

再生可能エネルギーを活かす ネットワークのかたち

小林 久
茨城大学農学部

着想の背景: エネルギー供給はトップダウン?

桂川流域の水力発電所

発電所名	出力(kW)	事業者	建設年
駒橋発電所	21,200	東京電燈	明治40年
ハツ沢発電所	42,000	東京電燈	明治45年
鹿留発電所	18,400	桂川電力	大正2年
鐘ヶ淵発電所	2,600	東京電燈	大正8年
西湖発電所	2,000	桂川電力	大正8年
谷村発電所	14,700	桂川電力	大正9年
忍野発電所	800	忍野水力	大正11年
川茂発電所	2,500	桂川電気興業	大正13年
松留発電所	1,440	東京電燈	昭和3年

首都圏の電源
数千~数万kW

現在も現役発電所

たどった道のあまりの違い

三の丸発電	75	谷村電燈(株)	明治36年
宮川第1発電	370	宮川電燈(株)	大正2年
宮川第2発電所	224		大正10年
夏狩発電所	190	夏狩電気(株) / 桂電燈(株)	大正11年
向風発電所	402	都留電燈(株)	大正15年
山中発電所	20	山中電燈(株)	大正7年
川原畑発電所	20	道志電力(株)	大正6年
鉢窪発電所	15	大石村村営発 電事業	大正12年

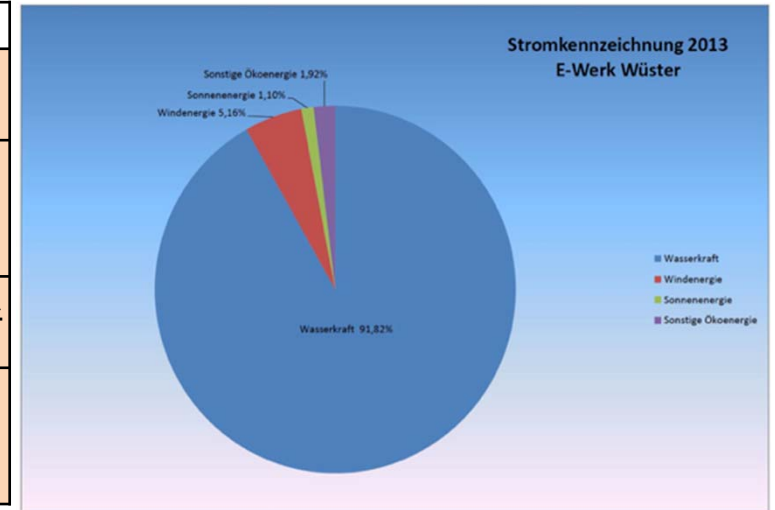
全て廃止された発電所

地域給電のための発電所
500kW以下

今も活躍する分散型再生エネルギーと地域配電システム運用

オーストリアには100を超える大小の地域配電会社がある。

地域電気事業者	契約口数	売電量 GWh/yr	発電 (%: 発電の割合)			
			水力	バイオマス	風力	太陽光 他
Elektrizitätswerkes Perg GmbH	約6,000	75	4発電所 1,100 kW (17GWh)	G: 920kW	-	-
Elektrizitätswerke Reutte AG	1,388	52	13発電所 (160GWh)	-	-	3発電所
Drack Elektrotechnik E-Werk Redlmühle	91	0.56	2発電所 数10kW (1.13Gwh)	-	-	-



上下位系統と連系する地域配電系統の運用



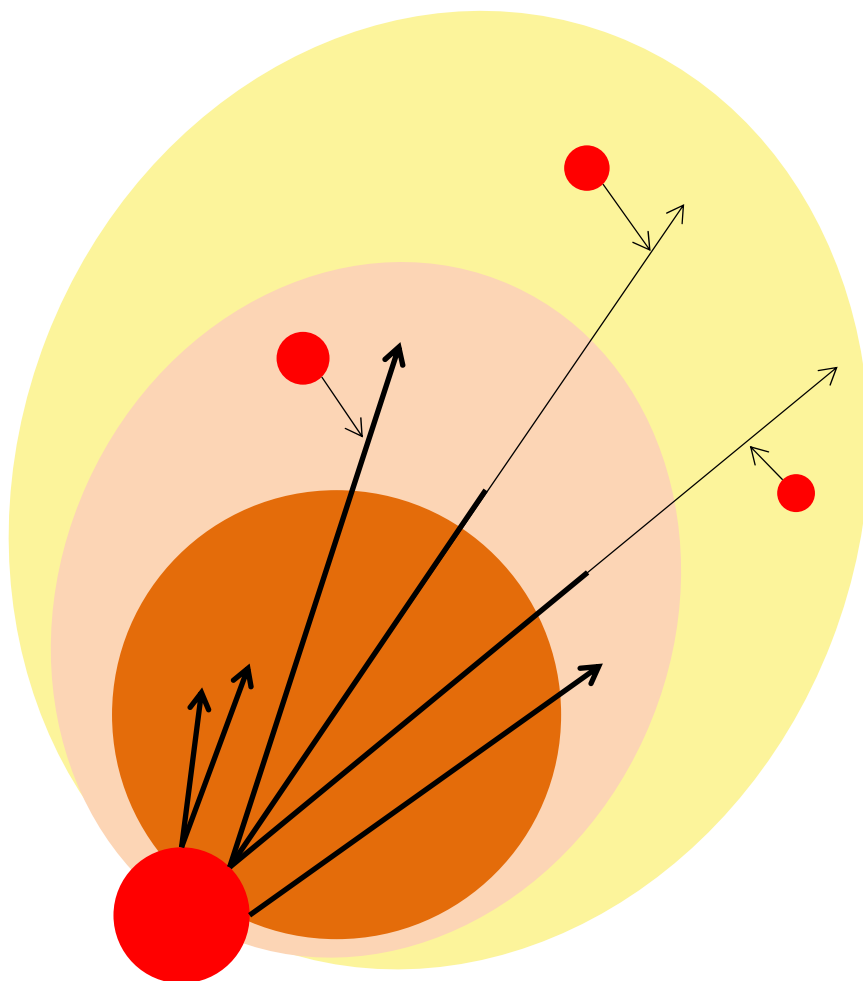
約5,000万kWh/年の配電事業者



約50万kWh/年の配電事業者

再生可能エネルギー導入の最大化の枠組みは？

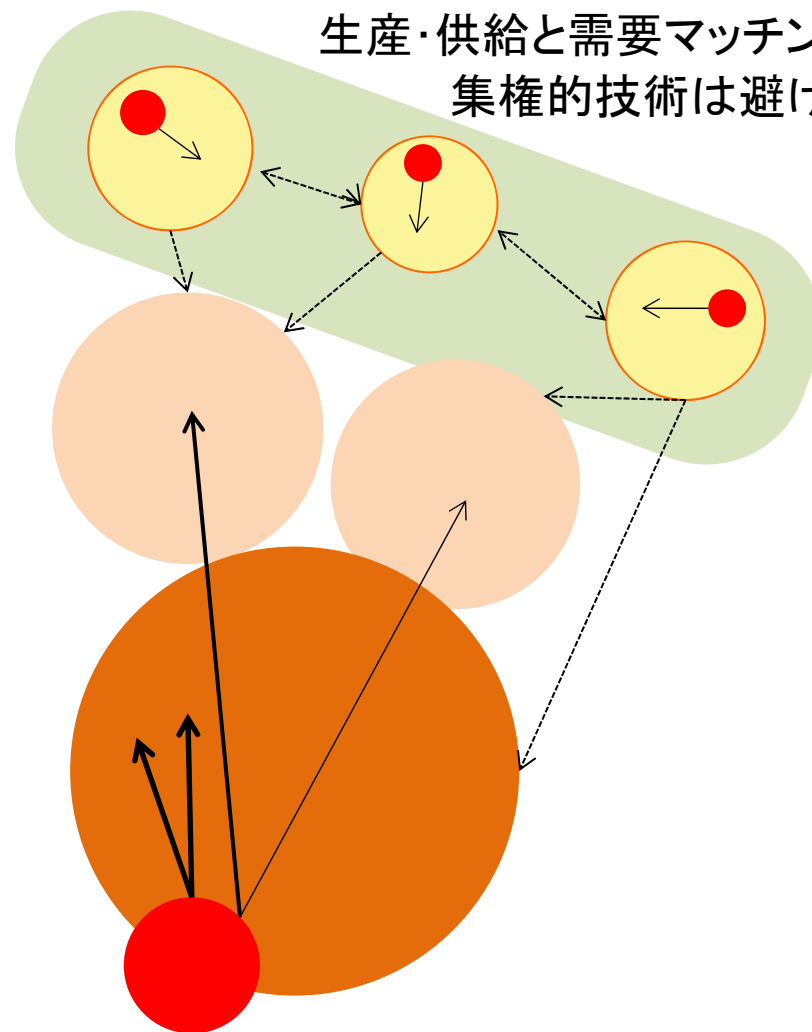
大規模集中型



分散複合型

形成可能か？
どの形成するか？

生産・供給と需要マッチング
集権的技術は避ける



研究開発の体制と目的

研究体制

サブテーマ1「再生可能エネルギー需給区(「セル」)のモデル化と分類」

茨城大学、小林久／木下嗣基

サブテーマ2「需給システムとエネルギー相互融通システムの開発」

東京農工大学、秋澤淳

サブテーマ3「分散型電力系統・融通システムの開発」

芝浦工業大学、藤田吾郎

サブテーマ4「開発・運営主体の形成と評価」

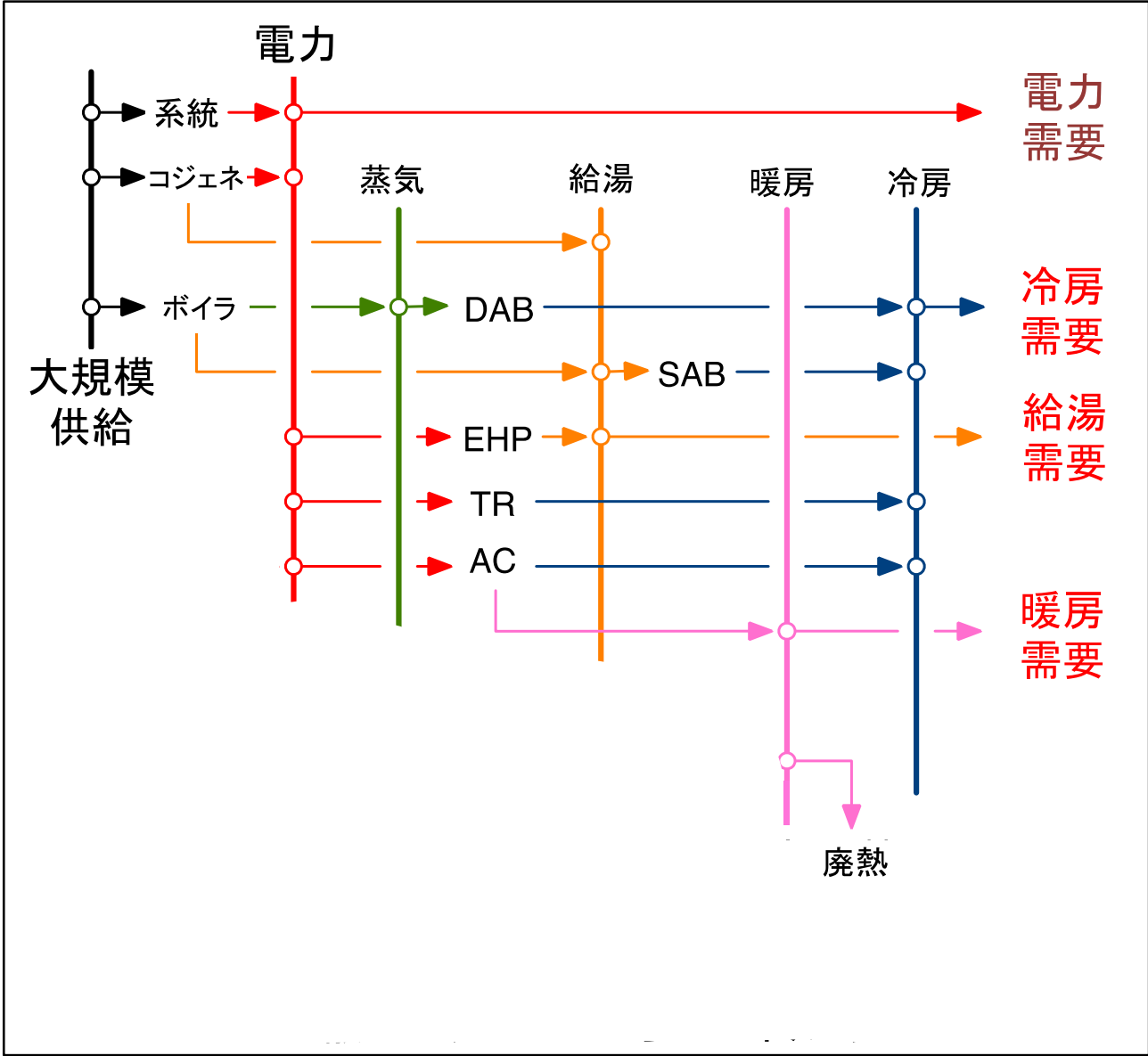
NPO法人協同総合研究所、管剛文／楠野晋一

目的

再エネ導入量の最大化には、資源特性や地域環境に整合するように生産優先・近傍需要へ供給、余剰を上位へ供出する分散型需給マッチングを積み上げるしくみの方が、上位系統に従属する再エネ電源開発より優位という立場から、エネルギー需要が少なく、再生可能エネルギー資源量が多い地域における再エネを活用する自立的なエネルギー需給単位(「セル」)のモデル化と自律分散的制御により「セル」、
「セル」群がエネルギーを相互融通・自給する分散エネルギーシステムを、技術工学的・社会経済学的観点からデザインし、必要な機器を開発する。

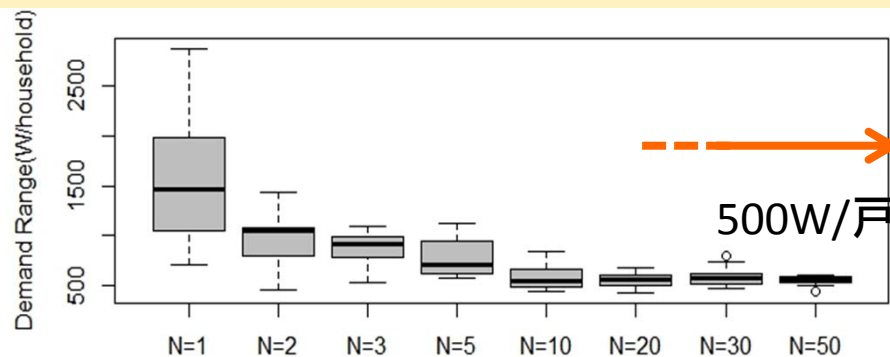
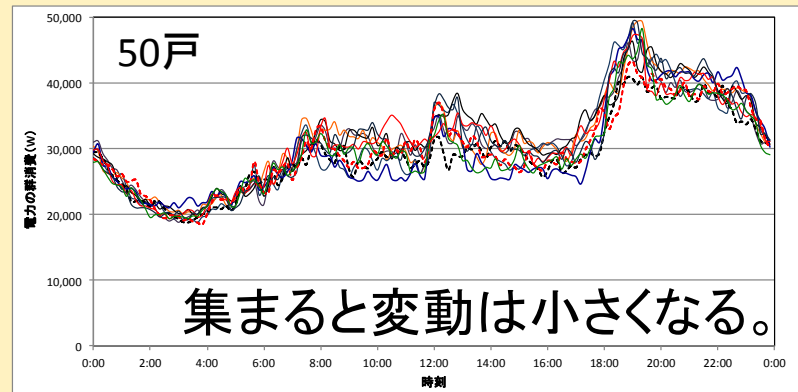
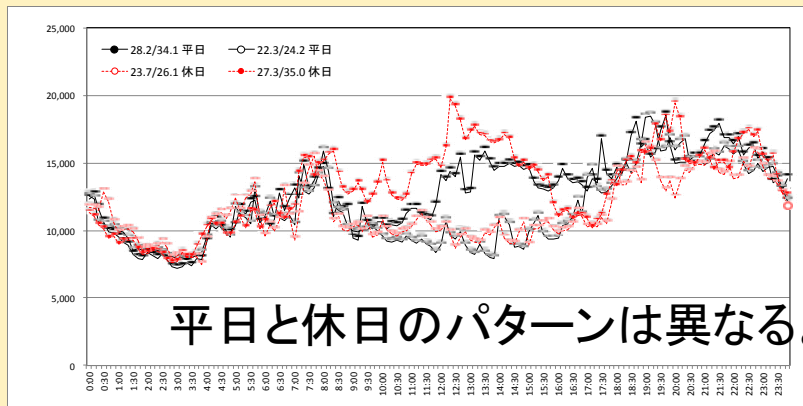
再生可能エネルギー資源はあるか？
しくみ(再エネによる需給)は成り立つか？

開発すべき再生可能エネルギーは？



分散自立シナリオのための需要と開発可能量

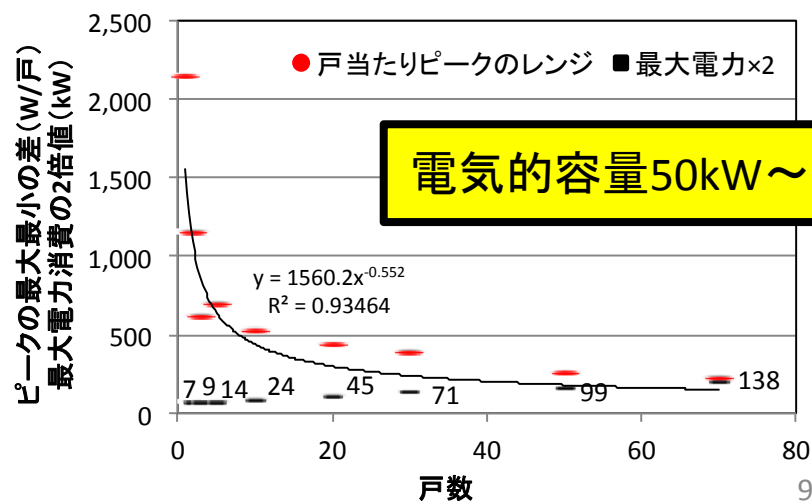
需要推計と解析用データの作成



開発可能性・妥当性

- 太陽光発電: 建物面積の30~40%
- 小水力発電: 20kW~50kW/数ha
- 太陽熱集熱: 建物面積の10~20%
- 森林バイオマス: 500~2,000m²/戸

分散ユニット(セル)の大きさ

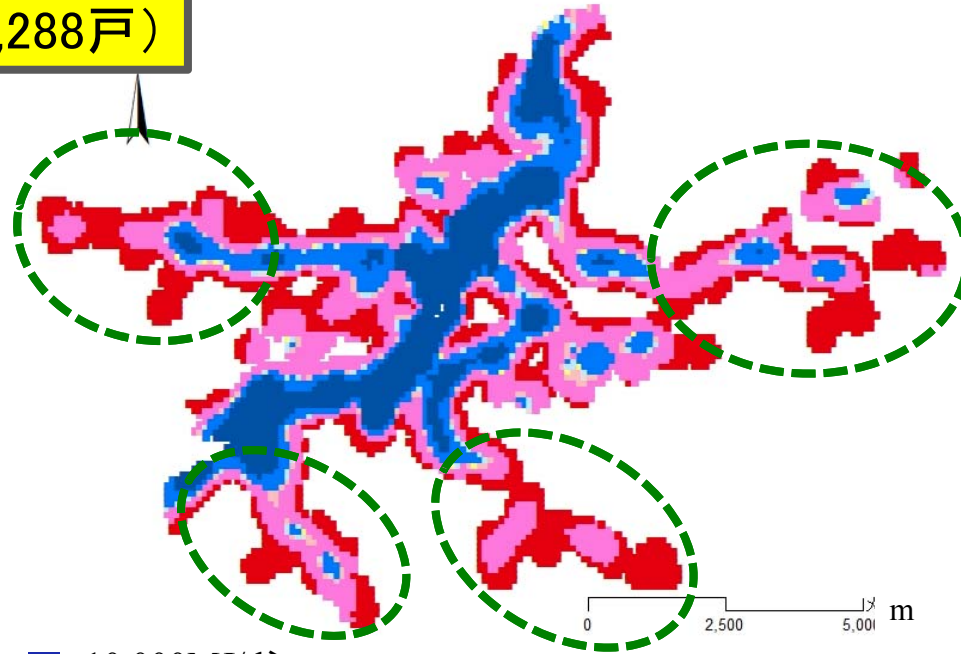
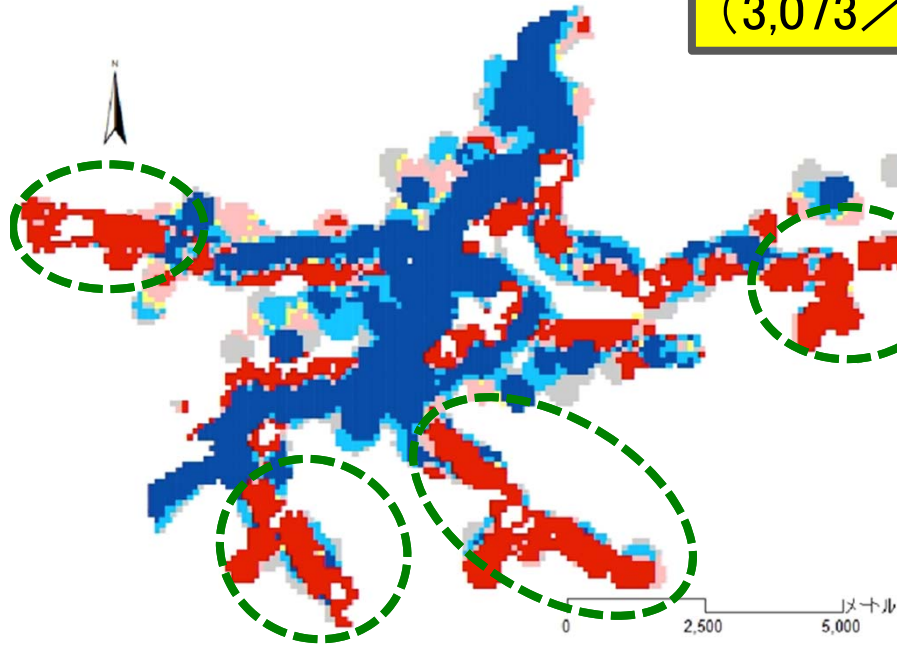


分散自立が成り立つところはあるか？

電力需給バランス分布
(夏, PV設置率-50%)

電力自立
3割の領域で可能
(3,073 / 10,288戸)

熱需給バランス分布
(冬, 集熱器設置率 20%)



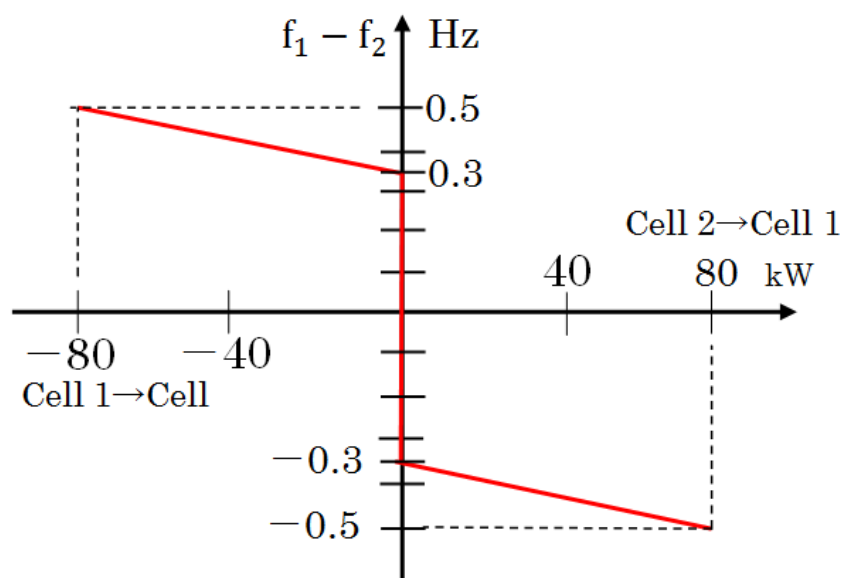
- $-100\text{kWh/d} >$
- $-10 \sim -100\text{kWh/d}$
- $0 \sim -10\text{kWh/d}$
- $0 \sim 10\text{kWh/d}$
- $10 \sim 100\text{kWh/d}$
- $100\text{kWh/d} <$

- $-10,000\text{MJ/d} >$
- $-1,000 \sim -10,000\text{MJ/d}$
- $-100 \sim -1,000\text{MJ/d}$
- $0 \sim -100\text{MJ/d}$
- $0 \sim 100\text{MJ/d}$
- $100 \sim 1,000\text{MJ/d}$
- $1,000 \sim 10,000\text{MJ/d}$
- $10,000\text{MJ/d} <$

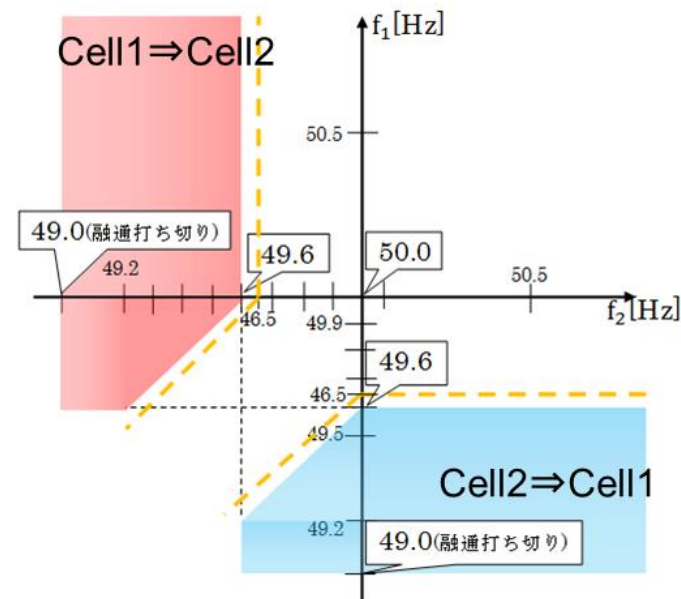
システムとして技術工学的に可能か？

とくに, 電力

セル自立および複数セル連系の制御



セル自立制御のための
周波数変動制御ロジック例

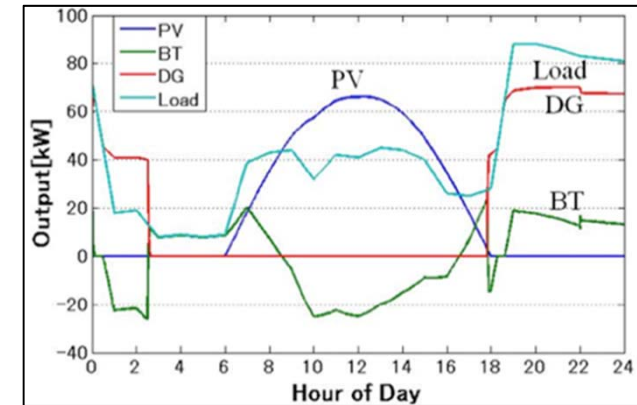
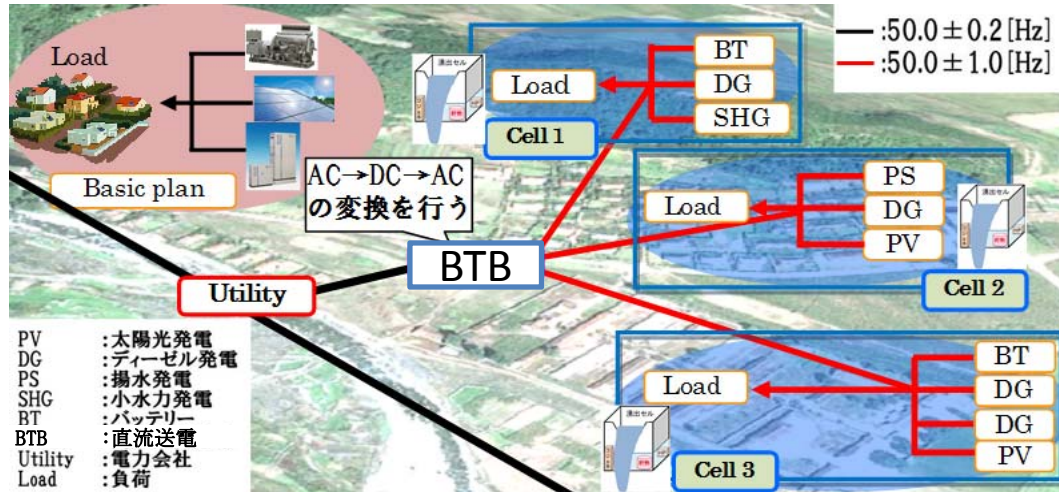


複数セル連系時の
BTB制御ロジック例

- 周波数変動に基づくセルの需給バランス自立的制御
- 各セルの周波数変動に基づく制御で、セル間電力融通が可能

シミュレーション結果から、周波数変動が基準値内になることが示された。

自律制御の分散グリッドは、実現可能か？

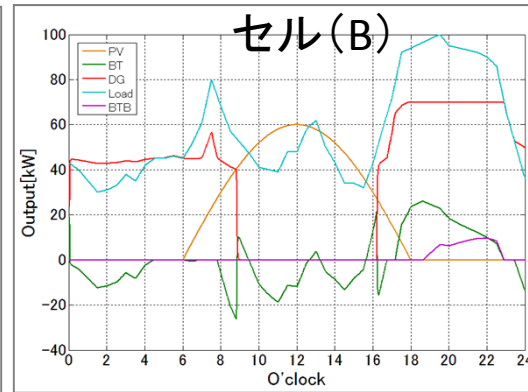
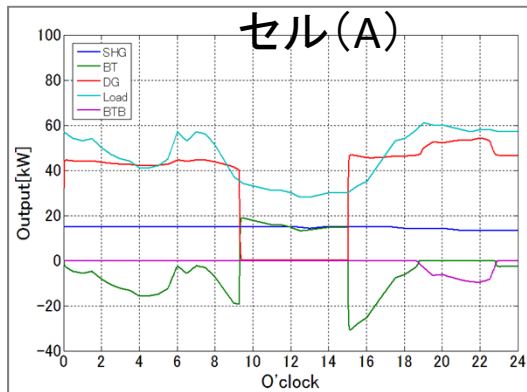


セル内の需給シミュレーション

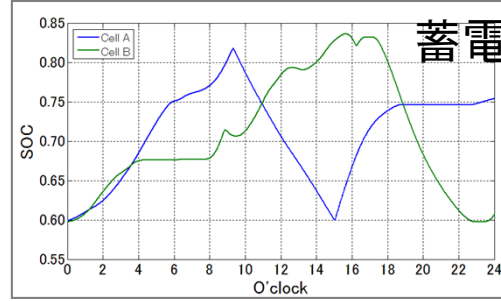
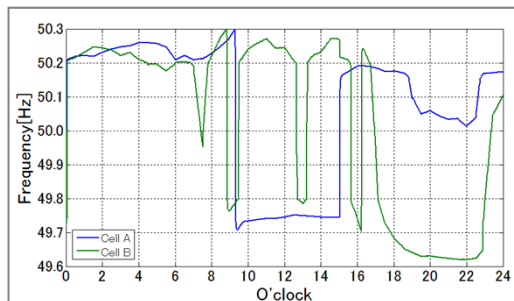
セルの需給自立と異なる電力品質のセル連系は実現可能

2セル連系のシミュレーション

需給

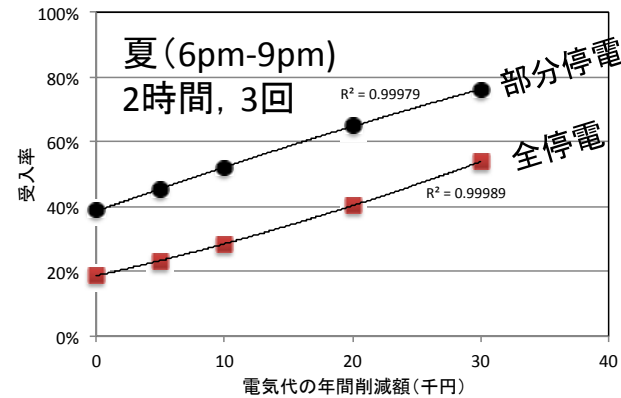
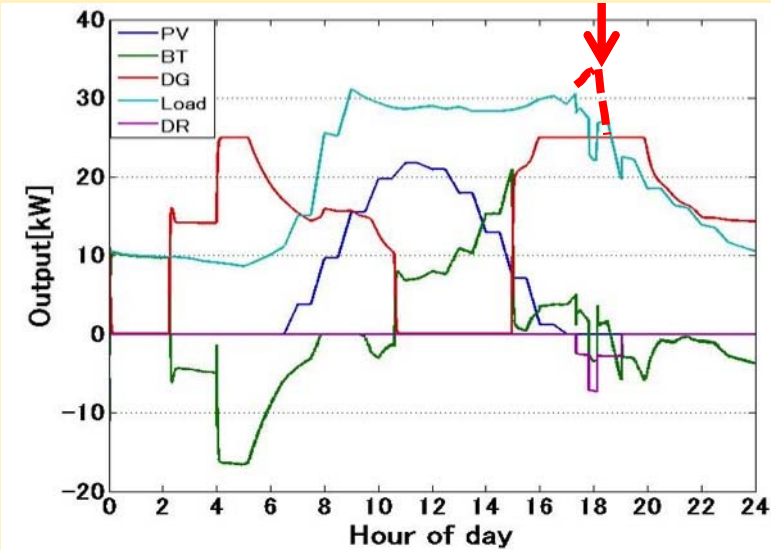
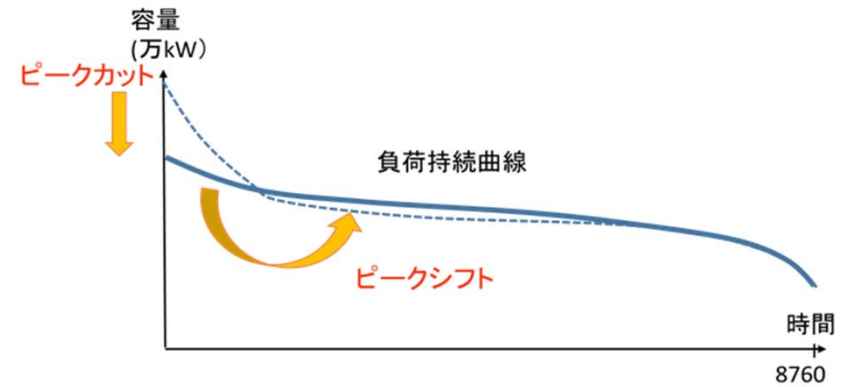


周波数



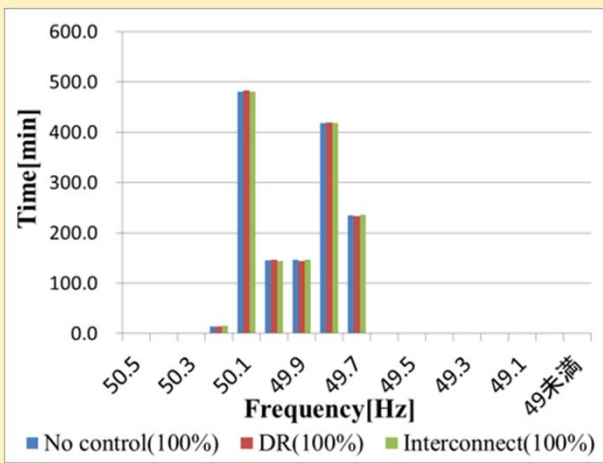
基幹系統とは異なる電力品質を許容することで、自端情報だけで分散グリッドの自律・連系制御は可能。

デマンドレスポンス(DR)による容量削減の可能性

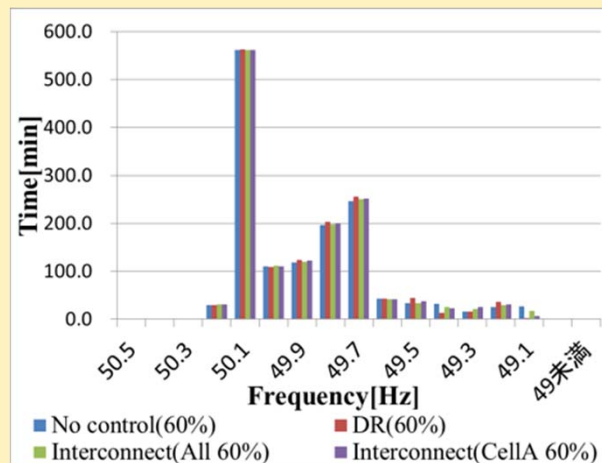


DRによる
需給協調は
可能

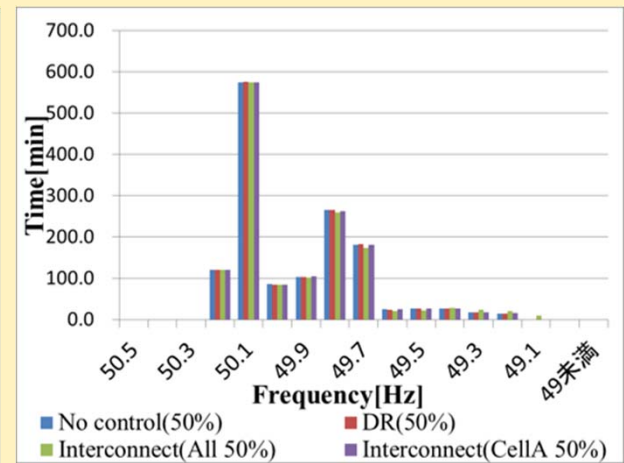
エアコン部分停電と全停電の受入率



BT 100[%]



BT 60[%]

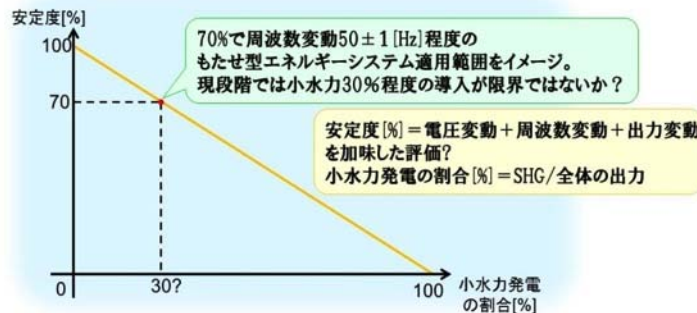
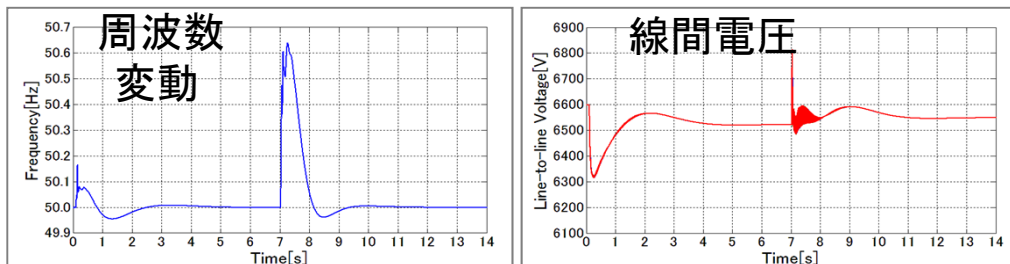
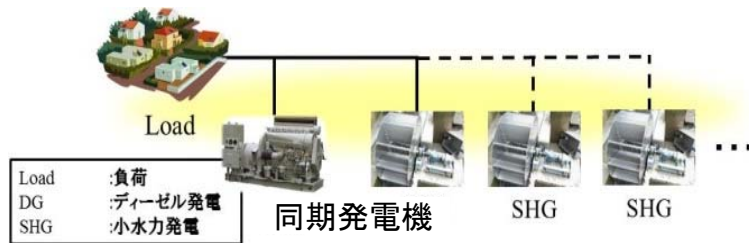


BT 50[%]

「もたせ」電源構成検討と電力品質維持の機器開発

○誘導発電機導入量

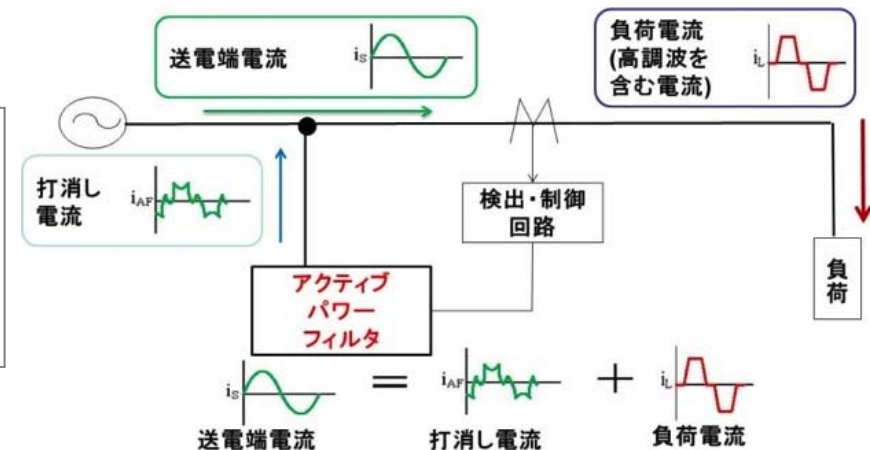
同期発電機(ディーゼル発電、小水力発電)と誘導発電機(小水力発電)を組み合わせた解析モデルを提案した。同期発電機の容量に対する誘導発電機の容量の割合を増加させていった時のシステムの信頼性評価を行い、誘導発電機は30% (定格容量ベース) 程度の導入が可能であることを明らかにした。



○直流 > 交流の波形安定化

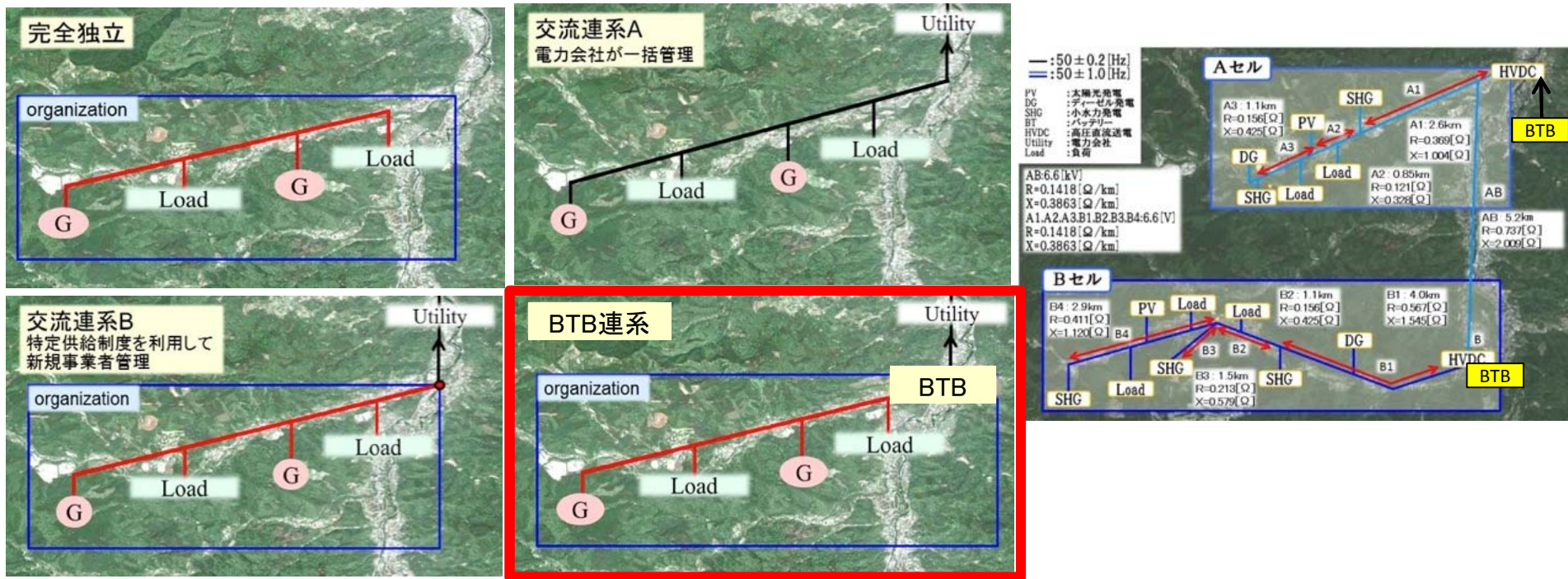
アクティブパワフィルタ開発

電力品質低下を改善する機器。電力負荷の電力変換を行う際等に発生する高調波電流を検出し、逆位相の打消し電流を電源系統に注入する事によって、送電端電流の高調波成分をキャンセルする機能である。解析では、平衡電圧時において、目標であるひずみ率3.6%を達成し、デモンストレーション機で効果を示した。



分散型のしくみは、社会に受け入れられるか？

電力需給システムの所有・運用形態と制度



- 提案のBTBセル連系は、現行の特定供給制度の活用で実現可能である。
- 供給者と需要者との間に密接な関係（資本関係や組合の形成）がある場合に適用できる。（2012年末の規制緩和）
- ただし、「供給地区内の送配電線は自営線での運用」が障壁となる。

すべての設備を供給者が
所有管理する必要がある。

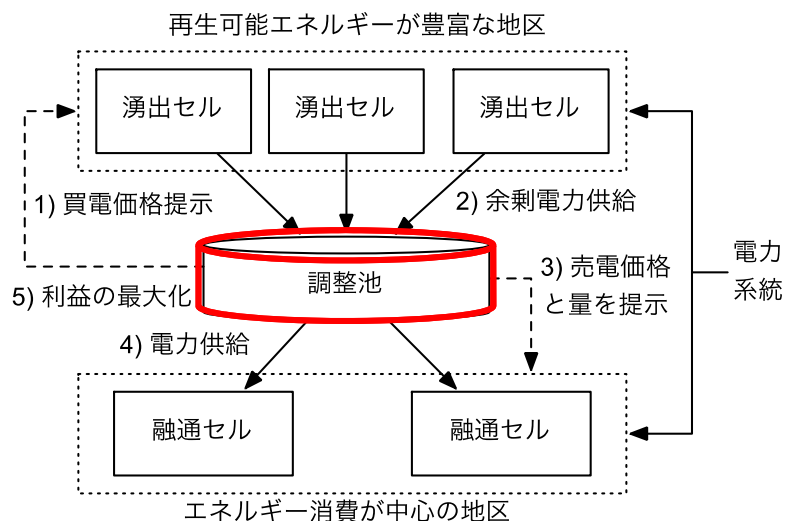


セル内設備・・・セルが所有、管理
セル間設備・・・セル連合（調整池）が所有、管理

エネルギー融通は成り立つか？ 再エネ開発につながるか？

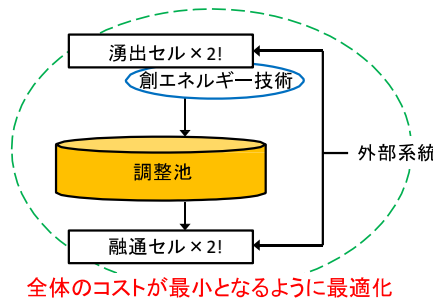
●個別最適:

- 仲介者の行動(利益最大化)を最適化
- 各セルはコスト最小化

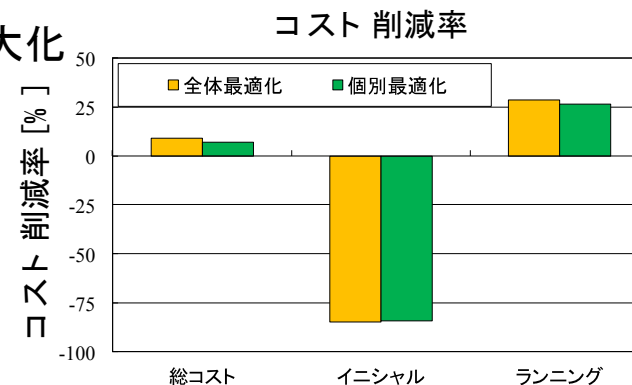


●全体最適:

- 全体の集積利益の最大化



多様なセル群全体の
合意形成

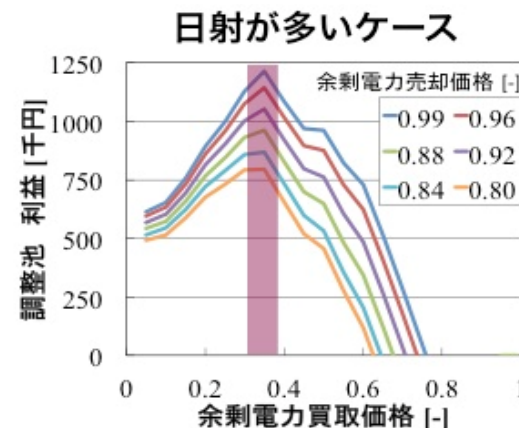
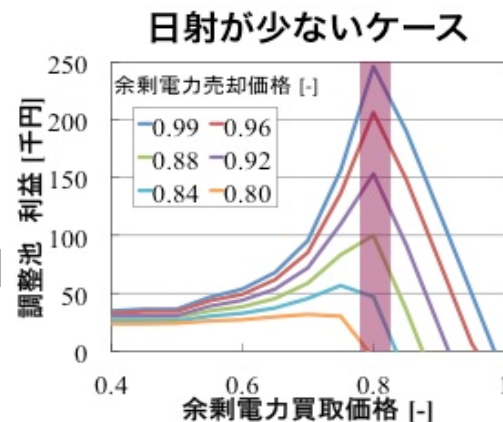


全体最適14%，個別最適11%で，違いは3%

合意形成された各セル
が参加するマーケット

各主体が満足する解を見出せる。
(社会的に安定な解)

(指針) 日射が少ない地域は買電価格を高く、多い地域は低く設定。



「もたせ」システムの社会工学的な枠組み提案

システム最適化

- 熱需給: 運搬が短い「セル」内が需給
- 仲介(調整池)の条件提示, 各セル判断による電力ローカル取引

電力システム設備の所有と運用

地域社会として重視する要件

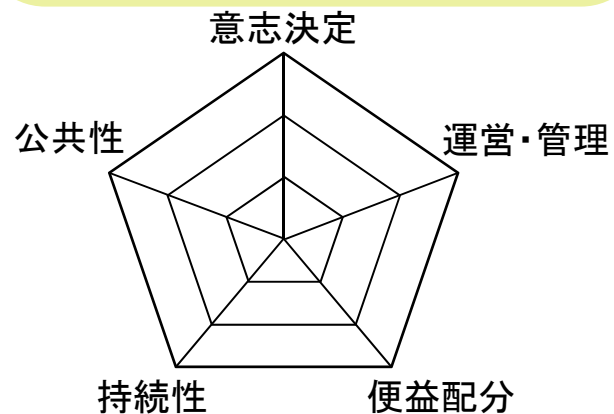
- 設備の共有(資産管理)
- システムとマーケット管理
 - 意志決定と運営への住民の参加
 - 便益の地域還元(便益配分、公共性)
 - 将来世代への配慮(持続性)

- 持続可能な地域社会
- 防災と居住福祉(暮らし良さ)の向上
- 小さな仕事・中規模経済の形成
などの役割も共有できるまとめ。

取引仲介者(セル群管理者)の要件

最小単位「セル」の要件

- 円滑な判断・意志決定
- 正負便益配分の合意形成
- 設備(資産)とシステムの運営・管理
- 構成員の意志反映と民主性
- 活動の公共性と持続性



地区内バイオマスの熱利用の経済(854戸)

	現状	域内資源利用
域外	70百万円	→ 15百万円/年
地区内	9百万円	→ 31百万円/年

地域主導の芽生え

福知水力発電所建設に係るEPC事業提案の公募

<http://fukuchi-wp.com>

公募要領をご覧の皆さまへ

福知水力発電株式会社及び一般社団法人福知救護社(以下、「当社」といいます。)では、地域主導による小水力発電事業の実現に向けて、発電設備の設計・調達・施工(以下、「EPC」といいます。)を一括して請け負って頂ける事業者(以下、「EPC事業者」といいます。)を選定するために、事業に関する提案を公募します。本事業の概要、参加資格、提案の手順及びその他の必要事項等は、この公募要領に記載するとおりですので、内容をご確認頂き積極的にご提案頂きますようお願い致します。

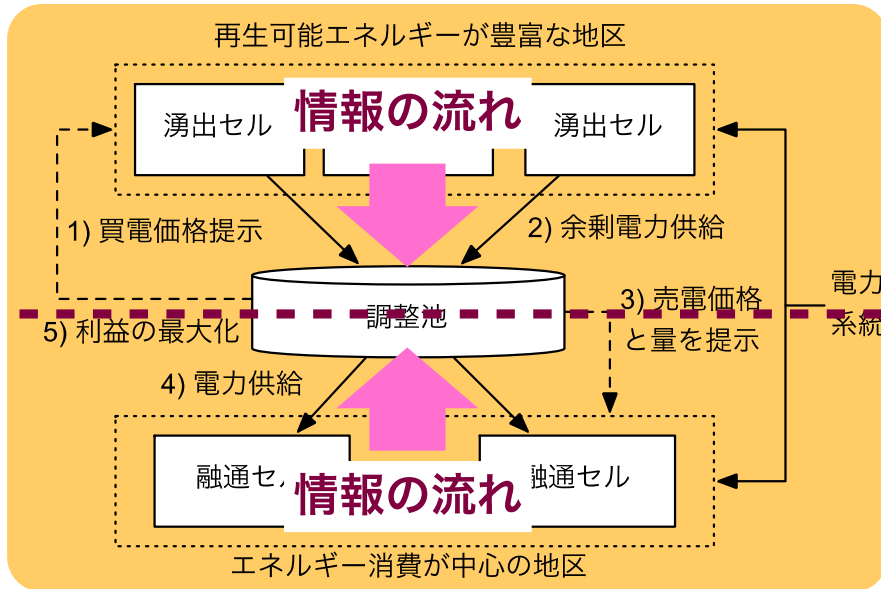


平成27年8月

福知水力発電株式会社 代表取締役 飯田吉則
一般社団法人福知救護社 理事長 堂本照雄

「もたせ」システムの提案 - 富と障りシェアで、安心安全な社会

個別セルに基づく「もたせ」システム



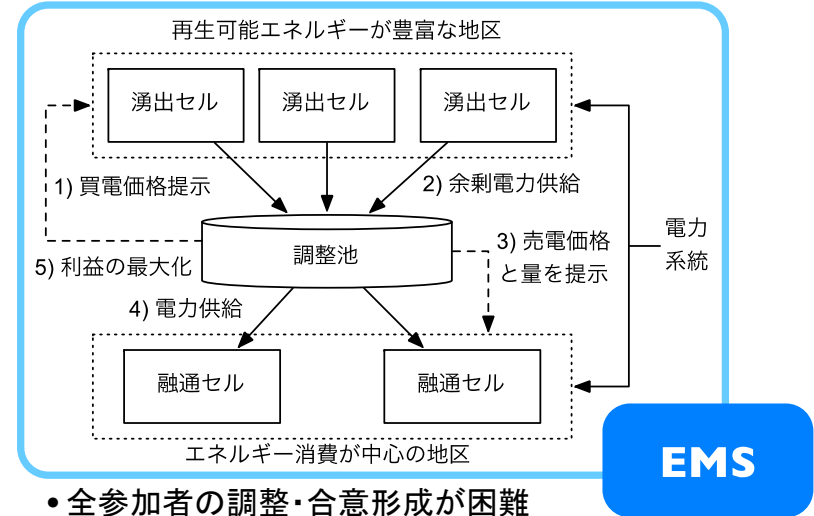
- 熱: セル単位で需給マッチングが実現可能
- 電力: 自端情報によるセル内とセル間融通の自律動作システムが可

セル: 地域に存在するエネルギー資源を利用する自立したエネルギーコミュニティ

もたせ: 最小限の情報共有によりシステムを分散的に運用する仕組み

セル内のエネルギー管理者とローカルマーケット(調整池)運営者

情報統合に基づく全体最適システム(従来型)



- 全参加者の調整・合意形成が困難
- 高コスト-すべてをITで管理するマネジメントシステム

担い手

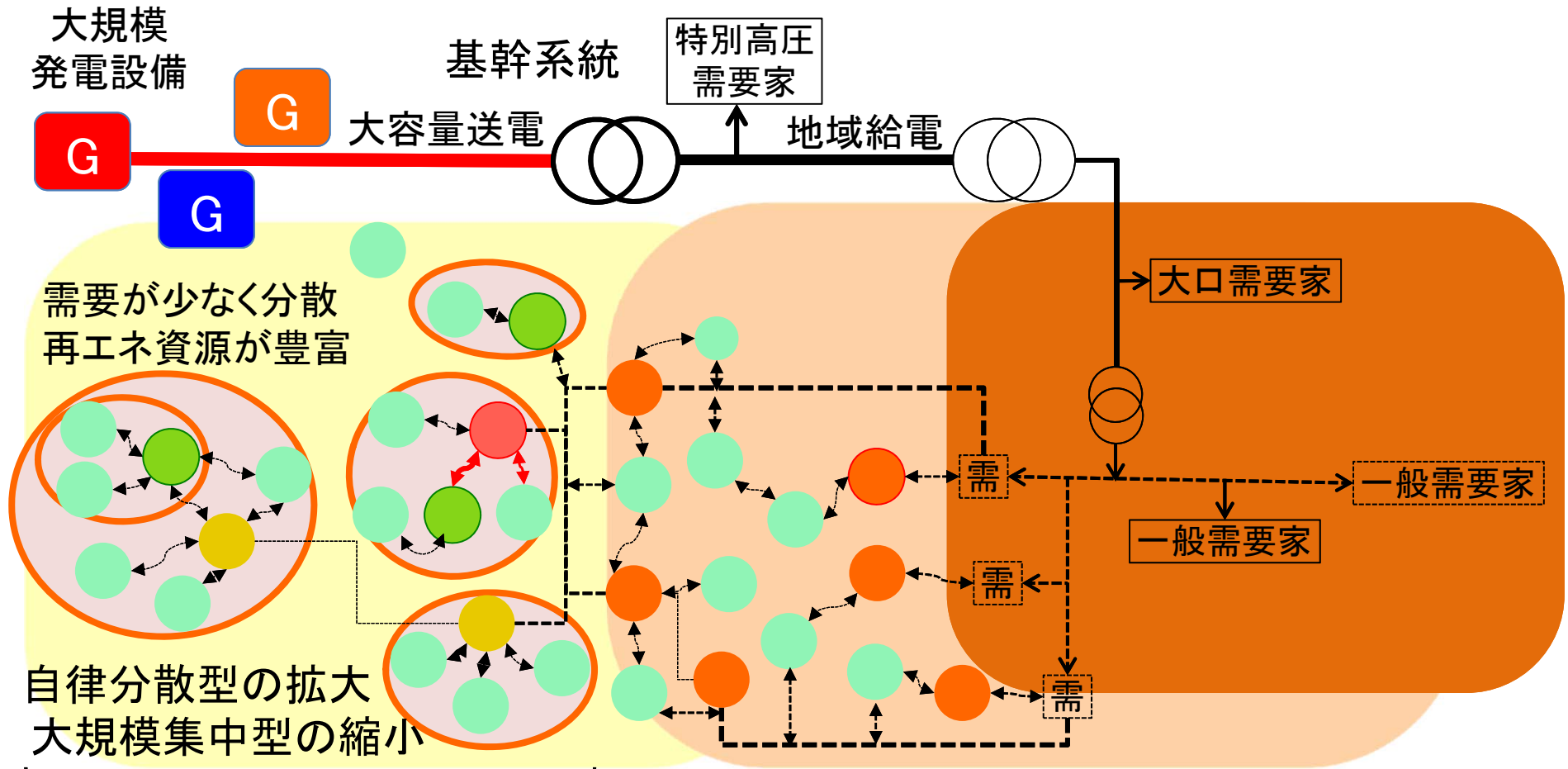
生産・需要の一体化が可能で、財産区管理主体の自然村(大字)

住民参加が可能な旧行政村規模の住民組織/地域自治組織/行政との協働組織

社会関係資本と地域「富」の形成「意思」と「関与」一体化の参加概念として展開

再エネ最大化に向かうネットワークのかたち

基幹送電・地域給電・配電＋分散需給の重層



ここからはじめてはどうでしょう？

振興山村：林野率（昭和35年）75%以上

人口密度（昭和35年）1.16人／ha未満等

面積：1,785万ha（全国の47%）、人口：393万人（全国の3%）

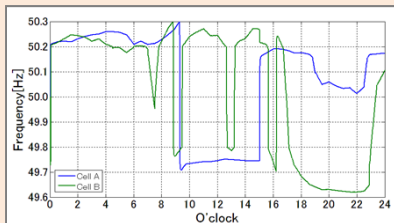
再エネ資源が豊富
エネルギー総需要が少ない

再生可能エネルギー需給区連携による『もたせ型』分散エネルギーシステムの開発

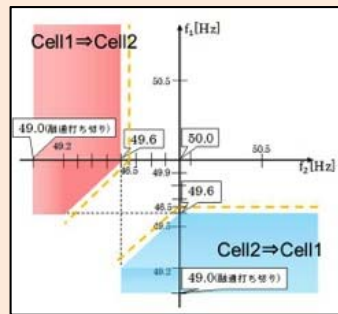
目的: エネルギー需要が少なく、再生可能エネルギー資源量が多い地域における再エネを活用する自立的なエネルギー需給単位(「セル」)のモデル化と自律分散的制御により「セル」, 「セル」群がエネルギーを相互融通・自給する分散エネルギーシステムを技術工学的・社会経済的観点からデザインし、必要な機器を開発する。

『もたせ型』分散エネルギーシステム

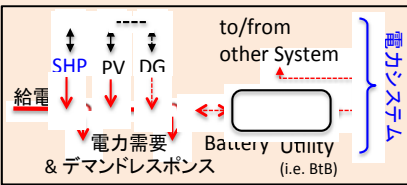
分散・融通電力システムの開発



2セル電力融通解析(周波数)



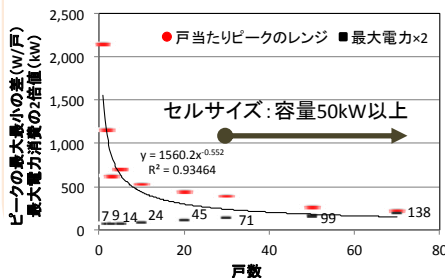
セル連系BTB制御ロジック例



セルのマイクログリッド

〈サブ3〉電力の分散/融通システム開発

- シミュレーションによるPV、小水力、DG、蓄電を電源とする分散型電力システムおよびBTB制御による電力融通システムの開発
- 電力品質改善のために送電端電流の高調波成分キャンセルのアクティブパワーフィルタ(ひずみ率3.6%)の開発



【モデル/シナリオなどの基礎データ】
開発・DRシナリオ, セルサイズ, セル別別期時間別需要推計など

〈サブ1〉再エネ開発と需要

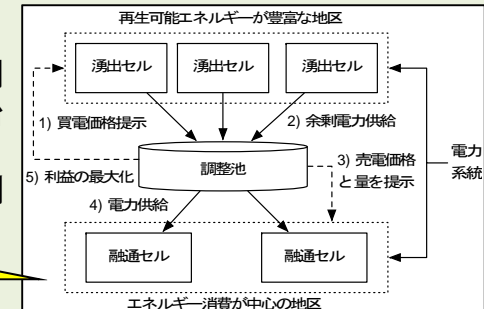
- 開発ポテンシャル推計と適用範囲(数10戸/km²)
- エネ需要モデルと需給計算ツール開発
- 電力需要からのセルサイズ(20戸、容量50kW以上)
- 可能なデマンドレスポンス(DR)シナリオ作成
- 同期発電機運用データ(小水力)

分散エネルギーシステムの社会工学的デザイン

〈サブ4〉運用の主体と体制

- 「システム最適」の担い手は社会関係資本形成が期待できる地域自治組織または「行政との協働組織」
- 「自治体内分権」の新たなしくみ創出の提案

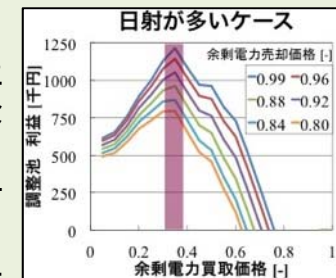
【要件/機能】
電力ローカルマーケット
運用ルールなど



セル連携(もたせ型)分散システム運用

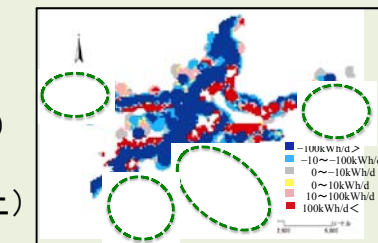
〈サブ2〉システム最適化

- 熱はセル内最適解、電気は各セルによるセル間取引の最適解が社会的な安定解
- セルが判断する取引メカニズム(ローカルマーケット)が合理的
- セル内エネルギー管理者とセル間エネルギー取引(調整池)管理者が必要



セル間取引の全体利益最大化と余剰電力価格

分散エネルギーシステム構成



電力自給領域の抽出(夏,PV設置50%)「セル」のエネルギーシステム

