

2012.1.20
福岡水素エネルギー戦略会議
第4回研究分科会

鉄道における水素利用と輸送

公益財団法人鉄道総合技術研究所
岩松 勝

今日の話題

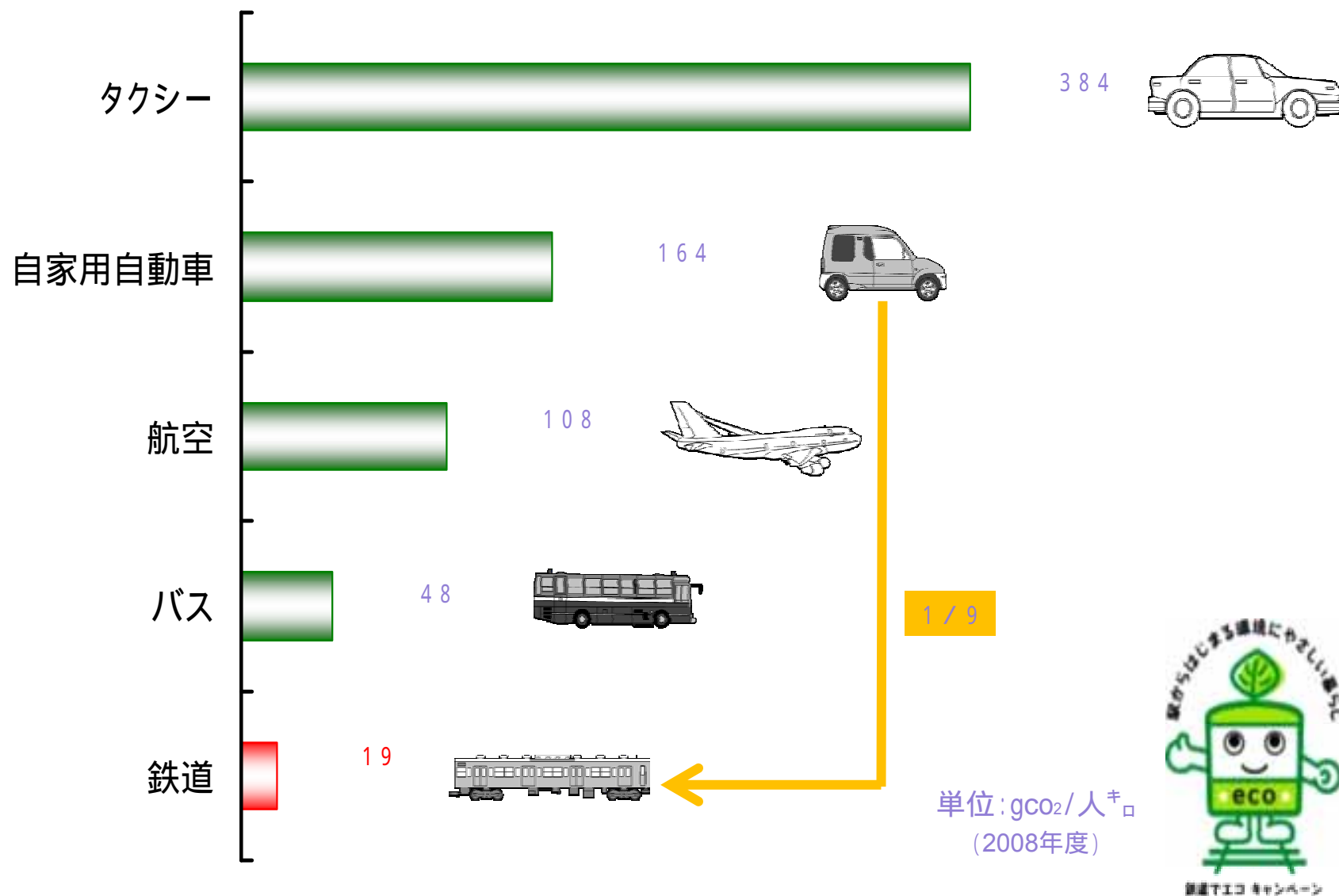
- 鉄道の省エネへの取り組み状況
- 燃料電池車両の技術開発
- 鉄道による水素輸送の可能性



鉄道の省エネへの 取り組み状況

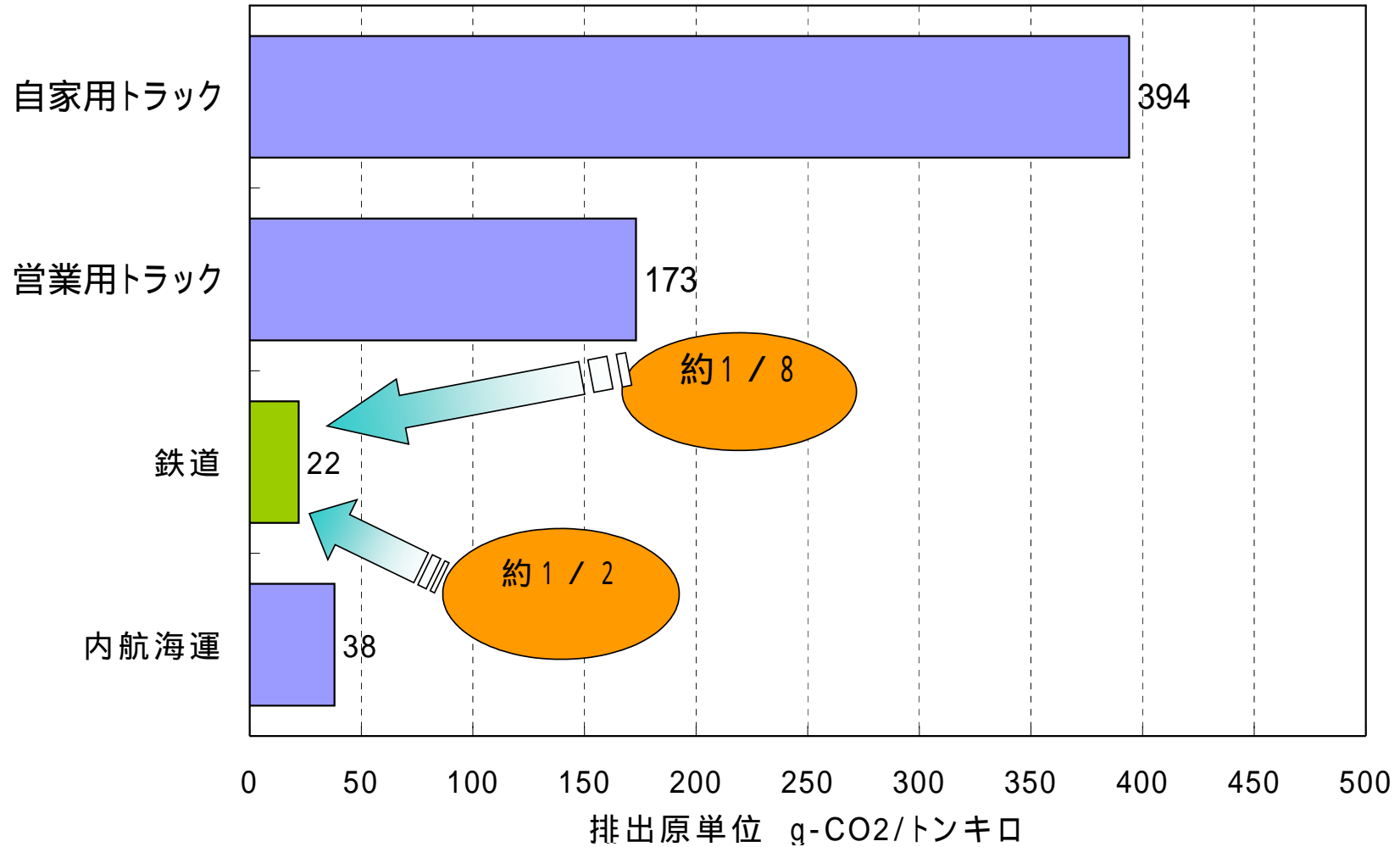


旅客輸送機関別のCO₂排出量原単位

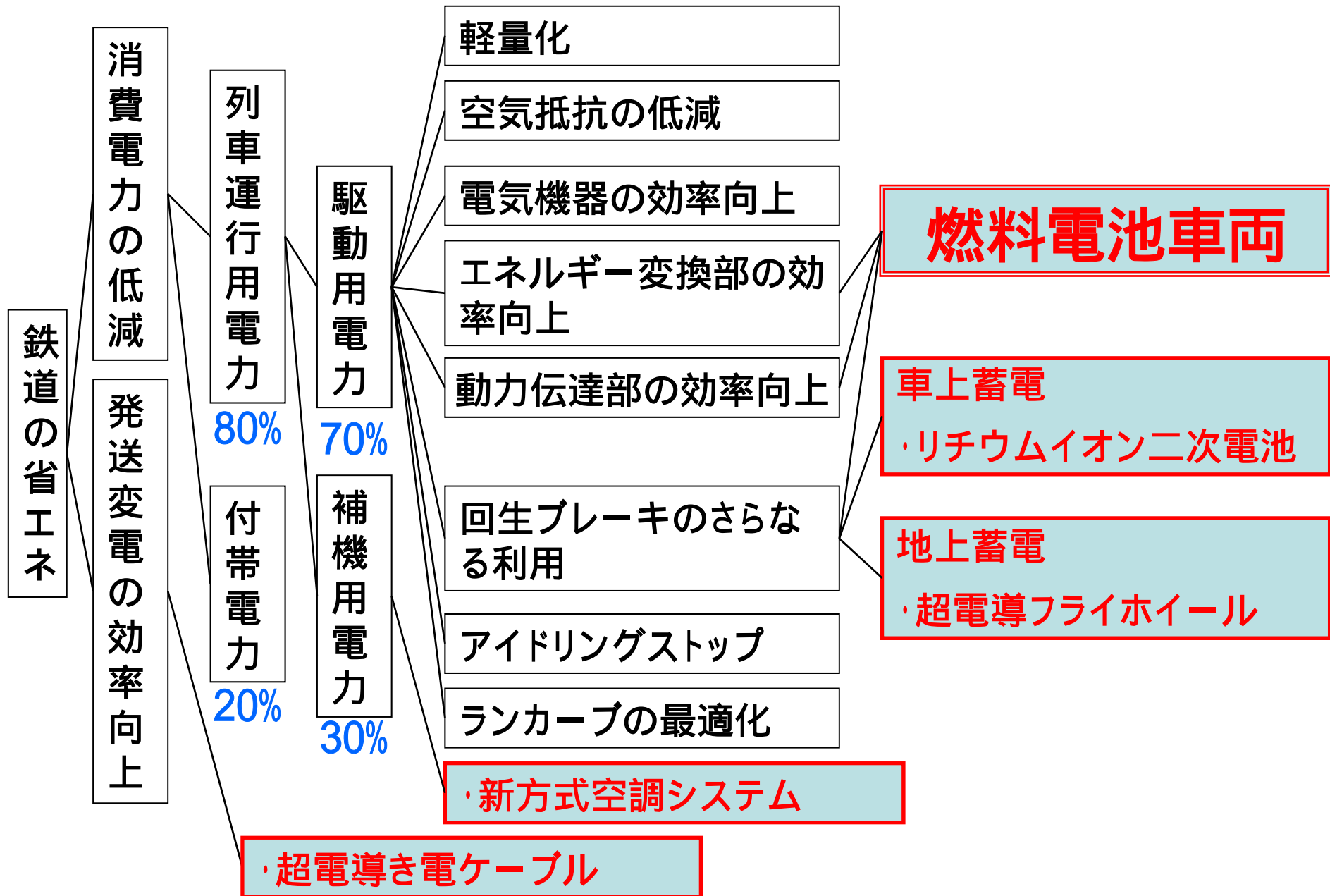


単位輸送量当たりの二酸化炭素の排出量: 各輸送機関から排出される二酸化炭素の排出量(インベントリ報告書: 鉄道統計年報(電力・軽油購入量)より算出)を輸送量(人キロ: 鉄道統計年報)で割って算出

鉄道貨物の現状 (CO₂排出)



鉄道の省エネルギー技術マップ(鉄道総研作成)



燃料電池車両の技術開発

発表内容

1. 鉄道車両の現状
2. 燃料電池の種類と特徴および動作原理
3. 鉄道総研における燃料電池車両の開発
 - 3.1 30kW級燃料電池システムの開発と台車駆動試験(Phase)
 - 3.2 100kW級燃料電池システムの開発と車両走行試験(Phase)
 - 3.3 リチウムイオンバッテリーとのハイブリッド化と2両編成による走行試験(Phase)



1. 鉄道車両の現状

日本における鉄道車両

車両数

電車 約46,000両 (内、新幹線 約4,000両)

ディーゼルカー 約3,400両

貨車 約20,000両

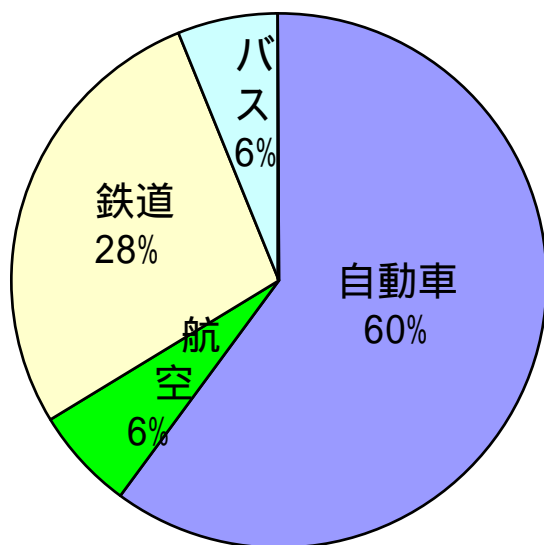
電化率: 約62%

路線キロ: 約25,000km

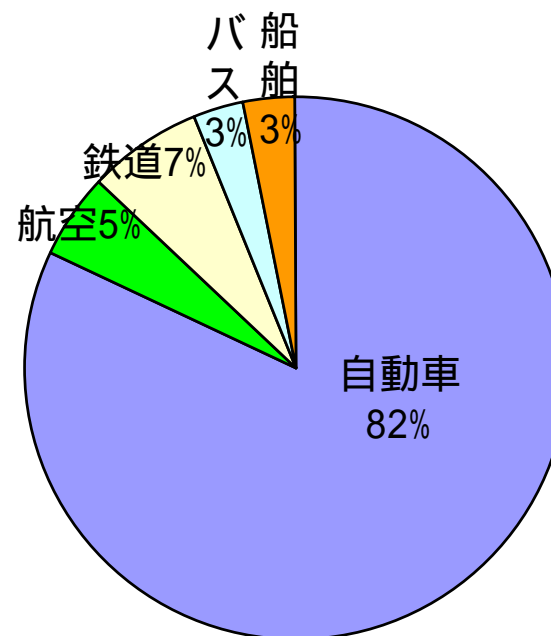
列車年間走行キロ: 約1.2億キロ



輸送機関の消費エネルギー割合とシェア



旅客輸送シェア



消費エネルギー割合

鉄道は28%の旅客を輸送するのに

7%のエネルギーしか使わない省エネルギーな輸送機関



燃料電池の鉄道車両への適用用途の検討

適用対象	必要出力	搭載スペース	適用効果	総合評価
LRT(新型路面電車)	◎(100kW)	×	◎	△
保守用車	◎(100kW)	○	△	○
近郊型ディーゼルカー	○(300kW)	◎	◎	◎
電車	△(500kW)	◎	△	△
特急ディーゼルカー	×(800kW)	○	○	×
ディーゼル機関車	×(3000kW)	◎	○	×

必要出力が小さいからと言ってもLRTへの適用が必ずしも燃料電池を導入しやすい用途であるとは限らない。本検討では近郊型ディーゼルカーへの適用が最も評価が高いという結果を得た。



近郊型ディーゼルカーへの燃料電池適用効果

燃料電池を駆動源とした鉄道車両の実現

非電化区間を走行するディーゼルカーを置き換えると

- ・高効率による省エネルギー化
- ・低騒音、排出ガス(Nox、PM)削減による環境負荷低減
- ・再生可能な水素エネルギーによる

エネルギー持続社会の構築

- ・電車と部品の共通化、エンジンレス化等の省保守化



2. 燃料電池の種類と特徴および動作原理

燃料電池の種類と特徴

	固体高分子型 PEFC	りん酸型 PAFC	溶融炭酸塩型 MCFC	固体酸化物型 SOFC	アルカリ型 AFC
電解質	イオン交換膜	りん酸	炭酸リチウム	安定化ジルコニア等	水酸化カリウム
作動温度	常温～100	約200	約600	800～1000	常温～100
効率	40～50%	40～50%	45～55%	50～60%	45～55%
特徴等	小型・軽量・ 移動体に最適 だが高価	比較的コスト、 定置では実績多い	定置での大出力 用途向け	定置用途向け、 安価	宇宙開発用途 向け、純酸素 が必要

小型・軽量、常温から運転可能、酸化剤として空気中の酸素が使用可能、などから**固体高分子型**が最適



3. 鉄道総研における燃料電池車両開発



- ・10セルスタック
- ・10V - 100A
- ・浮上式鉄道車両の車上電源研究用として導入

1kW級燃料電池による乗用模型(2000)

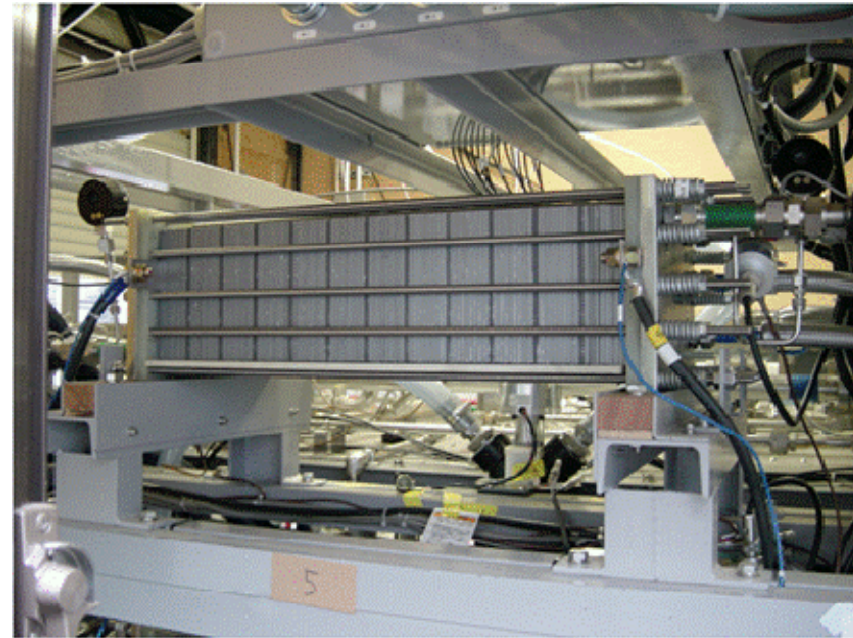


開発スケジュール

	<i>Phase</i>	<i>Phase</i>	<i>Phase</i>
期間	2001～2003	2004～2006	2007～2008
燃料電池出力	30kW級	100kW級	100kW級
ハイブリッド用 バッテリー	-	-	リチウムイオン バッテリー 360kW
試験目標	1台車駆動	1車両走行	2両編成走行



3.1 30kW級燃料電池システムの開発と 台車駆動試験 (Phase)



30kW級燃料電池システムとスタック

定格出力: 30kW (7.5kW × 4スタック)

定格運転温度: 65

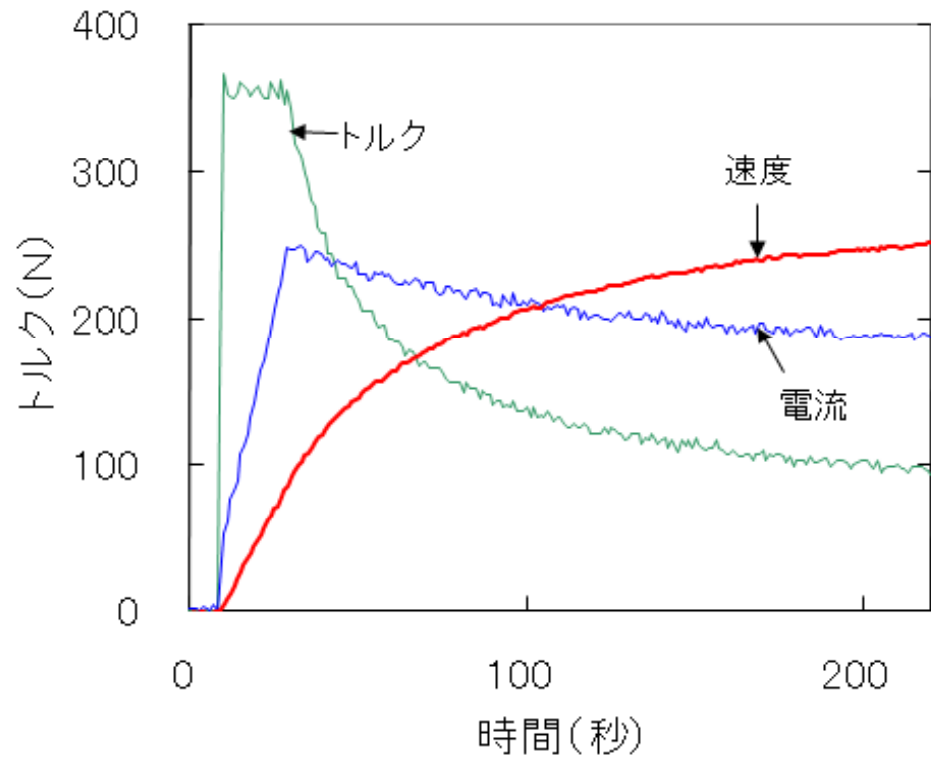
加湿: 空気側のみ加湿

スタック: H power製

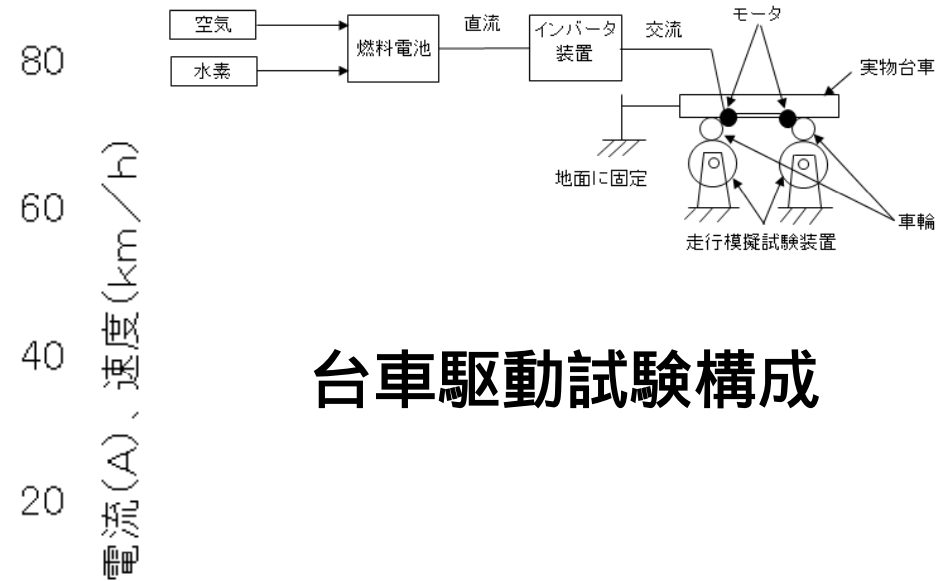
システム: 国産



台車駆動試験



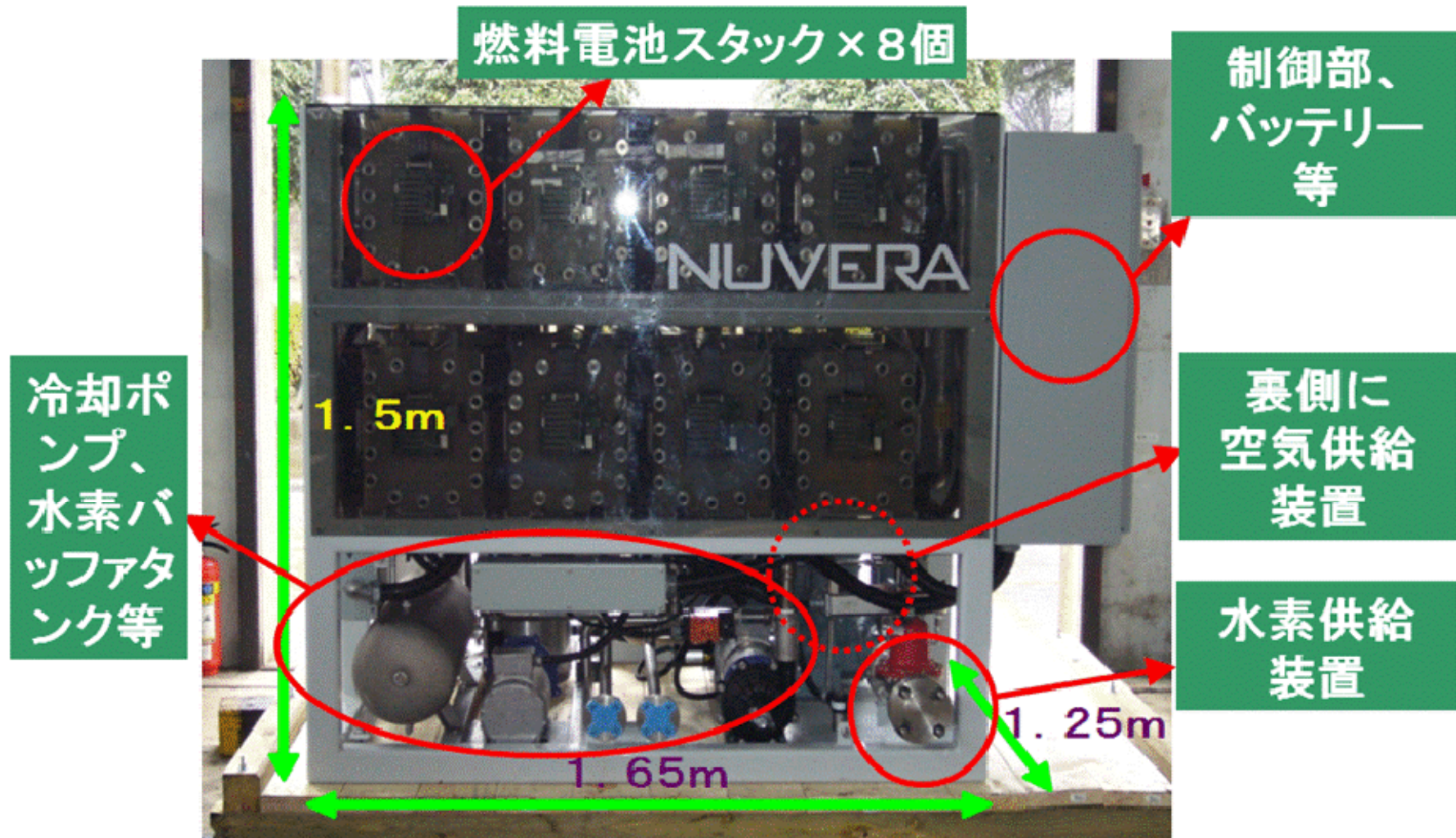
台車駆動試験結果例



台車駆動試験構成

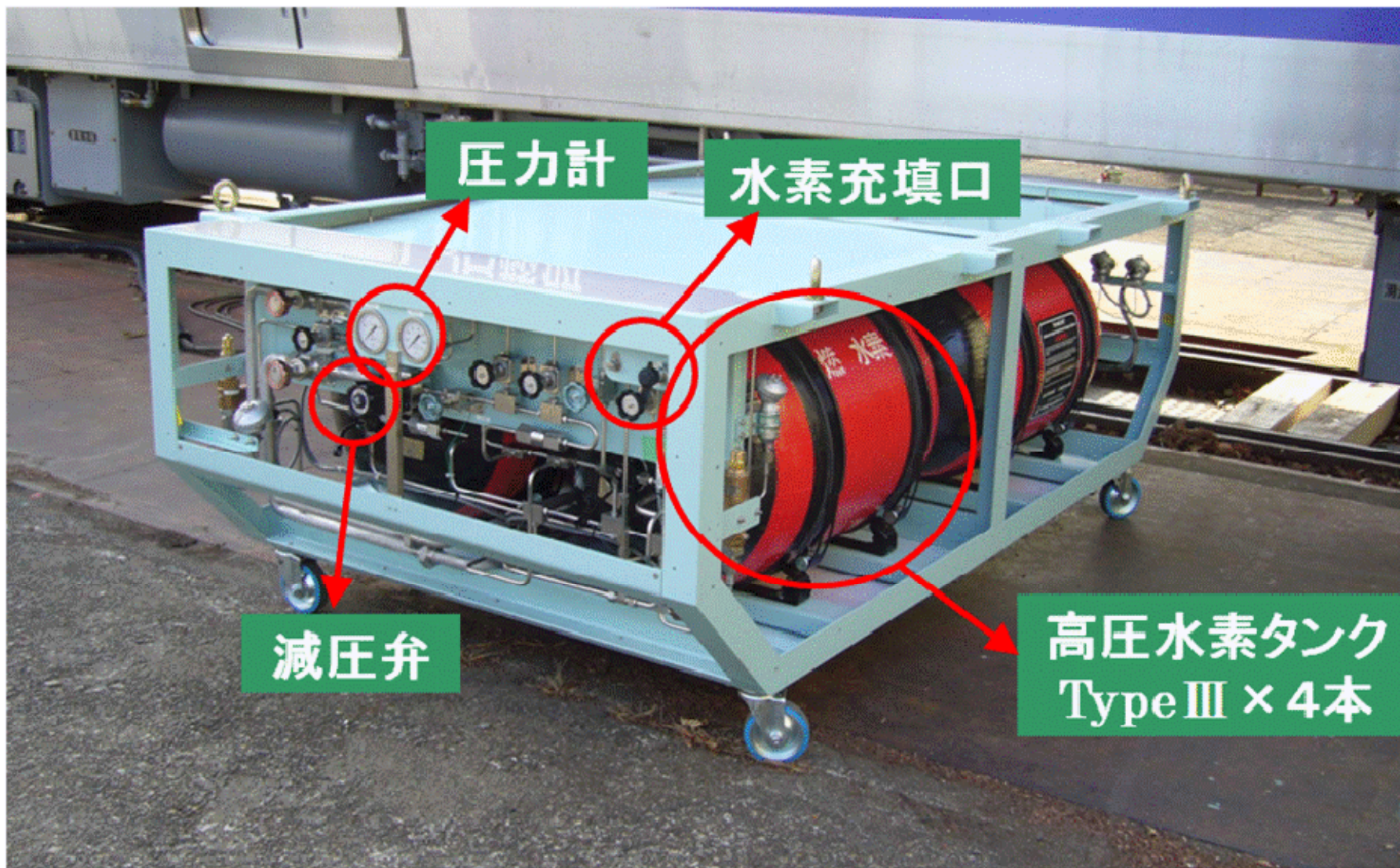
- 速度50km/hまでの駆動確認
- 実際の電動機を駆動して定格出力確認
- 電動機負荷による負荷変動追従確認

3.2 100kW級燃料電池システムの開発と 車両走行試験 (Phase)



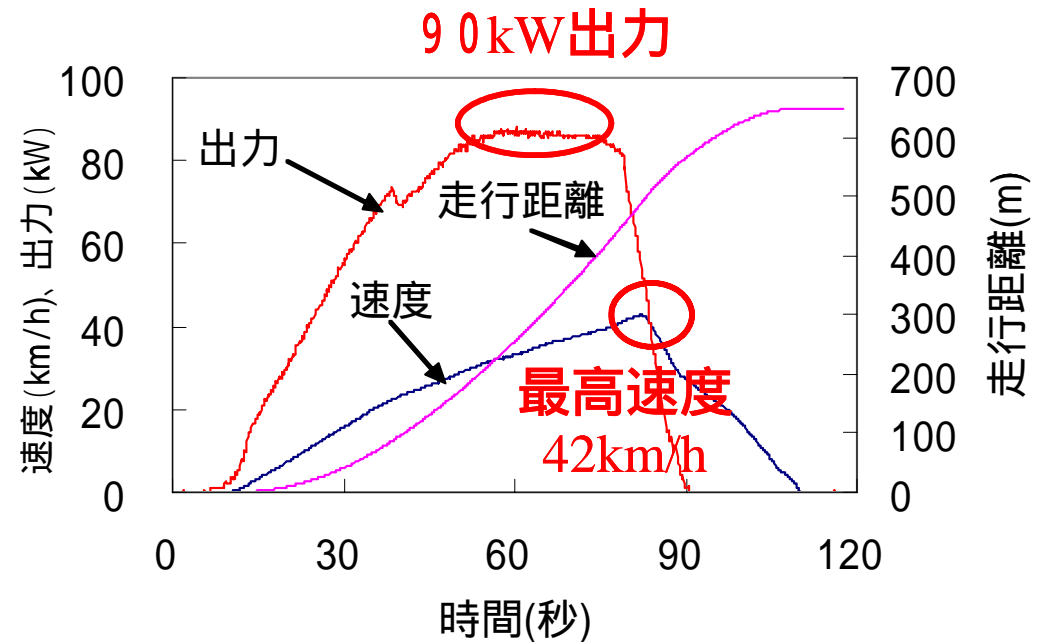
出力：120kW 大きさ：縦、横、高さそれぞれ約1.5m 重さ：約1.7t

高圧水素タンクシステム



最高圧力: 35MPa タンク: 180 × 4本 水素搭載: 17.2kg

燃料電池による車両走行試験



構内試験線での試験走行

構内走行試験結果例

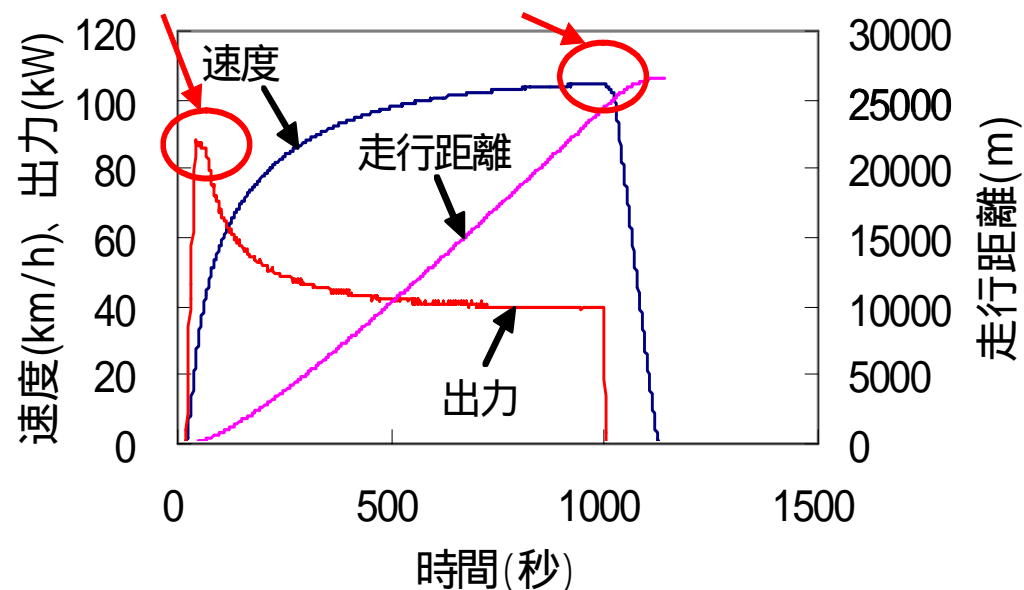
- ・最高速度 42 km / h、出力 90 kW を確認
- ・燃料電池出力が負荷に追従することを確認
- ・効率 49.9%、燃費 7.6 km / kg - H₂



車両試験台試験での走行模擬試験



90kW出力 最高速度105km/h



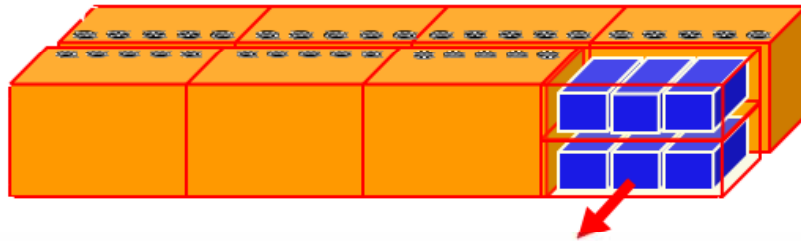
車両試験台での走行模擬試験

走行模擬試験結果例

- ・最高速度105km/hまで加速できることを確認
- ・実負荷条件で約16分間連続出力可能であることを確認
- ・効率52.7%、燃費34.6km/kg-H₂



3.3 リチウムイオンバッテリーとのハイブリッド化 と2両編成による走行試験(Phase)



(a)リチウムイオンバッテリー装置

(b)モジュール

(内部に8セル内蔵)



リチウムイオンバッテリー装置と モジュール

- ・定格電圧: 600V
- ・容量: 60Ah (30Ah × 2並列)
- ・最大電力: 360kW

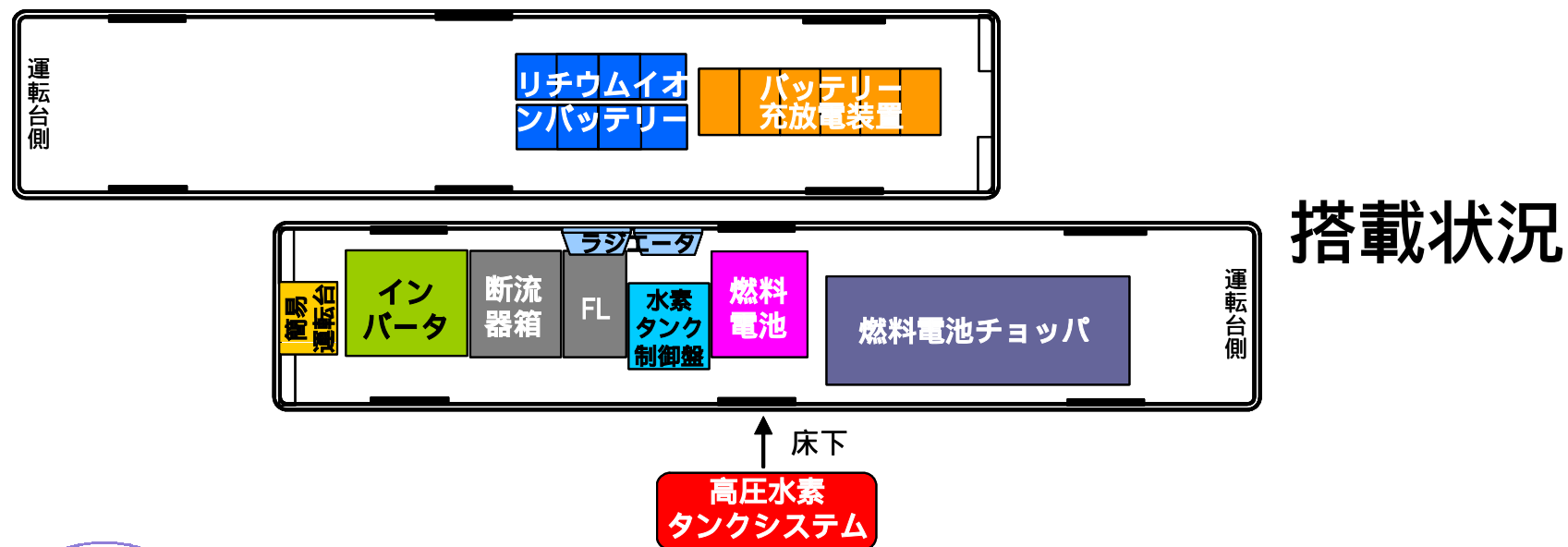
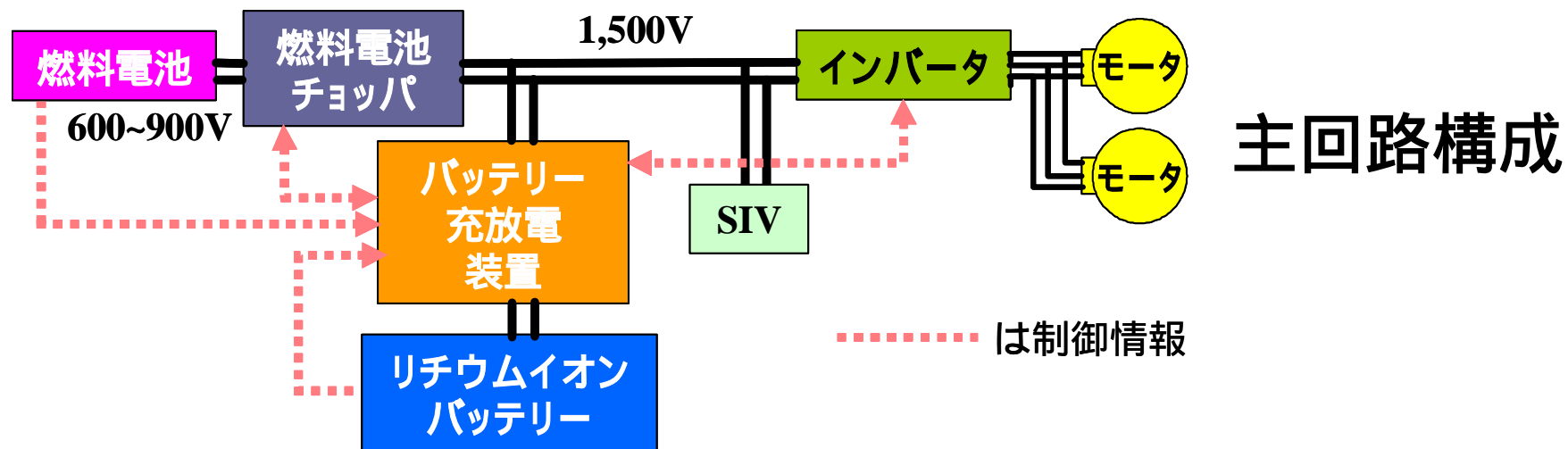


バッテリー充放電装置

- ・電圧: 低圧側600V、高圧側1500V
- ・ハイブリッド制御機能を付加



燃料電池・バッテリーハイブリッド構成・搭載状況



ハイブリッド構成における燃費・効率の評価

燃費の評価

消費水素量	走行距離合計	燃費
$743\text{mol}(1.49\text{kg})$	6151m	$4.14\text{km}/\text{kg} - \text{H}_2$

車両エネルギー効率* の評価

力行 エネルギー	補機 エネルギー	バッテリー放電 エネルギー	水素 エネルギー	車両 エネルギー効率
20.29kWh	14.91kWh	0.65kWh	49.0kWh	70.5%

* 車両エネルギー効率 = (力行エネルギー + 補機エネルギー - バッテリー放電エネルギー) / 水素エネルギーと定義

(参考) 回生効率: 48.3% 燃料電池効率: 48.4%



実用化までの課題

- ・大出力(200～300kW)燃料電池の入手性
- ・水素を燃料とする技術の普及(含む規制緩和等)

今後の進め方

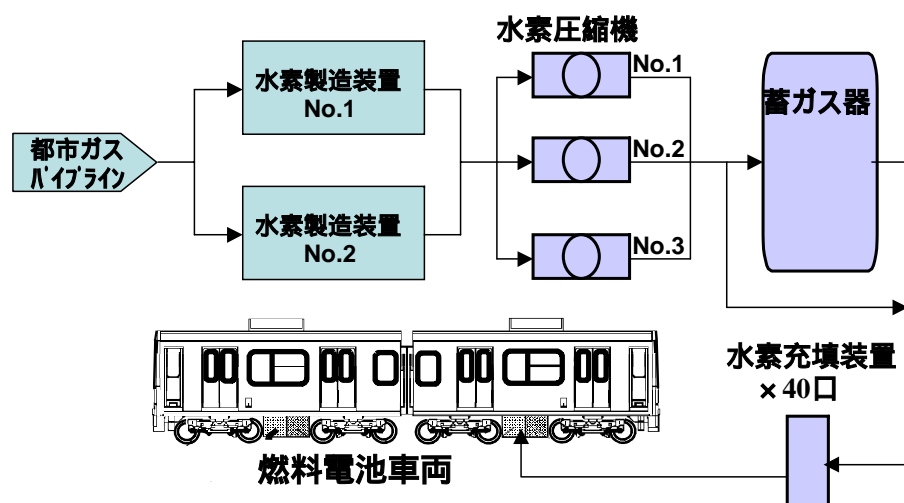
- ・走行試験を継続し燃料電池の耐久性確認を行う
- ・大出力燃料電池入手可能性の調査を継続
- ・エネルギー密度が高い液体燃料適用の可能性検討

本研究開発の一部は国土交通省からの補助金を得て実施しました



水素ステーション試設計例

検討条件：天然ガス(都市ガス)から水素を製造
2両1ユニットで1日100kgの水素を使用
40ユニット分の製造・供給能力



(東京ガス(株)と共同研究)

鉄道による水素輸送の可能性

- 鉄道貨物の現状
- 鉄道輸送に関わる高圧ガス保安上の課題
- ケーススタディー
 - LNG輸送の例



鉄道貨物の現状

- 国内全貨物輸送のシェア4% (トンキロベース)
- 主流はコンテナ輸送。タンク車は少ない
- 最近はトラックから鉄道貨物輸送に切り替えている事例も認められる (自動車部品など)
- 類似の輸送例・・・LNG
→後述



鉄道貨物の現状

- 輸送時間(最速)

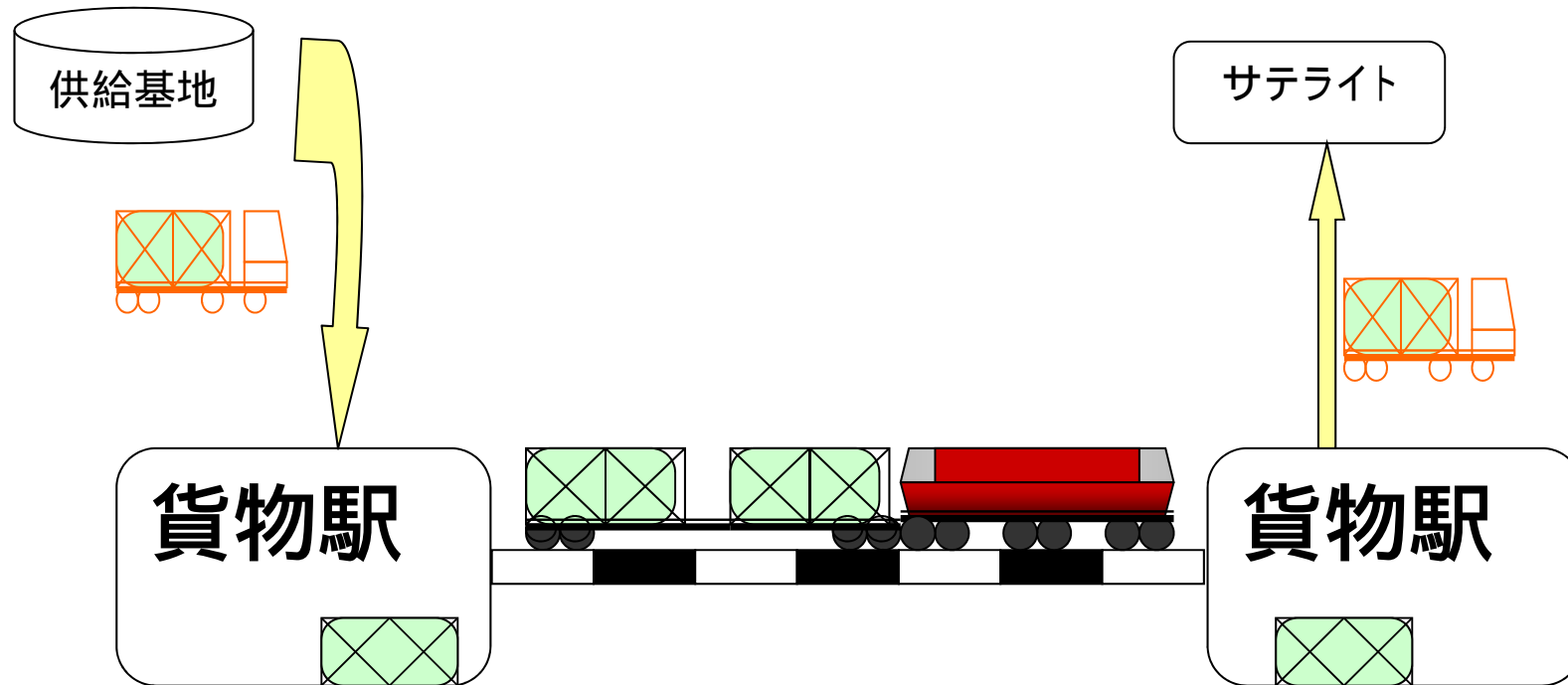
- 東京 - 大阪 6時間12分
- 東京 - 札幌 17時間13分
- 東京 - 福岡 17時間16分

- コンテナ取扱駅

- ISO海上コンテナを取り扱える駅は限られている
- ただし、年々ISOコンテナ対応のインフラ整備増強中であり、また輸送システムの見直しなどが図られている(モーダルシフト政策)
 - これらは水素輸送においても追い風



鉄道による水素輸送の概念図



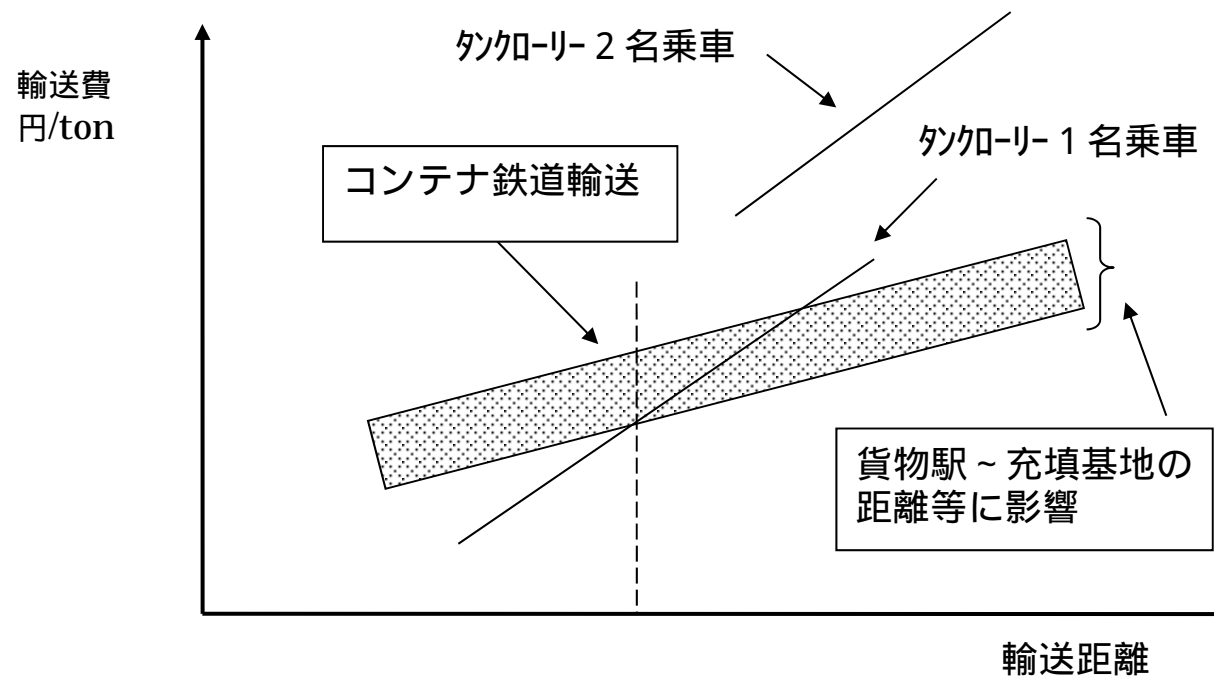
鉄道輸送に関わる 高圧ガス保安法上の課題

- 鉄道はほとんど高圧ガス保安法の適用内
- 保安法第三条(適用除外)
 - 鉄道のエアコンディショナー内における高圧ガス
 - 船舶安全法の適用を受ける船舶
 - 航空法の適用を受ける航空機
 - 自動車もほとんどが道路運送車両法で規定



ケーススタディー ～ 鉄道によるLNG輸送 ～

- 鉄道によるLNG輸送のメリット
– 輸送コスト



ケーススタディー ～ 鉄道によるLNG輸送～

- 鉄道によるLNG輸送において考慮する事項
 - 充填基地 - 貨物駅及び貨物駅 - サテライト間の距離
 - 供給ルート多重化(安定供給)

鉄道総研がJR貨物殿よりLNG輸送における安全性の観点からの輸送可否の照会を受け、輸送可能と判断



鉄道貨物によるLNG輸送

- ・タンクローリーに優るコスト競争力(約200km以上)
- ・安全面に対する高い信頼性
- ・地域のライフラインとしての貢献



JR貨物HPより

タンクコンテナ

- 30ftタイプ
→主流のコンテナ車に2基搭載可能で効率が良い
- タンクコンテナに関わる法規
 - 容器保安規則
 - JR貨物「コンテナ構造等基準」



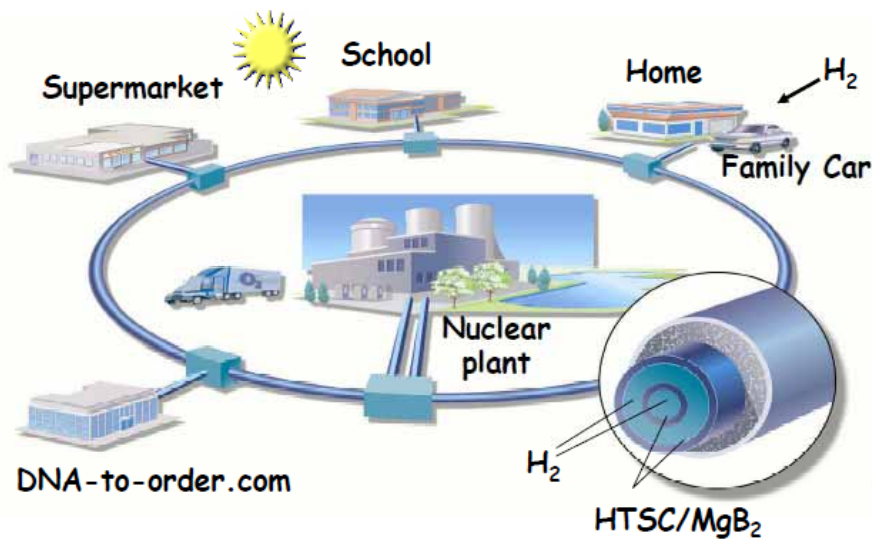
まとめ

- **燃料電池車両の開発**
 - 走行性能を確認
 - 高圧ガス利用のための規制緩和が必要
- **鉄道による水素輸送**
 - 輸送上の問題は認められない
 - LNG鉄道輸送が先例

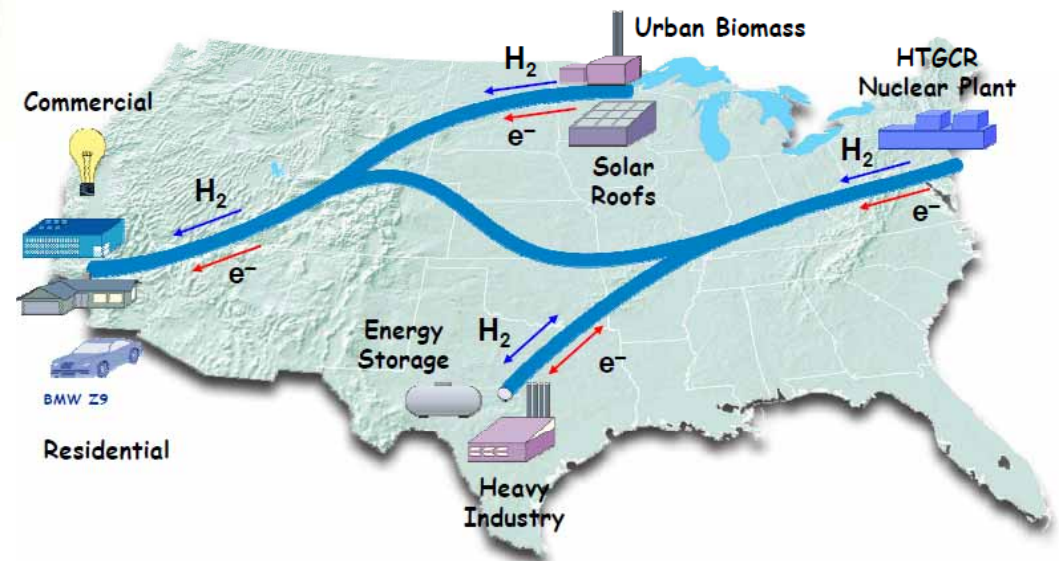


終わりに代えて・・・夢のある話

- Super Grid
 - 液化水素システムと超電導技術の融合



- 液体水素による超電導線冷却
- 液体水素輸送と電力輸送を実施



<http://supergrid.uiuc.edu/sg1/EnergySuperGrid1.pdf>