

[原著]

離島(小笠原諸島)への輸血用血液製剤の供給
—新たな血液搬送機材の開発

東京都赤十字血液センター¹⁾, 日本赤十字社関東甲信越ブロック血液センター²⁾,
小笠原村医療課³⁾, 小笠原村診療所⁴⁾, CBC エスト株式会社⁵⁾
鮎谷利江子¹⁾, 北田幸治¹⁾, 佐藤周平¹⁾, 高橋好春¹⁾, 松崎浩史¹⁾,
中島一格²⁾, 木暮秀哉²⁾, 嶋 太郎³⁾, 笠井あすか⁴⁾, 都能克博⁵⁾

Development of new transportation equipment for supplying
Red Blood Cells to a remote island (Ogasawara Islands)

*Japanese Red Cross Tokyo Metropolitan Blood Center¹⁾,
Japanese Red Cross Kanto-Koshinetsu Block Blood Center²⁾,
Ogasawara Village Medical Section³⁾, Ogasawara Village Clinic⁴⁾, CBC EST CO.,LTD⁵⁾*
Rieko Ametani¹⁾, Koji Kitada¹⁾, Shuhei Sato¹⁾, Yoshiharu Takahashi¹⁾,
Koji Matsuzaki¹⁾, Kazunori Nakajima²⁾, Hideya Kigure²⁾, Taro Shima³⁾,
Asuka Kasai⁴⁾ and Katsuhiko Tsuno⁵⁾

抄 録

小笠原諸島は東京都内から南へ約1,000km離れた遠隔離島である。同島には空港がなく、赤血球製剤(RBC)の供給には、約25時間の船舶搬送が必要である。今般、同島診療所からRBC供給の検討依頼があり、新たな搬送機材の検討が必要となった。機材の要件は、外気温に関わらず25時間以上庫内温度を2～6℃に維持でき、容易に移動できる小型・軽量の容器で、外部電源または内蔵電池で駆動すること、また、庫内温度、扉の開閉、アラーム情報等を記録できることとした。機材の作製はCBCエスト社(東京)と共同で行った。試作機は重量約7kg、内容量約4Lで、性能評価試験では上記要件を満足する良好な結果が得られた。本機材により長時間のRBC搬送が可能となり、遠隔離島等への安定したRBC供給が実現した。

Key words: blood transportation equipment, blood supply, remote location, refrigerator

[はじめに]

小笠原諸島は東京都内から南へ約1,000kmの太平洋上にあり、2,500人の島民が居住する。同島には飛行場がなく、渡島および物資輸送は片道25時間半の定期船(ほぼ6日に1便)でのみ行われている¹⁾。このような小笠原村への血液供給は

過去には不定期に行われた記録はあるものの、安全かつ安定的な供給はされていなかった。2011年6月に小笠原諸島が世界自然遺産に登録され、観光客が増加したことで小笠原村診療所は、不慮の事故等で輸血を必要とする患者が増加することを懸念し、緊急時の医療体制整備の一環として、

2012年6月、東京都赤十字血液センター（以下、都センター）に血液供給体制構築に向けた検討を依頼した。それを受け、都センターは改めて小笠原村への照射赤血球液（Ir-RBC-LR:以下、RBC）の供給方法を検討した。

【目 的】

小笠原村診療所へ定期船を利用して搬送するために、RBCを25時間以上、2～6℃の保管温度を維持したまま搬送できる機材を開発することとした。

【方法】

機材の製作は電子冷却に実績のあるCBCエラスト株式会社²⁾と共同で行った。

〈機材の要件〉

気象庁の報告によると、わが国の主要都市部の年間の最低気温と最高気温は10～35℃の範囲である³⁾ことから、機材は外気温度10～35℃の変化でも、25時間以上庫内温度を保管温度に維持すること、庫内には400mL由来RBCを5バッグ収納でき、総重量は10kg以下で人が容易に運べること、外部電源、内蔵電池の両方で駆動すること、庫内温度、扉の開閉が記録できることとした。

〈前試験〉

2012年12月、小笠原村診療所での輸血に関する勉強会と同村の現状視察を兼ね、1号試作機と模擬血液を用いた前試験を行った。船舶中および滞在期間中は外部電源、持ち運び時は内蔵電池で駆動した。船舶での往復および現地滞在中の計6日間、外部電源と内蔵電池を用いて模擬血液の温度を保管温度内に維持できることを確認し、2号試作機の製作に着手した。

〈2号試作機〉

2号試作機の全景を図1に示す。機材は重量約7kg、庫内容量約4Lである。温調方法は冷媒、コンプレッサーを使用しないペルチェ素子⁴⁾で行う電子冷却で、外部電源あるいは内蔵電池で駆動する。リチウムイオン電池1個で約7時間（外気温25℃）使用でき、電池は2個装備できる。扉は電磁ロックで施錠する。庫内温度は1分間隔で内蔵のEPPROM（Electrically Erasable

Programmable Read-only Memory）に21日間記録し、扉の開閉、アラーム情報等も記録する。また、これらの記録は専用ソフトとUSBコードを用いてCSVデータとして取り出すことができる。

〈性能評価試験〉

性能評価試験では、試験に使用するインキュベーターの制限から、外気温度を35℃および-8℃と設定した。外気温度35℃設定時の庫内温度推移、外気温度-8℃設定時の庫内温度推移、また戸外への持ち出し、室内への持ち込みを想定した外気温度の急激な変動時の庫内温度および模擬血液温度の推移について自動温度記録計（おんどとり[®] TR-5li, T&D社）を用いて1分間隔で測定した。自動温度記録計の設置は、庫内温度測定用温調センサー部（センサー①、庫内温度）、模擬血液（センサー②、模擬血液温度）、試作機の扉上部（センサー③、外気温度）とした。なお、模擬血液温度は温度センサーをあらかじめ4℃に冷却したバッグ内に挿入して測定した。

外気温度35℃設定では、35℃のインキュベーターに外部電源を接続した2号試作機を収納し、24時間後、外部電源から内蔵電池に切り替え、さらに3時間記録し、合計27時間の温度推移を測定した。外気温度-8℃設定では、-8℃のインキュベーターに外部電源を接続した2号試作機を収納し、27時間の温度推移を測定した。外気温度の急激な変動時については、外部電源を接続した2号試作機を-8℃のインキュベーターに収



寸法：W400 × D250 × H350

図1 小型血液搬送機材（2号試作機）の全景

納し、2時間後、室温(25℃)へ移動し、2時間後、再度-8℃へ収納することを繰り返した。

【結 果】

前試験の結果を踏まえ、2013年8月、2号試作機の性能評価試験を開始し、冷蔵庫(保管容器)としての機能と搬送容器としての機能を評価し

た。外気温度35℃設定時の庫内温度の推移を図2に、外気温度-8℃設定時の庫内温度の推移を図3に、外気温度の急激な変動時の庫内温度および模擬血液温度の推移を図4に示した。外気温度35℃設定では外部電源による24時間とそれに続く内蔵電池駆動3時間の計27時間の測定におい

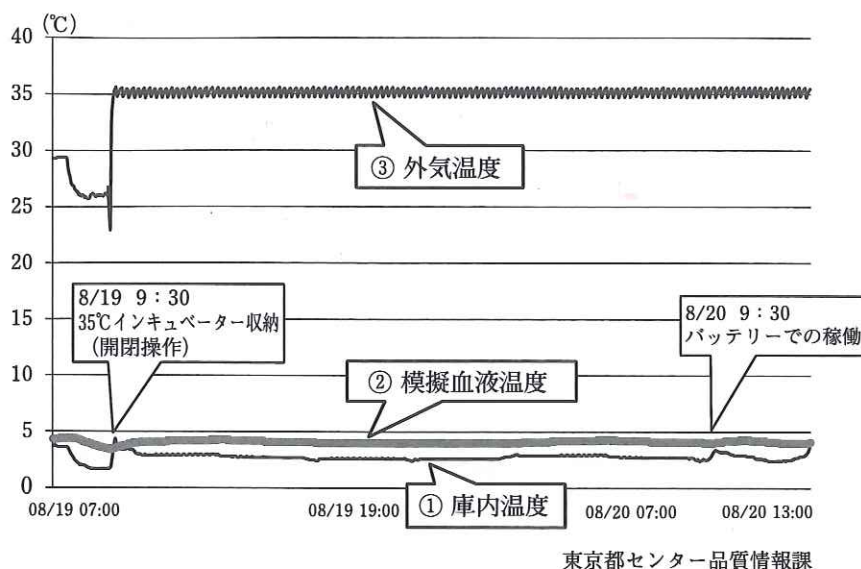


図2 2号試作機の性能評価試験結果(外気温度35℃)

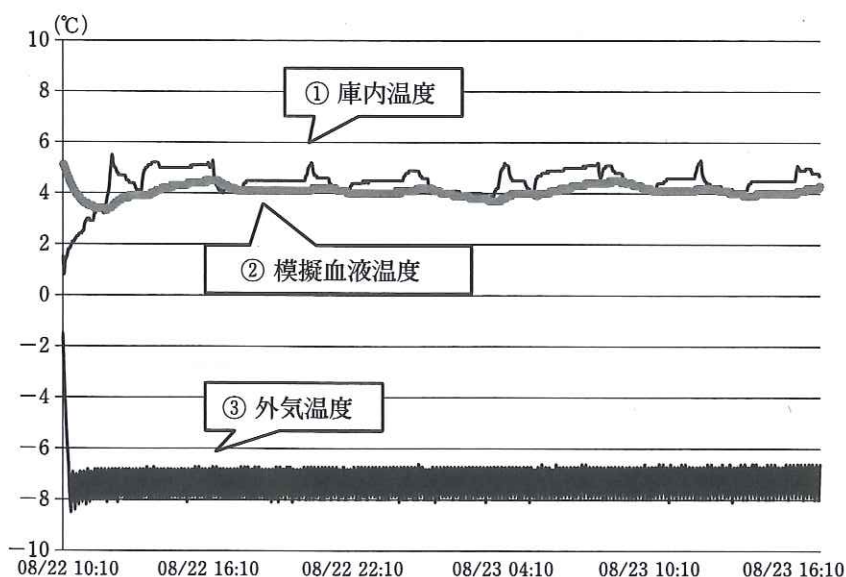


図3 2号試作機の性能評価試験結果(外気温度-8℃)

て、外気温度 -8°C 設定では外部電源による27時間の測定において、それぞれ庫内温度および模擬血液温度は $2\sim 6^{\circ}\text{C}$ に維持できた。外気温度の変動についても庫内温度および模擬血液温度は保管温度内に維持できた。本機材を用いて小笠原村診療所へRBCを搬送した温度記録を図5に示す。

[考 察]

小笠原村の救急患者は海上自衛隊の救難飛行艇

によって東京都内の医療機関へ搬送している。しかし、超遠隔離島からの搬送であり、要請から病院収容まで約10時間を要しているのが現状である⁵⁾。そのため搬送中に患者の血圧、ヘモグロビン値を維持するためにも同島に血液を保管することは重要である。

小笠原村への血液搬送は、1972年に緊急要請を受けた自衛隊の飛行艇がRBCを空中投下した記録がある⁶⁾。その後、不定期に船舶で搬送した

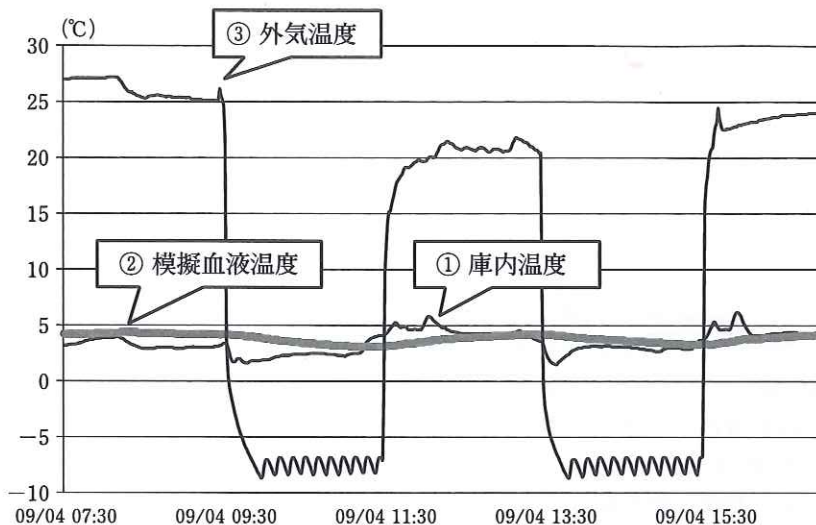


図4 2号試作機の性能評価試験結果(外気温度の変化による温度推移)

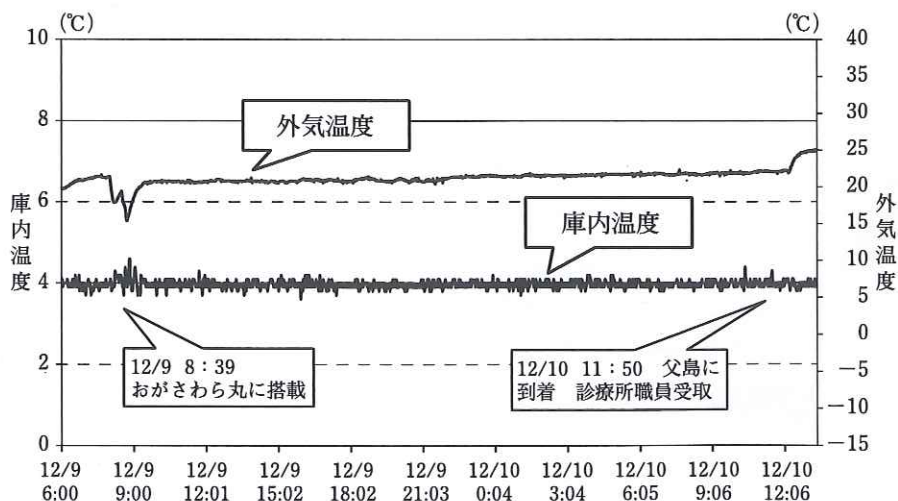


図5 小笠原村診療所への血液搬送記録

記録はあるものの、同村まで保管温度を維持してRBCを搬送できるバリデーションの取れた機材がなく、安定的なRBC供給はされてこなかった。今回、本機材は庫内温度を長時間保管温度に維持するだけでなく、搬送、保管中の温度を記録することができる。そのため本機材を使用すれば、供給施設で保管されたのと同等の品質で遠隔地にもRBCを供給でき、また、それを確認できる。

本機材の温調はペルチェ素子で行っている。そのため通電の極性を変えることで冷却だけでなく加温もできることから、戸内と戸外の急激な温度変化が想定されるRBC搬送機材として適した温調方法と思われる。また、冷媒やコンプレッサーを使用しないことで軽量かつ静音性に優れた機材となっていることも搬送や病院内で機材を置いておくのにも適している。

本機材は職員が一人で運べることを重視し、また、現在、医療機関へのRBCの搬送本数の多くが400mL由来RBC 5バッグ以下であることから、400mL由来RBC 5バッグを収納可能なサイズとして容量を約4Lとした。大きな容量の機材は総重量が重くなるだけでなく、庫内温度の均一性を維持することが難しく、搬送容器としては技術的にも課題がある。

都センターでは本機材を使用して2014年4月8日から小笠原村診療所に緊急用として2バッグの400mL由来O型RBCの搬送を開始した。小笠原村は通常の方法で血液を供給できない地域であったが、本機材を使用することで、東京都では技術的にRBCを供給できない地域をなくすことができた。

文 献

- 1) 小笠原村医療課:「小笠原村の医療」平成25年度版, 小笠原村診療所
- 2) CBC株式会社: <http://cbcest.jp/est-company.html>, (2014年8月現在)
- 3) 気温と雨量の統計 (<http://weather.time-j.net/Climate#a31>)
- 4) ペルチェ素子: <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9A%E3%83%AB%E3%83%86%E3%82%A3%E3%82%A8%E7%B4%A0%E5%AD%90>, (2014年8月現在)
- 5) 田口健: 東京都の島しょ地域における救急患者搬送, 医学のあゆみ, 226(9): 605-611, 2008
- 6) 日本赤十字社中央血液センター: 「献血だより」15号, 昭和49年4月