リチウムイオンバッテリ式アイドルストップ対応冷凍機*

The Refrigerator for Idling Stop Using Lithium-ion Battery

渡邉 智己　Tomoki WATANABE
大村 源太郎　Gentaro OMURA
大竹 高　Takashi OTAKE

With the spread of the electronic commerce in recent years, increased load of courier vehicles and concentreated deliverry times have significantly raised vehicle idling time. To control the temperature of frozen and refrigerated products while the vehicle is at rest, we have constructed an idle-stop refrigeration system powered by a lead storage battery. By changing over conventional lead-acid batteries to lithium ion batteries, it is possible to take advantage of its small size, light weight, and increased battery longevity which can lead to overall running cost reduction.

Key words :
Heat-fluid, Lithium ion battery, System technology, Electric-driven Refrigerator

信頼の確立

1. まえがき

宅配事業者は環境に配慮し、駐車位置を定め台車などを使った集配をしている事、また昨今のインターネット普及による荷量増加や在宅時間帯での集中配送に伴い，宅配車のアイドルストップ時間が著しく増加傾向にある．

その際，車載用冷凍機の動力源であるエンジンの停止により，アイドリングストップ中の冷凍・冷蔵品の温度管理が課題となり，これまで簡易蓄冷剤やドライアイス等で庫内温度維持を図ってきたが，ここ数年停車中でも冷凍運転出来るアイドリングストップ対応冷凍機のニーズが急速に高まっている．

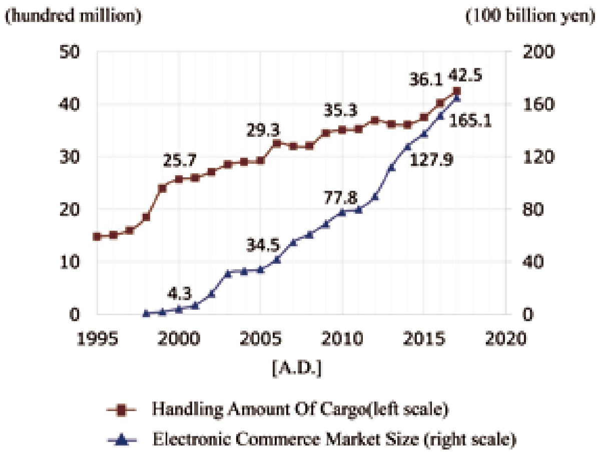


Fig. 1　Increase In The Number Of Delivery Items[1) 2)]

＊（社）自動車技術会の了解を得て，「2017 年春季大会学術講演会講演予稿集」No.81-17 P2155 ～文献番号：20175388 より一部加筆して転載

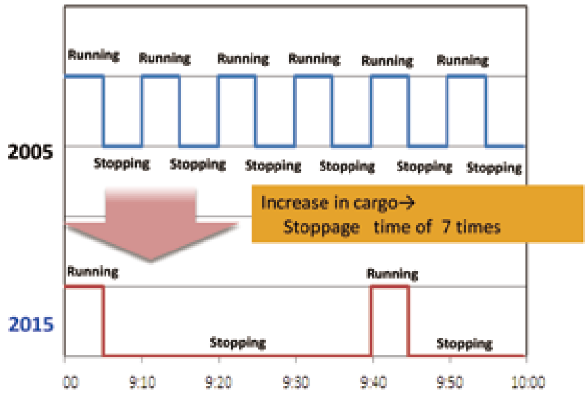


Fig. 2　Trend Of Idling Stop Time

アイドリングストップ対応冷凍機は，冷凍機駆動用にキャンピングカーやゴルフカート等に使用されている専用鉛バッテリ（ディープサイクルバッテリ）を搭載し，停車中に鉛バッテリからの電源供給で冷凍運転を実施し，庫内温度維持を図るものである．しかしながら，鉛バッテリ式には以下の課題があった．

①　電池寿命による交換が必要

電池交換費用は宅配業者の業績に直結する重要な課題であり，膨大な費用が必要な上に，交換・メンテナンス時には休車日を設け，業務効率悪化の要因となる．

②　重量・体格

上物製品の付属品は一般的に車両床下に搭載される為，限られたスペースでの搭載となり，重量物搭載による，減トン・積載量低下により，1度に運べる荷量が減り，集配効率悪化に繋がる．

③　アイドリングストップ対応時間

上記，重量・体格の制約により搭載できる電池容量が限られる為，1日中のアイドリングストップ時間に鉛バッテリのみで冷凍機を作動させることは困難であり，また追加充電にも4時間以上を要する為，電池運転が必要な時間帯でのみ限定的に使用するものであった．

そこで今回，小型軽量・電池長寿命化（ライフコスト低減）を目的に，従来の専用鉛バッテリから，新たに専用リチウムイオンバッテリを採用した冷凍機システムを構築した．

2. システム概要

2.1 冷凍機システム構成

エンジン駆動用コンプレッサと電動コンプレッサを備えた冷凍機システムにアイドリングストップ時の動力源となるリチウムイオン電池パックと専用充電器で構成している．

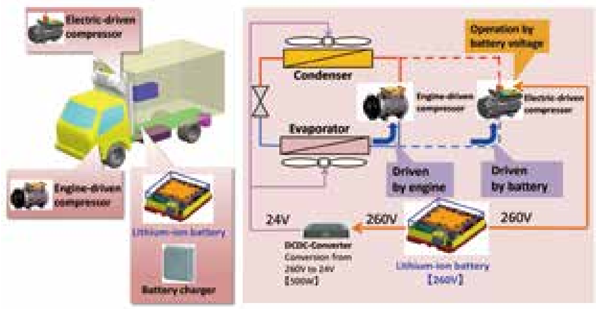


Fig. 3　Construction Of Refrigerator System

2.2 冷凍機駆動方式

冷凍機駆動方式として，従来のエンジン直結式・フル電動式・エンジン駆動併用式があり，アイドリングストップ対応機能・重量・体格・エンジン負荷・電池コスト等で有利となるエンジン駆動併用方式を採用した．

Table 1　Drive System For Refrigerator

	Driven by engine	Driven by electricity	Driven by engine and electricity
Refrigerating during idling stop	×	○	○
Weight	○	×	○
Scale	○	×	○
Load to the engine	×	×	○
Cost of battery	−	×	○

Remark「○：good / ×：bad」

車両走行時はエンジン駆動，アイドリングストップ時はバッテリ駆動，集配前の予冷時は外部電源駆動により冷凍運転と充電を実施する3WAY方式としている．また，電気系トラブルが発生した際には，エンジン駆動により冷凍品の溶解事故を防止出来るメリットもある．

3. リチウムイオン電池パック検討

3.1 電池搭載方法

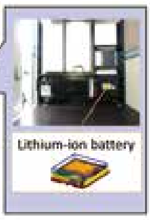
リチウムイオンバッテリの搭載位置については，被水・振動・温度環境・衝突事故等における電池安全性を確保しながら，荷室スペースの確保，荷役作業性を確保する事が宅配車にとって重要となる為，客様やドライバー様へのヒアリングを重ね検討を進めてきた．

衝突事故や温度環境・被水等による電池安全性を最優先に考え，搭載位置は常温の室内とし，車両転角・荷室容量・荷物積み下ろし作業性の優位性より薄型構造の電池パックを Table 2-D 壁面へ搭載する方針とした．

A は冷凍品の荷役作業位置が高くなることによる作業性の悪化と怪我の危険性，B は転角の確保が困難，C は積載自由度の低下に加え，段差による怪我の危険性が懸念される．

Table 2　The Mounting Position Of The Lithium Ion Battery

	【A】 On the freezer compartment floor	【B】 Hanged from the freezer compartment ceiling	【C】 On the cargo compartment floor	【D】 In the partition wall
Overview				
Rollover angle	○	×	○	○
Loading capacity	×	×	×	○
Workability	×	○	×	○



Remark「○ : good / × : bad」

3.2 電池選定

電池仕様について総電圧は機器仕様により 200V 以上，容量は現状鉛電池同等とした．リチウムイオン電池セル電圧が 3V 相当であることを考慮すると 70 セル以上の直列接続が必要となる為，10Ah 以上の電池を使用すると容量が目標容量を大幅に上回ることから，車両駆動用で使用される 10Ah 以上の大容量電池は使用せず，民生用の小容量の筒型を採用した．

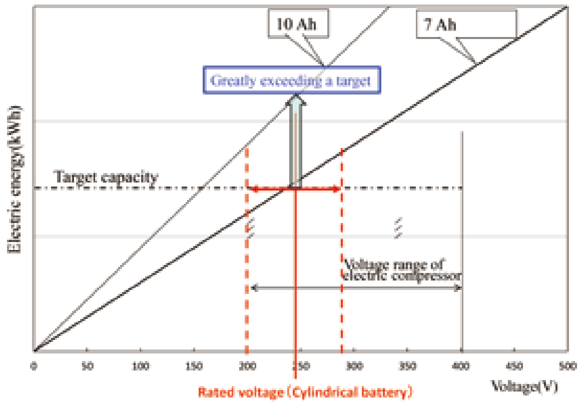


Fig. 4　Selection Of Battery Cell

また今回，リチウムイオン電池を冷凍車のアイドリングストップ用として初めて採用することもあり，安全性を最優先に考え，化学安定性が高く，発熱の小さいオリビン系を使用することとした．

また，リチウム蓄電池を採用するに当たり，許容温度範囲を確実に守れること，振動に対しても十分に余裕があることを確認し，使用することにした．

3.3 電池安全性評価

電池安全性に関して Table 3 の基本評価をはじめ，延焼試験・耐振試験等により，破裂・発火等に至らないことを確認した．

Table 3　Battery Safety Evaluation

Evaluation item	Standard	Results	Judgement
External Short Test	JIS C 8715-2	No explosion / destruction	○
Over discharge Test	JIS C 8715-2	No explosion / destruction	○
Overcharge Test	JIS C 8715-2	No explosion / destruction	○
Short Test (Blunt nail Test)	SAE J2464 (Conformity)	No explosion / destruction	○
Impact Test	UL1642 (Conformity)	No explosion / destruction	○
Immersion Test	SAE J2464	No explosion / destruction	○

Remark「○ : good / × : bad」

3.4 寿命検証

電池寿命の推定には，1 日における電池使用パターンから標準の充放電モデルを設定するとともに，充放電サイクル試験及び保存試験による温度毎の容量劣化データを基にアレニウス則に従って劣化速度を算出

し，容量低下（寿命）を試算推定した．今回，長寿命化を目的に必要容量を確保した上で充電終止電圧を低く設定し，通常使用で 10 年後，電池容量 80％相当を見込んでいる．

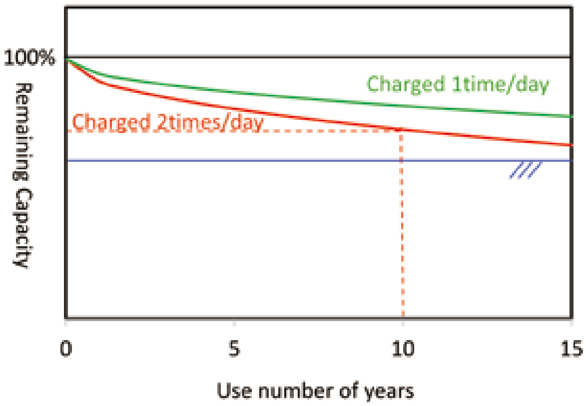


Fig. 5　Result of Life battery simulation

4. まとめ

従来の鉛バッテリ式に対してリチウムイオンバッテリを活用することで，イニシャルコスト同等で以下の効果を得ることが出来た．

① 電池交換不要

電池の長寿命化により，電池交換を不要とし，ライフコスト半減により，ユーザーの費用負担を大幅に低減することが出来た．併せてバッテリ交換，メンテナンス時の休車日を設ける必要も無く，車両運用の効率化に期待できる．

② 軽量化

鉛バッテリ式に対して体格・電池容量同等で，電池システムとして約 80kg の軽量化を達成．積載量を確保でき，集配効率の向上と燃費向上にも期待できる．

③ 充電時間短縮

4 時間の充電時間が必要であった鉛バッテリ式に対して充電時間を半減することで，昼休憩や積荷作業中の追加充電が可能となり，日中のアイドリングストップへの対応により，1 日を通して安定した庫内温度管理が可能となった．

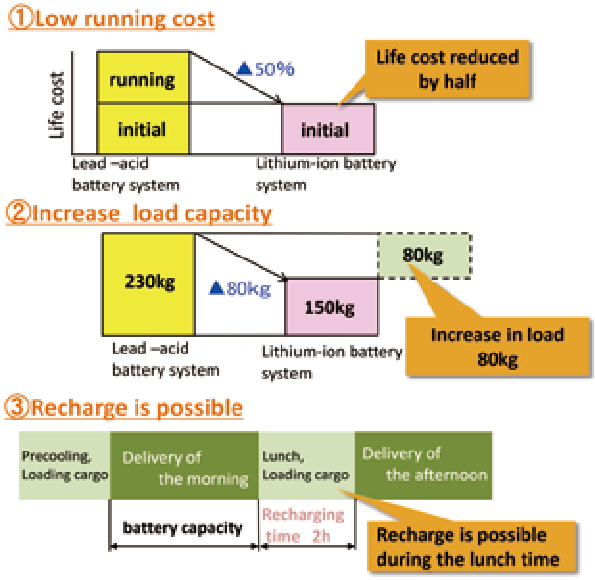


Fig. 6　Effect Of Lithium Ion Battery

本製品は 2017 年 4 月に製品化しており，今後は電池パックの並列使用・大容量化により，電池運転時間の延長，更なる大型機種への展開を計画している．また，電池システムを除いた冷凍機システムは，EV トラックへの搭載も可能である．

参考文献

1） 経済産業省「電子商取引実態調査」（平成 29 年 4 月 25 日）
2） 国土交通省「平成 29 年度宅配便等取扱個数の調査」

著者

渡邉 智己
わたなべ ともき

フリート A/C 技術部
冷凍機電動システムの開発・設計に従事

大村 源太郎
おおむら げんたろう

フリート A/C 技術部
冷凍機電動システムの開発・設計に従事

大竹 高
おおたけ たかし

社会ソリューション事業推進部
電池システムの開発に従事