

経営講演会

講演録

『中小企業のカーボンニュートラル』

(2021 年 10 月 6 日 講演)

講 師 公益財団法人 地域環境産業技術研究機構 (RITE)
システム研究グループ グループリーダー・主席研究員
秋元 圭吾 氏



りそな中小企業振興財団



講師 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構
システム研究グループ グループリーダー・主席研究員 秋元 圭吾 氏

◆プロフィールご紹介

●主な経歴

- 1999年 横浜国立大学 大学院工学研究科博士課程後期 電子情報工学専攻修了 (博士 工学)
- 1999年 (財)地球環境産業技術研究機構 (RITE) 入所
- 2009年 東京大学 公共政策大学院 非常勤講師
- 2010年～ 東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻 客員教授(～2014年)
- 2015年 東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻 非常勤講師(いずれも兼務)

●主な受賞

- 1997年 国際応用システム分析研究所 (IIASA) Peccei 賞
- 2004年 エネルギー・資源学会 茅奨励賞

●主な委員

- 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 委員
- 産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 委員
- 中央環境審議会 地球環境部会 気候変動影響評価等小委員会 委員
- 経済産業省 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 委員
- 文部科学省 気候変動研究に関する検討会 委員
- 大阪府・大阪市 H2Osaka ビジョン推進会議 会長

●主な著書

- 「低炭素エコノミー—温暖化対策目標と国民負担」、日本経済新聞出版社 (共著)、2008年
- 「長期ゼロエミッションにむけて」、エネルギーフォーラム社 (共著)、2017年

この講演録は、2021年10月6日にYouTubeライブでWeb配信した、当財団主催の経営講演会を収録・編集したものです。なお、財団ホームページにも掲載しております。<https://www.resona-fdn.or.jp>

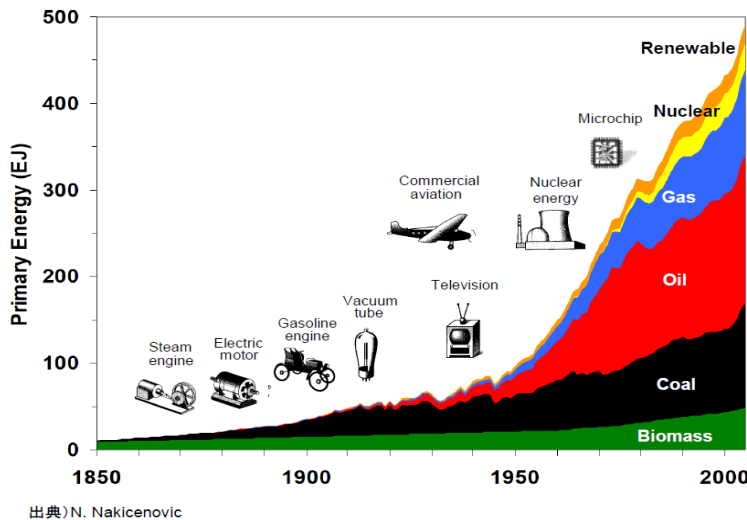
1.カーボンニュートラルに向けた政策動向と対策の概要

世界のエネルギー消費量を時系列で見ますと、産業革命以降、相当大きくエネルギー消費が増えてきていることが分かります。産業革命以前は、バイオマスを利用してわずかなエネルギーを使っていたものが、産業革命によって、まず石炭を使い、そこから蒸気機関で動力を取り出すことができるようになってきました。それらによって、われわれの経済はものすごく発展してきたわけです。

例えば農業で、動力を使って農業生産を活発化させることができたように、さまざまなエネルギーを使うことによって、われわれは食料を大量につくることができるようになり、飢えることも少なくなりました。同時に、医療などいろいろな技術の進展によって、例えば乳幼児の死亡率等が劇的に低下しました。これらが重なり合わさって、われわれの経済が発展し、幸福な世界が築かれてきたのです。

一方で、エネルギー消費量が大きく増え、特に化石燃料の消費が非常に大きくなることに伴って、その燃焼により大量のCO₂が発生し、それが地球の温暖化に繋がりました(図1)。

世界のエネルギー消費量の増大



出典)N. Nakicenovic

(図 1)

世界のCO₂排出量の推移を見ていきますと、例えば2009年に少し減っています。これはご承知のように、リーマン・ショックとそれに続く世界経済危機によって景気が落ち込む中で、CO₂も減ったことを意味します。基本的には、経済の成長とCO₂排出には強い相関関係が見られ、直近ではこのコロナ禍において、世界のGDPは大きく減少し、その結果CO₂も大きく減ることになりました。

ただ、われわれが目指す世界は、経済は活性化しながらCO₂排出を減らした世界ですから、それをどう実現していくのが大きな課題です。

世界のCO₂排出量をもう少し詳しく見てみると、実は2013年くらいから16年ごろに少し横ばい、もしくはなだらかな低下傾向が見られます。この時はGDPが伸びていたのにCO₂排出は横ばいになっていた——デカップリングと言います——ので、GDPが伸びながら世界のCO₂排出削減が成功したのではないかという一部識者の意見もありました。

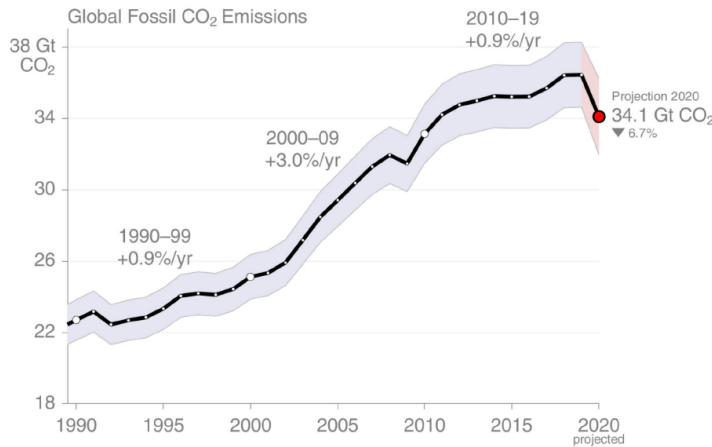
しかしこれは、その前にリーマン・ショックからの回復過程で、中国を中心に経済状況に見合わない形で鉄やセメントを余剰になるくらい急激につくり過ぎたため、その期間にCO₂の排出が急増し、その生産調整の時期に横ばいになって見えただけで、全体の基調は変わっていません。

さらに将来を考えますと、インド等の発達はまだまだこれからという状況で、経済の発展とともにインフラへの投資が必要となり、そこでは鉄やセメントが大量に使われるため、ま

だ世界的に見ると、潜在的に CO₂ 排出量は増大基調にあると見たほうがいいでしょう。

そういう厳しい状況の中で、今般日本政府が「2050年カーボンニュートラル」という非常に意欲的な目標を掲げました(図2)。

世界のCO₂排出量の推移



■ 経済とCO₂排出量のカップリングは続いている。CO₂排出も大きく減少したときは、経済(GDP、所得)も悪化している状態。世界の排出量を簡単に減らせる状況にはない。

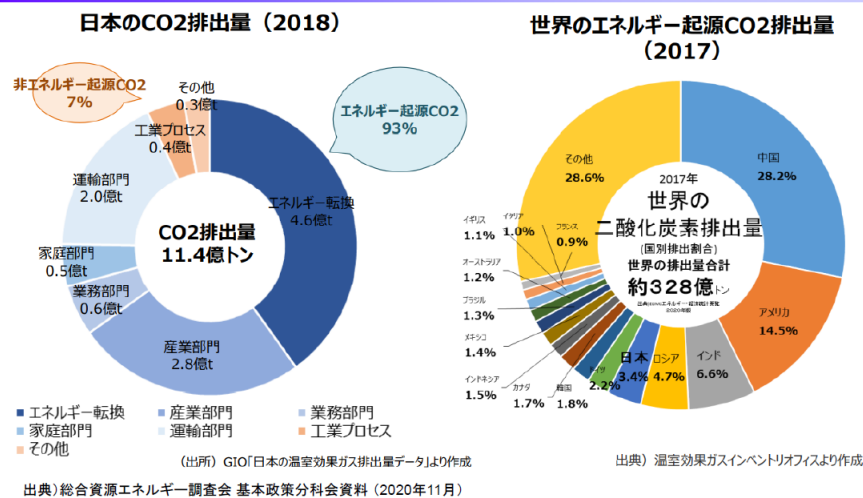
(図2)

GDPと発電電力量の相関関係

世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量を見ると、中国が3割くらいを占めています。その次にアメリカ、インド、ロシア、そして日本といった順になっており、日本の排出量は3%程度です。そういう点からしますと、日本単独でカーボンニュートラルを実現してもほぼ焼け石に水であり、世界全体でどうやってカーボンニュートラルを達成していくのかという課題を、考えていかなければいけないことになります。

日本国内の CO₂ 排出量に目を転じると、エネルギー転換(主に発電部門)が大体4割となっています。この発電部門を中心に、産業部門、運輸部門など、さまざまな部門における CO₂ を全てゼロするためにはどのような対応が必要かというのが、今日お話しする主なテーマです(図3)。

CO₂排出量の状況



✓ 日本の排出量は、世界の3%程度であり、世界全体での協調と技術による世界への貢献が何よりも重要。
 ✓ 発電からのCO₂に焦点が当たりやすいが、発電からのCO₂(上記グラフでは「エネルギー転換」の多く)以外からのCO₂排出量は多く、非電力部門の対策も重要。

(図3)

続いて、世界の GDP の大きさと、世界の発電電力量の関係を見てみますと、GDP が増大する時には、必ず世界の発電電力量の増大が伴っており、非常に強い正の相関関係にあることが分かります。逆に言えば、電力消費量の増大なくして経済成長はないというのが、今の産業構造からくる帰結になっているわけです。

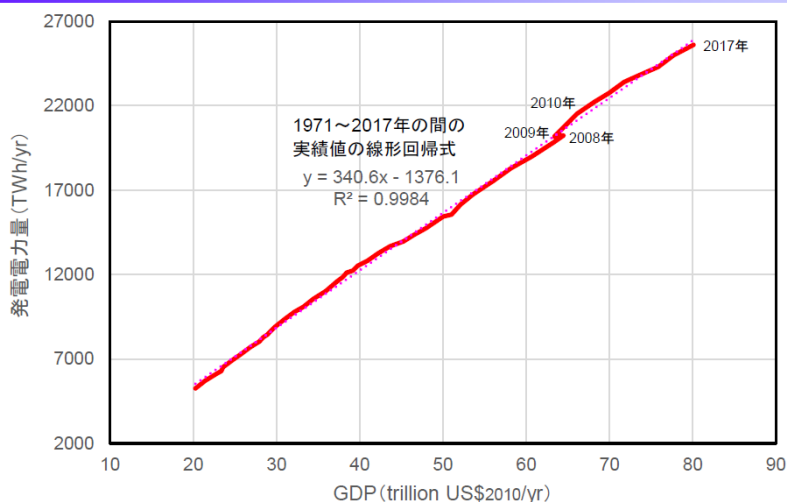
最近では、例えば日本で言いますと、経済はそれなりに成長していましたが、電力消費量は下がるという状況が見られていました。アメリカ、欧州も同様ですが、これは電力もしくは他のエネルギーの多消費産業の規模が、先進国では少し小さくなり、代わりに途上国に移転していることを示しています。アメリカ、欧州等を中心に、金融やサービス産業の GDP が増え、製造業が落ち込んだために電力消費量は下がって見える。しかし実は、その分の製造業が途上国にいて、そこで電力もしくはエネルギーを消費しているわけです。つまり世界全体で見ると、GDP と発電電力量には、依然として強い正の相関関係が見られます。

CO₂問題はグローバルで、どこで CO₂を出しても地球温暖化に対する効果は基本的に同じですから、これまでのところは、先進国だけで対策を採っても、グローバルではほとんど CO₂削減には効果がないという状況が続いています。

そういう意味で、日本においても、自国だけで CO₂削減のためにコストをかけ過ぎると、結局、中小企業も含めた製造業が失われて、途上国に取られていくだけということになりかねません。自国には経済的な負担がきて、世界全体での CO₂削減には全く効果がないということにならないために、慎重にどういう対応を取るか考えていく必要があります。

もう一つの視点は、電力はそれ自体では CO₂を発生させず、使いやすいという意味で非常に重要な生産財であり消費財であるという点です。例えば、石炭から石油、もしくは石油からガスに転換していくに従って CO₂は減っていきますが、ガスからさらに電力に転換すると、そこから先に転換して CO₂を減らしつつ実際に使用できるエネルギー源は、水素以外にはありません。基本的にはその先がないので、われわれがカーボンニュートラルを目指しながら生産活動もしくは経済活動をするためには、電化は重要な選択肢となります (図 4)。

世界の経済成長と電力消費量の関係



出典) 国際エネルギー機関 (IEA) 統計、2019

世界GDP(経済成長)と電力消費量の関係は、強い正の相関関係が見られる。経済成長と電力消費量は密接な関係。

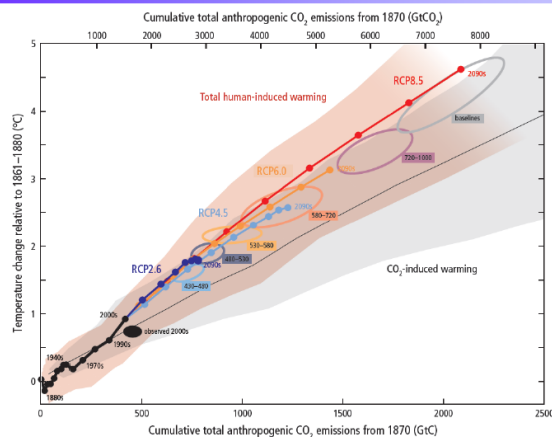
(図 4)

累積 CO₂ 排出量と気温上昇には、線形に近い強い相関関係があります。つまり、世界のどこかで CO₂を出せば出すほど、それに応じて気温は上がっていくことになり、気温上昇を止めようとする、世界の CO₂ 排出量を正味でゼロにするしかありません。今日のテーマであるカーボンニュートラルという目標は、ここから出てきているわけです。

ただ、どれほどの CO₂ を出すとどれくらい気温が上がるかということに関しては、まだ不確実性があります。昨日、眞鍋淑郎先生がノーベル物理学賞を受賞されましたが、先生はまさに、どれくらい CO₂ を出すとどれくらい気温が上がるのかという推計を先駆的になされた方です。以来さまざまな研究がなされていますが、まだ大きな不確実性が残っており、さらなる研究の進展が待たれます。

このような不確実性はあるとしても、世界で CO₂ を出し続ける限りは、程度の差はあれ気温は上昇し続けますので、それを抑制しようとするれば、2050 年なのか 2100 年なのかという期限の差はあるにしろ、いずれカーボンニュートラルを達成しなければいけないという命題が、世界に突き付けられているということに変わりはありません (図 5)。

累積排出量と気温上昇の関係



出典) IPCC AR5 統合報告書

【長期のビジョン】 累積排出量と気温上昇には線形に近い関係が見られる。CO₂排出に対する気温応答は減衰に非常に長い時間を要する。すなわち、いずれのレベルであろうとも、**気温を安定化しようとするれば、いずれはCO₂の正味ゼロに近い排出が必要**。長期的には正味でCO₂排出をゼロに近づけていくことは重要(時間スケールの問題は残る)
【現実におけるとるべき方策】 一方、気候感度には大きな不確実性あり。長期でCO₂正味ゼロ排出に近づけていく**過程は大きな排出経路の幅が存在**し得る。**総合的なリスクマネジメントが重要**

(図 5)

「2050 年カーボンニュートラル」の背景

世界はこの気候変動に対応しようと、2015 年「パリ協定」において、参加国は「全球平均気温上昇を産業革命以前に比べ 2°C 未満に十分に低く抑える。また 1.5°C に抑えるような努力を追求する」ことに合意しました。ただ、既に産業革命以前から今までに 1°C 上昇しているため、2°C といっても残りは 1°C しかなく、仮に 1.5°C なら残りは 0.5°C しかありません。いずれにしても、非常に厳しい目標ということになります。この目標を達成するために、「今世紀後半には、温室効果ガスについて人為的起源排出とシンクによる吸収をバランスさせる」という文言が入っており、これがまさにカーボンニュートラルです。

ただこの協定では、2°C 目標に対応するためには今世紀後半に CO₂ 実質ゼロとされていましたが、今では、1.5°C に抑えることが必要だという意見が強くなり、そうすると 2050 年までにゼロにしなければいけないという議論になってきているわけです。

パリ協定を受けて日本は、2016 年の「地球温暖化対策計画」で、当時の 2°C 目標に対応して 2050 年までに CO₂ 排出量 8 割削減、2030 年には 2013 年度比 26% 減という目標を提出します。さらにその後、1.5°C 目標に対応するため、2020 年 10 月に「2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」とさらに深掘りした宣言を発表することになりました。

2021 年 4 月には、アメリカがバイデン政権に代わったこともあって、日本もそれに協調する形で、「2030 年に 2013 年度比 46% 減、さらに 50% 減の高みを目指して挑戦」ということを表明したわけです。ただ、非常に厳しい目標であり、どうやって経済の活性化と両立させながら、この厳しい排出削減目標を達成していくのが課題となります (図 6)。

気候変動対応の目標

【パリ協定】(2015年)

- ◆ 全球平均気温上昇を産業革命前に比べ2°C未満に十分に低く(“well below”)抑える。また1.5°Cに抑えるような努力を追求する。
- ◆ 今世紀後半には、温室効果ガスについて人為的起源排出とシンクによる吸収をバランスさせる。

【地球温暖化対策計画】(2016年)

- ◆ パリ協定を踏まえ、全ての主要国が参加する公平かつ実効性ある国際枠組みの下、主要排出国がその能力に応じた排出削減に取り組むよう国際社会を主導し、地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、長期的目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す。
- ◆ 2030年は2013年度比26%削減

【菅首相所信表明演説】(2020年10月)

- ◆ 「**2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す**」と宣言

【菅首相表明】(2021年4月)

- ◆ **2030年に2013年度比46%減、さらに50%減の高みを目指して挑戦**

(図 6)

まず重要なのは、「省エネルギー」です。人によっては、「どうせカーボンニュートラルになるなら、省エネルギーは無意味ではないか」とおっしゃる方もいます。カーボンニュートラルで完全にエネルギーを脱炭素化すれば、エネルギーをどれだけ使おうとCO₂排出量はゼロだから、というわけです。

ただ、私はそうは思いません。後で申し上げますが、さまざまな脱炭素のエネルギーにはそれぞれ制約があり、使用量が増えるとコストが跳ね上がるものもあります。そうすると、まず省エネルギーを実現して使うエネルギー量を下げなければ、経済・経営が成り立たず、脱炭素化への道は非常に厳しくなってくるからです。

カーボンニュートラルに必要なエネルギーミックス

その上で、脱炭素に必要なエネルギーをどう賄うかを考えると、基本的に選択肢は3つしかありません。「原子力」にするのか、「再生可能エネルギー」にするのか、そして「CCS付き化石燃料」、つまり化石エネルギーにCCSというCO₂を回収して貯留するというオプションを付けるかの3つです。

ただ、これには例外があります。それが「CCS無し化石燃料」です。これはCO₂を回収せずに大気に出すわけですからカーボンニュートラルにならないはずですが、別ところでCO₂を吸収する策を講じて、それと相殺することによりトータルでカーボンニュートラル、つまりCO₂の排出と吸収をバランスさせるわけです。

その一つの手段が「植林」です。森林は、その成長過程で大気からCO₂を吸ってくれるので、一部CO₂を出していても、これでオフセット、キャンセルアウトできます。またコンクリートにはもともとCO₂を吸う性質がありますが、より積極的にCO₂を吸収する性質を持つコンクリートを開発してCO₂を固定する「鉱物化」というオプションもあります。

さらに、もともとカーボンニュートラルであるバイオマスをエネルギーとして燃焼させ、排出されたCO₂をさらに回収して地下に貯留する「BECCS」、大気から直接、工学的にCO₂を取り出し、地下に埋める「DACCS」も負の排出となるため、これもオフセットする手段になります。

こういったオプションがあるので、一部はCO₂を放出する化石燃料を使ってもいいわけですが、BECCSやDACCS、また基本的な選択肢の一つだったCCSのいずれにしてもCO₂

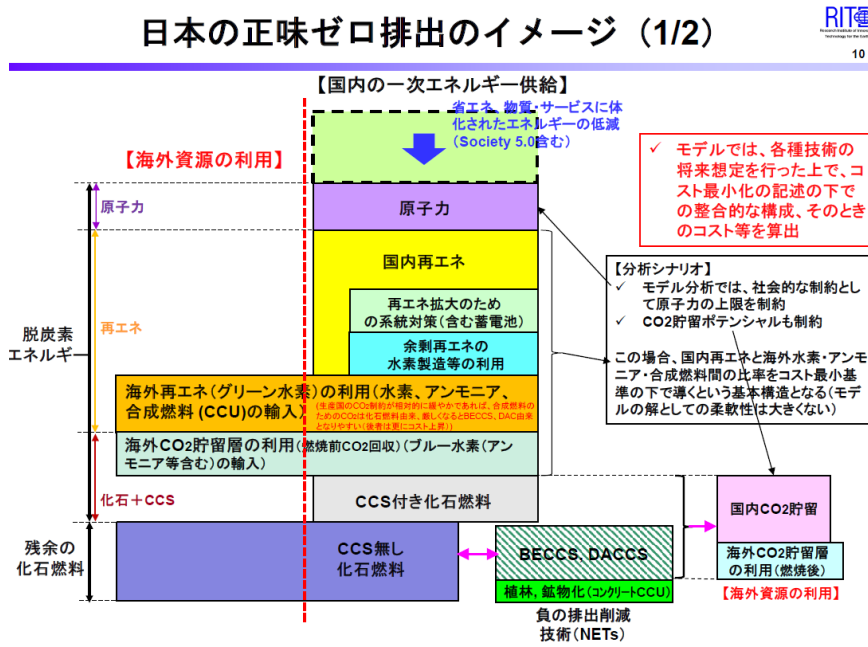
の貯留先が必要です。国内にしる海外にしる、その地下構造によって貯留できる量の上限が決まってくるため、それによってオフセットできる化石燃料の量も制限されます。

残ったエネルギーは、原子力と再エネですが、原子力をご承知のように特に日本では社会的制約が強くなるため、再エネを増やすことが必須となります。

ただ、先ほども少し申し上げましたが、量を増やしていくと、再エネの単価はだんだん上がってきます。そういう面から、どういったバランスでこのエネルギーを使っていくのかを考えていかなければ、コストばかり高くなって、経済ががたがたになりかねません。

しかし、国内ではコスト的に再エネが制約され、貯留先のために CCS の量が制約されるのであれば、海外の再エネ、もしくは海外の CCS を使うという方法も考えられます。日本は島国であり、電力系統が海外とつながっているわけではないため、その場合は、電力等を別のエネルギーに変えて持ってくることになるでしょう。その手段の一つが水素であり、水素に窒素を付加したアンモニアです。

再エネから得られた水素を「グリーン水素」、CCS 由来、つまり化石燃料を燃焼させる前に水素だけを取り出し、CO₂は地下に埋めるというプロセスから生まれた水素を「ブルー水素」と呼びます (図 7)。



(図 7)

カーボンニュートラルの主役は電化

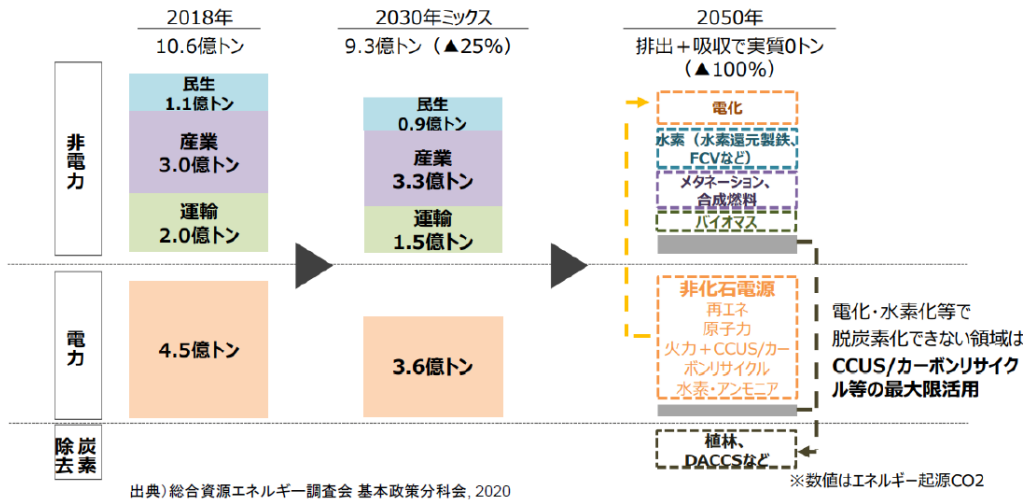
ここで、日本のカーボンニュートラル達成への道程を、別な側面から見てみましょう。エネルギーを「電力」と「非電力」に分けて考えると、電力のほうが相対的には脱炭素化を図りやすいと言えます。非電力の場合は、例えばガスや石炭、石油などを、工場や家庭、運輸機器などの末端で燃やして出た CO₂を回収するのは難しいので、まず電化をしていくというのが一つのオプションとなります。

ただ、全てが電化できるわけではありません。特に高温が必要な業種ではなかなか電化は難しいため、その場合は水素で代替したり、合成メタンに替えたりすることが考えられます。カーบอนを水素に付加して合成メタンをつくることをメタネーションと言いますが、この合成メタンは都市ガスと同じように使用することができます。同じようにして、水素からつくる、ガソリンや軽油に似た合成液体燃料もあり、これらも事実上カーボンニュートラルのエネルギー源です。

それでも代替できない化石燃料燃焼排出に関しては、先ほどご説明した植林とか、BECCS、DACCS といった負の排出技術でオフセット、キャンセルアウトすることで、全体としてカーボンニュートラルを実現するというのが基本的な対応の方向です (図 8)。

日本の正味ゼロ排出のイメージ (2/2)

- ✓ モデルでは、非電力部門も含めて全体システムとして分析
- ✓ 発電電力量は、[社会構造変化によるエネルギー需要の変化(社会経済シナリオによるが基本的には ↓)]+[エネルギー利用構造変化としての電力化率向上(↑)]+[省電力による需要減(↓)]+[非電力需要の電化(↑)]+[VRE増加に伴う蓄電池等の電力貯蔵増によるロス増加(↑)]+[グリーン水素・e-fuel(合成燃料)製造用電力需要の増(↑)](ただし海外製造の場合、日本の電力需要増には寄与しない)の複合要因で決まる。

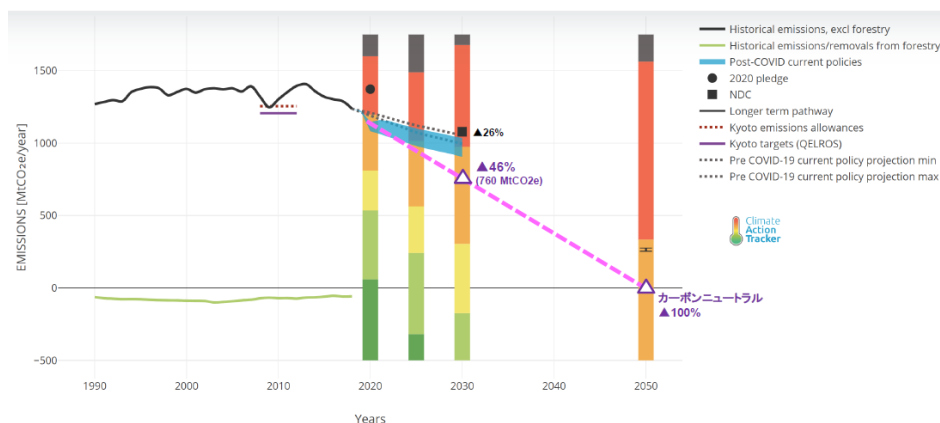


注) この図はエネ起CO₂排出量を示しており、GHG排出量でのカーボンニュートラルのためには、炭素除去(NETs)はより大きく必要となる。 (図 8)

政府は、「2050年カーボンニュートラル」を達成するための中間的な目標として、2030年46%減という数値を示しました。現状から2050年のCO₂ゼロ地点まで直線を引くと、2030年時点では46%減になるというのがこの目標の位置付けです。

ただ、専門家の感覚で言うと、エネルギーのインフラをつくるにはかなりのリードタイムが必要なため、手前で削減するほうが圧倒的に難しいと思いますので、直線的に導き出した46%減というのは相当意欲的な数字だと思っています(図9)。

日本の2030年、2050年の温室効果ガス排出削減目標



- ✓ 2030年▲46%は、2050年正味ゼロのほぼ線形での延長線上
- ✓ エネルギーインフラのストック、設備導入のリードタイム、イノベーションの余地が限定的なことなどからすると、2050年カーボンニュートラル以上に難しい目標と考えられる。

(図 9)

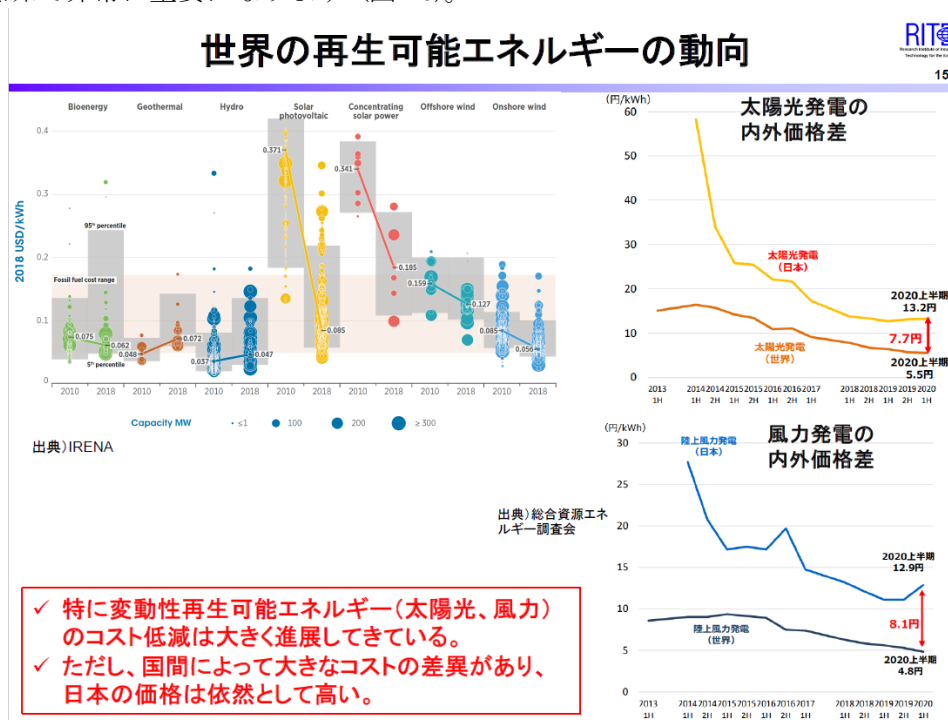
2. カーボンニュートラルに向けた各種対策技術の役割と課題

2.1.再生可能エネルギー、蓄電池、水素の役割と課題

太陽光発電も風力発電も、世界的に見ればコストはどんどん下がっており、もう kWh 単価が火力発電と同じくらいのレベルになってきています。再エネがそれくらい競争力を持ってきたというのは、非常に望ましい傾向です。

一方日本においても、太陽光、風力ともに相当コストは低減してきました。ただ、kWh 単価で世界平均に比べると、倍以上高いというのが今の日本の状況です。

これは後で申し上げますけれども、このコスト差は、例えば、水素やアンモニアといった技術を使う誘因にもなってきます。海外で再エネを水素もしくはアンモニア、あるいは合成燃料に変えて日本に持ってくるほうが、海外の安い再エネを使えるので安価になる可能性があるからです。もちろん国内と海外のコスト差が埋まってくると、国内で再エネを優先的に使ったほうが経済合理的になるわけですが、いずれにしてもこのコスト差は、将来を見通す意味で非常に重要になります (図 10)。



(図 10)

実際、このコスト差を縮めるのはそう簡単ではありません。2012 年から 18 年に、各国がどれくらい再生可能エネルギーを増やしてきたかを見てみると、日本は再生可能エネルギーの導入が遅れているという批判はあるものの、導入の拡大ペースという部分で言えば、主要国を上回っている状況です。

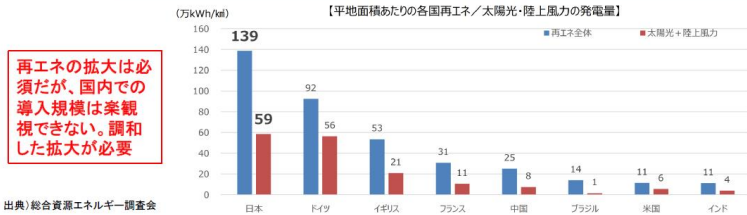
平地面積当たりの再エネ発電量でも既に日本は世界最大ですが、逆に、それくらい日本は山岳地が多くて平地が少ないので、太陽光や風力を導入できる土地そのものが限られているということが言えます。最近、太陽光発電の不適切な設置によって、景観や土砂災害の問題が起こっているように、土地が限られている中で無理して導入を図り過ぎると、環境との共生が難しくなるため、このあたりをどうやってうまく折り合いをつけていくかが大きな課題となっています。

また、例えばドイツの場合は、平坦なところに風力発電等を設置していきますので、比較的安価に工事ができますが、日本の場合、風況がいいところは山の尾根などになりますから、それだけ設置費用が高くなってしまいます。そういった自然条件、土地の条件を考えますと、日本の kWh 当たりの発電単価を世界と同等にするのは、なかなか難しいと見るべきかと思っています (図 11)。

日本の再生可能エネルギー導入急拡大のひずみ



● 平地あたりの再生エネルギー発電量でみると、日本は世界最大。限られた国土の中で導入が進捗。



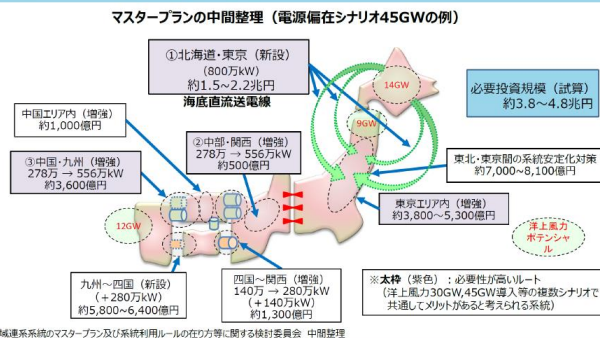
(図 11)

日本における風力発電の適地は、風況のいい北海道、もしくは東北、九州の北部です。そこから、東京エリアなどの需要地に電力を運んでくるには、現状では送電線の容量が足りません。これは暫定的な試算値ですが、例えば、風力発電を 45GW 導入するためには、北海道、東北エリアから東京エリアへの送電線の増強だけで 3.8~4.8 兆円程度の投資をする必要があります。この設備には、直流送電ケーブルや直交変換器などの機器のほか敷設工事などへの投資が必要で、そういうチャンスを捉えて、しっかりビジネスを拡大していくということも大事だと思います。

一方この投資額は、結局、将来的には電気料金に上乗せされて、われわれが払っていかないといけないこととなりますので、こうした電力コストの増大とカーボンニュートラルを、どういふふうにバランスを取って達成していくのかということも考えていかなければなりません (図 12)。

再エネの拡大に向けて: プッシュ型の電力系統形成

- 再エネ主力電源化に向けて、系統制約を克服する取組は重要。
- 再エネポテンシャルへの対応、電力融通の円滑化によるレジリエンス向上に向けて、全国大での広域連系システムの形成を計画的に進めるため、マスタープランの中間整理を2021年5月にとりまとめた。新たなエネルギーミックス等をベースに、2022年度中を目標に完成を目指す。
- 北海道と本州を結ぶ海底直流送電等の必要性が高いルートは、順次、具体化を検討。



プッシュ型での系統形成を行う方針(費用便益分析を実施)。偏在する再エネの大量導入によって、系統増強への大きな投資が必要(電力コスト増大のリスクもある一方、ビジネス機会でもある)。

(図 12)

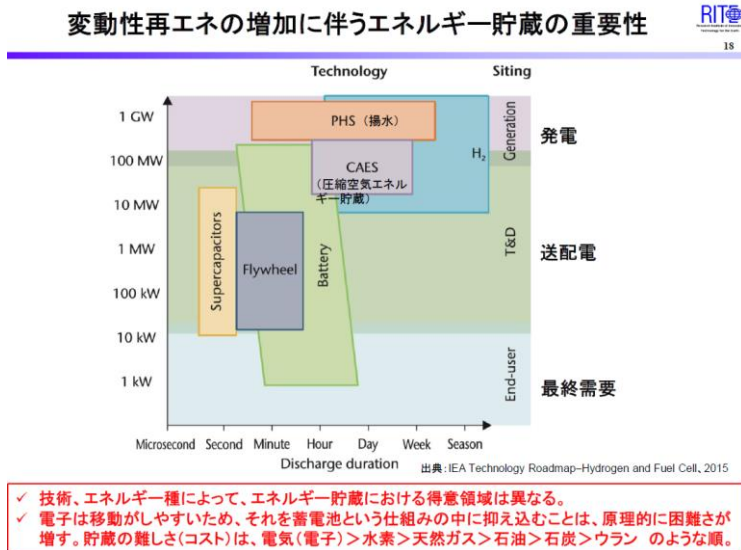
変動性再エネを側面から支えるエネルギー貯蔵技術

電力の場合、供給が過大になると大停電を起こしてしまいますし、当然ながら需要のほうが大きくて供給が足りなくても大停電します。そのため、需要と供給のピークとボトムの時間がマッチしている必要があるわけです。例えば太陽光を大量に導入してしまいますと、5月の連休などは需要が小さいのに日照量が大きいため、出力が過大になってしまいます。それを調整するためには、例えば、5月の連休に発電した電力を蓄えて他の季節に移すことが

必要なわけですが、こうした電力の貯蔵にもまた、非常に大きくコストがかかります。

ある程度長期に大量の電力を蓄える技術としては、昔から使われているものとして、電力需要が小さい時に余剰電力で山の上に水を汲み上げ、電力需要が大きくなるとその水を落として発電する揚水発電があります。ただ、日本では既に多くの施設が建設され、もう適地がなくなりつつあります。また、短い時間に関してはバッテリー、蓄電池で蓄える方法が、長時間の場合は水素などに変換して蓄えていく方法があります。

ただ、そもそも電子を蓄えることは物理現象として技術的に非常に難しいので、コストがかかってしまいます。そのため、バッテリーで電子のまま蓄えるのかもしくは水素に変換して蓄えるのか、いずれも非常に重要なキーテクノロジーになってくると考えられます(図 13)。



(図 13)

川崎重工では、オーストラリアの褐炭(石炭に似ているが発火しやすく輸送が困難)を水素と CO₂ に分離し、CO₂ は現地で地下に埋め水素だけを日本に運ぶ技術を開発しています。つまり、ブルー水素を海外でつくり、カーボンニュートラルを達成するプロジェクトです。

また、発電事業会社の JERA(ジェラ)は、石炭火力発電からゼロエミッションのアンモニア火力への移行を進めています。水素に窒素を付加してアンモニアに変えると、水素より輸送しやすく、しかも石炭と混焼しやすくなります。最初は混焼ですが、将来的には専焼にして、完全にカーボンニュートラル化していこうという計画です。

こういった水素やアンモニアに関わる技術も大変重要で、これらには周辺にサプライチェーンの整備や設備投資が必要になるため、コストもかかりますが、ビジネス機会も大きく広がると考えられます(図 14)。



(図 14)

さらに、さきほどの電力の需要地と風力発電の供給地が一致していないという問題に対しては、電力システムの増強が第一の方法ですが、それにはかなりのコストがかかります。そこで、ほどほどに風力発電を導入しながら、需要地に近いところに燃料電池などの比較的小規模の発電設備を置き、国内外からそこに水素を運んで発電したほうが、全体としてコストが下がる可能性もあるわけです。燃料電池は、需要地に近いところで使えば、発電しながら熱もそのまま利用できますので、総合効率にも優れています。

どの技術をどれくらいの割合で組み合わせるのがいいのか、完全に予測することは難しいのですが、それぞれの技術の進展やいろいろな制約の中で考え、さまざまな可能性を組み合わせることで、なるべくコストを抑えながら、カーボンニュートラルの道筋をつけていくということが重要だと思っています（図 15）。

CN分散電源としての水素燃料電池の役割



出典) Panasonic



再エネポテンシャルの地理的偏りがある中、VREの拡大により、系統増強費用が大きくなる可能性もあることから、需要地近くへのCN分散電源の導入の経済性が大きくなる可能性がある。各種エネルギーのバランスのとれた導入が重要

(図 15)

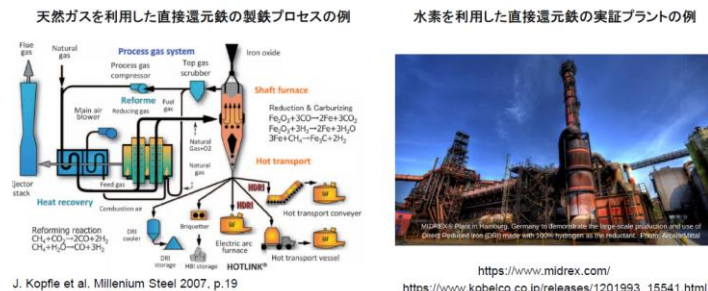
もう一点、エネルギーとしての使用以外に CO₂ を大きく出す部門として、製鉄があります。鉄鉱石から鉄をつくるには、現在石炭からコークスをつくって、その燃焼により発生した CO の還元反応を利用する高炉・転炉法が使われます。これは非常に効率のいい手法ですが、コークスを使う以上 CO₂ の発生を止めることはできません。そこで、これに代わる技術として、水素で還元する製法が研究されています。

水素で還元するのは非常に難しく、相当チャレンジングな技術ではありますが、これを達成しなければ製鉄から出る大きな CO₂ 排出量をカーボンフリーにすることはできないということで、技術開発がスタートしたところです(図 16)。

水素直接還元製鉄の見通し



- ✓ 直接還元鉄の製造において、現状では天然ガス(左図を参照)等を利用
- ✓ 水素直接還元製鉄は燃料を水素に代替したプロセスである(右図を参照)
- ✓ 後述のDNE21+のシナリオ分析では、水素直接還元製鉄の製造プロセスに加え電炉・熱間圧延までのプロセス一式を集約しモデル化【資本費: 438.1\$(/t-cs/yr)、水素消費: 12.1GJ/t-cs、電力消費: 695kWh/t-cs】
- ✓ 2031年から(同2040年以降)、新規建設・運開可能と想定



https://www.midrex.com/
https://www.kobelco.co.jp/releases/1201993_15541.html

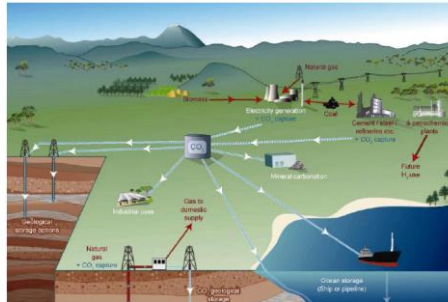
(図 16)

2.2.CCUS、DAC の役割と課題

先程来申し上げている CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)は二酸化炭素回収・貯留の略で、これに利用を加えたものが CCUS(Carbon dioxide Capture,Utilization and Storage)です。DAC は Direct Air Capture の略で大気中の CO₂ を直接回収する技術です。

CCS は、火力発電所など化石燃料を燃焼させる大規模排出源から CO₂ を回収して、地下に埋めようというものです。地下と言うても 1,000m からさらに深く、地上に出てこないところを選んで貯留します。例えば天然ガスは、キャップロックという粘土層の下に砂岩層があり、そこに溶け込んで地上には出てこないような構造で埋蔵されています。そこから天然ガスを採掘した後、天然ガスの代わりに CO₂ を埋めるというイメージです (図 17)。

* CCUS: 二酸化炭素回収・利用・貯留、DAC: 大気中CO₂回収

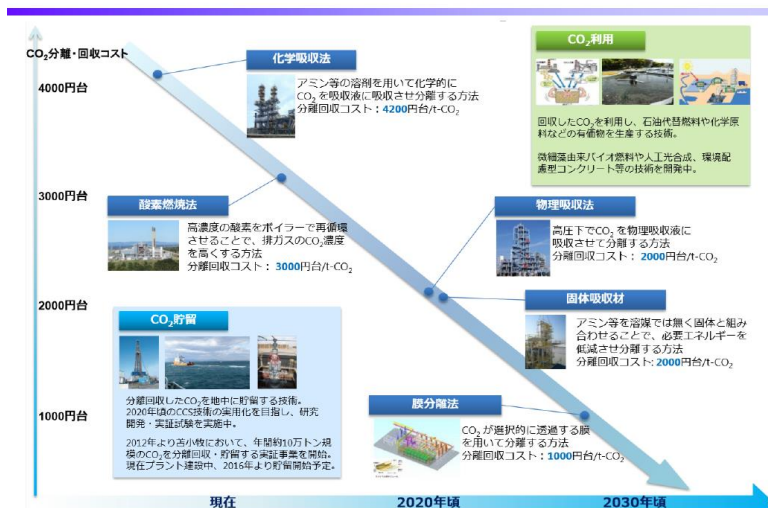


(図 17)

ただ、貯留する前に、まず回収しないといけません。回収の方法にはさまざまなものがありますが、既に実用化されている化学吸収法は、三菱重工が積極的に海外にも売り込んでおり、t-CO₂ 当たり 4,000 円前後のコストでできるようになってきています。このほかにも、物理吸収法や膜分離といったいろいろな手法が今、開発されているところです。

圧力に差がある場合、膜は非常に効率よく CO₂ を分離できますので、コストが安くできる可能性があります。ただ、膜の劣化が問題になるため、現在そのあたりの技術開発が進められています。膜分離にはいろいろ可能性があると思いますので、近いところで事業をされる企業は、この分野も視野に入れていただければと思います (図 18)。

CO₂回収関連技術の概要



出典) 資源エネルギー庁

(図 18)

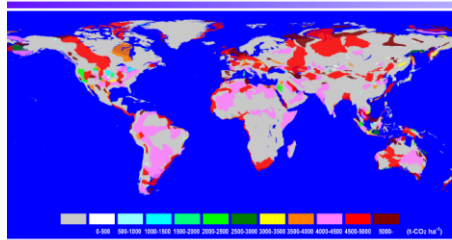
回収した CO₂ の貯留先としては、基本的に、石油やガスが埋蔵されていたところに、適した貯留ポテンシャルがたくさんあることになります。日本においても、たまたま石油、ガスはなかったけれども CO₂ なら貯留できるという箇所はかなり存在します。

これは評価法によって違いますが、大きい評価では日本の貯留ポテンシャルは 150 億 t で 100 年分以上あります。ただ、保守的に見ると、現在の年間排出量の 10 年分くらいとされ

ています (図 19)。

世界のCO₂貯留ポテンシャル・貯留費用

RIT
24



出典) K. Akimoto et al., GHGT-7, 2004; USGSデータ等を用いて推計したもの。図では理想的に利用可能なポテンシャルを表示している(理論的ポテンシャルのうち、陸域の10%、海域の20%を実際のポテンシャルと想定した場合のポテンシャル推計値が下表)。

注) 日本の技術的なポテンシャルとして、146 GtCO₂といった推計(2005)もあるが、実際のポテンシャルは不透明で詰めていく必要がある。

	貯留ポテンシャル (GtCO ₂)		【参考値】 IPCC SRCCS (2005) (GtCO ₂)	貯留費用 (\$/tCO ₂) ¹
	日本	世界		
廃油田 (石油増進回収)	0.0	111.5	675-900	57-69 ²
廃ガス田	0.0	147.4-665.5		
深部帯水層	11.4	3042.6	10 ³ -10 ⁴	5-38
炭層 (メタン増進回収)	0.0	143.4	3-200	27-122 ²

注1) 廃ガス田の貯留ポテンシャルの幅は、将来のガス探掘量が増加するに従って、表中の上限值までポテンシャルが増大し得ると想定している。
注2) 貯留費用の幅は、表中に示す範囲において累積貯留量の増大と共に上昇するように想定している。
*1) 本数値にはCO₂回収費用は含まれていない。別途想定している。
*2) 石油増進回収、メタン増進回収における石油やガスの利益は本数値に含めていないが、別途考慮している。

(図 19)

CCS の場合は、地下に埋めてほぼ半永久的に CO₂ を隔離するわけですが、利用を加えた CCUS の一種に合成石油があります。ただ合成石油は、使用の際にもう一回 CO₂ は出てきますので注意が必要です。

では何がメリットかと言いますと、水素の利便性を高めることができることです。再エネ等で作った水素は、そのまま使おうとすると新しくインフラをつくらなければなりません。しかし、回収してきた CO₂ を使って合成石油にすれば、今の石油インフラを使うことができ、しかも例えば、ディーゼルエンジンなどの内燃機関をそのまま活用しながら、カーボンフリーが実現できるというわけです。

ときどき、合成石油の場合回収した CO₂ を使っているけれども燃焼するともう一回 CO₂ が出るので無意味ではないか、とおっしゃる方もいます。しかし、原料となる水素を水力発電などで作れば、再生可能エネルギーで軽油とかガソリンを代替していることになります。

日本においても、ENEOS やトヨタが、合成燃料の開発を始めていると聞いています。こうして既存のインフラを活用するとか、既存の技術の優位性を維持しながら、カーボンフリーを達成するというオプションも含めて考えていく必要があるということです (図 20)。

合成石油(エネルギー利用のCCU)

RIT
25

水素の更なる利便性向上のため、合成石油としての利用も検討されている(既存インフラ、機器が利用可能となる)。
合成に利用の回収CO₂は、化石燃料もしくはバイオマス燃焼排出、もしくはDACからのオプションあり。



出典) Audi

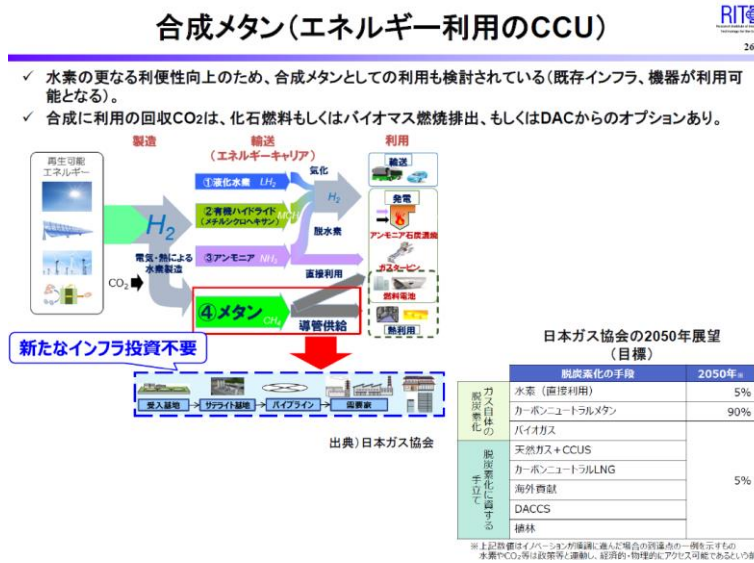
	2022~	2025~	2030~
規模	~1 BPD	~100 BPD	~10,000 BPD
水素源	国内再生電力 + 水電解	海外再生電力 + 水電解 + 大規模輸送	
CO ₂ 源	製油所 (ポンベ)	製油所 (排ガス)	
装置イメージ			
目的	●リアクター形状 ●再生合成燃料の性状確認	●プロセス最適化 ●規格適合性検討	●商用化 ●規格認定

出典) ENEOS

(図 20)

同じことは都市ガスでも言え、こちらも再生可能エネルギーを水素に変え、CO₂ を付加してつくった合成メタンの開発が進められています。都市ガスのインフラをそのまま使って、事実上カーボンフリーのエネルギーに代わるわけで、日本ガス協会などが最近力を入れ始

めたところ です (図 21)。



(図 21)

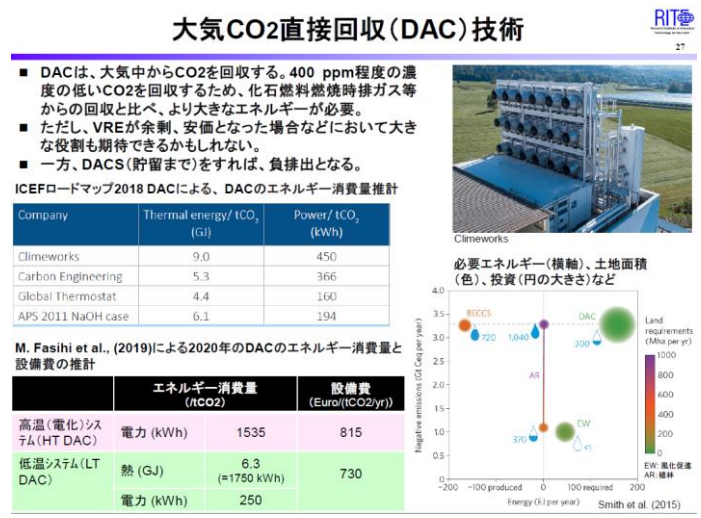
コストの高い DAC が注目される理由

DACは、大気からCO₂を直接回収する技術です。ただ、例えば化石燃料を使う発電所から出てくる排ガスはCO₂濃度が比較的高いわけですが、大気のCO₂は400ppmしかありません。そこからCO₂を回収しても、本来はコスト的にペイしないだろうと考えられます。しかし、完全に化石燃料の燃焼をゼロにするのは難しい状況にあるとすれば、こういった技術も組み合わせる必要があることが、最近、国際的にも相当強く言われ始めています。

この方法では、大気中の薄い濃度のCO₂を回収しないとイケませんので、回収には相当なエネルギーが必要です。そのためVRE(Variable Renewable Energy)——太陽光、風力などの変動性の再生可能エネルギー——が需要以上に発生した場合、その余ったエネルギーを使って、大気からCO₂を直接回収してはどうかという話が出てきているわけです。

クライムワークス社というスイスのベンチャー企業は、実際に回収装置を開発し、既にクレジットを売り始めています。今はまだ、t-CO₂当たり7万円くらいとかなり高価ですが、徐々に下げていくそうです。この分野は、アメリカのベンチャー企業も含め多くの企業が参入し、既にかなり競争が激しい分野になっています。例えばビル・ゲイツやイーロン・マスクもそういったベンチャー企業に相当投資をしていると言われるほど注目される技術です。

日本においても、NEDOで技術開発を始めており、薄い大気から安価にCO₂を吸収できる技術をどう開発するのかが肝になってくると思います。貯留も含めて、相当大きなビジネス機会があると見ています(図22)。



(図 22)

2.3.原子力発電の役割と課題

原子力は、中小企業には参入が難しいところのため少し簡単に述べたいと思います。

100万kWの発電量を得るために必要な面積は、原子力、火力では0.5~0.6km²です。ところが太陽光の場合は58km²、風力は214km²と2桁以上も広い面積が必要となります。これが先ほどご説明したように、太陽光、風力を日本で設置しようと思うと、もう使える平地がなくなって、大きい投資が難しくなっている原因でもあります。

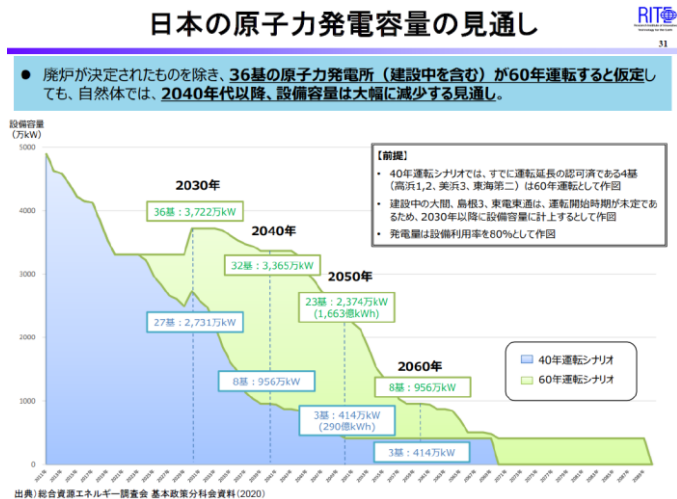
そういう面で、原子力に関しては批判も大きく、その意図は私もよく分かりますが、エネルギーの安定供給とカーボンニュートラルを考えた時には、原子力はなかなか無視しにくい技術として、オプションとしては持っておくべきだろうというのが、私の個人的な意見です。ただ福島原発事故以降、新增設が可能なのかということに関しては、不確実性が大きい状況かと思っています。再稼働も進めている状況ですが、規制の問題もあってそううまくいっていないというのが現状です(図23)。



(図 23)

原子力発電所は、今の規制では、運転開始から40年で廃炉ということになっており、申請して認可されれば、一回だけ60年までの運転延長ができます。仮に全ての炉が40年で廃炉になりますと、2050年で運転できるのは3機だけです。美浜発電所が延長稼働を始めたので、3機ということはないかもしれませんが、大きく減ることは間違いありません。

仮に全て60年運転が認められたとしても2050年に23機、2060年になると急激に減って8機ということになります。そのため2050年のカーボンニュートラル達成までは何とか寄与できても、当然ながら2050年以降もカーボンニュートラルを続けていく必要がありますので、こんなに原子力が減る中で対応できるのかが問題です。もちろん再生可能エネルギーを使っていくのが基本だと思いますが、先ほど申しましたように適地がだんだんなくなっていくということ等を考えると、なかなか悩ましいところですよ(図24)。



(図 24)

2.4.省エネ:DXによる低エネルギー需要社会の実現の可能性

省エネルギーに関しては、中小企業の皆さまも相当いろいろな努力をされていると思います。それぞれ省エネルギーを個別機器でやっていくことも大変重要ですが、そういうものをやり尽くした上で、さらにその先に進める方策として、DX、デジタルトランスフォーメーションという視点での省エネルギーということをお話しします。

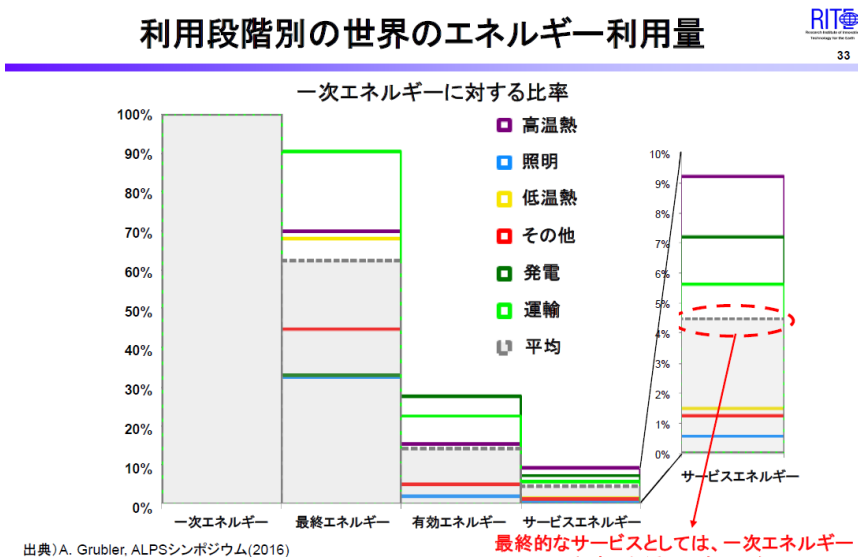
実はエネルギーは、段階を経るにつれてどんどんロスが発生し、実際に活用できているのはごくわずかに過ぎません。採掘したばかりの一次エネルギーを100とすると、運輸部門で使用した場合の最終エネルギーは90%くらい。これは、原油からガソリンを精製するのに10%くらいロスが発生しているからです。

一方発電部門では、こちらは発電する時に熱としてエネルギーをロスしますので、取り出した電力で考えますと、最終エネルギーは世界平均で34%くらいとなります。

ただ、有効エネルギーという段階では、その効率が逆転します。発電でつくった電気の場合、モーター等は非常に効率がいいのでそこでのロス是非常に小さくなりますが、運輸の場合は、内燃機関で燃焼させるとエンジンから熱がたくさん出てきて、そこでのロスが非常に大きくなるのです。

ただ、今日申し上げたいのはそこではなくて、サービスエネルギーの部分です。実はわれわれは、エネルギー消費そのものが目的ではなく、別のサービスや製品を得るためにエネルギーを使用しています。そういう見方で、本当にサービスに寄与したエネルギーはどれくらいなのかを見ると、一次エネルギーの4~5%しか活用できていないのです。

例えば、一番分かりやすい例は照明ですが、一般に照明は、本来明るさが必要な部分や時間以外も照らしています。これは、つけっ放しにしておいたほうが便利だし、むしろ全体を考えるとコストが安いという判断などからでした。ただ最近では、例えば人感センサーを使い、人が来た時だけ電気がつくような仕組みができるようになってきました。つまり、デジタル化という技術を使って、このサービスエネルギーの部分で省エネを進められる可能性が生まれつつあるわけです(図25)。



エネルギー需要サイドに特に効率化の改善余地が大きい。従来は隠れたコストのような障壁があってその効率化は難しかったが、情報技術の発達によって、その改善の可能性が高まってきている。

(図 25)

そういう面で最近、ゼロエミッションビルディングが注目を浴びています。省エネという部分では、先ほど申しました人感センサーで人が来た時だけエアコンがつくような形とか、人がいる方向にエアコンの向きを変えとか、そういったものをデジタル化していくことによってエネルギー使用の効率化を進めています。またゼロエミッションビルディングの場合は創エネの部分もあり、太陽光などでエネルギーをつくることによって、正味でのゼロエミッションを達成しています(図26)。

ゼロ・エミッション・ビルディング (ZEB)



(図 26)

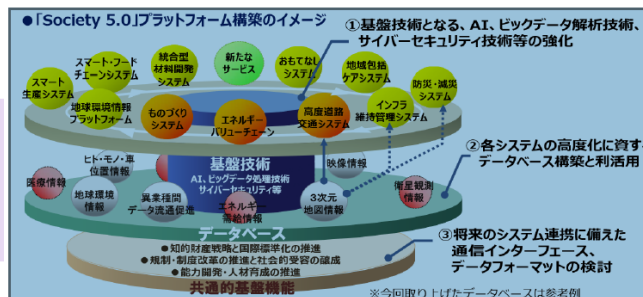
DX がもたらす危機とチャンス

また、社会全体で見ると、さまざまなデジタル技術によって、「独立した技術から、接続へ」、「所有から、利用へ」変わり、「シェアリングエコノミー、サーキュラーエコノミーを誘発する」可能性もあります。そういった社会変化が起こる可能性をいち早く察知して、そういうところで利益を得る仕組みをつくっていくということも、CO₂削減をしながら稼ぐという意味で重要かと思っています (図 27)。

エンドユース技術の破壊的イノベーション



サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会



(図 27)

例えば、過去にわれわれは、電話やカメラ、TV、ラジカセ、パソコンなどさまざまな家電製品によって便利な暮らしを手に入れ、それらをつくって売ることがビジネスになってきたわけですが、現在では、そのほとんどの機能がスマートフォンの一つのボタンで代替できるようになっています。

これらの家電製品を全部足しますと使用する電力は 449W、待機電力でも 72W となり、これらの製品をつくるために投入されたエネルギーは 1,706kWh に上ります。一方、スマートフォンなら使用電力が 5W で待機電力が 2.5W、製造段階のエネルギー消費も 75kWh で済むわけです。こういった技術によって、使う電力も減りますが、製品をつくるために使うエネルギーも大きく変わる可能性があるため、これらもカーボンニュートラルに関わるビジネス機会としてしっかり捉えていくということが必要かと思えます (図 28)。



(図 28)

運輸部門では、ご承知かと思いますが、CASE(Connected、Autonomous、Services & Shared、Electric)という動きが進んできています。

そもそも自家用車の稼働率は 4~5%くらいしかないと言われており、高いコストを払って無駄にガレージに置いているという見方もあります。ただ、もちろん無駄というのは語弊があり、高い利便性に価値を感じるからこそ、大して使わない自家用車を所有しているわけですが、完全自動運転になってしまえば、いつでも好きな時に好きな車をスマートフォンで呼び出すことが可能になります。

そうすると、一部の高級車やスポーツカーなどを除き、車を快適に移動するための手段だと考える多くの方は、わざわざ所有しないという選択が増えることとなります。結果、ローカルで車や人が少ないところ以外の都市部では、急速にカーシェアが進み、車の稼働率が非常に上がってくるわけです。

例えば車の稼働率が 4~5%から 20%に上がれば、車の台数は 4分の1とか、5分の1でいいということになってきます。そうすると当然車が売れなくなるので、ビジネス機会の減少として大きな危機感を持つ必要があるでしょう。ただ完全自動運転車の実現は、技術の進展として避けられない流れですから、そういった社会でどう稼いでいくのか。もしくは新しい輸送システムをどうビジネスに取り込むかを考えていく必要があります。

さらに V2G(Vehicle to Grid)で、電気自動車を電力系統に接続すれば、電気自動車のバッテリーを電力系統の蓄電池として使うことができ、変動性の高い再生可能エネルギーの発電量が高い時間帯にはバッテリーに充電し、電力需要が高い時間帯に電力系統へ放電することが可能になります。

そして、完全自動運転車の普及で車の稼働率が高くなれば、立体駐車場も要らなくなり、そこに滞貨されているセメントや鉄が減るのはもちろん、車の台数が減ることで、それに使われている鉄やプラスチックの量も減り、それらによって派生的に CO₂ が減ってくる可能性もあるわけです。繰り返しになりますが、ビジネスを失う機会もあれば新しいビジネスの機会でもあるわけですから、そういった動きに、いち早く対応していくということも必要になると考えられます (図 29)。

運輸部門: CASE



(図 29)

アパレル、食品、3D プリンティング

その他アパレルでも、服の 50%は使われずに新品のまま廃棄されていると言われていすし、箆笥の中には非常に稼働率の悪い服がたくさんあります。これまでは大量生産の仕組みをつくってコストを下げてきたわけですが、最近ではデジタル技術によって、少量生産でその人に合ったものをすばやくつくるような仕組みも生まれてきました。そうしますと、これまでデパートで、大量につくったものを大量に陳列して、顧客はその中から自分にそこそ合いそうなものを選ぶしかありませんでしたが、e コマースで自分に合ったものをピンポイントで買うというような形が出てくる可能性があるわけです。

そうなれば、例えばデパートで日々消費されるエネルギー、デパートをつくるために投入されるエネルギーが減っていき、服の廃棄を減らすことかできる可能性もあります (図 30)。

アパレル関連

- 服の50%は使われずに廃棄されているとも言われている。
- 若年層を中心とした嗜好の変化(スーツをあまり着なくなった等)、Eコマースの進展(百貨店以上になんでも手に入る。移動の不便を解消 等)
- AI、ICTを使った、必要なだけ生産できるような技術変化(需要を的確に把握可能に。大量生産で価格を下げる必要性の低下)
- 百貨店などでは、「見せる」ために多くのスペースを用意、そしてその建設に体化されるエネルギー、設備利用率が低いにも関わらず暖冷房、といったエネルギーの削減に。
- また、百貨店や大型ショッピングセンターが求められなくなると、そこへの移動のマイカーも求められなくなり、一層、シェアカーを促すようになり得る。



温暖化対策とはほぼ無関係の技術変化、社会変化

(図 30)

食品でも同様です。食料システムで排出される温室効果ガスは、全体の 30%くらいだと言われています。もちろんわれわれはものを食べないと生きていけないわけですが、一方、世界全体では食料の 3 分の 1 くらいは廃棄されているのが現状です。AI とか ICT などによるデジタル化によって需要予測がしっかりできるようになると、食品廃棄のロスが減り、それに伴って陳列するスペースも少なくて済むとか、輸送にかかるエネルギーも減ってくるのが考えられます。

キーポイントとしては、デジタルの情報を活用し、その情報を掛け合わせることで新しいビジネス機会を生み出していくということが大事だと思っています (図 31)。

食品関連

- 食料システムで排出されるGHGは30%前後（バウンダリーによっては更に大きい）とされる。一方、食品廃棄・ロスは世界全体では1/3にも上るとされる（ただし日本の食品廃棄・ロスは世界平均よりもずっと小さいとの評価有）。
- AI、ICTで食料需要をより正確に予測できるなどできれば、食品廃棄・ロスが減り、エネルギー消費・GHG排出の低減につながる可能性あり。
- プラスチック容器の低減、スーパーのスペース低減、冷蔵・冷凍エネルギー、輸送エネルギーの低減などに波及し得る。



SDGsの同時達成にも大きな寄与となり得る。

(図 31)

最後は3Dプリンティングです。これまでは金型をつかって成形し、そこから不要な部分を切り落としてモノをつくられていたわけですが、3Dプリンティングなら複雑な形状を一気に形成できてしまいます。また3Dプリンティングなら、同じ強度でも軽い製品を作成できる可能性があると言われていました。そうすると、製造段階でのCO₂を減らせるだけでなく、それぞれのニーズに合わせた製品製造ができることから、大量生産、大量廃棄を避けることができる可能性も出てきているわけです。

ある研究者の試算では、3Dプリンティングが世界で普及すれば、少ない場合でも5~6%、多く見積もれば23~27%くらいエネルギー使用を減らすことができるとされています。個人的にこの論文を読むと、少し盛り過ぎではないかとも感じますが、実際可能性はいろいろあるのでしょうか。3Dプリンティングは、もう既に世界ではいろいろ取り組みが始まっており、日本は少し遅れている感じがありますので、自社の仕事にこれを適用できる可能性があるのか、ぜひ少し頭に置いていただければと思います。

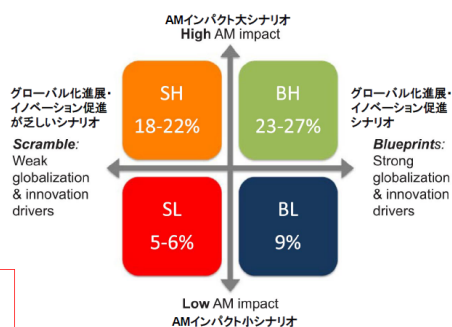
この3DプリンティングによってCO₂が減り、またいろいろな物質の利用も減って、結果としてSDGsにつながる可能性も見えてくるかもしれません(図32)。

3Dプリンティング(AM)

- 3Dプリンター(アディティブ・マニュファクチャリング:AM)が進展してきている。
- 金型を作ったの成形や切削による造形などに比べ、複雑な形状を作成でき、同じ強度でも軽い製品を作成できる場合が多くある。
- また、大量生産ではなく、それぞれのニーズに合わせた製品製造が可能で、大量生産、大量廃棄を避けることができる可能性有。



AMIによる世界のエネルギー需要削減ポテンシャル



ライフサイクルでのエネルギー消費量低減、CO₂排出削減に大きな効果を有する可能性有

出典) L.A. Verhoef et al., Energy Policy (2018)

(図 32)

2.5.各企業の対応策

ここでは、各企業の対応策ということで、少し頭の整理をしていきます。

世界的に使われている CO₂、温室効果ガス排出のカウント方法に「GHG プロトコル」があります。このプロトコルでは、「Scope1」=直接排出量、「Scope2」=間接排出量、「Scope3」=その他の間接排出量の3つのフェーズでカウントします。

まず Scope1 は、自らの企業において、化石燃料燃焼等で排出している CO₂ をカウントしたものとります。これを削減する方法としては、省エネを促進することによって直接的に燃料の消費を減らしたり、例えば総合エネルギー効率が高いコージェネを導入して CO₂ を削減したりすることが考えられます。もちろんコストが上がる場合がありますので、その企業の体力等に応じて考えていくことは重要です。

Scope2 は、例えば電力の購入といったような間接的な部分となります。電力自体の使用では直接 CO₂ は排出しませんが、電力をつくるところで CO₂ を排出しますので、なるべく脱炭素、カーボンニュートラルに近い電力購入契約をすることが基本です。もう一つ、「オフサイトコーポレート PPA」といって、直接的に外から再生可能エネルギーを買うことで、電力の低炭素化、脱炭素化を図る手段もあります。こちらも当然ながら、電力の単価が上がるというのが一般的ですので、どういうタイミングで導入を図るかが重要な経営判断かと思っています。

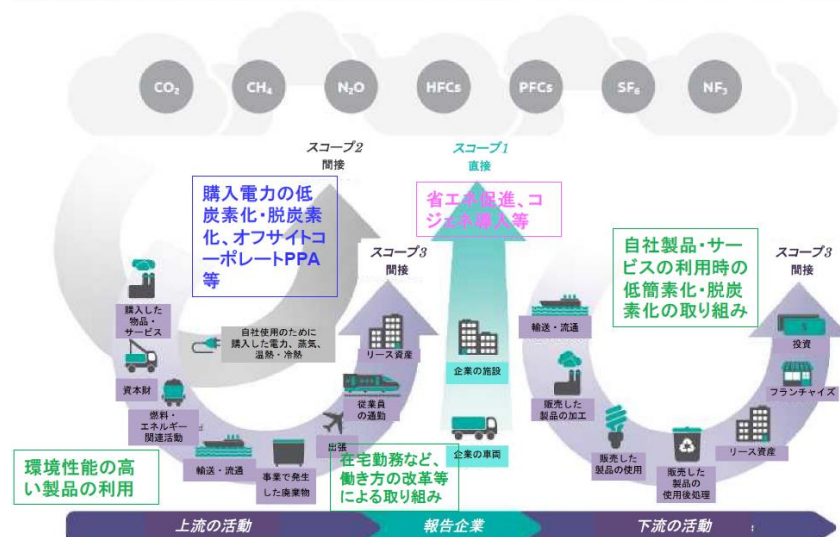
Scope3 としては、まず上流の活動では、自社において環境性能の高い製品を利用していくというのが一つです。その他、在宅勤務を活用するなど従業員の通勤等にかかる CO₂ を減らすことも一つの方策ですし、働き方改革などいろいろな可能性があります。

下流の活動という部分では、自社製品、サービス利用時の低炭素化、脱炭素化の取り組みということが挙げられます。これはなかなか気付いていただけないことではありますが、例えばギア一つとっても、効率のいいギアを開発することで CO₂ を間接的に減らしていける可能性があります。そういった全体像を見極めた上で、自社はどこで何ができるのか、ぜひ考えていただきたいと思います (図 33)。

企業の温室効果ガス排出削減の機会: GHGプロトコル



42



出典)環境省資料より改変

様々な温室効果ガス排出削減機会が存在している。

(図 33)

3.日本の2050年カーボンニュートラルに向けたシナリオ分析例

ここでは、第6次エネルギー基本計画(2021年10月22日閣議決定)に向けて分析を行ったシナリオの状況を簡単にご説明します。

電力系統対策を含めた太陽光発電のコストは、全体の発電電力量に対して45%くらいを超えると、急激に上がってきます。これは、太陽光を増やしていくと、昼間の条件のいい時間に発電量が需要を大きく超えてしまい、それをバッテリーや変換した水素で蓄えるためにコストがかかってしまうからです。しかもそれは、1年中必要なわけではなく、年間数日だけであっても、そのために設備を用意しないといけないので、設備利用率が急激に低下して、単価が急激に上がってくるのが原因です。同じことは風力にも言えるため、需要と供給のバランスを取りながら、どうやって全体のコストを抑制していくのかということが、太陽光、風力の導入においては特に重要になってきます。

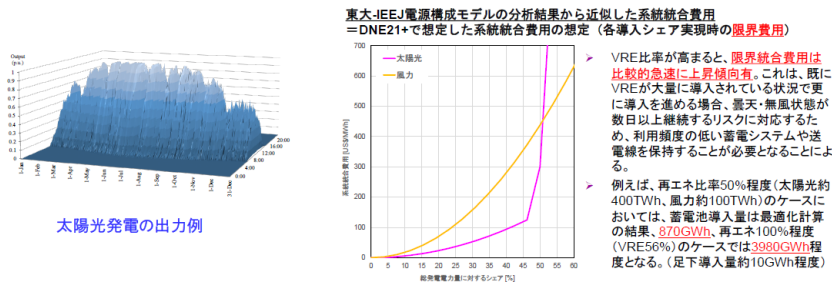
ただ逆に言いますと、蓄電池のコストをどうやって下げるのか、水素のコストをどうやって下げるのかということがビジネスチャンスでもあるわけです(図34)。

統合費用の想定：東大-IEEJ電源構成モデルの分析結果を活用

- ◆ DNE21+モデルは世界モデルであるため、国内の電力系統や再エネの国内での地域偏在性を考慮した分析は難しい。そこで系統対策費用については、別途、東京大学藤井・小宮山研究室および日本エネルギー経済研究所による最適電源構成モデルによる、変動性再生可能エネルギーが大量に導入された場合の電力システム費用の上昇分(統合費用)を推計結果を活用
- ◆ 全国のAMeDASデータ等をもとに変動性再生可能エネルギーの出力の時間変動をモデル化し、線形計画法によって電力部門の最適な設備構成(発電設備及び蓄電システム)及び年間の運用を推計
- ◆ 今回は日本全体を5地域(北海道、東北、東京、九州、その他)に区分し、1時間刻みのモデル化により計算を実施。発電コストや資源制約などの前提条件はDNE21+の想定に合せて設定

モデル計算で考慮されているもの・・・出力抑制、電力貯蔵システム(揚水発電、リチウムイオン電池、水素貯蔵)、発電設備の利用率低下、地域間連系線、貯蔵や送電に伴う電力ロス

モデル計算で考慮されていないもの・・・地内送電線、配電網、回転慣性の低下の影響、EVIによる系統電力貯蔵、再生可能エネルギー出力の予測誤差、曇天・無風の稀頻度リスクなど



(図 34)

2050年カーボンニュートラル達成のシナリオ

2050年カーボンニュートラルを達成するために、政府は、電力の参考値として再エネが5~6割、原子力はCCSと合わせて3~4割、そして水素、アンモニア発電を1割という数値をおおよその目安として示しています(図35)。

【参考】資源エネルギー庁が提示の「参考値」

- ・ 2050年カーボンニュートラルを目指す上で、脱炭素化された電力による安定的な電力供給は必要不可欠。3E+Sの観点も踏まえ、今後、以下に限定せず複数のシナリオ分析を行う。議論を深めて行くに当たり、それぞれの電源の位置づけをまずは以下のように整理してはどうか。

確立した脱炭素の電源	再エネ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2050年における主力電源として、引き続き最大限の導入を目指す。 ・ 最大限導入を進めるため、調整力、送電容量、慣性力の確保、自然条件や社会制約への対応、コストを最大限抑制する一方、コスト増への社会的受容性を高めるといった課題に今から取り組む。 ・ こうした課題への対応を進め、2050年には発電電力量(※1)の約5~6割を再エネで賄うことを今後議論を深めて行くにあたっての参考値(※2)としてはどうか。
	原子力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 確立した脱炭素電源として、安全性を大前提に一定規模の活用を目指す。 ・ 国民の信頼を回復するためにも、安全性向上への取り組み、立地地域の理解と協力を得ること、バックエンド問題の解決に向けた取り組み、事業性の確保、人材・技術力の維持といった課題に今から取り組んでいく。2050年には、再エネ、水素・アンモニア以外のカーボンフリー電源として、化石+CCUS/カーボンサイクルと併せて約3~4割を賄うことを今後議論を深めて行くにあたっての参考値(※2)としてはどうか。
イノベーションが必要な電源	化石+CCUS	<ul style="list-style-type: none"> ・ 供給力、調整力、慣性力の利点を持つ一方で、化石火力の脱炭素化が課題。 ・ CCUS/カーボンサイクルの実装に向け、技術や適地の開発、用途拡大、コスト低減などに今から取り組み、一定規模の活用を目指す。2050年には、再エネ、水素・アンモニア以外のカーボンフリー電源として、原子力と併せて約3~4割を賄うことを今後議論を深めて行くにあたっての参考値(※2)としてはどうか。
	水素・アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼時に炭素を出さず、調整力、慣性力の利点を持つ一方で、大規模発電に向けた技術確立、コスト低減、供給量の確保が課題。今からガス火力、石炭火力への混焼を進め、需要・供給量を高め安定したサプライチェーンを構築にも取り組む。 ・ 産業・運輸需要との競合も踏まえつつ、カーボンフリー電源として一定規模の活用を目指す。水素基本戦略で将来の発電向けに必要な調達量が500~1000万トンとされていることを踏まえ、水素・アンモニアで2050年の発電電力量の約1割前後を賄うことを今後議論を深めて行くにあたっての参考値(※2)としてはどうか。

※1：2050年の発電電力量は、第33回基本政策分科会で示したRITEによる発電電力推計を踏まえ、約1.3~1.5兆kWhを参考値(※2)とする。

※2：政府目標として定めただけではなく、今後議論を深めて行くための一つの目安・選択旗。今後、複数のシナリオを検討していく上で、まず検討を加えることになるもの。

(図 35)

これをベースに、電力や非電力のエネルギーも考慮し、国内外の再エネのコストなども踏まえて、全体像としてどういう対策を採ると最も望ましいのかを分析したシナリオがあります。ただ、将来の技術の見通しというのは不確実ですから、われわれ専門家としてこれくらいのコスト見通しが妥当ではないかという「モデルの標準想定」に加え、「再エネのコスト低減加速」、「原子力の導入拡大」、「水素のコスト低減加速」、「CO₂貯留可能量拡大(CCSがもっと利用できる)」、「カー・ライドシェア拡大」というケースについても想定して計算しています(図36)。

シナリオ想定(概略)



		2050年GHG排出削減	各種技術の想定(コスト・性能)	各種技術の導入シナリオ
海外クレジット活用ケース(世界費用最小化=世界限界削減費用均等化)		国内削減率はモデルで内生的に決定	モデルの標準想定	モデルで内生的に決定(コスト最小化)。ただし原子力は上限10%で制約。CO ₂ 貯留量制約想定
参考値のケース		▲100%		再エネほぼ100%(原子力0%)
参考値のケースのモデル想定下で再エネ比率が変化した場合のコスト等を推計	①再エネ100%	(日本以外については、欧米はそれぞれ▲100%、それ以外は、CO ₂ について全体で▲100%を想定(GHGは2065年頃▲100%):1.5°Cシナリオ)	(注:ただし、再エネ比率が高いシナリオでは、疑わしいことが暗黙の前提となる)	
それぞれの技術課題が克服され、より利用が拡大すると想定したシナリオ	②再エネイノベ		再エネのコスト低減加速	モデルで内生的に決定。ただし原子力は上限10%で制約。CO ₂ 貯留量制約想定
	③原子力活用		原子力の導入拡大	モデルで内生的に決定。ただし原子力の上限を20%と感度を想定。CO ₂ 貯留量制約想定
	④水素イノベ		水素のコスト低減加速	モデルで内生的に決定。ただし原子力は上限10%で制約。CO ₂ 貯留量制約想定
	⑤CCUS活用		CO ₂ 貯留可能量拡大	モデルで内生的に決定。ただし原子力は上限10%で制約。CCS可能量を大きく想定
	⑥需要変容		カー・ライドシェア拡大	完全自動運転車実現・普及により、カーシェア・ライドシェアが劇的に拡大すると想定。その他は参照シナリオの想定と同じ

(図36)

通常のケースでは、原子力は10%を上限に計算しました。必ずしも原子力10%と決めているわけではありませんが、カーボンニュートラルという条件であると、原子力は費用対効果が非常に高い電源ですので、10%ぎりぎりまで使うことを前提に計算しています。

標準想定以外では、「原子力の導入拡大」のケースは、原子力の比率は20%となっています。これは2030年の政府の目標値が20%なので、それと同じとしたわけですが、途中でご説明しましたように、60年稼働としても2050年に向けて原子力の設備容量が下がってきますので、2050年で20%を確保しようとするれば、新增設、リブレースは不可避です。

再エネのモデルで経済計算した結果、最も費用が安くなる比率は、参考値のケースで54%。「再エネのコスト低減加速」というケースで63%となります。

いずれにしても、政府が想定した再エネ50~60%という比率は、われわれ専門家の相場観からしてもいい数字で、全体の費用対効果を考えると、再エネはこのあたりを目指すのが合理的だという感覚です(図37)。

シナリオ想定と再エネ比率(2050年)



シナリオ名	再エネコスト	原子力比率	水素コスト	CCUS(貯留トンシタル)	完全自動運転(カー・ライドシェア)	電源構成に占める再エネ比率
参考値のケース	標準コスト	10%	標準コスト	国内貯留: 91MtCO ₂ /yr、海外への輸送: 235MtCO ₂ /yr	標準想定(完全自動運転車実現・普及想定せず)	54%(最適化結果)
①再エネ100%		0%				ほぼ100%(シナリオ想定)
②再エネイノベ	低コスト	10%	水電解等の水素製造、水素液化設備費半減	国内:273MtCO ₂ /yr、海外:282MtCO ₂ /yr	標準想定(完全自動運転車実現・普及想定せず)	63%(最適化結果)
③原子力活用?		20%				53%(最適化結果)
④水素イノベ						47%(最適化結果)
⑤CCUS活用	標準コスト	10%	標準コスト	国内91Mt、海外235Mt	2030年以降完全自動運転車実現・普及し、カー・ライドシェア拡大、自動車台数削減により素材生産量低下	44%(最適化結果)
⑥需要変容						51%(最適化結果)

※需要サイドの変化については、カーシェアリング以外の要素も踏まえたシナリオ分析を継続する。

*1: DAC無しでは実行可能性が無く、全てのシナリオでDACが利用可能と想定
*2: 原子力活用シナリオは別途、比率50%まで分析を実施

(図37)

日本で技術を開発し、それで世界のCO₂削減に貢献するという選択肢

続いて、CO₂を含めた温室効果ガスの部門別排出量を見ていきます。

2050年時点でも排出されている部分は、DACCSとかBECCSという手段でオフセットしたほうが、全体の経済合理性からは望ましい分野です。これはどういう部門かといいますと、エネルギー起源CO₂以外に、メタンやフロンなどの温室効果ガスがあります。また、セメントをつくる際に発生するプロセス起源CO₂もあります。カーボンニュートラルにしようと思うと、これらもオフセットする必要があります。

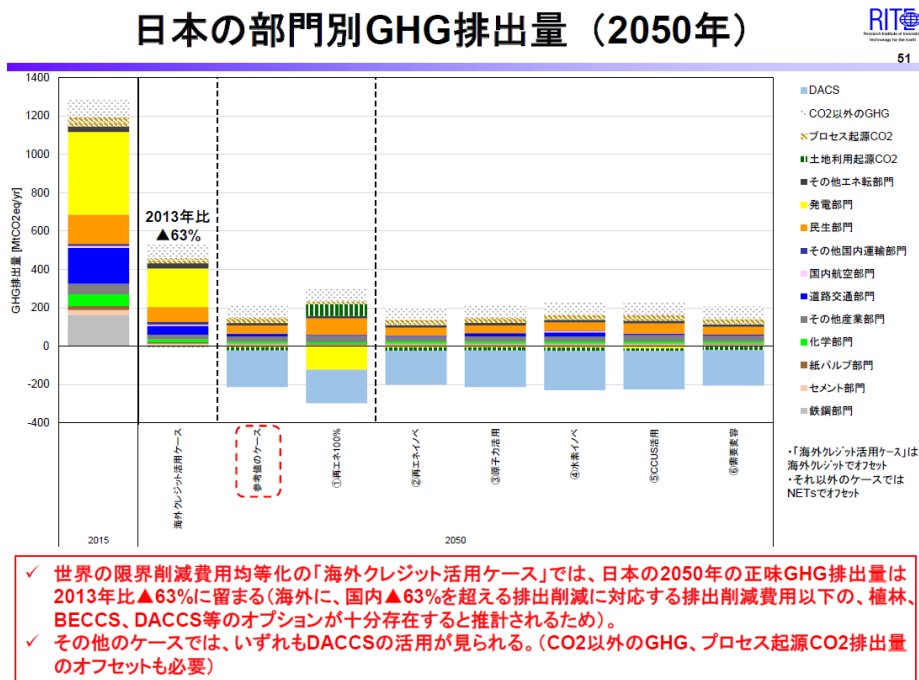
さらに民生部門で、エネルギーからのCO₂も、コスト面から考えると完全にゼロにすることは難しいので、その部分をオフセットすることになります。

もう一点だけ申し上げておきますと、少し方向性が違ったものに、「海外クレジット活用ケース」があります。これは、国内だけで2050年カーボンニュートラルを目指すのではなく、世界全体でカーボンニュートラルを達成する場合に、日本がどれくらい削減するほうが世界全体の経済合理性から望ましいのかを計算した結果です。

その場合は、日本においては63%減くらいにとどめたほうが、世界全体の経済合理性からは望ましいという結果になっています。なぜなら、日本はCCSのポテンシャルも小さいし、再エネのポテンシャルも高くはないため、日本の技術によって海外でCO₂削減に貢献して、海外で減らした部分で国内のCO₂排出分をオフセットしたほうが、全体としては経済合理的だという可能性もあるからです。

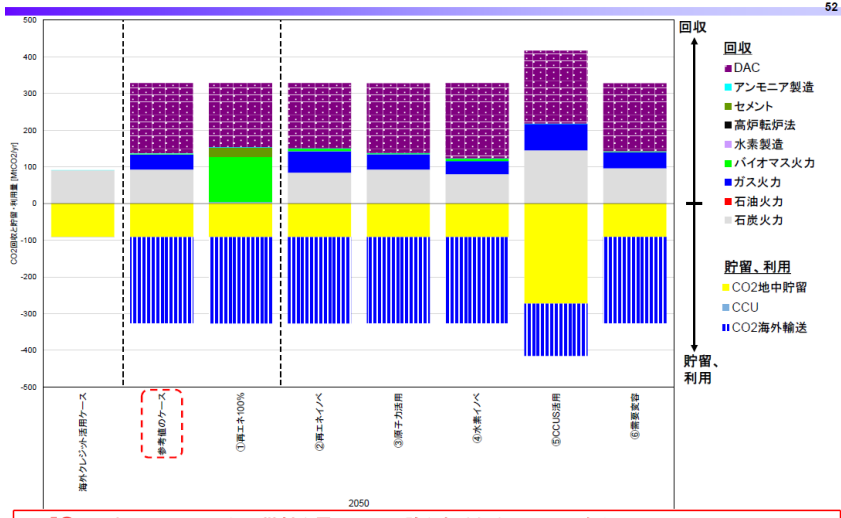
必ずしも63%にとどめたほうがいいと申し上げるつもりはありませんが、国内でのカーボンニュートラルを目指しながら、一方であまり国内だけにこだわらず、海外での削減機会も狙う。冒頭申し上げましたけれども、日本は世界全体の3%しかCO₂を排出していませんので、日本で技術を開発し、立証したその技術を海外に持って行って、世界全体のCO₂削減に貢献し、また稼いでいくという視点も必要ではないでしょうか。

中小企業の皆さまは、直接海外に出ていくハードルは高いかと思いますが、他の企業と連携するなど、海外で自社の技術をどう売っていくかも、重要な視点かと思っています(図38)。



続いて、CO₂の回収と貯留・利用のバランスに関してですが、ここでは先ほど申しましたように、DAC という大気中からCO₂を直接回収する技術には非常に大きな可能性があり、CCSも重要な技術となってきます(図39)。

日本のCO2バランス (2050年)



✓ 「①再エネ100%」では、化石燃料発電+CCSは除かれるため、BECCSを利用
 ✓ 世界の限界削減費用均等化の「海外クレジット活用ケース」では、日本においてはDACは経済的なオプションにはなっていない。CO2の海外輸送も経済合理性はなくなる。

(図 39)

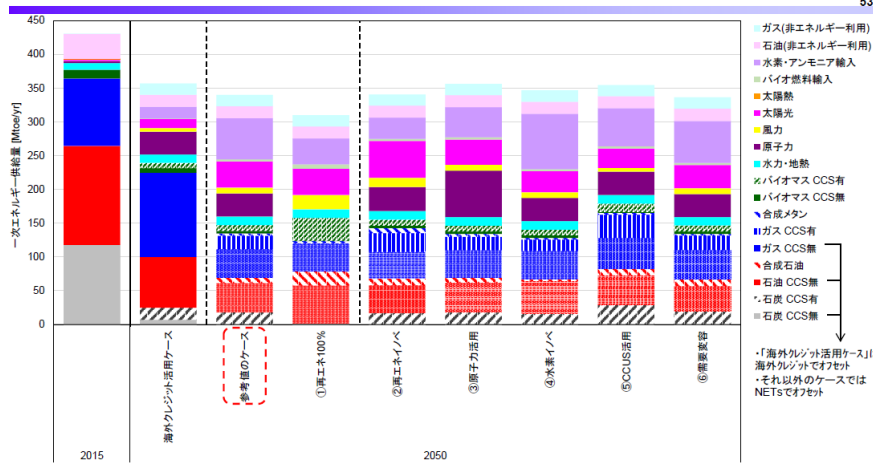
一次エネルギーのベストミックス

次に日本の一次エネルギー供給量を見てみると、2050年には2015年と比べて2割から2割5分減らすとしています。これは、これくらい省エネルギーをすると、全体的に合理的だという数値です。

それでは、どういった対策を採るべきかということですが、まず海外から水素、もしくはアンモニアを輸入することが必要です。やはり国内の再生可能エネルギーは海外に比べてコスト高な部分は残りますので、シナリオによって差はあるものの、海外から水素、アンモニアを持ってきて、日本でエネルギーとして使ったほうが、カーボンニュートラルにより経済的に貢献できる可能性があるからです。

もう一点は、先ほどもご説明したCCS無しの化石燃料という部分で、こちらはDACCSやBECCSといった手段でオフセットしていくこととなります。ただ、現状から比べると、いずれにしても相当抑制することが必要で、使用を抑制しつつ、最後に残った部分に関してはオフセットして、全体のカーボンニュートラルを図っていきます(図 40)。

日本の一次エネルギー供給量 (2050年)



注1) 一次エネルギー換算はIEA統計に準じている。バイオマス以外の再エネ: 1 TWh=0.086 Mtoe、原子力: 1TWh=0.086+0.33 Mtoe
 注2) CCSなしの化石燃料は、負排出技術でオフセットされており、カーボンニュートラル化石燃料となっている。

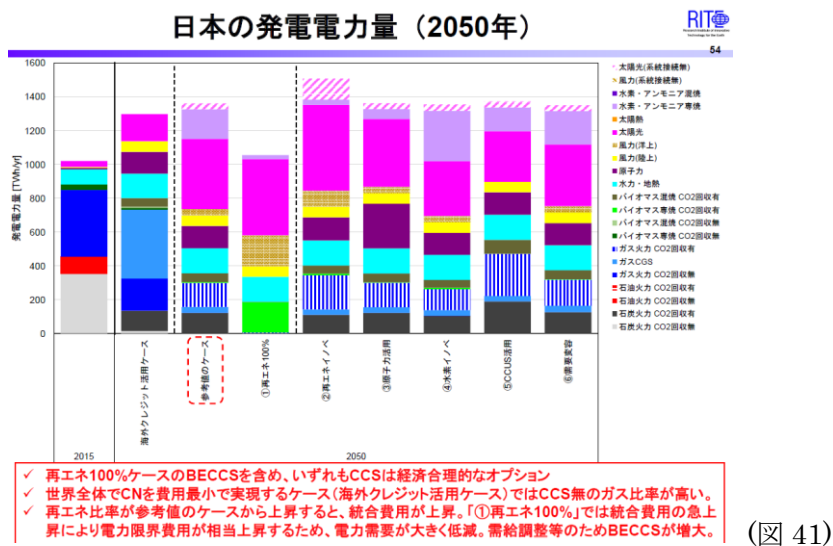
✓ ▲100%のいずれのシナリオにおいても、相当量の水素・アンモニア・合成燃料の輸入が見られる。

(図 40)

続いて、発電電力量を見ていきます。一次エネルギーは2割から2割5分削減していますが、電力はむしろ伸びています。脱炭素化を図ろうと思うと、なるべく電化を進めて、さらに発電の脱炭素化を図るというのが一つの重要なオプションとなるためです。この方向性は、モデルとして頑強性が相当強いと思います。

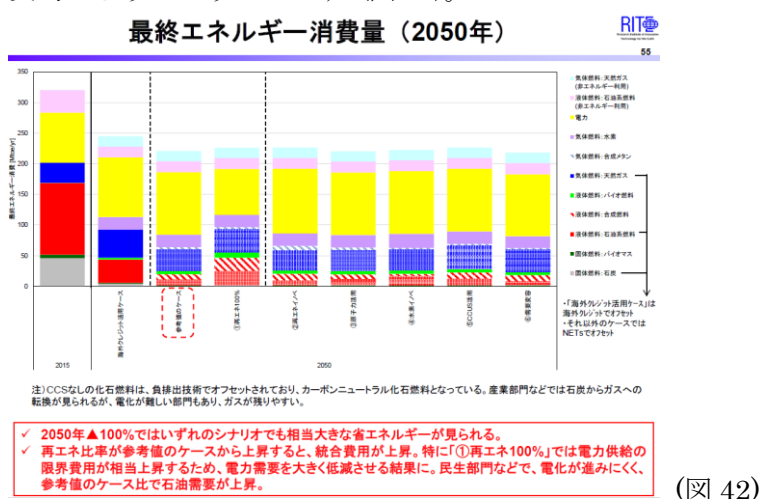
発電の方法では、いずれのシナリオにおいても、太陽光、風力発電などの再生可能エネルギーを相当伸ばす必要があるということは、これも頑強性が高いモデルだと思います。再エネを増やすことは、日本においては制約が相当強いわけですが、それでも、太陽光、風力は増やす必要があります。ただ、再エネを100%にするというのは非常にハードルが高いので、ほとんどのシナリオでは、原子力やCCSをうまく活用していくことが前提となっています。

再エネ100%というシナリオも作成していますが、この結果だけは、発電電力量が相当下がっています。なぜこういうことが起こるかという、再エネに偏り過ぎると、電力のコストが急激に上昇して経済的に成り立たなくなるからです。もちろん、もっと再エネが安くなり、バッテリーの価格が極端に下がれば状況は変わるかもしれませんが、これまでのコスト低減の見通しから、かなり楽観的に見たとしても再エネ100%はかなり厳しいと判断せざるを得ません(図41)。



カーボンニュートラルで上がる電力料金

次に最終エネルギー消費量ですが、ここでのポイントは、電化を進めることは大前提ですが、電化一辺倒でも駄目で、電化を進めつつ水素や合成燃料、合成メタンも使い、そしてオフセットの DACCS 等も組み合わせることによって、全体でカーボンニュートラルを達成するのが現実的だろうということです(図42)。



コストも大切ですので、ここで電力価格を見ていくことにします。ベースラインでは kWh にすると 13 円くらいということになります。海外クレジットでオフセットした場合は 19 円、政府の参考値のケースでは 23 円くらいです。いずれにしても、カーボンニュートラルにしようと思うと、電力料金は相当上がってくる可能性があるということです。これをさらに下げていける可能性を考えながら、エネルギーのバランスと技術開発の見通しも考え合わせて、無理をしてでも 2050 年までにカーボンニュートラルを達成するのか、あるいは 2060 年くらいまで待ってもらうのかも含め、考えていくしかないのでしょう (図 43)。

**CO2限界削減費用、エネルギーシステム総コスト、
電力限界費用：日本**

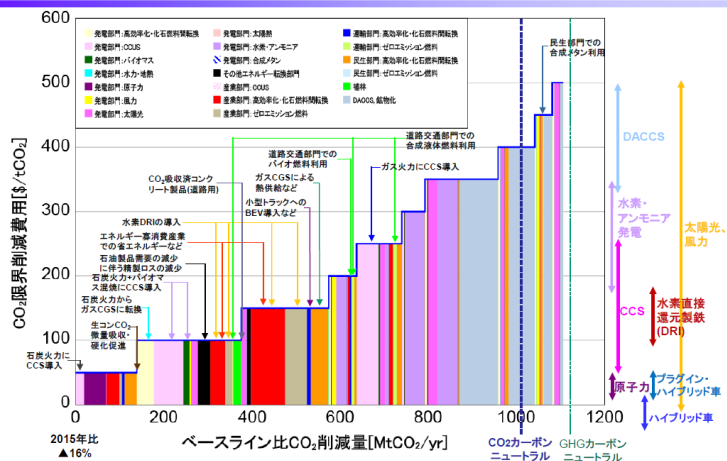
	2050年のCO2限界削減費用 [US\$/tCO2]	2050年のエネルギーシステム総コスト [billion US\$/yr] ¹⁾	2050年の電力限界費用 [US\$/MWh] ²⁾
ベースライン	—	986	121
海外クレジット活用	168	1044	[+58]
参考値のケース	525	1179	[+193]
①再エネ100%	545	1284	[+299]
②再エネイノベ	469	1142	(-37)
③原子力活用 ³⁾	523~503	1166~1133	(-13~-45)
④水素イノベ	466	1160	(-19)
⑤CCUS活用	405	1150	(-29)
⑥需要変容	509	909	(-270)

¹⁾ (青字)はベースラインからのコスト増分。(赤字)は「参考値のケース」からのコスト変化
²⁾ 発電端での限界費用。ただし、系統統合費用は含む。2020年のモデル推計の電力限界費用は123 US\$/MWh
³⁾ 原子力活用シナリオは、原子力比率20%~50%の下での結果

(図 43)

部門別・技術別の排出削減ポテンシャルということでは、原子力やハイブリッド車、プラグインハイブリッド車はコストが安く、その上に CCS 等がある、さらにその上には水素、アンモニア発電があり、一番コストが高いところに DACCS があるという位置付けとなります。ただ、DACCS もなければカーボンニュートラルはなかなか達成できません。風力、太陽光は安いところもありますが、だんだん条件が悪くなるとコストが高くなるというように、ものすごくコストレンジに幅があるのが特徴となっています (図 44)。

2050年の部門別・技術別の排出削減ポテンシャル・コスト推計：日本



注1) 本分析は、「参考値のケース」で用いた、技術想定の下での推計結果
 注2) 部門別・技術別の排出削減効果は、交差項の部門や対策、技術に割り当ての際の定義によって、部門・技術毎の削減効果の大きさは変化する。推計の削減ポテンシャルは目安として理解されたい。

(図 44)

ここまでご説明してきた「第 6 次エネルギー基本計画案」では、結論部分に「あらゆる選択肢を追求する」と書かれています。つまり、いろいろな技術を組み合わせて考えていかなければ、カーボンニュートラルへの道はないというわけです。

逆に申し上げますと、いろいろなところにビジネスチャンスがあるということですから、自社が得意なところを見ながら、一方で全体像を見て、新しく手を広げられるところを見定

めていくということが必要だということを、ぜひご認識いただきたいと思います(図 45)。

第6次エネルギー基本計画案：2050年CNに向けて

- 2050年に向けては、**温室効果ガスの8割を占めるエネルギー分野の取組**が重要。
 - ものづくり産業がGDPの2割を占める産業構造や自然条件を踏まえても、**その実現は容易なものではなく**、実現へのハードルを越えるためにも、**産業界、消費者、政府など国民各層が総力を挙げた取組**が必要。
- 電力部門は、再エネや原子力などの**実用段階にある脱炭素電源を活用**し着実に脱炭素化を進めるとともに、**水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電などのイノベーションを追求**。
- 非電力部門は、**脱炭素化された電力による電化を進める**。電化が困難な部門(高温の熱需要等)では、水素や合成メタン、合成燃料の活用などにより脱炭素化。特に**産業部門においては、水素還元製鉄や人工光合成などのイノベーションが不可欠**。
 - **脱炭素イノベーションを日本の産業界競争力強化につなげるためにも、「グリーンイノベーション基金」などを活用し、総力を挙げて取り組む**。
 - 最終的に、炭素の排出が避けられない分野については、**DACCSやBECCS、植林**などにより対応。
- 2050年カーボンニュートラルを目指す上でも、**安全の確保を大前提に、安定的で安価なエネルギーの供給確保は重要**。この前提に立ち、2050年カーボンニュートラルを実現するために、**再エネについては、主力電源として最優先の原則のもとで最大限の導入に取り組み、水素・CCUSについては、社会実装を進めるとともに、原子力については、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用**していく。
- こうした取組など、安価で安定したエネルギー供給によって国際競争力の維持や国民負担の抑制を図りつつ2050年カーボンニュートラルを実現できるよう、**あらゆる選択肢を追求する**。

出典)総合資源エネルギー調査会(2021)

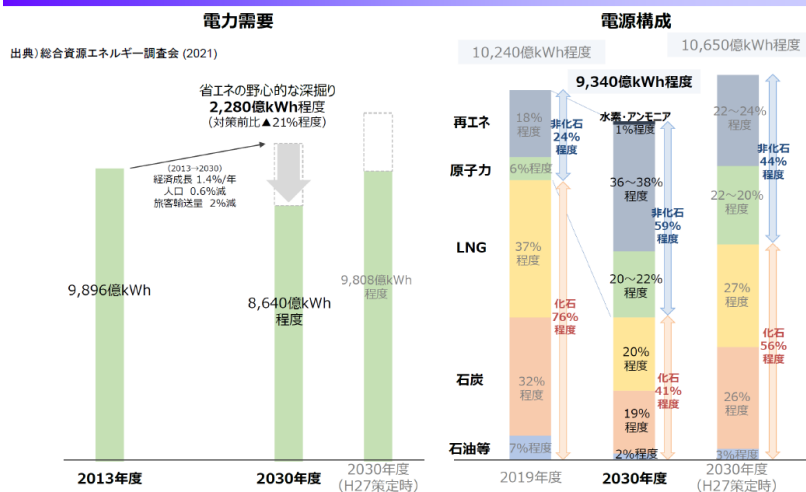
(図 45)

4. トランジションとしての2030年目標の展望と課題

これまで、2050年カーボンニュートラルということを示してきましたが、2030年についても政府は案をつくっており、ここでは電源のミックスという部分でいきますと、再エネを36~38%、水素、アンモニアを1%、そして原子力を20~22%といった比率にしようという案を出しています。

冒頭でも申し上げましたが、46%減という数字はものすごく難しい目標ですので、政府としては、これは野心的な見通しということ、必達目標という位置付けにはしていません。ただ、これから8年くらいの非常に短い期間の中で、これを達成する方向に向かっていくということですので、こういった見通しも見ながら、この先の事業の計画等を考えていただければというふうに思うところです(図 46)。

第6次エネルギー基本計画案：2030年エネミックス



- ✓ 再エネの大幅な拡大(旧目標:22~24%⇒新目標:36~38%)を見込んだが、日本での再エネコスト、土地の制約からの住民とのトラブルの増大状況などからして、達成は容易ではない。
- ✓ エネルギー基本計画案では、ミックスの数値は、「野心的な見通し」としている。

(図 46)

5.今後の政策的課題

政府は「グリーン成長戦略」で、洋上風力、太陽光、水素、アンモニア、次世代熱エネルギー、原子力等々、14の技術分野において、評価をしていくということを掲げています。中小企業では、直接この分野を手がけていないところも多いかと思いますが、それぞれの裾野には、そこにぶら下がるいろいろな技術がたくさんありますので、そういったものを見定め、ビジネスチャンスにしていただければと思います。また、政府は2兆円基金というものを用意して、お金も付けていくということになっていますので、そういったところも、ぜひ活用してってください(図47)。



(図47)

ただ、いきなりグリーンになることはなかなか難しいので、グリーンに至るまでのトランジション、移行期間でCO₂削減、低排出をどう実現していくのかということも重要です。逆に言うと、世界ではグリーンでないとお金を貸さないとか、投資をしないとといった動きが強まっていますので、それを私は強く懸念しています(図48)。

トランジション・ファイナンス



(図48)

日本政府としては、トランジション・ファイナンスという基本指針を策定して、グリーンか否かの二者択一ではなく、脱炭素・低炭素に移行する際の資金調達を行うための指針を定めたところですので、ぜひその点もご理解いただいで、活用いただければと思います(図49)。

要素 1	資金調達者のクライメート・トランジション戦略とガバナンス	
<p>トランジション・ファイナンスの目的</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パリ協定の目標に整合した目標や脱炭素化に向けて、事業変革を有する意図が含まれたトランジション戦略の実現 ・トランジション戦略の実行では、気候変動以外の環境及び社会への寄与も考慮（「公正な移行」） <p>トランジション戦略とガバナンスの関示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・TCFD提言などのフレームワークに整合した関示も可能 		
要素 2	ビジネスモデルにおける環境面のマテリアリティ	
<p>トランジション戦略の対象となる取組</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在及び将来において環境面で重要となる中核的な事業活動 （気候変動を自社のマテリアリティの一つとして特定している資金調達者の事業活動を含む） 		
要素 3	科学的根拠のあるクライメート・トランジション戦略（目標と経路）	
<p>科学的根拠のある目標と経路</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学的根拠のある目標とは、パリ協定の目標の実現に必要な削減目標（Scope 1～3が対象） ・短中期目標は長期目標の経路上に設定 ・目標は地域や業種の特性等様々な事項を考慮して設定するため、経路は多様 <p>参照・ベンチマーク</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際的に認知されたシナリオ：IEAのSDSなどのシナリオ ・国際的に認知されたNGO等による検討：SBTiなど ・パリ協定と整合し、科学的根拠のある国別の削減目標や業種別のロードマップなど 		
要素 4	実施の透明性	
<p>投資計画の対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備投資（Capex）だけでなく、業務費や運営費（Opex） ・研究開発費（R&D）、M&A、解体・撤去費用 <p>投資計画の実行による成果とインパクト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・可能な場合には定量的な指標 ・定量化が困難な場合には、定性的な指標として外部認証を利用 ・「公正な移行」への配慮を組み込む 		

(図 49)

6.まとめ

パリ協定では2°C、1.5°C目標、そして21世紀後半カーボンニュートラルという目標に言及したわけですが、早期のカーボンニュートラル実現への要請が強まり、日本政府は2050年CO₂排出実質ゼロ宣言をしました。カーボンニュートラルのためには、原則では一次エネルギーは再エネ、原子力、CCSのみとすることが必要で、さらに電力化率の向上と電力の低炭素化、脱炭素化が求められます。ただ、いろいろな技術の組み合わせが重要だということは、強調しておかなければなりません。

再エネ拡大は不可避ですが、ただ、系統増強などさまざまなコストが必要となり、それは電力コストを増大させる要因ともなります。そのため、企業によっては負担でもありますが、ビジネス機会でもあるというご理解の下、取り組んでいただければと思います。

蓄電池、水素と、そして合成燃料というあたりも非常に重要ですし、海外にも目を向けていただきたいと思います。デジタル化というところも、非常に重要なポイントで、どうやって製品をデジタル化の中でうまく売っていくのか、その他、製品の選択の部分もそうですし、働き方の改革といったようなところの間接排出、そして自社製品、サービスによる利用段階での排出削減といったところも含めて、お考えいただければと思います(図 50)。

最後駆け足になった部分もありましたが、長い講演ご清聴ありがとうございました。

まとめ

- ・パリ協定では、2°C目標、1.5°C目標や21世紀後半に実質ゼロ排出目標等に言及。また、早期のネットゼロエミッション実現への要請が強まっている。菅首相も2050年実質ゼロ宣言。
- ・脱炭素化(ゼロ排出)のためには、原則的には、一次エネルギーは、再エネ、原子力、化石燃料+CCSのみとすることが求められる。電力化率の向上と、低炭素、脱炭素電源化は、対策の重要な方向性。いずれにしてもこれら脱炭素の各種技術のミックスが重要
- ・再エネは多くの課題を抱えてはいるが、再エネの大幅な拡大は、必須であるとともに、頑強な見通しがある。一方、変動性再エネの大幅な増大により、系統増強をはじめ、統合費用の増加が見込まれる(ビジネス機会でもある)。
- ・統合費用低下のため、需給調整の重要性が拡大。蓄電池、水素(アンモニア含む)は重要なオプション。更に、非電力部門で、再エネ、CCSを間接的に利用するためにも、水素とCO₂からの合成燃料(CCU)も重要なオプションとなり得る。特に日本の場合、再エネ、CCSともに、海外と比較してコスト高と見られるため、海外再エネ、海外CCS活用手段として、水素、合成燃料等はとりわけ重要性が高い。
- ・ネットゼロエミッションにおいては、化石燃料は一部利用しながら、BECCS、DACCS等で排出をキャンセルアウトする方が費用対効果が高い対策となる可能性も高く、様々な対策の活用が重要。
- ・デジタルの活用は重要。エネルギー供給サイドは無論のこと、デジタル技術等を利用したエネルギー需要サイドの技術イノベーションとそれに誘発されるシェアリングエコノミー等の社会イノベーションも極めて重要。SDGsの同時達成に資する可能性がある。分散エネルギーシステムの統合においても必須。
- ・2030年目標は従来とは性格が少し異なり、「野心的な見通し」という位置づけに。
- ・各企業においても、自社の直接的な排出削減に加え、購入電力等の低炭素・脱炭素化、購入製品の選択、働き方改革による間接的な排出削減、そして、自社製品・サービスによる利用段階での排出削減など、様々な排出削減機会が存在している。それは新たなビジネス機会でもある。

(図 50)



The Resona Foundation
For Small And Medium Enterprise Promotion

〒141-0021

東京都品川区上大崎三丁目 2 番 1 号

Tel. 03-3444-9541 Fax. 03-3444-9546

URL: <https://www.resona-fdn.or.jp>

E-mail: staff@resona-fdn.or.jp