

令和2年7月15日

原子力規制委員会 殿

住 所 宮城県仙台市青葉区 番1号
名 称 国立大学法人東北
代表者の氏名 学長 大野 英男

東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの
研究棟排気筒倒壊について

標記の件について、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第62条の3に基づき、令和2年4月23日付けで報告した東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの研究棟排気筒倒壊について、排気筒の倒壊に至った原因の調査を行い、原因と対策をとりまとめましたので、別紙の通り報告いたします。

別紙：原子力施設故障等報告書

以上

原子力施設故障等報告書

令和2年7月15日
国立大学法人東北大学

件名	東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの研究棟排気筒倒壊について
事象発生の日時	確認日時 令和2年4月13日(月) 14時55分 法令報告事象と判断した日時 令和2年4月13日(月) 18時00分
事象発生の場所	東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター
事象発生の原子力施設名称	東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター研究棟
事象の状況	<p>(1) 事象発生の状況</p> <p>東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター研究棟の排気筒は研究棟放射線管理区域の排気設備であり、鋼板製、角柱型(縦1.2m、横1.2m、高さ7.5m)で、昭和44年に建設された。本事象発生の半年前の令和元年9月の台風15号の後、4本のワイヤーを用いて排気筒と建屋とを4方向から結び、風荷重に対する強度を補強する応急的な措置を行った。</p> <p>令和2年4月13日は、研究棟放射線管理区域では放射性物質は用いられていなかった。実験装置のメンテナンスのため、2名が研究棟放射線管理区域内に入域していた。暴風警報が発出されており、強風が続いていた。</p> <p>14時30分頃、強風による研究棟排気筒の揺れを職員1名が視認し、監視を始めた。14時55分、排気筒が倒壊し、研究棟屋根および研究棟南側の樹木に接触した後に研究棟南側芝生に落下することを目撃した。直ちに現場を確認し、排気筒が損傷(穴あき、ひずみ)を受けた状態で芝生に落下していること、研究棟屋根に損傷が生じていることを認めた。研究棟屋根の排気筒が設置されていた箇所は開口していた。負傷者の発生はなかった。研究棟放射線管理区域に入域していた2名は身体汚染なしを確認後に退域した。</p> <p>(2) 法令報告にかかる通報の状況</p> <p>研究棟は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(施行令第41条には非該当)に基づいて核燃料物質を使用する施設とし</p>

て、および、放射性同位元素等の規制に関する法律に基づいて密封された又は密封されていない放射性同位元素等を使用する施設として承認された原子力施設であるが、排気筒倒壊により、放射線管理区域の排気設備の機能を維持できなくなった。そのため、核燃料物質の使用等に関する規則第6条の10第2号に定める使用施設等の故障に該当するものとして、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第62条の3に基づく法令報告事象と4月13日18時00分に判断し、原子力規制庁に報告した。

(3) 環境への影響

事象発生後、直ちに、事業所境界、倒壊した排気筒周辺、研究棟屋根開口部周辺の空間線量率測定を開始した。いずれの測定値にも異常は見られなかった。また、JAEA 大洗研究所の空間ガンマ線量率では、本事業所に最も距離が近くかつ当日は風下に位置したモニタリングポスト（P-2）において、いずれの時刻でも測定値に異常は見られなかった。

倒壊した排気筒周辺および研究棟屋根開口部周辺の表面汚染密度測定も行った。さらに、研究棟放射線管理区域内の空間線量率測定および表面汚染密度測定も行った。いずれの測定値にも異常は見られなかった。

以上より、本事象による外部環境への影響はなく、事業所内外への放射性物質および核燃料物質の放出や漏洩はないことを確認した。人的被害（汚染・被ばく・負傷等）もなかった。

これら表面汚染密度測定および空間線量率測定を継続しており（なお倒壊した排気筒に係る測定は、排気筒の解体が完了した翌日の令和2年6月12日まで）、環境への影響を監視している。これまで、いずれの測定値にも異常は見られていない。

(4) 対応措置

(4-1) 倒壊した排気筒

事象発生後、天候が回復した翌4月14日に、倒壊した排気筒の内部8箇所および外部3箇所について表面汚染密度測定（ α 、 β 、 γ ）を行った。すべての測定箇所検出限界未満であり、放射性物質による汚染は確認されなかった。さらに、4月15日に、倒壊した排気筒近傍3箇所および比較のため約50m離れた地点の土壌をそれぞれ採取して γ 線スペクトロメーターによる放射性核種分析を行った。天然および東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種のみが検出されたことから、倒壊した排気筒周辺土壌に放射性物質が流出・飛散した可能性はないと判断した。

強風等による二次被害を防ぐため、排気筒のアイボルトと鉄パイプを

利用して倒壊した排気筒の固定措置を行い、1日に1回以上のパトロールを行った。

5月20-22日に、倒壊した排気筒の表面汚染密度測定 (α 、 β 、 γ) をより詳細に行った。測定箇所を区切った上でサーベイメーターを用いて直接法および間接法で測定した。すべての測定箇所検出限界未満であった。また、間接法で拭き取りに用いた化学雑巾を γ 線スペクトロメーターでも測定した結果、天然および東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種のみが検出された。以上より、倒壊した排気筒に放射性物質による汚染はないと判断した。

6月8-12日に、安全や周辺環境への影響（飛散等）に十分注意した上で倒壊した排気筒を解体した。解体した排気筒は、当面の間、本センター放射線管理区域内に保管することとした。排気筒の撤去後に、倒壊した排気筒が接していた土壌を採取して γ 線スペクトロメーターによる放射性核種分析を行い、天然および東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種のみを検出であることを確認した。

(4-2) 研究棟屋根開口部

排気筒倒壊により、研究棟屋根には開口部が生じた。そこからの雨水の浸入を防ぐため、開口部を防災シートで覆った後に鉄板で養生した。その上から別の防災シートでさらに養生し、シートをラチェット式ベルトで固縛した。さらなる措置として、防災シートを耐候性に優れた防水シートに変更した。以上により、開口部からの雨水浸入防止措置を強化し、空気の流出入も抑止した。養生の状態を定期パトロールおよびネットワークカメラで監視しており、これまで異常は見られていない。

(4-3) 研究棟放射線管理区域

事象発生時に有機溶剤の一時保管のために動かしていた排風機を停止させ、排気機械室を点検した。ダクトやその周辺に損傷はなかったが若干の雨水浸入（総量は約1L）があった。雨水および空気の流出入は研究棟屋根開口部に対する養生措置により止まった。HEPA フィルタおよびプレフィルタを点検したところ、雨水浸入は認められず、かつ、外観等の異常も認められないことから、HEPA フィルタおよびプレフィルタは健全と判断した。研究棟屋根の損傷は屋根表面にとどまり、そこからの雨水浸入の可能性はないと判断した。

現在、空調を停止しているために負圧管理は行われていない状態であるが、給気側および排気側の全ての手動ダンパを閉鎖しており、空気の流出入はほぼ皆無である。全ての放射性物質は貯蔵箱に格納されており、全てのプレフィルタおよび HEPA フィルタは健全である。研究棟屋

	<p>根開口部は養生されており雨水浸入はないため、手動ダンパやフィルタの健全性は保持される。以上より、外部環境に放射性物質が漏洩する可能性はない。このことは、事業所境界の空間線量率測定でも確認・監視している。さらに、放射線管理区域内の空間線量率、表面汚染密度、空气中放射性物質濃度をそれぞれ定期的に測定しており、放射線管理区域内における放射性物質の漏洩や空気放射性物質濃度の増加を監視している。貯蔵箱の状態確認も継続している。これまで、いずれの測定値や状態に異常は見られていない。</p>
<p>事象の原因</p>	<p>(1) 排気筒接合の状況</p> <p>排気筒は鉄骨部品を重ねた構造であり、排気筒－屋根基礎部の接合部分の周囲は鉄板で覆われていた。研究棟屋根基礎部から 21 本の鉄筋が顕出しており、それぞれの鉄筋を排気筒底面鉄骨部品に一点（1－3 cm 程度の領域）のみで溶接することで排気筒を屋根基礎部に固定する方法で施工されていた。</p> <p>破断（計 21 箇所）は全て溶接部で生じていた。いずれの破断箇所でも、破断面では腐食（錆）が進行しており、金属光沢を有する新しい破断面は見られなかった。したがって、全ての破断箇所において破断は本事象以前に起きていたものと考えられる。溶接箇所の破断の原因としては、経年による腐食等に伴う強度低下や外力（過去の強風や地震等による外力、その繰り返しによる疲労）等が考えられる。なお、排気筒そのものに関しては、落下時に建屋との接触によって損傷した部分を除き健全性は保持されており、腐食等は認められなかった。</p> <p>(2) 事象の直接原因</p> <p>溶接箇所の状態（21 本の全ての鉄筋に関して、溶接箇所が事象前に破断していたと考えられる）から判断すると、排気筒の風荷重に対する強度は本事象当日には建設時から大幅に低下していた可能性が高く、そのような状況下で、当日の強風（JAEA 大洗研究所気象観測塔では 14 時 40 分から 15 時 00 分までの間に地上高 10 m において最大瞬間風速 35.3 m/s、10 分間平均風速 15.6 m/s）によってワイヤーによる補強分を上回る転倒モーメントが排気筒に加わったことが本事象の直接的な原因と考えられる。</p> <p>(3) 背景、問題点</p> <p>排気筒の風荷重に対する強度は本事象当日には建設時から大幅に低下していた可能性が高いが、その主因として、屋根基礎部と排気筒底面との接合の耐久性が乏しかったことが考えられる。すなわち、屋根基礎部からの鉄筋を排気筒底面鉄骨との接触部で 1－3 cm 程度の領域の点溶接</p>

	<p>で接合し、それを 21 箇所行うことによって強度を得る構造であったため、長期間耐久性を維持できる構造ではなかったと考えられる。また、排気筒に点検口が設けられていなかった上に接合部周囲が鉄板で覆われていたため、排気筒を解体することなく接合部を点検することは不可能だった。さらに、接合部の構造や施工方法を記した建設当時の資料が存在せず、接合部は耐久性に乏しいことを認識していなかった。これらの理由により、排気筒を含む管理区域排気設備の点検は定期的を実施していたものの接合状態に関する点検は不十分であった。以上総括すると、建設当時の資料が存在せず、排気筒接合部が長期の耐久性と保守管理を考慮した設計ではなかったことを認識していなかったため、点検が不十分であったことが本事象の原因である。</p>
安全装置の種類及び動作状況	なし
放射能の影響	なし
被害者	なし
他に及ぼした障害	なし
復旧の日時	未定
再発防止対策	<p>倒壊した排気筒は研究棟管理区域の排気設備であり、研究棟での放射性物質の使用を再開するためには排気筒の再建が必要である。再建にあたっては、原因や問題点を踏まえ以下 2 点の対策を施す。</p> <p>(1) 接合部の強度および耐久性に関して、現行の建築基準法に準拠した設計および施工を行う。耐風性に関して、本センター立地における基準値は建築基準法施行令第 87 条により 10 分間平均風速 34 m/s である（なお本事象時は 10 分間平均風速 15.6 m/s）。接合方法は簡易的な溶接ではなくボルト締めとし、ボルトの緩みや腐食等経年劣化が生じた場合には交換等の保守管理が可能な構造とする。</p> <p>(2) 保守点検に関して、排気筒に点検口を設けることにより、接合部の健全性を確認できるようにする。定期的（1 年 1 回以上）な点検を行うとともに、施設に影響を与えうる台風や地震等が生じた場合には点検者の安全に配慮しつつ速やかに点検を行う。構造や施工方法等を記した資料は、必要時に参照できるよう適切に保管する。</p> <p>本センターには、今回倒壊した研究棟排気筒のように建屋本体に溶接のみによって接合された屋外設備は他には存在しないが、排気筒の健全性に関する水平展開として、本センターの他の 2 棟（ホットラボ実験棟、アクチノイド元素実験棟）の排気筒の点検を専門業者に委託して行った。その結果、2 棟の排気筒とも、健全性に問題は認められず継続使用に耐えうることが確認</p>

された。さらに、排気筒に限らず管理区域設備全般にも強風に対する対策を水平展開する。これらの情報は、本学その他施設にも展開する。

加えて、経年劣化への対策も進めるため、本センターの設備・施設全般について詳細な調査・点検を行い、その結果に基づいて優先順位をつけて補修や点検項目の見直し等必要な対策を講じる。これに関しても本学その他施設に情報を展開する。

詳細は別添の通り。

以上

別添

東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの
研究棟排気筒倒壊について

令和2年7月
国立大学法人東北大学

目次

1. 件名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生の場所	1
4. 状況	1
4. 1 研究棟の状況	1
4. 2 事象発生に至る状況	1
4. 3 発生事象の状況	2
4. 4 法令報告に係る通報の状況	4
5. 環境への影響	4
5. 1 環境への影響	4
5. 2 放射性物質使用時に本事象が生じていた場合の防護措置	4
6. 今回の事象に対する対応措置	5
6. 1 倒壊した排気筒	5
6. 2 研究棟屋根表面の損傷部分	5
6. 3 研究棟屋根開口部	5
6. 4 研究棟放射線管理区域	6
7. 原因	6
7. 1 調査結果	6
7. 1. 1 排気筒の構造と保守履歴	7
7. 1. 2 倒壊の状況	8
7. 1. 3 補強ワイヤー	8
7. 1. 4 排気筒－屋根基礎部の接合状態および排気筒の状態	8
7. 2 推定される原因	9
7. 3 背景、問題点	9
8. 対策	10
添付資料一覧	11

1. 件名

東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの研究棟排気筒倒壊について

2. 事象発生の日時

令和2年4月13日 14時55分

法令報告事象と判断した日時：令和2年4月13日 18時00分

3. 事象発生の場所

東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター

4. 状況

4. 1 研究棟の状況

東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターは日本原子力研究開発機構（JAEA）大洗研究所構内に位置しており（添付資料1）、研究棟、ホットラボ実験棟、アクチノイド元素実験棟等を持つ（添付資料2）。研究棟は主に原子力材料のマイクロ組織分析を行う施設である。中性子照射されて放射化した試料等を対象として透過電子顕微鏡観察、3次元アトムプローブ測定、陽電子消滅測定、昇温脱離分析等が行われており、中性子照射による材料劣化機構等が調べられている。また、核燃料物質およびそれらを含む化合物を対象とした物性評価等も行っている。

最近10年間では、研究棟で使用する放射性物質は主として放射性同位元素である。核燃料物質については、令和元年に顕微鏡観察のため0.000g（1mg未満）から0.004gの範囲で5回（各々2～3日間）使用したのみである。核燃料物質の最終使用日は令和元年9月26日である。添付資料3に、研究棟における放射性物質の状況（使用状況および令和2年3月末日現在の在庫量）を示す。

研究棟の排気筒は研究棟放射線管理区域の排気設備であり（添付資料4）、鋼板製、角柱型（縦1.2m、横1.2m、高さ7.5m）で、昭和44年に建設された。最近20年では、平成15年および平成19年に錆止め塗装工事を行った。令和元年9月9日の台風15号の後、同年9月13日に、排気筒の設置面（建屋の屋上）から高さ約5mの位置にアイボルトを取り付け、研究棟排風機械室屋根およびホットラボ実験棟屋根部分との間を直径3mmのワイヤー4本（1本の長さは8.5m）で結んで4方向から排気筒を固縛し、風荷重に対する強度を補強する応急的な措置を行った（添付資料5）。

4. 2 事象発生に至る状況

令和2年4月13日は、研究棟放射線管理区域では放射性物質を用いた実験は行われていなかった。実験装置のメンテナンスのため、本事業所の職員1名および学生1名が研究棟放射線管理区域内に入域していた。第1化学実験室フードA、BおよびC内にはエタノール（放射性物質を含まない。総量は約0.5L）が一時保管されており、空気中のエタノール濃度を抑えるために排気第2系統を運転してこれらフードの排気を行っていた。

当日は暴風警報が発出されており、強風が続いていた。JAEA大洗研究所気象観測塔（本事業所との位置関係は添付資料1を参照）では、14時40分から15時00分までの間に地上高10mにおいて最大瞬間風速35.3m/s、10分間平均風速15.6m/sの北北東の風が観測されていた。

4. 3 発生事象の状況

4月13日14時30分頃、強風による排気筒の揺れを本事業所職員1名がアクチノイド元素実験棟2階から視認し、監視を始めた。当該職員は、14時55分、排気筒が倒壊し、研究棟屋根および研究棟南側の樹木に接触した後に研究棟南側芝生に落下するところを目撃した。当該職員は直ちに研究棟南側芝生に駆けつけた。倒壊・落下音を聞いた他の職員2名も直ちに駆けつけた。排気筒が損傷（穴あき、ひずみ）を受けた状態で芝生に落下していること（添付資料6）、研究棟屋根表面に損傷が生じていること（添付資料7）を認めた。負傷者の発生はなかった。

事象発生後の時系列を下記に示す。

4月13日

14:55	職員1名がアクチノイド元素実験棟2階から排気筒の倒壊を目撃。研究棟にいた別の職員2名が音を聞いて研究棟南側芝生に向かい、倒壊を確認。
14:57	館内一斉放送にて事象の発生を本事業所内に周知。
15:10	防護活動本部を設置。
15:12頃	研究棟放射線管理区域から、身体汚染なしを確認後に職員および学生が退域。
15:15	事業所境界空間線量率測定（第1回）を開始。 →15:32完了。測定値異常なし。
15:20頃	研究棟放射線管理区域の排気設備の機能が失われた可能性を考慮し、排気設備の点検を行うために排気第2系統排風機を停止。
15:45	研究棟放射線管理区域内について、空間線量率測定（第1回）を開始。 →15:57完了。測定値異常なし。
15:45	研究棟放射線管理区域排気機械室を点検。ダクトやその周辺、HEPAフィルタ、プレフィルタ等に損傷がないことを確認。
15:45頃	研究棟屋根開口部の養生を試みるも強風のため断念。
16:00	事業所境界空間線量率測定（第2回）を開始。 →16:10終了。測定値異常なし。
16:04	研究棟屋根開口部の養生を開始。 →強風による中断（16:13）をはさみ、16:30完了（養生第一段階）。
16:04	研究棟屋根表面の損傷の状態を確認。損傷部からの雨水浸入の可能性はないと判断。

16:30	事業所境界空間線量率測定（第3回）を開始。 →16:41 完了。測定値異常なし。
16:35	研究棟放射線管理区域内について、空間線量率測定（第2回）を開始。 →16:46 完了。測定値異常なし。
18:00	法令報告事象であると判断。
18:00 頃	原子力規制庁に法令報告事象であることを報告。
18:04	研究棟放射線管理区域内について、空間線量率測定（第3回）および表面汚染密度測定を開始。 →18:20 完了。測定値異常なし。
18:30 頃	原子力規制庁原子力保安検査官2名が到着。現場確認と聴取を開始。 →20:00 頃完了。
21:05	防護活動本部を解散。

4月14日

8:30 頃	倒壊した排気筒の周囲を一時放射線管理区域（添付資料2）と設定。ロープ等により区域境界を指定。定期的なパトロール開始。
11:40 頃	倒壊した排気筒内部および外部、並びに研究棟屋根開口部について、表面汚染密度測定を開始。 →13:05 頃完了。測定値異常なし。
11:50	研究棟屋根開口部の養生（第二段階）を開始。 →13:15 完了。

4月15日

8:30 頃	倒壊した排気筒の固定作業を開始。 →13:00 頃完了。
11:30 頃	倒壊した排気筒周辺の土壌中の放射性核種分析を開始。 →13:30 完了。分析結果に異常なし。
13:30 頃	倒壊した排気筒の周囲の一時放射線管理区域設定を解除。立入を制限する区域と設定。ロープ等による区域境界指定および定期パトロールは維持。

4. 4 法令報告に係る通報の状況

研究棟は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（施行令第41条には非該当）に基づいて核燃料物質を使用する施設として、および、放射性同位元素等の規制に関する法律に基づいて密封された又は密封されていない放射性同位元素等を使用する施設として承認された原子力施設である。研究棟排気筒が倒壊したことにより、研究棟放射線管理区域の排気設備の機能を維持できなくなった。そのため、核燃料物質の使用等に関する規則第6条の10第2号に定める使用施設等の故障に該当するものとして、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第62条の3に基づく法令報告事象と4月13日18時00分に判断し、原子力規制庁に報告した。

5. 環境への影響

5. 1 環境への影響

事業所境界、倒壊した排気筒周辺、および研究棟屋根開口部周辺の空間線量率測定（第1回：15:15開始、第2回：16:00開始、第3回：16:30開始）を行った（添付資料8）。いずれの測定地点・時刻でも、測定値は通常の変動範囲内であった。また、JAEA大洗研究所のモニタリングポスト（本事業所に最も距離が近く、かつ当日は風下に位置したP-2。本事業所との位置関係は添付資料1を参照）の測定値を添付資料9に示す。いずれの時刻でも測定値は通常の変動範囲（50-77 nGy/h）内であった。以上より、本事象による外部環境への影響はなかった。

上述の空間線量率測定は1日1回行っており、環境への影響を監視している。なお倒壊した排気筒周辺の空間線量率測定は、排気筒の解体（6.1に後述）が完了した翌日の6月12日まで行った。これまで、いずれの測定値にも異常は見られていない。

5. 2 放射性物質使用時に本事象が生じていた場合の防護措置

本事象発生時は研究棟では放射性物質を用いた作業は行っていなかったが、仮に、本事象発生時に研究棟において放射性物質を1日最大使用量（4.1参照）で使用していた場合を考える。

この場合、排気第1系統および排気第2系統（添付資料4参照）を運転して研究棟放射線管理区域内の排気を行っている状況となる。その時に排気筒の倒壊が生じても、建屋内部に設置されている排風機・HEPAフィルタ・プレフィルタの健全性は保持されることが考えられる（実際に、本事象発生時でもこれらの健全性は保持された）。そのため、外部環境に放射性物質が飛散・放出される可能性はなく、外部環境への影響は生じないと考えられる。

本センター職員は、倒壊・落下音等によって事象発生を直ちに認識し（実際に、倒壊・落下時の音により職員が駆けつけている）、直ちに必要な措置を講じる。非常時における措置に関する内規に基づき、放射性物質に対して必要な措置（測定、汚染除去、閉じ込め、貯蔵箱への格納等）を講じる。措置を講じる間、必要な排気系統の運転を継続して研究棟放射線管理区域の負圧を保持する。また、研究棟放射線管理区域内の空間線量率測定や表面汚染密度測定を行い、万が一放射性物質が管理区域内で漏洩した場合でも直ちにそれを認識して対処できるようにする。これらにより、措置を講じる間の作業員の被ばく等は生じないと考えられる。

放射性物質に対する措置が完了した後、直ちに排気系統の運転を停止し、直ちに研究棟屋根開口部を閉鎖・養生して雨水浸入を防止し、全ての手動ダンパ（添付資料4参照。給気側で1箇所、排気側で4

箇所の計5箇所)を閉鎖して空気流入を抑制する。

以上より、仮に本事象発生時に研究棟において放射性物質を1日最大使用量で使用していた場合でも、外部環境への影響や作業員の被ばくは生じなかったと考えられる。

6. 今回の事象に対する対応措置

6. 1 倒壊した排気筒

事象発生後、天候が回復した翌4月14日に、倒壊した排気筒の内部8箇所および外部3箇所について α/β 線自動測定装置(ALOKA JDC-3301B)により表面汚染密度測定(α 、 β 、 γ)を行った(添付資料10)。すべての測定箇所で検出限界未満であり、放射性物質による汚染は確認されなかった。さらに、4月15日に、倒壊した排気筒近傍3箇所および比較のため約50m離れた地点の土壌をそれぞれ採取して γ 線スペクトロメーターによる放射性核種分析を行った(添付資料11)。天然および東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種のみが検出されたことから、倒壊した排気筒周辺土壌に放射性物質が流出・飛散した可能性はないと判断した。

強風等による二次被害を防ぐため、排気筒のアイボルトと鉄パイプを利用して倒壊した排気筒の固定措置を行い(添付資料12)、1日に1回以上のパトロールを行った。

5月20-22日に、倒壊した排気筒の表面汚染密度測定(α 、 β 、 γ)をより詳細に行った(添付資料13)。測定箇所を区切った上でサーベイメーターを用いて直接法および間接法で測定した。すべての測定箇所で検出限界未満であった。また、間接法で拭き取りに用いた化学雑巾を γ 線スペクトロメーターでも測定した結果、天然および東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種のみが検出された。以上より、倒壊した排気筒に放射性物質による汚染はないと判断した。

6月8-12日に、安全や周辺環境への影響(飛散等)に十分注意した上で倒壊した排気筒を解体した。解体した排気筒は、当面の間、本センターの放射線管理区域内に保管することとした(添付資料12)。排気筒の撤去後に、倒壊した排気筒が接していた土壌を採取して γ 線スペクトロメーターによる放射性核種分析を行い、天然および東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種のみを検出であることを確認した(添付資料12)。

6. 2 研究棟屋根表面の損傷部分

研究棟屋根表面の損傷部分を点検した(添付資料7)。屋根の立ち上がり部分の表面材およびコンクリートが、約50cm×約30cmの範囲で、最大深さ約10cmで欠損していた。損傷部周囲への亀裂の進展は見られなかった。また、排気機械室室内からの点検でも亀裂等の異常は見られなかった。以上より、この損傷が建屋の気密性保持に影響する可能性はないと判断した。

6. 3 研究棟屋根開口部

排気筒倒壊直後の、排気筒が設置されていた部位の写真を添付資料14に示す。排気第1系統および排気第2系統の合計2系統の開口部が見られる。これら開口部からの雨水の浸入を防ぐため、4月13日に、開口部をシートで覆った後に金属板で養生し、その上に重石として鉛ブロック(合計重量は約60kg)を載せた(養生第一段階。添付資料14)。強風により作業が難航したが、事象発生から約1時間30分後にこの作業は完了し、雨水の浸入は防止できるようになった。翌4月14日に、養生第一段階の

開口部周辺について α/β 線自動測定装置（ALOKA JDC-3301B）により表面汚染密度測定を行った（添付資料 15）。すべての箇所検出限界未満であり、放射性物質による汚染は確認されなかった。養生第一段階を防災シートでさらに養生し、防災シートをラチェット式ベルトおよび重石で固縛した（養生第二段階。添付資料 14）。さらなる措置として、4 月 28 日に、養生第二段階で用いた防災シートを取り外したのちに屋根基礎部に木製の屋根を取り付け、木製屋根を耐候性に優れた防水シートで養生し、防水シートをラチェット式ベルトおよび重石で固縛した（養生第三段階。添付資料 14）。以上の措置により、開口部からの雨水浸入防止措置を強化し、空気の流出入も抑止した。これら養生の状態を 1 日に 1 回以上のパトロールおよびネットワークカメラで監視している。また、開口部周辺の表面汚染密度測定を 1 日 1 回行っている。

6. 4 研究棟放射線管理区域

事象発生後、排気第 2 系統の排風機を停止させ、排気機械室を点検した。ダクトやその周辺に損傷はなかったが若干の雨水浸入が見られた（添付資料 16）。ダクト内の雨水は排風機底部より排水し、排気機械室床の雨水は拭き取りで除去した。浸入した雨水の総量は約 1 L であった。雨水および空気の流出入は研究棟屋根開口部に対する養生措置により止まった。HEPA フィルタおよびプレフィルタを点検したところ、雨水浸入は認められず、かつ、外観等の異常も認められないことから、HEPA フィルタおよびプレフィルタは健全と判断した。

事象発生後、研究棟放射線管理区域内の空間線量率測定および表面汚染密度測定を行った（添付資料 17 および添付資料 18）。いずれも測定値は通常値の範囲内であり、異常は認められなかった。

事象発生時には核燃料物質の使用・貯蔵はなかった。放射性同位元素は使用されておらず貯蔵箱に保管されていた。貯蔵箱の状態を目視および表面汚染密度測定で調べ、異常が無いことを確認した。

現在、研究棟放射線管理区域では、施設および設備維持のために必要な最低限の業務のみを行っている。空調を停止しているために負圧管理は行われていない状態であるが、全ての手動ダンパ（添付資料 4 参照。給気側で 1 箇所、排気側で 4 箇所の計 5 箇所）を閉鎖しており、空気の流出入はほぼ皆無である。全ての放射性物質は貯蔵箱に格納されており、全てのプレフィルタおよび HEPA フィルタは健全である。研究棟屋根開口部は養生されており雨水浸入はないため（添付資料 14）、手動ダンパやフィルタの健全性は保持される。以上より、外部環境に放射性物質が漏洩する可能性はない。このことは、事業所境界の空間線量率測定でも確認・監視している。さらに、放射線管理区域内について 1 日 1 回の空間線量率測定および表面汚染密度測定、および定期的な空气中放射性物質濃度測定をそれぞれ行い、放射線管理区域内における放射性物質の漏洩や空气中放射性物質濃度の増加がないことを確認している。貯蔵箱の状態確認も 1 日に 1 回以上行っている。

7. 原因

7. 1 調査結果

倒壊の原因を明らかにするため、排気筒の構造と保守履歴、倒壊の状況、補強ワイヤーの状態、排気筒－屋根基礎部の接合状態をそれぞれ調査した。

7. 1. 1 排気筒の構造と保守履歴

排気筒は鉄骨部品を重ねた構造になっており、合計21本の鉄筋によって屋根基礎部に固定される構造になっていた。排気筒－屋根基礎部の接合部分の周囲は鉄板で覆われており、底部付近にスタックダスト吸引配管が備えられていた（添付資料 19）。排気筒の詳細な図面や構造計算書は残されていないため、倒壊した排気筒の現物を元に構造や部品を推定して図面を書き起こした（添付資料 19）。排気筒の重量は約 960 kg、重心位置は底面から 3.4 m 高（なお全高は底面から 7.5 m）と推定した。幾何学的には約 12° の傾斜が生じると重心位置が屋根基礎部領域（1.3 m×1.3 m）の外側に出るため転倒しうることが示唆された。

令和元年 9 月 9 日の台風 15 号の後、同年 9 月 13 日に、排気筒の設置面（建屋の屋上）から高さ約 5 m の位置にアイボルトを取り付け、研究棟排風機械室屋根およびホットラボ実験棟屋根部分との間をワイヤー4本（鋼製、直径 3 mm、1 本の長さは 8.5 m）で結んで 4 方向から排気筒を固縛し、耐風圧強度を補強する応急的な措置を行った（添付資料 5）。ワイヤー1本あたりの耐荷重（静的）は約 650 kgf であり、風速 30.9 m/s（台風 15 号時の最大瞬間風速）で排気筒が受ける推定最大風荷重である約 360 kgf に対する安全率は約 1.8 であった。なお、ワイヤー固縛作業時には、排気筒本体や周囲にひび割れやひずみ等がないことや揺れがないことを確認し、排気筒に異常はないと判断した。

排気筒の保守履歴を下記に示す。

昭和 43 年	研究棟屋根にコンクリート製の基礎部が完成。
昭和 44 年	屋根基礎部に排気筒本体を接合。
昭和 45 年 9 月	施設検査に合格し、研究棟管理区域での核燃料物質および放射性同位元素の使用を開始。
（昭和 44 年から平成 14 年まで）	（排気筒の補修に関する記録は保管されていない）
平成 15 年 3 月	排気筒の内面および外面に錆止め塗装工事。
平成 19 年 5 月	排気筒の内面および外面に錆止め塗装工事。
平成 23 年 3 月	3 月 11 日、東日本大震災により茨城県大洗町で震度 5 強を観測。3 月 11 日から 4 月 12 日までに震度 4 以上を 6 回観測。排気筒本体や周囲にひび割れやひずみ等が見られないこと、人力では排気筒に揺れが生じないことを確認し、排気筒に異常はないと判断。
令和元年 9 月	9 月 9 日、台風 15 号により JMTR 冷却塔倒壊事象が発生。JAEA 大洗研気象観測塔の地上 10m での最大瞬間風速は 30.9 m/s、10 分間平均風速は 10.3 m/s。9 月 13 日、応急措置として排気筒をワイヤーで補強。補強作業時に、排気筒に揺れが生じないことや排気筒

	や周囲にひび割れやひずみ等が見られないことを確認。
令和2年4月13日	14:55、排気筒倒壊。JAEA 大洗研気象観測塔の地上 10m での最大瞬間風速は 35.3 m/s、10 分間平均風速は 15.6 m/s。

7. 1. 2 倒壊の状況

目撃者からの聞き取り調査により、倒壊の状況を推定した。推定結果を下記および添付資料 20 に示す。なおワイヤー番号は添付資料 5 の通りである。

(ステップ 1) 14 時 30 分頃、強風による排気筒の揺れを確認した。

(ステップ 2) (以下、14 時 55 分頃) ワイヤー 1 が破断した。排気筒が傾き、屋根基礎部から外れた。

(ステップ 3) ワイヤー 4 を固定していたアイボルトからターンバックルが外れた (アイボルト、ターンバックルの写真は添付資料 21 も参照のこと)。

(ステップ 4) ワイヤー 2 を固定していたアイボルトからターンバックルが外れた。排気筒胴体部が研究棟南側の樹木 (松の木) に衝突した。

(ステップ 5) ワイヤー 3 を固定していたアイボルトからターンバックルが外れた。排気筒上部先端部が研究棟屋根表面に衝突した。排気筒底面部が研究棟南側芝生に接触した。その際、排気筒全体が時計回りにおよそ 90 度回転した。

(ステップ 6) 排気筒全体が研究棟南側芝生に倒壊した。

7. 1. 3 補強ワイヤー

倒壊後のワイヤーの状態を調査した。結果を添付資料 21 に示す。ワイヤー 1 は 2 箇所破断していた。ワイヤー 1 を固定していたアイボルトは、建屋側、排気筒側とも変形していた。ワイヤー 1 は当日の強風の風上側に位置したため、最も強い外力を受けたものと考えられる。ワイヤー 1 に次いで強い外力を受けたと考えられるワイヤー 4 では、ワイヤーの破断は生じなかったが、建屋側でアイボルトおよびターンバックルが変形していた。ワイヤー 2 およびワイヤー 3 では、いずれの部品にも変形は認められなかった。

倒壊時にワイヤーが受けた荷重を評価したところ、ワイヤー 1 および 4 に発生した張力はそれぞれ約 690 kgf および約 300 kgf と推定された (添付資料 21)。ワイヤー 1 本あたりの耐荷重 (静的) は約 650 kgf であることを考えると、破断したワイヤー 1 では耐荷重を上回る張力が生じていた可能性がある。

7. 1. 4 排気筒－屋根基礎部の接合状態および排気筒の状態

排気筒底面の鉄骨部品 (添付資料 19 を参照) と屋根のコンクリート製基礎部との接合状態を調査した。結果を添付資料 22 に示す。鉄筋と鉄骨部品との接合は、両者の接触部を一点で溶接したのみという簡易的な施工方法で行われていた。すなわち、研究棟屋根基礎部から 21 本の鉄筋が顕出しており、それぞれの鉄筋を排気筒底面鉄骨部品に一点 (1 - 3 cm 程度の領域) のみで溶接することで排気筒を屋根

基礎部に固定する方法で施工されていた。

破断（計 21 箇所）は全て溶接部で生じていた。いずれの破断箇所でも、破断面では腐食（錆）が進行しており、金属光沢を有する新しい破断面は見られなかった。したがって、全ての破断箇所において破断は本事象以前に起きていたものと考えられる。

排気筒そのものは、落下時に建屋との接触によって損傷した部分を除き健全性は保持されており、腐食等は認められなかった。

7. 2 推定される原因

7. 1. 4 で述べたように、排気筒は研究棟屋根基礎部鉄筋（計 21 本）に溶接されていたが、21 本の全ての鉄筋に関して、溶接箇所が本事象以前に破断していたと考えられる。破断の原因としては、経年による腐食等に伴う強度低下や外力（過去の強風や地震等による外力、その繰り返しによる疲労）およびこれらの重畳等が考えられる。このため、排気筒の風荷重に対する強度は本事象当日には建設時から大幅に低下していた可能性が高く、そのような状況下で、当日の強風（JAEA 大洗研究所気象観測塔では 14 時 40 分から 15 時 00 分までの間に地上高 10 m において最大瞬間風速 35.3 m/s、10 分間平均風速 15.6 m/s）によってワイヤーによる補強分を上回る転倒モーメントが排気筒に加わったことが本事象の直接的な原因と考えられる。

7. 3 背景、問題点

排気筒の風荷重に対する強度は本事象当日には建設時から大幅に低下していた可能性が高いが、その主因として、屋根基礎部と排気筒底面との接合の耐久性が乏しかったことが考えられる。すなわち、屋根基礎部からの鉄筋を排気筒底面鉄骨との接触部で 1-3 cm 程度の領域の点溶接で接合し、それを 21 箇所行うことによって強度を得る構造であったため、長期間耐久性を維持できる構造ではなかったと考えられる。また、排気筒に点検口が設けられていなかった上に接合部周囲が鉄板で覆われていたため、排気筒を解体することなく接合部を点検することは不可能だった。さらに、接合部の構造や施工方法を記した建設当時の資料が存在せず、接合部は耐久性に乏しいことを認識していなかった。これらの理由により、排気筒を含む管理区域排気設備の点検は定期的（1 日 1 回（添付資料 23）、1 月 1 回、半年 1 回）に実施していたものの接合状態に関する点検は不十分であった。以上総括すると、建設当時の資料が存在せず、排気筒接合部が長期の耐久性と保守管理を考慮した設計ではなかったことを認識していなかったため、点検が不十分であったことが本事象の原因である。

排気筒の保守管理について、昭和 44 年の建設から 50 年を過ぎたことや令和元年 9 月には本センター近接の JMTR 冷却塔が強風によって倒壊したこともあり、点検と補強を急ぎ実施する計画だった。本センターでは 5 年程度前から今回倒壊した排気筒など老朽化対策が必要な設備をリストアップし、順次補修を行ってきたが、令和元年度中には他の設備の補修を行ったため、予算上の制約から研究棟排気筒の本格的な補強対策には着手できていなかった。応急的な措置としてワイヤー 4 本による補強を実施し、本格的な補強対策を令和 2 年度に実施する計画を立てていたが、当日 4 月 13 日には措置が間に合わず、倒壊事故に至ってしまった。

8. 対策

今回倒壊した排気筒は研究棟管理区域の排気設備であり、研究棟での放射性物質の使用を再開するためには排気筒の再建が必要である。再建にあたっては、7. 3で述べた原因や問題点を踏まえ以下2点の対策を施し、継続使用に耐えうる設計・施工とする。

(1) 接合部の強度および耐久性に関して、現行の建築基準法に準拠した設計および施工を行う。耐風性に関して、本センター立地における基準値は建築基準法施行令第87条により10分間平均風速34 m/sである(なお本事象時は10分間平均風速15.6 m/s)。接合方法は簡易的な溶接ではなくボルト締めとし、ボルトの緩みや腐食等経年劣化が生じた場合には交換等の保守管理が可能な構造とする。

(2) 保守点検に関して、排気筒に点検口を設けることにより、接合部の健全性を確認できるようにする。定期的(1年1回以上)な点検を行うとともに、施設に影響を与えうる台風や地震等が生じた場合には点検者の安全に配慮しつつ速やかに点検を行う。構造や施工方法を記した資料は、必要時に参照できるよう適切に保管する。

本センターには、今回倒壊した研究棟排気筒のように建屋本体に溶接のみで接合された屋外設備は他には存在しないが、排気筒の健全性に関する水平展開として、本センターの他の2棟(ホットラボ実験棟、アクチノイド元素実験棟)の排気筒の点検を専門業者に委託して行った。その結果、2棟の排気筒とも、健全性に問題は認められず継続使用に耐えうる事が確認された。さらに、排気筒に限らず管理区域設備全般にも強風に対する対策を水平展開する(例えば、本センターの研究棟およびホットラボ実験棟の放射線管理区域のガラス窓を金属製の板材で覆う措置を行う)。これら本センターで講じる強風対策の情報は、金属材料研究所アルファ放射体実験室等、本学の他施設にも展開する。

加えて、経年劣化への対策も進めるため、本センターの設備・施設全般について詳細な調査・点検を行い、その結果に基づいて優先順位をつけて補修や点検項目の見直し等必要な対策を講じる。これに関しても本学の他施設に情報を展開する。

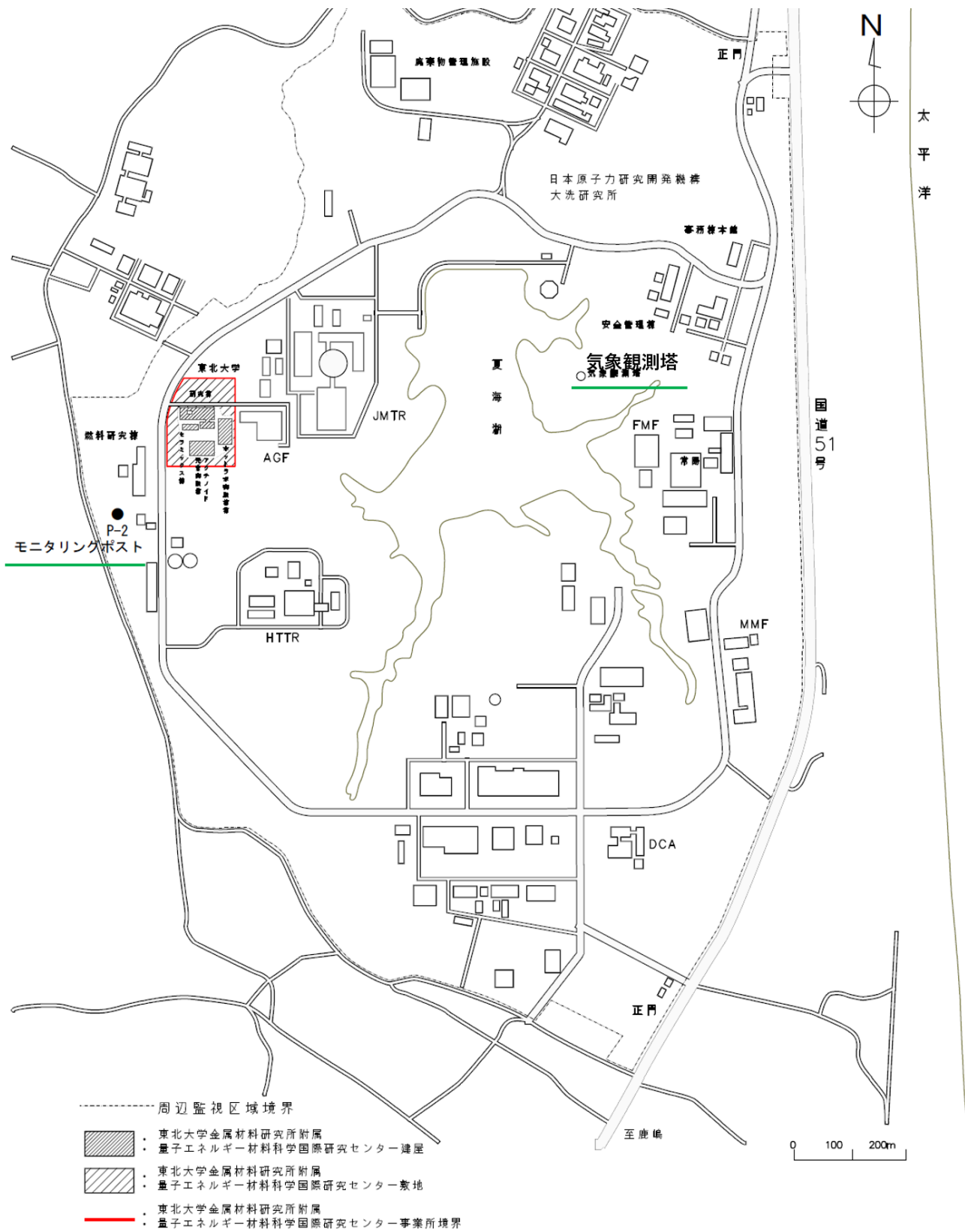
添付資料一覧

- 添付資料 1 東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター付近図
- 添付資料 2 本事業所の建物配置図
- 添付資料 3 研究棟における放射性物質の状況
- 添付資料 4 研究棟放射線管理区域排気系統
- 添付資料 5 倒壊前の排気筒および補強ワイヤー設置状況
- 添付資料 6 倒壊後の排気筒
- 添付資料 7 研究棟屋根表面の損傷部分
- 添付資料 8 事業所境界、倒壊した排気筒周辺、研究棟屋根開口部周辺の空間線量率測定
- 添付資料 9 JAEA 大洗研究所モニタリングポスト P-2 における 4 月 13 日の空間ガンマ線量率
- 添付資料 10 倒壊した排気筒の内部および外部の表面汚染密度測定
- 添付資料 11 倒壊した排気筒近傍の土壌の放射性核種分析
- 添付資料 12 倒壊した排気筒に対する措置
- 添付資料 13 倒壊した排気筒の表面汚染密度測定
- 添付資料 14 研究棟屋根開口部の養生
- 添付資料 15 養生（第一段階）後の研究棟屋根開口部周辺の表面汚染密度測定
- 添付資料 16 研究棟屋根開口部養生（第一段階）前の研究棟放射線管理区域排気機械室
- 添付資料 17 研究棟放射線管理区域内の空間線量率測定
- 添付資料 18 研究棟放射線管理区域内の表面汚染密度測定
- 添付資料 19 排気筒の構造、部品図
- 添付資料 20 倒壊の状況
- 添付資料 21 補強ワイヤーの調査
- 添付資料 22 排気筒－屋根基礎部の接合状態の調査
- 添付資料 23 研究棟放射線管理区域設備の点検結果の例

以上

添付資料 1

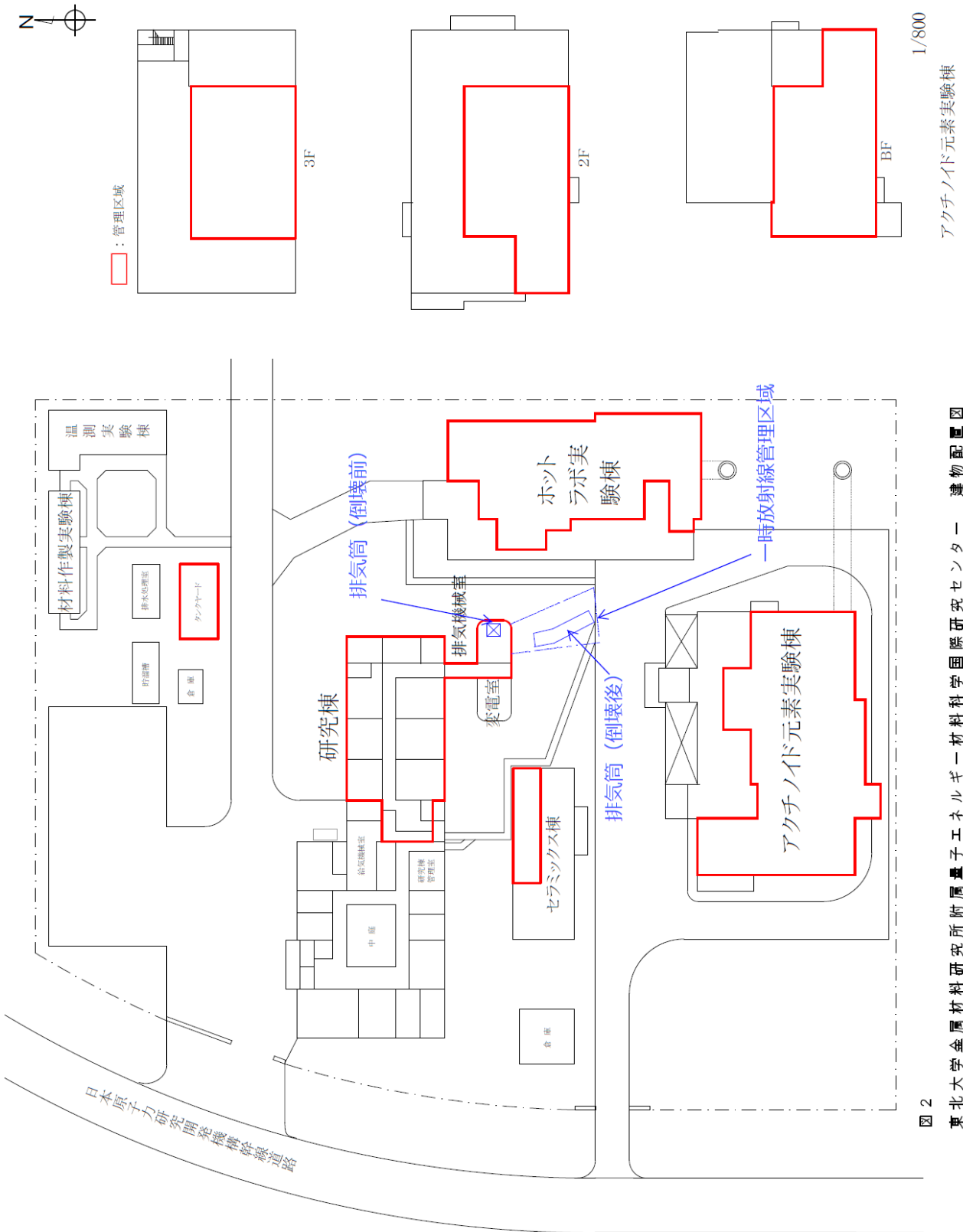
東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター付近図



本事業所位置を赤線で示す。JAEA 大洗研究所の気象観測塔およびモニタリングポスト P-2 を緑線で示す。

添付資料 2

本事業所の建物配置図



倒壊前および倒壊後の排気筒位置を青線で示す。倒壊後の排気筒周辺に設定した一時放射線管理区域も青線で示す。




表 1：研究棟における核燃料物質の使用状況

室名	設備	使用の方法	承認された核燃料物質の種類と1日最大使用量	最近10年間の使用状況
物理実験室	陽電子消滅同時計数ドップラー広がり測定装置、陽電子消滅寿命測定装置、陽電子消滅一次元角相関装置	1. 核燃料物質の物理・冶金的使用方法 (試料の外観検査、寸法検査、重量検査、密度測定、電気抵抗測定、内部摩擦測定、金相試験、硬度測定、引張試験、機械研磨、イオン研磨、透過電子顕微鏡観察等を行う。) 2. 核燃料物質の化学的使用方法 (試料の溶解・分離及び化学研磨、電解研磨並びに腐食等を行う。また、それらの廃液の固型化処理を行う。) 3. 核燃料物質によって汚染された物(ジルカロイ)の物理・冶金及び化学的使用方法 (試料の洗浄、分割、小型走査イオン顕微鏡、透過電子顕微鏡観察等を行う。)	天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g、照射済天然ウラン 0.007 g (37 MBq)、照射済トリウム 0.007 g (37 MBq)	使用なし
放射線発生室	低速陽電子発生装置		天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g	
電子顕微鏡室	透過電子顕微鏡		天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g、核燃料物質によって汚染された物(ジルカロイ) 5 MBq	
ポジトロン室	陽電子消滅同時計数ドップラー広がり測定装置、陽電子消滅寿命測定装置、走査プローブ顕微鏡、ナノインデント		天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g、照射済天然ウラン 0.037 g (185 MBq)、照射済トリウム 0.037 g (185 MBq)	
第1化学実験室	電解研磨装置(フードB内)、イオン研磨装置、ビッカース硬さ試験機		天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g、核燃料物質によって汚染された物(ジルカロイ) 5 MBq	
	フードB	照射済天然ウラン 0.037 g (185 MBq)、照射済トリウム 0.037 g (185 MBq)、核燃料物質によって汚染された物(ジルカロイ) 40 MBq		
	フードC	天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g		
第2化学実験室	3次元アトムプローブ、小型走査イオン顕微鏡	(試料の洗浄、分割、小型走査イオン顕微鏡、透過電子顕微鏡観察等を行う。)	天然ウラン 100 g、劣化ウラン 100 g、トリウム 100 g、核燃料物質によって汚染された物(ジルカロイ) 5 MBq	天然ウラン 0.004 g

表 2：研究棟における放射性同位元素の使用状況

室名	主な使用設備	主な使用核種と通常の使用量	主な使用核種の 1日最大使用量
物理実験室	陽電子消滅同時計数ドップラー広がり測定装置、陽電子消滅寿命測定装置	【6室の合計】 Na-22：400 kBq Mn-54：< 37 kBq Co-60：4 MBq Ta-182：8 MBq W-181：300 kBq W-185：3 MBq Fe-55：100 MBq (以上すべて非密封)	【研究棟全体】 Na-22：20 MBq Mn-54：50 MBq Co-60：5 MBq Ta-182：10 MBq W-181：18 MBq W-185：50 MBq Fe-55：2.5 GBq (以上すべて非密封) Na-22 (密封)：1.85 GBq (密封線源は物理実験室、ポジトロン室、放射線発生室で使用)
電子顕微鏡室	透過電子顕微鏡		
第2電子顕微鏡室	オージェ電子分光装置		
ポジトロン室	陽電子消滅同時計数ドップラー広がり測定装置、陽電子消滅寿命測定装置、ナノインデント		
第1化学実験室	昇温脱離試験装置、電解研磨装置、イオン研磨装置、ビッカース硬さ試験機		
	フードA		
	フードB		
	フードC		
第2化学実験室	3次元アトムプローブ、走査イオン顕微鏡		
放射線発生室	低速陽電子発生装置	Na-22 (密封)：1.85 GBq	

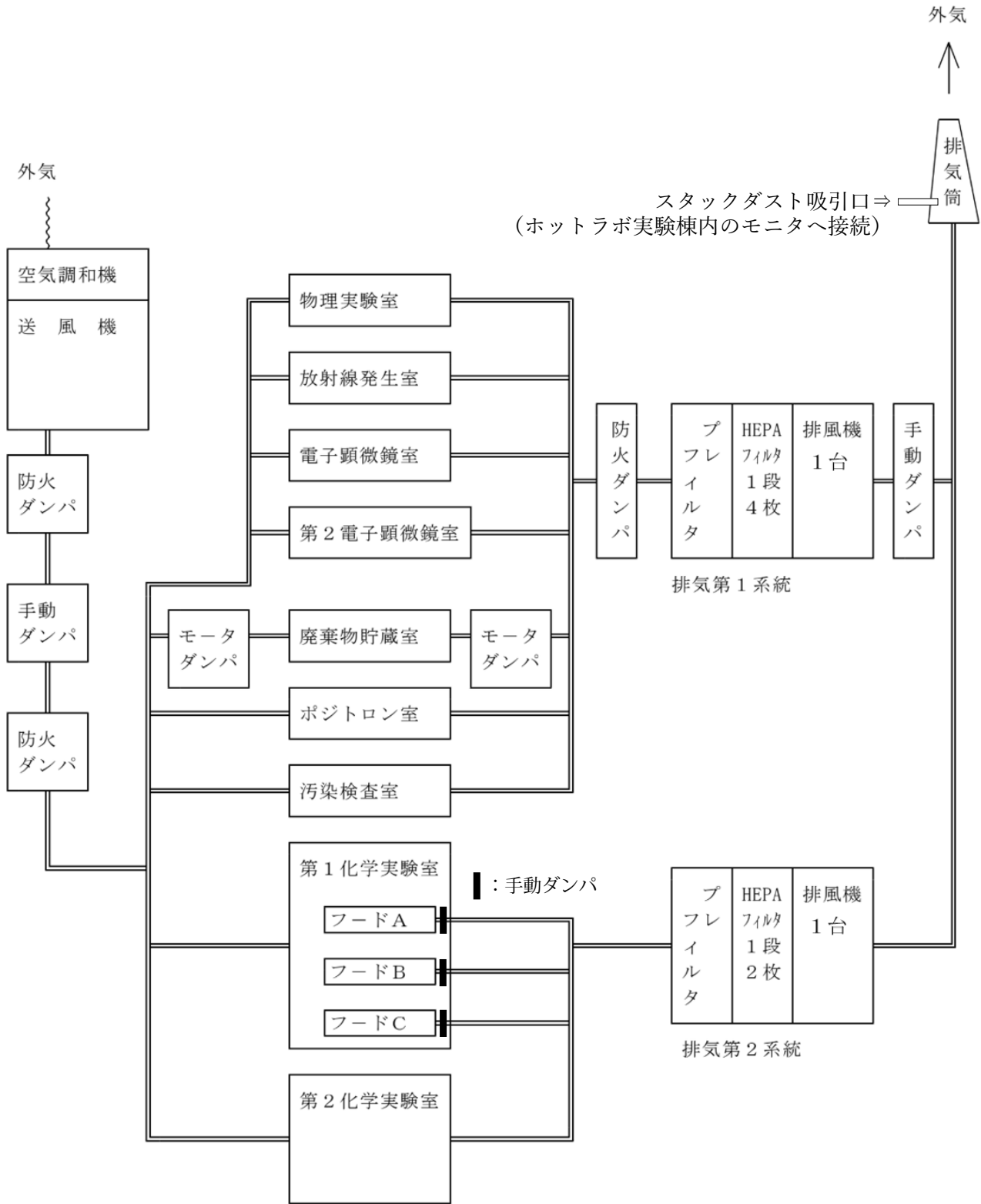
表 3：研究棟における核燃料物質および放射性同位元素の在庫量および貯蔵能力

	密封、 非密封	種類、核種	在庫量 (令和 2 年 3 月末日現在)	貯蔵能力
核燃料物質	非密封	天然ウラン		1,250 g
		劣化ウラン		420 g
		トリウム		480 g
		照射済天然ウラン		2 g (10 GBq)
		照射済トリウム		1 g (5 GBq)
放射性同位元素	非密封	Na-22		4 GBq
		Mn-54		10 GBq
		Co-60		1 GBq
		Ni-59		20 MBq
		Ni-63		1 GBq
		Nb-93m		4 GBq
		Mo-93		4 GBq
		Ta-182		2 GBq
		W-181		3.6 GBq
		W-185		10 GBq
		W-188		1.8 GBq
		Fe-55		500 GBq
	上記以外の核種の合計	201.0541 GBq		
	密封	Na-22		1.85 GBq 1.11 GBq 740 MBq 370 MBq

(核燃料物質等の防護上、黒塗り部分の在庫量は非開示とする)

添付資料 4

研究棟放射線管理区域排気系統



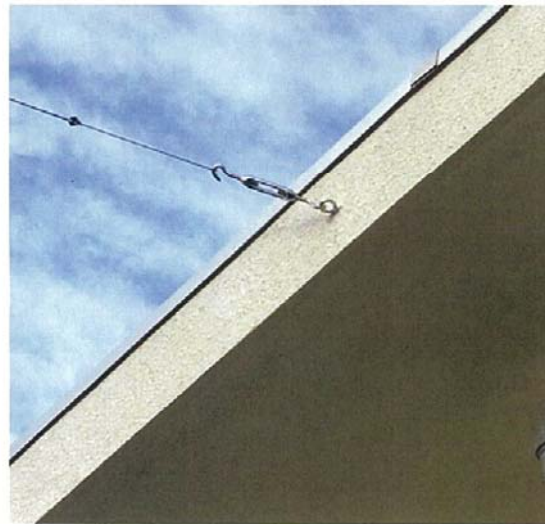
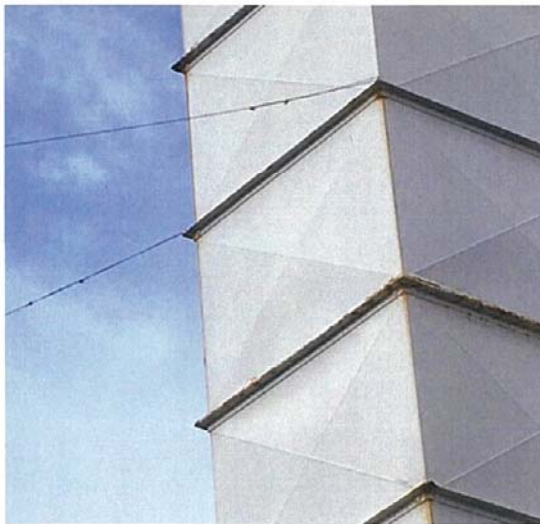
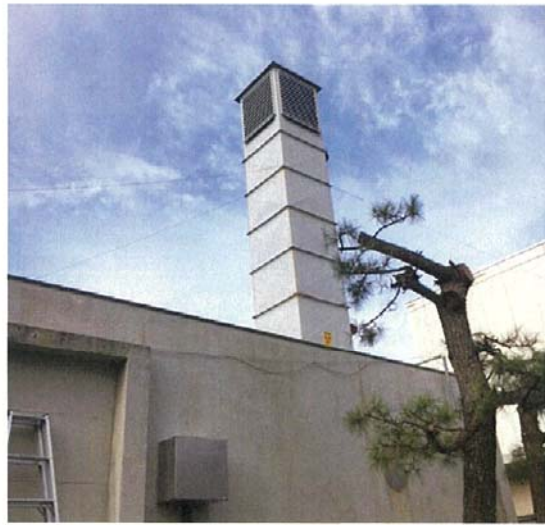
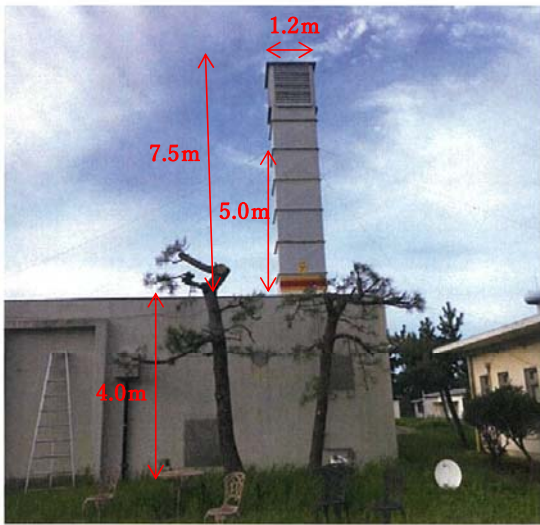
添付資料 5

倒壊前の排気筒および補強ワイヤー設置状況

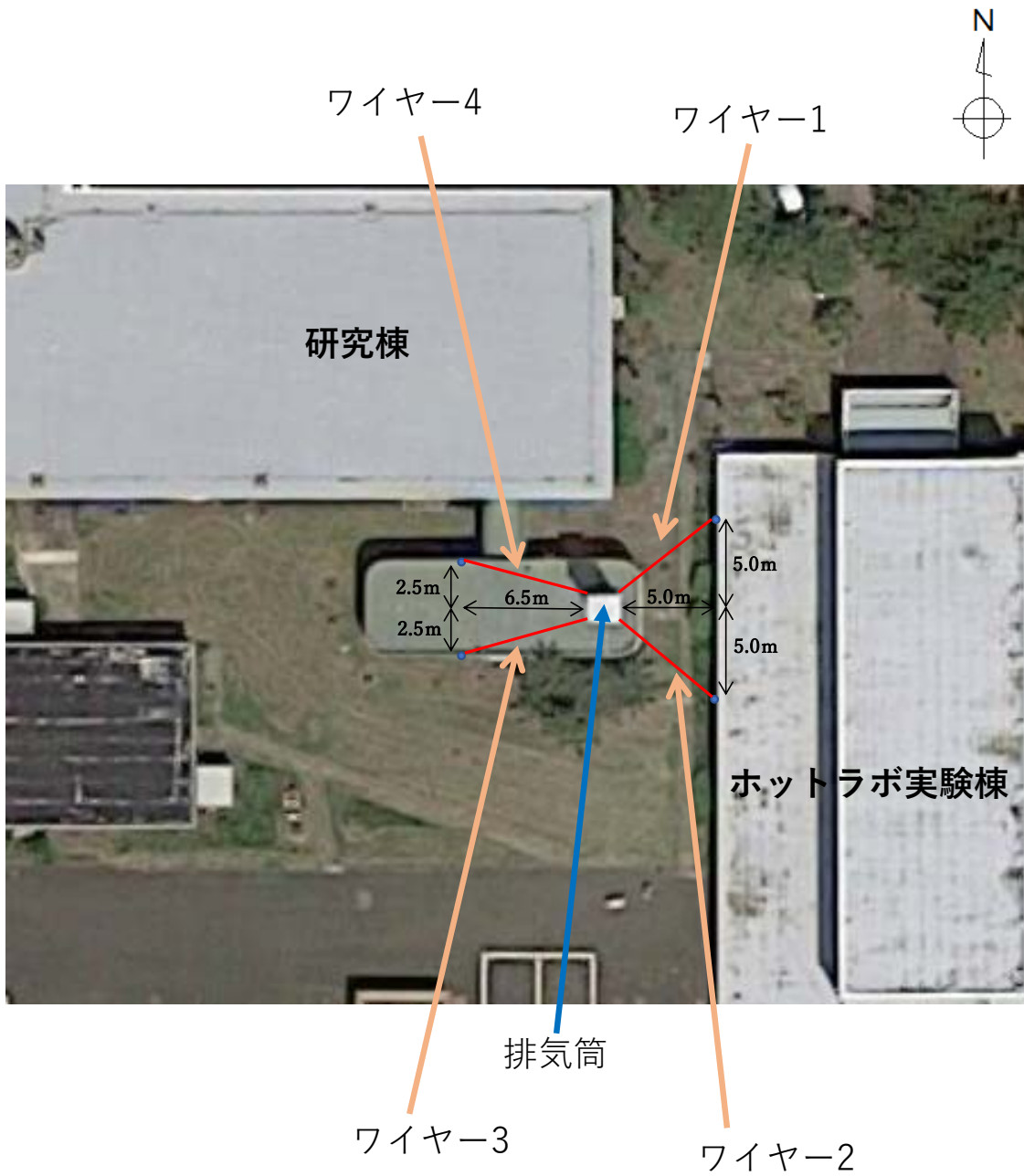
研究棟屋上ー排気筒先端：7.5 m
研究棟屋上ーワイヤー取り付け位置：5.0 m

排気筒断面（角形）：1.2 m×1.2 m

地面ー研究棟屋上：4.0 m



ワイヤーについて
1本の長さ：8.5 m
直径：3.0 mm



添付資料 6

倒壊後の排気筒



倒壊直後 1



倒壊直後 2

倒壊直後に撮影。

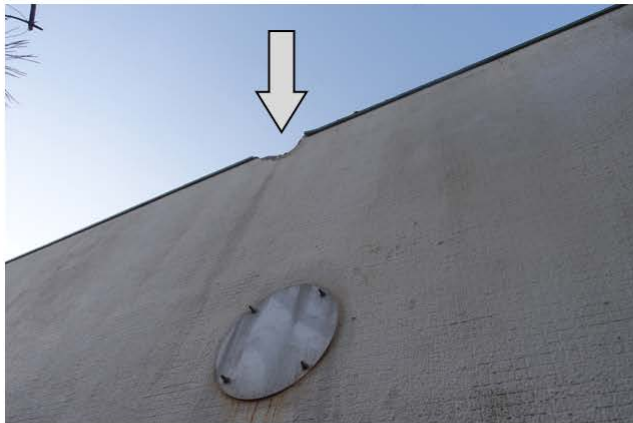
研究棟屋根表面の損傷部分 研究棟屋根開口部 (養生 (第二段階) 済み)



研究棟屋根開口部を養生 (第二段階) 後、アクチノイド元素実験棟屋上から撮影。

添付資料 7

研究棟屋根表面の損傷部分



←
研究棟南側芝生から、
北に向かって撮影。

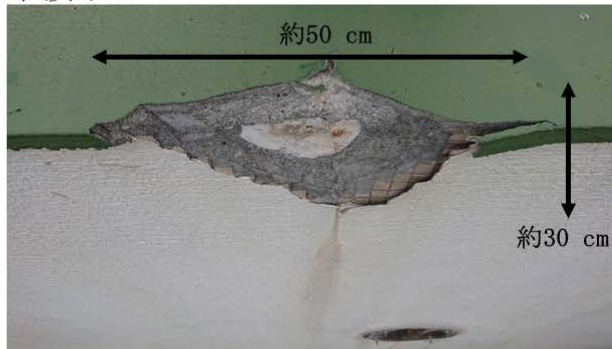
↓ 研究棟屋根から、
東に向かって撮影。



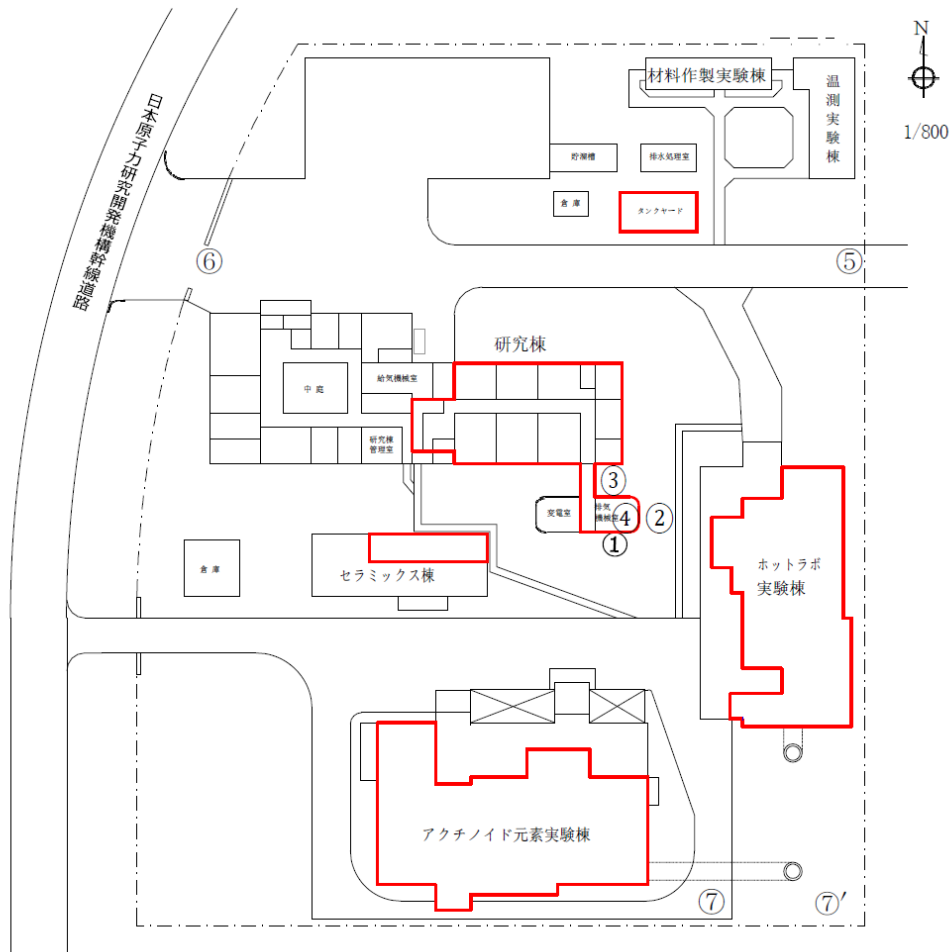
↓ 接写 1



↓ 接写 2



事業所境界、倒壊した排気筒周辺、研究棟屋根開口部周辺の空間線量率測定



平常時の事業所境界空間線量率（4月9日測定記録）

使用機器：γシンチレーションサーベイメーター
ALOKA TCS-161

場所	時刻	測定値 μSv/h
③	10時に 実施	0.10
⑤		0.08
⑥		0.08
⑦'		0.13

4月13日 事業所境界空間線量率測定結果

第1回			第2回			第3回		
場所	時間	測定値 μSv/h	場所	時間	測定値 μSv/h	場所	時間	測定値 μSv/h
①	15:23	0.09	①	16:00	0.09	①	16:35	0.09
②	15:23	0.09	②	16:00	0.08	②	16:35	0.09
③	15:23	0.09	③	16:01	0.11	③	16:37	0.09
④	15:25	0.09	④	16:10	0.09	④	16:37	0.10
⑤	15:27	0.09	⑤	16:03	0.08	⑤	16:39	0.08
⑥	15:29	0.09	⑥	16:04	0.09	⑥	16:41	0.09
⑦	15:32	0.09	⑦	16:05	0.10	⑦	16:38	0.08

※④は排気機械室内の測定値

添付資料 9

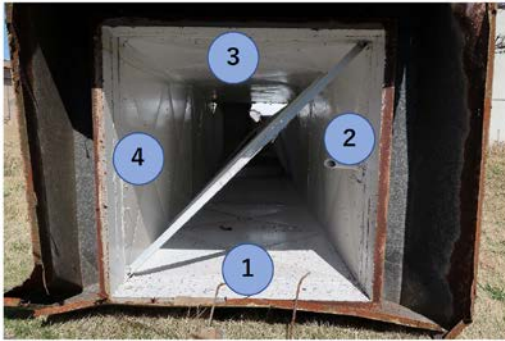
JAEA大洗研究所モニタリングポストP-2における4月13日の空間ガンマ線量率

時刻	空間ガンマ線量率 (10分平均値) [nGy/h]
14:00	62
14:10	63
14:20	63
14:30	62
14:40	61
14:50	62
15:00	61
15:10	61
15:20	59
15:30	60
15:40	59
15:50	61
16:00	59
16:10	60
16:20	60
16:30	59
16:40	58
16:50	58
17:00	58
17:10	58
17:20	58
17:30	57
17:40	57
17:50	56
18:00	56
19:00	55
20:00	55
21:00	55
22:00	61

通常の変動範囲 : (50 - 77) nGy/h

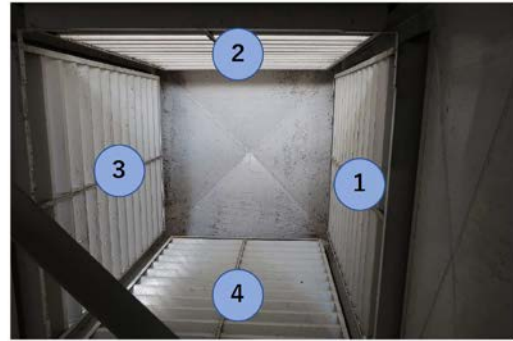
添付資料 10

倒壊した排気筒の内部および外部の表面汚染密度測定



排気筒 下部内側

測定箇所	α測定	β γ測定
①	検出無し	検出無し
②	検出無し	検出無し
③	検出無し	検出無し
④	検出無し	検出無し



排気筒 ガラリ内側

測定箇所	α測定	β γ測定
①	検出無し	検出無し
②	検出無し	検出無し
③	検出無し	検出無し
④	検出無し	検出無し

検出限界レベル
 α : 1.10×10^{-1} Bq/cm²
 $\beta\gamma$: 2.25×10^{-1} Bq/cm²



排気筒 ガラリ外側

測定箇所	α測定	β γ測定
①	検出無し	検出無し
②	検出無し	検出無し
③	検出無し	検出無し



排気筒 ガラリ外側

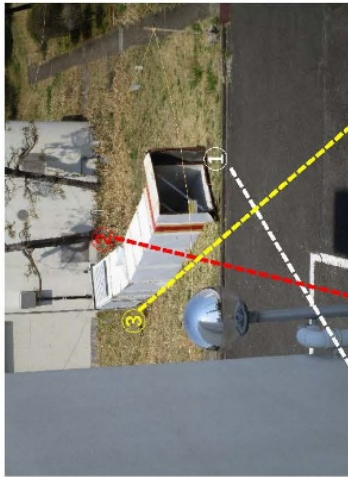
検出限界レベル
 α : 1.10×10^{-1} Bq/cm²
 $\beta\gamma$: 2.25×10^{-1} Bq/cm²

倒壊した排気筒近傍の土壌の放射性核種分析

排気筒周辺の土壌放射能測定

試料採取位置

- ①：排気筒底部開口部土壌
- ②：排気筒ガララリ東側開口部土壌
- ③：排気筒ガララリ西側開口部土壌
- ④：比較箇所(セラミックス棟西側)



①：排気筒底部開口部土壌



②：排気筒ガララリ東側開口部土壌



③：排気筒ガララリ西側開口部土壌



④：比較箇所(セラミックス棟西側)



芝生・雑草を除去



土壌をふるいに掛け異物を除去

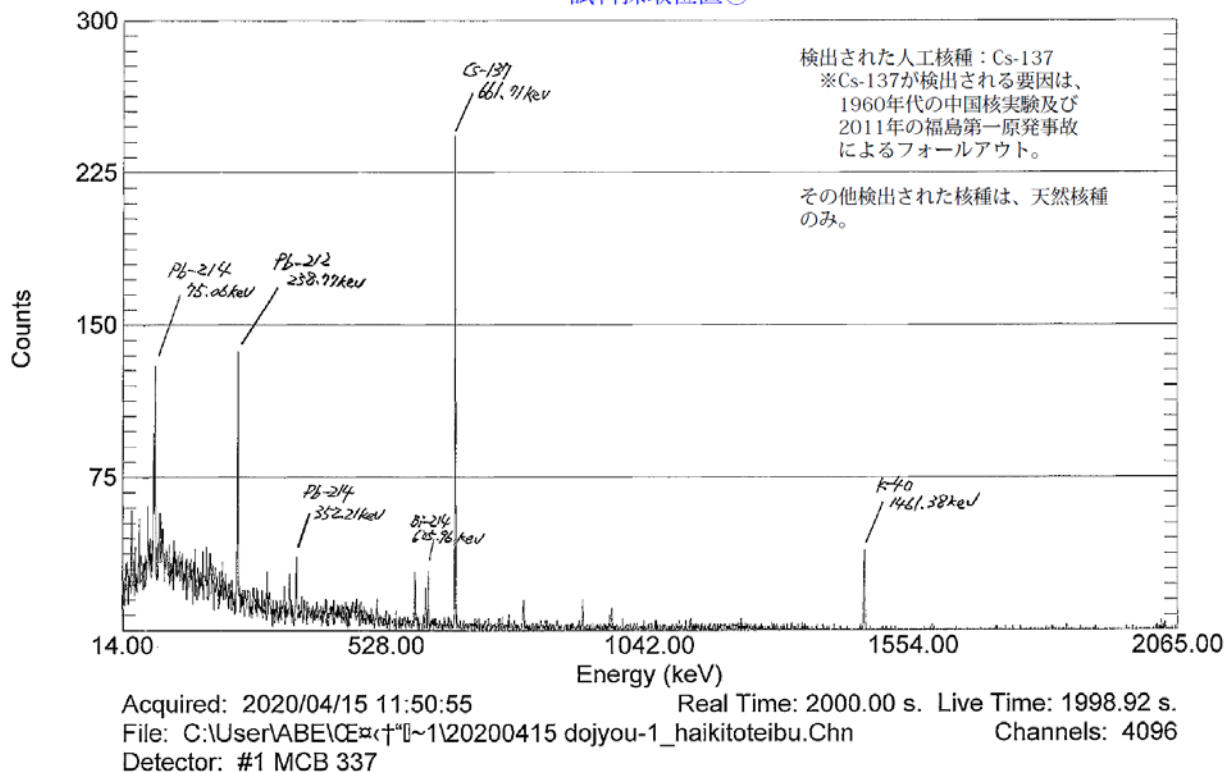


測定容器に封入しGe半導体検出器で測定

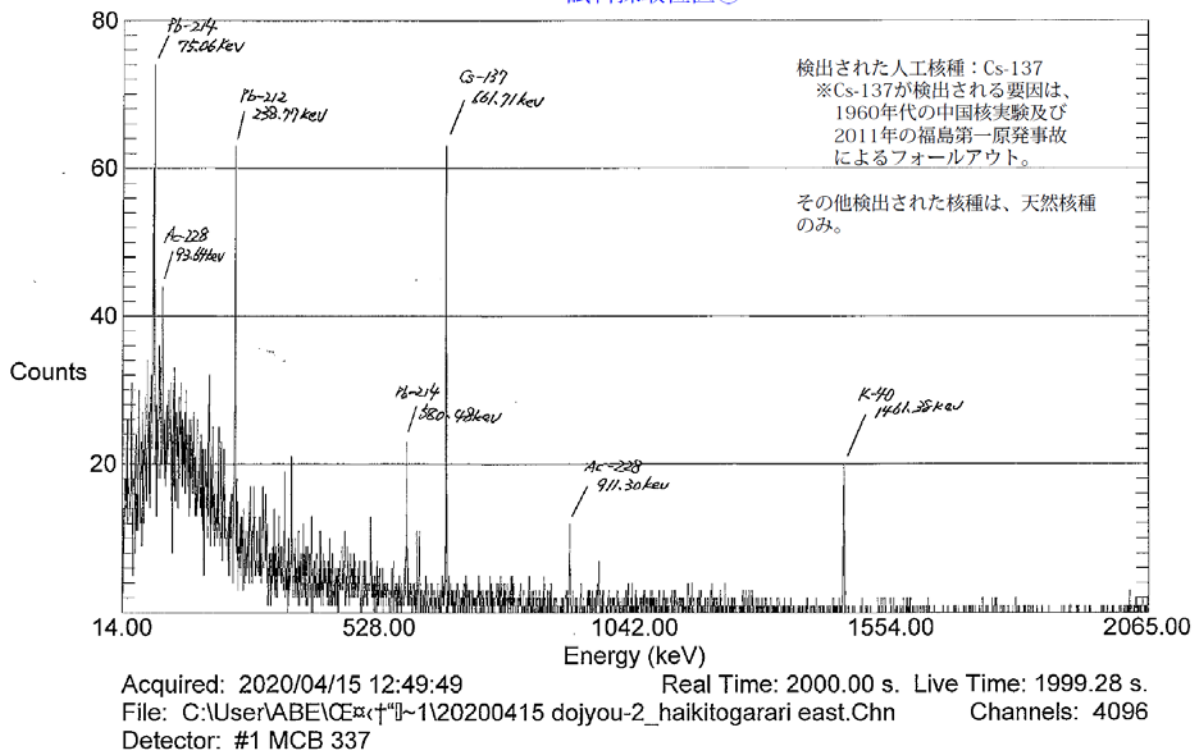


測定容器に封入しGe半導体検出器で測定

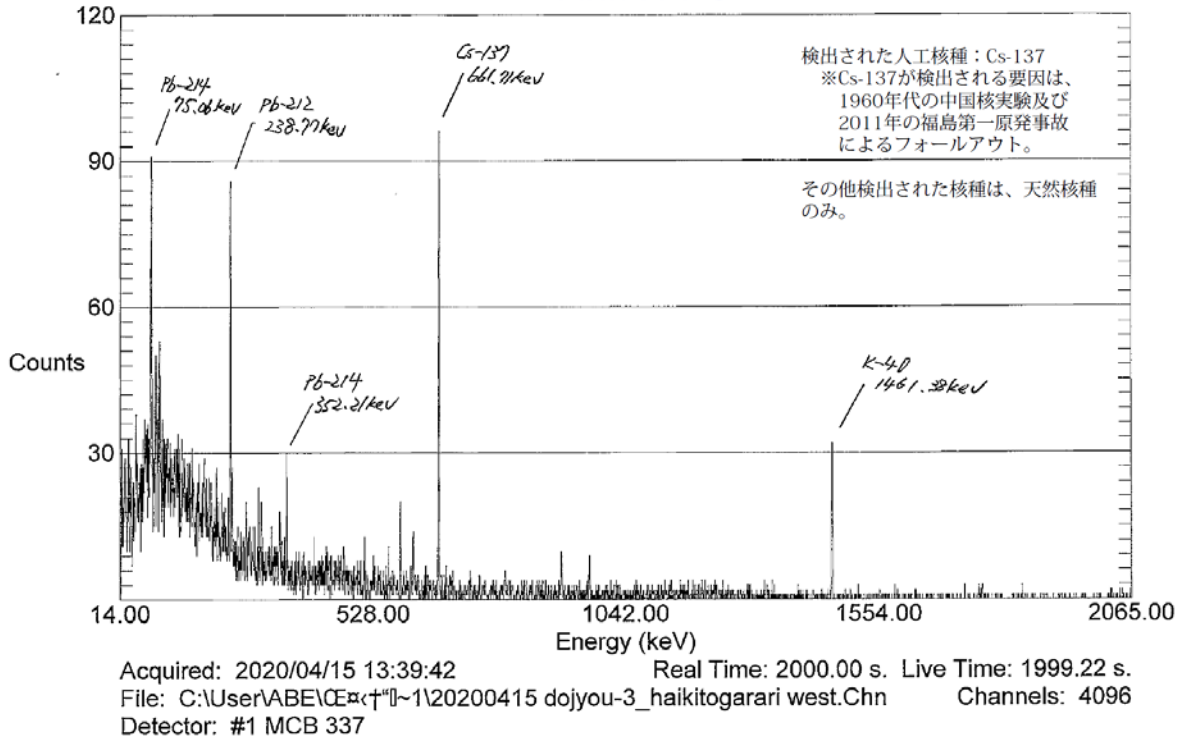
試料採取位置①



試料採取位置②

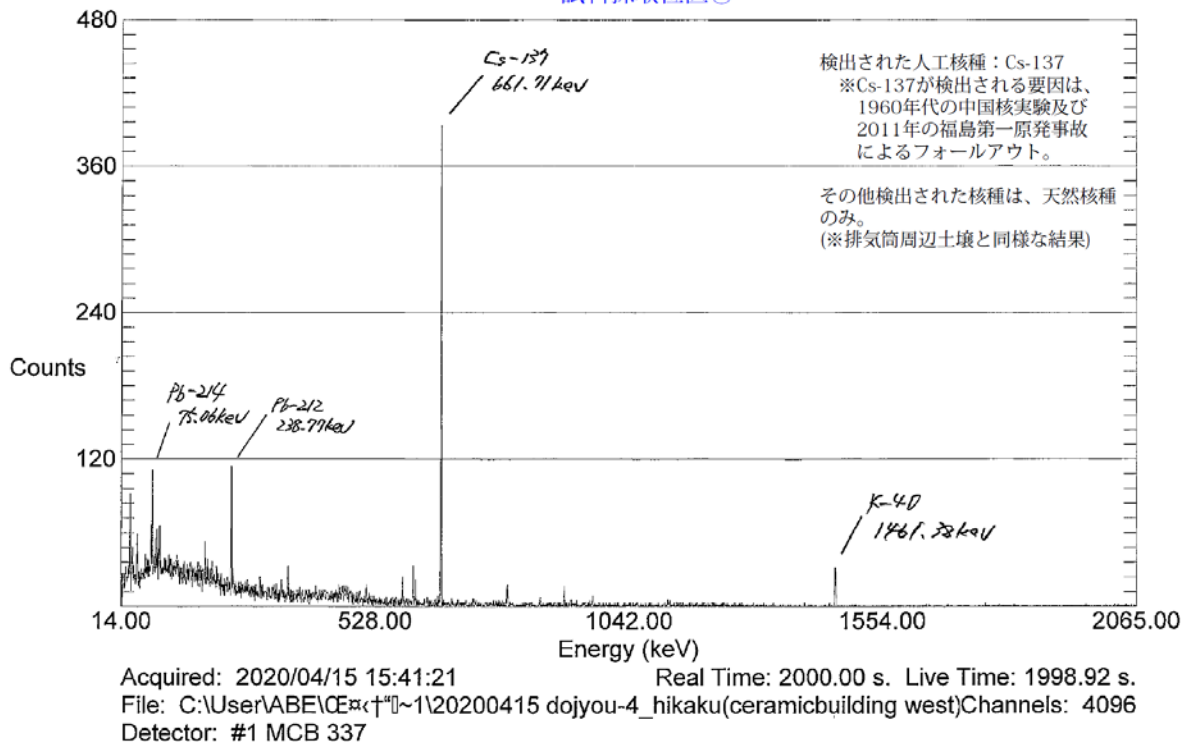


試料採取位置③



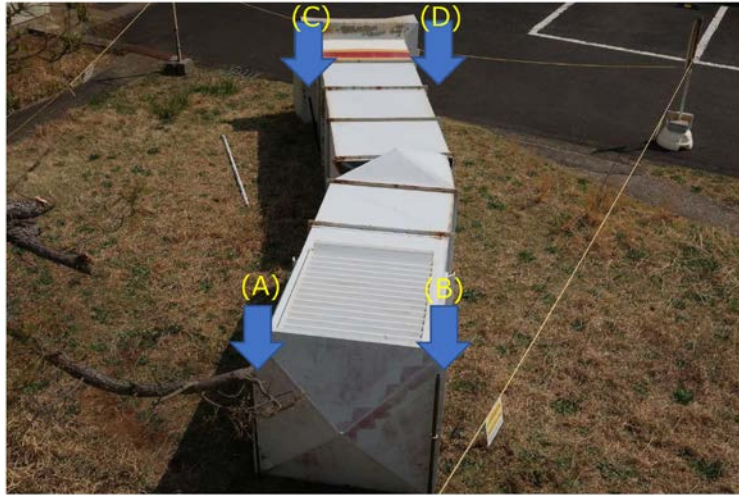
20200415 dojoyou-4_hikaku(ceramicbuilding west)

試料採取位置④

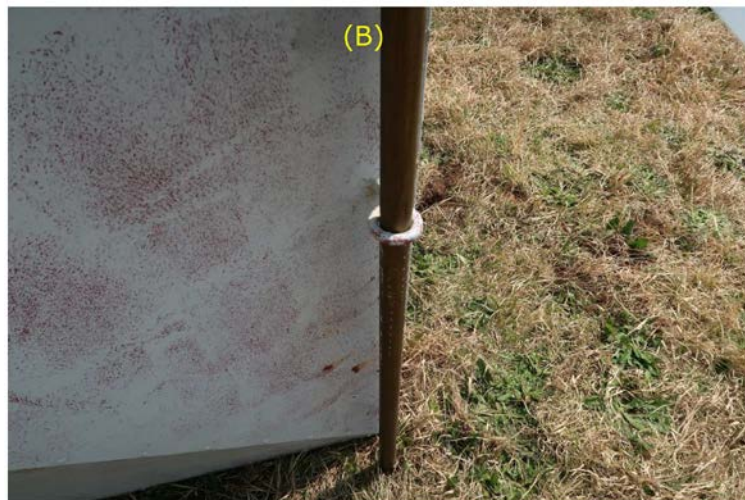


添付資料12

倒壊した排気筒に対する措置



固定措置の全体の状況。(A) - (D)の4箇所固定した。(令和2年4月15日撮影)



固定措置(A)および(B)の拡大図。排気筒のアイボルトに鉄パイプを通した。鉄パイプは土中に約60 cm埋めた。(令和2年4月15日撮影)



固定措置(C)および(D)の拡大図。排気筒を鉄パイプで固定した。
鉄パイプは土中に約35 cm埋めた。(令和2年4月15日撮影)



排気筒撤去後の状況。撤去後の土壌を①②の位置で採取してγ線スペクトロメータで測定した。(令和2年6月12日撮影)



解体した排気筒の保管場所の状況。ホットラボ実験棟放射線管理区域内に区画して保管した。
(令和2年6月23日撮影)

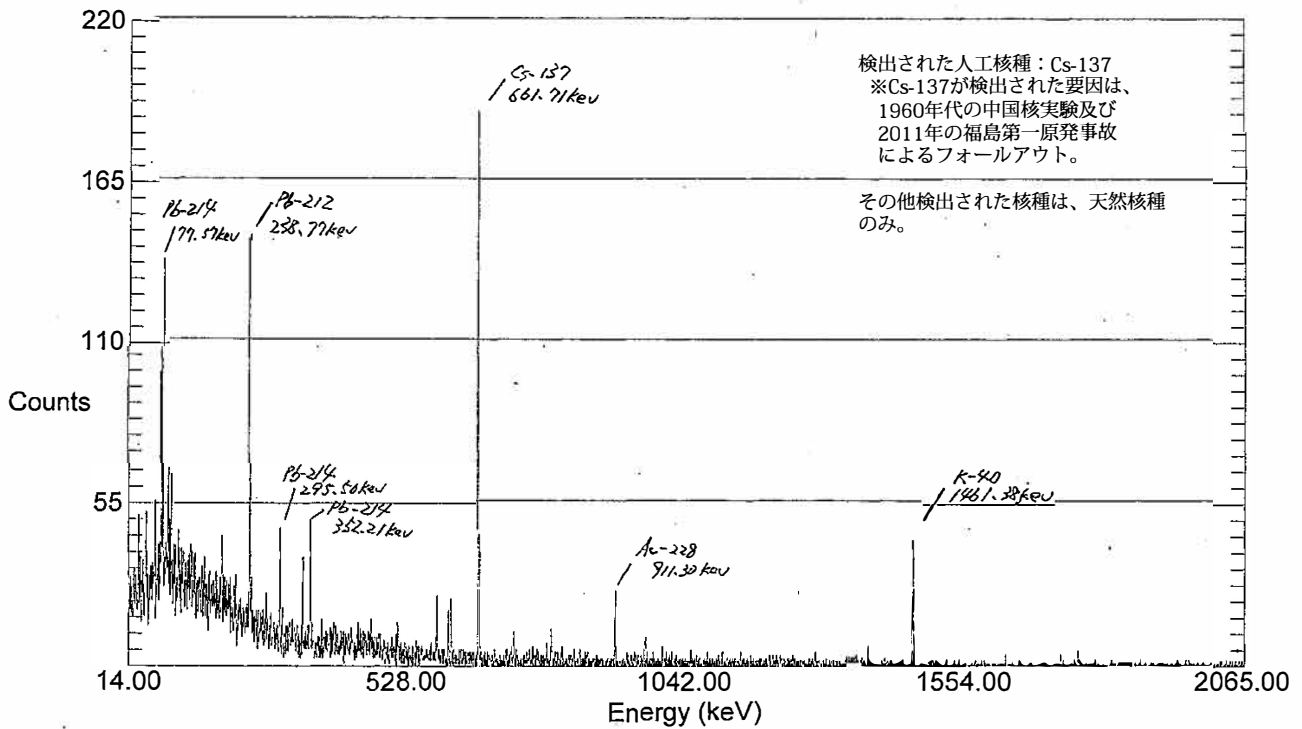


解体した排気筒パネル部分の保管状況。(令和2年6月23日撮影)



解体した排気筒のフレーム鋼材・補強アングル・スカート部分の保管状況。(令和2年6月23日撮影)

試料採取位置①

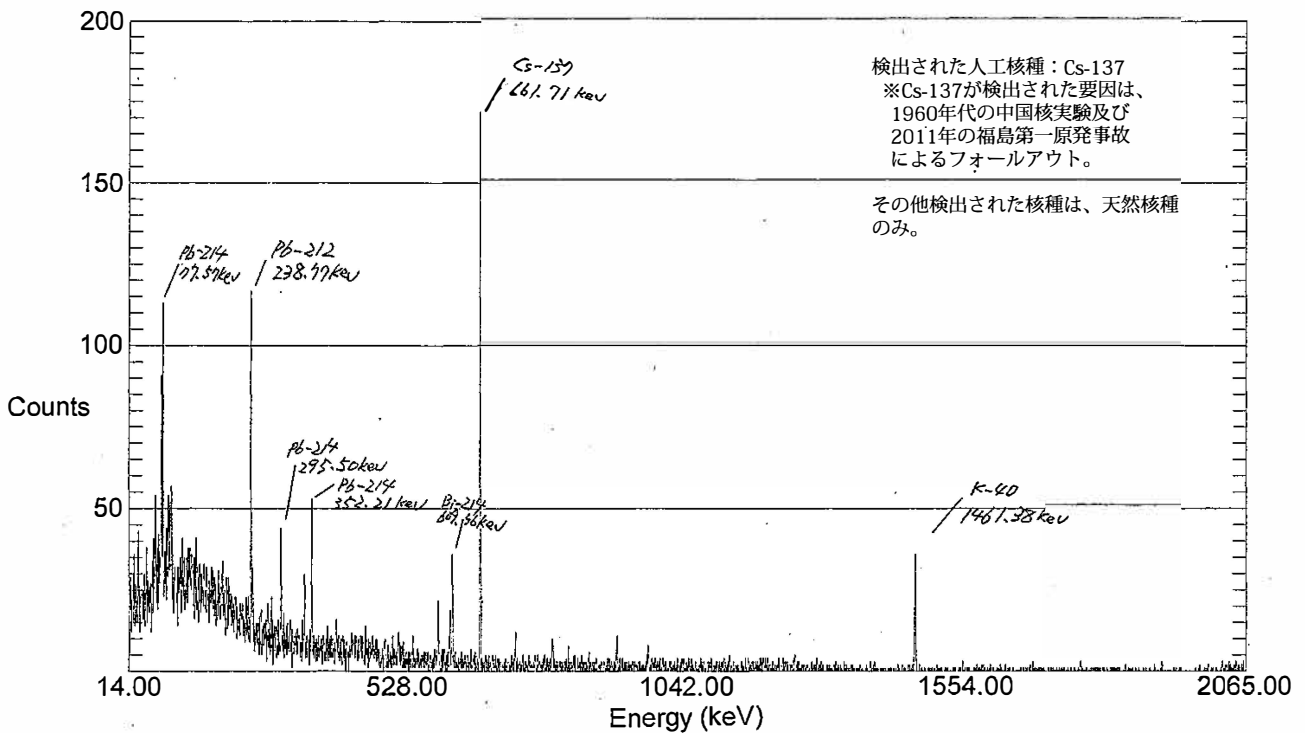


検出された人工核種：Cs-137
 ※Cs-137が検出された要因は、
 1960年代の中国核実験及び
 2011年の福島第一原発事故
 によるフォールアウト。

その他検出された核種は、天然核種
 のみ。

Acquired: 2020/06/12 13:51:55 Real Time: 2000.00 s. Live Time: 1998.98 s.
 File: C:\User\ABE\CE\1\20200612 dojoyou-1_haikitoatochi_kaikobushita.C Channels: 4096
 Detector: #1 MCB 337

試料採取位置②



検出された人工核種：Cs-137
 ※Cs-137が検出された要因は、
 1960年代の中国核実験及び
 2011年の福島第一原発事故
 によるフォールアウト。

その他検出された核種は、天然核種
 のみ。

Acquired: 2020/06/12 14:36:10 Real Time: 2000.00 s. Live Time: 1999.06 s.
 File: C:\User\ABE\CE\1\20200612 dojoyou-2_haikitoatochi_gararishita.C Channels: 4096
 Detector: #1 MCB 337

測定方法と測定結果

(ア) 直接法

サーベイメータで倒壊した排気筒内面および外面のすべての表面を直接測定。

- 使用機器：
- i) 端窓型GMサーベイメータ (β 、 γ) ALOKA TGS-146, TGS-1146
検出限界：0.3 Bq/cm² (³⁶Cl校正)
 - ii) α 線用シンチレーションサーベイメータ ALOKA TCS-222, 232B
検出限界：0.02 Bq/cm² (²⁴¹Am校正)

- 測定結果： 別に表を示す。
- i) すべての表面において検出限界未満。
 - ii) すべての表面において検出限界未満。

(イ) 間接法

各拭き取り箇所を化学雑巾で拭き取り、サーベイメータで化学雑巾を測定。

- 使用機器：
- i) 端窓型GMサーベイメータ (β 、 γ) ALOKA TGS-146
検出限界：0.3 Bq/cm² (³⁶Cl校正)
 - ii) α 線用シンチレーションサーベイメータ ALOKA TCS-232B
検出限界：0.02 Bq/cm² (²⁴¹Am校正)

- 測定結果： 別に表を示す。
- i) すべての拭き取り箇所において検出限界未満。
 - ii) すべての拭き取り箇所において検出限界未満。

(ウ) 核種分析

γ 線スペクトロメータで (イ) の化学雑巾を測定。

- 使用機器： γ 線スペクトロメータ (Ge半導体検出器) ORTEC GMX10P

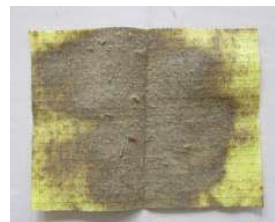
- 測定結果： 別にスペクトルを示す。バックグラウンドと同程度の天然核種および福島第1原発由来のCs-137のみ検出。



(ア) 直接法 ii) の様子



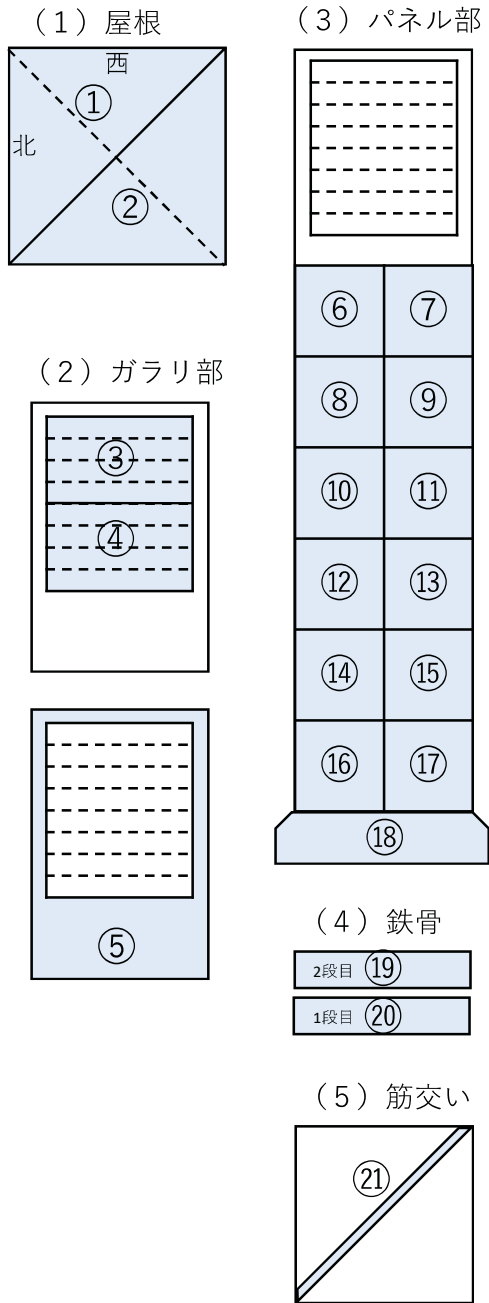
排気筒外面を拭き取った化学雑巾
(主に塗料が付着した)



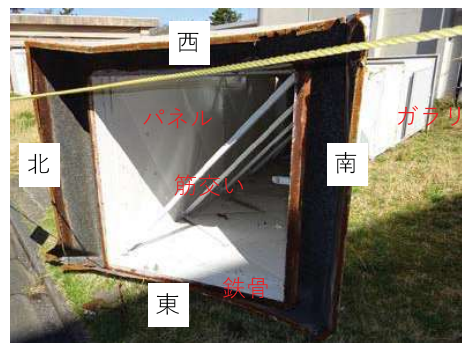
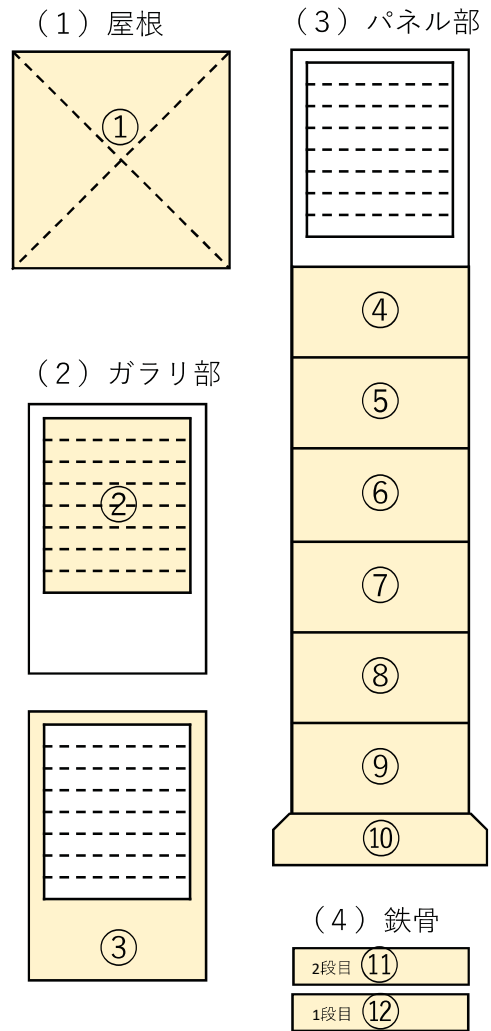
排気筒内面を拭き取った化学雑巾
(主に土埃が付着した)

測定・拭き取り箇所

A.排気筒内面



B.排気筒外面



(ア) 直接法

i) $\beta\gamma$ 線の測定結果

A.排気筒内面

(1) 屋根 9,800 cm ²				
①	<0.3			
②	<0.3			
(2) ガラリ部 60×100 cm (⑤は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
③	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
④	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑤	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(3) パネル部 90×60 cm (⑱は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
⑥	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑦	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑧	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑨	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑩	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑪	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑫	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑬	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑭	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑮	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑯	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑰	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑱	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(4) 鉄骨 (1周) 10×120 cm×4面				
⑲	<0.3			
⑳	<0.3			
(5) 筋交い (補強アングル7本) 2700 cm ²				
㉑	<0.3			

単位: Bq/cm²

B.排気筒外面

(1) 屋根 140×140×20 cm				
①	<0.3			
(2) ガラリ部 120×100 cm (③は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
②	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
③	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(3) パネル部 90×120 cm (⑩は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
④	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑤	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑥	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑦	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑧	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑨	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑩	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(4) 鉄骨 (1周) 10×130 cm×4面				
⑪	<0.3			
⑫	<0.3			

単位: Bq/cm²

ii) α 線の測定結果

A.排気筒内面

(1) 屋根 9,800 cm ²				
①	<0.02			
②	<0.02			
(2) ガラリ部 60×100 cm (⑤は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
③	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
④	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑤	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(3) パネル部 90×60 cm (⑱は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
⑥	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑦	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑧	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑨	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑩	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑪	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑫	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑭	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑮	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑯	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑰	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑱	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(4) 鉄骨 (1周) 10×120 cm×4面				
⑲	<0.02			
⑳	<0.02			
(5) 筋交い (補強アングル7本) 2700 cm ²				
㉑	<0.02			

単位: Bq/cm²

B.排気筒外面

(1) 屋根 140×140×20 cm				
①	<0.02			
(2) ガラリ部 120×100 cm (③は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
②	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
③	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(3) パネル部 90×120 cm (⑩は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
④	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑤	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑥	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑦	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑧	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑨	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑩	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(4) 鉄骨 (1周) 10×130 cm×4面				
⑪	<0.02			
⑫	<0.02			

単位: Bq/cm²

(イ) 間接法

i) $\beta\gamma$ 線の測定結果

A.排気筒内面

(1) 屋根 9,800 cm ²				
①	<0.3			
②	<0.3			
(2) ガラリ部 60×100 cm (⑤は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
③	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
④	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑤	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(3) パネル部 90×60 cm (⑱は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
⑥	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑦	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑧	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑨	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑩	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑪	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑫	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑬	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑭	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑮	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑯	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑰	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑱	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(4) 鉄骨 (1周) 10×120 cm×4面				
⑲	<0.3			
⑳	<0.3			
(5) 筋交い (補強アングル7本) 2700 cm ²				
㉑	<0.3			

単位: Bq/cm²

B.排気筒外面

(1) 屋根 140×140×20 cm				
①	<0.3			
(2) ガラリ部 120×100 cm (③は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
②	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
③	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(3) パネル部 90×120 cm (⑩は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
④	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑤	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑥	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑦	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑧	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑨	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
⑩	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
(4) 鉄骨 (1周) 10×130 cm×4面				
⑪	<0.3			
⑫	<0.3			

単位: Bq/cm²

ii) α 線の測定結果

A.排気筒内面

(1) 屋根 9,800 cm ²				
①	<0.02			
②	<0.02			
(2) ガラリ部 60×100 cm (⑤は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
③	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
④	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑤	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(3) パネル部 90×60 cm (⑱は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
⑥	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑦	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑧	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑨	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑩	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑪	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑫	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑬	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑭	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑮	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑯	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑰	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑱	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(4) 鉄骨 (1周) 10×120 cm×4面				
⑲	<0.02			
⑳	<0.02			
(5) 筋交い (補強アングル7本) 2700 cm ²				
㉑	<0.02			

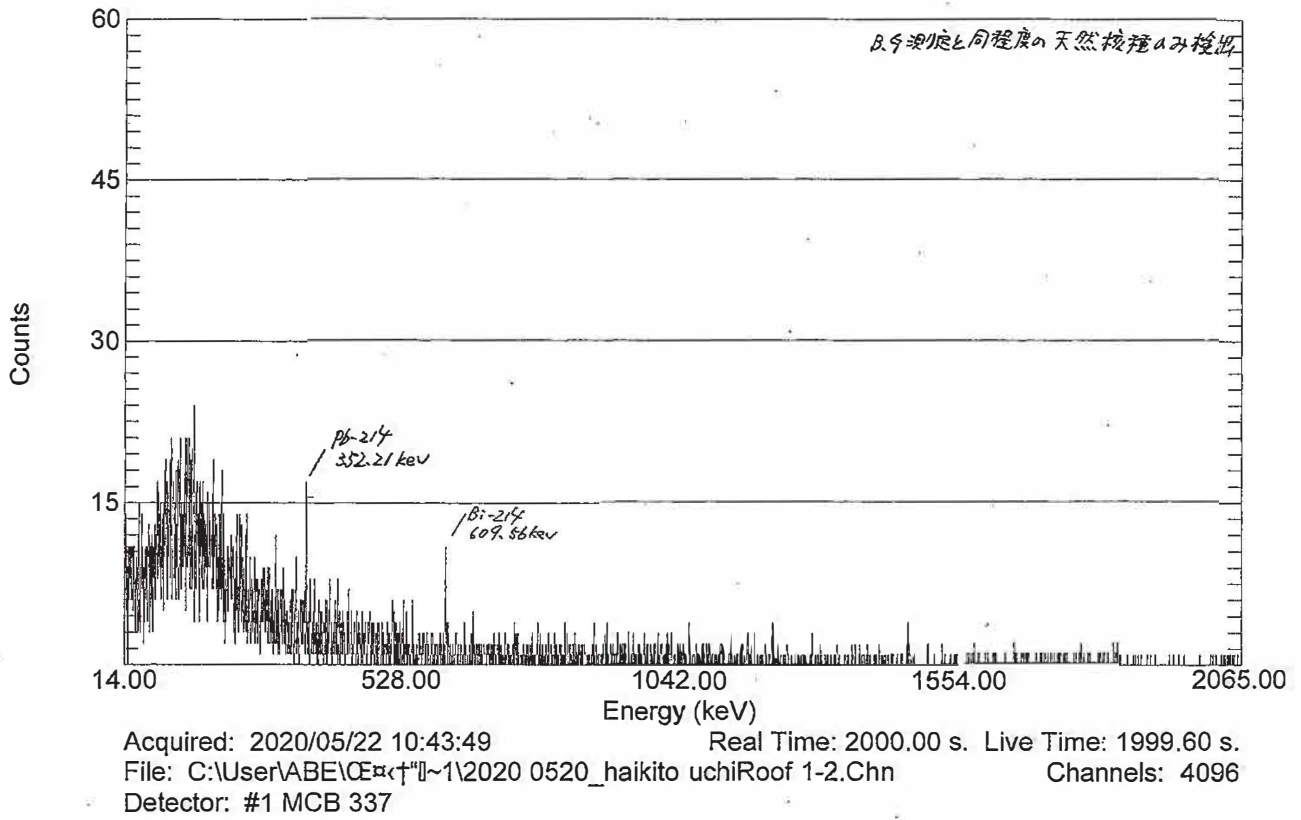
単位: Bq/cm²

B.排気筒外面

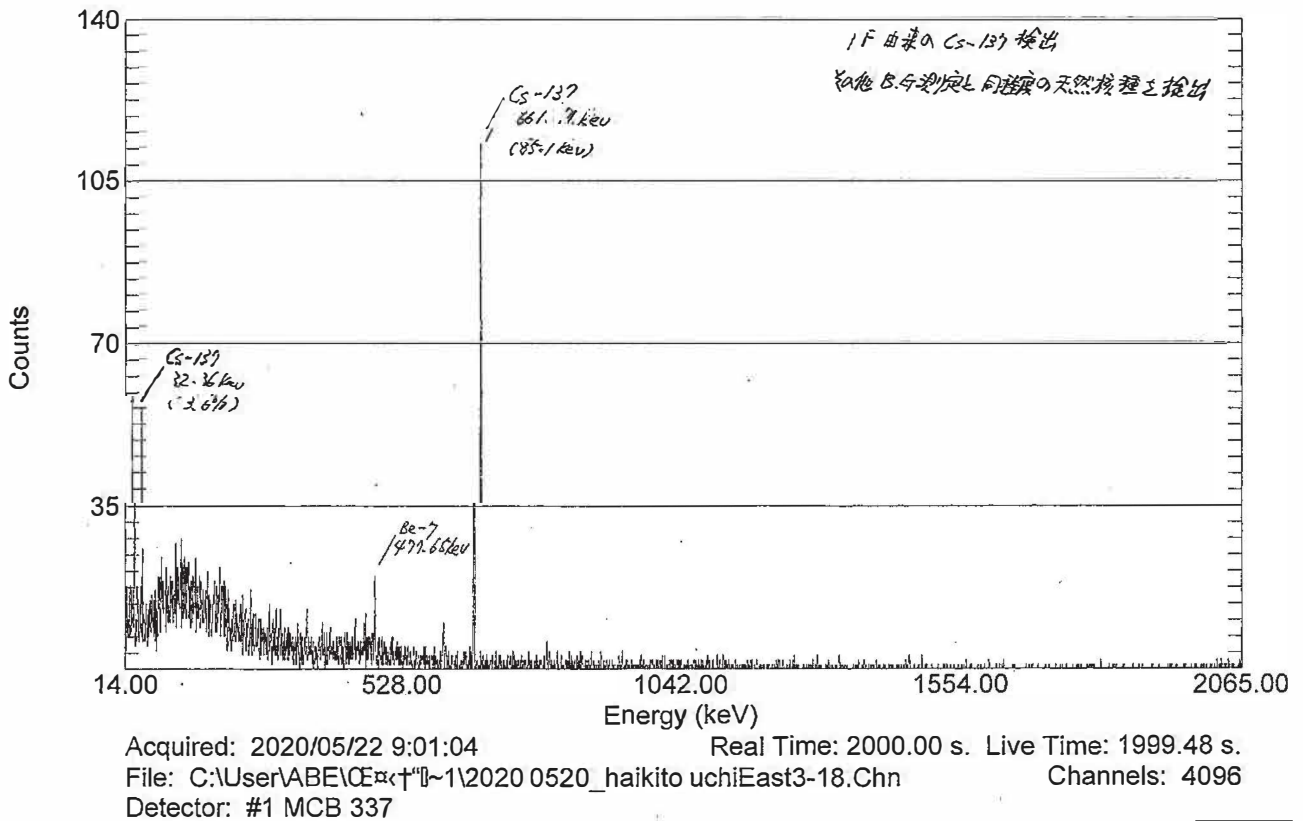
(1) 屋根 140×140×20 cm				
①	<0.02			
(2) ガラリ部 120×100 cm (③は9,600 cm ²)				
	北側	東側	南側	西側
②	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
③	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(3) パネル部 90×120 cm (⑩は40×140 cm)				
	北側	東側	南側	西側
④	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑤	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑥	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑦	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑧	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑨	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
⑩	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(4) 鉄骨 (1周) 10×130 cm×4面				
⑪	<0.02			
⑫	<0.02			

単位: Bq/cm²

2020 0520_haikito uchiRoof 1-2
 (内側屋根 ①、②)

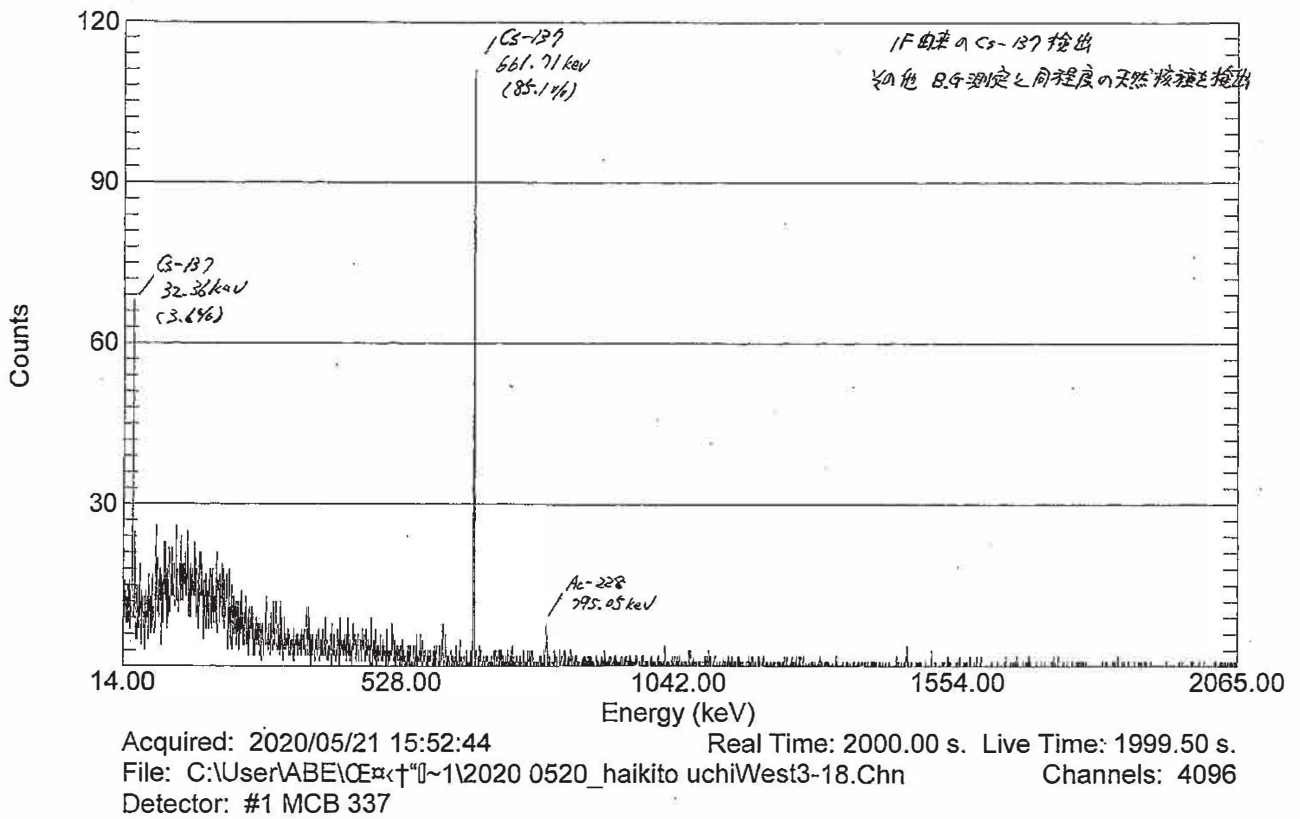


2020 0520_haikito uchiEast3-18
 (内側東 ③~⑬)



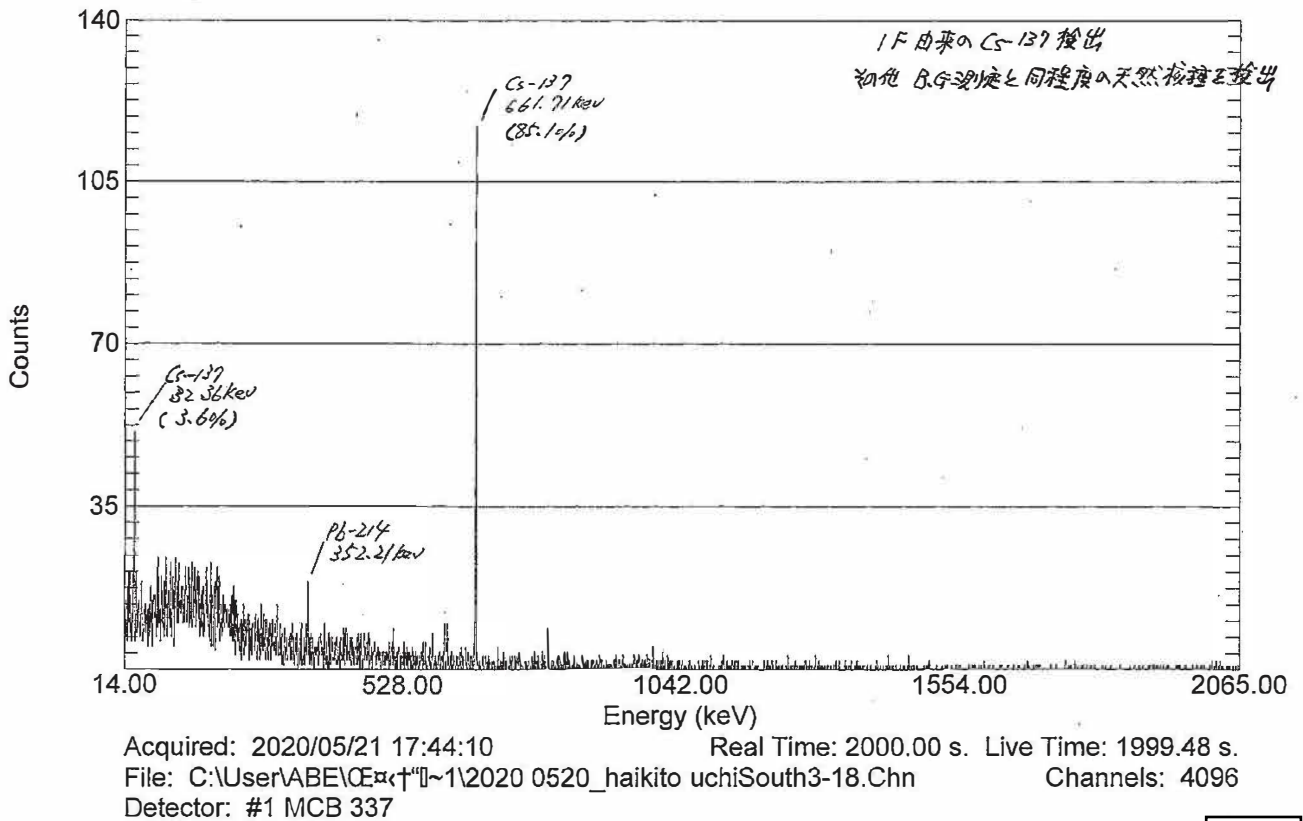
2020 0520_haikito uchiWest3-18

(内観西 ③~⑧)

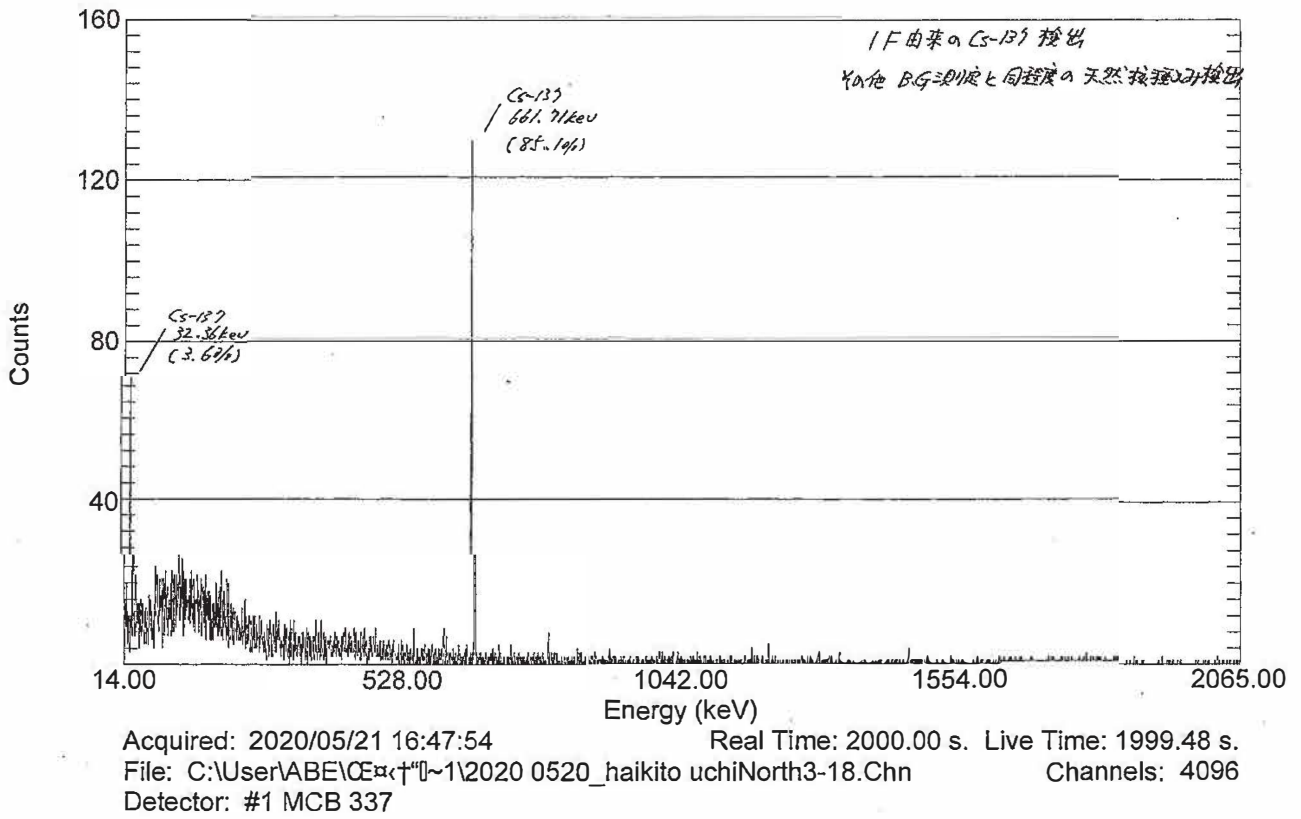


2020 0520_haikito uchiSouth3-18

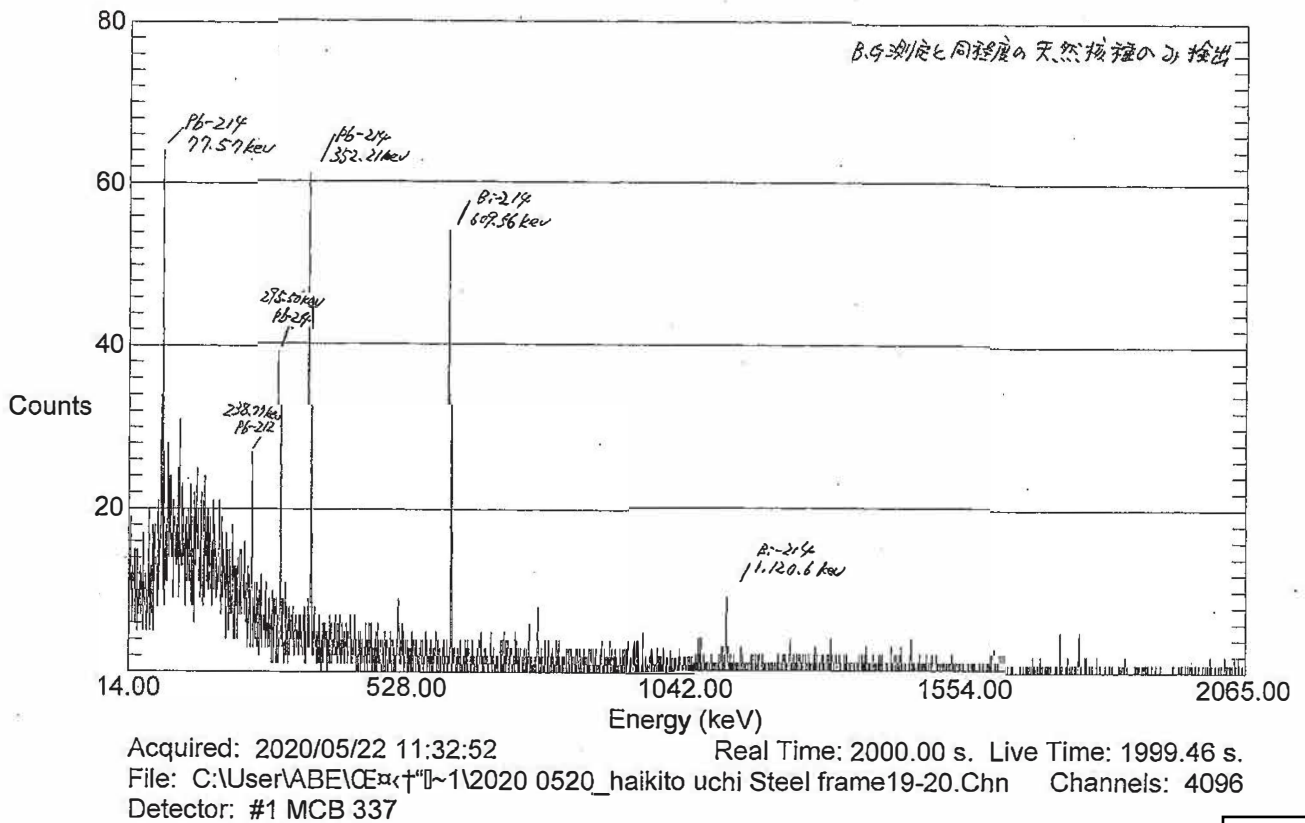
(内観南 ③~⑧)



2020 0520_haikito uchiNorth3-18
 (内側) 北 ③ ~ ⑫)

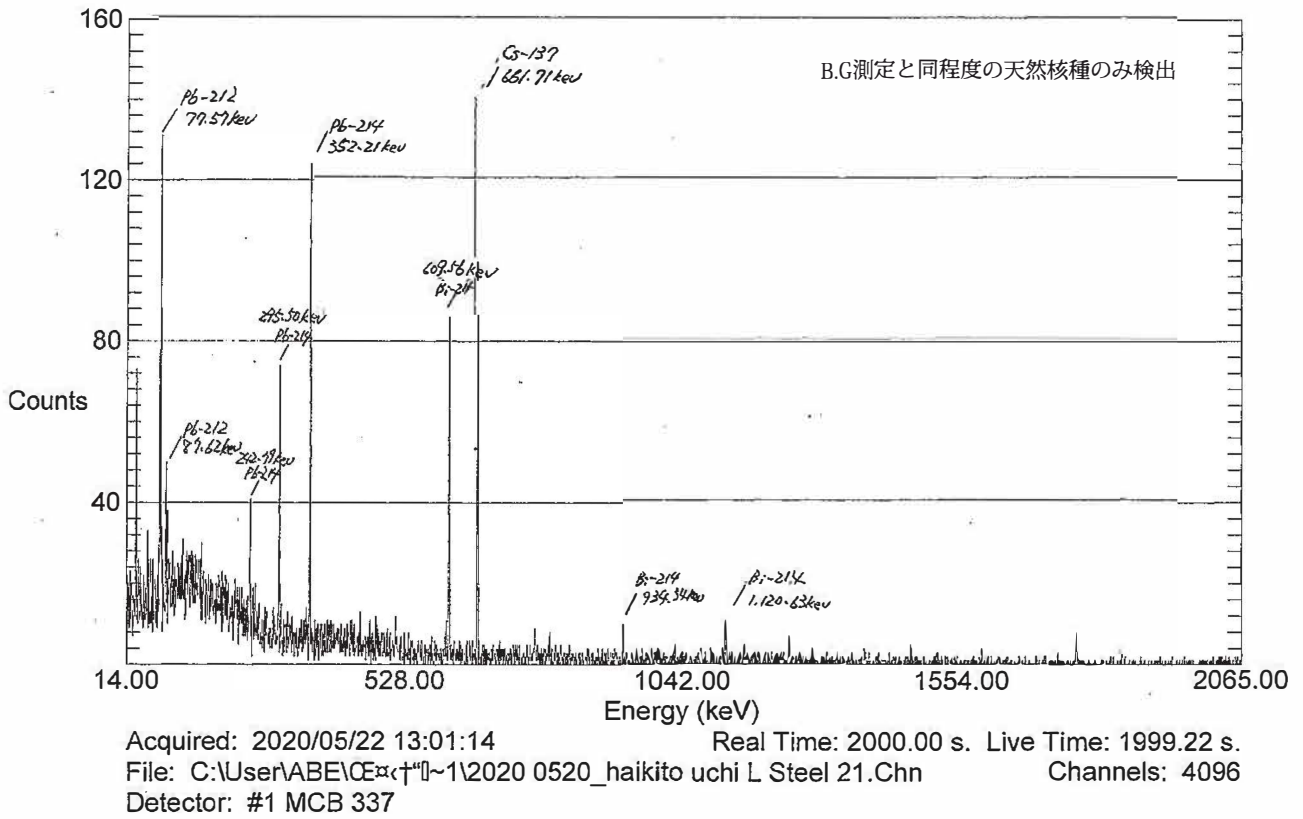


2020 0520_haikito uchi Steel frame19-20
 (内側 鉄骨 ⑨, ⑩)



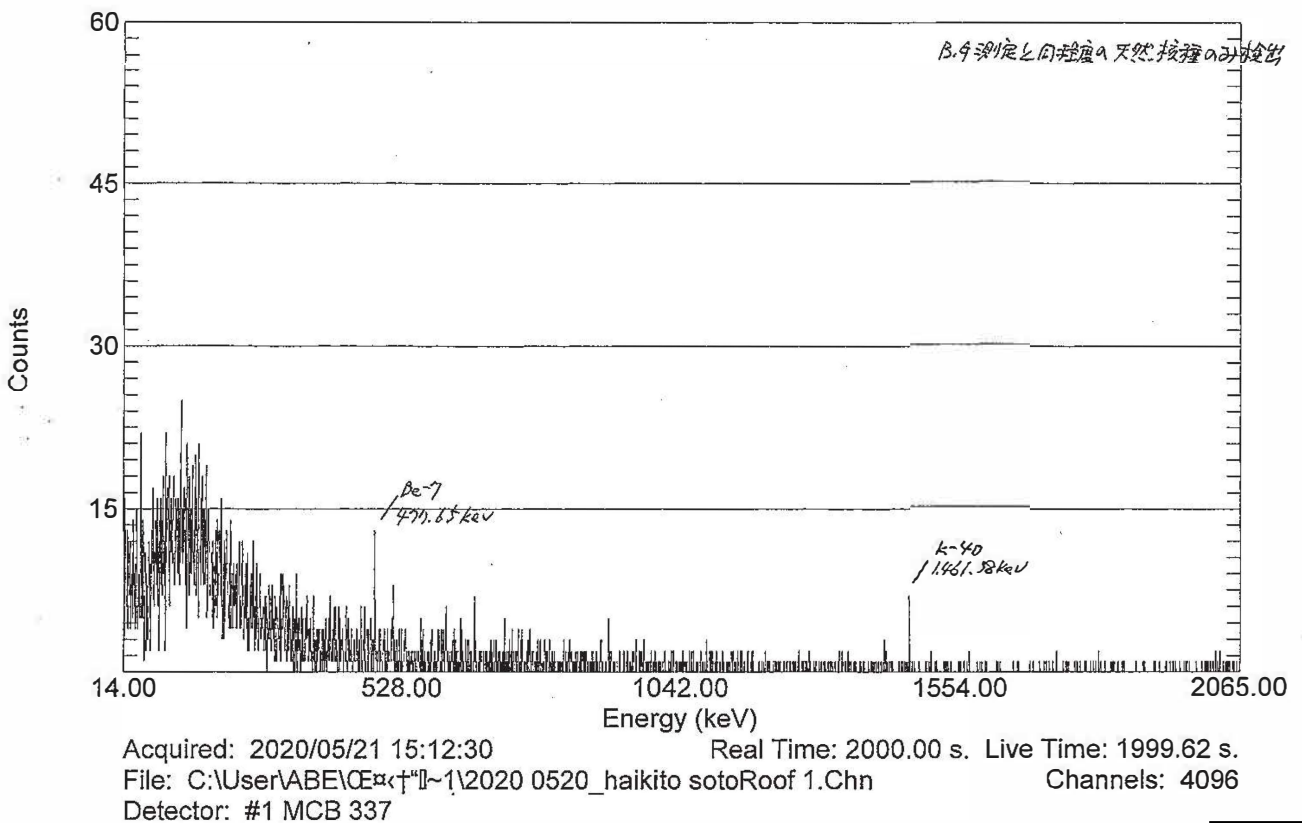
2020 0520_haikito uchi L Steel 21

(内側 筋交 ②)



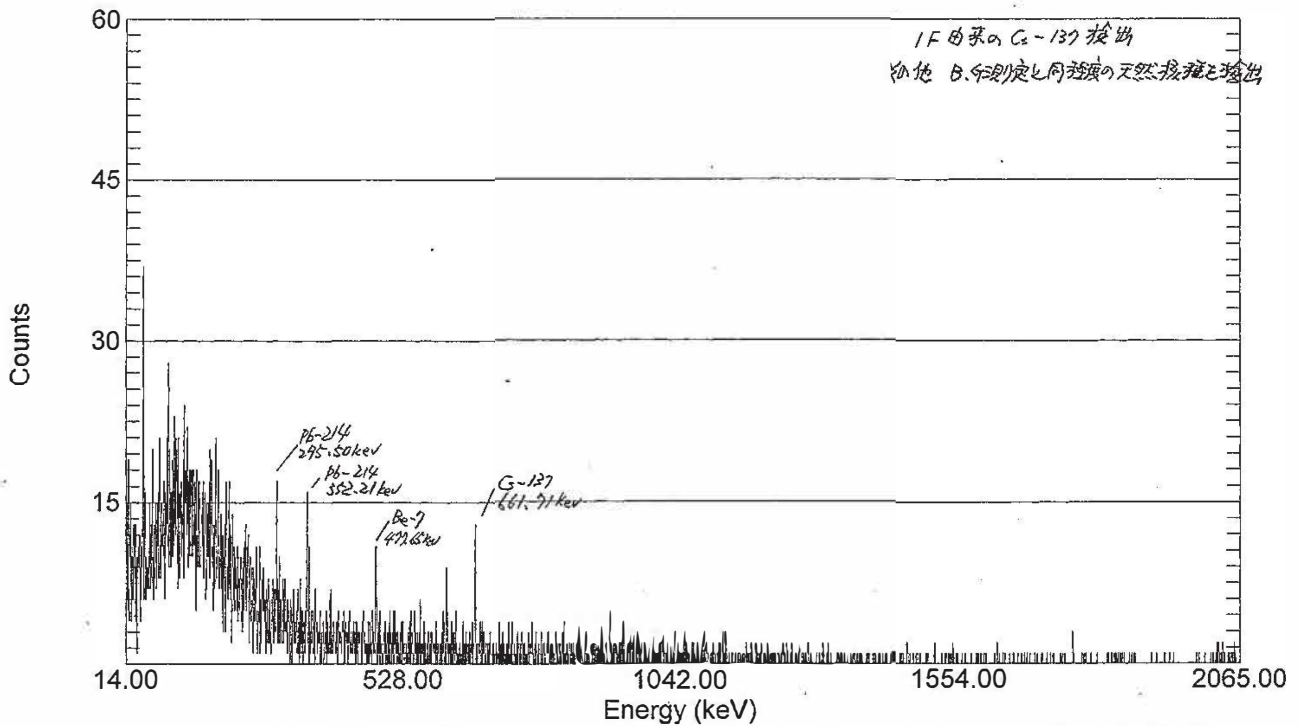
2020 0520_haikito sotoRoof 1

(外側 屋根 ①)



2020 0520_haikito sotoEast2-10

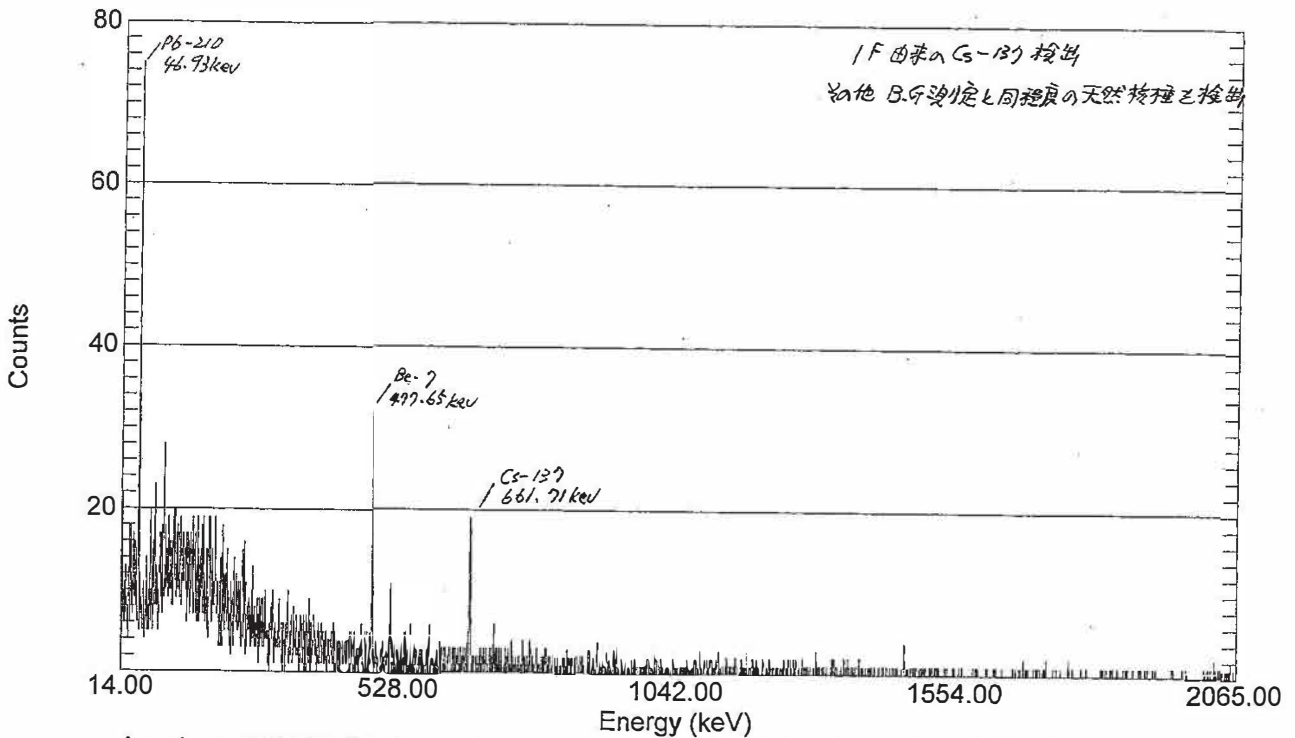
(外側西 ②~⑩)



Acquired: 2020/05/21 11:48:02 Real Time: 2000.00 s. Live Time: 1999.56 s.
File: C:\User\ABE\CEα+Γ~1\2020 0520_haikito sotoEast2-10.Chn Channels: 4096
Detector: #1 MCB 337

2020 0520_haikito sotoWest2-10

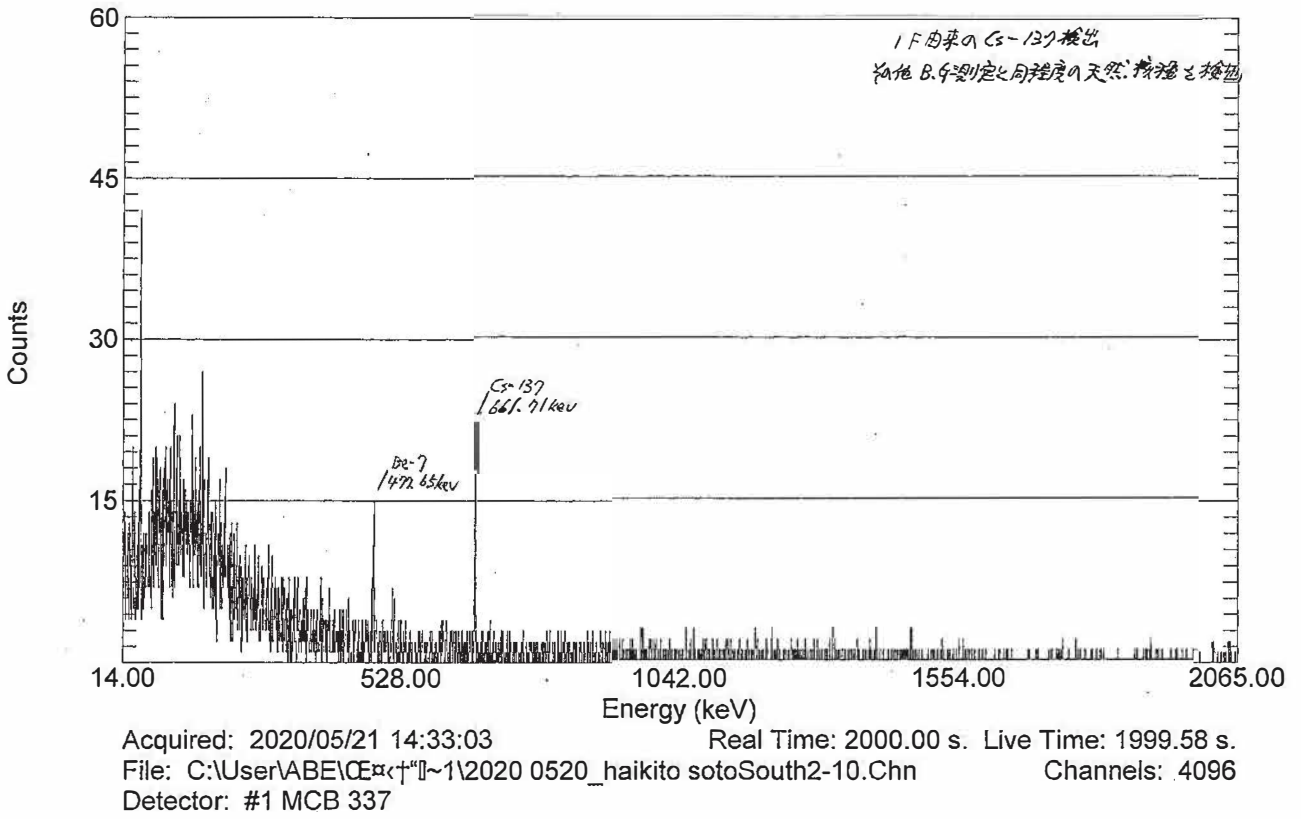
(外側西 ②~⑩)



Acquired: 2020/05/21 13:24:51 Real Time: 2000.00 s. Live Time: 1999.56 s.
File: C:\User\ABE\CEα+Γ~1\2020 0520_haikito sotoWest2-10.Chn Channels: 4096
Detector: #1 MCB 337

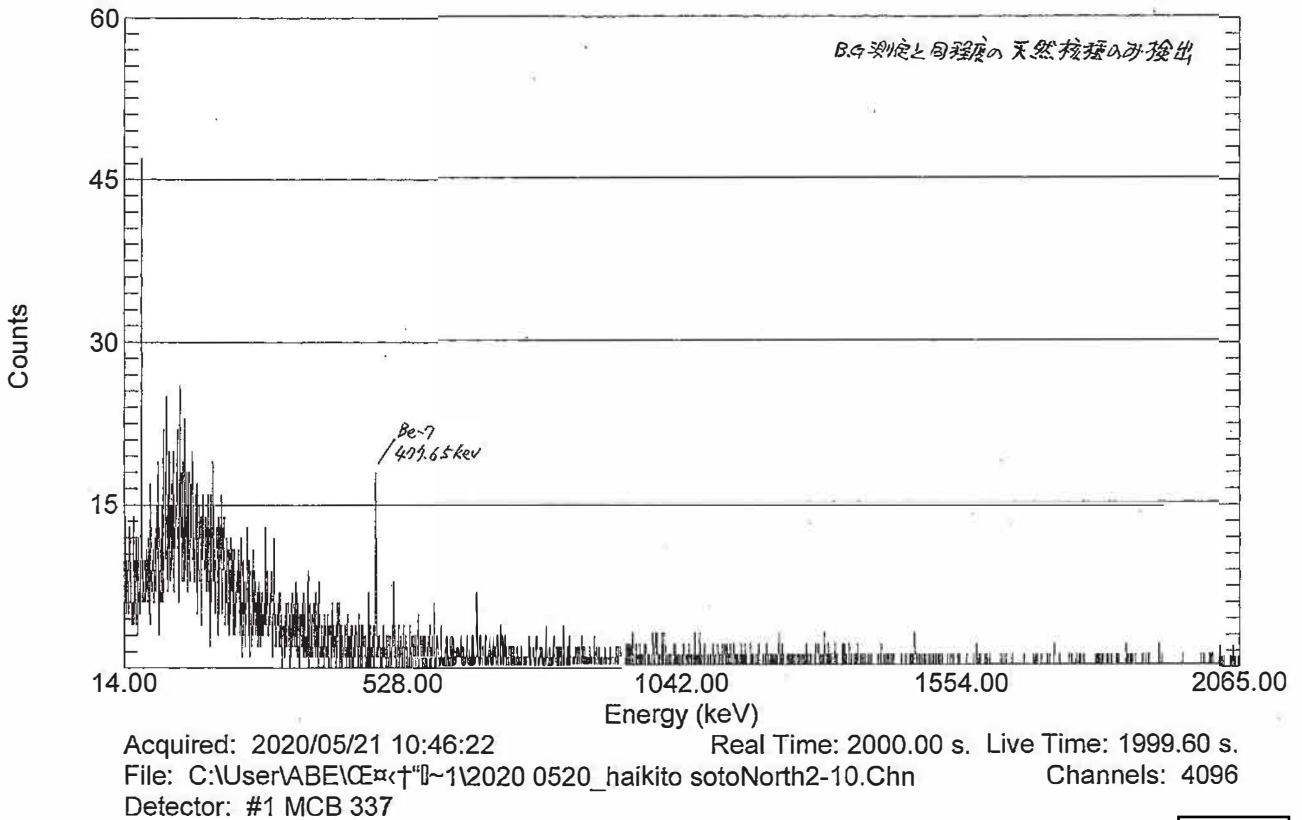
2020 0520_haikito sotoSouth2-10

(外側南 ②~⑩)



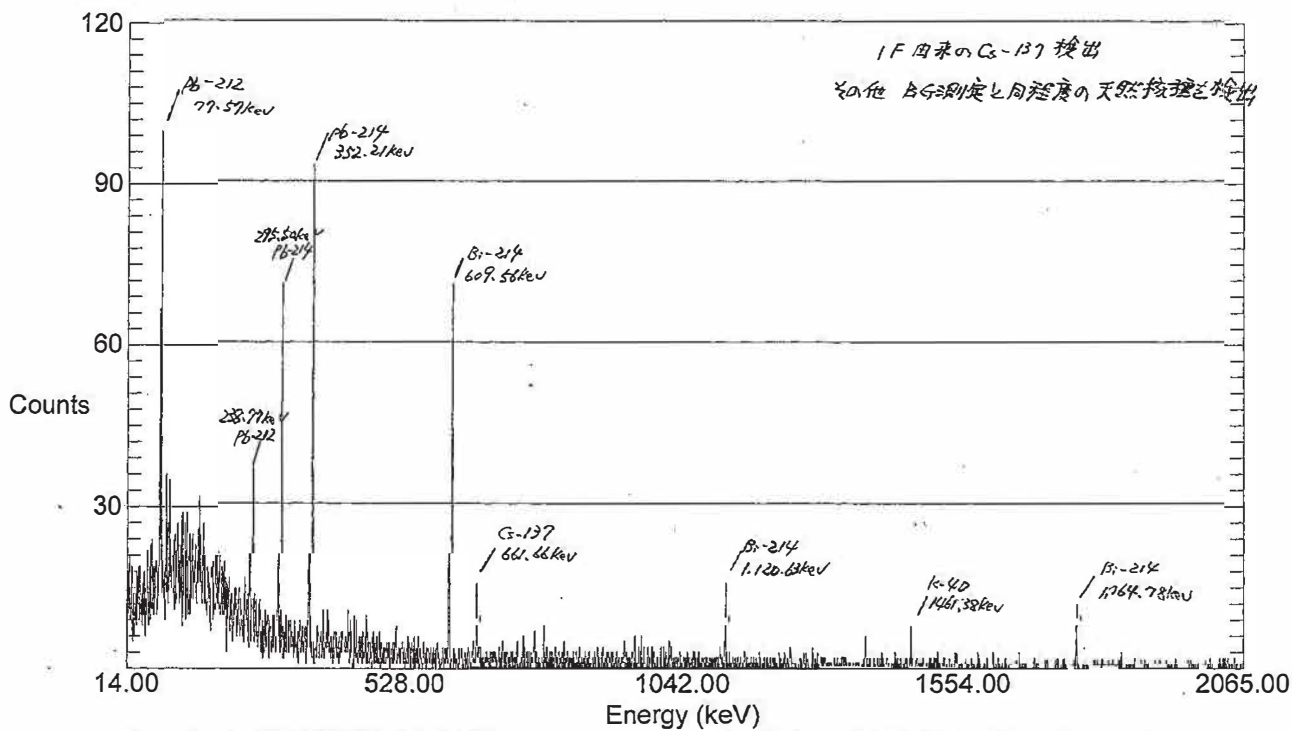
2020 0520_haikito sotoNorth2-10

(外側北 ②~⑩)



2020 0520_haikito soto Steel frame11-12

(外側 鉄骨 ①, ②)



Acquired: 2020/05/22 12:17:23

Real Time: 2000.00 s. Live Time: 1999.36 s.

File: C:\User\ABE\CE\1~1\2020 0520_haikito soto Steel frame11-12.Chn Channels: 4096

Detector: #1 MCB 337



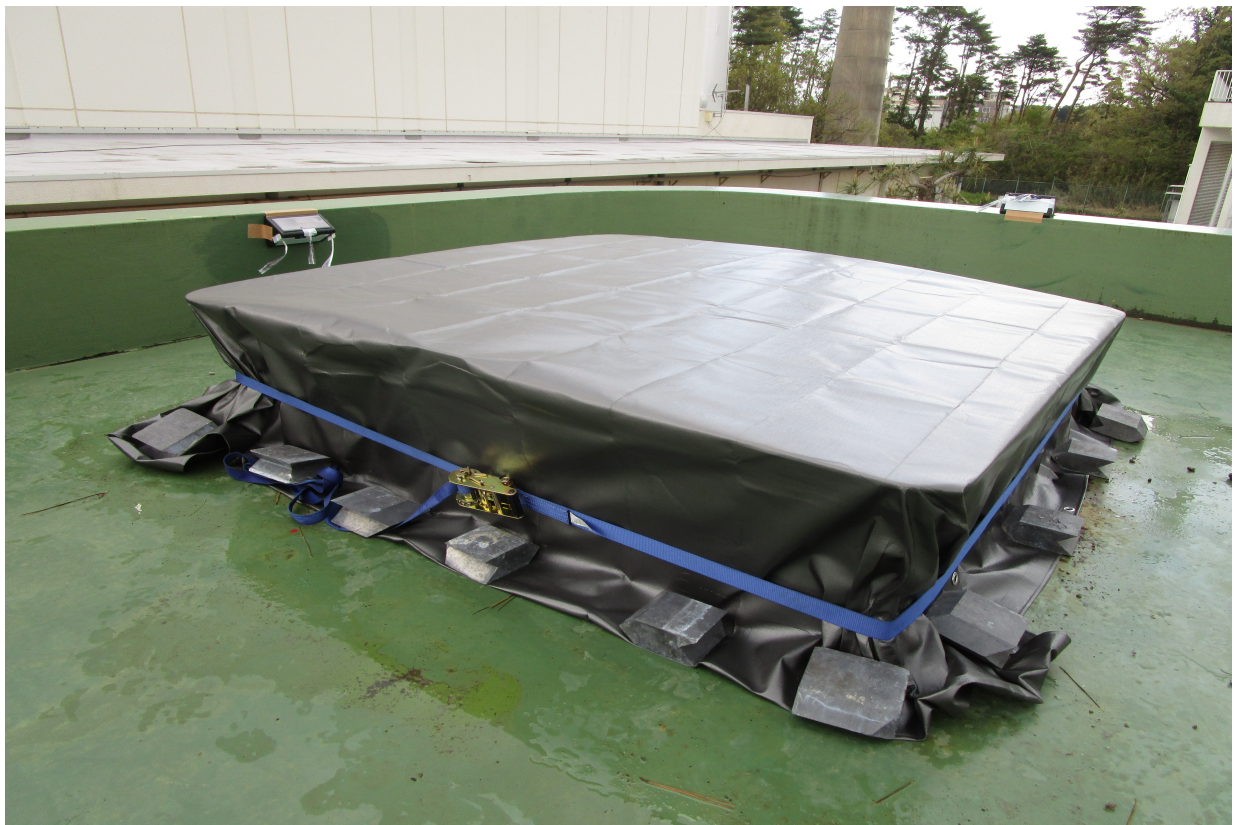
排気筒倒壊直後の開口部(4月13日撮影)



養生（第一段階）後の開口部(4月13日撮影)



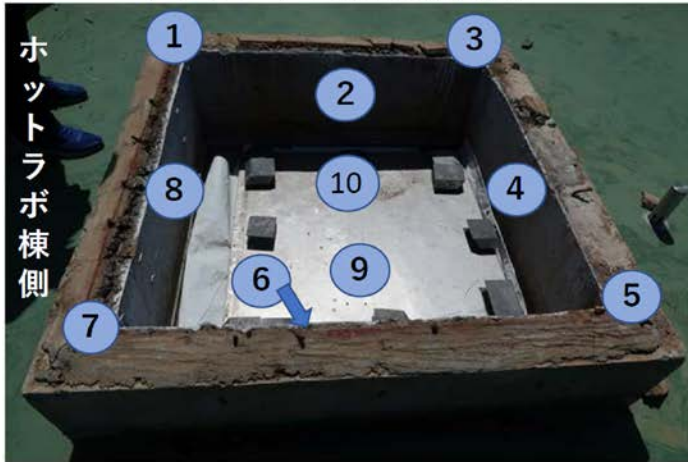
養生（第二段階）後の開口部(4月14日撮影)



養生（第三段階）後の開口部(4月28日撮影)

養生（第一段階）後の研究棟屋根開口部周辺の表面汚染密度測定

アクチノイド元素実験棟側



建屋側 排気部内側

- ①, ③, ⑤, ⑦ : 突起物（壁）の上部。
 ②, ④, ⑥, ⑧ : 突起物（壁）の内側。

測定箇所	α測定	β γ測定
①	検出無し	検出無し
②	検出無し	検出無し
③	検出無し	検出無し
④	検出無し	検出無し
⑤	検出無し	検出無し
⑥	検出無し	検出無し
⑦	検出無し	検出無し
⑧	検出無し	検出無し
⑨	検出無し	検出無し
⑩	検出無し	検出無し

検出限界レベル
 α : 1.1×10^{-1} Bq/cm²
 $\beta \gamma$: 2.3×10^{-1} Bq/cm²

研究棟屋根開口部養生（第一段階）前の研究棟放射線管理区域排気機械室



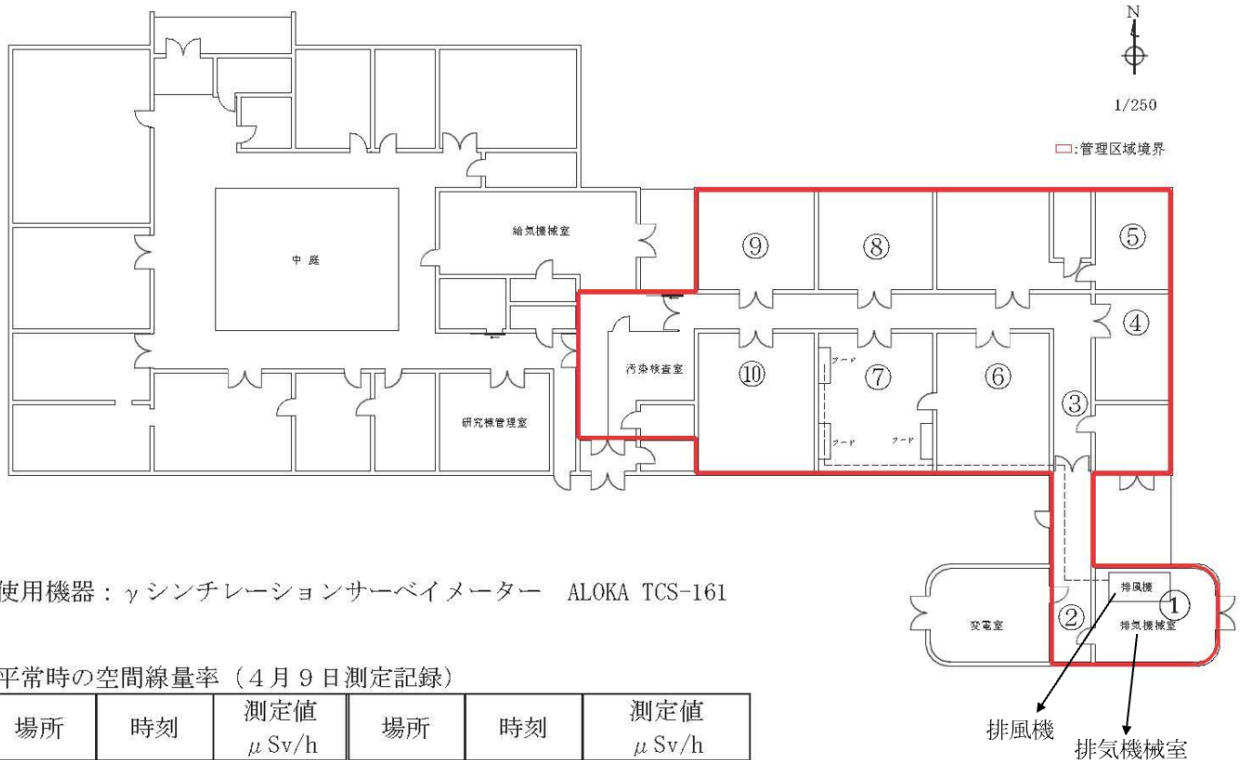
排気機械室天井（研究棟屋根開口部の直下）



排気機械室床（研究棟屋根開口部の直下）

ダクト、HEPA フィルタ、プレフィルタ等に損傷はなかった。若干の雨水浸入があった。

研究棟 空間線量率測定結果記録



使用機器：γシンチレーションサーベイメーター ALOKA TCS-161

平常時の空間線量率（4月9日測定記録）

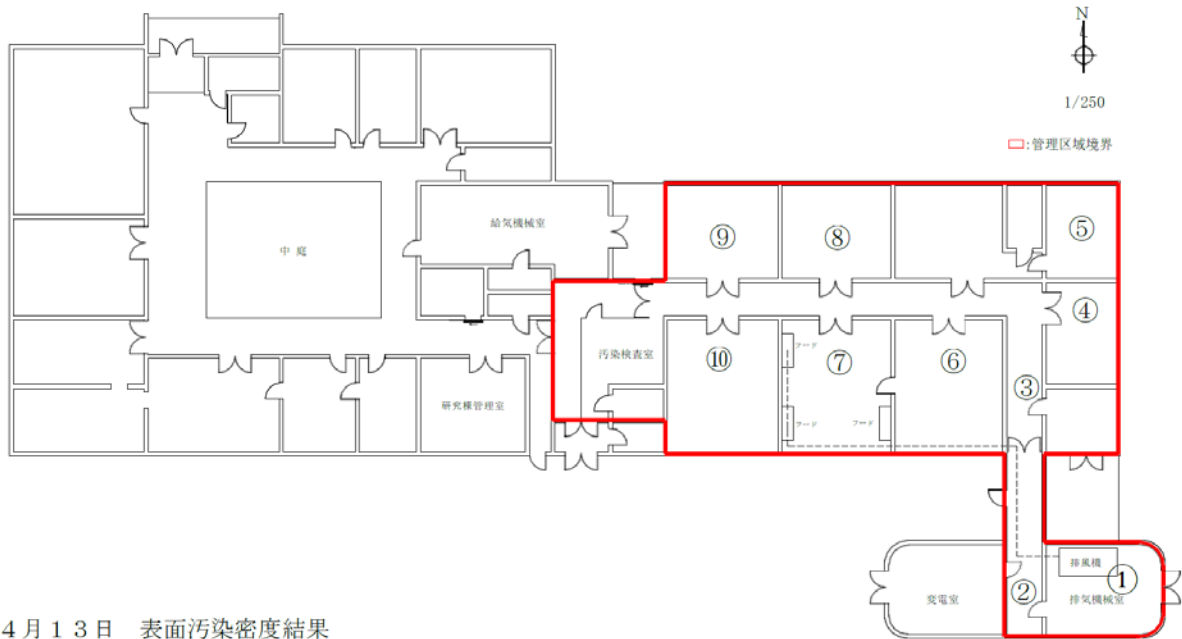
場所	時刻	測定値 μSv/h	場所	時刻	測定値 μSv/h
①	10時に実施	0.08	⑦	10時に実施	0.12
③		0.15	⑧		0.10
④		0.08	⑨		0.08
⑤		0.08	⑩		0.11
⑥		0.10			

4月13日 空間線量率測定結果

第1回			第2回			第3回		
場所	時刻	測定値 μSv/h	場所	時刻	測定値 μSv/h	場所	時刻	測定値 μSv/h
①	15:48	0.10	①	16:35	0.10	①	18:04	0.11
②	15:49	0.10	②	16:36	0.10	②	18:05	0.10
③	15:50	0.10	③	16:37	0.11	③	18:06	0.11
④	15:51	0.08	④	16:25	0.09	④	18:07	0.09
⑤	15:52	0.07	⑤	16:39	0.08	⑤	18:08	0.08
⑥	15:53	0.08	⑥	16:40	0.08	⑥	18:09	0.09
⑦	15:54	0.12	⑦	16:41	0.13	⑦	18:10	0.13
⑧	15:55	0.14	⑧	16:42	0.15	⑧	18:11	0.14
⑨	15:56	0.07	⑨	16:43	0.07	⑨	18:12	0.08
⑩	15:57	0.09	⑩	16:44	0.09	⑩	18:13	0.07

研究棟放射線管理区域内の表面汚染密度測定

研究棟 β γ 線表面汚染密度測定結果記録(スミア測定結果)



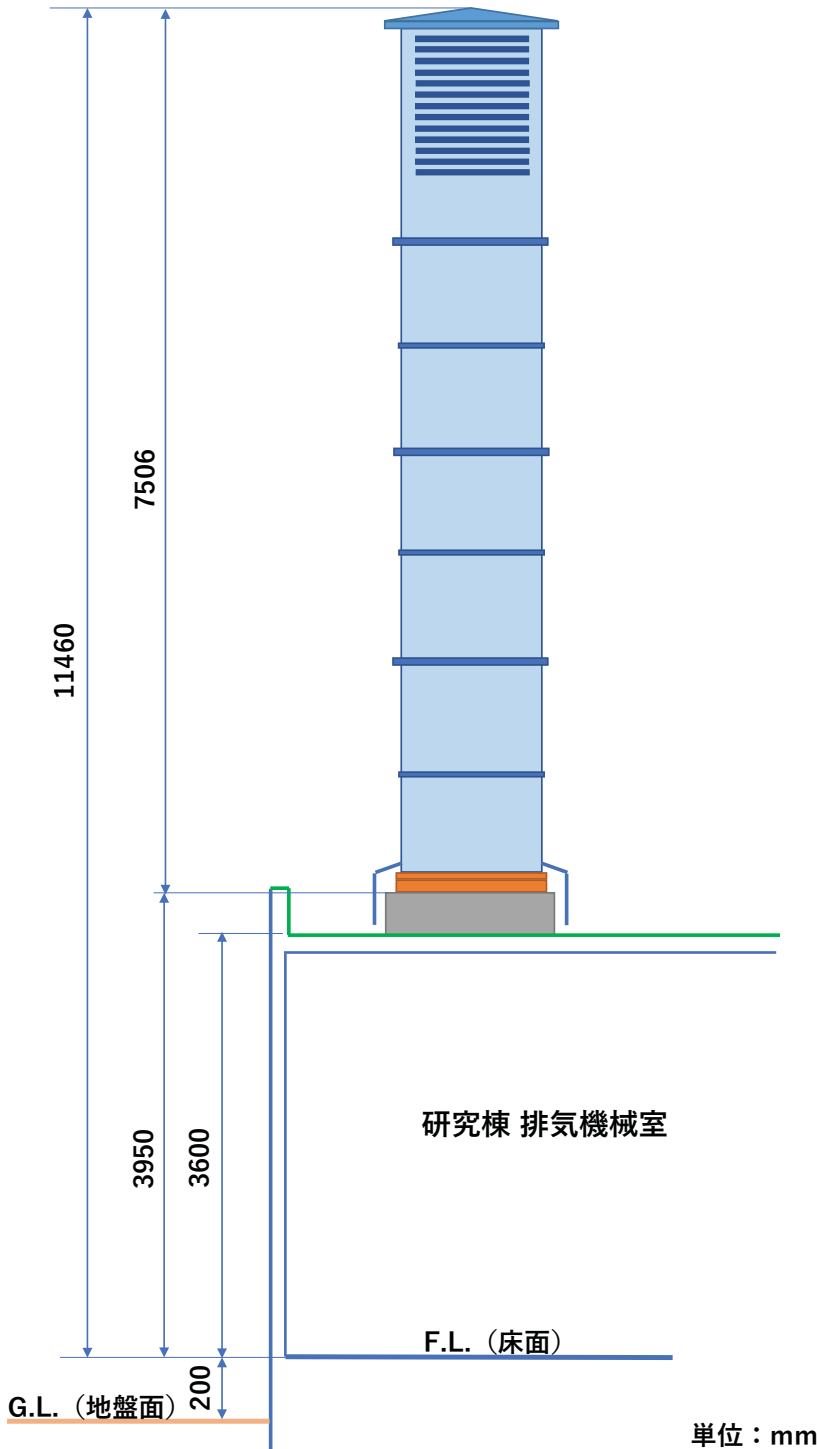
4月13日 表面汚染密度結果

使用機器：端窓型GMサーベイメーター ALOKA TGS-133

場所	時刻	測定値 cpm
①	18:07	83
②	18:08	70
③	18:09	95
④	18:09	73
⑤	18:10	80
⑥	18:12	87
⑦	18:13	63
⑧	18:13	72
⑨	18:14	98
⑩	18:15	73

通常値：< 120 cpm

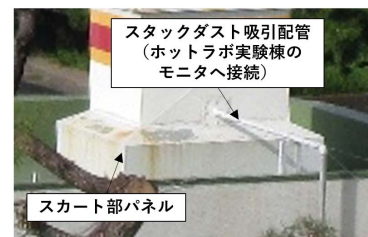
研究棟排気機械室屋上設置排気筒全体図



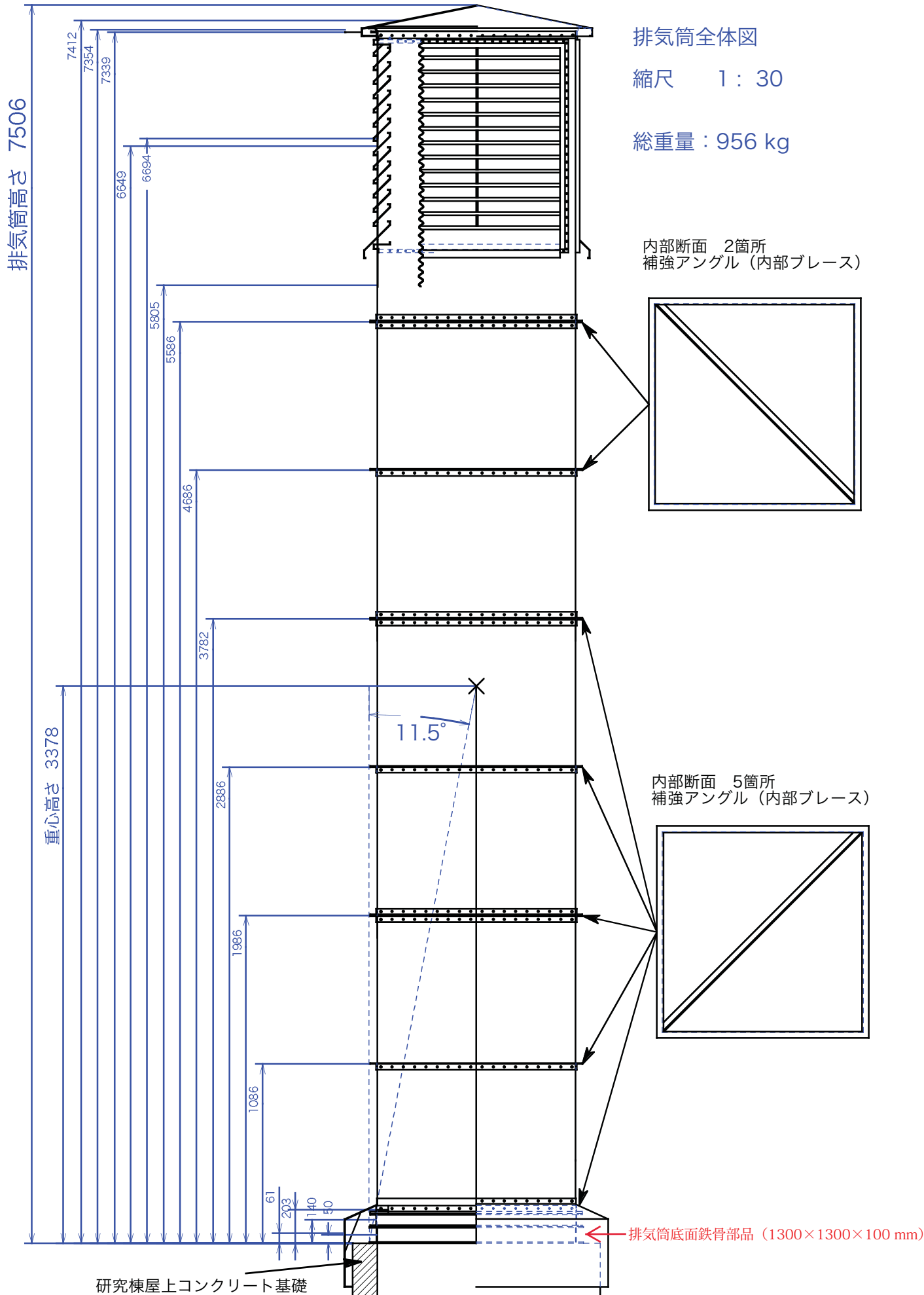
単位：mm



倒壊前の排気筒
(南から撮影)

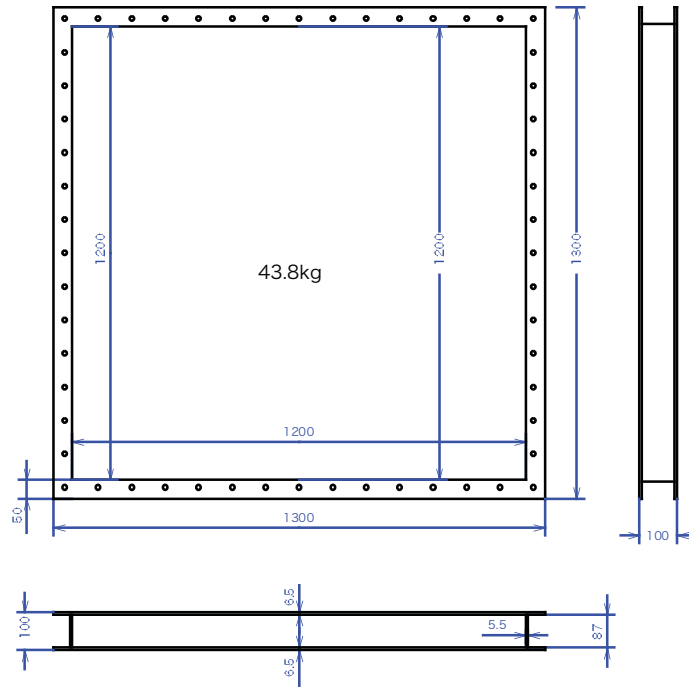


排気筒底部



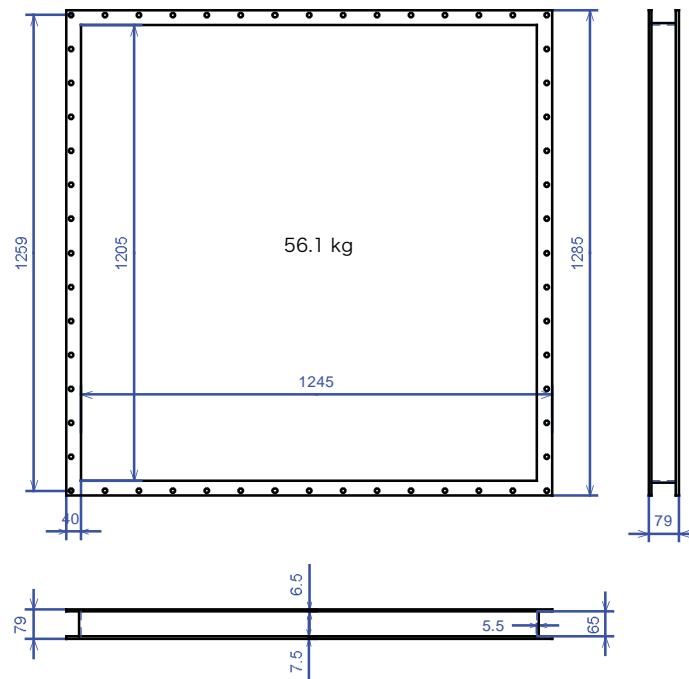
部品1 1個 (排気筒底面鉄骨部品)
 フレーム鋼材 (1段目 ベース部)
 縮尺 1:20

43.8×1=43.8kg
 建屋屋上コンクリート部からの鉄筋と接合



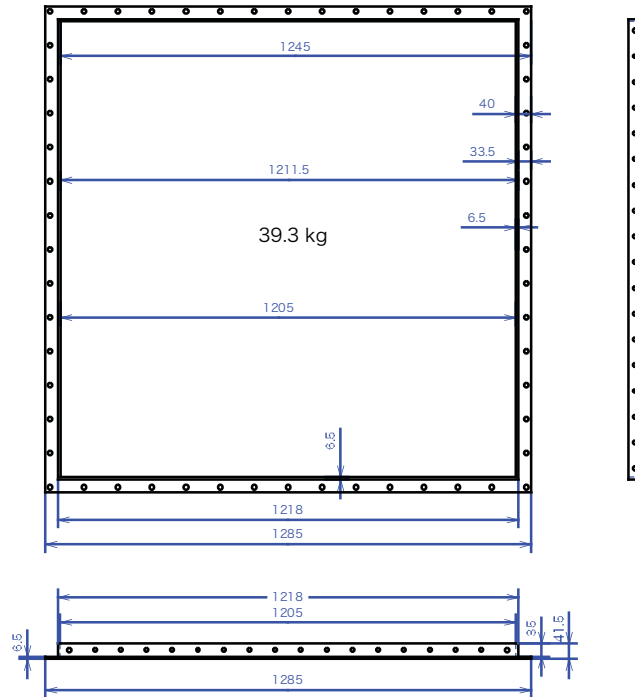
部品2 1個
 フレーム鋼材 (2段目)
 縮尺 1:20

56.1×1=56.1kg
 1段目、3段目とボルト接合



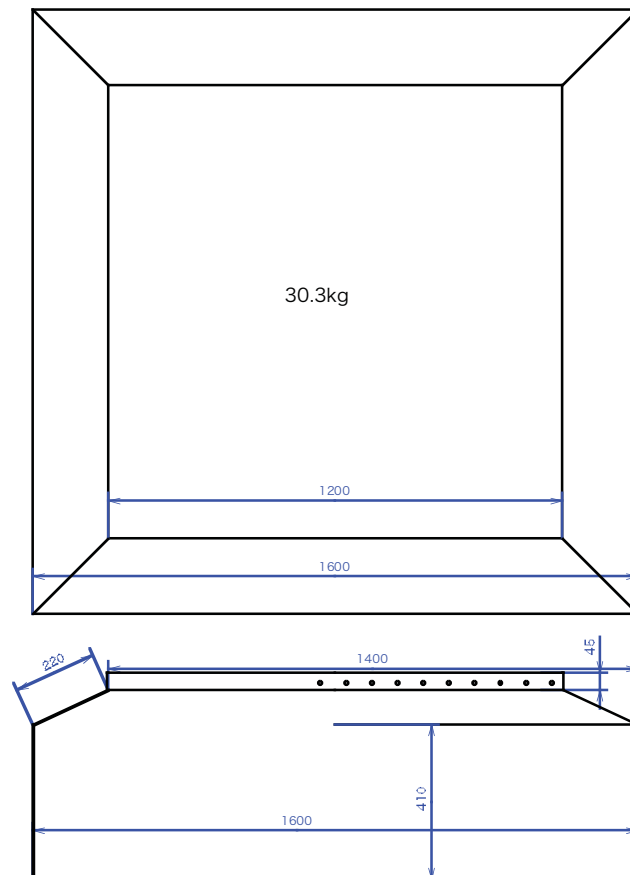
部品3 7個
 フレーム鋼材 (3段目、5段目上下、7段目上下、9段目上下)
 縮尺 1:20

$39.3 \times 7 = 275.1 \text{ kg}$
 3段目 2段目フレームとボルト接合
 外周パネル、スカート部パネルとリベット接合



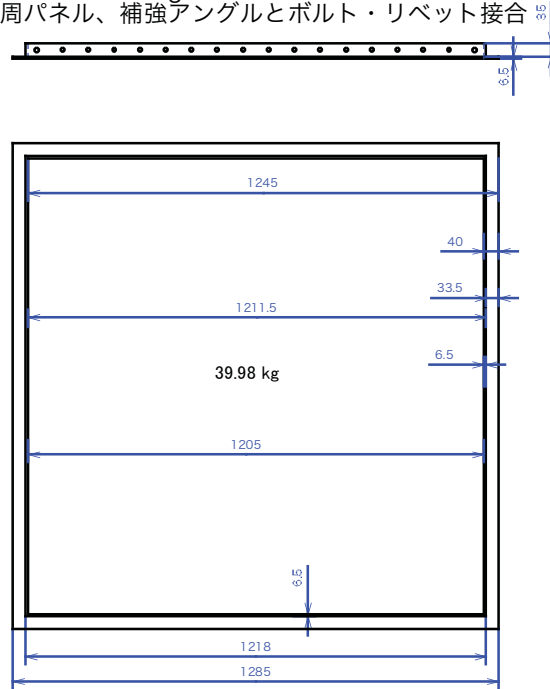
部品4 1個
 スカート部パネル
 縮尺 1:20

$30.3 \times 1 = 30.3 \text{ kg}$
 1段目外壁パネルとリベット連結。

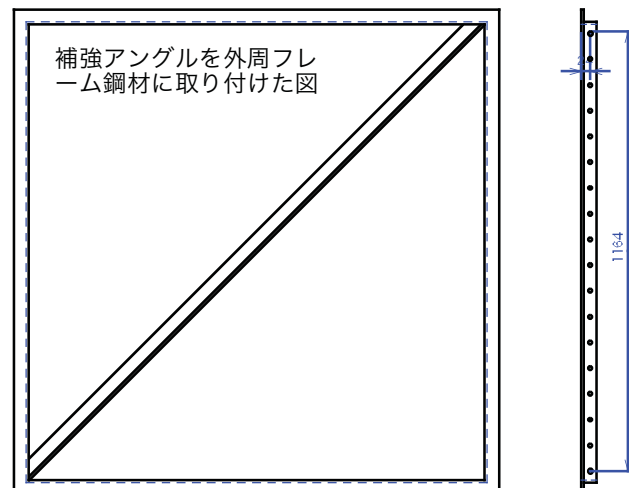
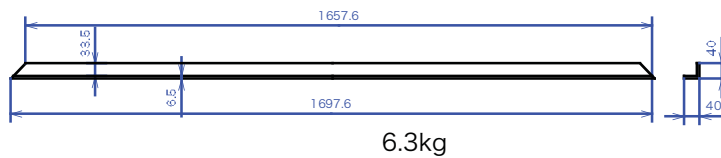


部品5 3個
 フレーム鋼材 (4段目、6段目、8段目)
 縮尺 1:20

$39.98 \times 3 = 120\text{kg}$
 外周パネル、補強アンクルとボルト・リベット 接合

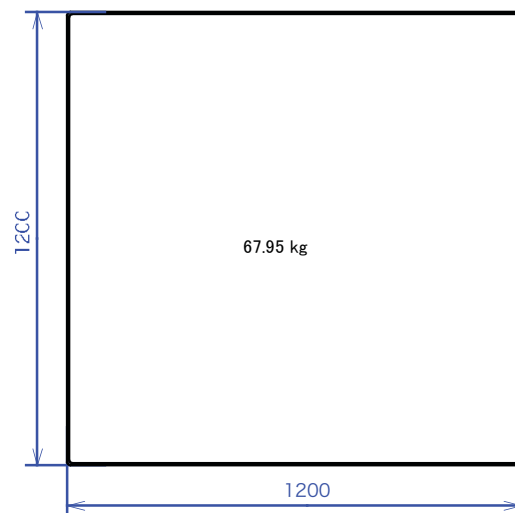
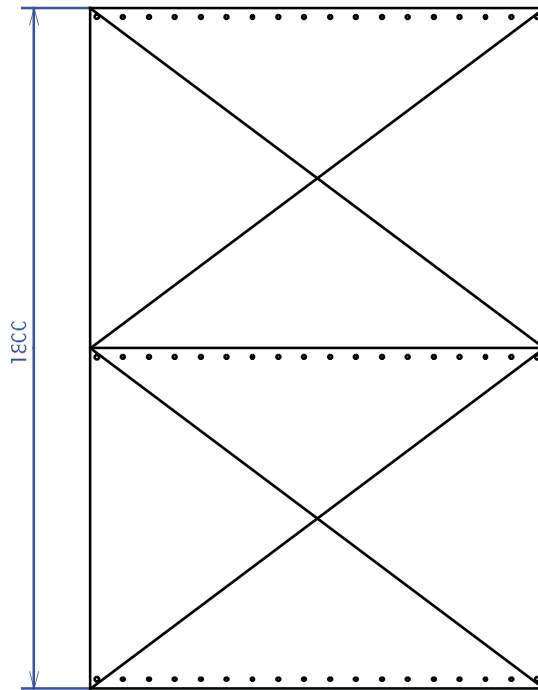


部品6 7個
 補強アンクル (内部ブレース)
 (3段目、4段目、5段目、6段目、7段目、8段目、9段目)
 縮尺 1:20
 $6.3 \times 7 = 44.2\text{kg}$
 外周パネル、フレーム鋼材とボルト 接合



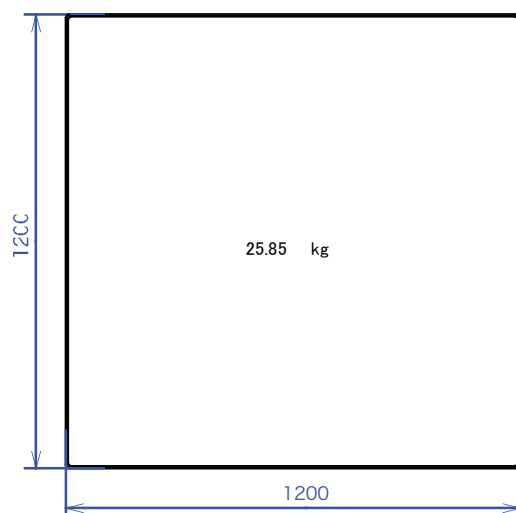
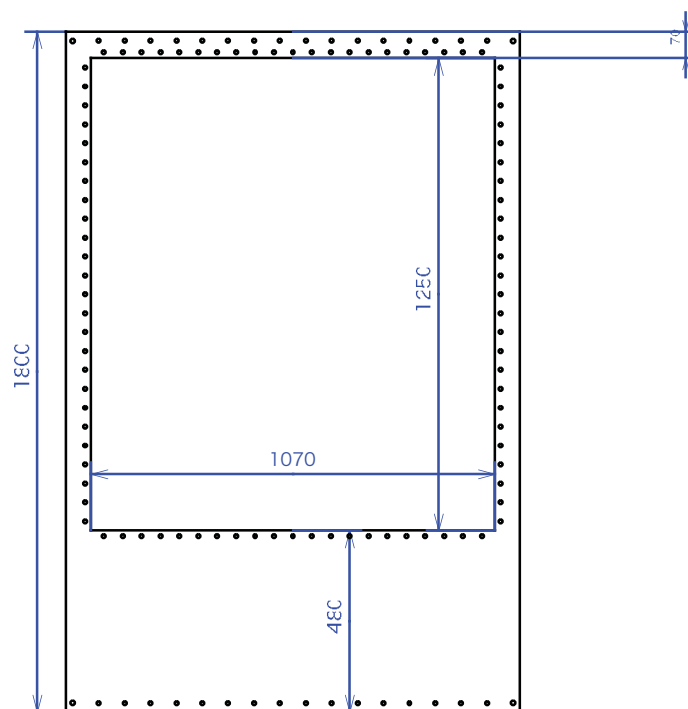
部品7 3個
外周パネル (1段目、2段目、3目目)
縮尺 1:20

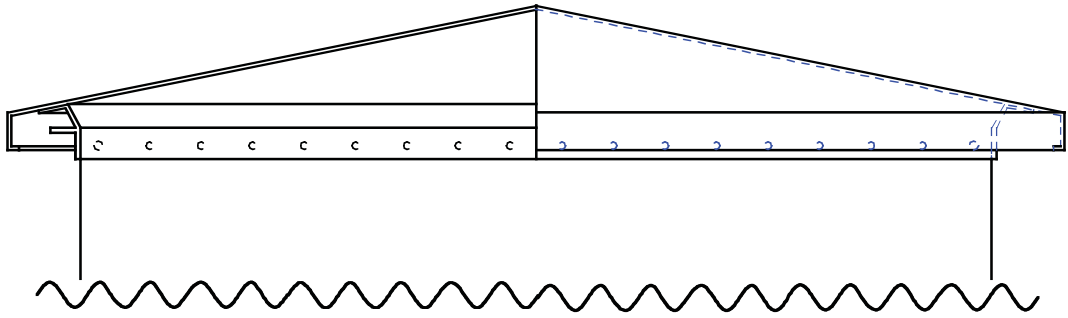
$67.95 \times 3 = 203.9\text{kg}$
フレーム鋼材3、4、補強アングルとボルト・リベットにより連結



部品8 1個
最上部外周パネル
縮尺 1:20

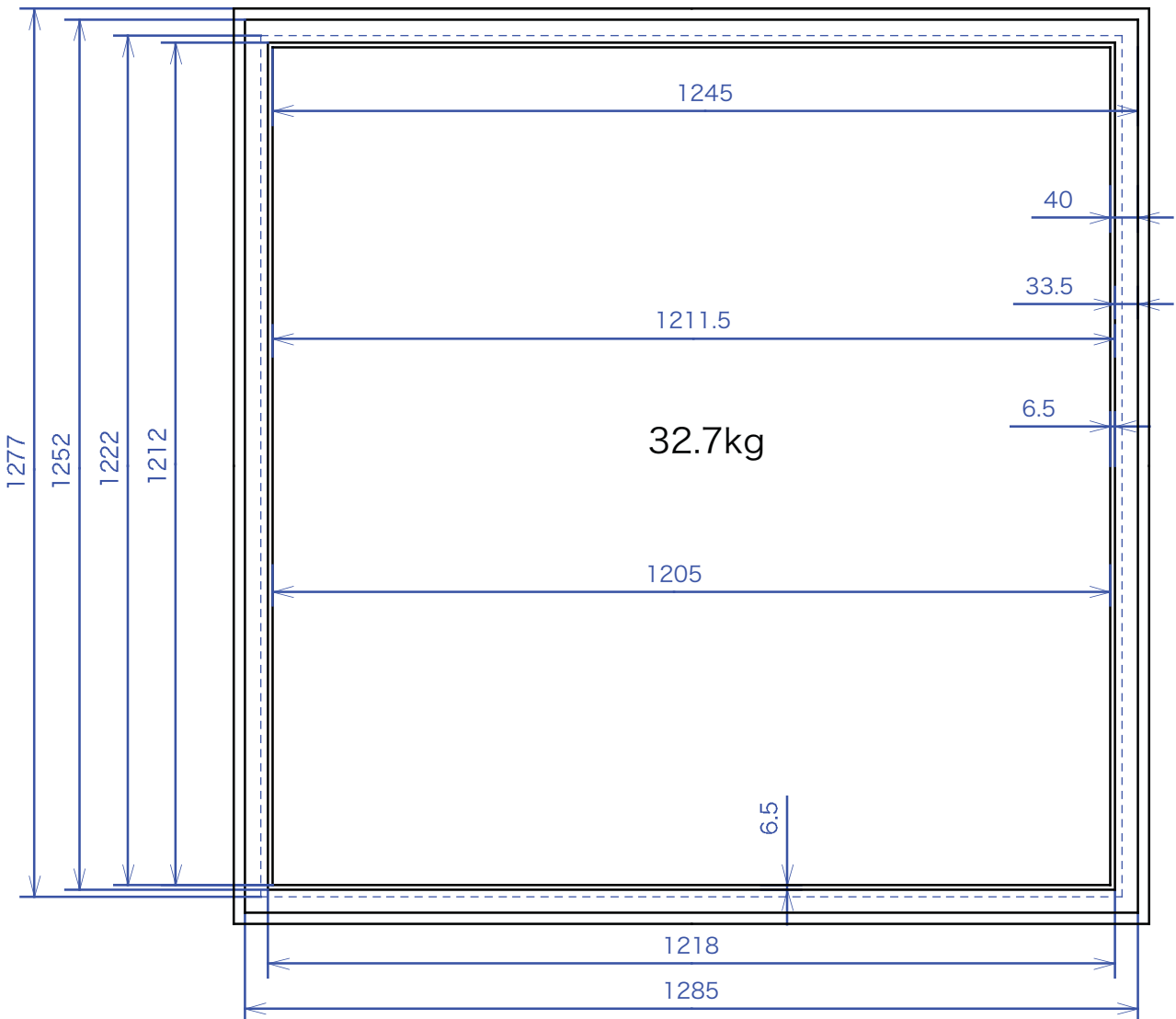
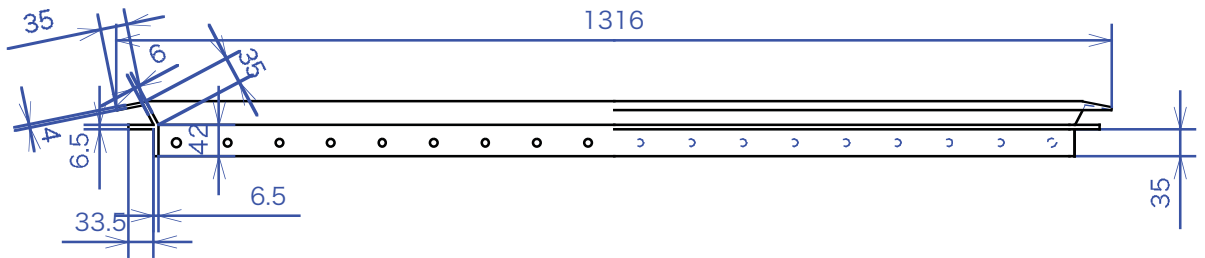
$25.8 \times 1 = 25.8\text{kg}$
屋根支持フレーム鋼とボルトにより連結。
排気窓を4方向にリベットで取り付け。





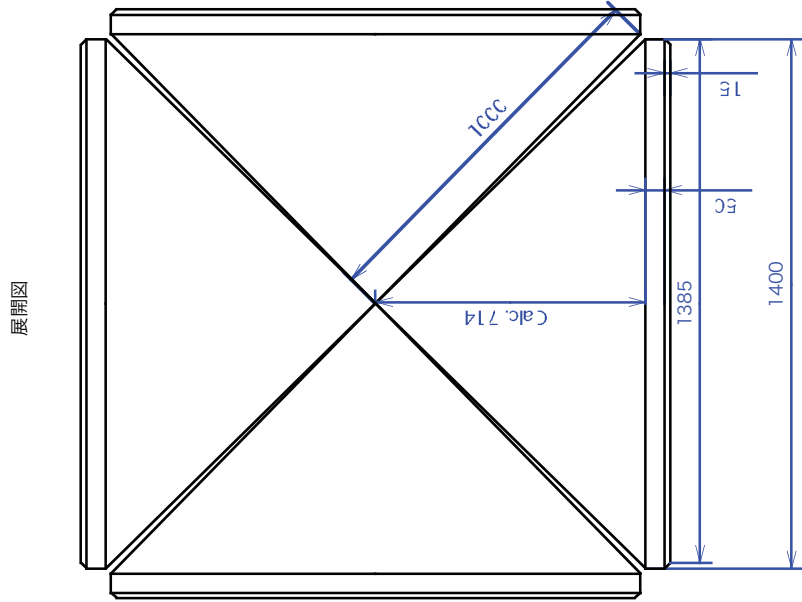
部品10 1個
 屋根支持フレーム鋼材 (9段目)
 縮尺 1 : 10

$32.7 \times 1 = 32.7\text{kg}$
 最上部外周パネルとボルト連結。屋根と溶接。

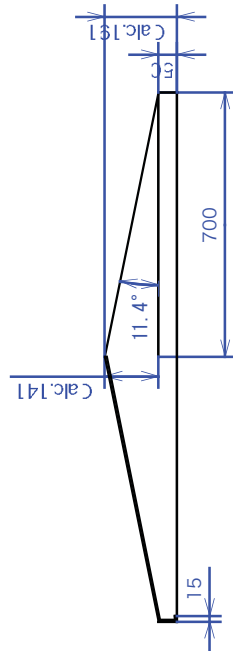
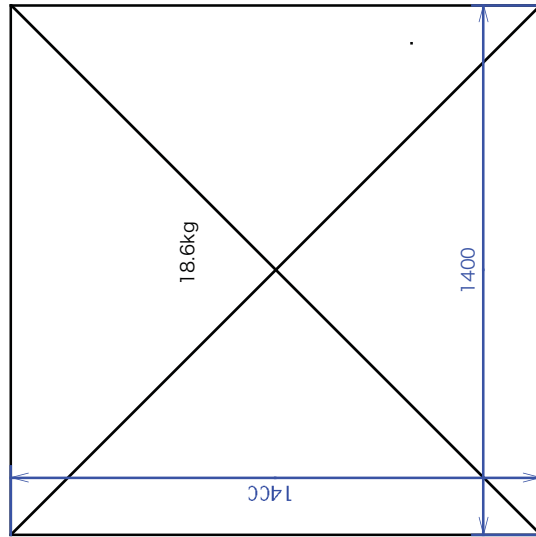


部品11 1個
屋根
縮尺 1:20

18.6×1 = 18.6kg
屋根支持フレーム鋼に溶接

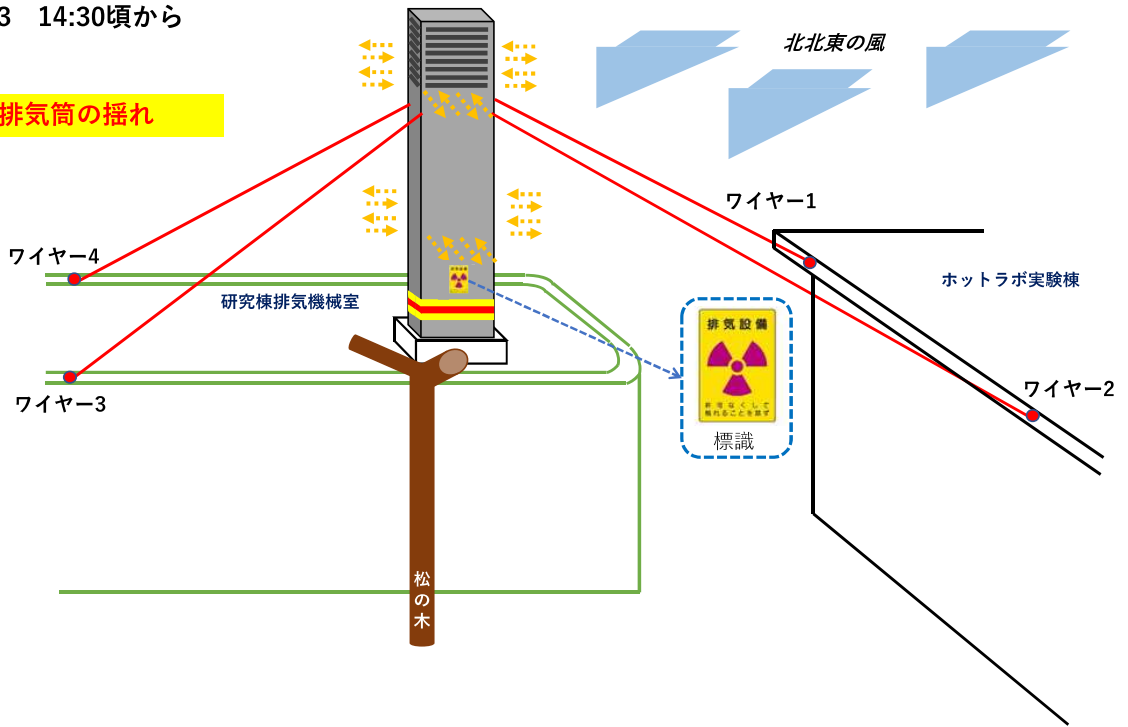


展開図



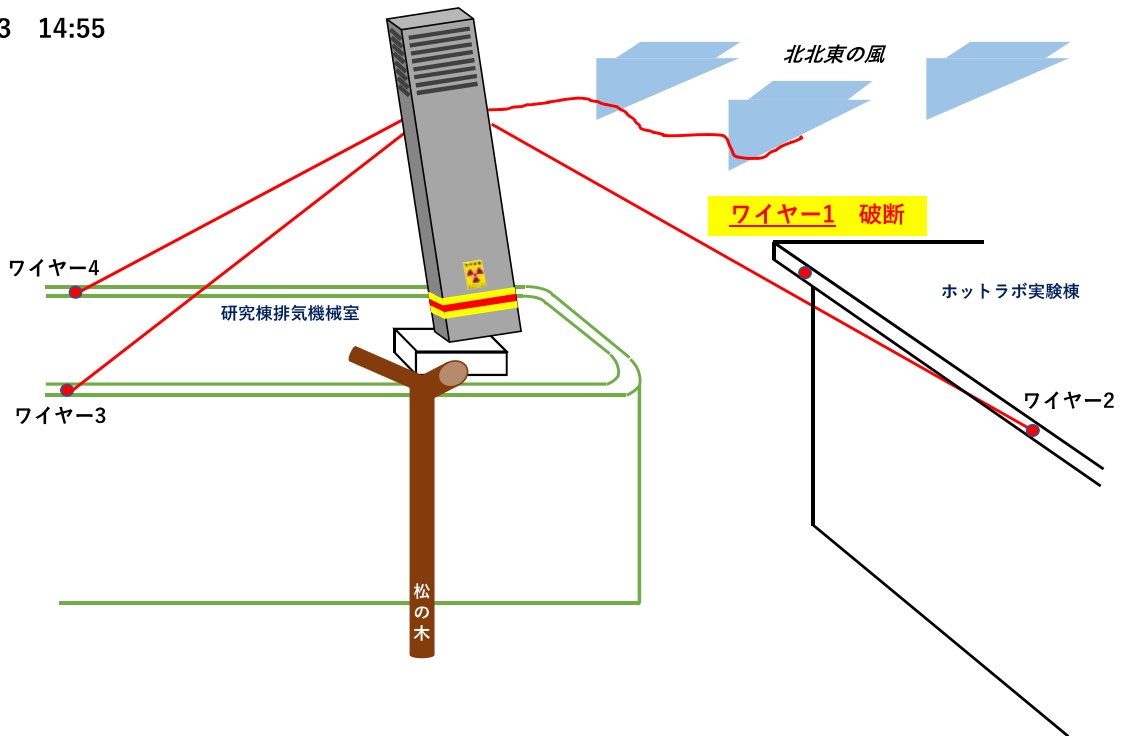
ステップ1 4/13 14:30頃から

排気筒の揺れ

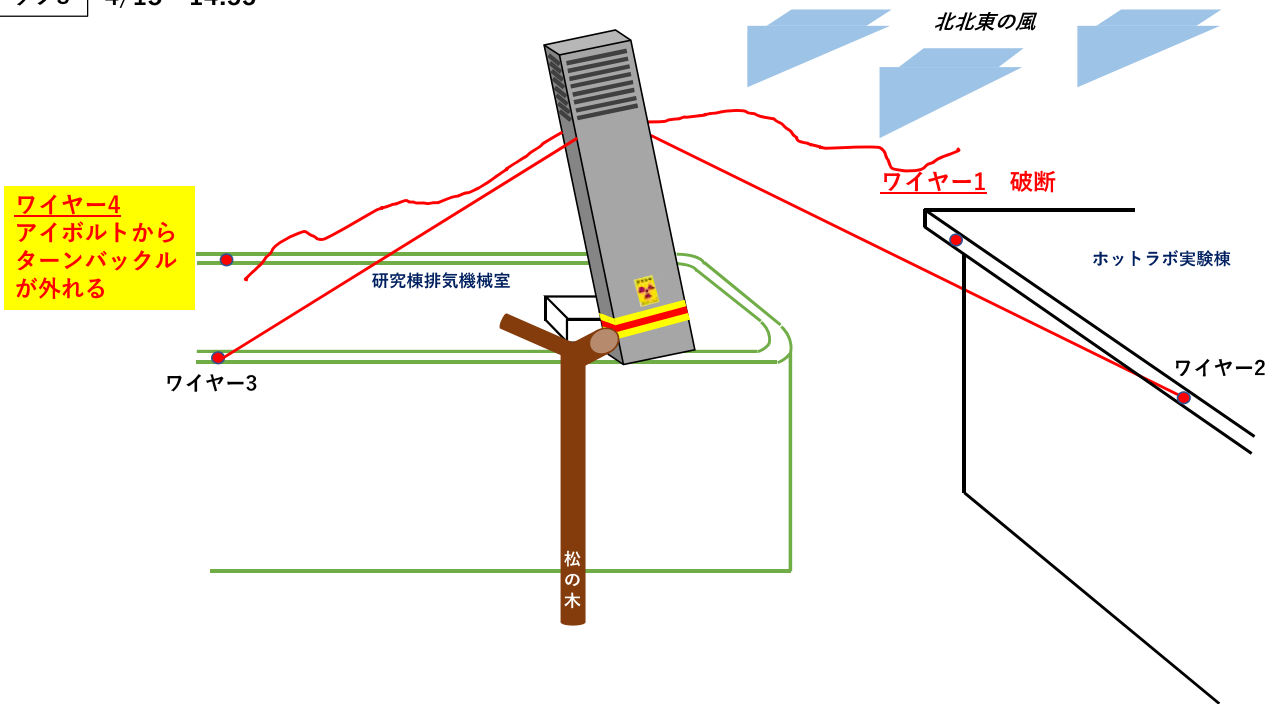


ステップ2 4/13 14:55

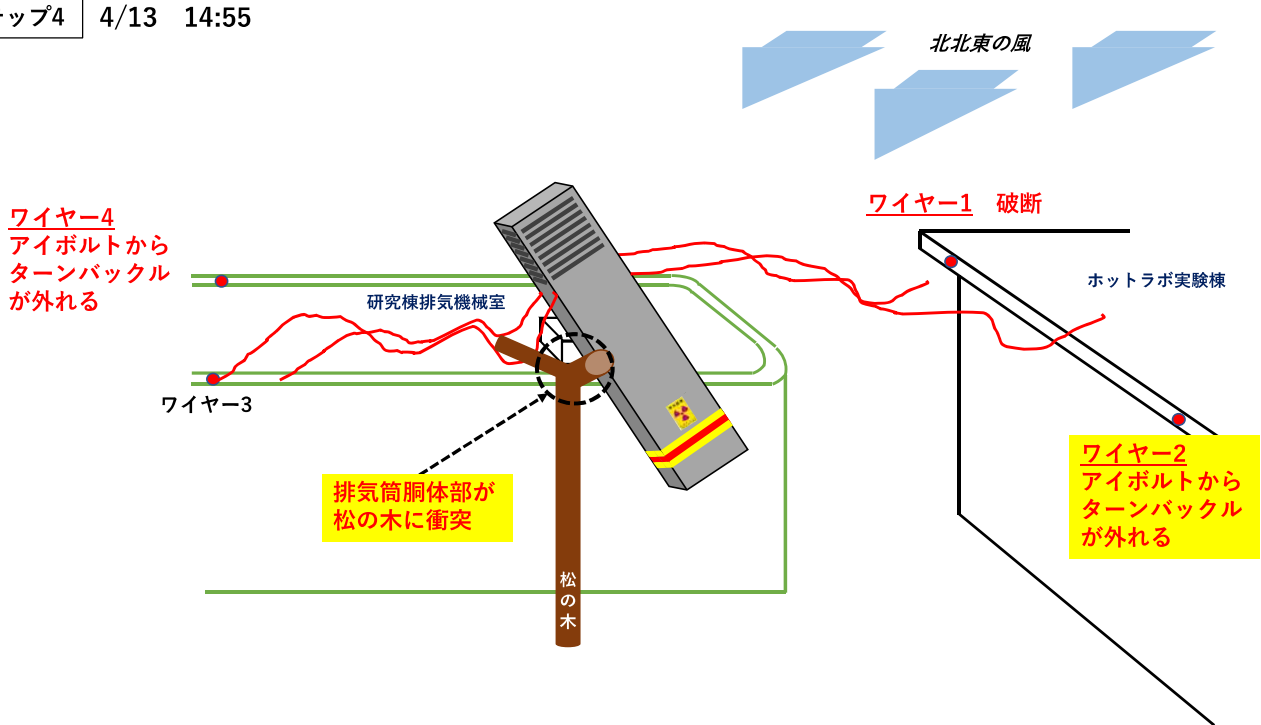
ワイヤー1 破断



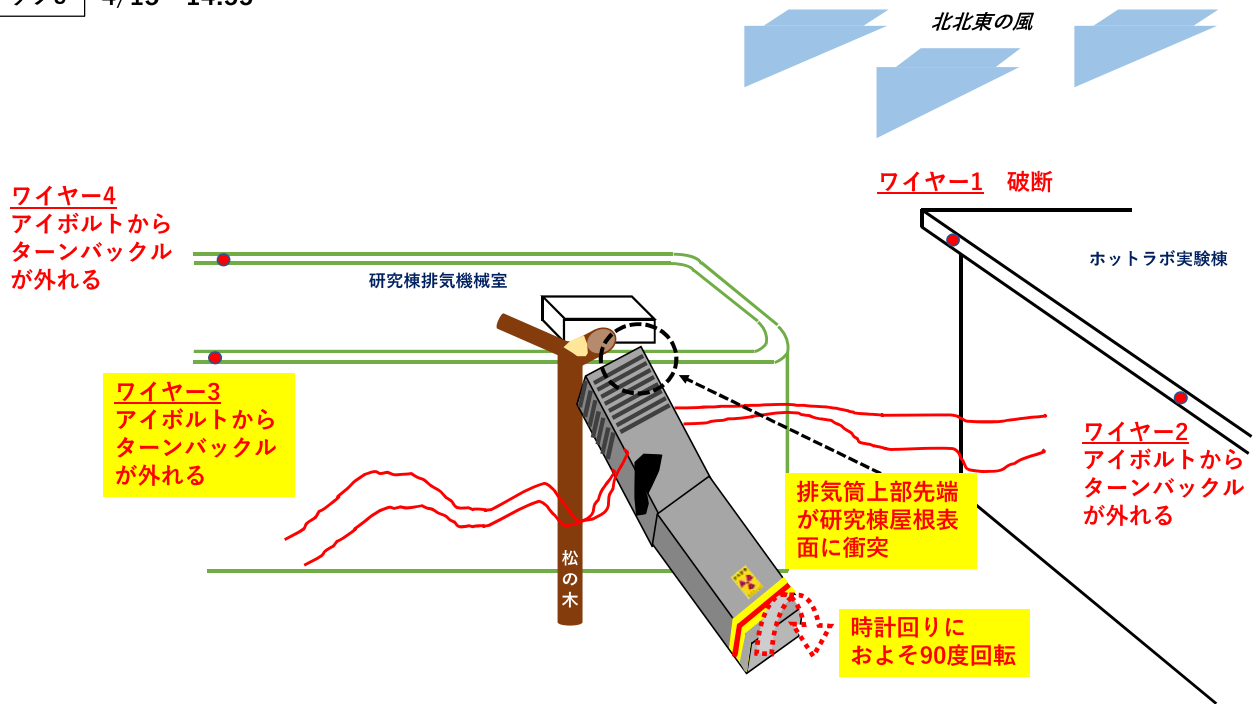
ステップ3 4/13 14:55



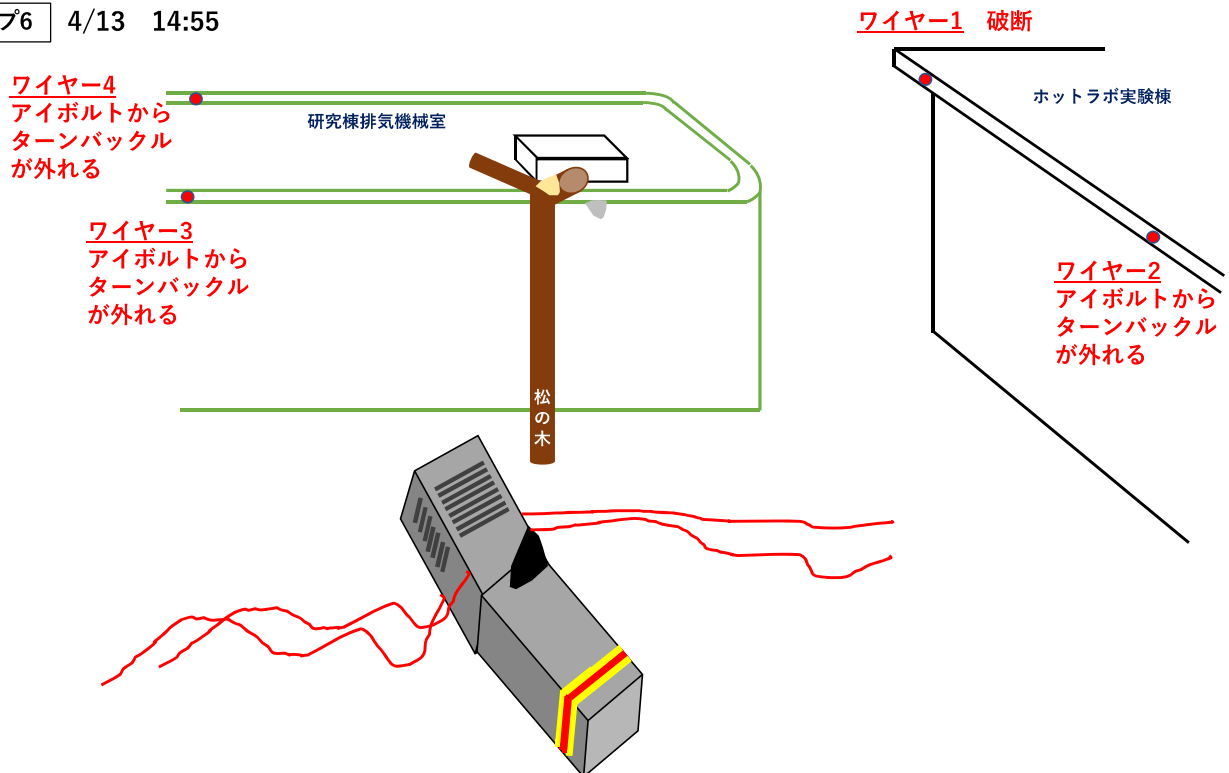
ステップ4 4/13 14:55



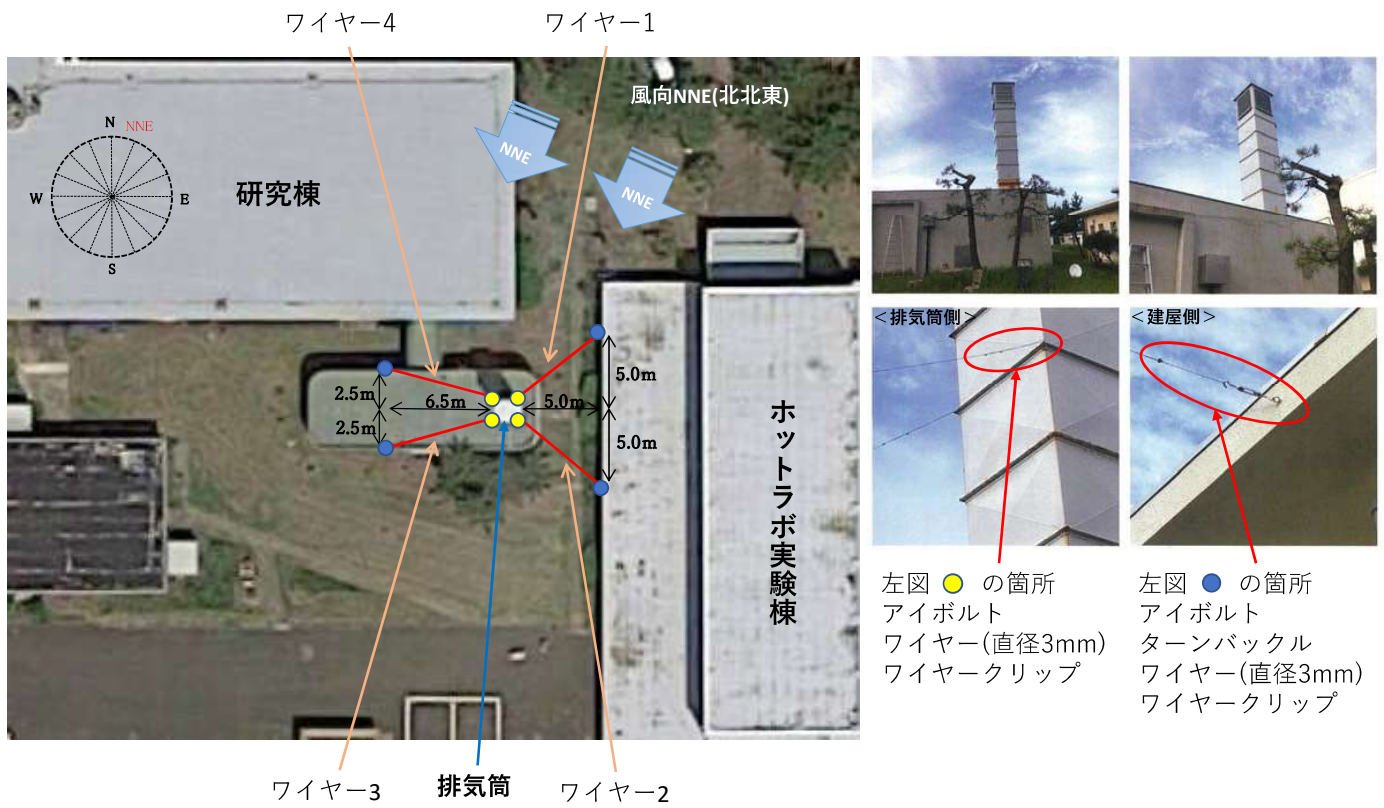
ステップ5 4/13 14:55



ステップ6 4/13 14:55



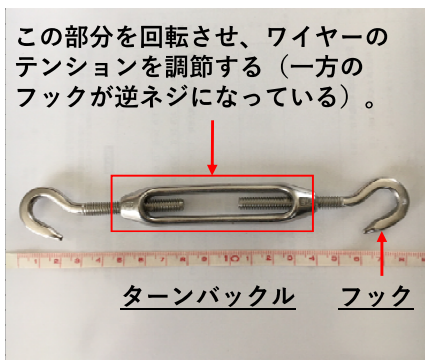
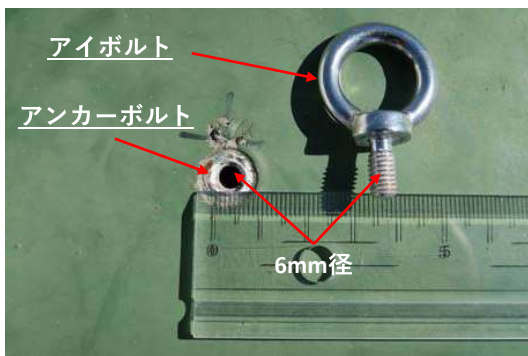
補強ワイヤーの写真（倒壊前、全体配置）



左図 ● の箇所
アイボルト
ワイヤー(直径3mm)
ワイヤークリップ

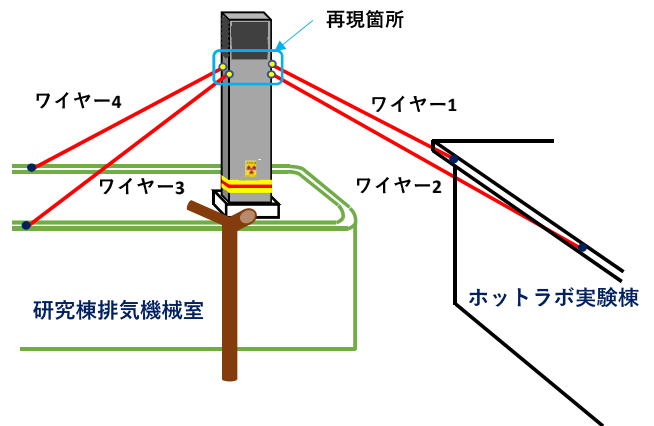
左図 ● の箇所
アイボルト
ターンバックル
ワイヤー(直径3mm)
ワイヤークリップ

各金具の説明

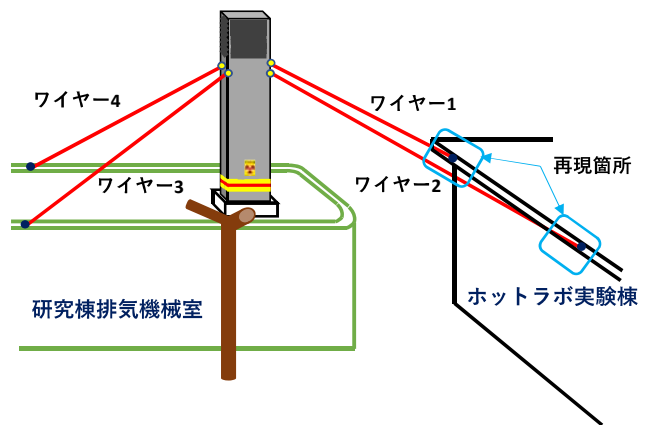
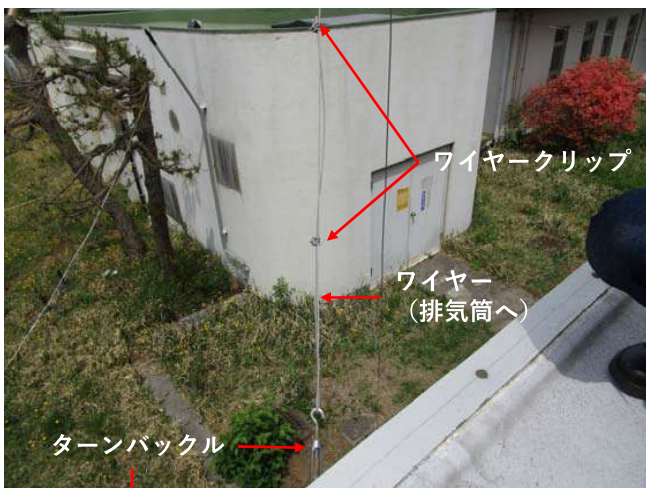


※材質は、ワイヤーが鉄製亜鉛メッキ、その他の金具がステンレス製

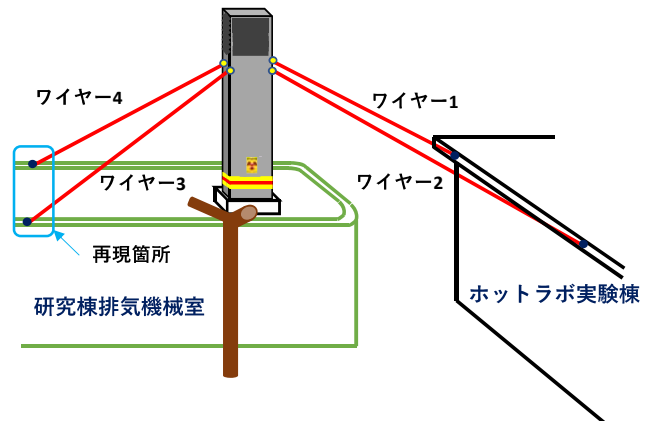
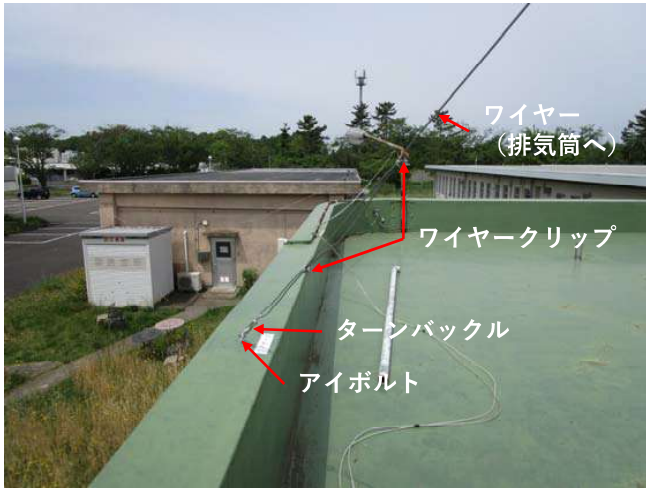
排気筒側：アイボルト、ワイヤークリップ、ワイヤーの位置関係
 (ワイヤー1~4：写真はワイヤー4)



建屋側：アイボルト、ターンバックル、ワイヤークリップ、ワイヤーの位置関係
 (ワイヤー1、2：写真はワイヤー2)



建屋側：アイボルト、ターンバックル、ワイヤークリップ、ワイヤーの位置関係
 (ワイヤー3、4：写真はワイヤー3)



倒壊後の状態 (ワイヤー1 排気筒側)

アイボルト		変形した。
ワイヤー、ワイヤークリップ		正常。

倒壊後の状態（ワイヤー1 建屋側）

<p>アイボルト</p>		<p>変形した。</p>
<p>ワイヤー、ワイヤークリップ</p>	 <p>破断したワイヤー ワイヤークリップ ② ① 正常なワイヤー ①の破断箇所 ②の破断箇所</p>	<p>ワイヤー：2箇所で破断した。破断後の切れ端（長さ90cm）は行方不明。 ②の破断箇所には、ねじれた形跡があること、並びにターンバックルの回転部とフックのネジ山が正常なことから、フックが回転して脱落したものと推察される。 ワイヤークリップ：脱落した。</p>
<p>ターンバックル</p>		<p>ワイヤー側のフックが脱落し、直下の地面に落下した。 回転部とフックのネジ山は正常。</p>

倒壊後の状態（ワイヤー2 排気筒側）

<p>アイボルト</p>		<p>正常。</p>
<p>ワイヤー、ワイヤークリップ</p>		<p>正常。</p>


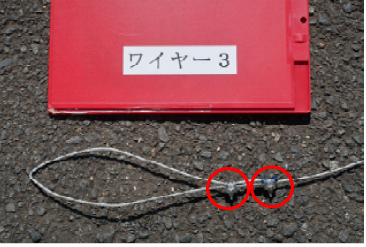

倒壊後の状態（ワイヤー2 建屋側）

アイボルト		正常。
ワイヤー、ワイヤークリップ		正常。
ターンバックル		建屋側のフックのみが残り、ターンバックル+フックが取付部直下に脱落した。回転部とフックのネジ山が正常なことから、回転して脱落したものと推察される。

倒壊後の状態（ワイヤー3 排気筒側）

アイボルト		正常。
ワイヤー、ワイヤークリップ		正常。


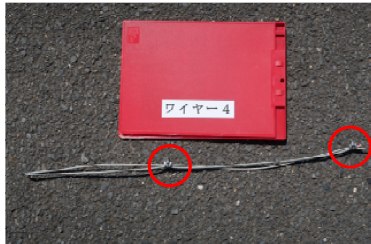

倒壊後の状態（ワイヤー3 建屋側）

<p>アイボルト</p>		<p>正常。</p>
<p>ワイヤー、ワイヤークリップ</p>		<p>正常。</p>
<p>ターンバックル</p>		<p>ターンバックルがアイボルトから外れ、直下の地面に落下した。 両方のフックは回転部と正常に組み合わさっている。</p>

倒壊後の状態（ワイヤー4 排気筒側）

<p>アイボルト</p>		<p>正常。</p>
<p>ワイヤー、ワイヤークリップ</p>		<p>正常。</p>

倒壊後の状態（ワイヤー4 建屋側）

<p>アイボルト</p>	 <p>アイボルトが引張方向に変形</p>	<p>変形した。</p>
<p>ワイヤー、ワイヤークリップ</p>		<p>正常。</p>
<p>ターンバックル</p>	 <p>アイボルト側のフックが変形</p> <p>ワイヤー4</p> <p>行方不明</p>	<p>ワイヤー側のフックが外れ、行方不明。アイボルト側のフックが変形し、アイボルトから外れて研究棟屋根に落下した。回転部とフックのネジ山が正常なことから、フックが回転して外れたものと推察される。</p>

補強ワイヤーに発生した張力について

排気筒は角柱型であり、4つの面はそれぞれほぼ東西南北方向を向いている（添付資料 5 参照）。本事象時の風向きは北北東であったことから、ここでは排気筒の北面のみに風荷重が発生したと考える。

まず、排気筒が受ける風荷重を考える。風速 v [m/s] の北からの風によって排気筒の北面が受ける風荷重 F_0 [kgf] は、 $F_0 = Aq$, $q = 0.6Ev^2$ と表される。ここで、 A は排気筒側面の面積であり $A = 7.5 \times 1.2 \text{ m}^2$ 、 q は速度圧 [kgf/m²]、 E は建造物の高さや周辺環境等に依存する係数である。ここでは、近隣（本センターから約 200 m）に位置する JMTR 冷却塔における q と v との関係が本センター排気筒でも成り立つと仮定し、風荷重 F_0 と風速 v との関係を図 1 のように求めた。

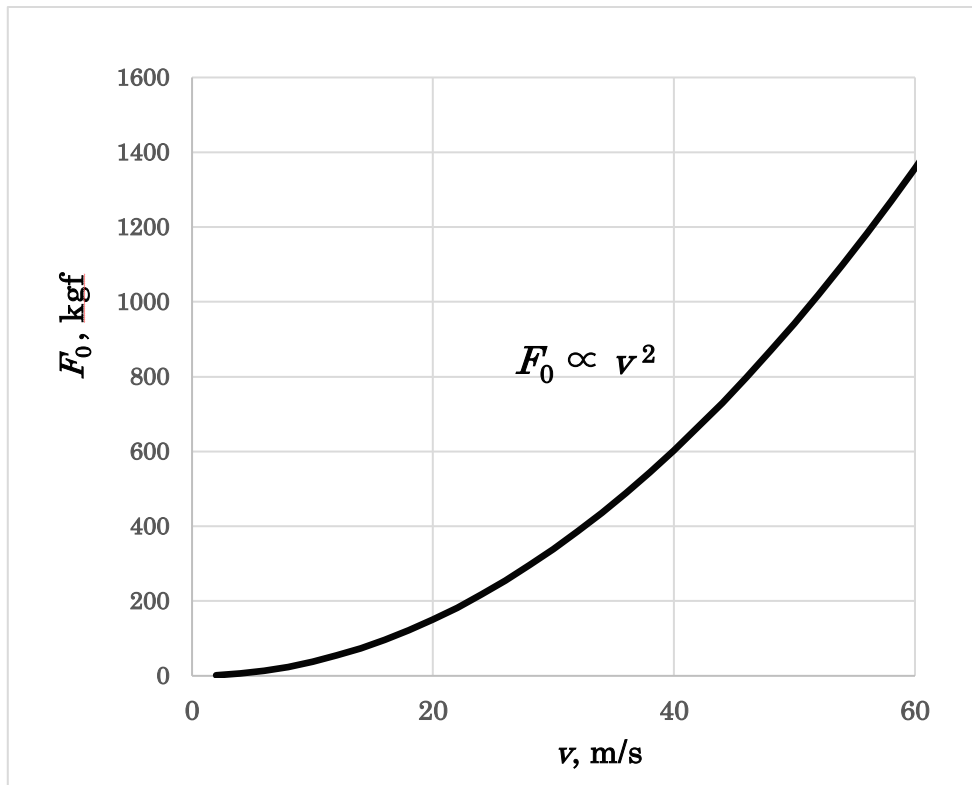


図 1：風速 v [m/s] の北からの風による風荷重 F_0 [kgf]。

図 1 より、30.9 m/s（令和元年 9 月の台風 15 号時の JAEA 大洗研究所気象観測塔での観測値）の風が排気筒に加わる力が最大の向きとなる真北から吹いたとき、 F_0 は約 360 kgf となる。本事象で想定される最大瞬間風速 35.3 m/s の北北東の風（真北から 22.5°）では、排気筒北面が受ける風荷重 F は、 $F = F_0 \times \cos 22.5^\circ = 465$ （図 1 より） $\times \cos 22.5^\circ =$ 約 430 kgf となる。

次に、排気筒の補強ワイヤーに発生した張力を考える。ここでは、ワイヤー1 およびワイヤー4 へのみ風荷重による張力が発生したと仮定する。

排気筒とワイヤーとの位置関係は添付資料 5 の通りであった。これを基に、北北東の風によって排気筒に作用する風荷重 F とワイヤー1 およびワイヤー4 の張力（それぞれ T_1 および T_4 ）の関係を図 2 のようにして求めた。なお、排気筒底部の拘束はなく 2 本のワイヤーでのみ排気筒を拘束していると仮定した。

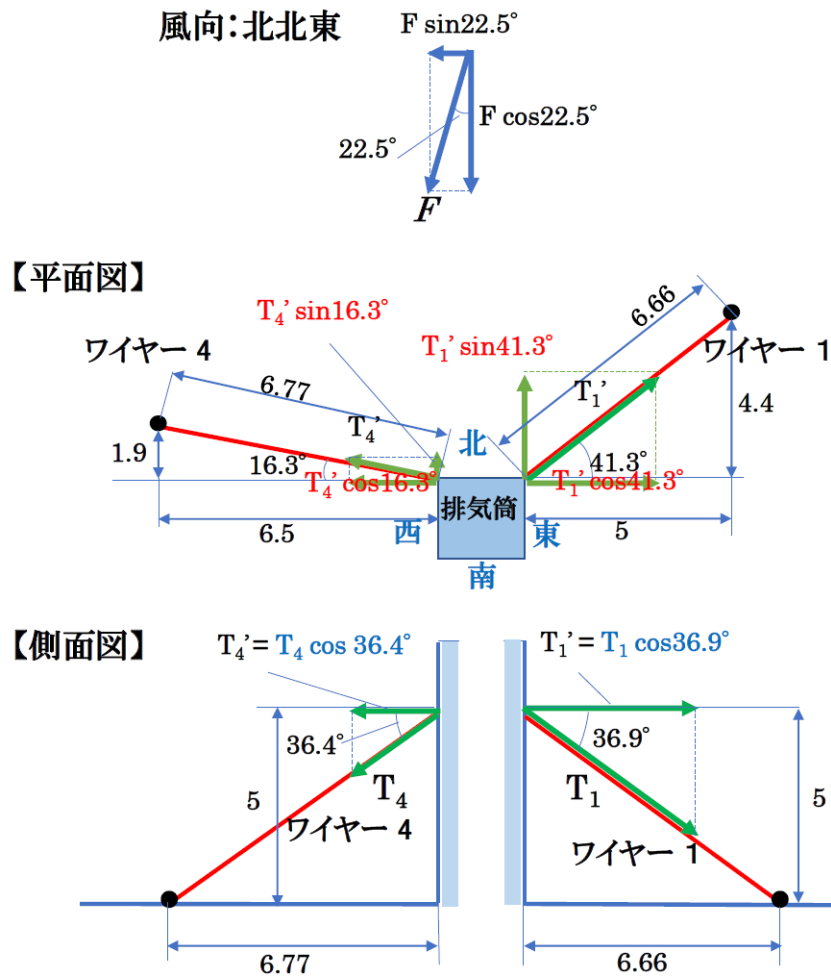


図 2：北北東の風による風荷重 F とワイヤーの張力。

これにより、風速 v [m/s] の北北東からの風によって発生するワイヤー1、ワイヤー4 の張力 T_1 、 T_4 は図3 のようになる。

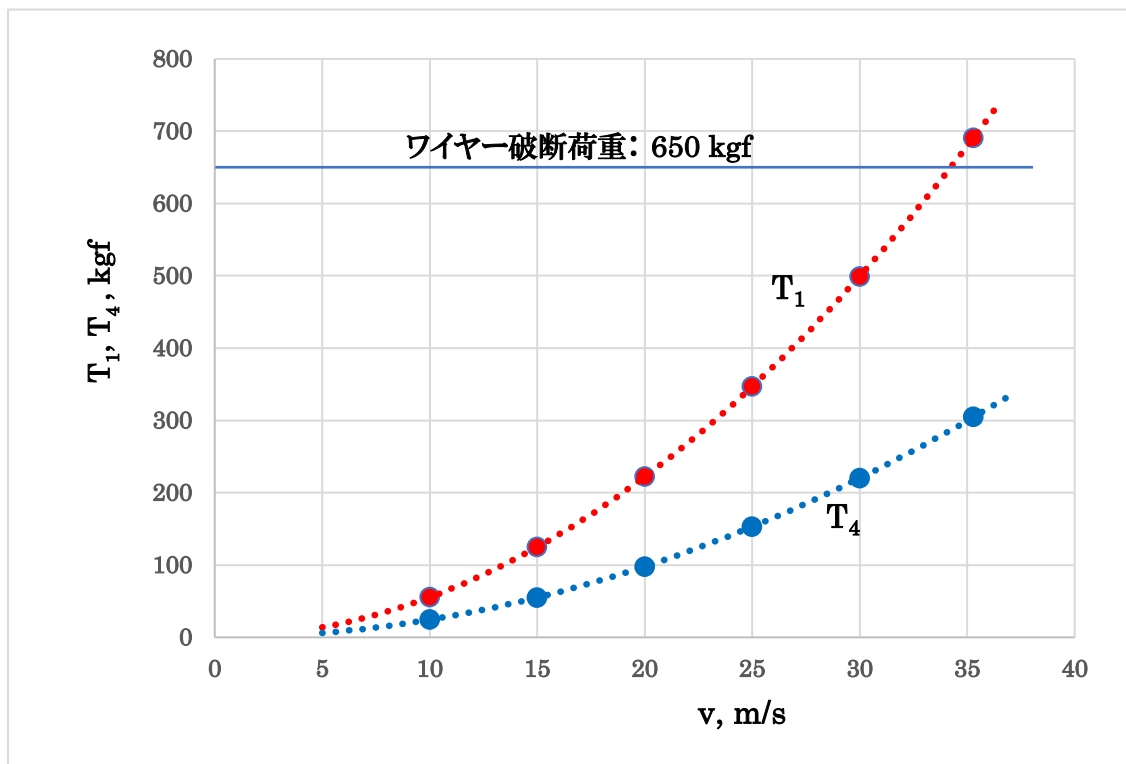


図3：風速 v の北北東からの風によってワイヤー1、ワイヤー4 に発生する張力 T_1 、 T_4 。

図3より、風速 35.3 m/s（本事象時）では $T_1 = 691$ kgf、 $T_4 = 305$ kgf と求められた。販売元の製品情報によればワイヤー1本あたりの（静的な）耐荷重は約 650 kgf であるため、ワイヤー1では耐荷重を上回る張力が生じて破断した可能性が示唆された。なお、風速 30.9 m/s（令和元年9月の台風15号時）では $T_1 = 530$ kgf であり、ワイヤーの耐荷重よりも低い値である。

排気筒－屋根基礎部の接合状態の調査

研究棟屋根基礎部と排気筒底面の鉄骨部品（添付資料 19 参照）との接合状態を調査した。

図 1 に、研究棟屋根基礎部の全体写真を示す。研究棟屋根にコンクリート基礎部（約 150 cm×150 cm）が設けられている。排気第 1 系統および排気第 2 系統（添付資料 4 を参照）のダクトが見られる。

図 2 に、研究棟屋根基礎部の構造の模式図を示す。基礎部の寸法は、平面図に示すように、外寸約 150 cm×150 cm、内寸約 120 cm×120 cm である。コンクリート製基礎部の高さは、展開側面図に示すように、北側および東側では約 31 cm、南側および西側では約 33 cm である。コンクリート製の基礎部の上にモルタルが盛られており、モルタル厚さは、北側では（5－7）cm、東側では（1－4）cm、南側では（1－3）cm、西側では（3－4）cm である。施工時には、モルタル厚さの調整によってモルタル上面の水平を確保したものと考えられる。

図 3 に、排気筒底面の鉄骨部品の写真を示す。図 4 に、研究棟屋根基礎部とこの鉄骨部品との接合の模式図を示す。鉄骨部品は約 130 cm×130 cm×10 cm である。図 5 に、研究棟屋根基礎部に鉄骨部品を乗せた状態の写真を示す。上から撮影した写真である。鉄骨部品は、基礎部あるいはモルタルに固定された鉄筋と合計 21 箇所接合されていた。接合箇所の位置は不規則であり系統的に決められたとは考えにくく、排気筒設置はいわば現物合わせのような方法で施工された可能性が示唆された。このことは、モルタルの厚さを調整して水平をとった可能性からもうかがえる。

接合箇所の呼び名を北 1－6、東 1－6、南 1－3、西 1－6 とし、北、東、南、西の各部位について、上からおよび横から観察し、倒壊前の鉄筋の状態を推定した。各部位について、写真および鉄筋の位置関係の模式図（推定図）を図 6－図 9 にそれぞれ示す。鉄筋の直径は約 8.3 mm だった。

各接合箇所の写真を図 10－図 31 に、接合箇所および鉄筋の状況を表 1 にそれぞれ示す。いずれの接合箇所でも、接合は部材の接触部を一点で溶接した施工が行われていた。すなわち、研究棟屋根基礎部から 21 本の鉄筋が顕出しており、それぞれの鉄筋が排気筒底面鉄骨部品に一点で（1－3 cm 程度の領域で）溶接されているのみであり、それを 21 箇所行うことによって強度を得る構造であったことが分かった。

合計 21 本の鉄筋の接合について、18 箇所では鉄骨部品と鉄筋との溶接部が破断していた。3 箇所（東 6、西 1、西 5）では鉄筋と鉄筋との溶接部が破断していた。21 箇所の破断箇所のいずれにおいても破断面の腐食（錆）が進行しており、金属光沢を有する新しい破断面は見られなかった。したがって、21 箇所の破断箇所全てにおいて、破断は本事象以前に起きていた可能性が高い。

基礎側の鉄筋について、西 2、西 3 および西 6 の鉄筋②は西向きに傾いていた。さらに、西 2 と西 3 では、鉄骨部品との距離が大きかった。南 1 は東向きに傾いていた。南 2 は溶接部が下向きとなって北向きに倒れていた。南 3 は東向きに倒れていた。これら 6 箇所では排気筒倒壊の際に鉄筋が変形した可能性も考えられる。

以上より推定された接合状態の時系列を図 32 に示す。

図 1	研究棟屋根基礎部の全体写真	22-3
図 2	研究棟屋根基礎部の平面図、展開側面図	22-3
図 3	排気筒底面鉄骨部品の位置および写真	22-4
図 4	研究棟屋根基礎部と排気筒底面鉄骨部品との接合の模式図	22-5
図 5	研究棟屋根基礎部に鉄骨部品を乗せた状態の写真（上から撮影）および模式図	22-6
図 6	北側部分の写真および模式図	22-7
図 7	東側部分の写真および模式図	22-8
図 8	南側部分の写真および模式図	22-9
図 9	西側部分の写真および模式図	22-10
図 10	北 1 の写真	22-11
図 11	北 2 の写真	22-11
図 12	北 3 の写真	22-12
図 13	北 4 の写真	22-12
図 14	北 5 の写真	22-13
図 15	北 6 の写真	22-13
図 16	北 6 および西 1 周辺の写真	22-14
図 17	東 1 の写真	22-14
図 18	東 2 の写真	22-15
図 19	東 3 の写真	22-15
図 20	東 4 の写真	22-16
図 21	東 5 の写真	22-16
図 22	東 6 の写真	22-17
図 23	南 1 の写真	22-17
図 24	南 2 の写真	22-17
図 25	南 3 の写真	22-18
図 26	西 1 の写真	22-18
図 27	西 2 の写真	22-18
図 28	西 3 の写真	22-19
図 29	西 4 の写真	22-19
図 30	西 5 の写真	22-20
図 31	西 6 の写真	22-20
図 32	研究棟屋根基礎部と排気筒底面鉄骨部品との接合状態の時系列（推定）	22-21
表 1	接合箇所および鉄筋の状況のまとめ	22-22

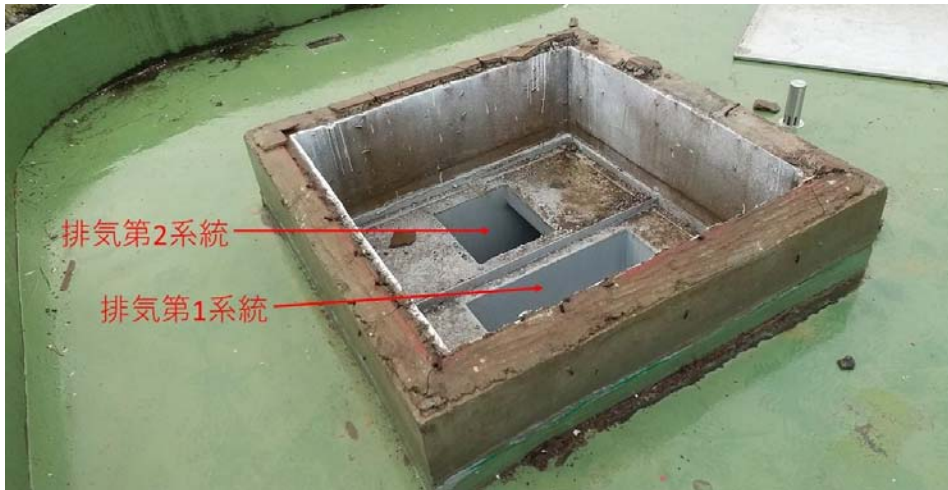


図1 研究棟屋根基礎部の全体写真

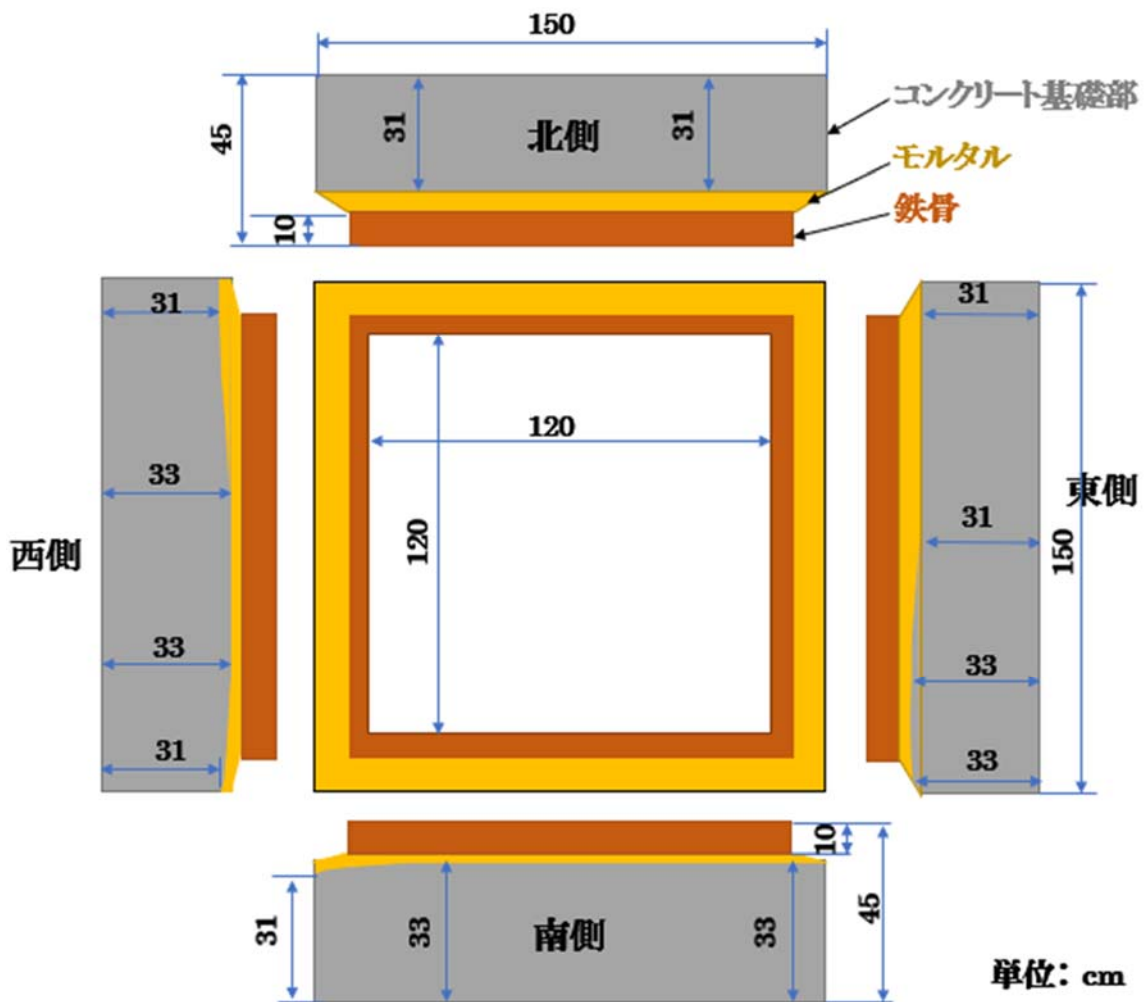


図2 研究棟屋根基礎部の平面図、展開側面図

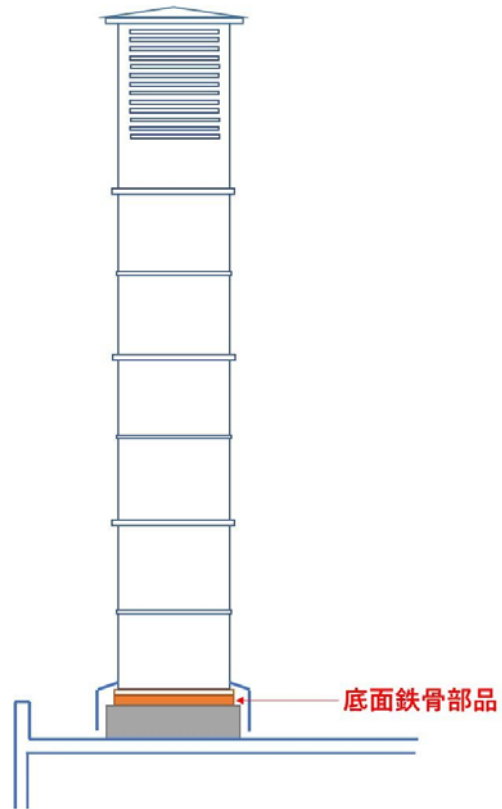


図3 排気筒底面鉄骨部品の位置および写真
(写真は倒壊した排気筒底面から取り外した状態であり、屋根基礎側が上側、排気筒側が下側)

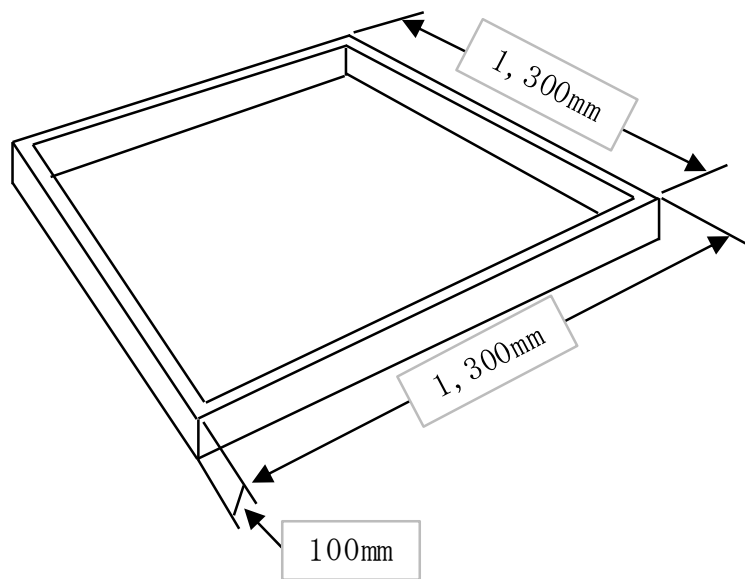


図 4 研究棟屋根基礎部と排気筒底面鉄骨部品との接合の模式図

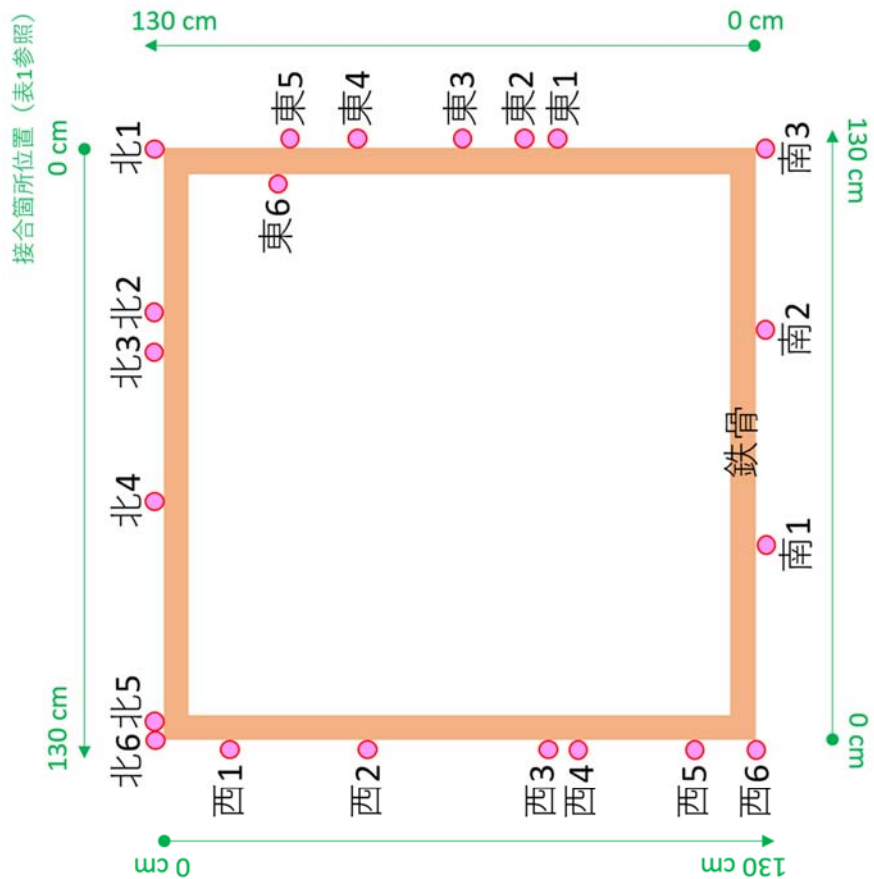


図5 研究棟屋根基礎部に鉄骨部品を載せた状態の写真（上から撮影）および模式図（模式図中に緑色で示す接合箇所位置座標に関しては表1を参照のこと）

北側部分を上から撮影



北側部分を横から撮影

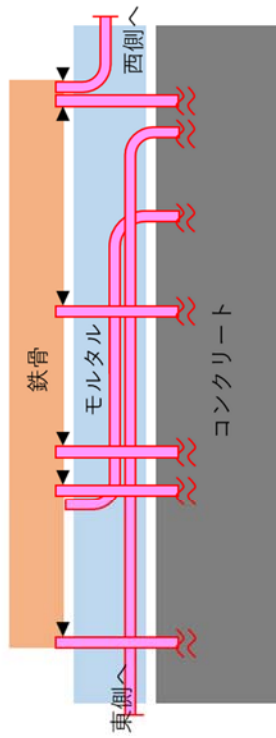
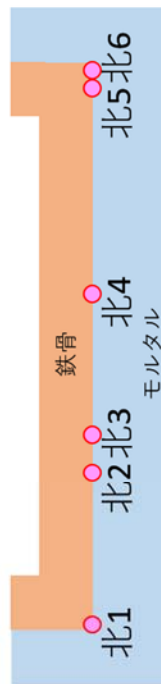
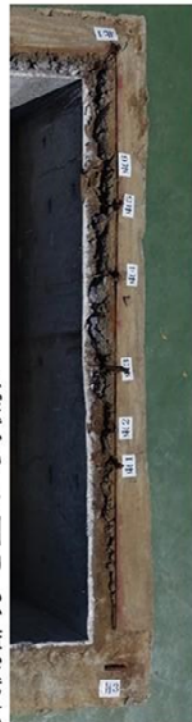
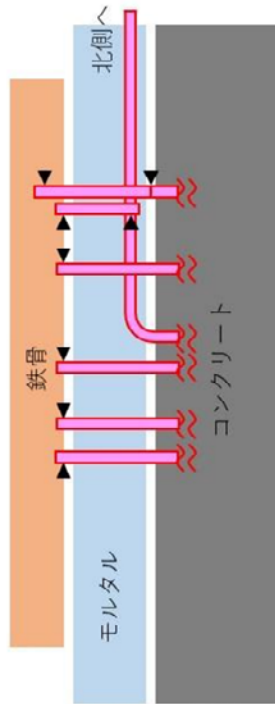


図6 北側部分の写真および模式図
(模式図には、鉄筋の位置関係の推定図も示す)

東側部分を上から撮影



東側部分を横から撮影



◀は溶接部を示す
なお東6の溶接部
は鉄骨の内側。

図7 東側部分の写真および模式図
(模式図には、鉄筋の位置関係の推定図も示す)

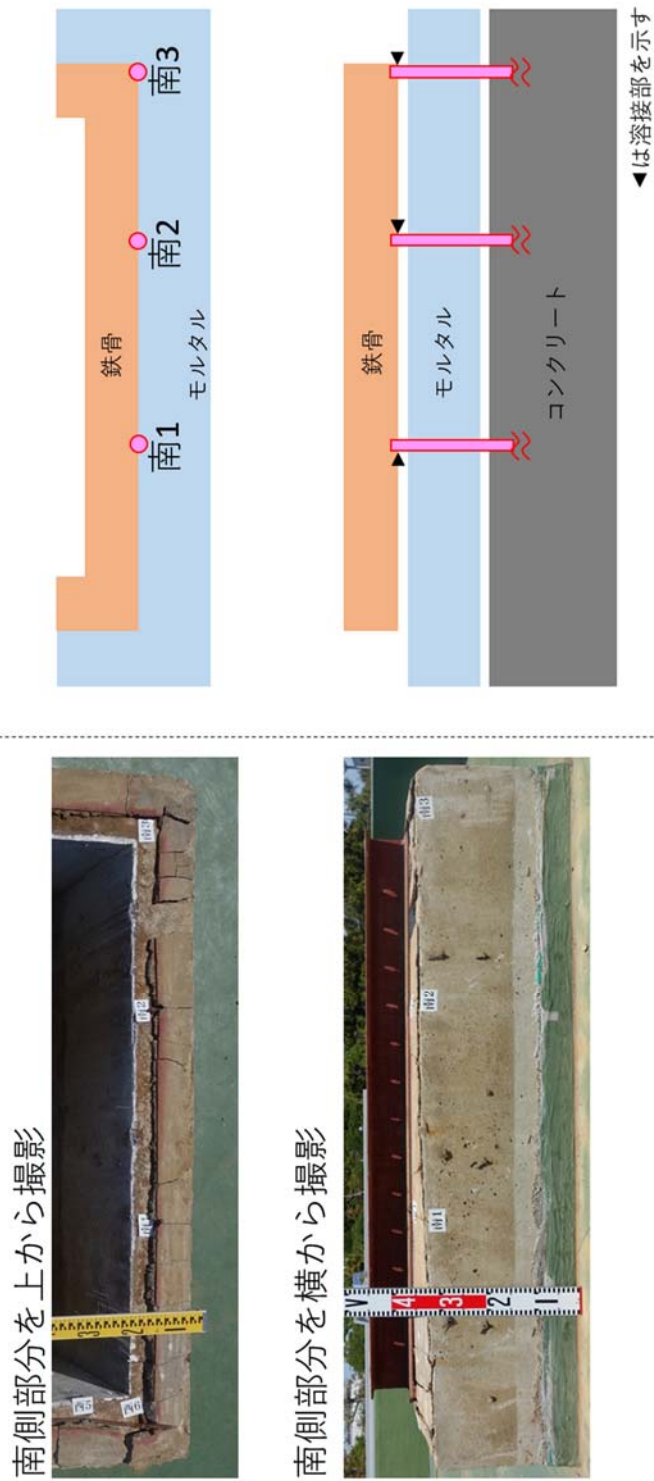


図8 南側部分の写真および模式図
(模式図には、鉄筋の位置関係の推定図も示す)

西側部分を上から撮影



西側部分を横から撮影

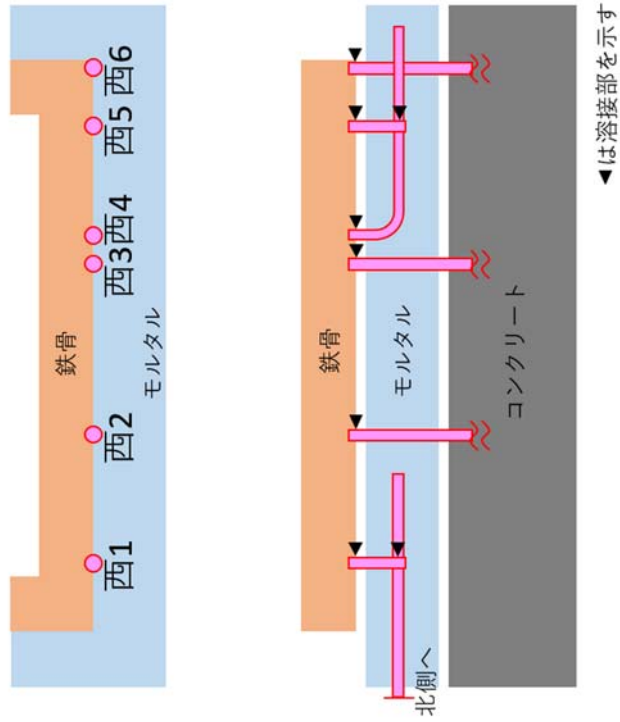


図9 西側部分の写真および模式図
(模式図には、鉄筋の位置関係の推定図も示す)



図10 北1の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図11 北2の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

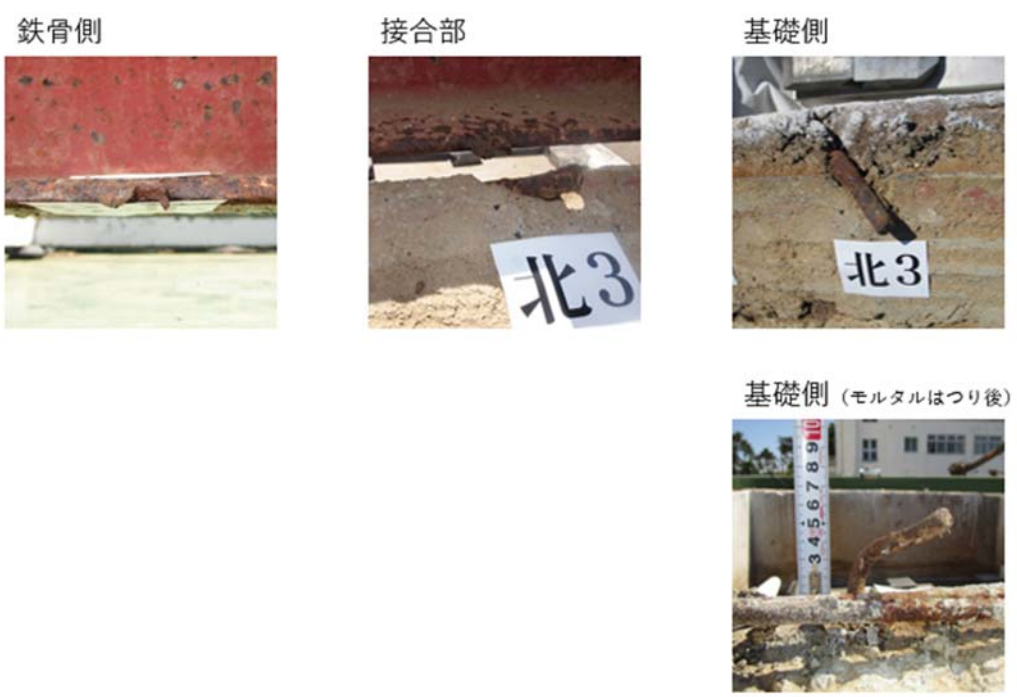


図 12 北 3 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

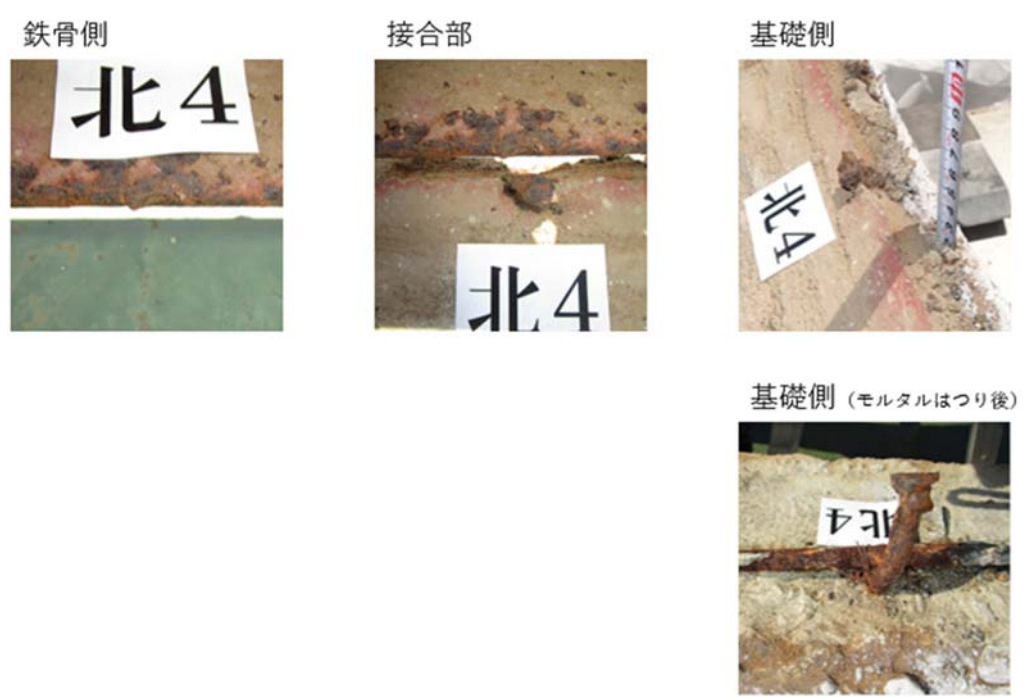


図 13 北 4 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図 14 北 5 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図 15 北 6 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

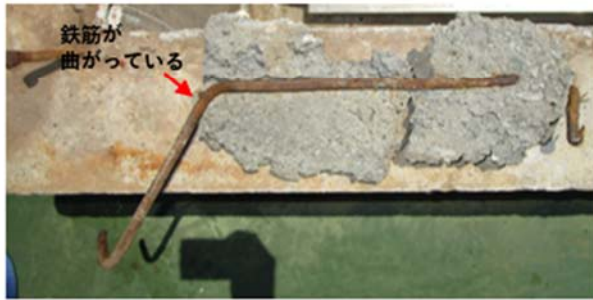
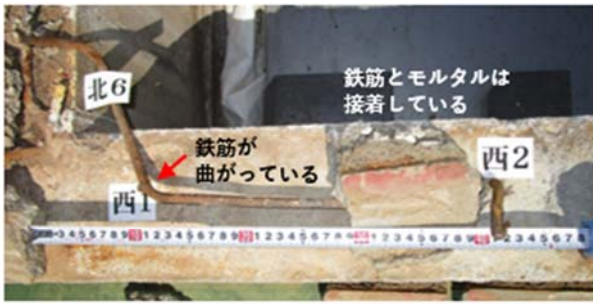


図 16 北 6 および西 1 周辺の写真

鉄骨側



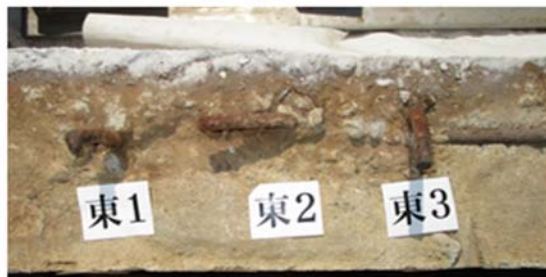
接合部



基礎側



基礎側 (モルタルはつり後)



基礎側 (モルタルはつり後)



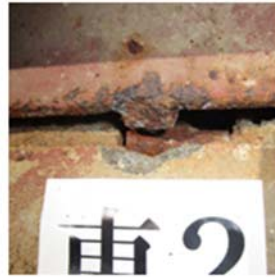
図 17 東 1 の写真

(“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

鉄骨側



接合部



基礎側



基礎側 (モルタルはつり後)

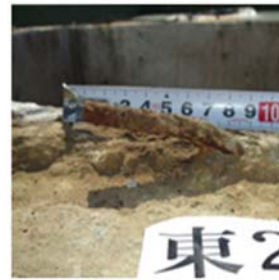


図 18 東 2 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

鉄骨側



接合部



基礎側



基礎側 (モルタルはつり後)



図 19 東 3 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図 20 東 4 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

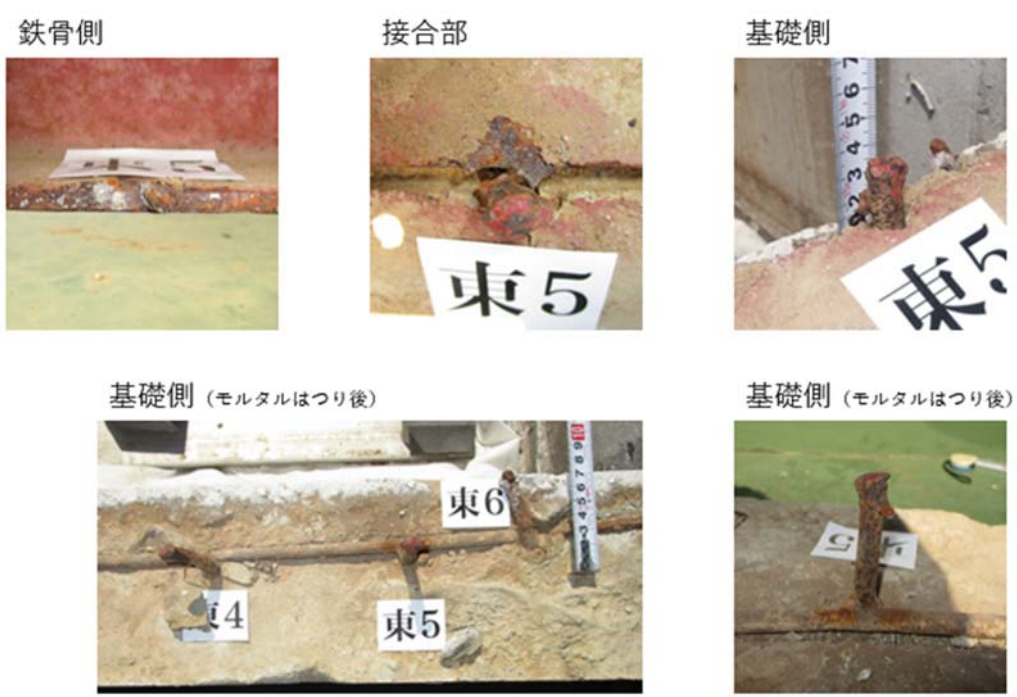


図 21 東 5 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

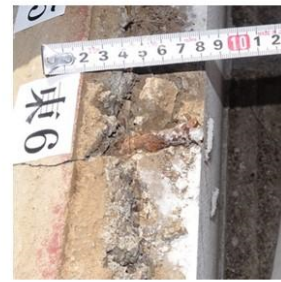
鉄骨側



接合部



基礎側



鉄骨側



接合部



基礎側



図 22 東 6 の写真

(“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

鉄骨側



接合部



基礎側



図 23 南 1 の写真

鉄骨側



接合部



基礎側



図 24 南 2 の写真

(“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図25 南3の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図26 西1の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図27 西2の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

鉄骨側



接合部



基礎側



図 28 西 3 の写真

(“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

鉄骨側



接合部



基礎側



接合部



図 29 西 4 の写真

(“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)



図 30 西 5 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

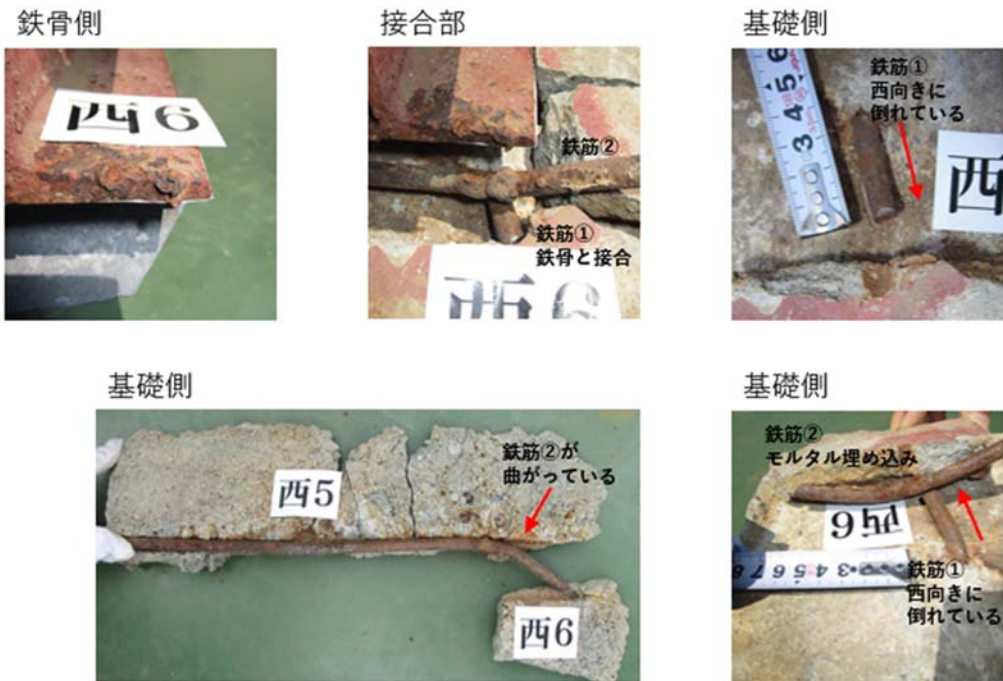
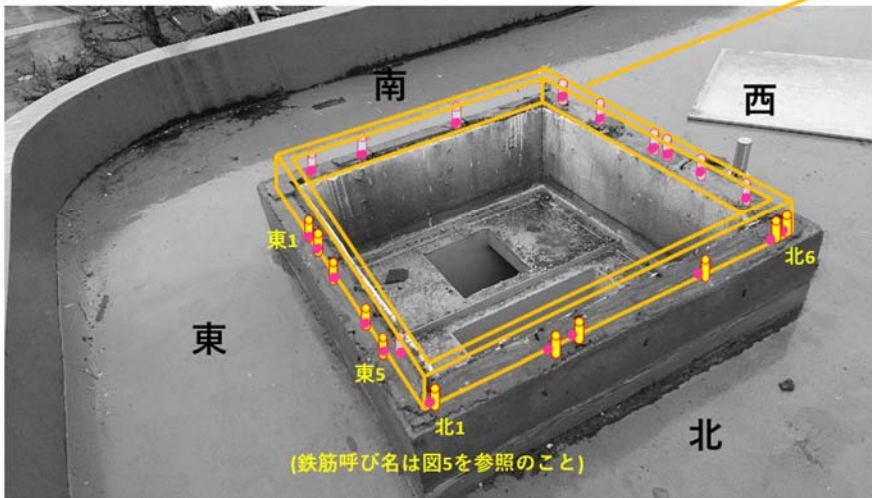


図 31 西 6 の写真
 (“接合部”は、接合した状態を再現して撮影したもの)

昭和44年の接合直後（推定）



排気筒底面鉄骨部品

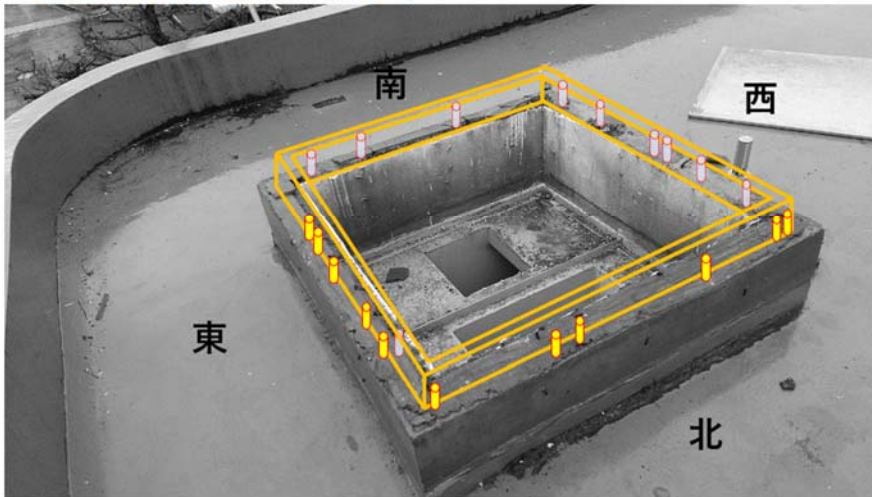
📏：鉄筋（モルタルからの露出0～2.5cm）

この視点では、一部の鉄筋（南1-3、西1-6、東6。鉄筋呼び名は図5を参照）は、排気筒底面鉄骨部品の陰となり、視認できない。

●：溶接部

排気筒底面鉄骨部品は、研究棟屋根基礎部からの鉄筋（計21本）に点状に溶接されていたと推定される。

令和2年4月13日朝（推定）



倒壊前には、全ての鉄筋について、溶接部（計21箇所）が破断していたと推定される。

倒壊直後

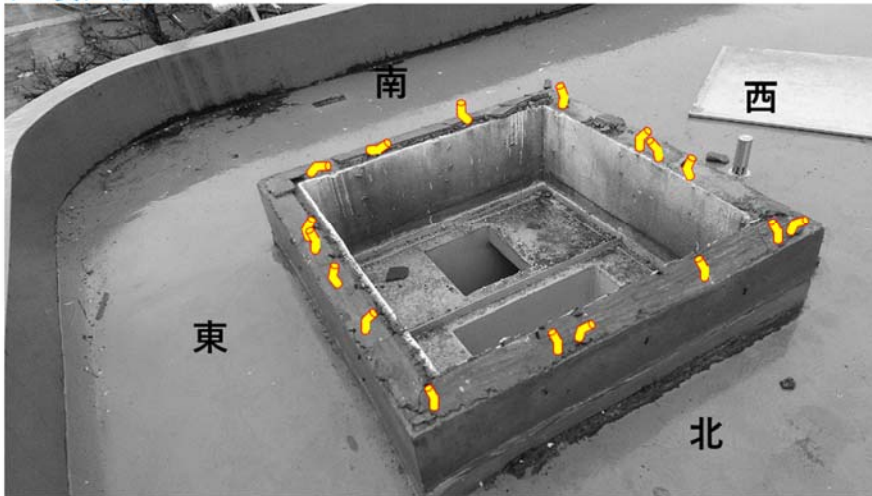
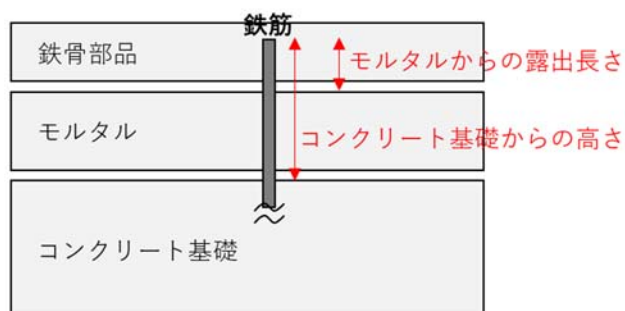


図 32 研究棟屋根基礎部と排気筒底面鉄骨部品との接合状態の時系列（推定）

表1 接合箇所および鉄筋の状況のまとめ

	接合箇所の位置 (鉄骨部品端からの 距離[cm]で表示。図 5 参照)	コンクリート基礎から の高さ[cm]) (下図参照)	モルタルからの露 出長さ[cm]) (下図参照)	備考
北1	0	6.5	1.5	図10 参照。
北2	36	6.5	1	図11 参照。
北3	45	8	2.5	図12 参照。
北4	77	6.5	1	図13 参照。
北5	129	6.5	1	図14 参照。
北6	130	8	2	図15、図16 参照。
東1	43	4.5	1	図17 参照。
東2	50	6.5	0	図18 参照。モルタル内で南向きに倒れている。
東3	63	6.5	2.5	図19 参照。
東4	83	5.5	1	図20 参照。
東5	99	(水平の鉄筋と長さ 5.5cmの鉄筋が溶接で 接合している)	1	図21 参照。
東6	105	(水平の鉄筋と長さ 6.5cmの鉄筋が溶接で 接合していたが破断)	1	図22 参照。
南1	43	3.5	1	図23 参照。東向きに傾いている。
南2	89	3.5	1	図24 参照。北向きに押しつぶされた可能性。
南3	130	5	1	図25 参照。東向きに押しつぶされた可能性。

西 1	16	(水平の鉄筋と長さ 6.5cm の鉄筋が溶接で 接合していたが破断)	1	図 16、図 26 参照。
西 2	45	6.5	1	図 27 参照。西向き に傾いている。
西 3	84	4.5	1	図 28 参照。西向き に傾いている。
西 4	94	3.5	0	図 29 参照。
西 5	117	(水平の鉄筋と長さ 6.5cm の鉄筋が溶接で 接合していたが破断)	1	図 30 参照。
西 6	129	3.5	不明	図 31 参照。鉄筋② は西向きに傾いてい る。



研究棟棟・ホットラボットラボ棟業務日誌

2020年 11月 17日(水) 天気 晴 気温 15℃

(個人情報保護の観点から非開示とする)

添付資料23

研究棟放射線管理区域設備の点検結果の例

監視記録対象設備	監視記録		差圧監視対象設備		監視記録		備考
	10:00	15:00	定格単位	運転監視対象	10:00	15:00	
材料試験炉実験棟	6600 V	6357	6357	鉛セル No.1	15 mmAq	20	
高圧盤	電圧	A	16	No.2	15 mmAq	14	
受変電設備	電流	%	94	No.3	15 mmAq	21	
	力率	kw	60	No.4	15 mmAq	19	
排気設備	電力	A	115	No.5	15 mmAq	25	
	電圧	210 V	200	No.6	15 mmAq	24	
圧空設備	電圧	A	57	クロ-フホックスNo.1	15 mmAq	15	
	電流	210 V	200	No.2	15 mmAq	9	
排気設備	電圧	A	-	ホット実験室	20~50 Pa	11	
	電流	105 V	100	ホット実験室	20~50 Pa	11	
受変電設備	電圧(R)	210 V	200	ホット実験室	mmAq	10	
	電圧(T)	A	80	F1排気フィルター	mmAq	10	
排気設備	電流(R)	A	105	巡視点検記録			
	電流(T)	A	84	結果			
受変電設備	電圧	116 V	116	点検記録対象	10:00	15:00	
	電流	14.5 A	8.7	受変電設備	V	V	
排気設備	電圧	14.5 A	8.7	排気設備	V	V	
	電流	135 A	8.7	空調給気設備	V	V	
圧空設備	電圧	68 A	-	空気圧縮設備	V	V	
	電流	28 A	20	廃水処理装置	V	V	
排気設備	電圧	22 A	14.6	研究棟廃液タンク	V	V	
	電流	14.5 A	14.6	HL1掃廃液タンク	V	V	
受変電設備	電圧	3.8 A	0.7	放射線監視装置	V	V	
	電流	1.2 A	0.7	装置作動常態良好否	V	V	
排気設備	電圧	2.4 A	0.7	表示値、記録確認	V	V	
	電流	103 A	0.7	警報発生 有無	V	V	
圧空設備	電圧	52 A	13.5				
	電流	28 A	4.7				
排気設備	電圧	6.8 A	5.7				
	電流	15 A	4				
受変電設備	電圧	16.8 A	5.7				
	電流	5.6 A	4.6				
排気設備	電圧	kg/cm ²	5.7				
	電流	kg/cm ²	4				

運転監視記録記入要領
 1. 運転中は計器の表示値を記入する
 2. 自動運転の機器が停止中である場合及び運転中であっても計器の読み取りが困難である場合には一印

点検結果記入要領
 1. 異常なしの場合 ◯
 2. 異常ありの場合 △
 3. 休止中 /

巡視事項	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
表示灯・計器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
受変電設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
非常電源設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
圧縮空気設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
排気設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
空調給気設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
給排水設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ホット排水設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○