

アセスメントにかかる 海外事例調査結果について

平成31年2月8日

資源エネルギー庁
新エネルギーシステム課

調査対象国および商品

- 諸外国の需給調整市場において、日本の三次調整力相当の商品（15分～30分の応動時間）、一次・二次調整力相当の商品（30秒～数分の応動時間）の要件を調査した。
- 特に、DRの取引実績が確認できた商品を選択して、商品の要件を確認した。

	イギリス	ドイツ	フランス	ベルギー	アメリカ
対象TSO	National Grid	Amprion, Transnet, 50Hertz,TenneT	RTE	Elia	PJM
三次調整力相当の 調整力 (15分～30分の 応動時間)	STOR : Short Term Operating Reserve	mFRR : Minutes Reserve	mFRR : Rapid Reserve RR : Complementary Reserve	R3 : Tertiary Control	Primary Reserve Day-ahead Scheduling Reserve : Secondary Reserve
一次・二次調整力相当の 調整力 (30秒～1分の 応動時間)	FCR : Firm Frequency Response(FFR), Enhanced Frequency Response(EFR)	FCR : Primary Control Reserve	FCR : Primary Reserve	FCR : Primary Reserve	Regulation

mFRR: manual Frequency Restoration Reserve

FCR: Frequency Containment Reserve

諸外国の需給調整市場における三次調整力相当のアセスメント方法

- 選択した諸外国市場におけるアセスメント方法の概要は以下のとおり。

		イギリス 	ドイツ 	フランス 	ベルギー 	アメリカ 
対象TSO		National Grid	Amprion, Transnet, 50Hertz, TenneT	RTE	Elia	PJM
商品		STOR	Minutes Reserve	Rapid Reserve	R3 : Tertiary Control	Synchronized Reserve
計測地点	計測地点 (受電点 or 個別計測)	<ul style="list-style-type: none"> 個別計測 	<ul style="list-style-type: none"> 個別計測 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点計測（機器点での評価は不可） 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点計測もしくは個別計測 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点計測
	個別計測許容の場合の留意点	—	<ul style="list-style-type: none"> 2つのメーターを足し合わせた合算値評価も可能 	—	<ul style="list-style-type: none"> ゲーミング防止策として受電点での計測量に影響を与えないことを宣言し、事前に単線結線図(電気回路系統の図)を提出 	—
メーター・通信	TSOへの送信データ種類・データ送信周期（オンライン or 事後送信等）	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力（kW） オンライン：1分 	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力（kW） 	<ul style="list-style-type: none"> エンティティ単位の使用電力（kW）（アグリゲーター⇒RTE） 受電点毎の使用電力（kW）（RTE） オンライン：15秒 	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力量（15分値） オンライン：15分 	<ul style="list-style-type: none"> 計測頻度：1分毎 報告時間：発生後2日以内
	メーターの要件等	<ul style="list-style-type: none"> メーターは、TSOの要求仕様を満たすこと 	<ul style="list-style-type: none"> メーターは、TSOの要求仕様を満たすこと 	<ul style="list-style-type: none"> 検定電力量計 	<ul style="list-style-type: none"> メーターは、TSOの要求仕様を満たすこと 	<ul style="list-style-type: none"> 小売メータリングシステム、もしくはTSOの要求仕様を満たしたプライベートメーター
計測方法	ベースラインの設定方法等	<ul style="list-style-type: none"> 直前負荷 + 直近3日間の需給実績 	<ul style="list-style-type: none"> 5分先の想定MW 	<ul style="list-style-type: none"> 直前型（調整依頼の直前30分間の使用電力の平均値） 	<ol style="list-style-type: none"> 直前の15分電力量（連続発動の場合は最初のコマの直前15分電力量） High X of Y 	<ul style="list-style-type: none"> 事前計測
	指令値への追従性の確認方法	—	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 開始時および10分後（各前後1分を含む3点）の出力差

【参考】欧州におけるベースライン設定方法 Rapid Reserve (フランス)

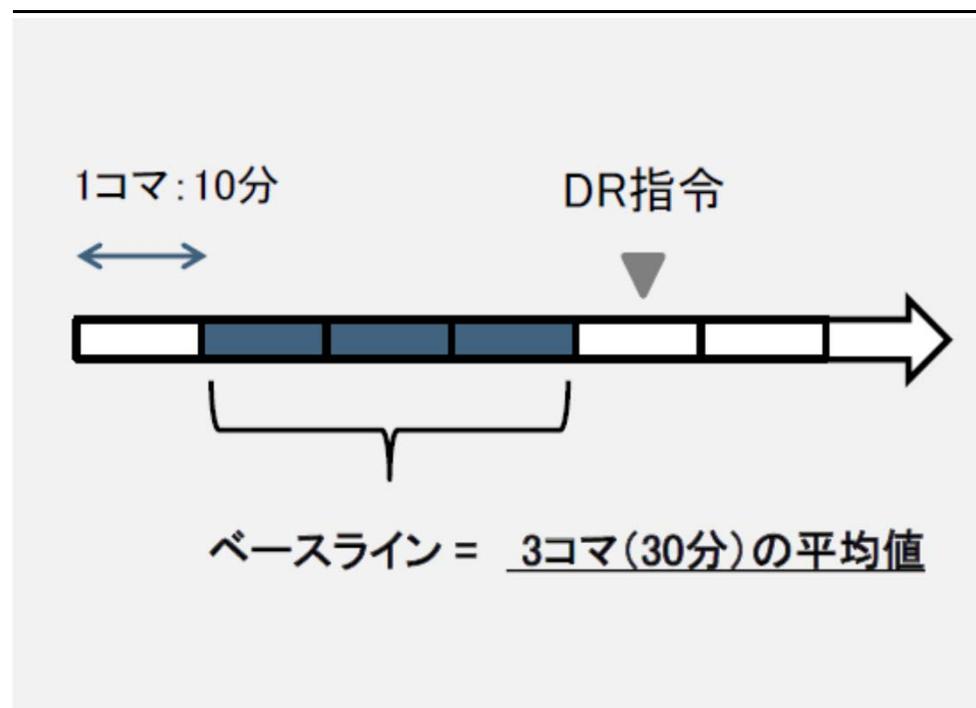
- フランスにおけるbalancing serviceの一種であるRapid Reserveの上げDR/下げDRでは、DR指令前の3コマ（1コマ=10分）の平均値をベースラインとしている。

DR市場におけるベースライン設定（フランス）

DR市場	balancing市場
DR方向	上げ/下げ
ベースラインの設定	DR発動指令前の30分間（1コマ=10分3コマ分）の平均需要量をベースラインとする
ゲーミングとの関係	DR発動のタイミングはRTEが決定するため、右記のベースラインでゲーミングを防ぐことが可能

注) アンシラリー市場では、ベースラインの設定は行わない。
RTEからの上げ方向・下げ方向の指令に対する追従性等によるパフォーマンス評価を実施

上げ/下げDRのベースライン（フランス balancing市場）



出所) 平成27年度新エネルギー等導入促進基礎調査 ネガワット取引の経済性等に関する調査 報告書 (2016)

三次調整力相当の調整力における論点別の各市場要件

- メーター要件については、計量法の検定済み計量器のみを認めている市場（フランス）、TSOが要求する仕様を満たすメーターを採用している市場（イギリス、ドイツ、ベルギー）がある。
- 計測方法は、フランス、アメリカは発動の直前負荷を利用している一方、イギリスは過去数日のデータを利用している。またベルギーにおいては、直前負荷の利用と過去数日データの利用の双方を採用していることが確認された。
- イギリスの商品であるSTORは予備力という性質が強いこと、またイギリス、ベルギーともに商品の継続時間が比較的長い点については日本におけるDRの基準の算定方法を検討する際に留意する必要がある。

計測地点

受電点計測

 フランス
  ベルギー
  P J M

個別計測

 イギリス
  ドイツ
  ベルギー

メーター

法定

 フランス

TSOの要求仕様

 イギリス
  ドイツ
  ベルギー

基準の算定方法

直前負荷

 フランス (直前30min)
  ベルギー (直前15min)
  PJM (直前15min)

想定直後負荷

 ドイツ (直後想定5min)

統計的手法

 ベルギー (High X of Y)
  イギリス (直近三日間)

(参考) 三次調整力相当の調整力に関する要件およびDR等取引状況

- 調査を実施した三次調整力相当の商品要件およびDR等の市場規模は以下のとおり。

	イギリス	ドイツ	フランス		ベルギー	米 PJM
	STOR Short Term Operating Reserve	Minutes Reserve (Tertiary Control Reserve)	mFRR : Rapid Reserve	RR : Complementary Reserve	R3 : Tertiary Control (Standard Tertiary Control, Flex Tertiary Control)	Primary Reserve (Synchronized Reserves)
応動時間	通常20分以内 (最大240分)	15分以内	9分、13分	30分	15分以内	10分
継続時間	最低2時間	15分～ 1時間 (数時間の場合あり)	30分、60分、 90分、120分	30分、60分、 90分	Standard:8時間, Flex:2時間(4時間への 変更を検討中)	最大30分
最低入札容量	3MW	5MW	10 MW (1MWに緩和 する議論あり)	10 MW (1MWに緩和 する議論あり)	1MW (アグリゲーション可能)	100kW
全取引量 ^{注1}	約2,071MW (2016年度平均)	上げ: 42GW ^{注2} 下げ: 41GW ^{注2} (2017年11月末時 点)	1,323 MW (2018年)	264 MW (2018年)	Standard : 451MW Flex : 379MW (2018年)	Tier1 : 1,166MW Tier2 : 565MW (2017年)
DR・DER・蓄電池取引量 ^{注1}	緊急バックアップ ^o 発電機 : 92.6MW CHP : 約24.7MW 需要削減 : 約0.8MW (2016年度平均)	蓄電池 : 0MW ^{注2} 需要/DSM : 上げ 約670MW ^{注2} 下げ 約650MW ^{注2}	DR:約480 MW		N/A (Standard, Flexとも DR参加可能) ※Next Kraftwerkeや REstoreが入札実績あり	DR : 121 MW
全取引量に占めるDR・DER・蓄電池取引量の割合	緊急バックアップ ^o 発電機 : 約 4.5% CHP : 約1.2% 需要削減 : 約0.0% (2016年度平均)	蓄電池 : 0% ^{注2} 需要/DSM : 上げ 約1.6% ^{注2} 下げ 約1.6% ^{注2}	N/A		N/A (Standard, Flexとも DR参加可能)	DR : 6～10%

注1 : 年間を通じた時間当たりの平均調達量

注2 : 事前資格審査通過リソースの量を記載

諸外国の需給調整市場における一次・二次調整力相当のアセスメント方法

- 諸外国の高速調整力（一次・二次相当）に関するアセスメント方法の概要を示す。

		イギリス 	ドイツ 	フランス 	ベルギー 	アメリカ 
対象TSO		National Grid	Amprion, Transnet, 50Hertz, TenneT	RTE	Elia	PJM
商品		Firm Frequency Response (EFR)	FCR : Primary Control Reserve	FCR : Primary Reserve	FCR : R1	Regulation
計測地点	計測地点 (受電点 or 個別計測)	<ul style="list-style-type: none"> 個別計測 	<ul style="list-style-type: none"> 個別計測 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点計測（機器点での評価は不可） 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点計測もしくは個別計測 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点または個別計測
	個別計測許容の場合の留意点	—	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ゲーミング防止のため、Regulationのみ、設置時の確認により承認を受けたいうえで、サブメータの設置を認める Regulationのサブメータ計測はBehind-the-Meterの全発電機（蓄電池含む）に設置し、PJMへ申請する。
メーター・通信	TSOへの送信データ種類・データ送信周期（オンライン or 事後送信等）	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力（kW） オンライン：1秒 	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力（kW） オンライン：TSOに継続的にリアルタイムデータを送信（1秒または4秒毎） 	<ul style="list-style-type: none"> エンティティ単位の使用電力（kW）（アグリゲーター⇒RTE） Availabilityの情報（実施可、または実施不可）（アグリゲーター⇒RTE） 受電点毎の使用電力（kW）（RTE） オンライン：10秒 	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力（kW） オンライン：2秒 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム遠隔計測が必須 2秒（RegD）または10秒（RegA）
	メーターの要件等	<ul style="list-style-type: none"> メーターはTSOの要求仕様を満たすこと 	—	<ul style="list-style-type: none"> 検定電力トランスデューサー *10mHz以下の測定精度 *Accuracy Class 0.2S *RTEはエンティティのサイトの1つでメーターが要件を満たしているか検証する 	<ul style="list-style-type: none"> TSOの要求仕様を満たすこと（1%以内または100kW以内、10 mHz以下） 	<ul style="list-style-type: none"> 受電点ではユーティリティ水準の小売メータ（ANSI c12を満たす）を用いる サブメータの場合はANSI c12.1およびc57.13を満たす、または±2%以内の精度とPJMが検証・認可すること
計測方法	ベースラインの設定方法等	<ul style="list-style-type: none"> 発動前の平均MW ※5秒又は10秒、30秒先の想定MWを使用することを試験的に開始 	<ul style="list-style-type: none"> 30秒又は5分先の想定MW（デフォルトのベースラインは5分先の予測であるが、TSOはFCRのリアルタイム予測を検討している。） 	—	<ul style="list-style-type: none"> 直前20秒間の平均電力 	—
	指令値への追従性の確認方法	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 使用電力が、周波数の変動に対して、以下条件を満たして追従していること 「15秒以内に契約調整電力 × 周波数偏差の50%、30秒以内に契約調整電力 × 周波数偏差の100%」 	—	<ul style="list-style-type: none"> 指令値への追従性をPerformance Scoreで評価し報酬に直結する Performance Scoreにより指令値への追従性をリアルタイムで計測

一次・二次調整力相当の調整力における論点別の各市場要件

- 一次・二次調整力では、全ての市場でTSOの要求を満たすメーターが採用されている。
- 三次調整力と比べて、より直前の負荷を基準としている（イギリス、ベルギー）。またフランス、米国PJMにおいては、指令値や周波数偏差への追従性を評価している。これは一次・二次調整力が、三次調整力と比べてより短い時間で指令や周波数偏差に対して応動し、より細かな周期での需給調整を行うための商品であることによると考えられる。

計測地点

受電点計測

 フランス
  ベルギー
  P J M

個別計測

 イギリス
  ドイツ
  ベルギー
  P J M

メーター

TSOの要求仕様

 イギリス
  ドイツ
  フランス
  ベルギー
  P J M

計測方法

直前負荷

 イギリス
 (直前5-15sec)
  ベルギー
 (直前20sec)

想定直後負荷

 ドイツ
 (直後想定30sec-5min)

周波数・指令値の追従性

 フランス
  P J M
 (一定のPerformance Scoreにより評価)

(参考) 一次・二次調整力相当の調整力に関する要件およびDR等取引状況

- 調査を実施した一次・二次調整力相当の商品要件およびDR等の市場規模は以下のとおり。

	イギリス		ドイツ	フランス	ベルギー	米 PJM
	Firm Frequency Response (FFR)	Enhanced Frequency Response (EFR)	FCR : Primary Control Reserve	FCR : Primary Reserve	FCR : R1	Regulation
応動時間	Primary : 10秒以内 Secondary : 30秒以内 High : 10秒以内	1分以内	30秒以内	30秒以内	30秒以内	Reg-D : 10秒 Reg-A : 5分
継続時間	Primary : 最低20秒 Secondary : 最低30分 High : 無制限	15分	15分以内	15分以内	最大25分	5分
最低入札容量	1MW	1MW	1MW	1MW	1MW	100kW
全取引量 ^{注1}	Primary : 83MW ^{注2} Secondary : 131MW ^{注2} High : 78MW ^{注2} (2016年度)	201MW (2016年)	上げ下げ : 約5.6GW ^{注3} (2017年11月末時点)	511MW (2018年)	約80MW (2019年 必要調達量)	Ramp Hours : - RegA 528.9 actual MW - RegD 191.1 actual MW Non-ramp Hours : - RegA 306.0 actual MW - RegD 181.9 actual MW
DR・DER・蓄電池取引量 ^{注1}	Primary : 2.1MW ^{注2} Secondary : 12.8MW ^{注2} High : 1.0MW ^{注2} (2016年度)	蓄電池 : 201MW (2016年)	蓄電池 : 約160MW ^{注3} 需要/DSM : 約70MW ^{注3}	約60MW (年不明)	27MW (2015)	Ramp Hours : 8.5MW Non-ramp Hours : 7.5MW
全取引量に占めるDR・DER・蓄電池取引量の割合	Primary : 2.5% ^{注2} Secondary : 9.7% ^{注2} High : 1.3% ^{注2} (2016年度)	蓄電池:100% (2016年)	蓄電池 : 約2.9% ^{注3} 需要/DSM : 約 1.3% ^{注3}	N/A	N/A	約1.2%

注1 : 年間を通じた時間当たりの平均調達量

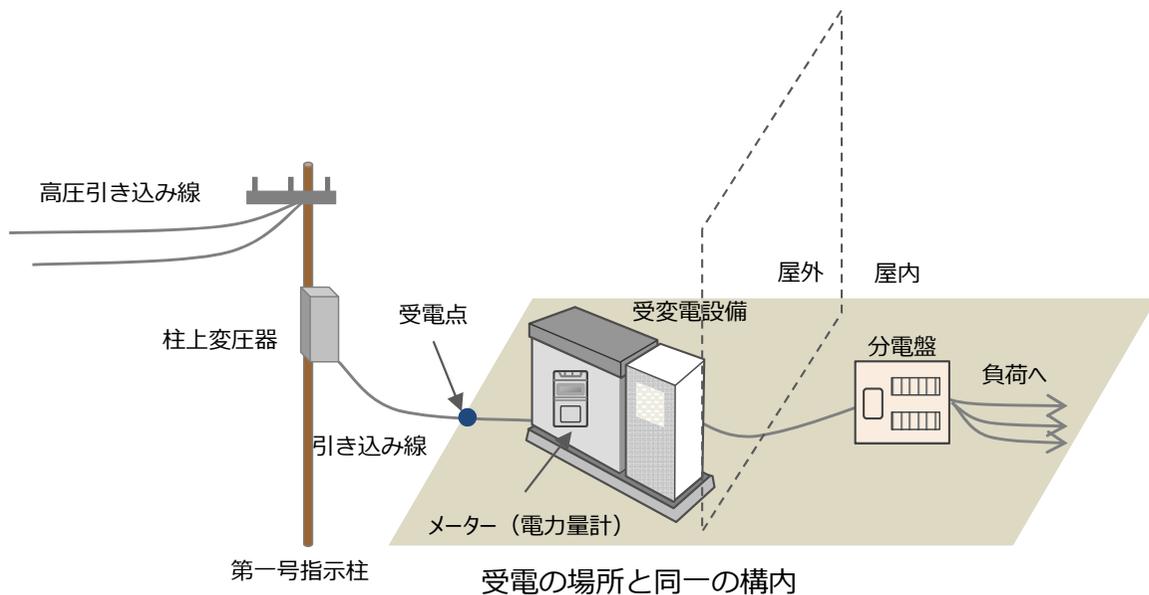
注2 : FFRを含めたFR全体の取引量を記載

注3 : 事前資格審査通過リソースの量を記載

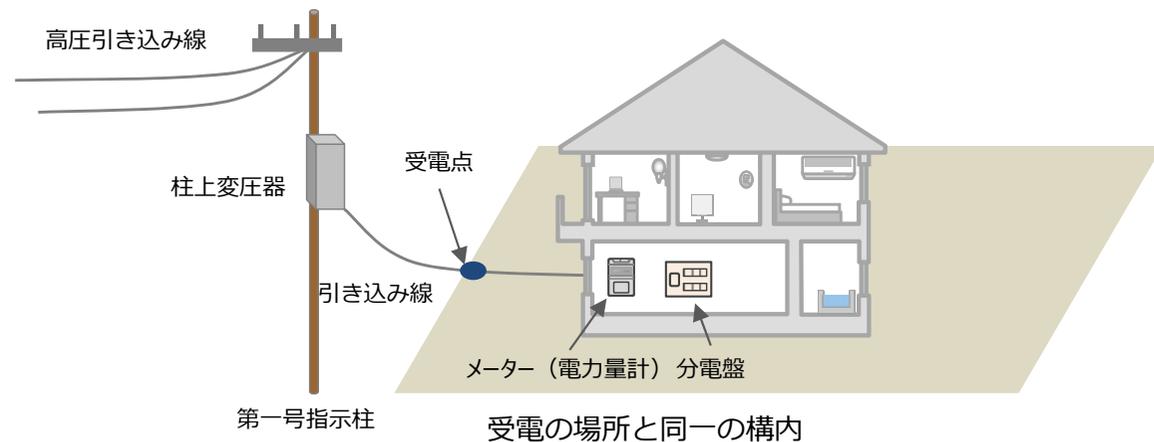
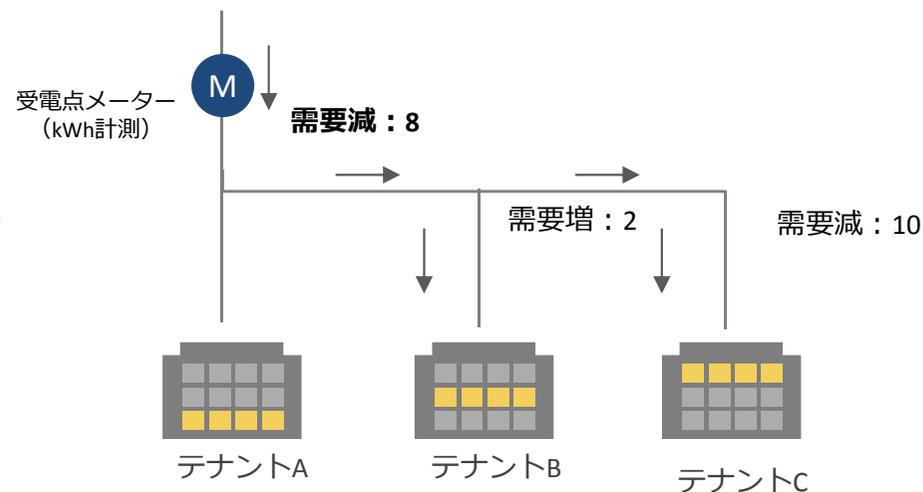
参考資料

【参考】計測地点① 受電点計測

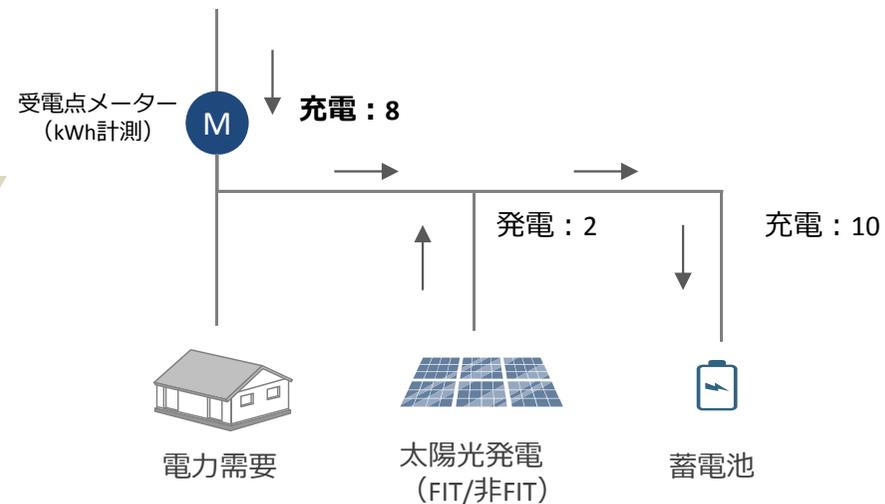
- 受電点とは、受電の場所と同一の構内への入り口となる地点。受電点計測とは、受電点から屋内の分電盤の間に設置されたメーターにより計測する方法である。



業務需要家における受電点計測のパターン



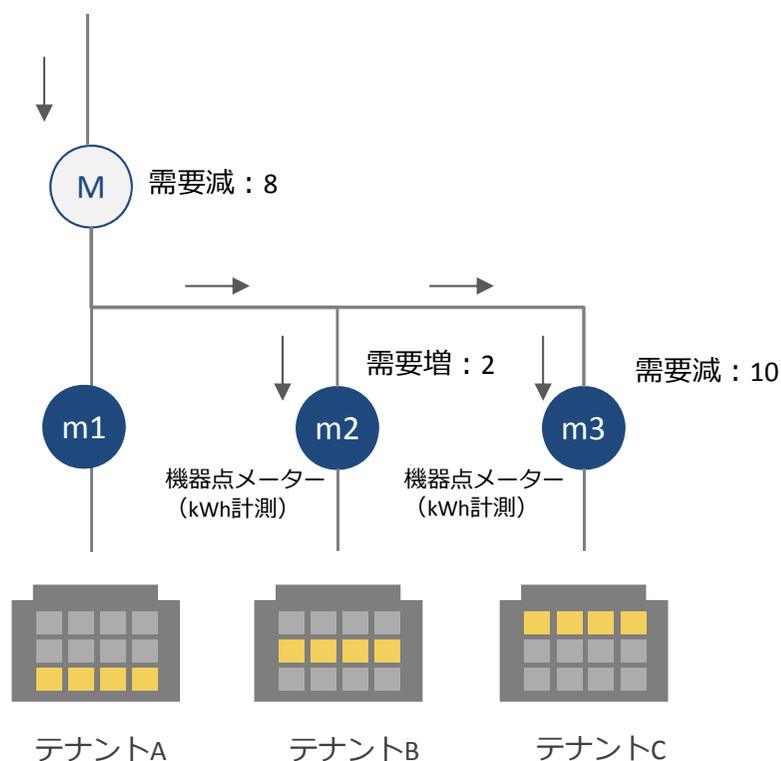
家庭需要家における受電点計測のパターン



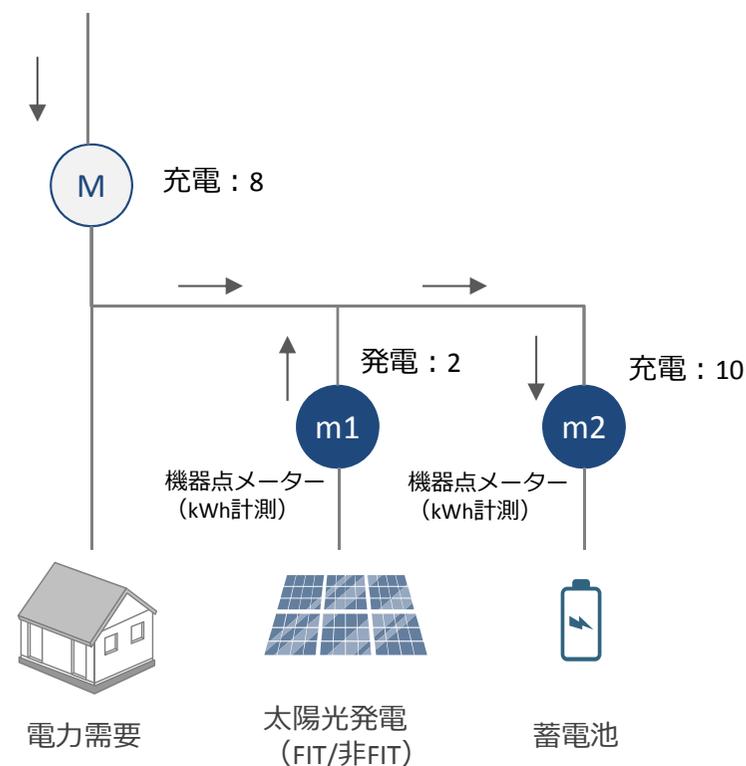
【参考】計測地点② 個別計測

- 個別計測とは、受電点以外で計測する方法である。
- 個別機器に接続したメーターにより計測する方法等がある。
- 具体例として、FIT電源(10kW未満)と非FIT電源の測り分けについては差分計量という形で認められている。

業務需要家における個別計測のパターン



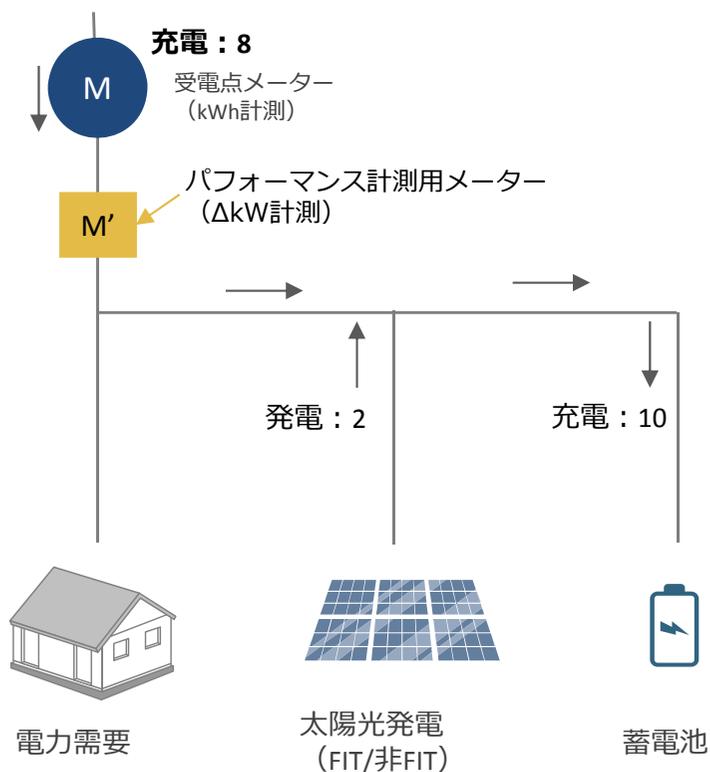
家庭需要家における個別計測のパターン



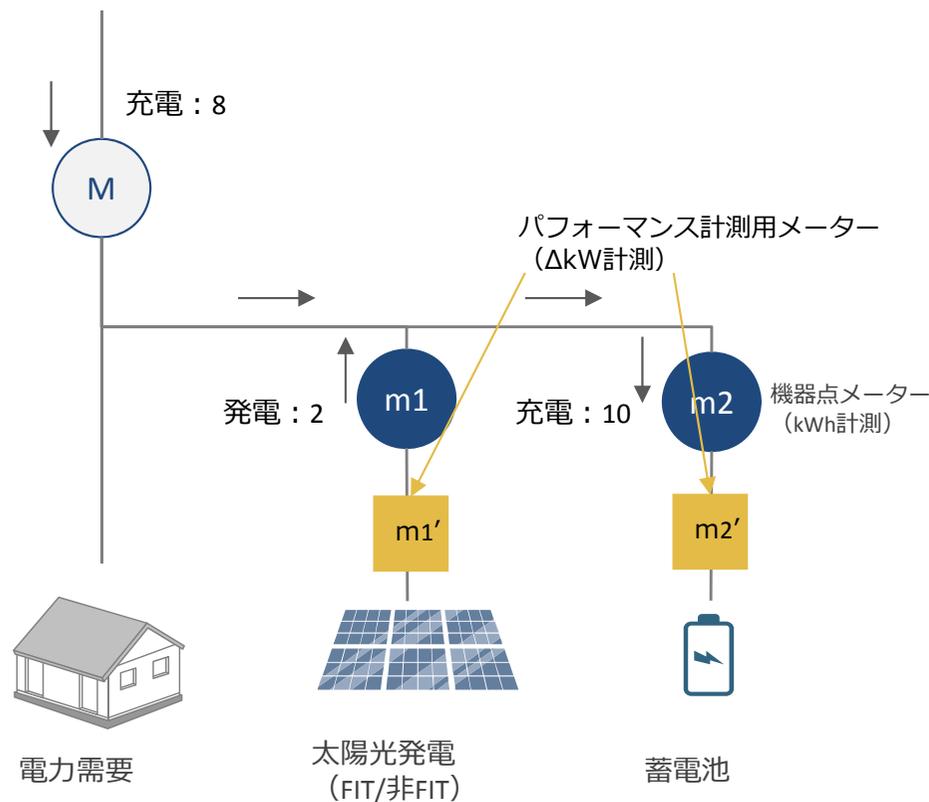
【参考】計測地点③ パフォーマンス計測用メーター

- 電力取引を行う際には特定計量器を使用することが計量法上定められているが、応動速度の速い調整力提供のパフォーマンスを測定するため、受電点計測、個別計測いずれの場合においても、電力量 (kWh) を計測する特定計量器とは別に、TSOが指定する計量器等を設置することが考えられる。

家庭需要家における受電点計測のパターン



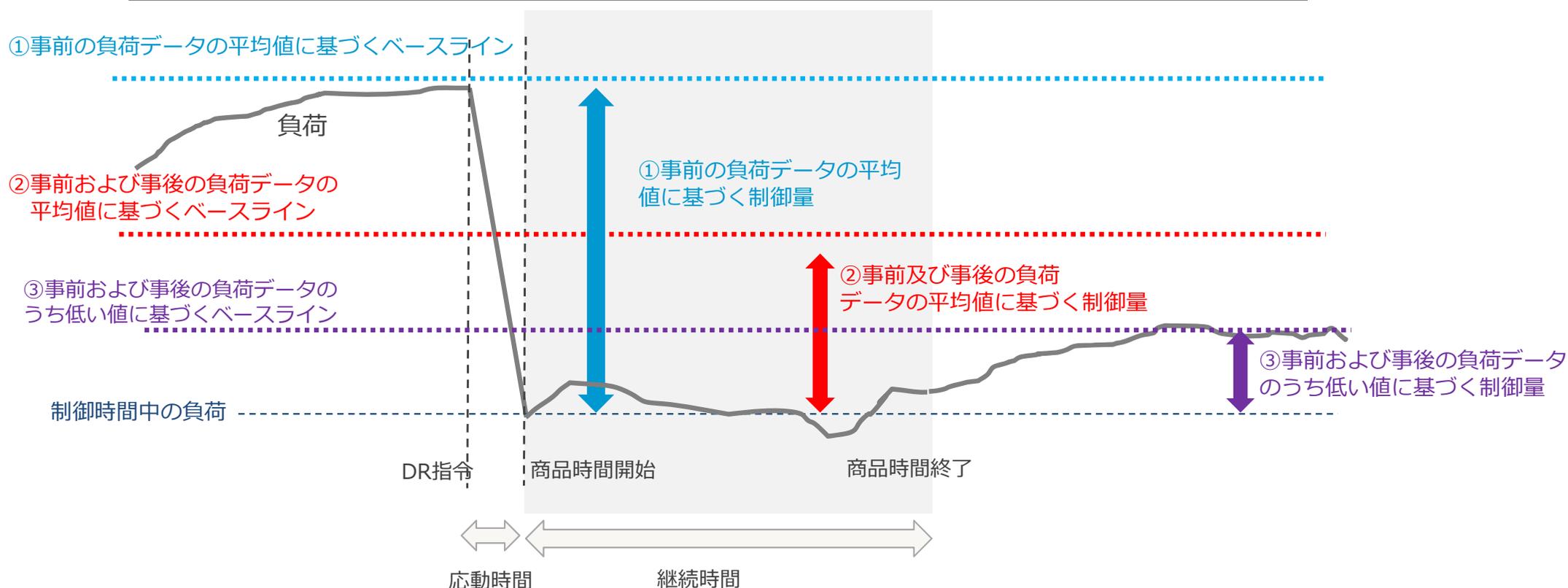
家庭需要家における個別計測のパターン



【参考】ベースラインの設定方法①～③：事前・事後計測ベースライン

- 事前・事後計測ベースラインは、DR実施日当日のDR指令直前の時間帯の負荷データ、および／または、DR実施後のある時間の負荷データを用いてベースラインを推計する方法である。
- 主なベースラインの設定方法として、①事前の負荷データの平均値、②事前および事後の負荷データの平均値、③事前および事後の負荷データのうち低い値の3パターンがある。
- 諸外国の三次調整力相当の調整力においては、フランス、ベルギー、アメリカが①を採用。

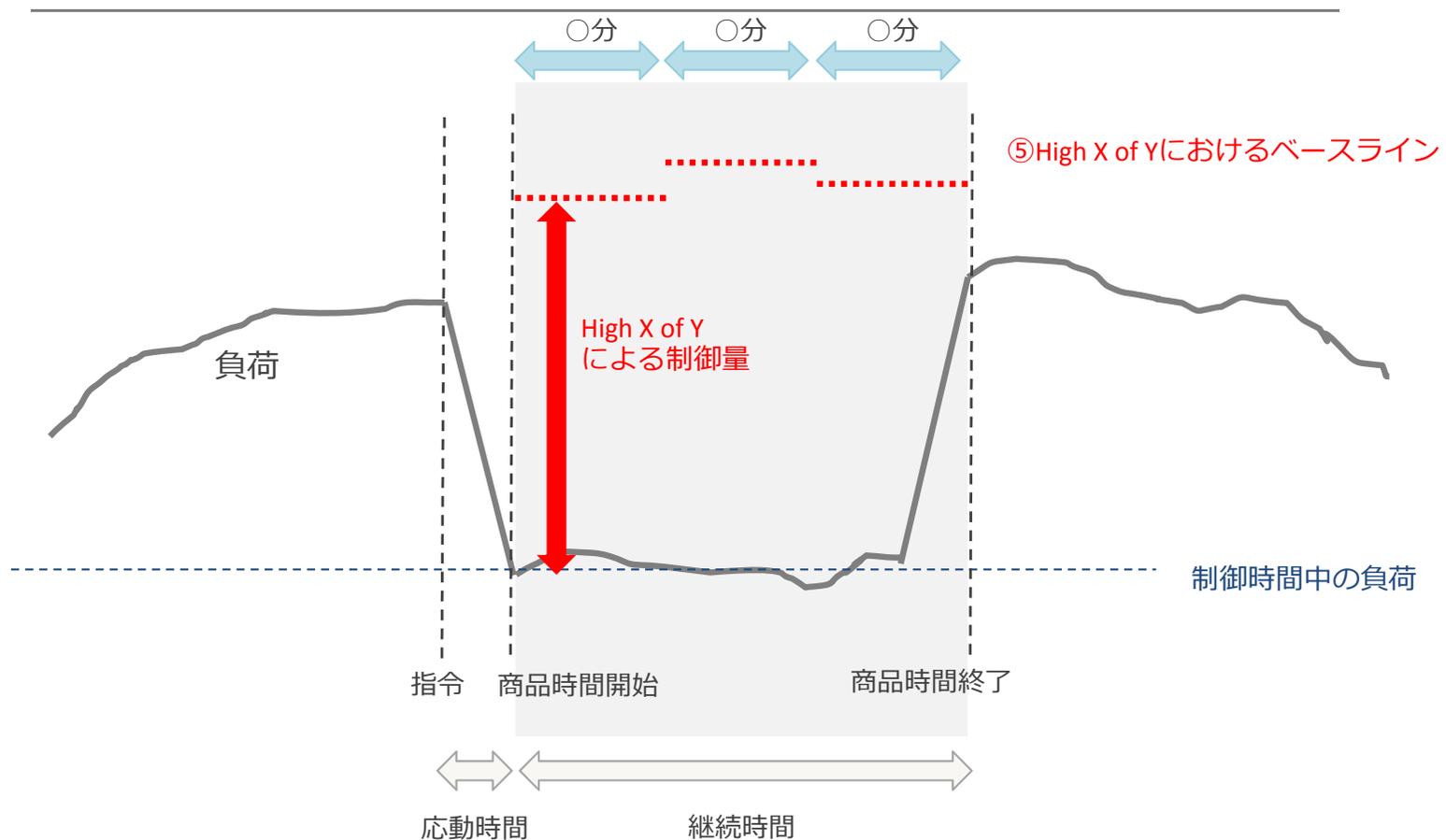
事前・事後計測ベースラインの考え方



【参考】ベースラインの設定方法⑤：統計的ベースライン

- 統計的ベースラインは、個々の需要家の過去の負荷データを用いて、ベースラインを推計する方法であり、算出対象日・当日調整方法等により多くの種類が存在。
- High X of Y（平均化法）が最も広く一般的に用いられている。
- 諸外国市場の三次調整力相当の調整力においては、イギリスとベルギーが①と併用する形で本方法を採用している。

統計的ベースラインの考え方

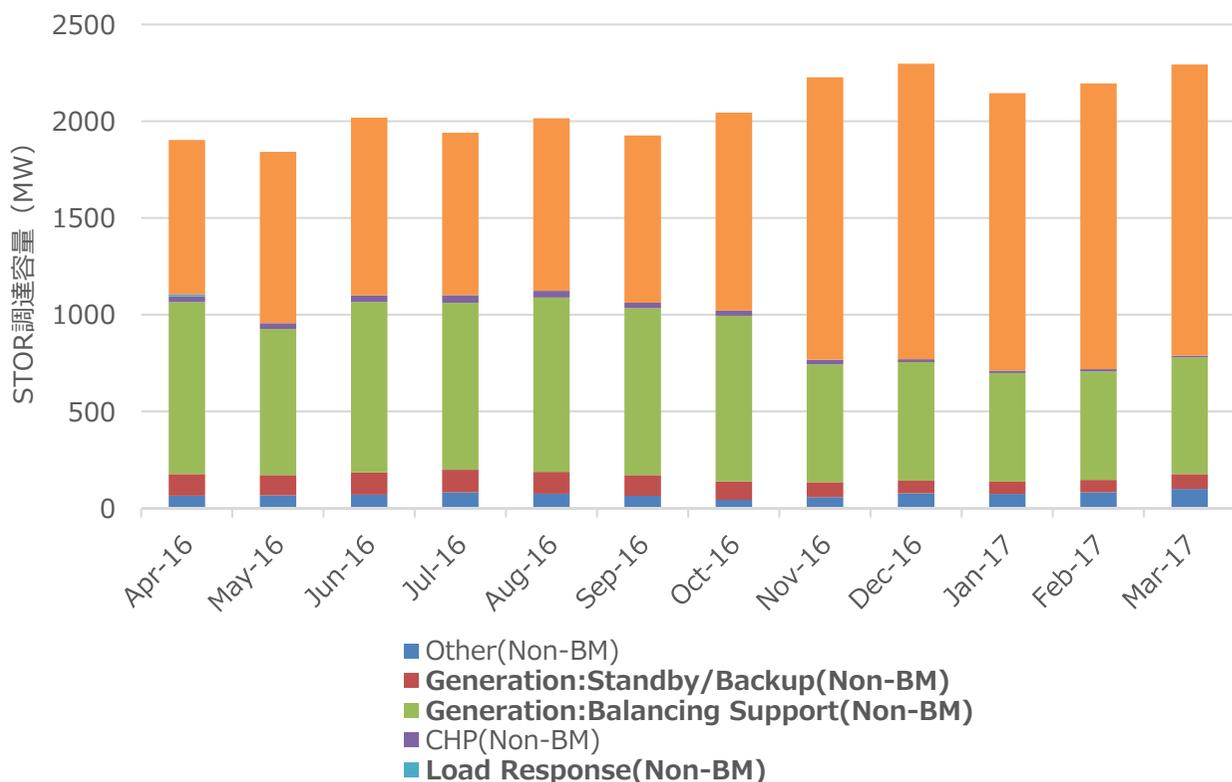


【参考】英国 STORの調達状況

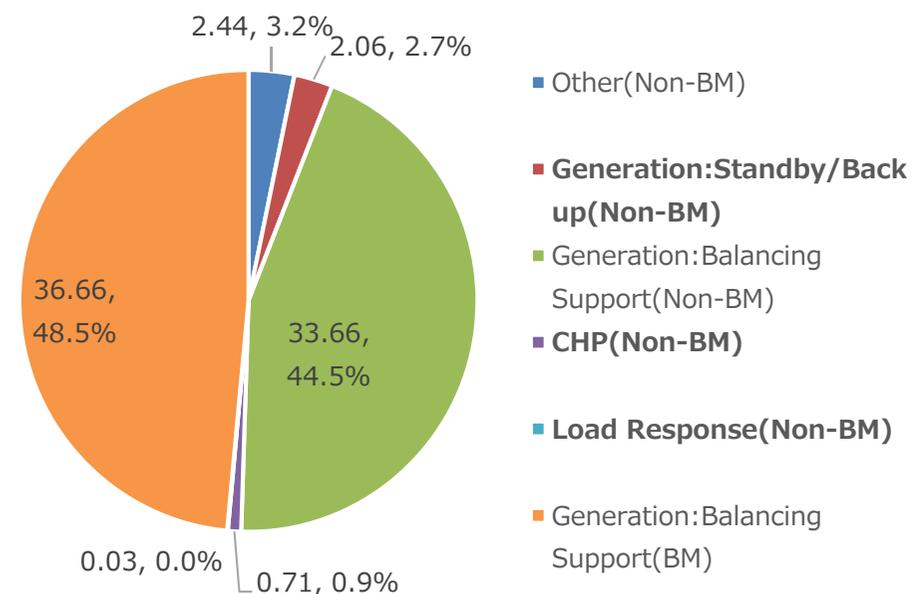


- National Gridによると、2016年度において、STORの月平均調達量は約2,071MW。そのうち、緊急用バックアップ発電機は92.6MW（4.5%）、需要アグリゲーションは71.8MW（3.2%）、CHPは24.7MW（1.2%）、需要削減は0.8MWを占める。
- 2016年度のSTOR年間調達コストにおいて、緊急用バックアップ発電機は£ 206万（2.7%）、需要アグリゲーションは£ 244万（3.2%）、CHPは£ 71万（0.9%）、需要削減は£ 3万（0.04%）を占める。

STOR 月平均調達量（2016年4月～2017年3月）



STOR 年間調達コスト内訳 (2016年4月～2017年3月、単位：百万 £)



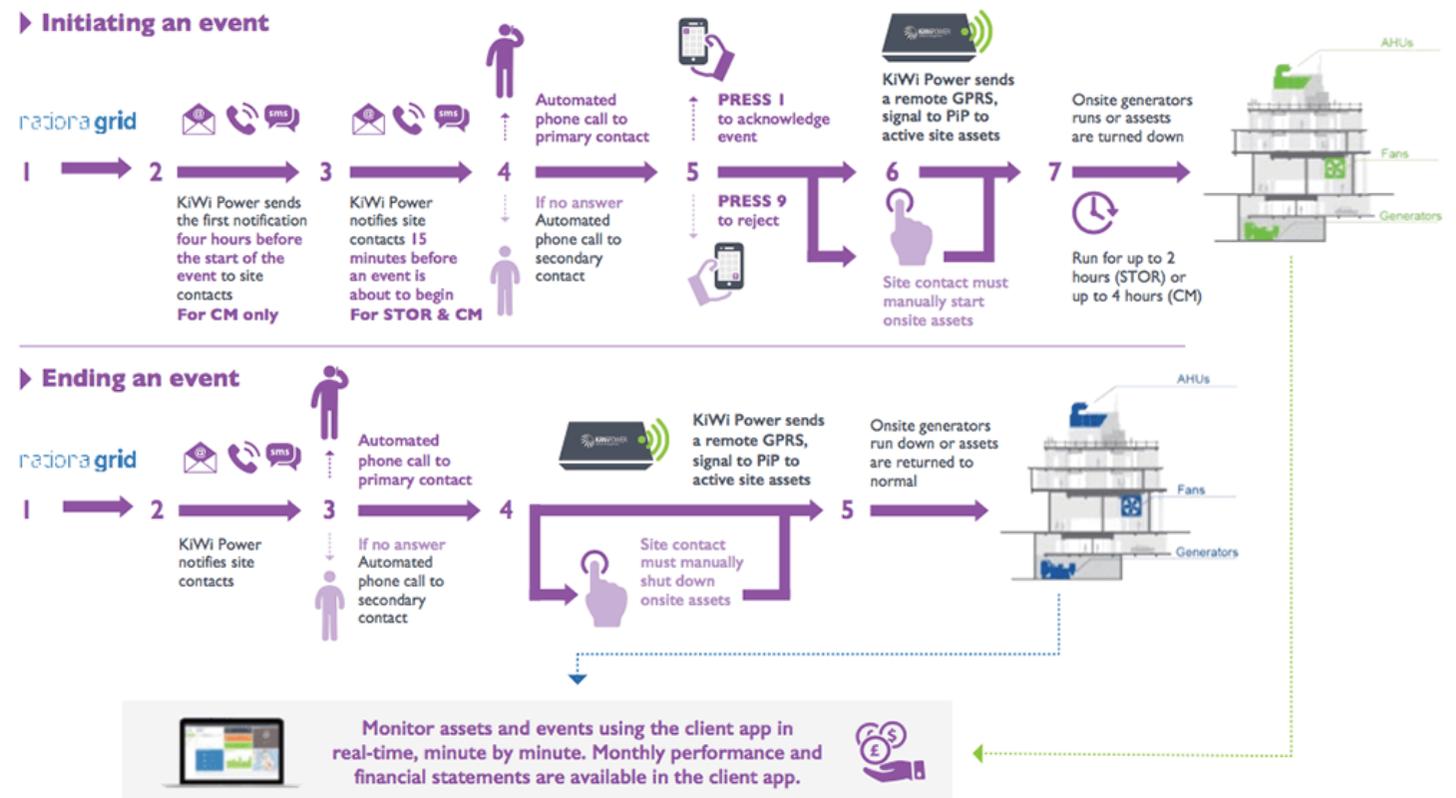
(資料) National Grid "Non-BM Balancing Services Volumes and Expenditures Full year 2016-2017" より作成

【参考】KiWi Power : 英国 STOR提供



- KiWi Power社は、オンサイト発電機や需要側設備の需要削減を通じて、STOR (Short Term Operating Reserve) を提供している。

How Sites Participate In STOR & Capacity Market



«KiWi Power ウェブサイト 説明»

Short Term Operating Reserve is the backstop of demand response in the UK. It is a program with over 1.8 GW being contracted by National Grid, across all forms of generation, through blind tenders taking place three times each year. KiWi Power has held the highest STOR price of all other UK aggregators for the last 5 years. STOR utilises both generation and 'turn down' to alleviate stress from the grid.

【参考】Flexitricity : 英国 Frequency Response & STOR提供



- 英国 Flexitricity社は、コジェネ及び負荷設備（冷蔵、空調）、非常用発電機等をアグリゲーションすることで、Frequency Response、STOR等を提供している。
 - － 同社システムは、需要家側に設置したオンサイト機器を通じて、発電設備や需要設備の情報をエンジンバラに設置された制御室に集約している。National Gridからの指示を受けると、発電設備や需要設備との自動通信を行い、数分以内の発電開始または電力消費量の削減を指示する。

Flexitricity社 主な顧客

顧客	The University of Edinburgh	Aberdeen Heat & Power	Thamesway	Royal United Hospital Bath	Rainbow Growers	Norish Cold Storage
場所	エンジンバラ	アバディーン	ミルトン・キーンズ	バース	ケント	グライアリー・ヒル、レクサム、ブレントリー、ジリングム
アセットの種類	CHP、スタンバイ・ディーゼル発電機	CHP	CHP	スタンバイ・ディーゼル発電機	CHP	需要削減
参加市場	容量市場、Footroom、STOR、トライアド・マネジメント	容量市場	STOR、トライアド・マネジメント	STOR、トライアド・マネジメント	STOR、トライアド・マネジメント	STOR、トライアド・マネジメント
収益	£90,000/年 (2019年に£200,000/年に到達予測)	£28,560 - £76,500 pa*	£100,000/年 超	£40k /MW	£30,000/年 超	—
容量	5.73MW (2018年/2019年中に7MWの追加稼働が予測)	3.4MW	6MW	1.2MW	2.4MW	0.9MW

(資料) Flexitricity ウェブサイト (<https://www.flexitricity.com/>) より作成

【参考】ドイツ 需給調整市場におけるリソース別認定容量

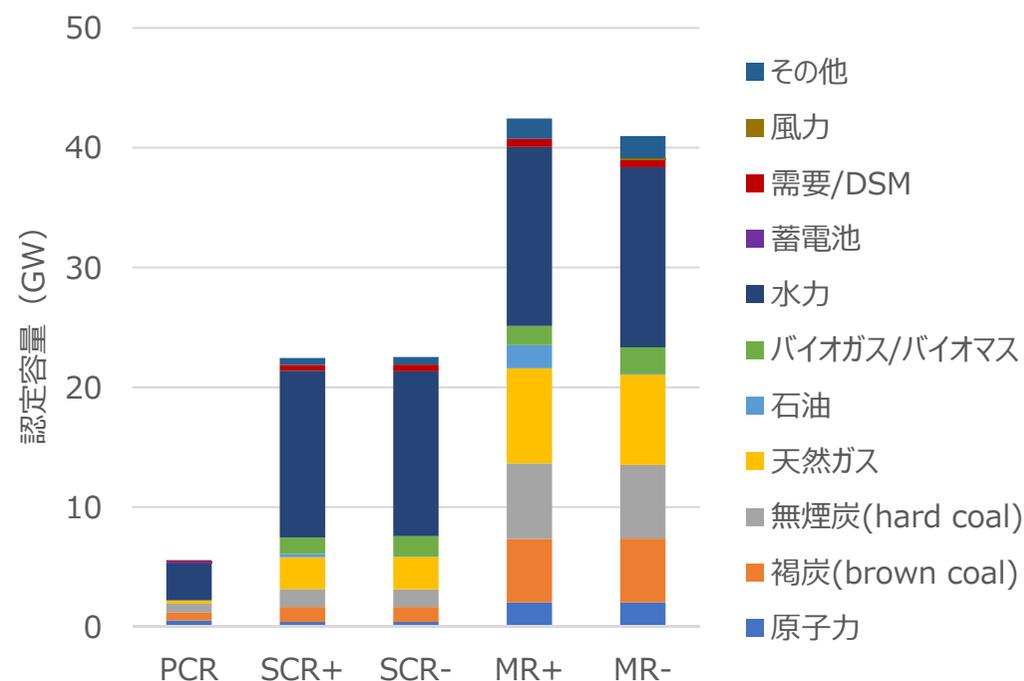


- 2017年11月末時点において、需給調整市場の認定容量※のうち、蓄電池は、PCR（Primary Control Reserve）市場の約2.9%（5.58GWのうちの160MW）を占める。蓄電池は、SCR（Secondary Control Reserve）市場、MR（Minutes Reserve）市場には参加していない。
- 需要/DSMは、PCR市場の1.3%（5.58GWのうちの70MW）、SCR市場（上げ）の2.1%（22.46GWのうちの480MW）、SCR市場（下げ）の2.5%（22.54GWのうちの560MW）、TCR市場（上げ）の2.1%（42.45GWのうちの670MW）、TCR市場（下げ）の2.5%（40.98GWのうちの650MW）を占める。

※ドイツ国内において需給調整市場への参加、調整力提供を行うには、その供給源となる発電ユニットや需要はTSOの事前審査（prequalification）の手続きに従って技術的・運用的要件を満たし、接続するTSOと枠組み協定を結ぶ必要がある。

ドイツの需給調整市場における認定容量(GW) 一次エネルギー種別内訳

	PCR	SCR+	SCR-	MR+	MR-
原子力	0.53	0.42	0.42	2.04	2.04
褐炭(brown coal)	0.67	1.24	1.24	5.3	5.34
無煙炭(hard coal)	0.74	1.49	1.48	6.31	6.15
天然ガス	0.26	2.67	2.69	7.95	7.56
石油	-	0.28	0.02	1.93	0.08
バイオガス/バイオマス	0.02	1.36	1.73	1.6	2.17
水力	3.08	13.93	13.76	14.94	15.04
蓄電池	0.16	-	-	-	-
需要/DSM	0.07	0.48	0.56	0.67	0.65
風力	-	-	-	-	0.09
その他	0.05	0.59	0.64	1.71	1.86
合計	5.58	22.46	22.54	42.45	40.98



【参考】ベルギー：R1及びR3へのDRアグリゲーション参加



- ベルギーの需給調整市場では、R1（Primary Reserve）及びR3（Tertiary Reserve）にDRアグリゲーションの参加が認められている。
- Next Kraftwerke（本社ドイツ）やRestore（本社ベルギー）などのVPP事業者が、R1及びR3にリソースを提供している。

ベルギー需給調整市場におけるDRアグリゲーション参加可能な商品分類

商品名	方向	応動時間	その他
R1 up	上げ方向のRegulation（周波数調整）	30秒	<ul style="list-style-type: none">• 年間発動回数：約100回• 継続時間：平均30秒
R1 down	下げ方向のRegulation（周波数調整）	30秒	<ul style="list-style-type: none">• 年間発動回数：約100回• 継続時間：平均30秒
R1 sym	上げ下げ両方向のRegulation（周波数調整力）	数秒以内	<ul style="list-style-type: none">• 連続的に上げ下げ
R3 Flex	上げ下げ両方向	15分	<ul style="list-style-type: none">• 発動回数制限：最大8回/月• 継続時間：最大2時間• 発動インターバル：最小12時間
Free bids(R3)	上げ下げ両方向	15分	<ul style="list-style-type: none">• 前日段階で提供されるフレキシビリティ• kWh価格のみ入札（ΔkWの入札・事前確保無し）

（資料）Next Kraftwerkeウェブサイト（<https://www.next-kraftwerke.be/en/knowledge-hub/balancing-markets/>）より作成

【参考】PJM : Synchronized Reserve市場(Tier II)の状況



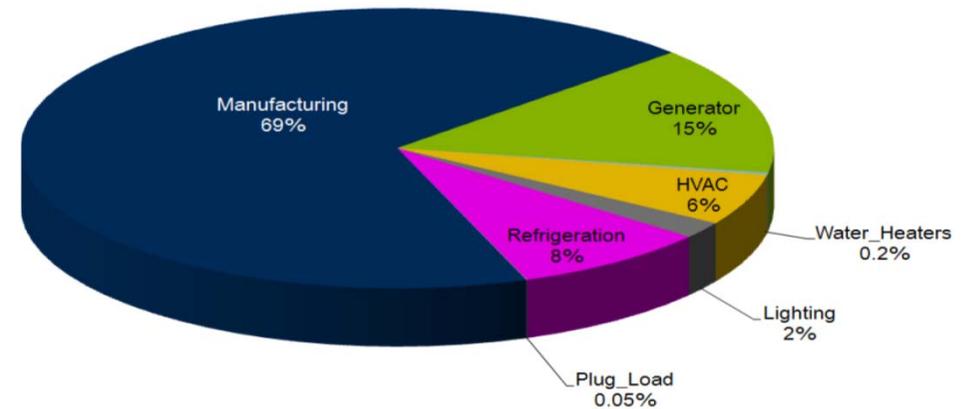
- PJMによると、2017年の瞬動予備力市場に参加したDRリソースは、平均168か所(444MW)であった。参加規模を需要家数であると、1需要地点あたりの調整能力は2MWを超えている。
- 工場プロセスの調整がリソースの過半を占めている。その他、自家発や空調、冷凍、照明、温水器が利用されている。

瞬動予備力市場(2017年)に参加したDRリソース(数・規模・種別)

(参加需要家数と調整容量)

月	需要地点数(箇所)	参加規模(MW)
1	173	511
2	179	517
3	182	517
4	180	481
5	180	473
6	161	360
7	160	359
8	157	355
9	159	433
10	160	436
11	160	438
12	161	444
平均	168	444

(需要家種別の調整容量比率)

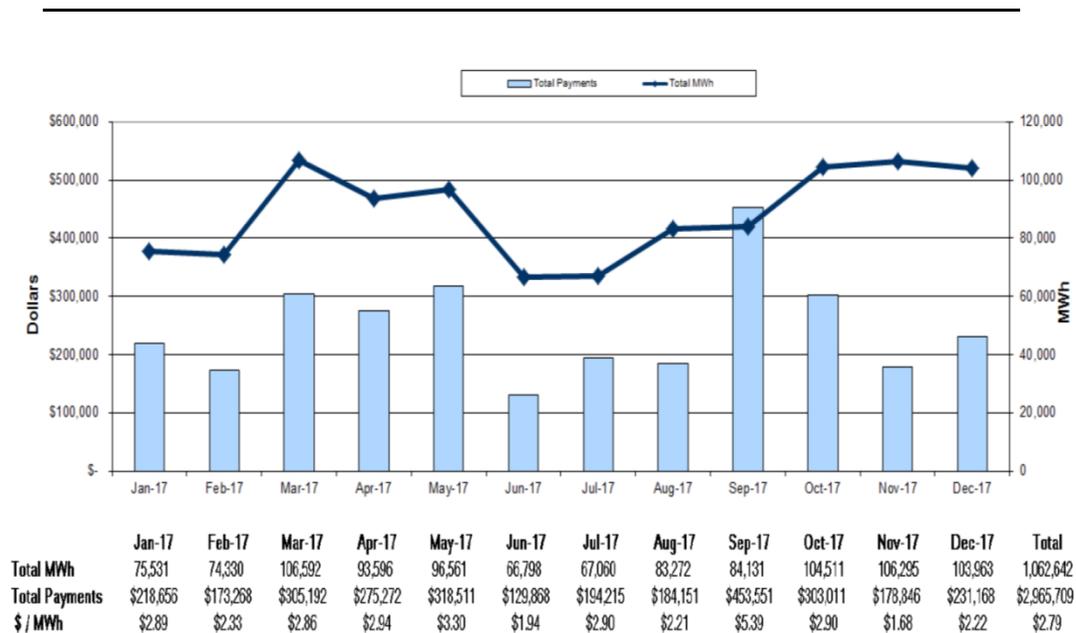


【参考】PJM : Synchronized Reserve市場(Tier II)の状況

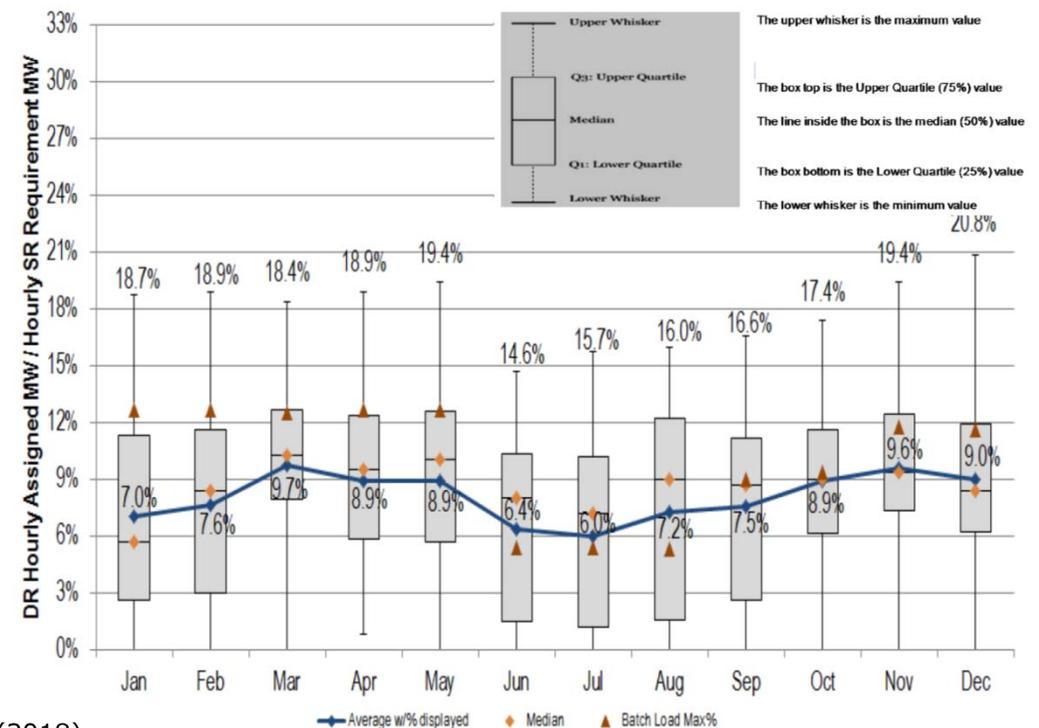


- 2017年において、瞬動予備力市場で約定したDRリソースの総量は1,062,642MWh、平均約定価格は約2.79\$/MWh、約定総額は約3百万ドルであった。
 - PJMの瞬動力市場では、容量(MW)が1時間帯で応札・落札されている。そこで、1MWのリソースが1時間にわたって落札された場合、その量を1MW×1hr=1MWhと表記する。
 - 平均約定価格は約2.79\$/MWhであるが、仮に我が国の調整力公募のように通年で落札されると仮定した場合、その価格水準は2,688円/kW/年に相当(1ドル=110円)。
- PJMエリア全体での瞬動予備力必要量に対するDRの比率は、時期によってばらつきがあるが、6~10%程度であった。ただし、時間帯によっては、必要量の20%以上をDRで賄う時間帯が存在。

瞬動予備力市場におけるDR落札量・価格(2017年)



瞬動予備力におけるDRシェア(2017年)



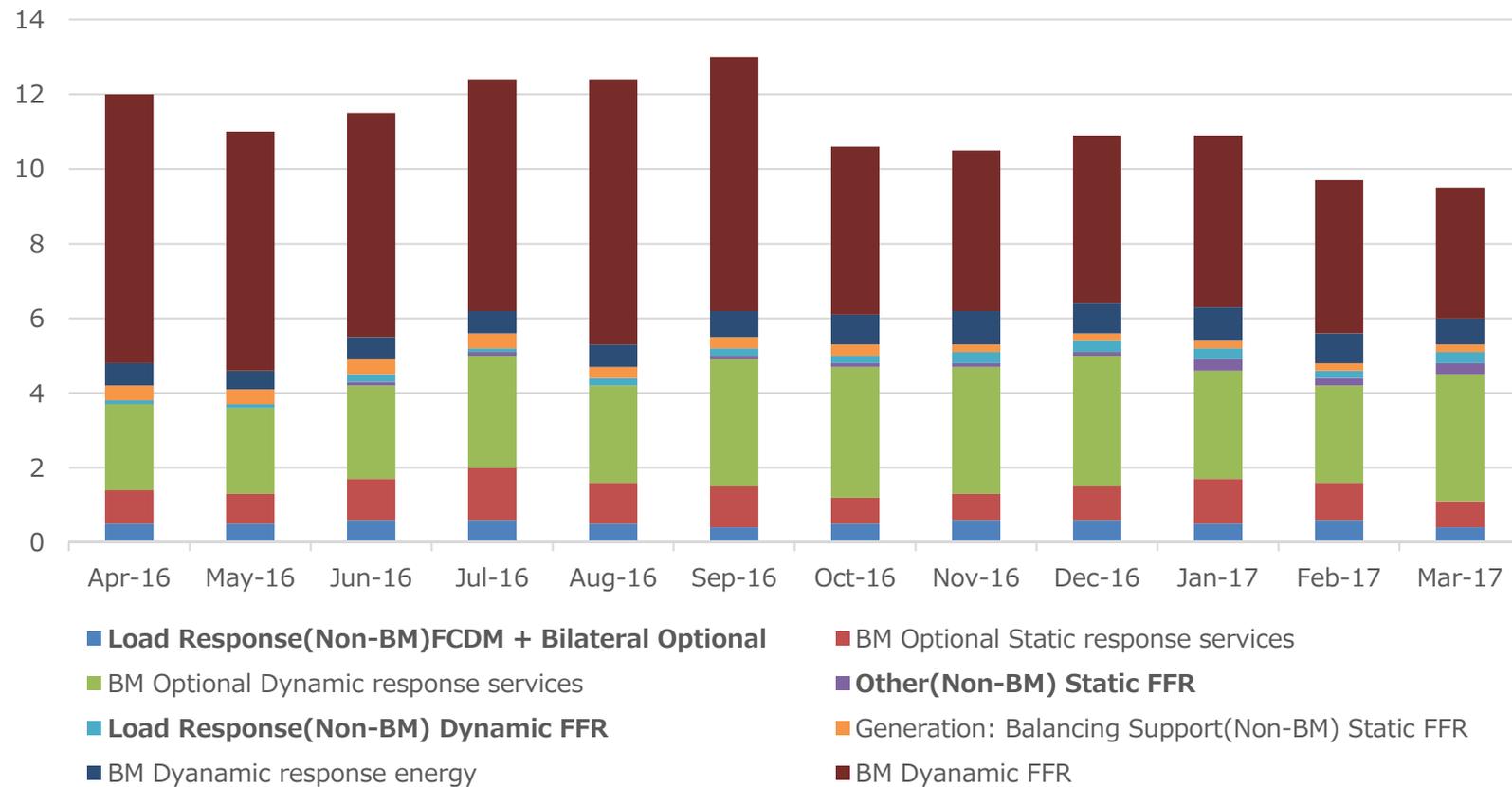
(資料) PJM "2017 Demand Response Operations Markets Activity Report: April 2018" (2018)

【参考】英国 Frequency Responseの調達状況



- National Gridによると、2016年度のFrequency Response年間調達コストにおいて、需要削減によるFFR（Firm Frequency Response）は£ 21万（1.9%）、需要アグリゲーションによるFFRは£ 12万（1.0%）を占める。

Frequency Responseサービス 月間調達コスト（2016年4月～2017年3月）



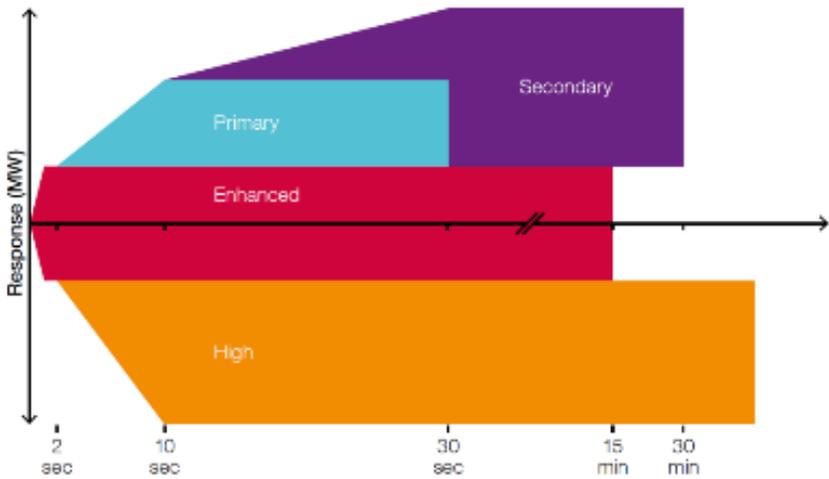
（資料）National Grid "Non-BM Balancing Services Volumes and Expenditures Full year 2016-2017" より作成



【参考】英国 Enhanced Frequency Response (EFR) の調達状況

- 2015年、National Gridは、従来の周波数応答 (Frequency Response) サービスに、Enhanced Frequency Response(EFR) と呼ばれる、より高速に予備力を提供可能なサービスを追加。
 - 従来、周波数応答サービスの応答時間は10秒以下または30秒以下であったが、EFRは応答時間が1秒以下のリソース (主に蓄電池) が対象。
 - 2016年8月、National Gridは、EFRの公募入札を実施。64の入札 (うち、蓄電池:61、DRアグリゲーション:2、BMU発電:1) の中から、8事業者の蓄電池を落札。調達期間は4年間。調達容量は合計201MW、総落札金額は £ 6,600万。
 - National Gridは、従来、周波数応答予備力の調達に年間 £ 1億6,000万 ~ £ 1億7,000万を拠出してきたが、EFRの導入により、4年間で計 £ 2億のコスト削減効果があるとされている。

EFRと従来の周波数応答サービスの関係



(資料) National Grid "System Operability Framework 2016"(2016)87頁

2016年8月実施 EFR落札結果

事業者名	リソース種別	地点名	容量 (MW)	開始年月 (予定)	サービス提供時間数 (h)	落札額 (百万 £)	MW・時間あたり単価 (£/MW・h)
EDF Energy Renewables	蓄電池	T_WBURB-4	49	2017-12	35,088	12.035	7.00
Vattenfall	蓄電池	Pen Y Cymoedd	22	2017-4	35,088	5.749	7.45
Low Carbon	蓄電池	Cleator	10	2017-12	33,760	2.681	7.94
Low Carbon	蓄電池	Glassenbury	40	2018-3	33,764	12.668	9.38
E.ON UK	蓄電池	Sheffield	10	2017-11	35,088	3.891	11.09
Element Power	蓄電池	TESS	25	2018-2	35,088	10.079	11.49
RES	蓄電池	RESEFR7-PT	35	2018-2	35,088	14.651	11.93
Belectric	蓄電池	Nevendon	10	2017-10	35,088	4.200	11.97
合計			201			65.954	9.44

(資料) National Grid "EFR Full Results" (2016) より作成

【参考】米国PJM Regulation市場



- PJMのRegulation市場における、リソース別のユニット数・落札容量（パフォーマンス調整後容量）・クレジット合計額（年間累計報酬）は下表のとおり。
- 落札容量では、全体落札量（2016年に約4,900GW、2017年に約6,100GW）のうち、蓄電池は40%超（2016年に約2,000GW、2017年に約2,800GW）を占める。一方、DRは1%前後（2016年に約46GW、2017年に約97GW）。

注) 1MWのリソースが1時間にわたって落札された場合、その量を1MW×1hr=1MWhと表記する。

PJM Regulation リソース別情報（2016・2017年）

Source	2016				2017			
	Number of Units	Performance Adjusted Settled Regulation (MW)	Percent of Settled Regulation	Total Regulation Credits	Number of Units	Performance Adjusted Settled Regulation (MW)	Percent of Settled Regulation	Total Regulation Credits
Battery	21	2,023,139.6	41.2%	\$31,150,301	22	2,839,294.4	46.5%	\$38,907,116
Coal	49	427,069.7	8.7%	\$9,604,655	45	401,196.2	6.6%	\$10,426,826
Hydro	39	926,915.3	18.9%	\$18,261,418	27	919,036.7	15.0%	\$18,440,308
Natural Gas	152	1,489,276.0	30.3%	\$24,287,130	156	1,854,870.9	30.4%	\$35,145,576
DR	35	46,506.5	0.9%	\$760,062	28	96,791.9	1.6%	\$1,290,038
Total	296	4,912,907.0	100.0%	\$84,063,566	278	6,111,190.2	100.0%	\$104,209,864

（資料） Monitoring Analytics “2017 State of the Market Report for PJM Section 10 – Ancillary Service Markets”（2018）に赤枠加筆