

先端エネルギー変換工学寄付研究部門

第1回技術フォーラム

地球温暖化を克服する
エネルギー戦略

エネルギー戦略を見据えた技術の選択

AECE

東京大学
先端エネルギー変換工学寄付研究部門
Advanced Energy Conversion Engineering

東京大学生産技術研究所
特任教授 金子祥三

目次

- 1.地球温暖化問題と中期目標
- 2.化石燃料の高効率利用
- 3.最適な戦略的選択とは何か？
- 4.再生エネルギーでどう生き抜くか？



1. 地球温暖化問題と中期目標

- 地球温暖化問題は科学的・学術的問題にとどまらず、きわめて政治的、経済的、外交的問題となっている。
- 日本国内でベストの方針をまとめ、これを国際的に認知納得させる努力が必要。京都議定書の過ちを繰り返してはならない。

6月10日(水)18時 麻生総理の記者会見

2005年比 温室効果ガス 15%削減

[1] 3つの基本原則

- ① 主要排出国の全員参加と、日本のリーダーシップ
- ② 環境と経済の両立
- ③ 長期目標の実現

[2] 中期目標

①世界をリードする目標；

- 2005年比15%削減

②欧米との比較；

- ヨーロッパの13%削減、米国オバマ政権14%削減を上回る
- 省エネなどの努力を積み重ねる「真水」の目標

③途上国への技術移転；

- 日本の省エネ・環境技術で世界の排出削減に貢献
- 新たな枠組みに責任を共有して参加する途上国には技術支援を惜しまない

④長期目標への道筋；

- 2050年60～80%削減に向けて努力

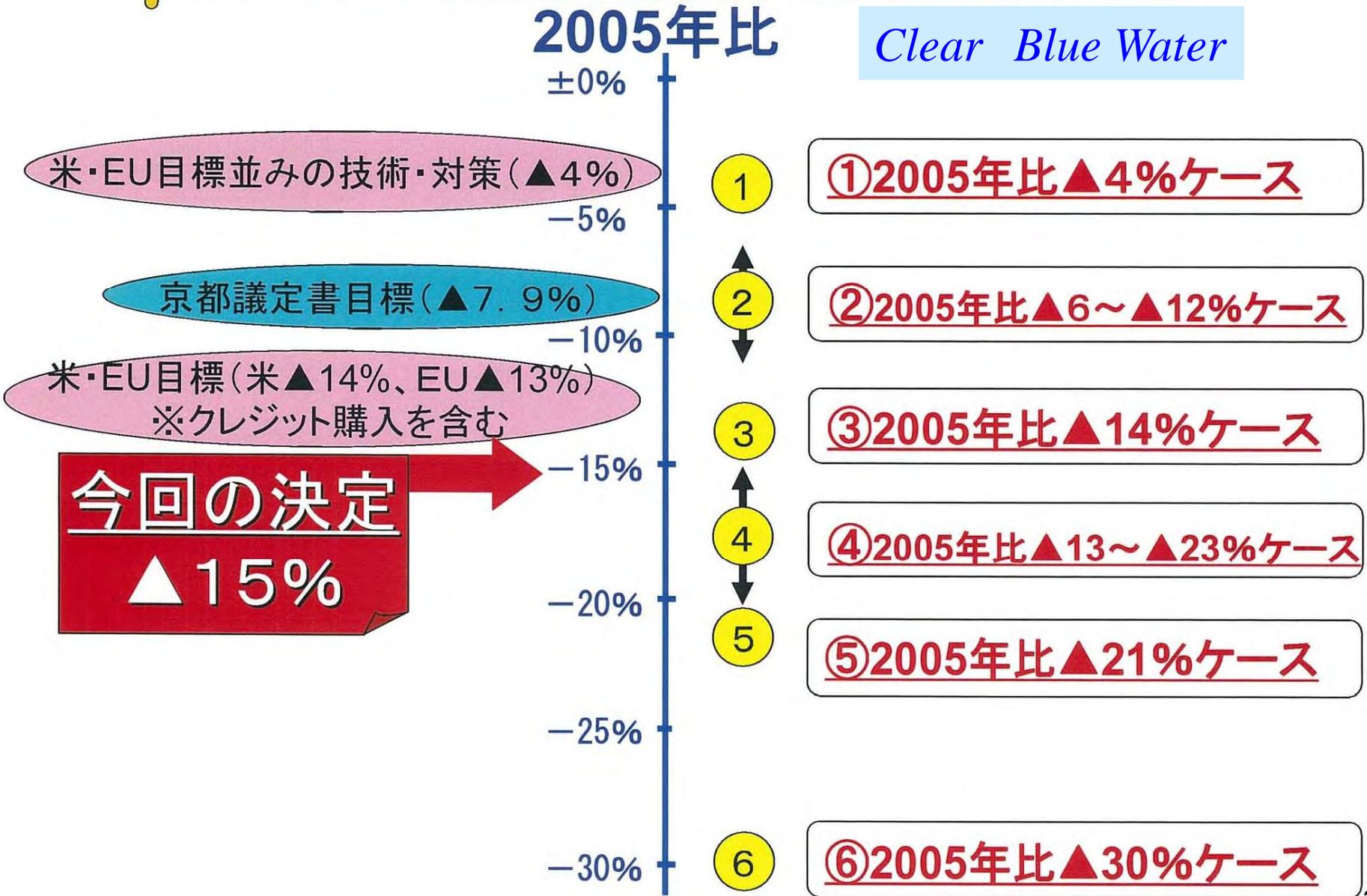
低炭素革命

①新エネルギー、水力発電等の再生可能エネルギーの導入量を世界最高水準の20%まで引き上げる

②太陽光発電を現在の20倍にする「太陽光世界一プラン」

③新車の2台に1台を、ハイブリッド車等のエコカーにする「エコカー世界最速普及プラン」

今回の中期目標の決定(真水ベース)



選択肢と経済への影響

	① 2005年比 ▲4%	③ 2005年比 ▲14%	⑤ 2005年比 ▲21%	⑥ 2005年比 ▲30%
民間設備投資		<u>+0.1%</u>	<u>±0%</u>	<u>-0.4%</u>
可処分所得		世帯当たり <u>年▲4万円</u>	世帯当たり <u>年▲9万円</u>	世帯当たり <u>年▲22万円</u>
光熱費負担		世帯当たり <u>年+3万円</u>	世帯当たり <u>年+7万円</u>	世帯当たり <u>年+14万円</u>
基準ケース		(合計 月 約6千円)	(合計 月 約3万円)	

2005年比▲15%でも、月約6千円

09/6/11
日経記事

自分が身を削れば
他人も削ってくれる?



国際交渉はそんなに
に生やさしくない。
減らそうと減らすまい
と厳しい要求が来る。
それが国際交渉である。

温暖化ガス15%削減

20年目標「国際交渉を主導」 首相表明

家計の負担、年7万円超

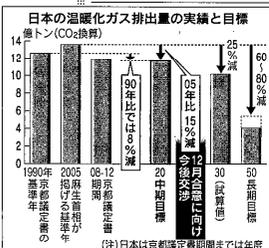


温暖化ガス排出削減の中期目標を発表する麻生首相(10日、首相官邸)

対策・政策	
太陽光発電	現状の20倍に
エコカー	新車販売の50%
省エネ住宅	保有台数の20%
省エネ住宅	新築住宅の80%
家計の負担増	
(世帯当たり年間)	
成長鈍化による所得の減少	43,000円
電気代などの負担増	33,000円
合計(年間)	76,000円

麻生首相は10日、首相官邸で記者会見し、日本の2020年時の温暖化ガスの中期目標を海外からの購入を排除して95比15削減(1000年比)とする方針を明らかにした。同時に、20年間の削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。

麻生首相は「20年間の削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。これは、20年間の削減目標を達成するために必要な措置である」と述べた。



(注)日本は京都議定書発効期間中までは年率

低炭素社会、まだ入り口

麻生首相は10日、首相官邸で記者会見し、日本の2020年時の温暖化ガスの中期目標を海外からの購入を排除して95比15削減(1000年比)とする方針を明らかにした。同時に、20年間の削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。

麻生首相は「低炭素社会の構築は、まだ入り口の段階にある」と述べた。彼は、2020年までの削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。

国際交渉は、削減目標を達成するために、日本が約8%増、増産を示唆している。そのほか、国際社会は、心算を度々欧州連合(EU)に傾けており、EUは2020年産業界以来の削減目標を達成するために、日本に削減目標を押し付けている。麻生首相は「削減目標を達成するために、日本が約8%増、増産を示唆している。そのほか、国際社会は、心算を度々欧州連合(EU)に傾けており、EUは2020年産業界以来の削減目標を達成するために、日本に削減目標を押し付けている」と述べた。

麻生首相は10日、首相官邸で記者会見し、日本の2020年時の温暖化ガスの中期目標を海外からの購入を排除して95比15削減(1000年比)とする方針を明らかにした。同時に、20年間の削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。

麻生首相は「削減目標を達成するために、日本が約8%増、増産を示唆している。そのほか、国際社会は、心算を度々欧州連合(EU)に傾けており、EUは2020年産業界以来の削減目標を達成するために、日本に削減目標を押し付けている」と述べた。

麻生首相は10日、首相官邸で記者会見し、日本の2020年時の温暖化ガスの中期目標を海外からの購入を排除して95比15削減(1000年比)とする方針を明らかにした。同時に、20年間の削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。

麻生首相は「削減目標を達成するために、日本が約8%増、増産を示唆している。そのほか、国際社会は、心算を度々欧州連合(EU)に傾けており、EUは2020年産業界以来の削減目標を達成するために、日本に削減目標を押し付けている」と述べた。

麻生首相は10日、首相官邸で記者会見し、日本の2020年時の温暖化ガスの中期目標を海外からの購入を排除して95比15削減(1000年比)とする方針を明らかにした。同時に、20年間の削減目標を達成するために、太陽光発電の20年間の導入を1兆1000億円に引き上げ、エコカーの保有台数を20%に引き上げ、省エネ住宅の新築住宅の80%に引き上げる方針を示した。

麻生首相は「削減目標を達成するために、日本が約8%増、増産を示唆している。そのほか、国際社会は、心算を度々欧州連合(EU)に傾けており、EUは2020年産業界以来の削減目標を達成するために、日本に削減目標を押し付けている」と述べた。

地球温暖化に関する国際的取組みの経緯

- 
- 2008 COP14 ポーランド
北京ハイレベル会議
 - 2007 COP13/MOP3(バリ・ロードマップを採択)
IPCC第4次報告書発表(2050年までにCO2を半減程度させる必要性)
 - 2006 COP12/MOP2(COP14/MOP4迄に議定書見直し)
スターンレポート公表
 - 2005 COP11/MOP1(将来枠組み交渉開始)
京都議定書発効
日本政府は京都議定書目標達成計画を閣議決定
 - 2002 日本政府は京都議定書批准
米ブッシュ政権が京都議定書から離脱表明
 - 2001 IPCC第3次評価報告書(気温上昇予測を1.4~5.8°Cに上方修正)
 - 1998 地球温暖化対策推進大綱を閣議決定
地球温暖化対策の推進に関する法律制定
 - 1997 COP3 (京都議定書採択)
 - 1995 気候変動枠組条約第1回締結国会議(COP1)(ベルリンマンデート合意)
IPCC第2次評価報告書(省エネ・新エネ・炭素税等政策措置の議論)
 - 1994 気候変動枠組条約発効
 - 1992 地球サミット(リオデジャネイロ)／国連で機構変動枠組条約採択
 - 1990 IPCC第1次報告書発表(21世紀中に気温上昇3°C、海面上昇65cmの懸念)
 - 1988 IPCC設立(国連環境計画(UNEP)と世界気象機構(WMO))

国連気候変動枠組条約準備会議

北京ハイレベル会議

(2008.11.7,8)

気候変動についての技術開発
ならびに技術移転に関する
ハイレベル会議

Beijing High-Level Conference
on Climate Change:
Technology Development and
Technology Transfer



北京・人民大会堂前にて

国連気候変動枠組条約準備会議

北京ハイレベル会議(国連と中国政府の共同開催)

(2008.11.7,8)



開会あいさつ(中国温家宝首相)

中国と発展途上国の主張



地球温暖化問題は先進国が引き起こした問題である



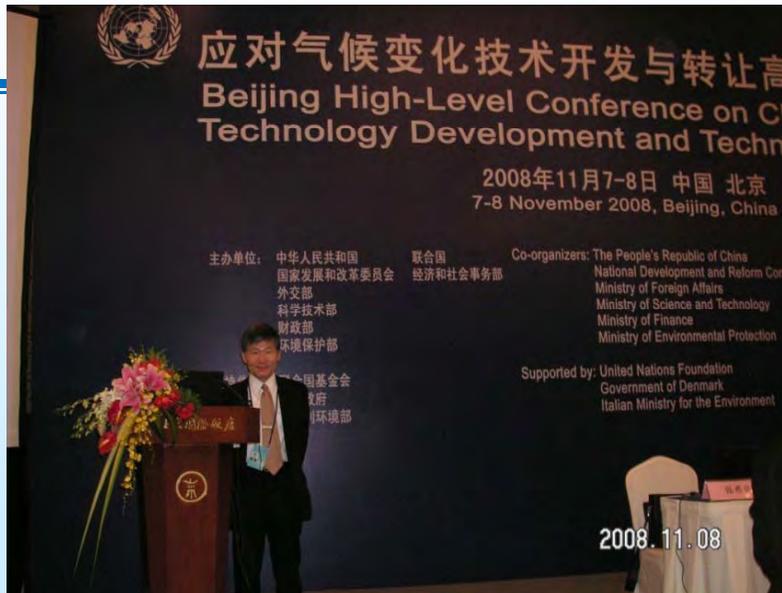
(Sole Responsibility of
Developed Countries)

責任を負うべき先進国のみが責任を果たさねばならない



(*Justice* → Developed Countries
must pay and compensate)

金子発表要旨



中国ほかの主張

先進国は今までCO2を放出した責任を果たすため、所有する先進環境対策技術が無償で発展途上国に提供すべきである。

—— 強制移転 (Compulsory Licensing)

金子発表要旨

1. CO2削減に有効な先進技術は先進国の民間企業が所有していることが多い。民間企業に技術移転を国が強制することは出来ない。
2. その民間企業では技術開発のために、長年に渡って多くの人材を投入し投資を行って来ている。技術が高度であればあるほど失敗の確率は高くなり、1つの成功の裏には10の失敗がある。これらの開発総費用を回収出来なければ企業は研究開発を継続して行うことは出来ない。
3. さらに画期的新技術の開発に成功した企業は多くの国に輸出し、高いマーケットシェアを獲得している。ある国に技術移転をするということは、今後その国のマーケットを失い、さらに将来は技術導入をした国の企業が第3国に輸出し、競合者となることもあり得る。つまりこの逸失利益が補償される仕組みが構築されない限り、先進企業からの技術移転は困難である。

エイズ問題

エイズ特效薬

Patentが全て

Patentの強制開示・無償供与

強制的技術移転
(Compulsory Licensing)

総合ノーハウを含んだ総ての技術パッケージの“善意あふれる”移転が必要
(Willing Intellectual Property Transfer)



地球温暖化問題

高効率複合発電
(CO₂ 30%削減)

- Patentの比重は僅かである
- 設計・工作・建設・運転膨大なノーハウが全て
- **これが知的所有権(I.P.)である**



- 何万という部品の集まり
- 設計・製作・建設・運転
- 何年もかかる

この移転は多くのエンジニア・作業者の心からの協力がないと出来ない

技術移転に関する論点と今後の動き

1. 最先端の高度環境技術には特許だけでなく knowhow を含む広範な知的所有権が重要。
2. この知的所有権の移転については正当な対価が支払われるべきである。
3. 所有者への対価の支払いと途上国への無償供与のため、先進国が資金を拠出してこれに充当すべきである。

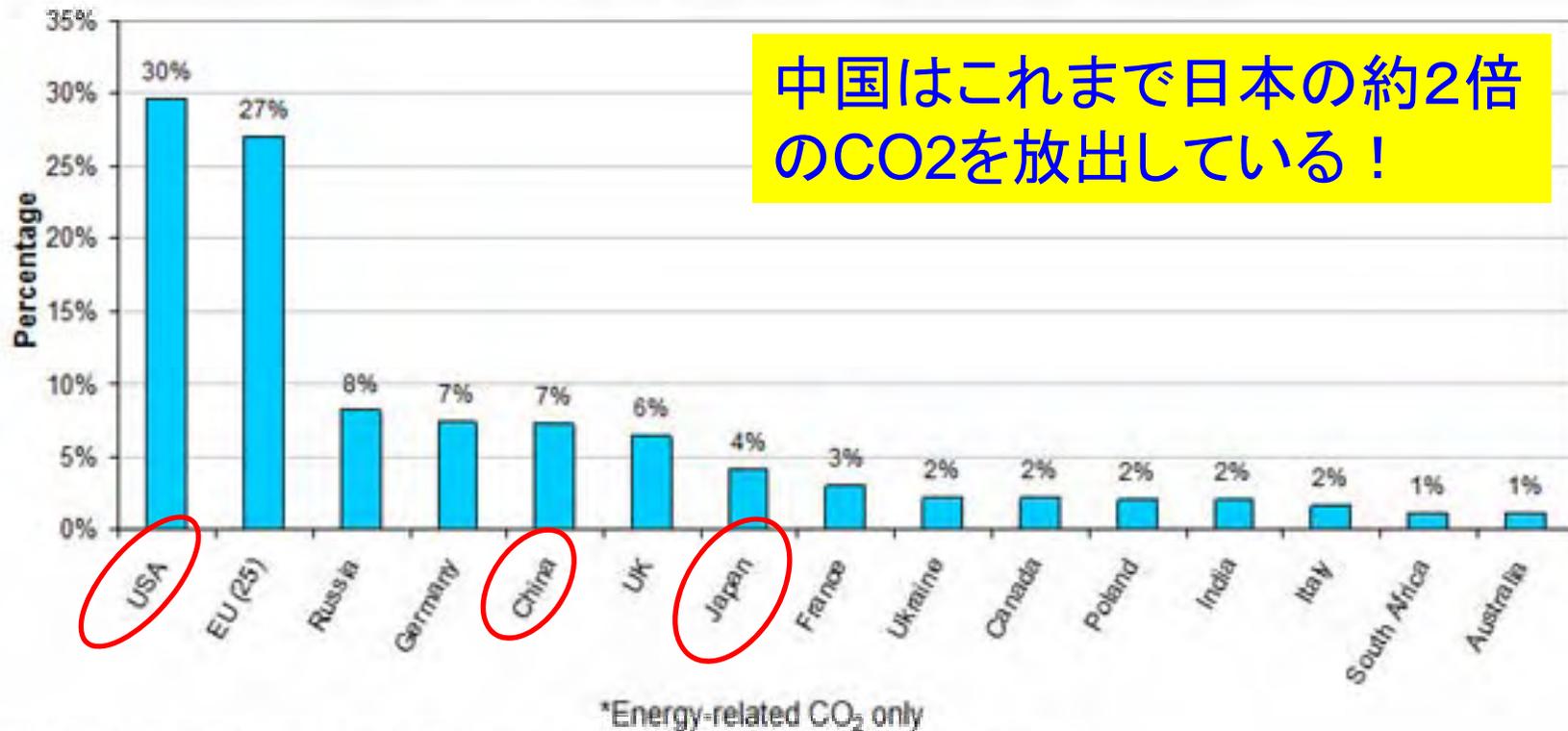
技術移転に関しては引き続き折衝が行われている

現在のCO2は本当に先進国のみの罪か？

Cumulative CO2 Emissions

Greenhouse gases remain in the atmosphere and contribute to global warming long after they are emitted (in most cases, for a century or more), so cumulative emissions are an important measure of a country's contribution to climate change. From 1850 to 2000, the United States and the European Union were responsible for about 60% of energy-related CO2 emissions, while China contributed 7% and India 2%.

Cumulative CO₂ Emissions* (1850-2000)



Source: Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) version 5.0. (Washington, DC: World Resources Institute, 2008).

Cited from homepage of Pew Center on Global Climate Change

地球温暖化問題は国連の場で議論されている

気候変動枠組み条約 (UNFCCC)

UNFCCC = United Nations Framework Convention
on Climate Change

- ▶ ナイーブな科学的議論やバランスの取れた良識ある人々の集まりではなく、政治家、法律家、外交官が中心となった、国益を追求する激しい政治的、外交的な駆け引きの場である。
- ▶ 論理的な説得力のある主張を堂々とすべきである。日本国内でしか通用しない議論、情緒的で非論理的な主張は無意味である。
- ▶ しかし日本案を十分な科学的根拠のもと、論理的に説明できるものとし、日本国民の支持を得て、信念を持って当たれば十分主張可能である。

中期目標検討委員会

- 1. 総理大臣が主催する“地球温暖化問題に関する懇談会”の分科会として設置
- 2. 座長：福井前日銀総裁
- 3. 東大より湯原特任教授が参加
- 湯原教授のワーキンググループとして他の東大のメンバーも支援
- 4. 第1回(2008.11.25)より開催され第7回(2009.4.14)まで開催
- 5. 2009年4月17日に福井座長より親委員会に報告

4月17日 内閣官房ホームページに直ちに公開。

— 5月16日まで広く国民の意見を集約

→今回の特徴：経緯・資料をすべて公開

→最終的には総理大臣が6月に決定

地球温暖化問題に関する懇談会
中期目標検討委員会（第5回）



委員会の状況

東京大学から湯原教授が委員として参加

地球温暖化問題に関する懇談会 中期目標検討委員会 名簿

敬称略（50音順）

茅 陽一 財団法人地球環境産業技術研究機構 副理事長

高橋 進 株式会社日本総合研究所 副理事長

内藤 正久 財団法人日本エネルギー経済研究所 理事長

西岡 秀三 独立行政法人国立環境研究所 特別客員研究員

浜中 裕徳 財団法人地球環境戦略研究機関 理事長

深尾 光洋 社団法人日本経済研究センター 理事長

◎福井 俊彦 前日本銀行総裁

湯原 哲夫 東京大学サステイナビリティ学連携研究機構 特任教授

◎座長

中期目標検討ワーキンググループメンバー

(あいうえお順)

ワーキンググループ主査：湯原哲夫 東京大学 IR3S 特任教授 (○)

金子祥三 東京大学 生産技術研究所
エネルギー工学連携研究センター・副センター長 特任教授

北村奈美 東京大学 IR3S 特任准教授

鹿園直毅 東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻 准教授

堤 敦司 東京大学 生産技術研究所
エネルギー工学連携研究センター長 教授

藤井康正 東京大学 大学院工学系研究科 原子力国際専攻 教授

丸山康樹 東京大学 生産技術研究所
エネルギー工学連携研究センター 客員教授

○政府の中期目標検討委員会委員

(温暖化の科学的知見に関しては、 松野太郎 東京大学名誉教授の協力を得た。)

4月17日公表の
内閣官房ホームページ

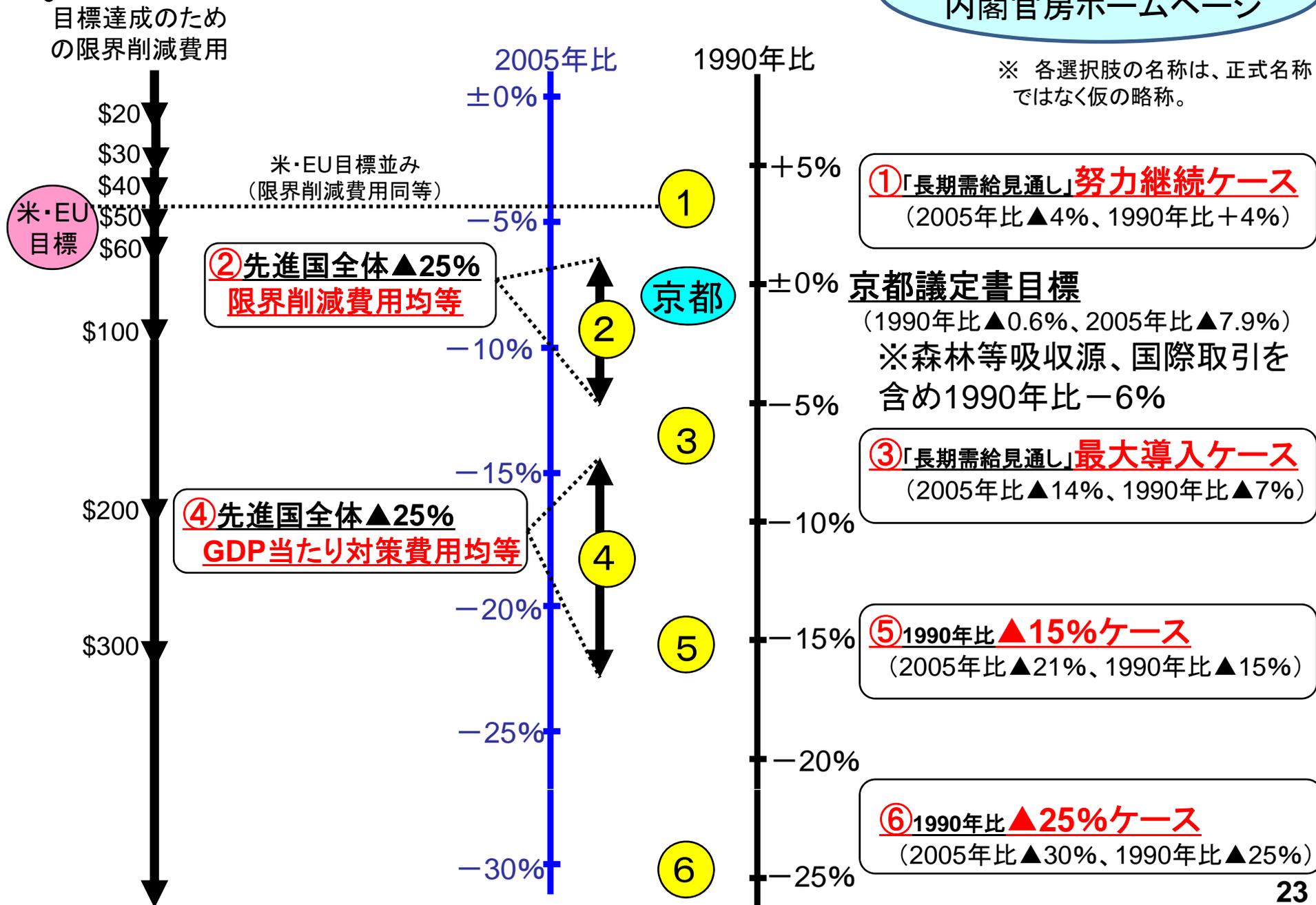
地球温暖化対策の中期目標について

2009年4月 内閣官房

中期目標の6つの選択肢

4月17日公表の
内閣官房ホームページ

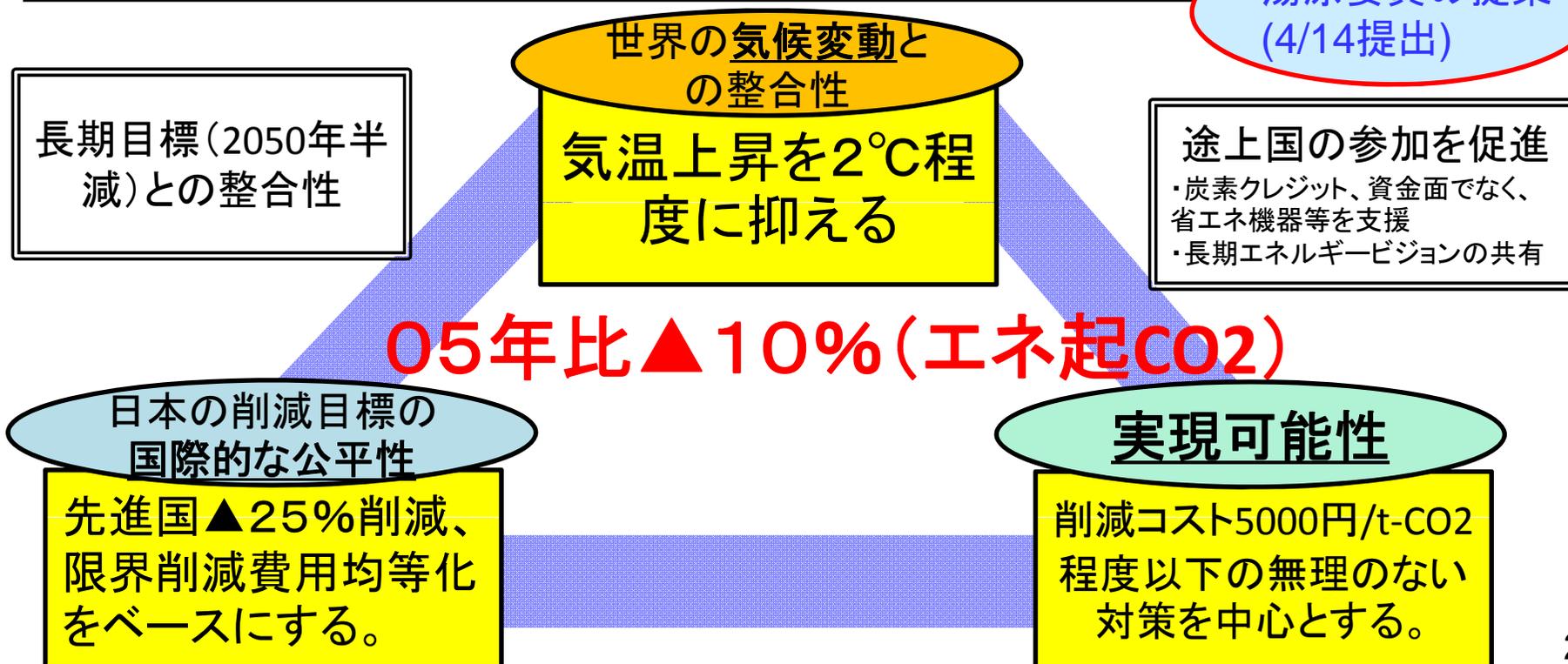
※ 各選択肢の名称は、正式名称
ではなく仮の略称。



1. 気候変動の科学、国際公平性、実現可能性から見た削減目標

- ①2050年に世界のGHG排出量半減目標は、気温上昇を2°C程度に抑える気候目標に相当。この排出削減カーブ(CO2濃度で450ppm安定化)を日本に適用した場合、2020年に05年比▲10%(エネ起源CO2)の削減が必要。
- ②世界モデル(RITE、国環研)では、先進国全体▲25%-各国で限界削減費用均等化ケースで、日本の削減率は2020年に05年比▲9~▲11%(エネ起源CO2)、限界削減費用は90~130ドル/t-CO2(3月27日第6回委員会資料)。
- ③実現可能性を高めるため、限界削減コストが5000円/tCO2以下の対策を積み上げ、原子力の稼働率を90%、LNG火力発電の効率改善を実施した場合、2020年に05年比▲10%達成可能。
以上を勘案すると、05年比▲10%(エネ起CO2)が、3つの側面で整合性がとれた最も妥当な削減目標である。

湯原委員の提案
(4/14提出)

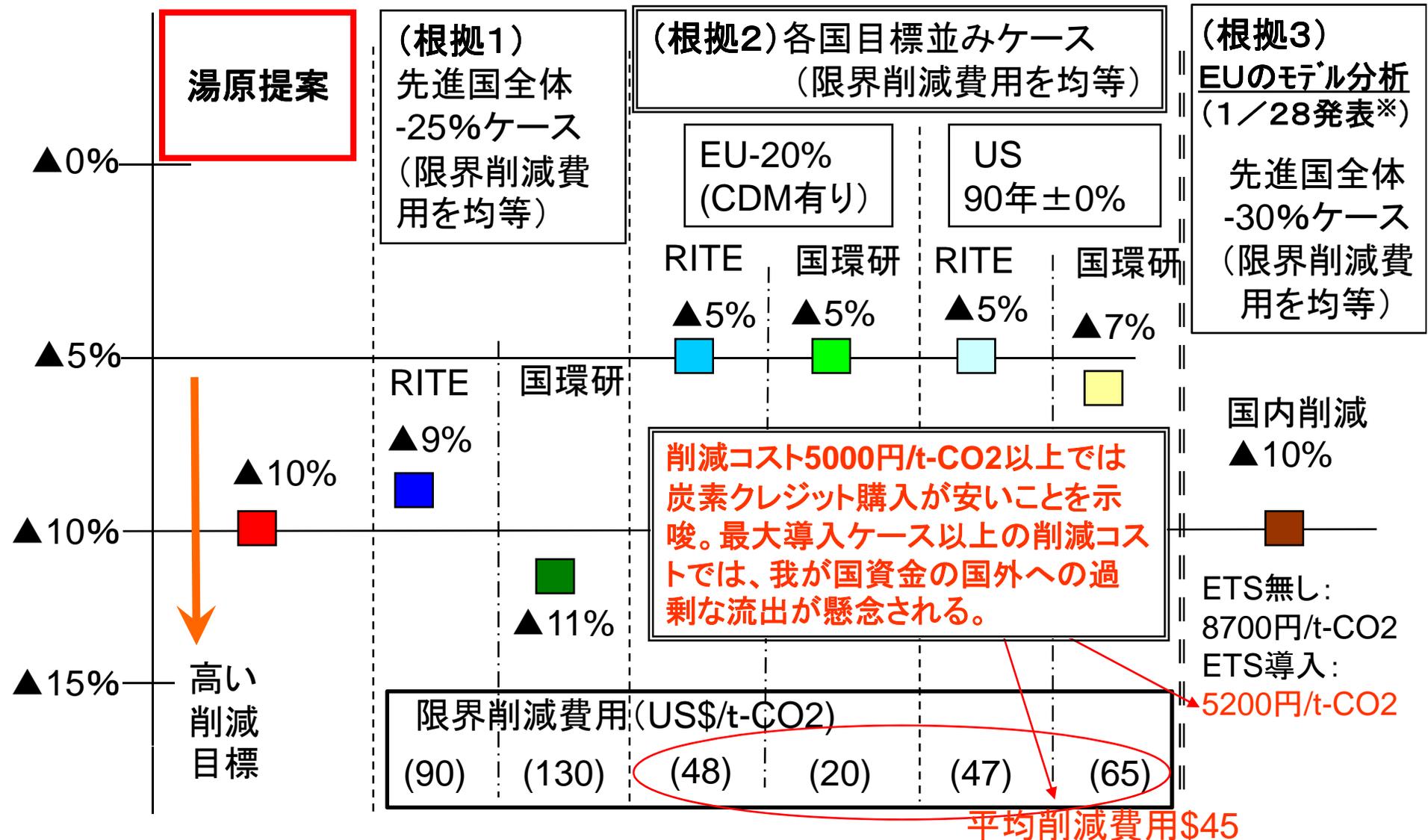


2. 我が国の中期削減目標(2020年)の数値と削減費用

湯原委員の提案
(4/14提出)

国際的な公平性

削減率(2005年比、エネ起CO2)



※欧州委員会 1/28発表資料より(http://ec.europa.eu/environment/climat/future_action.html から入手可)

3. 具体的削減対策とその効果

(限界削減費用5000円以下を目安とした削減目標(試算))

○「長期需給見通し」の最大導入ケースに関する日本エネルギー経済研究所の分析結果を基に、初期投資、固定資産税、金利負担、使用年数、燃料費節約効果を考慮し、対策毎にCO2の1トンあたりの削減コストを算出(詳細別紙)。

- ①削減コスト5000円/t-CO2以下の対策を積み上げ
- ②原子力発電を05年70%から20年90%まで向上させる
- ③従来LNG火力発電(汽力)の半数を複合発電(MACC)にリプレース

CO2削減コスト{赤字は便益が上回ることを示す。}

4200万ton

投資回収可能分▲4.2%

①のみ 5900万ton
05年比▲5.7%(エネ起CO2)

①、②を実現した場合
05年比▲9.4%(エネ起CO2)

①、②、③を実現した場合
05年比▲10.1%(エネ起CO2)

削減コストは割高(5000円以上)だが、低炭素社会に向けた重要基幹製品。②、③の一部が実行困難な場合に備え、補助金、税優遇等の政策導入により低コスト化を図り、一定量の導入を図るべき。

最大導入ケース対策項目の検討(2020年)

(ただし、全ての対策項目についてはなく、建築物省エネ等、一部の対策項目については除外した項目についての検討)
※これまで(各機関より提出されたデータ等)を基に、最大導入ケースに含まれる一部の対策について、対策設備の使用年数を前倒しとして省エネメリット(燃料の削減等によるコスト削減額)、税負担、金利を考慮したネットコスト(*)を試算した。
※使用年数を前倒しとし、2020年のCO2削減量とネットコストより、CO2削減コスト(**)を試算した。
※下記の表中、カッコ内赤字のコストは対策導入による「メリット」(燃料の削減等による省エネメリット)である。

部門	対策項目	技術導入		CO2削減量		CO2削減コスト		使用年数ベースの	
		使用年数	初期投資	(2020年)	項目毎追加	(2020年)	項目毎追加	年	単位
1	産業 製鉄	電力需要設備効率の改善	15	1,800	42	(49,973)	(3,148)		
2	産業 製鉄	省エネ設備の増強	30	1,500	74	(26,425)	(5,866)		
3	産業 業種横断	高効率空調	15	16	61	(21,467)	(1,965)		
4	産業 紙パ	高効率高圧パルプ製造技術	30	55	15	(18,180)	(818)		
5	産業 化学	バイオマス資源を活用したプロセス製造技術	30	213	56	(17,756)	(3,100)		
6	産業 化学	内部熱交換型蒸留塔	50	669	52	(16,254)	(4,185)		
7	産業 化学	膜分離による蒸留プロセスの省エネ化技術	30	814	94	(15,948)	(4,497)		
8	転換 電力	風力発電	20	2,640	155	(15,918)	(4,934)		
9	産業 業種横断	高性能工業炉	15	50	154	(15,792)	(3,636)		
10	産業 化学	熱供給発電技術(CHP)	30	400	42	(15,101)	(1,907)		
11	産業 業種横断	産業HP(加温乾燥)	15	293	29	(14,738)	(640)		
12	産業 業種横断	高性能ボイラー	15	300	124	(14,483)	(2,887)		
13	産業 化学	低温排熱の回収システム構築	30	427	34	(14,305)	(1,476)		
14	産業 化学	ガスタービンの普及	30	900	36	(14,070)	(1,621)		
15	民生 高効率照明	LED照明 有線E-照明	10	13,000	288	(13,837)	(3,888)		
16	産業 紙パ	廃材等利用技術	30	320	108	(13,452)	(4,358)		
17	民生 省エネ型ネットワークデバイス	ネットワーク・情報通信機器(ルーター、サーバー、ストレージ)	5	44,900	1,488	(13,128)	(9,768)		
18	民生 高効率空調	高効率セントラル空調、高効率マルチ空調	15	3,330	382	(9,785)	(5,613)		
19	産業 紙パ	高温高圧製墨液回収ボイラー	30	600	23	(8,460)	(584)		
20	民生 省エネ型ディスプレイ	低電力液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機ELディスプレイ	10	26,200	401	(7,431)	(2,981)		
21	産業 化学	ナフタレン分解技術	30	717	23	(7,350)	(514)		
22	産業 製鉄	炭プロセスの製造所でのケガリサイクル拡大	30	280	163	(6,683)	(3,273)		
23	産業 化学	熱供給発電技術(CHP)の効率化	30	3,327	105	(5,439)	(1,718)		
24	民生 高効率給湯器	太陽熱利用	15	2,473	107	(3,377)	(544)		
25	産業 セメント	省エネ設備導入	30	93	18	(3,972)	(52)		
26	産業 セメント	燃料代替廃棄物(塵ブラ等)利用技術	30	73	21	(4,100)	(523)		
27	民生 トンブラシー家電	トンブラシー家電	10	28,300	1,648	(5,266)	(3,561)	3,734	
28	産業 製鉄	自家発・共同火力発電設備の高効率化更新	30	6,000	105	(5,374)	(4,524)	1,425	
29	民生 建築物の省エネ・空調	RFMS	15	14,300	694	(5,997)	(5,079)	4,753	
30	民生 省エネ住宅	住宅の省エネ性能向上	30	46,600	728	(6,726)	(13,274)	28,994	
31	民生 業務用給湯等	業務用HP、コージェネ、FC	15	11,700	258	(6,984)	(13,773)	5,330	
32	転換 電力	太陽光発電	30	67,000	372	(7,356)	(14,700)	16,414	
33	民生 高効率給湯器	家庭用HP、潜熱回収式給湯器、コンエネ、F	15	41,900	799	(8,154)	(18,427)	22,079	
34	運輸 次世代自動車・燃費	ハイブリッド自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル自動車、天然ガス自動車	15	119,000	2,100	(10,254)	(21,507)	67,748	
		総計		443,888	10,254		76,556		

(*) ネットコスト=省エネメリットを含めたコスト=(初期投資)+(税負担)+(金利(法定耐用年数))-(省エネメリット)×(使用年数)
税負担:償却資産に係る固定資産税として算出
税負担=Σ(1(前年評価額)×(1-減価率)×1.4%)
1.4%は標準税率、減価率は法定耐用年数に応じて決定
金利:初期投資費用を年間定額ずつ支払う場合に発生する金利
金利=(初期投資額)×(年利)
初期投資費用に対して実際に支払う金額の比率をγとする。金利を年率%とし、支払い年数(法定耐用年数)にγを乗じた比率γを使用
省エネメリット:対策導入の経費としての燃料削減率によるコスト削減額
(**) CO2削減コスト = (ネットコスト)/(対策別2020年CO2削減量)×(使用年数)

主要国の中期目標の動向

		中期目標の立場		CO2削減率		限界削減費用 (\$/t-CO2)	GDP変化 2020年でのBAUケース と比較した押し上げ効果
		基準年	目標	2005年比	1990年比		
日本	最大導入ケース	2005年	△14%	△14%	△4%	* 110	△0.5%
	環境省主張	1990年	△15%	△21%	△15%	* 300	△2.0%
EU		1990年	△20%	△14%	△20%	54 (39ユーロ)	△0.35%
米国(オバマ氏公約)		1990年	±0%	△14%	±0%	N/A	N/A
カナダ		2006年	△20%	△21%	△3%	52 (63カナダ\$)	△0.4%
豪州		2000年	△5%	△10%	△5%	25 (35豪\$)	△1.1%

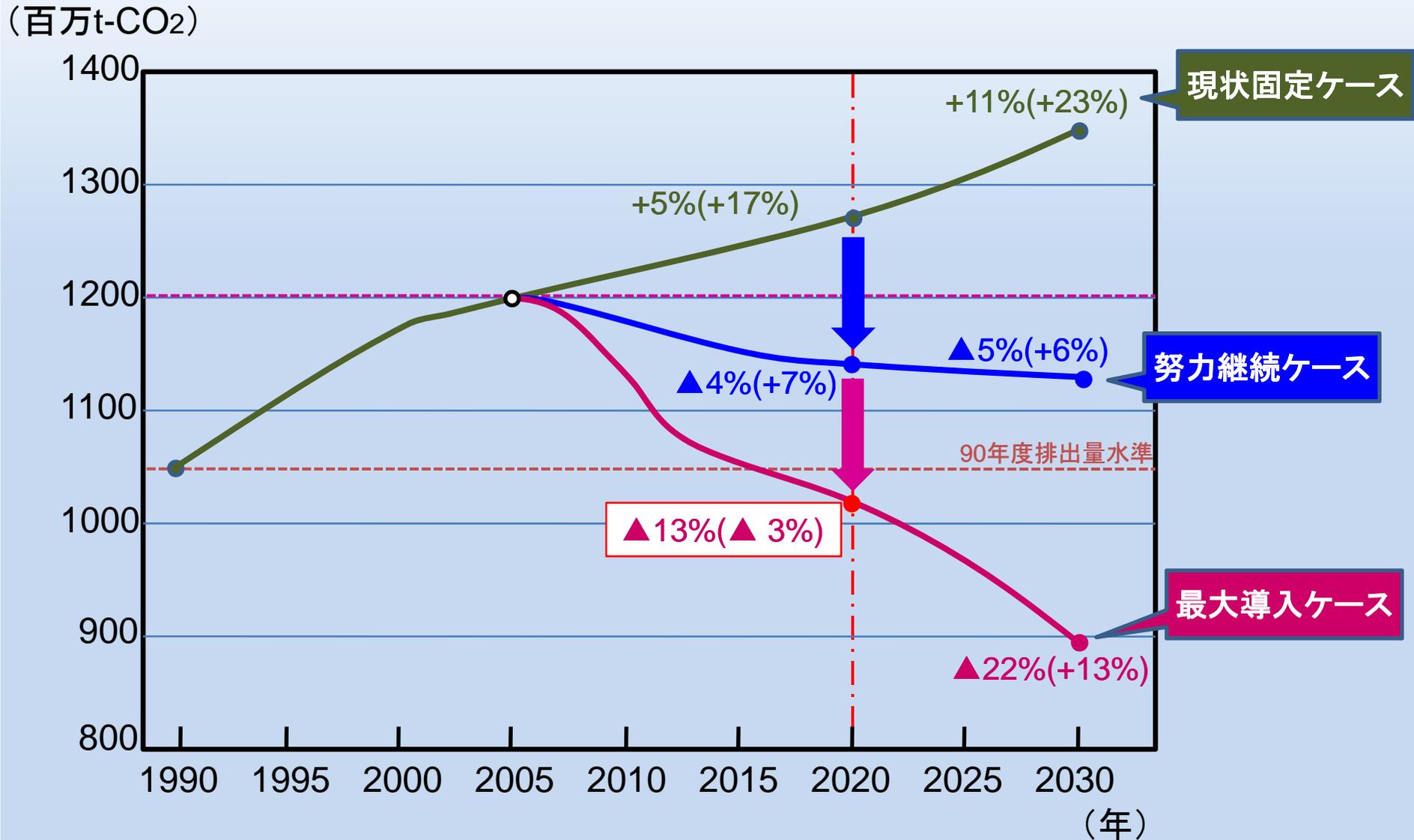
〔注〕 * 印:RITEモデルによる。

1990年比にするとEUのみが極端に有利になる(1990年以降の東欧参加の効果)

最大導入ケースとは

1. “長期エネルギー需給見通し”として3案が検討された。(総合エネルギー調査会受給部会; H20年5月)
 - ①現状固定ケース
 - ②努力継続ケース
 - ③**最大導入ケース**
2. 最大導入ケースとは実用段階にある最先端技術で高コストであるが省エネ性能の格段の向上が見込まれる機器・設備について、国民や企業に対し**更新を法的に規制する一歩手前のギリギリの政策を講じ、最大限普及させた場合である。**

エネルギー起源CO2排出量見通し～1990,2005年比～



最大導入ケースの特徴とメリット

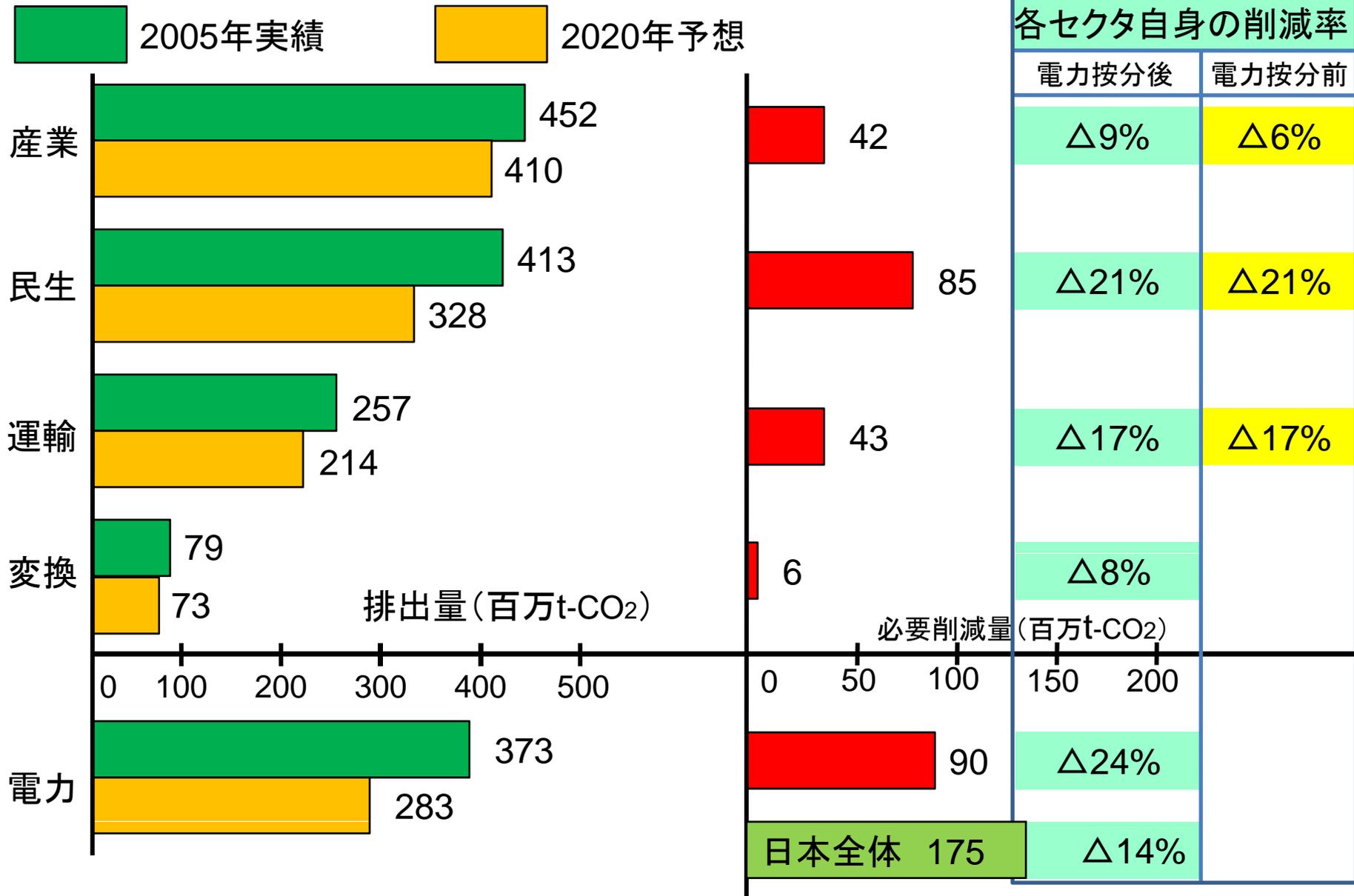
特徴

1. 新エネルギーとして2020年時点での容量は
 - ・太陽光: 1400万KW (2006年: 171万KW)
 - ・風力: 500万KW (2006年: 149万KW)
2. その場合の必要設備投資額は**52兆円**と予想される。
 - ・太陽光: **9兆円**
 - ・自動車: **12兆円**
3. 新設原子力9基1192万KW、平均設備利用率81%で算定

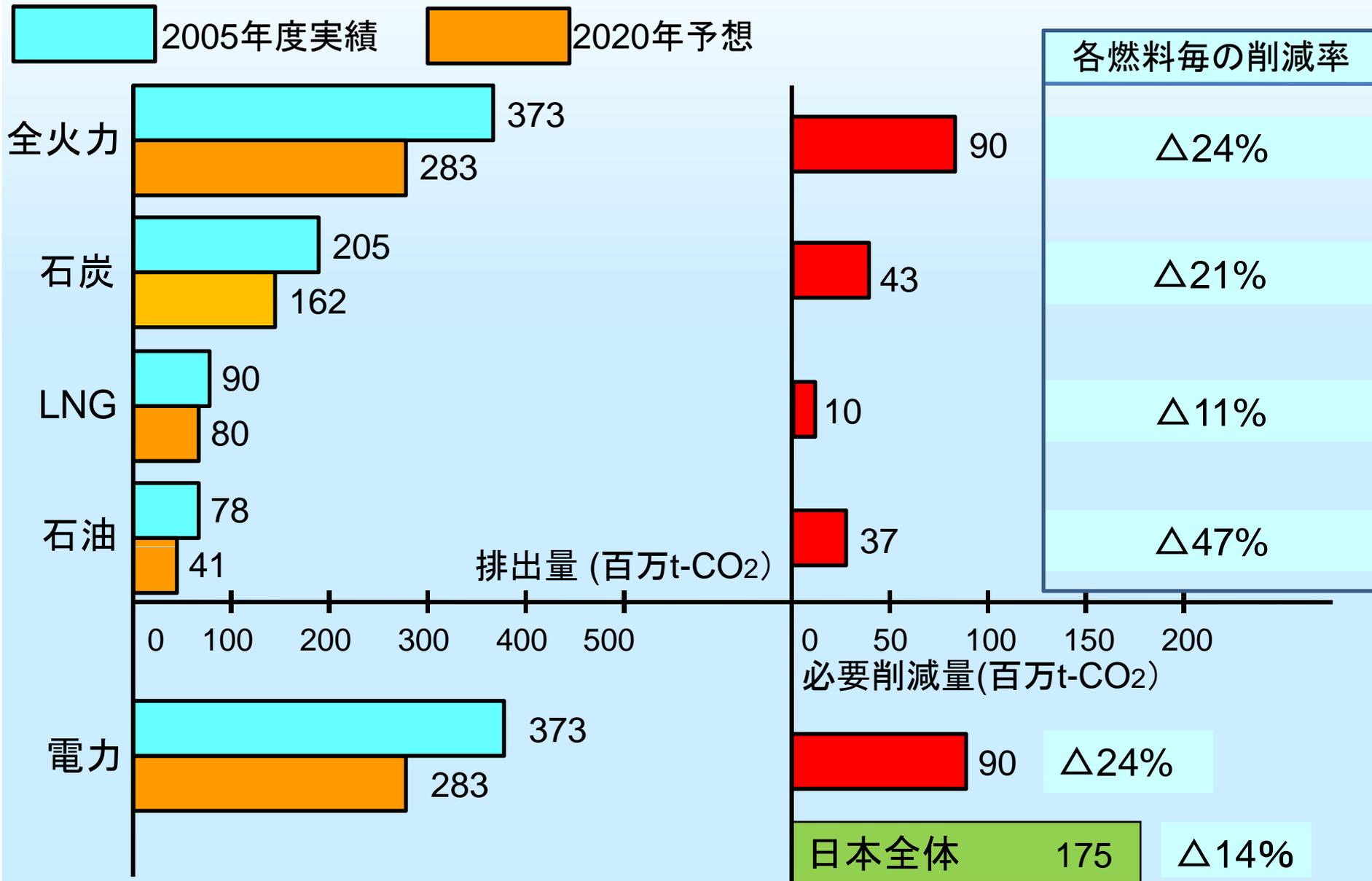
メリット

1. 国際的に遜色のない削減率となる。
 - 1990年比 $\Delta 4\%$ (米国: 0%、EU: $\Delta 20\%$)
 - 2005年比 $\Delta 14\%$ (米国: 14%、EU: $\Delta 14\%$)
2. 京都議定書が守れる。
3. 52兆円は設備投資額であり、便益を考えると経済的にメリットがあるものが多数存在する。
4. 投資回収優遇税制などの支援や規制緩和により、より効果的な推進が可能である。

各セクター別削減率比較(最大導入ケースの場合)



各燃料別CO₂削減量比較(最大導入ケースの場合)



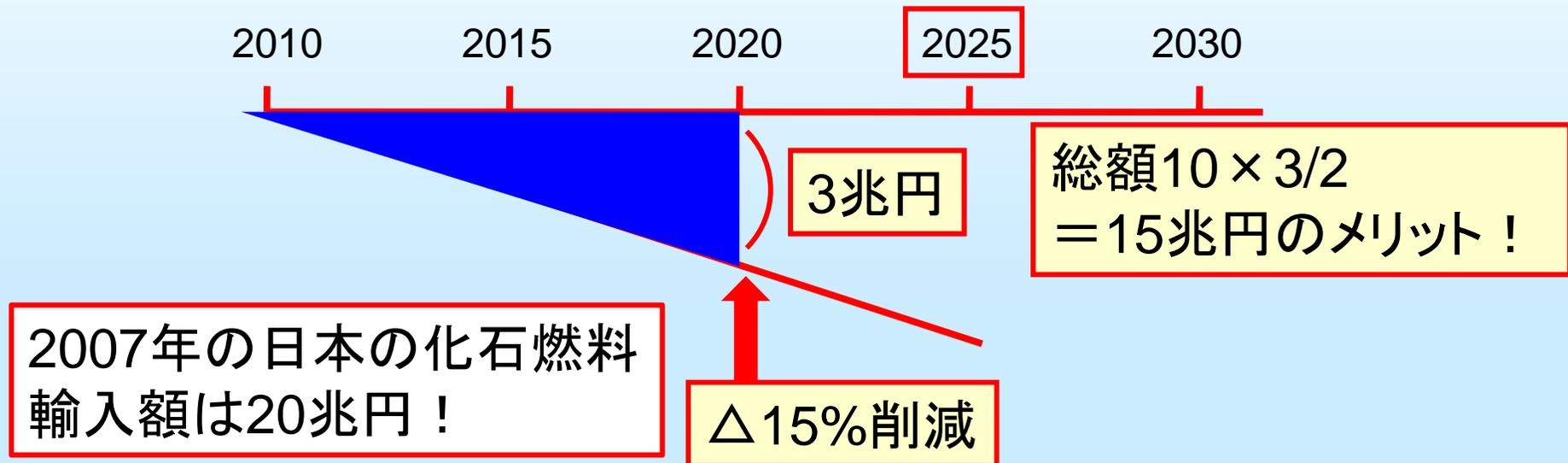
削減率と負担との関係

1. もともと湯原委員提案のように2005年比 $\Delta 4.2\%$ までは経済的負担無しで実行できる。
2. またCO2限界削減費用5,000円の負担により、 $\Delta 5.7\%$ 削減できる。
3. これ以上の削減は限界削減費用の上昇を伴うため、優先順位の総合判断が必要。
4. この中で一番経済的負担が軽い対策として原子力の稼働率を90%まで向上できれば、 $\Delta 9.4\%$ が可能である。
5. その他の案はさらなる経済的負担を伴うため、政策的判断(費用対国民のメリット(長期・短期))となる。
6. たとえば太陽光発電は7兆円の設備投資額が必要であるが、これは原子力の場合135万KW1基:3000億円の投資に相当する。

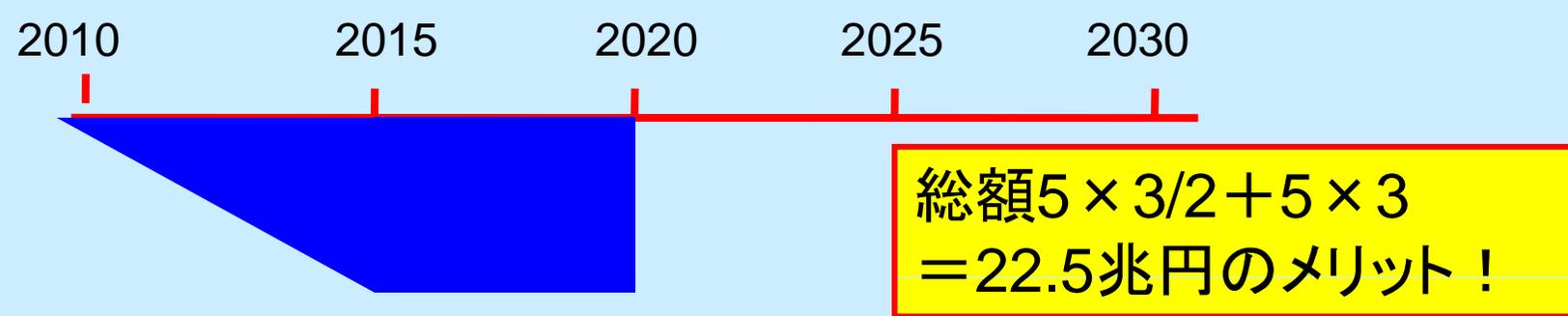
今後の推進策への提案

1. 既設の効率の低い火力発電の最新鋭化で大幅に効率を向上する。これは同時に燃料の輸入量を低減することになり、エネルギーセキュリティ上、国際貿易収支からも望ましい。
2. 天然ガスの場合は効率が30%も向上するため、メリットが大きい。このため老朽LNG火力の高効率化改造(リプレース)が望まれるが、現状では環境アセスメントだけでも3年かかり、早期実施が難しい。この改善が望まれる。
3. 日本全国には従来型の旧LNG火力が2400万KW存在する。
4. これをすべて最新鋭複合発電に改造すると原子力約600万KWの新設に相当する。
5. 古い石炭火力を最新鋭IGCC(石炭ガス化複合発電)にリプレースすると、同じく効率は約30%向上し、これは原子力100万KWに相当する。

CO2の削減－ 燃料費の節減は国益に叶う (自給率の低い日本では輸入費用の削減可能)



早期実施によりメリットは更に大きくなる!

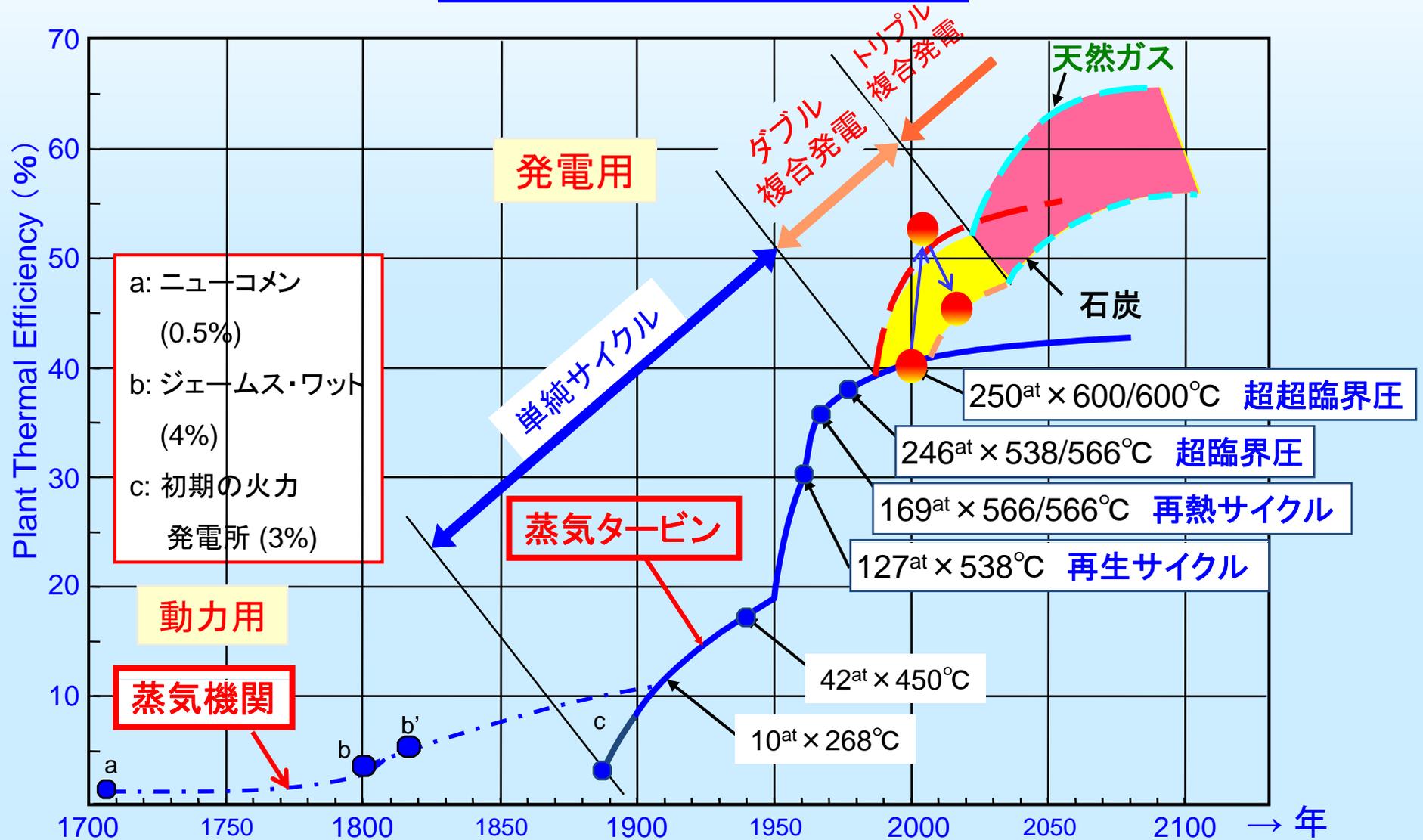




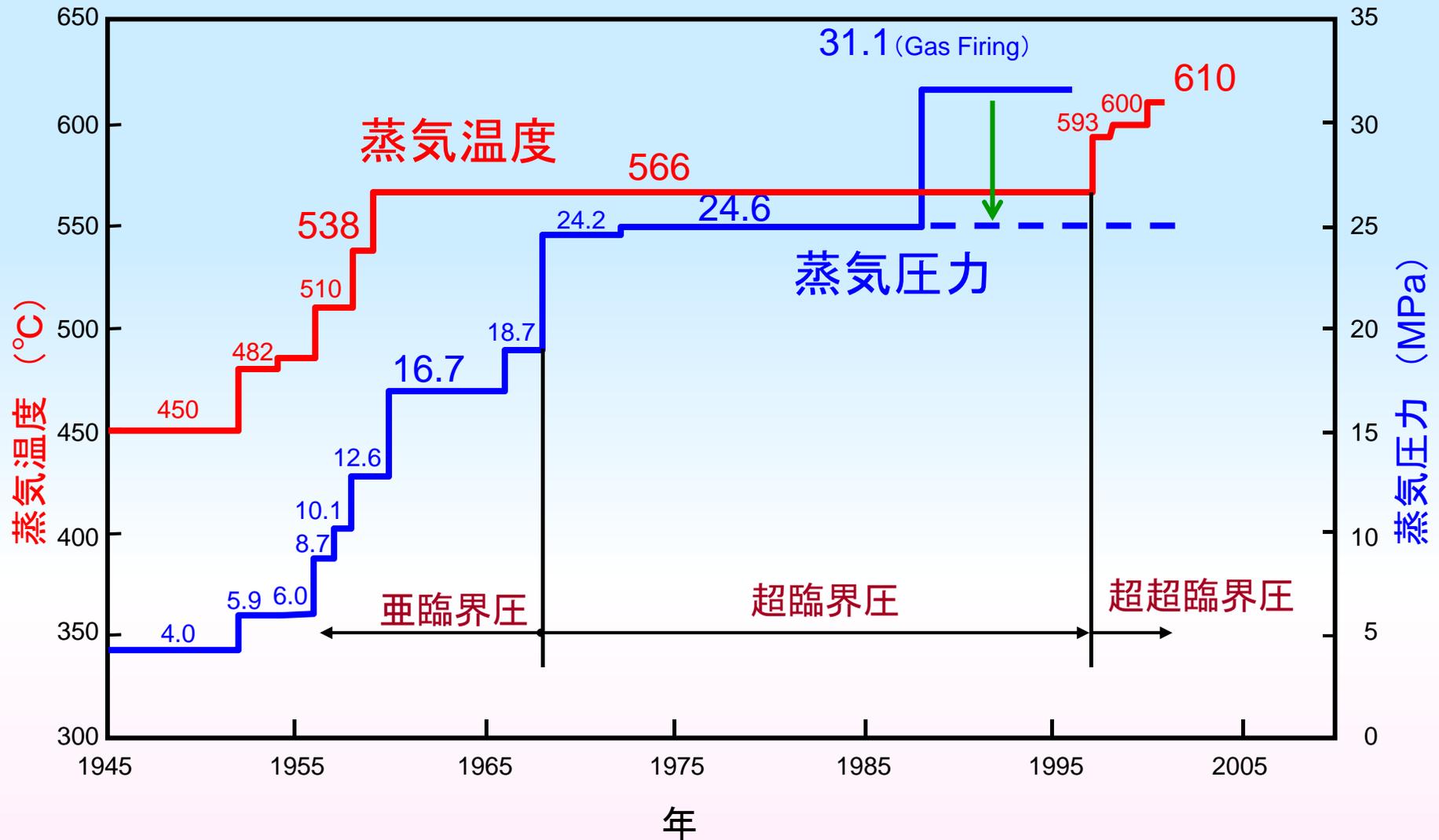
2. 化石燃料の高効率利用

- 貴重な化石燃料は大事に使って、少しでも将来世代に残すべし。これが同時に地球温暖化問題の緩和にも直結する。
- 特に化石燃料のほとんどを輸入に頼る日本では、化石燃料使用量削減は国際収支を改善し、国が富む原資となる。

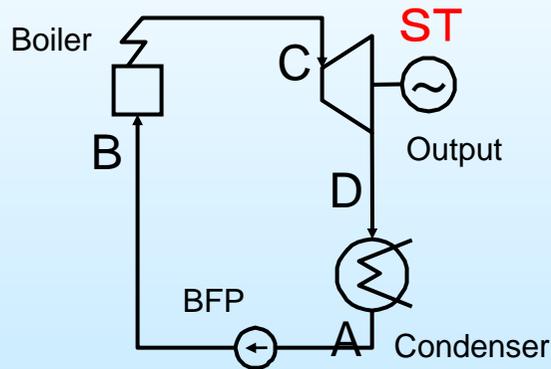
熱効率の歴史



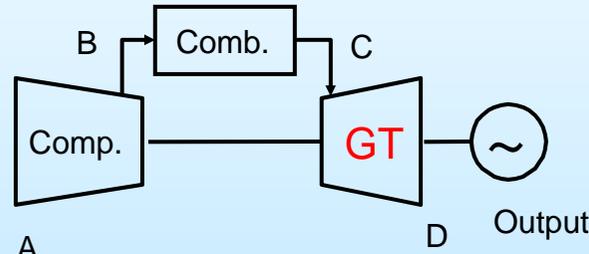
火力プラントの蒸気条件



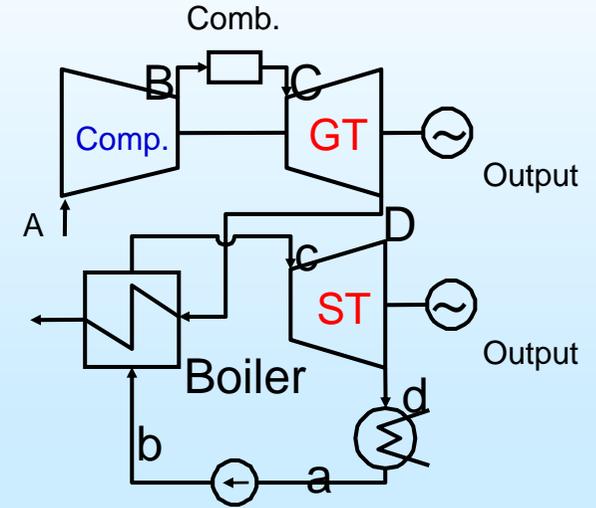
発電プラントのサイクル



Rankine Cycle

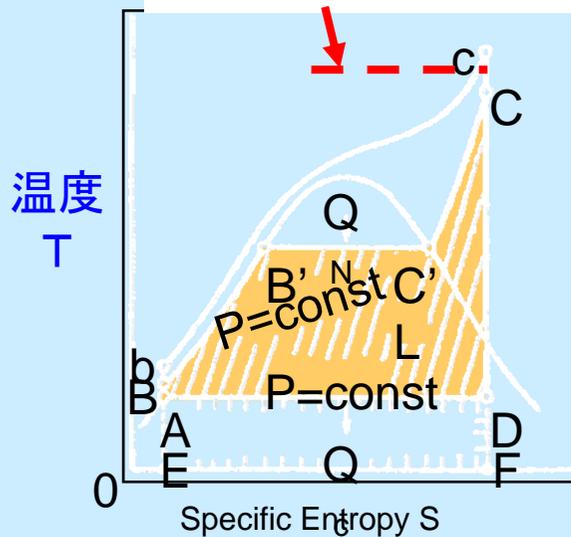


Brayton Cycle

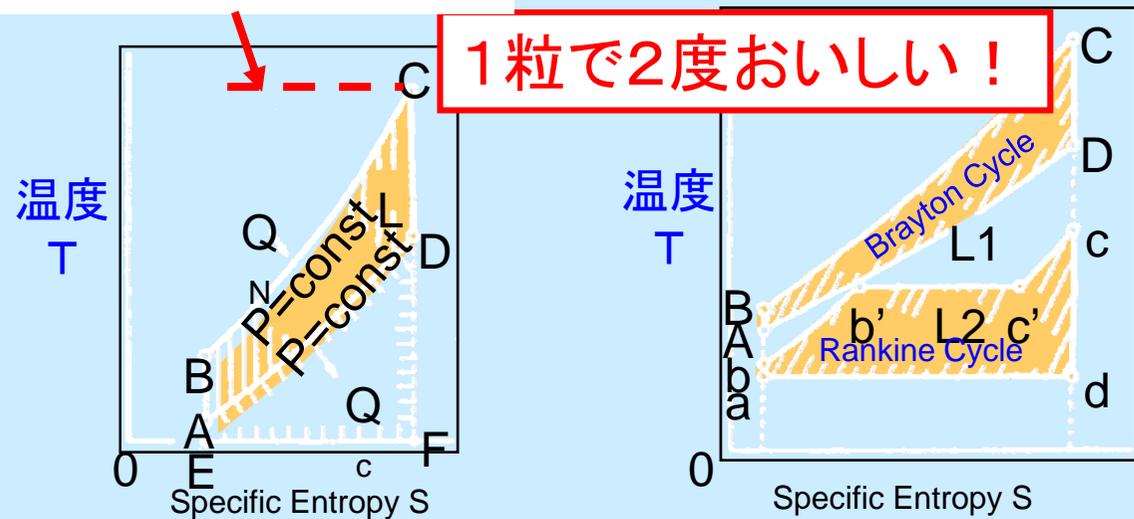


● Combined Cycle

蒸気温度 $\approx 600^{\circ}\text{C}$



入口ガス温度 $\approx 1500^{\circ}\text{C}$



出典：金子祥三，“化学工業”（1992年8月号），p.32-39

ジェットエンジンの進歩とガスタービンの進歩

単純サイクル

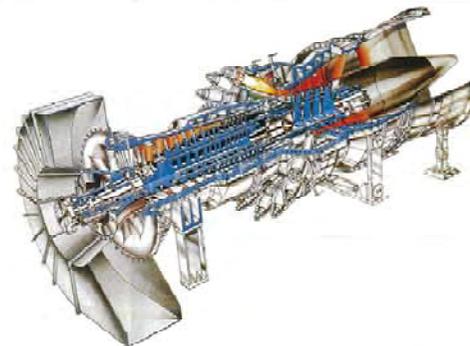
[ボイラ+蒸気タービン+発電機]



・蒸気タービン



・航空用ジェットエンジン



・発電用ガスタービン

複合サイクル

[ガスタービン+排ガスボイラ
+蒸気タービン+発電機]



複合発電

ジェットエンジンの進歩

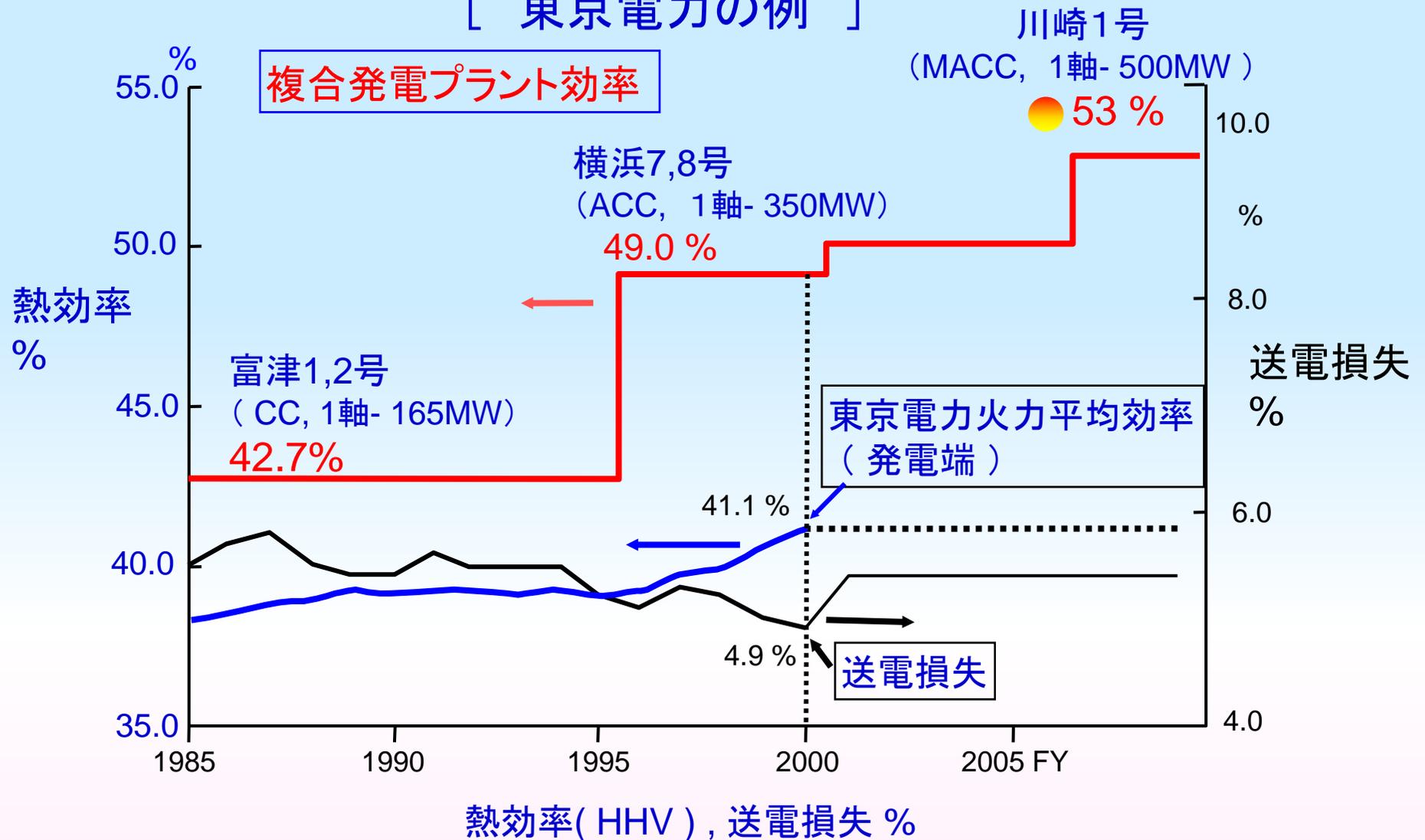
- ▶ より大出力へ
- ▶ より高効率へ

B777: エンジン 2基



ダブル複合発電 (LNG)

[東京電力の例]

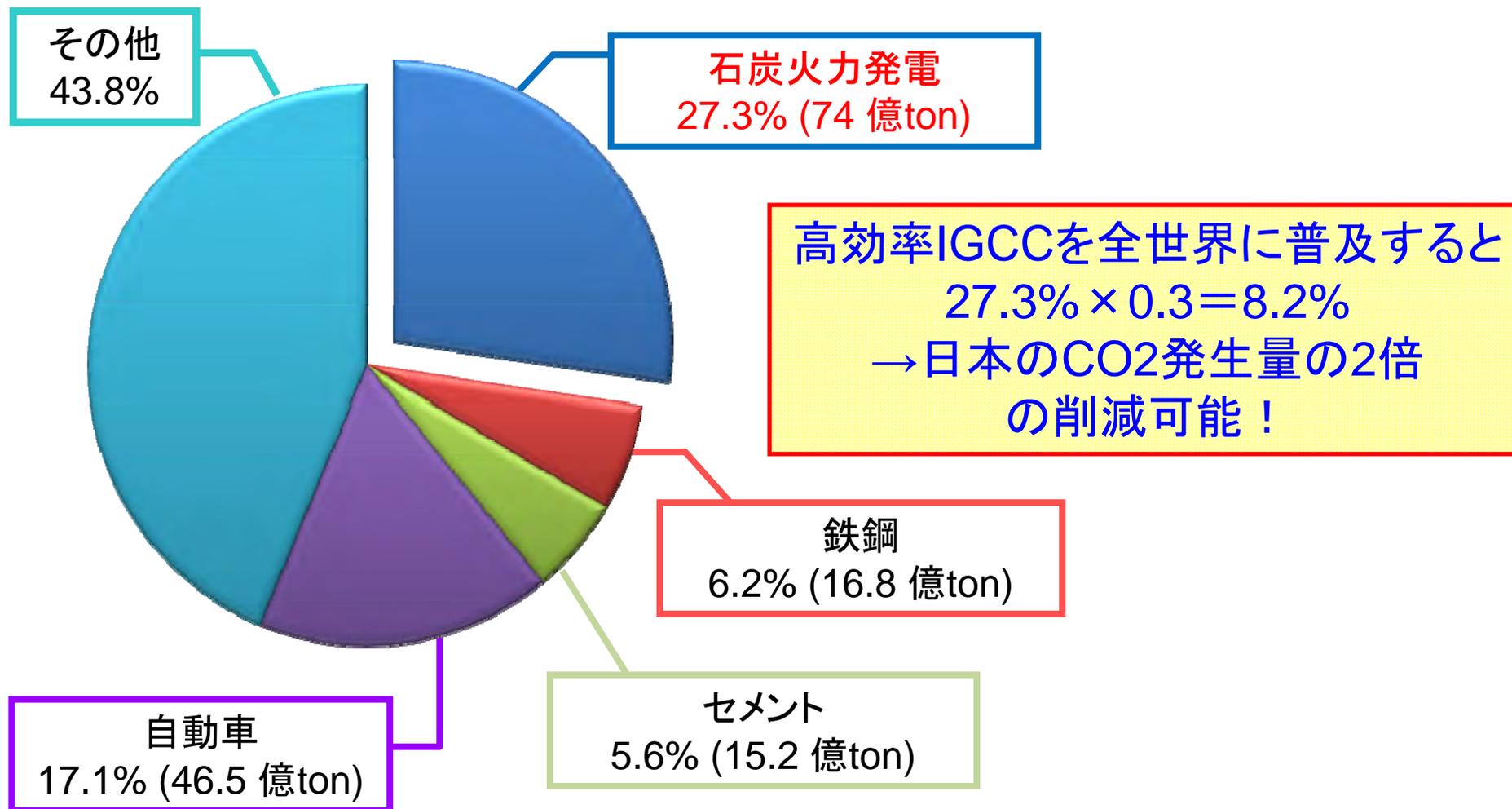


出典 : 東京電力環境行動計画報告 2001年, p.30

世界のCO2の30%は石炭火力から排出

➔ 石炭火力の高効率化が最大のキーテクノロジー！

世界のエネルギー起源CO2排出量271.4億トン



日本は石炭の高度技術で世界に貢献すべし！

- ・日本での石炭火力推進はなかなか難しい
 - 最新高効率技術の早期開発と商用化技術の確立
 - 日本で下げる以上に、世界で古い石炭火力への適用で世界のCO₂の大幅削減が可能
 - 日本は技術で協力

- ・既設の石炭火力の効率を**30% 向上**できれば世界のCO₂を**9%減**らせる
 - これは日本のCO₂排出量の**2倍**に相当する
- ・かならずしも中国やインドなどの後進国のみならず、**米国・ドイツ・オーストラリアなどの先進国**に対しても有効。

石炭火力も複合発電の時代に---

発電効率： **46%さらに50%が可能!** (net, HHV basis)

従来に比し相対比**20%~30%のCO2削減**が可能!



IGCC実証機外観



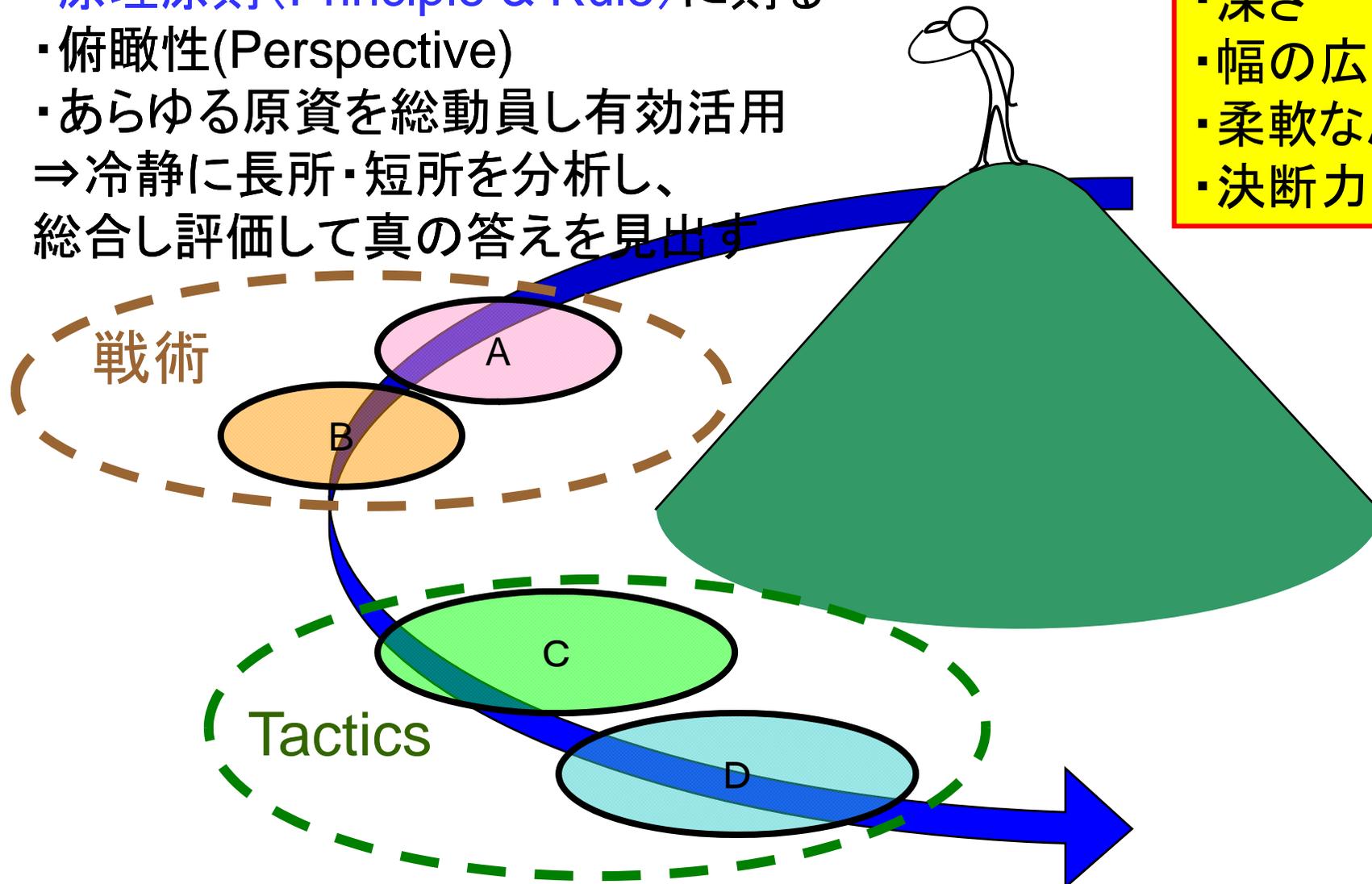
3. 最適な戦略的選択とは何か

- この世の中を支配している法則を正しく認識すること
- その法則を踏まえて解決の方向性を見定め、現実の状況を冷静に分析・評価し、創意工夫によって最適な解決策を構築すること

戦略的判断 (Strategic Decision)

- ・原理原則 (Principle & Rule) に則る
 - ・俯瞰性 (Perspective)
 - ・あらゆる原資を総動員し有効活用
- ⇒ 冷静に長所・短所を分析し、
総合し評価して真の答えを見出す

- ・深さ
- ・幅の広さ
- ・柔軟な思考
- ・決断力



エネルギー利用技術の分類

Carnot Cycle Efficiencyに支配される!



熱機関



非熱機関

化石燃料
使用



再生
エネルギー
使用

<p>▶天然ガス、石油、石炭</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>形式</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diesel/Gas Engine ✓ Boiler-Steam Turbine ✓ Gas Turbine </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓カルノー サイクル 効率支配 </td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuel Cell </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓燃料改質 が必要 </td> </tr> </tbody> </table>		形式	備考	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diesel/Gas Engine ✓ Boiler-Steam Turbine ✓ Gas Turbine 	<ul style="list-style-type: none"> ✓カルノー サイクル 効率支配 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuel Cell 	<ul style="list-style-type: none"> ✓燃料改質 が必要 	
形式	備考							
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diesel/Gas Engine ✓ Boiler-Steam Turbine ✓ Gas Turbine 	<ul style="list-style-type: none"> ✓カルノー サイクル 効率支配 							
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuel Cell 	<ul style="list-style-type: none"> ✓燃料改質 が必要 							
<ul style="list-style-type: none"> ▶バイオマス ▶海洋温度差 ▶地熱 ▶太陽光 (熱利用) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶風力 ▶波力 ▶潮力 ▶太陽光 (Photovoltaic) ▶水力 							

自然エネルギーの有効な使い方

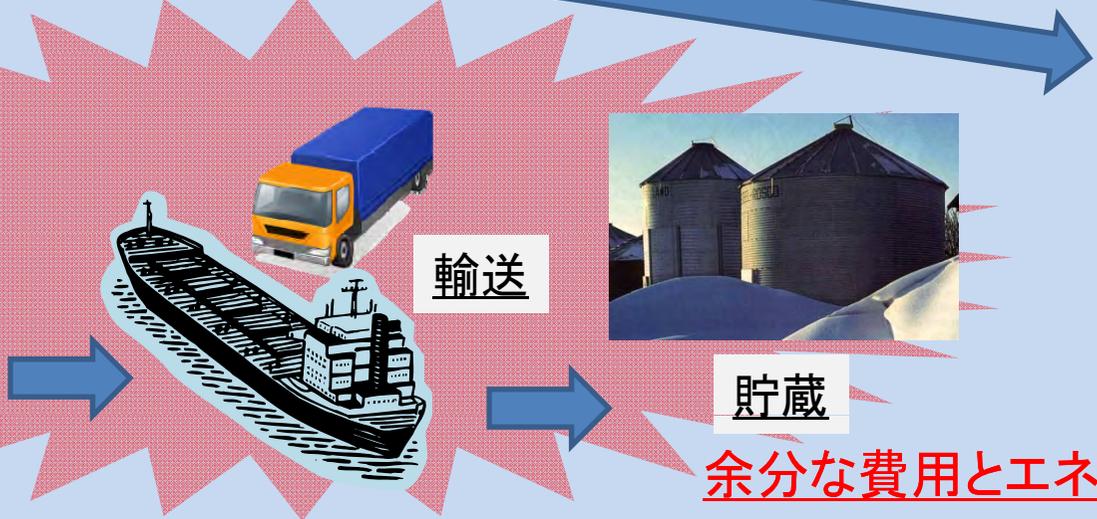


濃縮



- 集中
- 大容量

これが有利！！

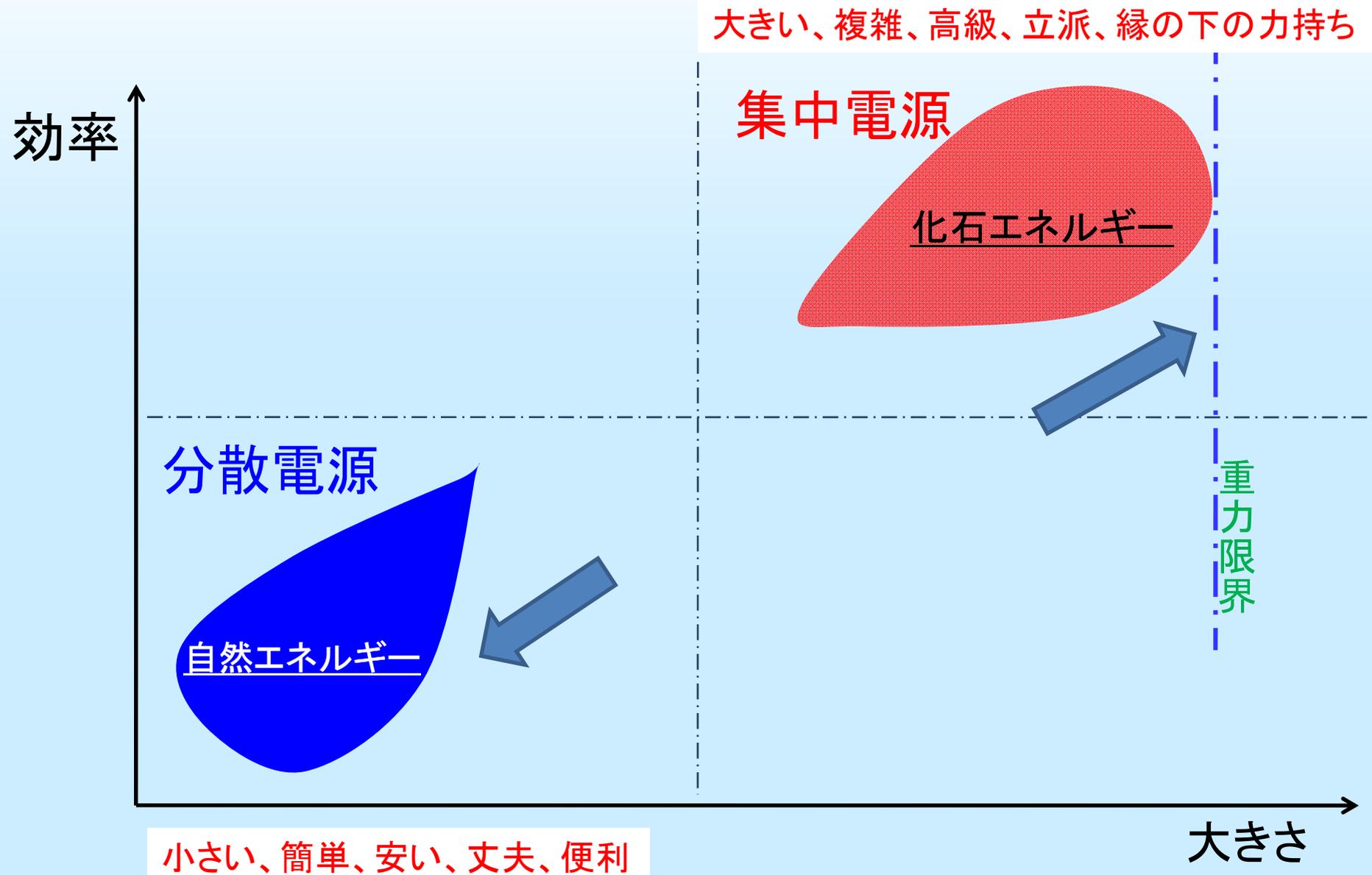


- 分散
- 小容量

これが有利！！

余分な費用とエネルギー

集中電源と分散電源のあるべき姿



厳しい現実



- 太陽光
- 小型風車
- 小型波力
- マイクロ水力

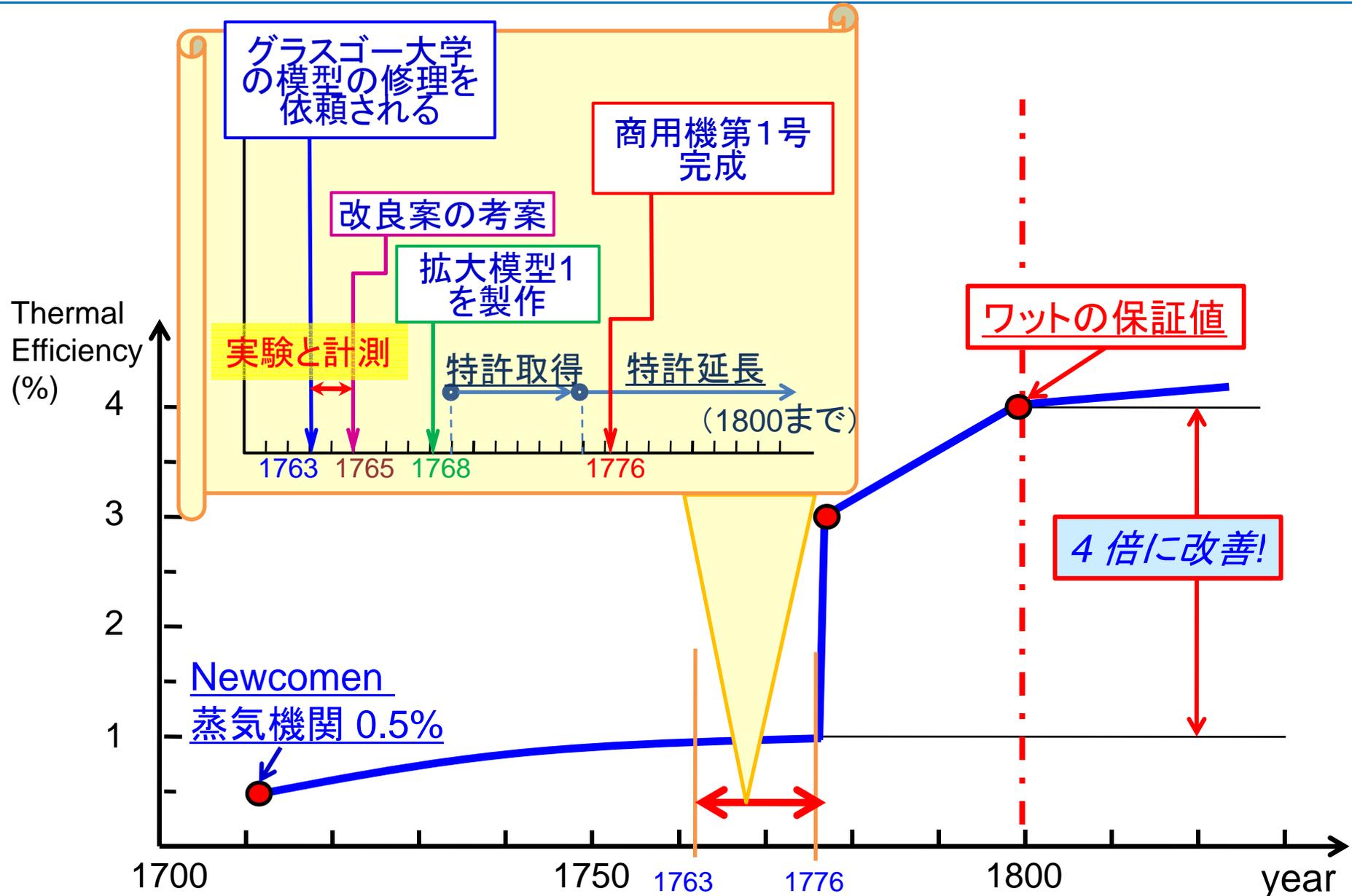
- 大型風力
- 潮力

- マイクロGT
- 燃料電池車 (FCV)
- 海洋温度差 (OTEC)

家庭用

Smart Meter を付けて
上手に運用

ワットによる蒸気機関の改良



Thomas Newcomen(1663~1729)

- Dartmouthの鍛冶屋。クエーカ教徒
- Saveryの所で機械工として働いたことあり
(Saveryの特許; 1698~1733)
- Papinの実験の研究
- 最初の成功模型(1705): シリンダ内径: 7" I.D.
- 最初の商用機(1712)
 - ・21"(533.4mm)^{I.D.} × 7'10"(2387.6mm)^L
 - ・シリンダは真鍮製
 - ・Wolvenhampton向け、5.5馬力
- 2, 3号機(1713)
 - ・Newcastleの炭坑向
- ボイラに安全弁取付(1717)
- シリンダ材質を鋳鉄に(1740)
- イングランド中部で100台のニューコメン機関運転(1769)
 - ・シリンダ径20"~75" I.D., 平均熱効率0.7%

Newcomen 死後の改良は大部分
John Smeaton(1724—1792)による(約2倍に)

James Watt(1736~1819)

- 1736.3.19 Greenockの船舶用部品商の息子として生まれる
- 1754 Glasgow に行く
- 1755~57 ロンドンで時計修理工の修行を行い、マイスターになる
- 1757 スコットランドに戻り、グラスゴー大学の計測器の修理などを手伝う
- 1761~62 グラスゴー大学でPapin's Digesterの実験
- 1763 グラスゴー大学のニューコメン機関の模型の修理を頼まれる
→いくら修理しても動かない

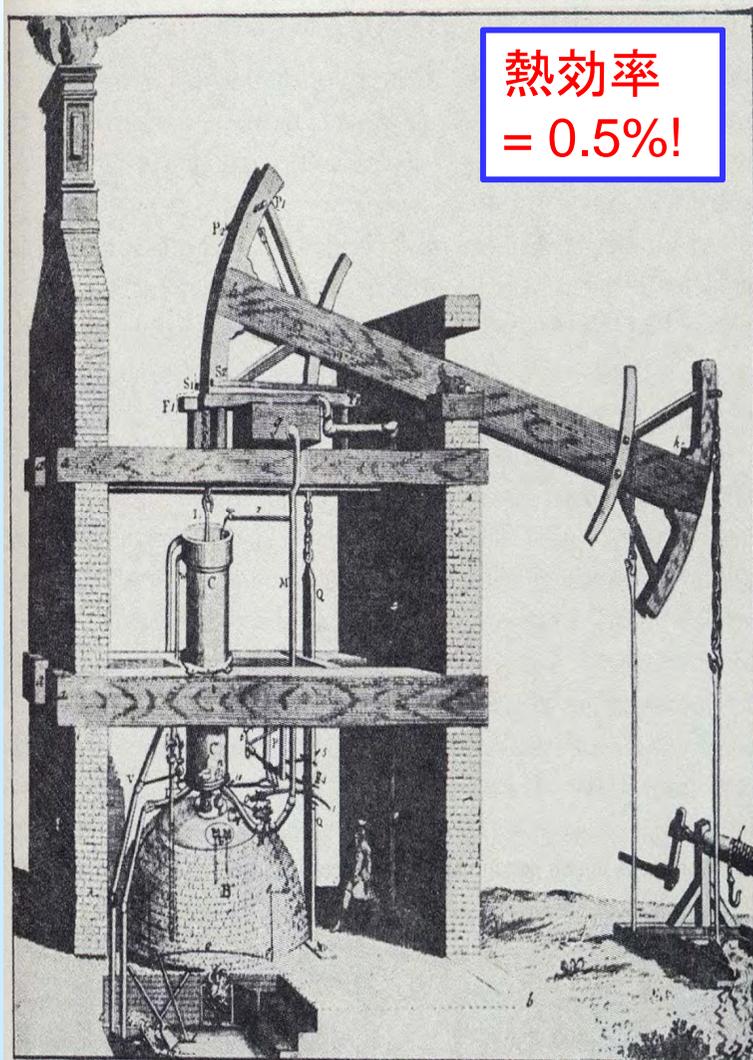
1763~1765 ワットの実験と計測

- ・ニューコメン機関の模型は比表面積が大きく放熱損失が過大で連続運転不能
- ・ニューコメン機関の商用機でも、投入熱量の4/5はシリンダーの加熱に使われ、有効に仕事に変わっているのは1/5にすぎない
→放熱を小さくすれば効率を大幅に改善できる

- 1765初冬 改良案のアイデアを思いつく

実物は動くのに忠実な縮尺模型はなぜ動かないのか？

Newcomenの蒸気機関(1712)

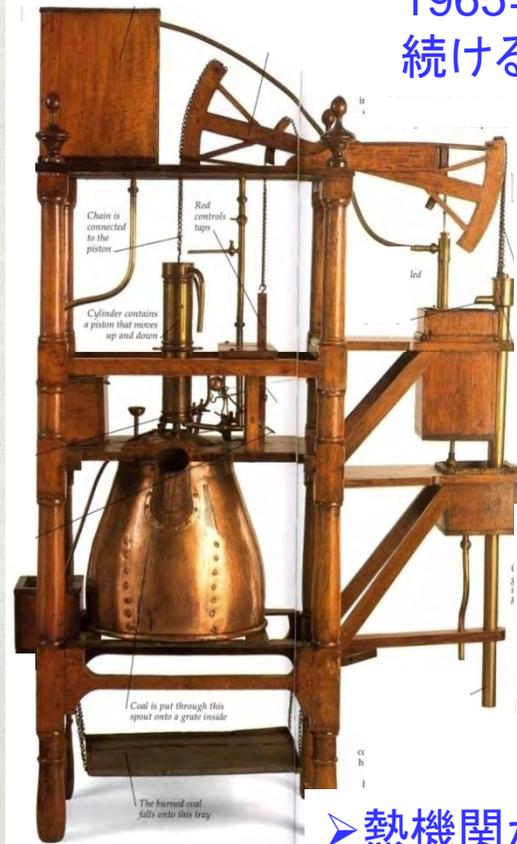


熱効率
= 0.5%!

Figure 7.1 A Newcomen engine (From J. T. Desaguliers, *A Course in Experimental Philosophy*, vol. 2, 1744)

Newcomenの蒸気機関の模型 (グラスゴー大学)

▶ジェームス・ワットは1763年から1765年まで2年間この問題に悩み続ける。



▶この間計測と実験を繰り返す。

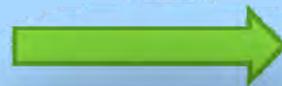
▶ブラック教授に計測値について相談し、激励される。

▶熱機関が“寸法効果”に支配されることを確認し、“別置型コンデンサ”と“シリンダーの保温”で問題を解決

ワットの考察



① 機械部分



② ボイラ

✓極めて精密
✓動きもスムーズ

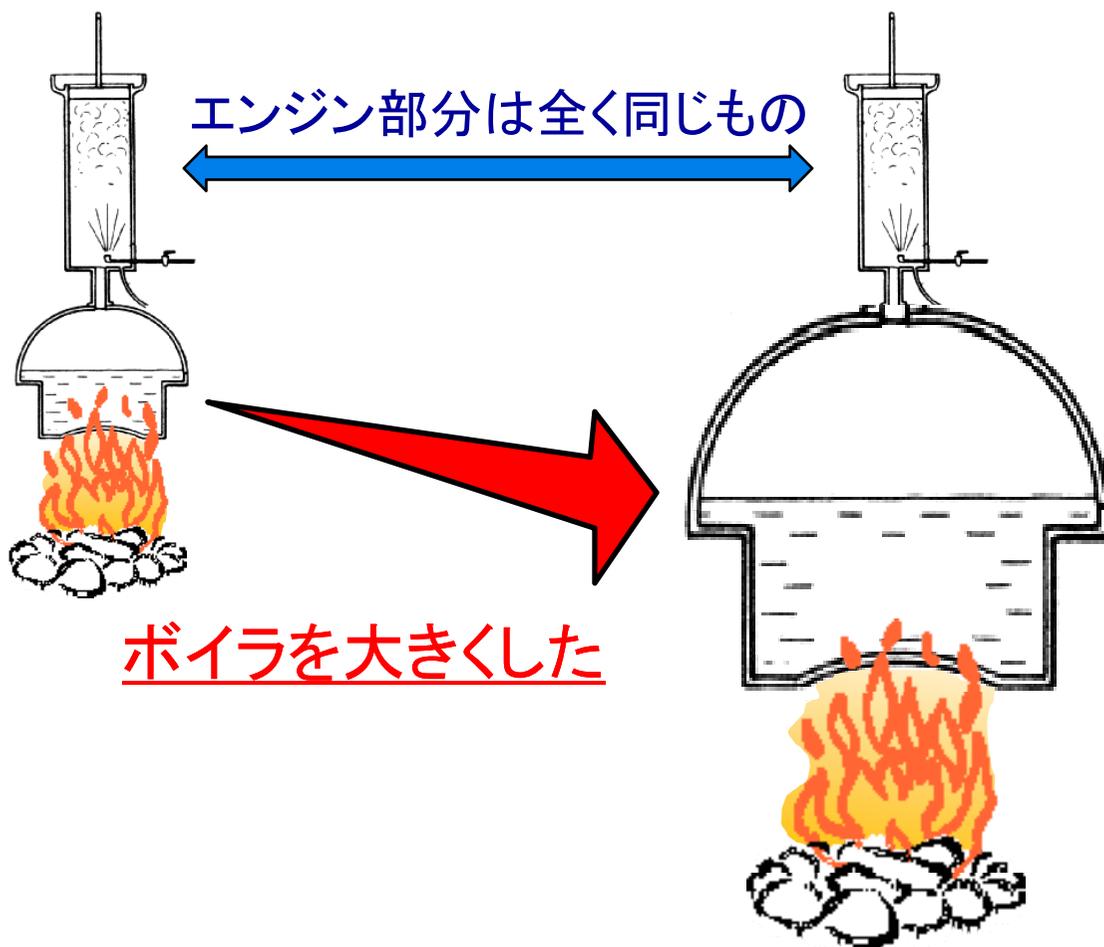


結論; 問題なし

ボイラの容量が足りないから十分な量の蒸気が送れないのではないか

次にワットがやったこと...

ボイラを大きくした



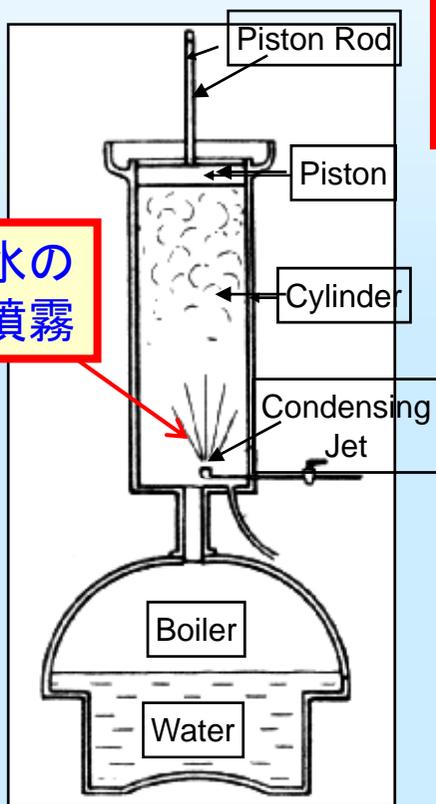
それでも2,3回動く
と止まってしまう...

熱の問題に気が付く

投入熱量の4/5はシリンダーの
加熱に使われ、有効に仕事に
変わっているのは1/5にすぎない

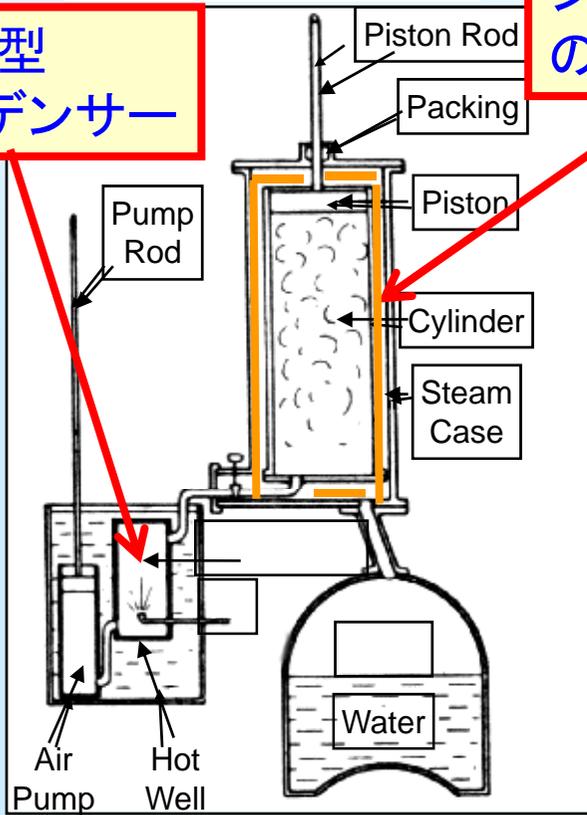
ワットによる蒸気機関の画期的改良

Newcomenの蒸気機関



冷却水の
直接噴霧

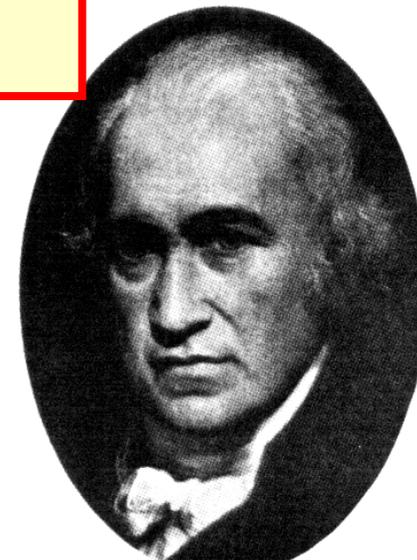
Wattの蒸気機関



別置型
コンデンサー

シリンダー
の保温

James Watt



投入熱量の4/5はシリンダ
の加熱に使われ、有効に
仕事に変わっているのは
1/5にすぎない

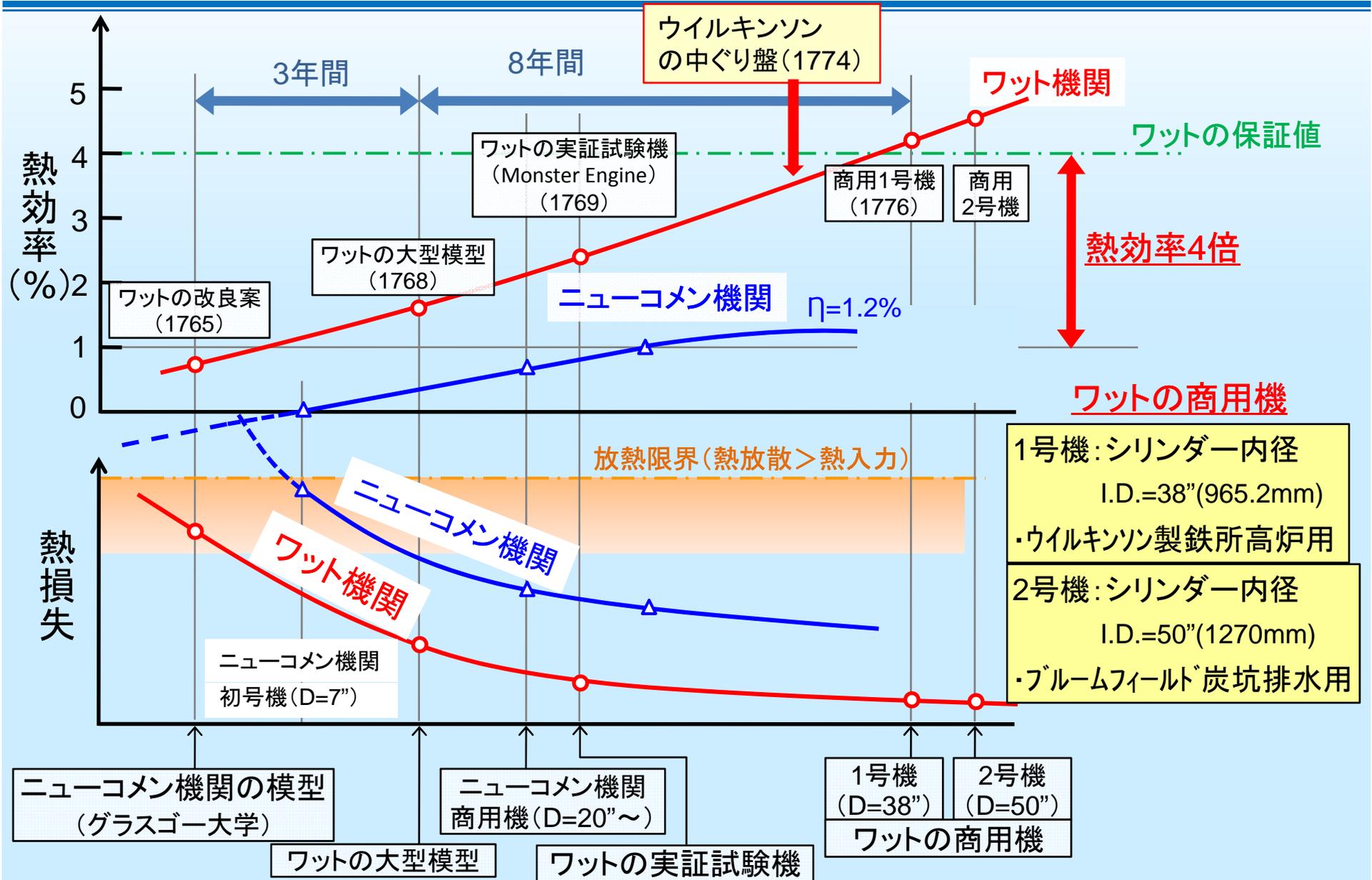
Newcomen's Engine	
1712	効率 : 0.5%
1750頃	効率 : 1.0%

Watt's Engine	
1769	効率 : 2%
1800	効率(保証値):4%

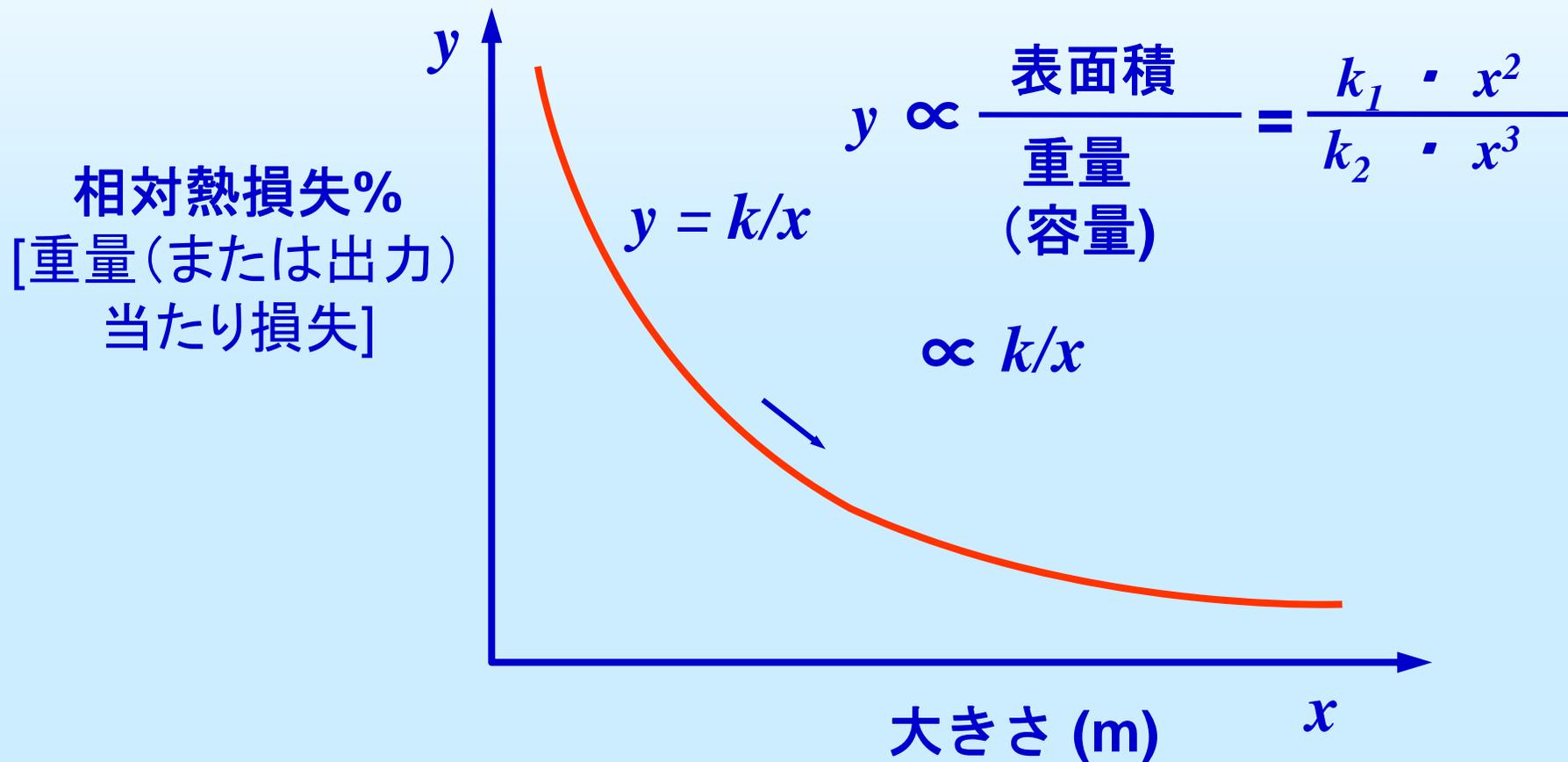
Patent :	1769
Pat. Ext. :	1775
Pat. Exp. :	1800

“ 4 倍に効率を改善 ”

ワット蒸気機関開発の歴史



熱損失と寸法効果



相対熱損失 vs. 寸法

ワットとカルノー

ジェームス・ワットの発見 (1765)

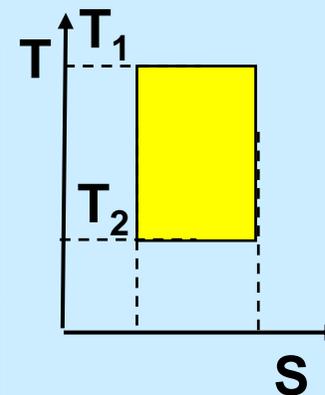
- 大型機関ほど熱効率が低い
- 小さい熱機関は不利である
→ 寸法効果の発見



ジェームス・ワット

カルノーの論文 (1824)

- 高温側の熱源温度が高く、低温側が低いほど熱効率は高い



サディ・カルノー

“小さい熱機関”は“不利である”

➤ “小さいもの”は不利である

◆ 熱効率において不利

◆ 摩擦損失において不利

◆ 設備費も不利(出力当たり)

◆ 運転費・補修費も不利(出力当たり)

➤ 唯一の例外 -----

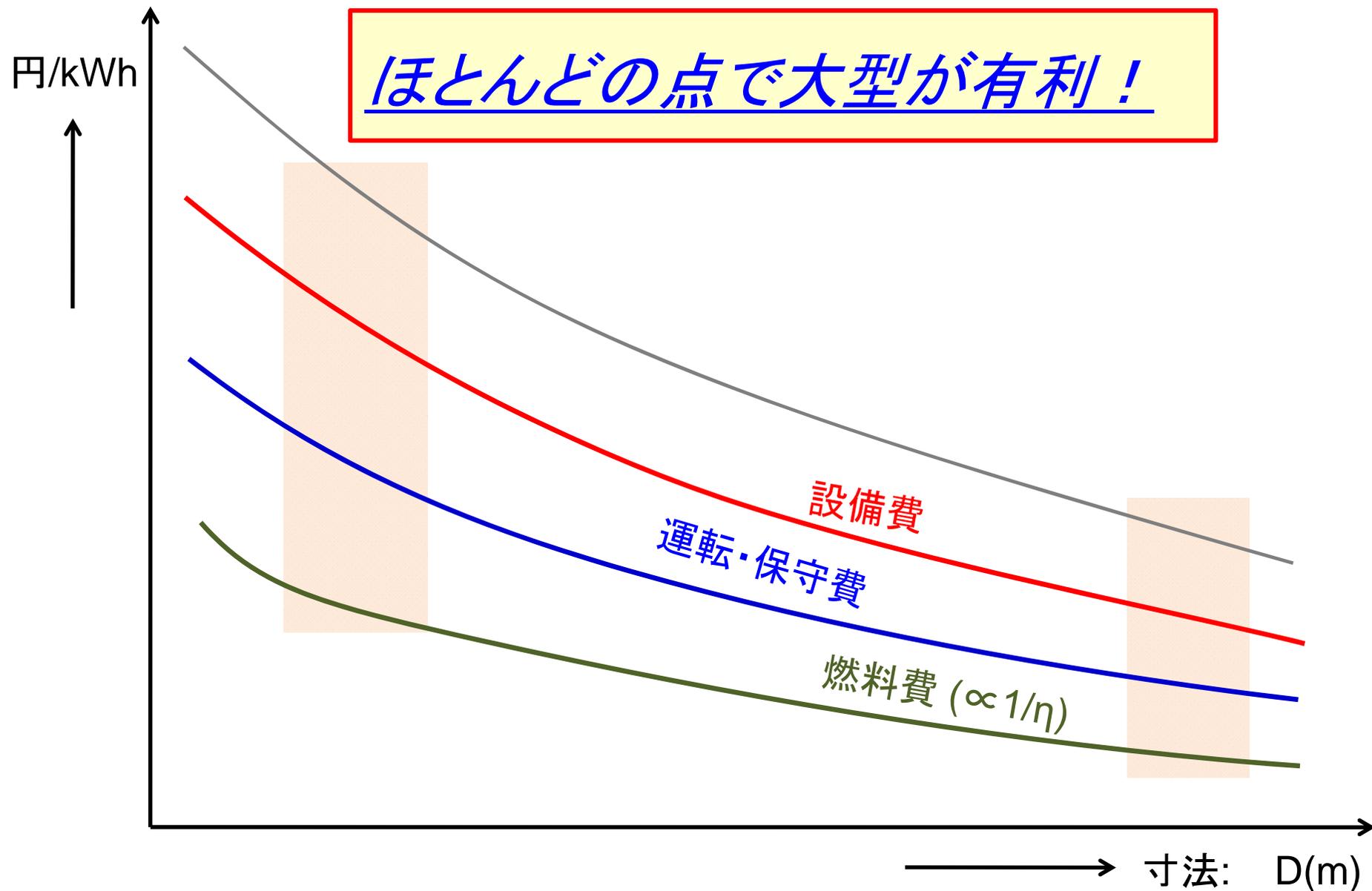
”小さいもの”は

相対強度だけは強い(重力下)

“小” と “大” はどちらが有利か？

支配する法則		寸法	小さいもの	大きいもの
機械 または 装置	相対強度	\propto	基準	劣る
	相対熱損失	$\propto \frac{S}{C} \propto \frac{1}{D}$	基準	良
	相対摩擦損失	$\propto \frac{L}{C} \propto \frac{S}{C} \propto \frac{1}{D^2} \propto \frac{1}{D}$	基準	良
	相対コスト		基準	良
運転費・保守費			基準	良
環境適合の容易さ (騒音、排ガス、熱)			基準	良
総合評価			基準	良

寸法効果と経済性



小さいものほど相対強度が強い (重力下の世界)

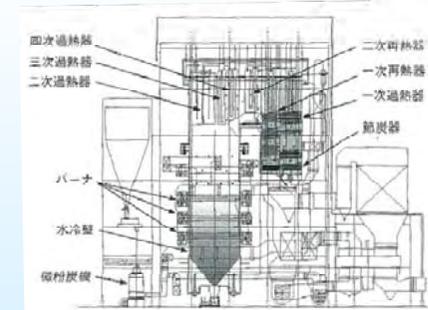


模型
(1/1250)



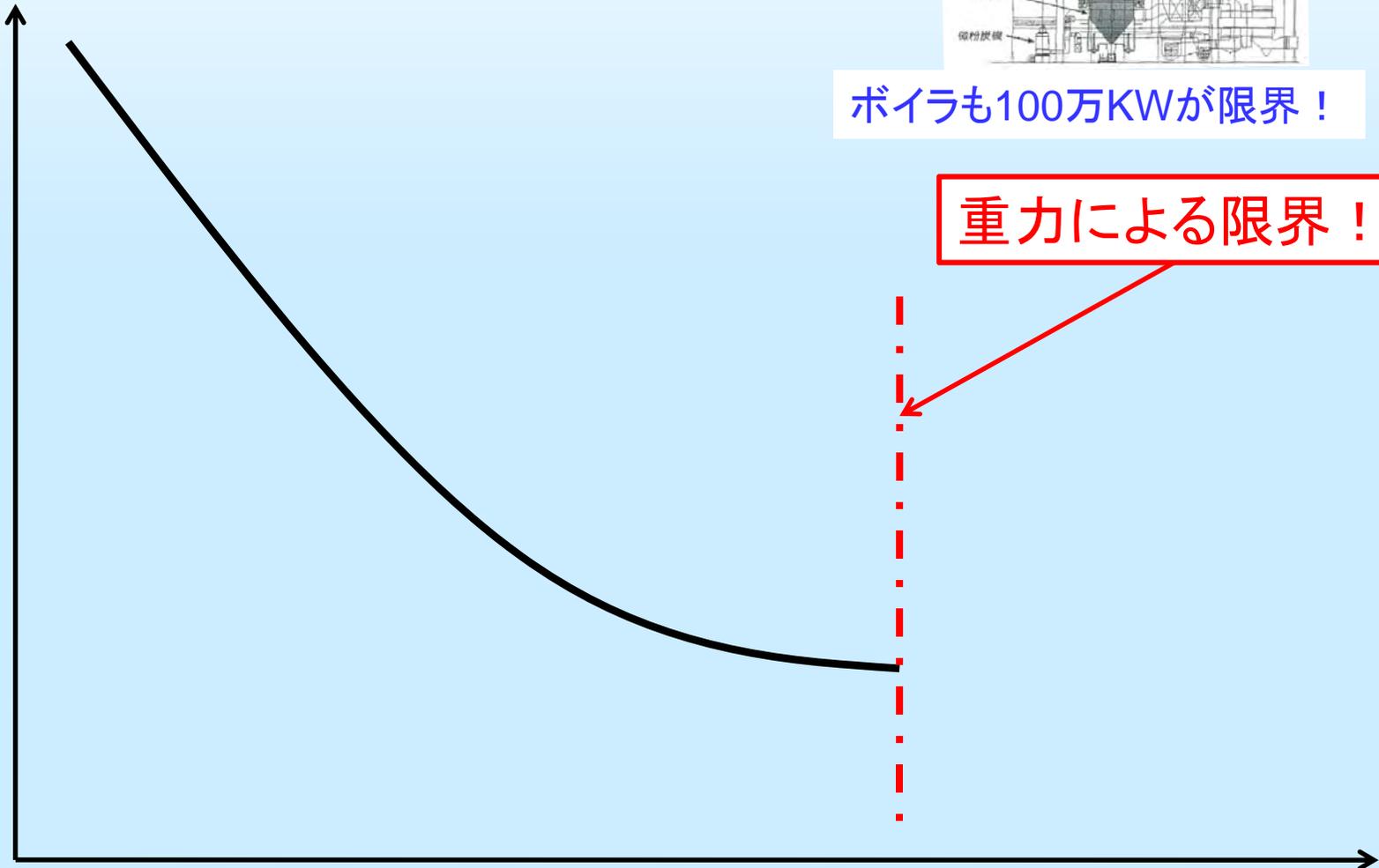
実物

相対強度



ボイラも100万KWが限界！

相対強度

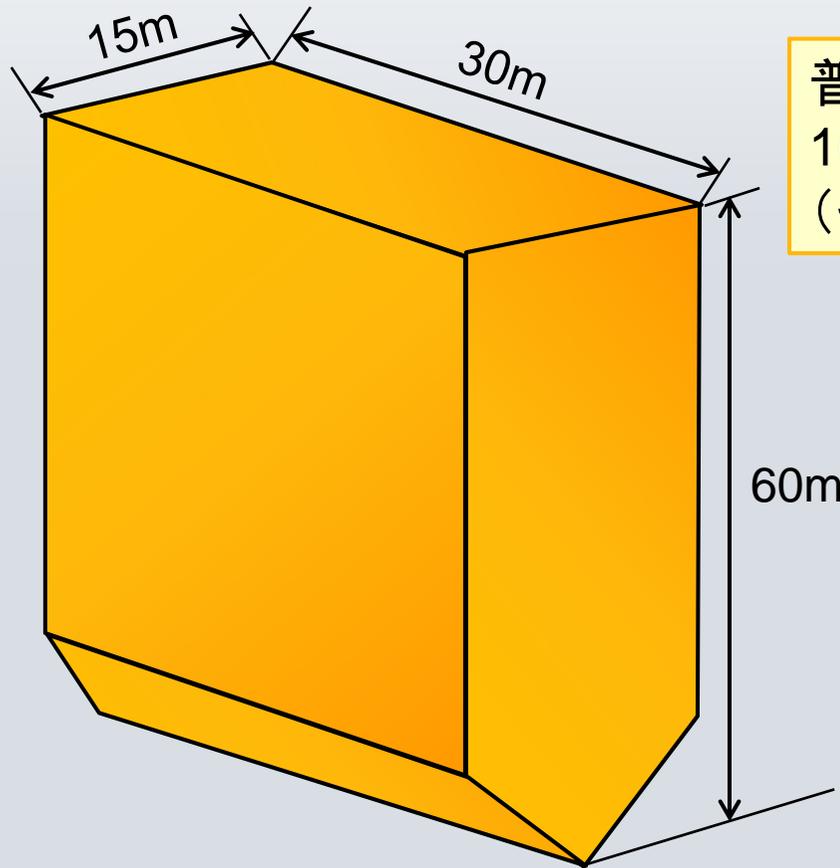


重力による限界！

代表寸法: D (m)

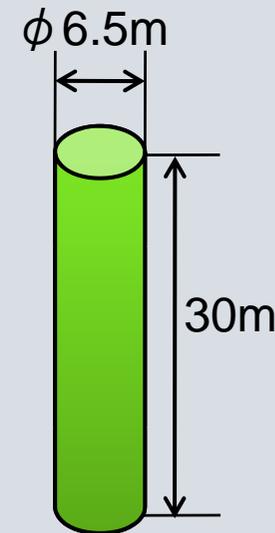
100万kWの比較

石炭焚きボイラ(大気圧) ←→ 石炭ガス化炉(30気圧)
(IGCC用)



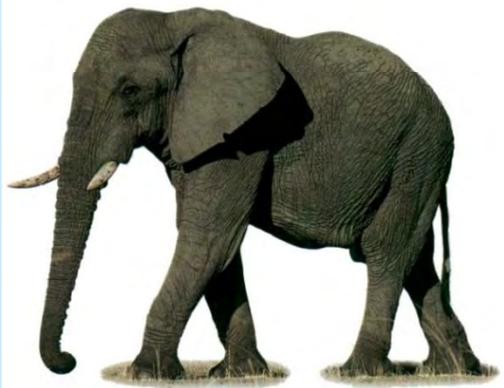
容積; 25,000[m³]

普通のボイラは
100万kW級が限界
(それ以上はスケールメリット無し)



容積; 1,000[m³]

最大と最小の哺乳類

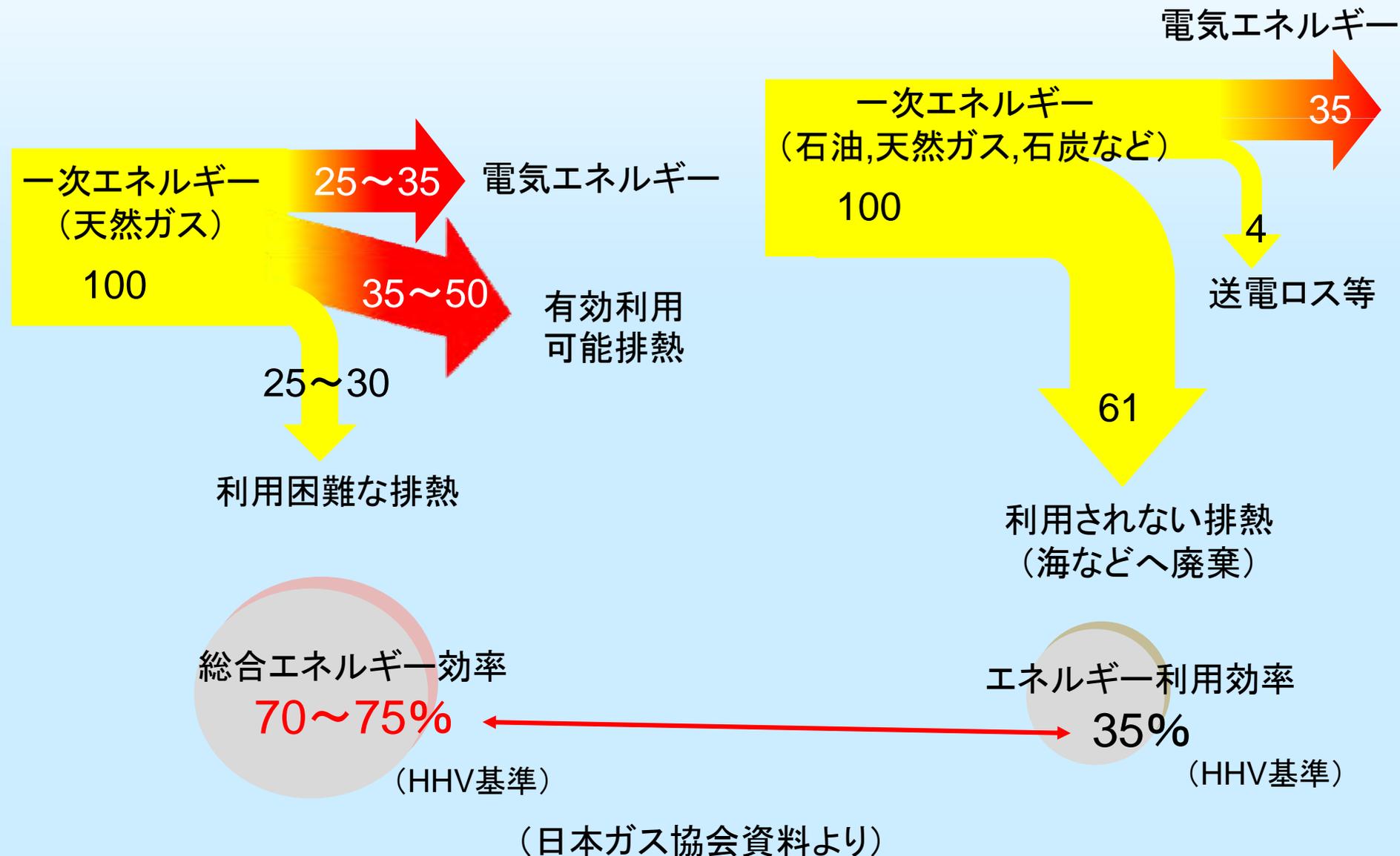
最小	最大	
	陸生	海生
Kitti's Hog-nosed Bat	アフリカ象	シロナガス鯨
 <ul style="list-style-type: none"> •1973年にタイで発見された世界最小の哺乳類 •体温保持が困難なため活動に制約あり。夜のみ行動。 	 <ul style="list-style-type: none"> •体重を支える足の寸法が限界 •大きな耳で体温調節 	 <ul style="list-style-type: none"> •水中では自重を支える必要がない •水による冷却で熱放散は十分
体長 : 3 cm 体重 : 2 g	体長(高さ) : 4 m 体重 : 6 ton	体長 : 24m (32m max.) 重量:100 ton (197ton max.)

Source : ANIMAL ENCYCLOPEDIA, 2001, p240-241

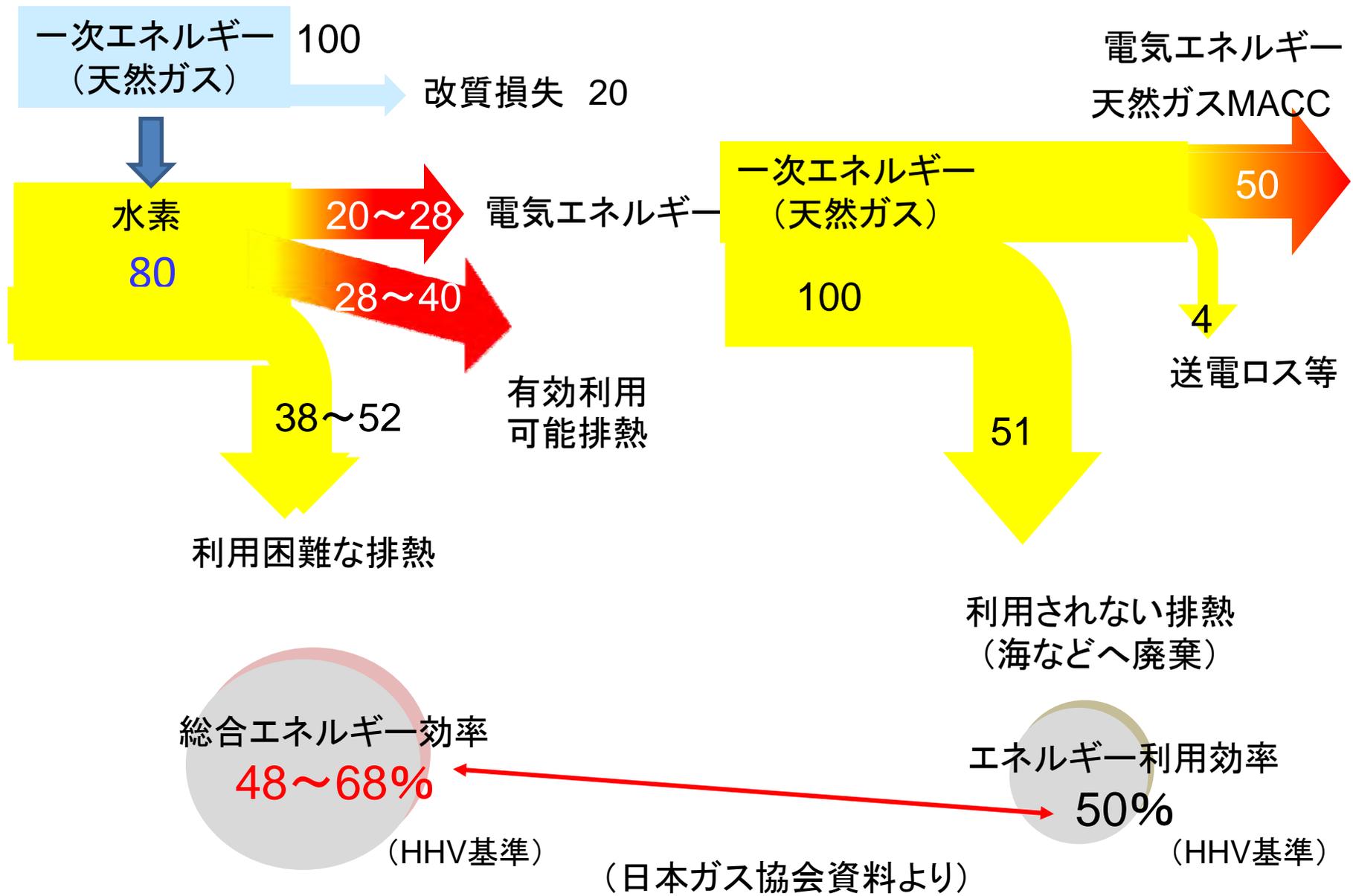
北京オリンピックの結果

マラソン	100m	水泳(短距離)
<p>体温調節が最重要 ➡ 体が小さく細い方が熱放散上有利</p>	<p>瞬間的爆発力 ➡ 熱放散は無関係 ➡ 体が大きい方が有利</p>	<p>水で自重が支えられる ➡ 体が大きく体重が重くても関係無い</p>
		
Samuel Wanjiru	Usain Bolt	Michael Phelps

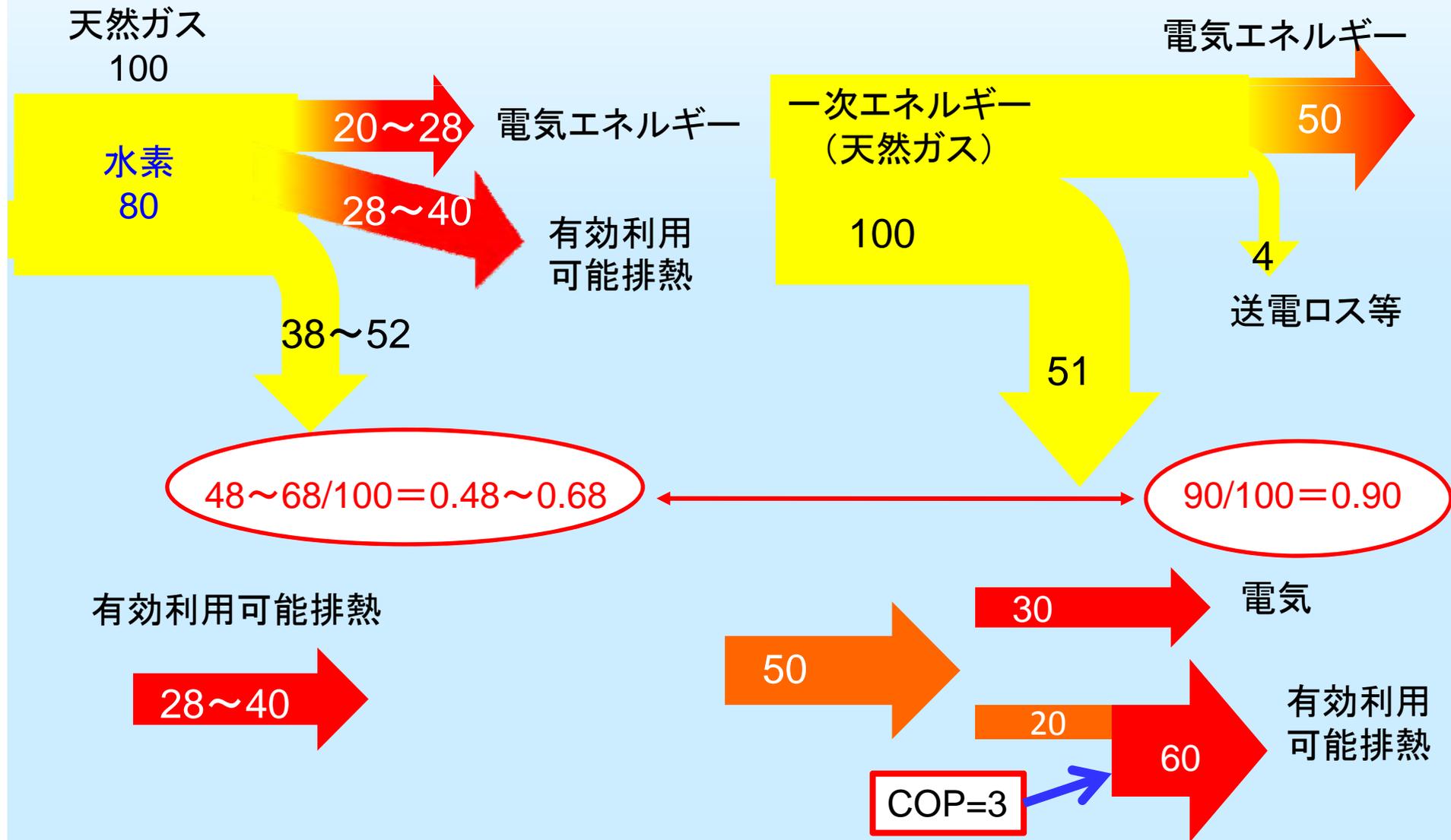
天然ガスコージェネレーションの優位性



天然ガスコジェネレーションの優位性(修正版)

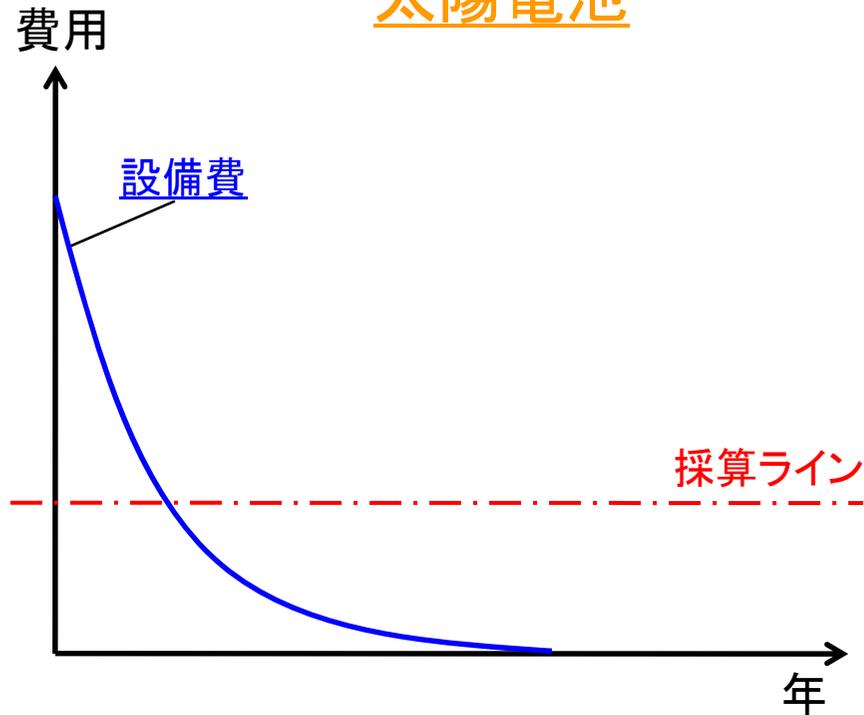


最終的には電気エネルギーが有利！



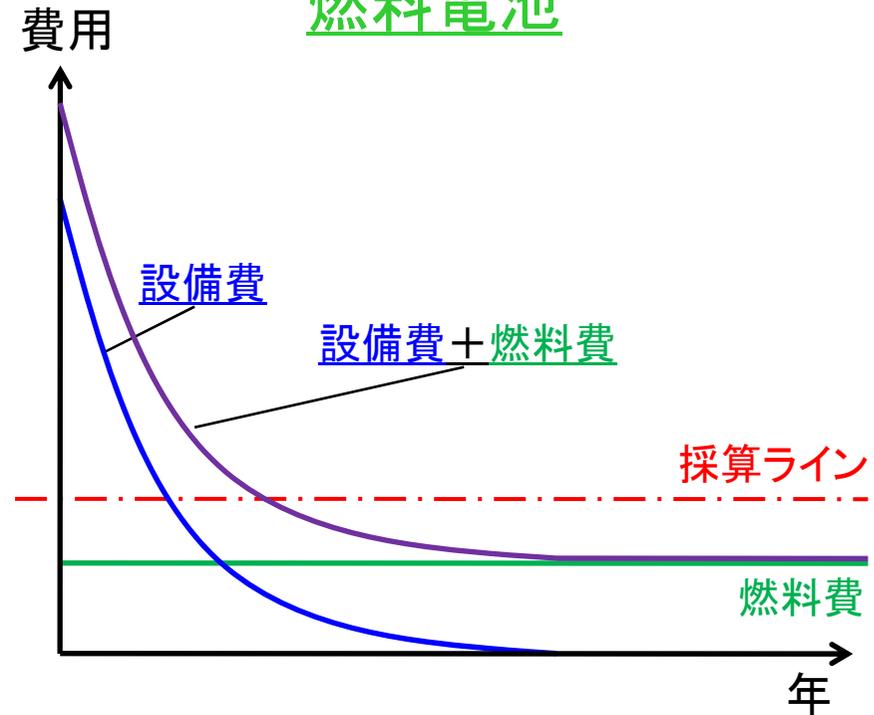
太陽電池と燃料電池の費用比較

太陽電池



設備への初期投資額
の減価償却費のみ

燃料電池



設備への減価償却に
加え燃料費が必要



小さい熱機関をやる方へのアドバイス

1. 自分が厳しい条件下にあることを自覚
2. 長所と短所をすべて明確に把握
3. 成功条件の共存解に追い込めば可能性あり

➤ 徹底した議論と全員の周知を集めて進める

➤ 情熱と努力だけで成功が約束されるほど甘くはない
——— 自然の法則に反するものは必ず失敗する！

徹底的に議論すべし

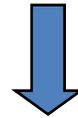
議論あり

➤ 批判はプロジェクト成功のための栄養剤

➤ 指摘を受けて修正・追加でより充実し、より強固になる

成功！

➤ 途中でも随時見直し



➤ 面子にとらわれて変更や修正をためらってはならない



最後にお天道様の鉄槌が下る！

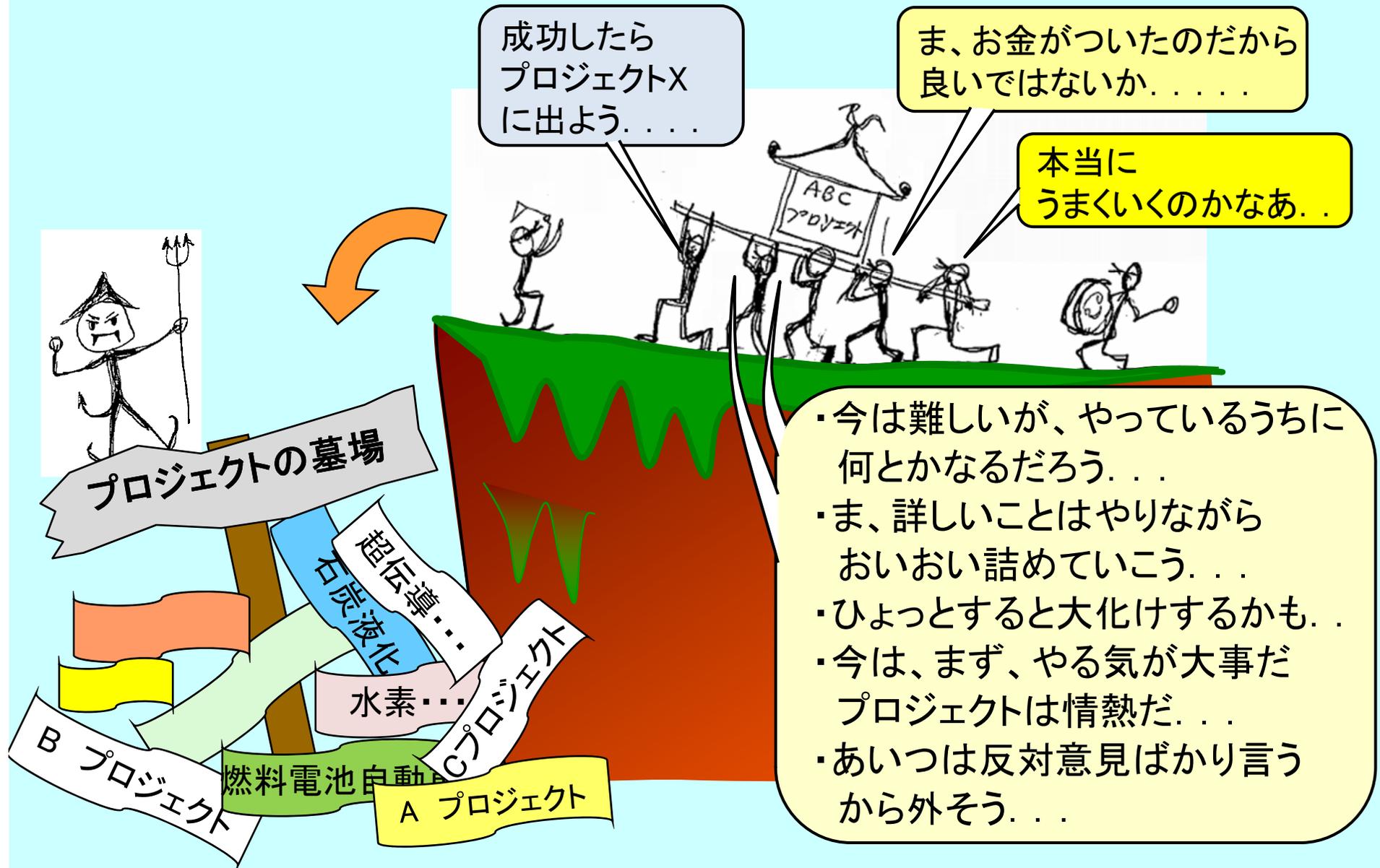
議論を避ける

➤ メンバー全てが仲良しクラブ

➤ 欠点がいつまでも修正されないので成功の確率はどんどん低くなる

失敗！

成功しないプロジェクト



開発の6段階 (6 Phases of a Project)

1. **Enthusiasm** (熱狂)
2. **Disillusionment** (幻滅)
3. **Panic** (パニック)
4. **Search for the Guilty** (犯人探し)
5. **Punishment of the Innocent**
(無実のものを処罰)
6. **Praise & Honors for the Non-participants**
(関係の無い者を表彰)



4. 再生エネルギーでどう生き抜くか？

- ▶再生エネルギーは“薄い”エネルギーであるので、分散電源として利用するのが有利である。
- ▶従って“小さくて、無駄が無く、使い易く、丈夫な”ものを創意工夫で知恵を絞って開発すべきである。

再生エネルギー ---- 非常に“薄い”エネルギー

バイオマス



- ▶ 熱機関で発電するにはある程度集積が必要
- ▶ 輸送と貯蔵----乾燥技術が鍵
- ▶ “食糧との競合”は絶対にあってはならない

風車



- ▶ 経済性を追求してひたすら大容量化
- ▶ 強度的にほぼ限界
- ▶ 輸送や建設コストも上昇
- ▶ 保守・補修費用も馬鹿にならない
- ▶ 不安定で予測の難しい電源である

$$\propto D^2$$

新型風車の研究

- ▶ 片持ち-3枚-FRP翼
- ▶ ナセルをタワー上に設置



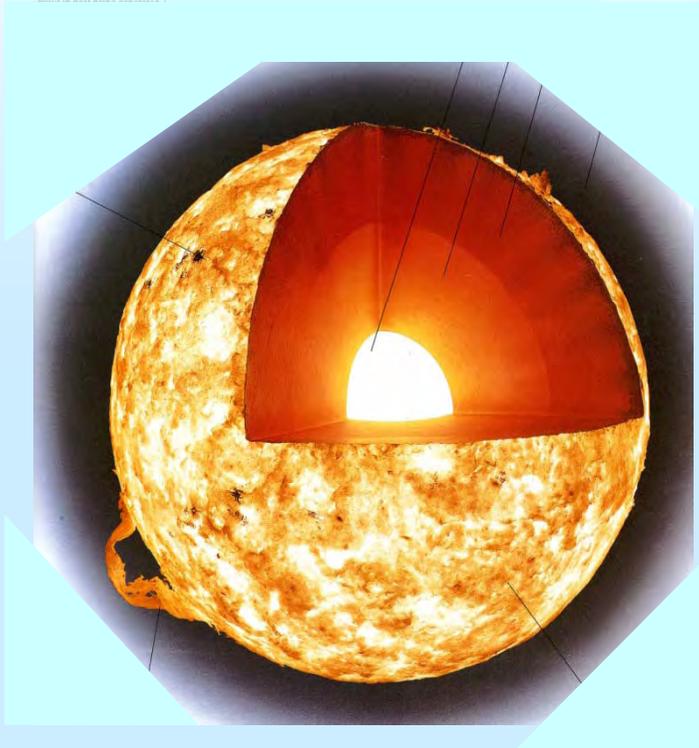
FERRIS WHEEL 型風車



➡ 現在の構造ではほぼ大型化の限界

出力は直径の2乗に比例 $\propto D^2$

太陽エネルギー (熱利用)



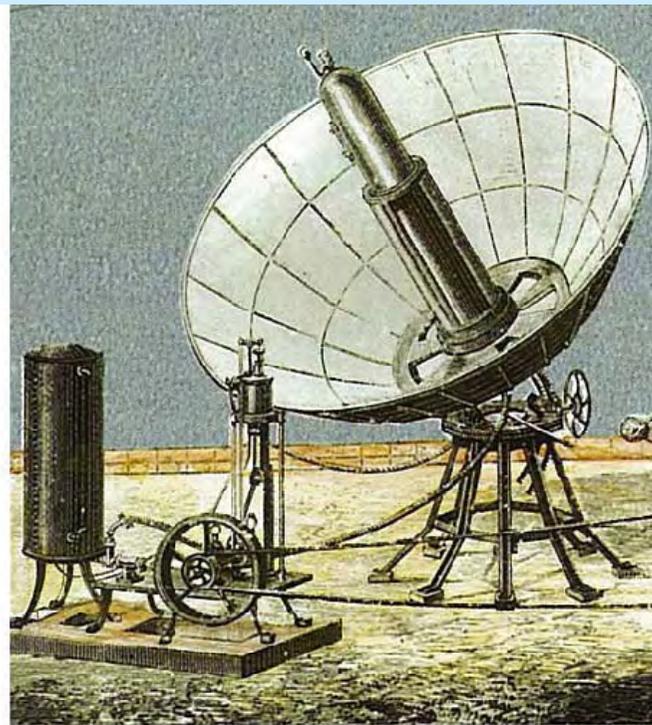
放射による伝熱

$$Q = T_g^4 - T_s^4$$

高効率化の可能性あり

ランキンサイクルのピーク温度を上げ、効率を上昇させる

6000K の最高温度が可能か?



凹面鏡で集光することにより高温を得ることが可能となる。

太陽光発電と太陽熱利用

太陽電池

- 第1世代: 効率: 12–20%: 結晶型(単結晶、多結晶)
- 第2世代: 効率: 6–12%: アモルファス(非晶質): 薄膜(微結晶、複合型)
- 第3世代: 効率: 30–60%: 新方式(Multiple Junction, Quantum Dot)
(東京大学 富田孝司客員教授発表資料より)

太陽熱利用

- 給湯目的なら太陽熱利用が経済性抜群
- 小型家庭用太陽熱も大幅改善の余地あり
(東京大学 鹿園直毅准教授資料より)



ベランダ設置型太陽熱給湯システム(東京ガスほか)



エネライター(長府製作所)

海水温度と深度との関係

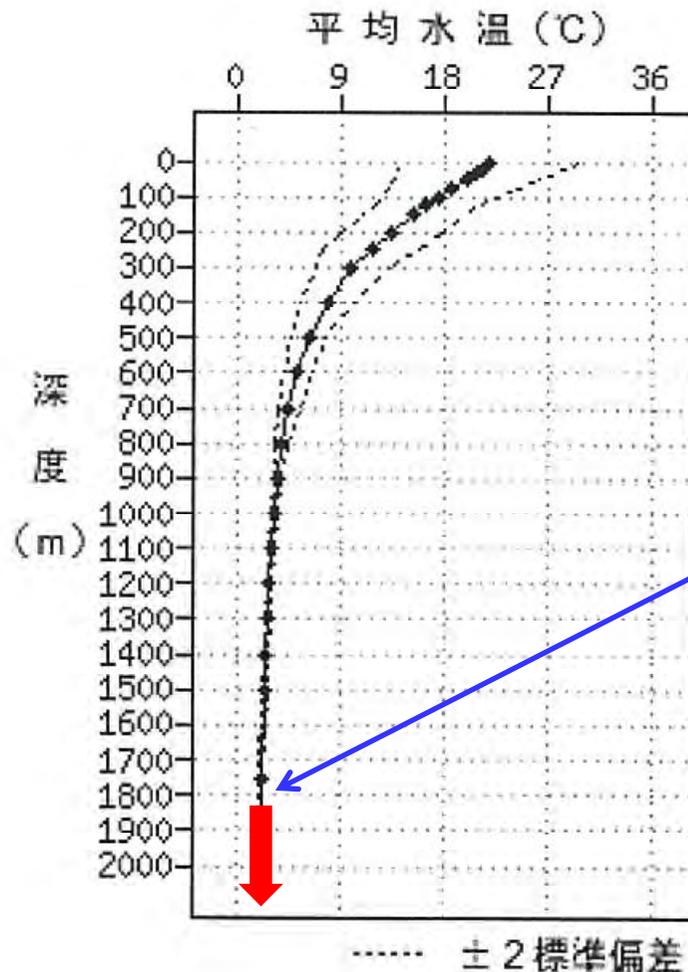


図 1.2 和歌山県田辺市付近

OTECの問題点

- 温度レベルが低いため、理論効率が非常に低く数%しかない
- 深度が増すと配管の長さ、圧力損失は比例して大きくなるが、温度差は増えない
- 一方、水温は 0°C 以下にはならないため出力は増えない
- 海水に対する腐食対策として銅合金やステンレスなど的高级材料が必要
- 熱交換器や配管の汚れ対策や閉塞対策が必要
- 高効率を得ようとして系を複雑にしても効率上昇のメリットより設備費増加の悪影響の方が大

50kW OTEC プロジェクトの例

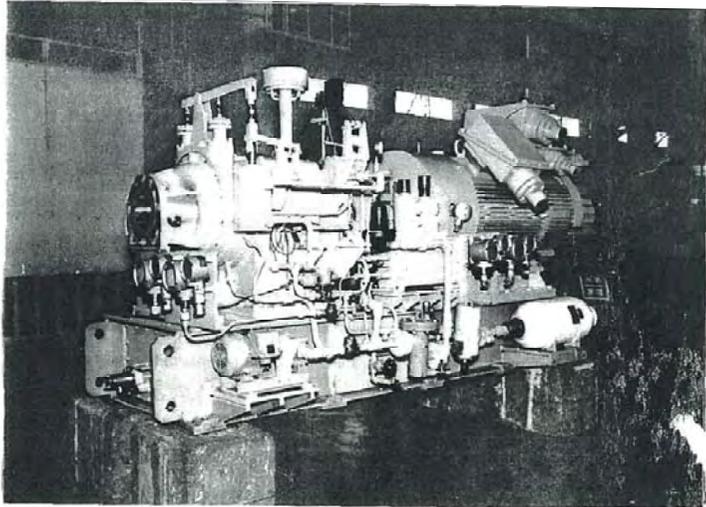


FIG. 3 50KW AMMONIA TURBINE

温度差(海水+排熱) : 30 + 10 = 40



ディーゼル発電の排熱でアシスト

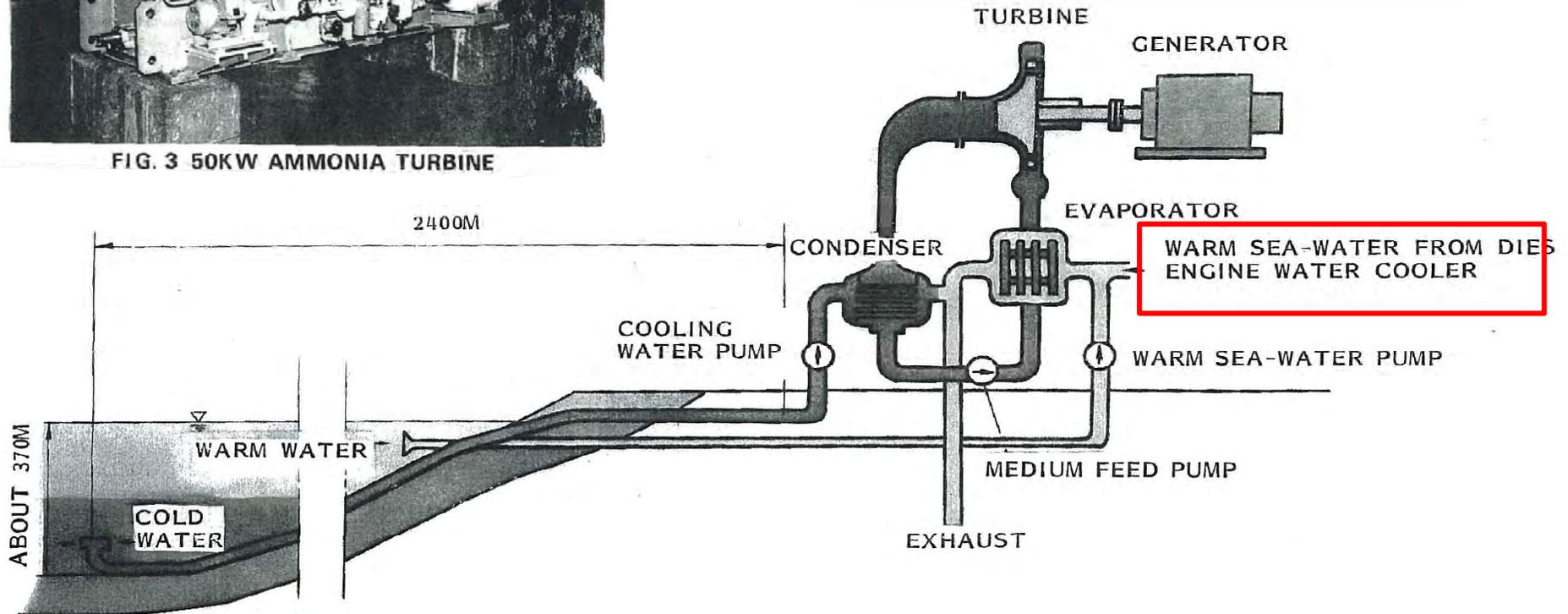
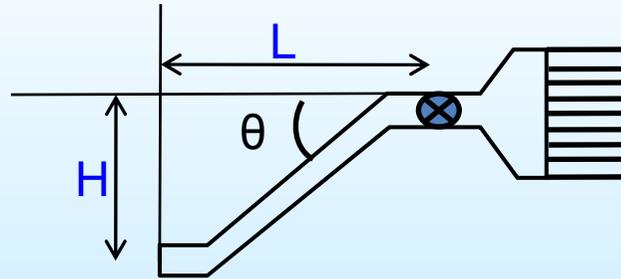
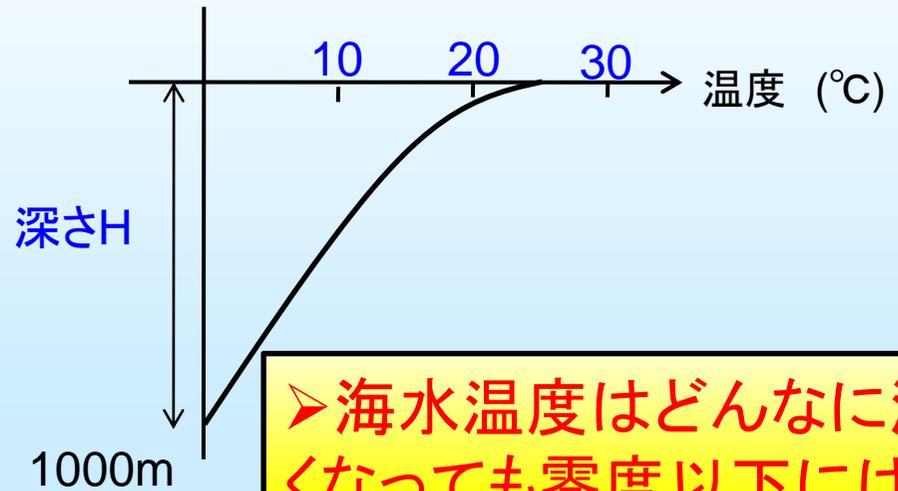


FIG. 2 SCHEMATIC DIAGRAM OF SHIN-TOKUNOSHIMA OTEC PILOT PLANT

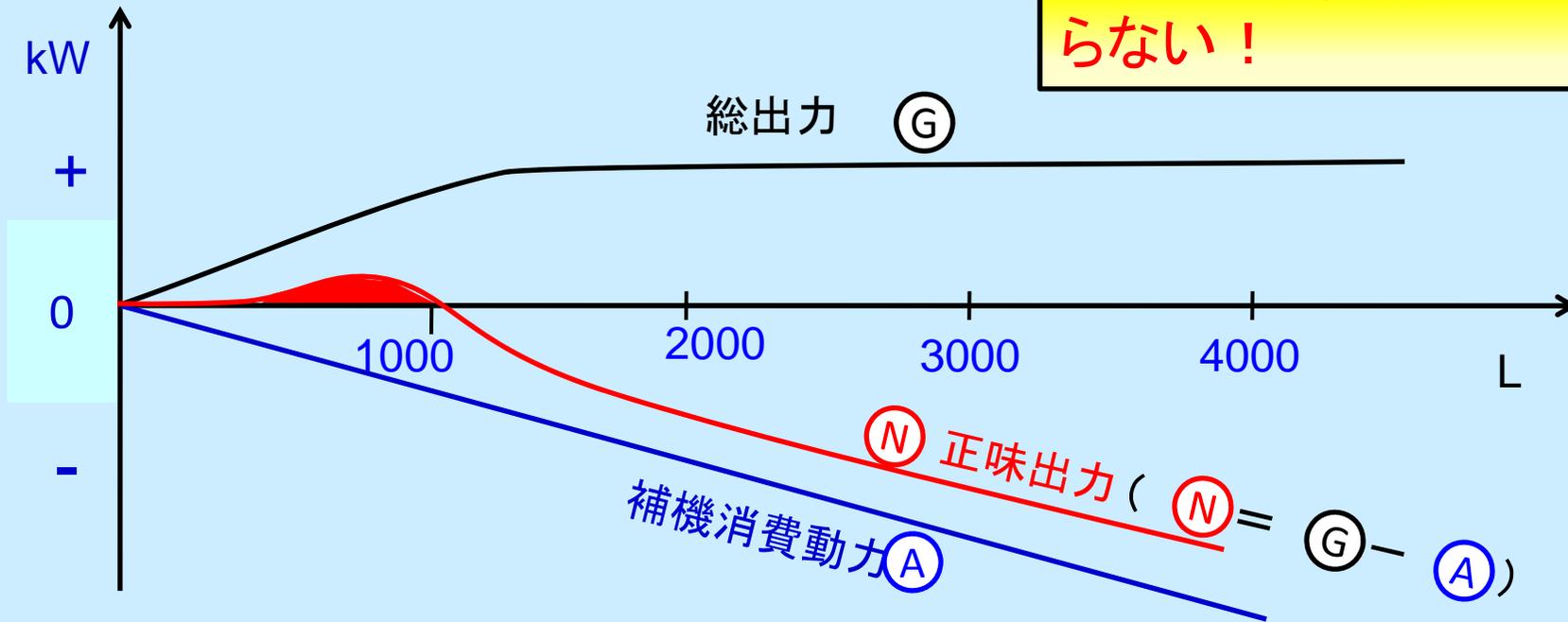
OTECによる正味出力



$$L = H/\sin\theta$$



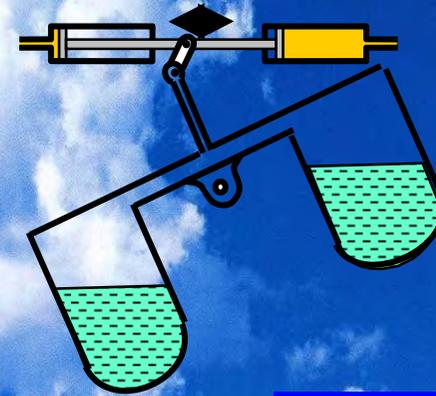
▶ 海水温度はどんなに深くなっても零度以下にはならない!



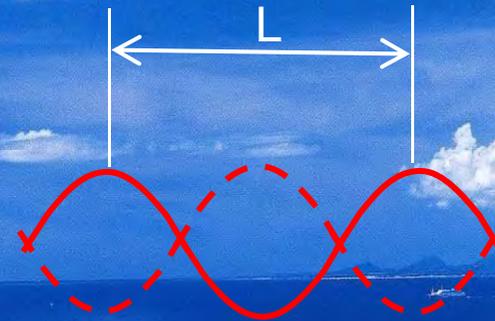
波力エネルギーの利用

1. 波力は貴重な海洋エネルギーである
(太平洋では大西洋よりエネルギーが小さいが)
2. 過去のプロジェクトを見ると動力エネルギーシステムとしては大いに改良の余地があると考えられる
3. 小さいもの、小規模なものがより現実的で有望と考えられる

小型漁船の波力充電システム



Active Control



離島で風力、太陽光などの再生エネルギー主体となると
いずれにしても蓄電装置は必要 ---- 電力負荷平準化用



最適な再生エネルギー利用

- 面子や建前に踊らされるな
- 小さなコミュニティに最適なものを工夫する
- 簡単で、安くて、耐久性があり、保守不要なもの…
- 大型で複雑なもの不要





The Future is bright!

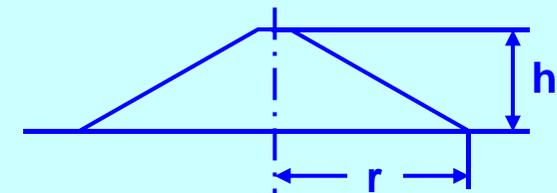
It depends on us!

The End



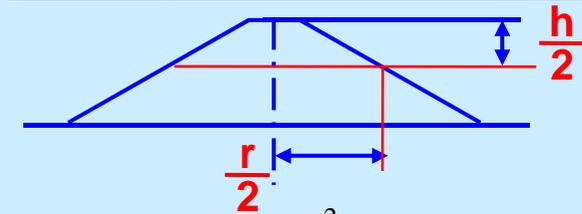
参考資料

世界の石油原始資源量= 富士山の容積一杯分



$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \pi r^2 h \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times (20)^2 \times (3.8) \text{ [km}^3\text{]} \\ &= 1591 \text{ [km}^3\text{]} = 1.591 \times 10^{12} \text{ [m}^3\text{]} \\ &= 10 \times 10^{12} \text{ [bbl]} \quad \mathbf{=10Q} \end{aligned}$$

世界の石油確認埋蔵量(未消費分) = 富士山の五合目以上

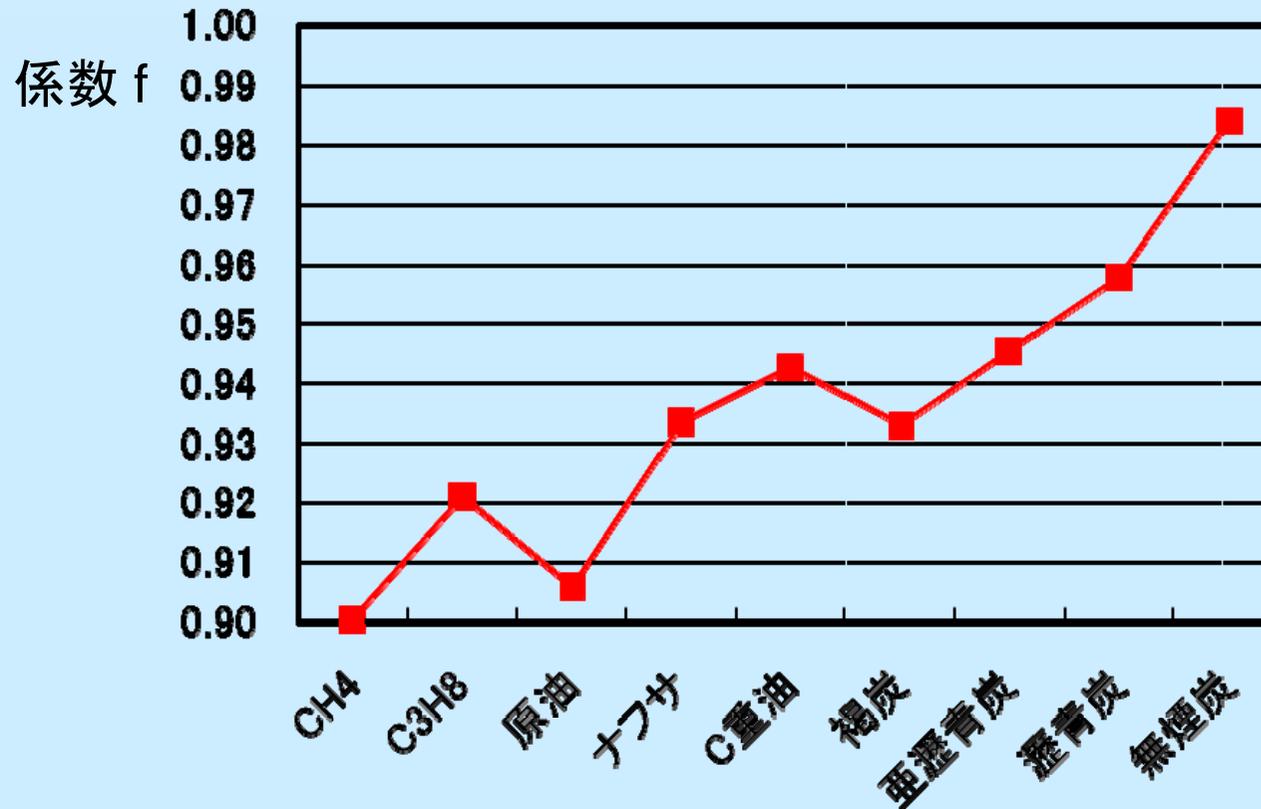


$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \pi \times \left(\frac{r}{2}\right)^2 \times \left(\frac{h}{2}\right) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times (5)^2 \times (0.95) \text{ [km}^3\text{]} \\ &= 1591 \text{ [km}^3\text{]} = 1.591 \times 10^{12} \text{ [m}^3\text{]} \\ &= 10 \times 10^{12} \text{ [bbl]} = \mathbf{1.25Q} \end{aligned}$$

高位発熱量基準 (HHV) と低位発熱量 (LHV) との関係

- HHV ; Higher Heating Value (高位発熱量) と LHV ; Lower Heating Value (低位発熱量) との差は燃料中の水素, 水分による蒸発潜熱分の差である。
- 発熱量は低位基準の方が低いので、効率も低位基準の方が高くなる。

$$\eta_{LHV} = \eta_{HHV} / f$$



送電端効率

=

発電端効率

-

所内動力損失

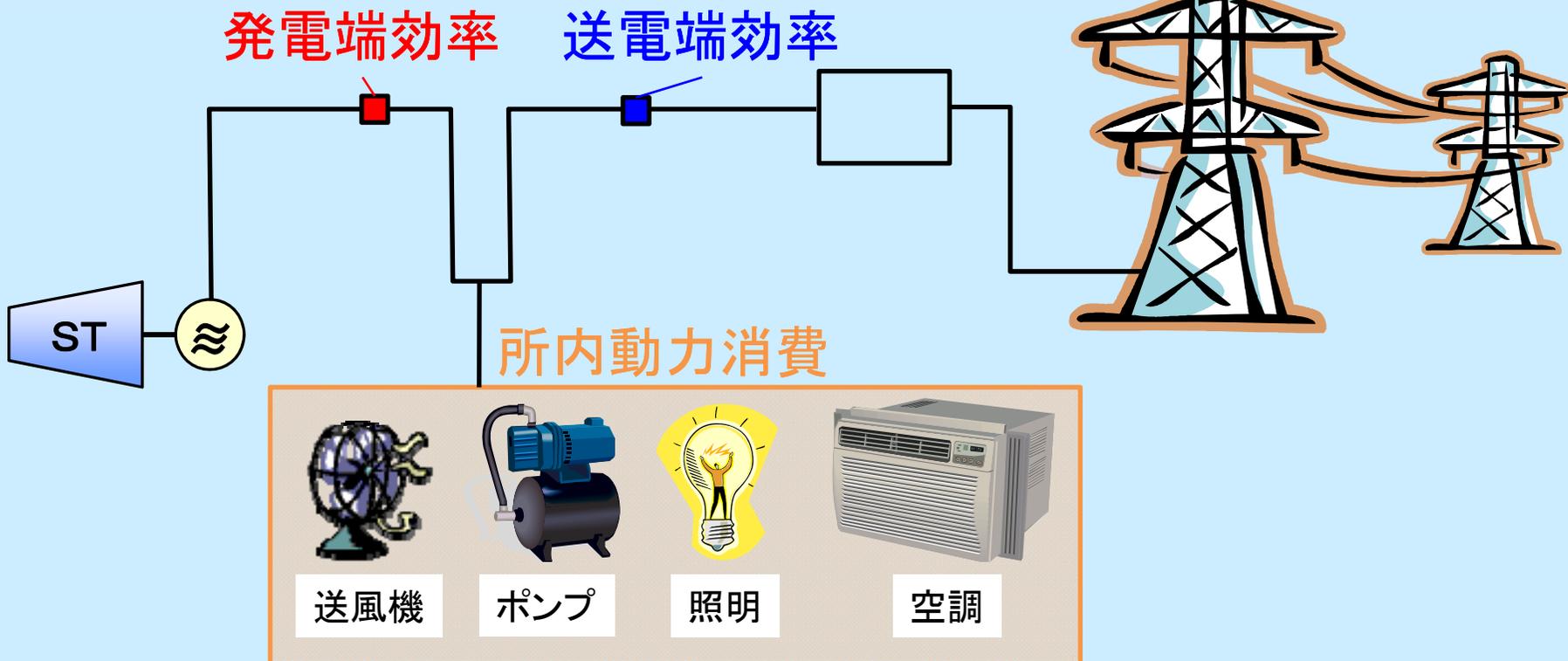
(η_{net})

[Generator-end]

(η_{gross})

[Bus-bar]

燃料	損失率例 (相対値%)
天然ガス	2
石炭	5
石油	2



フォーラムとシンポジウム

“Forum”

(15c.)

➤ Latin : **foris** --- *outside*
fores --- *door*

広場 - 公開討論

1. a. The **market place or public place** of an ancient Roman city forming the center of judicial and public business
- b. A **public meeting place** for **open discussion**
3. a. A public meeting or lecture involving **audience discussion**



(from Merriam Webster's Collegiate Dictionary)

Forum Romanum

“Symposium”

(1711)

Latin: from Greek “**symposion**”
 from “**sympinein**”
 from “**syn**” + “**pinein**”
 || ||
 together *drink*

饗宴

1. a. A **convivial party** (as after a banquet in ancient Greece) with **music and conversation**
- b. A **social gathering** at which there is **free interchange of ideas**
2. a. A **formal meeting** at which several **specialists deliver short addresses** on a topic or on related topics



戦略 "Strategy" (1810)

Greek ; "strategia" *generalship*
from "stratigos"

1. a. (1) the science and art employing the political, economic, pchychological, and military forces of a nation or group of nations to afford the maximum support to adopted policies in peace or war.
(2) the science and art of military command exercised to meet the enemy in combat under advantages conditions
2. a. A careful plan or method
b. The art of devising or employing plans or stratagem towards a goal

戦術 "Tactics" (1626)

New Latin "tactica"
from Greek "taktika"
from neut . pl. of "taktikos" *of order*

1. a. The science and art of disposing and maneuvering forces in combat
b. The art or skill of employing available means to accomplish an end
2. a. A system or mode of procedure

(from Merriam Webster's Collegiate Dictionary)