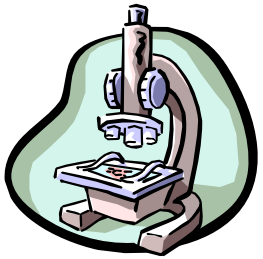


東京工業大学総合理工学科
「エネルギー･環境材料」2006年10月16日

# 「なぜ構造材料研究が必要か？」
# ーエネルギー・環境・資源問題と材料ー

(独)物質･材料研究機構
新構造材料センター
津﨑　兼彰

# 概要

日本で一年間に作られる様々な材料の総重量は約2億トンです。このうちの約50%が鉄で一番多い。次が35%のコンクリート。現代社会は大量の鉄で支えられていることがわかります。この基幹構造材料としての鉄の重要性は将来もかわりません。しかし、大量に使われる鉄つくりでは、大量のエネルギーを消費しますし二酸化炭素も発生します。これらを削減する新しい鉄つくり技術を生み出さなければ、持続的社会の実現は不可能です。つまり新しい鉄作り技術は将来社会の死活問題であって、鉄つくり先進国の日本が責任をもって取り組まなければならない課題です。

ここでは構造金属材料、特に「鉄」をとおして、環境・エネルギー・資源課題と材料のあり方を考えます。

日本経済新聞　2006年（平成18年）8月24日（木曜日）
©日本経済新聞社 2006
（日刊）

# 新日鉄、ミタルと提携強化

## 車用鋼板、米に新工場

## 世界再編に備え

### 2008年メド

新日本製鉄は鉄鋼世界最大手のミタル・スチール（オランダ）との提携を拡大する方針を固めた。約三百億円を投じて、米合弁会社で自動車用鋼板の新工場を建設、二〇〇八年をメドに稼働させる。鉄鋼の世界再編が進む中、アルセロール（ルクセンブルク）を買収したミタルとの関係を深め、成長が見込める自動車鋼板事業を強化しながら再編加速に備える。（関連記事13面に）

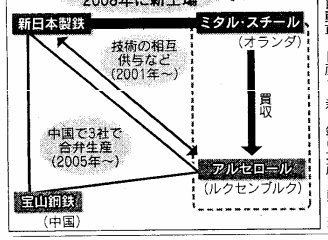
合弁会社は両社が折半出資する「INコート」（インディアナ州）。一九八九年に新日鉄と米インランド・スチール社とで設立、九八年にはミタルがインランドを買収していた。現在は自動車用鋼板を年間五十万トン生産し、トヨタ自動車、日産自動車やホンダなどに販売している。新工場はINコートが敷地内に現在と同規模で建設し生産を倍増する。両社の首脳は二月に提携継続で合意済みで、九月中にも合弁増強の具体的な協議に入る。

新日鉄は増産に動く米国内の日系自動車メーカーから供給を増やすよう要請を受けており、ミタルとの間で能力増強の協議を続けていた。

しかしミタルが今年一月、アルセロールにTOB（株式公開買い付け）を表明。当初はアルセロールがミタルによる買収に抵抗する姿勢を示すなどが進むなか、事業提携先は大手にならざるを得なくなったことから、北米事業拡大も宙に浮いていた。

八月にミタルによるアルセロールの買収が成立したのを受け、新日鉄は北米ではミタルとの提携関係強化で、自社の収益と企業価値を向上させることができると判断した。鉄鋼業界の世界再編が進むなか、事業提携先は大手にならざるを得な

**自動車用鋼板を巡る新日本製鉄と世界の鉄鋼大手の主な関係**




日本経済新聞
8月24日
木曜日
発行所　日本経済新聞社
東京本社 〒100-8066 ☎(03)3270-0251
東京都千代田区大手町1-9-5
大阪本社 〒540-8588 ☎(06)6943-7111
大阪市中央区大手前1-1-1
名古屋支社 〒460-8366 ☎(052)243-3311
名古屋市中区栄4-16-33
西部支社 〒812-8666 ☎(092)473-3300
福岡市博多区博多駅東2-16-1
札幌支社 〒060-8621 ☎(011)281-3211
札幌市中央区北1条西6-1-2

大切な「水」をあなたへ
株式会社川本製作所
川本ポンプ
http://www.kawamoto.co.jp

きょうの紙面

携帯番号継続
乗り換え5000円
3総合

防衛費1.5%増を要求へ
郵政公社、人事抜本見直し
ASEAN サービス自由化
「がん医療のプロ」育成

い側面もあるが、自社株買いなど敵対的買収への防衛も引き続き強化する。
日本の鉄鋼大手にとり北米市場は、最大ユーザーである自動車メーカーの収益源となる重要市場。自動車メーカー側も、日本の技術を生かした高級鋼材の調達が競争力の源泉となっている。しかし日本製の主要な鉄鋼製品はほとんどが反ダンピング（不当廉売）関税を課せられ、日本から事実上、輸出できないため現地生産の拡大が急務となっていた。
〇五年度の北米での日系メーカーの自動車生産台数は前年度比五・〇%増の四百九万二千百九十三台と過去最高。〇六年

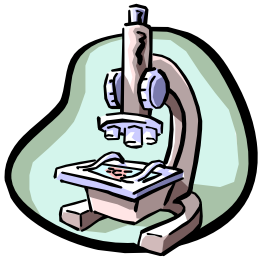
# Where is NIMS?

NIMS
茨城県つくば市
千現１－２－１

陸の孤島　つくば

好奇心満つる街
つくば

2005年9月つくばエキスプレス開通
アキバ－つくば間45分



# 構造材料研究、特に
# 鉄鋼研究はなぜ必要か？

・社会基盤整備は地球規模で21世紀も進められる
・大量に使用される構造用金属材料（鉄）
・日本の先進独自技術を将来に活かす

求められる材料開発、生産加工技術、基礎基盤研究

エネルギー、資源、環境問題

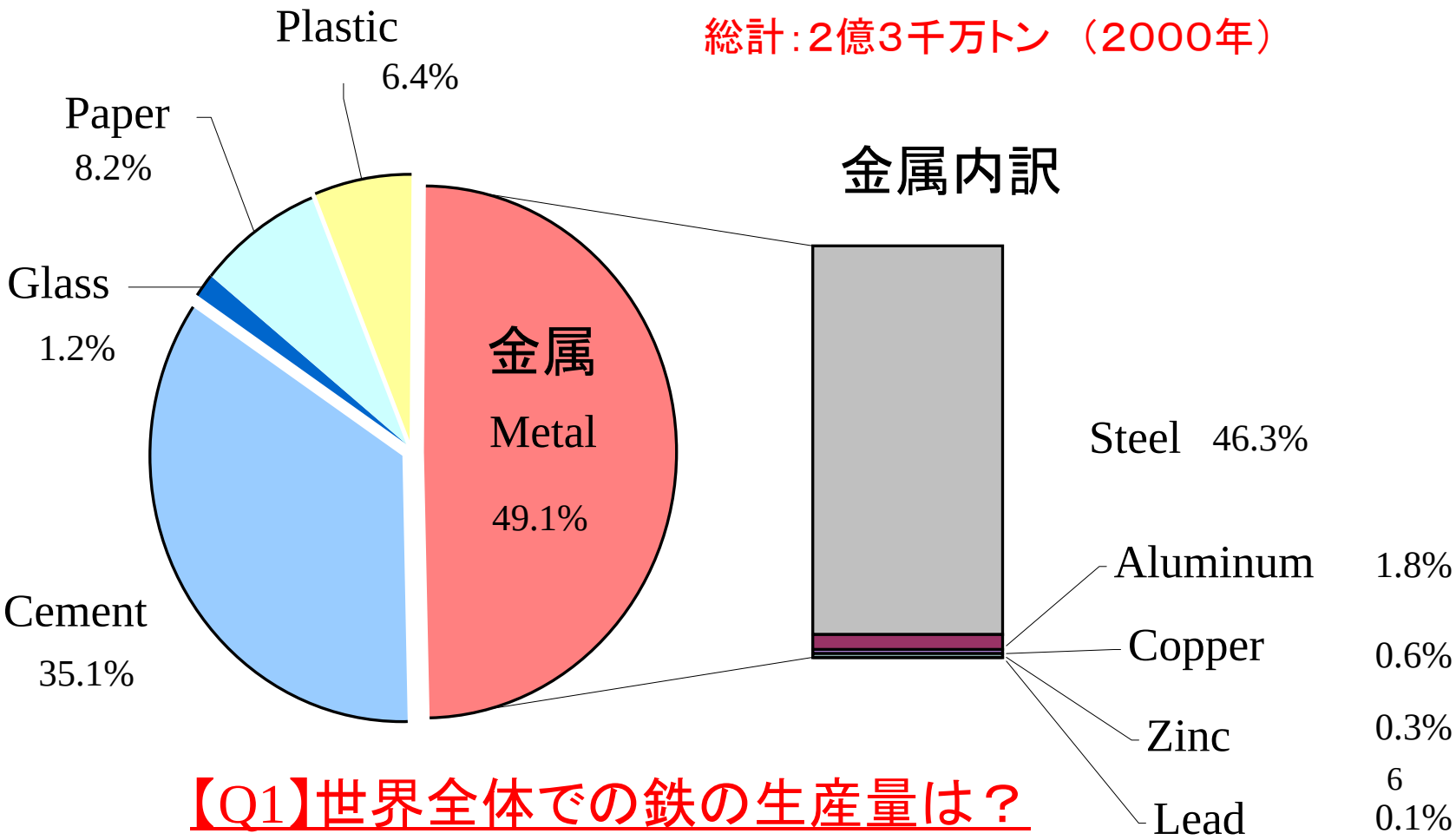
便利さではなく死活問題

安全・安心で質の高い国民生活を
実現・持続するための社会基盤技術整備

# 金属材料はどれだけ生産されているか？

## 国内での各種材料生産量（重量比）

総計：2億3千万トン （2000年）




【Q1】世界全体での鉄の生産量は？

# 金属材料はどれだけ生産されているか？

【Q1】世界全体での鉄の生産量は？

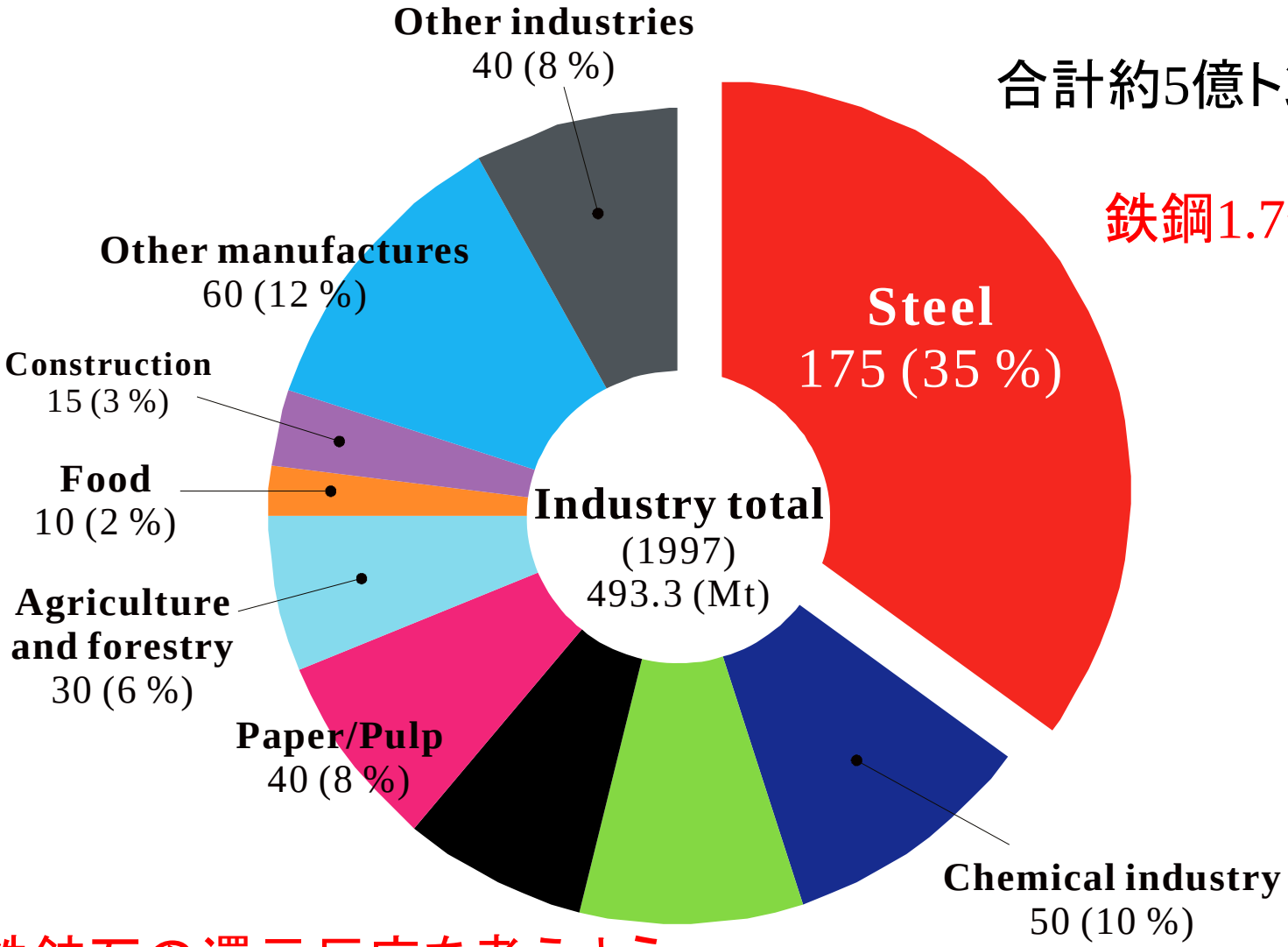
2000年　8．5億トン

2003年　9．6億トン

# 製造産業で排出されるCO2

合計約5億トン

鉄鋼1.7億トン




【Q2】鉄鉱石の還元反応を考えよう。

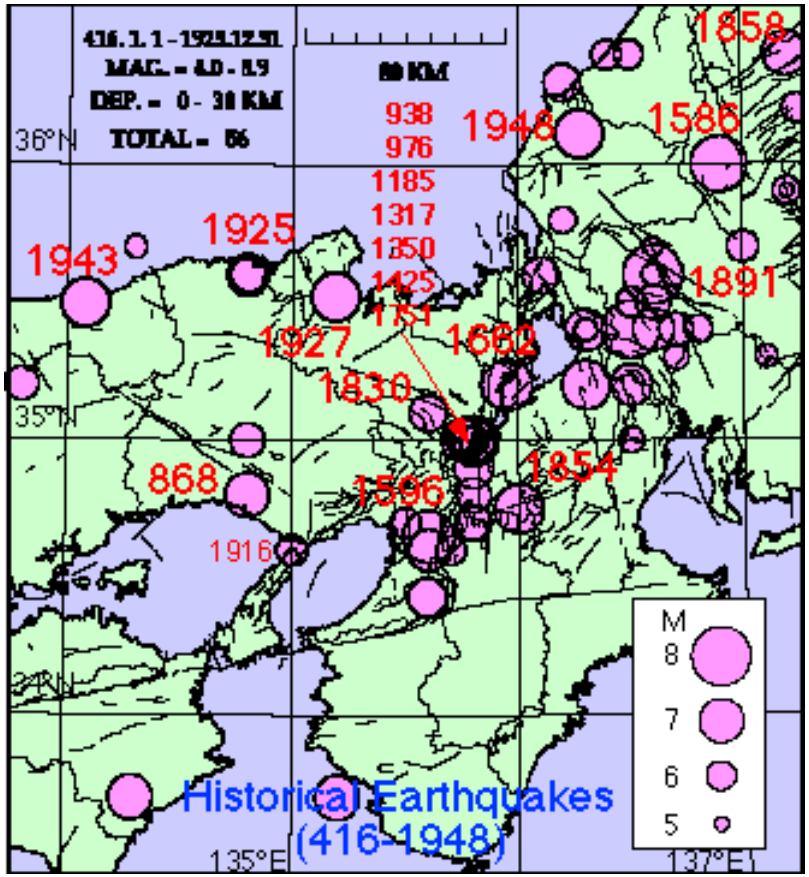
# 製造産業で排出されるCO2

【Q2】鉄鉱石の還元反応を考えよう。

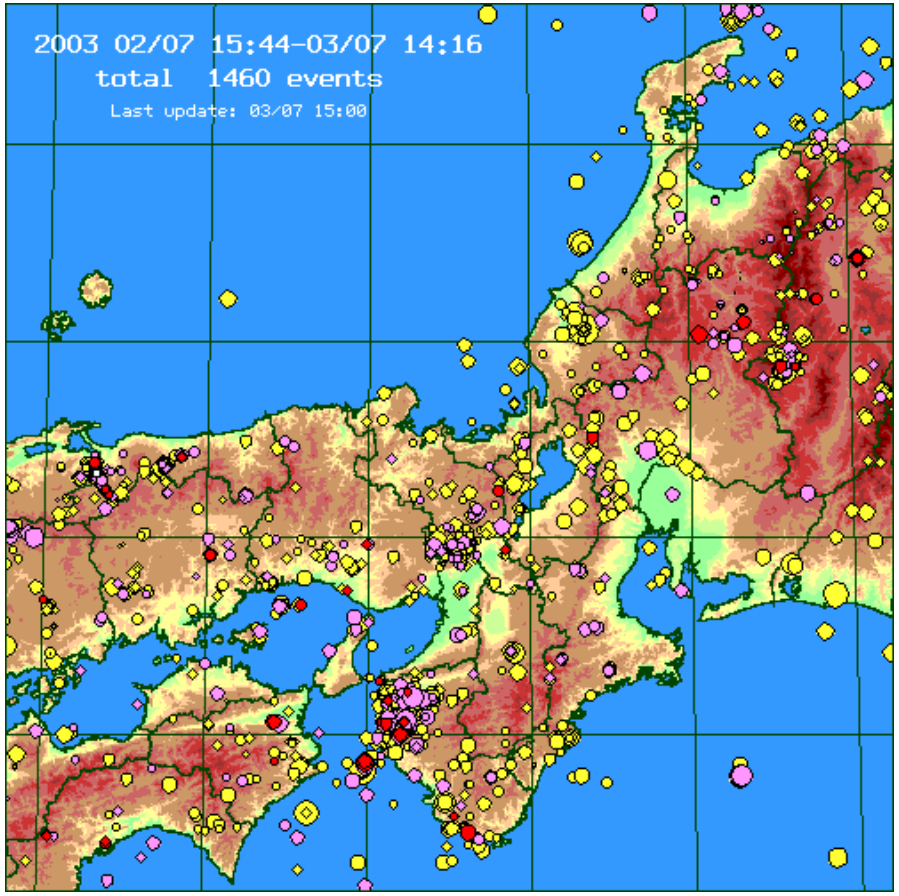
$$2Fe_2O_3 + 3C = 4Fe + 3CO_2$$

鉄は炭素（コークス）で還元される。

# 地震の国

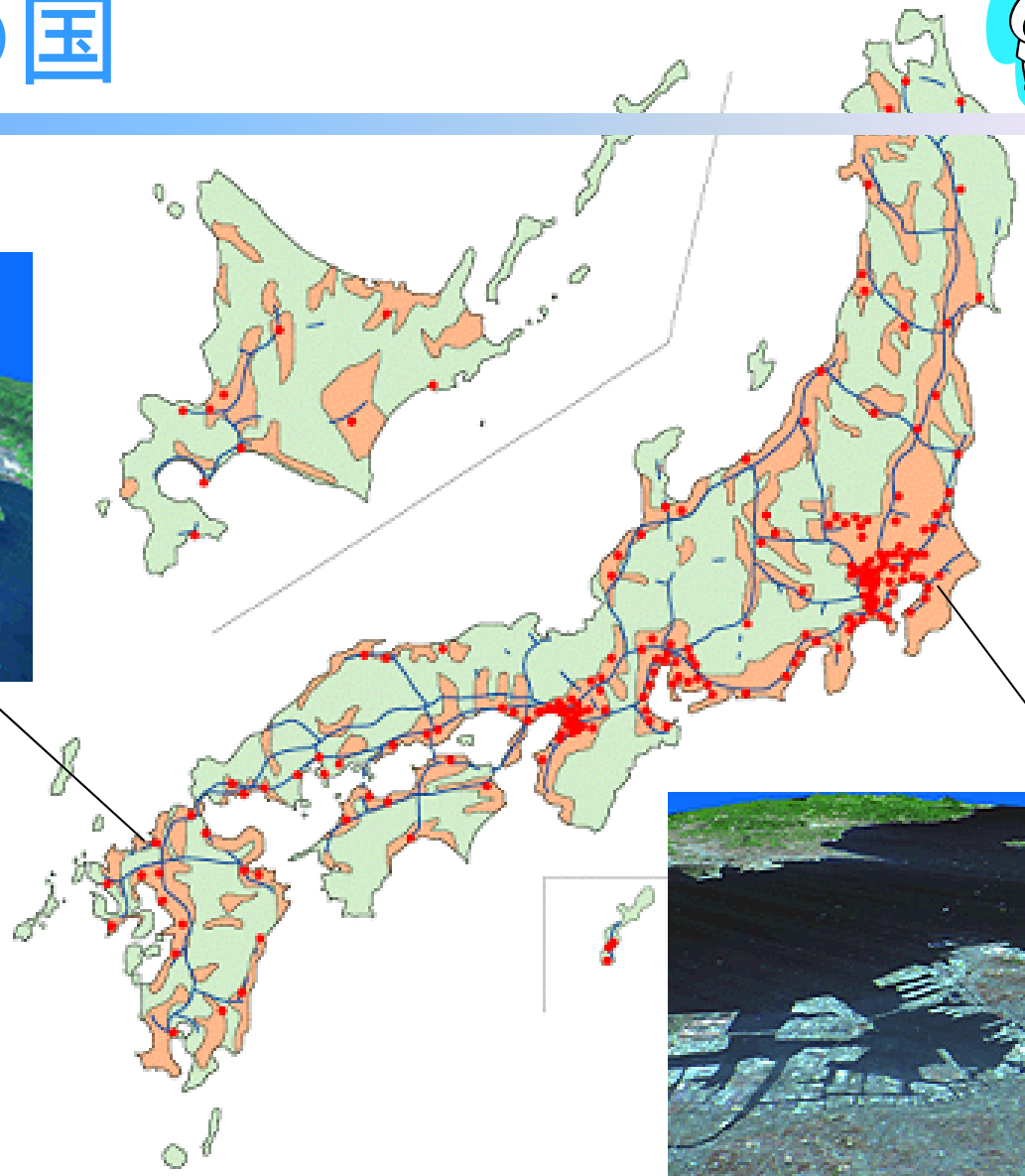


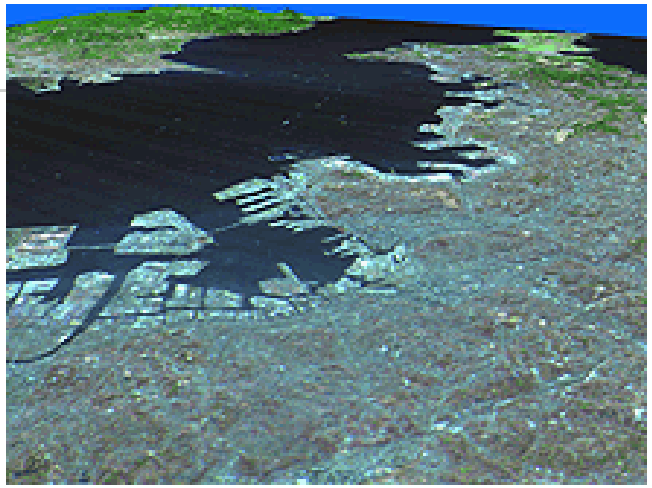

Big ones at the same points every 100 years




1460 events for last 30 days

# 海の国



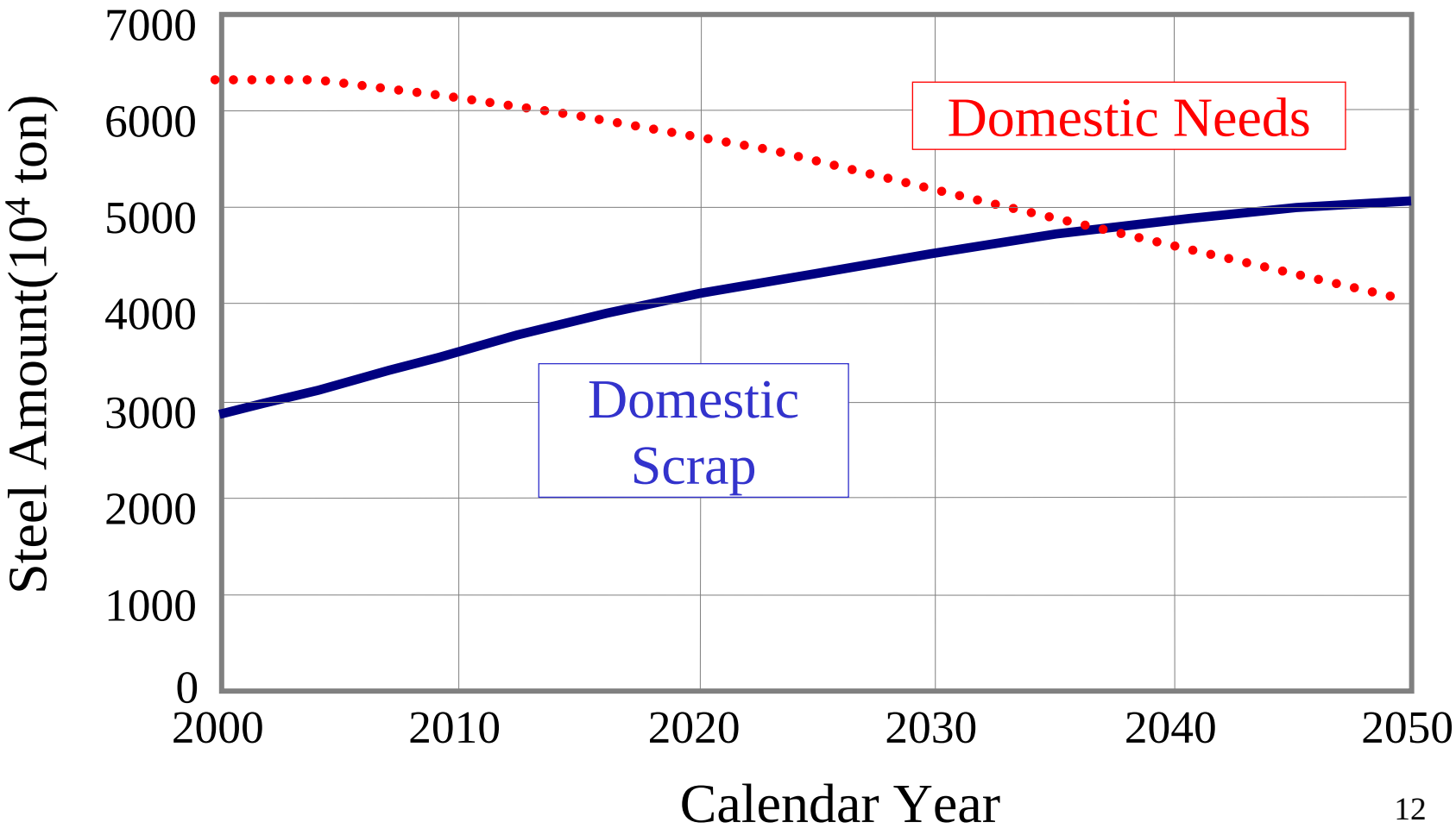


Residential Area
> narrow
> coastal

＋α

# 鉄リソースの変化

新しいものつくり
技術が必要に！



＋α

# 東アジア地区の特殊性

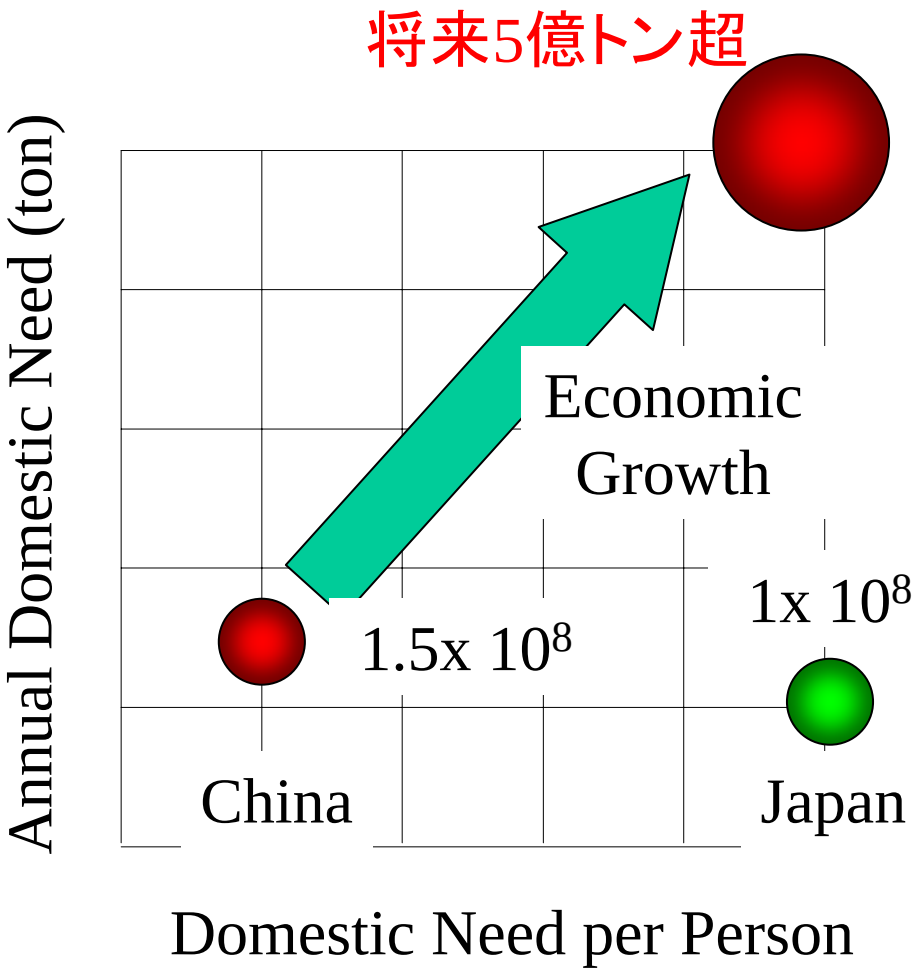
急速な内需拡大地区

エネルギー・環境問題が
より深刻に

高温・多湿環境
地震多発地域

腐食や靭性がより重要に

# 中国での鉄鋼生産




**>500Mton**

**Resource**
**Energy**
**Global Environment**

**International**
**Partnership**

2002年1.5億トン
2004年2.5億トン

【Q3】新日鐵大分の年間粗鋼生産量は？

# 中国での鉄鋼生産

## 【Q3】新日鐵大分の年間粗鋼生産量は？

780万トン（大分）

960万トン（君津）

600万トン（名古屋）

390万トン（八幡）

中国では新日鉄大分クラスの製鉄所が、
2年間で12個も出来たことになる！！

自転車
19キロ
グラム

乗用車
900キロ
グラム

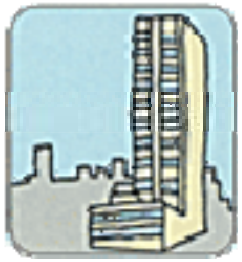
東京
タワー
4,000トン

東京
ドーム
5,000トン

日精丸
（世界最大
タンカー）
6.4万トン

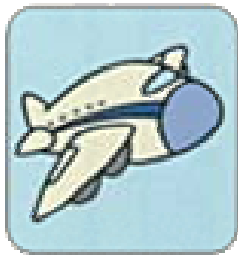
## 鉄はどれぐらい使われている？

鉄1m$^3$は7．8トン

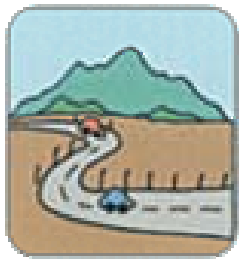


サンシャイ
ン60ビル
12万トン

新幹線用レール
（東京-博多間）
25万トン



新東京国
際空港
40万トン



東名高
速道路
55万トン

瀬戸
大橋
71万トン

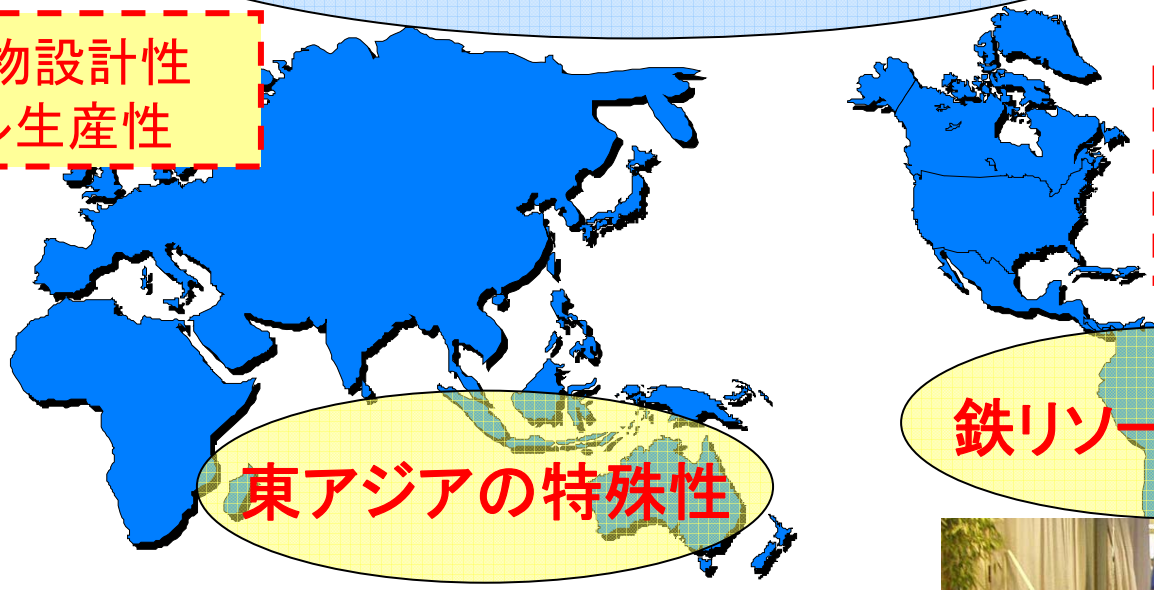
人口問題

# エネルギー、資源、環境問題

$CO_2$削減

機械・構造物設計性
とリサイクル生産性

ものつくり技術
と
評価解析技術

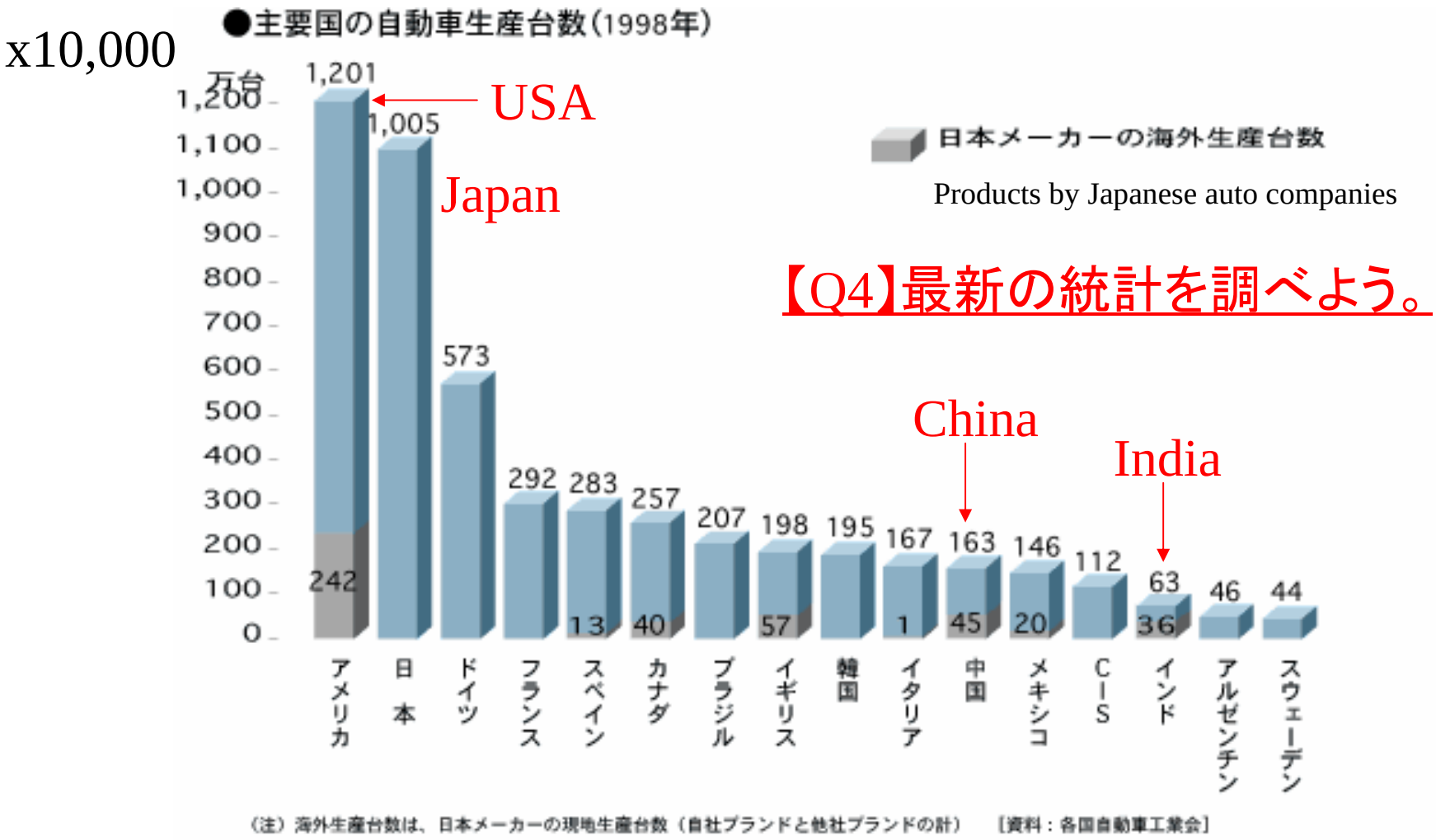


長寿命、メンテナンスフリー

高効率火力発電

燃費向上、安全性
リサイクル性

# 主要国の自動車生産台数 Auto products in the world




【Q4】最新の統計を調べよう。

出典:日本自動車工業会、http://www.jama.or.jp

# 目指すべき新しい鉄作り

（1）合金化元素不要鉄：超微細粒鉄
合金元素を使わずに強度2倍以上

**Resource**
**Energy**
**Global Environment**

希少な合金元素を使わずに結晶粒微細化によって**高強度化**を達成

【Q5】金属材料の強化機構を列挙しよう。

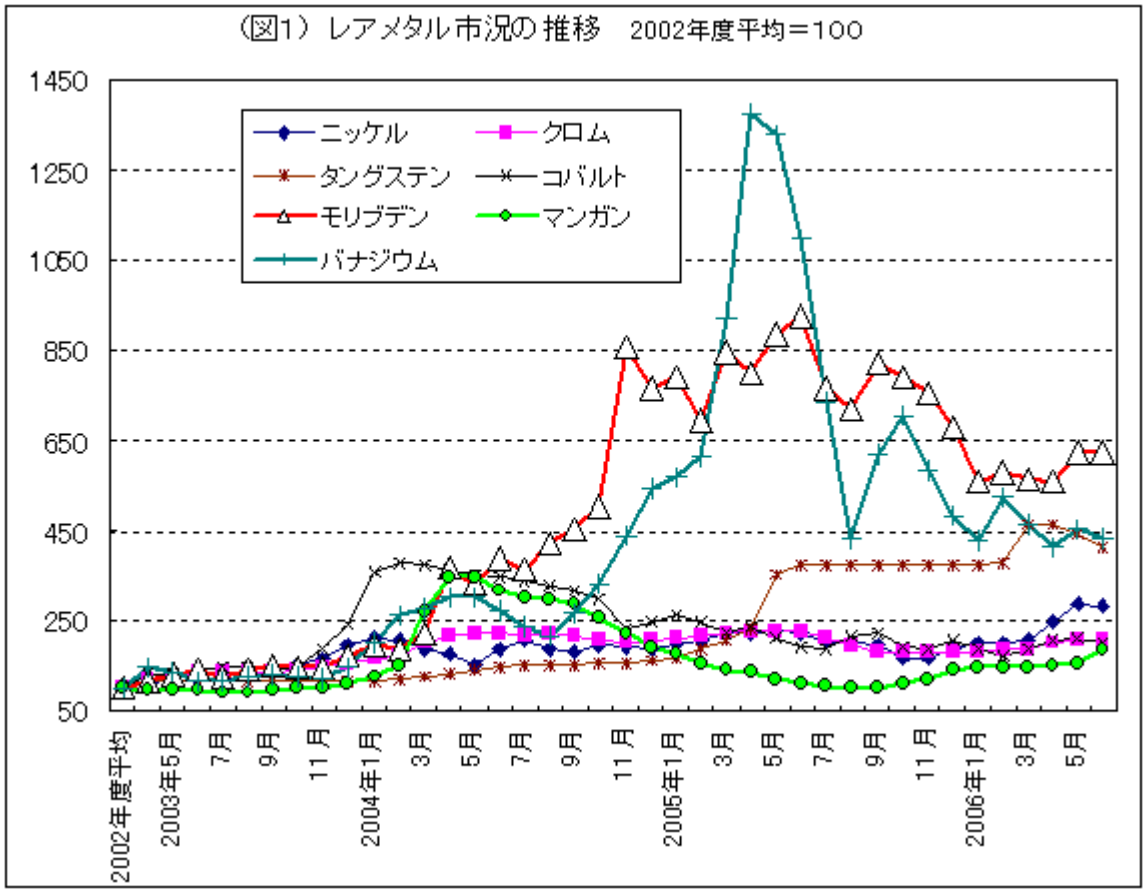
（2）不純物許容鉄
Cu, Pなどを除去せずむしろ積極利用

# 【Q5】金属材料の強化機構を列挙しよう。

○固溶強化
○析出強化
○分散強化
○加工硬化
○結晶粒微細化強化
○複合材強化

金属材料はさまざまな方法で強くすることが出来る。

# レアメタル市況の推移




(社)特殊金属備蓄協会　http://www.tokubikyo.or.jp/index.htm から

# 超微細粒鋼創製のコンセプト

***Materials:***
***Welding structural plates with thickness beyond 10mm***

***Background:***
***Recyclable and High-performance Steel***

【Q6】溶接以外で構造体を作る方法は？

# *Chemical Design*

**# Less alloying**
**# Simpler system**
**# Without residues**
**(Cu,Ni,Sn and Mo,Cr et al)**

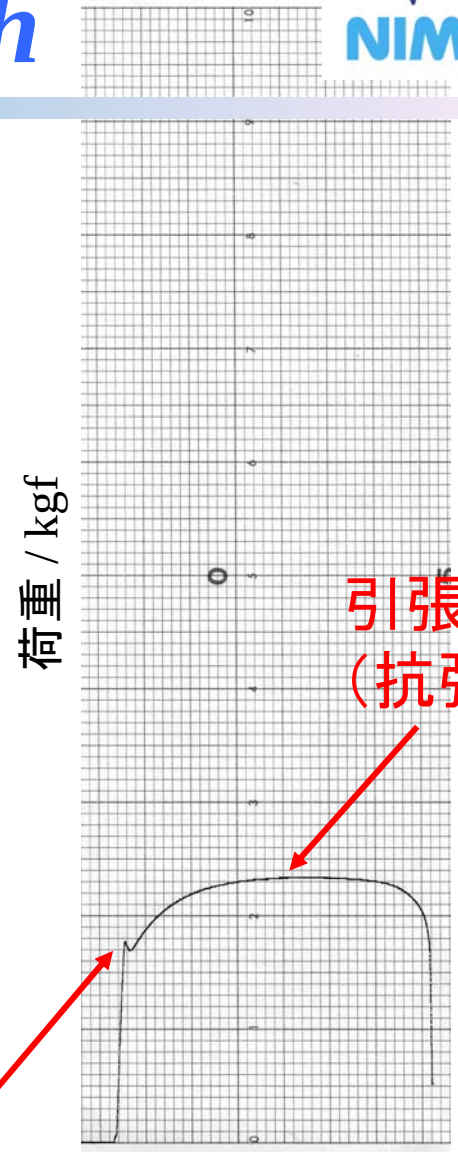
**Low C- Si-Mn Steel**
**(0.15C-0.3Si-1.5Mn)**

***Week Point:Low Strength (400MPa)*** → **Fine Grain**

# *How to measure Strength*

一般構造用鋼(SS41):BCC

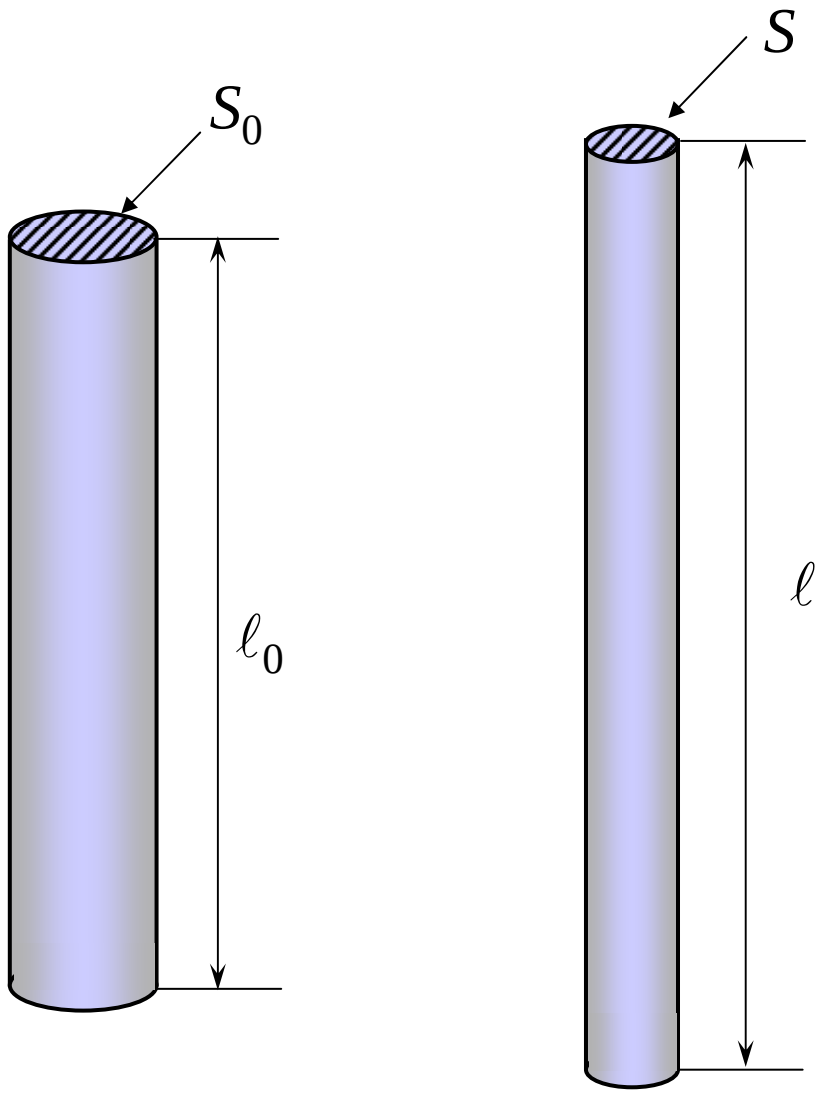
【Q7】SS41の化学組成を調べよう。




引張速度＝0.5mm/s

After Prof. H. Nakashima (Kyushu Univ.)

# 応力の定義




$$\sigma_n = \frac{L}{S_0}$$

荷重

初期断面積

公称応力

nominal stress

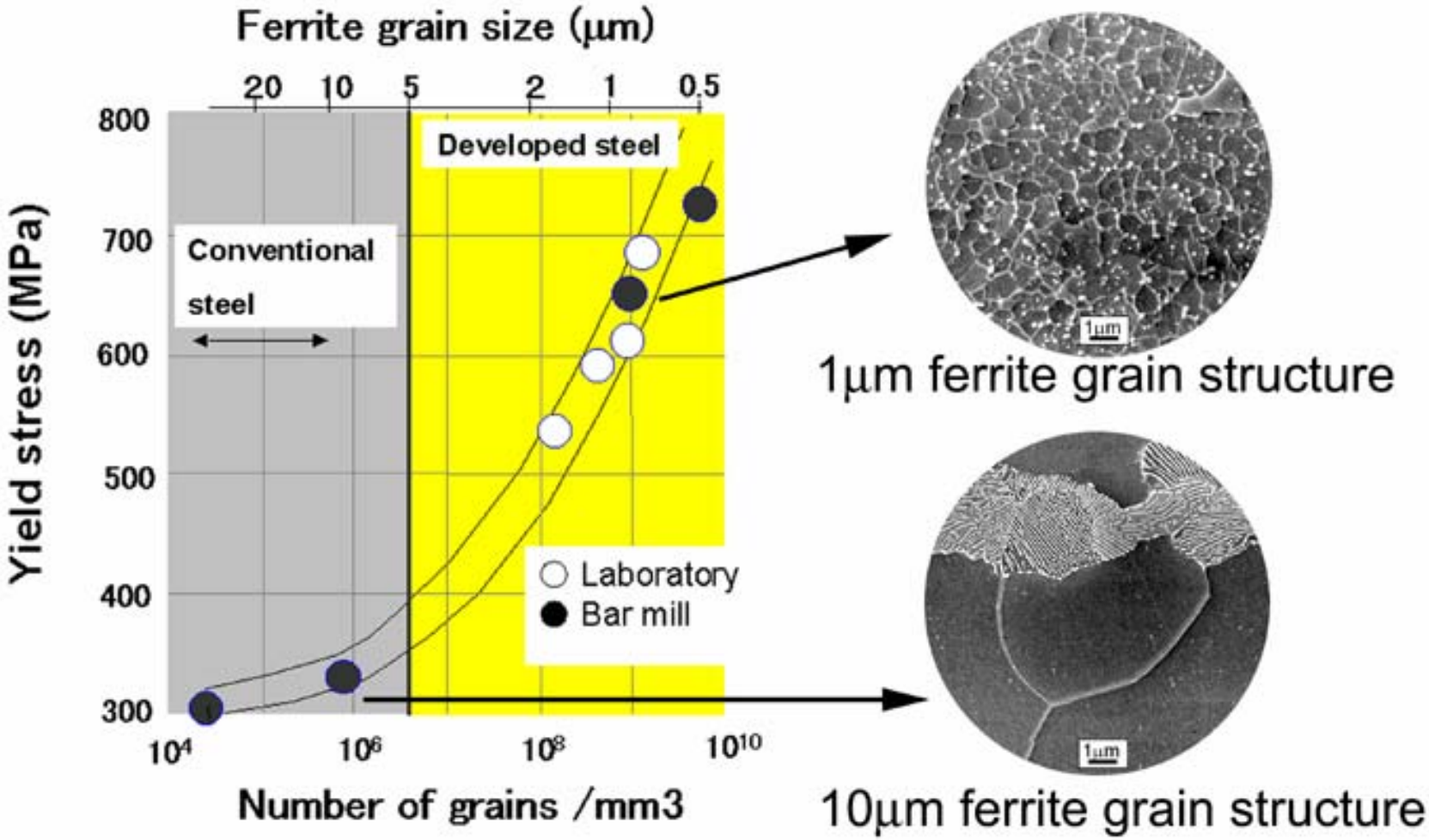
$$\sigma = \frac{L}{S}$$

断面積

真応力

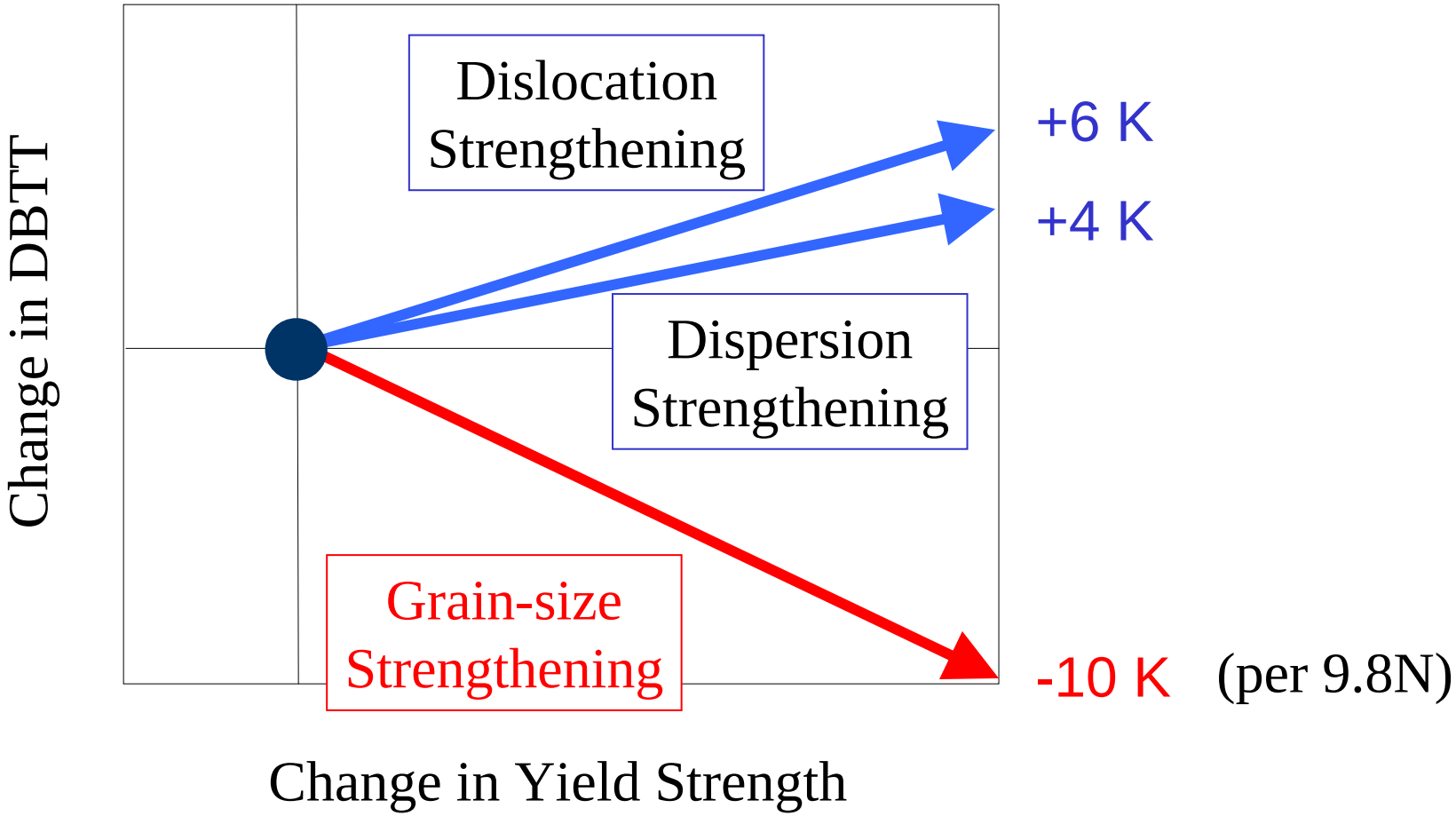
true stress

# *Doubled Strength*



# *Merits of Grain Refinement*

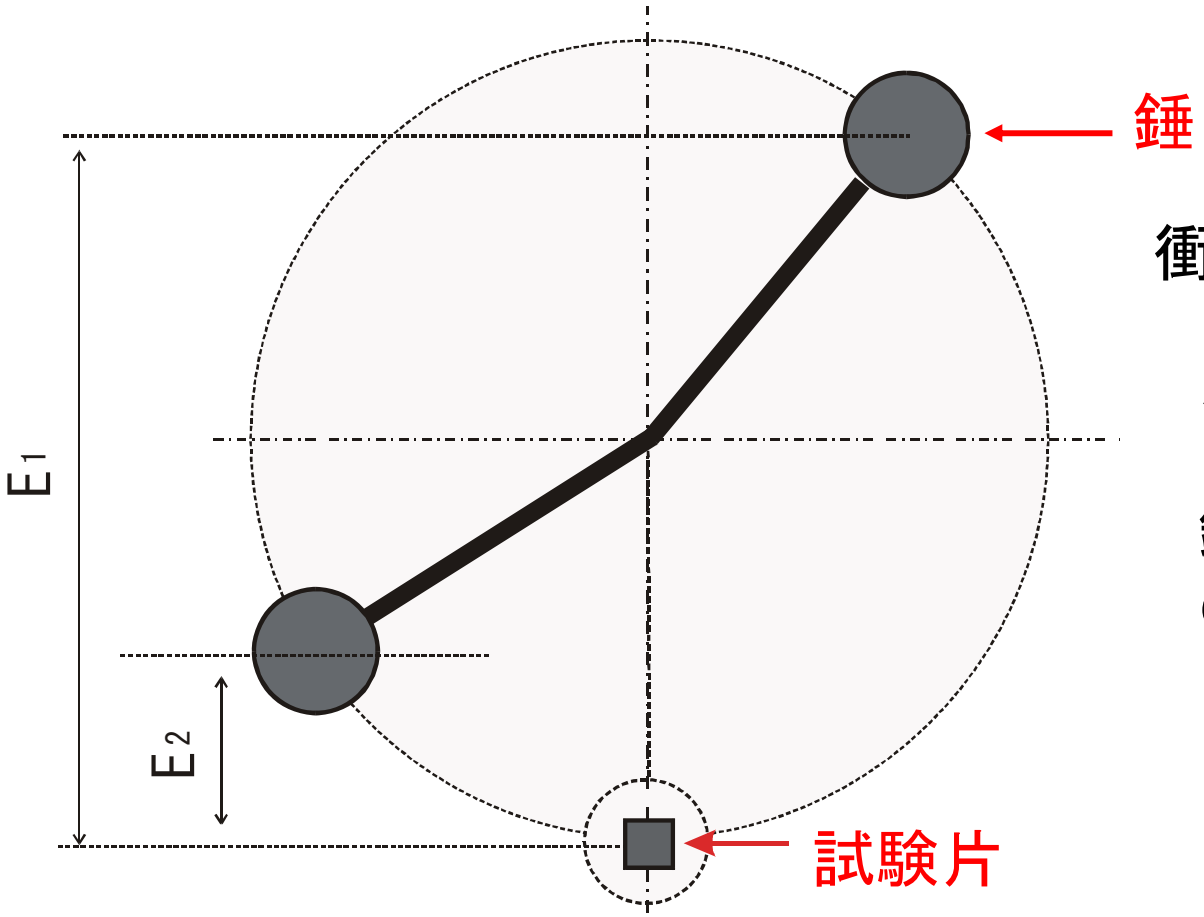
**Low C- Si-Mn Steel**




*DBTT: Ductile Brittle Transition Temperature（延性脆性遷移温度）

# *How to measure Toughness*

## シャルピー衝撃試験

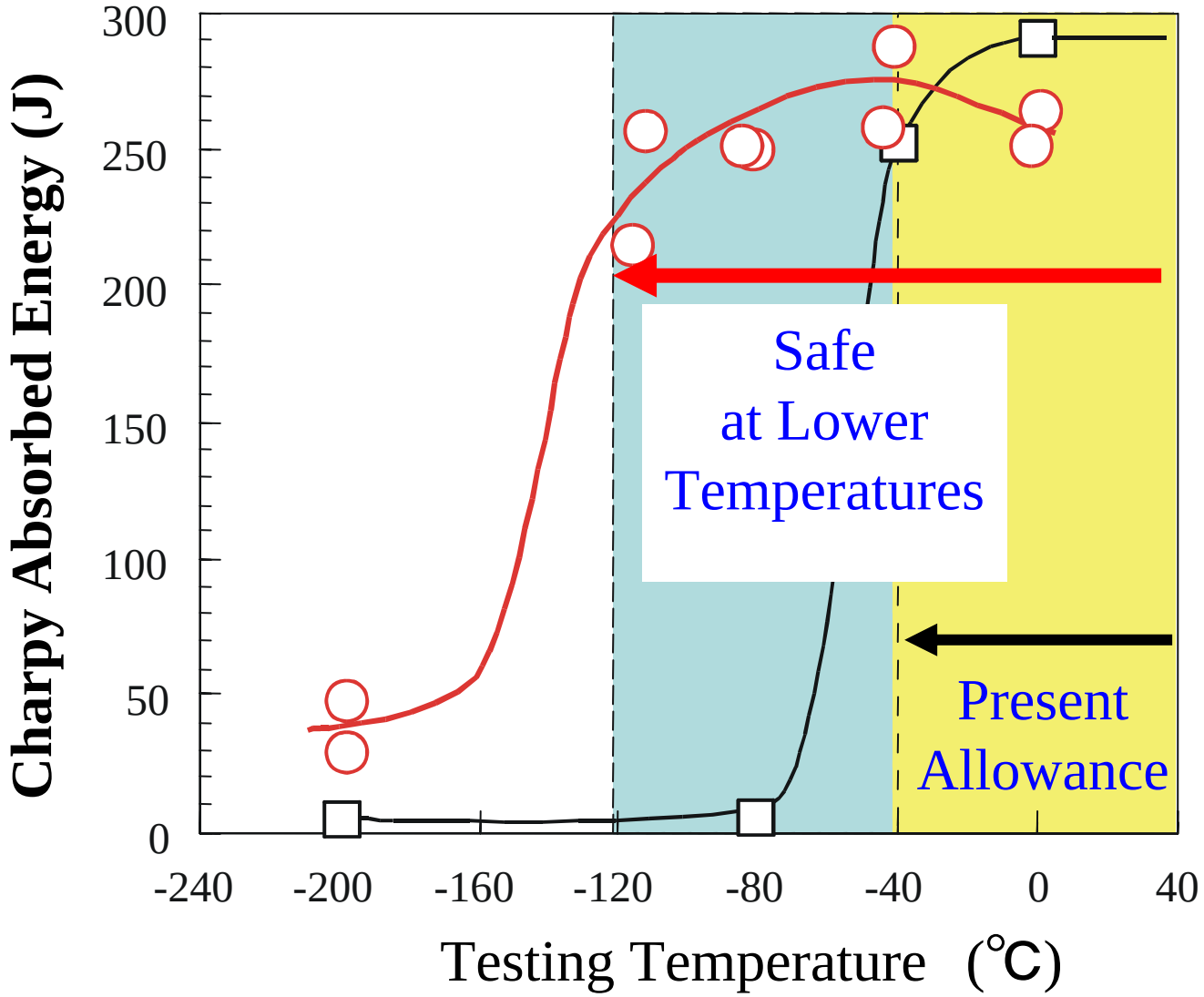



衝撃吸収エネルギー

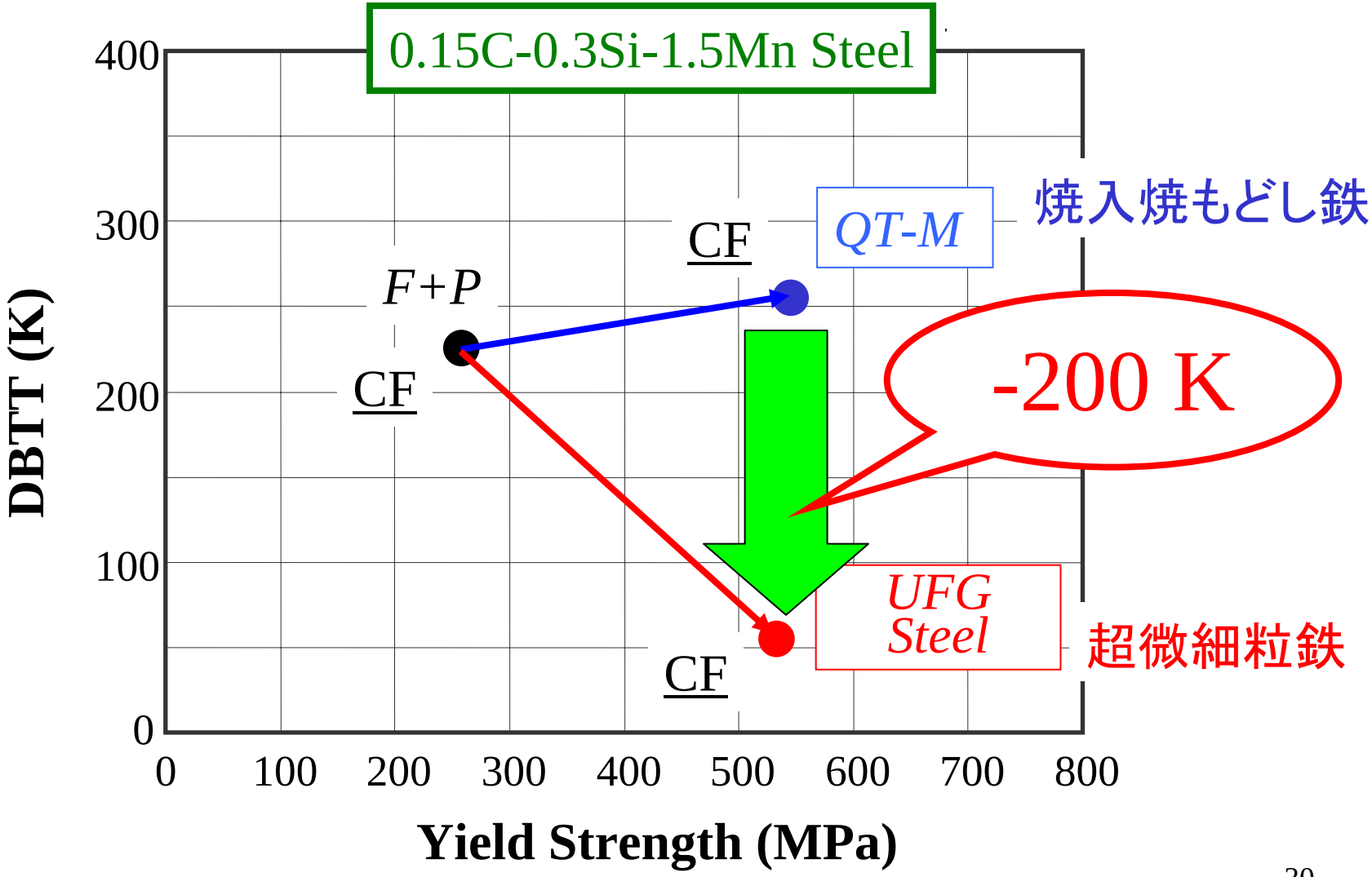
$$\Delta E = E_1 - E_2$$

錘の位置エネルギーの差から求める。

# *Excellent Toughness*

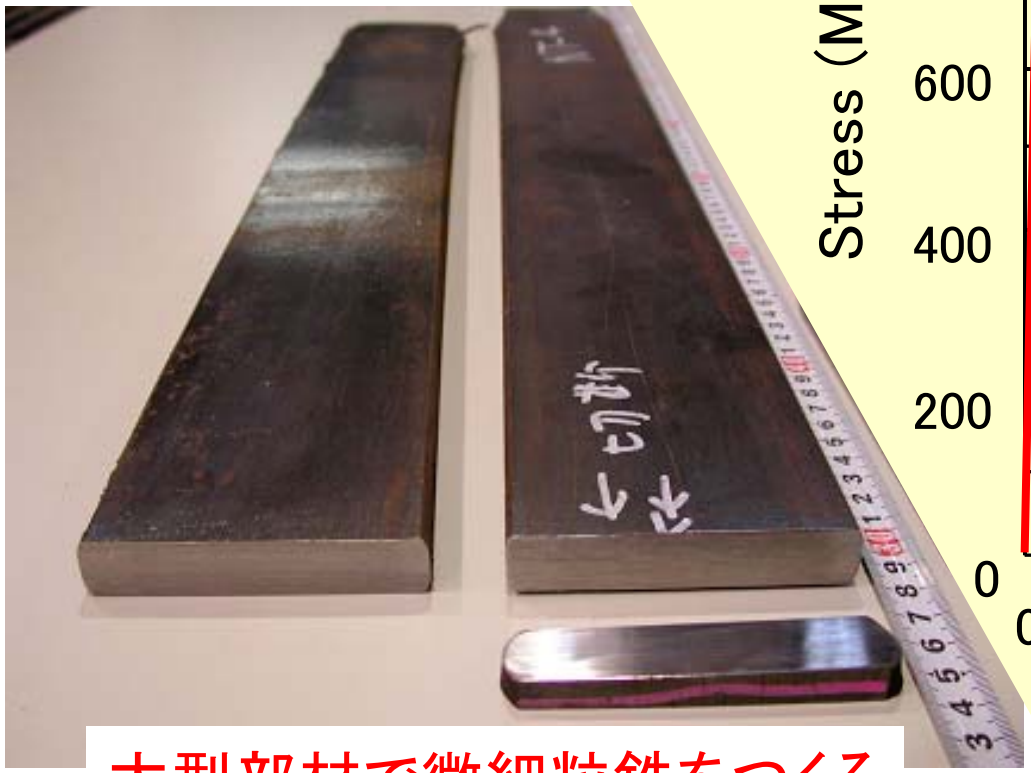


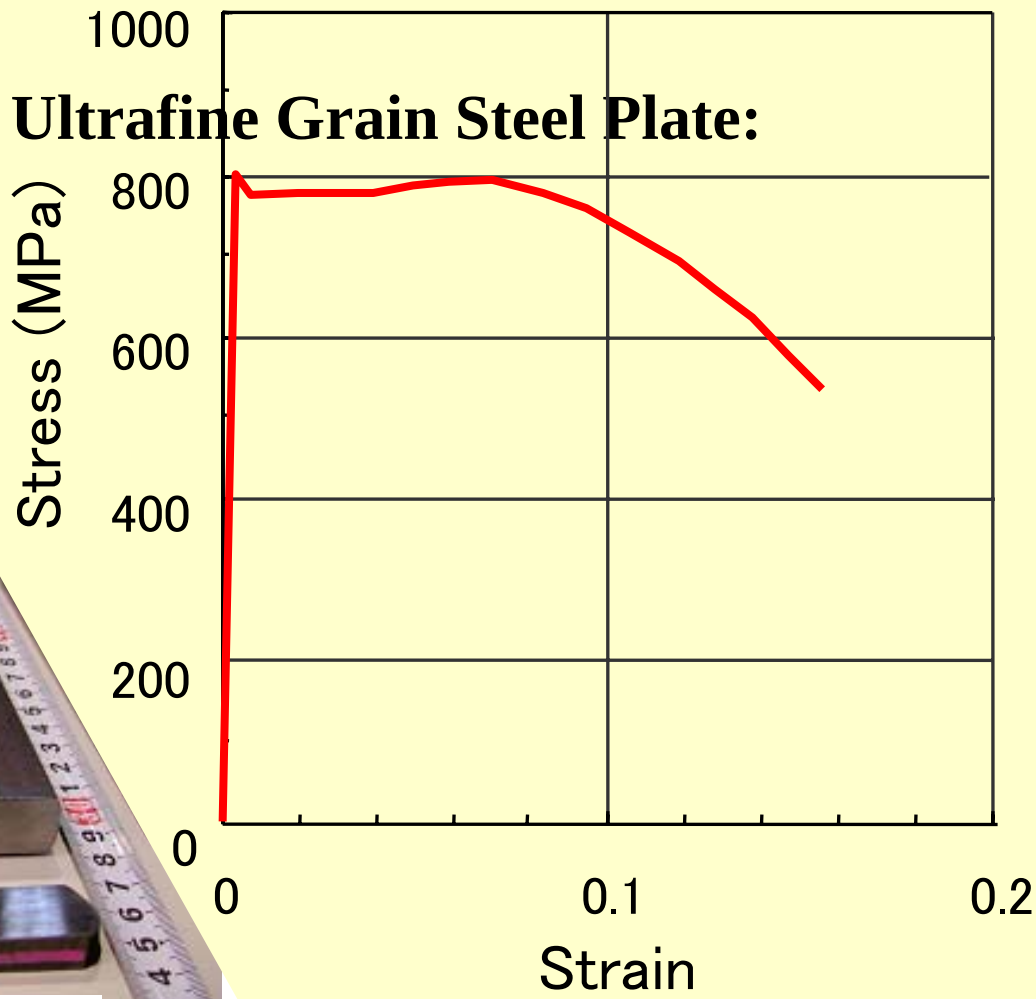
# *Strength-Toughness Balance*



# *Ultra-fine Grain Steel Plate*

120→12mm t,
90%, ε =2.3
70mm W






大型部材で微細粒鉄をつくる

# どうやって結晶粒を微細にする？

塑性加工と熱処理（加工熱処理）

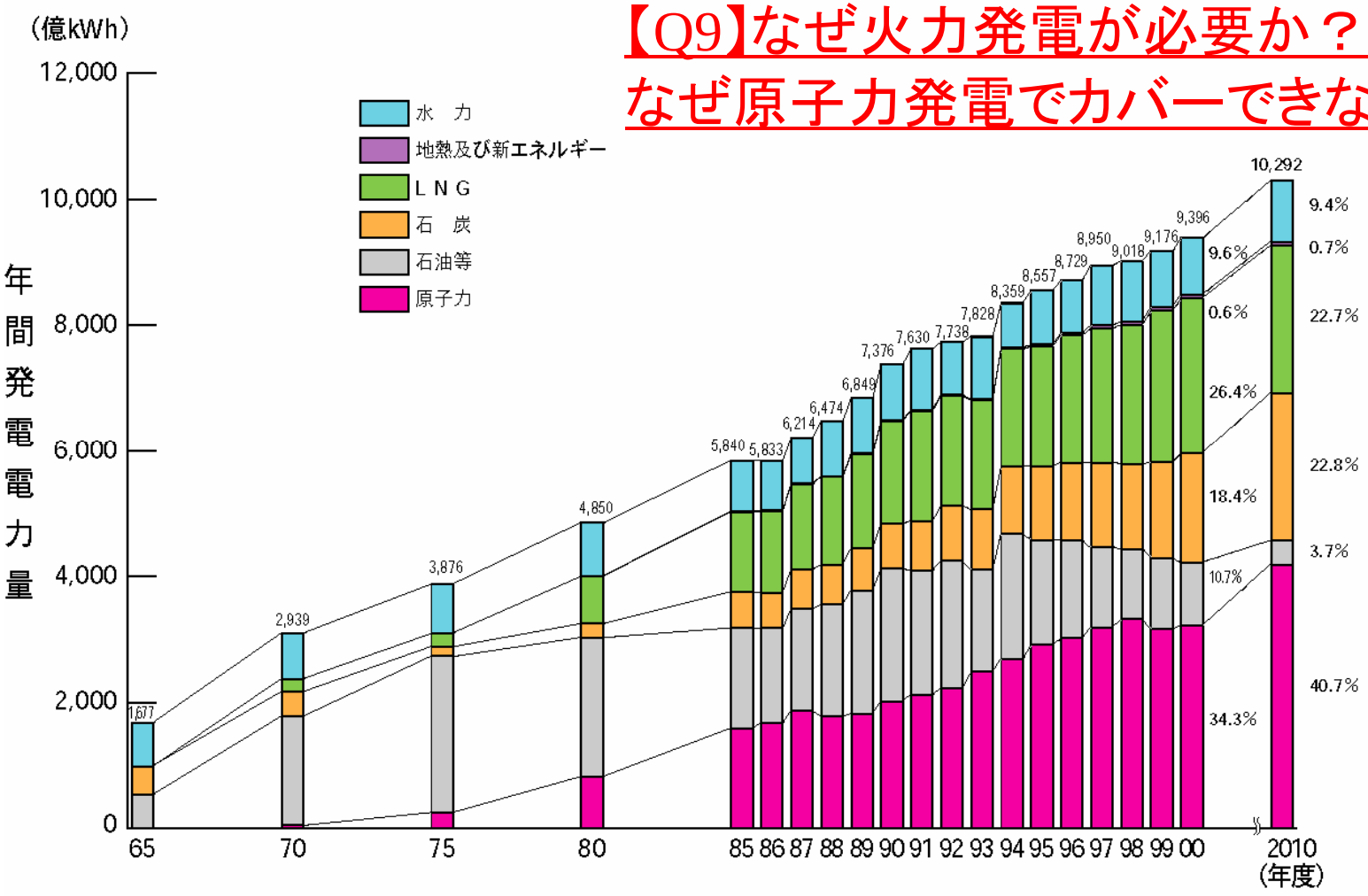
塑性変形・相変態・析出・再結晶

【Q8】講義で関係するものを列挙しよう。

# 【構造金属材料:エネルギー分野への貢献】

## 電源別発電電力量の実績および見通し

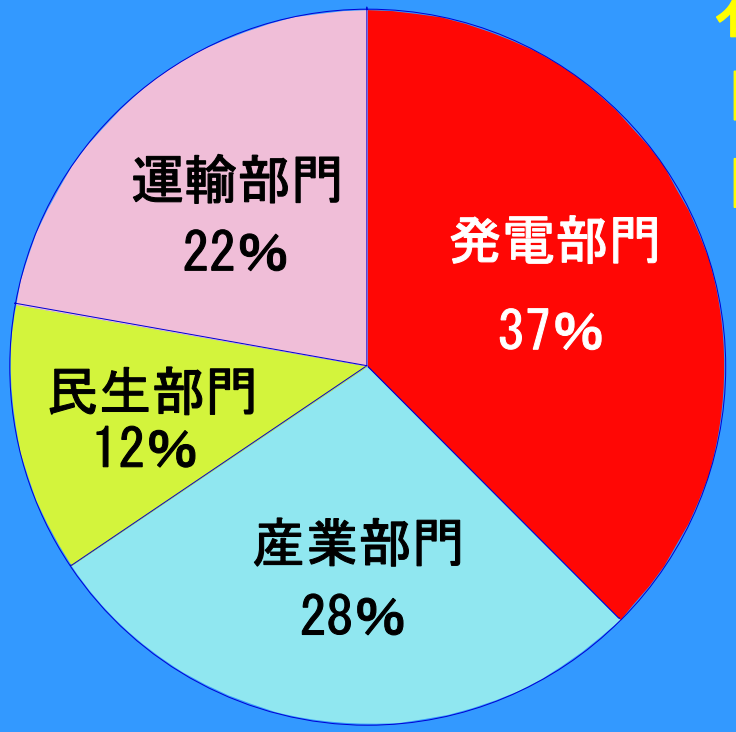
**【Q9】なぜ火力発電が必要か？**
**なぜ原子力発電でカバーできない？**



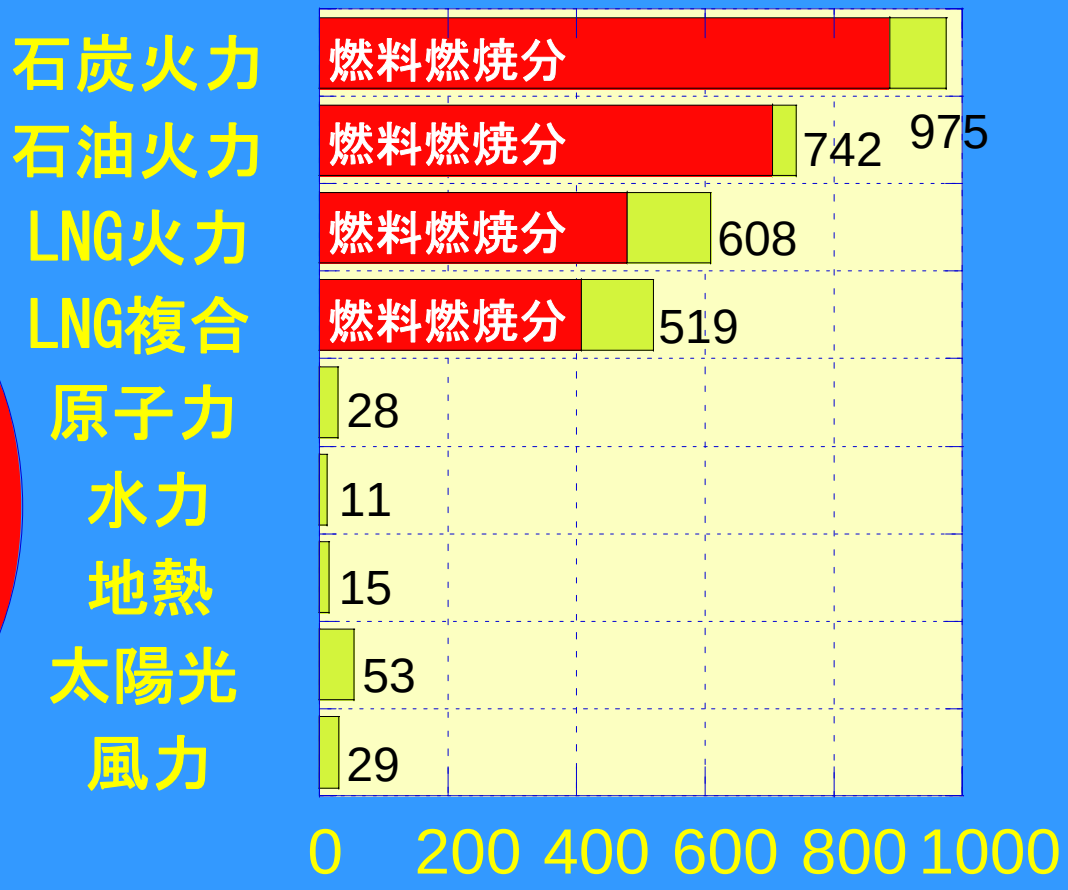

（注）1.石油等にはLPG、その他ガス及び瀝青質混合物を含む。
2.構成比の各欄の数値の合計は四捨五入の関係で100%にならない場合がある。

出典：電源開発の概要(平成10年度)
総合資源エネルギー調査会総合部会/需給部会報告書(2001年7月) 他

# 石炭火力における二酸化炭素削減マージンは大きい

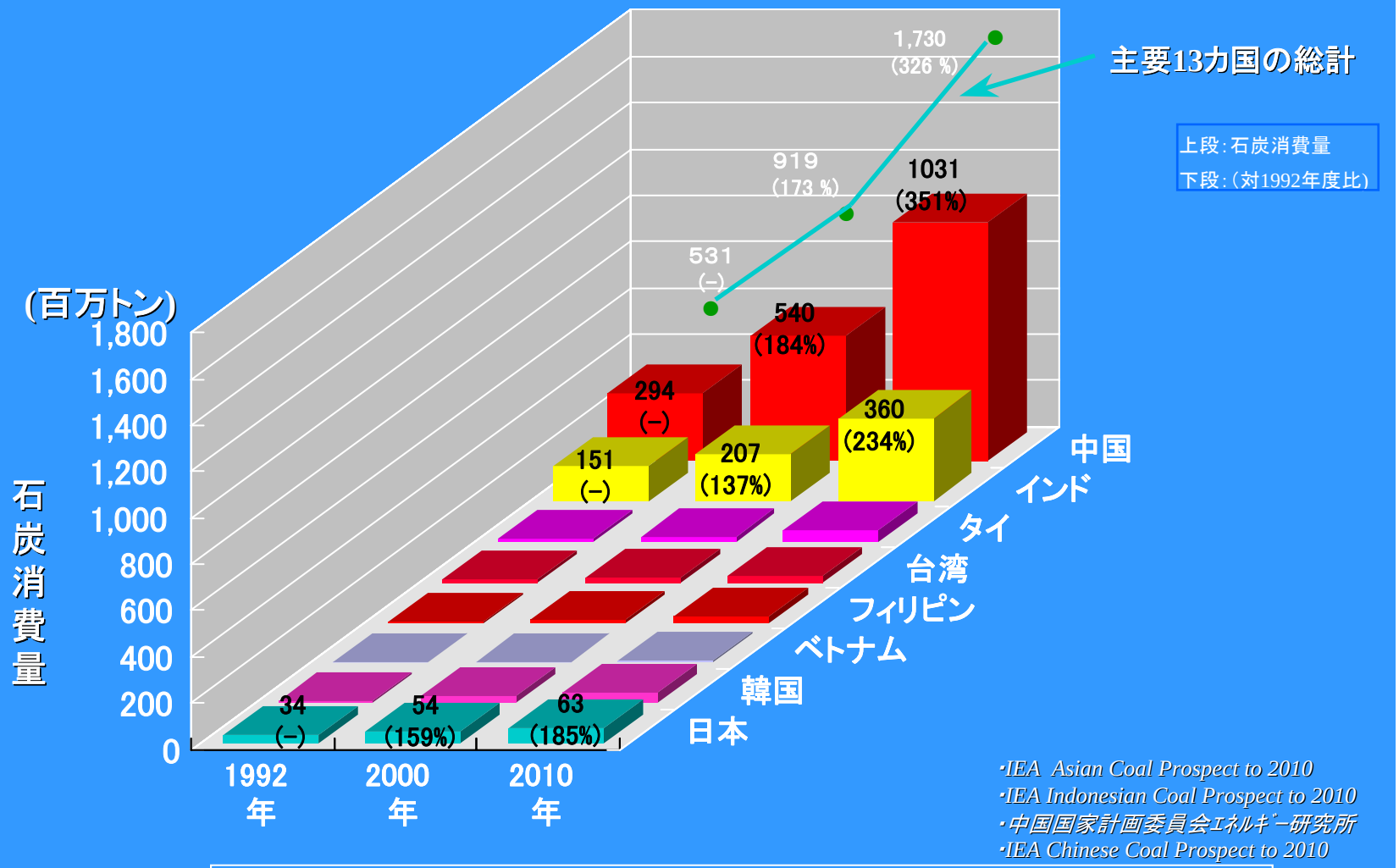



部門別CO2排出量
（1998年:日本）



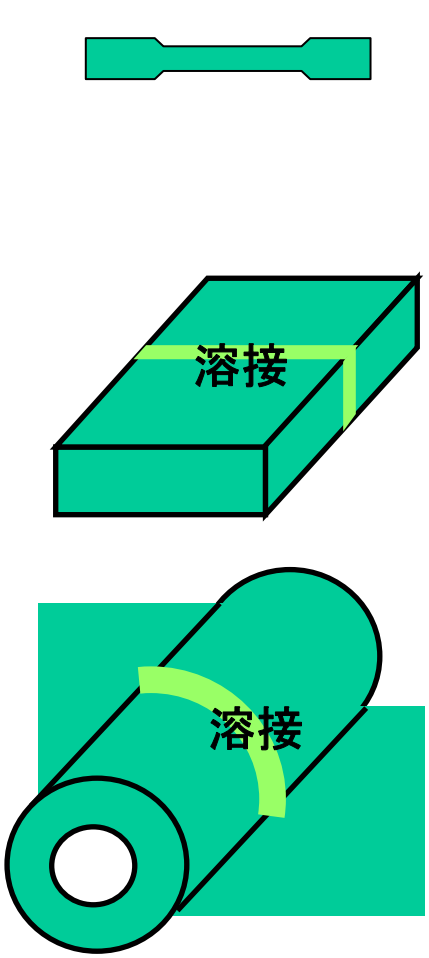

単位発電量当りのCO2排出量，
g(CO2)/kWh
（電力中央研究所，2000年10月）

# アジアにおける電力用石炭消費量




- *IEA Asian Coal Prospect to 2010*
- *IEA Indonesian Coal Prospect to 2010*
- *中国国家計画委員会ｴﾈﾙｷﾞｰ研究所*
- *IEA Chinese Coal Prospect to 2010*

# (1)石炭火力発電の高効率化

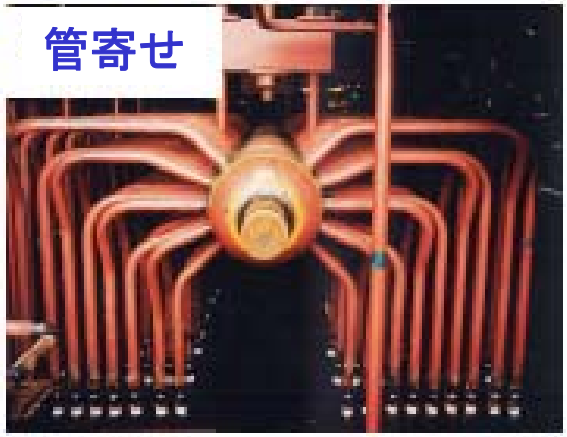



**母材合金設計**

**共金系溶材設計**
・溶金部のボロン確保
・δフェライトの生成防止

**厚板材による評価**
・溶接性、加工性
・ｸﾘｰﾌﾟ、高温引張、疲労
など（含む 溶接継手）

**パイプ製造と**
**実模擬環境中評価**
・内圧による実模擬評価



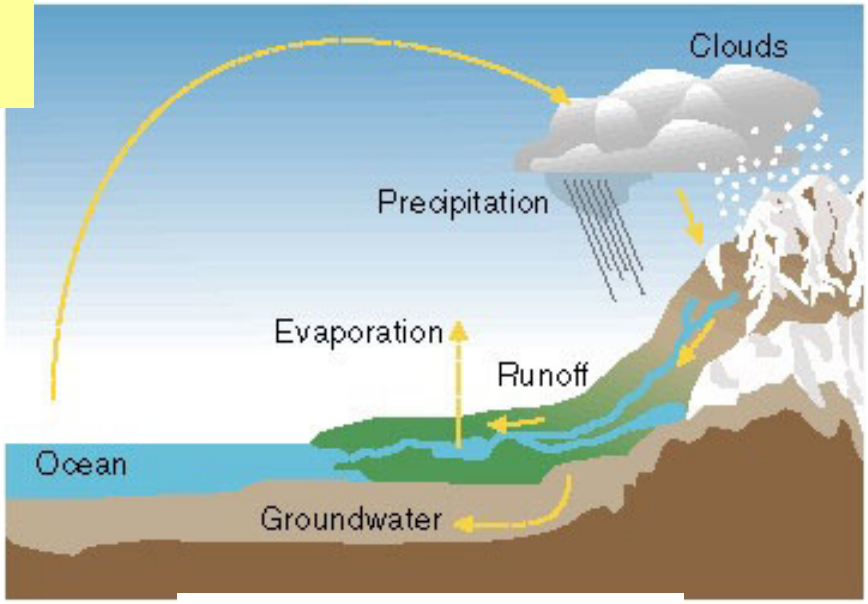
高効率な650°C超々臨界圧火力発電プラント実現へ
（発電*効率*　*5%アップ*）

# (2)水力発電所の再生

■ 中部電力 七宗ダム ■

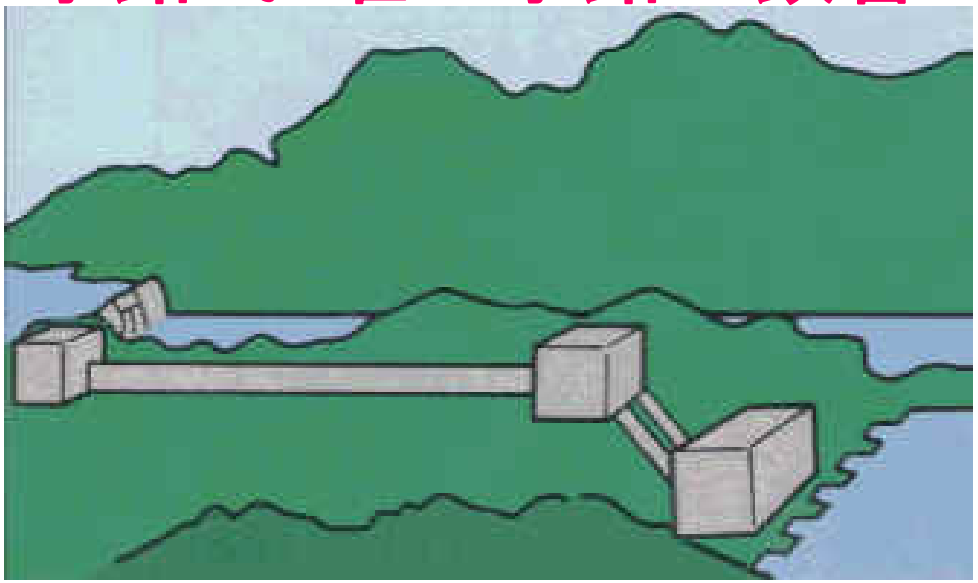
発電所は加茂郡白川町

運転開始 大正１４年




自然循環エネルギー源

## 水路式：堰＋水路＋鉄管



◆規模は小さい（旧式、休止中）
→高効率に低コストで再生

●コンクリート構造：再利用可能

●鋼構造：超鉄鋼で置換
軽量－高強度－耐久性

●発電設備：最新・高効率発電機へ

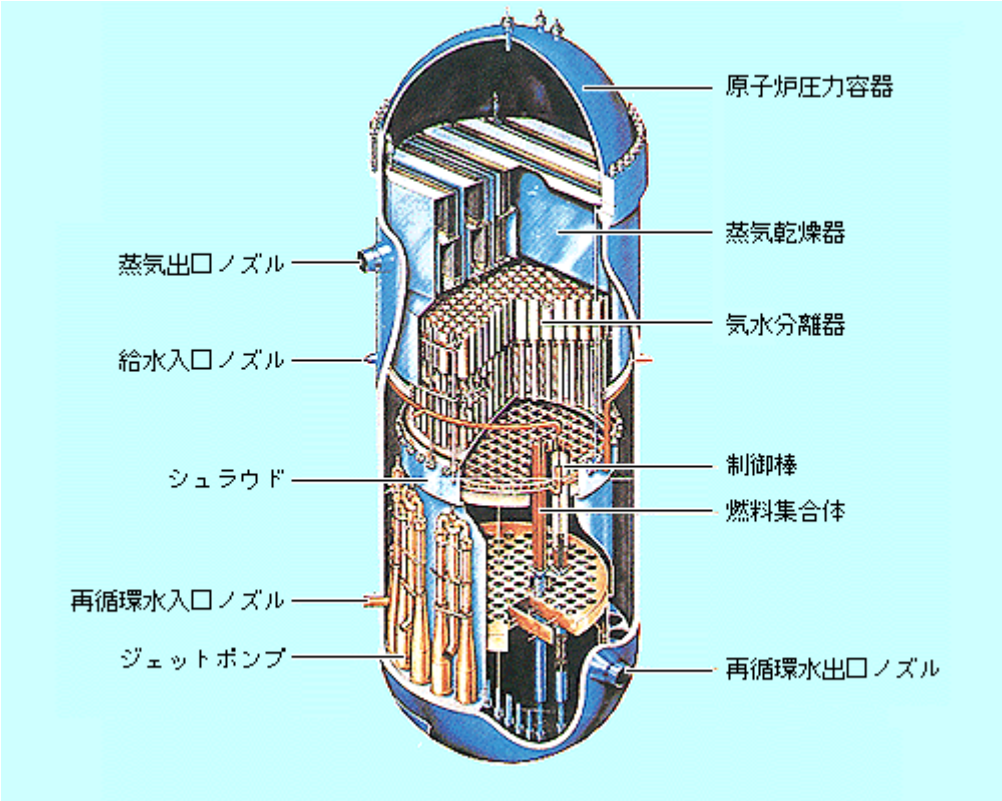
# (3)風力発電機の国産化

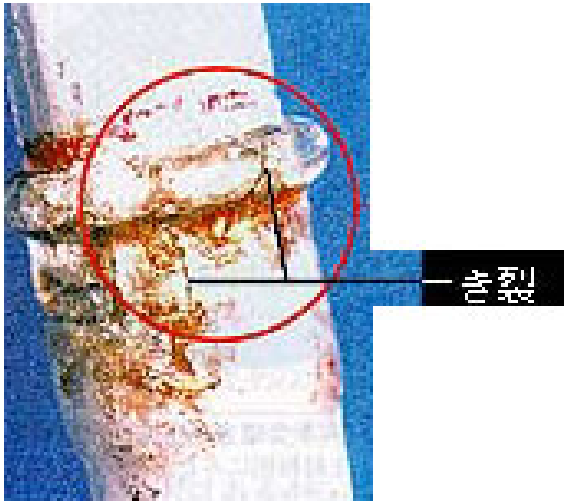
◆Off-shoreへ
未開発海岸の利用
◆Cliffへ
未開発要害地の利用

## ◆国産化の課題と展望

●プロペラ：着脱式大型プロペラ製造技術→リサイクル・リユース容易へ
●鋼構造：超鉄鋼で問題解決
　軽量・小ロット化　→　僻地設置、洋上設置の容易化、低コスト化
　高強度化　→　耐強風対策、軽量化、高効率化
　耐久性　→　海風腐食、スプラッシュ帯腐食の防止
●発電設備：最新・高効率発電機へ
●メンテナンス：監視・補修システム

# (4)原子力発電安全性の向上

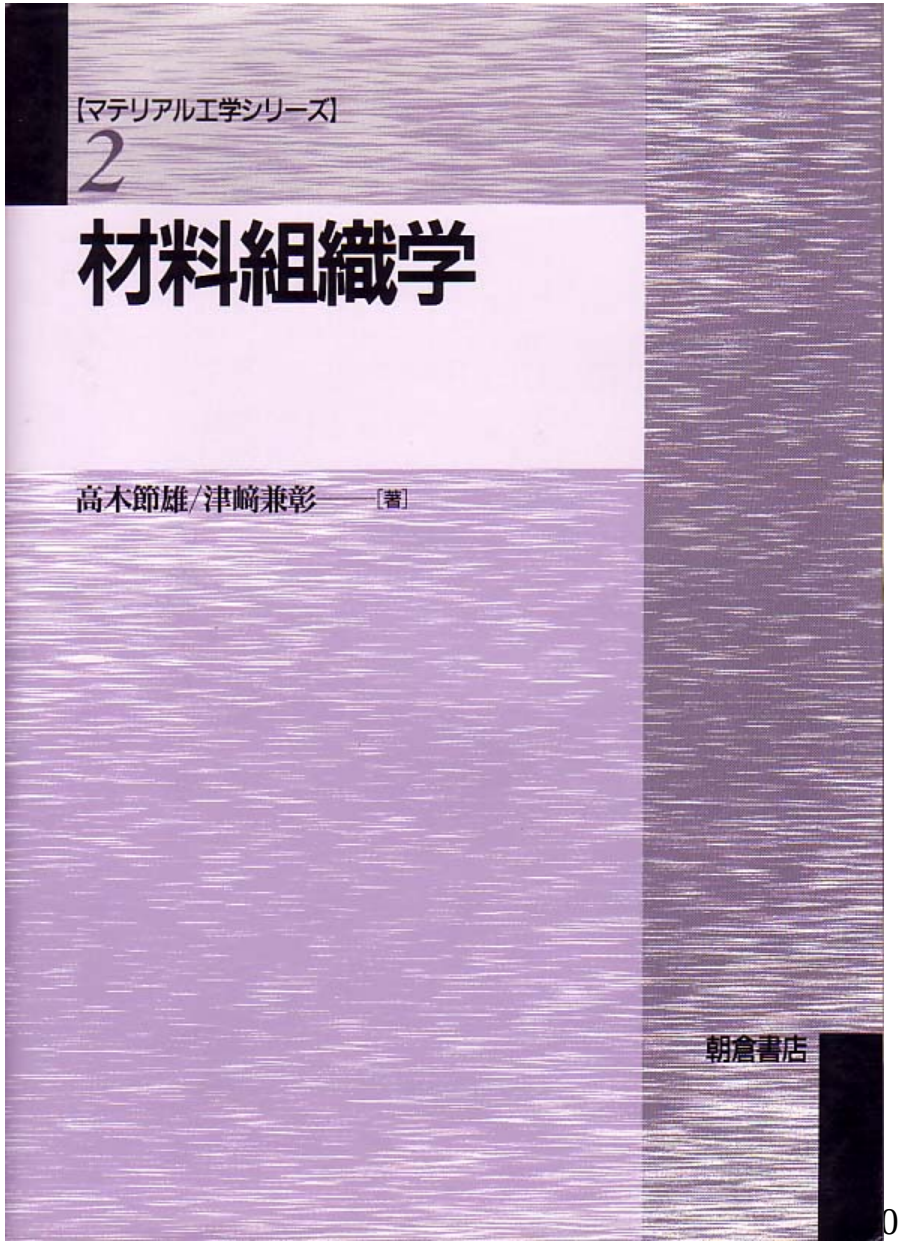



ステンレス配管溶接部
応力腐食割れ（SCC）例

◆鉄鋼技術の寄与可能性例

SCC発生抑制　→　ステンレス鋼の微細粒化
塩素イオン腐食抑制　→　高窒素ステンレス鋼の適用
溶接部の補修・補強　→　保護皮膜の溶射造膜

# 参考書

1. 結晶中の原子配列
2. 熱力学と状態図
3. 材料の組織と性質
4. 再結晶
5. 拡散変態
6. マルテンサイト変態