

デジタルグリッド総括寄付講座設立記念シンポジウム 電力のデジタル化がもたらす社会変革

電力ネットワークイノベーション(デジタルグリッド)
総括寄付講座 共同代表 特任教授 阿部力也

2013年9月6日



Digital Grid Consortium Inc.,



THE UNIVERSITY OF TOKYO

Presidential Endowed Chair,
“Electric Power Network Innovation
by Digital Grid”

通信のアナログの時代



- 高信頼性
- 直接接続
- 市場の限界

通信がデジタル化した世界



- ベストエフォート
- 多数の間接接続
- 無限市場

■ アナログ経済



- 高信頼度
- 直接取引
- 市場の限界

■ デジタル経済



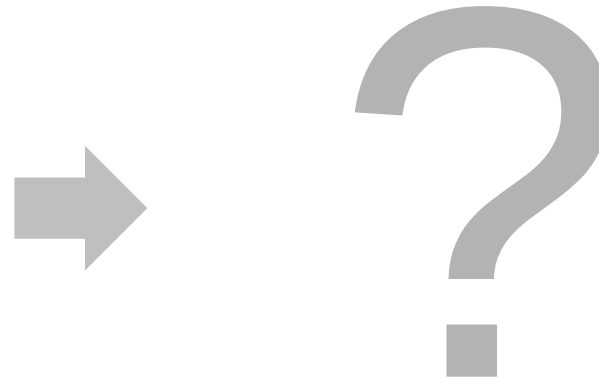
- バーチャルマネー
- 間接取引
- 無限大の市場

■ アナログな電力系統



- 高信頼性
- 直接接続
- 限定した市場

■ デジタルグリッド



- ベストエフォート?
- 間接接続?
- 無限の市場?

■ シュンペーターのいうイノベーション

- 消費者の間でまだ知られていない財、あるいは新しい品質の財の生産
- 新しい生産方法の導入
- 新しい販路・市場の開拓
- 原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得
- 新しい組織の実現

■ クリステンセンのイノベーションのジレンマはそれを証明

- 既存業界は連続的改良にとどまり、破壊的イノベーションに踏み出せない
- 「無消費」市場という消費者の認識していない価値を見出す

■ デジタル時代の創造的破壊が始まった

- デジタル時代のイノベーションは、種類も規模もスピードも従来とまったく異なる
- たくさんの創造的破壊者が、安く、早く、大量の顧客を手中に収める
- 電力供給における「無消費」市場を見つけ出すことが重要

■ 電力供給の仕組みはアナログのまま連続的イノベーションを続けてきたが、今まさにデジタル時代の破壊的イノベーションの入り口に立っている

M : 系統定数

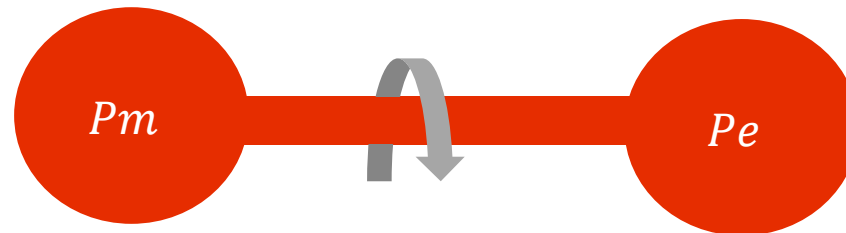
$\frac{df}{dt}$: 周波数変化率

P_m : 発電

P_e : 需要

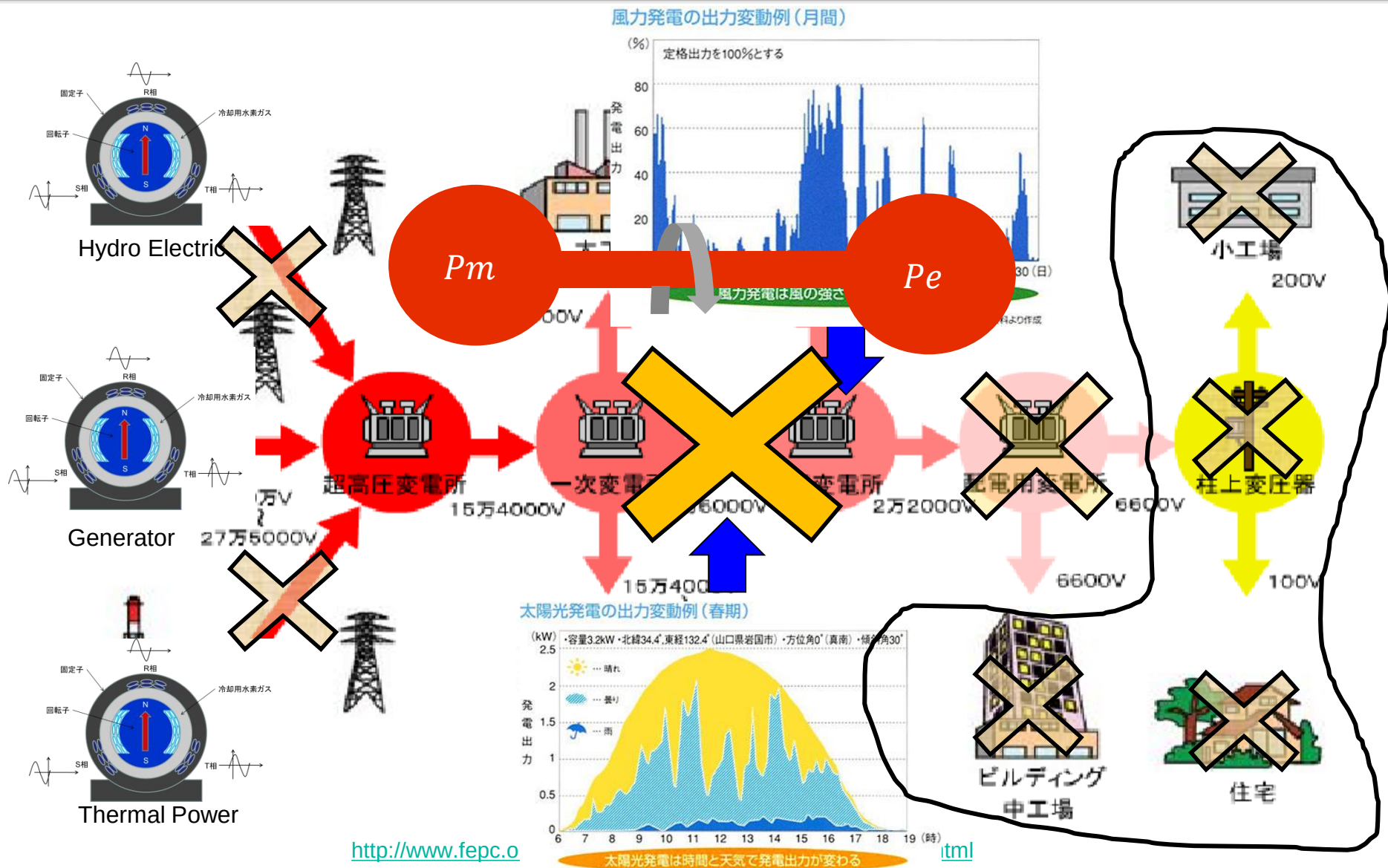
$$M \cdot \frac{df}{dt} = P_m - P_e$$

f : 周波数＝回転数



- ・欧州、米国（東西、テキサス）、日本（東西、北海道）など広域がそれぞれ一つの同期系統（一つの周波数）でシステムを維持
- ・大量の発電機群が、同期協調して、需要の変化に合わせて出力調整

巨大同期系統の中央管理とその脆弱性



「出典:電気事業連合会」に加筆

- 電力会社が中央管理して、電力の需要変動に併せて供給をbalancing(同時同量)を維持している。⇒24時間365日瞬時瞬時
- 変動の多い自然エネルギーが増大するにつれ、中央管理によるbalancingは徐々に難しくなってくる。
- 一旦事故が起こると連鎖的に拡大してしまう。
 - 2003年北米大停電
 - 首都圏大停電(1987, 1999, 2006)
 - 2012年 インド大停電 (6億人)

スマートグリッドの対応

- 通信とIT技術を使って需要や系統の状態を把握する。
- 需要側も制御する。

⇒ 情報処理速度は電力変動と比較すると、スピードが遅すぎる

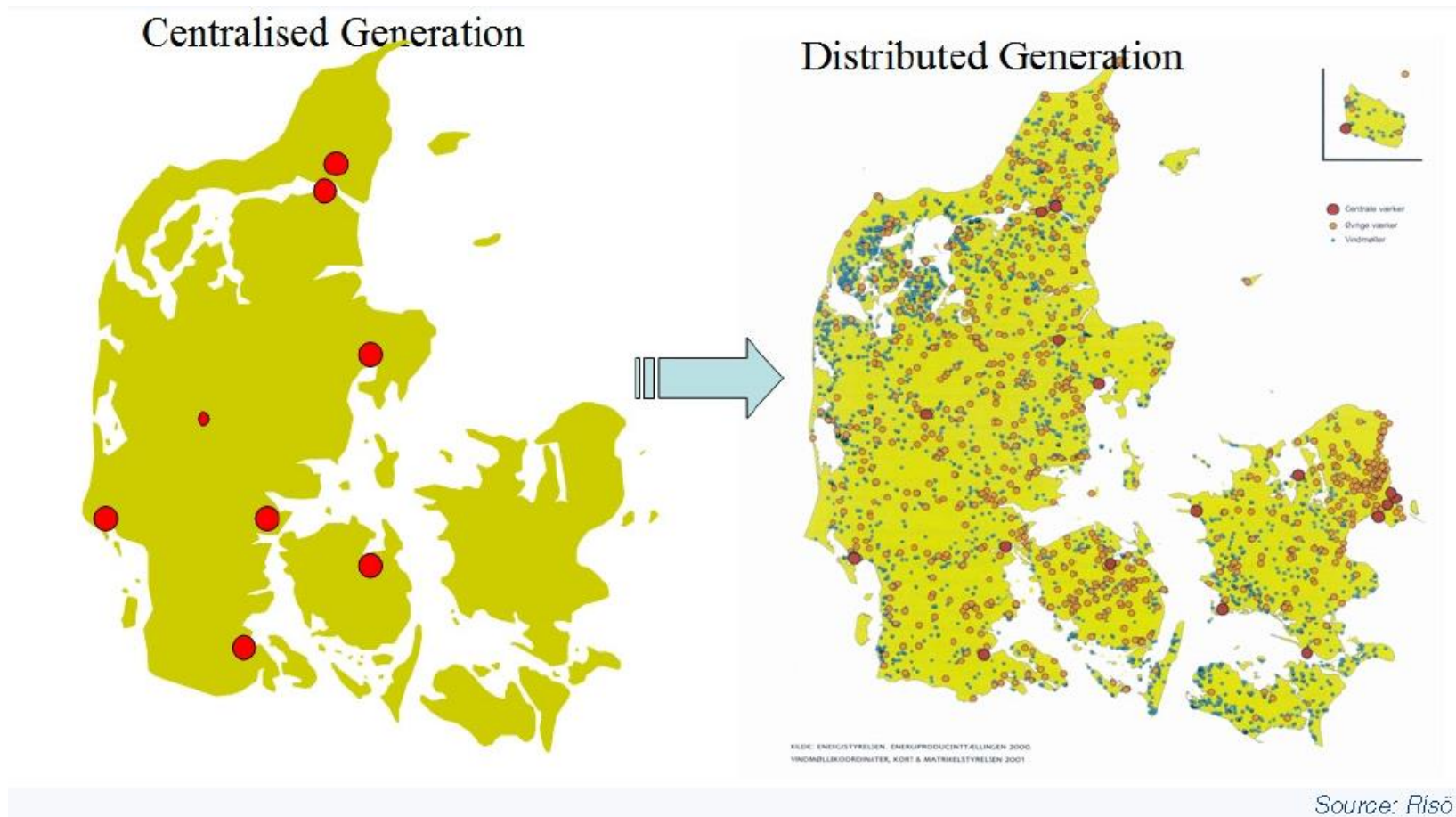


Source: google power meter

Source: Trilliant



少数の大型電源⇒多数の分散型小規模電源



30年前のデンマーク

現在のデンマーク

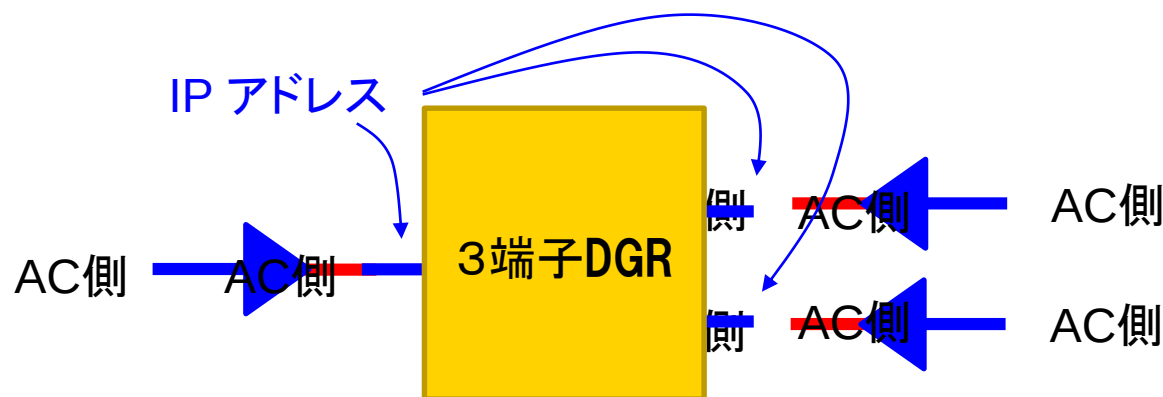
- デジタル時代の創造的破壊によるバリューチェーン変化の兆し
- スマートグリッド(ICT)、電力貯蔵、分散電源、ミニグリッド、洗練されたコンピューティング技術の台頭等、電力・エネルギー分野における新技術の開発と適用のスピードはかつてない速さと広がりを見せている
- 日本における電力システム改革は、これらの変化を十分考慮すべき
- 技術と経営における革新は、かつて存在しなかったような電力インフラから始まる

デジタルグリッド

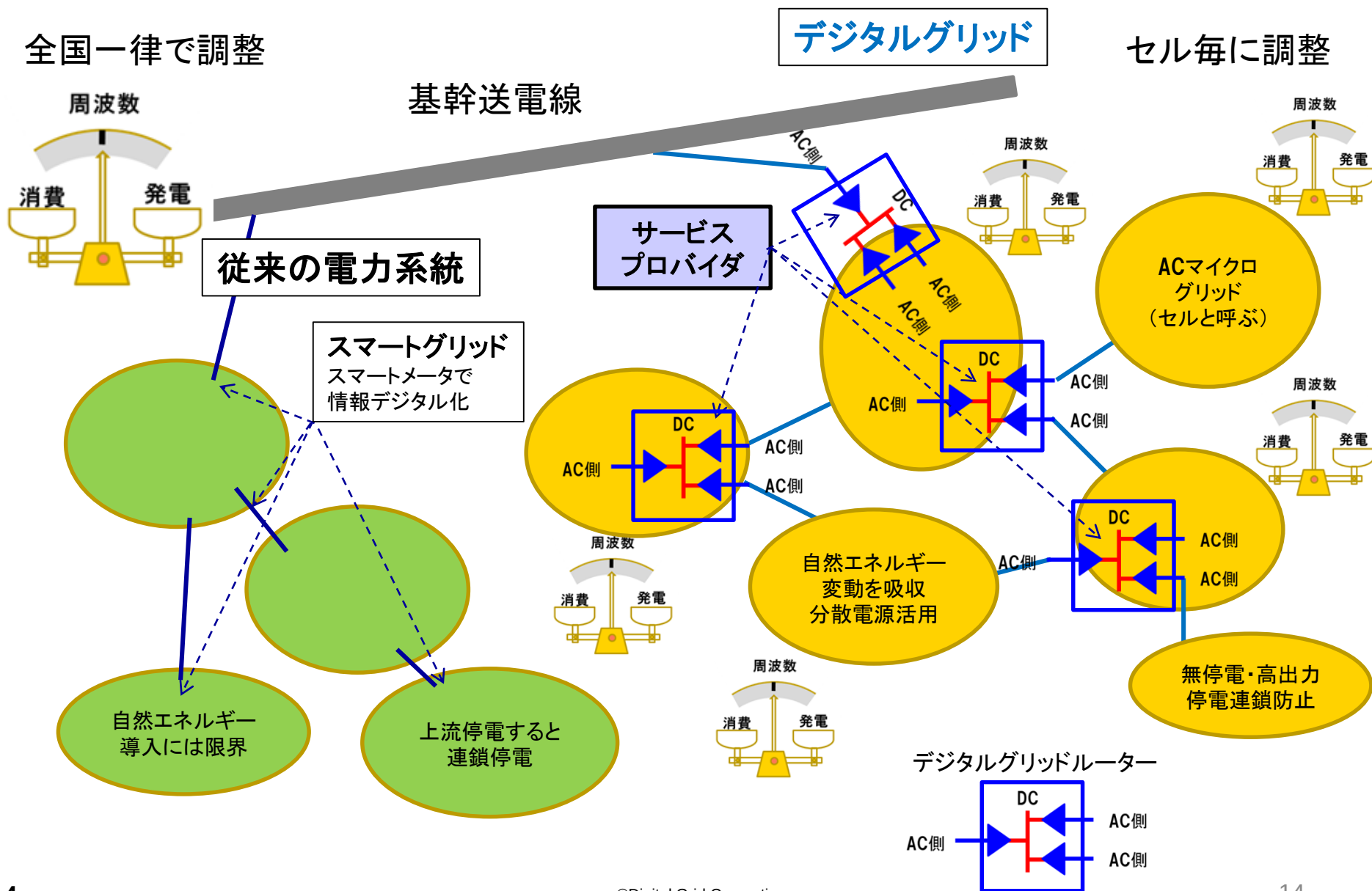
- 電力系統を中小規模系統(セル)に分割、自然エネルギーの変動を吸収
- 従来の配電網を基礎に、さらに多様な電力供給を容認
- セル非同期接続により周波数、電圧、同時同量制約などから解放
- 同時多重受電を可能にし、柔軟・冗長・頑健な電力システムを構築
- デジタルグリッドルーターにIPアドレスを付けてメールのように電力融通
- 電力をカラーリングし、可変長パケット化して多様な品質をもとに商品化

⇒ 「配電網自由化」が、この変革を促す重要な政策

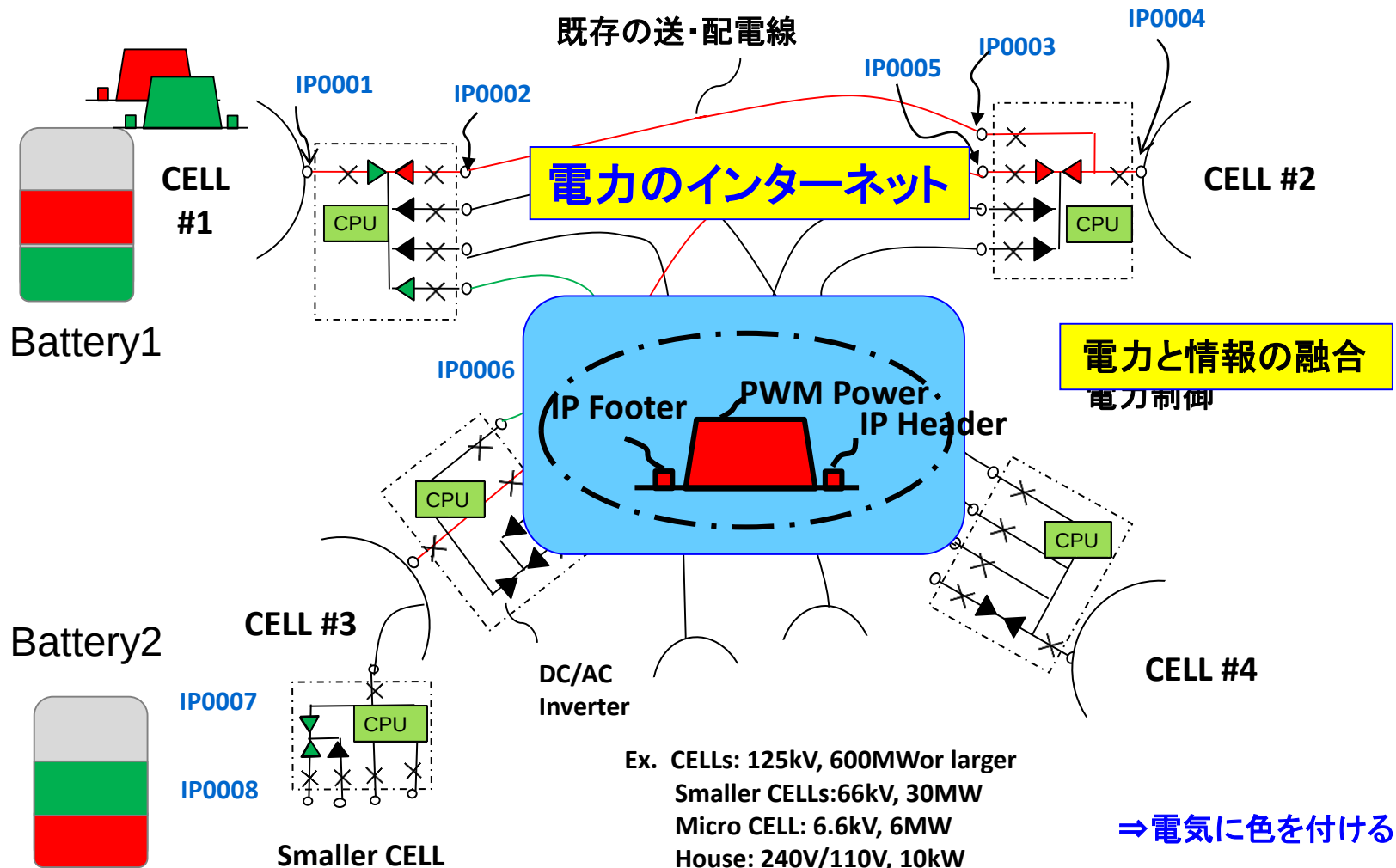
- ルーター外部端子はすべて交流(周波数・電圧は任意)
- ルータ内部の直流変換で**非同期化**
- 外部端子がIPアドレスで特定
- 電力のルーティングがスムーズに行える
- 複数のルートから、指定した電力を同時に受電(柔軟性)
- いずれかのルートに異常があっても、他ルートから継続供給(冗長性)
- 結果、電力システム全体の健全な維持(頑健性)



従来の電力系統とデジタルグリッドの概念



■ アドレスによるルーティングで電気識別が可能になる。

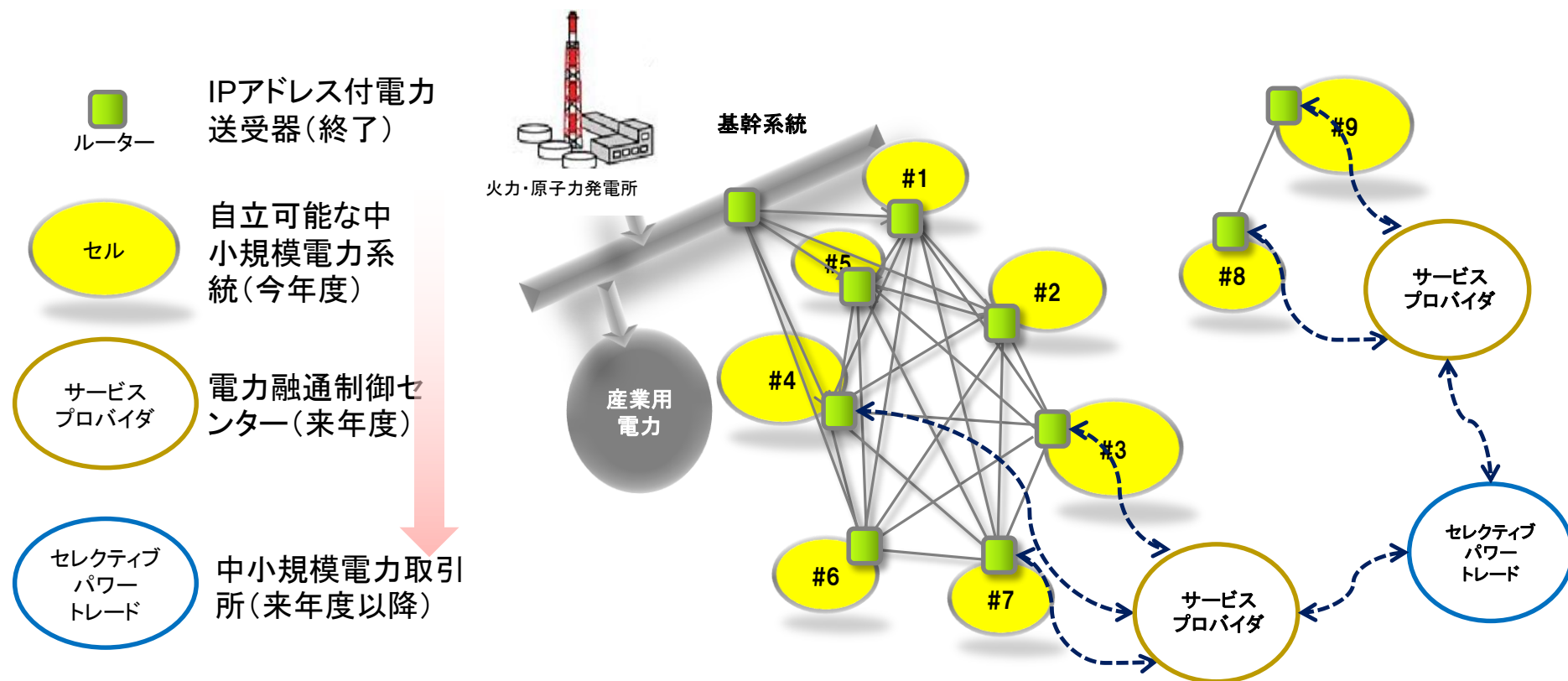


- 電気の融通記録をすべてデジタルグリッドルーターの中に記録する
- 取引の決済を行うサービスプロバイダは、公的認定機関になる
- CO₂や天候保険なども取引される

年月日	開始時間	終了時間	From	To	入力			出力			Loss (kWh)	残容量 (kWh)	残高 (円)
					kWh	tariff	money	kWh	tariff	money			
2009/12/10	9:01:25	10:05:46	A		256.56	15.62	4007.47				12.8	243.76	-4007.47
2009/12/12	15:32:14	18:23:41		B				125.63	14.32	1799.02	6.3	111.83	-2208.45
2010/1/3	21:36:30	23:25:46	C		4687.12	8.36	39184.3				234.35	4564.6	-41392.77

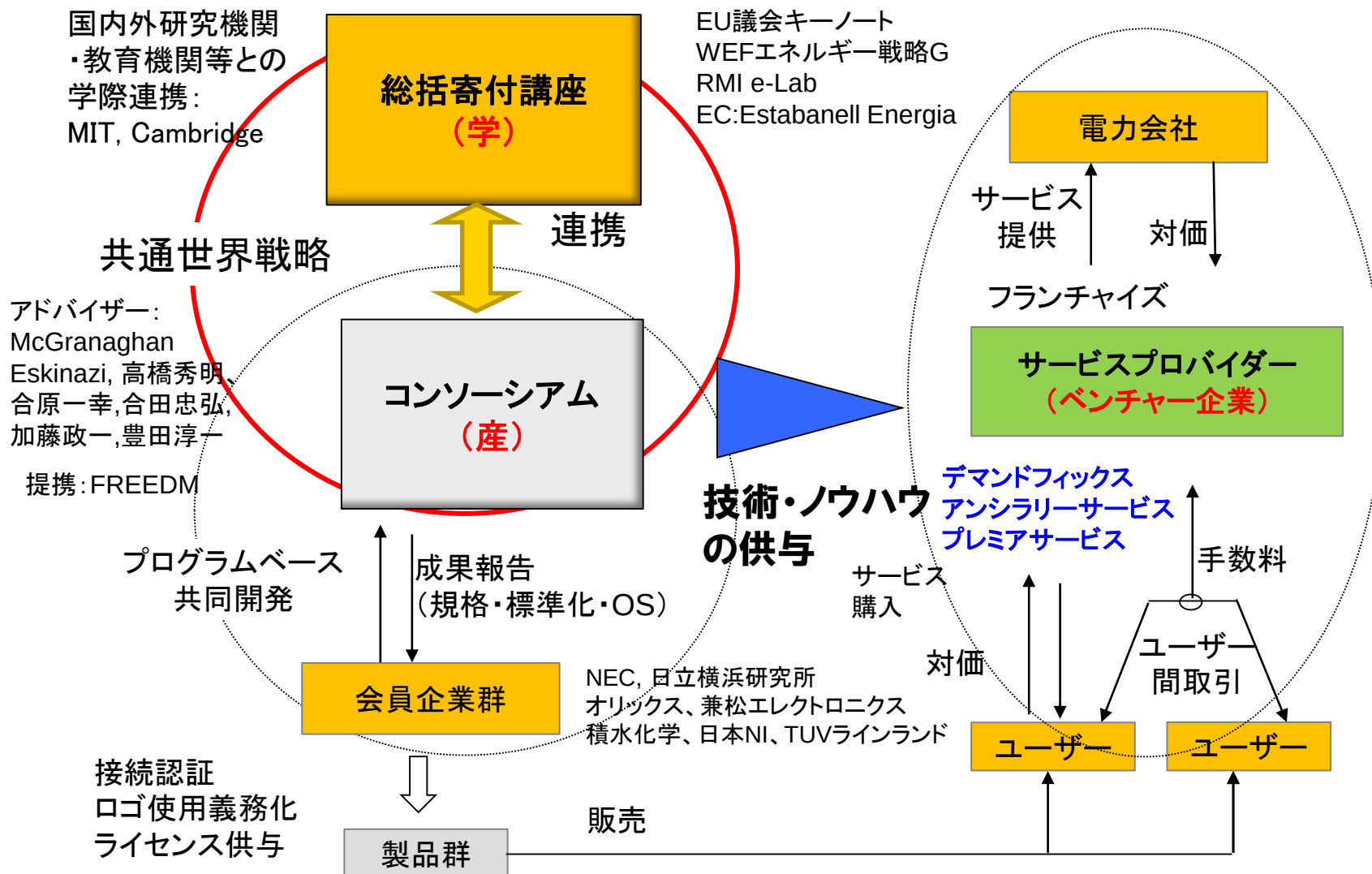
デジタルグリッドのイメージ

- デジタルグリッドは現在の電力系統の上に、段階的に構築できる。
- 電力を識別し、商品として取引することを可能にする。
- 徐々に自立可能な電力系統の集合体に変化させ、柔軟で頑健な電力システムにする。
- コンソーシアム会員によるプログラム開発型：企業の参加による開発

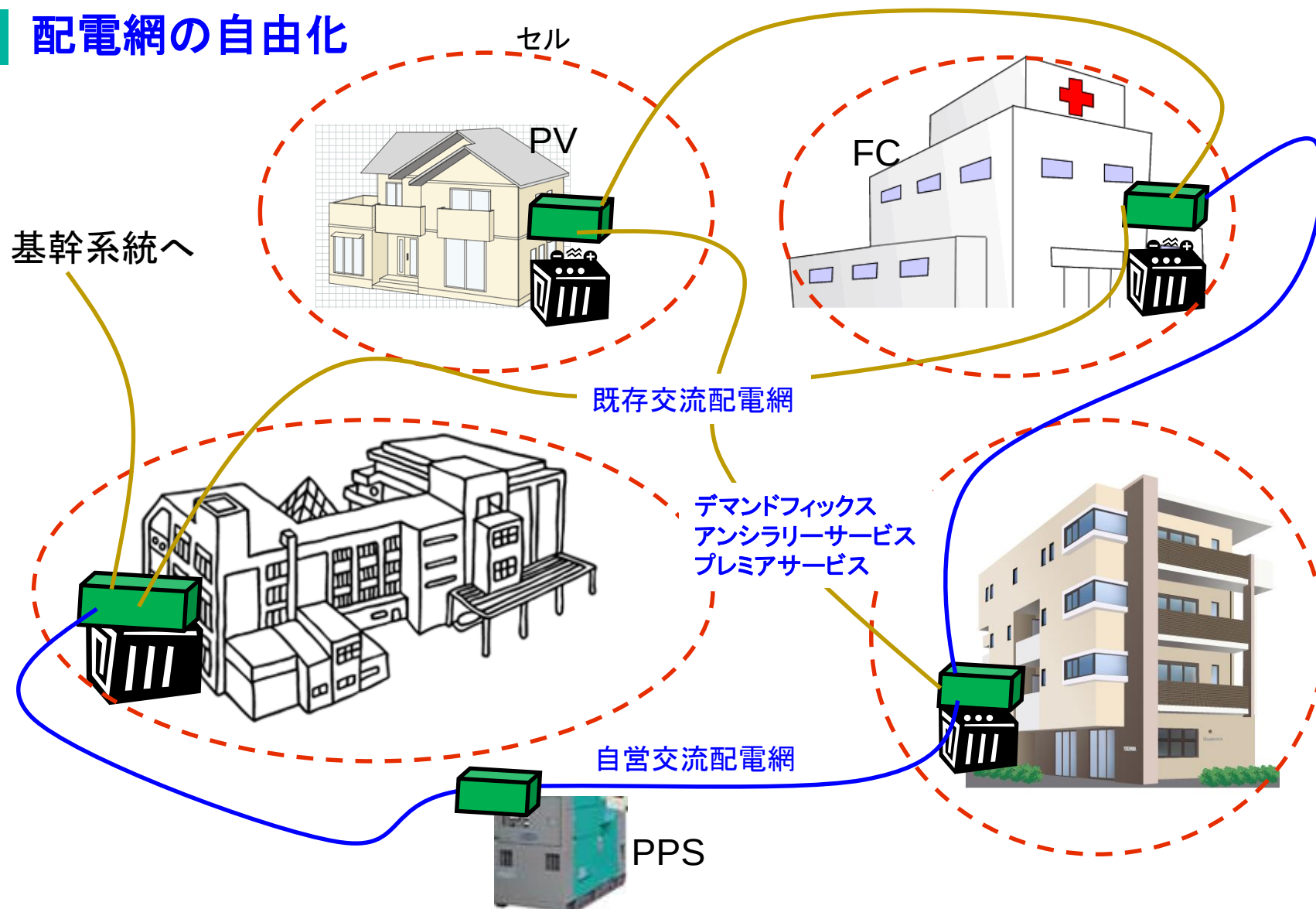


デジタルグリッドの進め方(新しい産学連携)

コンソーシアムと総括寄付講座が**産学連携**し、新しい産業を生み出す。



配電網の自由化



- デジタルグリッドにより、柔軟で冗長性を持つ頑健な電力系統に
- 電力をカラーリングし、多様な付加価値の取引を可能に
- 電力は生産者市場から、流通・消費者市場へと転換する
- 電力は現在の数倍以上の規模の新市場・サービスが生まれる
- 電力エネルギーは交換可能な基本財となる
- 重要な施策は、配電網自由化

■ 先進国のOn Grid Modelに対し、Weak Grid Model, Off Grid Modelも推進

■ **Weak Grid Model:** 新興国では、需要に対して発電が追いつかない状況が続く。このような弱電化地域においてベストエフォート型の電力供給は必然になる。デジタルグリッドコンセプトはユーザーニーズを満足する電力システムとなる。(20億人)

■ **Off Grid Model:** 途上国では、大規模集中発電・一方通行送配電の既存エネルギーインフラだけでは、人口の半分程度の供給にとどまる。デジタルグリッドコンセプトは、分散した居住区に対する小規模分散型電力システムと情報・経済の連携による新しいエネルギーインフラを供給する。(13億人)

ご清聴ありがとうございました

2013年9月6日



Digital Grid Consortium Inc.,



THE UNIVERSITY OF TOKYO

Presidential Endowed Chair,
“Electric Power Network Innovation
by Digital Grid”