

島国・災害・再エネ時代における長期エネルギー貯蔵 のニーズと課題

2025年8月7日

CIGRE SC C1 regular member 兼 国内分科会委員長として

(東京電力パワーグリッド 技術統括室 副室長)

八巻 康一郎

CIGREとは

- CIGRE（International Council on Large Electric Systems、国際大電力システム会議）は民間の非営利団体で、1921年にフランスのJean T. Laspiere氏によって設立された
- 電気の利用が活発になるにつれて、電気関係の標準を決めることが大切になり、1906年にIECが設立されたが、**日進月歩の送変電技術について技術的問題検討のために**、IECから独立した組織として、**CIGREが設立されたという経緯**
- IECが電気に関する標準を定めるところであるのに対し、CIGREは多様性に富んだ送変電に関する技術問題を討議しており、近年では配電分野も含めたエネルギーバリューチェーン、水素インフラなども視野に入れている
- CIGREの特徴として、**純粹に技術的諸問題を個人ベースで意見交換する場**となっている
- CIGREは、**新しく生まれた技術の利害得失を討議するのが大きな目的**であり、100年に及ぶ間に果たしてきた役割は非常に大きいもので、全世界にその所属する国、電力会社、メーカーという立場を超えて均質な性格をもつことを可能にしてきた

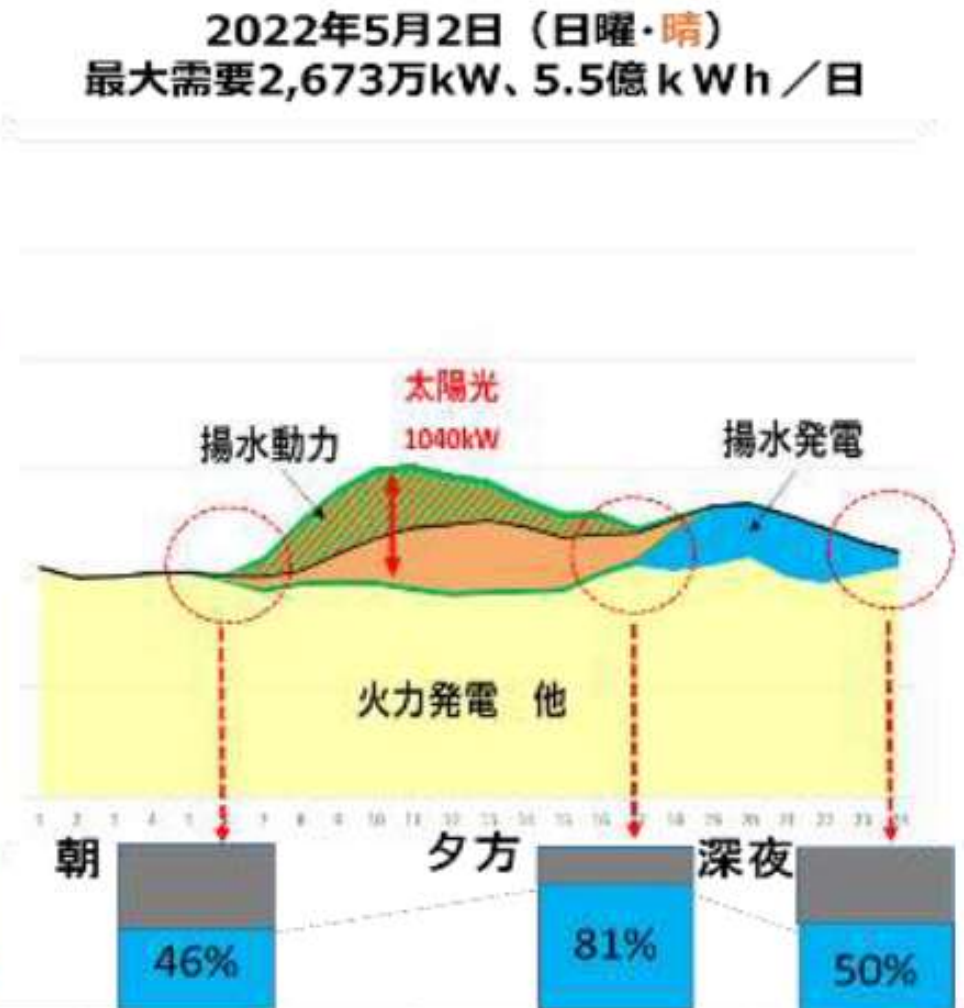
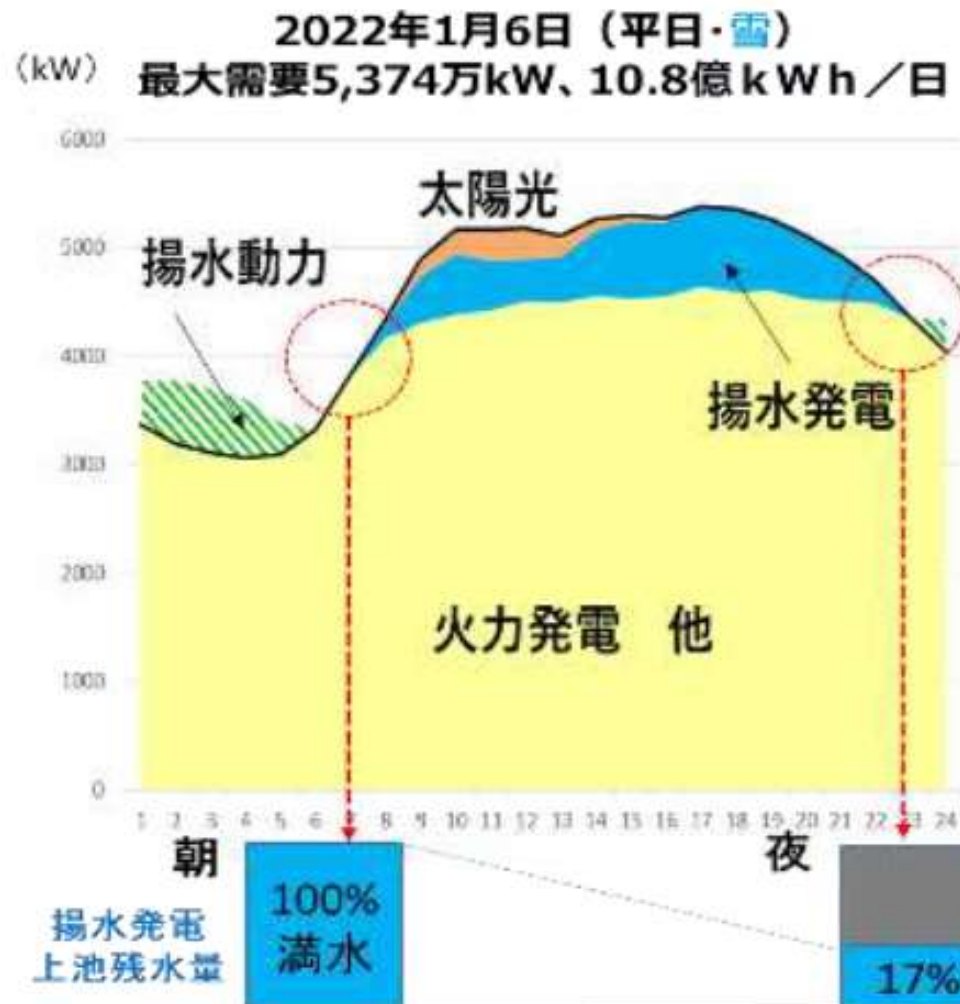
出典：CIGRE国内委員会ウェブサイトの紹介文を参考に記載

1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
3. オーストラリアにおける投資事例
4. B/Cの“Cost”が高い？
5. B/Cの“Benefit”が低い？
6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
7. 最後に

-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
 3. オーストラリアにおける投資事例
 4. B/Cの“Cost”が高い？
 5. B/Cの“Benefit”が低い？
 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
 7. 最後に

1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か（時間的ギャップ／シーズナル）

- 需給バランス：再エネ増加、従来型電源減少に伴う、季節により異なる需給ギャップ実感
 - ・ 重負荷期：燃料不足を起因とした供給力不足で需給ひっ迫
 - ・ 軽負荷期：供給力余剰で再エネ力抑制



1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵が（時間的ギャップ／シーズナル）

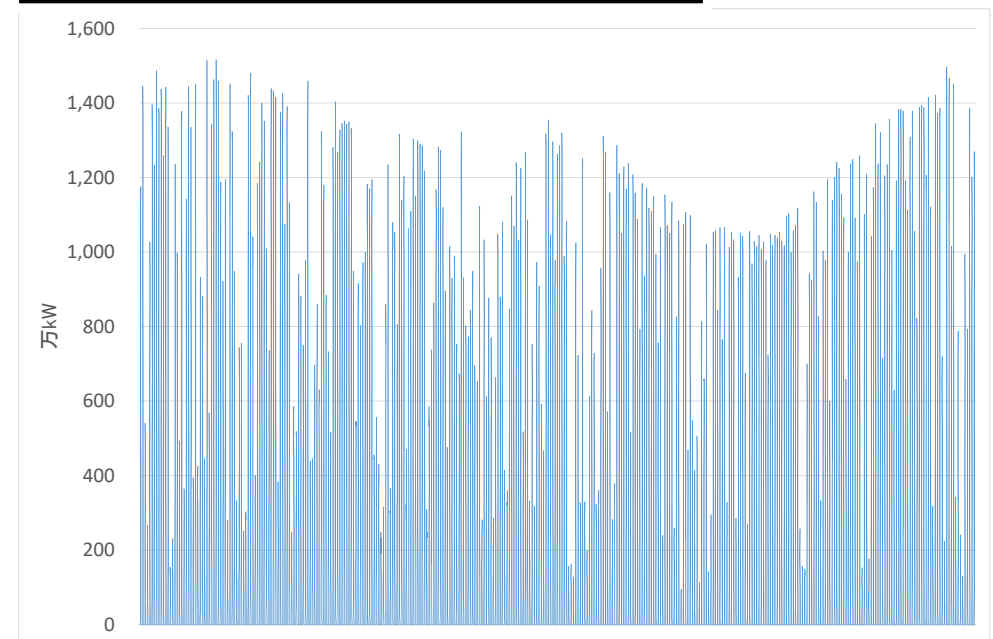
- ナマ需要に季節的変動が見られる日本において、太陽光が供給力の太宗を占める世界観をイメージすると、日間のエネルギー貯蔵だけでは、重負荷期に必要な供給力が確保できず、軽負荷期は貯蔵した電力を放電しきれない事態に陥ることが想定される
- 電力需要の季節的変動への対応には、シーズナルの電力貯蔵が必要と想定される

月別最大電力（1日最大）の実績



出典：数表で見る東京電力

2022年度の太陽光発電出力の実績



出典：東京電力パワーグリッドのでんき予報

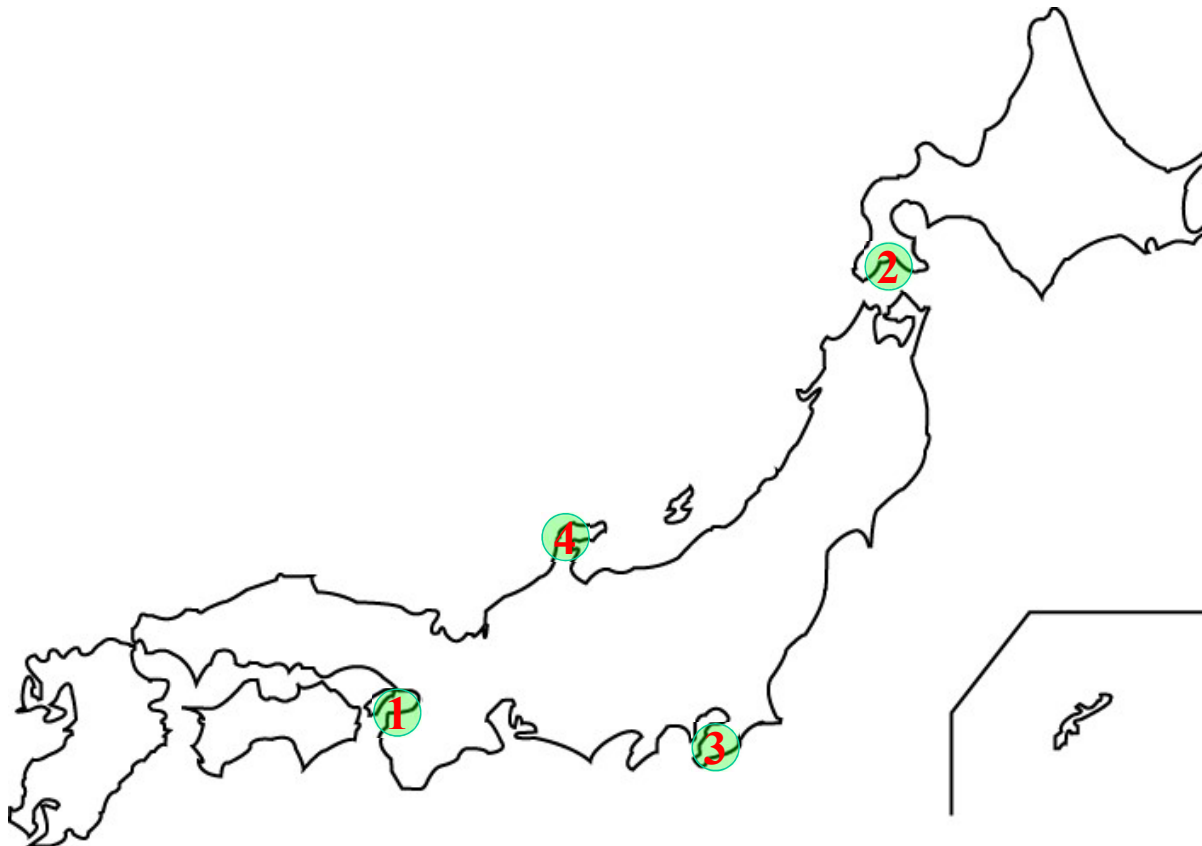
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か（空間的ギャップ／エリアレベル）

- 島国・燃料純輸入国ゆえのエネルギー輸送におけるリスク（2022年1月需給ひっ迫の事例）
 - 電力消費量の増加に伴う燃料使用が急増
 - 国内の燃料在庫率が低下
 - 長期契約主体のLNGは、急場のスポット調達が困難
 - 結果して、kWではなくkWhベースで需給ひっ迫が発生

1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か（空間的ギャップ／地域レベル）

- 供給経路が隘路な場所でのHILF（High Impact Low Frequency）事象発生で孤立化し、局所的に停電が長期化する事例を体験

- ① 2018年9月 台風21号による関西国際空港の孤立
- ② 2018年9月 北海道胆振東部地震による北海道ブラックアウト
- ③ 2019年9月 台風15号による停電発生
- ④ 2024年1月 能登半島地震による停電発生

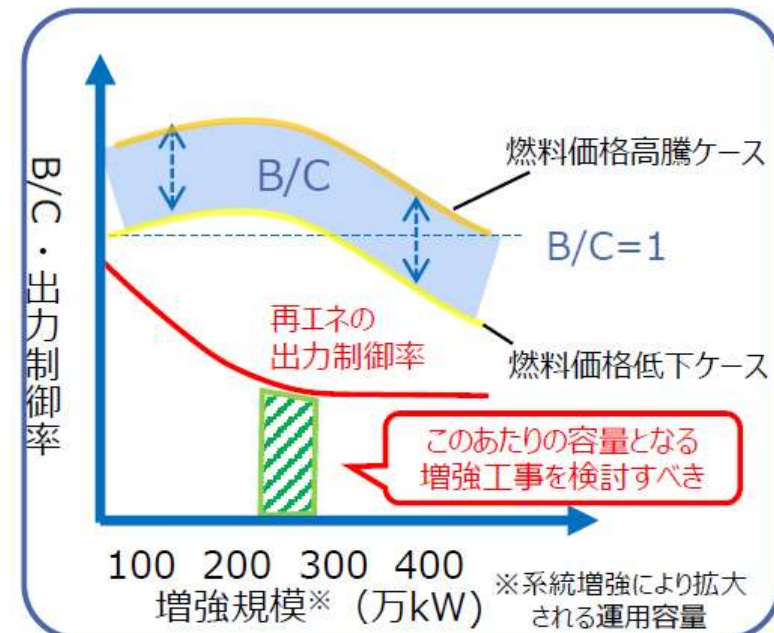
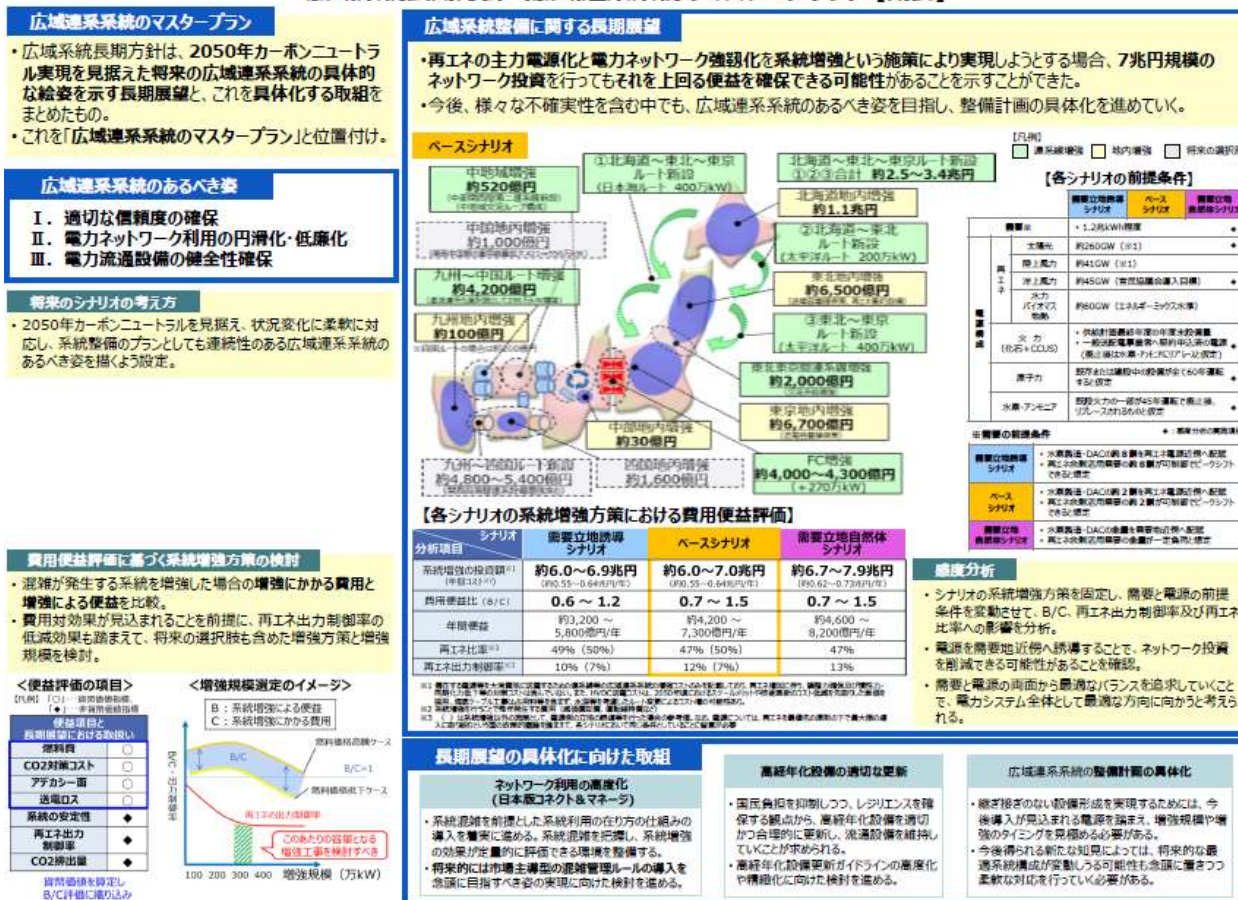


-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 - 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？**
 3. オーストラリアにおける投資事例
 4. B/Cの“Cost”が高い？
 5. B/Cの“Benefit”が低い？
 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
 7. 最後に

2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？

- インフラ設備投資の負担と受益は国民
- 故に、投資是非の判断基準の基本はCBA（Cost Benefit Analysis）による
- 社会経済的に受容される投資は、Benefit/Costが1を超える必要がある
 - ・ 電力広域的運営推進機関による広域系統長期方針の検討（所謂「マスタープラン」）においても、「B/Cが1を超えるか」を投資是非の判断指標として採用

広域系統長期方針（広域連系系統のマスタープラン）【概要】



出典：電力広域的運営推進機関ウェブサイト

https://www.occto.or.jp/kouikikeitou/chokihoushin/230329_choukihoushin_sakutei.html

-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
 - 3. オーストラリアにおける投資事例**
 4. B/Cの“Cost”が高い？
 5. B/Cの“Benefit”が低い？
 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
 7. 最後に

3. オーストラリアにおける投資事例

- 海外では、系統用蓄電池がマルチユースによりBenefitを上積みすることで、補助金に頼らずとも、価格競争力を有している事例あり
- 例えばオーストラリアでは、再エネ増加で顕在化した系統安定化ニーズに応える形で、系統用蓄電池が以下のサービスで収益を上げている。世界で初めての「疑似慣性機能のグリッドコード化」が、系統用蓄電池のビジネスモデル成立、普及を加速させた一因と考えられる
 - 予備力
 - アービトラージ
 - 平常時・異常時の周波数維持、慣性力
- 2022年11月に南オーストラリア州が他州から孤立する事態に陥った際は、系統用蓄電池をアービトラージから周波数維持モードで運転することで、他州との連系線が復旧するまでの1週間の間停電を免れた事例がある

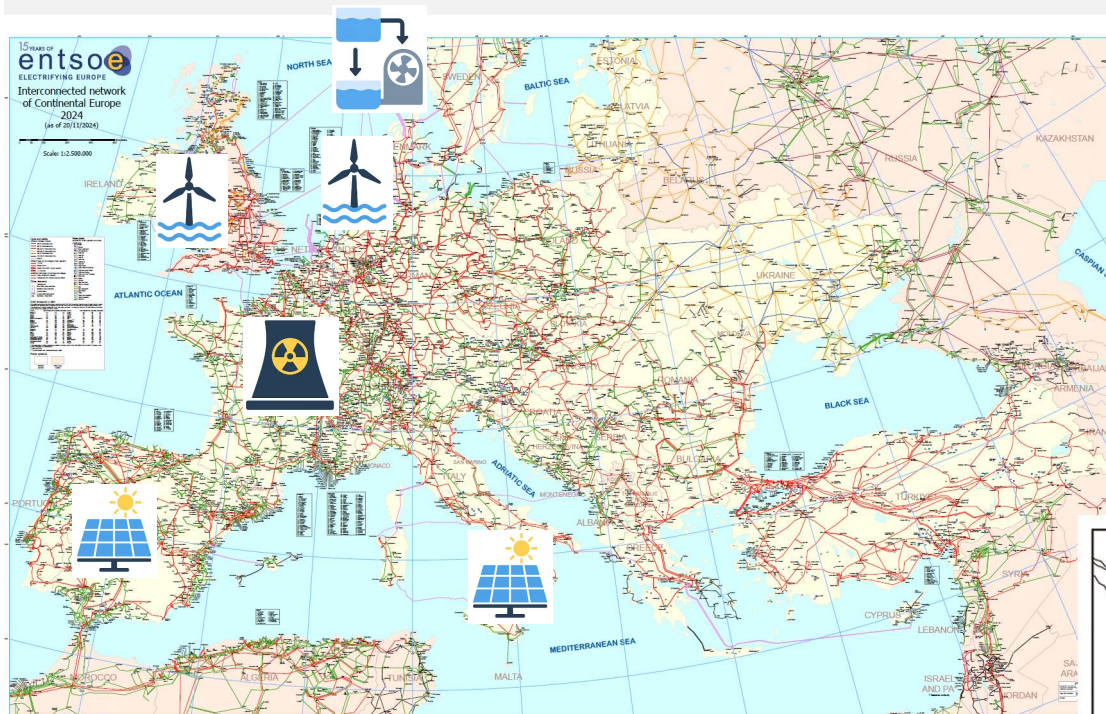
-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
 3. オーストラリアにおける投資事例
 - 4. B/Cの“Cost”が高い？**
 5. B/Cの“Benefit”が低い？
 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
 7. 最後に

4. B/Cの“Cost”が高い？

- 世界的にも長期エネルギー貯蔵への関心が高まっているところ
- 海外での有望技術も、日本では見劣りしてしまっている？
 - ・ フットプリントに基づくポテンシャル：重力蓄電やCAES、水素やガスの地下貯留
 - ・ 輸送インフラ：水素の既存ガスパイプライン混入が技術面でなく規制面で不可、もともと脆弱なガスパイプライン網 など
- 一方で日本では、不利な条件をバネに、世界に先行する技術開発を成し遂げてきた一面もあり
 - ・ 例えば、中国によるレアメタル輸出規制のターゲット化をもとに、レアメタル回収技術のバイオニアに
 - ・ 長期エネルギー貯蔵に期待される領域では、「ためる」に代えて「運ぶ」、「ずらす」技術や政策に力点
 - 運ぶ：災害時のEV活用
 - ずらす：家庭用ヒートポンプ、蓄熱式空調、ワット・ビット連携

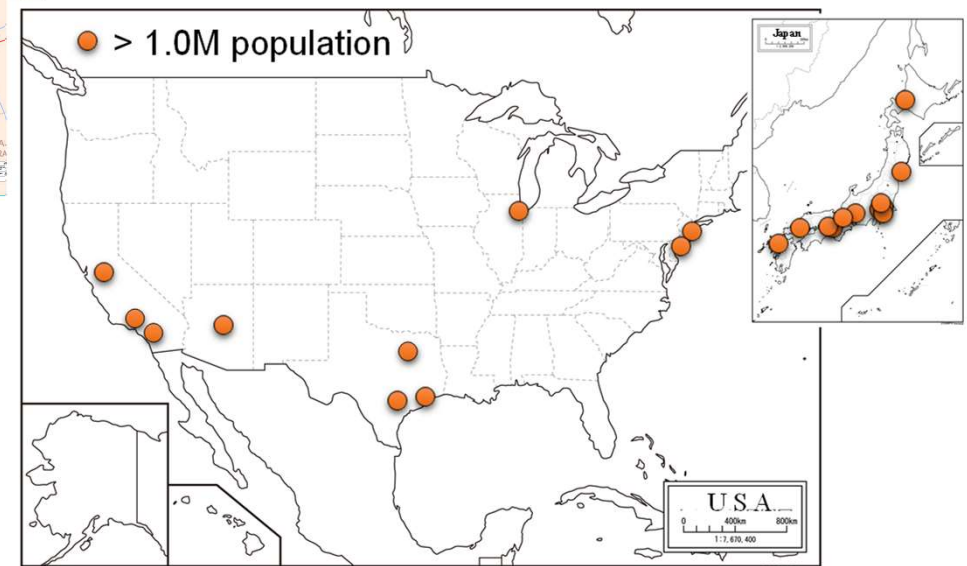
参考. 海外事例との条件差異の一例

- 欧州：電源多様性、豊富な国際連系
- 北米：広大な土地
- 日本：一定程度均一性を有する電源分布、電力・ガスの国際連系なし、狭隘な土地



出典：entsoeウェブサイト に著者追記

<https://www.entsoe.eu/data/map/downloads/>



4-1. 災害時のEV活用（台風15号実績）

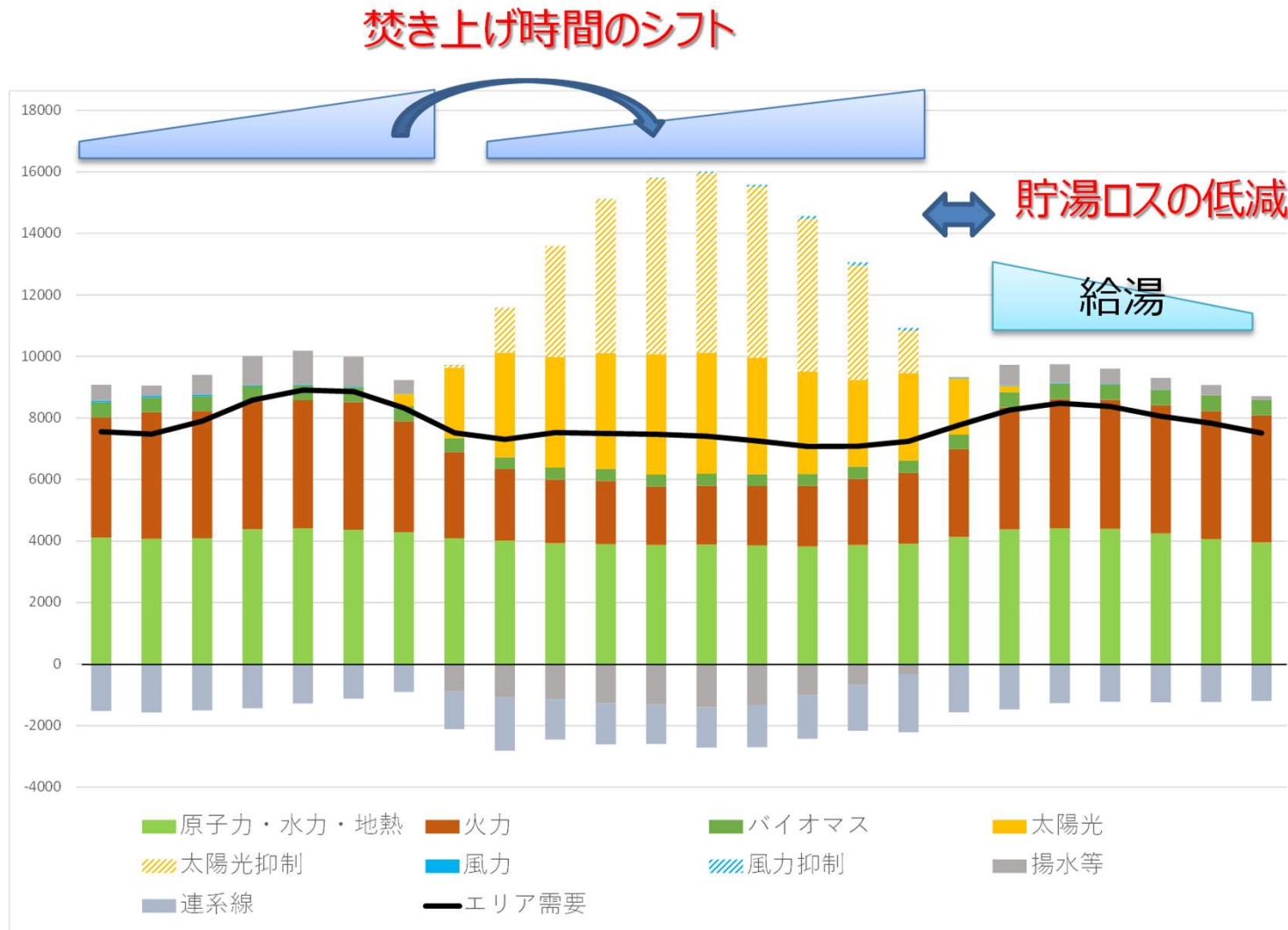
- 2019年9月発生 of 台風15号による地域的電力孤立の局面では、「運ぶ」機能としてのV2Lが貢献

支援機器	数量	給電サービス	支援物資運搬 給電車両巡視
xEV (EV,PHV,FCV)	67台	47件 + α (メーカー対応)	246件
V2L機器	45台		



4-2. 家庭用ヒートポンプ

- 再エネ大量導入を見据えた出力制御最小化に向けた、資源エネルギー庁による「再エネ出力制御対策パッケージ」の一つとして取り上げられたヒートポンプ給湯器は、「ずらす」機能で、再エネの有効活用を実現可能



日本ではヒートポンプの導入拡大によるセクターカップリングの強化が勝ち筋！！

- 国内で家庭に累積1,000万台導入
- 国産ヒートポンプの競争力
- ヒートポンプによる省エネ推進
- 再エネとの親和性（エコキュート年間フロー70万台は、約90万kW/年の調整力追加創出ポテンシャル）

九州電力送配電のでんき予報掲載情報（2023年4月9日）を元に作成

4-3. 蓄熱式空調

- 蓄熱式空調は、ヒートポンプ給湯器と同様の「ずらす」機能で、再エネの有効活用、BCP対策等につながる

2. 蓄熱システムについて

蓄熱システムとは

◇蓄熱システムとは、熱エネルギーを蓄え、必要な時に放熱するシステムです。
冷房、冷蔵用などの冷熱蓄熱と暖房や給湯用の温熱蓄熱があります。

蓄熱システムの特徴(空調の場合)



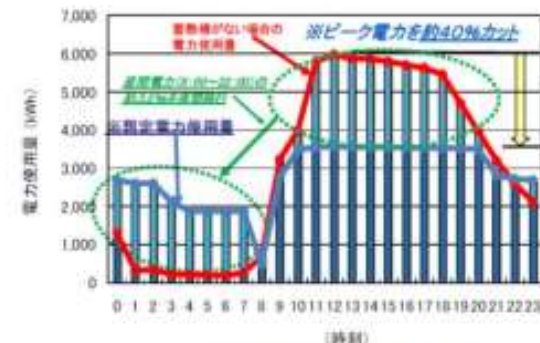
- ◇機器を効率的に運転することができ、省エネ、省CO2なシステムである
- ◇DRにおける電力需給イメージと運転イメージが類似している

出展：
ヒートポンプ・蓄熱センターの
ウェブサイト

4-3. 蓄熱式空調

4. 蓄熱式空調システムのメリット（総括）

- 電気設備容量を抑制（負荷平準化）
- ヒートポンプ電動冷凍機の効率による省エネ
- INV冷凍機との組合せで更なる省エネの可能性
- 再エネ出力抑制を解消
- 再エネ電力活用でCO₂フリー（非燃烧系）
- 電力需要の電化による低炭素化（吸収式→ヒートポンプ）
- 蓄熱時のロスが少ない
- 蓄熱槽から熱供給でストレスフリーなDR



・「大容量蓄熱槽」(高さ16m、水深約16m)
このような槽が4槽あり、合計保有水量は約7,000トン(25mプールに標準水量約400トン換算では約17杯分)となります。

(出典: <https://www.tokyo-skytree.jp/press/pdf/2011082304.pdf>)

出展：
ヒートポンプ・蓄熱センターの
ウェブサイト

4-3. 蓄熱式空調

5. 蓄熱式空調システムの採用事例

地域熱供給事業者のような高効率を要求される熱供給事業者で蓄熱は採用されています。

晴海アイランド地区

再開発の計画段階から熱供給事業者も参画し、まちづくりを進めてきた「晴海アイランド地区」はタウンマネジメントの先導的事例。約2万 m^3 と国内最大級の大容量蓄熱槽は、災害時にはコミュニティタンクとして消防用水やトイレ洗浄水等の生活用水として使用可能。

地域の
防災機能
向上



職・遊・住の融合を目指して大規模な再開発が行われた総面積約8haの晴海トリトンスクエア。そこで活動する人々の空調を支えている熱供給の省エネ実績は、国内トップレベルの実績を誇っています。

蓄熱槽活用イメージ



18

(出典: https://www.meti.go.jp/shingikai/sankushin/hoan_shinhi/gas_anzen/pdf/008_s02_00.pdf)

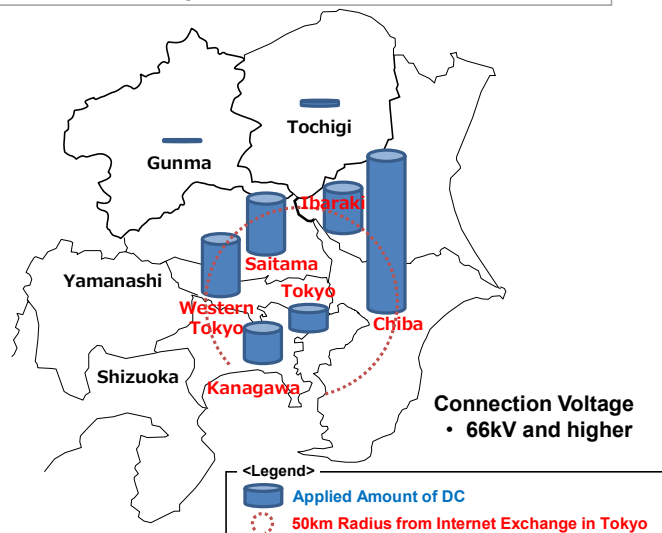
出展：
ヒートポンプ・蓄熱センターの
ウェブサイト

4-4. ワット・ビット連携

■ ワット・ビット連携では、電力の場所と時間のミスマッチを解消するための「ずらす」活動

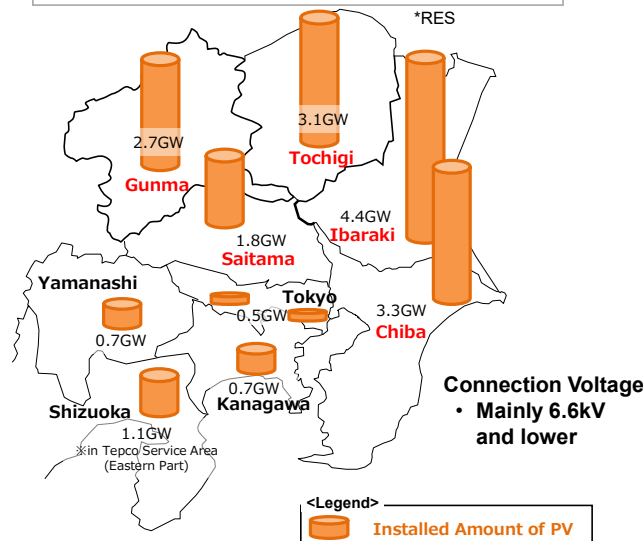
Applied Amount of DC (as of August 2024)

9.5GW Application against 57GW of Annual Peak Demand



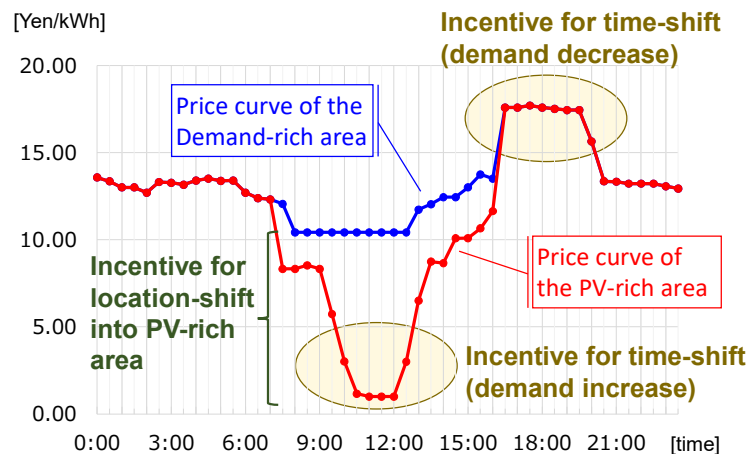
Installed Amount of PV (as of March 2024)

19GW Output



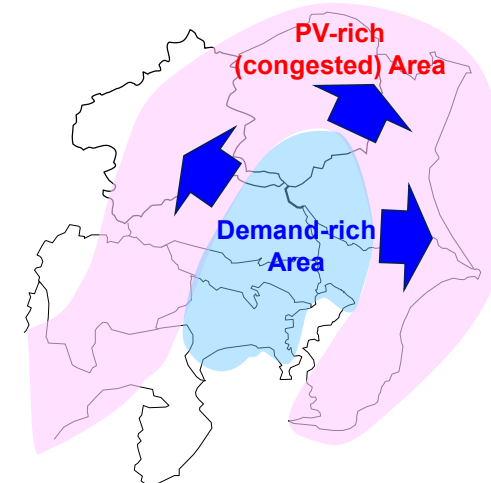
Time Shift

Price Curve Examples after Introducing Locational Dynamic Price



Location Shift

Incentives for Mitigating Mismatches



-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
 3. オーストラリアにおける投資事例
 4. B/Cの“Cost”が高い？
 - 5. B/Cの“Benefit”が低い？**
 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
 7. 最後に

5. B/Cの“Benefit”が低い？

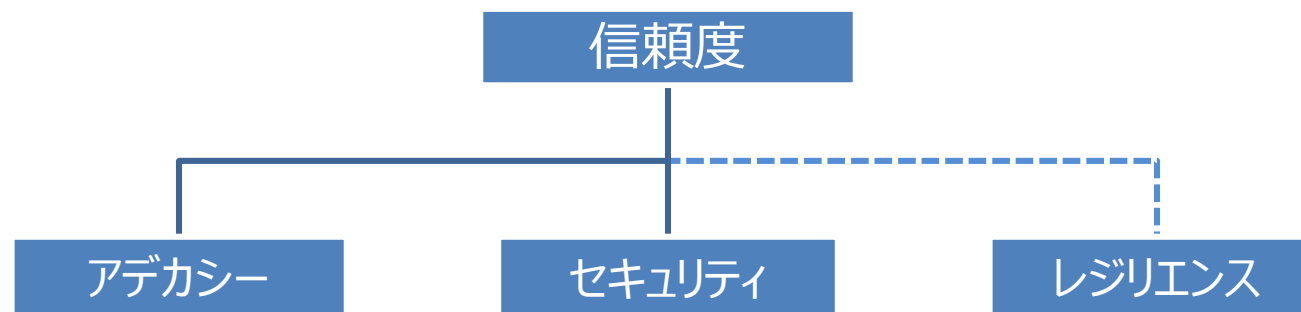
- レジリエンス、HILF事象への対応を念頭に置いた投資意思決定手法は、電力業界に限らず、世界的に未成熟な領域と認識
- Low Frequencyな発生確率の事象について、B/Cを正當に評価しようとする、High Influenceを適正に計上する必要があるが、説得性のある計上ができるかがキーとなる

-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
 3. オーストラリアにおける投資事例
 4. B/Cの“Cost”が高い？
 5. B/Cの“Benefit”が低い？
 - 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論**
 7. 最後に

6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論

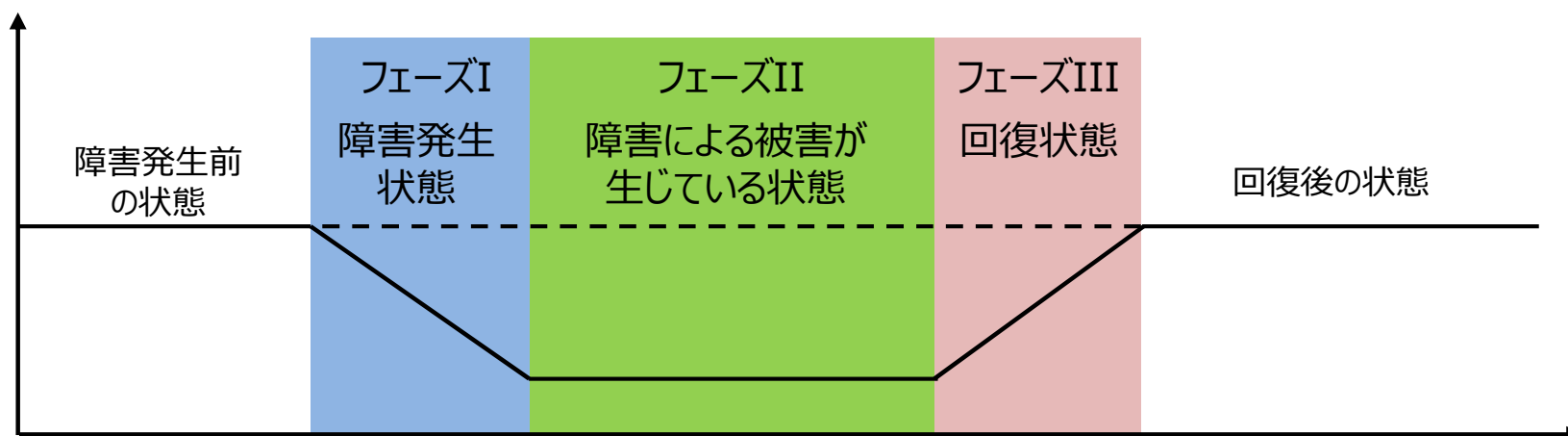
- 多様な定義で語られるレジリエンスであるが、CIGREでは、信頼度の一要素として、定量化および投資意思決定への組み込みについて議論中

□ レジリエンスの位置づけ



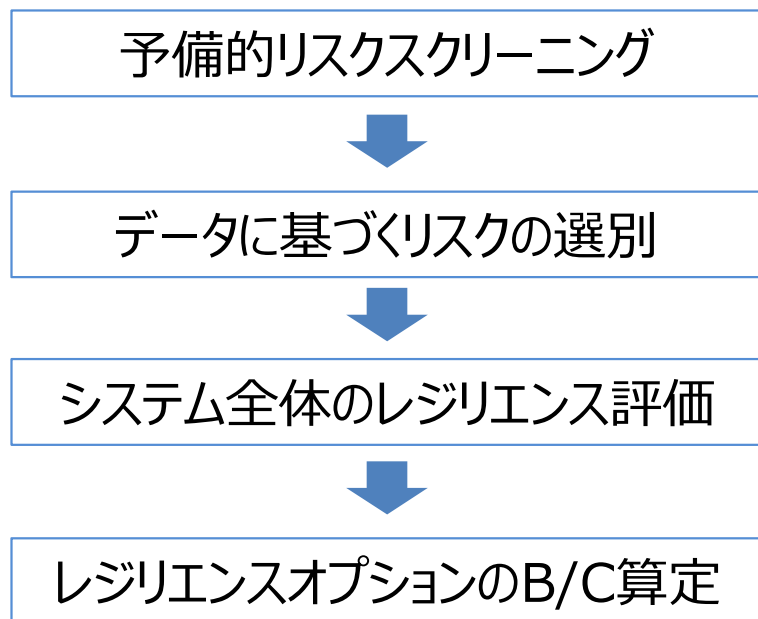
N-k事象対応という表現もあり

□ レジリエンス基準の定量化の例（台形カーブ）



6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論

□ 投資意思決定フロー



□ B/C算定フロー

- 将来の気象現象が発生する確率を計算する
- 電力システムの構成要素の脆弱性を定量化する
- 確率的な気象モデルと電力システム（特に送電線）の脆弱性曲線を組合せ、事故が再発するまでの期間を「対策前の段階」で計算する
- 変電所の停電が再発するまでの期間を決定し、それに対応する供給支障の量を算出する
- 例えば、送電線の事故が再発するまでの期間の増加を基準に、対策の影響を評価し、変電所の停電に対する新たな再発するまでの期間を再計算する
- 供給支障の削減という観点で、対策によるレジリエンスの便益を算出する

-
1. なぜ今、長期エネルギー貯蔵か
 2. 長期エネルギー貯蔵の導入への投資が不足？
 3. オーストラリアにおける投資事例
 4. B/Cの“Cost”が高い？
 5. B/Cの“Benefit”が低い？
 6. CIGREにおけるレジリエンスに関する議論
 - 7. 最後に**

7. 最後に

- 長期貯蔵の社会的ニーズを満たすには、技術単体ではなく、制度設計、レジリエンス評価や国としての投資意思決定の仕組み構築、国民負担の受容性醸成（喉元過ぎればからの脱却）が不可欠
- 長期貯蔵について「万能解」はなく、地域特性・目的を踏まえた、投資の選択と集中が必要
 - ・ ためるべきか
 - ・ 運ぶべきか
 - ・ ずらすべきか
 - ・ 個々の時間軸と組合せ方