

新しい止水構造の電気車用鉛蓄電池向け 一括補水装置の開発

Development of Water-filling Device with New Structure of Stopping Water Flow for Lead-acid Traction Batteries

陣野俊介* 奥野遼司* 榎本朋之* 長安龍夫*

Shunsuke Jinno Ryoji Okuno Tomoyuki Enomoto Tatsuo Nagayasu

Abstract

Water-filling device corresponding to high-pressure refilling of water was developed for the purpose of the further maintenance mitigation for the lead-acid batteries used for the industrial truck, such as the electric forklift trucks. This water-filling device was made into a new structure where it can respond also to the refilling of water which used the pump. Moreover, it is checking designing newly also about structure and the quality of the material, and having the outstanding heat resistance and durability. By using this water-filling device, mitigation of the refilling-of-water work which was complicated as for the former is possible.

Key words: Water-filling device; High-pressure refilling of water; Traction battery

1 まえがき

バッテリー式フォークリフトなどの産業用車両に使用される電気車用鉛蓄電池は、充放電の繰り返しにより電解液中の水が減少するため、定期的な補水が必要である。また、電気車用鉛蓄電池は単電池を複数組み合わせ合わせた集合電池で構成されるため、補水時には単電池ごとに補水する必要があり、時間を要する。この補水作業を簡便化するため、一括補水装置を製品化している。一括補水装置とは、止水構造を持たせた液栓(以

下、補水栓)を各単電池に取り付け、それらを補水用チューブで配管した装置である。補水用チューブには、補水用タンクと連結する給水口を設けており、給水口より精製水を供給することで、全単電池に規定液面まで補水できる装置となっている。Fig. 1 に新型一括補水装置を装着した単電池 24 個組のバッテリー式フォークリフト用蓄電池の一例を示す。

一括補水装置の補水方式は、補水用タンクと補水する蓄電池との高低差を利用した自然落下式による補水(以下、重力式補水)が一般的であり、その水圧は 0.5 ~ 1.5 mヘッド (5 ~ 15 kPa) 程度の低水圧である。補水用タンクは所定の高さまで上げて設置する必要がある。今回、送水ポンプなどの外部電源を用いた

* 産業電池電源事業部 産業電池生産本部
産業電池技術部



Fig. 1 New type water-filling device assembled on traction batteries.

補水で作業負荷を軽減したいというニーズに対応するため、送水ポンプの水圧が5～15 mヘッド（50～150 kPa）相当の低水圧から高水圧まで対応した一括補水装置を開発した。その適用技術の概要を報告する。

2 新型一括補水装置の特長

今回、開発した補水栓は以下の特長を有する。

- (1) 補水圧力は低水圧から高水圧まで対応
- (2) 補水時間の短縮
- (3) 耐熱性の向上
- (4) 酸飛沫の発生抑制構造

3 補水装置の構成および設計

3.1 新型補水栓構成

Fig. 2 に開発した新型補水栓の外観を示す。補水栓は、液面上昇と共にフロートが上昇し、規定液面に達するとフロートと連動した止水弁が水の通路を遮断するフロートタイプ（以下、フロートタイプ）が主流であり、今回、開発した新型補水栓もフロートタイプを採用した。新型補水栓は、本体、キャップ、フロート、液面インジケータで構成され、本体内部には高圧補水に対応した新たな止水弁を内蔵した。

3.1.1 本体

補水栓本体は、耐熱性にすぐれたポリカーボネート樹脂を採用した。本体内部には、フロートと連動して動作する止水弁を通路に設けている。また、充電時に電池内部で発生するガスの排気口は、酸飛沫を抑制する構造を新たに採用した。

3.1.2 キャップ

電解液の比重測定時に開閉するキャップは、弾力性、耐熱性、耐久性にすぐれたエラストマー樹脂を採用し

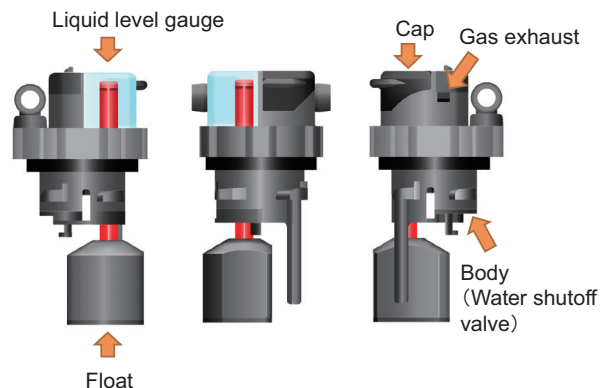


Fig. 2 Outside view of new type water-filling plug.

た。弾力性のあるキャップとすることにより、開閉しやすくし、また、キャップの割れ等の破損防止をはかった。

3.1.3 フロート

フロートは、耐熱性にすぐれたポリプロピレン樹脂のインジェクション成型品を採用した。

3.1.4 液面インジケータ

現行補水装置と同様に、外部から液面状態が一目で確認できる液面インジケータを設け、蓄電池外部からの電解液面高さの確認を容易にした。

3.2 高圧補水への対応

3.2.1 止水構造の開発

現行補水栓の止水弁は通路に設けており、水圧を利用して止水する構造としている。現行補水栓は、1.5 mヘッド（15 kPa）まで対応できるよう設計しているが、それを超える水圧で補水した場合、止水弁が水圧により早期に閉じる誤動作をおこし、規定液面に到達する前に、補水が終了してしまう。新型補水栓は、高圧補水時の誤動作を防ぐために、新たな止水構造を開発した。Fig. 3 に現行補水栓と新型補水栓の止水構造を示す。

新型補水栓では、現行と同様のウォーターチャンバーと排水口に加えて、補水栓下部に新たにひとつ、排水口を設けた。上部止水弁と下部止水弁（球）はそれぞれ独立しているが、通水時および止水時には連動して動作する構造とした。補水栓内の通水時の水の流れを Fig. 4 に示す。

通水時には、上部止水弁は下部止水弁（球）の経路を遮断する位置に移動し、下部止水弁（球）が下部排水口に入ることを防ぐ。上部止水弁は、流量が増加した場合でも、排水口を上下に2箇所設けたことによ

り、止水弁への水圧が分散され、高水圧での止水弁の誤動作を防ぐ構造とした。補水栓の止水時における止水弁の動作を Fig. 5 に示す。止水時には、上部止水弁がフロートと連動し上部方向へ移動する。フロートの上昇に連動して上部止水弁が上部排水口を閉塞する。上部止水弁が上方に移動することにより、下部止水弁（球）が移動可能となる。下部止水弁（球）は補水栓内に設けた傾斜と排水口への水流により、下部排水口に転がり、下部と上部の止水弁が連動して排水口を閉塞する構造とした。本構造の採用により、高水圧での補水が可能となった。

3.2.2 補水ユニットの高圧補水への対応

高圧補水に対応するためには、補水用チューブやチューブ間を連結するジョイントなどを含めた全ての部材（以下、補水ユニット）が高圧補水下においても安定して機能する必要がある。新型補水装置では、補水用チューブに弾力性、耐熱性、耐圧性に優れた材質のエラストマー樹脂を採用することにより、1年を通じた温度変化に対応可能とし、高圧補水時におけるチューブからの水漏れを防止した。

3.3 重力式補水での補水時間短縮

新型補水装置は、低水圧の重力式補水においても、

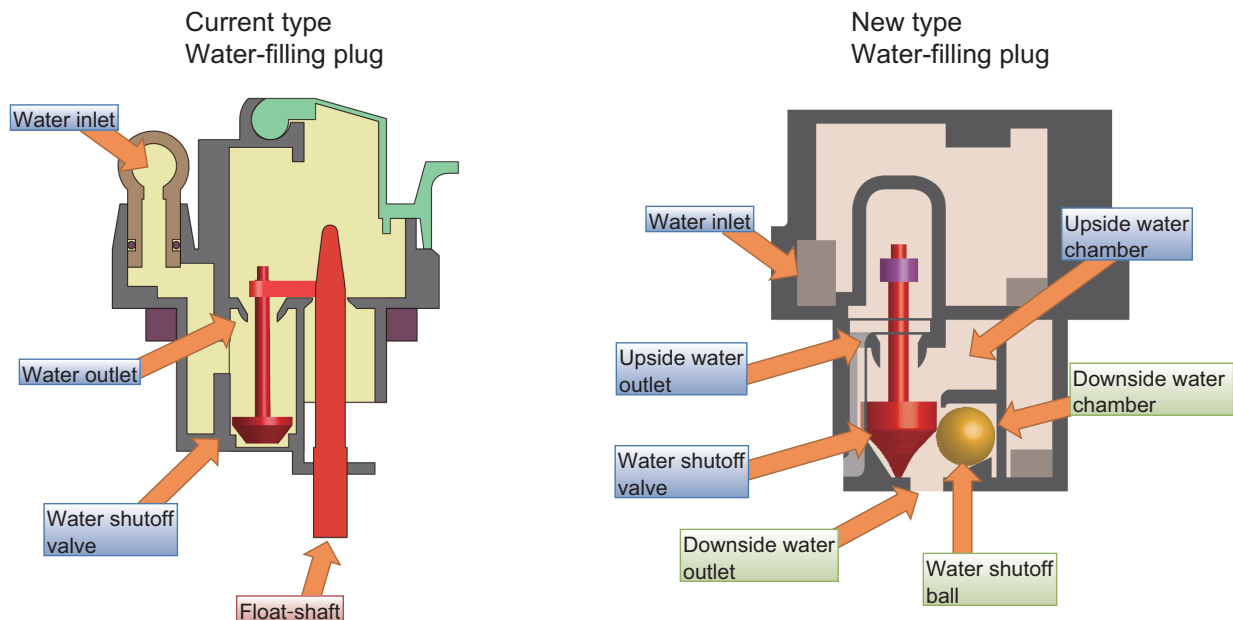


Fig. 3 Differ in structure of water stop valve.

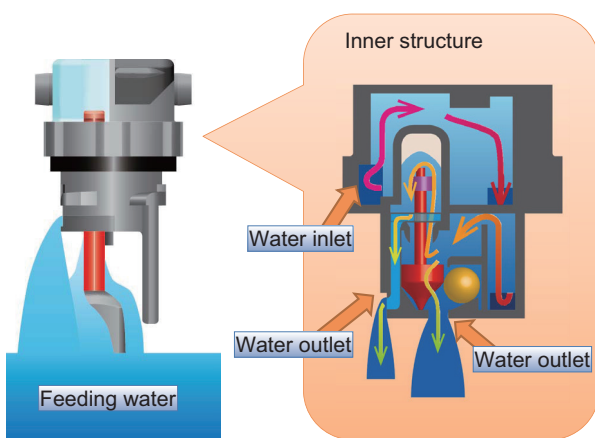


Fig. 4 State image of passing water.

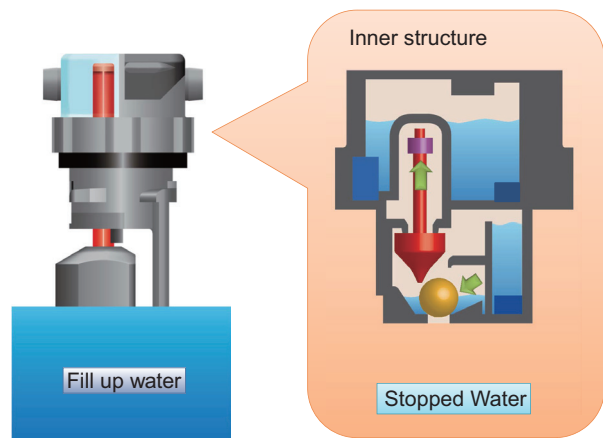


Fig. 5 State image of stopped water.

補水時間の短縮をはかった。重力式の補水は主に通水経路の内径と補水タンクのヘッド高さが、補水時間に影響する。

新型補水装置では、配管の通水経路の内径を見直し、口径拡大をはかった。Table 1 に現行補水装置と新型補水装置の通水経路の内径の比率を示す。特に通水経路で最も小さい補水用タンクと補水用チューブ連結部の内径を現行比 1.7 倍（配管断面積：現行比 2.9 倍）に拡大した。また、その他の通水経路についても内径を現行補水装置より拡大することにより、水流量の増加をはかった。本設計により、低ヘッド（低水圧）においても、水流量が増加し、補水時間の大幅な短縮を実現した。さらに、新型補水装置では、重力式補水でも 15 mヘッド (150 kPa) 相当の高さまで対応しており、ヘッド高さを上げることにより、補水時間の更なる短縮が可能である。

3.4 酸飛沫の発生抑制構造

電気車用鉛蓄電池は、充電時に水の電気分解によって、酸素および水素ガスを発生する。ガスは補水栓の内部を通して、蓄電池外部に放出される。このガスは電解液（硫酸）の蒸気を含んでおり、これが排気口付近で結露した場合、硫酸分を含んだ飛沫（以下、酸飛沫）となり、蓄電池外部に排出されてしまう。酸飛沫はバッテリートレイ、バッテリーフードや車両本体を腐食させてしまうため、外部への酸飛沫を防ぐことが重要である。

新型補水栓では新たに酸飛沫の発生を抑制する構造を設けた。Fig. 6 に新型補水栓のガス経路を示す。酸飛沫の発生を抑制するためには、補水栓の内部でガス中に含まれる電解液の蒸気を結露させ、排気口付近での結露を防止することが重要である。新型補水栓では、栓内部の排気口までのガス経路を長くし、ガス中の蒸気を栓内部で結露させる構造とした。上記構造により、

排気口付近での結露を抑制し、外部への酸飛沫の排出を防止した。

3.5 耐熱性の向上

電気車用鉛蓄電池は、さまざまな使用条件で使用される。特に過酷な使用条件下では蓄電池内部の温度が 60 °C以上上昇する場合がある。補水栓は合成樹脂で構成しているため、使用する樹脂によっては、連続的に高温にさらされることにより、本体、フロート軸の変形や発泡 PS 製のフロートが収縮するなどの補水栓が故障する不具合が発生する可能性がある。新型補水栓はこれらの過酷な条件下でも問題なく動作するように、構成部材の選定をおこなった。Table 2 に補水栓構成部材に使用した材料を示す。主要部材には、耐熱性、耐久性にすぐれた合成樹脂として、ポリカーボネートやポリプロピレンを採用することにより、補水栓の耐熱性の向上をはかった。

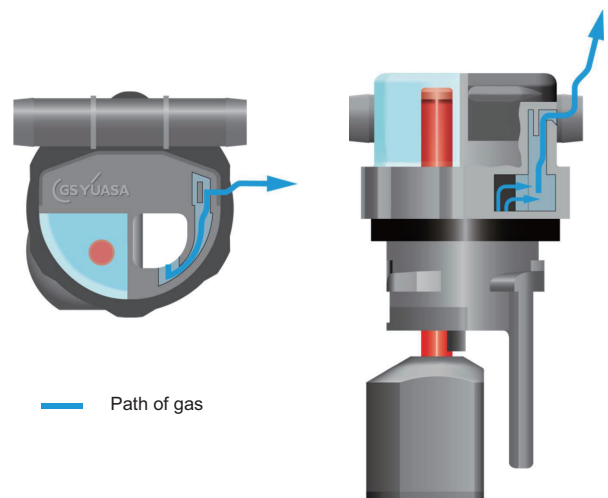


Fig. 6 Structure of decreasing the droplets of sulfuric acid.

Table 1 Compared of the pipe inside diameter.

Parts	Inside diameter ratio		Cross-section ratio	
	Current type	New type	Current type	New type
Water tank	1	1.2	1	1.4
Synthetic resin tube	1	1.1	1	1.2
Cock	1	1.2	1	1.4
Joint	1	1.7	1	2.9

* Notes. In the case where the current type is set to 1

Table 2 Heat-distortion temperature comparison of each component.

Current type 【Heat distortion temperature】	New type 【Heat distortion temperature】
Acrylonitrile butadiene styrene resin (ABS) 【80 °C】	Polycarbonate resin (PC) 【130 °C】
Foamed polystyrene resin (PS) 【80 °C】	Polypropylene resin (PP) 【110 °C】
Styrene acrylonitrile resin (AS) 【80 °C】	Elastomer resin 【110 °C】

4 評価

4.1 重力式補水：低水圧での補水時間評価

重力式補水における補水時間を評価するため、以下の条件にて補水試験をおこなった。その結果を Fig. 7 に示す。

【試験条件】

供試電池：電気車用鉛蓄電池

400 Ah クラス×24 セル

新型および現行補水装置にて試験を実施。

補水方式：重力式……補水用タンク(新型補水装置用)

補水条件：補水用タンクのヘッド高さを 50 cm 毎に上げて試験を実施。要補水状態から、補水完了までの補水時間を測定する。

【試験結果】

新型補水装置は、現行補水装置の推奨ヘッド高さである 1 mヘッドにおいて 50 秒で補水が完了した。これは現行補水装置（補水時間：70 秒）と比較して約 28%の時間短縮となる。

また、新型補水装置は現行補水装置では対応できない 2 mヘッド（20 kPa 相当）以上での補水も対応可能である。新型補水装置の推奨ヘッド高さである 2 mヘッド（20 kPa 相当）では、35 秒で補水が完了した。これは、現行補水装置と比較して約 50%の時間短縮である。

4.2 ポンプ式補水：高水圧での補水時間評価

高圧補水における補水時間を評価するため、以下の条件にて補水試験をおこなった。その結果を Fig. 8 に示す。

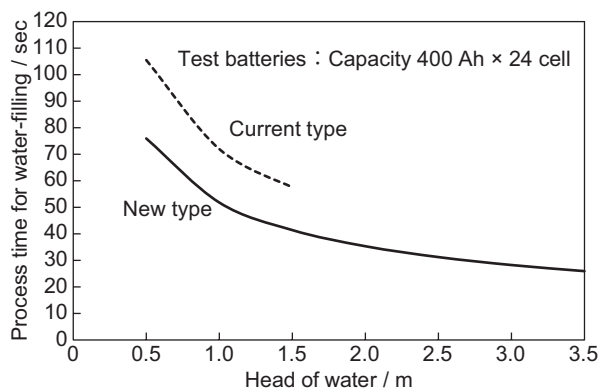


Fig. 7 Process time for water-filling at gravity-type.

【試験条件】

供試電池：電気車用鉛蓄電池

400 Ah クラス×24 セル

新型補水装置にて試験を実施。

補水方式：送水ポンプ……特性詳細は Fig. 8 参照

補水条件：ポンプを補水装置に接続し、要補水状態から、補水完了までの補水時間を測定する。

【試験結果】

ポンプは揚程、吐出量の異なる 3 種類のポンプで試験を実施した。いずれのポンプにおいても、補水時間は 10 秒台で完了した。これは現行補水装置（重力式：1 mヘッド）での補水時間の約 20%と大幅に時間短縮した。

4.3 耐久性の評価

補水栓について、その耐久性を確認するため社内規格に基づいて耐久性（信頼性）試験を実施した。その結果を Table 3 に示す。耐振動性、耐衝撃性、耐ヒートショック性、耐熱性などの諸特性を評価した。いずれの試験においても社内規格を満足し、耐久性が良好であることを確認している。

4.4 酸飛沫の外部排出抑制効果の確認

酸飛沫対策については、実際にフォークリフトに搭載し、試験評価をおこなった。半年が経過した時点で、酸飛沫によるバッテリートレイ、バッテリーフードの腐食や蓄電池上部の汚れなどもなく、良好な経過を示している。

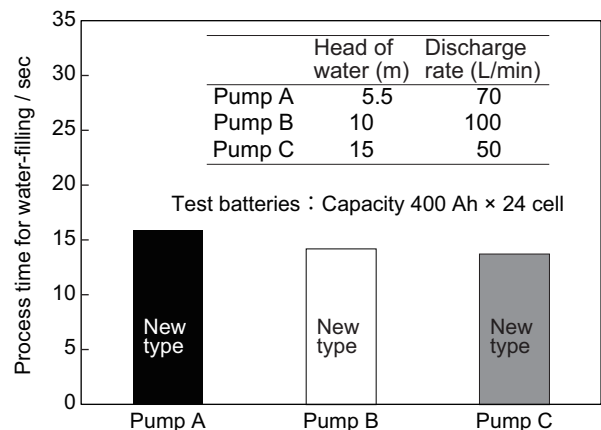


Fig. 8 Process time for water-filling at high pressure-type.

Table 3 Result of durability test for new-type water-filling device.

Test item	Standard	Condition	Result
Vibration resistance test	JIS*	Up and down directions of vibration of a Lead-acid battery (vibration frequency 24.4 Hz and 3.0 G (acceleration of gravity) for 2 hours)	<ul style="list-style-type: none"> • No breakage • Correct operation for refilling of water
Shock resistance test	GY**	Water-filling plug is dropped in the upright position from height of 1 m onto a hard board.	<ul style="list-style-type: none"> • No breakage • Correct operation for refilling of water
Thermal shock test	GY**	Water-filling plug is charged on the conditions from -15 degrees C to 65 degrees C for 30 day.	<ul style="list-style-type: none"> • No breakage • Correct operation for refilling of water
Heat resistance test	GY**	Water-filling plug is charged on the conditions from 100 degrees C for 30 day.	<ul style="list-style-type: none"> • No breakage • Correct operation for refilling of water
Loading test on forklift truck	GY**	Water-filling device is attached to a forklift, and an actual use situation is checked.	<ul style="list-style-type: none"> • No abnormalities for half a year pass

* JIS D5301-9.5.6 2006

** In-house standard

5 まとめ

今回、高圧補水への対応、補水時間の短縮をはかった新型補水装置を開発した。その補水性能は、5 kPa程度の低水圧から 150 kPa の高水圧まで、幅広い水圧での補水に対応が可能である。また、現行補水装置と比較して、大幅な補水時間の短縮を実現しており、補水作業の迅速化が可能である。さらに、本補水装置は種々の耐久性評価試験の結果、いずれの試験においても社内規定を満足し、すぐれた耐久性を有している。当社では今後も更なる性能向上を目指した製品を開発していく予定である。

文献

1. 松本和彦, *GS News Technical Report*, **38** (1), 21, (1979).
2. 笹部繁, 河端源吾, 山崎健一郎, *ユアサ時報*, (52), 25, (1982)