

COVID-19 感染者搬送車両の短期開発

— 迅速な車両提供による社会貢献 —

Short Lead Time Development of Customized Vehicles with Preventive Measures for COVID-19 Infection
- Social Contribution through Swift Provision of Vehicles -

中 尾 敬一郎¹
Keiichiro NAKAO

田 中 利 享²
Toshiyuki TANAKA

要 旨

COVID-19 に対応する自治体、医療機関を支援するため、感染者搬送車両を開発した。感染または感染の疑いのある市民を医療機関などへ搬送する際に、運転手への感染を防止する仕様を開発し、それを既存車両に組み込んだ感染者搬送車両を2週間で自治体へ納入した。この短期間での開発と提供のため、感染防止手法として既存の車両の運転席背面にフラットな隔壁を取り付け、車載のエアコンの送風能力を活用するというシンプルな機構を採用した。感染防止機能の指標となる隔壁前後の差圧は目標とした手術室の管理目標値 2.5 Pa 以上を、キャビンの換気能力は目標の 12 回 /h 以上を達成した。この車両を 2020 年 4 月から 12 月までに計 158 台を仕立て、25 都道府県に提供した。

ABSTRACT

Honda has developed a vehicle for transporting infected persons in order to support local governments and medical institutions responding to COVID-19. Honda first developed specifications to protect drivers from infection while transporting infected persons or persons suspected to be infected to medical institutions and the like, then incorporated the specifications into an existing production vehicle and delivered the infected person transport vehicle to local governments within two weeks. In order to develop and provide the vehicle in a short period of time, simple infection-prevention mechanisms were adopted. These consisted of a flat partition attached to the rear of the driver's seat in the existing vehicle and the ventilation functions of the vehicle's air conditioner. Infection prevention performance indices were the differential pressure between the spaces fore and aft of the partition and the cabin ventilation capacity. The differential pressure target of over 2.5 Pa (standard for medical operating room) and the cabin ventilation capacity target value of over 12 times/h were achieved. Between April and December of 2020, 158 of these vehicles were assembled and provided to 25 municipalities and prefectures.

1. まえがき

近年、企業の社会貢献への要望は年々高まっている。Environment(環境)、Social(社会)、Governance(企業統治)の頭文字をとって ESG と呼ばれる観点は近年特に注目され公益性が収益性と同等に企業価値判断において重要な役割を果たしている⁽¹⁾。またこの Social で示される社会貢献が環境、企業統治と同様に企業活動の成果として求められている。Honda は主体的に社会貢献に取り組んでおり、これまでも交通安全活動、災害復興支援などを通して継続的に社会貢献をおこなってきた⁽²⁾。

2019 年から世界で感染が拡大した新型コロナウイルス感染症 Coronavirus disease 2019 (COVID-19) は市民の健康の危機だけでなく、移動の制限など社会活動広範に深刻な悪影響を及ぼした。2020 年 4 月は日本における第一波の感染拡大期であり、急速かつ広範な感染症拡大で多くの問題が顕在化したが、特に医療分野での貢献が求められていた。この状況で Honda は増加する感染者の医療機関への安全な搬送、感染症対策の医療用品、医療用機器に対するニーズの高まりを支援すべき社会的課題と捉えた。

新型コロナウイルスの感染拡大に対して Honda は以下三つの社会貢献活動をおこなった。

¹ Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH

E-mail: keiichiro_nakao@de.hrdeu.com

² 本田技研工業株式会社

- ・自治体への感染者搬送車両の提供
- ・医療機関へのフェイスシールドの提供
- ・人工呼吸器の生産支援

本報ではこの内の感染者搬送車両の開発について述べる。ウイルス感染の拡大といったような事象への対応は予期できておらず、COVID-19 感染拡大に応じての開発開始であった。このため全く知見がない状態から感染者を搬送する車両が不足するより早いタイミングで車両を提供する必要があり、短期間で感染防止機能の開発と、生産準備、車両の仕立をおこなった。

2. 開発のねらい

COVID-19 感染者搬送車両（以下 搬送車）の開発にあたり以下をねらいとした。

- (1) シンプルな構造での感染防止機能の付与
- (2) 迅速な車両の提供

開発開始時、感染者または感染が疑われる市民は歩行可能な軽症または無症状者も多く、感染者の急増に対応するため搬送には救急車だけでなく、保健所の市販車の公用車が使われており、救急隊員、保健所職員など、医療従事者の感染拡大を招く危険性があった。そこで運転手への感染防止機能を有する車両の開発を開始した。

開発開始時点の 2020 年 4 月 1 日時点では感染拡大による感染者搬送用車両の不足は顕在化していなかったが、独自に搬送車提供のニーズを想定し、開発日程の目標は仮に 2 週間後の 2020 年 4 月 15 日での提供開始とした。

また開発開始時点では車両提供の方法、台数も未定であり、シンプルな構造を採用することで市販車をベースに簡単に感染防止機能を付与、復元できるようにして広く社会に提供することをねらった。

3. 感染防止機能と構造

3.1. 設計思想と性能目標

開発した搬送車の模式図と内部の写真を Fig. 1, 2 に示す。一般的に医療機関での空間の感染防止は、保護する空間を陽圧として差圧を設け外部から空気の流入を防ぐことによりおこなわれる。同様の考えを本搬送車においても採用し、感染防止が必要な前席側（運転席・助手席側）を陽圧の状態にして搬送者が座る後部座席の間に差圧を生み出すこととした。さらに搬送車を迅速に提供するためにはこの機能を市販車に対しシンプルな機構で実現する必要があった。そこで市販車の前席背面に隔壁を設け、車載エアコンにより前席側を陽圧とした差圧を発生させる機構を採用した。

まず前席背面の隔壁で後部座席側との空気の流れを遮った。そうすることでエアコン吹き出し口がある前席側は、

エアコンで外気取り込みをおこなうと大気圧に対し陽圧となる。また隔壁の後部座席側は車両後部の排気口から大気圧解放されるため相対的に隔壁前後で前席側「高」、後部座席側が「低」の差圧が生まれる。この差圧により後部座席から前席への空気の流入を防ぎ感染防止の機能を果たした。このアイデアは病院の手術室が感染症予防のため陽圧となっていることと、車載エアコンは短時間で車室内を快適にするため強力なファンを搭載しているという知識から得た発想である。本報では STEPWGN を事例として取り上げるが他車種においても同じ構造により感染防止機能を付与できた。

次に感染防止機能の目標値を設定した。まずは機能の柱となる隔壁前後の差圧は日本の病院設備設計ガイドラインから手術室の管理目標値 2.5 Pa 以上⁽³⁾とした。換気能力は換気回数（1 時間当たりの換気体積を室内容積で除した値）12 回 /h 以上とした。これは自治体からの要請で米国疾病予防管理センター（CDC）が空気感染の隔離区域に換気回数最低 12 回 /h 以上を推奨していることによる⁽⁴⁾。

構造は各部品ボルト締結で容易に取り外し可能とし、材質は不燃、難燃性部材を採用することで、市販車からの搬送車への仕立ての際の作業性と使用における安全性にも配

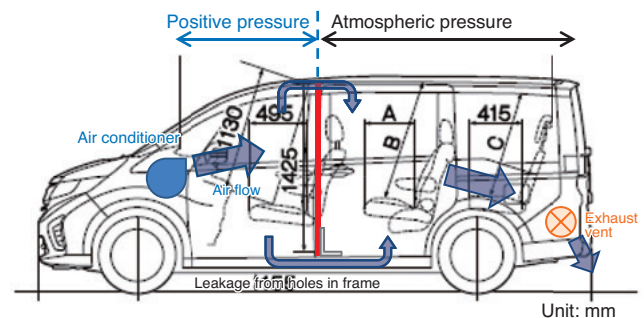


Fig. 1 Schematic diagram of vehicle



Fig. 2 Inside view of vehicle

慮した。また乗員に安心を与えるために、外観品質にも注意を払った構造とした。

3.2. 隔壁の構造

気流を遮るための前席背面の隔壁はパネル、シール、窓で構成され、極力シンプルな構造を実現するため、パネルは曲げ、溶接などの加工を加えない一枚板構造を採用した。重量増加を抑えるためパネル材質はアルミニウム合金とし、気密及び乗員の切創防止のため端面をゴムのシール材で保護した。隔壁の取り付け位置は前後の開口を仕切るセンターピラーの後端とした。Fig. 3 に隔壁左端の取り付け部を示す。

スライドドアの車両の場合、センターピラー後端には後部座席への乗降を補助するためのグラブレールがある。Fig. 3 に示すようにこのグラブレールで隔壁を共締めして車体に固定した。グラブレールを隔壁の固定部材として活用したことにより固定用ボルトが見えないだけでなく、後部座席への乗降時に乗員がグラブレールを使用できるようにした。また隔壁の左右端面はセンターピラー後端に位置しており、開口部の密閉に用いるウェザーストリップが取り付けられている。このウェザーストリップを活用し隔壁を車体外板と共締めする構造とした。隔壁の左右端面は後席乗車時に乗員の視線にあるが共締め構造により隔壁の左右端面は後席乗車時に乗員の視線に入らず、本来密閉のためのウェザーストリップで締結したことで隔壁の気密性確保にも寄与した。

搬送する後部座席乗員の容体急変に備えて、後部座席が視認できるように隔壁中央部にはポリカーボネート製の車室内窓を設けた。Fig. 4 に隔壁の窓を示す。

一般的に内装品の締結部分は乗員の視界に入らない位置に配置するため、通常は隔壁の窓も後部座席乗員から締結部が見えない前席側に配置する。しかし設計で連携した福祉車両の開発チームからの提案により、後部座席の乗員が

異常時に窓に寄り掛かった際に押し抜きを防止するため窓を後部座席側に取り付けた。この窓に対しては安全確認だけでなく利用者から後部座席で開放感を感じられるという評価を得た。

3.3. 空調システムの活用

市販車両の車室内には Heating, ventilating, and air-conditioning unit (HVAC) と呼ばれる空調ユニットが搭載され、送風、熱交換、冷暖房の切り替え、内気循環、外気導入の切り替えなどの機能を有し車室内の空調をおこなっている。また車両後部には一方向弁を備えた排気口があり車室内に取り込んだ空気はここから排気する。つまり外気取り込みモードでエアコンを使用する際には、車室内は大気圧に対し陽圧状態で空気は前から後ろに向かって流れる。また HVAC は STEPWGN の事例で $450 \text{ m}^3/\text{h}$ と大きな送風能力を持つ。隔壁の気密をおこなえば HVAC のみで十分な差圧が確保可能だと考えて試作をおこない、目標の 2.5 Pa 以上の差圧を確認した。HVAC ユニットの外観と搭載位置を Fig. 5 に示す。

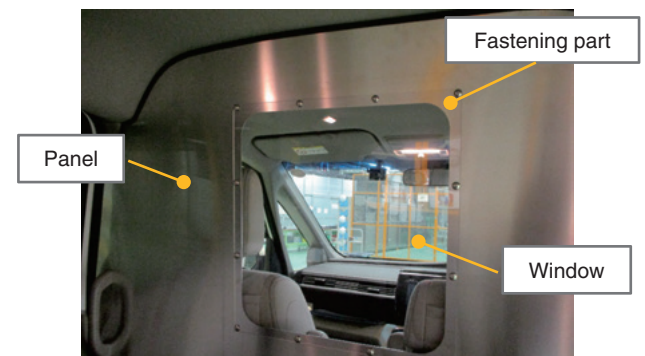


Fig. 4 Internal window of partition

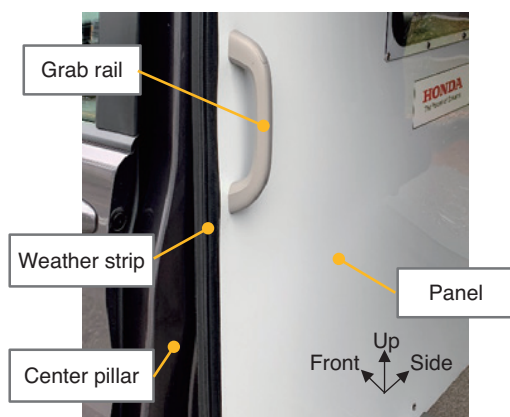


Fig. 3 Side part of panel fixed by using grab rail and weather strip

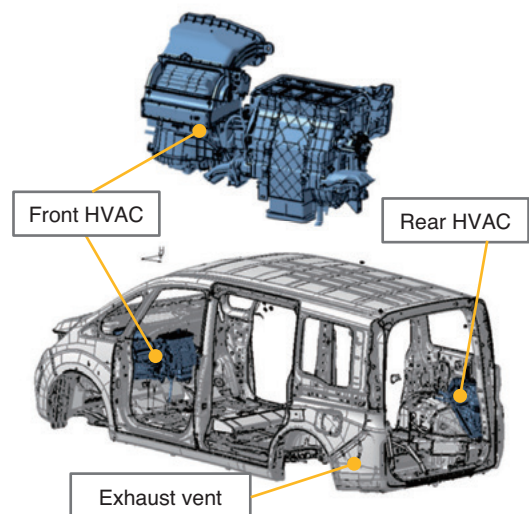


Fig. 5 HVAC unit and its layout in vehicle

搬送車では隔壁前後の差圧発生のため、エアコンは必ず「外気取り込み」で使用する必要がある。誤って「内気循環」となると隔壁前後に差圧を発生できず感染防止機能が働かない恐れがある。そのため搬送車両は組立時に「外気取り込み」状態で HVAC のフラップのアクチュエーター配線を外し、常時「外気取り込み」で作動するようにした。また感染防止機能を最大限発揮するために「前席エアコンは最大」での使用を規定した。

3.4. 隔壁前後差圧の検証

感染防止機能の評価のため、隔壁前後の差圧を測定した。測定条件は「外気取り込み」で前席エアコンを最大とし、隔壁の側面からエアースコップを挿入し、隔壁前後の差圧を差圧計で測定した。差圧測定の様子を Fig. 6 に示す。

2020 年 4 月に組み立てた 19 台の STEPWGN (DBA-RP1 1.5 L ターボ, CVT, FF, エアコン風量手動で最大) の事例では停車中の測定値は 11 から 20 Pa (平均 15.4 Pa) であり、目標の 2.5 Pa 以上を大きく上回った。また走行中は車体後部の排気口による走行風による負圧が発生するため相対的に隔壁前後の差圧が上昇する。上記 STEPWGN で測定した際は 20 km/h 走行時に 5 Pa 差圧の上昇を確認した。

3.5. 換気能力の検証

次に自治体からの要望があった換気能力の検証をおこなった。換気能力は CDC の規定に従い 1 時間当たりの換気量を換気する空間の体積で除した値を 1 時間当たりの換気回数として評価する。搬送車での測定は車体後部の車室内排気口出口での風速を測定し、排気口の断面積から 1 時間当たりの換気量を算出する。この値をキャビンの体積で除して換気回数を算出した。排気口での風速測定の様子を Fig. 7 に示す。

差圧測定と同じ STEPWGN の事例で換気能力は 73 から 111 回/h (平均 90.2 回/h) であり目標の 12 回/h 以上を達成した。

3.6. 気密性の確認

前席への空気漏洩を視覚的に確認するためにスモークテストを実施した。

全てのドアを閉じた状態で、運転席に着座し、エアコンを停止した後に隔壁の後部座席側に設置したスモークマシンをリモコン操作で起動する。後部側に煙を充満させた後にエアコンを起動し隔壁前後に差圧を発生させ、隔壁の隅部、隔壁の窓枠シールその他から隔壁の前席側への煙の侵入がないことを確認した。スモークテストの様子を Fig. 8 に示す。

3.7. 飛沫飛散防止能力の確認

COVID-19 では感染者の咳、くしゃみによる飛沫飛散、飛沫感染が問題となった。そのため勢いよく飛散する飛沫を再現し、前席の侵入の可能性について確認した。

咳、くしゃみによる飛沫飛散は 1 から 2 m とされる⁽⁵⁾。飛沫飛散を再現し可視化するため、紫外線ランプの照射で発光する蛍光剤水溶液を模擬飛沫として、圧縮空気で作散させる試験を採用した。0.4 MPa の圧縮空気の容量を変化させながら紫外線ランプで十分視認できる量の 5 ml の蛍光剤水溶液が 2 m 以上飛散する条件を探索した。その結果、感染者の口元に見立てた 1.6 m の高さから模擬飛沫が 2.7 m 飛散する条件を試験条件とした。この条件で隔壁後部に飛沫飛散の装置を持ち込み、隔壁前後に差圧を発生させた状態で後部座席着席時の頭部位置を想定した座面から高さ 700 mm、隔壁から 850 mm の位置から隔壁に向かって水平方向前面の溶液を飛散させる。飛散範囲を紫外線ランプで確認し、隔壁前部への飛散がないことを確認した。飛沫飛散テストの様子を Fig. 9 に示す。

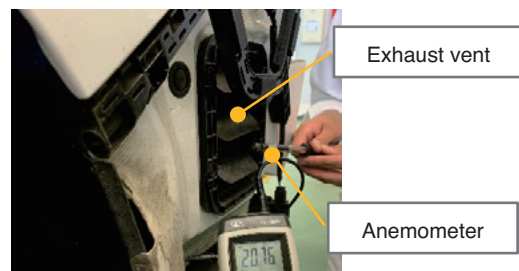


Fig. 7 Ventilation capacity measuring test



Fig. 6 Pressure differential measuring test



Fig. 8 Smoke leak test

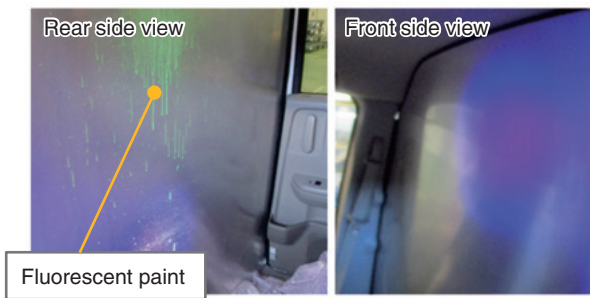


Fig. 9 Scattering test of cough droplets

4. 迅速な提供のための生産技術

本開発では「2週間での納入」の目標達成のため仕様開発に並行して生産準備を進めた。生産準備期間の短縮には生産技術統括部が開発を進めてきたフレキシブルな生産プロセスが寄与した。結果として搬送車1車種を隔壁設計開始から搬送車に仕立てて検査が完了するまでに必要なリードタイムは3から4日であった。搬送車の生産プロセスと特徴を説明する。

4.1. 設計・試作

隔壁の形状は車種ごとに取り付け位置、取り付け方法、端面の見切りなどを考慮して設計する必要がある。

形状はセンターピラー後端の隔壁取り付け位置での断面形状を元に設計する。上下寸法は気密性確保のためのゴムシール材のクリアランス分小さく設定した。また隔壁自重や差圧を受けるため左右に緩い円弧状で取り付ける。そのため左右に数十mm大きく設計した。取り付けに用いる後部スライドドアのグラブレール取り付け穴もパネル形状に反映した。実際の隔壁は車体への取り付けにより変形するため、隔壁は設計、試作、実車での取り付け確認を繰り返し最終的な切断形状を決定した。

4.2. 隔壁パネル切断

隔壁の生産リードタイム短縮は、切断のみで製作可能な一枚板構造の隔壁パネルの採用と、フレキシブルかつ高速なレーザ切断機 Intelligent Laser Blanking System (ILBS) の活用によるものである。

Fig. 10 に ILBS の概要と適用技術を示す。

本生産に用いた ILBS は Honda オリジナルの車体鋼板用高速レーザ切断機であり、高速レーザカット技術、高加速度レーザヘッド駆動技術、高速同期コンベヤの開発により世界最高クラスの切断速度 120 m/min (Fe 板厚 0.6 mm) の性能を有する。ILBS のブランキングとはロール状の車体用鋼板コイルからプレス工程前の車体用鋼板ブランク材を生産する工程であり、通常プレス加工を用いる。プレスブランキン

グは生産速度が高いが部品ごとに金型費用と金型製作リードタイムが必要となる。ILBS は高速化技術によりこの工程を金型不要のレーザ切断に置き換えて、埼玉製作所寄居完成車工場に量産導入した。Fig. 11 に ILBS で切断中のパネルを示す。

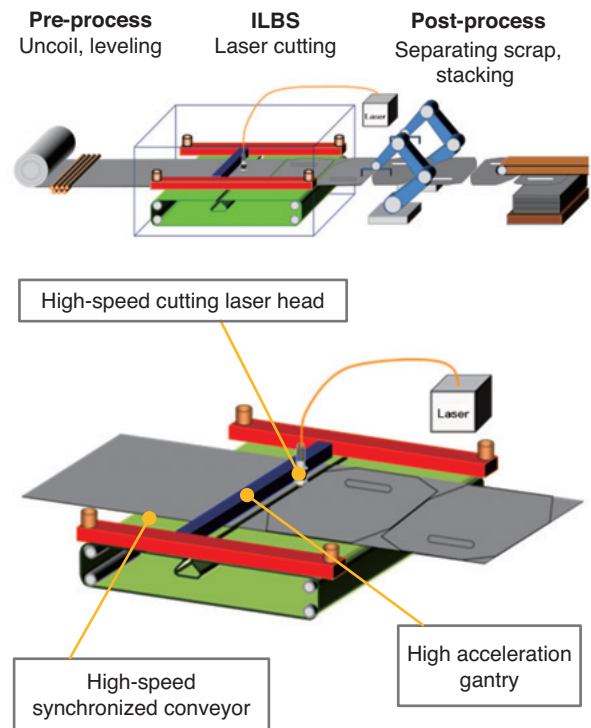


Fig. 10 ILBS and attached technology

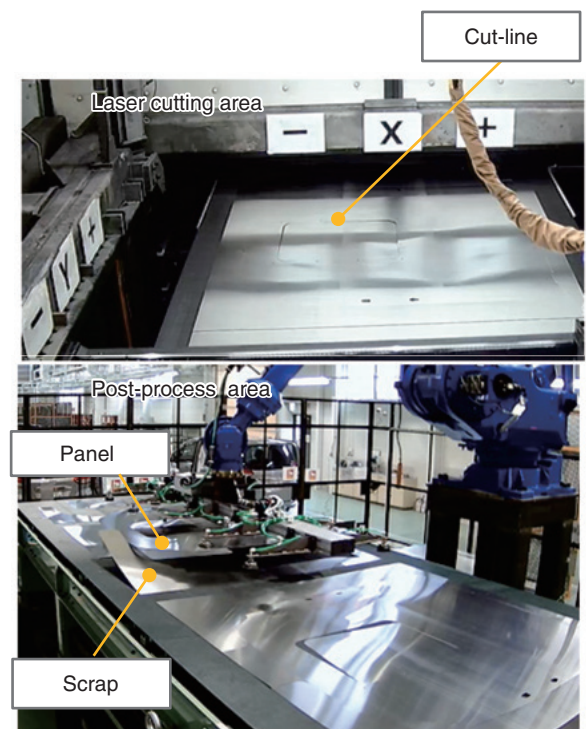


Fig. 11 Cutting panel by ILBS

ILBS は金型不要で試作に適したレーザ切断を量産に追従できる切断速度でおこなうため試作から量産移行の際に設備変更が必要ない。そのため切断形状が決まると直ちに切断プログラムを作成し、量産切断に取りかかるため生産準備リードタイムの短縮が可能である。今回の隔壁パネルでは1機種あたり1から3回の寸法調整が必要であったが、設計、試作、切断開始のリードタイムは1日であった。これはフレキシブルな生産技術開発に取り組んできた成果である。

4.3. 塗装

切断された隔壁パネルは直ちに埼玉製作所狭山完成車工場または協力メーカーに輸送し塗装、外観検査をおこなった。

4.4. 組立

車両に塗装したパネルを隔壁として取り付け、搬送車に仕立てた。組立は車両にパネルや窓、端面のシール材の取り付け、HVAC の常時外気取り込み化をおこなう。組立工程のタクトタイムは2名作業で20から30分/台であった。シンプルな構造により組立が簡単であり、全国の自治体への車両供給にあたっては国内の事業所だけの組立ではなく、隔壁の供給により全国の販売会社でも搬送車の組立をおこない各自治体に提供した。Fig. 12 に組立作業の様子を示す。

4.5. 検査

組立が完了した全ての車両に検査を実施した。

差圧、換気能力、スモークテストの感染防止に対する3項目に加え、外観検査、場内走行による異音検査の商品性に対する検査をおこなった後に搬送車として自治体に提供した。

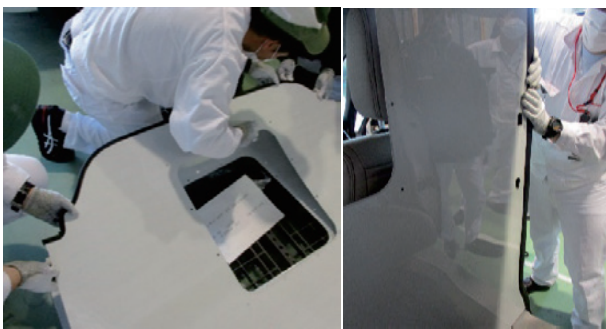


Fig. 12 Assembly process

5. 社会貢献の実績

シンプルな構造で感染防止機能を持つ車両を迅速に開発したことで感染拡大に先んじて全国の自治体に提供した。開発開始時に設定した提供開始目標の2020年4月15日に対し、最初の供給は2日前倒して4月13日に埼玉製作

所から渋谷区に対しておこなわれた。これは開発開始から10日後であった。Fig. 13 に搬送車の提供の台数の実績と全国の新型コロナウイルス検査の陽性者数を示す⁽⁶⁾。

開発のねらい通り4月の第一波の感染拡大に対応して車両を提供できた。また5月以降も自治体の要望に応じて提供を続けたため、第二波以降の大規模な感染拡大前に多くの車両を提供することができた。

Fig. 14 に車両提供時の様子を示す。2020年12月末までに25都道府県に158台の搬送車を納入した。首都圏を中心に広く全国の都道府県に提供できた。

実際に利用された自治体の担当者からは次のようなフィードバックを頂いた。

- ・金属製の隔壁に安心感がある
 - ・隔壁の窓が大きく、搬送者の様子を確認しやすい
 - ・一般の車両なので目立たずプライバシーを保護できる
- また利用者からだけでなく、一般報道、ソーシャルメディアを通して車両提供に対して反応が多数得られた。

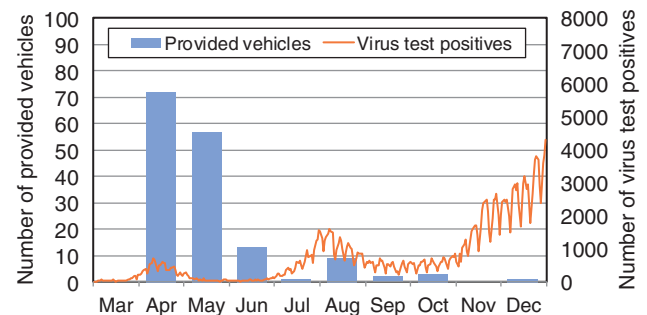


Fig. 13 Actual result of customized vehicle supplies



Fig. 14 Delivering for autonomy

6. まとめ

新型コロナウイルスの感染拡大に対応する自治体、医療機関を支援するため、感染者搬送車両を開発し提供した。

- (1) 市販車両の空調ユニットを活用しキャビンに隔壁を設置することで、内外の感染症予防のガイドラインに

記載されている 2.5 Pa 以上の差圧, 12 回 / 時間以上の換気能力を有する車両を仕立てることができた。

- (2) 隔壁はシンプルな一枚板構造を採用することで, 生産準備リードタイムの短縮を図り, 高速レーザー切断工程や, 既存のグラブレール, ウェザーストリップを隔壁の一部として使用することで開発開始から 10 日という短期間での提供を可能にした。

市販車両にシンプルな構造で感染防止機能を付与したため迅速に開発, 生産準備を進めることができ全国 25 都道府県に 158 台納入した。

参考文献

- (1) 経済産業省:SDGs 経営/ESG 投資研究会報告書, p. 13-15, (2019)
- (2) 本田技研工業株式会社: Honda サステナビリティレポート 2020, p. 150-156, (2020)
- (3) 日本医療福祉設備協会: 2 章 病院感染対策, 病院設備設計ガイドライン (空調設備編), HEAS-02-2013, p. 15, (2013)
- (4) U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities, p. 19, (2003)
- (5) 新型インフルエンザ及び鳥インフルエンザに関する関係省庁対策会議: 事業者・職場における新型インフルエンザ対策ガイドライン, p. 97, (2009)
- (6) 厚生労働省: 新型コロナウイルス感染症オープンデータ, <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>, 2021/4/21

■ 著 者 ■



中尾敬一郎



田中利享