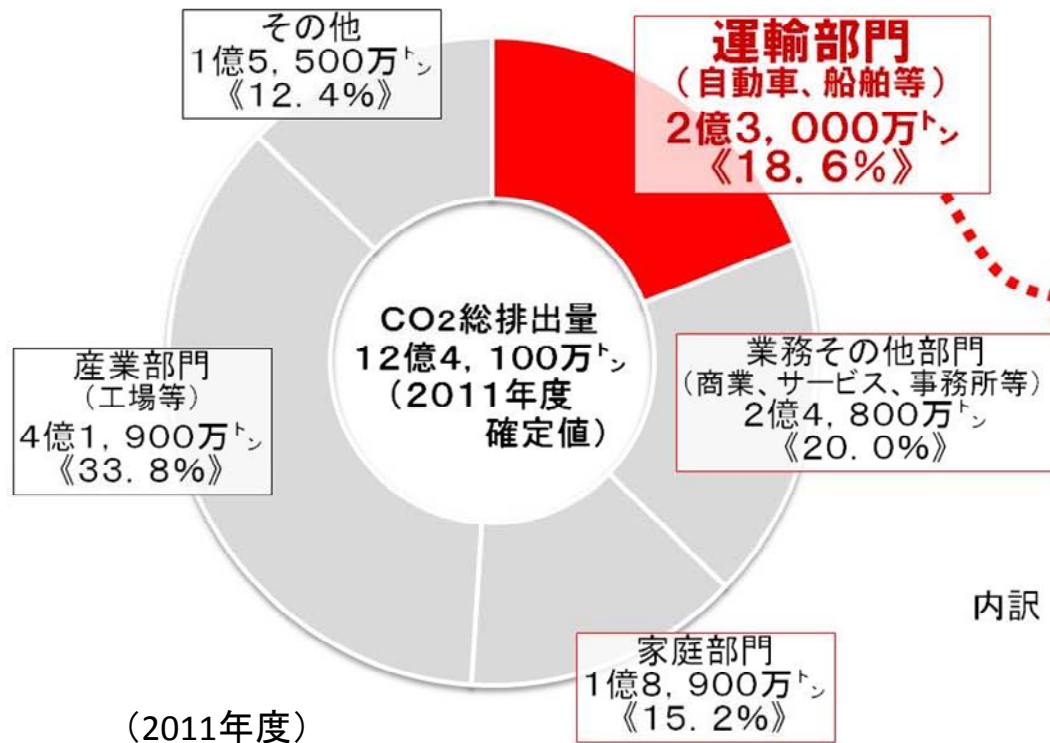


# より環境負荷の小さい鉄道システムを目指して

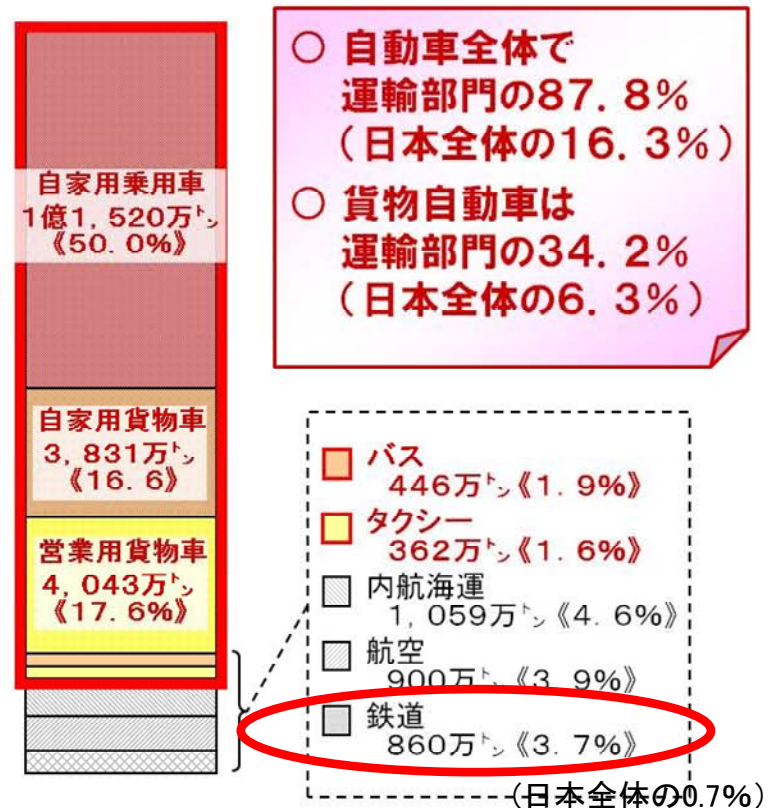
東日本旅客鉄道株式会社  
JR東日本研究開発センター  
環境技術研究所  
真保 光男

# 運輸部門におけるCO2排出量

日本の各部門における二酸化炭素排出量



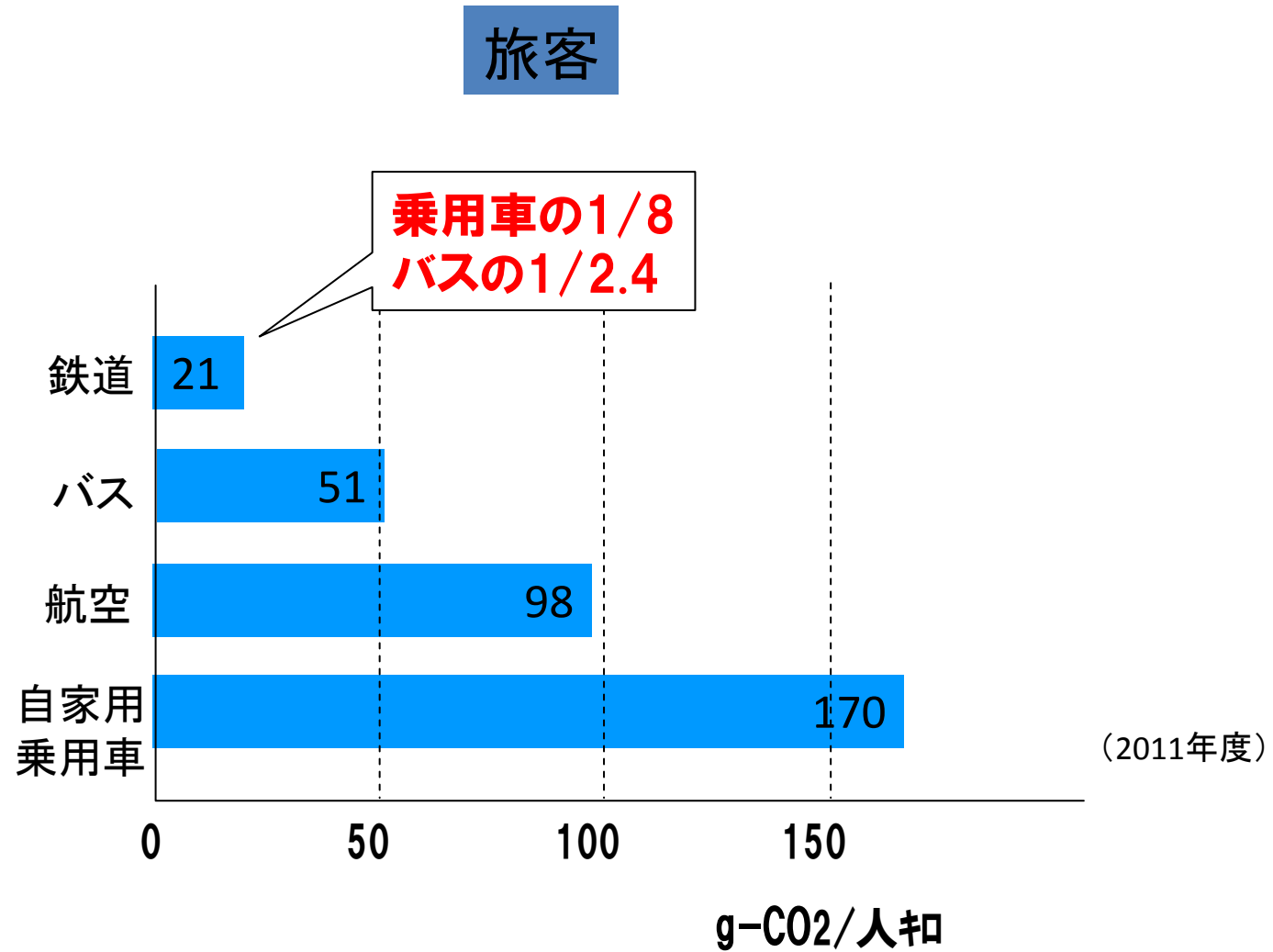
運輸部門における二酸化炭素排出量



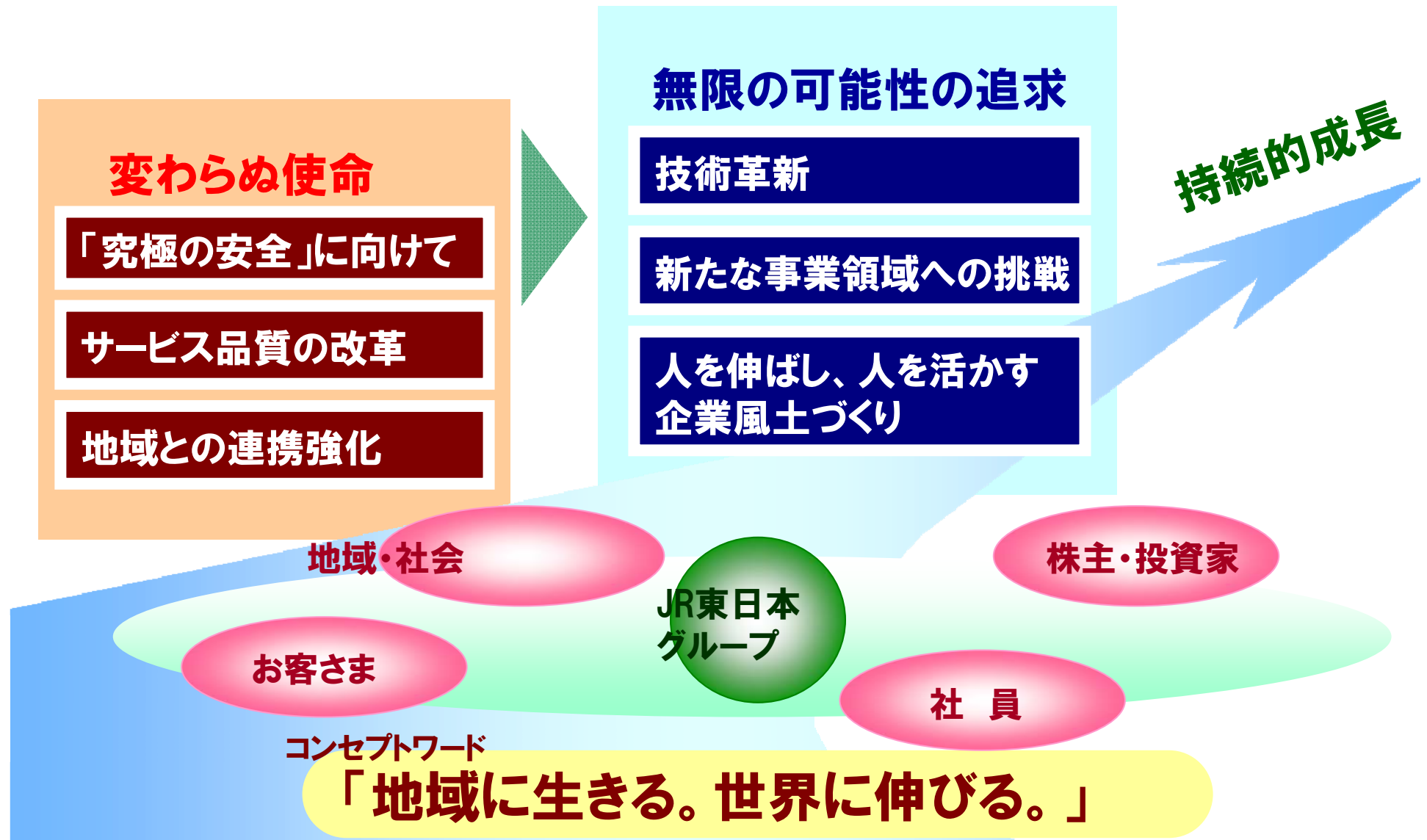
※ 電気事業者の発電の伴う排出量、熱供給事業者の熱発生に伴う排出量はそれぞれの消費量に応じて最終需要部門に配分  
 ※ 温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」より国土交通省環境政策課作成

出典: 国土交通省ホームページ

# 単位輸送量あたりのCO2排出量



# JR東日本グループ経営構想V～限りなき前進～



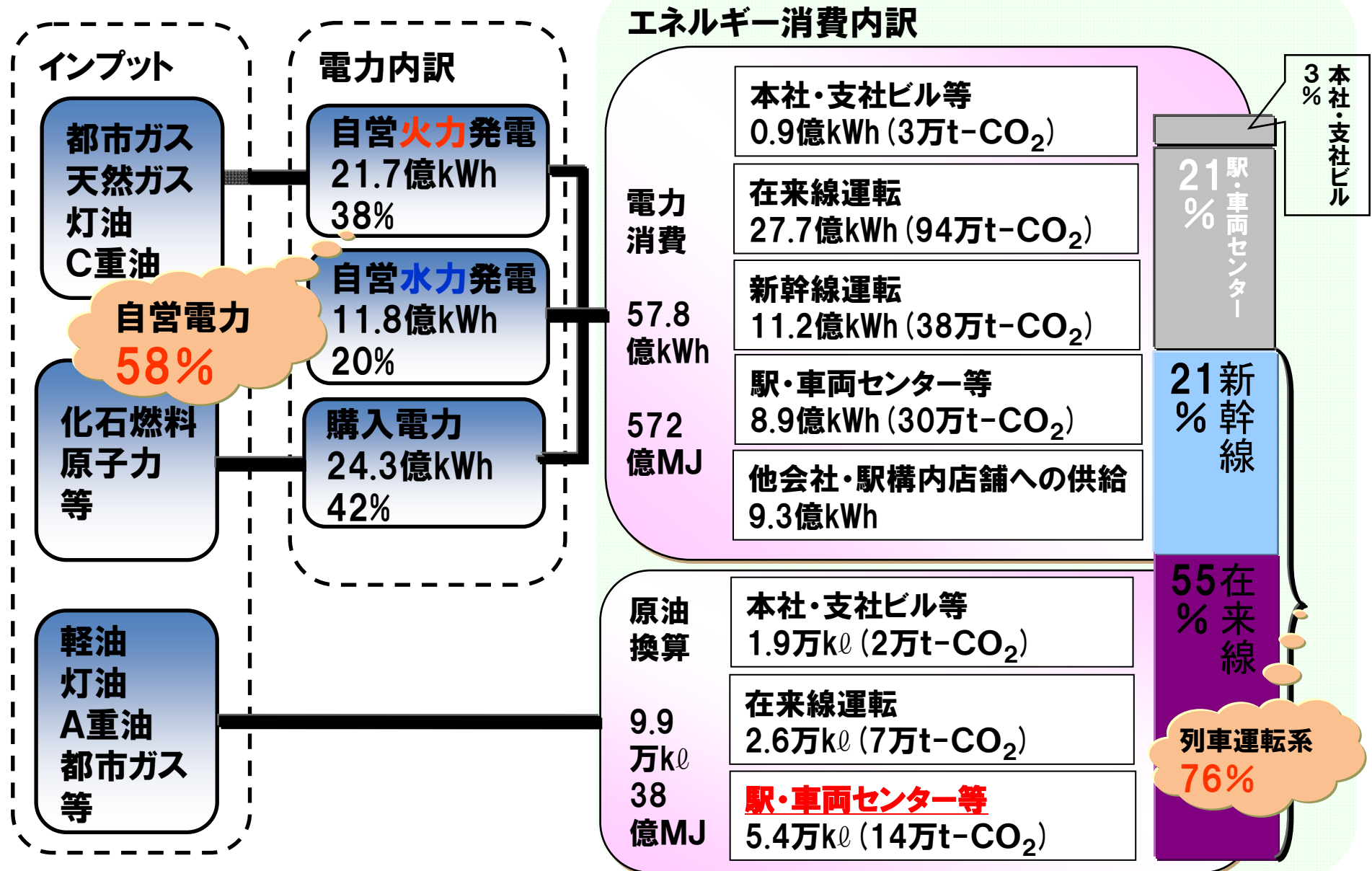


# グループ経営構想Vにおける技術革新の柱

グループ  
経営構想V ファイブ  
～限りなき前進～

- ① JR東日本グループとして エネルギー・環境戦略 を構築
- ② ICTの活用 により、「鉄道の業務革新」を実現
- ③ 新幹線の360km/hでの営業運転 に向け、  
研究開発を進める

# JR東日本のエネルギーフローの現状



2012年度実績

## I 再生可能エネルギーの活用

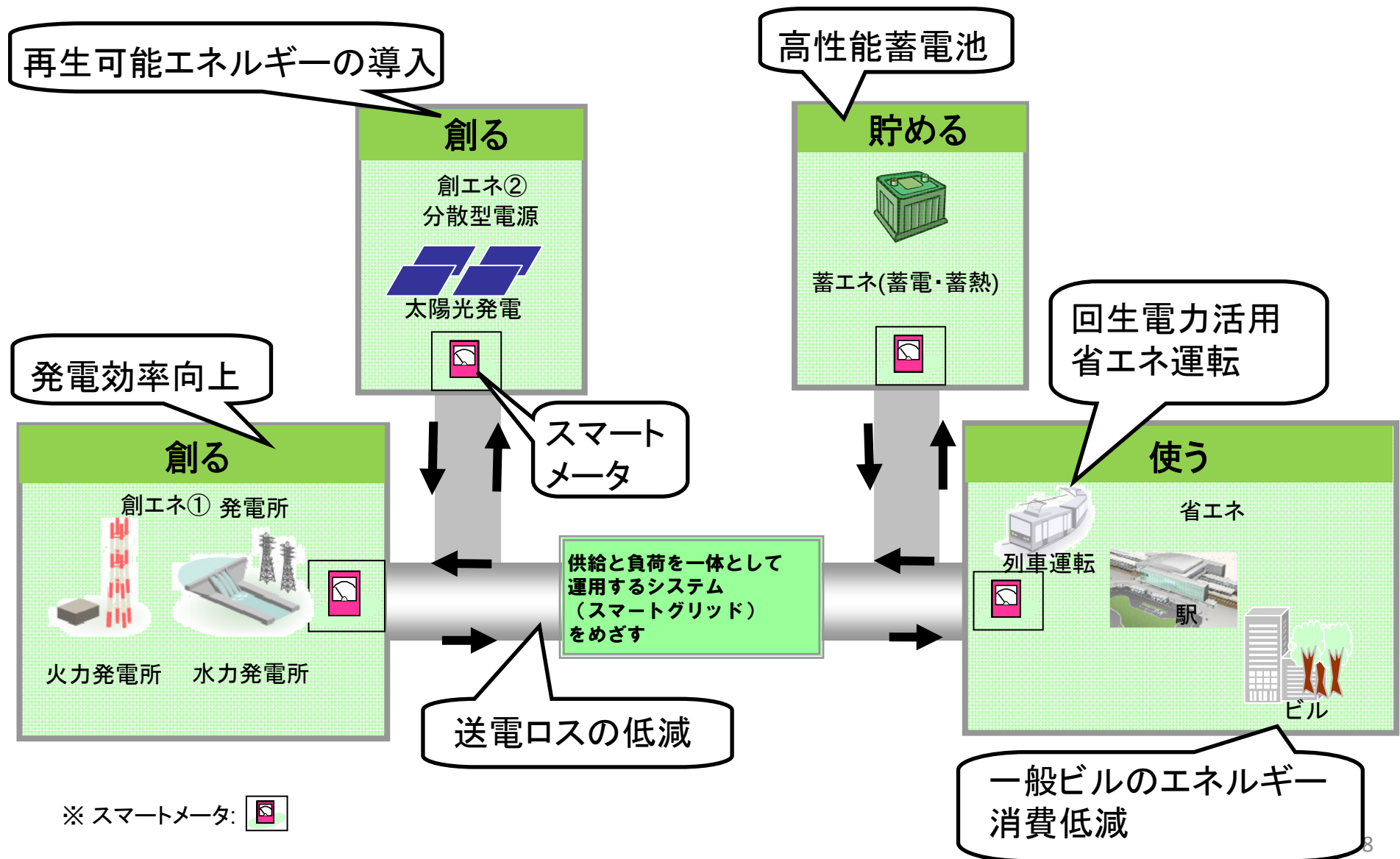
## II 省エネルギー

- ・列車運転系
- ・建物系

## III 負荷と供給の一体運用



# エネルギー・環境の技術革新





# **I 再生可能エネルギーの活用**

## **II 省エネルギー**

- ・列車運転系**
- ・建物系**

## **III 負荷と供給の一体運用**

# 京葉車両センターメガソーラーの導入

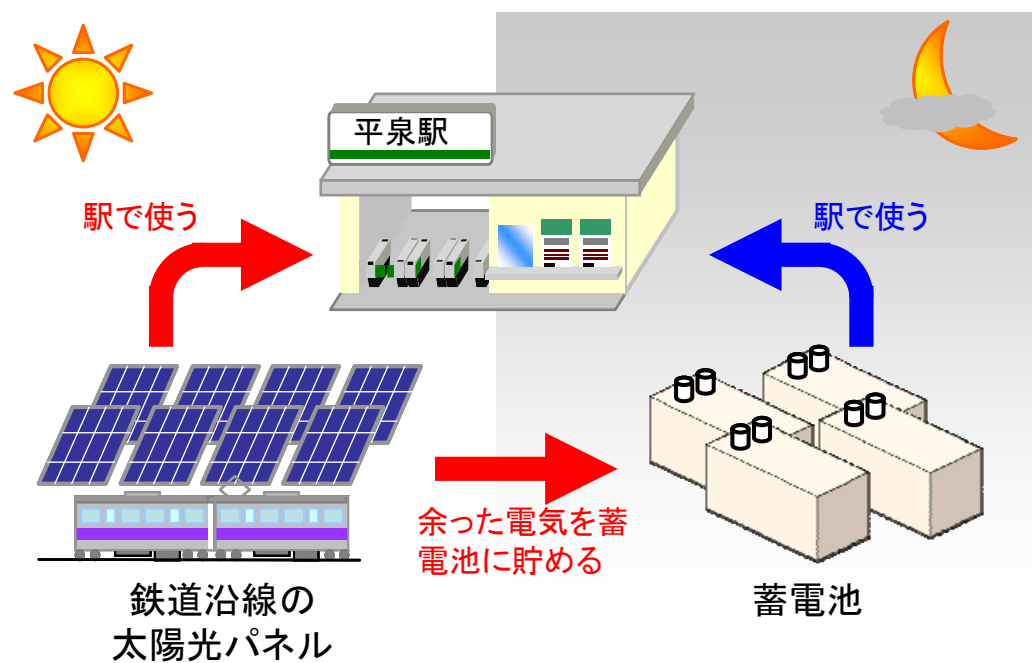


- ・合計出力 1,050kW
- ・想定年間発電電力量  
約1,000MWh



# 溜めて使う

## 東北本線平泉駅 (ゼロエミッションステーション)



- ・合計出力 78kW
- ・想定年間発電電力量 約75MWh



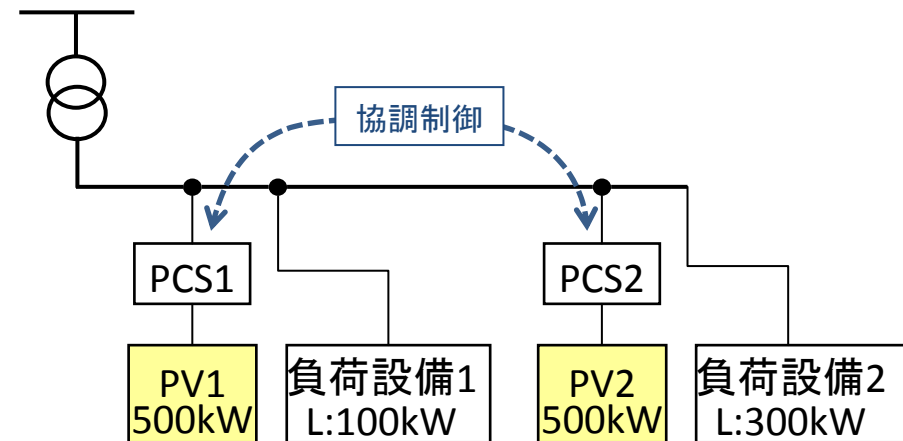
# 余剰電力の有効活用



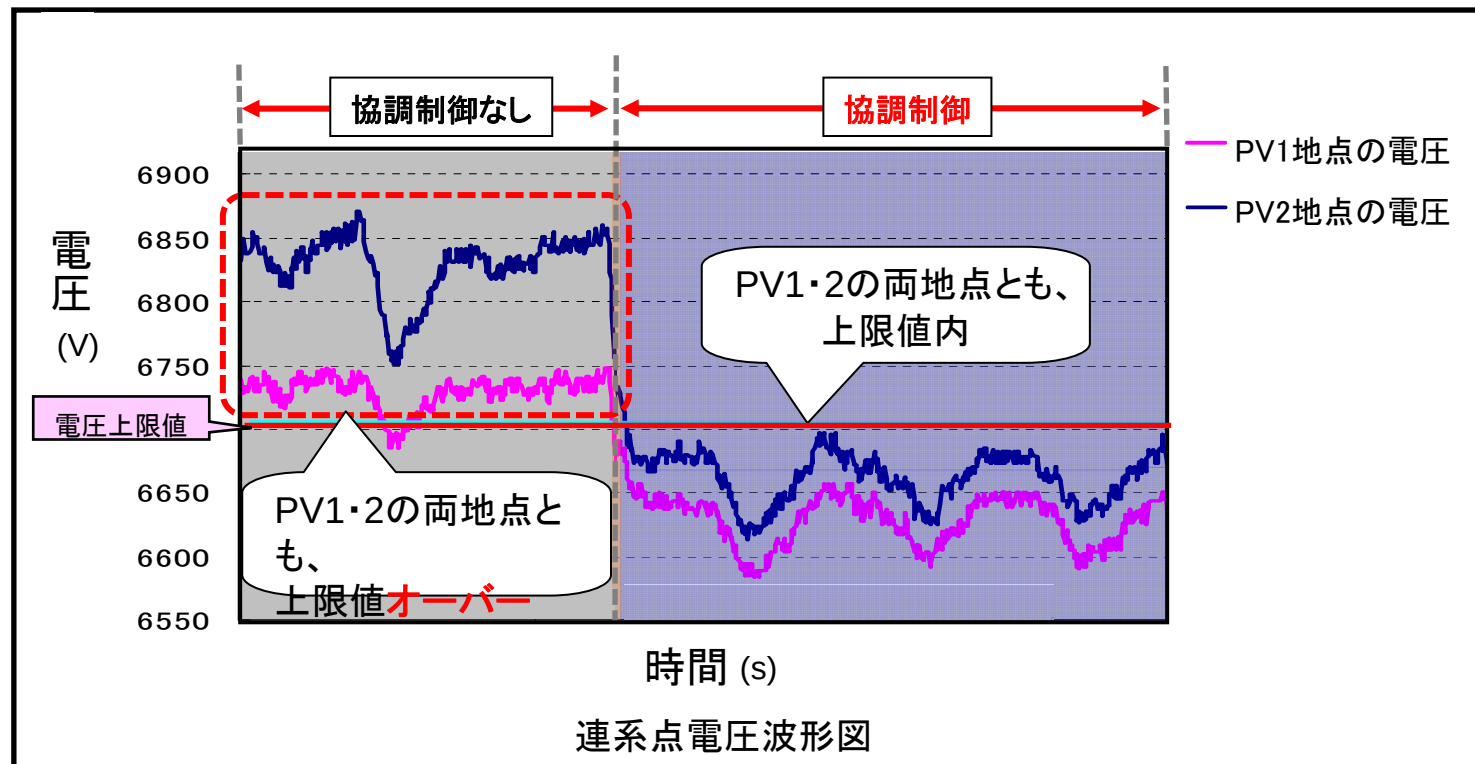


# 自営系統連系に向けた実証試験

## 鉄道沿線設備のモデル化



## 実証試験結果





# JR東日本における風力・地熱・バイオマスの導入



鉄道沿線の防風林等用地を  
活用した風力発電



鉄道沿線の鉄道林等の未利用材を  
活用したバイオマス発電



駅付近の温泉によるバイナリー発電



新たな地熱発電候補地の調査



# I 再生可能エネルギーの活用

## II 省エネルギー

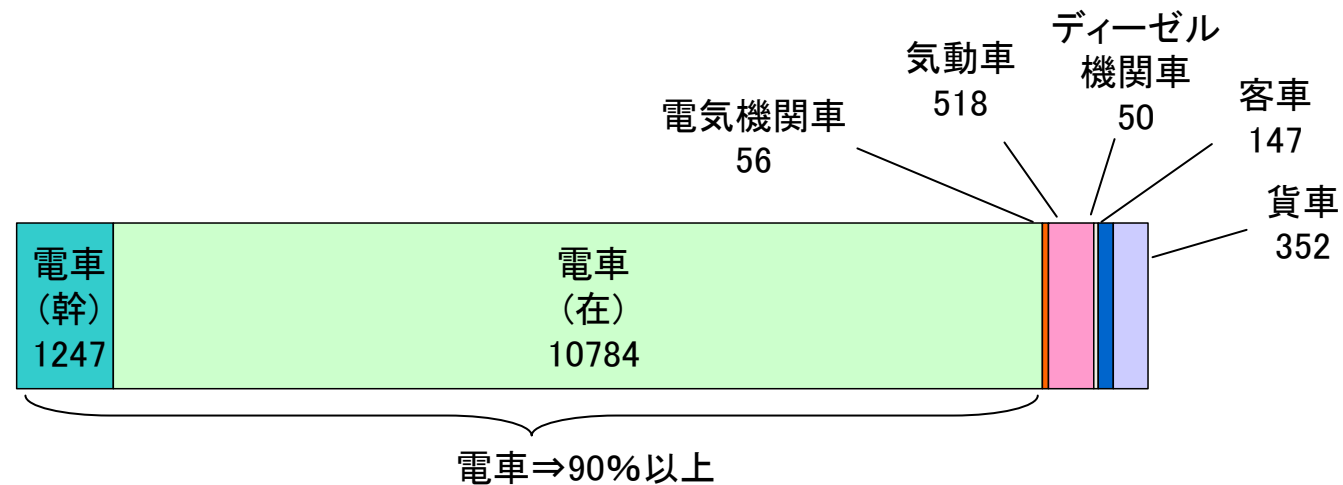
- 列車運転系
- 建物系

## III 負荷と供給の一体運用



# JR東日本の諸元（１）

|         |            |
|---------|------------|
| ■ 営業線長  | 7512.6km   |
| (新幹線)   | (1134.7km) |
| (在来線)   | (6377.9km) |
| ■ 保有駅数  | 1,689      |
| ■ 利用者数  | 1650万人 /日  |
| ■ 保有車両数 | 13,157両    |



※営業線長・保有駅数・利用者数は、2012年4月1日現在  
※保有車両数は、2012年3月31日現在

# 省エネ性能の進化（在来線車両）

103系（1963）

抵抗制御  
発電ブレーキ



消費電力量

100

最高速度

100km/h

205系（1985）

界磁添加励磁制御  
回生ブレーキ



66

110km/h

E231系（1999）

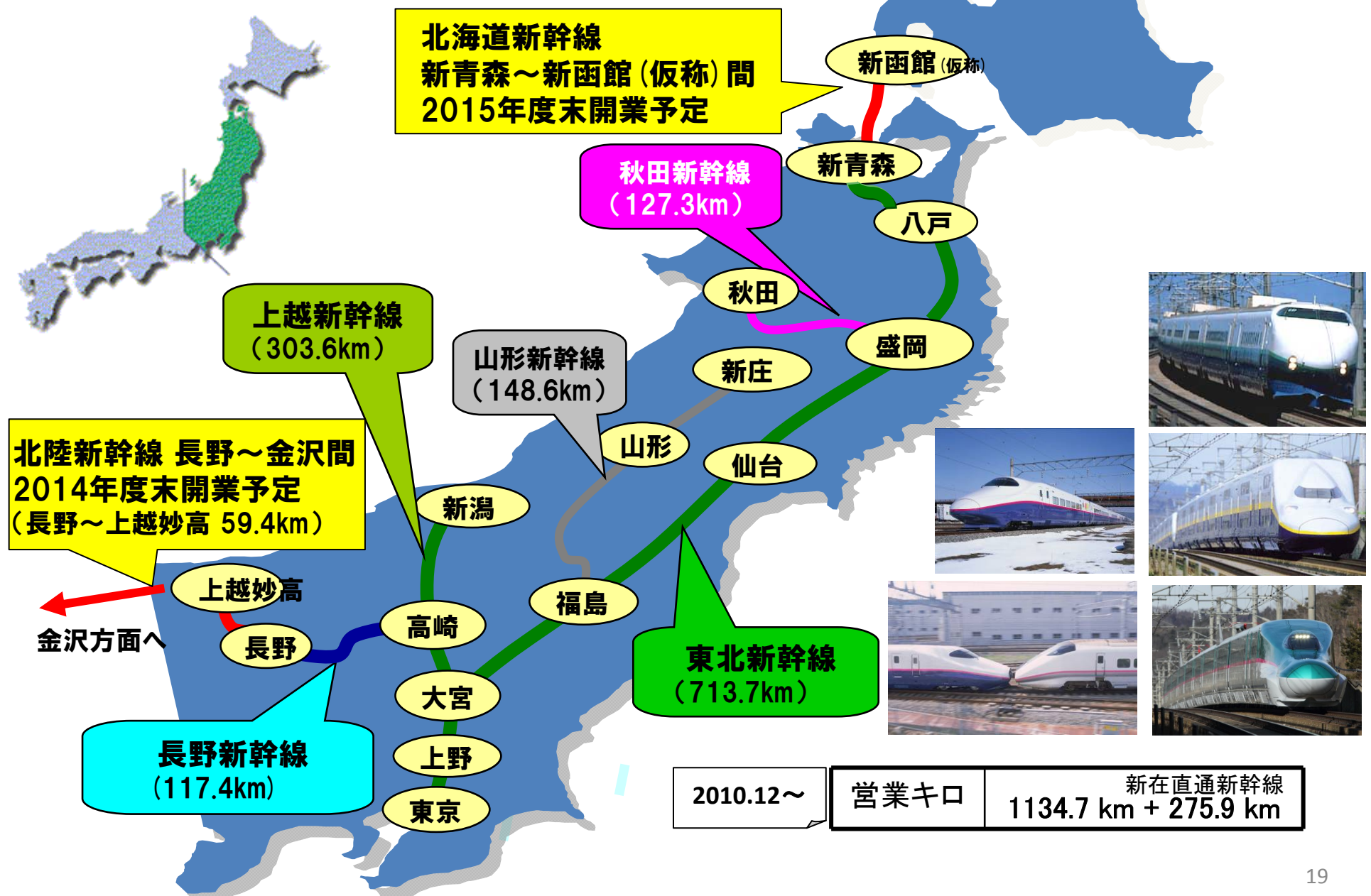
VVVF制御  
回生ブレーキ



47

120km/h

# JR東日本の諸元（2）



# 省エネ性能の進化（新幹線車両）

**200系（1982）**

編成（12M）

サイリスタ連続位相制御  
チョッパ連続制御発電  
ブレーキ



消費電力量

100

最高速度

240km/h

**E2系（1997）**

編成（8M2T）

VVVF制御  
回生ブレーキ



69

275km/h

**E5系（2009）**

編成（8M2T）

VVVF制御  
回生ブレーキ



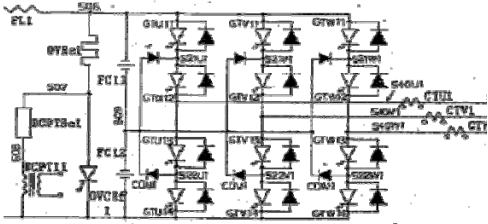
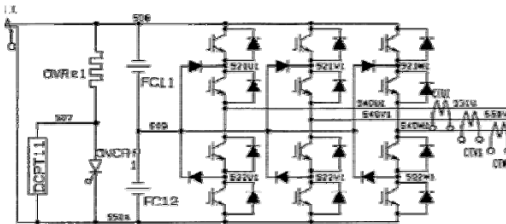
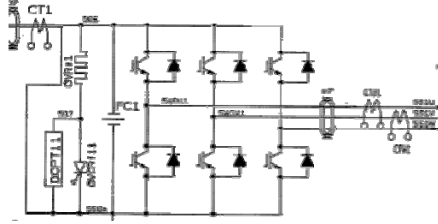
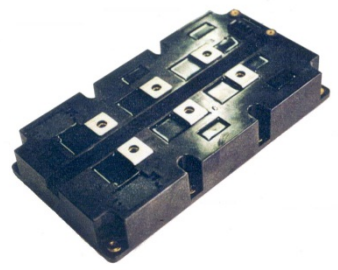
67

320km/h



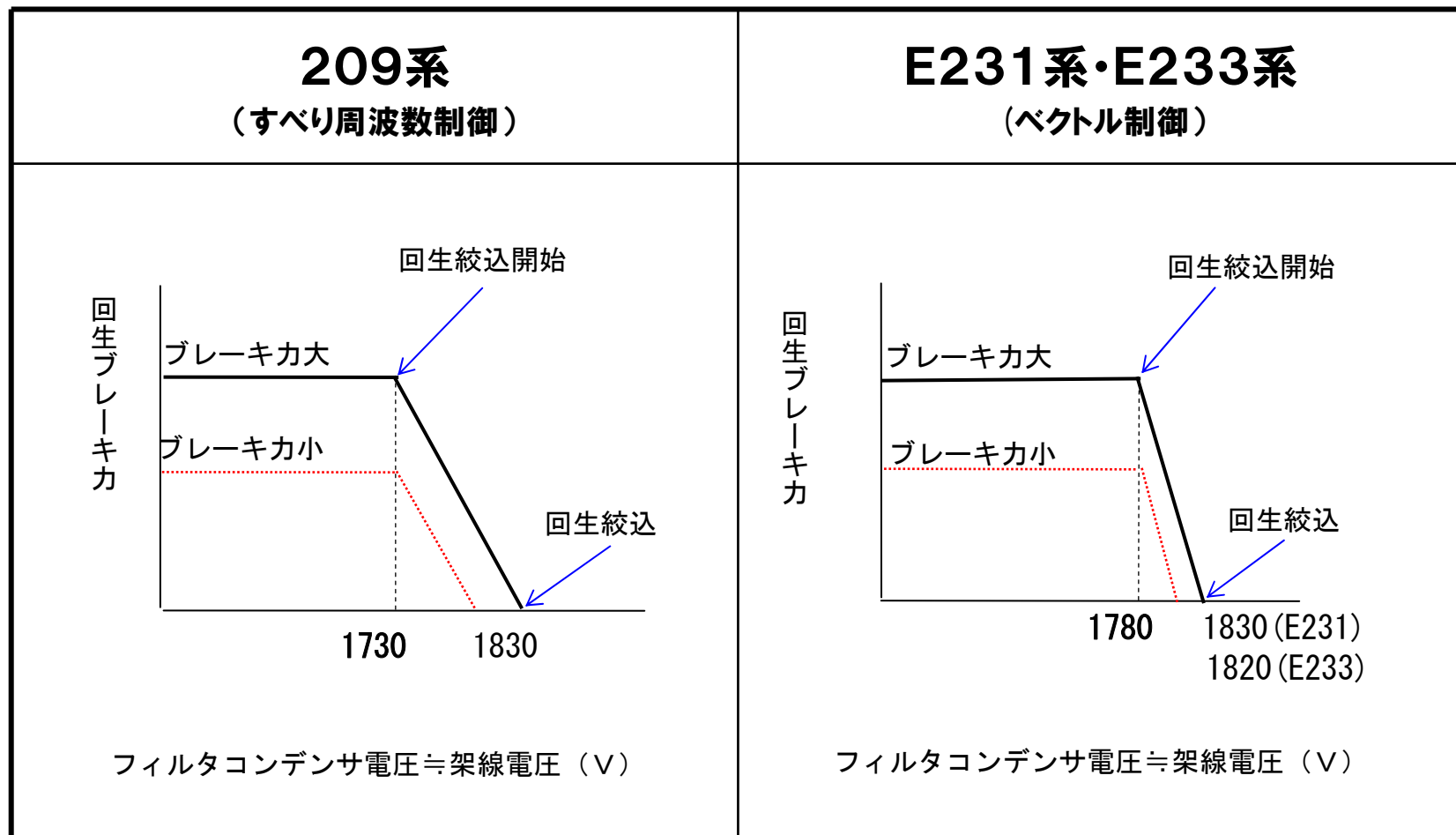
# 主回路システムの進化（１）

## ・・・VVVF主回路システムの変遷・・・

|       | 209系 <sub>SC41</sub><br>1992年                                                                                                                                                          | E231系 <sub>SC60</sub><br>1999年                                                                                                                                              | E233系 <sub>SC90</sub><br>2006年                                                                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主回路方式 |  <p>3相電圧形3レベルPWMインバータ</p>                                                                             |  <p>3相電圧形3レベルPWMインバータ</p>                                                                 |  <p>3相電圧形2レベルPWMインバータ</p> |
| 素子    | <p>GTO 2500V 2000A<br/>ダイオード 2500V 500A<br/>クランプダイオード 2500V 500A×2素子<br/>過電圧抑制サイリスタ 2400V 607A</p>  | <p>IPM (IGBT+ダイオード) 2000V 600A<br/>クランプダイオード 2000V 400A<br/>過電圧抑制サイリスタ 2400V 607A</p>  | <p>IGBT 3300V 1200A<br/>過電圧抑制トランジスタ 3300V 400A IGBT</p>                                                      |

# 主回路システムの進化（２）

## ・・・回生絞込み制御の変遷・・・



# 高効率な主回路システムの開発（１）

## ・・・「電車と電気機関車」・・・

|              | 駆動電動機                                                                                                                                                                                                                                       | 制御装置                                                                                                    |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直流電動機の抵抗制御   | <ul style="list-style-type: none"><li>①広い速度範囲において高効率で<br/>使用できること</li><li>②速度制御が容易にできること</li><li>③起動時または勾配線区で大きな<br/>引張力が出せること</li><li>④並列運転の際の負荷の不均衡の<br/>少ないこと</li><li>⑤電源電圧の急変に対して耐えら<br/>れること</li></ul> <p>「電車と電気機関車（福崎、沢野1964年）」より</p> |                                                                                                         |
| 誘導電動機のVVVF制御 | <ul style="list-style-type: none"><li>①電力→動力の高効率変換</li><li>④並列運転時の不均衡制御</li></ul>                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>②広い速度範囲でトルクを制御</li><li>③VVVFによる起動制御</li><li>⑤外乱に対する制御応答</li></ul> |

# 高効率な主回路システムの開発（２）

## ・・・パワー素子の進化・・・

|      | 進 化                                                                                   |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 整流器系 | <b>SCR → GTO</b><br>(ED78、201系) (207系、209系)<br>自己消弧能力なし (転流回路)      自己消弧能力あり 電流形ゲート駆動 |
| Tr系  | <b>IGBT (Si) → IGBT (SiC)</b><br>(E231系、E233系)<br>電圧形ゲート駆動 高速スイッチング                   |

### SiCデバイスの性能向上

低損失化  
高温動作化  
高耐圧化  
高周波化



# 高効率な主回路システムの開発（3）

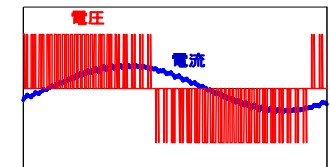
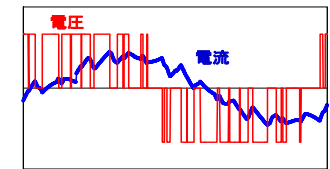
## ・・・SiC主回路システムの試作・・・

STEP1:2012年9月～2013年1月

・VVVFインバータを試作・搭載

STEP2:2013年2月～2013年8月

・電気装架タイプの誘導電動機を試作・搭載  
・VVVF制御方法を変更（高周波化、V/f低減）



電流波形改善による  
高調波損失の低減



誘導電動機  
電気装架タイプ  
※STEP2から



NETレイン（スマート電池くん）に搭載して、  
現車走行試験での評価を実施。

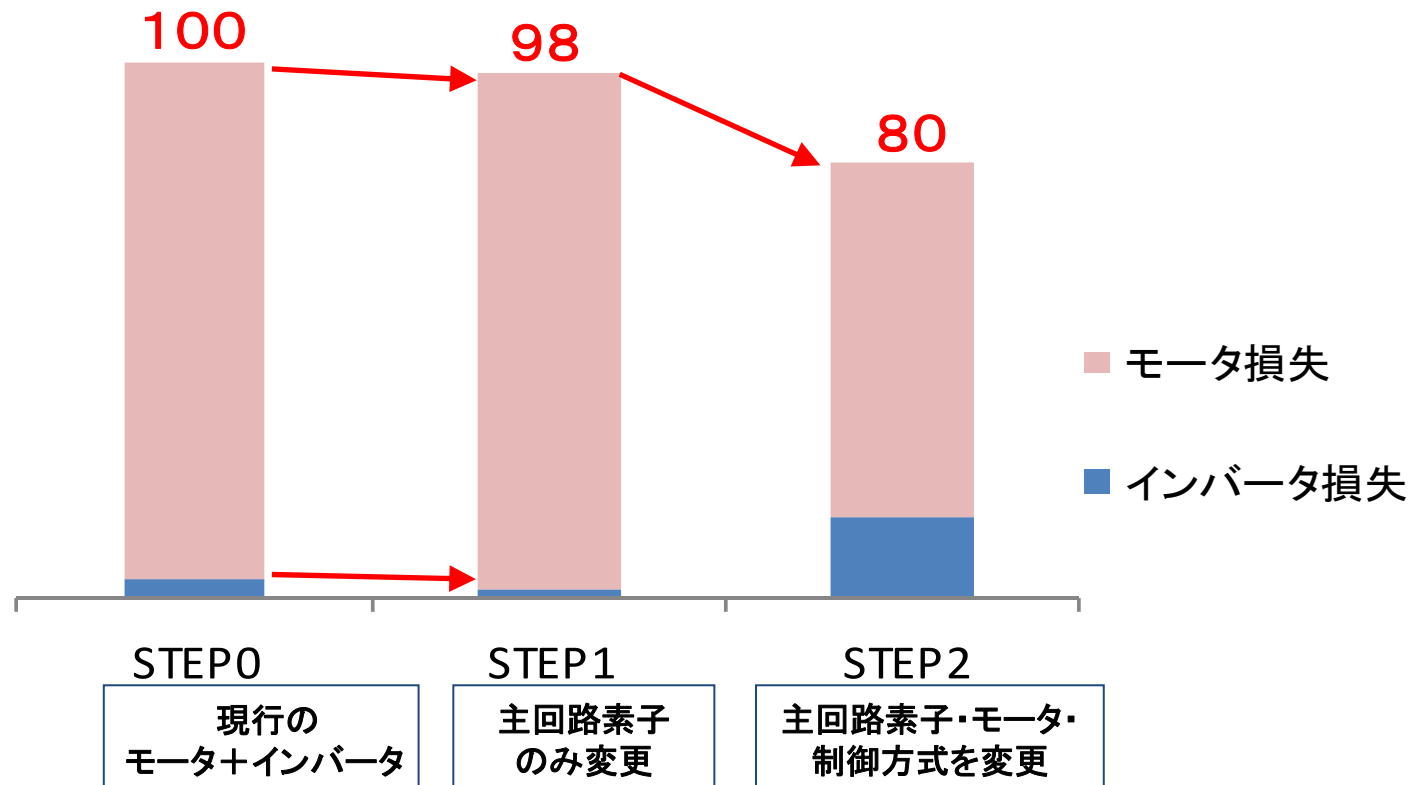


VVVFインバータ  
SiCパワー素子

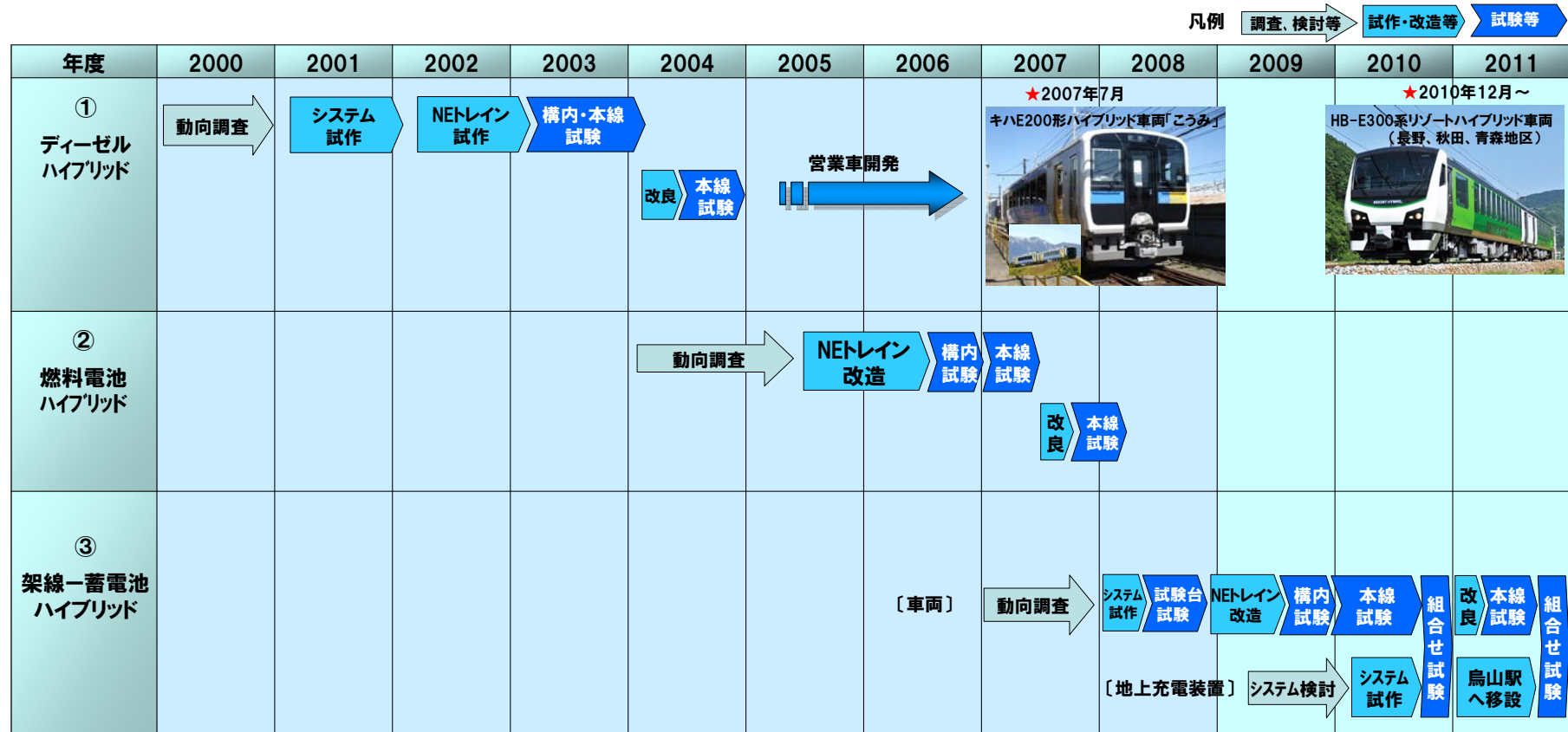
# 高効率な主回路システムの開発（４）

## ・・・試作主回路システムの評価・・・

回生ブレーキ時の機器損失(ベンチ試験)



# ハイブリッド車両の開発



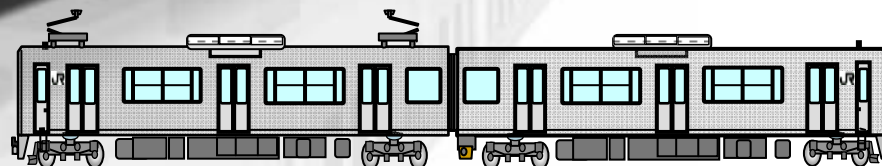
# 蓄電池駆動電車のデビュー

2014年 春 Debut



EV-E301系  
(Energy storage Vehicle)

(イメージ)



# I 再生可能エネルギーの活用

## II 省エネルギー

- ・列車運転系
- ・建物系

## III 負荷と供給の一体運用



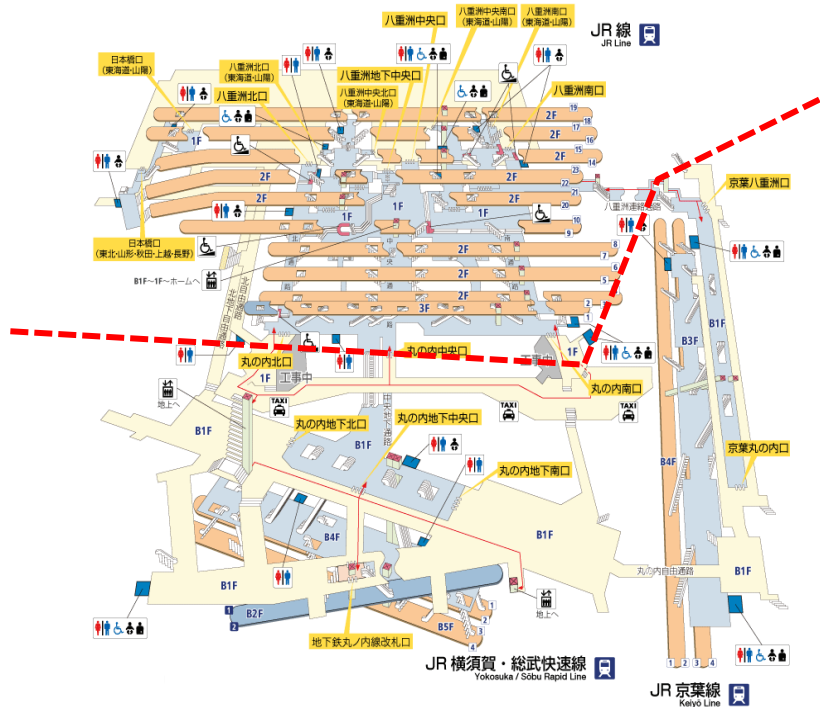
# 地下駅の空調負荷

## 東京駅冷房熱源の規模

地上駅

駅舎、コンコース

[1,867 RT]



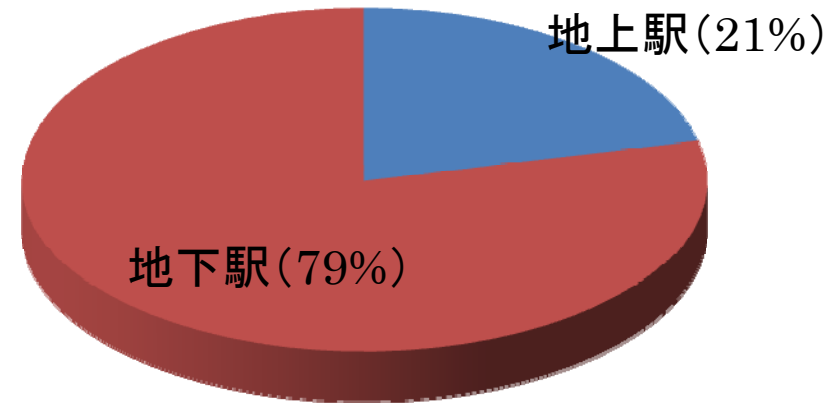
総武地下駅

[4,902 RT]

京葉地下駅

[1,978 RT]

冷房用熱源の割合



**駅設備の中でも  
地下駅空調負荷は桁外れに大きい**

※RT(冷凍トン): 1冷凍トンとは1日(24時間)に1トンの0℃の水を  
氷にするために除去すべき熱量  
1RT=3.86kW

# システムの最適設計（地下駅空調）（１）

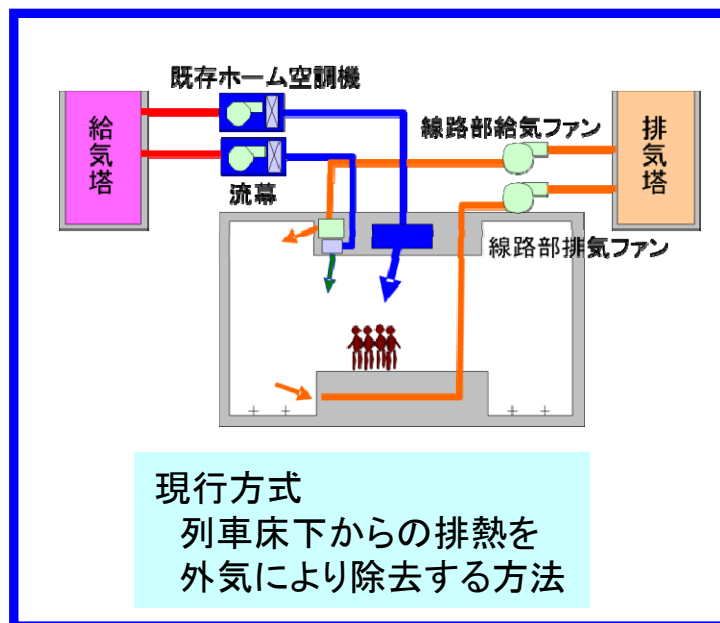
|       | 2009～11                                                                                                                    | 2012～13                                                                                  | 2014                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 研究テーマ | <p>(2009)<br/>東京地下駅における空調システム最適性の研究①</p> <p>(2010)<br/>東京地下駅における空調システム最適性の研究②</p> <p>(2011)<br/>東京地下駅における空調システム最適性の研究③</p> | <p>(2012)<br/>エネルギーマネジメントからみた空調システム最適性の研究<br/>(地下空間)</p> <p>(2013)<br/>地下駅空調負荷解析の研究①</p> | <p>2013年<br/>日経地球環境技術<br/>賞優秀賞受賞</p> |
| 成果    | <p>従来設計プロセスの検証<br/>モデル見直しの必要性</p>                                                                                          | <p>現状再現性の高い<br/>新モデルの構築</p>                                                              |                                      |

〔改良工事〕

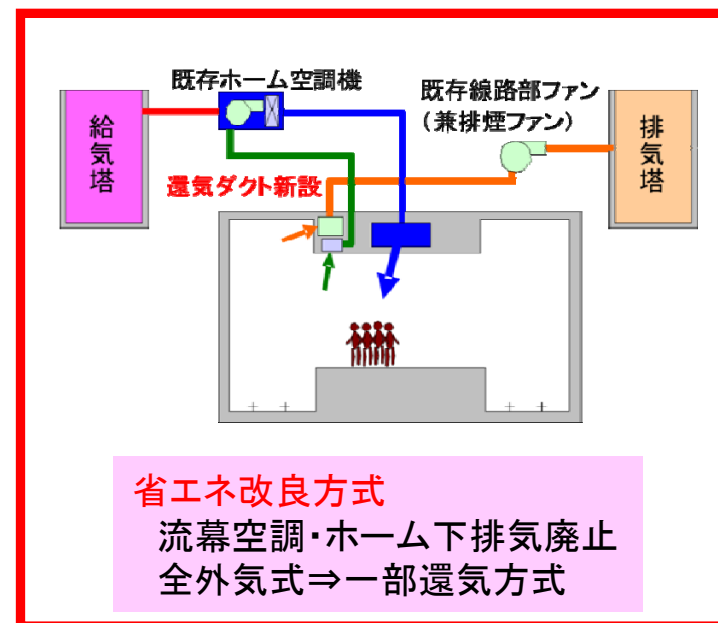
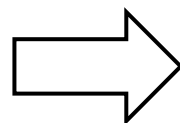
（東京駅）  
総武地下  
空調システム更新

# システムの最適設計（地下駅空調）（2）

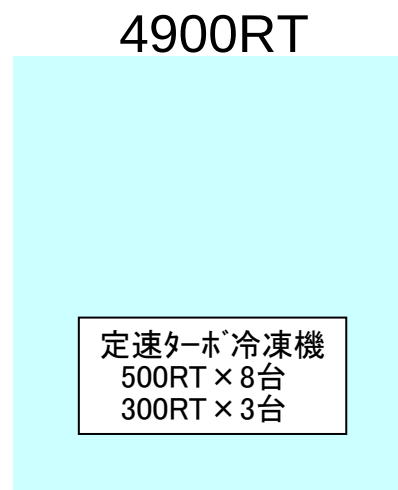
〔ホーム空調方式の見直し〕



省エネ  
改良

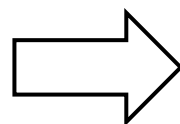


〔熱源容量のスリム化〕



現行容量

再評価



更新計画

熱源の  
スリム化

# I 再生可能エネルギーの活用

## II 省エネルギー

- ・列車運転系
- ・建物系

## III 負荷と供給の一体運用

# 負荷と容量（１）

---

・・・負荷を知る・・・

エネルギー使用

↑ 要求

機器容量

↑ 要求

サービス・効用  
（照明/空調/給湯）

省エネの第一歩は

- ・要求（負荷）を把握
- ・負荷を減らす



## 負荷と容量（2）

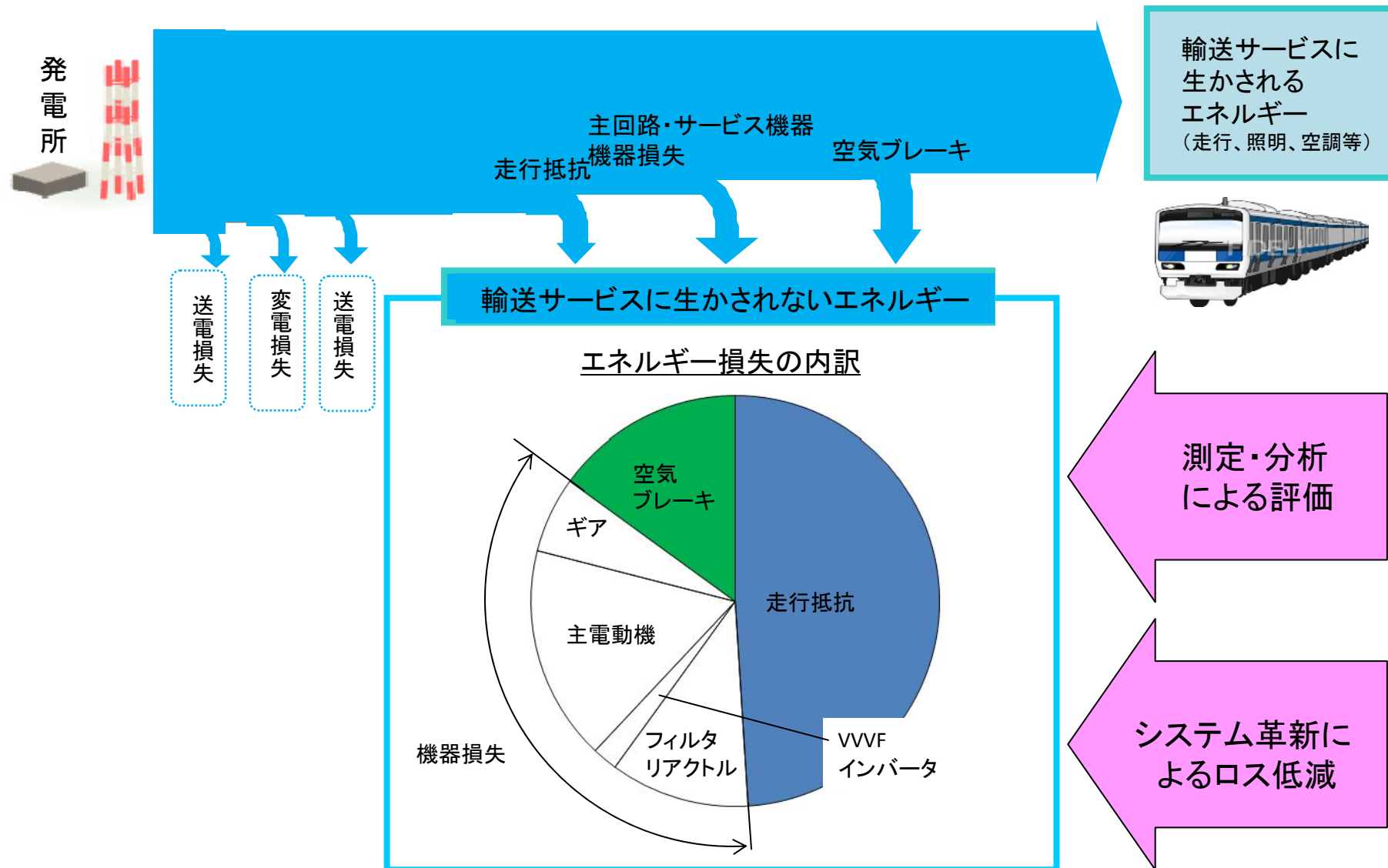
---

…最適化…

- 負荷に合わせた容量設計
- 負荷の変動 → 最適運転
- 異なる負荷パターンの混在  
→ エリア全体の最適

# 列車運転のエネルギー損失（１）

## ・・・列車運転のエネルギー損失・・・



## 列車運転のエネルギー損失（２）

---

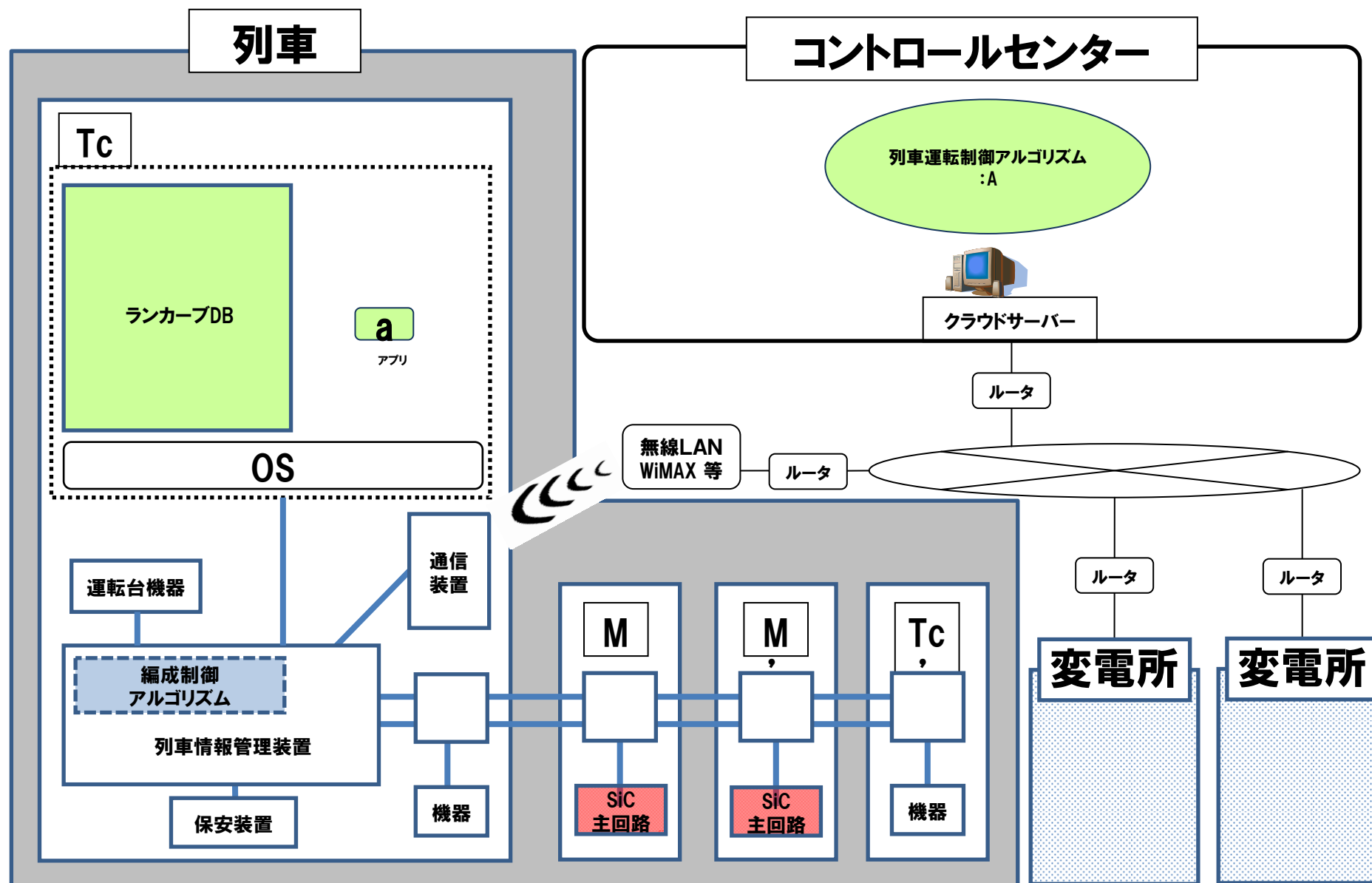
・・・損失を減らすには？・・・

- ・走行抵抗による損失を減らす
- ・機器損失を減らす
- ・ブレーキ損失を減らす

# 列車運転のエネルギー損失（3）

|           | ロスを減らすアプローチ    |            |                |
|-----------|----------------|------------|----------------|
|           | 機器ロスを減らす       | 走行抵抗ロスを減らす | 回生ブレーキの活用      |
| 車両主回路システム | SiCを用いた主回路システム | ——         | SiCを用いた主回路システム |
| 列車編成      | 列車編成制御アルゴリズム   | ——         | ——             |
| 列車運転      | だ行運転の活用        | 最高速度を下げる   | 回生エネルギーの有効活用   |
|           | 列車省エネ制御アルゴリズム  |            |                |

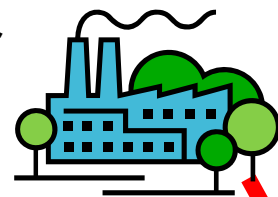
# スマート省エネ運転を具現化するシステム



# 地域との連携

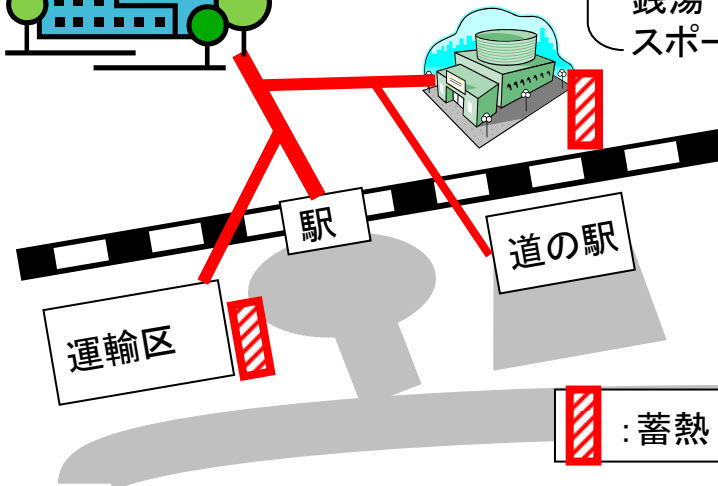
| 再生可能なエネルギーの問題点  | 風力                                  | 地熱 | 水力 |
|-----------------|-------------------------------------|----|----|
| エネルギー密度が低い      | ○                                   | ○  | —  |
| 不安定             | ○                                   | —  | —  |
| JR用地外の土地や資源を用いる | △                                   | ○  | ○  |
| 負荷              | <u>負荷が一箇所に集まらないと<br/>地産地消が成立し難い</u> |    |    |

地熱発電プラント



コミュニティセンター

公民館  
図書館  
銭湯  
スポーツセンター



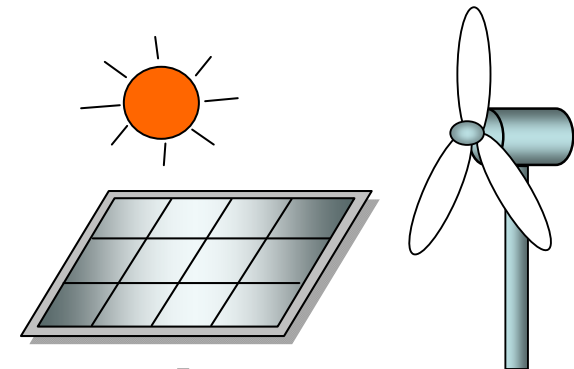


# エリア全体の最適化（１）

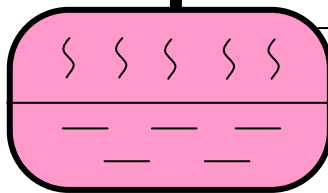
駅とホテルなども含めた負荷の平準化



分散型電源



蓄熱技術の応用

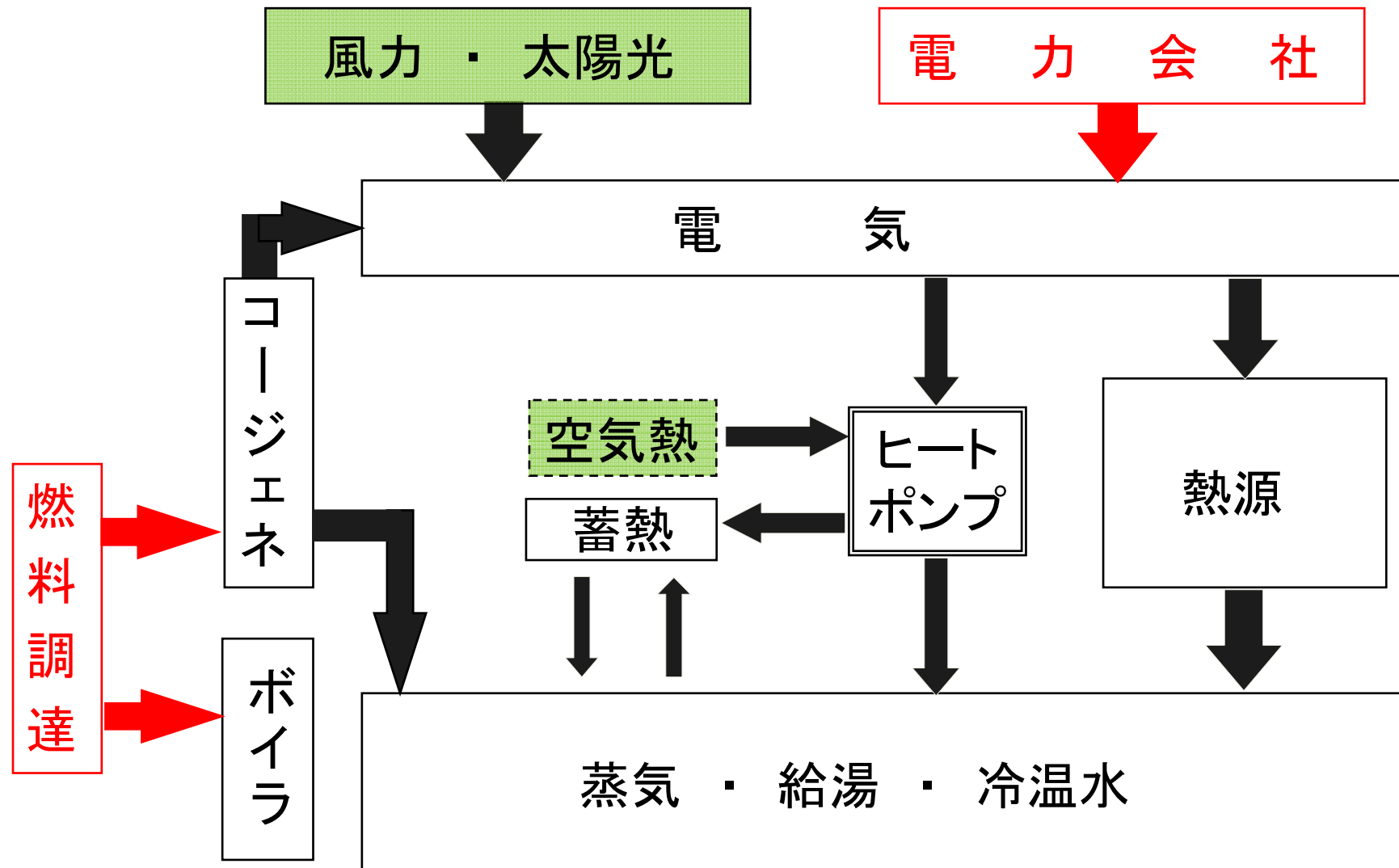


汎用通信技術の活用



インテリジェント  
エネルギーマネージメント

## エリア全体の最適化（２）



# 鉄道システムの環境優位性

---

## (1) レール上を走るメリット

- ・ レール / 車輪
- ・ 電気エネルギーの活用

## (2) 集積のメリット



# ご静聴ありがとうございました



快適で、より環境負荷の小さい  
ライフスタイルを提案します！

JR東日本研究開発センター 環境技術研究所