

国際大学GLOCOM

FTMフォーラム第5回ワークショップ

# デジタルグリッドがもたらす電カイノベーション

東京大学総括プロジェクト機構特任教授  
「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 阿部力也

2014年2月18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



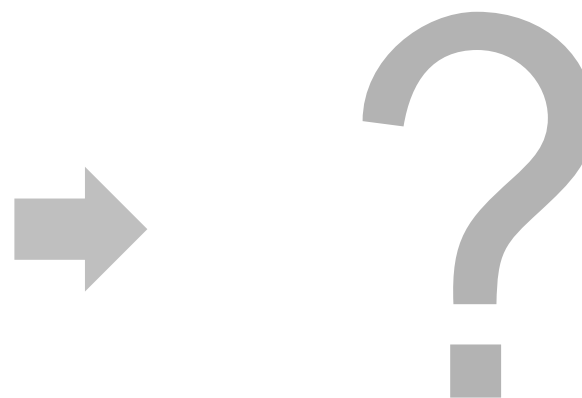
- バーチャルマネー
- 間接取引
- 無限大の市場

## ■ 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



- 電気に色はつかない?
- 間接接続?
- 無限の市場?

$M$ : 系統定数

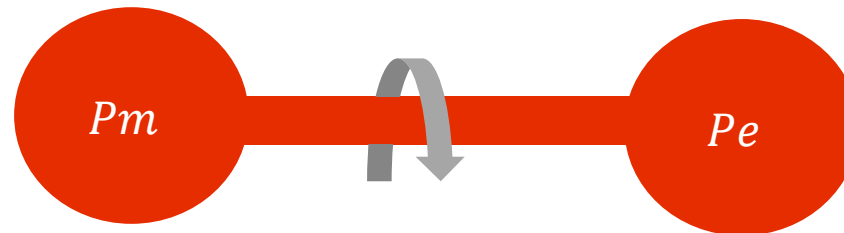
$\frac{df}{dt}$ : 周波数変化率

$P_m$ : 発電

$P_e$ : 需要

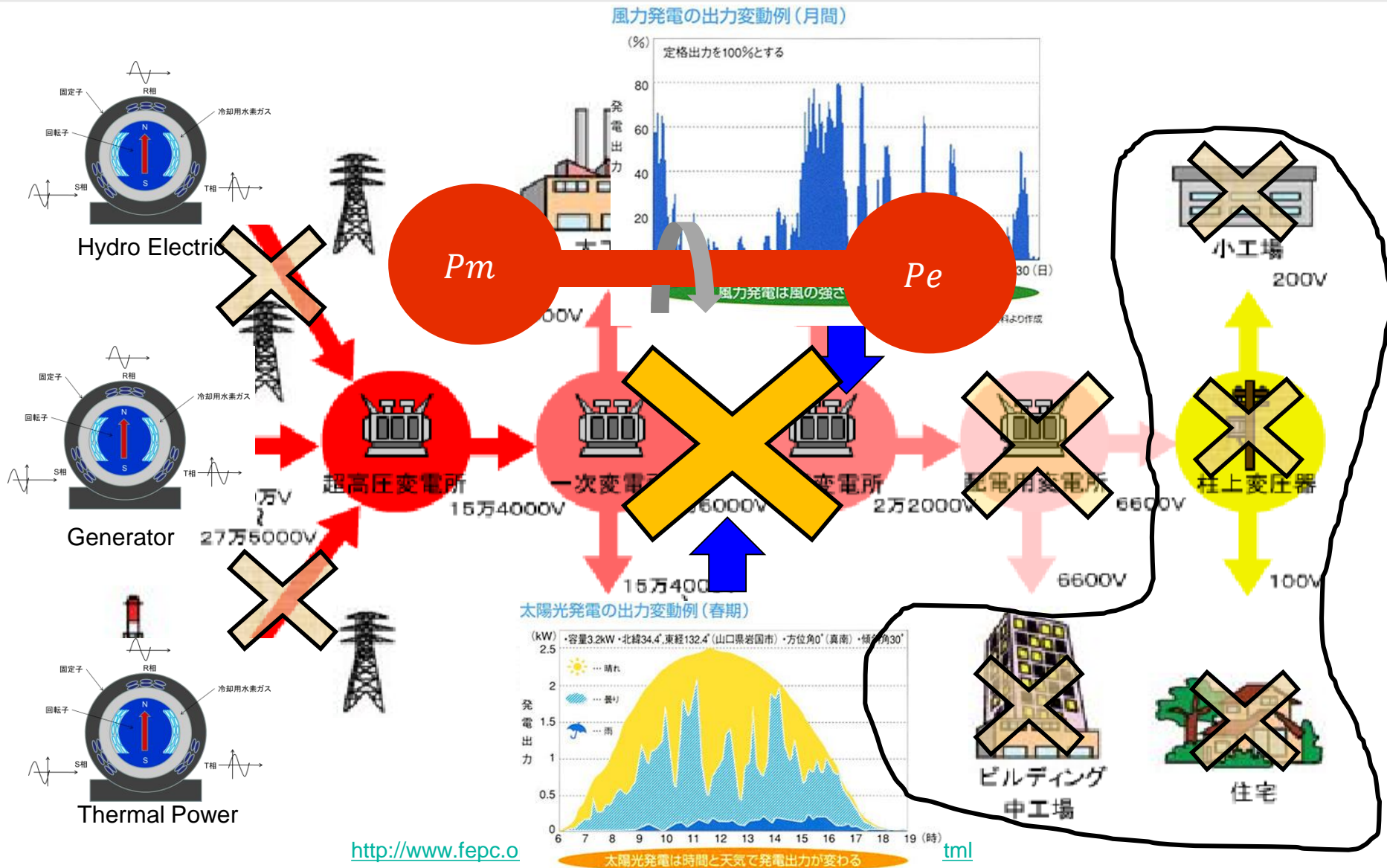
$$M \cdot \frac{df}{dt} = P_m - P_e$$

$f$ : 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



<http://www.fepec.o>

[tml](#)

出典: 電気事業連合会資料(「原子力・エネルギー」図鑑集2009)より作成

「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)

- 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





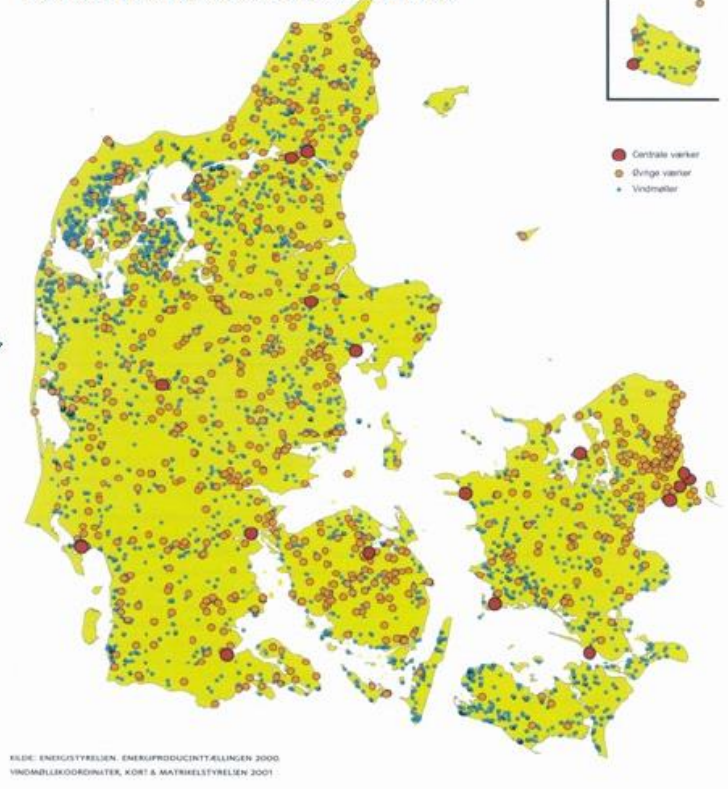
# 少数の大型電源⇒多数の分散型小規模電源

## Centralised Generation



30年前のデンマーク

## Distributed Generation

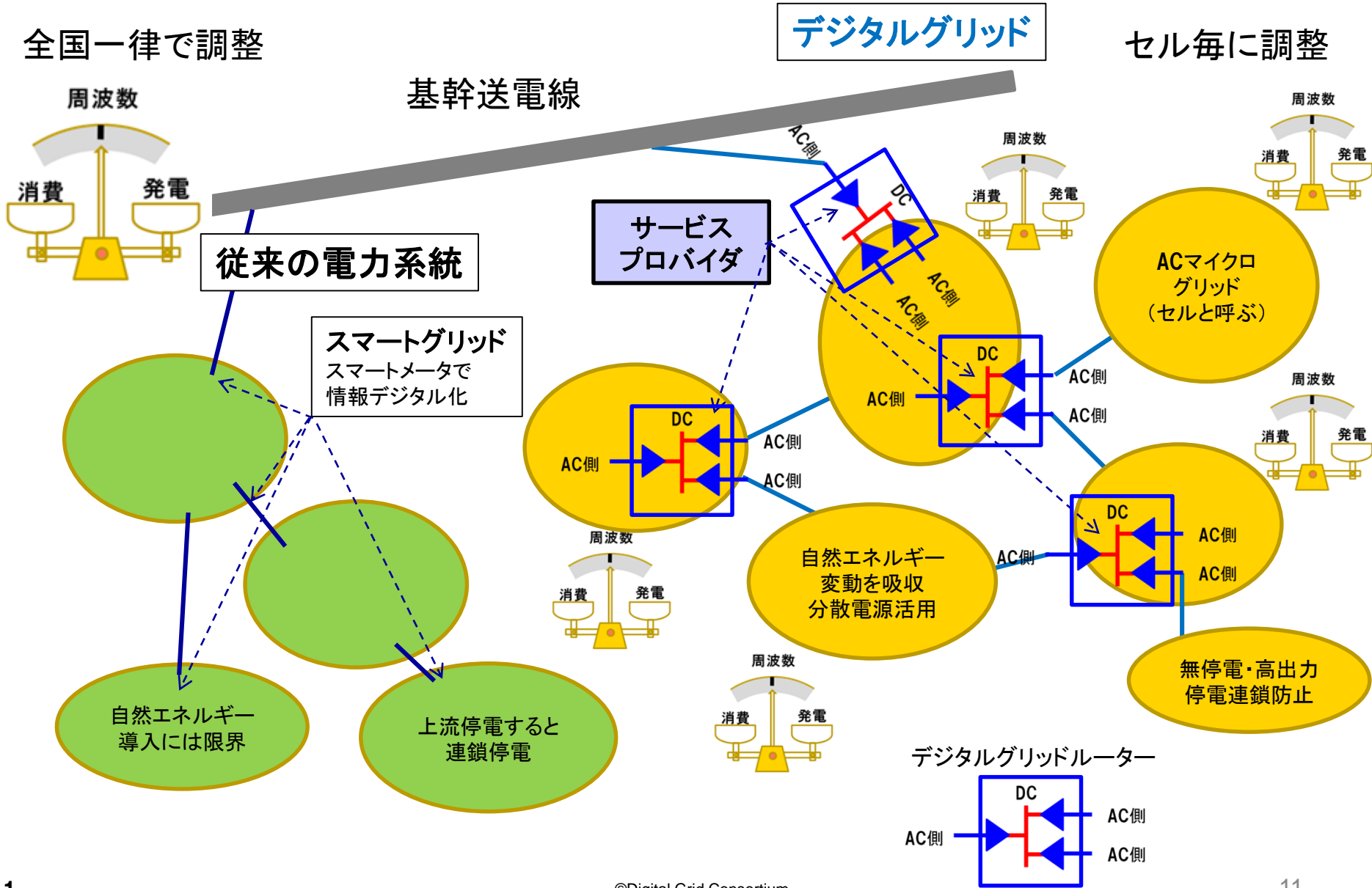


現在のデンマーク

Source: Risø

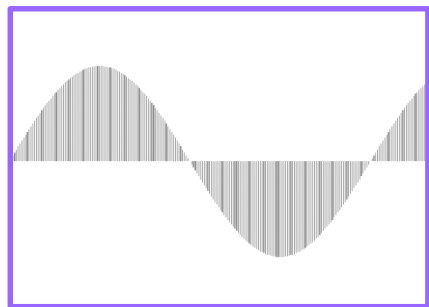


# 従来の電力系統とデジタルグリッドの概念

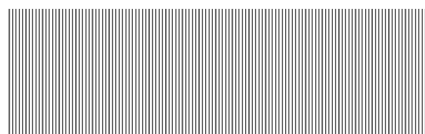


同期は分断されるが  
輸送電力は保存される

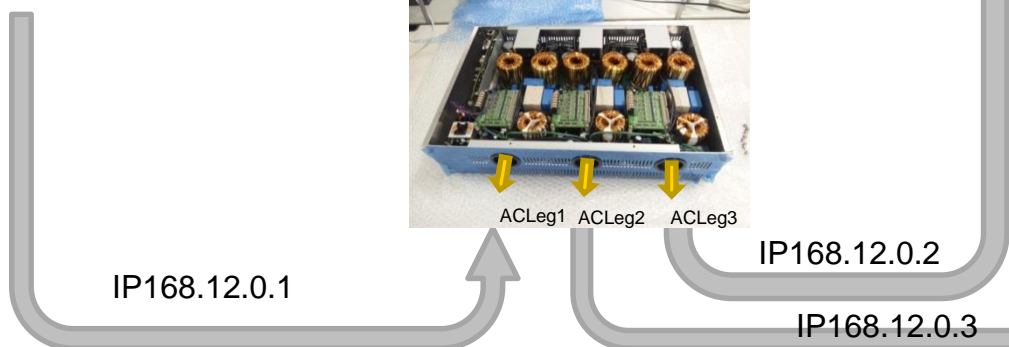
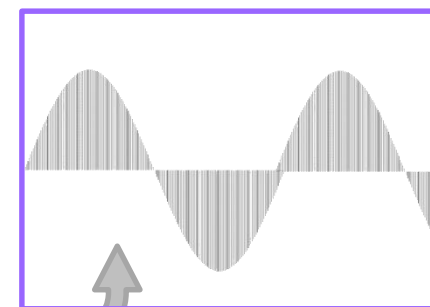
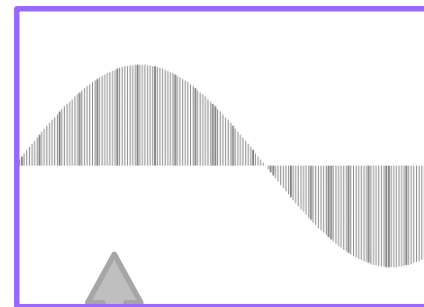
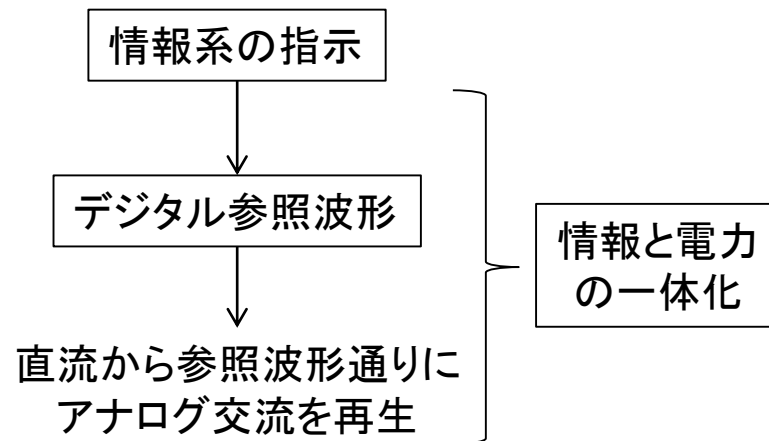
アナログ交流の  
デジタル化



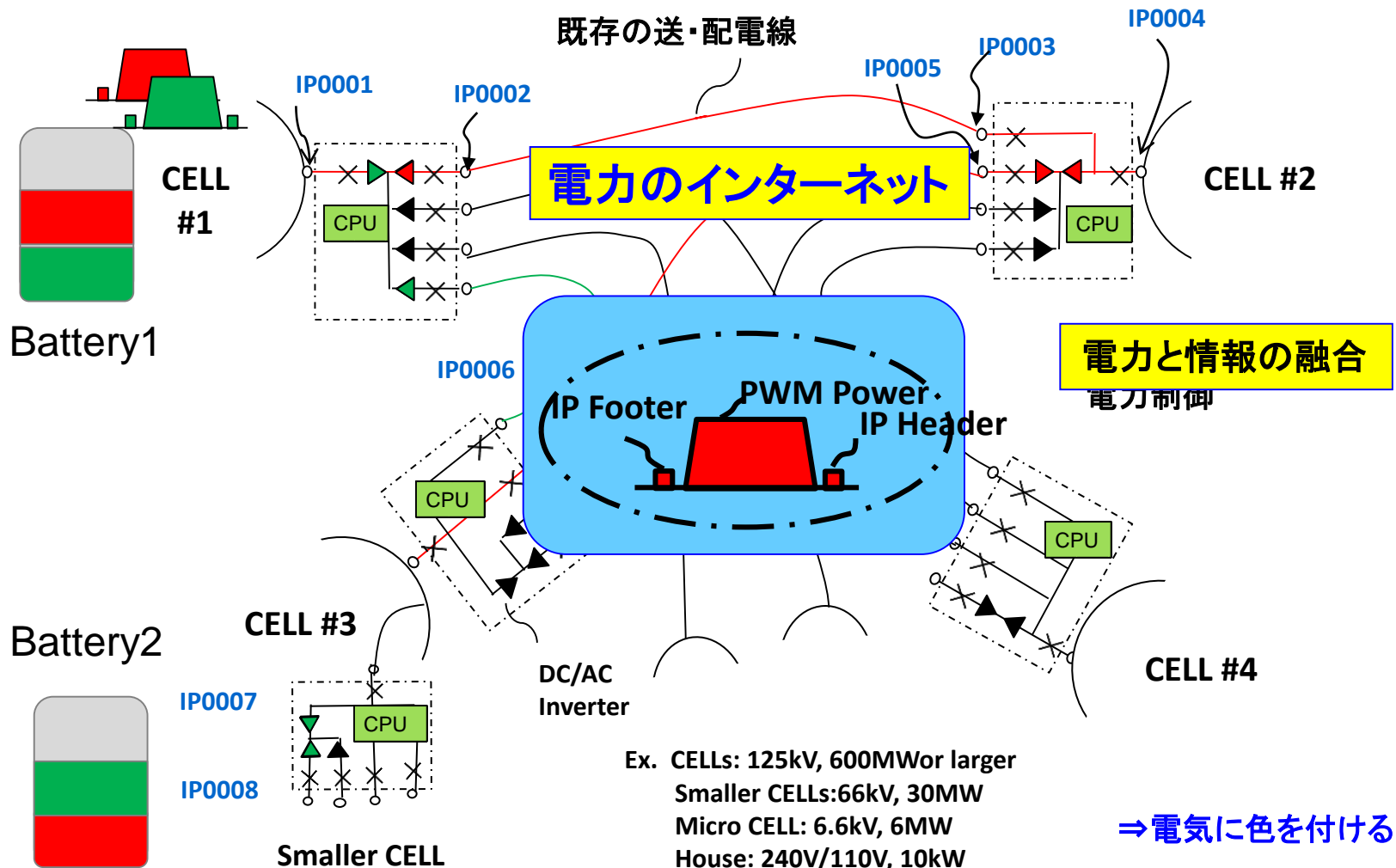
デジタル化した  
ものを直流に整形



2kWx3Leg:  
電カ路由器プロトタイプ



アドレスによるルーティングで電気識別が可能になる。

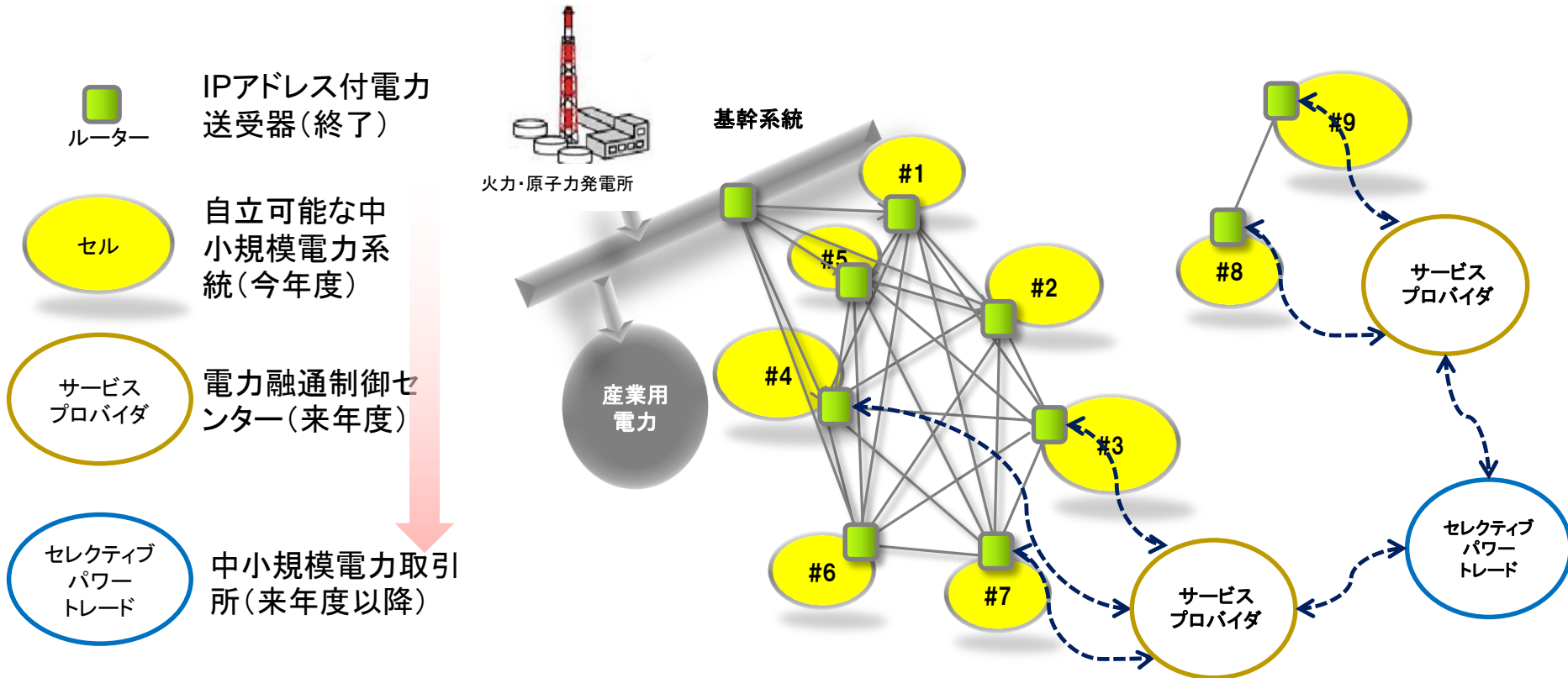


- 電気の融通記録をすべてデジタルグリッドルーターの中に記録する
- 取引の決済を行うサービスプロバイダは、公的認定機関になる
- CO<sub>2</sub>や天候保険なども取引される

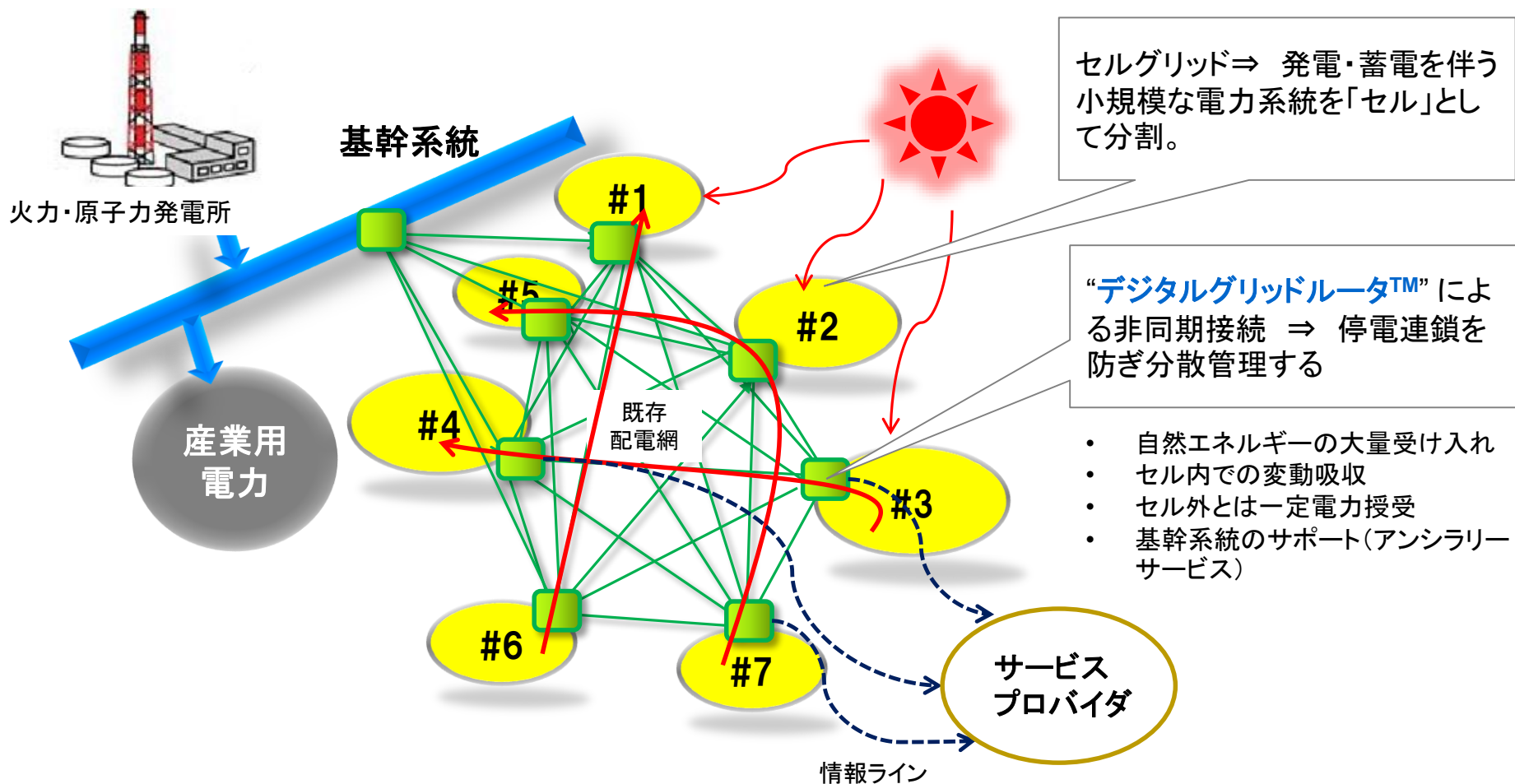
年月日	開始時間	終了時間	From	To	入力			出力			Loss (kWh)	残容量 (kWh)	残高 (円)
					kWh	tariff	money	kWh	tariff	money			
2009/12/10	9:01:25	10:05:46	A		256.56	15.62	4007.47				12.8	243.76	-4007.47
2009/12/12	15:32:14	18:23:41		B				125.63	14.32	1799.02	6.3	111.83	-2208.45
2010/1/3	21:36:30	23:25:46	C		4687.12	8.36	39184.3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



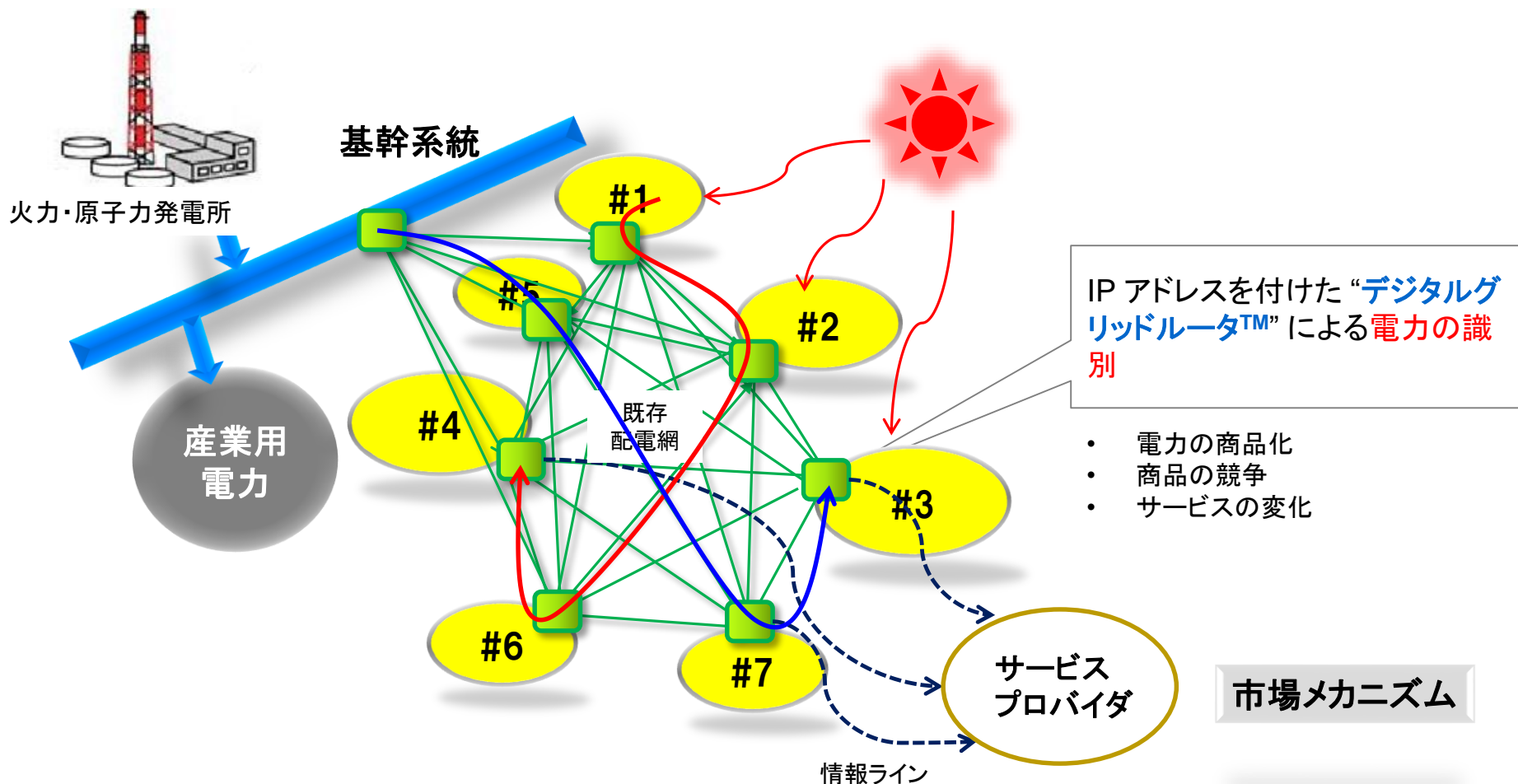
## デジタルグリッドの導入により停電連鎖を防ぎ、分散管理が可能となる

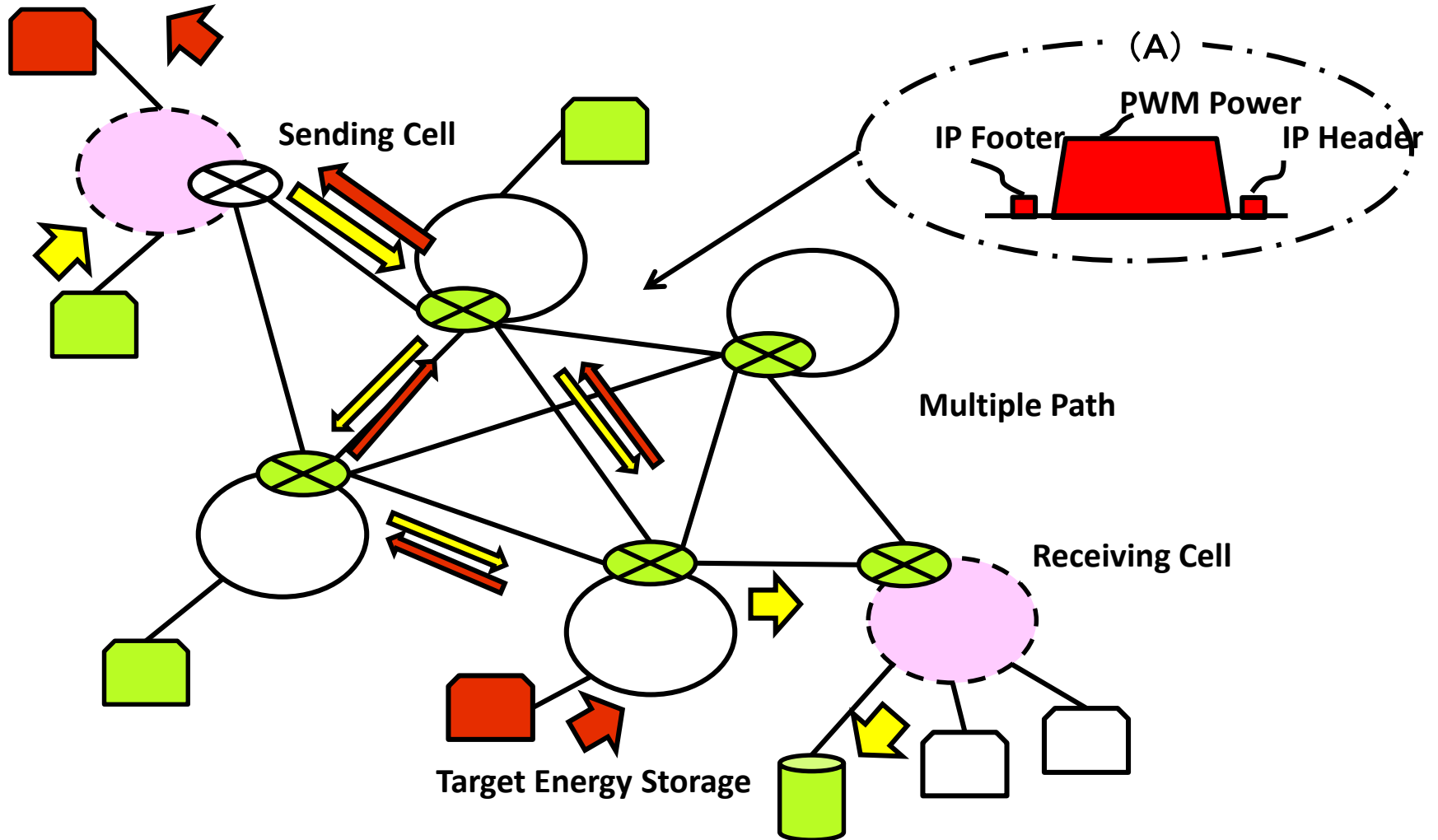




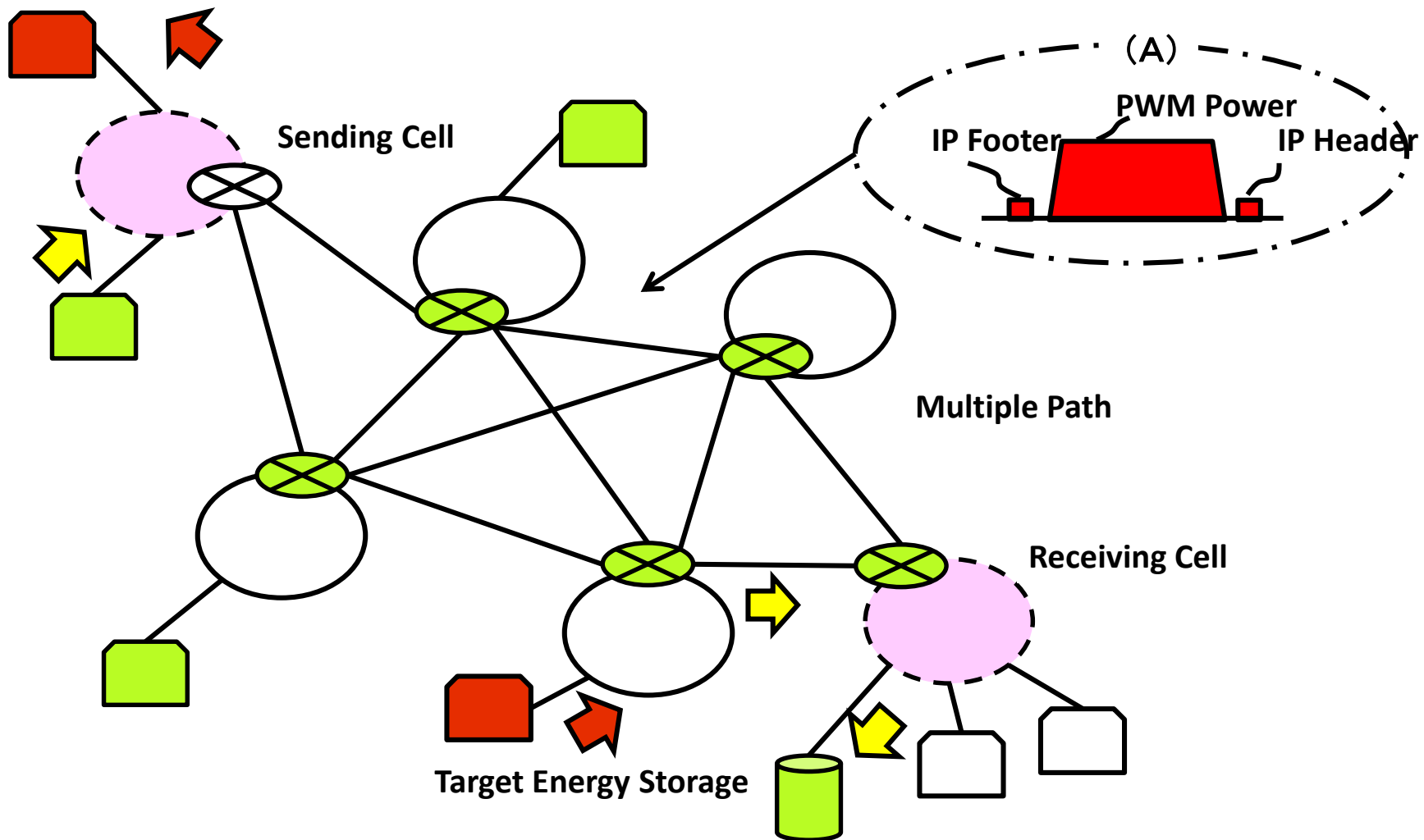
# 電力がインフラから、サービスに転換

デジタルグリッドの導入により電力の**識別管理**が可能となり、電力由来の商品・サービスが売り物になる。

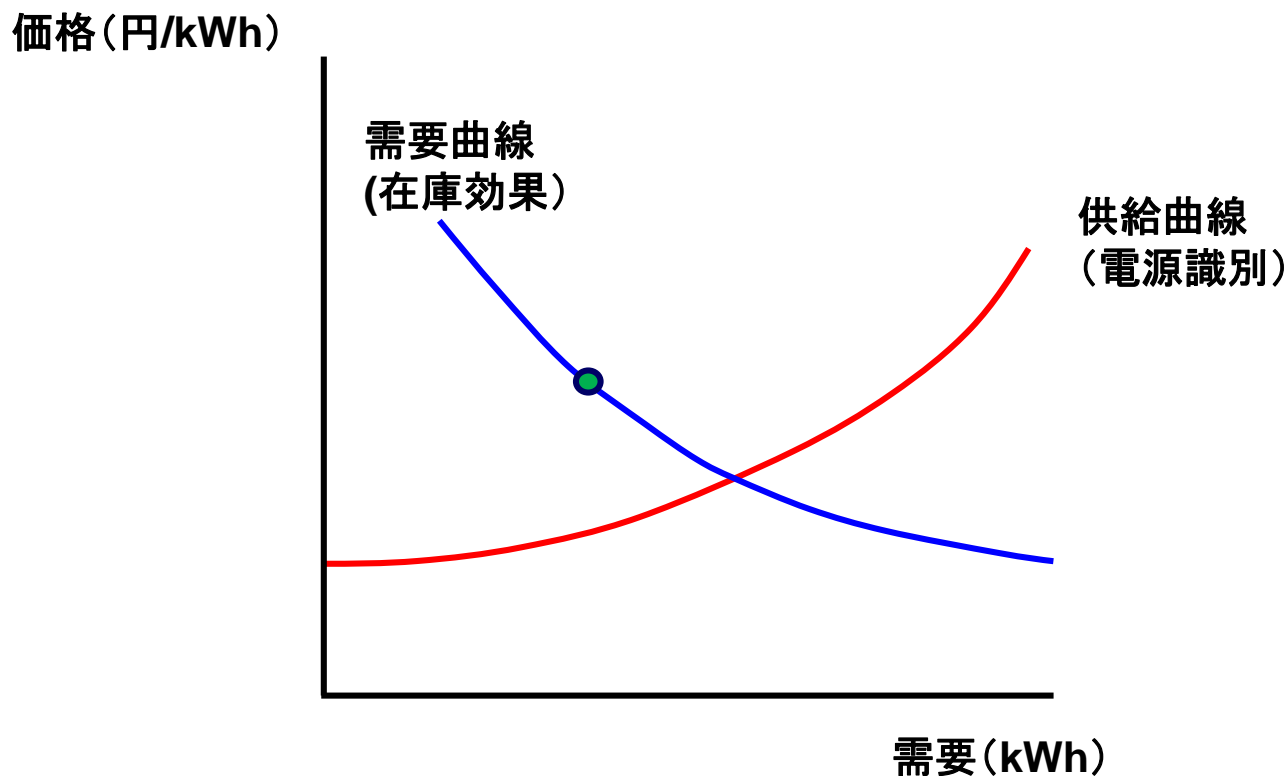




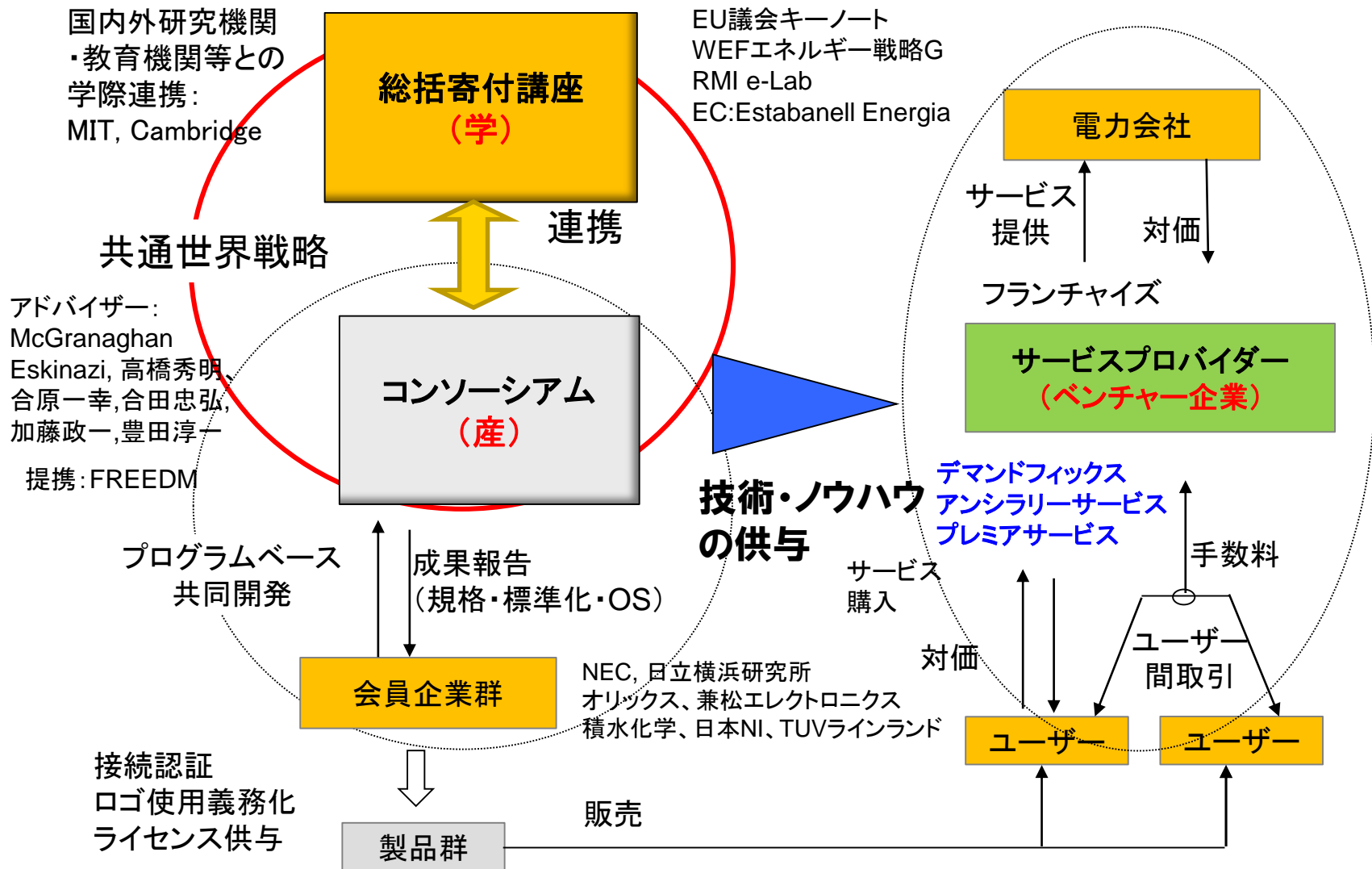
# 電力融通のネットィングによる損失の低減



- 少量多品種の電力を識別し、ビッグデータ処理をコンピュータで可能にする。
- 膨大な数の参入者により市場経済が均衡価格を形成し、社会余剰が技術開発投資を促す。



## 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。



- 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システムに
- 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

■ 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。このような電力システムでは需要を輪番停電することで需給マッチングを行っている。電力システムが非線形挙動を示すため、原因不明の共振が発生し、全系統停電を起こすリスクを有している。(20億人)

⇒ デジタルグリッドは、直流多端子型非同期連系の変形に当たり、このようなシステムに対する抜本的な解決策となる。

■ **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では、経済合理的な供給は人口の半分程度の供給にとどまり、残された人々に電力が届けられない。(13億人)

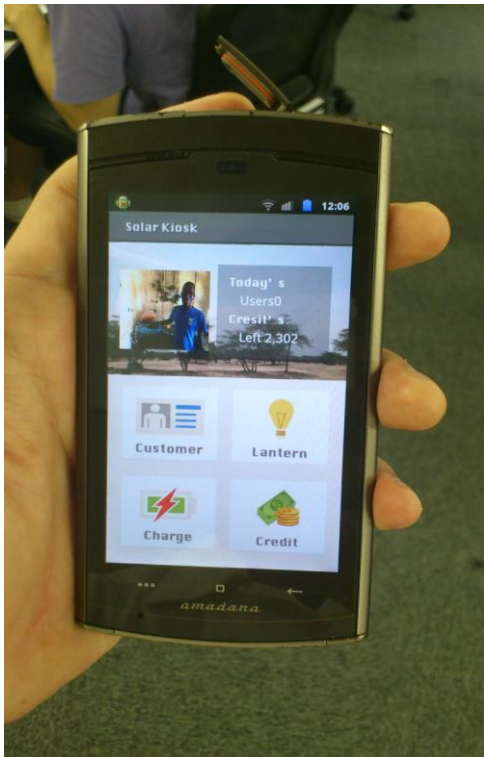
⇒ デジタルグリッドコンセプトは、分散した居住区に対する小規模分散型電力システムと情報・経済の連携による新しいエネルギーインフラを供給する。

## 第1ステージ：プロトタイプ01（2013/07/01 - 2013/09/30）

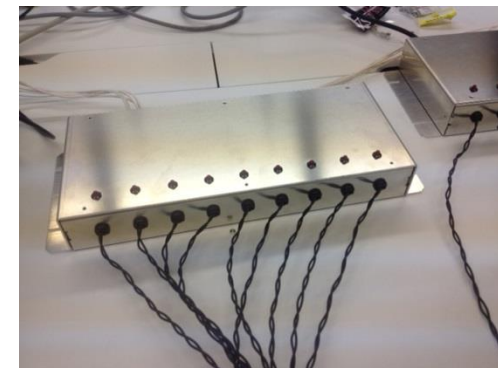
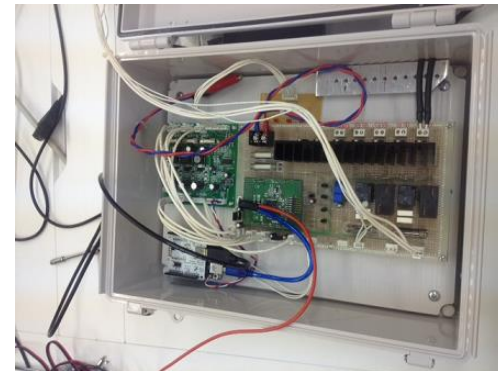
### 2. アフリカ向け電力キオスク・セットのベータ・バージョンの試作完了（3台）（1/3）

- 前頁の状況を受けて、ソフトウェア・ハードウェアの設計・開発を行い、試作機ベータバージョン3台を開発した。

#### ソフトウェア



#### ハードウェア



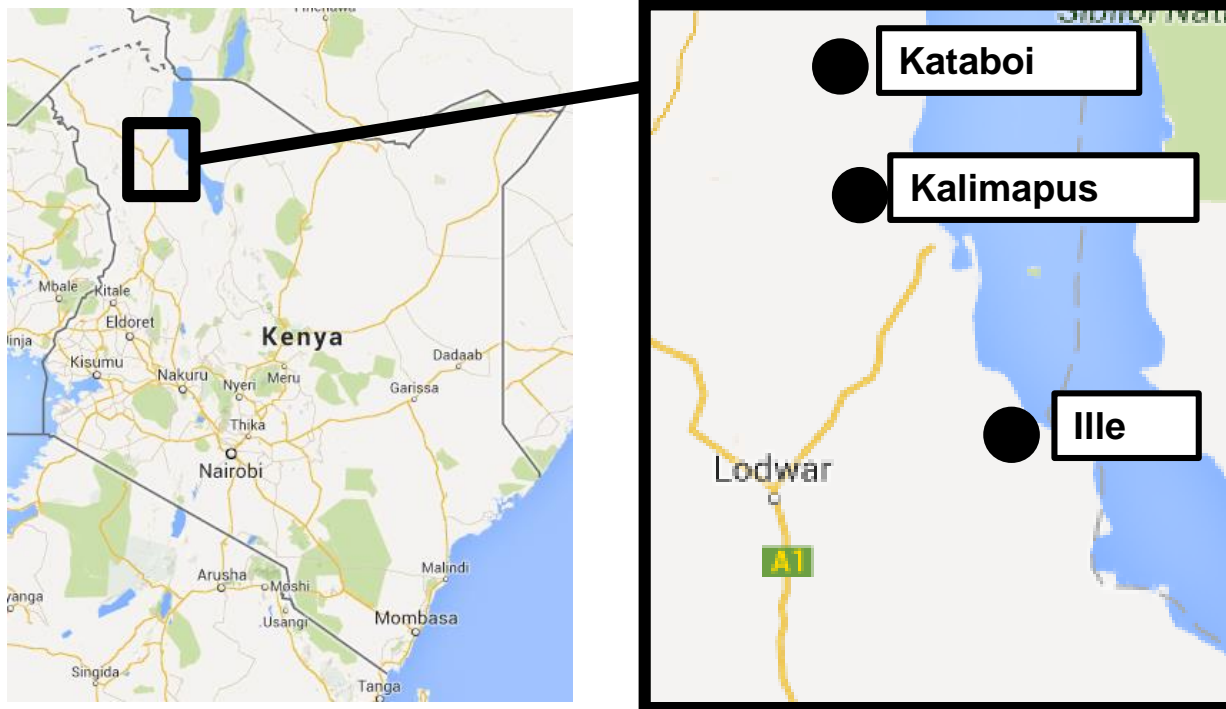


## 第1ステージ：プロトタイプ01（2013/07/01 - 2013/09/30）

### 3. ケニア現地における実証事業の実施サイト選定完了（3地域）

- ケニアパワーの要請により、ケニア北西部の未電化地域リフトバレー州トルカナ県の下記3地域を選定した。

（トルカナ県各地のキオスクオーナーを訪問・面談し、ソーラーキオスクシステムへの理解度、スマートフォンなどIT機器使用の習熟度、英語力、コミュニティ内での信頼度などを総合的に評価し、3人を選定、彼らが店舗を運営している下記の3地域を選定した。）

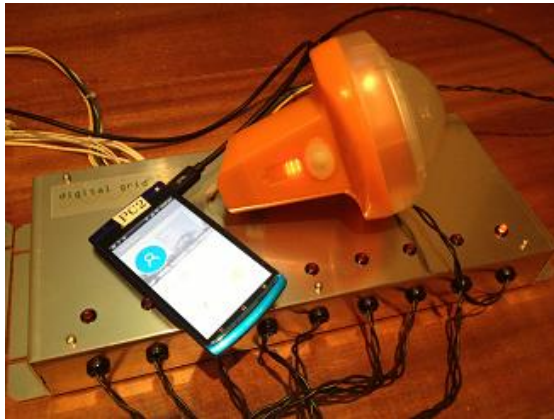


## 第2ステージ：プロトタイプ02（2013/10/01 - 2013/12/31）

### 1. ケニアにおける現地プロトタイプの開始

- 第1ステージで選定した3地域において、10月2日（水）より現地でのプロトタイプテストを開始した。

ナイロビでの動作検証



ソーラーキオスク関連資機材の設置



プロトタイプの協力者  
（キオスクオーナー）

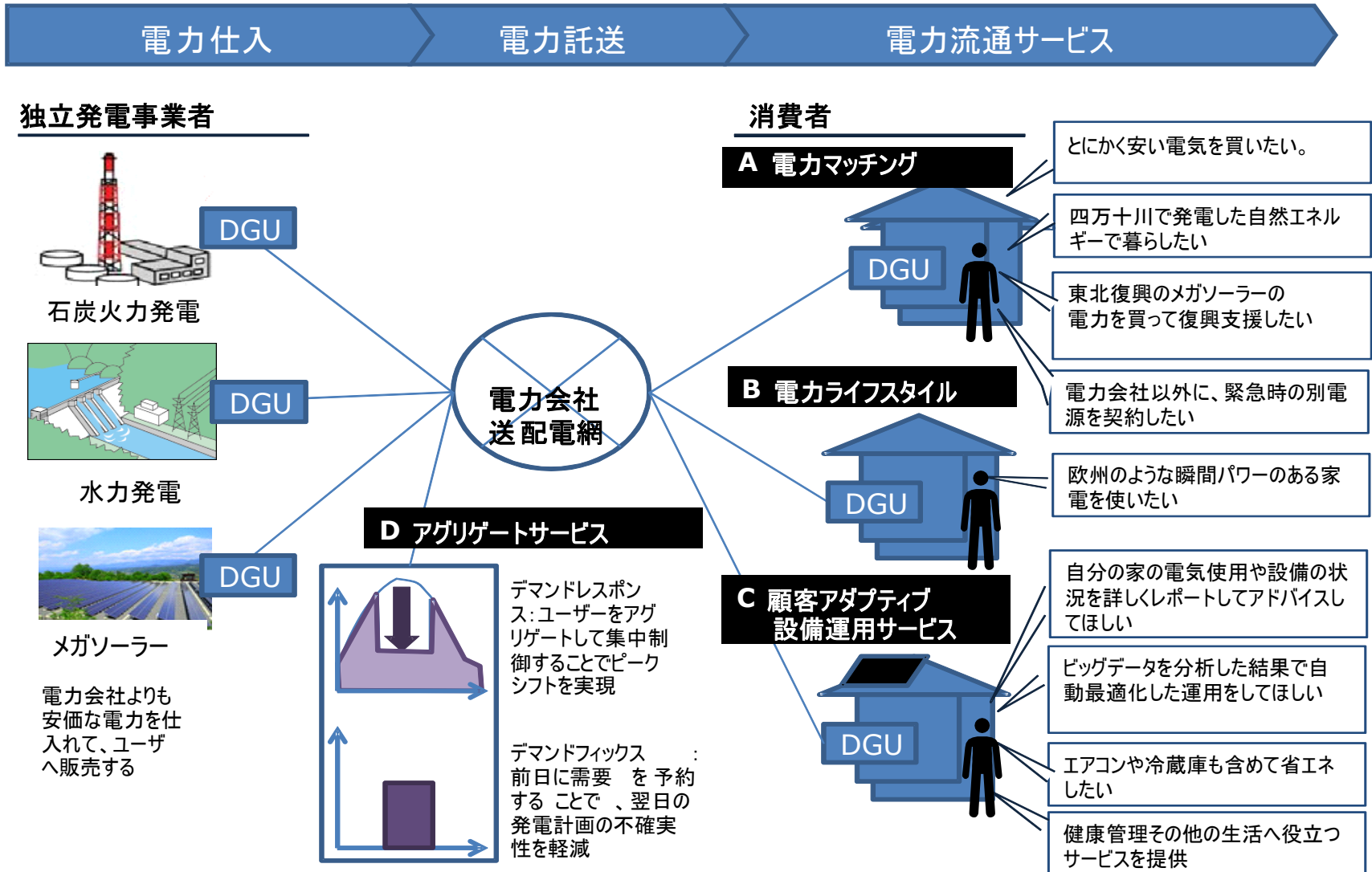


アンドロイド・アプリを使用し、  
顧客登録を行うキオスクオーナー



# オングリッドソリューション： 中長期のビジネスモデル

将来的には、電力を識別して仕入・託送する電力流通サービス(例として、以下A~D)を提供する。

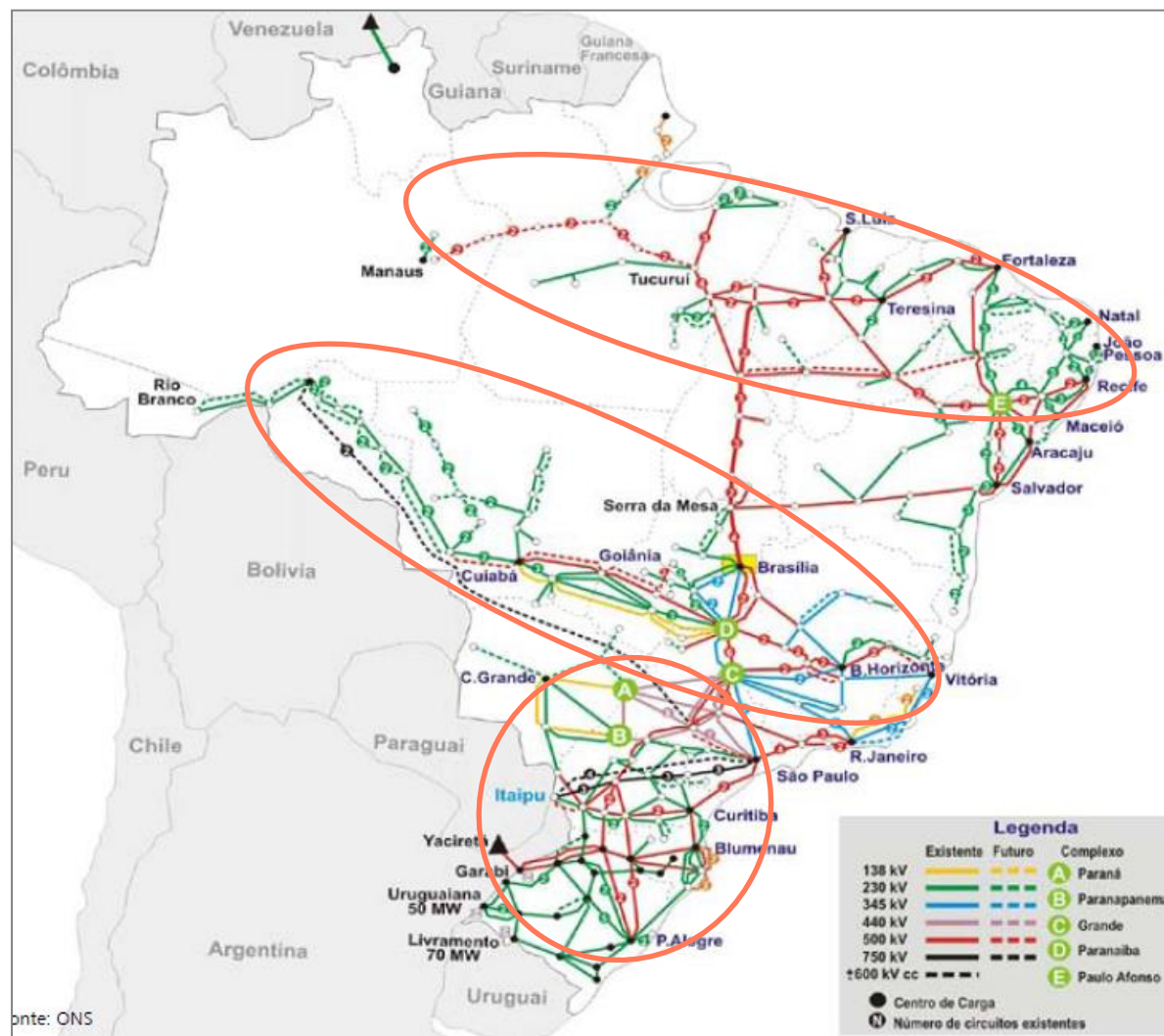


# ウィークグリッドソリューション

- ブラジルのような新興国は系統構築と需要増加のスピードが合わない。
- 輪番停電を余儀なくされる上に、系統の動揺による大規模連鎖停電がいつ起こっても不思議でない。
- そのため、HVDC(直流送電)を導入しようとしているが、コストと期間が長い。
- デジタルグリッドは、これらのすべての課題を解決し、一挙に新しい電力の世界を切り開く可能性を秘めている。

対象地域：

中南米、東南アジア、インド、中国、東欧、北アフリカ等



# ご説明資料

2014年2月18日



Digital Grid Consortium Inc.,



THE UNIVERSITY OF TOKYO

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