

磁性エンジンの消磁方式

～ 掃海艇への磁性エンジン搭載を目指して～

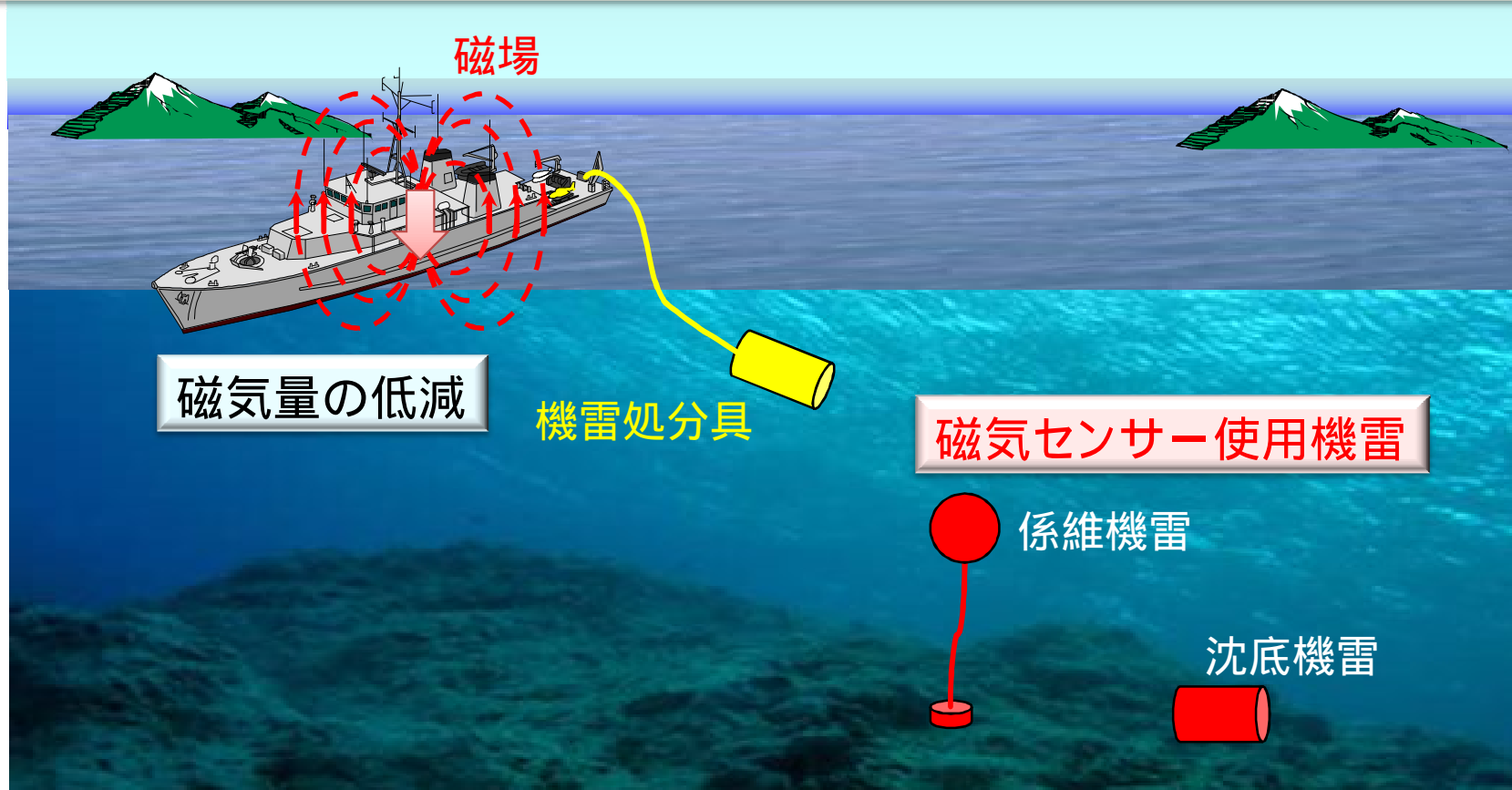
艦艇装備研究所 川崎支所 電磁気研究室
防衛技官 堀澤 智幸

発表内容

1. 研究の背景・目的
2. 研究実施内容・結果
 - 2.1 小型磁性エンジン磁気特性計測
 - 2.2 小型磁性エンジン磁気特性・消磁シミュレーション
3. まとめ・今後の見通し

掃海艇の任務・特徴

任務：機雷を処分し、海上・海中の安全を確保する。



特徴：磁気センサーを使用した機雷による被害を回避するため、消磁基準を定めた上で、磁気量の低減に努めている。

掃海艇における磁気量低減の取り組み

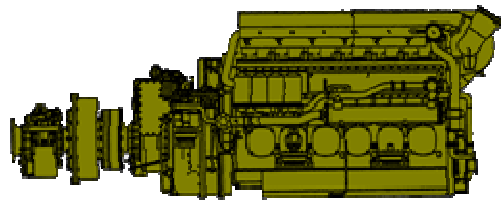
消磁コイル

(搭載品から発生する磁場を打ち消すためのコイル)

搭載品の厳格な磁気管理



搭載品磁気測定の様子



非磁性エンジンの搭載

FRP製又は木製の船体

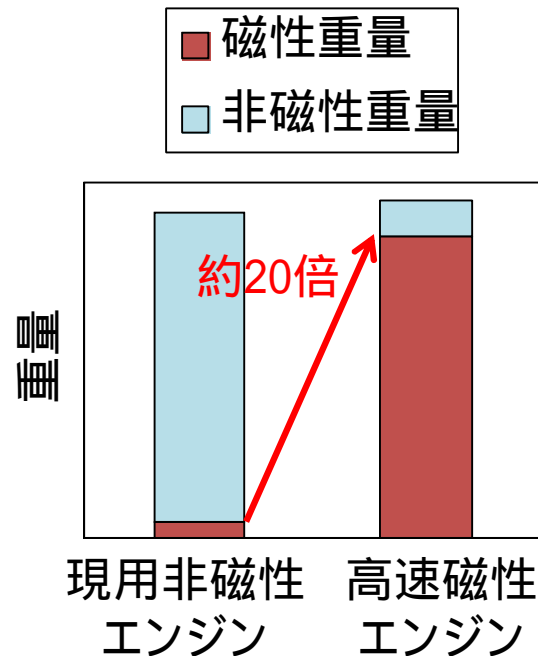
非磁性エンジン : 磁性材料(鋼等)の使用を最小限とした特別なエンジン

磁性エンジン : 磁性材料を使用した一般的なエンジン

磁性エンジンを搭載した場合

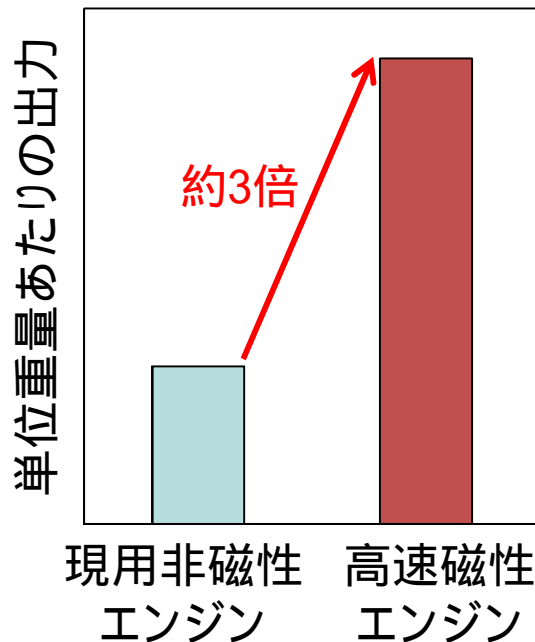
掃海艇の高速化を想定し、重量が同程度の高速磁性エンジンを選定

1. 磁性重量



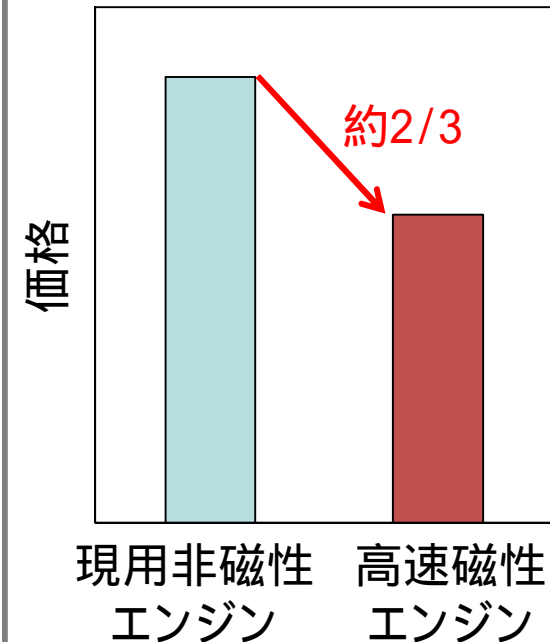
機雷による被害の可能性の増加

2. 出力



速力の向上

3. 価格



エンジン単価の低減

磁性エンジン搭載時は、専用消磁装置の費用が必要

研究の目的

将来、掃海艇の高速化が求められた場合の対応策

1. 非磁性エンジンの高出力化

利点: 現在の磁気量低減手法をそのまま適用可能

課題: 特別なエンジンであるため、開発・製造ともに高コスト

2. 磁性エンジンの搭載

利点: 新たに開発する必要がなく、比較的 low コストで搭載が可能

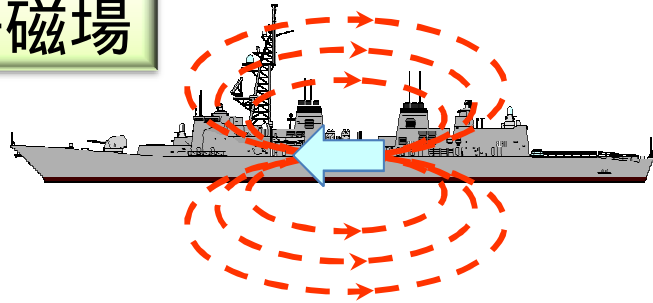
課題: 磁気量が増加するため、追加の対策が必要



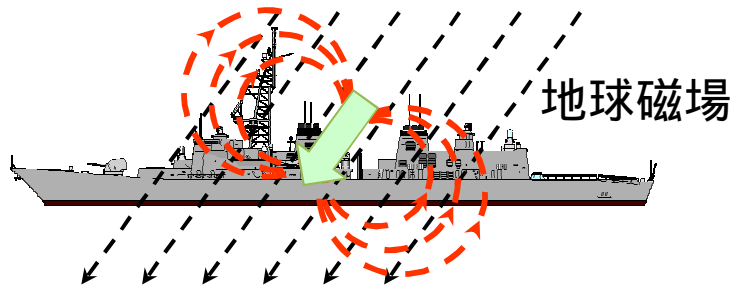
掃海艇に磁性エンジンを搭載した場合に掃海艇の安全を確保するため必要となる**磁性エンジンの磁気量の低減**について検討する。

艦艇から発生する磁場

静磁場

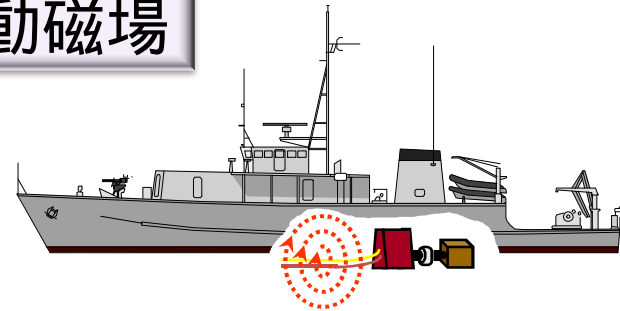


永久磁場: 磁性体が固有に保有している磁化による磁場

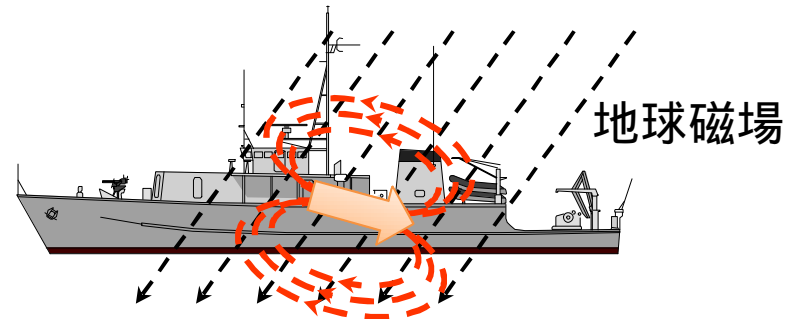


誘導磁場: 地球磁場により誘導され発生する磁場

動磁場



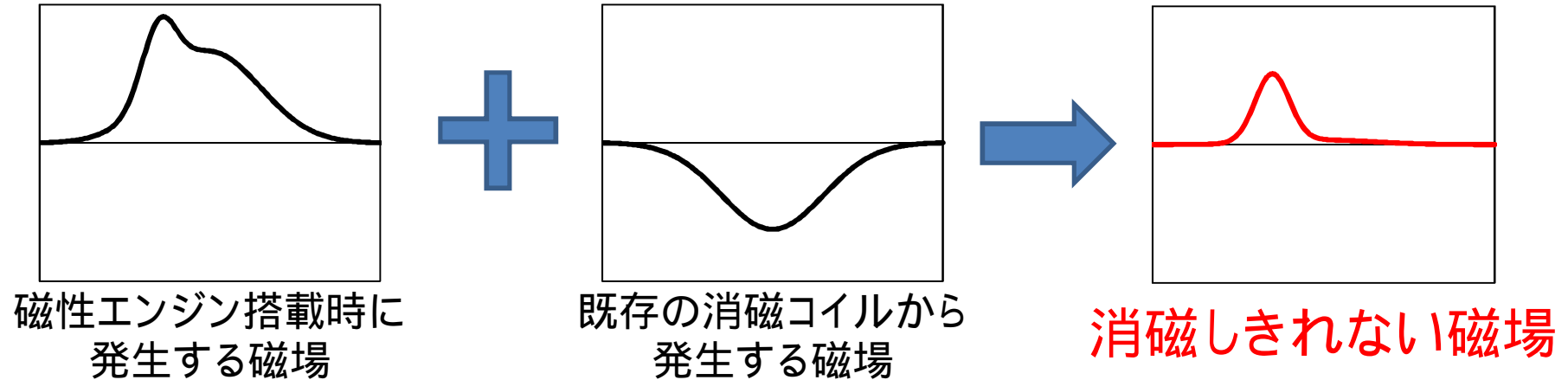
漂遊磁場: 発電機等の電流により発生する磁場



渦電流磁場: 地球磁場の中で電気伝導体が動くことによって流れる渦電流により発生する磁場

磁性エンジンを搭載した場合、
静磁場が大きく発生すると考えられる。

磁性エンジンの磁気消去に向けて

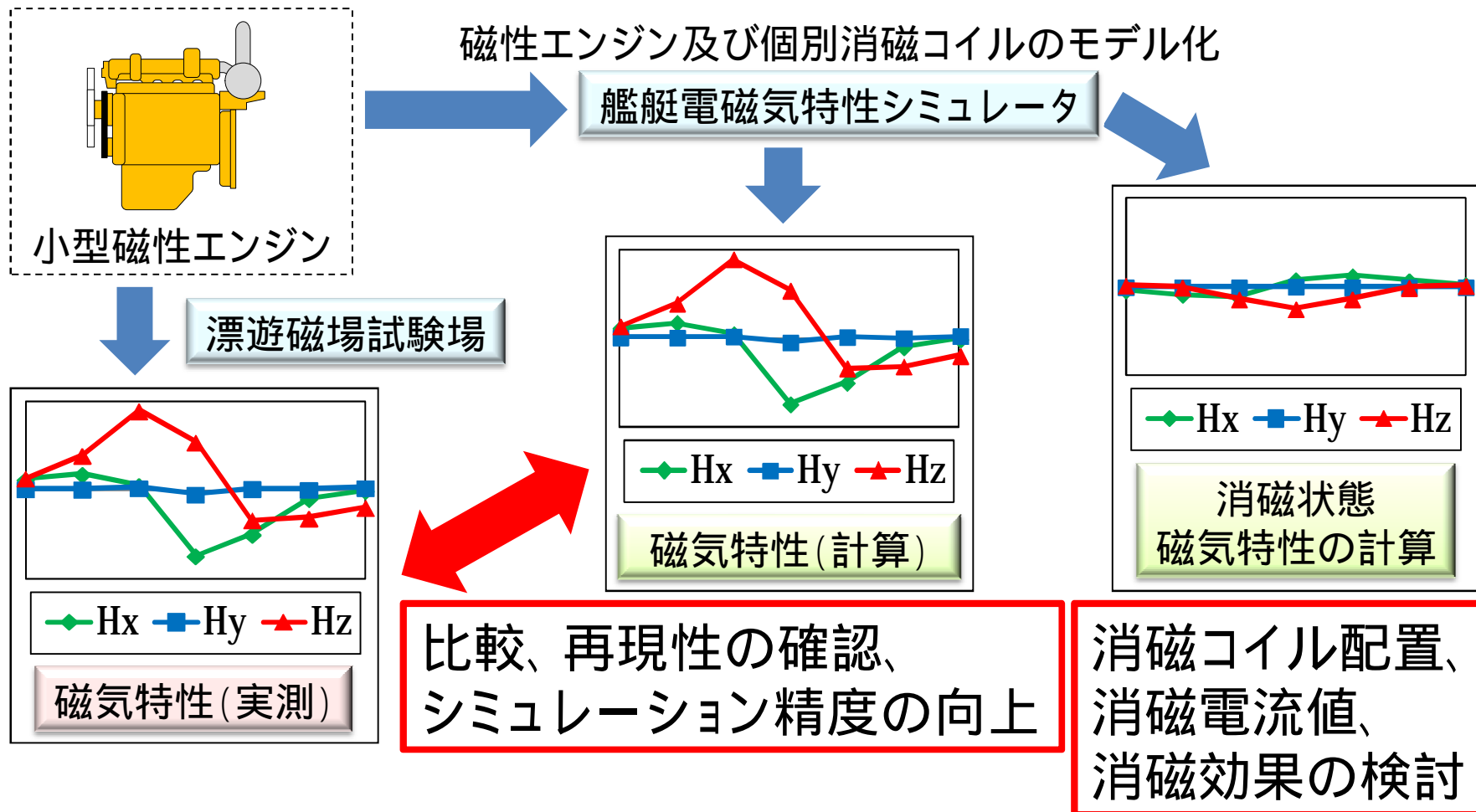


磁性エンジンを搭載すると、船内に局所的に磁性体が存在する状態になり、既存の消磁コイルだけでは十分な消磁が困難となる。

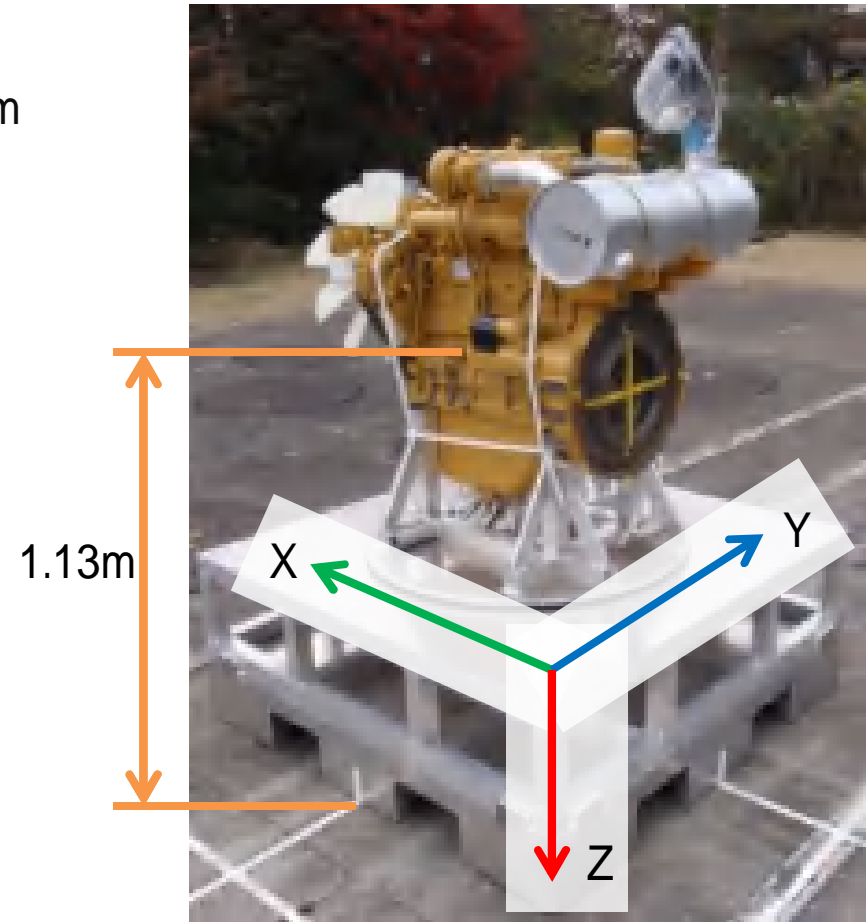
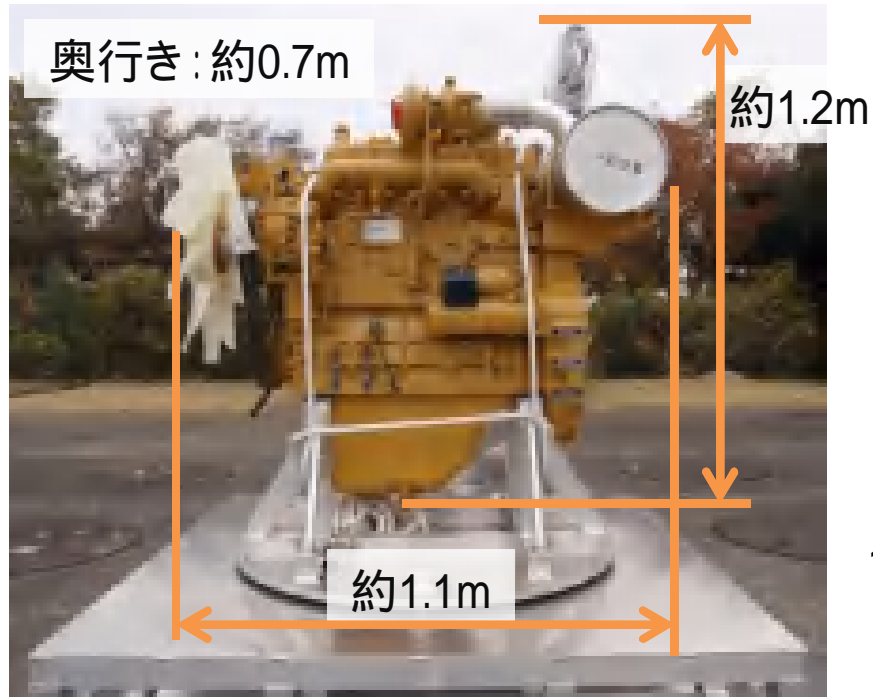
船全体を対象としている既存の消磁コイルに加え、エンジンに起因する磁場の打ち消しを目的とした個別消磁コイルが必要となる。

研究実施内容

- (1) 小型磁性エンジン磁気特性計測
- (2) 小型磁性エンジン磁気特性・消磁シミュレーション



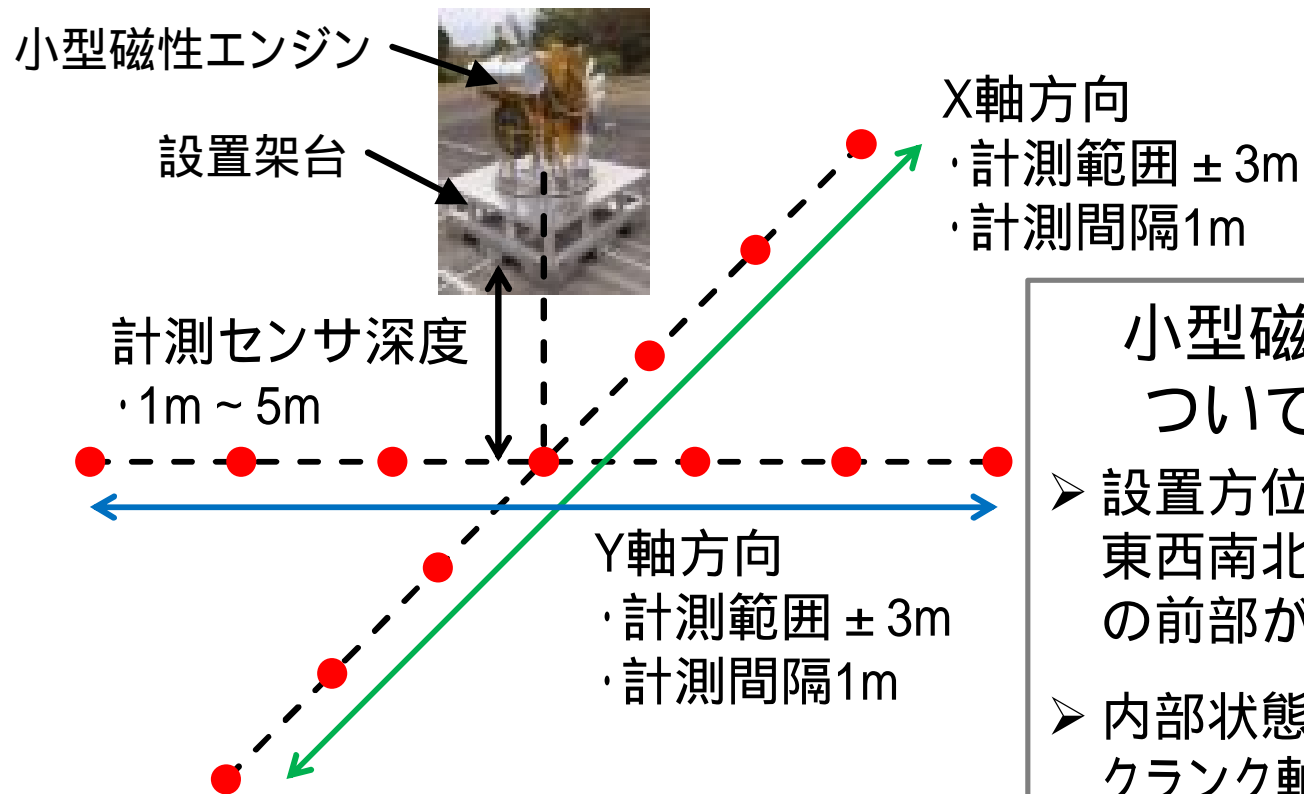
小型磁性エンジンの概要



三菱重工業(株)製
S4K型ディーゼルエンジン
重量: 約470kg
出力: 約90PS

計測概要

川崎支所が保有する漂遊磁場試験場にて
小型磁性エンジン下方の磁場分布を計測



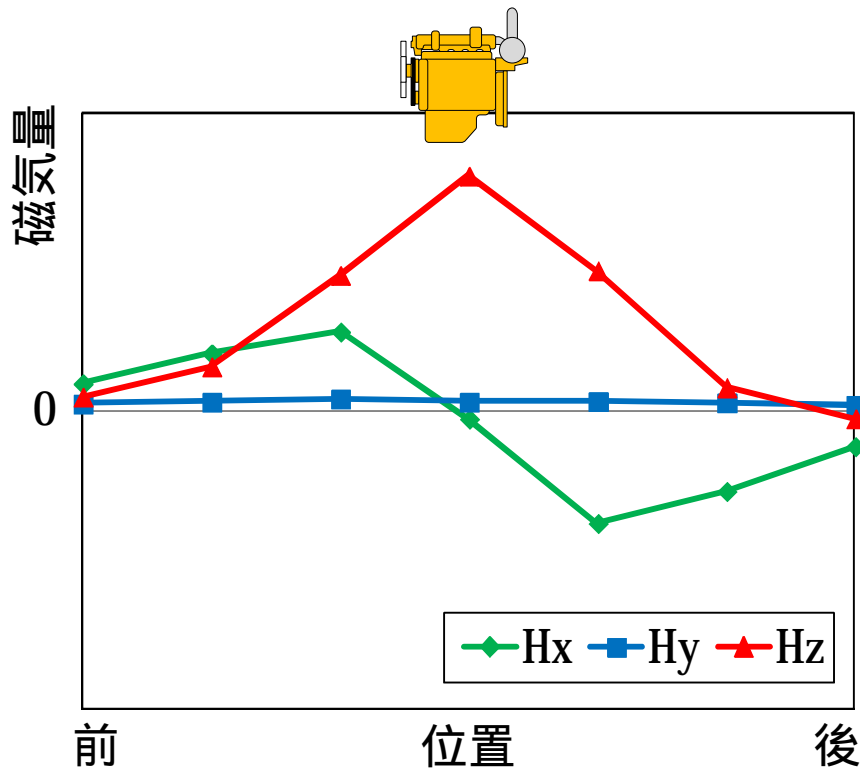
● : 計測位置、3軸フラックスゲートセンサを使用

小型磁性エンジンに ついての計測条件

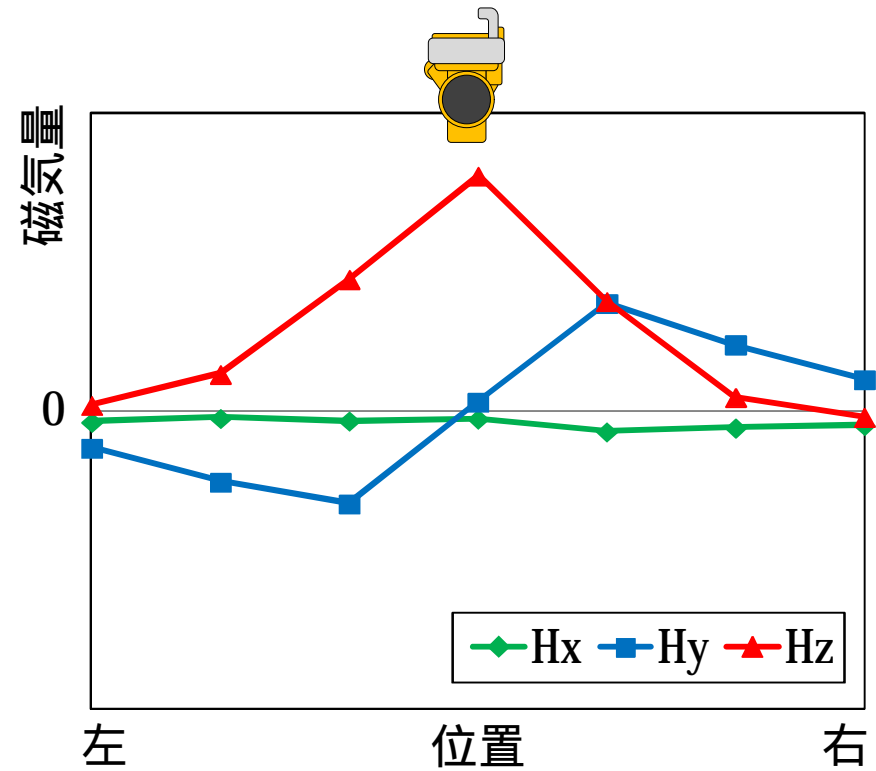
- 設置方位
東西南北(4方位)(エンジンの前部が向く方位とする。)
- 内部状態
クランク軸の回転角90°毎の4状態(ピストンが上死点にある状態を0°とする。)

計測結果

X軸上の磁場分布



Y軸上の磁場分布

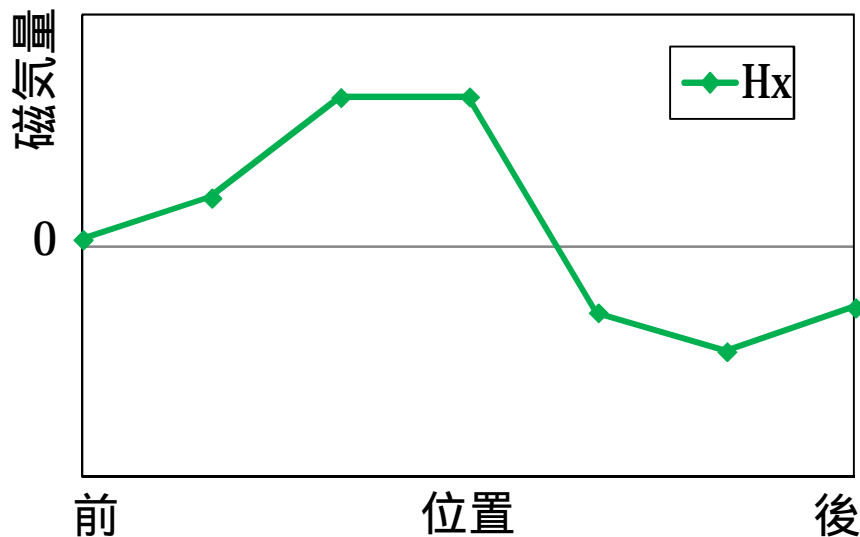


エンジン設置方位: 北
センサ深度: 1m (エンジン中心からセンサまでの距離: 2.13m)

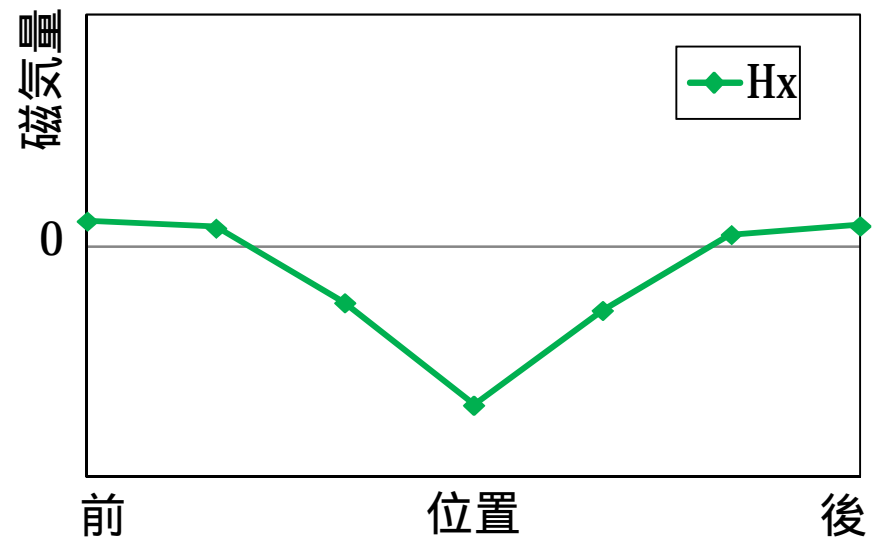
解析結果(永久磁場・誘導磁場分離)

北向き及び南向きの計測結果を基に、
X軸方向の永久磁場と誘導磁場を分離

永久磁場



誘導磁場

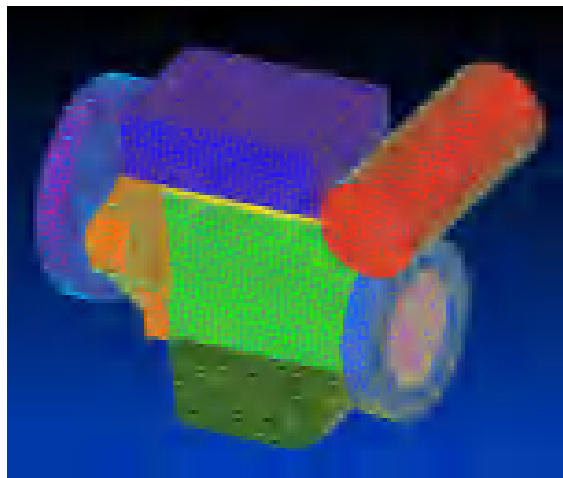


エンジン設置方位:北、センサ深度:1m

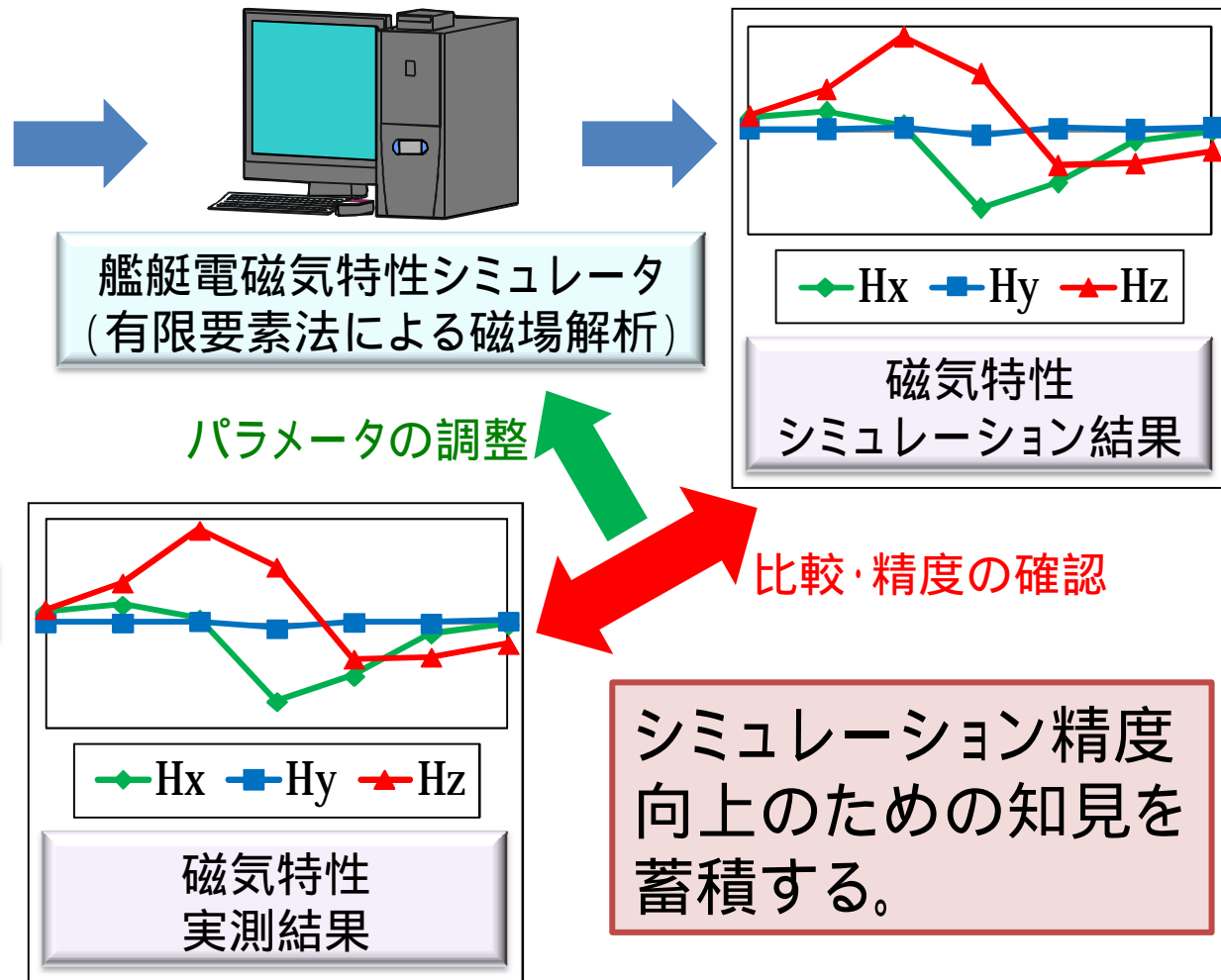
永久磁場と誘導磁場の発生量は同程度であった。

磁気特性シミュレーションの概要

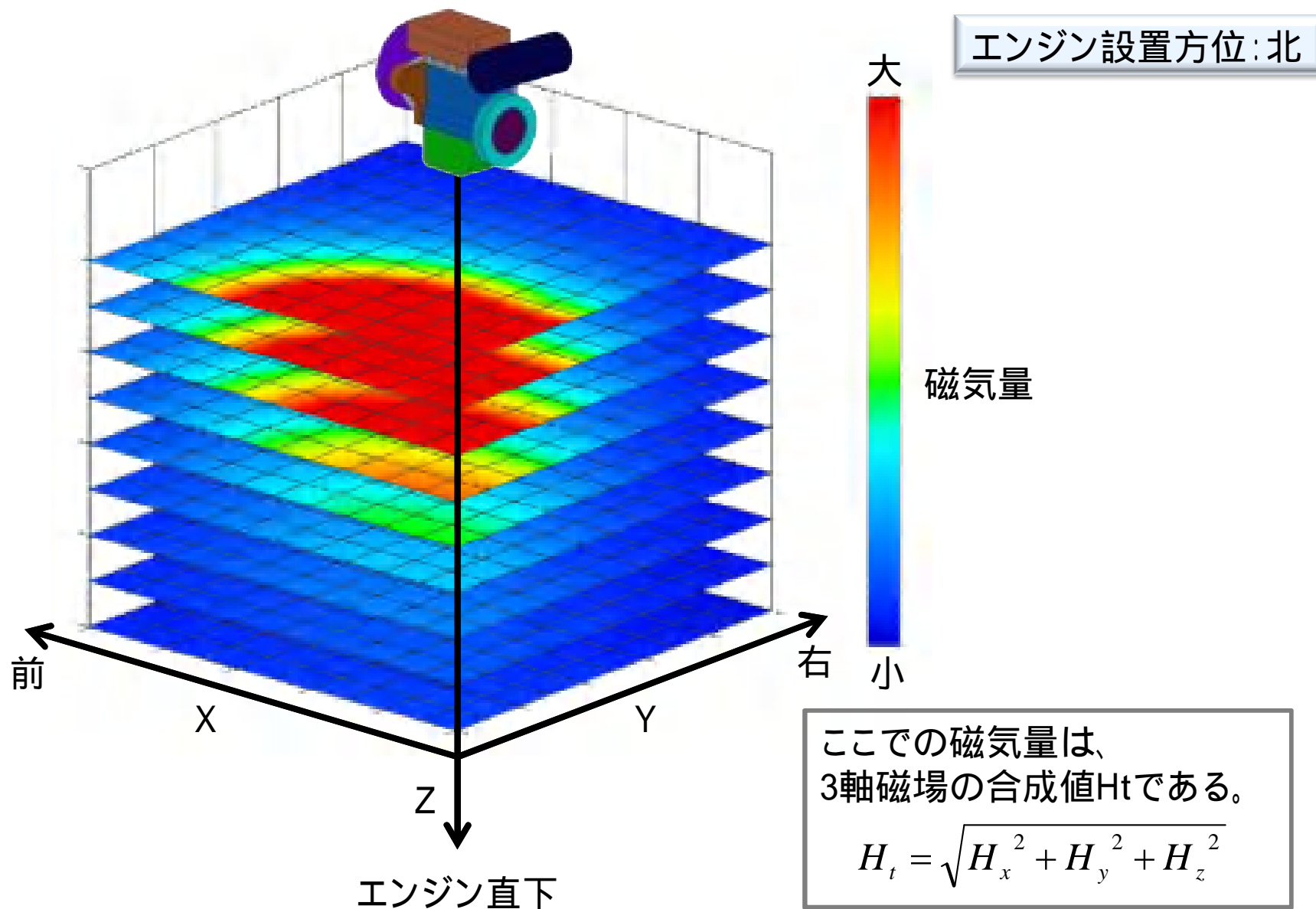
有限要素法により誘導磁場のシミュレーション計算を行い、
実測値と比較、パラメータ調整により精度を向上



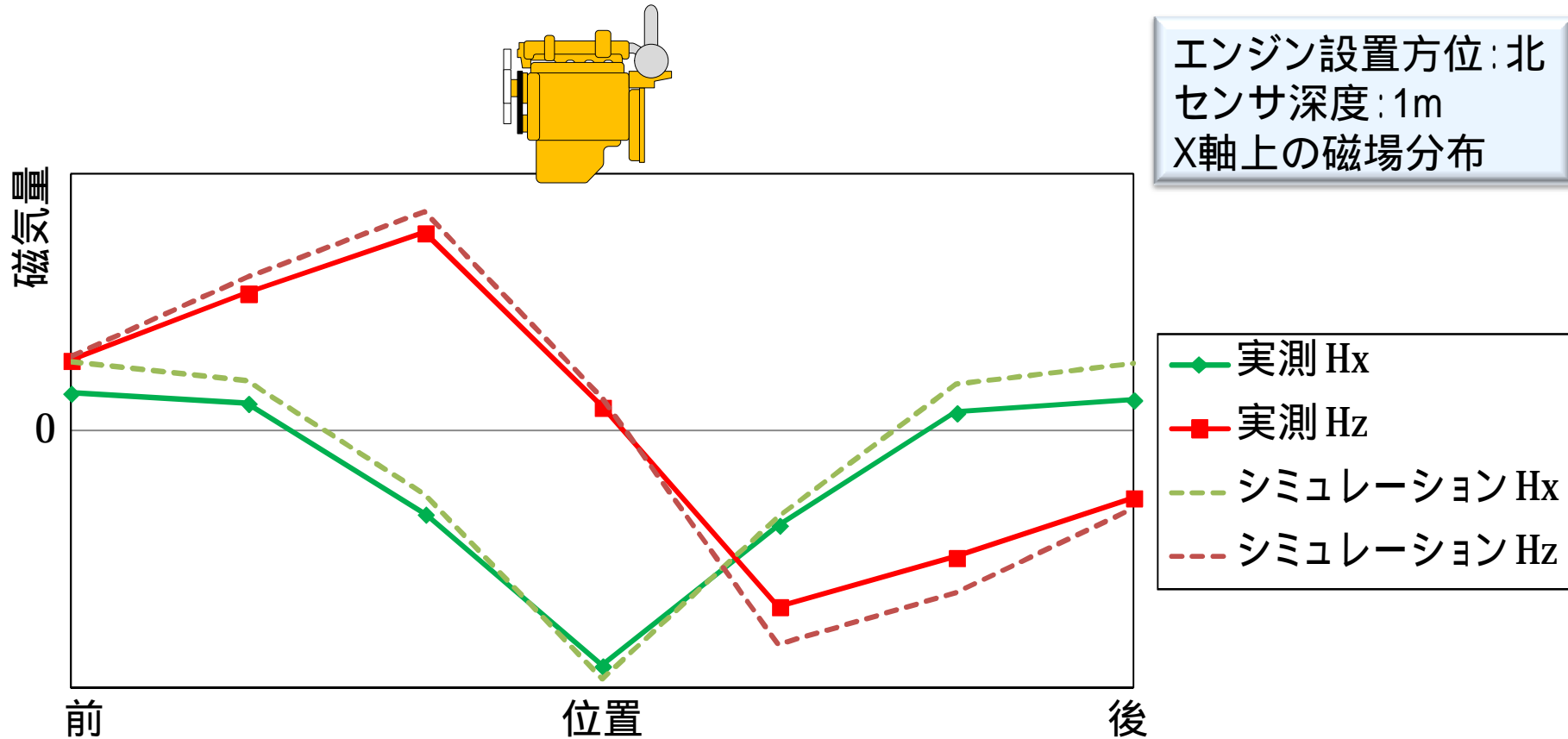
メッシュ数: 約58万
シミュレーションモデル



磁気特性シミュレーション結果



実測とシミュレーションの比較

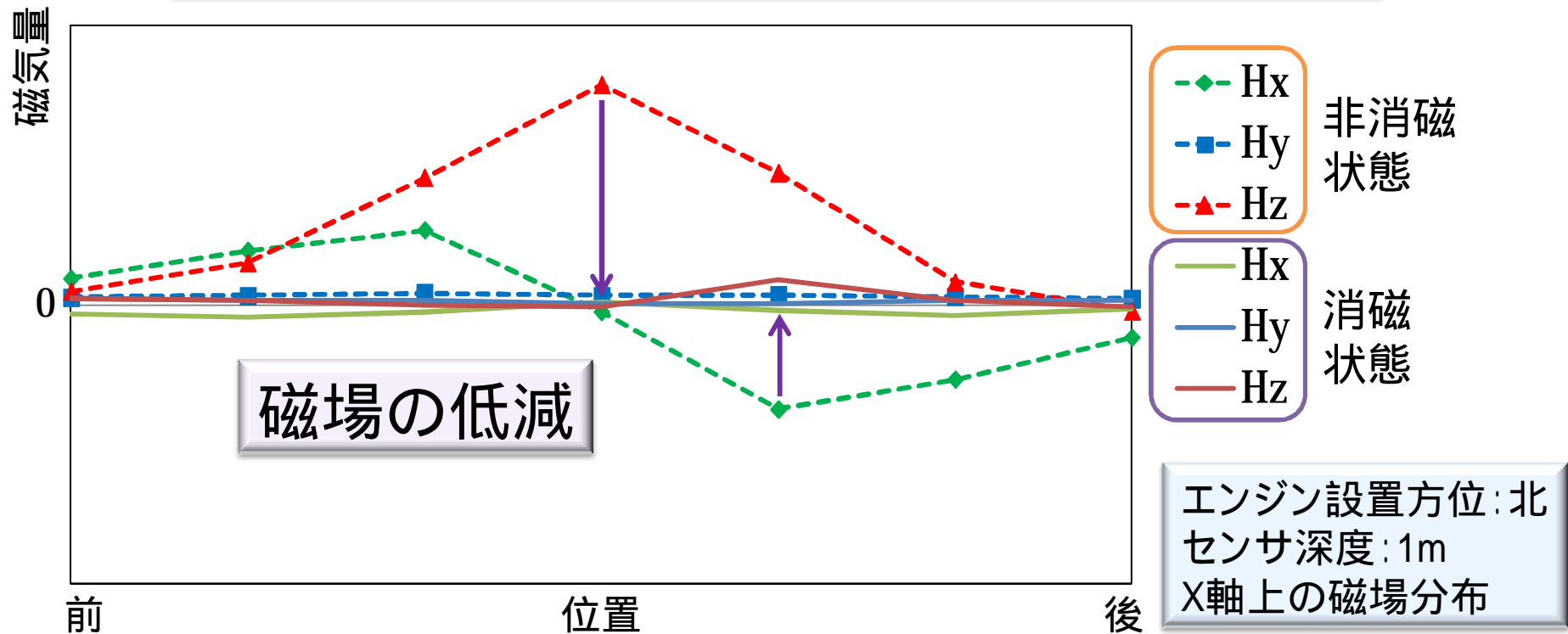


約11%の誤差でシミュレーションを行うことができた。

誤差: 平均二乗誤差の最大値に対する相対値

消磁シミュレーション結果

消磁コイルから発生する磁場を計算し、
実測値に対して消磁状態のシミュレーションを実施



個別消磁コイルが磁場の低減に有効であるとの見通しを得た。

まとめ

- ▶ 小型磁性エンジンの磁気特性を計測した。
- ▶ 実測値との誤差約11%で磁気特性をシミュレーションすることができた。
 - ➡ 知見を活用し、磁性エンジンを搭載した掃海艇全体の磁気特性シミュレーションを実施する。
- ▶ シミュレーションにより、個別消磁コイルが磁場の低減に有効であるとの見通しを得た。
 - ➡ 小型磁性エンジン(実機)に個別消磁コイルを設置し、実測により消磁効果の検証実験を実施する。

今後の見通し

消磁コイルの配置及び電流値を最適化し、消磁効果をさらに向上させることで、**磁性エンジンの磁気量を現用非磁性エンジンと同等まで低減**できる可能性があるものと考えられる。