

主要国のエネルギーの政策を見る



1. はじめ

日本では「エネルギー基本計画」で安全性（S）を前提に、エネルギーの安定供給（Energy Security）、経済性（Economic Efficiency）、環境適合性（Environment）の3Eの同時達成を目指してエネルギー・環境政策を進めている。これらの目標に対して現状はどうなっているのか、欧米の主要国との比較ではどういう状況にあるかについて検討した。

2. 各国のエネルギーの取り組み状況

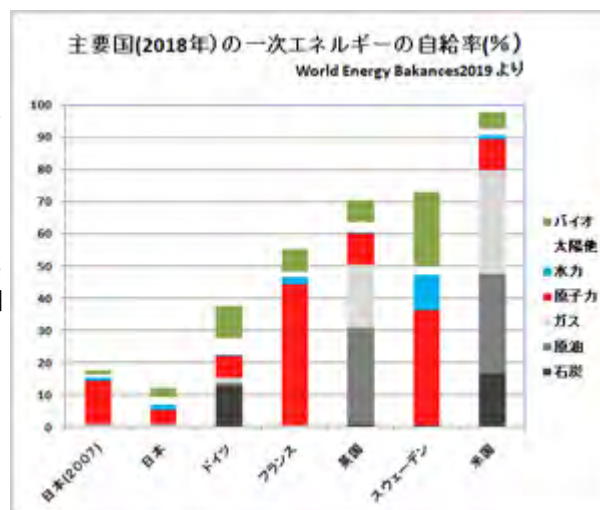
(1) 安定供給（自給率）

主要国のエネルギー需要

生活を営むうえでエネルギーを安定的に確保することが不可欠である。有事の場合にも対応できるように自給率を高めることが最も肝要であるが、国産の化石燃料に恵まれない日本は自前の原子力や再エネの導入が鍵となる。

図にエネルギー供給の先進国であるドイツ、フランス、英国、スウェーデン、米国そして日本の自給率を示す。（World Energy Balances 2019 より）。

化石燃料に恵まれないフランスは原子力、スウェーデンは原子力と水力、バイオでこれを補いそれぞれ55%、70%を維持している。太陽光や風力の導入がはかばかしく進まないドイツでも石炭を加えて37%の自給率である。これに対して日本では、オイルショック以降原子力の導入を積極的に進めてフランス並みの自給率を達成しようとしたが、福島事故で原子力に対する国民の信頼が失われ、事故前の18%の自給率が今では12%に過ぎない。このため原子力発電の安全性を高め再稼働や発電所を新設しフランス、スウェーデンのように原子力をエネルギーの主幹に出来るかが鍵となっている。

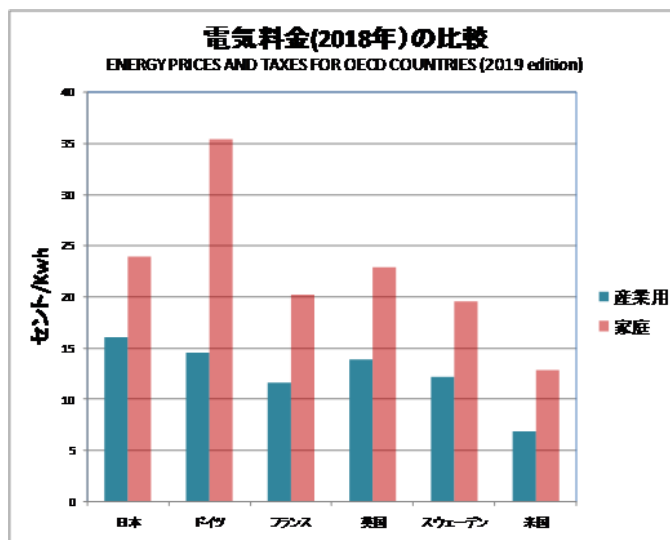


燃料の備蓄

化石燃料の安定供給も大切で、火力発電や都市ガスの主力となるLNGは図に示すように主要国は地下に輸入量の20%程度貯蔵しているのに対し、日本は海岸の通常使用するタンクに20日分、10%程度しか貯蔵していない。東京湾で地震や津波により地上の付帯設備が破損しLNGが海上に流失した場合、東日本大震災時の気仙沼での原油流失・火災とは比較できない規模の災害が起こり得ることに注意が必要であろう。

(2) 経済性

エネルギーの経済性を見るうえでの指標としての電気料金を図に示す。大量の化石燃料を産出し電気料金の安い米国は別格とし日欧を比べる。産業用の電気料金についてみると、原子力に代り再エネの導入を進めるドイツは、産業競争力に配慮して近隣諸国と同程度とするため産業用料金は安くし、その分家庭料金にしわ寄せしている。従って日本の電気料金はドイツを除く欧州諸国に比べ概ね高いが大きくは変わらない。電気料金の高低は後述の電源構成に左右される。



(3) 環境適合性

図に主要国の分野別の一人当たりのCO2排出量を示す。電力、産業、輸送、家庭商業分野に大別される（CO2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION (2019 edition)より作成）。

中でも電力分野は原子力や再エネの多寡で化石燃料からのCO2排出が大きく異なる。

今後、運輸部門を始め産業、業務を含むあらゆる分野で電力化が進むものと予想されるので発電部門のCO2排出量の削減は非常に重要である。

最新の2017年の一人当たりCO2排出量は、米国は別として日本とドイツはフランス、スウェーデンの2倍も大きい。原子力の導入が少なく再エネも大きくないため火力発電が多く、発電分野でCO2が多く排出される。また、

新型コロナウイルスの問題を通して 地球温暖化を考える



はじめに

新型コロナウイルス感染が武漢から顕在化し始め、2020年1月から中国を始め日本など世界各国に広まり、各国が具体的な感染防止策に取り組んでいる。2019年の秋に台風が日本を襲い大きな被害をもたらしたが、この種の災害の遠因が地球温暖化によるものか否かの認識のずれがある。また世界各国が自国に直接責任が降り掛からないので主体的な対応をしないという背景があり、新型コロナウイルス感染対策のように各国で一致した対策がとりにくい。

1. 地球温暖化論議

資料①「IPCC気候変動2013自然科学的根拠技術要約」、資料②「気象庁 異常気象レポート2014」、資料③「地球温暖化疑惑批判」では、温室効果ガスの排出による人為的な温暖化や、それによって生ずるとされる異常気象などの議論はおおよそ以下のとおり。

IPCCは気温の上昇は、図の赤線で進み、2100年には約4℃上昇としている。しかし、一部の専門家は青線のように進み温度上昇は0.5℃程度としている（図）。

温暖化による異常気象は、極端な気温と頻度、極端な降水現象と強度、平均降水量など、

温暖化の影響の小さい異常気象は、人為的影響による熱帯低気圧（台風）の活動度の変化、干ばつリスク、21世紀中の数十cmを超える海面水位上昇など。

なお、気象庁の検討では日本では強い台風の頻度が高まったとは言えないとしている（図）。

地球温暖化懐疑論への批判

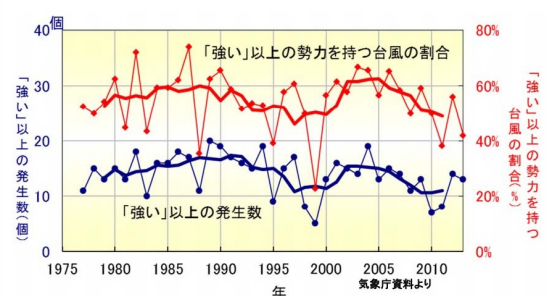
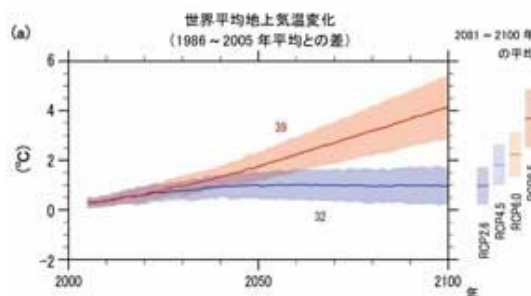
IPCC報告書では、様々な対立する意見が検討され続けており、その上で、現時点においてもっとも状況をよく説明できる仮説として、その確からしさに関する定量的な議論と共に紹介されている。その観点から地球温暖化が進んでいるとの主張への懐疑論に対して《●既存の知見や観測データを誤解、●十分に考慮されているのに考慮していないと批判、●定量的評価が進んでいる事項に定性的な言説で否定、●不確かさを含めた科学的理解が進んでいるのに不確かさを強調、●問題となる現象の時間的及び空間的スケールの取違いなど》と批判している。

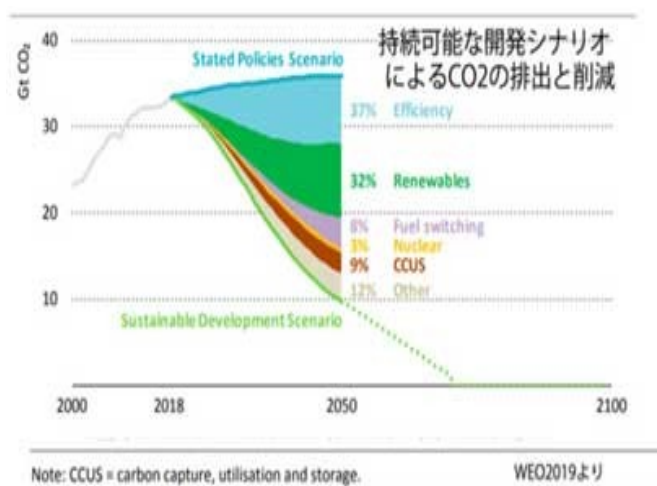
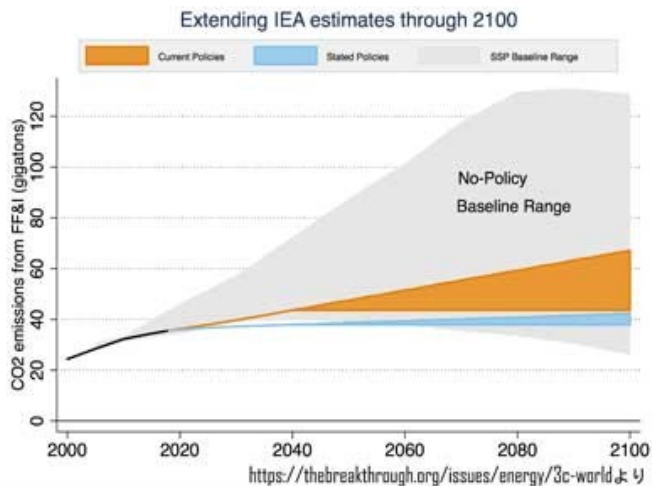
IPCCは地球温暖化を炭酸ガスの排出に原因が有るとの立場を取っており、それ以外の論を完全にではないが否定しているので、IPCCの主張だけを正しいと鵜のみにすることには注意が必要であろう。

以上の温暖化論議から、地球温暖化はまだ多くの国で目前に迫る危機とは捉えられておらず、潜在化していると言えよう。地球温暖化が顕在化しているとの認識が広く行き渡らない背景もあり、先進国と開発途上国とのせめぎ合いがCOPで行われ、自国第一主義に押しやられて政治問題となり、地球温暖化に対して一致した方針を打ち出せていないと言えよう。

2. 地球温暖化対策の見通しはある

地球温暖化の原因とされるCO2などの温室効果ガスの削減についてはIOJだよりでも何度も取り上げているが、最近の評価では世界各国が一致して取り組みれば図に示すように今後排出量は横ばいになるという評価がある（青線）。





そのためにはWEO2019 では、エネルギー効率、再生可能エネルギーの導入、燃料の変更、原子力、CO2の貯蔵などの持続可能な開発シナリオを必要としているが不可能ではないであろう。

まとめ

新型コロナウイルスの感染拡大という目前の顕在化した危機に対しては世界が必死になって取り組んでいる。一方、地球温暖化が原因で異常気象が発生するかを含めて、地球温暖化そのものを否定するもの、或いは肯定する議論が世界中でなされきている。しかし、ひとたびこれが現実になれば、世界が一体となって取り組む必要があり、その対策に長期の期間も要するので顕在化してからでは遅すぎる。

日本の経済成長時代には地球温暖化という言葉はなく話題にもならなかった。最近では世界で起きている事象、国際紛争・テロ事件・移民・疫病の感染拡大情報などが瞬時に世界を駆け巡る時代となった。こと地球温暖化が顕在化したと目される事象、つまり北極や南極の氷の融解や過去に記録のない豪雨や大火や洪水といった画像をいとも簡単に世界中で見られる。

まずはIPCCの主張が正しいものとして、異常気象が将来顕在化したときに備えて、この原因とされる地球温暖化を抑止するために、透視的なリスク管理手法を使い、予防原則に基づき自らが既に持っている原子力技術や人材や原発などの資産を有効利用するという明確な方針を打ち出してはどうだろうか。そのためには、以前からIOJが言い続けて来た「原子力の利用がエネルギー自給率を向上させ、国家の存立を安定化することに役立たせる」という観点からの対策も考えてほしい。

資料① IPCC気候変動2013自然科学的根拠 技術要約 : https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_ts_jpn.pdf

資料② 気象庁 異常気象レポート2014: https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate_change/2014/pdf/2014_summary.pdf

資料③地球温暖化懐疑論批判 : https://www.cneas.tohoku.ac.jp/labs/china/asuka/_src/sc362/all.pdf

グretaさんの活躍を心配する—マスコミは最後まで面倒は見ない—

スウェーデンのグレタ・トゥーンベリがもてはやされて、あちらこちらで大活躍している。高校生でありながら、世界の指導者たちを相手に具体的な解決策を出せと迫る姿勢は大いに賞賛すべきである。このような活動が無いと、世の問題が解決されないままに見過ごされてしまうであろう。

ただ、彼女の活動には問題点もある。プーチン、ムニューシンの指摘を待つまでもなく、多くの配慮すべき課題をすべて捨象して一つの主張の良い所だけを訴えていることである。グレタも日本共産党など多くの野党と同じで、受けの良い正論だけを述べており、その裏にある多くの課題は見えて見ぬふりをしているのである、あるいは見ないようにしていると言う方が正しいだろうか。経済学、歴史をきちんと勉強すれば自分の言っていることの非現実性が分かって来るものと思われる。

彼女自身についての懸念は、グレタの新鮮味が薄れるとマスコミはすぐに彼女の主張が無かったことのように扱い始めることである。使い捨てである。既にグレタの表情がゆがみ始めていることに気付いている人も多いのではないかと。若い純粋な活動家を誠実な大人はこれ以上翻弄すべきではないと、老人は心配するのである。



赤ペンおやじのつぶやき

製鉄産業が盛んな日本は石炭を使用するためCO2の排出量が多いのも特徴である。

(4)電力供給

図に1974から2018年までの電力供給の化石燃料、原子力、再エネの導入の状況を示す。フランス、スウェーデンは原子力を中心に再エネの導入も進み、化石燃料にはほとんど頼っていない。ドイツ、日本は当初は原子力の導入を積極的に図ったが、チェルノブイリ事故、福島事故でブレーキが掛かってしまった。また再エネの導入も順調ではなく化石燃料に頼っているため、CO2の排出は減るようには見えずCO2削減目標を達成できそうもないことは明らかである。イギリスは石炭火力から天然ガスに切り替えたため上図でも2017年には大幅に下がっている。

日本はCO2排出量を基準年の2013年から2030年には26%削減する必要があるが、火力発電はいっこうに減るようには見えない。その大きな要因は2030年には原子力は20~22%の割合を占める前提でCO2排出量目標線が設定されているのに対して現実及び将来ともそれにははるかに及ばず、電力需要を満たすために火力がその分を代替しているからである。かつて民主党政権でもフランス並みの原子力を目指したが、福島事故を契機に脱原発に舵を切り、安定供給や温暖化対策には目をつぶろうとしている。日本と同様の推移を示すのはイギリスであるが新規原発の導入を図ろうとしている。

3. まとめ

● 現状技術では未来がない

前述のように2013年以降エネルギー自給率はわずかに増加しているがそれ以前の20%はおろか2030年の目標である25%には程遠い。再エネは自給率向上と温室効果ガスの削減に貢献することは確かであるが、日本は水力以外には自然環境に恵まれておらず、太陽光発電の積極的導入では大きな期待はできない。

● 日本の特長を活かした技術

日本の周辺には大きな海流があり、海流発電を行えば2億KWの潜在発電容量を利用して変動が少なく安定した発電が可能である。実用化には高度の技術開発が必要であるが、NEDOはIHIと鹿児島県口之島沖で試験を開始し黒潮からの発電に成功した。今後、2030年度には100基程度を使う発電所として一般家庭3千世帯分に当たる200メガワット程度の単位で事業化したいとしている。

● 原子力について

事故の経験を踏まえた規制委員会の基準に対応して安全対策をとっているが再稼働が遅れている。

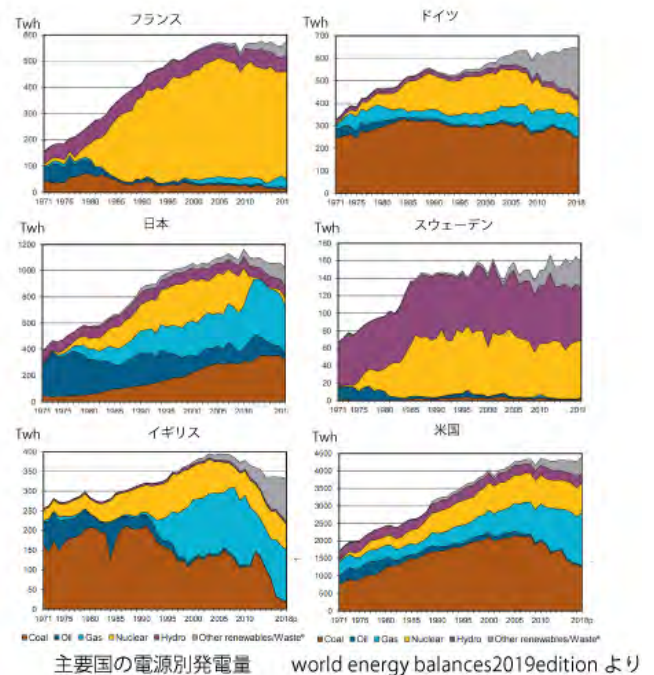
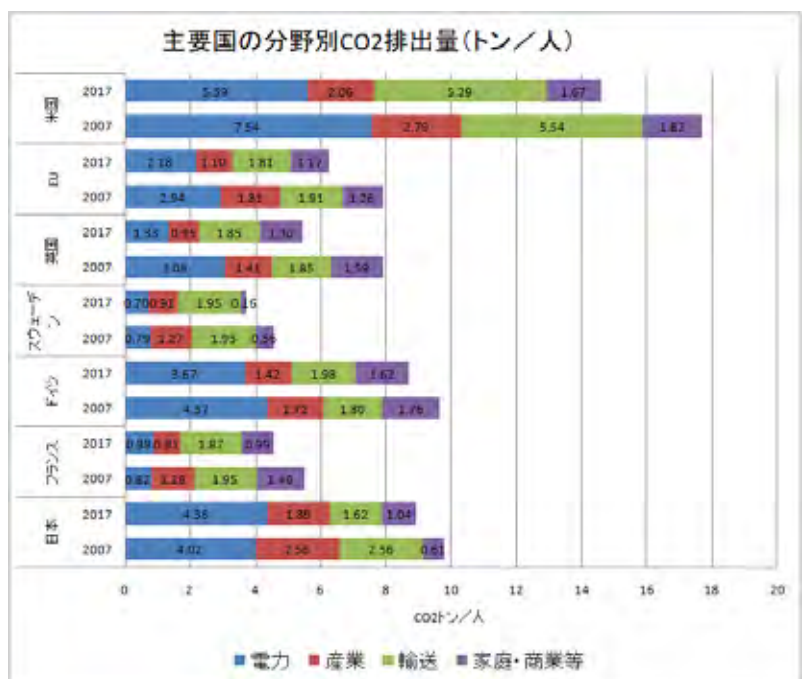
原子力発電は21世紀には無くてはならない技術であり、福島事故を起こした日本は抜本的な安全で安心できる原子炉の開発をする責務がある。米国などと協力して取り組んでほしい。これらの新しい技術を開発することにより若い世代の技術者が育ち、日本の技術をけん引することになるだろう。

● ドイツは手本にできない

一部マスコミなどは、ドイツを手本として原子力と石炭火力を全廃し、省エネと太陽光や風力で需要を賄うことが出来るとしている。実態を見ると、ドイツは先進国の中では最も温室効果ガスの削減目標を達成しにくい国であることは自明で、日本はこれを手本にできないことを認識すべきである。

SEJは安全な原子力への復活に向けて今後内外の新情報を取り入れながら新たな取り組みを紹介していきたい。

以上



パリ協定はこのままでは危うい！ ～温暖化対策の有効なアプローチは何か？～



はじめに

COP25が2019年12月にマドリードで開催された。パリ協定が採択されたCOP21以後の主な懸案事項の協議が懸命に行われたが、結局合意に至らなかった。その根本的原因は、温暖化抑制という総論には合意しても各国の被害の程度、利害や考え方の違い、思惑の溝が深かったことによる。すなわち肝心の具体的行動に向けては本質的な困難に直面しており、次回に進展が望めるのか憂慮すべき事態と考えられる。以下COP25での争点、世界のCO2排出の状況と今後の見通しを述べたうえで国際的取り組みについて考察する。

1. COP25では何が争われたか？

①「市場メカニズム」の実施ルール：他国の温室効果ガス（GHG）排出削減を支援した国は、削減できた分を自国の排出分から削減できるが、支援を受けた国はその削減分を自国の削減量とすることができないという問題を抱えている。このため途上国はその扱いを修正するよう要求したが合意に至らなかった。

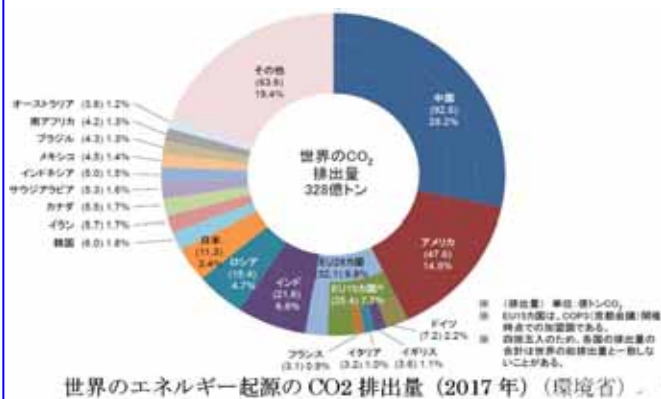
②GHG削減目標の引き上げ：EUや島嶼国は前向き、石炭資源国のオーストラリアは反対、中国、インドは先進国がさらに努力すべきと主張、米国はパリ協定からの離脱を正式に表明。これらの事情から削減目標の引き上げには至らなかった。COP25に向けて、GHG削減目標引き上げを表明した国は84カ国、2050年までにGHG排出量実質ゼロを表明した国は73カ国に達した。

2. 世界のCO2排出量の現状と今後の見通しは？

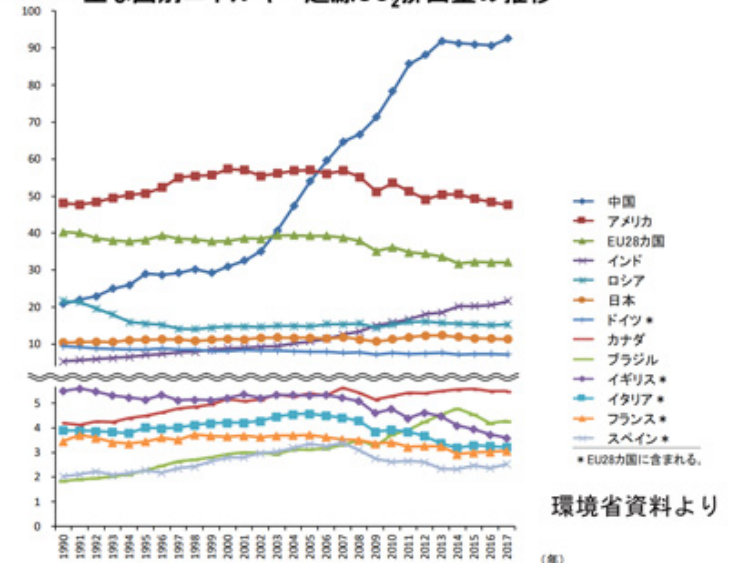
2.1 現状とこれまでの推移は？

世界のCO2排出量の中で中国、アメリカで約43%と圧倒的割合を占める。日本はインド、ロシアについて5位でその割合は3.4%である。（左図）

1990年～2017年にわたる各国CO2排出量（億トン）の推移を見ると、中国は2000年以降2017年までに3倍という急速な拡大と、インドの顕著な増加が認められる。他の国々はほぼ一定である。（右図）



（億トン・CO₂）主な国別エネルギー起源CO₂排出量の推移



2.2 今後の見通しは？

(1)一次エネルギー需要見通し

WE02019公表成長シナリオによると中国やインド、東南アジア、中東、アフリカなどの国々では、経済成長と共にエネルギー需要の増加が見込まれる。中国は引き続き最大の需要国であるが、インドの増加が著しい。一方先進国はほぼ一定である。2040年では2010年に比べて世界全体で約40%の増加が予想されている。（右図）

(2) 一次エネルギー源の内訳

2040年になっても7割以上は化石燃料に依存しており、バイオ、水力以外の再エネは7%に留まってい



る。バイオの割合が比較的大きいが大部分は途上国での伝統的熱利用によると推測される。（右図）

2.3 何が読み取れるか？

近年世界全体で見るとGHG排出量は低減しているわけではなく、中国、インドを始め途上国ではエネルギー需要は急速に増大する。途上国の化石燃料使用の大幅削減に最大限の努力を傾注すべきであることが分かる。

3. 世界の最近の動向は？

以下日本と野心的目標を掲げる欧州の動向について概説する。

3.1 日本

COP25において削減目標の引き上げも、大きな議論の対象になった「脱石炭」も表明しなかった。2013年を基準年として

2030年26%の目標に対しては現状ほぼ目標線に沿って削減が進んでいるように見えるが、CO2削減の切り札と期待される原発の稼働が進展していないことから、今後目標を達成できるか危惧される。2050年80%削減目標に対して現状では達成の道筋を持っているわけではない。小泉環境相は今年2月の記者会見で「（CO2実質ゼロへ）できるかどうかより、その方向に行くという意味表示がまずは重要だ。」とまで述べている。

3.2 欧州

日本と同様に目標ラインに沿った推移を示すのはイギリスである。フランスはすでに原子力と再エネの導入が進んでいるので近年は横ばい状況が続いている。一方ドイツはこの面で世界のリード役を自認しているが、目標ラインから上ぶれし、最近も横ばい状況となっており目標達成は危うくなっている。

EU欧州委員会は2030年までに排出量を1990年比でこれまでの40%削減から50～55%削減へと大幅に引き上げ、さらに、2050年までにGHGの実質的排出ゼロを目指す新たな政策を公表した。これに対し産業界は国際競争力や収益性に対する配慮を求めている。

この背景もあり環境規制の緩い国からの輸入品に対して事実上の関税を課す「国境炭素税」を導入する検討に入った。これに対して米国から対抗措置をとるとの猛反発が起こった。原発については排出削減の手段としての位置づけを巡って議論されている。脱原子力、脱石炭を唱え、エネルギー確保、経済性を同時に満足することは単に再エネ拡大で解決できるレベルの問題ではないように思える。

4. 今後どうするか？

世界で圧倒的割合を占める中国と米国の排出量を減らすことが最も効果的である。しかし、中国はこれまで通り経済成長を最優先にしており期待できない。米国はパリ協定からの離脱を正式に表明している。ここまでGHGが増大したのは、先進国が豊かな生活を享受するために化石燃料を野放図に使い続けてきた結果であるという途上国の主張に反論の余地はない。そのため先進各国は第1にそれぞれの国の排出量を極限まで減少すべきである。第2は途上国の省エネと低・脱炭素転換に強力な支援を与えることである。

4.1 日本を含め先進国は？

省エネを徹底的に進めることは勿論、低炭素・脱炭素の革新的技術開発を推進し普及することが肝要である。有望なものの例としては、電気自動車の普及をもとにその膨大な容量の蓄電池を基軸とするエネルギーの需給調整システムが考えられる。しかし電気自動車は社会に本格的に普及してその効果が大きく発揮できるまでには数十年かかること、さらにシステムの経済性と信頼性を実証するためには膨大な資金と期間を要することを認識すべきである。

今の時点で実現が見通せて目標達成に貢献できる技術と、革新的技術の長期的な開発を併せて進めることが必要になる。後者はいつどの程度効果を発揮するのかは見通せないのが実情である。そういう意味では原発はGHG削減効果が大きく、さらに改良が期待できる技術であり、日本も含む先進国では途上国での利用を先導する意義も含めてより積極的に推進すべきである。

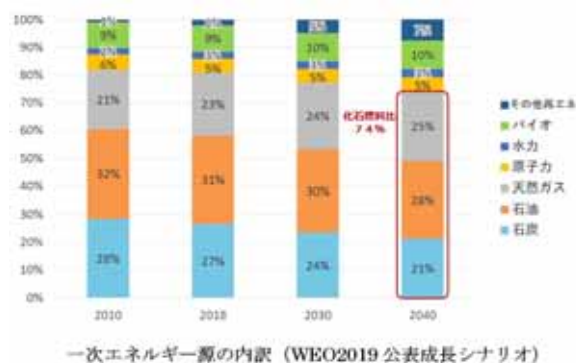
4.2 途上国援助

先進国の全世界での排出割合がさ程大きくないうえに、削減対策の投入資金に対する削減効果は低下せざるを得ない。パリ協定ではGHG削減に向けて先進国が途上国に対し資金面と技術面で支援を行うことが合意されている。そのためのスキームとして「市場メカニズム」があるが、前述のように暗礁に乗り上げている。

日本はこのような制度の一環として「二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism、JCM）」を提唱して一定の成果を挙げてきた。これは途上国のGHG削減に貢献し、その成果を二国間で分けあう制度である。しかしその規模は未だ小さく様々な課題があり、地球規模での貢献には至っていない。前述のようにクレジット制度の下では削減量が途上国側に計上されないことが問題である。

先進国は適用可能な技術や資金を提供することにより利益を得ることができるのであるから、削減に対する貢献度を評価する例えば認証制度を創出してその成果を世界に示すことに止め、削減量は相手側に計上することでこの問題の妥結を早期に図ることも考えられるかもしれない。

技術移転は基本的には民間の商業ベースで行うべきだが、それが困難な案件に関しては公的海外協力機関や政府からの支援も必要となろう。この場合は先進国での既存の技術が適用できるので、削減効果に即効性があるし、各国の技術開発競争を刺激しGHG削減を加速することになろう。



「ハリリ氏の地球温暖化に対する指摘について考える」
ー世界的な連携、科学への信頼、そして民主主義で解決すべきー



ユヴァル・ノア・ハリリ氏は、イスラエル出身の歴史家、哲学者であり、世界的ベストセラー「サピエンス全史」の著者として知られている。氏は、NHKのインタビュー番組E TV特集「緊急対談 パンデミックが変える世界ー海外の知性が語る展望ー」のなかで、新型コロナによるパンデミックについて、国際的な連携、科学への信頼、民主主義で解決すべきであると述べ、地球温暖化問題でも同様な取り組みをすべきであると語った。

政治に係る民主主義はさておき、他の2つは日本のエネルギーを考える会

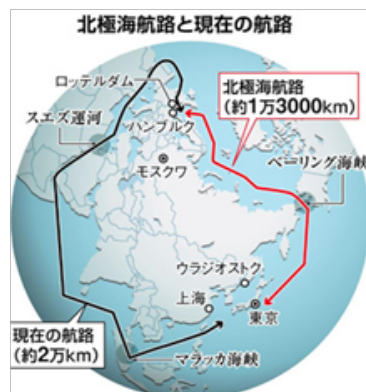
(SEJ)にとって共感できる主張である。SEJではエネルギーと地球温暖化の分野で、日本の持続可能な発展のために、エネルギーや地球温暖化に関する内外の情報を分析し、提供することを目的としている。ハリリ氏の地球温暖化についての見解は、著書『21世紀に向けた21日課』(「21 Lessons for the 21 Century」)に記述されている。そこで上記2つの視点に係る同氏の主張を紹介し、最後にSEJの考えについて触れてみたい。



1. ナショナリズム 生態系の難題 地球温暖化(7章)

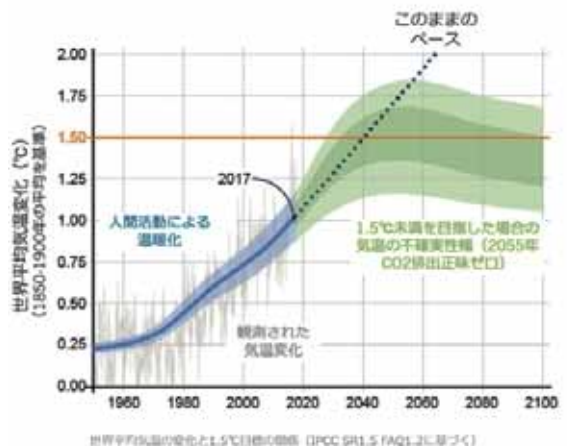
現在は数多くの氷河期と間氷期を経て完新世と呼ぶ最後の間氷期に入り、気候が相対的に安定した経験をしながら一万年を経過している。しかしながら、最も脅威に感じるのは気候変動が予想されていることだ。その原因となる温室効果ガスの排出を今後20年間に劇的に抑えることが出来なければ、地球全体の平均の大気温度は2℃以上上昇し、海面の上昇、ハリケーンのような極端な気象の発生頻度が増加する。その結果、農業の生産体制を壊し、都市や村に水害をもたらすという。

この問題を解決するためには、環境の観点に基づきながらの再エネへの転換、内燃機関の使用停止、化石燃料を燃やさない新しいテクノロジーによる代替などが必要である。



そして、これらはナショナリズムで解決することは困難で、世界的規模で行動する必要がある。

また、温暖化の影響や対策は国によって対応に濃淡がある。ロシアのシベリアは世界の穀倉地帯に変わるかもしれないし、ロシアが支配している北極海の海上交通路が世界規模の交易主要水路となり、カムチャッカが現在の世界の海路の交差点であるシンガポールに置き換わることは必定である。化石燃料を再生可能エネルギーに切り替える可能性のある中国、日本、韓国は喜ぶが、ロシア、イラン、サウジアラビアは石油、ガスが突然、太陽光と風に代わったら自国経済は崩壊に瀕してしまうだろうという。



2. 無知 あなたは考えているほどは何も知らない(15章)

歴史が進むにつれて、個人が知っていることはますます少なくなってしまう。私たちが知りたいと思うもののほぼ全てを、他人の専門的技術や知識に頼っているのだ。これは必ずしも悪いことではない。私たちが集団思考に頼っているから世界の主人公になれたのであり、また知識の錯覚のお陰で、すべてを自ら理解しようとするような達成不可能な努力にかまけて人生を送らずに済むのだ。とはいえ、知識の錯覚にも欠点がある。気候や生物学についてろくすっぽ知識を持たない人が、平気で気候変動や遺伝子組換え作物についての政策を提案したり、イラクやウクライナを地図帳で見つけられない人が、そうした国で何をすべきかについて、恐ろしいほどの強硬な意見を唱えたりしているのだ。

もっと質の高い情報を人々に提供しても、状況はそれほど改善されそうにない。科学者は、より良い教育に

スティーブン ホーキング

知識における最大の敵は

無知ではなく
知っていることだ
錯覚することだ



よって間違った見方を追い払うことを願い、また有識者は、正確な事実や専門家の報告書を一般大衆に示すことで、地球温暖化のような諸問題について世論を動かすことを願うのだ。

しかし、人々に事実を浴びせかけ、一人ひとりの無知を暴けば、恐らく裏目に出てしまうだろう。大抵の人は、事実ばかりを並べ立てられると辟易するであろうし、自分は愚か者だなどとは絶対に思いたくないものだ。

統計データの束を差し出せば、地球温暖化の真実を納得させることができると思わない方がいい。

科学者たちすら集団思考という力の影響を免れない。たとえば、事実によって世論を変え得ると信じている科学者自身が、科学的な集団思考の犠牲者なのかも知れない。科学者の集団は、事実の有効性を信じ切っているのだから、この集団に忠実な科学者たちは、正反対の経験的な証拠が多くあったとしても、自分たちが正しいと信ずる事実を投げ掛ければ、一般大衆との討論で説き伏せられると信じ続けるものだ。

3. ポスト・トゥルース（フェイクニュースはいつまでも続く） 洗脳マシンから抜け出す。（17章）

自分の偏見を暴き、自分の情報源の確かさを確認するために時間と労力をかけるのは私たち全員の責任である。私たちは自分で何から何まで調べることは出来ない。だからこそ、せめて自分がお気に入りの情報については念入りに調べる必要がある。

そのためには

第一の経験則は、信頼できる情報が欲しければ、たっぷりお金を払うことだ。

第二の経験則は、もしなんらかの問題が自分に取って格別に重要と思えるなら、関連した科学文献を読む努力をすることだ。ただし、科学文献といっても、専門家の査読を受けた論文や、名の知れた学術出版社が刊行した書籍や、定評がある大学や機関の教授の著作に限る。科学に限界があることは言うまでもないが、科学は過去に多くの間違いを起こしてきた。それにもかかわらず、科学界は何世紀にわたって、最も信頼できる知識の源泉であり続けた。

しかし、科学界が何か間違っていると思ったとしたら、実際に間違っている可能性は十分ある。少なくとも自分が退けようとしている科学論理を知り、自分の主張を支える証拠を何かしら提示しなくてはならないだろう。



・まとめ

以上紹介したハラリ氏の主張は大いに参考となったと考えており、これを踏まえて我々は以下を今後の活動の指針とする。

ハラリ氏が指摘するように地球温暖化についてどれだけ知っているのか突き詰めていく。表面的な知識ではなく、信頼できる科学的事実を参考情報として紹介したい。地球温暖化が進み一刻の余裕も許さないという説（これが有力な説であるが）、地球寒冷化によりまだ余裕があるという説があり、それらの科学的根拠を探りながら、適切な戦略を考えていく。

地球温暖化問題は一国で解決する課題ではなく、国際協力で進める必要がある。IPCCの活動などを紹介し理解活動に努めるべきであることは論を待たないが、情報の伝え方（真実を言うだけでは人は変わらない）や社会倫理的な面についても着目する。

地球温暖化対策について、日本の科学技術や国土の条件に即した対応は重要であり、これまでも発信してきたところであるが、化石燃料の削減、再エネや原子力の推進などのより分かりやすい具体的情報の発信を強化する。

（なお、「21 Lessons for the 21 Century」の内容は当会のメンバーである鈴木氏の翻訳に基づく）

「チョコちゃんに叱られる！」ぞ・・・

ー日本は温暖化対策の落第生ー

「SEJだより」1号で示したように、日本が温暖化対策の落第生であることは間違いない。ところが、多くの国民は、無責任なマスコミの偏向報道のために原子力発電が温暖化対策の決め手となるあるいはエネルギー自給率の向上に役立つことを知らされていない。

日本のような技術先進国こそ原子力発電を活用することで温暖化対策を大きく前進させることが出来るのに、反原発報道の蔓延で原子力発電には多くの国民が見向きもしないという状況が続いている。

日本が温暖化対策をやれるのにやっていないという現状を改めるような報道をするのが、公益事業であるNHKの使命であろう。日本の置かれている状況をきちんと理解もせず、自分たちの使命を忘れて反原子力報道にうつつを抜かしているNHKの全職員に言いたい。

「ポーっと生きてんじゃねーよ！」



小型モジュール炉 (SMR)は未来を拓くか ー期待される日本の技術ー



福島事故以前は原子力発電は、日本の発電量の1/3を占めていた。しかし、福島第一原子力発電所事故が発生し、安全性に関する規制が飛躍的に厳しくなり、大型炉の建設コストが世界的にも大幅に上昇した。また、大型炉の需要も一巡し、先進国では大型炉は運転期間延長のフェーズに入っていて新設は少ない。IEAの分析によれば、新規建設炉の発電コストは、運転期間を延長した既存炉の発電コストの2倍になるとされる。

原子力の必要性という点では変化はないが、最近になって原子力利用の多様化や融通性、コスト低減が強く要請されるようになってきた。以上を背景に小型モジュール炉への関心が高まっている。小型モジュール炉は負荷追従運転がしやすく再生可能エネルギーの導入とも親和性が高い。一方、日本では大型炉を集中して建設し全国に送電した方が経済的との意見が依然として主流である。しかし世界の情勢を見れば今後小型モジュール炉を導入する可能性が十分にあると考えられる。

小型モジュール炉 (SMR)とはどんなもの (定義)

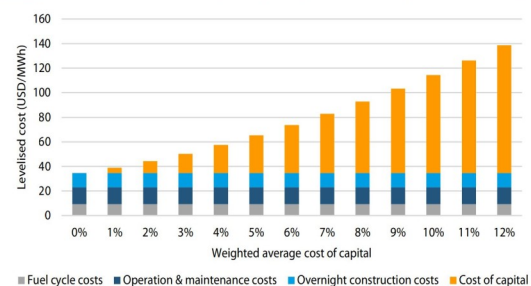
小型モジュール炉 (SMR: Small Modular Reactor) とは、IAEAによると、電気出力が概ね300MWe (30万キロワット) 以下で、1モジュールで、または、いくつかのモジュールを組み合わせて建設することも可能な炉と定義されている¹⁾。また、基本的に商用利用を目的とし、研究炉などは含めない。同一のインフラで隣接した場所で複数基設置できるものとする。また、冷却材は軽水でなくてもよい。しかし本報では実用性の高い軽水冷却炉に限定して述べる。

革新的技術の採用による発電コストの低減策とは

スケールメリットを追求し、発電コストの低減を図ってきた大型炉に比べ、発電コストは上昇する可能性があるが、以下のような革新的な技術の導入によって、大型炉並みに抑えようとしている。

- **設計の簡素化**：ポンプなど動的機器を使わない静的な安全機構の採用により安全設備等を大幅に簡素化
- **工場生産方式**：工場内において、原子炉全体を複数、同一設計で製造。品質管理も徹底が図りやすく効率的な生産によって、コストを低減
- **建設期間の大幅な短縮**：工場において原子炉を始めとしてプラント機器の大部分を製造することによりサイトにおける建設工程を大幅に減らし、建設期間を大幅に短縮
- **メンテナンス作業の削減**：安全設備等機器の削減により、メンテナンス作業も削減
- **運転管理の合理化**：静的機器の採用、設備の削減により運転員の負担を軽減し、一つの制御室で複数ユニットの制御が可能 (規制制度に依存)
- **調達資金金利の低減**：機器供給体制を簡素化することにより、下請け構造が簡素化され、製造・建設における遅延等のリスクが低減。複数ユニットを設置する場合も、小規模な投資を段階的に積んでいくことができ、投資リスクを削減。国による保証など²⁾
- NuScaleは³⁾大型先進炉と比較して競争力のあるオーパナイトコスト (金利抜き建設コスト) であり、最初のプラントの LCOE (平準化発電原価) は65米ドル/Mwh (6.8円/kwhと105円/ドルとして) されている。

Figure 37: LCOE of a new nuclear power plant project according to the cost of capital



Note: MWh = megawatt hour. Calculations based on OCC of USD 4 500 per kilowatt of electrical capacity (kWe), a load factor of 85%, 60-year lifetime and 7-year construction time

安全性

福島事故は電源喪失などで崩壊熱の除去に失敗して炉心溶融に至り住民の避難まで必要になった。小型炉ではその特徴を生かし、例えば、ポンプなし、外部電源なし、外部から冷却水を入れなくても格納容器の外側から炉心を冷却できるなど安全性は各段に高まっている。(図 NuScale³⁾の例)しかし、格納容器内に原子炉や制御棒装置、蒸気発生器を組み込んだ一体構造であり、検査、点検などは課題であろう。

安全規制

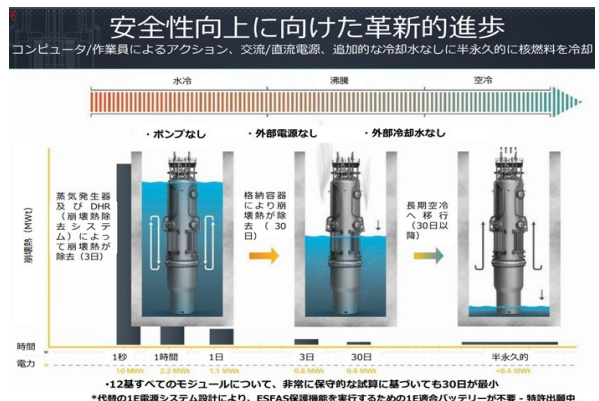
SMRにおいては、これまでの大型軽水炉に比べ革新的な技術が採用されることから、大型炉の安全規制がそのまま適用できるわけではない。

安全審査

現在、米国においては、NRCにおいて具体的な審査が進められており、その結果が注目される。

DOEにおいては、新しい原子力技術に関する許認可対応を支援する制度 (LTS (Licensing Technical Support program)) を設け、NuScaleの軽水型SMRをその支援対象とした。

NRCは、NuScale (アイダホ国立研究所内に建設予定) の設計認証を受理し審査中。2018年4月に安全審査の第1フェーズを修了した。最後の第6フェーズを2020年9月に審査を終了するとのスケジュールを公表している。



SMRの多様な用途

以下のように多様な用途に利用できる可能性がある。⁴⁾

サイト選択の可能性が広い (図はNuScale資料より)

a) 地上、地下、海上、海底

b) 送電線、冷却水などインフラの無い地域にも設置できる

c) 孤立した島での独立した電力システムとして使える
その他、以下の用途がある。

- ・ 地域暖房
- ・ 脱塩、石油生成などの化学プロセス、高温ガス炉では水素製造も可能で、製鉄にも使用可能
- ・ 船用炉 (例: 貨物船、病院船、電源船、砕氷船、原潜)
- ・ 宇宙炉 (原子力推進と滞在先での電源)

更に、変動する再エネ電力の調整電源としての役割 (右図はHorse Butte風力発電をNuScale で調整する例)

変動電力をローカルなネットワークで吸収できないと接続拒否が行われる。再エネ発電地域にSMRを設置し調整することで、系統の強化や接続拒否を避けることができる。⁵⁾

世界のSMRにはどのようなものがあるのか

世界で提案されている主な軽水型のSMRは米国のNuScale, GWH社のBWRX3、ウェスティングハウスのSMR, B&WのmPowerなどがある。その特徴は付録に示す。

米国の最初の炉の許認可申請は、NuScale社とTennessee Valley Authority社によるもので2020年度中に許認可が得られる予定としている。Utah Associated Municipal Power System社はその第1号プラントをアイダホ国立研究所に設置することを考えている。一方、先日NRCはその許認可申請を受理したと報道発表した。

SMRの見通し

西側先進国で積極的に推進しようとしている国は、米国、カナダ、英国程度であり、具体化しているのは米国のNuScaleしかない。米国のSMRの推進団体が軽水冷却型SMRについて、経済性を検討した報告⁶⁾によれば、米国のSMRの市場は、2035年までに保守的に見積もって6GWe、最多シナリオで15GWeになるとしている。右図は小型モジュール炉の予想される配備を示している。

まとめ:

さらなるSMRへの夢

SMRは、大電力会社だけでなく小電力会社や地方自治体でも所有可能

とされ、今後、世界で注目されよう。さらに以下に示す項目が実現すると導入のメリットは飛躍的に高まる。

- ・ 大型炉のような習熟した運転保守が必要ないなら、内陸の地方の自治体や事業者・企業でも導入できる可能性がある。
- ・ 大型航空機のように世界標準規格ができるならば、国際分業の製造も可能である。
- ・ 燃料・材料は軽水炉の経験が利用でき、新たな開発は必ずしも必要ない。
- ・ NRCがNuScale社の審査申請資料を公開しているように、許認可に関する活動が多くの国で共有できると大幅な建設のコストダウンも期待できる。
- ・ 先行するNuScale社はNRCで形式認定を獲得する予定である。経産省の懇談会は同社を招き説明を受けており³⁾、同社は日本の原子力の運転保守や製造技術なども高く評価しており、協力することができれば、日本でも導入が容易になる。

政府や電気事業者に期待したい

日本のメーカーもSMRの研究を行っているが、福島第一原発の事故以来、原子炉の再稼働のための活動が精いっぱい、現在原子炉の新設の議論にまで至っていない。SMRが将来の主流になる可能性もあり、政府や電気事業者が前向きに取り組むことを期待したい。また、これを契機に日本の原子力産業が世界に羽ばたいて欲しいものである。

参考文献

- 1) IAEA(SMR Regulators' Forum Pilot Project Report:Considering the Application of a Graded Approach, Defense-in-Depth and Emergency Planning Zone Size for Small Modular Reactors January 2018)
- 2) Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear: A Practical Guide for Stakeholders OECD 2020 NEA
- 3) 経産省 第7回エネルギー懇談会 NuScaleパワー社説明資料 https://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/007/pdf/007_005.pdf
- 4) A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors
- 5) Nuclear Engineering International Integrating nuclear and renewable 2016
- 6) SMR-Start-Economic-Analysis-APPROVED-2017-09-14(cost).pdf

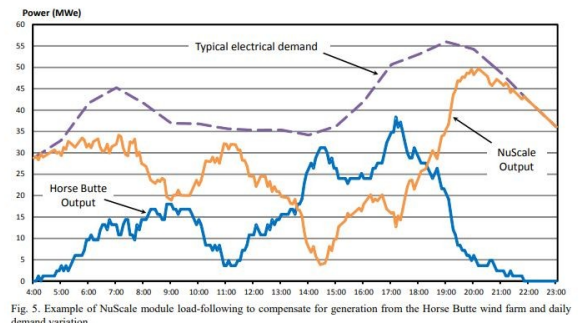
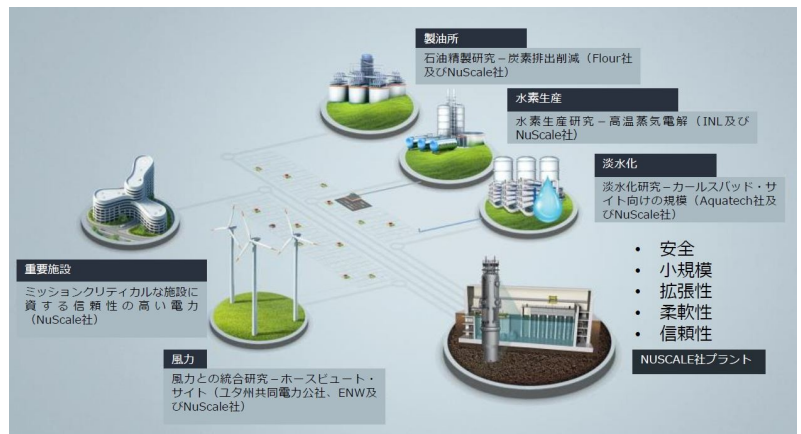
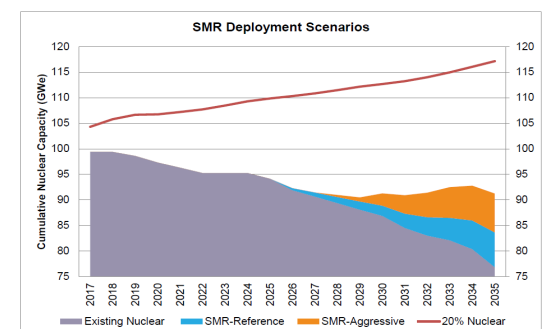


Figure 2 - Projection of SMR Deployments through 2035



付録 主なSMRの特徴

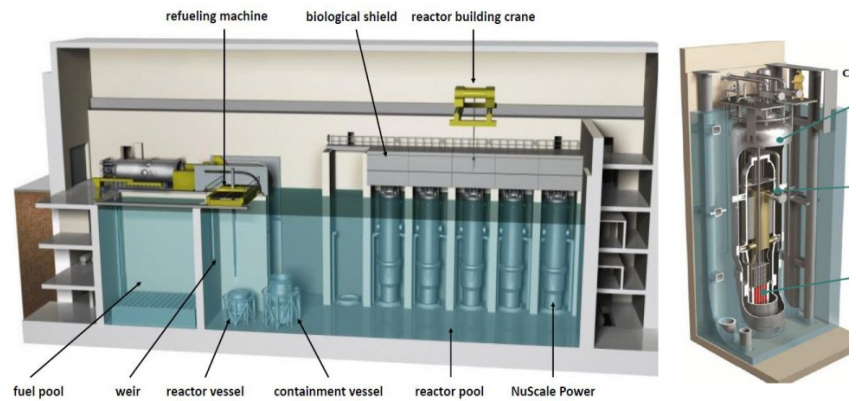
NuScale社 (5万Kwe×12)

自然対流で炉心冷却

制御棒は上部から長尺の制御棒を挿入するのが特徴。

小型炉の特長を活かし、万一の事故：初期は格納容器の外側からプール水で、その後は空気冷却で冷却できる。原子炉モジュールを複数基設置可能（図は5基設置）原子炉モジュールは鉄道で運搬可能。

NRCは全米の全原子力発電所で要求されているClass 1 E(安全系電源)を必要としないNuScale社のアプローチを承認（2017年12月）³⁾

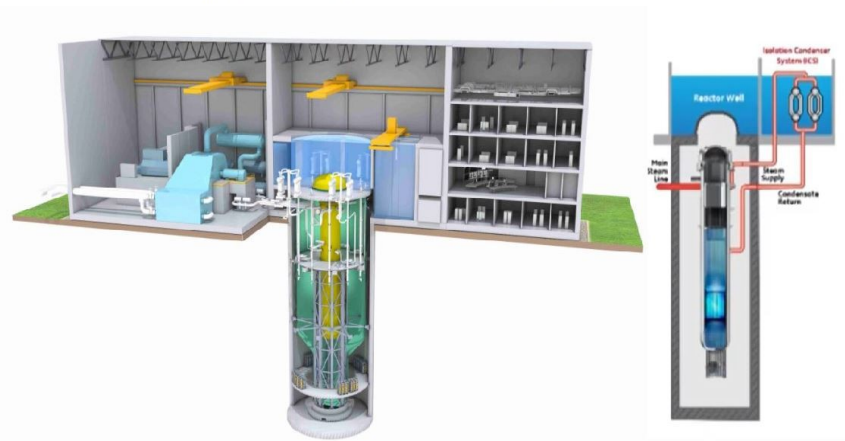


GEH社 (GE日立・ニュークリアエナジー社) BWRX3-300X(30万Kwe)

静的安全系を利用する大型BWR ESBWRの技術を適用。

隔離時は格納容器上部にあるプール水で自然循環の冷却系で冷却、万一の時には上部プール水で格納容器を冷却。その操作には動力電源は不要。

NRCの許認可プロセスは2019年12月30日に受け付けられ、トピカルレポートを提出、カナダ原子力委員会によるベンダー審査も2019年5月に開始

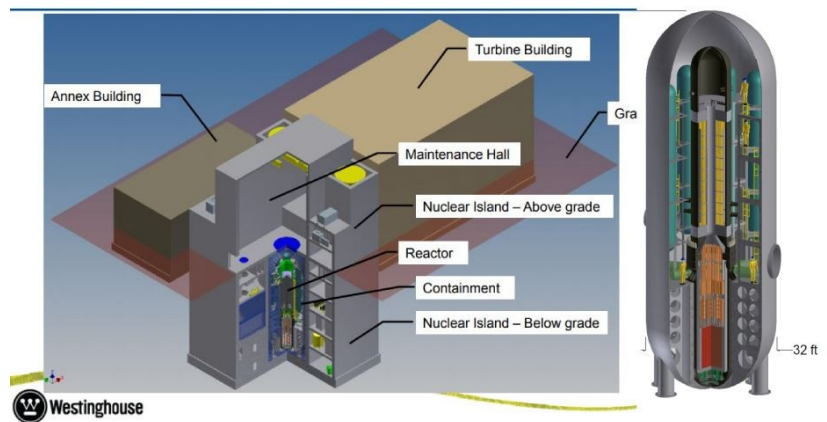


WestinghouseSMR (22.5万Kwe)

IRIS設計をWestingが改良。

原子炉容器に2つのフランジを設け、燃料取り換えを容易、冷却ポンプは下部に配置。初期プラントの見通しはなく、英国に期待している。

炉心、SG等を一体にした原子炉を直径10mの格納容器内に収納する。



mPowerB&W (18万Kwe)

WHとほとんどの設計は同じだが、冷却ポンプは上部に配置。

WHやNucleと異なり大きなドライ格納容器を配置、B&Wはパートナーを探している段階

上記コメントは主として

Small Modular Reactors“The Real Nuclear Renaissance?”Institute of Physics 2016 より

詳しいSMRの安全設計の説明はCanadian Nuclear Safety Commission R550.1 Survey of Design and Regulatory Requirements for New Small を参照されたい

