

鉄鋼業界におけるSPring-8の活用



SPring-8 産業利用講演会

2008年1月23日

外山 和男

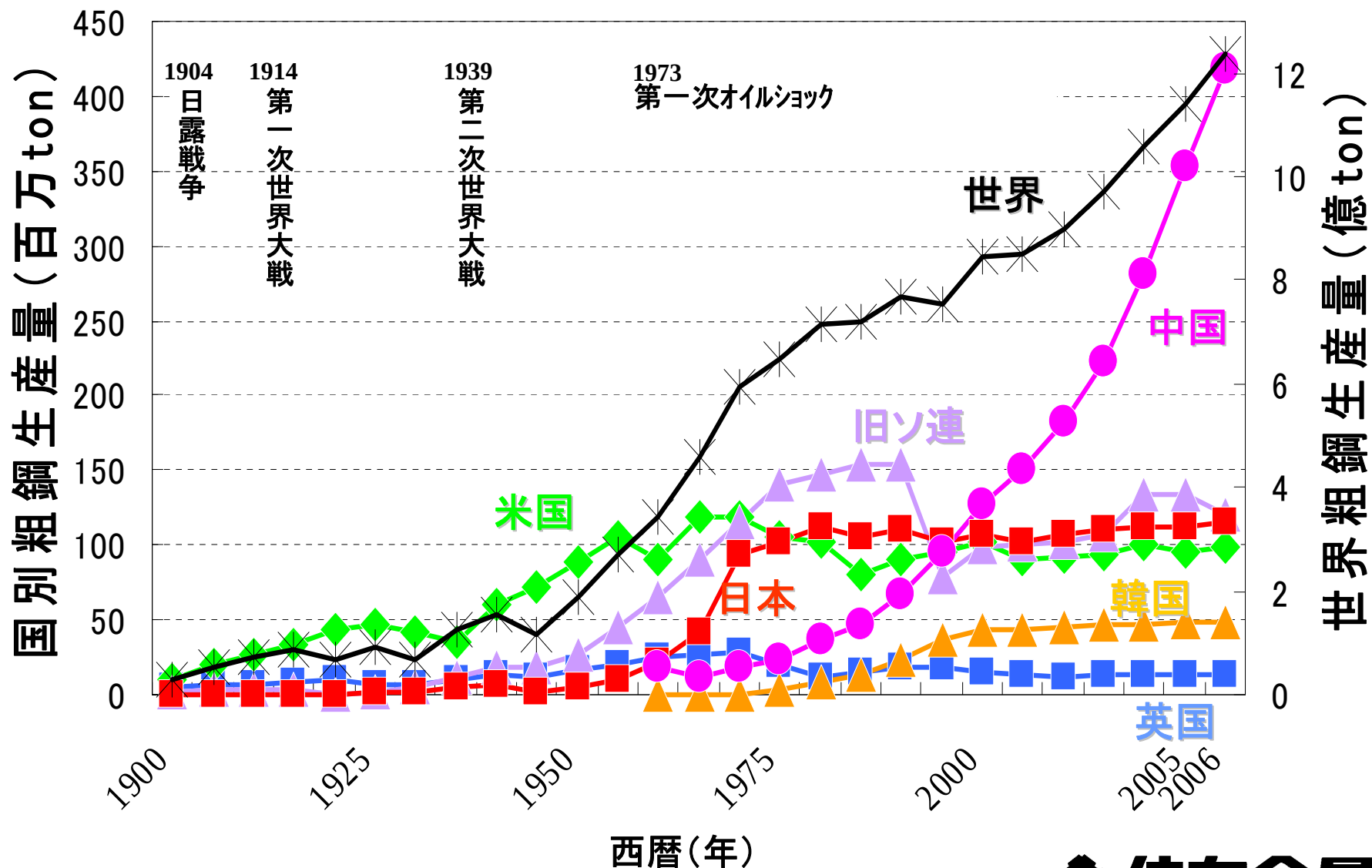
◆ 住友金属

本日の講演内容

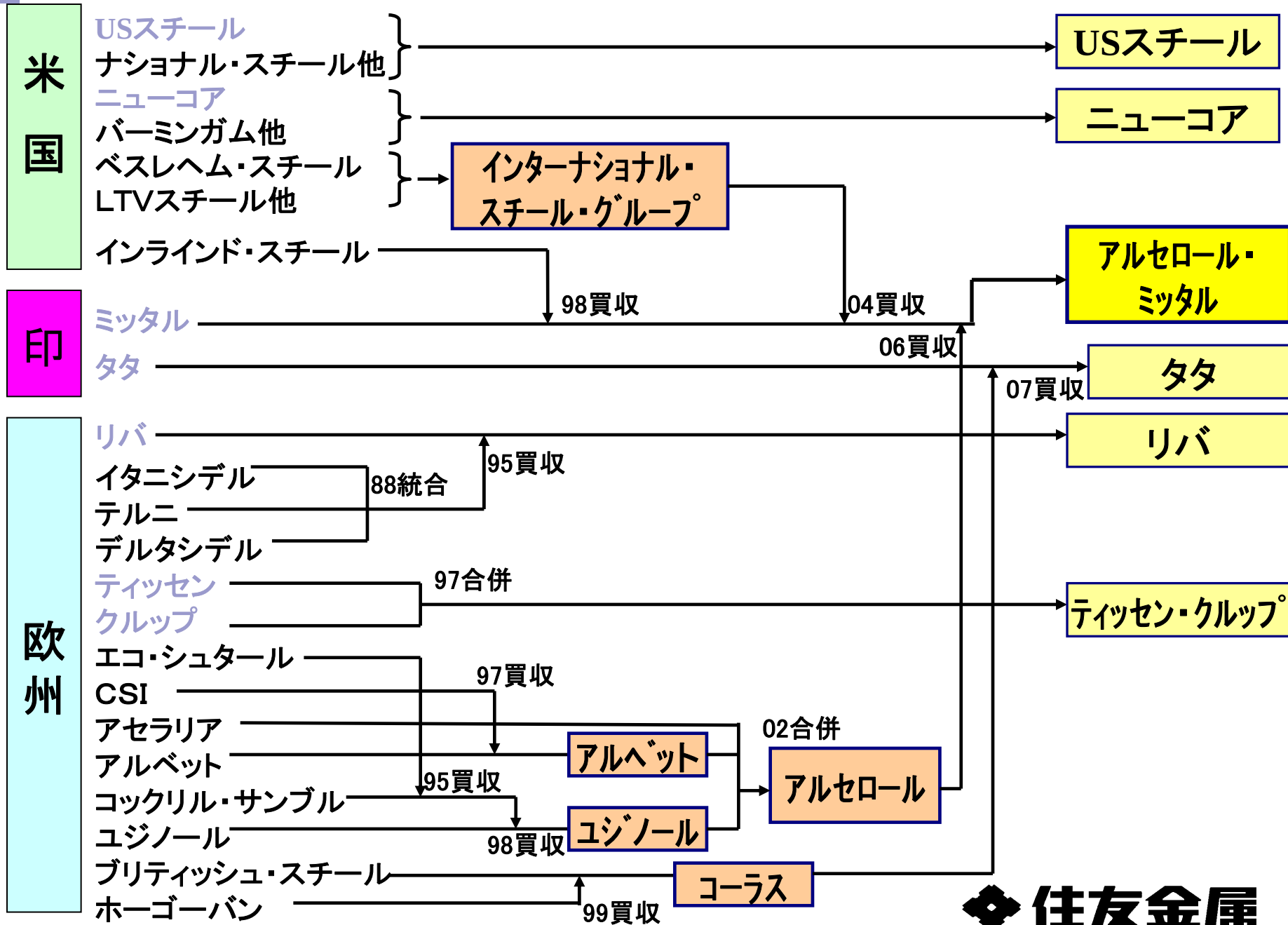
1. 世界の鉄鋼業
2. 日本の鉄鋼業
3. 日本の鉄鋼業における住友金属工業
4. 技術開発課題
5. SPring-8の鉄鋼への適用
6. まとめ

1. 世界の鉄鋼業

粗鋼生産量の推移



世界鉄鋼業の主な再編の動き



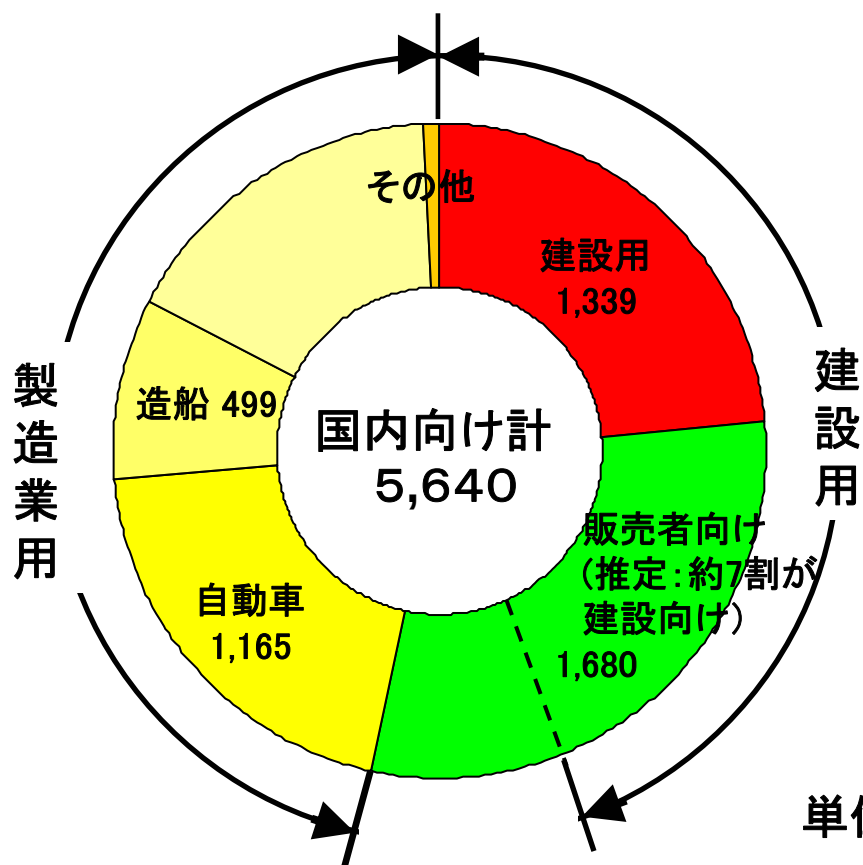
粗鋼生産上位10企業

1995	
新日鉄(日本)	26.8
POSCO(韓国)	23.4
British Steel(EU)	15.7
Usinor Sacilor(EU)	15.5
Riva(EU)	14.4
Arbed Group(EU)	11.5
NKK(日本)	11.3
US Steel(アメリカ)	11.0
川崎製鉄(日本)	10.4
住友金属(日本)	10.4
上位10社 計	150.4
同(シェア%)	20.0
世界合計	752.3

2006 (百万トン)	
Arcelor Mittal (EU)	117.2
新日鉄(日本)	32.7
JFE(日本)	32.0
POSCO(韓国)	30.1
上海宝鋼(中国)	22.5
US Steel(アメリカ)	21.2
Nucor(アメリカ)	20.3
Tangshan(中国)	19.1
Corus Group(EU)	18.3
Riva(EU)	18.2
上位10社 計	331.6
同(シェア%)	26.7
世界合計	1,244.2

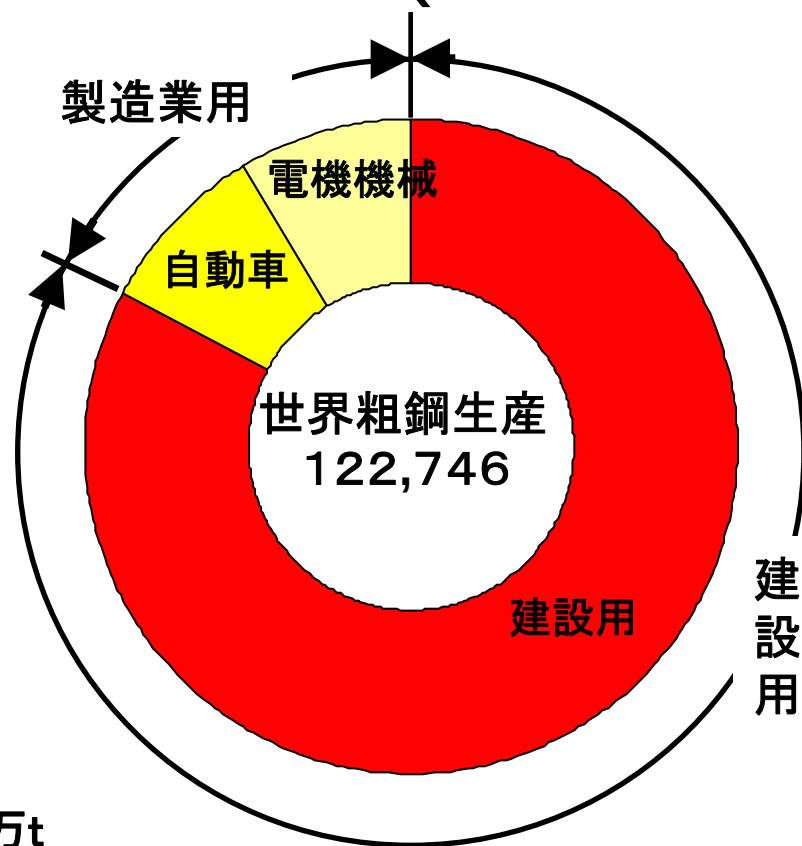
出所 : IISI、World Steel in Figures[各年]より作成

一般材（汎用鋼）と高級鋼の比率(2006年)



日本

国内向け鋼材用途別受注量



世界

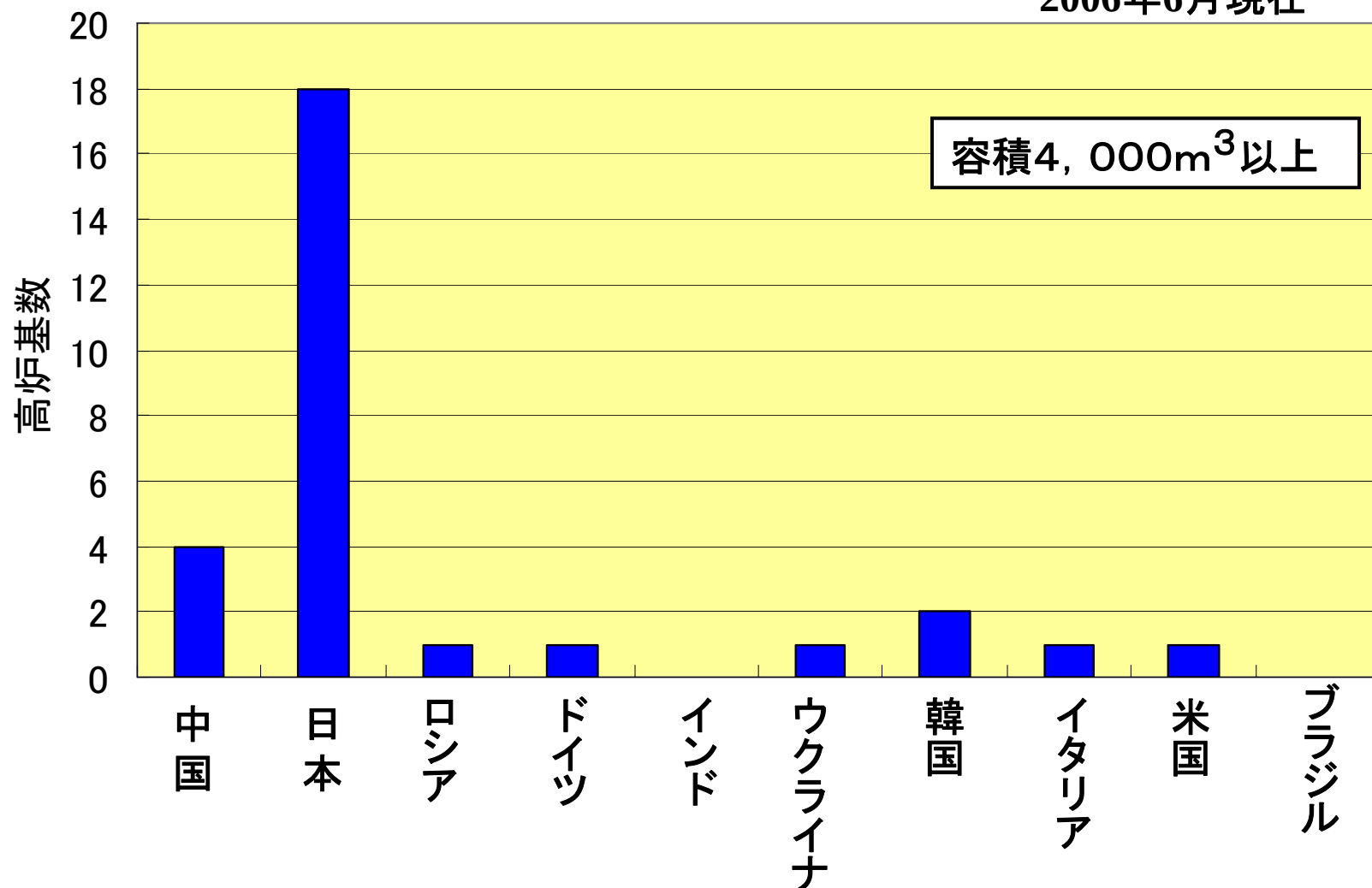
鋼材の用途別需要(推定*)

(*) 政策科学13-2, Feb, 2006より引用

2. 日本の鉄鋼業

高炉の規模比較

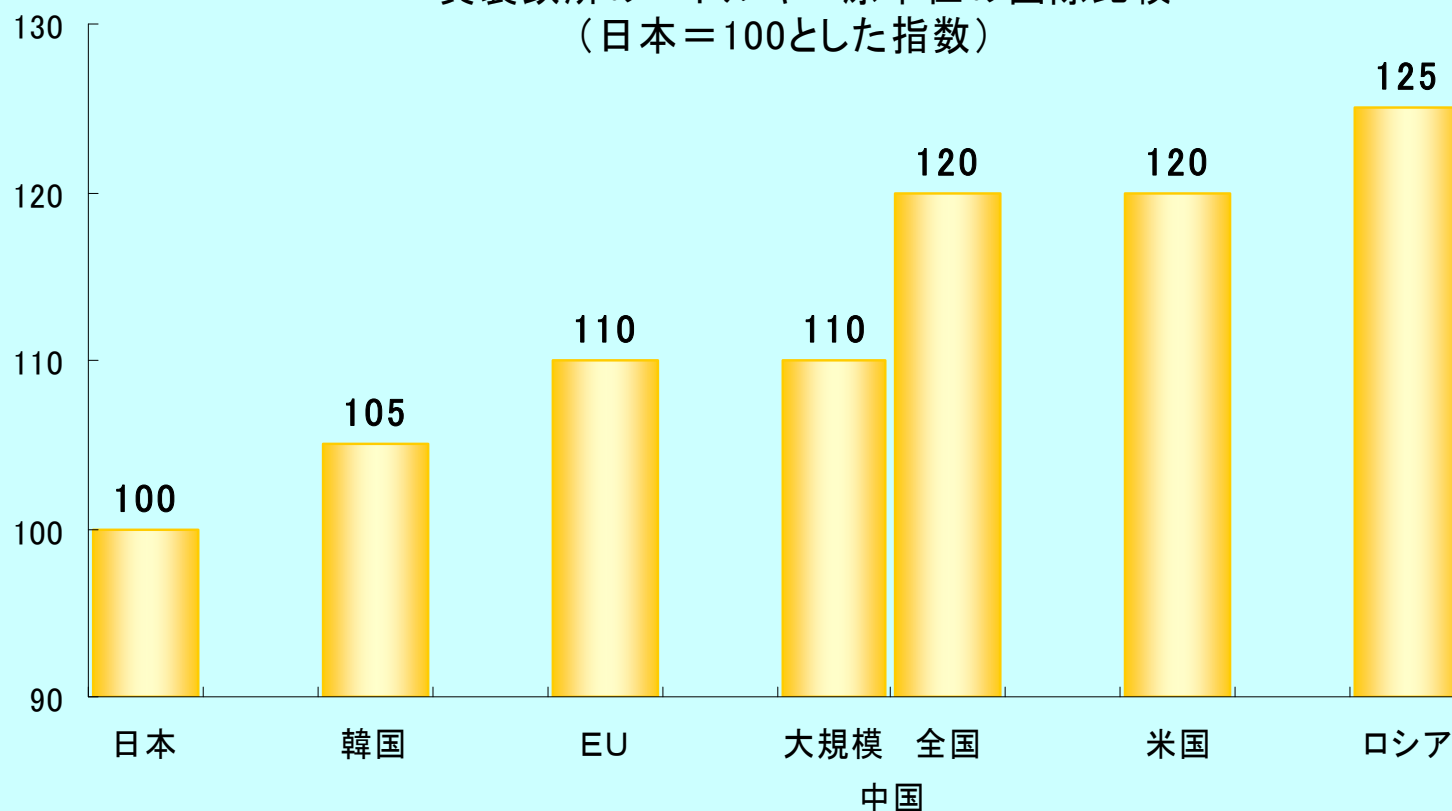
2006年6月現在



出典：鉄鋼統計要覧2006

一貫製鉄所のエネルギー原単位

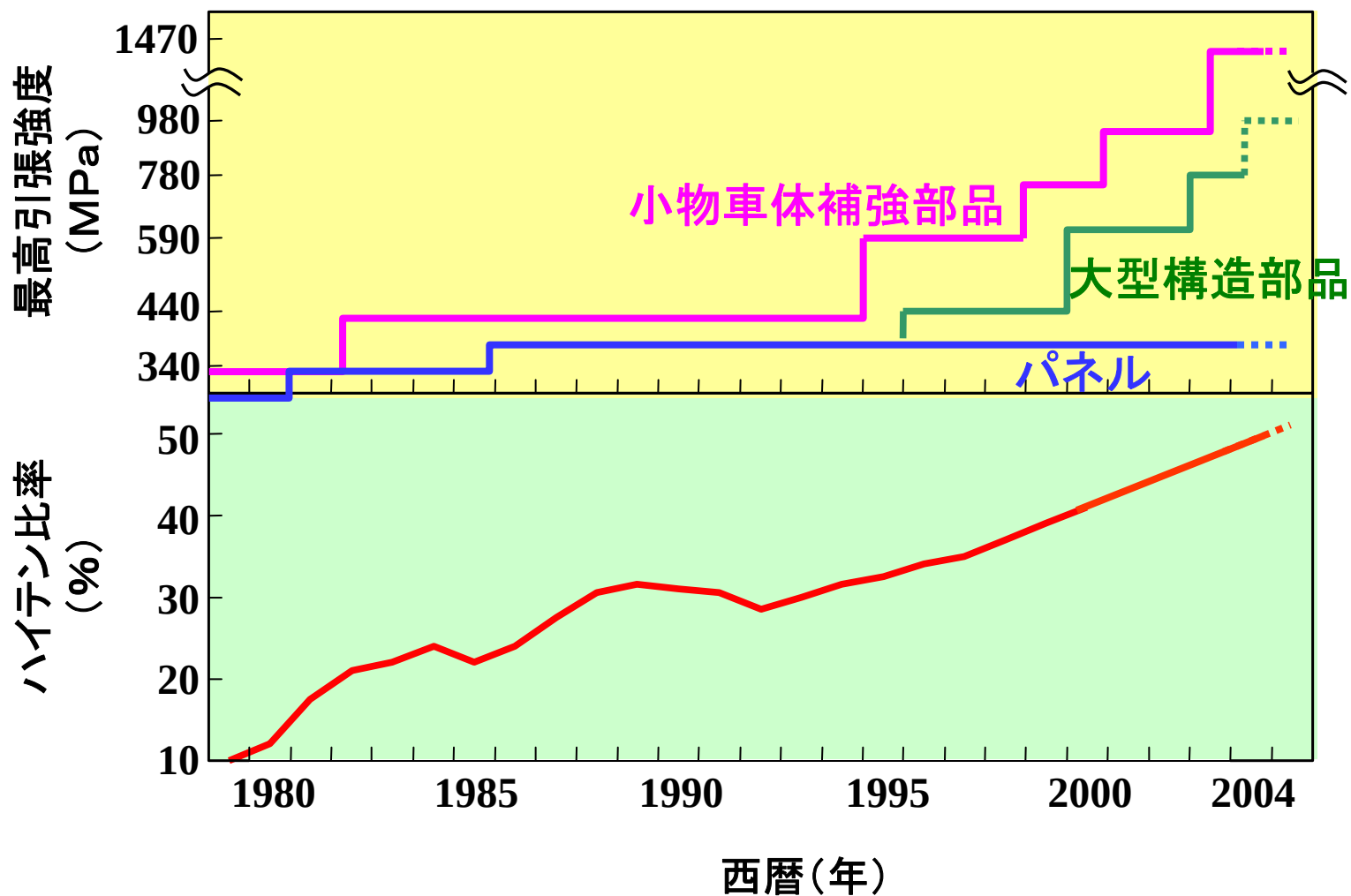
一貫製鉄所のエネルギー原単位の国際比較
(日本=100とした指数)



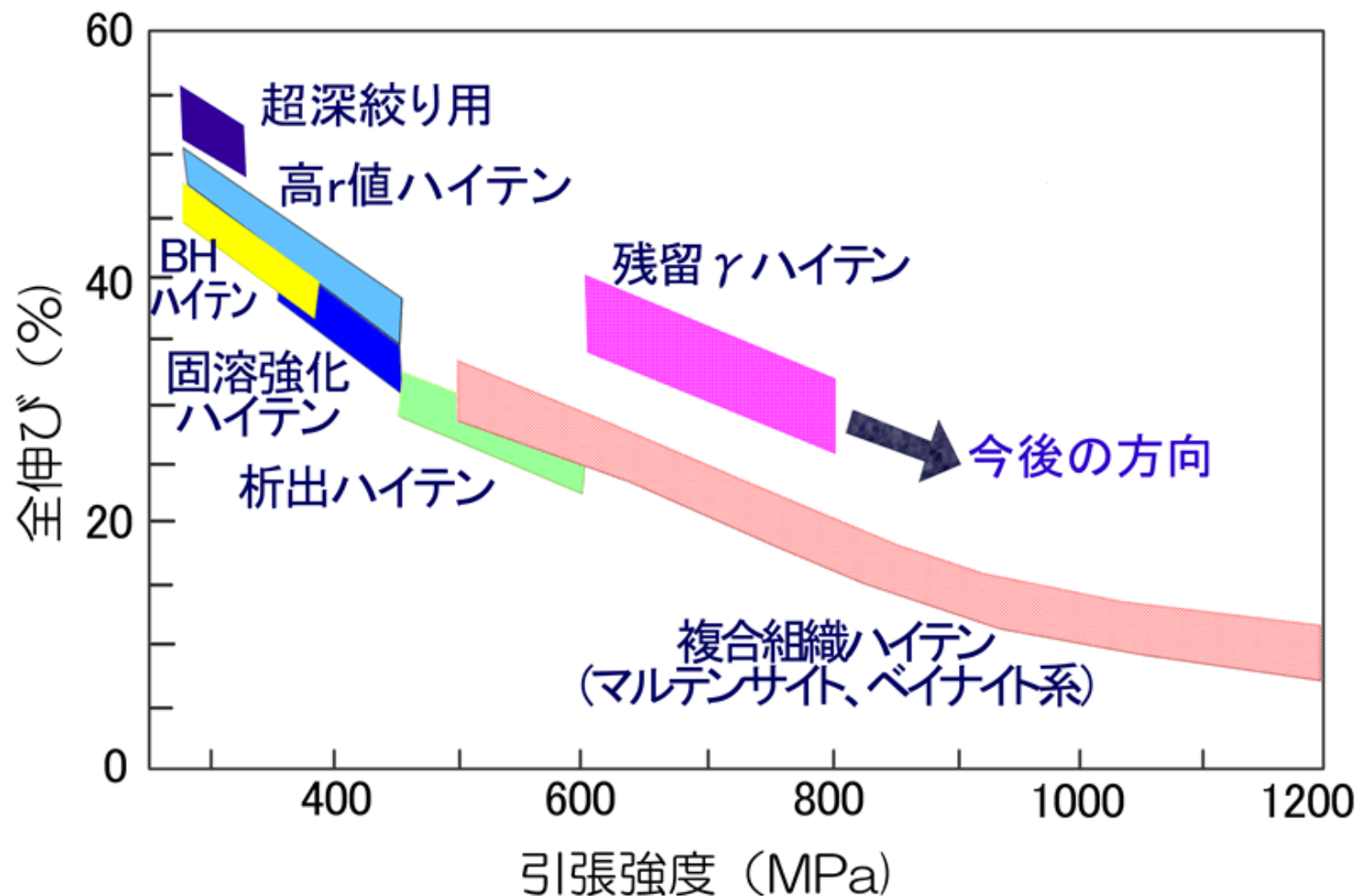
出所: 韓国鉄鋼協会、中国鋼鉄工業協会、個別ヒアリング等の情報より作成

(注) 中国のデータについては、BOUNDARY、定義等不明

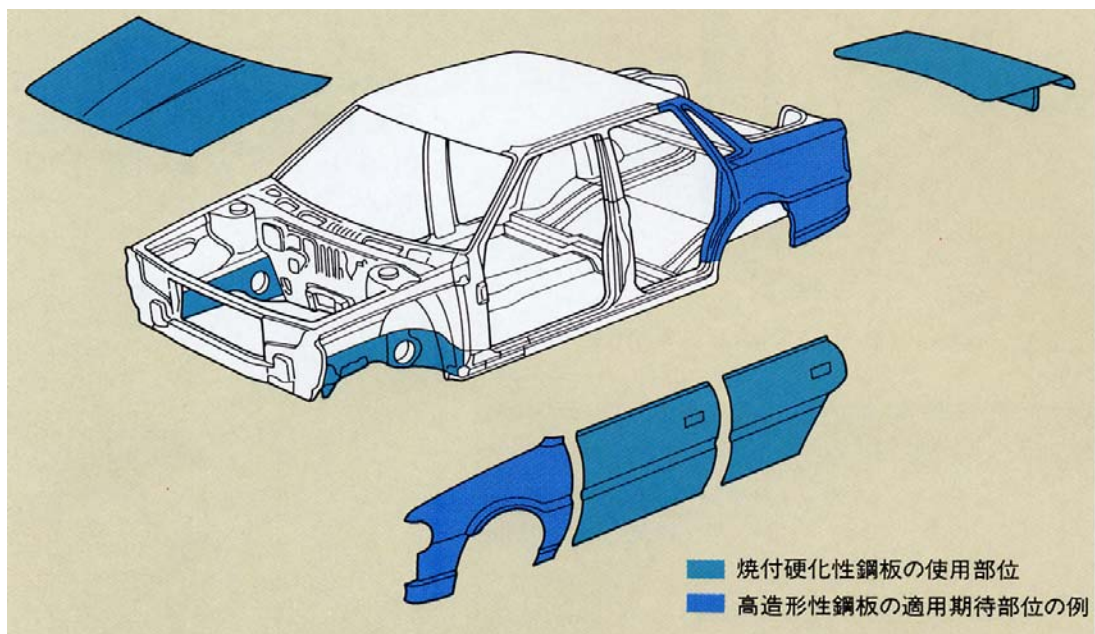
ハイテン比率の推移



ハイテンの現状と開発動向

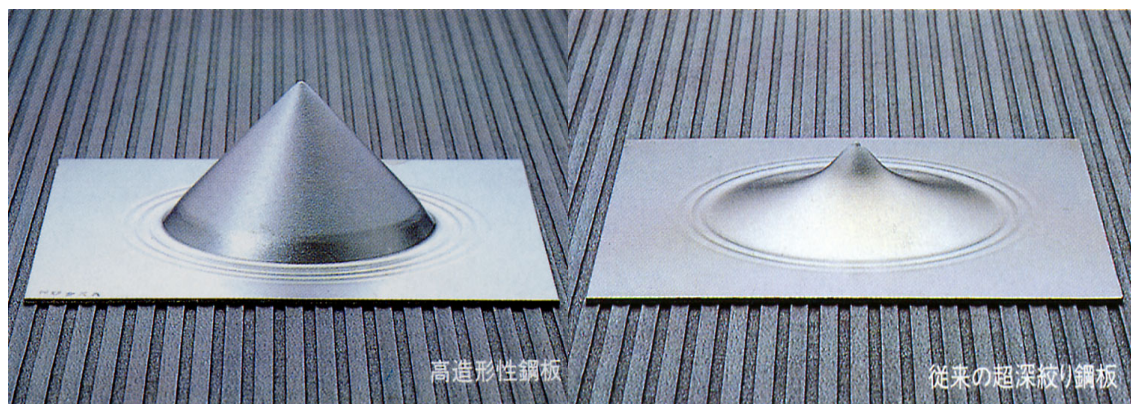


成形性に優れた薄鋼板

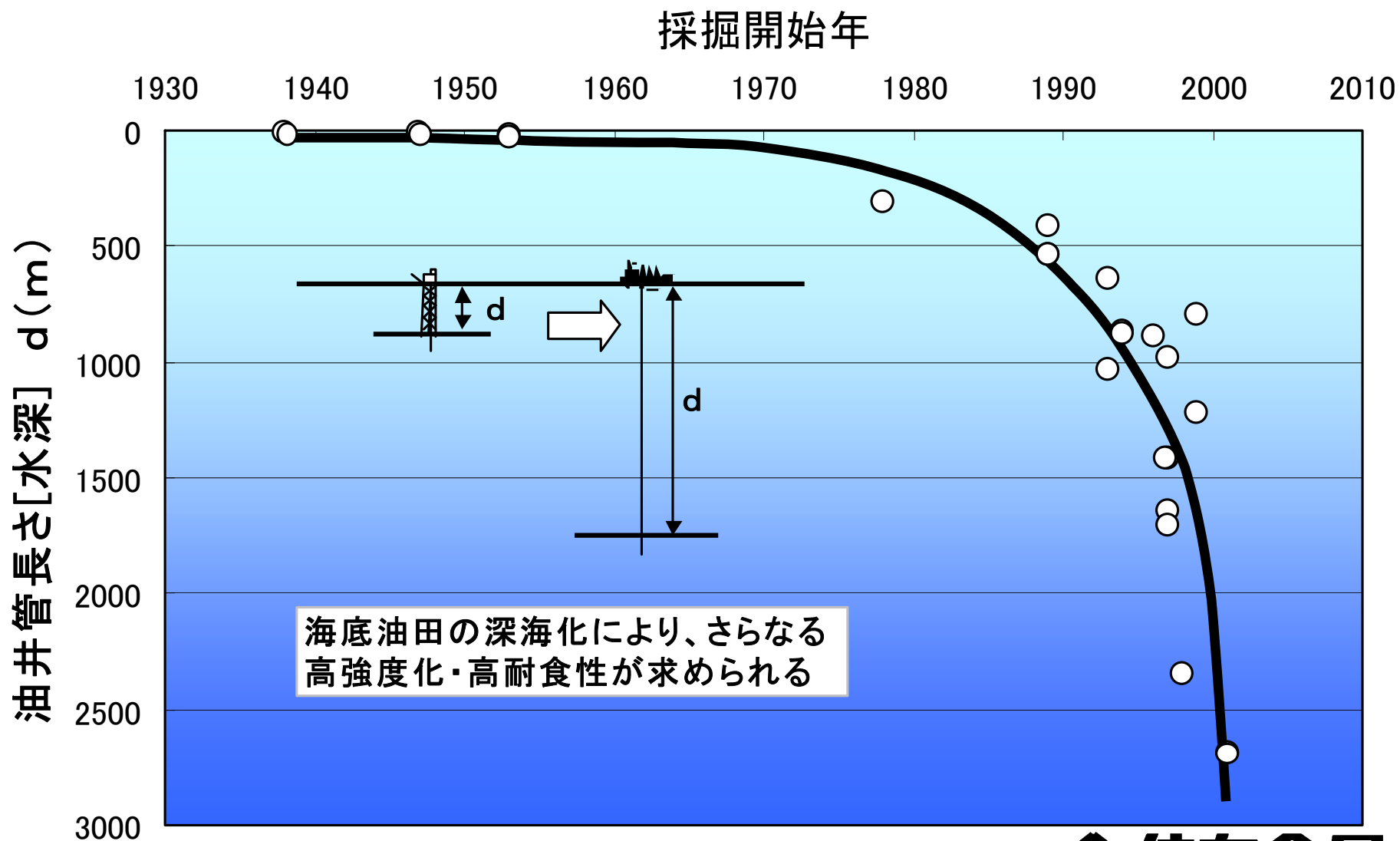


高度化が進む自動車デザインに力強く対応する焼付硬化性鋼板、超深絞り鋼板は、最近のカーテクノロジーにも大きく貢献。

従来の超深絞り鋼板では先端に亀裂が入り、割れが発生。高造形性鋼板はきわめて深く成形することが可能。

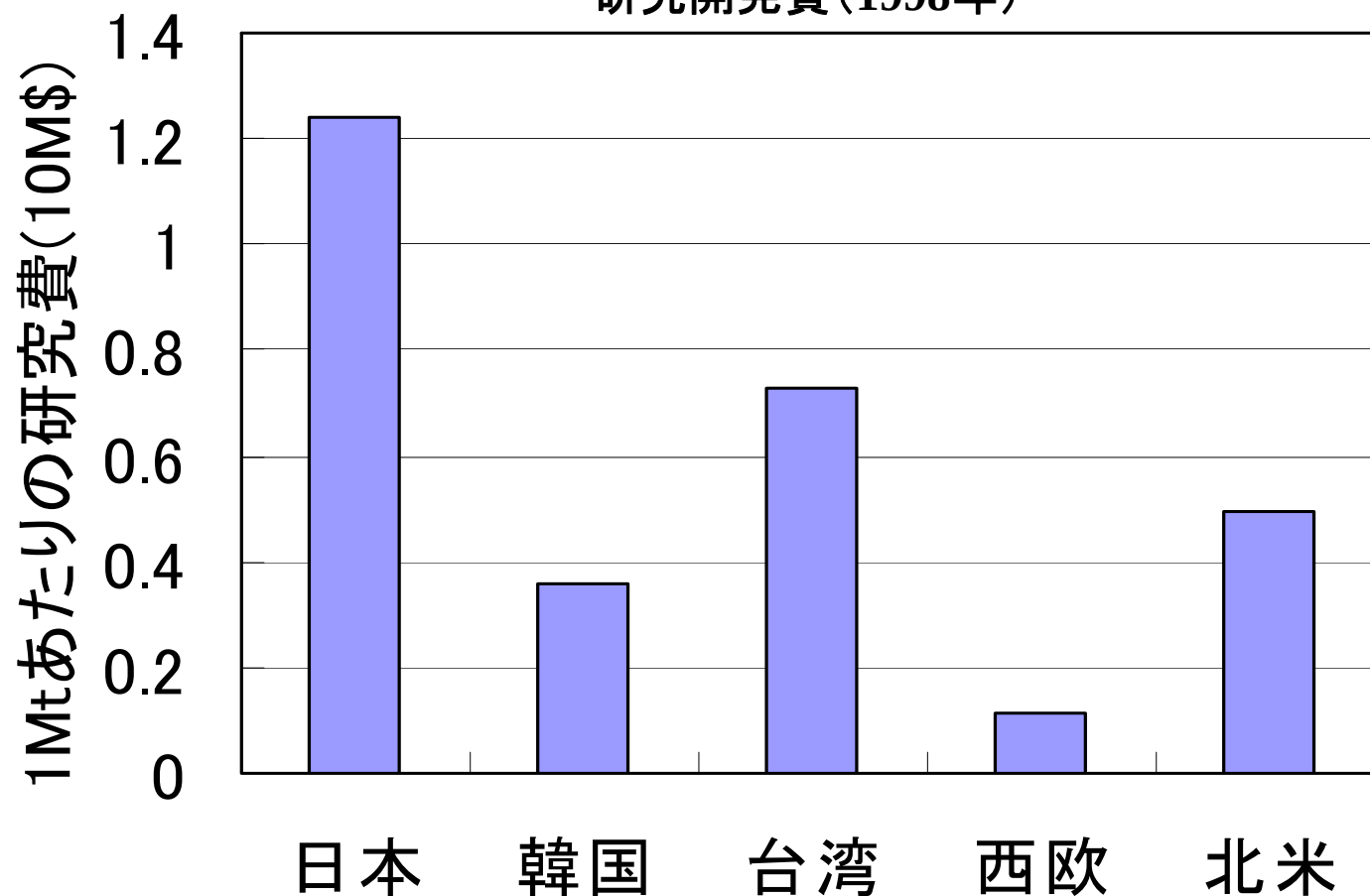


深海油田の開発による油井管高性能化の要求



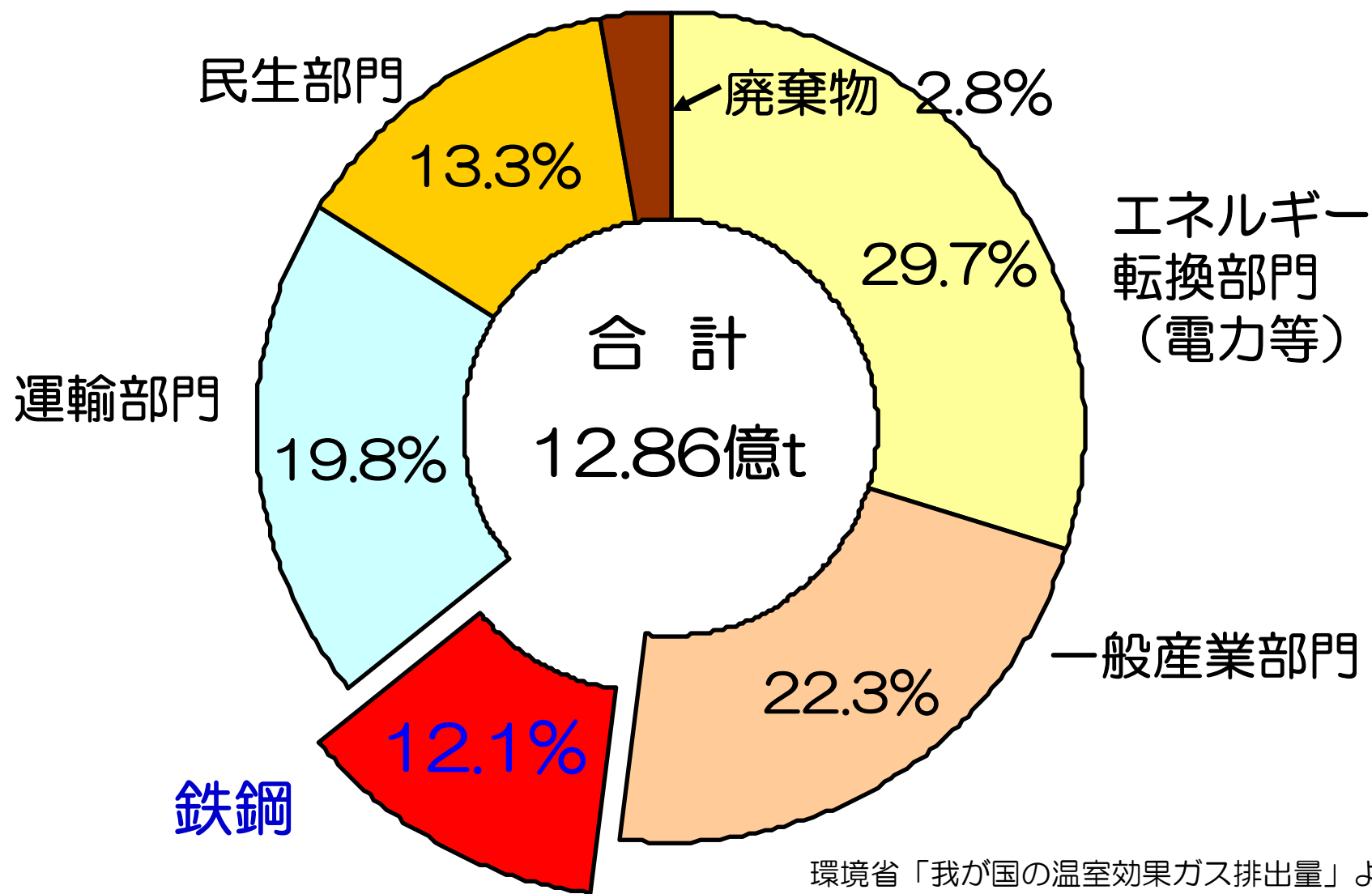
鉄鋼業の研究開発費

研究開発費(1998年)



出典: 経済産業省

各部門別CO2排出量(2004年度)



3. 日本の鉄鋼業における 住友金属工業

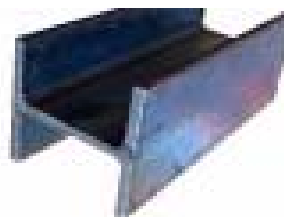
住友金属グループの主要な事業内容

＜鉄鋼事業＞

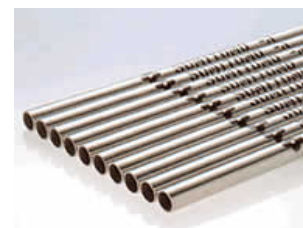
平成19年3月31日現在



鋼板



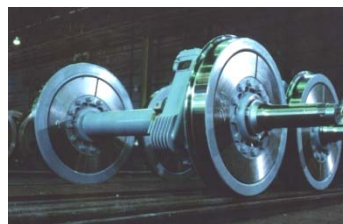
建材製品



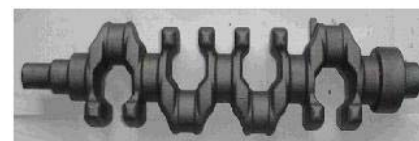
鋼 管



条 鋼



鉄道車両用品



鍛鍛鋼品

半製品、その他

＜エンジニアリング事業＞

橋梁・土木製品、システム建築ほか

＜エレクトロニクス事業＞

ICパッケージ、電子部品ほか

＜その他の事業＞

不動産の賃貸・販売、試験・分析事業ほか

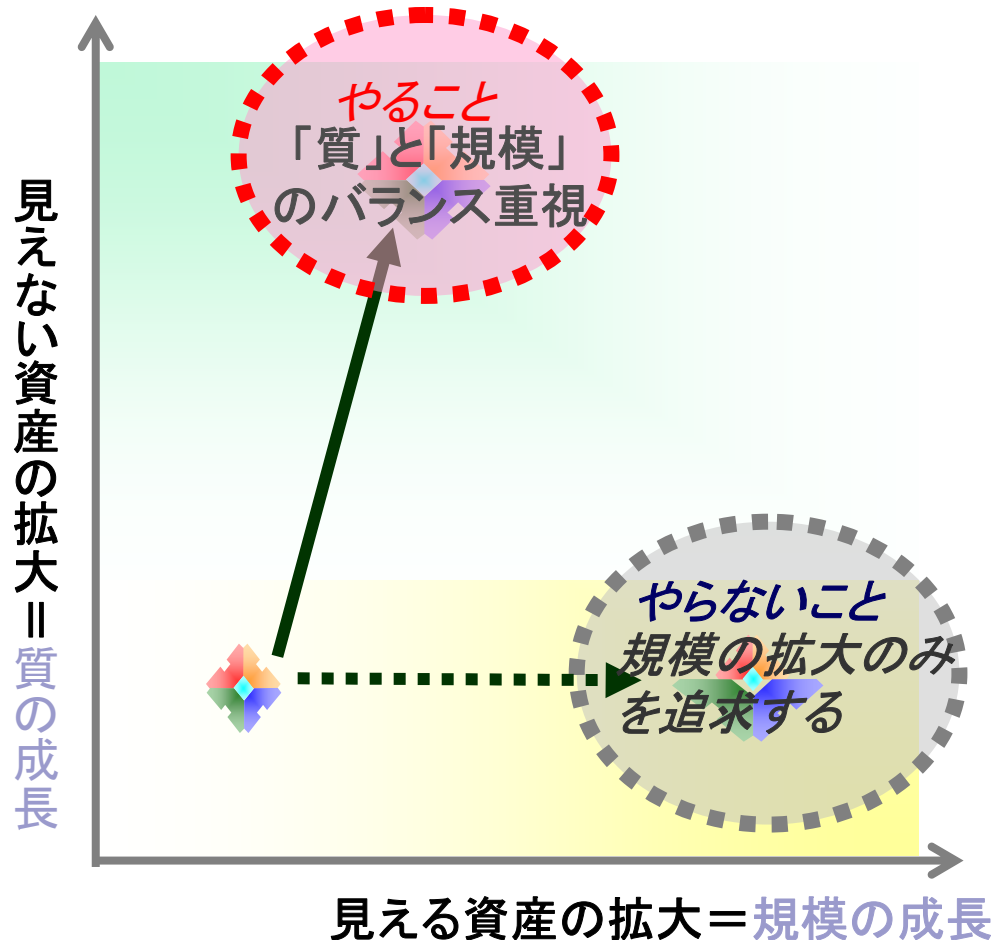
住友金属グループの売上高・従業員数

摘 要		売上高 (億円)	従業員数 (人)
売上高	鉄鋼事業	14, 888	19, 300
	エンジニアリング事業	107	195
	ILXテクノ事業	593	3, 671
	その他の事業	436	1, 816
計		16, 027	24, 982
経常利益		3, 276	(平成18年度)
当期純利益		2, 267	

住友金属の経営戦略

成長の方向

住金らしさの指向



強いところをより強く

エネルギー・自動車分野への注力

品種構成のハイエンド化

「住金らしさ」

顧客リレーションシップの強化

有利品種への資源集中

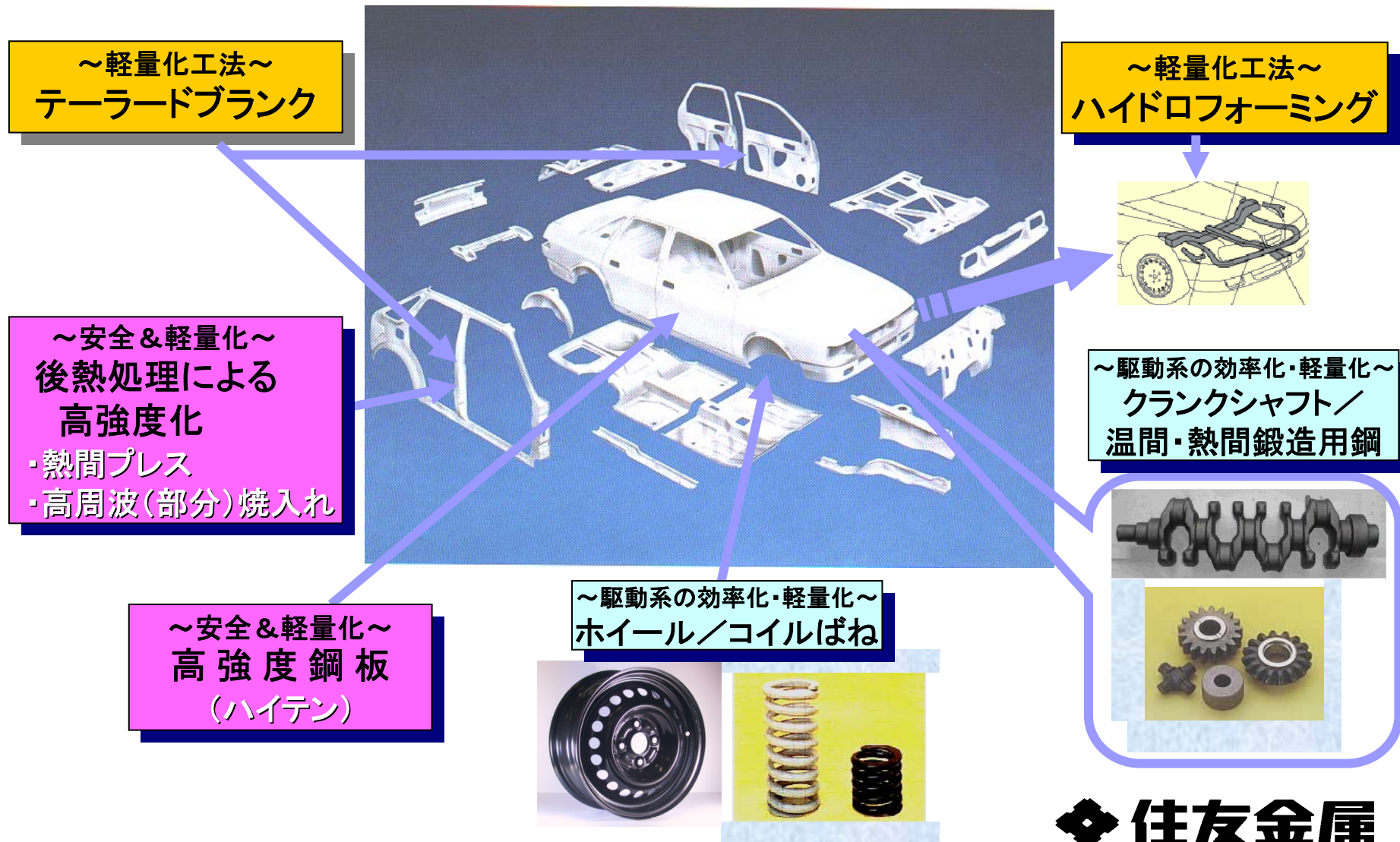
顧客評価NO.1

「質」と「規模」のバランス重視

4. 技術開発課題

環境負荷低減への貢献(1) ～輸送分野～

自動車軽量化の推進



環境負荷低減への貢献(2) ～エネルギー分野～

エネルギーの利用効率の向上と安定供給

- ・発電プラントの高効率運用への対応
- ・深度石油掘削への対応と環境汚染低減
- ・高効率電磁鋼板
- ・新エネルギー対応(燃料電池用材料) ほか



ボイラーチューブ



高効率モータ



油井管

環境負荷低減への貢献(3) ～新技術～

スクラップリサイクルの促進

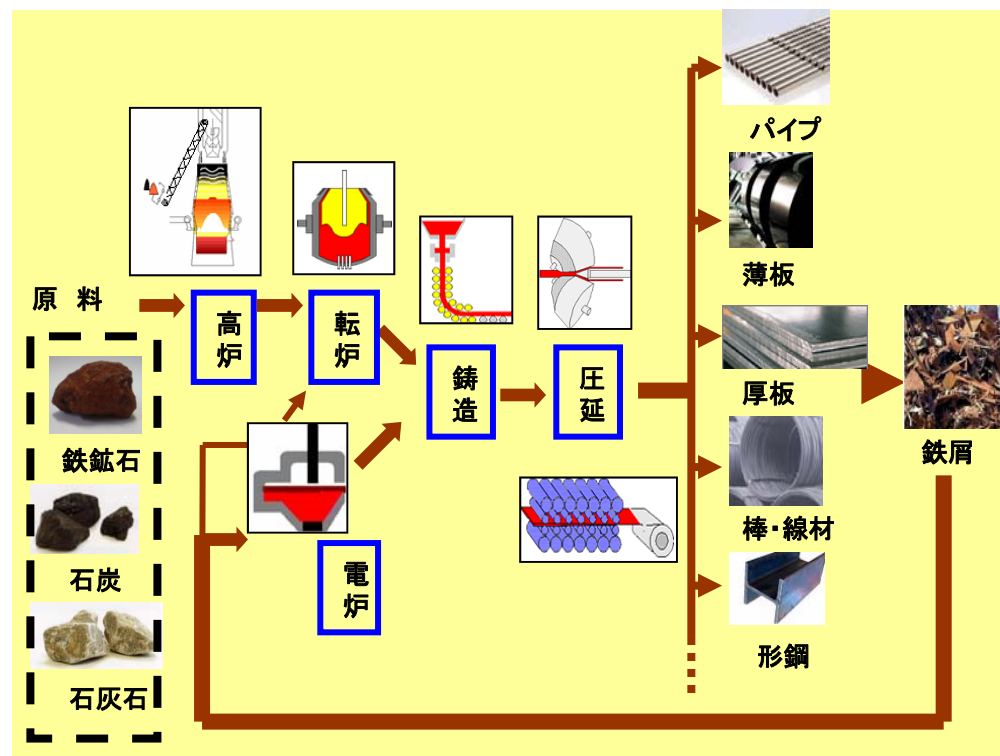
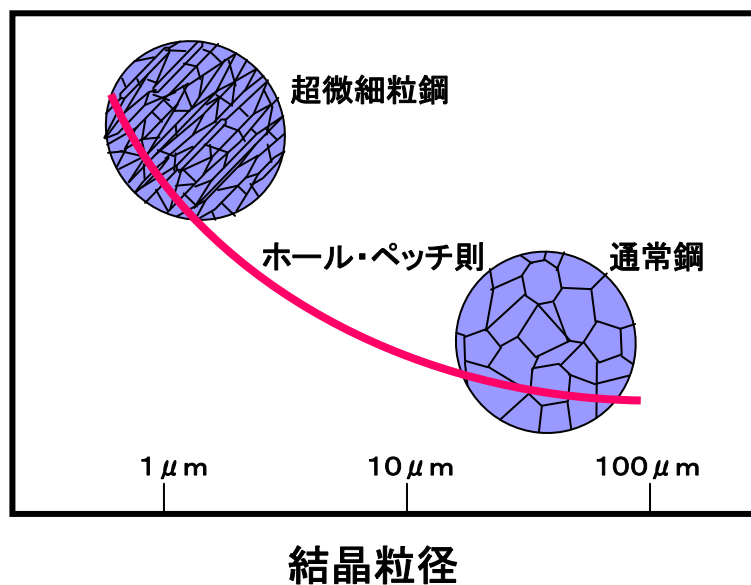
- ・環境調和型超微細粒鋼の研究

合金成分の添加ではなく結晶粒を $1\mu\text{m}$ 以下に超微細化することで材料特性を向上

- ・鉛フリー快削用鋼材

等

材料特性(強度・靱性など)



鉄のリサイクル

必要な要素技術(1)

プロセス技術

[製鉄・製鋼]

- ・新鉄源、コークス製造
- ・高炉操業
- ・精錬
- ・連続鑄造

[鋼板・鋼管・線材・形鋼・鍛鋼]

熱間圧延、冷間圧延
穿孔・押出し
成型・鍛造・溶接
熱処理、表面処理

商品技術

[自動車]

高強度鋼板
表面処理鋼板
熱間プレス用鋼板
軸受け鋼
クランクシャフト

[エネルギー・化学]

耐熱・耐食鋼管
プラント用高合金管

[建設・土木・重機械(造船)]

耐候性・耐食性・耐疲労鋼板

[鉄道]

車輪・車軸、鉄道台車

[電気機械(家電)など]

高効率電磁鋼板
プレコート鋼板
Ti鋼板

利用技術

プレス成形
抵抗スポット溶接
レーザー溶接
ハイドロフォーム
パイプの曲げ、拡管、引抜
切削加工

材料設計技術

組織制御技術

必要な要素技術(2)

基 盤 技 術

[評価技術]

- ・材料強度、疲労強度
- ・加工・切削性
- ・耐食・耐熱性
- ・自動車部品の衝突安全性
- ・非破壊検査

[材料科学]

- ・鉄鋼材料の強化
- ・状態図解析、合金設計
- ・組織制御
- ・トライボロジ
- ・凝固・結晶成長
- ・溶接冶金

[数値解析技術]

- ・磁場解析
- ・応力、衝突解析
- ・流体解析
- ・伝熱解析

[分析技術]

- ・工程管理分析
- ・介在物分析
- ・結晶構造解析
- ・表面状態分析
- ・皮膜構造解析
- ・残留応力解析

実態把握は
材料設計、組織
制御の基礎

5. SPring-8の鉄鋼への適用

SPring-8と実験室系装置との比較

手法の例	SPring-8	実験室系装置
残留応力測定 (X線回折法)	高エネルギーの光で金属内部 ($\sim 100\mu\text{m}$)を解析	表面近傍(数 μm)のみ 評価
その場反応解析 (X線回折法)	高輝度・高エネルギーの光で、 迅速測定(溶接観察時のデータ 取り込み 0.01s)	短時間で変化する合金 化挙動や溶接急凝固 過程を追うことは困難
皮膜特性解析 (斜入射法)	高輝度の光で鉄鋼材料の極薄 い不働態皮膜(数nm)を解析	初期の腐食皮膜を検出 することは困難
微量成分分析 (蛍光X線分析法)	高エネルギーの光でppm以下 の重元素(Nb以上)分析 全反射法ではPbの絶対量fg (10^{-15}g)オーダーを検出可能	重元素のK殻を励起でき る高いエネルギーのX線 源は無い
磁区コントラスト観察 (X線磁気円二色性- 光電子顕微分光法)	放射光の偏光特性を利用して 磁石の磁区観察(面分解能 30nm)	ラボX線では困難 光学顕微鏡法では面分 解能 $\sim \mu\text{m}$

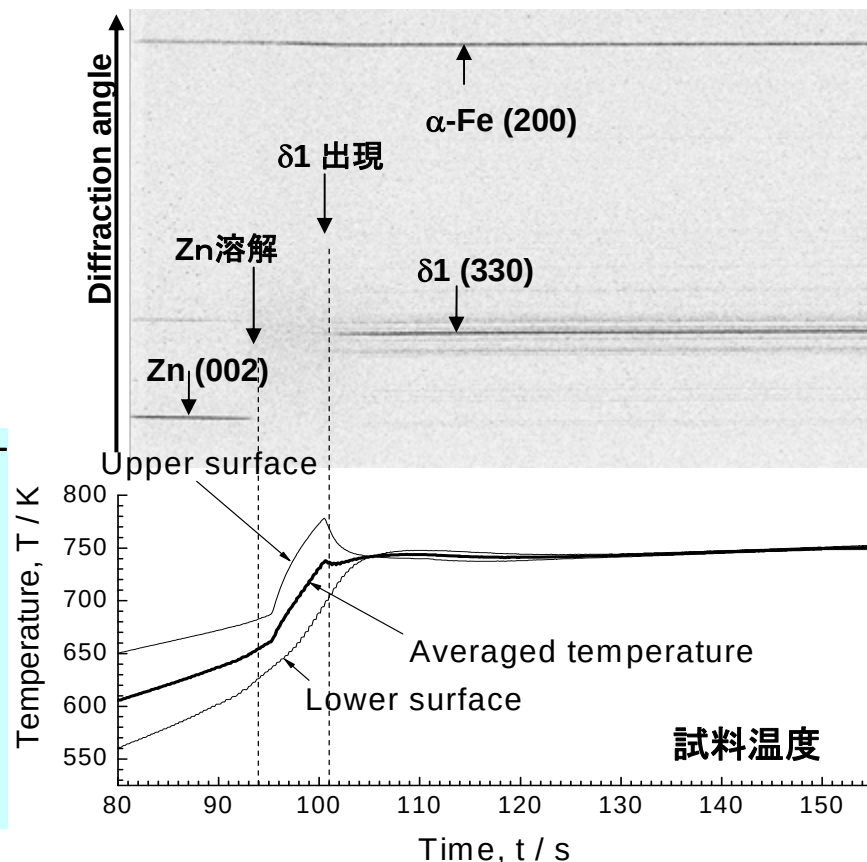
亜鉛メッキ鋼板の合金化反応のその場観察への適用

(住金、JASRI)



Znめっきライン

SPring-8放射光を利用することによりメッキ皮膜の均一性に影響を与える合金化初期のFe-Zn合金相生成挙動の直接観察が実現

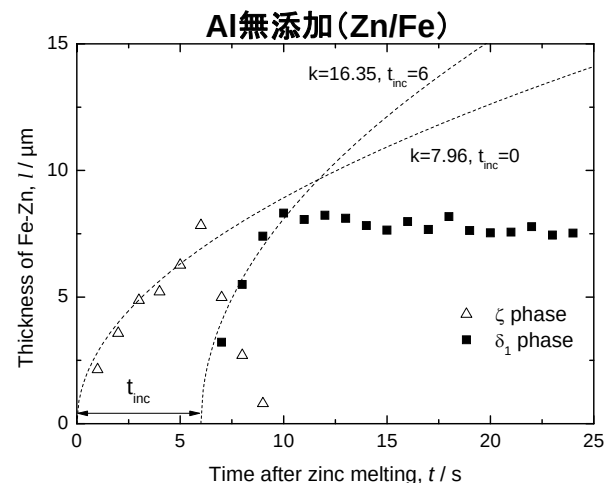
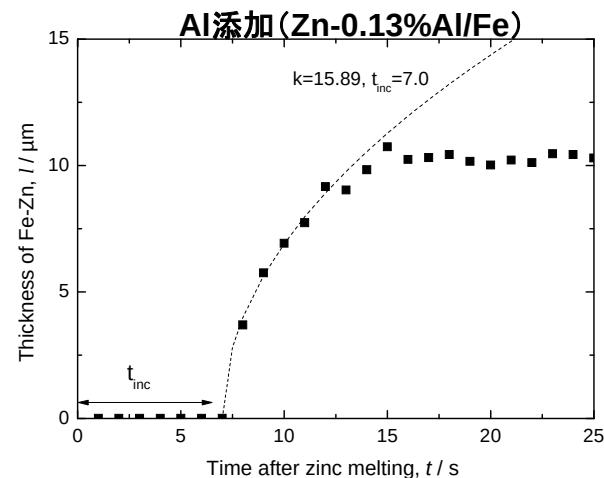
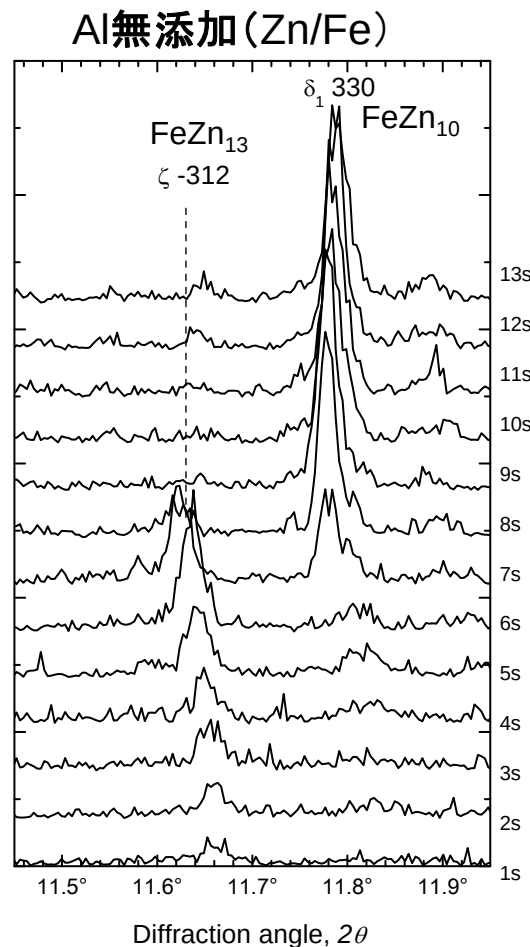
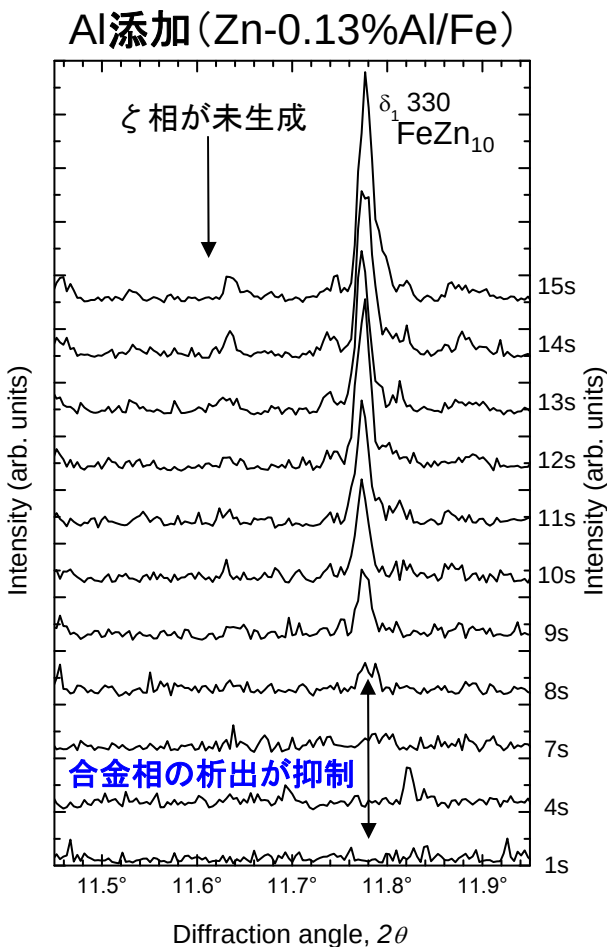


装置レイアウト(産業利用ビームライン BL19B2)

その場測定データ例

亜鉛メッキ鋼板の合金化反応の解明への成果

合金化反応を1秒間隔で直接観察し，合金相の生成・成長過程を明確化



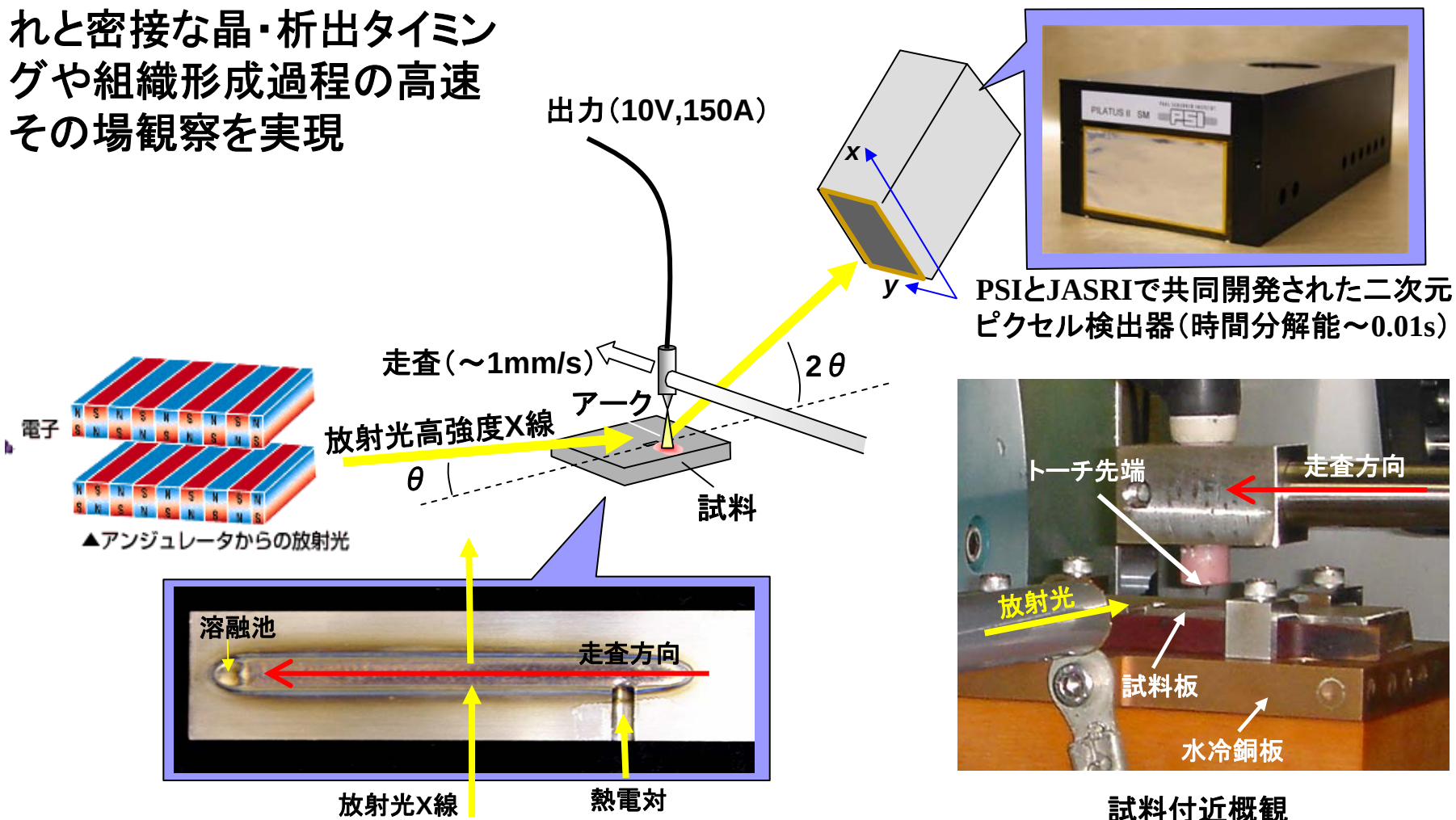
溶融亜鉛めっき合金化過程のリアルタイム観察結果

めっき皮膜内のFe-Zn合金相厚さ変化

時間分解X線回折による溶接急冷現象の二次元その場観察

(住金、JASRI、阪大)

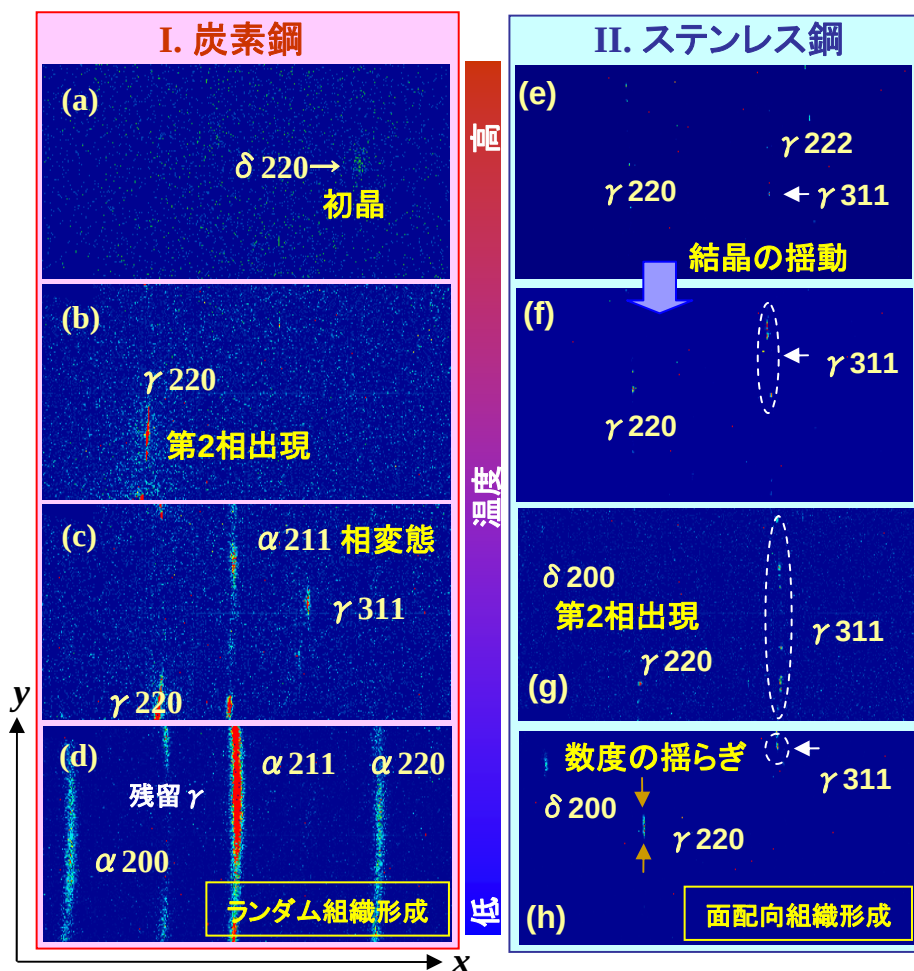
高合金鋼での溶接凝固割れと密接な晶・析出タイミングや組織形成過程の高速その場観察を実現



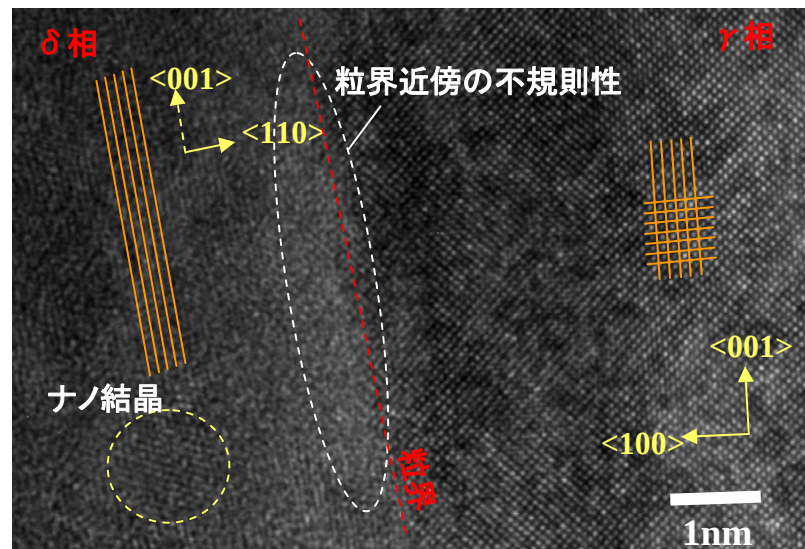
溶接急冷現象過程の解明への成果

- ・炭素鋼、ステンレス鋼および析出強化高合金鋼の組織形成過程を解明→急冷凝固材のTEM観察により検証。
- ・晶・析出タイミングの確認→溶接凝固割れ予測モデルへ適用。

本手法は溶接金属凝固過程やHAZ形成過程の観測のみならず、**高時間分解能**による凝固初期・核生成観測や可視化手法との融合により凝固現象・結晶成長過程解明へ展開。



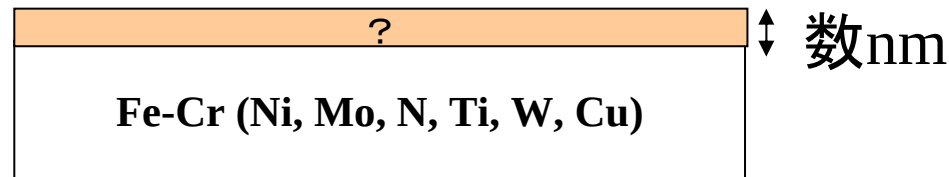
ステンレス鋼急冷材のTEM組織観察(その場観察の検証)



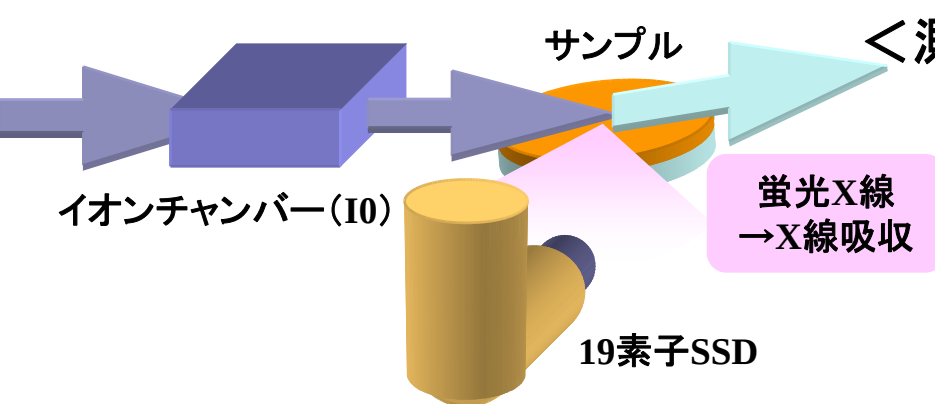
ステンレス鋼不動態皮膜の構造解析への適用

「放射光による腐食科学分科会」(腐食防食協会)

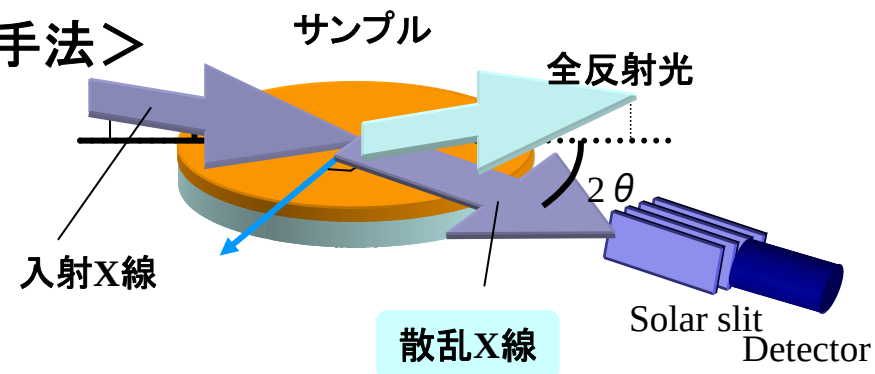
金属表面の数nmの極薄酸化膜の構造解析を実現し、業界共通課題である
ステンレス鋼の不動態皮膜安定化メカニズムを解析



＜効果＞ 添加元素効果検証、高耐食鋼材開発



元素周辺構造を元素選択的に解析
全反射XAFS (GI-XAFS) / 蛍光法

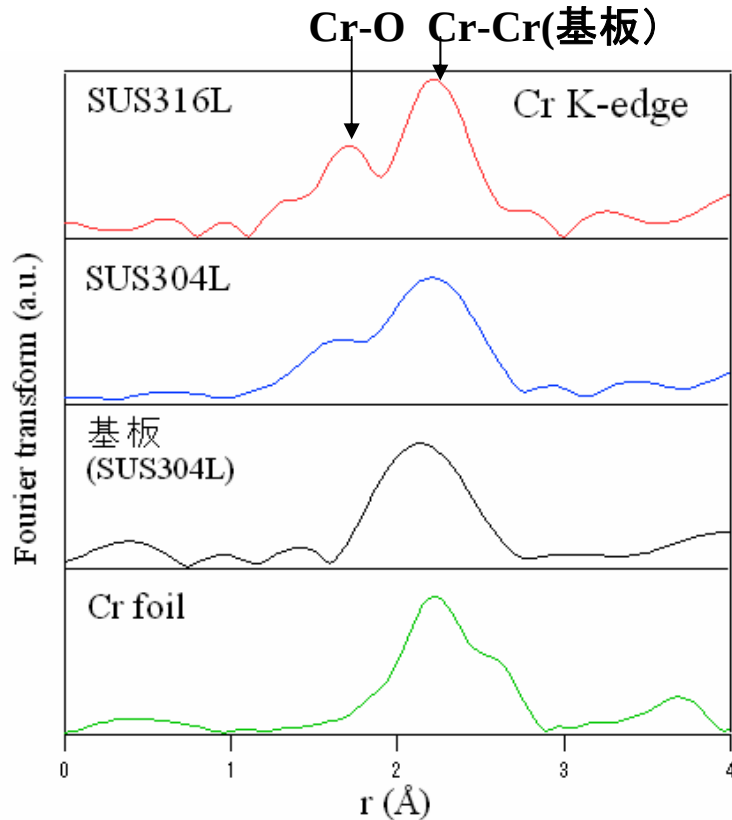


不動態皮膜の構造を解析
微小角入射X線散乱 (GIXS)

不動態皮膜構造の特徴検出への成果

不動態皮膜中の元素周辺構造

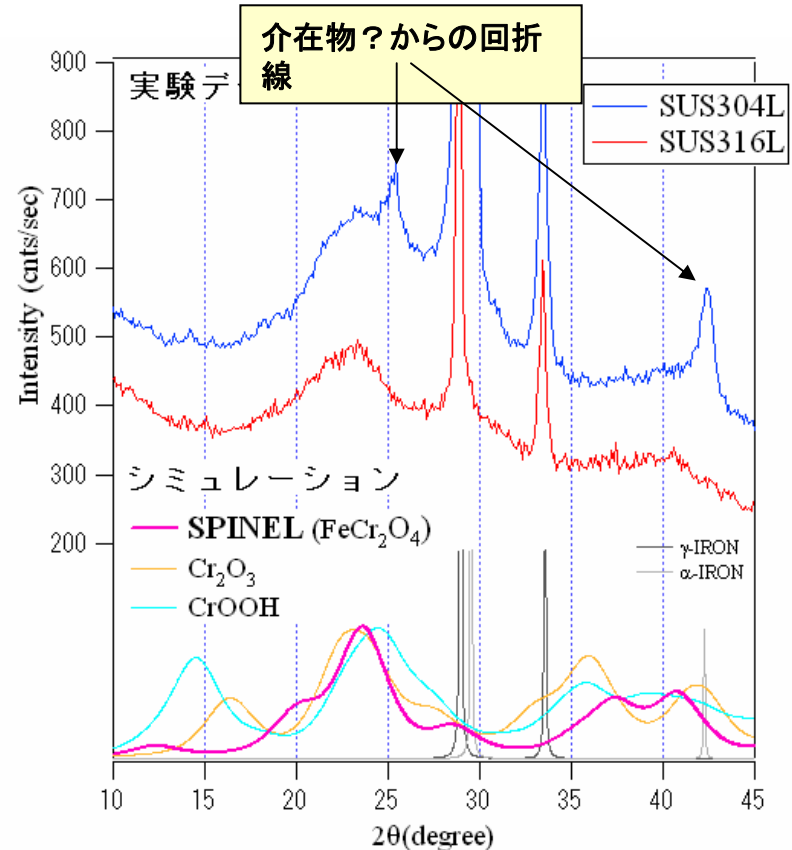
不動態皮膜由来のピークを明確に確認
Cr, Feなど皮膜構成元素周辺局所構造情報を得た



Cr酸化物リッチな酸化皮膜で構成

不動態皮膜の長周期構造

不動態皮膜からのX線散乱ピークを明確に確認
基板からの信号の混入もあるが明確に判別



皮膜はスピネル型酸化物の回折プロファイルの特徴を持つ

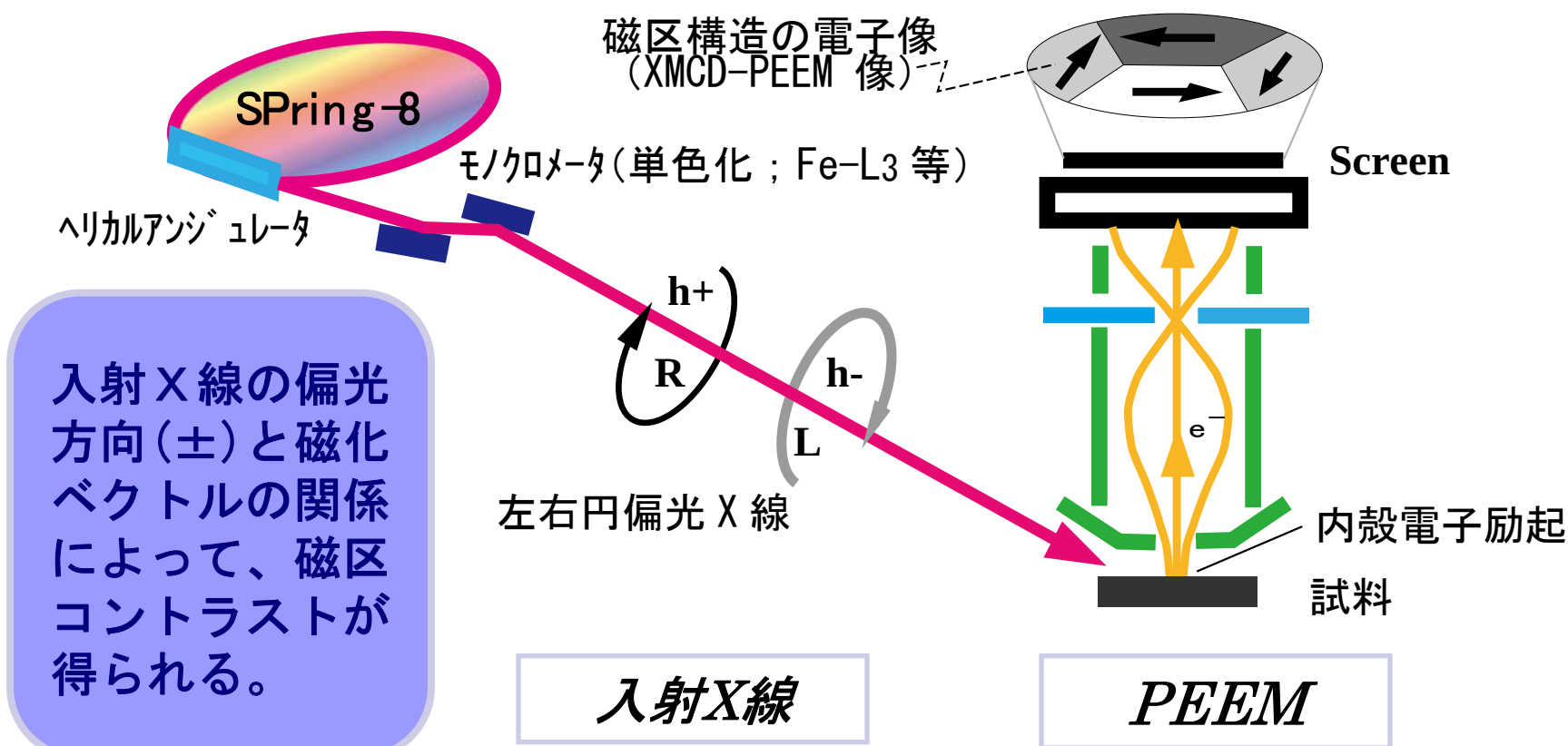
Nd-Fe-B磁石合金組織と磁化反転機構の関係追究への適用

(住金、JASRI、阪大)

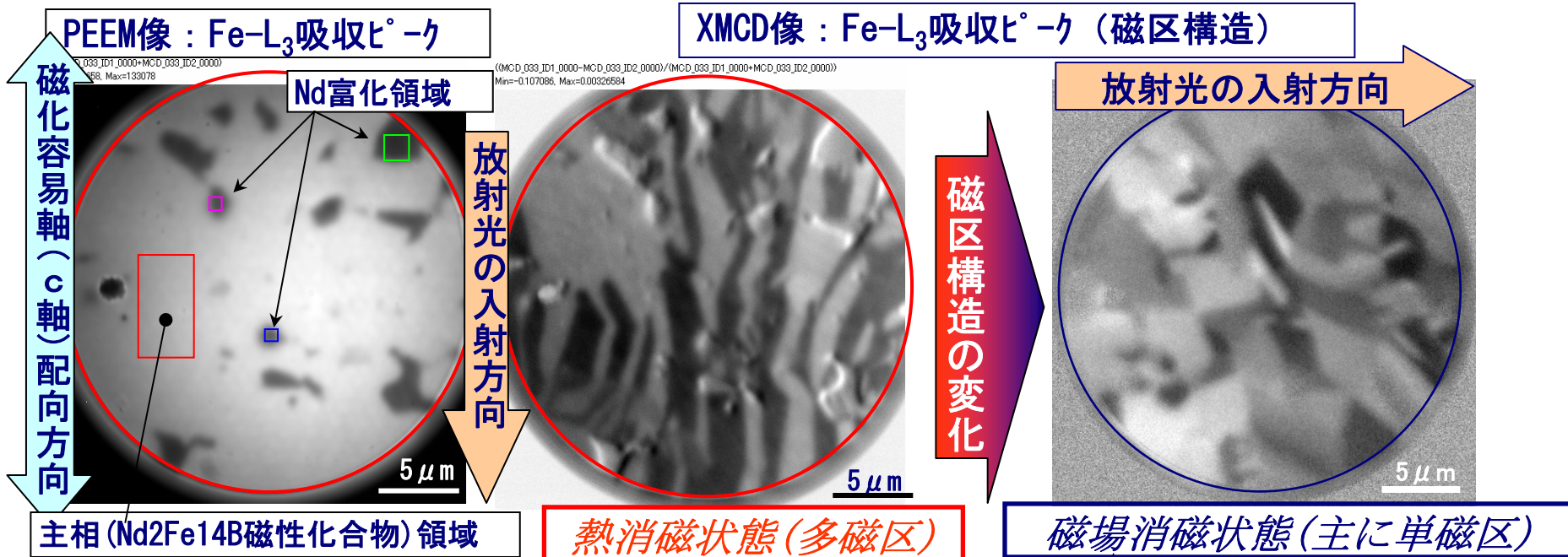
<観察方法>

X線磁気円二色性－光電子顕微分光法の原理 (SPring-8 BL25SU)

(X-ray Magnetic Circular Dichroism - Photoemission Electron Microscopy; XMCD-PEEM)

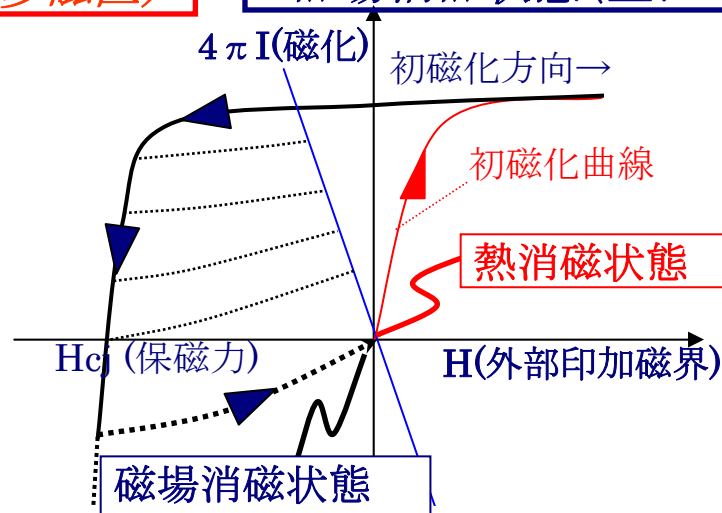


材ヰム磁石の磁区構造と磁化状態による変化観察への成果



元素分布情報 : Fe

- ・ 高分解能／高コントラストなXMCD-PEEM法をNdFeB磁石の磁区観察に初めて適用し
- ・ 熱消磁と磁場消磁状態では全く異なる磁区構造形態を呈することが判明



材ヰム磁石の磁気ヒステリシス曲線 (模式図)

まとめ

SPring-8の鉄鋼材料への適用により得られる材料設計・組織制御に関する情報は極めて貴重かつ有益。

当社を含め日本の鉄鋼業が目指す高付加価値品開発への寄与に加え、鉄鋼材料のさらなる可能性を広げる知見の獲得への期待大。

