

平成24年度千葉県地球温暖化防止活動推進員研修会

日時 平成24年10月4日(木)

場所 千葉商工会議所第1ホール

環境・エネルギー教育と 自然再生可能エネルギー について



千葉大学大学院工学研究科

都市環境システムコース

佐藤 建吉

概要

「千葉県地球温暖化防止活動推進員研修会」において「環境・エネルギー教育と自然再生可能エネルギーについて」という主題で話す機会において、講演者は、2012年3月11日の事故以後の我が国、及び国際的な状況を踏まえて、千葉県に住む人々の取るべきエネルギーと環境、そして地球温暖化という側面から講演をしたい。

第1に、温暖化防止活動の日常性について述べる。それは、温暖化防止活動を身近なものとし、持続的・継続的に日常行動するための明示知と暗黙知の獲得のための情報を提供する。

具体的には、①地球温暖化を踏まえた海外事情、国際的、海外における視点や見解について述べる。②明示知の獲得のためには分かりやすくすることが必要であり、「見える化、分かる化、出来る化」という視点を述べる。③暗黙知の形成のためには、その意味と、それを獲得するために、「自然」との関わり、そしてその中で生き、体験する重要性について述べる。

第2に、エネルギーと環境については、従来からの方式やそれに対する習慣（生活習慣）からの離脱が重要である。そのために必要なことは、変革や転換を恐れない感覚であろう。そのためには、意識改革であり、それは、未来へ向かう、過去への理解である。これまでの変化の事実と歴史について述べる。

第3には、市民や家族、そして自身が、活動するための環境をつくることの大事さについて述べる。困難にあって出来ないのは、上に述べた「見える化、分かる化、出来る化」の不足であり、保守的な考えから試行に向かわせる環境（状況）の不足である。そこには、単なる情報提供では十分ではなく、試行することへの強い動機付けであり、それを通して、関係者（市民や家族、そして自身）が継続して行動する人物に変わらせること、すなわち「できる状況づくり」という言葉であり、概念が、大事であることを述べる。

上の「強い動機付け」には、理念ばかりでなく、コストやお得感、あるいは、事業性といった魅力の提供が大事であることを述べる。技術開発や実践を促すインセンティブを取り入れた政策や補助金の導入も必要である。それには、そうした動きをつくりだすシステムを導入するための「行動」について述べたい。

話題／topics

- イントロダクション／introduction
- ①持続可能／sustainability
- ②明示知：見える化／分かる化／出来る化
- ③暗黙知：自然から学ぶ
- 意識改革、生活習慣、問題&夢社会、精神・スピリット・気概・慣れ・習慣／チェンジ
- できる状況づくり
- インセンティブ／環境エネルギー／環境技術／リサイクリング
- 風車開発の要点
- イクストロダクション／extroduction

イントロダクション／INTRODUCTION

千葉大学での活動

- コース: 都市環境システム
- 分野: 環境マネジメント
- 研究: 疲労(フレット疲労)、
光学測定(コースティックス法)、
風力発電、技術史、地域活性化、太陽光発電、etc
- 講義: 「環境マネジメント論」、「都市環境エネルギー概論」、「材料力学」、「環境・エネルギー材料」、「科学技術と現代社会」



日本
JAPAN



稚内風力、メガソーラー
苫前風力
室蘭風力
札幌CC

竜飛風力
津軽風力
原子力

能代風力
鳥海山風力

マグヌス風力
風力

立川風力
酒田ソーリス

新潟CC

長野CC

読書水力
水力

敦賀原子力
もんじゅ

神戸CC

高浜風力
倉吉CC

広島CC

小倉CC
福岡CC
響灘風力

青森

秋田

岩手

山形

宮城

仙台CC
利府町ソーラー

福島

郡山風力
天栄風力
福島原発第1

新潟

前橋CC

石川
富山

群馬

栃木

茨城

東海原子力
波崎風力

長野

埼玉

山梨

東京

銚子風力
飯岡風力
市原風力
勝浦風力
鴨川風力
館山風力
君津東電
九都市

岐阜

愛知

静岡

神奈川

千葉

滋賀

京都

大阪

奈良

三重

名古屋CC
豊橋ソーラー

北杜市ソーラー
都留市水力

横浜風力
九都市

台場風力
若洲風力
都内CC
九都市
八丈島風力
八丈島地熱

和歌山

徳島

高知

愛媛

大分

福岡

熊本

宮崎

佐賀

長崎

熊本CC

伊方原発
伊方風力

淡路風力
ホテル風力

京都CC
大阪CC

鈴鹿風力

熱川風力

北杜市ソーラー
都留市水力

横浜風力
九都市

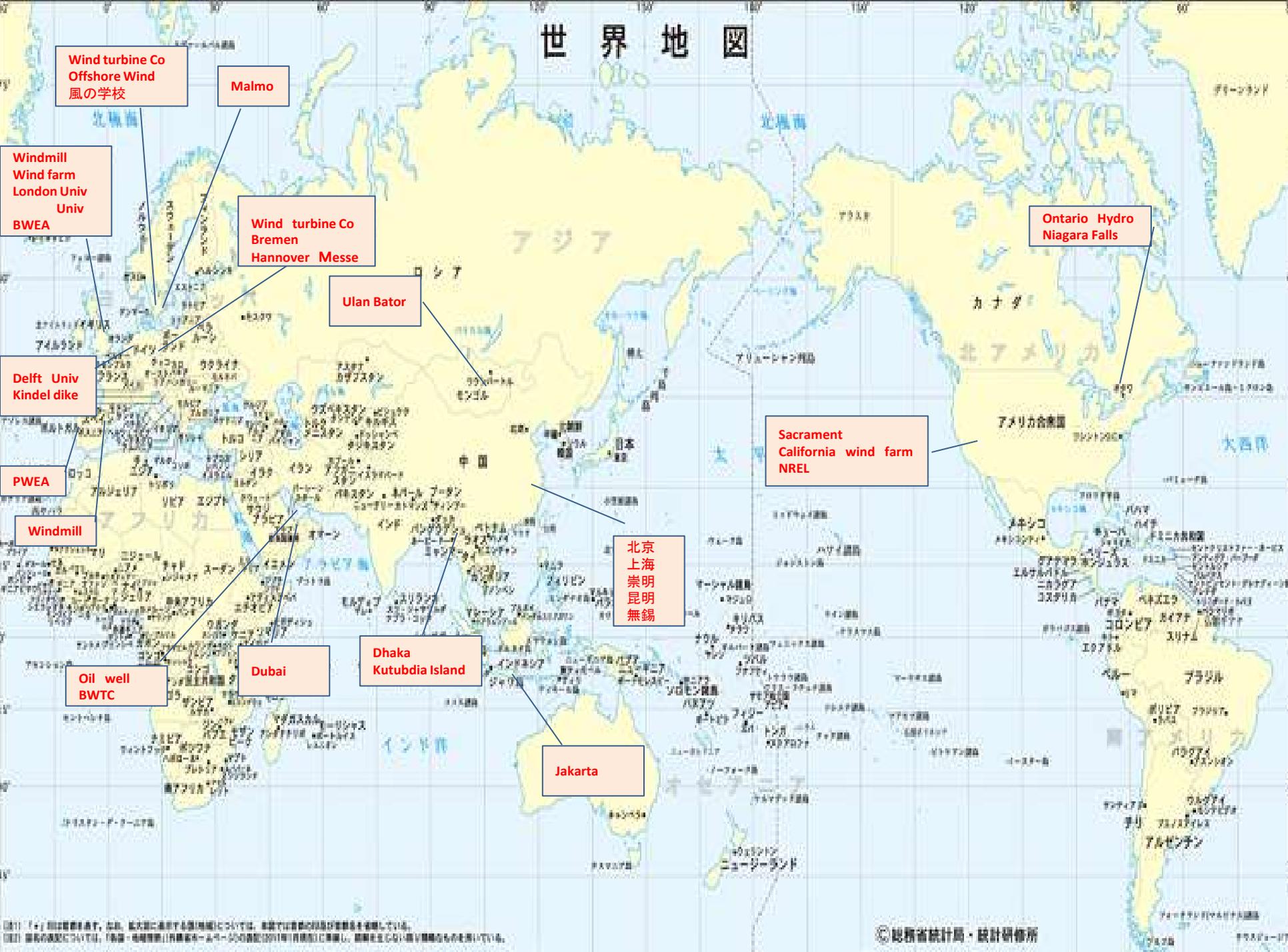
銚子風力
飯岡風力
市原風力
勝浦風力
鴨川風力
館山風力
君津東電
九都市

沖縄

本部揚水
沖電風力
宮古CC

鹿児島風力
鹿児島CC

世界地図



Wind turbine Co
Offshore Wind
風の学校

Malmö

Windmill
Wind farm
London Univ
Univ
BWEA

Wind turbine Co
Bremen
Hannover Messe

Ulan Bator

Ontario Hydro
Niagara Falls

Delft Univ
Kindel dike

PWEA

Windmill

Sacramento
California wind farm
NREL

北京
上海
崇明
昆明
無錫

Oil well
BWTC

Dubai

Dhaka
Kutubdia Island

Jakarta

注1) 「」内は参考資料。なお、本図に使用する国名(地域名)については、国名では慣習の呼称が優先される場合がある。
注2) 国名の表記については、「国名・地域名(国名)ホームページ」の表記(2011年10月現在)に準拠し、誤謬を正さない限り優先的に採用している。



水力

太陽光

バイオマス

風力

洗楓座

ヒューマンパワー

地熱

一般
社団
法人

再生可能エネルギー利用を進める人の集まり

Hannover Messe





持続性／SUSTAINABILITY

2. The

International Union for
Natural Reservation

Sustainable Development

The idea of sustainability dates back more than 30 years, to the new mandate adopted by IUCN in 1969. It was a key theme of the United Nations Conference on the **Human Environment in Stockholm in 1972**. The concept was coined explicitly to suggest that **it was possible to achieve economic growth and industrialization without environmental damage**. In the ensuing decades, mainstream sustainable development thinking was progressively developed through the World Conservation Strategy (1980), the Brundtland Report (1987), and the United Nations Conference on Environment and Development in Rio (1992), as well as in national government planning and wider engagement from business leaders and non-governmental organisations of all kinds.

Over these decades, the definition of sustainable development evolved. The Brundtland Report defined sustainable as **'development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs'**. This definition was vague, but it cleverly captured two fundamental issues, the problem of the environmental degradation that so commonly accompanies economic growth, and yet the need for such growth to alleviate poverty.

2. The Idea of Sustainable Development

The core of mainstream sustainability thinking has become the idea of three dimensions, **environmental, social and economic sustainability**. These have been drawn in a variety of ways, as ‘pillars’, as **concentric circles**, or as **interlocking circles** (Figure 1). The IUCN Programme 2005-8, adopted in 2005, used the interlocking circles model to demonstrate that the three objectives need to be better integrated, with action to redress the balance between dimensions of sustainability (Figure 1 c).

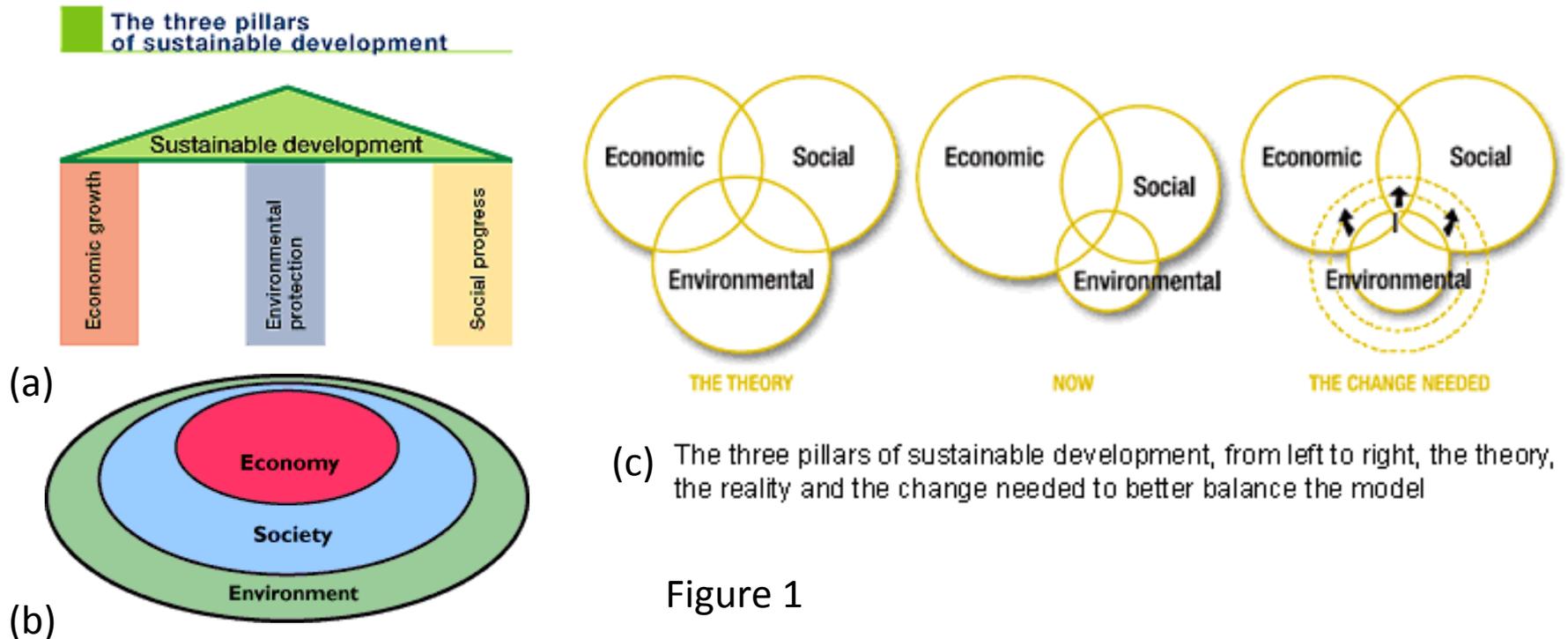
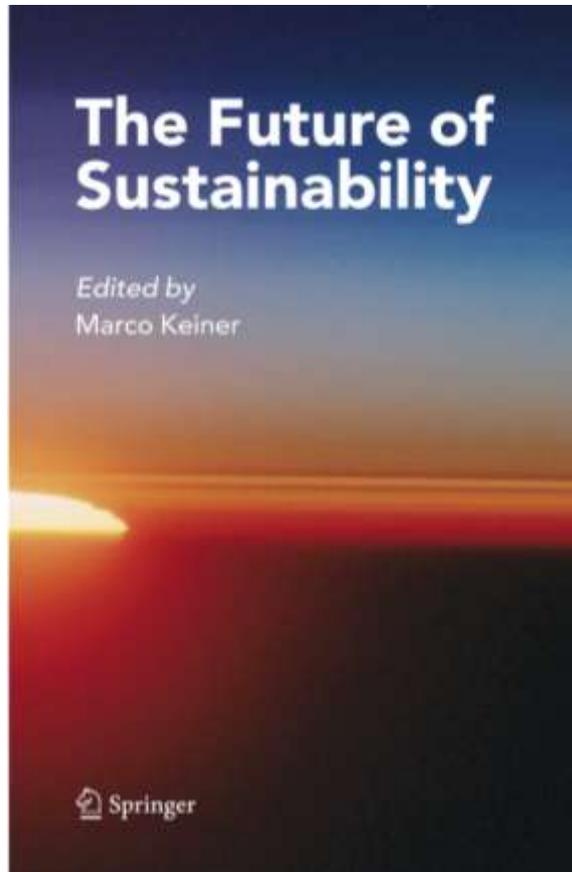


Figure 1

持続可能な発展／The Idea of Sustainable Development

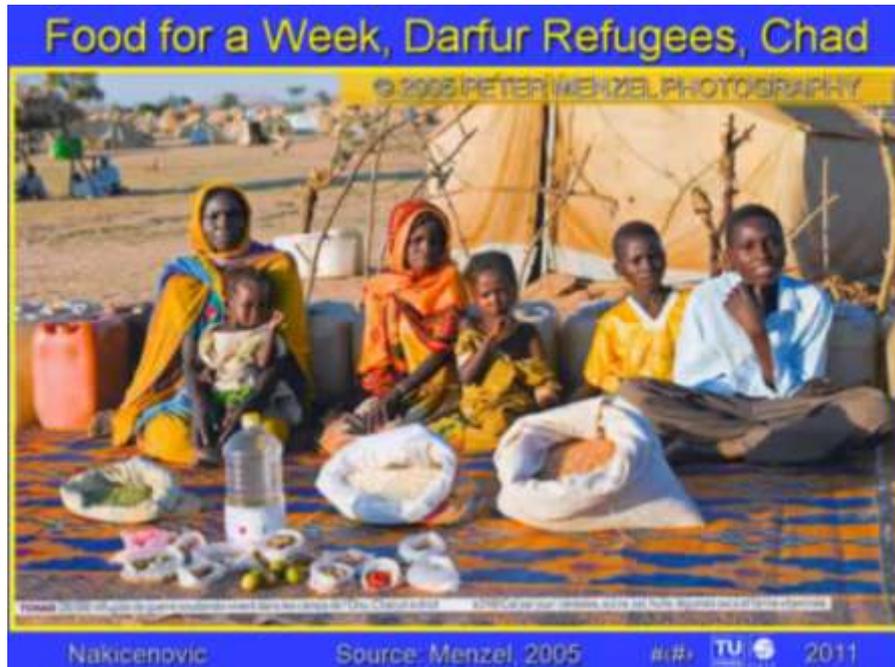


The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty- first Century

by W.M. Adams

Professor of Conservation and Development,
Department of Geography,
University of Cambridge,
UK

自然・天然品 vs 人工・加工品



< 1週間の食料と製品の違い >

明示知 / EXPLICIT KNOWLEDGE

再生可能エネルギー renewable energy

vs 枯渇性エネルギー

同義語・類義語

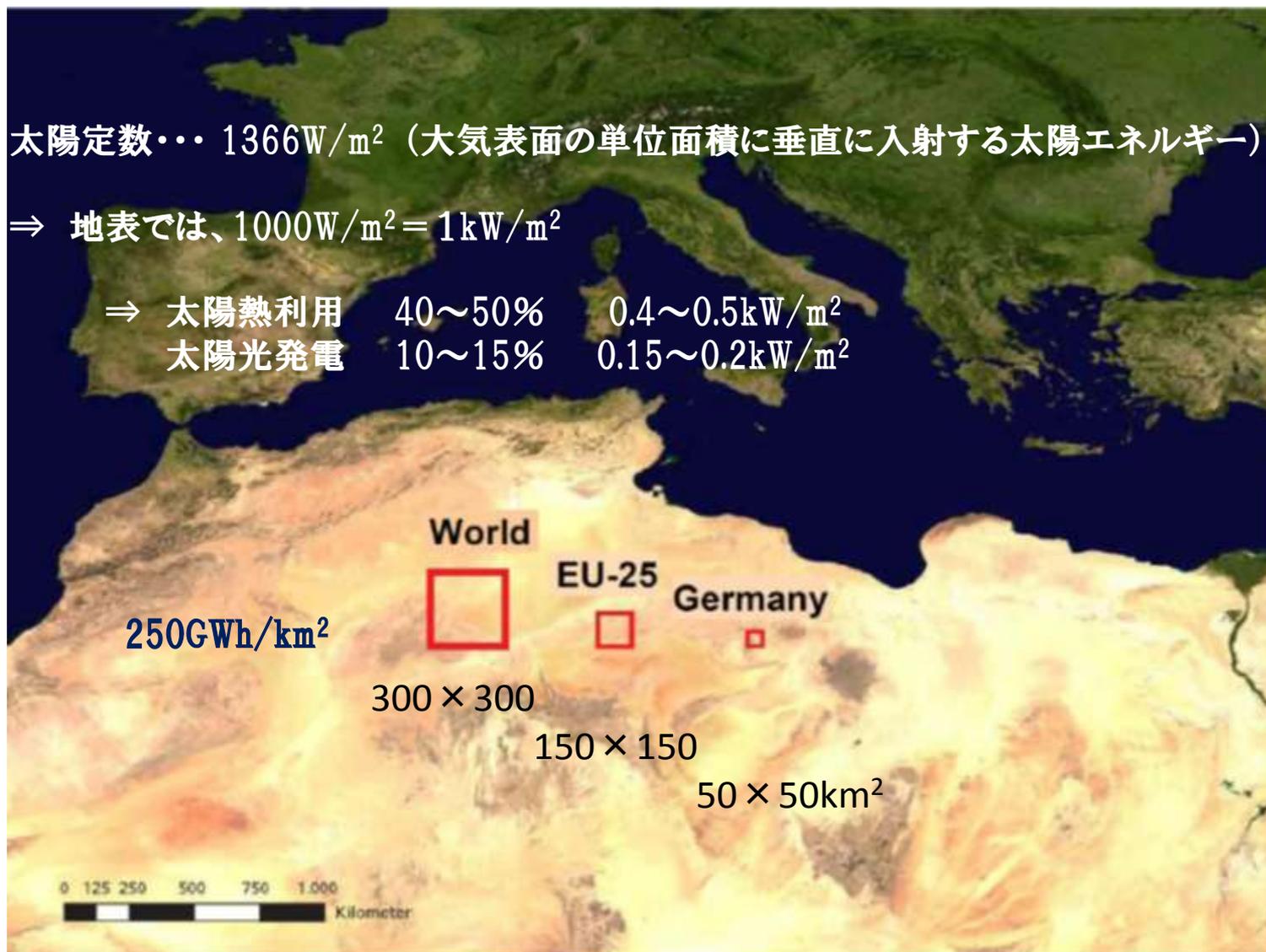
- 自然エネルギー : 再生可能エネルギーとほぼ同義に用いられる。
- green power : アメリカ合衆国環境保護庁 (EPA) は大規模水力以外の再生可能エネルギーによって発電された電力をgreen powerと定義する。
- 新エネルギー : 「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」(新エネルギー法)にて定められた10分類の再生可能エネルギーが指定されている。ほぼ日本のみで用いられる用語である。
- 代替エネルギー (alternative energy) : alternative energy は日本国外では主に再生可能エネルギー、特に new renewable energy を指す。日本「石油代替エネルギー」であり、石炭ガス化・天然ガス・原子力等も含む呼称である。

太陽エネルギーの実力

太陽定数・・・ $1366\text{W}/\text{m}^2$ (大気表面の単位面積に垂直に入射する太陽エネルギー)

⇒ 地表では、 $1000\text{W}/\text{m}^2 = 1\text{kW}/\text{m}^2$

⇒ 太陽熱利用	40~50%	$0.4\sim 0.5\text{kW}/\text{m}^2$
太陽光発電	10~15%	$0.15\sim 0.2\text{kW}/\text{m}^2$



太陽エネルギー、日射量、太陽光発電

日本の電力需要	13000億kWh	1.3×10^6 GWh	1.3E+12	kWh
世界の電力需要	20兆kWh	2×10^7 GWh	2E+13	kWh
日本の人口			127000000	人
世界の人口			6.9E+09	人
日本人1人当たりの電力消費			10236	kWh/人
世界で1人当たりの電力消費			2899	kWh/人
1年の時間			8760	h
1年の時間			8760	h
日本人一人の1時間当たりの電力消費			1.2	kWh/人
世界の1人の1時間当たりの電力消費			0.3	kWh/人
日本の太陽エネルギー(年間日射量)			1200	kWh/m ²
赤道付近の太陽エネルギー(年間日射量)			2600	kWh/m ²
日本の太陽光発電(年間発電量)			144	kWh/m ²
赤道付近の太陽光発電(年間日射量)			312	kWh/m ²
日本で必要な電力を太陽光発電でまかなうために必要面積			9.0E+09	m ²
世界で必要な電力を太陽光発電でまかなうために必要面積	2.6E+10		6.4E+10	m ²
日本での平方km			9028	km ²
世界での平方km	26000		64103	km ²
日本での一辺の長さ			95	km
世界での一辺の長さ	161		253	km
日本人1人が必要な電力を太陽光発電でまかなうために必要面積			71	m ²
世界で1人が必要な電力を太陽光発電でまかなうために必要面積	205		9	m ²
日本での一辺の長さ			8	m
世界での一辺の長さ	14		3	m

日本の実績
では、50
kWh/m²程度



暗黙知 / TACIT KNOWLEDGE

暗黙知／ tacit knowledge



<瞬間対応できるカラダ>

マイケル・ポラニー

「我々は語ることができるより多くのことを知ることができる」

認識の過程には、1次，2次の過程があり，両者は原因・結果としてあてはめることができる。原因があると結果が起こるとの認識は、記憶によっており、それが「暗黙の認識」であるとされている。これは、ある原因が極めて瞬間的に結果（結果は現象となる）をつくるが、なぜ、そうするか（なるか）については、十分な説明はできないものとされている・・・。

環境・エネルギー教育の試み

- ① 自然との関わりから学ぶ
- ② 登山
- ③ 魚捕り
- ④ 絵画・写真撮影
- ⑤ 栽培
- ⑥ ペット飼育
- ⑦ 団体活動

フクシマ以降の、われわれの対応は？

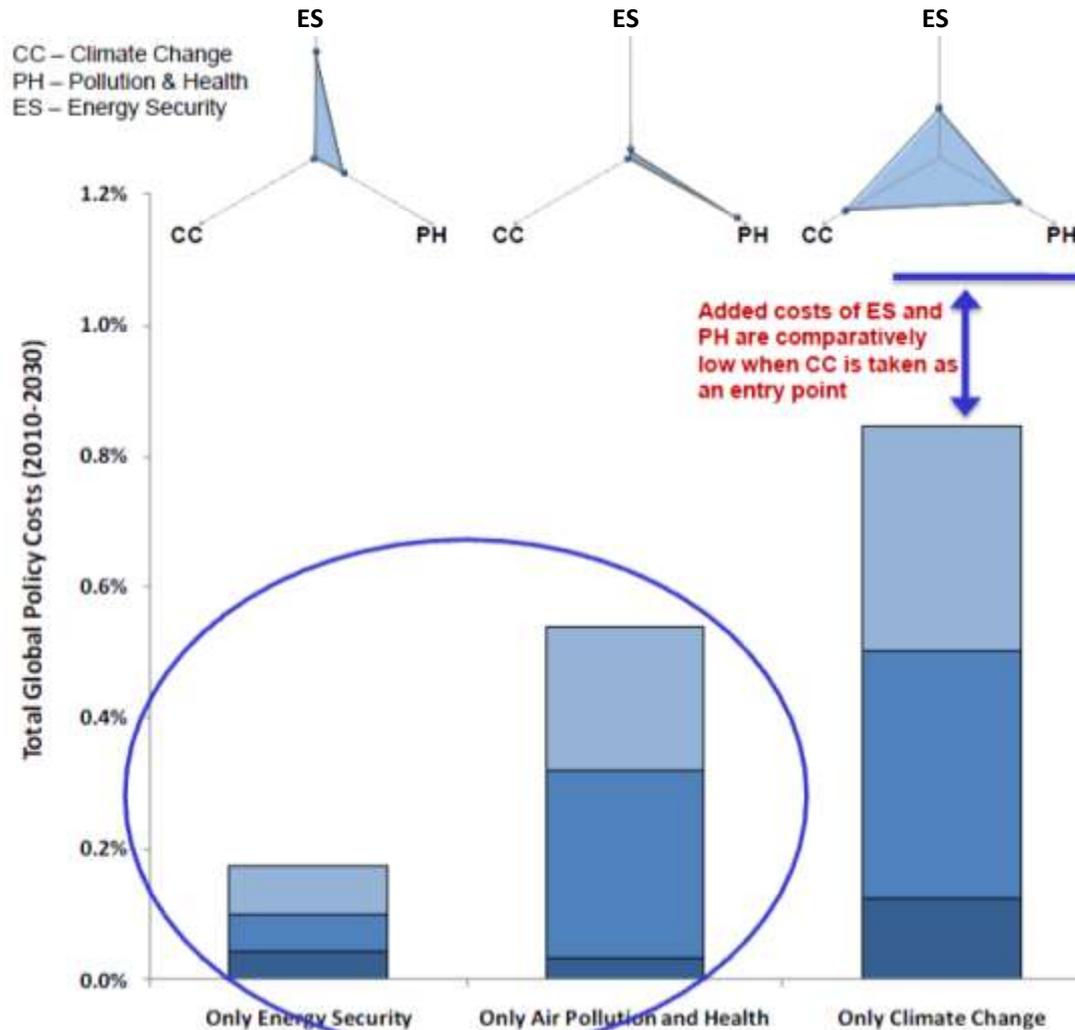
- **新エネルギー戦略決定！「原発ゼロ」も温暖化対策は？**

<http://www.wwf.or.jp/activities/2012/09/1086314.html>

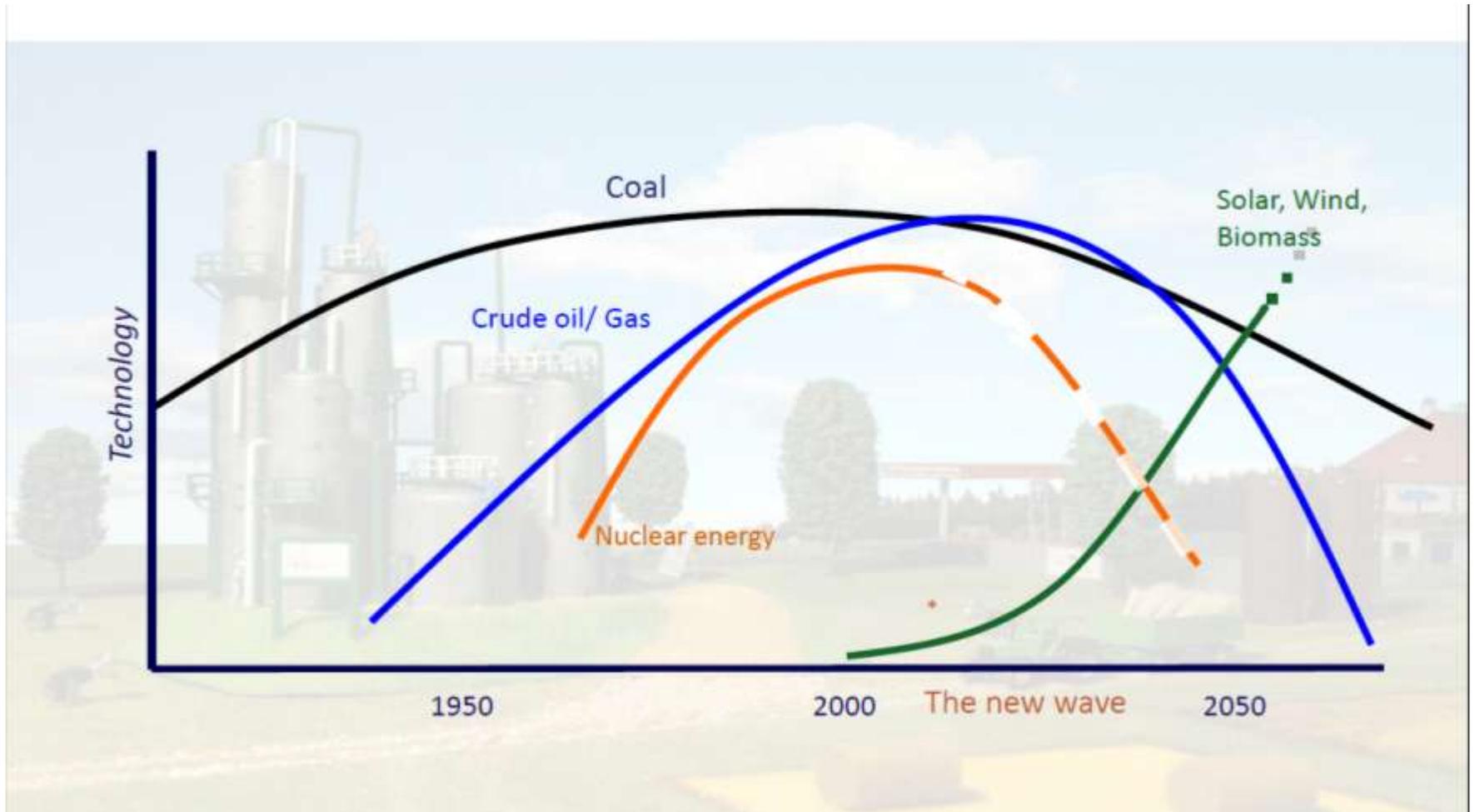
- **気候変動対策の後退を憂慮する政府「革新的エネルギー・環境戦略」決定に際して**

<http://www.wwf.or.jp/activities/2012/09/1086214.html>

気候変動、汚染・健康、セキュリティ経費の相互判断が要



エネルギー転換の見通し

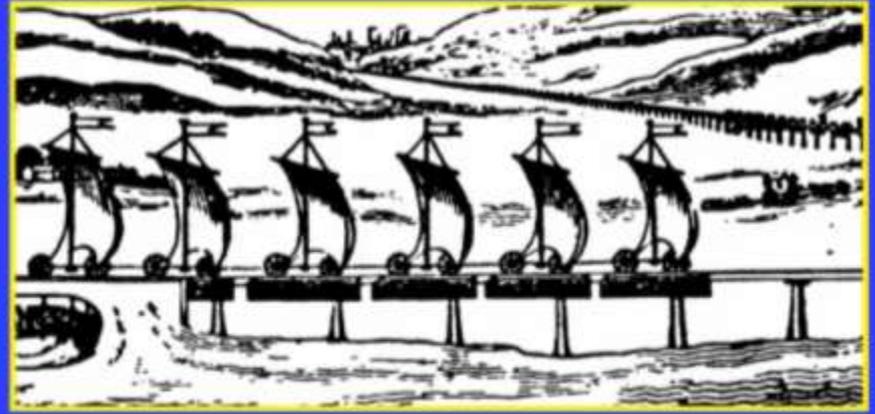


効率化と脱炭素

- エネルギーは、21世紀の課題に対応するために必須な開発目標である
- 世界が連携した取り組みが、貧困の克服させ、すべての利害関係者が協働することを可能にする
- エネルギー転換は、健康、安全保証、気候変動などの多くの面でいい効果をもたらす
- 巨額の資金が必要であるが、真にしかもしっかりした政策で達成可能である

Vision of a Sailing Railway

Monorail using sails proposed by Henry R. Palmer in 1828



轉換・變化

／TRANSFORMATION & CHANGE

人口増加と文明

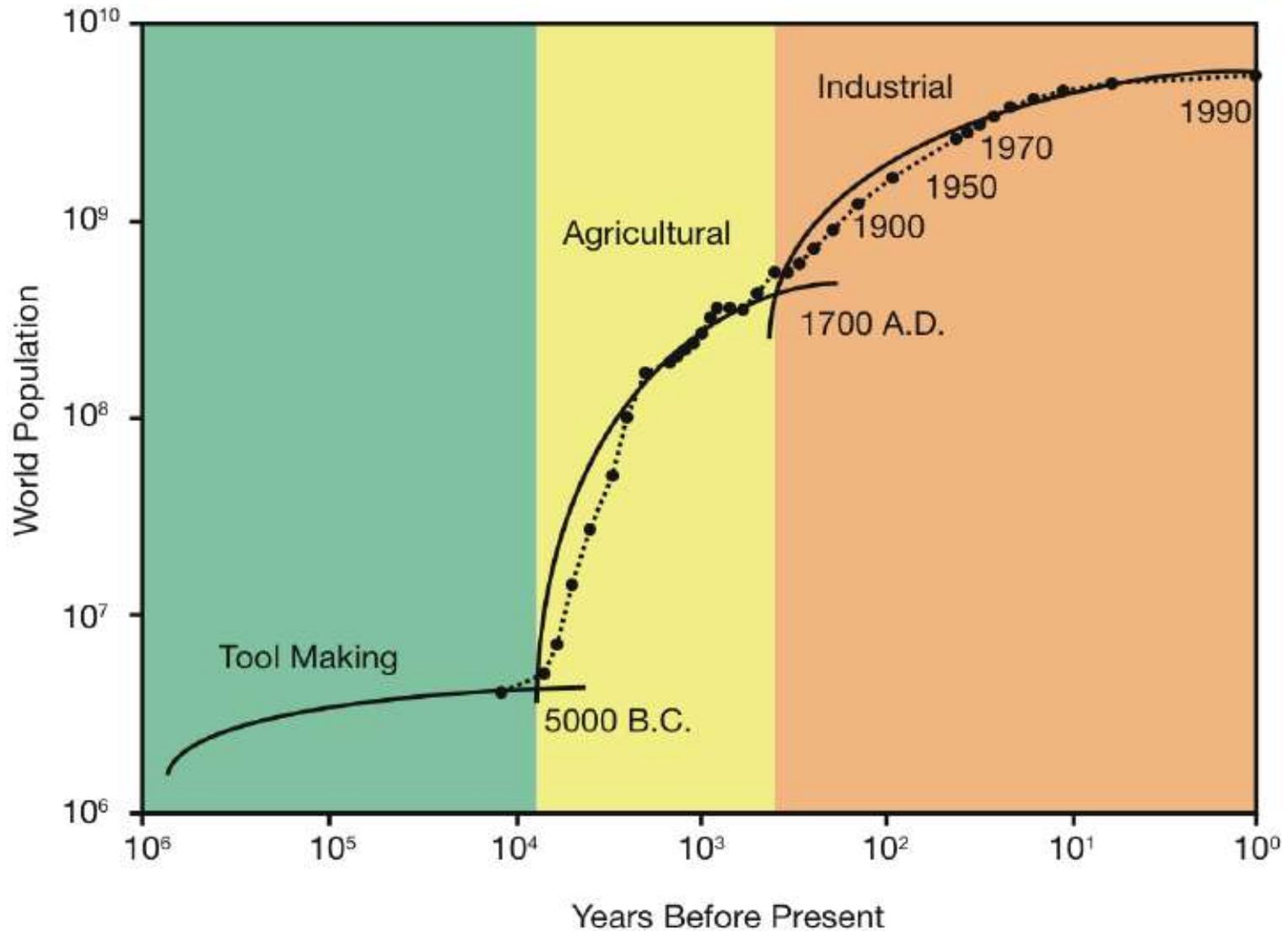
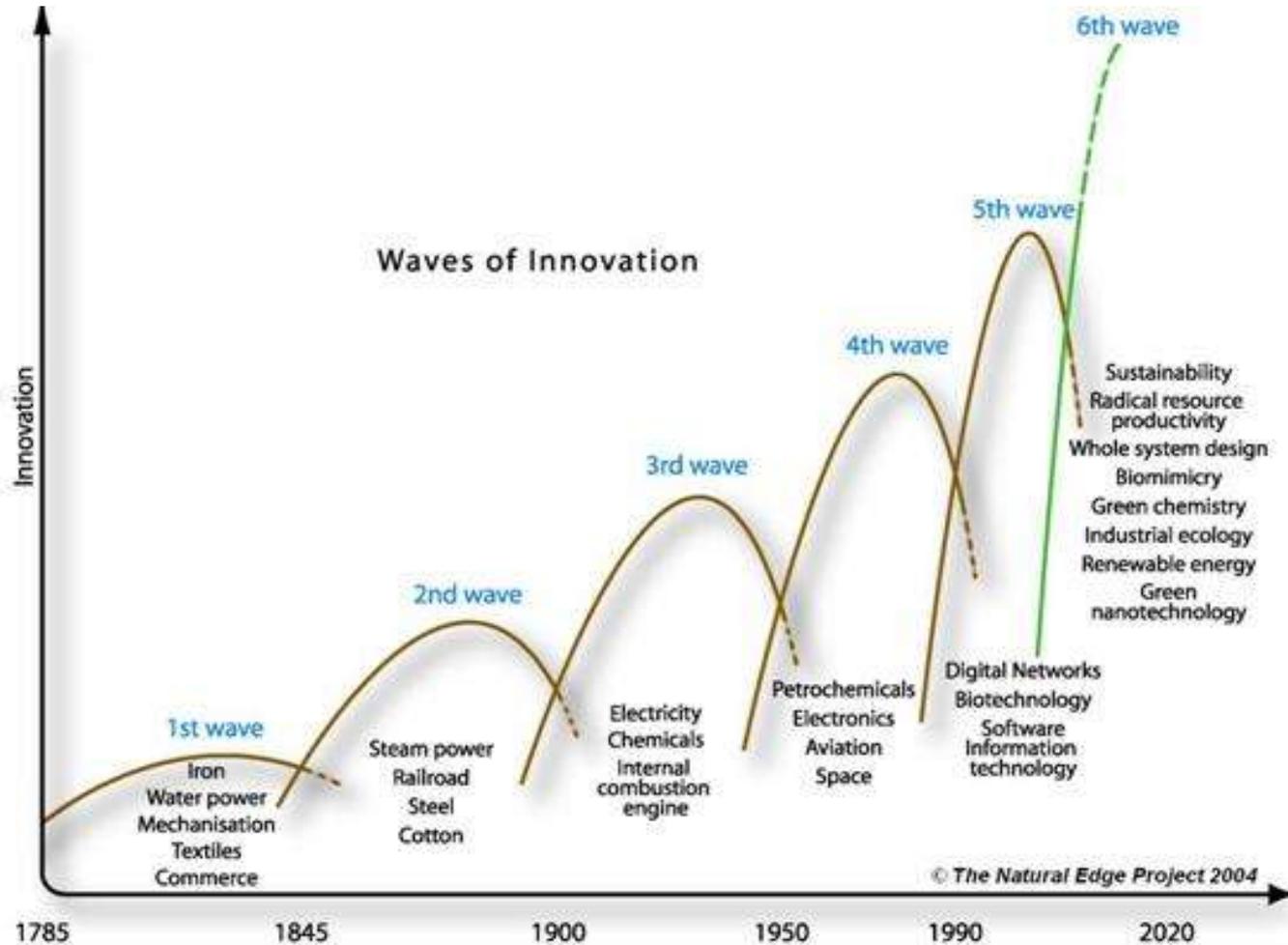


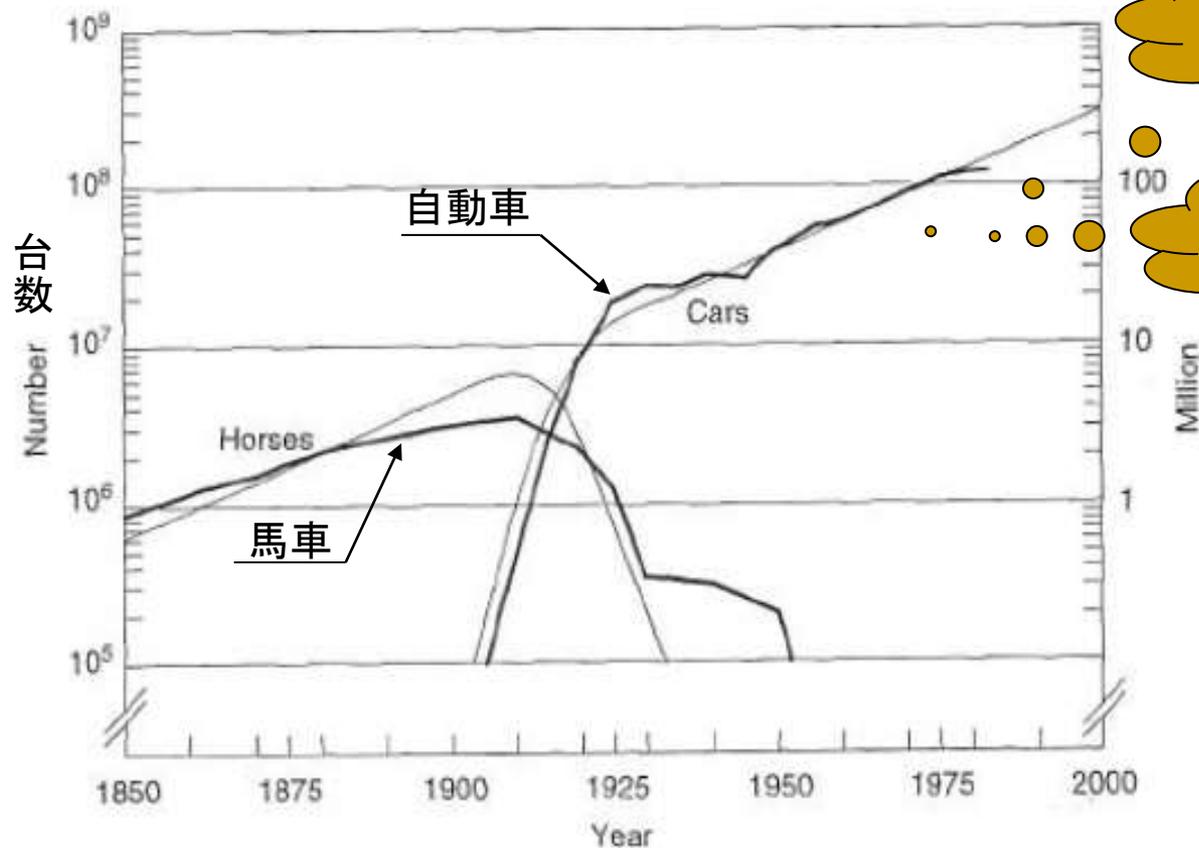
Figure 2 Waves of Innovation of the First Industrial Revolution

変化は道理



自動車も、かつては、オルタナティブであった

- 下の図は、アメリカにおける馬車から自動車への転換を示しています。
- つまり、自動車は馬車に対してオルタナティブでした。
- いま、ガソリン自動車から電気自動車、燃料電池自動車への転換がなされています…。



このままでいいのかわからないのか、それが問題だ。

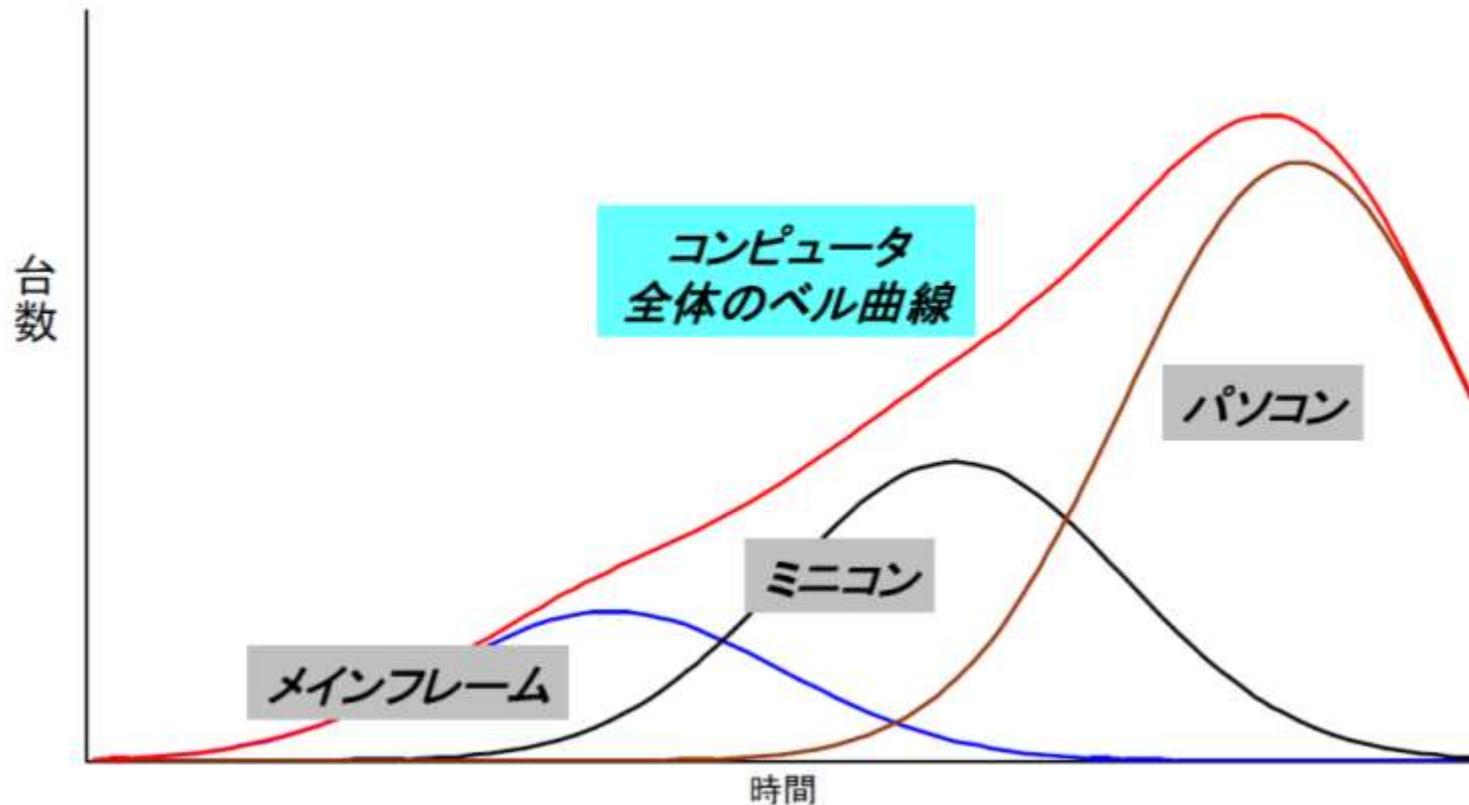
to be, or not to be:
that is the question.

1910~1925頃の自動車の急速な伸びは、フォード-Tタイプの登場による。

出典: 日本機械学会誌

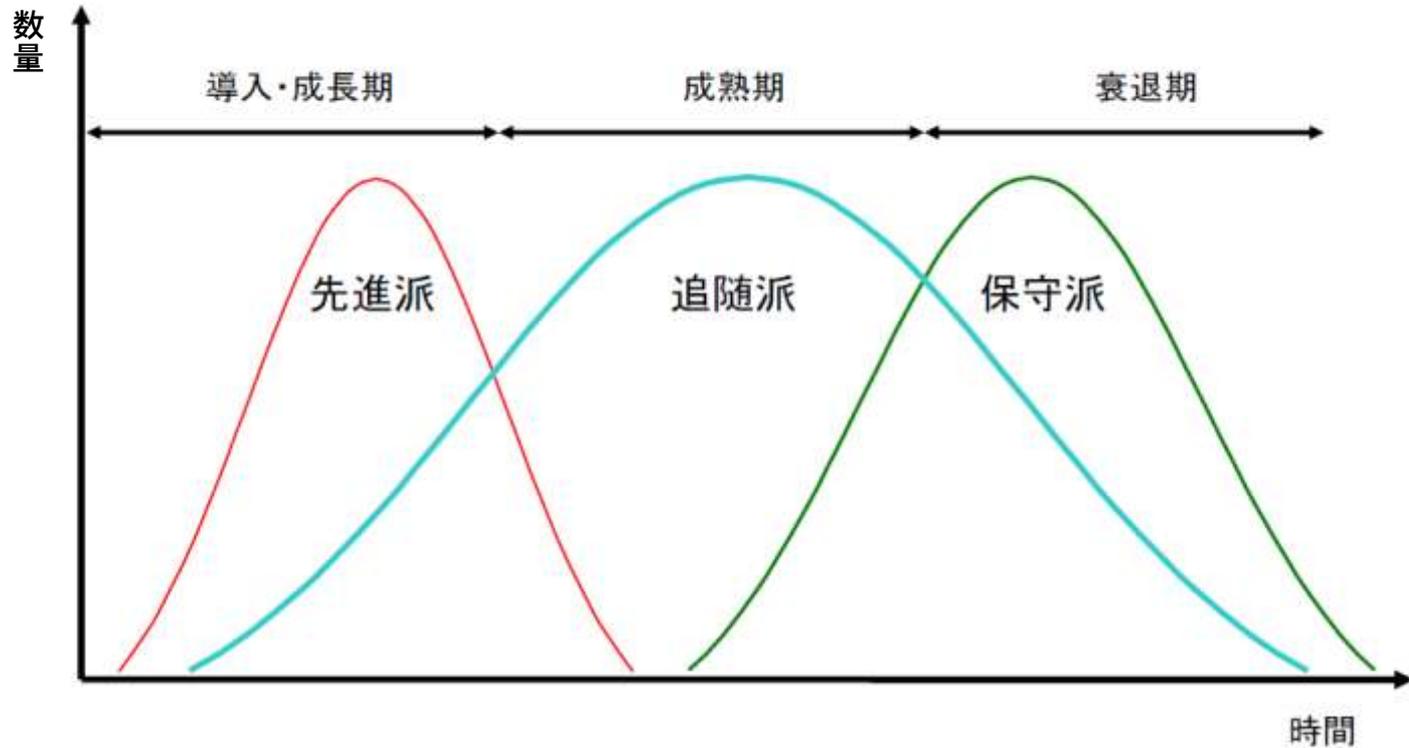
イノベーションとベル曲線

継続的イノベーション(模式図)

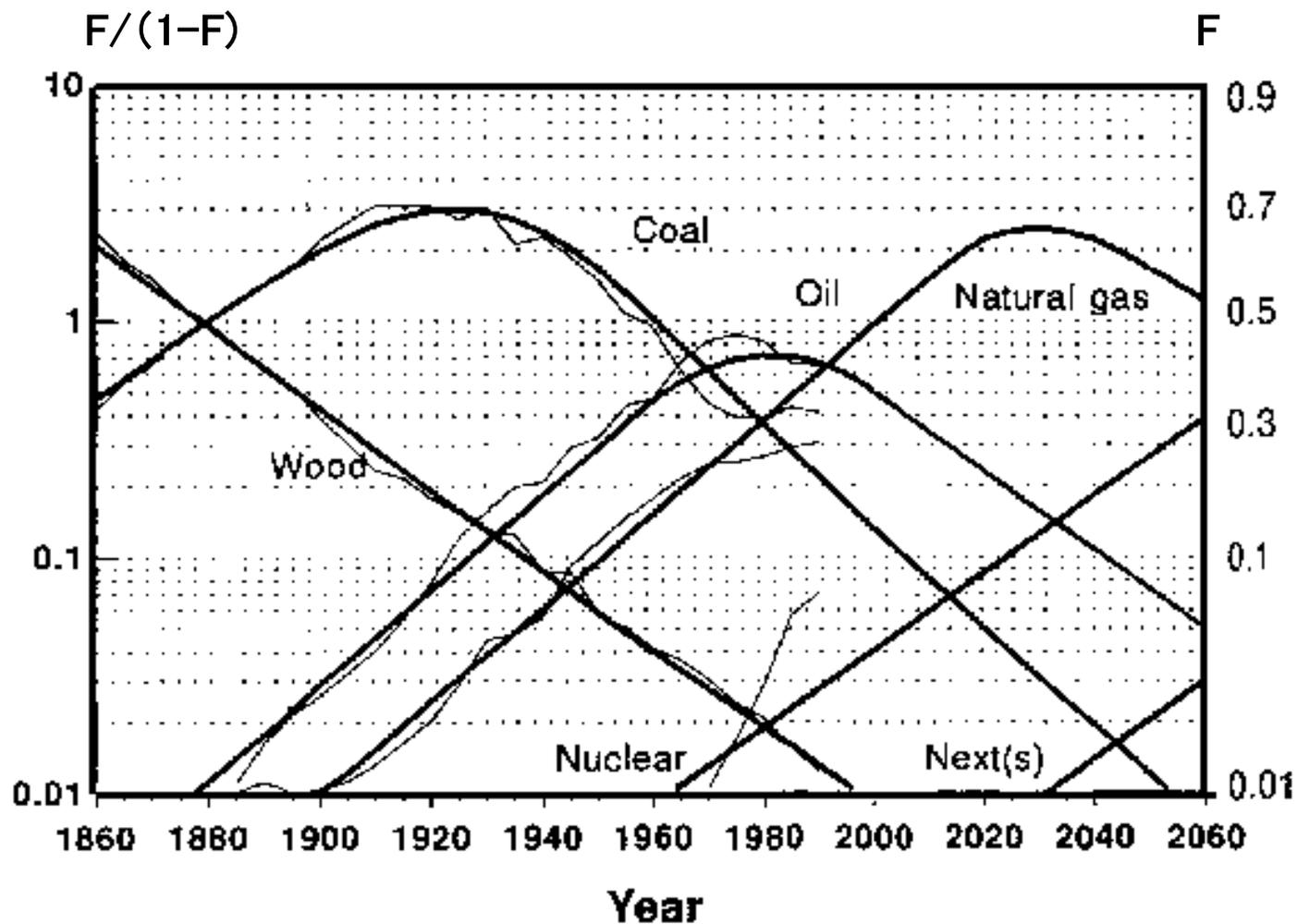


[出典]セオダー・モーディス: 予測学入門、産能大学出版部(1994)を参考にして作成

新規着手、導入、普及のパターン



1次エネルギー割合の変化



世界でのエネルギー転換

- エネルギーとエコシステムの利用への接近
(MDGsミレニアム開発目標と快適のための前提条件)
- 気候変動を軽減するための積極的な脱炭素化は、複数の共同利益もたらす
- エネルギー転換は、R&Dと急速な技術伝播と実施が必要である
- そのためには、持続可能エネルギーについての研究が必要であり、それが共同利益となる

MDGs (Millennium Development Goals)

189の国連加盟国代表21世紀の国際社会の目標として国連ミレニアム宣言を採択(2000年)

目標1: 極度の貧困及び飢餓の撲滅

- ・2015年までに1日1ドル未満で生活する人口の割合を1990年の水準の半数に減少させる。／2015年までに飢餓に苦しむ人口の割合を1990年の水準の半数に減少させる。

目標2: 普遍的初等教育の達成

- ・2015年までに、全ての子供が男女の区別なく初等教育の全課程を修了できるようにする。

目標3: 男女病棟及び女性の地位強化の推進

- ・可能な限り2005年までに初等・中等教育における男女格差を解消し、2015年までにすべての教育レベルにおける男女格差を解消する。

目標4: 乳幼児死亡率の削減

- ・2015年までに5歳未満児の死亡率を1990年の水準の3分の1に削減する。

目標5: 妊産婦の健康の改善

- ・2015年までに妊産婦の死亡率を1990年の水準の4分の1に削減する。

目標6: HIV/AIDS、マラリア、その他の疾病との闘い

目標7: 環境の持続可能性確保

- ・持続可能な開発の原則を国家政策及びプログラムにもりこみ、環境資源の損失を減らす。／2015年までに、安全な飲料水を継続的に利用できない人々の割合を半減する。

目標8: 開発のためのグローバルなパートナーシップの推進

- ・さらに開放的で、ルールに基づく、予測可能でかつ差別的でない貿易及び金融システムを構築する。／後発開発途上国の特別なニーズに対処する。(後発開発途上国からの輸入品に対する無関税・無枠、債務救済及び二国間債務の帳消しなど)

バーレン世界貿易センター(WTC)



ツインビルに、ビルトイン風車
(組み込み風車)



16階コリドールの風車 (225kW)

50階建ツインビル(高さ240m)

デザインは地域を変える

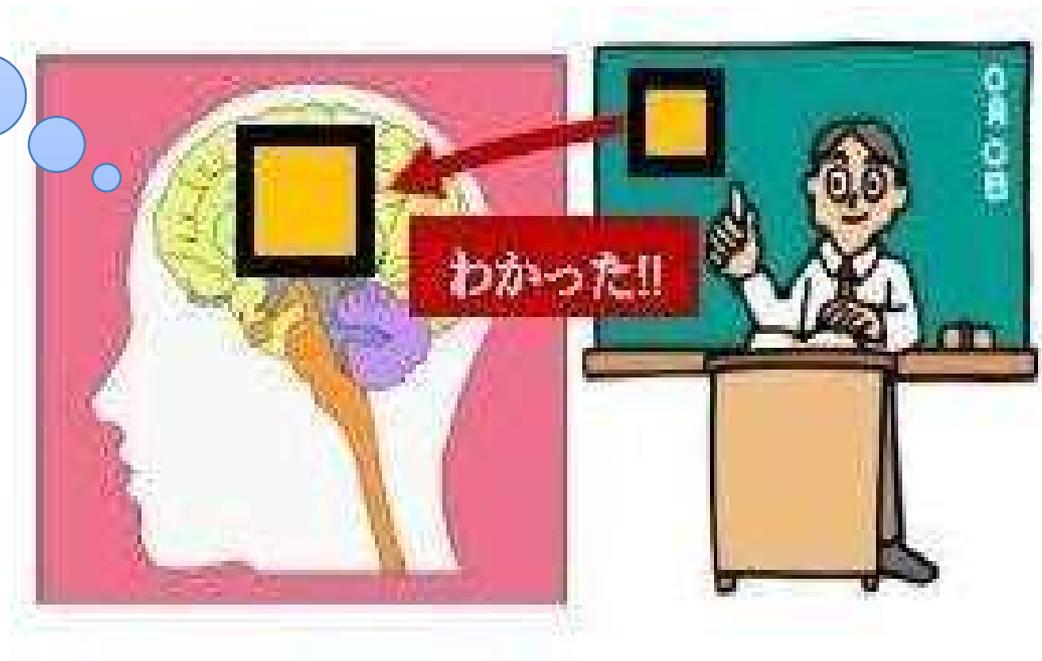


できる状況づくり

／CREATING BETTER CIRCUMSTANCES

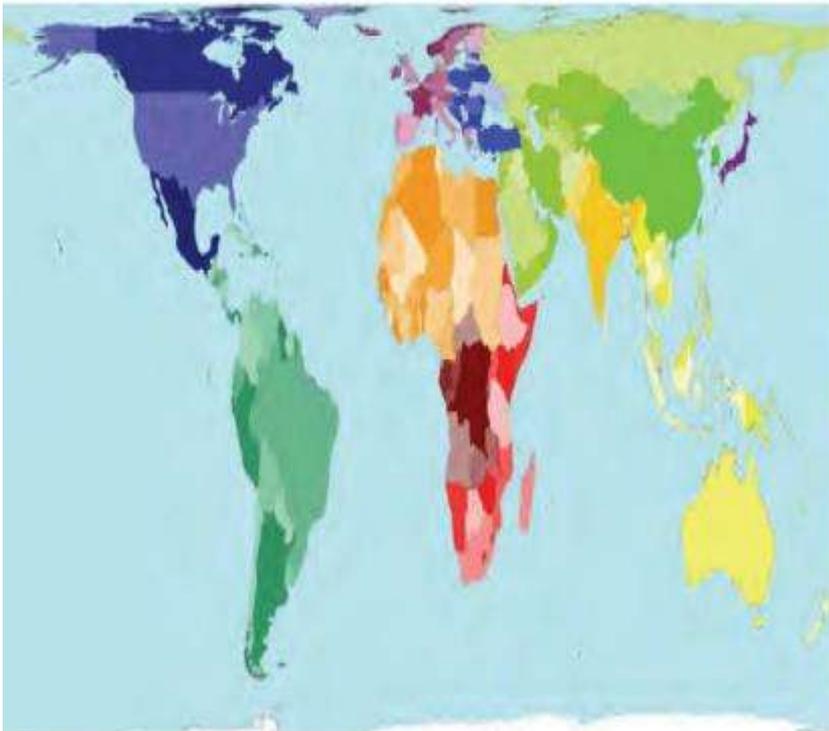
分かる化

情報の送り手の枠組(テンプレート)と受け手のテンプレートが一致したとき「わかった！」



わかりやすい図式表現

Planet earth



The total land area of these 200 territories is 13,056 million hectares.
In Spring 2000 world population estimates reached 6 billion

Population distribution in 2050



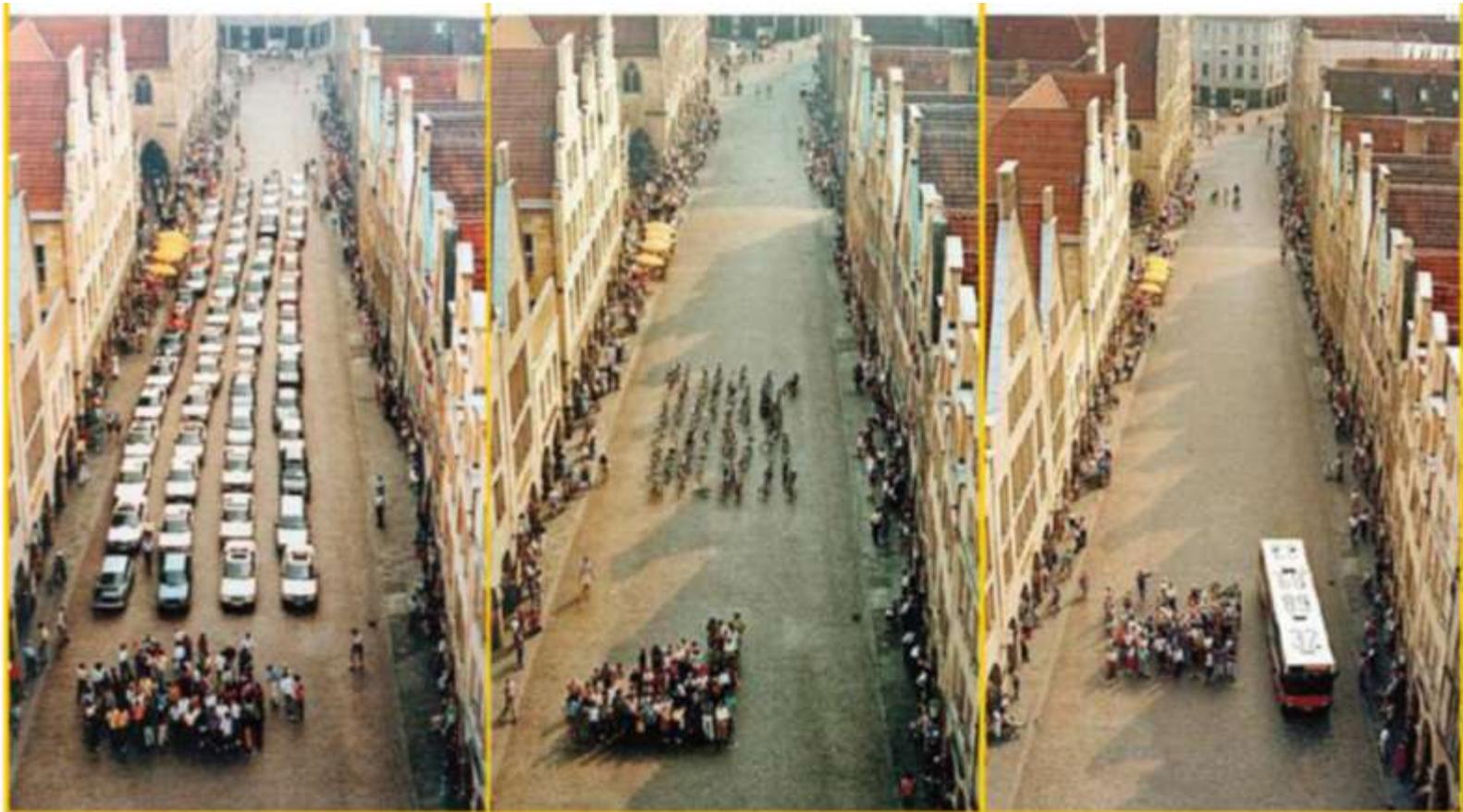
The increase in population (1.2 % per year) will have a great impact on our natural resources and environment (6 to 9 billion).

面積専有の比較

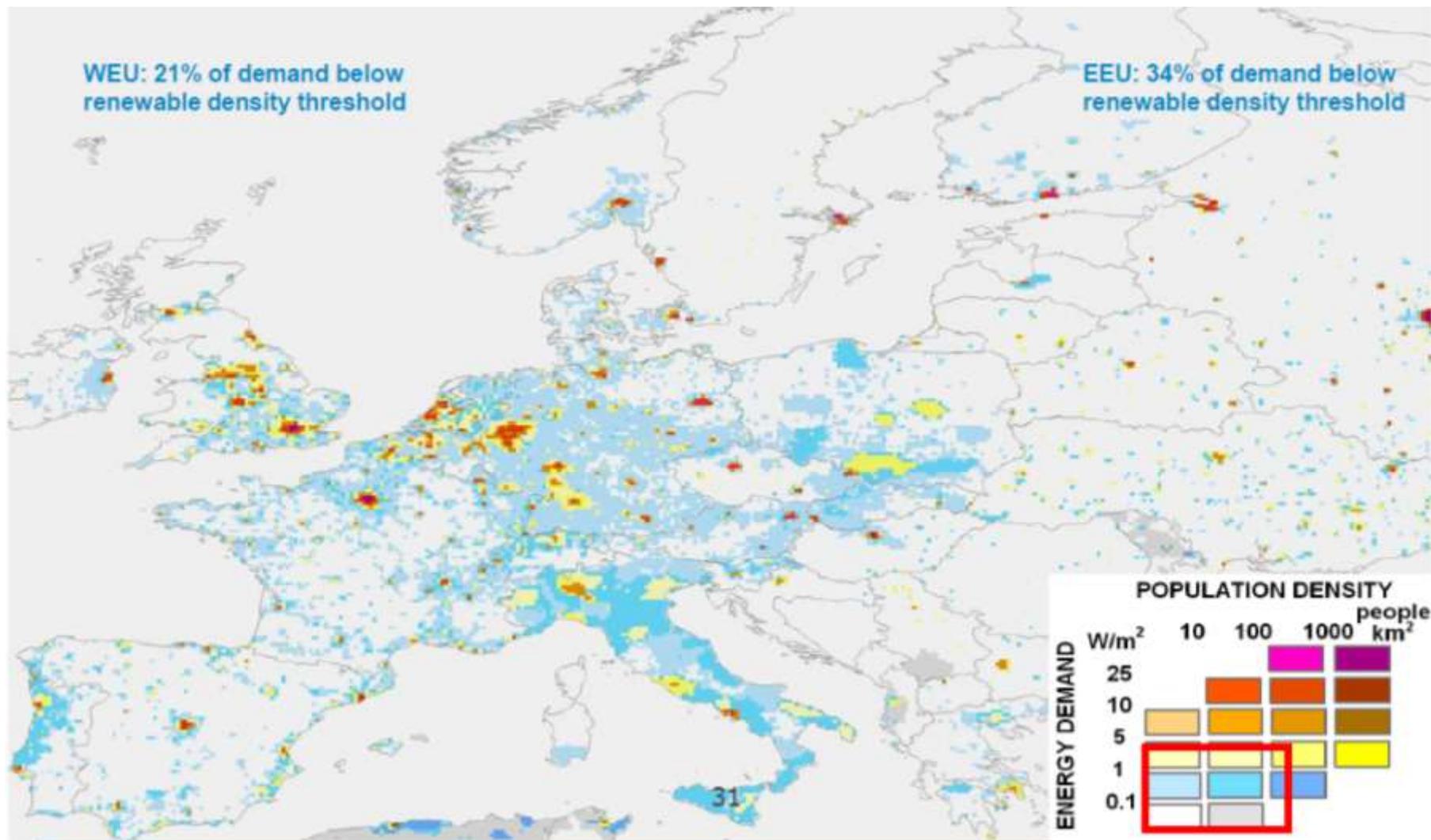
自動車

自転車

バス



欧州の人口とエネルギー需要密度

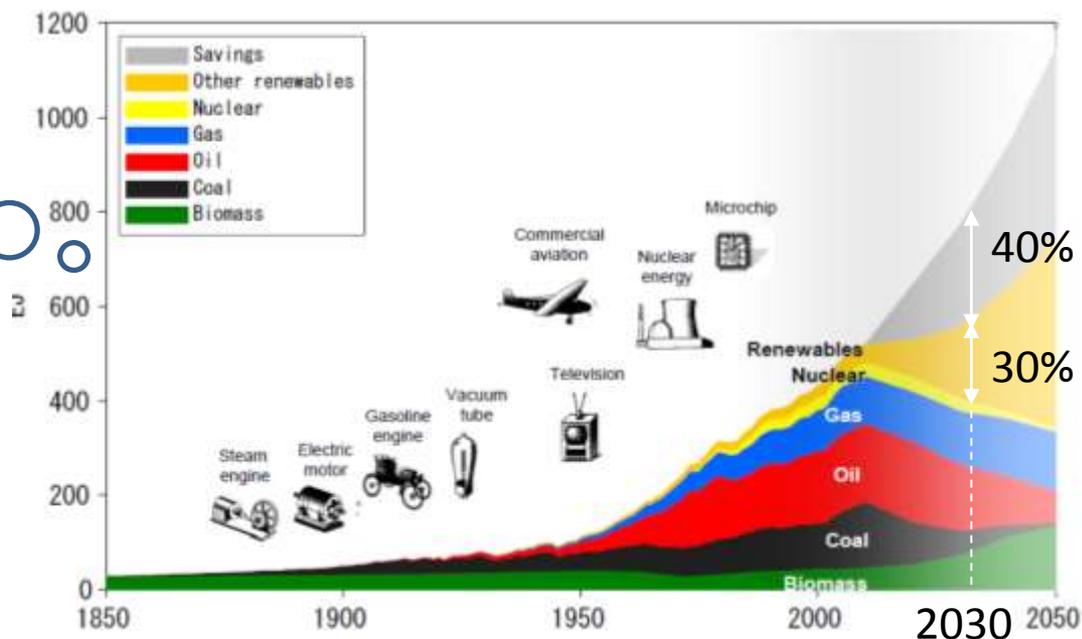
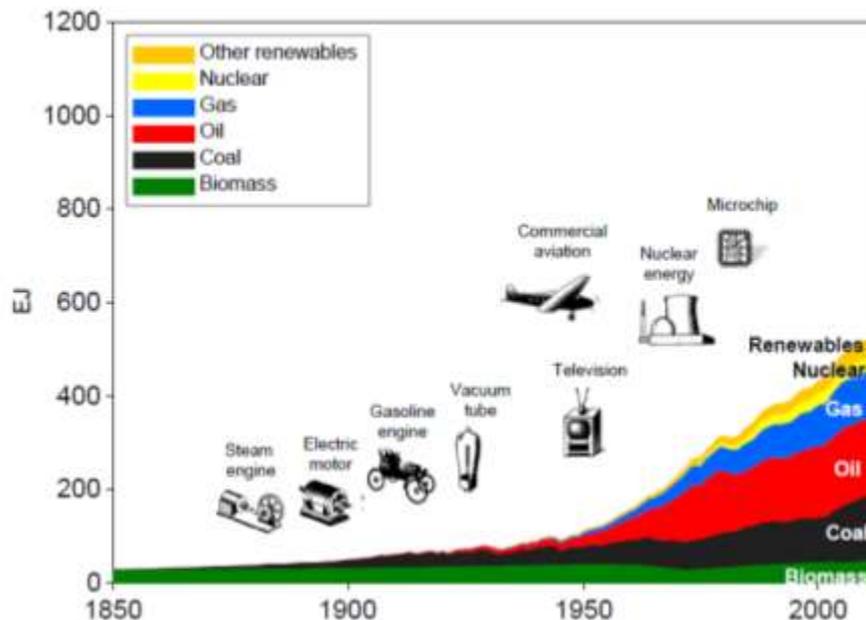


欧州向け電力ネットワーク

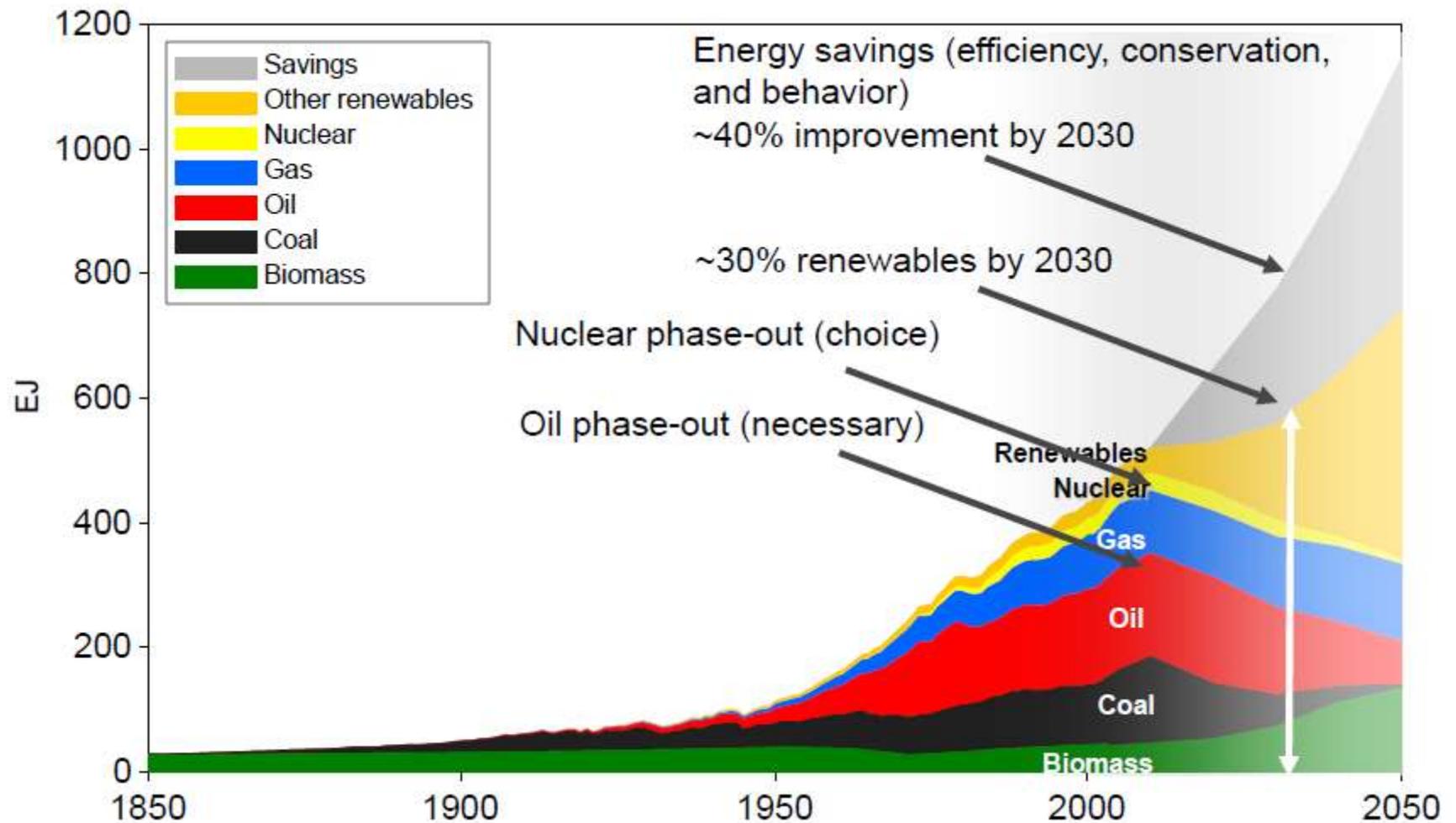


1次エネルギーの転換

2050年までに、
原子力と石炭火力
を省エネと再生
可能エネルギー
に転換



転換の内訳



建替えによる効率化(環境共生住宅)

Before reconstruction



over 150 kWh/(m²a)

Reconstruction according
to the passive house
principle



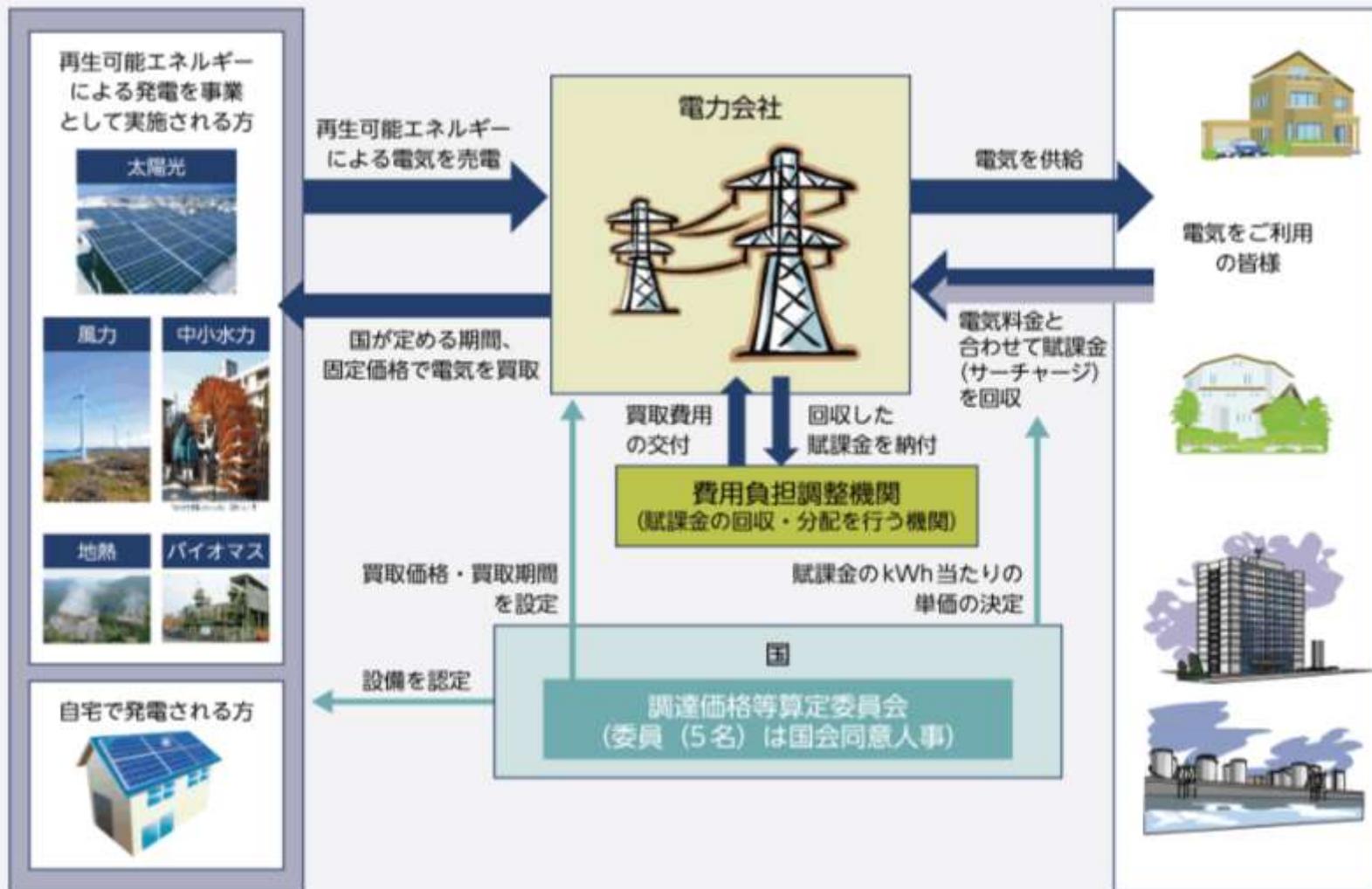
15 kWh/(m²a)

-90%

動機付け／MOTIVATION

固定価格買取制度／Fit

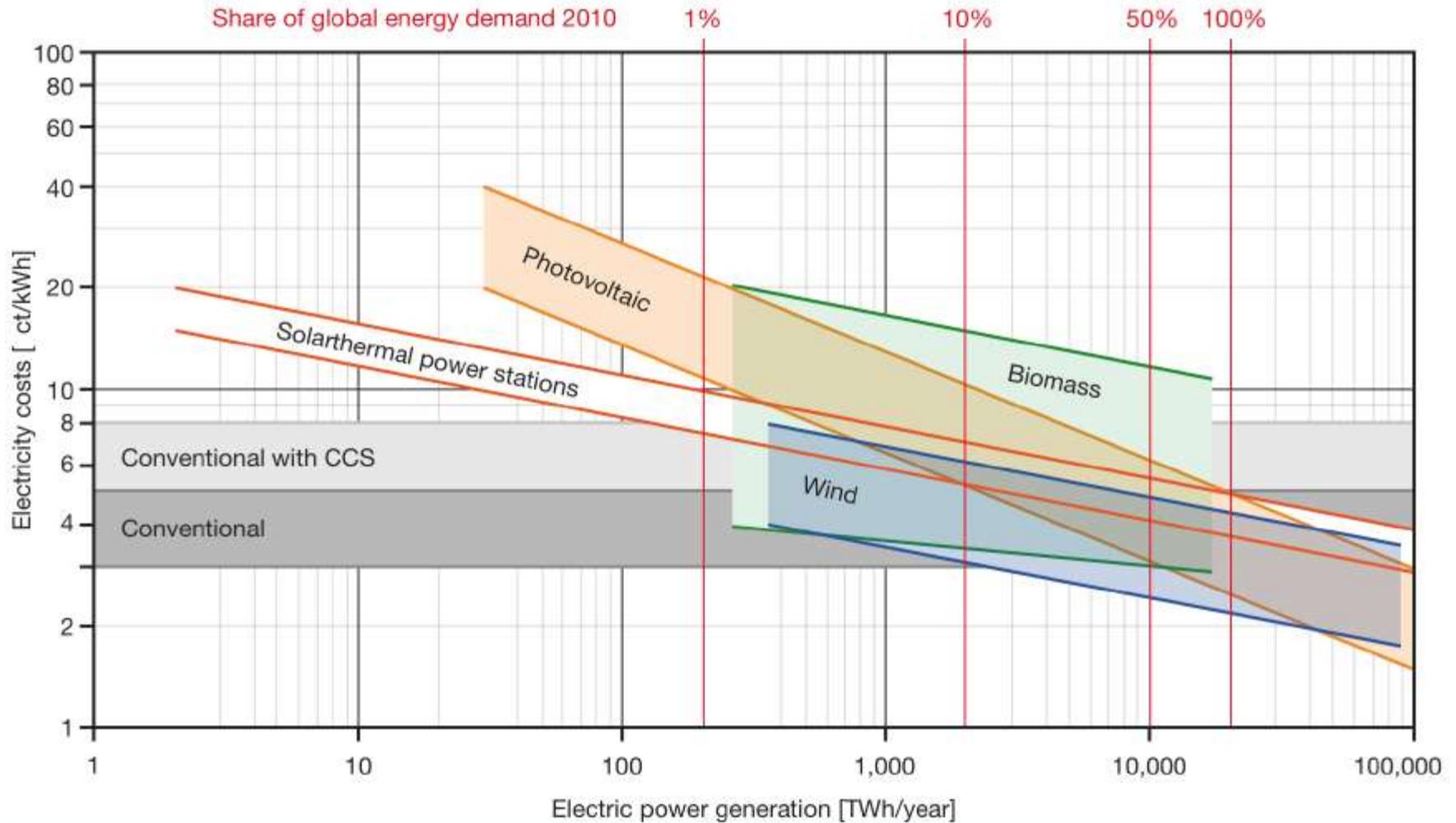
固定価格買取制度の概要



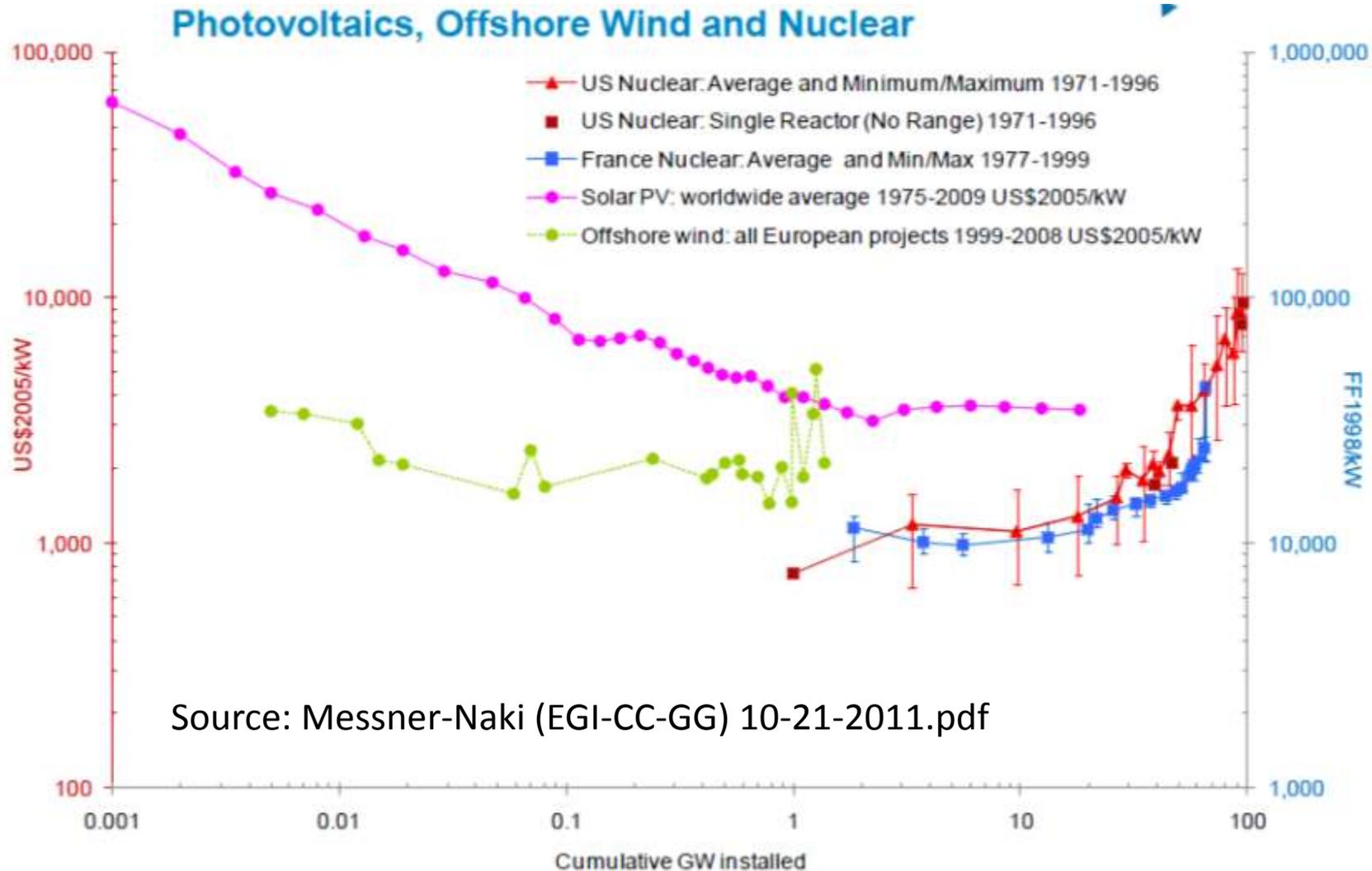
FIT制度の図表示化

電源 調達 区分	 風力発電		 太陽光発電		 地熱発電		 水力発電			 バイオマス発電				
	20k W未 満	20k W以 上	10k W未 満	10k W以 上	1.5 万 kW未 満	1.5 万 kW以 上	200k W未 満	200 ~ 1000 kW未 満	1000 ~ 3000 0kW未 満	メタ ン発 酵ガ ス化	未利 用木 材	一般 木材	廃棄 物系 (木質 以外)	リサ イク ル木 材
調達区 分														
税込価 格(円)	57. 75	23. 10	42	42	42	27. 30	35. 70	30. 45	25. 20	40. 95	33. 60	25. 20	17. 85	13. 65
税抜価 格 (円)	55	22	42	40	40	26	34	29	24	39	32	24	17	13
調達期 間 (年)	20		10	20	15		20			20				

コストの遞減



投資コストの競合



送電網のセル化



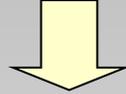
„Local power supply“



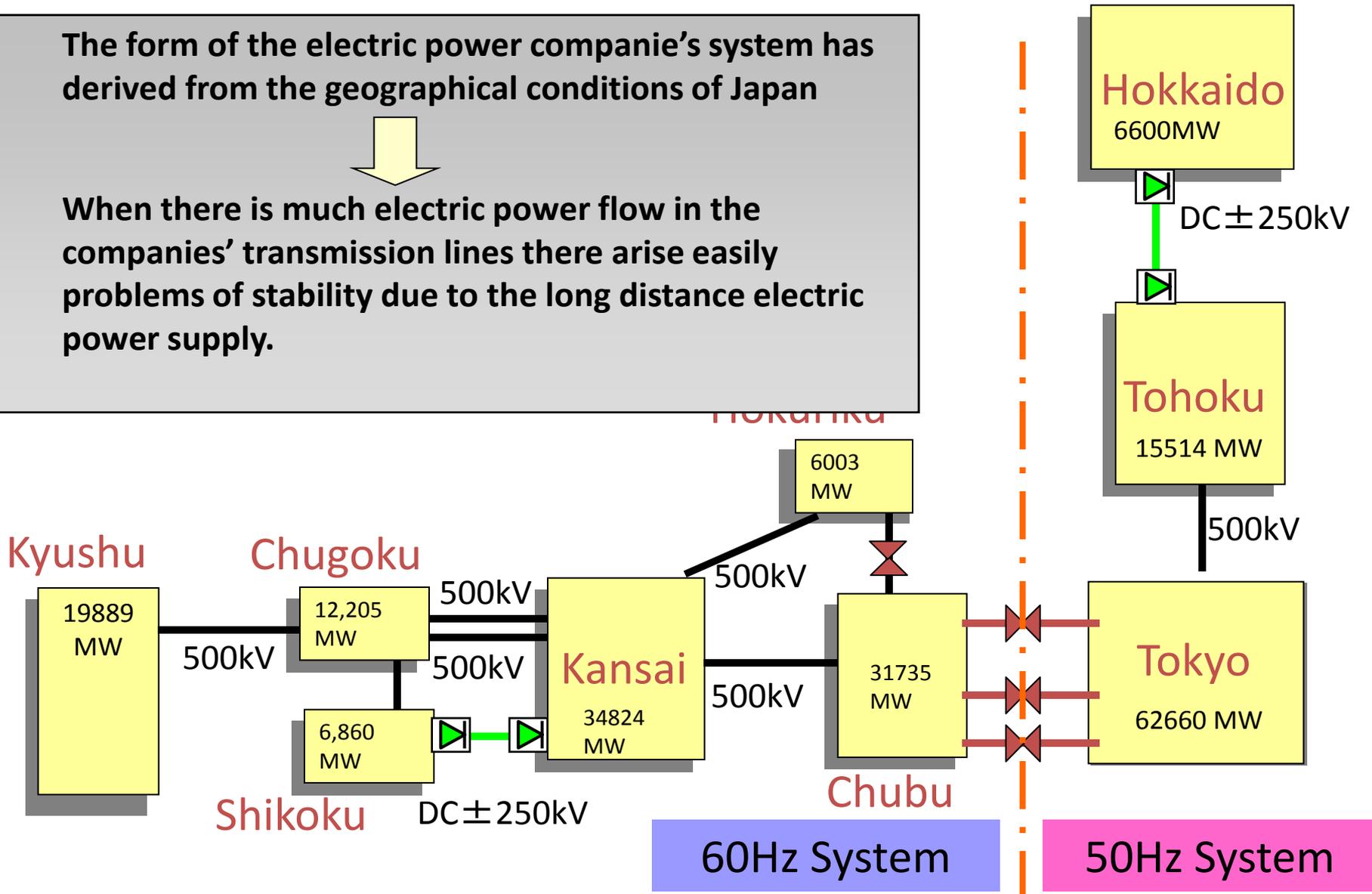
“Intelligent engineering is required!”
Not only in Germany!

Grid in Japan

The form of the electric power companies' system has derived from the geographical conditions of Japan

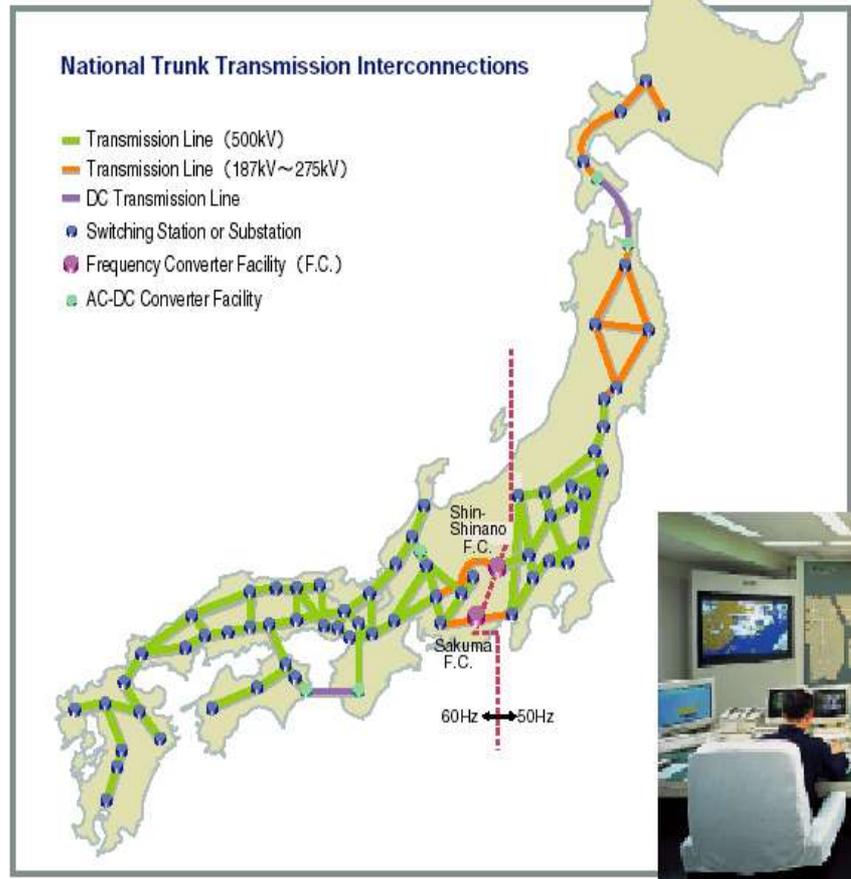
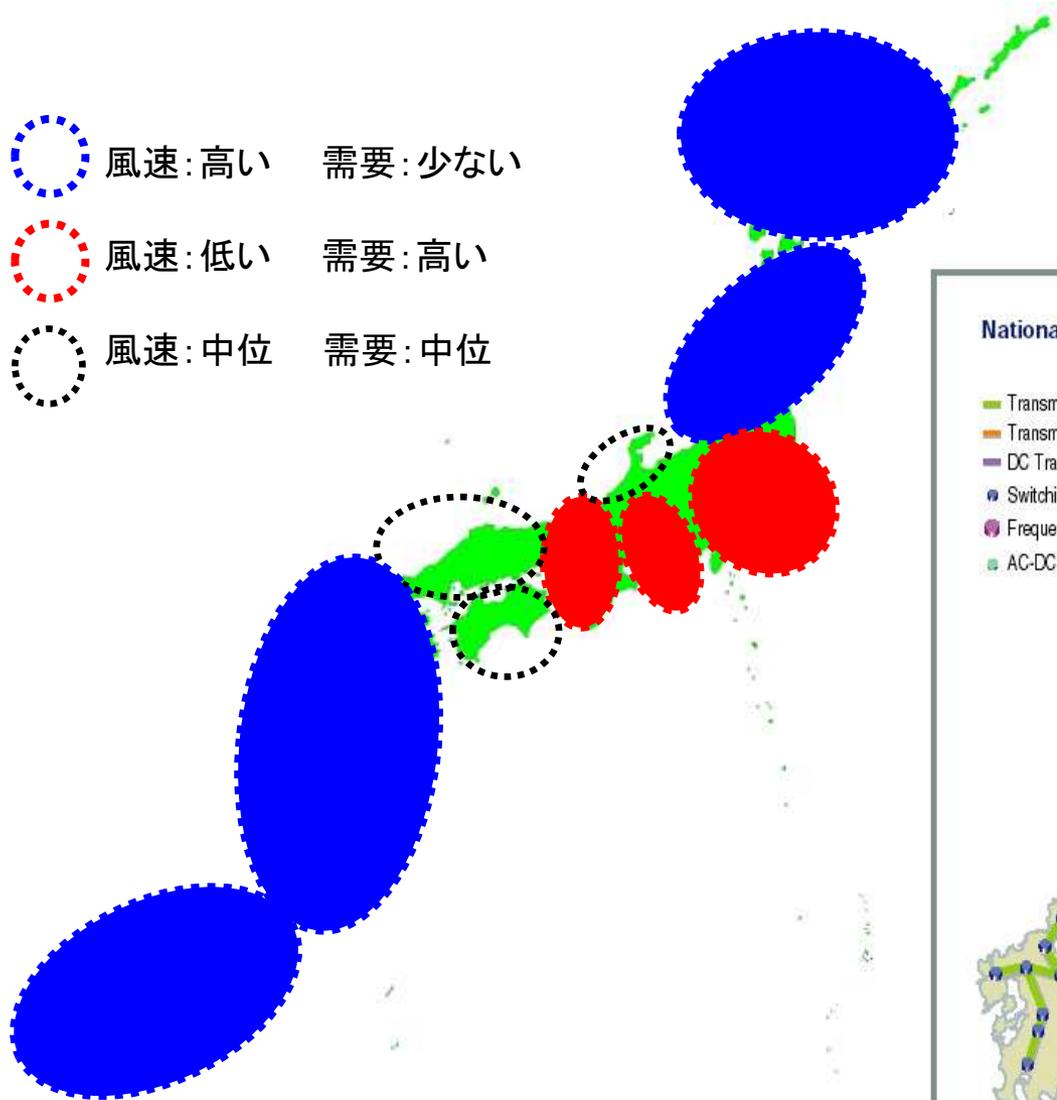


When there is much electric power flow in the companies' transmission lines there arise easily problems of stability due to the long distance electric power supply.



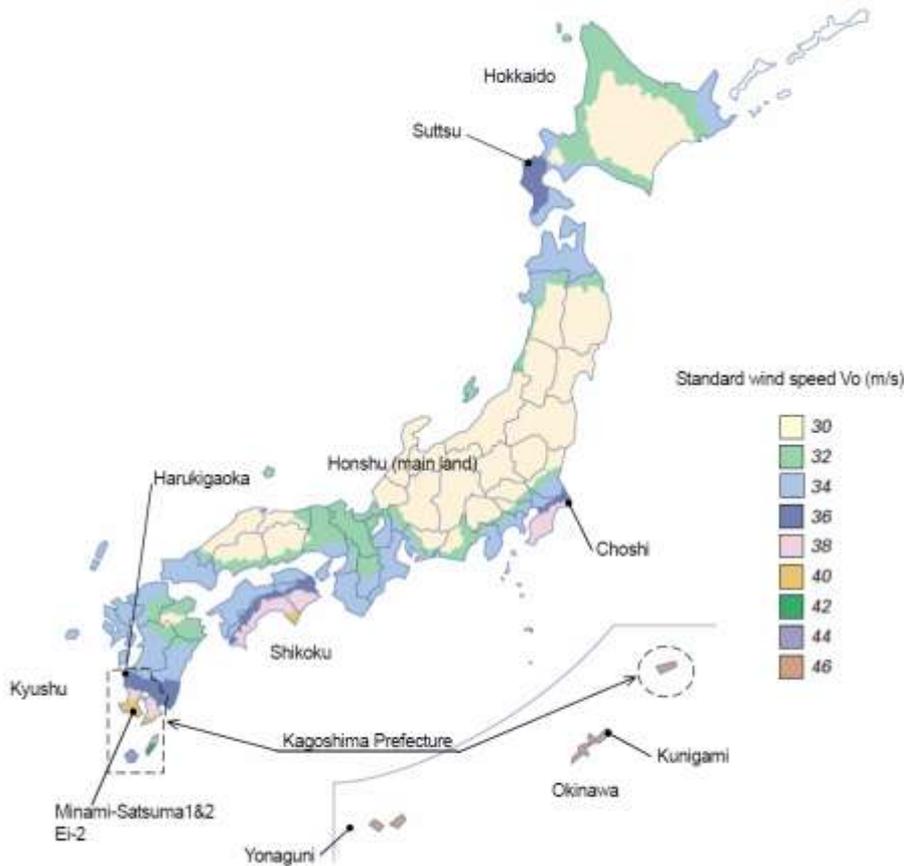
考慮すべき要件（風況と需要）

- 風速: 高い 需要: 少ない
- 風速: 低い 需要: 高い
- 風速: 中位 需要: 中位



考慮すべき要件（風況と地震）

Wind zones



Source: HES

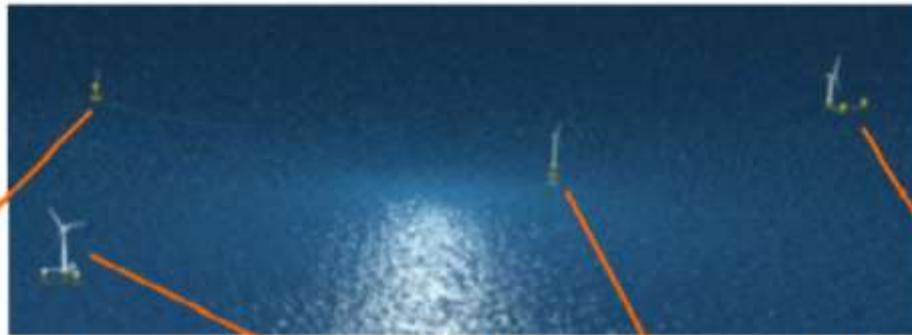
Earthquake zones



Source: Guidelines for Design of Turbine Support

福島沖でのオフショアプロジェクト (2011~15)

Facility Name	Scale	Wind Turbine type	Floater type	Project Term
Floating Wind Turbine I	2MW	Downwind Type	Compact Semi-Sub	First
Floating Wind Turbine II	7MW	Upwind Type	V-shape Semi-Sub	Second
Floating Wind Turbine III	7MW	Upwind Type	Advanced Spar	Second
Floating Substation	25MVA/66kV	Substation	Advanced Spar	First



挑戦的なオフショア開発

Deep Offshore Ocean Wind

Conventional Turbine Offshore Wind Farm;

- No risk of it being hugely profitable.
- Typical IRR 5-7%

Accelerator Turbine Offshore Wind Farm;

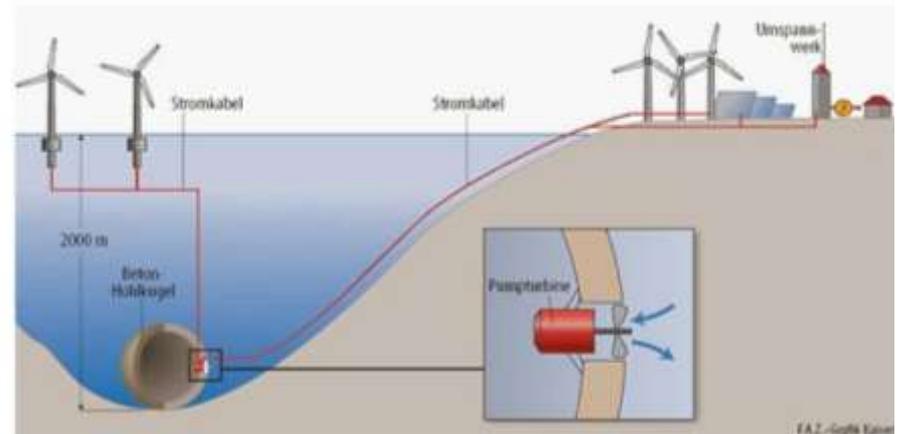
- Excellent chance of being hugely profitable.
- Typical IRR 20-30%



STERLING

Deep Ocean Pumped Storage

~ 30m sphere @ 2000m ≈ 60MWh



Source: LA Wind, 2011

アジアグリッド(送電網)構想

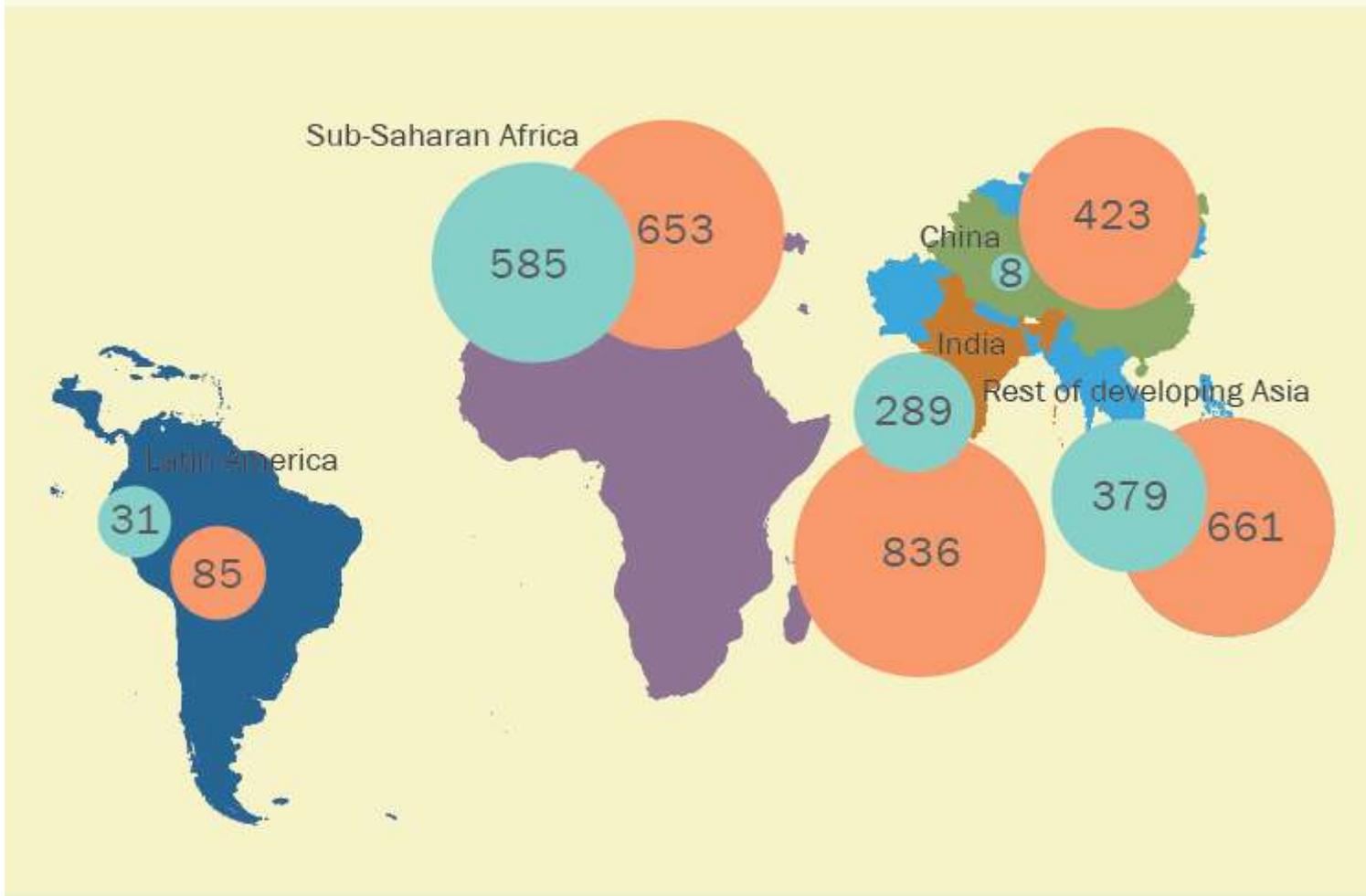




エイクストロダクション／
EXTRODUCTION



- Million people without electricity
- Million people without clean cooking facilities



http://www.un.org/wcm/webdav/site/sustainableenergyforall/shared/Documents/S_G_Sustainable_Energy_for_All_vision_final_clean.pdf

2つの社会シナリオ

分野	キーワード	シナリオ1 / 活力社会	シナリオ2 / ゆとり社会
考え方	価値観 生活 家族 先進技術対応	社会的成功 都市居住志向 個人志向 積極的受容	社会貢献 地方居住志向 共生志向 慎重派
人口	出生率 移民対応 海外移動	低位で推移 積極的受け入れ 増加	やや回復 現状程度 現状程度
国土利用	国内人口移動 都心部 地方都市	大都市集中 土地高度利用 人口大幅減少	分散化 都市人口減少 人口減少 地域独自文化
生活	仕事 家事 自由時間 住宅 消費	高収入 長時間労働 外部サービス利用 スキルアップ 集合住宅、マンション 買い替えサイクル短い	ワークシェアリング 家族、地域 趣味 社会活動 戸建て住宅 買い替えサイクル長い
経済	GDP経済成長 技術進歩	2% 高い技術進歩	1% ゆっくり
産業	市場 第1次産業 第2次産業 第3次産業	規制緩和 輸入依存 シェア減少 生産拠点海外移転 シェア増加、生産性高い	適度規制 シェア回復 シェアー減少 地域ブランド シェアー増加、ボランティア
エネルギー	削減目標 エネルギーシフト	50% 原発現状維持	40% 脱原発、バイオマス利用

まとめ



2012 INTERNATIONAL YEAR OF
SUSTAINABLE ENERGY
FOR ALL

2030年までの目標

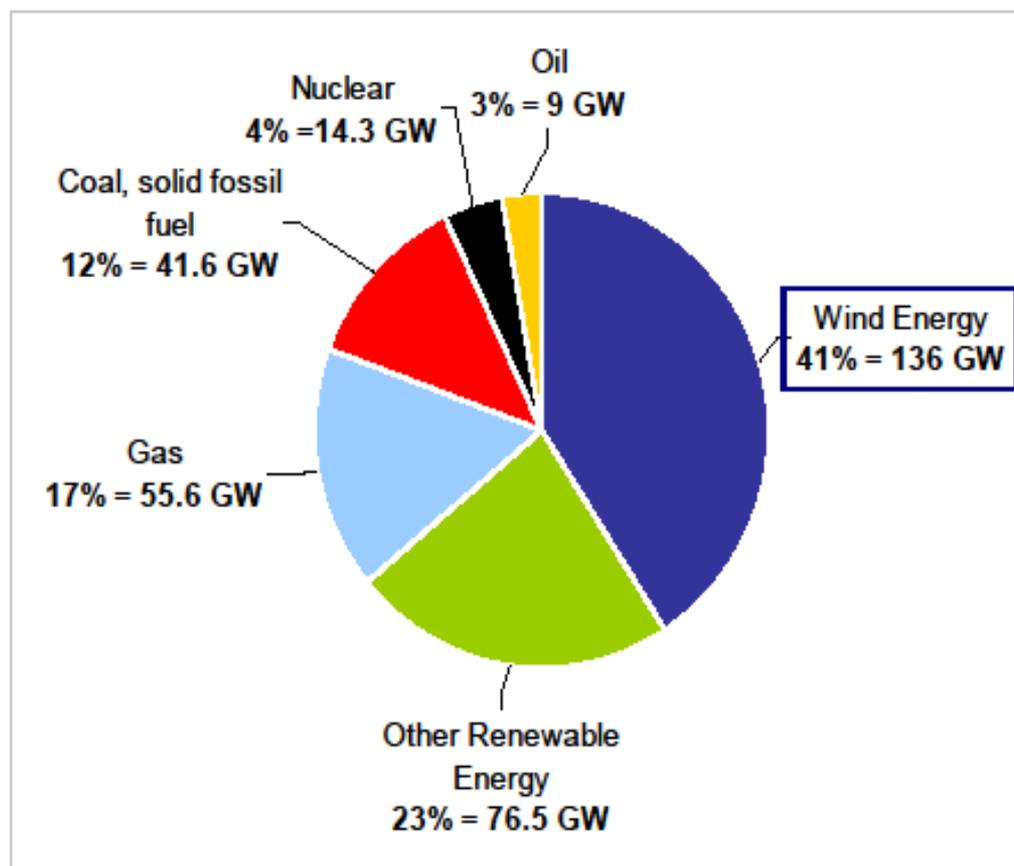
2030 Energy Goals

- Universal Access to Modern Energy
 - 新世代のエネルギーへ転用
- Double Energy Efficiency Improvement
 - 効率2倍に改良
- Double Renewable Share in Final Energy
 - 再生可能エネルギー割合の倍増の達成

Aspirational & Ambitious but Achievable

風力発電の拡大

Forecast: Installed Power Plant Output in the European Union
in the Years 2011-2020 (total 333 GW)



It is expected that **64% (212.5 GW)** of the newly installed performance in the EU will be represented by **Renewable Energies!**

風車開発の要点

独創、新技術の応用であっても次の知識は必要

- ①空気・流体工学
- ②電気・電力工学
- ③材料・強度工学
- ④加工・組立工学
- ⑤保守・耐久技術
- ⑥現状・競合機知識
- ⑦開発資金と人材、等々

$$U = 1/2 \cdot \rho A v^3$$

U : 風力エネルギー

ρ : 空気密度

A : 風車翼面積

v : 風速

environment friendly 環境にやさしい

It's now or never. やるなら今だ

Seeing is believing. 論より証拠

alternative もう一つ別のもの

MOTTAINAI を暗黙知に！