

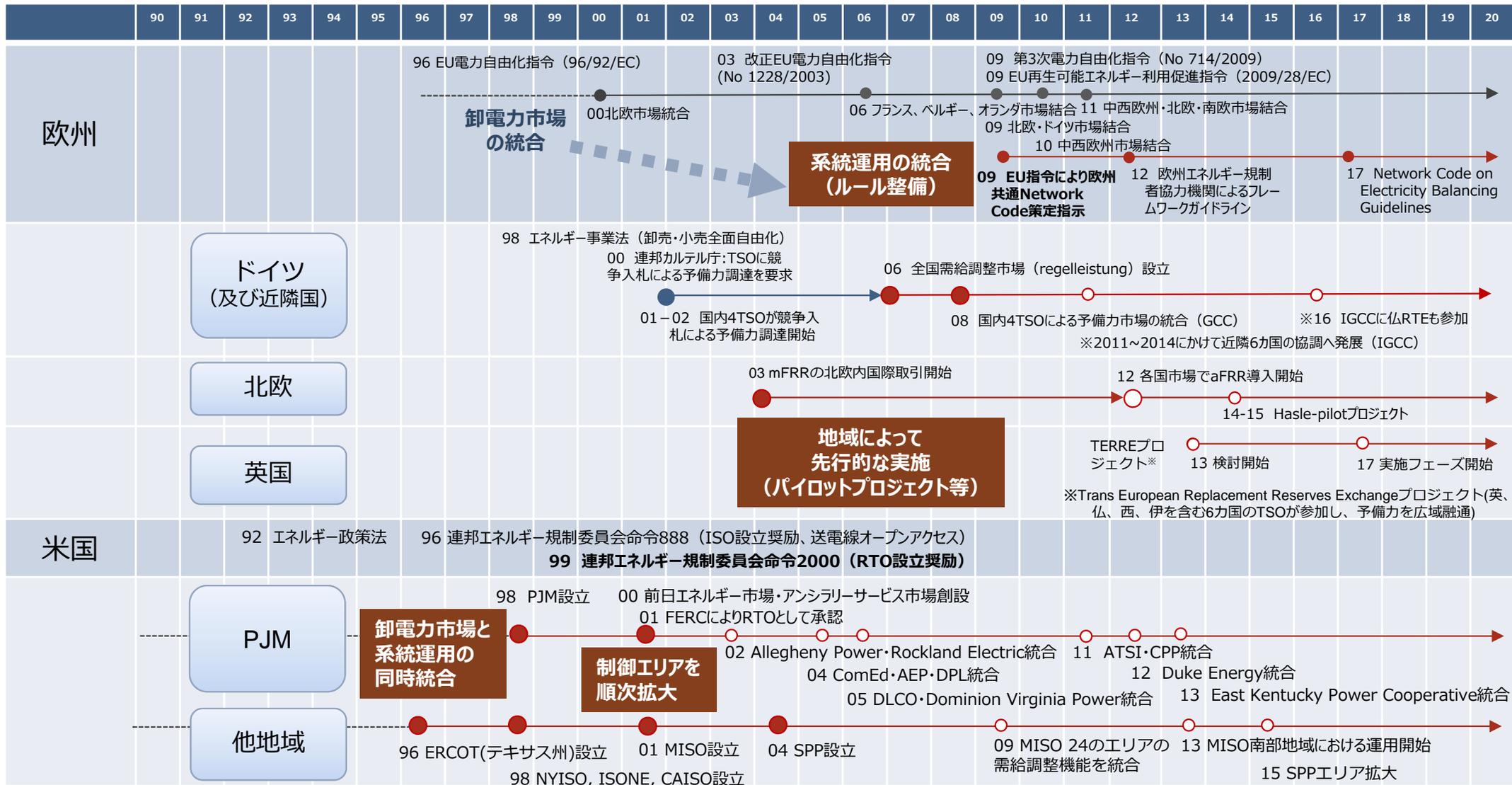
欧米の需給調整市場の現状について

2017年9月19日

MRI 株式会社三菱総合研究所
環境・エネルギー事業本部

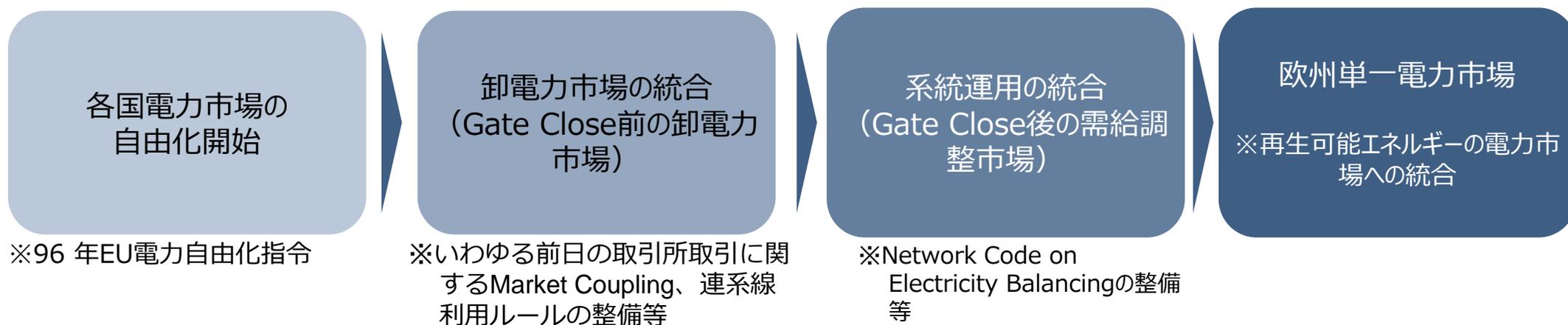
欧米における需給調整の広域化の経緯

- 欧州は卸電力市場の広域統合から、需給調整市場の広域統合へ、ルール整備と実証を加速。
- 米国はエネルギー市場と系統運用を一体的に地域送電組織（RTO）が管理（RTOの拡大＝広域運用の拡大）。
- 需給調整市場の広域化は安定供給に直結する系統運用実務の広域的統一でもあり、時間をかけて段階的に実施。



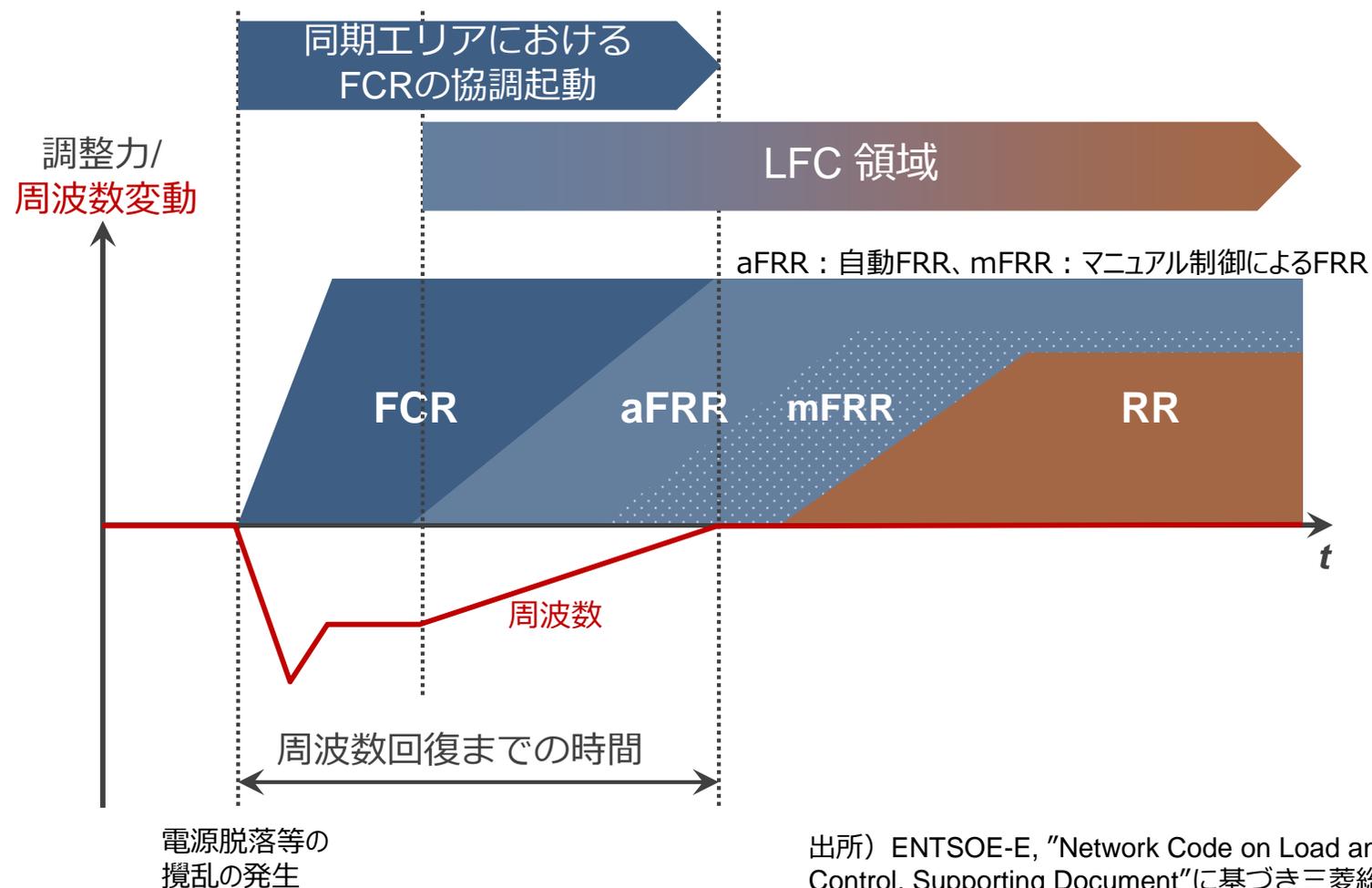
欧州：欧州共通市場構築に向けたNetwork Codeの策定

- 欧州は「各国毎の自由化された電力市場」ではなく、「欧州で一つの自由化された電力市場」を標榜
- 卸電力取引市場の統合に目処がつきつつある中、**次のステップとして系統運用段階の統合**をめざし、EU規則によって、**欧州共通ネットワークコード**の策定を指示（EC714/2009）
- これを受け、需給調整に関して「Network Code on Electricity Balancing（EB）」が策定され、2017年3月16日に最終ドラフトが加盟各国により承認済。
 - ✓ EBでは、各国系統運用者の**需給調整の協調・統合を促進**するため、需給調整ルール（調達、運用、取引（融通）、精算の諸段階におけるルール及び手続）の原則を定めている。
 - ✓ EBでは、欧州の電力市場の統合のため、系統運用者の需給調整市場において、どのような商品を提供するかは各系統運用者に任せられ、定期的に商品のレビューを行う必要があると規定。ただし、**系統運用者は相互の市場参加を容易にすることを義務付け**られている。



欧州：Network Codeにおける予備力の名称（分類）

- Network Codeは、共通の技術用語を使い、欧州共通の予備力の調達・発動、容量算出ルールの基礎を提供
- 各国固有の分類、用語で規定されていた各種の予備力名称、要件等を整理。もともと、**各国の系統運用実務は多様であり、予備力の実質的な標準化にはいたっていない。**

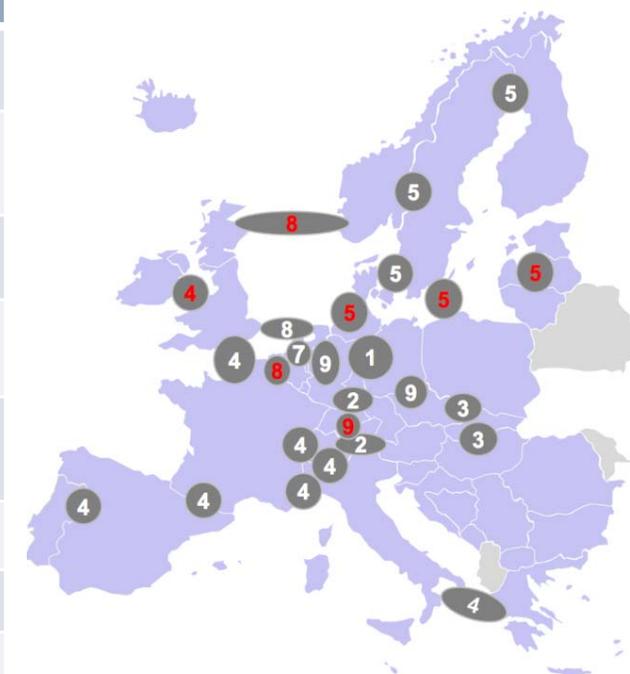


欧州：需給調整の広域化に関するパイロットプロジェクト

- 欧州送電系統運用者ネットワーク（ENSTO-E）ではEBの策定、各国の実装を待つことなく、需給調整市場の広域化に関する複数のパイロットプロジェクトを定め、その検討を支援してきた（Cross-Border Electricity Balancing Pilot Projects）。

Cross-Border Electricity Balancing Pilot Projectsの対象地域と対象予備力

No	略称	地域	IN ^{注1}	FCR ^{注2}	aFRR ^{注3}	mFRR ^{注4}	RR ^{注5}
1	GCC	独国内の4 TSO	○	○	○	○	
2	—	独、オーストリア、スイス、デンマーク、オランダ		○			
3	E-GCC	CEPS/SEPS/MAVIR	○				
4	TERRE	イタリア、仏、英、スペイン、ポルトガル、スイス、ギリシャ					○
5	Nordic RPM	北欧、バルト3国、ドイツ、ポーランド	○			○	
7	—	オランダ、ベルギー（※中断）			○	○	
8	—	英、オランダ（※中断）					○
9	IGCC	独、オーストリア、ベルギー、デンマーク、仏、スイス、オランダ、チェコ	○	○		○	



出所) ENTSO-Eサイト掲載情報に基づき三菱総研作成

注1)インバランス相殺 (Imbalance Netting) 注2)Frequency Containment Reserve 注3)automatic Frequency Restoration Reserve

注4) manual Frequency Restoration Reserve 注5) Replacement Reserve

欧州：予備力の広域調達と連系線利用ルール

- EBでは、広域融通において予備力に割当てる**連系線容量を設定する手法**について、送電事業者（TSO）に対して以下の**3つの選択肢**を示している。
- 各選択肢は連系線利用について、**エネルギー取引と予備力取引を経済的効果の観点から評価**した上で割当量を策定するもの。

<予備力取引のための連系線容量確保方法の選択肢>

同時最適化による割当 (EB 第40条)

- 直接/間接オークションを通じて、連系線容量をエネルギー取引、予備力取引各々への入札として、最適化アルゴリズムにより容量割当を決定

※米国のISOで採用されている方法に類似

市場ベースによる割当 (EB 第41条)

- 連系線を介する予備力取引の価格と、エネルギー取引の価格見通しの比較に基づき、予備力向けの容量割当を決定（上限値：前年度のエネルギー取引に利用可能な容量の10%）。

※北欧のHasle-pilotプロジェクトにおいて実証例有り。

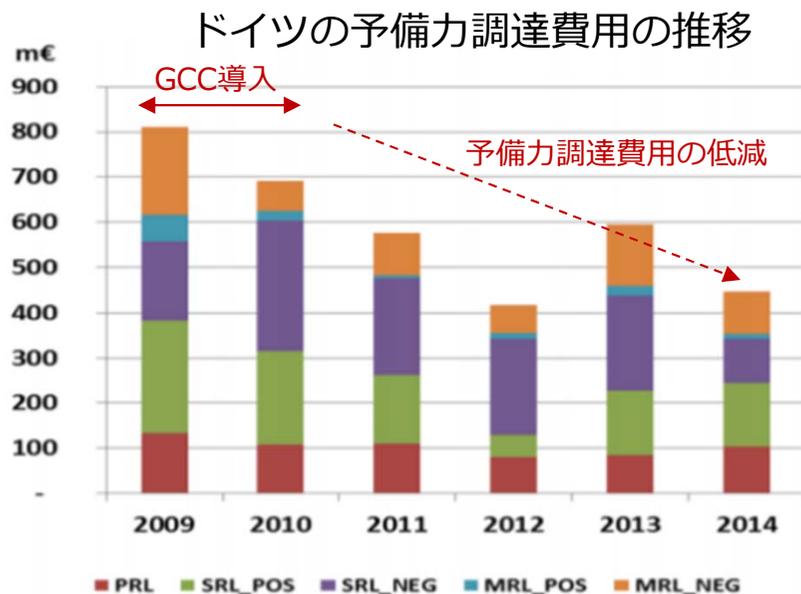
経済便益分析による割当 (EB 第42条)

- 予備力向けの連系線容量確保による経済的便益分析に基づき、予備力向けの容量割当を決定（上限値：前年度のエネルギー取引に利用可能な容量の5%、新規連系線の場合は設備容量の10%）。

欧州：ドイツにおける需給調整の広域化（GCCからIGCCへ）

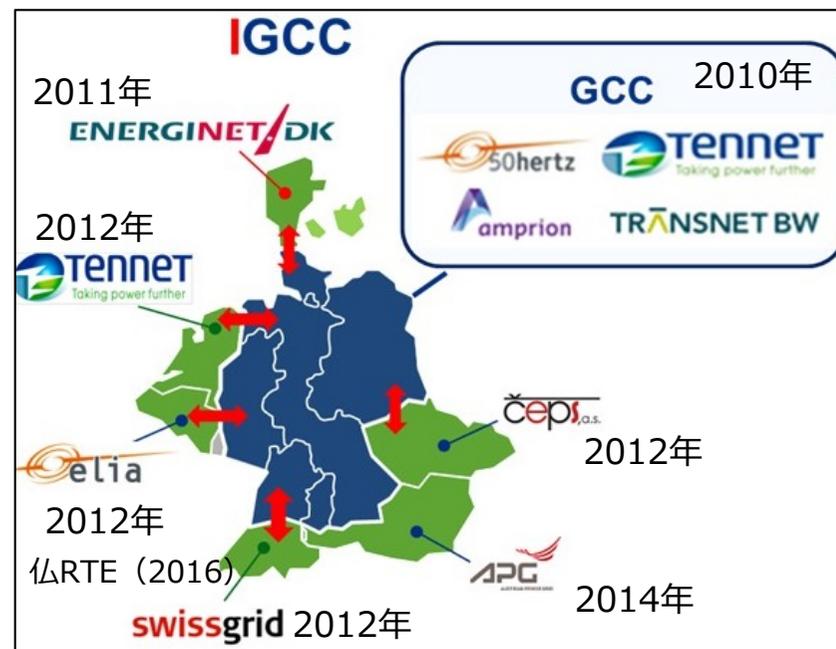
- ドイツでは4つのTSOはGrid Control Cooperation(GCC)と呼ばれる広域的な連携体制を構築。
- GCCは2008年から2010年にかけて徐々に実施され、**現在では、ドイツ国内の需給調整市場は完全統合を実現**（4つのモジュールを段階的に実現）。
- **2008年から太陽光・風力の設備容量は3倍に増加したが、2010年以降、予備力調達費用は減少**。この費用減少の大きな理由は、GCCによる予備力の広域的活用とされている。
- ドイツ国内のGCCの成功をうけ、**国際的な取組としてInternational GCC (IGCC) へ拡大**

※なお、GCCの4つのモジュールの内、現時点ではIGCCはモジュール1（インバランス相殺）のみ実装



出所) 独50Herz社提供資料に加筆

GCCからIGCCへの拡大



出所) 独50Herz社提供資料に加筆

広域連携の機能比較

	GCC	IGCC
モジュール1：インバランス相殺	○	○
モジュール2：予備力調達量の最適化	○	
モジュール3：予備力の共同調達	○	
モジュール4：予備力の共同運用	○	

出所) 三菱総研作成

欧州：北欧における需給調整の広域化（Hasle-pilotプロジェクト）

- 現在の欧州の予備力の広域活用の多くは、エネルギー取引後の連系線空き容量（及び混雑の逆方向容量）を活用したもので、予備力取引のために連系線容量を予め確保して行うものでない。
- この点、スウェーデン、ノルウェー間において、2014年～2015年にかけて**前日スポット取引とaFRRの広域融通のための連系線容量の動的割当に関する実証試験**を実施（EB第41条に相当する実証）
- 本実証試験は、小規模かつ試験的なものであったが、**実証期間中、両国TSOにメリットが生じたことを確認**。
 - ✓ 本実証も参考として、両国のTSO（Statnett と Svenska Kraftnät）は、2017年6月に北欧需給調整市場に関する提案として「将来的に有効なコンセプト（Future-proof concept）」を発表。

<Hasle-pilotプロジェクトにおける連系線容量の調整手順>

Step 0	各TSOによるaFRRの確保	■ ノルウェーのTSO（Statnett）、スウェーデンのTSO（Svenska kraftnät）がそれぞれ必要なaFRRを確保
Step 1	aFRR融通による経済性分析	■ 各TSO間で確保したaFRRを融通することによる便益を評価
Step 2	aFRR融通のための連系線容量確保	■ Step1で設定したaFRRの量に相当する連系線容量を確保
Step 3	aFRR融通の実施メリットの確認	■ Step2で確保した連系線容量を前日市場に活用するか、需給調整メカニズムに活用するか再確認
Step 4	aFRRの融通実施	■ 国際連系線を通じたaFRRの融通を実施する前提で、暗示的取引で前日市場のゲートクローズを実施

出所) 古澤・岡田、電力経済研究 No.64(2017.3)に基づき三菱総研作成

米国：地域送電機関（RTO）の設立と広域的系統運用

●米国では、複数電力会社の系統運用機能を組織的に統合した地域送電機関（RTO）を通じて広域的系統運用を実現

※RTOは、1996年FERC命令888で規定された独立系統運用機関（ISO）に、更に①広域性、②送電拡張計画作成責任を要件として加えた組織形態であり、1999年FERC命令2000によって設立が推奨されている。

現在、米国では7つのRTOがFERCの承認の下、広域的な系統運用にあたっている。

●米国では系統の需給調整はBalancing Authority(BA)と呼ばれる責任単位で管理。RTOが存在する地域では、RTOがBAとして広域的な需給調整を実施。

※BAは実態として地域の有力電力会社が担当しており、米国には66のBAが存在する（2016年現在）。

