



JNEPS
Japan Natural Environment Protection Society

しぜんかんきょう

第五号

発行：一般社団法人日本自然環境保全協会 〒245-0063 神奈川県横浜市戸塚区原宿 4-25-7 URL: <https://www.jneps.net> Mail: info@jneps.net 発行人：森下茂男



Mining, Photo: Matthias Püschl_Pixabay

炭素とは

世界は脱炭素に向かっている。つい最近、G7 環境相会合で、2030 年代前半で石炭火力発電の廃止が合意された。ゼロカーボンなどと、カーボン = 炭素は地球温暖化の元凶として目の敵にされているが、本当にそうなのだろうか？ すべての有機化合物の構成要素として機能する炭素は地球上でもっとも重要な元素のひとつとされている。地球上の動植物、微生物など地球生命体が主に炭素で構成されるようになった理由は、炭素はいろいろな化合物をつくることのできるからだという研究もある。ヒトの体をつくっているタンパク質も、遺伝情報を担う DNA も、栄

私たちは今、この地球上でもっとも重要な元素のひとつ、炭素について学び直そう。

養として摂取する糖や脂質も炭素を中心に構成されている。しかし、炭素の酸化物である二酸化炭素（以下、CO₂）が温室効果ガスのひとつとして、世界中で削減の動きが加速している。1800 年代の産業革命以降、化石燃料などの大量消費によって膨大な CO₂ が排出されている。ある報告書によると、1850 年から 2004 年までの CO₂ の合計量は 3120 億トンとされ、また森林伐採などにより放出された分は 1550 億トン程度、合計 4670 億トンにも及んでいる。しかし、そのうちの 2730 億トンは自然界によって吸収されている。温暖化解決への糸口がここにあるのだろう。

かぐわしいミストが創りだす、癒しの空間。



クロモジ・フローラルウォーター
天城の深層水を使用した
100%天然成分の芳香蒸留水です。
定価 1,700 円 (100ml)

伊豆半島のクロモジは、古くは明治時代から採油（クロモジ油）され、かつては日本特産の和の香水として欧州に輸出されていました。クロモジの芳香蒸留水は抗菌、抗真菌、防臭、防虫といった効果が確認されています。蒸留に際して、天城の深層水を使用した、100%天然成分の芳香蒸留水です。

クロモジ商店

Email : ulupalakua310@yahoo.ne.jp

クロモジ商店は、荒廃した森林の保全をおこない、クロモジの植栽を開始しました。

炭素を知り、地球温暖化を考える。

先頃、日本において2050年のカーボンゼロ（注）実現をめざすと、日本政府は世界に約束しました。地球温暖化の原因のひとつである温室効果ガス、とくに二酸化炭素（以下、CO₂）の削減は喫緊の課題ともいえます。私たちはCO₂を含む温室効果ガスの削減に向けて努力を続けていかねばなりません。まずは私たちヒトが呼吸するたびに排出するCO₂を知る必要があります。二酸化炭素=CO₂は、ひとつの炭素原子=Cとふたつの酸素原子=O₂で構成される分子で、炭素の酸化物のひとつで、日本政府が打ち出したカーボンゼロのカーボンはこのCO₂由来の炭素を表しています。今回は、炭素循環や北極の炭素量の研究が専門の国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）の地球環境部門・北極環境変動総合研究センター・北極化学物質循環研究グループの小林秀樹（工学 / 博士）さんにナビゲートしていただき、炭素やCO₂、また北極域での温暖化の影響などについて幅広く解説してもらいました。

炭素は、生物を構成する主要な元素となっている。

まず、炭素とは何なのだろうという基本的な知識を再確認をしよう。小林さんによると、炭素は元素記号Cで表記される元素のひとつで、それ自体では存在しておらず、たとえば二酸化炭素 = CO₂など、ほかの元素などと結合して存在しているという。ちなみにCO₂は空気中に存在している無色無臭の気体で、人間や動植物などの呼吸や有機物の燃焼によって大気中に排出されている。

それでは、CO₂などが温暖化の原因のひとつとして負の側面ばかりがクローズアップされている炭素だが、その役割とは何なのだろう。小林さんは次のように解説する。「炭素の地球上での存在量は酸素（O）やケイ素（Si）のように多くはありませんが、生物の体を構成する主要な元素として役立っています。また、大気中に炭素が、ガス（気体）や有機物（エアロゾル）として存在し、その量が増減することで太陽からの日射の反射・遮断効果や地球からの放射エネルギーが地球外に逃げていく量を増減させるという役割があります」

炭素は生物にとって、酸素や水素、窒素と並んでもっとも重要な元素のひとつで、炭素は光合成によって同化され、この同化された炭素（炭水化物のこと）をすべての生物が利用しているという。地球上の陸上植物による炭素の同化量は

112~169Pg（ペタは10の15乗）にのぼるといって報告がある（Anav et al 2015）。それでは、生物の体を構成する主要な元素、炭素はどういったかたちで存在しているのだろうか。「基本的に人間だけではなくて生物の体は多くの有機物で構成されていて、たとえばDNAみたいなものから始まって、細胞をつくるものすべてに炭素がつながっているというところで、炭素は構成要素となっていると思います」と小林さんは説明する。子どもの科学のウェブサイトでは「体をつくる成分は、筋肉や骨はタンパク質、脂肪は脂質で構成されているが、これらの物質は炭素や水素、酸素などがいくつもつながり合ってきた分子と呼ばれるもの（Koka Net）」と解説している。またほかにも、遺伝情報を伝えるDNAやRNA、体のエネルギー源になる砂糖などの糖分や、体のすみずみに指令を伝えるホルモンなど数多くの分子が、炭素をベースとしてでき上がっている。人間の体の約60%は水だが、残りの約半分は炭素が占めているという。

炭素循環のバランスが崩れた地球の現在地

18世紀半ばから19世紀にかけて起きた産業革命以降、地中に埋め込まれていた化石燃料（石油・天然ガス・石炭など）が大量に消費されるようになり、大気中のCO₂濃度は今も上昇を続けている。化石燃料には炭素が多く含まれていて、こ

れが燃焼することにより、炭素が酸素と結びつきCO₂が放出されているからだ。こうしてCO₂は温室効果ガスの主要なひとつとして地球温暖化の原因になっている。

小林さんは、温室効果ガスとしてのCO₂を「CO₂は、地球からの放射エネルギーの主な波長帯である、熱赤外と呼ばれる電磁波領域の光を吸収します。大気中のCO₂が増加すると、地球表面から放射される放射エネルギーがより大気中で吸収され、地球の表面に熱がこもってしまうこととなります。このため温室効果ガスと呼ばれています。CO₂は主要な温室効果ガスのひとつ」と解説する。人間活動によって増加した主な温室効果ガスには、CO₂、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（亜酸化窒素、N₂O）、フロン類などがある。

産業革命以前には植物など生物によるCO₂吸収と放出はバランスがとれていた。小林さんも次のように言う。「地球上に存在する炭素の総量はほぼ変わらないのではないかと考えられますが、地中に埋もれて固定されているか、大気中に出ていくかというバランスの問題だと思えます。そして氷河期が終わって、温暖な世界がきてから産業革命が始まる1800年代半ばまでは比較的安定していましたが、地下に埋もれている化石燃料などの炭素を燃料として使い、大気中に出すので増えているのだと思います」

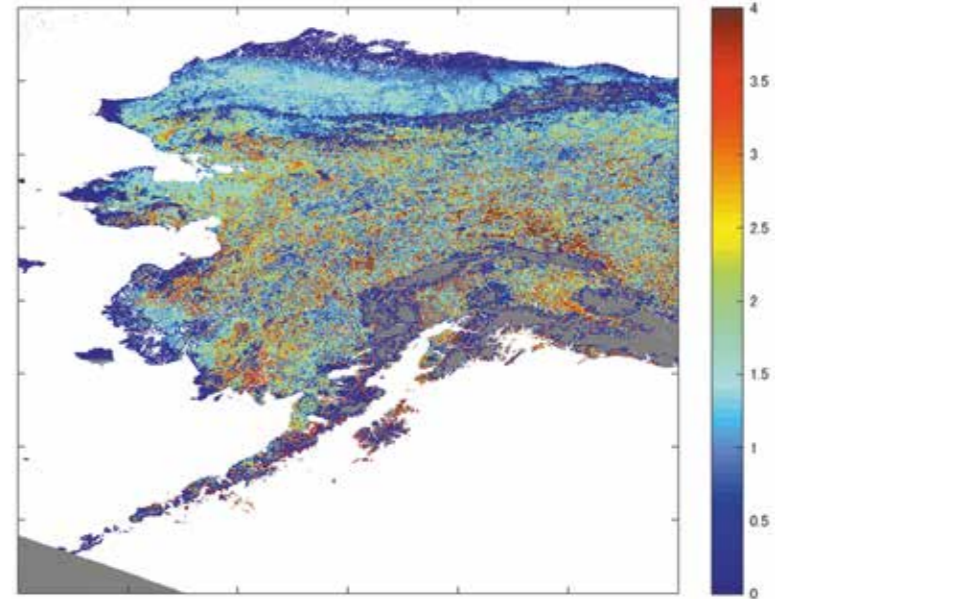
地球上のCO₂の捉え方のひとつとして

炭素循環という考え方がある。「炭素原子は、地球表面で形を変えて巡っています。陸上の植物や海洋のプランクトンは、光合成活動で大気中のCO₂を吸収して、生物の体をつくり生命を維持します。植物や植物を食べて生きている動物の死骸はやがて腐食・分解され、その過程でCO₂として再び、その一部が大気に放出されます。これに加えて主に数千万年前から数億年以上の生物の遺骸が元になっている化石燃料を地中深くから取り出して燃焼させると、地中深くに埋まっていた炭素が大気中に放出されることとなります。その一部は、植物が光合成として吸収するなどして再び地表に固定されますが、化石燃料の利用が増えるほど、大気にとどまる量も増えることとなります」と小林さんは解説する。

国立環境研究所地球環境研究センターによると、化石燃料の燃焼やセメント生産による人為起源のCO₂発生量はある程度正確にわかっており、1850年から2004年までの合計量は3120億トンとされているという。また森林伐採などにより放出された分は1550億トン程度と推定され、その合計は4670億トンになり、大気中のCO₂濃度を217ppm増加させる計算になる。ところが実際の大気中のCO₂は、この間287ppmから377ppmまで、90ppmの増加が観測されており、この差の濃度分（127ppm：量にすると2730億トン）は、大気に蓄積せず自然界のどこかへ吸収されたことになると報告している。

現在、ヒトの営みを含む地球上の大気中に排出されるCO₂量は1年間で96億トンとされている。そのいっぽうで地上の植物などによるCO₂吸収量は29億トン、また海洋によるCO₂吸収量は19億トンで、その差の52億トンが大気中に残存し、地球温暖化を進行させて続けている。主にヒトの不作為の行いにより炭素循環のバランスが崩れ、温暖化が進行してしまった今の地球の姿がある。

（注）カーボンゼロ：二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量をゼロにするのではなく、排出量と吸収量を差し引いた際にゼロの状態になっていることをさしています。



人工衛星の観測データから推定したアラスカの葉面積指数

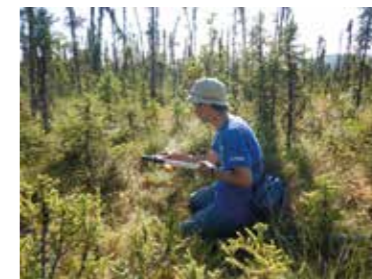
葉面積指数は、各地域の上部にある植物の全ての葉の総面積をその土地面積で割ったもので、CO₂収支を調べるうえでの重要な指標となる。この画像は、人工衛星による2020年7月3日~7月10日の観測データから推定した葉面積指数の分布図。

作図協力：柳 裕二 / 北極環境変動総合研究センター ©JAMSTEC



ポーカーフラットリサーチレンジ（PFRR）フラックス観測スーパーサイト

アラスカ大学と共同で2010年からCO₂などの観測を続けている。ここで行われている永久凍土の融解実験は、今後50~100年の近未来で起こりえる永久凍土消失までの環境変化を再現して、そのプロセスを理解するために行われている。人がアクセスすることの難しい極寒の北極域で、永久凍土を長期間暖めて融解させる野外実験は、大きな電力を必要とするため、これまで実施されてこなかった。この実験もアラスカ大学と共同で実施される。©JAMSTEC



小林秀樹プロフィール

1976年新潟県生まれ。海洋研究開発機構・主任研究員。海洋研究開発機構ポストドクトラル研究員、カリフォルニア大学バークレー校ポストドクトラル研究員などを経て現職。東京工業大学・特任准教授、千葉大学・客員教授、アラスカ大学フェアバンクス校・客員研究員など歴任。©JAMSTEC



地球温暖化研究の最前線、北極域

最近のさまざまな研究によると、北極域周辺では、全球平均の2倍以上（最近では3～4倍とも言われている）温暖化が進行している。JAMSTECの広報誌『Blue Earth170 号―特集：加速する北極域研究』号では、北極域での地球温暖化研究の意義を「全球平均の2倍以上の速度で温暖化が進行している北極域。北極域の変化を捉え、変化のメカニズムを理解し、影響や将来を予測することが必要である」と記述している。

小林さんの研究テーマは「急速な温暖化により、北極圏周辺の陸地ではどのような変化が起きているのか」というものだ。彼は2010年からアラスカ州フェアバンクス郊外の森林で、アラスカ大学と共同で研究を進めている。「北極圏と言われる白夜があるところは北緯66度よりも北の区域なのですが、フェアバンクスはそれよりも若干南に位置しています。そこはすごく小さいのですが常緑針葉樹に覆われていて、我々日本人にとっては森とは言えないような低木がまばらに分布する森があって、そこに気象観測の建物を建ててあって、そこで気象観測をしたり、温室効果ガスの変化を測ったりしています。そのデータを使ってそこにある森林の生

態系がCO₂を吸収しているのか放出しているのかを長期にわたって観測して分析をしているというような研究をしています」と小林さんは言う。

この北極域での温暖化の進行が早い理由として、小林さんは「北極の海氷や氷河・雪が融解し、海面や雪の存在しない陸地の割合が増えることで太陽の光をより吸収し、地表の温度が北極周辺以外と比べて上昇していると考えられています。北極温暖化増幅とよばれています」と説明する。JAMSTECの観測データによれば、北極周辺では降雨や高温などの極端現象が増えているという。1971年から2019年にかけて北極の地表付近の気温は年平均で3.1°C上昇したが、全球平均では約1.1°Cしか上昇していない。つまり、北極域での温暖化による影響をもっとも受けやすいのが永久凍土の融解だろう。これにより、永久凍土に埋め込まれていた炭素がふたたびCO₂やメタンガスとして大気に放出されているという。

「永久凍土に埋め込まれている炭素は主に植物や動物の遺骸が元になっています。北極域の永久凍土は、ツンドラや亜寒帯森林地帯に存在します。ツンドラの低木や草本、森林地帯のトウヒなどの常緑針葉樹、カラマツなどの落葉針葉樹が

主な植物です。また、炭素の量は諸説ありますが、IPCC（注）の報告書によると全球の永久凍土の中の炭素量は、1400Pg程度と見積もられています」と、小林さんは懸念を示す。

国立環境研究所のホームページ（※）上の「地球環境研究センターニュース」によると、永久凍土とは地下の温度が2年以上連続して0°C以下になる土壌層のことを差し、夏に気温が上がって、地表付近の温度が0°Cを超えても、その地下で温度が0°Cを下回って凍土として存在している。また、永久凍土が存在する領域は、北半球陸地の25%程度を占め、温室効果ガスであるメタンやCO₂をはじめ、さまざまな有機物が大量に含まれおり、地球温暖化によって永久凍土が融解すると、温室効果ガスが大気中にさらに放出され、温暖化を加速させることが懸念されている。しかしこの過程についての理解がじゅうぶんに進んでいないため、将来の気候予測の大きな不確定要素となっていると、国立環境研究所は研究レポートを発表している。

この永久凍土に埋め込まれている炭素量は予測可能なのだろうか。小林さんは「こういう推定値はどこまで正しいかはまだよくわかっていません。いくつかの

観測値での数値と地図を掛け合わせるとそういう数値になるかなということだと思います。非常にたくさんの炭素が埋め込まれているということですね」と、まだじゅうぶんに解明されていないと言う。CBC Newsによると、永久凍土から放出されるCO₂の量は年間17億トンに及ぶとされ、ある試算によると、永久凍土には現在、大気中の炭素量の2倍以上に相当する約1兆6000億トンもの炭素量が埋め込まれているという（Nature/2021-03-18）。

この永久凍土の融解によってCO₂を放出する有機物とメタンを放出する有機物に違いはあるのだろうか。「IPCCの報告書によると、凍土融解によって大気に放出される炭素の量は気温の上昇1°Cあたり、3～41Pgと見積もられています。推定値の幅が非常に大きく、そもそも炭素放出のプロセスが完全には理解されていないことから、よくわかっていないというのが現状です。CO₂とメタンは、それぞれことなる微生物の活動によって生成されます。湿地や池などの下などで大気

（注）IPCC：気候変動に関する政府間パネル（IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change）のこと。世界気象機関（WMO）及び国連環境計画（UNEP）により1988年に設立された政府間組織で、2021年8月現在、195の国と地域が参加している。IPCCの目的は、各国政府の気候変動に関する政策に科学的な基礎を与えることだ。世界中の科学者の協力の下、出版された文献（科学誌に掲載された論文等）に基づいて定期的に報告書を作成し、気候変動に関する最新の科学的知見の評価を提供している。

中の酸素がよく行き渡らないところでは、メタンが生成されやすくなります。また、森林などの比較的乾いた土地ではCO₂がより多く放出されます」と、小林さんは解説する。

小林さんたち研究チームは、永久凍土が融けると、森林生態系とCO₂吸収量はどうに変化するのかを調べるために永久凍土にヒーターを埋め込み、直径6mの円の範囲を3～5年間にわたり融解させる実験を開始したところだ。「土壌中の水分量によってCO₂やメタンの大気への放出量が変わります。私たちは凍土の融解実験により、土壌の温暖化や乾燥化がどのように進み、CO₂とメタンの大気への放出量がどう変わっていくのかを時系列で調べる計画です。この実験は、ツンドラ地帯を覆う永久凍土の融解で発生するCO₂やメタンの量を推定するうえでも重要な知見となるはずですよ」

小林さんたちの研究により、永久凍土における炭素埋蔵量の推定値の振れ幅が小さくなっていくはずで、温暖化予知に役立つはずだ。この研究における予測を

どう考えているのだろうか。「永久凍土が溶けるとCO₂がより出てくるというシナリオは多くの研究者で共通認識です。シナリオはあるのですが、地球環境問題に答えていくためには計量的な情報を出すことがいちばん重要なので、それが何ペタグラム（Pg）なのか、その出し方が大きければ推定したことにならないので、そういうところでより具体的な数字を出していくということですかね。それが重要かなと思います」と、小林さんは期待を込めて話す。

凍土融解による光合成変化やメタン・CO₂放出量を探る

北極域の植物のCO₂の吸収と放出の差はどのくらいあるのだろうか。また、北極域の植物と日本などの温暖な地域の植物のCO₂の吸収量の差はどのくらいあるのだろうか。小林さんの研究の本丸だ。「北極域は比較的寒冷な場所なので、光合成によって吸収するCO₂の量も、呼吸によって放出する量もそれぞれが、場所によって違いはありますが、温暖な地域に

（※）国立環境研究所のホームページ
<https://www.nies.go.jp>



海氷の上を歩くホッキョクグマ 写真提供：山口 一／東京大学名誉教授

比べて少ないです。いままでの研究をみると、光合成で吸収する量と呼吸で出ていく量はだいたい同じなのですが、少し吸収する量のほうが多いかなという程度です。温暖化が起こってくると、当初は温暖になることで吸収量が増えると考えられてきましたが、最近の研究では地域によっては放出の量のほうが多くなるということがわかってきつつあります。いずれにしてもバランスが大きく変わってくる可能性が高いです」と小林さんは声を落とす。

大気から CO₂を吸収する量と、生物が呼吸をすることによって放出する CO₂の量をわずかに上回っているとはどういうことなのだろう。それは北極域だけの傾向なのだろうか。「温暖化を進行させないためには大気中の CO₂をこれ以上増やさないことが重要です。植物は光合成により大気中の CO₂を吸収すると同時に、人間と同様に呼吸によって CO₂を放出します。また、土壌からは微生物の分解で CO₂が放出されます。もし、光合成による吸収量より、こうした生物活動による CO₂の放出量が多ければ、大気中にはどんどん CO₂が溜まっていくということになります。この特徴は北極圏だけということではありませんが、北極域では温暖

化の進行がより深刻なので、CO₂の吸収・放出のバランスが他の地域よりもより早く変化することが予想され、その理解は非常に重要です」

永久凍土の融解でもうひとつの影響は、地中の温度が上がることで土壌中の水分が蒸発して乾燥化が進み、光合成が抑制されて CO₂吸収量が低下する可能性があるということなのだろう。「気温や地中の温度が上がると、地中の水がより蒸発しやすくなります。そうすると土壌中の水がどんどんなくなり、土壌が乾燥していくことが懸念されています。土壌が乾燥すると、植物がうまく生育できなくなるので、光合成による CO₂吸収量が減ってしまうというプロセスです」と、小林さんは答える。これは、小林さんたちによって予測が覆された研究成果のひとつだ。「温暖化が進行すると、この北極域でも植物の光合成が活発になり、CO₂の吸収量が増えるだろうと予想されていましたが、最近では、地中の温度が上がることで土壌中の水分が蒸発して乾燥化が進み、光合成が抑制されて CO₂吸収量が低下する可能性も指摘されてはじめています」

物理学と生物学の融合によって温暖化などによる生態系の役割の理解を深める。

北極圏の森林による CO₂吸収などをテーマにした物理学と生物学を融合した研究も進められている。「北極域にかぎらず、地球上の森林はその土地の気候や環境に適応して生存しています。ただし、与えられた環境にたいして森林が一方向的に適応するという一方向の関係ではありません。森林が存在することで、周辺の気候が温暖になり（砂漠のように極端な低温、高温になりづらい）、CO₂を吸収し、また土壌をつくります。こうした森林周辺の気候は、光、水、熱の物理的な移動現象として記述することができます。つまり、こうした光、水、熱の移動の物理と生物の相互作用を理解することで、地球温暖化などの気候変動にたいする地球上の生態系の役割を理解することができます」と小林さんは解説する。

森林周辺の気候は、光、水、熱の物理的な移動現象として記述することができますとはどういうことなのだろうか。「たとえば砂漠というところは植物がなくて、砂地になっているところですが、そういうところは寒暖の差が激しくて、光があたらないと非常に低温になる。しかし、太陽が出て光が当たると高温になり、灼熱の地獄になります。地球上の同じような緯度帯、熱帯にあっても、熱帯林の

まわりというのはそこまで気温が上がらないし、熱帯なので高温ですが、40°C、50°Cという砂漠ほどの高温にはならない。それはどうしてかというと、太陽の光は同じように地表に届くのですが、それがすべて気温の上昇に使われるわけではなくて、植物は蒸散というかたちで水を蒸発させるエネルギーとして使われるとか、植物があることによってほかのエネルギーに分散させることで、気候がよりマイルドになることがあって、同様に気温が下がりにくくなる。植物があると、そこが日射を浴びて光合成をしますが、まわりの環境を植物が使うと同時に、植物があることでまわりの環境も変化させるという相互作用があります。その、どういうエネルギーの流れとして、それが表されますかということ、光の流れ、水の流れ、熱の移動、こういうことが基本的要素としてあげられます。こうした光、水、熱の移動の物理と生物の相互作用を理解することで、地球温暖化などの気候変動にたいする地球上の生態系の役割を理解することができというわけです」と補足説明する。

北極域の温暖化が及ぼす生態系の変化。
それでは北極域の生態系がどのくらい

CO₂を固定できるか、研究で予測は出ているのだろうか。「不確実性はありますが、予測は可能です。同じ面積で考えたときに、北のほうにある植物は光合成の量は少なくなります。そのため、北極域の森林は、太陽の日射も少ないし、寒冷的な気温で成長しにくいということです」と小林さんは答える。

また、温暖化によって、北極域の生態系の多様性が失われているのだろうか。失われているとすれば、どんな種類なのだろうか。「植物、生物も含めて一定の環境でしか生きられない種があります。たとえば、氷河の上でしか生息できない微生物とか藻類です。それらは今、温暖化が起きて、氷河が後退していくと自分が棲める環境がなくなり、絶滅してしまうということがあります。温暖になると、より高いところで生きられる植物が北のほうにどんどん進出していくことになります」と小林さんは北極域の生態系の変化に懸念を示す。

また、北極域の温暖化によって永久凍土の地盤沈下が起こっているという研究報告があるが、その影響はどのなのだろうか。「その地盤沈下が起きている原因ですが、永久凍土のなかには氷の状態の水が大量にあって、それが温暖化によって氷が溶けると水がどこかに行って地盤が下

がるという現象です。それが生じると、森林地帯では水が地上に出てくるのですが、その水は蒸発したり、川に流れていくのですが、土壌の表面は乾燥化するかもしれませんが、それは植物の生育にとってはあまり良くないので、長期的に見ると、地面が下がって乾燥化が進んで、今のような健康的な森林でいられないかもしれません」と小林さんは述べる。

最後に、小林さんの研究のゴールはどのようなのだろうか。「今ずっと続けているモニタリングは長期に測らないと結果が見えてこないので、大変なんですけど、モニタリングは現役でいるあいだは長く続けたいなと思っています。すぐにゴールが訪れるというわけではないので、このさき成果がわかってくれればいいなと考えて研究を続けています」と、小林さんは長期にわたる研究が必要であることを力説する。

失われたピースをひとつ一つ、つなぎ合わせていく地球温暖化研究はまさにヒトのライフサイクルのような長い年月が必要なかもしれないが、答えが見つかったとき、地球環境はどうなっているのだろうか。今、まさに人類の英知の集約とゼロカーボンへの努力と行動が試されている。

（文：森下茂男）



アラスカの森林 ©JAMSTEC



ムラサキユキノシタ Photo by Hideaki Sato



ホッキョクヒナゲシ Photo by Hideaki Sato

地球温暖化によって北極圏の植物が良く茂るようになって、それが温暖化に拍車をかけているという調査結果が発表された。ドイツのゼンケンベルツ生物多様性・気候研究センターが主導した調査で、研究論文が『ネイチャー』誌に掲載されたのである。北極圏の凍土帯（ツンドラ）は世界の土壤炭素の3分の1から半分を含むことから、長年にわたり気候変動の調査が重点的に実施されてきた。北極圏の気温はこの30年で、夏に1℃、冬に1.5℃上昇していたそうだ。その結果、植物の高さが伸びただけではなく、背の高い植物が比較的暖かい地域から寒い地域へ拡散してきたことも確認された。背の高い植物が増えると、多くの雪が地表に保持されて、その雪が断熱材として、冬になったときに土壌が固く凍るのを緩和する働きをする。その結果、凍土が解けて温室効果ガスの炭素を放出するプロセスが速まっているのだという。いずれにしても夏の北極は色とりどりの花に覆われて、美しい絶景を見せてくれている。次頁見開きの写真はカナダ北極のパフィン島、ポンドインレットの夏の風景だ。年々 海の氷は少なくなり、陸地の花は増え続けている（次頁見開きの写真）

北極を代表する花、紫雪の下（ムラサキユキノシタ /Saxifraga oppositifolia）。どこでも見られる夏の花で、イヌイットの自治区であるナヌプト准州の州花だ。バサースト島で見た群落には度肝を抜かれた（左頁の写真）

世界中で見ることができるヒナゲシの北極種、北極ヒナゲシ（ホッキョクヒナゲシ /Papaver radiculatum）。いずれの花も6月から7月にかけて陽だまりの、比較的暖かい場所で一斉に花開く。次頁見開き写真の黄色い花がこの北極ヒナゲシ（一般名アークティック・ポピー）。（上の写真）

キャプションも佐藤秀明



佐藤秀明

新潟県生まれ。日本大学芸術学部卒業。フリー写真家。日本写真家協会会員。1967年ニューヨークへの旅を振り出しに世界や日本を旅し、雑誌、グラフィック誌を中心に作品を発表。現在は日本各地の雨を取材中。

主な写真集：『ガクの冒険』本の雑誌社、『地球極限の町』情報センター出版局、『海まで100マイル』片岡義男と共著／晶文社、『鎮魂 世界貿易センター』ICG MUSE、『ユーコン』スイッチパブリケーション、『ノースショア 1970～1980』ブエノブックス、『雨のくに』ビエ・ブック、『路地の記憶』阿久悠と共著、『川物語』本の雑誌社、『伝説のハワイ』東京書籍、『ロンサム・カウボーイ』ポイジャーなど多数。



カナダ北極のバフィン島、ポンドインレットの夏の風景、手前の黄色い花はホッキョクヒナゲシ Photo by Hideaki Sato

ヒトの呼吸による二酸化炭素（以下、CO₂）の排出は、大気中の CO₂濃度にほとんど影響しない理由。

国立環境研究所・地球システム領域動態化学研究室（現・物質循環観測研究室）遠嶋康徳（博士/理学）さん

ひとりの日本人が生活の中で排出するCO₂の量は、日本の排出総量（10億8400万トン/2021年）を日本の総人口（1億2570万人/2021年）で割った数字になるが、それによると、一時期に比べ減っているといえ、日本人ひとり1日あたり23kg、年間8.4トンのCO₂を排出していることになる（環境省調べ）。そして、ひとりの人間が呼吸によって吐き出すCO₂の量は1日あたり約1kgとされており、1年間で320kgのCO₂を呼吸として大気中に排出しているが、そのCO₂の量は日本人一人のCO₂の排出量には含まれていない。全世界中の人口80億人の人たちが毎日CO₂を大気中に排出しているが、このCO₂の量は、ある推定では、化石燃料の燃焼によるCO₂量の1割近くになるらしい。

しかし、人間の呼吸から出るCO₂は大気中のCO₂量の増加にはほぼ影響しないという。それはなぜなのだろうか。国立環境研究所・地球システム領域動態化学研究室（現・物質循環観測研究室）の遠嶋康徳（博士/理学）さんによると、「そのCO₂は食物として体内に取り込んだ有機物を分解し、エネルギーを取り出す過程で最終的に排出されるものであり、その食物の起源をたどってゆくと植物が光合成によって大気中のCO₂と水から作りだした有機物にたどりつきます。つまり、私たちが呼吸によって吐き出すCO₂はもともと大気中に存在したものであります。ですから、いくら呼吸をしても大気中のCO₂を増やしも減らしもしません。このように、自然の炭素循環の中での出来事は、大気中のCO₂濃度にほとんど影響しません」と説明する。

以下は、国立環境研究所「ココが知りたい地球温暖化 温暖化の科学編 Q1『呼吸で大気中の二酸化炭素が増加する？』」からの引用です。

https://cger.nies.go.jp/ja/library/qa/26/26-1/qa_26-1-j.html

増加する大気中のCO₂濃度

最初に、現時点でわかっている大気中のCO₂の収支関係をおさらいしておきましょう。産業革命以降、われわれ人類は石炭や石油、天然ガスといった化石燃料の消費を加速的に増加させ大量のCO₂を排出してきた結果、大気中のCO₂濃度を上昇させてきました。しかし、大気中のCO₂濃度の精密観測が実施されるようになって、その増加率が化石燃料の消費量から予想される増加率よりも小さいことが明らかとなりました。このことから、海洋や陸上生物圏がCO₂を吸収しているのではないかと考えられるようになりました。海洋はCO₂を溶かし込むことで吸収源になることが可能です。また、陸上生物圏は、森林減少などでCO₂を放出するいっぽう、森林の成長によってバイオマスや土壌有機物を増加させることでCO₂の吸収源となることがあります。ここでは、現在の化石燃料起源のCO₂の排出量と大気への蓄積量、さらに海洋・陸上植物圏の吸収量のそれぞれについて見とおしましょう。図1に2011年から2020年の10年間の平均的なCO₂の流れを示しました。化石燃料起源のCO₂が毎年約360億トン排出され、大気中には毎年190億トン蓄積しています。この両者の差分である170億トンは海洋と陸上植物が吸収していることとなります。なお、海洋と陸上植物それぞれの吸収量の推定値（図1の100億トンおよび70億トン）には20億トン以上の不確かさがあり、それらの推定精度を高めるための研究が現在も続けられています。

人間は呼吸でどのくらいのCO₂を排出しているのか

それでは、全人類が呼吸によっていったいどのくらいのCO₂を排出しているのでしょうか？呼吸に含まれるCO₂の量は条件によってさまざまに変わるため正確

な値を求めることは困難ですが、地球規模のCO₂収支とおよその比較を行うためと割り切って概算を行ってみましょう。人の呼気中のCO₂濃度は運動量とともに増加し、安静時の約1%から重作業時の9%まで変化します。ここでは、軽作業時の呼気中のCO₂濃度である約3%を一日の平均値として採用することにします。また、男女の平均呼吸率（平均的な生活行動をした場合に一日に呼吸する空気の量）は約19m³/dayと推定されています。CO₂1m³の重さは約1.8kgで、CO₂濃度の平均値は3%ですから、人が一日に吐き出すCO₂量は約1kgとなります。世界人口は2022年に80億人に到達したと推定されていますから、人が一日に吐き出すCO₂を1kgとして1年間に全人類が吐き出すCO₂の量を計算すると約29億トンとなります。この量は化石燃料の消費によって全世界から排出されるCO₂量の約8%に相当します。ですから、原理的には呼吸を止めるか、または、（呼吸を止めては生きてゆけないので）何らかの方法で呼気に含まれるCO₂をすべて回収できるとすれば、大気中のCO₂増加率をある程度減らすことができる計算になります。

人間の呼吸は大気中CO₂濃度を増加させているといえるのか

全人類が吐き出すCO₂がかなりの量になることがわかりましたが、それをもって人間の呼吸が大気中のCO₂濃度の増加に寄与していると考えてよいのでしょうか？そもそも呼吸とは、食物から体内に取り込まれた栄養素を酸素によって分解することでエネルギーを取り出し、最終生成物であるCO₂を排出するプロセスです。ですから、呼吸によって排出されるCO₂は食物に含まれる炭水化物やタンパク質、脂質といった有機物に含まれる炭素に由来するものなのです。これらの食

物が穀物や野菜などの植物であれば、そこに含まれる炭素の起源が大気中のCO₂であることは明らかです。また、その食物が魚や動物の肉であったとしても、それらが成長するための食物をたどってゆけば必ず植物に行き当たります。つまり、地球上に存在するいかなる動物も、植物が太陽エネルギーを利用して光合成によって生産した有機物を利用しており、人間も例外ではないのです（このような関係を食物連鎖とよびます）。したがって、人が吐き出すCO₂は、元をたどれば大気中に存在していたCO₂ですから、結局大気中のCO₂を増やしも減らしもしないこととなります。

ところで、われわれは食物に含まれる有機物のすべてを消化して体内に吸収するわけではなく、かなりの部分を体外に排出しています。これらの排出物も最終的には微生物的分解を経て大気中にCO₂として帰ってゆきます。そして、大気にもどされたCO₂は再び植物によって利用されます。このような物質の循環を生物的循環とよび、人間もその循環を構成する一員とみなすことができます（図2）。CO₂(炭素)が生物的循環のループを定期的にめぐっている限り、大気中のCO₂の増減はほとんどありません。いっぽう、化石燃料の消費によるCO₂は、このような生物的循環の外にあるため（注）、その消費が大気中の濃度を変化させる可能性が高いといえるのです。また、森林減少は植物の光合成による生産量を減らし、バイオマスや土壌有機物の分解を促進するため、大気中のCO₂濃度を増加させる可能性があります。幸い、現時点で陸上生物圏はCO₂の吸収源として働いているようですが、将来温暖化が進むと寒冷な地域での土壌有機物の分解速度が速まり、陸上生物圏がCO₂の発生源となる可能性もあります。

本当に食料生産・消費は大気中の増加に寄与しないといえるのか

それでは、食料に含まれる炭素はもともと大気中に存在したものだから、食料の生産・消費は大気中のCO₂の濃度にまったく寄与しないといえるのでしょうか？今われわれが口にする食料には、かなり

の量の輸入食材が含まれていることはよく知られているように、その輸送の過程で化石燃料起源のCO₂が排出されているはずですが。また、冬場のビニールハウス栽培で温度を維持するための熱源やトラクターなどの農業機械の利用などにも化石燃料が使用されていますし、化学肥料の生産過程でも相当量のCO₂が排出されています。このように、現代の農業自体が化石燃料なしには成り立たない状況なの

です。つまり、食料自体に含まれる炭素の起源は大気中のCO₂なのですが、その生産・流過程で大量の化石燃料が使用されているのが現状です。ですから、食料を無駄にしないことは当然として、できるだけ余計なエネルギーを利用せずに自然の生物的循環の中で生産された食料を消費するように努力することが化石燃料起源のCO₂の排出を減らすことにつながるのです。

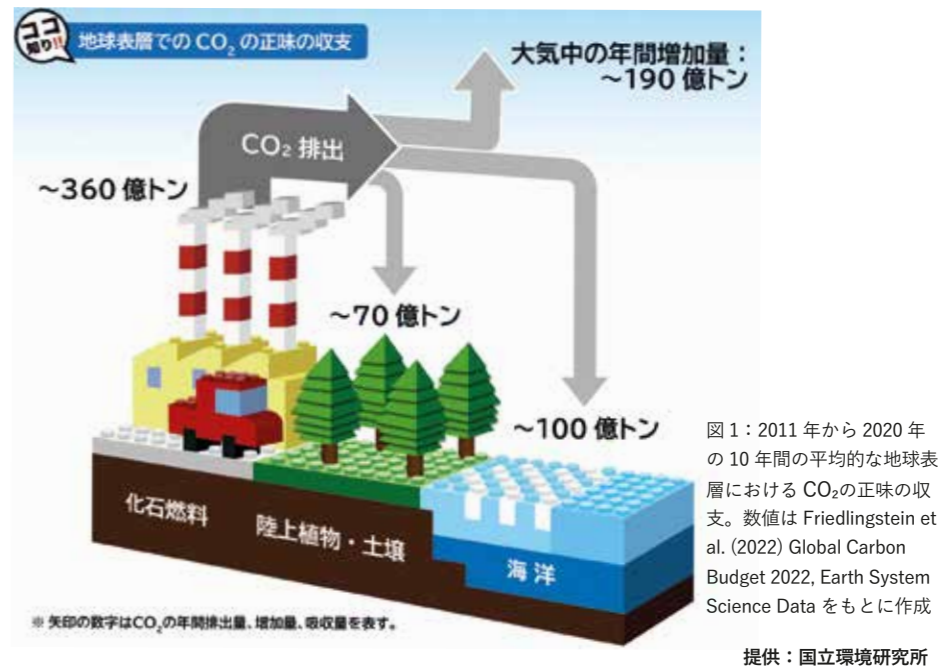


図1：2011年から2020年の10年間の平均的な地球表層におけるCO₂の正味の収支。数値はFriedlingstein et al. (2022) Global Carbon Budget 2022, Earth System Science Data をもとに作成

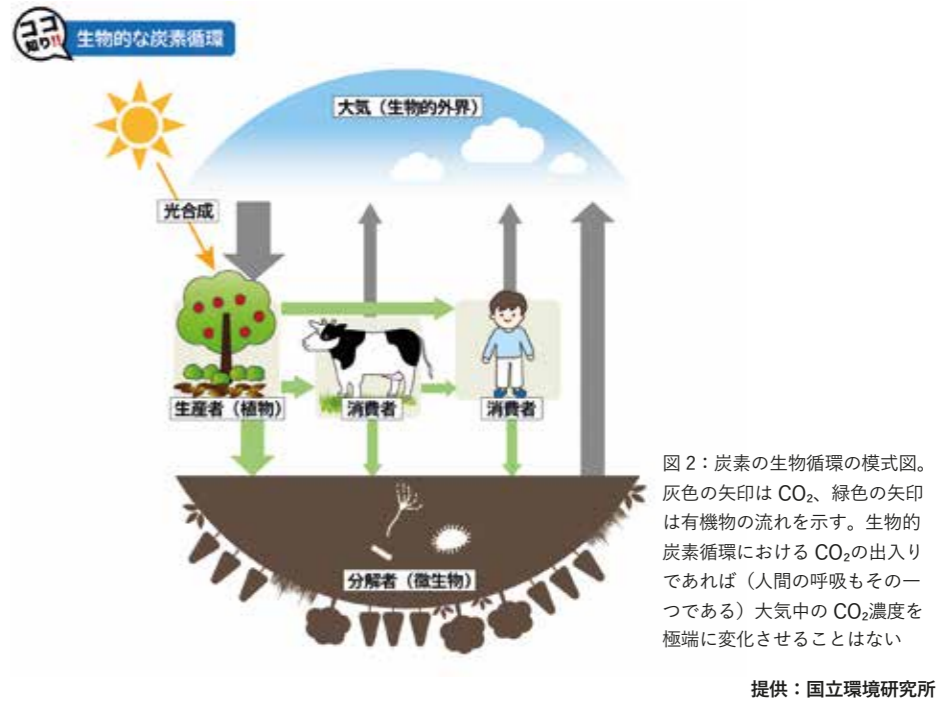


図2：炭素の生物循環の模式図。灰色の矢印はCO₂、緑色の矢印は有機物の流れを示す。生物的炭素循環におけるCO₂の出入りであれば（人間の呼吸もその一つである）大気中のCO₂濃度を極端に変化させることはない

注：化石燃料は主に太古の生物の死骸が堆積物中で変性することで生成した、つまり生物起源であると考えられています（これを有機成因説とよび、現在もっとも有力な仮説ですが、マントルを起源とする無機成因説も存在します）。しかし、現生の生物は化石燃料を直接利用することはありませんし、化石燃料の生成には上記の生物的循環に要する時間よりも圧倒的に長い時間（地質学的な時間）が必要とされます。通常、化石燃料や堆積岩中の炭素なども含めた炭素循環を「生物地球化学的循環」とよび、「生物的循環」と区別します。

植物もまたヒトと同じように呼吸をして、 二酸化炭素（以下、CO₂）を排出している。

林野庁のホームページを見ると、スギの木やヒノキなどが光合成により CO₂を吸収して地球温暖化の防止に貢献しているという面だけを強調する文章を多く目にします。しかし、樹木など植物もまた生き物なので、人間が生きていくために呼吸をするのと同じように呼吸をし、CO₂を放出している。中学校の生物の授業で習ったはずなのですが、「植物もまた呼吸して CO₂を放出している」ことを忘れていた人も多くいます。

植物は私たち動物と同じように呼吸をして酸素を取り入れ、CO₂を放出している。植物の生命活動に必要なエネルギーを取り出すプロセスとして、植物の呼吸は、気孔と樹皮にある皮目および呼吸根によって行われているという。しかし、植物の呼吸そのものの活動が動物の呼吸活動のように観察しづらいこともあるが、植物の呼吸もまた、人間と同じように 24 時間続けられている。また、もうひとつの植物の活動、光合成は太陽光など光エネルギーの状態に応じて活動している。植物は呼吸で発生した CO₂を光合成に利用できるし、光合成で生成された酸素を呼吸に利用することもできる。日本植物生理学会によると、草本植物の葉が日中盛んに光合成を行っているときの光合成速度：呼吸速度比は 10:1 から 20:1 だという。

国立環境研究所の研究「陸域生態系の CO₂吸収量の全体像」では次のように述べている。「植物の葉は昼間に太陽の光を利用して光合成を行い、CO₂を吸収します。いっぽう、植物の葉・枝・幹・根は昼も夜も呼吸を行い、CO₂を放出しています。また、土壌の中に棲む微生物は、落ち葉や枯れた枝・幹などの有機物を分解することにより、昼も夜も CO₂を放出します。陸上植物が光合成により吸収する CO₂、呼吸や有機物分解により放出する CO₂はそれぞれ 1 年あたり 1300 億トン（炭素換算）程度と推定されています。光合成による CO₂の吸収が、植物の呼吸や有機物分解による CO₂の放出よりも多

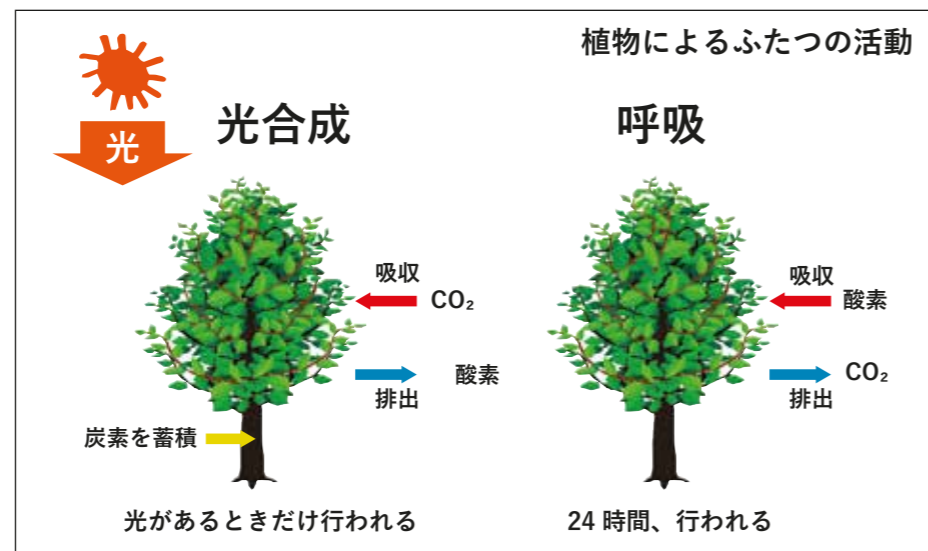
ければ、その差し引き分の大気中の CO₂が陸域生態系に有機物として蓄えられます。これを『正味の吸収』といい、陸域生態系が大気中の CO₂濃度の増加を抑制する働きはこの『正味の吸収』によるものです。2013 年から 2022 年のあいだの陸域生態系の正味の CO₂吸収はおよそ平均で 1 年間に 33（±8）億トン（炭素換算）と推定されています。このうちの 13（±7）億トンが土地利用変化で放出されていると推定されていますが、この部分を差し引いてもおよそ 20 億トン（炭素換算）が陸域生態系に吸収されているということになります」

世界資源研究所（WRI）の報告でも世界の森林による CO₂の「正味の吸収」を約 2 倍の量を吸収したと報告している。WRI によると、2001～2019 年のあいだに世界の森林は、伐採などによって年間平均 81 億トンの CO₂を大気中に放出し、いっぽうで、年間 156 億トンの CO₂を吸収していた。これは、米国が年間に排出する CO₂の 1.5 倍に相当する 76 億トンの CO₂を森林が毎年吸収していることになるという。世界の三大熱帯雨林のうち強力な炭素吸収源であり続けているのはコンゴの熱帯雨林だけで、排出量を差し引いても年間 6 億トンの CO₂を吸収

していると報告している。これは国立環境研究所の試算より約 4 倍ほど多い量だが、これは CO₂の吸収量を正確に計測するための研究が道半ばであることを示している。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第 4 次評価報告書によると、陸上植物の光合成による年間の吸収固定炭素は 120 Gt（ギガトン /10 億トン）強で、陸上植物の呼吸による年間炭素排出は 60Gt 余りと推定されている。したがって、正味年間 60Gt 余りの炭素が植物によって吸収されていることになり、いっぽうで、陸上の人類を含む動物や微生物などの従属生物（光合成を行わない生物）の呼吸による年間炭素排出も 60Gt 余りと推定されていて、陸上の生物相全体での炭素収支は 1 から 2Gt 吸収の方向にあるとされている。また、海洋の炭素収支も 2 Gt ほど吸収の方向にあり、これは、現在の大気中の CO₂濃度が地球全体の炭素収支の平衡バランスより高いことによるとしている。そして、その大気中の CO₂濃度を高めているのが、人類の活動にともなう CO₂放出で、その量はおよそ年間 8 Gt ほどと見積もられている。

（文）森下茂男



植物の呼吸は気孔と樹皮にある皮目と呼吸根で行われる。光合成により吸収した CO₂量の約半分ほどの CO₂量を呼吸によって排出している



たべるとくらすと
つくる人と、食べる人をつなぐ。

丁寧に想いを込めて作ったものを届けたい人
美味しいものを安心して食べたいと願う人
それぞれの大切にしたい想いをつなぐことで
食べる暮らしをゆたかにしたい

たべるとくらすとは
「世界一、人と人がつながるオンラインフードモール」
を目指しています

クーポン
1,000 円以上の
はじめてのお買い物で使える
300円 OFF クーポンプレゼント

taberutokurasuto.com

浸透圧発電が 福岡地区水道企業団の 「まみずピア」で 実用化に向けて 動き始めた。

今年の春、福岡市東区の海水淡水化センター「まみずピア」というところで、2025年度完成をめざして浸透圧発電施設の起工式が行われた。この施設が完成すれば、日本初の浸透圧発電施設となる。

この浸透圧発電施設の構想には福岡都市圏が抱える問題が背景にあった。それは、福岡都市圏は一級河川がない唯一の大都市で水資源に乏しいため、遠く離れた筑後川から都市圏の約1/3の水を取水しているほどで、渇水対策のためにたびたび給水制限が行われてきた苦い過去があり、そのため2005年には福岡地区水道企業団は総事業費408億円を投じ、最大で日量5万トンの造水能力を備える日本最大の海水淡水化プラント「海水淡水化センター、まみずピア」を完成させ、渇水などの天候に左右されない貴重な水資源として、水道水の安定供給に寄与している。

この海水淡水化プラントでは、海水に圧力をかけ特殊な膜を活用して平均で毎

日2万トンの真水を供給しているが、淡水化の際に生じるのが「濃縮海水」だ。通常、海水の塩分濃度は3.5パーセントだが、濃縮海水の塩分濃度は約8パーセントになる。今まではこの濃縮海水を捨ててきたのだが、この濃縮海水を再利用して浸透圧発電を行おうという構想だ。

浸透圧発電のシステムを研究している山口大学大学院創成科学研究科の機能性高分子工学研究室（比嘉研究室）のホームページによると、浸透圧発電の原理は、海水と淡水のあいだに水を選択的に透過させることができる半透膜を挟むと、塩分濃度差により淡水側から海水側へと水分子が移動する浸透圧現象を利用して発電する浸透圧発電で、水力発電における落差約300mに相当する圧力差をわずかな長さ1m程度の膜モジュールで実現させる電力方式だと解説している。

今回、「まみずピア」での浸透圧発電では、濃度の違う「濃縮海水」と「下水処理水（淡水）」を使い、ふたつの排水の「濃度差」により生じる「浸透圧」を利用して発電する。さらに発電効率を高めるために発電プラント上で、濃縮海水はさらに高圧力に、下水処理水は低圧力に処理するという。

発電施設は水処理のプラントメーカー・協和機電工業が7億円をかけて建設し、福岡地区水道企業団が用地と濃縮海水を提供し、2025年4月の稼働を予定している。年間の発電量は一般家庭の

300戸分＝約88万kWhで、サッカーコート2面分の太陽光パネルの発電量に相当し、天気によって左右されない安定した電源となる。さらに、濃縮海水で得られた経験をもとに将来的には通常の海水で発電する技術の確立をめざしている。

浸透圧発電の成功のカギはやはりコストパフォーマンスだろう。日本において再生可能エネルギーのコストは比較的高いとされている。再生可能エネルギーとは、太陽光・風力・水力・バイオマスなどの自然界に存在する温室効果ガスを排出しないエネルギーのことを指し、浸透圧発電もまた再生可能エネルギーだ。資源エネルギー庁のホームページによると、2020年度の家庭用の太陽光発電は17.7円/kWh、洋上風力発電は30.0円/kWh、原子力発電では11.5円/kWhだ。浸透圧発電ではどのくらいのコストがかかるか予測しているのだろうか。前述の山口大学大学院創成科学研究科のホームページによると、9～16円/kWhを見込んでいると記述している。

無尽蔵にある海水から発電できる夢の技術、浸透圧発電は日本の得意分野であるナノテクノロジーを活用した技術であり、脱炭素のエネルギーとして濃縮海水と下水処理水という今まで海に放出していた排水を利用するという、まさに究極のエコをいく環境に優しい新エネルギーなのだろう。

近年、カギケノリという赤い海藻を牛や羊など家畜の餌に混ぜて与えることで、腸内微生物のメタン発酵を大きく抑えられることがわかってきた。2014年にオーストラリアで報告された論文では、牛の腸内環境を再現した試験管実験が行われ、通常の飼料にカギケノリを添加することで、98.9%のメタン発生を抑制することがわかった。国際農林水産業研究センターによると、カギケノリは熱帯域から温帯域に広く生息する海藻で、この海藻にはプロモホルムという有機ハロゲン化合物が多く含まれ、この物質が腸内微生物のメタン合成を強く抑制すると考えられているという。

二酸化炭素（以下、CO₂）の約25倍の温室効果があるとされるメタンガスだが、米国海洋気象局（NOAA）によると、人間の活動を通じた2021年中の総排出量は約6億4,000万トンにも及んでいる。そのなかで、世界中で30億頭以上飼われているとされる牛や羊などの反すう家畜の消化管内発酵に由来するメタンガスは、全世界で年間約20億トン（CO₂換算）と推定され、全世界で発生している温室効果ガスの約4～5%（CO₂換算）を占めるため、地球温暖化の原因のひとつと考えられている。

牛のメタンガス排出のメカニズムは、牛の胃には数千種類の微生物が生息しており、そのなかにメタンガスを生み出す微生物もいて、胃にたまったメタンガスが息に混ざり、ゲップとして排出される。餌を多く食べる乳牛は、1日当たり約600リットルのメタンガスを排出するという。

2021年11月に開かれた国連気候変動枠組み条約第26回締約国会議（COP26）



カギケノリ養殖に向けた培養株生産 写真：アルヌール

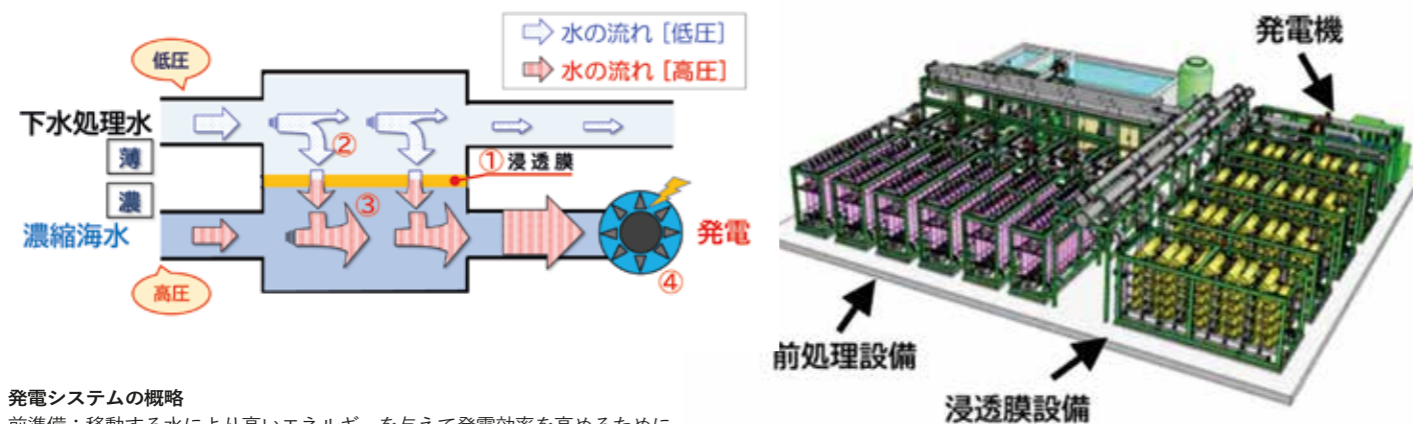
では、米国はじめ、EUや日本など100以上の国が、2030年までにメタンガス排出量を2020年比で少なくとも30%削減することで合意しているが、メタンガス排出量のうち、石油や天然ガス生産・使用からの漏出などのエネルギー部門、ならびに家畜の消化管内発酵（いわゆるゲップ）などの農業部門がそれぞれ約4割を占めており、今後は両部門を中心とするメタンガスの削減努力が必須だと報告している。

こうして現在、牛などの反すう家畜のメタンガス排出を削減しようと、畜産大国のアメリカやオーストラリア、ニュージーランドをはじめ世界各国の研究機関や大学などで研究が進められており、日本でも2023年に帯広畜産大学とユークレナがカギケノリの配合飼料の研究で成果をあげており、最近では微細藻類の大量培養技術を持つアルヌールが、鹿児島県山川町漁業協同組合と神戸大学の協力の元、カギケノリの養殖に乗り出している。また読売新聞によると、高知県大月町の

メタンガス削減の 切り札となるか？ スタートアップ企業も 続々参入する カギケノリ・ビジネス

黒潮生物研究所もまた陸上でカギケノリを養殖し、家畜の飼料として活用するプロジェクトを民間2社と共同で取り組んでいる。カギケノリを配合した飼料は、ゼネコン大手の鹿島建設なども開発をめざしており、高知大学も民間企業と共同研究を進めているという。

しかし、カギケノリの飼料化にはまだ問題点もあるようだ。前述の国際農林水産業研究センターによると、カギケノリを飼料化するうえで、安定的な生産供給のための養殖技術の開発、揮発性の高い有効成分を逃がさない加工法の開発、長期的な給餌による家畜への影響評価などを今後の課題にあげている。また、畜産農家にとって、飼料価格が高騰する中、メタンガス削減のために高コストな海藻飼料を与えるインセンティブは小さくなく、安く、大量にカギケノリを養殖できる技術開発が求められていると、結んでいる。畜産業は今、多くを輸入に頼る飼料価格の高騰と円安の直撃を受けており、さらにメタンガス削減のための海藻飼料購入の余力は残っていない。この先、政府はどこまで補助できるのだろうか。



発電システムの概略
前準備：移動する水により高いエネルギーを与えて発電効率を高めるために「濃縮海水は高圧力」「下水処理水は低圧力」にする。
①濃縮海水と下水処理水を「浸透膜」で隔てると「浸透圧」が発生。
②塩分濃度の薄い「下水処理水」から濃い「濃縮海水側」へ「水が移動」。
③水が移動した先の「濃縮海水側」では高圧力がかかっていることで、移動した水の「運動エネルギーが一気に上昇」する。
④元々の濃縮海水に「移動してエネルギーを獲得した水」が加わり、勢いよく水車を回して発電する

出典：福岡地区水道企業団 HP

施設の寸法 約22m×20m

発電施設の概要
110kW×24時間×365日×91%（稼働率）
濃縮海水使用量：10,000 m³/日
下水処理水使用量：9,200 m³/日

出典：福岡地区水道企業団 HP

ZERO wetsuits

URL: <https://zero-wetsuits.com>
Mail: facrory@zero-wetsuits.com

4-25-7 Harajuku, Totsuka-ku, Yokohama-shi, Kanagawa pref., JAPAN 245-0063
Phone: 045-443-6656 Fax: 045 443 6651

砕氷能力をもつ
JAMSTEC の新たな
北極域研究船
「みらいII」、
2026年、竣工。



「みらいII」 ©JAMSTEC

有人潜水調査船「しんかい 6500」とその支援母船「よこすか」、地球深部探査船「ちきゅう」、令和6年度の能登半島地震の緊急調査航海を行った学術研究船「白鳳丸」など、調査研究を行うための特殊な機器を装備した専門の船舶を数多く所有する国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）では、現在、新たに砕氷能力を持つ北極域研究船「みらいII」を建造中だ。

1997年の竣工以来、1998年9月には最初の北極海観測を実施するなど、海洋観測で秀でた業績を上げてきたJAMSTECの海洋地球研究船「みらい」は、老朽化などにより2025年度をもって運用を停止することとなった。「みらいII」は、「みらい」から、船名とともに北極域を含む調査・観測活動を引き継ぐ予定で、円滑に調査・観測活動を開始できるよう、2026年11月の完工・引渡しをめざして建造と運用準備を進めている。

日本の砕氷船で有名な南極観測船（砕氷艦）「しらせ」は、厚さ1.5mの海氷を船速3ノット（時速約5.56km）で連続砕氷可能という世界屈指の砕氷能力を有

しているが、「みらいII」の砕氷能力は、厚さ1.2mの海氷を船速3ノットで連続砕氷可能なレベルだという。

「みらいII」は観測のためのさまざまな装備を有するが、特徴は、高精度な大気・気象観測ができるドップラーレーダーとムーンプールだ。船体の中央に穴が開いていて、このムーンプールから観測機器を降ろすことで、海水下の観測を安全に実施できる。また、船上のクレーンでゴンドラを吊り、研究者を海氷上に降ろしたり、ゴンドラから直接海氷上の作業を行うオペレーションを計画している。これによって、海氷の観察や計測、試料の採取が可能になる。また、氷の厚さを非接触で計測できる電磁誘導式氷厚計が搭載可能だ。海氷面積や分布の予測に不可欠でありながら不足している海氷厚のデータ取得をめざす。

そのほか、「みらいII」では、アイスレーダーや赤外線カメラなどによって氷況（海

氷の状況）をモニタリングし、また砕氷などによって船体に生じるひずみや、スクリュプロペラの推力やトルクを連続的に測定し記録する。それらはデータとして蓄積され、航行中に操船のガイドとして、また下船後の検証によって安全で効率的な運行計画の策定や操船方法の改善にも使える。観測データを取得したときに、船がどの位置にいて、どういう氷況だったかもわかる、運航面だけではなく研究面でも役立つ機能になっている。

海氷や砕氷船の専門家である東京大学名誉教授の山口一さんは、「北極域研究船は必要十分な砕氷・耐氷性能と、海氷域だけでなく通常海域における観測性能を両立する船。その設計は、とても難しいものです。しかし、日本の造船技術は非常に優れています」

日本の北極域研究者の長年の願いが、今、実現しようとしている。

本誌2号の「逗子・葉山」特集でも全面的に取り上げた磯焼け対策が一步前進した。当時の取材でも、アマモの植え付けやウニの駆除を行っていた多くのボランティアの人々が口にしてきたのが、「地球温暖化による海水温の上昇が磯焼けの原因のひとつなので、一地域だけの対策ではどうにもならない。海はつながっている」という焦燥感だった。逗子、葉山でそれぞれ活動していた地域ぐるみの磯焼け対策が三浦半島全域に広がったことは多いに評価したい。

今回、三浦半島の4市1町（横須賀、鎌倉、逗子、三浦市、葉山町）が連携して磯焼け対策の一環として、相模湾側の海の藻場再生を図り、海藻などに吸収されるCO₂由来の炭素「ブルーカーボン」を増やす脱炭素の取り組みを推進させる「三浦半島ブルーカーボン推進会議」を発足させた。あわせて、開局70周年企画として『日本列島ブルーカーボンプロジェクト』という番組を始めた日本テレビからよせられた企業版ふるさと納税2400万円も活用していくという。また、日本テレビは関連番組を制作する予定だ。

逗子・葉山のみならず三浦半島周辺の相模湾では、海藻を食べるウニやアイゴが増加し、さらに温暖化による海水温上昇で磯焼けが進んでいる。そのためにせっかく植え付けしたアマモやカジメなどがさらにウニやアイゴに食べ尽くされ、全滅する被害も報告されている。横須賀市の調査では、小田和湾周辺では2006年に約348ヘクタールあったアマモ場が2022年に2.1ヘクタールまで激減した。

三浦半島ブルーカーボン推進会議発足を受けて、三浦半島の4市1町（横須賀、

鎌倉、逗子、三浦市、葉山町）それぞれの取り組みがあわせて発表された。横須賀市は、磯焼け対策としてウニ、アイゴの駆除、また、ウニ、アイゴなどから藻場を守るミニストーン工法による藻場の造成などが予定され、具体的には相模湾側長井にカジメ場の造成が行われる。あわせて海洋環境問題の啓発として、市民によるアマモの植え付けや観察、セミナーの開催などが予定される。鎌倉市は、磯焼け対策としてウニの駆除、砂浜に打ち

行政単位を越えて
磯焼け対策を進める
三浦半島
ブルーカーボン
推進会議発足！



ボランティアの人たちによるウニの駆除の様子、逗子海岸

上げられた海藻の利活用、母藻（胞子を排出させる状態の藻）を海に戻す活動に対する支援などを行い、海洋環境問題の啓発として、公立小中学校を対象とした海の環境に関する課題解決型学習を行うとしている。

また、逗子市は漁業者や市民団体による磯焼け対策としてのウニの駆除、地元企業などによる藻場の造成をあげて、藻場を増やす事業者の取り組みに対する補助を行うとしている。三浦市は磯焼

策として、ウニ、アイゴの駆除と早熟カジメの試験的な育成と藻場の保全で、具体的には城ヶ島におけるアマモ場の造成と諸磯（もろいそ）におけるカジメ場の造成を予定している。そして、葉山町は磯焼け対策として、ウニの駆除、母藻の設置、アマモの種苗生産・移植などの藻場の造成、海洋環境問題の啓発として、ブルーカーボンの啓発イベントの開催とブルーカーボン教材の作成などが取り組みとして発表された。

croft.

1-9-14 Muraoka Higasi, Fujisawa-shi, Kanagawa Pref.,
JAPAN 251-0012
Phone: 0466-21-7555 Fax: 0466-21-7556
Mail: croft.jp@gmail.com
Web: www.croft.jp



私たちは自然環境の保全を心がけ、ゼロカーボンをめざします。








idealreef.net

NPO アイデアルリーフ

NPO アイデアルリーフの理念
私たちは、海の自然環境を再生し、育成し、そして、利用者として安心安全の中でレジャーやスポーツを楽しみ、安らぎを感じられる浜辺の環境作りをめざします。

www.idealreef.net

協会便り



写真はXLサイズ

協会Tシャツを販売します。

一般社団法人日本自然環境保全協会のマークが入ったTシャツができました。サイズはS、M、L、XL、XXLの5種類で、Tシャツの色は白のみとなります。綿100パーセント、やや厚手の5.6オンスヘビーウェイトポケットTシャツになります。胸ポケットの上に左右80ミリ幅のグリーン色の協会ロゴのプリントが入ります。また、Tシャツの後ろには天地・左右260ミリの協会のマークが紺とグリーン色の2色でプリントされています。女性用はありませんので、購入希望の方はサイズ比較表をお確かめのうえ、当協会ホームページの「協会Tシャツ販売」ページからお買い求めください。または、メールでお問い合わせください。

価格：3,800円（消費税・送料込み）

Mail: info@jneps.net



協会Tシャツ販売のQRコード

Tシャツのサイズ比較表

サイズ	S	M	L	XL	XXL
身丈	66	70	74	78	82
身幅	49	52	55	58	61
肩幅	44	47	50	53	56
袖丈	19	20	22	24	26

日本自然環境保全協会の一般会員になりませんか。

私たちは、山地災害の防止や水源かん養などの公益的機能である「森の力」を回復するため、荒廃した森林を対象に整備を行っています。このような緊急を要する森林は日本全国にあり、森林の整備やその情報が必要となっていることを広く知っていただくためにも、自然環境保全指導員の育成や、教育現場での周知が急務となっています。

これら教育啓蒙活動などのための活動資金が不足しています。私たちの活動は、次世代のための持続可能な生活環境の確保のために、またさらに二酸化炭素削減のための対策ともなっています。

年会費は1,000円、初回登録時に3年分、3,000円をお支払いください。更新時にも3年分3,000円をまとめてお支払いください。

会員登録は、当協会ホームページの「会員登録」ページからお申し込みください。

<https://www.jneps.net/contact>



会員特典：日本自然環境保全協会から、地球温暖化など自然環境に関するニュースや一般会員向けの環境セミナーなどの催事のお知らせを随時メールでお送りします。

会費は下記の銀行口座にお振り込みください。なお、振込手数料は各自のご負担でお願いします。

振り込み先：

三菱UFJ銀行鎌倉支店（普通）0255933

口座名義人：

ニホンシゼンカンキョウホゼンキョウカイ

今年も「南伊豆植樹祭」を開催しました。

山を豊かにして、そこから出たミネラルたっぷりの水で川に流れ、微生物が繁殖し、川を浄化して、流れ出たミネラルが海藻の森をつくる。そこに小魚が集まり、大きな魚が捕食しにくる。そうすると漁師が潤う。そんな思いで私たちは植栽をするために土壌の下刈りをし、苗が食べられないように害獣除けの防護ネットを張り、運営をお手伝いしています。今年も提供してくれた南伊豆町の約1ヘクタールの山に、クヌギ、クリなど約1,000本の広葉樹の苗木を植栽しました。



Photo by N. Sato

LIGHTING AND INTERIOR

実際に商品を見ることができる
ショールームのご予約はこちらから



HERMOSA
Kamakura

オリジナル照明の製造と輸入インテリア雑貨の販売している、鎌倉を拠点とするメーカー。

ハモサ 鎌倉

検索