

深海救難艇用環境制御システムの開発

川崎重工業株式会社 豊浦 隆弘
藤本 高志
後藤 浩輝

1. はじめに

深海救難艇（Deep Submergence Rescue Vehicle 以下、「DSRV」と称す。）用環境制御システムは、限られたスペースの艇内で乗員が呼吸するための空気成分を制御する空気清浄システムと主に電子機器等の発熱による空気温湿度を制御する冷房システムから構成されている。

本書は、社内自主研究により、平成 26 年度潜水艦救難艦「ちよだ」搭載の DSRV（以下、「26DSRV」と称す。）に採用された本システムの性能向上等の取組みについて示す。

2. DSRV の概要

DSRV は、海底で動けなくなった潜水艦から乗員を救出する潜水艇である。この厳しい任務を達成できるようにするため、DSRV は潜水艦に水中ドッキングするための特殊機構、優れた運動制御能力、多種多様なセンシングシステムなどの極めて高度な技術を集積している。弊社は、これまで 26DSRV を含め 3 隻の DSRV を建造している。



項目	要目
全長	12.4 m
幅	3.2 m
深さ	4.3 m
排水量	約 45 t

図 1 26DSRV 外観及び主要目

3. 環境制御システムの概要

(1) 空気清浄システム

空気清浄システムは、DSRV の発進から揚収までの艇内の閉鎖環境下において、乗員及び遭難潜水艦からの救助者（以下、「被救助者」と称す。）の発散する炭酸ガス及び消費する酸素を制御する生命維持装置である。また、同システムは、艇内の空気を清浄する常用システムと遭難潜水艦内に有害ガスが発生した場合の救難等に備え、有害ガスが呼吸に混入しない閉鎖式の応急呼吸システムで構成されている。

(2) 冷房システム

冷房システムは、艇内に装備された電子機器の作動及び乗員からの発熱による艇内の空気温湿度を抑制する空調装置である。また、同システムは、冷媒を活用した冷凍機により艇内の熱を最終的に艇外の海水へ熱を搬送する冷房装置で構成されている。

4. 開発の取組みとその成果

環境制御システムは、DSRV の 1 トリップで救助できる救助可能定員の増加等に伴う性能の向上が大きなテーマであり、それに伴う構成機器の小型化及びコスト低減等にも配慮した開発の取組みを下記に示す。

4.1 空気清浄システム

(1) 技術課題

ア 救助可能定員の増加に関する課題

以前の DSRV よりも救助可能定員が大幅に増加するため、空気清浄能力を約 33% 向上させる必要がある。空気清浄能力の向上は、呼吸量の増加に伴い、以前の常用空気清浄システムと応急呼吸システムを一体化した常用と応急の切換えシステムでは、空気清浄能力の構成機器が約 30% 大型化する。

イ 応急呼吸システム使用時の操作性に関する課題

以前の応急呼吸システムは、循環ファンの故障時を想定し、被救助者の肺力のみで呼吸できるようになっているが、ファンをバイパスするホースを仮設する必要があり、救助可能定員の増加による操作性の悪化が懸念される。

(2) 課題解決の方策

空気清浄能力の向上に伴う構成機器の大型化及び操作性悪化の課題を解決するため、常用空気清浄システムと応急呼吸システムを独立させ、各システムの構成機器を最適化した新システムを開発する方策とした。その特徴を下記に示す。

ア 常用空気清浄システム

空気清浄要領を図 2 に示す要領とし、炭酸ガス吸収キャニスタ、ファン及び専用風路ダクトの一体構造とすることで配管部の大幅な削減と共に、ファンの静圧の抑制によるファン形状の小型化と換気風量の大風量化による炭酸ガス吸収性能の向上と更なる小型化を実現した。

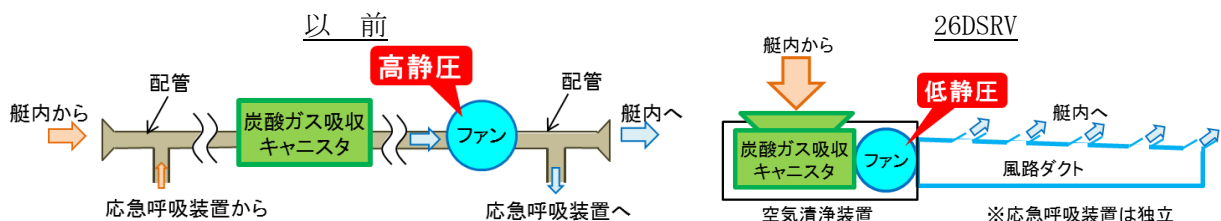


図 2 常用空気清浄システムの空気清浄要領

イ 応急呼吸システム

以前の循環ファンによる呼吸時の呼吸抵抗補助機能を廃止し、被救助者の肺力だけで容易に呼吸できるように呼吸抵抗を極限まで抑えた最適化を図ることで、万一の電源喪失時にも確実に、且つ、迅速に運用できる無動力システムとした。

(3) 成 果

本開発により、下記に示す性能の向上を達成すると共に、小型化、操作性の改善及び低コスト化にも貢献した。

26DSRV に採用された新空気清浄システムを図 3 に示す。

ア 常用と応急のシステムを独立させた空気清浄要領の変更及び構成機器の最適化により、システム全体で空気清浄能力の 33%以上の向上を達成すると共に、約 36%の小型化を達成した。

イ 応急呼吸システムを容易に呼吸できる無動力システムとすることで操作性の向上を達成した。

ウ システムの内製化により、約 50%のコスト低減を達成した。

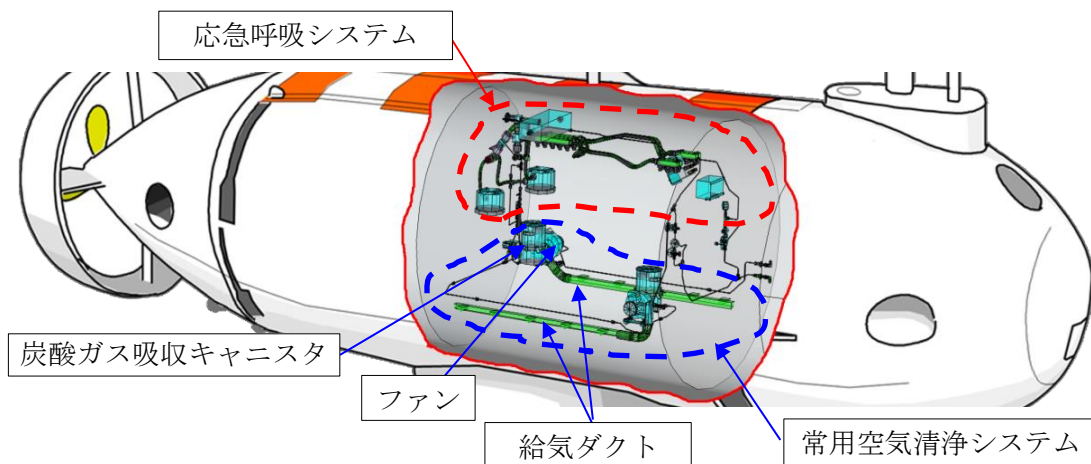


図 3 新空気清浄システム

4.2 冷房システム

(1) 技術課題

ア 冷媒のフロンガス規制に関する課題

以前の冷房システムの冷媒は、フロン 22 が使用されているが、1992 年第 4 回モントリオール議定書締約国会議にて 2020 年以降の新用途の全廃が決定されているため、代替フロンの採用が必須である。しかし、代替フロンは、規制及び民生業界の動向等を検討のうえ、フロン 404A とするも、冷媒の変更による冷房能力は約 15%低下するため、システム全体での能力向上が必要である。

イ 艇内の発熱量の増加に関する課題

26DSRV の船体構造様式の変更に伴い、これまで艇外に装備された電子機器が艇内装備となるため、発熱負荷の増加から、以前の DSRV よりも冷房能力を約 36%向上させる必要がある。

(2) 課題解決の方策

冷房能力向上の課題を解決するため、システム構成要素を大幅に変更した熱搬送要領を図 4 に示す要領とし、冷媒を直接艇外の海水と熱交換させることで熱搬送能力を高効率化すると共に、新たに艇外凝縮器を開発する方策とした。また、万一の海水浸入時は、冷媒の圧力を常時監視すると共に緊急遮断弁を装備し、以前と同等の安全性を確保する方針とした。

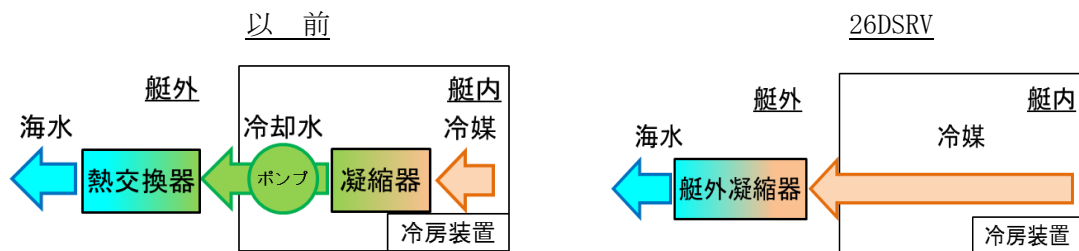


図 4 冷房システムの熱搬送要領

(3) 成果

本開発により、下記に示す性能の向上を達成すると共に、小型化及び低コスト化にも貢献した。

26DSRV に採用された新冷房システムを図 5 に示す。

- ア フロンガス規制に対応した冷媒を採用した。
- イ 艇外凝縮器の採用を含めたシステム全体で冷房能力の 51%以上の向上を達成した。
- ウ 安全性を確保したシステム構成の変更により、約 24%の小型化を達成した。
- エ 艇外凝縮器の内製化を含めたシステム全体で約 50%のコスト低減を達成した。

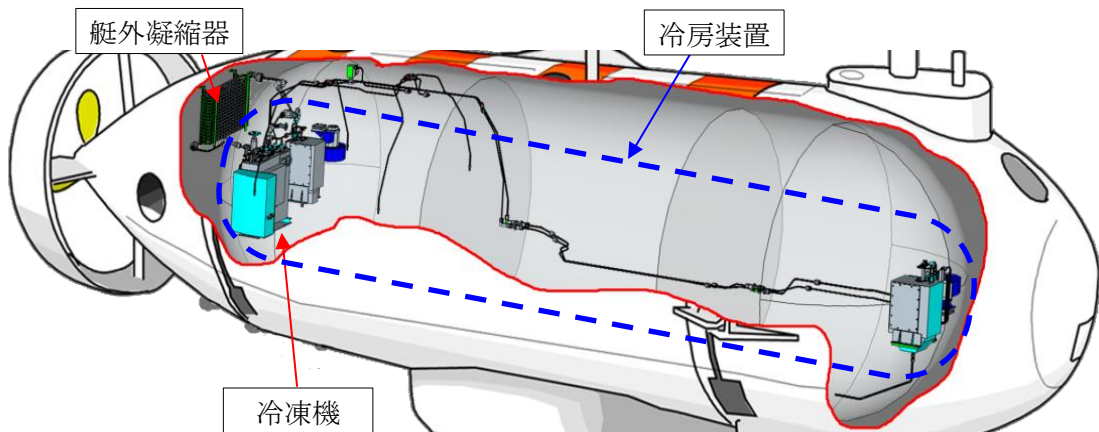


図 5 新冷房システム

5. まとめ

DSRV は、長時間の密閉環境となる特殊環境である。この閉鎖空間内において乗員及び被救助者の生命維持を行う環境制御システムは、潜水艦を運用する我が国にとって極めて重要である。

我々は、長年、潜水艦を初めとした環境制御装置で培った技術を応用することで種々の技術課題を解決することができた。

今回我々が開発したシステムは、26DSRV に採用され、海上公試を含めた各種試験を経て、平成 29 年度末に引渡しを終えている。

今後共、閉鎖空間となる潜水艦や DSRV を中心とした環境制御装置メーカーとしてご満足頂ける装置を提供できるよう、更なる研究開発を続けていく所存である。

最後になりましたが、本開発に貴重なご助言を頂きました防衛省関係者の方々にこの場をお借りしまして深く感謝申し上げます。