

練習船深江丸による極低温液体水素の海上輸送実験に成功

神戸大学先端融合研究環

(自然科学・生命医学系融合研究領域)

研究プロジェクト No.19 プロジェクトリーダー 武田 実

連絡先: takeda@maritime.kobe-u.ac.jp

078-431-6329

2017年2月2日(木)午後、海事科学研究科附属「練習船深江丸」による「極低温液体水素」(沸点 20 K)の海上輸送実験に世界で初めて成功しました。先端融合研究環の武田 実教授、海事科学研究科の前川一真特命助教らの研究グループは、新型の超伝導液面計を内蔵した液体水素容器(20 リットル)を深江丸に搭載し、大阪湾航海中における液体水素容器内部の液面・温度・圧力等を同時計測し、液面揺動(スロッシング)や蒸発(ボイルオフ)等に関する極めて貴重な実測データを取得しています。

水素は、究極のクリーンエネルギーとして注目されており、我が国では2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」の中で、水素社会の実現に向けた取り組みが明記されています。また、経済産業省では、2014年6月に策定した「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の中で、2015年に燃料電池自動車の市場投入、2030年頃には水素発電の本格導入について記載しています。さらに、NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)では、海外の未利用エネルギー(豪州の褐炭)を活用して大量の水素を製造・貯蔵し、2020年には「液体水素運搬船」(1250 m³大型タンク 2基搭載)で神戸空港島へ海上輸送するという、水素社会構築技術開発事業/大規模水素エネルギー利用技術開発「未利用エネルギー由来水素サプライチェーン構築」助成事業を開始しました。

水素社会を実現するためには、大量の水素需要に対応することが必要不可欠です。そのため LNG(液化天然ガス)と同様に、水素を液化して効率的に輸送する方法が注目されています。液体水素は LNG と比較して、低沸点(液体水素: 20 K、液体メタン(LNG 主成分): 112 K)、低密度(液体水素: 71 kg/m³、液体メタン: 423 kg/m³)、低蒸発潜熱(液体水素: 31.6 MJ/m³、液体メタン: 216 MJ/m³)、低粘度(液体水素: 133×10^{-7} kg/m·s、液体メタン: 980×10^{-7} kg/m·s)、低表面張力(液体水素: 2.0×10^{-3} J/m²、液体メタン: 14×10^{-3} J/m²)なので、スロッシングが大きく、容器内壁との熱交換等によってボイルオフしやすくなります。従って、液体水素を貯蔵・輸送するためには、液体水素容器の断熱性能を上げるとともに、スロッシングを抑制してボイルオフを極力低減しなければなりません。

液体水素のスロッシングやボイルオフに関するシミュレーションや陸上での輸送実験は既に実施されていますが、実際の船舶を用いて液体水素を海上輸送する実験は、過去に例がありませんでした。そこで本実験では、これまでに開発研究を行ってきた(特許取得済)、新型の外部加熱型超伝導 MgB₂(二ホウ化マグネシウム)液面計を駆使して、海上輸送中における液体水素容器内部のスロッシング計測を行うとともに、これに航海データを加えて、温度・圧力等を同時計測しました。これらの実測データを解析しながら、船舶運動と液体水素のスロッシングやボイルオフとの相関関係を詳しく調べています。この実験で得られた知見は、「液体水素運搬船」用大型タンクの開発に活かされることが期待されています。得られた最新の研究成果は、本年7月に米国で開催される Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2017 等で発表される予定です。なお、本研究の一部に対して、科学研究費補助金基盤研究 A(24246143)による援助を受けました。

第24回神戸大学長定例記者会見（2017年3月31日）

練習船深江丸による極低温液体水素 の海上輸送実験に成功

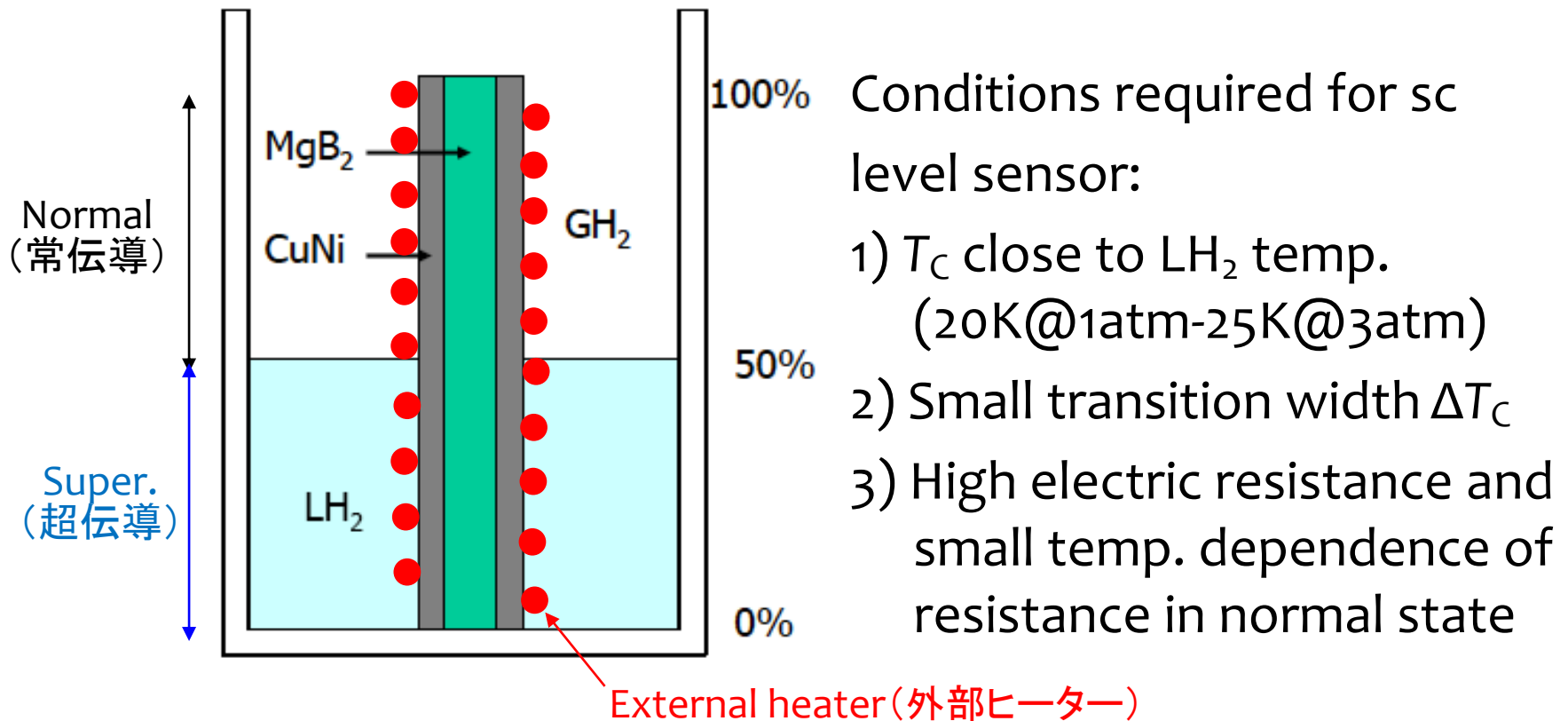
神戸大学先端融合研究環／海事科学研究科
超伝導科学研究室 武田 実



目次

1. 先端融合研究環
2. 研究背景と目的
3. 水素実験棟における実験
4. 深江丸による輸送実験
5. まとめ

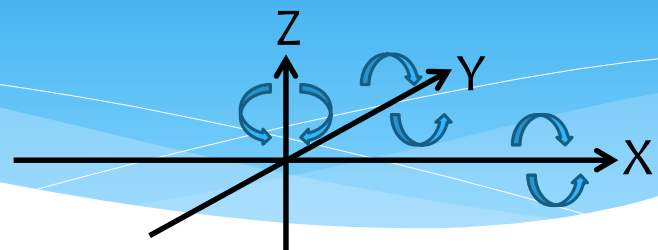
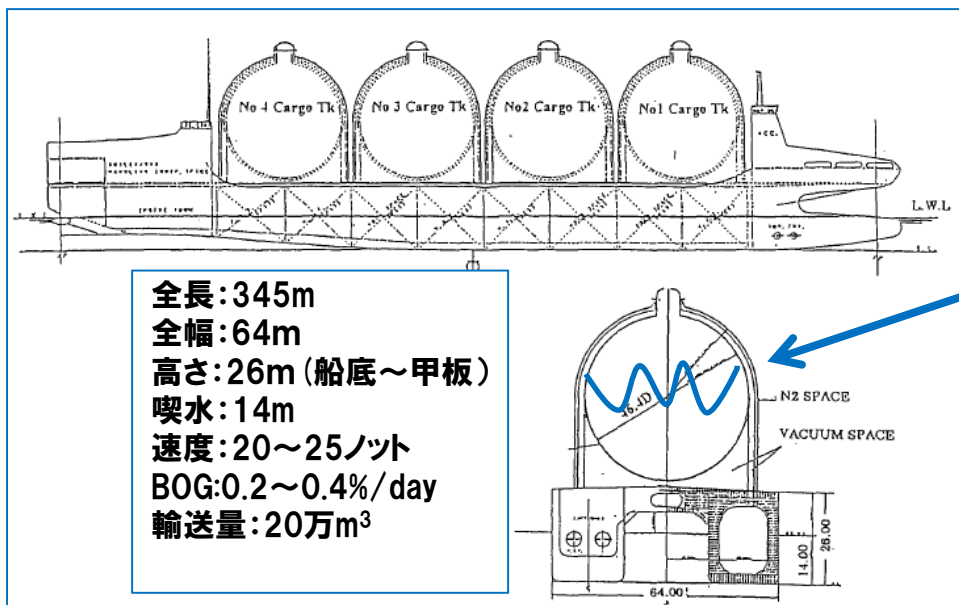
外部加熱型超伝導MgB₂液面計



MgB₂: ニホウ化マグネシウム、CuNi: 白銅、 T_C : 超伝導転移温度 (臨界温度)
GH₂: 気体水素、LH₂: 液体水素

液体水素の海上輸送技術に関する研究

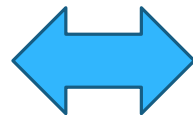
液体水素双胴船(球形タンク)モデル



ローリング・ピッチング・ヨーイング:
X軸・Y軸・Z軸の回転または傾斜

液面揺動(スロッシング)
液体蒸発(ボイルオフ)
密度:LNGの1/6
粘性:LNGの1/7
表面張力:LNGの1/7

荒天航海中振動データ
数値シミュレーション



小型容器対象の
航海実験

水素サプライチェーン構築事業

水素、新産業の柱に

神戸港に輸入基地 国内初の拠点

市が正式発表

神戸市は26日、川崎重工業や岩谷産業と連携し、次世代エネルギーとして注目される水素の輸入基地を神戸港に新設することを発表した。世界に先駆けた水素サプライチェーン（供給網）構築の拠点となる。医療に続く産業の核を構築する同市にとって、水素は将来を託す有望分野になりそうだ。

水素の輸入拠点として神戸空港がある空港島を整備



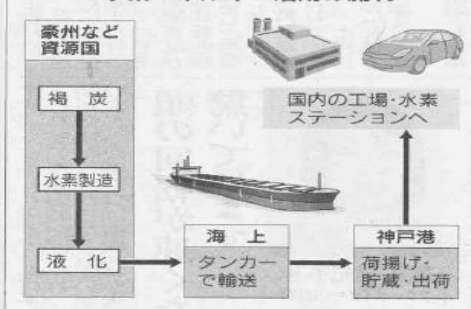
2016年(平成28年)1月27日(水曜日) 日本経済新聞(朝刊)

低品質石炭活用 供給単価、半分に

同日の記者会見で久元喜造市長は「国策として取り組む重要なプロジェクトの拠点を神戸市につくってもらうのは願ってもないこと」と話した。

神戸空港のある空港島だ。2020年度をめどに本格稼働し、工場や水素ステーションなどに供給する。日本の水素技術は世界に情報発信する国内初の実証プロジェクトとを目指す20年の東京五輪に間に合わせる。

水素エネルギー活用の流れ



将来、水素エネルギーの活用が本格化すると、国内製造だけでは不足すると想定されている。経済産業省が策定した方法を目指している。値が低いとされる褐炭から水素を製造して輸入する。水素に関する拠点をめぐりでは各地がしのぎを削る。企業の集積や投資の呼び込みにつながるためだ。今回も一水面下では、いくつかの市が競って、神戸市が担う。水素の供給単価は、製鉄所などの副産物からつくる現在の方法の半分程度にし、普及を後押しする。

神戸商工会議所の幹部は「各地が水素関連の取り組みに力を入れるなか

で一歩リードにつながる」と評価する。神戸市は阪神大震災からの復興事業として医療産業を育成してきたが、それに続く柱を模索してきた。水素は関連する部品や製品の裾野が広い。今年度には神戸市などが主導して中小製造業20社と「水素クラスター勉強会」を発足しており、輸入拠点誘致を受け、関連分野への参入に向けた動きが本格化する。

燃料電池などの基礎研究や水素タウンといった活用環境の整備などでは福岡県や川崎市などが力を入れている。一方、関西圏は岩谷や川重をはじめ水素についての技術を持つ企業が多く、バルブやポンペ、ゴムパッキンなど燃料電池車用の水素ステーションの建設に不可欠な技術を持つ中小・中堅企業も増えている。輸入拠点の開設によって、神戸だけでなく関西全体の産業集積が厚みを増す可能性がある。

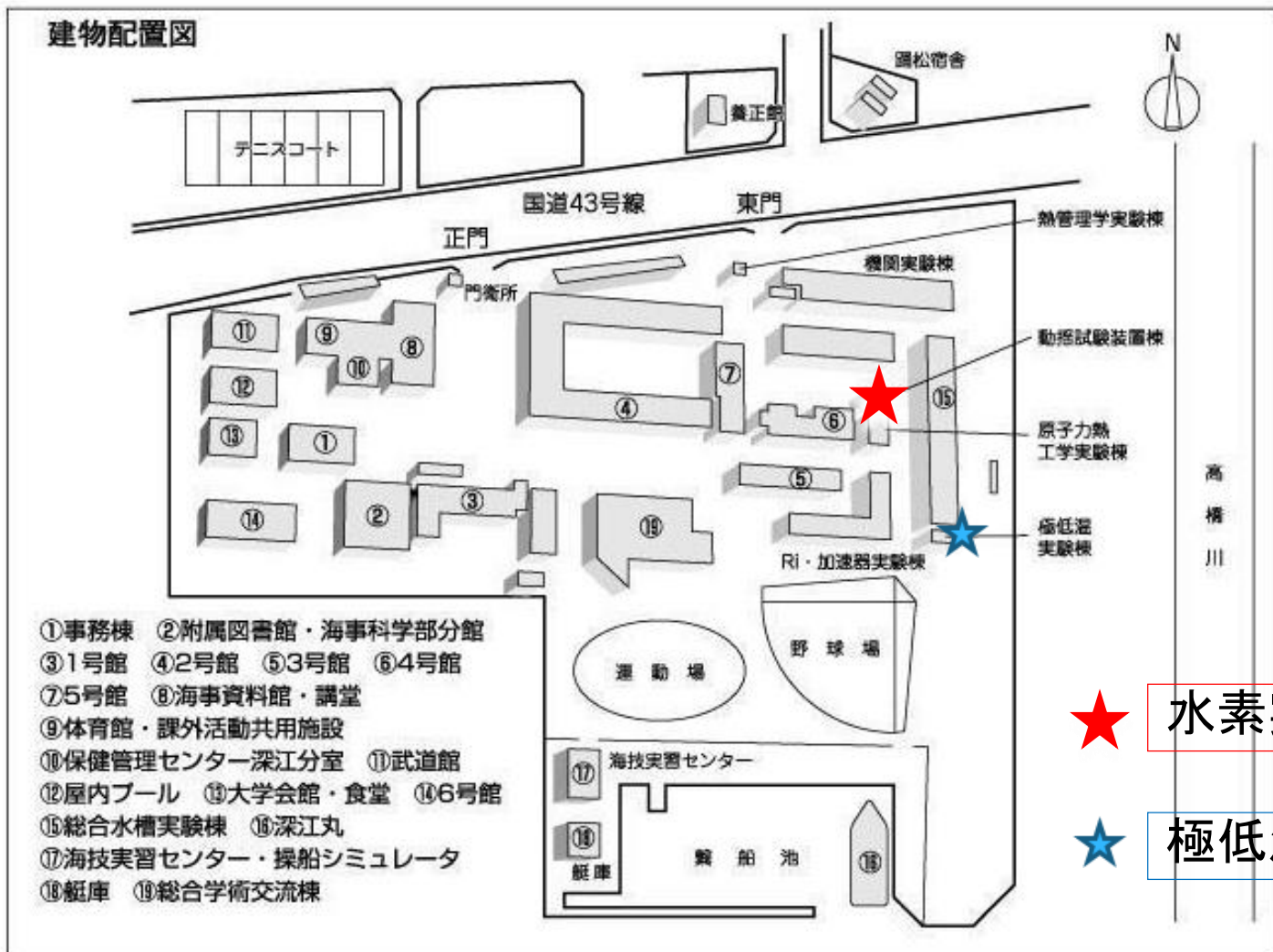
日本経済新聞(朝刊)
2016年1月27日

液体水素運搬船 (1250 m³ × 2)



川崎重工業(株)ホームページより

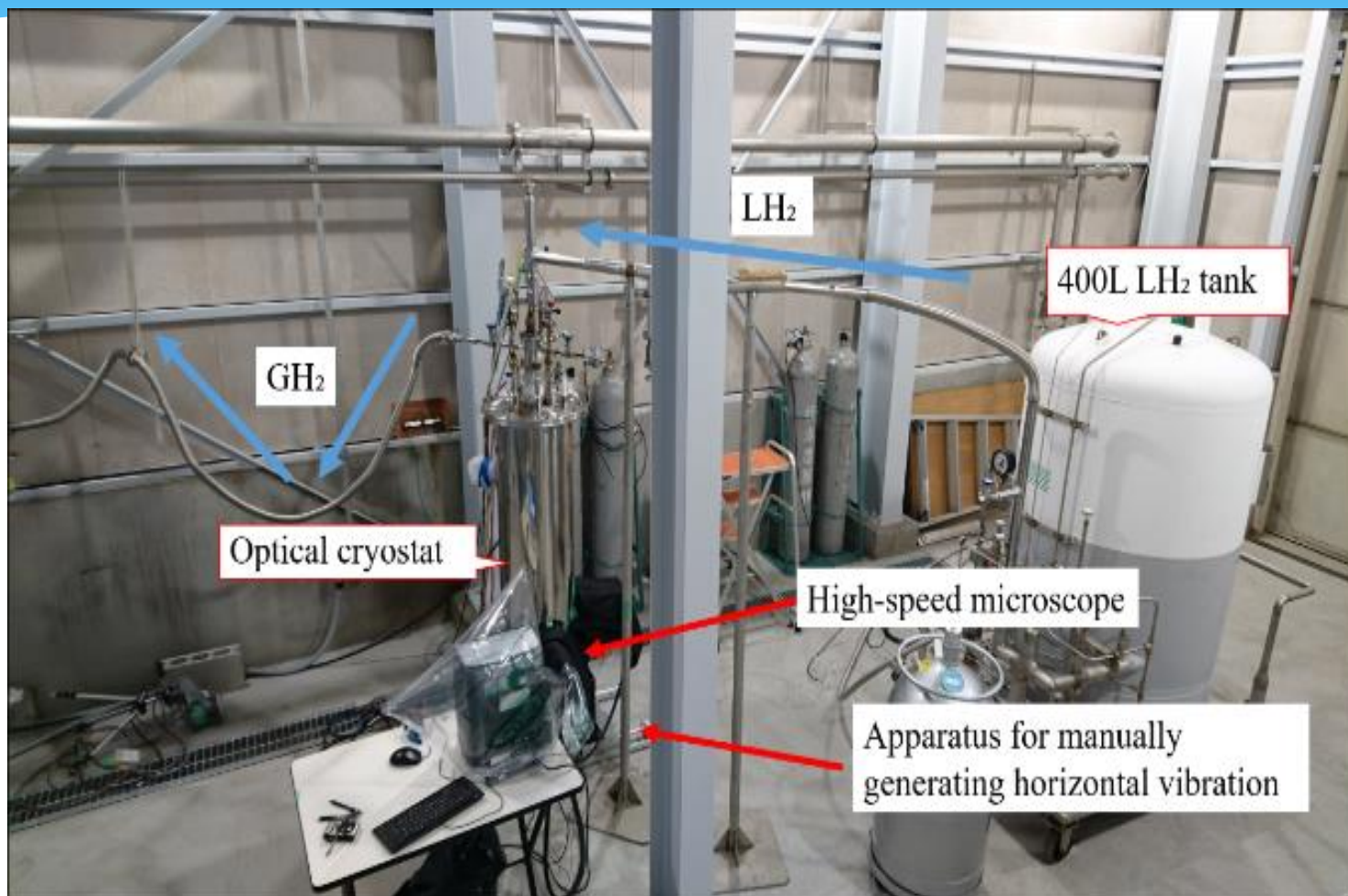
水素実験棟および極低温実験棟 @深江キャンパス



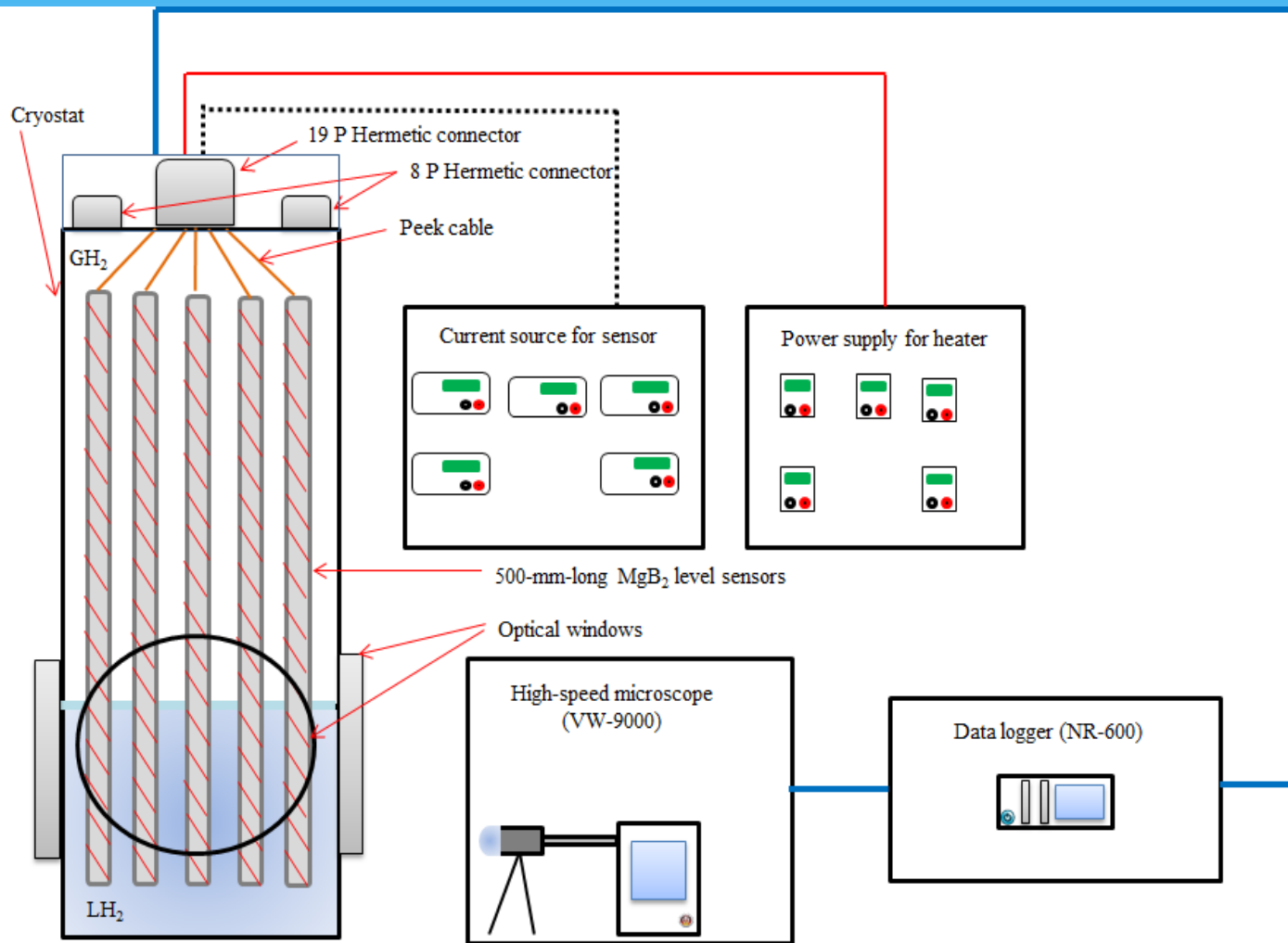
水素実験棟 (2015～)



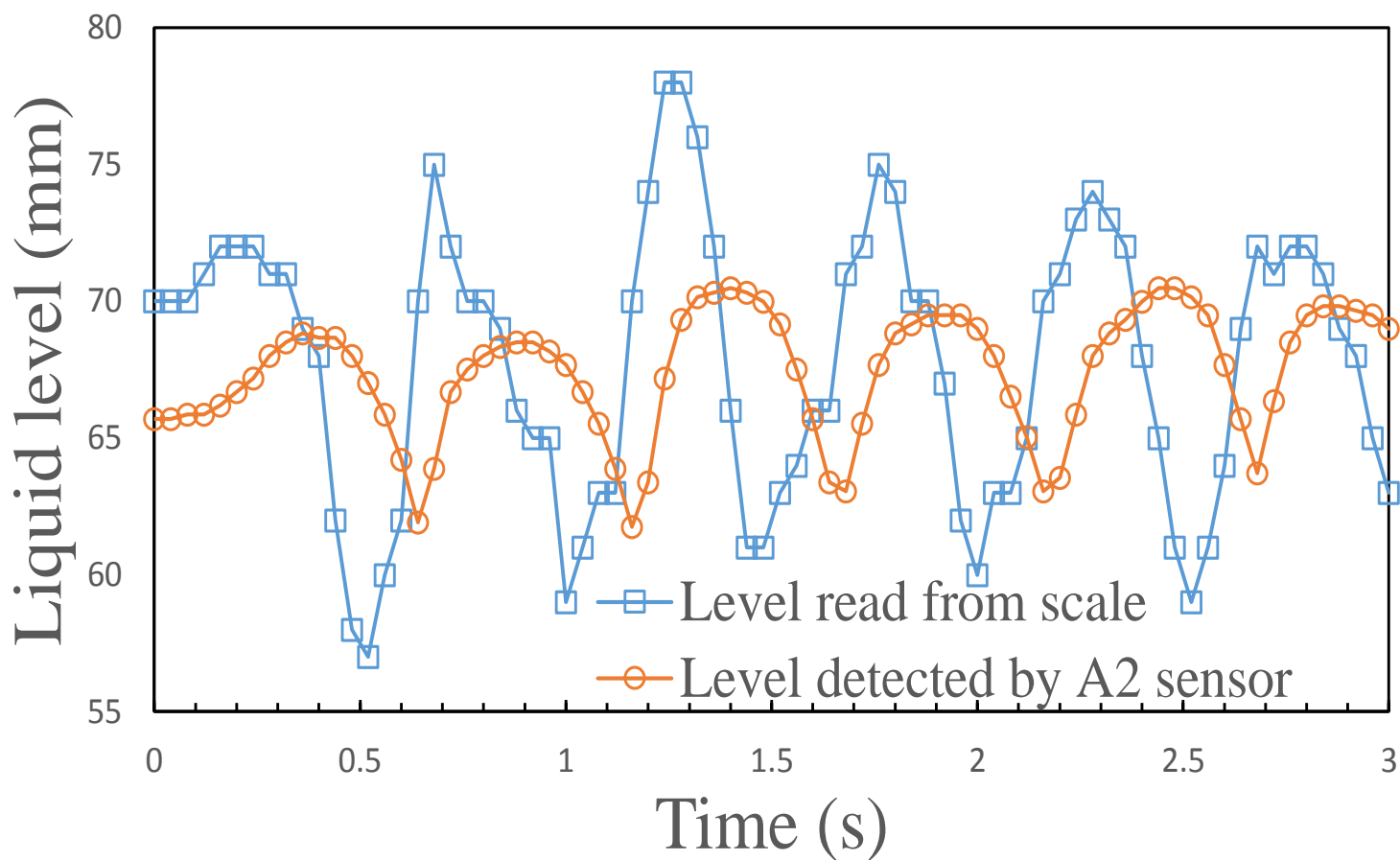
液体水素実験装置 @ 水素実験棟



液面位置計測システムの概略図



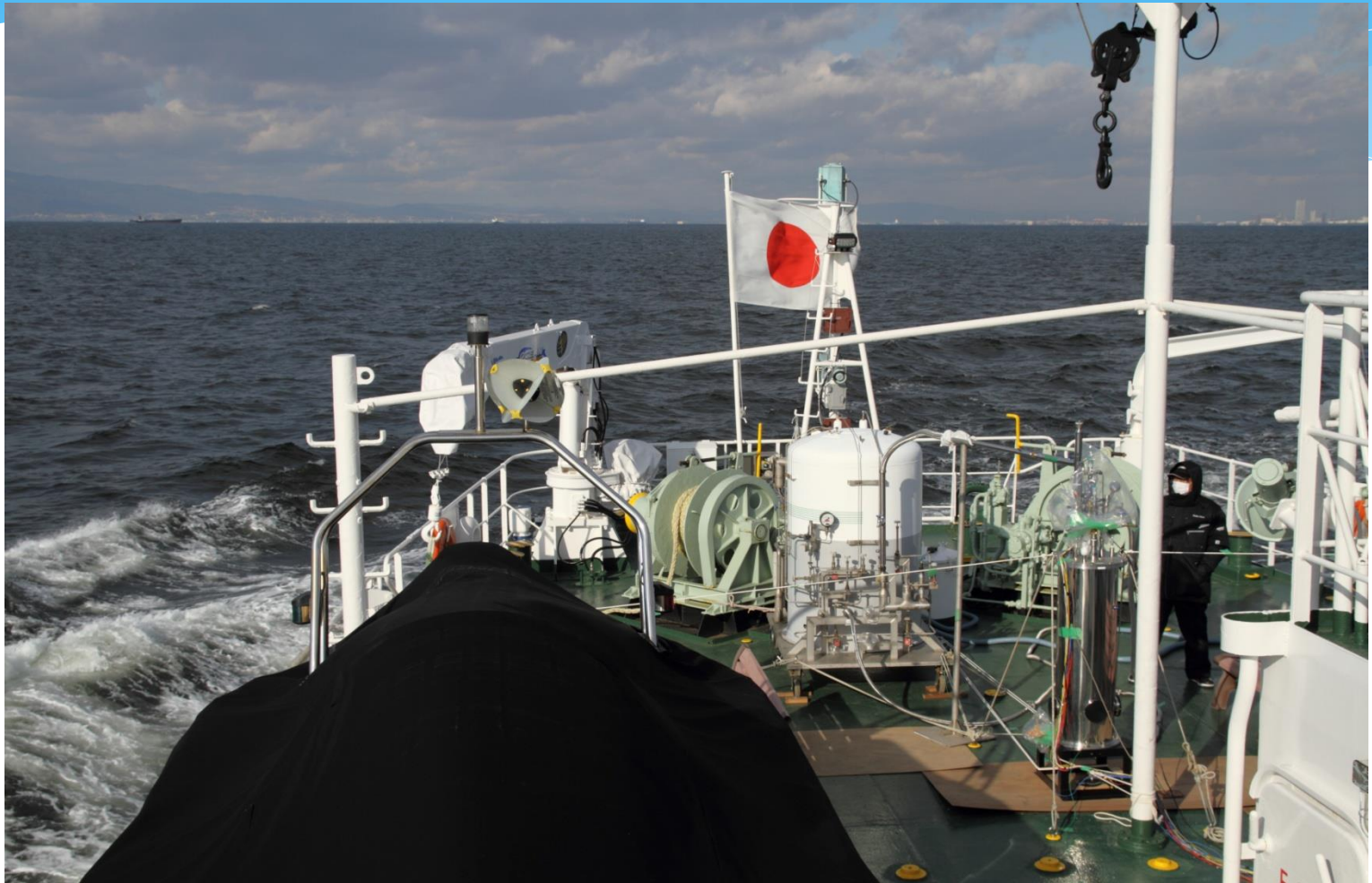
MgB₂液面センサーから求めた液面位置と実際の液面位置



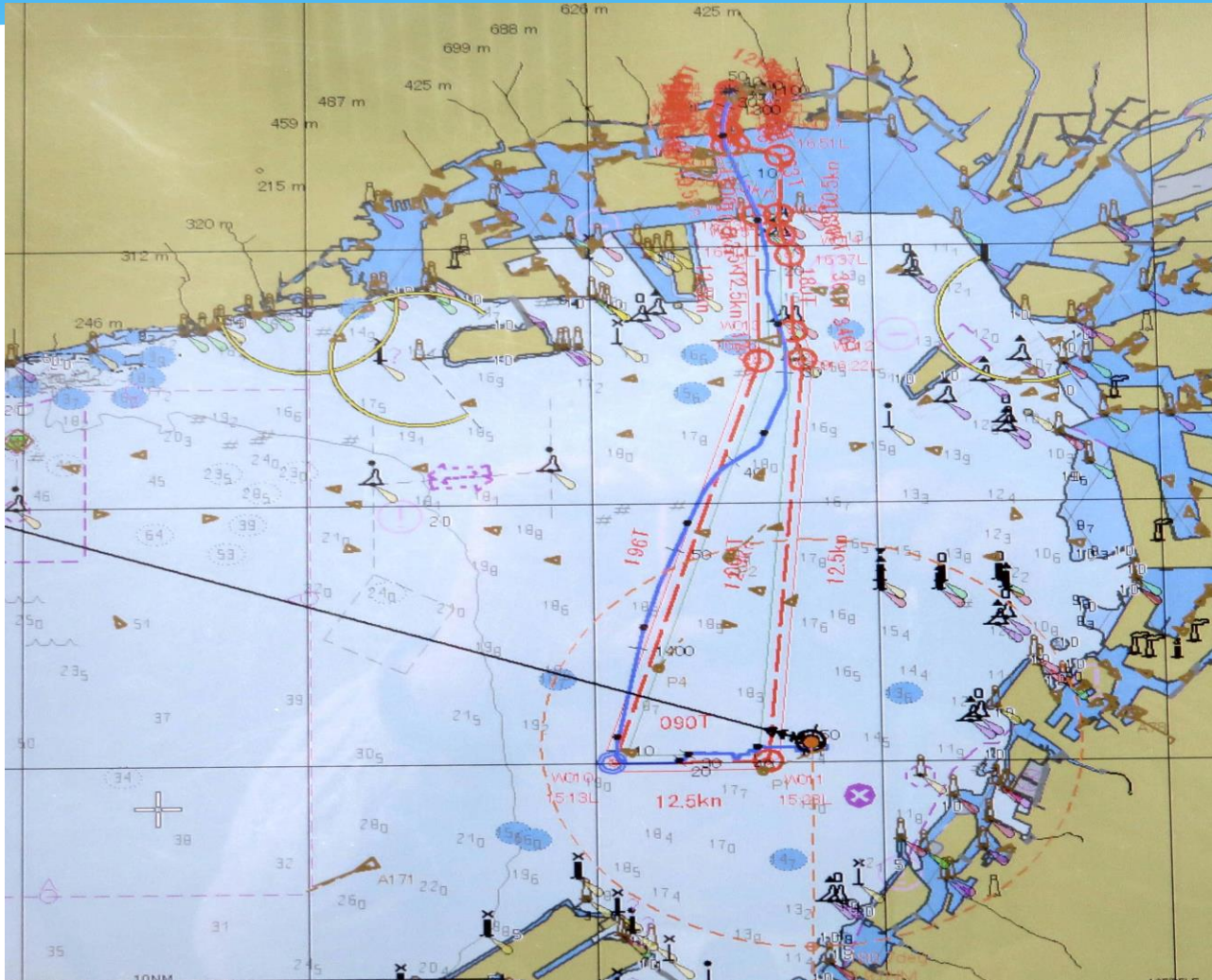
深江丸後部甲板への液体水素実験装置の搬入



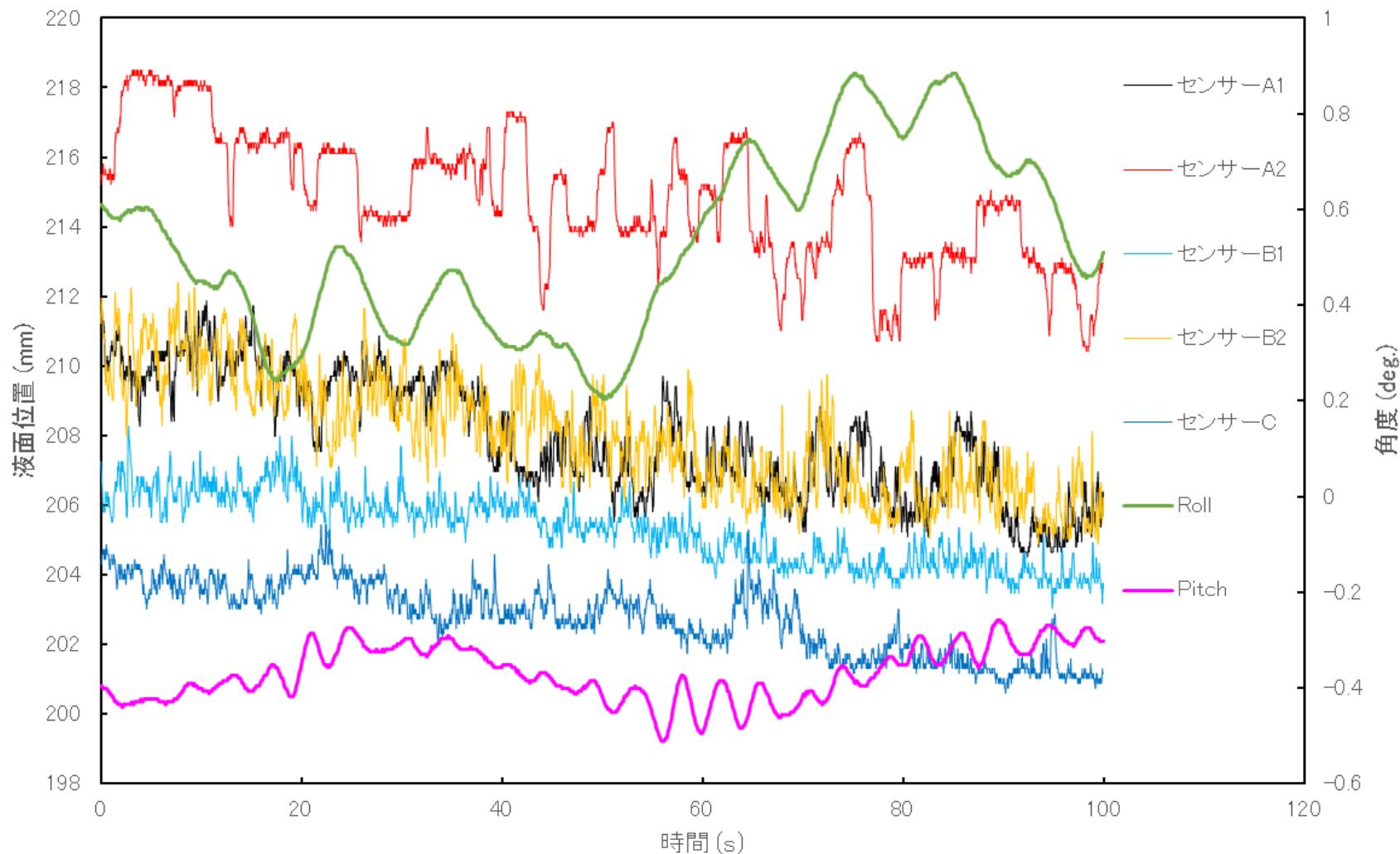
深江丸による液体水素の海上輸送 実験（2017年2月2日）



実験実施海域画面（大阪湾）



深江丸航海中における実験データ



まとめ

- 研究プロジェクトNo. 19「海洋再生可能エネルギーと水素エンジニアリングへの展開」を推進
- 外部加熱型超伝導MgB₂液面計の開発研究を実施
- 液体水素運搬船による水素サプライチェーン構築助成事業がスタート
- 水素実験棟@深江キャンパスでの実験を実施
- 練習船深江丸による液体水素の海上輸送実験に成功@大阪湾（2017年2月2日）
- 船舶運動と液体水素のスロッシングおよびボイルオフとの相関関係を解析中