



原子力エネルギーは気候変動対策の一翼を担う

「Nuclear for Climate (気候変動のための原子力)」はフランス原子力学会 (French Nuclear Energy Society、略称：SFEN)、並びに欧州原子力学会 (European Nuclear Society、略称：ENS) の会員提唱に基づくイニシアティブである。同発意には、60 諸国・地域の原子力関連機関を通じ、世界中の原子力に係る科学者一同が参画している。日本原子力産業協会 (Japan Atomic Industrial Forum, Inc.) も参画している。

気候変動枠組条約第 21 回締約国パリ会議 (COP21) の準備にむけた「Nuclear for Climate」の協力

科学機関である「Nuclear for Climate」は、気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change、略称：IPCC) の第一作業部会 (WG I) が人間による活動と温室効果ガスの発生が気候変動の要因である (95%の確信度¹) とする結論を評価している。

これらは、「査読 (peer reviewing)」の原則に基づき、40 か国の専門家が 9,200 からの科学的文献を分析・検証した共同作業の結果、導き出した結論である。

基本的背景：

- ・ 国際エネルギー機関 (International Energy Agency、略称：IEA) の 2DS シナリオは、地球の平均気温上昇を 2°C に抑えるためのエネルギー選択肢を取り纏めた。
- ・ IEA 6DS シナリオは、CO₂ の排出抑制のための努力が全く行われない場合のエネルギーシナリオの概要を説明。
- ・ IPCC の第一作業部会は、気候変動に関する科学的知見を評価。

¹ IPCC 第一作業部会の報告書：http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

- ・ IPCC の**第三作業部会**は、CO₂の排出抑制による気候変動緩和のための技術的方策を評価。
- ・ IPCC は平均気温上昇を 2°C に抑制するために越えてはならない CO₂の累積排出総量の「**カーボン・バジェット**²⁾」を定めている。産業革命前から 2050 年までの排出総量は CO₂換算で 2,900 ギガトンと算定している。

京都議定書（1997 年）の署名・締約国は、2050 年までに地球の平均気温上昇を 2°C に抑えるよう、温室効果ガスの排出抑制を約束した。それ以上の上昇となれば、環境、社会への影響が甚大なものとなり、取返しの付かない状況に陥ると推察している。

「Nuclear for Climate」は、同目標を達成するために以下の必要性があると考える。

- ・ **これだけ大きな挑戦を前にし、世界は原子力を含むあらゆる低炭素エネルギーの利用を必要としている。**

IPCC³⁾によれば、35 年後には、地球温暖化を緩和するために(現在 30%である)世界の総発電容量の 80%を低炭素発電とすべきである。同時に、世界の電力需要は 2 倍になると予測している。この挑戦には、再生可能エネルギー、原子力、また CCS (化石燃料利用に伴う CO₂の回収・貯留)等、あらゆる低炭素発電技術を導入する必要がある。

- ・ **既存の低炭素エネルギーについては、即時導入が急がれる。**

世界は既にカーボン・バジェットの 3 分の 2 を使い果たしている。地球温暖化を緩和するためには、将来的な技術開発を待たずして、CO₂排出を抑制する必要がある。

- ・ **各国其々、最も幅広い低炭素技術のポートフォリオを手掛ける必要がある。**

原子力エネルギーを利用しない場合、ほんの限られたシナリオ (1,200 件の内 8 件⁴⁾)しか気温上昇を 2°C に抑えることが出来ない。気候変動枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change、略称: UNFCCC) の議定書では原子力エネルギーの利用を希望する国々にはその導入を認め、他の低炭素エネルギー同様、気候変動対策の財政支援を受けられるようにすべきである。

²⁾ IPCCデータに基づくカーボンブリーフ：<http://www.carbonbrief.org/blog/2014/11/six-years-worth-of-current-emissions-would-blow-the-carbon-budget-for-1-point-5-degrees/>

³⁾ IPCC第一作業部会の報告書：http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf

⁴⁾ IPCC第三作業部会の報告書：http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

これだけ大きな挑戦を前にし、世界は原子力を含むあらゆる低炭素エネルギーの利用を必要としている

歴史的挑戦：35年後、電力の80%を低炭素にする必要⁵がある

現在、世界の70%の電力は化石燃料（石炭、ガス、石油）による発電である。つまり発電がCO₂排出の主要要因となっている。他方、低炭素エネルギーは電源構成の中で30%を占めるのみである。

特に2010年以降、全ての非化石燃料の合算⁶よりも石炭の伸びが大きく、化石燃料の比率が低減されていないことから、この傾向を逆転させるためには相当の努力が必要である。

(京都議定書の基準年とされている)1990年以降、CO₂の排出は抑制されるどころか、増加の一途を辿っている(60%増)⁷。もし今後も、化石燃料優位の電源構成が続けば、地球の平均気温上昇は目標としている2°Cをはるかに超え、6°C⁸となるであろう。

複雑な相関関係：CO₂排出を削減し、基本的なヒューマンニーズに応える必要がある

2050年頃、世界の人口は96億人⁹に達すると予想される。たとえエネルギー利用の効率化で相当の進展が見られたとしても、(一次エネルギー需要よりも伸びの早い)電力需要の増加に対応することは難しいであろう。

エネルギー利用の効率化についてはかなり意欲的なIEA¹⁰のシナリオでも、2050年までの電力需要の伸びを、主に新興国の経済発展によって、80%(2DSシナリオ、2°Cの気温上昇)から130%(6DSシナリオ、6°Cの気温上昇)と予測している。

気候変動の戦いが新興国の発展を妨げるものであってはならない。世界では、インドあるいはアフリカの人口に相当する12億人¹¹の人々が未だ電気の無い生活を送っている。また、28億人の人々が調理・暖房に薪、もしくは他のバイオマス資源を利用しており、健康被害をもたらす公害の原因となっている。

⁵ IPCC第三作業部会の報告書：http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

⁶ IEAのエネルギー技術展望2014：
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives_ES.pdf

⁷ カーボン・ブリーフ：<http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/14/hl-compact.htm>

⁸ IEAのエネルギー技術展望2014：
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives_ES.pdf

⁹ 国際連合：http://esa.un.org/wpp/documentation/pdf/wpp2012_press_release.pdf

¹⁰ IEAの技術ロードマップ2014：<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-nuclear-energy-1.html>

¹¹ 世界銀行：<http://documents.banquemondiale.org/curated/fr/2013/01/17747859/global-tracking-framework-vol-1-3-resume-general>

これらの新興国の中には、中国・インドという CO₂ の主要排出国も含まれている。両国それぞれ総発電電力量の 70 %、80 % を石炭火力が担っている。一方、これらの国々では原子力技術も確立している。したがって、両国が気候変動目標を達成するためには、原子力開発が推進されるべきである。

IPCC は 3 種類のカーボンフリー発電を認めている：再生可能エネルギー、原子力、および CCS

原子力発電は低炭素エネルギー資源である：そのライフサイクル（建設・運転・廃炉）全般において、その CO₂ 排出量は再生可能エネルギーの排出量とほぼ同じである。原子力エネルギーは、平均で 15g CO₂/kwh¹² を排出する。これはガス（400g/kwh）の 30 分の 1、石炭（700g/kwh）の 50 分の 1 であり、風力（11g/kwh）と同等、太陽光（45g/kwh）の 3 分の 1 である。

原子力と再生可能エネルギーの CO₂ 削減の有効性は証明されている。その一方で、CCS（炭素回収・貯留）について、IEA は「その価格の高さ、また政治的・財政的関与が不十分であることから開発はスローペース」としている。

電化はカーボンフリー¹³のための効果的な対策

電力は CO₂ 排出抑制の観点から、多くの分野（住宅、運輸等）で化石燃料を代替することが求められている。気候変動目標を達成するため、IEA は現在エネルギーミックスの 17 % を占める¹⁴電力が、2050 年には 25 % を担うようになることを推奨している。

CO₂ の大量排出要因の第二位である運輸部門では、電気自動車の開発を待つ間、低炭素の電気を利用した鉄道輸送の普及が石油・石炭の消費を大幅に削減する。建築分野においても、低炭素である電化が CO₂ の排出削減のために大きな役割を担っている。

あらゆる低炭素資源の利用が急務

70 % のカーボン・バジェットをすでに消費：今こそ行動を起こす時

一度放出されると、CO₂ は大気中に長期間滞留する。

¹² NEEDS projects, 2009

¹³ IEA のエネルギー技術展望 2014:

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives_ES.pdf

¹⁴ IEA の 2DS シナリオ

IPCC は、平均気温上昇を 2°C に抑えるために越えてはならない累積 CO₂ 排出総量の「カーボン・バジェット¹⁵」を定めている。産業革命前から 2050 年までに排出される総量を 2,900 ギガトンと算定している。

排出はこの 40 年の間に 1,000 ギガトンと、近年、特に大きく加速しており、既に 2,000 ギガトンの CO₂ が大気中に放出されている。したがって、将来的な技術革新を待たず、直ちに既存技術による可能な範囲の削減努力に着手すべきである。

原子力エネルギーは既存の技術であり、低炭素で、且つ産業として確率された有効な解決策

現在稼働中の 438 基¹⁶の原子炉によって、原子力エネルギーは世界の 30 か国で利用されている。

原子力はその有効性を実証している。現在、IPCC が推奨する電源構成（低炭素電力比率 80 %）に等しい、もしくはそれ以上の成果を上げている国は 6 か国のみである。その内の 4 か国、スイス、スウェーデン、フランス、ブラジルは、原子力を含むエネルギーミックスを実現している。スイス、スウェーデンは発電の 40 %を、フランス¹⁷は 77 %を原子力で賅っている。また、ブラジルは原子炉を 2 基保有している。

OECD 諸国では、原子力エネルギーは一番の低炭素電源：気候変動目標を達成するためにはこの資産を保持すべき

アメリカ合衆国では、低炭素発電の 66 %を原子力が担っている。稼働中の約 100 基の原子炉の内、既に 75 基が 60 年の運転許可を取得している。

欧州連合においては、低炭素発電の半分強が原子力により賅われている。フィンランド、オランダ、イギリス、スウェーデン、スイスにおいても、其々原子炉の寿命延長計画を実施している。フランスでは、EDF が稼働 40 年以降も安全な運転が可能となるよう、58 基の原子炉の補修計画を予定している。

既存の原子力発電設備の寿命延長を図ることは、高効率且つ償却済みの産業資源を利用でき、またエネルギー消費に占める化石燃料比率の低減により CO₂ 排出削減に傾注できる有益な方策であることは疑問の余地がない。

日本は今も 48 基の原子炉を保有している。福島事故以降、これら原子炉の停止により、発電のエネルギーミックスに占める化石燃料比率は 85 %まで増大し、IPCC が推

¹⁵ IPCCデータに基づくカーボンブリーフ：<http://www.carbonbrief.org/blog/2014/11/six-years-worth-of-current-emissions-would-blow-the-carbon-budget-for-1-point-5-degrees/>

¹⁶ IAEA 2014：http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC58/GC58InfDocuments/English/gc58inf-6_en.pdf

¹⁷ RTE, 2014：http://www.rte-france.com/sites/default/files/bilan_electrique_2014.pdf

奨める目標とはまったく逆の結果を生み出している。2012年、日本のCO₂排出量は6%増加した。こうして日本は京都議定書により定められた目標値を遵守するための方策について、見直しを余儀なくされた。今後、原子力発電所の一部再稼働により、日本はCO₂排出量を低減することが可能となるであろう。

原子力エネルギーは、新興国における低炭素開発を支援するための一つの方策である

2050年には、「BRICS」諸国（ブラジル、ロシア、インド、中国、南アメリカ）が世界の経済大国として台頭することが予想されている。これらの国々は、既に原子力発電所を運転しており、意欲的な原子力開発計画を策定している。中国は20基以上の原子炉を建設中¹⁸である。IEA¹⁹によると、気候変動目標を達成するため、2050年に中国は単独で世界の原子力発電所の3分の1を保有することになると予測している。

これらの国々に取っては、経済発展が最も重要な課題である。原子力開発計画は、こうした経済成長が低炭素であるための支援となる方策である。

原子力エネルギーは、今後もCO₂排出抑制のための一つの資産として存続

IEA²⁰によると、1971年以降、原子力エネルギーは世界のCO₂排出総量の2年分相当の削減を達成してきた。原子力エネルギーは、現在、低炭素²¹エネルギー資源として最も貢献度の高いものである。さらに今後2040年に掛けて、原子力はCO₂排出量の4年分相当の削減を可能とするであろう。

欧州では、毎年ドイツ、スペイン、フランス、イギリス、イタリア²²の自動車による年間CO₂排出量の合計分を、原子力により削減している。

各国其々、最も幅広い低炭素技術のポートフォリオを手掛ける必要

原子力を利用せず、2°Cの制限値以下に抑えられるシナリオはほんの少数

IPCCに列挙・分析された1,200²³のシナリオの内、8件のみが気温上昇2°Cの抑制と脱原子力の推進が同時に可能としている。2013年末に発表されたオープンレター²⁴の中

¹⁸ IAEA 2014 http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC58/GC58InfDocuments/English/gc58inf-6_en.pdf

¹⁹ IEAの2DSシナリオ

²⁰ World Energy Outlook, IEA, 2014 <http://www.iaea.org/newsroomandevents/pressreleases/2014/november/signs-of-stress-must-not-be-ignored-iaea-warns-in-its-new-world-energy-outlook.html>

²¹ World Energy Outlook, IEA, 2014 : <http://www.iaea.org/newsroomandevents/pressreleases/2014/november/signs-of-stress-must-not-be-ignored-iaea-warns-in-its-new-world-energy-outlook.html>

²² Eurostat, 2014

²³ IPCC第三作業部会の報告書 : http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

で、4人の著名な気候変動学者が「原子力エネルギーの重要な役割を組み込まない、気候変動安定化への信頼出来る方策は存在しない...我々には如何なる技術にも背を向ける余裕はない」と明記している。

2°C 目標を遵守するために最も効果的と考えられている 2DS シナリオの中で、IEA は現在の原子力設備容量約 400 GWe が 2050 年までに 930 GWe へ倍増すると想定している。これは、世界全体のエネルギーミックスの中で原子力が占める比率が 11 % から 17 %²⁵に増加することを意味している。

気候変動問題に対処するためには、各国の目標や各国の特性を統合する必要がある

一般的に、エネルギー政策には複数の目標がある：経済・国土開発、安定供給、エネルギーの効率化、電力購入、産業発展などである。各国はそれぞれ、天然資源、インフラ、技術力、世論、送配電網、電力需要などの様々な制約に対処しなければならない。

気候変動枠組条約第 21 回締約国パリ会議（COP21）では、CO₂ 排出削減の全体努力に対し、各国それぞれの貢献提案書を提出することになっている。同会議を成功に導くためには、参加国が最も幅広い低炭素選択肢のポートフォリオにアクセスできるようにする必要がある。そうすれば、最大の柔軟性が確保され、各国がその国家的課題を解決するとともに、全体的な目標にも貢献できることになるであろう。

原子力エネルギーは、エネルギーと経済のセキュリティ改善に貢献するとともに、CO₂の排出量を削減

原子力エネルギーは、石炭・ガス輸入の必要性を軽減させることから、その国のエネルギー・セキュリティに大きく貢献する。

大きな価格変動に左右される化石燃料と異なり、原子力エネルギーの生産コストは長期に渡り安定している。これは国家・経済界にとって、実質的な経済的セキュリティを担保するものである。

発電分野において、原子力と再生可能エネルギーは補完的な役割を担う

水力発電を含む再生可能エネルギーの発電への利用は、各国それぞれ資源の有無によって利用の可能性は異なるものの、一つの対策となるものである。一方、原子力もその導入が可能、あるいは導入を望む国にとって、もう一つの対策となるものである。

²⁴ Washington Post, 2013 : http://www.columbia.edu/~jeh1/NuclearPowerInClimateBattle.WashingtonPost_2013.11.03.pdf

²⁵ World Energy Investment Outlook, IEA, 2014 : <http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2014/june/name,72035,en.html>

自然変動電源と「出力制御の可能な」電源は、電力システムの最適利用と柔軟性を確保する上で、相互に補完的な役割を担うものである。

原子力、水力、バイオ燃料、地熱発電は、非常に高い稼働率を有している（計画停止による保守期間以外は一日 24 時間の運転が可能）。また、これらの発電資源は自然変動電源である太陽光や風力による電力供給を調整するという電力システム運用上のサービスも提供する。

空調設備の発達している熱帯・赤道地域では、電力需要のピーク時に太陽光発電がフル稼働する。そのため、これらの地域では、太陽光と原子力を組み合わせることで、CO₂排出量の非常に低い電源構成の構築が可能となる。

今から約 15～20 年後には、再生可能エネルギーと原子力の導入を含む革新的なマルチエネルギーシステム（コージェネレーション、電気・熱カップリングシステム、電気分解装置と組み合わせたシステム等）が開発され、カーボンフリーの熱生産、バイオ燃料、電気自動車・水素自動車、(バイオ)ガス・ネットワーク、貯蔵サービスなど、新たな応用技術の開発と相まって低炭素電源の大幅導入に貢献することになるであろう。

35 年後には技術ポートフォリオは拡大され、貯蔵、再生可能エネルギー、第四世代原子炉を導入

現在同様、今後も可能な限り幅広い低炭素ソリューションのポートフォリオを利用することが不可欠である。そうすることで、2050 年頃には、電力貯蔵、新しい再生可能エネルギー源、原子力を含む、幅広い新技術ソリューションのポートフォリオへのアクセスが可能となるであろう。

COP21 会議での議論の成果の一つとして期待されることは、原子力産業界に健全な環境をもたらすことである。そのことは、技術革新を活性化し、より効率的なエネルギーソリューションを奨励するとともに、安全基準をより一層高め、発生する放射性廃棄物の減量化を容易にする上での助けとなるであろう。第四世代原子炉の研究は既に大きく進展している。