

# 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8月18日

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

---

1. 件名.....	3
2. 事象発生の日時.....	3
3. 事象発生の場所.....	3
4. 状況.....	4
5. 環境への影響.....	8
6. 事象に対する対応措置.....	10
7. 原因.....	15
8. 対策.....	27
9. 対策の実施状況.....	33

# 1. 件名 2. 事象発生の日時 3. 事象発生の場所

## 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

研究棟は、原子炉等規制法に基づく核燃料物質使用施設（第41条には非該当）およびRI規制法に基づくRI使用施設である。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ため、核燃料物質使用施設等の故障に該当する法令報告事象と判断した。

研究棟排気筒（倒壊前）



倒壊後

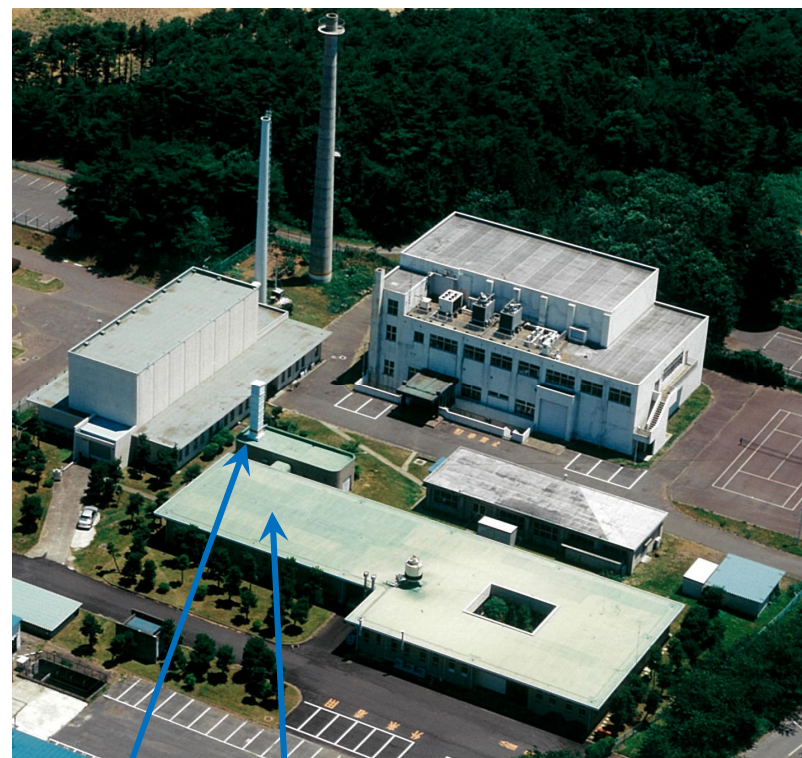


## 4. 状況 4.1 研究棟の状況

- 研究棟は主に原子力材料のミクロ組織分析を行う施設。放射性物質の使用はRIがほとんど
- 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年間での 研究棟における核燃料物質使用履歴

年月日	使用核種	使用量	使用内容
令和元年7月1-3日	天然ウラン	0.004 g	走査電子顕微鏡観察
令和元年7月8-9日	〃	〃	〃
令和元年7月11-12日	〃	0.000 g	〃
令和元年7月31日-8月1日	〃	〃	〃
令和元年9月24-26日	〃	〃	〃



研究棟排気筒

研究棟管理区域

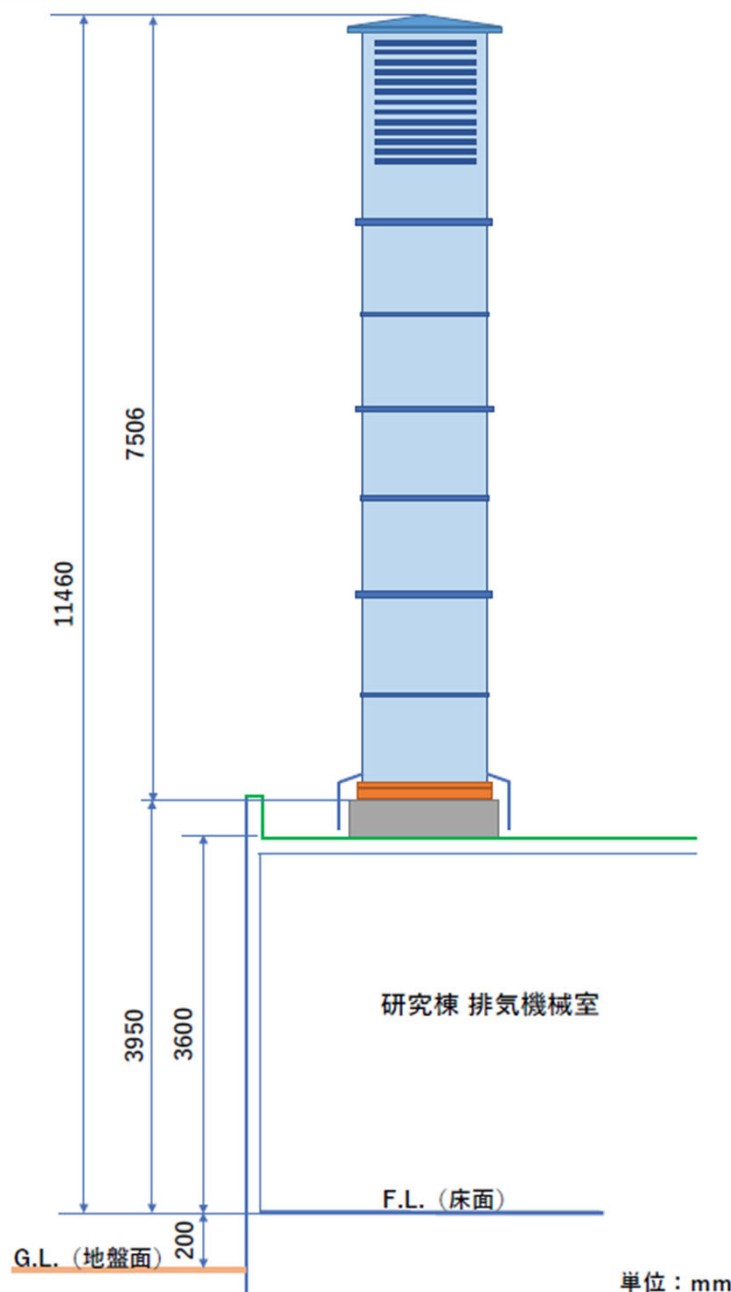


走査電子顕微鏡

## 4.2 研究棟排気筒の状況

- 放射線管理区域の排気設備
- 昭和44年(1969年)完成
- 鋼板製
- 研究棟屋上からの高さは約7.5 m
- 令和元年9月の台風15号の後、ワイヤー4本により耐風圧強度の補強措置
- ワイヤー補強により当面の間必要な耐風圧強度は確保できたと判断

【風速30.9 m/s（台風15号時の最大瞬間風速）でワイヤーに発生する推定最大張力（約**533 kgf**）に対して、ワイヤー1本あたりの耐荷重は約**650 kgf**。安全率は約**1.2**と評価。】



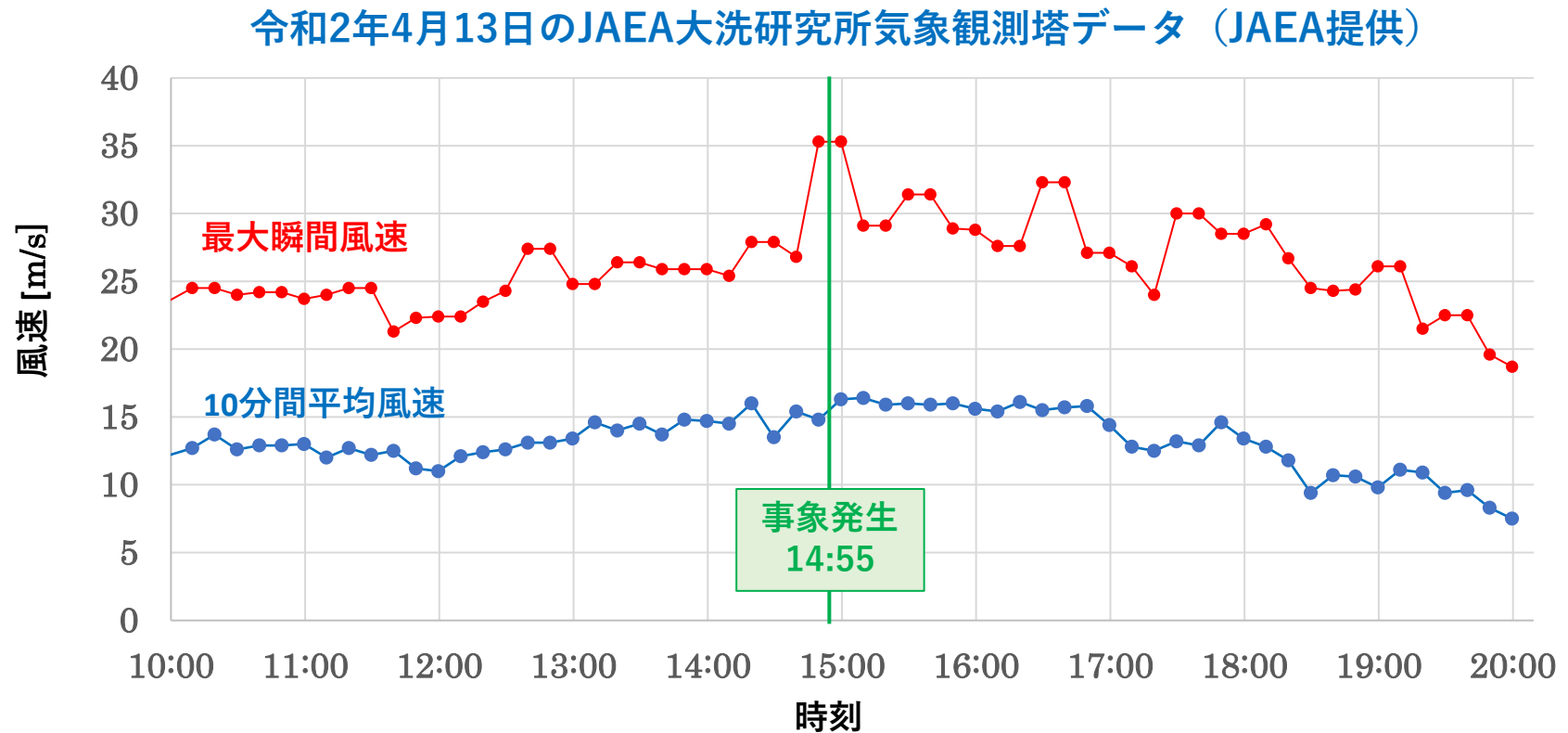
倒壊前の排気筒  
(南から撮影)

補強ワイヤー



## 4.3 当日の状況

- 放射性物質の使用はなかった
- 実験装置メンテナンスのため2名が入域していた
- 暴風警報が発出されていた
- 14時40分から15時00分までの間に**最大瞬間風速35.3 m/s、10分間平均風速15.6 m/s**の北北東の風



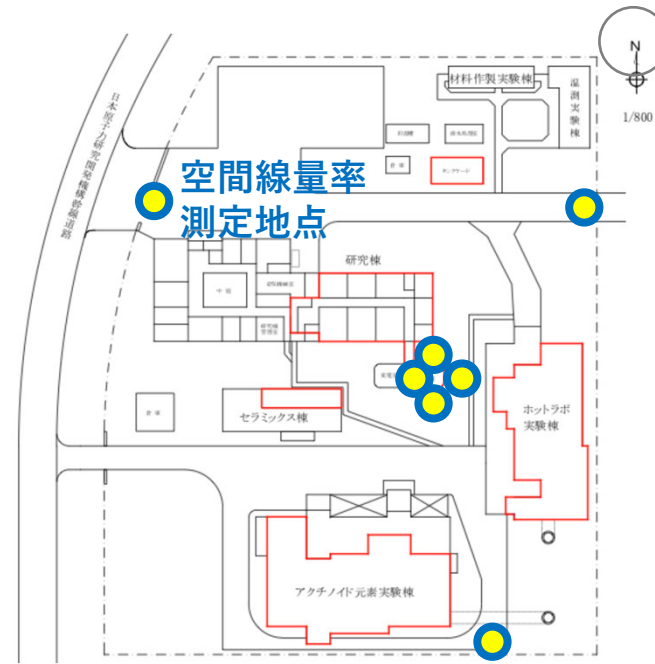
## 4.4 発生事象の状況

- 14時30分頃、強風による排気筒の揺れを職員1名が視認
- 14時55分、排気筒倒壊
- 倒壊を目撃した職員1名および倒壊音を聞いた職員2名が直ちに現場を確認
- 15時10分、防護活動本部設置
- 15時32分、事業所境界空間線量率測定を完了（異常なし）
- 15時40分、茨城県および大洗町等へのFAX（第1報）送信開始
- 15時45分、研究棟管理区域内のHEPAフィルタ等は健全であることを確認
- 16時30分、屋根開口部養生措置完了
- 18時00分、協定に基づく原子力施設の故障および法令報告事象であると判断
- 18時05分、協定に基づく原子力施設の故障であることを茨城県に報告
- 21時05分、防護活動本部解散

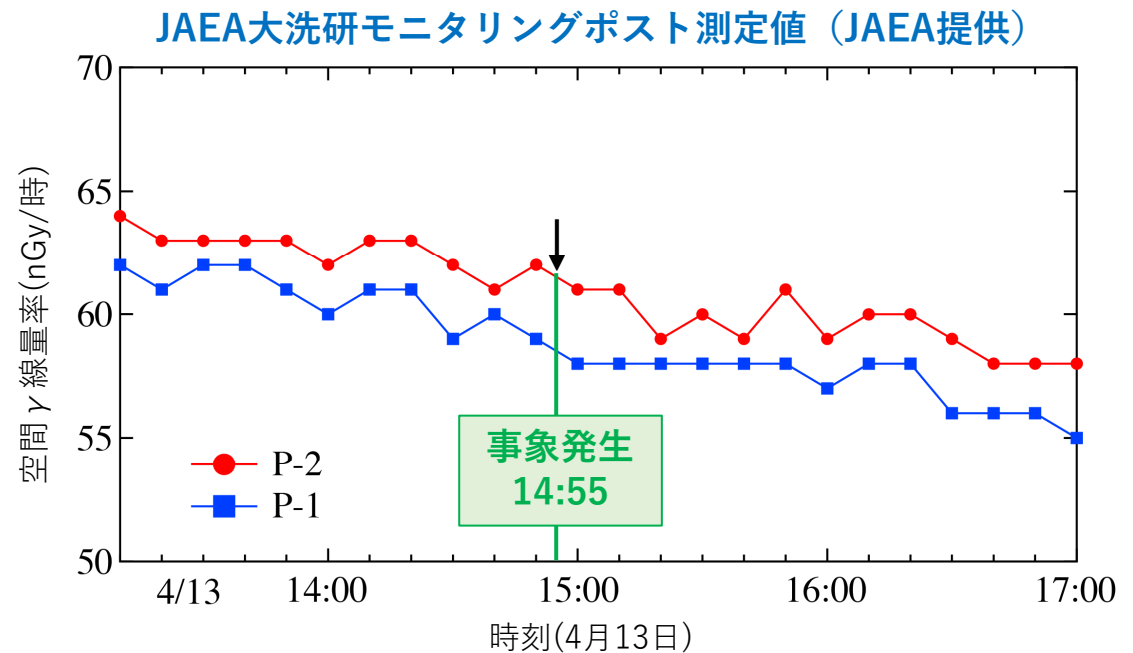


# 5. 環境への影響 5.1 空間線量率

- 空間線量率を、事業所境界・倒壊した排気筒周辺・研究棟屋根開口部周辺で測定。いづれの測定地点・時刻でも、測定値に異常なし



- JAEAモニタリングポスト測定値にも異常なし





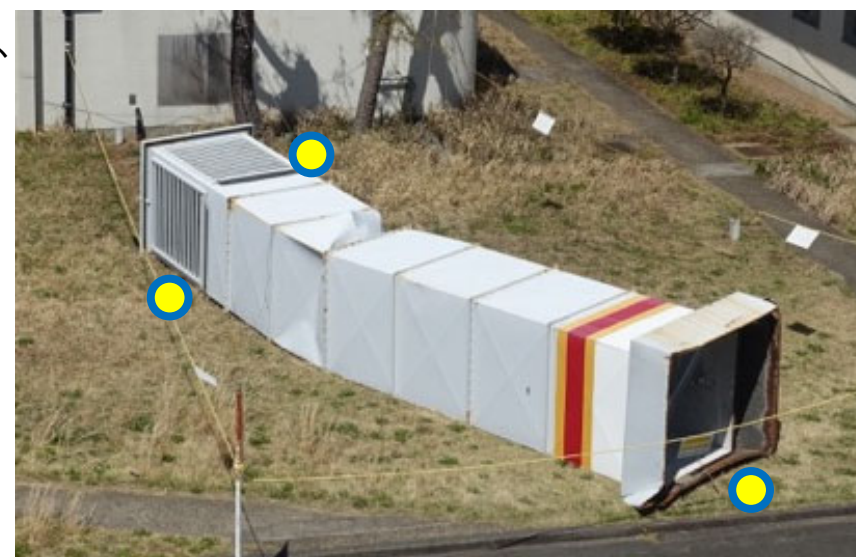
- 倒壊した排気筒の表面汚染密度 ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ) を測定した
- 排気筒の外表面および内面には**放射性物質による汚染はなかった**

表面汚染密度測定点の例



- 倒壊した排気筒の近傍の土壌を採取し、 $\gamma$ 線スペクトロメーターにより放射性核種分析を行った
- **周辺土壌への放射性物質の流出・飛散はなかった**

土壌採取地点



## 6. 事象に対する対応措置 6.1 倒壊した排気筒

10/36

- 倒壊した排気筒の表面汚染密度 ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ) を直接法および間接法でさらに詳細に測定
- 放射性物質による汚染がないことを確認
- 安全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**



排気筒内面を拭き取った化学雑巾  
(主に土埃が付着した)

排気筒撤去後の研究棟南側



解体された排気筒の保管状況

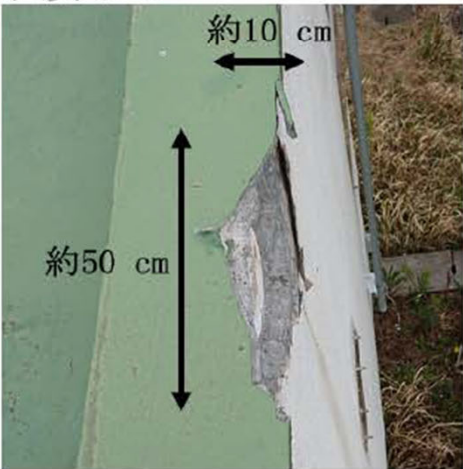


# 6.2 研究棟屋根表面の損傷部分

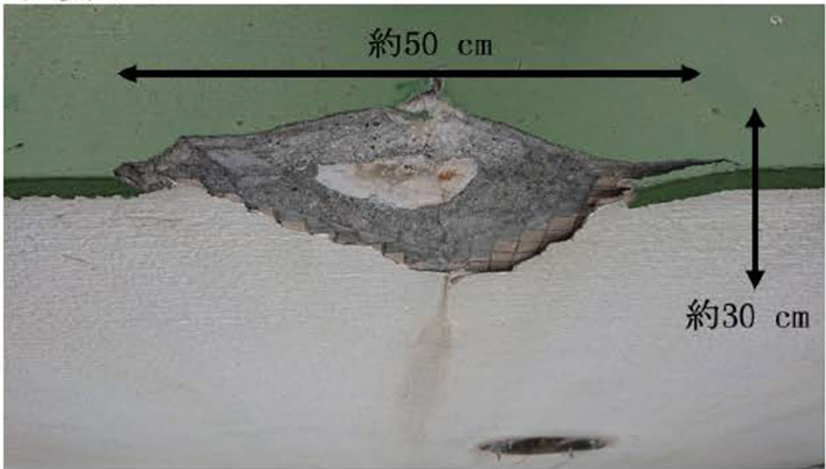
- 研究棟屋根の屋根の立ち上がり部分で、表面材およびコンクリートが損傷
- 損傷部周囲への亀裂はなし
- 室内側でも亀裂等の異常はなし
- 以上より、**この損傷が建屋の気密性保持に影響する可能性はない**と判断



↓接写1



↓接写2



- (4月13日) 開口部をシートで覆った後に金属板で養生
- (4月14日) 防災シートでさらに養生。ラチェット式ベルトおよび重石で固縛
- (4月28日) 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。ラチェット式ベルトおよび重石で固縛

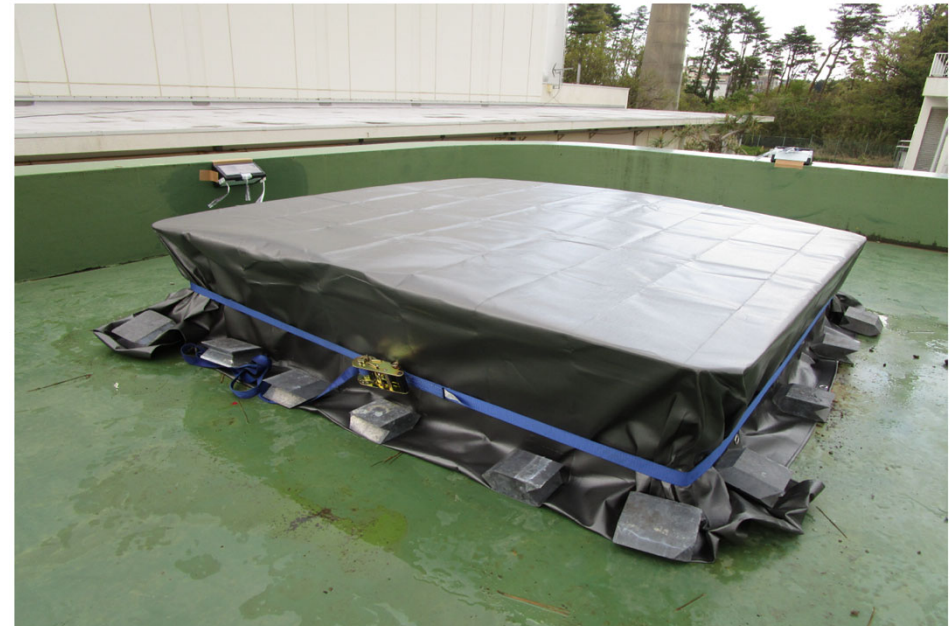
4月13日



4月14日



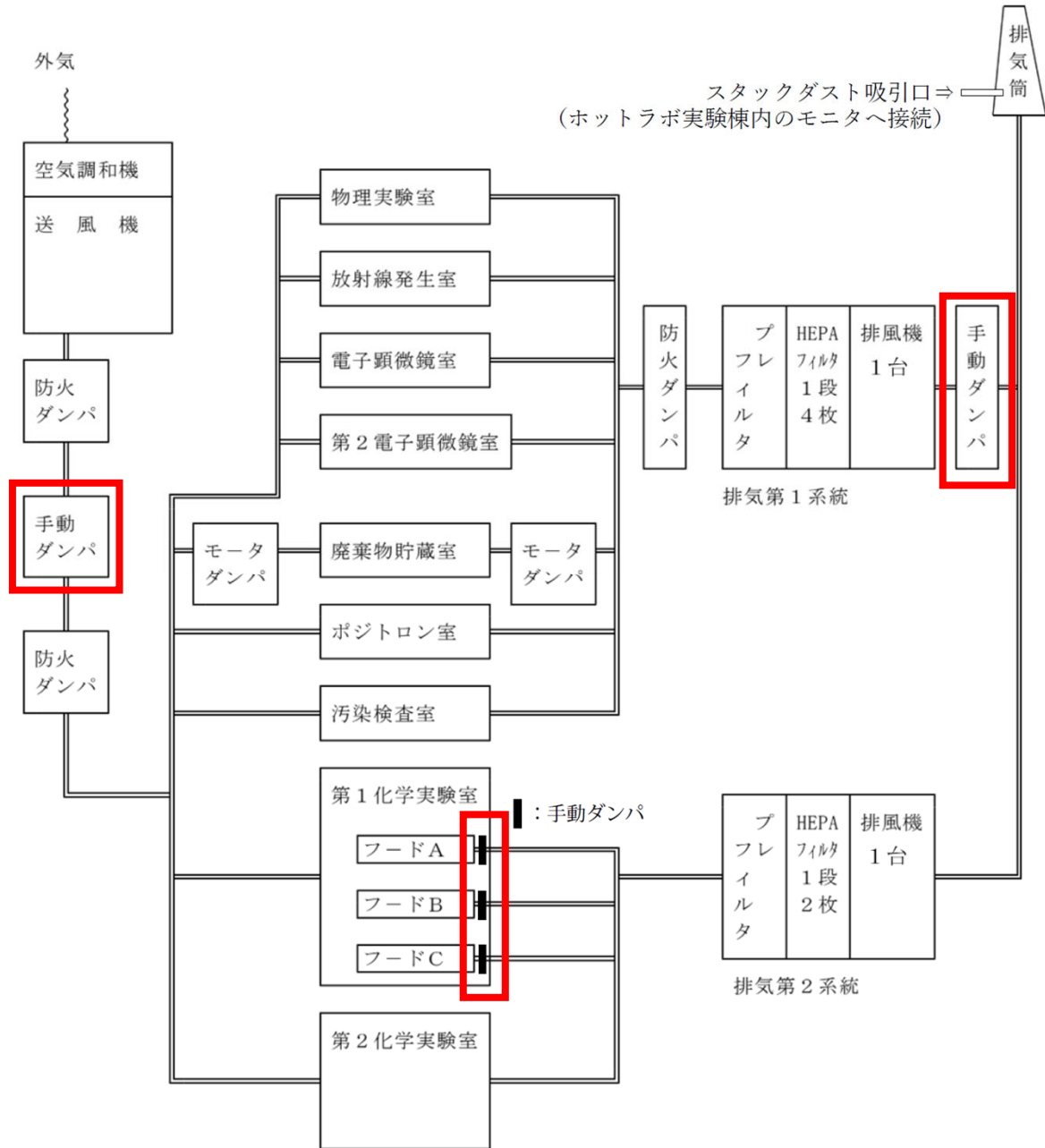
4月28日



- 養生の状態を、パトロール（1日1回以上）およびネットワークカメラ（常時）で監視している
- 開口部周辺の表面汚染密度を測定・監視している（1日1回）

# 6.4 放射線管理区域

- 現在、研究棟放射線管理区域では設備維持活動のみを実施
- 下記により、**外部環境に放射性物質が漏洩する可能性はない**
  - 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
  - 全ての放射性物質は貯蔵箱に格納されている
  - 全てのプレフィルタおよびHEPAフィルタは健全



- **外部環境に放射性物質が漏洩していないこと**を下記により確認・監視している。
  - 事業所境界の空間線量率測定
  
- **放射線管理区域内に異常がないこと**を下記により確認・監視している。
  - 放射線管理区域内の空間線量率測定
  - 放射線管理区域内の表面汚染密度測定
  - 放射線管理区域内の空气中放射性物質濃度測定
  - 貯蔵箱の状態確認

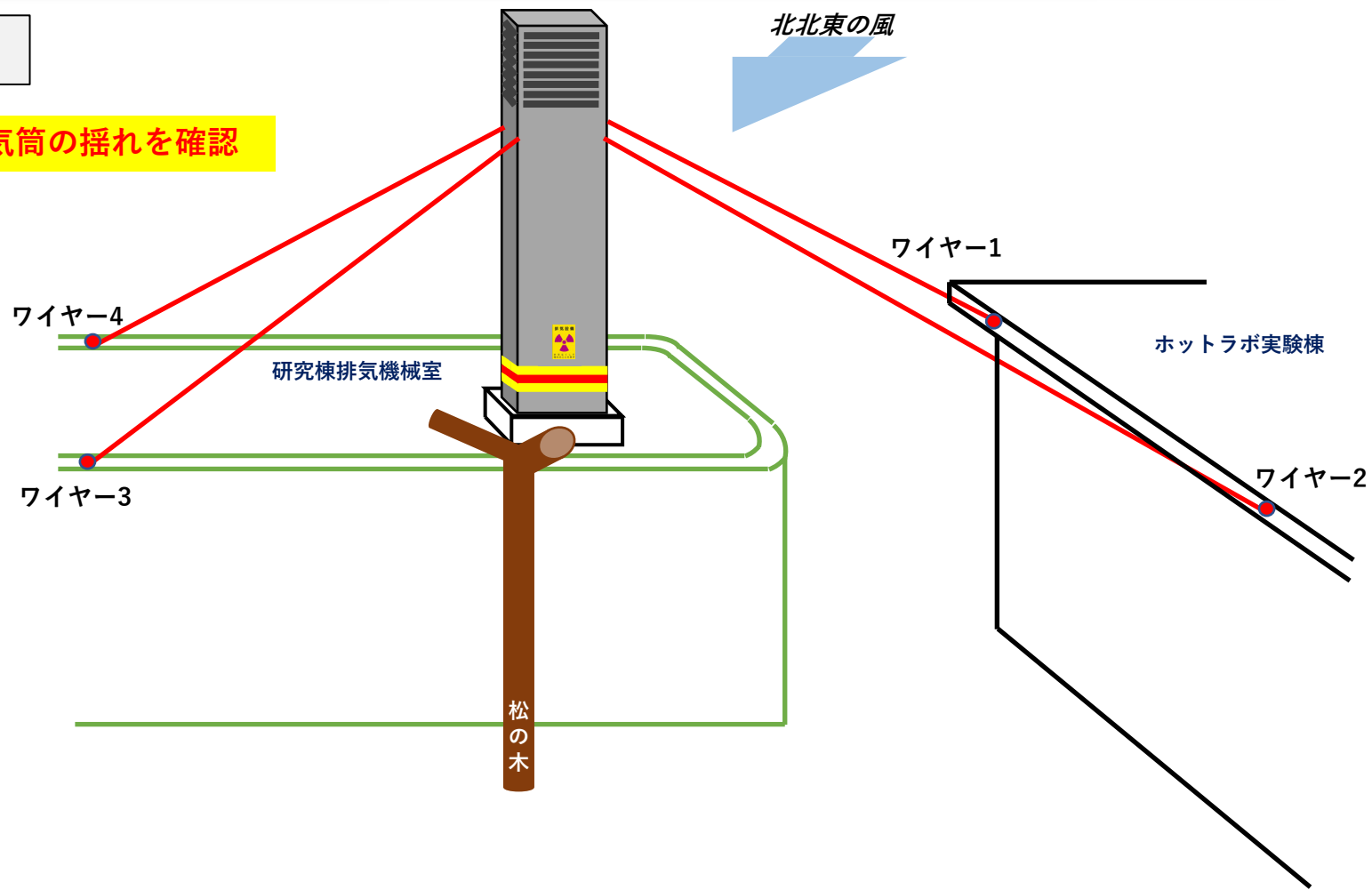
(参考：INES評価に係る検討)

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、管理区域内の負圧を維持したままで放射性物質に対する必要措置を講じられるため、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。

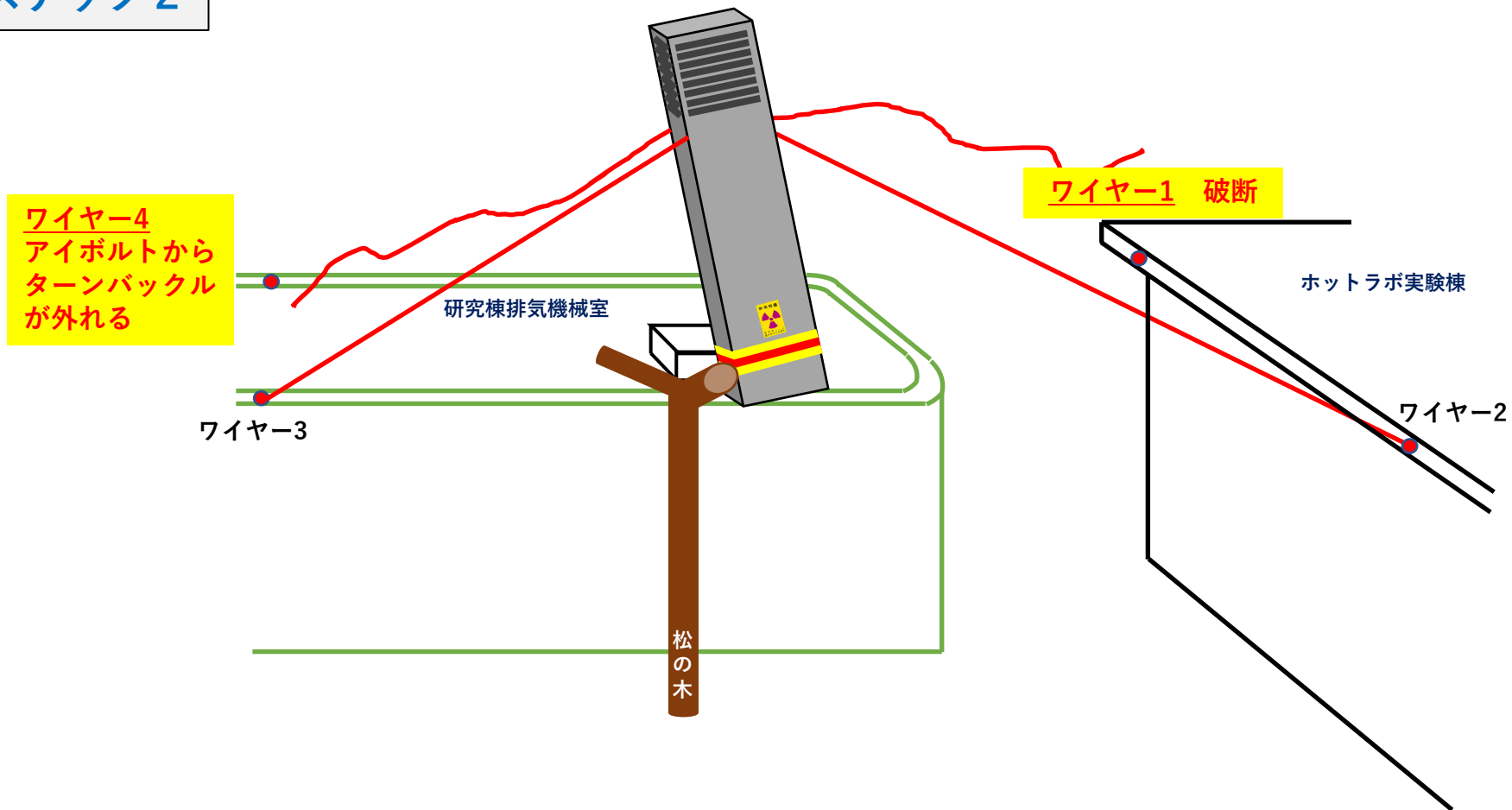
# 7. 原因 7.1 倒壊の状況（聞き取り調査等による推定）

## ステップ1

排気筒の揺れを確認

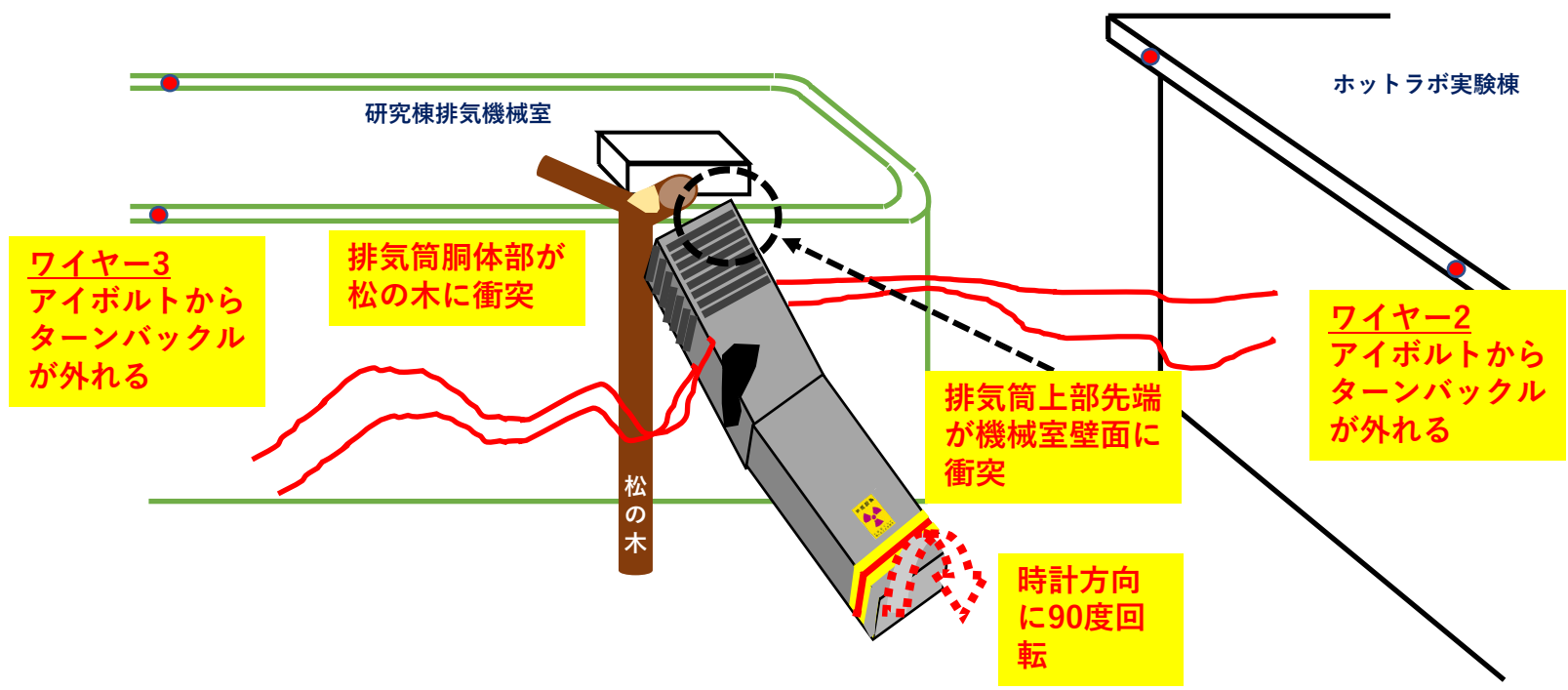


## ステップ2

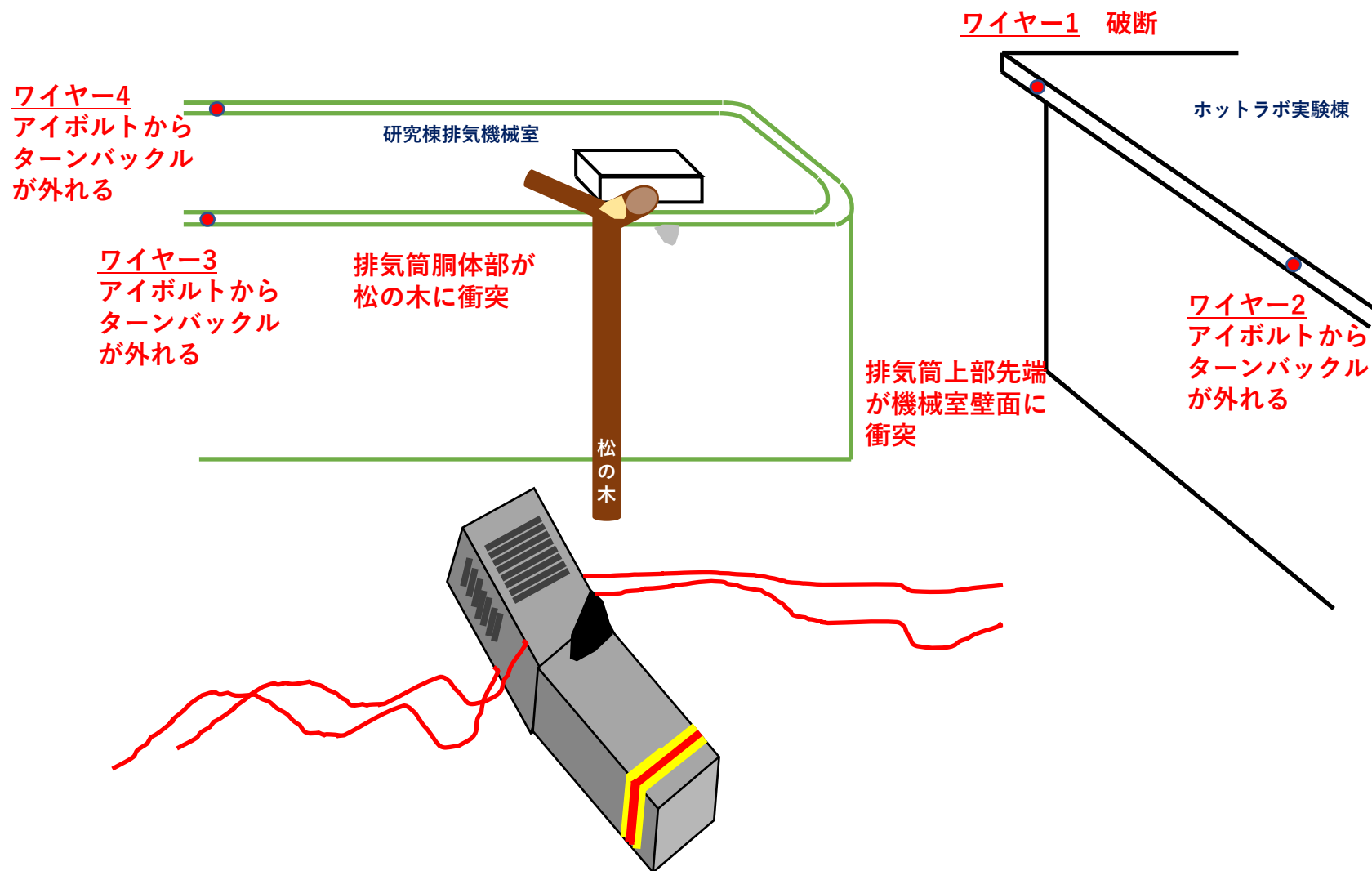




## ステップ3

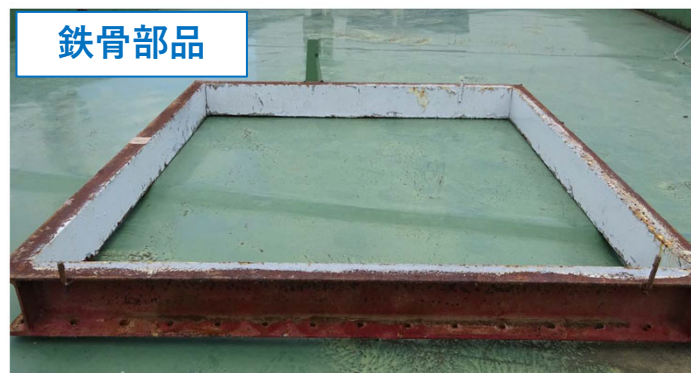
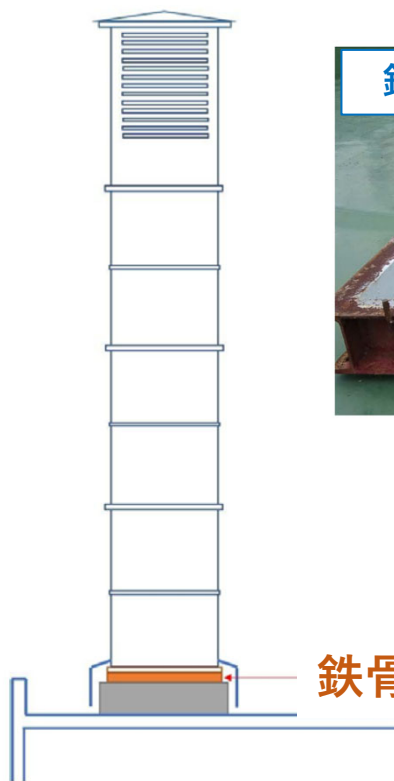


## ステップ4

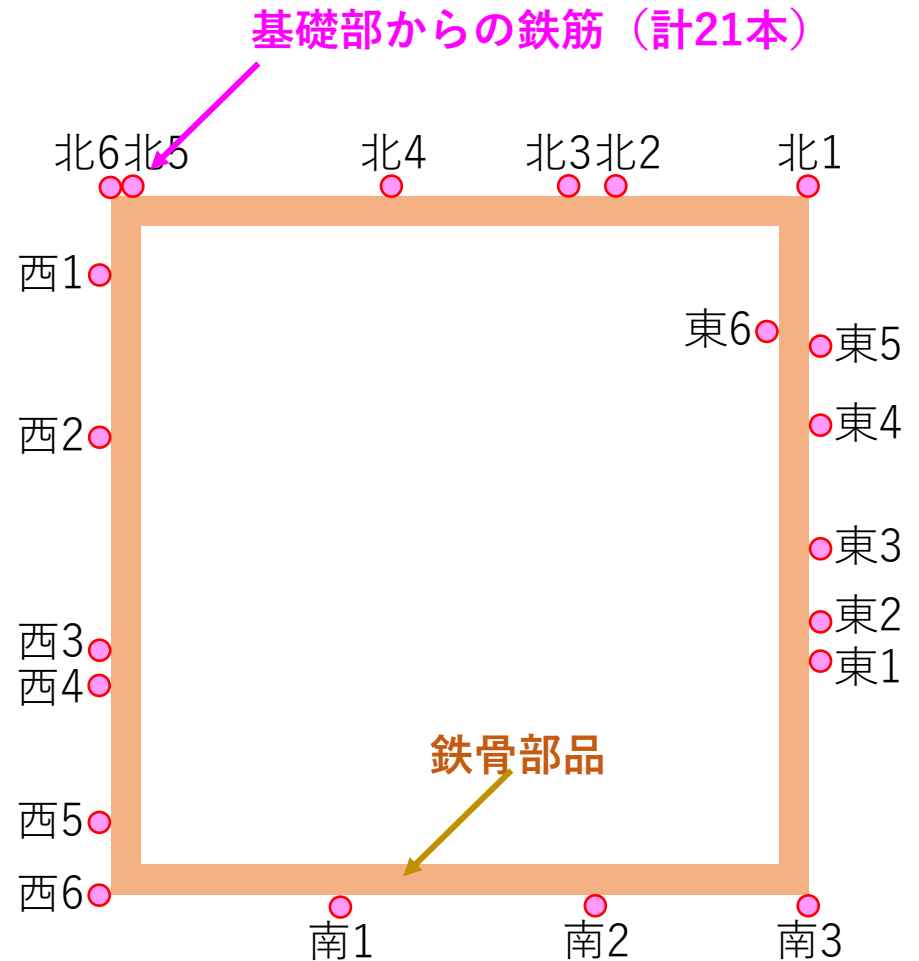
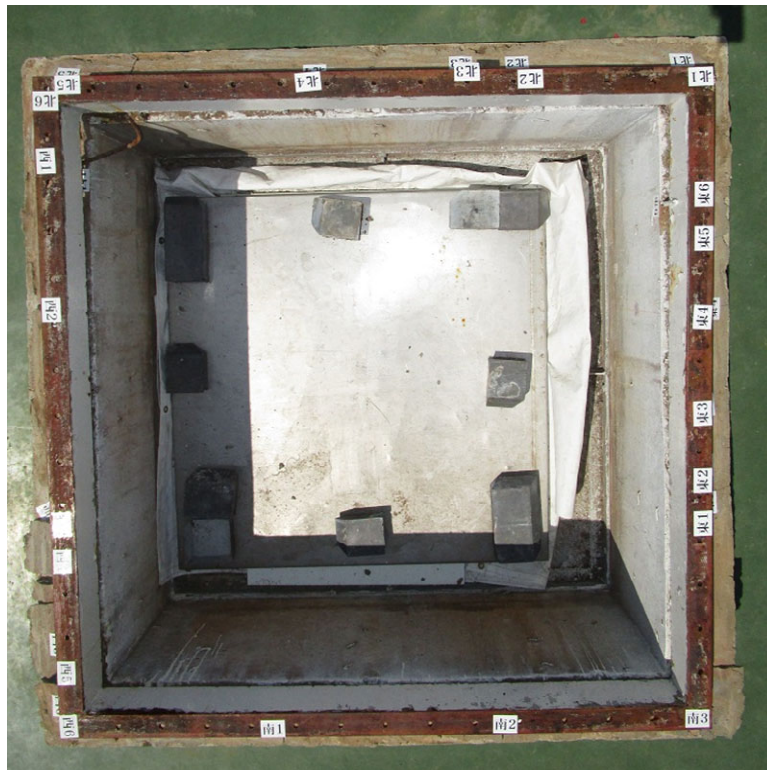


## 7.2 排気筒 - 屋根基礎部の接合の調査

- 排気筒の接合部分の周囲は鋼板で覆われていた
- 排気筒には点検口はなかった
- 排気筒底面の鉄骨部品を、排気筒から取り外して屋根に上げ、接合方法および接合の破断状況を調べた。



屋根基礎部に鉄骨部品を載せ、真上から撮影



- 屋根基礎部からは鉄筋（計21本）が出ていた
- 鉄筋と鉄骨部品との**接触部分が溶接**されていた

### 溶接されていた状態を再現して撮影

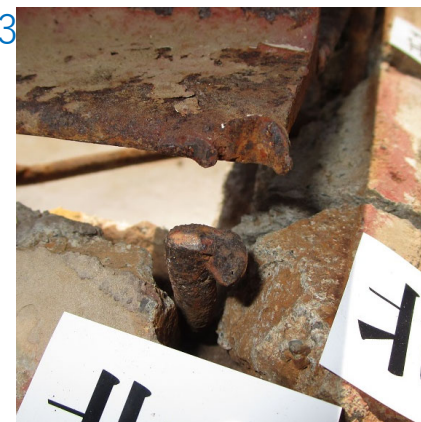
例1



例2



例3



例4



例5



例6

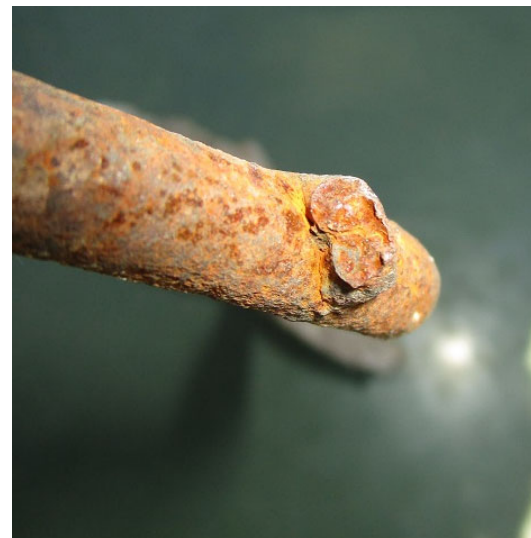


- 鉄筋と鉄骨部品との接合は、**接触部を1 - 3 cm程度の領域で点溶接したのみ**という施工方法で行われていたことが分かった

破断面 例1



例2



例4



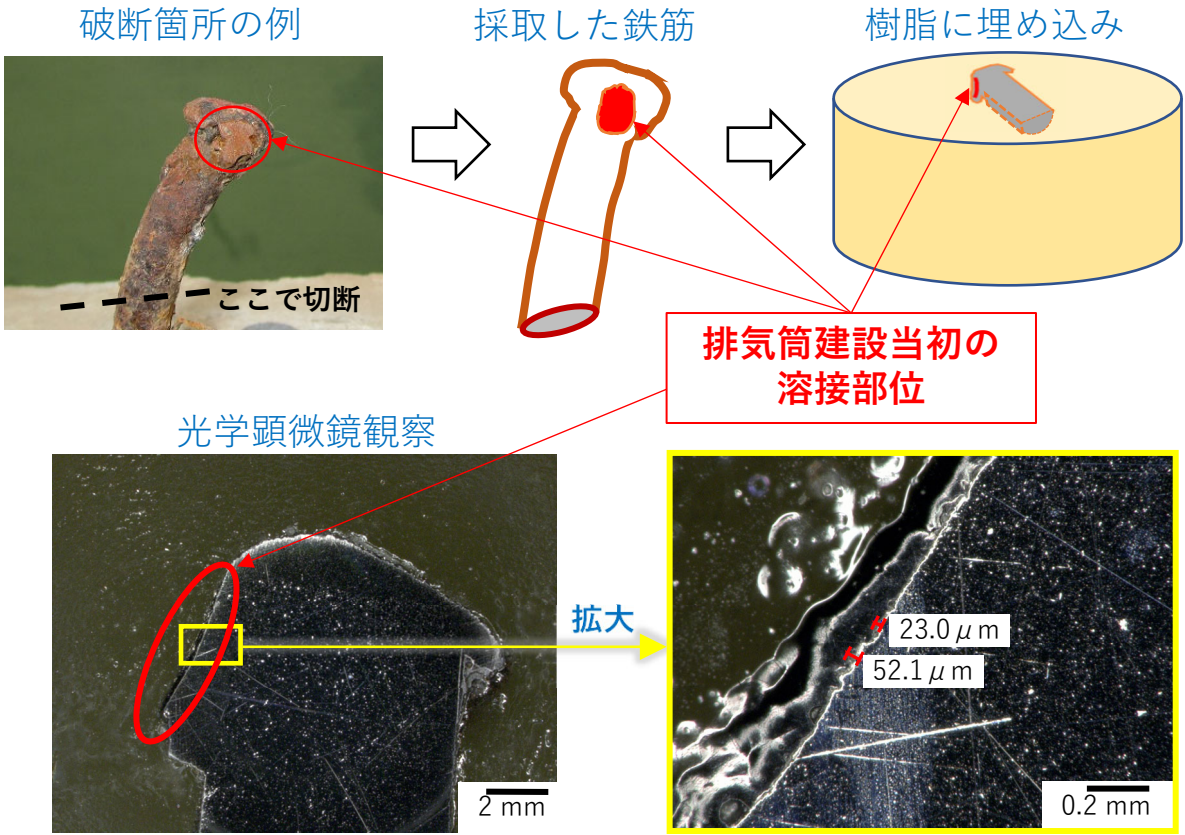
例5



- 21箇所いずれの破断箇所でも、破断面では腐食（錆）が進行していた  
⇒ 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**と考えられる

# 7.3 破断状況の調査

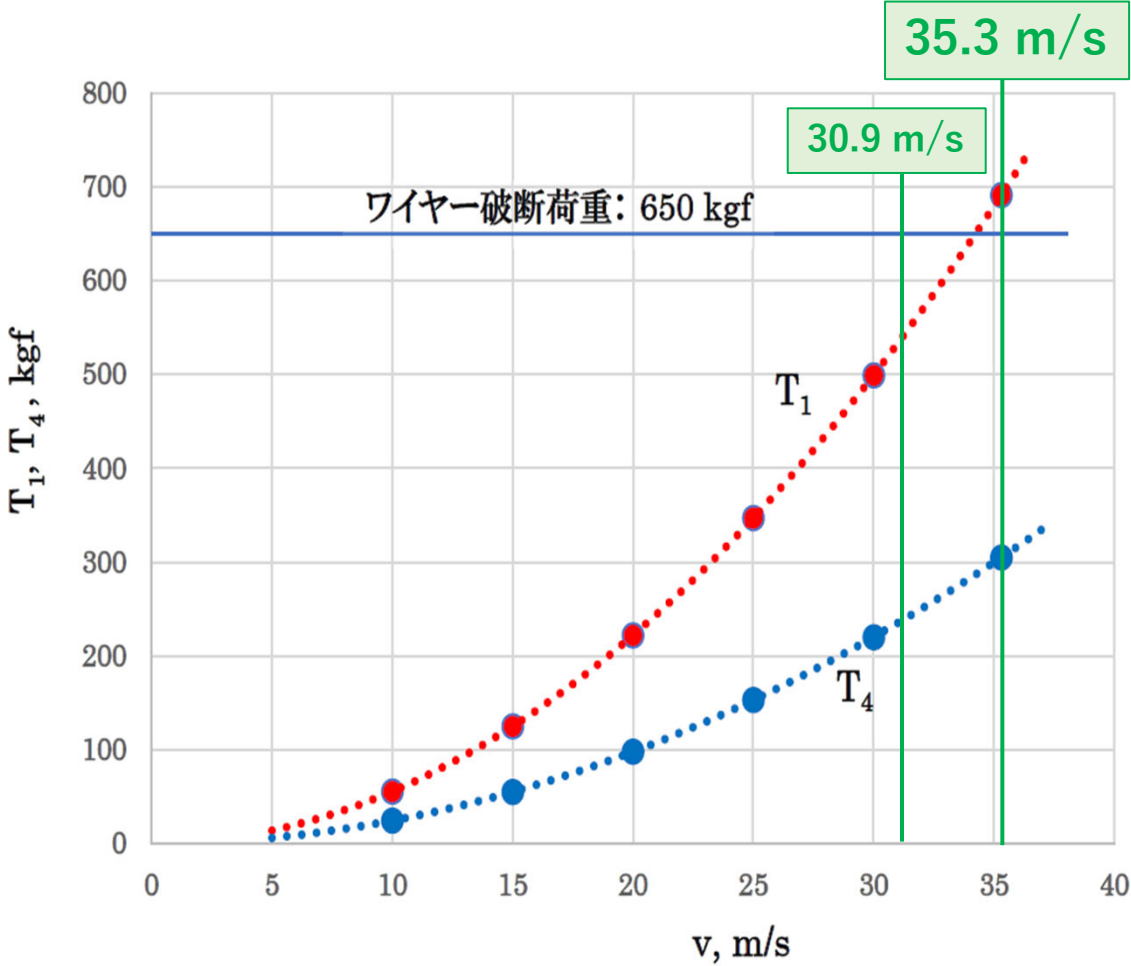
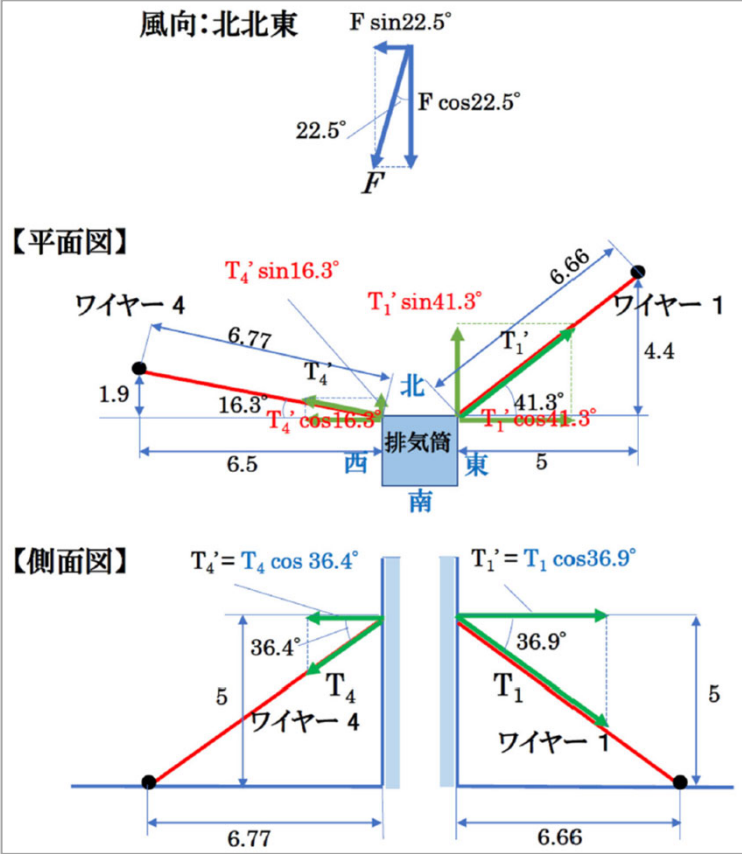
- 破断していた鉄筋について、**直径および破断面の錆層**を調査した
- 鉄筋の減肉はほとんどなかった  
⇒ 塩害の影響はほとんどなかった
- 錆層厚さは高々数 $10\mu\text{m}$ であり、鉄筋への密着性は高かった  
⇒ 鉄筋内部への錆の急速な侵入は生じていない



- 破断の状況や原因として、下記を推測
  - 点溶接だったために一箇所あたりの耐久性が低く、長年にわたる強風や地震等による外力の繰り返しにより、溶接部位が一箇所ずつ破断していった
  - 塩害などによる急速な腐食は生じていない

# 7.4 ワイヤーに生じた張力の推定

- 北北東からの風によって補強ワイヤー1, 4に発生する張力  $T_1$ ,  $T_4$  を推定



- 風速35.3 m/sでは  $T_1 = 691 \text{ kgf}$ 、 $T_4 = 305 \text{ kgf}$   
 ⇒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
- 風速30.9 m/s (令和元年9月の台風15号時) では  $T_1 = 530 \text{ kgf}$  (耐荷重以下)

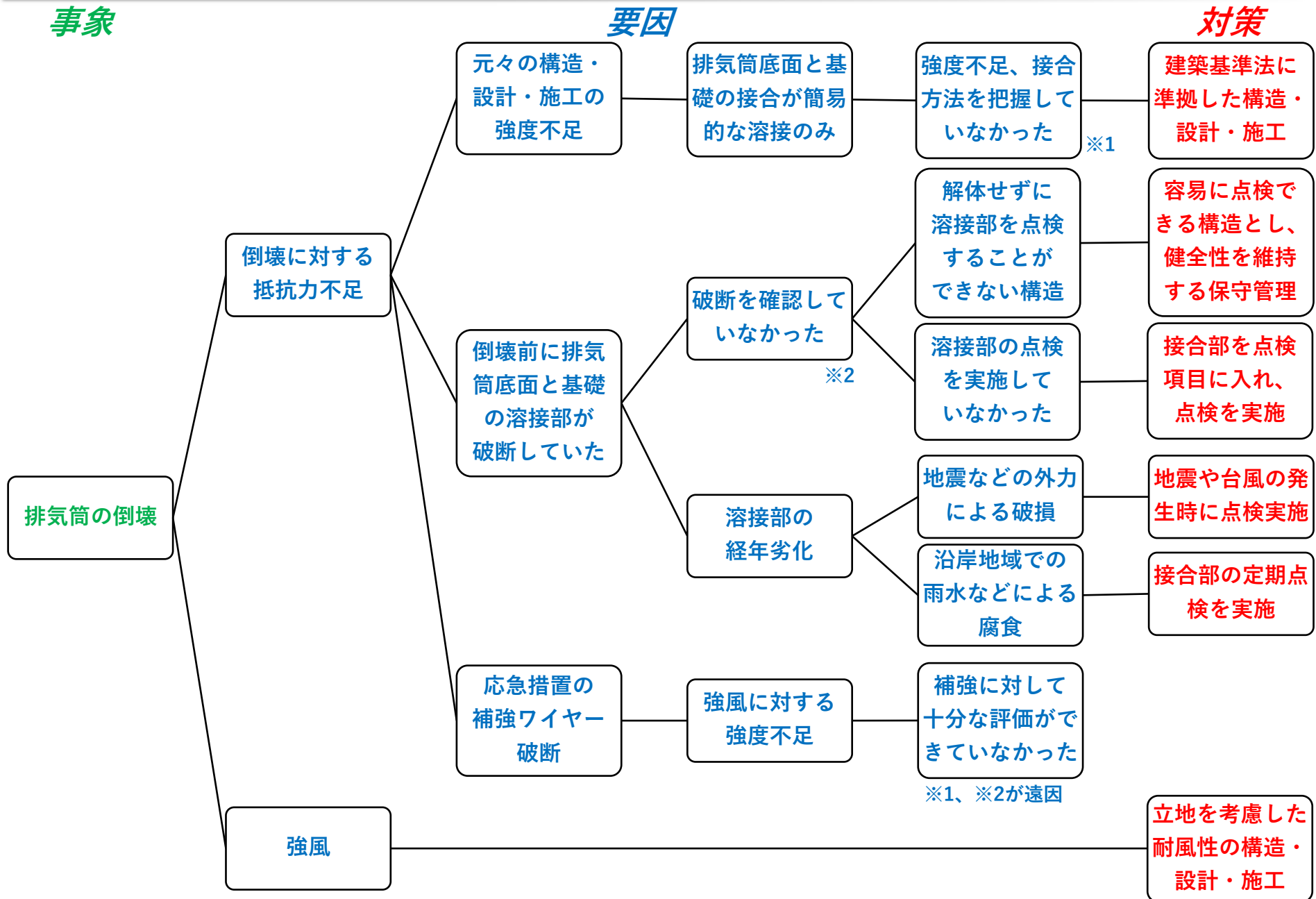


### 1. 直接的な原因

- 排気筒接合部の溶接について、**全ての溶接箇所は本事象以前に破断**していた（破断の原因は外力（過去の強風や地震等）の繰り返し等）
- このため、**排気筒の風荷重に対する強度は建設時から大幅に低下**していた
- この状況下で**当日の強風**（最大瞬間風速35.3 m/s、10分間平均風速15.6 m/s）により本事象に至った

### 2. 直接的原因の背景や問題点

- 排気筒接合部の設計・施工では長期の耐久性が考慮されていなかった
- 接合部の点検が不可能な構造だった（点検口なし、接合部周囲の覆い）
- 建設当時の資料が存在せず接合部の耐久性不足を認識していなかったため、接合部の点検が不十分だった
- 総括すれば、**排気筒の安全使用に関する品質保証活動が不十分**だった



## 8. 対策 8.1 排気筒再建にあたっての対策

- 研究棟での放射性物質の使用を再開するため、排気筒を再建する
- 再建にあたり、原因や問題点を踏まえ以下2点の対策を施す
  - 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。
  - 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。これら点検は排気筒の使用における最重要のホールドポイントとする。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に適切に保管する。

点検口を持つ排気筒の例  
(本センターホットラボ実験棟排気筒)



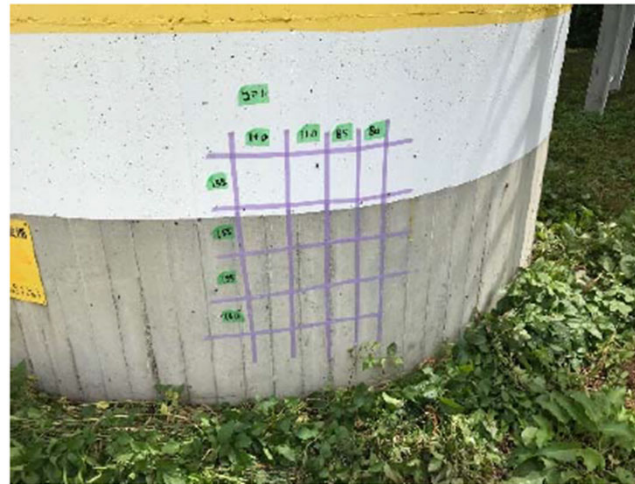
- 研究棟管理区域は全国共同利用型施設として我が国の原子力材料の教育研究で中心的な役割を担う施設であるから、東北大学としては**可能な限り早期に**排気筒を再建し、研究棟管理区域における放射性物質の使用等を再開したい。具体的な時期は原子力規制庁との協議結果等に依るので現時点では未定だが、可能ならば今年度中の再開を目指したい。

- 排気筒の健全性に関する水平展開として、本センターの他の排気筒（H棟、A棟）を点検し、**2本とも健全である**ことを確認

### 外部調査



### 鉄筋探査



### コンクリート試験片採取



調査方法：

基部目視調査、ロープアクセスによる外部・内部の目視調査、基部鉄筋のはつり調査、コンクリート圧縮強度試験、コンクリート中性化試験。コンクリート試験はJIS A 1107:2012およびJIS A 1152:2018による。

### 調査結果の例（A棟排気筒）

- コンクリート圧縮強度は、設計基準強度20.6 MPaに対して、29.6 MPa（試験片1）、31.6 MPa（試験片2）と十分高い
- 構造亀裂・変形・鉄筋状態・コンクリート状態から評価される経年指標は0.982であり、建設当初からの耐震性低下はわずか1.8%

- 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った
- これら本センターで講じる強風対策の情報は、本学の他施設にも展開する

研究棟



ホットラボ実験棟



研究棟ローディング  
ドック

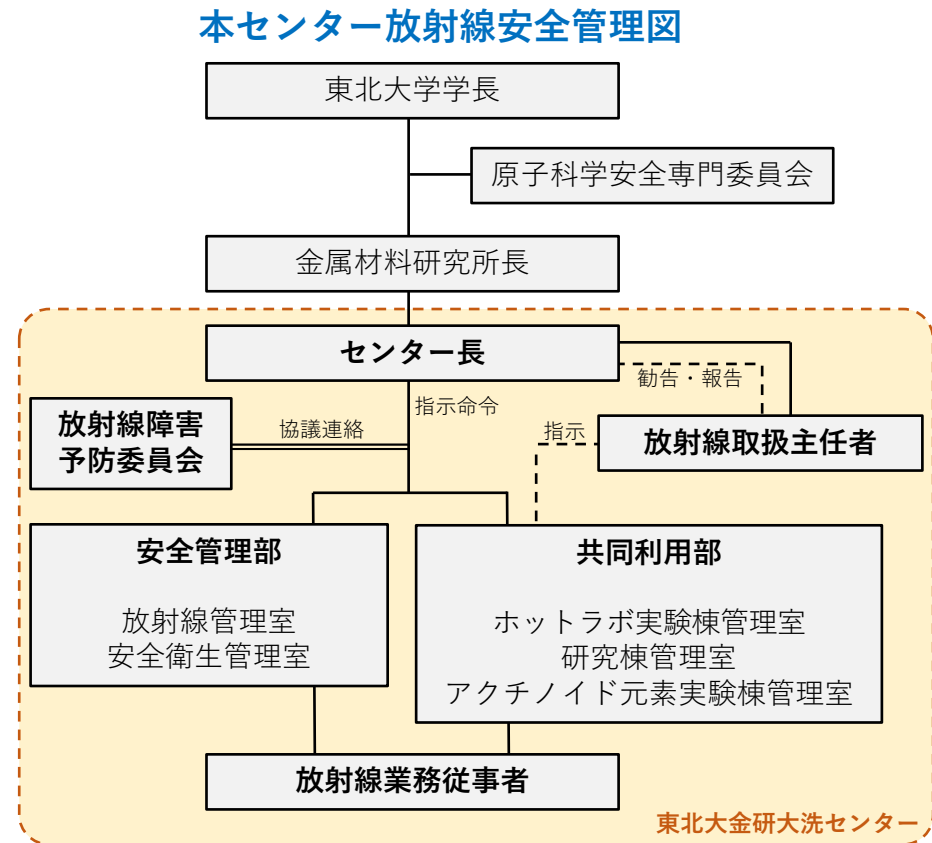


- 経年劣化への対策も進めるため、本センターの設備・施設全般について詳細な調査・点検を行い、その結果に基づいてリスクと重要度を考慮した優先順位をつけて補修や点検項目の見直し等必要な対策を講じる
- 自然災害等で倒壊等が起きた場合には放射性物質の漏洩・周囲の放射性物質取扱施設の機能への影響・人身への危害等が生じる可能性がある施設・設備に関しては、構造強度が期待される部分の構造が不明なものはないことを確認している
- 今後、上記の施設・設備に関してその構造が不明なものや点検が不十分なものがさらに見つかった場合には、**安全を第一として必要な措置（例えば、放射性物質の使用を一時停止する）を講じる。**
- 構造強度の補強では、専門家からの助言等を受けながら、安全・保守側に立った処置（例えば、その時点での構造強度はないものとする）を行う
- 規程やマニュアル等の更新は必要に応じて遅滞なく行うとともに、**更新・改善内容やその経緯は可能な限り文書化**することに努め、必要時に参照できるようにする

- 本センターの設備・施設の安全使用に関する品質管理を強化し、**必要に応じて放射性物質の使用を一時停止するなど安全を第一とし、PDCAサイクルを継続して十分な品質保証活動を行う**

- 品質保証活動では、**センター長が責任者となり安全管理部および共同利用部が主体となって活動**

- 品質保証チェックは主に安全管理部（特に安全衛生管理室）および必要に応じて金属材料研究所安全衛生管理室等が担当し、定期的（例えば排気筒接合部安全評価では年1回以上）な評価を行う



- 以上を通して、**原子力に係る組織として安全文化の更なる醸成**を行う



## 9. 対策の実施状況

原因	対策	対策の実施状況あるいは実施時期の目途
<p>腐食と地震・台風等の外力の繰り返し疲労による排気筒支持部の支持機能喪失に気づかず使用していた。ワイヤーによる補強は強風に対する強度が十分ではなかった。</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。</p> <p>(2)接合方法はボルト締めとし、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>(3)保守点検に関して、排気筒に点検口を設けることで接合部の健全性を確認できるようにする。</p> <p>(4)定期的（1年1回以上）に点検。</p> <p>(5)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。</p> <p>(6)本点検は排気筒の使用における最重要のホールドポイントとする。</p>	<p>(1) - (3)：排気筒再建時。なお、再建の時期は原子力規制庁等との協議等による。</p> <p>(4) - (6)：排気筒再建後、直ちに。</p>

## 9. 対策の実施状況

	原因	対策	対策の実施状況あるいは実施時期の目途
<p>品質保証活動の基本であるPDCAによる改善活動が不十分であった</p>	<p>排気筒の構造図等がなく、重要な文書の管理に不備があった。</p>	<p>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。</p>	<p>排気筒再建後、直ちに。</p>
	<p>排気筒支持部の鉄筋溶接部の破断が排気筒倒壊以前から生じたとされている。構造不明を理由に健全性評価や排気筒支持部の点検計画を立てられない状況を改善することなく放置した。</p>	<p>(1)構造強度を担い、自然災害等で倒壊等が起きた場合には放射性物質の漏洩・周囲の放射性物質取扱施設の機能への影響・人身への危害等が生じる可能性がある施設・設備に関しては、その構造が不明なものはないことを確認。</p> <p>(2)施設・設備に関してその構造が不明なものや点検が不十分なものがさらに見つかった場合には、安全を第一として必要な措置（例えば、放射性物質の使用を一時停止する）を講じる。</p>	<p>(1)：すでに実施済み。</p> <p>(2)：見つかった場合には、直ちに安全を第一とした必要措置を講じる。</p>

# 9. 対策の実施状況

原因	原因	対策	対策の実施状況あるいは実施時期の目途
<p>品質保証活動の基本であるPDCAによる改善活動が不十分であった</p>	<p>老朽化施設の更新計画の優先順位の設定基準において、支持構造の状況が不明であったことからリスクと重要度の評価が十分ではなく、優先順位を低く見積もり、更新が遅れた。</p>	<p>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リスクと重要度を考慮した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。</p>	<p>調査・点検はすでに開始している。 その結果が得られ次第、結果に応じて直ちに必要な措置を講じる。</p>
	<p>上記の状況であるにもかかわらず、使用を停止するなどのルールがなく、健全性評価や対策を十分にとるなどの改善をすることなく、核燃料物質等を使用し続けた。</p>	<p>施設・設備に関してその構造が不明なものや点検が不十分なものがさらに見つかった場合には、安全を第一として必要な措置（例えば、放射性物質の使用を一時停止する）を講じる。</p>	<p>直ちに。</p>

## 9. 対策の実施状況

原因		対策	対策の実施状況あるいは実施時期の目途
安全文化の醸成が不十分であった	安全を第一としなかった問題があり，排気筒支持部の健全性評価や対策を十分に実施することなく核燃料物質等を使用し続けた。	原子力に係る組織として安全文化の更なる醸成を行う	安全文化の更なる醸成を目指した取り組みが必要であることはすでに本センター構成員全員が改めて認識しており、すでに取り組みを始めている。本センターにおける安全文化が向上したことをなるべく早い時期に第三者にも感じていただけるよう、継続して努めていく。