

SPring-8供用開始10周年記念 産業利用講演会

自動車産業における SPring-8の活用

2008.1.23

(株)豊田中央研究所

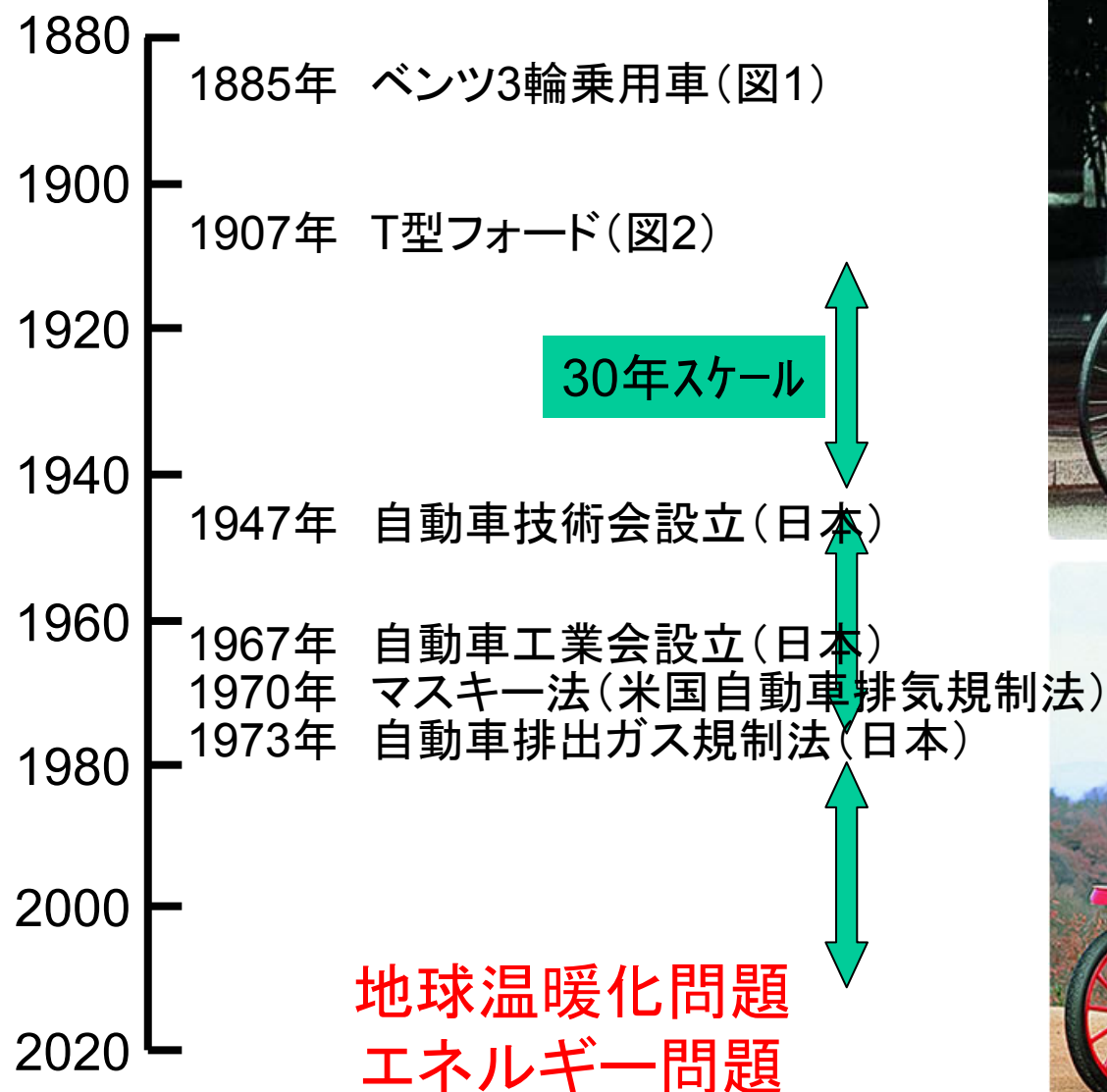
斎藤昭則

1. 自動車を取り巻く環境と課題
 - 1.1 排気規制
 - 1.2 地球温暖化問題(CO₂排出量増加)
 - 1.3 エネルギー問題
2. SPring-8の活用事例
 - 2.1 触媒解析
 - 2.2 DLC-Si膜解析
 - 2.3 二次電池解析
 - 2.4 燃料電池解析
3. 終わりに代えて

1. 自動車を取り巻く環境と 課題

自動車関連事象の系譜

4/41



(図1)



(図2)

規制対象の排出ガス

- ・一酸化炭素(CO)
- ・炭化水素(HC)
- ・窒素酸化物(NOx)

日本の排出ガス規制

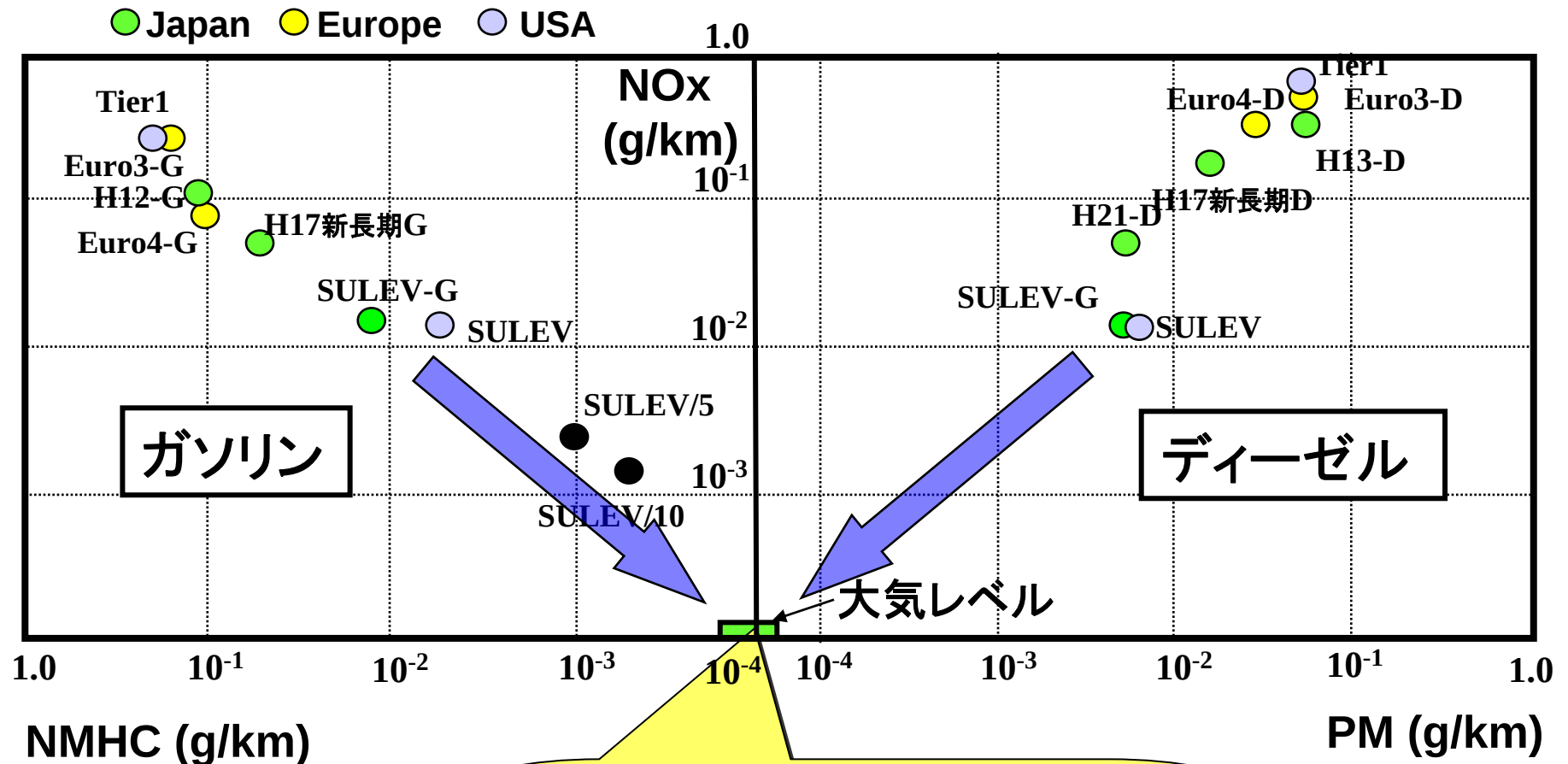
- ・昭和48年(1973)規制
- ・昭和50年(1975)規制
⇒ 本格規制
- ・昭和52年(1977)規制
- ・昭和53年(1978)規制
- ・平成12年(2000)規制

現在は規制前の
CO ⇒ 1.6%
HC ⇒ 1.3%
NOx ⇒ 2.6%
に浄化されている。

社団法人 自動車工業会「自工会の取り組み」より

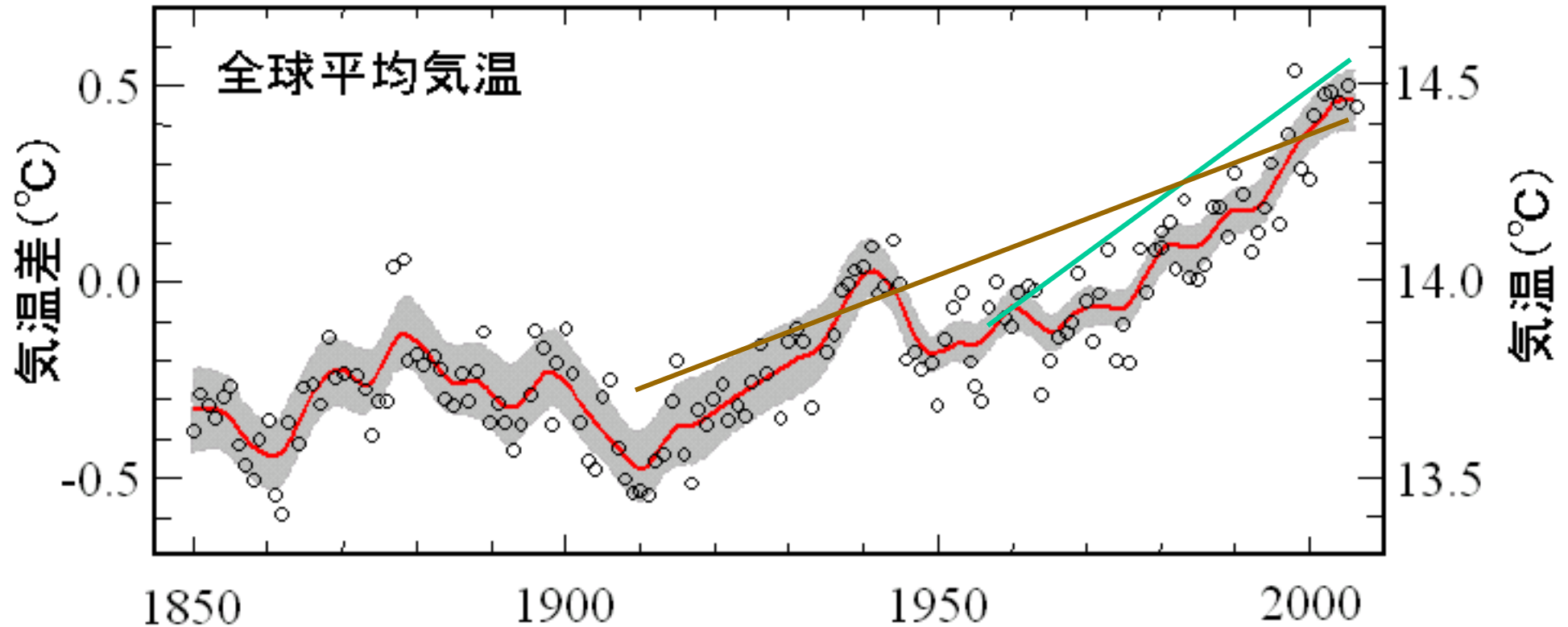


今後の自動車排出ガス規制



排出されるものは
水(H₂O)と二酸化炭素(CO₂)

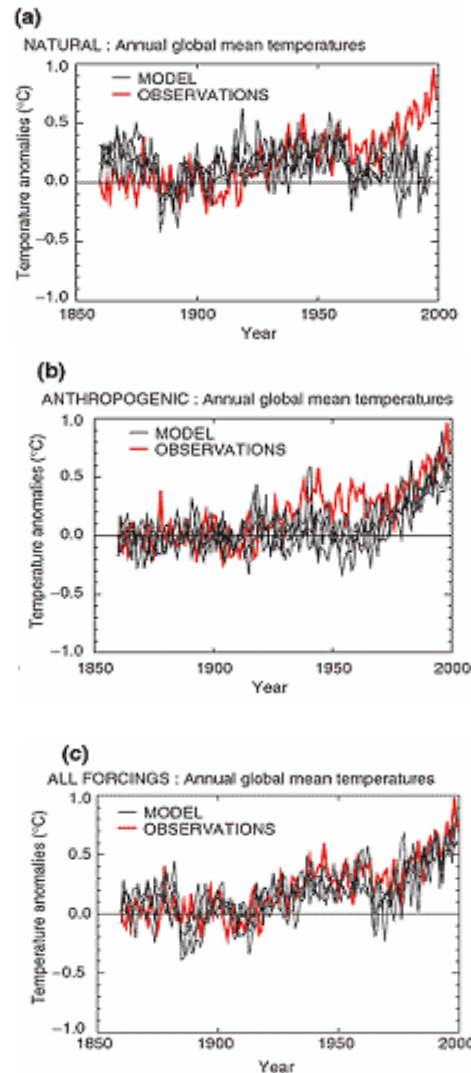
世界の平均気温の推移(1850-2006)



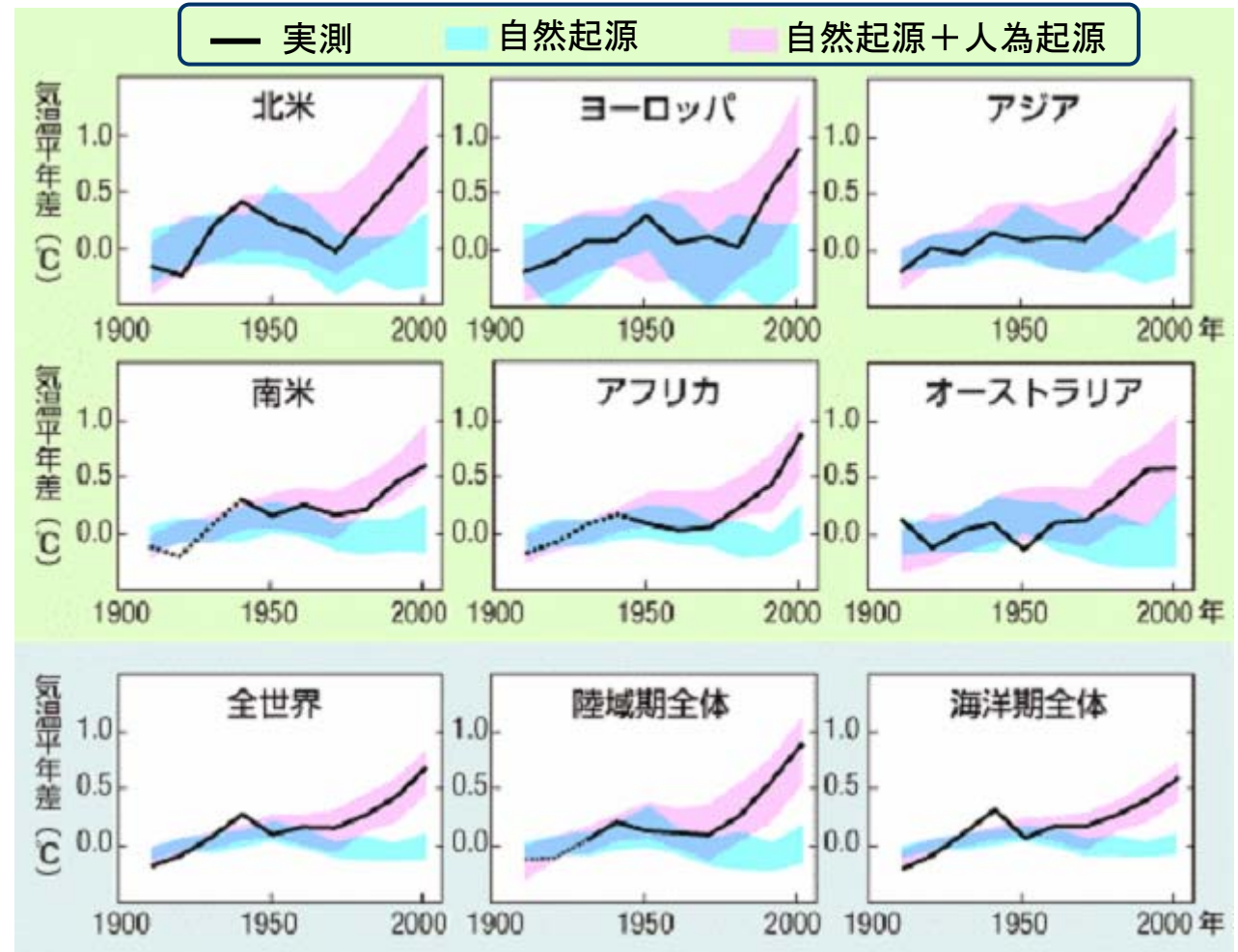
最近50年の平均気温上昇 : $0.128^{\circ}\text{C}/10\text{年}$
最近100年の平均気温上昇 : $0.074^{\circ}\text{C}/10\text{年}$

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)

第3次報告書

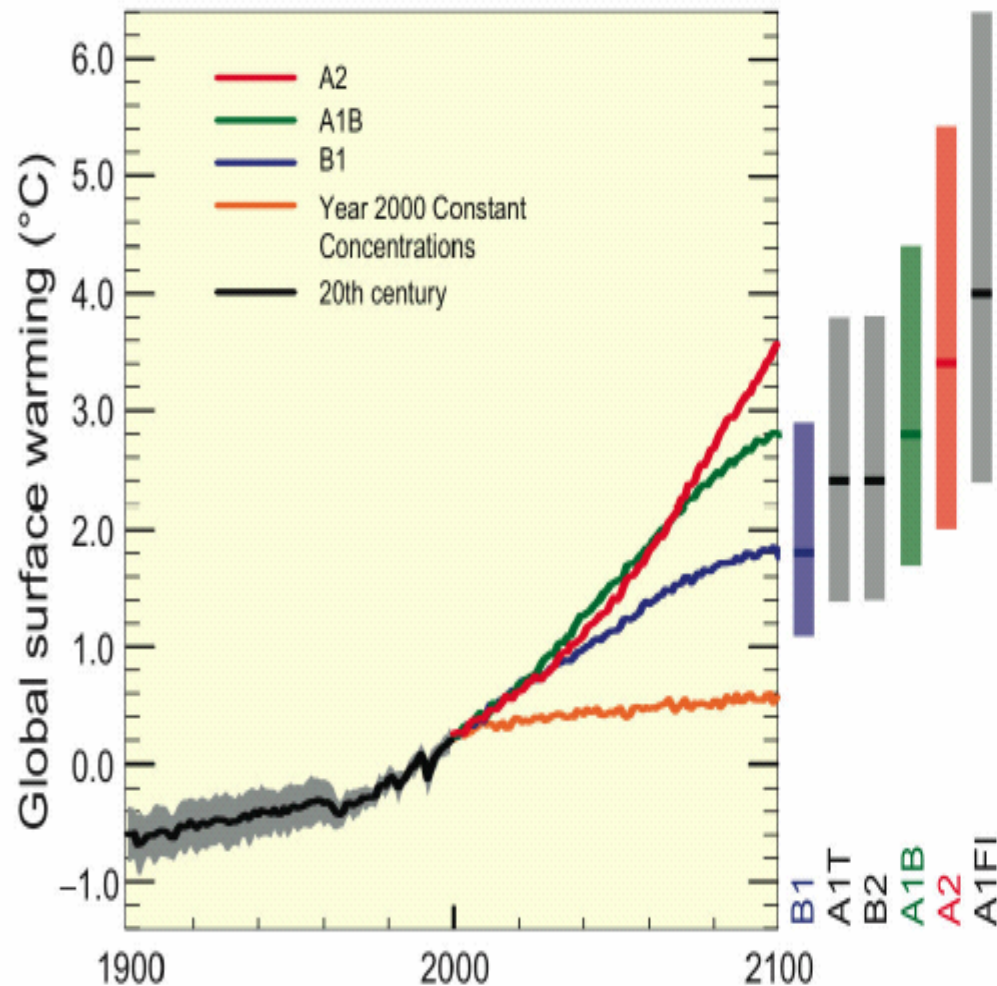


第4次報告書

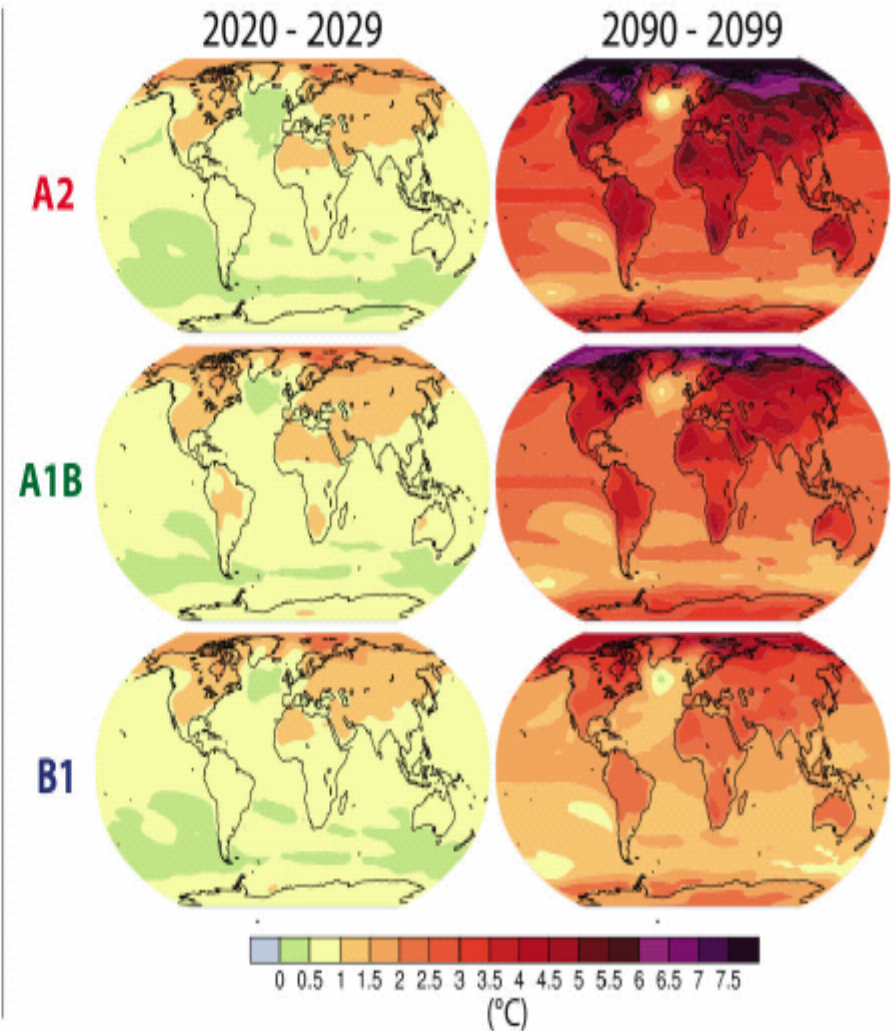


温暖化の原因は90%以上の確率で人為的

AOGCM projections of surface temperatures



IPCC第4次報告書WG1(2007)



世界中の氷河や氷床が、
専門家の予測を超える
スピードで解けたしている。

10/41

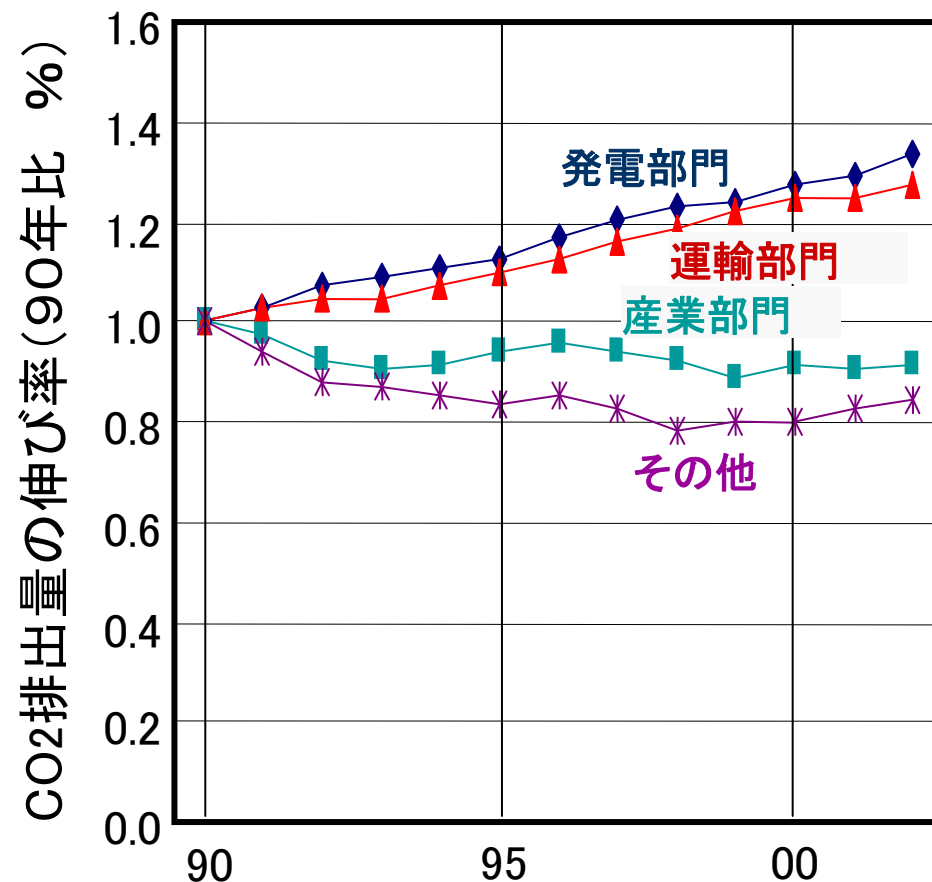
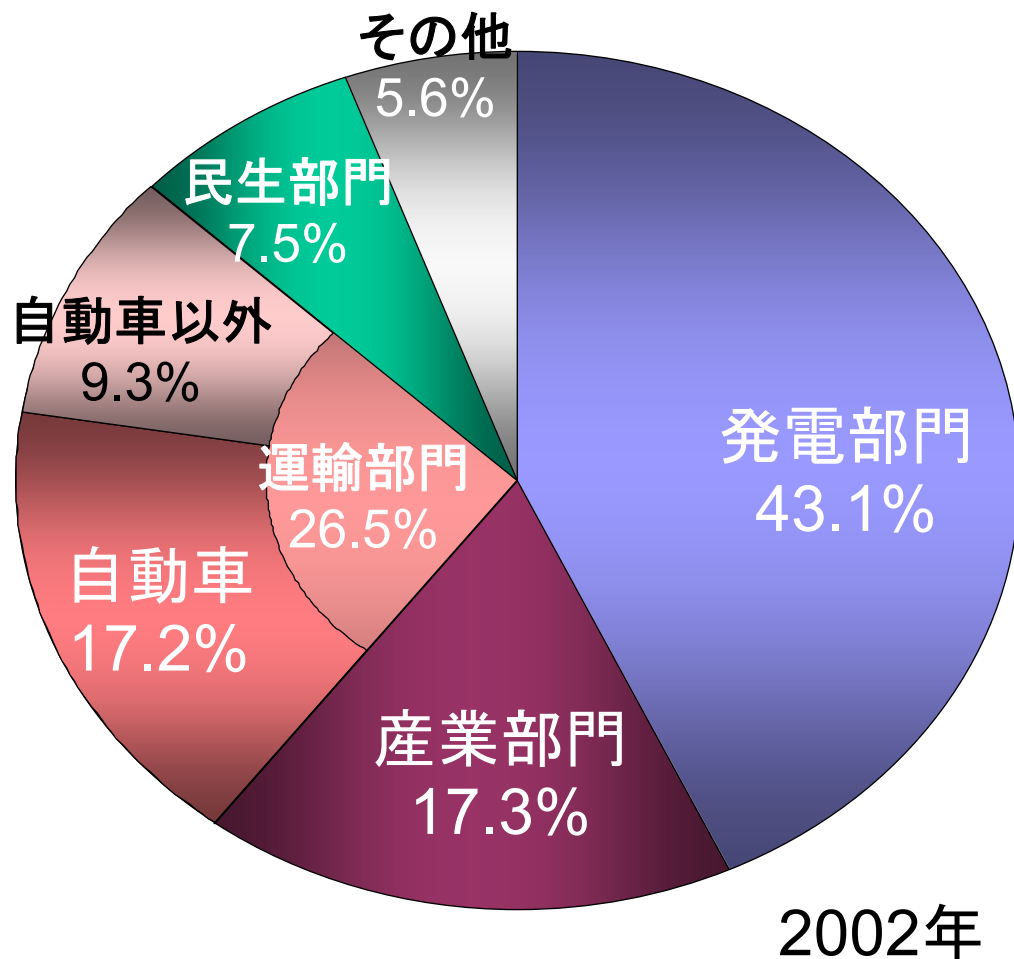
NATIONAL GEOGRAPHIC SPECIALより

干上がる湖(ユタ州パウエル湖)

化石燃料からのCO₂排出割合(部門別)

11/41

データ:IEA(国際エネルギー機関)2004

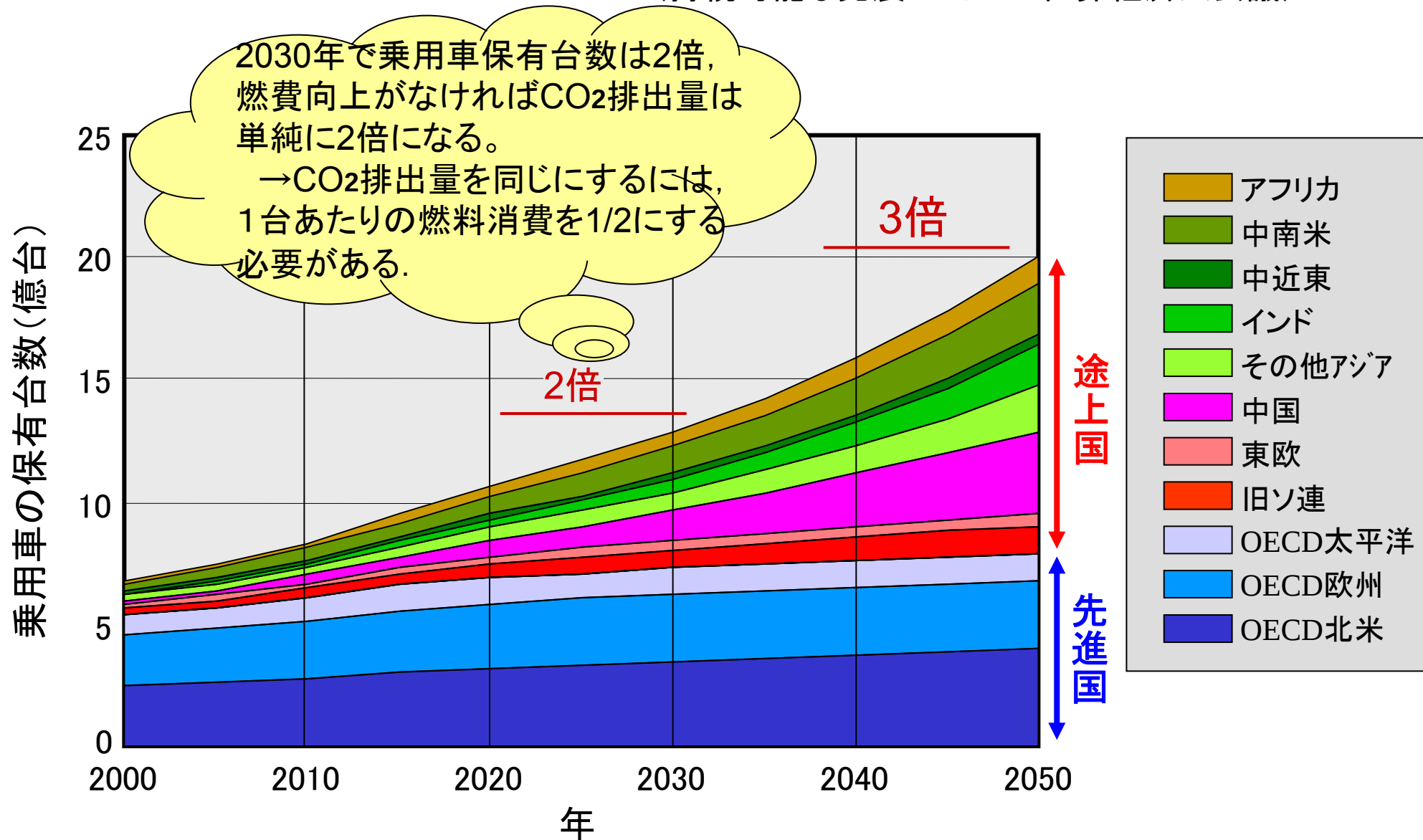


- ・運輸部門は全CO₂排出の約1/4を占めており、その2/3は自動車由来。
- ・その伸び率も最終消費部門の中では最も高く、対策は困難が予想される。

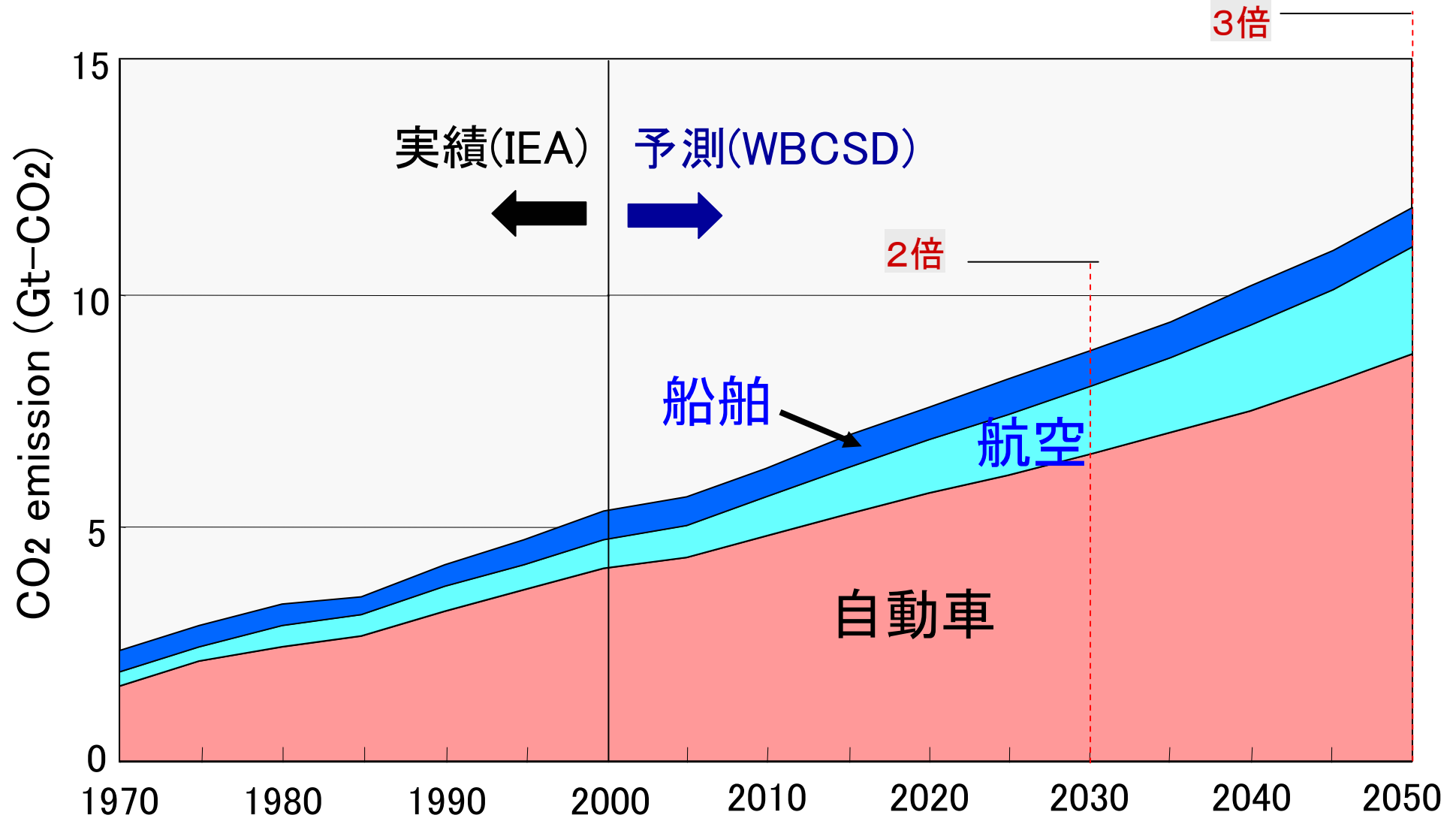
世界の乗用車保有台数の予測

12/41

WBCSD(持続可能な発展のための世界経済人会議)2004



IPCC第4次報告書WG3(2007)

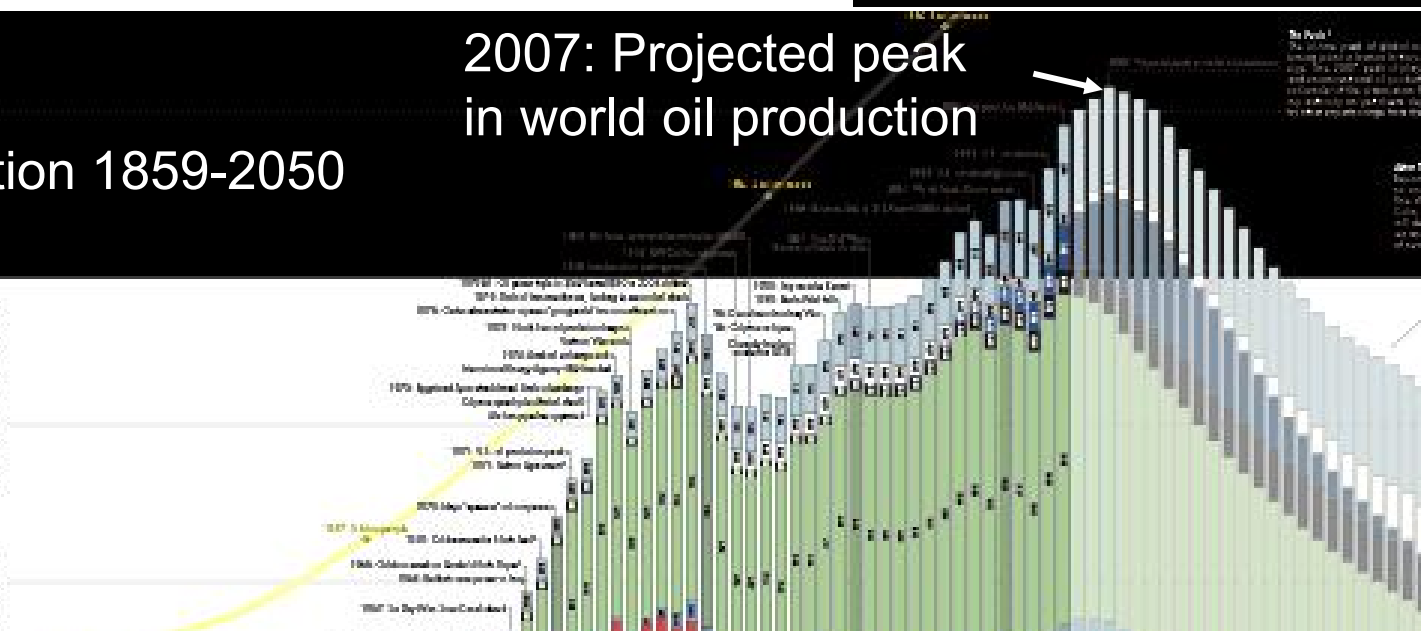


www.oilposter.org より

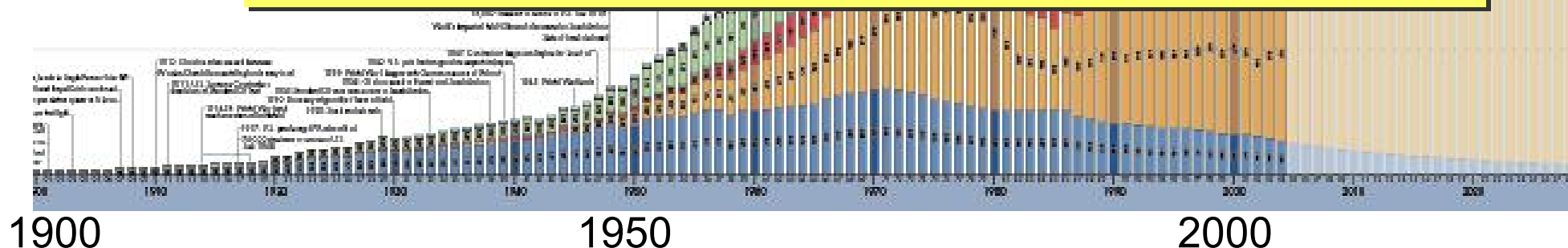
The Oil Age

World Oil Production 1859-2050

2007: Projected peak in world oil production

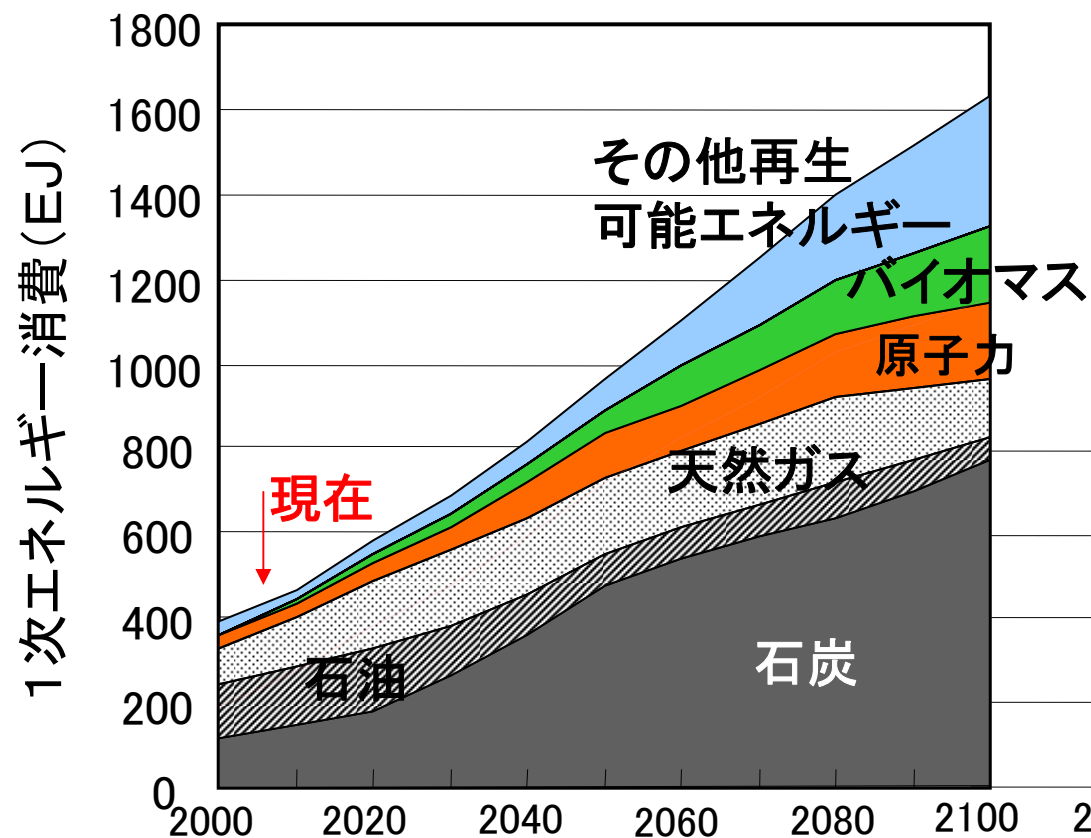


- ・従来型原油の生産はピークを迎え、石油価格高騰の時代になる
⇒ 石油以外の燃料投入も必要
- ・日本のエネルギー自給率は20% ⇒ 自給率の向上が必要



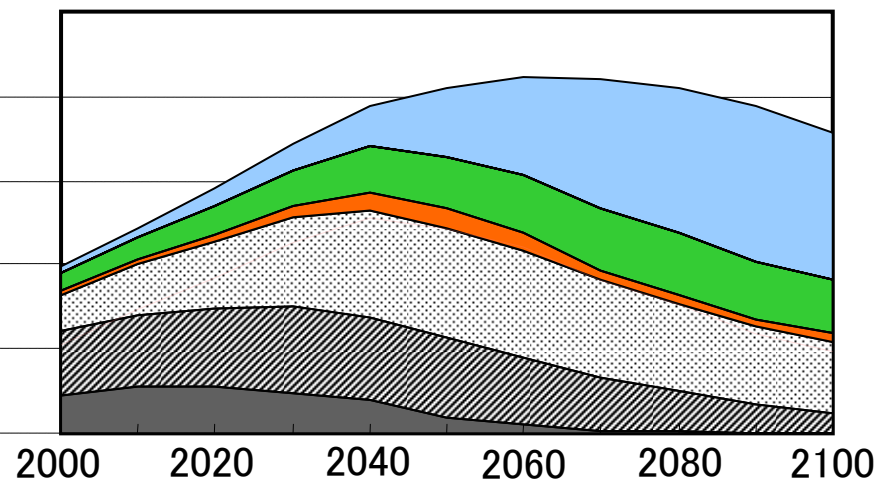
IPCC第3次報告書 (2001)

現状維持的シナリオ



環境対応シナリオ

- ・クリーンで省資源の技術が導入される.
- ・経済はサービス, 情報経済が伸びる.
- ・環境の保全と経済の発展を地球規模で両立する.



エネルギー展望には複数のシナリオが考えられるが, 化石エネルギー以外(原子力, バイオマス, その他再生可能エネルギー)の準備が必要.

交通流の改善

||

インフラ整備

- ・道路整備
- ・VICS
- ・ETC

最良燃費速度

一般道: 40km/h

高速道: 80km/h

運転方法の改善

- ・エコドライブ

燃費性能向上

- ・ハイブリッドシステム
- ・新型低燃費エンジン
- ・高効率トランスミッション
- ・空気抵抗、軽量化等
- ・アイドリングストップ機構

新駆動源

燃料電池

新燃料

水素

課題が多く
実用化までに
時間が必要

- ・エンジン改良
(熱効率改善, 摩擦低減)
- ・モータ併用
- ・蓄電デバイス改良
(高容量・高信頼性二次電池)



モーダルシフト

アイドリングストップ
燃費10%向上

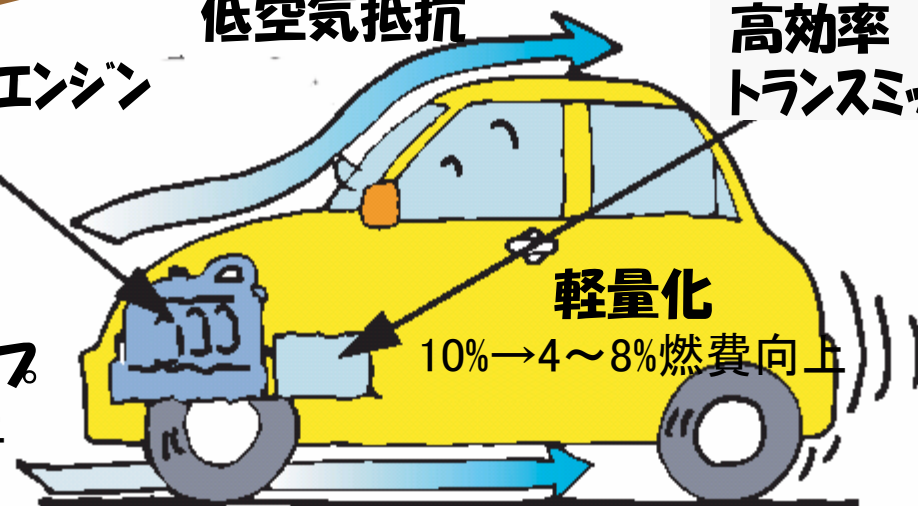
低燃費エンジン

低空気抵抗

高効率
トランスミッション

軽量化

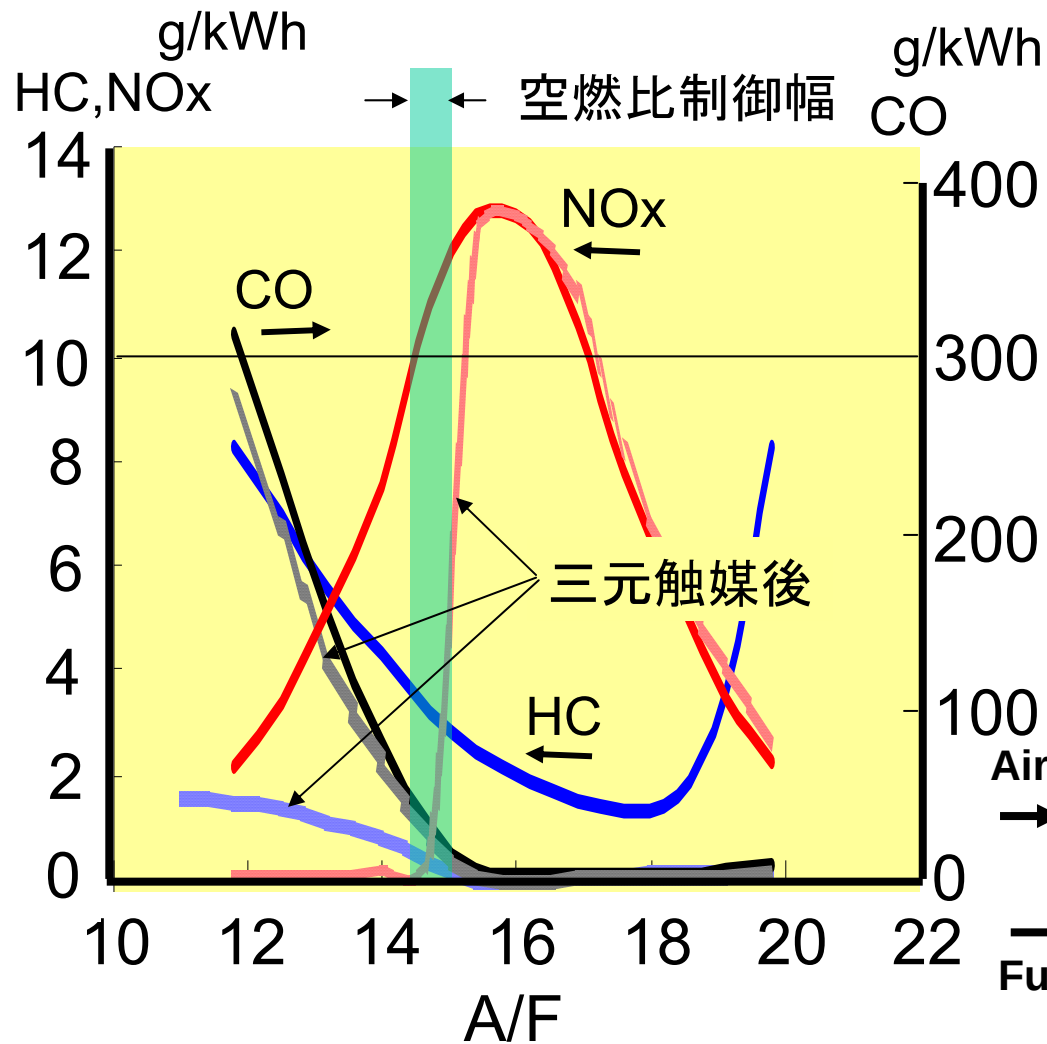
10%→4~8%燃費向上



2. SPring-8の活用事例

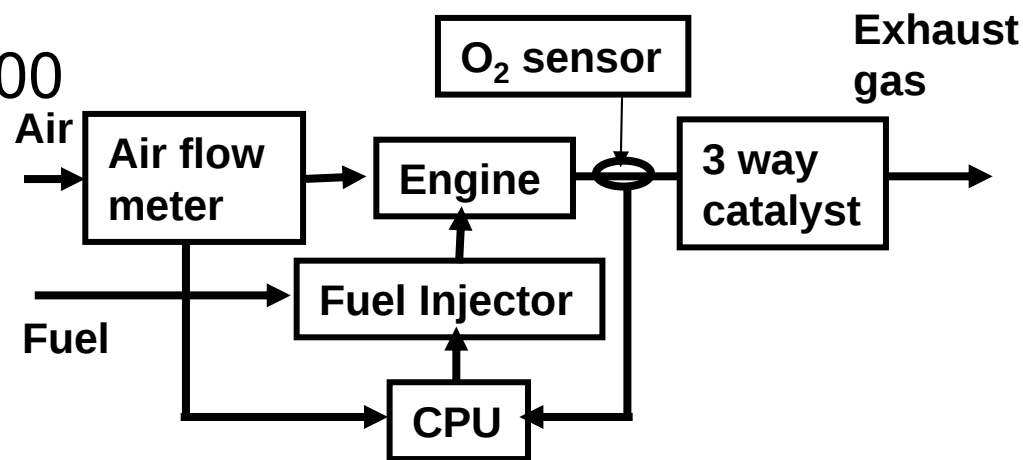
2.1 触媒解析

自動車用排気浄化触媒システム



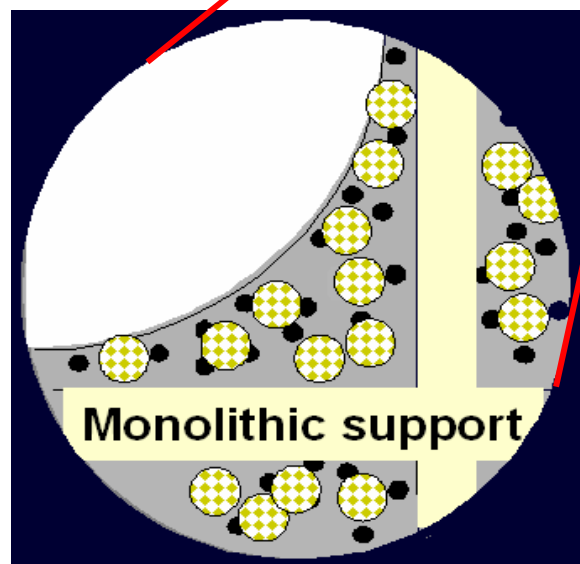
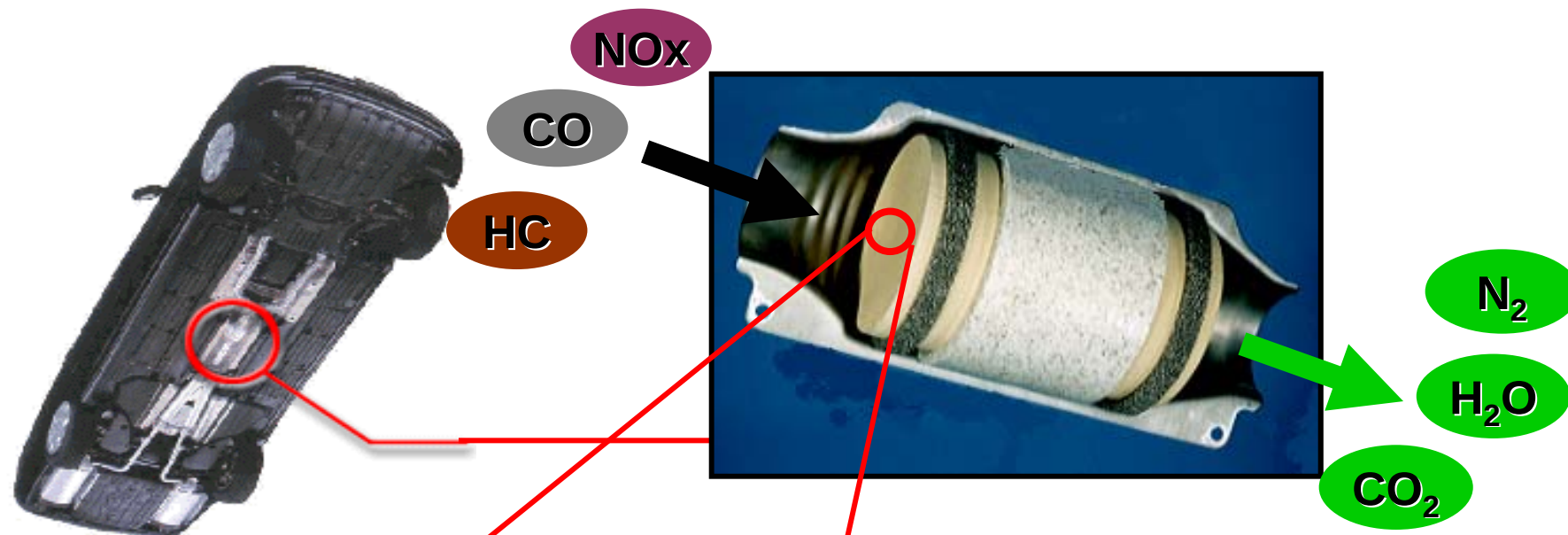
三元触媒と
電子制御式燃料噴射システム
によるフィードバックコントロール

エンジン燃焼室内の空燃比 (A/F) を
理論空燃比 (14.7) 近傍に制御して、
CO, HC, NOx を同時に高効率で低減。



SAE Paper No.730566(1973)の
データに基づき作成

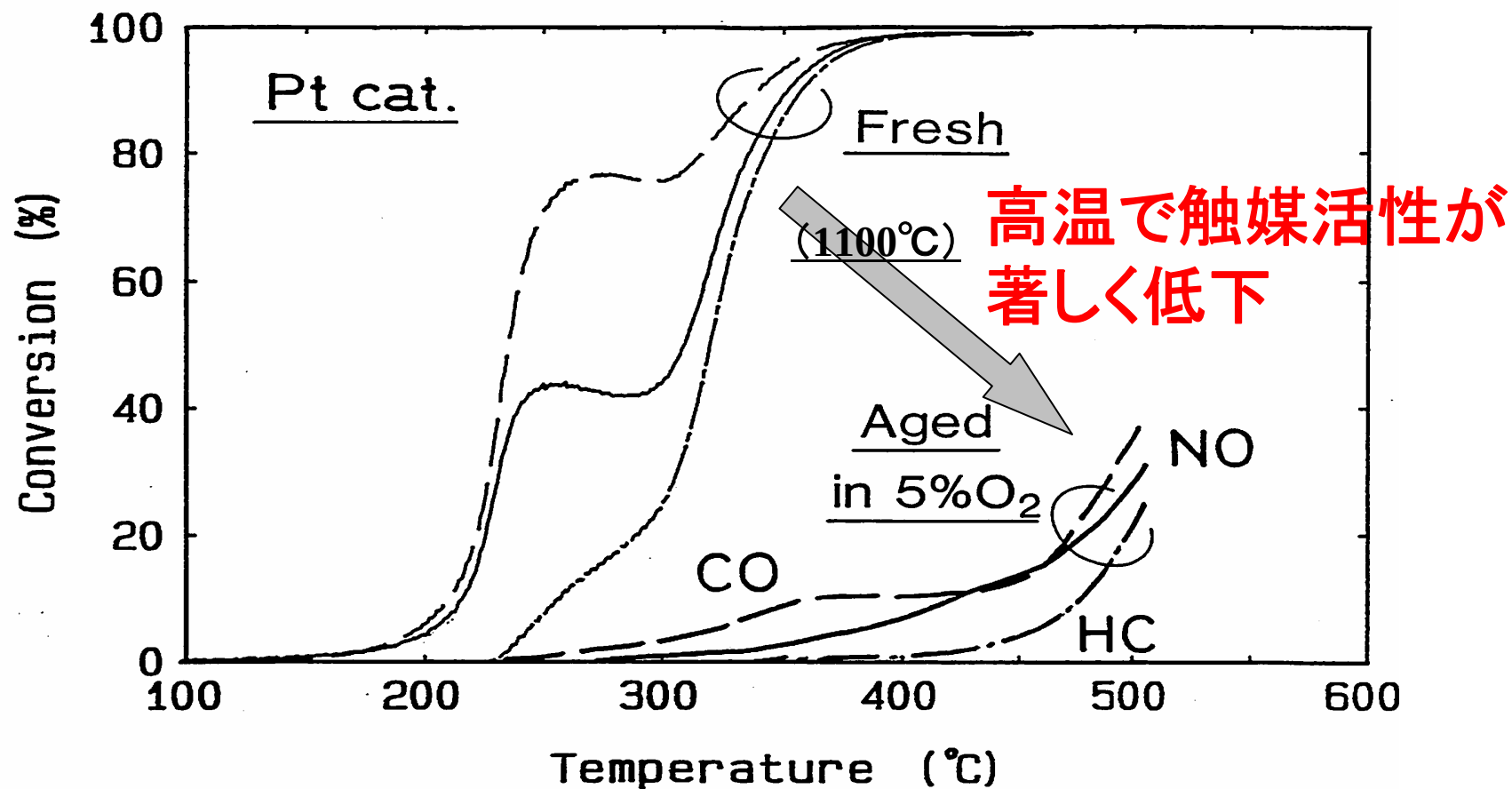
自動車用排気浄化触媒



- 貴金属 : **Pt, Rh, Pd**

-  添加材 : CeO_2 , etc

-  担体 : アルミナ, etc



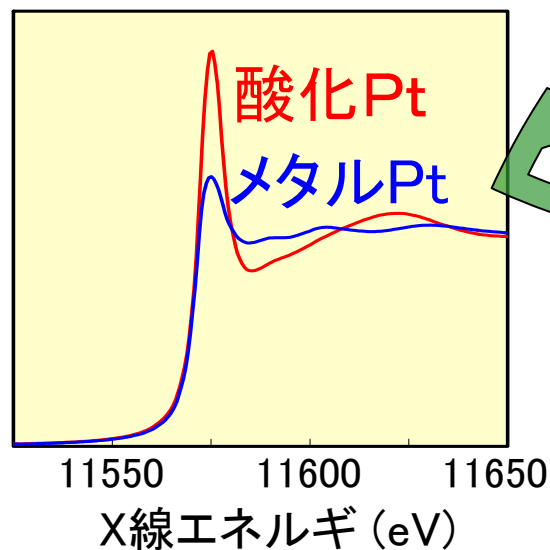
熱劣化で触媒活性の失活が顕著
⇒ 原因の追求と改良案提示

XANES:
X-ray Absorption
Near Edge
Structure

Pt-L3 XAFSスペクトル

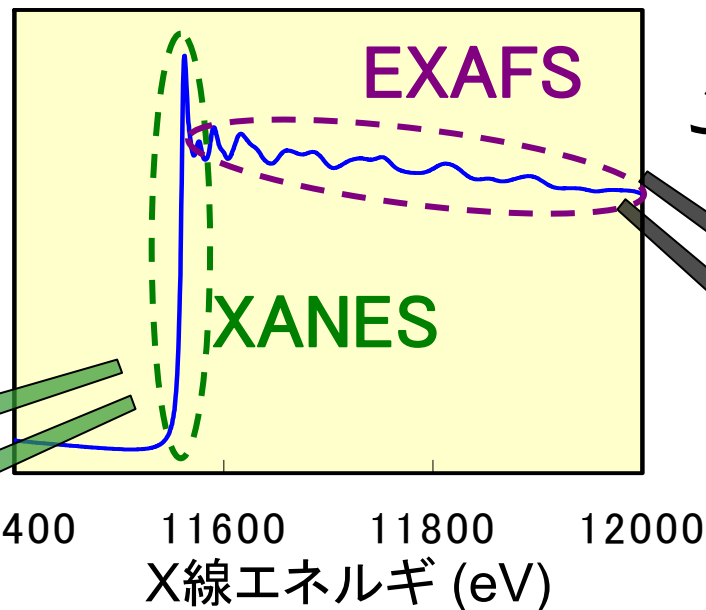
EXAFS:
Extended X-ray
Absorption Fine
Structure

X線吸収強度



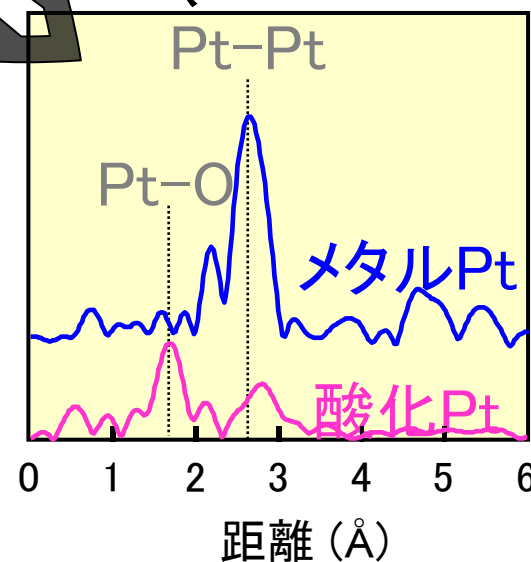
化学状態

X線吸収強度



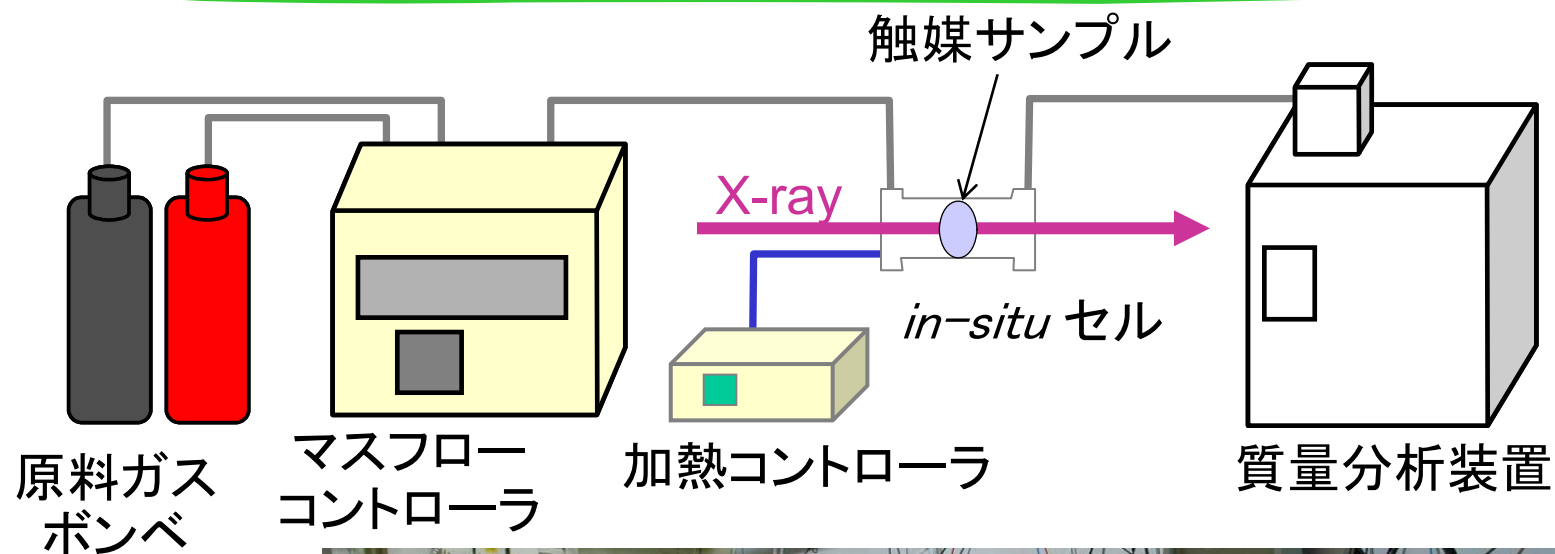
フーリエ変換

フーリエ振動強度



結合距離, 配位元素, 配位数

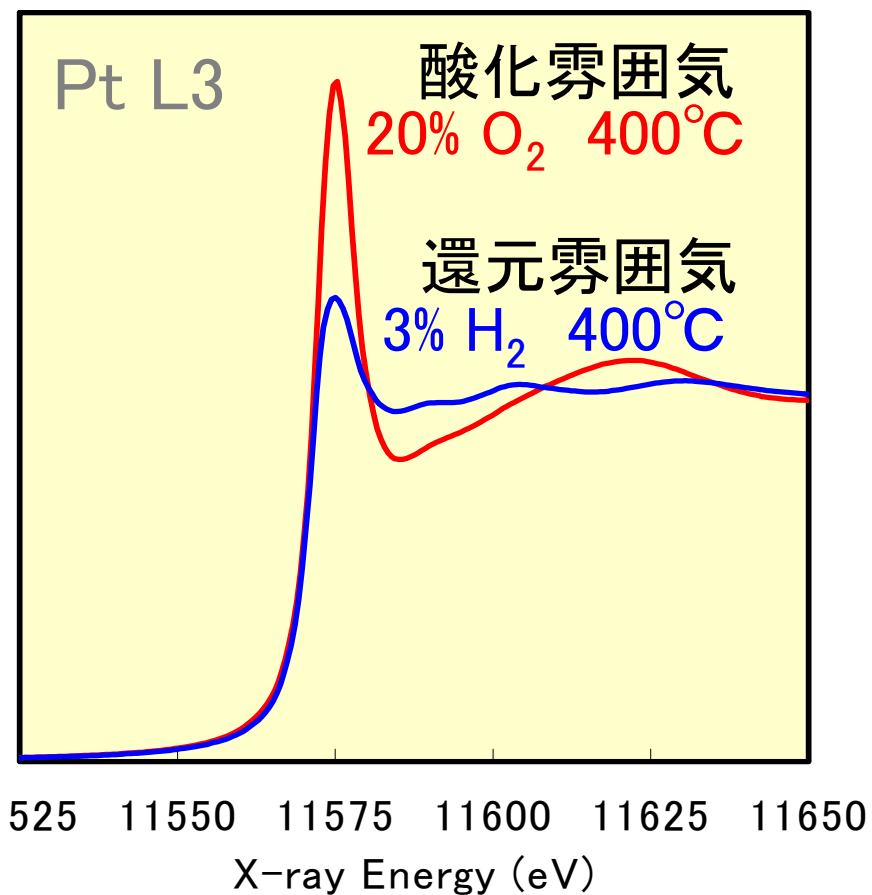
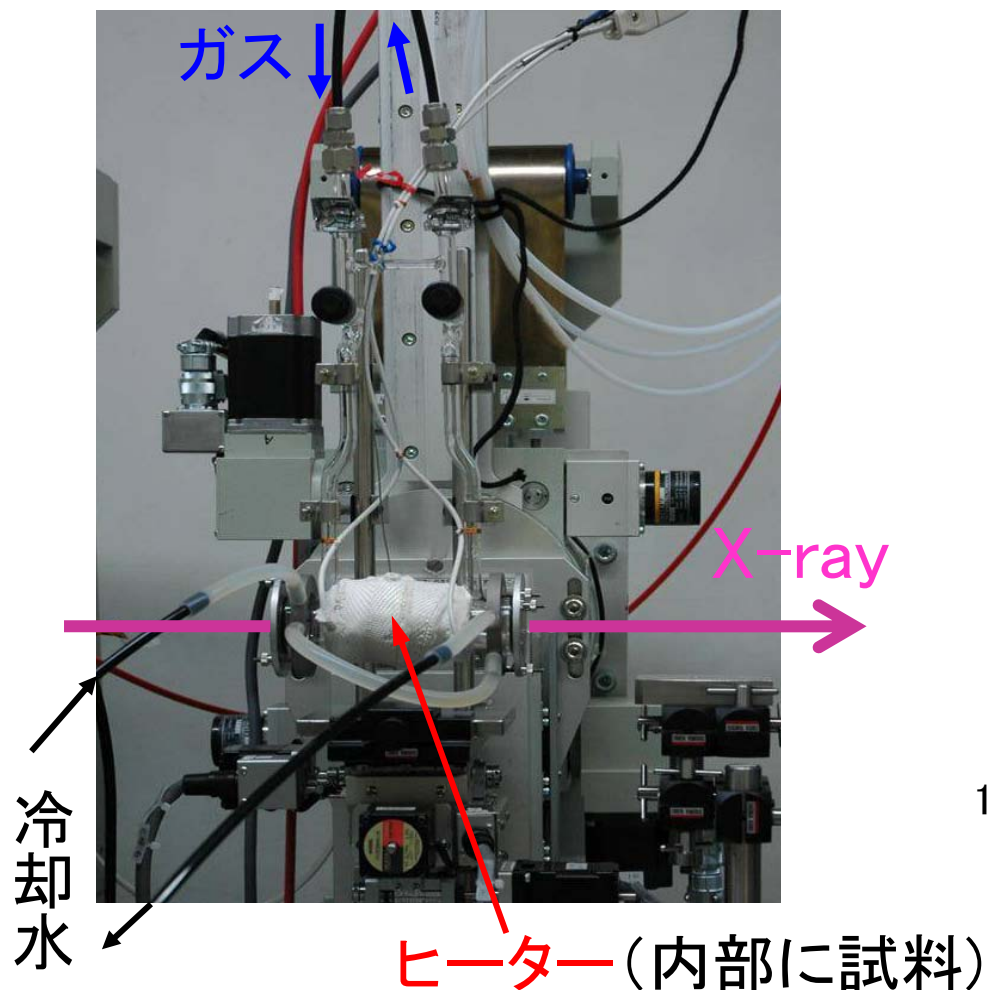




SPring-8
BL16B2

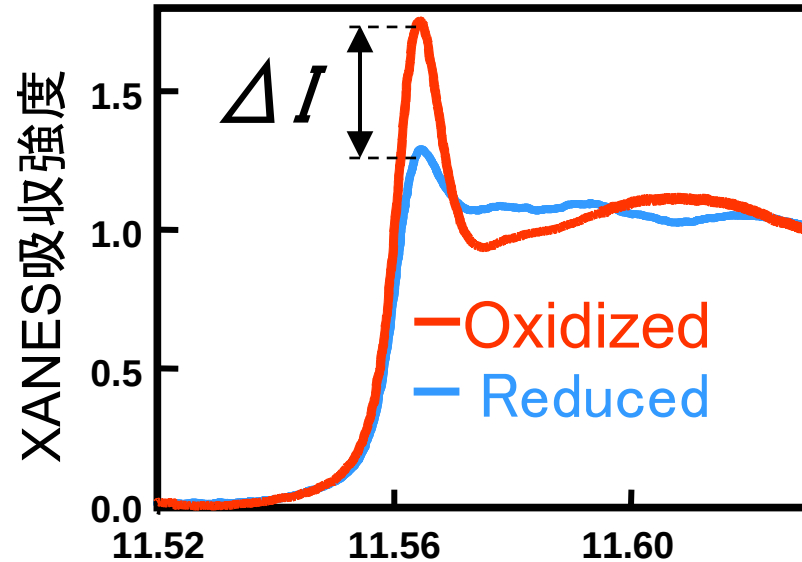


in-situ 測定用石英セル



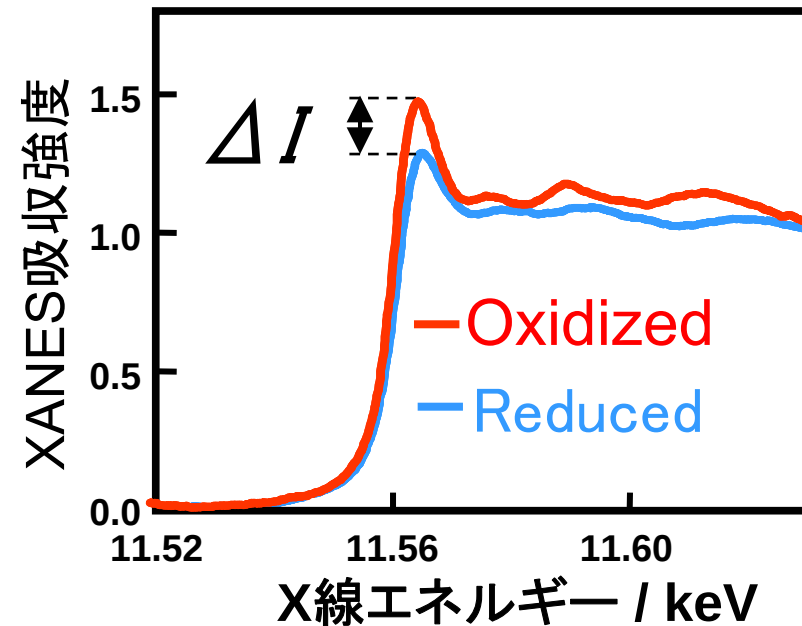
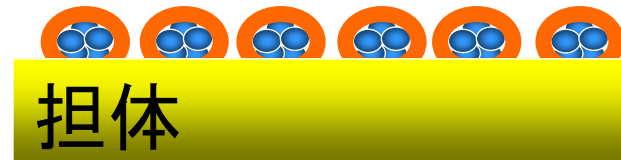
XANESによる白金粒径測定

26/41



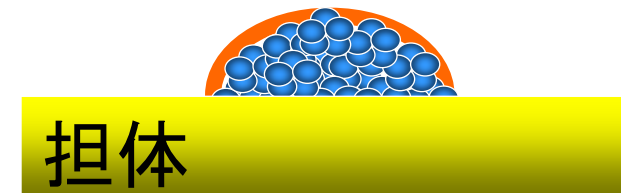
小さいPt粒子 $\Rightarrow$ *Large* ΔI

— Surface Pt oxide
Oxidized ● Pt metal

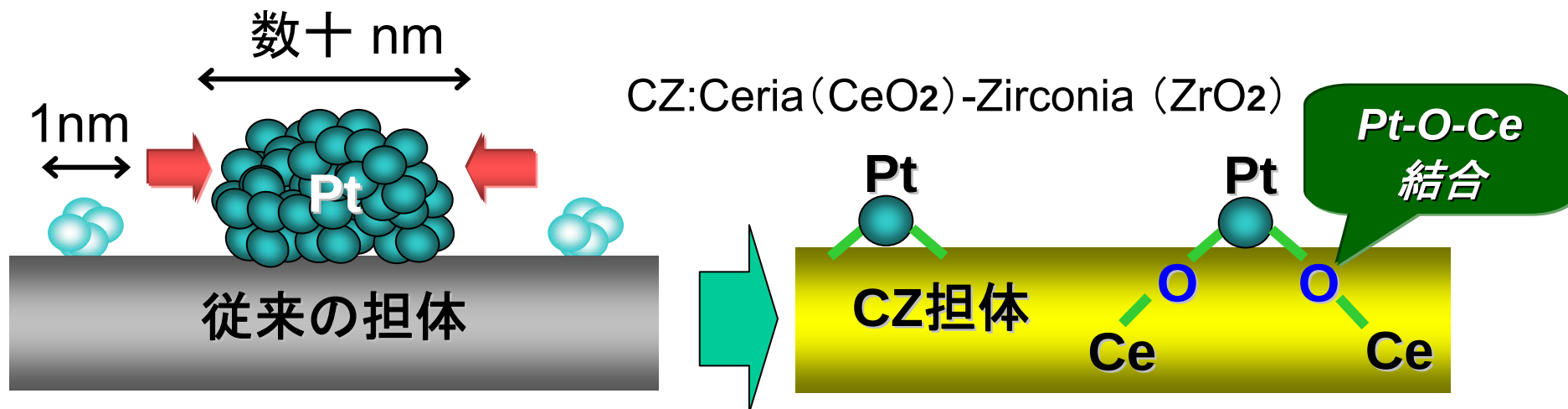


大きい Pt粒子 $\Rightarrow$ *Small* ΔI

— Surface Pt oxide
Oxidized ● Pt metal



CZ担体上のPt周りの構造をSPring-8にてXAFS測定を行い、白金粒成長抑制メカニズムを原子・分子レベルで解明。

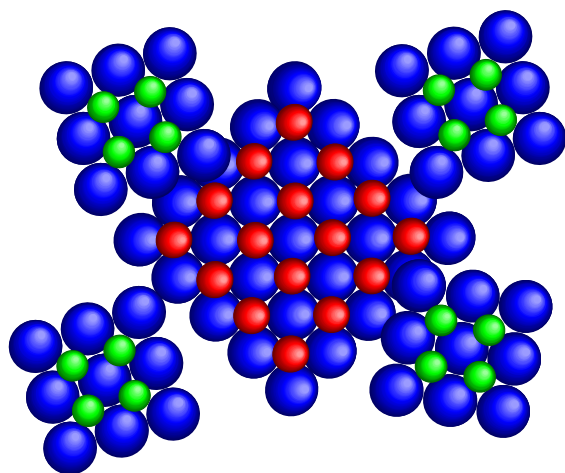


初期のPt粒子径は1nmで非常に小さいが、高温にさらされると数十nmまで凝集し、浄化性能が低下。

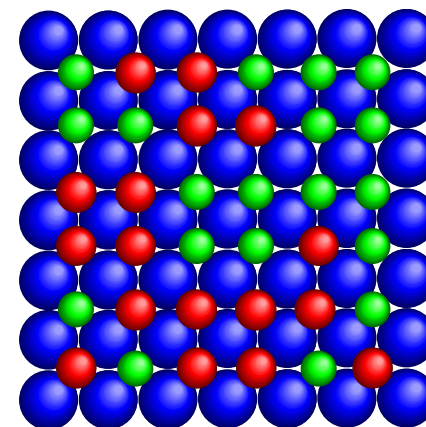
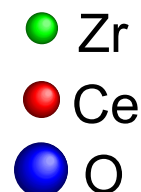
高温の排気にさらされた時には、Pt-担体相互作用により、Pt-O-Ce結合を形成し、この結合のアンカー効果により凝集を防ぐ。

触媒反応時はPt-O-Ce結合が切れ、触媒活性の高い非常に微細なPt金属粒子となり、性能を長時間持続。

触媒貴金属の活性を最大化するために、酸素濃度を調整する高性能なCZ担体(大容量酸素貯蔵CZ担体)を開発し、SPring-8の高エネルギーX線を用いたXAFS測定により、向上メカニズムを解明。(京都大学との共同研究)



基準品CZ



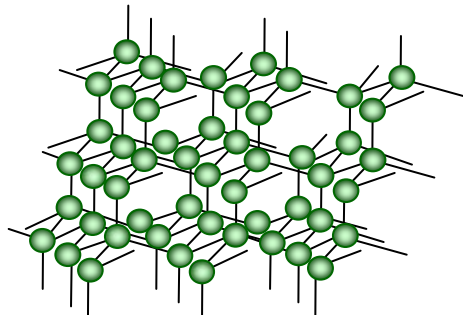
大容量酸素貯蔵CZ担体
(酸素調整能力は基準品の5倍)

XAFSによる構造解析(イメージ図)

CZの原子レベルにおける均一性が、酸素貯蔵・放出性能に著しい影響を及ぼす。

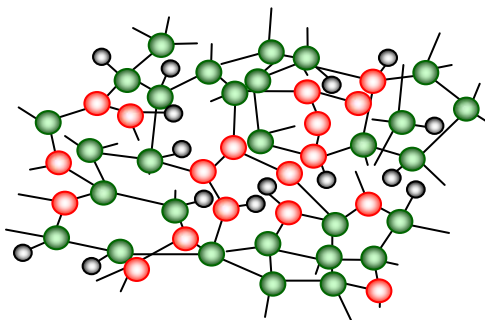
2.2 DLC-Si膜解析

ダイヤモンド



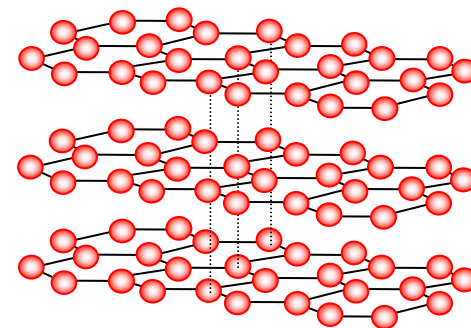
Csp^3

DLC



$\text{Csp}^2, \text{Csp}^3, \text{H}$

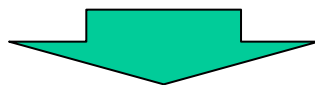
グラファイト



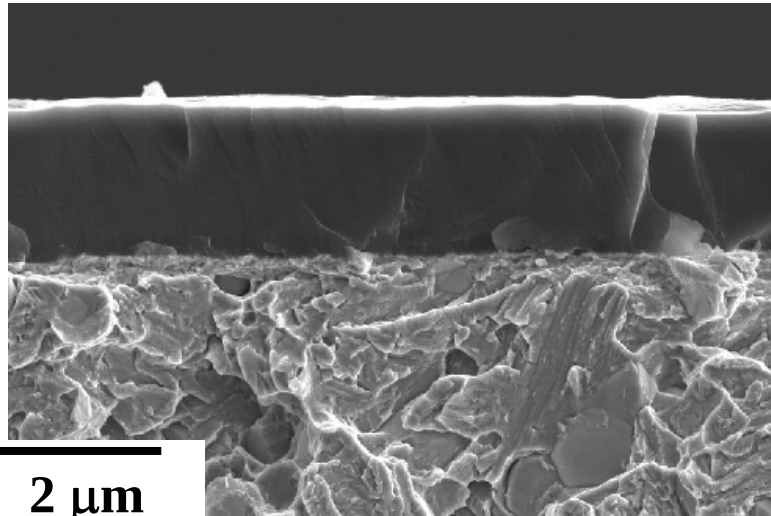
Csp^2

DLC (Diamond-Like Carbon)

主に Csp^2 , Csp^3 , Hからなる共有結合性の非晶質炭素薄膜
ダイヤモンドの耐摩耗性とグラファイトの潤滑性を兼備



摺動部材表面の対摩耗性向上や摩擦低減に応用



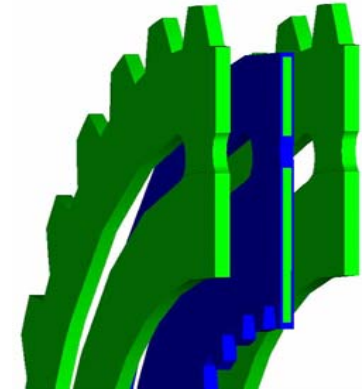
特 長

- ・製法：直流プラズマCVD
→低コスト（自公転不要）
- ・低摩擦係数（0.05）、高耐摩耗
- ・高密着力（スクラッチ：60N）

実用化アプリケーション



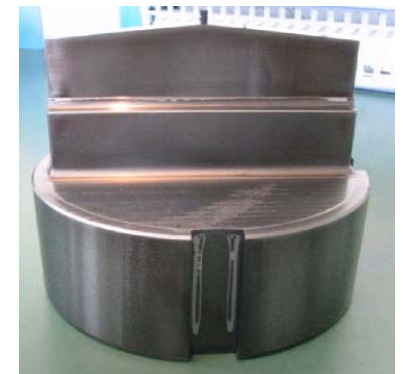
4WD用電磁クラッチ部品



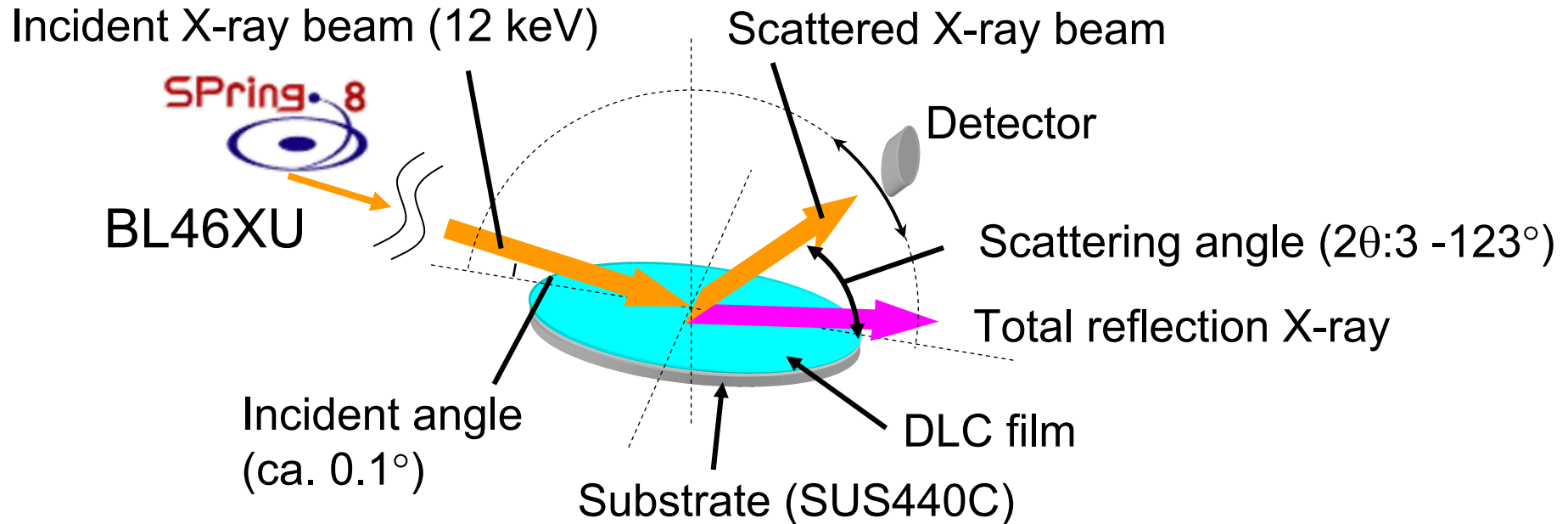
粉末成形型



打ち抜き工具



*Grazing Incidence X-ray Scattering



・基材に堆積した膜のみのX線散乱スペクトルが得られる

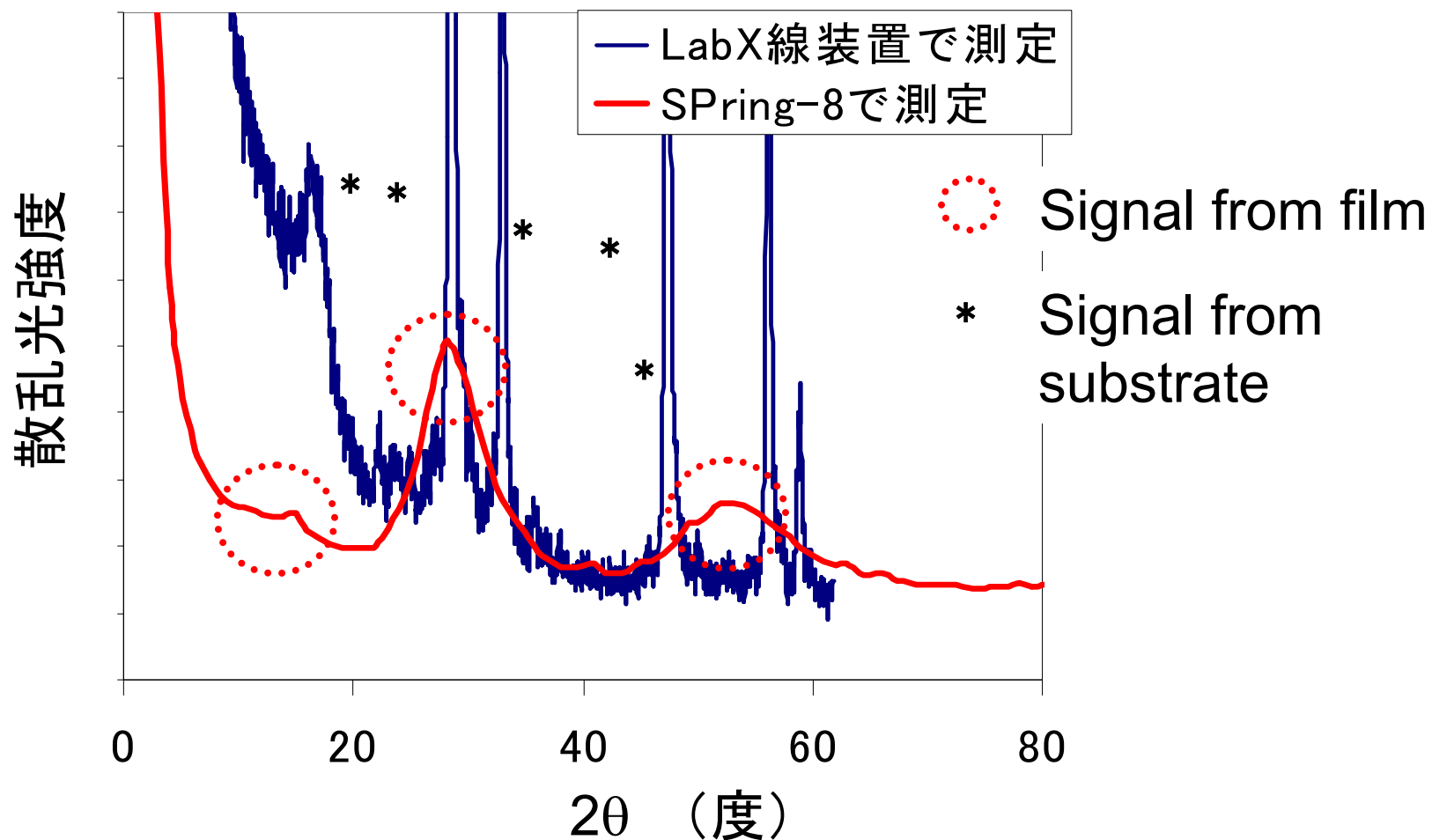
強力かつ平行性の高い放射X線を基材に対して微小角(約 0.1°)で入射
→全反射することにより, 基板からのバックグランドノイズを低減

・広範囲の動径分布関数を得られる

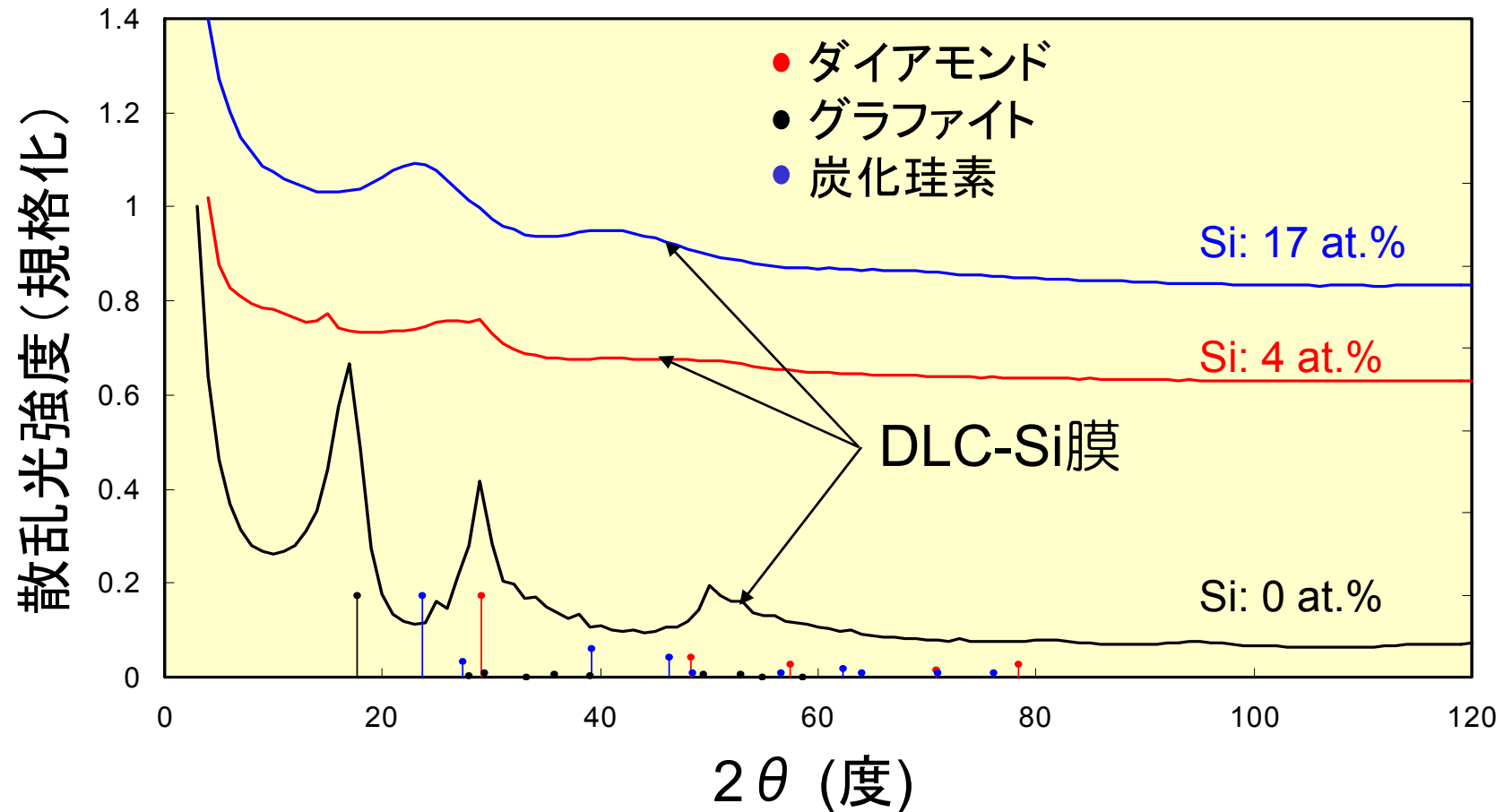
散乱スペクトルから振動成分を抽出し, フーリエ変換

DLCの散乱スペクトルの比較

33/41

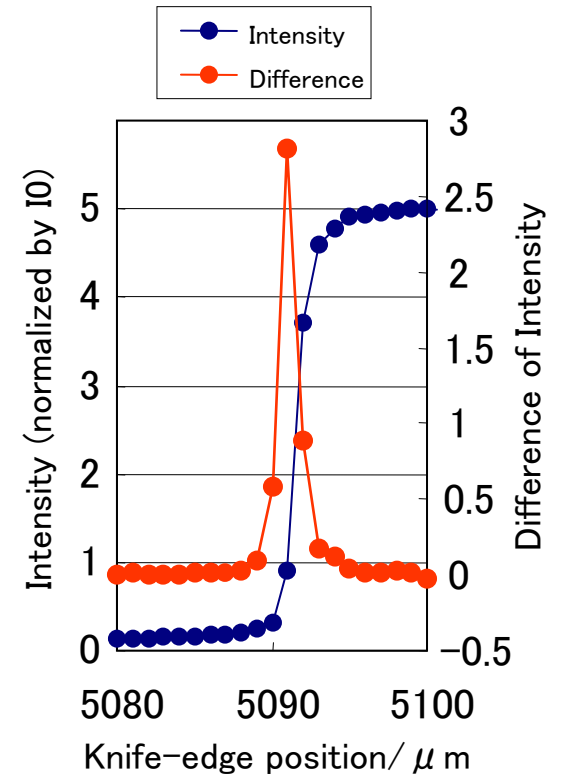
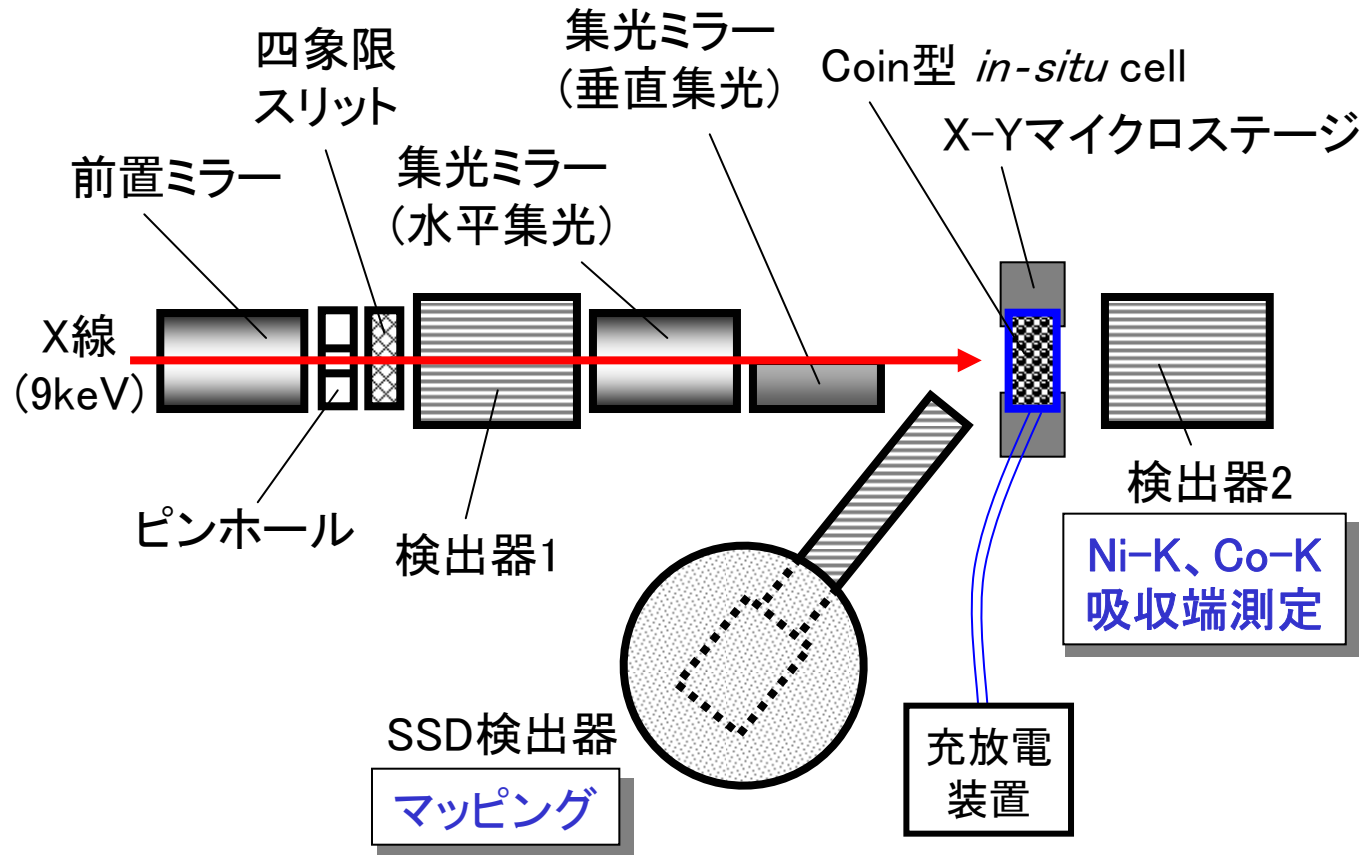


放射光は膜のみのスペクトルが得られる



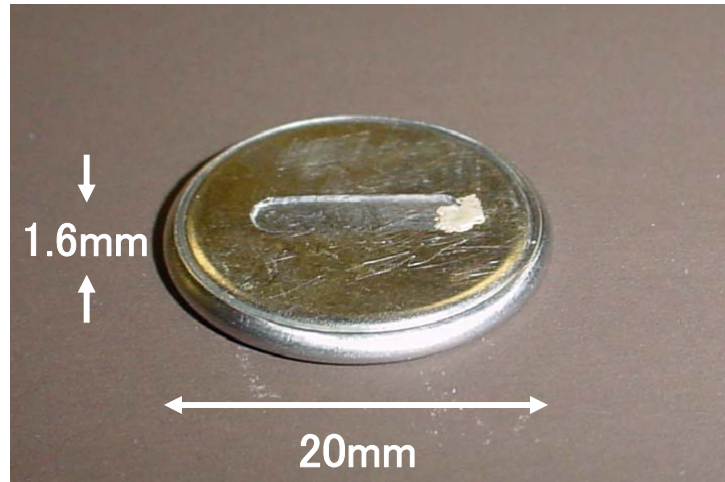
Si量により構造が異なる $\Rightarrow$ Si量の制御により所望の特性を得る

2.3 二次電池解析



X線ビーム径
【約1.5 μm 】

SPring-8 BL16XU

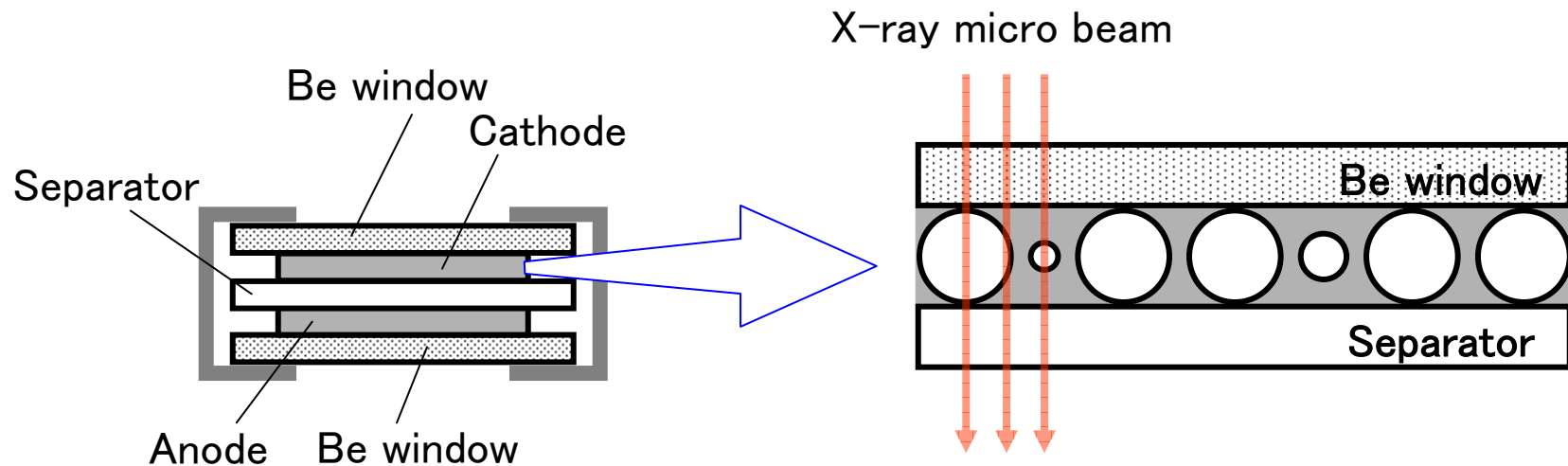


【*in-situ* cell : 2016type coin cell】

Cathode : $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ /acetylen black/PVdF
(80/10/10wt%)

Anode : Li metal

Electrolyte : 1M LiPF_6 /EC+DEC

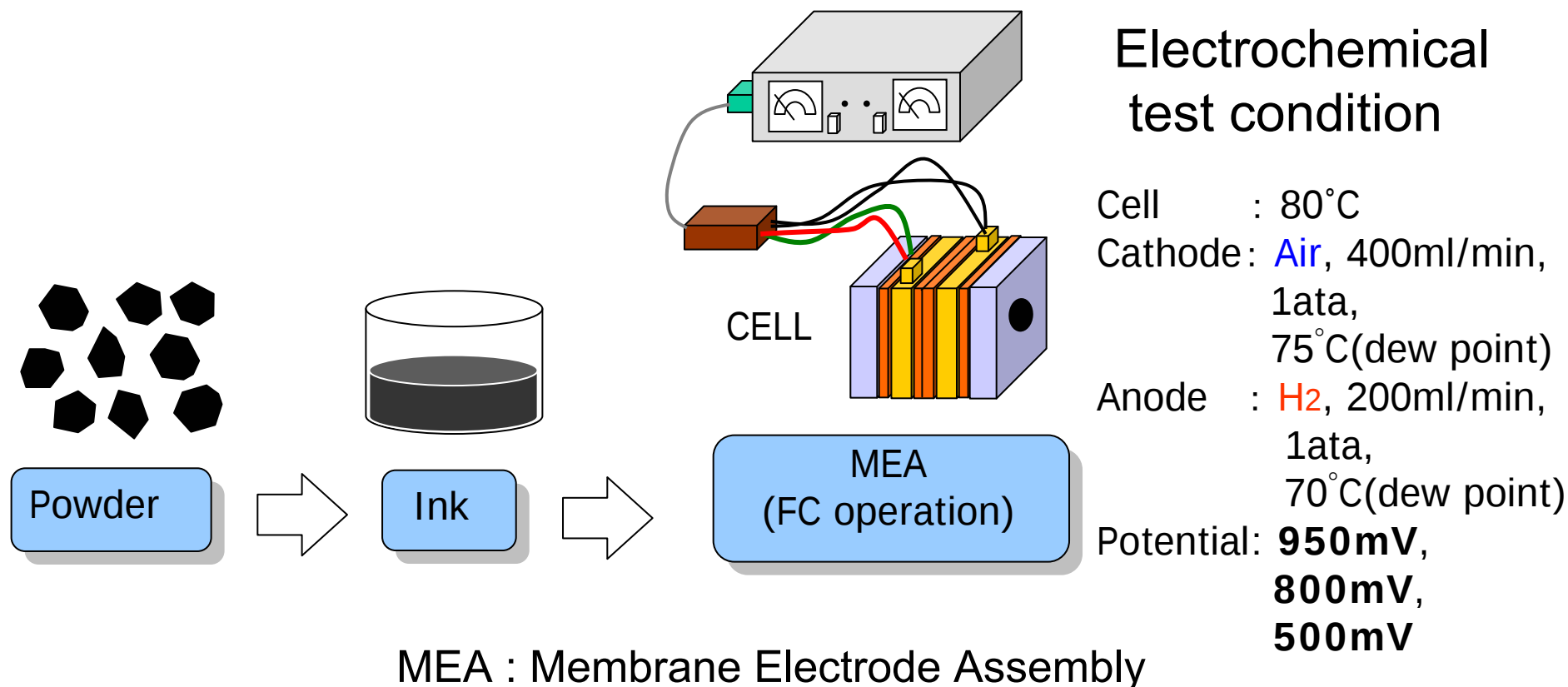


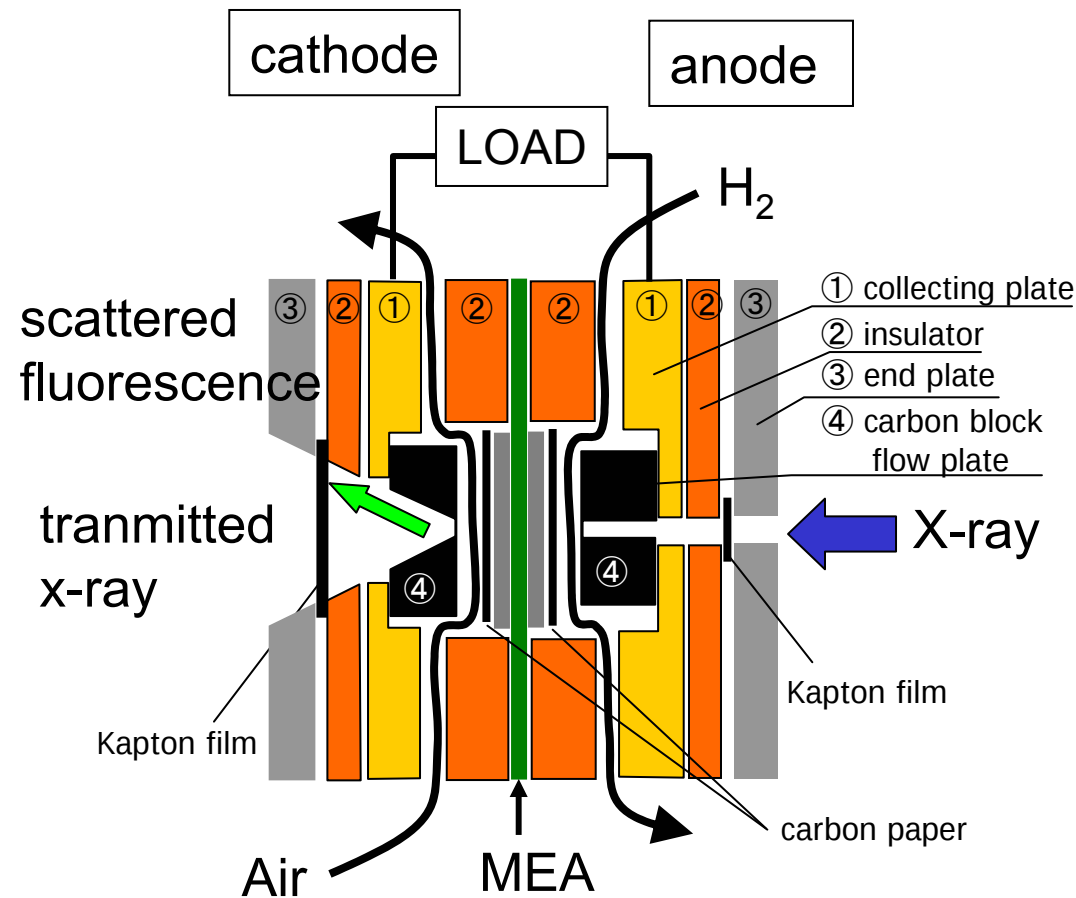
充放電に伴う電池内部の構造，電子状態を解析
⇒ 電池劣化の原因を探り，寿命向上を図る

2.4 燃料電池解析

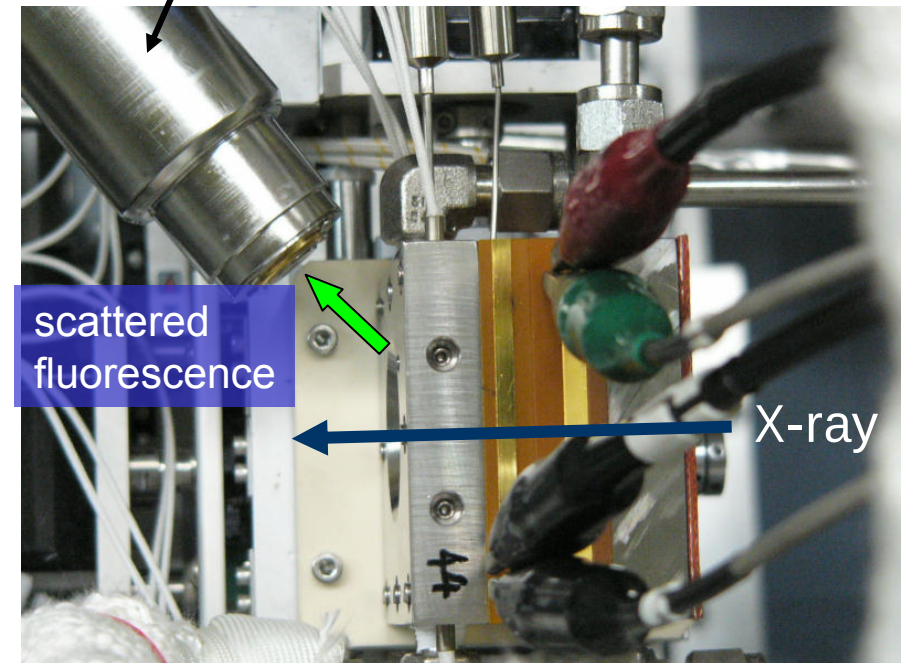
“Fluorescence method”によるMEAの特性評価

Co K-edge XAFS (SPring-8, BL16B2) を使用





Fluorescence Detector



作動状態での電極膜内部の元素の状態を解析
⇒ 新規材料の挙動を探り, 白金量の低減や寿命向上を図る

学生時代の恩師の研究進展への感慨

「ある時には酒はなく、ある時には盃はなし」

今こそ

「潮もかなひぬ今は漕ぎ出でな」

SPring-8活用 次の10年に
実り多かれ