

■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

***** : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

 : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。
無償で、非営利的かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2014, 花木啓祐

The University of Tokyo / UTokyo OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series
Copyright 2014, Keisuke Hanaki

物質とエネルギーの 差し引き消費量の削減

花木 啓祐

(工学部都市工学科)

<http://www.esys.t.u-tokyo.ac.jp/member/hanaki/index-j>

2014年11月13日

持続可能な資源とエネルギー消費

- 再生可能資源と再生可能エネルギー
 - 太陽由来の資源とエネルギー
森林バイオマス、水資源、風力
食料
- (事実上)無尽蔵の資源
 - 地熱
 - 潮力(月の引力)
 - 無機物(純度の問題)

差し引き消費量（ネット消費量）の考え方

差し引き消費量＝消費量－再生量（生産量）

→環境負荷、資源枯渇

- ・消費量を減らす
- ・生産量を増やす

ノーマットロスの考え方（補償）

森林、生態系

人間活動の動脈・静脈システム

- エンドオブパイプ技術

大気汚染対策・排水処理

＜公害対策技術＞

限界：資源循環・温暖化

- 動脈側

再生量増加と消費量抑制

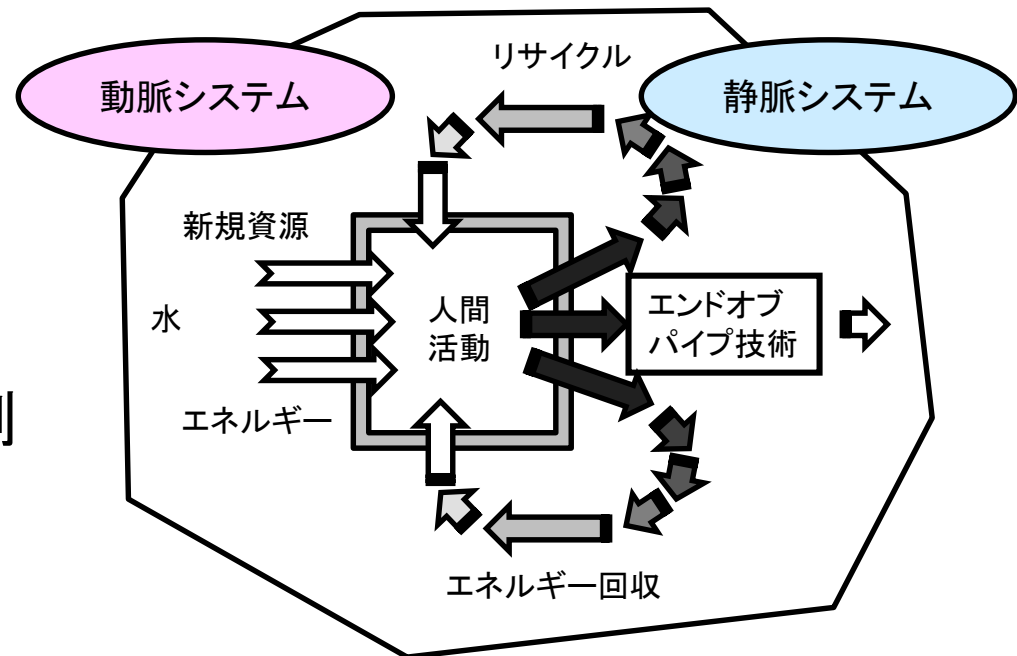
- 静脈側

環境による同化量増加

排出量を抑制

資源再生を増大

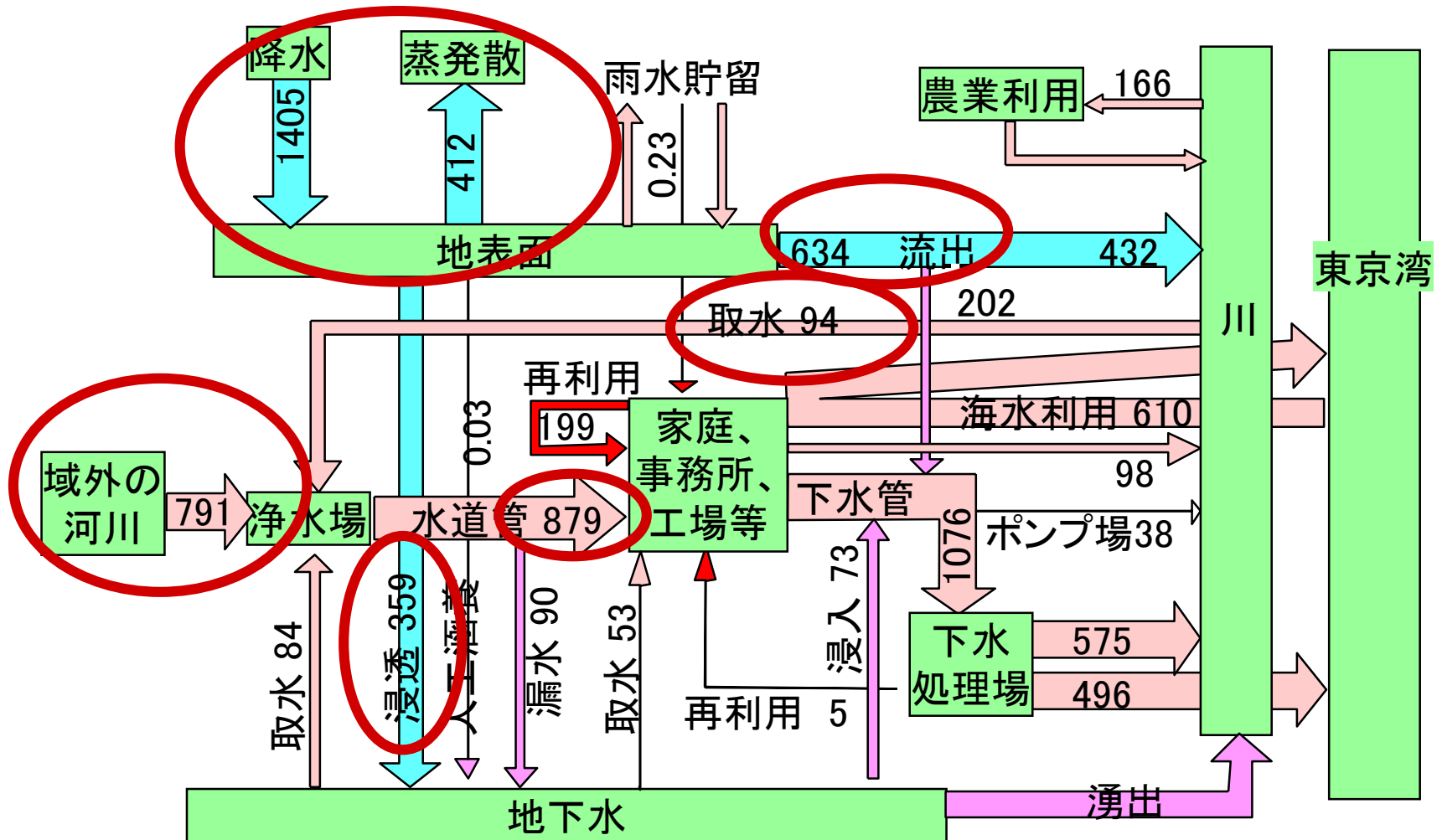
- 循環資源と枯渇性資源



水資源

- 再生可能資源
- 利用可能水資源＝降水量－蒸発散量
気候変動の影響
- 消費量＋維持水量＜利用可能水資源量
- 地域的なアンバランス
 - 東京の場合：水資源自給率11%
- 水質が水資源量に影響
- 水資源利用と水害

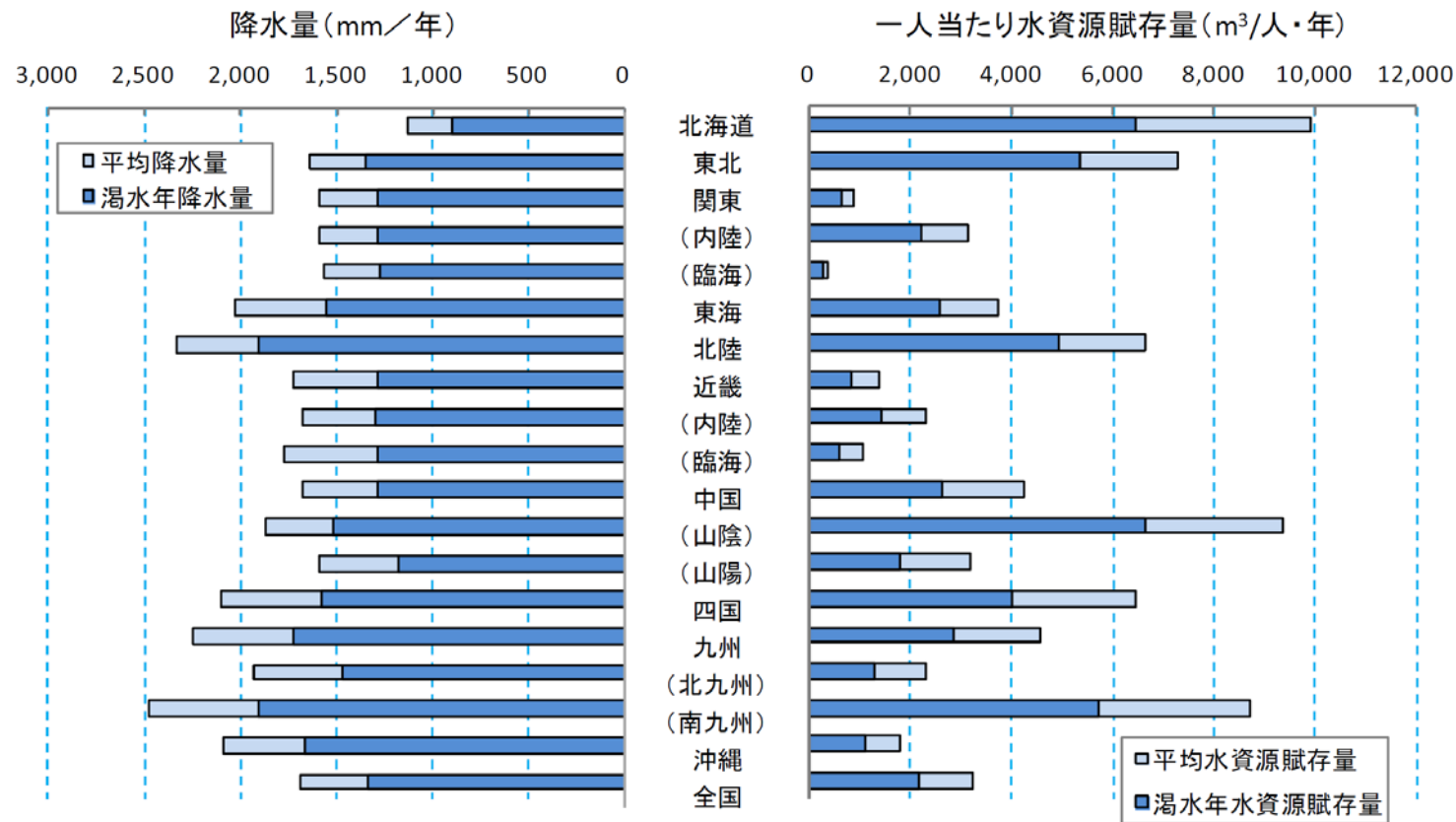
東京の水資源



※ 単位はmm/yr、降水量は1961～90年の平均値、その他は1994～97年の平均値

東京都環境保全局水質保全部『東京都水環境保全計画 一人と水環境とのかかわりの再構築を目指して』1998年、p.22 図15「東京の水収支」を元に作成。

利用可能水資源量の地域差



(注) 1.国土交通省水資源部作成

2.人口は総務省統計局「国勢調査」(2010年)

3.平均降水量は1981～2010年の平均で、国土交通省水資源部調べ

4.渇水年とは1981～2010年において降水量が少ない方から数えて3番目の年

5.水資源賦存量は、降水量から蒸発散によって失われる水量を引いたものに面積を乗じた値で、平均水資源賦存量は1981～2010年の平均値で、国土交通省水資源部調べ

6.地域区分については、用語の解説を参照

図1-2-2 地域別降水量及び水資源賦存量

*

『平成26年版 日本の水資源』(国土交通省 白書)第Ⅱ編第1章 58頁より。

食料資源

○ 再生資源

- 再生量の増加

⇔ 肥料・農薬・水資源負荷、土地への環境負荷

発展途上国と先進国の一人あたり食料消費量

一人あたり食料消費量の比較

食料消費量 (kcal/人・日)	1969-71年	2005-07年	2030年予測
世界	2,373	2,772	2,960
開発途上国	2,056	2,619	2,860
先進国	3,138	3,360	3,430

FAO (2012) World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision, p.44 Table2.5 を元に花木作成

開発途上国と先進国の肉と穀物需要

一人あたり肉の消費量の推移

肉消費量 (kg/人・年)	1969-71年	2005-07年	2030年予測
世界	26	39	45
開発途上国	11	28	36
先進国	63	80	87

肉は枝肉基準(car cass weight)

FAO (2012) World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision, p.44 Table2.5 を元に花木作成

世界の穀物需要の内訳

	需要(100万トン/年)		
	食用	他用途	合計
世界	1,035	1,025	2,060
開発途上国	809	453	1,262
先進国	226	572	798

2005-2007年の値。他用途: 飼料、バイオ燃料

FAO (2012) World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision, p.67 Table3.2 を元に花木作成

森林資源

- 再生速度が小さい再生資源
- 里山における持続可能な利用・熱帯域森林減少

世界の林産品生産量

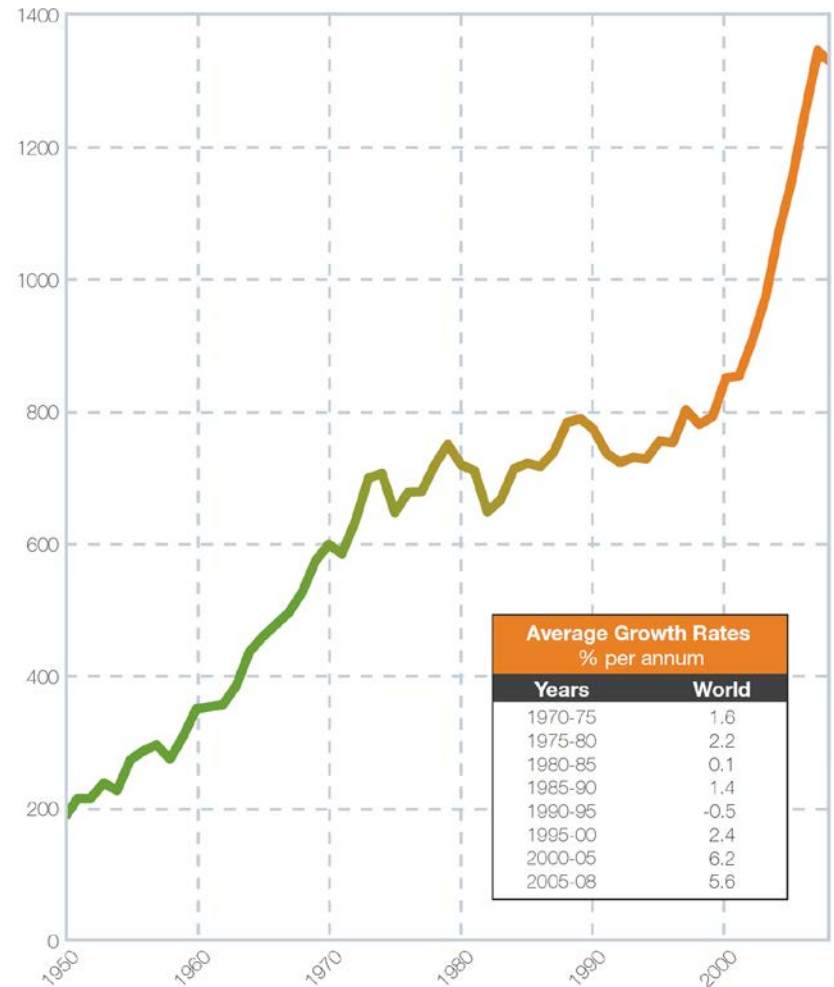
	1965	1990	2005	2020	2030
製材	358	465	417	520	603
木質パネル	41	127	234	388	521
紙製品	96	238	363	568	743
産業用丸太	1,128	1,690	1,668	2,166	2,457
燃料使用	532	638	719	1,010	1,075
合計	4,120	5,148	5,406	6,672	7,429

単位：百万m³, 2020と2030年は予測

FAO (2009) State of the World's Forest, pp.64-69, Table21-25 を元に花木作成

工業製品生産①鉄鋼

- 人工物の中心的資材
- 循環型資材
 - 銑鉄＝環境負荷大
 - スクラップ＝環境負荷小
- 循環利用による新規資源抑制の可能性大



WORLD CRUDE STEEL PRODUCTION
1950 TO 2008 * Source: World Steel Association,
World Steel in Figures 2009, p.7

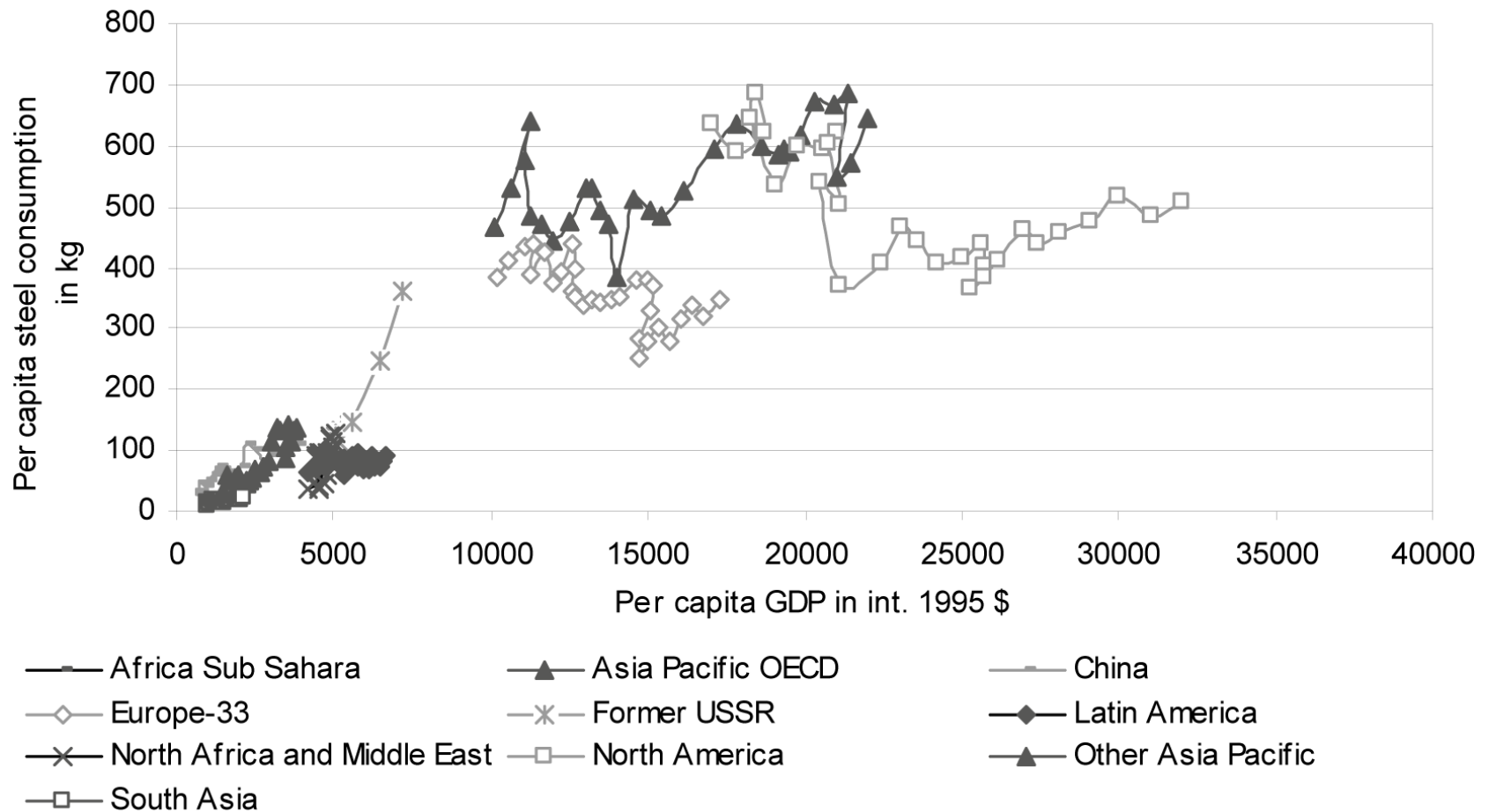
鉄鋼の循環利用

鉄鋼業のリサイクル率

	2007年推定	2050年目標
建設	85%	90%
自動車	85%	95%
機械	90%	95%
電化製品	50%	75%
容器	69%	75%
計	83%	90%

World Steel Association (2009) *The three Rs of sustainable steel*, Table 1を元に花木作成

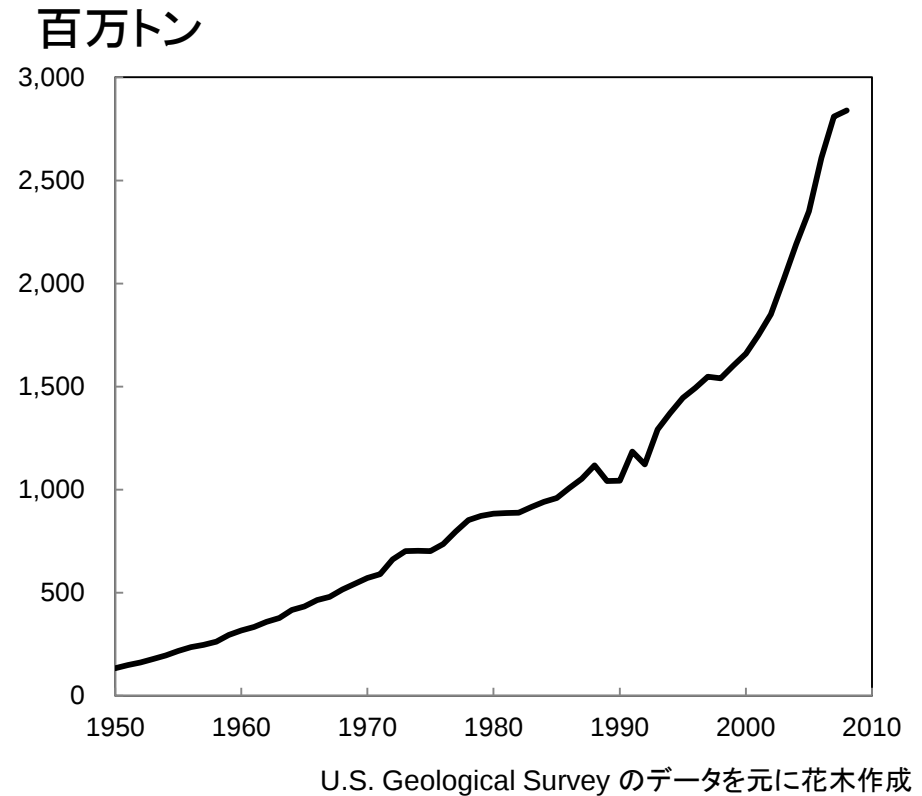
一人あたりGDPと鉄鋼消費量



* E.H. Lysen (Ed.) (2006), *Assessment of the interaction between economic and physical growth*, Netherlands Environmental Assessment Agency, EPIST project, p.76 Figure 3.28. Steel – Per capita consumption.

工業製品生産②セメント

- 建造物の中心的資材
- 製造時のCO₂排出大(エネルギーと化学反応)
- カスケード型循環
 - 廃コンクリート→路盤材など
- 製造時に廃棄物受け入れ



1950-2008年の世界のセメント生産量

セメント需要

○ セメント需要
は飽和する
か？

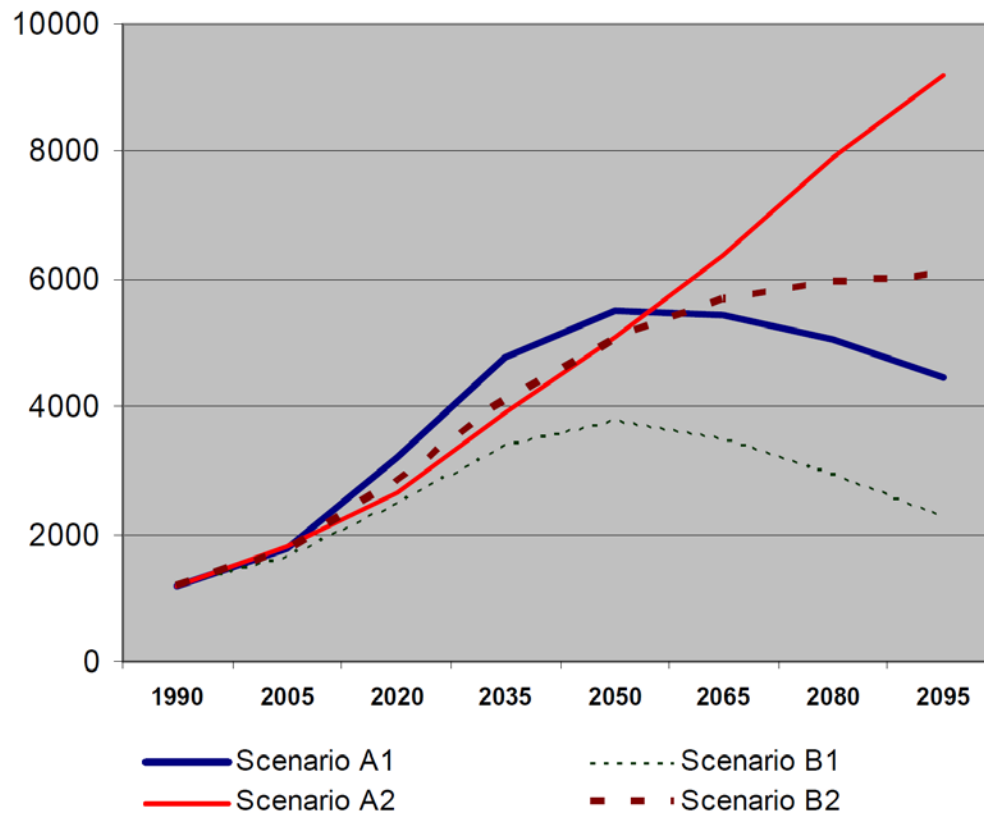


Figure A-10. Projected Cement Demand, Million Metric Tonnes

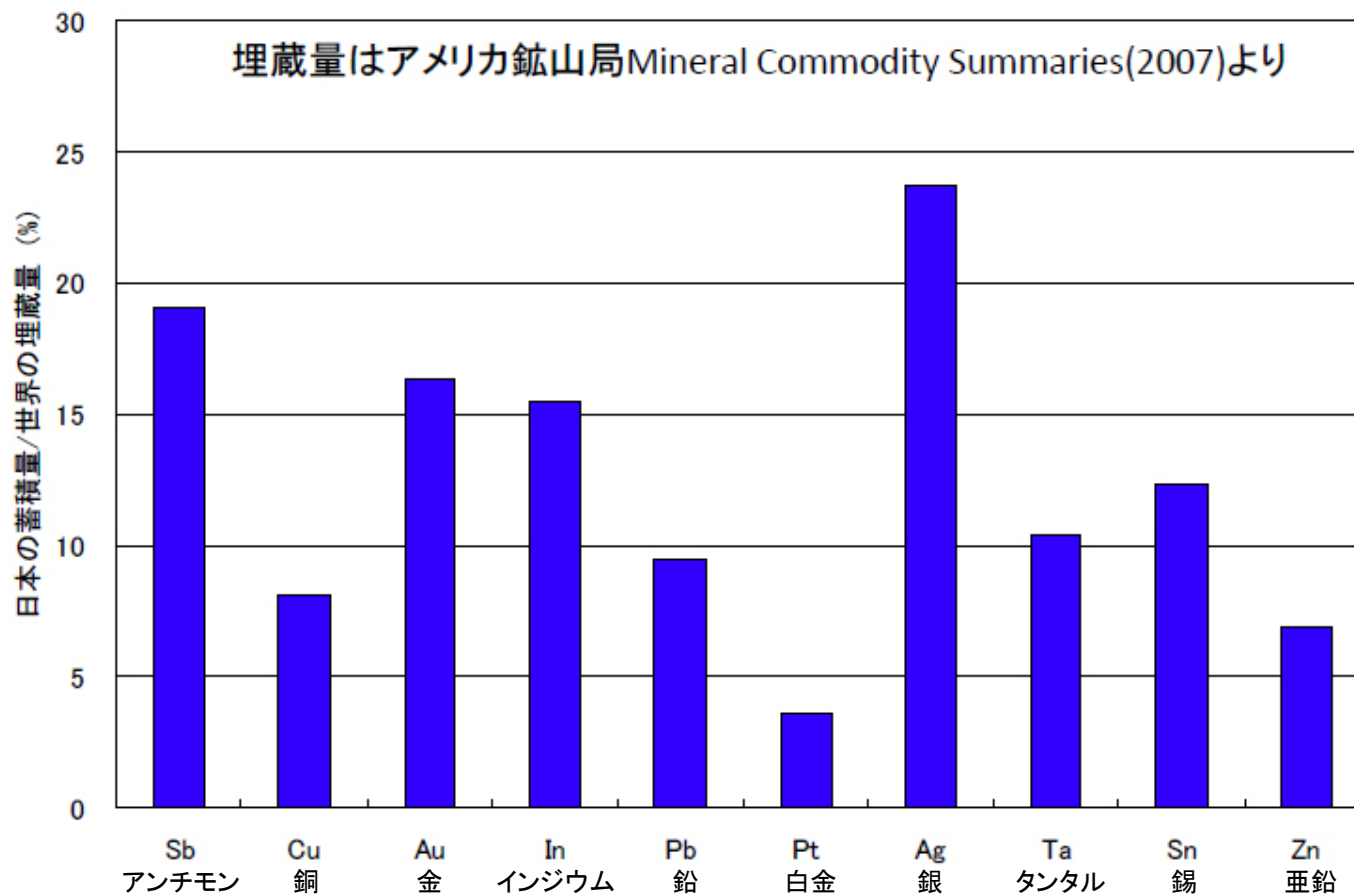
*

Ken Humphreys, Maha Mahasenan (2002)
Toward a Sustainable Cement Industry, Substudy 8: Climate Change, World Business Council for Sustainable Development, Battelle
http://www.cement.ca/images/stories/wbcscd-battelle_2002_climate_change_-_substudy_8.pdf

Appendix A:
p.A-5 Figure A-10. Projected Cement Demand,
Million Metric Tonnes

希少資源の枯渇と都市鉱山

○ 日本国内への蓄積量



*
国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)
ウェブサイトより
<http://www.nims.go.jp/research/elements/rare-metal/urban-mine/data.html>

バイオマスのタイプと利用方法

○ 都市バイオマス

- 廃棄物
 - 厨芥
 - 紙
 - 木質
- 廃棄食品・油
- 排水
 - 下水汚泥
 - し尿

○ 森林バイオマス

- 伝統的バイオマス利用
- 早生樹の植林

○ 農業バイオマス

- 食料
- 農業廃棄物

利用のタイプ

○ エネルギー利用

- 直接燃料利用
- 液体燃料へ転換
- 気体燃料へ転換
- 固体燃料へ転換

○ 資源利用

- コンポスト

都市バイオマスの農業利用

○ コンポスト原料

- 廃棄物（食品工業、都市廃棄物）
- 下水汚泥

○ 需要と供給のバランス

○ 品質

○ 全体としての環境負荷

- ライフサイクルアセスメント (LCA)
(化学肥料の代替効果)

バイオマスからの資源とエネルギー回収の適性

	直接燃焼	バイオガス 生成	コンポスト
木質	適	不可能	不可能
紙	適	不可能	可能
食品	燃料必要	適	適
汚泥	燃料必要	可能	可能

都市内でのバイオマスエネルギー利用の戦略

- 乾いたバイオマス(紙)は直接燃焼し、電力と熱を生産
- 湿ったバイオマス(食品、汚泥)はメタンに転換
- 熱と電力の両者を回収
- 既存の廃棄物焼却施設や下水処理場を活用

下水汚泥のメタン発酵



低炭素社会実現と地域

○ エネルギー供給側対策

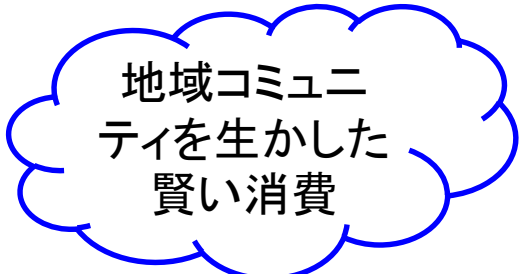
- 炭素強度(エネルギー量あたりのCO₂排出)の低減
＝エネルギー種の賢い選択



地域のエネルギー資源の
発掘

○ 需要側対策

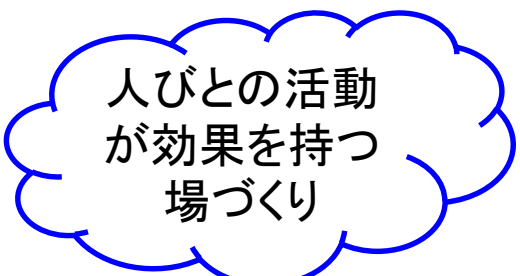
- エネルギー強度(GDPあたりのエネルギー消費)の低減
＝省エネルギー・省資源



地域コミュニティを生かした
賢い消費

○ 都市の構造

- 炭素強度低減やエネルギー強度低減を実現する場



人びとの活動
が効果を持つ
場づくり

エネルギー供給側対策

- 炭素強度(g CO₂/MJ)の低いエネルギーの利用
 - 石炭(90) > 石油(68) > 天然ガス(50)
 - 資源量は石炭が大
- 炭素強度ゼロのエネルギー源
 - 原子力 + 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーの可能性と課題

主な再生可能エネルギーのポテンシャル

	設備容量ポテンシャル(万kW)	出典
太陽光(住宅以外)	14,929	環境省(2011)
太陽光(住宅)	4,000	太陽光発電協会 中長期ビジョン
風力(陸上)	28,294	環境省(2011)
風力(洋上)	157,262	環境省(2011)
中小水力	1,444	環境省(2011)

参考:設備利用率がそれぞれ異なることに注意。2009年の電気事業者の総設備容量は20,400万kW(環境省(2011))。

環境省(2011):平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書

太陽光発電協会 中長期ビジョン:「JPEA PV OUTLOOK 2030」一般社団法人太陽光発電協会、2010年

- 高コスト→フィードインタリフの導入
- 賦存地と需要地の不一致
- 技術的課題(系統連系)

地域主導のエネルギー供給

「緑の分権改革」の一環

- 地域の自給力と創富力
- エネルギーの地産地消、大都市への輸出

エネルギー資源

- バイオマス(林地、農地)
- 風力の利用
- 小水力

課題

- 効率的な経営vs.地元が潤う事業のかたち
- コミュニティ強化への効果



出典: 総務省ホームページ

(http://www.soumu.go.jp/main_content/000147797.pdf)

小水力発電による地域活性化



撮影：船戸鉄夫
ふるさと群上会ウェブサイトより
(<http://www.furusato-gujo.jp/info/post-2.html>)



岐阜県郡上市白鳥町石徹白(いとしろ)

小水力発電と並行した地域づくり 活動の相乗効果

- 農産物加工所再生
(電気代削減＋特産品開発)
- 地元女性グループによるカフェ
(小水力発電見学者へ郷土料理
のもてなし)
- 110戸270人の集落への移住



農産物加工所

50kW規模で
電力自給を目指す

太陽光発電と地域活性化(大規模)

メガソーラー
遊休地を「エネルギー地」に
積雪地域でも可能

ポテンシャル 設備容量(万kW)

公共系建築物	2,315
発電所・工場等	2,896
低・未利用地	2,735
耕作放棄地	6,983
小計	14,929

「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」
環境省委託事業、株式会社エックス都市研究所他、2011年より。

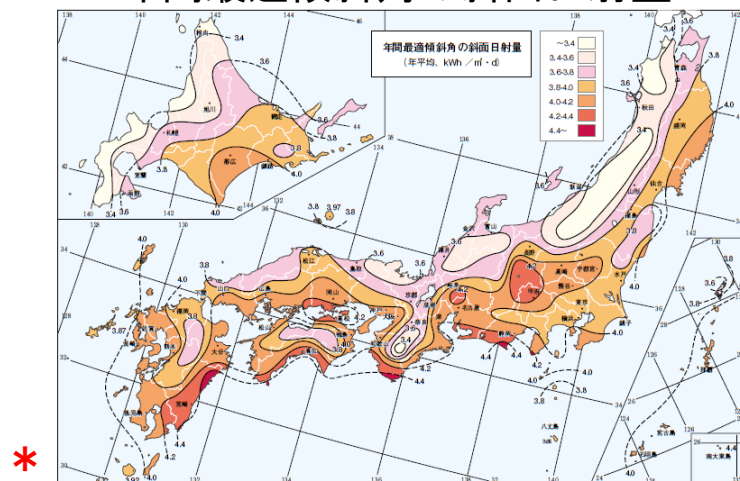
雪国型メガソーラー

＜右2つ＞昭和シェル石油株式会社 プレスリリース「新潟雪国型メガソーラー年間発電量目標を早くも達成」(2011/08/03)より。



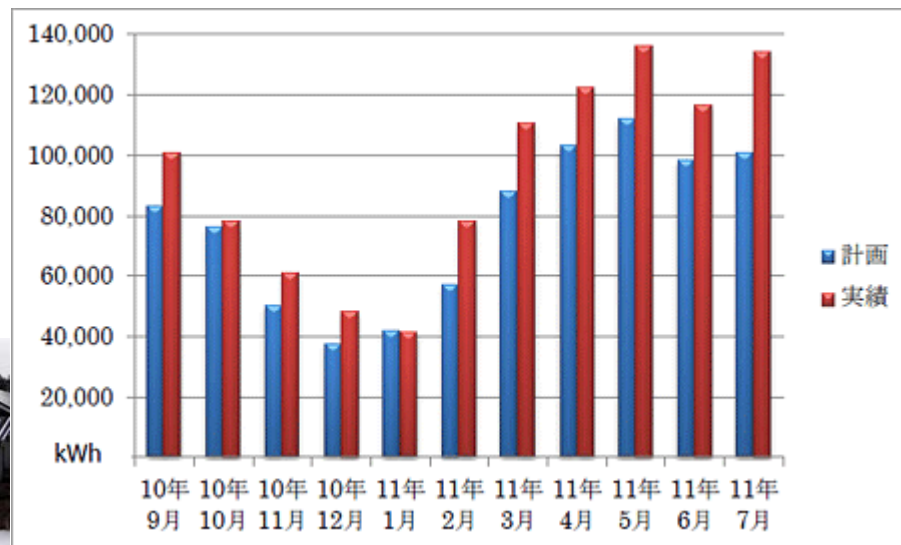
学術俯瞰講義 2014/11/13

年間最適傾斜角の斜面日射量



*

＜上＞出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン(設計施工・システム編)」



*

太陽光発電と地域活性化(住宅)

出典:新エネルギー・産業技術
総合開発機構(NEDO)ホーム
ページ「集中連系型太陽光発電
システム実証研究」

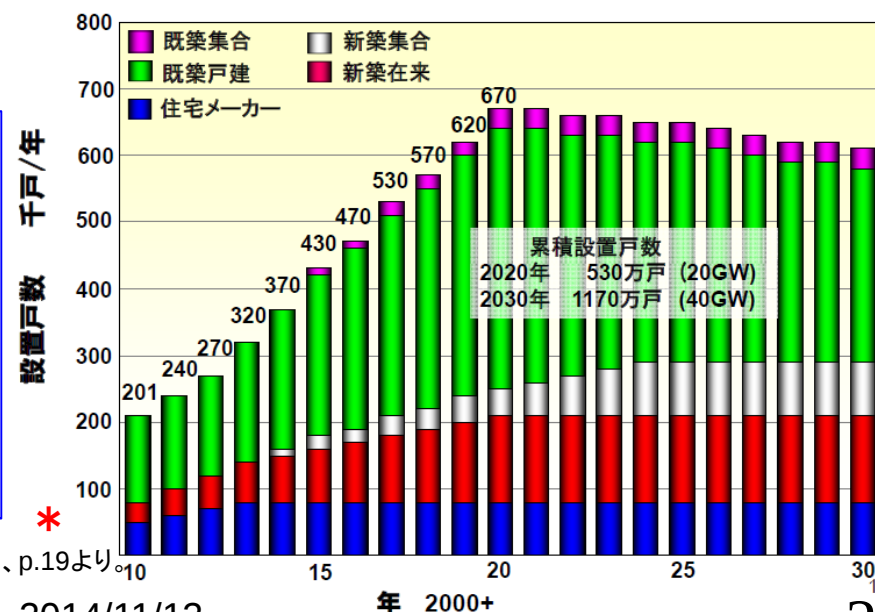
○ 住宅用太陽光発電

- 消費地に近いところでの発電
- ライフスタイルへの効果
- 電力消費を抑制する効果
- エコタウン開発のシンボル



NEDO実証試験地区
(群馬県太田市)

(社)太陽光発電協会(2010)
中長期ビジョン「JPEA PV
OUTLOOK 2030」
2030年:1,170万戸で4,000
万kWの設備容量



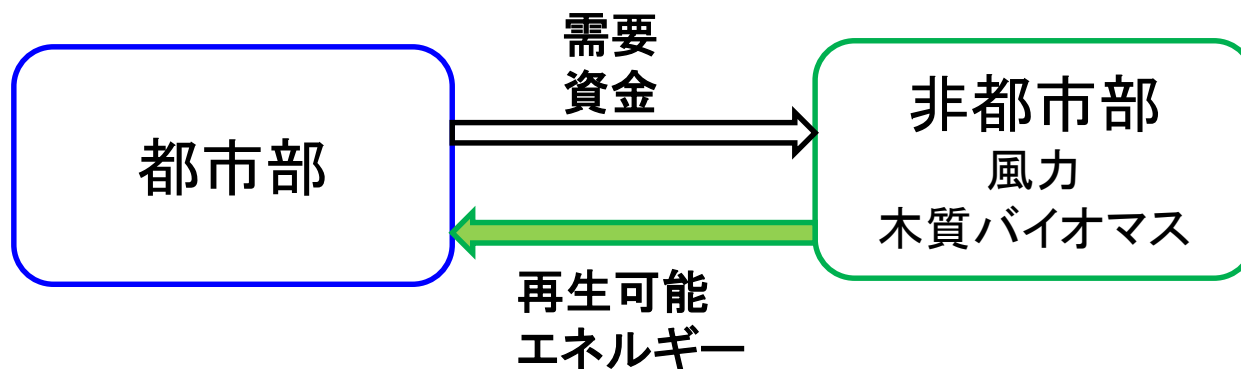
「JPEA PV OUTLOOK 2030」一般社団法人太陽光発電協会、2010年、p.19より

○ 資源としての利用とエネルギーとしての利用 北海道上川郡下川町

[illegible]

29

都市と非都市の連携



生グリーン電力

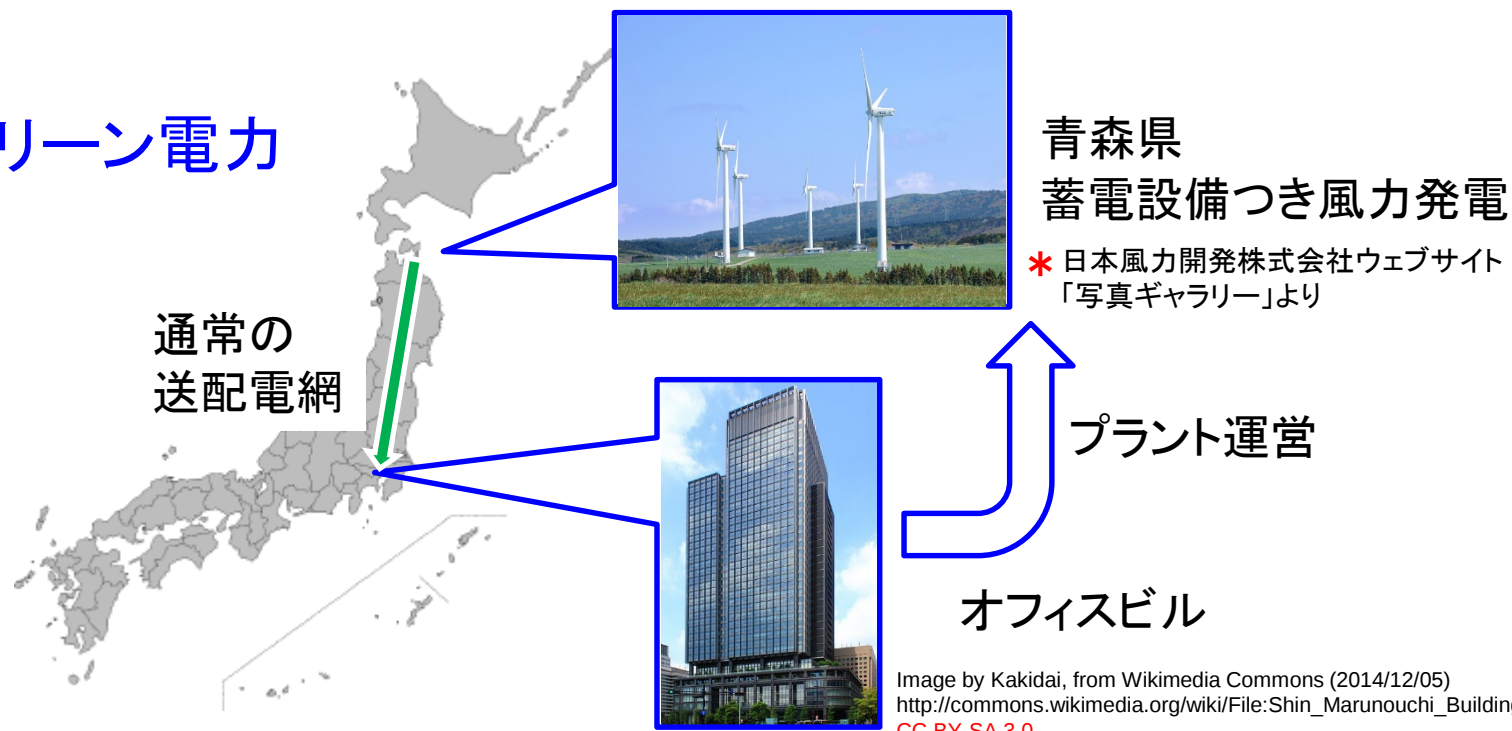
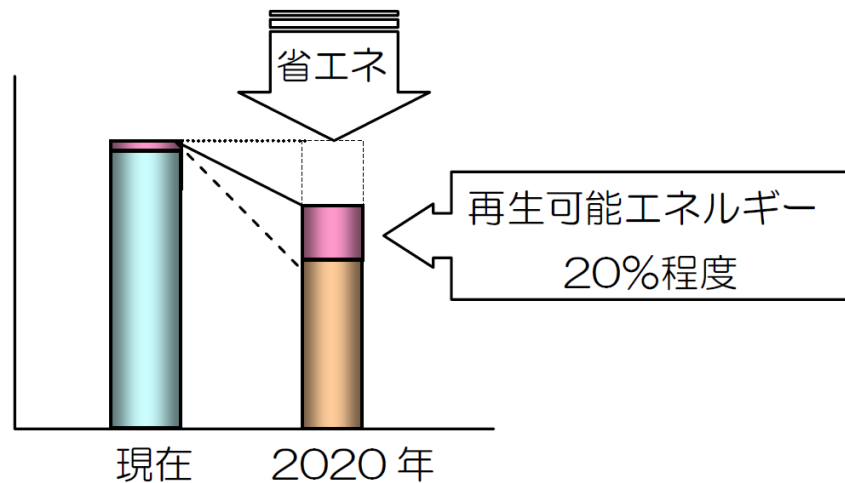
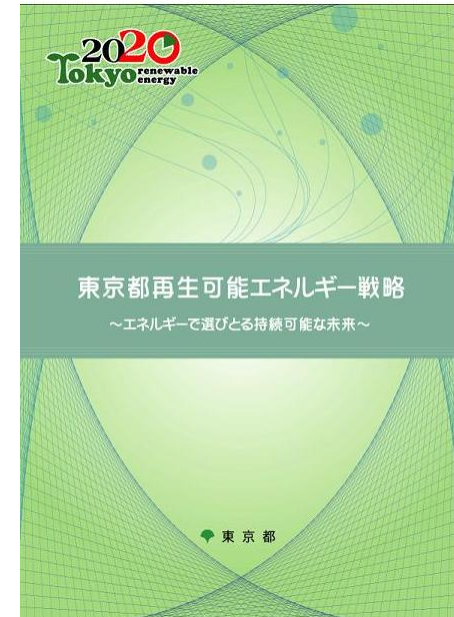


Image by Kakidai, from Wikimedia Commons (2014/12/05)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shin_Marunouchi_Building.JPG
CC BY-SA 3.0

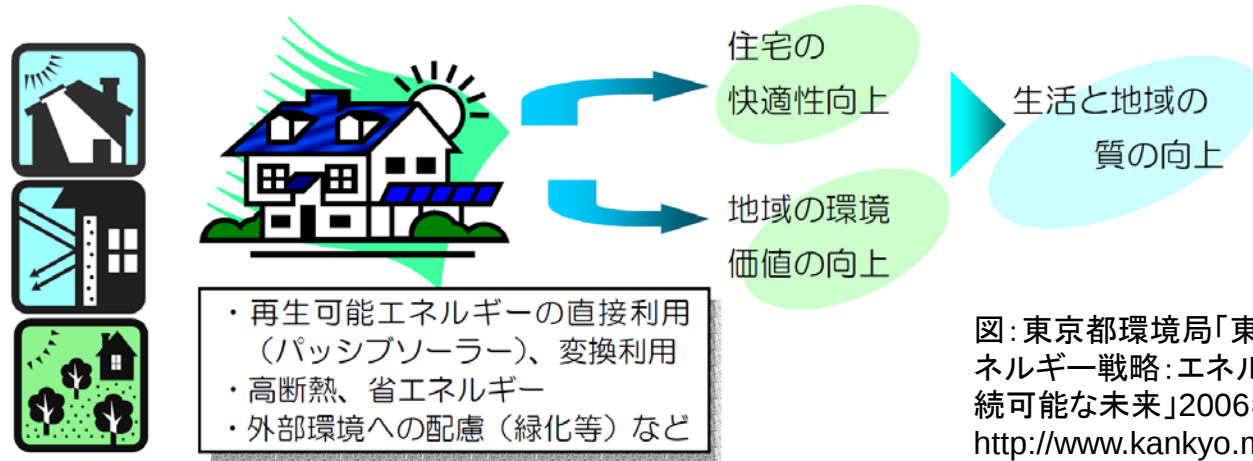
東京都再生可能エネルギー戦略



* 図 3-7 目標のイメージ



*



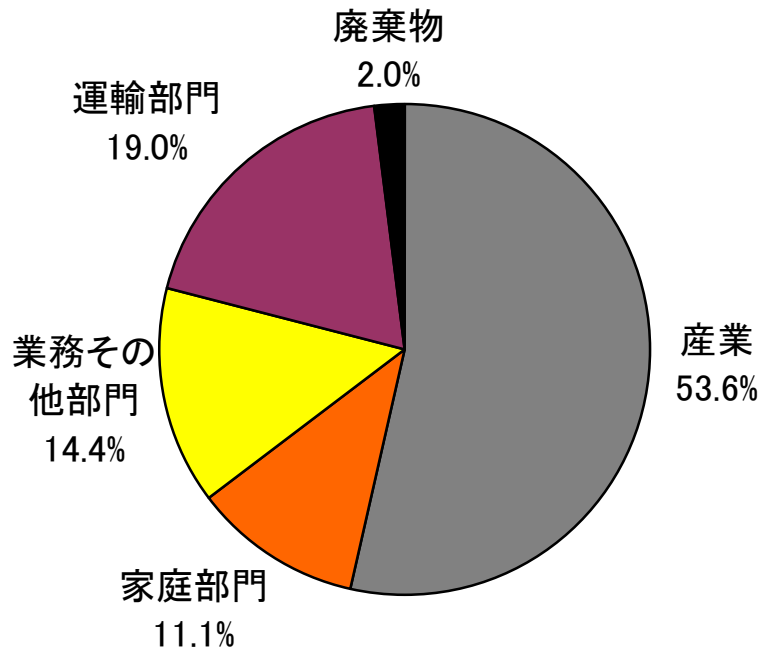
図：東京都環境局「東京都再生可能エネルギー戦略：エネルギーで選びとる持続可能な未来」2006年より。
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/attachement/zennbunn.pdf>

* 図 4-2 住宅における再生可能エネルギー等の利用のイメージ

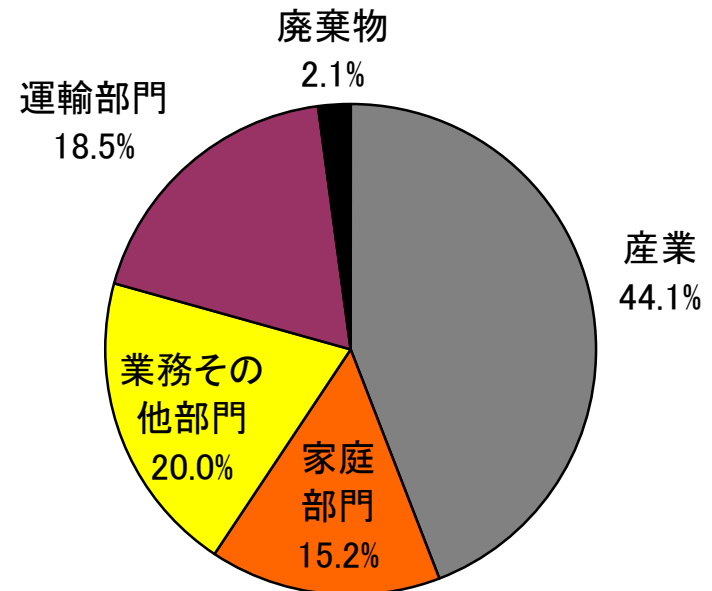
需要側対策

- 運輸、事業所、家庭の増加大
- 人びとの行動、ライフスタイルの影響大

部門別二酸化炭素排出量(1990年)



部門別二酸化炭素排出量(2011年)



国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスのデータをもとに作成
<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>

家庭部門の需要マネジメント

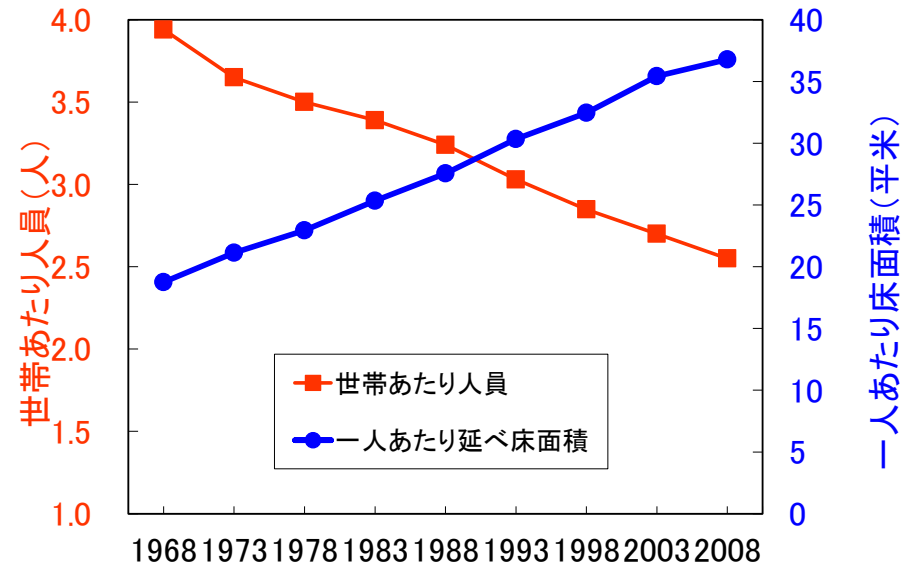
- 世帯人員の減少
- 一人あたり床面積の増加



住宅面積の抑制

戸建て住宅から集合住宅
への住み替え

＜生活の質の維持・向上が前提＞



日本の住宅の世帯あたり人員と床面積の推移

「住宅・土地統計調査(総務省統計局)」のデータを元に作成

業務部門の需要マネジメント

○ 増え続ける床面積

	1970	1980	1990	2000	2010
全業務系床面積 (百万平米)	560	936	1,285	1,656	1831
事務所床面積 (百万平米)	120	204	313	435	479
デパート・卸小売 床面積(百万平米)	132	223	299	406	468

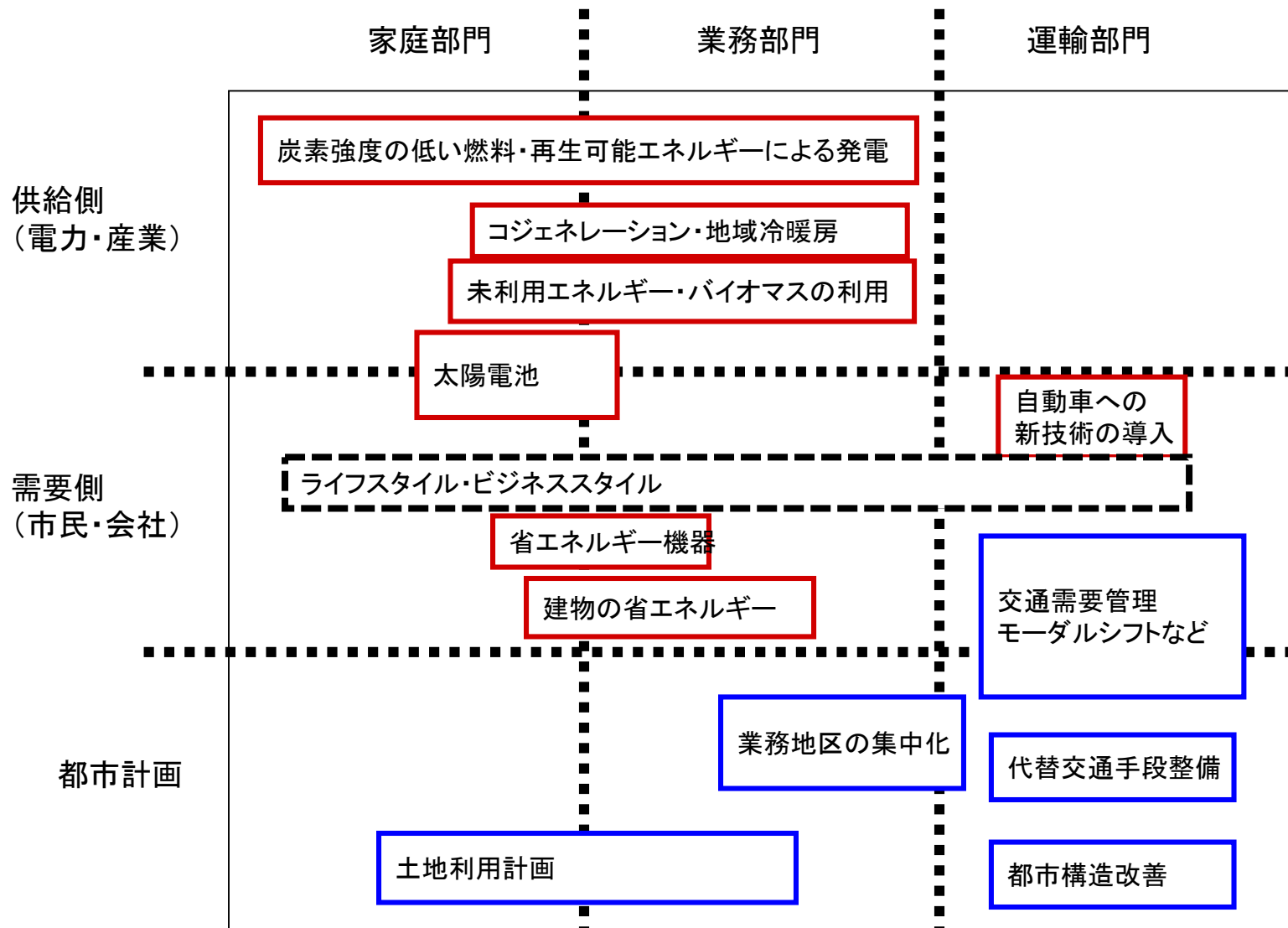
「エネルギー・経済統計要覧(2014年版)」p.124(7) 業務部門業種別延床面積 より抜粋・算出



床面積の抑制は可能か

＜企業の競争力の維持・経済的インセンティブ＞

二酸化炭素排出削減策



プロアクティブとは

- 先回りする、先制する、先見的
- 環境問題におけるプロアクティブな姿勢
 - 将来生じる課題を予見し、先回りをして対応策を取ることによって問題を未然に防ぎ、課題を解決する
 - 将来の社会にとって、より望ましい方向に環境を導く

プロアクティブでなければならない理由

○ リアクティブな軌道修正の限界

人間活動→環境問題・社会問題の発生
→問題の解決(軌道修正)

○ 暮らしとまちの変化の遅さ

