関わる法律や取り組みを改めて考え直す必要がある。

3 バーチャル・ウォーター

3-1 バーチャル・ウォーターとは

バーチャル・ウォーターは仮想水とも言われ、食品を輸入している消費国において、もしその輸入食料を生産するとしたら、どれだけ水が必要かを推定したものである。これは、ロンドン大学東洋アフリカ学科（School of Oriental and Studies (SOAS)）のアンソ

¹² 猪股敏郎（2020）「食品リサイクル堆肥の品質向上と堆肥の特性」『農業および園芸（Agriculture and horticulture）』第95巻,第3号, pp.201-218.

ニー・アランが提唱したものである¹³。

実際に、野菜や果物、ジャガイモなどみずみずしい食品ほど実は水を消費しておらず、でんぷんや糖分、脂肪などが多く含まれる栄養価の高い肉や米、チーズなどの方が生産に水を多く消費する。

しかし、これらの水消費量は国や地域、気候、技術によって変化する。例えば、先進国では1つの面積当たりの収穫量が後進国よりも多いため、その分の水消費量は減ると考えることができる。そのため、正確なバーチャル・ウォーターを知るには、その国それぞれで推計を行う必要がある。

また、バーチャル・ウォーター・トレードという概念では、必要な水の大半は食料生産用であり、食品の輸入はあたかも水を輸入しているようだという考え方を指す。もしくは、水資源を節約するために食品輸入をしているともいえる¹⁴。

3-2 日本の食品輸入とバーチャル・ウォーター

日本の食品輸入は、バーチャル・ウォーターの概念を利用して、どれだけの水を輸入していることになるのかを考える。

主要国の農産物輸出入額のグラフを見ると、輸入額では米国、中国、ドイツで比較的多く、輸出額では米国、ドイツ、ブラジルが多くなっている。これら上位の国（ブラジルを省く¹⁵）は輸出入をバランス良く行っていることが特徴的である。

¹³ virtual water 世界の水が私たちの生活を支えています（環境省）（2021年4月12日アクセス）

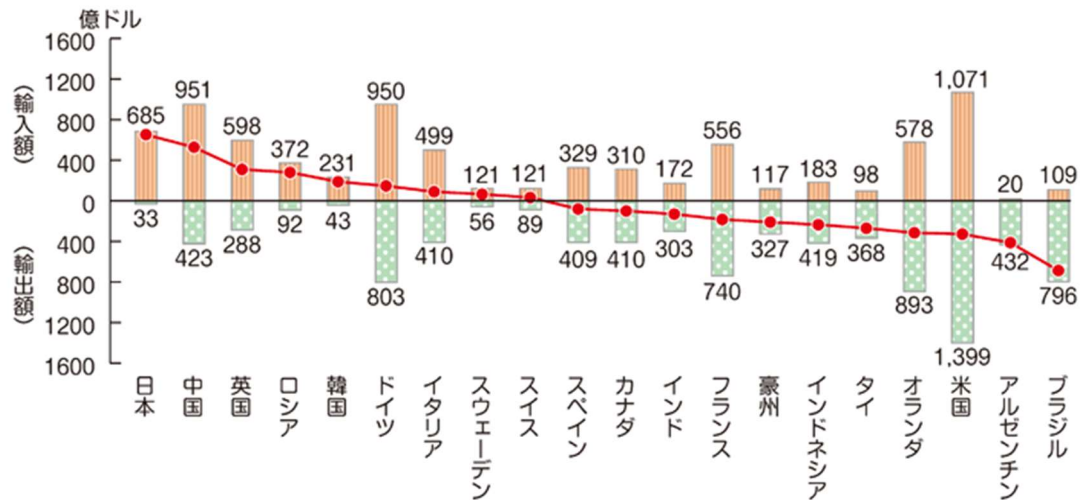
https://www.env.go.jp/water/virtual_water/index.html

¹⁴ 沖（2016）前掲書, pp.87-97.

¹⁵ 清水によると、ブラジルは日本と対称的に純輸出額が最も多い。しかし、自給率が100%を超え、輸出余力があるのはダイズとトウモロコシだけであり、すべての品目に余力があるわけではない。ブラジルの食肉自給率は鶏肉141%、牛肉121%、豚肉129%とすべて高くなっており、2009年時点で、鶏肉と牛肉は世界一、豚肉は世界4位の輸出国となっている。ブラジルの穀物生産の中心地は南部の港のままのため、産地からの輸送距離が長くなってしまう。加えてトラック輸送が主流のため、運搬費用が高くなり、国際競争力が低下している。このような輸送インフラの不自由を無くし、スムーズに貿易ができるようになれば、更なる農産物の輸出増加を見込むことができる。

詳細は清水純一（2011）「ブラジルの食料需給と農産物貿易」『農林水産政策研究所レビュー』, No.41, pp.10-11.

図8 日本と主要国の農産物輸出入額及び純輸出入額



資料：FAO「FAOSTAT」を基に農林水産省で作成

注：1) EU加盟国の輸入額、輸出額はEU域内の貿易額を含む。

2) 折れ線グラフは純輸入額又は純輸出額を示す。

出所：農林水産省ホームページより

https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h25/h25_h/trend/part1/chap1/c1_1_01_3.html

折れ線グラフの純輸入額では、様々な主要国を抜いて農産物純輸入額¹⁶が最も高いのは日本であることが分かる。日本の特徴は、食料自給率が低いということであり、一国に輸入を偏らせると、もしその国が不作の年には食べる物が足りなくなる場合がある。しかし、完全に自給自足の国は危険性が高く、そのような国は市場を利用できる都市人口の割合が低く、国連FAOの推計では、栄養不良人口割合との負の相関が高いとしている¹⁷。

輸入相手国としては2019年時点ではアメリカが圧倒的に多い。次にアメリカの約2分の1の量で中国、その次にオーストラリア、タイ、カナダ…と続いている。品目別としては、豚肉、牛肉、とうもろこし、生鮮・乾燥果実が上位を占める¹⁸。

沖の研究では、2000年に一年に輸入されるバーチャル・ウォーターの量は、農産物が404億 m^3 、畜産物が223億 m^3 であり、総輸入量は640億 m^3 だとしている。日本で摂取される一年の淡水¹⁹の量を数字で表すと約900億 m^3 あり、比較すると約3分の2の量にもなる水を輸入していることになる。その量は、日本が食品輸入により水資源を節約していると捉えることができる程である。

¹⁶ 輸入額から輸出額を差し引いたもの。

¹⁷ 沖（2016）前掲書、p.116。

¹⁸ 世界の食料の需給動向と我が国の農産物貿易 ウ 我が国の農産物貿易の動向（農林水産省）（2021年5月30日アクセス）

https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h25/h25_h/trend/part1/chap1/c1_1_01_3.html

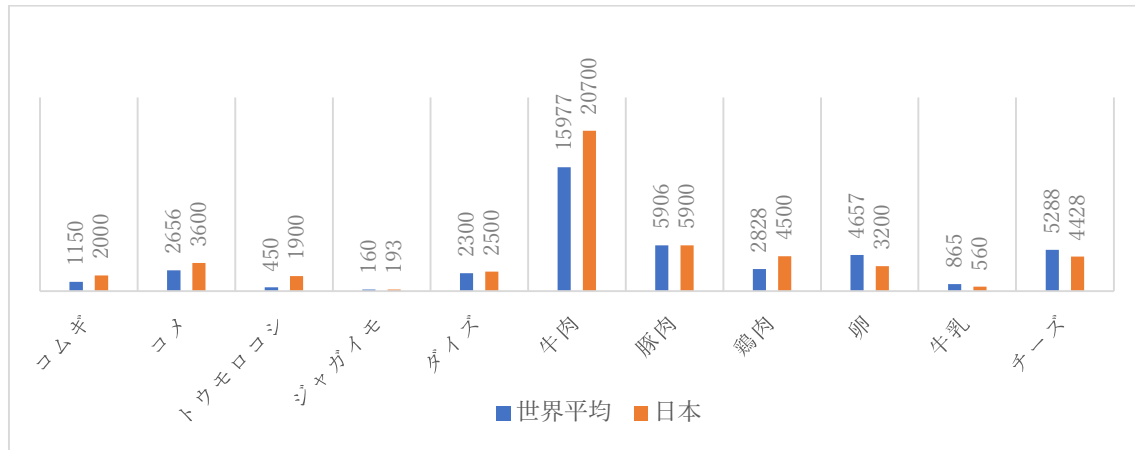
¹⁹ 人間が生活で利用できる水のこと。その3分の2以上は氷河、雪、氷、永久凍土層として閉じ込められているので、人間には利用不可能である。

また、地球上に存在する水は、2000 年時点で海水が 97.5%を占めており、淡水は地球全体で 2.5%程度しかない。その中で日本の淡水は 0.02%であり、年間一人当たりの国内水資源賦存量²⁰でいうと、3,000～9,999 m³あり、アメリカやタイ、フィリピンなどと同じくらいの十分な量の水が存在する²¹。

3-3 品目別水消費原単位

次に、あらゆる食品を作る場合に、出来上がるまでに生産国で必要となる水について、いくつかの教授やグループによって推計した先行研究が存在する。それを表した、品目別水消費原単位という数値を参考に、食品の水消費量について考えていく。

図9 水消費原単位の推計値（リットル/kg）



出所：沖（2016）前掲書, p.90 より著者作成

このグラフに記載されている、世界平均の牛肉、豚肉、鶏肉、卵、牛乳、チーズは 2003 年にオランダ・エンスエーデ大学のチャパゲインとフックストラが発表²²し、コムギ、コメ、トウモロコシ、ジャガイモ、ダイズは 2002 年にフックストラとバージニア大学のハングが発表²³した。日本の推計値は 2003 年に沖が発表した。

穀物の推計値を見てみると、若干日本の水消費単位が高いことがわかる。その理由として、海外の推計値は消費量ベース²⁴で推計しているのに対し、日本は取水量ベース²⁵で推計しているという違いがあるからだ。牛肉の水消費原単位が群を抜いて高い理由として、牛

²⁰ 自然の水循環によって最大限利用可能な水資源の量。

²¹ 沖大幹，沖明（2006）『水の世界地図 The Atlas of WATER』丸善株式会社，pp.8-19.

²² A. K. Chapagain, A. Y. Hoekstra, and H. H. G. Savenije（2006）"Water saving through international trade of agricultural products", *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, pp.455-568.

²³ A.Y. Hoekstra（2003）"Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade IHE Delft, The Netherlands 12-13 December 2002", *Research Report Series No. 12*, pp.15-17.

²⁴ 蒸発散で失われる水量と出荷される穀物自身に含まれる水量の和。

²⁵ 消費量ベースに加えて浸透したりする分も含む。

は食べられるまで平均3年がかかり、その間に約1,300 kgの穀物を食べるため、その分穀物の生産で利用された水も多く消費しているからだとされている²⁶。後に食肉需要と飼料穀物について詳しく記述している。また、水産食料品について、これらの推計では、水消費原単位が不明なことに加え、魚をバーチャル・ウォーターとして捉えるべきなのかと疑問に思うところである。

加えて、環境省のホームページに、沖大幹教授らが算出した主食や野菜、果物、調味料、飲み物などのバーチャル・ウォーター量が、全83種類掲載されている²⁷。論文の後半でそれらの一部分を利用する。

4 事業系食品ロスとバーチャル・ウォーター

4-1 身近な食べ残しと捨てられる水

前述したように、日本は多くの食料や資源を国外に頼っているながらも、年間約600万tもの食品ロスを出している。それが実際に、どれほどの水を無駄にしているのか想像がつきにくい。

例として、私がファミリーレストランに行ってハンバーグ定食を頼み、食べている途中でお腹がいっぱいになり、3分の1の量を残してしまったとしよう。その残った食品はどれだけの水が使われているかを考えてみる。

表1 ハンバーグ定食3分の1の量におけるバーチャル・ウォーター

	食品の量 (g)	バーチャル・ウォーター量 (ℓ)	500mlのペットボトル水の数 (本)
牛肉	23.3	480.7	961.3
豚肉	10.0	59.0	118.0
玉ねぎ	21.0	3.3	6.7
食パン	3.7	5.6	11.0
牛乳	4.3	2.4	4.7
卵	4.7	14.9	30.0
トマトピューレ	2.7	0.8	1.7
赤ワイン	2.7	3.6	7.0
じゃがいも	25.0	4.8	9.7
にんじん	12.7	2.3	4.7
ごはん	25.0	92.5	185.0

²⁶ How much water is in 1 kilo of beef? (FOOD SECURITY CENTER) (2022年1月6日アクセス)
<https://web.archive.org/web/20210122230247/https://www.foodsecuritycenter.org/post/how-much-water-is-in-1-kilo-of-beef>

²⁷ バーチャル・ウォーター (VW) 量一覧表 (環境省) (2021年4月13日アクセス)
https://www.env.go.jp/water/virtual_water/vw_itiran.pdf

味噌汁	40.0	52.9	106
その他		42.9	85.7
合計	175.1	765.7	1531.5

出所：環境省ホームページより著者作成

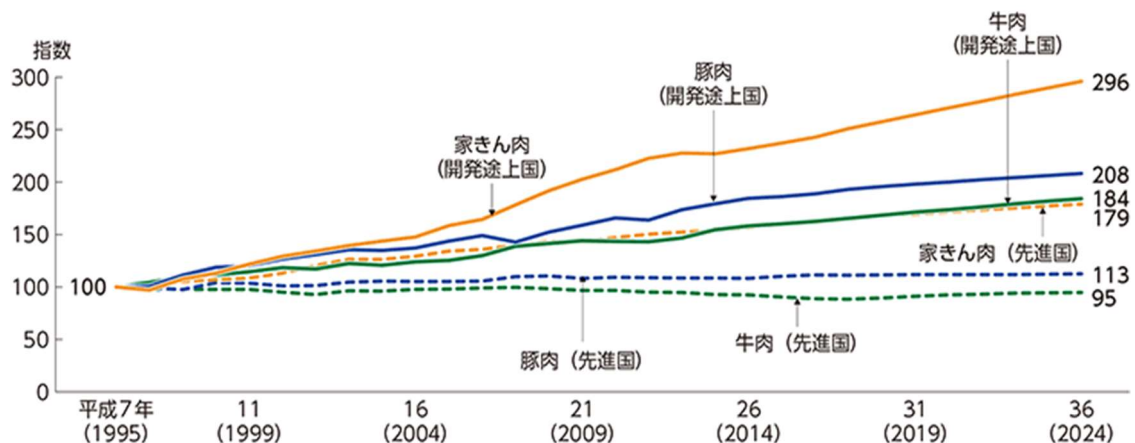
http://www.env.go.jp/water/virtual_water/moecafevw.html#hamburg

環境省のホームページに載っている料理別の数値を参考に試算してみると、ハンバーグ定食 3 分の 1 でバーチャル・ウォーター量 765.7 ℓ となり、500ml のペットボトル水で表すと、1531.5 本の水を無駄にしていたことになる。このように、我々が何も考えずに残してしまった食べ物は、多くの水を無駄にしていることとなり、深刻に捉えなければならない問題であることが実感できる。

4-2 高まる食肉需要

日本の 50 年余りの食の傾向として、以前より肉類の消費が増えている。1960 年には一人一年あたりの食肉供給量はわずか 3.5 kg だったが、2013 年はその 10 倍の 30 kg となった。一方で、日本人の主食である米は 115 kg から 57 kg に、魚介類は 28 kg から 27 kg へとそれぞれ減少している。日本人は従来魚を好んで食べていたが、食の欧米化が進んだことから、肉類をより多く消費するようになった。また、これまで安価で手に入れることができた魚介類も、世界的な需要の増加により価格が高騰した²⁸。

図 10 先進国と発展途上国の食肉需要の推移と見通し



資料：OECD-FAO「Agricultural Outlook 2015-2024」(平成 27 (2015) 年 7 月公表) を基に農林水産省で作成

注：1) OECD-FAO による平成 26 (2014) 年までのデータ及び、平成 27 (2015) 年以降は推計値

2) 先進国は米国、EU、日本等、開発途上国は中国、インド、エジプト等

出所：農林水産省ホームページより

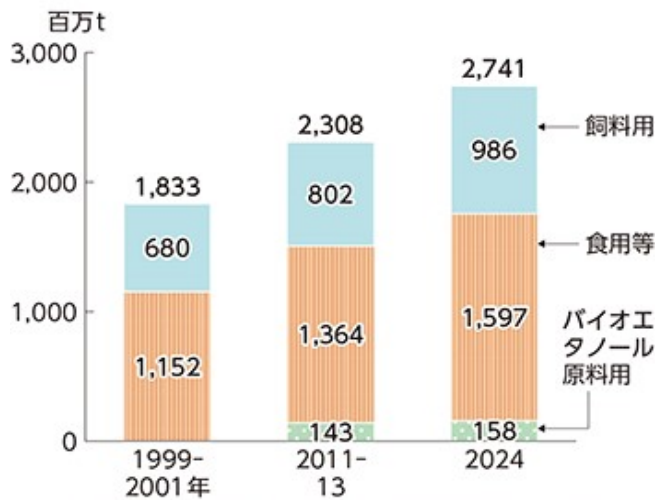
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h27/h27_h/trend/part1/chap1/c1_2_01_2.html

²⁸ 食肉の消費動向について (農畜産業振興機構) (2021 年 3 月 22 日アクセス)

https://www.alic.go.jp/koho/kikaku03_000814.html

食肉の需要が高まっていることは、日本だけではなく世界にも共通していることである。先進国と後進国の食肉需要について図の指数でみると、牛肉は先進国でほぼ横ばいであり、アジア・中東の発展によって増加が見込まれることから後進国で84上昇する。豚肉は世界における全体需給の6割を占めているアジアで、引き続き増加が見込まれることから、先進国で13、後進国で108上昇するとされている。家きん肉（鶏肉）は手頃な価格、健康的なイメージ、低脂肪、宗教的問題の少なさ等のプラス要因が関係している。食肉需要の推移では、2024年には鶏肉が1億3,300万トンと最も需要が高くなり、次いで豚肉が1億2,800万トン、牛肉が7,500万トン必要になると見込まれている。

図 11 世界全体の穀物需要の見通し



資料：農林水産政策研究所「2024年における世界の食料需給見通し
ー世界食料需給モデルによる予測結果ー」

出所：農林水産省ホームページより

https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h27/h27_h/trend/part1/chap1/c1_2_01_2.html

また、食肉需要の増加により、トウモロコシのような畜産物生産に必要な飼料穀物の需要も必然的に増加する。1999年から2001年の平均18億tから、食肉需要が最も高くなるとされる2023年には27億tまで約50%増加すると予想されている。

このように、世界で利用できる水のほとんどは農業用として利用されている中で、食肉の需要の高まりに対応するため、穀物のターゲットは畜産用の生産へと流れ、食肉のための水利用が増えていくと考えられる。この変化は、食品ロスが発生し、世界の人口が増加していき、更に気候変動の影響を受けながら、果たして、持続していけることだろうか。

4-3 バーチャル・ウォーター量の計算

この推計からバーチャル・ウォーターを計算するにあたり、平成 30 年 3 月にみずほ情報総研株式会社が発表した「平成 29 年度食品リサイクル状況等調査委託事業（食品関連事業者における食品廃棄物等の可食部・不可食部の量の把握等調査）報告書」²⁹を参考に考えていきたい。

この調査は、食品リサイクル法に基づく定期報告の平成 27 年度実績を提出した食品関連事業者 4,780 事業者を対象として、平成 29 年 11 月 14 日～12 月 13 日のおよそ 1 か月間にあたりアンケートを実施し、食品廃棄物等の可食部・不可食部の発生状況等を調査している。

目的は、①食品廃棄物等の可食部と不可食部の定義の検討 ②食品廃棄物等の可食部・不可食部の発生量等の調査 ③食品関連事業者における食品ロスを持続的に把握するための課題の整理としている。

この調査による可食部・不可食部の定義として、可食部は『仕入れた食材・食品、食材を加工・調理等してできた食品及び副次的に発生したもので食用にできるもののうち、最終的に人に食されることなく食品廃棄物等となってしまったもの』としている。不可食部は『製造・加工・調理等の工程で副次的に発生したもので、食用にはできないもの』としている。

この推計の結果、定期報告提出事業者全体では、食品廃棄物等の発生量に対して可食部が 210 万 t となっている。しかし、環境省が出した平成 29 年度の推計である 328 万 t と比較してみると 118 万 t もの違いがあり、可食部・不可食部の定義によって推計値に差が出ているのではないかと考える。

可食部の発生要因として、「賞味・消費・保管期限切れ、作りすぎ」は全体的に多く、特に食品小売業は 69.2%と特出した結果となっている。業種別では、食品製造業は「加工トラブル・調理ミス・不良品」が 24%、食品卸売業は「返品によるロス」が 35%であり、外食産業は「食べ残し・キャンセル品」が 71%と、割合が大きい。

次に、この調査による可食部の内容から、可食部の品目とその量をまとめた。計算では、沖が出した水消費量原単位を利用するが、そのうえでいくつか条件がある。

²⁹ みずほ情報総研株式会社（2018）『農林水産省委託業務 平成 29 年度 食品産業リサイクル状況等調査委託事業（食品関連事業者における食品廃棄物等の可食部・不可食部の量の把握等調査）報告書』, pp.3-45.

<条件>

- ① 今現在判明している水消費原単位の品目³⁰の中で、可食部と考えられるもののみを推計（それ以外の可食部については水消費原単位が不明なため除外）
- ② 詳細な品目ごとの可食部の量が不明なものは、水消費原単位の中で使用されたと考えられるバーチャル・ウォーターの平均値を利用（食品が多く使われていて明確でない食品は除外）

2つの条件のもと、可食部と考えられる量と水消費原単位を乗算し、食品関連事業が出す食品廃棄物等の中で可食部はどれだけのバーチャル・ウォーターを無駄にしているかを調査する。

ここで注意していただきたいのが、これはあくまでも大まかな推計だということである。現在出されている水消費原単位よりさらに多くの食材の水消費原単位を求め、可食部の食材ごとの具体的な量が分からなければ、正確なバーチャル・ウォーターの数値・事実は見えてこない。

表2 推計不可能な可食部

業種			理由	可食部の量（t）
食品製造業	水産食品製造業	水産缶詰・瓶詰製造業	水消費原単位が不明	672
		海藻加工業	回答なしの為	158
		塩干・塩蔵品製造業	水消費原単位が不明	309
		水産練製品製造業		11,276
		冷凍水産物製造業		1,898
		冷凍水産食品製造業		3,158
		その他の水産食品製造業		7,241
	野菜缶詰・果実缶詰・農産保存食料品製造業	野菜缶詰・果実缶詰・農産保存食料品製造業（野菜漬物を除く）	水消費原単位が不明	8,303
		野菜漬物製造業		1,907
	調味料製造業	その他の調味料製造業	材料ごとの量の特定が不可能	15,493
	糖類製造業	甘蔗糖製造業	可食部なし	0
		甜菜糖製造業		0

³⁰ バーチャル・ウォーター（VW）量 一覧表（環境省）（2021年4月13日アクセス）
https://www.env.go.jp/water/virtual_water/vw_itiran.pdf

		砂糖精製業		0
		ブドウ糖、水あめ、異性化糖製造業	材料ごとの量の特定が不可能	5,752
	精穀・製粉業	その他の精穀・製粉業	材料ごとの量の特定が不可能	275
	パン・菓子製造業	菓子製造業	材料ごとの量の特定が不可能	114,352
	動植物油脂製造業	動植物油脂製造業（食用油脂加工業を除く）	水消費原単位が不明	24,891
		食用油脂加工業		5,506
	その他の食料品製造業	でん粉製造業	材料ごとの量の特定が不可能	1,024
		あん類製造業	水消費原単位が不明	1,729
		冷凍調理食品製造業	材料ごとの量の特定が不可能	33,714
		そう（惣）菜製造業		42,140
		すし・弁当・調理パン製造業		79,958
		レトルト食品製造業		4,792
		他に分類されない食料品製造業		59,003
	清涼飲料製造業	清涼飲料製造業（茶、コーヒー、果汁など残さが出るもの）	材料ごとの量の特定が不可能	26,212
		清涼飲料製造業（その他）		7,082
	酒類製造業	果実酒製造業	可食部なし	0
		ビール製造業		0
		単式蒸留焼酎製造業	材料ごとの量の特定が不可能	1,796
		蒸留酒・混成酒製造業（単式蒸留焼酎製造業を除く）		6,067
食品卸売業	農畜産物・水産卸売業	米麦卸売業・雑穀卸売業	材料ごとの量の特定が不可能、	808
		野菜卸売業・果実卸売業	水消費原単位が	23,439
		生鮮魚介卸売業	不明	84
		その他の農畜産物・水産物卸売業	可食部なし	0

	食料・飲料 卸売業	食料・飲料卸売業(飲料を中心とするものに限る。)	材料ごとの量の 特定が不可能	36,667
		食料・飲料卸売業(飲料を中心とするものを除く。)		14,028
食品小売業	各種食料品 小売業	各種食料品小売業	材料ごとの量の 特定が不可能	299,700
	野菜・果実 小売業	野菜・果実小売業	材料ごとの量の 特定が不可能	347
	食肉小売業	卵、鳥肉小売業	可食部なし	0
	鮮魚小売業	鮮魚小売業	可食部なし	0
	酒小売業	酒小売業	材料ごとの量の 特定が不可能	1
	菓子・パン 小売業	菓子・パン小売業	材料ごとの量の 特定が不可能	5,940
	その他の飲 食料品小売 業	コンビニエンスストア	材料ごとの量の 特定が不可能	181,941
		その他の飲食料品小売業 (コンビニエンスストアを 除く。)		647
外食産業	飲食店	食堂・レストラン (麺類を中心とするものを除き、すし店を含む。)	材料ごとの量の 特定が不可能	159,679
		食堂・レストラン (麺類を中心とするものに限り、そば・うどん店を含む。)		56,183
		居酒屋等		32,874
		喫茶店		6,213
		ファストフード店		45,534
		その他の飲食店 (ファーストフード店を除く。)		8,777
	持ち帰り・ 配達飲食サ ービス業	持ち帰り・配達飲食サ ービス業 (給食事業を除く。)	材料ごとの量の 特定が不可能	20,268
		給食事業		23,381
	沿海旅客海 運業	沿海旅客海運業	回答なしの為	0
	内陸水運業	内陸水運業	回答なしの為	81
	結婚式場業	結婚式場業	材料ごとの量の	1,855

			特定が不可能	
	旅館業	旅館業	材料ごとの量の 特定が不可能	23,707

出所：みずほ情報総研株式会社（2018）前掲報告書, pp.3-45 から著者算出・作成

表 3 推計不可能な業種・可食部のまとめ

業種	業種の数	可食部の量（t）
食品製造業	31（47 事業中）	464,708
食品卸売業	6（7 事業中）	75,026
食品小売業	8（9 事業中）	488,576
外食産業	12（12 事業中）	378,552
合計	57	1,406,862

出所：みずほ情報総研株式会社（2018）前掲報告書, pp.3-45 から著者算出・作成

表 4 推計可能な可食部におけるバーチャル・ウォーター量

業種			上段：可食部の量（t） 下段：品目（1t 当たりの水消費 原単位 or 平均値(万ℓ)）	バーチャル・ウォ ーター量（万ℓ）
食 品 製 造 業	畜産食料品製 造業	部分肉・冷凍肉 製造業	14,667	15,209,679
			牛肉・豚肉・鶏肉（1,037）	
		肉加工品製造業	41,546	43,083,202
			牛肉・豚肉・鶏肉（1,037）	
		牛乳・乳製品製 造業	59,825	14,716,950
			牛乳・チーズ（246）	
		その他の畜産食 料品製造業	9,010	2,027,250
			鶏肉・卵（225）	
	調味料製造業	醤油製造業	761	71,534
			醤油（94）	
		味噌製造業	2,810	342,820
			味噌（122）	
		ソース製造業	5,312	116,864
			トマトピューレ/ケチャップ （22）	
		食酢製造業	158	12,640
			酢（80）	
	精穀・製粉業	精米・精麦業	175	49,000

		小麦粉製造業	コメ・コムギ (280)	424,200
			2121	
			コムギ (200)	
	パン・菓子製造業	パン製造業	188,504	30,160,640
			パン (160)	
	その他の食料品製造業	めん類製造業	58,970	16,570,570
			生うどん、そうめん・ひやむぎ、そば、スパゲティ (281)	
		豆腐・油揚げ製造業	287,857	71,964,250
			ダイズ (250)	
	酒類製造業	清酒製造業	11,938	1,516,126
			酒 (127)	
	茶・コーヒー製造業	製茶業	200	86,400
			茶、麦茶、紅茶 (432)	
		コーヒー製造業	2,531	5,315,100
			コーヒー (2100)	
食品卸	農畜産物・水産卸売業	食肉卸売業	1,577	1,635,349
			牛肉・豚肉・鶏肉 (1,037)	
食品小売業	食肉小売業	食肉小売業 (卵、鶏肉を除く)	375	498,750
			牛肉・豚肉 (1330)	

出所：みずほ情報総研株式会社（2018）前掲報告書, pp.3-45 から著者算出・作成

表5 食品廃棄物等の可食部におけるバーチャル・ウォーター量の推計

業種	業種の数	可食部の量 (t)	バーチャル・ウォーター量 (万ℓ)
食品製造業全体	16 (47 事業中)	686,385	201,667,225
食品卸売業	1 (7 事業中)	1,577	1,635,349
食品小売業	1 (9 事業中)	375	498,750
外食産業	0 (12 事業中)	0	0
合計	18	688,337	203,801,324

出所：みずほ情報総研株式会社（2018）前掲報告書, pp.3-45 から著者算出・作成

以上の食品関連事業から発生する廃棄物等の可食部の推計では、57 事業から発生する 1,406,862 t の可食部が、残念ながら材料ごとの量の特定が不可能、水消費原単位が不明などの理由により推計不可能であった。また、外食産業から発生した食品ロスのバーチャル・ウォーターの推計がすべて不可能であった点は、食べ残しに対する詳細な調査の難しさを物語っており、加えて、リサイクル率も未だ 50%未満な状況を考慮すると、特に対策を進めていくべき業種であると感じる。

しかしながら、推計可能であった 18 事業から発生する 688,337 t の可食部から、約 20 兆 380 億 1324 万 ℓ のバーチャル・ウォーターが捨てられているということが判明した。

バーチャル・ウォーター量は水資源なので、1 万 ℓ だと一本 2 ℓ のペットボトルの約 5000 本に換算することができる。これを利用すると、計算した可食部のバーチャル・ウォーターは、1 兆 190 億 662 万本のペットボトルに値し、可食部全体の約 3 分の 1 の量であるにもかかわらず、これほど大量の水を無駄にしていることが判明した。

このバーチャル・ウォーター量の数字は、人口で考えると、国連人口基金（United Nation Population Fund (UNFPA)）が発表した³¹2021 年の世界人口約 79 億人に対して、一人 2 ℓ のペットボトル水を 129 本ずつ満遍なく配分することができる量なのである。WHO が定めた一日の利用できる水の最低基準は 100 リットルとされているが、パレスチナのように 1 日 50~70 リットルしか水を利用できないといった、WHO の基準よりも低い深刻な水不足の国もある。もし、地球上で発生している食品ロスの多くが削減され、その分の水資源をパレスチナのような水不足の国の人々が利用できるようになれば、どれだけの命を救えるだろうか。

4-4 野菜ロスの発生

先程の事業系食品ロスの計算で参考したみずほ情報総研株式会社の報告書によると、規格外野菜のロスについて、野菜卸売業・果実卸売業では 23,439 t、野菜・果実小売業では 347 t の廃棄が起きている。

農林水産省が平成 19 年 3 月に出した「農産物の生産販売や加工・業務用途における多様なニーズに対応した取組の可能性（案）」³²では、平成 15 年に推計した野菜の流通ルートについて書かれている。野菜の生産量 14,103 千 t に対して出荷量が 14,114 千 t、「輸血量」が 8 千 t、残りが「自家消費、種子・飼料用」で 2,730 千 t となっている。

ここで問題となるのは、「自家消費、種子・飼料用」は詳細な量が書かれていないため、いわば本当に使用されたのか不透明だということ、生産量に含まれていない「未収穫・一定品質以下」の項目の量も記載されていないことである。この問題について、調査が行き届かずに、規格外野菜の食品ロスが隠れている可能性があると考えている。

また、以上をふまえて、市民の食品ロスの実態調査のため、“日頃家庭からどのような食

³¹ UNFPA (2021) *State of world population 2021*, United Nations Population Fund;N.Y., p.142.

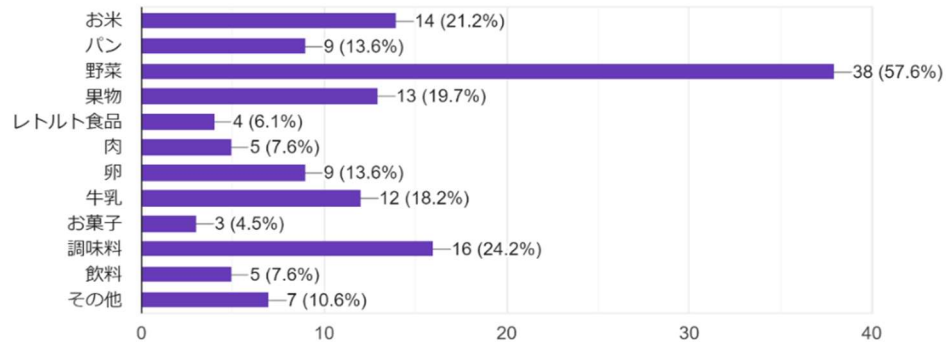
³²農林水産省（2007）『農産物の生鮮販売や加工・業務用途における多様なニーズに対応した取組の可能性（案）〔消費者の規格外野菜への意識、多様なニーズへの対応方向〕』, p.2.

品ロスが出ますか？”というアンケートを実施した。

図 12 食品ロス調査

2.日頃家庭からどのような食品ロスが出ますか？

66 件の回答



出所：著者作成³³

2021 年 6 月時点で、66 人から回答があり、そのアンケート結果は、食品の種類によってばらつきがあるが、“野菜”の項目は 57.6%と半数以上の回答者が残してしまうという結果となった。その理由としては、消費期限が短く食べる前に期限が過ぎてしまうという理由が多かった。

このように、家庭において野菜ロスが特に多いということに加え、農家の自家消費等や一定品質以下の野菜に関しての詳細の調査が不十分であるといった現状がある。これは、サプライチェーン上で、未だ把握されていない野菜ロスが発生している可能性が考えられる。今後、さらに日本の食品ロスを削減していくためには、生産された野菜の動向を具体的に調査し、その実態を明らかにする必要がある。

5 取り組みと法律

5-1 事業による商習慣の見直し

日本の事業による食品ロスは前述した通り、全体の半分以上の量が様々な業種で発生している現状がある。特に食品小売業や外食産業は調査が行き届いていないことや、その事業での提供食品の利益を最大化するために、豊富な品ぞろえを演出するなどの商習慣が未だ根付いているように感じる。しかし、近年は消費者の食品ロスを削減することへの関心が急速に進んでおり、それに伴い、食品関連事業による食品取り扱いの戦略が変化してきている。

食品ロス問題に対する消費者の認識の変化において、2016 年度の認知度 65.4%と 2020

³³ 東北公益文科大学「Liga 食品ロス削減チーム」の活動において、筆者が 2021 年 4 月から市民の食品ロスの実態調査をしたもの。66 名より回答を得た。なお質問項目及び回答は、表中にある食品品目から複数選択可能とした。

年度の 79.4%を比較すると、4 年で 14%もの人々の認知が高まっている³⁴。この消費者の意識の高まりは事業の食品ロス削減の取り組みをさらに後押ししている。

食品製造業の次に食品ロスが多く発生している外食産業に対して各省庁は、飲食店等における食べ残しの対策を促進している³⁵。事業者には、料理を出すタイミングの考慮やメニューに食事量の選択肢を増やすこと、大量の食事の予約があった場合は幹事と量を相談すること、食べきった場合の特典を用意することなど、一つ一つの食事提供に食品ロス削減の意識を持ち、工夫した営業を行うことが大切であるとしている。消費者に対しては、その場での食べきりはもちろん、それに加えて、食品の持ち帰りも推進されている。しかし、常温で数時間置かれた食べ物は食中毒のリスクが高まることから、持ち帰りに対して消極的な飲食店が多いといった現状である。そのため、持ち帰りをする際には、食中毒のリスクを十分に理解したうえで、消費者の自己責任の範囲で行う必要がある。

また、食べ残しの持ち帰りはアメリカでは主流となっており、「ドギーバッグ³⁶」という箱が利用されている³⁷。ドギーバッグを日本で浸透させ、外食産業の食品ロスを減らすために、また、持ち帰りの際の飲食店と消費者間トラブルを防止するために、ドギーバッグ普及委員会は食べ残し持ち帰りカード・ステッカーを作成し、飲食店での食品の持ち帰りの際の利用を推進している。また、環境省でも、持ち帰りを推奨している飲食店が使用できる「mottECO」というマークを 2020 年に採用した³⁸。

5-2 水利用の改善

食品が消費者に届くまでの過程には、サプライチェーンの段階で多くの水が利用されている。その食品産業における水資源の利用を改善するために、日本ではどのような法律や取り組み等が存在するのかについて検討する。

食品産業が消費者へ安全に食品を製造・提供するために必要な規制を定めた法律「食品衛生法」が存在する。水道水以外の水を使用して飲食店や食品の製造・販売を始める場合、内容によって食品衛生法の水質検査を実施する必要がある、計 26 項目に適合する水

³⁴ 消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室 (2021) 『令和 2 年度 消費者の意識に関する調査 結果報告書 ―食品ロスの認知度と取組状況等に関する調査―』, p.2, 消費者庁消費者政策課 (2019) 『平成 30 年度 消費者の意識に関する調査 結果報告書 ―食品ロスの認知度と取組状況等に関する調査―』, p.3.

³⁵ 飲食店等における「食べ残し」対策に取り組むにあたっての留意事項 (農林水産省) (2021 年 12 月 18 日アクセス)

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/170516.html

³⁶ 環境省によると、ドギーバッグは、レストランやパーティーで食べ残してしまった料理を持ち帰るための容器のことを指している。初めの頃、家で待つ愛犬にも分けてあげるためと言い訳をして持ち帰ったことから、この名がついたとされる。

引用：みんなで食品ロスをゼロへ New ドギーバッグアイデアコンテスト受賞者を発表！ | 食品ロスポータルサイト (環境省) (2021 年 12 月 18 日アクセス)

<https://www.env.go.jp/recycle/foodloss/contest.html>

³⁷ ドギーバッグ普及委員会 (2016) 『ドギーバッグ「お持ち帰り」ガイドライン 第 4 版』, p.13.

³⁸ 消費者向け情報 | 食品ロスポータルサイト (環境省) (2021 年 12 月 18 日アクセス)

<https://www.env.go.jp/recycle/foodloss/general.html#EN3>

を使用しなければならないとされている³⁹。2018年には一部が改正され、2021年6月から、食中毒対策の強化や、HACCPに沿った衛生管理が完全に義務化されるなどした⁴⁰。このように、食品産業が水を利用する際には、水の一定品質を厳守する必要がある。

また、世界的な水問題への関心の高まりから、日本の水資源の利用に対する意識も変化してきている。2015年9月の国連首脳会議（サミット）で採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」（SDGs：Sustainable Development Goals）では、目標6：“すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する”とあり、ターゲット6.4では、“2030年までに、全セクターにおいて水の利用効率を大幅に改善し、淡水の持続可能な採取及び供給を確保し水不足に対処するとともに、水不足に悩む人々の数を大幅に減少させる。”としている⁴¹。このターゲットには、2030年までの具体的な水利用効率の目標数値は明記されていない。しかし、事業の生産段階における水利用は、その地域の人々の生活に直結する可能性があり、最終的に“水不足の人口を減らす”ことに繋げるためには、各国政府は状況に応じて必要な措置・対策をとり、事業単位においても努力しなければならない。

しかし現在、日本の水に関する法律は、元々の水資源環境を保護するものが多く、食品産業の水の利用効率に関する法律は存在しない。理由としては、具体的な水資源効率の目標がないこと、かつ日本では水が豊富であることからの問題意識の低さが挙げられると考える。SDGsターゲット12.3「2030年までに小売・消費レベルにおける世界全体の1人当たり食品廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食料の損失を減少させる」については、食品廃棄に関する具体的な削減目標があり、食品ロスを削減するための法律、食品ロス削減推進法も2019年に施行された。

一方で、率先して自社の目標設定を設定している食品企業も存在する。例として、日清製粉グループでは2040年までに工場の水使用量原単位30%削減（2021年度比）⁴²、meijiホールディングスでは2030年までに自社拠点での売上高原単位あたりの水使用量20%以上削減（2017年度比）⁴³を目指しており、独自の取り組みではあるが、目標設定を具体的にすることにより、より達成するための計画を立てやすくなる。

³⁹ 食品関係営業許可申請に必要な水質検査（一般財団法人 岐阜県公共衛生検査センター）（2021年12月20日アクセス）

https://www.koeiken.or.jp/02_water/02_06.html

⁴⁰ リーフレット：食品の製造、加工、調理、販売などに取り組む皆さまへ HACCP に沿った衛生管理が完全義務化されました（農林水産省）（2021年12月20日アクセス）

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/koudou/what_haccp/vision.html

⁴¹ SDGs（持続可能な開発目標）17の目標と169のターゲット（外務省仮訳）（農林水産省）（2021年12月20日アクセス）

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sdgs/sdgs_target.html#goal_06

⁴² 水資源への取り組み（日清製粉グループ）（2021年12月20日アクセス）

<https://www.nisshin.com/csr/environment/water.html>

⁴³ 水資源に関する目標（meijiホールディングス）（2021年12月20日アクセス）

https://www.meiji.com/sustainability/harmony/water_resources/

日本の食品ロス推進法の施行は、そのものに強制力はないが、地方自治体・事業等の取り組みの誘因となっている可能性は高い。食品産業による水資源の利用効率の向上への取り組みは、各国の方針に委ねられているが、政府がその取り組みを後押しするような法律・施策を実施することで、更なる水資源の最適な利用の実現に近づき、水不足の人々の解消に繋がるだろう。

6 EU のフードウェイスト

将来、世界の人口は増加し、また、より豊かになっていく中で、人々の需要を十分に満たすためには、より多くの食料を生産する必要がある、その分水使用量も増えていくと考えられている。このような未来に対応していくためには、世界的にフードロス/フードウェイストの削減、水利用の効率性の向上等を行っていく必要がある⁴⁴。

図 13 世界の食品廃棄物



出所：農林水産省ホームページより

https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2010/spe1_01.html

上の図は、農林水産省のホームページに掲載されている世界の食品ロスランキングである（推計した年はその国によって異なる）。全体としては中国、米国が特に多いが、一人当たりの発生量をみると、中国は先進国の中で特に少なく、米国と並んでヨーロッパ諸国の一人当たりの発生量が多いことが見て取れる。日本はその間に位置している。

環境問題に対して先進国の中で先駆けて取り組みを進めている EU では、この現状に対して、どのようにフードロスに向き合い、対策をとっているのかを調査し、最後に、日本

⁴⁴ Food and Agriculture Organization of the United Nations by the Japan Association for International Collaboration of Agriculture and Forestry (2011) 『GLOBAL FOOD LOSSES AND FOOD WASTE 世界の食料ロスと食料廃棄 その規模、原因及び防止策』, p.6.

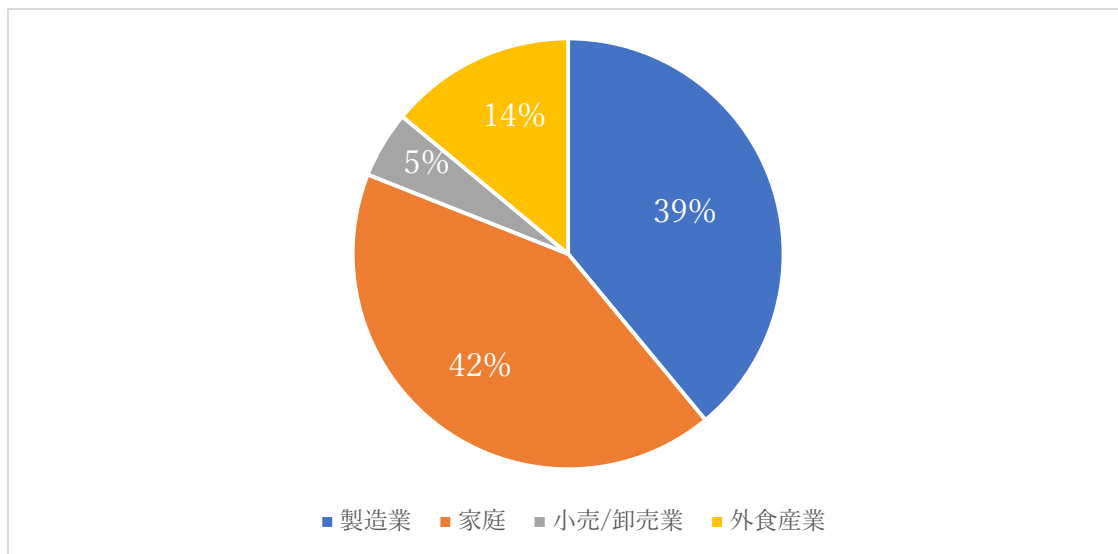
の食品ロス削減の示唆としていきたい。

6-1 EU の現状

2010 年の EU の報告書『PREPARATORY STUDY ON FOOD WASTE ACROSS EU 27⁴⁵』では、加盟国におけるフードウェイスト（食品廃棄物）に関して調査を行っていた。目的としては、すべてのセクターでフードウェイストの主な原因を特定、EU のフードウェイストデータのベースラインを確立、環境への影響を定量化、既存の対策の目録、15 年間（2006～2020 年）のフードウェイストを予測、そしてフードウェイスト予防のための政策提言を作成し、その影響を分析することであった。調査の対象としては、食品製造業、卸売業、小売業、外食産業、家庭の 4 つのセクターが取り上げられたが、農業食品廃棄物については調査の対象となっていない。このことについて報告書内では、更なる研究で取り組むべき重要な原因と量の可能性があると記されている。

EU における各アクターのフードウェイストの発生要因は日本と比較して、大きな違いはない。しかし、家庭から発生するフードウェイストについては、文化的慣行、気候、食事、および社会経済的要因（家庭の平均サイズ、世帯収入、外食の頻度など）が影響するため、国ごとに結果が異なっている状況である。

図 14 EU27 におけるフードウェイストの割合



出 所：EUROPEAN COMMISSION（2010）, *Technical Report – 2010 – 054, PREPARATORY STUDY ON FOOD WASTE ACROSS EU 27* October 2010, p.13 より著者作成

上の図は、ユーロスタット（EUROSTAT）が主な情報源となり欧州委員会へと提供さ

⁴⁵ EUROPEAN COMMISSION（2010）, *Technical Report – 2010 – 054, PREPARATORY STUDY ON FOOD WASTE ACROSS EU 27* October 2010, p.9.

れた EU27 カ国でのフードウェイストの割合である。基準年は、最新の 2006 年となっており、EU27 での年間フードウェイスト発生量は約 8900 万トンと推定している。セクターの割合でみると 42%の家庭が最も多くなっているが、家庭系・事業系としてみると、半数以上が事業系のフードウェイストから構成されており、この点は日本と類似している。

しかし、EU における一人当たりのフードウェイスト発生量は 179 kg と推定されており、平成 30 年度の日本の一人当たりの食品ロス量である 47 kg と比較すると約 3.8 倍の差があり、EU 全体で非常に多くの量のフードウェイストが発生していることが分かる。

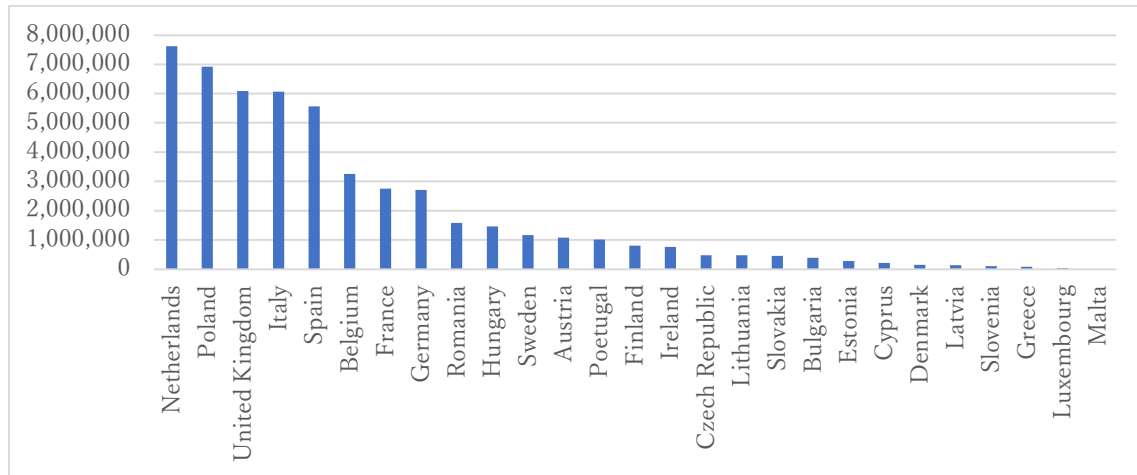
表 6 EU27 フードウェイスト量 (t/年)

	製造業	家庭	その他	計
EU27	34 755 711	37 701 761	16 820 000	89 277 472
Austria	570 544	784 570	502 000	1 858 000
Belgium	2 311 847	934 760	945 000	4 192 000
Bulgaria	358 687	288 315	27 000	674 000
Cyprus	186 917	47 819	21 000	256 000
Czech Republic	361 813	254 124	113 000	729 000
Denmark	101 646	494 914	45 000	642 000
Estonia	237 257	82 236	36 000	355 000
Finland	590 442	214 796	208 000	1 013 000
France	626 000	6 322 944	2 129 000	9 078 000
Germany	1 848 881	7 676 471	862 000	10 387 000
Greece	73 081	412 758	2 000	488 000
Hungary	1 157 419	394 952	306 000	1 858 000
Ireland	465 945	292 326	293 000	1 051 000
Italy	5 662 838	2 706 793	408 000	8 778 000
Latvia	125 635	78 983	11 000	216 000
Lithuania	222 205	111 160	248 000	581 000
Luxembourg	2 665	62 538	31 000	97 000
Malta	271	22 115	3 000	25 000
Netherlands	6 412 330	1 837 599	1 206 000	9 456 000
Poland	6 566 060	2 049 844	356 000	8 972 000
Portugal	632 395	385 063	374 000	1 391 000
Romania	487 751	696 794	1 089 000	2 274 000
Slovakia	347 773	135 854	105 000	589 000
Slovenia	42 072	72 481	65 000	179 000
Spain	2 170 910	2 136 551	3 388 000	7 696 000
Sweden	601 327	905 000	547 000	2 053 000
United Kingdom	2 591 000	8 300 000	3 500 000	14 391 000

出所：EUROPEAN COMMISSION (2010) 前掲報告書, p.62 より著者作成

上の表は、EU27 における各国の食品製造業、家庭、その他のセクターに関してまとめたものである。特徴として、人口が多ければその分、全体のフードウェイストは多くなる傾向であるが、事業系と家庭系の比率は国ごとに様々であることが見て取れる。また、家庭系のフードウェイストは、EU の 2006 年の人口⁴⁶の多さにおおかた比例していることが分かる。

図 15 EU27 事業系フードウェイスト量 (t/年)



出所：EUROPEAN COMMISSION (2010) 前掲報告書, p.62 より著者作成

上の図は、図 16 のデータを事業系（食品製造業、小売業、卸売業、外食産業）に絞り、左から多い順に並べたものである。2006 年時点で人口が一番多く、8240 万人にのぼるドイツは 8 位、次いで 6290 万人のフランスは 7 位、6040 万人のイギリスは 3 位となっている。一方で、人口 1630 万人で 8 位のオランダは事業系のフードウェイストを一番多く発生させており、次ぐポーランドも人口は 3820 万人で 6 位であることが分かった。このように、EU27 では家庭におけるフードウェイストは人口に概ね比例するが、事業におけるフードウェイストが必ずしも比例しておらず、国により異なることが分かった。

また、2050 年の年間 1 人当たりの水資源賦存量では、特にアフリカ、中東、ヨーロッパの地域で多くの国が水不足となり、EU では、フードウェイスト発生量が上位であるドイツ、オランダ、ポーランド、ベルギー、ルーマニアなどで慢性的に水が足りなくなると予想されている⁴⁷。欧州環境庁（European Environment Agency (EEA)）によると、2015 年の夏、降水量が 10%減少したことにより、再生可能淡水資源（地下水、池、川、貯水池など）は 2014 年の同時期と比較して 20%減少し、都市や町に移住する人の数も増え、特に人口密度の高い地域の需要に影響を与えているとしている⁴⁸。

⁴⁶ 欧州連合 (EU) 数字で見る EU と市民 Key facts and figures about Europe and the Europeans, pp.10-11.

⁴⁷ 沖大幹, 沖明 (2006) 前掲書, pp.18-19.

⁴⁸ Water use in Europe — Quantity and quality face big challenges (European Environment Agency) (2022 年 1 月 5 日アクセス)

6-2 EU の包括的な対策

EU では、廃棄物問題解決のため、様々な取組みが進んでいる。2015 年にサーキュラーエコノミー（CE）という、資源の有効活用からビジネスの仕組み、市場経済の仕組みを変えていくことにより、欧州の競争力強化と雇用確保に結び付けるといった従来の EU における環境政策を本質的に変える未来の経済へ向けた政策がある⁴⁹。欧州委員会は 2020 年 3 月 11 日にこれまでの CE をさらに推進するために、新循環型経済行動計画（New Circular Economy Action Plan）を公表した。目標には食料と水も含まれており、欧州委員会は食品に関して、重要としている廃棄物削減目標の中で食品の廃棄物削減の目標を提案していくとしている。水利用に関しては、農業において水を再利用する循環的なアプローチを推進していき、工業プロセスを含む水の再利用と効率も促進する⁵⁰としており、これから更なる効率的なフードウェイストの削減が期待できる。

また、EU では、循環経済のための EU 行動計画（An EU action plan for the circular economy）⁵¹にて SDGs 目標 12.3 の達成を支援しており、2015 年に欧州委員会へフードウェイストを測定するための EU 共通の方法論を作成するように要請した。そして、2019 年 11 月 28 日に、加盟国で発生するフードウェイスト量に関するデータを報告するための法律が採択され、作成された共通の形式と品質チェック報告書を使用し、加盟国が 2022 年半ばまでに EU へ報告するように計画されている。

さらに、2018 年 5 月 30 日には、改正廃棄物枠組み指令（revised Waste Framework Directive）が採択された。この指令は加盟国に対して、（1）フードウェイスト防止計画を準備すること、（2）食品廃棄物の発生を防ぐための措置の一環として、畜産の飼料よりも人間の食用とする利用、また、非食品への再利用を優先し、人間の消費のための食糧の寄付やその他の再分配を奨励すること、（3）食品提供の促進など、廃棄物階層の適用に対する要因を作ることを義務付けている。また、今後、欧州委員会は、2023 年末までに EU 全体のフードウェイストを削減するための法的拘束力のある目標を提案することになっている⁵²。

<https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014#:~:text=About%2088.2%20%25%20of%20Europe%E2%80%99s%20freshwater%20use%20%28drinking,pollution%20and%20climate%20change.%20Water%20quantity%20under%20pressure>

⁴⁹ 梅田靖 21 世紀政策研究所（2021）『サーキュラーエコノミー 循環経済がビジネスを変える』勁草書房, pp.3-7.

⁵⁰ EUROPEAN COMMISSION（2020）Brussels, 11.3.2020 COM(2020) 98 final COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe, pp.12-13.

⁵¹ COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy COM/2015/0614 final（EUR-Lex）（2022 年 1 月 4 日アクセス）
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>

⁵² Food waste measurement（An official EU website）（2022 年 1 月 4 日アクセス）

EUの水利用に関しては、2000年12月22日に総合的な水資源管理の方法として、EU水枠組み指令（Water Framework Directive（WFD））という法律が発行された。WFDでは、河川流域の水管理、生態系の特別な生息地や人間が利用する水の保護などを行うことを目標としている。また、水はしばしば環境における価値が適切に価格に反映されていないことから、効率的かつ公正な水価格の設定を推進しており、水資源の持続可能な利用の誘因としようとしている⁵³。EEAによると、結果として水価格の上昇は、家庭の水の需要を変化させることに効果があったが、その家庭の家計に左右され、人々が水を利用することを抑えることに繋がりがかねないとしている⁵⁴。

WFDだけでなく、2021年1月12日に発行された改正飲料水指令（Drinking Water Directive（DWD））という法律も、飲料水の安全性とアクセスの改善を目的としており、その他の水に関する法律も同様に、EUにおいて、食品に焦点を絞った水利用の法律は存在しなかった。

以上のように、EUは、いくつかの国が将来水不足に陥る可能性がある中で、生産された食品が未だ多く廃棄されている。直接的な食料生産の水利用のための法律は、日本と同じく存在していないが、フードウェイストに関しては、加盟国共通の測定方法などが設定され、2023年には法律による措置がとられる予定である。加盟国独自でも、フランスの「食品廃棄物削減に関する法律（2016年2月）⁵⁵」や、イタリアの「社会的連帯と廃棄物の制限を目的とした食品及び医薬品の寄附と配布に関する規定（2016年8月）⁵⁶」などのように、法による強制的な削減手段がとられている国もある。日本のような自主的な取組みにおいては、調査や量の削減に限界があることから、EUに続き、その他の地域でもフードウェイストに対して法律を定める兆しが見え始めている。今後世界的に、EUのような統一的な調査による正確な状況把握と、法的後押しにより更なる取組みの誘因をつくるといった体制へと変化していく可能性が考えられる。

https://ec.europa.eu/food/safety/food-waste/eu-actions-against-food-waste/food-waste-measurement_en

⁵³ Introduction to the EU Water Framework Directive（European Commission）（2022年1月6日アクセス）

https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm

⁵⁴ Water management in Europe: price and non-price approaches to water conservation（European Environment Agency）（2022年1月6日アクセス）

<https://www.eea.europa.eu/publications/water-management-in-europe-price>

⁵⁵ LOI n° 2016-138 du 11 février 2016 relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire (1)（REPUBLIQUE FRANCAISE）（2022年1月4日アクセス）

<https://www.legifrance.gouv.fr/>

⁵⁶ 岩波 祐子（2019）「フランス・イタリアの食品ロス削減法 — 2016年法の成果と課題 —」『立法と調査』No. 416, 参議院委員会調査室・特別調査室, p.11.

7 おわりに

昔から日本人は食事に対して、「残さず食べよう」と教えられてきたと思うが、現在のように「食品ロスを減らそう」とはならなかった。つまり、金銭的な理由や、単に命に感謝する行動から、他の国の人々、動物、環境、未来のための行動へと変化し、地球上の「平等」意識が強まってきていることを表している。その意識から、現在はSDGsのような問題に対して、消費者だけでなく企業による社会貢献など、様々なアクターの取り組みをよく目にするようになった。

日本の事業系食品ロスについて、現在利用可能なデータを用いて、バーチャル・ウォーターと関連させて研究したことで、一年の事業系食品ロス 3 分の 1 の量だけでも、非常に多くのバーチャル・ウォーターを無駄にしていることが分かった。この事実は、水資源からの視点として、その捨てられた食品の価値と、事業系の数値が数年前からあまり変化が見られずに、食品ロスを排出し続けていることの深刻さを明確にしたと考えている。

また、現在日本では、自主的な取り組みの法律に留まり、それは家庭に重点が置かれ、まだまだ事業の食品ロスに対する調査や適切な対策が不十分な状況である。世界でもそれは同じく、国・地域によりフードロス・フードウェイストの定義が異なることや、統一された方法論が確立されていないなどの課題も存在する。未だ新しく、また、複雑な問題であることから、日本だけでなく、世界的にもフードロス・フードウェイストの問題に対する解決の土台ができていない。適切な対策や取り組みを行うためには、EUを参考に、ある程度の拘束力を持った法的措置を考慮し、それによって食品や水を無駄にせず利用する要因とするべきである。この取り組みは、フードロス・フードウェイストの削減だけでなく、水資源など将来足りなくなるかもしれないとされる他の資源や、貧困などのあらゆる問題解決の土台ともなる可能性がある。これからも、現在当たり前にあるものについて疑う視点を持つことを忘れず、他への影響を考慮しながら、研究を進めていきたい。

(謝辞) 本論文執筆にあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜った。私の指導教員である玉井雅隆先生からは、大学院受験の時には、夜遅い時間まで見ていただくこともあり、終始熱心にご指導を頂いた。多大なご指導を賜ったこと、心から感謝の意を表す。玉井ゼミの生徒の皆様には、ゼミでの卒論発表の際に、様々な視点から多くのご助言頂いたこと、本当に感謝している。

参考文献・資料

【報告書】

- ・ EUROPEAN COMMISSION (2010) *Technical Report – 2010 – 054, PREPARATORY STUDY ON FOOD WASTE ACROSS EU* 27 October 2010.
- ・ EUROPEAN COMMISSION (2020) Brussels, 11.3.2020 COM(2020) 98 final COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe.
- ・ FAO (2019) *THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- ・ Food and Agriculture Organization of the United Nations by the Japan Association for International Collaboration of Agriculture and Forestry (2011) 『GLOBAL FOOD LOSSES AND FOOD WASTE 世界の食料ロスと食料廃棄 その規模、原因及び防止策』。
- ・ UNESCO (2021) *UN WATER The United Nations World Water Development Report 2021, VALUING WATER*.
- ・ UNFPA (2021) *State of world population 2021*, United Nations Population Fund;N.Y.
- ・ 欧州連合 (EU) 『数字で見る EU と市民 Key facts and figures about Europe and the Europeans』。
- ・ 消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室 (2021) 『令和 2 年度 消費者の意識に関する調査 結果報告書 ―食品ロスの認知度と取組状況等に関する調査―』。
- ・ 消費者庁消費者教育推進課 食品ロス削減推進室 (2020 年 11 月 30 日版) 『食品ロス削減関係参考資料』。
- ・ 消費者庁消費者政策課 (2019) 『平成 30 年度 消費者の意識に関する調査 結果報告書 ―食品ロスの認知度と取組状況等に関する調査―』。
- ・ ドギーバッグ普及委員会 (2016) 『ドギーバッグ「お持ち帰り」ガイドライン 第 4 版』。
- ・ 農林水産省 (2019) 『食品循環資源の再生利用等の推進に関する法律の概要』。
- ・ 農林水産省 (2007) 『農産物の生鮮販売や加工・業務用途における多様なニーズに対応した取組の可能性 (案) [消費者の規格外野菜への意識、多様なニーズへの対応方向]』。
- ・ 農林水産省大臣官房政策課 食料安全保障室 (2020) 『食料需給表 令和 2 年度』。
- ・ みずほ情報総研株式会社 (2018) 『農林水産省委託業務 平成 29 年度 食品産業リサイクル状況等調査委託事業 (食品関連事業者における食品廃棄物等の可食部・不可食部の量の把握等調査) 報告書』。

【洋語文献】

- ・ A.K. Chapagain, A. Y. Hoekstra and H. H. G. Savenije (2006) Water saving through international trade of agricultural products, *Hydrology and Earth System Sciences*, 10.
- ・ A.Y. Hoekstra (2003) Virtual water trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade IHE Delft, The Netherlands 12-13 December 2002, *Research Report Series No. 12*.

【邦語文献 (書籍)】

- ・ 梅田靖 21 世紀政策研究所 (2021) 『サーキュラーエコノミー 循環経済がビジネスを変える』 勁草書房。
- ・ 沖大幹 (2016) 『水の未来』 岩波書店。
- ・ 沖大幹, 沖明 (2006) 『水の世界地図 The Atlas of WATER』 丸善株式会社。

【邦語文献（論文）】

- ・猪股敏郎（2020）「食品リサイクル堆肥の品質向上と堆肥の特性」『農業および園芸（Agriculture and horticulture）』95 巻, 3 号。
- ・岩波 祐子（2019）「フランス・イタリアの食品ロス削減法 — 2016 年法の成果と課題 —」『立法と調査』No. 416, 参議院委員会調査室・特別調査室。
- ・清水純一（2011）「ブラジルの食料需給と農産物貿易」『農林水産政策研究所レビュー』No.41。
- ・頓所希望, 赤松利恵, 齋木美果, 小松美穂乃, 井邊有未, 渡邊紗矢（2021）「外食事業者の食べ残し記録の取組状況および 提供量と食べ残しに対する態度」『栄養学雑誌』Vol.79, No.1。

【参考 URL】

- ・Aff10 October 2020（農林水産省）（2021 年 12 月 20 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2010/spe1_01.html
- ・COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy COM/2015/0614 final (EUR-Lex)（2022 年 1 月 4 日アクセス）
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>
- ・Food waste measurement（An official EU website）（2022 年 1 月 4 日アクセス）
https://ec.europa.eu/food/safety/food-waste/eu-actions-against-food-waste/food-waste-measurement_en
- ・How much water is in 1 kilo of beef?（FOOD SECURITY CENTER）（2022 年 1 月 6 日アクセス）
<https://web.archive.org/web/20210122230247/https://www.foodsecuritycenter.org/post/how-much-water-is-in-1-kilo-of-beef>
- ・Introduction to the EU Water Framework Directive（European Commission）（2022 年 1 月 6 日アクセス）
https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm
- ・LOI n° 2016-138 du 11 février 2016 relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire (1)（REPUBLIQUE FRANCAISE）（2022 年 1 月 4 日アクセス）
<https://www.legifrance.gouv.fr/>
- ・SDGs（持続可能な開発目標）17 の目標と 169 のターゲット（外務省仮訳）（農林水産省）（2021 年 12 月 20 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sdgs/sdgs_target.html#goal_06
- ・virtual water 世界の水が私たちの生活を支えています（環境省）（2021 年 4 月 12 日アクセス）
https://www.env.go.jp/water/virtual_water/index.html
- ・Water management in Europe: price and non-price approaches to water conservation（European Environment Agency）（2022 年 1 月 6 日アクセス）
<https://www.eea.europa.eu/publications/water-management-in-europe-price>
- ・Water use in Europe — Quantity and quality face big challenges（European Environment Agency）（2022 年 1 月 5 日アクセス）
<https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014#:~:text=About%2088.2%20%25%20of%20Europe%E2%80%99s%20freshwater%20use%20%28drinking,pollution%20and%20climate%20change.%20Water%20quantity%20under%20pressure>

- ・ Web 漫画 virtual water 世界の水が私たちの生活を支えています（環境省）（2021 年 3 月 18 日アクセス）
http://www.env.go.jp/water/virtual_water/moecafevw.html#hamburg
- ・ 飲食店等における「食べ残し」対策に取り組むにあたっての留意事項（農林水産省）（2021 年 12 月 18 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/170516.html
- ・ 広域行政・市町村合併（総務省）（2021 年 3 月 11 日アクセス）
<https://www.soumu.go.jp/kouiki/kouiki.html>
- ・ 消費者向け情報 | 食品ロスポータルサイト（環境省）（2021 年 12 月 18 日アクセス）
<https://www.env.go.jp/recycle/foodloss/general.html#EN3>
- ・ 食肉の消費動向について（畜産業振興機構）（2021 年 3 月 22 日アクセス）
https://www.alic.go.jp/koho/kikaku03_000814.html
- ・ 食品関係営業許可申請に必要な水質検査（一般財団法人 岐阜県公共衛生検査センター）（2021 年 12 月 20 日アクセス）
https://www.koeiken.or.jp/02_water/02_06.html
- ・ 食品廃棄物等の再生利用等の目標について（農林水産省）（2021 年 12 月 10 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/s_info/saiseiriyo_mokuhyou.html
- ・ 食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率について（農林水産省）（2021 年 12 月 17 日アクセス）
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/kouhyou.html>
- ・ 食品ロス削減の推進に関する法律（消費者庁）（2021 年 12 月 17 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/attach/pdf/161227_4-148.pdf
- ・ 食品ロスとは（農林水産省）（2021 年 4 月 13 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html
- ・ 世界の食料の需給動向と我が国の農産物貿易 イ 食料需給をめぐる今後の見通し（農林水産省）（2021 年 3 月 24 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h27/h27_h/trend/part1/chap1/c1_2_01_2.html
- ・ 世界の食料の需給動向と我が国の農産物貿易 ウ 我が国の農産物貿易の動向（農林水産省）（2021 年 5 月 30 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h25/h25_h/trend/part1/chap1/c1_1_01_3.html
- ・ バーチャル・ウォーター（VW）量 一覧表（環境省）（2021 年 4 月 13 日アクセス）
https://www.env.go.jp/water/virtual_water/vw_itiran.pdf
- ・ 水資源に関する目標（meiji ホールディングス）（2021 年 12 月 20 日アクセス）
https://www.meiji.com/sustainability/harmony/water_resources/
- ・ 水資源への取組み（日清製粉グループ）（2021 年 12 月 20 日アクセス）
<https://www.nisshin.com/csr/environment/water.html>
- ・ みんなで食品ロスをゼロへ New ドギーバッグアイデアコンテスト受賞者を発表！ | 食品ロスポータルサイト（環境省）（2021 年 12 月 18 日アクセス）
<https://www.env.go.jp/recycle/foodloss/contest.html>
- ・ リーフレット：食品の製造、加工、調理、販売などに取り組む皆さまへ HACCP に沿った衛生管理が完全義務化されました（農林水産省）（2021 年 12 月 20 日アクセス）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/koudou/what_haccp/vision.html

【研究ノート】

「国産」の化石燃料再開発の可能性（１）

宮脇昇

1 はじめに

本稿は、ウクライナ戦争によって生じた脱ロシア化の波に対応すべく、国産の化石燃料の資源開発（再開発）の可能性を歴史的観点からふまえて検討する。

日本のエネルギー自給率は 11.2%（2020 年、以下、特記しない限り同じ）⁵⁷であり、天然ガスの自給率は 2.2%⁵⁸に過ぎない。現在日本のエネルギー利用のうち、天然ガスの比率は 39%⁵⁹となっており、そのうち 9 %がサハリン 2 からの LNG 輸入によるものである。すでに日本政府は、2022 年 3 月に G7 と協調してロシア産石炭の輸入禁止を決めており、本稿執筆時点では未定であるがサハリン 2 からの出資引き上げ・輸入停止の可能性も皆無ではない。ノルト・ストリーム 2 の稼働停止を早々に決めたドイツは、エネルギーのロシア依存度が 55%⁶⁰と高いにもかかわらず、ノルト・ストリーム 1 によるガス輸入停止を将来的目標とするに至っている。各国のエネルギー自給率及びロシア依存度の比較は、下表のとおりである。

G7各国の一次エネルギー自給率とロシアへの依存度

国名	一次エネルギー自給率 (2020年)	ロシアへの依存度 (輸入量におけるロシアの割合) (2020年) ※日本の数値は財務省貿易統計2021年速報値		
		石油	天然ガス	石炭
日本	11% (石油:0% ガス:3% 石炭:0%)	4% (シェア5位)	9% (シェア5位)	11% (シェア3位)
米国	106% (石油:103% ガス:110% 石炭:115%)	1 %	0%	0%
カナダ	179% (石油:276% ガス:13% 石炭:232%)	0%	0%	0%
英国	75% (石油:101% ガス:53% 石炭:20%)	11% (シェア3位)	5% (シェア4位)	36% (シェア1位)
フランス	55% (石油:1% ガス:0% 石炭:5%)	0%	27% (シェア2位)	29% (シェア2位)
ドイツ	35% (石油:3% ガス:5% 石炭:54%)	34% (シェア1位)	43% (シェア1位)	48% (シェア1位)
イタリア	25% (石油:13% ガス:6% 石炭:0%)	11% (シェア4位)	31% (シェア1位)	56% (シェア1位)

(出所：経産省資料「クリーンエネルギー戦略の策定に向けた検討」)

⁵⁷ 資源エネルギー庁「令和 2 年度（2020 年度）エネルギー需給実績（速報）」

<www.enecho.meti.go.jp>（最終閲覧日：2022 年 4 月 21 日参照）

⁵⁸ 同上または、ロイター「山口・島根沖の天然ガス生産、本格化すれば自給率上昇＝官房長官」<jp.reuters.com>（最終閲覧日：2022 年 4 月 21 日参照）

⁵⁹ アスエネメディア【2022 年最新】「日本における発電の割合は？」

<earthne.com>（最終閲覧日：2022 年 4 月 21 日参照）

⁶⁰ 北村和也「ドイツ、脱炭素への厳しい道のり【2】ロシアに頼ったエネルギー政策の失敗

<www.sustainablebrands.jp>（最終閲覧日：2022 年 4 月 21 日参照）

この脱ロシアの政策潮流において、元来脆弱なエネルギー安全保障状況にあった日本が一層、政策の選択肢のなさに困憊することは想像に難くない。2022年3月に、岸田政権下で設置された経産省の「戦略物資・エネルギーサプライチェーン対策本部」は、石油、LNG、発電用燃料に使う石炭（一般炭）、製鉄に利用する石炭（原料炭）、半導体製造の過程で使うネオンなどのガス、自動車の排ガス浄化などに使う希少金属のパラジウム、ステンレスなど特殊鋼の生産に副原料として必要となる合金鉄の7品目を「重要物資」とし、ロシア依存度、調達先の切り替え、日本経済への影響を踏まえて、他の調達先の確保や権益確保を検討しはじめた⁶¹。

とりわけ天然ガスについては、サハリン2から欧米資本は撤退するなか、日本政府はエネルギー安全保障の観点からサハリン2への出資を維持し、アメリカの了解を得たものの、それが長期的な政治的保障を意味するわけではない。経済的にも、ウクライナ戦争開始後の資源高、とりわけEU各国がパイプラインからLNGに調達経路を切り替えることにより、天然ガスのLNG比率が一気に高まり、同時に価格が急騰する可能性が高い。その結果、連鎖的に石油、石炭価格の上昇も予想される。とりわけウクライナ戦争によって、欧亜の物流が混乱するために結果的に中国の経済圏構想「一带一路」にも悪影響を与え、流通の逼迫も予想される。

そこで本稿は、天然ガスをはじめ化石燃料の再国産化の可能性について検討するものである。化石燃料の利用拡大はむしろ脱炭素社会に逆行するが、海外からの輸入分の補填であれば使用総量は理論的には変わらない（むしろ輸送時の炭素排出量を削減する可能性がある）。現下、エネルギーの脱ロシア化は、政治的要請として脱原発、脱炭素を凌駕しつつある。現実には、ウクライナ戦争後、イギリスも国産のエネルギー開発を決定し⁶²、デンマークもそれに続こうとしている。これまでの脱炭素化は、脱ロシア化と短期的に相反する政策となり、化石燃料の再国産化は一つの短期的な政策潮流となろう。なお埋蔵資源に加え、休眠油田・ガス田・炭田等、場合によっては地上油田等についても幅広く対象としたい⁶³。

2 「国産」天然ガス

2.1. 国外の自主開発

日本の脱ロシア化は、自国資源が豊富な英米のように進めない。輸入している石炭、天然ガスが途絶すれば、経済や電力料金に転嫁されるのみならず、実態として不足するエネルギーを世界各国が類似の状況にある中でどこから調達するかという喫緊の課題に直面する。加えて日本はLNGの欧州諸国への融通を約束させられている。

⁶¹ 『産経新聞』2022年3月31日

⁶² <https://news.yahoo.co.jp/articles/2d821e612caf97447b9cdf58d49c2c612665a6d>(2022年3月20日参照)

⁶³ 例えば石油については、ペットボトル回収によって「地上油田」が概念上形成されている。天然ガスの場合はガスへの気化の技術的課題があり、地上ガス田の技術的想像は困難である。リサイクル工程を経てガスとして技術的に再生可能となるには、技術発展の時間を要するため本稿では論じない。

そのためには、2月28日と3月1日に相次いでシェルとモービルが既に撤退を表明したサハリン1（原油）、サハリン2（ガス）の維持が当面必要となる。もしサハリン2に出資する三菱・三井が撤退したならば、ウクライナ戦争後のロシアは撤退外資のインフラを国有化することを宣言しているため、ロシア化されるのはむろんのこと、さらに中国企業に検閲が転売されることは想像に難くない。加えて、日本企業が撤退した後に欧米資本が先行して復帰するというシナリオもありうる。なぜならば、イラン・日本石油化学(IJPC)で開発を進めイラン革命と戦争でとん挫し1980年代に撤退した。さらに2000年代に入りアザデガン油田に欧米資本とともに日本資本の再進出が始まり、2010年の欧米の対イラン制裁に歩調をあわせて日本は撤退したものの、その後中国が進出したが進出解除後に欧米資本が機先を制した歴史的事例にかんがみれば、ありえない話ではない。

ただし現在開発途中であるアークティック LNG 2 については、現時点での日本のエネルギー供給先ではないため、対ロシア制裁の一環として撤退する選択肢も十分考えられよう。

2.2. 国内の天然ガスの埋蔵・産出・利用

すでに戦前、日本は天然ガスの開発事業を各地で行っていた。例えば中国大陸の撫順炭坑の開発にあたり地下の天然ガスを吸い上げて同市全体の家庭用のガスを供給した⁶⁴。

本土においても、現在でも日本各地で天然ガスが埋蔵され、そのいくつかは生産・輸送されている。天然ガス鉱業会の資料によると、現在日本では下図のようにガス田が東日本、北日本を中心に散在する(次図)。

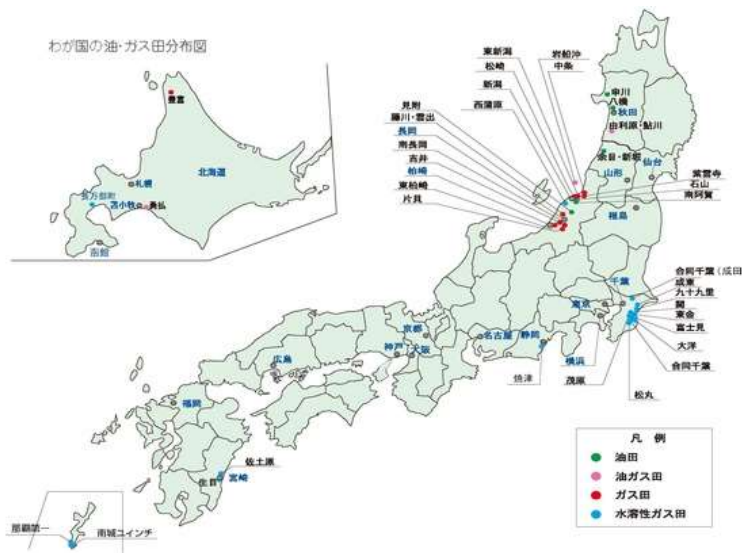


図 日本の天然ガス田

(出所：天然ガス鉱業会 https://www.tengas.gr.jp/natural-gas/natural-gas_resources/)

⁶⁴ 御手洗、同、228 頁。

日本最大のガス田は南長岡にある。また、東京近郊から房総半島にかけての南関東ガス田では、多量の天然ガスが埋蔵されており、現在でも千葉県ではガスが生産されている⁶⁵。

ガス市場への接続がある大規模ガス田以外に、小規模ガス田が主に東日本に散在している。マイクロ発電が脚光を浴びているのに例えるならば、これらは、いわゆる「マイクロ・ガス田」として地域の産業に貢献している。たとえば北海道の天塩平野にはガスが産出する。同地方の豊富地区のガスは、地元の温泉施設に利用されている。

静岡県焼津市にもガス田がある。このガス田は現在は、旅館・温泉施設で利用されている（写真参照）。

（写真右：焼津市内のガス井、後景は利用施設 筆者撮影）

（３）休眠ガス田

現在はコストや環境規制等の理由で掘削されていないが既に開発され、かつ埋蔵量があるものは休眠資源である。石油でいえばアメリカには多くの休眠油田がある。同様にガスでも同じことが言える。

日本では、かつて東京都内でもガスが掘削されていた。自民党の政治家であった三木武吉は、公職追放中の 1950 年（昭和 25 年）に「武蔵野天然ガス研究所」をたちあげ、江東区大島付近でガス田の掘削に成功し、7 号井まで掘っている⁶⁶。採掘はその後も続き周辺地域に 20 年以上にわたり供給されていたが、地下水くみ上げによる地盤沈下が激しくなったため、1972 年までに中止された。



（次号へ続く）

<謝辞>

本稿執筆にあたって、山本章太郎氏（立命館大学院生）の助力を得た。この場を借りて謝意を表したい。

⁶⁵ 南関東ガス田については下記が詳しい。 https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000616915.pdf

⁶⁶ 御手洗、同、230 頁。

【編集後記】

本号では、特集テーマ「エネルギーをつなぐ」のもと、コロナ禍におけるエネルギーの移送と海洋エネルギーの開発について論稿を得た。環日本海経済圏をはじめ 21 世紀にエネルギー交流が期待されていた地域において、どのような展望が開きうるのか。東北公益文科大学主催、CESNA 共催のウェビナー（2021 年 8 月）における議論は、技術的な明るい可能性を示している。このウェビナーのテープ起こしにあたっては、東北公益文科大学及び玉井雅隆理事の協力を得た。

海流発電は、エネルギー自給率の乏しい日本にとって期待の綱である。この点を丁寧に掘り下げたのは、日本の環境政治学をリードする諏訪氏と指導学生の高田氏である。編集委員会として寄稿に謝意を表したい。

本号では、CESNA の主たる活動の 1 つとなっている発電所紹介の記事を掲載することがかなわなかった。CESNA は資源の生産・移動・流通・消費という流れの可視化と産消関係の対象化を見据え続けたい。

本号の編集にあたっては鐘研究員の協力を得た。またウェビナーの採録について東北公益文科大学より快諾を得た。末筆ながらこの場を借りてお礼申し上げたい。本号の刊行が例年より遅くなったことについて、深くお詫び申し上げたい。なお本号掲載のほとんどの論稿は、ウクライナ侵攻前に脱稿したものであり、その後の国際政治環境の変化を反映したものではないことを編集担当者としてお断りしたい。

エネルギー安全保障 4号 (2022年)

投稿案内

投稿は、CESNA 会員あるいは依頼論文に限ります。入会ご希望の方は、ウェブサイト (<https://www.cesna-jp.org/>) の「お問い合わせ」のページをご覧ください。あるいは、cesnaenergy@gmail.com 宛てにメールでタイトルに「入会希望」とご記入の上、お申し込みください。

編集委員会

宮脇昇 (立命館大学)

玉井雅隆 (東北公益文科大学)

丸岡泰 (石巻専修大学)

発行年月日 2022年4月30日

編集・発行 特定非営利活動法人 北東アジアエネルギー安全保障センター

発行責任 (代表理事) 山本武彦

事務局 (副理事長) 宮脇昇

ISSN 2434-8740

Volume 4

2022

***Journal
of
Energy Security
In North East Asia***



定価 1000 円 + 税