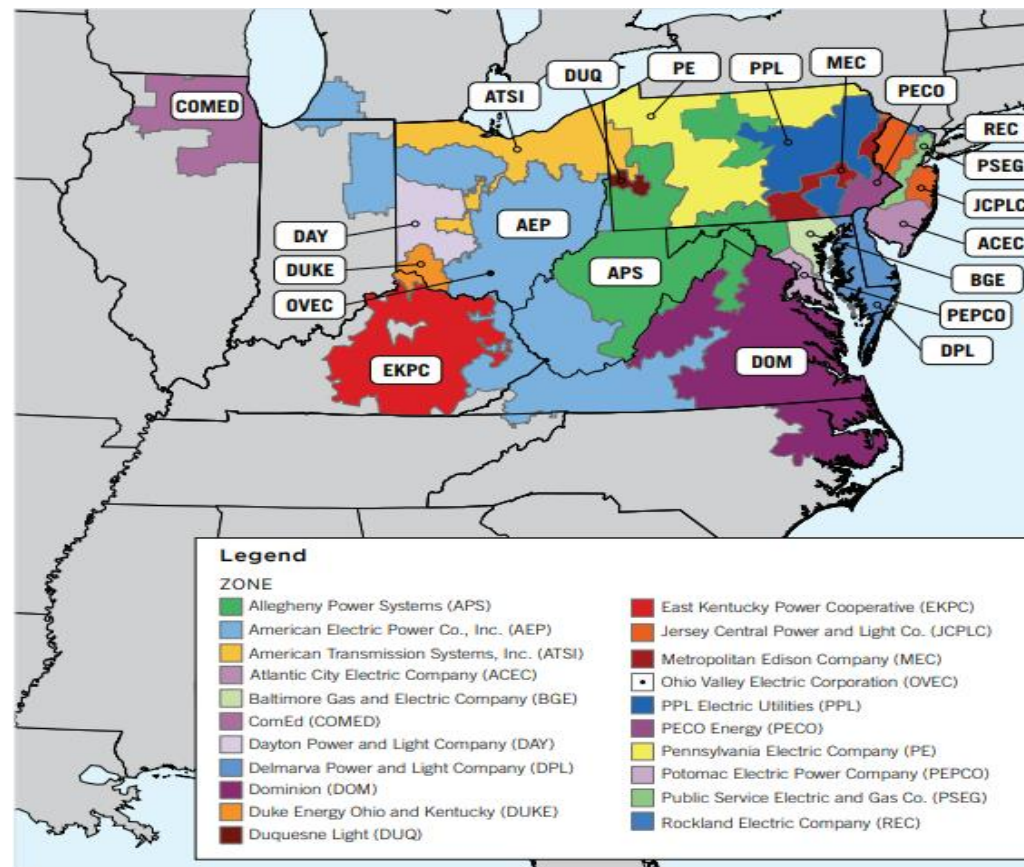


米国容量市場の現状と課題 ～PJMを中心として～

飯沼 芳樹

2021年4月26日

ISO/RTO地域



ISO/RTOの概要

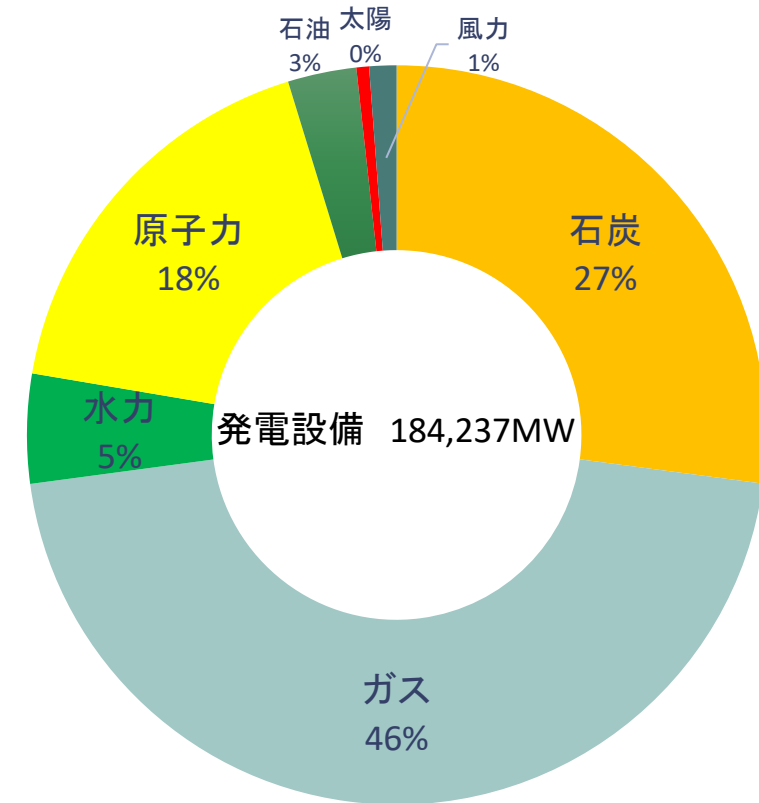
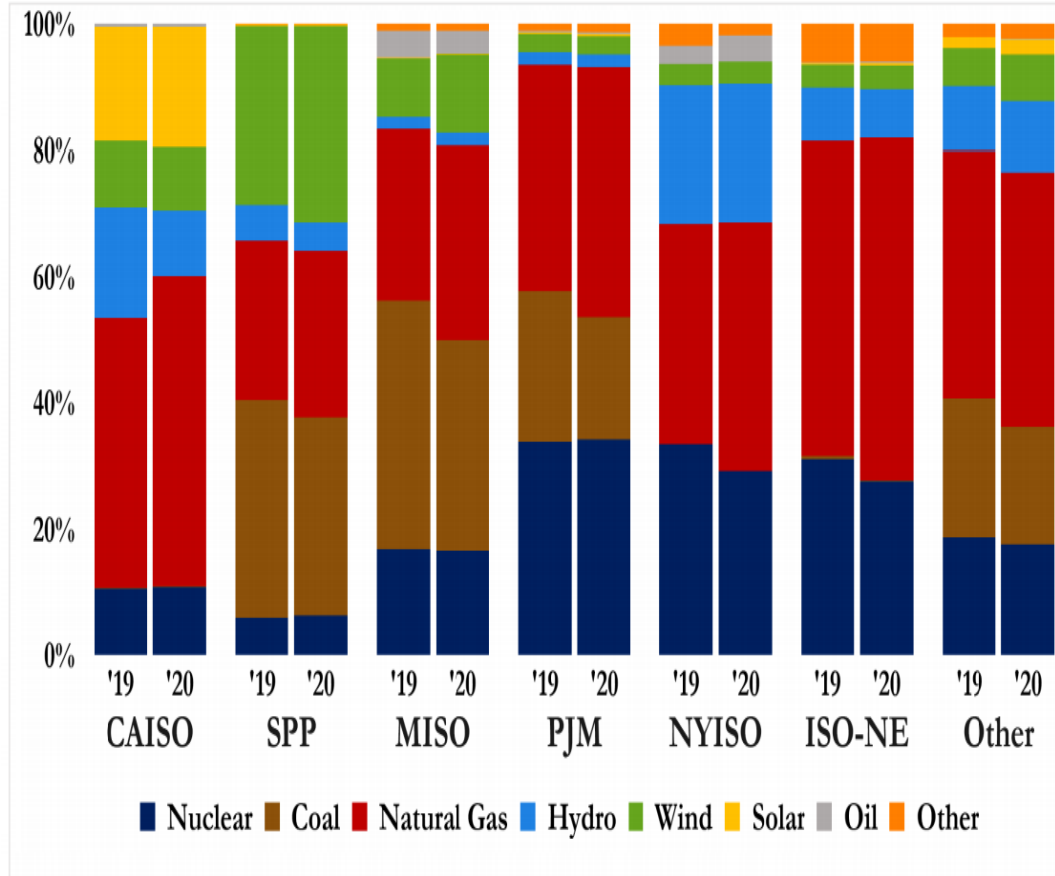
RTO/ISO	メンバー数	RTO/ISO の特徴	エネルギー市場	容量市場	アンシラリーサービス市場
ISO New England (ISO-NE)	500	-設備容量：31,000 MW -送電線：9,000 マイル (14,484km) -供給人口：1,480万 -対象州：6州	-リアルタイム市場(5分、1時間) -1日前市場	先渡容量市場(FCM: Forward Capacity Market) 3年先の容量をオークションによって調達	-周波数調整(上げ、下げ) -瞬動予備力(10分) -非瞬動予備力(10分) -運転予備力(30分)
New York ISO (NYISO)	435	-設備容量：38,777 MW -送電線：11,130マイル (17,912km) -供給人口：1,980万 -対象州：1州	-リアルタイム市場(5分、15分) -1日前市場	設備容量市場(ICAP: Installed Capacity Market) -キャパシティ期間オークション(Capability Period Auction)：6カ月間 -月次オークション(Monthly Auction)：任意 -スポットオークション(Spot Auction)：義務	-周波数調整(上げ、下げ) -瞬動予備力(10分、30分) -非瞬動予備力(10分、30分)
Southwest Power Pool (SPP)	98	-設備容量：84,943 MW -送電線：65,000マイル (104,607km) -供給人口：1,750万 -対象州：14州	-リアルタイム市場(5分) -1日前市場	容量市場はなし。SPPスタッフおよびワーキンググループ(SAWAG: Supply Adequacy Working Group)が供給力確保の責任を負う	-周波数調整(上げ、下げ) -瞬動予備力(10分) -非瞬動予備力(10分)
Midcontinent ISO (MISO)	181	-設備容量：174,724 MW -送電線：65,800マイル (105,895km) -供給人口：4,200万 -対象州：15州	-リアルタイム市場(5分) -1日前市場	計画容量オークション(Planning Resource Auction)：任意	-周波数調整(上げ、下げ) -瞬動予備力(10分) -運転予備力(10分)
PJM Interconnection (PJM)	990	-設備容量：183,604 MW -送電線：82,546マイル (132,845km) -供給人口：6,500万 -対象州：13州 +ワシントン D.C.	-リアルタイム市場(5分) -1日前市場	信頼度価格モデル(Reliability Pricing Model) 3年先の容量をオークションによって調達	-周波数調整(上げ、下げ) -瞬動予備力(10分) -一次予備力(10分)
Electric Reliability Council of Texas (ERCOT)	162	-設備容量：75,964 MW -送電線：46,500マイル (74,834km) -供給人口：2,400万 -対象州：1州	-リアルタイム市場(5分) -1日前市場	容量市場はなし。供給力を確保するため、Scarcity Pricingを採用	-周波数調整(上げ、下げ) -応答予備力 -非瞬動予備力(30分)
California ISO (CAISO)	100+	-設備容量：60,000 MW -送電線：26,000マイル (41,843km) -供給人口：3,000万 -対象州：2州	-リアルタイム市場(5分、15分) -1日前市場	容量市場はなし。将来的な供給力の確保のために、容量確保体制を採用	-周波数調整(上げ、下げ) -瞬動予備力(10分) -非瞬動予備力(10分)

出典：米国電気事業の最近の動向「海外電力」2019年2月号

PJMとは

- 米国最大のISO/RTO
- 中国の国家電網を除けば世界最大のグリッドオペレーター
- 最も歴史が古く(1927年設立)、タイトなパワープールが前身
- 広域運営と市場運営の経験は自由化以前から
- サービス地域は自由化地域

PJM 発電設備構成



出典 : FERC, State of the Market Report 2020

出典 : Monitoring Analytics, State of the Market Report for PJM, 2020から作成

PJM容量市場の歴史

- パワープール時代から実質的な容量市場が存在
- 自由化後分散型容量市場 (CCM: Capacity Credit Market) 導入
- 2007年から集中型容量市場 (RPM: Reliability Pricing Model)を導入

容量市場の目的

- 信頼度と将来の供給能力の確保
- 新規投資を誘引する価格シグナル
- 非経済的設備の退出を促す価格シグナル
- 過剰設備と供給力不足を料金に反映

容量とエネルギー

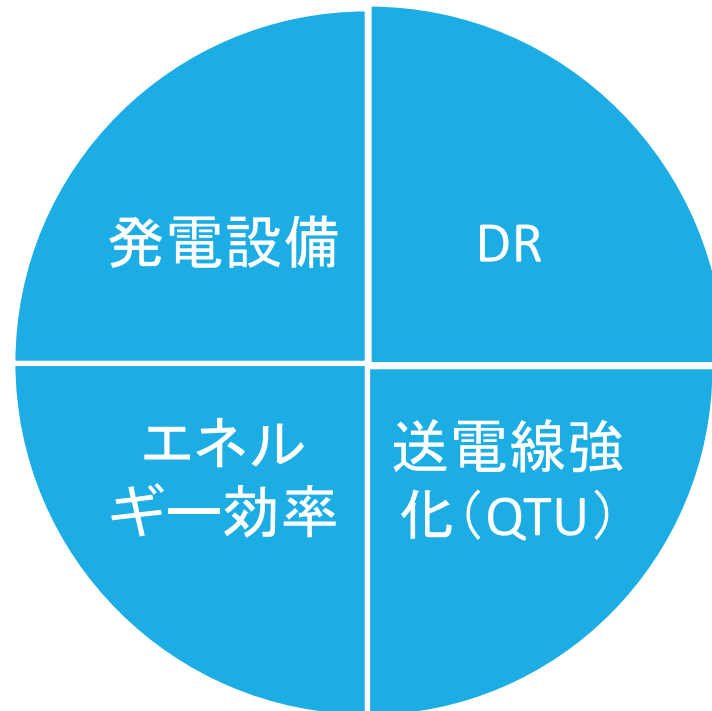
容量

- KW: PJMが必要とする時は必ずKWを提供するとの、リソース(発電事業者等)側のコミットメント
- KWを供給するなしに係らず報酬が得られる
- Daily products

エネルギー

- KWh: 実際の発電電力量
- 一日前市場とリアルタイム市場への参加によるkWh収入
- Hourly products

容量 (RPM) 資源



アデカシー要件

- 想定最大需要と、信頼度基準を満たすリソースの確保
- 信頼度基準は10年に1回のイベントを超えないLoss of Load Expectation (LOLE)

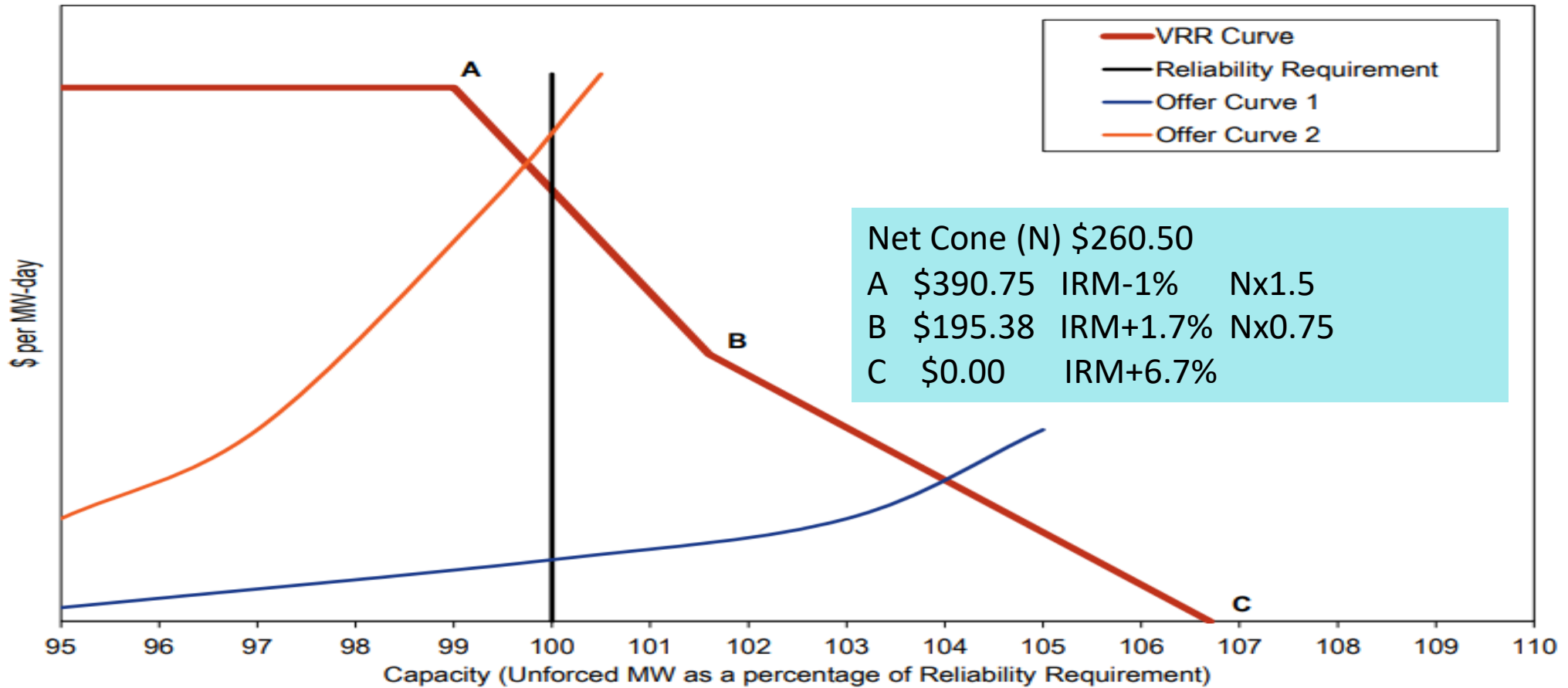
$$\text{アデカシー} = \text{想定最大需要} * (1 + \text{IRM})$$

IRM: Installed Reserve Margin

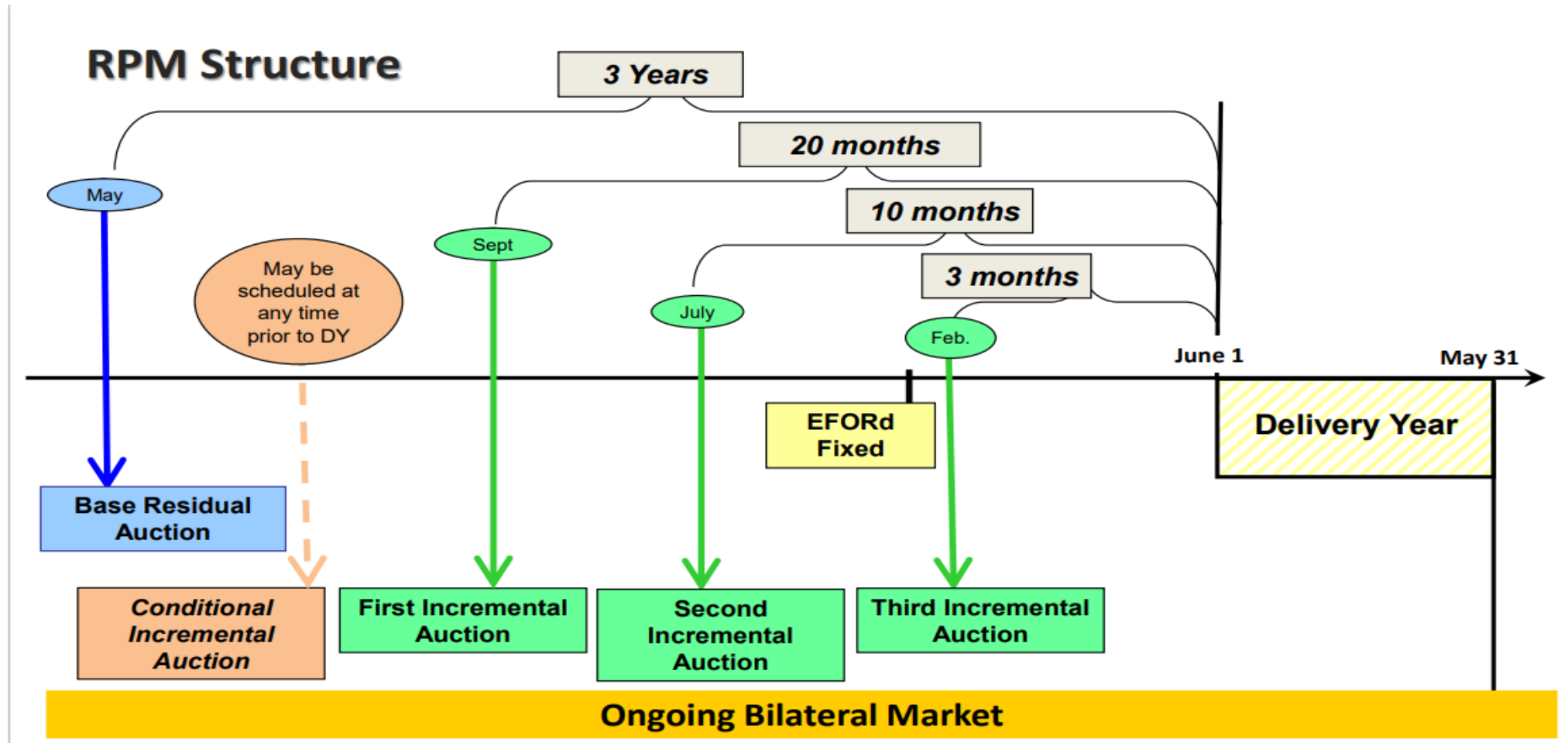
2021/2022 BRA 15.8%, 2022/2023 BRA 14.50%

BRA: Base Residual Auction

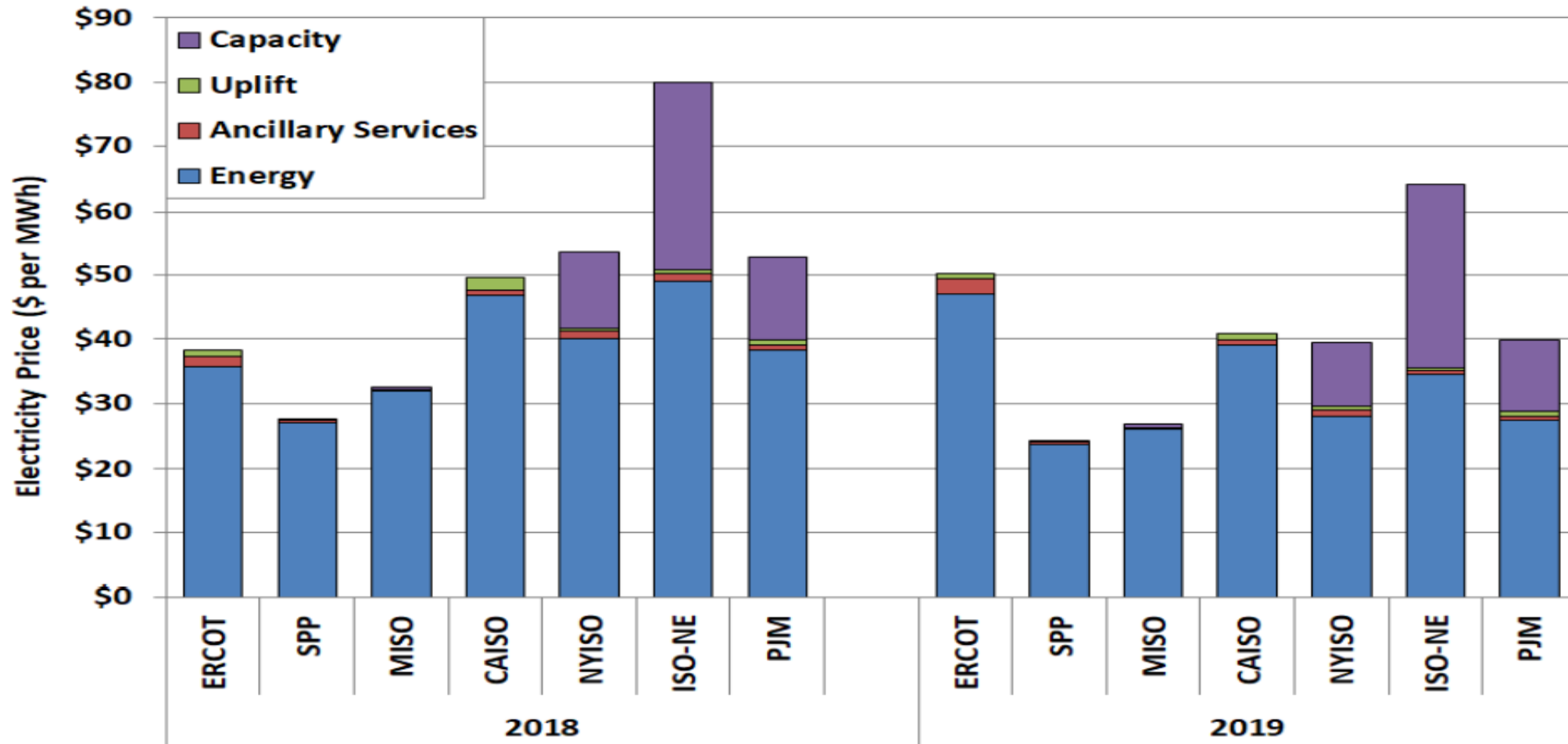
需要曲線 (VRR) 2022/2023



RPM 入札スケジュール

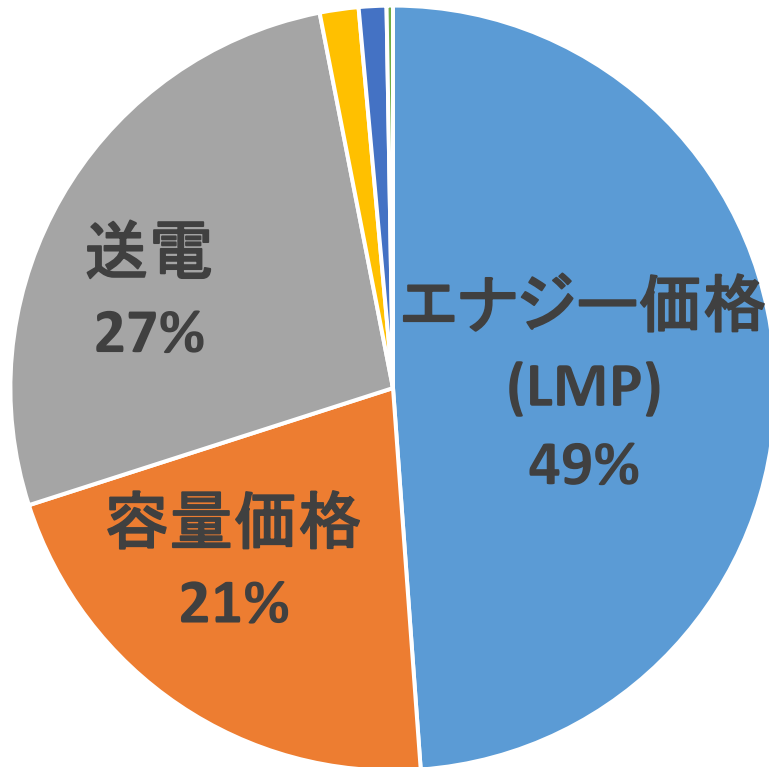


各ISO/RTOにおける卸電力価格の構成



出典: Potomac Economics, 2019 State of the Market Report for the ERCOT Electricity Market, May 2020.

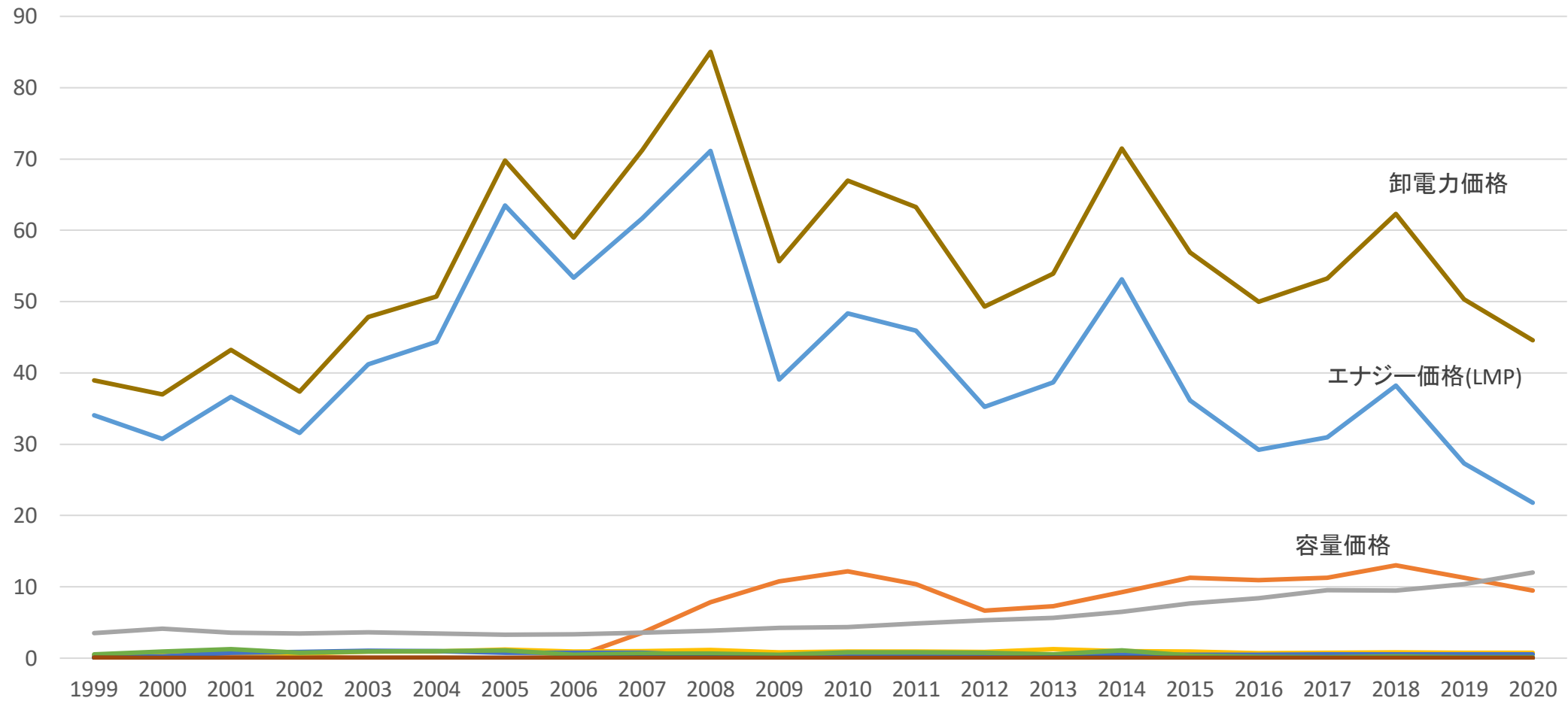
PJM卸電力価格の構成(2020年)



卸電力価格
\$44.57/MWh

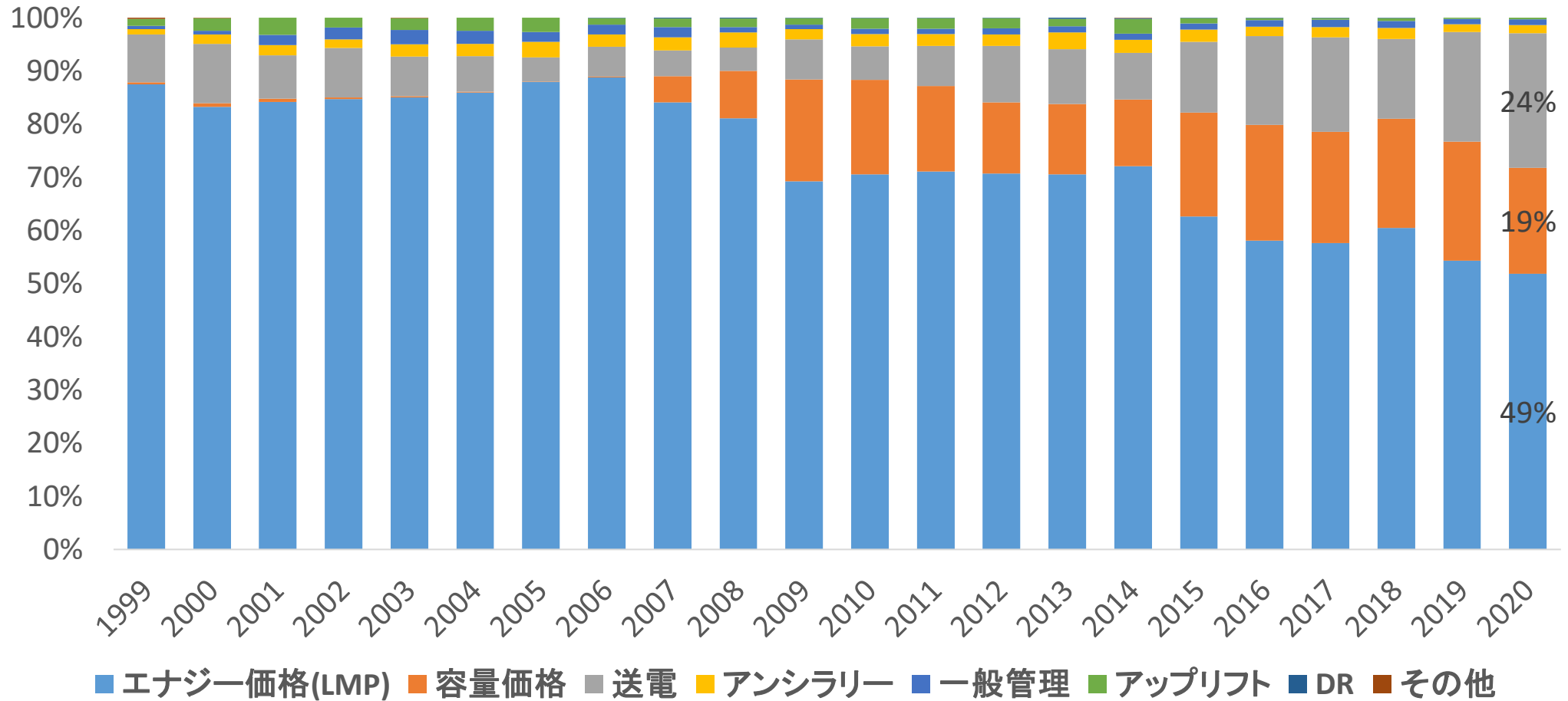
出典 : Monitoring Analytics, State of the Market Report for PJM, 2020から作成

エネルギー価格と容量価格 (1999～2020)



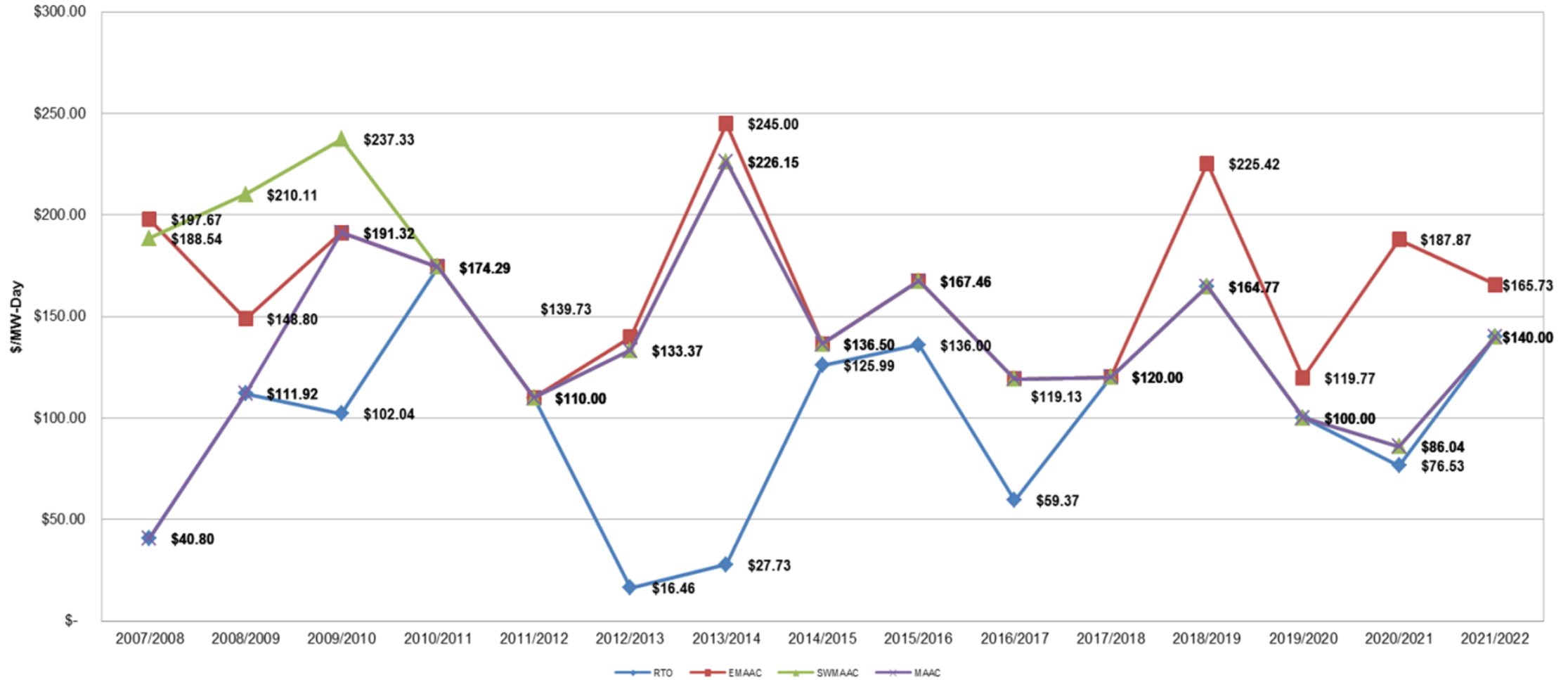
出典: Monitoring Analytics, State of the Market Report for PJM, 2018 & 2020から作成

卸電力価格の構成(1999年~2020年)



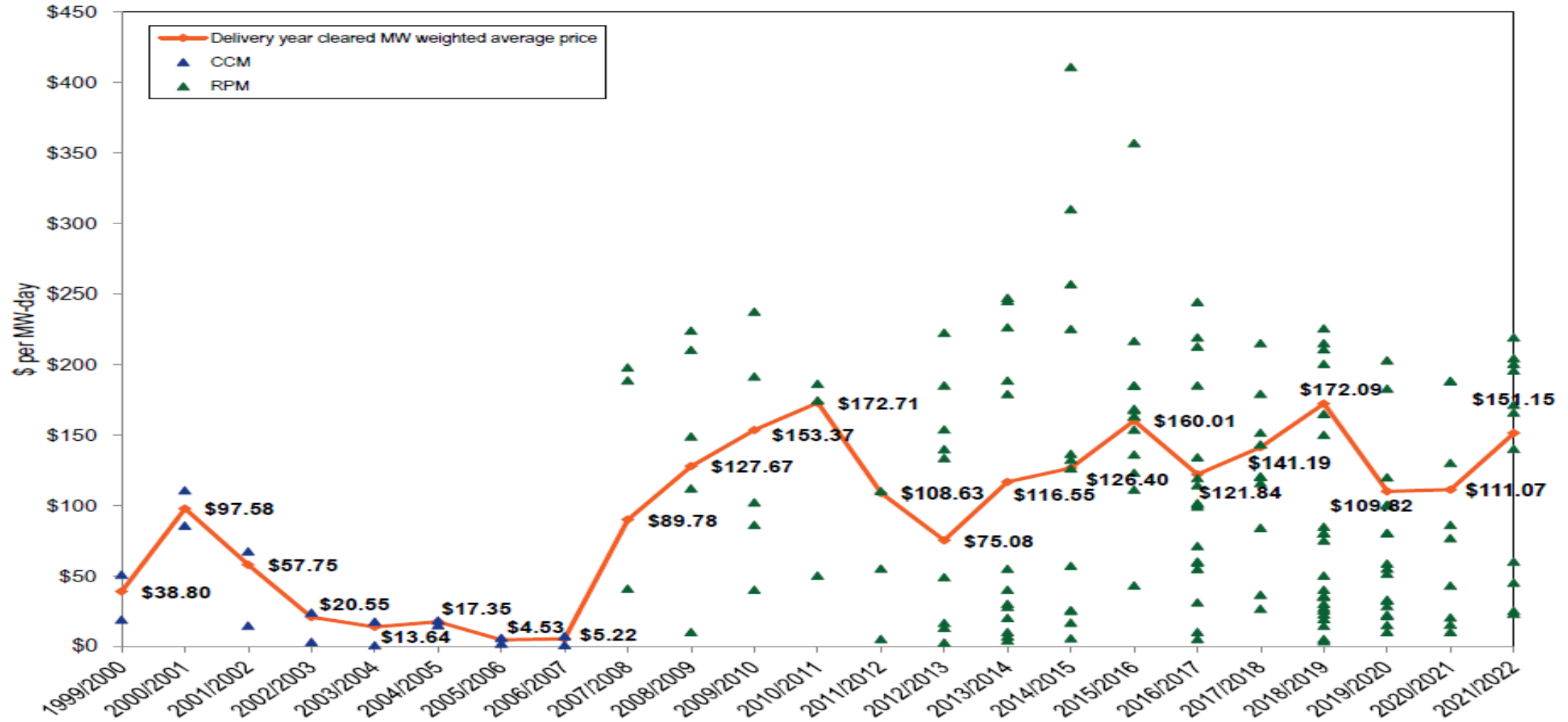
出典: Monitoring Analytics, State of the Market Report for PJM, 2018 & 2020から作成

容量価格(主オークション)動向



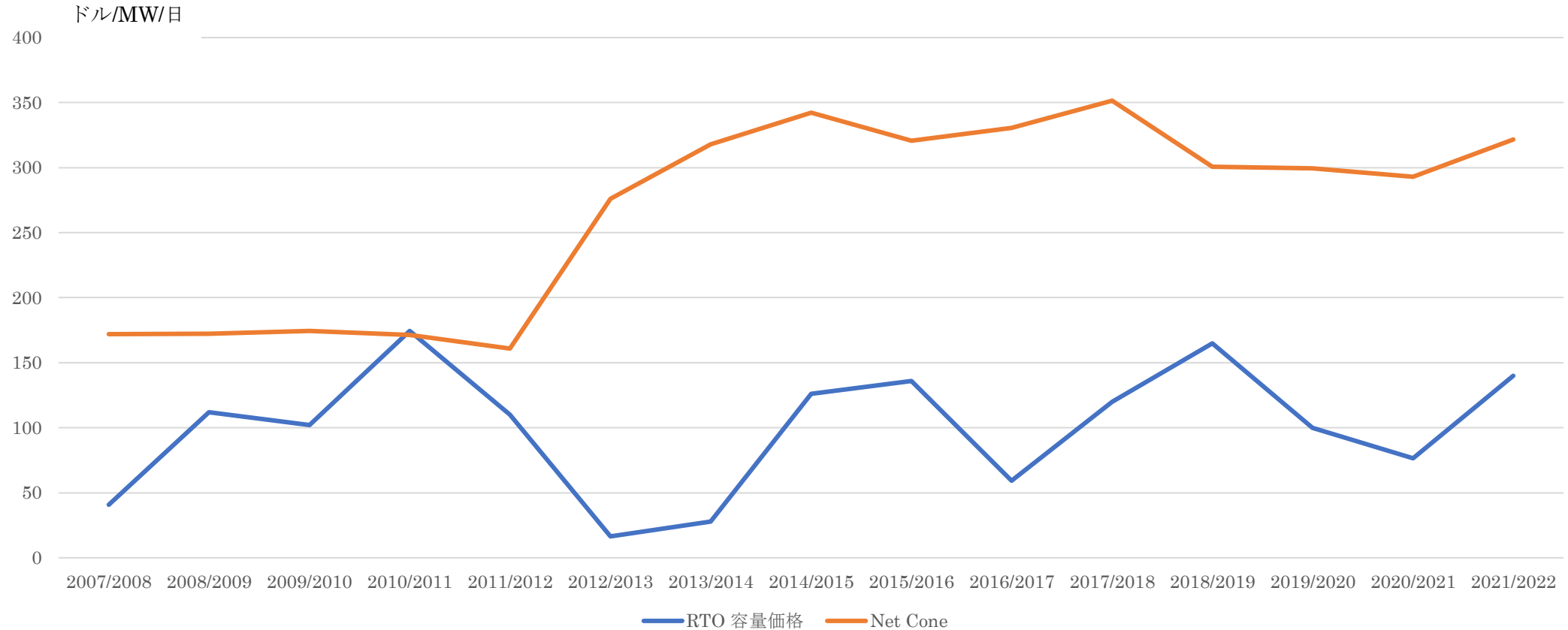
PJM, 2021/2022 RPM Base Residual Auction Results, 5.23.2018

容量価格の推移(1999年～2022年)



出典: Monitoring Analytics, PJM State of the Market-2020, 11.12.2020, p304.

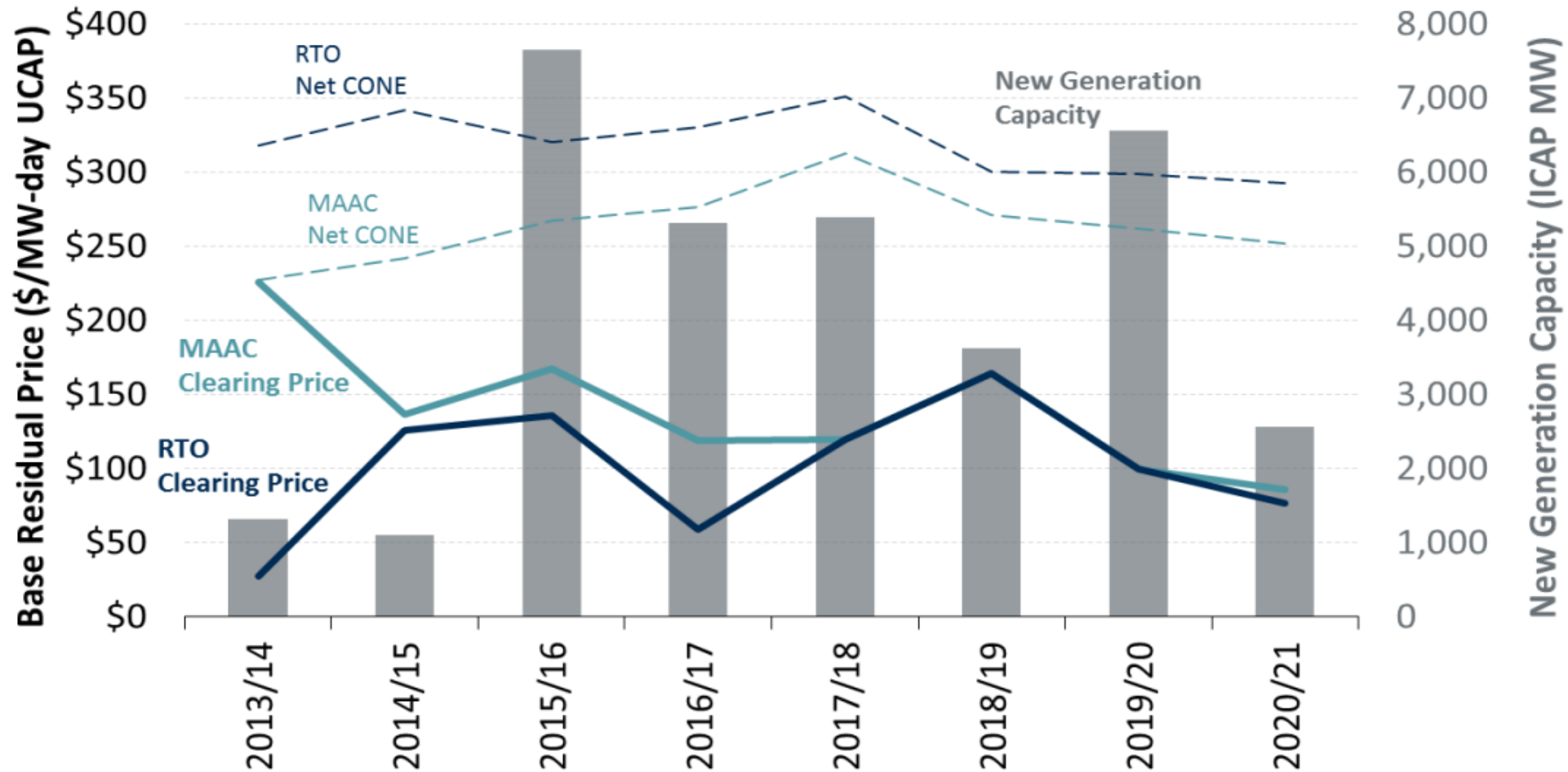
容量価格とNet Cone



出典：PJM, Resource Clearing Price Auction Summary, 7/20/2020 及び

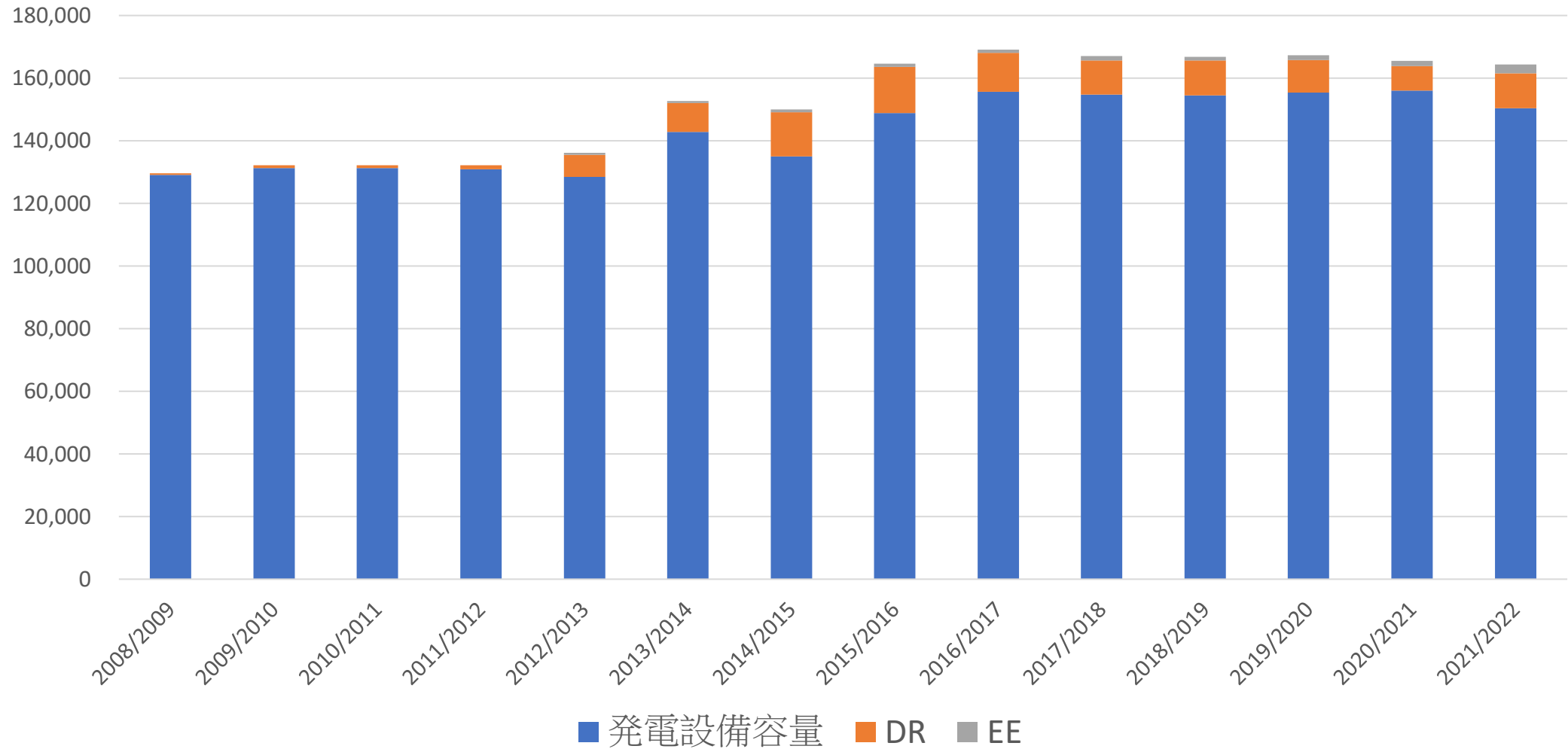
PJM, Planning Period Parameters for Base Residual Auction, various issuesから筆者が作成

Cone、容量価格、新規発電設備

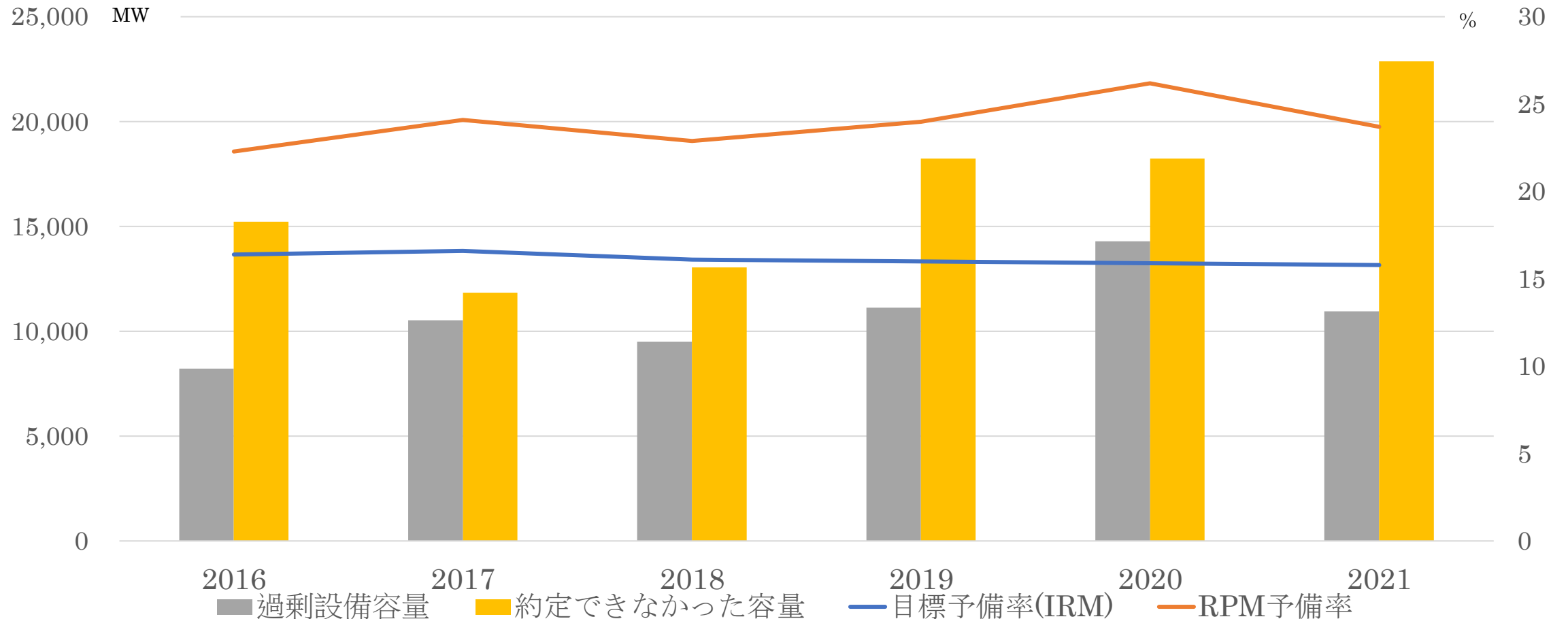


出典: The Brattle Group, PJM Cost of New Entry, April 19, 2018, P4.

約定量の構成



予備率の動向



出典：Monitoring Analytics, The State of Market Report-2019, P266 Table 5-7 及び PJM, 2010/2022 RPM Base Residual Auction Results, P19 Table 6から筆者が作成

おわりに

- 自由化後信頼度維持のための容量確保には成功。しかし、これが容量市場のためなのか、他の要因によるものなのかは明らかではない
- 需要側のリソースであるDR、エネルギー効率が低コストの電源として市場化されたのは評価
- 最近のテキサスのイベントが示唆する問題や新しい技術・システムの導入を考えると、信頼度を維持しつつ市場をどのように運営するかは、さらにチャレンジングな難題

御静聴ありがとうございました。