

第4の産業革命の中心となる“EVとスマートグリッド”と  
APEV EVビジネス情報委員会のご紹介

2011年10月13日

藤原 洋

**電気自動車普及協議会EVビジネス情報委員長**

**株式会社ナノオプトニクス・エナジー代表取締役社長**

株式会社ブロードバンドタワー代表取締役会長

株式会社インターネット総合研究所代表取締役所長

慶應義塾大学環境情報学部特別招聘教授

# 目次

1. これまで歴史上起こった3つの産業革命とは？
2. 今日の日本と世界の置かれている状況
3. 第4の産業革命の必然性
4. 第4の産業革命における交通の役割
5. 第4の産業革命の中心となるスマートグリッド
6. 第4の産業革命で変わる暮らし
7. APEVビジネス情報委員会のご紹介

# 1. これまで歴史上起こった3つの産業革命とは？

# 社会発展の歴史におけるテクノロジーの役割

テクノロジー

新しい社会を創る

社会

(規範)

(プレイヤー)

【産業革命】

兵器・農機技術



封建社会

(土地)

(領主と領民)

動力機関  
物質科学



工業社会

(モノ)

(資本家と労働者)

情報技術:IT



情報社会  
(ネットワーク社会)

(情報)

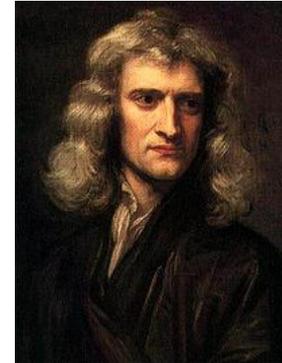
(生産者と消費者)

# 第一次産業革命 ～イギリスの動力革命～

イギリスの綿工業から始まった産業革命は、水力から蒸気機関による「動力革命」を引き起こした。

・「動力革命」の推進原理としての「力学」は産業革命の基礎を与えた！

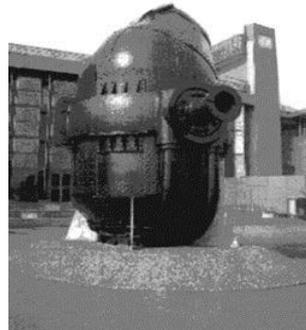
⇒アイザック・ニュートン(1642年～1727年):  
力学を確立し近代物理学の基礎を築き、  
微積分では数学にも大きな功績



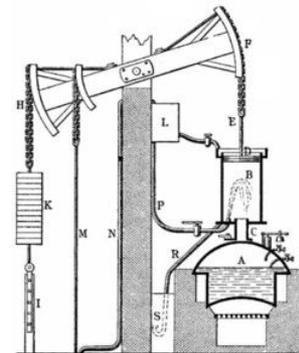
ニュートン



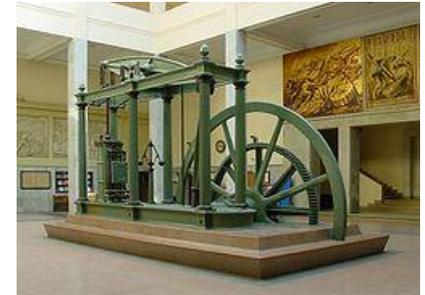
ジェニー紡績機



ダービー二世  
のコークス  
燃料製鉄装置



ニューコメン  
の蒸気機関



ワットの  
蒸気機関

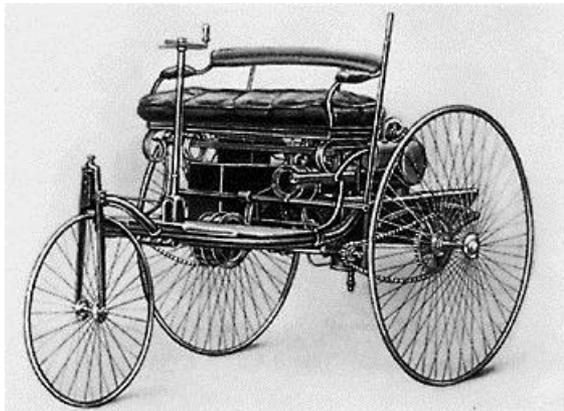
## 第二次産業革命 ～ドイツの重化学工業革命～

重化学工業革命の推進原理：  
材料物性や化学変化を制御するための  
「物質科学」。

⇒背景として、十九世紀後半から  
二十世紀の前半に、  
量子力学で有名なハイゼンベルクや  
触媒作用・化学平衡・反応速度で有名な  
オストヴァルトなど  
優れた物理学者や化学者がドイツから



フリードリヒ・ヴィルヘルム・  
オストヴァルト  
(1853年–1932年)はドイツの化学者。1909年、触媒作用・化学平衡・反応速度に関する業績が認められノーベル化学賞を受賞



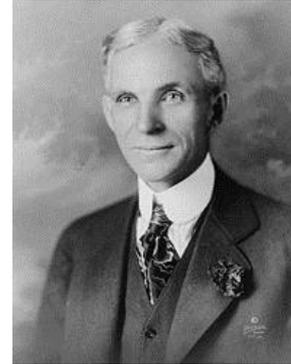
ベンツの3輪自動車

## 第二次産業革命 ～アメリカの重化学工業革命～

●動力革命：ヨーロッパ先進地域とアメリカへと拡大。特に、広大な土地と資源のあるアメリカでは、革新的で企業家精神溢れる人々が自由に活動

●ヘンリー・フォード：  
二度の経営失敗。  
三度目の正直

⇒再起可能なアメリカの典型例



T型フォード 1908年～1927年までモデルチェンジのないまま、  
1,500万7,033台生産

●フォード社では、A型から製品化を行い  
1908年のT型で、初めて、大量生産時代の自動車製造方式と全米規模でのアフターサービス体制を確立。

⇒現代自動車産業の出発点。

⇒T型フォードで確立した技術

=部品の規格化、均質化、互換性、流れ作業方式、

⇒1913年のベルトコンベア型組み立てラインなど整備

# 第三次産業革命 ～デジタル情報革命I(IT革命)～

## 「デジタル情報革命(IT革命)」とは？

### ◎コンピュータの発明と普及

- 1939年アタナソフとベリー(アイオワ大学)

/1945年ENIACエッカート・モークリー(ペンシルベニア大学)

- 1947年ショックレーによるトランジスタの発明

- 1971年インテル社によるマイクロプロセッサの発明

- 1977年Apple- II、1981年MS-DOS

### ◎インターネットの発明と普及

- 1969年ARPANETに始まるパケット交換の発明

- 1983年TCP/IP

- 1989年Web、1995年Yahoo!、1998年Google

# パソコンの発明者と非発明者

## 【発明者】

ビル・ゲイツ(マイクロソフト)

スティーブ・ジョブス(アップル)

スティーブ・ウォズニアック(アップル)

アラン・ケイ(アップル)

ゲーリー・キルドール(デジタルリサーチ)

ミッチ・ケーパー(ロータス)

ゴードン・ムーア(インテル)

時代を創るのは「企業家」と  
「発明家」である！

当時の大企業はコンピュータが個人が  
持てるようになるとは考えなかった！

## 【非発明者】

メインフレーム・コンピュータ・ベンダー



最初の大ヒット・パソコン(パーソナル・コンピュータ) Apple-II

個人がパソコンを考えた！



当時は大型コンピュータ



HITACHI  
Inspire the Next



# インターネットの発明者と非発明者

## 【発明者】

個人がネットを考えた！

ポール・バラン(パケット交換)

ビント・サーフ/ボブ・カーン(TCP/IP)

村井純(日本人で唯一最初からインターネット標準化)

ティム・バーナーズ・リー(Web)

マーク・アンドリーセン(ブラウザ)

ジェリー・ヤン (YAHOO!)

ラリー・ページ/セルゲイ・ブリン Google

時代を創るのは「企業家」と  
「発明家」である！



ラリー・ページ  
(1973年生まれ37歳)

## 【非発明者】

主力電話会社はネットなど考えなかった！

通信キャリア



at&t



NTTグループ

## 2. 今日の日本と世界の置かれている状況

# デジタル情報革命後の現在の時代

## ① 日本の社会構造が大きく変化

→内的な変化は少子高齢化[産業構造の転換の必然性]

## ② 金融単独資本主義の崩壊(リーマンショック/ギリシアショック)

→世界経済危機と欧米主導経済の終焉[COP15での主導権喪失]

## ③ 新興大国の台頭【BRICs: 中国・インド・ロシア・ブラジル他】

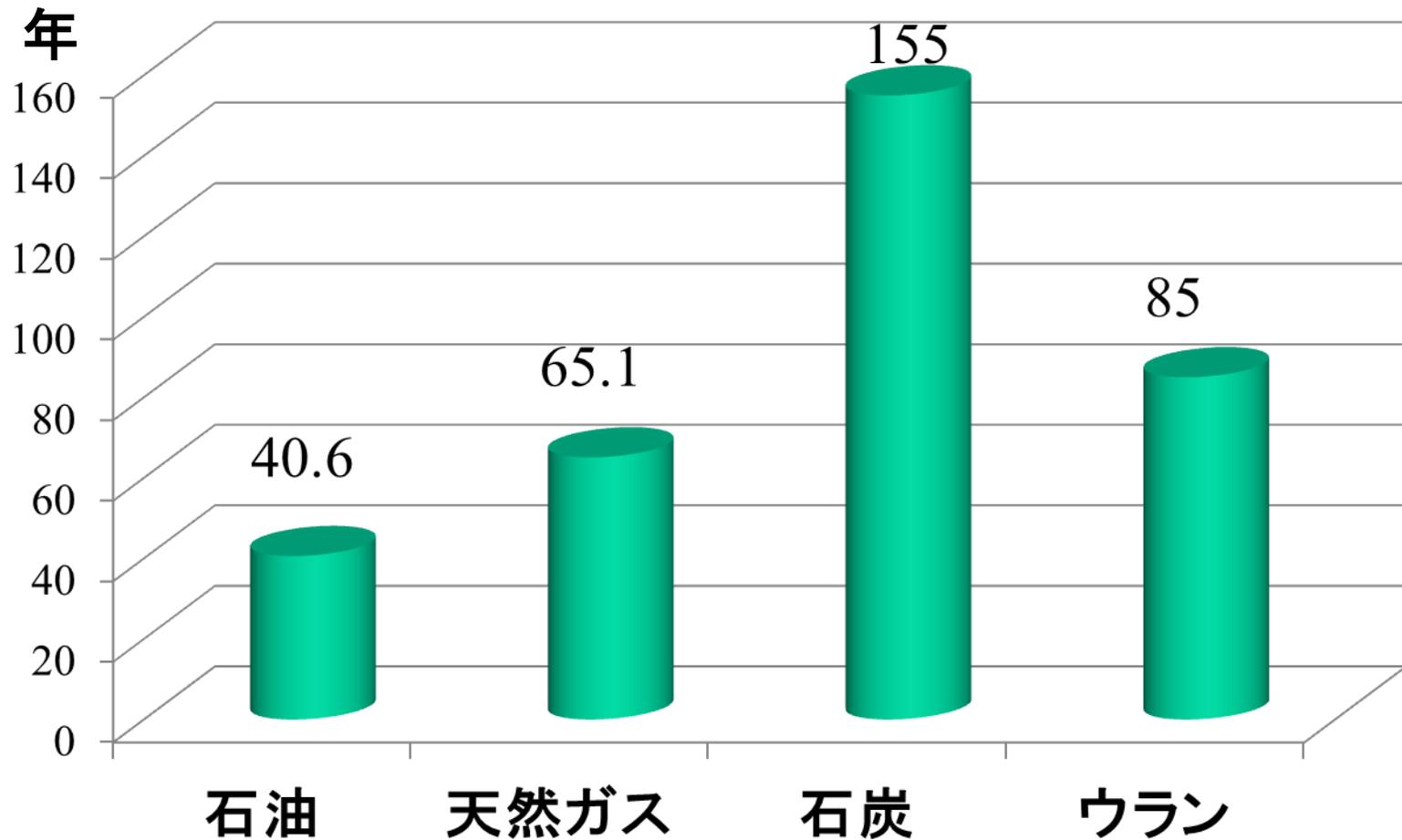
→地球環境危機[資源・エネルギー危機]と新興大国主導経済へ

## ●人類は2つの危機に直面

→「世界経済危機」と「地球環境危機」

\* 先進諸国の所得水準の維持が困難！ →新産業創出の必要性

# 世界のエネルギー資源の可採年数



**\* 可採年数 = 確認可採埋蔵量 / 年間生産量**  
**BP統計2006、OECD,NEA-IAEA URANIUM**

# 日本の化石エネルギーの輸入額

●2000年 5兆円

●2009年 23兆円(10年で5倍)

⇒消費量は増えず価格が上昇

⇒ピークオイルが来る

⇒23兆から30兆から40兆円へ費用負担が拡大

# 主要国の食料自給率(単位:パーセント)

国名	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007
オーストラリア	199	206	230	212	242	233	261	280	230	237	238	245	172	173
カナダ	152	109	143	156	176	187	163	161	120	145	160	173	185	168
フランス	109	104	117	131	135	142	131	132	130	122	135	129	121	111
ドイツ	66	68	73	76	85	93	88	96	91	84	94	85	77	80
イタリア	88	79	83	80	77	72	77	73	71	62	73	70	61	63
オランダ	69	65	72	72	73	78	72	70	67	58	67	62	78	75
スペイン	96	93	98	102	95	96	73	96	90	89	90	73	81	82
スウェーデン	90	81	99	94	98	113	79	89	87	84	88	81	79	78
スイス	48	46	53	55	60	62	59	61	54	49	54	56	52	52
英国	45	46	48	65	72	75	76	74	74	70	69	69	69	65
アメリカ	117	112	146	151	142	129	129	125	119	128	122	123	120	124
日本	73	60	54	53	53	48	43	40	40	40	40	40	39	40

出典:農林水産省試算(1965年~2007年)<sup>[</sup>

# GDPから見える時代とは？

## 日本経済4つの課題

- ①輸出依存型経済の崩壊
- ②エネルギー自給率の低さ(18%【4%】)
- ③食料自給率の低さ(40%)
- ④首都圏一極集中(人口1/3,経済1/2)

GDP飽和時代  
1995～

500兆円

200兆円

安定成長期:4.5%  
1974～84年

「構造改革を超えた  
新産業革命が必要！」

高度成長期:9.3%  
1958～73年

1955

65

75

85

95

05

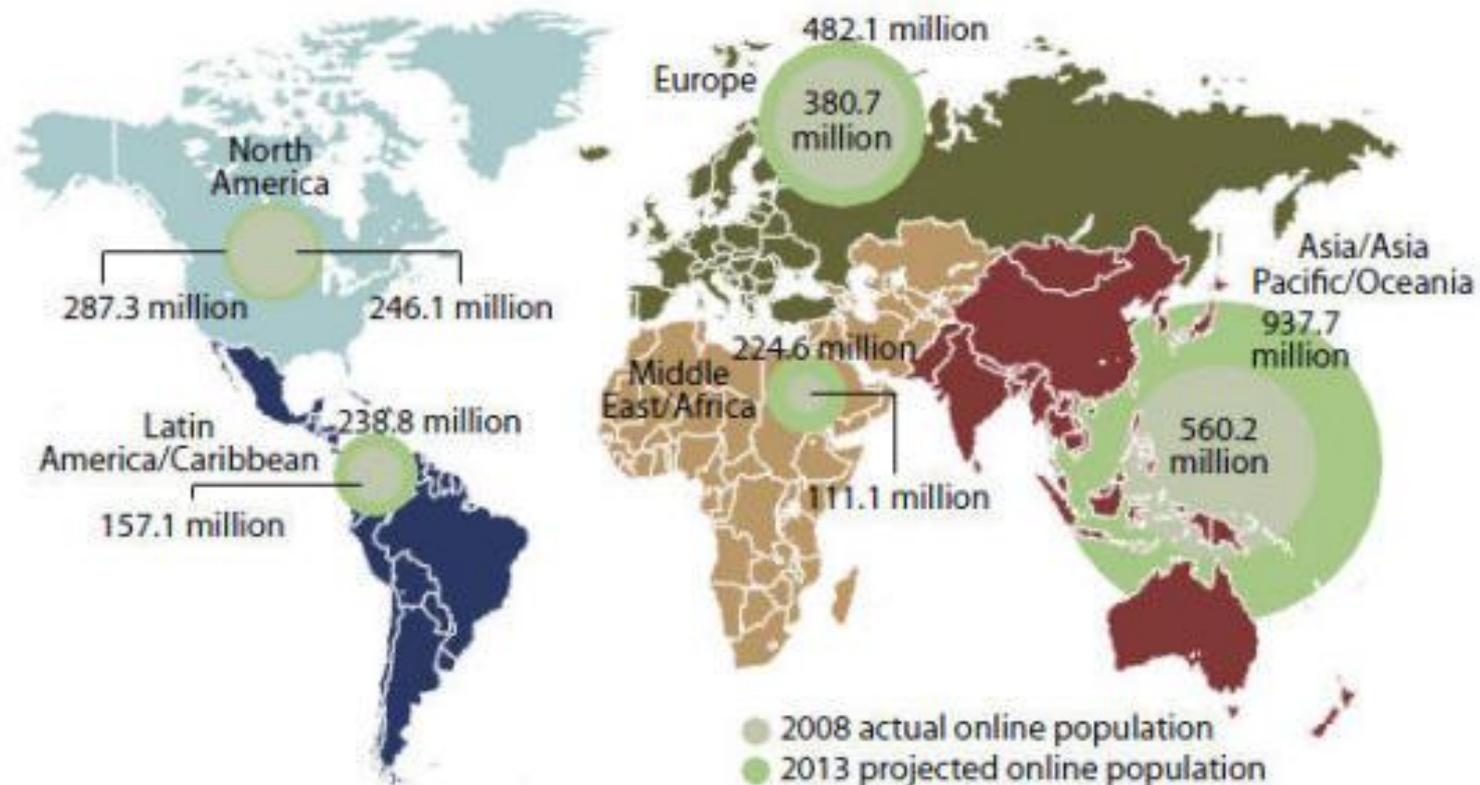
# 3. 第4の産業革命の必然性

# 進む世界のインターネット社会化

新興国で2008年から2013年へ急拡大

14億5520万人 ⇒ 21億7050万人

Figure 1 Growth Of The Global Internet Population By 2013



Source: Forrester Research Internet Population Forecast, 4/09 (Global)

# Mooreの法則とMoriの法則？情報社会は何をもたらすか？

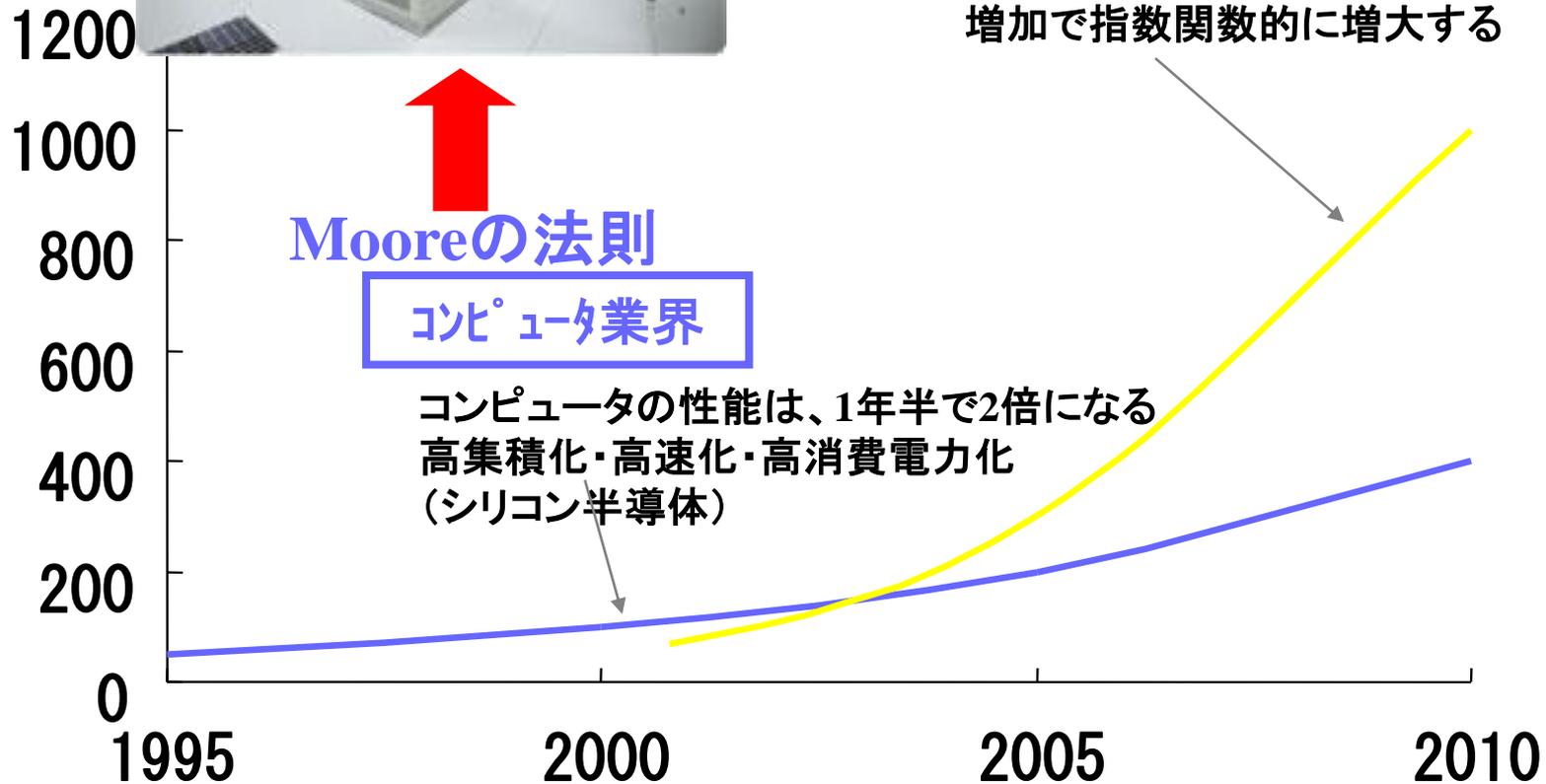


データセンターが膨大なエネルギー消費源に！

## Moriの法則

情報通信業界

ブロードバンドトラフィックは加入者数増加で指数関数的に増大する



# Gordon.E.Moore博士もMoriの法則に感心

Moriの法則が脚光を浴びたのは、2007年10月総務省の森清審議官が北米を訪問し日本におけるブロードバンド・トラフィックの経験法則が注目されたことに起因し、欧米からブロードバンド先進国であることが再認識された。



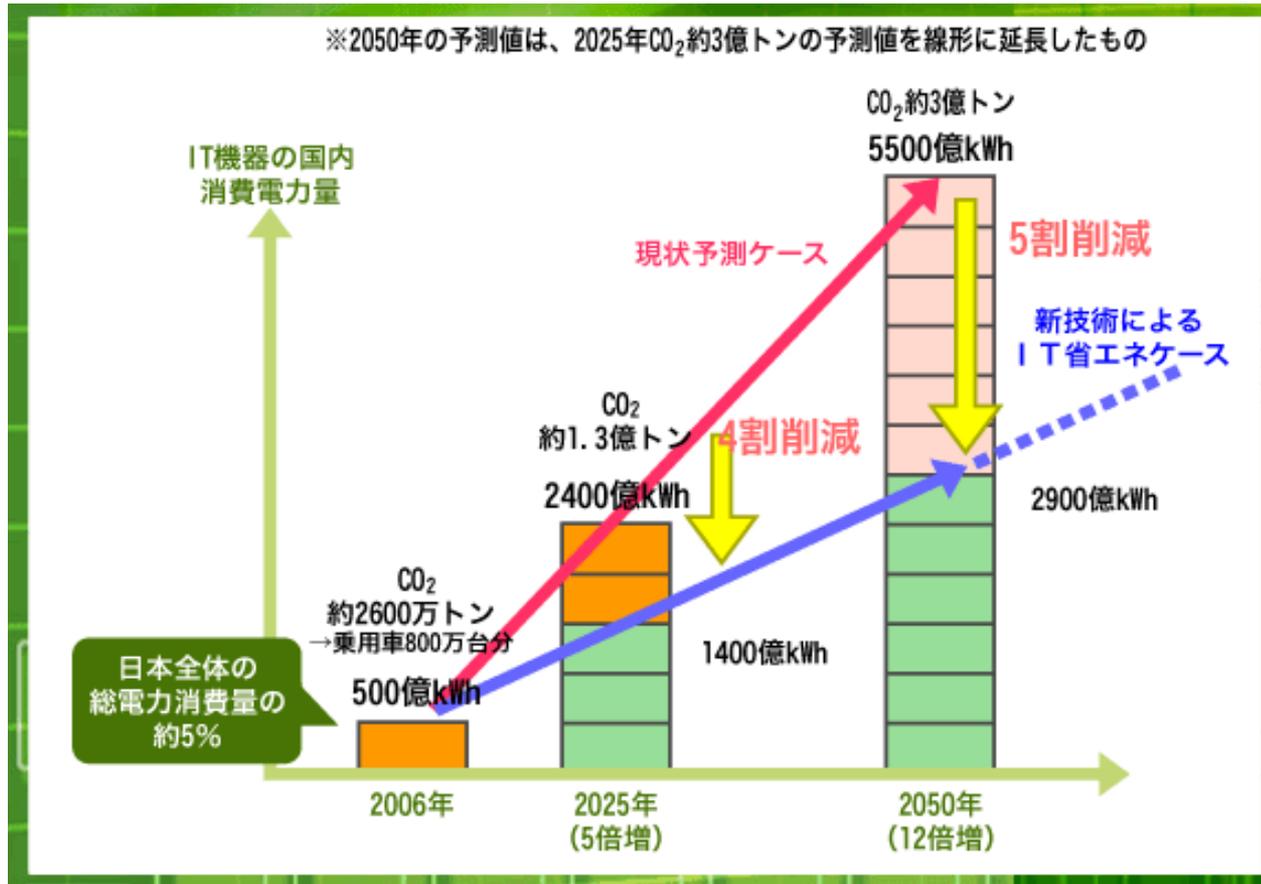
2008年5月1日ハワイ島Keck天文台にて

# 経済産業省グリーンITプロジェクト

現在： IT機器 5% (全電力消費) ⇒ 50% (2050年) : 経済産業省

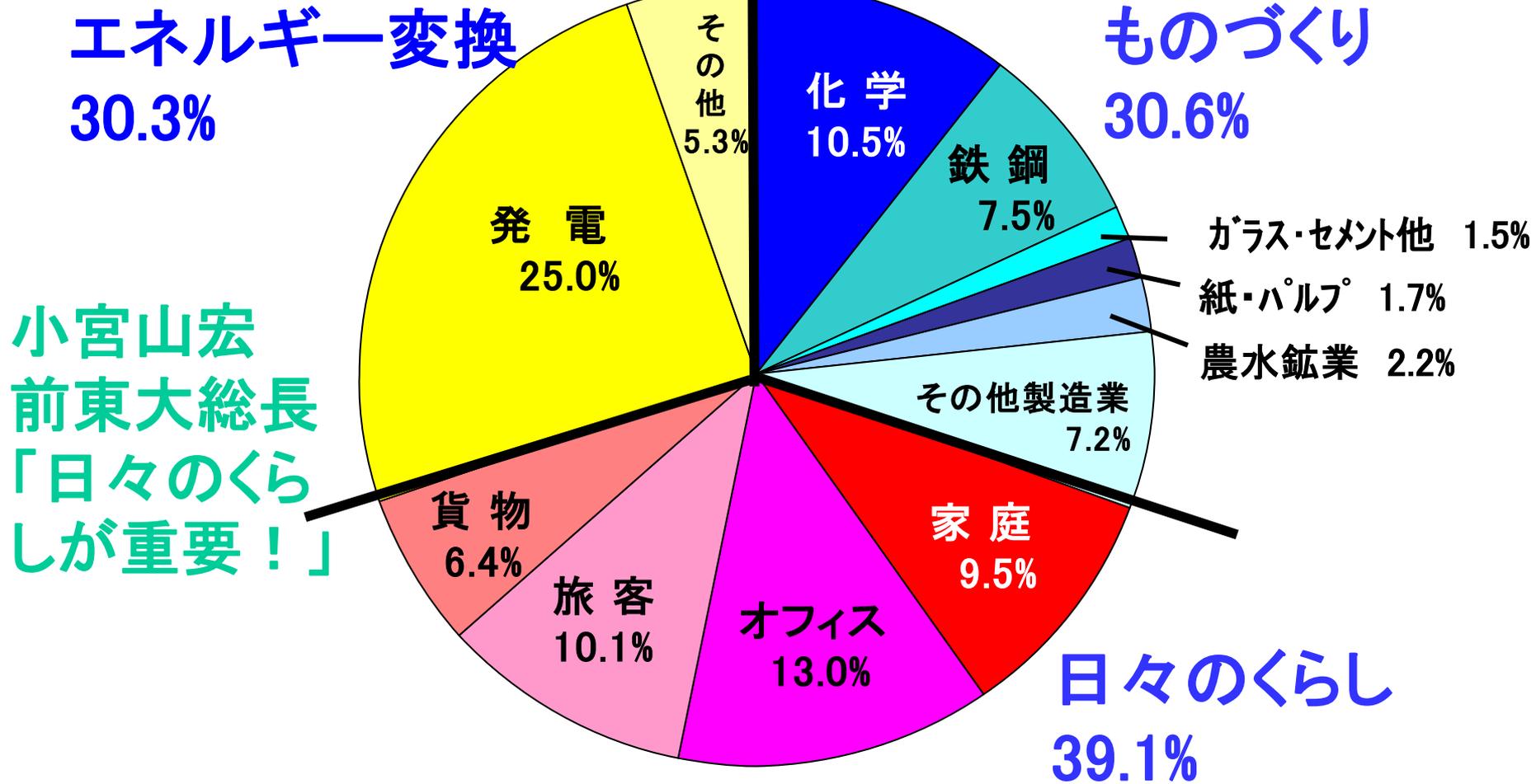
\* 大半はデータセンター需要

**\* データセンター向け環境エネルギー技術の革新が必須！**



# 日本のエネルギー消費からの重点ポイント

資料提供：三菱総合研究所 理事長 小宮山宏氏



総合エネルギー統計2007年版（データは2005年）

注：エネルギー変換部門での消費は発電所で電気にならなかった部分や自家消費された部分である。

# マグニチュードの大小と被害

- M6を超える程度の直下型地震が起こると災害となる
- M7クラスの直下型地震では大災害になる
- 阪神淡路大震災はM7.3 (Mw6.9)
- 東海地震や南海地震といったプレート型地震はM8前後
- マグニチュードが大きくなると地震断層面も大きくなるため、被害の程度だけでなく被害が生じる範囲も拡大
- マグニチュードランキング
  - チリ地震(1960年) Mw9.5
  - スマトラ島沖地震 (2004年) Mw9.1~9.3(推定)
  - アラスカ地震(1964年) Mw9.2
  - 東北地方太平洋沖地震(2011年) Mw9.1(M9.0)**
  - 関東大震災(1923年) M7.9
  - 四川大地震(2008年) Mw7.9:
  - 兵庫県南部地震 (1995年) M7.3
- \* 恐竜絶滅の原因小惑星の地球衝突時 M11
- \* **地球が太陽から受ける総エネルギー1日分 M11.5**

# 東北沖大地震⇒東日本大震災の発生

2011年3月11日14時46分

三陸約200km沖/震源24km深さ (阪神大震災との比較)

規模:M9.0(観測史上最大の地震) = 200倍 × Mw7.3

災害面積:広域津波災害: 47,597km<sup>2</sup> = 23.4倍 × 2,031km<sup>2</sup>

避難者数: 55万人 = 1.8倍 × 32万人

断水戸数 179万戸 = 1.4倍 × 130万戸

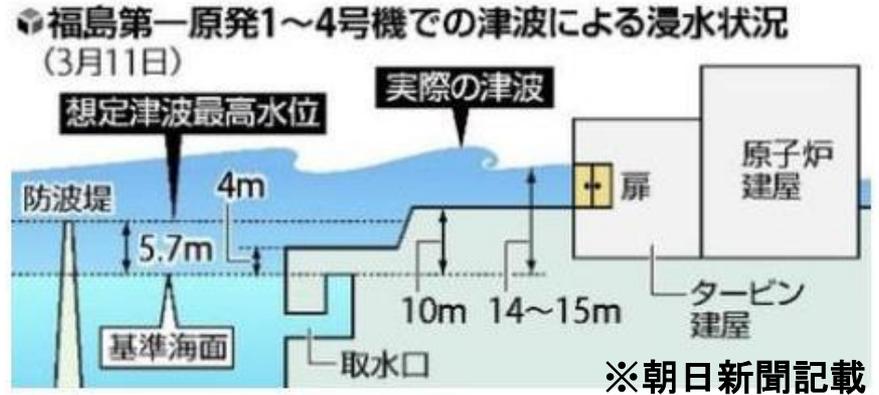
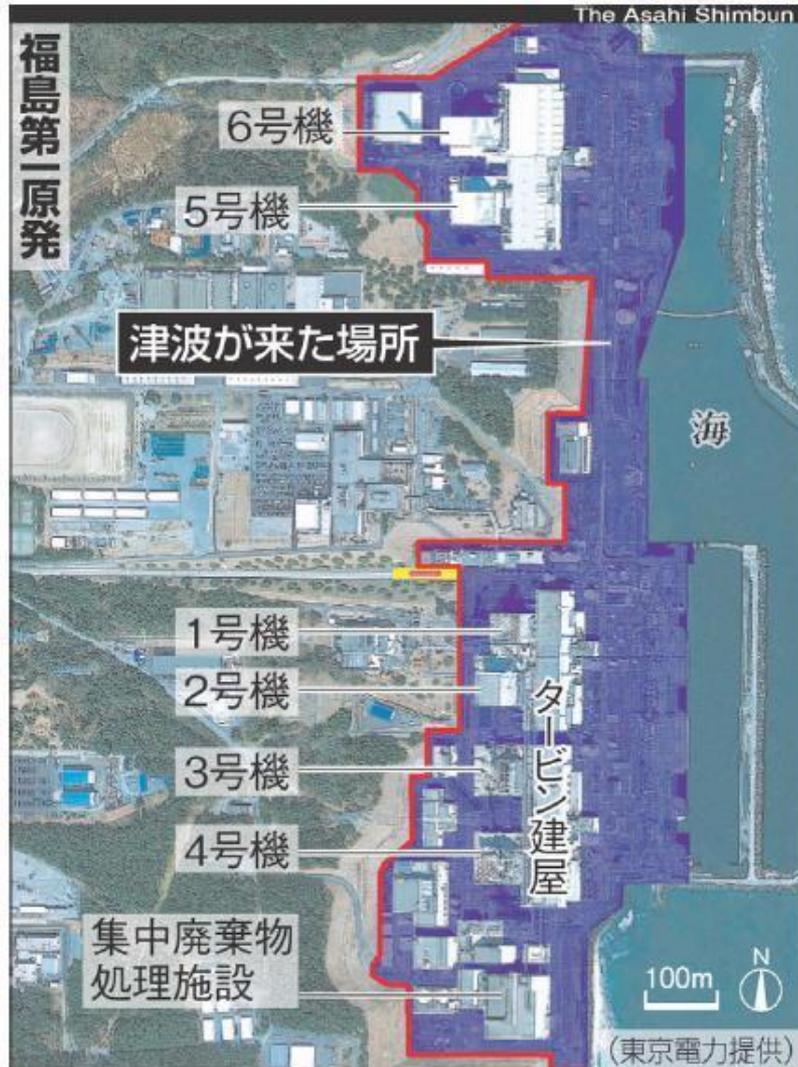
被害額 25兆円※ = 2.5倍 × 9.9兆円

死者・行方不明者 23,482人 = 3.6倍 × 6,437人

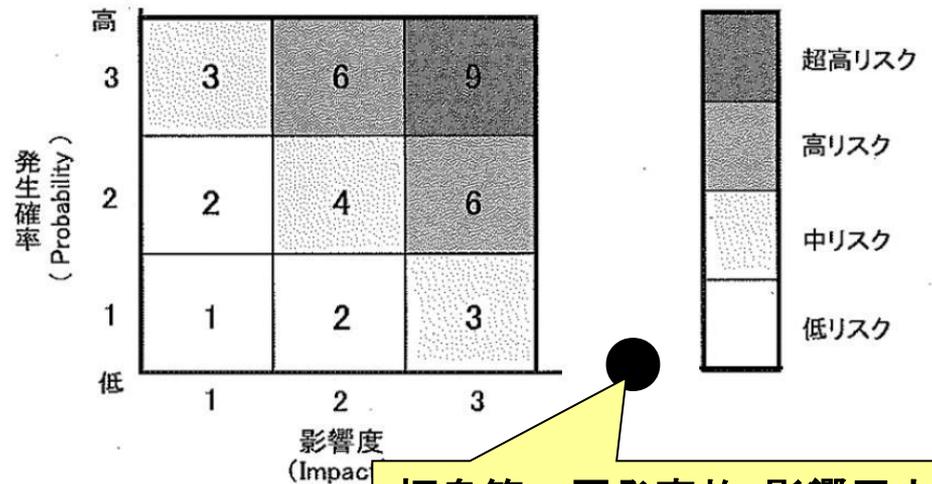
## 福島第一原子力発電所事故



# 福島第一原子力発電所の津波被害

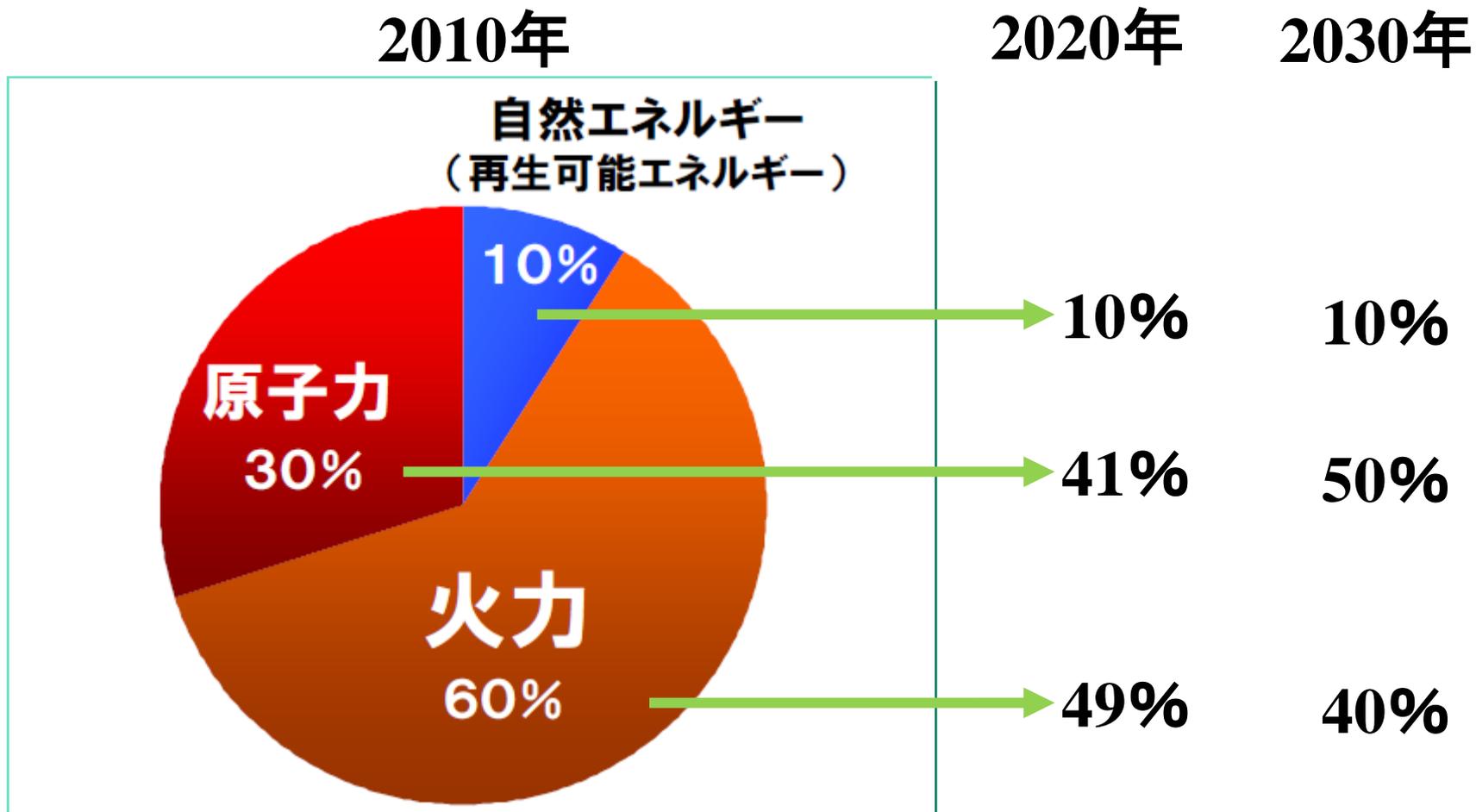


リスク発生確率・影響度マトリックス



**福島第一原発事故: 影響巨大**

# フクシマ以前のエネルギー政策



# 今後30年以内に発生する巨大地震確率

■ 30年以内に起こり得る主な地震の規模と発生確率(1月時点)

北海道北西沖

M7.8 程度 0.006~0.1%

秋田県沖

M7.5 程度 3% 程度以下

佐渡島北方沖

M7.8 程度 3~6%

糸魚川~静岡構造線断層帯  
(牛伏寺断層を含む区間)

M8.0 程度 14%

上町断層帯

M7.5 程度 2~3%

安芸灘~伊予灘~豊後水道の  
プレート内地震

M6.7~7.4 40% 程度

日向灘のプレート間

M7.6 前後 10% 程度

ユーラシアプレート

フィリピン海プレート

北米プレート

太平洋プレート

東日本大震災の  
震源域(推定)  
東日本大震災の  
本震M9.0

根室沖

M7.9 程度 40~50%  
※十勝沖と同時発生の場合  
M8.3 程度

十勝沖

M8.1 前後 0.3~2%  
※根室沖と同時発生の場合  
M8.3 程度

三陸沖北部

M8.0 前後 0.5~10%  
M7.1~7.6 90% 程度

宮城県沖地震

M7.5 程度 99%  
※三陸沖南部海溝寄りの  
領域と同時発生の場合  
M8.0 前後

福島県沖

M7.4 前後 7% 程度以下

茨城県沖

M6.7~7.2 90% 程度以上

三陸沖から房総沖の海溝寄り  
[津波地震] M8.2 前後 20% 程度  
[正断層型] M8.2 前後 4~7%

その他の南関東のM7程度の地震  
M6.7~7.2 程度 70% 程度

相模トラフ沿い(大正型関東地震)  
M7.9 程度 はぼ 0~2%

想定東海地震(参考値)

M8.0 程度 87%

東南海地震

M8.1 前後 70% 程度

※南海地震と同時発生の場合  
M8.5 前後

南海地震

M8.4 前後 60% 程度

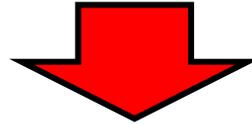
※東南海地震と同時発生の場合  
M8.5 前後

Mtは津波の高さから求める地震の規模。地震調査研究推進本部事務局の資料に本誌が加筆

\*資料提供 e スター社

# 環境エネルギー革命を加速させる必然性

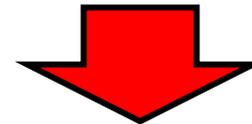
東北沖大地震⇒東日本大震災



日本⇒巨大地震国という認識

世界⇒“フクシマ”を認識

原子力30%⇒40%政策の見直し

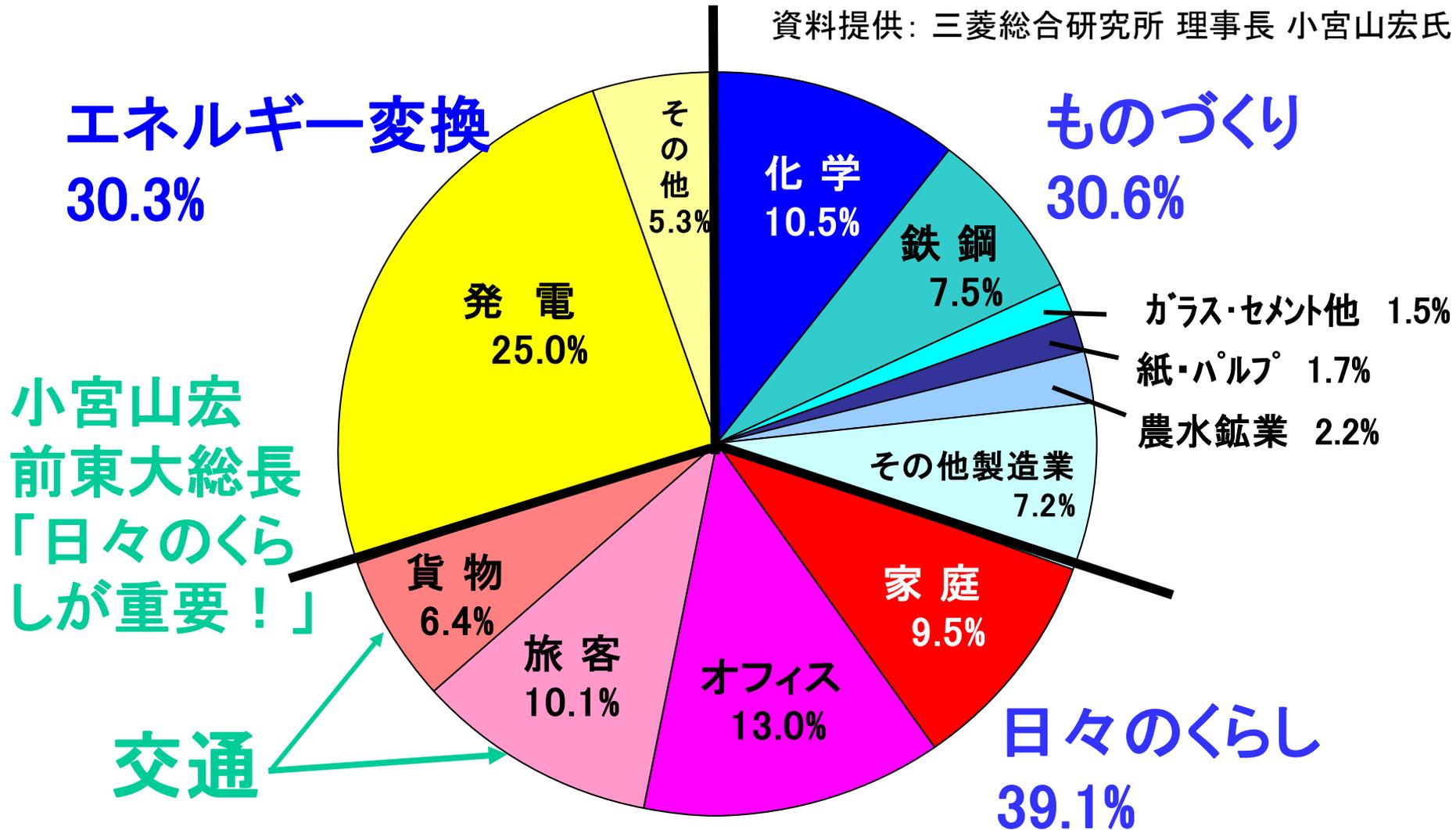


エネルギー生成区分の見直し必至

# 4. 第4の産業革命における交通の役割

# 日本のエネルギー消費からの重点ポイント

資料提供：三菱総合研究所 理事長 小宮山宏氏

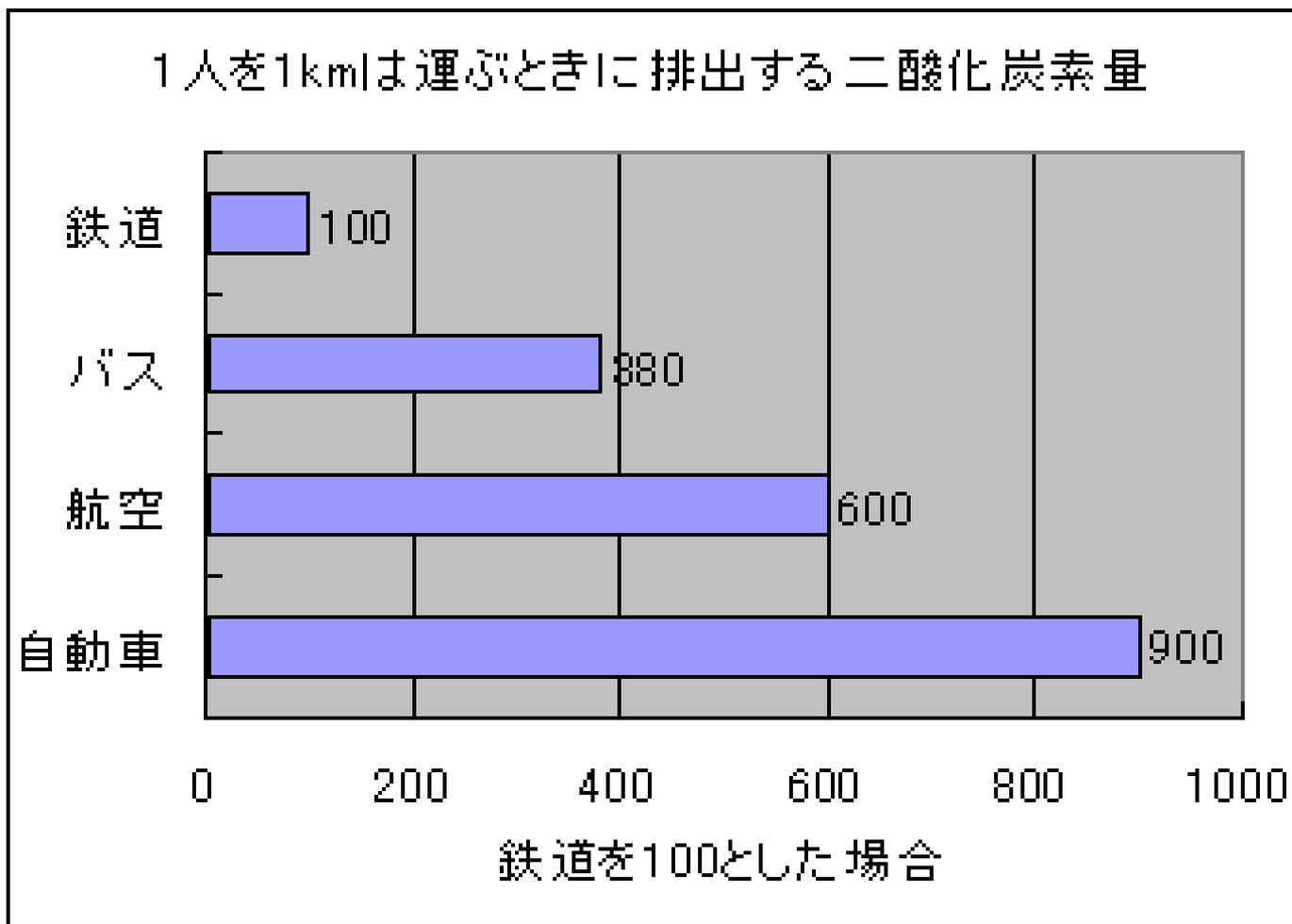


小宮山宏  
前東大総長  
「日々のくらしが重要！」

交通

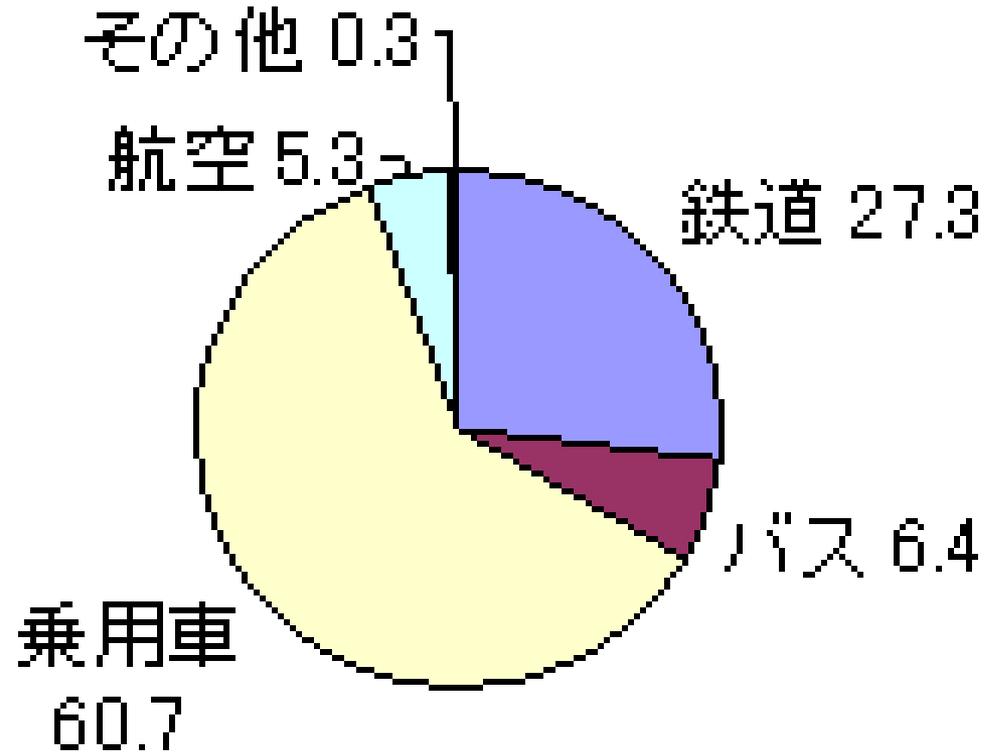
総合エネルギー統計2007年版（データは2005年）

注：エネルギー変換部門での消費は発電所で電気にならなかった部分や自家消費された部分である。



(1999年～2000年版 環境と運輸)

# 旅客輸送シェア(%)



(運輸関係エネルギー要覧 1999年度)

## 5. 第4の産業革命の中心となるスマートグリッド

# 米エネルギー省が推進するスマートグリッド

*The Smart Grid Can Deliver*

**BENEFITS**

- Enhanced energy security
- Reduced greenhouse gases
- Improved urban air quality
- Increased grid asset utilization

**"Valley Filling" (Energy for PHEVs)**

Graph showing kW vs hours of day (0, 12, 24, 12, 24). The graph shows a peak in energy demand during the day, which is filled by PHEVs during off-peak hours.

Category	Before	After
CO <sub>2</sub> Emissions	High	Low
Urban Emissions	High	Low
Electricity Sales	Low	High
Infrastructure Requirements	High	Low
Utility Rates	High	Low

Pacific Northwest National Laboratory  
Member, NREL to the U.S. Department of Energy

# 5つのスマートグリッドの本質

1. 分散型＋双方向型発電
2. 利用者による参加型発電(エネルギーの自給)
3. 再生可能エネルギーの持つ不安定性を解消  
(太陽光、太陽熱、風力)
4. 系統内・利用者宅内蓄電池の整備  
⇒系統内:革新的技術ex.NAS  
⇒宅内 : **EV用リチウムイオン電池**等
5. 地産地消型エネルギー・ネットワーク

# IECがスマートグリッドの国際標準化作業に着手 (SG3: Strategic Group3: 専門委員会が担当)



IEC規格は、国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission: IEC)が制定する国際規格。IECは各国の代表的な標準化機関によって組織される非政府間国際機関で、電気通信分野をのぞく電気・電子分野について、国際的な標準化作業。現在、IECには正会員56カ国、準会員20カ国が参加しており、日本からはJISを制定する日本工業標準調査会(JISC)が代表として参加。

# スマートグリッドが世界的に求められる背景

## ●配電網管理

⇒配電系統に設置されるセンサー/制御機器/中央サーバー/  
情報ネットワークで構成

⇒目的:①停電時間短縮②PV大量導入対応③送電ロス低減

## ●日本の電力会社は、通過電流計測による区分開閉器を導入

## ●停電時間に直結

	日本	米国	欧州	中国	インド
配電自動化 (事故復旧)	導入	55%	情報収集	大都市圏で試験	限定
停電時間/年	16分	162分 (CA)	37分 (独)	846分	頻発
配電系統への 太陽光導入【GW】 (現在/2020年)	3/28	1.2/11	9/14	70M/1.8	3/20

# スマートグリッドを実現する要素技術

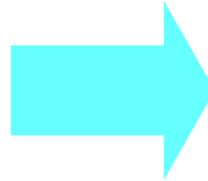
高圧送電/超伝導送電

再生可能エネルギー

インターネット

## 既存電力網

- ・交流網主体
- ・集中型発電
- ・一方向配電
- ・需要予測
- ・自動車と無関係



## 通信・電力融合網

- ・交流/直流網
- ・分散型発電
- ・双方向配電
- ・オンデマンド
- ・電気自動車と連携

## 6. 第4の産業革命で変わる暮らし



太陽光発電/ スマートハウス/ 電気自動車

# 6.1 再生可能エネルギー(太陽光発電)

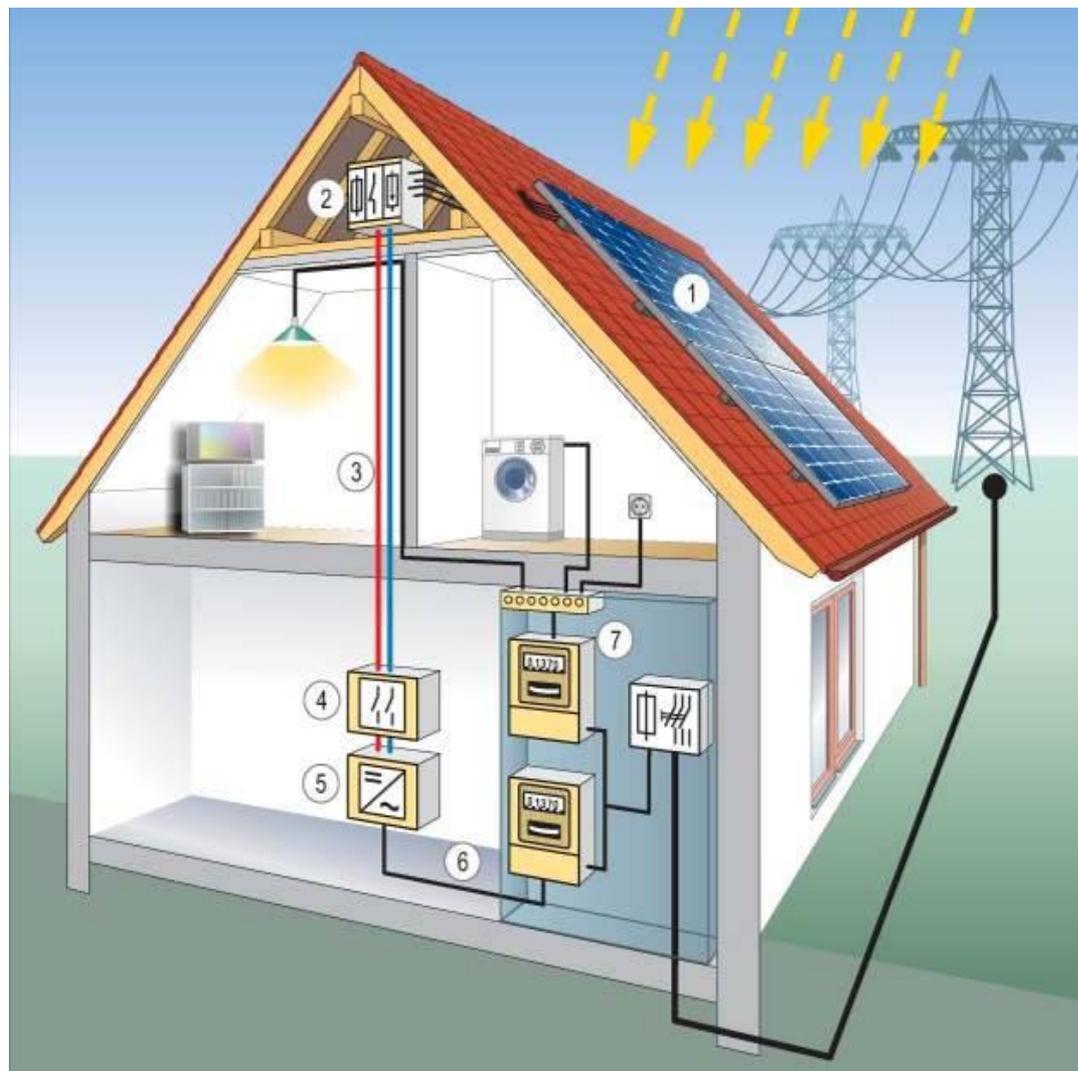
## ドイツで始まった フィード・イン・タフ制度

電力会社による買取り義務  
⇔電気料金値上げ可能

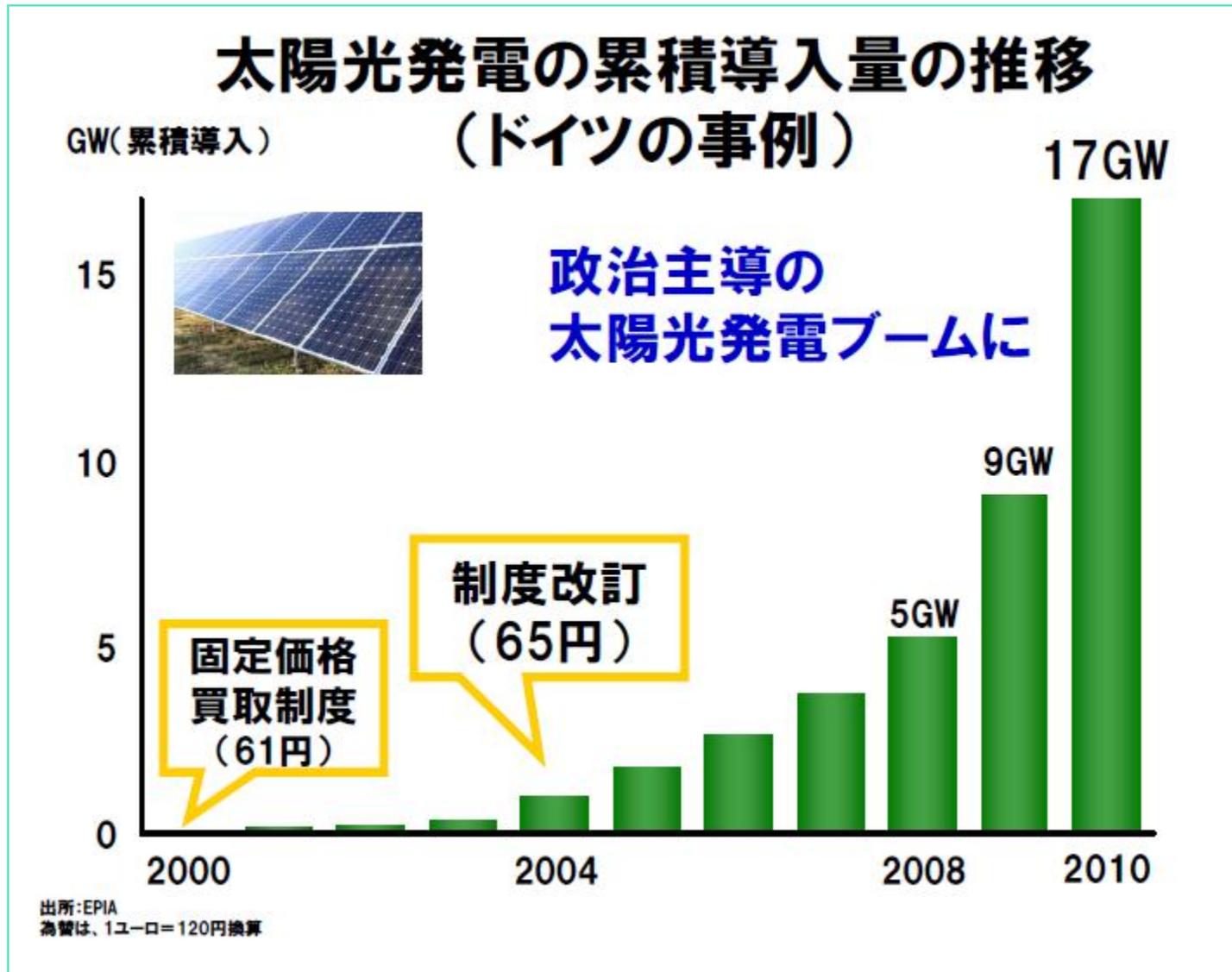
1. PV-Generator with modules
2. Generator junction box
3. DC Cables
4. DC Switch
5. Inverter
6. AC Cables
7. Distribution and Counting

## Grid Connected System

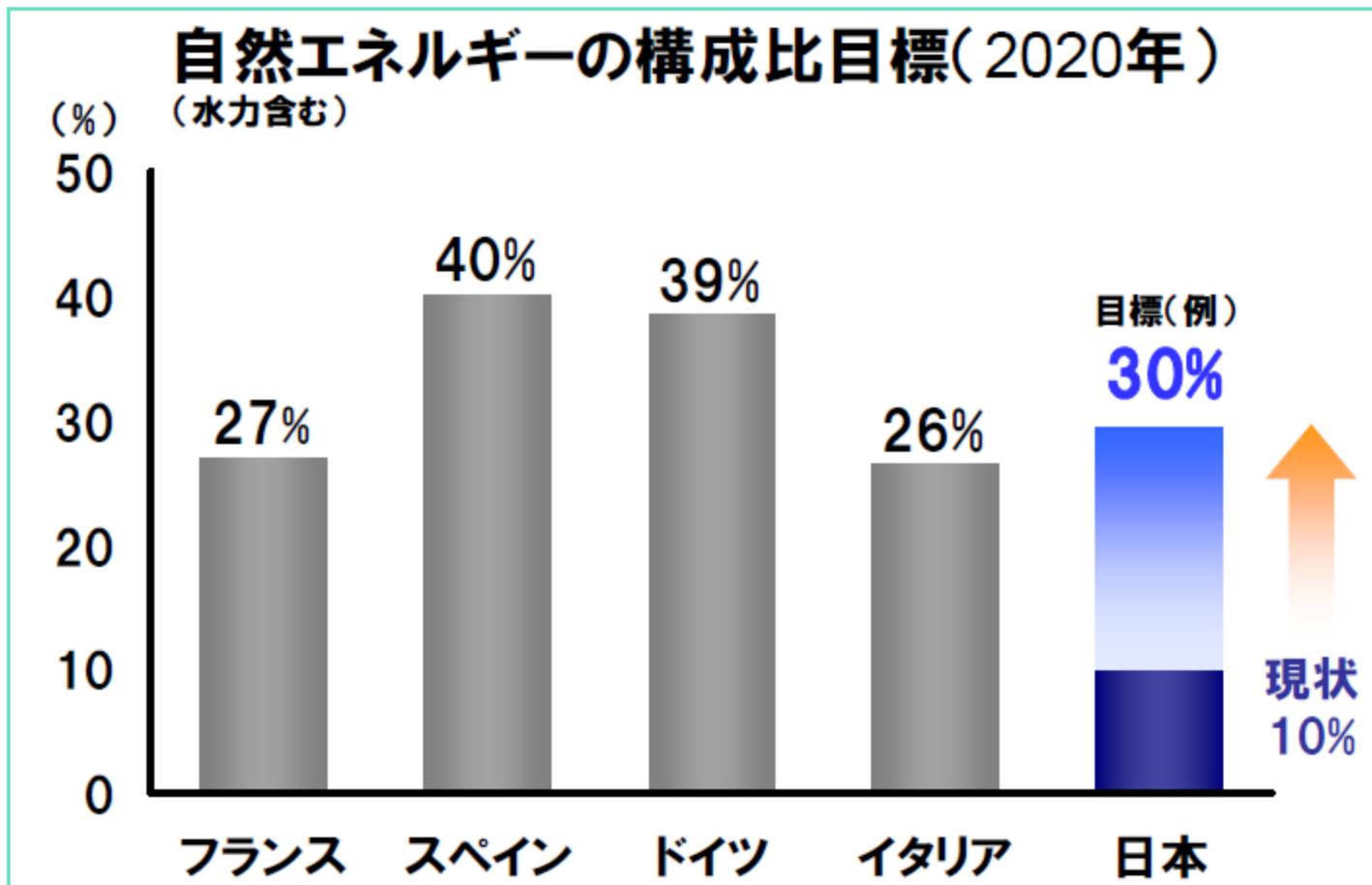
資料提供: DGS



# ドイツにおける太陽光発電量の推移



# 自然エネルギー導入の具体的イメージ

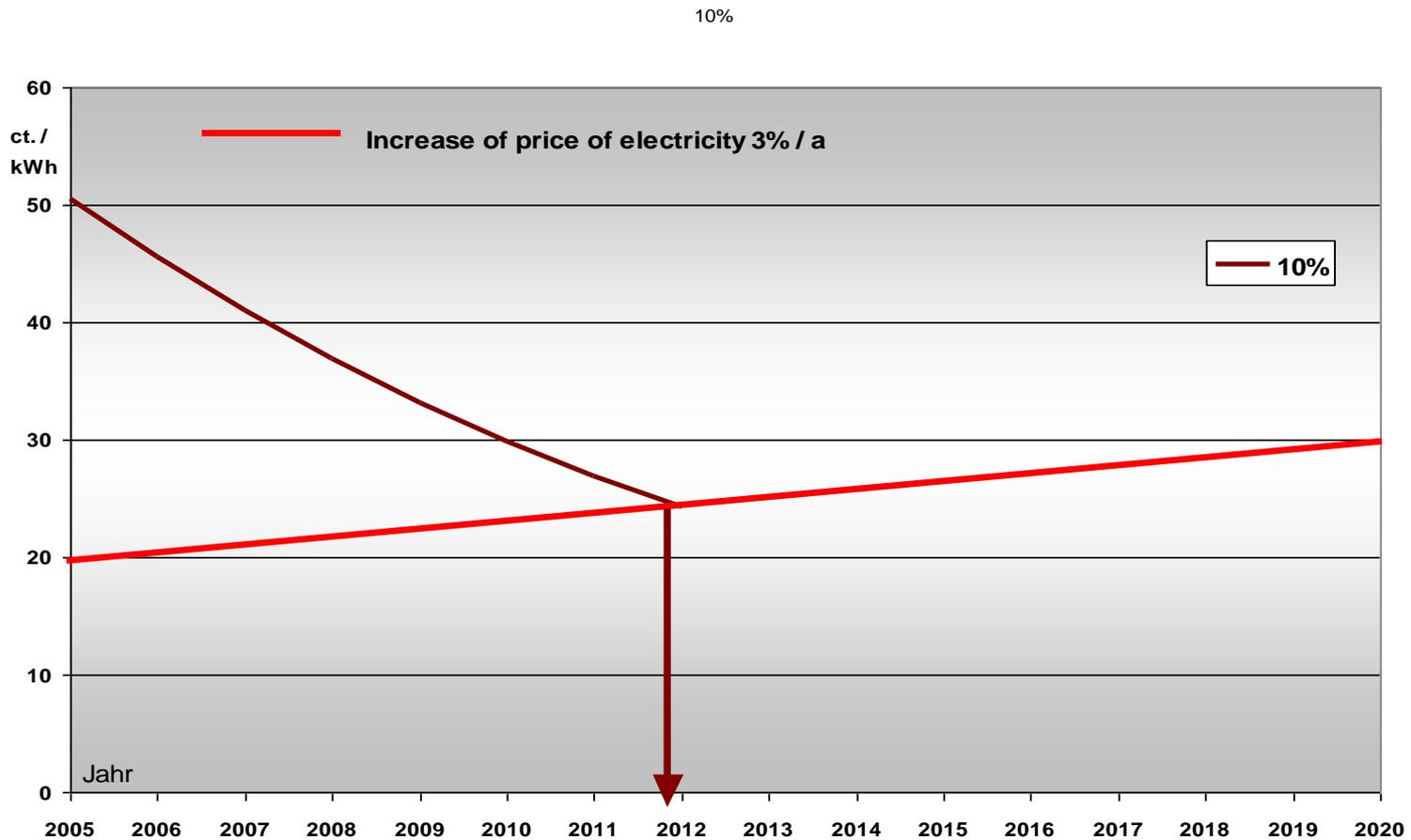


# ドイツの再生可能エネルギー法の成果

## 成果

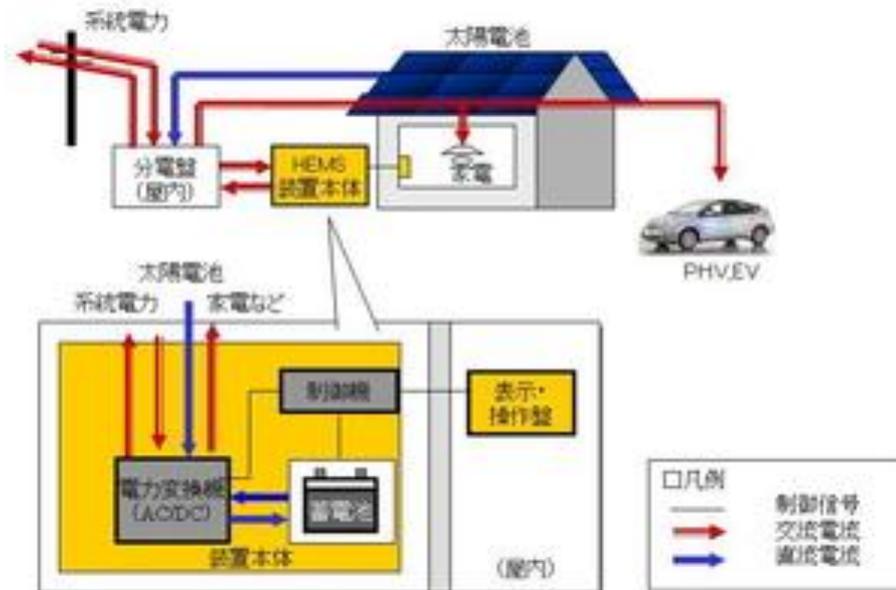
- 15.3 % of German electricity production from renewable energy sources in 2008
- 0.7 % of German electricity production from PV in 2008
- Important factor of climate protection goals
- 150,000 sustainable jobs created since 2000
- International appreciation

# ドイツにおけるグリッドパリティ

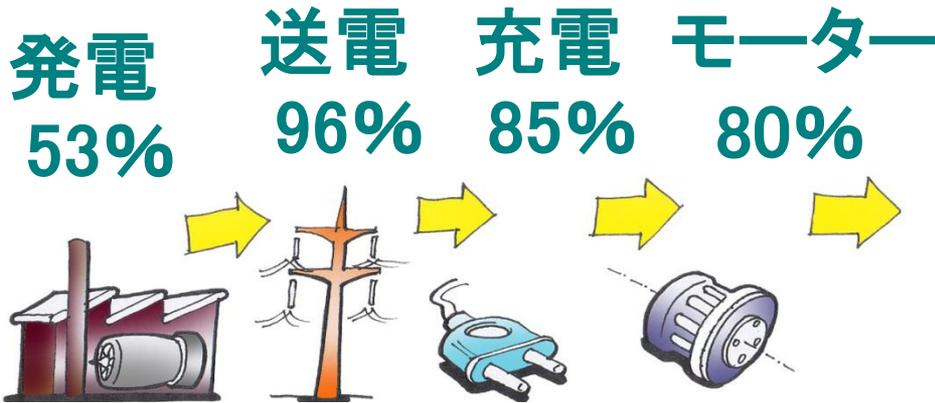


## 6.2 スマートハウス：「SH」

- IT(情報技術)を使って家庭の消費電力を制御する住宅
- 家電機器ネットワークでエアコンやテレビなどの使用を制御
- テレビの消し忘れ防止、エアコンの温度調節自動化等で省エネ
- 太陽光パネルや家庭用蓄電池で自家発電を効率的に活用
- トヨタ自動車/トヨタホーム/デンソーは一般家庭向けの「蓄電機能付きホーム・エネルギー・マネジメント・システム(HEMS)を開発



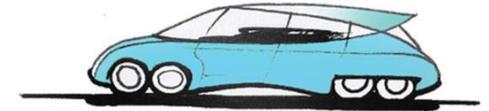
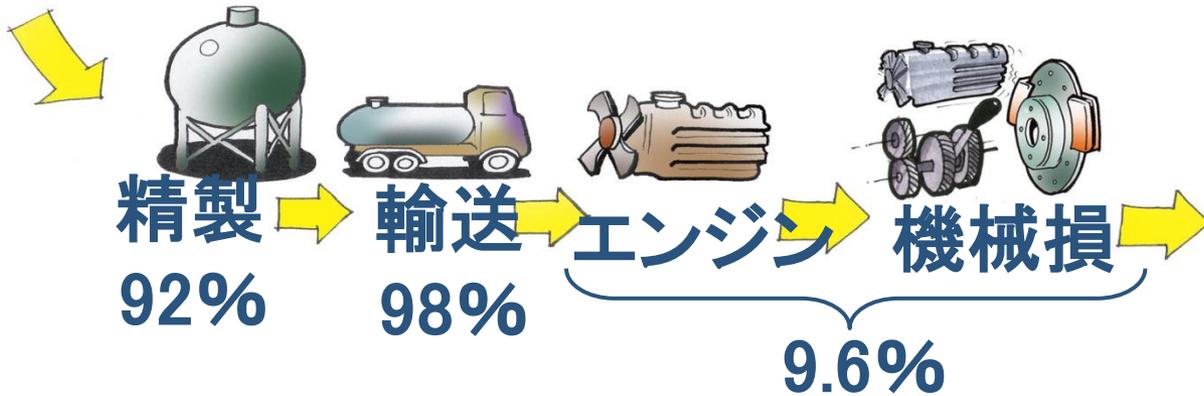
# 6.3 電気自動車 (慶應義塾大学環境情報学部清水浩教授)



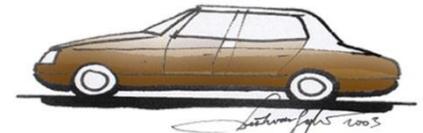
化石燃料

## 電気自動車とガソリン車のエネルギー効率

(慶應義塾大学清水浩教授)



電気自動車  
35%



ガソリン車  
8.6%

# 日本では三菱自動車/日産自動車が先行

## ●2009年7月三菱自動車

- ・世界初の量産型電気自動車「i-MiEV」発売
- ・価格：450.9万円⇒398万円へ大幅値下げ
- ・公称航続距離：160Km
- ・バッテリー容量：重量の関係から16kWh



## ●2010年12月 日産自動車

- ・価格：376万円⇒(補助金77万円)299万円
- ・2010年末「リーフ」発売
- ・公称航続距離：160km ・バッテリー24kWh



# スモールハントレットの米国代表テスラ・ロードスター

- 常識を破った低コスト長時間蓄電！  
⇒ ノートPC用リチウムイオン電池の量産効果
- 直列99 × 並列69 = 6831個のセル構成
- 車両本体重量800kg
- バッテリー重量450Kg
- バッテリー容量53kWh
- 公称航続距離390Kmを実現
- 価格10.9万ドル(約1000万円)
- \* トヨタ自動車が出資しNASDAQ上場
- \* パナソニックが出資(バッテリー供給)



# 当社が取り組む電気自動車関連事業の例

## 8月24日SIM-Drive社設立発表



### ■取締役

清水 浩 (慶應義塾大学 環境情報学部 教授)

福武 総一郎 (ベネッセコーポレーション会長)

羽鳥 兼市 (ガリバーインターナショナル会長)

藤原 洋 (ナノオプトニクス・エナジー社長)

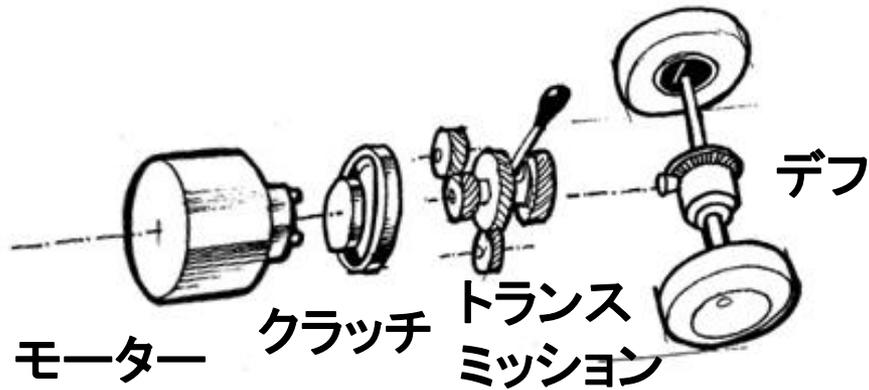
■ベネッセコーポレーション、ガリバーインターナショナル、ナノオプトニクスエナジー、慶大などの出資によって、清水教授の30年間の研究成果をもとに電気自動車のR&D会社を設立

### ■モーターは3種類を定義

トルク50NmのS、200NmのM、700NmのLの3種類となっており、たとえば50Nmのモーターを4輪に取り付けた場合、200Nmのトルクを持つ電気自動車になる。これは排気量2000ccの自然吸気ガソリンエンジンと同等

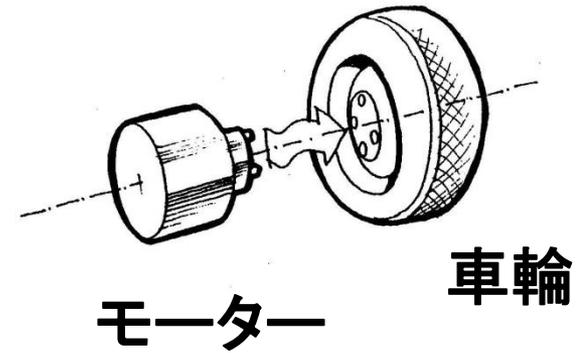
# 車体構造の違い

## ◆従来型の電気自動車構造



エンジンの代わりにモーターを乗せ、車体はエンジン車のもの  
トランクや、座席等に電池を配置

## ◆SIM-Driveの提案する電気自動車構造



モーターは車輪の中に  
電池は床下のフレームの中に

# ついにベールを脱いだSIM-LEI

・航続距離 : 333kmを達成

・ガソリン燃費 : 70km/l相当 !



## 鳥取県米子工場で展開する当社の事業計画の例

1. 名称: ナノオプトニクス・エナジー

YeS(Yonago EV&Energy Square)

2. 所在地: 鳥取県米子市上福原1383

3. 操業開始: 平成23年春(予定)

4. 事業内容: 環境エネルギー関連システム

および電気自動車の開発・製造

5. 雇用計画: 約800名(5年計画)

6. 設備計画: 約230億円(5年計画)

7. 販売計画: 約1000億円(平成27年度)

# 「地産地消型エネルギーグリッドと情報グリッド」の統合

- エネルギーグリッドの構築 ●センサーネットワークの構築 ●地域のエネルギー発生/消費情報網の構築
  - 環境エネルギーモニタリング/データの「見える化」 ●ホワイトスペースをコアとする情報グリッドの構築
- ⇒エネルギーと情報の地産地消モデルの確立『エネルギーグリッドと情報グリッドの統合』

## 再生可能エネルギー源

風力発電



水力発電



太陽光発電



例: CATV局との連携



## エネルギーグリッド

オフィス



家庭



医療機関



大学/研究機関



観光地



電気自動車



SS



コンビニ



ビルディング/ホームオートメーション化  
一般家庭の太陽電池パネルの設置推進

海洋



山地



気象



農地



## 情報グリッド

【ホワイトスペース  
インターネット】

自然環境地域

# 産業革命史における日本の役割

第1次産業革命 原理:力学⇒動力革命

→イギリス 紡績/船舶/鉄道産業へ

第2次産業革命 原理:物質科学⇒重化学工業革命

→ドイツ/アメリカ 鉄鋼/自動車産業へ

第3次産業革命 原理:数理科学⇒デジタル情報革命

→アメリカ 通信/コンピュータ/半導体/家電産業へ

---

この間一貫して日本は改良技術立国だった！

---

第4次産業革命 原理:総合科学⇒環境エネルギー革命

→日本 地産地消型環境エネルギー産業の創出へ

---

これからは産学官連携・発明/発見技術立国へ！

---

## 7. APEVビジネス情報委員会のご紹介

## 【活動内容】

Global Market Research - 国内外の自動車産業・周辺産業調査

EV & Information Technologies - ナビ・IT関連等情報技術の標準化

Exploring Solutions - 会員の情報ニーズ探索

部会長：藤原 洋(株式会社ナノオプトクス・エナジー代表取締役)

事務局長：浜 由紀  
(島津製作所 分析計測事業部)

参加機関・参加社 \*WG…ワーキンググループ(作業部会)

WG 1 : Global Market Research  
国内外の自動車産業・周辺産業調査

WG 2 : EV&Information Technologies  
ナビ・IT関連等情報技術の標準化

WG 3 : Exploring Solutions  
会員の情報ニーズ探索

ご清聴ありがとうございました。

