

# 2019年の米国原子力発電の状況

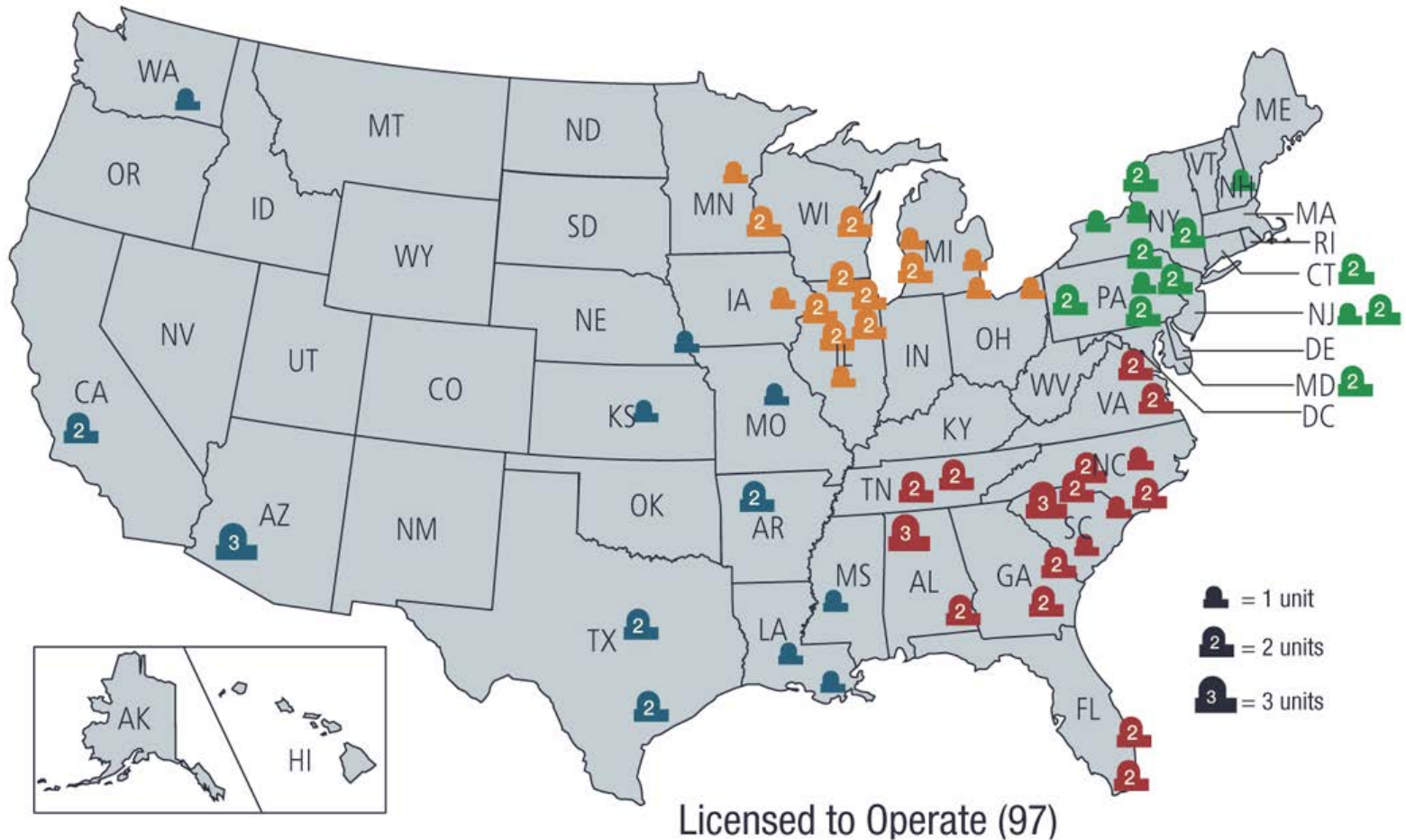
2020年9月8日

海外電力調査会    ワシントン事務所  
吉永 祥

- ・ 米国の原子力発電所
- ・ 発電電力量・設備利用率と出力増強、電源別シェア
- ・ 発電コスト
- ・ 早期閉鎖、州政府による経済的支援
- ・ 初回運転延長、2回目の運転延長による80年運転
- ・ まとめ
- ・ 参考資料・ウェブサイト

# 米国の原子力発電所

## U.S. Operating Commercial Nuclear Power Reactors



98基が2019年1月時点で稼働  
 2019年5月 : ピルグリム(マサチューセッツ(MA))閉鎖  
 2019年9月 : スリーマイル1号(ペンシルベニア(PA))閉鎖  
 2020年5月 : インディアンポイント2号(ニューヨーク(NY))閉鎖  
 2020年8月以降 : デュアンアーノルド(アイオワ(IA))閉鎖



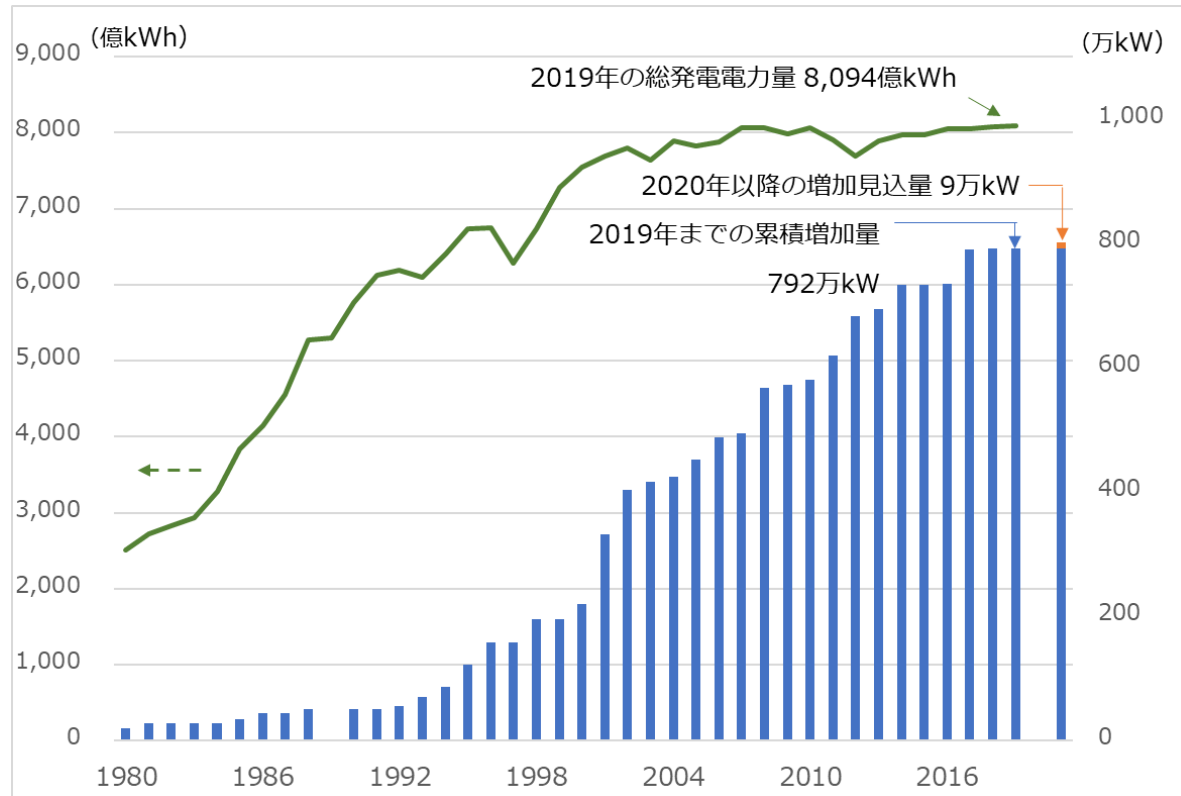
As of August 2019

出所 : NRCウェブサイト (赤枠部加筆)

# 発電電力量・設備利用率と出力増強

2019年、総発電電力量（8,094億kWh）と設備利用率（93.5%）が過去最高を記録

【総発電電力量と出力増強の推移】



出所：EIAおよびNRCウェブサイトのデータを基に作成

計9基が2013～19年に閉鎖する中で、高い発電電力量を維持している要因は、20年連続で90%以上を超えている高い設備利用率や出力増強

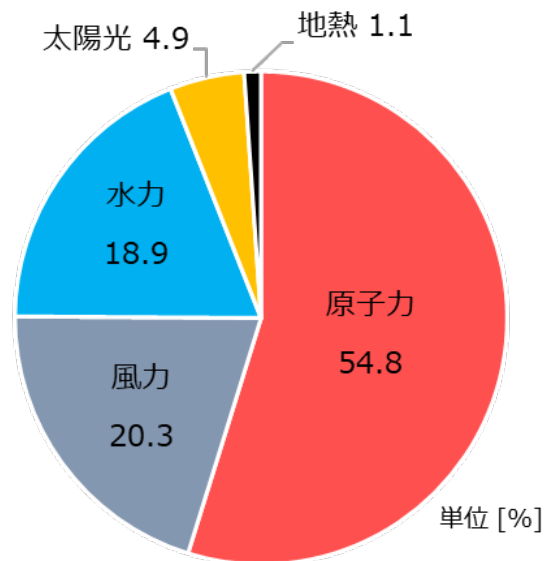
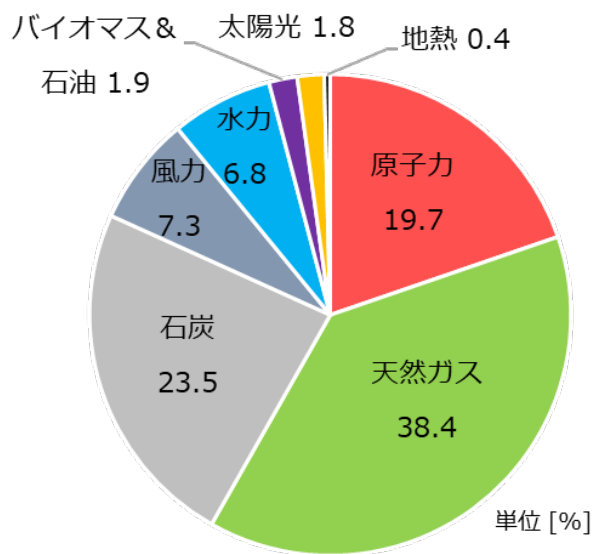
2019年までに累計792万kWの出力増強が認可されているが、2020年以降の増加見込量は9万kWに留まる

# 電源別シェア

全電源：1990年代から19～20%で推移

カーボンフリー電源：2000年代初頭までは70%以上を占める  
風力、太陽光の拡大で徐々にではあるものの減少傾向だが、  
半分以上のシェアを確保

【2019年の電源別発電電力量シェア（左：全電源、右：カーボンフリー電源）】



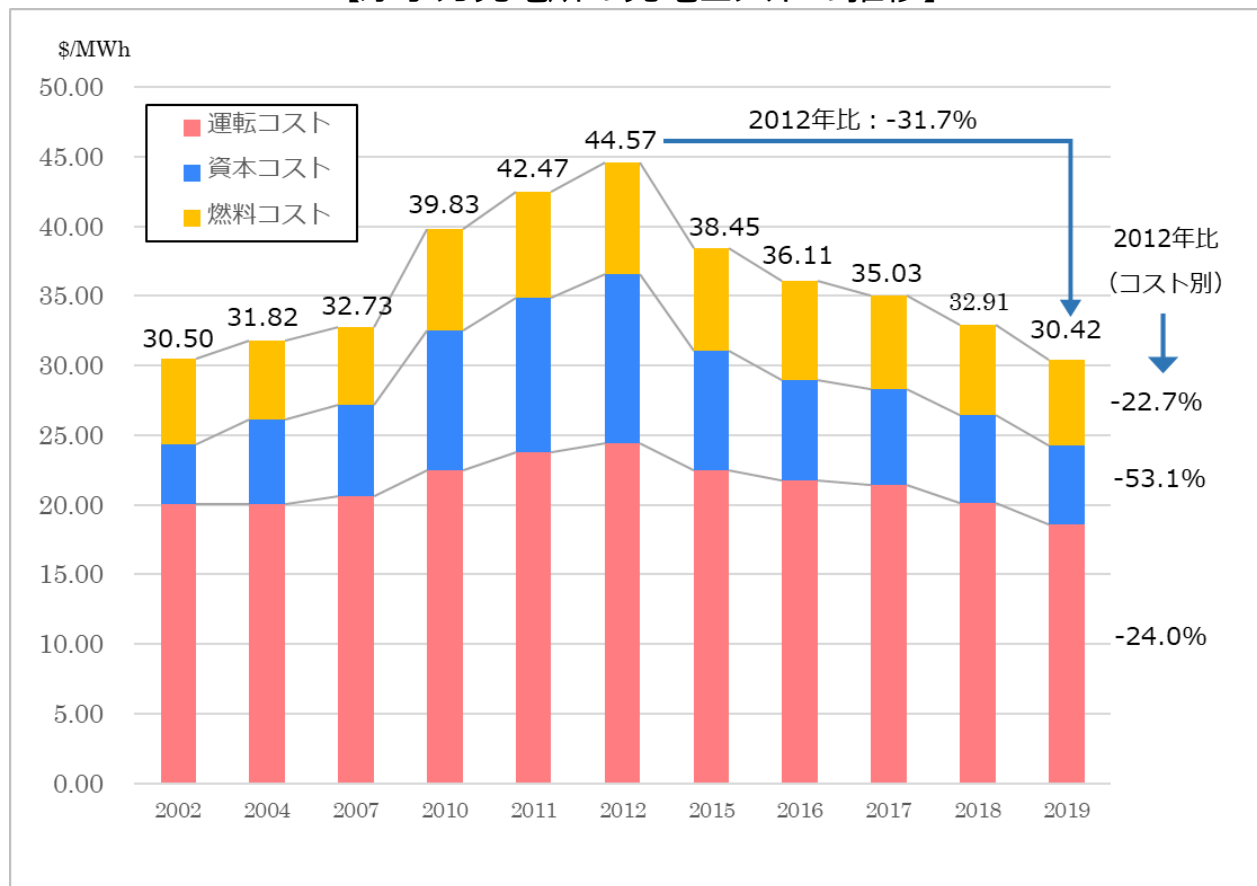
出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers

# 発電コスト

2019年の発電コストの平均は30.42ドル/MWhとなり、2012年比で-31.7%減少

同一敷地内に複数基が運転しているマルチユニットの発電コスト平均28.38ドル/MWhに対して、単一基で運転しているシングルユニットの平均は38.40ドル/MWh

【原子力発電所の発電コストの推移】



出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers (Source : Electric Utility Cost Group) のデータを基に作成

# 発電コスト（資本コスト）

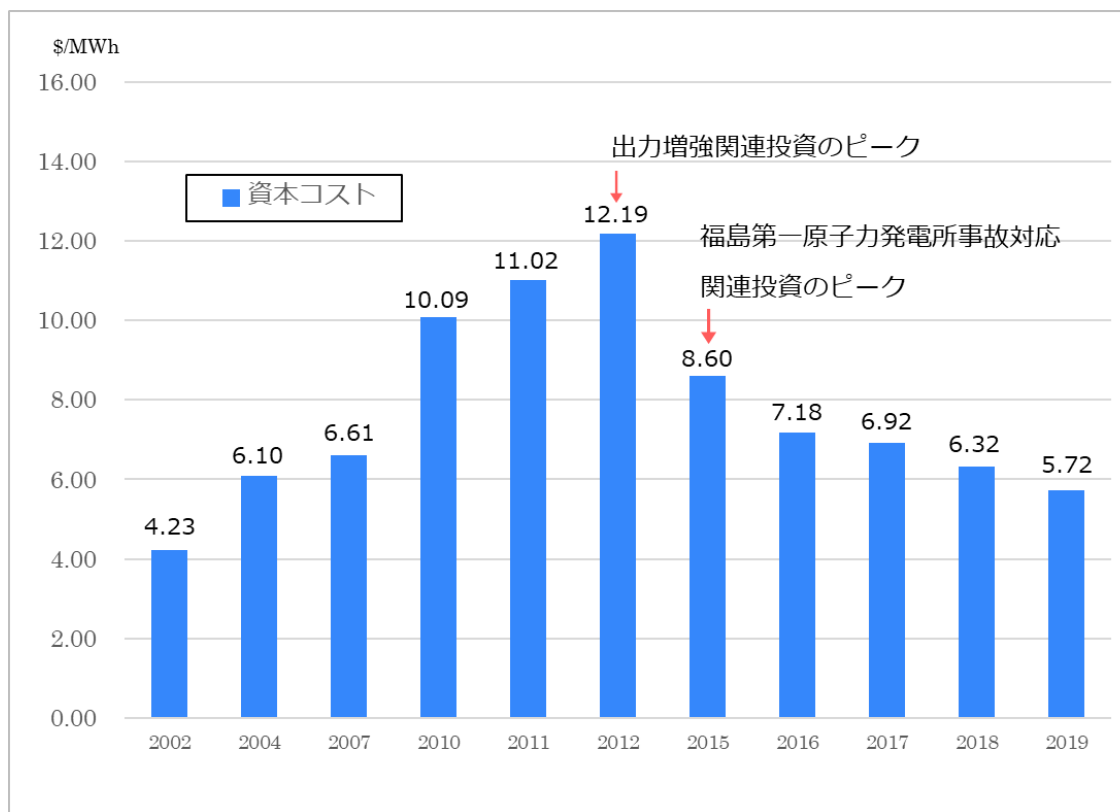
2012年にピークとなるまでの資本コストの主な増加要因

- ・改良工事（原子炉容器上蓋・蒸気発生器交換、初回運転延長、出力増強）
- ・規制対応（9/11テロ対策、福島第一原子力発電所事故対応）

これらの対応がほぼ完了したことにより、近年資本コストは減少

出所：NEI(2019), Nuclear Costs in Context

【原子力発電所の資本コストの推移】



出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers (Source : Electric Utility Cost Group) のデータを基に作成

# 発電コスト（削減の取組：DNP）

NEIは2015年12月から、事業者や原子力発電運転協会（INPO）、米国電力研究所（EPRI）と協力して、原子力発電所の安全性を維持・向上しながら、より効率性、経済性を向上させることを目的としたイニシアチブ「DNP（Delivering the Nuclear Promise）」を実施

DNPの主題は「安全性・信頼性を重視する文化の維持」、「原子力発電所の効率性向上」、「原子力の経済的価値（安定なカーボンフリー電源）に対する認識向上」

保全活動、放射線管理、教育・訓練、是正処置、調達、業務・作業管理など、幅広い分野に対して、DNPの目的達成のための指示書（EB：Efficiency Bulletin）を発行

2017年12月時点で、67件のEBが発行され、原子力業界全体で16億ドルのコスト削減に貢献

2018年以降も、2018年6件、2019年1件のEBが発行



# 発電コスト（削減の取組：EBの代表例）

## ○価値ベースの保全

- ・ EB 17-03a : Value-Based Maintenance 【2017年1月】

「過少な予防保全は、機器の故障による改良保全の増加に繋がるが、  
過度な予防保全も、作業に伴う機器の故障による改良保全の増加に繋がる」  
という考えの下、予防保全プロセスを改良、安全性・信頼性と保全費用を最適化

2020年12月末までに発電所全体の保全費用の25%以上の低減を目指す

## ○関連EB

- ・ EB 17-03b : Embracing Cultural Shifts for Value-Based Maintenance  
(価値ベースの保全を受け入れる文化への移行) 【2017年1月】
- ・ EB 16-25 : Critical Component Reduction  
(単一故障によりプラントトリップや20%以上の出力変化等を伴う  
機器の削減 (定義の見直し) ) 【2016年9月】
- ・ EB 16-16 : High-Cost, Noncritical Preventive Maintenance Reduction  
(高コストで重要でない予防保全の削減) 【2016年7月】

# 早期閉鎖

近年、安価な燃料費に支えられたガス火力と、拡大する再生可能エネルギーとの競争にさらされ、主に経済的な理由から運転期限を待たずに早期閉鎖を選択する原子力発電所がでてきている

【2013年から2020年8月末までに早期閉鎖した原子力発電所（11基）】

発電所	州 (自由化状況)	炉型	夏季出力(注1) [万kW]	閉鎖時期	閉鎖理由
クリスタルリバー3号	フロリダ (規制)	PWR	84	2013年2月	原子炉格納容器外壁トラブル
サンオノフレ2号	カリフォルニア (部分自由化)	PWR	107	2013年6月	蒸気発生器細管損傷トラブル
サンオノフレ3号	カリフォルニア (部分自由化)	PWR	108	2013年6月	蒸気発生器細管損傷トラブル
キウォーニ	ウィスコンシン (規制)	PWR	57	2013年5月	経済性低下
バーモントヤンキー	バーモント (規制)	BWR	60	2014年12月	経済性低下
フォートカルホーン	ネブラスカ (規制)	PWR	48	2016年10月	経済性低下
オイスタークリーク	ニュージャージー (自由化)	BWR	61	2018年9月	経済性低下（州要求による温排水対策の冷却塔増設が高コスト）
ピルグリム	マサチューセッツ (自由化)	BWR	68	2019年5月	経済性低下
スリーマイル1号	ペンシルベニア (自由化)	PWR	80	2019年9月	経済性低下
インディアンポイント2号	ニューヨーク (自由化)	PWR	102	2020年4月	経済性低下及び州からの要求
デュアンアーノルド	アイオワ (規制)	BWR	60	2020年8月以降(注2)	経済性低下

注1：6月1日～9月30日までの夏季需要ピーク時の試験結果をもとに決定

注2：2020年8月、暴風による冷却塔損傷のため、2020年10月としていた閉鎖予定を前倒し

出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers、EIAウェブサイト等

# 早期閉鎖

早期閉鎖済および早期閉鎖予定のプラントは、設備トラブルや州関連事項の要因で閉鎖することになったものを除くと、ほとんどが80万kW未満の比較的小規模なシングルユニット

【早期閉鎖を公表している原子力発電所（4基）】

発電所	州 (自由化状況)	炉型	夏季出力 [万kW]	閉鎖予定時期	閉鎖理由
インディアンポイント3号	ニューヨーク (自由化)	PWR	104	2021年4月	経済性低下及び州からの要求
パリセード	ミシガン (部分自由化)	PWR	77	2022年春	経済性低下
ディアブロキャニオン1号	カリフォルニア (部分自由化)	PWR	112	2024年	州政策（2030年までに再エネ比率を50%）に合致しないため
ディアブロキャニオン2号	カリフォルニア (部分自由化)	PWR	112	2025年	州政策（2030年までに再エネ比率を50%）に合致しないため

出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers、EIAウェブサイト等

# 州政府による経済的支援

近年、ニューヨーク等の一部の州で、地球温暖化への関心の高まりを背景に、安定して発電可能なカーボンフリー電源としての価値を評価し、原子力発電所に対して財政支援を実施する支援策が成立

支援策成立等を受け、多数の原子力発電所が早期閉鎖計画を撤回

【州政府による原子力発電所支援策と早期閉鎖を撤回した原子力発電所(16基)】

	州 (自由化状況)	成立年	支援策等を受け早期閉鎖を撤回した発電所				支援策概要
			発電所名	炉型	夏季出力 [万kW]	閉鎖予定時期 (撤回前)	
成 立	ニューヨーク (自由化)	2016	フィッツパトリック	BWR	85	2017年	ゼロエミッション証書発行
			ギネイ	PWR	58	2017年	
			ナインマイルポイント1号	BWR	62	2017-18年	
			ナインマイルポイント2号	BWR	129		
	イリノイ (自由化)	2016	クリントン	BWR	107	2017年	ゼロエミッション証書発行
			クアドシティーズ1号	BWR	91	2018年	
			クアドシティーズ2号	BWR	91	2018年	
	コネチカット (自由化)	2017	ミルストーン2号	PWR	85	2020年	クリーンエネルギー長期調達プログラムに原子力を追加
			ミルストーン3号	PWR	122	2020年	
	ニュージャージー (自由化)	2018	ホープクリーク	BWR	117	2020-21年	ゼロエミッション証書発行
セーラム1号			PWR	115			
セーラム2号			PWR	114			
オハイオ (自由化)	2019	デービスベッセ	PWR	89	2020年	雇用確保及びゼロエミッション電源としての価値に対する財政支援	
		ベリー	BWR	124	2020年		
検 討 中	ペンシルベニア (自由化)	—	ビーバーバレー1号(注)	PWR	91	2021年	ゼロエミッション電源である原子力を含む電源の中から一定の割合の電力を購入
			ビーバーバレー2号(注)	PWR	90	2021年	

(注)：支援策は検討中だが、2020年2月末に旧所有者のファーストエナジーからライセンス移管されたエナジーハーバーが、ペンシルベニア州知事がCO2排出量取引制度(RGGI)への参加を目指していることを理由に、早期閉鎖計画を2020年3月に撤回した。

出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers、EIAウェブサイト等

# 初回運転延長、2回目の運転延長による80年運転

NRCの規制では、運転延長の回数やトータルの運転年数に制限はなく、初回の運転延長では60年運転、2回目の運転延長では80年運転が認められる

2019年末時点で稼働中だった96基の運転年数の内訳は、40年以上が47基、30～39年が44基、20～29年が4基、19年以下が1基であり、ほぼ半数が既に運転開始当初の期限である40年を超えて運転

2029年に最初の1基が60年運転に到達

2020年5月末現在稼働中の95基の内、8基を除く87基が初回運転延長認可をNRCより取得済み

【初回運転延長認可未取得の原子力発電所(8基)】

発電所	州	炉型	現在の運転期限	備考
ディアブロキャニオン1,2号	カリフォルニア	PWR	1号：2024年 2号：2025年	初回運転延長申請取下げ、現在の運転期限までで早期閉鎖予定
ペリー1号	オハイオ	BWR	2026年	初回運転延長申請取下げ
クリントン1号	イリノイ	BWR	2026年	2024年1～3月、初回運転延長申請予定
コマンチエピーク1,2号	テキサス	PWR	1号：2030年 2号：2033年	2022年4～6月、初回運転延長申請予定
ワッツバー1,2号	テネシー	PWR	1号：2035年 2号：2055年	未定

出所：NRCウェブサイト

# 2回目の運転延長による80年運転

2018年にNRCに申請した件名のうち、2019年12月に全米初となる認可がターキーポイント3、4号に、2020年3月にはピーチボトム2、3号にも認可が出された

NEIによると、2020年3月の調査では、55基は既に2回目の運転延長を申請しているか、今後申請予定

【2回目の運転延長に関する原子力発電所の動き（19基）】

	発電所	州 (自由化状況)	炉型	夏季出力 [万kW]	現在の運転期限	NRCへの 申請・認可時期
認可済	ターキーポイント3,4号	フロリダ (規制)	PWR	3号：84 4号：82	3号：2032年⇒2052年 4号：2033年⇒2053年	申請：2018年 1月 認可：2019年12月
	ピーチボトム2,3号	ペンシルベニア (自由化)	BWR	2号：127 3号：129	2号：2033年⇒2053年 3号：2034年⇒2054年	申請：2018年 7月 認可：2020年 3月
審査中	サリー1,2号	バージニア (規制)	PWR	1号：84 2号：84	1号：2032年 2号：2033年	申請：2018年10月
申請予定 (NRCへ通知済) 注	ノースアナ1,2号	バージニア (規制)	PWR	1号：95 2号：94	1号：2038年 2号：2040年	申請予定：2020年10～12月
	オコニー1,2,3号	サウスカロライナ (規制)	PWR	1号：85 2号：85 3号：86	1号：2033年 2号：2033年 3号：2034年	申請予定：2021年10～12月
申請方針公表	ブランズウィック1,2号	ノースカロライナ (規制)	BWR	1号：94 2号：93	1号：2036年 2号：2034年	未定
	カトゥーバ1,2号	ノースカロライナ (規制)	PWR	1号：116 2号：115	1号：2043年 2号：2043年	未定
	ロビンソン	サウスカロライナ (規制)	PWR	74	2030年	未定
	ハリス	ノースカロライナ (規制)	PWR	96	2046年	未定
	マクガイア1,2号	ノースカロライナ (規制)	PWR	1号：116 2号：116	1号：2041年 2号：2043年	未定

注：2020年4月16日時点のNRCウェブサイトによると、発電所名非公表で2020年10～12月に申請予定としているものが1件ある。

出所：NEI(2020), Nuclear by the Numbers、NRCおよびEIAウェブサイト

## 2回目の運転延長による80年運転 (ATF)

重大事故時の水素発生量低減、核分裂生成物閉じ込め性能向上等を目指し、エネルギー省 (DOE) と燃料メーカー(フラマトム、GE日立(GNF)、ウエスチングハウス)の協力により、2012年から本格的に開発が開始された事故耐性燃料 (ATF: Accident Tolerant Fuel) の経済性向上効果が、80年運転を目指すかどうかを決定するための重要な判断指標になるとして、2020年代半ばの本格装荷を目指し、実機試験装荷が進む

経済性向上効果として、高燃焼度化等による運転サイクル延長 (18カ月⇒24カ月 (主にPWR))、安全裕度向上による出力上昇や、使用済燃料発生量低減 (約30%) に期待

【ATFの実機試験装荷状況】

メーカー	ペレット・被覆管	実機試験装荷	備考
フラマトム	クロミア( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )添加 $\text{UO}_2$ ・Cr保護Zr	2019年春: ボーグル2号(PWR) 2019年秋: ANO1号 (PWR)	SiC被覆管も開発中
GNF	$\text{UO}_2$ ・Fe-Cr-Al	2018年春: ハッチ1号(BWR) 2019年秋: クリントン (BWR)	ハッチ1号に装荷されたFe-Cr-Al被覆管にはペレット未装填
	$\text{UO}_2$ ・セラミック保護Zr	2018年春: ハッチ1号(BWR) 2019年秋: クリントン (BWR)	ハッチ1号装荷分は、2020年1月に1Cy照射が完了したものを取出し、照射後試験開始
ウエスチングハウス	クロミア( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )添加 $\text{UO}_2$ ・Cr保護Zr	2019年春: バイロン2号(PWR)	SiC被覆管も開発中
	$\text{U}_3\text{Si}_2$ ・Cr保護Zr	2019年春: バイロン2号(PWR)	

出所: NRC、DOEウェブサイトほか



# まとめ

---

- 2019年における、過去最高を記録した発電電力量と設備利用率や、初となる2回目の運転延長認可は原子力業界にとって明るいニュース
- 足元では早期閉鎖の動きが継続  
2020年も2基が早期閉鎖、今後4基が2025年までに早期閉鎖予定
- 新規建設が進んでいるのは、2021年、2022年の運転開始を目指す  
ボーグル3、4号（AP1000）のみ  
出力増強も多くは見込めず、新型コロナウイルスの影響も未知数であることを鑑みると、2020年以降、2019年の発電電力量を更新できるかは不透明
- 2020年以降も経済性を判断基準として、早期閉鎖か80年運転を目指すか、という2極化が進んで行くものと考えられる



# 参考資料・ウェブサイト

---

## ○参考資料

- ・ NEI(2020), Nuclear by the Numbers
- ・ NEI(2019), Nuclear Costs in Context
- ・ NEI(2018), Forward Strategy

## ○参考ウェブサイト

- ・ NEI : <https://www.nei.org/home>
- ・ NRC : <https://www.nrc.gov/>
- ・ EIA : <https://www.eia.gov/>
- ・ DOE : <https://www.energy.gov/>

NEI(Nuclear Energy Institute) : 米国原子力エネルギー協会

NRC(Nuclear Regulatory Commission) : 米国原子力規制委員会

EIA(Energy Information Administration) : 米国エネルギー情報局

DOE(Department of Energy) : 米国エネルギー省