

## 次世代革新炉は 2050 年カーボンニュートラル 達成の切り札になり得るか

副主任研究員 尾形 和哉

TEL : 050-5363-4390

2022 年 12 月に発表された「GX 実現に向けた基本方針（案）」において、「既設炉の運転期間の延長」や「次世代革新炉の開発・建設」といった原子力政策の転換が示された。本稿では、運転期間延長を加味した場合の設備容量の推移を試算し、2050 年に想定され得る次世代革新炉の導入ポテンシャルを明らかにしつつ、その実現に向けた課題について概観する。

### 1. 日本の原子力政策

2022 年 12 月に開催された第 5 回 GX<sup>1</sup>実行会議で、政府は「GX 実現に向けた基本方針（案）」<sup>2</sup>（以下、「GX 基本方針」という。）を取りまとめた。GX 基本方針は、徹底した省エネルギーの推進や製造業の構造転換、再生可能エネルギーの主力電源化など 14 の取組項目をまとめたもので、その中の一つの項目として原子力の活用も位置づけられている。その中でも「運転期間の延長」や「次世代革新炉の開発・建設」が掲げられたことが原子力政策の大きな転換点として注目を集めている。

原子力の活用にあたっては、2021 年 10 月に閣議決定された「第 6 次エネルギー基本計画<sup>3</sup>」において、2030 年度の温室効果ガス 46%削減（2013 年度比）に向け、再生可能エネルギーの拡大を図りながら「可能な限り原発依存度を低減する」とされている。2030 年の電源構成上の見通しとして原子力発電の比率は 20~22%程度、その達成に向けては「安全性を大前提とした原発の再稼働」とされており、第 6 次エネルギー基本計画では原子力発電所の新設や建て替えについては言及されていなかった。

議論の転換点となったのは 2022 年 8 月に開催された第 2 回 GX 実行会議である。ウクライナ情勢を踏まえたエネルギーの安定確保に向け、原子力について 4 つの検討事項「再稼働への関係者の総力結集」「運転期間の延長」「次世代革新炉の開発・建設」「最終処分プロセス加速化」<sup>4</sup>が明確に打ち出された。

以降、経済産業省では、原子力小委員会や革新炉ワーキンググループ等での議論を重ね（図表 1）、2022 年 11 月に開催された第 34 回原子力小委員会で「今後の原子力政策の方向性と実現に向けたアクションプラン（案）」<sup>5</sup>を示した。このアクションプランは翌 12 月に「今後の原子力政策の方向性と実現に向けた行動指針（案）」<sup>6</sup>へと名前を変え、原子力をエネルギー供給の自己決定力<sup>7</sup>確保や GX の牽引役とするため、運転期間を原則 40 年、延長を認める期間を 20 年とした上で、

◀図表 1▶ 原子力政策検討の主な流れ

2021年 6月18日	「グリーン成長戦略」策定 高速炉開発推進、小型ジュール炉(SMR)技術実証、高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立、核融合研究開発推進などについて明記
10月22日	「第6次エネルギー基本計画」閣議決定 原子力への依存度低減、2030電源構成20-22%目標を明記
2022年 3月28日	第25回原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ(以下、「革新炉WG」)設置
7月29日	第4回革新炉WG 2040~50年以降を見据え、革新炉導入までの時間軸をイメージした技術ロードマップ中間整理を提示
8月24日	第2回GX実行会議 新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設など、4事項の検討指示
11月2日	第6回革新炉WG 革新炉の技術ロードマップ中間整理の修正
11月28日	第34回原子力小委員会 経産省、アクションプラン(案)を提示 ・既設炉の最大限活用 ・次世代革新炉の開発・建設 ・バックエンドプロセス加速化 など
12月8日	第36回原子力小委員会 経産省、委員会意見を踏まえアクションプラン(案)を行動指針(案)に修正
12月16日	第52回基本政策分科会 行動指針を踏まえた原子力の活用方針のとりまとめ
12月22日	第5回GX実行会議 GX 実現に向けた基本方針(案)をとりまとめ ・安全を最優先にした再稼働 ・国民とのコミュニケーションの深化・充実 ・次世代革新炉の開発・建設 ・運転期間40年+延長20年+停止期間の追加延長 ・廃炉の着実かつ効率的な実現に向けた具体化

（出典）SOMPOインスティテュート・プラス作成

東日本大震災発生後の安全規制等の変更に伴って生じた運転停止期間は運転期間に含めないこととした。すなわち、実質 60 年以上の運転を認める内容となっている。「次世代革新炉の開発・建設」については、第 6 次エネルギー基本計画で示されている「震災前と比較した依存度低減」という現在の方針も踏まえ、廃止決定炉の建て替えをまず対象とすることが明記されている。

12 月に開催された総合資源エネルギー調査会基本政策分科会では、省エネ推進・再エネ主力電源化等と合わせ、原子力小委員会が取りまとめた原子力の活用についても議論され、その結果が GX 基本方針の中で明確に「運転期間の延長」「次世代革新炉の開発・建設」として位置づけられるに至った。現在運転している原子力発電所の中には、すでに稼働年数が一定程度経過し、現行の原子炉等規制法のもとでは 2050 年までに運転を終える施設もあることから（図表 2 のとおり）、2030 年に向けた既設炉の再稼働と並行して、2050 年に向けては運転期間の延長・廃炉決定炉の次世代革新炉への建て替えが打ち出されている。

＜図表 2＞2022 年末時点での運転可能な原子力発電所（建設中、計画中、廃炉を除く）

電力会社	発電所名	機	運転開始	型式※1	認可出力 (kW)	新規制基準適合検査の状況	稼働年数 (年)※2	停止期間 (年)
北海道電力	泊発電所	1号機	1989年6月	PWR	579,000	審査中	33	11
北海道電力	泊発電所	2号機	1991年4月	PWR	579,000	審査中	31	11
北海道電力	泊発電所	3号機	2009年12月	PWR	912,000	審査中	13	11
東北電力	東通原子力発電所	1号機	2005年12月	BWR	1,100,000	審査中	17	10
東北電力	女川原子力発電所	2号機	1995年7月	BWR	825,000	設置変更許可	27	11
東北電力	女川原子力発電所	3号機	2002年1月	BWR	825,000	未申請	20	5
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	1号機	1985年9月	BWR	1,100,000	未申請	37	5
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	2号機	1990年9月	BWR	1,100,000	未申請	32	5
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	3号機	1993年8月	BWR	1,100,000	未申請	29	5
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	4号機	1994年8月	BWR	1,100,000	未申請	28	5
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	5号機	1990年4月	BWR	1,100,000	未申請	32	5
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	6号機	1996年11月	ABWR	1,356,000	設置変更許可	26	11
東京電力HD	柏崎刈羽原子力発電所	7号機	1997年7月	ABWR	1,356,000	設置変更許可	25	11
日本原子力発電	東海第二発電所		1978年11月	BWR	1,100,000	設置変更許可	44	10
中部電力	浜岡原子力発電所	3号機	1987年8月	BWR	1,100,000	審査中	35	9
中部電力	浜岡原子力発電所	4号機	1993年9月	BWR	1,137,000	審査中	29	10
中部電力	浜岡原子力発電所	5号機	2005年1月	ABWR	1,380,000	未申請	17	5
北陸電力	志賀原子力発電所	1号機	1993年5月	BWR	540,000	未申請	29	5
北陸電力	志賀原子力発電所	2号機	2006年3月	ABWR	1,206,000	審査中	16	10
日本原子力発電	敦賀発電所	2号機	1987年7月	PWR	1,160,000	審査中	35	9
関西電力	美浜発電所	3号機	1976年12月	PWR	826,000	再稼働	46	6
関西電力	大飯発電所	3号機	1991年12月	PWR	1,180,000	再稼働	31	4
関西電力	大飯発電所	4号機	1993年2月	PWR	1,180,000	再稼働	29	4
関西電力	高浜発電所	1号機	1974年11月	PWR	826,000	設置変更許可	48	9
関西電力	高浜発電所	2号機	1975年11月	PWR	826,000	設置変更許可	47	9
関西電力	高浜発電所	3号機	1985年1月	PWR	870,000	再稼働	37	2
関西電力	高浜発電所	4号機	1985年6月	PWR	870,000	再稼働	37	2
中国電力	島根原子力発電所	2号機	1989年2月	BWR	820,000	設置変更許可	33	11
四国電力	伊方発電所	3号機	1994年12月	PWR	890,000	再稼働	28	3
九州電力	玄海原子力発電所	3号機	1994年3月	PWR	1,180,000	再稼働	28	2
九州電力	玄海原子力発電所	4号機	1997年7月	PWR	1,180,000	再稼働	25	4
九州電力	川内原子力発電所	1号機	1984年7月	PWR	890,000	再稼働	38	2
九州電力	川内原子力発電所	2号機	1985年11月	PWR	890,000	再稼働	37	2

(※1) PWR：加圧水型軽水炉、BWR：沸騰水型原子炉、ABWR：改良型沸騰水型原子炉

(※2) 2050年時点で稼働年数が60年を超えるものは朱書き

(出典) 原子力規制委員会HP、資源エネルギー庁資料、各電力会社HPをもとにSOMPOインスティテュート・プラス作成

2022 年 12 月末現在、国内の原子力発電所の稼働状況について、運転可能な原子炉は 33 基あり、そのうち 10 基が再稼働済みである（運転中はそのうち玄海原子力発電所 4 号機を除く 9 基）。原子力規制委員会から設置変更許可が出たものの未稼働なものは 7 基あり、8 基は現在審査中、残りの 8 基は原子力規制委員会に審査申請を行っていない。これらのほか、3 基が現在建設中であり、6 基が計画中となっている。

## 2. 2030年、2050年を見据えた原子力発電の設備容量の推移

GX基本方針では、すでに稼働済みの10基に加えて、来夏・来冬に向けては設置変更許可済みの7基の再稼働、2020年代半ばまでは審査中・未申請を含んだ19基（建設中を含む<sup>8</sup>）の再稼働によって2030年の原子力発電比率20～22%を達成するとしている。このGX基本方針の前提や第6次エネルギー基本計画等の想定に基づき図表3の条件で設備容量の推移を試算し、2030年・2050年の原子力発電比率の想定に達するかを確認した。2030年以降の再稼働状況については、設置変更許可済みの7基の再稼働を実現した計17基のパターンA、審査中10基を加えた計27基のパターンB、さらに未申請9基を加えた計36基のパターンCでそれぞれ行った。なお、2050年の原子力発電比率は明示されていないため、グリーン成長戦略<sup>9</sup>に記載されている「原子力・CO2回収前提の火力発電が30～40%程度」から原子力発電分を20%と仮置きしている。

《図表3》2030年・2050年の設備容量推移試算にあたっての前提条件

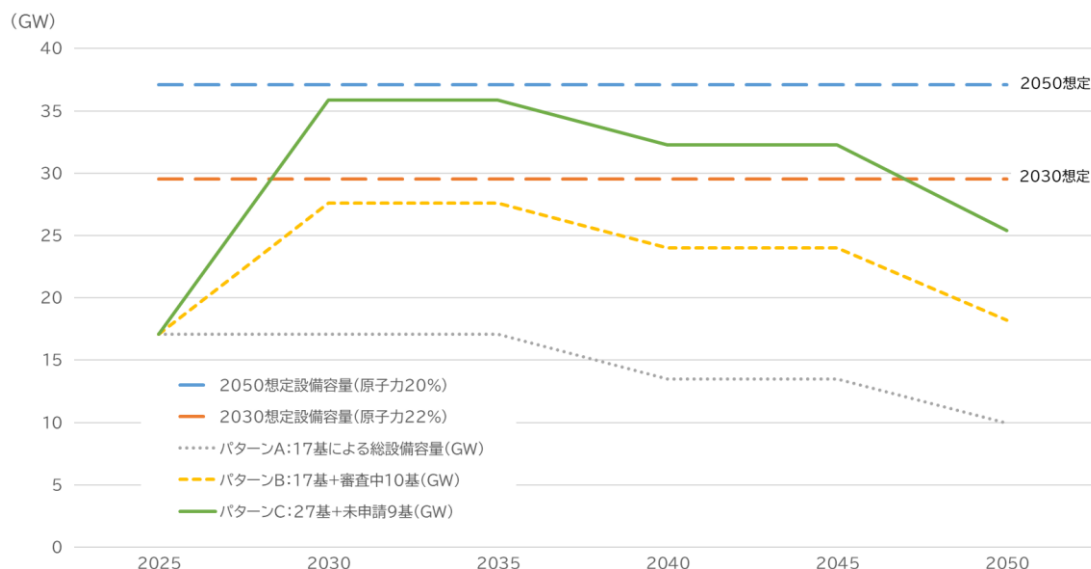
	2030	2050
電力需要	9,400億 kWh <sup>3</sup>	1兆3,000億 kWh <sup>10</sup>
設備利用率	80% <sup>2</sup>	
電源構成（想定）	22%	20%
想定設備容量	29.5GW	37.1GW

（注）設備容量（kW）＝年間電力需要（kWh）／（設備利用率（％）×24（時間）×365（日））

### （1）運転期間60年を想定したケース

運転期間を60年で試算した結果は図表4のとおりとなる。まず2030年に着目すると、電源構成の想定とされている原子力発電の想定22%は図表3より約29.5GWとなり、この目標を達成できるのはパターンC（2030年までに計36基稼働）のみとなる。2050年については、電化+省エネが進んだ場合の電力需要を1兆3,000億 kWh、原子力の電源構成を20%と仮置きした場合、必要となる設備容量は約37.1GWとなり、17基再稼働で27.1GW、27基再稼働でも18.9GW、36基再稼働で11.7GWが不足する計算となる（図表5のとおり）。

《図表4》2030年・2050年の原子力発電の設備容量推移





《図表5》パターン別 2030年・2050年に不足する設備容量

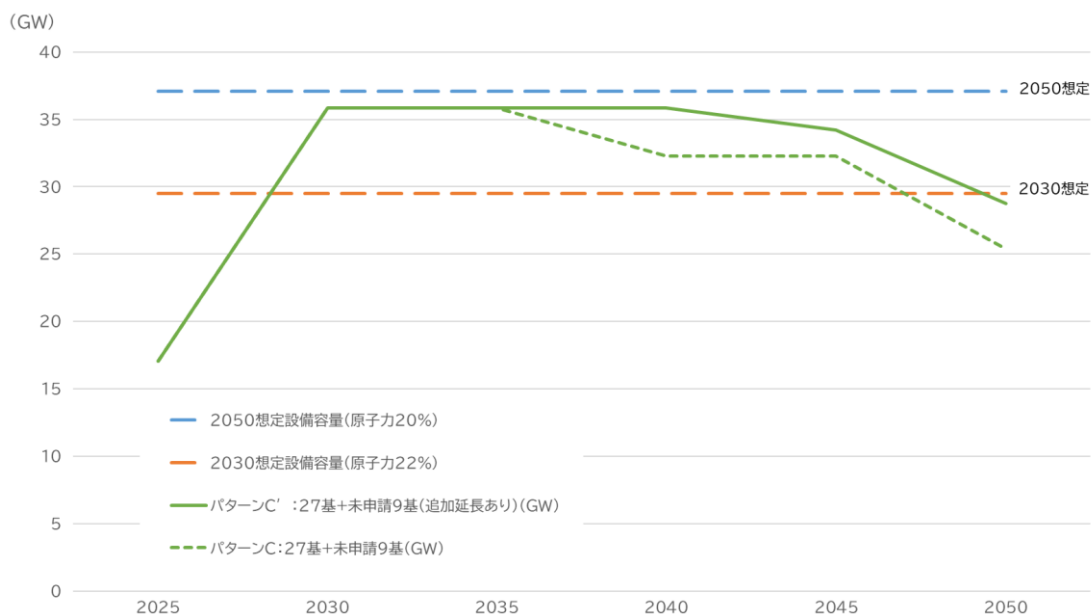
	運転数	2030年に不足する設備容量	2050年に不足する設備容量
パターンA	再稼働済 10基+設置許可済 7基=17基	▲12.4GW	▲27.1GW
パターンB	上記+審査中 10基（建設中含む）=27基	▲1.9GW	▲18.9GW
パターンC	上記+未申請 9基（建設中含む）=36基	6.3GW（超過）	▲11.7GW

（2）運転期間 60年+追加延長を想定したケース

「運転期間の延長」については、原子力小委員会が示した行動指針（案）の中で、原子力規制委員会の新規規制基準適合検査による運転停止期間等は除外するとされていることから、2.（1）パターンCをベースに新規規制基準適合性審査による運転停止を追加延長として加算した場合（パターンC'）についても試算を行った（図表6のとおり）。

前提条件として、設置変更許可済みの7基・審査中の10基は2025年より再稼働、未申請9基は2025年より安全審査を開始し、2030年に再稼働すると仮定した。2.（1）のケースと同様に2030年の電源構成22%、2050年の電源構成20%とした場合、パターンC'であっても2050年には約8.4GWが不足することとなっている（図表7のとおり）。60年+追加延長を想定してもなお不足する設備容量について、次世代革新炉で補っていくことがGX基本方針で掲げられており、図表3の前提を置くと、政府が想定する電源構成実現にあたり「運転期間の延長」に「次世代革新炉の開発・建設」を加えていくという政府の打ち手は妥当と言えよう。なお、2022年12月末時点で廃炉となっている原子力発電所は24基であり、このうち福島第一原発、第二原発を除き廃止措置中となっている14基の総設備容量は約8.3GWであるため、図表3の前提の場合は少なくとも廃止措置中の総設備容量と同程度の次世代革新炉が必要となる。

《図表6》2030年・2050年の原子力発電の設備容量推移（追加延長あり）



《図表 7》2030 年・2050 年に不足する設備容量（追加延長あり）

	運転数	2030 年に不足する 設備容量	2050 年に不足する 設備容量
パターン C'	上記+未申請 9 基（建設中含む）=36 基	6.3GW（超過）	▲8.4GW

### 3. 今後の展望

第 6 次エネルギー基本計画との整合から、原子力発電への依存は低減していく前提であることから、2050 年における原子力発電の割合は 2030 年時点よりも低くなる可能性が高い。ただし、現在想定されている 2050 年の電源構成では原子力と CO2 回収前提の火力を合わせて 30-40%程度となっており、火力発電と原子力発電の内訳については触れられていない。政府は GX 基本方針の中で原子力を活用しようとしている一方で、次世代革新炉開発のタイムラインを踏まえると（図表 8 のとおり）、2050 年までにどれだけの次世代革新炉が稼働しているかは現時点で不透明である。現行のエネルギー基本計画に従うならば、2. で試算したように原子力の 2050 年電源構成が 20%の想定であっても設備容量は不足するため、まずは 2050 年時点の電源構成のうち、原子力と CO2 回収前提の火力の内訳をどのように考えるかを明確にする必要があるだろう。

《図表 8》開発が検討されている次世代革新炉の特徴と運転開始時期

分類		定義	主な利点	主な課題	運転開始		
次世代 革新炉	小型炉 (SMR)	小型 軽水炉	電気出力が概ね30万kW以下の新型原子炉	・自然循環で確実な冷却 ・工期短縮・初期投資抑制	・経済性懸念 ・海外先行で、安全規制等の整備に時間を要する	実証炉: 2040年前半	
		軽水炉	革新 軽水炉	既設原子炉の設計をベースに受動安全やデジタル技術等を導入した軽水炉	・安全性・信頼性向上、運転性・操作性の向上 ・事故時の影響緩和	・大きな初期投資負担 ・建設長期化した場合のファイナンスリスク	商用炉: 2030年半ば
		高速炉	高速中性子により、核分裂連鎖反応が維持される原子炉	・高温/低温を活用した熱利用 ・優れた安全性、経済性向上かつ安全性向上	・安全規制等の整備に時間を要する ・導入に向けた実証、燃料製造技術等の開発	実証炉: 2040年半ば	
		高温ガス炉	減速材に黒鉛、冷却材にヘリウムガスを用いて、900℃近くの熱を利用できる原子炉	・高い固有の安全性 ・高温の熱を利用し多目的の利用が可能(水素製造等)	・技術の実証の必要性 ・原子炉と水素製造施設の接続技術等の確立が必要	実証炉: 2030年半ば	
		核融合炉	重水素とトリチウム等の核融合反応を利用した原子炉	・核融合反応による固有安全性 ・高レベル放射性棄物がない	・トリチウムの安全管理・回収 ・プラズマに面する構造材料の開発	原型炉: 2050年以降	

（出典）革新炉ワーキンググループ資料をもとにSOMPOインスティテュート・プラス作成

次世代革新炉開発は、S+3E<sup>11</sup>のみならず、日本の産業競争力強化にも資する重要な取組ではあるが、廃止決定炉の建て替えは立地自治体の理解が大前提である。GX 基本方針の中でも、廃炉の建て替えにあたっては「バックエンド問題<sup>12</sup>の進展も踏まえつつ具体化を進める」とあるが、バックエンド問題そのものへの具体的な取り組みについても現時点で不透明であることから、核廃棄物処理等の道筋をまず示すとともに、国民・立地自治体との信頼関係醸成を目的としたコミュニケーションの充実が求められるだろう。

2030 年に向けては既設炉の再稼働を前提としているため、第 6 次エネルギー基本計画と矛盾するものではない。しかし、GX 基本方針で掲げられた原子力の方向性は、2050 年に向けて不足する設備容量を穴埋めするための「運転期間の延長」と「次世代革新炉の開発・建設」という点で、現行のエネルギー基本計画から踏み込んだものとなっている。今後政府には、2030 年以降の電源構成の目標とその達成に向けた次世代革新炉開発の道筋について、第 6 次エネルギー基本計画の見直しも含め示すことを期待したい。

- 
- 1 グリーントランスフォーメーション（Green Transformation）。カーボンニュートラル実現のための経済社会システム全体の改革を指す。
  - 2 内閣官房 GX 実行会議（第 5 回）「GX 実現に向けた基本方針（案）～今後 10 年を見据えたロードマップ～」(2022 年 12 月 22 日)
  - 3 資源エネルギー庁「2030 年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」(2021 年 10 月)
  - 4 内閣官房 GX 実行会議（第 2 回）「日本のエネルギーの安定供給の再構築」(2022 年 8 月 24 日)
  - 5 資源エネルギー庁 原子力小委員会（第 34 回）「今後の原子力政策の方向性と実現に向けたアクションプラン（案）」(2022 年 11 月 28 日)
  - 6 資源エネルギー庁 原子力小委員会（第 35 回）「今後の原子力政策の方向性と実現に向けた行動指針（案）」(2022 年 12 月 8 日)
  - 7 日本の一次エネルギーは、海外から輸入される化石燃料（石油・石炭・天然ガスなど）に大きく依存している。
  - 8 建設中のうち、新規制基準の審査中である島根原子力発電所 3 号機（中国電力）と大間原子力発電所（電源開発）を含む。
  - 9 経済産業省「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2021 年 6 月 18 日)
  - 10 経済産業省「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業大臣説明資料）」(2020 年 12 月 25 日) 記載の「2050 年電力需要（約 1.3～1.5 兆 kWh）」を使用。
  - 11 S（Safety）+3E（Energy Security、Economic Efficiency、Environment）
  - 12 使用済燃料の再処理や原子力施設の廃止措置、放射性廃棄物の最終処分などに関する諸問題のこと。