

再処理特別研究棟における新規熱中症対策の導入

Introduction of New Heatstroke Countermeasures at JAERI Reprocessing Test Facility

谷 陸 井上 里司 溝口 崇史 須田 翔哉
中嶋 瞭太 井上 秀毅 双石 就朗 大内 靖弘
原賀 智子 清水 修

Riku TANI, Satoshi INOUE, Takafumi MIZOGUCHI, Shoya SUDA
Ryota NAKAJIMA, Hidetaka INOUE, Nariaki KURABEISHI, Yasuhiro OUCHI
Tomoko HARAGA and Osamu SHIMIZU

原子力科学研究所
バックエンド技術部

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute

March 2026

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒 319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan

E-mail: ird-support@jaea.go.jp

再処理特別研究棟における新規熱中症対策の導入

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所 バックエンド技術部

谷 陸、井上 里司*1、溝口 崇史*1、須田 翔哉、中嶋 瞭太、井上 秀毅*2、双石 就朗*2
大内 靖弘、原賀 智子、清水 修

(2025年12月2日受理)

夏季の気温上昇に伴い、作業現場での熱中症発生件数が増加傾向にある。特に高温多湿環境下での業務においては、短時間の曝露でも重大な健康障害に至る事例が報告されている。また近年、職場における熱中症対策は法令上の義務として定められ、作業環境の管理および労働者の健康確保が求められている。

これまで再処理特別研究棟では、作業前の体調確認および給水所の位置の工夫等を中心とした基本的な熱中症対策を実施してきた。しかし、作業環境温度の上昇傾向や作業時間の長時間化に伴い、従来の対策のみでは十分なリスク低減効果が得られない可能性が指摘されていた。

今回、大型スポットクーラーの設置およびクールベストを導入し、作業環境および個人負荷の両面から作業環境の改善を図った。これらの対策導入前後において、温度・湿度・WBGT 値等のデータを収集し、環境条件および作業者の快適性に与える影響を評価した。

本報告書は、解体作業における熱中症発生リスクを低減するための具体的対策の効果を検証し、今後の作業環境改善につなげることを目的としている。

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4

*1 原子力エンジニアリング

*2 テクノ稜建

Introduction of New Heatstroke Countermeasures at JAERI Reprocessing Test Facility

Riku TANI, Satoshi INOUE*¹, Takafumi MIZOGUCHI*¹, Shoya SUDA, Ryota NAKAJIMA,
Hidetaka INOUE*², Nariaki KURABEISHI*²,
Yasuhiro OUCHI, Tomoko HARAGA and Osamu SHIMIZU

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 2, 2025)

With rising summer temperatures, the number of heatstroke incidents at worksites has been increasing. Even short-term exposure to high-temperature and high-humidity environments can result in serious health hazards. In recent years, measures to prevent heatstroke in the workplace have been legally mandated, requiring employers to manage the work environment and ensure workers' health.

At the JAERI Reprocessing Test Facility (JRTF), basic heatstroke prevention measures such as pre-shift health checks and strategic placement of water stations have been implemented. However, due to rising workplace temperatures and longer work durations, these conventional measures alone were considered insufficient to adequately reduce risk. This year, large spot coolers were installed, and cooling vests were introduced to improve both the work environment and individual thermal load. Data on temperature, humidity, and WBGT values were collected before and after the implementation to evaluate the effects on environmental conditions and worker comfort.

This report aims to assess the effectiveness of specific countermeasures in reducing the risk of heatstroke during decommissioning work and to inform future improvements to the work environment.

Keywords: Heatstroke Prevention Measures, WBGT, Decommissioning Work

*1 Nuclear Engineering Co. Ltd.

*2 Techno Ryoken Co. Ltd.

目 次

1. はじめに.....	1
1.1 再処理特別研究棟の概要	1
1.2 解体作業の進捗情報.....	1
2. 再処理特別研究棟の熱中症対策	5
2.1 従来の熱中症対策	6
2.1.1 日々の体調確認	6
2.1.2 WBGT 値による作業管理	6
2.2 新たに導入した熱中症対策.....	8
2.2.1 大型スポットクーラーの設置による作業環境の改善.....	8
2.2.2 冷却効果比較.....	9
2.2.3 大型スポットクーラー導入にあたっての注意点	13
2.2.4 クールベストの着用による個人負荷軽減	13
2.2.5 体表面温度の測定.....	14
2.2.6 アンケートによる評価	15
3. 対策による作業効率の変化	17
3.1 対策の効果	17
3.1.1 大型スポットクーラーによる効果	17
3.1.2 大型スポットクーラーとクールベストの同時使用による効果	18
4. まとめ	20
謝辞.....	21
参考文献	21
付録：参考資料・追加データ.....	22

Contents

1. Introduction	1
1.1 Overview of the Reprocessing Test Facility	1
1.2 Progress of Decommissioning Work	1
2. Heatstroke Countermeasures at JAERI Reprocessing Test Facility	5
2.1 Conventional Heat Stroke Countermeasures	6
2.1.1 Daily Physical Condition Checks	6
2.1.2 Work Management Based on WBGT Values	6
2.2 Newly Introduced Heat Stroke Countermeasures	8
2.2.1 Improvement of the Work Environment by Installing Large Spot Coolers	8
2.2.2 Comparison of Cooling Effects	9
2.2.3 Points to Note When Introducing Large Spot Coolers	13
2.2.4 Reduction of Individual Workload by Wearing Cooling Vests	13
2.2.5 Measurement of Body Surface Temperature	14
2.2.6 Evaluation through Questionnaire Survey	15
3. Changes in Work Efficiency Due to the Countermeasures	17
3.1 Effectiveness of the Countermeasures	17
3.1.1 Effects of Large Spot Coolers	17
3.1.2 Effects of Simultaneous Use of Large Spot Coolers and Cooling Vests	18
4. Summary	20
Acknowledgements	21
References	21
Appendices	22

図表リスト

Fig. 1.1	本体施設の平面図	3
Fig. 1.2	ホットケーブル立面図	4
Fig. 2.1	スポットクーラー設置位置イメージ	8
Fig. 2.2	記録測定ポイント	9
Fig. 2.3	温度比較グラフ	10
Fig. 2.4	湿度比較グラフ	11
Fig. 2.5	WBGT 値比較グラフ	12
Fig. 2.6	保冷剤タイプ 作業前	14
Fig. 2.7	保冷剤タイプ 作業後	14
Fig. 2.8	水冷タイプ 作業前	15
Fig. 2.9	水冷タイプ 作業後	15
Fig. 2.10	クールベスト着用者アンケート結果グラフ	16
Fig. 3.1	スポットクーラーの有無による WBGT 値	17
Fig. 3.2	スポットクーラーの有無による WBGT 値 (クールベスト補正值込み)	18
Table 2.1	解体作業用 WBGT 基準値	6
Table 2.2	WBGT 補正值	7
Table 2.3	作業 1 時間あたりの休憩時間	7
Table 2.4	大型スポットクーラーの概要	8
Table 2.5	導入したクールベストの性能	13
Table 2.6	クールベスト着用者アンケート結果 (平均スコア (Max. 5.0))	16
Table 3.1	スポットクーラーおよびクールベストによる作業可能時間 (単位 : h)	19

This is a blank page.

1. はじめに

1.1 再処理特別研究棟の概要

再処理特別研究棟は、日本で最初の工学規模のPurex法による湿式再処理試験施設として1967年に建設された。本施設は、使用済核燃料の湿式再処理試験に使用した湿式再処理試験設備が設置された本体施設、湿式再処理試験によって発生した廃液を貯める廃液操作・貯蔵室および廃液長期貯蔵施設から構成され、各建家は地下ダクトにより連結されている。

1970年に湿式再処理試験設備の運転を停止し、その後は、再処理高度化研究、軽水炉燃料等の燃焼率測定、再処理廃液の処理技術開発等を行う核燃料物質使用施設として使用されていたが、目的とした試験研究が終了したことおよび施設の老朽化が著しいことから、廃止措置に移行し、1996年度より設備・機器等の解体を開始した。これらの研究や技術開発に用いられた設備・機器は、核分裂生成物（β(γ)線放出核種）だけでなく、TRU核種を含むα線放出核種によって汚染されている。2022年7月からは、新たに発足したプロジェクト体制の下、廃止措置を進めている。以下に各施設の概要を記す。

①本体施設

本体施設の建家は、地上3階、地下1階の構造で、I棟からIV棟で構成される。建家内には、溶解槽、パルスカラム等が設置されていたホットケープ、蒸発缶やミキサセトラ等が設置されていたPuセル、炭酸ソーダ洗浄槽が設置されていた溶媒回収セルおよび約1 m³の鉛セル11基が連結された分析セル等が設置されていた。

②廃液操作・貯蔵室

廃液操作・貯蔵室の建家は、地上1階、地下2階の円筒形の構造で、地下2階に約4 m³および約2 m³のSUS製の廃液貯槽が12基設置されている。これらの廃液貯槽では、湿式再処理試験により発生したプロセス廃液、廃溶媒および未精製U廃液を貯蔵していた。

③廃液長期貯蔵施設

廃液長期貯蔵施設の建家は、地上1階、地下1階の構造で、地下には約10 m³から20 m³の廃液貯槽が6基設置されていた。これらの廃液貯槽では、湿式再処理試験により発生したAl脱被覆廃液、プロセス廃液および核分裂生成物含有廃液を貯蔵していた。

1.2 解体作業の進捗情報

1996年度に設備、機器等の解体作業を開始し、本体施設では、解体廃棄物および資機材の一時置場を確保するため、最初にグローブボックス、フード等の一部を解体した。その後、ホットケープ内の湿式再処理試験設備・機器、Puセル内の未精製Pu溶液の精製工程等の設備・機器および分析セルを解体した。

廃液長期貯蔵施設では、2002年度から2004年度にかけてFP含有廃液処理装置、サンプリングセルおよび大型の廃液貯槽LV-3～6の4基を解体し、タンク室内のSUSライニングを撤去し

た。2005年度から2007年度にかけて廃液貯槽 LV-2 の一括撤去^{2),3)}を行い、2007年度から2018年度にかけて廃液貯槽 LV-1 の原位置解体^{4),5)}を実施した。

廃液操作・貯蔵室では、主要な設備・機器の撤去は行っておらず、廃液貯槽 12 基 (WV-1～12) が残存している。

2022年度から2023年度にかけて、本体施設のグローブボックス 4 基 (GB-N, K, L, S)、フード 3 基 (H-4, 9, 14)、地下ピット廃液受槽 3 基 (MV-1～3) および廃液操作・貯蔵室に設置されているグローブボックス 1 基 (GB-P) の解体撤去を実施した。

2024年度から、本体施設と廃液長期貯蔵室の建家間を連結している土中埋設ダクトの解体撤去および廃液長期貯蔵施設の管理区域解除作業とホットケープ内のライニング撤去等作業を実施している。

本報告では、2024年度から実施しているホットケープ内のライニング撤去作業において導入した熱中症対策とその効果について報告する。Fig. 1.1 に本体施設の平面図、Fig. 1.2 にホットケープの立面図を示す。

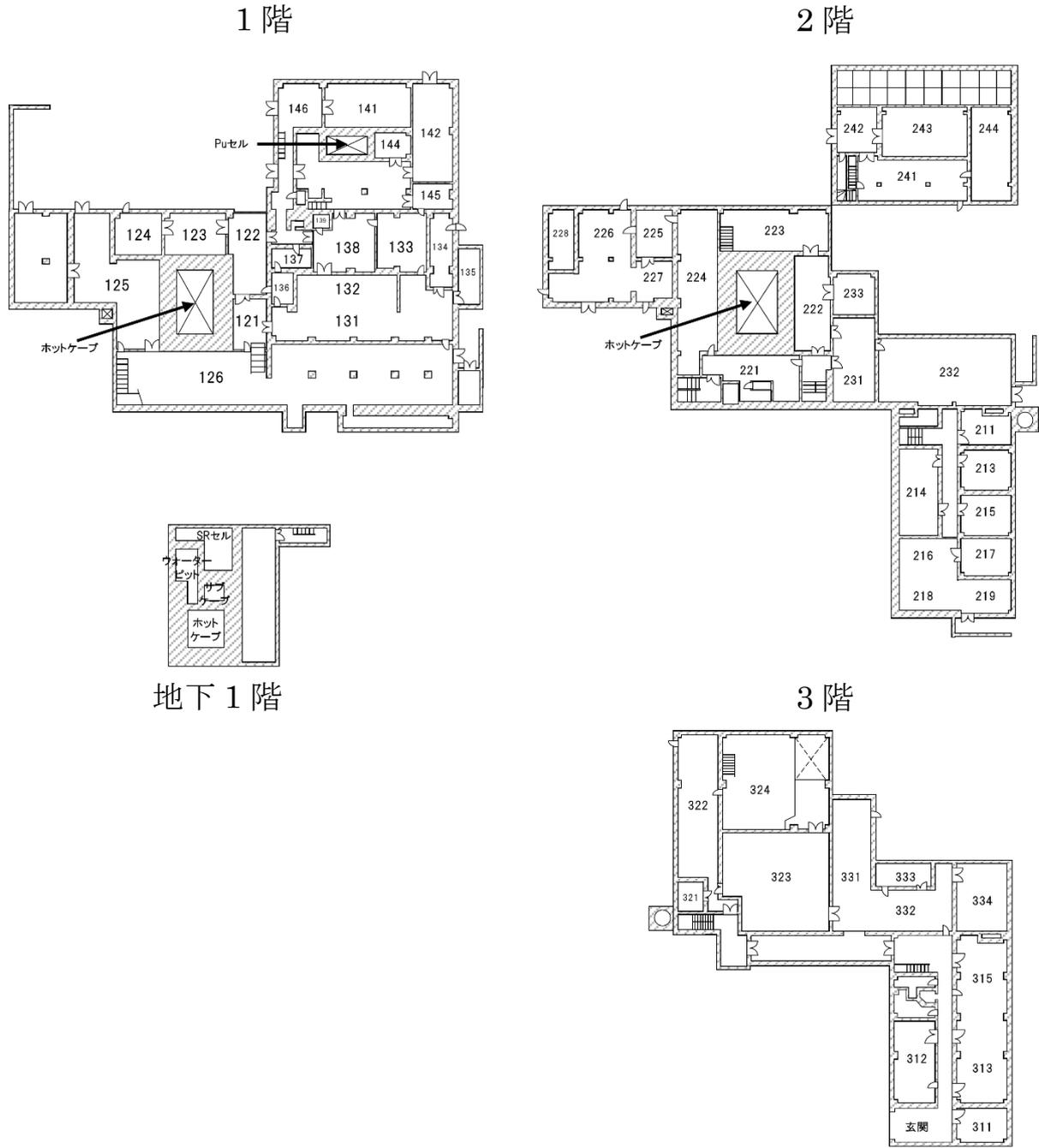


Fig. 1.1 本体施設の平面図

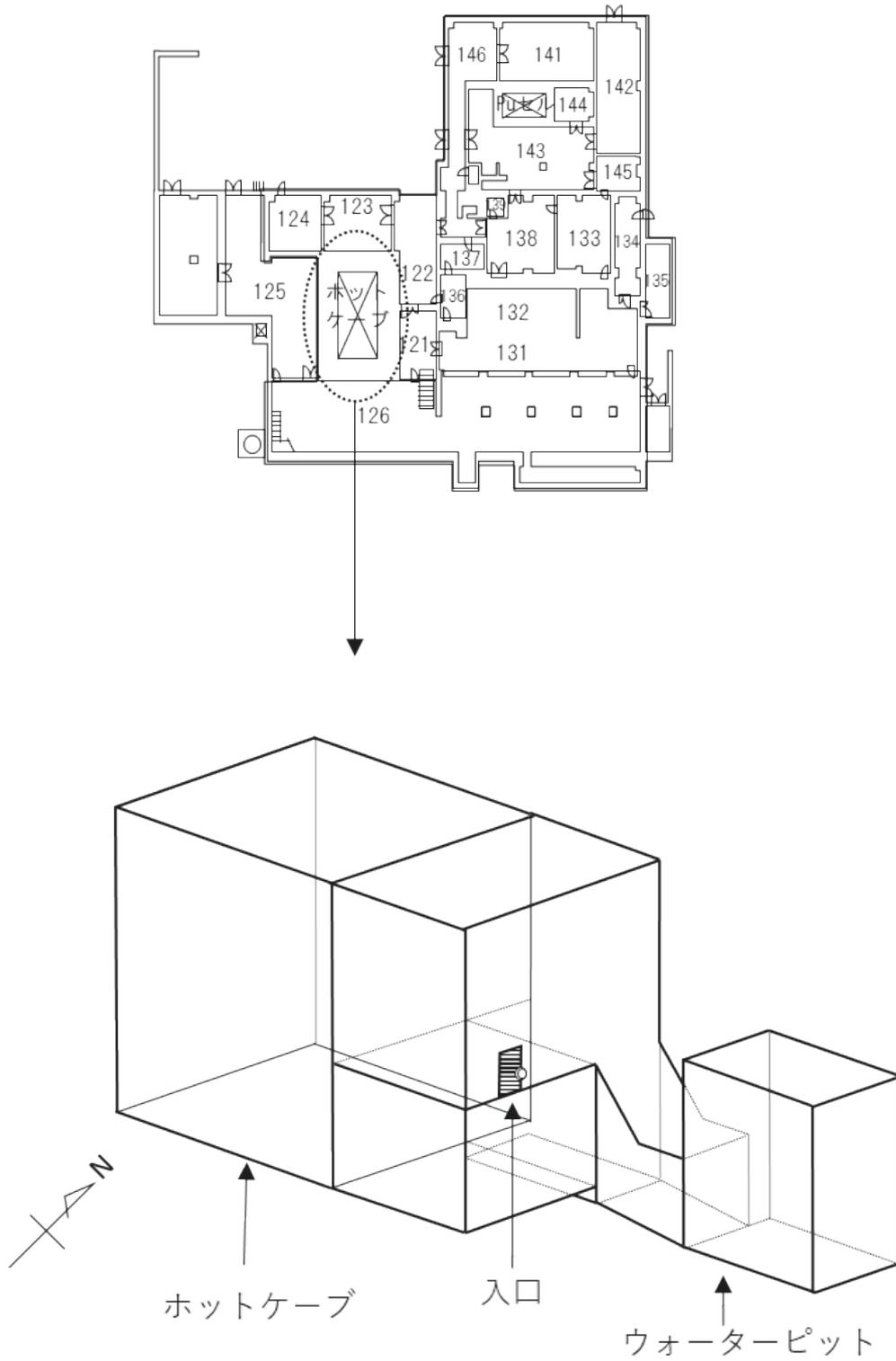


Fig. 1.2 ホットケーブル立面図

2. 再処理特別研究棟の熱中症対策

近年、職場における熱中症対策は法令上の義務として位置づけられており、労働安全衛生法および関連指針に基づき、事業者には作業環境の管理および労働者の健康確保が求められている。特に高温多湿環境での作業では、熱中症リスクの低減に向けた具体的な対策が不可欠となっている。

ホットケープなどセル内の作業は、放射線防護を前提とした密閉空間で行われることが多く、一般的な屋外作業と比較して通風条件や熱放散性が著しく制限される。このため、セル内の作業環境温度は上昇しやすく、より一層、熱中症のリスクを考慮する必要がある。特に、防護服や防護マスク等の着用により体表からの放熱が妨げられ、作業者の体温上昇や発汗負荷が増大する傾向が確認されている。また、セル内の構造上、換気による温度制御や気流の確保にも限界があるため、作業環境の整備や作業時間の管理が重要な要素となる。

当施設において従来実施してきた対策に加え、新たに導入した対策の概要およびその運用方法について以下に示す。

2.1 従来の熱中症対策

2.1.1 日々の体調確認

作業前の KY ミーティング時に、全作業員を対象として体調確認を実施した。確認する項目は、睡眠状況、食事摂取状況、体調異常（頭痛・倦怠感・発熱等）の有無とし、異常が認められた場合はセル内作業には従事させないこととした。また、体調確認結果はチェックシート（付録 Table-1）に記載した。この取組により、熱中症の予防および初期症状段階での作業員の異変の早期発見、重症化防止が図られている。

2.1.2 WBGT 値による作業管理

再処理特別研究棟における解体作業では、厚生労働省が定める WBGT（暑さ指数）に基づく作業管理基準⁶⁾を参照し、測定された WBGT 値に応じて作業時間および休憩時間を設定している。使用している基準を Table 2.1 に示す。

Table 2.1 解体作業用 WBGT 基準値

作業区分	身体作業強度（代謝率レベル）の例	WBGT 基準値（℃）	
		暑熱馴化者	暑熱非馴化者
0 安静	・ 作業監視	33	32
1 低代謝率	・ 資機材搬出入（1 kg 未満）の運搬 ・ 管理区域の出入管理の身体汚染検査 ・ 汚染検査 ・ GH 外での補助作業（スミヤ等の受け渡し）	30	29
2 中程度 代謝率	・ 資機材搬出入（1kg 以上～30kg 未満）の運搬 ・ 作業上屋設営（屋根、壁、床面、ドア施工） ・ ローリングタワーの組立、移動、解体 ・ 電動工具による切断 ・ ビニールシート等による養生 ・ 仮設分電盤、照明器具設置 ・ GH の設置、移動	28	26
3 高代謝率	・ 資機材搬出入（重量物（30kg 以上））の運搬 ・ 壁のはつり作業 ・ 壁貫通配管の引き抜き ・ 作業エリアの掘削、埋め戻し作業	26	23
4 極高代謝率	・ 該当なし	-	-

解体作業中は、放射線防護のため全面マスクやタイベックスーツなどの保護具を着用する場面が多く、着用により体温放散が妨げられることから、装備ごとに WBGT 補正値を設定している。また、クールベストや空調服を着用した場合には、熱負荷軽減効果を反映して補正値が緩和されるように基準を定めた。Table 2.2 に各装備および保護具の補正値を示す。

Table 2.2 WBGT 補正値

衣類の種類	WBGT 補正値 (°C)
作業服 (長袖シャツ・長ズボン)	0
つなぎ服 (布製)	0
全面マスク	1
タイベックスーツ	3
エアラインスーツ	4
クールベスト	-2
空調服	-2
クールベスト+空調服	-3

作業時には実測した WBGT 値に対し、着用している保護具・装備に応じた補正値を加算して管理を行った。さらに、作業負荷 (代謝レベル) 別の基準に基づき、1 時間あたりの休憩時間を Table 2.3 のとおり設定した。

Table 2.3 作業 1 時間あたりの休憩時間

作業区分 WBGT 値	安静・低代謝率	中代謝率	高代謝率
基準値+1°C	10 分以上	15 分以上	30 分以上
基準値+2°C	15 分以上	30 分以上	45 分以上
基準値+3°C	30 分以上	45 分以上	
それ以上		作業中止	

この管理方式は、熱中症リスク低減の観点から有効である一方、夏季の高温多湿環境では補正値の上昇により作業可能時間が短くなるため、作業生産性の低下が課題となっていた。

2.2 新たに導入した熱中症対策

2.2.1 大型スポットクーラーの設置による作業環境の改善

セル内は、放射線防護を目的とした密閉構造および遮へい体により通風が著しく制限されている。このため、外気との熱交換が十分に行われず、作業エリア内の温度や湿度および WBGT 値が高くなる傾向がある。加えて、再処理特別研究棟では管理区域内に空調設備が設けられていないことから、作業環境の暑熱負荷を軽減する目的で大型スポットクーラーを新たに導入した。Table 2.4 に導入したスポットクーラーの概要を示す。

Table 2.4 大型スポットクーラーの概要

項目	仕様
外形寸法	高さ 1957 mm、幅 1300 mm、奥行 800 mm
重量	288 kg
電源	三相 200 V、30 A、ELB 40A
運転範囲	冷房：約 21℃～30℃ 暖房：約 00℃～20℃

従来は小型のスポットクーラーを使用していたが、冷却能力が不足していたため、大型機を採用した。大型スポットクーラーは、空気の流れ、吹出口の風向および風量を作業者の動線に合わせ調整することで、作業者が冷却効果を最大限実感できるようにした。設置位置のイメージを Fig. 2.1 に示す。

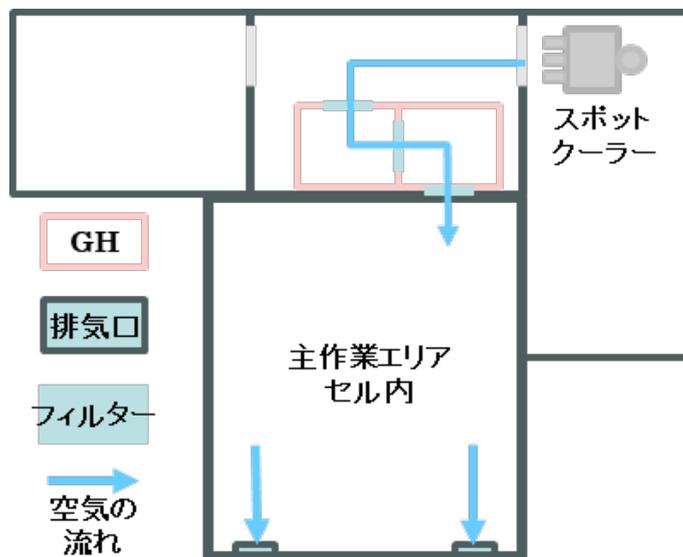


Fig. 2.1 スポットクーラー設置位置イメージ

2.2.2 冷却効果比較

冷却効果を確認するため、主作業エリアであるセル内と、主作業エリア入口と同一階に位置し、スポットクーラーの冷風の影響を受けないと考えられる 138 号室において、8 月 18 日から 8 月 22 日までの 5 日間、温度、湿度、WBGT 値を 10 時から 15 時まで（昼食時間の 12 時から 13 時までを除く）1 時間間隔で測定した。記録の測定ポイントを Fig. 2.2 に、測定結果を Fig. 2.3～Fig. 2.5 に示す。

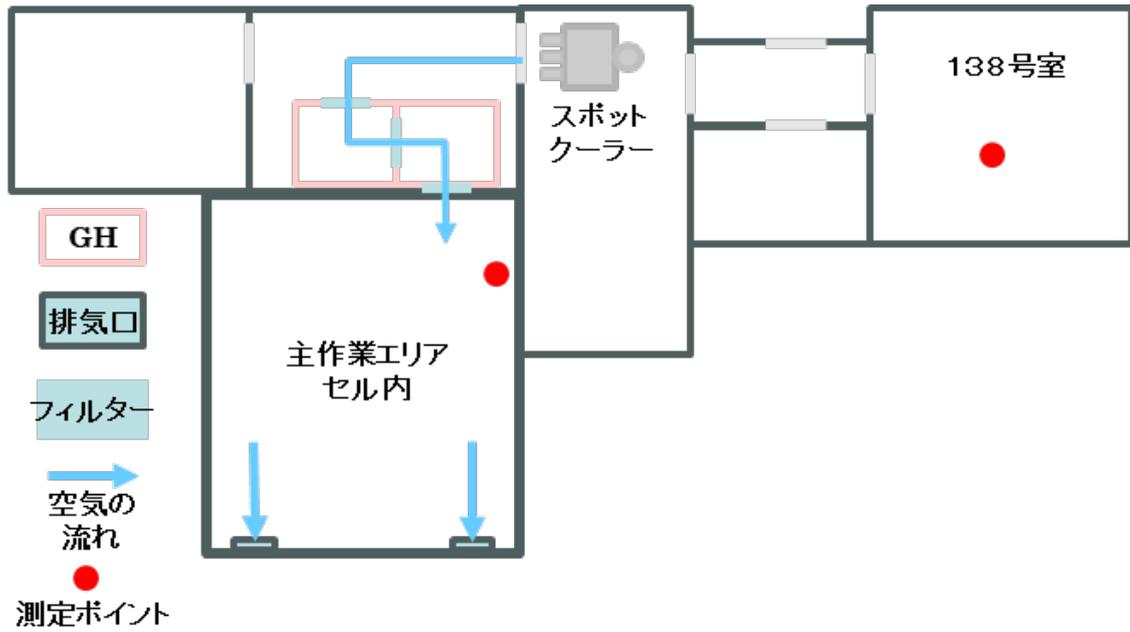


Fig. 2.2 記録測定ポイント

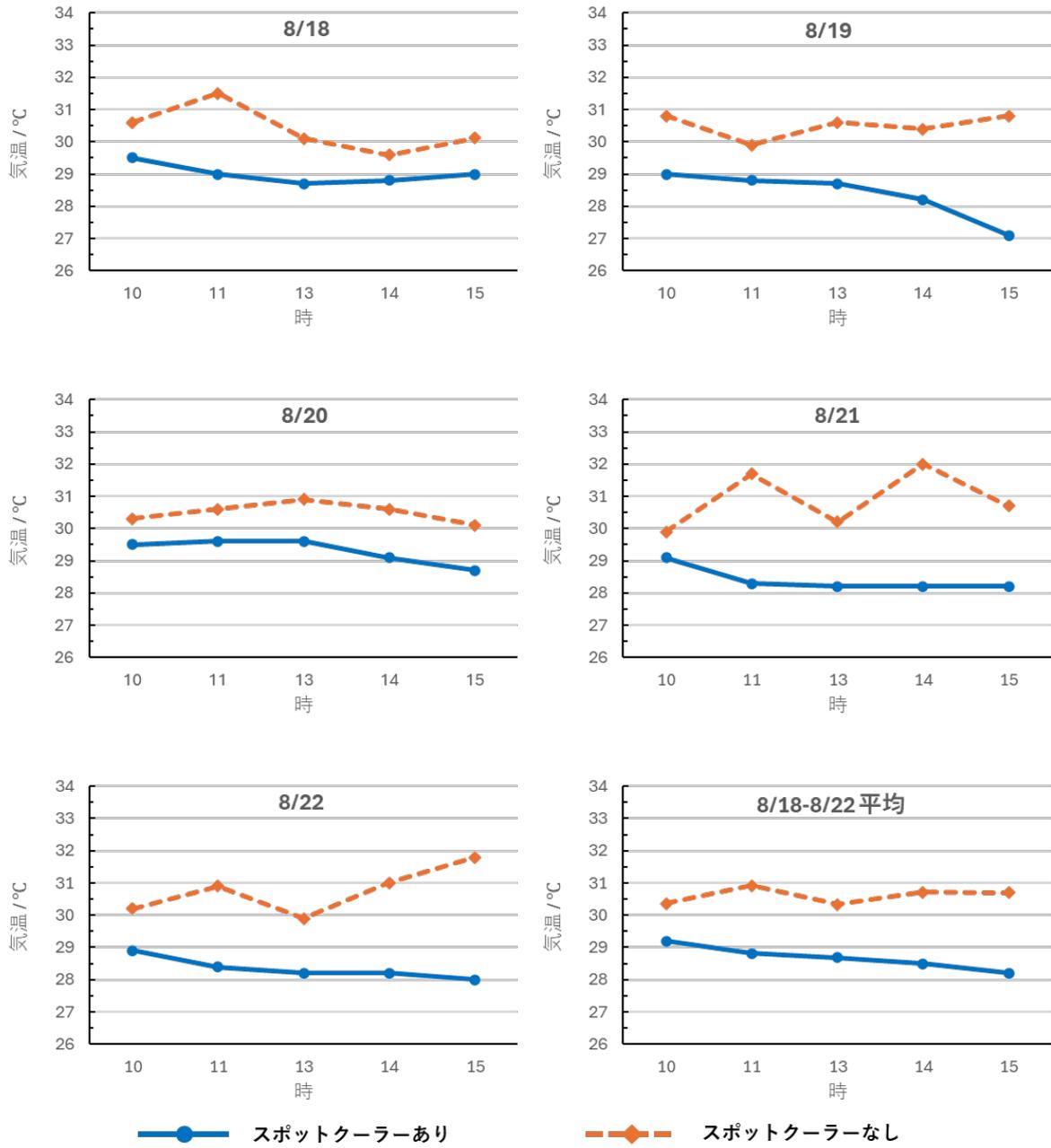


Fig. 2.3 温度比較グラフ

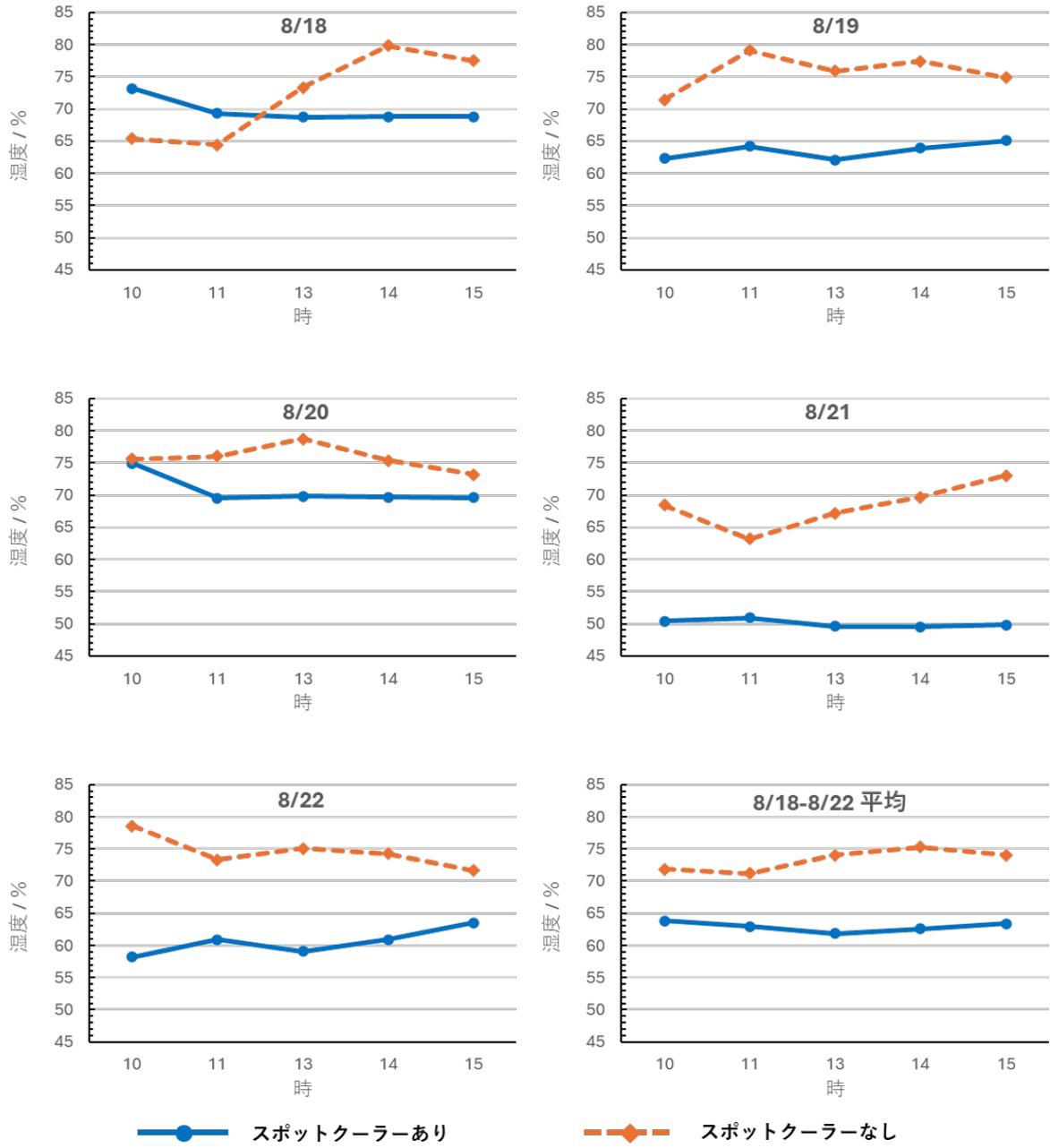


Fig. 2.4 湿度比較グラフ

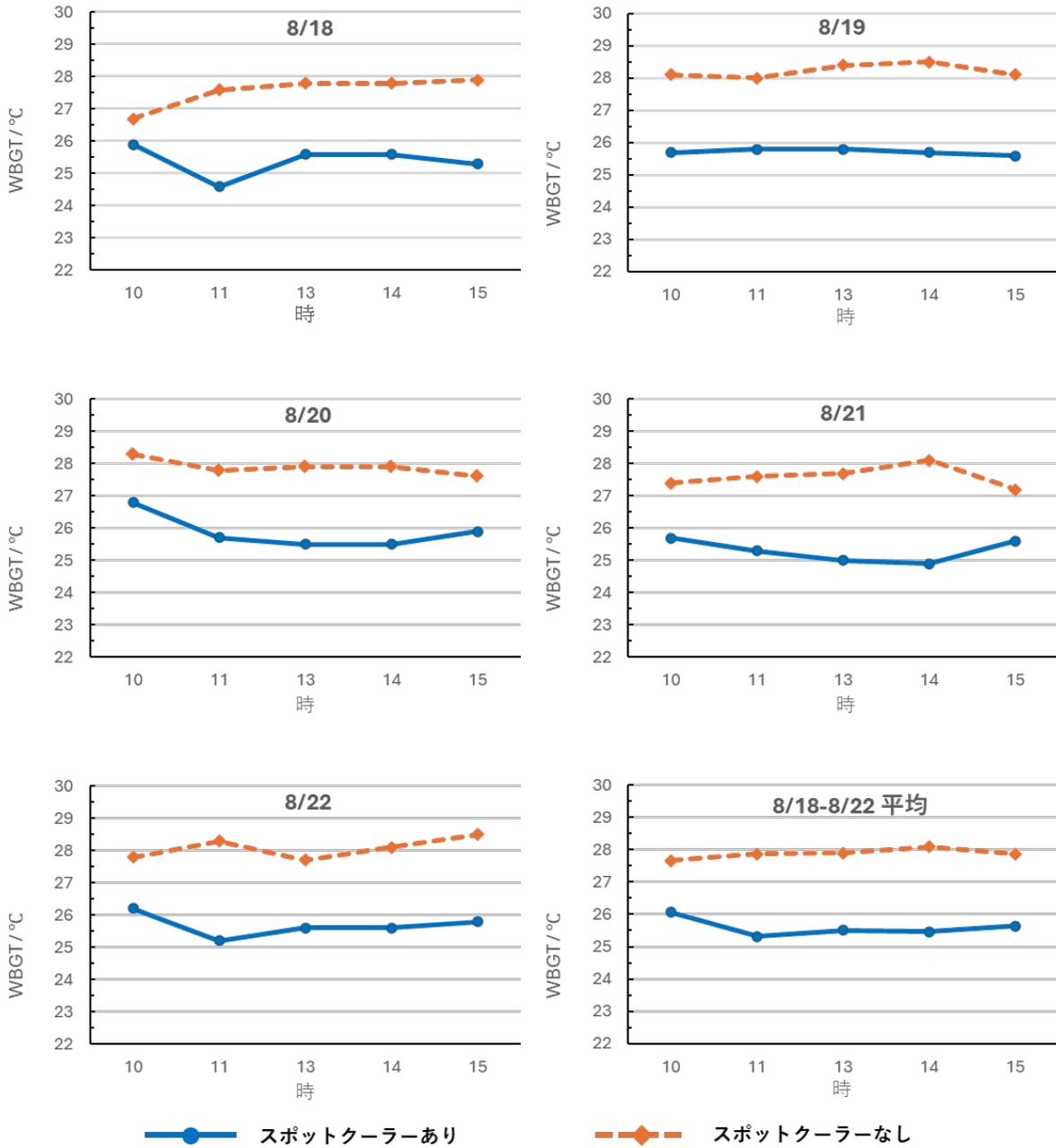


Fig. 2.5 WBGT 値比較グラフ

全日においてスポットクーラーを設置した主作業エリアは、未設置エリアと比較して、温度およびWBGT値がいずれも低い値を示した。湿度に関して、8/18のデータに未設置エリアのほうが低い時間帯があるが、スポットクーラーの除湿効果により、時間の経過とともに逆転した。平均値として、温度は1.9°C、湿度は10.4%、WBGT値は2.3°C低下しており、特に高温になる時間帯の13時から15時では、温度は約2.4°C、湿度は約11.9%、WBGT値は平均2.4°C低下しており、明確な冷却効果が見られた。作業員からは「スポットクーラー設置エリアと未設置エリアでは体感温度が大きく異なる」、「体の熱がこもりにくくなった」等の意見があり、

主観的な暑熱負荷の軽減も確認された。

以上の結果から、大型スポットクーラーの設置により、セル内の暑熱環境は定性・定量的の両面で改善されたと考えられる。

なお、参考のために取得した9月分のデータを付録 Fig.-4～Fig.-8 に示す。

2.2.3 大型スポットクーラー導入にあたっての注意点

大型スポットクーラーの導入により、作業環境の暑熱改善効果が確認できた。一方で、導入に際しては以下の3点について事前の検討が必要となった。

①設置位置

機器が大型であるうえ、排気を外部へ逃がすためのダクトを取り付ける必要がある。結果として、カタログ寸法以上のスペースを確保する必要があり、レイアウト決定時には作業動線や機材配置との両立を考慮した。

②電源条件

三相 200 V・30 A 以上の電源供給が必要であり、一般的な 100 V コンセントでは稼働できない。既存の配線状況によっては新規施工を伴う可能性があるため、事前調査が必須である。

③ドレン水処理

高湿度期間（6～8月）において、1日7時間の稼働で約50～60Lのドレン水が発生した。適切な排水経路を確保していない場合、容器満水による停止や作業中断を招く可能性がある。このため、導入時点で処理方法を検討し、排水設備と併せて運用することが望ましい。

2.2.4 クールベストの着用による個人負荷軽減

解体作業において、作業員個人の体温上昇抑制を目的にクールベストを使用した。従来から保冷剤を使用するタイプのクールベストを使用していたが、新しく冷水を循環させるタイプのクールベストを導入した。これら2種類のクールベストを作業に取り入れ、作業内容に応じて選択できる運用とした。それぞれの性能を Table 2.5 に示す。

Table 2.5 導入したクールベストの性能

クールベスト	保冷剤タイプ	水冷タイプ
冷却方式	保冷剤	冷水循環
重量	約 1 kg	約 2 kg
バッテリー	不要	必要
冷却部位	背中・脇の冷却	背中・脇・胸の冷却
持続時間	約 1 時間	約 3 時間
価格	約 6,000 円*	約 16,000 円*

※2025年10月現在

2.2.5 体表面温度の測定

保冷剤タイプおよび水冷タイプのクールベスト着用時における、作業前後の体表面温度を測定した。測定画像を Fig. 2.6～Fig. 2.9 に示す。着用時間はいずれも約 2 時間ほどである。



Fig. 2.6 保冷剤タイプ 作業前



Fig. 2.7 保冷剤タイプ 作業後

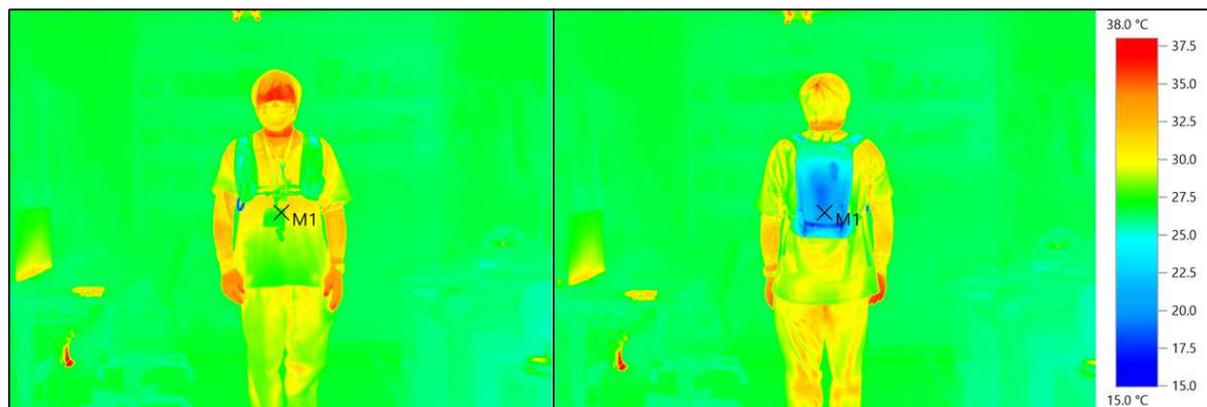


Fig. 2.8 水冷タイプ 作業前

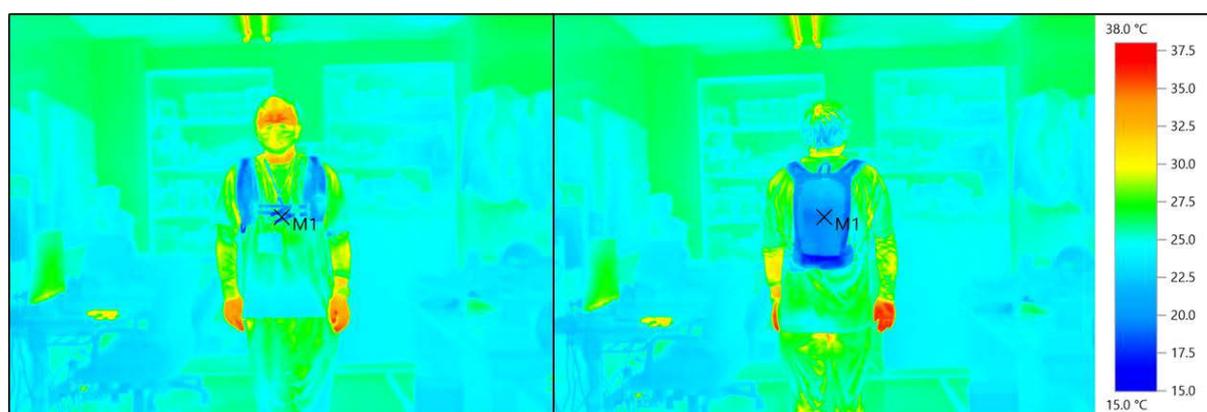


Fig. 2.9 水冷タイプ 作業後

比較の結果、水冷タイプは胸から背中まで広い範囲を継続して冷却でき、作業終了後まで冷却効果が維持されることが確認された。一方で、保冷剤タイプでは時間経過とともに冷却能力が低下し、冷却範囲も縮小した。

以上より、作業で用いたクールベストの比較では、水冷タイプのクールベストは冷却能力と持続時間の点で優位性があることが示された。また、クールベストを脱いだ直後の体表面温度を付録 Fig.-9、Fig.-10 に示す。

2.2.6 アンケートによる評価

主作業エリア（セル内）にてそれぞれのクールベストを着用した作業者を対象に、着用時の重さ、可動性、装着性、メンテナンス性、冷却効果、冷却の持続時間の6項目、5段階評価（5：非常に良い⇔1：非常に悪い）でアンケートを行った。集計結果を Table 2.6 および Fig. 2.10 に示す。重さ、可動性、装着性、メンテナンス性については、構造・仕組みが簡易である保冷剤タイプのほうが高評価であった。特にメンテナンス性においては、水冷タイプの場合、体に接する面積は広いが、その分汗をより吸収しやすく乾きにくいいため、衛生面が不安だという意見が出ていた。一方で、冷却効果や持続時間においては水冷タイプのほうが高評価であり、体表温度測定の結果とも一致する。

Table 2.6 クールベスト着用者アンケート結果（平均スコア（Max. 5.0））

設問項目	保冷剤タイプ	水冷タイプ
重さ	4.1	2.3
可動性	4.0	2.3
装着性	3.8	2.8
メンテナンス性	4.0	1.8
冷却効果	3.4	4.0
効果の持続時間	2.3	4.5

※アンケートスコアはそれぞれのクールベストについて比較し、評価したものである。

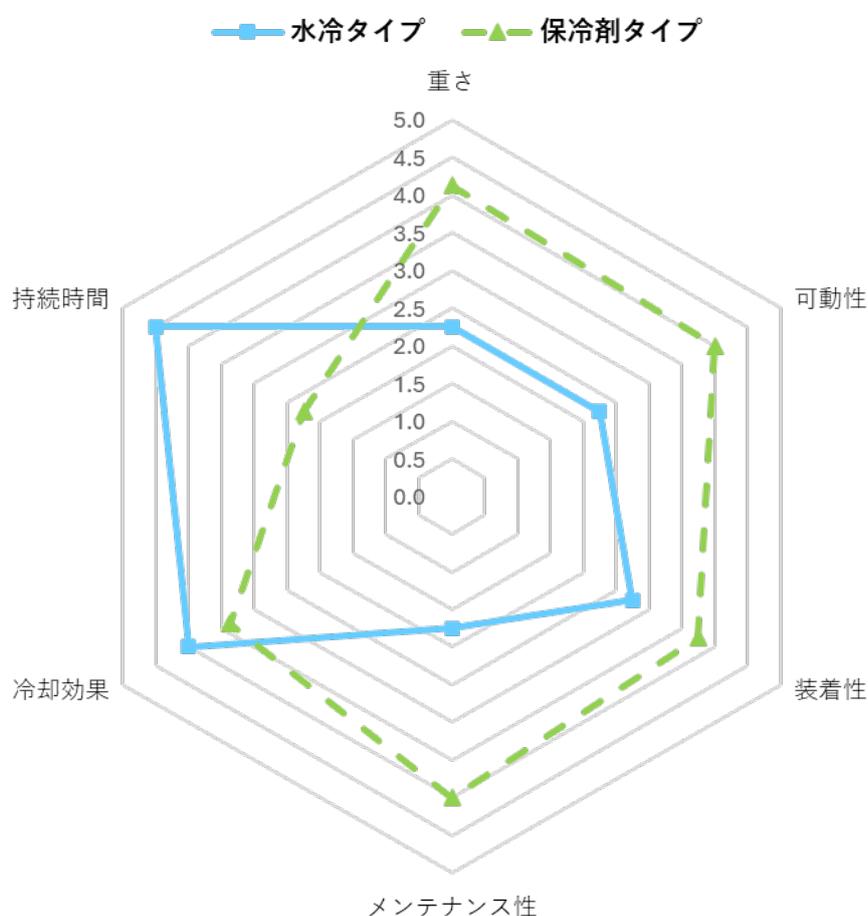


Fig. 2.10 クールベスト着用者アンケート結果グラフ

以上より、

- ・短時間作業やこまめな休憩が可能な作業 → 保冷剤タイプ
- ・連続作業や暑熱負荷の高い環境 → 水冷タイプ

とするなど、環境条件に応じた使い分けにより、より効果的な暑熱対策が可能になると考えられる。

3. 対策による作業効率の変化

3.1 対策の効果

導入した大型スポットクーラーおよびクールベストの作業時間確保にもたらす効果を評価するため、スポットクーラー設置エリアおよび未設置エリアでの作業可能時間を比較した。

ライニング撤去作業における主な作業項目は、「資機材搬出入(1kg以上～30kg未満)の運搬」や「ローリングタワーの組立、移動、解体」、「電動工具による切断」など、Table 2.1の“中程度代謝率”に分類される作業で構成されている。このため、WBGT基準値は28℃とした。また、主作業エリアでは「全面マスク」と「タイベックスーツ」を装着して作業を行っているため、補正值を考慮し、作業エリアのWBGT値に対して「+4℃」の値で作業管理を行った。

3.1.1 大型スポットクーラーによる効果

Fig. 3.1に、8/18～22の5日間におけるスポットクーラー設置エリアおよび未設置エリアの、装備補正值を加算したWBGT値を時間ごとにプロットした結果を示す。

また、1日の実作業可能時間は、10時～12時および13時～16時の最大5時間までとした。

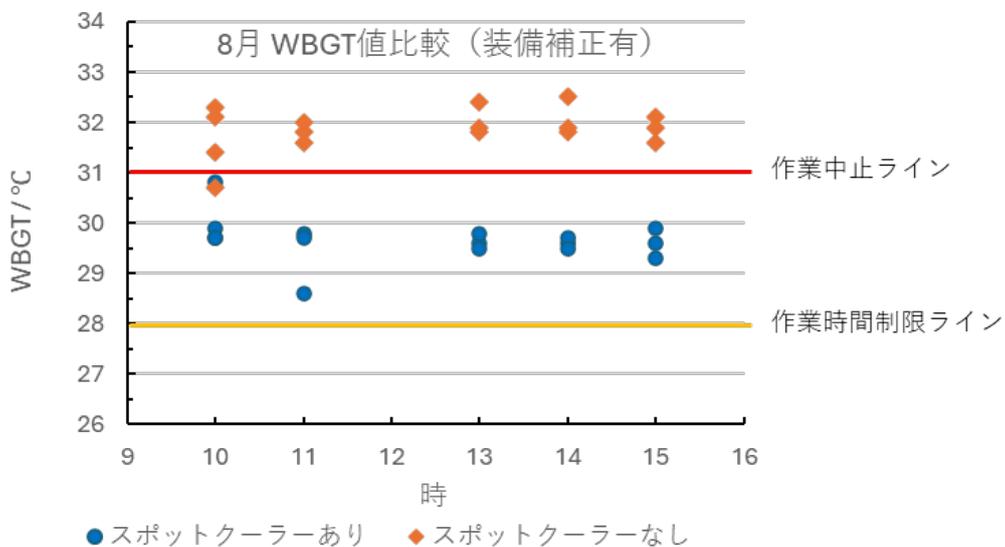


Fig. 3.1 スポットクーラーの有無によるWBGT値

Fig. 3.1の赤線(31℃)は、本作業において「作業中止」に該当する基準値であり、超えると作業を中止する必要がある。黄色線(28℃)は「作業時間に制限が生じる基準値」を示しており、28℃以上では必要な休憩が増加し、29℃以上で1時間あたり0.5時間、30℃以上で0.75時間の休憩時間を設ける必要がある。

スポットクーラー未設置では、25プロット中、作業中止ラインを超えるものが24点、30℃超過が1点となり、8/18～22の累計作業可能時間は0.25時間と推定される。

一方、スポットクーラー設置時は、25 プロット中、作業制限ラインを超えるものが 24 点であったものの、作業停止ラインを大きく下回り、同期間の累計作業可能時間は 12.25 時間となった。これらの結果から、大型スポットクーラーを導入することで、作業可能時間が約 48 倍に増加したことが確認された。

3.1.2 大型スポットクーラーとクールベストの同時使用による効果

前項と同条件下において、クールベスト（CB）を着用した場合の結果を Fig. 3.2 に示す。クールベストを着用している場合、装備補正値を考慮した作業エリアの WBGT 値に対して「-2℃」を適用して評価した。

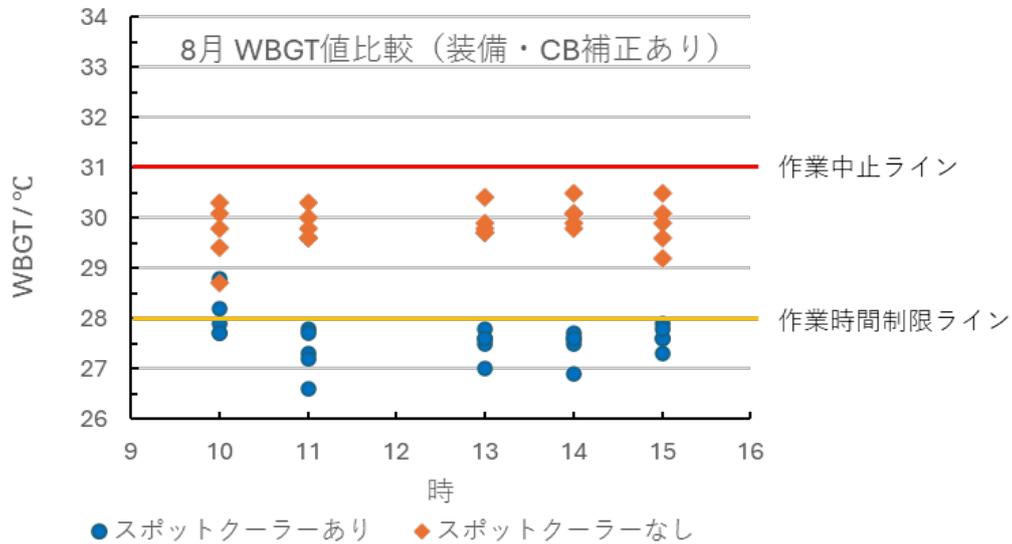


Fig. 3.2 スポットクーラーの有無による WBGT 値 (クールベスト補正値込み)

Fig. 3.1 と比較すると、赤線（作業中止基準値）を超えるプロットが消失し、熱環境の改善により作業を中止せざるを得ない状況が発生しなくなったことがわかる。さらに、スポットクーラー設置エリアでは黄色線（作業時間制限基準値）を下回るプロットも確認され、作業可能時間を大幅に確保できる環境となったことが示された。

スポットクーラー未設置の場合、測定プロット 25 点のうち赤線（作業中止基準値）を超えたものが 0 点、30℃以上が 10 点、29℃以上が 14 点、28℃以上が 1 点であり、8/18～8/22 における累計作業可能時間は 10.25 時間となった。

スポットクーラー設置時は、測定プロット 25 点のうち 28℃以上が 2 点、28℃以下が 23 点となり、同期間の累計作業可能時間は 24.5 時間となった。

Fig. 3.1、Fig. 3.2 の結果を Table 3.1 にまとめる。また、9 月分のデータのまとめを付録 Table-2 に示す。

Table 3.1 スポットクーラーおよびクールベストによる作業可能時間（単位：h）

スポットクーラー クールベスト	あり	なし
	あり	24.5
なし	12.25	0.25

以上の結果から、スポットクーラーおよびクールベストの導入により、作業可能時間は**24.25**時間増加し、約**97**倍増の大幅な改善が得られた。これにより、夏場の高温多湿な時期であっても、作業を中断することなく計画どおりに進めることが可能となった。

これらの設備導入は「作業員の負担軽減」「中断リスクの減少」「作業計画の安定化」につながり、他現場においても高温環境下の生産性改善策として有効に適用できると考えられる。

4. まとめ

本報告では、解体作業における熱中症リスク低減を目的として、大型スポットクーラーの設置およびクールベストの導入効果を定量的に評価した。

まず、大型スポットクーラーについては、設置エリアと未設置エリアを比較した結果、平均で温度 1.9℃、湿度 10.4%、WBGT 値 2.3℃低下しており、作業環境温度を確実に改善できることが確認された。

また、クールベストについては保冷剤タイプと水冷タイプの 2 種類を対象に、各製品の特性および実際に使用している作業員からの意見を基に評価した。保冷剤タイプは取り扱いの容易さに優れ、水冷タイプは高い冷却性能が特徴である。現場ごとの作業内容や必要な機能に応じて、両タイプを適切に使い分けることで、より効率的な対策が可能となる。

さらに、WBGT 測定値に基づく作業可能時間の算定を行い、スポットクーラー設置の有無およびクールベスト着用による効果を比較した。その結果、両対策を併用することで作業可能時間は 24.25 時間増加し、約 97 倍という大幅な改善が得られた。これにより、夏季の高温多湿条件下であっても、作業を中断することなく継続できることが示された。

今後は、作業エリアに応じたスポットクーラーの最適配置や、クールベストの選定・運用方法のさらなる改善を図ることで、より安全かつ効率的な作業環境の構築が期待される。

本報告で得られた成果は、本作業のみならず、類似の高温多湿環境下で行われる作業現場における熱中症対策の参考として、今後の作業環境改善に活用できるものと考えられる。

謝辞

本報告書作成にあたり、データ測定に協力いただいた原子力エンジニアリング株式会社および株式会社テクノ稜建の現場作業員の皆様をはじめ、助言等をいただいた皆様に深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 河内昭典, 三森武男, 宮島和俊, 再処理特別研究棟における未精製ウラン廃液処理試験, JAERI-Tech 99-028, 1999, 51 p.
- 2) 里見慎一, 金山文彦, 萩谷和明, 明道栄人, 小林忠義, 富居博行, 立花光夫, 再処理特別研究棟廃液貯槽 LV-2 の一括撤去作業 その 1 (撤去前準備作業), JAEA-Technology 2008-067, 2008, 53 p.
- 3) 金山文彦, 萩谷和明, 砂押瑞穂, 村口佳典, 里見慎一, 根本浩一, 照沼章弘, 白石邦生, 伊東慎一, 再処理特別研究棟廃液貯槽 LV-2 の一括撤去作業 その 2 (撤去作業), JAEA-Technology 2011-011, 2011, 36 p.
- 4) 横塚佑太, 砂押瑞穂, 藤倉敏貴, 鈴木翔太, 村口佳典, 半田雄一, 三村竜二, 照沼章弘, 再処理特別研究棟における廃液貯槽 LV-1 の原位置解体－解体準備作業－, JAEA-Technology 2020-017, 2021, 56 p.
- 5) 横塚佑太, 砂押瑞穂, 酒井達弥, 藤倉敏貴, 半田雄一, 村口佳典, 三村竜二, 照沼章弘, 再処理特別研究棟における廃液貯槽 LV-1 の原位置解体－解体作業－, JAEA-Technology 2021-037, 2022, 44 p.
- 6) 厚生労働省, 暑さ指数について, https://neccyusho.mhlw.go.jp/heat_index/ (参照 2025-11-10).
- 7) 信越空調, 移動式エアコン・ヒエスポ大空間用製品, <https://shin-kuu.co.jp/spacious> (参照 2025-11-10).



排気は 45～55℃程度の温風となる。作業エリアへの熱戻りを防止する観点から上階へ排気を逃がした。



Fig.-1 スポットクーラー設置写真

保冷剤タイプ



クールベスト胸側



クールベスト背中側



クールベストと保冷剤

Fig.-2 クールベスト写真（保冷剤タイプ）

赤丸で示した部位に保冷剤を挿入して使用する。

水冷タイプ



クールベスト胸側



クールベスト背中側



クールベストと冷却ボトル

Fig.-3 クールベスト写真（水冷タイプ）

赤丸で示したタンクに水と冷却ボトルを入れ、内部のポンプを起動し、使用する。冷却ボトルによって水が冷却され、その冷水がベスト内側に配置されたチューブ（配管）を循環することで、体表を効率的に冷却する。

追加データ

9月中ランダムな5日間のスポットクーラー有無による温度、湿度、WBGT 値比較グラフ
 スポットクーラーを設置している主作業エリア（セル内）と 138 号室（未設置エリア）

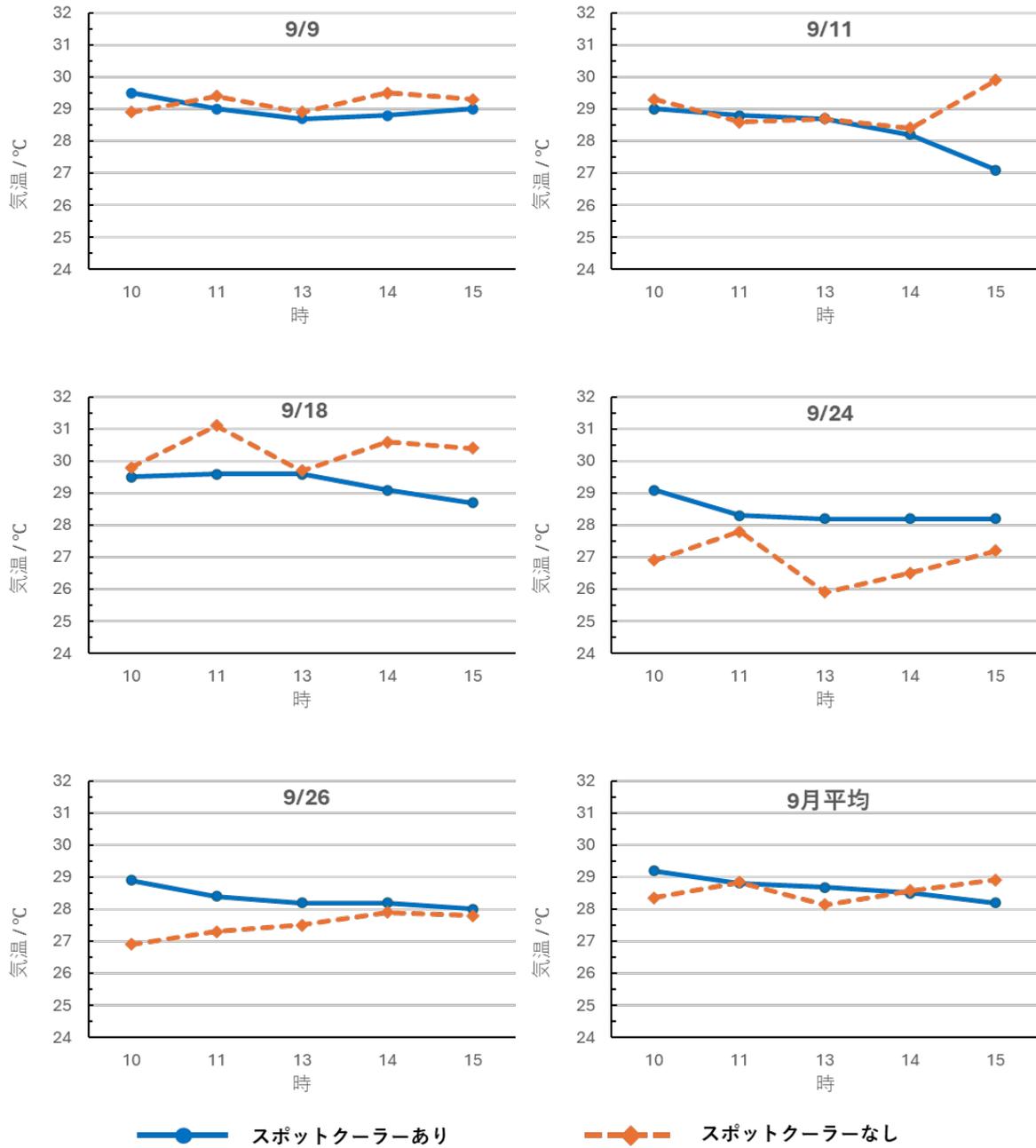


Fig.-4 温度の比較

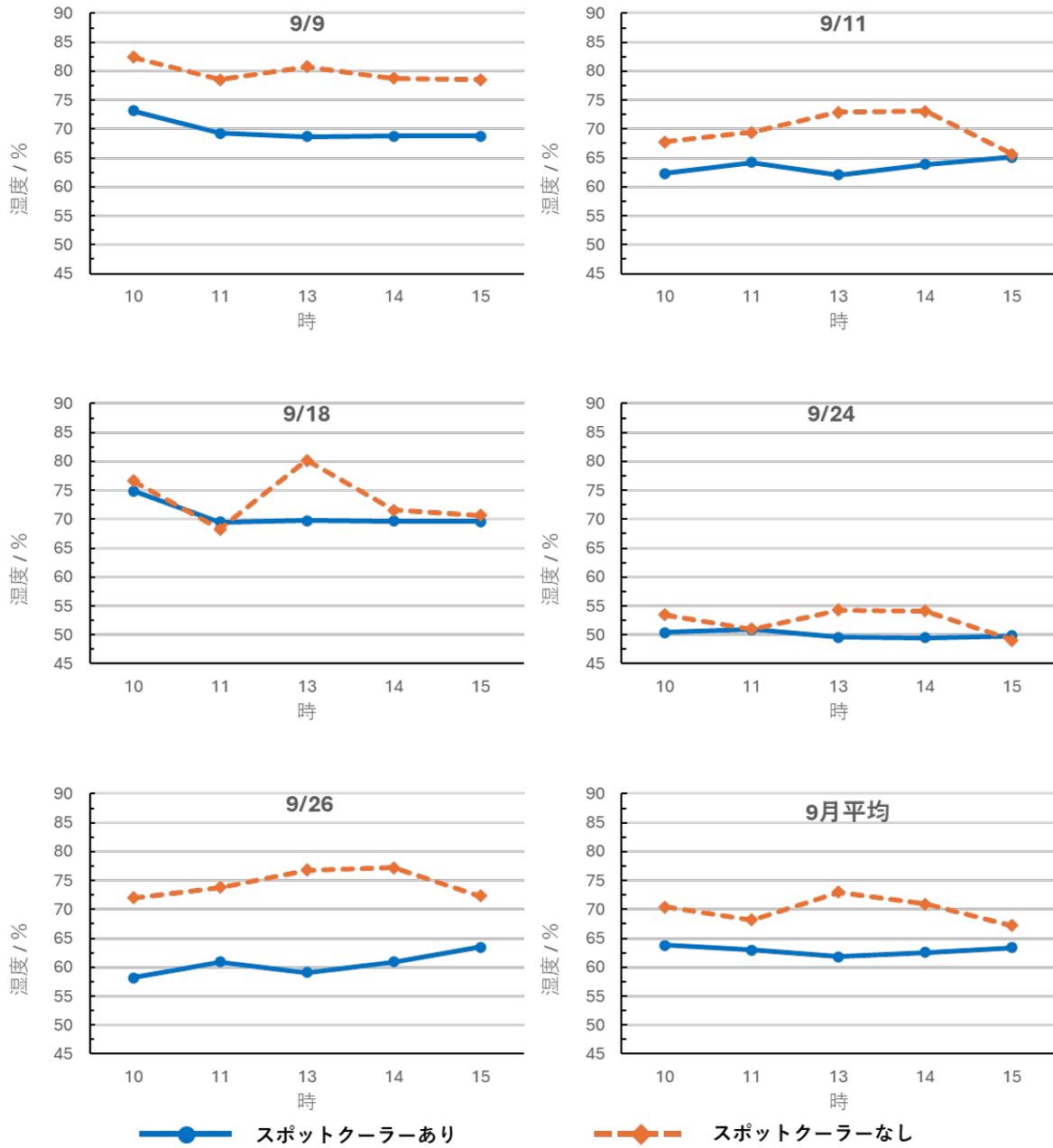


Fig.-5 湿度の比較

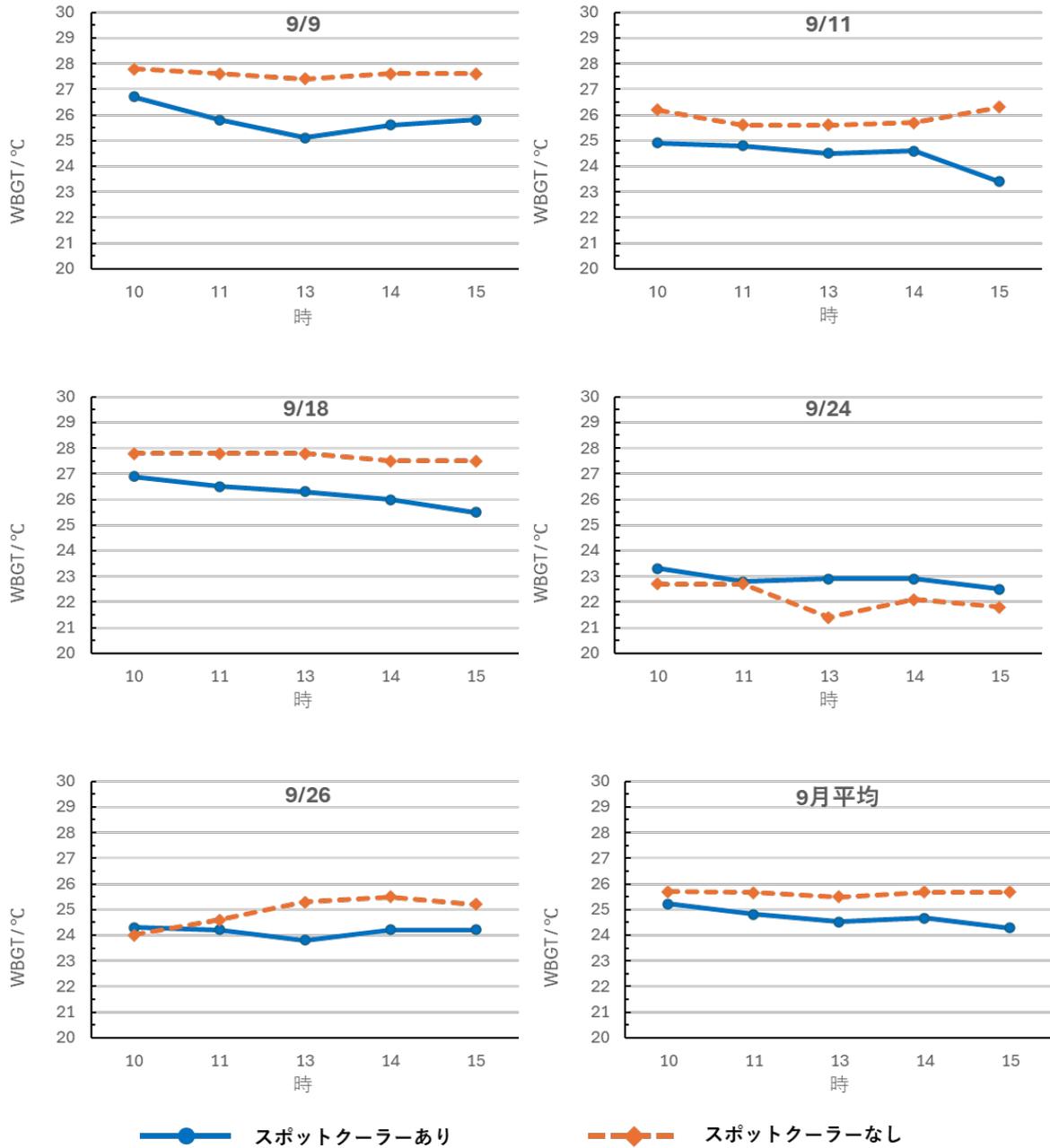


Fig.-6 WBGT 値の比較

9月は8月と比較して、温度、湿度、WBGT 値が全体的に低下していた。スポットクーラーを設置している主作業エリアの測定点はセル内部に位置し、風通しが悪く、空気の入れ替えが十分に行えない環境であったため、未設置エリアと比べて温度が高い状態が継続していた。

しかし、スポットクーラーの除湿機能により湿度が大きく低下した結果、WBGT 値については、未設置エリアよりもスポットクーラー設置エリアのほうが低い傾向を示した。

スポットクーラー、作業装備、クールベストを考慮したグラフ

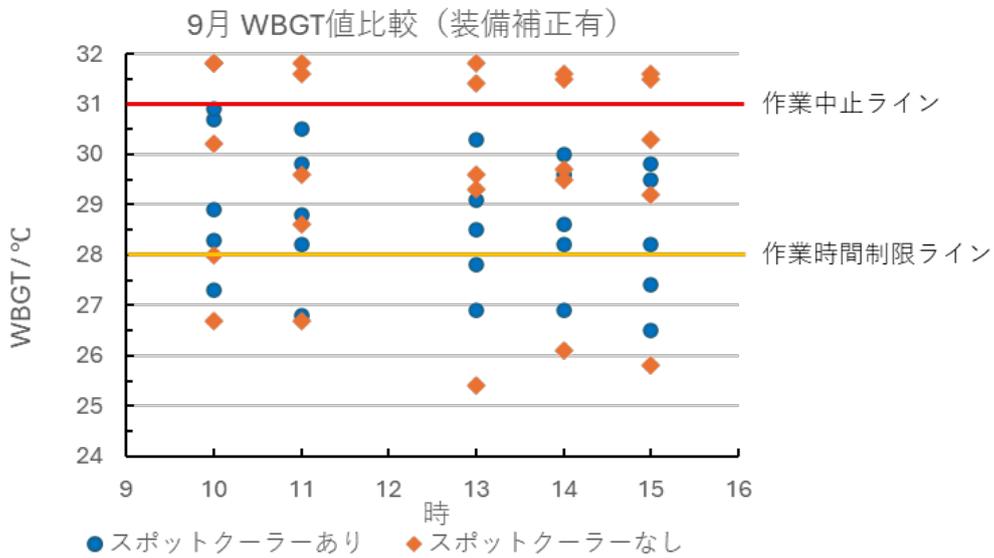


Fig.-7 スポットクーラーの有無による WBGT 値

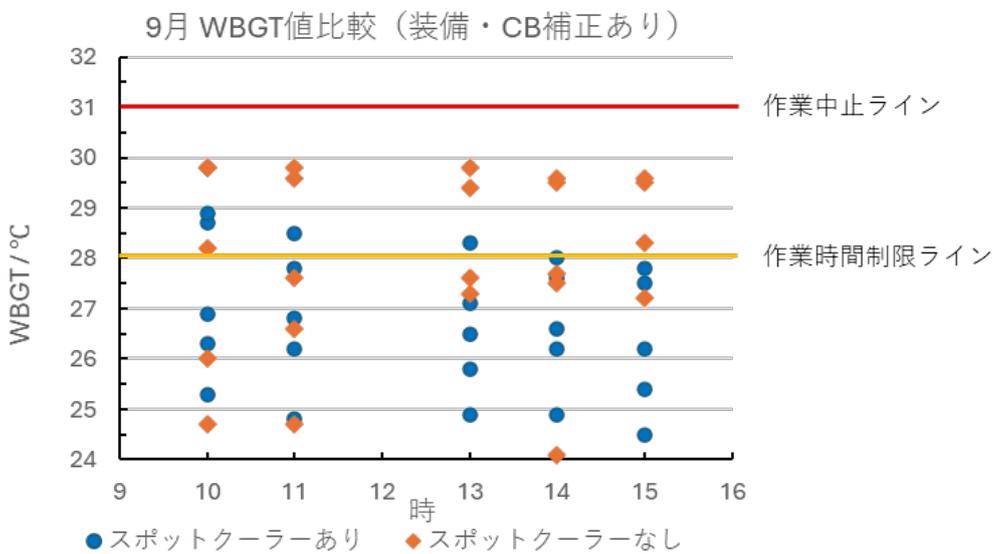


Fig.-8 スポットクーラーの有無による WBGT 値 (クールベスト補正值込み)

8 月分のデータと比較すると、スポットクーラーの有無による WBGT 値の差は小さくなる傾向が確認された。また 9 月に入り、外気温が下がってきたため、クールベスト補正值を考慮しない場合でも、作業中止基準である赤線 (31°C) を超えるプロットは減少しており、暑熱環

境が改善されていることがわかる。一方で、スポットクーラーを設置している主作業エリアはセル内部で風通しが悪いため、未設置エリアよりも WBGT 値が高くなる時間帯も見られた。

作業可能時間比較表

Table-2 スポットクーラーおよびクールベストによる作業可能時間の評価結果（9月）

スポットクーラー クールベスト	スポットクーラー	
	あり	なし
あり	23.75 h	19.5 h
なし	16.5 h	10.0 h

8月分と同様に作業可能時間を比較した結果、スポットクーラーとクールベストをそれぞれ単体で使用した場合、いずれも未使用時と比較して約4～7時間の作業可能時間の延長が確認された。一方、両者を併用した場合には、未使用時と比べて作業可能時間が約14時間増加し、より高い効果が得られた。

2種類（保冷剤タイプ、水冷タイプ）のクールベストについて

作業終了後にクールベストを脱いだ直後の体表面温度をサーモカメラで撮影し、その差を比較した。

○保冷剤タイプ

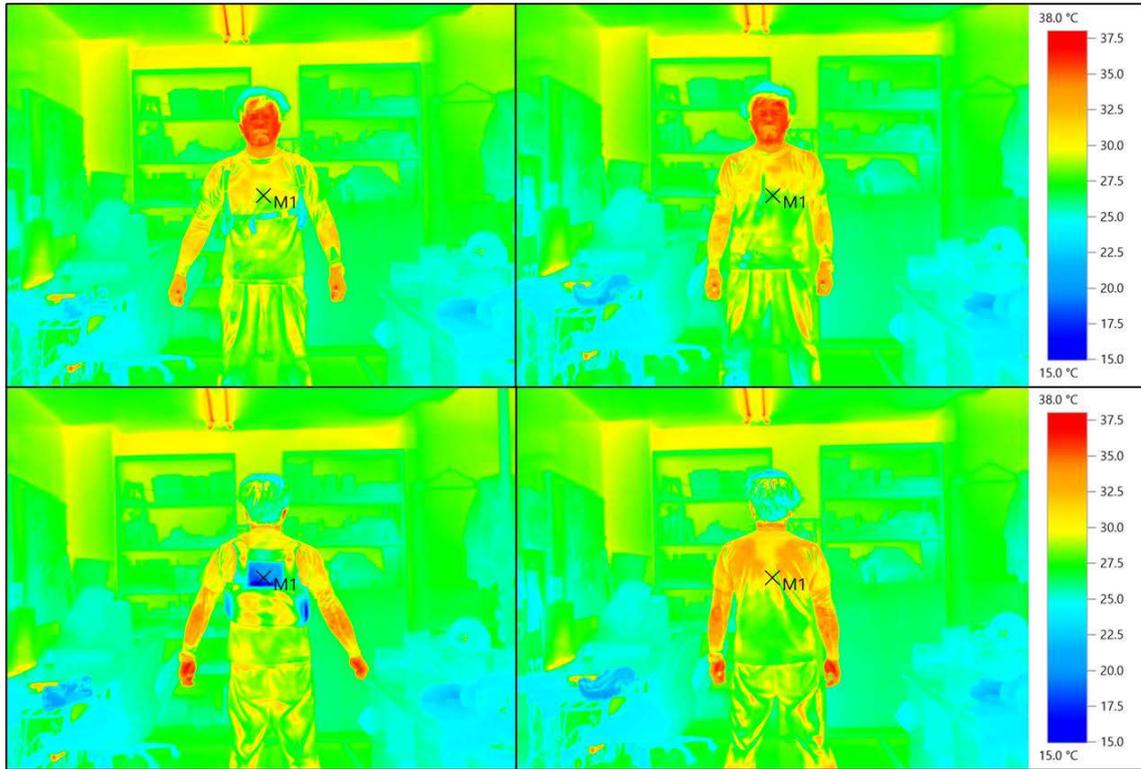


Fig.-9 サーモカメラによる作業後のクールベスト有無の比較（保冷剤タイプ）

左側 作業終了後クールベスト有り、右側 作業終了後クールベスト脱衣後。
作業2時間終了後のデータ。

○水冷タイプ

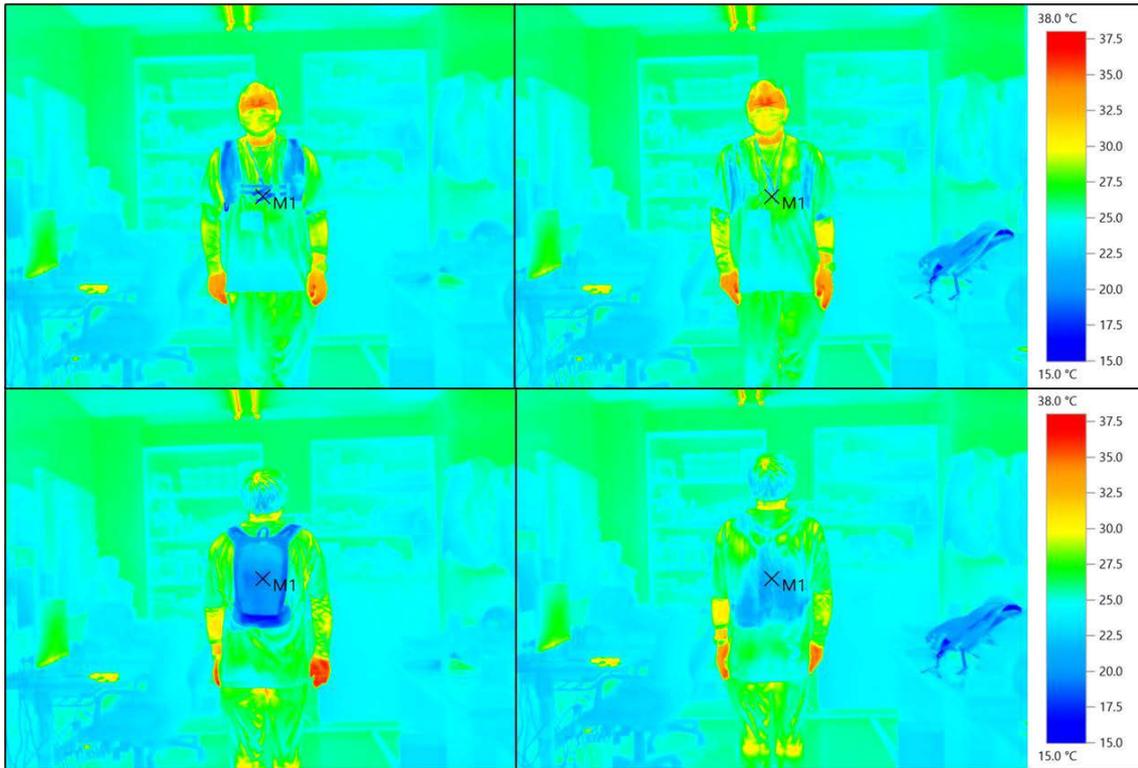


Fig.-10 サーモカメラによる作業後のクールベスト有無の比較（水冷タイプ）

左側 作業終了後クールベスト有り、右側 作業終了後クールベスト脱衣後。
作業2時間終了後のデータ。

保冷剤タイプと水冷タイプを比較した結果、水冷タイプでは装備を脱衣した後も体表面の低温領域が残存しており、より長時間にわたり冷却効果を維持できることが確認された。

