

米国・自由化州における既設原子炉の
閉鎖に関する動向
-イリノイ州・ニューヨーク州を中心に-

2016年7月

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所
戦略研究ユニット 原子力G 鈴木

目的意識

（目的意識）

・2016年4月に電力小売全面自由化を実施した日本では、自由化の帰趨やその影響に注目が集まっている。その中の一つの大きな関心事項として、自由化市場の中での原子力の位置付けの問題がある。

・その関連で、自由化で先行する諸外国を見渡すと、特に米国の自由化州において、昨年頃から既設炉の閉鎖が相次いで発表されており、大きな議論を呼んでいる。

・今回は、今後の日本での政策検討に資することを目的として、その中でも①規模（基数・発電容量）の大きさ、②政策議論の関連性の観点から、イリノイ州、ニューヨーク州の既設炉に焦点を当て、閉鎖に至った原因や、閉鎖を防止するための政策の議論状況等についてご報告。

（目次）

1. 既設炉の動向
2. イリノイ州の動向
3. ニューヨーク州の動向
4. 連邦政府・原子力産業界の動向
5. まとめ

※本報告は、（一財）日本エネルギー経済研究所（以下、IEEJ）が平成27年度に経済産業省より受託した「系統制約・競争環境下における原子力利用に係る調査・研究」の成果を一部活用している。（成果を一部活用した頁については、頁番号の右側に○を付している。）

1.既設炉の動向－概要（立地）

- ・ 米国は、2016年6月現在、100基・106GWの運転中原子炉を有している。（世界第一位）
- ・ 州別では、電力小売全面自由化を実施している州（以下、自由化州）に約4割が、実施していない又は中断している州（以下、非自由化州）に約6割が立地。自由化州であるイリノイ州に最も多くの炉が立地している。

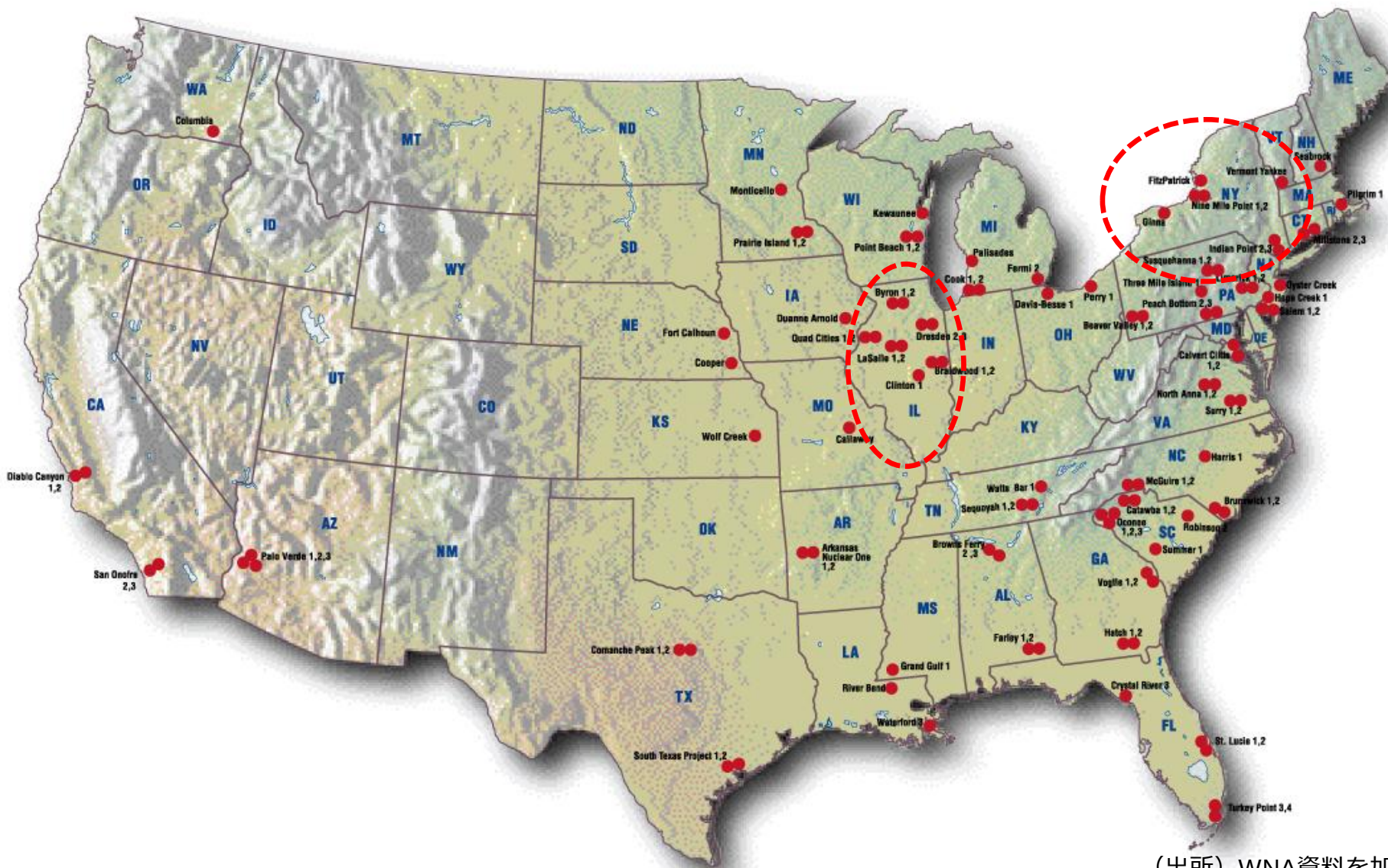
自由化州

州	基数	発電容量(MW)
Illinois	11	12,229
Pennsylvania	9	10,669
New York	6	5,571
Texas	4	5,217
New Jersey	4	4,346
Ohio	2	2,228
Connecticut	2	2,198
Maryland	2	1,829
New Hampshire	1	1,296
Massachusetts	1	711
計	42	46,294

非自由化州

州	基数	発電容量(MW)
South Carolina	7	6,844
North Carolina	5	5,340
Alabama	5	5,311
Tennessee	4	4,849
Michigan	4	4,299
Georgia	4	4,290
Florida	4	3,753
Virginia	4	3,781
Arizona	3	4,242
Minnesota	3	1,817
他10州	15	15,095
計	58	59,621

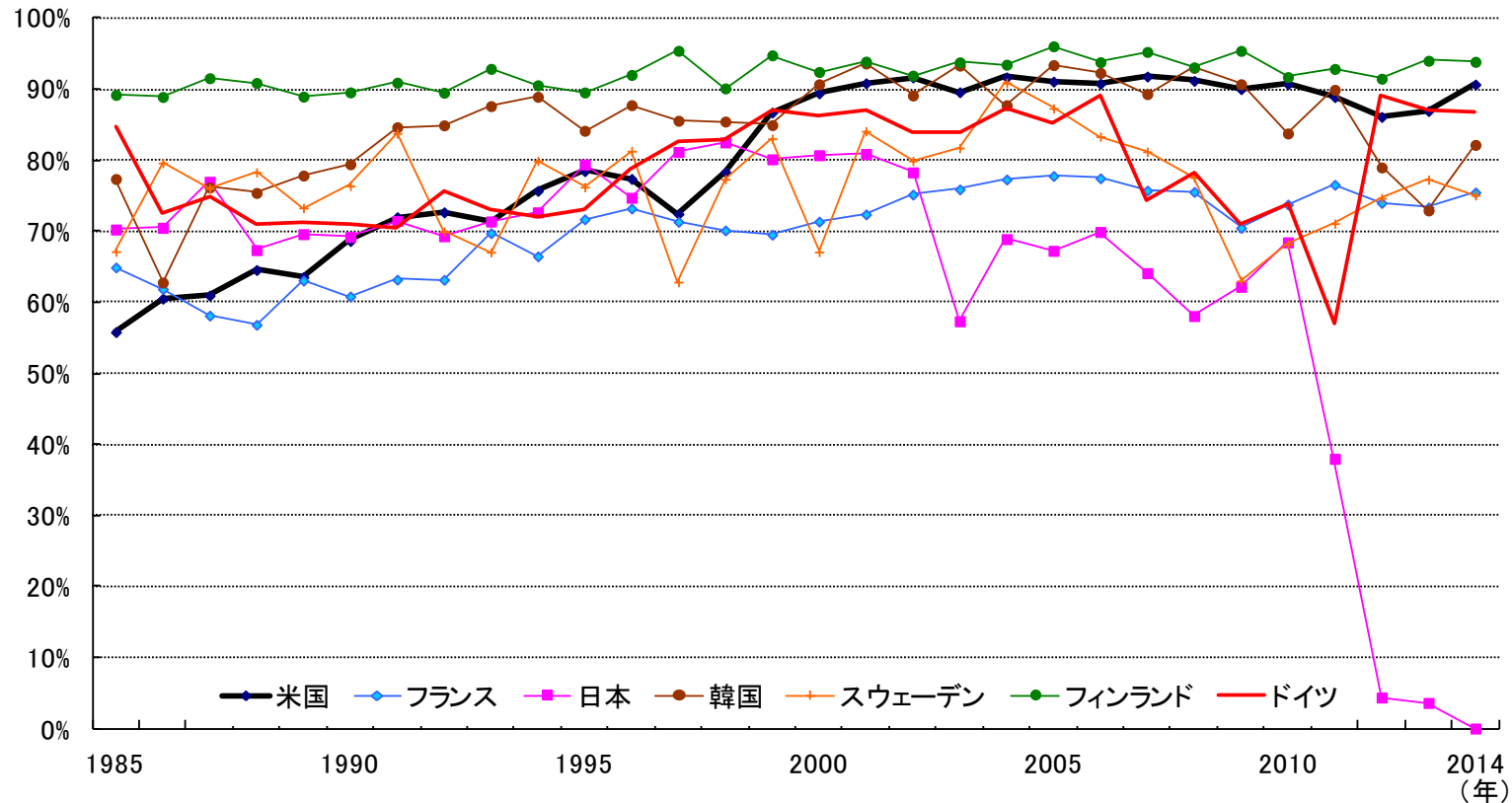
1.既設炉の動向－概要（分布）



(出所) WNA資料を加工

1.既設炉の動向－運転実績

- ・ 米国の既設炉の設備利用率は1980年代後半から上昇し、2000年頃からは90%前後で推移しており、世界の主要な原子力発電利用国の中で最も高い水準にある。
- ・ また、米国の運転中既設炉のうち、約8割に当たる81基が運転延長認可（40年→60年）を取得している。



1.既設炉の動向－閉鎖決定（1/2）

・2000年代には既設炉の閉鎖は1基も無かったが、2010年末頃から経済性の悪化等を理由とする閉鎖決定が徐々に見られるように。

発電所	決定時期	閉鎖時期	立地州	事業者	炉型・発電容量 (MW)	運転年数*	閉鎖理由
Oyster Creek	2010/12	2019/12	New Jersey (自由化州)	Exelon	BWR 652	46	①電力価格・需要の低下及び資本コストの増大 ②環境規制対応コスト(冷却塔の新設) 上記2点等による経済性の悪化
Kewaunee	2012/10	2013/5	Wisconsin (非自由化州)	Dominion	PWR 595	39	①発電容量の小ささ ②卸電力価格の低下 上記2点から、定期的な資産見直しの際に経済性が低いと判断
Crystal River-3	2013/2	2013/2	Florida (非自由化州)	Duke Energy	PWR 890	36	格納容器の修理に要するコスト・期間を考慮 (2009年、SG取替時に格納容器の壁に剥離を発見)
San Onofre-2,3	2013/6	2013/6	California (非自由化州)	Southern California Edison	PWR 各1,127	30	再稼働審査に要するコスト・期間の不確実性を考慮 (2012年、3号機のSG内部の配管から漏洩が発生し稼働停止)
Vermont Yankee	2013/8	2014/12	Vermont (非自由化州)	Entergy	BWR 635	42	①ガス価格下落による卸電力価格の低下 ②安全対策等に要する資本コストの増大 ③容量・電源の多様性に対する市場評価の不備 上記3点等による経済性の悪化

* 運転年数は初併入した年で起算。閉鎖済みのものは閉鎖時点、それ以外のものは2015年末時点の満年数。以降同じ。

(出所) IAEA PRIS (炉型等)、各事業者プレス (閉鎖理由等) を基に作成

1.既設炉の動向－閉鎖決定（2/2）

・ 2015年末頃から再び閉鎖決定が相次ぎ、2010年からの累計は9発電所・11基に。

発電所	決定時期	閉鎖時期	立地州	事業者	炉型・発電容量 (MW)	運転年数	閉鎖理由
Pilgrim-1	2015/10	2019/5	Massachusetts (自由化州)	Entergy	BWR 711	43	①ガス価格下落による卸電力価格の低下 ②供給安定性が高く、再エネと同様にcarbon-freeの大規模電源である原子力に対する市場評価の不備 ③安全対策等に要するコストの増大 上記3点等による経済性の悪化
Fitzpatrick	2015/10	2017/1	New York (自由化州)	Entergy	BWR 849	40	①ガス価格下落による卸電力価格の低下 ②供給安定性が高く、再エネと同様にcarbon-freeの大規模電源である原子力に対する市場評価の不備 ③安全対策等に要するコストの増大 ④当該地域の供給過剰と需要低迷 上記4点等による経済性の悪化
Fort Calhoun-1	2016/6	2016/12	Nebraska (非自由化州)	Omaha Public Power District	PWR 512	42	①ガス価格の下落と電力需要の低下 ②Clean Power Planが既設炉に対してcarbon-free発電クレジットを与えないこと ③出力が小さく規模の経済性が働かないこと
Diablo Canyon-1,2	2016/6	2025/12	California (非自由化州)	Pacific Gas & Electric	PWR 各1,197	31	①エネルギー効率化プログラム等を背景とする今後の電力需要の不確実性 ②再エネ拡大による既存電源の必要性低下 ③PV拡大による(柔軟な運転が困難な)ベースロード電源の必要性低下 ④設備コスト等(冷却塔設置、運転延長対応、規制対応コスト等)の増大

1.既設炉の動向－閉鎖決定の要因

・各事業者が、既設炉の閉鎖決定の要因として挙げていることは、主として以下の4点に要約できる。

- ①（ガス価格の下落を主因とする）卸電力価格の低下
- ②（資本コスト等の増大による）既設炉の発電コストの上昇
- ③（政策的補助を背景とする）再生可能エネルギーの拡大
- ④供給安定性が高く、再生可能エネルギーと同様にcarbon-free電源である原子力に対する市場評価・政策的措置の不備

1.既設炉の動向－閉鎖の可能性あり

・それ以外にも、事業者自身や各種報道によって閉鎖の可能性が指摘されているものがあり、特に自由化州であるイリノイ州、NY（ニューヨーク）州に多く存在。（6発電所・10基）

発電所	立地州	事業者	炉型・ 発電容量 (MW)	運転 年数	状況
Byron-1,2	Illinois	Exelon	PWR 1,242 1,210	30 28	2015年11月、運転延長認可(40年→60年)を取得。 ただし、経済性の悪化から、実際の運転継続について 判断を保留中。
Clinton-1	Illinois	Exelon	BWR 1,098	28	経済性が悪化する中、既設炉の支援を含む <u>イリノイ州 の法案</u> がこのまま可決しない場合、2017年6月に閉鎖 すると発表
Quad Cities-1,2	Illinois	Exelon	BWR 各940	各43	上記と同じ理由から2018年6月に閉鎖すると発表
Ginna	New York	Exelon	PWR 608	46	経済性の悪化により閉鎖の可能性が指摘されていたが 既設炉の支援を含む <u>NY州の政策的措置</u> の検討状況を 踏まえ、判断を保留中。
Nine Mile Point-1,2	New York	Exelon	BWR 642 1,320	46 28	同上
Indian Point-2,3	New York	Entergy	PWR 1,067 1,085	42 39	2007年、運転延長認可をNRCに申請したものの、 <u>NY州 等が運転延長に反対</u> していることから認可が発給されて おらず、NRCやNY州と協議中。

2.イリノイ州の動向－既設炉の概要

・イリノイ州には6発電所・11基の既設炉が立地しているが、事業者は全てExelon社。その中の5基に閉鎖の可能性が指摘されているが、設備利用率はいずれも90%超の高水準にある。

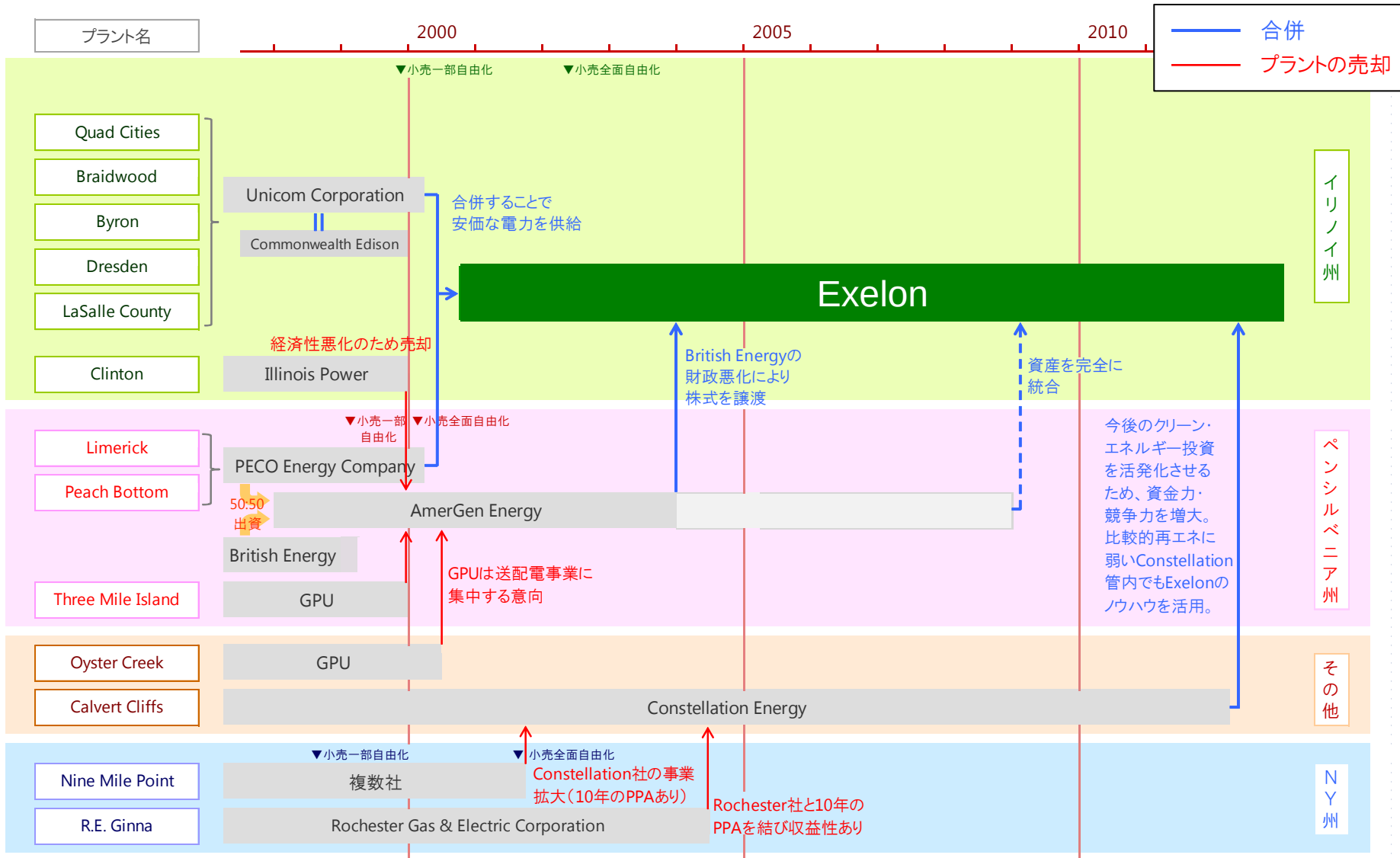
No.	名称	炉型	事業者	発電容量 (MW)	運転 年数	設備利用率 (2010-14平均)
1	Braidwood-1	PWR	Exelon	1,270	28	95.3
2	Braidwood-2	PWR	Exelon	1,230	27	78.4
3	Byron-1	PWR	Exelon	1,242	30	94.9
4	Byron-2	PWR	Exelon	1,210	28	93.9
5	Clinton-1	BWR	Exelon	1,098	28	94.4
6	Dresden-2	BWR	Exelon	950	45	98.5
7	Dresden-3	BWR	Exelon	935	44	96.7
8	Lasalle-1	BWR	Exelon	1,207	33	96.1
9	Lasalle-2	BWR	Exelon	1,207	31	96.6
10	Quad Cities-1	BWR	Exelon	940	43	98.0
11	Quad Cities-2	BWR	Exelon	940	43	95.7



(出所) IAEA PRISを基に作成

※左表のNo.に対応
(出所) NEI

2.イリノイ州の動向 – (参考) Exelon社の変遷



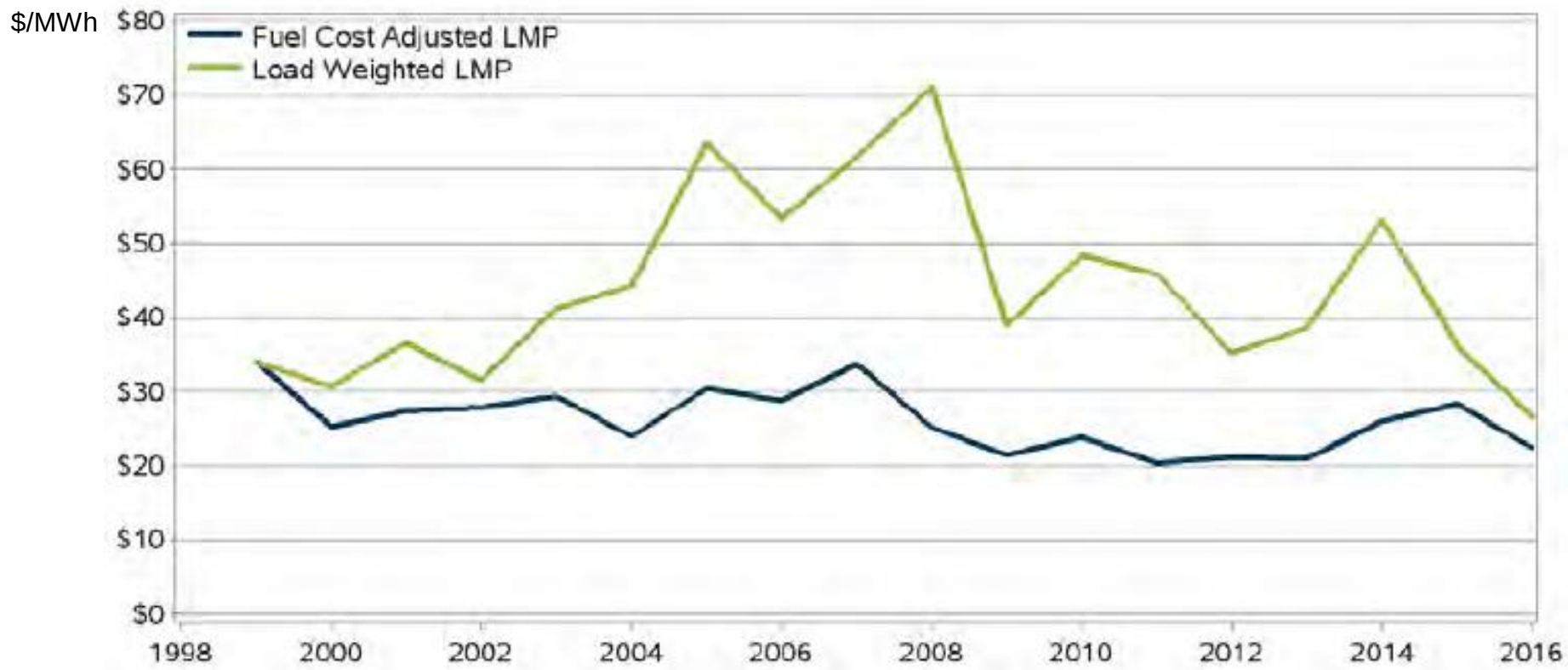
* 原子力発電所の所有に関するもののみを記載

(出所) Exelon社プレス、各種報道等

2.イリノイ州の動向－①卸電力価格（1/2）

・卸電力価格は、化石燃料価格の上昇により2008年まで上昇していたが、2009年に大幅に下落。その後はほぼ横ばいだったが、2014年から再び下落傾向にある。

PJMの卸電力価格の推移（Local Marginal Price）



（出所） PJM

2.イリノイ州の動向－①卸電力価格（2/2）

- ・ 現在、米国における天然ガス価格は、2002年頃以来の低水準にある。

\$/mcf

天然ガス価格の推移（Citygate price）



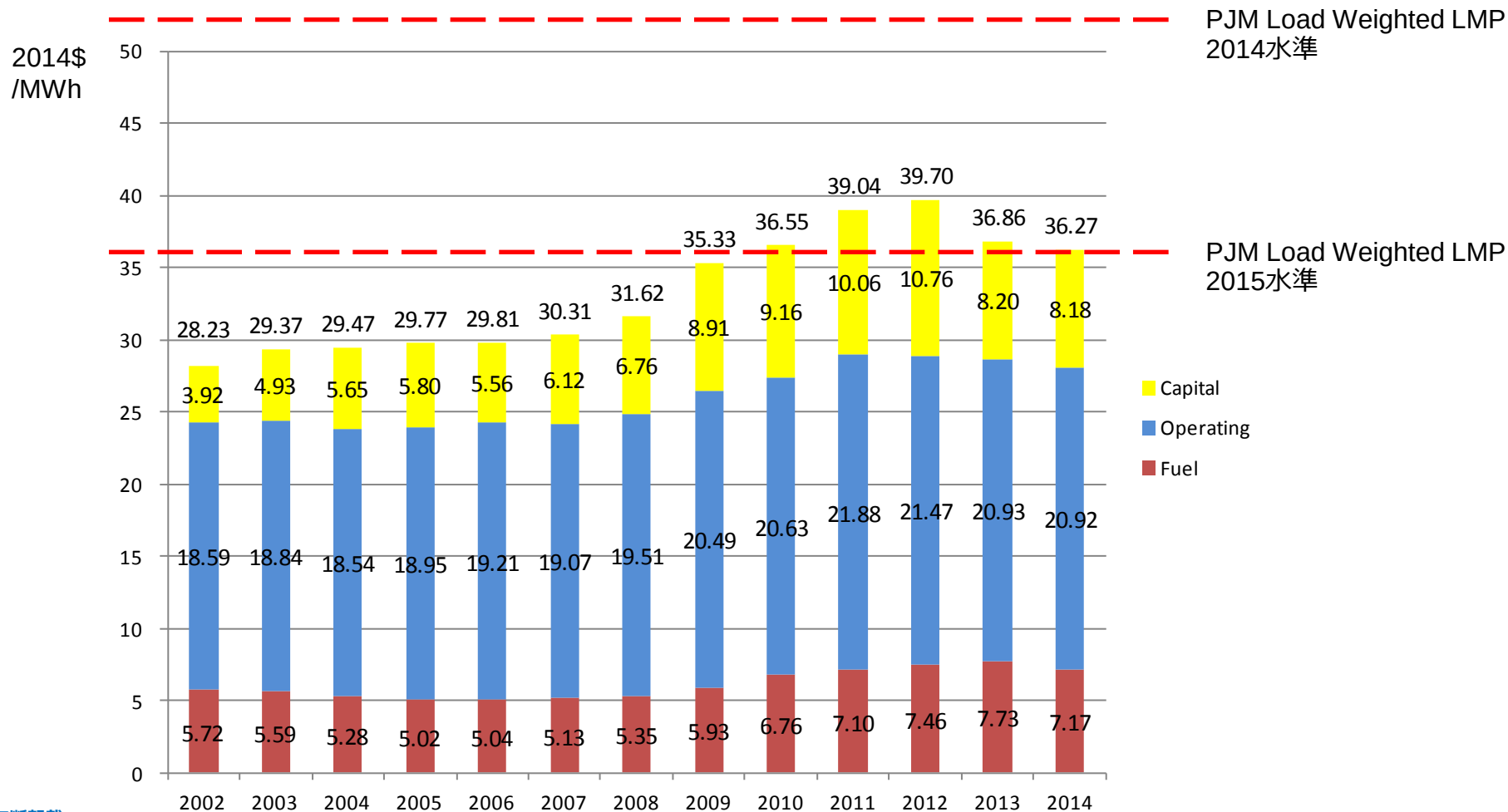
(出所)

EIA資料を
基に作成

禁無断転載
(C) 2016 I

2.イリノイ州の動向－②既設炉の発電コスト

・ NEIによれば、米国の既設炉全体の発電コストは2002年時点では28.23\$/MWh相当だったが、2014年には36.27\$/MWhとなっており、約35%上昇している。



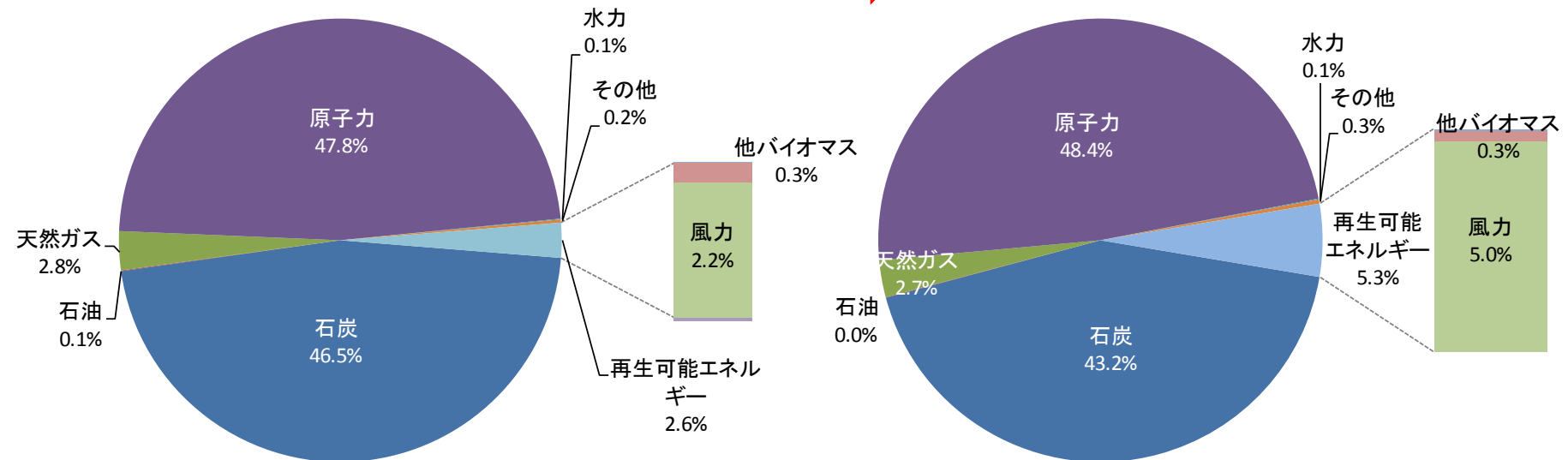
2.イリノイ州の動向－ ③再エネ拡大（1/2）

・イリノイ州の電源構成は原子力と石炭に大きく依存している。2010年と14年を比較すると石炭に代わって風力がやや増加している。

2010年
(総発電量：201TWh)



2014年
(総発電量：202TWh)



2.イリノイ州の動向－ ③再エネ拡大 (2/2)

- 各種報道によれば、イリノイ州には、特に同州西部に隣接するアイオワ州（左図参照）から、風力発電量が多く流入している模様。

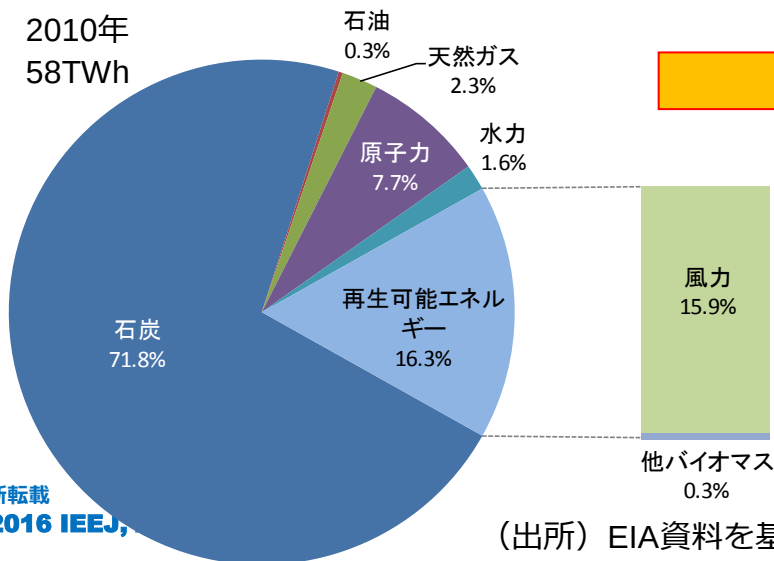
アイオワ州の風力発電量は近年大幅に増加している。（下図）



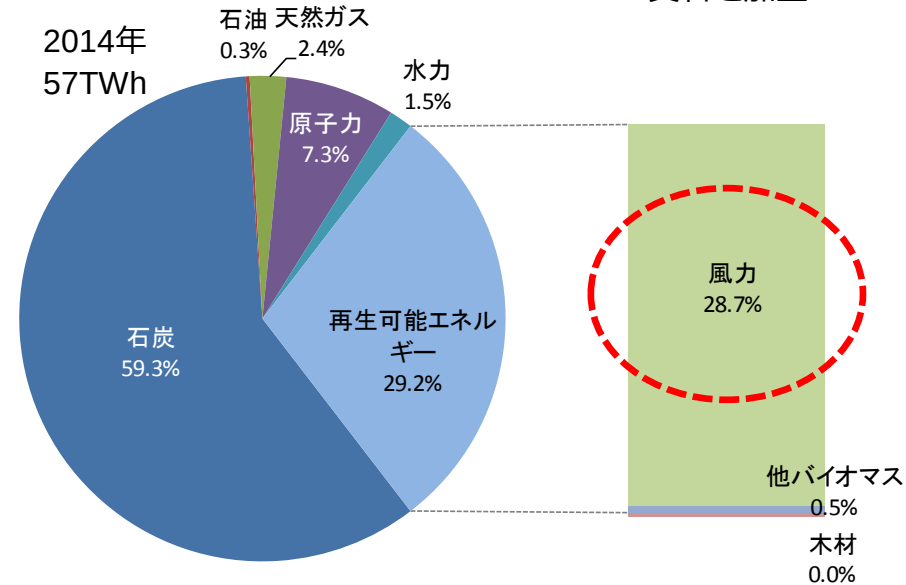
■ : MISO ■ : PJM (出所) FERC 資料を加工

アイオワ州の電源構成

2010年
58TWh



2014年
57TWh

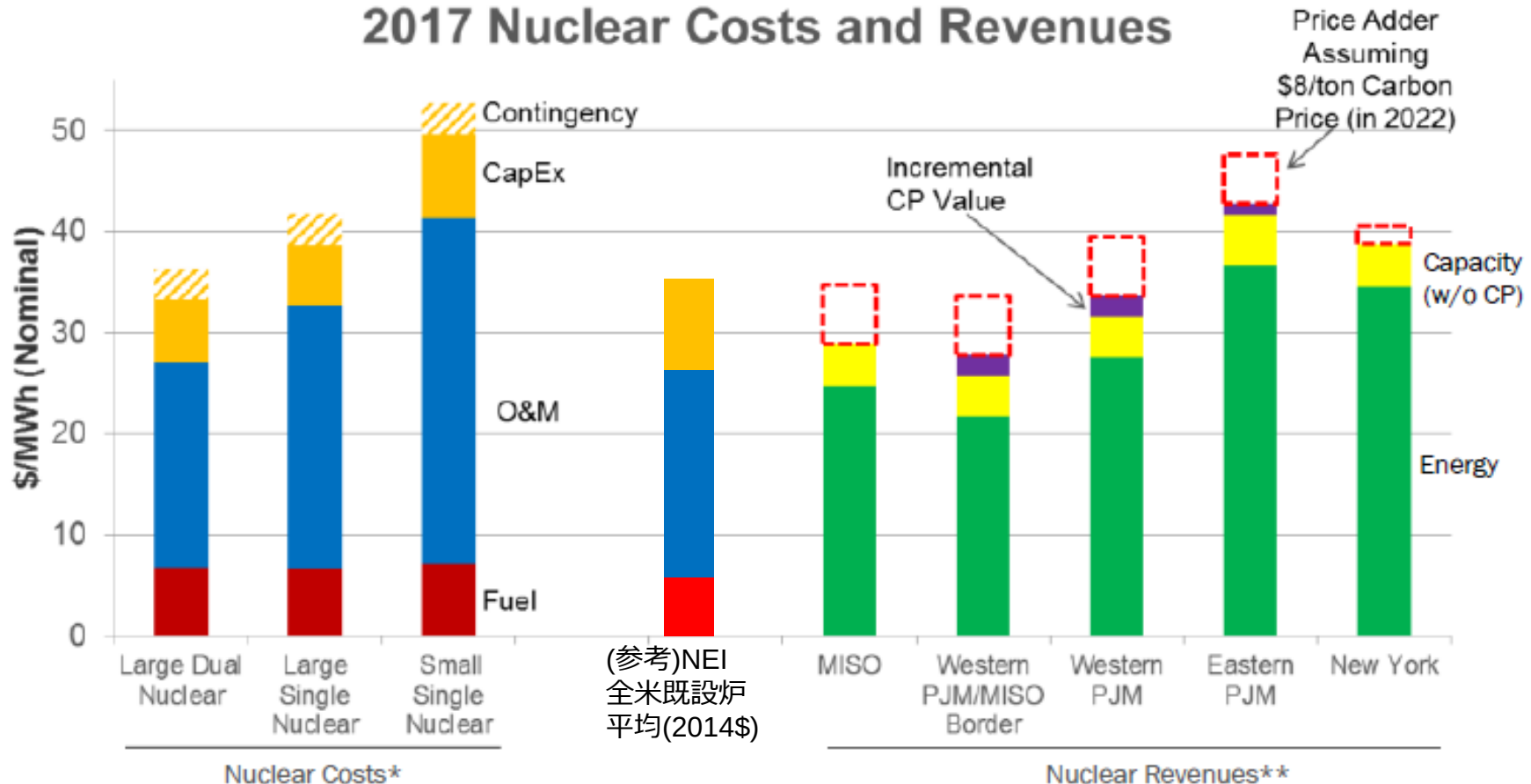


(出所) EIA資料を基に作成

2.イリノイ州の動向－ Exelon社の既設炉の経済性

・2017年における、Exelon社所有の既設原子炉の発電コストと、MISO・PJM・NYISOの卸電力価格は、以下のとおり予測されている。

2017 Nuclear Costs and Revenues



2.イリノイ州の動向－④政策的措置に関する議論（1/4）

・ 2014年5月、原子力発電所閉鎖に関する州下院決議1146

- 州内11の原子力発電所が、州の安価な電気料金や経済成長の原動力であり、carbon-free発電の92%を供給していることを認め、閉鎖の危機にあることを指摘。
- 州の各機関に対し、市場ベースの解決策やGHG排出増の社会的コスト・発電所閉鎖による経済面や供給面での影響を研究することを求める。

・ 2015年1月、上記決議を受け、イリノイ州商務委員会、環境保護庁等の4機関が連名で、“Potential Nuclear Power Plant Closings in Illinois”と題した報告書を公表

- 各機関が閉鎖による電気料金・GHG排出量・地域経済等への影響等について試算。併せて Potential market-based solutionsとして、以下の5項目を検討。
 1. Rely on existing competitive forces and pending market changes
 2. Establish a cap and trade policy
 3. Implement a carbon tax
 4. Create a **low-carbon portfolio standard**
 5. Create a sustainable power planning standard

※ただし、上記4機関は、これら5項目は「さらなる議論を行うための出発点」であり、特定の選択肢を推奨するものではないとした。

2.イリノイ州の動向－④政策的措置に関する議論（2/4）

- ・ 2015年2月、下院に“Low-carbon energy portfolio”法案（HB3293）が提出される。

（法案*の概要）

- 原子力を含む電源を低炭素電源と定義し、各小売事業者に一定量、低炭素電源からの調達を義務付ける。
- 低炭素電源からの調達にかかる費用を電気料金で回収することを事業者に認める。

（主な内容）

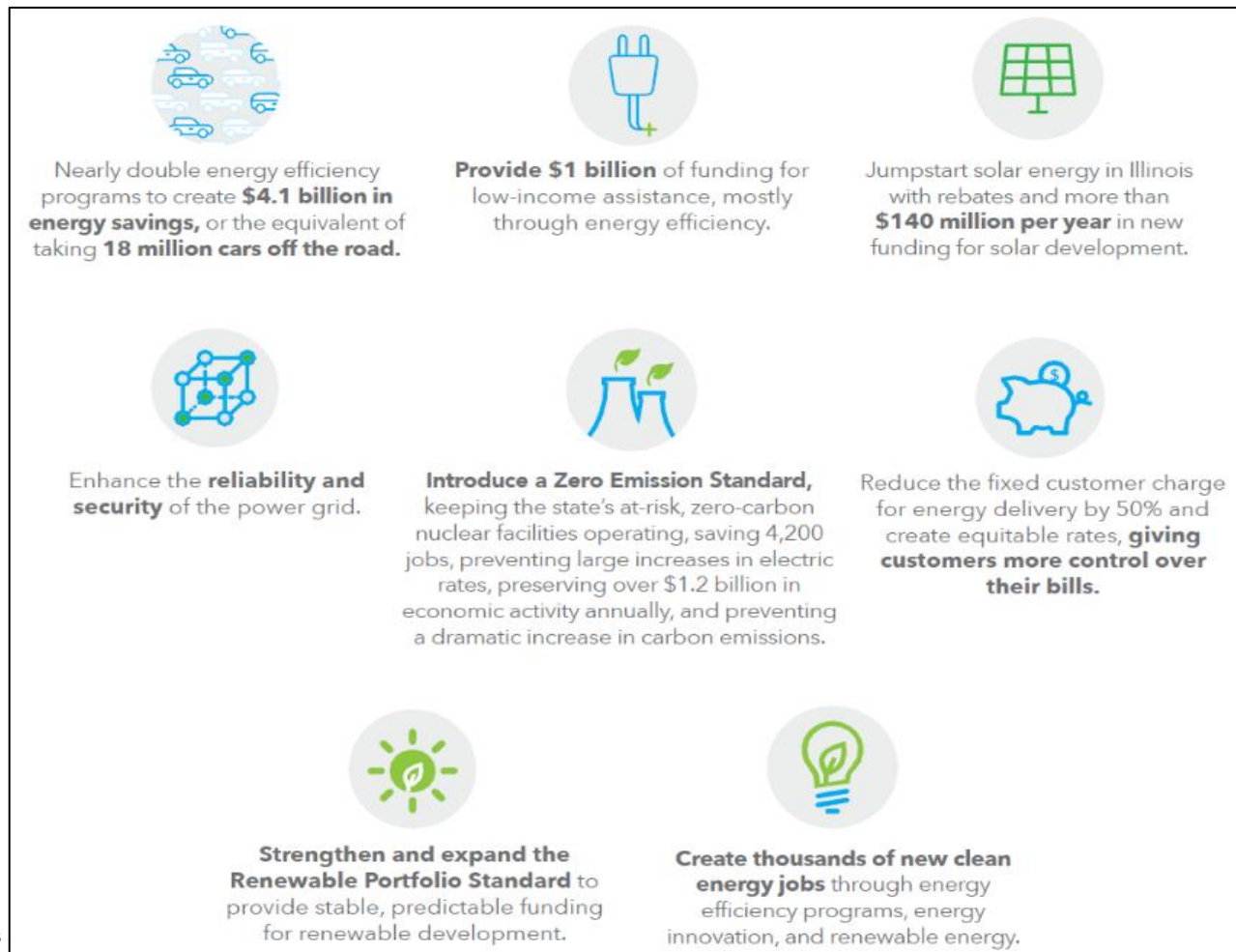
- ・ **Low-carbon energy resources (LCE)**：NO_x、SO_x、CO₂を排出しない電源で、太陽光・太陽熱・風力・水力・原子力・波力・潮力・クリーンコールを含む。
- ・ **Low-carbon portfolio standard (LCES)**：州内の顧客に電力を販売する小売事業者に対して、年間電力販売量の70%に相当する量を、コスト競争力のある（cost-effective）LCEから調達するよう義務付ける。
- ・ cost-effective：調達委員会（procurement administrator）が、域内における再生可能エネルギーの市場価格に基づき算定するベンチマークを超えないこと。
- ・ LCEからの発電量は、LCE creditとして取引可能。事業者は、LCE creditの調達に関する全ての費用を電気料金によって回収することができる。その料金は、全ての顧客に同一単価で適用される。

2.イリノイ州の動向－④政策的措置に関する議論（3/4）

- ・ しかし、HB3293の審議は止まっており、2016年6月現在、可決していない。
- ・ 再生可能エネルギー関連企業・団体が2015年2月に新たに設立した組織である“The Illinois Clean Jobs Coalition”の支持する議員が、再生可能エネルギーの普及やエネルギー利用効率の改善等を定めた対案を提出するなどしており、同法案の可決が難しくなっている模様。
- ・ 春の会期が2016年5月末で終了したことから、HB3293もその対案も可決の見通しが立っていない。こうした状況から、2016年6月2日、Exelon社はClinton-1、Quad Cities-1,2について、それぞれ2017年6月、2018年6月での閉鎖を予告。

2.イリノイ州の動向－④政策的措置に関する議論（4/4）

・2016年5月、Exelon社はComEd社と共同で、“Next Generation Energy Plan”の実施を提言。この計画は、エネルギー効率の改善・低所得者向けファンドの設立・太陽光の導入拡大等を含む内容となっている。（下図）



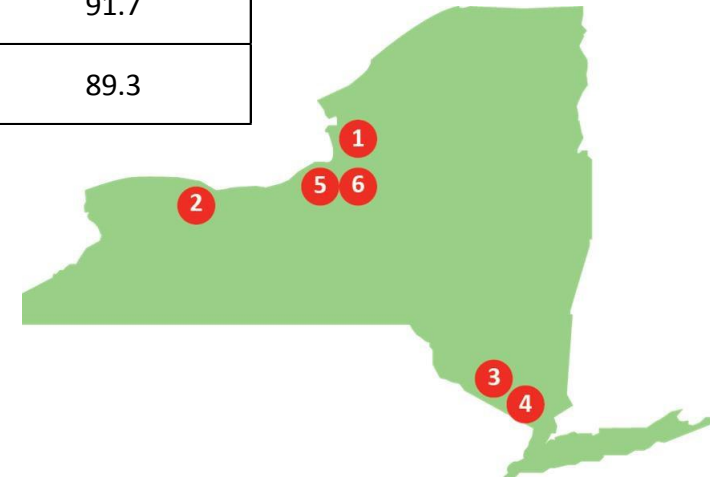
（出所） Exelon社 HP

3.NY州の動向－既設炉の概要

・NY州には4発電所・6基の既設炉が立地しており、事業者はExelon社及びEntergy社。既に閉鎖が決定したFitzpatrick発電所をはじめ、全て閉鎖の可能性が指摘されている。

No.	名称	炉型	事業者	発電容量 (MW)	運転 年数	設備利用率 (2010-14平均)
1	Fitzpatrick	BWR	Entergy	849	40	88.9
2	Ginna	PWR	Exelon	608	46	92.5
3	Indian Point-2	PWR	Entergy	1,067	42	91.8
4	Indian Point-3	PWR	Entergy	1,085	39	95.3
5	Nine Mile Point-1	BWR	Exelon	642	46	91.7
6	Nine Mile Point-2	BWR	Exelon	1,320	28	89.3

(出所) IAEA PRISを基に作成

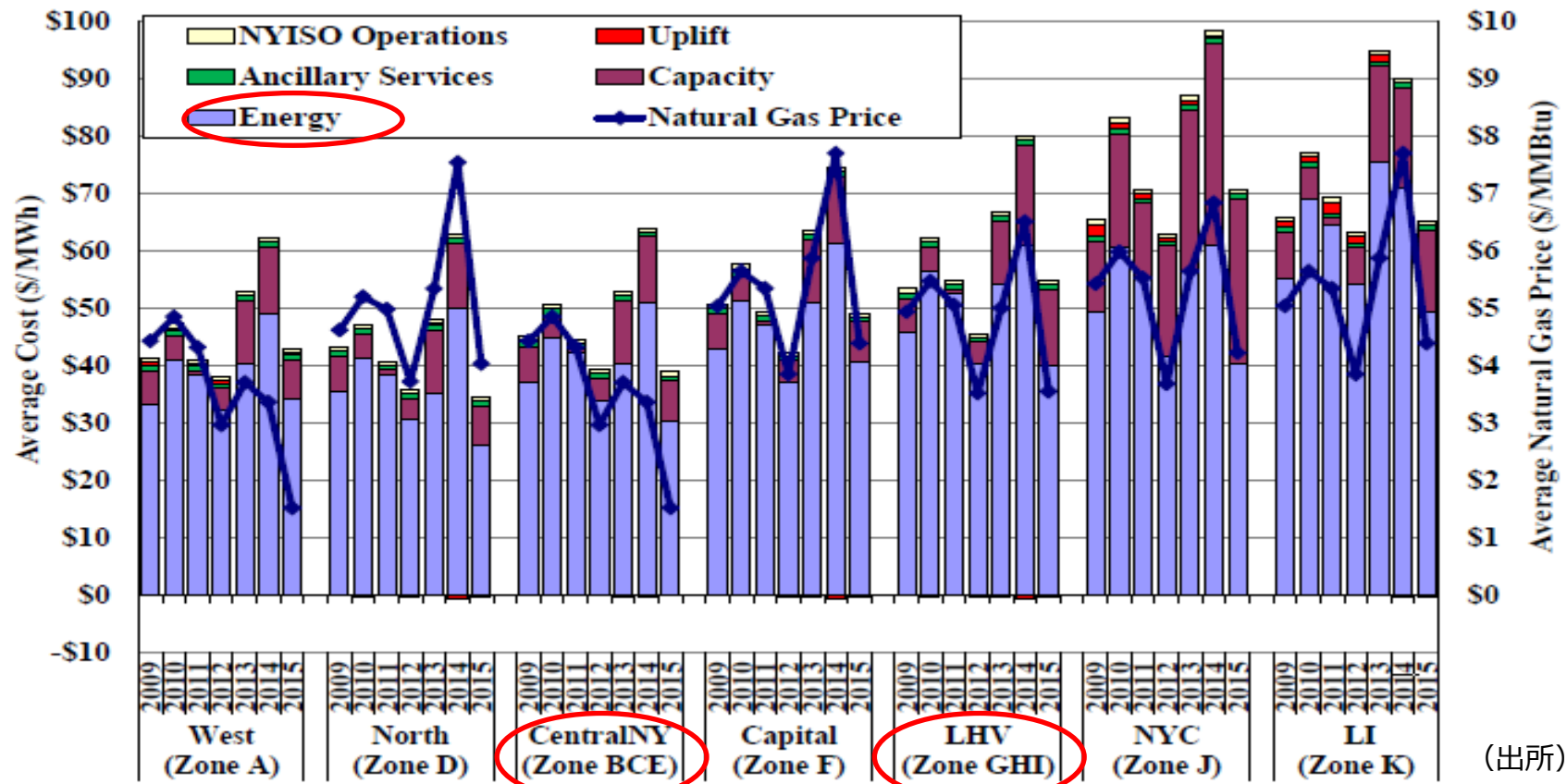


※左表のNo.に対応
(出所) NEI

3.NY州の動向－①卸電力価格の下落

・ NYISOの卸電力価格も、PJMと同様、2014年から2015年にかけて大幅に下落しており、4基が立地するCentral NYエリアの平均卸電力価格（その内の発電費用）は30\$/MWh程度となっている。

Figure 1: Average All-In Price by Region
2009-2015



(出所)

NYISO
資料を加工

3.NY州の動向－③再エネ拡大

・NY州は比較的バランスの取れた電源構成となっている。2010年から2014年にかけては、主に石炭が減り、天然ガスが増えている。（下図）

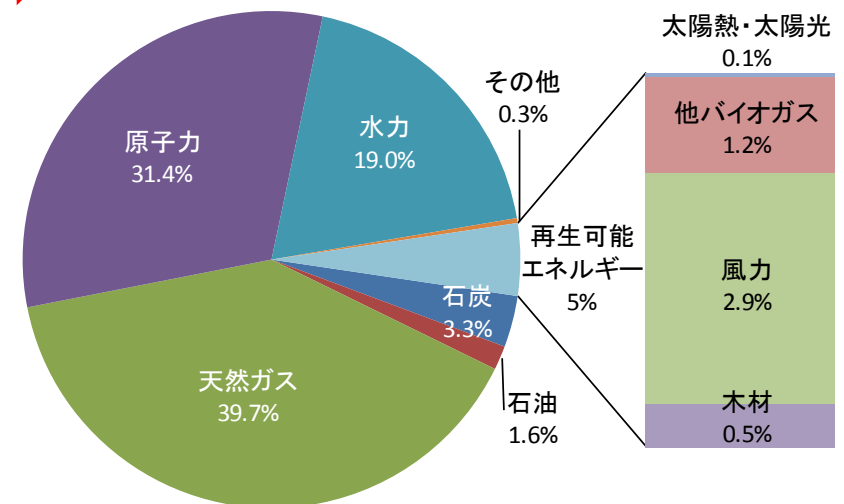
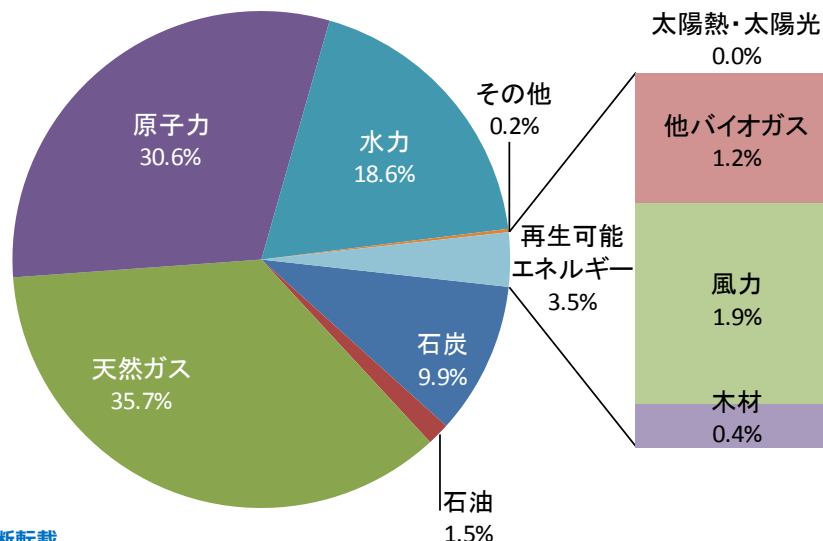
・NY州は、2015年11月に制定した“2015 New York State Energy Plan”の中で、2030年までの目標として以下を掲げている。

- GHG排出量を1990年比で40%削減
- **再生可能エネルギー*比率を50%まで拡大**
- 建築物のエネルギー消費を2012年比で23%削減

2010年
(総発電量：137TWh)



2014年
(総発電量：137TWh)



* 水力を含む
(出所) EIA資料を基に作成

3.NY州の動向－④政策的措置に関する議論（1/3）

- ・ 2016年1月、クオモ州知事は、再エネ比率50%を達成するため、10年間で50億ドルを支出するClean Energy Fundの設立を発表。
- ・ 同時に、NY州公益サービス委員会（NYPSC）に対して、**“Clean Energy Standard”**を設定するよう提案。
- ・ これに合わせて、NY州公益サービス局（NYDPS）は、“Clean Energy Standard”の草案を公表。この中で、再生可能エネルギーの普及策と併せて、既設炉の維持策である**“Nuclear Zero Emission Credits (ZECs)”**について規定。

（主な内容）

- 2015年1月1日までに商業運転を開始し、2029年もしくはそれ以降までの運転認可をNRCから受けており、かつ財務上の困難に直面していると判断された州北部*1の原子力発電所をZero-emission電源と位置付け。
- 小売事業者に、Zero-emission電源からの発電量（ZEC）の買取*2を義務付け。
- ZECの買取価格の上限*2は、運転コストと卸売価格の差額の見通しを元にNYPSCが毎年設定する。

*1 州北部の原子力発電所とはIndian Point-2,3を除く4基を指す。同発電所はNY州が運転延長に反対していることから上記政策の適用対象外となっている。

*2 ZECの買取義務は2017年4月より開始するとしているが、買取義務量や上限価格の算定式等の詳細は2016年6月現在、公表されていない。

（出所）州政府等HP

3.NY州の動向－④政策的措置に関する議論（2/3）

- ・ “Clean Energy Standard”の設定に当たっては、 NYDPSからの依頼を受けてコンサルを行ったBrattle Groupの報告書が参照されている。

- ・ 2015年12月 “New York’s Upstate Nuclear Power Plants’ Contribution to the State Economy”

（要点）

- 州北部の原子力発電所の閉鎖により、今後10年間で電力価格が150億ドル上昇。
- 税収入が年間1億4,400万ドル減少。
- CO₂排出量が年間1,600万トン増加。

- ・ 2016年4月 “Comments on the New York DPS “Clean Energy Standard White Paper – Cost Study”

（要点）

- “Clean Energy Standard ”実施によるCO₂排出量削減の内の約1/2が、州北部の既設炉の閉鎖防止による効果である一方、閉鎖防止にかかるコストは全体の約1/5に過ぎない。
- 環境面・経済面両面での総合的な利益は、閉鎖防止にかかるコストの70倍以上。

3.NY州の動向－④政策的措置に関する議論（3/3）

・“Clean Energy Standard”の設定については、Exelon社が「既設炉の存続に寄与する」として評価する一方、Entergy社は「提案が遅すぎる」「Indian Point-2,3にも適用すべき」として不満を表明。

➤ Exelon社

“Progressive energy policies will help ensure that Exelon’s upstate nuclear stations can continue delivering zero-carbon electricity and driving local economies for many years to come. We look forward to working with the governor, the PSC and other stakeholders to learn more about this ambitious plan.”

（Joe Dominguez政府・規制問題及び公共政策担当副社長のコメント、2016年1月21日付けプレスリリースより）

➤ Entergy社

“Whatever this proposal may turn out to be, it would not be in place in time”
“If the state is focused on reducing CO2 emissions, the clean energy standard should apply to Indian Point”

（Tammy Holdenスポークスマンのコメント、2016年1月28日付けBloomberg記事より）

4.連邦政府・原子力産業界の動向－連邦政府

・ 2016年5月、連邦エネルギー省は、既設炉の閉鎖問題について関係者から意見を聴取する“Summit on Improving the Economics of America’s Nuclear Power Plants”を開催。

・ 連邦議員・連邦政府・州政府・シンクタンク・ Exelon社等の参加者からは、GHG排出削減における原子力の重要性や、閉鎖問題に対する危機認識が共有された。本会合の成果は、今夏取りまとめられる予定。

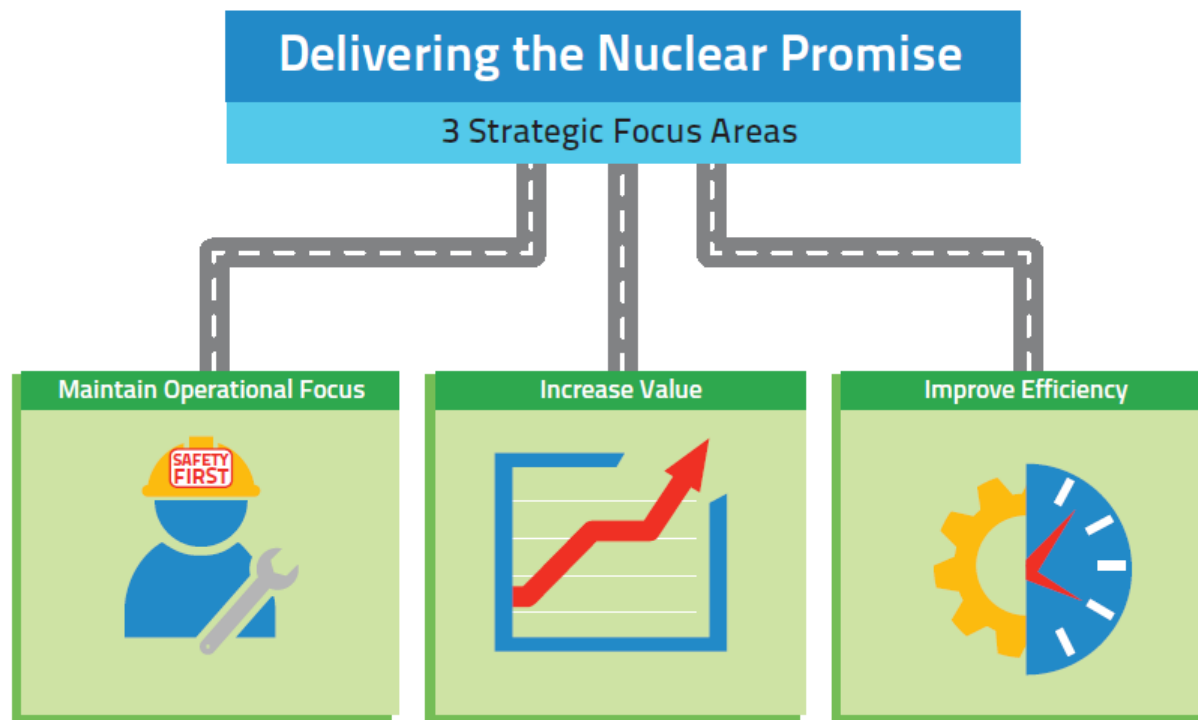
Summitの様子



4.連邦政府・原子力産業界の動向－原子力産業界

・2016年2月、NEIは、既設炉の閉鎖を防止するための取組をまとめたロードマップ“Delivering the Nuclear Promise: Advancing Safety, Reliability and Economic Performance”を公表。

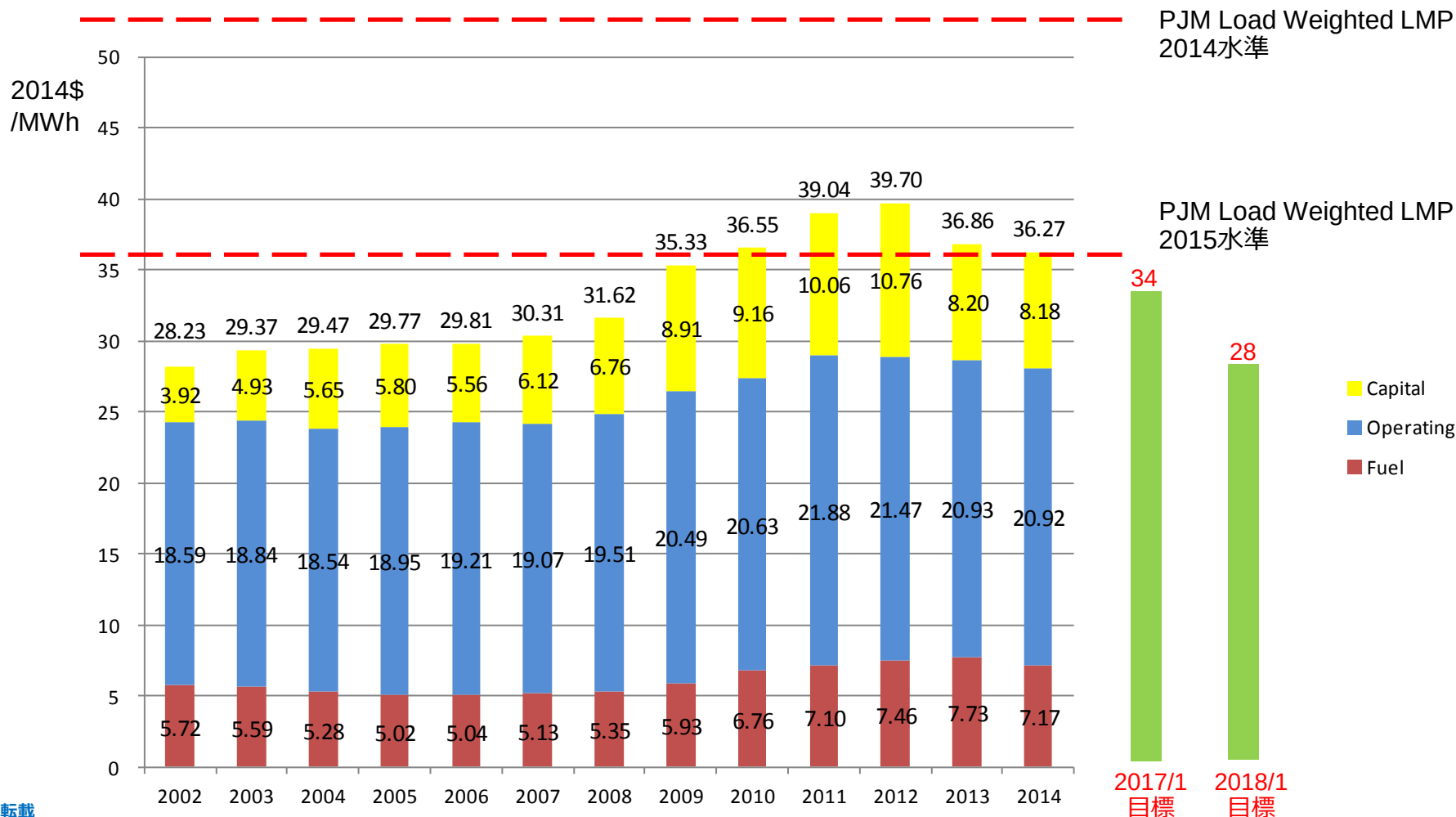
・この中で、NEI・INPO・EPRIが一体となり、安全性や供給安定性の維持を前提としつつ、**2017年1月までに15%、2018年1月までに30%のコストカット**（対2012年比）を図っている。また、連邦・州政府に対して、GHG排出削減等における原子力の貢献を訴求し、閉鎖を防止する政策を実施するよう求めている。



（出所）NEI

4.連邦政府・原子力産業界の動向－コストカット目標

- ・ 具体的には、2017年1月に34\$/MWh、2018年1月に28\$/MWhを目指すとしている。



(出所) NEI資料より作成

まとめ

- ・ ガス価格の下落による卸電力価格の低下等を要因として、現在、多くの既設炉が経済性の悪化による閉鎖の危機に直面している。
- ・ 特に自由化市場においては、経済性の悪化による市場からの撤退（閉鎖）は事業者の選択として当然起こり得る事象ではあるが、一方で、閉鎖によるGHG排出量や地域経済等への影響は無視できない。
- ・ そうした観点から、イリノイ州・NY州ともに、Low-carbon portfolio standard/Clean Energy Standardという新たな基準を設定することにより、既設炉の閉鎖を防止する法案・政策案が検討されている。ただし、政治的な合意を得られるか、実際に閉鎖を防止する効果があるかという点については、現段階では予断を許さない。
- ・ 政策的措置に関する議論と並行して、事業者には、安全性や供給安定性を維持しつつ大幅なコストカットを図ることが急務となっている。
- ・ ガス価格水準等に関する両州との違いを考慮すれば、日本にすぐさま当てはめて考えることはできないが、既設炉の閉鎖を巡る政策的措置に関する議論や事業者の取組等は、自由化の中での原子力の位置付けを議論するうえでの参考になると考えられる。

ご清聴 ありがとう ございました



エネルギーの 未来を描く

日本エネルギー経済研究所は、
本年6月に創立50周年を迎えました。



米ペンシルバニア大学が毎年発表する
「世界シンクタンクランキング2015」
(2016年1月発表)の **エネルギー部門**において

日本エネルギー経済研究所は世界第1位に
選ばれました。アジア地区では 2年連続で第1位の評価。

調査開始以来、研究分野ごとの世界ランキングの中で、
欧米以外の研究機関がトップになったのは初めて。
(2014年版では、世界で第3位・アジアで第1位)。



“2015 Global Go To Think
Tank Index Report”(p.83)

http://repository.upenn.edu/think_tanks/

日本エネルギー経済研究所のウェブサイト
では、最先端のエネルギー・環境関連の
研究成果の一部を **無料公開** しています。

賛助企業・団体以外の方を
対象とした
情報会員制度(有料サービス)
も用意しています

(会員限定の充実した
情報にアクセスできます)。



IEEJ Website

<http://eneken.ieej.or.jp/>

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp