

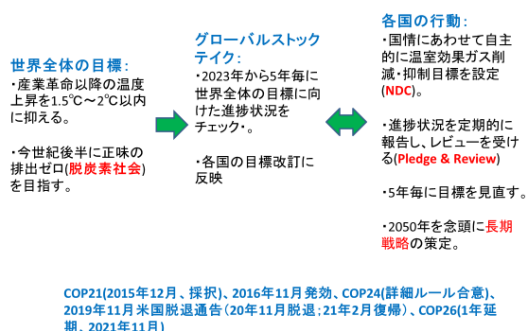
「我が国のカーボンニュートラルと グリーン成長戦略について」

公益財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)

理事長・研究所長

山地 憲治

パリ協定の基本構成



ご紹介いただきました山地でございます。「わが国のカーボンニュートラルとグリーン成長戦略について」と題しまして話をさせていただきます。

まず、カーボンニュートラルは皆さんご存知のように地球温暖化対策のためのゴールですが、その国際的枠組みを決めているものがこのパリ協定です。2015年の12月に採択され翌年に発効しました。発効と同時にトランプ氏がアメリカ大統領となり昨年11月協定を脱退しましたが、バイデン大統領になってすぐ復帰しました。ただコロナの影響で昨年のCOP26は1年延期となりました。

COPは地球温暖化対策の国際条約である気候変動枠組み条約の締約国会議として毎年行われるもので、11月のCOP26は大変重要なものになります。

パリ協定はよくできた構成になっています。CO₂の削減目標について、京都議定書では先進国はトップダウンで目標を決められ、途上国は議定書には参加したものの削減目標はありませんでした。一方パリ協定では各国が自主的に目標を決めてNDC(Nationally Determined Contribution)を提出するようになっており、ほとんどの国が2030年頃の目標を出しています。これを全体でレビューします。長期目標となる世界全体の目標は、この時点では「Well below two degree C(2℃より十分低く抑える)」とされ、1.5℃は努力目標」とされました。長期目標達成には今世紀後半には脱炭素社会、カーボンニュートラルを実現しなければならないということでした。ところが、努力目標の1.5℃の実現には2050年のカーボンニュートラルが必要というIPCCの特別報告が出てきて、いま我が国も含めて欧米では2050年カーボンニュートラルが言われている状況です。2030年の自主的な行動のpledge(NDC:公約、誓約)と長期目標を擦り合わせる仕組みとして、グローバルストックテイクがあるという構造になっています。また、各国はNDCだけでなく2050年を念頭に置いた長期戦略の提出も求められています。

エネルギー・環境イノベーションに関する最近の動向

2015年12月: COP21においてパリ協定採択
2018年7月: 第5次エネルギー基本計画
2018年10月: IPCC 1.5℃特別報告書
2019年6月: パリ協定長期成長戦略(UNFCCC事務局へ提出)
2019年10月: グリーンイノベーションウィーク: TCFDサミット、ICEF、RD20
2020年1月: 革新的環境イノベーション戦略公表
2020年7月: グリーンイノベーション戦略推進会議発足
2020年10月: 2050年カーボンニュートラル宣言
2020年12月: グリーン成長戦略(一次案)公表(2021年6月: 改訂版)
2021年4月: 気候サミット(バイデン大統領主催)
菅首相が2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減を表明
2021年6月: G7サミット(英国・コーンウォール)
2021年9月: 国連総会(ニューヨーク)
2021年10月: G20サミット(ローマ)
2021年11月: COP26(グラスゴー)

長期的なカーボンニュートラルを目指す時に最も大事になってくるのがイノベーションです。2015年パリ協定採択以降の歴史を年表にしています。2018年7月に第5次エネルギー基本計画とあります。実は第6次の基本計画について明日審議会があり、審議会ベースのフレームが出てくるだろうと期待されています。なぜ日本にとってこれが大事かと言いますと、日本の温室効果ガスの排出の85%程度はエネルギー起源のCO₂であるからです。諸外国では農業や森林破壊による排出が多い場合がありますが、我が国の場合はエネルギー

一と気候変動対策は直結しているということになります。それから、先ほど申し上げた 1.5℃に関する IPCC の特別報告書が 2018 年 10 月に出ました。これにより、2050 年にカーボンニュートラルでなければ 1.5℃の削減は無理ということになり、努力目標であったものがいつのまにかヨーロッパがリードした形で日米共に 2050 年カーボンニュートラルの実現を宣言するということになったわけです。それから長期戦略ですが、パリ協定では 2020 年迄に提出を求めていましたが、我が国は 2019 年ここ大阪で G20 がありましたので、そのタイミングで 2050 年目標の長期戦略を出しました。この段階では実は 2050 年は 80%削減という宣言でした。これがカーボンニュートラルつまり 100%削減になった。また長期戦略実現となると、どうしてもイノベーションが必要ということで、これまでもイノベーション戦略はいろいろ出てきていましたが、昨年 1 月に革新的環境イノベーション戦略が出ました。これが今のグリーン成長戦略のスタートラインになっているというのが私の認識です。この革新的環境イノベーション戦略を推進するために、グリーンイノベーション戦略推進会議が昨年 7 月に発足しました。そうこうするうちに、昨年 10 月に新たに首相になった菅首相が 2050 年カーボンニュートラルを発信し、12 月 25 日にグリーン成長戦略の一次案が出ました。赤字で書きましたが先月その改訂版が出され、その中では次世代熱エネルギー産業などが出てきました。

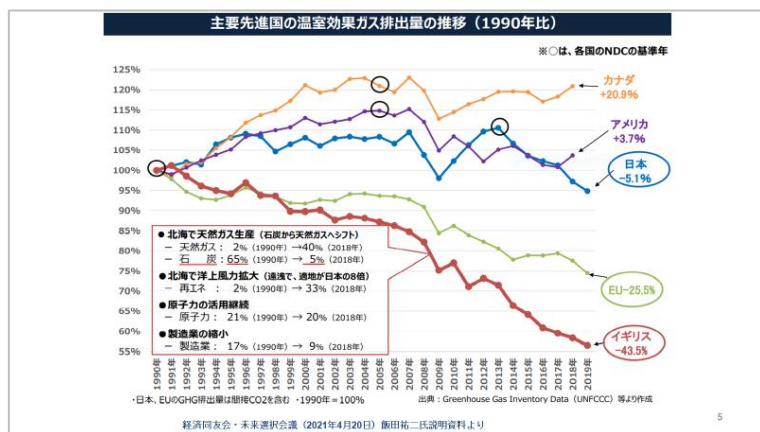
今年に入ってなかなか忙しく、一番大きいのは 4 月に行われたバイデン大統領主催の気候サミットです。菅首相は 2050 年カーボンニュートラル宣言をしましたが、国際公約としてより固いのがパリ協定の下での 2030 年の NDC です。ここで 2030 年に温室効果ガスを 2013 年度比から 46%削減を発表し、現状 26%ですから非常に大幅に目標を引き上げました。それで今年の残りですが、もうすでに G7 サミットが行われました。実は私自身いろんな審議会に関わっており、4 月 5 月はかなり忙しかった。というのも 6 月イギリスの G7 サミットぐらいまでに NDC の基礎となるエネルギー基本計画の数値がある程度出るであろうと言われていました。ところが 46%があまりに高いターゲットだったのか、役所も積み上げられなかったのではと思われます。6 月予定の多くの審議会開催が 7 月に先送りされました。明日の基本政策分科会である程度審議会としての 2030 年エネルギーミックスの数値が出てくると言われていますが、これも明日にならないとわかりません。今年のその後は、毎年開催される国連の総会が 9 月にあります。気候変動問題がとり上げられ、もともと気候サミットと言われたのはこれにあたります。それから 10 月下旬にイタリアで G20 サミットがあり、11 月上旬に G20 と連続する形で COP26 が開かれ、ここで新しい各国の NDC が出揃ってくるという状況にあります。

気候サミットを踏まえた主要国の排出目標		
● 4月22日の気候サミットを踏まえ、米国、カナダ、日本が目標引き上げを表明。		
国名	従来の目標	気候サミットを踏まえた排出目標
日本	2030年 ▲26% (2013年比) <2020年3月NDC提出>	▲46% (2013年比) を目指す、さらに50%の高みに挑戦と表明。
米国	2025年 ▲26~28% (2005年比) <2016年9月NDC提出>	▲50~52% (2005年比) を表明。 ※上記目標のNDC提出済み
カナダ	2030年 ▲30% (2005年比) <2017年5月NDC提出>	▲40~45% (2005年比) を表明
EU	2030年 ▲55% (1990年比) <2020年12月NDC提出> ※引き上げ前は▲40% (1990年比)	目標の変更無し
英国	2030年 ▲68% (1990年比) <2020年12月NDC提出> ※提出前はEUのNDCとして▲40% (1990年比)	2035年に▲78% (1990年比) を表明。 ※2030年目標の変更はなし。
韓国	2030年 ▲24.4% (2017年比) <2020年12月NDC提出>	目標の変更無し。気候サミットにおいて、今年中のNDC引き上げを表明。
中国	2030年までにピーク達成、 GDP当たりCO2排出 ▲65% (2005年比) <国連総会(2020年9月)、パリ協定5周年イベント (2020年12月) での表明>	目標の変更無し。 ※気候サミットでは、石炭消費の削減を表明。

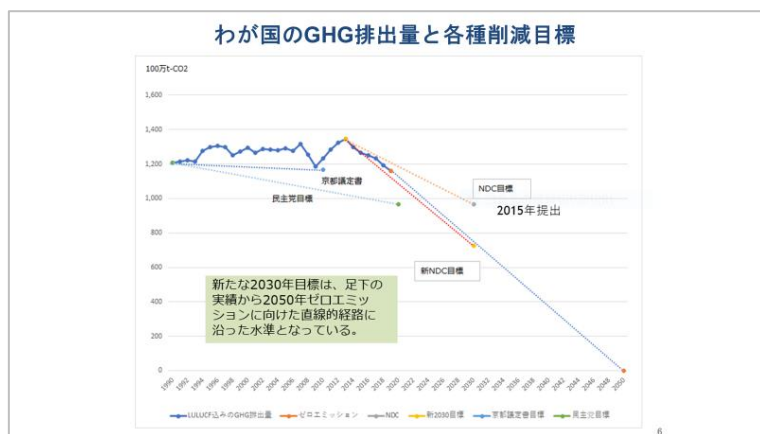
先ほどの 46%削減ですが、バイデンさんが主催した気候サミットで日本以外にも米国、カナダ、EU、英国と出てきたんですが、これ見ると日本は 13 年比 46%削減ですが、さらに 50%の高みに挑戦するとしています。米国は非常に大きく積み上げ、2005 年比で 2030 年に 50~52%削減するとし、これはアメリカにとっても非常に大きな数値だと思います。これまでもこれらの数字を追いかけてきましたが、カナダの 2005 年比 40~45%削減はちょっと驚きです。これができるとはなかなか普通では思えない。EU はもともと 55%削減としており変更なし

ですが、EU から離脱した英国は 2030 年に 68%削減を言っていました、この 4 月のタイミングで 2035 年に 78%削減という驚くべき数字を出してきた。ただイギリスの場合はできる可能性があるとは思っています。韓国は目標引き上げるとのみ言っています。

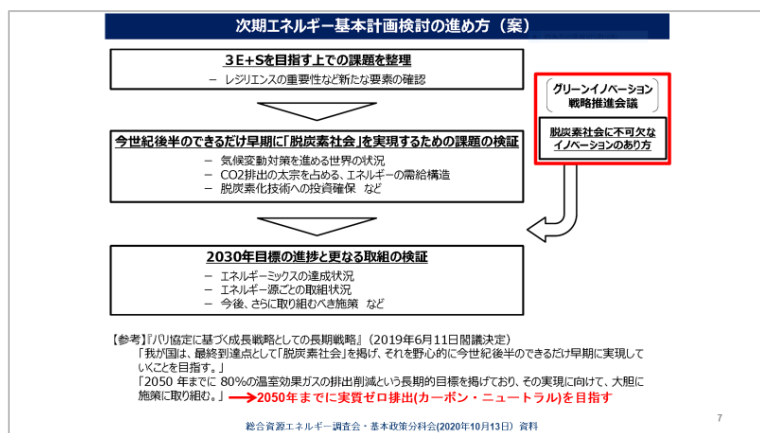
したたかなのが中国です。中国は何も変更せず、目標自体は GDP 当たりの CO2 排出量でこれは下げますが、絶対量は 2030 年までにピークを迎えるとのこと。中国の温室効果ガス排出量は日本の約 10 倍あります。これから 2030 年までの間のピークまでに、日本の総量と同じ分の 10 億トンぐらいは増えると思います。その中で、日本が 2050 年に向かって 0 に持って行こうというのは、難しいことをわが国は突きつけられたと私は思っております。



1990 年を 100%として直近までのカナダ、アメリカ、日本、EU、イギリスの排出量を見たものですが、さっき少し無理ではないかと言ったカナダですが、丸をつけたところが 2005 年の削減目標の基準年で、現在もそこからほとんど下がっていません。そこから本当に 45%下げられるのか。アメリカは少し下がっていますが、トランプさんの時に少し反動がありますが、頑張ってくださいというところです。日本は頑張っていますが、これで 2013 年比 46%削減はまだ遠い。EU はまあまあ下がっています。この茶色で示したのがイギリスで、ものすごく下がっています。イギリスがなぜ下げられたかというと、1990 年頃はまだ北海道でのガス田・油田はあまり開発されていませんでした。要するに、石炭を天然ガスに置き換えたということで、これだけで相当下がります。その後天然ガスの生産量が落ちてきましたが、北海道は非常に風況がよく、かつ海が浅くて洋上風力に向いており、世界最大の洋上風力国となっています。1000 万キロワット程度の洋上風力を持っており、さらにイギリスは原子力を維持しているわけです。無くすよりも建てようとしています。もっと大きい要素として、イギリスはこの間、製造業を大幅に縮小し、今は CO2 を出さない金融で生きています。よってこの調子で下がっていけば、2035 年 78%減というのはできなくはないような気がします。各国は以上のような状況です。



も同じです。2013 年からスタートして実績推移を直線で引っ張ってみると、ちょうど 2030 年は 46 ぐらいのところにあります。明らかに 2050 年カーボンニュートラルに引きずられて 2030 年 46%減の数字が出てきたと見ることができ、現在の目標 26%から相当ギャップがありますので、審議会において苦労していることがお分かりいただけると思います。



さらに積み上げるというのが、この段階での第 6 次エネルギー基本計画検討の進め方だった訳です。今までと違って面白いのは、革新的環境イノベーション戦略を源泉とするグリーンイノベーションをこの基本計画の中にも取り込むということです。このような中で 2050 年までに実質ゼロを目指すことが出てきたわけで、困難な道を歩んで検討を進めているということです。

2050年カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略に関する論点

令和2年11月
内閣官房成長戦略会議事務局

1. カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略

- 「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」との方針に沿って、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げ、グリーン社会の実現に最大限注力すべきではないか。
- もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではなく、積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらす、大きな成長につながるという発想の転換が必要ではないか。

2. 革新的なイノベーションの推進

- 革新的なイノベーションを図る分野として、①電化+電力のグリーン化(洋上風力、次世代蓄電池技術など)、②水素(熱・電力分野を脱炭素化するための水素大量供給)、③CO2固定・再利用(カーボンリサイクル、CO2回収・貯留付バイオマス発電等)に重点を置くべきではないか。実用化を見据えて、具体的な目標数値を定めた研究開発を加速的に促進すべきではないか。
- 規制改革などの政策を総動員し、企業の資金をグリーン投資に向かわせるとともに、ESG投資や企業のカーボンニュートラルに向けた投資をサポートする規制や金融支援を検討すべきではないか。
- 環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めるべきではないか。世界のグリーン産業をけん引し、経済と環境の好循環をつくり出していくべきではないか。
- 産業構造や経済社会の変革により、事業の再構築や労働移動が必要になる者への支援を検討すべきではないか。

3. カーボンニュートラルに向けたエネルギー政策

- 省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、安全最優先で原子力政策を進めることで、安定的なエネルギー供給を確保すべきではないか。
- 石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換すべきではないか。

ーションの推進というところですが、3つありますが、一つ目が電化と電力のグリーン化、その中でも洋上風力が挙げられています。二つ目が水素、つまり電気だけではエネルギー全部はカバーできません。最終エネルギー需要の中で電力は 25%を少し超えたぐらいであり、熱の部分がある。それを脱炭素化するための水素。三つ目が、化石燃料をゼロにはできないので CO2 を大気に戻さず回収固定あるいは再利用しようとするもので、カーボンリサイクル、CO2 の回収、貯留付のバイオマス発電などです。バイオマスは大気から CO2 を取り、燃焼すると CO2 を戻してカーボンニュートラルになりますが、バイオマス発電の煙突の手前で CO2 を取って地中に埋めればマイナスになります。光合成で大気から CO2 を取ったものが戻らずに地中に行く、こういったものをネガティブエミッションと言いますが、そのような技術のイノベーションをこの成長戦略の中で言っています。

グリーン成長戦略の概要（6月18日決定）

- 温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、「成長の機会」と捉える時代に突入している。
- 実際に、研究開発方針や経営方針の転換など、「ゲームチェンジ」が始まっている。この流れを加速すべく、グリーン成長戦略を推進する。
- 「イノベーション」を実現し、革新的技術を「社会実装」する。これを通じ、2050年カーボンニュートラルだけでなく、脱炭素効果以外の「国民生活のメリット」も実現する。

2050年に向けて成長が期待される、14の重点分野を特定。

※ 2050年の経済効果は約250兆円、雇用効果は約1,800万人と試算。

1. 洋上風力・太陽光・地熱 ・2040年、30~40GW 導入を目標に ・2050年、世界シェア 約1/3の割合を達成 ・2050年、建設工場で 約1兆円を投資	2. 水素・燃料アンモニア ・2050年、2,000トン/年 程度の輸入を目標に ・2050年、世界シェア 約1/3の割合を達成	3. 次世代 熱エネルギー ・2050年、世界シェア 約1/3の割合を達成	4. 原子力 ・2035年、17GW程度の 稼働率を達成	5. 自動車・蓄電池 ・2035年、蓄電池の 稼働率を100% 達成	6. 半導体・情報通信 ・2035年、半導体の 稼働率を100% 達成	7. 船舶 ・2035年、2500トン以上の 船舶を100隻以上 導入	8. 航空機 ・2035年、2500トン以上の 航空機を100隻以上 導入	9. 食料・繊維・木材 ・2035年、2500トン以上の 食料を100隻以上 導入	10. 資源循環 ・2035年、2500トン以上の 資源を100隻以上 導入	11. カarbonリサイクル ・2035年、2500トン以上の 資源を100隻以上 導入	12. 住宅・建設・次世代電力 ・2035年、2500トン以上の 資源を100隻以上 導入	13. 資源循環 ・2035年、2500トン以上の 資源を100隻以上 導入	14. ライフスタイル ・2035年、2500トン以上の 資源を100隻以上 導入
--	--	--	---------------------------------	---------------------------------------	--	--	--	--	---	--	--	---	--

政策を総動員し、イノベーションに向けた、企業の前向きな挑戦を全力で後押し。

1. 予算 ・グリーン成長戦略の推進（2兆円の規模） ・建設費の約10%を国庫補助金で補填 ・研究開発費の約10%を国庫補助金で補填	2. 税制 ・カーボンニュートラル投資税制優遇措置（最大10%の税額控除・50%の特例減価償却） ・大学等における取組の推進等 ・大学等における人材育成 ・カーボンニュートラルに関する分野別専門機関	3. 金融 ・グリーン成長戦略基金（GCF） ・グリーン成長戦略基金（GCF） ・グリーン成長戦略基金（GCF）	4. 規制改革・標準化 ・新技術に対応する規格標準 ・技術標準を国庫補助金で補填 ・新技術に対応する規格標準 ・技術標準を国庫補助金で補填
---	---	---	---

その後の展開として、内閣官房に成長戦略会議というのがあります。これは安倍前首相の時代から言っていましたが、成長戦略の柱の中に経済と環境の好循環がある、つまり環境は経済の制約になるのではなく環境目標を達成することを経済成長の原動力にしようとするものです。好循環というのが非常に好感度な言葉で、2050 年カーボンニュートラル宣言が出された後、成長戦略会議が去年 11 月に成長戦略と結びつけました。これがグリーン成長戦略という形に変わる最初のきっかけです。その中で重要なのが赤枠で囲った革新的なイノベ

そこで出てきたのがグリーン成長戦略です。これは先月出た改訂版ですが、14 の重点産業分野は変わりませんが、水素とアンモニアが昨年 12 月案では別々の産業でしたが、それを水素・燃料アンモニア産業として一つにまとめ、その空いた所へ次世代熱エネルギー産業が入りました。メタネーションもここに入ってきます。その他にも、洋上風力産業としかしていなかった所へ太陽光や地熱も一緒に一つの産業括りにしたとか、次世代住宅や建築物の所に次世代電力マネジメントを入れたとか、あるいはカーボンリサイクルの所へマテリアル

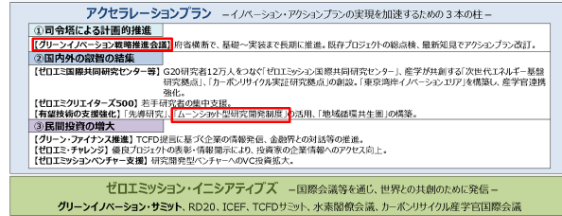
って言葉が入ったなど、改訂版のほうがバランスの取れたものになったと思います。それらを支援するいろいろな仕組みとして、まず予算としてグリーンイノベーション基金 2 兆円が出ています。2 兆円を今後 10 年間使うということですが、グリーン成長戦略となると単に研究開発ではないわけです。社会に実装して産業戦略に生かしていくところがあるので、2 兆円を種にして企業からのお金も含めて事業にしていけることが非常に大事だと思います。予算以外にも税制もあれば金融も規制緩和もあるし人材育成も必要だ、それから 2025 年の大阪関西万博といったものも絡めていこうと、そういうことが示されています。

革新的環境イノベーション戦略の全体像 (革新的環境イノベーション戦略、2020年1月)

イノベーション・アクションプラン

ー革新的技術の2050年までの確立を目指す具体的な行動計画 (5分野16課題)ー
①コスト目標、世界の削減量、②開発内容、③実施体制、④基礎から実証までの工程を明記。

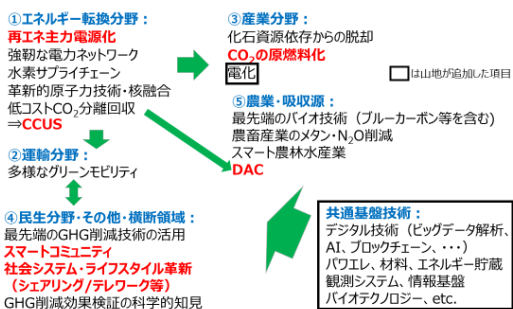
強力に後押し



10

ています。コスト目標とか削減量も世界の削減量で出しており、開発内容や、実施体制、工程表などを作ったわけです。そのためにアクセラレーションプランという支える仕組みがあって、その中の一つが司令塔を作るということです。ここでグリーンイノベーション戦略推進会議がちょうど一年前にできて、今その流れの中でグリーン成長戦略になった。もう一つ、研究所を作るといことがあります。ノーベル賞を受賞された吉野先生が所長をしているゼロエミ国際共同研究センターが、1年以上前にできました。それと今日紹介しようと赤枠をつけてきましたが、昨年からムーンショット型研究開発というものが進んでいます。これもグリーンイノベーション基金と同じ10年間ですが、もう少し技術に特化したものです。ムーンショット型研究開発には7つ目標が定められていて、そのうちの目標4が温暖化に関わるところで、後ほど少しお話しします。金融が非常に大事ということで金融のことも多く書かれています。あと、ゼロエミッション・イニシアティブズとして世界に向けての発信を毎年10月ごろ集中的に行っています。

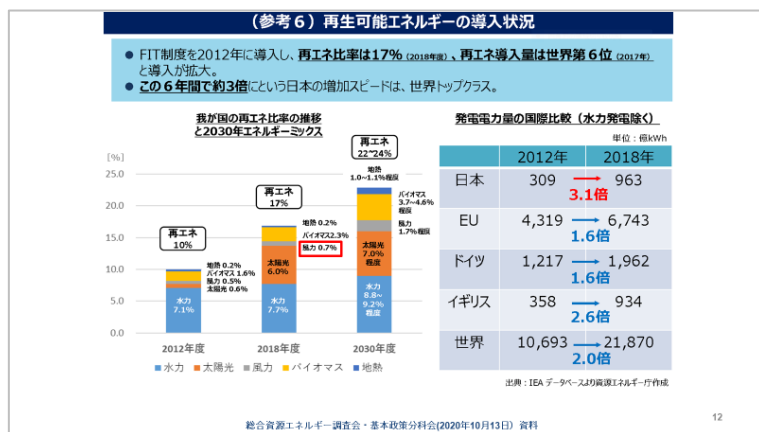
●革新技術の構成 (要素技術だけでなく、システム化・構造化して提示、山地)



11

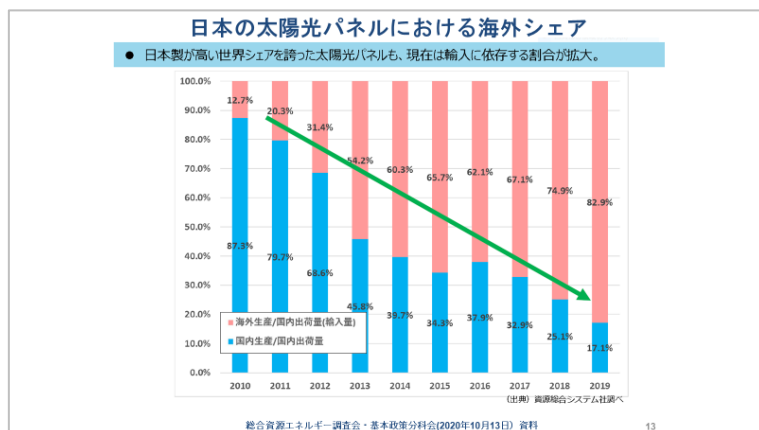
ノベーションという技術のイノベーションと捉えられがちなのですが、社会のイノベーションという視点がここに入っています。それから農業・吸収源。温室効果ガスとはCO2だけではなくメタンであるとかN2O、あるいはフロンがありますが、農業分野では実はメタンやN2Oが多く出ます。それからもう一つ農業分野は、例えば森林がCO2の吸収源になるし、ブルーカーボンで海の中の生物相にCO2を貯留するなどCO2の吸収源としての役割もあります。最近ブルー水素とかグリーン水素などいろんなものに色をつけていますが、ブルーカーボンは海の中の生物が大気中のCO2を取り込み固定することを指しています。もう一つ我々がDACと呼んでいるDirect Air Capture。キャプチャーするのは、当然大気中のCO2で、もう10年以上もこの名前を私も使っています。これが今回の革新的環境イノベーション戦略のいわゆる16課題の中に入っている。

あと、私が勝手に書き加えたものがこの黒枠の部分で、一つは産業分野における電化です。産業はなかなか脱炭素化しにくいところで、非常に高温の熱を必要とするところがある。そこをなんとか電化出来ないか、あるいは化学プロセスを電解プロセスで補えないか。先ほどサバティエに対抗するSOEC、電解するタイプのメタネーション技術の紹介がありましたが、電解還元というものを化学プロセスに使うというのは面白そうです。黒枠で加えたもう一つが、革新的環境イノベーション戦略に書かれています、デジタル技術です。ビッグデータ解析とかAIとか、ブロックチェーンあるいはパワエレとか材料とか、これらは何にでも使える共通基盤技術であり、実はイノベーションにとって非常に重要です。その部分も実は革新的環境イノベーションの中に散りばめられているのですが、私のほうで少し特化して書きました。これが革新的環境イノベーション戦略の全体構造です。これより、赤色で示した再エネの話と、CCUS、DACとかCO2の原燃料化、それといわゆる社会イノベーションの話を少し詳しくおこないます。

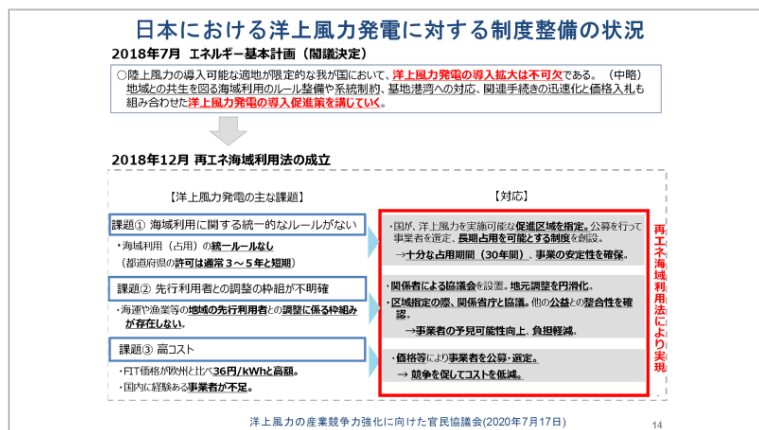


第6位ですから、この国土の狭さからいけば私はよくやっていると思います。太陽光は、多分世界3位だったと思いますが、国土面積あたりでは太陽光発電電力量では日本は圧倒的に1位です。つまり、よくこの自然条件の中ではがんばっているのです。それで右側の表は水力以外の再エネ発電が2012年から2018年までにどれだけ増えたかを、世界やヨーロッパと比較したのですが、日本は3.1倍で世界の2倍より大きいし、EUやドイツは今ちょっと飽和してきている、そういう意味ではよく頑張っています。

しかしこれはFIT(再生可能エネルギー固定価格買取制度)により頑張ってきたもので、昨年まで3年連続で年間2.4兆円の賦課金がある。今年は多分2.6兆円とか2.7兆円ぐらいの賦課金となり、これは消費税1%分にあたり、再エネ事業者に対する補助になっている。電力消費利用者は使用料1kWhあたり今年度3円をちょっと超える賦課金負担をしていて、産業用の電力にとってみると10円台の電気代ですから3円というものすごい負担になっているはず。もちろん、いわゆる電力多消費産業で国際競争しているところには減免措置があるのですが、非常に大きな負担でこれは成り立っている。



負担が国内経済活性化のために使用されればいいのですが、特に一番多くの賦課金を与えている太陽光発電において問題が出ています。これは日本の太陽光パネルのシェアを示すグラフですが、ブルーが国産で、赤っぽい色が輸入です。この2010年から2019年までの10年間で、完全に逆転しました。90%近くが国産だったものが、いまや80%を超えて輸入になっている。つまり皆さんがお金を出したのですが、国内に産業ができなかったわけで、これが一番の問題です。政府もそのあたりは良く分かっていて、やはりこういったイノベーションを産業に結びつけなければならないという意識が非常に強くあります。これは大きな反省材料になっています。



ただ、実は一般海域を洋上風力に使うというルールがありませんでした。そのため、2018年に再エネ海域利用法を作って30年間事業ができるようにしました。しかも事業者がバラバラに行くと、いろいろな地元との協議で問題になりますから、地元を含めた協議会

まず再エネについてです。日本の新聞は随分自虐的に世界に遅れているなどと報道していますが、私自身は全然遅れているとは思いません。例えばここにある電源構成の2012年、2018年実績と現在の2030年目標を示したグラフですが、18年段階で既に太陽光が相当入っています。今までもっばら日本の再エネ電源という水力だったのですが、多分17年だったと思いますが、非水力の再エネ発電が水力を上回っています。見ても分かるように太陽光は2030年の今の目標にほとんど近いところまで来ている。実は日本は再エネ導入量世界

負担が国内経済活性化のために使用されればいいのですが、特に一番多くの賦課金を与えている太陽光発電において問題が出ています。これは日本の太陽光パネルのシェアを示すグラフですが、ブルーが国産で、赤っぽい色が輸入です。この2010年から2019年までの10年間で、完全に逆転しました。90%近くが国産だったものが、いまや80%を超えて輸入になっている。つまり皆さんがお金を出したのですが、国内に産業ができなかったわけで、これが一番の問題です。政府もそのあたりは良く分かっていて、やはりこういったイノベーション

それで今頑張ろうとしているのが洋上風力です。これもヘタすると、また太陽光みたいににならないとは限らない。太陽光も風力もバッテリーも、実は中国が世界一です。電気自動車もそうです。そのうち原子力もアメリカを抜いて世界一になりますから、やはり中国を念頭に競争をしていかなければならない。だけど日本に産業を作るという意味では、洋上風力発電については事業環境整備をかなりやってきました。日本には洋上風力の適地がないということですが、50mぐらいの深さのところだと建ちますから日本海側中心にそれなりにあります。た

[illegible]

ムーンショット型研究開発の目標 4

目標 4

2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現

<ターゲット>

地球環境再生のために、持続可能な資源循環の実現による、**地球温暖化問題の解決 (Cool Earth)** と環境汚染問題の解決 (Clean Earth) を目指す。

Cool Earth & Clean Earth

- 2050年までに、資源循環技術の商業規模のプラントや製品を世界的に普及させる。

Clean Earth

- 2030年までに、温室効果ガスに対する循環技術を開発し、ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点からも有効であることをパイロット規模で確認する。

Clean Earth

- 2030年までに、環境汚染物質を有益な資源に変換もしくは無害化する技術を開発し、パイロット規模または試作品レベルで有効であることを確認する。

(参考：目指すべき未来像)

Cool Earth & Clean Earth の実現

- 2050年までに、**大気中のCO₂の直接回収・資源転換**や、プラスチックごみの分解・無害化技術等が社会実装。

新たに実現する資源循環の例

16

P2. 大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発

The diagram illustrates a 'Moonshot cycle' for CO₂ separation and carbon recycling. It shows a closed-loop process starting from 'CO₂ 大気中' (CO₂ in the atmosphere). The process involves several key components and steps:

- CO₂ 大気中** (CO₂ in the atmosphere) is the starting point.
- CO₂ 分離回収** (CO₂ separation and recovery) is the first major step, involving a **CO₂ フリーゼン** (CO₂ freeze) process.
- DAC (研究開発項目1)** (Research Development Project 1) is the technology used for CO₂ separation, involving **材料・システム開発** (Material/System Development).
- 極低濃度CO₂** (Ultra-low concentration CO₂) is the output of the separation process.
- 炭素回収** (Carbon recovery) is the next step, involving a **CO₂ 炭素回収** (CO₂ carbon recovery) process.
- 高濃度CO₂** (High concentration CO₂) is the output of the recovery process.
- CO₂ 炭素回収 (研究開発項目2)** (CO₂ carbon recovery (Research Development Project 2)) is the technology used for carbon recovery, involving **炭素反応の開発** (Carbon reaction development).
- 液体炭化水素燃料** (Liquid hydrocarbon fuel) is the final product, which is then used in a **CO₂ 炭素回収** (CO₂ carbon recovery) process to produce **e-fuel**.
- 適用性、LCA評価 (研究開発項目3)** (Applicability, LCA evaluation (Research Development Project 3)) is the final step, involving **ユーザー企業と連携** (Cooperation with user companies).

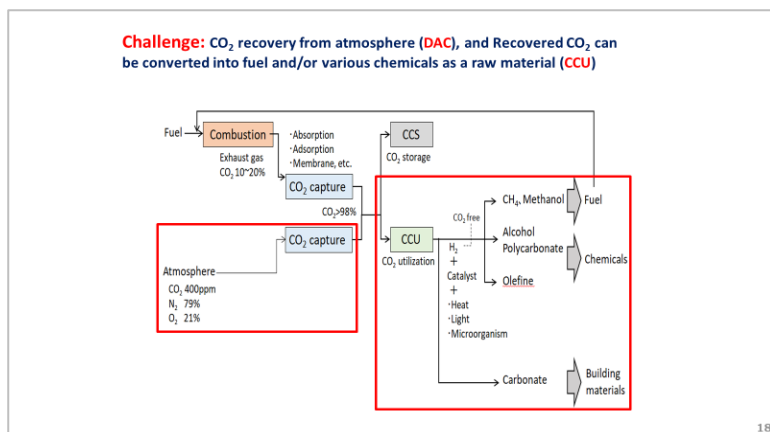
The diagram also includes a **Moonshot cycle** label and a **CO₂ フリーゼン** (CO₂ freeze) process. The overall process is a closed-loop cycle that recycles CO₂ and carbon.

本本研究開発の概要と資源循環のイメージ。

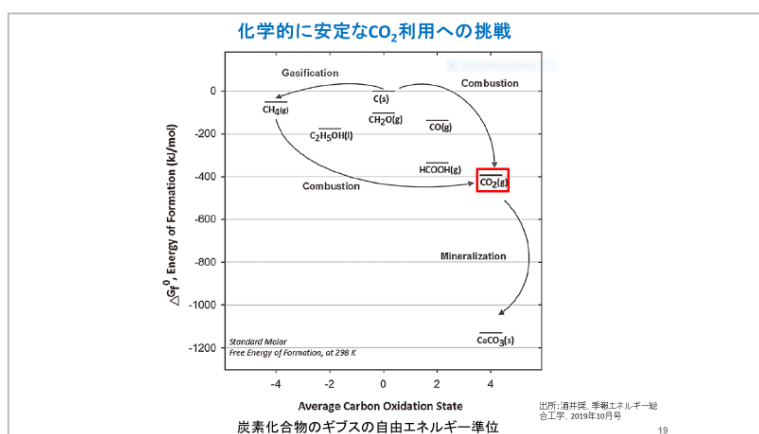
委託予定先：・
国立大学法人金沢大学、公益財団法人地球環境産業技術研究機構。

再エネはこれぐらいにして、CO₂ の CCUS の話に移ります。先ほどムーンショットについて触れましたが、ムーンショット計画の目標 4 は、2050 年までに地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現するというのが目標です。予算は 2020 年から 2030 年の 10 年間ですが、キャッチフレーズはクールアースとクリーンアースで、クリーンアースの方は海洋プラスチックゴミとかあるいは窒素化合物を対象としています。クールアースはまさに温暖化対策です。普通のリサイクルは例えば瓶を集めてくるとかそういうやり方ですが、ムーンショットの

7

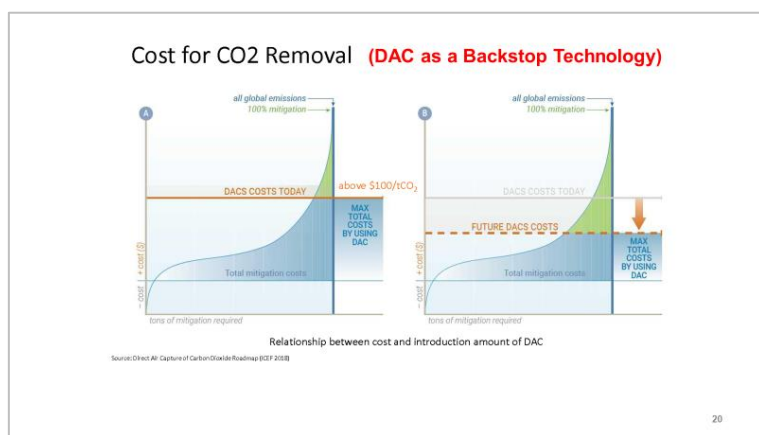


従来の CCS というのは、煙突あるいはガス化とかそういう大気へ出る前のところで CO₂ をとって地中に埋める、こういうのが CCS ですけど、この 400ppm の CO₂ を取って、しかも何か有用物にしようというのがムーンショットです。利用にはメタネーションもありますけど、メタノールでも、あるいは化学品とかがあります。エネルギー的に合理的なのは炭酸塩で、これは建築材とかそういうものになる。この赤く囲っている部分が研究開発の目標を図式化したものです。



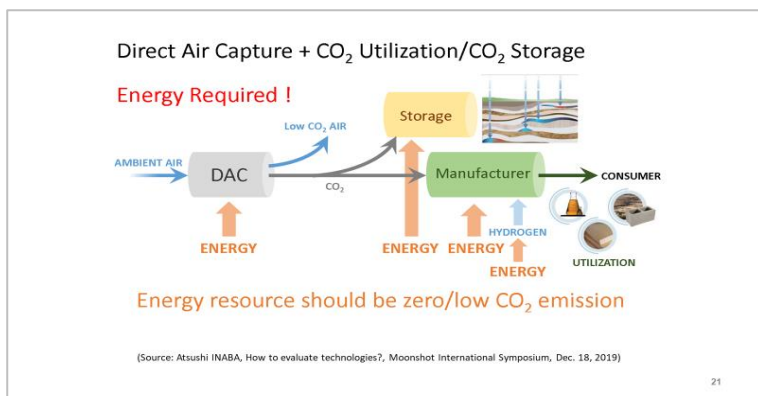
CO₂ というのは炭素化合物のガスの中では一番安定したもので、グラフで下にいくほどエネルギー的に安定するのですが、ここがカーボン、ここにメタンがあり、エタノールとかメタノールがあるのですが、ここからこっちへ持って行くとやっぱりエネルギー投入が必要です。メタネーションをやろうとすると水素がいるのですが、投入する水素のエネルギーよりもできたメタンのエネルギーがどうしても下がるわけです。先ほど化学的、エネルギー的に合理的と言いましたが、炭酸カルシウムのようなカーボネートにするとエネルギー的には O.K.なのですが、

実はコンクリートを見るとボリュームは大きそうなのですが、あの中に吸収できる CO₂ はそんなに多くない。使える CO₂ の量から言うと、やはりこのカーボネートもなかなかそれは難しいところがある。

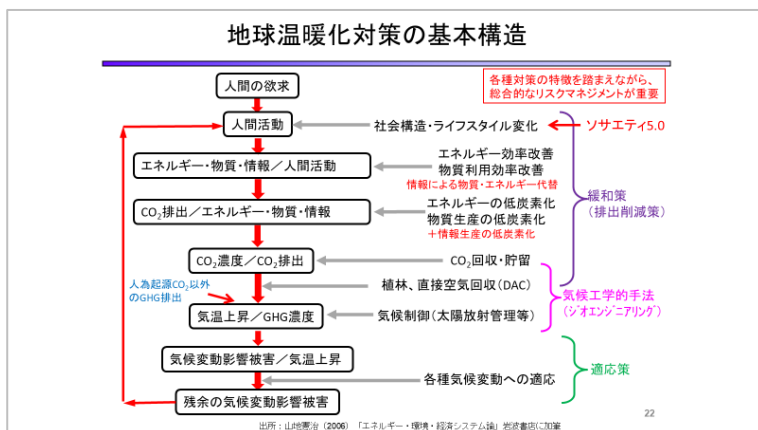


そこで大気中から CO₂ を取ってみようとする。これは無謀に思えますが、実は諸外国のベンチャーではやっています。このグラフでは、縦軸が CO₂ の削減単価で、横が削減量です。当然安いものから始めて行って、だんだん高いところに行く。カーボンニュートラルにはこの緑色の非常に高いところまで行く必要がありますが、Direct Air Capture をやると量は莫大な量をキャプチャーできる。そうすると、あそこに横線が引けるわけです。そうすると緑色の部分がいらなくなるのではないかと。DAC があれば緑色の部分がいらなくなる。

私はエネルギー技術評価を長くやってきましたが、このようにコストは高いが効果が極めて大きい技術をバックストップテクノロジーと言います。私がエネルギー技術評価しているときバックストップと言われていたのは核融合です。資源は有限だというのが、核融合があれば大丈夫ではないのか。核融合は高いが、核融合より高いような対策ならばいいだろう、つまりイノベーションのコストの上限を切れる意味合いがあるので、やはりこの技術ができるかできないか、コストをどこまで下げられるかは見極めることは価値があると思っています。

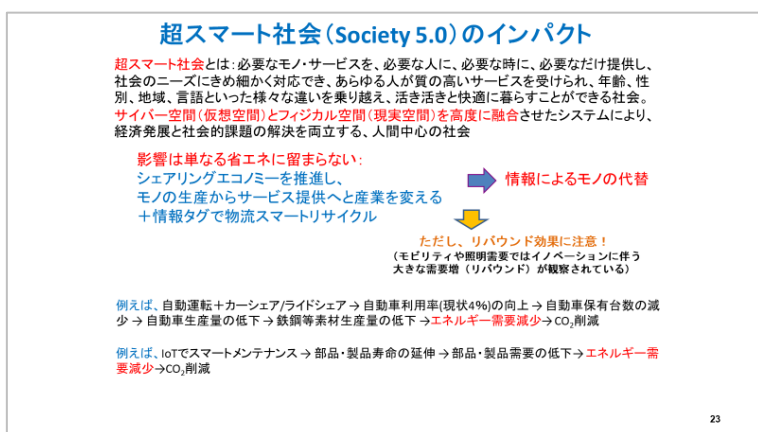


ただしライフサイクル全体を考えると、大気からCO₂を取るときに風の流れをつけないといけないし、いろんなメタネーションをするにもエネルギー投入しなければいけない。なかんずく、水素を入れなければいけない。全体を通してライフサイクル全体で本当にCO₂を削減できるかをチェックすることが大事になってきます。



最後のテーマの社会イノベーションですが、この図は大学の講義時代からずっと 20 年ぐらい使っているものです。温暖化対策としてどんなものがあるのか、人間活動から温暖化の被害までの連鎖の中で、普通このあたりの省エネであるとか、エネルギーの低炭素化とか、あるいは大気からのCO₂回収ではなく煙突の手前からCO₂をとって貯留するCCSとか、この辺りを英語で mitigation、日本語で緩和と訳しています。もう一つは、一定程度温暖化してしまうと、河川管理をちゃんとしようとか、食料生産を工業化しようなどというように温暖化被害

を軽減しようします。それを適応(adaptation)と言います。その間にあるのがジオエンジニアリングとよく言われているもので、大気中からCO₂を取るDACとかもここにあったし、一時はCCSもここに入れる人もいたぐらいです。いまだにちょっと危なくて手をつけてないのは、太陽光の反射率を上げて地球を人工的に冷却しようという対応もありますけどまだやっていません。ずっとこういう整理でやってきましたが、新しい視点は、人間活動のところにソサエティ 5.0 というのがあって、社会構造・ライフスタイル革新を起こして社会イノベーションをやるというものです。何が起ころかという、情報を使って物質やエネルギーを代替する。今まさにそうですが、マイニングとかデータセンターなど、実は情報生産にエネルギーが大量に使われているので、これも低炭素化することが大事だと思います。



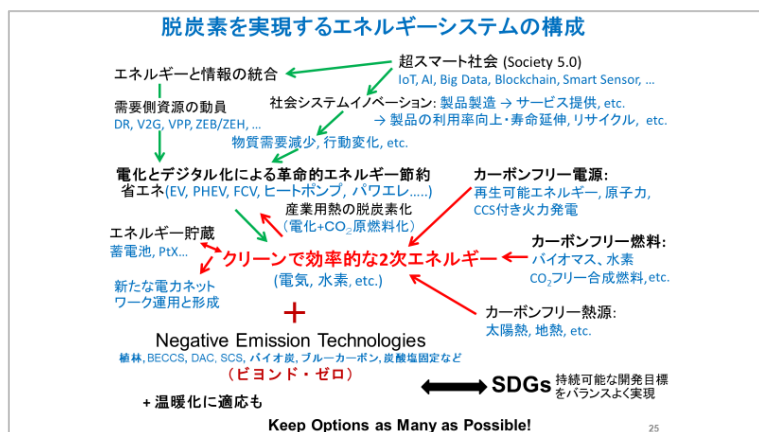
超スマート社会というのは、もう 5 年以上前に出たものです。必要なモノ・サービスを必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供するという、このモノ・サービスをエネルギーに変えればまさに究極の省エネになります。ただそれだけではありません。影響は単なる省エネに留まらず、シェアリングエコノミーを推進し、サーキュラエコノミー(循環型経済)を推進することです。モノの生産からサービスの提供へ産業を変えることです。これは何を起こしているかと言うと、実は情報によってモノを代替していることになります。例えば自動運転とカーシェア・ラ

イドシェアを組み合わせる。ここで自動車っていうのは自家用車の事なのですが、自家用車は時間稼働率 4%ですが、タクシーはひと桁多い。要するにシェアリングでタクシーぐらいに自家用車の稼働率が上がれば、車の台数 10 分の 1 で同じ移動需要を満たせことになります。それをデジタル社会でなんとかできないか、そうするとモノの生産量が減ってCO₂が減る。あるいはスマートメンテナンスも同じです。必要な部品だけ取り替えていくとモノの生産は減る。ただ我々もこれを市場分析しているのですが、リバウンドが起こる。便利になると余計に使ってしまう。照明はもう典型です。照明はどんどん効率が上がってどんどん安くなりましたが、それ以上に照明需要が上がり全体としてエネルギーはそんなに減ってない。このあたりのチェックをしています。



このことに関して少し詳しく、モノの代替の典型であるスマホについてお話します。この資料は私の長年の友人の IIASA (国際応用システム分析研究所) のオーストリアの研究者が作ったものですが、とても面白いものです。スマホを電話だと思っている人はいません。今は情報端末に使っている人が一番多いでしょうが、カメラにもなりますし、私は照明にも使っているし、音響器具でもあるし、それは個別にやろうとするとこれだけの電機製品があることになる。もしそれぞれの製品を全て買ってきたとすると、電力消費量自体も 2 桁ぐらい違うのです。

私が注目して欲しいのはこちらのほうで、スマホを作る時のエネルギーは 75kWh なのですが、これらは別々に作ると 1706kWh のエネルギーがいる。つまりモノが小さくなるという事は、生産に要するエネルギーも減ると言うことです。その例として、この話をしました。



最後になりますが、もともと私はこういう風に考えてきました。要するに、温暖化対策として脱炭素に持っていくとしたら、まずクリーンで効率的な2次エネルギーが必要で、それは電気だろう。しかし将来的には水素もいるだろう。なぜかという、電気や水素は脱炭素で作れる。いろんなカーボンフリー電源、火力だって CCS 付きにするとカーボンフリーになる。ただ、再エネとしてどうしても大きいのは太陽光、風力ですから、そうすると出力変動に対応するためエネルギー貯蔵とか蓄電池もいるだろう。ただ一旦電気になると、ヒートポンプも非常に

効率はいいしパワエレが使えるし、電動車は非常に効率がいい。それから電力ネットワークで需要側と繋がれていますから、需要側にあるいろんな機器、例えば自動車のバッテリーなども動員できる。それでもどうしてもだめだったら、やはり温暖化への適応もあるし、そして温暖化だけじゃなく SDGs の 17 目標全てを考えていく必要がある。

以上のように考えてきましたが、私は最後に申し上げた需要側を変える社会イノベーションが最も大事だと思います。これで社会システムイノベーションが起これば物質需要が減り、行動変化も起こして、エネルギーと情報の統合が非常に強くなって需要側に置かれたエネルギー資源を全体ネットワークでより大きく多様に利用できる。これによって電化とデジタル化で革命的エネルギー節約ができる。そのためには新たな電力ネットワーク運用と形成が必要になる。

ただ、さらに産業用熱の脱炭素化っていうのをやっていかなきゃいけない。そうするとやはり水素も活躍するだろうし、ここに加えましたが、CO₂ フリーの合成燃料、メタネーションを含めて大事だと思います。それでもカーボンニュートラルにはならない分野があるので、ネガティブエミッションがあって、その中では伝統的な植林や先ほどのバイオマス+CCS もあるけど、DAC も考えていいのではという風に考えています。これをビヨンド・ゼロと言っております。

以上で終わります。ご清聴どうもありがとうございました。

(終了)