

原子分解能分析電子顕微鏡の購入 仕様書

令和 8 年 8 月

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
大洗原子力工学研究所 高速炉研究開発部
構造信頼性・材料技術開発 Gr

1. 件名

原子分解能分析電子顕微鏡の購入

2. 目的

本仕様書は、日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所(以下、「機構」と言う)が実施する構造材料試験等の材料開発に必要な装置の購入に関するものである。本件では、規格化及び材料強度基準への反映のために、高速炉構造材料の微細組織観察及び微小領域の元素マッピング分析を可能とする原子分解能透過型電子顕微鏡 (STEM) を購入する。

なお、本件は、「令和 5 年度高速炉実証炉開発事業 (基盤整備と技術開発)」の一環として実施するものである。

3. 一般仕様

3.1 契約範囲

(1) 原子分解能分析電子顕微鏡本体の納入	1 式
(2) オプション類の納入	1 式
(3) 周辺機器の納入	1 式
(4) 設置室整備	1 式
(5) 据付調整	1 式
(6) 試験検査	1 式
(7) 提出書類の作成	1 式

3.2 納入場所

〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
大洗原子力工学研究所 高速炉研究開発部
構造信頼性・材料技術開発 Gr ナトリウム技術開発第 2 試験室
材料試験室 1 および材料試験室 2

3.3 納入条件

据付調整後渡し

3.4 納期

令和 9 年 8 月 31 日

3.5 検収条件

3.2 項に示す納入場所に据付後、4.6 項に定める試験検査の合格及び4.7 項に定める提出図書の完納をもって検収とする。

3.6 支給品及び貸与品

(1) 支給品

- | | |
|-----------------|-----|
| ① 現地据付、調整に必要な電力 | 必要量 |
| ② 工業用水および飲料水 | 必要量 |
| ③ LED 照明器具 | 9 台 |
| ④ 液体窒素 | 必要量 |

(2) 貸与品

なし

3.7 協議事項

本仕様書に記載のある事項または記載のない事項について疑義の生じた場合は、機構担当者と協議の上、その決定に従うこととする。また、受注者は決定事項について議事録を作成し、双方で確認すること。

3.8 安全管理要領

- (1) 安全管理仕様書を遵守すること。
- (2) 現場責任者を常駐させ、安全面に対し機構と密に連絡・打ち合わせを行うこと。
- (3) 現場責任者等は、機構が実施する「現場責任者等教育」を受講し、「認定証」を取得した者であること。
- (4) 作業開始前に KY/TBM を行うこと。
- (5) 作業前、作業中および作業終了時に現場パトロールを実施すること。
- (6) 危険作業や危険箇所が生じた場合は直ちに作業を中止し、機構と協議の上、その指示に従うこと。
- (7) 現場は常に整理整頓し、危険箇所はバリケードや表示板等で養生すること。
- (8) 必要に応じ作業者の安全教育を行うこと。
- (9) 安全衛生等での不具合が生じた場合は、機構の指示に従うこと。

3.9 適用法規・規定等

- (1) 日本産業規格 (JIS)
- (2) 日本電気工業会規格 (JEM)
- (3) 電気規格調査会規格 (JEC)
- (4) 労働安全衛生法及び関連規則等
- (5) 消防法

- (6) その他関連法令、規則、指針及び規格
- (7) 機構内の以下の規則・要領等
- (8) 請負作業の安全管理要領
- (9) リスクアセスメント管理運営規則
- (10) その他機構の関連規則・要領

3.10 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約においてグリーン購入法に該当する環境物品が発生する場合は、調達基準を満たした物品を採用すること
- (2) 本仕様に定める提出書類（納入印刷物）の作成に当たっては、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」を使用すること

3.11 その他契約に関する事項

- (1) 当該契約について品質保証管理体制（品質保証計画書等）が整っていること。
- (2) 受注者は、合併又は分割等により本契約に係る権利義務を他社へ承継しようとする場合には、事前に機構（契約請求元）へ照会し、了解を得るものとする。
- (3) 受注者は機構内施設へ購入品を設置する際に異常事態等が発生した場合、機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、受注者による原因分析や対策検討の結果について機構の確認を受けること。

4. 技術仕様

4.1 原子分解能分析電子顕微鏡本体の納入

製品仕様は以下の通りとする。

原子分解能分析電子顕微鏡本体仕様（JEM-ARM200F 相当品）

1 式

TEM 分解能	
粒子像	0.27nm
格子像	0.14nm
インフォメーションリミット	0.14nm
STEM 分解能	
明視野格子像	0.082nm
暗視野格子像	0.082nm
加速電圧	80、200kV
最小可変加速電圧	50V
電子銃	
エミッション方式	W CF エミッタ
輝度	$\geq 8 \times 10^8 \text{A/cm}^2 \cdot \text{sr}$ (200kV 時)
真空度	$1 \times 10^{-8} \text{Pa}$ 以下 (加速管底部)

プローブ電流 その他	プローブ径 0.19nm で 1.0nA 以上 電子銃エミッタは、検収後5年間保証すること。
電源安定度 加速電圧 対物レンズ電流	$\leq 5 \times 10^{-7}/\text{min}$ $\leq 5 \times 10^{-7}/\text{min}$
収束電子線回折 収束角 (2α) 取込角	1.5~20mrad $\pm 10^\circ$
TEM 倍率 (200kV) MAG LOW MAG SA MAG	$\times 2,000 \sim 1,500,000$ $\times 50 \sim 50,000$ $\times 8,000 \sim 600,000$
STEM 倍率 MAG LOW MAG	$\times 20,000 \sim 150,000,000$ $\times 200 \sim 15,000$
カメラ長 (200kV) 制限視野回折	80~2,000mm
試料移動 X、Y Z	2mm $\pm 0.4\text{mm}$
試料傾斜角 X/Y	$\pm 35^\circ$ / $\pm 30^\circ$
検出器	暗視野 (HAADF)、明視野 (BF、ABF)、反射電子像 (BEI)
試料ステージ	完全6軸コントロールサイドエントリーユーセントリック方式
環境対策品	アクティブ除振器/磁場キャンセラー

4.2 オプション類の納入

製品仕様は以下の通りとする。

4.2.1 EDS システム (Dual EDS 158mm²相当品)

1 式

- (1) 検出器 : シリコンドリフト型 2 機
- (2) エネルギー分解能 : 133eV 以上 (5000cps 以下の時)
- (3) 検出元素範囲 : B~U
- (4) 総合立体角 : 2.2 sr 以上

4.2.2 TEM 用 Cmos カメラシステム (GATAN 製、Rio16 カメラ相当品)

1 式

- (1) 対応加速電圧 : $\leq 200\text{kV}$
- (2) 映像検出部 : CMOS sensor (4096 $\times$ 4096pixels、pixel size 9 μm $\times$ 9 μm)
- (3) 検出面の面積 : 36.9mm $\times$ 36.9mm

- (4) 光学構成 : 1:1 fiber optic coupling
- (5) リードアウトスピード : Up to 20fps (4k×4k resolution) and 160fps (1k×1k)

4.2.3 装置本体用制御 PC/ディスプレイ (相当品) 1 式

- (1) OS : Windows11Pro For Workstations (以降)
- (2) メモリ : 32GB SDRAM
- (3) ストレージドライブ : 1TB
- (4) モニター : 30 インチサイズ×2 台、27 インチサイズ×1 台

4.2.4 冷却循環装置 (JKD-P40A2SS 相当品) 1 式

- (1) 方式 : 空冷セパレート型
- (2) 冷却能力 : 5.2kw
- (3) 冷却流量 : 3~15ℓ/min
- (4) 温度範囲 : 17~20℃
- (5) 温度精度 : ±0.05℃
- (6) 冷凍方式 : R407C 膨張弁方式+インバーター制御+ヒーター制御

4.2.5 高感度分析 2 軸傾斜ホルダー (EM-01370HCADH 相当品) 1 式

- (1) 数量 : 2 本
- (2) 構造 :
試料起因でない X 線によるノイズピークを削減するためホルダー先端に X 線遮蔽板を装着
- (3) 試料サイズ : 3mm φ × 最大厚さ 150 μ m
- (4) 有効視野 : 2mm φ
- (5) 試料傾斜角
 - ① Tilt X : ±35° (X=Y=Z=0 / Tilt Y=0)
 - ② Tilt Y : ±30° (X=Y=Z=0 / Tilt X=0)

4.3 周辺機器の納入

製品仕様は以下の通りとする。

4.3.1 試料ホルダー予備排気装置 (JII-29080DMS 相当品) 1 式

- (1) 到達圧力 : 5×10^{-4} Pa
- (2) ホルダー装着数 : 5 本
- (3) 適用試料ホルダー : EM-21010 (SCSH) 相当品

4.3.2 イオンクリーナー (EC-52000IC 相当品) 1 式

- (1) TEM 対応 : EM-21010 (SCSH) および同形状の試料ホルダー
- (2) 容器寸法 : 内径 約 120mm φ 高さ 約 40mm
- (3) 電極構造 : 水平電極形
- (4) タイマーセット時間 : 1, 5, 10, 15, 30, 60 分

4.3.3 精密空調システム 1 式

- (1) 床置ファンコイルユニット (三菱電機製、LV-1200WFE-C3 相当品)
 - ① 冷房能力 : 7.31kW (顕熱)
 - ② 電源 : 1Φ100V
 - ③ サイズ : W2250xD220xH630mm
- (2) 精密空調用チラー (ダイキン工業製、AKW569K298 相当品)
 - ① 冷却能力 : 5.6kW
 - ② 電源 : 3Φ200V
 - ③ サイズ : W470xD900xH1243mm

4.3.4 TEM 室備品

- (1) 制御 PC 用デスク (相当品) 1 式
- (2) 制御 PC 用作業台 (相当品) 1 式
- (3) 作業用椅子 (相当品) 1 式
 - ① アームアップチェア ×2 個
 - ② 丸椅子 ×2 個
- (4) 作業台 (相当品) 1 式
- (5) LED デスクライト (相当品) 1 式
- (6) キャビネット 両開き扉型 (相当品) 1 式
- (7) 液体窒素容器 5ℓ (相当品) 1 式
- (8) 液体窒素容器 30ℓ (相当品) 1 式
- (9) 30ℓ用液体窒素取出装置 (相当品) 1 式

4.4 設置室整備 (図 1、図 2 参照)

4.4.1 材料試験室 2 にある既存装置分別および移設撤去

- (1) X 線回折装置本体 (リガク製、MODEL RINT2500)
 - ① ControlDrive、ULTICHANNEL ANALYZER、パソコン、プリンター、配線含む。
 - ② 本体からベリリウムおよび鉛を分別すること。
- (2) 冷却水循環装置 (三栄技研製、MODEL TCA-18SB)
 - ① 室外機、配管、配線等含む。
 - ② 冷媒ガス (HFC、R22、10kg) をフロン排出抑制法等に基づいて回収し、処分すること。

- (3) 室内エアコン（日立アプライアンス製、セット型式 RPC-AP80SH4）
 - ① 室外機、配管、配線等含む。
 - ② 冷媒ガス（HFC、R410A、2.1kg）をフロン排出抑制法等に基づいて回収し、処分すること。
- (4) 分電盤および配線
X線回折試験室分電盤に接続されている電線および電線管の撤去、但し、分電盤および主幹配線は、材料試験室1にて再利用すること。
- (5) スピーカーおよびページング
2台の内、南側のスピーカーおよびページング受信機を撤去し、配線の端末処理を行う。

4.4.2 材料試験室1の既存装置分別および移設撤去

- (1) リラクセーション試験装置（東神工業製、負荷容量3ton、AR1号機）
制御装置、加熱炉、重錘、電線管、配線等含む。
- (2) リラクセーション試験装置（AR1号機）用風防
- (3) TM-4電源盤に接続されているリラクセーション試験装置用電線および電線管

4.4.3 設置場所の改修

納入するSTEM及び周辺機器に係る知見及び技術力を有した者が、最高分解能でSTEMを使用する際も安定動作を保證できる設置環境を整備すること。

- (1) 設置場所
ナトリウム技術開発第2試験室 材料試験室2に設置する。
- (2) 設置要件
 - ① 防音・吸音対策（天井板、吸音材等の取付け）
STEMは振動や音波による振動の影響を敏感に受ける装置である。最高分解能でSTEMを使用する際も、音波の影響で観察像のブレや観察試料のドリフトが発生しないよう防音・吸音対策を施す必要がある。[後述④（ア）]
 - ② 温度変動対策（精密空調環境の整備等）
STEMを使用する際、特に原子分解像の取得等、最高分解能でSTEMを使用する場合は、STEMの動作安定性の観点で室内の温度を一定に制御する必要がある。このためSTEM鏡筒付近の温度の安定性を確保する対策を施すこと。加えて、STEMの故障・劣化防止の観点で結露対策として、高湿度時にある程度抑制させるためのエアコンの導入も必要である。[後述④（イ）]
 - ③ 振動対策（振動を発する装置の別置）
STEMは振動による影響を敏感に受ける装置である。最高分解能でSTEMを使用する際も、振動の影響で観察像のブレや観察試料のドリフトが発生しないよう、STEMはアクティブ除振器の採用により周波数10Hzにおいて-20dBを達成すること、また冷却水循環装置や精密空調システムのチラーなど振動を発する装置については材料試験室1側に設置すること。

④ 本調達物品の搬入、設置を計画する上では以下(ア)～(ケ)に示す条件も考慮すること。なお、以下は、JEM-ARM200Fをもとに記載しているものである。

(ア) 防音・吸音に関連した STEM の要求環境条件として最適なのは、鏡筒付近における騒音値が 60dB(C 特性)以下となることである。そこで、防音・吸音対策として、材料試験室 2 に以下を実施し、工事完了時、装置設置前に材料試験室 2 の中心（床上高さ 1.5m）における騒音値（120 秒の平均値）を測定するものとする。

(i) 床上 3.5m 以上の高さ（目標 3.7m）に、吸音対策として岩綿吸音仕様の天井板（下地とボード張り）を取り付ける。なお、天井面には点検口を 3 か所設けること。

(ii) 既存の床面（ビニルタイル）の上に、吸音対策としてカーペットを張り付けること。

(iii) 廊下側からの防音対策として、既存の窓および窓枠を撤去し、石膏ボード等で塞ぐこと。なお、廊下側は塗装仕上げをすること。

(iv) 壁面部（扉、巾木、TM-6 電源盤等を除く）に吸音材を貼り付けること。

(イ) STEM の要求環境条件として、鏡筒付近における温度ドリフトが 0.2°C/h 以下となるようにすること。そこで STEM 鏡筒付近における温度変動を 0.2°C/h 以内に抑制するための精密空調システムを設置すること。但し、目標とする温度は 22～25°C の範囲において 0.1°C 単位で設定できるものとし、温度制御のためのセンサーは STEM 鏡筒付近に設置するものとする（性能検証は 22.0°C 設定で実施し、チラー付属のセンサー部における 1 時間あたりの温度変動が 0.2°C/h 以下であることを確認すること）。また、精密空調システムの故障時、あるいは高湿度時における冷房、除湿のための室内エアコンも設置するものとする。なお、設置する室内エアコンの仕様は以下の通りとし、室内エアコンは、撤去する既設の室内エアコンと同容量・同タイプの業務用天吊とし、STEM 鏡筒に直接送風が当たらない位置に設置すること。

➤ 空冷ヒートポンプ PAC 天吊形（ムーブアイ）

セット型名 : PCZ-ZRMP80K6（相当品）

インバータ室外機 : PUZ-ZRMP80HA16

天吊形室内機 : PC-RP80KA22

冷房能力 : 7.1kW

暖房能力 : 8.0kW

電源 : 3 相 200V

室外機 : 重防食仕様

(ウ) 既存の西側両扉（防火設備）およびフレームを撤去し、片開きのスチールドア（防火設備）および在来壁に改修すること。

(エ) 既存の巾木を撤去して、新たに貼り付けること。

(オ) 新規に、(イ) に示す室内エアコン（重防食仕様）および換気用にシロッコファン（消音型、定格風量 150m³/h）を設置し、ダクトにて屋外へ排気すること。なお、設置するシロッコファンの仕様は以下の通りとする。

➤ ストレートシロッコファン 天吊埋込タイプ消音形

型名 : BFS-15SUG2（相当品）

風量 : 150m³/h

電源 : 単相 100V

(カ) 廊下からの出入口扉において、試験室側に酸素濃度計およびセンサーを取り付け、廊下側に警報灯を取り付けること。また、扉のガラリ部を鋼板又はアルミ板で塞ぐこと。

(キ) STEM 本体を囲うように、支給する LED 照明器具（9 台）を天井に取り付けること。

(ク) 既存の扉（廊下側と大実験室側）および TM-6 電源盤を塗装すること。

(ケ) 天井板、在来壁、スチールドア等は耐震性を考慮して設置すること。

なお、改修内容については、設置計画書及び改修計画書を提出し、機構の承認を受けること。

4.4.4 材料試験室 1 の改修

- (1) 電源ケーブル敷設等に使用する点検口を 2 か所設けること。
- (2) 新規在来壁は塗装仕上げをすること。

4.4.5 不要物品の処分

- (1) 一般廃棄物は、受注者が法令に従って処分すること。
- (2) スクラップは、鉄屑、ステンレス、銅、ケーブル類に分別し、構内のスクラップ置場へ搬出すること。
- (3) 産業廃棄物（アンプ、基盤、廃油、油圧ホース、ガラス、鉛、ベリリウム等）は、構内の指定した場所へ搬出すること。なお、処分は機構が実施する。

4.5 据付調整

原子分解能分析電子顕微鏡本体および周辺機器を指定場所に据え付け・組み込みを行い、調整運転にて正常に作動させること。

4.6 試験検査

- (1) 外観検査
有害な傷、変形および汚れ等の無いことを目視にて確認する。
- (2) 員数検査
本仕様書に記載する員数と合致していることを確認する。
- (3) 性能検査

試験検査要領書に従って実施し正常に作動することを確認する。

4.7 提出書類の作成

- (1) 表 1 に記載の各書類を作成し、提出すること。
- (2) 提出図書の提出先は以下とする。

〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
大洗原子力工学研究所 高速炉研究開発部
構造信頼性・材料技術開発 Gr ナトリウム技術開発第 3 試験室

以上

表1 提出図書一覧

	書類名	指定様式	提出期限	部数
1	作業実施要領書・手順書	指定なし	作業開始 4 週間前まで	2 部
2	一般安全チェックリスト	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
3	作業工程表	指定なし	作業開始 4 週間前まで	2 部
4	作業者名簿	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
5	作業着手届	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
6	作業安全組織・責任者届	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
7	リスクアセスメントシート	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
8	作業責任者認定証	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
9	委任先又は中小受託事業者等の承認について（下請負等が発生する場合に提出のこと）	機構様式	作業開始 4 週間前まで	1 部
10	設置計画書及び改修計画書	指定なし	作業開始 4 週間前まで	1 部
11	作業報告書（作業日誌含む）	指定なし	検収前	1 部
12	確認図書	指定なし	作業開始 4 週間前まで	2 部
13	完成図書	指定なし	検収前	1 部
14	試験検査要領書	指定なし	作業開始 4 週間前まで	2 部
15	試験検査成績書	指定なし	検収前	1 部
16	品質保証計画書（ISO 認定書の写しも可）	指定なし	作業開始 4 週間前まで	1 部
17	取扱説明書（日本語版） 紙面および電子データ	指定なし	検収前	1 部ずつ
18	取扱説明書（英語版） 電子データ	指定なし	検収前	1 部

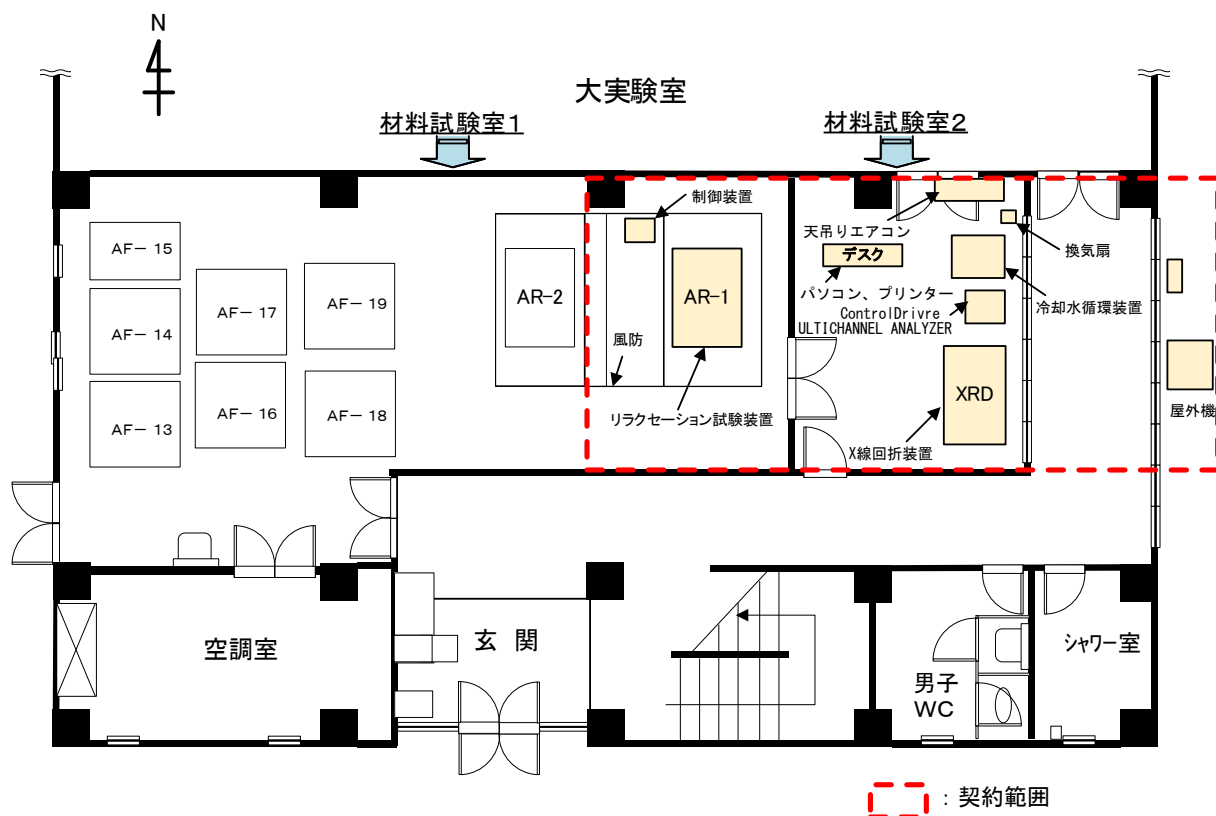


図1 改修前のナトリウム技術開発第2試験室 1階平面図

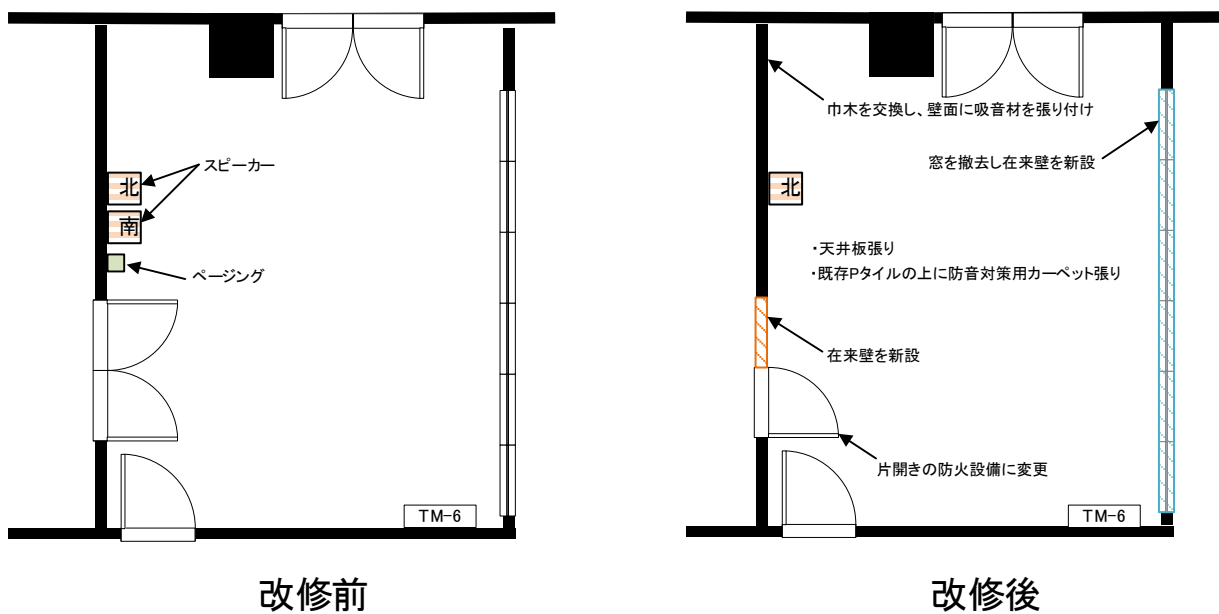


図2 材料試験室2の改修