

我々は好意と友情をもって、みんなのためになる職業奉仕を
実行しなければなりません。その為の一助として、今回は岐阜
大学の神原信志先生に「ストップ温暖化！ エネルギーの近未来」
と題し、ご講演をいただきます。

神原先生は国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学の副学
長補佐、工学部化学・生命工学科の教授でいらっしゃいます。群
馬大学をご卒業後、出光興産(株)に入社、エネルギー部石炭研究
所にて石炭の研究に従事され、2003年より岐阜大学にいらしま
した。日本エネルギー学会燃焼部会長をはじめとした多くの役
職を務められ、また日本エネルギー学会論文賞など多くの賞を
受賞されています。それでは先生、よろしくお願ひいたします。

【ストップ温暖化！ エネルギーの近未来】

神原信志氏



本日は、私が研究の中で最も熱心に取り
組んでいるエネルギーの低炭素化に
ついて、新型コロナの話も交えながら解
説していきたいと思ひます。

ご存知かと思ひますが、世界の平均気温
は年々上昇しています。産業革命以降、
世界の平均気温は約 1.0℃ 上昇していま
す。その中でも、ここ 25 年だけで 0.5℃

の気温上昇がありました。これは中国の経済発展とも重なって
おり、急激に平均気温が上がってきています。このまいくと、
2030～2052 年ごろまでには気温の上昇が 1.5℃ に達すると推測
されています。

1.5 という数字だけでは小さく感じてしまう為、どのような意
味を持つかということが伝わりにくくなっています。体温で考
えてもらおうと、1.5℃ 上がったら結構熱が上がっていると思
うのではないのでしょうか。

平均気温の上昇によって、様々なところに影響が出てきます。
既に産業革命後の 1.0℃ の上昇で大雨や洪水などの気候変動、海
面上昇による南国諸島の水没、新型コロナなどの新興感染症と
いった影響が出ています。

平均気温の上昇が 1.0℃ を越えることで、まず水資源への影響
が出ます。数億人が深刻な水不足に直面します。これは雨が降
らないなどの気候変動の影響です。生態系への影響としては、
サンゴの白化が増加します。沖縄方面ではかなり白化が進んで
いるようです。

その他の影響として、種の分布の変化、森林火災の発生など
があります。近年、ニュースで報じられることが多くなった山
火事ですが、これは気温の上昇により木が乾燥し、自然発火す
ることによって起こっていることが多いです。小規模な農家や
漁業者は、条件、地域に応じた影響を受けるようになります。
作物が育たない、魚が獲れないといったことが起こります。ま
た暴風雨や洪水による被害も増加します。

新型コロナと環境問題は一見関係が薄く感じられるかもしれ
ませんが、実は非常に密接に関わっています。幾つかの感染症
を媒介する生物の分布が変化することで、我々の身近にそうい
った動物がやってくるようになります。今後、更に平均気温が
上昇すれば、更に新種のウイルスが出てくる恐れもあります。

今後、平均気温の上昇が止まらず、3.0℃、4.0℃ と上がると
いうことになれば、人類は破滅に向かうしかありません。それ
を食い止める為、何とか 2.0℃ に抑えようというのがパリ協定に
なります。

2019 年の新型コロナの発生には二つの要因が考えられます。

まず一つ目は、武漢を含む中国南部では野生生物を食べる習
慣がある為、市場では生きた野生生物が売買されているという

本日のプログラム

担当：職業奉仕

小森宇生也委員長



産業革命以降、人類は石炭に始まり
様々なエネルギー資産を手に入れ、それ
を大量消費することにより繁栄を築いて
きました。その代償として、温暖化など
環境破壊が進み、人類の繁栄を根こそぎ
奪い取ろうとする事態を招いております。
我々は今何をすべきか、それを考える
為には、まず現状をよく理解し、真実を

知ることが大切です。

ことです。人間が生きたコウモリに接する機会も多く、感染の原因になったのではないかと考えられています。

二つ目は森林などの生態系が人間の手によって破壊され、今まであまり近づくことがなかった場所に人間が容易にアクセスできるようになり、これまでは森の中でひっそりと暮らしていた動物たちと人間が接するようになったことです。更にそうした野生生物の肉(ブッシュミート)が流通し、その結果、新興ウイルスに感染するということとなります。AIDS やエボラ出血熱はまさにこうした例だと言われています。これを「生物多様性崩壊」と言います。

環境問題と生物多様性崩壊は深く関係しています。経済発展による自然破壊だけではなく、気候変動(温暖化)が生物多様性の崩壊を加速しています。それによって生物の生息場所の分布が変化し、それが進むと人間に近い所にウイルスを持つ種が存在するようになるということです。

生物多様性には階層性があり、遺伝子、種、生態系、景観とミクロからマクロまで多様性を持っています。ウイルスも種の一つであると考えられます。景観も種としてみるわけです。人間も生物多様性によって生かされています。生かされているものは全て生物多様性の仲間ということが言えます。生息場所の分布が変わらず、ウイルスを持った生物が人間の近くまで来なければ今回のようなことは起こらなかったのですが、それがどんどん壊れていっているというのが現状です。

生物多様性を脅かす要因としては、生息域の破壊、乱獲、汚染が挙げられていましたが、これらは現在は大分コントロールできるようになっています。なかなかコントロールができない要因としては、外来種の侵入、気候変動・温暖化が挙げられます。

日本固有の生物が持っているウイルスについては、我々は昔からうまく付き合ってきているので、今更パネミックを起こすことはありません。しかし、外から入ってきた生物は違うウイルスを持っている可能性があります。例えば人間には感染しなくても、他の生物に感染してその生物が絶滅してしまうということは起こり得ることです。

外来種侵入の要因として、経済のグローバル化によって持ち込まれるといった事例が多くなってきています。近年ではヒアリの例があります。また、秘境ツアーの流行も一因になっているといえます。通常では近づかない場所に行き、そこからいろいろなもの、特にウイルスなどを持ってきてしまう。これは大変危険な行為であると認識してもらうように、我々も活動しています。

外来種の侵入と気候変動による生物多様性の崩壊が、新興感染症の根本原因とも言えます。気候変動をできるだけ抑えていく必要があります。

パリ協定は簡単に言うと「平均気温上昇を 2.0℃未満に抑えよう」という内容で、2016年に発行、合意した協定です。2020年の1月から開始となっていますが、コロナのこともあり殆ど話題になっていません。5年ごとに目標を定め、PDCA(PLAN:計画→DO:実行→CHECK:検証→ACTION:改善)というサイクルを回していこうということになります。

パリ協定の合意と実行の間、2年前の2018年に「IPCC 1.5℃特別報告書」というものが発表されました。これはパリ協定よりも更にもう一歩踏み込んでおり、気温上昇を 1.5℃に抑えようという提案です。

「IPCC 1.5℃特別報告書」では、0.5℃の違いは気候変動や健康影響に対し非常に大きいものであり、現在のペースで排出量が増加し続けると、2030~2052年の間に 1.5℃上昇に達する見込みと述べられています。そして 1.5℃に抑えるには、世界の排出量を 2030年に 45%削減(2010年比)、2050年には実質ゼロと

することが必要で、できるだけ早期に少しでも温室効果ガスを低減することで 1.5℃を実現できるとしています。それには低炭素エネルギーシステムを早期に社会実装することが必要であり、これが私の研究の目的です。

日本はどのような削減目標を掲げているかというと、対象ガスは CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ です。その中でも我が国の温室効果ガス排出量の 9割を占めるエネルギー起源である CO₂ の排出量を、2013年度比で 25.0%削減するというのが目標です。IPCCの掲げる 45%と比べると少ないと思われるかもしれませんが、これは5年ごとに目標数値を上げていく為です。見込める数字として、まずは 25.0% としています。

我が国の取り組みと課題は次の通りです。

- ① 再生可能エネルギー量の増加 →限界あり
- ② 発電効率向上および消費側力率向上 →限界あり
- ③ CO₂ フリー水素の導入 →コスト高
- ④ CO₂ 回収・貯留(CCS) →貯留場所の選定困難
- ⑤ CO₂ 回収・利用(CCU) →コスト・将来技術
- ⑥ アンモニアエネルギーの導入 →既存との競合
- ⑦ CO₂ 還元 →将来技術

本日強調したいのは⑥で、実際はかなり準備も進んでいます。しかしエネルギーは世界で消費されるもので、主導権を持っているメジャーどころもあります。また、車社会にも直接関与してきますので、様々な合意が必要となります。そういったことから、新エネルギーはなかなか普及させることができないという状況ではあります。

⑦も私の研究テーマの一つです。日本には企業がこのような情報を共有する JCI(Japan Climate Initiative=気候変動イニシアティブ)というネットワークがあります。事務局は世界自然保護基金(WWF)です。

昨日(6/8)、経団連は脱炭素社会に向けたイノベーションに挑戦する「チャレンジ・ゼロ」という新プロジェクトの開始を発表しました。企業がある技術をもって CO₂ 削減に積極的に取り組むというものです。137の企業・団体が、「チャレンジ・ゼロ宣言」に賛同し、305の具体的なチャレンジを表明しています。

企業は自分たちにどのような CO₂ 削減ができるのかということや大学などの研究機関と連携するなどして考え、削減目標を作り、実行に移します。そして、金融機関は CO₂ の削減目標を掲げた企業を優良企業として紹介し、ESG投資(環境・社会・企業統治に配慮している企業を重視・選別して行なう投資)を呼び込むという流れになります。

RE100とは、この ESG投資の基となった考え方です。事業運営を 100%再生可能エネルギーで調達することを目標に掲げる企業が加盟する国際イニシアチブで、「Renewable Energy 100%(再生可能エネルギー100%)」の頭文字をとって「RE100」と命名されています。2014年に開始され、多くの企業が加盟しています。

投資判断の基準として RE100 を目指している企業は、ESGに適合した企業であるということが出来ます。RCの会員の皆さん、或いは RC 自体で「チャレンジ・ゼロ」や RE100 といったことを掲げておくと、きちんと考えている企業、団体であるということや世間に示すことが出来ます。今後、そういったことを作っていかれてはいかがでしょうか。

水素社会の構築ということは以前から言われ続けていますが、コストなどの問題もありなかなか普及していません。

現状としては、水素を「つくる」ということに関しては、様々なルートで可能となってきています。石油、天然ガス、化石燃料から水素を作り、その時に発生する CO₂ も貯留、利用します。

海外では、この時に発生した CO2 を次に掘る石油の圧縮に利用する EOR (Enhanced Oil Recovery) という技術によって、CO2 ゼロの石油採掘を行っています。

その他には製鉄所、化学工場などからの副産物としての水素があります。この場合は CO2 はゼロではありませんが、余ったものを利用するという観点では有効であると言えます。自然エネルギーとして水電解で作る場合は、かなりコストがかかってしまいます。バイオマスは技術的なハードルが高く、まだまだ研究開発段階です。

水素ができれば、次は「ためる」、「はこぶ」こととなります。現在はカードルと呼ばれる高圧ガスボンベを積んだ車両で運んでいます。水素を運んでいるので、車検も毎年しなければなりません。耐用年数は 30~40 年程で、必ず廃棄が必要になります。液体水素の場合は -258℃ に冷やして運ばなければいけません。このような様々な縛りがある為、実用化が難しくなっています。現在は国の補助金が使われているので、水素の価格も低く抑えられています。補助金が無くなったら継続は難しくなります。

「つかう」にあたっては、燃料電池自動車はまだ高価です。分散型電源も今の段階では 700W しか発電できません。

水素を「つくる」、「ためる」、「はこぶ」、「つかう」、全てのシーンが高コストであるというのが現状です。このような状況が、普及を阻んでいると言えます。

一番の根本的な問題は発電システムです。内燃機関と燃料電池の発電装置単価 (¥/kWh) には 10 倍以上の価格差があります。これでもかなり安くなっており、10 年前は更につけが違いました。この差を縮めることも難しくなっています。

国としては燃料電池の低コスト化の研究開発に重点を置いています。現在の半分程になってくると普及し始めるのではないかと思います。本質的に白金を使用するという問題があるのでなかなか難しいというのが本音です。

そういったことを踏まえ、水素エネルギーシステムの限界を打破する新システムの提案として出てくるのがアンモニアです。アンモニアをエネルギーとして普及させ、水素キャリアにするというのが、私の研究になります。アンモニアは価格も安く、実現すれば早期の社会実装が見込めます。また CO2 フリーで作ることもできます。

昭和電工(株)はペットボトルなどの廃プラからアンモニアを作っています。また製造業から出たアンモニアの排ガスを水に溶かして回収し、エネルギーとして再利用することも可能です。その他、石炭のガス化プラントの副生されたアンモニア、NOx から作ったアンモニア、海外で CO2 フリーで作られたグリーンアンモニアなど、多くのルートがあります。

タンクローリーや大型ボンベなど、配送の技術もすでに確立しています。ユーザーはアンモニアから水素を作ることもできます。一部で水素を作り、残りでエンジンを動かすということも可能です。現在考えているのはこのようなシステムです。また H2/NH3 混合燃料が使用可能な内燃機関には、多くの種類がありますので、様々な発電量でアンモニアを使うことができます。

私が開発した新技術として、アンモニアから純水素をつくる装置があります。これにはプラズマ技術を使っています。プラズマは簡単に言えば雷の集合体のようなものです。プラズマでアンモニア (NH3) を分解して多くの水素 (H) を作ります。そして水素分離膜に H だけを透過させることで、H2 になって出てきます。このようにして純水素を作ることができます。装置は超小型で、片手で持てるほどの大きさです。電解水素製造システムの 1/50 の容積で純水素を作ることができます。

現在、澤藤電機と岐阜大学が共同で製作した装置で、1 時間に 300ℓ の高純度水素を作っています。来年には 1 時間で 1200ℓ を作

ることができる装置を製作する予定です。モーターショーで展示して、非常に反響がありました。

この装置を新聞発表したのが令和元年 6 月 17 日でしたが、その日から 5 日間連続で澤藤電機の株価が東証一部でストップ高となりました。これは東証一部のタイ記録だそうです。それ程、社会的に大きな反響があったのではないかと考えております。

昨年の 11 月、排水を蒸留してアンモニアを濃縮、先述の装置にかけて水素を作り、燃料電池で発電して LED を点灯させるという実証実験を行いました。こちらも新聞で紹介されました。

アンモニア/水素混合燃料でガスエンジンの実験も行っています。実験の結果、アンモニア 90%、水素 10% の混合ガスならばどんなエンジンも動かすことができるということが実証されました。

CO2 フリーアンモニアを活用して低炭素社会の実現を目指す「グリーンアンモニアコンソーシアム」という一般社団法人ができました。資料を小森委員長へお渡ししてありますのでご興味のある方はご覧になってください。

発生した CO2 の処理技術として、CO2 のダイレクト還元という技術も開発しており、172nm 紫外線を利用した CO2 直接還元法というものを研究しています。大気中の CO2 にアンモニアを少し足して装置に入れ実験を行い、常温常圧で炭酸水素アンモニウム (ふくらし粉) に還元することができました。この装置も普及させていくことができると考えています。

今年 2020 年、CO2 フリー燃料「グリーンアンモニア」の輸入が開始される予定です。2 年後には、グリーンアンモニアを燃料とする分散型電源としてエンジンや発電システムを普及させたいと考えています。そして、2030 年には恐らく燃料電池も安価になっていると思いますので、グリーンアンモニアを燃料とする燃料電池発電システムをデビューさせ、普及させたいと考えている次第です。

現在、1000ℓあたり 110 円で水素を売っています。アンモニアから水素を作るようになると、これが 32 円位になります。これからは、そのような時代になっていくのではないかと思います。ご清聴ありがとうございました。

※グリーンアンモニアコンソーシアム ホームページ：

<https://greenammonia.org/>



監修・発行	会場委員会
写真撮影	会場委員会