



災害復興新生研究機構シンポジウム



Project 8 復興産学連携推進プロジェクト

東北発 素材技術先導プロジェクト 超低損失磁心材料技術領域の活動状況

平成26年3月9日

金属材料研究所 教授 牧野 彰宏

Project 8 復興産学連携推進プロジェクト

- ◆ 東北大学のシーズを「産学連携」の枠組みで事業化
→ 国の復興施策を活用し被災地の「産業復興」に繋げる

1. 東北発 素材技術先導プロジェクト

- ① 超低摩擦技術領域
- ➡ ② 超低損失磁心材料技術領域
- ③ 希少元素高効率抽出技術領域

- ◆ 東北地域が強みを有する材料分野で産学官協働による研究開発拠点形成
… 3つの技術領域で実施中

2. 地域イノベーション戦略支援プログラム

- ① 次世代自動車宮城県エリア
- ② 知と医療機器創生宮城県エリア

- ◆ 地域イノベーションの創出を研究段階から事業化まで支援
… 東北大学関連で2件採択・実施中

3. 復興促進プログラム(JST)

- ① A-STEP(探索)
- ② 産学共創
- ③ マッチング促進

- ◆ 被災地企業への技術シーズ移転
… 東北大学関連80件以上実施中

4. 材料分野等における産学官連携のオープンイノベーション拠点構築

- ◆ 東北大学片平キャンパスに「産学連携材料開発拠点」整備



TOHOKU
UNIVERSITY

東北発 素材技術先導プロジェクト

Tohoku Innovative Materials Technology
Initiatives for Reconstruction



超低損失磁心材料技術領域

Ultra-low Core Loss Magnetic Material Technology Area

<http://nanoc.imr.tohoku.ac.jp>

研究代表者

東北大学
金属材料研究所 教授

牧野 彰宏

磁性材料の分類

✓ 硬磁性材料(ハード)

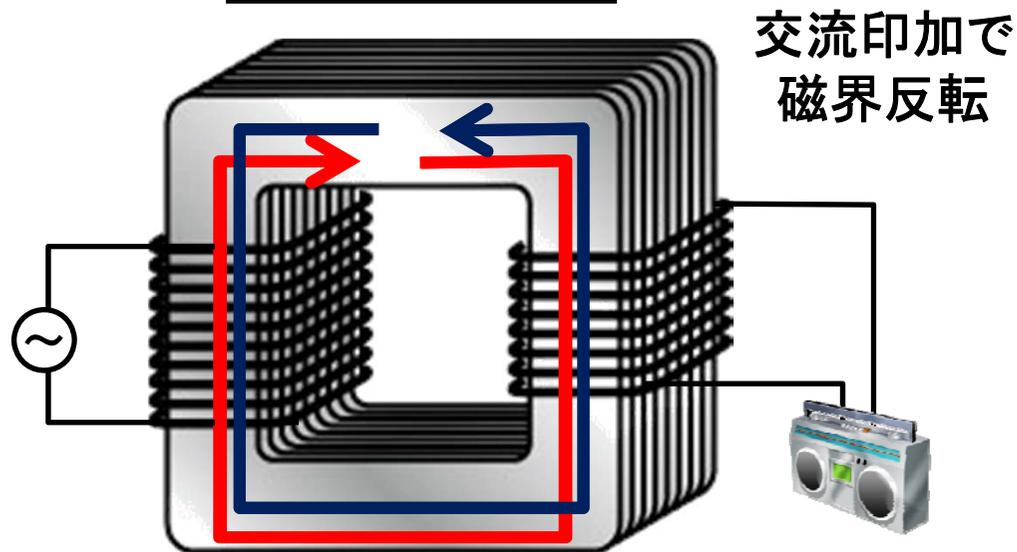
永久磁石：ネオジウム磁石、サマリウム・コバルト磁石等

磁気記録：磁気テープ、ハードディスク等

✓ 軟磁性材料(ソフト) 電気⇔磁気エネルギー変換

磁心材料：純鉄、電磁鋼板、アモルファス、ナノ結晶

トランス磁心



モータ磁心



軟磁性材料の用途

我々の日常生活を支える電化製品等に幅広く使用



エアコン



蛍光灯



溶接機



太陽光発電



MRI



柱上トランス



洗濯機

リアクトル

軟磁性
高磁束密度
形状自由
低コスト

応答性が良い

出力が大きい

磁気損失が少ない

発熱が少ない

騒音が小さい

トランス



クレーン

電力変換機器や磁性部品への広範な用途



インダクタ

携帯電話



パソコン



スピーカ



テレビ



航空機



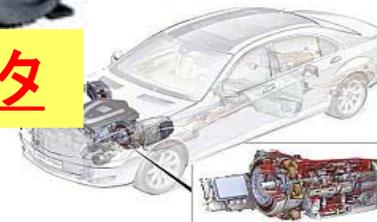
新幹線



モータ

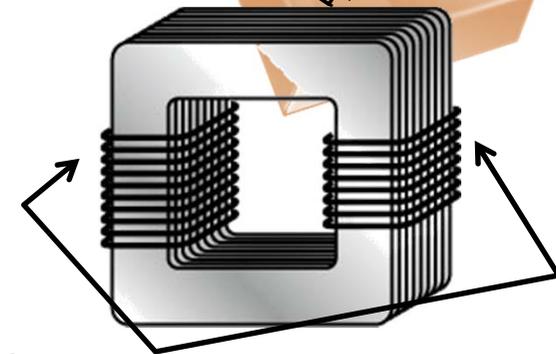
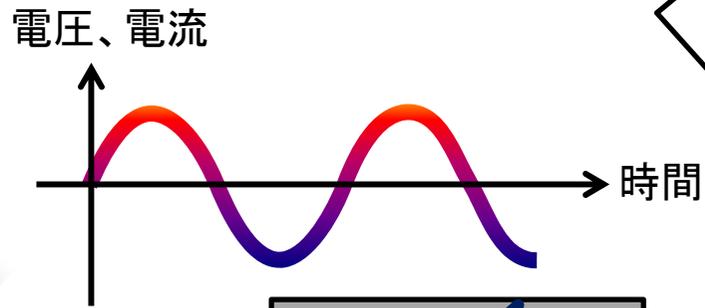
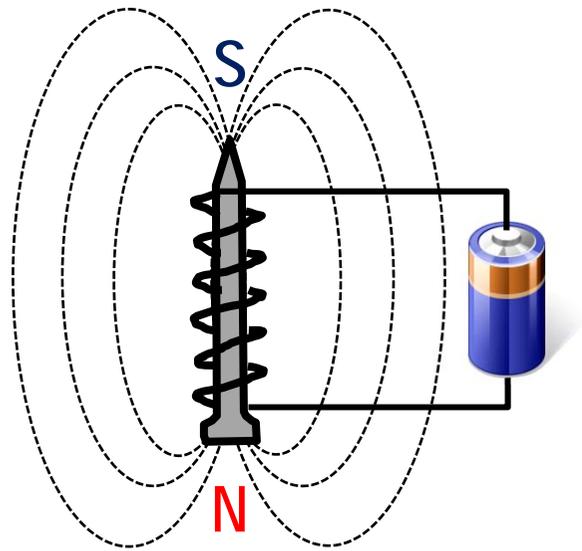
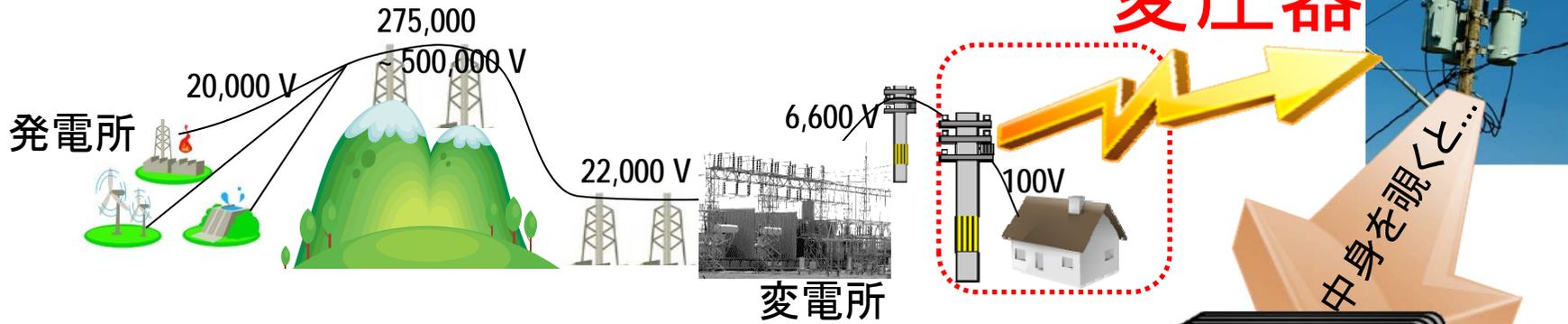


エスカレータ

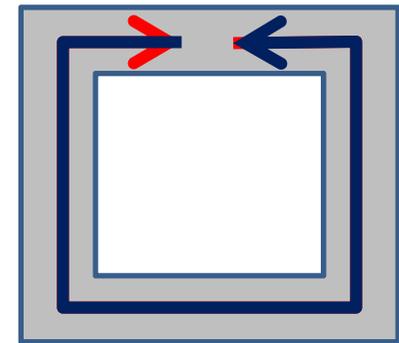
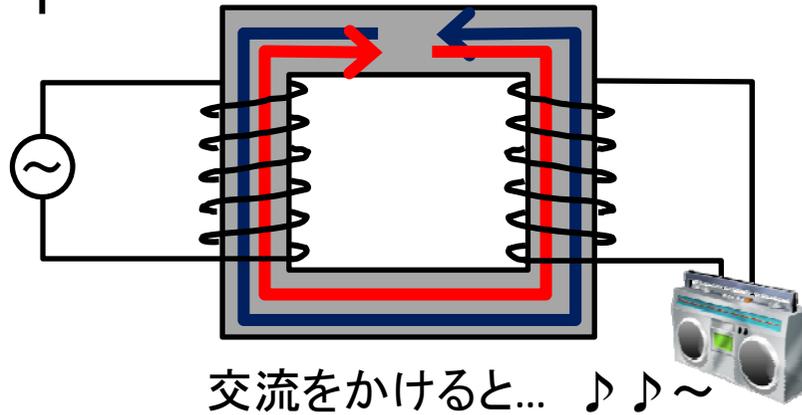


ハイブリッドカー

変圧器 (トランス)

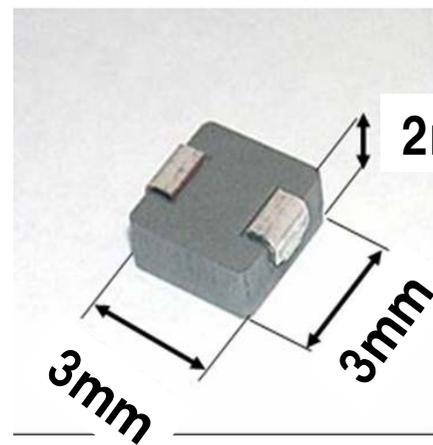
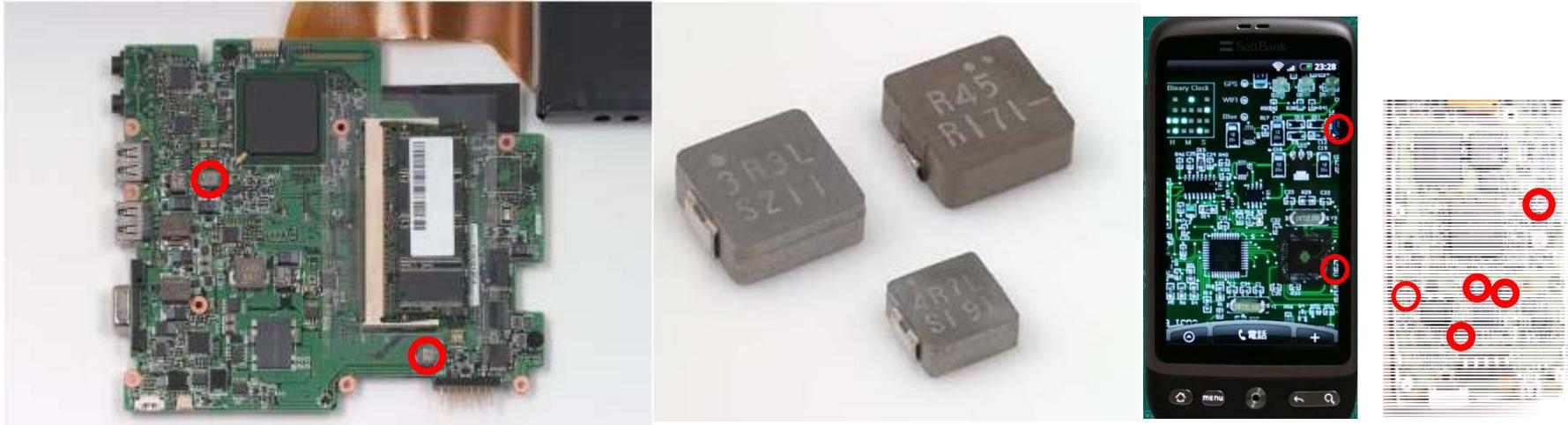


※コイルの巻き数を変えることで、電圧(電流)を変換できる



利用している原理＝
電気と磁気の相互作用

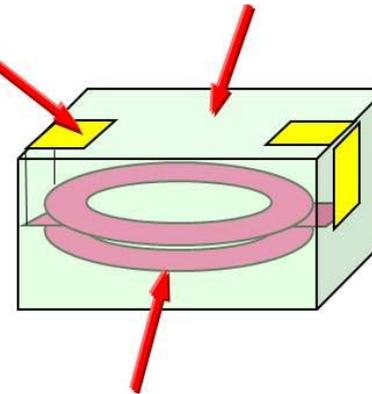
電子部品の用途



外観

端子

軟磁性材料



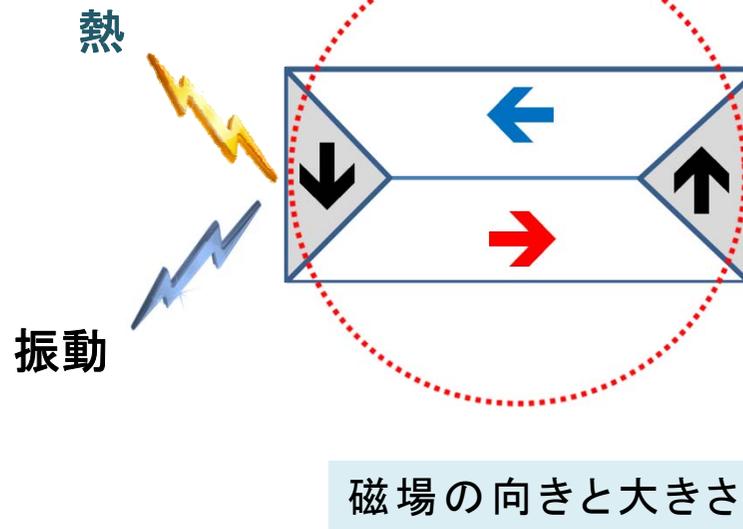
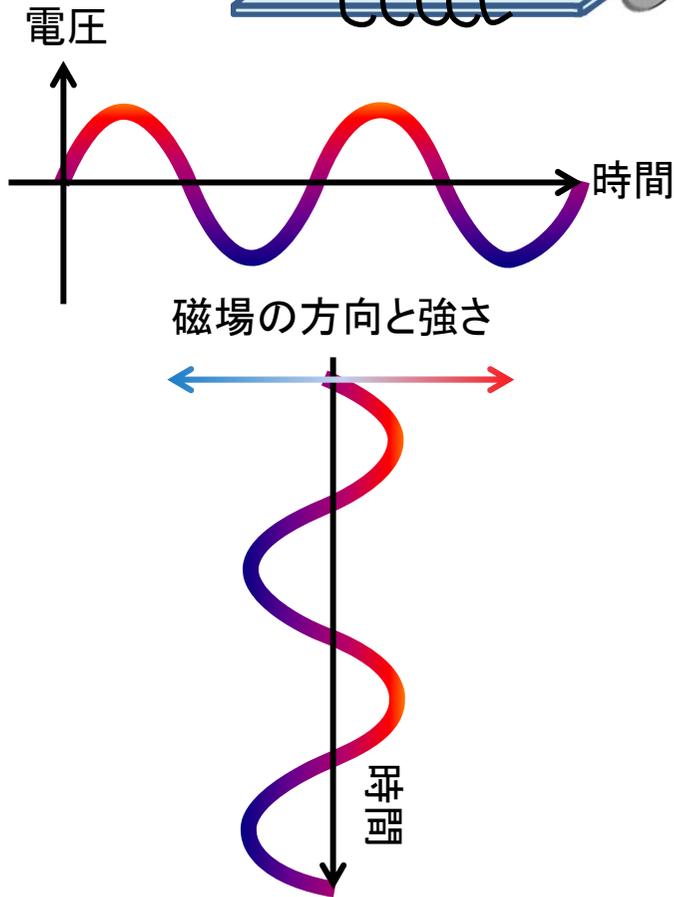
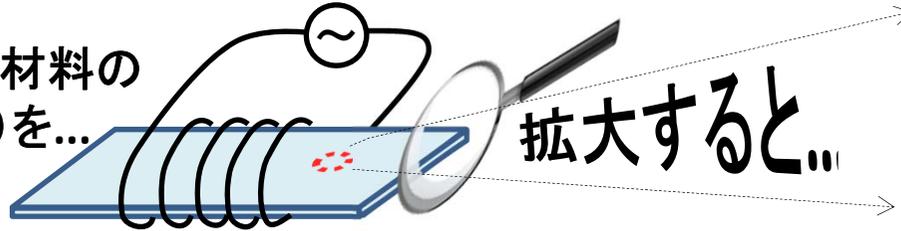
インダクタの
磁性コア

平角コイル

内部構造

磁心損失(ロス)

軟(ソフト)磁性材料の
ある一部(○)を...

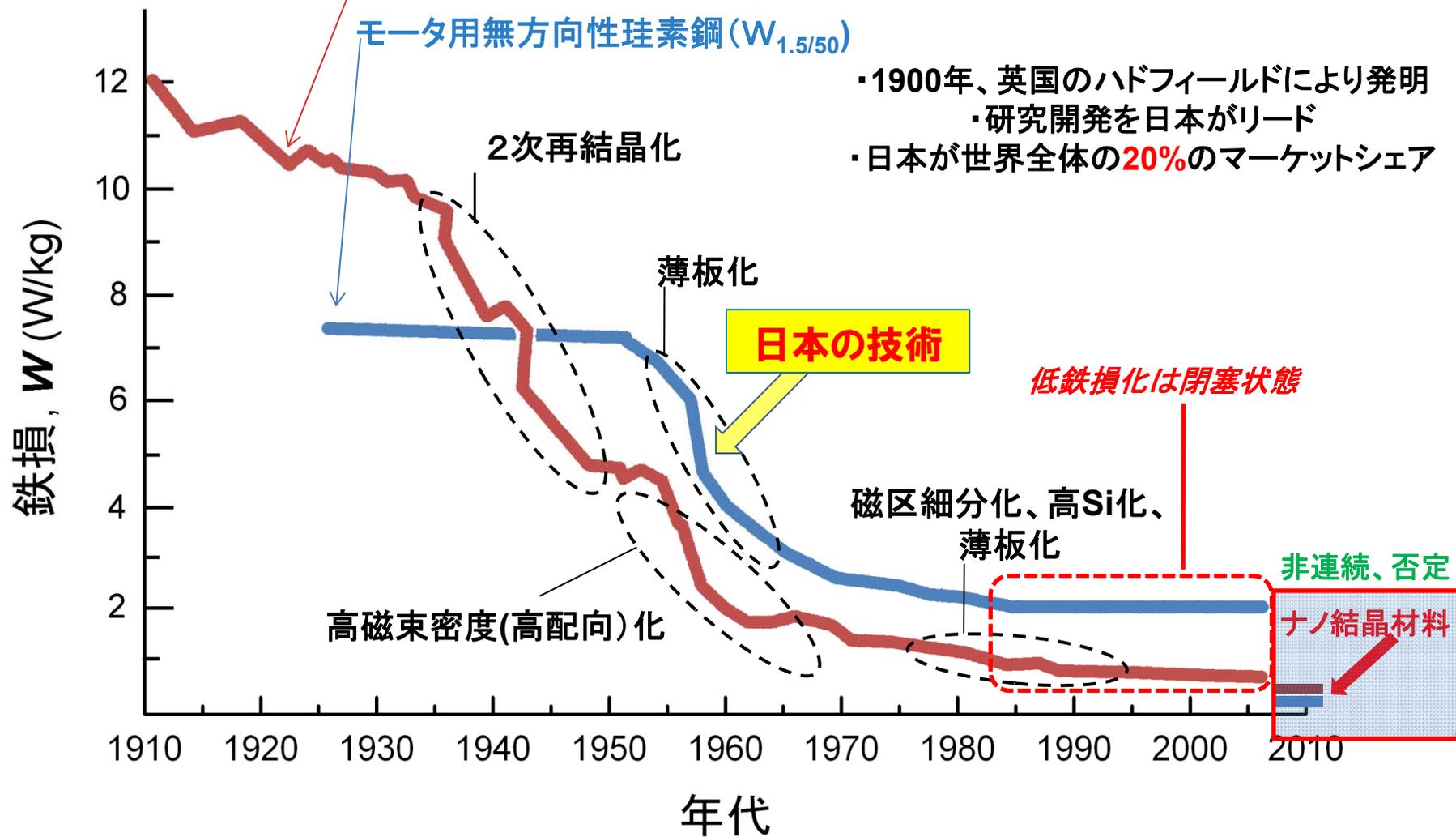


微小磁石が動くとき、軟磁性材料内部でロス(損失)が発生 → 熱 ・ 振動 など
 ※動きやすい(ロス小) ←→ 動きづらい(ロス大)

従来材料(珪素鋼)における低損失化の歴史

市場規模2兆円

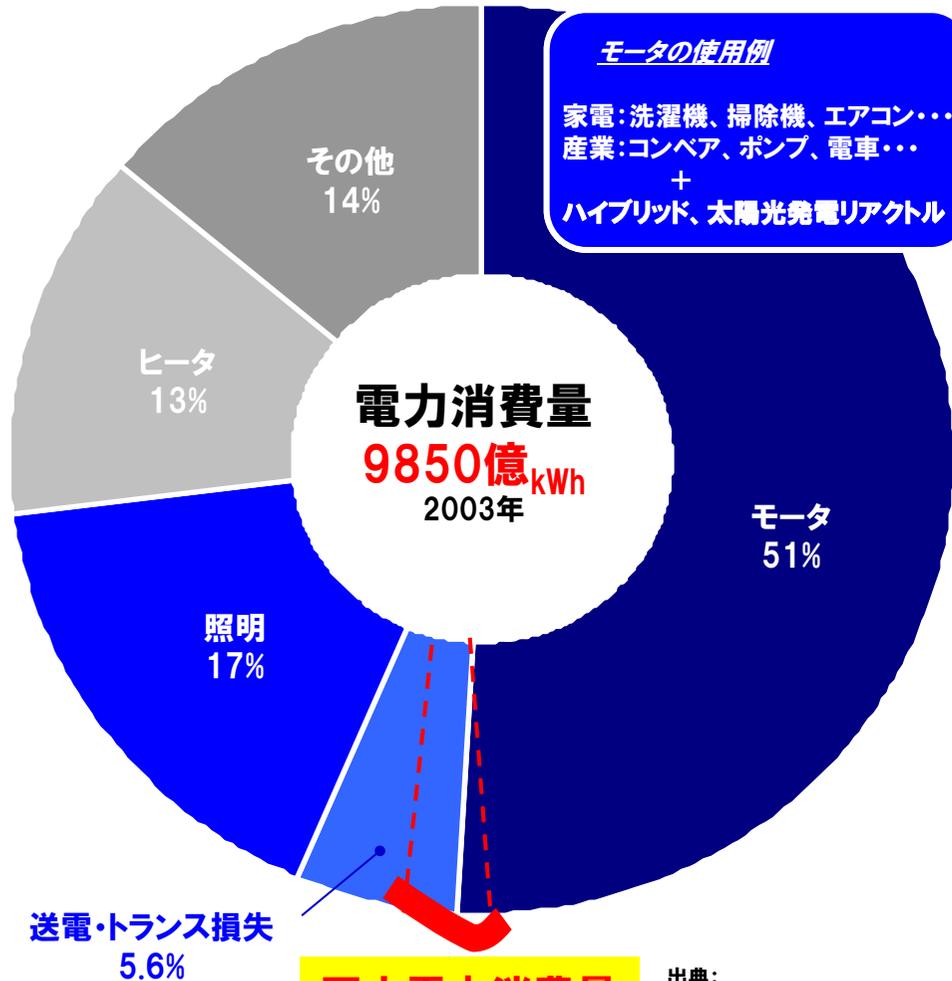
(連続技術、肯定技術)



出典: 第155, 156回西山記念技術講座(日本鉄鋼協会)
新日本製鐵, Nippon Steel Monthly, Vol. 141
(2004)

国内電力消費に占める磁心損失

国内電力消費量



**国内電力消費量
に占める鉄損
3.4%**

出典:
東京電力事業レポート
資源エネルギー庁総合エネルギー統計
JFE21世紀財団鉄鋼プロセス資料

珪素鋼の磁心損失(鉄損)

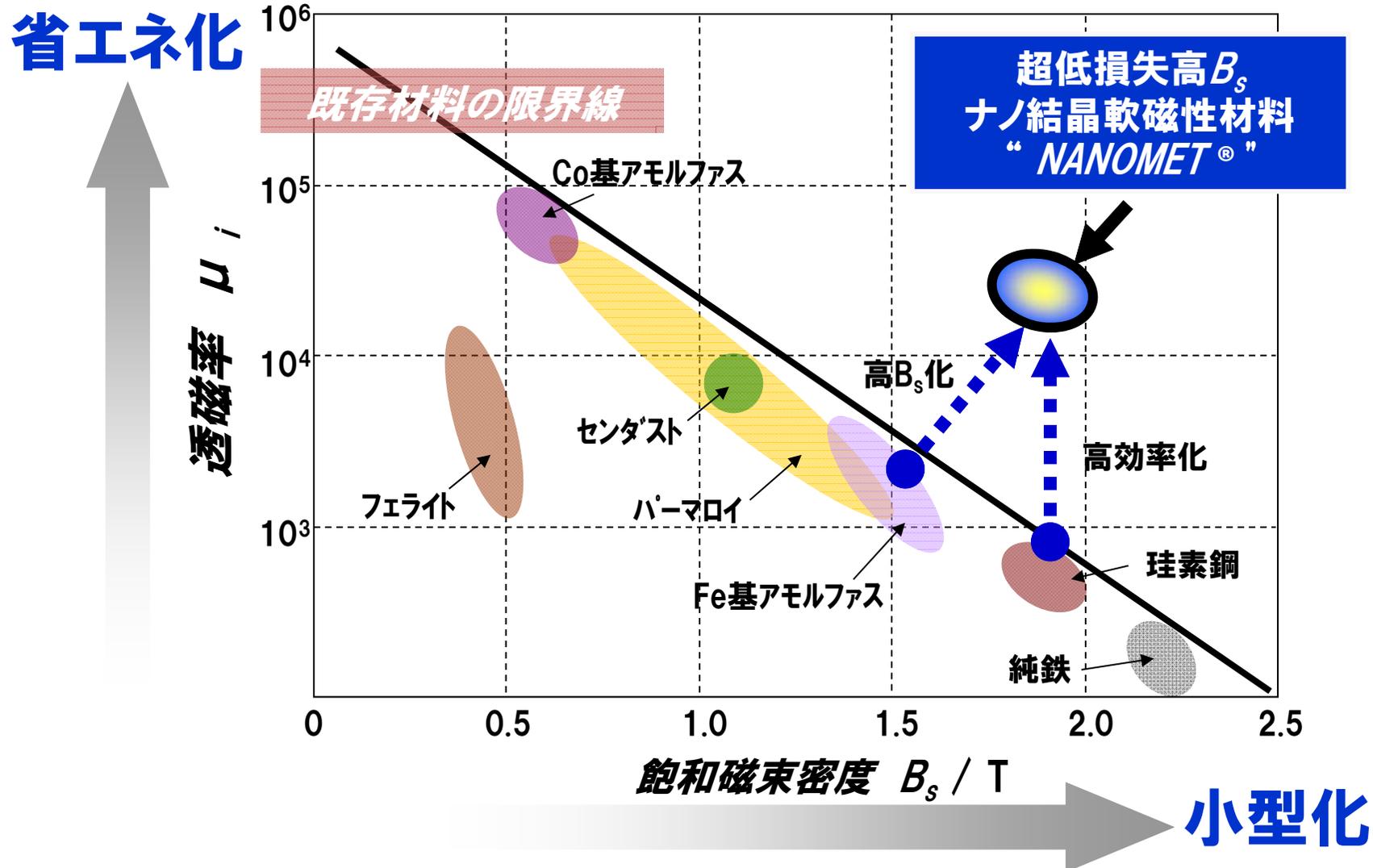
モータ・トランスの鉄損
⇒国内電力消費量の **3.4%**

**50万kWhクラス
火力発電所7基に相当
鉄損によるCO₂ 排出量
1424万トン**

※CO₂国内相排出量の1.1%に相当

新規ナノ結晶合金NANOMET®の特徴

従来の軟磁性体の限界を超え、高 B_s と超低損失を両立



R.Q.液体急冷法



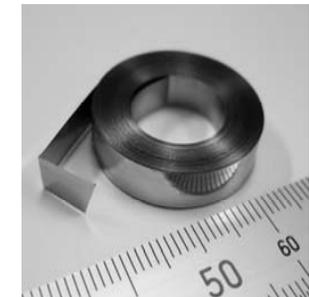
超高Fe濃度



→レアメタルなし、安価



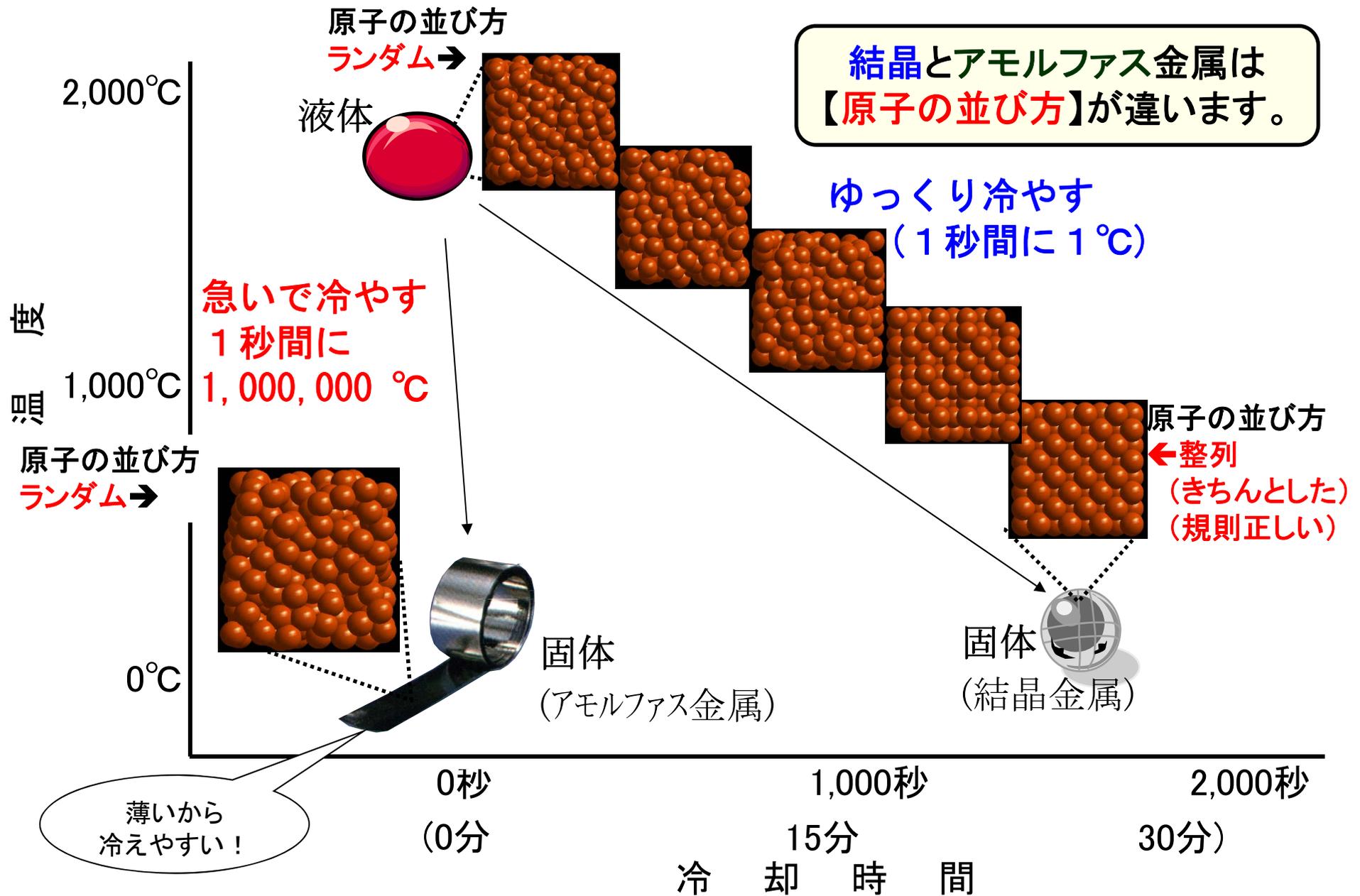
1mm幅薄帯【従来】



5mm幅薄帯【従来】

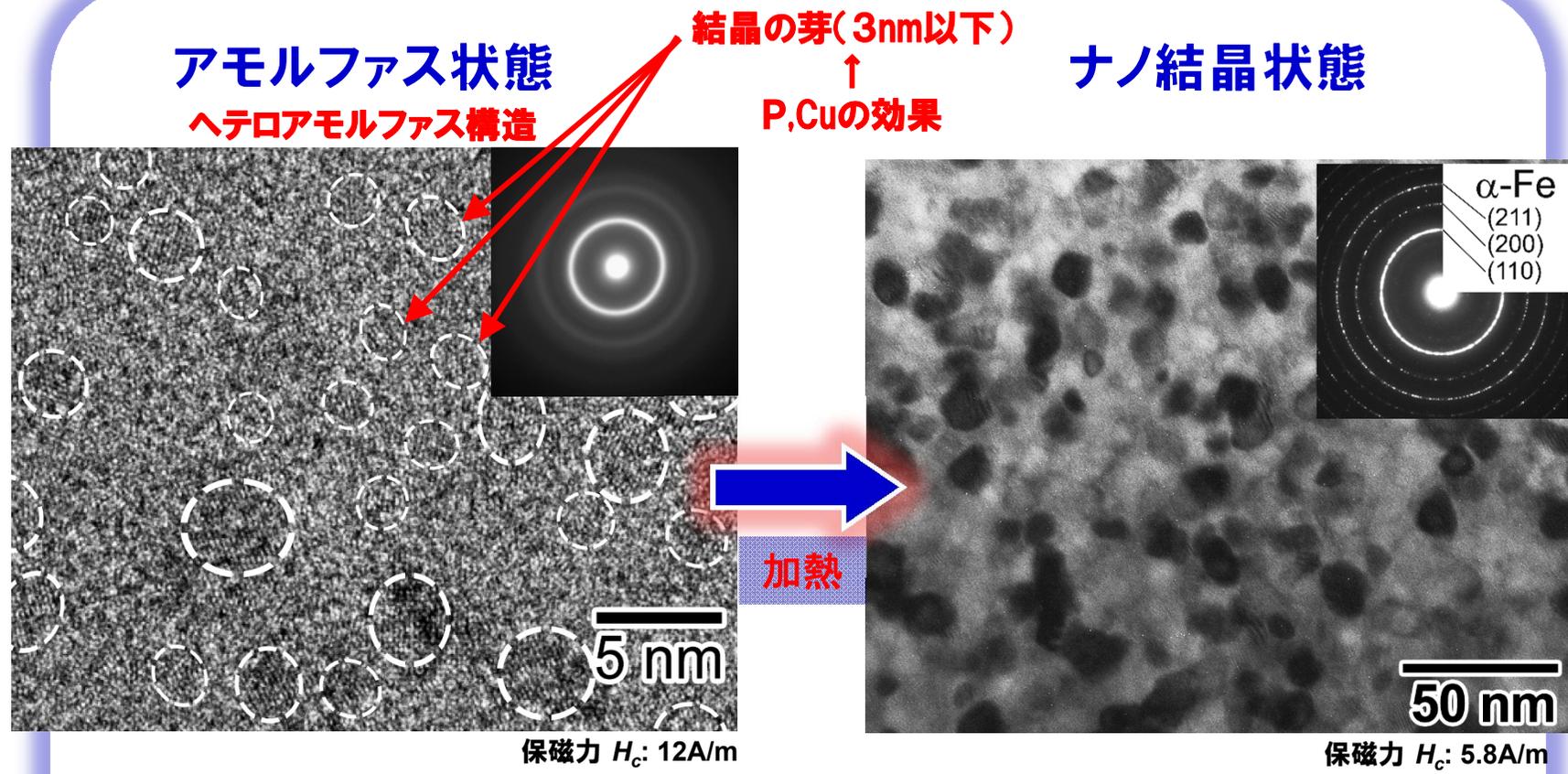
t~20 μ m

液体金属急冷：結晶vsアモルファス



新規ナノ結晶合金の構造

東北大学で生み出された超高鉄濃度FeSiBPCu合金
→特異な自己組織化ヘテロアモルファス構造からナノ結晶生成

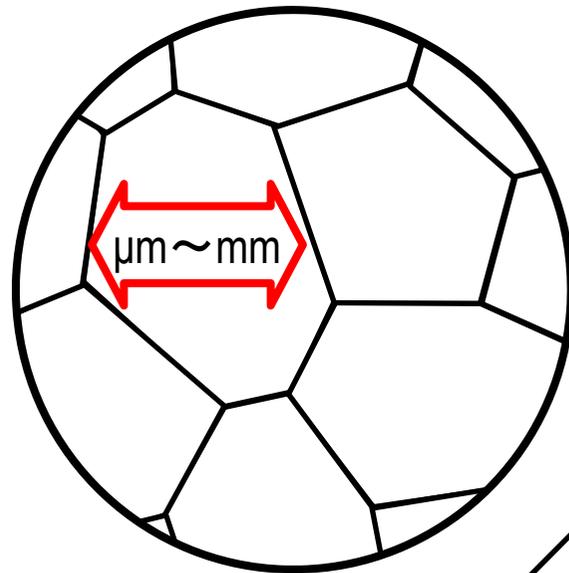


急冷直後の高Fe濃度FeSiBPCu合金
薄帯の電子顕微鏡写真

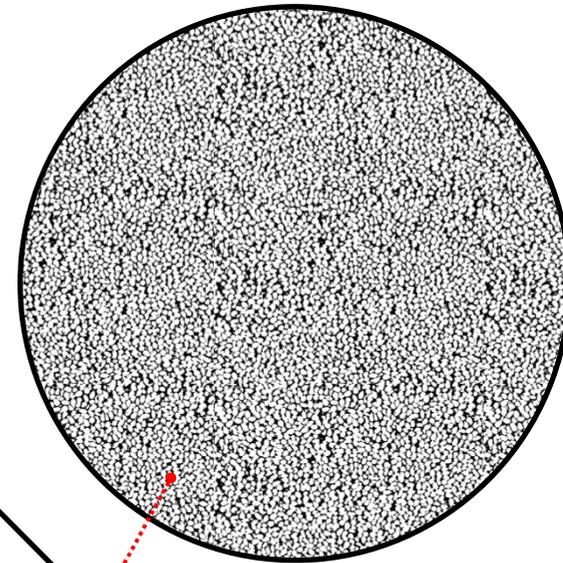
ナノ結晶化後の高Fe濃度FeSiBPCu合金
薄帯の電子顕微鏡写真

結晶粒径比較

一般の金属材料



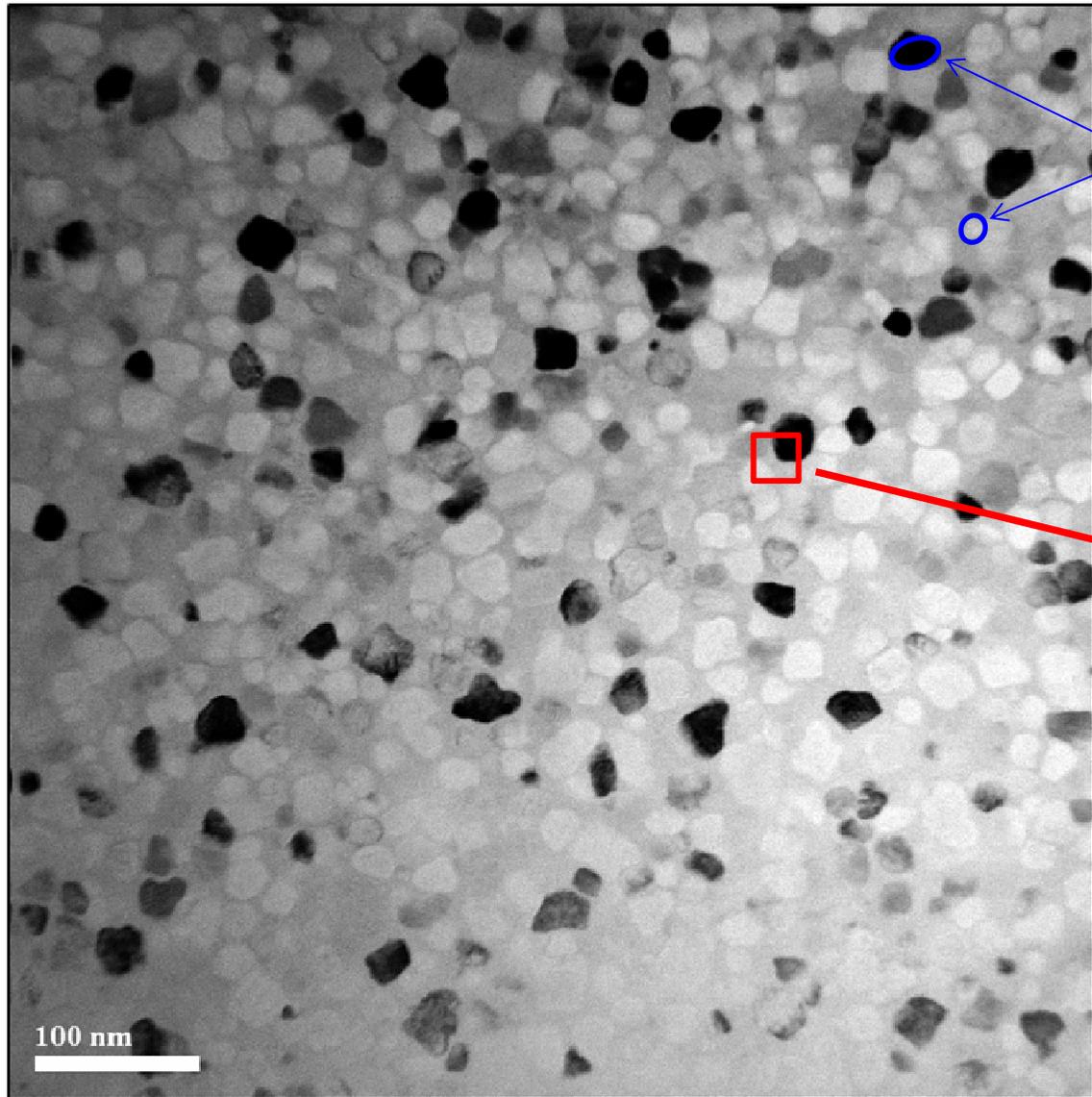
ナノ結晶材料



$10^2 \sim 10^5$ 倍

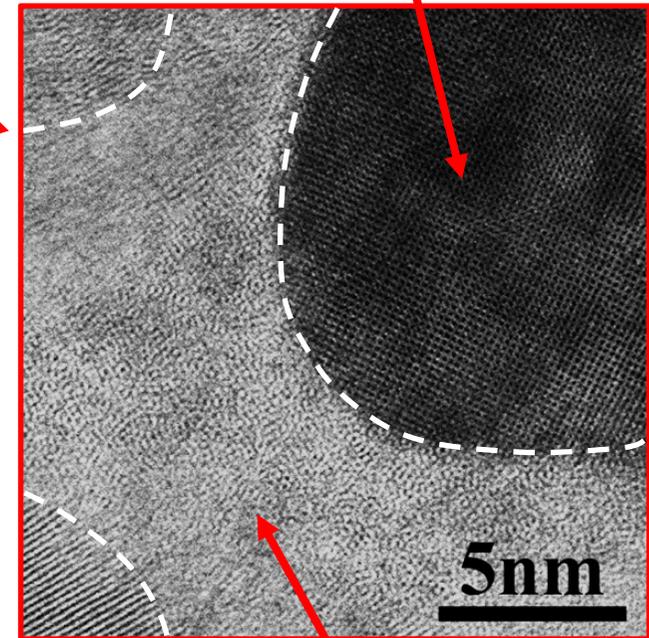
ひと粒: 10 ~ 20nm == 0.01 ~ 0.02 μm

ナノ結晶構造



ひと粒
10 ~ 20 nm

ナノ結晶: 粒径 15nm
Fe原子 15万個

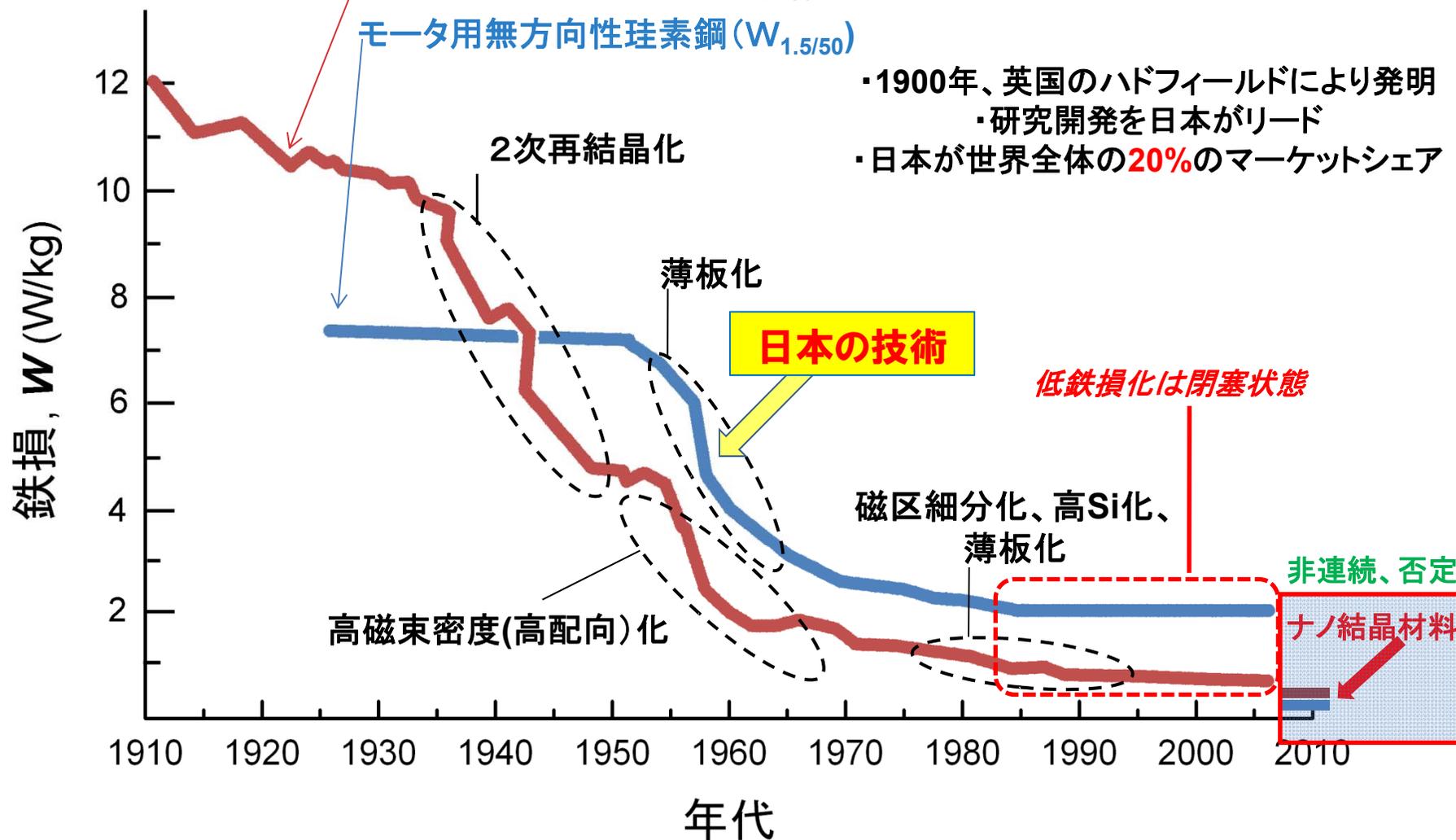


アモルファス

従来材料(珪素鋼)における低損失化の歴史

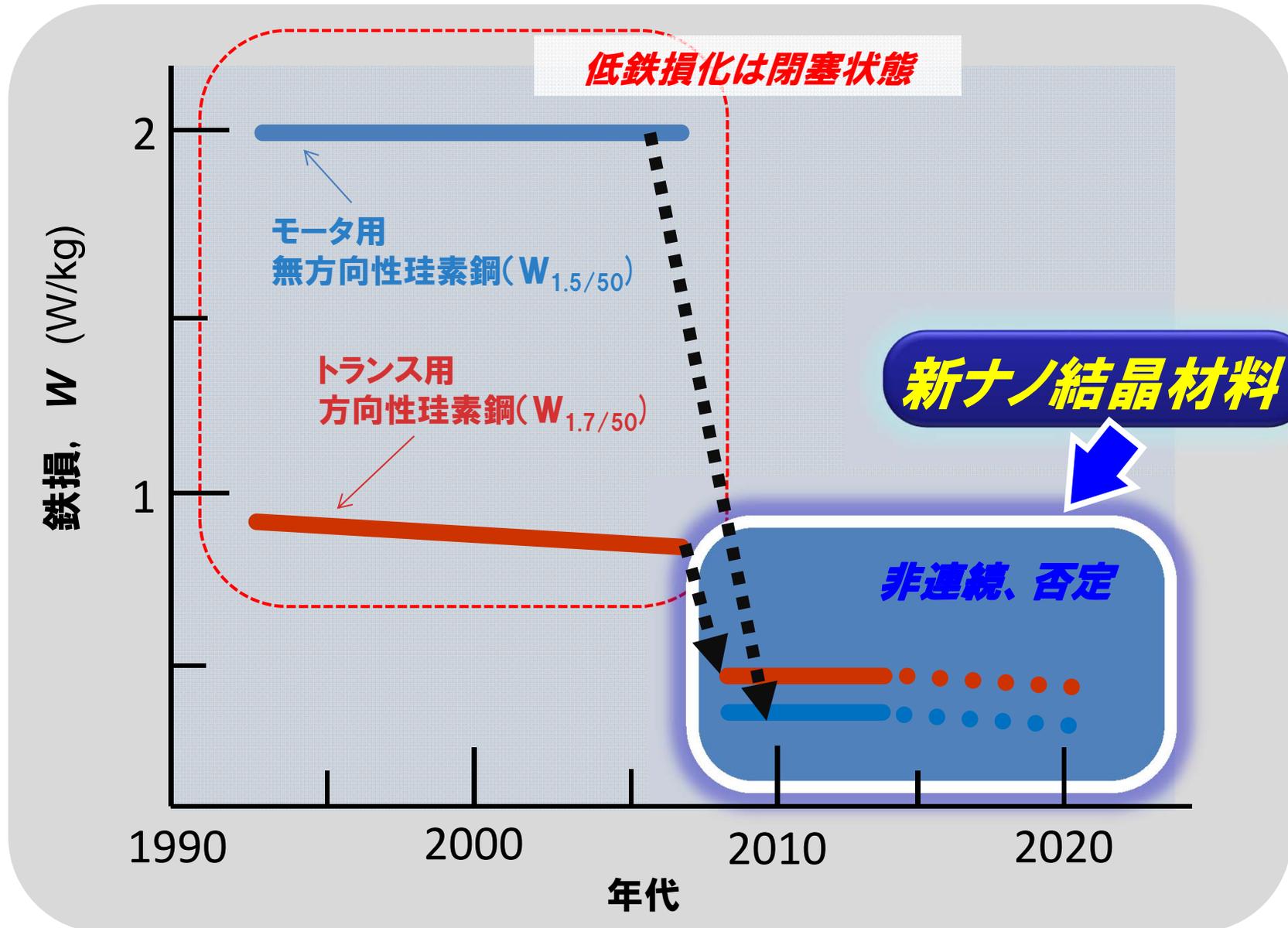
市場規模2兆円

(連続技術、肯定技術)



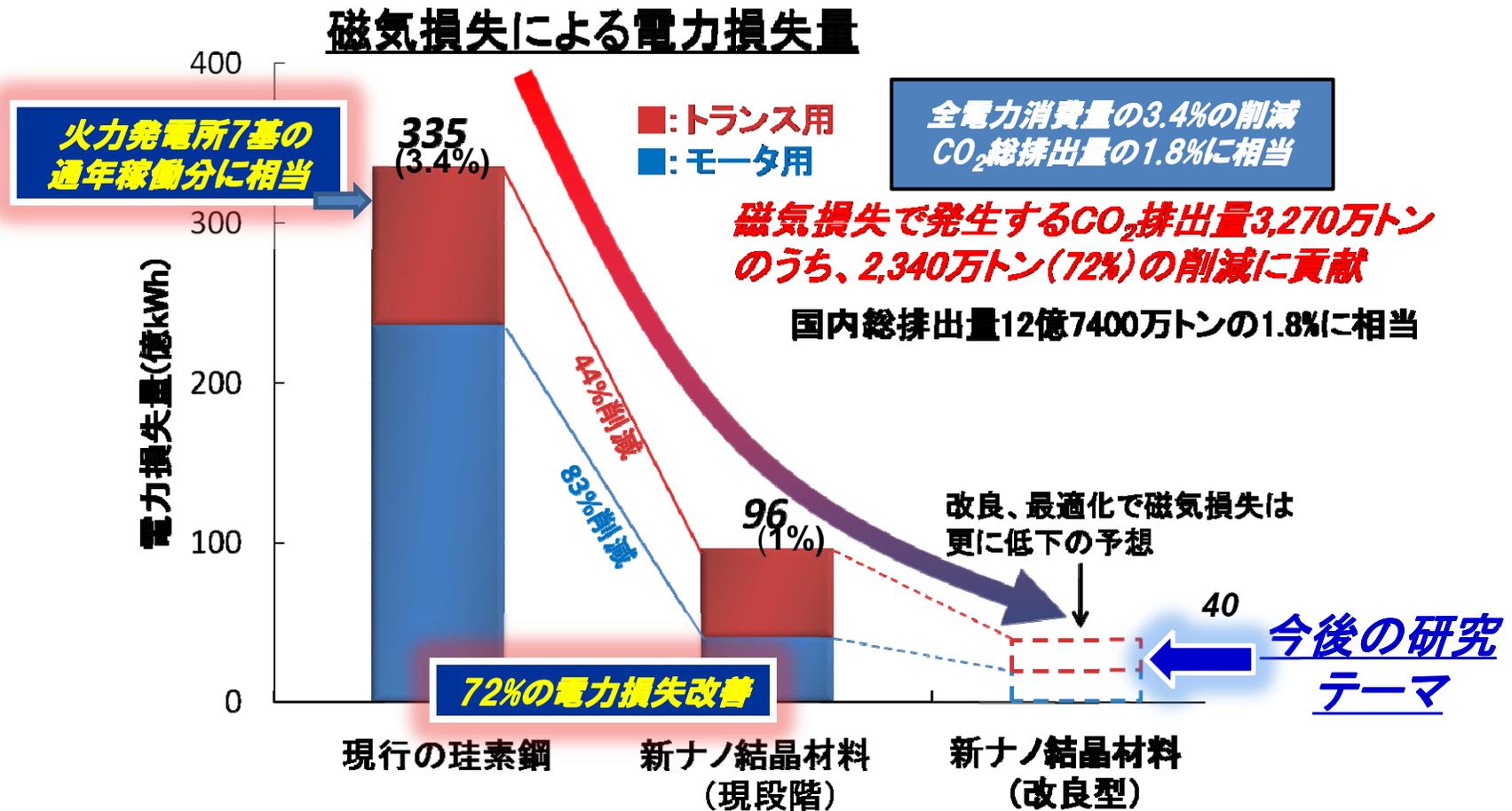
出典: 第155, 156回西山記念技術講座(日本鉄鋼協会)
新日本製鐵, Nippon Steel Monthly, Vol. 141
(2004)

非連続技術・否定技術



新ナノ結晶材料による電力損失改善効果 (計算予測)

従来材料(珪素鋼) \longrightarrow ナノ結晶材料



“NANOMET®” 適用による電磁変換損失改善効果

拠点形成プロジェクトの目標

東北に拠点形成→ヒトや知見の集積→
産業集積・新産業と雇用の創出

拠点

可能性、ポテンシャル

研究室

従来

- ・研究室レベル
(小さな薄帯サンプル)
での研究開発
- ・材料単体での低損失
の確認
- ・シミュレーションによる
省電力化の確認

社会貢献

トランス・モータ試作による低損失(省電力)の実証
低損失材料の工業化の基礎技術確立
人材育成

材料創製技術

液相急冷技術の高精度化(板、粉末、バルク)

材料開発

より優れた低損失材料、より高い磁束密度材料

学術的深掘り/体系化

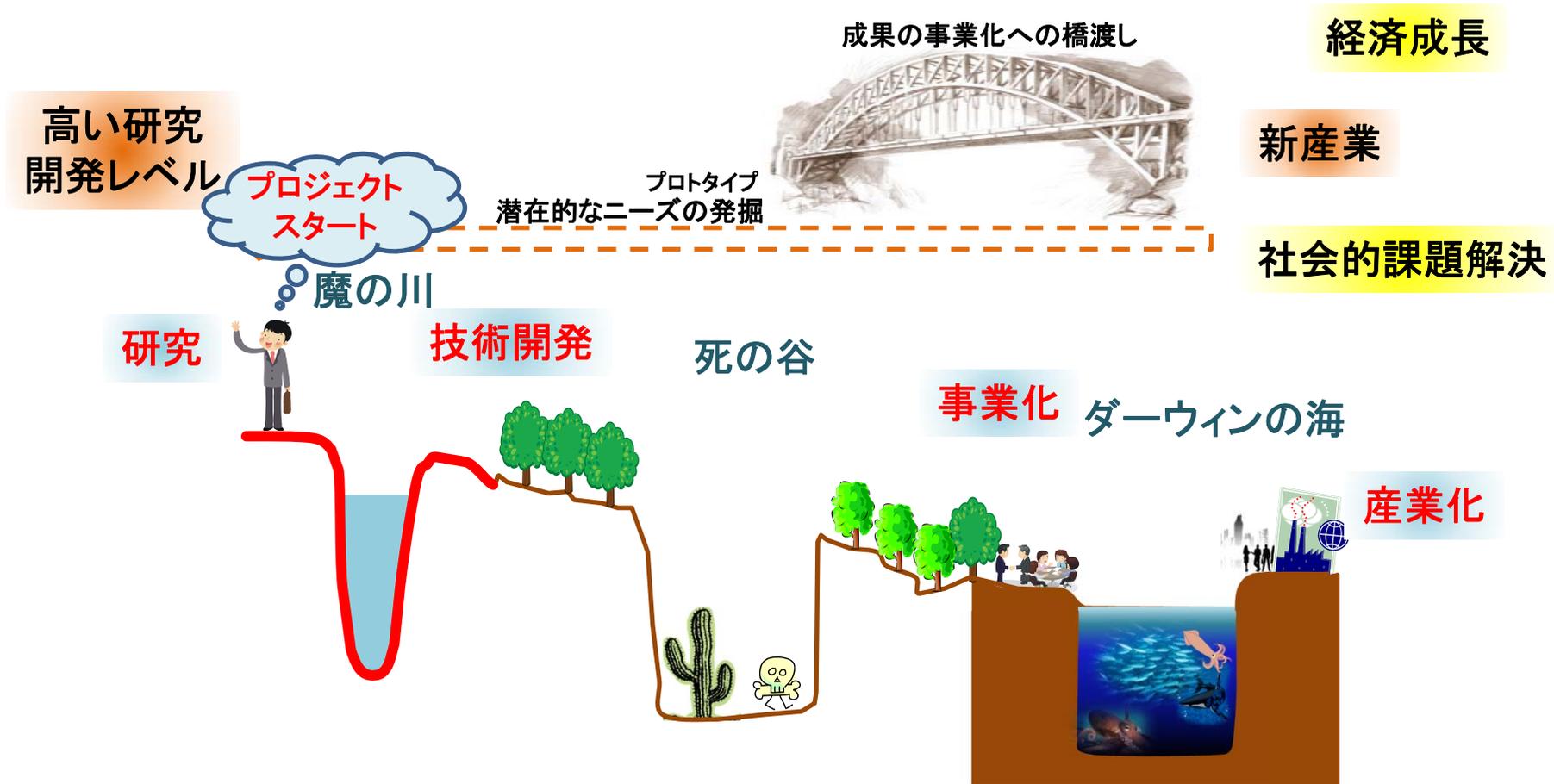
非平衡相材料の組織・構造、その形成メカニズム
磁気特性発現メカニズム、非平衡組織との関係

東北に拠点形成→ヒトや知見の集積
→産業集積・新産業と雇用の創出

送電で利用される**トランス**を現在の
珪素鋼から新材料に置き換えることにより、
送電ロスを約1/3～**極小化**の実現。

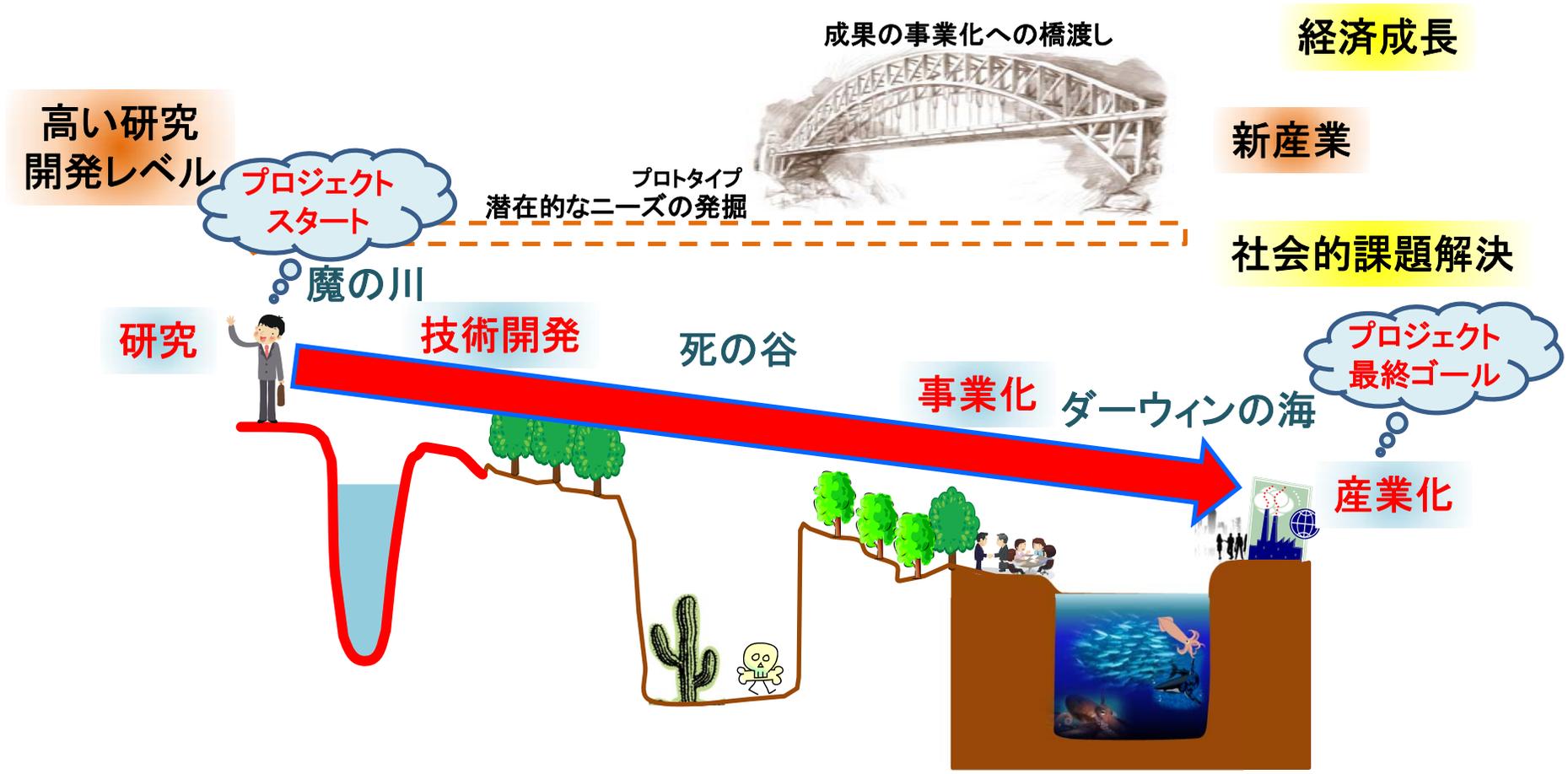
経済産業省との連携により、
次世代自動車向けレアアースフリー
高効率モータを実現。

事業化までの道のり



我が国の高いレベルの研究力を、
魔の川・死の谷・ダーウィンの海を越え、
新しい産業に結び付けることが必要

事業化までの道のり



我が国の高いレベルの研究力を、
魔の川・死の谷・ダーウィンの海を越え、
新しい産業に結び付けることが必要

実用化に向けたロードマップ



	平成24年6月	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年3月
1. 拠点	⑥ ナノ結晶センター(東北大金研内)設立 ⑥ 地域連携フォーラム設立	⑫ 富谷サテライト設立				
2. 基礎	薄帯 粉末 分析・解析 シミュレーション	試料作製条件の確立、幅広化 試料作製、バルク(積層)化 ナノ結晶組織発現機構解明、 計算条件提示	実証試験用工業スケール試料作製 合金組成、熱処理条件および軟磁気特性最適化	実証試験用工業スケール試料の更なる安定的作製条件の確立と工業的生産	各研究のまとめ	
3. 実証	関連企業との技術打合せ	関連企業との共同研究 産学官連携	リアクトル実証試験 トランス・モータ実証試験		信頼性の確保 製品化 → 検証	
4. 目標	拠点形成	事業化拠点構想	事業化体制強化	テストライン構築	生産準備 産業集積・新産業と雇用の創出	総括 東北地域ベンチャー企業設立・運営

これまでの研究拠点の取り組み

H24年度

拠点形成(体制の整備)
(組織・人・設備・場所)

高精度材料創製技術
の立ち上げ
(薄帯、粉末)

H25年度

新規ナノ結晶材料
材料創製と応用実証
(実用化研究開発)

磁気損失/ナノ結晶生成
メカニズム解明
(基礎研究)

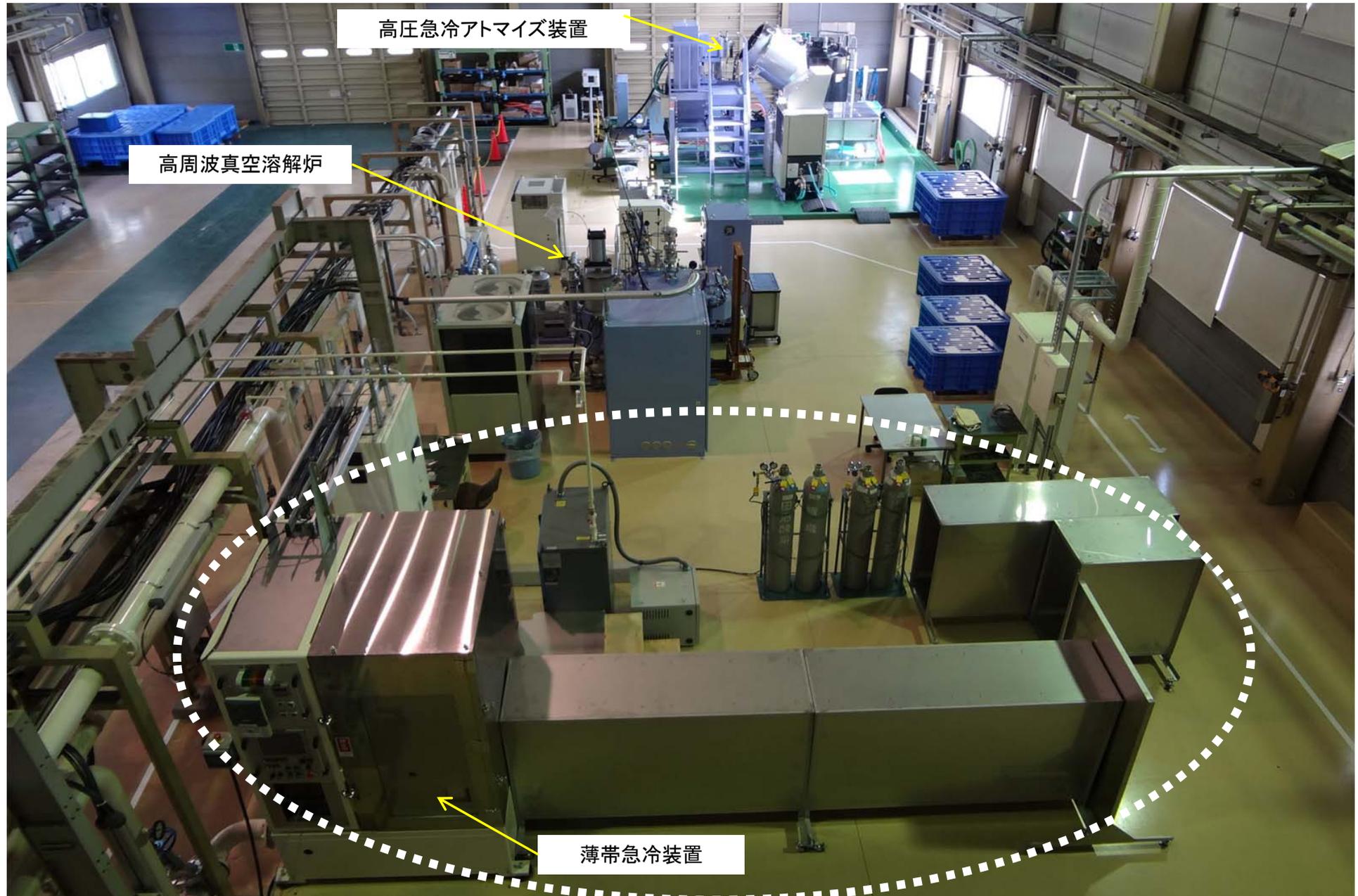
学内外研究開発拠点



学外研究開発拠点の開設



学外研究開発拠点 実験棟

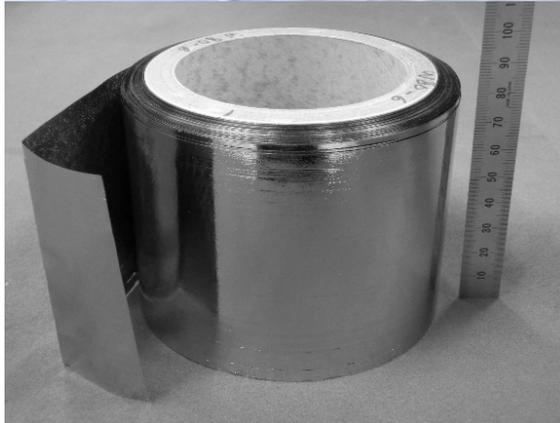


幅広薄帯の大量創製実験

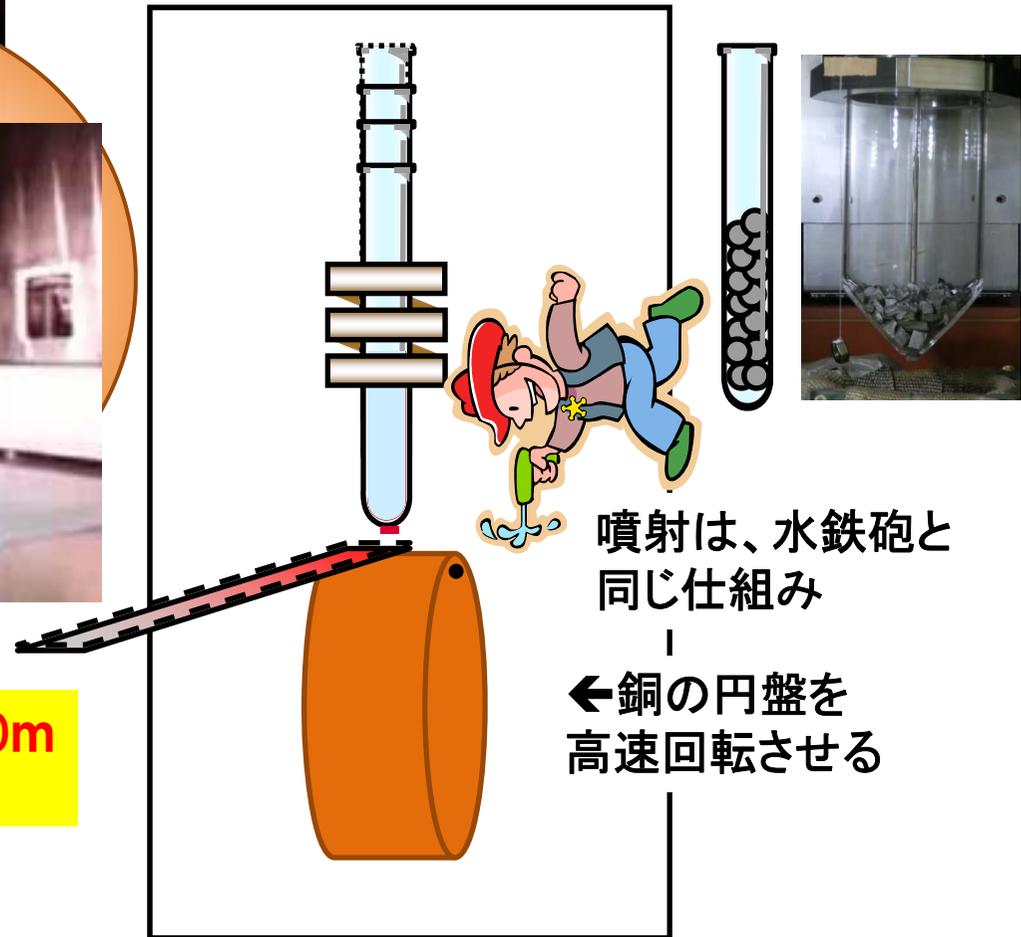


溶解
終了

噴射
終了

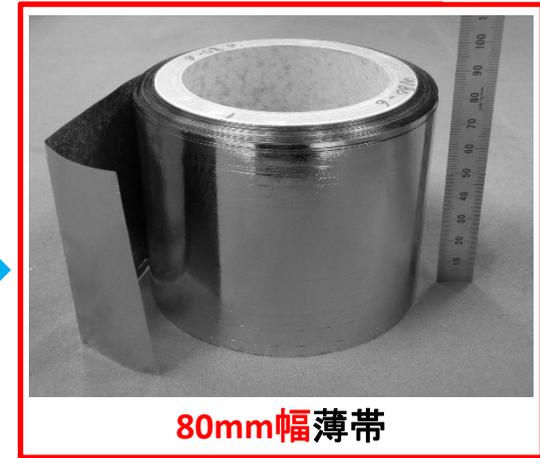
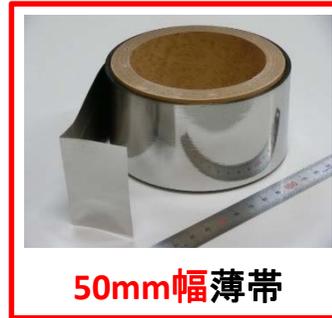
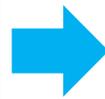
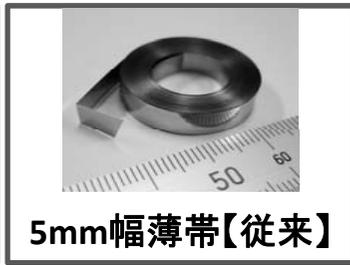


3秒、100m
1kg



幅広薄帯の実現と磁気特性の実証

薄帯の製造プロセス開発

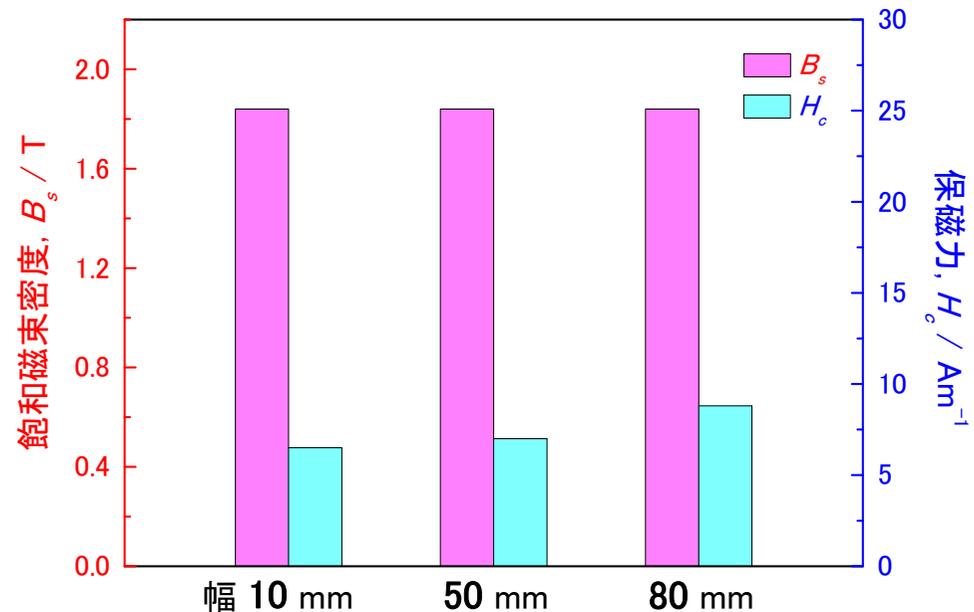


幅80mmまでの幅広化を実現!!

薄帯幅と磁気特性

Fe-Si-B-P-Cu系合金薄帯
の磁気特性評価結果

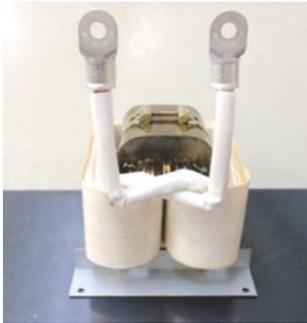
- 左: 幅10mm(小型薄帯製造装置)
- 中: 幅50mm(大型薄帯製造装置)
- 右: 幅80mm(大型薄帯製造装置)



工業化に向けた最大の本質的課題をほぼクリア!!

トランス・モータでの応用実証開始

リアクトル



モータ



トランス



チョークコイル



応用実証研究

材料創製と連携し応用実証研究を開始

30mm幅



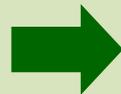
50mm幅



80mm幅

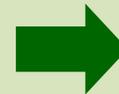
トランス

リアクトル



大型製品へ展開

モータ



大型製品へ展開

柱上トランス

東北新産業形成の一翼を担う

平成24年度 地域連携研究フォーラムの始動

1. 設立の趣旨

本材料研究に関係する学術及び技術領域において、地域との情報交流・連携の場(研究フォーラム)を設け、東北地域が強みを有する素材産業の発展に貢献する。

2. 活動内容

本研究に関係する地域企業、研究機関に参加いただき、オープンな情報交換をベースとし、以下の活動を実施。
①公開セミナー ②機器共用 ③技術交流・連携 等
(年2回) (H25年度~)

3. メンバー

磁性材料関連の地域企業、研究機関



第1回参加者:103名 2013/3/5

- ①企業56名(34社)
- ②行政・支援団体 8名
- ③研究機関 6名
- ④東北大 33名(内PJ20名)

◆情報交換会会場でのポスター展示
①今年度研究成果(学会発表6件)
②研究紹介

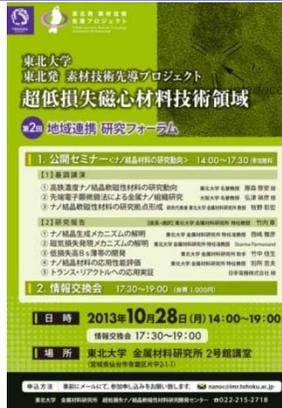
◆施設見学会(COE棟)
①小型材料試作装置
②機器共用予定設備(分析機器)



地域連携研究フォーラム設立

第1回地域連携研究フォーラム開催

平成25年度 多面的な連携・地域貢献



参加者(106名)

- ①企業53名(30社)
- ②行政・支援団体 11名
- ③研究機関 8名
- ④東北大 34名(内PJ18名)

第2回地域連携研究フォーラム開催



東北地区企業との連携拡大

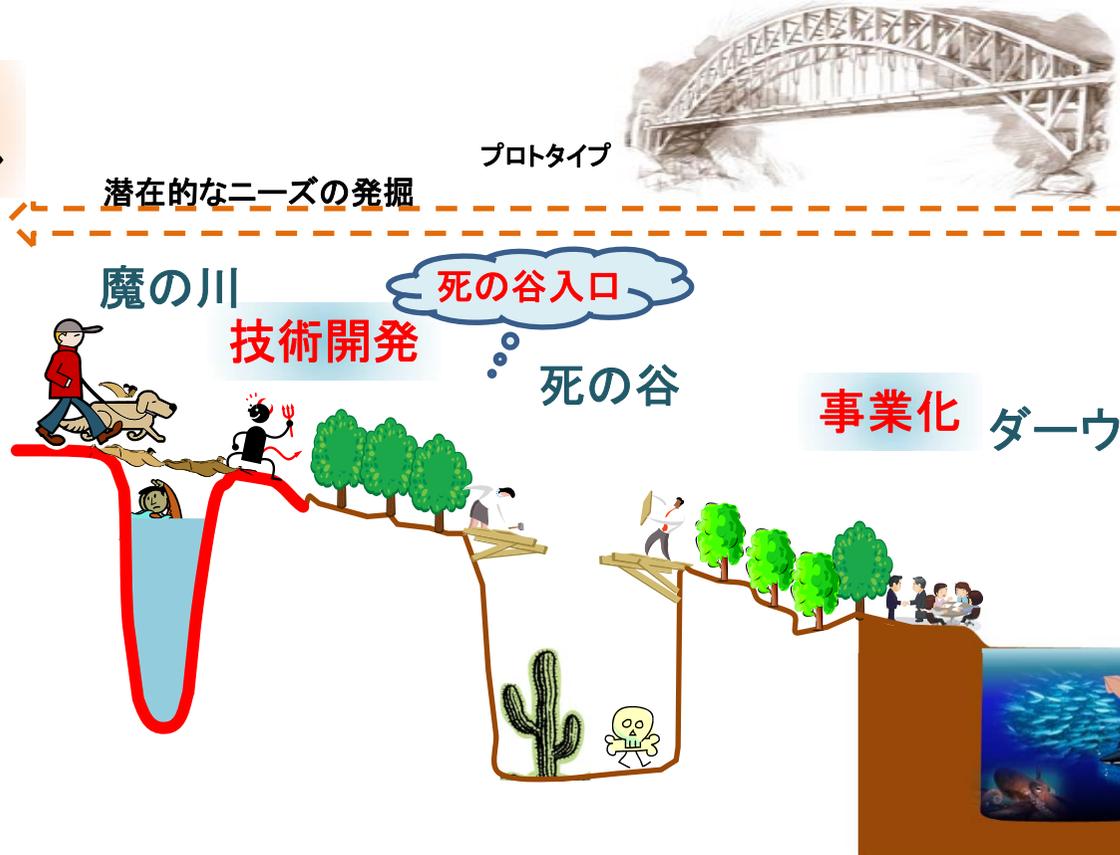
All Japan(大手鉄鋼、電気、部品・・・)

事業化までの道のり(現状)

高い研究
開発レベル

成果の事業化への橋渡し

経済成長



新産業

社会的課題解決

研究

事業化

産業化

我が国の高いレベルの研究力を、
魔の川・死の谷・ダーウィンの海を越え、
新しい産業に結び付けることが必要

超低損失磁心材料の事業化

背景

- ・低エネルギー消費社会に向け世界的取り組み加速
→電力変換ロスを低減する
革新材料実用化の期待大



企業化・量産
産業形成
(東北地区)

東北素材産業
発展を牽引

大学発ベンチャー
事業化拠点
(東北地区)

第3ステップ
文科省;官民イノベーション
シヨシヨンプログラム

産学官協働+
東北地域連携

文部科学省
研究開発拠点
(東北大学)

第2ステップ



東北発素材技術
先導プロジェクト
Tohoku Innovative Materials Technology
Initiatives for Reconstruction

民間との共同研究
(東北大学)

第1ステップ

材料基本特許
(東北大学)

東北に拠点形成→ヒトや知見の集積→
産業集積・新産業と雇用の創出



超低損失磁心材料技術領域拠点の形成から始まる
東北地区の人的および産業的活性化と復興