

2008.11.14 科学技術振興機構
技術移転事業50周年記念シンポジウム



日本の向かうべき道 ～イノベーションとサステイナビリティ～

東京大学総長 小宮山 宏

「小さくなった地球」と「高齢化社会」が文明の帰結

パラダイムシフトを照準にイノベーション

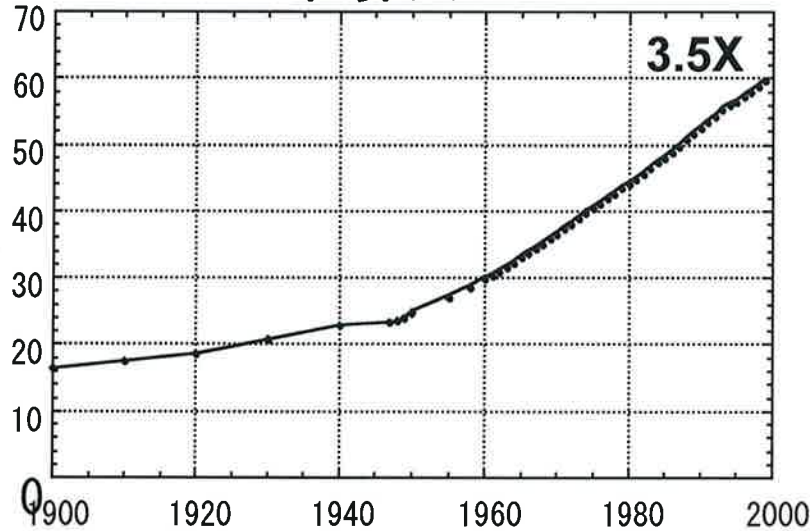
課題先進国日本は良い位置にいる

アクションを起こそう

地球の過去100年:地球は小さくなった

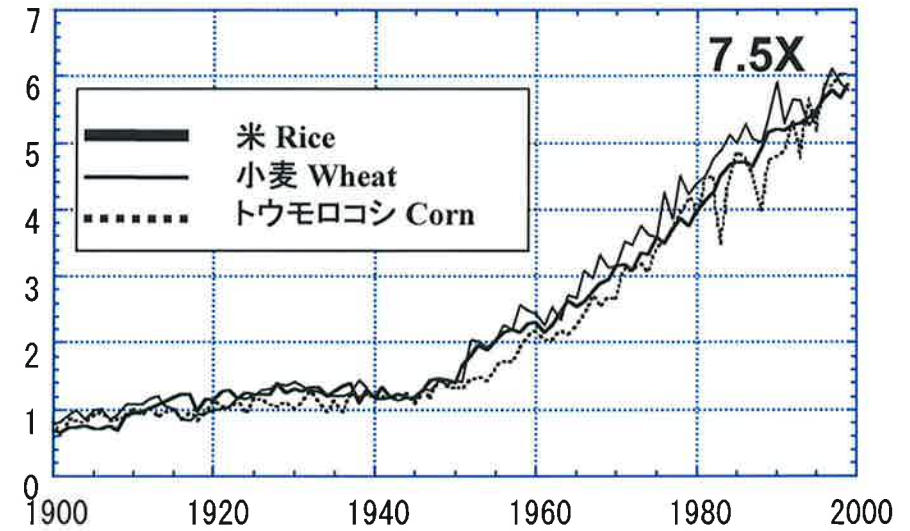
(10^8)

世界人口

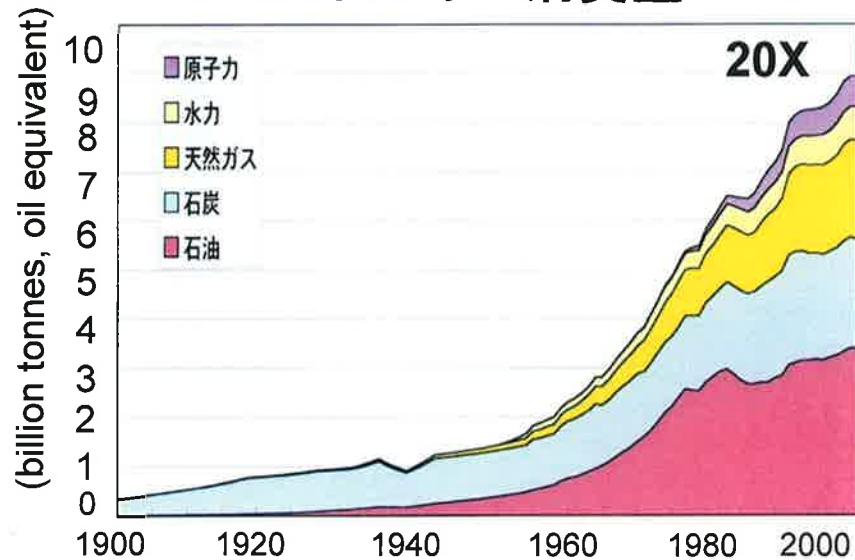


億トン(10^8 t)

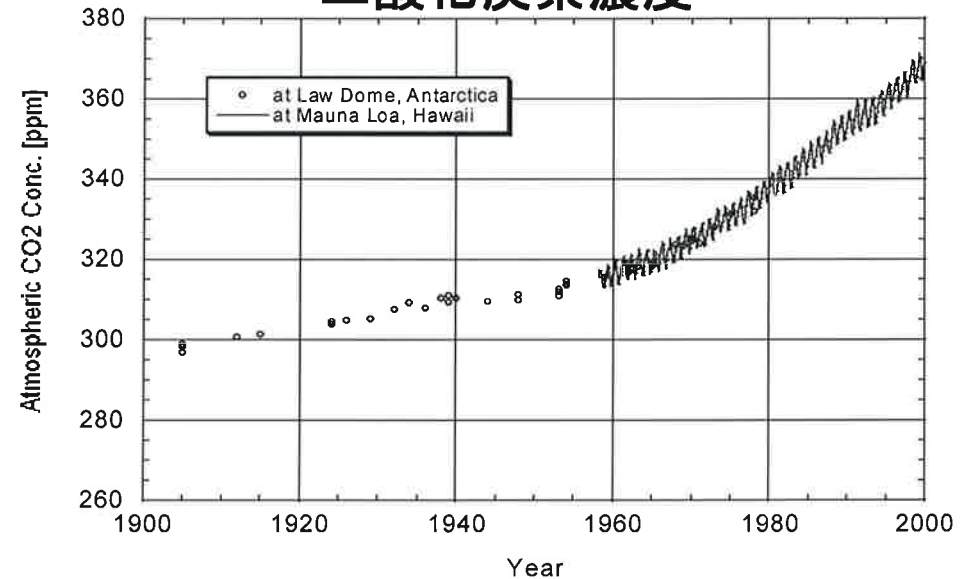
三大穀物生産



エネルギー消費量



二酸化炭素濃度



「地球」×「100年」での俯瞰

地球の未来100年、約40年後の2050年に何が起こるか？

現在は
パラダイムの
転換点

「有限の地球」

「人工物の飽和」

(次頁以降でご説明)

「地球温暖化の進行」

(皆さんご存知の通り)

「資源の欠乏」

(皆さんご存知の通り)

人工物の飽和：自動車为例に

2008年の日本：廃車台数＝販売台数 の飽和状態

2050年の世界：世界が同じ状態になる

2008年の日本

人口 1.3億人

自動車 5,800万台

平均寿命 13年

年間販売台数 440万台

年間廃車台数 440万台

蓄積速度

+

置換速度

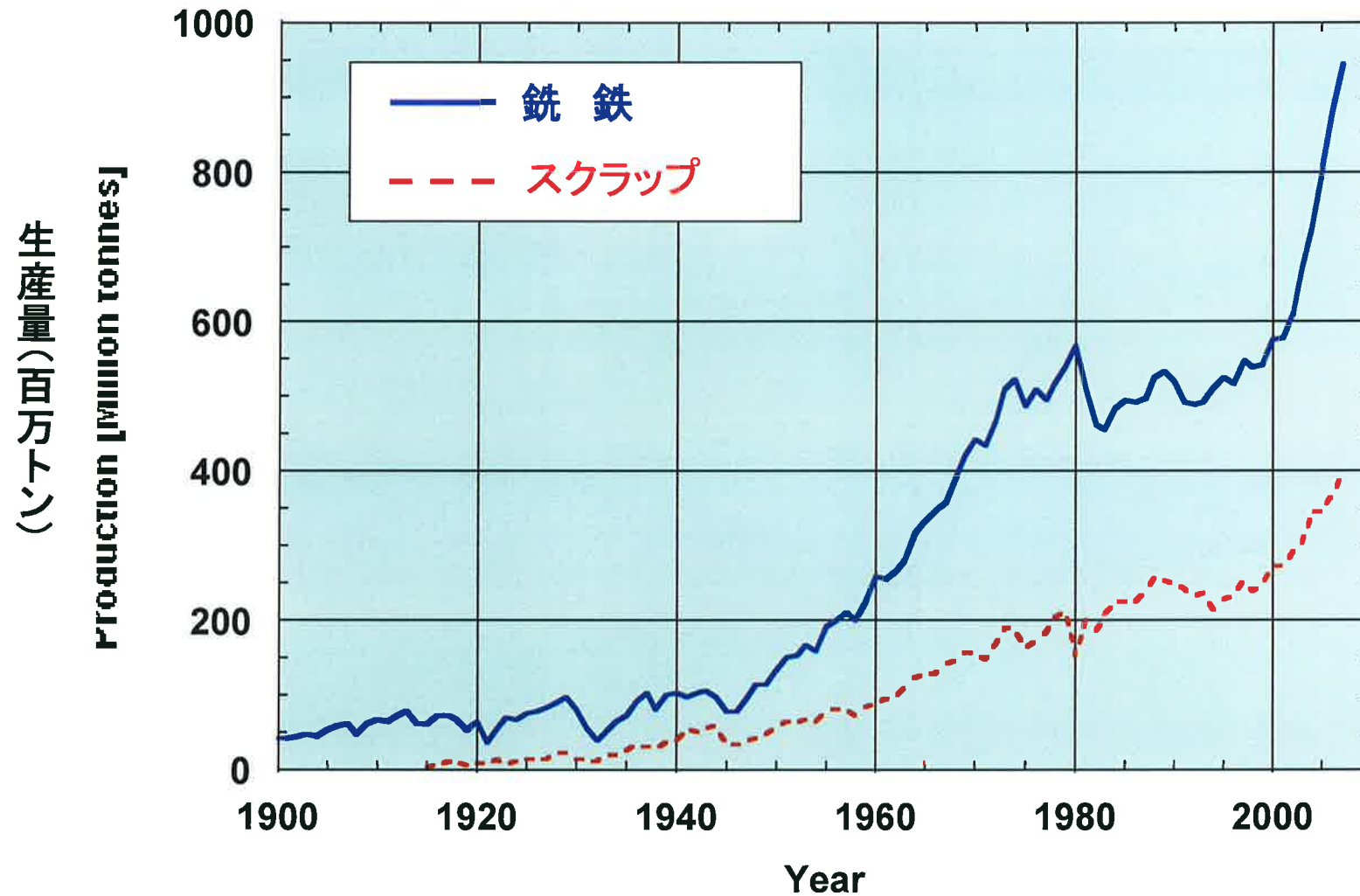
||

生産速度

廃車に新車の資源

人工物の飽和：鉄を例に

スクラップは資源



答えが必要

ビジョン2050:こうすれば大丈夫

エネルギー効率3倍

物質循環システムの構築

再生可能エネルギー2倍

理論的技術的に適切で、国際合意が可能

「地球持続の技術」岩波新書、1999(中国語、英語)

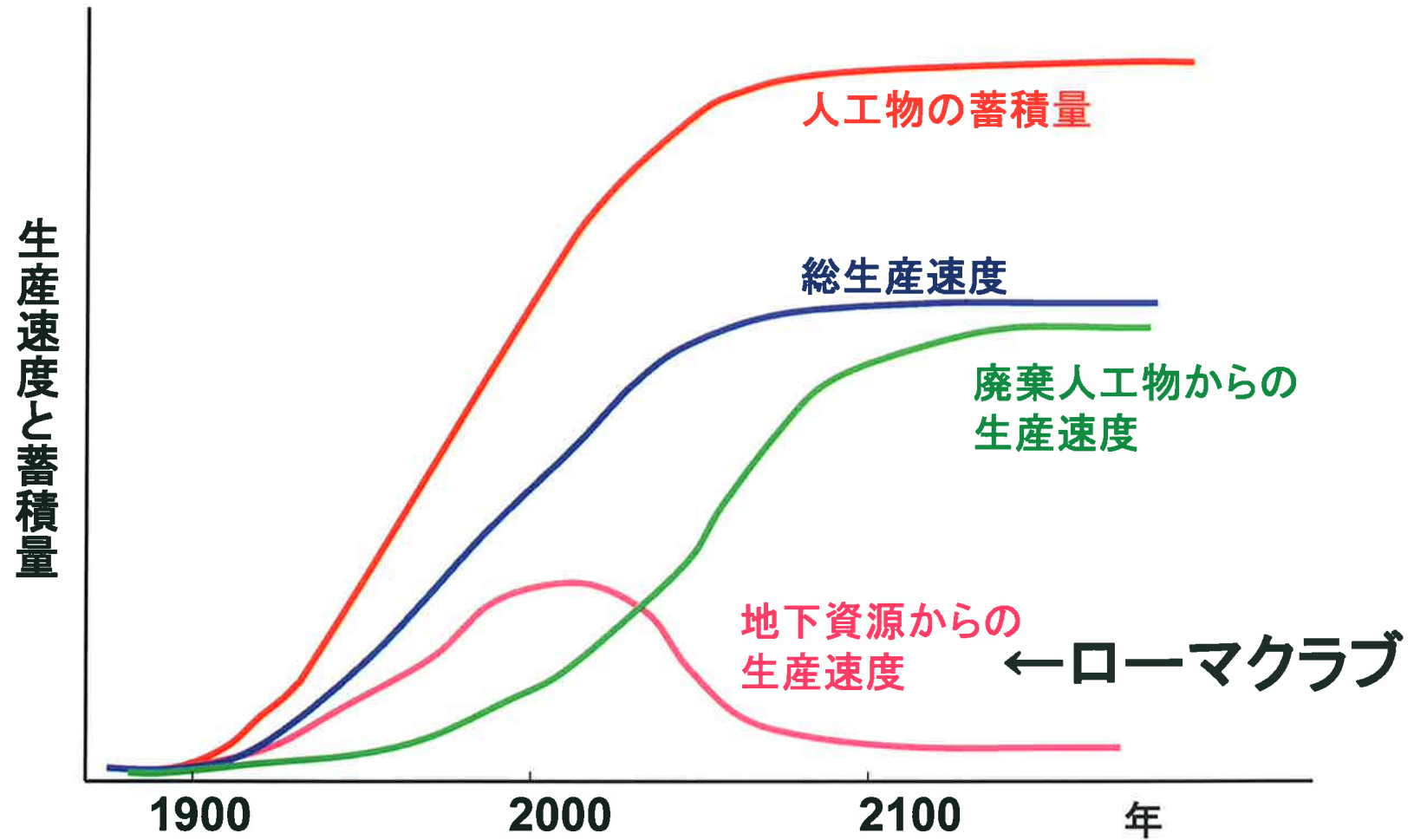
「地球温暖化問題に答える」東大出版会、1995

2050年：鉱物資源は必要なくなる

鉄 アルミニウム
銅 錫 亜鉛
インジウム ガリウム
希土類
白金
パラジウム
窒素 燐酸 カリウム
カルシウム 酸化シリコン
シリコン

資源国の栄華は消える前のろうそく

循環型社会へ



短期の問題は解決課題

本質をとらえる

エネルギー効率向上は〇〇%ではない

本質は定量化

暖房エネルギーは9分の1に

家の断熱

焚き火	あばらや	寺の本堂	住宅	エコハウス	理想
0	1	5	30	100	∞

エアコン

1990以前	1997	2004	2006	ビジョン2050	理論
3	4	5	6	12	43

$$1/3 \times 1/3 = 1/9$$

本質は定量化

小宮山対ゴア=5対1

貯湯式

40%

1

瞬間湯沸器

80%

2

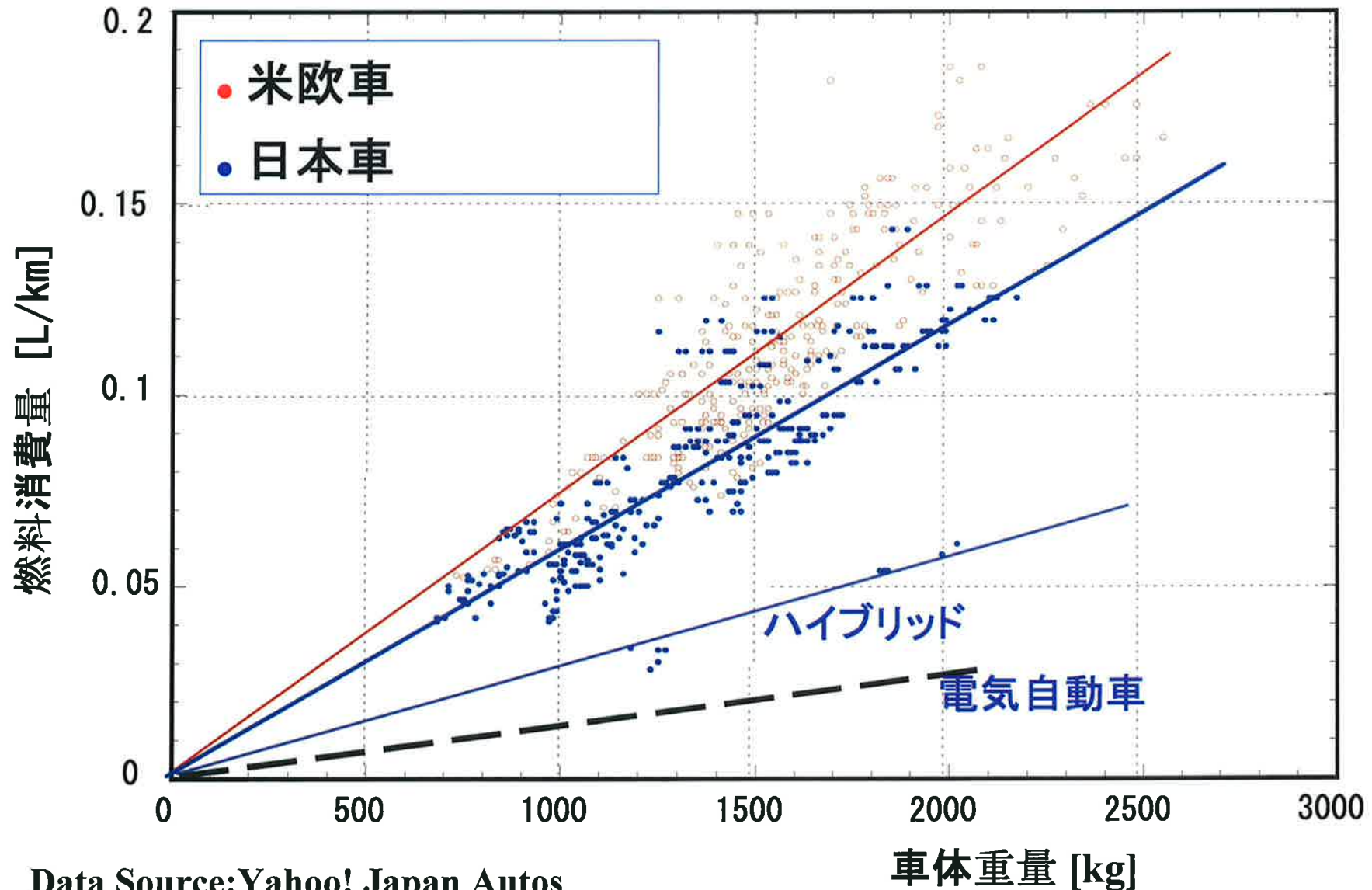
ヒートポンプ

$50\% \times 4 = 200\%$

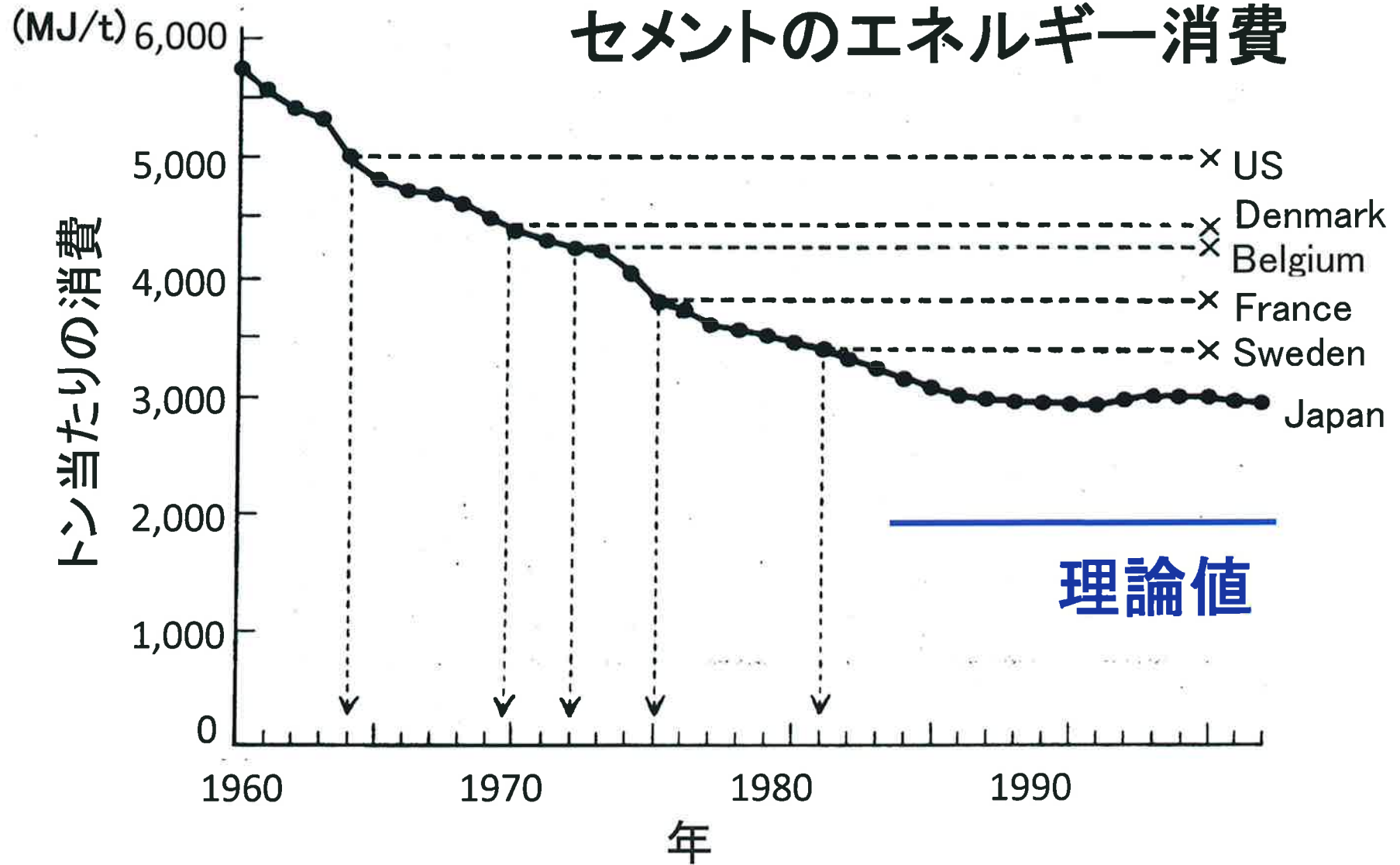
5

本質は表現

自動車(重量、技術)は10分の1



本質は理論 セメントのエネルギー消費



Source: Japan Cement Association

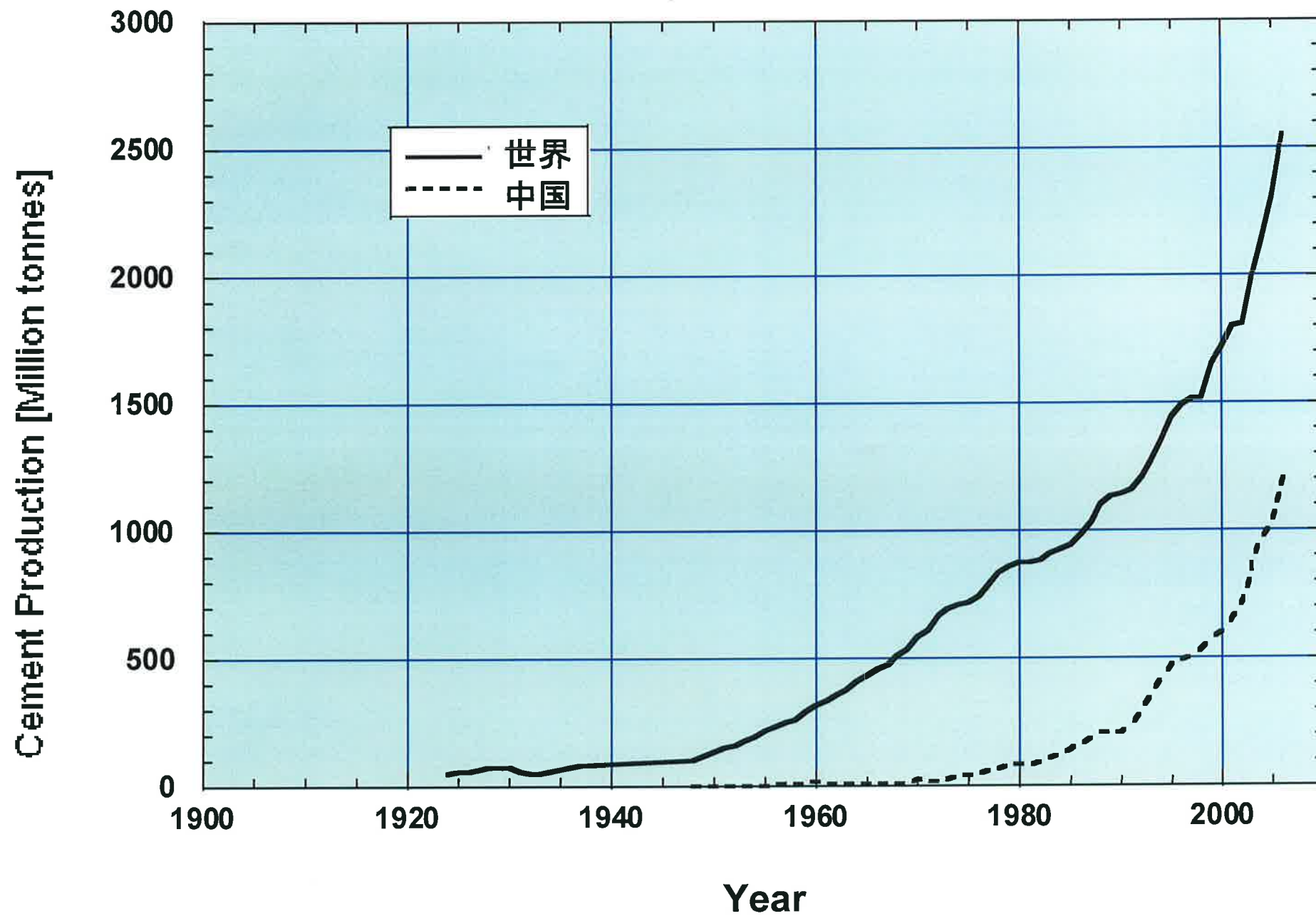
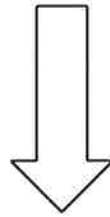


Fig. CEMENT PRODUCTION

理論(1/9、1/10、1/2)と現実のキャッチボール

部分と全体のキャッチボール

他の要因とのキャッチボール



ビジョン2050

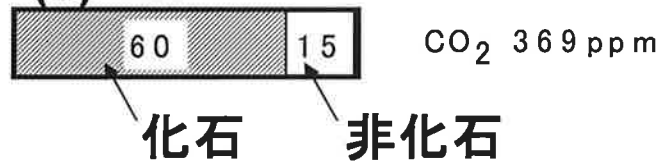
エネルギー効率3倍

物質循環システムの構築

再生可能エネルギー2倍

エネルギーシナリオとCO₂濃度

(a) 現状



(b) 2050 (なりゆき)



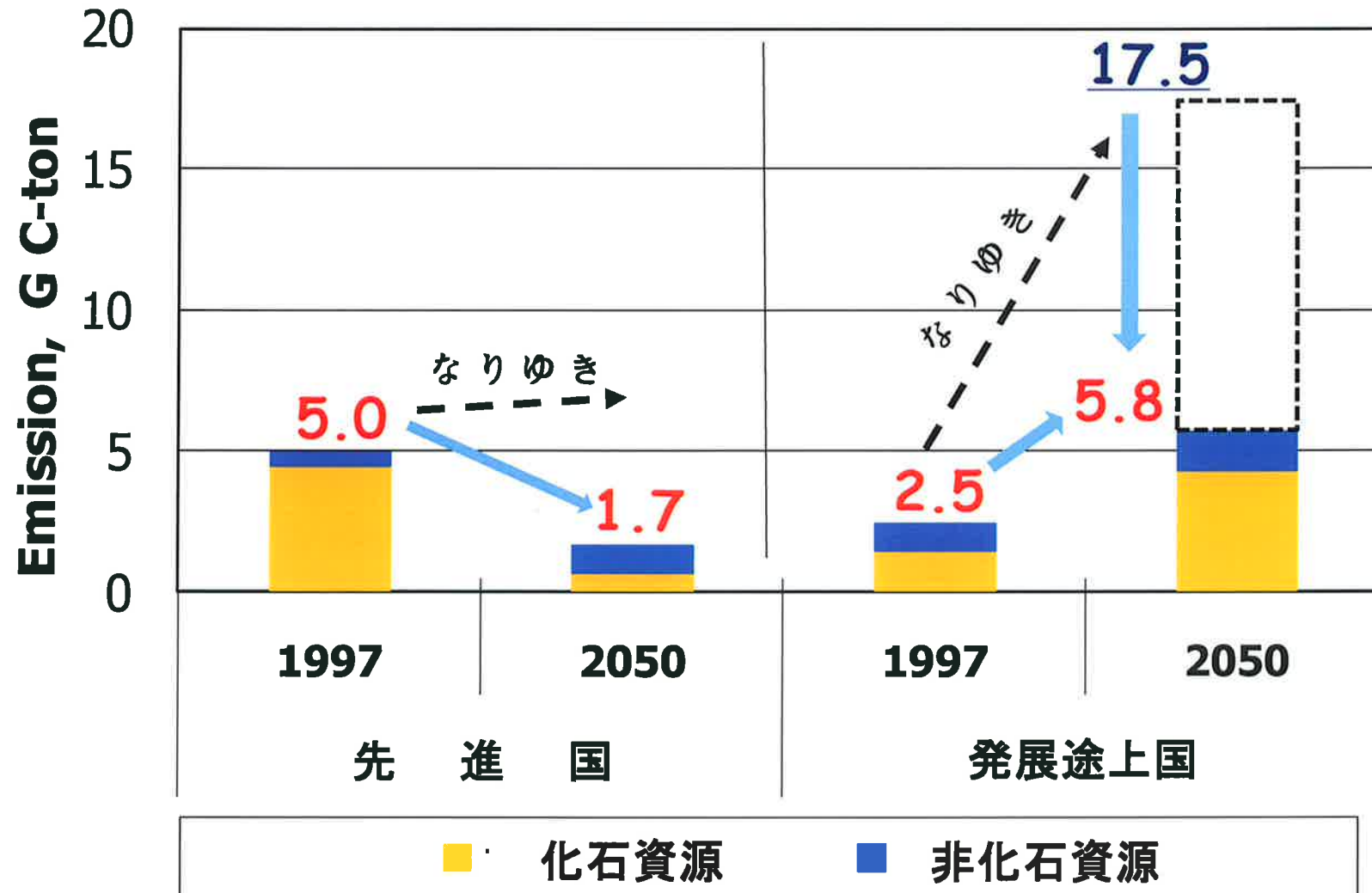
(c) ビジョン2050



(d) 22世紀以降



ビジョン2050のエネルギーシナリオ



20世紀以前

地球が人類にとって無限だった
欲望の時代

21世紀以降

地球が人類にとって小さくなった
意志の時代

新しい社会の創造が人類の課題

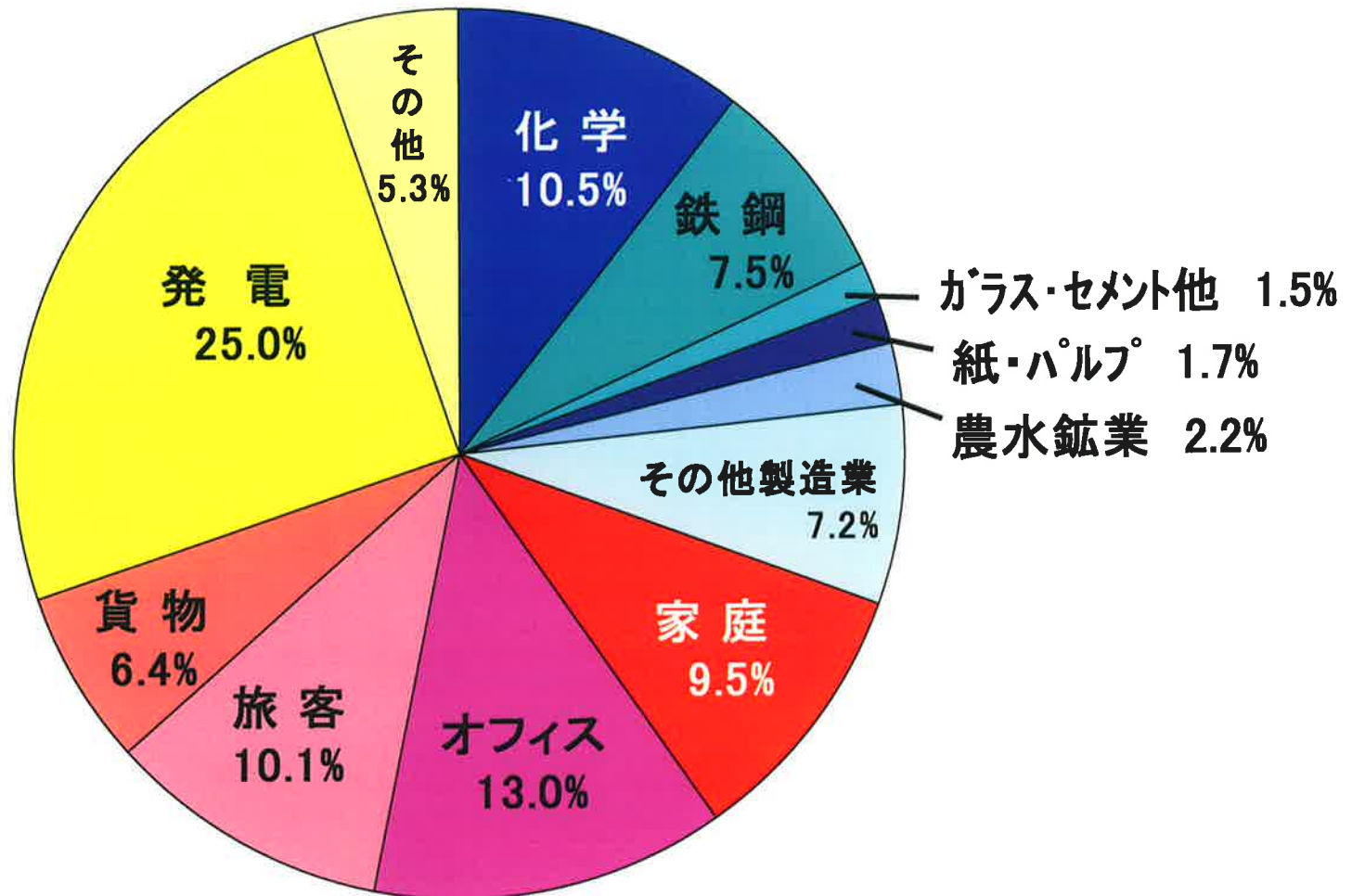
日本がリーダーシップをとれるか

日本版低炭素社会へのイノベーション？

天然ガス

2006FY	Code	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	970	990			
< 1144 - 1145 表題部表 / 1144 - 単位表 >																								
		石炭	石炭製品	原油	石油製品	天然ガス	都市ガス	再生可能・未活用1144	事業用水力発電	原子力発電	電力	熱	合計	1144 - 利用	非1144 - 利用	自然1144 -	地熱1144 -	未活用1144 -	再生可能・未活用1144 - 合計	電力需与損失・排出量配分	産業系・熱需与損失・排出量配分	電力・熱配分後消費・排出量		
		Coal	Coal Products	Oil	Oil Products	Natural Gas	Town Gas	New & Renewable Energy	Large-Scale Hydraulic	Nuclear Energy	Electricity	Heat	Total	Energy Total	Non-Energy Total	Natural E	Geothermal Energy	Effective Use of Wasted Energy	New & Renewable Total	Electricity Indirect Consumption & Emission	Heat&Steam Indirect Consumption & Emission	Primary & Secondary Consumption & Emission		
								MJ	kWh	MJ	kWh	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ					
Code	Energy Unit	<< 1144 - 単位表 >>																						
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	電力	高気・熱供給	総合計/環境消費・排出量		
		石炭+	石炭製品+	原油+	石油製品+	天然ガス+	都市ガス+	再生可能・未活用1144+	事業用水力発電+	原子力発電	電力+	熱+	合計	1144 -	非1144 -	自然+	地熱+	未活用+	再生可能・未活用1144 - 合計	電力計+	高気・熱供給計+	総合計/環境消費・排出量		
		TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ or 10 ³ t	TJ or 10 ³ t	TJ or 10 ³ t		
2000FY	Display Unit	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ or 10 ³ t	TJ or 10 ³ t	TJ or 10 ³ t		
1000	Primary Energy Supply 一次1144	4,805,862	58,711	9,115,108	2,071,568	3,600,591	0	695,886	766,245	2,656,403	0	0	23,770,374	21,842,366	1,928,008	43,279	26,972	625,635	695,886					
1100	Indigenous Domestic Production	0	0	32,712	0	148,485	0	695,886	766,245	2,656,403	0	0	4,299,732	0	0	43,279	26,972	625,635	695,886					
1200	Import 輸入	4,805,862	58,711	9,082,396	2,071,568	3,452,106	0	0	0	0	0	0	19,470,643	0	0	43,279	26,972	625,635	695,886					
1500	TPES Total Pr 総供給	4,805,862	58,711	9,115,108	2,071,568	3,600,591	0	695,886	766,245	2,656,403	0	0	23,770,374	21,842,366	1,928,008	43,279	26,972	625,635	695,886					
1600	Export 輸出	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1700	Stockpile 供給在庫 (+取崩 / -増増)	0	15,991	-169,967	-32,558	145,407	0	0	0	0	0	0	-62,156	0	0	43,279	26,972	625,635	695,886					
1800	DPES Domestic 国内供給	4,805,802	16,901	8,925,141	1,086,753	3,745,998	0	695,886	766,245	2,656,403	0	0	供給割消費割	22,699,129	20,771,121	1,928,008	43,279	26,972	625,635	695,886				
2000	Energy Conversion 1144 - 転換	-4,299,961	1,399,035	-9,194,777	7,378,525	-3,695,902	1,325,410	-666,957	-766,245	-2,656,403	3,537,558	713,925	-6,946,957	-6,946,957	-6,946,957	-43,279	-26,972	-625,635	-695,886	5,373,085	140,076	-1,832,952		
2100	Power Gen 事業用発電	-2,076,712	-191,695	-340,838	-422,735	-2,107,581	-59,742	-74,465	-695,276	-2,656,403	3,457,270	0	-5,079,700	-5,079,700	-5,079,700	0	0	-502	-25,164	-27,668	-73,165	5,250,782	0	191,625
2200	Auto Pow 自家用発電	-222,888	-139,103	-47	-573,546	-19,382	-74,773	-254,473	-22,969	0	467,607	0	-693,897	-693,897	-693,897	0	0	-1,078	-293,228	-254,428	0	0	0	
2300	Industrial 産業用高気	-203,172	-34,813	0	-544,746	-12,172	-61,926	-332,561	0	0	0	832,256	-157,207	-157,207	-157,207	0	0	0	-327,651	-322,607	0	157,202	0	
2350	District 地域熱供給	-616	0	0	-693	0	-12,205	-8,671	0	0	0	0	-4,546	-4,546	-4,546	0	0	0	-4,546	-4,546	-6,152	4,268	-6,152	
2400	Town Gas 一般ガス製造	0	0	0	-46,069	-1,490,707	1,534,754	-46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-46	0	0	0	0	
2500	Coal Prod 石炭製品製造	-1,868,899	1,842,803	0	-15,146	0	0	0	0	0	0	0	-40,341	-40,341	-40,341	0	0	0	0	0	0	0	0	
2600	Oil Prod 石油製品製造	0	0	-8,324,535	8,906,500	7,913	0	0	0	0	0	0	-139,226	-429,646	-429,646	-139,646	0	0	0	0	0	0	0	
2700	Other Gen 他転換・品確転換	19,703	0	0	-22,353	0	22,353	0	0	0	0	0	19,703	19,703	19,703	0	0	0	0	0	0	0	0	
2800	TC Total 合計転換部門計	-4,053,052	1,476,991	-9,165,887	7,678,408	-3,632,118	1,343,461	-668,865	-766,245	-2,656,403	3,920,737	718,088	-6,093,426	-6,093,426	-6,093,426	-43,279	-26,972	-620,187	-686,066	5,938,323	141,216	123,023		
2900	Om Use / 自家消費・送配損失	-2,331	-97,549	-111	-310,529	-64,699	-18,051	0	0	0	-383,179	-4,163	-883,043	-883,043	-883,043	0	0	0	0	-683,237	-1,140	-1,451,350		
3000	Other Ind 他転換増 (+投入 / -抽出)	0	0	0	15,779	0	0	0	0	0	0	0	15,779	15,779	15,779	0	0	0	0	0	0	0	0	
3500	FS Stock Ch 消費在庫 (+取崩 / -増増)	70,022	18,593	-23,779	-6,132	-9,745	0	-92	0	0	0	0	45,869	45,869	45,869	0	0	-92	-92	0	0	0		
4000	D C Stastics 統計誤差 (+取崩 / -不足)	94,637	0	-269,636	-2,335	-17,817	0	0	0	0	189	0	-84,960	-84,960	-84,960	0	0	0	0	302	0	-187,633		
6000	Final Energy Consumption 最終1144 - 消費	420,204	1,415,936	0	8,467,612	67,853	1,325,410	28,929	0	3,537,369	713,925	15,977,238	14,117,528	1,859,710		23,573	0	5,356	28,929	5,372,783	140,076	19,630,387		
6000	Industry 産業	396,274	1,413,484	0	8,164,374	67,145	1,220,549	5,356	0	1,188,635	689,756	7,165,572	5,346,338	1,819,234		0	0	5,356	5,356	1,893,802	135,959	7,366,100		
6100	MFC Non-Manuf 製造業	174	723	0	476,948	3,392	26,636	0	0	10,561	0	518,435	398,237	120,198		0	0	0	0	15,692	0	413,929		
6500	MFC Manufact 製造業計	396,100	1,412,760	0	2,707,426	63,753	193,912	5,356	0	1,179,073	689,756	6,647,137	4,948,101	1,699,036		0	0	5,356	5,356	1,868,110	135,959	6,952,170		
6520	Pulp & Paper 紙	0	0	0	18,533	205	1,223	37	0	127,183	242,205	389,386	389,386	0		0	0	37	37	201,081	7,349	597,816		
6550	Chemical 化学	8,063	46,562	0	1,901,140	32,238	6,556	0	0	173,877	246,600	2,415,096	800,856	1,614,240		0	0	0	0	241,539	37,019	1,079,415		
6570	Cement 窯業・土石	159,450	21,674	0	78,050	385	1,170	5,316	0	78,735	9,376	354,157	351,913	2,244		0	5,316	5,316	1,231,117	28,692	2,195,913			
6580	Iron & Steel 鉄鋼	247,897	990,759	0	79,503	24,397	63,549	0	0	259,649	95,019	1,760,773	1,760,630	143		0	0	0	0	406,592	28,692	2,195,913		
6600	Machine 機械	1	5,123	0	28,569	3,872	28,698	3	0	312,961	0	377,227	377,227	0		0	0	3	3	450,920	0	828,148		
6700	Duplica 複写機	-21,847	0	0	-15,819	-42	-153	0	0	-25,225	-153	-113,737	-113,737	-2,185		0	0	0	0	65,768	9,268	1,198,476		
6800	Other 他産業・中小製造業	1,879	339,861	0	460,727	0	60,621	0	0	94,354	129,127	1,086,569	1,001,995	84,574		0	0	0	0	148,842	47,640	1,198,476		
7000	ResDom 民生	23,930	2,452	0	1,600,617	708	1,104,862	23,573	0	2,280,318	24,169	5,060,629	5,054,315	6,314		23,573	0	0	23,573	3,387,329	4,117	8,445,761		
7100	RES Resident 家庭	0	0	0	645,286	0	428,969	22,838	0	1,006,537	24,169	2,104,917	2,104,917	0		22,838	0	0	22,838	1,495,490	219	3,600,626		
7150	Hold 北海道・東北・北陸	0	0	0	245,628	0	51,661	0	0	189,891	0	487,180	487,180	0		0	0	0	0	282,135	0	769,315		
7180	Kan 関東・東海・関西	0	0	0	323,884	0	469,962	0	0	717,587	0	1,511,533	1,511,533	0		0	0	0	0	1,066,175	0	2,577,708		
7170	Qus 中国・四国・九州・沖縄	0	0	0	137,001	0	56,598	0	0	248,527	0	442,126	442,126	0		0	0	0	0	369,255	0	811,381		
7500	QCM Commercial 商業	23,930	2,452	0	955,330	708	675,892	736	0	1,273,781	22,883	2,855,712	2,948,388	6,314		736	0	0	736	1,691,839	3,698	4,845,135		
7510	Re 水道・下水道	537	0	0	71,402	0	10,894	0	0	84,586	16	167,435	167,435	0		0	0	0	0	125,677	3	293,115		
7540	Te 通信	0	0	0	25,125	0	9,380	0	0	47,539	733	82,777	82,777	0		0	0	0	0	70,633	125	153,535		
7570	Tr 商業・金融	0	0	0	270,002	0	68,082	0	0	263,441	12,665	614,191	614,191	0		0	0	0	0	391,415	2,157	1,007,763		
7700	Pub 公共サービス	14,594	0	0	482,994	0	206,459	0	0	452,279	4,447	1,160,784	1,160,784	0		0	0							

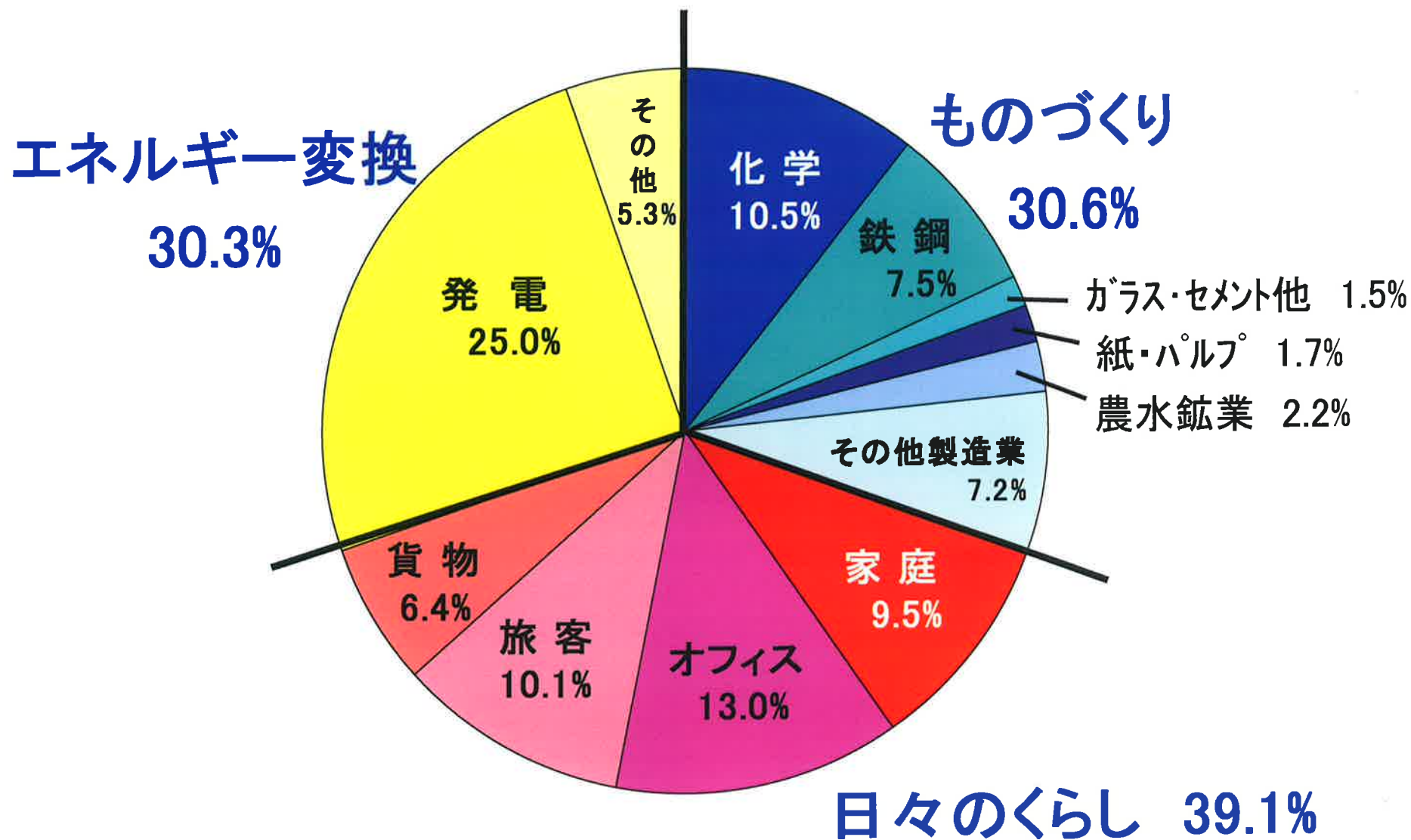
知の構造化: 日本のエネルギー消費



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。

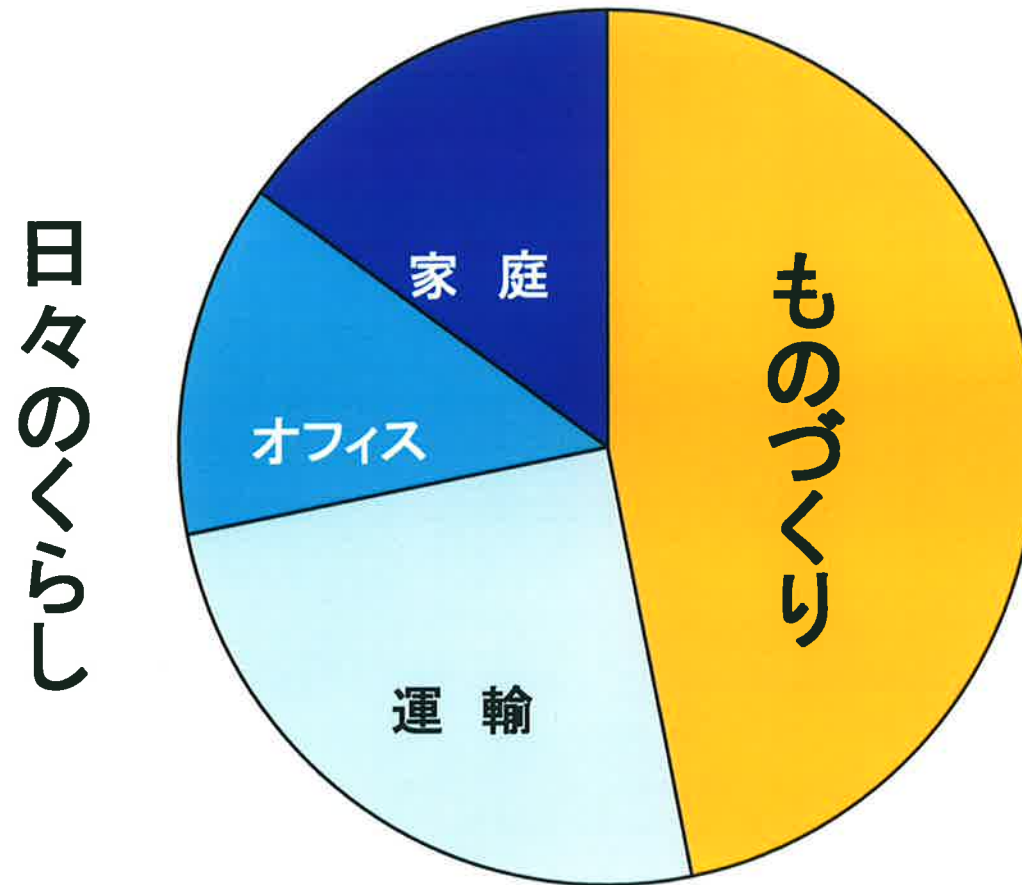
知の構造化:日本の消費エネルギー



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。

日本のエネルギー消費



消費構造とエネルギー論とのキャッチボール

「日々の暮らし」とセクトラルアプローチ

「日々の暮らし」

大幅に削減せよ

「セクトラルアプローチ」

理論を重視せよ

データ収集
統計解析

乖離の分析
技術の方向性

主要分野技術 …… 現存最高技術 …… 理想技術

技術移転

新技術開発

提案と行動

ビジョン2050:こうすれば大丈夫

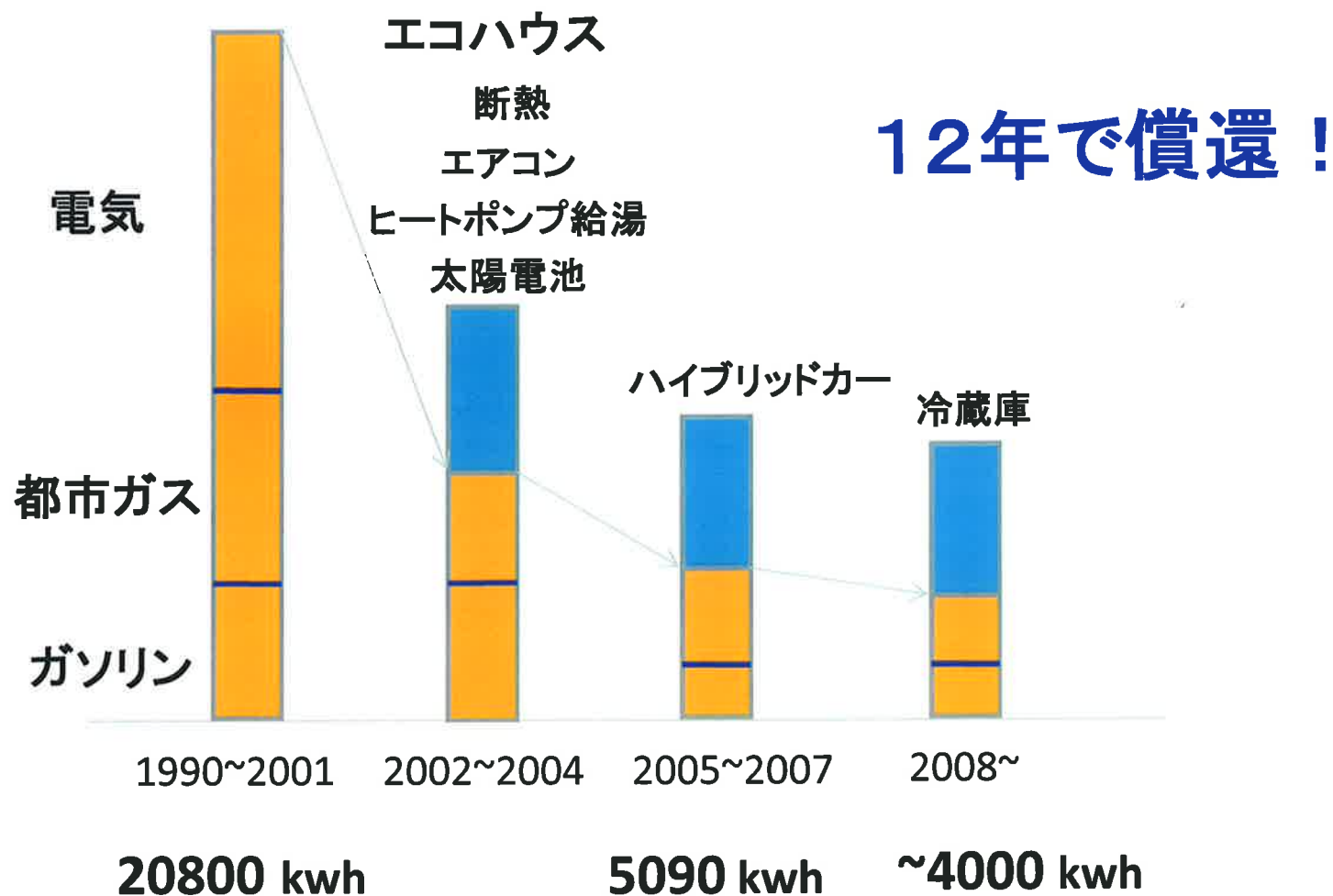
エネルギー効率3倍

物質循環システムの構築

再生可能エネルギー2倍

小宮山の行動

家庭と運輸の8割削減モデル！



コンセンサス！

高効率製品への買い替えで削減する

もったいない！

「使える冷蔵庫」を捨てるなんて

「古い冷蔵庫」をまだ使ってるなんて

「もの」はまわる（家電リサイクル法）

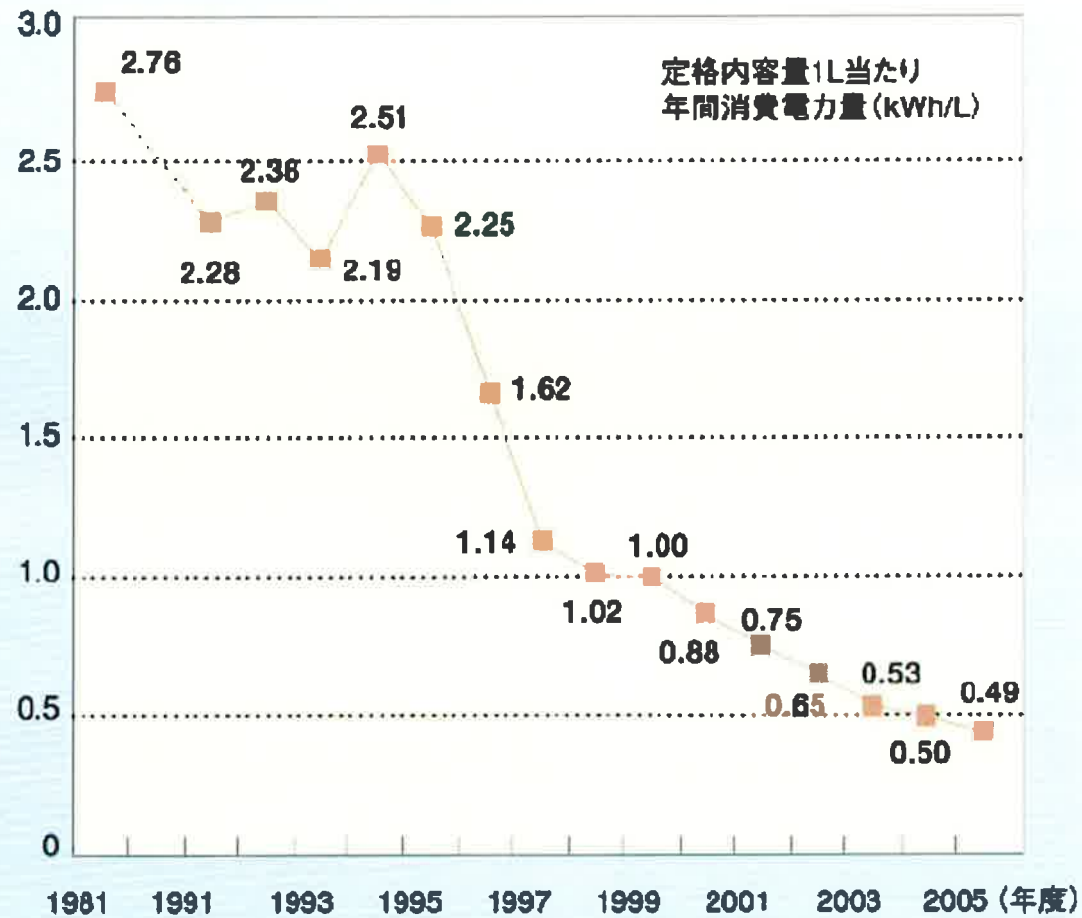
「エネルギー」は半年で取り戻せる

もったいないのはエネルギー

効率化が進んだ家電製品

■ 冷蔵庫の機器効率 (図-24)

出所: 総合資源エネルギー調査会第4回省エネルギー部会資料、
省エネルギーセンター「省エネ性能カタログ」



注) 2004年及び2005年の値は、定格内容量401～450リットルに該当する
各社製品の平均。

古いものを買い替えた場合のペイバックタイム

$$\text{EPT(エネルギーペイバックタイム)} = \frac{\text{製造時のエネルギー}}{\text{年間エネルギー節約分}}$$

◎冷蔵庫を買い換えた際のペイバックタイム

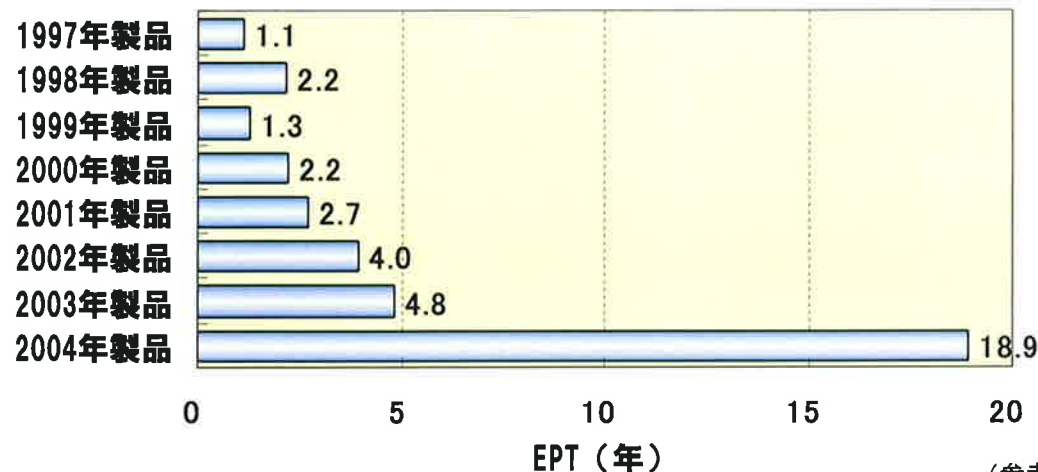


図. 製造年別冷蔵庫のEPT

(参考)財団法人省エネルギーセンター 省エネカタログ
産業環境関連協会 JEMAI-LCA

※データ入手の都合上、最新の冷蔵庫として2005年製のものを使用しているため、2004年製のEPTがかなり大きくなっているが、現在(2008年製)の製品を購入した場合には、十分投入エネルギーを回収することは可能であると考えられる。

古いものを買替えた場合のペイバックタイム

◎エアコンを買換えた際のペイバックタイム

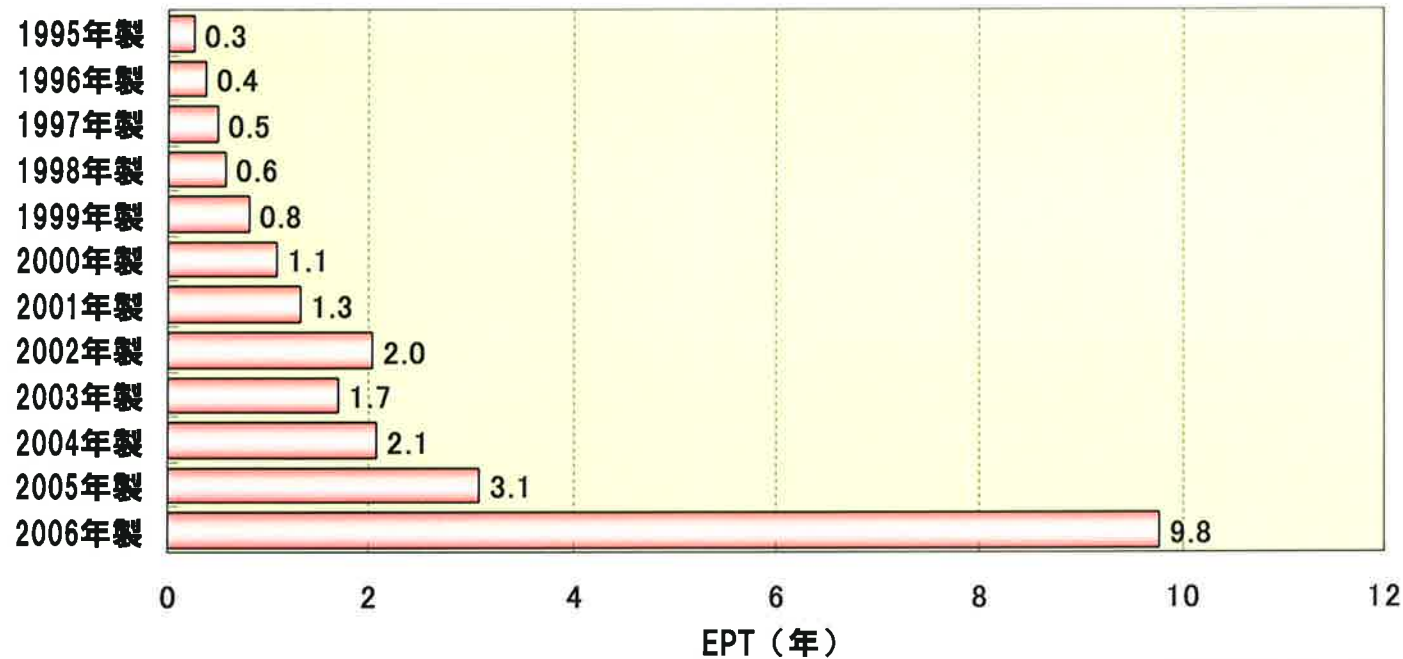


図. 製造年別エアコンのEPT

(参考)財団法人省エネルギーセンター 省エネカタログ
産業環境関連協会 JEMAI-LCA

1995年製のエアコンを現在のもの買い換えると、4ヶ月以内で投入に要したエネルギーを回収することが可能である。2005年の製品であっても3年程度で回収が可能であり、買い替えを行うことにより、初期投入エネルギーを回収することが十分可能であることが分かる。

古いものを買い替えた場合の経済性(CBT)

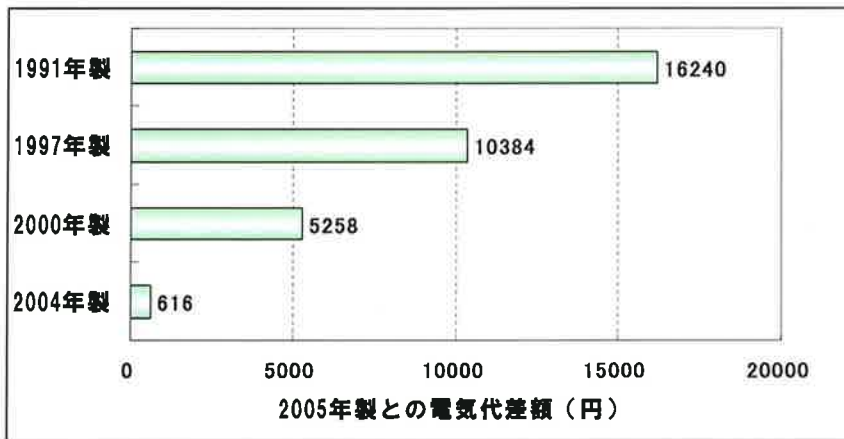


図. 年間電気代の差額

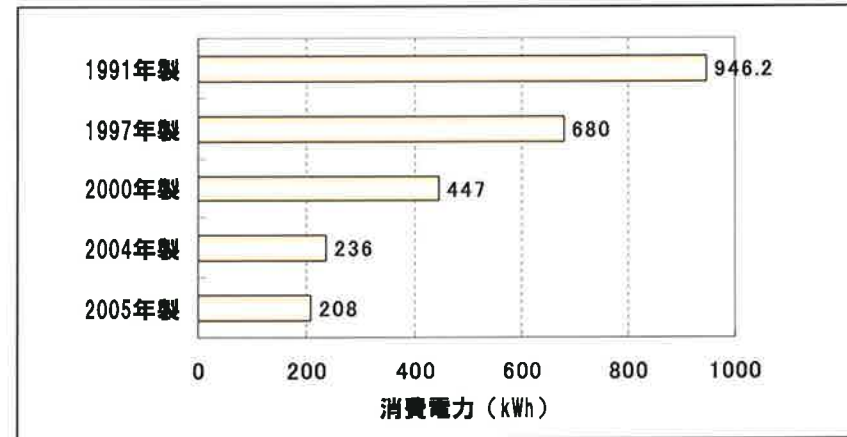


図. 冷蔵庫の消費電力推移

✓1991年製の冷蔵庫を2005年製のものに買い換えた場合、冷蔵庫の価格を10万円と仮定すると、電気代の差額で約6年で回収可能である。

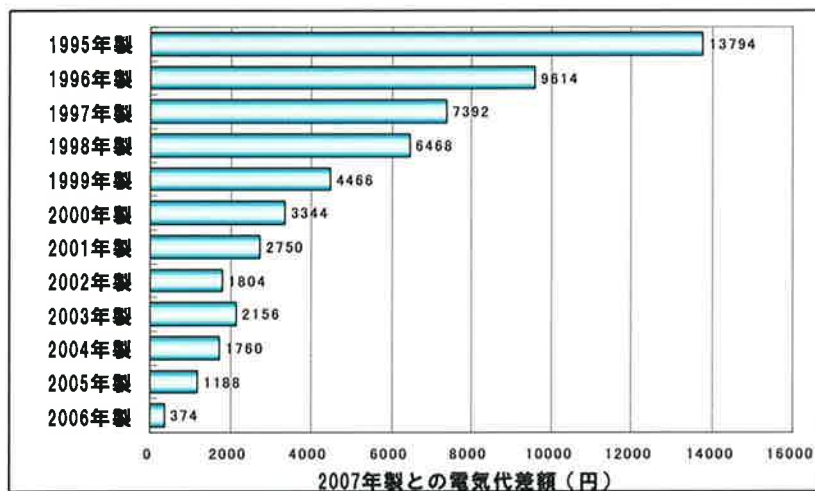


図. 年間電気代の差額

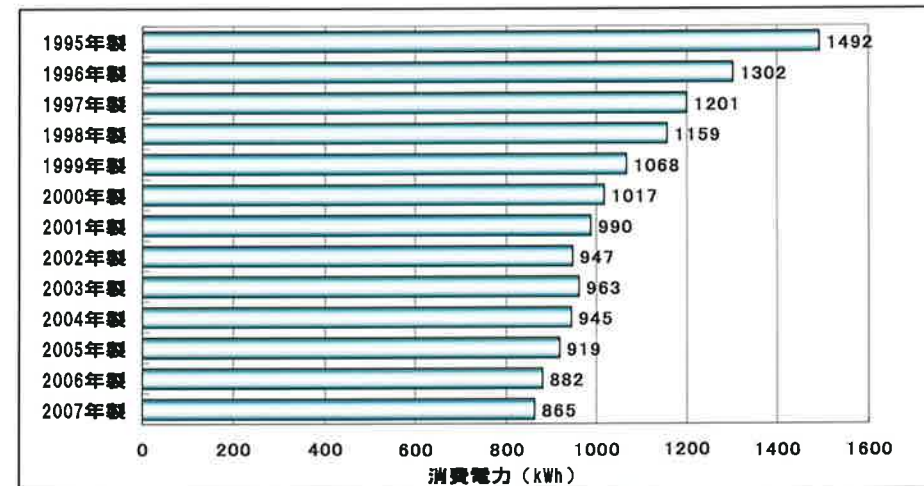


図. 冷蔵庫の消費電力推移 (出展)財団法人省エネルギーセンター

✓1995年製のエアコンを2006年製のものに買い換えた場合、エアコンの価格を10万円と仮定すると、電気代の差額で約7年で回収可能である。

大学も行動する

オフィス効率化のモデル

ー東大サステイナブルキャンパスプロジェクトー

2012年までに CO₂ 15%減

2030年までに 50%減

実験30%、冷暖房30%、照明20%、その他20%

東大は家電の大量発注を続けます！

**建築物の更新期間 = 77億m² / (2億m² / 年)
= 39年**

建築物 60% / 39年 = 1.5 % / 年

自動車 50% / 10年 = 5 % / 年

1.5% / 年 × 30% + 5% / 年 × 25% = 1.7 % / 年

2020年 1.7 × 12 = 20%

2050年 1.7 × 42 = 71%

新産業を創造しなければならない

省エネルギー型産業

循環型社会対応産業

新エネルギー産業

新しいパラダイムを形にする

日本の競争力

強み：ものづくり大国

弱み：何を作るのかを決めない

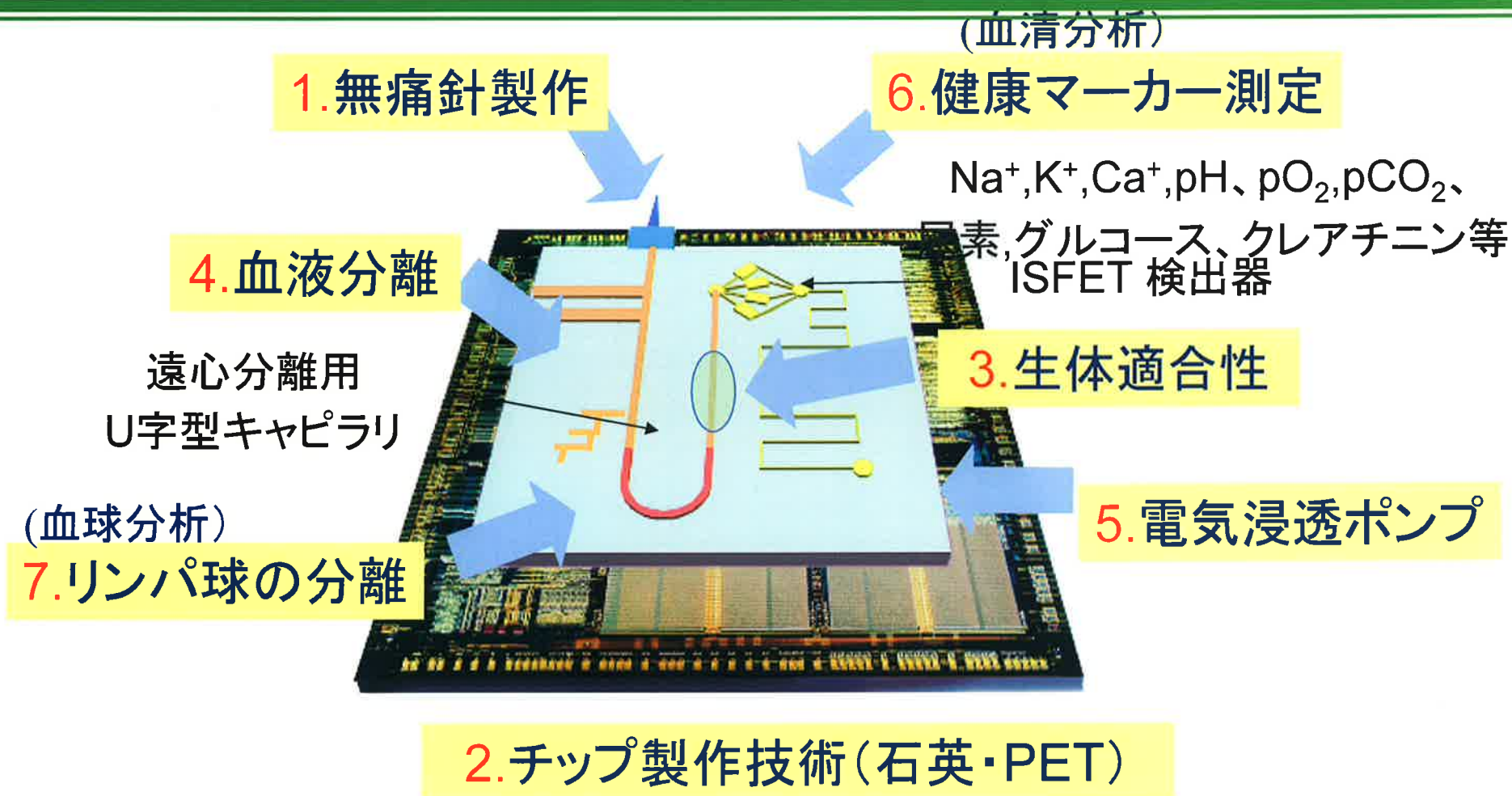
生活が目標を決める

=高齢化社会、低炭素社会 etc.

具体像をつくることが競争力の源泉

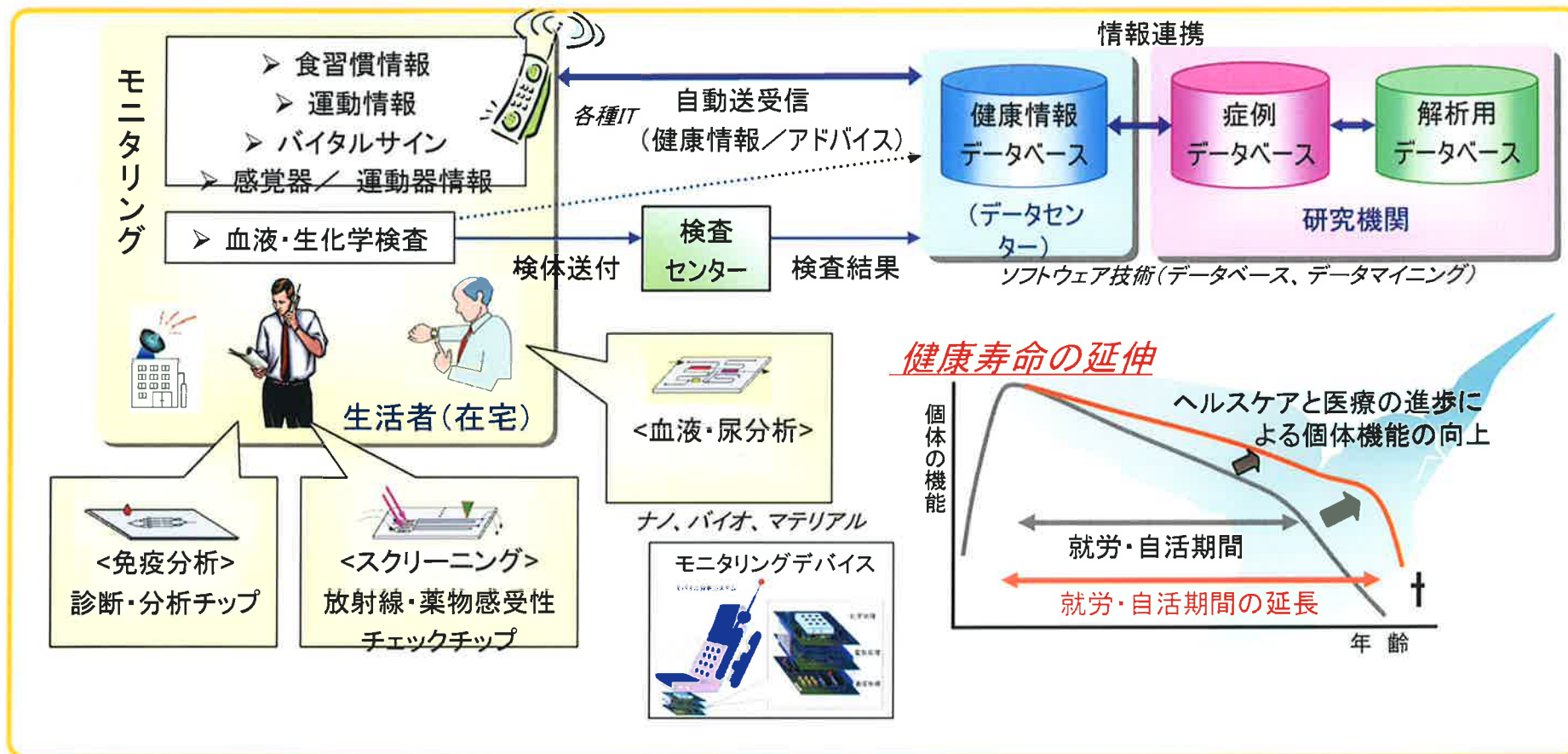
ハリウッドだった！

診断チップ(高齢化社会へ向けて)



動け！日本＝科学技術×パラダイム

医療費で成長するイノベーション



動け！日本2009を始めます

小宮山 宏

「課題先進国」 日本

キャッチアップからフロントランナーへ



環境、エネルギー、資源、住宅、医療、教育……
日本の課題はまもなく世界の課題になる
問題解決が新しい社会システムを創造する

東大総長が
課題解決ビジョンと
新国家像を
縦横に語る

中央公論新社
定価 本体1500円(税別)

大学のイノベーション

組織：イノベーションは各論

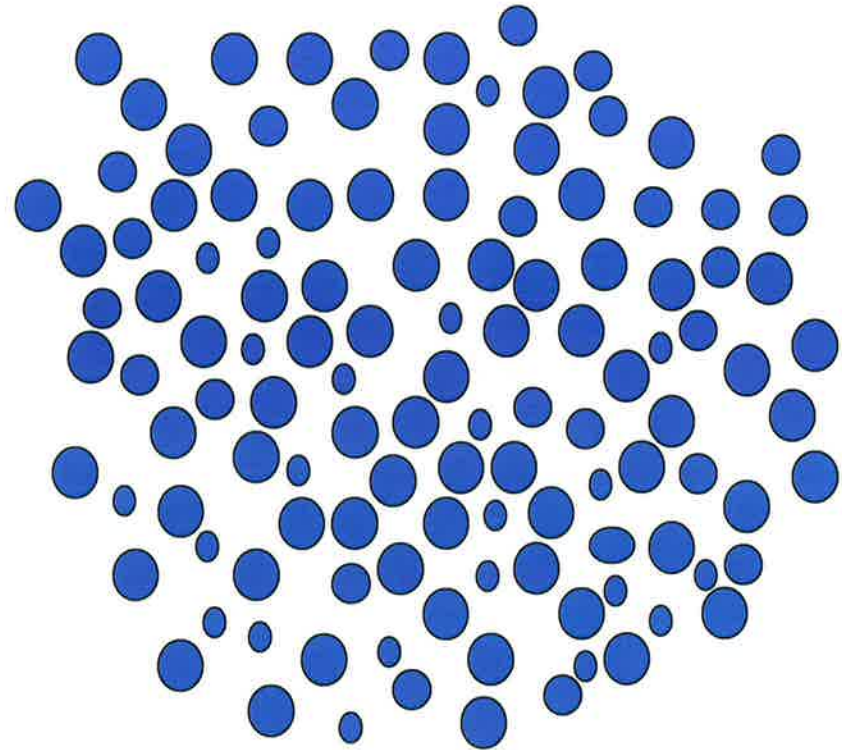
機能：knowledge innovationの主翼を担う

科学の細分化

1900

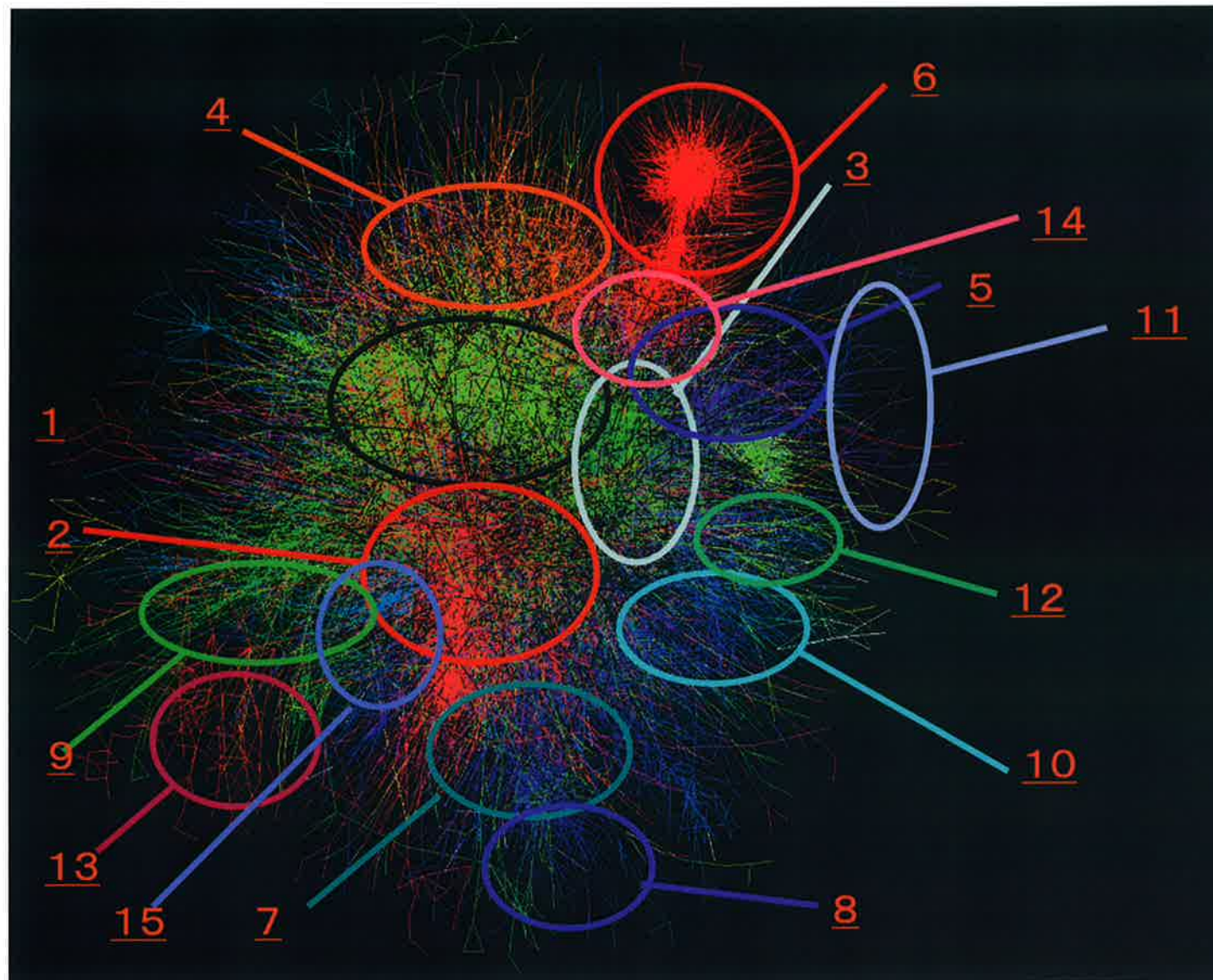


2000



複雑な問題と細分化した学術

融合していない“Sustainability Science”



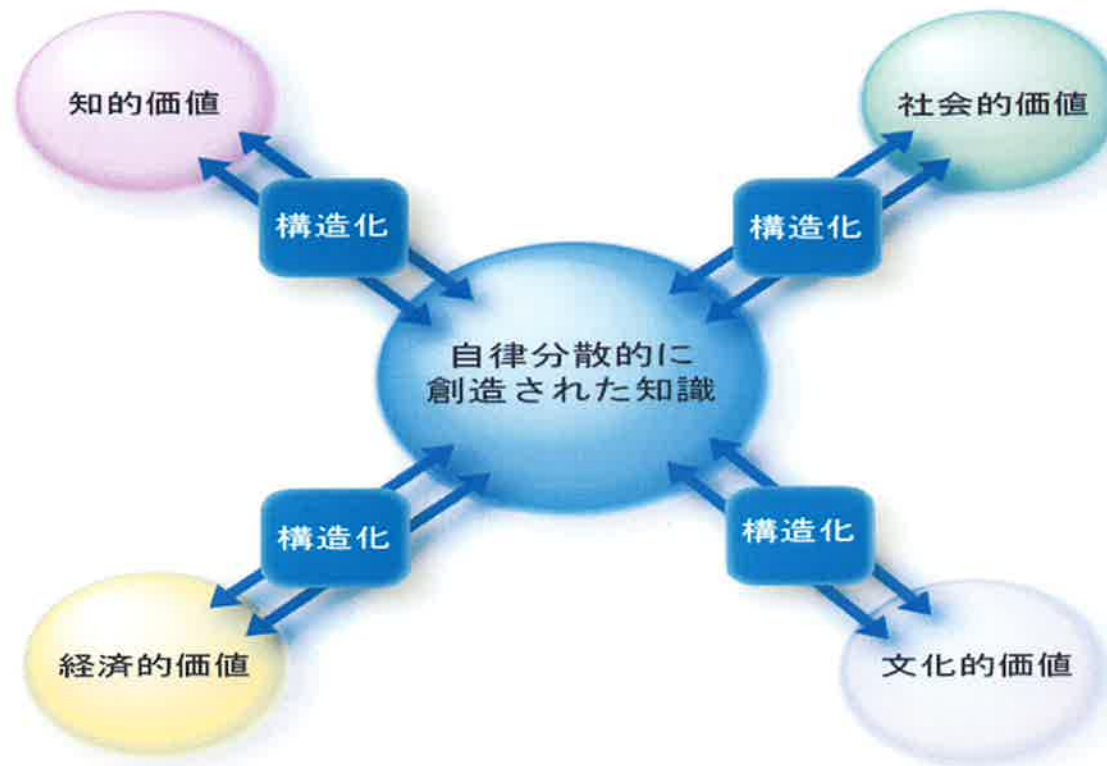
1. Agriculture
2. Fishery
3. Ecological Economics
4. Agroforestry
5. Rural Forest
6. Bus. & Mgmt
7. Coastal Tourism
8. Water
9. Forest & Biodiversity
10. City, Planning & Regulation
11. Rural Development
12. Energy & Environment
13. Health Care
14. Soil
15. Wildlife Hunting

Source: Matsushima Lab., Institute of Engineering Innovation, the University of Tokyo

学内外が納得するコンセプト

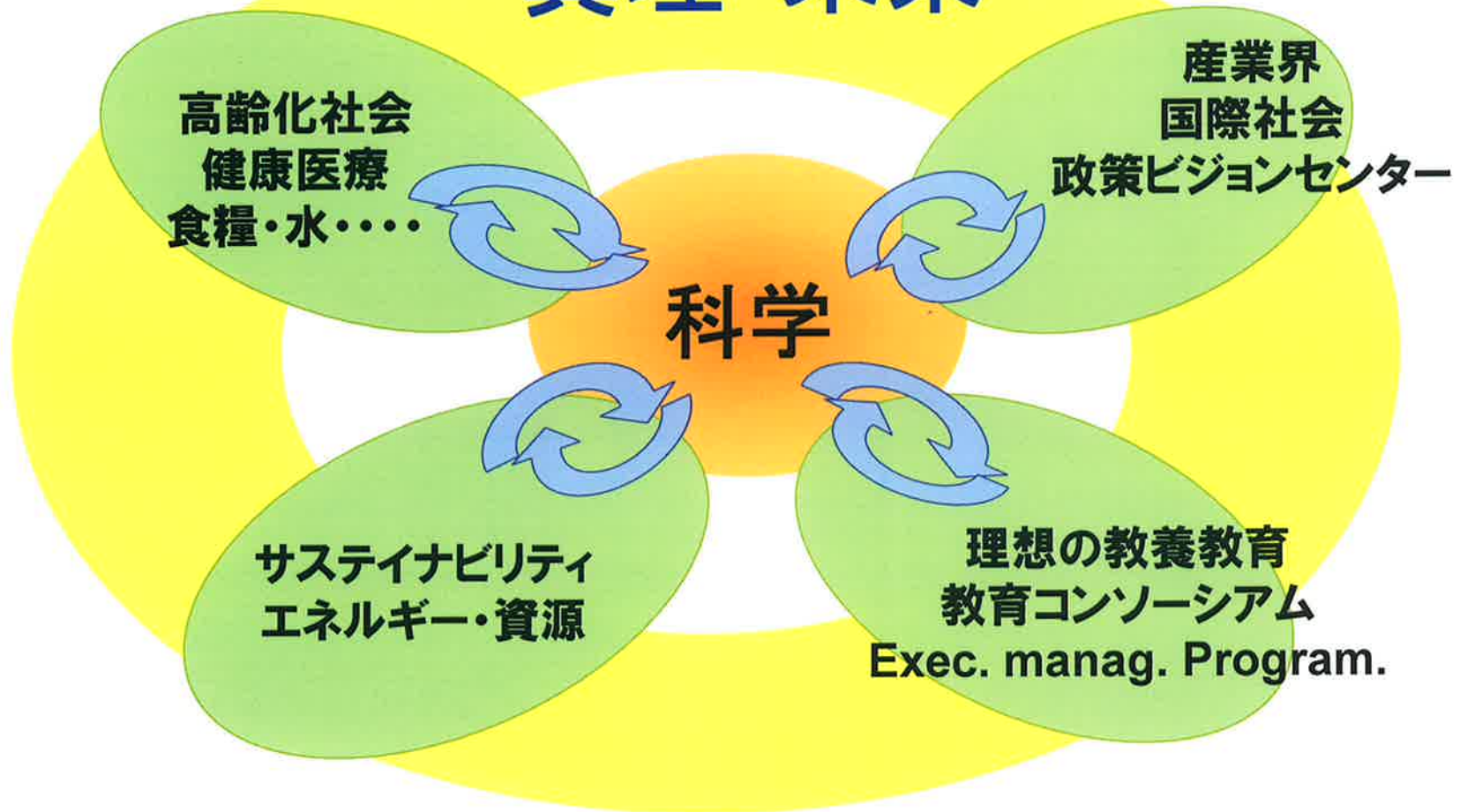
知の構造化

自律分散協調系



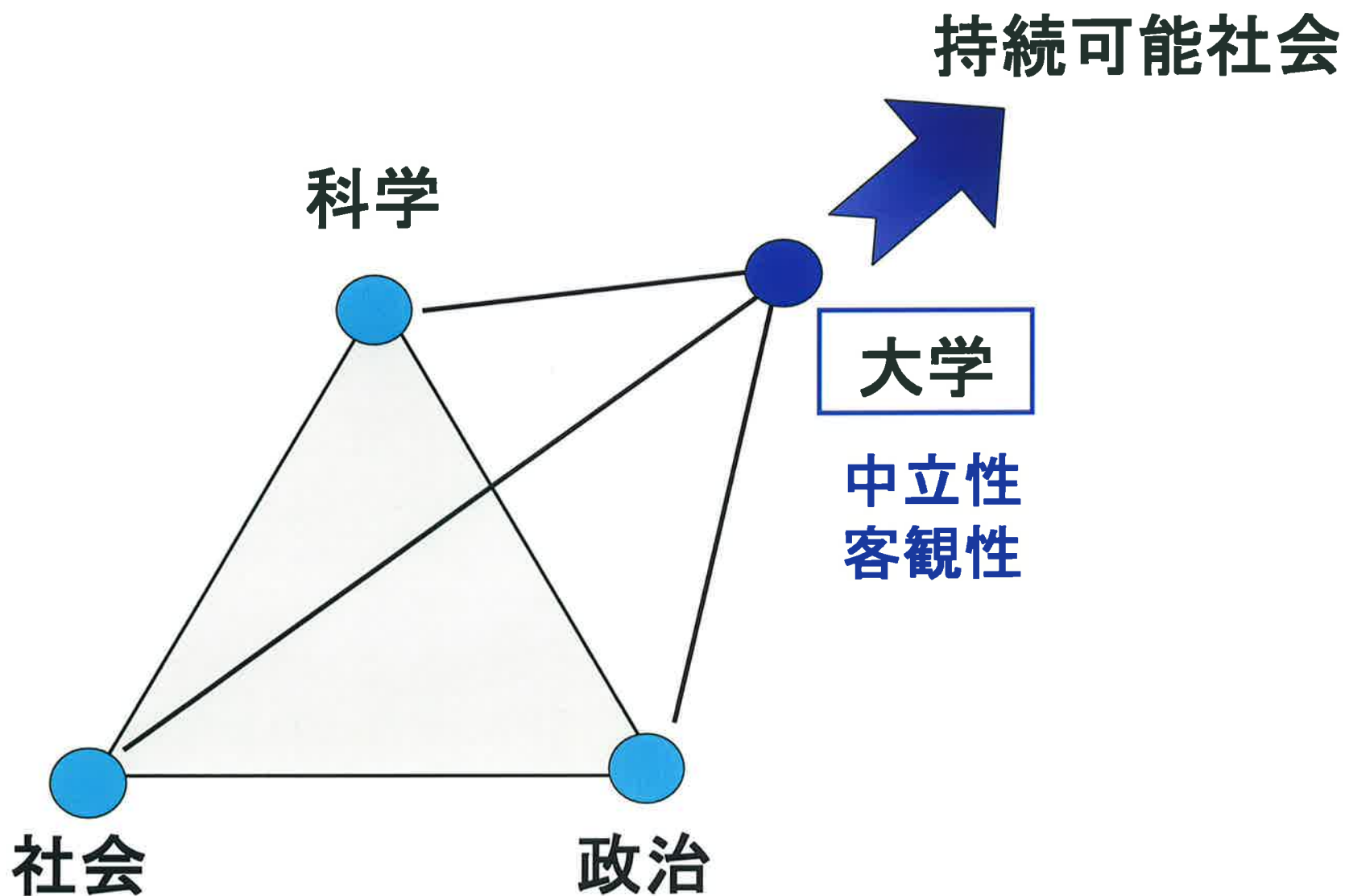
東大モデル

真理・未来



行動する大学

パラダイムシフトのスピードに対応する



G8 大学サミット



35大学が結集

G8含む14カ国から代表的大学（イエール、ケンブリッジ、北京、インド工科大、など）、国連大学が参加

札幌サステナビリティ宣言

- Knowledge innovation
- Network of networks

行動宣言



「課題先進国」日本

エネルギー 食料 都市の過密
環境汚染 資源 ヒートアイランド
少子化 廃棄物 高齢化 地域の過疎

- 国土面積：世界60位
- 人口：世界10位



- GDP：世界2位

昭和42年の隅田川



環境省 図で見る環境白書 昭和57年
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/eav11/eav110000000000.html>

現在の隅田川



東京屋形船案内
http://www.t-yakata.com/tyh_dkship.htm

名古屋市 藤前干潟の保全

(ごみ非常事態宣言

20世紀中に20%、20万トンのごみ減量等→埋立量の激減)



写真提供 伊藤 真

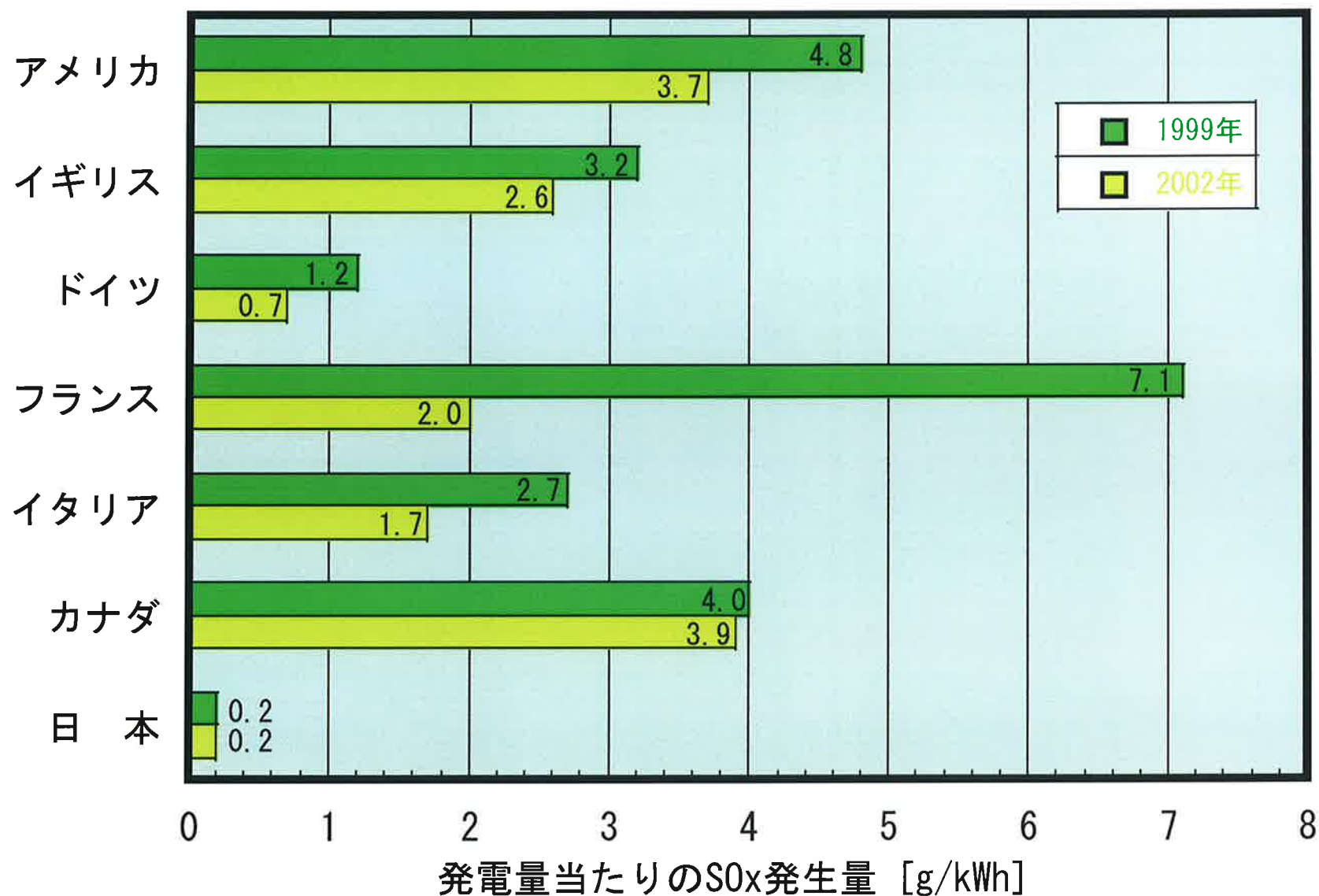
北九州市の公害克服



東京電力ホームページより作成

<http://www.tepco.co.jp/csr/report/download/2006/015-j.pdf>

http://www.tepco.co.jp/custom/LapLearn/mission/env_02-j.html



火力発電所からの硫黄酸化物排出原単位の国際比較

20世紀以前

地球が無限だった
若かった
欲望の時代

21世紀以降

地球が小さくなった
高齢化
知恵の時代

日本は社会像でリーダーシップをとれるか