

第8回公益事業学会政策研究会(電力)シンポジウム

「再エネ大量導入下の次世代電気事業の姿」

3.人口減少下の電気および公益事業サービスの行方

# エネルギーシステムインテグレーション

## -分散・自立グリッドの可能性-

2020年1月27日

荻本 和彦

東京大学 生産技術研究所 ESI社会連携研究部門

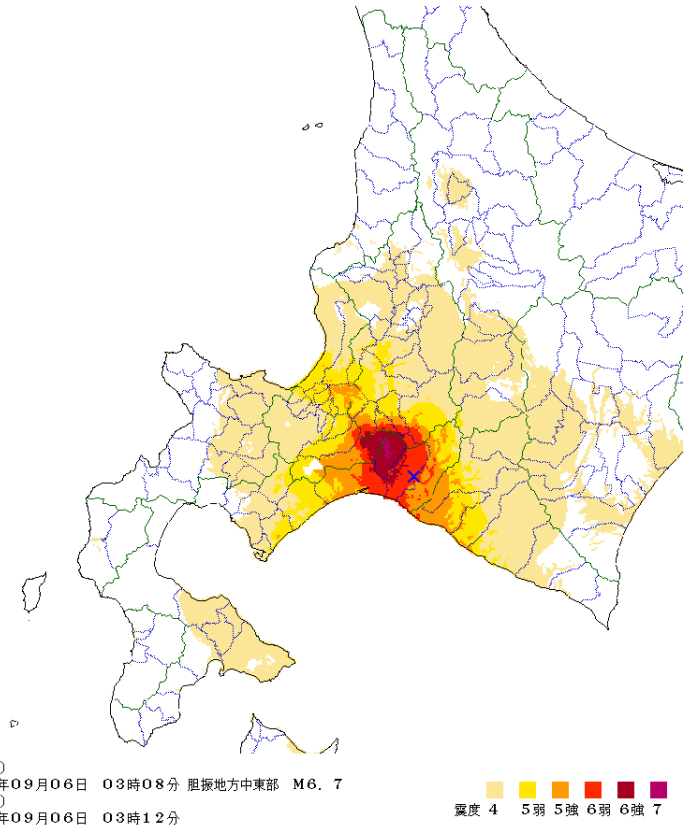
# 本日の内容

1. 自然災害による停電の多発
2. 電力システムの変容
3. 分散・自立グリッドの可能性

(1は、生産技術研究所岩船先生作成のスライドから)

# 北海道胆振東部地震に伴う北海道全域停電（ブラックアウト）

- 2018年9月6日3時7分59.3秒発生
- 震源：北海道胆振地方中東部
- 地震の規模：Mj 6.7、震源の深さは37 km、最大震度7
- 同日3時25分北海道全域停電
- 停電による被害
  - 酪農関連：生乳の廃棄、乳房炎による乳牛の死亡など、約21億円の被害
  - 水産業：冷凍保存していた水産品が解凍、養殖魚が死亡
  - 商工業：道内の全事業所における丸2日間の営業停止の影響額が約1318億円、在庫廃棄などの被害が約136億円（同庁発表）
  - 観光への影響：宿泊施設のキャンセル等延べ114万9千人（約356億円）
  - 通信：固定電話不通、予備電力の枯渇に伴う通信インフラ途絶



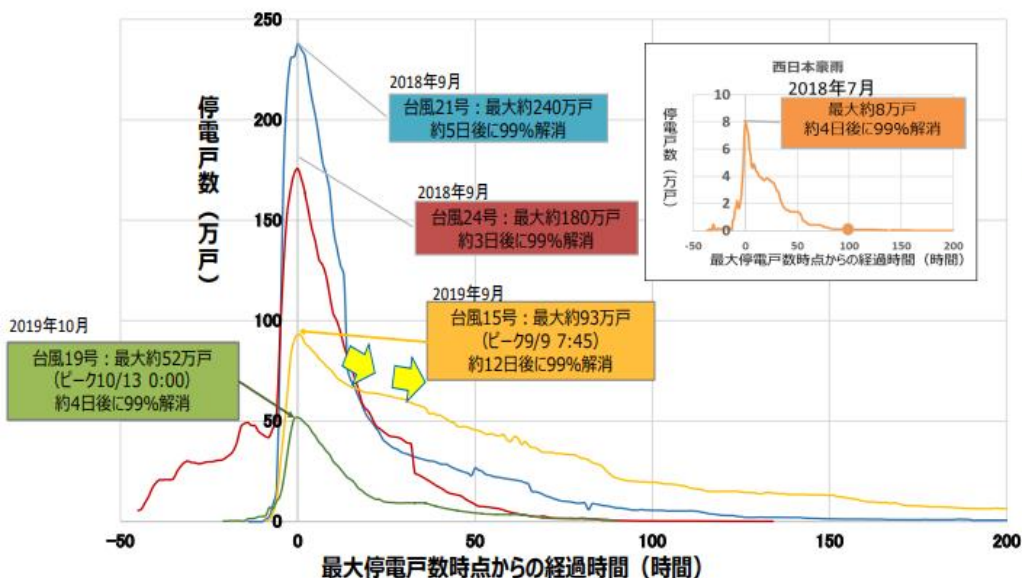
# 台風被害（台風15号による被害）



# 台風被害の概要

- 本年9月の台風15号による暴風等による停電は、停電戸数のピークは93万戸であったが、**電柱の損壊が約2,000本（昨年の台風21号の約1.5倍）**に達するなど、特に千葉県内において深刻な被害を受けたため、復旧作業に時間を要し、**長期の停電**が発生。
- **10月の台風19号**は、台風15号と比較し**末端の配電設備の被害規模が相対的に小さかった**ことに加え、**台風15号の教訓を踏まえ、初動からの体制強化・巡視要員の確保**などにより、大幅に改善。

＜これまでの台風被害における停電戸数の推移＞



※2019年台風19号については、10月12日(土)午前中に強風による飛来物の影響により、短時間(1分程度)発生した停電の影響を除く。

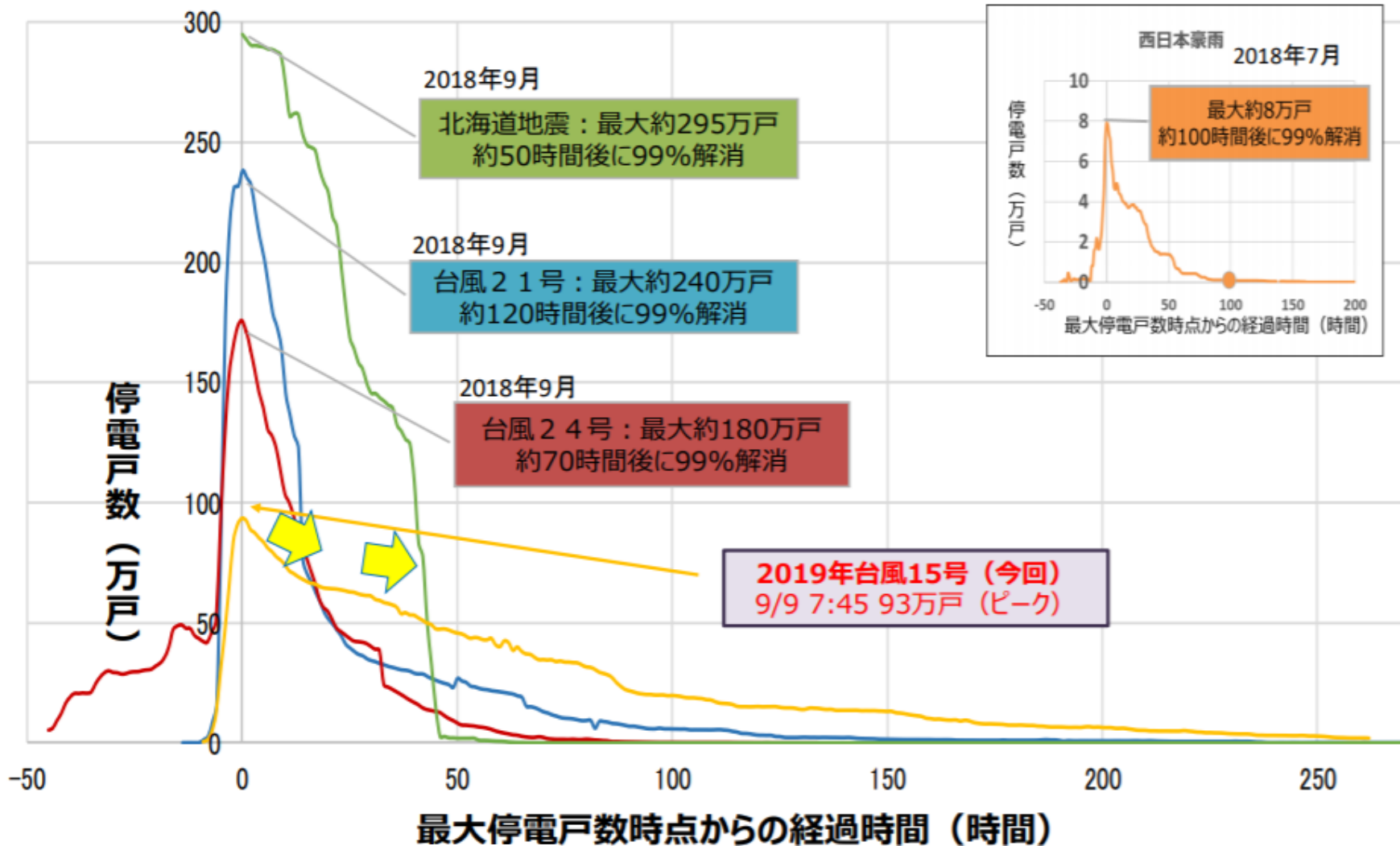
＜台風15号の概要＞

		令和元年台風15号	平成30年台風21号
期間降水量	静岡県	450.5ミリ	愛知県
	千葉県	237.5ミリ	大阪府 (気象庁情報なし)
最大風速※1	東京都	43.4m/s	高知県
	千葉県	35.9m/s	大阪府
最大瞬間風速※2	東京都	58.1m/s	大阪府
	千葉県	57.5m/s	58.1m/s
気圧傾度		7~10hPa/10km	5hPa/10km

(出所) 第7回電力レジリエンスワーキンググループ 資料3 (一部抜粋)

# 各災害時の被害状況

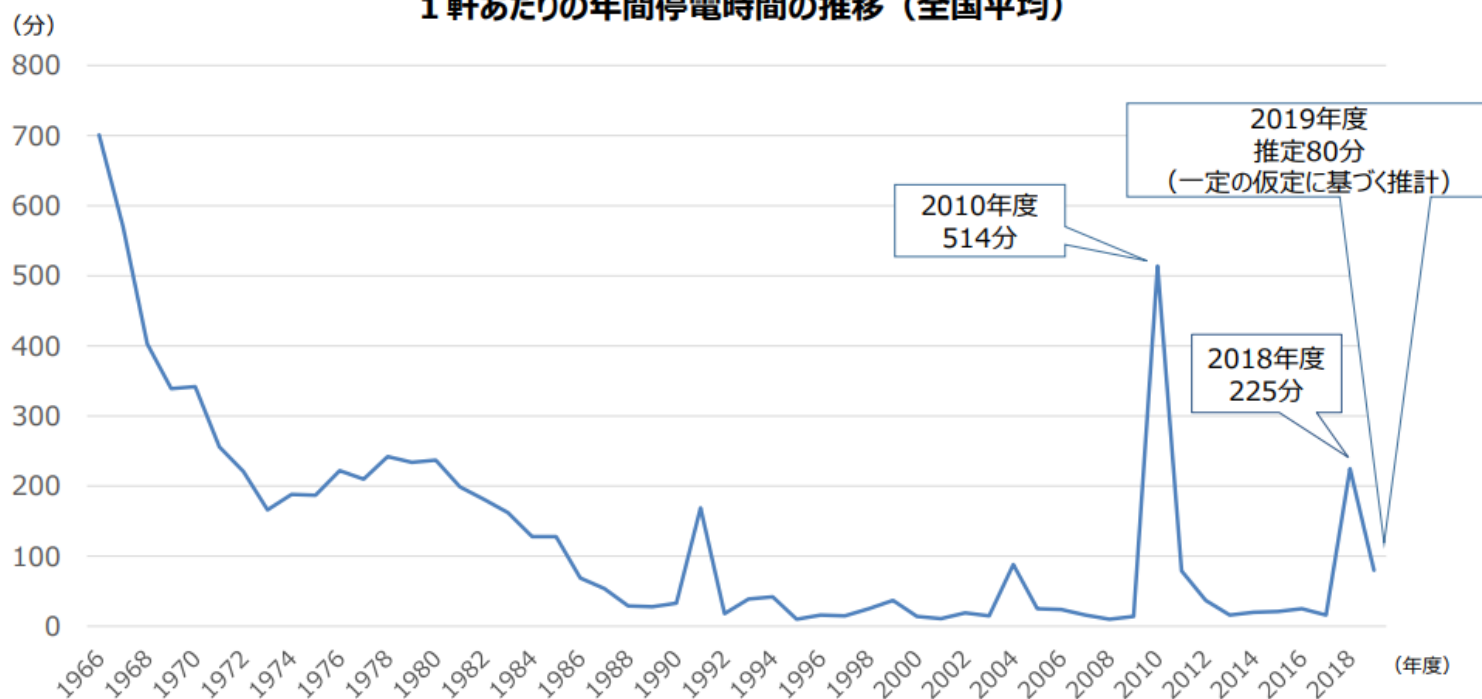
## (参考)各災害時における停電戸数の推移



# 年間停電時間の推移

- **2018年度は、台風21号、台風24号や北海道胆振東部地震等を原因として、1軒あたりの年間停電時間は、全国平均すると225分**となった。これは、過去30年間で、東日本大震災が発生した2010年度に次ぐ水準。
- **2019年度は、台風15号の東京電力管内被害の復旧に12日程度（99%復旧）の時間を要しているが、全国平均すると80分**の見込み。過去の台風襲来が少ない千葉県における局所的な暴風等により電柱の倒壊等の設備被害が多く起こったことや倒木の処理に時間を要したことが停電の長期化をもたらしたと考えられるが、平均すると**2018年の水準以下**となる。

1軒あたりの年間停電時間の推移（全国平均）



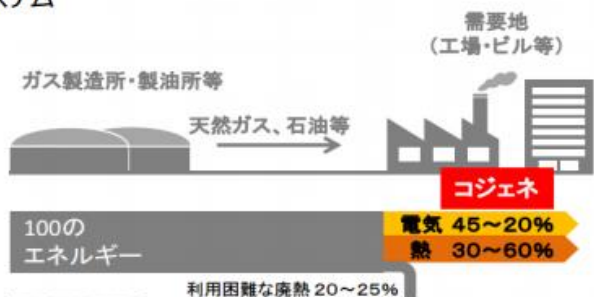
# 震災時のコジェネの活用

## 1-4-8. 震災時におけるコージェネレーションの活用状況について

- 災害時に停電が起きた場合も、コージェネレーションから電気・熱を継続して供給可能。
- 今般の災害においても、コージェネレーションにより自宅での給湯や携帯電話の充電、病院での医療機能の維持が可能となるなど、生活環境の維持に大きく貢献した。

### コージェネレーション

天然ガス、石油、LPガス等を燃料として、エンジン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も有効活用するシステム



総合効率 75~80%



エネファーム  
(家庭用燃料電池)

停電時も自立運転できるエネファームは2012年から発売し、約9.8万台が普及。

- 発電と廃熱利用を同時に行う省エネ・省CO2
- 災害時のセキュリティ向上
- 電力ピーク対策 等に寄与

### 活用事例

- 台風21号による停電時の活用例
  - 8施設（医療施設や老人ホーム等）で産業用コジェネを活用
  - 835世帯でエネファームを活用
- 北海道胆振東部地震による停電時の活用例
  - 23施設（医療施設やホテル等）で産業用コジェネを活用

【注】ガス事業者へのヒアリングにより作成

#### <エネファームによる給湯>



#### <エネファームによる携帯電話の充電>



#### <停電時の使用電力の目安>

エネファームは停電時も最大700W発電可能





# 震災時の住宅用太陽光発電の活用

## 1-4-9.災害時における家庭用太陽光発電設備の稼働状況について

- 家庭用太陽光発電設備の多くは、停電時に自立運転を行う機能を備えており、昼間の日照がある時間帯には太陽光により発電された電気を利用することが可能。今般の北海道胆振東部地震後、経済産業省は、ホームページやツイッターを通じて、自立運転機能の活用方法を周知。
- 今般の震災においても、自立運転機能等の利用により、停電時においても電力利用を継続できた家庭が約85%存在することが太陽光発電協会の調査により推計されている。

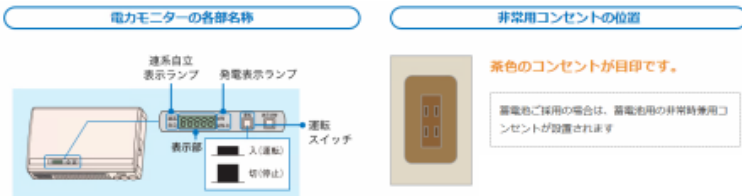
### (参考1) 自立運転機能について

● 自立運転機能の使用方法は、概ね以下のとおりだが、メーカーや機種により操作方法が異なる場合があるので、取扱説明書の確認が必要。

- ① 自立運転用コンセント（茶色のコンセントが目印）の位置を確認し、取扱説明書で「自立運転モード」への切り替え方法を確認する。
- ② 主電源ブレーカーをオフにし、太陽光発電ブレーカーをオフにする。
- ③ 「自立運転モード」に切り替え、自立運転用コンセントに必要な機器を接続して使用する。

※ 停電が復旧した際は、必ず元に戻す。（自立運転モード解除⇒太陽光発電用ブレーカーをオン⇒主電源ブレーカーをオンの順で復帰）

<ソーラーフロンティアの例>



### (参考2) 自立運転機能の活用実態調査

- 太陽光発電協会が、会員企業を通じて、北海道胆振東部地震による停電の際に自立運転機能を活用した実態について、サンプル調査を行った結果、**住宅用太陽光発電ユーザー428件のうち約85%にあたる364件が自立運転機能を活用した**と回答。

#### 自立運転機能を活用した方の声

- 冷蔵庫、テレビ、携帯充電が使えた。友達にも充電してあげることができ、喜んでもらった。
- (蓄電機能付きPVユーザー) 停電であることに気づかなかった。

### 経産省ツイッター (2018/09/06)

- ご自宅の屋根などに太陽光発電パネルを設置されている方は、停電時でも住宅用太陽光発電パネルの自立運転機能で電気を使うことが出来ます。自立運転機能の使用方法などは、こちらをご覧ください。  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/dl/announce/20180906.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/announce/20180906.pdf)

# 「むつざわスマートウェルネスタウン」



【周辺店舗や住戸が停電する中、明るく輝く道の駅(上)と住宅(右)】



- ・ 温水が使えたのがありがたかった。
  - ・ 2~3,000円お支払いしたいくらい気持ちよかった。
- (温泉施設を利用した住民の声)



【長蛇の列となった温泉施設】(出典: ANN NEWS)

自立した電力供給システムで、台風15号上陸後に防災拠点として効果を発揮



# 「需給一体型」の再エネ活用モデル

- **自家消費と系統の活用を含む「需給一体型」のモデル**について、①家庭、②大口需要家、③地域の3つの視点から、必要な環境整備を進める。また**ネットワークも含めた電力システム全体の効率性や再生可能エネルギーによるレジリエンス**といった視点も踏まえつつ、FIT法の抜本見直しも見据えた支援策のあり方について検討する。

## ①家庭

- ①家庭用太陽光と蓄エネ技術を組み合わせた効率的な自家消費の推進

- 蓄エネ技術の導入コストの低減
- ZEH+の活用、ZEH要件の在り方



- 蓄電池の活用**
  - ・昼間の余剰電力を蓄電池し、太陽光の発電量が少ない晩間等に放電。
  - ・高コスト、蓄電池ロスが課題。
- EV・PHVの活用**
  - ・EV・PHVの充電に余剰電力を利用。
  - ・ZEH+、蓄電池を家庭に充電するEV 2H (Vehicle to Home) は活用の幅が拡大。
- エネルギー管理システム(EMS)の活用**
  - ・昼間の余剰電力で蓄電池し、夜間に家庭内で利用。

- ② VPPアグリゲーターによる蓄電池等を活用した余剰電力の有効活用

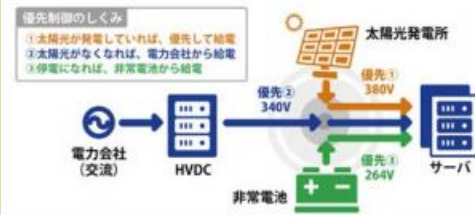
- 蓄電池の導入コストの低減
- 制御技術の向上や各種電力市場の設計
- 柔軟な電気計量制度

## ②大口需要家

- ①敷地内(オンサイト)に設置された再生エネルギーによる自家消費

- ②敷地外または需要地から一定の距離を置いた場所(オフサイト)に設置された再生エネルギーによる供給
  - 関係機関で連携した相談・紛争処理機能による対応

<国内のオフサイト再生エネルギーによる供給事例(さくらインターネット)>



## ③地域

- ①地域における再生可能エネルギーの活用モデル

- 地域の再生エネと熱供給、コジェネなど他の分散型エネルギーリソースを組み合わせ経済的に構築したエネルギーシステムの普及拡大
- 海外事例を踏まえた事業構築のガイドライン等自立的に普及する支援策



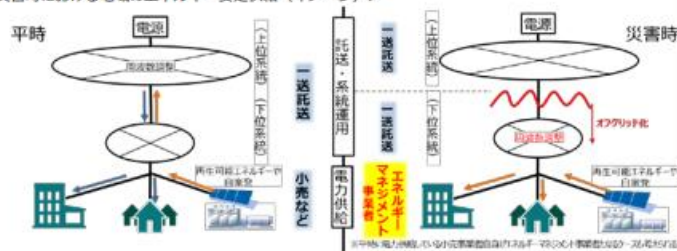
- ②地域の分散型エネルギーシステムを支える電力ネットワークの在り方

- 託送サービスや費用負担の在り方の検討

## 再エネ×レジリエンス

- ①家庭 ⇒ 住宅用太陽光の自立運転機能の活用  
エネファームなど他電源等と組み合わせた災害対策
- ②大口需要家 ⇒ ZEBやオフサイト電源と蓄電池を組み合わせた非常の電力供給
- ③地域 ⇒ 地域の再生可能エネルギーと自営線・系統配電線を活用した、災害時にもエネルギーの安定供給を可能とするモデル  
(今後、技術的要件の確認や料金精算方法等の論点の整理が必要)

<災害時における地域のエネルギー安定供給(イメージ)>



# 本日の内容

1. 自然災害による停電の多発
2. 電力システムの変容
3. 分散・自立グリッドの可能性

(1は、生産技術研究所岩船先生作成のスライドから)

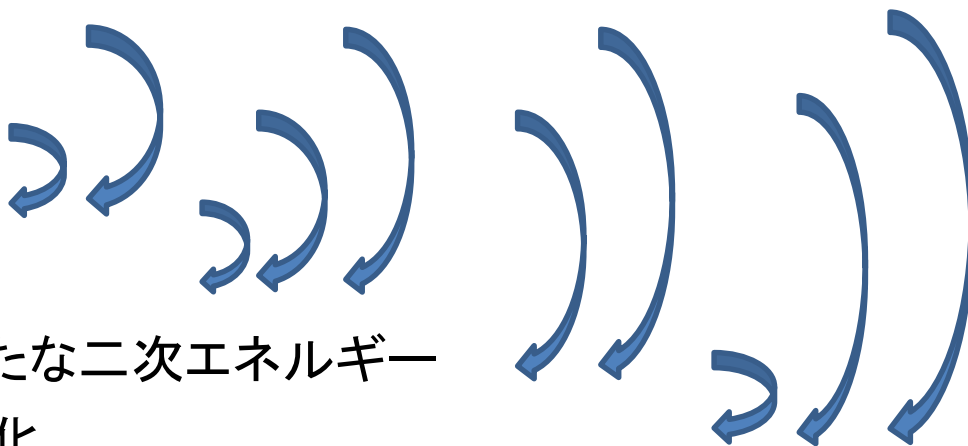
## 世界共通の潮流

人類共通の課題解決の必要性が認識され、取り組みが加速している。

- ✓ IPCC(国連気候変動に関する政府間パネル)とCOP(国連気候変動枠組条約締約国会議)での継続的議論、
- ✓ SDGs(2015年の国連サミットで採択された持続可能な開発目標)

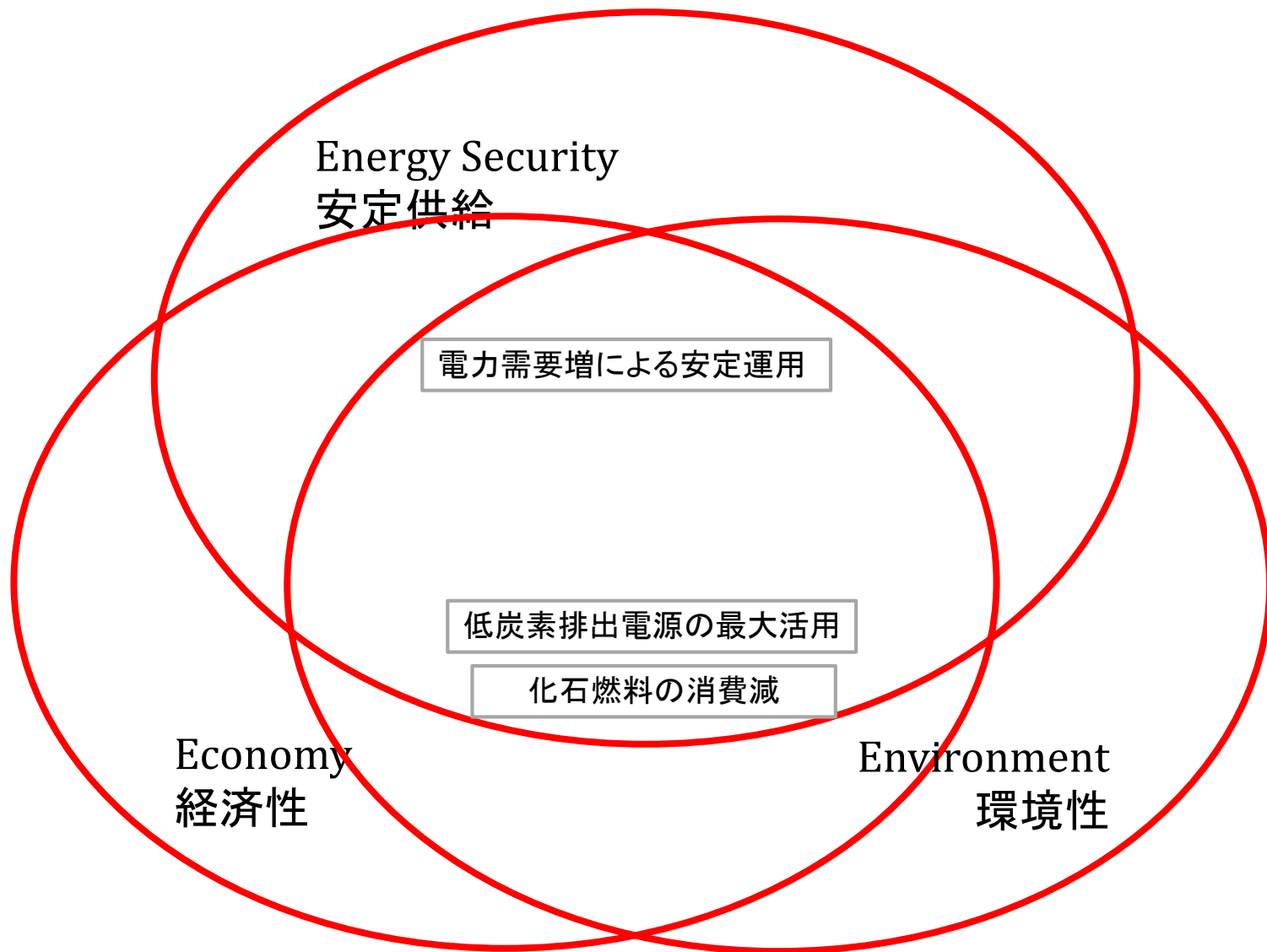
これらを背景に、電力・エネルギー部門では、今後、長期の継続的かつ大規模な変革が起こる:

- 電化とセクターカップリング
- 再生可能エネルギー導入
- 分散型システム
- 価値のシフトとマネタイズ
- 大規模エネルギー貯蔵と新たな二次エネルギー
- 交流電力システムの質的变化

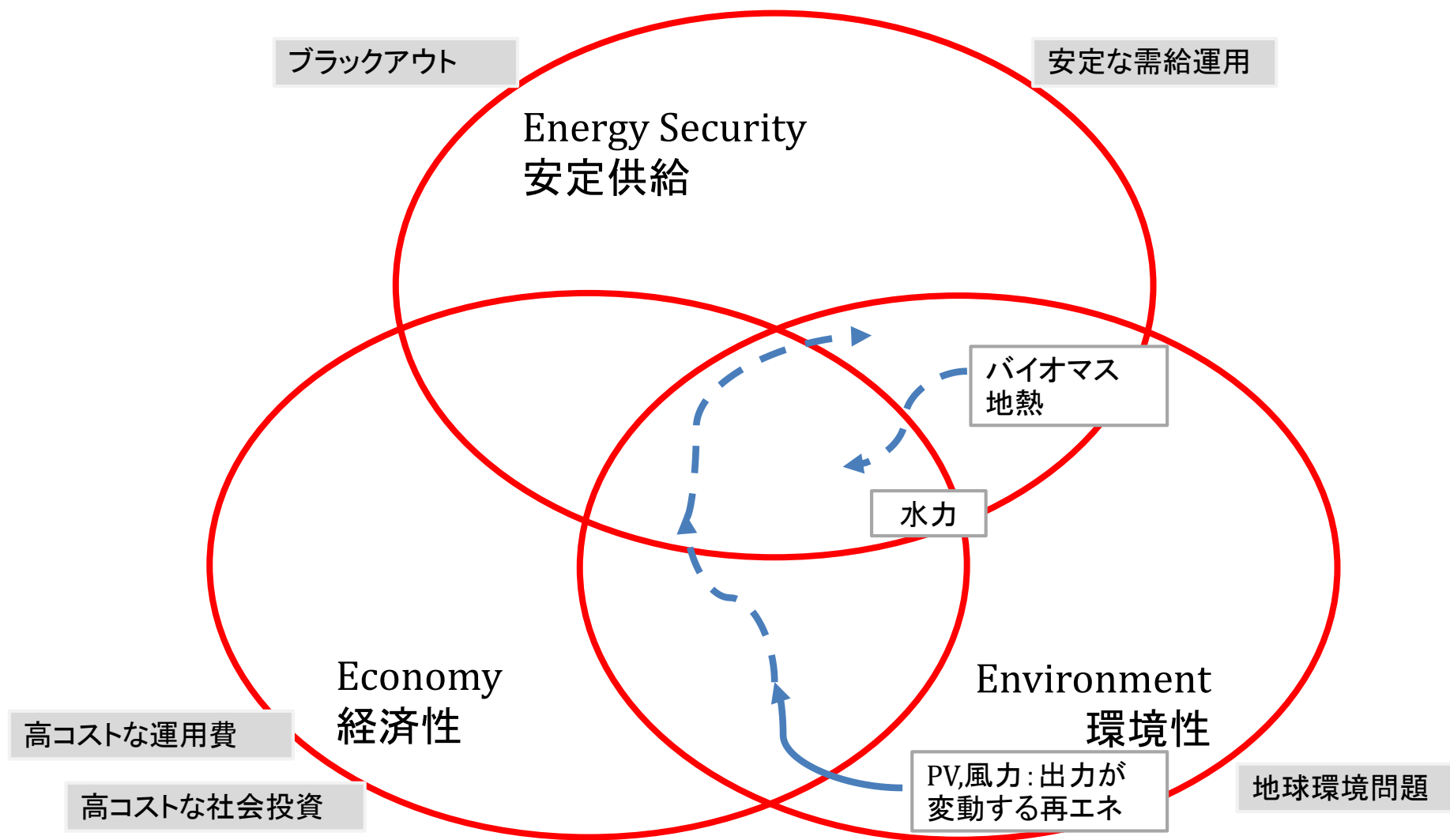


変革は、供給側のみではなく、需要側、流通ネットワークと、全分野に及ぶこと、そして長期にわたる取り組みため、戦略的取り組みが必要であることが重要である。

# 3E+Sにおける「電化」

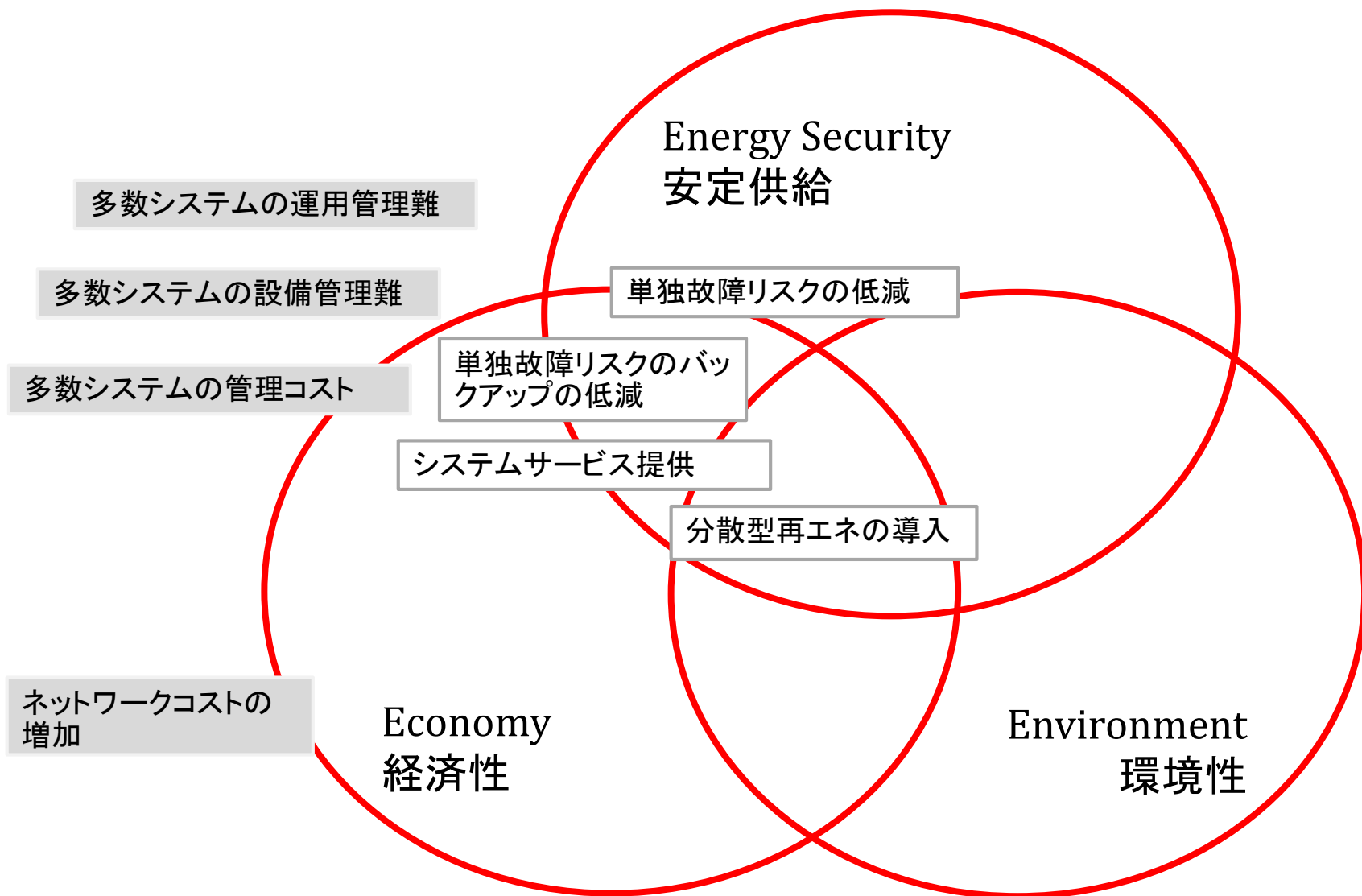


# 3E+Sにおける「再生可能エネルギー」



経済産業省 第19回総合資源エネルギー調査会 新エネルギー小委員会 系統ワーキンググループ 資料5 (2018.12)

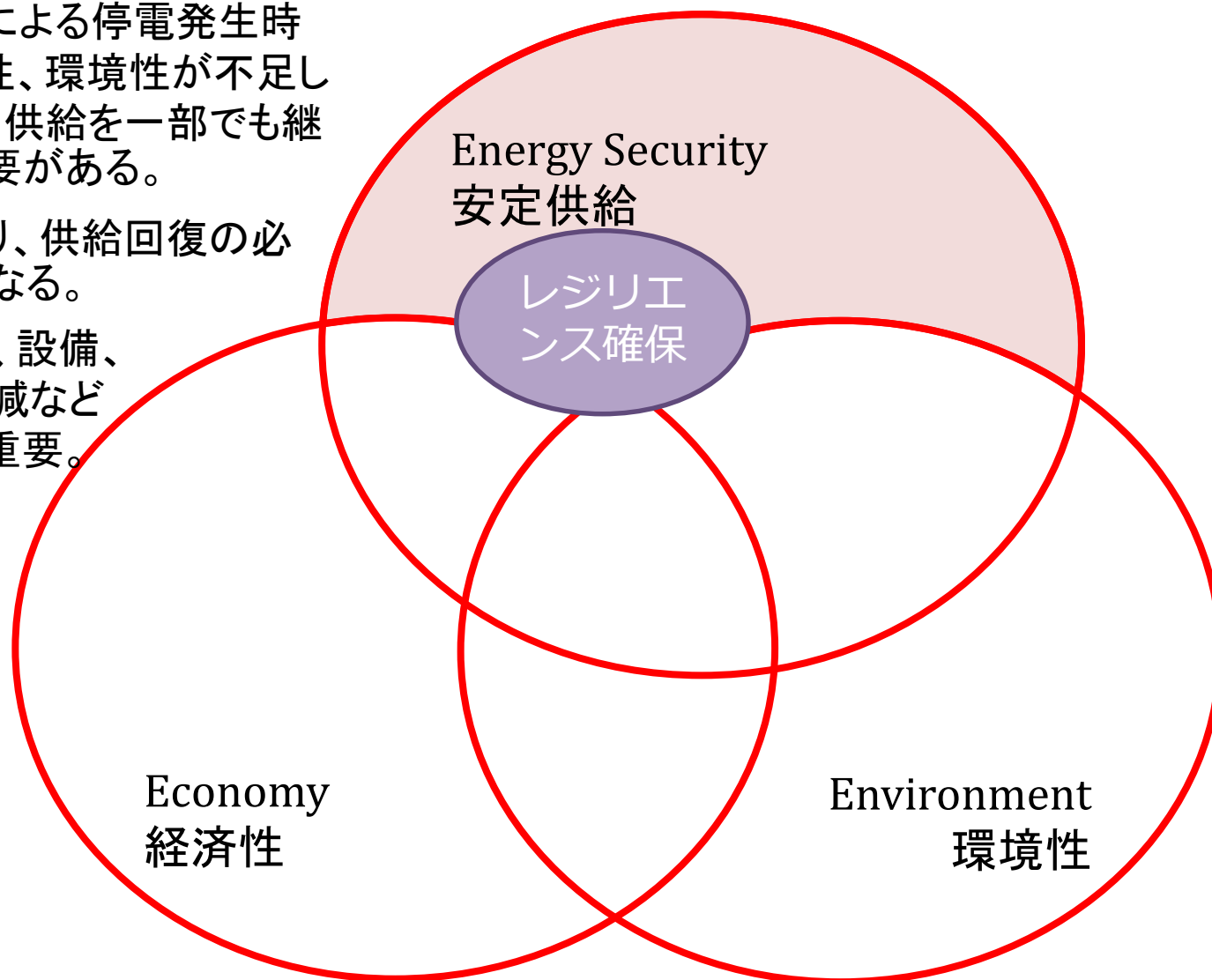
# 3E+Sにおける「分散型資源」





## 3E+Sにおける「レジリエンス確保」

- 災害などによる停電発生時は、経済性、環境性が不足しても、電力供給を一部でも継続する必要がある。
- 需要により、供給回復の必要性が異なる。
- 需要側の、設備、需要の削減などの運用も重要。



# 本日の内容

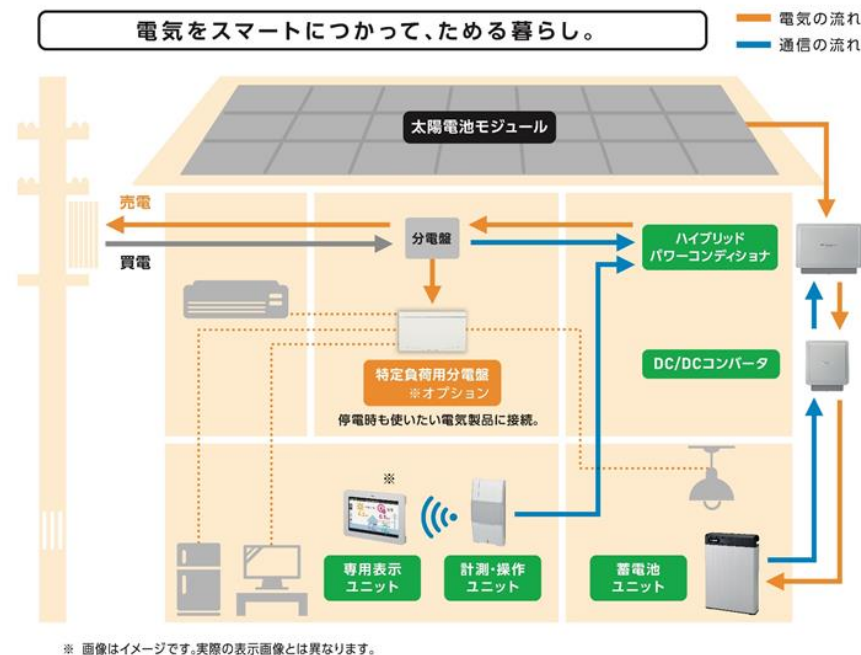
1. 自然災害による停電の多発
2. 電力システムの変容
3. 分散・自立グリッドの自立の可能性

(1は、生産技術研究所岩船先生作成のスライドから)



## 停電：分散・自立した需給の可能性

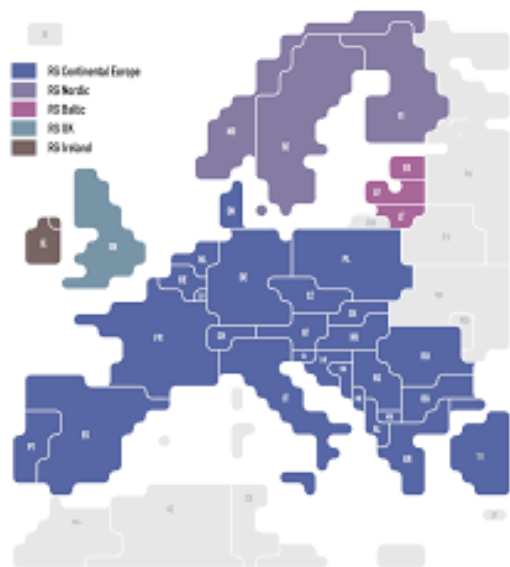
- 電力システム側の原因で停電した場合、需要側に安定した電源があれば、自立した電力供給が可能である。
- 住宅など単独の需要における自立した電力供給は、技術の普及で実現方法が進化：
  - (従来)貯蔵燃料を使用する非常用電源：燃料の貯蔵量の範囲
  - ガス発電：ガスの供給が条件
  - PV単体：PVの出力で決まる範囲、昼間のみ
  - PV+蓄電池：PVの毎日の発電量と、PVと電池の出力で決まる範囲
  - EVによるV2H：EVの蓄電容量の範囲



出典：TEPCOホームテックHP

## 電力需給の自立: 様々な規模の存在

- 電力システムは、常に需給をバランスし、自立する必要がある。
- 欧州連系システム、日本の9地域連系システム、宮古島、停電時に自立供給を行う住宅など、規模は大きく異なるがそれぞれ自立している。
- ニューヨークで始まったエジソンの配電事業は、テスラのナイアガラ送電により交流送配電となり、電力システムは需要の増加と規模の経済の中で、連系範囲を広げ、規模を大きくしてきた。
- 離島、山小屋、遠隔地の灯台など、物理的、経済的な理由で小規模で自立したシステムの存在する。



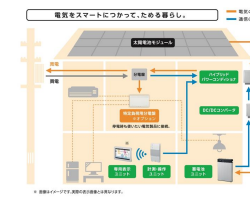
欧州: 600GW



日本: 150GW



宮古島: 50MW



住宅: 5kW

## 現状の平常時と災害時

### (通常時)

- 電力需給のコストは、発電と送配電の設備費と運用費(燃料費など)。
- 常に需要を賄うために、発電設備は、発電所の事故時を含め、**一定の余裕が必要**。
- 送配電費は、発電から需要までをつなぐ設備費として、**一定の額が必要**。
- 接続された広い範囲の電源をその特性に応じて選択して使うことで、**より経済的で安定な運用が実現**

### (災害時)

- 電力システム側が停電すると、電源を持たない需要は停電の継続する期間、**電気を使うことができない**。
- 従来の非常電源に加え、ルーフトップPV、定置型バッテリー、EVによるV2Hなど、自律的な電力供給を可能とする技術が確立し、**災害時に各需要が電力供給を確保できる実績が増えている**。
- 多くの場合、需要全体を賄うことは難しく、スマートフォンなどの充電、テレビ・ラジオの視聴、一部の家電の利用など、**需要の大きさを限った電気の使用が行えるに留まる**。

## 「分散・自立」のもとでの平常時と災害時

### (通常時)

- 住宅、コミュニティなど小規模需要の自立の場合、限られた数の限られた種類の電源で、電源の故障も考慮し、そのた蓄電が必要となり、設備コストは増加する。その場所で使用できる電源の使用に限られる。  
例えば風が強い地域にのみ立地する風力発電の利用は通常できない。
- 複数の需要を結んだ自立の場合、需要相互間の配電線は必要で、小規模の需要での配電線の設備費、維持管理費の負担は少くない。  
災害時の需給の調整など、自立システムを管理・運営するためのハード、ソフトの設備費、運用費の増分の負担の合意必要。
- 離脱の場合、制度によっては、託送費、FIT制度付加金の支払いが不要となる。
- 過疎地など特定地域の電力供給では、配電線を廃止してPV＋蓄電池などに替える分散・自立方式を経済性から選択する可能性あり。(山小屋と同じ考え方。)  
⇒米国南西部のハリケーン対策で実施:通常維持費と停電時の復旧遅れの解消)

### (災害時)

- 地震、風水害、その他の多様な災害の影響に対し、適切な設備と運用を前提にすれば、停電を回避することができる。(ただし、内側で障害があれば停電は不可避)
- 複数の需要を抱える場合、それらの間で限られた電力を利用するために、災害による影響を含めた健全性確認、需給調整などの「運用」が必要となる。

# いま、もう一度何を考えないといけないのか

- エネルギー、電力で実現すべき3E+S(安定供給Energy Security、経済性Economy、環境性Environment+安全性Safety)の同時確保が必達の条件である。
- 原子力事故の発生から7年余で当該分野における「安全性」の確保への継続的な取り組みが続けられている。
- 原子力の再稼働が進まない中、化石燃料発電への偏りによる燃料費と二酸化炭素排出量の増加で「安定性」、「経済性」、「環境性」は従来に比べて低下している。
- FIT制度のもとでの需要の5%程度の再エネ導入に年間3.5兆円の付加金の支払いが生じている状況で、再エネが安価かつ豊富に導入される目途はたたない。
- アイルランド、九州などの先行地域で見られるように、再エネの大量導入のためには、運用の改善、さらには需給構造改変等の対策を、長期的な計画のもとで進める必要がある。
- これから10年程度は、多数の分散型の電源、需要を管理・制御できるよう、グリッドコード制定を含めた欧米と比較して遅れている「制度」面での改善が不可欠。
- 不確実に変動する再エネの増加のもとでは、どの技術を、いつ、どれだけ活用するかを計画・実施するための、予測、さらには分散システム管理・制御技術を実装し運用するためのインフラ整備、データの蓄積・活用を、「電化」とともに進める必要がある。
- 分散システムの大量導入は、安定供給の新たな脅威になる可能性があり、それらを予測あるいは早期に発見して対策を実施する仕組みの充実が必要。

# ご清聴ありがとうございました

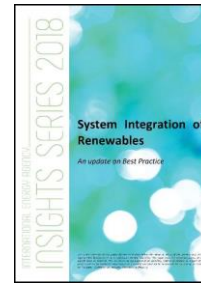
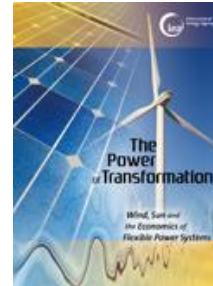
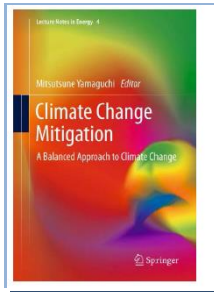
東京大学 生産技術研究所

エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部門

<http://www.esisyab.iis.u-tokyo.ac.jp/index.html>

荻本研究室ホームページ

<http://www.ogimotolab.iis.u-tokyo.ac.jp/>



Nipponn.co  
mで「日本の  
長期電力需給  
の可能性とエ  
ネルギーイン  
テグレーション」を日英で公開中です。  
<http://nippon.com/ja/in-depth/a00302/>

「シナリオ選択のインパクト」を、2012年 Springer 発刊の “Climate Change Mitigation” とその和訳である 2013.4 丸善 発刊の「実現可能な気候変動対策」に掲載しました。  
<http://www.springer.com/us/book/9781447142270>

「出力が変動する再生可能エネルギー発電の大量導入と電力システムの進化 (1)~(3)」を、原子力学会誌 ATOMOS 2014 年 1, 2, 5 月号に連載しました。  
<http://www.aesj.or.jp/atomos/tachiyomi/mihon.html>

IEA “The Power of Transformation” を監訳し、NEDO より公開しました。  
[http://www.nedo.go.jp/library/denryoku\\_henkaku.html](http://www.nedo.go.jp/library/denryoku_henkaku.html)

IEA PVPS の報告書 “Power System Operation and Augmentation Planning with PV Integration” をまとめました  
<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=322>

IEA “Re-powering Markets” を翻訳し、NEDO より公開しました。  
[http://www.nedo.go.jp/library/repowering\\_markets.html](http://www.nedo.go.jp/library/repowering_markets.html)

IEA “System Integration of Renewables” を翻訳し、NEDO より公開しました。  
[http://www.nedo.go.jp/library/repowering\\_markets.html](http://www.nedo.go.jp/library/repowering_markets.html)