

地球環境科学 (第2回)

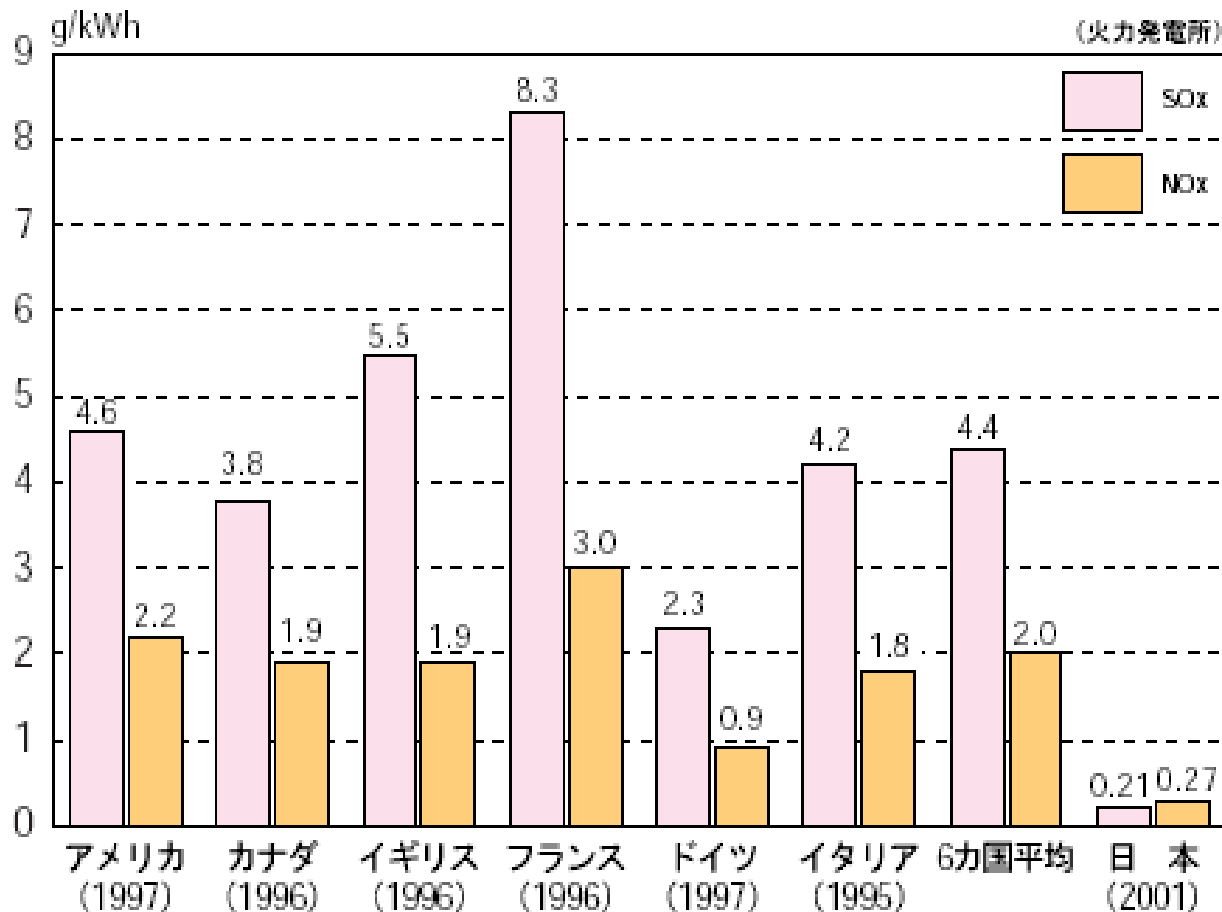
地球温暖化問題と対策、酸性雨問題と対策
燃焼における環境汚染物質の生成と防除技術

岡崎 健
機械制御システム専攻
(機械科学科)

2004年10月14日 (木)

主要国の発電電力量当たりのSOxとNOx排出量

(再掲)



出典：「OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1999」「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 1995-1996, 1996-1997, 1997-1998」
日本は電気事業連合会調べ

酸性雨問題

日本技術の
技術移転で
解決できる

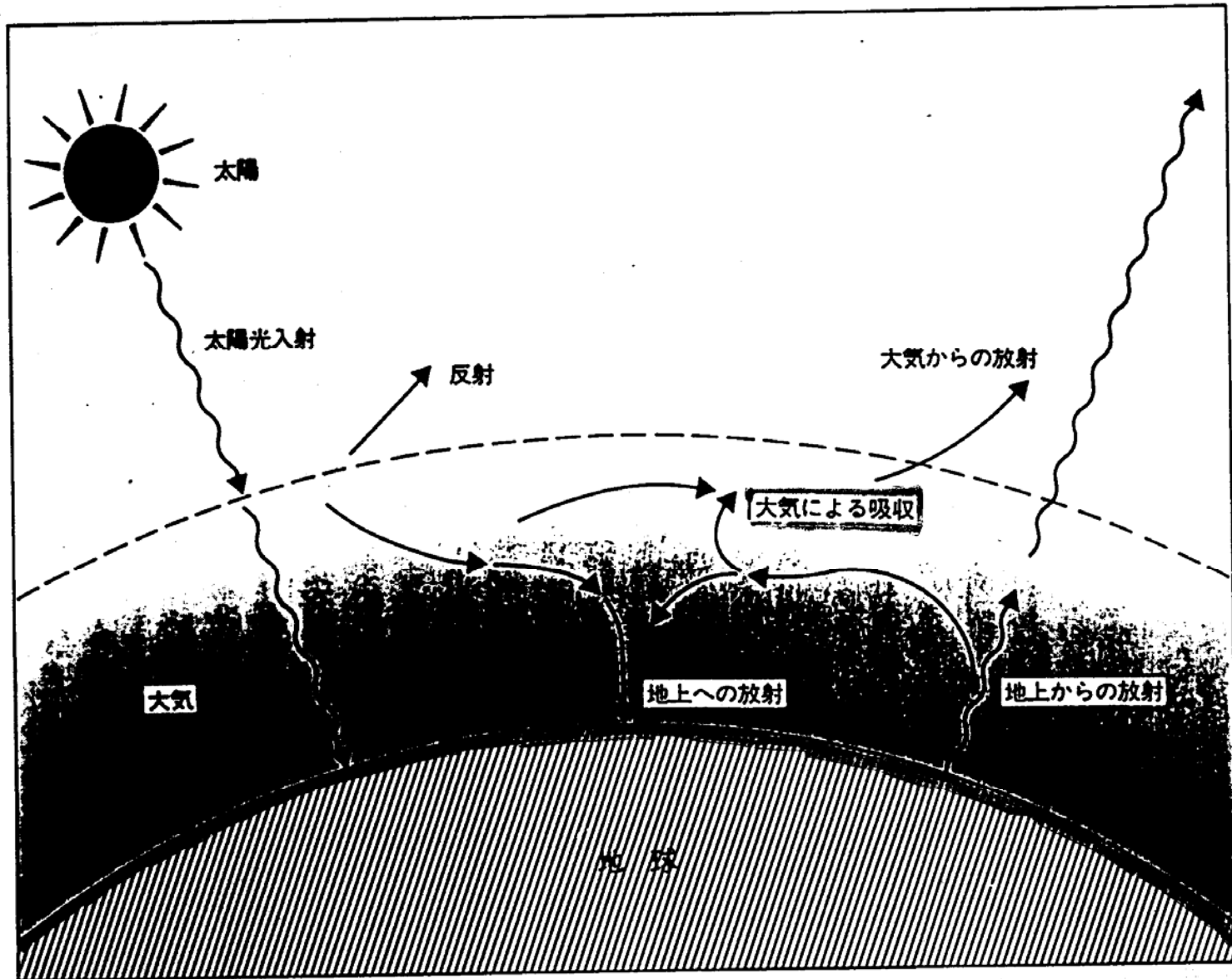
CO₂問題

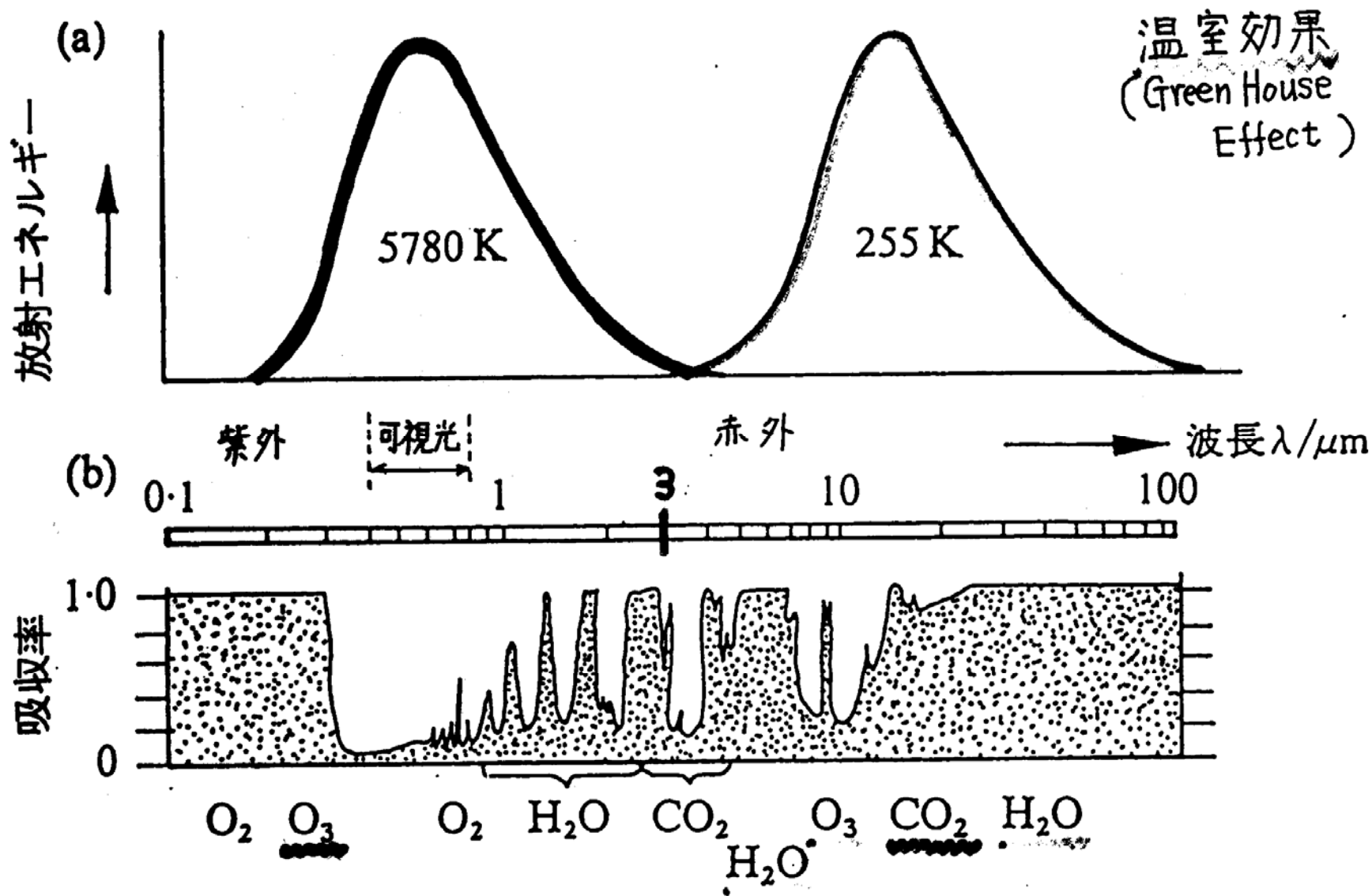
新たな
ストラテジー
が必須

IAE (財)エネルギー総合工学研究所



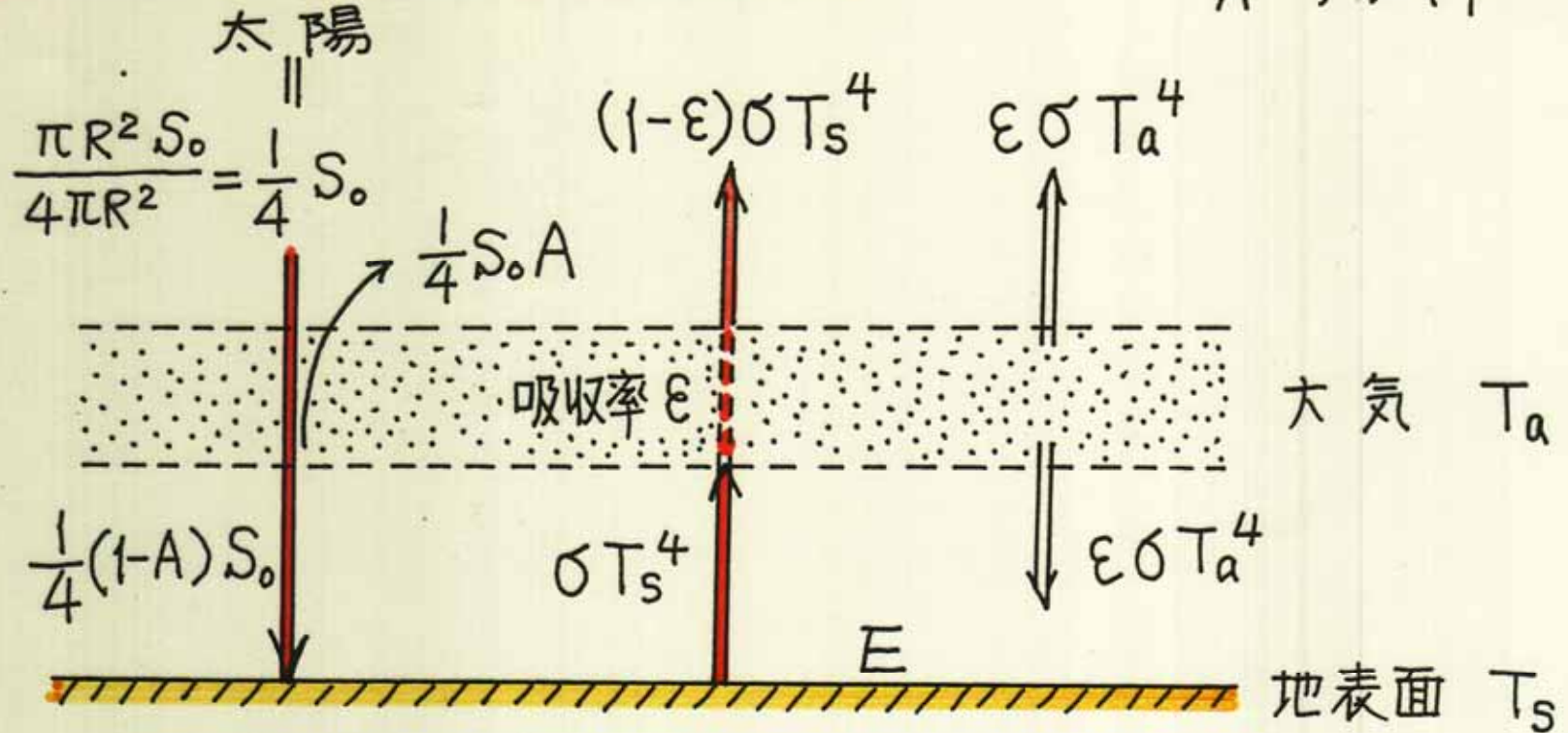
地球温暖化問題





地球温暖化のメカニズム

A: アルベド



地表面でのエネルギー・バランス

$$\frac{1}{4} (1-A) S_0 + E + \epsilon \sigma T_a^4 = \sigma T_s^4$$

$$E \ll \frac{1}{4} (1-A) S_0$$

$$T_a \simeq T_s \quad (\text{実際は } T_a < T_s)$$

$$\therefore \frac{1}{4} (1-A) S_0 = (1-\varepsilon) \sigma T_s^4$$

$$T_s^4 = \frac{1-A}{4(1-\varepsilon)\sigma} S_0$$

太陽常数

$$S_0 = 1372 \text{ W/m}^2$$

アルベド

$$A = 0.3$$

ステファンボルツマン定数

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\varepsilon = 0 \quad (\text{大気吸収なし})$$

$$T_s = 255 \text{ K} \quad (-18^\circ\text{C})$$

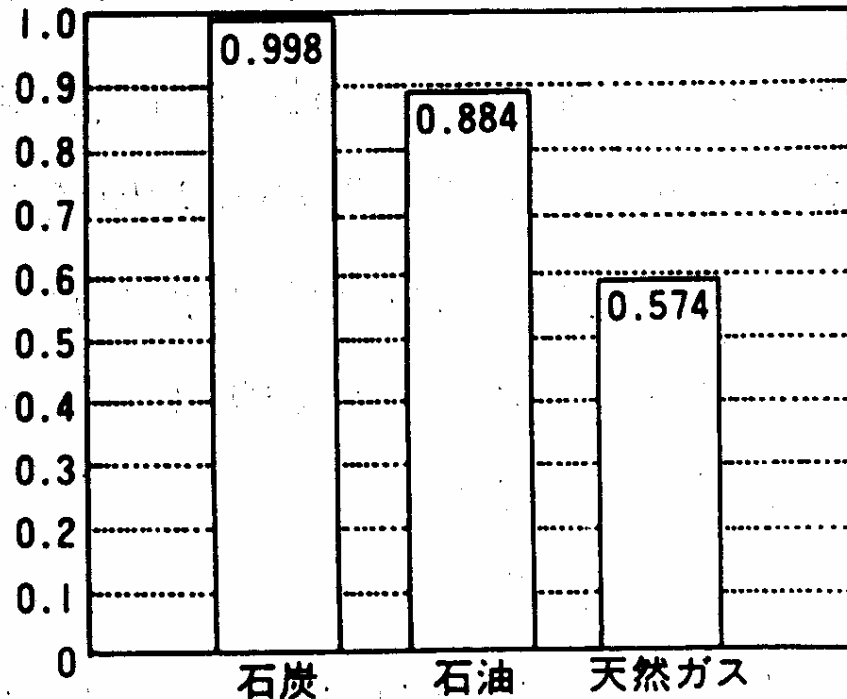
$$\varepsilon = 0.4 \quad (\text{現状})$$

$$T_s = 290 \text{ K} \quad (+17^\circ\text{C})$$

$$\varepsilon \text{ の } 1\% \text{ 増加} \Rightarrow 0.5^\circ\text{C} \text{ の 温度上昇}$$

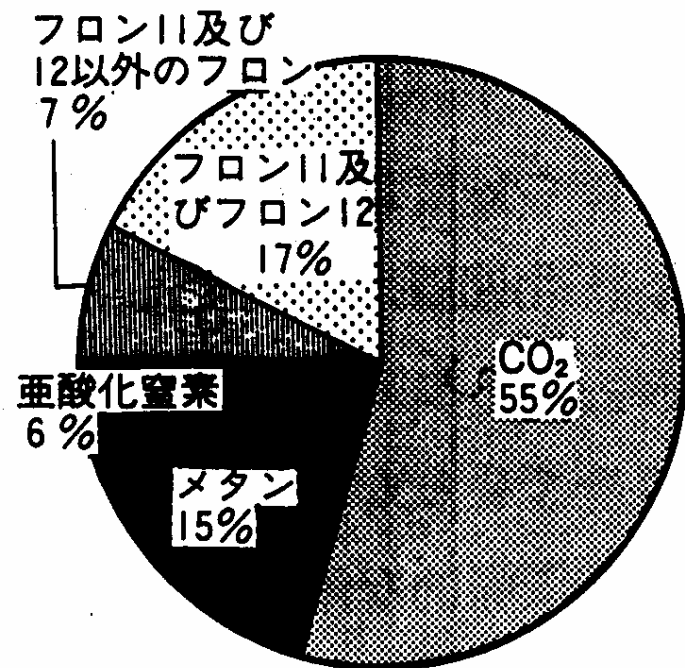
エネルギー源別の二酸化炭素排出原単位

(KG-C/10⁴ KCAL)



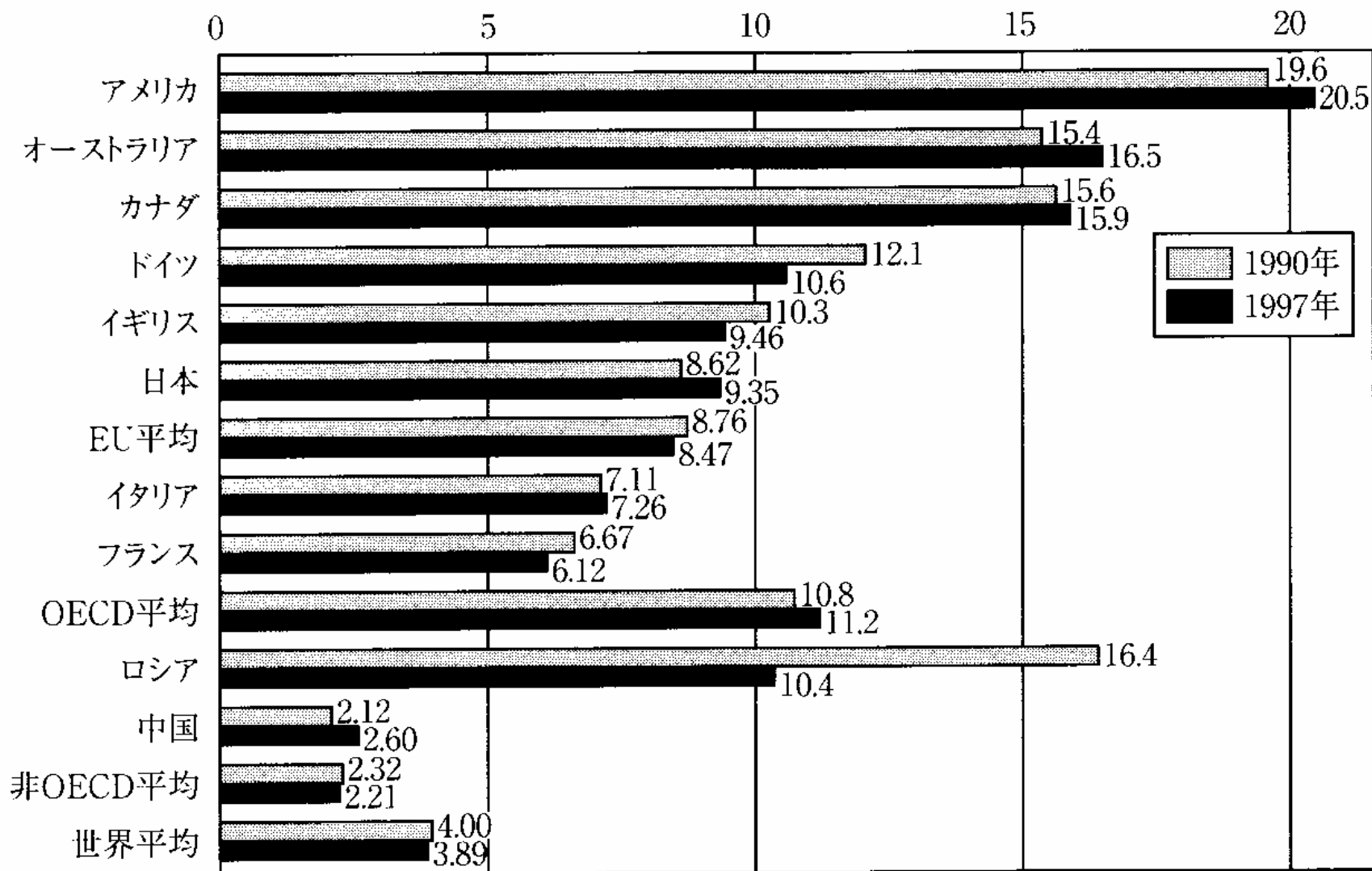
(出典) 数字は, EDMONSUREILLY MODEL による。

温室効果へのガス別寄与 (1980-1990年)



(出典) IPCC 報告書

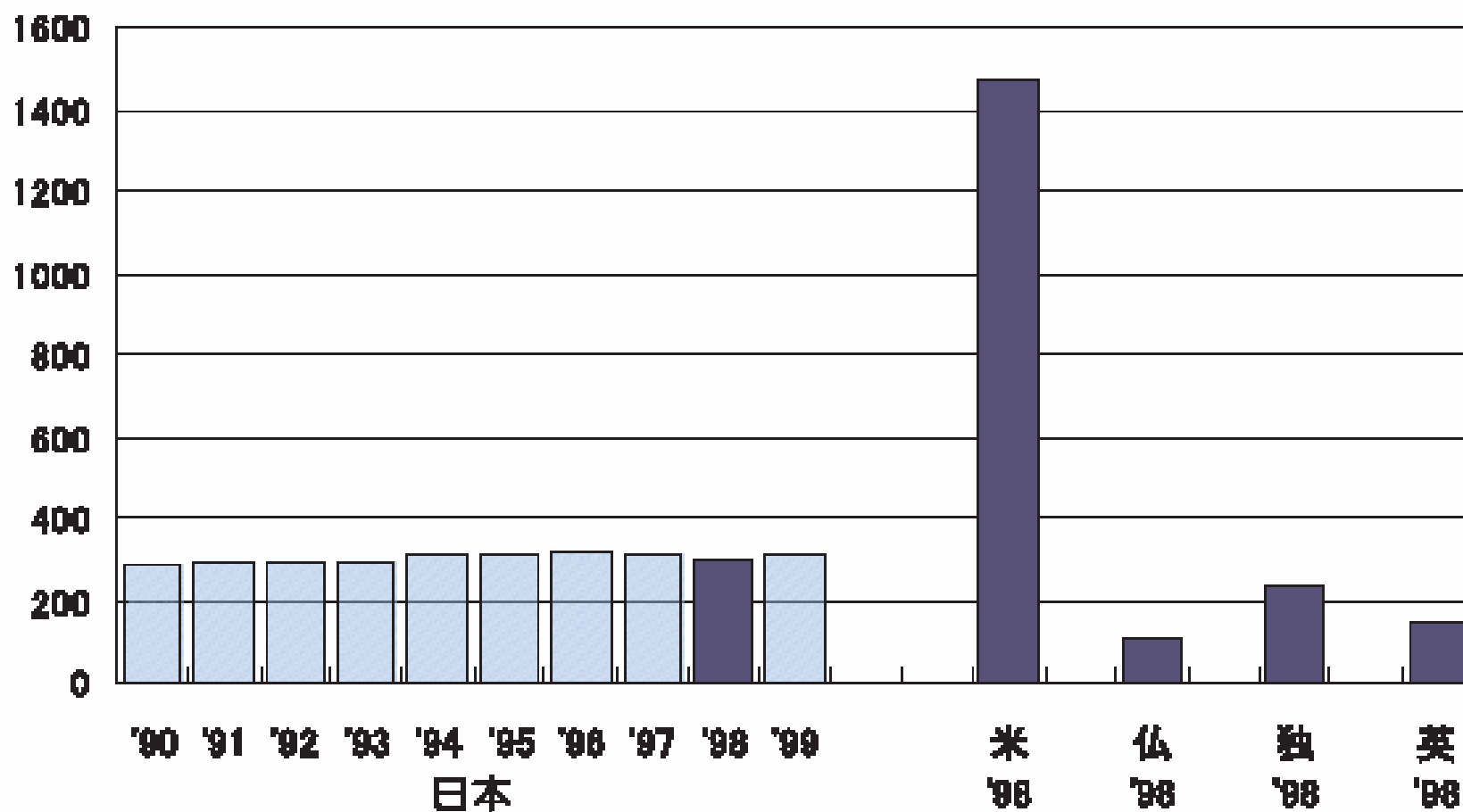
(単位:CO₂トン/人)



主要国別一人あたりのCO₂排出量（1990・1997年）

[出典：EDMC/エネルギー・経済統計要覧2000（省エネルギーセンター）より算出]

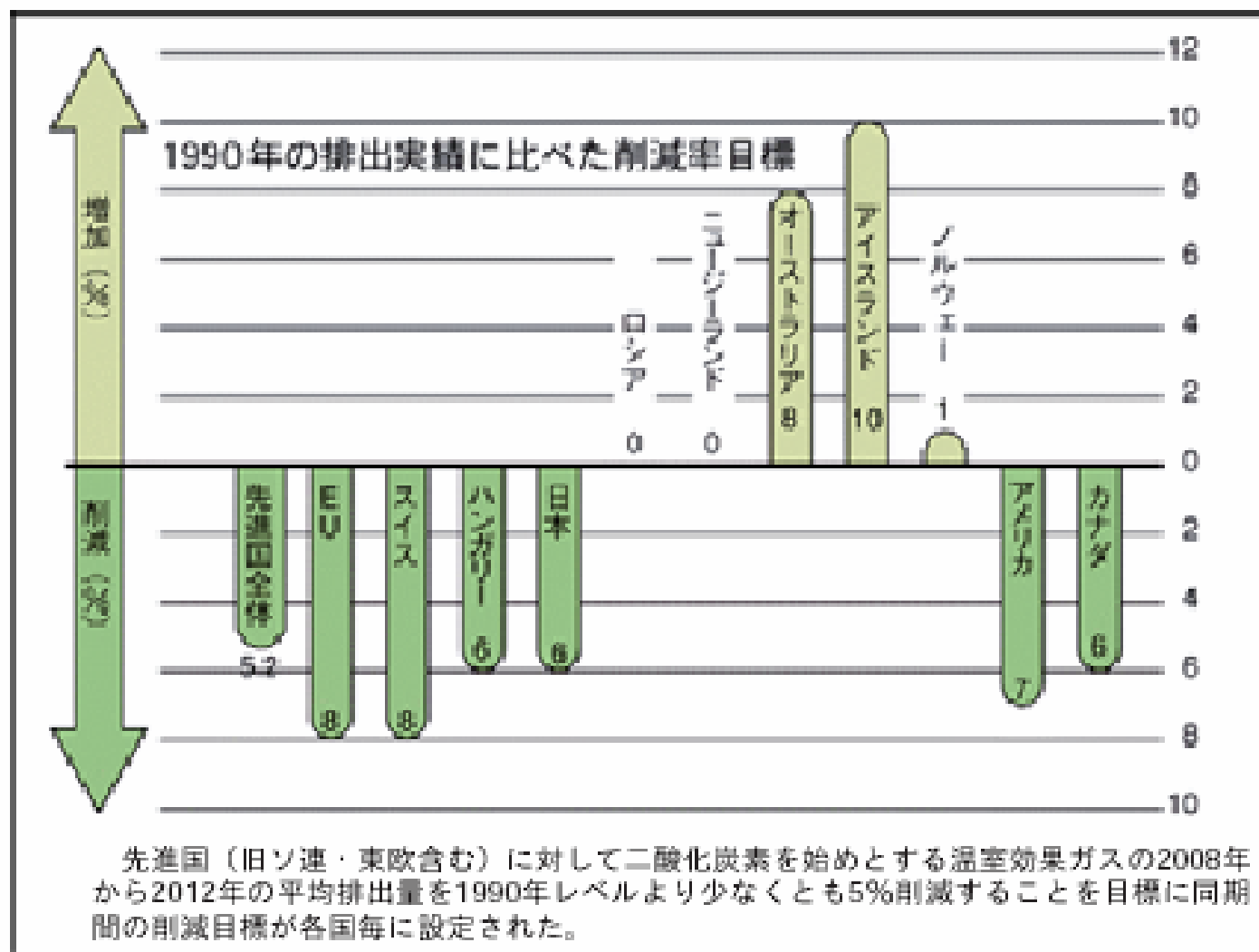
(百万t-C)



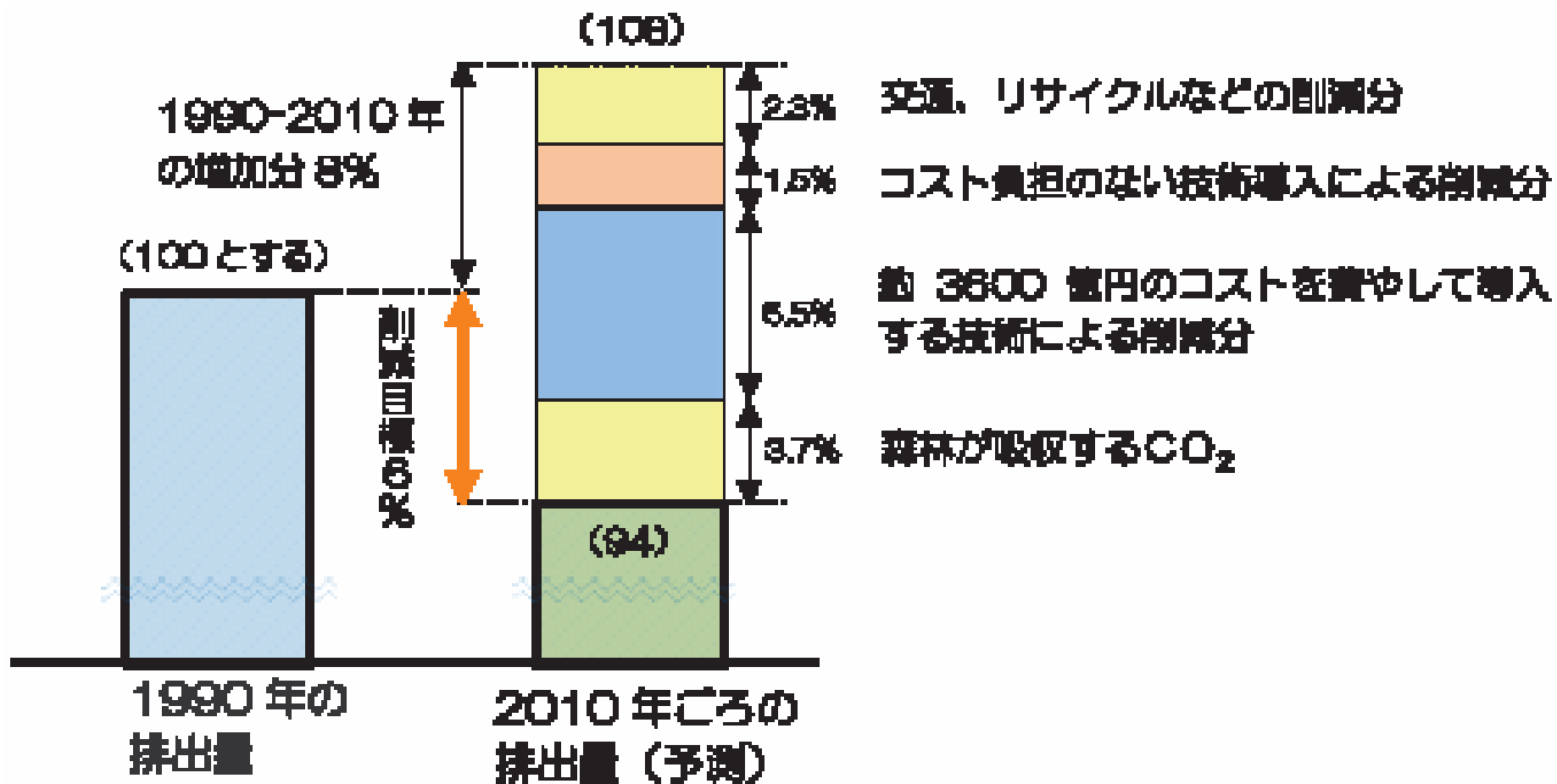
エネルギー起源の二酸化炭素排出量（出典：資源エネルギー庁）

温暖化対策技術の相互比較

- ① **省エネルギーとエネルギー変換・利用効率の向上**
複合発電、IGCC, IGFC, コジェネ (水素システム)
- ② **炭素分の少ない軽質燃料への燃料転換**
石炭・石油→天然ガス (枯渇進行) (水素化)
- ③ **再生可能エネルギーの大量導入**
現状は極微量、長期的には必須 (水素: キャリア)
- ④ **原子力エネルギーの利用拡大**
社会的受容性が必要 (原子力→水素)
- ⑤ **CO₂の人工的隔離 (分離・回収・貯留隔離)**
一見華麗ではないが、顕著な量的寄与
各種技術との統合化 (水素製造とCO₂隔離)

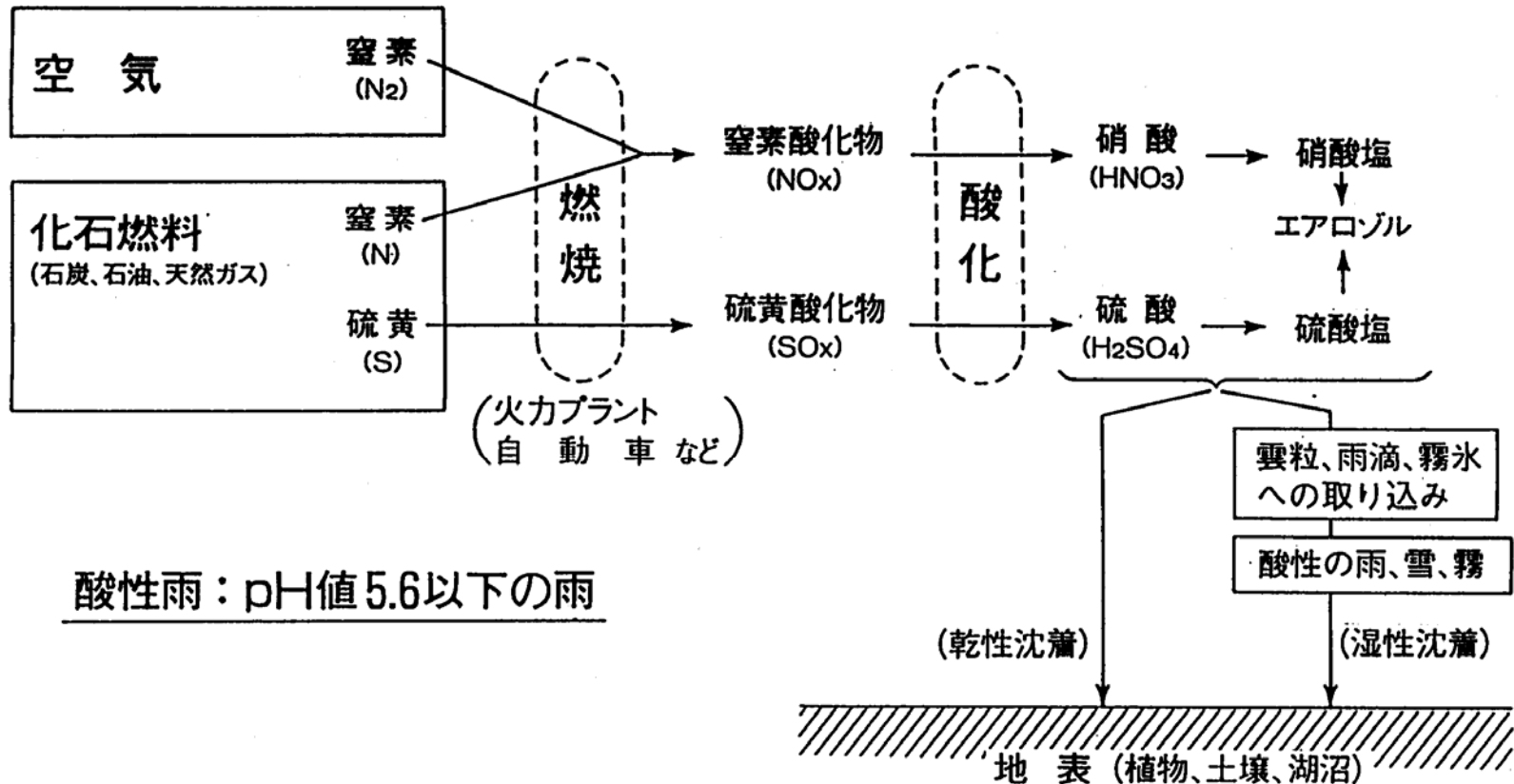


京都会議で定められた各国の温室効果ガス削減目標（出典：環境省）



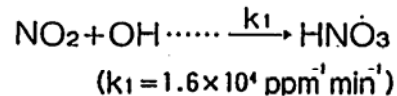
温室効果ガスの削減方策（出典：環境省）

酸性雨の生成メカニズム



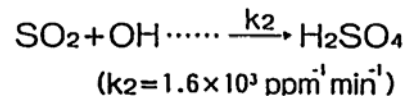
酸性雨：pH値 5.6以下の雨

○ NO_xの硝酸への酸化



酸化：速 ⇒ 発生源近隣への影響

○ SO_xの硫酸への酸化



酸化：遅 ⇒ 遠方への影響：大
(数百 km 以上、大陸間影響)

燃焼により生成する環境汚染物質

相	物 質	総 称
気体	NO , NO_2 , N_2O SO_2 , SO_3 CH_4 , $\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_i$, PAH <u>CO_2</u> その他	<u>NO_x</u> <u>SO_x</u> HC
液体	高沸点炭化水素微小滴 有害物質を含んだ微小水滴 その他	ミスト・エアロゾル・ サブミクロン粒子
固体	<u>すす・ばいじん</u> 金属酸化物粒子 その他	微粒子・エアロゾル・ サブミクロン粒子



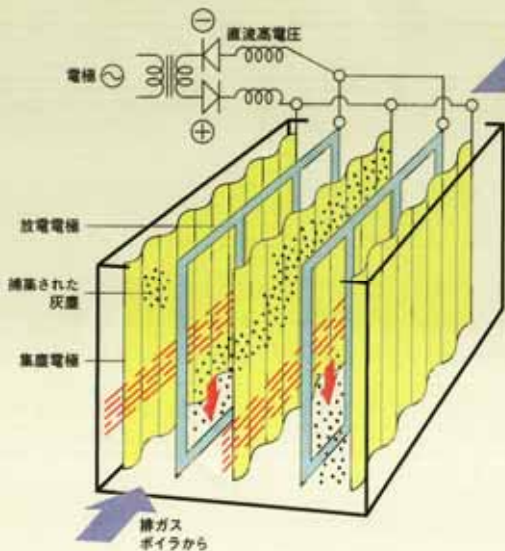
燃焼技術
で低減
可能

灰分 $\rightarrow$ 灰粒子 (フライアッシュ)

H C $\rightarrow$ すす

SO_x, NO_x $\rightarrow$ 粒子転換エアロゾル

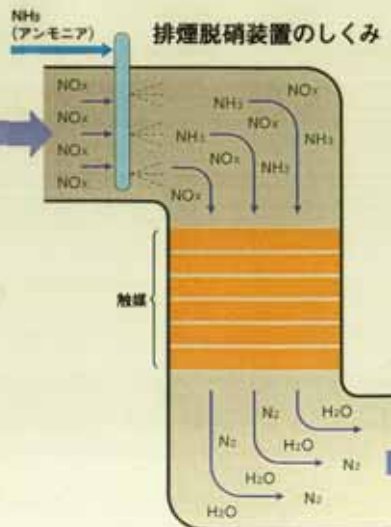
電気集塵器のしくみ



電気集塵器

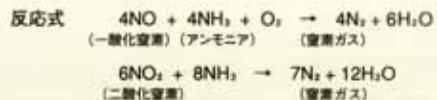
高圧の電気を流した2つの電極の間に、排ガスを通すと、灰塵は(-)の電気を帯びて(+)側の電極に吸い寄せられます。電極に吸着し堆積した灰塵を、周期的な槌打によって集塵器の下部に落として取り除きます。この原理は、摩擦によって静電気を帯びた下敷などに紙やゴミが付着するのと同じものです。

排煙脱硝装置のしくみ

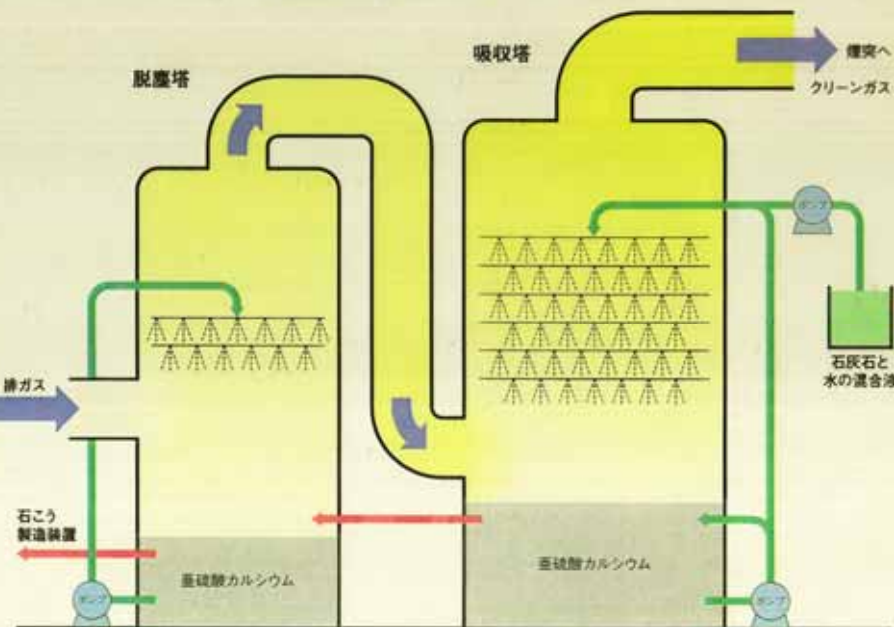


排煙脱硝装置

窒素酸化物を含んだ排ガスにアンモニアを加えて、金属系の触媒(化学反応を起こさせる物質)の中を通します。排ガス中の窒素酸化物は、触媒の働きで化学反応を起こし、窒素と水に分解します。

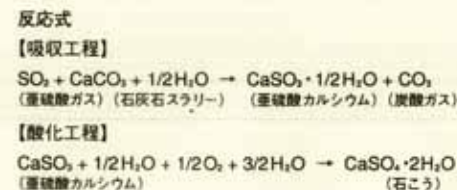


排煙脱硫装置のしくみ

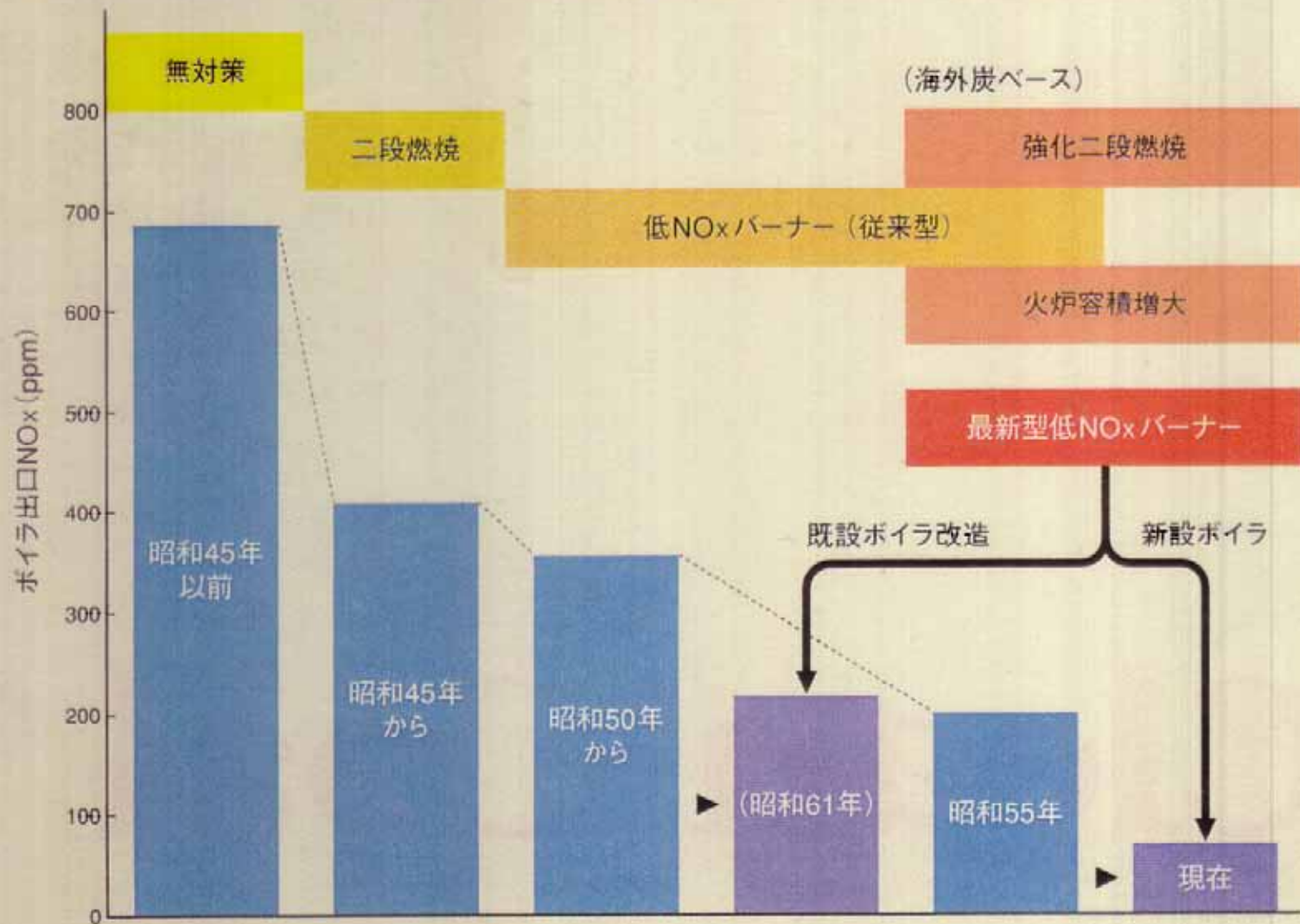


排煙脱硫装置

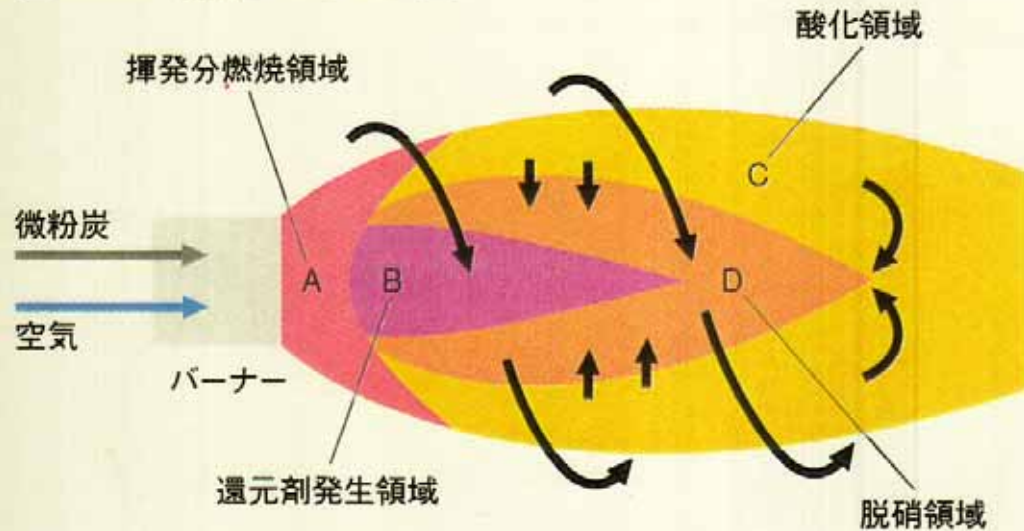
石灰石を粉状にして水との混合液(石灰石スラリー)を作り、これを排ガスに噴霧すると、排ガス中の硫酸酸化物と石灰が反応して亜硫酸カルシウムになります。この亜硫酸カルシウムを、さらに酸素と反応させて、石こうとして取り出します。



石炭燃焼ボイラのNO_x対策と最新型低NO_xバーナーの効果



低NO_x燃焼の概念図



Volatile NO_x :

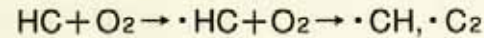
石炭中の揮発分(ガス、タール)の燃焼から生成するNO_x。

Char (チャー):

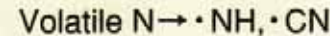
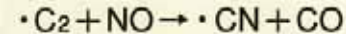
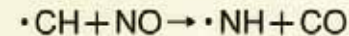
石炭から揮発分が放出されて残った炭素と灰の集合体。

■ A領域: $\text{Volatile N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Volatile NO}$

■ B領域: 前駆物質の生成反応

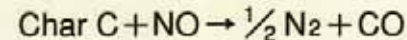
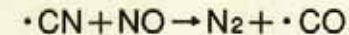


還元物質の生成反応



■ C領域: $\text{Char N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Char NO}$

■ D領域: $\cdot\text{NH} + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \cdot\text{OH}$



これらの素反応を短時間で完成するためには、B領域での効果的な還元剤の発生とC領域での高温化が必要となり、これが低NO_x化の技術的ポイントとなります。

微粉炭炉内脱硝

