



TOHOKU
UNIVERSITY

東北大学災害復興新生研究機構シンポジウム

参加
無料

共に未来へ

～東日本大震災から5年～

東北大学は、東日本大震災の被災地の中心にある総合大学として
復興に全力を傾けていく歴史的使命のもと、震災直後に「東北大学災害復興新生研究機構」を設置し、
東北復興・日本新生を先導する8つの重点プロジェクトと
100を超える復興支援プロジェクト(復興アクション100+)を推進してきました。
東日本大震災から5年を迎えるに際し、「東北復興・日本新生の先導」に向けた更なる発展の一助となるべく、
これまでの取組や最新の成果を発表します。

“東北からはじまる超省エネ磁性材料開発
-到達点と「未来への展望」-

東北大学リサーチプロフェッサー・
教授 牧野彰宏

本研究は，文部科学省・復興庁「東北発 素材技術先導プロジェクト」において実施されたものであり，ここに謝意を表す。

1. 東北のポテンシャル

- ・東北大学の磁性材料研究
- ・東北の産業上の強み
- ・東北発 素材先導プロジェクト

2. 超低損失磁心材料技術領域

- ・軟磁性の例(軟磁性材料と硬磁性材料、身近にある磁性材料、軟磁性材料の実用例、磁心損失(ロス))
- ・事業のねらい
- ・事業内容

3. 大学発ベンチャー設立による新産業と雇用の創出

4. 新たなニーズの発見

5. まとめ

「研究第一」 「実学尊重」

我が国の高いレベルの研究力
→ 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

高いレベル
の研究・開発



潜在的なニーズの発掘

成果の事業化への橋渡し

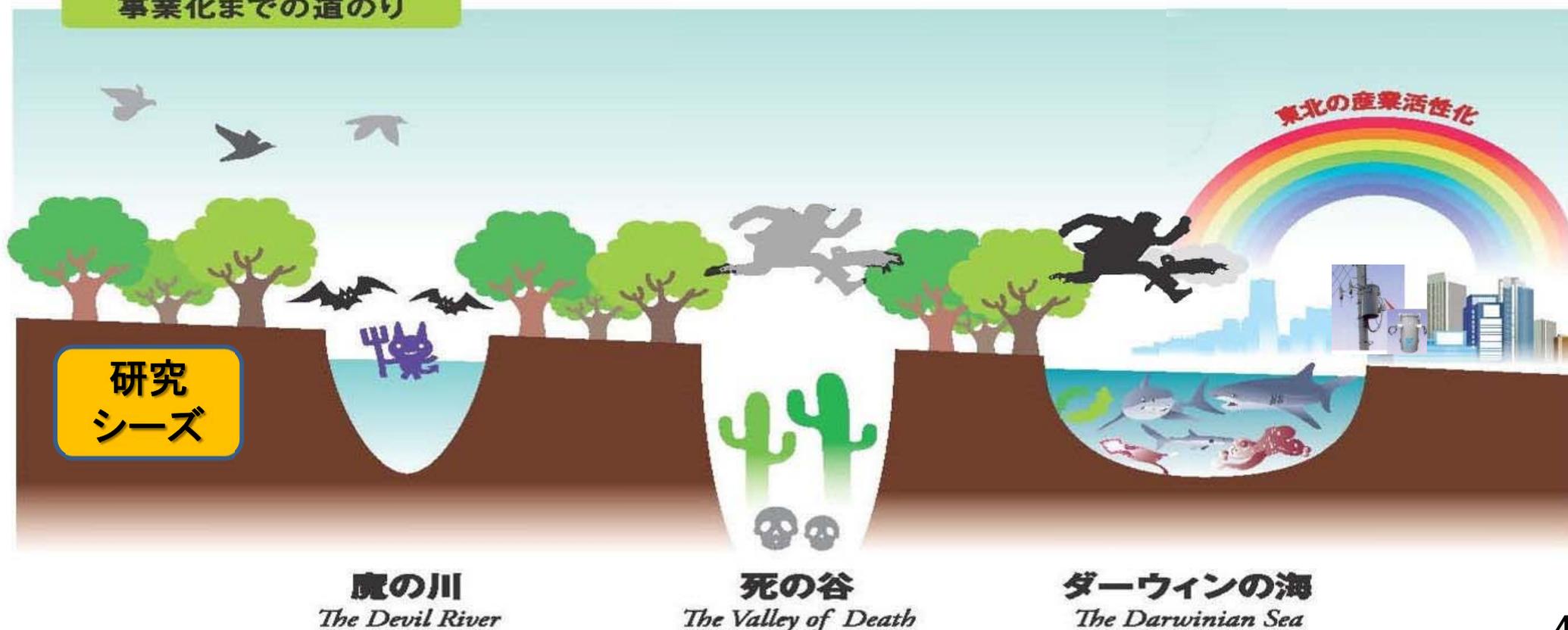
プロトタイプ



経済成長
新産業

社会的課題解決

事業化までの道のり



「研究第一」 「実学尊重」

1900年代～

KS鋼
(本多光太郎)



**非平衡結晶材料
(単相)**

珪素鋼
(FeSi)
パーマロイ
(FeNi)
センダスト(増本量)
(FeAlSi)



1970年代～

**アモルファス
(非平衡単相)
(増本健)**

FeSiB
CoSiB
CoFeSiB



1988～

**ナノ結晶材料
(非平衡複相)**

FeSiBNbCu
FeMB
FeMO
CoMO

東北発
素材先導プロジェクト

2008～

NANOMET

FeSiBPCu

長年にわたり東北大が世界を牽引



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



超低摩擦技術領域
Ultra-low Friction Technology Area

超潤滑ナノ界面最適化技術の開発による燃費の大幅な向上

詳細

超低損失磁心材料技術領域
Ultra-low Core Loss Magnetic Material Technology Area

新ナノ結晶軟磁性材料の開発による送電ロスの抑制、電力損失の大幅低減

詳細

希少元素高効率抽出技術領域
High Efficiency Rare Elements Extraction Technology Area

都市鉱山からの希少元素の回収・再生技術の高度化による元素循環の実現

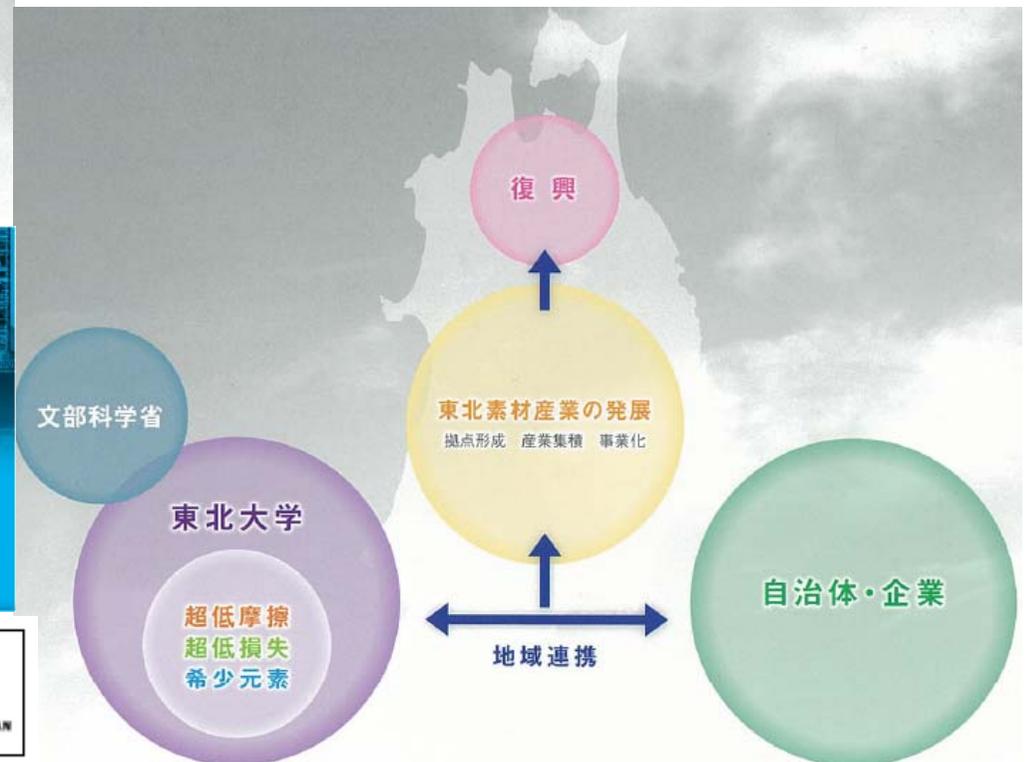
詳細

事業目的 PROJECT PURPOSE

「東日本大震災からの復興の基本方針」

東北の強みを生かし、産学官協働による
ナノテクノロジー研究開発拠点を東北大学に形成

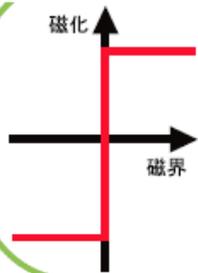
東北素材産業の発展を牽引、東日本大震災からの復興に貢献



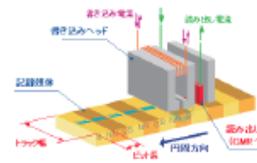
軟磁性体

ソフト磁性材料

電柱のトランス(変圧器)、磁気ヘッド



変圧器

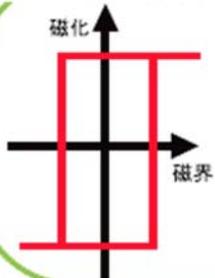


磁気ヘッド

硬磁性体

ハード磁性材料

スピーカー、モーターなどの永久磁石



スピーカー



磁石

超低損失軟磁性材料 応用領域

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
トランス
スピーカー
チョークコイル
テレビ
モーター
ハイブリッドカー

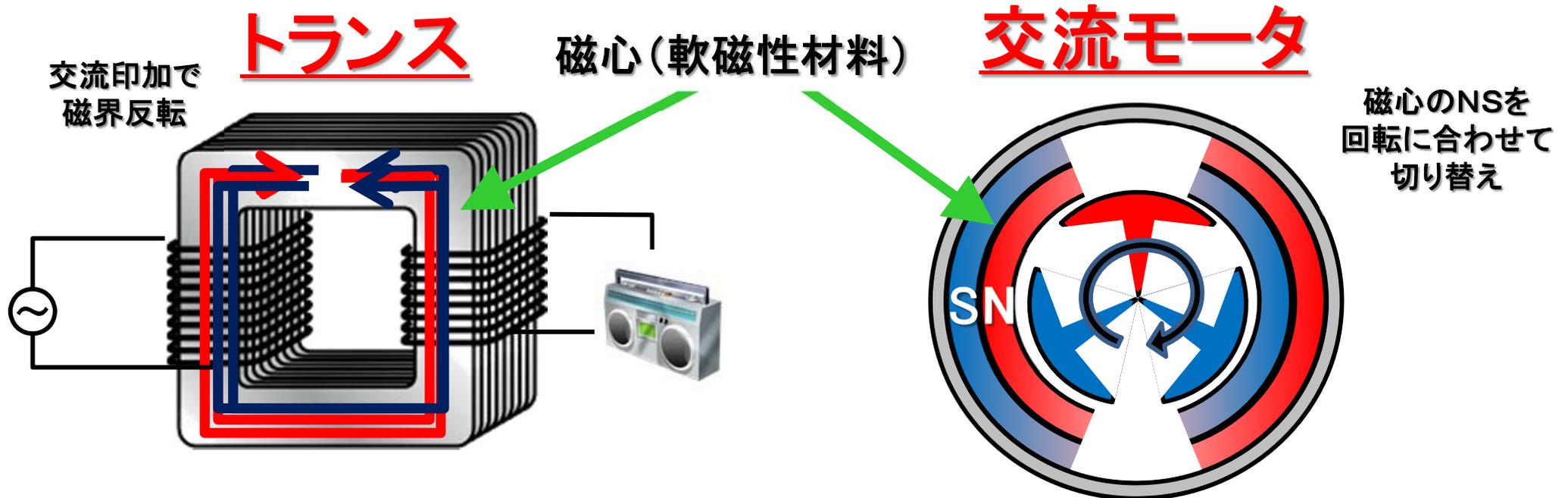
応答性が良い
出力が大きい
磁気損失が少ない
発熱が少ない
騒音が小さい

軟磁性
高磁束密度
形状自由
低コスト

電力変換機器や磁性部品への広範な用途

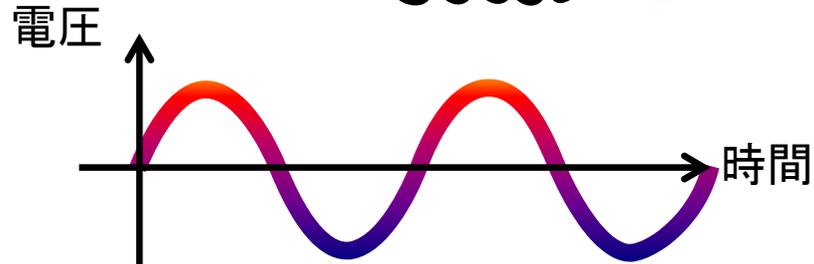
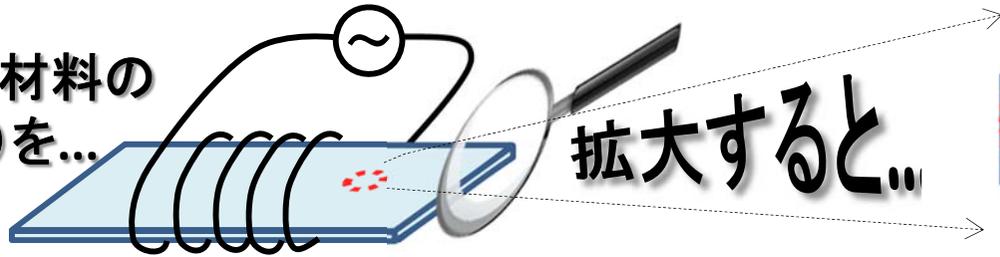
エスカレーター
新幹線

- ✓ 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

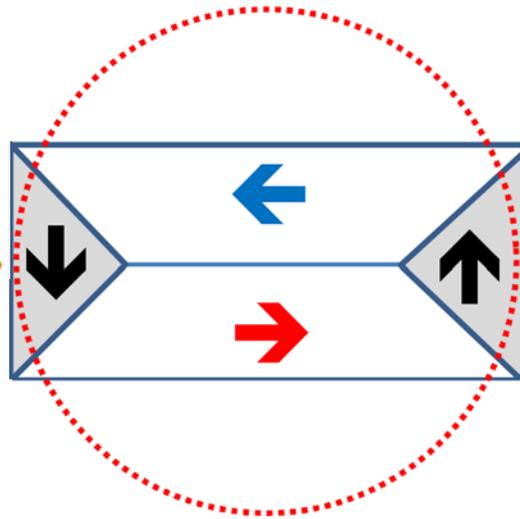
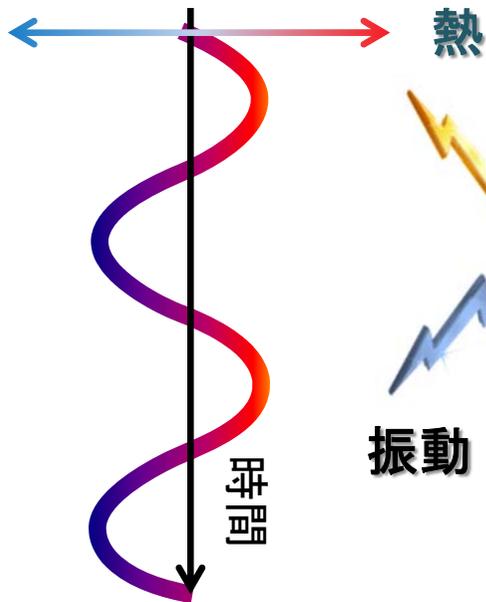


磁心損失(ロス)

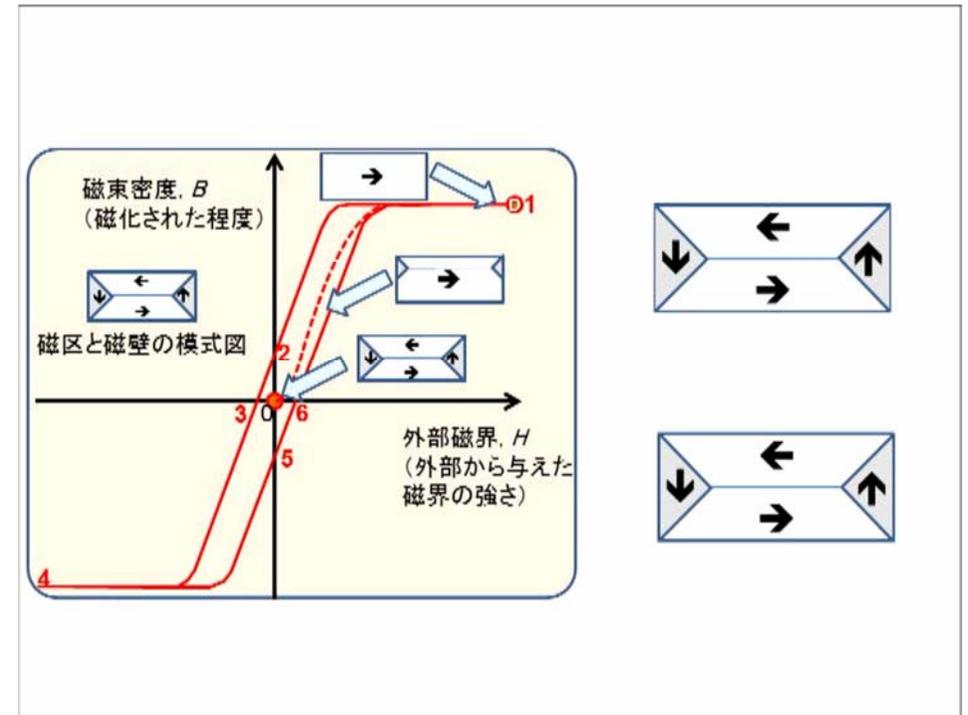
軟(ソフト)磁性材料の
ある一部(○)を...



磁場の方向と強さ

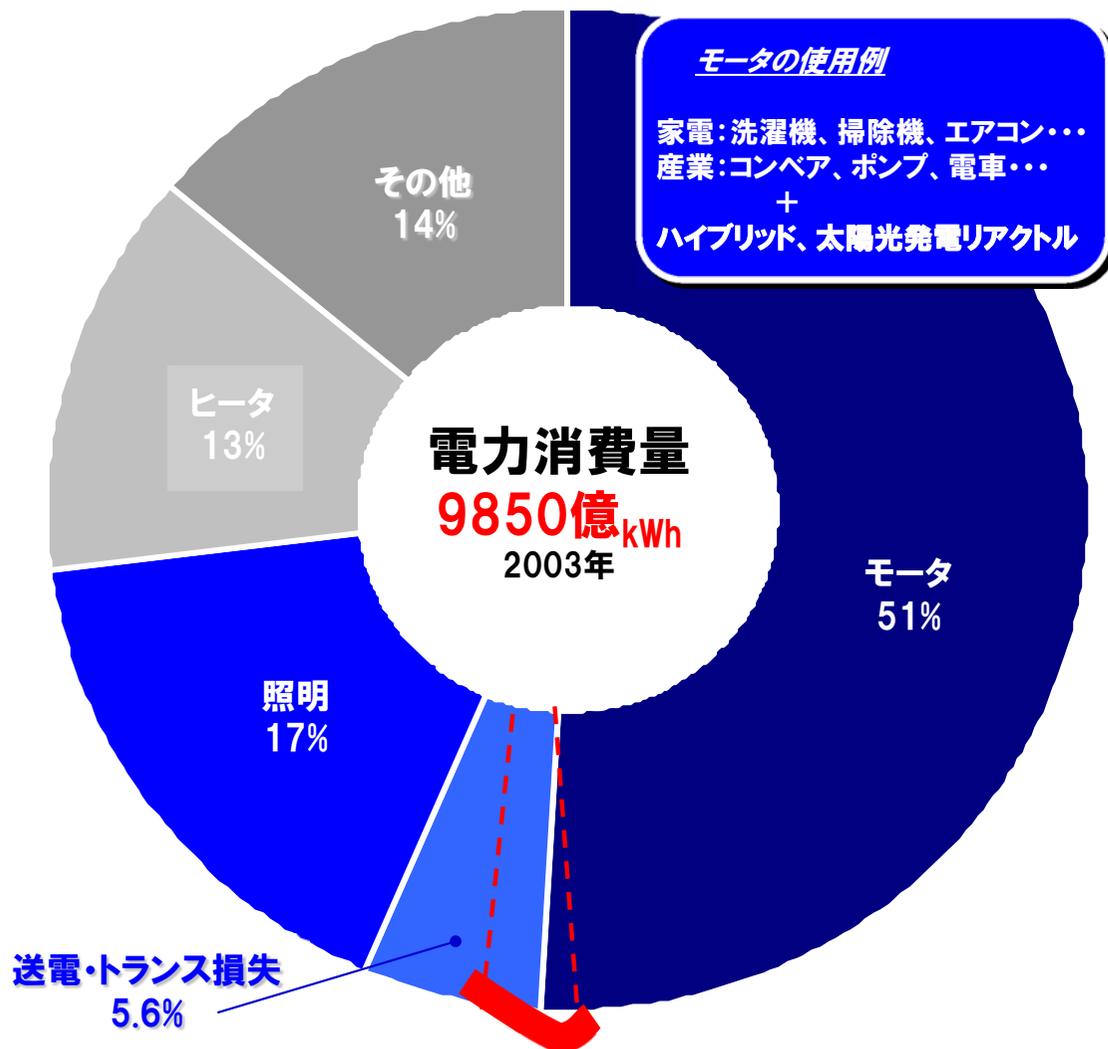


磁場の向きと大きさ



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)

国内電力消費量



**国内電力消費量に占める
鉄損 = 3.4%**

珪素鋼の磁心損失(鉄損)

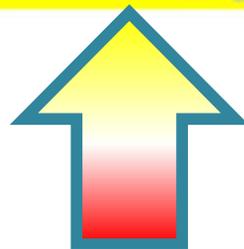
モータ・トランスの鉄損
⇒国内電力消費量の **3.4%**

**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

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

国内電力消費量に占める
鉄損 = 3.4% を極小化する



超低損失高 B_s
ナノ結晶軟磁性材料
“*NANOMET*™”

R.Q.液体急冷法



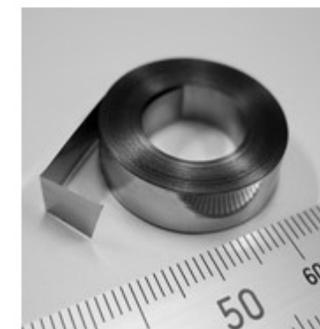
超高Fe濃度



→レアメタルなし、安価



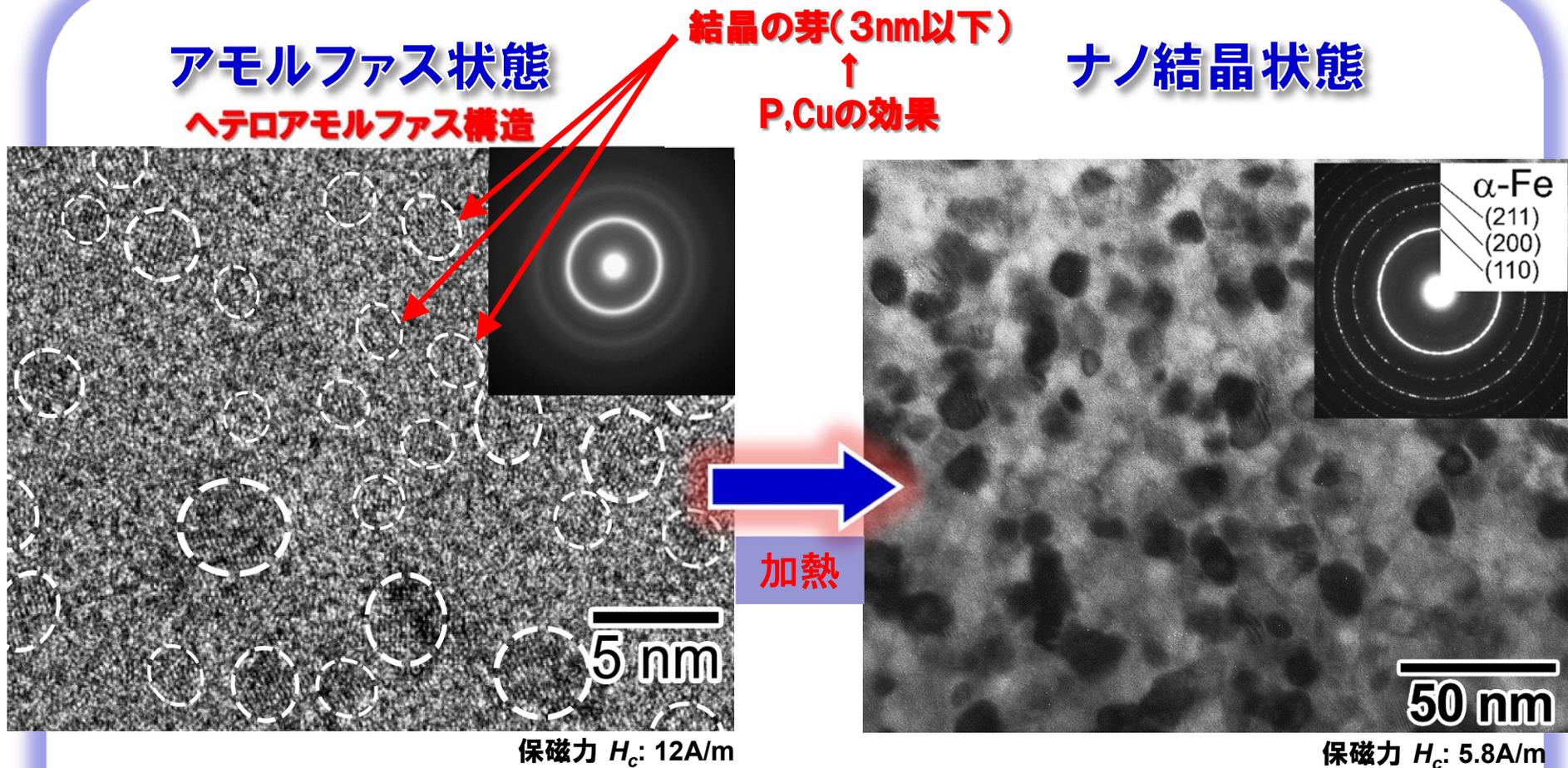
1mm幅薄帯【従来】



5mm幅薄帯【従来】

t~20 μ m

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

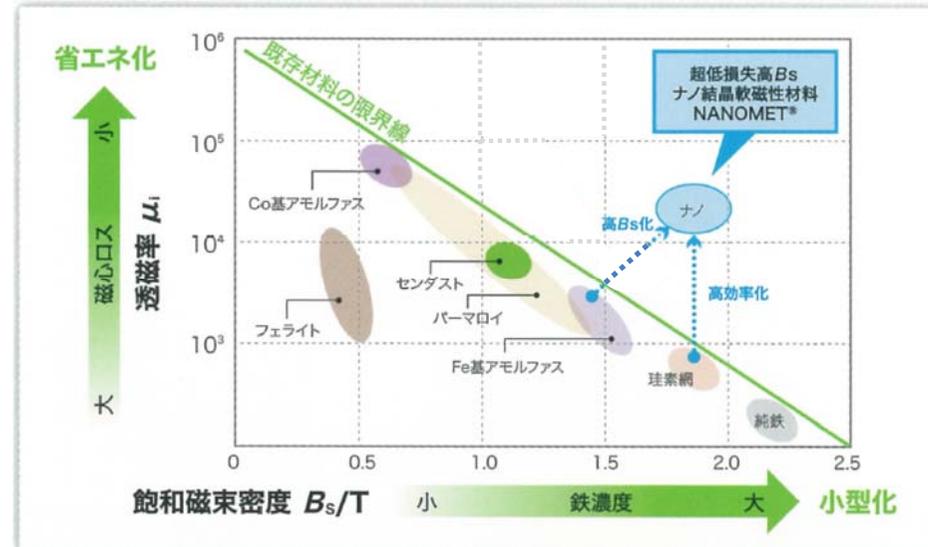


急冷直後の高Fe濃度FeSiBPCu合金
薄帯の電子顕微鏡写真

ナノ結晶化後の高Fe濃度FeSiBPCu合金
薄帯の電子顕微鏡写真

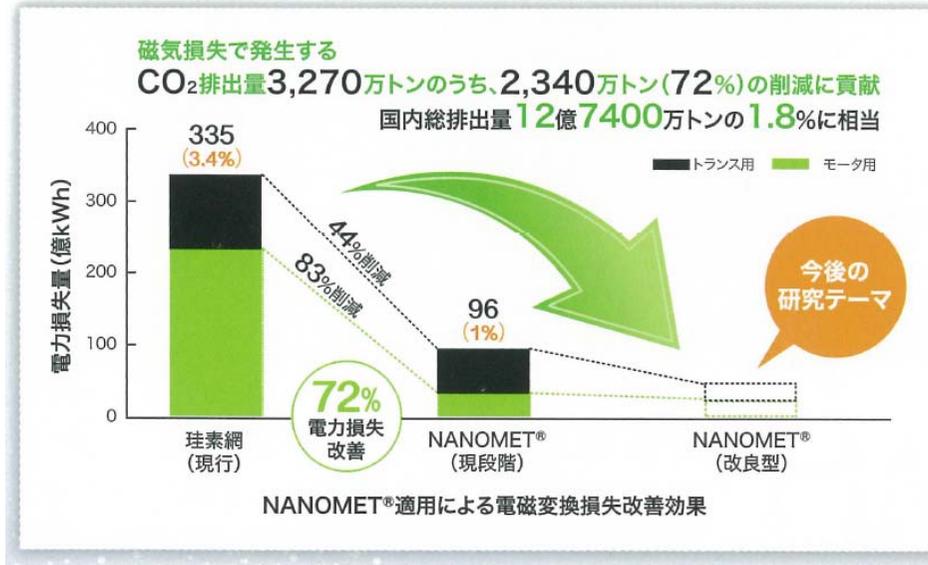
省エネ化と小型化の両立

超低損失ナノ結晶軟磁性材料は、従来の高透磁率材料並みの低鉄損を持ちながら、ケイ素鋼並みの高いBsを持つという、これまでの軟磁性材料の常識を覆す性能を備える点で画期的な材料です。



電力損失量を72%改善

電力の総利用量に占めるトランスやモータの鉄損は、国内で消費する総電力の3.4%を占めると言われており、この量は年間335億kWhにも達しております。トランスやモータのケイ素鋼をすべて「NANOMET[®]」に置き換えることができれば、使用条件にもよりますが、電力損失量を72%減まで下げることが可能となります。



事業化までの道のり

大学発ベンチャー



東北の産業活性化

H 26

H 27

東北発 素材先導プロジェクト

NANOMET

魔の川
The Devil River

死の谷
The Valley of Death

ウインの海
The Darwinian Sea

我が国の高いレベルの研究力
→ 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

経済成長

高い研究
開発レベル



成果の事業化への橋渡し

プロトタイプ

潜在的なニーズの発掘

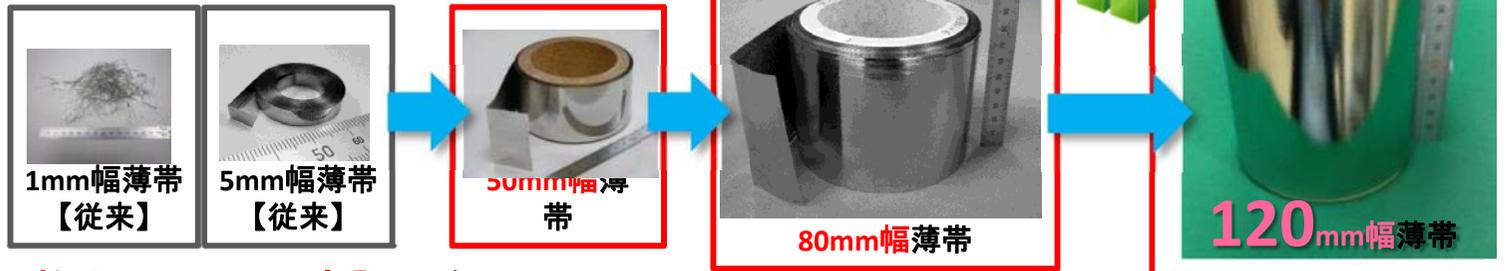


新産業

社会的課題解決

幅広薄帯の磁気特性の実証

薄帯の製造プロセス開発



柱上トランスの実証に向けて、
一気に加速!!!

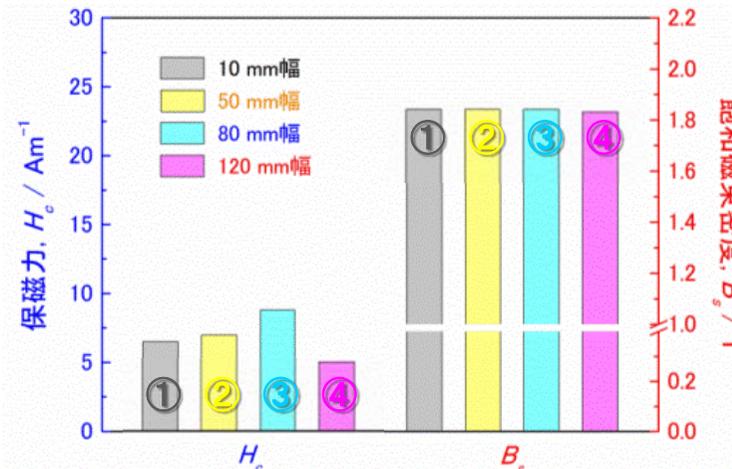
幅80mmまでの幅広化を実現!

さらに幅120mmを達成!!

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

- ①: 幅10mm (小型薄帯製造装置)
- ②: 幅50mm (大型薄帯製造装置)
- ③: 幅80mm (大型薄帯製造装置)
- ④: 幅120mm (大型薄帯製造装置)



組成の最適化により工業化に向けた最大の本質的課題(魔の川)をほぼクリア!!

東北大学の革新的材料とパナソニックのモノづくり技術で超省エネ商品を社会実装する



東北大学
「東北発 素材技術先導プロジェクト」
超低鉄損磁心材料技術領域

Panasonic

パナソニック株式会社
生産技術本部

革新的材料



モノづくり技術

NANOMET[®]

材料開発～薄帯製造開発



合金液体

- ・低鉄損化
- ・合金組成構築



薄帯

- ・磁気特性最適化
- ・均質化



モータコア

～モータ・コンプレッサ組立製造技術開発



ステータコア

- ・コア形成、組立工法



モータ

- ・モータ設計
- ・組立工法



コンプレッサ

- ・コンプ設計
- ・組付工法



冷蔵庫

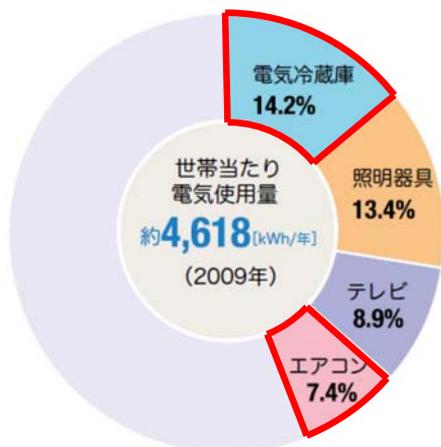


エアコン 等

消費電力量
削減

背景

一般家庭の消費電力の
1/4が
冷熱機器(冷蔵庫・エアコン)



出所:資源エネルギー庁(2009年)

基本部品である
圧縮機の性能が鍵

COP3以降
「トップランナー方式」により
省エネ性能の目標値達成
が商品の必須条件



統一省エネルギーラベル

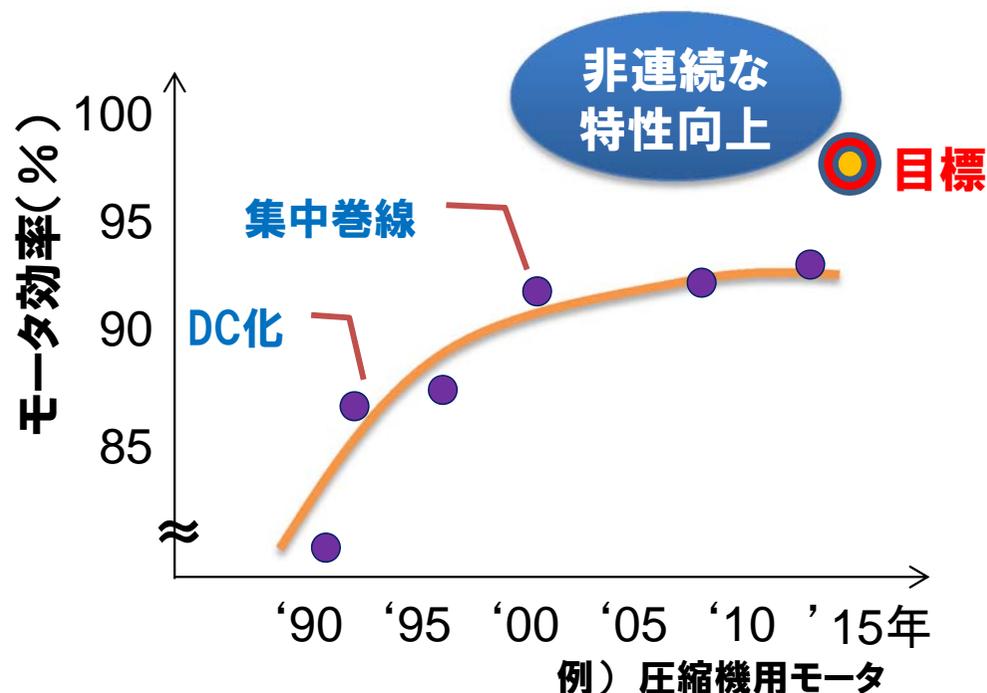
(http://www.shouene-kaden2.net/learn/eco_label.html)

ねらい

圧縮機の動力源となる**モータ**の
効率の進化は飽和傾向(+2%/15年)



材料型生産技術で非連続な特性向上を狙う
(目標:+3% 東北大学によるNANOMET[®]の効果試算)



今回の試作モータと搭載した圧縮機

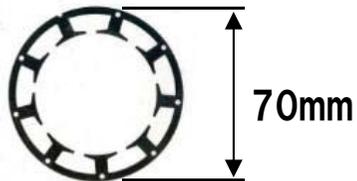
革新的ナノ結晶合金 NANOMET®

優れた磁気特性：高磁束密度、低鉄損
(東北発 素材先端技術PJ 超低損失磁心材料領域)

- ・大径化
- ・組立ロス削減

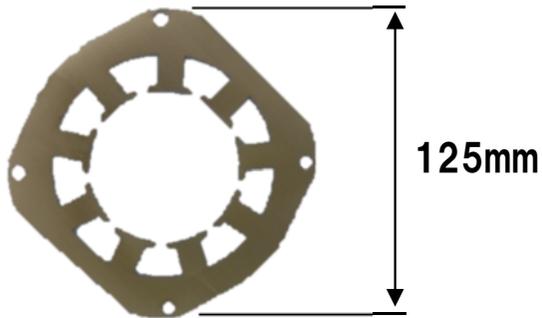
家電用の圧縮機構造を変えず
新磁性材料でモータを試作し
圧縮機に組み込み

前回(2014年12月)
試作したコア材



積層
組立

今回の試作コア材



試作モータステータの外観
(銅線巻き線後)



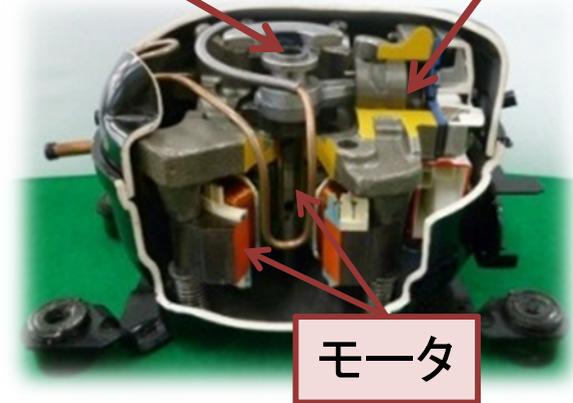
ステータ
(固定子)

モータ

コイル

クランクシャフト

シリンダー
/ピストン



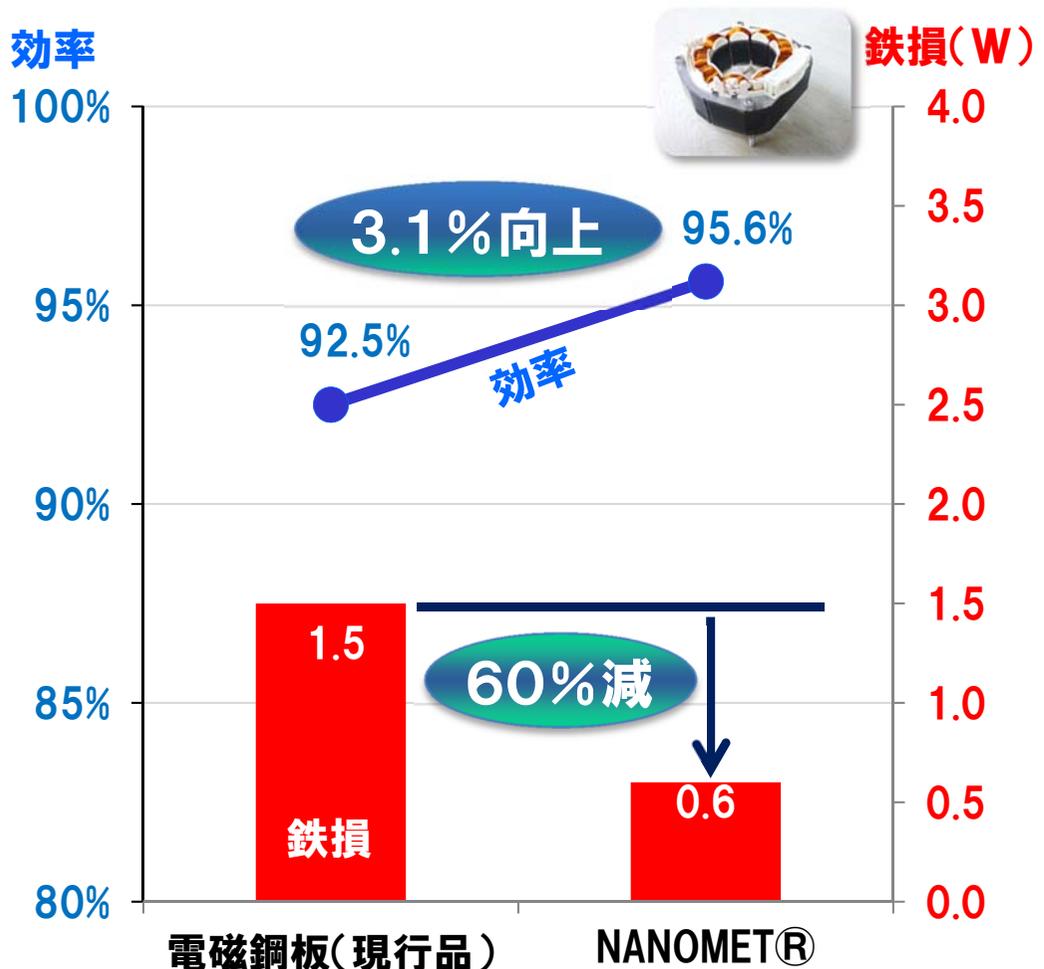
モータ

試作モータ搭載圧縮機
と同機種のカットモデル

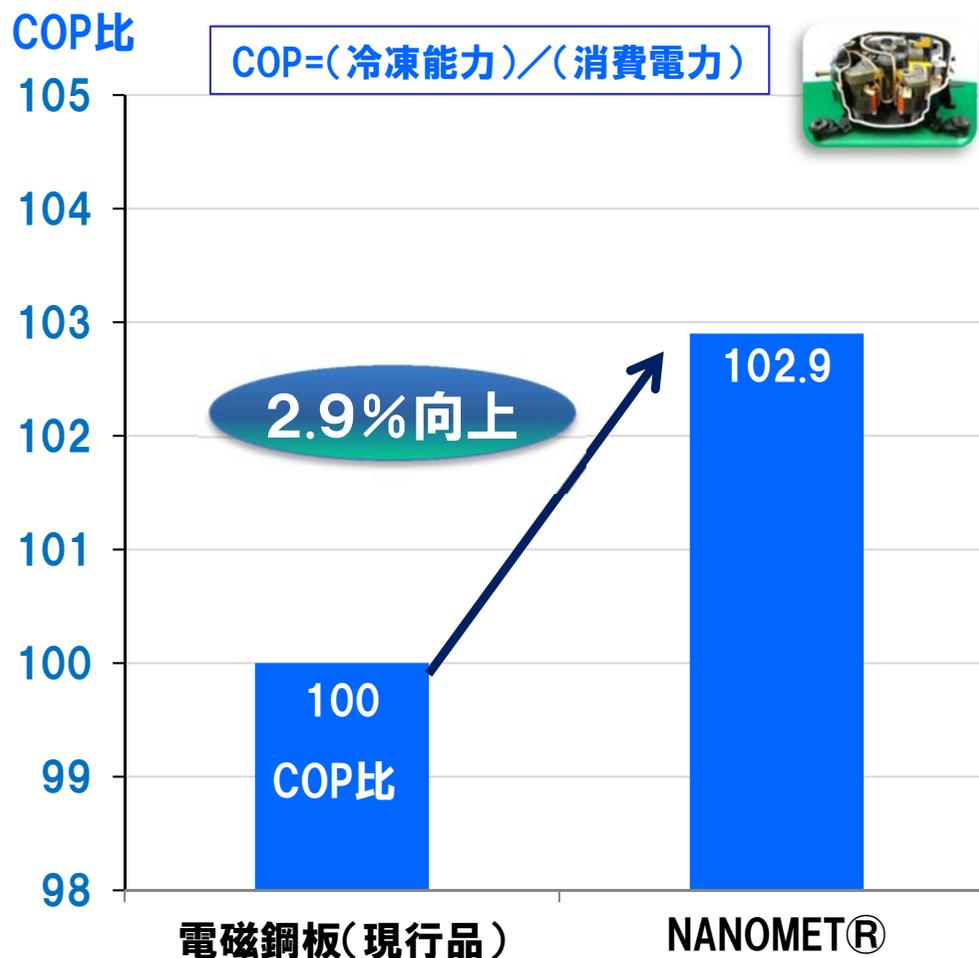
今回の試作モータ、試作圧縮機の性能評価結果

**NANOMET[®]搭載の試作モータで、鉄損60%減、効率3.1%改善
試作モータ搭載圧縮機で、効率(COP)2.9%向上**

試作モータ(実測値)



試作モータ搭載圧縮機(実測値)



大学発ベンチャーの設立(2015.11)



大学発ベンチャーの設立

株式会社 東北マグネット インスティテュート

アルプス電気株式会社
株式会社村田製作所
JFEスチール株式会社
パナソニック株式会社
NECTーキン株式会社
東北大学ベンチャーパートナーズ株式会社

大学発ベンチャーの設立（新産業と雇用の創出）



東北大学

報道機関 各位



平成 27 年 11 月 20 日

■（株）東北マグネット インスティテュート（記者発表）



国立大学法人 東北大学
株式会社東北マグネット インスティテュート

ジョイントベンチャー（株）東北マグネット インスティテュート の設立について
－ 革新的軟磁性合金 ナノメット® (TM) の成果を活用した大学発ベンチャー －

株式会社東北マグネットインスティテュート(以下TMI)は、東北大学ベンチャーパートナーズ株式会社の運営するファンド及び民間5社の出資を受け設立されました。

TMI

- 知的財産 (IP) 集約
- ナノメット®を進化させたナノ結晶合金の開発/製造/販売/ライセンス
- 先端磁性材料の継続的創出

第1次量産機 (~2020)

アルプス電気
NECトキシン
コムスチール
パナソニック
村田製作所

第2次量産機 (2021~2025)

国内他企業
への
材料販売
ライセンス

第3次量産機 (2026~2030)

海外企業
への
材料販売
ライセンス

本社

産学連携材料開発拠点

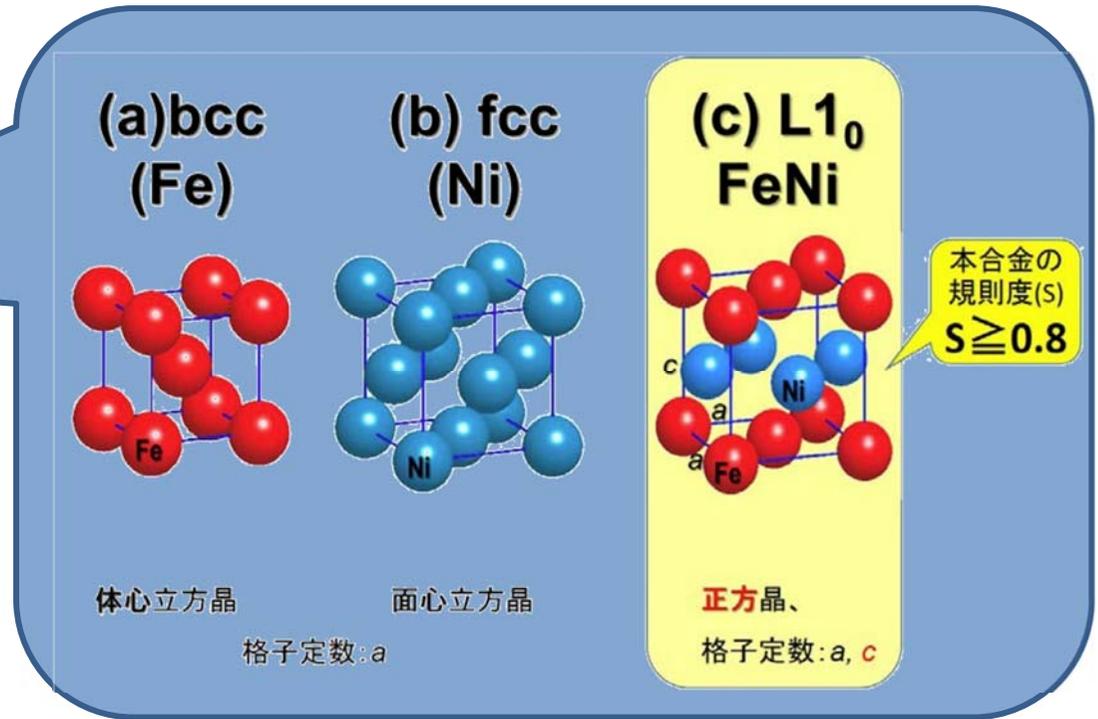
場 所: 東北大学片平キャンパス
竣工予定: 平成25年度内
面 積: 約5,500㎡



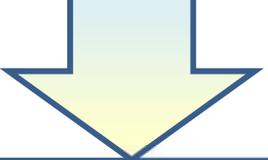
開発・製造拠点



パナソニック(株)名取工場



30億年かけて形成されたL1₀ FeNi:隕石磁石



高性能磁石としての高いポテンシャル

■プレスリリース

■完全レア・アースフリー FeNi 磁石(プレスリリース)
国際科学雑誌「Scientific Reports」に掲載されました。
(DOI: 10.1038/srep16627,
URL: www.nature.com/articles/srep16627)



東北大学

報道機関各位

平成27年11月17日

国立大学法人 東北大学

完全レア・アースフリーFeNi磁石の作製に成功

—天然隕石磁石を短時間で高品質に作製—

発表のポイント

- 簡便な工業的手法で廉価な完全レア・アースフリーFeNi磁石の創製に世界で初めて成功
- アモルファス金属のナノ結晶化時の超高速原子移動を利用して、数十億年かかる隕石磁石を300時間でより高品位に再現
- レア・アース供給リスクを一気に解決し、省エネ技術を基盤とする産業全体優位性確保へ期待

アクセス数の多い注目論文として、ネイチャー日本語ウェブサイト「おすすめコンテンツ」で紹介
(2016,1,28)



NANOMET®の新規展開

(硬質磁性: L₁₀-FeNi)

非平衡プロセスを利用した
硬質磁性、L₁₀-FeNi 相の作製



「研究第一」 「実学尊重」

我が国の高いレベルの研究力
→ 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

高いレベル
の研究・開発



潜在的なニーズの発掘

成果の事業化への橋渡し

プロトタイプ



経済成長
新産業

社会的課題解決

事業化までの道のり

未来

東北の産業活性化

人工的隕
石磁石



©NASA, ESA, M.A. Garlick (space-art.co.uk), University of Warwick, and University of Cambridge.
Success in Producing a Completely Rare-Earth Free FeNi Magnet

魔の川
The Devil River

死の谷
The Valley of Death

ダーウィンの海
The Darwinian Sea

- 東北の復興・新生を目指し、革新的ナノ結晶軟磁性合金NANOMET[®]の工業化のため、大学発ベンチャーを立ち上げた。
- NANOMET[®]を用いた超省エネモータ・コンプレッサを実現した。
- アモルファスの結晶化により完全レア・アースフリーFeNi磁石の作製に成功し、新たなシーズを生み出した。

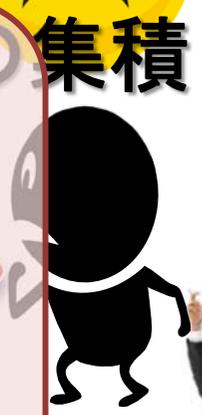
東北に拠点形成 → ヒトや知見の集積 → 産業集積・新産業と雇用の創出



地域の皆様及び関係機関・関係各位のお力添えを受けて、TMI 設立という事業化の一里塚へ、東北発素材先導プロジェクト期間中に到達することができました。まことにありがとうございます。引き続き研究活動をとおして震災復興・新生に貢献してまいります。



ヒトの集積



新規事業



東北復興



新産業創出



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



TOHOKU
UNIVERSITY

東北発 素材技術先導プロジェクト

Tohoku Innovative Materials Technology
Initiatives for Reconstruction



ご清聴ありがとうございました。
ございました。