

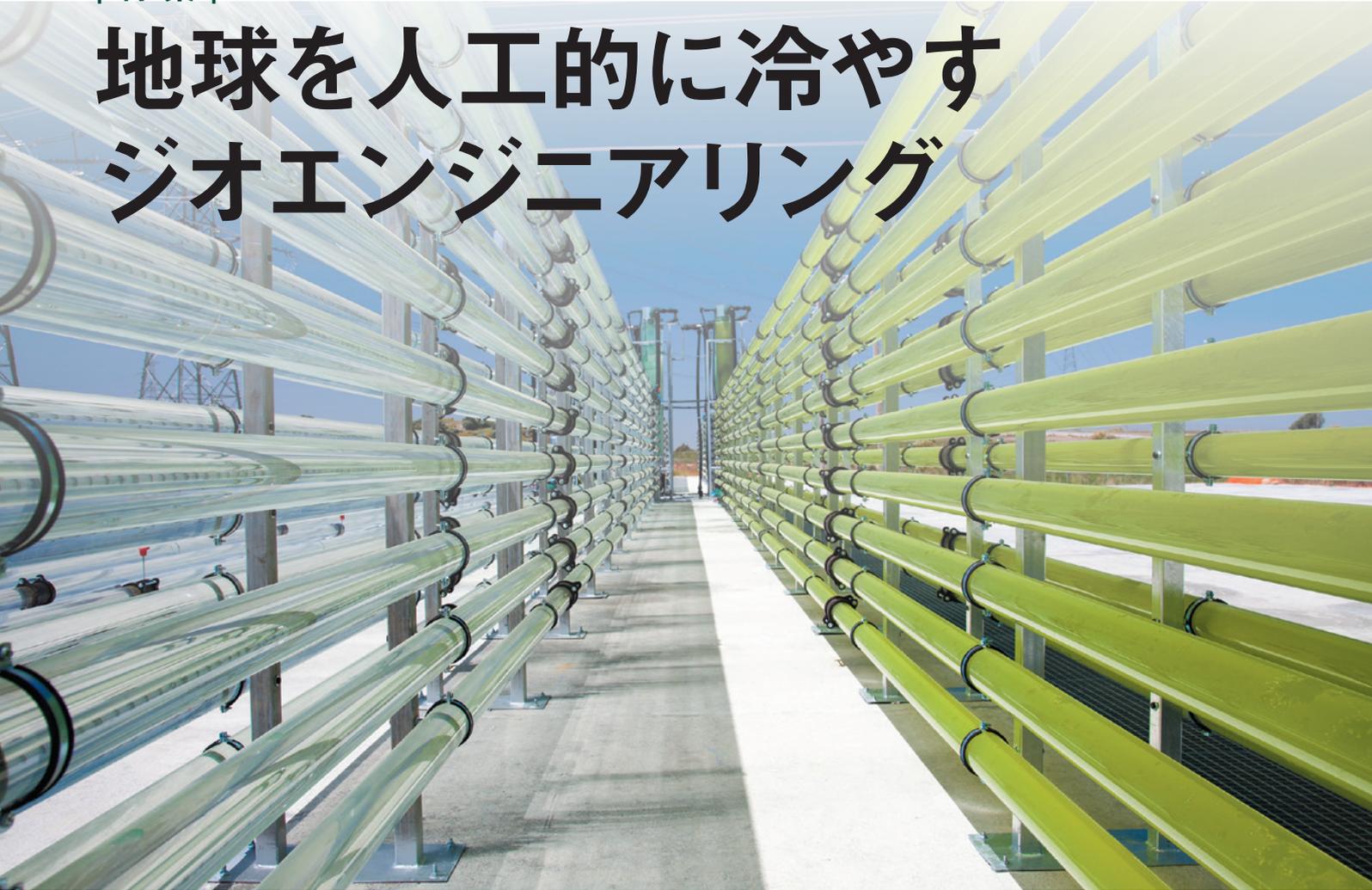
くらしと地球と金融をつなぐ環境情報誌

SAFE

2019.5
vol. 127

| 特集 |

地球を人工的に冷やす ジオエンジニアリング



トップインタビュー

東京理科大学 特任副学長 向井 千秋氏

宇宙と地球で役立つ技術を同時に開発し、
技術立国・日本が生き残る道をつくる。

Sustainability Seminar

埼玉県の気候変動適応策

Ecological Company Special

カーボンニュートラルな「秋田産電力」で
環境保護と地域活性化に貢献
ユナイテッド計画株式会社

エコラボ

鯉米と魚醤の生産で地域課題に挑戦

Green Activities 海外から学ぶ環境経営のヒント

アストラゼネカ



三井住友フィナンシャルグループ

SUMITOMO MITSUI FINANCIAL GROUP

SAFE EYE

「公正な移行」の議論には道遠し

新年度入りと前後して、複数の新聞に「日本、CO₂排出70年ごろゼロ 政府が新目標」の見出しが躍った。2018年夏から議論を重ねてきたパリ協定長期成長戦略懇談会の提言内容をめぐる記事だった。しかし、4月2日に提言が公表されてみると「最終到達点として『脱炭素社会』という『未来社会像』を設定し、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期に実現していくことを目指す」という文章はあるものの、「排出ゼロ」や「2070年ごろ」という表現は見つけられなかった。

4月下旬には、提言取りまとめの座長案が、一部の委員の反対で、内容の変更を余儀なくされたと広く報じられた。ここで、反対意見が提起されたことを問題視するつもりはない。そもそも、懇談会は議論の場であり、賛否両論、意見がぶつかり合って、合意形成がされていくのは当然だろう。ただ、ひとつだけこだわりたいのは、どの委員がどのような論拠で主張を展開したのかが必ずしも詳らかでない点だ。首相官邸ホームページには発言者名入りの「議事要旨」が公開されているが、焦点になった論点と賛否についての詳細はうかがい知れない。

欧州等では、「脱炭素」を口にすべきか否かではなく、「公正な移行(Just Transition)」をいかに実現するか議論が進化している。「排出ゼロ」を前提としたとき割を食う産業セクター、企業、従業員に、どう支援を行うかという議論である。産業の栄枯盛衰はどの時代にもある。それに抗うことに理がないとはいわないが、変化を受け入れた上で、配慮を求めるというのも一考ではないか。ただ、一連の経緯を通じ、日本の状況は、「公正な移行」の知恵を出し合うというにはまだ遠い、とあらためて感じ入った次第である。

(株式会社日本総合研究所 足達 英一郎)

SAFE vol.127 2019.5

CONTENTS

■トップインタビュー	1
東京理科大学 特任副学長 向井 千秋氏	
■特集	5
地球を人工的に冷やすジオエンジニアリング	
■Sustainability Seminar	10
埼玉県の気候変動適応策	
■Ecological Company Special	12
カーボンニュートラルな「秋田産電力」で 環境保護と地域活性化に貢献 ユナイテッド計画株式会社	
■SAFE NEWS Archives	14
国連環境計画、世界の天然資源使用量の急増に警鐘/ 世界気象機関、気候変動の影響拡大を報告	
■エコラボ	15
鯉米と魚醤の生産で地域課題に挑戦	
■BOOKS 環境を考える本	16
私のおすすめ Eco Book/新刊紹介/ 子どもと読む Eco Book	
■Green Activities	17
アストラゼネカ	

Top
Interview

photo: 矢木 隆一

トップインタビュー 東京理科大学 特任副学長 向井 千秋氏

宇宙と地球で役立つ技術を同時に開発し、 技術立国・日本が生き残る道をつくる。

医師としての経験を生かして実験担当の搭乗科学技術者（ペイロードスペシャリスト）となり、2度の宇宙飛行を経験した向井千秋氏。現在は東京理科大学の特任副学長を務め、宇宙滞在技術の研究を進める同大「スペース・コロニー研究センター」のセンター長を兼任されています。アジア初の女性宇宙飛行士として国際的な活躍を続ける向井氏に、宇宙開発をめぐる動向や可能性についてお話を伺いました。

医師としての経験を生かして宇宙へ

医師として活躍されていた向井さんが宇宙へ行くことを夢見るようになったのはいつのころからなのでしょう。

仲間の宇宙飛行士には、「子どものころにアポロ11号の月面着陸を見て宇宙飛行士に憧れた」という人がたくさんいますが、私は“宇宙どっぷり人間”でもなく、星を見るのが好きな“天文少女”でもありませんでした。3歳下の弟が足の病気を患っていたので、幼いころから人を助ける医者になるのが夢でした。

ただ、振り返れば、私が小学4年生のころ、ガガーリンが人類初の宇宙飛行士となり、その2年後には、テレシコワが女性としての初めての宇宙飛行を実現しました。高校2年生のときには、アポロ11号が月面着陸に成功し、ウサギが住んでいると言いつた月面に人が行ったことで、「ああ、夢がなくなってしまう」とか「ここから新たな夢が出てくるんだ」とか、そんな議論が起こっていました。いろんなことに感激し吸収する時期にちょうど、有人宇宙開発のエポック・メイキングな出来事を目の当たりにしていたわけで、そういうことが自分の中に何か影響を残していたのかもしれない。

宇宙飛行士を志すようになったのは、1983年、医者になって6年ほどたったころでした。日本人の宇宙飛行士を募集するという新聞記事を見たことがきっかけです。宇宙飛行士というとパイロット（操縦士）を連想されるかもしれませんが、このとき募集されていたのは、宇宙空間で医学や教育の実験に幅広く対応できる技術者や研究者でした。あのころはNASA（アメリカ航空宇宙局）のスペースシャトル利用の黄金時代といえる時期でした。7人乗りのスペースシャトルが開発されたおかげで、専門的な訓練を受けた軍人だけでなく、さまざまなバックグラウンドを持つ人材を宇宙空間へ送り出し、宇宙実験を行えるようになったんです。

1980年代は技術革新が一気に進み、人が住みやすい場所にするため環境すら変えてしまおうという、科学技術の力を過信しているような時代でした。心臓外科医だった私は人工心臓のような技術の動向は調べていたものの、あの記事を読んだときは日本人も宇宙へ行けるほど科学技術が進展していること、そんなすごい時代に自分が生きていることに衝撃を受けましたね。

宇宙に行くことで人間や地球への理解が深まったということはあるですか。

故郷のよさは故郷を離れた人じゃないとわからないのと同じで、外から自分がいたところを見ると、客観的に物事が見えてきます。井の中の蛙、大海を知らず。同じ場所にいると、よいか悪いかというも個々の基準になってしまいますが、宇宙というビッグ・ピクチャーで見ることで自分の立ち位置を知ることができると思います。

私自身が宇宙飛行を経験したことで実感したことは、地球には重力があるということです。人間の体は何十万年かけて地球という環境に適応してきました。たとえば、上下の概念といったこともすべて重力の存在が前提となっています。地球上では、足が重力で床に縛り付けられているような状態で、「みんなの天井はみんなの天井」「みんなの床はみんなの床」という感じです。しかし、宇宙へ行くと、重力から解放され、自由度がひとつ増えます。無重力の世界では、「私の壁はあなたの床」「誰かの天井は他の人の床」という状態で、目に見えるものの認識が変わってきます。

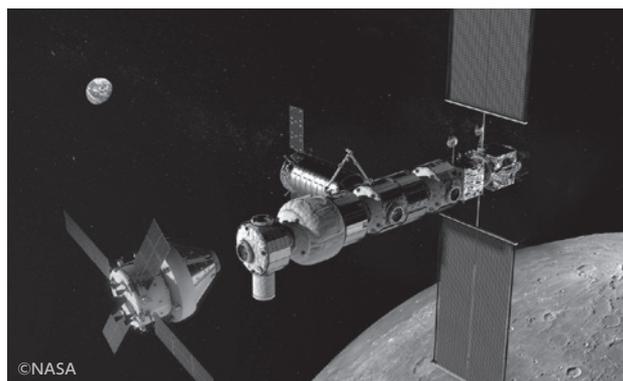
地球上では重力の影響が強いために隠れていて見えない物理現象がたくさんあります。宇宙ステーションやスペースシャトルは、地球では見えない部分を解明するための研究室です。私は医学が専門ですから、重力がない環境が生理機能にどんな影響を与えるのか、さまざまな実験をしました。

世界で活発化する宇宙開発

アポロの月面着陸は、半世紀の間、大きな夢を人類に与えてきました。人類が目指す次の宇宙開発のマイルストーンとはどのようなものなのでしょうか。

NASAは2028年までに再び月へ人類を送る計画を発表し、月面に基地をつくらうとしています。ただ、これは月をファイナル・フロンティアとするものではありません。火星や小惑星帯へ行くため、月面を中継点にしようとしているのです。国際的な枠組みの中では、国際宇宙ステーション（ISS）に参加する日本、アメリカ、ヨーロッパ、ロシア、カナダが月を周回する拠点をつくる「ゲートウェイ」の計画に取り組んでいます。

宇宙産業をめぐるのは、インドが有人宇宙飛行計画を進めていますし、アラブ首長国連邦は石油に頼らない国をつくらうと宇宙開発に莫大なお金を投資しています。また、これまで宇宙開発は各国政府によって主導されてきましたが、起業家のイーロン・マスク氏によってスペースX社が立ち上げられたり、イスラエルの団体が月探査機を打ち上げたり、民間のプレーヤーもどんどん参入しています。



「ゲートウェイ」は地球と月面を結ぶほか、火星探査の中継点に使うことも見込まれている。2022年から建設を始め、2026年ごろに完成予定。

宇宙開発はこれから産業として発展していくのでしょうか。

産業になる可能性があるから投資が進んでいるということでしょうね。Amazon.comのジェフ・ベゾス氏をはじめ、宇宙開発に多額の投資をしているのは、もともと小さなところから事業を広げてきた起業家たちです。未知の分野を開拓してきた彼らにとって、どうなるかわからないけどダメもとでやってみようと思える場所はもう宇宙しかないでしょう。日本ではまだ宇宙産業が育つ土壌ができていませんが、国際的には宇宙はファイナル・フロンティアと見なされ、夢があってワクワクするような場所だと考えられています。

宇宙に滞在するには、エネルギー、酸素、水、食料、廃棄物等、あらゆる面を考慮し、人が生きていける最低限のシステムをつくりあげなくてははいけません。宇宙空間における自給自足は可能ですか。

現在、宇宙ステーションではリサイクルしているものもありますが、完全ではありません。太陽電池でエネルギーはつくれますが、水や食料は滞在期間に必要とされる分を地球から持って行きます。水の場合、空気中の水分をコンデンス（凝縮）したり、おしっこから再生したりしますが、足りない分は地球から運びます。将来、火星へ行くのであれば、片道だけで8ヵ月近くかかりますから、地産地消すること、持って行ったものを効率よく使うことがより重要になります。

技術立国・日本の可能性

宇宙開発において日本が注力すべきテーマはどのようなものだと思いますか。

宇宙開発というと、ロケットや衛星をどうしようかという話になりがちです。しかし、有人宇宙飛行にはハイレベルの信頼性が求められるため、ロケットや衛星の部品ひとつひとつの検証に莫大なお金がかかります。これまで有人宇宙飛行に成功したのは、ロシア、アメリカ、中国だけです。それはこの3カ国が国威発揚のため宇宙開発に多額の資金を投入してきたからです。近年、民間レベルでも、海外の名だたる起業家たちが宇宙に注目しています。国家予算に匹敵する資金を持つ彼らに対して、日本が投資金額で勝ることは難しいでしょう。

限られた予算の中で効率を考えるなら、「衣・食・住」というテーマがよいと思います。地球と宇宙の両方で役立つ技術をデュアル開発で生み出す。地球にベネフィットをどんどん送りながら宇宙へどんどん進んでいく。宇宙船の空気をきれいにする技術だったり、消費エネル

ギーを減らす技術だったり、小さくてもきらっと光るものを持っていれば、大きなシステムを持つアメリカやロシアといった国からパートナーとして必要とされる存在になれるはずだ。「技術立国」じゃないと日本は生きていけません。

東京理科大学では「スペース・コロニー研究センター」をつくって、発電・蓄電、植物栽培、水・空気の再生をはじめ「衣・食・住」のすべてを完結させるシステムづくりに取り組んでいます。宇宙で自給自足というか、資源を効率よく使うという方向性は、エネルギーや食料のほとんどを諸外国に依存する日本が自立した国を目指すという方向性と同じです。また、日本は自然災害が多い国ですから、隔離された宇宙船で安心安全かつ快適に過ごせる技術は被災地にシェルターをつくる際にも役立ち、一石二鳥、三鳥の効果が期待できます。

宇宙と地球の両方で活用することで効果を最大化できるわけですね。

宇宙をターゲットとしてゴールを高いところに設定しながら、地球上でどんどん技術を展開していく。最初から地球上の砂漠地帯で使うことを目的とすると、単なる開発途上国への技術トランスファーで終わってしまいます。エアフィルターも省エネ技術も安全性や効率性を高めないと、月面へ持って行くことはできません。宇宙開発からのスピノフは、安全安心でクオリティーが高いというのが特徴です。

最悪の事態を回避するために

宇宙船で想定外の問題が起きたときに何とかやり抜くための能力を開発するトレーニングはあったのでしょうか。

NASAの訓練のほとんどは、当たり前に行かないことを想定し、こういう場合はどうしよう、ああいう場合はどうしようというものでした。A=Bとなる予定だったものがA=Cとなったとき、A=Bの次はDへ行くというのがわかっていれば、



A=CからDへ持って行く手段を考えることができます。

外科医の時代には手術前にシャドーオペレーションをして練習していました。しかし、医学では一重の準備であるのに対して、宇宙では三重の準備をします。たとえば、袋に物を入れるとします。破れると困るので袋を二重、三重にするのですが、同じ素材の袋を2枚、3枚使うのでは一重と変わりません。異素材の袋を使ったり、入れ方を変えたりしながら、三重の準備をして、袋が破れたときの被害を最小限に食い止めます。

碁や将棋の棋士は何十手も先を読みますよね。それと同じことです。要は、最悪の事態を考えて備えておけば、最悪の事態は回避できるということです。

宇宙をテーマとするSF作品は多数ありますが、近年、ロボットやAI等、SFに描かれた世界が実現し始めています。SFがフィクションでなくなりつつある新時代を生き抜くため、私たちはどんなことを身につけておけばよいと思われませんか。

自分が自分であればよいと私は思います。SFの世界が現実化しているのは今に始まったことではないからです。ただ、いつも自分が自分であるというのは簡単でないかもしれません。私自身も悩むことはあります。悩んだときはリセットというか、ニュートラルな状態に戻すことが必要です。たとえば、車を運転していてハンドルがどちらに回っているかわからないとき、手を離せというじゃないですか。離せば自然にニュートラルなポジションに戻るんです。人の場合、年を取ると、昔、自分がどんなことに感激して何になりたかったのか、小さなころの思い出や志を忘れ、基準点がシフトしてしまふことがあります。私はこの先どう行くべきか悩んだときは、いったん目の前にあるものを手放し、小さいころ何がやりたかったのか、原点に戻って考えるようにしています。

100円よりも100万円の夢を見よう

最後に、企業がビジネスと宇宙の接点を見つけられるようにアドバイスをいただけますか。

先ほど「衣・食・住」の話をしました。たとえばスペース・コロニー研究センターでは閉鎖空間であっても光や風、音を制御してマリブのビーチだったり夕方の日差しであったり、屋外にいるような感覚が得られる環境をつくろうと取り組んでいます。「家の中は外」をコンセプトとしており、宇宙空間だけでなく地球上の生活でも活用できる技術です。日本は高齢化社会を迎えています。足腰が弱くて外出できない方に屋外にいるのと同じ刺激を与えることができます。

企業は考え次第で自分のビジネス範囲を宇宙まで広げることが可能です。私たちは環境の中で生かされている生物であり、私たちを取り巻くものすべてが環境です。洋服は

マイクロエンバイロメント（極小環境）だし、逆にうんと広げていけば宇宙になります。

英語には「exploration」という言葉があります。日本語だと「探査」と訳されることが多いですが、行動にしても知識にしても自分の持っている限界を広げていくという意味です。企業が「exploration」、つまり自分のビジネスを広げていこうとするとき、キーワードの中に宇宙が入ってきます。それは私たちが宇宙の中で生きているからです。私たちが今いるこの場所は宇宙の中の地球という特殊環境にある日本です。

知らないことを知りたい、もっと先に、行ったことのないところに行きたいとか、自分の領域を広げていこうとすると、それは非常にチャレンジングな分野だから、会社のイメージが未来志向型になるし、若い人を惹きつける力があります。今、宇宙開発の領域では、アメリカをはじめ、民間が参加できる枠組みができつつあります。宇宙には未知なるフロンティアがたくさんあるので、自分のビジネスを広げていく場として宇宙をぜひ活用してほしいと思います。

私が学生たちに話すのは、夢はタダで見られるから100円の夢ではなくて、10万円、100万円がもしあったらという夢を見た方がよいということです。大きな夢に向かって挑戦する方が毎日楽しくなるから、そんなふう宇宙という環境を使っていただければよいと思います。

【聞き手】三井住友銀行経営企画部サステナビリティ推進室室長代理 上田 有佳
日本総合研究所シニアマネジャー 井上 岳一



PROFILE

向井 千秋（むかい ちあき）

1977年、慶應義塾大学医学部卒業。医学博士。心臓外科医の経験を経て、アジア初の女性宇宙飛行士として1994年にスペースシャトル・コロンビア号に搭乗。1998年にスペースシャトル・ディスカバリー号で2度目の宇宙飛行を果たす。2015年に東京理科大学副学長、2016年に同大特任副学長に就任。2017年から同大スペース・コロニー研究センター長を兼任する。

特集

地球を人工的に冷やす ジオエンジニアリング

2015年にパリ協定が採択され、平均気温の上昇を産業革命前と比べて2℃以下に抑え、さらに1.5℃未満に抑える努力を追求することが世界の共通目標となった。その目標達成に向けた、選択肢のひとつとして世界で議論されている「ジオエンジニアリング(気候工学)」とは何か。

写真：藻類を利用した管型バイオリアクターでCO₂を固定

温暖化を食い止めるには

地球の上空にエアロゾル(大気中を浮遊する粒子)をまき、太陽光を反射する日よけをつくる。大気中から取り出したCO₂を石に変え、地中に埋める。それはまるでSF小説に出てくるような話に聞こえるかもしれない。しかし、今、世界では気候を人工的に操作する「ジオエンジニアリング(気候工学)」の研究が実際に進められている。

ジオエンジニアリングが関心を集める背景には、顕在化する気候変動の脅威がある。パリ協定のもと各国はCO₂削減に取り組んでいるが、地球の気温は上昇を続けている。2018年10月に国連の「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が発表した特別報告書『1.5℃の地球温暖化』では、世界平均気温はすでに産業革命前より1.0℃上昇し、現状のペースが続くと早ければ2030年にも1.5℃上昇すると

指摘している。

地球温暖化を1.5℃未満に抑制することはできるのか。『1.5℃の地球温暖化』では、その条件として、世界のCO₂排出量を2030年までに2010年比で約45%減らし、2050年ごろまでに実質ゼロとすることを挙げる。実質ゼロとは、2050年時点でCO₂の排出が続いている場合、同量のCO₂を大気から除去することによって相殺することを意味する。地球温暖化によってもたらされる最悪の影響を避けるため、ジオエンジニアリングが選択肢のひとつとして考えられている。

タブー視されていた ジオエンジニアリング

地球温暖化の対策としては、温室効果ガスを削減する「緩和策」、気候の変化に伴う被害を抑制する「適応策」がある。これに対して、ジオエンジニアリングは気候そのものを人工的に操作する第三のアプローチといわ

れている。

ジオエンジニアリングという言葉が学界に登場したのは今から40年以上前。1977年、地球温暖化に関する総合学術誌『クライマティック・チェンジ』に発表された論文の中で初めてこの言葉が使用された。しかし、地球温暖化問題を話し合う国際会議の場では、長年、ジオエンジニアリングについて公に議論されることがなかった。なぜなら地球を人工的に冷やすことができるようになれば、温室効果ガスを削減しない言い訳として使われる可能性があるため、多くの科学者たちが危惧していたからだ。

タブー視されていたジオエンジニアリングの状況を大きく変えたのは、オゾンホールの研究で知られるパウル・クルツェン博士だった。博士は他の科学者と同じようにジオエンジニアリングのリスクを認識していたが、それ以上に地球温暖化の先行きに危機感を覚えていた。特に恐れていたのは、大気中を浮遊するエアロゾルが

激減することだ。

エアロゾルとは、車の排ガスや発電所、火山等から発生する粉塵やスス等、大気中を浮遊する粒子である。人体にエアロゾルが取り込まれると健康に害を及ぼす恐れがあるため、先進国を中心に大気汚染対策が進められた。しかし一方で、エアロゾルには太陽光を反射し、結果的に気温の上昇を抑える働きがある。もし先進国だけでなく途上国も大気汚染防止に取り組み、大気中のエアロゾルが減少すると、地球温暖化が急激に進んでしまうかもしれない。そう考えた博士は、2006年に発表した論文で、成層圏にエアロゾルを人為的に散布する技術の実効性と副作用を検証する研究の必要性を訴えた。

1995年にノーベル化学賞を受賞したことのあるクルツェン博士の提案は、それまで避けられてきたジオエンジニアリングをめぐる議論を活発にすることになった。

求められる国際的な枠組み

本来ならば緩和策や適応策だけで気候変動の被害を抑制することが理想だが、気候変動の予測には不確実な部分も多い。気候変動の影響が予想よりも急速に表れたとき、ジオエンジニアリングが有効な手段になるかもしれない。しかし、これはあくまでも最後に取りべき手段だと科学者たちは考えている。

国内におけるジオエンジニアリング研究の第一人者である、東京大学未来ビジョン研究センターの杉山昌広准教授は「専門家の多くは、ジオエンジニアリングの研究を支持しているが、実施に関しては否定的」と述べる。

「どちらかといえば、私も実施には反対の立場ですが、気候変動が危険

図表1:ジオエンジニアリングのさまざまな手法

太陽放射管理 (SRM)		<ul style="list-style-type: none"> ・都市・住宅における太陽光反射率の改変 ・草地や農耕地の太陽光反射率の改変 ・砂漠の太陽光反射率の改変 ・雲の太陽光反射率の改変 (有機硫黄化合物発生等の生物学的手法、海塩巻き上げといった機械的手法) ・成層圏へのエアロゾルの散布 ・宇宙における太陽光シールド
CO ₂ 除去 (CDR)	自然のプロセスを利用するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄の散布による海洋肥沃化 ・リン・窒素の散布による海洋肥沃化 ・海洋の湧昇流・沈降流の促進 ・風化反応の促進 (土壌や海洋へのアルカリ物質の散布、地中でのケイ酸塩の炭酸化) ・バイオマスを炭化したバイオ炭によるCO₂貯留
	工学的手法	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂の直接空気回収
	緩和策との違いが不明確なもの	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオエネルギー・炭素回収貯留 (BECCS) ・植林・土地利用改善とCCS (CO₂回収・貯留)

出典:『気候工学入門』

な水準に達してしまい、ジオエンジニアリングしか手段がないというときが来るかもしれません。今は必要なくても危機的な状況に備えて研究しておかないと、いざ実施するときにどれだけ影響があるかを予測できず、大きな副作用をもたらしてしまう恐れがあります。さらにもうひとつ、ガバナンスという視点からも研究を進めていくことが重要です。ジオエンジニアリングの実用化にはコストや影響評価等、さまざまな課題がありますが、技術的には難しいものではないので、単独国家が強行的に実施に踏み切る恐れがあります。これを止めるには、国際的なガバナンスが必要です。

ガバナンスを構築するには、ジオエンジニアリングの影響や問題点等を把握して、規則や倫理基準を決めなければならない。ジオエンジニアリングには複数の手法があるため、それぞれの特徴を考慮することが必要になる。

「ジオエンジニアリングは大きく分けると“太陽放射管理 (SRM)”と“CO₂除去 (CDR)”という2つの系統があります。IPCCは地球温暖化に関する専門家の科学的知見を集約した報告書をこれまでにたびたび発表

していますが、『1.5℃の地球温暖化』以降、“ジオエンジニアリング”という言葉でひとつにまとめるのではなく、“SRM”と“CDR”を分けて評価するようになりました。今後、ガバナンスにおいても技術ごとに枠組みがつくられていくことが考えられます」と杉山准教授は話す。

太陽光を人工的に反射し、地球の気温を下げるSRM

SRMとCDRの特徴をそれぞれ見ていこう。SRMは太陽光を遮り地球を冷やす技術の総称である。太陽光を反射する方法としては「建物の外側を白く塗る」「砂漠に反射板を設置する」「海や雲の反射率を高める」「宇宙に太陽光を反射する鏡を置く」等、さまざまなアイデアがある。クルツェン博士が論文で紹介した、「成層圏エアロゾル注入」もそのひとつである。

エアロゾルによる効果は、すでに自然界において実証済みである。1991年にフィリピンでピナツボ火山が噴火したとき、放出された大量の火山灰とガスが一時的に地球の平均気温を約0.5℃低下させたことはよく知られている。

地球全体の成層圏にエアロゾルをまくことを想像すると膨大なコストを必要としそうだが、これまでの研究で少量の散布で高い効果が得られることが確認されている。散布方法や実施規模によって予測されるコストは変化するが、専門家の間では、成層圏エアロゾル注入は従来の緩和策と比べて安価な手段であるという意見が大方を占めるという。

しかし一方で、成層圏エアロゾル注入をはじめSRMの手法には共通の問題点がある。それはCO₂濃度が高いまま太陽放射を抑えて地球を冷やすため、気候システムを地球温暖化以前の状態に完全に戻すわけではないということだ。SRMの実施を止めてしまうと、CO₂の温室効果が急激に表れて気温が上昇してしまう。また、世界の気候システムは複雑なため、世界の平均気温が低下しても、局地的に予想外の気候の変化をもたらす可能性が心配されている。

SRMの副作用については予測が難しく、実験ですら屋外で行うとなると大きな論争を呼ぶ。アメリカのハーバード大学の研究チームが2019年内に行おうとしている実験は、数年にわたって慎重に準備が進められてきた。同実験では、高度約20キロメートル

の成層圏に炭酸カルシウム等の粒子を散布することを計画している。散布量は1キログラムにも満たないほど微量だが、外部の諮問委員会によって実験計画の検証を行う等、透明性と安全性の確保を図る。

杉山准教授は同実験の意義を次のように説明する。「たとえば医療の分野では、厚生労働省や病院内の倫理委員会等、先進的な医療行為や医学研究について協議する場があります。しかし、ジオエンジニアリングでは実験を行うにしても審議を行う場がありません。ハーバード大学の実験計画は、研究だけでなくガバナンスも取り込んでいる点が注目に値します。同実験の目的は地球を冷やすことではなく、散布された粒子によってどのような変化が起きるかを調べ、コンピューター・モデルを改良することです。ジオエンジニアリングの影響をより正確に予測できるようになると考えられています」。

自然や科学の力でCO₂を大気から回収するCDR

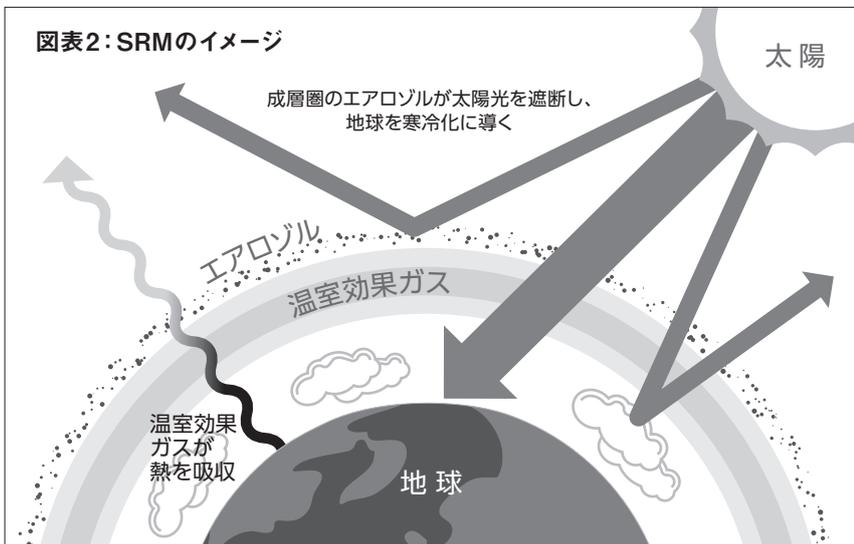
大気中にいったん放出されたCO₂は数百年から数千年の間、残留する。そのため、たとえCO₂排出量がゼロ

になっても、地球のCO₂濃度を下げるには、大気からCO₂を直接除去するCDRの手法が必要となる。『1.5度の地球温暖化』においても、温暖化を1.5℃未満に抑えるにはCDRの利用が不可欠であることが示唆されている。

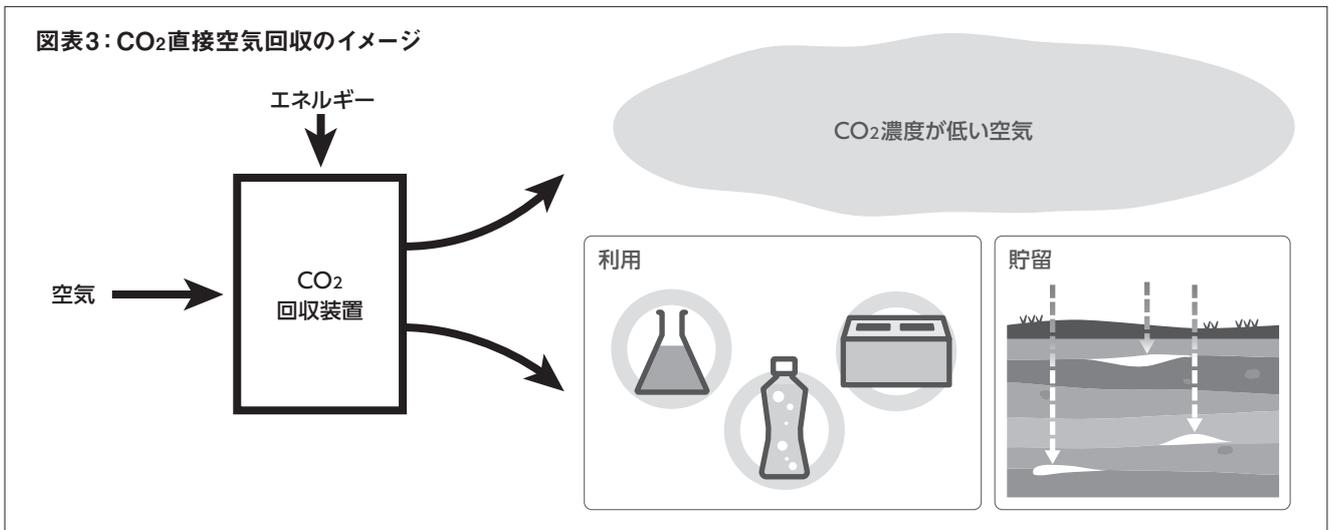
CDRの分野では、「植林」や「CCS (CO₂回収・貯留)」といった緩和策として従来取り組まれてきたものから、CCSとバイオマス発電を組み合わせた「BECCS」、栄養となる物質を海中に散布して海洋プランクトンの成長および光合成を促進する「海洋肥沃化」、光合成を行う微細藻類を生体触媒として利用する「バイオリクター」等、さまざまな手法が検討されてきた。中でも、副作用が少なく、効果的な手法として注目されているのが、大気から工学的にCO₂を取り出す「CO₂直接空気回収」である。

CO₂直接空気回収の技術は、潜水艦や宇宙ステーション等、呼吸によってCO₂濃度が高くなってしまいう閉鎖空間において以前から活用されている。その一方で、地球温暖化対策としてCO₂直接空気回収を利用することは容易でないといわれてきた。大気中のCO₂濃度は約0.04%ときわめて低く、回収効率やコストが課題とされてきたからだ。

しかし、近年、欧米の企業がCO₂直接空気回収の事業化に次々と名乗りを上げている。その先頭を走るスイスのベンチャー企業、クライムワークスは、2017年5月、チューリヒ近郊にCO₂を回収するプラントを稼働させた。世界初となる商用CO₂回収プラントは、1辺約2メートルの立方体の装置18個から成る。片側から大気が入ると内部の特殊フィルターにCO₂が付着し、反対側からCO₂のない大気が排出される仕組みでCO₂回収能力は年間約900トンに及ぶ。



図表3: CO₂直接空気回収のイメージ



これまで課題とされてきたコストについて、クライムワークスは空気中から取り出したCO₂を近隣の農家に販売し、収益を得ている。温室へ運ばれたCO₂は植物の光合成を活性化させる“肥料”として活用されているという。さらに同社は、回収されたCO₂とミネラルウォーターを使って炭酸飲料の商品化に取り組む等、付加価値を高める試みを進めている。

CO₂に関するクライムワークスの技術に注目しているのはスイス国内の企業だけではない。ドイツの自動車メーカーのアウディとは、大気中から回収したCO₂と水を原料とするディーゼル燃料の開発・製造に数年にわたってともに取り組んできた。また、アイスランドでは、CO₂を回収したのち、地中で石化して貯留する研究が進められており、同社の今後の展開

に期待が集まっている。

**国際社会で重要性を増す
ジオエンジニアリング**

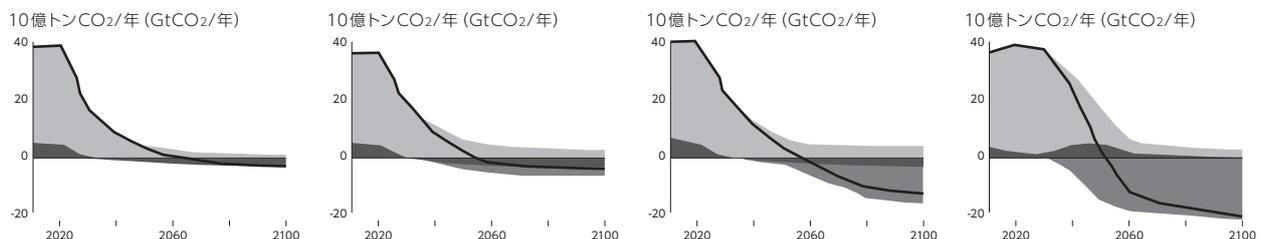
ジオエンジニアリングの研究を進めようという動きは今、確実に広がっている。2019年3月、国連環境計画 (UNEP) がナイロビで開催した年次会合において、ジオエンジニアリングに関する決議案がスイスから提出された。その内容は、ジオエンジニアリングの影響やリスク、ガバナンスの評価を行うことをUNEPに提案し、独立した専門家グループの設立に協力するよう各国政府に要請するというもの。全会一致に至らなかったため、最終的に決議案は見送られたが、アメリカやEUは長期的な低炭素戦略の中にすでにCDRを盛り込んでい

る。ジオエンジニアリングの動向を長年見つけてきた杉山准教授は、「ジオエンジニアリングが国際会議の場で語られるようになったということ自体が大きな進歩だと思います」と話す。

国内でも、CO₂回収・利用への関心が高まっている。日本政府は毎年、国際会議「Innovation for Cool Earth Forum」を開催しているが、2018年10月の年次会合においてCO₂直接空気回収に関するロードマップが発表された。2019年4月には、パリ協定の目標達成に向けた長期戦略案が発表され、CO₂を積極的に回収・利用する方針が示されている。さらに、環境省はCO₂直接空気回収の実証事業を計画。現在、事業者を募集しているところで、2022年度までに実用化に必要な技術を確認することを目指している。

図表4: 『1.5°Cの地球温暖化』で示された4つのモデル経路

●化石燃料と産業 ●農業、林業および他の土地利用 ●BECCS



CO₂直接空気回収に挑戦する18歳の研究者

2017年、日本でCO₂直接空気回収に取り組む「CRRA（炭素回収技術研究機構：シーラ）」が立ち上がった。その機構長に就任したのは当時高校2年生の村木風海さんだ。村木さんはCO₂直接空気回収装置を独自に開発。持ち運び可能な家庭用サイズの装置は世界でも例がない発明品である。地球温暖化という世界規模の問題にひとりで立ち向かうことになった経緯を村木さんに語ってもらった。

III 火星に住むには？

研究を始めたのは小学4年生のときだったという。「きっかけは祖父からもらったスティーヴン・ホーキング博士の冒険小説でした。子どもたちが宇宙で繰り広げる大冒険に魅せられ、『いつか火星に住みたい!』と夢見るようになったんです。そんなとき、小学校で1年間好きなテーマで研究するプロジェクトがあって、僕は『火星に住むには?』をテーマに選びました」と村木さんは振り返る。

火星はCO₂で覆われている。しかし、人間は酸素がないと生きられない。そこで考えたのがCO₂から酸素をつくることだった。「ドライアイスを使ってペットボトルの中をCO₂でいっぱいにして、そこに雑草を入れました。すると、雑草は3日間も生き延び、ペットボトルの中には微量ですが酸素があったんです。『CO₂って面白い!』と感激しました。このとき『植物ってすごい』とならなかったのが自分でも不思議ですが、ここから『CO₂の虜』になりました」。

III ジオエンジニアリングとの出会い

「中学2年生のとき、科学の本を読んでその内容についてプレゼンテーションをするという課題があり、図書館で『気候工学入門』という本をたまたま見つけました。地球温暖化は止まらない。それは衝撃的な内容でした。自分にできることはないか。本の中で紹介されているCO₂直接空気回収という技術に興味を持ち、水溶液を使ってCO₂を回収する仕組みを研究しました」。

当時、通っていた中学校には、学生が調べた内容を卒業研究として発表する場があった。そこで村木さんは自分の研究成果を発表するが、周囲の反応は冷やかだったという。

「ジオエンジニアリングという考え方そのものが知られていなくて、なぜこんな研究をしているのかと、理解してもらえませんでした。地球温暖化はすごく大変な問題なのに、それがとても悔しくて、高校生になってからも研究を続けました」。

III 世界初、CO₂を回収する家庭用装置

高校生になった村木さんは、CO₂に関する研究だけでなく、プログラミングの学習にも取り組んだ。しかし、初号機的设计にめどを

つけたところで途方に暮れることになる。

「おこづかいだけでは実機をつくれな。どうしようか悩んでいたところ、総務省の研究支援プログラム『異能vation（いのうべーしょん）』の存在を知り、応募してみることにしました」。

ほかの応募者は大学の研究員や起業家といった大人ばかり。ほとんどあきらめていたそうだが、結果は見事に採択。村木さんは国公認の「異能ベーター（いのうべーター）」となった。そして、2017年12月、総務省から支給された研究費をもとにCO₂直接空気回収装置「CARS-α（カルス・アルファ）」を完成させる。翌年、さらに21台を増産。地元である山梨県北杜市の小中学校に装置を貸し出し、実証実験を実施した。

「温暖化問題の解決には個人の意識から変えていく必要があります。一般の人に使ってほしいので家庭用サイズの小型装置をつくりました。CARS-αのスイッチを入れると、身近な環境改善だけでなく、地球温暖化を抑制するアクションを起こすことができます」。

III 夢は空飛ぶ異能ベーター

初号機完成後も研究は終わることはない。さらに改良を重ね、CO₂回収量を6倍に向上させた。同時に、回収したCO₂の高付加価値化を目指し、広島大学の協力を得てCO₂からメタンをつくる研究も進めてきたという。

2019年春に東京大学理科一類へ進学した村木さんが目指すのは「空飛ぶ異能ベーター」になることだ。「CO₂からつくったメタンを燃料にして走る自動車や小型飛行機を開発し、2045年までに火星への移住を実現するのが目標です」。



「仲間を増やしてCARS-αを実用化したい」と語る村木さん。



CARS-α。親しみやすいように「ひやっしー」という愛称が付けられている。

取材協力（本記事 登場順）

●東京大学未来ビジョン研究センター ●CRRA（炭素回収技術研究機構）

参考資料

●杉山昌広「気候工学入門—新たな温暖化対策ジオエンジニアリング—」日刊工業新聞社、2011年

Sustainability Seminar

〈第53回〉

埼玉県の気候変動適応策

気候変動の影響が顕在化する中、2018年12月、気象災害や農作物の品質低下といった被害を軽減する対策を推進するための「気候変動適応法」が施行された。同法では、各自治体に「地域気候変動適応センター」を設置することを努力義務としている。「地域気候変動適応センター」とは何か。全国に先駆けて「地域気候変動適応センター」を設置した埼玉県の環境部温暖化対策課の栗原諒至氏に解説していただく。



栗原 諒至

埼玉県環境部温暖化対策課埼玉ナビゲーション担当に所属。適応策に関する事務に従事。

埼玉県における 適応策の位置づけ

本県においては気温上昇が進んでおり、熊谷地方気象台によると年平均気温は1898年から2017年にかけて2.1℃/100年のペースで上昇した(図表1)。

こうした中、本県では水稻の高温障害(白未熟粒の多発)、熱中症による搬送者数の急増、集中豪雨の頻発等、気候変動の影響と思われる現象が顕在化している。環境省の研究成果によると、本県において温室効果ガスの削減が最も進んだケースでも、今世紀半ばまでに現在との比較で年平均気温が1.0℃上昇すると予測されている。この予測は、温室効果ガスの排出削減が大きく進んだとしても、一定程度の気温上昇は避けられないことを示唆している。

このことから、本県では気候変動対策の両輪として省エネの推進等の「緩和策」に加え、温暖化の影響に適切に対応することで被害を回避・軽減する「適応策」に積極的に取り組んでいる。

「地域気候変動適応センター」 設置までの経緯

本県では、2009年2月に策定した地球温暖化対策実行計画において「地球温暖化への適応策」を計画に位置づけるとともに、埼玉県地球温暖化対策推進条例で、「地球温暖化への適応」を明記し、適応策を積極的に推進してきた。

県立の環境に関する研究機関である埼玉県環境科学国際センター(CESS)に、2010年に温暖化対策に取り組む専門部門を設置。さらに、環境

省の「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」(S-8)に参画し、国や他の研究機関との関係構築に努めてきた。

また、2012年2月には県庁内で適応策を推進する体制として「地球温暖化対策推進委員会適応策専門部会」を設けて適応策の検討を横断的に進め、2016年3月に、適応計画「地球温暖化への適応に向けて～取組の方向性～」を策定した。

このようにCESSは、気候変動に関する情報の収集や分析を行う等、研究機関としての専門的な立場から本県の適応策推進に関わってきた。そこで、2018年12月の気候変動適応法の施行に合わせて、全国に先駆けて「地域気候変動適応センター」をCESSの中に設置した。

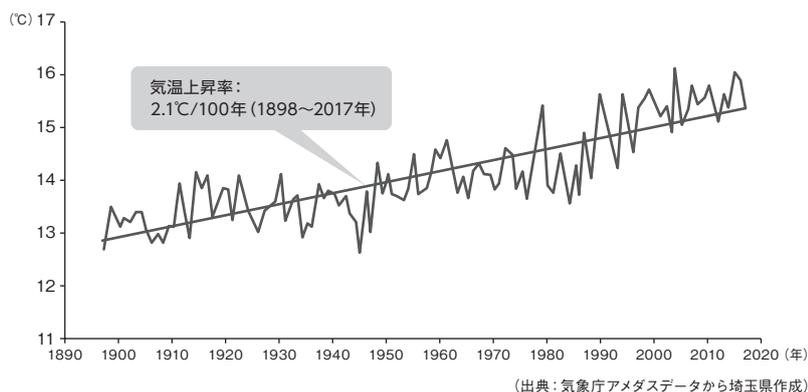
地域気候変動 適応センターの役割

CESSでは、これまでも気候変動影響および気候変動適応に関する情報の収集、整理および分析を行ってきた。今後は地域気候変動適応センターとして、企業や県民、市町村に対して、情報の提供や技術的助言をさらに進めていく。

当面は次の3点に取り組んでいく。

①本県の気候変動の影響に関する情報や適応策に関する事例(図表3)を掲載したホームページを作成し、情報を発信。

図表1：埼玉県の年平均気温の推移



図表2：埼玉県の適応策に関する取組

年	取組
2009年	埼玉県地球温暖化対策実行計画「ストップ温暖化・埼玉ナビゲーション2050」を策定（「地球温暖化への適応策」を計画に位置づけ）（2月） 埼玉県地球温暖化対策推進条例の制定（地球温暖化対策の定義に「地球温暖化への適応」を明記）（3月）
2010年	埼玉県環境科学国際センターに温暖化対策担当を設置（4月） 環境省環境研究総合推進費「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」（S-8）に参画（4月）
2012年	庁内推進体制として「地球温暖化対策推進委員会適応策専門部会」を設置（2月）
2016年	適応計画「地球温暖化への適応に向けて～取組の方向性～」の策定（3月）
2018年	埼玉県環境科学国際センターに「地域気候変動適応センター」を設置（12月）

②気候変動や将来予測情報（図表4）を整理したレポートを作成し、適応策に関する普及啓発を実施。

③プッシュ型の情報発信として、企業や県民、市町村向けのセミナーや「サイエンスカフェ」を開催。

今後、気候変動に関する情報収集を強化するとともに、気候変動に関する情報を広く提供することで、適応策に関する理解の促進を図っていく。

企業ができる適応策

気候変動は、事業活動にも影響を与える恐れがある。そのため、気候変動適応法では、企業努力として事業活動

の内容に即した気候変動適応に努めるとともに、国や地方自治体の適応策に協力するよう努めることが規定されている。

具体的には、気候変動の影響により事業活動が途絶えることがないように、サプライチェーンの多重化や洪水時の浸水対策等のリスクマネジメントへの取組が求められている。

また、防災・減災に資する技術開発、製品等の販売や高温耐性品種の開発・販売等、いわゆる「適応ビジネス」の実施も企業が取り組める適応策とされている。

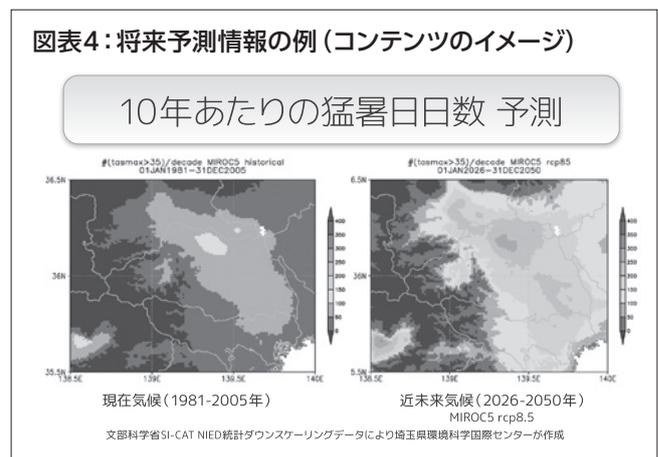
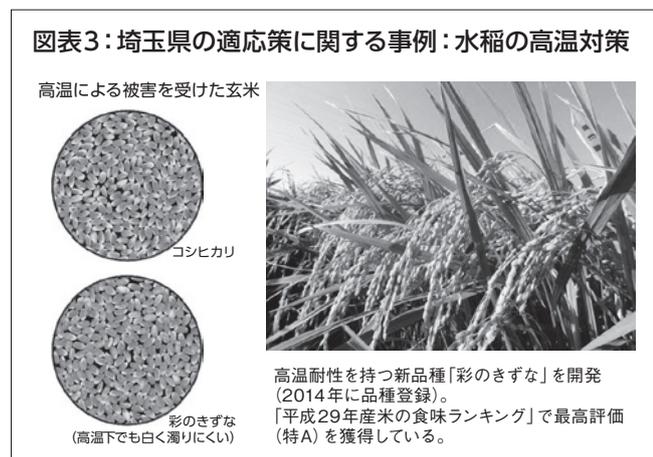
適応策は、企業を含めた幅広い主体の取組が必要である。県としては、企業が気候変動適応に取り組めるよう情

報提供や支援を行っていく。

今後の課題と展望

適応策そのものの理解が進んでいないことが課題に挙げられる。そのため、まずは県が適切な情報の発信を積極的に行い、県民や企業、市町村に対して適応策の理解醸成に努めることが重要であると考ええる。

こうした情報発信を通じて、県民、企業、市町村の適応策に関する理解を促進しつつ、気候変動による暑さや災害への備えを充実させるとともに、温室効果ガスの排出削減を促進していきたい。



カーボンニュートラルな「秋田産電力」で 環境保護と地域活性化に貢献

ユナイテッド計画株式会社

産業廃棄物処理業を手掛けるユナイテッド計画株式会社は、環境に配慮した先進的な焼却溶融設備を誇る「リサイクリングワーフ秋田」を運営するとともに、関連会社を通じて「秋田産電力」を供給するバイオマス発電所を展開しています。環境保護と地域活性化に貢献する同社の取組について取締役社長の平野久貴氏にお話を伺いました。

貴社の沿革および事業概要をご紹介いただけますか。

前身は、先代が1965年に設立した平野産業で、当初は運送業や土木工事業を手掛けていました。1979年の第二次オイルショック以降、いわゆる「建設業冬の時代」が訪れて仕事が激減したため、1986年に現在の主要事業である産業廃棄物処理業へ参入しました。

1993年には、商号をユナイテッド計画株式会社に変更。同年に管理型処分場を立ち上げ、2011年に産業廃棄物を焼却溶融しながら発電も行う「リサイクリングワーフ秋田」を稼働しました。そこで培ったノウハウ・経験を生かし、2013年に関連会社のユナイテッドリニューアブルエナジー株式会社でバイオマス発電事業へ進出することを決めました。

「リサイクリングワーフ秋田」の焼却溶融施設は、先進的な取組ですね。

当時、日本では電気機器等に使用されているPCB（ポリ塩化ビフェニル）の毒性が問題視されていました。その課題を解決するため、PCB 特措法（ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法）が立法されるとの情報を入手した我々は、将来を見据えてPCBを安全に処理できる焼却溶融施設を備えた処分場を、業界に先駆けて建設する決断を下しました。

大気汚染防止策やリサイクル、自家発電等、さまざまな環境配慮策を講じていますね。

ロータリーキルン型の焼却溶融炉は、1,300℃の高温下で廃棄物を攪拌しながら焼却溶融することにより、発生するダイオキシン類等の有害成分を完全分解できます。焼却溶融後の廃棄物は無害なスラグとして排出されます。このスラグは道路の路盤材やアスファルト骨材として利用可能であり、溶融メタルは金属資源としてリサイクルされています。

焼却溶融時に発生する排ガスは二次燃焼室に送り、未燃分

まで完全燃焼させています。排ガスに含まれる塵や有害成分はバグフィルターで除去し、大気中に有害物質を排出しません。

なお、高温の排ガスは水管を張り巡らせたボイラーへ送り熱エネルギーを回収し、これをタービン発電機に送り、施設内の電力として自家消費しています。この自家発電により「リサイクリングワーフ秋田」では、CO₂排出量の大幅な削減を実現しています。

バイオマス発電へ参入された経緯を教えてください。

きっかけは2011年にFIT法（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）が成立し、再生可能エネルギー発電が注目されたことです。我々は「リサイクリングワーフ秋田」を運営する過程で廃棄物発電に関する技術やノウハウを蓄積していたので、これを生かして木質バイオマス発電事業へ参入しようと考えました。しかし、この計画の実現には、構想から6年もの年月を要しました。

なぜ6年もの年月がかかったのですか。

最大の理由はファイナンスです。総事業費125億円のビッグプロジェクトなので、地元金融サイドから「エクイティが20億円なければファイナンスを組成できない」と言われてしまったのです。我々が自前で用意できる金額は5億円でしたので、あと15億円調達しなければなりません。さまざまな投資会社に事業計画の重要性を説明して回り、最終的に、くにうみアセットマネジメント株式会社様と株式会社レノバ様、環境省所管の一般社団法人グリーンファイナンス推進機構様から出資をいただき、何とか20億円を調達しました。

さらに、秋田県のふるさと融資で31億円を借り受け、残りの80数億円を地元の全金融機関と県外金融機関によるプロジェクトファイナンスで賄い、ようやく2016年にバイオマス発電所を立ち上げることができました。



リサイクリングワーフ秋田の焼却溶融施設



ユナイテッドリニューアブルエナジーのバイオマス発電所

燃料の木材は、どのようなルートで調達しているのですか。

我々は産業廃棄物処理業者で、木材や林業はまったくの素人でしたから、県立大学の先生や秋田県農林水産部の方々に、木材の特性や燃料として利用するための技術、原料調達のスキーム等を1から教えていただきました。その過程で、秋田県は全国一のスギ人工林面積を誇り、その大半が植林から60年以上たった老木でCO₂の吸収量より排出量が大きく、地球温暖化対策として伐採の必要があることがわかりました。また、雪の重さで幹が曲がって用材にならない未利用材が放置されている事情も見えてきました。

秋田県はこうした林業資源活用の課題を解消すべく、秋田林業大学校を設立して若い林業従事者の育成を行い、積極的に機械化を進めており、バイオマス発電の燃料調達に適した環境が整っていることもわかりました。

そこで我々は県内の林業関係者のもとへ足を運び、バイオマス発電に必要な木材チップを供給していただけないかと、お願いして回りました。この依頼に県内全域の林業関係者をご賛同くださり、県南3カ所、県北3カ所、県央2カ所にチップ工場を設置して安定供給できる体制を確立していただきました。

一般的なバイオマス発電所では、半径50キロメートル圏内から燃料を調達しないと採算が合わないといわれますが、我々は県内全域100キロメートル圏内から燃料を調達することを選択しました。それは、この事業を単なる発電事業ではなく、秋田県全体の地域経済発展に貢献するプロジェクトにしたいと考えたからです。

幸いにも、我々は土木工事業を手掛けており県内の地理に精通していたため、100キロメートル圏内でも平坦な輸送ルートを利用すれば採算が取れることがわかっていました。

地域によって木材チップの品質がバラつくことはありませんか。

木材は生育環境や保管、加工状態で含有水分量が異なるため、そのままの状態だと発熱量が変化し、発電量が不安定になる恐れがありました。この課題には「リサイクリングワープ秋田」で培った廃棄物発電の技術とノウハウを生かしました。木材チップを燃焼させる前にロータリーキルン型の乾燥機を設置し、含有水分量を35%まで落とすことで、安定した発電を実現したのです。

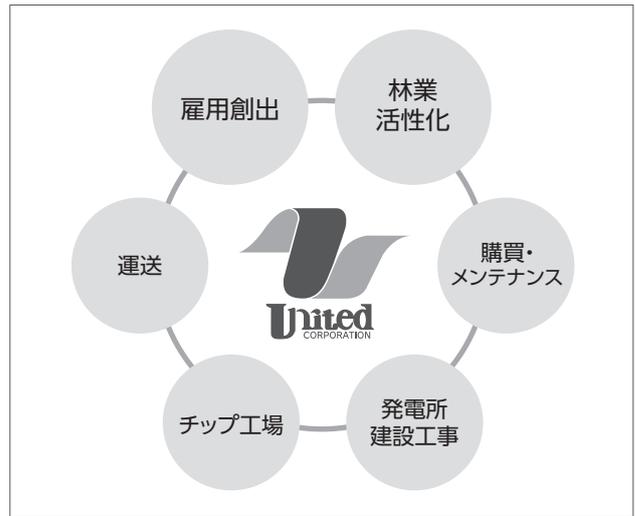
PKS (ヤシ殻) も燃料に利用しているそうですね。

現在、秋田県産の木材チップを7割、インドネシアやマレーシアといった東南アジアのPKSを3割の比率で使用しています。ちなみに、PKSとは、ヤシの実の種子の中心(仁)を覆う殻の部分で、パーム油生産の副産物です。

環境配慮については、国際認証RSPOを取得したプランテーションから採れるヤシの実のPKSを利用していることと、栽培過程における児童労働や不法投棄等の問題がないか等、我々自身が直接現地を訪れてトレーサビリティ調査を行い、毎年報告書を作成しています。

バイオマス発電が地域経済に与えた波及効果を教えてください。

現在の発電量は東北最大級の20.5メガワットで、一般家庭4



バイオマス発電所創業による地域経済への波及効果

万世帯分の「秋田産電力」を供給しています。

地域経済への波及効果として、まず挙げられるのは、林業関係者の安定した収益基盤づくりへの貢献です。建築等の用材は需給で価格が変動するため、これまで林業関係者の収入は不安定になりがちでした。一方、木材チップは、年間を通じて需要があり価格も変動しないので安定収入を確保できます。今まで捨てていた未利用材が安定した収入源となり、先を見通した経営が可能になったので、新たに人を雇用したり、後継者を育てたりする林業関係者も増えています。

また、県内8カ所で燃料チップの加工工場が稼働し、チップ製造や運送業等、新たな仕事が創出され、県内だけでも約100人の新規雇用があり、経済効果は20年間で約500億円ともいわれています。

貴社の今後の展望を教えてください。

産業廃棄物処理はもはや成熟産業であり、今後は地元密着型が大規模広域型へ二極化していくことが予想されています。我々は後者としてM&Aを活用しながら広域化・大規模化を進め、ヨーロッパ、アメリカの廃棄物処理産業に近づきたいと考えています。

バイオマス事業については、地球温暖化防止の観点から今後も成長が期待されますが、問題はFIT終了後です。当然のことながら、我々はすでにFIT終了後を見据えた対策に取り組んでおり、将来にわたって持続可能な成長を図れると考えています。



取締役社長
平野 久貴氏

会社概要

社名	ユナイテッド計画株式会社
所在地	秋田県潟上市昭和豊川槻木字榎13-1
資本金	1億円
事業内容	土木・舗装工事における設計・施工・管理、産業廃棄物の収集運搬および中間処理・リサイクル・最終処分、骨材販売業、総合建物解体業、一級建築士事務所、PFI事業
T E L	018-877-3027
U R L	http://www.united-k.jp/

Topics 1 国連環境計画、世界の天然資源使用量の急増に警鐘

世界の天然資源使用量は1970年から2017年にかけて3倍以上に増加。

国連環境計画 (UNEP) は、2019年3月に発表した『世界資源アウトルック 2019: 我々が求める未来のための天然資源 (Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want)』で、世界の天然資源使用量が1970年の270億トンから2017年に920億トンまで増加したことを発表した。

報告書は金属や非金属鉱物、化石燃料、バイオマス、水、土地について分析しているが、天然資源の使用は全面的に増加傾向にある。特に、砂れきや粘土資源といった非金属鉱物は90億トンから440億トンに急増しており、その採掘量は天然資源全体の45% (重量) を占める。

過去50年間で世界人口は2倍、国内総生産は4倍となった。世界人口の急増と経済成長に伴う生活水準の向上が、天然資源使用量が増加した背景にあ

る。2000年以降、発展途上国、特にアジアの新興国で新たなインフラの建設が進められ、物質的生活水準も向上したことで、世界の資源採取率は年率3.2%高まっている。また、高所得国における経済活動は他国で採取される原材料に依存しており、1人あたりで見ると9.8トンもの原材料が輸入されている (2017年)。過去50年間で、世界的な物質需要が長期にわたって安定化したことや減少したことは一度もなかったという。

報告書では、天然資源の採掘と材料・燃料・食料への加工は、生物多様性の損失と水ストレスの90%以上を占め、さらに世界における温室効果ガス排出量 (土地利用に関連する気候影響を除く) の約半分をもたらす原因となっていると指摘している。

過去のデータを分析して作成されたシナリオでは、このまま増加傾向が続け

ば、世界の天然資源使用量は2015年から2060年までに110%増えて1,900億トンに達し、1人あたりの資源使用量は11.9トンから18.5トンへ変化すると予測されている。しかし一方で、政府、民間セクターおよび各世帯による取組によって資源効率性を改善できれば、天然資源使用量や環境への影響を抑制するとともに経済成長も促進できると報告書は示している。

2015年に国連総会で17の目標を定めたSDGs (持続可能な開発目標) が採択されたが、その中でも持続可能な消費と生産のパターンを確保することが掲げられており、すでに天然資源管理の改善は国際的な課題となっている。今後、資源効率性をめぐる政策は世界で普及拡大していくものと見られる。

Topics 2 世界気象機関、気候変動の影響拡大を報告

世界で記録的な高温が続き、海水温、海面水位が2018年に過去最高を更新。

世界気象機関 (WMO) は、2019年3月、『2018年地球気候の現状に関するWMO報告書 (WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018)』を公表した。WMOによる年次報告書は1994年から作成されているが、最新版では世界で記録的な高温が続き、海水温、海面水位がいずれも2018年に過去最高を更新したことを明らかにしている。

WMOの発表によると、2018年、世界の平均気温は産業革命前比で約1℃上昇し、過去4番目に高かった。世界の平均気温が史上最高を記録したのは2016年で、以下高い順に2015年、2017年、2018年と続く。2015年から2018年は観測史上最も暖かい4年間だった。

水深700メートルまでの海水温、水深2,000メートルまでの海水温はともに前年に続いて上昇した。その理由として、

CO₂をはじめ温室効果ガスのエネルギーの90%以上を海洋が吸収したことが挙げられている。

海面水位は2017年から2018年にかけて世界平均で3.7mm上昇した。1993年から2018年までの平均上昇率は3.15mm±0.3mmで、2年に0.1mmのペースで上昇していると推計されている。グリーンランドや北極、南極での氷の融解が確認されており、これが海面水位の上昇につながっているという。

さらに2018年は、洪水の被災者が世界中で3,500万人を超え、6,200万近くの人々が異常気象や気候変動の影響を受けた。アメリカだけで14件の気象災害が発生。被害額はそれぞれ10億米ドルを超え、合計で約490億米ドルに達した。ヨーロッパや日本では熱波や山火事による被害で死者が相次ぎ、その数は1,600人以上に及んだ。

特に公衆衛生の分野では、熱波に対する取組が求められている。世界保健機関 (WHO) によると、2000年から2016年にかけて熱波の平均期間は、1986年から2008年までの間と比較して0.37日長くなった。その結果、熱波にさらされる人の数は約1億2,500万人増加したという。今後、気温の上昇により、熱波の強度、頻度、期間がさらに悪化すると予想されている。

気候変動対策が急務であることをあらためて確認した今回の報告書は、2019年9月の「気候行動サミット」に提出される予定である。報告書の発表記者会見に登壇したアントニオ・グテーレス国連事務総長は、世界のリーダーたちに対して「スピーチ」ではなく「計画」を持ってサミットに出席するよう呼びかけている。

鯉米と魚醤の生産で地域課題に挑戦

広島県立世羅高等学校 農業経営科の紹介

広島県の中東部に位置する世羅町は、米や野菜、果物等、農産物の一大生産地です。地域産業の担い手の育成を目指す広島県立世羅高等学校農業経営科には、3学年合わせて約90人の学生が在籍。農産物の付加価値を高める研究に取り組み、野菜の栽培から食品加工、販売、商品開発まで幅広く学んでいます。

■ 養殖過程では鯉が大量に廃棄されている

錦鯉の養殖が盛んな広島県。色や模様の美しい錦鯉は国内外で高い評価を得ていますが、養魚場で生まれるのは発色のよい鯉ばかりではありません。養殖の過程では、将来性のある稚魚が選別され、残りは廃棄されています。世羅高校近くには日本最大規模の養鯉場があり、そこでは年間約8トンの稚魚が焼却処分されていました。2017年、廃棄される稚魚を活用しようと、農業経営科の学生たちが研究を開始。稚魚を田んぼに放流して無農薬米づくりに取り組んだり、食品として商品化することを検討したり、試行錯誤を重ねてきました。

■ 世羅町の新たな特産品をつくりたい

鯉の活用方法としてたどり着いたのは魚醤をつくることでした。一般に魚醤づくりは常温で発酵を行い、1~3年かかるといわれていますが、先行研究を調べていく中で、50℃の発酵温度で製造期間を1カ月に短縮する手法を発見。この手法で鯉を使って鯉魚醤をつくった前例がなく、さまざまな塩分濃度で試作を繰り返し、魚醤を完成させました。鯉独特の臭みは乳酸菌を加えることでまろやかな味わいになったといいます。次の課題は、塩無添加で魚醤をつくり、さらにその残渣を肥料として耕作放棄地で米を栽培すること。世羅町を代表する新たな特産品の開発が期待されています。



廃棄される鯉を活用



鯉魚醤の発酵実験



耕作放棄地の活用を目指す



さまざまなイベントで活動を紹介



廃棄される鯉と耕作放棄地を活用し、地域課題の解決と産業の活性化に取り組んでいます。魚醤はいろんな種類の魚からつくることができますが、高校生ができることなら取り組みやすいと思ってもらえると思うので、鯉魚醤をPRすることで日本各地の魚醤文化を盛り上げていきたいです。

まおり
農業経営科3年生 荒木 舞桜里さん

地域の方に鯉魚醤を試食してもらったところ、「早く商品化してほしい」という声をたくさんいただきました。鯉魚醤と鯉米を商品化することで、世羅町の魅力を全国へ伝えていけたらうれしいです。今後も地域課題に取り組み、街を盛り上げるプロジェクトに関わっていききたいと思っています。

ともむね りゅうき
農業経営科3年生 友宗 龍希さん



特色のある活動

- 20年以上放置された茶畑を再生し、地域ブランド「世羅茶」を商品化
- 農産物の受粉を助けるミツバチを効果的に増殖する手法を研究
- 学校給食の残渣を利用し、カブトムシ飼育用の腐葉土や堆肥を生産

ココがスゴイ!

- 農産物の生産からビジネスプランの作成まで地域課題に挑戦
- イタリアで開かれた食のイベントで日本代表として「世羅茶」をPR
- ミツバチの増殖を早める手法を確立し「世羅梨」の生産に貢献



私のおすすめ Eco Book



アイヌ文化で 読み解く 『ゴールデンカムイ』

中川 裕 著
野田 サトル 漫画

集英社

900円(税抜)

近ごろアイヌへの関心が高まっているのをご存じだろうか。きっかけのひとつとして挙げられるのが漫画『ゴールデンカムイ』の存在だ。2014年連載開始で累計発行部数900万部突破、アニメ化もされた大ヒット作である。日露戦争終結後の北海道が舞台であり、物語のキャラクターとして魅力的なアイヌが多く登場する。なお、この作品のアイヌ語監修を務めているのが本書の著者である。

タイトルからは漫画の副読本のような印象を受けるが、未読の方でも十分楽しめるようにつくられているので安心してほしい。そもそも私を含めてほとんどの方はアイヌについて「北海道の先住民族で独自の文化を持っていて、現在の日本では少数の方が暮らしている」といった漠然とした知識しか持っていないのではないだろうか。この本ではアイヌの歴史に始まり、文化・信仰・食について漫画本編とともに解説されており、巻末にはブックガイドがついているという、アイヌを知る上で絶好の入門書となっている。

最後にひとつ、感銘を受けたアイヌの言葉を紹介する。

「カント オロワ ヤク サッ ノ アランケッ シネッ カ イサム」
(天から役目なしに降ろされた物はひとつもない)
ぜひ読んでほしい1冊である。

推薦人 ジュンク堂書店 福岡店スタッフ 福田 雄克さん

新刊紹介



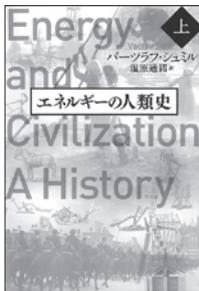
ネコ・かわいい殺し屋 生態系への影響を科学する

ピーター・P・マラ 著
クリス・サンテラ

築地書館

2,400円(税抜)

人に愛される特権を得たネコ。周辺生物への影響や、環境との関わりを科学的に検証する。



エネルギーの人類史 上・下

バーツラフ・シュミル 著

青土社

各3,200円(税抜)

人類の歴史はエネルギー革新とともに。さまざまな観点で人類とエネルギーが紡いだストーリーを紹介。



食べるとは どういうことか

藤原 辰史 著

農山漁村文化協会

1,500円(税抜)

京都大学の准教授と中高生の座談会を書籍化。人間とは？ 我々の未来とは？ その本質に迫る。



子どもと読む Eco Book



絵巻じたて ひろがるえほん かわ

加古 里子 作・絵

福音館書店

3,000円(税抜)

今号から「子どもと読むEco Book」コーナーを新設します。子どもたちに人気のある本から、環境と触れる機会を見つけていきます。

最初に取り上げるのは加古里子作・絵の『かわ』。1962年に月刊絵本「こどものとも」7月号として出版され、2016年に『絵巻じたて ひろがるえほん かわ』として新装されました。

「たかひやまにつもったゆきがとけてながれます」と始まる川の旅は、山を下り、険しい崖の間を流れて、広い平野に出ます。川幅がだんだん広くなり、海に出ます。作者は、「静かな水の流れのみではなく、周辺流域の社会との関連、有用動的な状況を描くこと」「水流以外の関連する木材、砂利、発電等の経路流路と交絡すること」「汚染や環境悪化等、当時の負の面より、自然と人間社会の共存互助の未来形にすること」を意図して描いたといっています。上流の山から、田んぼ、川原、堤防、浄水場、橋、港に続く絵からは、50年以上たった現在でもほとんど古さを感じません。

新装版では折りたたまれたページを広げると最大約7メートルにもなり、保育所でも大人気なのだそうです。言葉で書かれていない絵の細部も楽しんで、自分の近くの川の周りに何があるか、見に行ってみませんか。

推薦人 株式会社日本総合研究所 シニアマネジャー 村上 芽



世界経済フォーラムの2019年版グローバルリスク報告書によると、水危機は影響が大きいグローバルリスクの第4位に挙げられており、8年連続で上位5位以内にランクインしました。干ばつ・洪水・水質汚染・取水制限等が、企業活動にとって重要な課題のひとつと見なされているのです。

同時に、水資源に対する企業の取組は、気候変動と並んで注目されています。環境分野の国際的なNGOであるCDPは、温室効果ガスだけでなく、水資源や森林資源に対する企業の取組についても情報開示を促しています。

水資源に関する取組に積極的な企業のひとつに、イギリス・ケンブリッジに本社を置く製薬企業のアストラゼネカがあります。同社はCDPによる企業評価で、気候変動と水資源の両分野において、3年連続でAリストに掲載されている数少ない企業のひとつです。

同社の特徴は、すべての活動の中

に「サイエンス」を位置づけていることです。環境分野でも、科学的根拠に基づく目標設定をしています。水資源分野では「ウォーター・シュワードシップ」というキーワードを掲げ、企業活動が水資源にもたらす影響を評価し、これを軽減するための取組を行っています。全世界の事業拠点について「水ストレス」(水需給に対するひっ迫の程度を表す指標)を評価し、水ストレスが高く、環境への影響が大きい地域について優先して取組を進めています。

2019年は主要事業所並びに水ストレスの高い9ヵ所の拠点で水に関する監査を実施し、4拠点で雨水採取を行う予定です。また、主要事業所であるスウェーデンのバイオ医薬品工場では、工場排水を冷却する装置の導入により、それまで冷却のために使用していた水道水を節約し、全社の水資源に対する影響の1%の節減につながったと評価しています。

また、製薬会社に特有の課題として、薬が水に溶け出して環境に影響

をもたらすことが懸念されますが、これについても取り組んでいます。同社によると、製造された薬のうち88%は患者によって服用されますが、2%は製造過程で廃棄され、10%は未使用薬として患者が不適切な方法で廃棄しています。現時点で、薬が水に溶け出して人間に健康被害を引き起こすといった研究結果は報告されていませんが、同社では薬の成分ごとに環境リスクを査定しています。工場での医薬品やその原料の廃棄にあたっては、魚介類への影響、さらに魚介を食する哺乳類への影響も踏まえて処分されています。一方、未使用薬を患者から回収する仕組みを構築したり、患者教育等を行ったりしています。

このように、アストラゼネカの水資源に対する取組では、同社のバリューチェーンを通じて、一貫して「定量的なリスク評価→監査・教育等のソフト面、設備改善等のハード面の対策→評価」の流れが徹底されていることがわかります。

編集後記

●2019年3月末、ロンドンで開催された国際標準化機構 (ISO) の「サステナブル・ファイナンス」をめぐる議論に参加してきました。「くらしと地球と金融をつなぐ環境情報誌」と銘打った本誌の創刊から、23年。このテーマが国際標準の対象にまでなったことに感無量でした。(英)

●今号より編集チームに加わりました。最初に環境に興味を持ったのは小学4年生のときで、夏休みに新聞の天気図と気温の表を毎日切り抜き、家の気温を毎日測ってひたすら記録しました。大学以降は、国際法や金融、調査を通じて環境に関わってきました。どうぞよろしく願っています。(芽)

●6月5日は環境の日です。これは、1972年6月5日からストックホルムで開催された「国連人間環境会議」を記念して定められたものです。日本では、6月の1ヵ月を「環境月間」とし、毎年、環境省や地方自治体、企業等によってさまざまなセミナーや展示会等が各地で行われています。6月は、いつもより環境を意識して行動していきたいと思えます。(真)

本誌をお読みになっただけのご意見、ご感想をお寄せください。
また、環境問題に関するご意見もお待ちしています。

本誌「SAFE」はホームページ上でもご覧いただけます

<https://www.smfg.co.jp/responsibility/report/magazine/>

本誌の送付先やご担当者の変更等がございましたら
Faxにてご連絡をお願いいたします。

企画部：SAFE編集担当 Fax：03-4333-9861 ※電話番号は下記ご参照ください。

SAFE vol.127

発行日 ————— 2019年5月1日
発 行 ————— 株式会社三井住友フィナンシャルグループ 企画部
〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-1-2
Tel: 03-4333-3771 Fax: 03-4333-9861
監 修 ————— 株式会社日本総合研究所 創発戦略センター
企画協力 ————— 株式会社三井住友銀行
編 集 ————— 凸版印刷株式会社
株式会社広告と写真社
印 刷 ————— 凸版印刷株式会社

※名称・肩書等は取材当時のものとなります。
※本誌掲載の記事の無断転載・転売を禁じます。※本誌はFSC®認証紙を使用しています。



本誌バックナンバーがホームページ上でご覧いただけます。

<https://www.smfg.co.jp/responsibility/report/magazine/>

