

令和 2 年度環境省委託業務

令和 2 年度セルロースナノファイバー等の先進部材・技術を活用したグリーンスローモビリティの社会実装に向けた性能評価事業

委託業務成果報告書

令和 3 年 3 月

事業者代表：エナジーシステムサービスジャパン（株）
(旧社名：日立バッテリー販売サービス（株）)
共同実施者：大洋産業貿易（株）

令和2年度セルロースナノファイバー等の先進部材・技術を活用したグリーン スローモビリティの社会実装に向けた性能評価事業委託業務仕様書目次

要旨(日・英)

第1章. 業務の概要

- 1. 1 業務の背景と目的
- 1. 2 業務の内容
- 1. 3 業務の期間
- 1. 4 業務実施体制
- 1. 5 業務実施の流れ

第2章. 業務成果報告

- 2. 1 CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティの開発
 - 2. 1. 1 CNF を活用したグリーンスローモビリティ用ドアパネル・窓と、比較対象用ドアパネル・窓の製作（エナジーシステムサービスジャパン株式会社、大洋産業貿易（株））
 - 2. 1. 1. 1 製作する車両の仕様
 - 2. 1. 1. 2 ドアパネルの製作
 - 2. 1. 1. 3 窓の製作
 - 2. 1. 1. 4 製作の過程
 - 2. 1. 2 CNF を活用した熱可塑性樹脂のコンソール製作（エナジーシステムサービスジャパン株式会社、大洋産業貿易（株））
 - 2. 1. 2. 1 热可塑性樹脂コンソールの製作
 - 2. 1. 2. 2 コンソールの設置
 - 2. 1. 3 充電ステーションと交換式バッテリーの開発（エナジーシステムサービスジャパン株式会社、大洋産業貿易（株））
 - 2. 1. 3. 1 充電ステーションの開発
 - 2. 1. 3. 2 交換式電池の開発
 - 2. 1. 3. 3 オペレーションシステムの開発
- 2. 2 CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティの長期間の二地域での走行実証（大洋産業貿易（株））
 - 2. 2. 1 走行実証の条件
 - 2. 2. 2 走行実証の様子
 - 2. 2. 3 ドアパネルの性能検証

- 2.2.4 窓の性能検証
 - 2.2.5 熱可塑性樹脂コンソールの性能検証
 - 2.2.6 ドア付きグリーンスローモビリティの快適性・安全性評価
 - 2.2.7 交換式バッテリーシステムの性能検証
 - 2.2.8 走行時の記録
 - 2.2.9 IoT を活用したオペレーションシステム
- 2.3 CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティのテストコースでの走行実証
(エナジーシステムサービスジャパン株式会社)
- 2.3.1 走行実証のコースレイアウト及び走行条件
 - 2.3.2 走行車両
 - 2.3.3 走行期間
 - 2.3.4 検証内容
 - 2.3.5 結果
- 2.4 グリーンスローモビリティを利用した脱炭素型地域交通システムの確立に向けた
検証エナジーシステムサービスジャパン株式会社、太洋産業貿易（株））
- 2.4.1 CNF 部材のグリーンスローモビリティへの導入可能性と課題、その解決策
 - 2.4.2 交換式バッテリーシステムと IoT を利用したオペレーションシステムの導
入可能性
 - 2.4.3 CO₂ 削減効果の算出と考察
- 2.5 グリーンスローモビリティ以外の脱炭素型地域交通システムへの CNF 部材および
交換式バッテリー・IoT システムの活用可能性調査（太洋産業貿易（株））

第3章. まとめと今後の方針

要旨(日本語)

本業務では、実際の使用環境・形態を想定した機能を具備したグリーンスローモビリティを対象として、セルロースナノファイバー(CNF)部材を活用した状態で長期間の走行実証を実施し、自動車分野におけるCNF部材の社会実装に向けた課題抽出と解決策の検証を行うとともに、グリーンスローモビリティを利用した脱炭素型地域交通システムの確立に向けた検証を行うことを目的とする。

(1). CNF部材等を活用したグリーンスローモビリティの製作

本業務では、令和元年度に開発したグリーンスローモビリティの仕様を基礎とし、CNF部材の性能を明確に比較評価するため、下記の材料を用いてドアパネルおよび窓を製作した。

- ・ドアパネル：従来の自動車で利用されている鋼製と、ガラス繊維のFRP製
- ・サイド窓：CNF非導入ハードコート塗装によるポリカーボネート（以下、PCとする）

リア窓に関してはCNF導入、非導入ハードコート塗装によるPCを用いた。また、令和元年度では熱硬化性樹脂を用いてCNF補強繊維を含有したFRP素材を開発したが、本年度はCNFを活用した熱可塑性樹脂も使用し、コンソールを製作した。

充電ステーションについては、令和元年度の仕様を基礎として交換式電池の充電、車載電池も充電可能とした。交換式電池は、簡便に手作業で交換できるよう、既製品の一部改善を行った。IoTシステムを開発し、次の機能を実装した。

- ・コースを周回中の車両が、オンデマンドで乗車したい客をピックアップできること
- ・電池消耗時に安心して充電ステーションに行き、直接充電又は充電済電池に交換すること。

(2). CNF部材等を活用したグリーンスローモビリティの長期間の二地域での走行実証

(1)で開発したグリーンスローモビリティを使って、二地域での長期間の走行実証を行なった。走行実証を行う地域は、気候・地域・交通状況的に対照的な条件で、中山間地域の代表として岡山県美作市上山地区周辺、市街地の代表として神奈川県平塚市太洋産業貿易平塚工場周辺とした。岡山県美作市では10月と12月、神奈川県平塚市では11月と1月に実施した。

走行実証後にドアパネル、窓、コンソールの状態について目視で確認をしたところ、CNF導入FRPドアパネルのFRP接合面での割れと「そり」が見られた。評価検証により、CNF導入FRPは素材の剛性（弾性率）が不足しており、枠となるフレーム等の補強を加えるか、リブ構造等による剛性アップが必要と考えるが、面材としての利用には問題ないことを考察した。

CNF 導入ハードコート PC について目視確認では変化は見られなかったため、評価検証を行ない、CNF 導入ハードコート PC が通常ハードコート PC と遜色ないこと、さらに、長期にわたる走行実証によっても使用に問題ないことを確認した。

ドア付きグリーンスローモビリティの快適性・安全性についてゴルフカートと比較したことろ、ドアパネルの設置によって安心感があることや、温熱環境的な快適性が高いことが明らかになった。

交換式バッテリーシステムでは、電池（車両、交換用の両方とも）状態をモニター・指示できる管理システムであることがドライバーだけでなく運営者の管理業務の双方において有用であることが明らかになった。

(3). CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティのテストコースでの走行実証

二地域での走行実証の後に、CNF 導入 FRP のドアパネルで歪みが生じたことから、鋼フレーム+CNF 導入 FRP のドアパネルを作製し、悪路における走行での破損につながる耐久性を検証するためテストコースにて走行実証を行なった。鋼フレームによって補強したドアパネルは、目視の確認では変化は見られず、形状安定性に問題はないと言える。

(4). グリーンスローモビリティを利用した脱炭素型地域交通システムの確立に向けた検証

(1)～(3)の結果から、CNF 導入ハードコート PC と CNF 導入熱可塑性樹脂についてはグリーンスローモビリティの他の部材でも応用可能性があることを考察した。CNF 導入 FRP は、鋼などで補強した上で、面材としての導入可能性があることを考察した。

交換式バッテリーと IoT を利用したオペレーションシステムについては、地域にあわせて組み合わせる（車両の走行状態、電池の状態に加えて運行形態による必要情報）ことで安心したオペレーションが可能となることを考察した。

また、CNF 部材を導入することにより、資源、製造、廃棄リサイクル時と運用時において CO₂ 削減効果があることが明らかになった。また、グリーンスローモビリティを電池交換式とすることにより運用時に CO₂ 削減効果があることも明らかになった。

(5). グリーンスローモビリティ以外の脱炭素型地域交通システムへの CNF 部材および交換式バッテリー/IoT システムの活用可能性調査

脱炭素型地域交通システムの可能性として、EV カーシェアリング、EV デマンド交通、EV 軽貨物配送サービスが挙げられることを調査した。

Summary

The objective of this project is as follows:

- 1) To develop Green Slow Mobility equipped with functions that assume the actual usage environment and form.
- 2) To conduct a long-term driving demonstration using cellulose nanofiber (CNF).
- 3) Identify issues and verify solutions for the social implementation of CNF materials in the automotive field.
- 4) Verify the establishment of a decarbonized regional transportation system using Green Slow Mobility.

(1). Manufacture of Green Slow Mobility using Cellulose Nanofiber

For the Green Slow Mobility (GSM), we used last year's specifications as a basis. In order to compare and evaluate the performance of Cellulose NanoFiber (CNF) materials, we manufactured door panels and windows using the following materials.

- Door panels: steel and glass fiber reinforced plastic (GFRP)
- Side windows: Polycarbonate (PC) with non-CNF hard coating
- Rear window: PC with and without CNF hard coating

Last year, we developed FRP material containing CNF reinforcing fibers using thermosetting resin, but this year, we also used thermoplastic resin utilizing CNF to manufacture the console.

This year, the charging station is capable of charging replaceable batteries and on-board batteries based on the last year's results. We have improved the existing replaceable batteries so that they can be replaced easily without any tools. We have developed an IoT system to implement the following functions:

- Pick up passengers on-demand during the circling a course
- When the battery is depleted, go to a recharging station and directly recharge or replace the battery with a rechargeable one.

and when the battery is depleted, to go to a charging station and directly charge or replace the battery with a charged one.

(2). Long-term driving demonstration of Green Slow Mobility using CNF in two regions

We conducted a long-term driving demonstration in the following two areas.

- The area around the Kamiyama district in Mimasaka City, Okayama Prefecture (representative of a mountainous area): October and December 2020
- Around the Hiratsuka Plant in Hiratsuka City, Kanagawa Prefecture (representative of an urban area): November 2020 and January 2021

The purpose of this long-term driving demonstration is to confirm the durability of GSM manufactured in (1). The condition of the door panels, windows, and console were visually checked after the driving demonstration. The FRP door panels with CNF were found to be cracked at the FRP joint surface. The FRP door panels were also deformed, indicating that the rigidity of the material was insufficient. It is necessary to reinforce the material with a frame or a rib structure. However, there is no problem in using it as a surface material.

There was no change in the CNF hard-coated PC by visual observation. Through evaluation and verification, we confirmed that the CNF hard-coated PC is comparable to the non-CNF PC. There was no problem with its use in the long-term driving demonstration.

The comfort and safety of GSM with doors was compared with that of a golf cart. It was found that the door panels provided reassurance and high level of thermal comfortness.

For the replaceable battery system, it became clear that a management system that can monitor and indicate the battery status would be useful for both the driver as well as the operator's management tasks.

(3). Driving demonstration of Green Slow Mobility using CNF on the test course

After the driving demonstration in two regions, we manufactured a door panel made of steel frame and CNF-integrated FRP. In order to verify the durability of the door panels on rough roads, we conducted a driving demonstration on a test course. No change was observed in the door panel by visual inspection, indicating that there is no problem in shape stability.

(4). Verification for the Establishment of a Decarbonized Regional Transportation System Using Green Slow Mobility

Based on the results of (1)～(3), we considered that CNF hard-coated PC and thermoplastic resin utilizing CNF could be applied to other components of green slow mobility, and CNF-introduced FRP could be introduced as a surface material after being reinforced with steel or other materials.

For the operation system using replaceable batteries and IoT, we discussed the possibility of operating the system as a transportation system by changing the combination depending on the region.

It was also found that the introduction of CNF has the effect of reducing CO2 emissions during resource, manufacturing, and disposal recycling, as well as during operation. It was also found that the green slow mobility system with replaceable batteries has a CO2 reduction effect during operation.

(5). Feasibility study on the use of CNFs and replaceable batteries/IoT systems for decarbonized regional transportation systems other than green slow mobility

We investigated the possibility of EV car sharing, EV demand transportation, and EV light cargo delivery services as potential decarbonized regional transportation systems.

第1章業務の背景と目的

1.1 業務の背景と目的

セルロースナノファイバー（以下、CNF）は、植物由来のカーボンニュートラルな材料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、高強度材料（家電製品筐体等）や高機能材料（住宅建材、内装材等）への活用は、軽量化や高効率化等によるエネルギー消費の削減に繋がるだけでなく、製品の付加価値向上にも寄与することから、一部製品において採用が進んでいる。

しかしながら、大きなCO₂削減効果が期待できる自動車分野は、一般的に部材に要求される性能水準や評価基準が高いことから、他分野と比較して導入の難易度が高い。このため、自動車分野でCNF部材の普及促進を図るために、長期間の耐久試験や実車両における評価等を通じてその有効性を実証していくことが不可欠である。

また、環境省では、環境負荷の少ないグリーンスローモビリティ※を地域交通の脱炭素化に資する移動手段として捉え、その活用方法について、持続可能な事業モデルを創出することが重要であると考える。グリーンスローモビリティは、その特徴からCNF等の先進部材・技術との相性が良く、これらを組み合わせることは更なるCO₂削減だけでなく、持続可能性を有する脱炭素型地域交通システムの確立に繋がると期待できる。そこで、本業務では、実際の使用環境・形態を想定した機能を具備したグリーンスローモビリティを対象として、CNF部材を活用した状態で長期間の走行実証を実施し、自動車分野におけるCNF部材の社会実装に向けた課題抽出と解決策の検証を行うとともに、グリーンスローモビリティを利用した脱炭素型地域交通システムの確立に向けた検証を行うことを目的とする。

※グリーンスローモビリティ：電動で、時速20km未満で公道を走ることが可能な4人乗り以上のモビリティ

1.2 業務の内容

（1）CNF部材等を活用したグリーンスローモビリティの開発

本業務では、昨年度開発したCNF活用のグリーンスローモビリティ用ドアパネルおよび窓に対して、長期における走行実証でCNFの性能を明確に分析・評価するため、異なる材料を用いてドアパネルおよび窓を製作し、比較検証を行う。また、熱硬化性樹脂だけでなく、CNFを活用した熱可塑性樹脂を開発し、性能評価を行うこと。交換式バッテリー管理システムについては、昨年度開発したバッテリー管理システムを前提に充電ステーションを開発し、走行実証で有用性を検証する。具体的には以下の事項を実施する。

1) CNF を活用したグリーンスローモビリティ用ドアパネル・窓と、比較対象用ドアパネル・窓の製作

令和元年度に開発した CNF 導入ドアの比較対象の材料として、下記の材料を用いたドアを製作する。

- ・ドアパネル：従来の自動車で利用されている鋼製と、ガラス繊維の FRP 製
- ・サイド窓：CNF 非導入ハードコート塗装によるポリカーボネート（以下、PC とする）

また、新たにリア窓で CNF 導入、非導入ハードコート塗装による PC を用いる。

以上の比較対象の材料を用いて、下表の車両 2 台を製作する。

表 1.2 製作する車両

	サイド右側(前部・後部)		サイド左側(前部・後部)		リア
	ドアパネル	窓	ドアパネル	窓	窓
車両 (あ)	鋼	CNF 非導入ハ ードコー トの PC	CNF 導入の FRP	CNF 導入ハ ードコート の PC	CNF 導入ハ ードコート の PC
車両 (い)	ガラス繊維 FRP	CNF 非導入ハ ードコー ト PC	CNF 導入の FRP	CNF 導入ハ ードコート の PC	CNF 非導入ハ ードコー トの PC

2) CNF を活用した熱可塑性樹脂のコンソール製作

令和元年度は、熱硬化性樹脂を用いて、CNF 補強繊維を含有した FRP 素材を開発した。しかし、マテリアルリサイクルのし易さなど環境負荷低減には、熱可塑性樹脂が妥当である。よって、本年度は CNF を活用した熱可塑性樹脂のコンソールを製作し、その性能を検証する。

3) 充電ステーションと交換式バッテリーの開発

グリーンスローモビリティのバッテリー管理システムのプロトタイプを前提とした充電ステーションの開発を行うことで、グリーンスローモビリティを地域交通システムとして運用する際に、効率の良いバッテリー交換・充電を可能にするシステムを構築する。具体的には、交換式電池が準備されていて、充電を可能にする。車載電池も充電可能とし、充電状況、充電口の空き状況や使用予定終了時間を発信できる。充電ステーションとオペレーションシステムを統合して運用試験を行う。

(2) CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティの長期間の二地域での走行実証

(1) で開発した、CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティを使って、長期間の走行実証を行う。具体的な走行実証の条件、検証内容は以下のとおり。

1) 走行実証の条件

- ・ 地域：気候・地形・交通状況的に対照的な条件の、中山間地域と都市近郊市街地の 2 地域で走行実証を行う。
- ・ コース：グリーンスローモビリティが地域交通システムとして使用されることを想定した、地域内を走行するコースとする。
- ・ 走行状況：乗車人数や走行頻度など、実利用に近い状況での走行実証を行う。
- ・ 実施期間：気温が比較的高い時期（9 月、10 月頃）と気温が比較的低い時期（12 月、1 月頃）にそれぞれの地域で行う。

2) 検証内容

① ドアパネルの性能検証

- ・ 鋼製、CNF 導入の FRP、ガラス繊維の FRP のドアパネルそれぞれについて、走行実証中、目視による損傷の有無や、ドアヒンジ付近の緩みなどについて確認を行う。

② 窓の性能検証

- ・ サイドドアの窓：CNF 導入、非導入ハードコート塗装による PC それぞれについて、走行実証中、窓のスライド等による傷の有無を目視で確認する。傷が多い場合は、ヘイズや透過率を装置で測定し、定量的に把握することも検討する。
- ・ リア窓：CNF 導入、非導入ハードコート塗装による PC それぞれについて、雨天時にワイパーの使用などによる傷の有無を目視で確認する。傷が多い場合は、ヘイズや透過率を装置で測定し、定量的に把握することも検討する。

③ 熱可塑性樹脂コンソールの性能評価

- ・ 走行実証中、目視にて紫外線や振動により変化が生じるかを検証する。

④ ドア付きグリーンスローモビリティの快適性・安全性評価

- ・ ドア付きグリーンスローモビリティ車両（あ）（い）の冬季における温熱環境性能、走行時の安全性を検証するため、ドアなしのグリーンスローモビリティとの第三者のモニターによる乗車比較を行う。

⑤ 交換式バッテリーシステムの性能検証

- ・ バッテリー運行管理システムにより、走行時のバッテリー残量・バッテリーの交換頻度・充電の時間について確認し、実利用に近い状況の中でのバッテリー運行管理システムの有用性を検証する。

⑥ 走行時状況の記録

- ・ ①～⑤の検証にあたり、走行日の天候、外気温、車内の気温、紫外線強度について計測する。

(3) CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティのテストコースでの走行実証

悪路における走行実証で、ドアの破損につながる耐久性を検証するため、エナジーシステムジャパン（株）が保有するゴルフカートのテストコースにて、耐久性確認のテスト走行を行う。

1) 走行実証の条件

- ・複数の路面環境を模擬したテストコースにおける走行実証を実施する。
- ・120 時間程度の走行時間を確保する。（1日の走行時間は 4 時間程度）

2) 検証内容

- ・走行時の状況を記録する。
- ・ドアパネル、窓について走行毎に傷・割れが生じないかを確認し、記録する。

(4) グリーンスローモビリティを利用した脱炭素型地域交通システムの確立に向けた検証

(2) (3) での走行実証での結果を踏まえ、グリーンスローモビリティを利用した脱炭素型地域交通システムの確立に向けて必要な機能やシステムを整理する。

- ・ CNF 部材の導入については、(2) (3) での走行実証での結果を踏まえ、CNF 部材がグリーンスローモビリティに導入可能かを判断する。
- ・ 耐久性、耐候性、経年変化で課題が見られた場合は、解決策を提案する。
- ・ さらに、検証の結果から、CNF 導入が可能な部材と部材の軽量化について整理し、グリーンスローモビリティに CNF 部材の導入が進むことによる CO₂ 削減効果を資源、運用、リサイクル、応用範囲の拡大という 4 つの観点で算出する。
- ・ 充電ステーションを含めた交換式バッテリーシステムについては、効率的な運用が可能かどうかを検証する。

(5) グリーンスローモビリティ以外の脱炭素型地域交通システムへの CNF 部材活用可能性調査

既往研究などの文献調査、実地調査から、グリーンスローモビリティ以外の脱炭素型地域交通システムの事例を調査し、CNF 部材の活用が可能であるかを検討する。

1.3 業務の期間

令和 2 年 8 月 1 日～令和 3 年 3 月 31 日

1.4 業務の実施体制

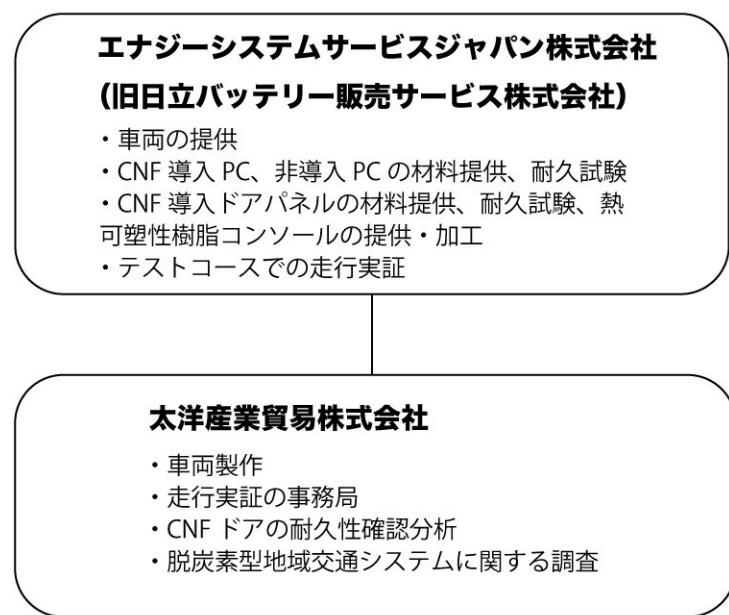


図. 1.4 実施体制図

1.5 業務実施の流れ

業務実施の流れを下記に示す。

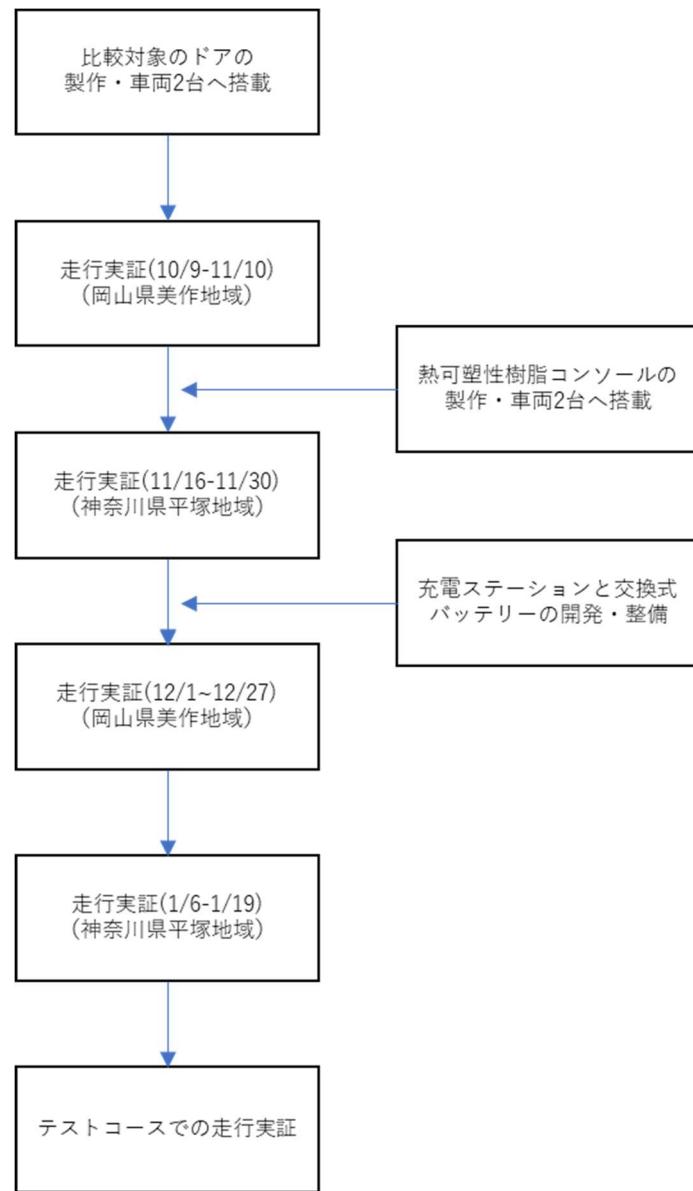


図 1.5 業務フロー

第2章 業務成果報告

2.1 CNF部材等を活用したグリーンスローモビリティの開発

2.1.1 CNFを活用したグリーンスローモビリティ用ドアパネル・窓と、比較対象用ドアパネル・窓の製作

2.1.1.1 製作する車両の仕様

本業務において作製する車両は、原則的に「令和元年度セルロースナノファイバー等を活用したグリーンスローモビリティの導入実証委託業務」に於いて作製された仕様を踏襲するが、令和2年度の最新法規に基づく変更及び令和元年度の実績に基づく改善を施した。法規改正に基づく項目は、オートライト機能の追加である。

令和元年度の実績に基づく改善項目は、室内への隙間風流入軽減、ドアロック能力の向上、ワイパー能力の向上及び電池交換方式の改善である。

また、CNF部材の耐久性能等検証のため二台の車両をそれぞれ次のように製作した。

1号車 左側（運転席側）CNF部材使用ドア、CNFコーティング済ポリカーボネート窓

右側（助手席側）鋼製ドア、CNFコーティング無ポリカーボネート窓

後部スクリーン CNFコーティング済ポリカーボネート

2号車 左側（運転席側）CNF部材使用ドア、CNFコーティング済ポリカーボネート窓

右側（助手席側）ガラス繊維FRPドア、CNFコーティング無ポリカーボネート窓

後部スクリーン CNFコーティング無しポリカーボネート

図2.1.1.1-1に製作した車両の外観図を示す。

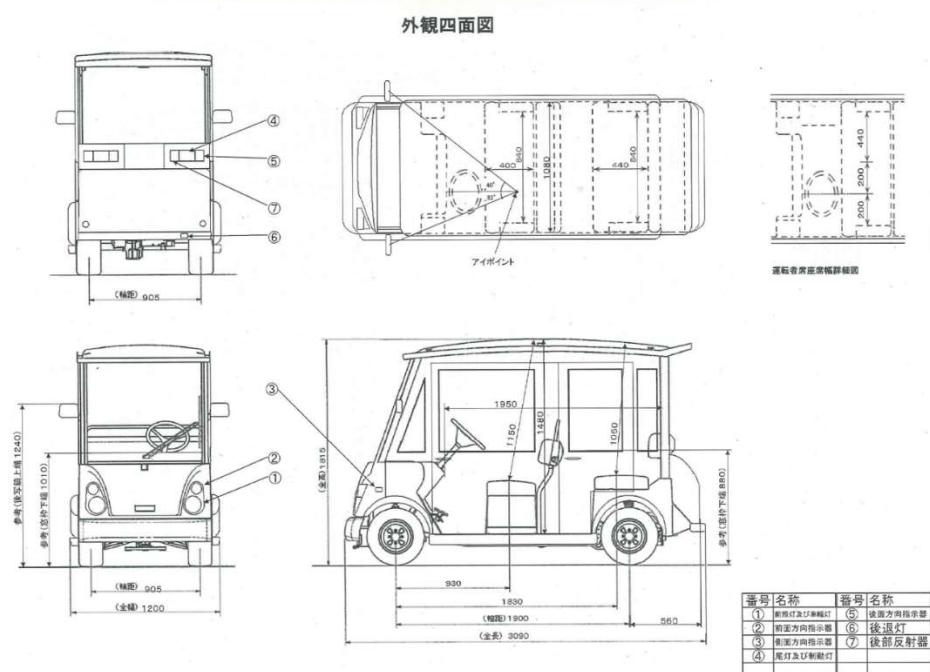


図2.1.1.1-1 「外観四面図」

図 2.1.1-2 「改造自動車等審査結果通知書」に車両諸元を示す。

第10号様式 (表面)		2 軽検東京改第25号																																																																																																																																																																														
		令和2年10月 5日																																																																																																																																																																														
株式会社 NSピークルインダストリー 殿		軽自動車検査協会 東京主管事務所長																																																																																																																																																																														
改造概要等説明書(改造自動車等審査結果通知書)																																																																																																																																																																																
<p>[指示事項]</p> <ul style="list-style-type: none"> 検査の際は、本紙を提示すること。 本車両は、製造番号「B1912994010」の1台限りとする。※モータ「DM430-04D」 車台番号及び原動機型式は、職権打刻を受けること。 内装材難燃性基準適合検討書を提出すること。 <p>[特記事項]</p> <ul style="list-style-type: none"> 本改造は最高速度20km/h未満の自動車として検討を行った。 																																																																																																																																																																																
主要諸元比較表																																																																																																																																																																																
標準車欄の類別等を記載する。 ()																																																																																																																																																																																
(改造車・試作車・組立車)																																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>標準車</th> <th>改造車</th> <th>基準・限度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>車名</td> <td>—</td> <td>組立</td> <td></td> </tr> <tr> <td>型式</td> <td>—</td> <td>組立</td> <td></td> </tr> <tr> <td>自動車の種別</td> <td>—</td> <td>軽自動車</td> <td></td> </tr> <tr> <td>用途</td> <td>—</td> <td>乗用</td> <td></td> </tr> <tr> <td>車体の形状</td> <td>—</td> <td>箱型</td> <td></td> </tr> <tr> <td>燃料の種類</td> <td>—</td> <td>電気</td> <td></td> </tr> <tr> <td>原動機型式</td> <td>—</td> <td>職権打刻</td> <td></td> </tr> <tr> <td>総排気量(l)又は定格出力(kW)</td> <td>—</td> <td>3.0kw</td> <td></td> </tr> <tr> <td>長さ m</td> <td>—</td> <td>3.090</td> <td>≤3.40m</td> </tr> <tr> <td>幅 m</td> <td>—</td> <td>1.200</td> <td>≤1.48m</td> </tr> <tr> <td>高さ m</td> <td>—</td> <td>1.815</td> <td>≤2.00m</td> </tr> <tr> <td>輪距 m</td> <td>—</td> <td>1.900</td> <td></td> </tr> <tr> <td>輪距 m</td> <td>前軸</td> <td>0.905</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>後軸</td> <td>0.905</td> <td></td> </tr> <tr> <td>室内又は長さ m</td> <td>—</td> <td>1.950</td> <td></td> </tr> <tr> <td>荷台の内幅 m</td> <td>—</td> <td>1.080</td> <td></td> </tr> <tr> <td>側の寸法</td> <td>高さ m</td> <td>—</td> <td>1.480</td> </tr> <tr> <td></td> <td>前前軸重</td> <td>—</td> <td>240</td> </tr> <tr> <td></td> <td>前後軸重</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>車両重量 kg</td> <td>後前軸重</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>後後軸重</td> <td>—</td> <td>340</td> </tr> <tr> <td></td> <td>計</td> <td>—</td> <td>580</td> </tr> </tbody> </table>		項目	標準車	改造車	基準・限度	車名	—	組立		型式	—	組立		自動車の種別	—	軽自動車		用途	—	乗用		車体の形状	—	箱型		燃料の種類	—	電気		原動機型式	—	職権打刻		総排気量(l)又は定格出力(kW)	—	3.0kw		長さ m	—	3.090	≤3.40m	幅 m	—	1.200	≤1.48m	高さ m	—	1.815	≤2.00m	輪距 m	—	1.900		輪距 m	前軸	0.905			後軸	0.905		室内又は長さ m	—	1.950		荷台の内幅 m	—	1.080		側の寸法	高さ m	—	1.480		前前軸重	—	240		前後軸重	—	—	車両重量 kg	後前軸重	—	—		後後軸重	—	340		計	—	580	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>標準車</th> <th>改造車</th> <th>基準・限度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>乗車定員人</td> <td>—</td> <td>4</td> <td>≤4</td> </tr> <tr> <td>最大積載量 kg</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>≤350</td> </tr> <tr> <td>前前軸重</td> <td>—</td> <td>300</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td>前後軸重</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td>後前軸重</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td>後後軸重</td> <td>—</td> <td>500</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>—</td> <td>800</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td>最大安定傾斜角度°</td> <td>左</td> <td>52</td> <td>一般 ≥35°</td> </tr> <tr> <td></td> <td>右</td> <td>51</td> <td>その他 ≥30°</td> </tr> <tr> <td>タイヤサイズ</td> <td>前前軸</td> <td>—</td> <td>205/50-10 6PR (920 kg)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>前後軸</td> <td>—</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>後前軸</td> <td>—</td> <td>(kg)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>後後軸</td> <td>—</td> <td>205/50-10 6PR (920 kg)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>前輪荷重割合</td> <td>空車</td> <td>41.3</td> <td>≥18.20%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>積車</td> <td>37.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>リヤ・オーバーハングm</td> <td>—</td> <td>0.560</td> <td>≤1/2(2/3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>荷台オフセットm</td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>最小回転半径m</td> <td>—</td> <td>3.1</td> <td>≤12m</td> </tr> </tbody> </table>		項目	標準車	改造車	基準・限度	乗車定員人	—	4	≤4	最大積載量 kg	—	—	≤350	前前軸重	—	300	(kg)	前後軸重	—	—	(kg)	後前軸重	—	—	(kg)	後後軸重	—	500	(kg)	計	—	800	(kg)	最大安定傾斜角度°	左	52	一般 ≥35°		右	51	その他 ≥30°	タイヤサイズ	前前軸	—	205/50-10 6PR (920 kg)		前後軸	—	(kg)		後前軸	—	(kg)		後後軸	—	205/50-10 6PR (920 kg)		前輪荷重割合	空車	41.3	≥18.20%			積車	37.5			リヤ・オーバーハングm	—	0.560	≤1/2(2/3)		荷台オフセットm	—	—			最小回転半径m	—	3.1	≤12m
項目	標準車	改造車	基準・限度																																																																																																																																																																													
車名	—	組立																																																																																																																																																																														
型式	—	組立																																																																																																																																																																														
自動車の種別	—	軽自動車																																																																																																																																																																														
用途	—	乗用																																																																																																																																																																														
車体の形状	—	箱型																																																																																																																																																																														
燃料の種類	—	電気																																																																																																																																																																														
原動機型式	—	職権打刻																																																																																																																																																																														
総排気量(l)又は定格出力(kW)	—	3.0kw																																																																																																																																																																														
長さ m	—	3.090	≤3.40m																																																																																																																																																																													
幅 m	—	1.200	≤1.48m																																																																																																																																																																													
高さ m	—	1.815	≤2.00m																																																																																																																																																																													
輪距 m	—	1.900																																																																																																																																																																														
輪距 m	前軸	0.905																																																																																																																																																																														
	後軸	0.905																																																																																																																																																																														
室内又は長さ m	—	1.950																																																																																																																																																																														
荷台の内幅 m	—	1.080																																																																																																																																																																														
側の寸法	高さ m	—	1.480																																																																																																																																																																													
	前前軸重	—	240																																																																																																																																																																													
	前後軸重	—	—																																																																																																																																																																													
車両重量 kg	後前軸重	—	—																																																																																																																																																																													
	後後軸重	—	340																																																																																																																																																																													
	計	—	580																																																																																																																																																																													
項目	標準車	改造車	基準・限度																																																																																																																																																																													
乗車定員人	—	4	≤4																																																																																																																																																																													
最大積載量 kg	—	—	≤350																																																																																																																																																																													
前前軸重	—	300	(kg)																																																																																																																																																																													
前後軸重	—	—	(kg)																																																																																																																																																																													
後前軸重	—	—	(kg)																																																																																																																																																																													
後後軸重	—	500	(kg)																																																																																																																																																																													
計	—	800	(kg)																																																																																																																																																																													
最大安定傾斜角度°	左	52	一般 ≥35°																																																																																																																																																																													
	右	51	その他 ≥30°																																																																																																																																																																													
タイヤサイズ	前前軸	—	205/50-10 6PR (920 kg)																																																																																																																																																																													
	前後軸	—	(kg)																																																																																																																																																																													
	後前軸	—	(kg)																																																																																																																																																																													
	後後軸	—	205/50-10 6PR (920 kg)																																																																																																																																																																													
	前輪荷重割合	空車	41.3	≥18.20%																																																																																																																																																																												
		積車	37.5																																																																																																																																																																													
	リヤ・オーバーハングm	—	0.560	≤1/2(2/3)																																																																																																																																																																												
	荷台オフセットm	—	—																																																																																																																																																																													
	最小回転半径m	—	3.1	≤12m																																																																																																																																																																												
能力強度等検討書																																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>制動能力</th> <th>踏力 220 N 19km/h 4.6 m</th> <th>車輪強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>空気圧 230.0 kPa</td> <td>$\sigma B/\sigma$ 400 / 21.3 = 18.8 ≥1.6</td> </tr> <tr> <td>推進軸強度</td> <td>Nc/Np — / — = — ≥1.3</td> <td>$\sigma Y/\sigma$ 245 / 21.3 = 11.5 ≥1.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\sigma u/\tau$ — / — = — ≥1.6</td> <td>操縦装置強度 $\sigma B/\sigma$ 400 / 217.1 = 1.84 ≥1.6</td> </tr> <tr> <td>車体強度</td> <td>$\sigma u/\sigma$ 41 / 12.4 = 3.29 ≥1.6</td> <td>緩衝装置強度 $\sigma B/\sigma$ 1775 / 706 = 2.52 ≥1.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\sigma Y/\sigma$ 25 / 12.4 = 2.01 ≥1.3</td> <td>制動装置強度 $\sigma B/\sigma$ 245 / 87.5 = 2.80 ≥1.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>連結装置強度 $\sigma B/\sigma$ — / — = — ≥1.6</td> </tr> </tbody> </table>		制動能力	踏力 220 N 19km/h 4.6 m	車輪強度		空気圧 230.0 kPa	$\sigma B/\sigma$ 400 / 21.3 = 18.8 ≥1.6	推進軸強度	Nc/Np — / — = — ≥1.3	$\sigma Y/\sigma$ 245 / 21.3 = 11.5 ≥1.3		$\sigma u/\tau$ — / — = — ≥1.6	操縦装置強度 $\sigma B/\sigma$ 400 / 217.1 = 1.84 ≥1.6	車体強度	$\sigma u/\sigma$ 41 / 12.4 = 3.29 ≥1.6	緩衝装置強度 $\sigma B/\sigma$ 1775 / 706 = 2.52 ≥1.6		$\sigma Y/\sigma$ 25 / 12.4 = 2.01 ≥1.3	制動装置強度 $\sigma B/\sigma$ 245 / 87.5 = 2.80 ≥1.6			連結装置強度 $\sigma B/\sigma$ — / — = — ≥1.6	<p>注1: 能力検討欄は、該当しないものは—、省略したものは×を記入すること。</p> <p>注2: 指示事項欄又は能力強度等検討書欄は、必要に応じて指示欄又は項目を追加・削除することができる。</p> <p>注3: 現車審査の際は、通知書及び改造部分詳細図等の添付資料を提示すること。</p>																																																																																																																																																									
制動能力	踏力 220 N 19km/h 4.6 m	車輪強度																																																																																																																																																																														
	空気圧 230.0 kPa	$\sigma B/\sigma$ 400 / 21.3 = 18.8 ≥1.6																																																																																																																																																																														
推進軸強度	Nc/Np — / — = — ≥1.3	$\sigma Y/\sigma$ 245 / 21.3 = 11.5 ≥1.3																																																																																																																																																																														
	$\sigma u/\tau$ — / — = — ≥1.6	操縦装置強度 $\sigma B/\sigma$ 400 / 217.1 = 1.84 ≥1.6																																																																																																																																																																														
車体強度	$\sigma u/\sigma$ 41 / 12.4 = 3.29 ≥1.6	緩衝装置強度 $\sigma B/\sigma$ 1775 / 706 = 2.52 ≥1.6																																																																																																																																																																														
	$\sigma Y/\sigma$ 25 / 12.4 = 2.01 ≥1.3	制動装置強度 $\sigma B/\sigma$ 245 / 87.5 = 2.80 ≥1.6																																																																																																																																																																														
		連結装置強度 $\sigma B/\sigma$ — / — = — ≥1.6																																																																																																																																																																														
				(日本工業規格 A列4番)																																																																																																																																																																												

図 2.1.1-2 「改造自動車等審査結果通知書」

尚、電池室の改造に関しては本業務における車両改造上の重点項目であった。これについては、「2.1.3.2 交換式電池の開発」で詳述する。

2.1.1.2 ドアパネルの製作

グリーンスローモビリティの部品・製品の軽量化技術を開発することを目標に植物由来のセルロースナノファイバー (CNF) を用いたドアパネルに用いる FRP 素材の開発を令和元年度の事業で実施した。従来 FRP は、不飽和ポリエステル樹脂とガラス繊維によるものが一般的であるが、ガラス繊維の真比重は約 2.5 に対し、炭素繊維は約 1.8、セルロースは約 1.5 と最も軽い補強繊維用素材であると言える。

セルロースナノファイバーの繊維強度は若干他の素材に劣るもの、弾性率はガラス繊維の約 2 倍となる 140GPa の性能を持っている。各強度を比重あたりに換算すると、CNF の比強度が最も高く補強繊維としても優れた可能性を有していることから、軽量化に寄与することが可能である。また、植物由来の材料であることから、持続型資源として環境負荷の少ない材料である。本開発は、一般的にガラス繊維が用いられる FRP 部材の補強繊維を CNF 等セルロース系材料に置き換えることで、鉄製ドア部品に対して、さらに軽量化を図ると共に、環境負荷の少ない材料として提供するものである。また、一般的に FRP は熱硬化性樹脂を用いることからマテリアルリサイクル利用は困難であり、ガラス繊維製 FRP は、焼却時に大量の焼却灰が発生するため、サーマルリサイクルによる熱回収の際にも大量に発生する焼却灰が問題となる。

一方、CNF 及びセルロース系不織布を利用した FRP は基材であるセルロースが燃焼可能であることから、これまで埋め立て処理しか廃棄方法のなかったガラス繊維、炭素繊維等の FRP 素材を、CNF を含めた有機系天然繊維で代替することでサーマルリサイクル利用を可能にすることができます。

CNF とセルロース系不織布を利用した FRP の素材構成技術は、今後多様化される部品成型の一つの手法として有効な技術であると考える。

具体的な方法としては、一般的な FRP がガラス繊維不織布に不飽和ポリエステルを含浸して成り立つ材料であるのに対して、汎用のセルロース系不織布に CNF の含まれる不飽和ポリエステルを含浸した FRP 部材を作成した。令和元年度と同様に、セルロース系不織布としては天然の麻系繊維不織布である FLAXMAT F300HD (図 2.1.1.2-1) を採用した。

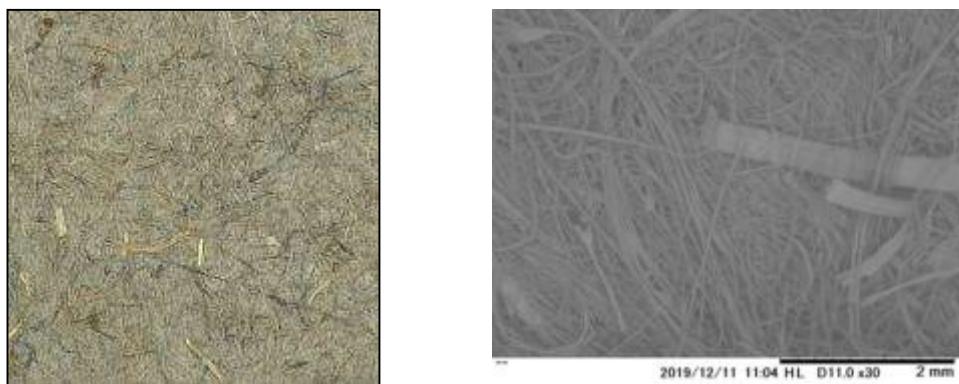


図 2.1.1.2-1 麻系天然繊維の不織布外観及び SEM 画像

バインダーである熱硬化性樹脂は、不飽和ポリエステルに CNF を添加することで強度の向上を図っている。CNF は親水性であるため、樹脂との密着性向上を目的にシランカップリング剤を添加した樹脂材料を用いた。

令和元年度の検討結果から、表 2.1.1.2-1 の仕様を用い CNF 配合不飽和ポリエステルをセルロース系不織布に含浸した FRP 素材をハンドレイアップ成形にて作成した。ハンドレイアップ法は、成形型に不織布を、人手によって樹脂をハケやローラーで含浸させ、脱泡しながら積層し、さまざまな形状に柔軟に対応できる成形法であり、小ロット生産に適した方法であるため、本事業ではこの方法を採用した。これらの組成・手法により、一般的なサイドドアに採用されている鋼板と比較して 6 分の 1 以下の比重 : 1.24 g/cm³ でありながら、鋼板の比強度（引張降伏点強度/比重） : 18kN・m/kg に対して、46kN・m/kg を達成する素材構成となり、令和 2 年度のグリーンスローモビリティ用ドアパネル用素材にもこの組成・手法を採用した。

表 2.1.1.2-1 CNF を利用したドアパネル用 FRP 素材の仕様

種類	品番	メーカー	配合量
不飽和ポリエステル	リゴラック258BQTN	昭和電工(株)	98.8部
CNF	WFo-UNDP	(株)スギノマシン	1.0部
シランカップリング剤	KBM-503	信越化学工業(株)	0.2部
硬化剤	カヤメックM	化薬ヌーリオン(株)	1.0部
セルロース系不織布	FLAXMAT F300HD	Eco-Technilin社	2プライ

※プライ数 : FRP 化する際の基材（不織布）の枚数

ドア作製に於いては、令和元年度の作製実績通りの工程で作製した。ドアパネルはCNF入りガラス繊維材料2層を積層し、ドアヒンジ及びドアノブ装着部については鋼材にて補強し、平面の補強には、ファイバー製Lアングルを使用してリブを立てた。ただし、本業務於いては令和元年度業務の実績から ドアロック機能の強化とヒンジの強化を図り鋼材(SPHC鋼厚さ0.8mm)による強化部を広げた。(図2.1.1.2-2参照)



図2.1.1.2-2 ドア補強材の様子

しかしながら、上山地区での実証試験走行にてドアのひずみが発生し、ドアパネル接合部に亀裂が入り始めたことから、ドア枠を鋼材にて作成しその枠にCNF入り材料にて製作したパネルを張り付ける対策を取った。ドア枠は、SPHC鋼厚さ1.2mmにて製作した。(図2.1.1.2-3、-4参照)



図2.1.1.2-3 鋼製ドア枠



図2.1.1.2-4 CNFパネルと鋼製枠接着

新たな対策品は、前部用ドアについては天日に晒すことで変形を計測することとし後部用ドアについては実車に取り付け耐久試験走行を行った。前部ドア計測方法は、1月12日から29日まで、平日の日中決まった片面を南向きに太陽に晒す周囲の6点を決め基準板（水平板）からドア上面までの距離を計測を行なった。



図2.1.1.2-5 計測の様子（緑テープの位置で計測）

表2.1.1.2-2 計測記録抜粋

環境省Doorカート【計測記録】

日付	曜日	天気	朝			夕					
			最高気温	時刻	①	②	③	時刻	①	②	③
1月12日	火	晴れ	6	8:30	43	42	40.5	16:30	43.6	41.8	40.5
			1								
1月13日	水	晴れ	12								
			0	8:30	43.6	42	40.5	17:00	43.6	42	40.5
1月14日	木	晴れ	15								
			1	8:30	43.9	42	40.5	16:50	44	42.2	40.4
1月15日	金	くもり	8								
			3	8:30	43.8	42	40.5	16:50	43.8	42	40.6
1月18日	月	晴れ	8								
			1	8:30	43.8	42	40.5	16:50	43.4	41.7	40.7
1月19日	火	晴れ	9								
			-2	8:30	43.4	41.9	40.5	16:50	43.8	41.9	40.8
			0								

結果は、次のとおり、鋼製ドア枠により 安定した形状が保てることが分かった。

1月12日（開始日）6点の 最小40.5mm（計測点③）最大44.9mm（計測点⑥）

1月29日（最終日）6点の 最小40.4mm（計測点③）最大44.9mm（計測点⑥）

なお、改善結果の詳細は走行試験の結果と合わせて2.3項で後述する。

2.1.1.3 窓の製作

従来の自動車用窓ガラスに代わる透明かつ軽量な材料として、本事業ではハードコート処理を施したPC樹脂を採用しており、ハードコートへのCNF導入とPC窓の作製概要について下記に示す。

CNFはPC窓の透明性を維持するため、繊維幅の小さいTEMPO酸化CNF（セレンピアTC-01A、日本製紙）を用い、ハードコート並びにPC窓の耐久性を向上させることを目的として、プライマーとトップコートの2層から成るハードコートのうち、プライマー層に導入した。CNFはプライマー層と複合化するにあたり、ポリエチレングリコール（SUNBRIGHT MEPA-20H、日油）にて表面修飾を行い¹⁾、プライマー液の主溶媒（PGM）に分散させた後（図2.1.1.3-1左）、昨年度の検証結果を踏まえて、プライマー固形分比で0.5%となるよう混合した。このプライマー液を用いてPC基板（パンライトPC-1111、帝人）にプライマー層を成膜した後、トップコートを成膜し、「CNF導入ハードコートPC」とした（図2.1.1.3-1右）。PCは、サイドウインドウに3mm、リアウインドウに4mmの厚みの基板を用いた。

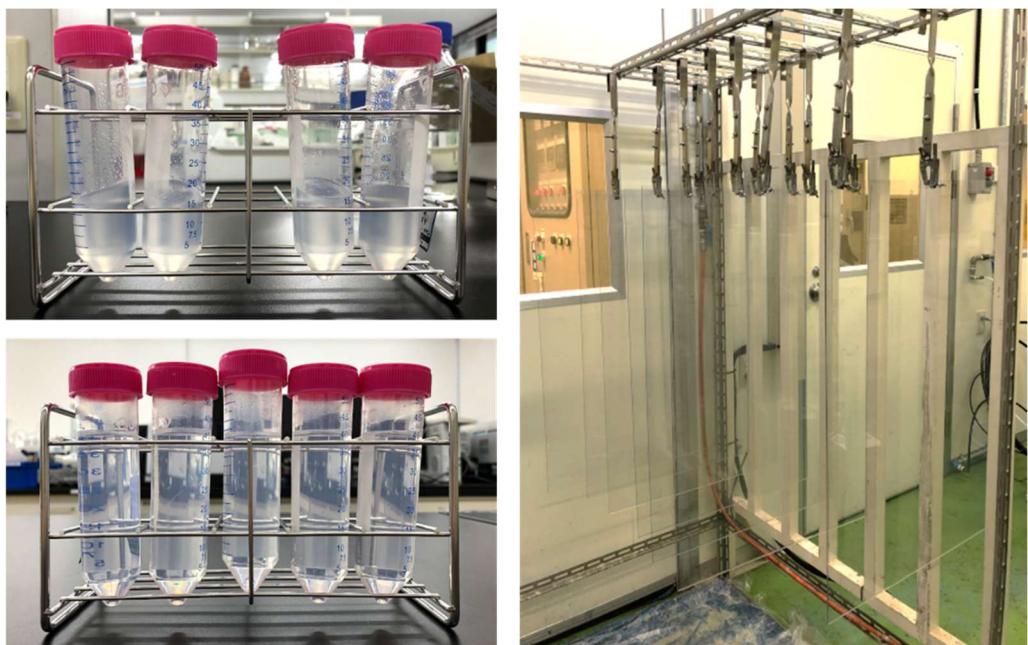


図2.1.1.3-1 プライマー導入用PGM分散CNF（左上：未処理CNF、左下：表面処理CNF）とCNF導入ハードコートPC板（右）

PC窓は、1号車、2号車とも左側（運転席側）にCNF導入ハードコートPC板を使用し、右側（助手席側）は比較対照として通常のハードコートPC板を使用した。その固定については、窓枠をアルミ材にて製作し鋼製のピラー及び各ドアに固定した（図2.1.1.3-2）。また、ワイパー傷の比較のために、1号車のリアウインドウをCNF導入ハードコートPC板

で作製し、2号車を通常のハードコートPC板で作製した。ワイパーは軽自動車で多用され実績のあるリアウィンドウ用ワイパーを取り付けた（図2.1.1.3-3）。



図2.1.1.3-2 窓枠と窓の製作



図2.1.1.3-3 ワイパユニットとリアウィンドウ全景

1) Shuji Fujisawa et. al., Biomacromolecules 2013, 14, 1541-1546

2.1.1.4 製作の過程

本業務にて使用する車両は、令和元年度と同様にエナジーシステムジャパン社製の5人乗りゴルフカートであり基本性能は変わらない。（図2.1.1.4-1参照）



図2.1.1.4-1 ベースカート

このベースカートに対して、規則上必要な種々装備改造及び本業務に必要な改造を加えた。（図2.1.1.4-2、-3、-4参照）

- 保安灯をはじめとする各種灯火類とサイドミラーの装備
- 側面衝突安全にかかる車幅拡張
- シート材質、サイズの変更と乗車定員の変更
- 承認済フロントガラスの装備とワイパーの設置
- リアスクリーンの装備とワイパー設置
- ドア及び窓設置のための側面ピラー等の新設
- ドア及び窓の製作
- 電池交換式とするための電池室改造
- IoT機器の設置
- シートヒーター及び温水暖房装置の装備
- 冬季用スタッドレスタイヤの準備



図 2.1.1.4-2 側面補強、スライド式電池室、車幅拡張



図 2.1.1.4-3 完成車（車検取得後）



図 2.1.1.4-4 暖房装置（左）とコンソール及び IoT（右）

2.1.2 CNF を活用した熱可塑性樹脂のコンソール製作

2.1.2.1 热可塑性樹脂コンソールの製作

平成 27 年～29 年度に実施した環境省委託事業「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業（セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化）」で得られた成果を元にトクラス株式会社が開発した「ウッドナノプラス」をコンソールボックスの材料として利用した。

CNF は、その高いパフォーマンスから、自動車部品としても期待されているが、CNF 自体のコストや使い勝手（CNF は含水状態）の問題から実用化するためには、多くの時間を要する。本材料は、ナノサイズとミクロンサイズが共存する木質系フィラー材料をポリプロピレン等熱可塑性樹脂に均一に分散させた成型加工用材料であり、木質系フィラー材料中には CNF が含まれる他、下記写真（図 2.1.2.1-1）に示すようなナノサイズの毛羽立ちをもつ（フィブリル化した）木粉が含まれている。この特徴のある木質フィラーを利用し、ウッドプラスチックの軽量かつ高強度という特徴を残しつつも、短所であった耐衝撃性を性能アップさせている。

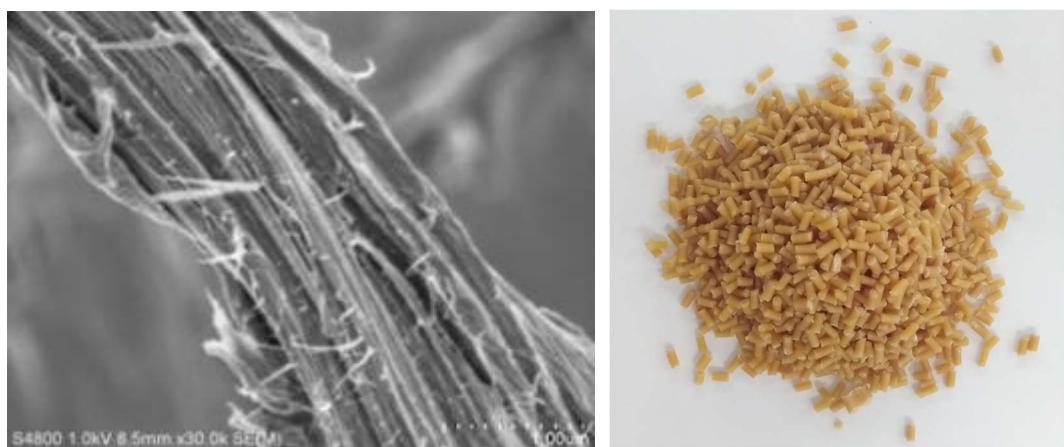


図 2.1.2.1-1 ナノフィブリルを有する木粉とそのコンパウンド

自動車内装部品として採用されているタルク充填プラスチックに対しても軽量・高強度な特性を有する（表 2.1.2.1-1）。また、材料強度の向上に伴い、材料の強度面での軽量化に結びつけるだけでなく、強度アップを活かした部材構造の変更による軽量化も可能となる材料である。

表 2.1.2.1-1 各種フィラー配合品との物性比較

フィラー	PP単体 (木モ)	タルク	汎用木粉	ウッドナノプラス
		25%	25%	25%
比重	0.9	1.08	1.00	1.00
曲げ強度[MPa]	45.8	61.2	66.7	67.7
曲げ弾性率[GPa]	1.4	3.4	2.9	2.7
ノック無し衝撃強度 [kJ/m ²]	41.2	18.3	15.8	25.6

上記の特性を有すことから、今回グリーンスローモビリティのコンソールボックス用材料として利用し、車載検証用として射出成型により製作した。製作したコンソールボックスの形状、寸法を図 2.1.2.1-2 に示す。

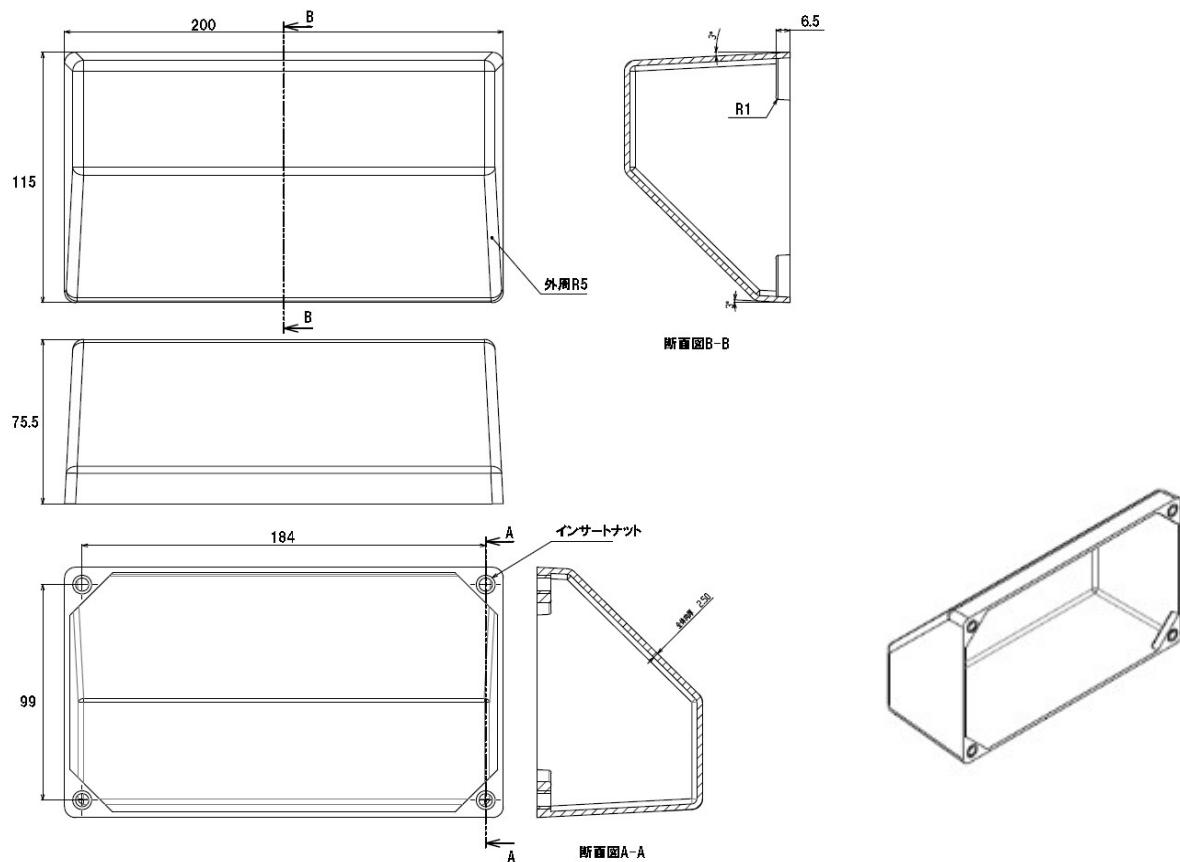


図 2.1.2.1-2 コンソールボックス形状

射出成型に用いたコンソールボックス用金型及び射出成型機（230 t 射出成型機 プラスター Si-230V 東洋機械金属株式会社製）をそれぞれ図 2.1.2.1-3、図 2.1.2.1-4 に示す。

射出成型用の樹脂材料はタルク 25%PP の代替を想定し、「ウッドナノプラス」として CNF 含有木粉 25%、ベース樹脂には耐衝撃性を考慮し、ブロックタイプの PP にてコンパウンドされた材料を用いた。コンソールボックスの射出成型条件を表 2.1.2.1-2 に示す。

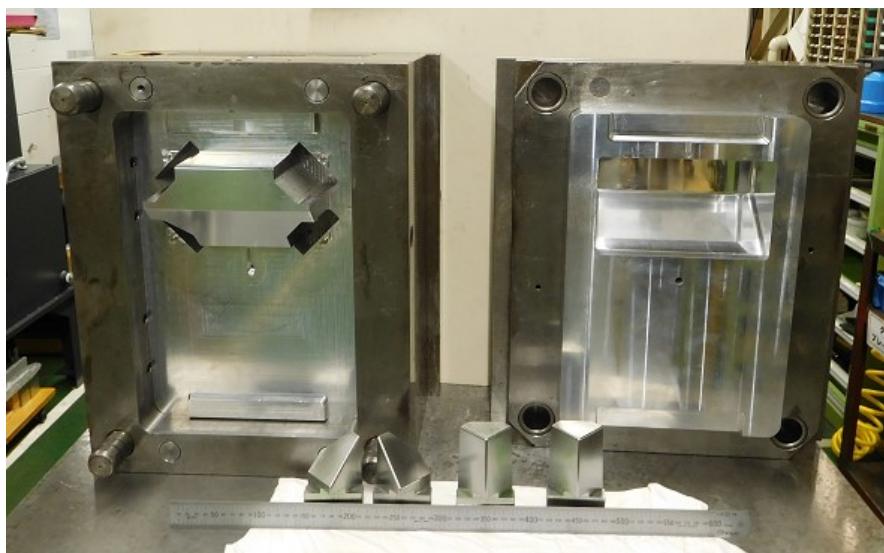


図 2.1.2.1-3 コンソールボックス用金型



図 2.1.2.1-4 230 t 射出成型機 プラスター Si-230V (東洋機械金属株式会社製)

表 2.1.2.1-2 射出成型条件表

温度条件	°C	ノズル	C4	C3	C2	C1
	設定	200	200	195	190	185

射出速度(min ⁻¹)	背圧(MPa)	1次圧(MPa)	保圧(MPa)
80	5	80	40

これらの条件を元に、射出成型によって得られたコンソールボックス成型品を図 2.1.2.1-5 に示す。



図 2.1.2.1-5 コンソールボックス成型品 (塗装無し)

2.1.2.2 コンソールの設置

本業務では、ガラス繊維 FRP（#450 ガラスマット及び熱硬化性樹脂製）で作製されたコンソールと CNF 入り熱可塑性樹脂で作製されたコンソールの比較を行う。

その方法は、同一な車内環境に於いて前部窓からの直射日光（紫外線）及び車両の振動により生じる差異を目視にて観察することとされているため、両者がほぼ同一の条件となるように運転席前部に並べて設置した。

また、ガラス繊維 FRP 製のコンソールは車検対応として各種表示灯などを装備した。一方、熱可塑性樹脂製コンソールは、表示灯などは装備せず塗装のみ同一とした状態で設置した。

図 2.1.2.2-1 左手前は成型した表面状態のコンソール、右奥側は塗装前処理を施した状態である。

塗装は、ガラス繊維 FRP、熱可塑性樹脂製とともにプライマー処理の後、トップコート処理しさらにクリアコート処理を施した。



図 2.1.2.2-1 热可塑性樹脂製コンソール

塗装材料は

プライマー：シッケンズ社製 アクリルポリエスチル樹脂系

ハードナー：ポリイソシアネート樹脂系

ベースコート：シッケンズ社製 1液型低溶剤ソリッドベースコート

トップコート：レゾナール社製

速乾ウレタンクリヤー

を使用した。

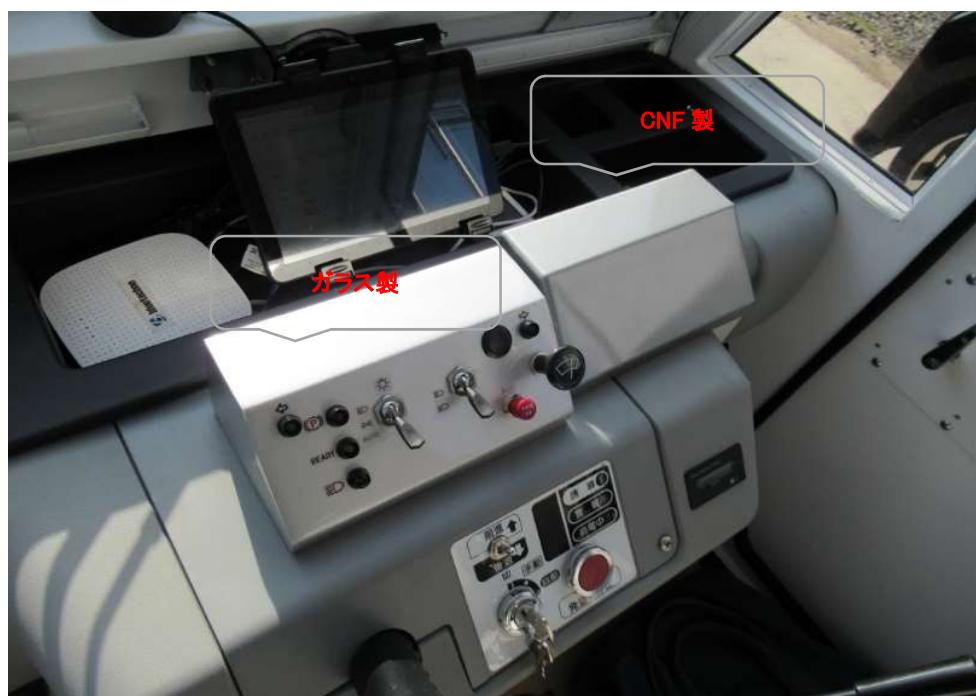


図 2.1.2.2-2 ガラス繊維 FRP (左) 熱可塑性樹脂 (右)

2.1.3 充電ステーションと交換式バッテリーの開発

2.1.3.1 充電ステーションの開発

本業務では令和元年度に実証試験された充電ステーションを基礎に次のような運用要求を基に開発を行った。

- 急速充電は行わない、普通充電時間 8 時間を標準とする
- グリーンスローモビリティー車両本体に搭載された電池に充電できること
- 充電ステーションに交換用（充電済または充電中）電池を置くこと
- 交換用電池は、常に充電されること
- 車両から降ろされた交換用（空）電池が充電できること
- 電池交換のために必要な機能を有する安全な電池収納箱を設置すること
- 基幹電力線に大きな負担をかけないこと

- サイネージで操作と状態表示がされること
- 基幹電力線以外に再生エネルギーから充電可能な設計とすること（実装は将来）
- 充電中の電圧、電流の状態がモニターできること
- IoT を介して充電ステーションの空き状況、電池及び充電状態がモニターできること

2.1.3.1.1 基礎となる必要電力量とインバーター能力の算定

車両搭載電池及び交換用予備電池ともに 48V25Ah タイプを 4 本使用する。

故に、空状態から満充電までに必要な電力量は

$$48V \times 25Ah \times 4 \text{ (本)} = 4,800W\cdot h$$

となる。これを 8 時間にて完了するためには、 $4,800W\cdot h \div 8h = 600W$ の能力のある充電器が必要でありこれは、

$$600W \div 48V = 12.5A \quad \text{----- (1)}$$

となる。一方、本業務で使用するリン酸鉄電池は充電開始時 15.4A の電流で充電を開始する仕様であるので、充電開始時の最大電流は

$$48V \times 15.4A \times 4 \text{ (本)} = 2,957W \quad \text{----- (2)}$$

であり、基幹電力線が 100V とすると

$$(2) \div 100V = 29.57A \approx 30A \quad \text{----- (3)}$$

となる、基幹電力線が 200V とすると

$$(2) \div 200V = 14.79A \approx 15A \quad \text{----- (4)}$$

である。想定される実証地の設備を考慮すると、100V30A の確保は現用施設に大きな影響を与える。空調設備用として単相 200V30A が設備されていることが確認できたので 本業務で開発する充電ステーションは 200V 仕様とし、車載電池又は交換用予備電池のいずれかのみを充電する、つまり車載電池と交換用予備電池の同時充電は行わないこととした。また、充電器本体は 200VAC 入力から 48VDC 最大 62A(②より)、定常時 12.5A(①より)の出力が可能な インバーターを装備する。

2.1.3.1.2 交換用（充電済）電池の取出しと、交換（空）電池の格納方法検討

電池交換の基本手順を次のように想定し設計した。

- (1) 充電ステーションのサイネージで交換用電池確認をし、電池収納スペースを開く
- (2) 車両の電池室ドアを開けて電池を取り出す
- (3) 取出した交換（空）電池を、充電ステーションの空き電池棚に収納し結線する
- (4) 充電ステーションの交換用（充電済）電池の結線を外し車両に搭載し結線する
- (5) (2)、(3)、(4)を繰り返す（左右の電池室）
- (6) 充電ステーションのサイネージで収納した電池状態を確認し、充電開始する

この為、充電器本体とドア操作などのある電池収納箱は別体として設計した。

電池 4 個を 1 ユニットとして同時交換するが、そのための棚を一つにして引き出すと、総重量 45Kg 程の電池が移動し電池収納箱転覆の恐れがある。そのため、一列当たり電池 2 個を収納する引出し式棚を二列二段に並べ 最大 8 個を収納できるスペースを確保した。常に 4 個の電池が乗っている段と常に空の段となり交換手順の間違いを防ぐことができる。また、電力線 及び 電池 BMS (Battery Management System) データ線 のコネクターは、車載側と同じ形式の物を使用する。

2.1.3.1.3 充電ステーションサイネージ（操作）の検討

サイネージは、次の要件で開発した。

- タッチパネル式ディスプレーを使用する
- 基本操作画面と、メンテナンスができる画面モードを有すること
- 系統電力線と再生エネルギー（将来装備）の 2 系統が選べること
- 充電先は、車両搭載電池か電池収納箱内の電池化を選択できること
- 充電中の各系統の電圧電流充電量などが表示されること
- 充電中の各電池（車載 4 個、電池収納箱 8 個）の状態が表示されること

これらの機能を統合し、IoT を介した通信機能を持たせた充電ステーションを総合的に操作できるものとした。また、充電ステーション本体正面に サイズ 10.9 インチのタッチパネル式ディスプレーを装備した。

2.1.3.1.4 製作した充電ステーション及びサイネージ

前項までの検討結果に基づき、数種類の形状をデザインし検討した結果以下に示すような充電ステーション（図 2.1.3.1.4-1、-2）及び サイネージ画面（図 2.1.3.1.4-3）を作製した。

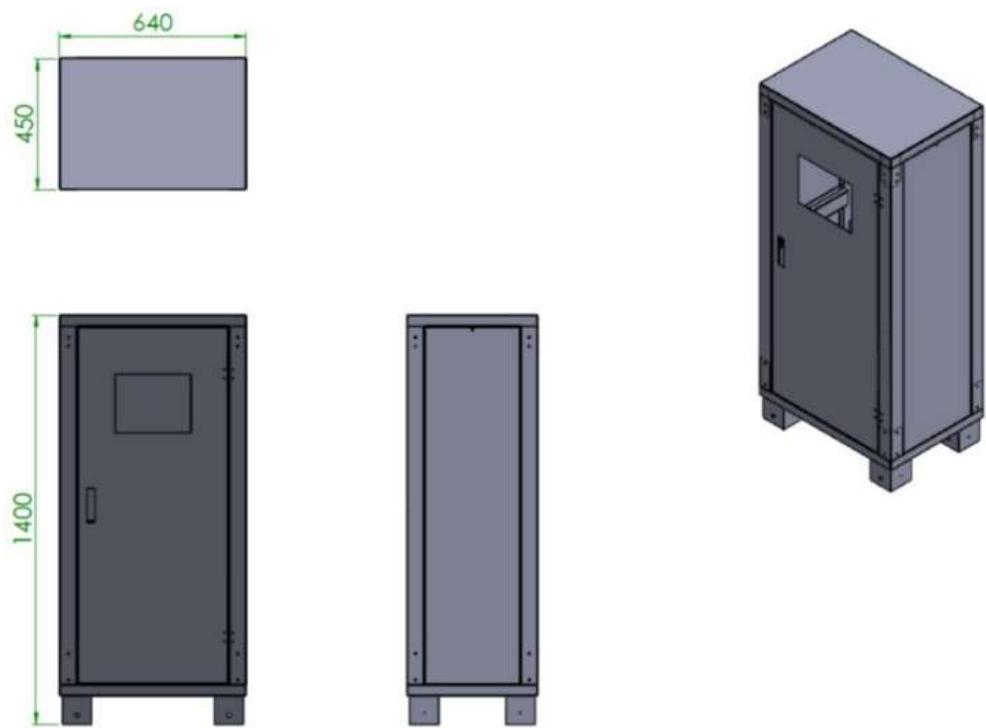


図 2.1.3.1.4-1 充電ステーション本体外観図

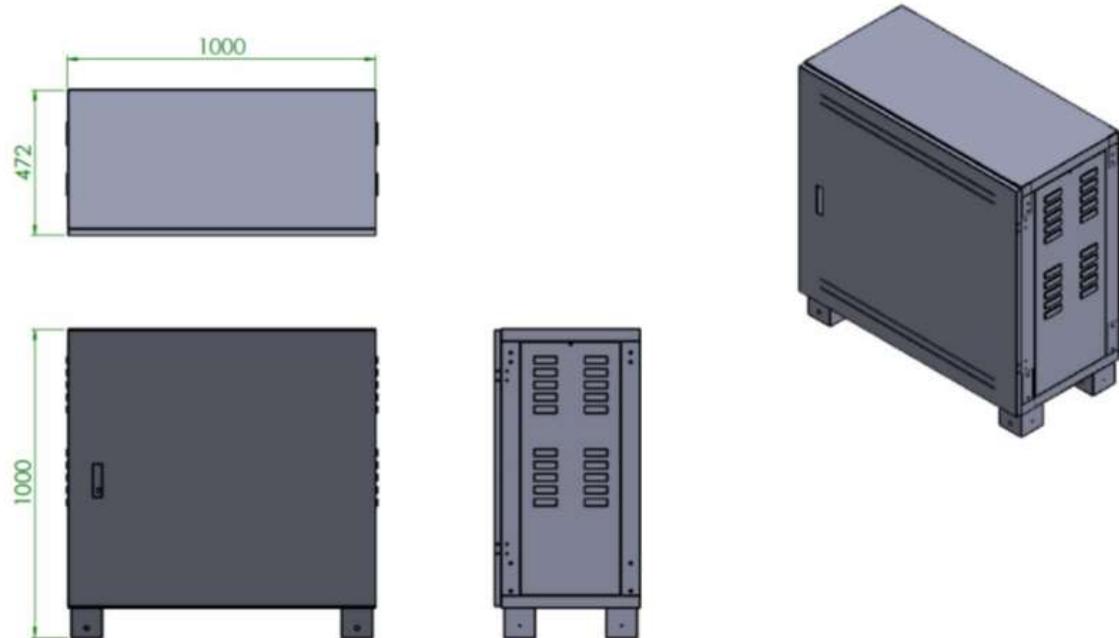


図 2.1.3.1.4-2 交換用電池収納箱外観図

充電ステーションは、少なくとも雨が直接かかるない屋根下に設置することを前提に機器は防滴仕様とした。



(1) 基本画面

この画面で充電先を選択する車載電池充電（左：車両タッチ）交換用電池充電（右：電池収納箱タッチ）を選択する。

裏モード（メインテナスモード）に行く場合は右下赤丸をタッチする。



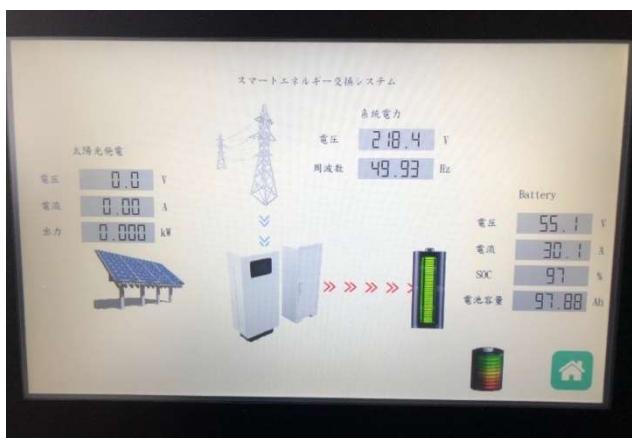
(2) メンテナスモード

ここでログインすると、メインテナスモードに入る。



(3) 車載電池充電

車載電池充電用ケーブルを車両に接続し、ここで開始（START ボタン）終了/中断（STOP ボタン）を選択する。



(4) 交換用電池充電

交換用電池充電を選択すると、この画面となり充電中の電池状態などの情報が表示される

図 2.1.3.1.4-3 サイネージ画面

2.1.3.2 交換式電池の開発

本業務に於いては全く新しい電池パッケージを試作するのではなく、既製品の中から条件に合う電池を選定し一部改善するという方法をとった。また、機械力に頼ることなく簡便に手作業で交換でき、充電ステーションでの作業時間はガソリンスタンドでの停車時間にほぼ同じと想定し、5分ないし10分で完了することを目標とした。

この前提で、交換式とするための開発を車体電池室の構造、電池の選定と扱い法、及び充電ステーションの交換用電池収納箱（2.1.3.1項にて既述）について検討した。

2.1.3.2.1 車両電池室の構造と電池の選定

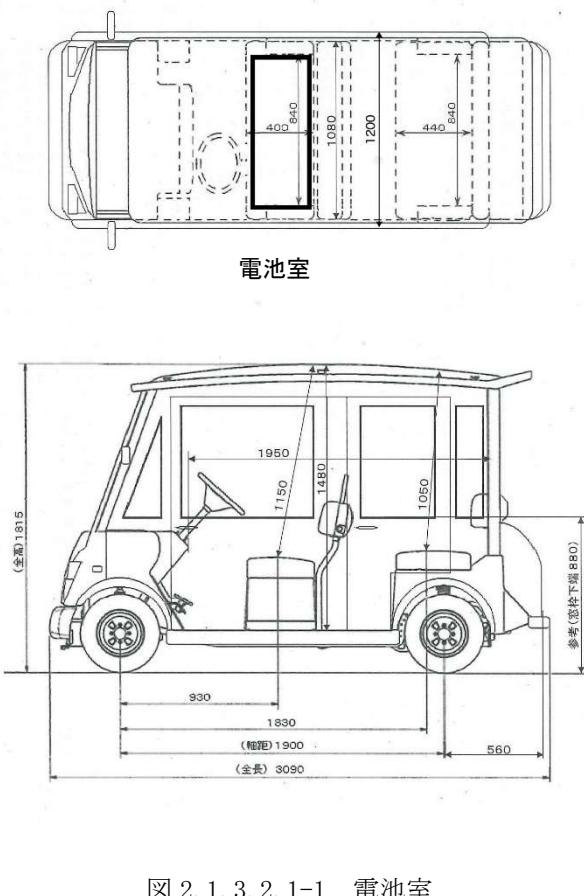


図 2.1.3.2.1-1 電池室

規則により車載電池は、車体最外側より 130 mm 以上内側になければならない。従って、本業務では、左図（図 2.1.3.2.1-1）太黒線枠に示す場所（840 mm x 400 mm）が電池室として使用可能な最大範囲である。この範囲内で、電池を納めかつ交換時電池を引出せる構造とするためには、電池収納ラック、スライド機構及びロック機構を納める余積を取る必要がある。よって、そのための余積を前後各 30 mm、左右各 50 mm 取ると 740 mm x 400 mm のスペースで電池を納めなければならない。

一方、車両基本性能上電池容量は 48VDC/100Ah が必要でありこれに該当する電池候補は、

- ① 12Vx4 直列を必要数並列
- ② 24Vx2 直列を必要数並列
- ③ 48V を必要数並列

のいずれかとなる。

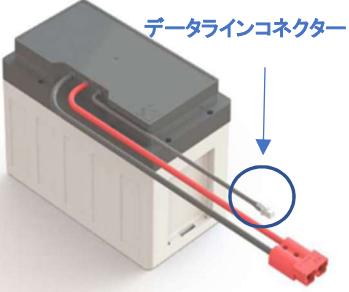
また、交換作業を手作業でやるとすると電池単体の重量は最大でも 15 kg、可能であればできるだけ 10Kg に近い電池であることが望ましい。

これらの諸要素を検討の結果、寸法、電池容量共に規定内に収まる BLUE TECHNO 社製 リン酸鉄タイプ リチウムイオン電池 48VDC/28Ah BLPL0351608PA 型電池を採用した。電池詳細は、表 2.1.3.2.1-1 のとおりである。ただし、本電池のデータラインコネクター

(表中の青丸) は、頻繁に取り外すことを想定したものではないため、交換時の利便性と確実な接続が可能なワンタッチタイプに変更した。(図 2.1.3.1.2-2 参照)

表 2.1.3.2.1-1 電池仕様

リチウムイオン電池-48V28Ah LiFePO4



電気特性	
定格電圧	48V
定格出力	28Ah
抵抗 (ACIR 1KHz)	< 40 mΩ
容量 (1C 流出 @ 25°C)	1300Wh
サイクル寿命 >2000 サイクル	
放電容量は定格容量の70%に達します	
1C 流出 /0.5C 流出 @ 25°C	

C-Rate			1C
温度	Ah	%	
-10°C	24	86%	
-5°C	26	93%	
0°C	27	97%	
25°C	28	100%	
45°C	28	100%	

機械仕様	
モデル	BLPL0351608PA1-01
長さ	318 mm
幅	178 mm
高さ	220 mm
重量	15 kg
ターミナル	BMC2MS ^{#1}
通信インターフェース	RS-485 ^{#2}
ケースの材質	PC-ABS
IP 評価	IP65

#1: 指定された顧客に従う事ができます。
#2: カスタマイズできます。

操作慣行	
標準充電パラメータ	CC-CV
標準充電電圧	57.6V
標準充電電流	14A
最大連続充電電流	28A
標準放電電流	28A
最大連続放電電流	56A
最大瞬間放電電流 (ピーク < 150ms)	200A
充電環境	-10°C ~ 45 °C
放電環境	-10°C ~ 45 °C
保管環境	-10°C ~ 45 °C



図 2.1.3.2.1-2 コネクター (左: 改善前 右: 改善後/ワンタッチコネクター)

2.1.3.2.2 電池扱い法の検討

車載電池を取り出すそして新しいものを装着する機構を考えるに際して、重要な要素は「電池取り扱いの簡便性」と「電池の強固な固定」の両立である。

そのために考慮した要素は「電池取り扱いの簡便性」に関しては、「車内で交換は行わない」を大原則として

- (1) 車外に電池を引出し、その状態で 両手で持ち上げることができる
- (2) その状態のままで、交換電池収納箱に設置できる
- (3) 交換用電池も同様に 収納箱から引出された状態で、両手で持ち上ることができる
- (4) そのままの状態で 車両に載せられる
- (5) 各ソケットは簡単に操作でき及び電線類が邪魔にならない

であり、

「電池の強固な固定」に関しては

- (1) シャーシへの固定は 電池を収納するラックとシャーシの結合で行う
- (2) 電池収納ラックと電池の固定は、道具を使わずに解除、またロックできる
- (3) 電池室保護する（車外からアクセスする鍵付きドアを設ける）

である。

検討の結果、

- ・ スライド式電池収納ラックを作製し、電池は手で固定解除できるボルト固定式とする
- ・ スライド式電池収納ラックは、プッシュボタン式のロック機構で固定・解除する
- ・ 電池重量を考慮し、スライドの強度を確保するため、左右から各 2 個の電池を操作する
- ・ 鍵付きドアを左右二か所に設ける

とした。電力線の結線/取り外しに関しては、高電流の流れることを考慮すると 採用した電池にも標準で使われている「アンダーソン」タイプを使用することとした。

その結果、電池に関しては 交換式のための改造はなく BMS データライン用コネクターの変更以外は 標準のまま使用することとした。

また、重量に関しては 電池重量 15 kg を限度としているが、手作業ではほぼ限界の重量である。コネクター類に関しては、オリジナルの方式を開発すれば さらに簡便で かつ 信頼性のあるものを開発できると考えるが、本業務に於いては 規制品で かつ 実績と信頼性のある製品のみで検討した。

2.1.3.2.3 製作した車両電池室と充電ステーション交換電池収納箱

前項までに検討結果、製作した車両電池室と充電ステーション交換電池収納箱完成写真を以下に示す。（図 2.1.3.2.3-1）



図 2.1.3.2.3-1 車両/充電ステーション電池室

2.1.3.3 オペレーションシステムの開発

本業務では、令和元年度に開発した IoT 利用電池管理システムの成果を発展させ、『コースを周回中の車両が、オンデマンドで乗車したい客をピックアップできるまた、電池消耗時に安心して充電ステーションに行き、直接充電する又は充電済電池に交換することができる』ことを目標にシステムを開発した。

その開発要素は、次の四項目である。なお、車載電池のデータをクラウドに上げるシステムは、令和元年度に開発済でありその成果を流用する。

- (1) 運営センターからドライバーに指示できること
- (2) 車両ドライバーが 情報を得られること
- (3) 充電ステーションの状態が運営センターで分かること
- (4) 上記を達成するため、クラウド上に種々システムを開発する

上記四項目の係わりは、下図 2.1.3.3-1 オペレーションシステム概略図の通りである。

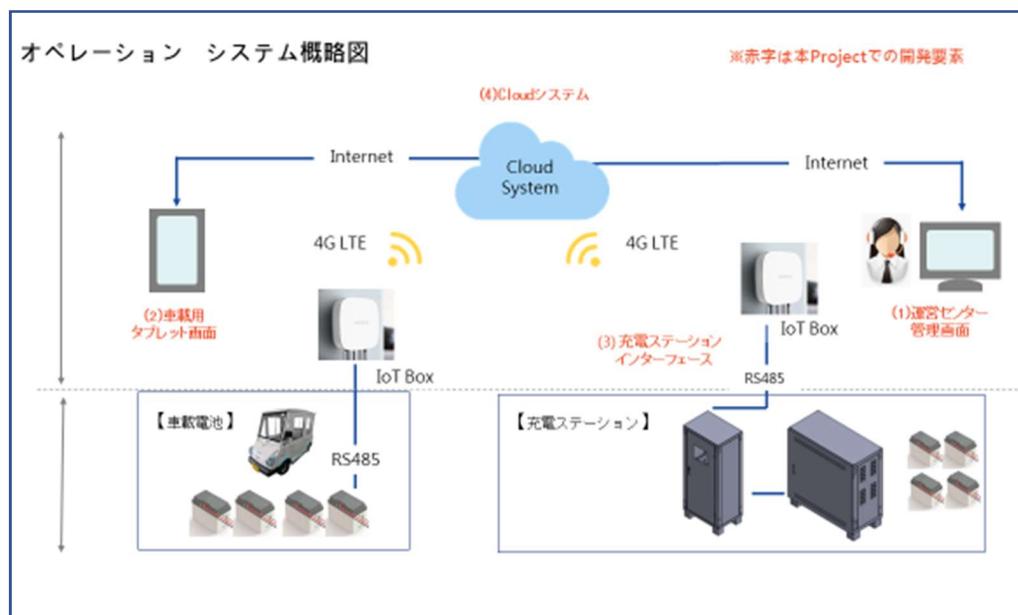


図 2.1.3.3-1 オペレーションシステム概略図

車両位置及び搭載電池情報と充電ステーションの各種情報は IoT BOX を利用してデータ回線を経由してデータをクラウド上に保存し、車載及び運営センターでの表示を含めた機能は、クラウドに保存されたデータを利用した別プログラムで運営し各末端は Wi-Fi を経由して通信する。

(1) 運営センターの管理画面

運営センターでは、各種情報の確認と、オンデマンドで予約した乗客の情報をドライバーに指示・確認できる

(1)-1 運営センター用管理画面-1

① Log in 画面

ログイン

アカウント
admin@nextdrive.com.tw

パスワード

ログイン

② 運営センター用管理画面 (車両画面)

地図上に車両の位置と電池状況が表示されている。各車両の情報欄には電池残量、電圧/電流、乗客数が表示されている。

- 運営センター用のID/アカウントとパスワードを設定
- 地図画面上にて全車両の電池残量、電圧/電流、乗客予約確認状況、乗客数を表示
- 編集ボタンで乗客予約情報の追加等の編集を行う(次Page参照)

図 2.1.3.3-2 運営センター用管理画面-1

(1)-2 運営センター用管理画面-2

① 乗客予約情報編集画面

予約のあった乗客の詳細情報を編集し、保存・送信ボタンで当該車両のドライバーに通知

No.	乗客名	電話番号	予約希望	送迎順番	住所	予約確認
1	乗客1	0999-123-456	15:10	1	岡山県xx	map 未済

緑色の「編集」ボタンと赤枠で囲まれた「保存」、「送信」ボタンが表示されている。

② 乗客予約情報編集画面

乗客名、電話番号、予約希望、送迎順番、住所、予約確認欄が表示されている。右側に「最終更新時刻: 15:51」と表示されている。

緑色の「編集」ボタンと赤枠で囲まれた「送信」ボタンが表示されている。

図 2.1.3.3-3 運営センター用管理画面-2

(1)-3 運営センター用管理画面-3

③充電ステーション画面

- 全充電ステーションを表示
- 各ステーションのステータス、出力電圧/電流状態、および交換電池の残量、車載充電の電池残量と残り必要時間を表示

図 2.1.3.3-4 運営センター用管理画面-3

(2) 車載情報画面

車載画面では、ドライバーが 予約客情報を受信し、確認する。また、乗客乗り降りさせたら乗客数を増減し、運営センターに乗客数情報を報告する。

(2)-1 車載用タブレット画面-1

① Log in 画面

ログイン

アカウント
A98F60

パスワード

ログイン

② 車載用タブレット画面

電池残量
94%

電圧/電流
53.1V / 0A

乗客数
未添
確認

0

• ログインした車両のみ表示
• 乗客数をドライバーが+と-ボタンを押して更新し、運営センターと情報を共有
• 予約確認の確認ボタンで、予約乗客の情報を運営センターから受け取った情報を確認する(次Page参照)

図 2.1.3.3-5 車載用タブレット画面-1

(2)-2 車載用タブレット画面-2



図 2.1.3.3-6 車載用タブレット画面-2

(3) 充電ステーションのインターフェース

充電ステーションの情報は、下図（図 2.1.3.3-7）のように車載電池データの送信と同じ NEXT DRIVE 社製の IoT BOX 機能を使用してクラウドに上げる。

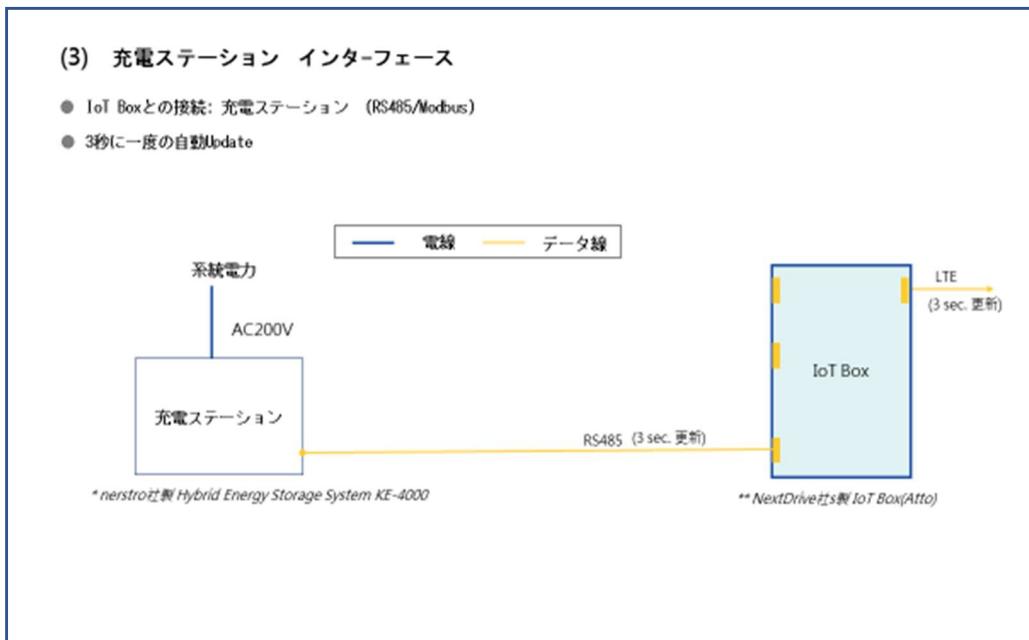


図 2.1.3.3-7 充電ステーション インターフェース

(4) クラウド内のシステム構築

クラウドでは、下図（図 2.1.3.3-8）に示すような構成でシステム構築した。

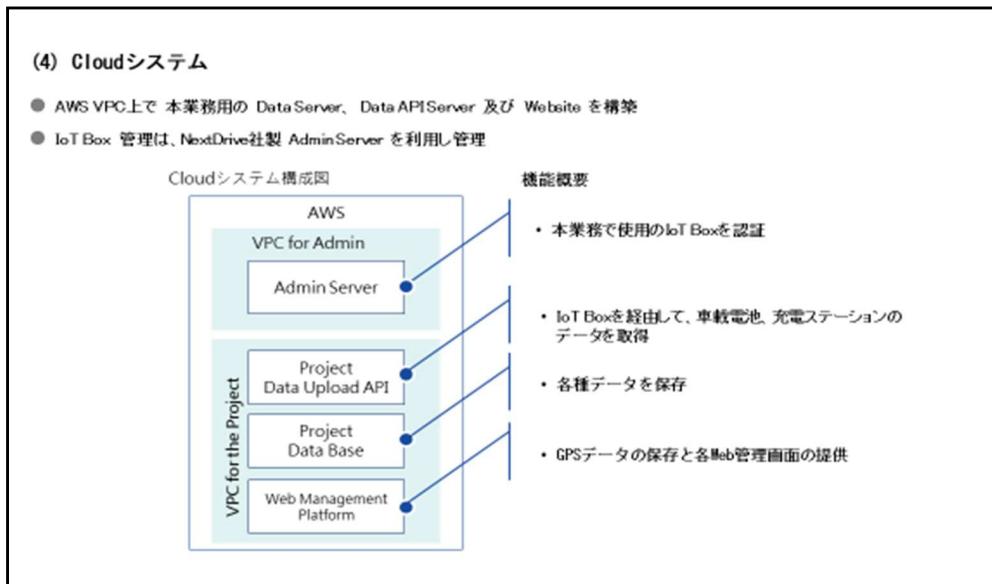


図 2.1.3.3-8 クラウドシステム

参考： 令和元年度に開発した車載インターフェースの構成を下図に示す

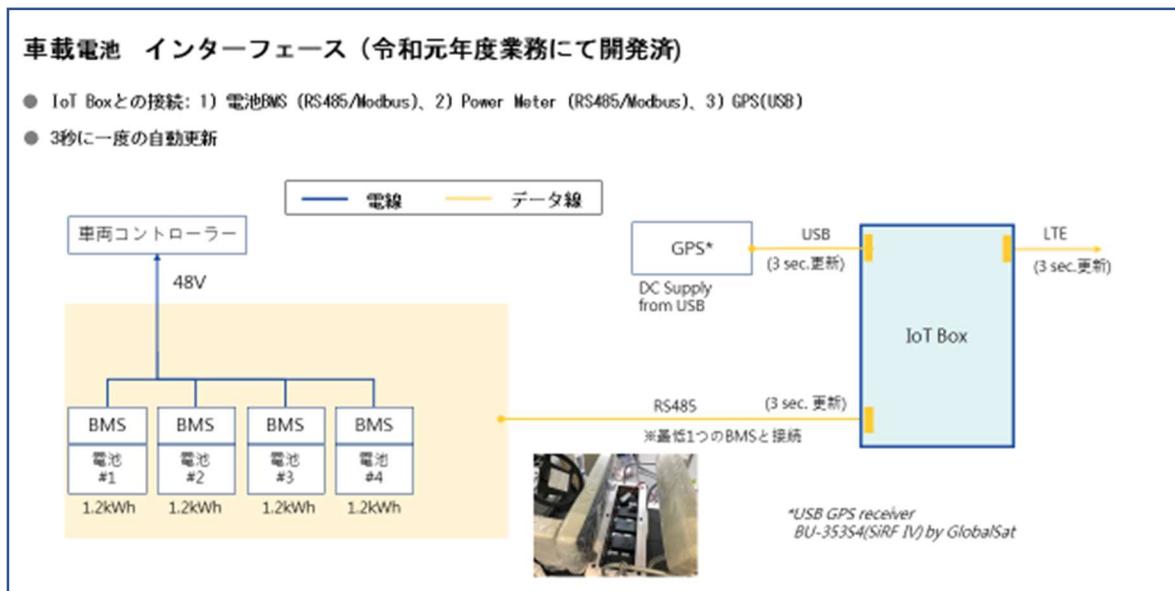


図 2.1.3.3-9 車載電池インターフェース

2.2 CNF 部材等を活用したグリーンスローモビリティの長期間二地域での走行実証

2.2.1 走行実証の条件

2.1.1 で開発したグリーンスローモビリティについて、CNF 部材の性能の検証と、交換式バッテリー管理システム、充電ステーションの有用性を検証するために二地域での走行実証を行なった。

1) 走行地域

走行実証を行う地域については、気候・地形・交通状況的に対照的な条件の地域として、下記を選定した。

- ・中山間地域の代表：岡山県美作市上山地区周辺
- ・市街地の代表：神奈川県平塚市太洋産業貿易平塚工場周辺

2) 地域の概要

それぞれの地域の気候・地形・交通状況の概要と地図を下記に示す。

表 2.2.1-1 走行実証の地域概要

地域	気候	地形	交通状況
岡山県美作市上山地区	10月の平均気温は15.8度、12月の平均気温は4.5度。 (令和2年度、和気市の記録)	標高差の大きい山間地帯。	交通量は全般的に少なく、主に住民もしくは工事車両が通行する。
神奈川県平塚市太洋産業貿易平塚工場付近	11月の平均気温は13.7度、1月の平均気温は4.7度。 (令和2年度、海老名市の記録)	相模川の下流域の平野部で高低差が少ない。	県道などの幹線道路では交通量は多いが、住宅地内の道路は交通量が少ない。



図 2.2.1-1 岡山県美作市上山地区周辺の地図

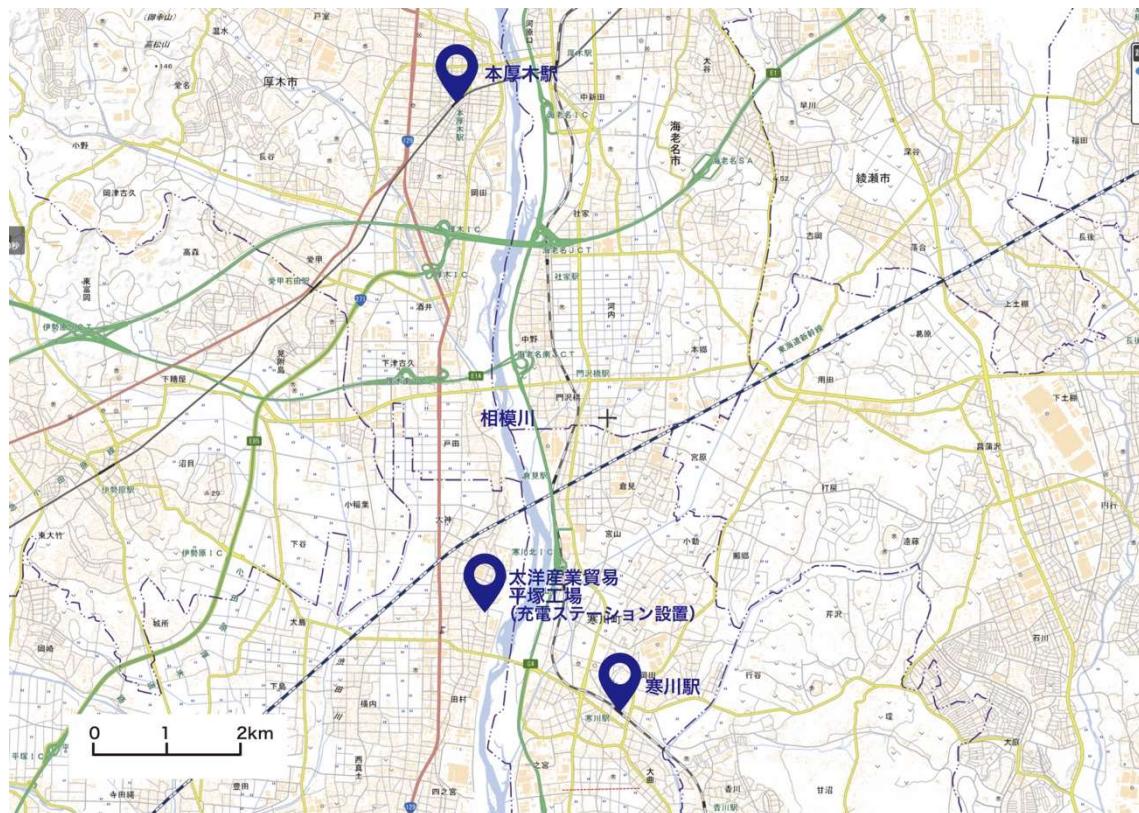


図 2.2.1-2 神奈川県平塚市大洋産業貿易工場付近の地図

3) 走行実証のスケジュール

当初、実施期間については、気温が比較的高い時期（9月、10月）と気温が比較的低い時期（12月、1月）にそれぞれの地域で行う予定であったが、車検の取得に当初の予定から一ヶ月以上長く時間がかかり、10月初旬の取得となったことから、走行実証は10月初旬開始となった。また、神奈川県平塚市では、走行の前に車のメンテナンス、不具合の整備に時間を要したため、岡山県美作市に比べて走行の期間が短くなっている。

表 2.2.1-2 走行実証実施日程

	10月	11月	12月	1月
岡山	走行実証 10/9～11/10		走行実証 12/1～12/27	
神奈川		走行実証 11/16～ 11/30		走行実証 1/6～1/19

4) 走行実証の方法

いずれの地域においても、グリーンスローモビリティが地域交通システムとして使用されることを想定し、実利用に近い状況での走行実証を行った。交換式バッテリーについては、各地域の拠点となる場所に設置した。主な利用用途、利用範囲、について下記に示す。

岡山県美作市での走行実証

- ・利用用途：地域住民の買い物、会合等の送迎、子供の通学、来客の観光案内、夜間の獣害対策の見回り等
- ・利用範囲：交換式バッテリーの設置場所である大芦高原温泉雲海、上山棚田団サテライト事務所を（図 2.2.1-1 参照）拠点として、和気駅や、スーパーマーケット、小学校等

神奈川県平塚市での走行実証

- ・利用用途：工場の従業員による工場周辺の走行
- ・利用経路：交換式バッテリーの設置場所である大洋産業貿易平塚工場（図 2.2.1-2 参照）を拠点として、住宅街、寒川駅、相模川河川敷等

2.2.2 走行実証の様子

岡山県美作市上山地区での走行実証の様子



図 2.2.2-1 子供の通学送迎の様子



図 2.2.2-2 高齢者の会合への送迎の様子



図 2.2.2-3 幼稚園への通学送迎の様子



図 2.2.2-4 ナイトサファリの様子



図 2.2.2-5 来訪客の観光送迎の様子



図 2.2.2-6 高齢者への会合への送迎の様子