

CC3500 LH2(疑似超電導)+FCによ る乗用車

2026 0408

吉川技研 吉川喜次

Slide 1: 特許CC3500

- 演題：液体水素貯蔵タンク内に疑似超電導モーターを内蔵した次世代パワートレイン駆動システム
- 整理番号：26KKW001（特願2026-013619）に基づく革新的技術
- 登壇者：プロジェクトCC3500 開発チーム
- コンセプト：液体水素の「冷熱」と「高エネルギー密度」を最大限に活用し、ゼロエミッションと3,500km走破の両立を目指す
- ゼロエミッションと超長距離走行の両立を目指して

Slide 2: 開発背景と社会的ニーズ

- 運輸部門における2050年カーボンニュートラル実現への急務

- 既存BEV（リチウムイオン電池車）の課題：重量増と充電時間の長さ

- 既存水素エンジン車の課題：低い熱効率（約40%）と航続距離の制約

- 大型商用車から乗用車まで適用可能な、高効率な水素利用形態の模索

- 液体水素（LH2）が持つ未利用エネルギー（極低温、疑似超伝導）への着目

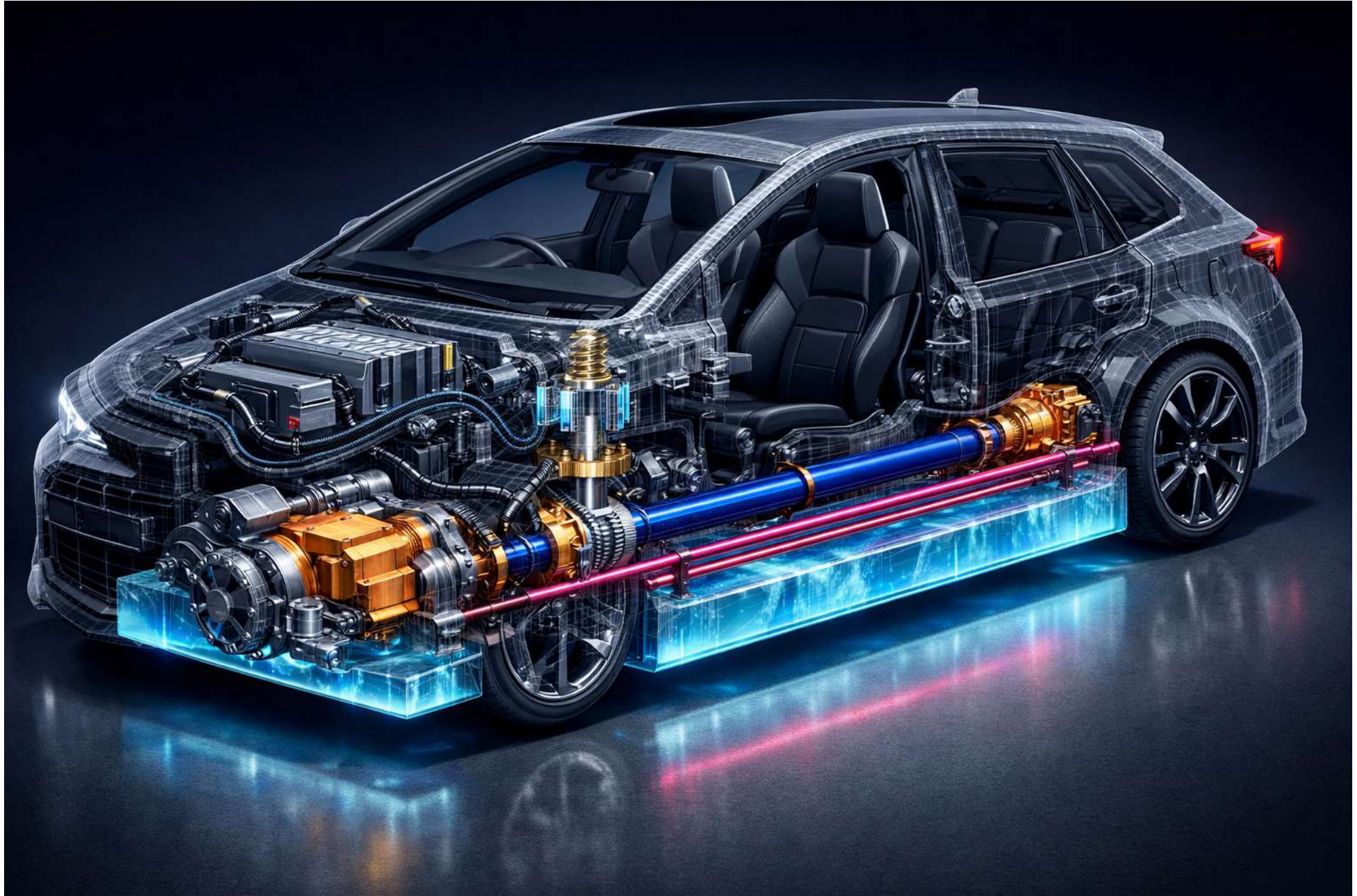
Slide 3: 既存技術の課題とCC3500の提案

- 従来型：高圧ガスタンクによる容積効率の悪化と重量の増大
 - 従来型：FC（燃料電池）やモーターの冷却に別途エネルギーを消費
 - CC3500：液体水素を燃料としてだけでなく「冷却材」として再定義
 - 疑似超電導モーターをタンク内に「浸漬」させることで、電力損失をゼロに
 - 駆動系の圧倒的な小型化と、3500kmを超える航続距離の実現
-

Slide 4: システム概要図と動作原理

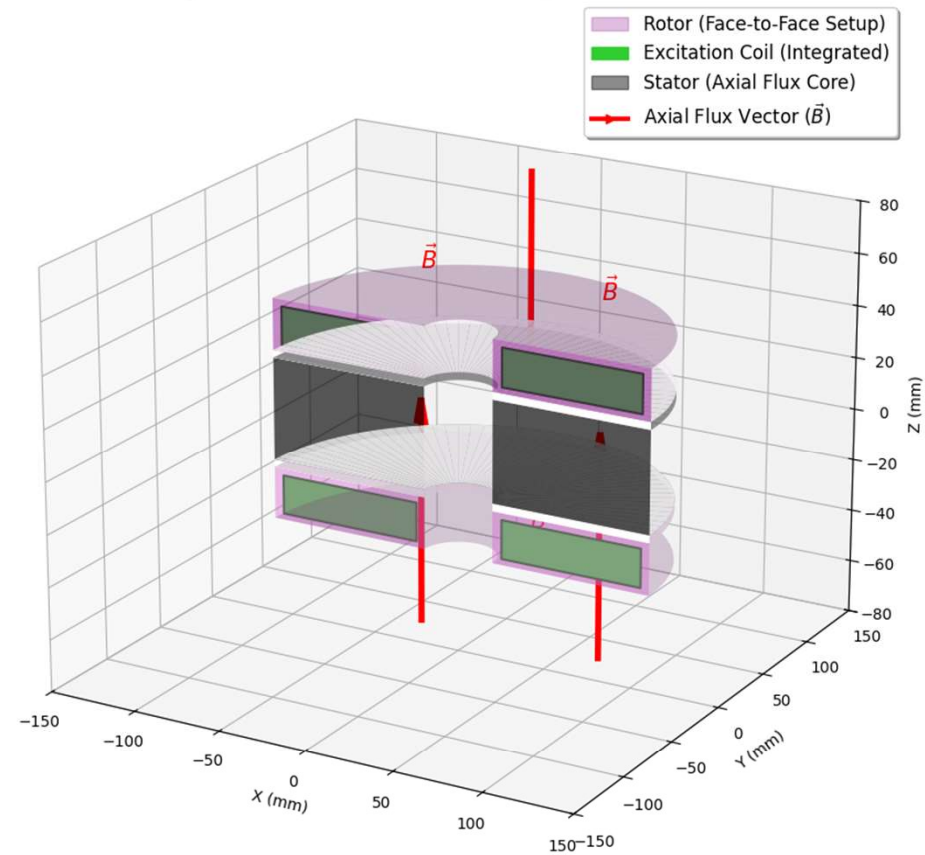
- 扁平型液体水素貯蔵タンクを車体中央床下に配置
- タンク内部に極低温対応の5N アルミ 巻き線または永久磁石式同期モーターを内蔵
- 燃料電池（FC）により発電し、極低温疑似超電導モーターを直接駆動
- タンクから気化した水素は常温加熱された後、FCへ供給
- 回生エネルギーおよび停車中の蒸発ガス（BOG）を蓄電に活用

Slide 4A CC3500イメージ図

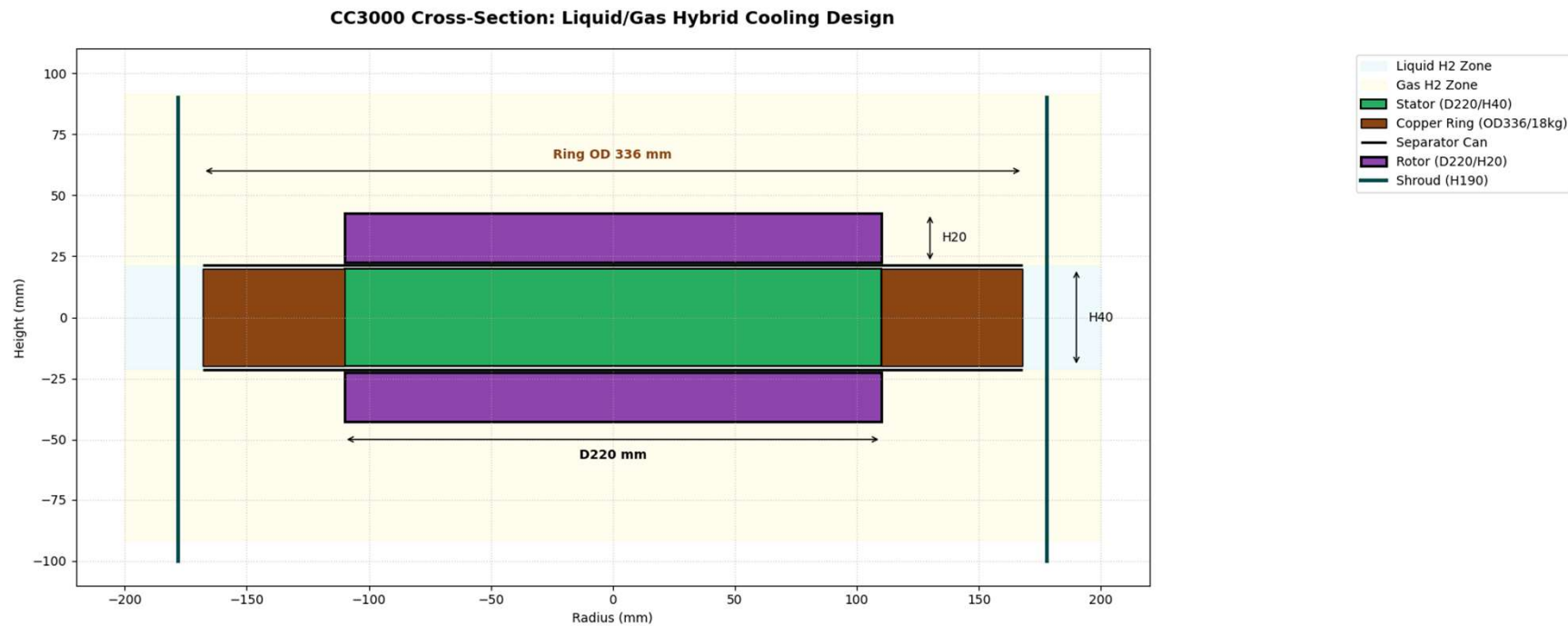


Slide 4B Motor Axial Image Cut

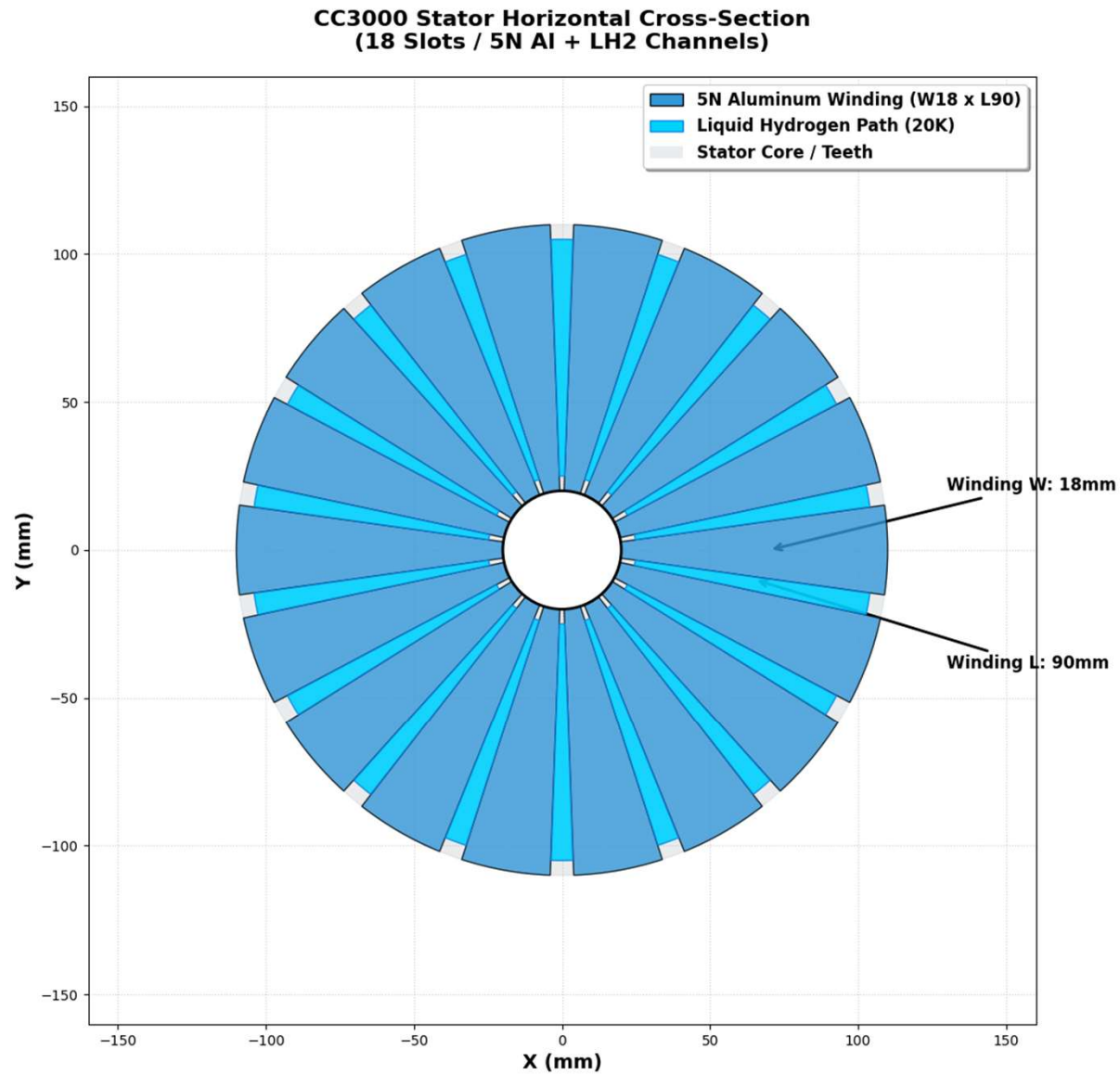
CC3000 Final Configuration: Face-to-Face Alignment with Axial Flux Vectors



Slide 4C Motor Cross Section



Slide 4D Stator Cross Section



Slide 5: LH2タンクの構造と材料設計

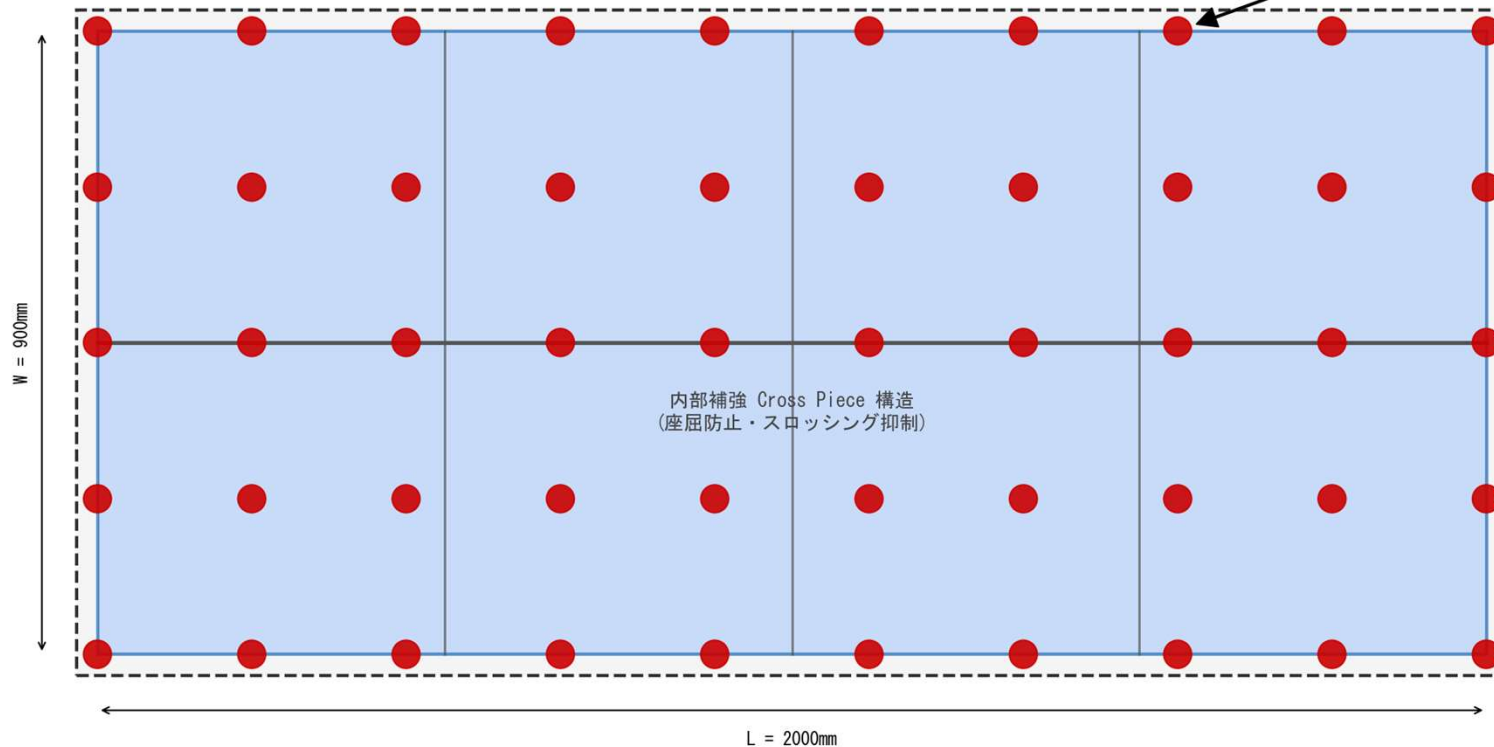
- ・ 断熱構造: SUS304L二重殻構造 + 30mm真空断熱層(100層以上のMLI積層)
- ・ 形状: 車体床下用の扁平箱型設計(内壁 H:200mm, L:2000mm, W:900mm)
- ・ 補強技術: 3x3グリッド配置の外部ハットリブ(高さ40mm)による真空圧への耐性確保
- ・ ロードパス同期: 外部リブと内部G10支持ステイの位置を垂直に一致させ、30mmの隙間を死守

Slide 5A: LH2タンクの構造

CC3000 LH2 Tank: 50-Rib Support & Internal Cross-Piece Layout

18トン荷重支持グリッド (50箇所配置)

G10製 支持リブ (φ8mm)
・熱侵入 13.7W に抑制
・安全率 4.0 確保



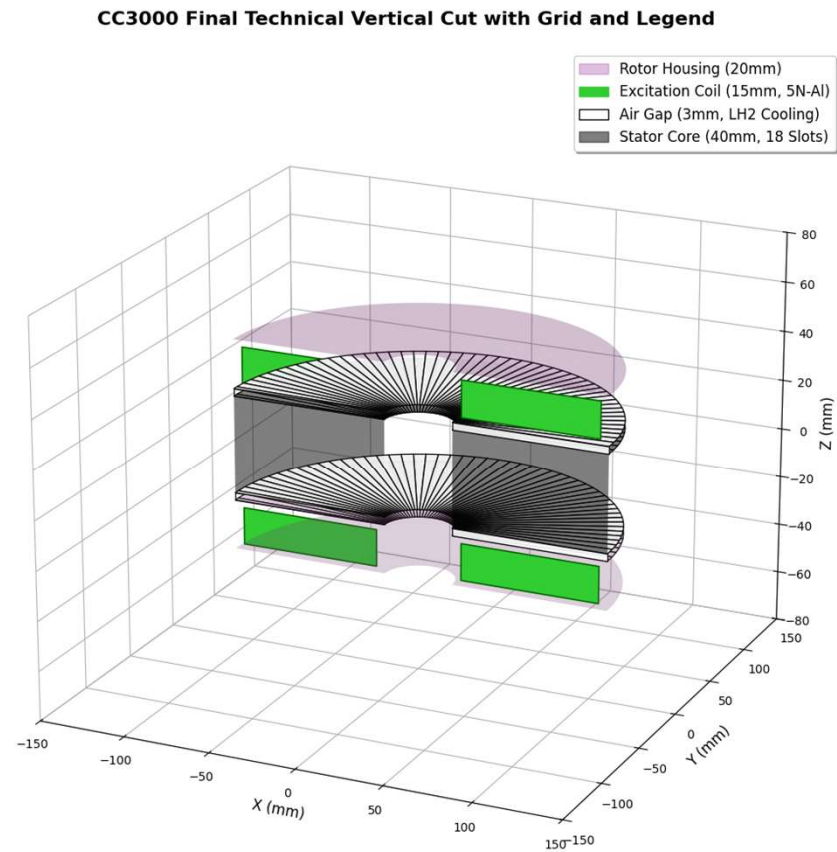
- 外殻 [SUS/CFRP 真空断熱]
- 内槽 [LH2 24.2kg 貯蔵]
- Cross Piece (補強板)

Slide 6: 極低温浸漬モーターの革新性

- ・ 冷却方式: 20K(-253°C)の液体水素への電機子・回転子完全浸漬
- ・ 導電性能: 5Nアルミ巻線による残留抵抗比(RRR)の最大化とジュール損失の劇的低減
- ・ 構成: 18,000rpm対応のパンケーキ型軸方向磁束(アキシアルフラックス)モーター
- ・ 軸受: 液体水素潤滑または無潤滑のセラミックボールベアリング

Slide 6A: 極低温浸漬モーターの革新性

- 構成: 18,000rpm対応のパンケーキ型軸方向磁束(アキシャルフラックス)モーター



Slide 7: ハルバツハ配列と磁石の選定

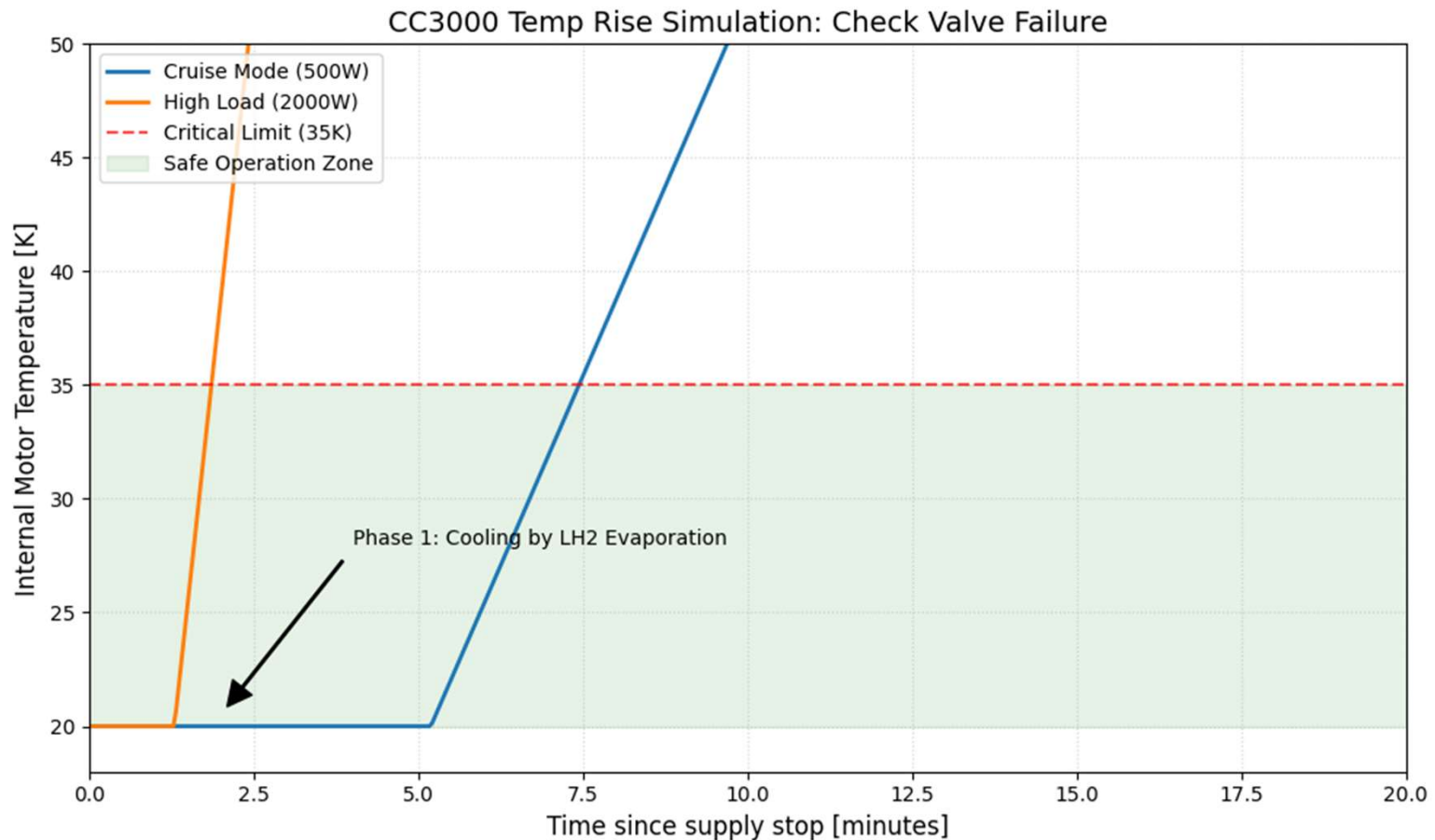
- ・ 回転子に5Nの純アルミ巻線
またはサマリウムコバルト(SmCo)、アルニコ永久磁石を採用
- ・ ハルバツハ配列による磁束の集中と正弦波的な磁束分布
- ・ バックアイアン(ヨーク)の厚みを減らし、回転子の軽量化を実現
- ・ 極低温下での保磁力向上特性を活かした高トルク設計
- ・ コギングトルクの低減による滑らかな回転特性

Slide 8: 5Nアルミニウム (Hyper-Al) 巻線の採用

- ・ 材質: 純度99.999%以上の5Nアルミニウムを採用(銅比で質量約1/3)
- ・ 複合構造: エポキシ含浸炭素繊維(CFRP)による結束で電磁変形と遠心力に対応
- ・ 利点: 極低温下で銅以上の導電性を発揮し、定格出力を向上(Hyper-Alモータの出力密度 38kW/kg)

Slide 9: 安全保護と動的制限アルゴリズム

- ・ ヒートシンク: 固定子に結合した18.7kgの銅製ヒートシンクによる熱バッファ
- ・ 動的制御: 温度上昇率(dT/dt)に基づく予測的制限アルゴリズムを搭載
- ・ 保護ロジック: 急激な熱スパイク検知時に出力を自動抑制(デレーティング)し、焼損を防止
- ・ 目標: 冷却喪失時でも温度を300K以下に維持し、緊急停止までの安全マージンを確保

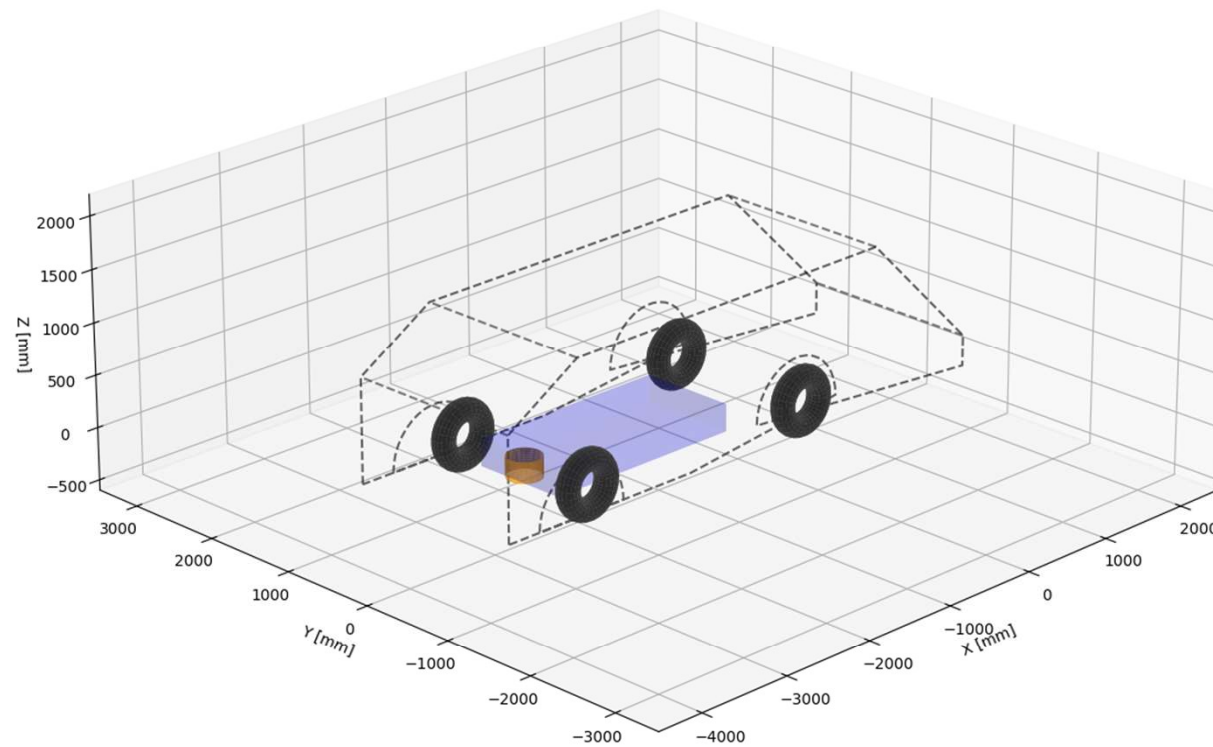


Slide 10: NASAグレードのシール技術と軸受

- 極低温・超高速回転に対応した特殊フッ素樹脂シール
- タンク外部への水素漏洩を極限まで抑える多段シール構造
- 潤滑不要またはLH2潤滑に対応したセラミックボールベアリング
- シール部付近の温度を適切に管理する断熱スリーブ
- メンテナンスフリー期間の長寿命化に向けた信頼性設計

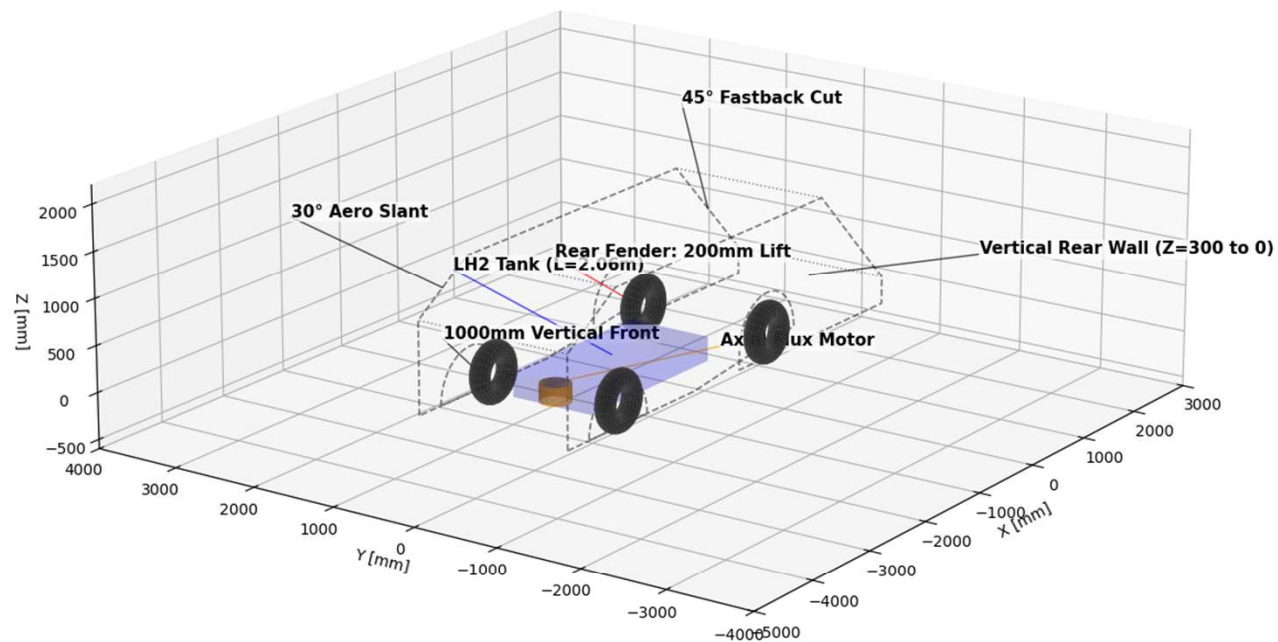
Slide 11A: 3D図一駆動系レイアウト基本: 垂直軸から車輪へ

CC3000 Final: Vertical Rear Wall (from Z=300) | 1:1 Scale



Slide 11B: 3D with note 図一駆動系レイアウト: 垂直軸から車輪へ

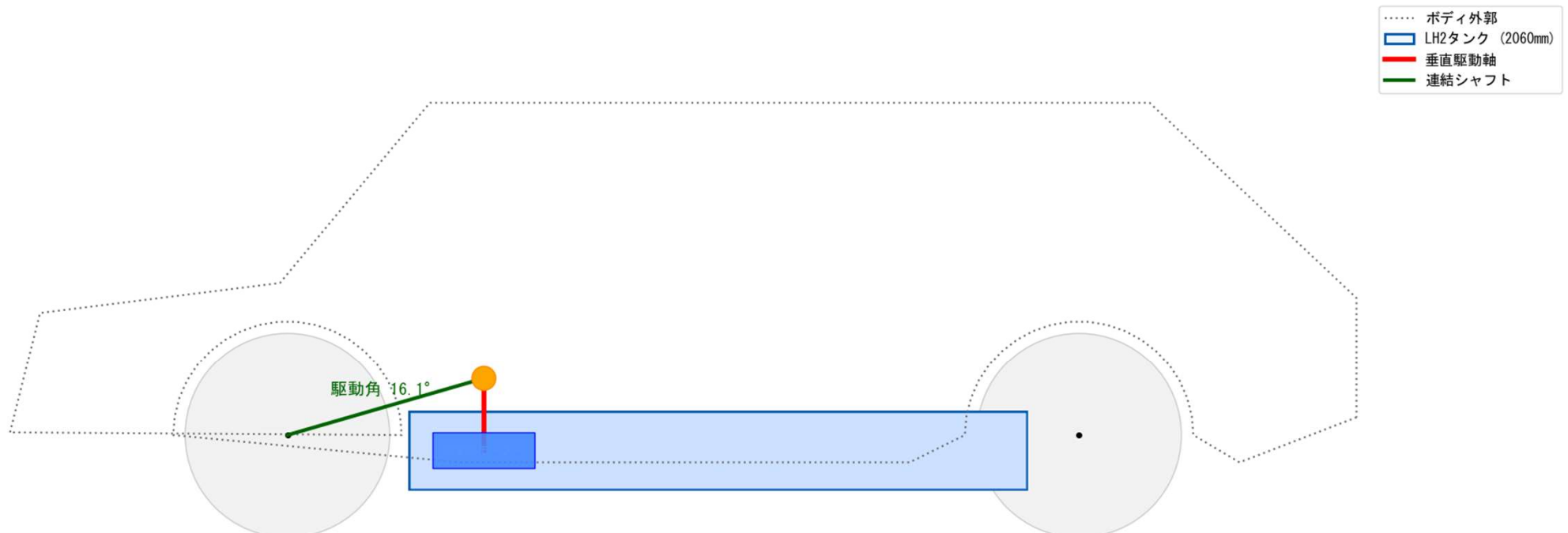
CC3000 Integrated Hydrogen System - Engineering Layout

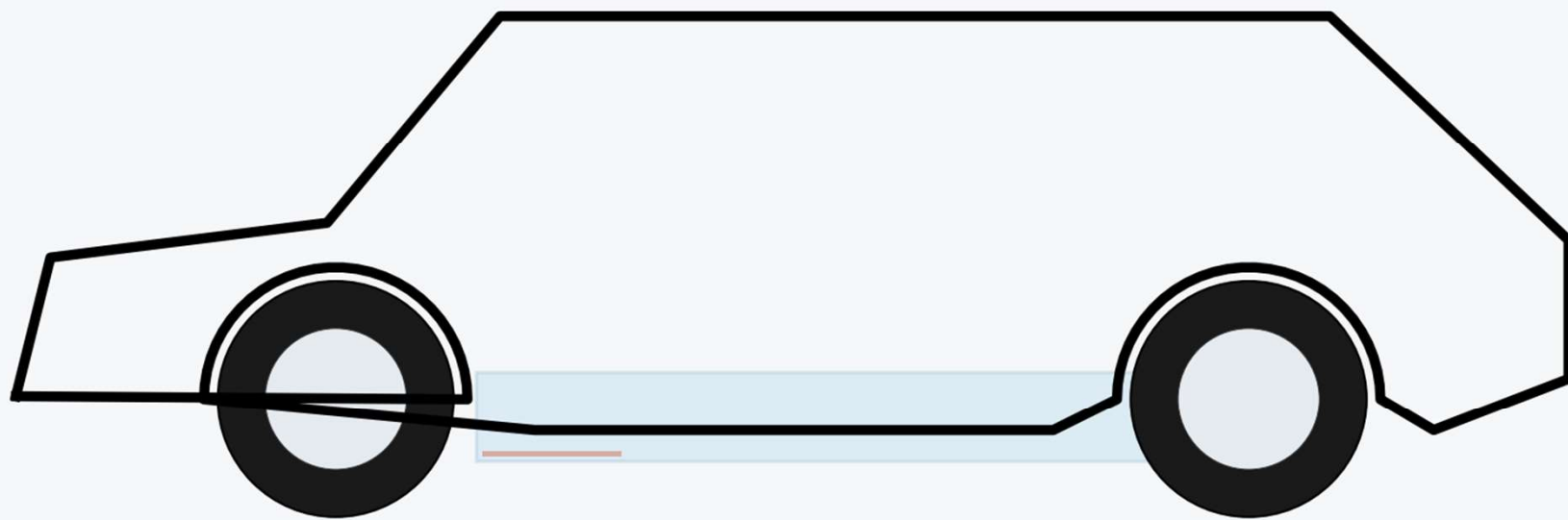


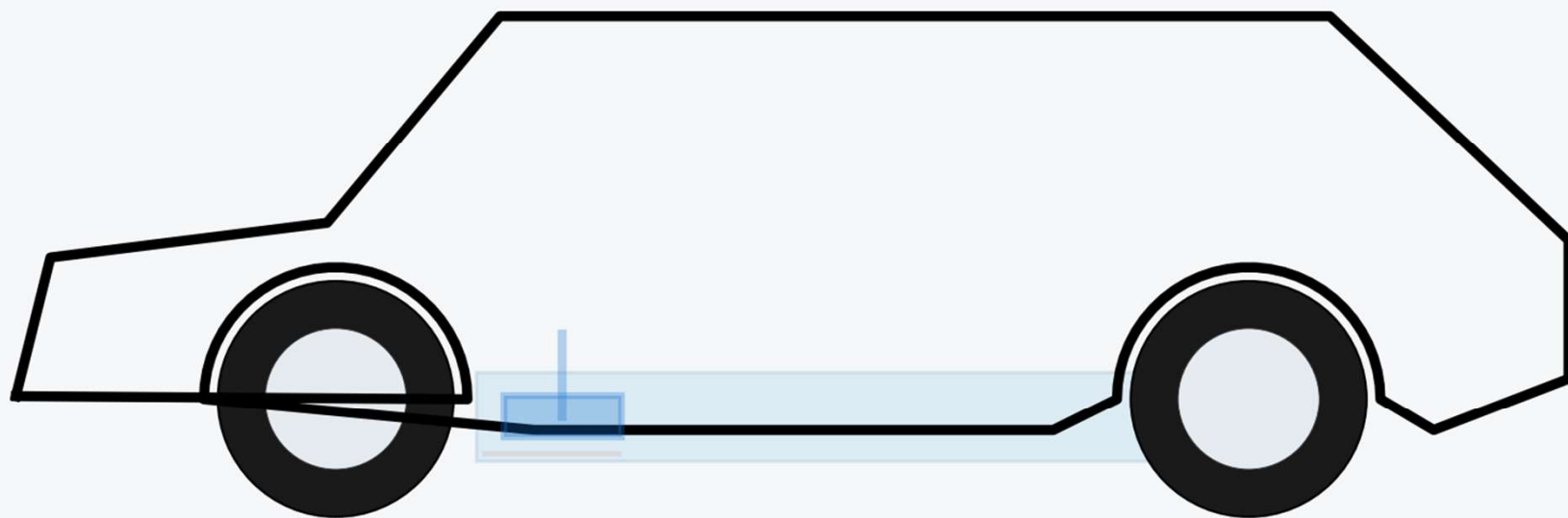
Slide 11: 駆動系レイアウト: 垂直軸から車輪へ

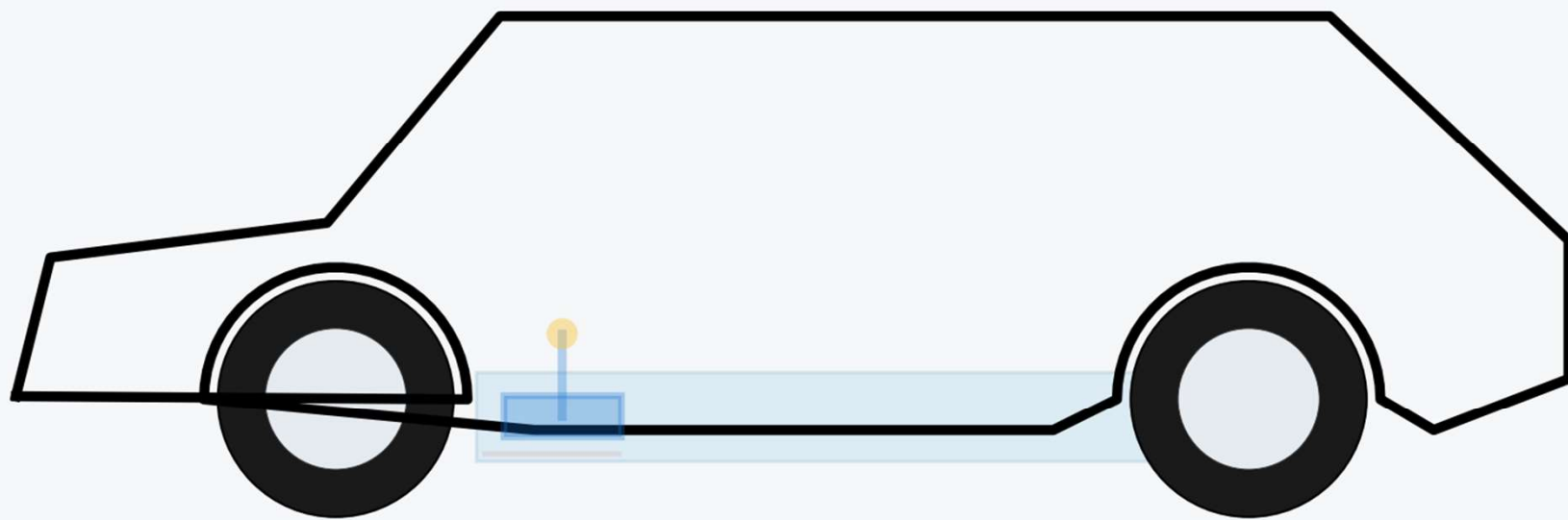
- ・ モーターの回転軸を垂直上向きに配置する独自のレイアウト
- ・ タンク天面から取り出した軸をベベルギア(傘歯車)で変換
- ・ プロペラシャフトを介してリアデファレンシャルギアへ接続
- ・ プロペラシャフト駆動角: 約16度 $\pm$ 4度の範囲内
- ・ 垂直配置により、タンク内容積の有効活用と整備性を両立
- ・ 最小限のギア段数により、伝達効率を最大化

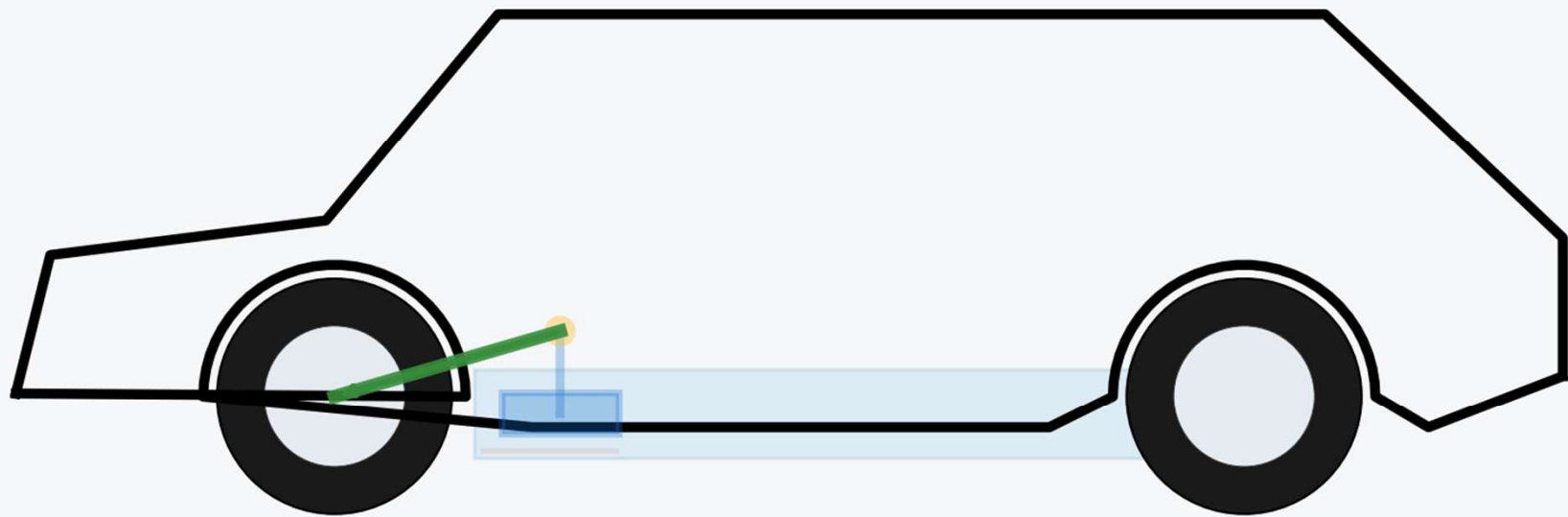
CC3000 FFパッケージング：フルシルエット案



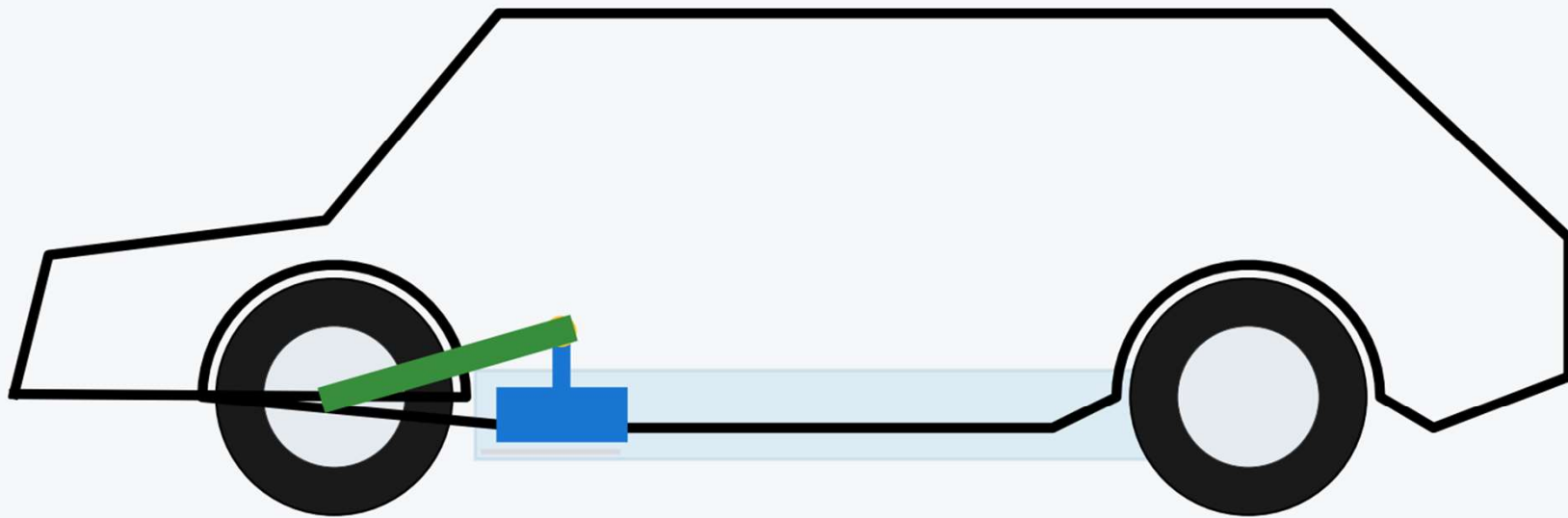








CC3500: WLTC 3,500km CRUISE MODE



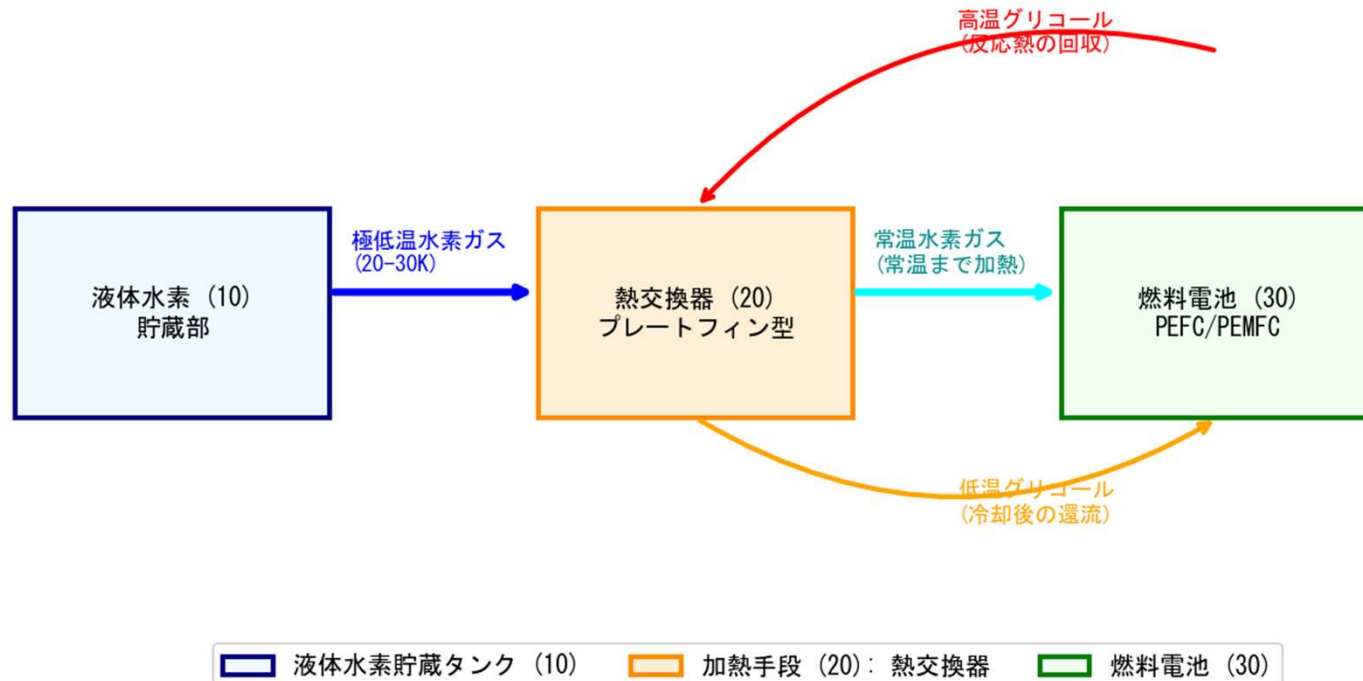
Slide 11A: 駆動系レイアウト: 垂直軸から車輪へ(イメージ)



Slide 12: 燃料電池(FC)との統合制御

- ・ 固体高分子形燃料電池(PEMFC)をフロントまたはリアに配置
- ・ 加熱された水素ガスと大気中の酸素により、クリーンに発電
- ・ FCの運転温度を最適化するサーマルマネジメント
- ・ モーター要求出力に応じたFCの高速応答制御
- ・ 排出される純水は、走行風等を利用して安全に処理

CC3000 熱マネジメント・システム構成図
(燃料電池排熱による水素加熱経路)



Slide 13: ボイルオフガス(BOG)の有効利用

- ・ 駐車中に自然発生する蒸発水素ガスを無駄に排出しない
- ・ 停車中にFCを微弱運転させ、ボイルオフガスから電力を回収
- ・ 24時間放置で23kWhのリチウムイオン電池(蓄電池)に充電
- ・ 車内待機時のエアコン電力や、始動時のパワーアシストに活用
- ・ 「エネルギーを捨てない」完全循環型システムの構築

Slide 14: 水素供給ラインと常温加熱手段

- ・ タンク底部のニクロム線ヒーターにより蒸発量を精密制御
- ・ ニクロム線周囲に配置した熱容量体による安定した気化
- ・ FC排熱を回収したグリコールサイクルによる水素の加温
- ・ セパレータによる気液分離と、FC供給前の圧力調整
- ・ 配管の真空断熱による外部熱侵入の徹底排除

Slide 15: 補完給電システム(バッテリー)の役割

- ・ 急加速時のピーク電力供給と回生ブレーキ時のエネルギー回収
- ・ FCの劣化を抑制するための負荷変動バッファ機能
- ・ 停車中のBOG発電を受け入れる「エネルギー貯蔵庫」
- ・ システム異常時における緊急退避走行用の電力確保
- ・ 電池残量(SOC)の最適管理によるシステム全体の効率化

Slide 16: 欧州車への搭載パッケージング例

- ・ ホイールベース2,520mmの床下に2,060mmの長尺タンクを配置
- ・ 水素積載量: 約20kg(液体状態)
- ・ 燃料電池ユニット: フロントエンジンルーム内に収容
- ・ 極低温モーター: リアアクスル直前のタンク後端に垂直内蔵
- ・ 実用的な室内空間を一切犠牲にしない「フラットフロア」の実現

Slide 17: 米SUVによる3500km走破の可能性

- ・ パッケージ: 有効内容積 0.45m^3 、液体水素 30.3kg を積載
- ・ モータ構成: 下段を5倍高くしたタンデム型回転子(磁気フライホイール効果)の採用
- ・ 性能: 発進時トルクを従来比3.2倍に強化しつつ、高速巡航時の超高効率を実現
- ・ 航続距離: 東京～博多間往復(約2200km)を超え、無充填で3500kmの走行を射程

Slide 18: 実施例との比較: 水素エンジン vs CC3500

- ・ 水素エンジン: 機械損失と熱損失が大きく、航続距離は約500km程度
- ・ CC3500: 電気変換と極低温駆動により、総合エネルギー効率を倍増
- ・ 重量比: 高圧タンク(35MPa/70MPa)に対し、LH2タンクは圧倒的に軽量
- ・ 充填時間: 液体水素による大流量充填により、10分以内での満タンが可能
- ・ 静粛性: エンジン騒音のない、BEVと同等の快適な走行環境

Slide 19: 大型車両(AW-2000)への展開

- ・ 構成: 定格出力 147kW x 2基(合計 294kW)の独立・統合制御システム
- ・ 安全性: 片側故障時に左右輪を直結する緊急時動力統合(電磁ドッグクラッチ)
- ・ 仕様: 1基あたり30.0kg~44.8kgの銅製ヒートシンクを配備
- ・ タンク: 有効容量 5.85m³ 以上の大型断熱タンクによる長距離貨物輸送の革新

Slide 20: 結論

- ・ CC3500は「液体水素を使い切る」ための最適解である
- ・ 超長距離走行、短時間充填、高効率冷却を一つのシステムで解決
- ・ カーボンニュートラル時代における「エンジンの代替」としての地位確立
- ・ 100年後の地球環境を守る、持続可能なモビリティの基盤技術
- ・ 未来は、液体水素とともに走り出す