

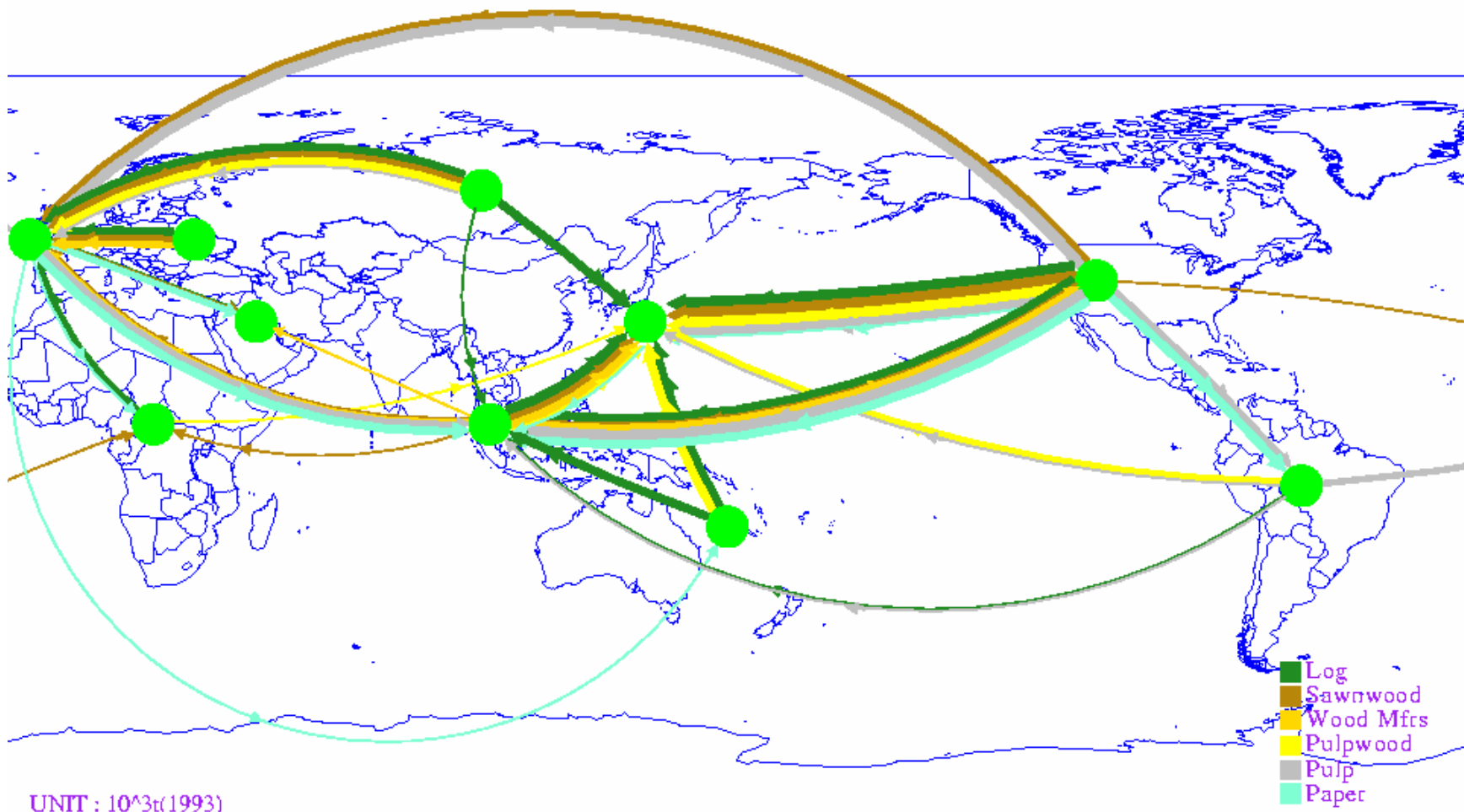
紙のリサイクルを考える

国際連合大学

安井 至

United Nations University
<http://www.yasuienv.net/>

丸太、製材、合板、パルプ材、パルプ・紙の国際貿易 (1993)



 500 ~ 1000
 8000 ~ 12000

 1000 ~ 2000
 12000 ~ 16000

 2000 ~ 4000
 16000 ~

 4000 ~ 8000

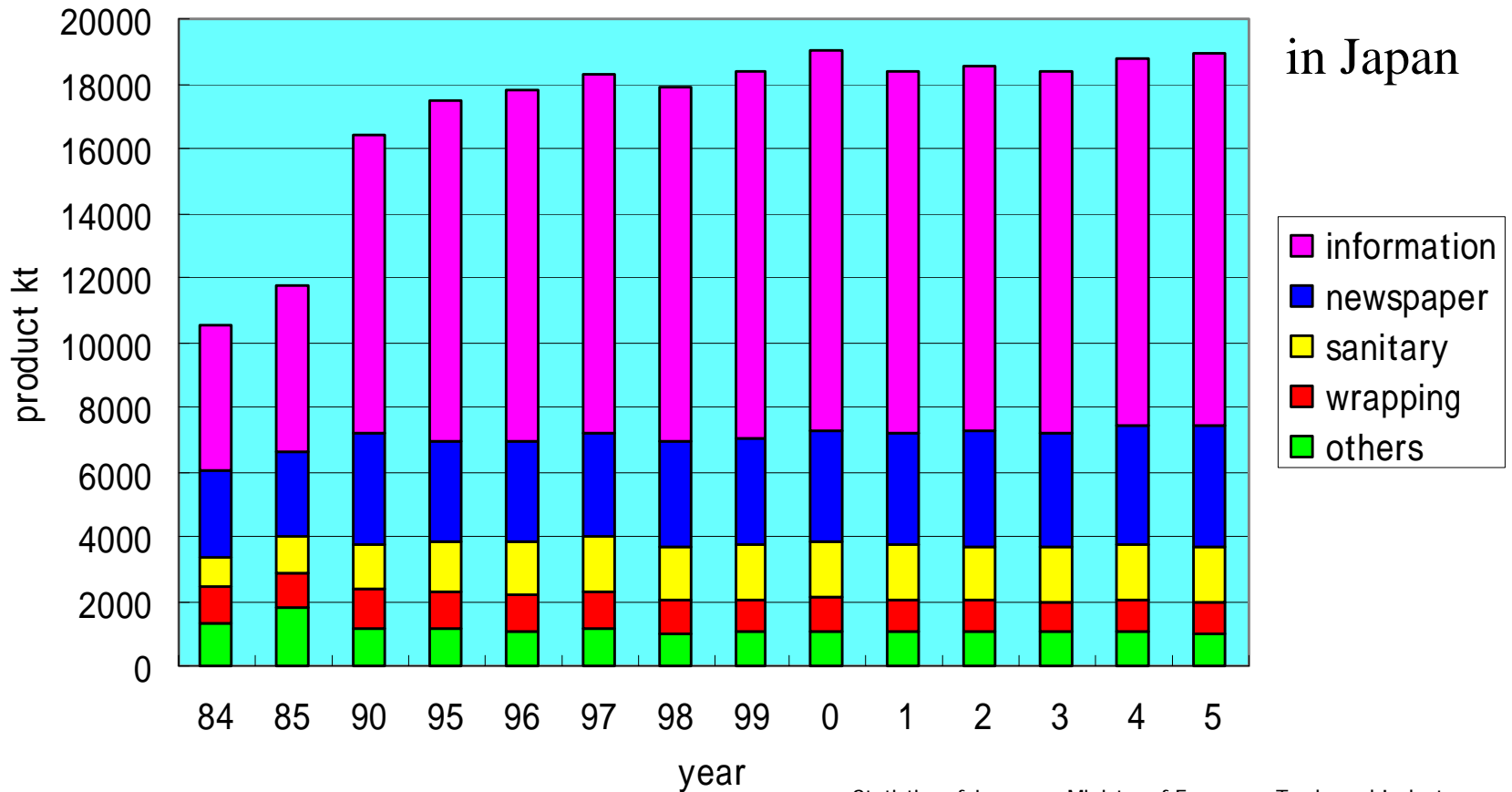


© Japan Tropical Forest Action Network(JATAN)

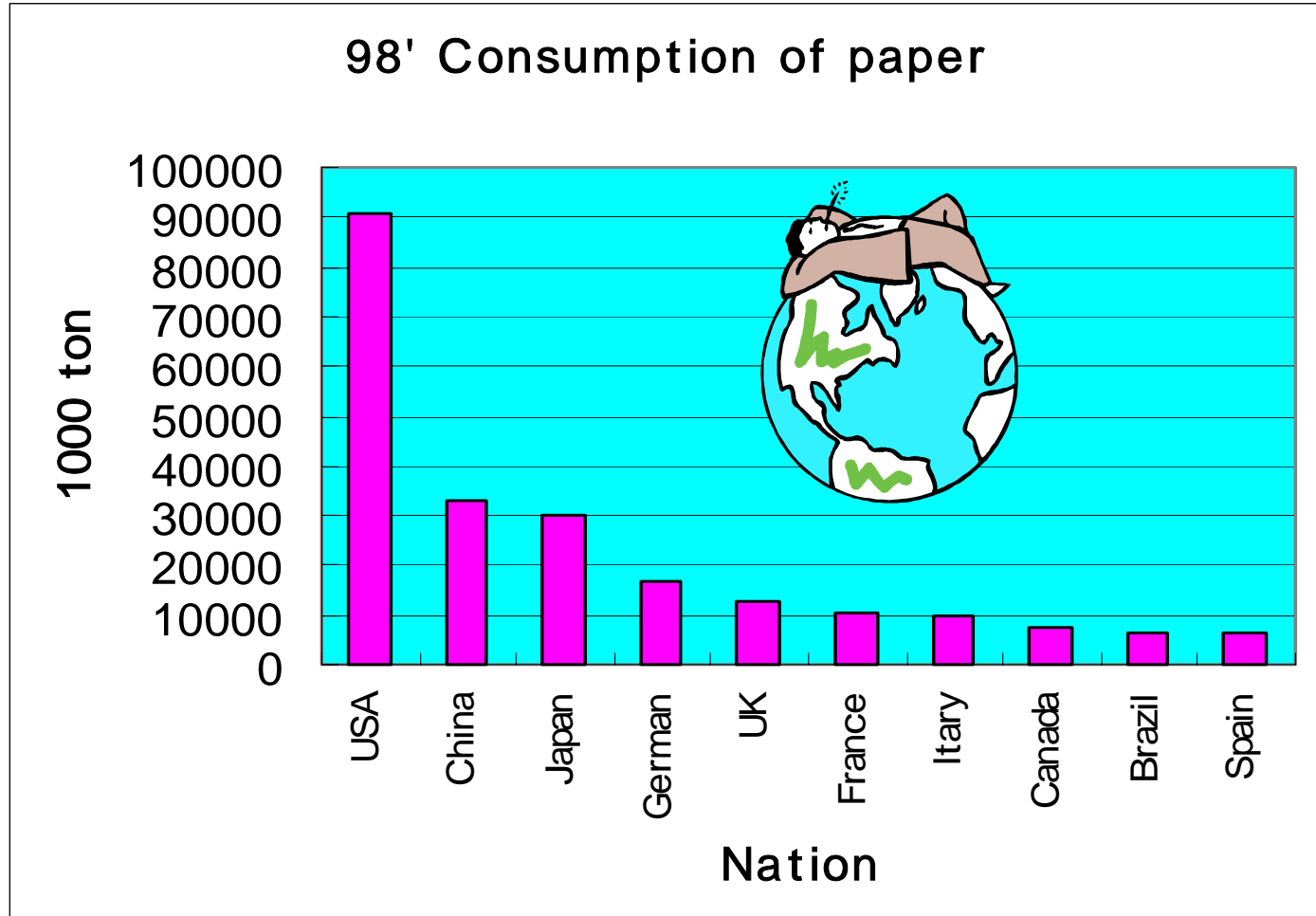
We are consuming the environment.



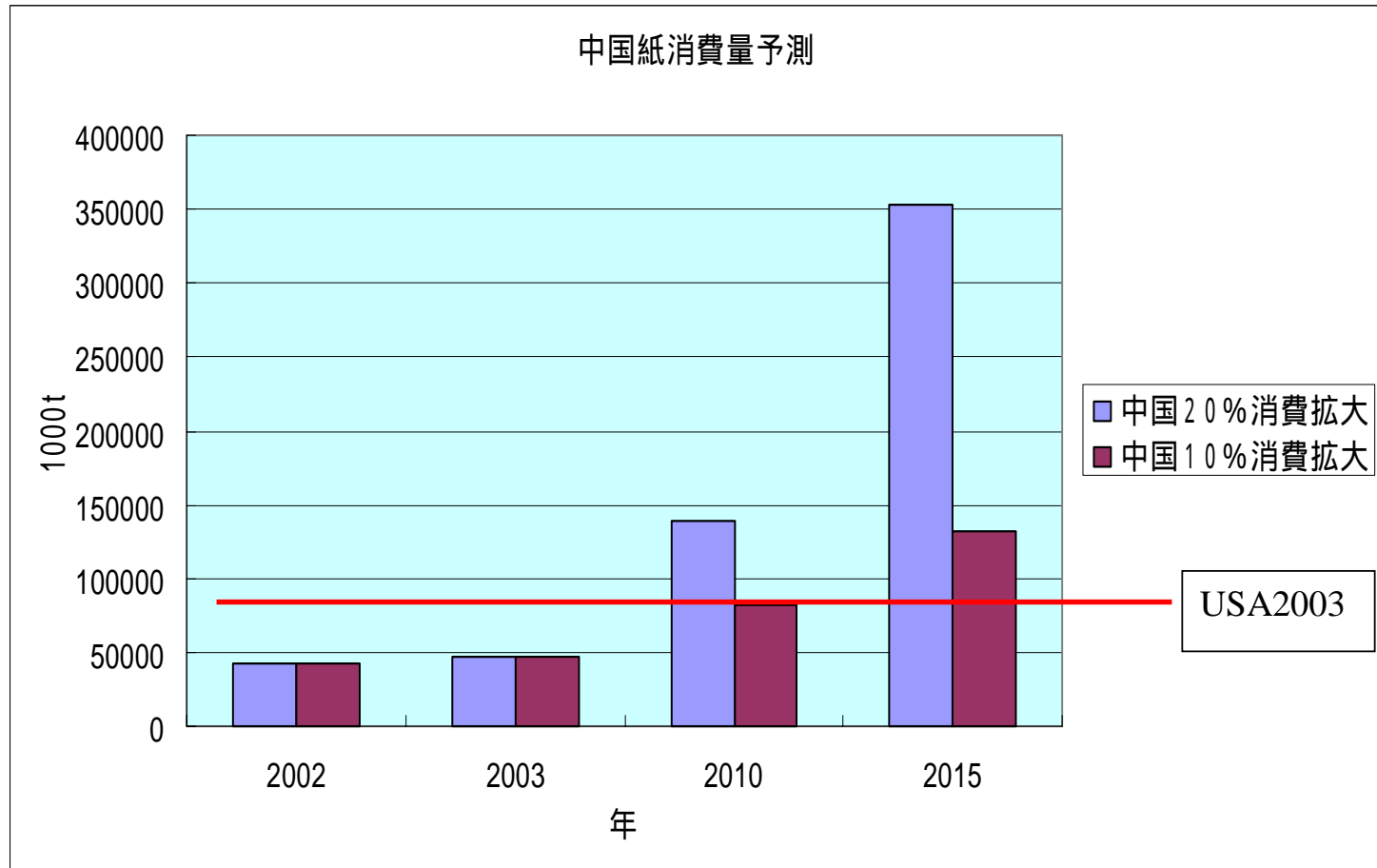
日本の紙消費の推移

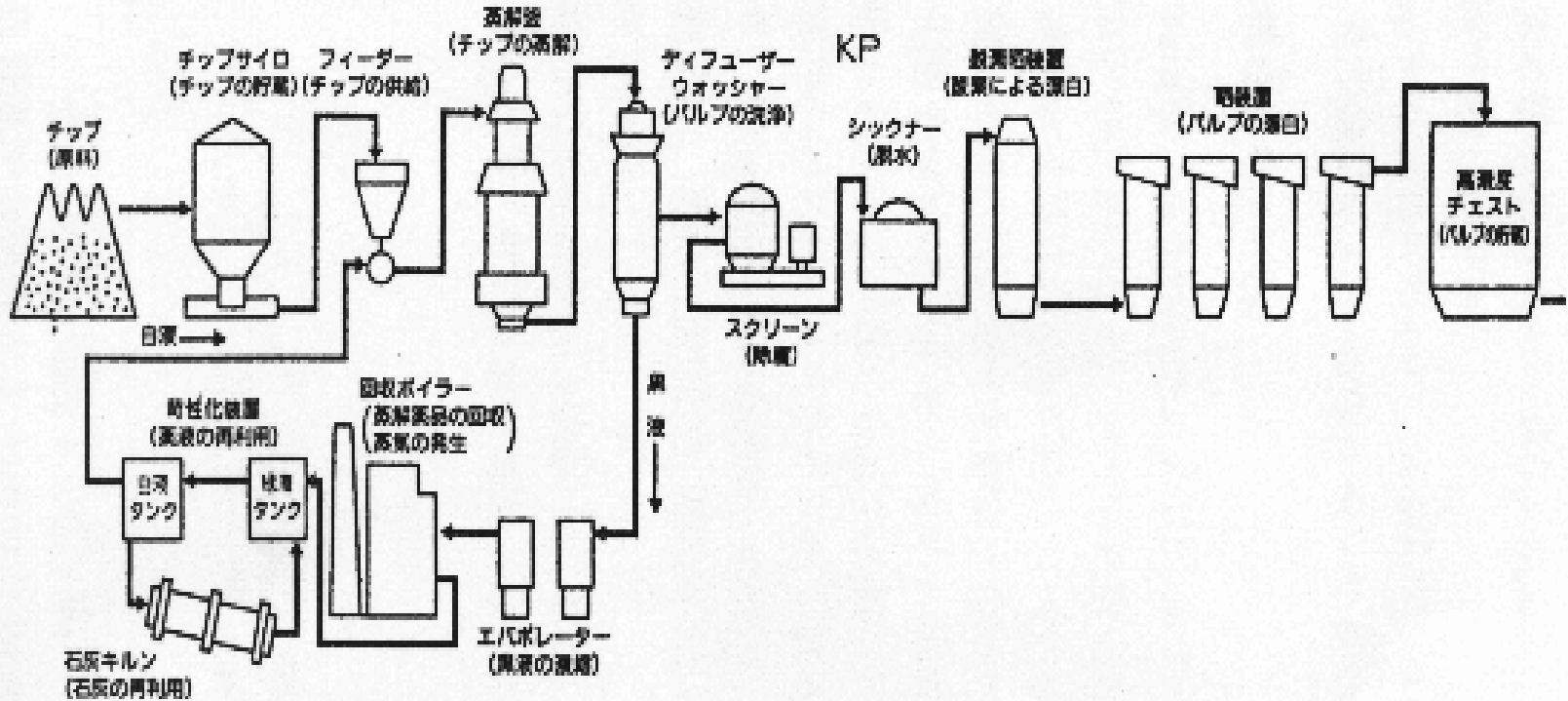


紙の消費は巨大

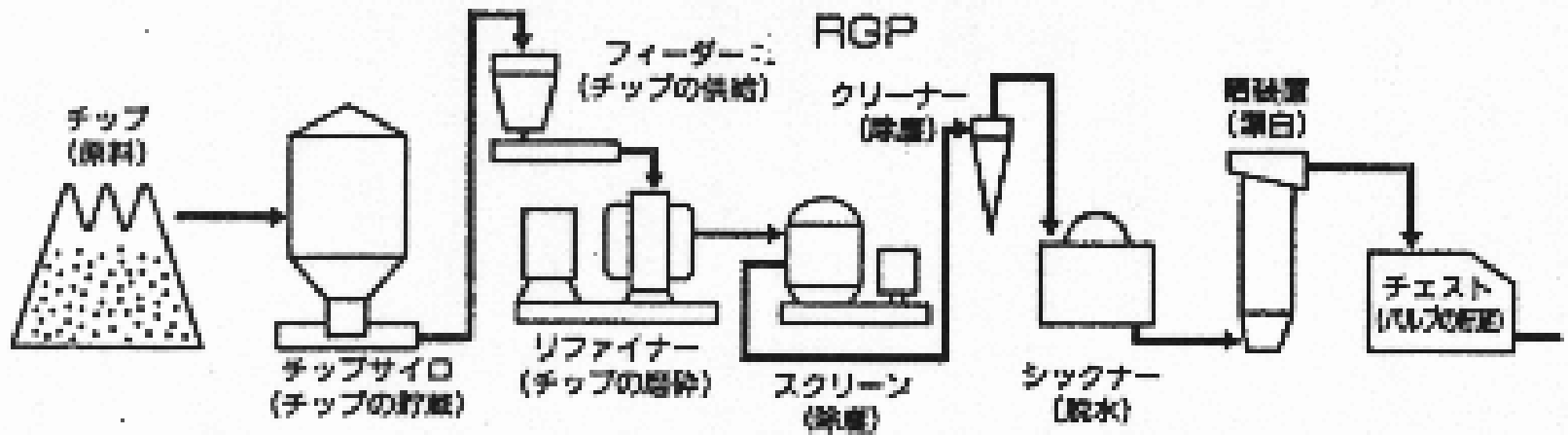


中国の全体消費予測

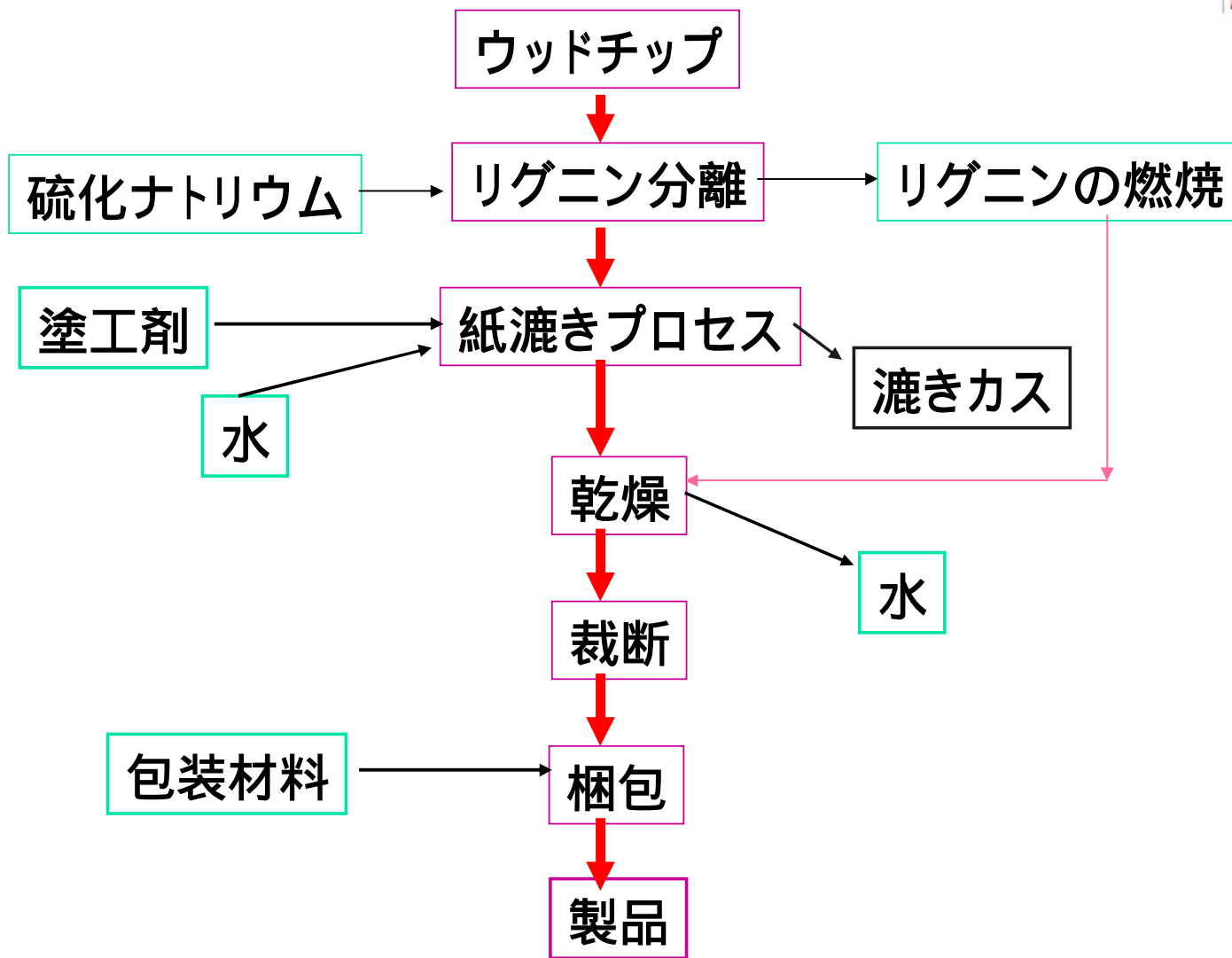




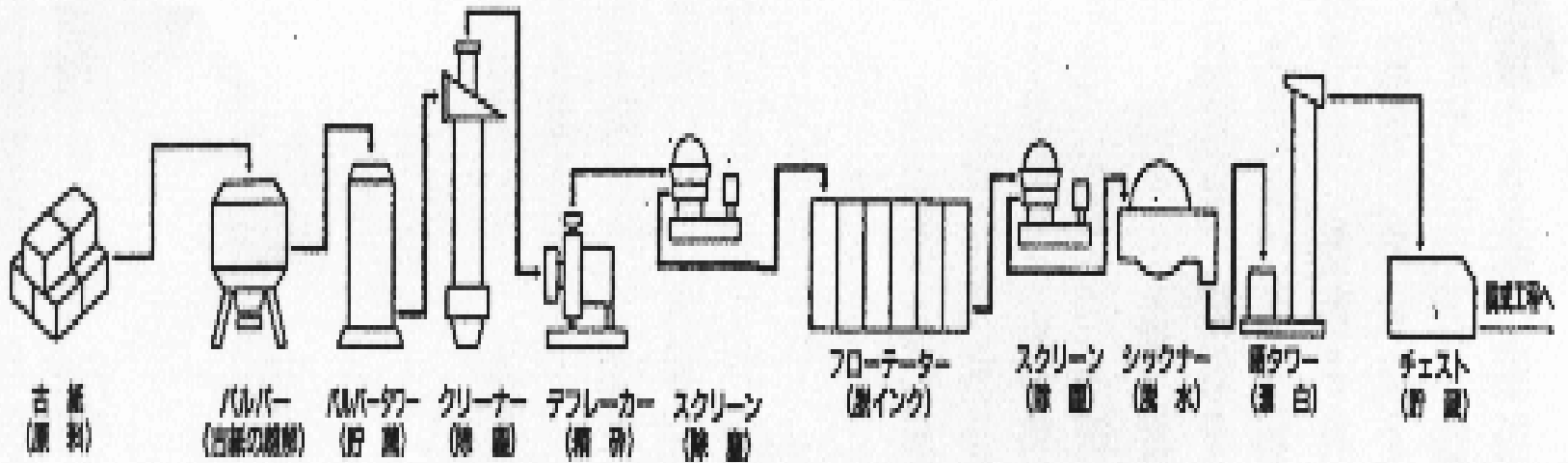
クラフトパルプの製造法



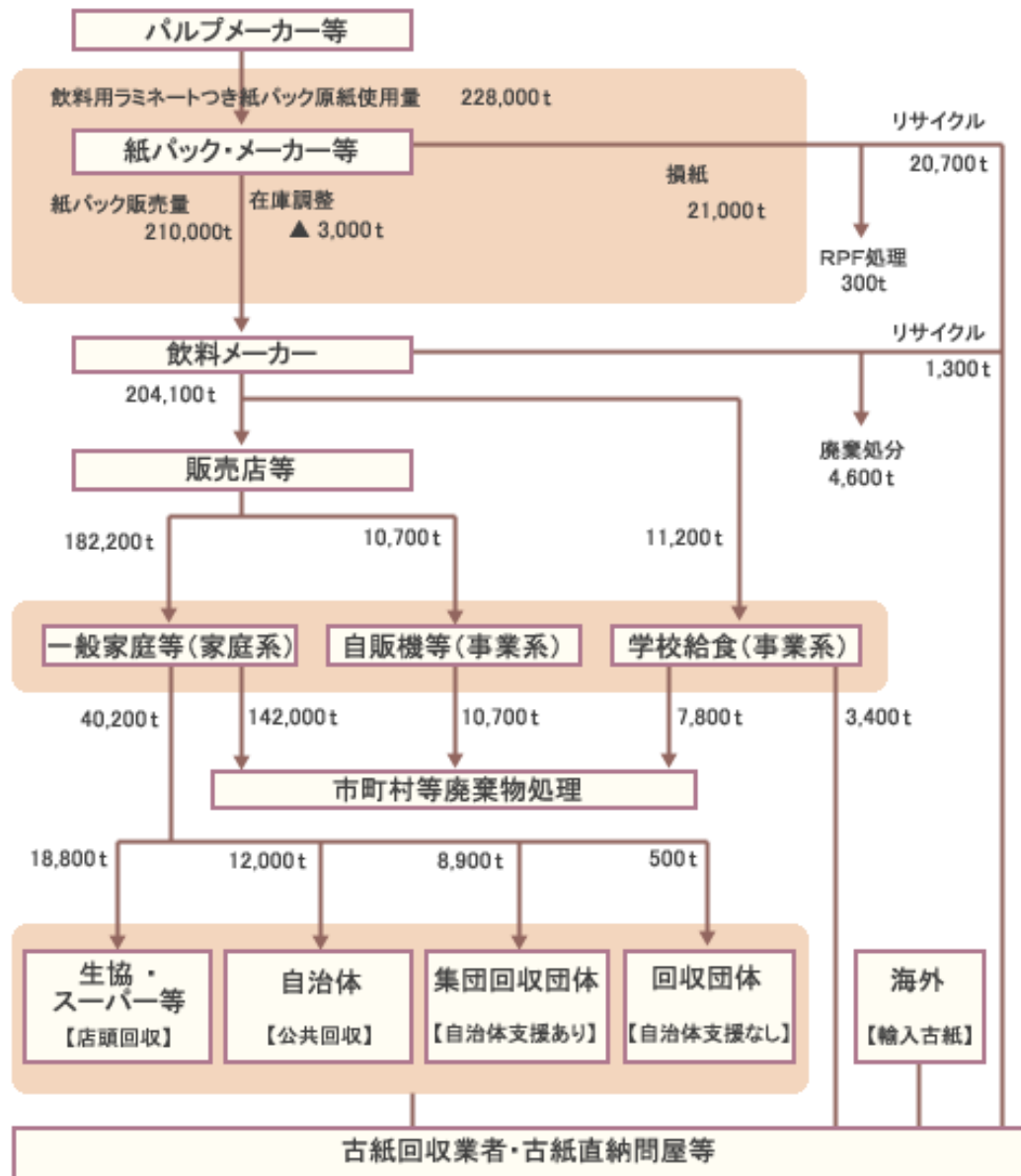
機械式パルプの製造法



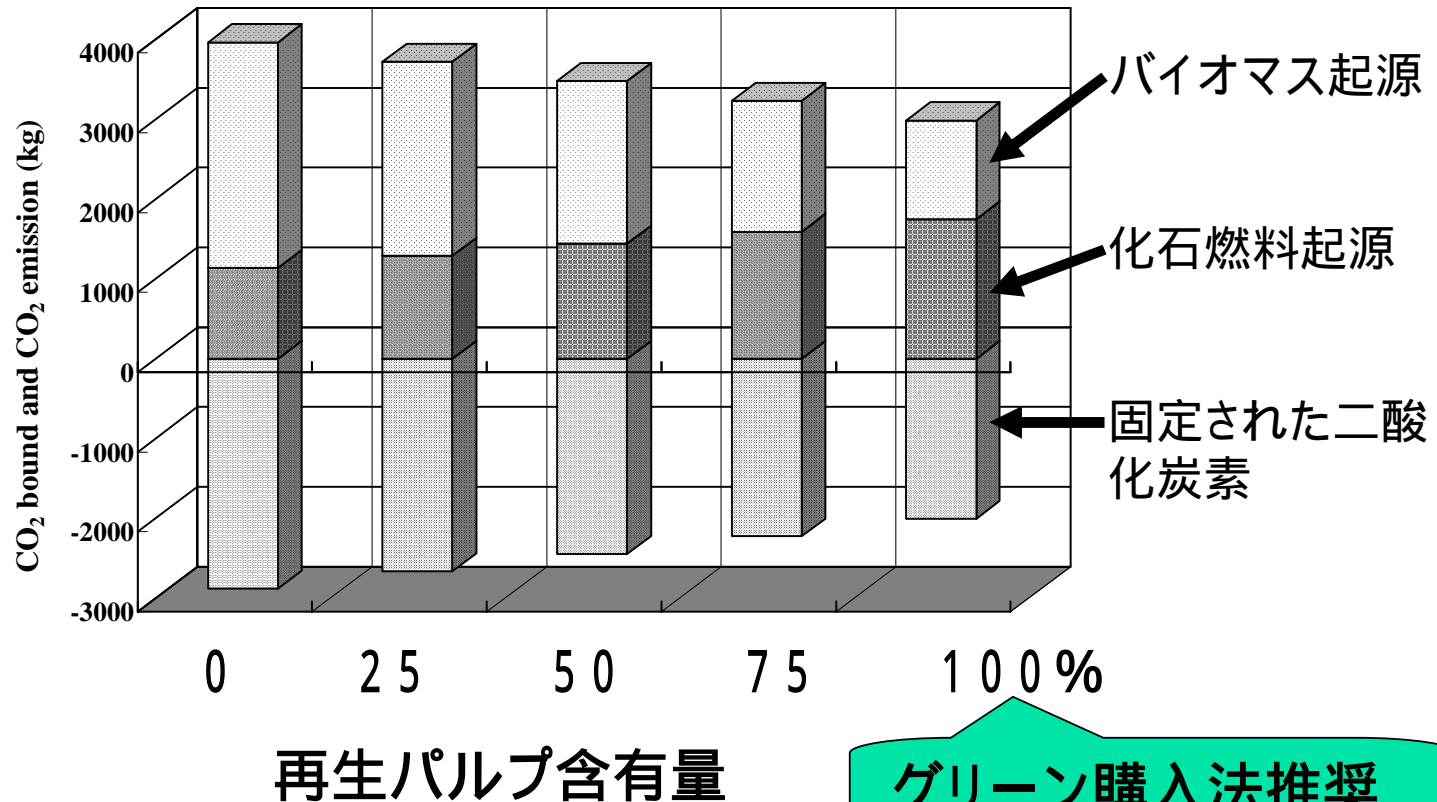
A4のOA紙1000枚を作るとしたら、どれだけの原料が必要？



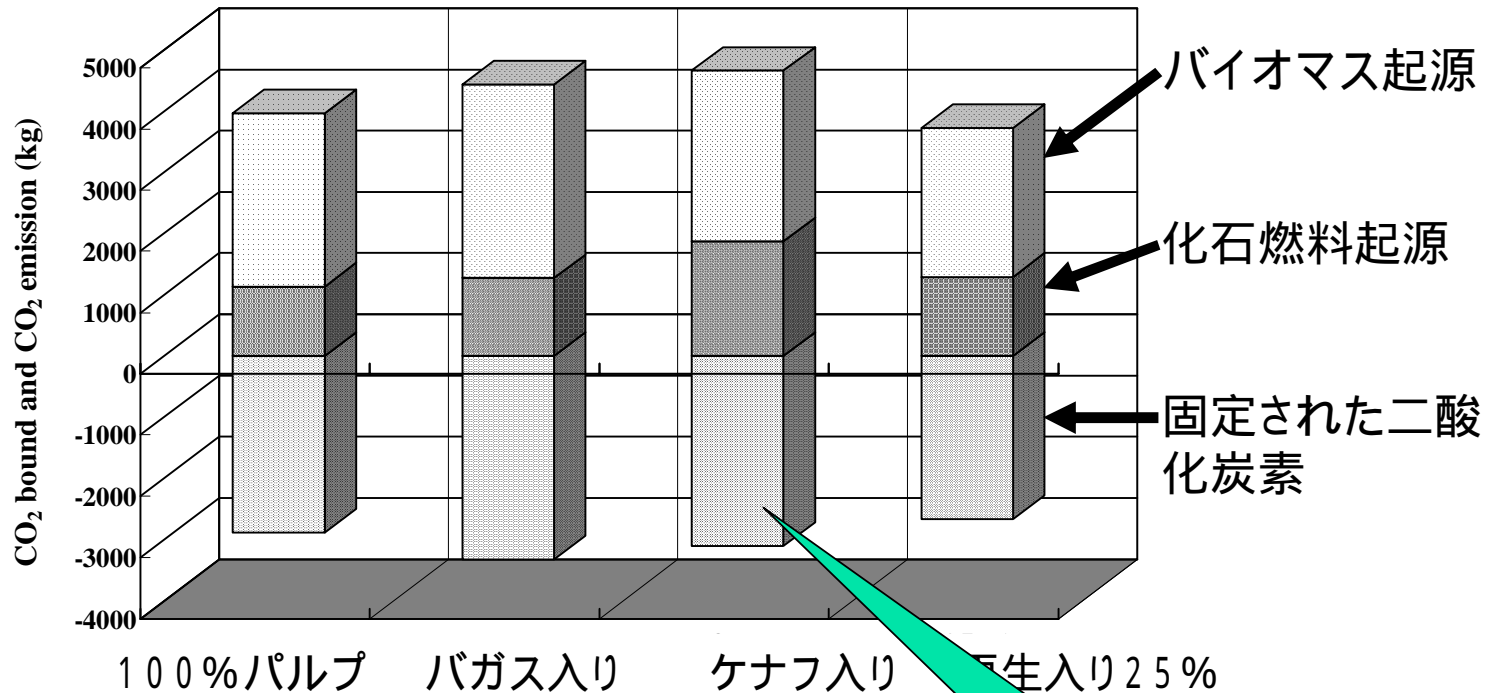
DIPパルプの製造法



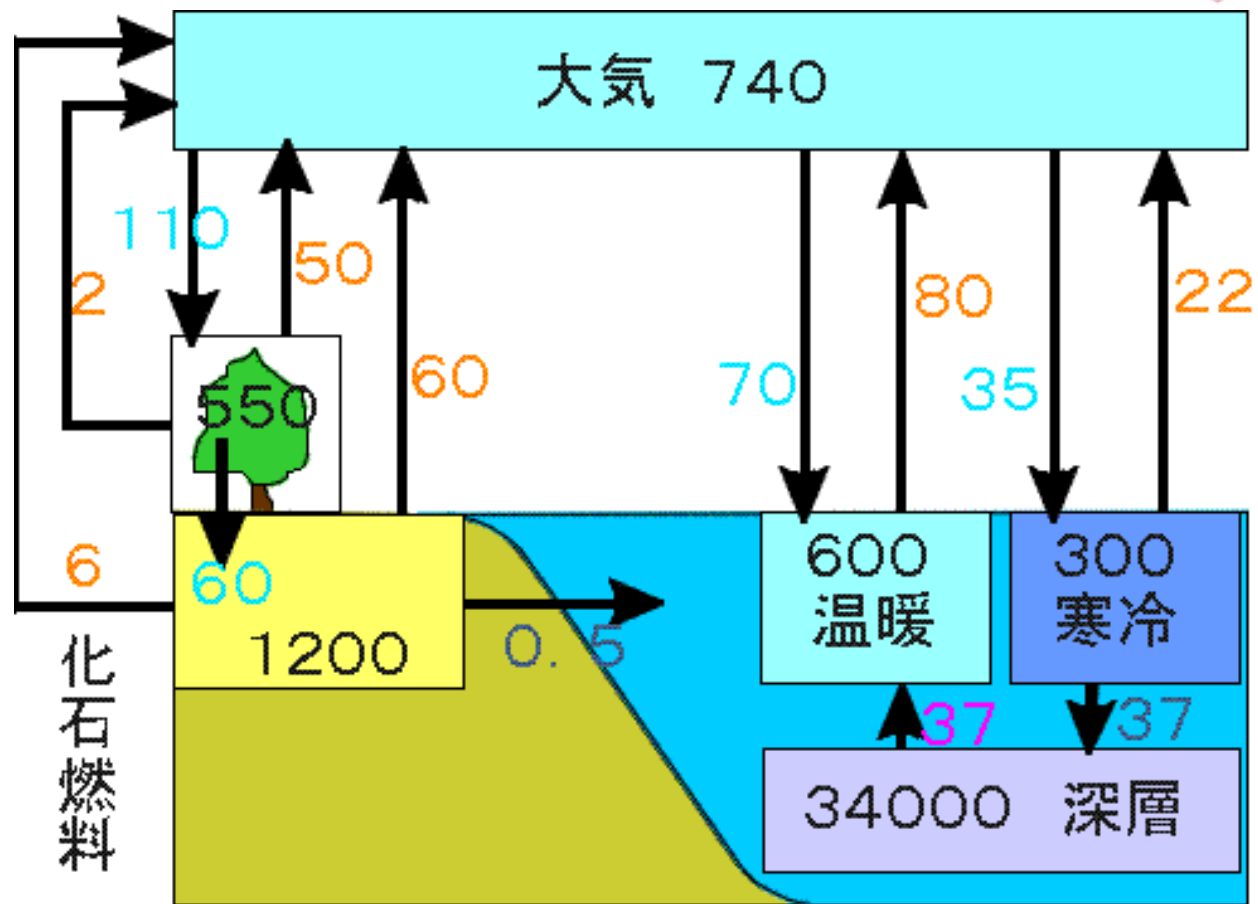
二酸化炭素放出量と再生パルプ含有量



ケナフパルプの名刺



環境派の象徴



黒字: 存在量 赤: 大気へ 青: 大気から
単位 Gトン、Gトン/年

図4 - 3

紙のリサイクルは？

- 再生紙と新品の使用エネルギー
- = ほぼ同じ。
- しかし、再生紙は化石燃料だけを、新品は黒液(リグニン)も使うため、化石燃料消費量は、再生紙が多い。
- しかし、リサイクルすべきだ
- セルロースは4回ぐらい使える

使う回数と再生パルプ含有量

- 使う回数 = 1・・・再生パルプ = 0%
- 使う回数 = 2・・・再生パルプ = 50%
- 使う回数 = 4・・・再生パルプ = 75%

- 上限を4回とすれば、再生パルプの含有量は、すべての紙で75%でよい。

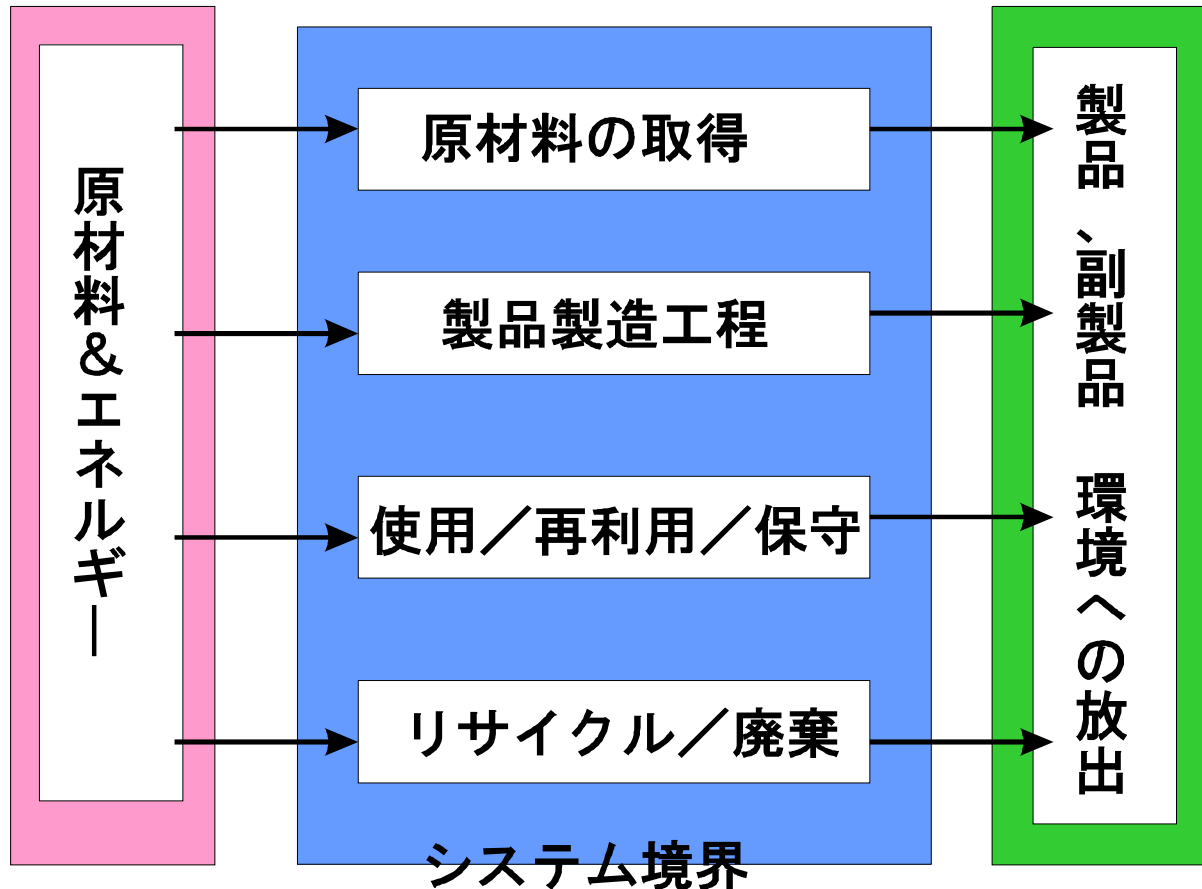
地球インパクト評価

評価の方法論

ライフサイクルアセスメント
≡Life Cycle Assessment
≡LCA

- LCAの定義
- ある製品やサービスの地球インパクト、すなわち、環境への負荷、資源・エネルギーの消費量などによる総合的評価

製品のライフサイクル



紙をリサイクルする理由は

- 二酸化炭素排出量削減が目的ではない
- セルロースの性能をフルに生かすため
- すなわちモッタイナイ思想

- 十分リサイクルされると、その効果は
 - 1. 森林の使用量が1 / 4に。
 - 2. 土地の利用形態が変わる。



森林は消滅へ？？？

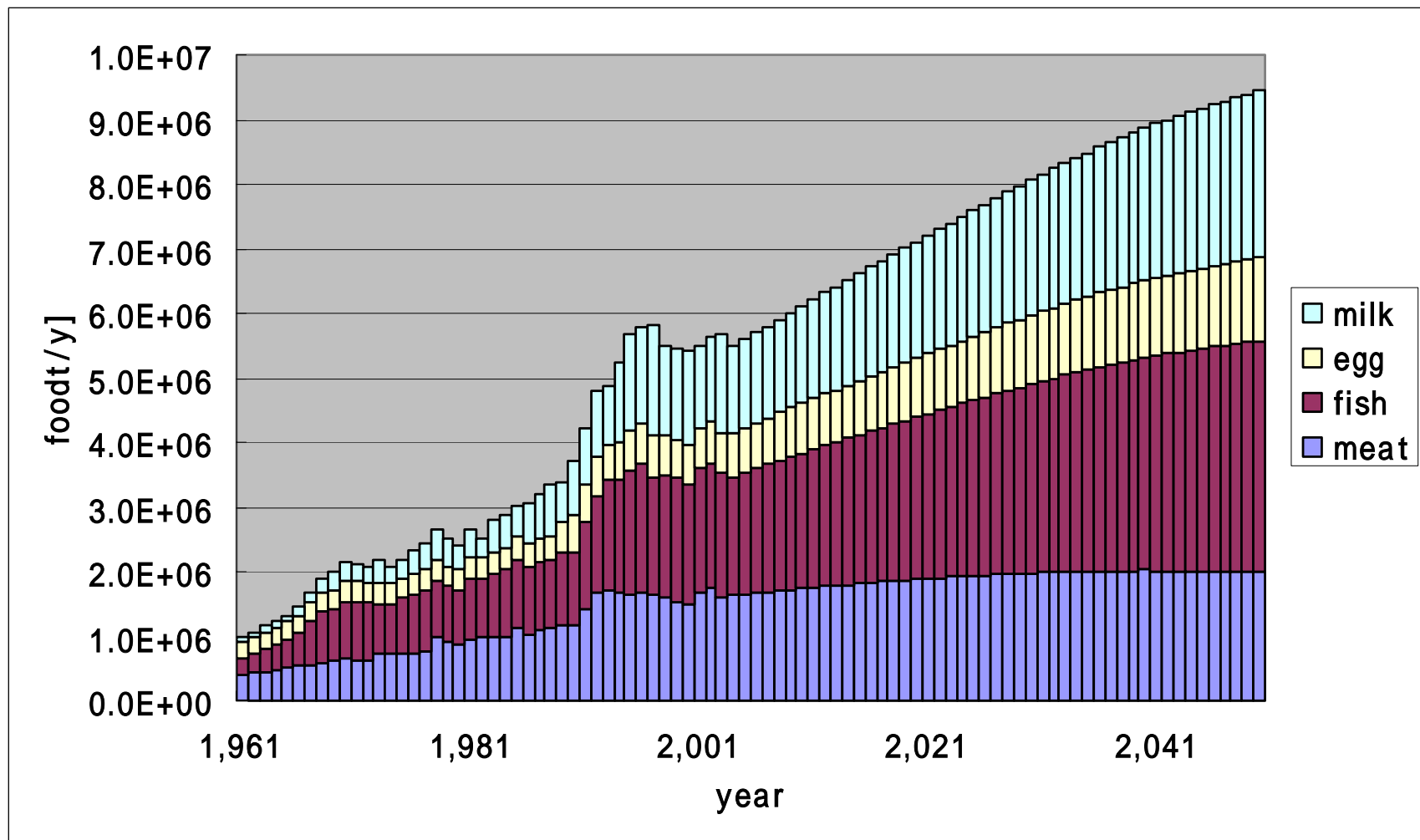
- バイオマス燃料の脅威
 - バイオエタノール
 - = トウモロコシ、サトウキビ
 - バイオディーゼル
 - = パームヤシ、大豆、ヤトロファ
- 食糧増産の脅威
 - 特に、牛肉消費の増大の脅威
- 植物樹脂

セルロースが最終ターゲットになる

- 食糧危機との見合い
- 廃木材の有効利用
- 農産廃棄物の有効活用
- 温暖化の加速による二酸化炭素対策



飼料生産量



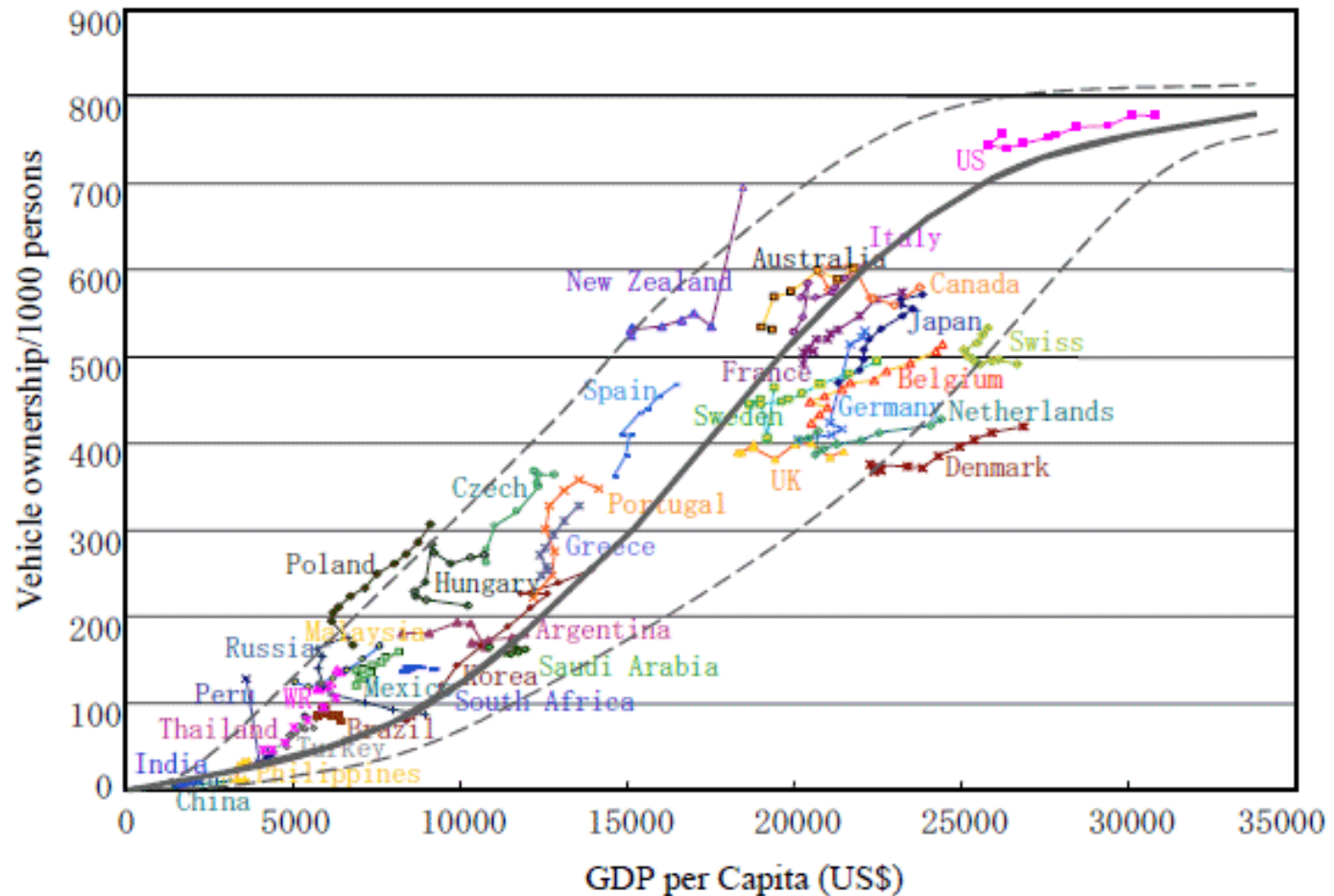


Figure 5.2: Vehicle ownership as a function of per capita income

Note: plotted years vary by country depending on data availability.

Data source: World Bank, 2004.

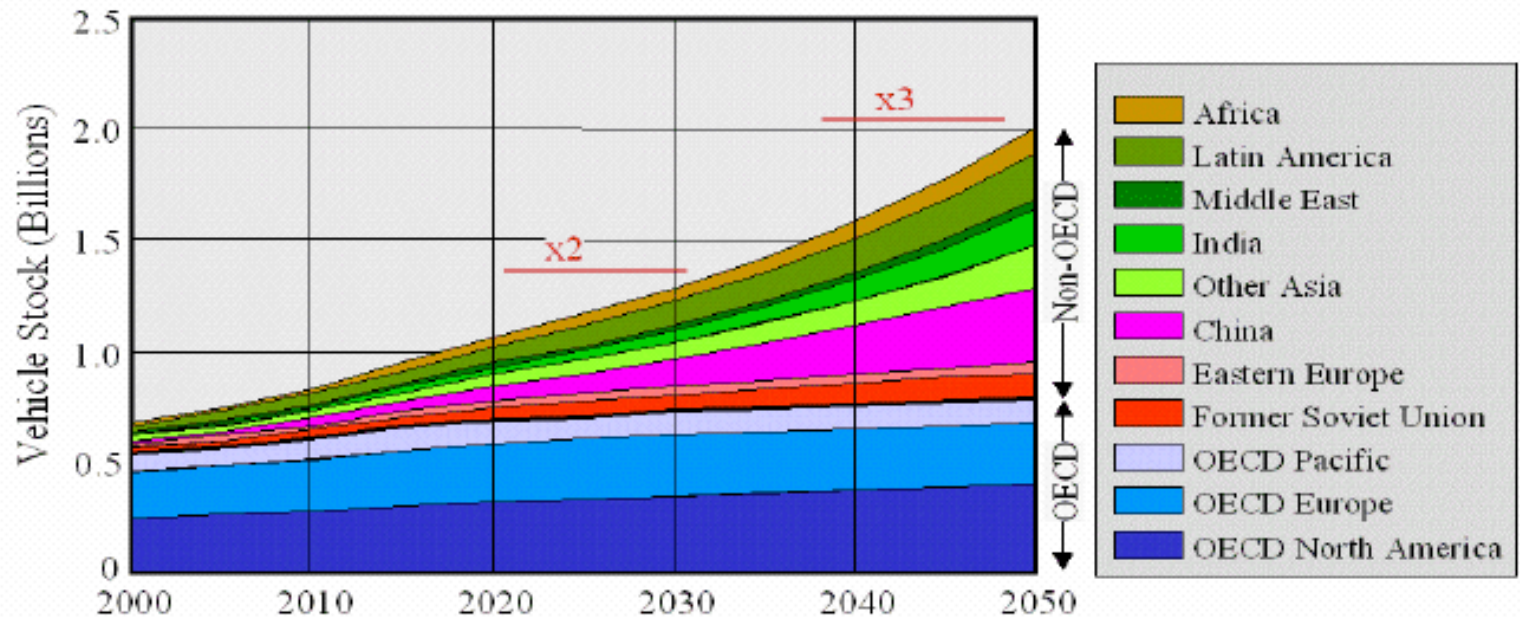


Figure 5.5: Total stock of Light-duty Vehicles by region
Source: WBCSD, 2004a.

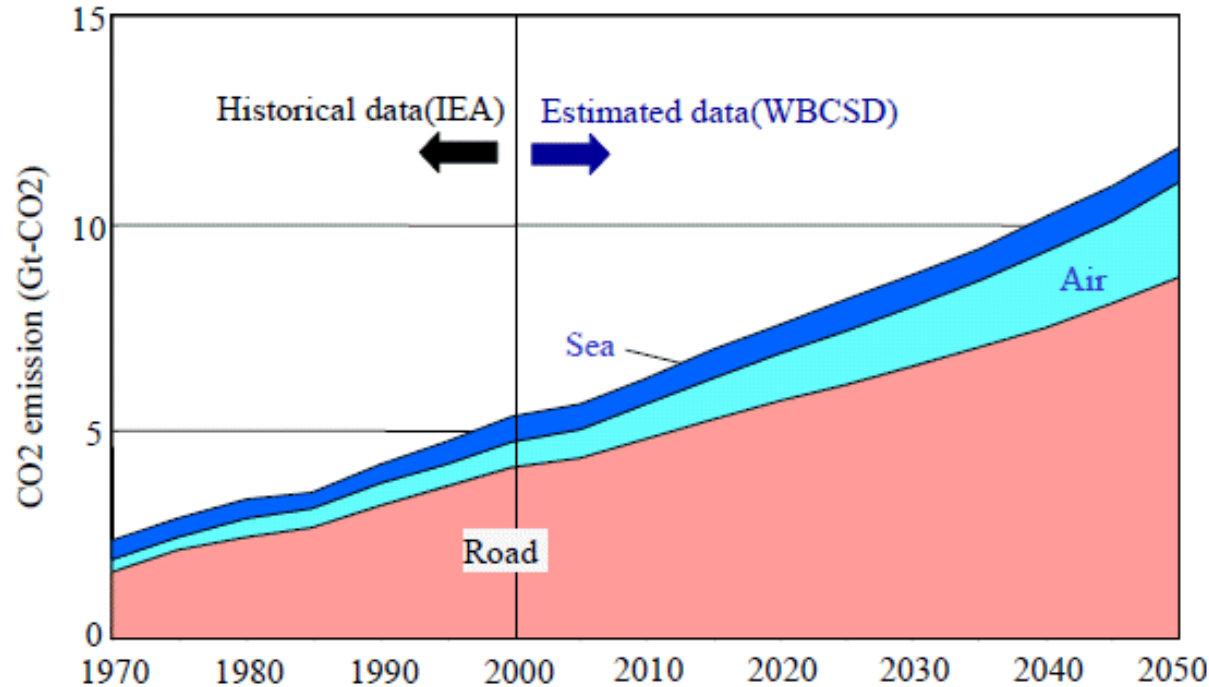


Figure 5.4: Historical and Projected CO₂ emission from transport by modes, 1970–2050
 Source: IEA, 2005; WBCSD, 2004b.

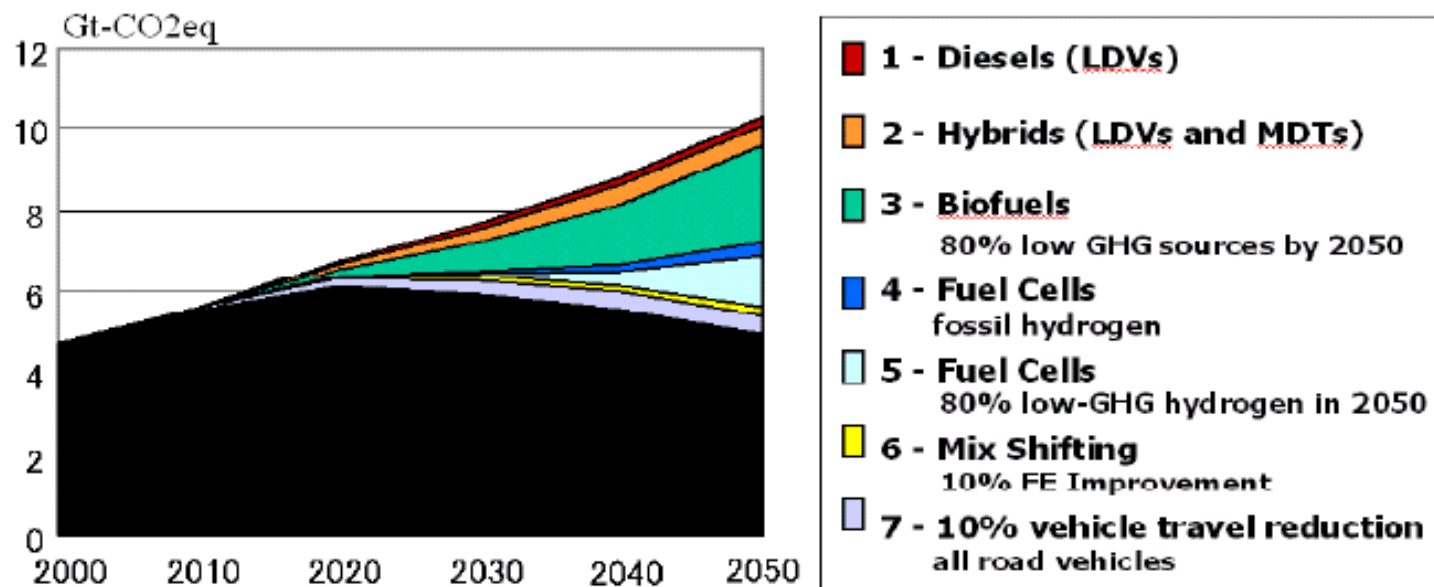


Figure 5.15: The effect of a scenario postulating the market penetration of all technologies
Source: WBCSD, 2004a.

これでは不十分。やはり車重を半分にすることが必要？
Not Enough. Need to halve Weight?
さらに、電気自動車か？
Pure Electric or Plug-in?

バイオエタノールは有効なのか？

Table 2. Bio-energy yield to fossil energy input ratios for bio-ethanol systems

Feedstock and country	Energy yield ratio	
Sugarcane, Brazil	7.9	サトウキビ
Sugarbeet, Great Britain	2.0	テンサイ
Corn, USA	1.3	トウモロコシ
Molasses, India	48	糖蜜
Molasses, South Africa	1.1	
Corn stover, USA	5.2	茎、ワラ
Wheat straw, Great Britain	5.2	
Bagasse, India	32	バガス

by Harro von Blottnitz* and Mary Ann Curran

IPCC AR4 WG3: 第二世代バイオ燃料が必要
Necessity of 2nd Generation Biofuel

植物樹脂を使用した製品

- しよせん、食糧からの樹脂。家畜用飼料としてのトウモロコシのようではあるが。
- LCA的に、良いというが、プロセスエネルギーは現状ではかなり高いはず。
- 米国の食糧戦略の中に組み込まれた商品を、日本がやすやすと受け入れて良いのか？
- 生分解性が活かせるのは、農業・土木用途

詳しくは、HPの9月12日号参照

<http://www.yasuienv.net/BioPlastics.htm>



紙と他素材との比較

家庭のゴミ 容積比 2003年

■ 容器包装	61.3%	23.3%
■ 紙	17.5%	7.2%
■ プラスチック	40.9%	10.2%
■ ガラス	0.66%	4.1%
■ 金属	2.17%	1.8%
■ 容器包装以外	36.88%	76.7%

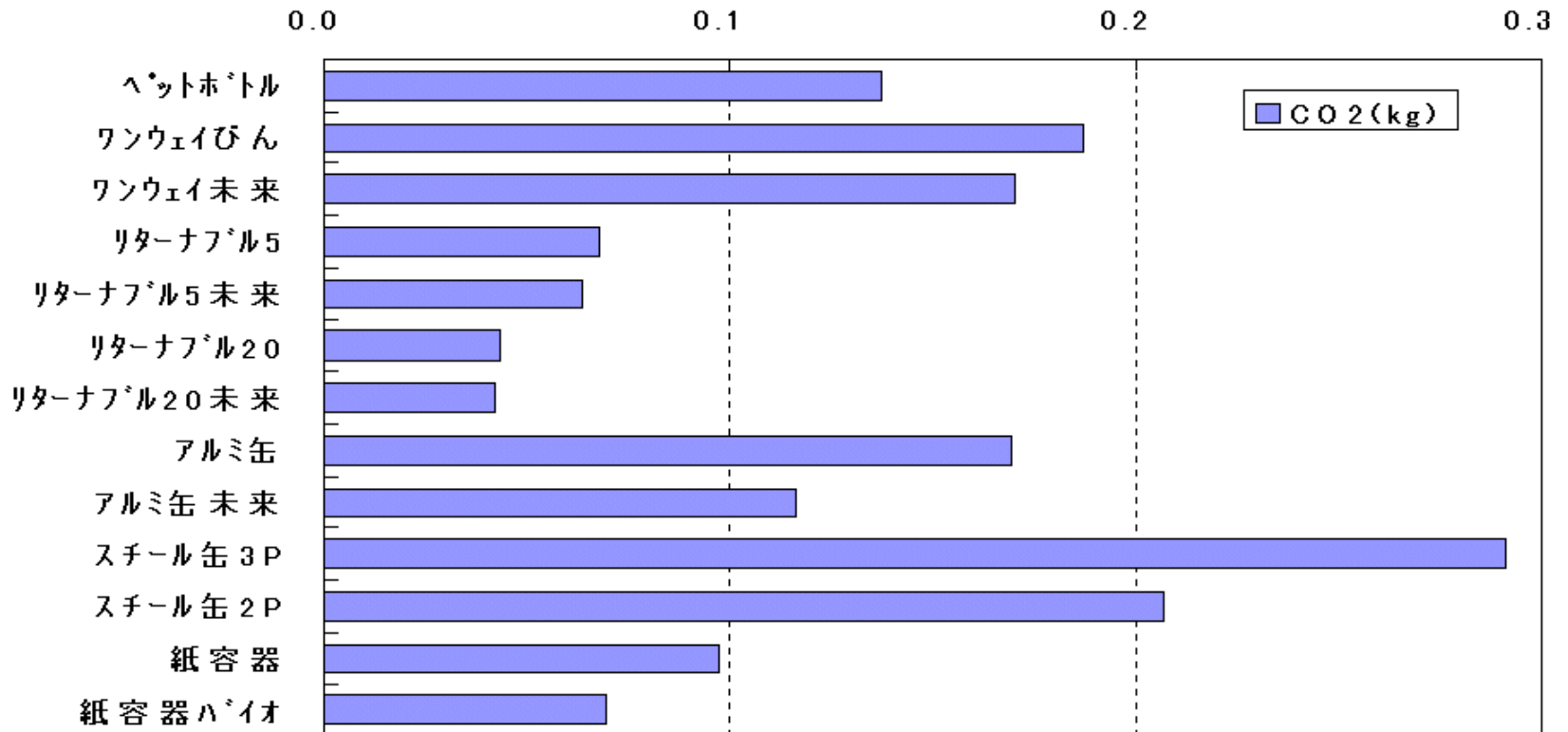
重量比 赤

500mlの飲料容器

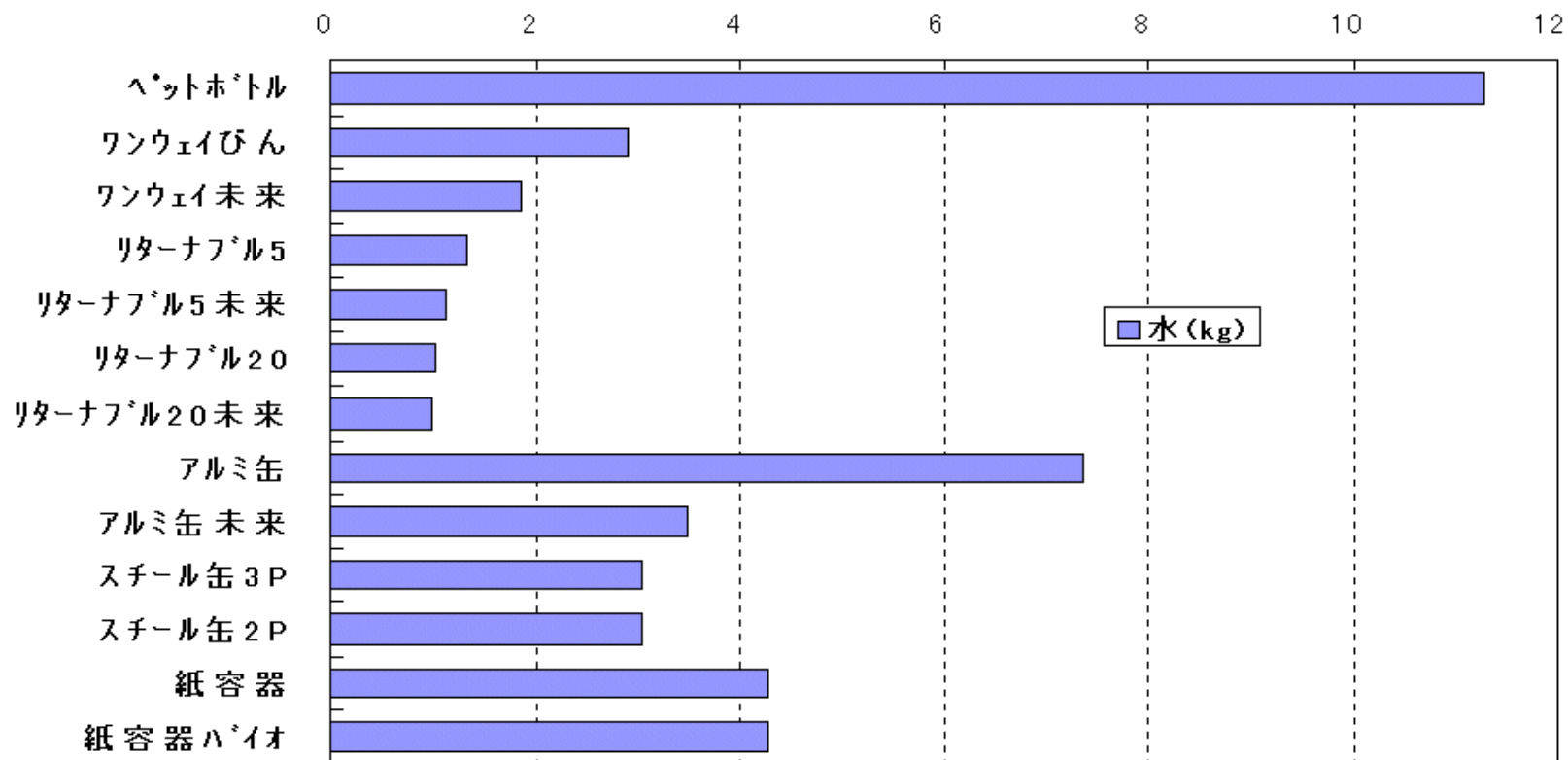
- ライフサイクルアセスメントによる比較
- 容器のライフサイクル全体に渡る負荷
- 環境負荷項目
 - 二酸化炭素、エネルギー消費
 - SO_x、NO_x、BOD、COD、水
 - 固形廃棄物



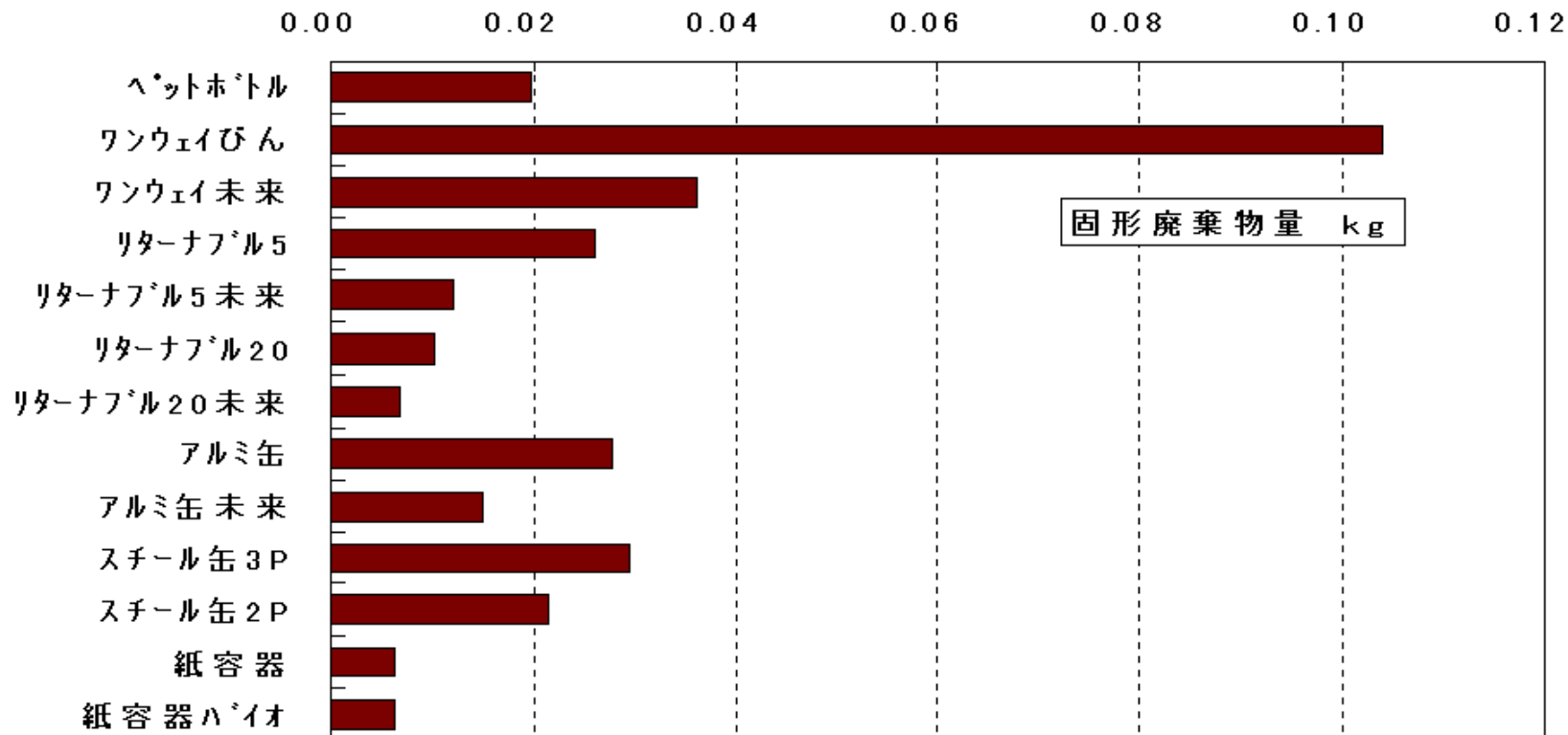
二酸化炭素排出量



水消費量

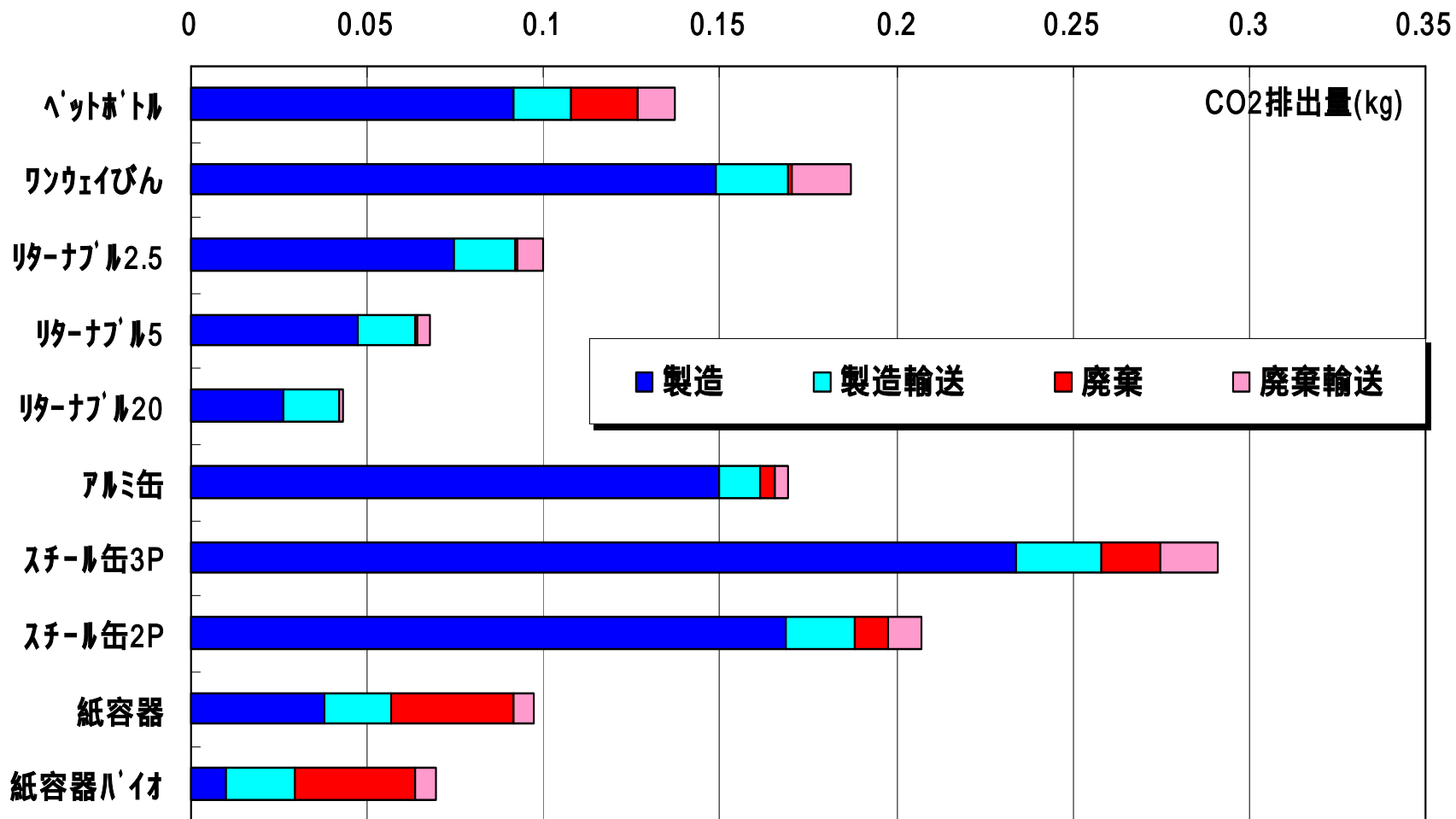


固形廃棄物





CO2排出量 ステージ別



リサイクルのレベル

- 1. **経済活動**として成り立つ
 - 銅、アルミ、貴金属など

 - 2. **単一的な資源・環境負荷の低減**
 - 紙・ペット、ゼロエミッション
 - 3. **総合的な資源・エネルギー消費削減** LCA
 - 4. **総合的な環境負荷(廃棄物)の低減** LCA
 - 5. **持続性社会実現を指向**

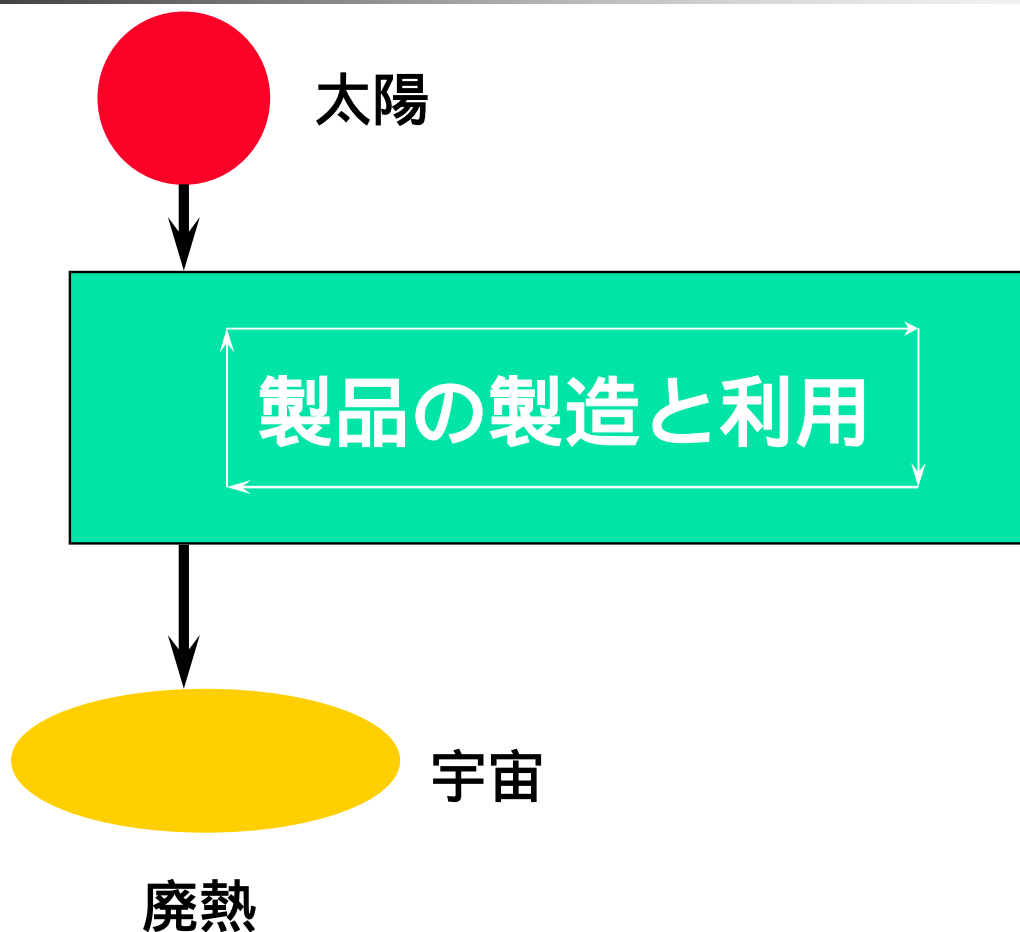
 - 6. **社会的責任としての循環** EPR
 - 7. **国内雇用の創出のための循環**
- 経済性 ↓
- 環境負荷低減 ↑



再生可能資源とエネルギー編

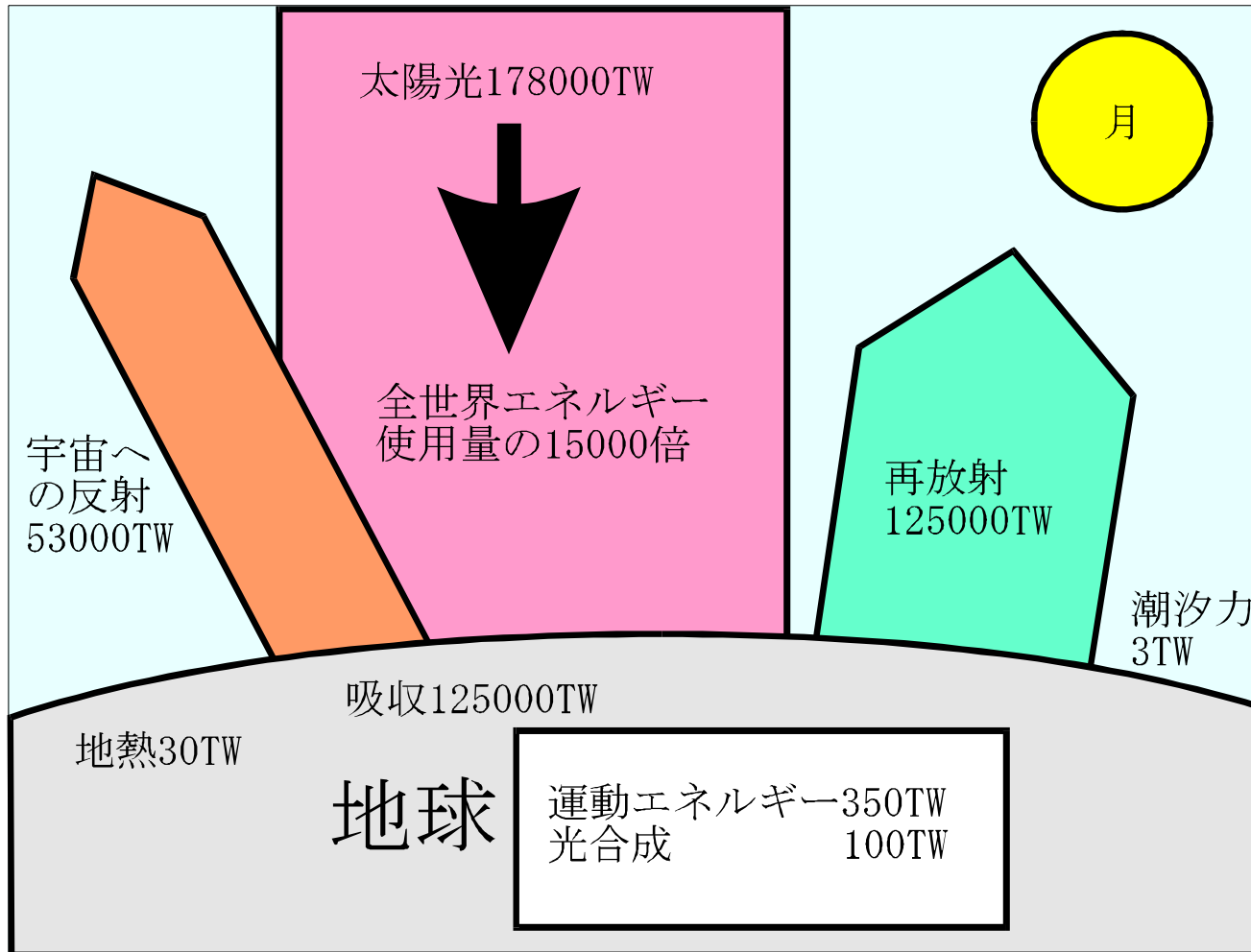


究極の持続可能性





地球のエネルギーバランス





再生可能資源

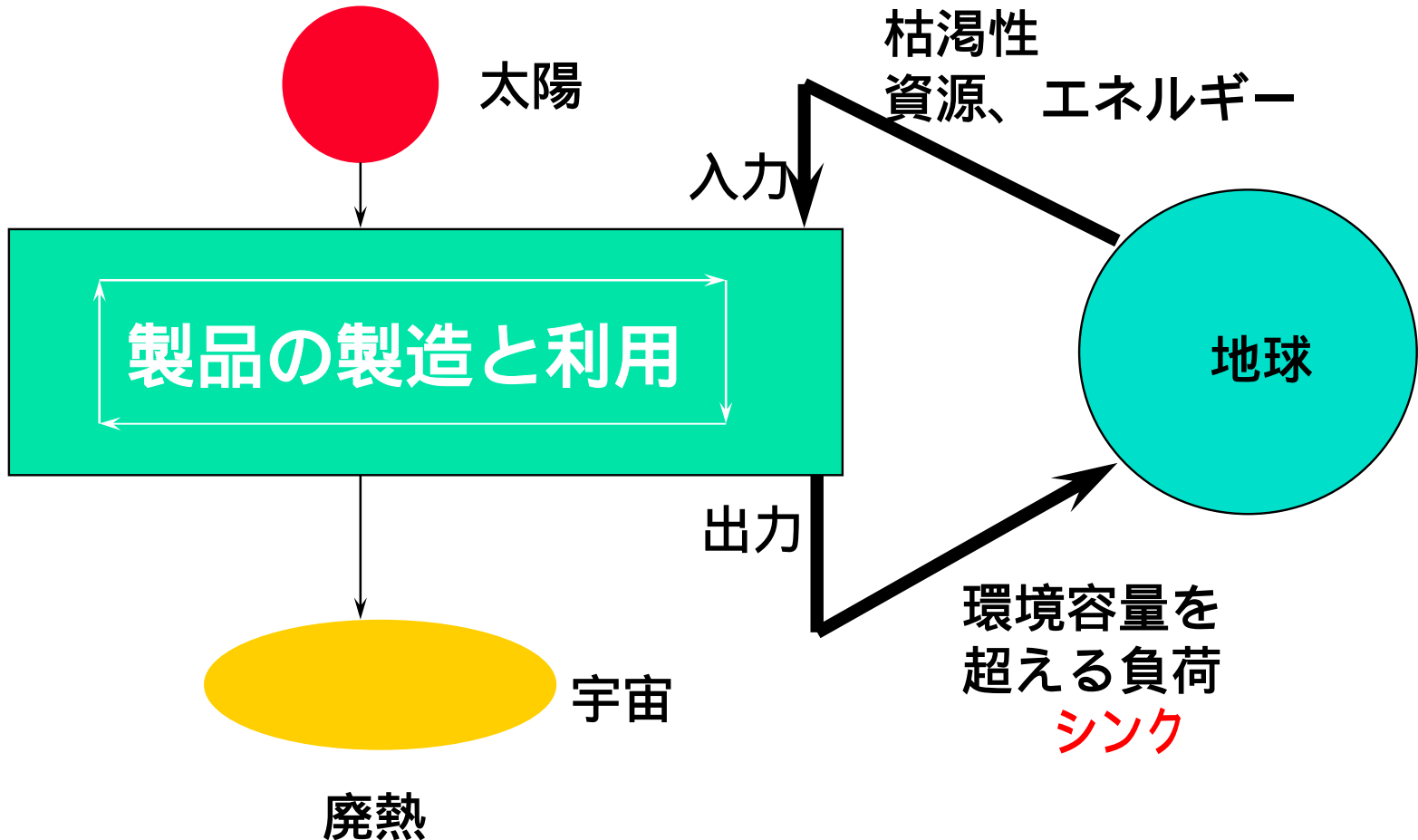
すべて太陽エネルギーの変形

- 森林資源
- その他の植物
- 漁業資源
- 放牧
- 自然農業
- ◆ 水力発電
- ◆ 太陽光発電
- ◆ 風力発電
- ◆ 波力発電
など

再生量の範囲内で使用すれば。



様々なレベルの持続可能性





バイオマスの潜在利用可能量

単位: EJ

地域		森林バイオマス	農産バイオマス			
			穀物	間伐材	家畜糞	小計
先進国	合衆国/カナダ	34.8	1.7	3.8	0.4	5.9
	ヨーロッパ	11.4	1.3	2.0	0.5	3.8
	日本	0.9	0.1	0.2	-	0.3
	オーストラリア/ニュージーランド	17.9	0.3	0.2	0.2	0.6
	旧ソ連	46.5	0.9	2.0	0.4	3.3
	小計	111.5	4.3	8.1	1.6	14.0
開発途上国	ラテンアメリカ	51.4	2.4	1.2	0.9	4.5
	アフリカ	42.9	0.7	1.2	0.7	2.6
	中国	16.3	1.9	0.9	0.6	3.4
	他のアジア	34.8	3.2	2.2	1.4	6.8
	小計	155.4	8.2	5.5	3.6	17.2
世界合計		266.9	12.5	13.6	5.2	31.2

出典：国連食料農業機構（FAO）データから作成（D.O.Hall：1985）

参考：世界の年間エネルギー消費量（384EJ[2000年]）

光合成の効率

光合成: 葉緑素が太陽エネルギーによってCO₂、水から

デンプンを合成



植物の可視光利用率 : 50%

葉緑体の吸収効率 : 80%

明反応 (光子 → 有機物[ATP, NADP]) : 28%

暗反応 (CO₂ → グルコース) : 60%

理論効率 : 6.7%

実際の効率 : 1 ~ 2%

先進国における再生可能エネルギー

導入目標(2010年): 一次エネルギー総供給量に占める割合(%)

国名	割合 [%]	一次エネルギー総供給
日本	7.5	100 (515百万TOE)
米国	5.0	420
カナダ	18.1	46
EU	5.1	333
ドイツ	2.1	67
フランス	3.9	48
イギリス	0.7	44
イタリア	5.2	32
スウェーデン	26.5	10
デンマーク	15.8	4
オーストリア	19.1	5

京都議定書対応

- 国民がすべて「1人1日、1kgのCO₂を削減して下さい」。
- 環境省の言う候補
 - 【温度調節で減らそう】
 - 夏の冷房時の設定温度を26 から28 に2 高くする。 83g
 - 冬の暖房時の設定温度を22 から20 に2 低くする。 96g
 - 【水道の使い方減らそう】
 - 風呂のお湯を利用して身体や頭を洗い、シャワーを使わない。 371g
 - シャワーの使用時間を1日1分短くする。 74g
 - 風呂の残り湯を洗濯に使いまわす。 7g
 - 入浴は間隔をあけずに。 86g



1 kg CO₂排出でできること

電気器具を使う

大型プラズマテレビ	5 ~ 6時間
普通のブラウン管テレビ	15時間ぐらい
パソコン	25時間ぐらい
ノートパソコン	50 ~ 200時間
冷房・暖房	2 ~ 3時間のフル運転
オイルヒーター	2時間
乾燥型生ごみ処理	1回
照明蛍光灯40W	60時間
照明白熱電球100W	25時間
照明100W相当蛍光灯	150時間
携帯電話	10000時間

1 kg CO₂排出でできること

自動車を走らせる

1.8L級	都内3km、郊外5km
ベンツSクラス	都内1km、郊外2.5km
プリウス	都内6km、郊外9km
軽自動車	都内4km、郊外6km

公共交通

新幹線	50km
電車	65km
国内航空	9km



1 kg CO₂排出でできること

消費

雑誌300g	1冊
ダンボール550g	1箱
水道水	10杯風呂桶
容器:アルミ缶	6缶
容器:ペットボトル	7本(500mL)
容器:ビール瓶	12本(大瓶)
レジ袋	60枚

野菜

トマト(露地)	40個
トマト(温室)	2個

ガスを使う

調理強火	1.3時間
調理弱火	17時間
お風呂を沸かす	1~2回
お湯を使う	200L



個人活動による排出量

プリウス	6000 km	830 KgCO ₂
飛行機	60000 km	6660 KgCO ₂
紙	200 kg	524 KgCO ₂
お湯(風呂など)	150 回	100 KgCO ₂
照明	438 kWh	178 KgCO ₂
冷房・暖房	2250 時間	375 KgCO ₂
太陽電池	-3300 kWh	-1343 KgCO ₂
太陽熱温水器	200 回分	-250 KgCO ₂

二酸化炭素の森林吸収を確実に

- 京都議定書によって、日本は、3.9%の森林吸収が認められる(可能性)。
- それには、森林にきちんと手を入れて、整備しないと。
- <http://www.env.go.jp/nature/biodic/shinrin/kondan/02/mat02.pdf>

身近な二酸化炭素排出と森林（スギ）の二酸化炭素吸収量





森林の二酸化炭素 吸収・貯留量を計算する

木材に吸収・貯留される二酸化炭素の量は、光合成によって取り入れられた量と、呼吸によって排出された量の差となります。

植物体の純生産量から動物による被食量，枯死及び腐朽量，伐採・搬出された量を差し引いたものが，正味の成長量となります。

樹木の元素組成では，炭素が約50%です。したがって，樹木中の炭素重量，吸収された二酸化炭素重量は，右のようになります。

吸収される二酸化炭素の量

= 光合成に使われる量

- 呼吸によって排出された量

正味の成長量

= 純生産量 - 被食量

- 枯死量 - 林産物の収穫量

炭素重量

= 植物体の乾燥重量 × 0.5

二酸化炭素重量

= 炭素重量 × 44/12

(二酸化炭素の分子量：44，炭素の分子量：12)

森林総研より



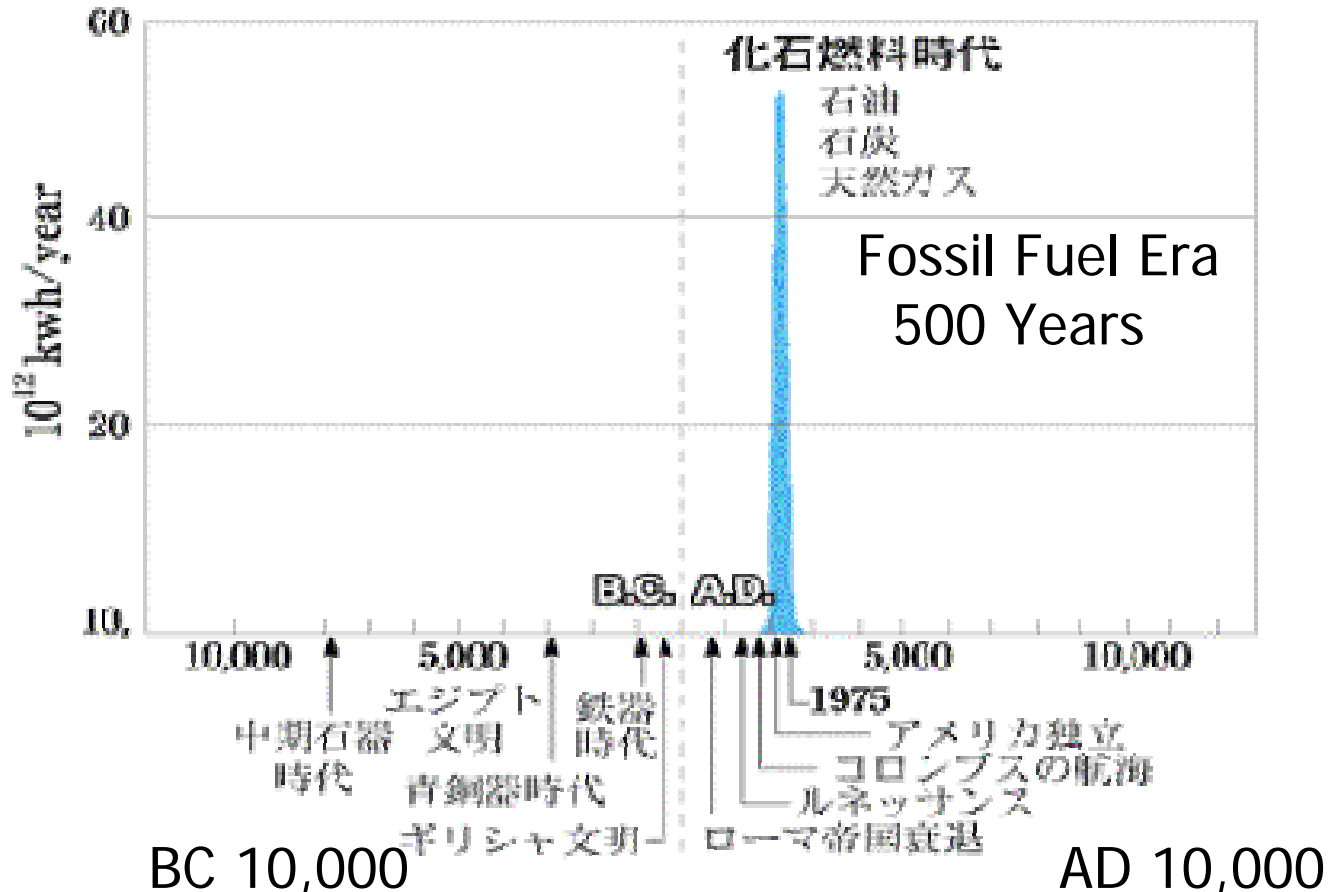
日本の温暖化対策森林戦略

- 森林を整備し、間伐された木材を有効活用
- 紙にするのも一案
- 長期間セルロースが使われるように、紙のリサイクルを推進する

- 再生パルプ75% + 間伐材パルプ25%
- 世界の森林と日本の森林のための**ベストの紙**ではないか。
- しかし、**グリーン購入法**では、**再生パルプ100%**の紙を推奨

エネルギー使用量の長期推移

Ultra-Long Term Scope Fossil Fuel





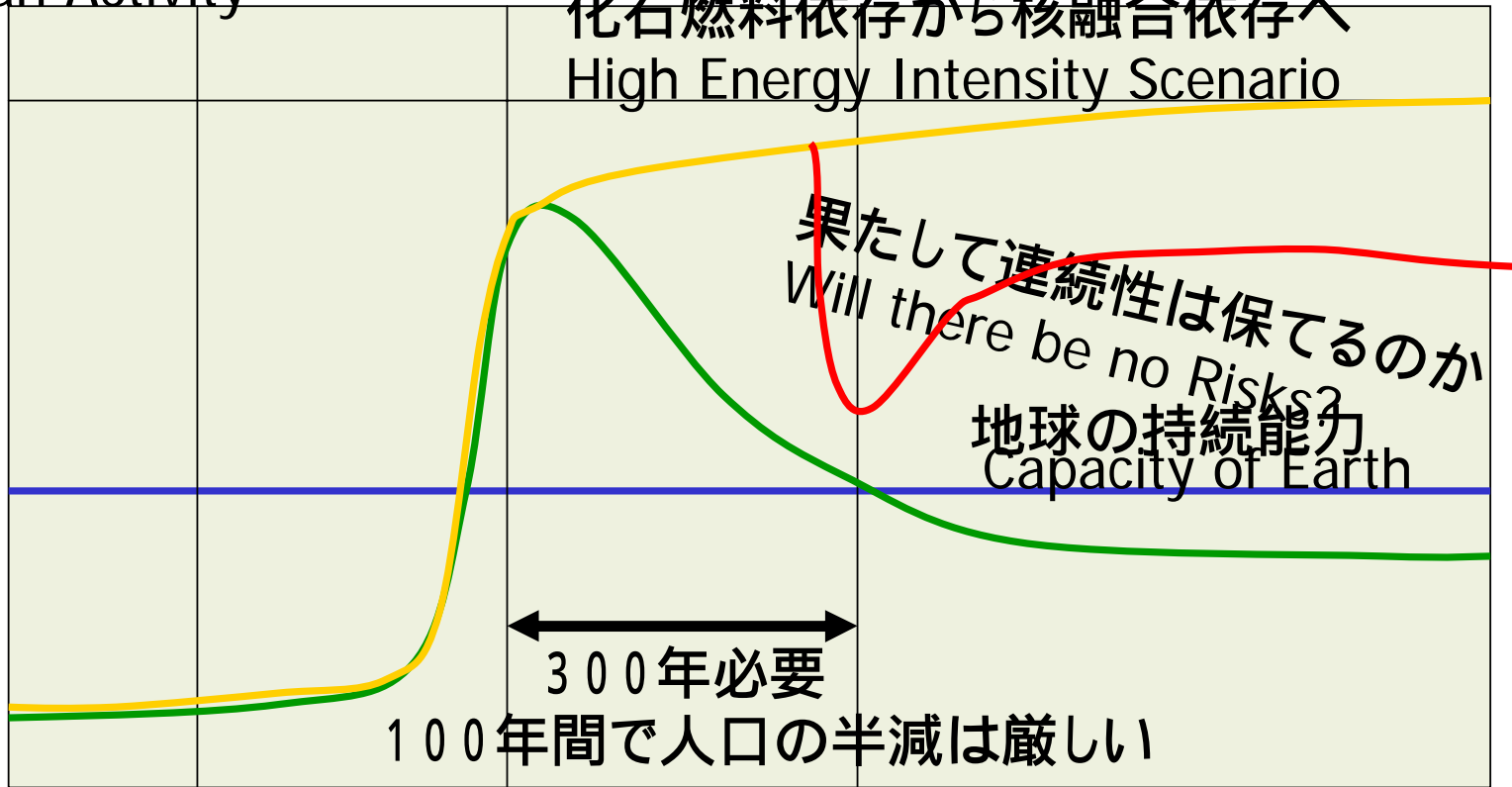
地球共生型シナリオ

Scenario for Long Term Sustainability

Human Activity

化石燃料依存から核融合依存へ
High Energy Intensity Scenario

人間活動の総量
地球へのインパクト



Natural Reduction of Global Population