

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

新旧対照表

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 材料試験炉部

令和2年2月

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">令 01 原機（環材）<u>009</u> 令和 <u>元</u>年 <u>12</u>月 <u>20</u>日</p> <p>原子力規制委員会 殿</p> <p style="text-align: center;">住 所 茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765 番地 1 名 称 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 代表者の氏名 理 事 長 児 玉 敏 雄</p> <p style="text-align: center;">JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について <u>（第2報）</u></p> <p>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、<u>令和元年 9 月 19 日付け令 01 原機（環材）007</u>で報告した JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について、<u>冷却塔の倒壊に至った原因の究明、現場の安全管理等に</u><u>取り組んでまいりました。今般、それらの結果及び対策を取りまとめたことから、別紙のとおり報告</u>いたします。</p> <p>別紙：原子力施設故障等報告書</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	<p style="text-align: right;">令 01 原機（環材）<u>013</u> 令和 <u>2</u>年 <u>2</u>月 <u>27</u>日</p> <p>原子力規制委員会 殿</p> <p style="text-align: center;">住 所 茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765 番地 1 名 称 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 代表者の氏名 理 事 長 児 玉 敏 雄</p> <p style="text-align: center;">JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について</p> <p>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、<u>令和元年 12 月 20 日付け令 01 原機（環材）009</u>で報告した JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について、<u>冷却塔のがれき等の撤去作業が完了したことから、現場の安全管理等の進捗の記載及び記載の適正化を行い、別紙のとおり補正</u>いたします。</p> <p>別紙：原子力施設故障等報告書</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	<p>補正に伴う鑑の変更</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）		変更後		変更理由
別紙 原子力施設故障等報告書 令和元年12月20日 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構		別紙 原子力施設故障等報告書 令和2年2月27日 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構		記載の適正化 記載の適正化
件名	JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について（第2報）	件名	JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について	
事象発生の日時	確認日時 令和元年9月9日（月） 7時40分頃 法令報告と判断した日時 令和元年9月9日（月） 13時30分	事象発生の日時	確認日時 令和元年9月9日（月） 7時40分頃 法令報告と判断した日時 令和元年9月9日（月） 13時30分	
事象発生の場所	JMTR 二次冷却系統冷却塔（非管理区域）	事象発生の場所	JMTR 二次冷却系統冷却塔（非管理区域）	
事象発生の原子力施設名称	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗研究所（北地区） JMTR 施設	事象発生の原子力施設名称	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗研究所（北地区） JMTR 施設	
事象の状況	<p>JMTRの二次冷却系統冷却塔（以下「冷却塔」という。）は、原子炉運転中において一次冷却系統から熱交換器を介して受けた熱を大気に放散するための設備である。冷却塔は、No.1～No.4の4基のセルから構成され、昭和43年に建設された。現在の冷却塔は、平成10年から平成11年にかけて、当時主構造材の腐食、アンカーボルトの減肉・腐食が確認されたためセル塔体部、ファンスタック部及びアンカーボルトの更新を行った後、平成20年には耐用年数の長期化を図るためセル塔体部のトップデッキ及びファンスタック部材を木製からFRP製に更新したものである。事象発生時、二次冷却系統は停止しており、冷却塔のスレート外壁の補修を目的として、令和元年9月5日～令和元年9月13日の予定で補修作業を実施するため冷却塔の東側に仮設足場を設置していた。仮設足場は、台風へ備え防風ネットの取外し、固定強化のための斜材取付け等の対策を施していた。</p> <p>大洗研究所には気象観測塔及び気象観測露場があり、気象状況を常時観測している。令和元年9月9日（月）4時頃から台風15号による強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東風が観測された。また、降水量は同日の降り始めから8時までで59mmであった。なお、気象観測塔及び気象観測露場は、冷却塔の東側約540mの位置にある。</p> <p>令和元年9月9日（月）7時40分頃、請負作業員3名が交替勤務の引継ぎ前の安全確認のためJMTR施設のパトロール中に、冷却塔の倒壊を確認した。なお、同日6時頃に行ったタンクヤードの現場確認時には冷却塔が倒壊していないことを目視で確認していたことから、冷却塔の倒壊時刻は、6時頃から7時40分頃までの間と推定される。冷却塔は、東側から西側に向けて倒壊し、冷却塔に接続している4本の二次冷却系配管は、冷却塔と共に倒れて、立ち上がり部で4本とも破損が生じていることが確認された。倒壊に伴う負傷者の発生はなかった。倒壊した冷却塔の周辺について、放射線管理第2課員による線量当量率測定を実施した結果、全てバックグラウンド値であり、線量当量率に異常は認められなかった。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL（Utility Cooling Loop）系統）地下部（Bトレンチ内、非管理区域）にある二次冷却系配管のフランジ部からの水の漏えいを確認した。その</p>	事象の状況	<p>JMTRの二次冷却系統冷却塔（以下「冷却塔」という。）は、原子炉運転中において一次冷却系統から熱交換器を介して受けた熱を大気に放散するための設備である。冷却塔は、No.1～No.4の4基のセルから構成され、昭和43年に建設された。現在の冷却塔は、平成10年から平成11年にかけて、当時主構造材の腐食、アンカーボルトの減肉・腐食が確認されたためセル塔体部、ファンスタック部及びアンカーボルトの更新を行った後、平成20年には耐用年数の長期化を図るためセル塔体部のトップデッキ及びファンスタック部材を木製からFRP製に更新したものである。事象発生時、二次冷却系統は停止しており、冷却塔のスレート外壁の補修を目的として、令和元年9月5日～令和元年9月13日の予定で補修作業を実施するため冷却塔の東側に仮設足場を設置していた。仮設足場は、台風へ備え防風ネットの取外し、固定強化のための斜材取付け等の対策を施していた。</p> <p>大洗研究所には気象観測塔及び気象観測露場があり、気象状況を常時観測している。令和元年9月9日（月）4時頃から台風15号による強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東風が観測された。また、降水量は同日の降り始めから8時までで59mmであった。なお、気象観測塔及び気象観測露場は、冷却塔の東側約540mの位置にある。</p> <p>令和元年9月9日（月）7時40分頃、請負作業員3名が交替勤務の引継ぎ前の安全確認のためJMTR施設のパトロール中に、冷却塔の倒壊を確認した。なお、同日6時頃に行ったタンクヤードの現場確認時には冷却塔が倒壊していないことを目視で確認していたことから、冷却塔の倒壊時刻は、6時頃から7時40分頃までの間と推定される。冷却塔は、東側から西側に向けて倒壊し、冷却塔に接続している4本の二次冷却系配管は、冷却塔と共に倒れて、立ち上がり部で4本とも破損が生じていることが確認された。倒壊に伴う負傷者の発生はなかった。倒壊した冷却塔の周辺について、放射線管理第2課員による線量当量率測定を実施した結果、全てバックグラウンド値であり、線量当量率に異常は認められなかった。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL（Utility Cooling Loop）系統）地下部（Bトレンチ内、非管理区域）にある二次冷却系配管のフランジ部からの水の漏えいを確認した。その</p>	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>時点で漏えい量は 30～40L 程度で、漏えい率は約 150mL/分であった。漏えい水についてサンプリングを行い、放射線管理第 2 課員によるゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した結果、検出されたのは天然放射性核種のみであり、異常は認められなかった。なお、二次冷却系統にはろ過水を使用し、防食剤を添加して水質管理している。漏えいを停止させるため、二次冷却系配管の水抜きを行い、水位を下げた。漏えいが停止するまでのフランジ部からの漏えい量は 80～90L 程度であった。なお、事象発生時、ポンプ室（二次冷却系統・UCL 系統）に設置されている二次冷却系統の循環ポンプ 4 台及び補助ポンプ 2 台は全て停止していた。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL 系統）に設置されている UCL 系統の循環ポンプ 3 台のうち 1 台及び揚水ポンプ 3 台のうち 2 台による UCL 系統の運転を行っていた。事象発生後においてもこれらのポンプに異常はなく、冷却塔倒壊による UCL 系統の運転への影響はなかった。</p> <p>一方、倒壊した冷却塔の部材の接触等により、隣接する排風機室のスレート外壁（2 箇所）の破損が生じていることを確認した。排風機室（第 2 種管理区域）の破損箇所について放射線管理第 2 課員による線量当量率測定及び表面密度測定を実施した。その結果、線量当量率は全てバックグラウンド値であること及び表面密度測定結果は検出下限値未満であり、異常は認められなかった。なお、排風機室は、JMTR の排気設備のうち、排風機、排気ダクト等の機器を収納している鋼管造スレート外壁、地上 1 階（一部地下 1 階）の建家であり、事象発生時、通常排気設備 4 台のうち 2 台、照射実験用排気設備 2 台のうち 1 台及び非常用排気設備 2 台のうち 1 台の排風機による排気設備の運転を行っていた。事象発生後においても排風機室内の排風機、排気ダクト等の機器に異常はなく、冷却塔倒壊による排気設備の運転への影響はなかった。</p> <p>誤作動、電気事故等の防止のため、冷却塔入口弁、冷却塔ファン、循環ポンプ、補助ポンプ、循環ポンプ出口弁及び補助ポンプ出口弁の電源「断」を確認するとともに、二次冷却系統の隔離の観点から熱交バイパス弁の「閉」確認及び熱交入口弁・熱交出口弁の「閉」操作を実施した。また、安全確保のため、倒壊した冷却塔周辺に立入禁止措置を講じた。破損が確認された配管については、外部からの異物混入防止のため、耐水シート、土嚢等を用いて養生を行った。漏えいが確認された二次冷却系配管フランジ部について、漏えいを停止させるため二次冷却系統に設けられたドレン弁からの水抜きを行った。漏えい水及びドレン弁からの水抜きによる排水については、B トレンチ内の排水ピットを介して一般排水ラインにより pH 値が管理値内であることを監視しながら一般排水を行った。</p> <p>排風機室のスレート外壁（2 箇所）の破損については、溶融亜鉛メッキ鋼板、シリコンコーキング及びアルミテープで応急措置を実施した。</p> <p>事象発生時、二次冷却系統は停止しており、今後も運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。そのため、本事象により二次冷却系統が故障したことに関し、原子炉の安全への影響はない。また、二次冷却系統以外の系統及び設備の機能への影響も生じていない。なお、倒壊した冷却塔による二次災害防止の観点から、3 時間に 1 回パトロールを実施し、周辺の状況を確認している。</p> <p>JMTR は、平成 18 年 8 月の原子炉運転停止以降は、炉心に燃料は装荷され</p>	<p>時点で漏えい量は 30～40L 程度で、漏えい率は約 150mL/分であった。漏えい水についてサンプリングを行い、放射線管理第 2 課員によるゲルマニウム半導体検出器を用いた測定を実施した結果、検出されたのは天然放射性核種のみであり、異常は認められなかった。なお、二次冷却系統にはろ過水を使用し、防食剤を添加して水質管理している。漏えいを停止させるため、二次冷却系配管の水抜きを行い、水位を下げた。漏えいが停止するまでのフランジ部からの漏えい量は 80～90L 程度であった。なお、事象発生時、ポンプ室（二次冷却系統・UCL 系統）に設置されている二次冷却系統の循環ポンプ 4 台及び補助ポンプ 2 台は全て停止していた。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL 系統）に設置されている UCL 系統の循環ポンプ 3 台のうち 1 台及び揚水ポンプ 3 台のうち 2 台による UCL 系統の運転を行っていた。事象発生後においてもこれらのポンプに異常はなく、冷却塔倒壊による UCL 系統の運転への影響はなかった。</p> <p>一方、倒壊した冷却塔の部材の接触等により、隣接する排風機室のスレート外壁（2 箇所）の破損が生じていることを確認した。排風機室（第 2 種管理区域）の破損箇所について放射線管理第 2 課員による線量当量率測定及び表面密度測定を実施した。その結果、線量当量率は全てバックグラウンド値であること及び表面密度測定結果は検出下限値未満であり、異常は認められなかった。なお、排風機室は、JMTR の排気設備のうち、排風機、排気ダクト等の機器を収納している鋼管造スレート外壁、地上 1 階（一部地下 1 階）の建家であり、事象発生時、通常排気設備 4 台のうち 2 台、照射実験用排気設備 2 台のうち 1 台及び非常用排気設備 2 台のうち 1 台の排風機による排気設備の運転を行っていた。事象発生後においても排風機室内の排風機、排気ダクト等の機器に異常はなく、冷却塔倒壊による排気設備の運転への影響はなかった。</p> <p>誤作動、電気事故等の防止のため、冷却塔入口弁、冷却塔ファン、循環ポンプ、補助ポンプ、循環ポンプ出口弁及び補助ポンプ出口弁の電源「断」を確認するとともに、二次冷却系統の隔離の観点から熱交バイパス弁の「閉」確認及び熱交入口弁・熱交出口弁の「閉」操作を実施した。また、安全確保のため、倒壊した冷却塔周辺に立入禁止措置を講じた。破損が確認された配管については、外部からの異物混入防止のため、耐水シート、土嚢等を用いて養生を行った。漏えいが確認された二次冷却系配管フランジ部について、漏えいを停止させるため二次冷却系統に設けられたドレン弁からの水抜きを行った。漏えい水及びドレン弁からの水抜きによる排水については、B トレンチ内の排水ピットを介して一般排水ラインにより pH 値が管理値内であることを監視しながら一般排水を行った。</p> <p>排風機室のスレート外壁（2 箇所）の破損については、溶融亜鉛メッキ鋼板、シリコンコーキング及びアルミテープで応急措置を実施した。</p> <p>事象発生時、二次冷却系統は停止しており、今後も運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。そのため、本事象により二次冷却系統が故障したことに関し、原子炉の安全への影響はない。また、二次冷却系統以外の系統及び設備の機能への影響も生じていない。なお、倒壊した冷却塔による二次災害防止の観点から、3 時間に 1 回パトロールを実施し、周辺の状況を確認した。</p> <p>JMTR は、平成 18 年 8 月の原子炉運転停止以降は、炉心に燃料は装荷され</p>	<p>記載の適正化</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却システムの冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更後	変更理由
<p>ておらず、原子炉の運転を行っていない。平成 29 年 4 月の日本原子力研究開発機構の施設中長期計画において廃止することを決定したので、今後も運転を行う予定はなく、現在は廃止措置の準備を進めている（令和元年 9 月 18 日に原子力規制委員会に廃止措置計画認可申請済）。このため、二次冷却系統は事象発生時、停止しており、今後も炉心の冷却のために運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。したがって、本事象発生により二次冷却系統が故障したが、原子炉の安全への影響はない状況である。</p> <p>しかしながら、事象発生時は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に二次冷却系統に係る施設定期自主検査を定め、実施していた（直近では、平成 30 年 9 月に実施し、施設定期自主検査の中で二次冷却系統の保守運転を行っている。）。したがって、二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったことから、試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則第 16 条の 14 第 3 号に定める原子炉施設の故障に該当するものとして、13 時 30 分、本事象を核原料物質、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判断し、原子力規制庁に報告した。</p> <p>なお、今回のような冷却塔の倒壊が JMTR の原子炉運転中に発生したとしても、運転要員による手動停止操作又は制御棒挿入の安全動作信号により原子炉は安全に停止し、一次冷却系統及び炉プールの保有冷却水により原子炉停止後の炉心が十分冷却できるため、原子炉の安全上問題はない。また、これらの対応は、原子炉施設保安規定に基づく運転手引に従い、実施する。</p>	<p>ておらず、原子炉の運転を行っていない。平成 29 年 4 月の日本原子力研究開発機構の施設中長期計画において廃止することを決定したので、今後も運転を行う予定はなく、現在は廃止措置の準備を進めている（令和元年 9 月 18 日に原子力規制委員会に廃止措置計画認可申請済）。このため、二次冷却系統は事象発生時、停止しており、今後も炉心の冷却のために運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。したがって、本事象発生により二次冷却系統が故障したが、原子炉の安全への影響はない状況である。</p> <p>しかしながら、事象発生時は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に二次冷却系統に係る施設定期自主検査を定め、実施していた（直近では、平成 30 年 9 月に実施し、施設定期自主検査の中で二次冷却系統の保守運転を行っている。）。したがって、二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったことから、試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則第 16 条の 14 第 3 号に定める原子炉施設の故障に該当するものとして、13 時 30 分、本事象を核原料物質、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判断し、原子力規制庁に報告した。</p> <p>なお、今回のような冷却塔の倒壊が JMTR の原子炉運転中に発生したとしても、運転要員による手動停止操作又は制御棒挿入の安全動作信号により原子炉は安全に停止し、一次冷却系統及び炉プールの保有冷却水により原子炉停止後の炉心が十分冷却できるため、原子炉の安全上問題はない。また、これらの対応は、原子炉施設保安規定に基づく運転手引に従い、実施する。</p>	<p>ておらず、原子炉の運転を行っていない。平成 29 年 4 月の日本原子力研究開発機構の施設中長期計画において廃止することを決定したので、今後も運転を行う予定はなく、現在は廃止措置の準備を進めている（令和元年 9 月 18 日に原子力規制委員会に廃止措置計画認可申請済）。このため、二次冷却系統は事象発生時、停止しており、今後も炉心の冷却のために運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。したがって、本事象発生により二次冷却系統が故障したが、原子炉の安全への影響はない状況である。</p> <p>しかしながら、事象発生時は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に二次冷却系統に係る施設定期自主検査を定め、実施していた（直近では、平成 30 年 9 月に実施し、施設定期自主検査の中で二次冷却系統の保守運転を行っている。）。したがって、二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったことから、試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則第 16 条の 14 第 3 号に定める原子炉施設の故障に該当するものとして、13 時 30 分、本事象を核原料物質、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判断し、原子力規制庁に報告した。</p> <p>なお、今回のような冷却塔の倒壊が JMTR の原子炉運転中に発生したとしても、運転要員による手動停止操作又は制御棒挿入の安全動作信号により原子炉は安全に停止し、一次冷却系統及び炉プールの保有冷却水により原子炉停止後の炉心が十分冷却できるため、原子炉の安全上問題はない。また、これらの対応は、原子炉施設保安規定に基づく運転手引に従い、実施する。</p>	
<p>事象の原因</p> <p>事象の原因究明に係る対応では、フォルトツリー図を作成し、構造計算書、保守記録等の記録調査、現場調査、倒壊した冷却塔から採取した木材の状態調査、発生応力の解析評価等により得られた情報に基づき、冷却塔の倒壊に至った原因の調査を行った。その結果、冷却塔の倒壊に至った経緯を以下のとおり推定した。</p> <p>(1) 冷却塔は、水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）に耐えられるように設計されていた。一方、冷却塔の主構造部材は木材であるが、冷却塔は一般的な木造建築とは異なり、「水平荷重（風荷重）を構造部材のうち筋かいのみが負担し、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面の筋かいの荷重が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造（以下「特殊な構造」という。）であった。</p> <p>(2) 平成 18 年 8 月の JMTR の運転停止以降、長期間にわたり当該冷却塔を使用していないことにより乾湿を繰り返し、構造部材である木材の腐朽を促進する条件が整い、木材内部の腐朽が進行した。特に、冷却塔の東西方向の 17 構面（No. 1～No. 17）のうち、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状況であった。</p> <p>(3) (1) に示す特殊な構造について十分把握できておらず、また、木材の腐朽に関するリスクや定期的な点検の必要性についてメーカーと十分共有できていなかったため、これらが設定した点検項目や方法、並びに部材等の更新計画に反映されていなかった。</p> <p>(4) (3) に示す状況により、筋かい等の構造部材に対しては、目視による点</p>	<p>事象の原因</p> <p>事象の原因究明に係る対応では、フォルトツリー図を作成し、構造計算書、保守記録等の記録調査、現場調査、倒壊した冷却塔から採取した木材の状態調査、発生応力の解析評価等により得られた情報に基づき、冷却塔の倒壊に至った原因の調査を行った。その結果、冷却塔の倒壊に至った経緯を以下のとおり推定した。</p> <p>(1) 冷却塔は、水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）に耐えられるように設計されていた。一方、冷却塔の主構造部材は木材であるが、冷却塔は一般的な木造建築とは異なり、「水平荷重（風荷重）を構造部材のうち筋かいのみが負担し、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面の筋かいの荷重が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造（以下「特殊な構造」という。）であった。</p> <p>(2) 平成 18 年 8 月の JMTR の運転停止以降、長期間にわたり当該冷却塔を使用していないことにより乾湿を繰り返し、構造部材である木材の腐朽を促進する条件が整い、木材内部の腐朽が進行した。特に、冷却塔の東西方向の 17 構面（No. 1～No. 17）のうち、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状況であった。</p> <p>(3) (1) に示す特殊な構造について十分把握できておらず、また、木材の腐朽に関するリスクや定期的な点検の必要性についてメーカーと十分共有できていなかったため、これらが設定した点検項目や方法、並びに部材等の更新計画に反映されていなかった。</p> <p>(4) (3) に示す状況により、筋かい等の構造部材に対しては、目視による点</p>	<p>事象の原因</p> <p>事象の原因究明に係る対応では、フォルトツリー図を作成し、構造計算書、保守記録等の記録調査、現場調査、倒壊した冷却塔から採取した木材の状態調査、発生応力の解析評価等により得られた情報に基づき、冷却塔の倒壊に至った原因の調査を行った。その結果、冷却塔の倒壊に至った経緯を以下のとおり推定した。</p> <p>(1) 冷却塔は、水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）に耐えられるように設計されていた。一方、冷却塔の主構造部材は木材であるが、冷却塔は一般的な木造建築とは異なり、「水平荷重（風荷重）を構造部材のうち筋かいのみが負担し、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面の筋かいの荷重が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造（以下「特殊な構造」という。）であった。</p> <p>(2) 平成 18 年 8 月の JMTR の運転停止以降、長期間にわたり当該冷却塔を使用していないことにより乾湿を繰り返し、構造部材である木材の腐朽を促進する条件が整い、木材内部の腐朽が進行した。特に、冷却塔の東西方向の 17 構面（No. 1～No. 17）のうち、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状況であった。</p> <p>(3) (1) に示す特殊な構造について十分把握できておらず、また、木材の腐朽に関するリスクや定期的な点検の必要性についてメーカーと十分共有できていなかったため、これらが設定した点検項目や方法、並びに部材等の更新計画に反映されていなかった。</p> <p>(4) (3) に示す状況により、筋かい等の構造部材に対しては、目視による点</p>	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）		変更後		変更理由
	<p>検を行い、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行っていた。目視による点検では木材内部の腐朽が把握できなかったため、(2)に示す木材内部の腐朽の進行により、特に、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、著しい耐力低下が生じた。</p> <p>(5) 水平荷重（風荷重）に対する耐力低下を把握していない状況において、台風 15 号による、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風（最大瞬間風速 30.9m/s）により、残存耐力を上回る水平荷重（風荷重）が発生した。これにより複数の筋かいが破断し、(1)に示した特殊な構造のため隣接する構面にその現象が連鎖して冷却塔の倒壊に至った。</p> <p>この冷却塔の倒壊に至った経緯の推定に基づき、原因分析を行った結果、以下に示す 4 つの原因が重なって生じることにより冷却塔の倒壊に至ったと特定した。</p> <p>(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。 冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、これに見合った保守・点検計画になっていなかった。</p> <p>(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。冷却塔については目視による点検を実施していたが、木材内部の腐朽を考慮しておらず、このような点検方法では、木材内部の腐朽が把握できなかった。</p> <p>(3) 使用環境が大きく変わったこと。 冷却塔を長期間使用しないことにより木材の腐朽の条件が整いやすくなり、使用環境が大きく変わった。また、その際に、保守・点検計画の見直しを行っていなかった。</p> <p>(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。 台風 15 号により、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風を受けた。</p>		<p>検を行い、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行っていた。目視による点検では木材内部の腐朽が把握できなかったため、(2)に示す木材内部の腐朽の進行により、特に、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、著しい耐力低下が生じた。</p> <p>(5) 水平荷重（風荷重）に対する耐力低下を把握していない状況において、台風 15 号による、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風（最大瞬間風速 30.9m/s）により、残存耐力を上回る水平荷重（風荷重）が発生した。これにより複数の筋かいが破断し、(1)に示した特殊な構造のため隣接する構面にその現象が連鎖して冷却塔の倒壊に至った。</p> <p>この冷却塔の倒壊に至った経緯の推定に基づき、原因分析を行った結果、以下に示す 4 つの原因が重なって生じることにより冷却塔の倒壊に至ったと特定した。</p> <p>(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。 冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、これに見合った保守・点検計画になっていなかった。</p> <p>(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。冷却塔については目視による点検を実施していたが、木材内部の腐朽を考慮しておらず、このような点検方法では、木材内部の腐朽が把握できなかった。</p> <p>(3) 使用環境が大きく変わったこと。 冷却塔を長期間使用しないことにより木材の腐朽の条件が整いやすくなり、使用環境が大きく変わった。また、その際に、保守・点検計画の見直しを行っていなかった。</p> <p>(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。 台風 15 号により、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風を受けた。</p>	
安全装置の種類及び動作状況	なし	安全装置の種類及び動作状況	なし	
放射能の影響	なし	放射能の影響	なし	
被害者	なし	被害者	なし	
他に及ぼした障害	なし	他に及ぼした障害	なし	
復旧の日時	<p>二次冷却系統（冷却塔含む。）は、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で解体・撤去を行う予定であるため、冷却塔の建て替えは行わない。</p> <p>倒壊した冷却塔による二次災害を防止し、安全な状態にするため、冷却塔のがれき等を撤去することとした。撤去作業では、①散乱物の撤去、作業場所の整備、スレート材等の撤去、②ファンスタック、モータ、二次冷却系配管等の解体・撤去、③冷却塔セル塔体部の解体・撤去及び二次冷却系配管の閉止措置の作業を行うこととし、10月3日から作業を開始した。このうち、①の作業が11月1日に完了し、<u>②及び③の作業を実施中である。12月末を目途に②の作業を完了させ、ファンスタック、モータ、二次冷却系配管等の大型の重量物を撤去することにより、倒壊した冷却塔による主要な二次災害の防止対策を完了させる。また、令和2年1月末を目途に③の作業を完了させ、冷却塔のがれき等の撤去作業を全て完了させる。</u></p> <p>撤去物は、倒壊した冷却塔近傍の西側に整備した仮置き場所において、飛</p>	<p>二次冷却系統（冷却塔含む。）は、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で解体・撤去を行う予定であるため、冷却塔の建て替えは行わない。</p> <p>倒壊した冷却塔による二次災害を防止し、安全な状態にするため、冷却塔のがれき等を撤去することとした。撤去作業では、①散乱物の撤去、作業場所の整備、スレート材等の撤去、②ファンスタック、モータ、二次冷却系配管等の解体・撤去、③冷却塔セル塔体部の解体・撤去及び二次冷却系配管の閉止措置の作業を行うこととし、10月3日から作業を開始した。このうち、①の作業が11月1日に完了し、<u>その後、②の作業が12月25日に、③の作業が令和2年1月27日にそれぞれ完了したことにより、</u>冷却塔のがれき等の撤去作業は<u>全て完了した。</u></p> <p>撤去物は、倒壊した冷却塔近傍の西側に整備した仮置き場所において、飛</p>	撤去作業完了に伴う変更	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更後	変更理由
<p>散防止ネットを取り付けて保管管理するとともに、随時、JMTR 敷地の西側に整備しがれき等の保管場所に運搬し、材質毎に区分して保管管理して<u>いる</u>。</p> <p>撤去作業中に負傷等の発生が無いように安全管理を徹底するため、作業要領書を作成し、作業におけるホールドポイント、使用する保護具、役割分担を明示したベストの着用等を定め、作業の安全管理を行<u>っている</u>。冷却塔の外壁に使用しているスレート材（解体等の際、吹付け石綿に比べ発じん性が比較的低い石綿含有建材）の撤去作業に当たっては、石綿が飛散するおそれがあるため、散水して湿潤状態を保つようにする、スレート材を原則非破砕で取り扱う等の飛散防止対策を講じ、石綿障害予防規則を遵守して作業中は防じんマスクを着用するとともに、冷却塔周辺の石綿の濃度測定を適宜行<u>っている</u>。</p> <p>撤去作業期間中においても引き続き、関係者以外の立入禁止措置を講ずるとともに、3時間に1回パトロールを実施し、周辺の状況を確認し<u>ている</u>。冷却塔倒壊後の台風19号発生時には、保安要員を配置し、監視体制を強化した。さらに、冷却塔の撤去状況に応じた保安のための巡視及び点検に係る原子炉施設保安規定の変更認可申請を10月1日に行った。</p> <p>これらの措置の実施により、<u>現状において、撤去作業中における安全確保が維持できている状況である</u>。</p> <p>冷却塔のがれき等の撤去作業完了後は、冷却塔の基礎部のみが<u>残る</u>ため、巡視点検を行い管理していく。さらに、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で、当該基礎部を解体・撤去するとともに、撤去物について順次廃棄していく。</p>	<p>散防止ネットを取り付けて保管管理するとともに、随時、JMTR 敷地の西側に整備しがれき等の保管場所に運搬し、材質毎に区分して保管管理し<u>た</u>。</p> <p>撤去作業中に負傷等の発生が無いように安全管理を徹底するため、作業要領書を作成し、作業におけるホールドポイント、使用する保護具、役割分担を明示したベストの着用等を定め、作業の安全管理を行<u>った</u>。冷却塔の外壁に使用しているスレート材（解体等の際、吹付け石綿に比べ発じん性が比較的低い石綿含有建材）の撤去作業に当たっては、石綿が飛散するおそれがあるため、散水して湿潤状態を保つようにする、スレート材を原則非破砕で取り扱う等の飛散防止対策を講じ、石綿障害予防規則を遵守して作業中は防じんマスクを着用するとともに、冷却塔周辺の石綿の濃度測定を適宜行<u>った</u>。</p> <p>撤去作業期間中においても引き続き、<u>令和2年1月27日まで</u>関係者以外の立入禁止措置を講ずるとともに、3時間に1回パトロールを実施し、周辺の状況を確認し<u>た</u>。冷却塔倒壊後の台風19号発生時には、保安要員を配置し、監視体制を強化した。さらに、冷却塔の撤去状況に応じた保安のための巡視及び点検に係る原子炉施設保安規定の変更認可申請を10月1日に行った（<u>12月25日補正実施</u>）。</p> <p>これらの措置の実施により、撤去作業中における安全確保が維持でき<u>た</u>。</p> <p>冷却塔のがれき等の撤去作業が完了し、冷却塔の基礎部のみが<u>残っている</u>ため、巡視点検を行い管理していく。さらに、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で、当該基礎部を解体・撤去するとともに、<u>がれき等の保管場所で保管管理している撤去物について順次廃棄していく</u>。</p>	<p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>記載の適正化</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>記載の適正化</p>	
<p>[対策]</p> <p>倒壊した冷却塔は、建て替えを行わないことから、倒壊事象が再発することはない。したがって、冷却塔と同種である木造の原子炉施設の設備の倒壊を防止するため、冷却塔の倒壊に至った原因に対する再発防止対策を検討した。その結果、以下に掲げる対策を講ずる。</p> <p>(1) 設備の特殊な構造についてメーカー情報等により把握し、その結果に応じて点検の見直し、補修、交換、補強等を行う。点検の見直しに当たっては、木材の腐朽が進行しやすい箇所を特定して重点的に点検が行えるように点検・保守計画を策定する。</p> <p>(2) 木材内部の腐朽を把握するため、目視による点検に加え、木材内部の腐朽に着目して年1回打音点検等を計画的に行い、疑義が生じた部位には超音波測定器等を用いた腐朽具合の測定を行うとともに、点検結果に応じて補修、交換等を行うように点検・保守計画を定める。</p> <p>(3) 設備を長期間使用しないことにより、設備の置かれた環境に、材料の劣化を促進させるような変化が生じる場合には、メーカーと情報共有して維持管理上のリスク評価を行った上で、評価結果に応じて点検項目及び頻度を追加・削除・変更する等の必要な措置を講ずる。</p> <p>(4) 対策(1)～対策(3)において、必要な点検の見直し、補修、交換、補強等が完了するまでの間、設備に台風等の自然現象の影響が生じるおそれがある場合は、応急的に補強等を行う。</p> <p>[再発防止に向けた水平展開]</p> <p>再発防止に向けた水平展開として、JMTR 施設のうち、同種の冷却塔であ</p>	<p>[対策]</p> <p>倒壊した冷却塔は、建て替えを行わないことから、倒壊事象が再発することはない。したがって、冷却塔と同種である木造の原子炉施設の設備の倒壊を防止するため、冷却塔の倒壊に至った原因に対する再発防止対策を検討した。その結果、以下に掲げる対策を講ずる。</p> <p>(1) 設備の特殊な構造についてメーカー情報等により把握し、その結果に応じて点検の見直し、補修、交換、補強等を行う。点検の見直しに当たっては、木材の腐朽が進行しやすい箇所を特定して重点的に点検が行えるように点検・保守計画を策定する。</p> <p>(2) 木材内部の腐朽を把握するため、目視による点検に加え、木材内部の腐朽に着目して年1回打音点検等を計画的に行い、疑義が生じた部位には超音波測定器等を用いた腐朽具合の測定を行う<u>と</u>ともに、点検結果に応じて補修、交換等を行うように点検・保守計画を定める。</p> <p>(3) 設備を長期間使用しないことにより、設備の置かれた環境に、材料の劣化を促進させるような変化が生じる場合には、メーカーと情報共有して維持管理上のリスク評価を行った上で、評価結果に応じて点検項目及び頻度を追加・削除・変更する等の必要な措置を講ずる。</p> <p>(4) 対策(1)～対策(3)において、必要な点検の見直し、補修、交換、補強等が完了するまでの間、設備に台風等の自然現象の影響が生じるおそれがある場合は、応急的に補強等を行う。</p> <p>[再発防止に向けた水平展開]</p> <p>再発防止に向けた水平展開として、JMTR 施設のうち、同種の冷却塔であ</p>	<p>再発防止対策</p> <p>再発防止対策</p> <p>記載の適正化</p>	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>るUCL系統冷却塔に対して、今回の原因調査及び原因分析に基づいて早急に健全性調査を開始した。調査結果に基づいて、点検の見直し、補修、交換、補強等の対応を行う。また、これらの対応が完了するまでの間、台風等の強風の対策として行っている4方向からのワイヤーロープによる固定は継続し、倒壊した場合の周辺への影響を軽減する。</p> <p>また、原子力施設の倒壊事象の再発を防止するため、原子力機構の各拠点に対し、次のとおり水平展開を行う。屋外にあり、かつ、建築基準法に基づく一般的な木造建築とは異なる構造である木造の原子力施設の設備に対し、既存の点検方法により構造部材（柱、梁、筋かい等）の劣化（腐朽、腐食等）の状態（兆候含む。）が把握できるか否かを確認する。劣化の状態を把握できない箇所がある場合は、当該設備に対して、今回の原因分析に対する対策に基づき、必要な措置を講ずる。さらに、原子力機構内にある木造の建家・設備が倒壊して安全上重要な設備に影響を与えるおそれがある場合は、必要な措置を講ずる。</p>	<p>るUCL系統冷却塔に対して、今回の原因調査及び原因分析に基づいて早急に健全性調査を開始した。調査結果に基づいて、点検の見直し、補修、交換、補強等の対応を行う。また、これらの対応が完了するまでの間、台風等の強風の対策として行っている4方向からのワイヤーロープによる固定は継続し、倒壊した場合の周辺への影響を軽減する。</p> <p>また、原子力施設の倒壊事象の再発を防止するため、原子力機構の各拠点に対し、次のとおり水平展開を行う。屋外にあり、かつ、建築基準法に基づく一般的な木造建築とは異なる構造である木造の原子力施設の設備に対し、既存の点検方法により構造部材（柱、梁、筋かい等）の劣化（腐朽、腐食等）の状態（兆候含む。）が把握できるか否かを確認する。劣化の状態を把握できない箇所がある場合は、当該設備に対して、今回の原因分析に対する対策に基づき、必要な措置を講ずる。さらに、原子力機構内にある木造の建家・設備が倒壊して安全上重要な設備に影響を与えるおそれがある場合は、必要な措置を講ずる。</p>	
<p style="text-align: right;">詳細は別添のとおり。</p>	<p style="text-align: right;">詳細は別添のとおり。</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">別添</p> <p>JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について <u>（第2報）</u></p> <p>令和<u>元</u>年 <u>12</u>月</p> <p>国立研究開発法人日本原子力研究開発機構</p>	<p style="text-align: right;">別添</p> <p>JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について</p> <p>令和 <u>2</u>年 <u>2</u>月</p> <p>国立研究開発法人日本原子力研究開発機構</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: center;">目 次</p> <p>1. 件名 1</p> <p>2. 事象発生の日時 1</p> <p>3. 事象発生の場所 1</p> <p>4. 状況 1</p> <p>5. 環境への影響 3</p> <p>6. 今回の事象に対する対応措置 3</p> <p>7. 事象発生場所の安全管理 4</p> <p>8. 原因 5</p> <p>8.1 原因調査 5</p> <p>8.2 原因分析 10</p> <p>9. 対策 10</p> <p>10. 再発防止に向けた水平展開 11</p>	<p style="text-align: center;">目 次</p> <p>1. 件名 1</p> <p>2. 事象発生の日時 1</p> <p>3. 事象発生の場所 1</p> <p>4. 状況 1</p> <p>5. 環境への影響 3</p> <p>6. 今回の事象に対する対応措置 3</p> <p>7. 事象発生場所の安全管理 4</p> <p>8. 原因 5</p> <p>8.1 原因調査 5</p> <p>8.2 原因分析 10</p> <p>9. 対策 10</p> <p>10. 再発防止に向けた水平展開 11</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
図 表	図 表	
図1 大洗研究所施設配置図…………… 12	図1 大洗研究所施設配置図…………… 12	
図2 JMTR 施設全体配置図…………… 13	図2 JMTR 施設全体配置図…………… 13	
図3 二次冷却系統冷却塔概略図…………… 14	図3 二次冷却系統冷却塔概略図…………… 14	
図4 二次冷却系統概略図…………… 15	図4 二次冷却系統概略図…………… 15	
図5 風速及び風向の時間変化…………… 16	図5 風速及び風向の時間変化…………… 16	
図6 二次冷却系統冷却塔の倒壊前と倒壊後の状況…………… 19	図6 二次冷却系統冷却塔の倒壊前と倒壊後の状況…………… 19	
図7 破損した二次冷却系配管…………… 23	図7 破損した二次冷却系配管…………… 23	
図8 線量当量率測定記録…………… 25	図8 線量当量率測定記録…………… 25	
図9 二次冷却系配管フランジ部からの漏えい…………… 26	図9 二次冷却系配管フランジ部からの漏えい…………… 26	
図10 二次冷却系統サンプリング水測定記録…………… 28	図10 二次冷却系統サンプリング水測定記録…………… 28	
図11 排風機室の破損箇所及び措置対応…………… 29	図11 排風機室の破損箇所及び措置対応…………… 29	
図12 線量当量率測定記録…………… 31	図12 線量当量率測定記録…………… 31	
図13 表面密度測定記録…………… 32	図13 表面密度測定記録…………… 32	
図14 モニタリングポストの指示値及び降水量…………… 34	図14 モニタリングポストの指示値及び降水量…………… 34	
図15 立入禁止措置の状況…………… 35	図15 立入禁止措置の状況…………… 35	
図16 二次冷却系配管の破損箇所の養生…………… 37	図16 二次冷却系配管の破損箇所の養生…………… 37	
図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況…………… 42	図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況…………… 42	
図18 二次冷却系統冷却塔の倒壊要因に係るフォルトツリー図…………… <u>47</u>	図18 二次冷却系統冷却塔の倒壊要因に係るフォルトツリー図…………… <u>48</u>	
表1 風向、風速、雨量の観測結果…………… <u>48</u>	表1 風向、風速、雨量の観測結果…………… <u>49</u>	
表2 時系列…………… <u>51</u>	表2 時系列…………… <u>52</u>	
表3 二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象の影響度評価…………… <u>53</u>	表3 二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象の影響度評価…………… <u>54</u>	
		記載の適正化

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: center;">添 付 資 料</p> <p>添付資料1 材料試験炉（JMTR）の概要…………… <u>54</u></p> <p>添付資料2 JMTR 原子炉施設施設定期自主検査記録 特定施設 二次冷却系統冷却塔 外観検査（抜粋）…………… <u>55</u></p> <p>添付資料3 JMTR 特定施設 巡視点検表（原子炉停止中）（抜粋）…………… <u>59</u></p> <p>添付資料4 二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象ごとの 評価内容詳細…………… <u>62</u></p> <p>添付資料5 木材の腐朽を考慮した解析検討による倒壊原因の推定…………… <u>164</u></p> <p>添付資料6 同種の冷却塔への対応…………… <u>175</u></p>	<p style="text-align: center;">添 付 資 料</p> <p>添付資料1 材料試験炉（JMTR）の概要…………… <u>55</u></p> <p>添付資料2 JMTR 原子炉施設施設定期自主検査記録 特定施設 二次冷却系統冷却塔 外観検査（抜粋）…………… <u>56</u></p> <p>添付資料3 JMTR 特定施設 巡視点検表（原子炉停止中）（抜粋）…………… <u>60</u></p> <p>添付資料4 二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象ごとの 評価内容詳細…………… <u>63</u></p> <p>添付資料5 木材の腐朽を考慮した解析検討による倒壊原因の推定…………… <u>165</u></p> <p>添付資料6 同種の冷却塔への対応…………… <u>176</u></p>	<p style="text-align: center;">記載の適正化</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>1. 件名 JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について</p> <p>2. 事象発生の日時 確認日時：令和元年9月9日（月）7時40分頃 JMTR二次冷却系統冷却塔の倒壊 法令報告事象と判断した日時：令和元年9月9日（月）13時30分</p> <p>・廃止措置準備中である JMTR の原子炉及び二次冷却系統は、事象発生時、停止しており、今後も運転する予定はないため、当該事象による原子炉の安全への影響はないものの、事象発生時点では JMTR は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に施設定期自主検査を定めている二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったこと。</p> <p>3. 事象発生の場所 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗研究所（北地区） JMTR（材料試験炉）二次冷却系統冷却塔【非管理区域】</p> <p>4. 状況 (1) 事象発生時の状況 JMTR（添付資料1参照）の二次冷却系統冷却塔（以下「冷却塔」という。）は、原子炉運転中において一次冷却系統から熱交換器を介して受けた熱を大気に放散するための設備である（図1～図4参照）。冷却塔は、No.1～No.4の4基のセルから構成され、昭和43年（1968年）に建設された。現在の冷却塔は、平成10年（1998年）から平成11年（1999年）にかけて、当時主構造材の腐食、アンカーボルトの減肉・腐食が確認されたためセル塔体部、ファンスタック部及びアンカーボルトの更新を行った後、平成20年（2008年）には耐用年数の長期化を図るためセル塔体部のトップデッキ及びファンスタック部材を木製からFRP製に更新したものである。事象発生時、二次冷却系統は停止しており、冷却塔のスレート外壁の補修を目的として、令和元年（2019年）9月5日～令和元年（2019年）9月13日の予定で補修作業を実施するため冷却塔の東側に仮設足場を設置していた。仮設足場は、台風へ備え防風ネットの取外し、固定強化のための斜材取付け等の対策を施していた。 大洗研究所には気象観測塔及び気象観測露場があり、気象状況を常時観測している。事象発生当時の地上高10m、40m、80mのそれぞれの位置における風向、風速（10分平均値）、最大瞬間風速を図5及び表1に示す。 令和元年（2019年）9月9日（月）4時頃から台風15号による強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東風が観測された。また、降水量は同日の降り始めから8時までで59mmであった。 なお、気象観測塔及び気象観測露場は、冷却塔の東側約540mの位置にある（図1参照）。</p>	<p>1. 件名 JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について</p> <p>2. 事象発生の日時 確認日時：令和元年9月9日（月）7時40分頃 JMTR二次冷却系統冷却塔の倒壊 法令報告事象と判断した日時：令和元年9月9日（月）13時30分</p> <p>・廃止措置準備中である JMTR の原子炉及び二次冷却系統は、事象発生時、停止しており、今後も運転する予定はないため、当該事象による原子炉の安全への影響はないものの、事象発生時点では JMTR は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に施設定期自主検査を定めている二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったこと。</p> <p>3. 事象発生の場所 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗研究所（北地区） JMTR（材料試験炉）二次冷却系統冷却塔【非管理区域】</p> <p>4. 状況 (1) 事象発生時の状況 JMTR（添付資料1参照）の二次冷却系統冷却塔（以下「冷却塔」という。）は、原子炉運転中において一次冷却系統から熱交換器を介して受けた熱を大気に放散するための設備である（図1～図4参照）。冷却塔は、No.1～No.4の4基のセルから構成され、昭和43年（1968年）に建設された。現在の冷却塔は、平成10年（1998年）から平成11年（1999年）にかけて、当時主構造材の腐食、アンカーボルトの減肉・腐食が確認されたためセル塔体部、ファンスタック部及びアンカーボルトの更新を行った後、平成20年（2008年）には耐用年数の長期化を図るためセル塔体部のトップデッキ及びファンスタック部材を木製からFRP製に更新したものである。事象発生時、二次冷却系統は停止しており、冷却塔のスレート外壁の補修を目的として、令和元年（2019年）9月5日～令和元年（2019年）9月13日の予定で補修作業を実施するため冷却塔の東側に仮設足場を設置していた。仮設足場は、台風へ備え防風ネットの取外し、固定強化のための斜材取付け等の対策を施していた。 大洗研究所には気象観測塔及び気象観測露場があり、気象状況を常時観測している。事象発生当時の地上高10m、40m、80mのそれぞれの位置における風向、風速（10分平均値）、最大瞬間風速を図5及び表1に示す。 令和元年（2019年）9月9日（月）4時頃から台風15号による強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東風が観測された。また、降水量は同日の降り始めから8時までで59mmであった。 なお、気象観測塔及び気象観測露場は、冷却塔の東側約540mの位置にある（図1参照）。</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>(2) 事象の状況</p> <p>令和元年（2019年）9月9日（月）7時40分頃、請負作業員3名が交替勤務の引継ぎ前の安全確認のためJMTR施設のパトロール中に、冷却塔の倒壊を確認した（図6参照）。なお、同日6時頃に行ったタンクヤードの現場確認時には冷却塔が倒壊していないことを目視で確認していたことから、冷却塔の倒壊時刻は、6時頃から7時40分頃までの間と推定される。冷却塔は、東側から西側に向けて倒壊し、冷却塔に接続している4本の二次冷却系配管は、冷却塔と共に倒れて、立ち上がり部で4本とも破損が生じていることが確認された（図7参照）。倒壊に伴う負傷者の発生はなかった。倒壊した冷却塔の周辺について、放射線管理第2課員による線量当量率測定を実施した結果、全てバックグラウンド値であり、線量当量率に異常は認められなかった（図8参照）。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL（Utility Cooling Loop）系統）地下部（Bトレンチ内、非管理区域）にある二次冷却系配管のフランジ部からの水の漏えいを確認した（図9参照）。その時点で漏えい量は30～40L程度で、漏えい率は約150mL/分であった。漏えい水についてサンプリングを行い、放射線管理第2課員によるゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した結果、検出されたのは天然放射性核種のみであり、異常は認められなかった（図10参照）。なお、二次冷却系統にはろ過水を使用し、防食剤を添加して水質管理している。漏えいを停止させるため、「6. 今回の事象に対する対応措置」に示すとおり二次冷却系配管の水抜きを行い、水位を下げた。漏えいが停止するまでのフランジ部からの漏えい量は80～90L程度であった。なお、事象発生時、ポンプ室（二次冷却系統・UCL系統）に設置されている二次冷却系統の循環ポンプ4台及び補助ポンプ2台は全て停止していた。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL系統）に設置されているUCL系統の循環ポンプ3台のうち1台及び揚水ポンプ3台のうち2台によるUCL系統の運転を行っていた。事象発生後においてもこれらのポンプに異常はなく、冷却塔倒壊によるUCL系統の運転への影響はなかった。</p> <p>一方、倒壊した冷却塔の部材の接触等により、隣接する排風機室のスレート外壁（2箇所）の破損が生じていることを確認した（図11参照）。排風機室（第2種管理区域）の破損箇所について放射線管理第2課員による線量当量率測定及び表面密度測定を実施した。その結果、線量当量率は全てバックグラウンド値であること及び表面密度測定結果は検出下限値未満であり、異常は認められなかった（図12及び図13参照）。なお、排風機室は、JMTRの排気設備のうち、排風機、排気ダクト等の機器を収納している鋼管造スレート外壁、地上1階（一部地下1階）の建家であり、事象発生時、通常排気設備4台のうち2台、照射実験用排気設備2台のうち1台及び非常用排気設備2台のうち1台の排風機による排気設備の運転を行っていた。事象発生後においても排風機室内の排風機、排気ダクト等の機器に異常はなく、冷却塔倒壊による排気設備の運転への影響はなかった。</p> <p>時系列を表2に示す。</p> <p>(3) 法令報告に係る通報の状況</p> <p>JMTRは、平成18年（2006年）8月の原子炉運転停止以降は、炉心に燃料は装荷されておらず、原子炉の運転を行っていない。平成29年（2017年）4月の日本原子力研究開</p>	<p>(2) 事象の状況</p> <p>令和元年（2019年）9月9日（月）7時40分頃、請負作業員3名が交替勤務の引継ぎ前の安全確認のためJMTR施設のパトロール中に、冷却塔の倒壊を確認した（図6参照）。なお、同日6時頃に行ったタンクヤードの現場確認時には冷却塔が倒壊していないことを目視で確認していたことから、冷却塔の倒壊時刻は、6時頃から7時40分頃までの間と推定される。冷却塔は、東側から西側に向けて倒壊し、冷却塔に接続している4本の二次冷却系配管は、冷却塔と共に倒れて、立ち上がり部で4本とも破損が生じていることが確認された（図7参照）。倒壊に伴う負傷者の発生はなかった。倒壊した冷却塔の周辺について、放射線管理第2課員による線量当量率測定を実施した結果、全てバックグラウンド値であり、線量当量率に異常は認められなかった（図8参照）。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL（Utility Cooling Loop）系統）地下部（Bトレンチ内、非管理区域）にある二次冷却系配管のフランジ部からの水の漏えいを確認した（図9参照）。その時点で漏えい量は30～40L程度で、漏えい率は約150mL/分であった。漏えい水についてサンプリングを行い、放射線管理第2課員によるゲルマニウム半導体検出器を用いて測定を実施した結果、検出されたのは天然放射性核種のみであり、異常は認められなかった（図10参照）。なお、二次冷却系統にはろ過水を使用し、防食剤を添加して水質管理している。漏えいを停止させるため、「6. 今回の事象に対する対応措置」に示すとおり二次冷却系配管の水抜きを行い、水位を下げた。漏えいが停止するまでのフランジ部からの漏えい量は80～90L程度であった。なお、事象発生時、ポンプ室（二次冷却系統・UCL系統）に設置されている二次冷却系統の循環ポンプ4台及び補助ポンプ2台は全て停止していた。また、ポンプ室（二次冷却系統・UCL系統）に設置されているUCL系統の循環ポンプ3台のうち1台及び揚水ポンプ3台のうち2台によるUCL系統の運転を行っていた。事象発生後においてもこれらのポンプに異常はなく、冷却塔倒壊によるUCL系統の運転への影響はなかった。</p> <p>一方、倒壊した冷却塔の部材の接触等により、隣接する排風機室のスレート外壁（2箇所）の破損が生じていることを確認した（図11参照）。排風機室（第2種管理区域）の破損箇所について放射線管理第2課員による線量当量率測定及び表面密度測定を実施した。その結果、線量当量率は全てバックグラウンド値であること及び表面密度測定結果は検出下限値未満であり、異常は認められなかった（図12及び図13参照）。なお、排風機室は、JMTRの排気設備のうち、排風機、排気ダクト等の機器を収納している鋼管造スレート外壁、地上1階（一部地下1階）の建家であり、事象発生時、通常排気設備4台のうち2台、照射実験用排気設備2台のうち1台及び非常用排気設備2台のうち1台の排風機による排気設備の運転を行っていた。事象発生後においても排風機室内の排風機、排気ダクト等の機器に異常はなく、冷却塔倒壊による排気設備の運転への影響はなかった。</p> <p>時系列を表2に示す。</p> <p>(3) 法令報告に係る通報の状況</p> <p>JMTRは、平成18年（2006年）8月の原子炉運転停止以降は、炉心に燃料は装荷されておらず、原子炉の運転を行っていない。平成29年（2017年）4月の日本原子力研究開</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>発機構の施設中長期計画において廃止することを決定したので、今後も運転を行う予定はなく、現在は廃止措置の準備を進めている（令和元年（2019年）9月18日に原子力規制委員会に廃止措置計画認可申請済）。このため、二次冷却系統は事象発生時、停止しており、今後も炉心の冷却のために運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。したがって、本事象発生により二次冷却系統が故障したが、原子炉の安全への影響はない状況である。</p> <p>しかしながら、事象発生時は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に二次冷却系統に係る施設定期自主検査を定め、実施していた（直近では、平成30年（2018年）9月に実施し、施設定期自主検査の中で二次冷却系統の保守運転を行っている。）。したがって、二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったことから、試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則第16条の14第3号に定める原子炉施設の故障に該当するものとして、13時30分、本事象を核原料物質、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判断し、原子力規制庁に報告した。</p> <p>なお、今回のような冷却塔の倒壊がJMTRの原子炉運転中に発生したとしても、運転要員による手動停止操作又は制御棒挿入の安全動作信号により原子炉は安全に停止し、一次冷却系統及び炉プールの保有冷却水により原子炉停止後の炉心が十分冷却できるため、原子炉の安全上問題はない。また、これらの対応は、原子炉施設保安規定に基づく運転手引に従い、実施する。</p> <p>5. 環境への影響</p> <p>冷却塔倒壊確認（9月9日（月）7時40分頃）前後の時間帯の大洗研究所周辺監視区域境界付近のモニタリングポストの指示値は、降雨の影響で天然放射性核種に起因する空間線量率（γ線）の上昇がみられるものの平常の変動幅の範囲にあった。また、冷却塔近接及び風下のモニタリングポスト（P-2、P-3、P-16）の指示値は、他のモニタリングポストと同じ傾向にあった。したがって、施設に起因する空間線量率の上昇は認められず、環境への影響はなかった。図14にモニタリングポストの指示値のトレンドを示す。なお、モニタリングポストによる空間線量率測定は現在も継続しており、異常のないことを確認している。</p> <p>6. 今回の事象に対する対応措置</p> <p>誤作動、電気事故等の防止のため、冷却塔入口弁、冷却塔ファン、循環ポンプ、補助ポンプ、循環ポンプ出口弁及び補助ポンプ出口弁の電源「断」を確認するとともに、二次冷却系統の隔離の観点から熱交バイパス弁の「閉」確認及び熱交入口弁・熱交出口弁の「閉」操作を実施した。また、安全確保のため、倒壊した冷却塔周辺に立入禁止措置を講じた（図15参照）。破損が確認された配管については、外部からの異物混入防止のため、耐水シート、土嚢等を用いて養生を行った（図16参照）。漏えいが確認された二次冷却系配管フランジ部について、漏えいを停止させるため二次冷却系統に設けられたドレン弁からの水抜きを行った。漏えい水及びドレン弁からの水抜きによる排水については、Bトレンチ内の排水ピットを介して一般排水ラインによりpH値が管理値内である</p>	<p>発機構の施設中長期計画において廃止することを決定したので、今後も運転を行う予定はなく、現在は廃止措置の準備を進めている（令和元年（2019年）9月18日に原子力規制委員会に廃止措置計画認可申請済）。このため、二次冷却系統は事象発生時、停止しており、今後も炉心の冷却のために運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。したがって、本事象発生により二次冷却系統が故障したが、原子炉の安全への影響はない状況である。</p> <p>しかしながら、事象発生時は廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に二次冷却系統に係る施設定期自主検査を定め、実施していた（直近では、平成30年（2018年）9月に実施し、施設定期自主検査の中で二次冷却系統の保守運転を行っている。）。したがって、二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったことから、試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則第16条の14第3号に定める原子炉施設の故障に該当するものとして、13時30分、本事象を核原料物質、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判断し、原子力規制庁に報告した。</p> <p>なお、今回のような冷却塔の倒壊がJMTRの原子炉運転中に発生したとしても、運転要員による手動停止操作又は制御棒挿入の安全動作信号により原子炉は安全に停止し、一次冷却系統及び炉プールの保有冷却水により原子炉停止後の炉心が十分冷却できるため、原子炉の安全上問題はない。また、これらの対応は、原子炉施設保安規定に基づく運転手引に従い、実施する。</p> <p>5. 環境への影響</p> <p>冷却塔倒壊確認（9月9日（月）7時40分頃）前後の時間帯の大洗研究所周辺監視区域境界付近のモニタリングポストの指示値は、降雨の影響で天然放射性核種に起因する空間線量率（γ線）の上昇がみられるものの平常の変動幅の範囲にあった。また、冷却塔近接及び風下のモニタリングポスト（P-2、P-3、P-16）の指示値は、他のモニタリングポストと同じ傾向にあった。したがって、施設に起因する空間線量率の上昇は認められず、環境への影響はなかった。図14にモニタリングポストの指示値のトレンドを示す。なお、モニタリングポストによる空間線量率測定は現在も継続しており、異常のないことを確認している。</p> <p>6. 今回の事象に対する対応措置</p> <p>誤作動、電気事故等の防止のため、冷却塔入口弁、冷却塔ファン、循環ポンプ、補助ポンプ、循環ポンプ出口弁及び補助ポンプ出口弁の電源「断」を確認するとともに、二次冷却系統の隔離の観点から熱交バイパス弁の「閉」確認及び熱交入口弁・熱交出口弁の「閉」操作を実施した。また、安全確保のため、倒壊した冷却塔周辺に立入禁止措置を講じた（図15参照）。破損が確認された配管については、外部からの異物混入防止のため、耐水シート、土嚢等を用いて養生を行った（図16参照）。漏えいが確認された二次冷却系配管フランジ部について、漏えいを停止させるため二次冷却系統に設けられたドレン弁からの水抜きを行った。漏えい水及びドレン弁からの水抜きによる排水については、Bトレンチ内の排水ピットを介して一般排水ラインによりpH値が管理値内である</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>ことを監視しながら一般排水を行った。</p> <p>排風機室のスレート外壁（2 箇所）の破損については、溶融亜鉛メッキ鋼板、シリコンコーキング及びアルミテープで応急措置を実施した（図 11 参照）。</p> <p>事象発生時、二次冷却系統は停止しており、今後も運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。そのため、本事象により二次冷却系統が故障したことに関し、原子炉の安全への影響はない。また、二次冷却系統以外の系統及び設備の機能への影響も生じていない。なお、倒壊した冷却塔による二次災害防止の観点から、3 時間に 1 回パトロールを実施し、周辺の状況を確認<u>している</u>。</p> <p>7. 事象発生場所の安全管理</p> <p>(1) 冷却塔のがれき等の撤去</p> <p>倒壊した冷却塔による二次災害を防止し、安全な状態にするため、冷却塔のがれき等を撤去することとした。撤去作業では、①散乱物の撤去、作業場所の整備、スレート材等の撤去、②ファンスタック、モータ、二次冷却系配管等の解体・撤去、③冷却塔セル塔体部の解体・撤去及び二次冷却系配管の閉止措置の作業を行うこととし、10 月 3 日から作業を開始した。このうち、①の作業が 11 月 1 日に完了し（図 17 写真①～写真④ 参照）、<u>②及び③の作業を実施中である</u>（図 17 写真⑤～写真⑥ 参照）。<u>12 月末を目途に②の作業を完了させ、ファンスタック、モータ、二次冷却系配管等の大型の重量物を撤去することにより、倒壊した冷却塔による主要な二次災害の防止対策を完了させる。また、令和 2 年（2020 年）1 月末を目途に③の作業を完了させ</u>、冷却塔のがれき等の撤去作業を<u>全て完了させる</u>。</p> <p>撤去物は、倒壊した冷却塔近傍の西側に整備した仮置き場所において、飛散防止ネットを取り付けて保管管理するとともに、随時、JMTR 敷地の西側に整備したのがれき等の保管場所に運搬し、材質毎に区分して保管管理<u>している</u>（図 17 写真⑦～写真⑧ 参照）。</p> <p>撤去作業中に負傷等の発生が無いように安全管理を徹底するため、作業要領書を作成し、作業におけるホールドポイント、使用する保護具、役割分担を明示したベストの着用等を定め、作業の安全管理を行っ<u>ている</u>。冷却塔の外壁に使用しているスレート材（解体等の際、吹付け石綿に比べ発じん性が比較的低い石綿含有建材）の撤去作業に当たっては、石綿が飛散するおそれがあるため、散水して湿潤状態を保つようにする、スレート材を原則非破砕で取り扱う等の飛散防止対策を講じ、石綿障害予防規則を遵守して作業中は防じんマスクを着用するとともに、冷却塔周辺の石綿の濃度測定を適宜行っ<u>ている</u>。</p> <p>撤去作業期間中においても引き続き、関係者以外の立入禁止措置を講ずるとともに、3 時間に 1 回パトロールを実施し、周辺の状況を確認<u>している</u>。冷却塔倒壊後の台風 19 号発生時には、保安要員を配置し、監視体制を強化した。さらに、冷却塔の撤去状況に応じた保安のための巡視及び点検に係る原子炉施設保安規定の変更認可申請を 10 月 1 日に行った。</p> <p>これらの措置の実施により、<u>現状において、撤去作業中における安全確保が維持できている状況である</u>。</p>	<p>ことを監視しながら一般排水を行った。</p> <p>排風機室のスレート外壁（2 箇所）の破損については、溶融亜鉛メッキ鋼板、シリコンコーキング及びアルミテープで応急措置を実施した（図 11 参照）。</p> <p>事象発生時、二次冷却系統は停止しており、今後も運転することなく、廃止措置において解体・撤去を行う予定であった。そのため、本事象により二次冷却系統が故障したことに関し、原子炉の安全への影響はない。また、二次冷却系統以外の系統及び設備の機能への影響も生じていない。なお、倒壊した冷却塔による二次災害防止の観点から、3 時間に 1 回パトロールを実施し、周辺の状況を確認<u>した</u>。</p> <p>7. 事象発生場所の安全管理</p> <p>(1) 冷却塔のがれき等の撤去</p> <p>倒壊した冷却塔による二次災害を防止し、安全な状態にするため、冷却塔のがれき等を撤去することとした。撤去作業では、①散乱物の撤去、作業場所の整備、スレート材等の撤去、②ファンスタック、モータ、二次冷却系配管等の解体・撤去、③冷却塔セル塔体部の解体・撤去及び二次冷却系配管の閉止措置の作業を行うこととし、10 月 3 日から作業を開始した。このうち、①の作業が 11 月 1 日に完了し（図 17 写真①～写真④参照）、<u>その後、②の作業が 12 月 25 日に、③の作業が令和 2 年（2020 年）1 月 27 日にそれぞれ完了したことにより</u>（図 17 写真⑤～写真⑦ 参照）、冷却塔のがれき等の撤去作業は<u>全て完了した</u>。</p> <p>撤去物は、倒壊した冷却塔近傍の西側に整備した仮置き場所において、飛散防止ネットを取り付けて保管管理するとともに、随時、JMTR 敷地の西側に整備したのがれき等の保管場所に運搬し、材質毎に区分して保管管理<u>した</u>（図 17 写真⑧～写真⑩ 参照）。</p> <p>撤去作業中に負傷等の発生が無いように安全管理を徹底するため、作業要領書を作成し、作業におけるホールドポイント、使用する保護具、役割分担を明示したベストの着用等を定め、作業の安全管理を行っ<u>た</u>。冷却塔の外壁に使用しているスレート材（解体等の際、吹付け石綿に比べ発じん性が比較的低い石綿含有建材）の撤去作業に当たっては、石綿が飛散するおそれがあるため、散水して湿潤状態を保つようにする、スレート材を原則非破砕で取り扱う等の飛散防止対策を講じ、石綿障害予防規則を遵守して作業中は防じんマスクを着用するとともに、冷却塔周辺の石綿の濃度測定を適宜行っ<u>た</u>。</p> <p>撤去作業期間中においても引き続き、<u>令和 2 年（2020 年）1 月 27 日まで</u>関係者以外の立入禁止措置を講ずるとともに、3 時間に 1 回パトロールを実施し、周辺の状況を確認<u>した</u>。冷却塔倒壊後の台風 19 号発生時には、保安要員を配置し、監視体制を強化した。さらに、冷却塔の撤去状況に応じた保安のための巡視及び点検に係る原子炉施設保安規定の変更認可申請を 10 月 1 日に行った <u>（12 月 25 日補正実施）</u>。</p> <p>これらの措置の実施により、撤去作業中における安全確保が維持でき<u>た</u>。</p>	<p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更 撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>撤去作業完了に伴う変更</p> <p>記載の適正化 撤去作業完了に伴う変更</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>(2) 今後の対応</p> <p>冷却塔のがれき等の撤去作業完了後は、冷却塔の基礎部のみが残るため、巡視点検を行い管理していく。さらに、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で、当該基礎部を解体・撤去するとともに、撤去物について順次廃棄していく。</p> <p>8. 原因</p> <p>8.1 原因調査</p> <p>冷却塔の倒壊要因分析のため、フォルトツリー解析を行った。まず、原因を特定すべき事象（トップ事象）を「冷却塔の倒壊」として、その要因となる事象を基本事象にまで順次分解することにより、フォルトツリー図を構築した。次に、抽出された各々の基本事象の影響度評価を行い、「冷却塔の倒壊」に至った経緯を推定した。</p> <p>(1) 冷却塔の倒壊要因分析のためのフォルトツリー図構築</p> <p>構築したフォルトツリー図（図 18 参照）に示すとおり、トップ事象である「冷却塔の倒壊」は、「必要な強度の不足」、「性能を超える外力の発生」及び「設計で考慮していない外力の発生」の3つの事象のうちいずれか1つ又は2つ以上の影響の重量により発生するとした。</p> <p>「必要な強度の不足」は、「性能不足」又は「性能低下」により生じるものとした。前者の「性能不足」をもたらす事象としては、設計又は施工上の影響によるものと考え、基本事象として①構造設計の影響、②材料変更の影響及び③施工の問題の3つの要因を考えた。また、後者の「性能低下」をもたらす事象としては、冷却塔の木材、金属、コンクリート（基礎部）の変形等や不十分な保守管理によるものあるいは東北地方太平洋沖地震による影響と考え、基本事象として④木材の変形の影響、⑤木材の腐朽の影響、⑥保守運転の影響、⑦点検内容の問題、⑧更新・補修の影響、⑨金属の腐食、変形等の影響、⑩コンクリートの割れ・破損等の影響及び⑪地震力による破損等の影響の8つの要因を考えた。</p> <p>「性能を超える外力の発生」をもたらす事象としては、冷却塔倒壊時における台風等の自然現象又は設備の運転に伴い生じる外力によるものと考え、基本事象として⑫風雨の影響、⑬飛来物の影響、⑭地震の発生の影響、⑮竜巻（突風）の発生の影響及び⑯設備運転による過応力の影響の5つの要因を考えた。</p> <p>「設計で考慮していない外力の発生」については、冷却塔倒壊時に立ち上がり部で破損して冷却塔と共に倒れた4本の二次冷却系配管の破損の影響、冷却塔のスレート外壁の補修のために設置していた仮設足場の影響又は台風に伴う繰返し応力の影響によるものと考え、基本事象として⑰配管破損部の強度不足の影響、⑱配管破損部の腐食の影響、⑲足場の衝突の影響及び⑳繰返し応力の影響の4つの要因を考えた。</p> <p>以上のとおり、トップ事象「冷却塔の倒壊」をもたらす要因として計20の基本事象を抽出した。</p> <p>(2) 各基本事象の影響度評価結果</p>	<p>(2) 今後の対応</p> <p>冷却塔のがれき等の撤去作業が完了し、冷却塔の基礎部のみが残っているため、巡視点検を行い管理していく。さらに、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で、当該基礎部を解体・撤去するとともに、<u>がれき等の保管場所で保管管理している</u>撤去物について順次廃棄していく。</p> <p>8. 原因</p> <p>8.1 原因調査</p> <p>冷却塔の倒壊要因分析のため、フォルトツリー解析を行った。まず、原因を特定すべき事象（トップ事象）を「冷却塔の倒壊」として、その要因となる事象を基本事象にまで順次分解することにより、フォルトツリー図を構築した。次に、抽出された各々の基本事象の影響度評価を行い、「冷却塔の倒壊」に至った経緯を推定した。</p> <p>(1) 冷却塔の倒壊要因分析のためのフォルトツリー図構築</p> <p>構築したフォルトツリー図（図 18 参照）に示すとおり、トップ事象である「冷却塔の倒壊」は、「必要な強度の不足」、「性能を超える外力の発生」及び「設計で考慮していない外力の発生」の3つの事象のうちいずれか1つ又は2つ以上の影響の重量により発生するとした。</p> <p>「必要な強度の不足」は、「性能不足」又は「性能低下」により生じるものとした。前者の「性能不足」をもたらす事象としては、設計又は施工上の影響によるものと考え、基本事象として①構造設計の影響、②材料変更の影響及び③施工の問題の3つの要因を考えた。また、後者の「性能低下」をもたらす事象としては、冷却塔の木材、金属、コンクリート（基礎部）の変形等や不十分な保守管理によるものあるいは東北地方太平洋沖地震による影響と考え、基本事象として④木材の変形の影響、⑤木材の腐朽の影響、⑥保守運転の影響、⑦点検内容の問題、⑧更新・補修の影響、⑨金属の腐食、変形等の影響、⑩コンクリートの割れ・破損等の影響及び⑪地震力による破損等の影響の8つの要因を考えた。</p> <p>「性能を超える外力の発生」をもたらす事象としては、冷却塔倒壊時における台風等の自然現象又は設備の運転に伴い生じる外力によるものと考え、基本事象として⑫風雨の影響、⑬飛来物の影響、⑭地震の発生の影響、⑮竜巻（突風）の発生の影響及び⑯設備運転による過応力の影響の5つの要因を考えた。</p> <p>「設計で考慮していない外力の発生」については、冷却塔倒壊時に立ち上がり部で破損して冷却塔と共に倒れた4本の二次冷却系配管の破損の影響、冷却塔のスレート外壁の補修のために設置していた仮設足場の影響又は台風に伴う繰返し応力の影響によるものと考え、基本事象として⑰配管破損部の強度不足の影響、⑱配管破損部の腐食の影響、⑲足場の衝突の影響及び⑳繰返し応力の影響の4つの要因を考えた。</p> <p>以上のとおり、トップ事象「冷却塔の倒壊」をもたらす要因として計20の基本事象を抽出した。</p> <p>(2) 各基本事象の影響度評価結果</p>	<p>撤去作業完了に伴う変更 記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>構築したフォルトツリー図を構成する20の基本事象それぞれについて、構造計算書、保守記録等の記録調査、現場調査、倒壊した冷却塔から採取した木材の状態調査、発生応力の解析評価等により得られた情報に基づき、各基本事象がトップ事象である「冷却塔の倒壊」に与える影響度（重要度）を評価した。これらの調査及び評価は、材料試験炉部、高速炉解析評価技術開発部、高速炉基盤技術開発部、放射線管理部、建設部などの他、メーカーからの協力も得ながら、組織的に実施した。</p> <p>それぞれの評価の詳細（添付資料4参照）から、「冷却塔の倒壊」に与える影響度評価結果を一覧としてとりまとめた（表3参照）。これによると、「必要な強度の不足」、「性能を超える外力の発生」及び「設計で考慮していない外力の発生」におけるそれぞれの基本事象のうち、「冷却塔の倒壊」に有意な影響を与え得る基本事象は、①構造設計の影響、⑤木材の腐朽の影響、⑦点検内容の問題及び⑩風雨の影響の4つであった。これら4つの基本事象による影響について以下に示す。</p> <p>① 構造設計の影響</p> <p>冷却塔の主構造部材は、木製の柱、横材及び筋かいで構成されている（木材は、防腐・防蟻処理されたものが使用されている。）。構造設計は、建築基準法に基づく一般的な木造建築のように柱に水平荷重（風荷重）を負担させる設計ではない。また、冷却塔全体が受ける水平荷重（風荷重）を全ての構面（東西方向17構面）で負担する剛床の構造ではなく、構面毎に風を受ける壁面の面積に応じて負担する構造である。このため構造部材のうち、筋かいが機能を喪失し、柱に力が集中すると柱中間部に設けている柱接合部（柱継手）が弱部となる特徴があることが分かった。また、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面が負担する水平荷重（風荷重）が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造（以下「特殊な構造」という。）であると考えられる。</p> <p>次に、冷却塔の構造図に基づき冷却塔の解析モデルを作成し、設計時の水平荷重（風荷重）である速度圧$q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速63m/s相当）を入力して構造計算を行った。その結果、構造部材のうち、水平荷重（風荷重）を負担する筋かいにおける検定比（発生軸力の解析値を評価基準値で除した値）は最大で0.91（下から2段目の筋かい）であり、筋かいの発生軸力は評価基準値に比べて小さいことを確認した。また、メーカーが作成した冷却塔の構造計算書上の検定比は最大0.97（同じく下から2段目の筋かい）であった。したがって、構造設計上問題がないことが確認できた（添付資料4①構造設計の影響参照）。</p> <p>⑤ 木材の腐朽の影響</p> <p>冷却塔の構造部材のうち、筋かいに使用されている木材の劣化調査を行った。外観観察の結果から、東側の筋かいの下端部のうち6箇所で損傷又は接合部から木材が抜け出した状態であった。柱接合部（柱継手）については、接合金物の固定ボルト付近から柱が割裂していることが確認された。また、劣化調査の結果から、これらの箇所筋かい下端部で木材の腐朽が進み、木材の健全な部分が少なくなっていることを確認した。特に、東西方向の17構面（No.1～No.17）のうち、No.10、13及び15の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状態であった（添付資料4⑤木材</p>	<p>構築したフォルトツリー図を構成する20の基本事象それぞれについて、構造計算書、保守記録等の記録調査、現場調査、倒壊した冷却塔から採取した木材の状態調査、発生応力の解析評価等により得られた情報に基づき、各基本事象がトップ事象である「冷却塔の倒壊」に与える影響度（重要度）を評価した。これらの調査及び評価は、材料試験炉部、高速炉解析評価技術開発部、高速炉基盤技術開発部、放射線管理部、建設部などの他、メーカーからの協力も得ながら、組織的に実施した。</p> <p>それぞれの評価の詳細（添付資料4参照）から、「冷却塔の倒壊」に与える影響度評価結果を一覧としてとりまとめた（表3参照）。これによると、「必要な強度の不足」、「性能を超える外力の発生」及び「設計で考慮していない外力の発生」におけるそれぞれの基本事象のうち、「冷却塔の倒壊」に有意な影響を与え得る基本事象は、①構造設計の影響、⑤木材の腐朽の影響、⑦点検内容の問題及び⑩風雨の影響の4つであった。これら4つの基本事象による影響について以下に示す。</p> <p>② 構造設計の影響</p> <p>冷却塔の主構造部材は、木製の柱、横材及び筋かいで構成されている（木材は、防腐・防蟻処理されたものが使用されている。）。構造設計は、建築基準法に基づく一般的な木造建築のように柱に水平荷重（風荷重）を負担させる設計ではない。また、冷却塔全体が受ける水平荷重（風荷重）を全ての構面（東西方向17構面）で負担する剛床の構造ではなく、構面毎に風を受ける壁面の面積に応じて負担する構造である。このため構造部材のうち、筋かいが機能を喪失し、柱に力が集中すると柱中間部に設けている柱接合部（柱継手）が弱部となる特徴があることが分かった。また、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面が負担する水平荷重（風荷重）が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造（以下「特殊な構造」という。）であると考えられる。</p> <p>次に、冷却塔の構造図に基づき冷却塔の解析モデルを作成し、設計時の水平荷重（風荷重）である速度圧$q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速63m/s相当）を入力して構造計算を行った。その結果、構造部材のうち、水平荷重（風荷重）を負担する筋かいにおける検定比（発生軸力の解析値を評価基準値で除した値）は最大で0.91（下から2段目の筋かい）であり、筋かいの発生軸力は評価基準値に比べて小さいことを確認した。また、メーカーが作成した冷却塔の構造計算書上の検定比は最大0.97（同じく下から2段目の筋かい）であった。したがって、構造設計上問題がないことが確認できた（添付資料4①構造設計の影響参照）。</p> <p>⑤ 木材の腐朽の影響</p> <p>冷却塔の構造部材のうち、筋かいに使用されている木材の劣化調査を行った。外観観察の結果から、東側の筋かいの下端部のうち6箇所で損傷又は接合部から木材が抜け出した状態であった。柱接合部（柱継手）については、接合金物の固定ボルト付近から柱が割裂していることが確認された。また、劣化調査の結果から、これらの箇所筋かい下端部で木材の腐朽が進み、木材の健全な部分が少なくなっていることを確認した。特に、東西方向の17構面（No.1～No.17）のうち、No.10、13及び15の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状態であった（添付資料4⑤木材</p>	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について


変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>の腐朽の影響 図⑤-5 参照)。その他の箇所でも筋かい下端部に木材の腐朽を確認した。</p> <p>木材が腐朽する条件は、(a)栄養(木材)、(b)温度、(c)水分(湿度)、(d)空気が整うこととされている。(a)は冷却塔の木材そのものであり、冷却塔の使用中は常時流水に晒され腐朽菌が付着しにくく、(a)の栄養の吸収ができ難かった状態であったが、平成 18 年（2006 年）8 月の JMTR の運転停止以降、冷却塔は約 1 回/月の保守運転以外は長期停止状態になり、空気の出入りが行われるようになったため(a)及び(d)の条件を満たした。また、東西方向の下部はルーバーとなっており、内側へ傾斜していて雨水が筋かい下部部へ入りやすい構造となっているとともに、筋かい下部部の接合部は接合金物の固定ボルトで接合されているため、固定ボルトのボルト穴から雨水が入り込み、繊維方向に沿って木材内部への水分の浸み込みが生じ、その後乾燥するという乾湿が繰り返されたことで(c)の条件を満たした。(b)の条件は冬期の一部を除き、通年にわたって満たされている。以上のことから、冷却塔は、長期間使用しないことにより(a)～(d)の4条件が整いやすく、木材の腐朽が進みやすい状態であったことから、筋かい下部部（接合部）で劣化(腐朽)が進んだものと考えられる（添付資料 4 ⑤木材の腐朽の影響 参照）。</p> <p>⑦ 点検内容の問題</p> <p>倒壊した冷却塔を含む二次冷却系統は、文部科学省研究炉等安全規制検討会に平成 15 年度（2003 年度）に妥当と判断された安全上の機能別重要度分類において、PS（異常の発生防止機能）のうち、クラス 3（確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持する必要がある構築物、系統及び機器）に分類している。これに基づき、冷却塔の点検は、目視による日常点検及び施設定期自主検査における外観検査（以下「目視による点検」という。）により、目視確認できる範囲内で実施し、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行ってきた。冷却塔の建設当時のメーカーによる取扱説明書においても、木材に関する定期点検として「半年 1 回の外観検査、年 1 回の清掃」が推奨されていたが一般的な定期点検表であり、点検結果に基づく処置としては「破損したものは取換える」とされていた。⑤木材の腐朽の影響に示した劣化調査の結果から、筋かい下部部（接合部）の木材の腐朽が確認されたが、接合部の木材内部は、接合金物に覆われているため目視による点検では腐朽が確認できなかった。また、冷却塔倒壊後に筋かい下部部を目視により確認したところ、今回の倒壊による影響により損傷した接合部を除き、木材について目視で異常と判断することは困難であることを確認した。したがって、目視による点検では、筋かい下部部（接合部）の木材内部の腐朽状態を把握できなかった。</p> <p>平成 18 年（2006 年）8 月の JMTR の運転停止以降、二次冷却系統の運転も停止し、冷却塔は約 1 回/月の保守運転以外は使用しなくなったが、平成 23 年度（2011 年度）の原子炉再稼働を目指しており、平成 18 年度（2006 年度）のメーカーによる冷却塔の健全性調査で破損のあった木材は交換し、健全性を確認したことや、メーカーとの木材の腐朽に対する考慮が共有されていなかったため、点検方法の見直しは行わなかった。新規制基準が平成 25 年（2013 年）12 月に制定され、これを踏まえた再稼働時期の検討を進めたが、この時点では再稼働を目指していたこと、東北地方太平洋沖地震後の点検及び補修を行ったことから、点検方法を見直す必要はないと考えた。結果的に、冷却塔は平成 18</p>	<p>の腐朽の影響 図⑤-5 参照)。その他の箇所でも筋かい下端部に木材の腐朽を確認した。</p> <p>木材が腐朽する条件は、(a)栄養(木材)、(b)温度、(c)水分(湿度)、(d)空気が整うこととされている。(a)は冷却塔の木材そのものであり、冷却塔の使用中は常時流水に晒され腐朽菌が付着しにくく、(a)の栄養の吸収ができ難かった状態であったが、平成 18 年（2006 年）8 月の JMTR の運転停止以降、冷却塔は約 1 回/月の保守運転以外は長期停止状態になり、空気の出入りが行われるようになったため(a)及び(d)の条件を満たした。また、東西方向の下部はルーバーとなっており、内側へ傾斜していて雨水が筋かい下部部へ入りやすい構造となっているとともに、筋かい下部部の接合部は接合金物の固定ボルトで接合されているため、固定ボルトのボルト穴から雨水が入り込み、繊維方向に沿って木材内部への水分の浸み込みが生じ、その後乾燥するという乾湿が繰り返されたことで(c)の条件を満たした。(b)の条件は冬期の一部を除き、通年にわたって満たされている。以上のことから、冷却塔は、長期間使用しないことにより(a)～(d)の4条件が整いやすく、木材の腐朽が進みやすい状態であったことから、筋かい下部部（接合部）で劣化(腐朽)が進んだものと考えられる（添付資料 4 ⑤木材の腐朽の影響 参照）。</p> <p>⑦ 点検内容の問題</p> <p>倒壊した冷却塔を含む二次冷却系統は、文部科学省研究炉等安全規制検討会に平成 15 年度（2003 年度）に妥当と判断された安全上の機能別重要度分類において、PS（異常の発生防止機能）のうち、クラス 3（確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持する必要がある構築物、系統及び機器）に分類している。これに基づき、冷却塔の点検は、目視による日常点検及び施設定期自主検査における外観検査（以下「目視による点検」という。）により、目視確認できる範囲内で実施し、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行ってきた。冷却塔の建設当時のメーカーによる取扱説明書においても、木材に関する定期点検として「半年 1 回の外観検査、年 1 回の清掃」が推奨されていたが一般的な定期点検表であり、点検結果に基づく処置としては「破損したものは取り換える」とされていた。⑤木材の腐朽の影響に示した劣化調査の結果から、筋かい下部部（接合部）の木材の腐朽が確認されたが、接合部の木材内部は、接合金物に覆われているため目視による点検では腐朽が確認できなかった。また、冷却塔倒壊後に筋かい下部部を目視により確認したところ、今回の倒壊による影響により損傷した接合部を除き、木材について目視で異常と判断することは困難であることを確認した。したがって、目視による点検では、筋かい下部部（接合部）の木材内部の腐朽状態を把握できなかった。</p> <p>平成 18 年（2006 年）8 月の JMTR の運転停止以降、二次冷却系統の運転も停止し、冷却塔は約 1 回/月の保守運転以外は使用しなくなったが、平成 23 年度（2011 年度）の原子炉再稼働を目指しており、平成 18 年度（2006 年度）のメーカーによる冷却塔の健全性調査で破損のあった木材は交換し、健全性を確認したことや、メーカーとの木材の腐朽に対する考慮が共有されていなかったため、点検方法の見直しは行わなかった。新規制基準が平成 25 年（2013 年）12 月に制定され、これを踏まえた再稼働時期の検討を進めたが、この時点では再稼働を目指していたこと、東北地方太平洋沖地震後の点検及び補修を行ったことから、点検方法を見直す必要はないと考えた。結果的に、冷却塔は平成 18</p>	<p>記載の適正化</p>





変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>年（2006年）8月から長期停止状態となり、冷却塔の置かれた環境が、木材の腐朽が進む条件が整いやすくなる環境に変わったが、当初から長期停止状態になることは予定していなかったため、冷却塔の点検方法を見直していなかった。</p> <p>平成28年（2016年）12月に運転手引（特定施設）の巡視点検表を改正し、「気がかり事象」の追加、「点検項目」を「確認事項」と変更し、確認内容の明確化を行い、より効果的な巡視点検を行うようになっていた。冷却塔本体については、「気がかり事象」を「破損」とし、確認事項を「有害な損傷、変形、錆なし」として巡視点検を行うようにしていたが、点検方法の見直しは行わなかった。</p> <p>その後、平成29年（2017年）4月に廃止措置に移行することが決定し、冷却塔を使用しないことが決まったが、廃止措置の準備段階であり、ここでも点検方法の見直しは行っていなかった。なお、長期停止状態であることについて、メーカーとの情報共有が不足していたことも、点検方法を見直さなかったことに影響したと考えられる。</p> <p>一方、今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、メーカーが行う推奨点検の一般的な点検項目は、「木部各所の腐朽・劣化・破損」、「ボルト等金物の腐食・破損・外れ」、「エリミネータ、充填物の劣化・破損・脱落」、「駆動装置の点検」などであった。冷却塔については、これらメーカー推奨の一般的な点検項目に対する点検を不定期に行い、木材の腐食・腐朽した部位については交換・補修を行っていたものの、「木部各所の腐朽・劣化・破損」については、平成18年度（2006年度）に行った冷却塔の健全性調査以降、打音点検のような目視以外の方法による点検は行っていなかった。本冷却塔は、設置環境や使用状況等によって腐朽の進行に大きな違いが生じることから、一律にこれらメーカーが行う一般的な点検（点検頻度や点検項目）を取扱いマニュアル等に定めることは困難な設備であり、メーカーとして、これまで点検の実施を強く推奨することはなかったとのことであった。実際に、平成18年（2006年）8月からの長期停止状態の間にもメーカーによる冷却塔ファンの回転数を調整する減速機の点検を行ったが、定期的な点検の推奨はされていなかった。結果として、これらの点検を行わないことの木材の腐朽に関するリスクや、点検の必要性に対し、メーカーと十分共有できていなかったと考えられる。</p> <p>設置当初から構造計算書については提出図書に掲げておらずメーカーから提供されていなかった。また、平成18年度（2006年度）のメーカーによる冷却塔の健全性調査において、冷却塔の特殊な構造を考慮した筋かい等の構造部材に対する点検方法の見直しなどについてメーカーからの提案はなかった。これらのことから、①構造設計の影響に示す冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかったため、これらの特徴が点検に反映されることもなかった（添付資料4 ⑦点検内容の問題 参照）。</p> <p>⑫ 風雨の影響</p> <p>大洗研究所の気象状況を常時観測している気象観測塔及び気象観測露場のデータによると、令和元年（2019年）9月9日（月）4時頃から台風15号による強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東の風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東の風を観測した。冷却塔は建設当時の建築基準法を参考にした水平荷重（風荷重）を用いて構造設計が行われてお</p>	<p>年（2006年）8月から長期停止状態となり、冷却塔の置かれた環境が、木材の腐朽が進む条件が整いやすくなる環境に変わったが、当初から長期停止状態になることは予定していなかったため、冷却塔の点検方法を見直していなかった。</p> <p>平成28年（2016年）12月に <u>JMTR</u> 運転手引（特定施設）の巡視点検表を改正し、「気がかり事象」の追加、「点検項目」を「確認事項」と変更し、確認内容の明確化を行い、より効果的な巡視点検を行うようになっていた。冷却塔本体については、「気がかり事象」を「破損」とし、確認事項を「有害な損傷、変形、錆なし」として巡視点検を行うようにしていたが、点検方法の見直しは行わなかった。</p> <p>その後、平成29年（2017年）4月に廃止措置に移行することが決定し、冷却塔を使用しないことが決まったが、廃止措置の準備段階であり、ここでも点検方法の見直しは行っていなかった。なお、長期停止状態であることについて、メーカーとの情報共有が不足していたことも、点検方法を見直さなかったことに影響したと考えられる。</p> <p>一方、今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、メーカーが行う推奨点検の一般的な点検項目は、「木部各所の腐朽・劣化・破損」、「ボルト等金物の腐食・破損・外れ」、「エリミネータ、充填物の劣化・破損・脱落」、「駆動装置の点検」などであった。冷却塔については、これらメーカー推奨の一般的な点検項目に対する点検を不定期に行い、木材の腐食・腐朽した部位については交換・補修を行っていたものの、「木部各所の腐朽・劣化・破損」については、平成18年度（2006年度）に行った冷却塔の健全性調査以降、打音点検のような目視以外の方法による点検は行っていなかった。本冷却塔は、設置環境や使用状況等によって腐朽の進行に大きな違いが生じることから、一律にこれらメーカーが行う一般的な点検（点検頻度や点検項目）を取扱いマニュアル等に定めることは困難な設備であり、メーカーとして、これまで点検の実施を強く推奨することはなかったとのことであった。実際に、平成18年（2006年）8月からの長期停止状態の間にもメーカーによる冷却塔ファンの回転数を調整する減速機の点検を行ったが、定期的な点検の推奨はされていなかった。結果として、これらの点検を行わないことの木材の腐朽に関するリスクや、点検の必要性に対し、メーカーと十分共有できていなかったと考えられる。</p> <p>設置当初から構造計算書については提出図書に掲げておらずメーカーから提供されていなかった。また、平成18年度（2006年度）のメーカーによる冷却塔の健全性調査において、冷却塔の特殊な構造を考慮した筋かい等の構造部材に対する点検方法の見直しなどについてメーカーからの提案はなかった。これらのことから、①構造設計の影響に示す冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかったため、これらの特徴が点検に反映されることもなかった（添付資料4 ⑦点検内容の問題 参照）。</p> <p>⑫ 風雨の影響</p> <p>大洗研究所の気象状況を常時観測している気象観測塔及び気象観測露場のデータによると、令和元年（2019年）9月9日（月）4時頃から台風15号による強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東の風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東の風を観測した。冷却塔は建設当時の建築基準法を参考にした水平荷重（風荷重）を用いて構造設計が行われてお</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>り、台風 15 号の強風による水平荷重（風荷重）は、設計時の水平荷重（風荷重）（最大瞬間風速 63m/s 相当）には達していなかった。</p> <p>過去 10 年間に最大瞬間風速 20m/s 以上を記録した日は 1 回/年以上あったが、冷却塔が倒壊することはなかった。特に、平成 29 年（2017 年）10 月の台風 21 号が通過した際は、今回の台風 15 号とほぼ同じ最大瞬間風速を記録するとともに、暴露された時間も長時間であったが、この時の風向は北東であった。このことから、倒壊には風向も重要な要素であったと考える。なお、これらをもとに風圧及び速度分布の解析を行った結果、JMTR 施設内の建家の配置の影響により局所的（冷却塔の No. 4 セルの東面）にはさらに大きな水平荷重（風荷重）が生じていた可能性がある（添付資料 4 ㊸風雨の影響 参照）。</p> <p>(3) 冷却塔の倒壊に至った経緯の推定</p> <p>木材の腐朽が確認されたことから、㊸風雨の影響で調査した台風 15 号による最大瞬間風速 30.9m/s の東の風が発生した場合において、木材の腐朽による構造部材（筋かい）の耐力低下を考慮した解析を実施した。その結果、筋かいが健全であれば、最大瞬間風速 30.9m/s の水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=40\text{kgf/m}^2$ に耐えることを確認した。一方、木材の腐朽の程度を調査するために実施した筋かいの針貫入試験結果による残存断面積比に基づき、耐力低下を考慮した評価を行った結果、冷却塔が倒壊に至ることが推定できた。冷却塔は、①構造設計の影響で示した特殊な構造により、腐朽による劣化の程度が大きい部材を有する一構面が水平荷重（風荷重）を負担できなくなると、隣接する構面が水平荷重（風荷重）を負担して部材の軸力増加と部材の破断が隣接する構面に連鎖的に進むことから、冷却塔全体が損傷し、倒壊に至ったと推定される（添付資料 5 木材の腐朽を考慮した解析検討による倒壊原因の推定 参照）。</p> <p>この検討結果に基づき、冷却塔の倒壊に至った経緯を以下のとおり推定した。</p> <p>① 冷却塔は、水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）に耐えられるように設計されていた。一方、冷却塔の主構造部材は木材であるが、冷却塔は特殊な構造であり、一般的な木造建築とは異なり、水平荷重（風荷重）を構造部材のうち筋かいのみが負担し、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面の筋かいの荷重が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造であった。</p> <p>② 平成 18 年（2006 年）8 月の JMTR の運転停止以降、長期間にわたり当該冷却塔を使用していないことにより乾湿を繰り返し、構造部材である木材の腐朽を促進する条件が整い、木材内部の腐朽が進行した。特に、冷却塔の東西方向の 17 構面（No. 1～No. 17）のうち、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状況であった。</p> <p>③ ①に示す特殊な構造について十分把握できておらず、また、木材の腐朽に関するリスクや定期的な点検の必要性についてメーカーと十分共有できていなかったため、これらが設定した点検項目や方法、並びに部材等の更新計画に反映されていなかった。</p> <p>④ ③に示す状況により、筋かい等の構造部材に対しては、目視による点検を行い、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行っていた。目視による点検では木</p>	<p>り、台風 15 号の強風による水平荷重（風荷重）は、設計時の水平荷重（風荷重）（最大瞬間風速 63m/s 相当）には達していなかった。</p> <p>過去 10 年間に最大瞬間風速 20m/s 以上を記録した日は 1 回/年以上あったが、冷却塔が倒壊することはなかった。特に、平成 29 年（2017 年）10 月の台風 21 号が通過した際は、今回の台風 15 号とほぼ同じ最大瞬間風速を記録するとともに、暴露された時間も長時間であったが、この時の風向は北東であった。このことから、倒壊には風向も重要な要素であったと考える。なお、これらをもとに風圧及び速度分布の解析を行った結果、JMTR 施設内の建家の配置の影響により局所的（冷却塔の No. 4 セルの東面）にはさらに大きな水平荷重（風荷重）が生じていた可能性がある（添付資料 4 ㊸風雨の影響 参照）。</p> <p>(3) 冷却塔の倒壊に至った経緯の推定</p> <p>木材の腐朽が確認されたことから、㊸風雨の影響で調査した台風 15 号による最大瞬間風速 30.9m/s の東の風が発生した場合において、木材の腐朽による構造部材（筋かい）の耐力低下を考慮した解析を実施した。その結果、筋かいが健全であれば、最大瞬間風速 30.9m/s の水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=40\text{kgf/m}^2$ に耐えることを確認した。一方、木材の腐朽の程度を調査するために実施した筋かいの針貫入試験結果による残存断面積比に基づき、耐力低下を考慮した評価を行った結果、冷却塔が倒壊に至ることが推定できた。冷却塔は、①構造設計の影響で示した特殊な構造により、腐朽による劣化の程度が大きい部材を有する一構面が水平荷重（風荷重）を負担できなくなると、隣接する構面が水平荷重（風荷重）を負担して部材の軸力増加と部材の破断が隣接する構面に連鎖的に進むことから、冷却塔全体が損傷し、倒壊に至ったと推定される（添付資料 5 木材の腐朽を考慮した解析検討による倒壊原因の推定 参照）。</p> <p>この検討結果に基づき、冷却塔の倒壊に至った経緯を以下のとおり推定した。</p> <p>① 冷却塔は、水平荷重（風荷重）である速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）に耐えられるように設計されていた。一方、冷却塔の主構造部材は木材であるが、冷却塔は特殊な構造であり、一般的な木造建築とは異なり、水平荷重（風荷重）を構造部材のうち筋かいのみが負担し、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面の筋かいの荷重が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造であった。</p> <p>② 平成 18 年（2006 年）8 月の JMTR の運転停止以降、長期間にわたり当該冷却塔を使用していないことにより乾湿を繰り返し、構造部材である木材の腐朽を促進する条件が整い、木材内部の腐朽が進行した。特に、冷却塔の東西方向の 17 構面（No. 1～No. 17）のうち、構面 No. 10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、木材の残存断面積がほとんどない状況であった。</p> <p>③ ①に示す特殊な構造について十分把握できておらず、また、木材の腐朽に関するリスクや定期的な点検の必要性についてメーカーと十分共有できていなかったため、これらが設定した点検項目や方法、並びに部材等の更新計画に反映されていなかった。</p> <p>④ ③に示す状況により、筋かい等の構造部材に対しては、目視による点検を行い、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行っていた。目視による点検では木</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>材内部の腐朽が把握できなかったため、②に示す木材内部の腐朽の進行により、特に、構面 No.10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、著しい耐力低下が生じた。</p> <p>⑤ 水平荷重（風荷重）に対する耐力低下を把握していない状況において、台風 15 号による、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風（最大瞬間風速 30.9m/s）により、残存耐力を上回る水平荷重（風荷重）が発生した。これにより複数の筋かいが破断し、①に示した特殊な構造のため隣接する構面にその現象が連鎖して冷却塔の倒壊に至った。</p> <p>8.2 原因分析</p> <p>「8.1 原因調査」に示した冷却塔の倒壊に至った経緯の推定に基づき、原因分析を行った結果、以下に示す 4 つの原因が重なって生じることにより冷却塔の倒壊に至ったと特定した。</p> <p>(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。</p> <p>「8.1 原因調査」に示した冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、これに見合った保守・点検計画になっていなかった。</p> <p>(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。</p> <p>冷却塔については目視による点検を実施していたが、木材内部の腐朽を考慮しておらず、このような点検方法では木材内部の腐朽が把握できなかった。</p> <p>(3) 使用環境が大きく変わったこと。</p> <p>冷却塔を長期間使用しないことにより木材の腐朽の条件が整いやすくなり、使用環境が大きく変わった。また、その際に保守・点検計画の見直しを行っていなかった。</p> <p>(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。</p> <p>台風 15 号により、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風を受けた。</p> <p>9. 対策</p> <p>倒壊した冷却塔は、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で解体・撤去を行う予定（廃止措置計画認可申請済）であり、建て替えは行わないことから、倒壊事象が再発することはない。したがって、冷却塔と同種である木造の原子力施設の設備の倒壊を防止するため、冷却塔の倒壊に至った原因に対する再発防止対策を検討した。その結果、以下に掲げる対策を講ずる。</p> <p>(1) 設備の特殊な構造についてメーカー情報等により把握し、その結果に応じて点検の見直し、補修、交換、補強等を行う。点検の見直しに当たっては、木材の腐朽が進行しやすい箇所を特定して重点的に点検が行えるように点検・保守計画を策定する（原因(1)</p>	<p>材内部の腐朽が把握できなかったため、②に示す木材内部の腐朽の進行により、特に、構面 No.10、13 及び 15 の筋かい下端部（接合部）において、著しい耐力低下が生じた。</p> <p>⑤ 水平荷重（風荷重）に対する耐力低下を把握していない状況において、台風 15 号による、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風（最大瞬間風速 30.9m/s）により、残存耐力を上回る水平荷重（風荷重）が発生した。これにより複数の筋かいが破断し、①に示した特殊な構造のため隣接する構面にその現象が連鎖して冷却塔の倒壊に至った。</p> <p>8.2 原因分析</p> <p>「8.1 原因調査」に示した冷却塔の倒壊に至った経緯の推定に基づき、原因分析を行った結果、以下に示す 4 つの原因が重なって生じることにより冷却塔の倒壊に至ったと特定した。</p> <p>(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。</p> <p>「8.1 原因調査」に示した冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、これに見合った保守・点検計画になっていなかった。</p> <p>(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。</p> <p>冷却塔については目視による点検を実施していたが、木材内部の腐朽を考慮しておらず、このような点検方法では木材内部の腐朽が把握できなかった。</p> <p>(3) 使用環境が大きく変わったこと。</p> <p>冷却塔を長期間使用しないことにより木材の腐朽の条件が整いやすくなり、使用環境が大きく変わった。また、その際に保守・点検計画の見直しを行っていなかった。</p> <p>(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。</p> <p>台風 15 号により、水平荷重（風荷重）に対して最も影響を受ける真東の強風を受けた。</p> <p>9. 対策</p> <p>倒壊した冷却塔は、JMTR 原子炉施設の廃止措置の中で解体・撤去を行う予定（廃止措置計画認可申請済）であり、建て替えは行わないことから、倒壊事象が再発することはない。したがって、冷却塔と同種である木造の原子力施設の設備の倒壊を防止するため、冷却塔の倒壊に至った原因に対する再発防止対策を検討した。その結果、以下に掲げる対策を講ずる。</p> <p>(1) 設備の特殊な構造についてメーカー情報等により把握し、その結果に応じて点検の見直し、補修、交換、補強等を行う。点検の見直しに当たっては、木材の腐朽が進行しやすい箇所を特定して重点的に点検が行えるように点検・保守計画を策定する（原因(1)</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>の対策)。</p> <p>(2) 木材内部の腐朽を把握するため、目視による点検に加え、木材内部の腐朽に着目して年1回打音点検等を計画的に行い、疑義が生じた部位には超音波測定器等を用いた腐朽具合の測定を行うとともに、点検結果に応じて補修、交換等を行うように点検・保守計画を定める（原因(2)の対策)。</p> <p>(3) 設備を長期間使用しないことにより、設備の置かれた環境に、材料の劣化を促進させるような変化が生じる場合には、メーカーと情報共有して維持管理上のリスク評価を行った上で、評価結果に応じて点検項目及び頻度を追加・削除・変更する等の必要な措置を講ずる（原因(3)の対策)。</p> <p>(4) 対策(1)～対策(3)において、必要な点検の見直し、補修、交換、補強等が完了するまでの間、設備に台風等の自然現象の影響が生じるおそれがある場合は、応急的に補強等を行う（原因(4)の対策)。</p> <p>10. 再発防止に向けた水平展開</p> <p>再発防止に向けた水平展開として、JMTR 施設のうち、同種の冷却塔である UCL 系統冷却塔に対して、今回の原因調査及び原因分析に基づいて早急に健全性調査を開始した。調査結果に基づいて、点検の見直し、補修、交換、補強等の対応を行う。また、これらの対応が完了するまでの間、台風等の強風の対策として行っている4方向からのワイヤーロープによる固定は継続し、倒壊した場合の周辺への影響を軽減する（添付資料6参照）。</p> <p>また、原子力施設の倒壊事象の再発を防止するため、原子力機構の各拠点に対し、次のとおり水平展開を行う。屋外にあり、かつ、建築基準法に基づく一般的な木造建築とは異なる構造である木造の原子力施設の設備に対し、既存の点検方法により構造部材（柱、梁、筋かい等）の劣化（腐朽、腐食等）の状態（兆候含む。）が把握できるか否かを確認する。劣化の状態を把握できない箇所がある場合は、当該設備に対して、今回の原因分析に対する対策に基づき、必要な措置を講ずる。さらに、原子力機構内にある木造の建家・設備が倒壊して安全上重要な設備に影響を与えるおそれがある場合は、必要な措置を講ずる。</p> <p>図1～図7（1/2）（省略）</p>	<p>の対策)。</p> <p>(2) 木材内部の腐朽を把握するため、目視による点検に加え、木材内部の腐朽に着目して年1回打音点検等を計画的に行い、疑義が生じた部位には超音波測定器等を用いた腐朽具合の測定を行う<u>と</u>ともに、点検結果に応じて補修、交換等を行うように点検・保守計画を定める（原因(2)の対策)。</p> <p>(3) 設備を長期間使用しないことにより、設備の置かれた環境に、材料の劣化を促進させるような変化が生じる場合には、メーカーと情報共有して維持管理上のリスク評価を行った上で、評価結果に応じて点検項目及び頻度を追加・削除・変更する等の必要な措置を講ずる（原因(3)の対策)。</p> <p>(4) 対策(1)～対策(3)において、必要な点検の見直し、補修、交換、補強等が完了するまでの間、設備に台風等の自然現象の影響が生じるおそれがある場合は、応急的に補強等を行う（原因(4)の対策)。</p> <p>10. 再発防止に向けた水平展開</p> <p>再発防止に向けた水平展開として、JMTR 施設のうち、同種の冷却塔である UCL 系統冷却塔に対して、今回の原因調査及び原因分析に基づいて早急に健全性調査を開始した。調査結果に基づいて、点検の見直し、補修、交換、補強等の対応を行う。また、これらの対応が完了するまでの間、台風等の強風の対策として行っている4方向からのワイヤーロープによる固定は継続し、倒壊した場合の周辺への影響を軽減する（添付資料6参照）。</p> <p>また、原子力施設の倒壊事象の再発を防止するため、原子力機構の各拠点に対し、次のとおり水平展開を行う。屋外にあり、かつ、建築基準法に基づく一般的な木造建築とは異なる構造である木造の原子力施設の設備に対し、既存の点検方法により構造部材（柱、梁、筋かい等）の劣化（腐朽、腐食等）の状態（兆候含む。）が把握できるか否かを確認する。劣化の状態を把握できない箇所がある場合は、当該設備に対して、今回の原因分析に対する対策に基づき、必要な措置を講ずる。さらに、原子力機構内にある木造の建家・設備が倒壊して安全上重要な設備に影響を与えるおそれがある場合は、必要な措置を講ずる。</p> <p>図1～図7（1/2）（変更なし）</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
 <p>写真①（令和元年9月9日撮影）</p>  <p>写真②（令和元年9月9日撮影）</p> <p>図7 破損した二次冷却系配管（2/2）</p> <p>図8～図16（省略）</p>	 <p>写真①（令和元年9月9日撮影）</p>  <p>写真②（令和元年9月9日撮影）</p> <p>図7 破損した二次冷却系配管（2/2）</p> <p>図8～図16（変更なし）</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
 <p data-bbox="315 754 770 778">写真① 撤去前状況(南側) (令和元年10月7日撮影)</p>	 <p data-bbox="1223 754 1677 778">写真① 撤去前状況(南側) (令和元年10月7日撮影)</p>	
 <p data-bbox="315 1409 770 1433">写真② 撤去中状況(南側) (令和元年10月24日撮影)</p> <p data-bbox="309 1473 808 1497">図17 二次冷却システム冷却塔のがれき等の撤去状況 <u>(2/5)</u></p>	 <p data-bbox="1223 1409 1677 1433">写真② 撤去中状況(南側) (令和元年10月24日撮影)</p> <p data-bbox="1216 1473 1715 1497">図17 二次冷却システム冷却塔のがれき等の撤去状況 <u>(2/6)</u></p>	<p data-bbox="1908 1473 2033 1497">記載の適正化</p>

変更前（第2報）



写真③ 撤去前状況(東側) (令和元年10月3日撮影)

変更後



写真③ 撤去前状況(東側) (令和元年10月3日撮影)

変更理由



写真④ 撤去中状況(東側) (令和元年10月24日撮影)



写真④ 撤去中状況(東側) (令和元年10月24日撮影)

図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況 (3/5)

図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況 (3/6)

記載の適正化

変更前（第2報）



写真⑤ 撤去前状況(西側) (令和元年9月12日撮影)



写真⑥ 撤去中状況(西側) (令和元年12月11日撮影)

図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況 (4/5)

変更後



写真⑤ 撤去前状況(西側) (令和元年9月12日撮影)



写真⑥ 撤去中状況(西側) (令和元年12月11日撮影)

図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況 (4/6)

変更理由

記載の適正化

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<div data-bbox="199 204 920 748" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="273 751 826 783" data-label="Caption"> <p>写真⑧ がれき等の保管場所の状況（令和元年12月11日撮影）</p> </div> <div data-bbox="297 1428 810 1492" data-label="Caption"> <p>図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況 <u>(5/5)</u> 図18及び表1（省略）</p> </div>	<div data-bbox="1102 204 1823 748" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1176 751 1729 783" data-label="Caption"> <p>写真⑨ がれき等の保管場所の状況（令和元年12月11日撮影）</p> </div> <div data-bbox="1061 799 1845 1406" data-label="Image" style="border: 2px dashed red;"> </div> <div data-bbox="1189 1366 1720 1398" data-label="Caption"> <p>写真⑩ がれき等の保管場所の状況（令和2年2月3日撮影）</p> </div> <div data-bbox="1198 1428 1711 1492" data-label="Caption"> <p>図17 二次冷却系統冷却塔のがれき等の撤去状況 <u>(6/6)</u> 図18及び表1（変更なし）</p> </div>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）			変更後			変更理由
表2 時系列			表2 時系列			
日付	時間	内容	日付	時間	内容	記載の適正化
令和元年 9月9日	6：00頃	請負作業員2名が、タンクヤードの現場確認時には冷却塔が倒壊していないことを <u>確認した</u> 。	令和元年 9月9日	6：00頃	請負作業員2名が、タンクヤードの現場確認時には冷却塔が倒壊していないことを <u>確認</u> 。	
	7：40頃	請負作業員3名が、冷却塔の倒壊及び配管の破損並びに隣接する排風機室のスレート外壁（2箇所）の破損を確認したため、原子炉課長へ連絡。原子炉課長現場確認。		7：40頃	請負作業員3名が、冷却塔の倒壊及び配管の破損並びに隣接する排風機室のスレート外壁（2箇所）の破損を確認したため、原子炉課長へ連絡。原子炉課長現場確認。	
	8：20	原子炉課長から次長へ連絡。次長現場確認。		8：20	原子炉課長から次長へ連絡。次長現場確認。	
	8：30	部内に一斉放送にて冷却塔の倒壊及び現場への立入禁止を周知（1回目）。 請負作業員と原子炉課員が、誤作動、電気事故等の防止のため、二次冷却塔入口弁、冷却塔ファン、循環ポンプ、補助ポンプ、循環ポンプ出口弁、補助ポンプ出口弁の電源「断」確認。		8：30	部内に一斉放送にて冷却塔の倒壊及び現場への立入禁止を周知（1回目）。 請負作業員と原子炉課員が、誤作動、電気事故等の防止のため、二次冷却塔入口弁、冷却塔ファン、循環ポンプ、補助ポンプ、循環ポンプ出口弁、補助ポンプ出口弁の電源「断」確認。	
	8：38	次長から部長へ連絡。		8：38	次長から部長へ連絡。	
	8：40	部長現場確認。		8：40	部長現場確認。	
	8：44	部長から環境技術開発センター長へ連絡。		8：44	部長から環境技術開発センター長へ連絡。	
	8：45	部長から所長へ連絡。		8：45	部長から所長へ連絡。	
	8：47	部長から保安管理部長へ連絡。		8：47	部長から保安管理部長へ連絡。	
	8：52	所内緊急電話9901に連絡。		8：52	所内緊急電話9901に連絡。	
	9：05	部内に一斉放送にて冷却塔の倒壊及び現場への立入禁止を再周知（2回目）。		9：05	部内に一斉放送にて冷却塔の倒壊及び現場への立入禁止を再周知（2回目）。	
	9：15	大洗研究所に現地対策本部を設置。材料試験炉部に現場指揮所を設置。		9：15	大洗研究所に現地対策本部を設置。材料試験炉部に現場指揮所を設置。	
	9：19	FAX（第1報）発信。→9：37 原子力規制庁事故対処室FAX（第1報）着信確認。		9：19	FAX（第1報）発信。→9：37 原子力規制庁事故対処室FAX（第1報）着信確認。	
	9：38	放射線管理第2課員が、排風機室内の線量当量率及び汚染確認のため、線量当量率測定及び表面密度測定を開始。→10：38排風機室内の測定結果の報告（異常なし）。		9：38	放射線管理第2課員が、排風機室内の線量当量率及び汚染確認のため、線量当量率測定及び表面密度測定を開始。→10：38排風機室内の測定結果の報告（異常なし）。	
	10：00	原子炉課員と請負作業員が、二次冷却系統内の隔離のため、熱交パイパス弁「閉」確認及び熱交入口弁（3台）並びに熱交出口弁（3台）「閉」操作の作業開始。		10：00	原子炉課員と請負作業員が、二次冷却系統内の隔離のため、熱交パイパス弁「閉」確認及び熱交入口弁（3台）並びに熱交出口弁（3台）「閉」操作の作業開始。	
	10：10	放射線管理第2課員が、冷却塔倒壊付近の線量当量率確認のため、線量当量率の測定を開始。→10：38 冷却塔倒壊付近の測定結果の報告（異常なし）。		10：10	放射線管理第2課員が、冷却塔倒壊付近の線量当量率確認のため、線量当量率の測定を開始。→10：38 冷却塔倒壊付近の測定結果の報告（異常なし）。	
10：13	原子炉課員と請負作業員が、熱交入口弁（3台）及び熱交出口弁（3台）の全閉確認。	10：13	原子炉課員と請負作業員が、熱交入口弁（3台）及び熱交出口弁（3台）の全閉確認。			
10：30	原子力規制庁保安検査官が現場確認。	10：30	原子力規制庁保安検査官が現場確認。			
10：44	FAX（第2報）発信。→11：12 原子力規制庁事故対処室FAX（第2報）着信 <u>確認</u>	10：44	FAX（第2報）発信。→11：12 原子力規制庁事故対処室FAX（第2報）着信 <u>確認</u> 。			

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）			変更後			変更理由
日付	時間	内容	日付	時間	内容	記載の適正化
	10：49	原子炉課員が二次冷却系統の確認中に、配管フランジ部からの水の漏えいを確認（30～40L程度、約150mL/分）。		10：49	原子炉課員が二次冷却系統の確認中に、配管フランジ部からの水の漏えいを確認（30～40L程度、約150mL/分）。	
	11：06	原子炉課員により、1箇所目（出入口側破損箇所）の排風機室破損箇所の補修作業が完了。		11：06	原子炉課員により、1箇所目（出入口側破損箇所）の排風機室破損箇所の補修作業が完了。	
	11：07	原子炉課員が配管フランジ部からの漏えい水をサンプリングし、汚染確認のため、測定を放射線管理第2課員に <u>依頼した</u> 。		11：07	原子炉課員が配管フランジ部からの漏えい水をサンプリングし、汚染確認のため、測定を放射線管理第2課員に <u>依頼</u> 。	
	11：30	放射線管理第2課員が配管フランジ部からの漏えい水の汚染確認のため、ゲルマニウム半導体検出器を用いた測定を開始。→13：01 漏えい水の測定結果の報告（異常なし）。		11：30	放射線管理第2課員が配管フランジ部からの漏えい水の汚染確認のため、ゲルマニウム半導体検出器を用いた測定を開始。→13：01 漏えい水の測定結果の報告（異常なし）。	
	11：36	原子炉課員により、2箇所目の排風機室破損箇所の補修作業が完了。		11：36	原子炉課員により、2箇所目の排風機室破損箇所の補修作業が完了。	
	13：30	本事象は法令報告事象と判断。		13：30	本事象は法令報告事象と判断。	
	14：35	FAX（第3報：最終報）発信。→15：06 原子力規制庁事故対処室（第3報：最終報）着信確認。		14：35	FAX（第3報：最終報）発信。→15：06 原子力規制庁事故対処室（第3報：最終報）着信確認。	
	14：37	原子炉課員が、配管フランジ部からの漏えい水を停止させるため、二次冷却系配管の水抜き作業を開始。		14：37	原子炉課員が、配管フランジ部からの漏えい水を停止させるため、二次冷却系配管の水抜き作業を開始。	
	15：25	原子炉課員が、安全確保のため、冷却塔の立入禁止用ローピングの作業開始。		15：25	原子炉課員が、安全確保のため、冷却塔の立入禁止用ローピングの作業開始。	
	15：50	原子炉課員による安全確保のための、冷却塔の立入禁止用ローピングの作業終了。		15：50	原子炉課員による安全確保のための、冷却塔の立入禁止用ローピングの作業終了。	
	17：14	原子炉課員による、二次冷却系配管の水抜き作業終了。		17：14	原子炉課員による、二次冷却系配管の水抜き作業終了。	
	18：15	現地対策本部、現場指揮所 解散。		18：15	現地対策本部、現場指揮所 解散。	

変更前（第2報）

表3 二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象の影響度評価

Table with 5 columns: 基本事象, 影響度 #1, 調査項目, 調査内容, 調査結果. Rows include 構造設計の影響, 材料変更の影響, 施工の問題, 木材の歪みの影響, 木材の腐敗の影響, 保守運転の影響, 点検内容の問題, 更新・補修の影響, 金属の腐食・変形等の影響, コンクリートの割れ・破損等の影響, 地震力による破損等の影響, 風雨の影響, 飛来物の影響, 地震の発生の影響, 竜巻（突風）の発生の影響, 設備運転による過負荷の影響, 配管破損等の強度不足の影響, 配管破損等の腐食の影響, 足場の倒壊の影響, 繰返し応力の影響.

*1 ○：影響あり、×：影響なし

添付資料1～3（省略）

変更後

表3 二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象の影響度評価

Table with 5 columns: 基本事象, 影響度 #1, 調査項目, 調査内容, 調査結果. Rows include 構造設計の影響, 材料変更の影響, 施工の問題, 木材の歪みの影響, 木材の腐敗の影響, 保守運転の影響, 点検内容の問題, 更新・補修の影響, 金属の腐食・変形等の影響, コンクリートの割れ・破損等の影響, 地震力による破損等の影響, 風雨の影響, 飛来物の影響, 地震の発生の影響, 竜巻（突風）の発生の影響, 設備運転による過負荷の影響, 配管破損等の強度不足の影響, 配管破損等の腐食の影響, 足場の倒壊の影響, 繰返し応力の影響.

*1 ○：影響あり、×：影響なし

添付資料1～3（変更なし）

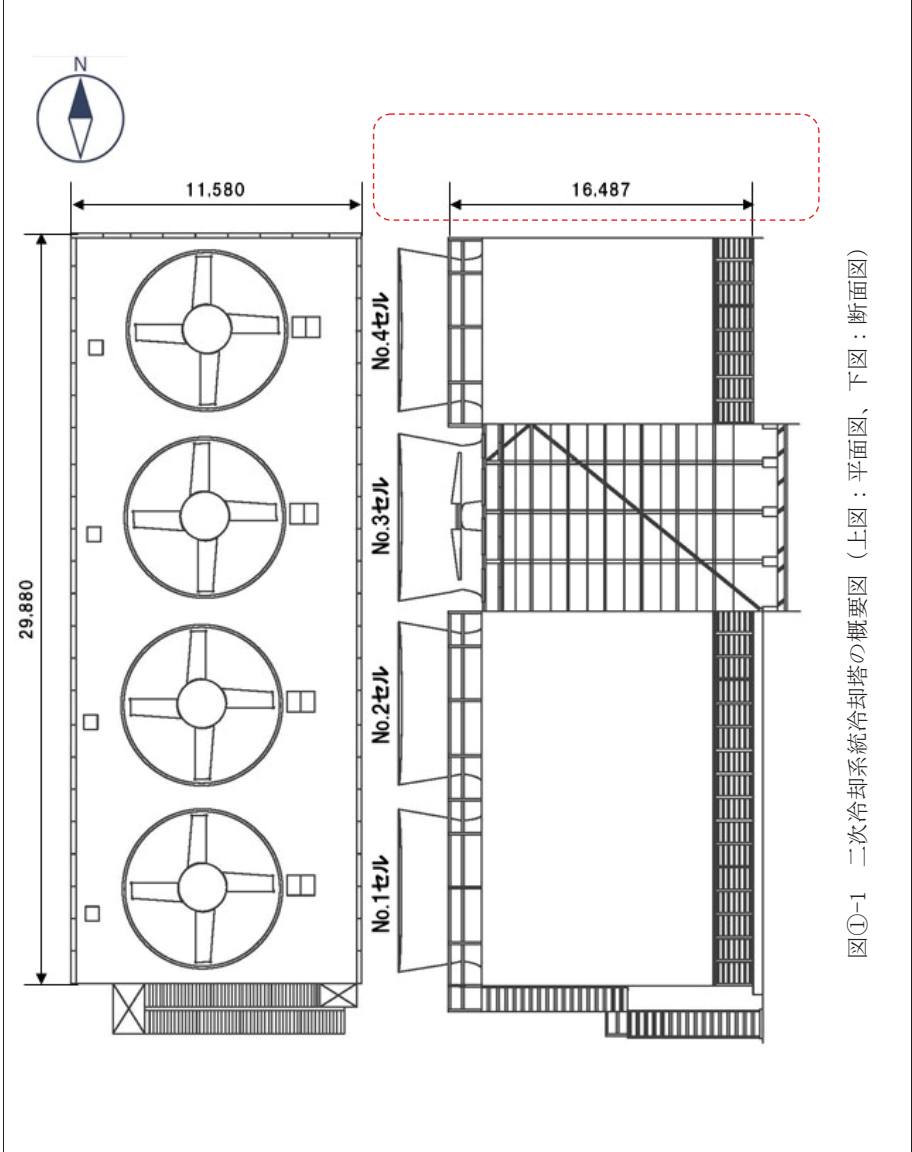
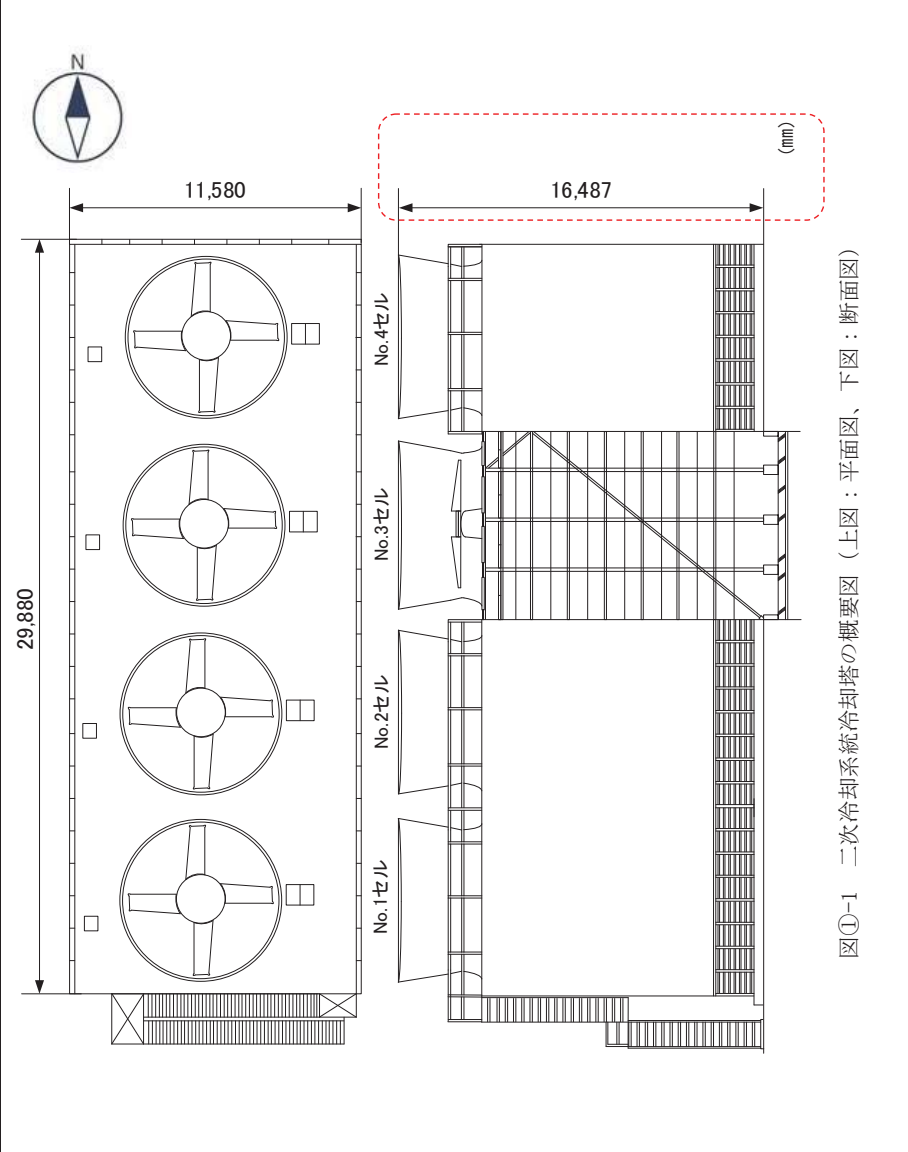
変更理由

記載の適正化

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料 4</p> <p style="text-align: center;">二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象ごとの評価内容詳細</p> <p>① 構造設計の影響…………… 63</p> <p>② 材料変更の影響…………… 70</p> <p>③ 施工の問題…………… 71</p> <p>④ 木材の変形の影響…………… 79</p> <p>⑤ 木材の腐朽の影響…………… 93</p> <p>⑥ 保守運転の影響…………… 100</p> <p>⑦ 点検内容の問題…………… 105</p> <p>⑧ 更新・補修の影響…………… 110</p> <p>⑨ 金属の腐食、変形等の影響…………… 119</p> <p>⑩ コンクリートの割れ・破損等の影響…………… 128</p> <p>⑪ 地震力による破損等の影響…………… 130</p> <p>⑫ 風雨の影響…………… 134</p> <p>⑬ 飛来物の影響…………… 143</p> <p>⑭ 地震の発生の影響…………… 145</p> <p>⑮ 竜巻（突風）の発生の影響…………… 148</p> <p>⑯ 設備運転による過応力の影響…………… 150</p> <p>⑰ 配管破損部の強度不足の影響…………… 151</p> <p>⑱ 配管破損部の腐食の影響…………… 158</p> <p>⑲ 足場の衝突の影響…………… 160</p> <p>⑳ 繰返し応力の影響…………… 162</p>	<p style="text-align: right;">添付資料 4</p> <p style="text-align: center;">二次冷却系統冷却塔の倒壊に係る基本事象ごとの評価内容詳細</p> <p>① 構造設計の影響…………… 64</p> <p>② 材料変更の影響…………… 71</p> <p>③ 施工の問題…………… 72</p> <p>④ 木材の変形の影響…………… 80</p> <p>⑤ 木材の腐朽の影響…………… 94</p> <p>⑥ 保守運転の影響…………… 101</p> <p>⑦ 点検内容の問題…………… 106</p> <p>⑧ 更新・補修の影響…………… 111</p> <p>⑨ 金属の腐食、変形等の影響…………… 120</p> <p>⑩ コンクリートの割れ・破損等の影響…………… 129</p> <p>⑪ 地震力による破損等の影響…………… 131</p> <p>⑫ 風雨の影響…………… 135</p> <p>⑬ 飛来物の影響…………… 144</p> <p>⑭ 地震の発生の影響…………… 146</p> <p>⑮ 竜巻（突風）の発生の影響…………… 149</p> <p>⑯ 設備運転による過応力の影響…………… 151</p> <p>⑰ 配管破損部の強度不足の影響…………… 152</p> <p>⑱ 配管破損部の腐食の影響…………… 159</p> <p>⑲ 足場の衝突の影響…………… 161</p> <p>⑳ 繰返し応力の影響…………… 163</p>	<p style="color: red;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料 4</p> <p>①構造設計の影響</p> <p>1. 確認・調査事項</p> <p>二次冷却系統冷却塔（以下「冷却塔」という。）の主構造部材は、木製の柱、横材及び筋かいで構成されている。建設時は当時の建築基準法を参考にした水平荷重（風荷重）を用いて構造設計が行われている。ここでは改めて構造計算を行い、当時の構造設計の妥当性を確認する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容</p> <p>冷却塔の倒壊後、設計当時の構造計算書の提出をメーカーに依頼したが、構造計算書の存在は確認できたが、保管は確認できなかった。このため、メーカーから提出された当時の類似の冷却塔の構造計算書及びヒアリングに基づいて、構造計算のためのモデルを構築するとともに、設計当時の各種入力パラメータの確認を行った。これらに基づいて、構造モデルを用いて、設計時の水平荷重（風荷重（最大瞬間風速 63m/s 相当））と自重を考慮して構造計算を行い、部材に発生する軸力と耐力を比較して、構造設計の妥当性を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 冷却塔の構造</p> <p>冷却塔は、昭和 41 年 1 月の<u>設工認</u>により設計・施工されたもので、平成 10 年度から平成 11 年度には、構造部材（木材）に腐朽が見られたため、当時の設工認書及び施工要領書に基づいて改修が実施された。設工認書及び施工要領書に記載されている基本仕様及び塔体部材等の仕様を表①-1 に示す。</p> <p>冷却塔の概要図を図①-1 に、構造概要を図①-2 に示す。冷却塔は、柱、横材及び筋かいから構成された構面を東西方向に 17 構面、南北方向に 7 構面配置しており、柱で鉛直荷重を負担し、筋かいのみで水平荷重（風荷重）を負担する構造となっている。また、冷却塔内部は吹き抜けとなっており、冷却塔全体が受ける水平荷重（風荷重）を全ての構面（東西方向の場合 17 構面）で負担する剛床の構造ではなく、各構面毎に風を受ける壁面の面積に応じて水平荷重（風荷重）を負担する構造である。</p> <p>外壁の下部には外気を取り入れる木製ルーバーを東西面に配置している。<u>二次冷却系統</u>冷却塔上部に FRP 製ファンスタック（平成 20 年に木製から FRP 製に更新）を 4 基設け冷却用外気をファンにより上空へ放出している。</p> <p>3.2 設計条件の確認</p> <p>(1) 水平荷重（風荷重）条件</p> <p>冷却塔の設計時の水平荷重（風荷重）は、昭和 25 年に制定された建築基準法に基づき、速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）としている。なお、現行の建築基準法に基づく水平荷重（風荷重）は、速度圧 $q=118\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 53.4m/s 相当）となる。</p> <p>(2) 設計の考え方</p> <p>冷却塔の設計時の考え方について、評価開始時は設計当時の構造計算書が確認できなかったため、類似構造計算書及びメーカーからのヒアリングにより確認し、最終的には、評価後に発見され</p>	<p style="text-align: right;">添付資料 4</p> <p>①構造設計の影響</p> <p>1. 確認・調査事項</p> <p>二次冷却系統冷却塔（以下「冷却塔」という。）の主構造部材は、木製の柱、横材及び筋かいで構成されている。建設時は当時の建築基準法を参考にした水平荷重（風荷重）を用いて構造設計が行われている。ここでは改めて構造計算を行い、当時の構造設計の妥当性を確認する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容</p> <p>冷却塔の倒壊後、設計当時の構造計算書の提出をメーカーに依頼したが、構造計算書の存在は確認できたが、保管は確認できなかった。このため、メーカーから提出された当時の類似の冷却塔の構造計算書及びヒアリングに基づいて、構造計算のためのモデルを構築するとともに、設計当時の各種入力パラメータの確認を行った。これらに基づいて、構造モデルを用いて、設計時の水平荷重（風荷重（最大瞬間風速 63m/s 相当））と自重を考慮して構造計算を行い、部材に発生する軸力と耐力を比較して、構造設計の妥当性を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 冷却塔の構造</p> <p>冷却塔は、昭和 41 年 1 月の「<u>JMTR 設計及び工事の方法（その 3）原子炉冷却系統施設（4）</u>」（以下「<u>設工認書</u>」という。）により設計・施工されたもので、平成 10 年度から平成 11 年度には、構造部材（木材）に腐朽が見られたため、当時の設工認書及び施工要領書に基づいて改修が実施された。設工認書及び施工要領書に記載されている基本仕様及び塔体部材等の仕様を表①-1 に示す。</p> <p>冷却塔の概要図を図①-1 に、構造概要を図①-2 に示す。冷却塔は、柱、横材及び筋かいから構成された構面を東西方向に 17 構面、南北方向に 7 構面配置しており、柱で鉛直荷重を負担し、筋かいのみで水平荷重（風荷重）を負担する構造となっている。また、冷却塔内部は吹き抜けとなっており、冷却塔全体が受ける水平荷重（風荷重）を全ての構面（東西方向の場合 17 構面）で負担する剛床の構造ではなく、各構面毎に風を受ける壁面の面積に応じて水平荷重（風荷重）を負担する構造である。</p> <p>外壁の下部には外気を取り入れる木製ルーバーを東西面に配置している。冷却塔上部に FRP 製ファンスタック（平成 20 年に木製から FRP 製に更新）を 4 基設け冷却用外気をファンにより上空へ放出している。</p> <p>3.2 設計条件の確認</p> <p>(1) 水平荷重（風荷重）条件</p> <p>冷却塔の設計時の水平荷重（風荷重）は、昭和 25 年に制定された建築基準法に基づき、速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 63m/s 相当）としている。なお、現行の建築基準法に基づく水平荷重（風荷重）は、速度圧 $q=118\text{kgf/m}^2$（最大瞬間風速 53.4m/s 相当）となる。</p> <p>(2) 設計の考え方</p> <p>冷却塔の設計時の考え方について、評価開始時は設計当時の構造計算書が確認できなかったため、類似構造計算書及びメーカーからのヒアリングにより確認し、最終的には、評価後に発見され</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>た構造計算書により、以下の考え方であることを確認した。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 水平荷重（風荷重）は設計時には速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$ とし、高さによらず一様に設定している。 ② 柱で鉛直荷重を負担し、筋かいで水平荷重（風荷重）を負担する構造とする。 ③ 構造部材は軸力（引張及び圧縮）のみを伝達するトラス部材として設計する。 ④ 軸力算定は2次元トラス構造の各部材に発生する軸力を手計算により算出する。 ⑤ 部材に発生する軸力について、短期許容圧縮・引張力以内となることを確認する。 ⑥ 接合部については、ライセンス先のメーカー標準により定めており、部材に発生する軸力が伝達できる設計（部材と同等）である。そのため、設計検討として部材に発生する軸力の確認を実施する。 ⑦ 柱については、部材中間部に継手を設置しているが、当該部位は水平荷重（風荷重）に抵抗できる接合部として設計されていない（軸力伝達のみを想定）。 <p>3.3 結果</p> <p>冷却塔の構造を確認した結果、主構造部材は木材であり、添付資料4「③施工の問題」に示すとおり、防腐・防蟻処理されたものが使用されていることを確認した。構造設計は、建築基準法に基づく一般的な木造建築のように柱に水平荷重（風荷重）を負担させる設計ではないため、筋かいが機能を喪失し、柱に力が集中すると柱中間部に設けている継手が弱部となる特徴があることが分かった。また、剛床の構造ではなく、各構面毎に風を受ける壁面の面積に応じて水平荷重（風荷重）を負担する構造であることから、一構面の筋かいが機能を喪失した場合、隣接する構面が受ける水平荷重（風荷重）が増えるため破断が連鎖的に進む、ねばりが小さい構造と考えられる。</p> <p>3.1及び3.2で確認した構造及び条件に基づき、柱、横材、筋かいについて部材端部をピン接合としてモデル化し、軸力のみが伝達できる解析モデル（図①-3）を作成し、設計時の水平荷重（風荷重）を入力して構造計算を実施した（図①-4）。</p> <p>部材の検討結果は、最も厳しい検定比（発生軸力を評価基準値で除した値）が生じる筋かい部分において、表①-2に示すとおり、最も厳しい検定比（発生軸力を評価基準値で除した値）が生じる筋かい部分において0.91であり、筋かいの発生軸力が評価基準値を下回っていることを確認した。</p> <p>なお、本評価後に発見された構造計算書を確認したところ、3.2（2）で示した設計の考え方と同様に構造計算が行われていた。検定比は最大で0.97になっており、本評価（0.91）と同位置でほぼ同じ値であった。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>冷却塔について構造図に基づき解析モデルを作成し、設計時の水平荷重（風荷重）を加えて改めて構造計算を行った結果、検定比は最大で0.91であり、筋かいに発生する軸力は評価基準値を下回り、構造設計上問題ないことが確認できた。なお、構造計算書上の検定比も最大で0.97であり、本評価と同位置でほぼ同じ値であった。</p> <p>また、冷却塔は、主構造部材が木材であり、「水平荷重（風荷重）を柱が負担せず筋かいのみで負担し、かつ、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面が負担する水平荷重（風荷重）が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造」という特殊な構造であることを確認した。</p>	<p>た構造計算書により、以下の考え方であることを確認した。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 水平荷重（風荷重）は設計時には速度圧 $q=200\text{kgf/m}^2$ とし、高さによらず一様に設定している。 ② 柱で鉛直荷重を負担し、筋かいで水平荷重（風荷重）を負担する構造とする。 ③ 構造部材は軸力（引張及び圧縮）のみを伝達するトラス部材として設計する。 ④ 軸力算定は2次元トラス構造の各部材に発生する軸力を手計算により算出する。 ⑤ 部材に発生する軸力について、短期許容圧縮・引張力以内となることを確認する。 ⑥ 接合部については、ライセンス先のメーカー標準により定めており、部材に発生する軸力が伝達できる設計（部材と同等）である。そのため、設計検討として部材に発生する軸力の確認を実施する。 ⑦ 柱については、部材中間部に継手を設置しているが、当該部位は水平荷重（風荷重）に抵抗できる接合部として設計されていない（軸力伝達のみを想定）。 <p>3.3結果</p> <p>冷却塔の構造を確認した結果、主構造部材は木材であり、添付資料4「③施工の問題」に示すとおり、防腐・防蟻処理されたものが使用されていることを確認した。構造設計は、建築基準法に基づく一般的な木造建築のように柱に水平荷重（風荷重）を負担させる設計ではないため、筋かいが機能を喪失し、柱に力が集中すると柱中間部に設けている継手が弱部となる特徴があることが分かった。また、剛床の構造ではなく、各構面毎に風を受ける壁面の面積に応じて水平荷重（風荷重）を負担する構造であることから、一構面の筋かいが機能を喪失した場合、隣接する構面が受ける水平荷重（風荷重）が増えるため破断が連鎖的に進む、ねばりが小さい構造と考えられる。</p> <p>3.1及び3.2で確認した構造及び条件に基づき、柱、横材、筋かいについて部材端部をピン接合としてモデル化し、軸力のみが伝達できる解析モデル（図①-3）を作成し、設計時の水平荷重（風荷重）を入力して構造計算を実施した（図①-4）。</p> <p>部材の検討結果は、表①-2に示すとおり、最も厳しい検定比（発生軸力を評価基準値で除した値）が生じる筋かい部分において0.91であり、筋かいの発生軸力が評価基準値を下回っていることを確認した。</p> <p>なお、本評価後に発見された構造計算書を確認したところ、3.2（2）で示した設計の考え方と同様に構造計算が行われていた。検定比は最大で0.97になっており、本評価（0.91）と同位置でほぼ同じ値であった。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>冷却塔について構造図に基づき解析モデルを作成し、設計時の水平荷重（風荷重）を加えて改めて構造計算を行った結果、検定比は最大で0.91であり、筋かいに発生する軸力は評価基準値を下回り、構造設計上問題ないことが確認できた。なお、構造計算書上の検定比も最大で0.97であり、本評価と同位置でほぼ同じ値であった。</p> <p>また、冷却塔は、主構造部材が木材であり、「水平荷重（風荷重）を柱が負担せず筋かいのみで負担し、かつ、一構面の筋かいの機能が喪失した場合、隣接する構面が負担する水平荷重（風荷重）が増加するため破断が連鎖的に進みやすく、ねばりが小さい構造」という特殊な構造であることを確認した。</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
 <p data-bbox="94 1356 1003 1465">図①-2～①-4（省略） 表①-1～①-2（省略）</p>	 <p data-bbox="1003 1356 1908 1465">図①-2～①-4（変更なし） 表①-1～①-2（変更なし）</p>	<p data-bbox="1908 351 2163 399">記載の適正化</p>

図①-1 二次冷却系統冷却塔の概要図（上図：平面図、下図：断面図）

図①-1 二次冷却系統冷却塔の概要図（上図：平面図、下図：断面図）

変更前（第2報）	変更後	変更理由																																																
<p style="text-align: right;">添付資料 4</p> <p style="text-align: center;">②材料変更の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔は、平成 20 年にトップデッキ及びファンスタックを木製から FRP 製に更新している。また、その他の冷却塔上部部品（機械構造及び機械台）についても設置以降補修及び更新を実施している。これらの更新時の材料変更が冷却塔の倒壊事象に影響を与えているか評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 近年、木材に代わる構造材として FRP 製に変更する部分補修が行われており、特に人が歩行する部分のデッキや送風機の周り、フロアー関係など重要な部分については推奨されている。このため、材料変更による影響としては、冷却塔上部部品の補修及び更新により生じた重量変化が、冷却塔倒壊事象に影響を与えたか評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 冷却塔上部部品（ファンスタック、トップデッキ、ファン、ファンガード、機械構造及び機械台）について、冷却塔建設時（昭和 43 年度）と更新後の重量を比較した。比較結果を表②-1 に示す。表②-1 に示すように <u>設置時</u> と更新後では、ほぼ同等の重量であることを確認した。</p> <p>4. 評価結果 冷却塔建設時と更新後の重量を比較し、冷却塔上部部品の交換における重量はほぼ同じであることから、冷却塔倒壊に影響しないと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">表②-1 冷却塔の建設時と更新後の重量比較表</p> <table border="1" data-bbox="123 976 976 1315"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th><u>設置時</u> (t)</th> <th>更新後 (t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ファンスタック</td> <td>10.55</td> <td>11.20</td> </tr> <tr> <td>トップデッキ</td> <td>6.66</td> <td>7.14</td> </tr> <tr> <td>ファン</td> <td>2.44</td> <td>2.44</td> </tr> <tr> <td>ファンガード</td> <td>1.92</td> <td>1.92</td> </tr> <tr> <td>機械構造 (モータ + 中間軸 + 減速機)</td> <td>6.40</td> <td>4.66</td> </tr> <tr> <td>機械台</td> <td>1.84</td> <td>2.47</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>29.81</td> <td>29.83</td> </tr> </tbody> </table>	部位	<u>設置時</u> (t)	更新後 (t)	ファンスタック	10.55	11.20	トップデッキ	6.66	7.14	ファン	2.44	2.44	ファンガード	1.92	1.92	機械構造 (モータ + 中間軸 + 減速機)	6.40	4.66	機械台	1.84	2.47	合計	29.81	29.83	<p style="text-align: right;">添付資料 4</p> <p style="text-align: center;">②材料変更の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔は、平成 20 年にトップデッキ及びファンスタックを木製から FRP 製に更新している。また、その他の冷却塔上部部品（機械構造及び機械台）についても設置以降補修及び更新を実施している。これらの更新時の材料変更が冷却塔の倒壊事象に影響を与えているか評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 近年、木材に代わる構造材として FRP 製に変更する部分補修が行われており、特に人が歩行する部分のデッキや送風機の周り、フロアー関係など重要な部分については推奨されている。このため、材料変更による影響としては、冷却塔上部部品の補修及び更新により生じた重量変化が、冷却塔倒壊事象に影響を与えたか評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 冷却塔上部部品（ファンスタック、トップデッキ、ファン、ファンガード、機械構造及び機械台）について、冷却塔建設時（昭和 43 年度）と更新後の重量を比較した。比較結果を表②-1 に示す。表②-1 に示すように <u>建設時</u> と更新後では、ほぼ同等の重量であることを確認した。</p> <p>4. 評価結果 冷却塔建設時と更新後の重量を比較し、冷却塔上部部品の交換における重量はほぼ同じであることから、冷却塔倒壊に影響しないと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">表②-1 冷却塔の建設時と更新後の重量比較表</p> <table border="1" data-bbox="1028 976 1881 1315"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th><u>建設時</u> (t)</th> <th>更新後 (t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ファンスタック</td> <td>10.55</td> <td>11.20</td> </tr> <tr> <td>トップデッキ</td> <td>6.66</td> <td>7.14</td> </tr> <tr> <td>ファン</td> <td>2.44</td> <td>2.44</td> </tr> <tr> <td>ファンガード</td> <td>1.92</td> <td>1.92</td> </tr> <tr> <td>機械構造 (モータ + 中間軸 + 減速機)</td> <td>6.40</td> <td>4.66</td> </tr> <tr> <td>機械台</td> <td>1.84</td> <td>2.47</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>29.81</td> <td>29.83</td> </tr> </tbody> </table>	部位	<u>建設時</u> (t)	更新後 (t)	ファンスタック	10.55	11.20	トップデッキ	6.66	7.14	ファン	2.44	2.44	ファンガード	1.92	1.92	機械構造 (モータ + 中間軸 + 減速機)	6.40	4.66	機械台	1.84	2.47	合計	29.81	29.83	<p style="text-align: center;">記載の適正化</p> <p style="text-align: center;">記載の適正化</p> <p style="text-align: center;">記載の適正化</p>
部位	<u>設置時</u> (t)	更新後 (t)																																																
ファンスタック	10.55	11.20																																																
トップデッキ	6.66	7.14																																																
ファン	2.44	2.44																																																
ファンガード	1.92	1.92																																																
機械構造 (モータ + 中間軸 + 減速機)	6.40	4.66																																																
機械台	1.84	2.47																																																
合計	29.81	29.83																																																
部位	<u>建設時</u> (t)	更新後 (t)																																																
ファンスタック	10.55	11.20																																																
トップデッキ	6.66	7.14																																																
ファン	2.44	2.44																																																
ファンガード	1.92	1.92																																																
機械構造 (モータ + 中間軸 + 減速機)	6.40	4.66																																																
機械台	1.84	2.47																																																
合計	29.81	29.83																																																

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">③施工の問題</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の改修や更新時の施工が倒壊に影響したかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 冷却塔は、その強度に係る主構造材について、外観等による木材の破損等が確認される毎に改修や更新工事を実施してきた。昭和 41 年度の承認図を基に、昭和 63 年度に行われた改修工事と平成 10～11 年度にかけて行われた更新工事について、検査記録及び施工記録を確認し、これらの改修、更新工事等における施工の影響について調査する。</p> <p>3. 確認・調査結果 (1) 昭和 63 年度の改修記録 昭和 63 年度の改修工事の施工記録を確認し、本工事が昭和 41 年度の承認図を基に実施されていることを確認した。交換する木材は、「木材の加圧式防腐処理方法（JIS A 9002）」に規定する処理方法により防腐・防蟻処理されていた。また、ボルト類（アンカーボルト含む）は全数 SUS304 に交換されていた。一方、接合部に使用されている接合金物は、すべて再利用されていた。更新後の性能検査については、各セルを運転し、搭振動の計測により運転に問題となる箇所がないことが確認されていた。</p> <p>(2) 平成 10～11 年度の更新記録 平成 10～11 年度の更新工事の検査記録を確認し、本工事が昭和 41 年度の承認図を基に実施されていることを確認した。主構造に対しては、木材検査が行われおり、検査は当時の日本農林規格「針葉樹製剤の欠点の測定方法」に従い実施されていた。また、交換する木材は、「木材の加圧式防腐処理方法（JIS A 9002）」に規定する処理方法により防腐・防蟻処理されたものが使用されており、結果は全ての検査項目に対して判定基準を満たしていた。検査内容が記載された木材検査基準書を表③-1 に示す。 施工記録を確認した結果、接合部に使用されている接合金物は、使用不可能になったものは一部更新されたが、ほとんど再利用されていた。また、現地据付工事においては、主構造、接合金物及びボルト類を含む冷却塔の各部において表③-2 のとおり検査が行われており、冷却塔セル塔体部に対しては外観、作動点検及び垂直度計測が行われ、結果は全て合格であった。</p> <p>(3) 接合金物の施工について 昭和 41 年度の承認図を確認していく中で、基礎部筋かいの接合金物の仕様が承認図に示されているものと異なっていることが分かった。承認図上の接合金物の取付け仕様を図③-1 に示す。すなわち、承認図上は 3 本ボルト用接合金物を使用しなければならない接合部に対して、2 本ボルト用接合金物を使用していた。接合金物の取付け状況を図③-2 に示す。本施工については、図③-2 に示す写真から、接合金物の交換は実施されておらず、建設時の昭和 43 年度から取違えていることが分かった。</p>	<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">③施工の問題</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の改修や更新時の施工が倒壊に影響したかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 冷却塔は、その強度に係る主構造材について、外観等による木材の破損等が確認される毎に改修や更新工事を実施してきた。昭和 41 年度の承認図を基に、昭和 63 年度に行われた改修工事と平成 10～11 年度にかけて行われた更新工事について、検査記録及び施工記録を確認し、これらの改修、更新工事等における施工の影響について調査する。</p> <p>3. 確認・調査結果 (1) 昭和 63 年度の改修記録 昭和 63 年度の改修工事の施工記録を確認し、本工事が昭和 41 年度の承認図を基に実施されていることを確認した。交換する木材は、「木材の加圧式防腐処理方法（JIS A 9002）」に規定する処理方法により防腐・防蟻処理されていた。また、ボルト類（アンカーボルト含む）は全数 SUS304 に交換されていた。一方、接合部に使用されている接合金物は、すべて再利用されていた。更新後の性能検査については、各セルを運転し、搭振動の計測により運転に問題となる箇所がないことが確認されていた。</p> <p>(2) 平成 10～11 年度の更新記録 平成 10～11 年度の更新工事の検査記録を確認し、本工事が昭和 41 年度の承認図を基に実施されていることを確認した。主構造に対しては、木材検査が行われおり、検査は当時の日本農林規格「針葉樹製剤の欠点の測定方法」に従い実施されていた。また、交換する木材は、「木材の加圧式防腐処理方法（JIS A 9002）」に規定する処理方法により防腐・防蟻処理されたものが使用されており、結果は全ての検査項目に対して判定基準を満たしていた。検査内容が記載された木材検査基準書を表③-1 に示す。 施工記録を確認した結果、接合部に使用されている接合金物は、使用不可能になったものは一部更新されたが、ほとんど再利用されていた。また、現地据付工事においては、主構造、接合金物及びボルト類を含む冷却塔の各部において表③-2 のとおり検査が行われており、冷却塔セル塔体部に対しては外観、作動点検及び垂直度計測が行われ、結果は全て合格であった。</p> <p>(3) 接合金物の施工について 昭和 41 年度の承認図を確認していく中で、基礎部筋かいの接合金物の仕様が承認図に示されているものと異なっていることが分かった。承認図上の接合金物の取付け仕様を図③-1 に示す。すなわち、承認図上は 3 本ボルト用接合金物を使用しなければならない接合部に対して、2 本ボルト用接合金物を使用していた。接合金物の取付け状況を図③-2 に示す。本施工については、図③-2 に示す写真から、接合金物の交換は実施されておらず、建設時の昭和 43 年度から取違えていることが分かった。</p>	<p style="text-align: center;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>構造計算書及び承認図から、呼び断面寸法(4in×4in(96mm×96mm))の部材を使用し、ボルト本数2本で接合する筋かいの種類は、1構面当り3種類あった。一方、ボルト数3本で接合する筋かいの種類は、1構面当り呼び断面寸法(4in×4in(96mm×96mm))の部材で3種類、呼び断面寸法(4in×6in(96mm×146mm))の部材で2種類であった。</p> <p>接合強度は使用する材料よりも大きいことから、構造計算書により2本ボルト用及び3本ボルト用接合金物の接合部の強度を推定すると、それぞれ4221kgf及び5946kgf以上であることを確認した。また、メーカーが管理している技術データから、類似接合金物を用いた接合部の強度が、構造計算書で推定した接合部の強度より大きいことを確認した。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>昭和63年度の改修工事及び平成10～11年度の更新工事においては、冷却塔に使用されている主構造に対する検査及び現地据付工事において行われた検査は、ともに判定基準を満たすものであった。また、改修工事及び更新工事でのメーカー所見においても特に問題となる箇所はないとされた。</p> <p>一方、接合金物の取違えによる接合部強度については、メーカーの構造計算書及び接合部の技術データを用いて設計時に行った構造計算値との比較を行った。その結果、2本ボルト用接合金物を用いた基礎部筋かいの検定比は0.96であり、風荷重200kgf/m²では許容範囲内であることを確認したことから、倒壊に影響したものでないと推定できる。</p> <p>図③-1及び③-2（省略） 表③-1及び③-2（省略）</p>	<p>構造計算書及び承認図から、呼び断面寸法(4in×4in(96mm×96mm))の部材を使用し、ボルト本数2本で接合する筋かいの種類は、1構面当り3種類あった。一方、ボルト数3本で接合する筋かいの種類は、1構面当り呼び断面寸法(4in×4in(96mm×96mm))の部材で3種類、呼び断面寸法(4in×6in(96mm×146mm))の部材で2種類であった。</p> <p>接合強度は使用する材料よりも大きいことから、構造計算書により2本ボルト用及び3本ボルト用接合金物の接合部の強度を推定すると、それぞれ4221kgf及び5946kgf以上であることを確認した。また、メーカーが管理している技術データから、類似接合金物を用いた接合部の強度が、構造計算書で推定した接合部の強度より大きいことを確認した。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>昭和63年度の改修工事及び平成10～11年度の更新工事においては、冷却塔に使用されている主構造に対する検査及び現地据付工事において行われた検査は、ともに判定基準を満たすものであった。また、改修工事及び更新工事でのメーカー所見においても特に問題となる箇所はないとされた。</p> <p>一方、接合金物の取違えによる接合部強度については、メーカーの構造計算書及び接合部の技術データを用いて設計時に行った構造計算値との比較を行った。その結果、2本ボルト用接合金物を用いた基礎部筋かいの検定比は0.96であり、風荷重200kgf/m²では許容範囲内であることを確認したことから、倒壊に影響したものでないと推定できる。</p> <p>図③-1及び③-2（変更なし） 表③-1及び③-2（変更なし）</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">④木材の変形の影響</p> <p>1. 確認・調査事項</p> <p>冷却塔の主構造部材である木材の異常な変形の有無について調査し、冷却塔の倒壊への影響を評価する。調査は、散乱した木材の外観検査及びサンプリング試料を用いた外観検査により行う。なお、改修工事や更新工事前の木材については、各工事の検査成績書により調査（③施工の問題）する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容</p> <p>冷却塔の倒壊後、散乱した確認可能な木材について、異常な変形の有無を調査するとともに、破損部の確認や破損した木材の状態を調べる。また、冷却塔の北面を中心としてサンプリング試料を取り出し、外観検査により、木材の異常な変形の有無を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 倒壊時の現場確認による木材の状態</p> <p>冷却塔倒壊直後に、木材の変形・破損について現場にて目視による外観確認を行った。冷却塔の柱は南北方向に17本、東西方向に7本あり、柱の場所を南北は北側から1から17の数字で、東西は東側からAからGのアルファベットで示す。柱の番地を図④-1の平面図に示す。冷却塔の柱には2か所の接合部があるので、下部を㉞、上部を㉟とした（図④-1の断面図参照）。</p> <p>倒壊直後に確認が可能であった最東面（1Aから17Aの柱の面）及び最北面（1Aから1Gの柱の面）についての調査結果を図④-2及び図④-3に示す。これらの写真より、最東面については接合部㉞の部分での木材の破損が確認できた。最東面の接合部㉞より下にある柱については、ほとんど変形はないことを確認した。次に、最北面では、6か所の接合部が確認できた。最北面においても、接合部での破損が確認されたが、接合部間の木材が変形している部分については確認できなかった。</p> <p>破損している木材について南面からサンプルを取り出し、木材の状態について目視にて確認を行った。結果を図④-4～図④-8に示す。図④-4及び図④-5より南面A通り柱及び外側階段の柱材を確認した結果、木材表面部（外皮）は大きな欠陥及び曲がりがないことが分かったが、破損部から内面を観察した結果、両方の柱とも、手で触ると容易に崩れる状態であること、崩れた木材片は軽いことなど、劣化が激しく、腐朽していると考えられる状態であった。参考として、図④-7～図④-8に南側階段の損傷状態を示す。本部分は、冷却塔の柱や筋かいと使用環境は異なっており、降雨以外では常時乾燥状態であったと考えられる部分である。図④-6から損傷している南側の柱の一部と外側階段斜め材（方づえ）ともに、劣化状態は類似しており、破損部において手で触ると容易に崩れる部分があることが観察できた。</p> <p>以上の確認の結果から、冷却塔本体の柱及び筋かいについて、柱及び筋かいの表面部の変形や破損は見当たらないものの、木材内部の劣化は、場所によってはかなり進行していたと推測でき、「⑤木材の腐朽の影響」で検討することとした。</p> <p>3.2 サンプリング試料による木材の劣化状態確認</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">④木材の変形の影響</p> <p>1. 確認・調査事項</p> <p>冷却塔の主構造部材である木材の異常な変形の有無について調査し、冷却塔の倒壊への影響を評価する。調査は、散乱した木材の外観検査及びサンプリング試料を用いた外観検査により行う。なお、改修工事や更新工事前の木材については、各工事の検査成績書により調査（③施工の問題）する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容</p> <p>冷却塔の倒壊後、散乱した確認可能な木材について、異常な変形の有無を調査するとともに、破損部の確認や破損した木材の状態を調べる。また、冷却塔の北面を中心としてサンプリング試料を取り出し、外観検査により、木材の異常な変形の有無を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 倒壊時の現場確認による木材の状態</p> <p>冷却塔倒壊直後に、木材の変形・破損について現場にて目視による外観確認を行った。冷却塔の柱は南北方向に17本、東西方向に7本あり、柱の場所を南北は北側から1から17の数字で、東西は東側からAからGのアルファベットで示す。柱の番地を図④-1の平面図に示す。冷却塔の柱には2か所の接合部があるので、下部を㉞、上部を㉟とした（図④-1の断面図参照）。</p> <p>倒壊直後に確認が可能であった最東面（1Aから17Aの柱の面）及び最北面（1Aから1Gの柱の面）についての調査結果を図④-2及び図④-3に示す。これらの写真より、最東面については接合部㉞の部分での木材の破損が確認できた。最東面の接合部㉞より下にある柱については、ほとんど変形はないことを確認した。次に、最北面では、6か所の接合部が確認できた。最北面においても、接合部での破損が確認されたが、接合部間の木材が変形している部分については確認できなかった。</p> <p>破損している木材について南面からサンプルを取り出し、木材の状態について目視にて確認を行った。結果を図④-4～図④-8に示す。図④-4及び図④-5より南面A通り柱及び外側階段の柱材を確認した結果、木材表面部（外皮）は大きな欠陥及び曲がりがないことが分かったが、破損部から内面を観察した結果、両方の柱とも、手で触ると容易に崩れる状態であること、崩れた木材片は軽いことなど、劣化が激しく、腐朽していると考えられる状態であった。参考として、図④-7～図④-8に南側階段の損傷状態を示す。本部分は、冷却塔の柱や筋かいと使用環境は異なっており、降雨以外では常時乾燥状態であったと考えられる部分である。図④-6から損傷している南側の柱の一部と外側階段斜め材（方づえ）ともに、劣化状態は類似しており、破損部において手で触ると容易に崩れる部分があることが観察できた。</p> <p>以上の確認の結果から、冷却塔本体の柱及び筋かいについて、柱及び筋かいの表面部の変形や破損は見当たらないものの、木材内部の劣化は、場所によってはかなり進行していたと推測でき、「⑤木材の腐朽の影響」で検討することとした。</p> <p>3.2 サンプリング試料による木材の劣化状態確認</p>	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>本事象においては、主構造部材である木材が台風 15 号の強風による荷重に耐えきれずに破損し、倒壊に至った可能性が考えられるため、荷重を受ける主構造部の接合部近傍木材を採取した。採取位置は採取可能な北面及び南面とした（図④-9 参照）。</p> <p>外観検査の結果を図④-10 に示す。一部のサンプルについて、内部の劣化は見られたものの異常な曲がり、凹凸、穿孔等の変形を伴う木材は確認できなかった。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>倒壊時の現場確認による木材の状態確認の結果及びサンプリング試料による木材の変形・破損状態を確認した結果、倒壊した木材及び倒壊せず残存する木材ともに異常な変形・破損は確認できなかったことから、冷却塔倒壊事象に影響を与えていないと考えられる。</p>	<p>本事象においては、主構造部材である木材が台風 15 号の強風による荷重に耐えきれずに破損し、倒壊に至った可能性が考えられるため、荷重を受ける主構造部の接合部近傍木材を採取した。採取位置は採取可能な北面及び南面とした（図④-9 参照）。</p> <p>外観検査の結果を図④-10 に示す。一部のサンプルについて、内部の劣化は見られたものの異常な曲がり、凹凸、穿孔等の変形を伴う木材は確認できなかった。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>倒壊時の現場確認による木材の状態確認の結果及びサンプリング試料による木材の変形・破損状態を確認した結果、倒壊した木材及び倒壊せず残存する木材ともに異常な変形・破損は確認できなかったことから、冷却塔倒壊事象に影響を与えていないと考えられる。</p>	

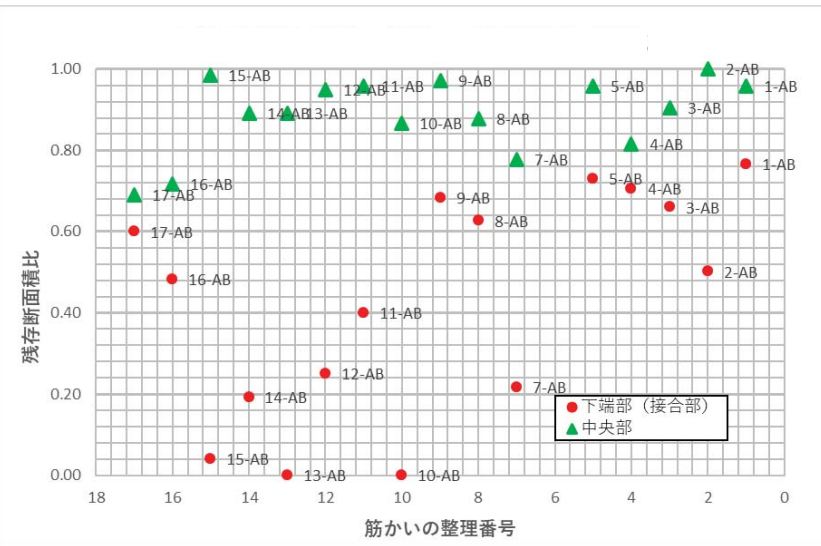
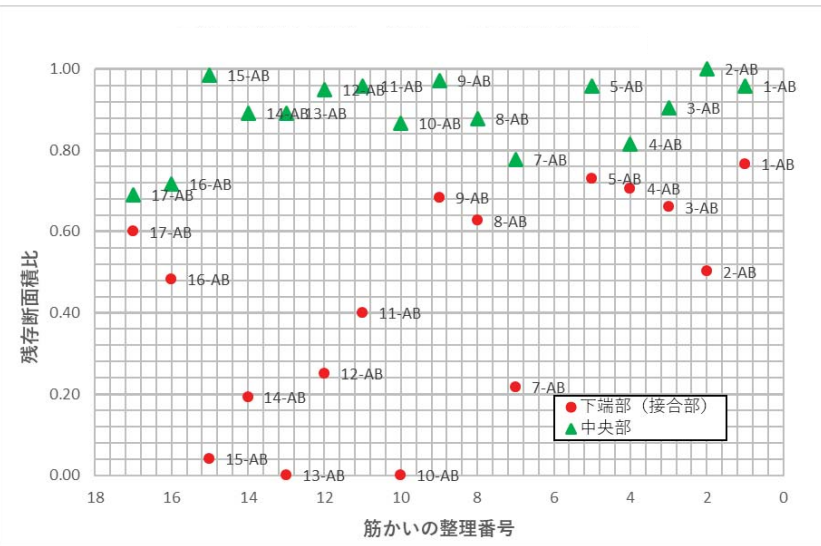
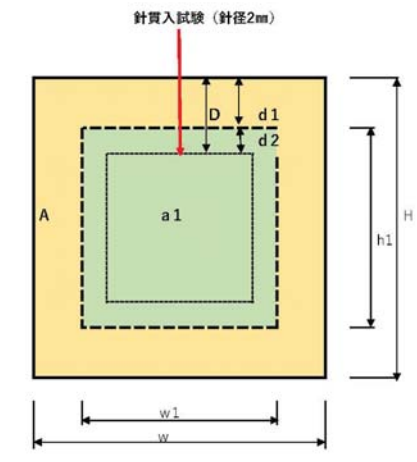
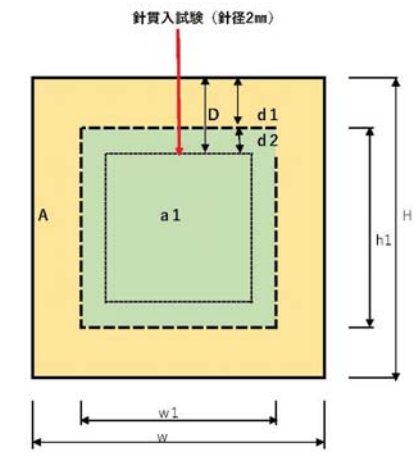
変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>図④-1 冷却塔の倒壊直後における現場確認箇所</p> <p>平面図 基礎部の番地</p> <p>断面図</p> <p>図④-2～④-8（省略）</p>	<p>図④-1 冷却塔の倒壊直後における現場確認箇所</p> <p>平面図 基礎部の番地</p> <p>断面図</p> <p>図④-2～④-8（変更なし）</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>北側 (No.1列)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>南側 (No.17列)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図④-9 サンプリング試料の採取箇所</p> <p style="text-align: center;">図④-10（省略）</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>北側 (No.1列)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>南側 (No.17列)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図④-9 サンプリング試料の採取箇所</p> <p style="text-align: center;">図④-10（変更なし）</p>	<p style="color: red;">記載の適正化</p> <p style="color: red;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑤木材の腐朽の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊の原因究明のため、当該冷却塔の主構造部材である木材の劣化状態を外観確認(損傷状態、劣化状態)、針貫入試験等により調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 冷却塔は、柱、横材及び筋かいから構成された構面を東西方向に17構面、南北方向に7構面配置しており、柱で鉛直荷重を負担し、筋かいのみで水平荷重(風荷重)を負担する構造となっている。また、メーカ仕様を基に設計・施工されており、建築基準法に基づいた木造構造物とは接合部の構成が異なる。そのため、接合部の違いによる脆弱性に着目し、筋かいに使用されている木材について外観確認(損傷状態、劣化状態)、針貫入試験等の結果を評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 木材の劣化調査結果 冷却塔の下部は、東西方向の壁に冷却の空気を取り入れる木製ルーバーが設けられ、通風が確保されている。平成18年8月の運転停止以降、約1回/月の頻度での保守運転以外は連続運転を行っていなかった。 このような状況から、JMTR運転停止後約13年間は、冷却塔内部は比較的乾燥している状態、また冷却塔の下部は雨水が侵入しやすく木材が湿潤/乾燥を繰り返す状態であったと考えられる。一方、筋かい下端部の接合部は接合金物の固定ボルトで接合されているため、固定ボルトのボルト穴が開けられていた(図⑤-1)。 外観検査より、東側の筋かいの下端部のうち5箇所が抜け出し及び1箇所に損傷が確認された。冷却塔の東面筋かいの下端部(接合部近傍)と中央部における針貫入試験の測定箇所を図⑤-2に示す。針貫入試験は針の直径約2mmの治具にて行った。針貫入試験の結果を表⑤-1に示す。測定は3回行い、平均値を求めた。また、得られた針貫入試験結果を図⑤-3にグラフとしてまとめた。この結果、下端部には針貫入深さが30mm以上の箇所が5か所、最大で58mmの針貫入深さの箇所も観測された。中央部では、針貫入深さは約10mm前後とほぼ一定であった。このことから、下端部が中央部よりも劣化が進行していたことを確認するとともに、腐朽が進行していたものと考えられる。特に、図⑤-4に示すとおり、特に、17構面(No.1~No.17)のうち、No.10、13及び15の筋かい下端部(接合部)において、木材の残存断面積がほとんどない状態であった。</p> <p>3.2 木材の劣化調査結果と非破壊検査結果 新材の断面積に対する針貫入試験結果等から木材の腐朽していない部分の断面積の比(残存断面積比)の評価を行った結果を図⑤-5、木材の腐朽に伴う部材耐力低下の考え方を図⑤-6に示す。冷却塔は、中央部に比べ、下端部が全体的に劣化している傾向が確認できた。筋かい10-AB、13-ABの下端部の残存断面積比はゼロであり、筋かい15-ABの下端部の残存断面積比は0.04と小さかった。なお、新材に対し実施した針貫入試験と穿孔抵抗測定において、表層から5mm程度は、同様に抵抗が無い結果であることから、木材表層から5mm分を控除して残存断面積比を算出している。</p>	<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑤木材の腐朽の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊の原因究明のため、当該冷却塔の主構造部材である木材の劣化状態を外観確認(損傷状態、劣化状態)、針貫入試験等により調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 冷却塔は、柱、横材及び筋かいから構成された構面を東西方向に17構面、南北方向に7構面配置しており、柱で鉛直荷重を負担し、筋かいのみで水平荷重(風荷重)を負担する構造となっている。また、メーカ仕様を基に設計・施工されており、建築基準法に基づいた木造構造物とは接合部の構成が異なる。そのため、接合部の違いによる脆弱性に着目し、筋かいに使用されている木材について外観確認(損傷状態、劣化状態)、針貫入試験等の結果を評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 木材の劣化調査結果 冷却塔の下部は、東西方向の壁に冷却の空気を取り入れる木製ルーバーが設けられ、通風が確保されている。平成18年8月の運転停止以降、約1回/月の頻度での保守運転以外は連続運転を行っていなかった。 このような状況から、JMTR運転停止後約13年間は、冷却塔内部は比較的乾燥している状態、また冷却塔の下部は雨水が侵入しやすく木材が湿潤/乾燥を繰り返す状態であったと考えられる。一方、筋かい下端部の接合部は接合金物の固定ボルトで接合されているため、固定ボルトのボルト穴が開けられていた(図⑤-1)。 外観検査より、東側の筋かいの下端部のうち5箇所が抜け出し及び1箇所に損傷が確認された。冷却塔の東面筋かいの下端部(接合部近傍)と中央部における針貫入試験の測定箇所を図⑤-2に示す。針貫入試験は針の直径約2mmの治具にて行った。針貫入試験の結果を表⑤-1に示す。測定は3回行い、平均値を求めた。また、得られた針貫入試験結果を図⑤-3にグラフとしてまとめた。この結果、下端部には針貫入深さが30mm以上の箇所が5か所、最大で58mmの針貫入深さの箇所も観測された。中央部では、針貫入深さは約10mm前後とほぼ一定であった。このことから、下端部が中央部よりも劣化が進行していたことを確認するとともに、腐朽が進行していたものと考えられる。筋かい下端部(接合部)の木材における固定ボルト穴の周囲の劣化状態を図⑤-4に示す。</p> <p>3.2 木材の劣化調査結果と非破壊検査結果 新材の断面積に対する針貫入試験結果等から木材の腐朽していない部分の断面積の比(残存断面積比)の評価を行った結果を図⑤-5、木材の腐朽に伴う部材耐力低下の考え方を図⑤-6に示す。冷却塔は、中央部に比べ、下端部が全体的に劣化している傾向が確認できた。筋かい10-AB、13-ABの下端部の残存断面積比はゼロであり、筋かい15-ABの下端部の残存断面積比は0.04と小さかった。なお、新材に対し実施した針貫入試験と穿孔抵抗測定において、表層から5mm程度は、同様に抵抗が無い結果であることから、木材表層から5mm分を控除して残存断面積比を算出している。</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>4. 評価結果</p> <p>倒壊した冷却塔は、東方向からの風に抵抗する筋かいのうち 5 箇所が抜け出し及び 1ヶ所に劣化による脆弱部が確認された。要因としては、東西方向の下部はルーバーとなっており、内側へ傾斜していて降雨が筋かい端部へ入りやすい構造となっていることが考えられる。また、筋かい下端部の接合部は接合金物の固定ボルトで接合されているため、繊維方向に沿って、木材内部への水分の浸み込みが生じ、ボルト周辺の劣化(腐朽)が進んだものと考えられる。</p> <p>木材が腐朽する条件は、①栄養(木材)、②温度、③水分(湿度)、④空気が整うこと^{〔⑤-1〕}とされている。腐朽するメカニズムとして、運転時は、流水のため、木材に腐朽菌が付着しにくかったが、運転停止後は、流水が無いため、木材に腐朽菌が付着し、栄養を吸収することが可能となった(要因①)。気温は冬季の一部を除き適温であった(要因②)。木材は運転停止後、降雨の影響を受けて乾湿を繰り返している状況であった(要因③)。また、運転時は、流水のため、空気の出入りができなかったが、運転停止後は、空気の出入りが可能となった(要因④)。以上のことから木材が腐朽する 4 条件が整っていたと考えられる。</p> <p>5. 参考文献</p> <p>〔⑤-1〕 <u>香山 幹</u>, 「木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究」, 国総研資料 第975号, 2017年.</p> <p style="text-align: center;">図⑤-1 及び⑤-2（省略）</p>	<p>4. 評価結果</p> <p>倒壊した冷却塔は、東方向からの風に抵抗する筋かいのうち 5 箇所が抜け出し及び 1ヶ所に劣化による脆弱部が確認された。要因としては、東西方向の下部はルーバーとなっており、内側へ傾斜していて降雨が筋かい端部へ入りやすい構造となっていることが考えられる。また、筋かい下端部の接合部は接合金物の固定ボルトで接合されているため、繊維方向に沿って、木材内部への水分の浸み込みが生じ、ボルト周辺の劣化(腐朽)が進んだものと考えられる。</p> <p>木材が腐朽する条件は、①栄養(木材)、②温度、③水分(湿度)、④空気が整うこと^{〔⑤-1〕}とされている。腐朽するメカニズムとして、運転時は、流水のため、木材に腐朽菌が付着しにくかったが、運転停止後は、流水が無いため、木材に腐朽菌が付着し、栄養を吸収することが可能となった(要因①)。気温は冬季の一部を除き適温であった(要因②)。木材は運転停止後、降雨の影響を受けて乾湿を繰り返している状況であった(要因③)。また、運転時は、流水のため、空気の出入りができなかったが、運転停止後は、空気の出入りが可能となった(要因④)。以上のことから木材が腐朽する 4 条件が整っていたと考えられる。</p> <p>5. 参考文献</p> <p>〔⑤-1〕 <u>国土交通省 国土技術政策総合研究所</u>, 「木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究」, 国総研資料 第975号, 2017年.</p> <p style="text-align: center;">図⑤-1 及び⑤-2（変更なし）</p>	<p style="text-align: center;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>最下段の筋かい</p> <p>● 下端部（接合部） ▲ 中央部</p>	<p>最下段の筋かい</p> <p>● 下端部（接合部） ▲ 中央部</p>	
<p>図⑤-3 冷却塔・筋かいの針貫入試験結果</p>	<p>図⑤-3 冷却塔・筋かいの針貫入試験結果</p>	
		<p>記載の適正化</p>
<p>図⑤-4 接合ボルト穴の周囲の劣化状態</p>	<p>図⑤-4 固定ボルト穴の周囲の劣化状態</p>	

変更前 (第2報)	変更後	変更理由
 <p>図⑤-5 冷却塔残存断面積比</p>	 <p>図⑤-5 冷却塔残存断面積比</p>	
 <p>筋かい下端部の断面</p> <p>図⑤-6 木材の腐朽に伴う部材力低下の考え方</p>	 <p>筋かい下端部の断面</p> <p>図⑤-6 木材の腐朽に伴う部材耐力低下の考え方</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）

表⑤-1 冷却塔の針貫入試験結果

No	部材名称	部材の位置	部材符号	現場調査			備考				
				①損傷の状態	②劣化の状態	③針貫入の平均値（mm）	1回目（mm）	2回目（mm）	3回目（mm）		
1	筋かい	1-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	6.0	6.0	5.0	7.0	サンプリング試料採取
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	11.0	12.0	11.0	10.0		
2	筋かい	2-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	4.3	5.0	5.0	3.0	上層に割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	19.0	19.0	20.0	18.0		
3	筋かい	3-AB	中央	G-17-3	○※1	×(腐食あり)	7.3	7.0	10.0	5.0	上層のボルト2本抜け出しあり 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	14.0	14.0	11.0	17.0		
4	筋かい	4-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	9.7	9.0	10.0	10.0	上層のボルト2本緩みあり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	12.7	12.0	11.0	15.0		
5	筋かい	5-AB	中央	G-17-3	○※1	×(腐食あり)	6.0	6.0	7.0	5.0	上層のボルト2本緩みあり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	12.0	18.0	11.0	7.0		
6	筋かい	6-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2					危険を伴うため未計測 同上
	EW	下層	G-17-3								
7	筋かい	7-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	10.7	10.0	12.0	10.0	筋かいとの交点で柱折損 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	30.7	29.0	41.0	22.0		
8	筋かい	8-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	8.0	8.0	8.0	8.0	上層に割裂あり腐食、割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	15.0	15.0	14.0	16.0		
9	筋かい	9-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	5.7	7.0	6.0	4.0	筋かいとの交点で柱折損
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	13.3	14.0	14.0	12.0		
10	筋かい	10-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	8.3	9.0	9.0	7.0	上層に割裂あり
	EW	下層	G-17-3	×(損傷あり)	×(腐食あり)	58.0	80.0	80.0	14.0		
11	筋かい	11-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	6.0	4.0	8.0	6.0	上層に腐食あり 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	22.7	33.0	26.0	9.0		
12	筋かい	12-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	6.3	7.0	6.0	6.0	上層に腐食あり 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	29.0	51.0	19.0	17.0		
13	筋かい	13-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	7.7	8.0	8.0	7.0	上層に割裂あり腐食、割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	54.0	48.0	34.0	80.0		
14	筋かい	14-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	7.7	7.0	8.0	8.0	接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	32.0	48.0	15.0	33.0		
15	筋かい	15-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	5.3	5.0	5.0	6.0	上層に割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	×(空洞化)	43.3	80.0	38.0	12.0		
16	筋かい	16-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	12.3	14.0	11.0	12.0	上層に割裂あり 下層に損傷あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	19.7	23.0	19.0	17.0		
17	筋かい	17-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	13.0	16.0	15.0	8.0	サンプリング試料 上層の柱に割裂、下層のブレースに腐食あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	15.7	13.0	17.0	17.0		
18	筋かい	A-17-16	中央	G-17-4	○※1	○※2	8.3	9.0	9.0	7.0	柱接合部との離れあり
	NS	下層	G-17-4	○※1	○※2	15.3	17.0	11.0	18.0		
19	筋かい	A-9-10	中央	G-17-4	○※1	○※2	9.3	10.0	10.0	8.0	上層に割裂あり
	NS	下層	G-17-4	○※1	○※2	30.3	36.0	15.0	40.0		
20	筋かい	A-9-8	中央	G-17-4	○※1	○※2	7.7	6.0	7.0	10.0	上層に割裂あり
	NS	下層	G-17-4	○※1	○※2	13.0	11.0	13.0	15.0		
21	筋かい	A-1-2	中央	G-17-4	○※1	○※2	8.3	7.0	10.0	8.0	接合ボルト穴の損傷
	NS	下層	G-17-4	×(抜出あり)	×(腐食あり)	80.0	80.0	80.0	80.0		
22	筋かい	1-F-G	中央	G-17-3	○※1	○※2	11.0	10.0	12.0	11.0	サンプリング試料
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	15.0	19.0	15.0	11.0		

共通：
①目録のブレースは腐食が認められていない。

注 記
 (1)損傷の状態 (○※)：目視点検において木材強度に影響する明らかな損傷が認められない状態を示す。
 (2)劣化の状態 (○※)：目視点検において木材強度に影響する明らかな劣化が認められない状態を示す。
 (3)針貫入試験：針の直径約2mmの道具により貫入深さを計測（貫入寸法はJIS1級針貫入計にて計測）

変更後

表⑤-1 冷却塔の針貫入試験結果

No	部材名称	部材の位置	部材符号	現場調査			備考				
				①損傷の状態	②劣化の状態	③針貫入の平均値（mm）	1回目（mm）	2回目（mm）	3回目（mm）		
1	筋かい	1-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	6.0	6.0	5.0	7.0	サンプリング試料
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	11.0	12.0	11.0	10.0		
2	筋かい	2-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	4.3	5.0	5.0	3.0	上層に割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	19.0	19.0	20.0	18.0		
3	筋かい	3-AB	中央	G-17-3	○※1	×(腐食あり)	7.3	7.0	10.0	5.0	上層のボルト2本抜け出しあり 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	14.0	14.0	11.0	17.0		
4	筋かい	4-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	9.7	9.0	10.0	10.0	上層のボルト2本緩みあり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	12.7	12.0	11.0	15.0		
5	筋かい	5-AB	中央	G-17-3	○※1	×(腐食あり)	6.0	6.0	7.0	5.0	上層のボルト2本緩みあり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	12.0	18.0	11.0	7.0		
6	筋かい	6-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2					危険を伴うため未計測 同上
	EW	下層	G-17-3								
7	筋かい	7-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	10.7	10.0	12.0	10.0	筋かいとの交点で柱折損 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	30.7	29.0	41.0	22.0		
8	筋かい	8-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	8.0	8.0	8.0	8.0	上層に割裂あり、割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	15.0	15.0	14.0	16.0		
9	筋かい	9-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	5.7	7.0	6.0	4.0	筋かいとの交点で柱折損
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	13.3	14.0	14.0	12.0		
10	筋かい	10-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	8.3	9.0	9.0	7.0	上層に割裂あり
	EW	下層	G-17-3	×(損傷あり)	×(腐食あり)	58.0	80.0	80.0	14.0		
11	筋かい	11-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	6.0	4.0	8.0	6.0	上層に腐食あり 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	22.7	33.0	26.0	9.0		
12	筋かい	12-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	6.3	7.0	6.0	6.0	上層に腐食あり 接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	29.0	51.0	19.0	17.0		
13	筋かい	13-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	7.7	8.0	8.0	7.0	上層に割裂あり、割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	54.0	48.0	34.0	80.0		
14	筋かい	14-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	7.7	7.0	8.0	8.0	接合ボルト穴の損傷
	EW	下層	G-17-3	×(抜出あり)	×(腐食あり)	32.0	48.0	15.0	33.0		
15	筋かい	15-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	5.3	5.0	5.0	6.0	上層に割裂あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	×(空洞化)	43.3	80.0	38.0	12.0		
16	筋かい	16-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	12.3	14.0	11.0	12.0	上層に割裂あり 下層に損傷あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	19.7	23.0	19.0	17.0		
17	筋かい	17-AB	中央	G-17-3	○※1	○※2	13.0	16.0	15.0	8.0	サンプリング試料 上層の柱に割裂、下層のブレースに腐食あり
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	15.7	13.0	17.0	17.0		
18	筋かい	A-17-16	中央	G-17-4	○※1	○※2	8.3	9.0	9.0	7.0	柱接合部との離れあり
	NS	下層	G-17-4	○※1	○※2	15.3	17.0	11.0	18.0		
19	筋かい	A-9-10	中央	G-17-4	○※1	○※2	9.3	10.0	10.0	8.0	上層に割裂あり
	NS	下層	G-17-4	○※1	○※2	30.3	36.0	15.0	40.0		
20	筋かい	A-9-8	中央	G-17-4	○※1	○※2	7.7	6.0	7.0	10.0	上層に割裂あり
	NS	下層	G-17-4	○※1	○※2	13.0	11.0	13.0	15.0		
21	筋かい	A-1-2	中央	G-17-4	○※1	○※2	8.3	7.0	10.0	8.0	接合ボルト穴の損傷
	NS	下層	G-17-4	×(抜出あり)	×(腐食あり)	80.0	80.0	80.0	80.0		
22	筋かい	1-F-G	中央	G-17-3	○※1	○※2	11.0	10.0	12.0	11.0	サンプリング試料
	EW	下層	G-17-3	○※1	○※2	15.0	19.0	15.0	11.0		

共通：
①目録のブレースは腐食が認められていない。

注 記
 (1)損傷の状態 (○※)：目視点検において木材強度に影響する明らかな損傷が認められない状態を示す。
 (2)劣化の状態 (○※)：目視点検において木材強度に影響する明らかな劣化が認められない状態を示す。
 (3)針貫入試験：針の直径約2mmの道具により貫入深さを計測（貫入寸法はJIS1級針貫入計にて計測）

記載の適正化

記載の適正化

記載の適正化

記載の適正化

記載の適正化

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑥保守運転の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 二次冷却系統の保守運転履歴（原子炉運転時の運転を含む）を確認し、保守運転の影響から木材の性能低下に繋がることがなかったか調査し評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 冷却塔は、平成 10 年度から平成 11 年度にかけて更新を行っていることから、平成 10 年度以降の二次冷却系統運転等（平成 18 年 9 月以降は保守運転等）の履歴について、当時の記録（二次冷却系統「起動」確認書及び二次冷却系統「保守運転」確認書）により確認する。また、二次冷却系統の保守運転の頻度について、規定類に定めがないかの確認を行う。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 二次冷却系統運転等履歴 平成 10 年 10 月から平成 18 年 8 月までは、原子炉の運転（第 130 サイクル～第 165 サイクル）を行っており、原子炉運転中は二次冷却系統は連続運転を行っていた。 平成 18 年 9 月から平成 23 年 2 月までは JMTR 改修工事期間であったことから、原則 1 回/月で二次冷却系統の保守運転（試運転を含む。）を実施していた。ただし、保守運転の時間は 1 回 40 分程度であった（以下同じ）。 平成 23 年 5 月から平成 29 年 3 月までは、当時 JMTR の再稼働を目指しており、原則 1 回/月で保守運転を実施していた。 平成 29 年 4 月に JMTR は原子力機構が策定した「施設中長期計画」^{〔⑥-1〕}により廃止施設に決定し、平成 29 年 4 月から平成 29 年 8 月までは原則 1 回/月の保守運転を行っていたが、平成 29 年 8 月に実施した二次冷却系統を運転して行う施設定期自主検査以降、1 回/年の二次冷却系統を運転して行う施設定期自主検査を実施する場合のみの運転としていた。調査した履歴を図⑥-1 に示す。</p> <p>3.2 保守運転の規定の確認 JMTR 運転手引（特定施設）の第 1 章通則に平成 28 年 8 月に「保守運転」の項目を追加し、それに基づき二次冷却系統の保守運転を実施してきた。しかし、上述のとおり、平成 29 年 8 月以降は 1 回/年の二次冷却系統を運転して行う施設定期自主検査を実施する場合のみの運転としていた。</p> <p>4. 評価結果 二次冷却系統の保守運転は主に循環ポンプ、ファン駆動部等動的機器の保守のため行っていたため、原子炉の運転を行うことがないと決定した平成 29 年度以降は原子炉の冷却を行うための連続運転を行うことが正式になくなったため、1 回/年の施設定期自主検査時に機能を確認することとされていた。 一方、木材に対しては、湿潤・乾燥のサイクル数が少ないほうが、膨張、収縮による割れの可能性が減ると考えられるが、行っていた保守運転の運転時間（約 40 分）及び頻度（1 回/月から 1 回/年）から、保守運転の影響よりも降雨による影響の方が大きいため、保守運転の実施による木材へ</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑥保守運転の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 二次冷却系統の保守運転履歴（原子炉運転時の運転を含む）を確認し、保守運転の影響から木材の性能低下に繋がることがなかったか調査し評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 冷却塔は、平成 10 年度から平成 11 年度にかけて更新を行っていることから、平成 10 年度以降の二次冷却系統運転等（平成 18 年 9 月以降は保守運転等）の履歴について、当時の記録（二次冷却系統「起動」確認書及び二次冷却系統「保守運転」確認書）により確認する。また、二次冷却系統の保守運転の頻度について、規定類に定めがないかの確認を行う。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 二次冷却系統運転等履歴 平成 10 年 10 月から平成 18 年 8 月までは、原子炉の運転（第 125 サイクル～第 165 サイクル）を行っており、原子炉運転中は二次冷却系統は連続運転を行っていた。 平成 18 年 9 月から平成 23 年 2 月までは JMTR 改修工事期間であったことから、原則 1 回/月で二次冷却系統の保守運転（試運転を含む。）を実施していた。ただし、保守運転の時間は 1 回 40 分程度であった（以下同じ）。 平成 23 年 5 月から平成 29 年 3 月までは、当時 JMTR の再稼働を目指しており、原則 1 回/月で保守運転を実施していた。 平成 29 年 4 月に JMTR は原子力機構が策定した「施設中長期計画」^{〔⑥-1〕}により廃止施設に決定し、平成 29 年 4 月から平成 29 年 8 月までは原則 1 回/月の保守運転を行っていたが、平成 29 年 8 月に実施した二次冷却系統を運転して行う施設定期自主検査以降、1 回/年の二次冷却系統を運転して行う施設定期自主検査を実施する場合のみの運転としていた。調査した履歴を図⑥-1 に示す。</p> <p>3.2 保守運転の規定の確認 JMTR 運転手引（特定施設）の第 1 章通則に平成 28 年 8 月に「保守運転」の項目を追加し、それに基づき二次冷却系統の保守運転を実施してきた。しかし、上述のとおり、平成 29 年 8 月以降は 1 回/年の二次冷却系統を運転して行う施設定期自主検査を実施する場合のみの運転としていた。</p> <p>4. 評価結果 二次冷却系統の保守運転は主に循環ポンプ、ファン駆動部等動的機器の保守のため行っていたため、原子炉の運転を行うことがないと決定した平成 29 年度以降は原子炉の冷却を行うための連続運転を行うことが正式になくなったため、1 回/年の施設定期自主検査時に機能を確認することとされていた。 一方、木材に対しては、湿潤・乾燥のサイクル数が少ないほうが、膨張、収縮による割れの可能性が減ると考えられるが、行っていた保守運転の運転時間（約 40 分）及び頻度（1 回/月から 1 回/年）から、保守運転の影響よりも降雨による影響の方が大きいため、保守運転の実施による木材へ</p>	<p style="color: red;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>の影響は少ないと評価した。</p> <p>5. 参考文献 [⑥-1]：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、「施設中長期計画」、平成 29 年 4 月 1 日（策定）</p>	<p>の影響は少ないと評価した。</p> <p>5. 参考文献 [⑥-1]：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、「施設中長期計画」、平成 29 年 4 月 1 日（策定）</p>	

変更前（第2報）														変更後														変更理由	
平成10年度	年度	状況	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年度	状況	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
	運転	123cy	124cy							125cy	126cy	127cy	平成10年度	運転	123cy	124cy							125cy	126cy	127cy				
	保守 運転												平成10年度	保守 運転															
平成11年度	検査・ 補修等							冷却塔の更新 (No.1セル)						平成11年度	検査・ 補修等									冷却塔の更新 (No.1セル)					
平成12年度	運転	128cy	129cy							130cy	131cy	132cy	平成12年度	運転	128cy	129cy							130cy	131cy	132cy				
	保守 運転												平成12年度	保守 運転															
	検査・ 補修等							冷却塔の更新 (No.2~4セル)	減速機分解点検					平成12年度	検査・ 補修等									冷却塔の更新 (No.2~4セル)	減速機分解点検				
平成13年度	運転	133cy	134cy						135cy	136cy	137cy	138cy	平成13年度	運転	133cy	134cy						135cy	136cy	137cy	138cy				
	保守 運転												平成13年度	保守 運転															
	検査・ 補修等												平成13年度	検査・ 補修等															
平成14年度	運転	139cy	140cy						141cy	142cy	143cy	144cy	平成14年度	運転	139cy	140cy						141cy	142cy	143cy	144cy				
	保守 運転												平成14年度	保守 運転															
	検査・ 補修等												平成14年度	検査・ 補修等															
平成15年度	運転	144cy	145cy	146cy						147cy				平成15年度	運転	144cy	145cy	146cy						147cy					
	保守 運転												平成15年度	保守 運転															
	検査・ 補修等												平成15年度	検査・ 補修等															
平成16年度	運転			148cy					149cy	150cy	151cy	152cy	平成16年度	運転			148cy				149cy	150cy	151cy	152cy					
	保守 運転												平成16年度	保守 運転															
	検査・ 補修等												平成16年度	検査・ 補修等															
平成17年度	運転	152cy	153cy	154cy					155cy	156cy	157cy	158cy	平成17年度	運転	152cy	153cy	154cy				155cy	156cy	157cy	158cy					
	保守 運転												平成17年度	保守 運転															
	検査・ 補修等										中間軸更新		平成17年度	検査・ 補修等									中間軸更新						
平成18年度	運転	158cy	159cy	160cy						161cy	162cy	平成18年度	運転	158cy	159cy	160cy						161cy	162cy						
	保守 運転											平成18年度	保守 運転																
	検査・ 補修等											電動機点検整備	平成18年度	検査・ 補修等									電動機点検整備						

図⑥-1. 二次冷却系統運転等履歴（1/3）

図⑥-1 二次冷却系統運転等履歴（1/3）

記載の適正化

変更前（第2報）														変更後														変更理由	
年度	状況	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年度	状況	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
平成18年度	運転	163cy		164cy		165cy								平成18年度	運転	163cy		164cy		165cy									
	保守運転	-					-	-	-	-	-	-	-		平成19年度	保守運転	-						-	-	-	-	-	-	
	検査・補修等												健全性調査			検査・補修等												健全性調査	
平成19年度	運転													平成20年度		運転													
保守運転	-		-												保守運転	-		-											
検査・補修等															検査・補修等														冷却塔の補修 電動機等の更新
平成20年度	運転												試運転	平成20年度	運転												試運転		
	保守運転	-	-	-	-	-									保守運転	-	-	-	-	-									
	検査・補修等														検査・補修等														冷却塔の補修 電動機等の更新
平成21年度	運転													平成21年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-							---		保守運転	-	-	-	-	-							---		
	検査・補修等														検査・補修等														
平成22年度	運転							試運転	試運転	試運転	試運転	試運転		平成22年度	運転							試運転	試運転	試運転	試運転	試運転			
	保守運転					-	-								保守運転					-	-								
	検査・補修等														検査・補修等														
平成23年度	運転													平成23年度	運転														
	保守運転		-----	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		保守運転		-----	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	検査・補修等												健全性調査		検査・補修等											健全性調査			
平成24年度	運転													平成24年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	検査・補修等												ひび割れ等補修工事		検査・補修等											ひび割れ等補修工事			
平成25年度	運転													平成25年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	検査・補修等														検査・補修等														

図⑥-1. 二次冷却系統運転等履歴（2/3） - 保守運転(試運転を含む.)

図⑥-1 二次冷却系統運転等履歴（2/3） - 保守運転(試運転を含む.)

記載の適正化

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）														変更後														変更理由	
年度	状況	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年度	状況	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
平成26年度	運転													平成26年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		平成26年度	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	検査・補修等															平成26年度	検査・補修等												
平成27年度	運転													平成27年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		平成27年度	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	検査・補修等															平成27年度	検査・補修等												
平成28年度	運転													平成28年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		平成28年度	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	検査・補修等															平成28年度	検査・補修等												
平成29年度	運転													平成29年度	運転														
	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		平成29年度	保守運転	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
	検査・補修等															平成29年度	検査・補修等												
平成30年度	運転													平成30年度	運転														
	保守運転														平成30年度	保守運転													
	検査・補修等															平成30年度	検査・補修等												
令和元年度	運転													令和元年度	運転														
	保守運転														令和元年度	保守運転													
	検査・補修等															令和元年度	検査・補修等												

図⑥-1. 二次冷却系統運転等履歴（3/3） - 保守運転(試運転を含む。)

図⑥-1 二次冷却系統運転等履歴（3/3） - 保守運転(試運転を含む。)

記載の適正化

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑦点検内容の問題</p> <p>1. 確認・調査事項 メーカー推奨の日常点検項目（内容）を確認し、冷却塔の倒壊に与えた影響を評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 メーカー推奨の日常点検項目（内容）に対する実施状況を確認する。 ① 日常点検 ② 施設定期自主検査の確認 さらにメーカーが行う推奨点検についての調査を行う。 また、腐朽に係る知見の点検への反映の調査についても行う。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 日常点検について 今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、メーカー推奨の一般的な日常点検項目は、「減速機のオイル量、汚れ」、「運転中の異常な振動」、「運転中の散水状態」、「ボルト等の緩み」、「木部各所の破損」、「金物等の腐食」である。それらメーカー推奨の一般的な日常点検項目に対し、冷却塔に対して行っていた点検内容についてまとめたものを表⑦-1に示す。 メーカー推奨の日常点検については、冷却塔の塔内上部（散水ノズル周辺まで）及び下部（基礎及びルーバー部）など目視確認できる範囲内において巡視点検等において行われており、充填剤等がある塔内中部（散水ノズルから下、ルーバーから上の部分）については目視確認できる範囲に限定されていたことが確認された。</p> <p>3.2 施設定期自主検査について JMTRの施設定期自主検査において、冷却塔の検査項目は外観検査であった。冷却塔の外観検査において、目視確認できる範囲内において行われていたことが確認された。 施設定期自主検査等の検査項目の設定経緯については、以下のとおりであった。 (1) 文部科学省研究炉等安全規制検討会での検討に資するため、「試験研究炉定期安全レビュー」を実施した。その結果を受け、「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する基本的な考え方」を参考に重要度分類を行い、これにより、施設定期検査、施設定期自主検査等の検査項目の整理を行った。 (2) JMTRの重要度分類は、文部科学省研究炉等安全規制検討会での検討の結果、妥当と判断され、その結果を受けて原子炉施設保安規定のJMTRに係る施設定期自主検査等の改定（平成15年9月）を行った。なお、倒壊した冷却塔を含む二次冷却系統は、安全上の機能別重要度分類において、PS（異常の発生防止機能）のうち、クラス3（確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持する必要のある構築物、系統及び機器）に分類している。 (3) 試験炉規則の改定（平成16年2月）に合わせ、重要度分類を行い、原子炉運転委員会（当時の日本原子力研究所の安全審査機関）の審査を受け、保安規定における施設定期自主検査の</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑦点検内容の問題</p> <p>1. 確認・調査事項 メーカー推奨の日常点検項目（内容）を確認し、冷却塔の倒壊に与えた影響を評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 メーカー推奨の日常点検項目（内容）に対する実施状況を確認する。 ① 日常点検 ② 施設定期自主検査の確認 さらにメーカーが行う推奨点検についての調査を行う。 また、腐朽に係る知見の点検への反映の調査についても行う。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 日常点検について 今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、メーカー推奨の一般的な日常点検項目は、「減速機のオイル量、汚れ」、「運転中の異常な振動」、「運転中の散水状態」、「ボルト等の緩み」、「木部各所の破損」、「金物等の腐食」である。それらメーカー推奨の一般的な日常点検項目に対し、冷却塔に対して行っていた点検内容についてまとめたものを表⑦-1に示す。 メーカー推奨の日常点検については、冷却塔の塔内上部（散水ノズル周辺まで）及び下部（基礎及びルーバー部）など目視確認できる範囲内において巡視点検等において行われており、充填剤等がある塔内中部（散水ノズルから下、ルーバーから上の部分）については目視確認できる範囲に限定されていたことが確認された。</p> <p>3.2 施設定期自主検査について JMTRの施設定期自主検査において、冷却塔の検査項目は外観検査であった。冷却塔の外観検査において、目視確認できる範囲内において行われていたことが確認された。 施設定期自主検査等の検査項目の設定経緯については、以下のとおりであった。 (1) 文部科学省研究炉等安全規制検討会での検討に資するため、「試験研究炉定期安全レビュー」を実施した。その結果を受け、「水冷却型試験研究用原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する基本的な考え方」を参考に重要度分類を行い、これにより、施設定期検査、施設定期自主検査等の検査項目の整理を行った。 (2) JMTRの重要度分類は、文部科学省研究炉等安全規制検討会での検討の結果、妥当と判断され、その結果を受けて原子炉施設保安規定のJMTRに係る施設定期自主検査等の改定（平成15年9月）を行った。なお、倒壊した冷却塔を含む二次冷却系統は、安全上の機能別重要度分類において、PS（異常の発生防止機能）のうち、クラス3（確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持する必要のある構築物、系統及び機器）に分類している。 (3) 試験炉規則の改定（平成16年2月）に合わせ、重要度分類を行い、原子炉運転委員会（当時の日本原子力研究所の安全審査機関）の審査を受け、保安規定における施設定期自主検査の</p>	

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>検査項目の改定（平成 16 年 3 月）を行った。</p> <p>3.3 メーカーが行う推奨点検</p> <p>冷却塔の建設当時のメーカーによる取扱説明書においては、木材に関する定期点検として「半年 1 回の外観検査、年 1 回の清掃」が推奨されていたが一般的な定期点検表であり、処置としては「破損したものを取換える」ものであった。一方、今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、メーカーが行う推奨点検の一般的な点検項目は、「木部各所の腐朽・劣化・破損」、「ボルト等金物の腐食・破損・外れ」、「エリミネータ、充填物の劣化・破損・脱落」、「駆動装置の点検」などである。それらメーカー推奨の一般的な点検項目に対し、⑧更新・補修の影響のとおり不定期に行い、目視確認できる範囲内で実施し、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行ってはいたものの、「木部各所の腐朽・劣化・破損」については、平成 18 年度に行った健全性調査以降、打音点検や触手点検などのような目視以外の方法による点検は行っていないことが確認された。</p> <p>3.4 腐朽に係る知見の点検への反映</p> <p>JMTR は平成 18 年 8 月まで原子炉の運転を行った後、平成 23 年度の原子炉の再稼働を目指し、平成 18 年度のメーカーによる冷却塔の健全性調査で破損のあった木材は交換し、健全性を確認していたことやメーカーとの木材の腐朽に対する考慮が共有されていなかったため、点検方法の見直しは行わなかった。また、その健全性調査の際、冷却塔の特殊な構造を考慮して筋かい等の構造部材に対する点検方法の見直しなどについてメーカーからの提案はなかった。</p> <p>平成 19 年度から平成 22 年度の 4 年間で原子炉施設の一部更新及び照射設備の整備を行い、平成 23 年度の原子炉の再稼働を目指していたが、平成 23 年 3 月に東北地方太平洋沖地震が発生し、再稼働の計画が遅れ、さらに新規制基準が平成 25 年 12 月に制定され、これを踏まえた再稼働時期の検討を進めたが、この時点では再稼働を目指していたこと、東北地方太平洋沖地震後の点検及び補修を行ったことから、点検方法を見直す必要はないと考えた。</p> <p>平成 28 年 12 月に運転手引（特定施設）の巡視点検表を改正し、「気がかり事象」の追加、「点検項目」を「確認事項」と変更し、確認内容の明確化を行い、より効果的な巡視点検を行うようになっていた。冷却塔本体については、「気がかり事象」を「破損」とし、確認事項を「有害な損傷、変形、錆なし」として巡視点検を行うようにしていたが、点検方法の見直しは行わなかった。</p> <p>結果的に、冷却塔は平成 18 年 8 月から長期停止状態となり、冷却塔の置かれた環境が、木材の腐朽が進む条件が整いやすくなる環境に変わったが、当初から停止状態が長期になることは予定していなかったため、メーカーとの情報共有も不足しており、これらのことから冷却塔の点検方法を見直していなかった。その後、平成 29 年 4 月に廃止措置に移行することが決定^[⑦-1]し、冷却塔を使用しないことが決まったが、廃止措置の準備段階であり、ここでも点検方法の見直しは行っていなかった。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>冷却塔の日常点検は目視による点検であり、施設定期自主検査についても外観検査を行っていた。また、平成 28 年 12 月からは確認内容の明確化を図り、より効果的な巡視点検を行えるようにしていた。しかし、これらの点検や後述（⑧更新・補修の影響）する補修等についても目視で確認できる範囲内において行われており、塔内中部（散水ノズルから下、ルーバーから上の部分）の「ボルト等の</p>	<p>検査項目の改定（平成 16 年 3 月）を行った。</p> <p>3.3 メーカーが行う推奨点検</p> <p>冷却塔の建設当時のメーカーによる取扱説明書においては、木材に関する定期点検として「半年 1 回の外観検査、年 1 回の清掃」が推奨されていたが一般的な定期点検表であり、処置としては「破損したものを取り換える」ものであった。一方、今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、メーカーが行う推奨点検の一般的な点検項目は、「木部各所の腐朽・劣化・破損」、「ボルト等金物の腐食・破損・外れ」、「エリミネータ、充填物の劣化・破損・脱落」、「駆動装置の点検」などである。それらメーカー推奨の一般的な点検項目に対し、⑧更新・補修の影響のとおり不定期に行い、目視確認できる範囲内で実施し、破損等を確認した木材について補修、交換する対応を行ってはいたものの、「木部各所の腐朽・劣化・破損」については、平成 18 年度に行った健全性調査以降、打音点検や触手点検などのような目視以外の方法による点検は行っていないことが確認された。</p> <p>3.4 腐朽に係る知見の点検への反映</p> <p>JMTR は平成 18 年 8 月まで原子炉の運転を行った後、平成 23 年度の原子炉の再稼働を目指し、平成 18 年度のメーカーによる冷却塔の健全性調査で破損のあった木材は交換し、健全性を確認していたことやメーカーとの木材の腐朽に対する考慮が共有されていなかったため、点検方法の見直しは行わなかった。また、その健全性調査の際、冷却塔の特殊な構造を考慮して筋かい等の構造部材に対する点検方法の見直しなどについてメーカーからの提案はなかった。</p> <p>平成 19 年度から平成 22 年度の 4 年間で原子炉施設の一部更新及び照射設備の整備を行い、平成 23 年度の原子炉の再稼働を目指していたが、平成 23 年 3 月に東北地方太平洋沖地震が発生し、再稼働の計画が遅れ、さらに新規制基準が平成 25 年 12 月に制定され、これを踏まえた再稼働時期の検討を進めたが、この時点では再稼働を目指していたこと、東北地方太平洋沖地震後の点検及び補修を行ったことから、点検方法を見直す必要はないと考えた。</p> <p>平成 28 年 12 月に <u>JMTR</u> 運転手引（特定施設）の巡視点検表を改正し、「気がかり事象」の追加、「点検項目」を「確認事項」と変更し、確認内容の明確化を行い、より効果的な巡視点検を行うようになっていた。冷却塔本体については、「気がかり事象」を「破損」とし、確認事項を「有害な損傷、変形、錆なし」として巡視点検を行うようにしていたが、点検方法の見直しは行わなかった。</p> <p>結果的に、冷却塔は平成 18 年 8 月から長期停止状態となり、冷却塔の置かれた環境が、木材の腐朽が進む条件が整いやすくなる環境に変わったが、当初から停止状態が長期になることは予定していなかったため、メーカーとの情報共有も不足しており、これらのことから冷却塔の点検方法を見直していなかった。その後、平成 29 年 4 月に廃止措置に移行することが決定^[⑦-1]し、冷却塔を使用しないことが決まったが、廃止措置の準備段階であり、ここでも点検方法の見直しは行っていなかった。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>冷却塔の日常点検は目視による点検であり、施設定期自主検査についても外観検査を行っていた。また、平成 28 年 12 月からは確認内容の明確化を図り、より効果的な巡視点検を行えるようにしていた。しかし、これらの点検や後述（⑧更新・補修の影響）する補修等についても目視で確認できる範囲内において行われており、塔内中部（散水ノズルから下、ルーバーから上の部分）の「ボルト等の</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>





JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について









変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>緩み」、「木部各所の破損」、「金物等の腐食」については充填材等があることから、目視で確認できる範囲内において行われていた。この塔内中部の木材、金属部等の詳細点検を行うためには、スレート外壁や充填材の取り外し、塔内外に仮設足場を設置するなど大掛かりな作業となる。メーカーによると他の冷却塔においても、点検費用や点検期間などの理由から塔内上部及び下部の点検結果より状態を推定している場合もあるとのことだったため、塔内中部の点検が目視で確認できる範囲内であったことは、冷却塔の倒壊に影響を与えなかったと判断した。</p> <p>一方、⑤木材の腐朽の影響に示す劣化調査の結果から、筋かい下端部（接合部）の木材の腐朽が確認されたが、接合部の木材内部は、接合金物に覆われているため目視による点検では腐朽が確認できなかった。また、冷却塔倒壊後に筋かい下端部を目視により確認したところ、今回の倒壊による影響により損傷した接合部を除き、木材について目視で異常と判断することは困難であることを確認した（図⑦-1参照）。したがって、目視による点検では、筋かい下端部（接合部）の木材内部の腐朽状態を把握できなかった。なお、今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、これらメーカーが行う一般的な点検については、設備の設置環境や使用状況によって腐朽の進行に大きな違いが生じることから、一律にこれらメーカーが行う一般的な点検（点検頻度や点検項目）を取扱いマニュアル等に定めることは困難な設備であり、メーカーとして、これまで点検の実施を強く推奨することはなかったとのことであった。実際に、平成18年8月からの長期停止状態の間にもメーカーによる冷却塔ファンの回転数を調整する減速機の点検を行ったが、定期的な点検の推奨はされていなかった。結果として、長期運転停止状態において、目視以外の方法による点検を行わないことの木材の腐朽に関するリスクや点検の必要性に対し、メーカーと十分共有できていなかったと考えられる。また、設置当初から構造計算書を提出図書に掲げておらずメーカーから提供されていなかったため、①構造設計の影響に示す冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、点検に反映されることもなかった。</p> <p>5. 参考文献 [⑦-1]：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構「施設中長期計画」、平成29年4月1日（策定）</p>	<p>緩み」、「木部各所の破損」、「金物等の腐食」については充填材等があることから、目視で確認できる範囲内において行われていた。この塔内中部の木材、金属部等の詳細点検を行うためには、スレート外壁や充填材の取り外し、塔内外に仮設足場を設置するなど大掛かりな作業となる。メーカーによると他の冷却塔においても、点検費用や点検期間などの理由から塔内上部及び下部の点検結果より状態を推定している場合もあるとのことだったため、塔内中部の点検が目視で確認できる範囲内であったことは、冷却塔の倒壊に影響を与えなかったと判断した。</p> <p>一方、⑤木材の腐朽の影響に示す劣化調査の結果から、筋かい下端部（接合部）の木材の腐朽が確認されたが、接合部の木材内部は、接合金物に覆われているため目視による点検では腐朽が確認できなかった。また、冷却塔倒壊後に筋かい下端部を目視により確認したところ、今回の倒壊による影響により損傷した接合部を除き、木材について目視で異常と判断することは困難であることを確認した（図⑦-1参照）。したがって、目視による点検では、筋かい下端部（接合部）の木材内部の腐朽状態を把握できなかった。なお、今回の調査で定期点検について改めてメーカーに確認したところ、これらメーカーが行う一般的な点検については、設備の設置環境や使用状況によって腐朽の進行に大きな違いが生じることから、一律にこれらメーカーが行う一般的な点検（点検頻度や点検項目）を取扱いマニュアル等に定めることは困難な設備であり、メーカーとして、これまで点検の実施を強く推奨することはなかったとのことであった。実際に、平成18年8月からの長期停止状態の間にもメーカーによる冷却塔ファンの回転数を調整する減速機の点検を行ったが、定期的な点検の推奨はされていなかった。結果として、長期運転停止状態において、目視以外の方法による点検を行わないことの木材の腐朽に関するリスクや点検の必要性に対し、メーカーと十分共有できていなかったと考えられる。また、設置当初から構造計算書を提出図書に掲げておらずメーカーから提供されていなかったため、①構造設計の影響に示す冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、点検に反映されることもなかった。</p> <p>5. 参考文献 [⑦-1]：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構「施設中長期計画」、平成29年4月1日（策定）</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
 <p data-bbox="629 363 848 619"> 冷却塔倒壊後の筋かい10-AB 外観目視では筋かい下端部(○部)に異常を確認することは困難。 </p>	 <p data-bbox="1536 363 1756 619"> 冷却塔倒壊後の筋かい10-AB 外観目視では筋かい下端部(○部)に異常を確認することは困難。 </p>	
 <p data-bbox="629 778 848 1040"> 冷却塔倒壊後の筋かい13-AB 外観目視では筋かい下端部(○部)に異常を確認することは困難。 </p>	 <p data-bbox="1536 778 1756 1040"> 冷却塔倒壊後の筋かい13-AB 外観目視では筋かい下端部(○部)に異常を確認することは困難。 </p>	
 <p data-bbox="629 1174 848 1436"> 冷却塔倒壊後の筋かい15-AB 外観目視では筋かい下端部(○部)に異常を確認することは困難。 </p>	 <p data-bbox="1536 1174 1756 1436"> 冷却塔倒壊後の筋かい15-AB 外観目視では筋かい下端部(○部)に異常を確認することは困難。 </p>	
<p data-bbox="338 1437 770 1497"> 図⑦-1 倒壊後の筋かい下端部の状況 (腐朽が進んでいる 10-AB, 13-AB, 15-AB を抜粋) </p>	<p data-bbox="1245 1437 1677 1497"> 図⑦-1 倒壊後の筋かい下端部の状況 (腐朽が進んでいる 10-AB, 13-AB, 15-AB を抜粋) </p>	<p data-bbox="1917 1437 2040 1461">記載の適正化</p>

変更前（第2報）		変更後		変更理由
表⑦-1 冷却塔の点検項目について		表⑦-1 冷却塔の点検項目について		記載の適正化
一般的な日常点検項目（メーカー推奨）	冷却塔	一般的な日常点検項目（メーカー推奨）	冷却塔	
減速機のオイル量、汚れ	<ul style="list-style-type: none"> ・H23.6～H29.8 まで保守運転（月例）時にオイル量の確認を実施。 ・H29.1.4 から JMTR 特定施設 巡視点検表（原子炉停止中）が改訂され、オイル量の確認を毎日実施している。 	減速機のオイル量、汚れ	<ul style="list-style-type: none"> ・H23.6～H29.8 まで保守運転（月例）時にオイル量の確認を実施。 ・H29.1.4 から JMTR 特定施設 巡視点検表（原子炉停止中）が改訂され、オイル量の確認を毎日実施している。 	
運転中の異常な振動	<ul style="list-style-type: none"> ・自主点検において、振動、温度、電流値（現場盤）を確認。 	運転中の異常な振動	<ul style="list-style-type: none"> ・自主点検において、振動、温度、電流値（現場盤）を確認。 	
運転中の散水状態	<ul style="list-style-type: none"> ・外観目視確認。 	運転中の散水状態	<ul style="list-style-type: none"> ・外観目視確認。 	
ボルト等の緩み	<ul style="list-style-type: none"> ・H10（No.1）、H11（No.2～No.4）に冷却塔を更新。 ・H18 二次冷却系冷却塔の健全性調査（アンカーボルト除外）。 ・H23 冷却塔の詳細調査。 ・H27 屋外に設置された設備機器等の基礎ボルト調査。 ・H26～H30 施設定期自主検査（外観検査）。 	ボルト等の緩み	<ul style="list-style-type: none"> ・H10（No.1）、H11（No.2～No.4）に冷却塔を更新。 ・H18 二次冷却系冷却塔の健全性調査（アンカーボルト除外）。 ・H23 冷却塔の詳細調査。 ・H27 屋外に設置された設備機器等の基礎ボルト調査。 ・H26～H30 施設定期自主検査（外観検査）。 	
木部各所の破損	<ul style="list-style-type: none"> ・H10（No.1）、H11（No.2～No.4）に冷却塔を更新。 ・H18 二次冷却系冷却塔の健全性調査。 ・H23 冷却塔の詳細調査。 ・H26～H30 施設定期自主検査（外観検査）。 	木部各所の破損	<ul style="list-style-type: none"> ・H10（No.1）、H11（No.2～No.4）に冷却塔を更新。 ・H18 二次冷却系冷却塔の健全性調査。 ・H23 冷却塔の詳細調査。 ・H26～H30 施設定期自主検査（外観検査）。 	
金物等の腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・H10（No.1）、H11（No.2～No.4）に冷却塔を更新。 ・H18 二次冷却系冷却塔の健全性調査。 ・H23 冷却塔の詳細調査。 ・H26～H30 施設定期自主検査（外観検査）。 	金物等の腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・H10（No.1）、H11（No.2～No.4）に冷却塔を更新。 ・H18 二次冷却系冷却塔の健全性調査。 ・H23 冷却塔の詳細調査。 ・H26～H30 施設定期自主検査（外観検査）。 	























変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑧更新・補修の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の更新・補修の履歴を確認し、冷却塔倒壊への影響を評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 倒壊した冷却塔（平成 10～11 年度に更新）について、平成 10 年以降の更新・補修の履歴を確認する。また、耐用年数についても確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果 冷却塔の更新履歴の確認結果を表⑧-1及び図⑧-1に示す。 平成 10～11 年度の冷却塔更新以降、駆動部の点検等を随時行い、平成 18 年度に健全性の調査を行っている。当時、平成 23 年の原子炉再稼働を目指し、平成 19～22 年度の 4 年間をかけて原子炉施設の更新を行っており、この期間に更新対象以外の設備機器の健全性調査を行っており、冷却塔についても調査を行っていた。この時の調査は、破損・変形・付着物・鉄性腐食・経年劣化の有無を確認するため目視点検、木材の内部割れ・腐蝕、ボルト類のゆるみを確認するための点検ハンマーによる打音点検、強度劣化の有無を確認するための触手点検を行っている。点検の結果、トップデッキやファンスタックに木材の干割れなどを認め、その調査結果を受け、平成 20 年にトップデッキ、ファンスタックを FRP 製に交換した。さらに塔体部下部の筋かい 1 本に木材の腐朽を確認し、平成 24 年 9 月の工事で更新している。 平成 23 年 3 月に発生した平成 23 年東北地方太平洋沖地震後の確認のため、平成 24 年 3 月に健全性調査を目視により行い、基礎モルタルのひび割れ等のほか、基礎アンカーボルトの腐食、接合部ボルトの緩み、木材の劣化などがわかり、平成 24 年 9 月にそれらについて交換・補修作業を行っている。 さらに平成 27 年にはホットラボ施設において発生したアンカーボルトの減肉を受け、健全性調査を行い、基礎アンカーボルトに腐食は認めたものの直ちに対応が必要な状態ではないことを確認した。 平成 28 年には、減速機の点検を行っており、その際エリミネータ等の補修を推奨されているが、塔体部全体に対し更新の推奨まではされていなかった。 なお、耐用年数についてメーカーに確認したが、使用の状況や環境によって異なることがわかった。</p> <p>4. 評価結果 更新・補修の履歴を確認し、冷却塔は更新・補修など保守は不定期 <u>ではあるが</u> 適宜実施されていると評価した。 耐用年数については、使用の状況や環境によって異なるが、直近のメーカーが行った点検である平成 28 年 12 月において、エリミネータ等の補修を推奨されているが、塔体部全体に対し更新の推奨まではされていなかった。その後、平成 29 年 4 月に JMTR は廃止施設と決定し、廃止措置計画認可後、冷却塔は第一段階で解体撤去することになり、冷却塔の更新については計画されていなかった。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑧更新・補修の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の更新・補修の履歴を確認し、冷却塔倒壊への影響を評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 倒壊した冷却塔（平成 10～11 年度に更新）について、平成 10 年以降の更新・補修の履歴を確認する。また、耐用年数についても確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果 冷却塔の更新履歴の確認結果を表⑧-1及び図⑧-1に示す。 平成 10～11 年度の冷却塔更新以降、駆動部の点検等を随時行い、平成 18 年度に健全性の調査を行っている。当時、平成 23 年の原子炉再稼働を目指し、平成 19～22 年度の 4 年間をかけて原子炉施設の更新を行っており、この期間に更新対象以外の設備機器の健全性調査を行っており、冷却塔についても調査を行っていた。この時の調査は、破損・変形・付着物・鉄性腐食・経年劣化の有無を確認するため目視点検、木材の内部割れ・腐蝕、ボルト類のゆるみを確認するための点検ハンマーによる打音点検、強度劣化の有無を確認するための触手点検を行っている。点検の結果、トップデッキやファンスタックに木材の干割れなどを認め、その調査結果を受け、平成 20 年にトップデッキ、ファンスタックを FRP 製に交換した。さらに塔体部下部の筋かい 1 本に木材の腐朽を確認し、平成 24 年 9 月の工事で更新している。 平成 23 年 3 月に発生した平成 23 年東北地方太平洋沖地震後の確認のため、平成 24 年 3 月に健全性調査を目視により行い、基礎モルタルのひび割れ等のほか、基礎アンカーボルトの腐食、接合部ボルトの緩み、木材の劣化などがわかり、平成 24 年 9 月にそれらについて交換・補修作業を行っている。 さらに平成 27 年にはホットラボ施設において発生したアンカーボルトの減肉を受け、健全性調査を行い、基礎アンカーボルトに腐食は認めたものの直ちに対応が必要な状態ではないことを確認した。 平成 28 年には、減速機の点検を行っており、その際エリミネータ等の補修を推奨されているが、塔体部全体に対し更新の推奨まではされていなかった。 なお、耐用年数についてメーカーに確認したが、使用の状況や環境によって異なることがわかった。</p> <p>4. 評価結果 更新・補修の履歴を確認し、冷却塔は更新・補修など保守は不定期 <u>ではあるが</u> 適宜実施されていると評価した。 耐用年数については、使用の状況や環境によって異なるが、直近のメーカーが行った点検である平成 28 年 12 月において、エリミネータ等の補修を推奨されているが、塔体部全体に対し更新の推奨まではされていなかった。その後、平成 29 年 4 月に JMTR は廃止施設と決定し、廃止措置計画認可後、冷却塔は第一段階で解体撤去することになり、冷却塔の更新については計画されていなかった。</p>	<p style="color: red;">記載の適正化</p> <p style="color: red;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>調査の目的 JMTR稼働後の二次冷却システムの長期使用を確実なものにするため、(H10年及び11年の構造材更新工事施工後、約8年経過)</p> <p>調査の場所 二次冷却系統冷却塔 (1)塔外装：ファンスタック、トップデッキ、外壁、ルーバー (2)塔内上部：デッキジョイント・ジョイントサポート類、ホスト・フレース、エリミネータ (3)塔内中部：散水装置、散水ノズル、エリミネータサポート (4)塔内下部：ホスト・フレース・サポート</p> <p>調査の項目（目視確認が可能な範囲） (1)目視：破損・変形・付着物・鉄性腐食・経年劣化の有無 (2)聴打音：木材内部割れ、ボルト類のゆるみの有無、必要に応じ、キリにより部材を突き刺し、内部不朽程度の確認 (3)触手：強度劣化の有無</p> <p>調査の結果 (1)トップデッキ、デッキジョイント(根太)、階段踊場ステップ等、塔上部の日射による影響を受けやすい木部の干割れ有 (2)ファンスタック、トップデッキ、デッキジョイント類の干割れ問題を解消できる、FRP製の材質変更をメーカーより推奨。</p> <p>⇒上記(1)及び(2)については、平成20年10月に交換。</p> <p>(1) 健全性調査(その1) - H18年度実施 -</p> <p>図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況(1/6)</p>  	<p>調査の目的 JMTR稼働後の二次冷却システムの長期使用を確実なものにするため、(H10年及び11年の構造材更新工事施工後、約8年経過)</p> <p>調査の場所 二次冷却系統冷却塔 (1)塔外装：ファンスタック、トップデッキ、外壁、ルーバー (2)塔内上部：デッキジョイント・ジョイントサポート類、ホスト・フレース、エリミネータ (3)塔内中部：散水装置、散水ノズル、エリミネータサポート (4)塔内下部：ホスト・フレース・サポート</p> <p>調査の項目（目視確認が可能な範囲） (1)目視：破損・変形・付着物・鉄性腐食・経年劣化の有無 (2)聴打音：木材内部割れ、ボルト類のゆるみの有無、必要に応じ、キリにより部材を突き刺し、内部不朽程度の確認 (3)触手：強度劣化の有無</p> <p>調査の結果 (1)トップデッキ、デッキジョイント(根太)、階段踊場ステップ等、塔上部の日射による影響を受けやすい木部の干割れ有 (2)ファンスタック、トップデッキ、デッキジョイント類の干割れ問題を解消できる、FRP製の材質変更をメーカーより推奨。</p> <p>⇒上記(1)及び(2)については、平成20年10月に交換。</p> <p>(1) 健全性調査(その1) - H18年度実施 -</p> <p>図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況(1/6)</p>  	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>(1)トップデッキ、デッキジョイント(根太)、階段踊り場ステップ等、塔上部の日射による影響を受けやすい木部の干割れ有に對する交換 トーフデッキ、デッキジョイント(根太)、サポート、ファンスタック部を解体し、FRP製のものと交換を行った。階段踊り場ステップについては、木製のステップに交換した。</p>  <p>デッキ取外し</p>  <p>ファンスタックFRP交換</p>  <p>デッキFRP交換</p>  <p>階段踊り場補修</p> <p>(2) 平成20年10月の交換作業</p> <p>図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (2/6)</p>	<p>(1)トップデッキ、デッキジョイント(根太)、階段踊り場ステップ等、塔上部の日射による影響を受けやすい木部の干割れ有に對する交換 トーフデッキ、デッキジョイント(根太)、サポート、ファンスタック部を解体し、FRP製のものと交換を行った。階段踊り場ステップについては、木製のステップに交換した。</p>  <p>デッキ取外し</p>  <p>ファンスタックFRP交換</p>  <p>デッキFRP交換</p>  <p>階段踊り場補修</p> <p>(2) 平成20年10月の交換作業</p> <p>図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (2/6)</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>調査の目的 東北地方太平洋沖地震後のJMTRに関連する建家等の健全性を確認するため。</p> <p>調査の場所 二次冷却系統冷却塔 (1)木造構造物：基礎、床組、軸組(柱・梁等)外壁等の部材及び接合金物、ボルト</p> <p>調査の項目(目視確認が可能な範囲) (1)目視：基礎部コンクリートのひび割れ等の有無、アンカーボルトの伸び、破断等の有無、部材及び接合金物(ボルト、接合金物等)の著しい損傷の有無</p> <p>調査の結果 (1)基礎アンカーボルト、ナット、ワッシャの腐食有 (2)接合金物ボルトの緩み有 (3)木材の劣化有 (4)基礎被覆モルタルのひび割れ、浮き、剥離有 (5)床面(モルタル)ひび割れ、浮き有</p> <p>⇒上記(1)～(5)については、平成24年9月に交換・補修。</p> <p style="text-align: right;">図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (3/6)</p>	<p>調査の目的 東北地方太平洋沖地震後のJMTRに関連する建家等の健全性を確認するため。</p> <p>調査の場所 二次冷却系統冷却塔 (1)木造構造物：基礎、床組、軸組(柱・梁等)外壁等の部材及び接合金物、ボルト</p> <p>調査の項目(目視確認が可能な範囲) (1)目視：基礎部コンクリートのひび割れ等の有無、アンカーボルトの伸び、破断等の有無、部材及び接合金物(ボルト、接合金物等)の著しい損傷の有無</p> <p>調査の結果 (1)基礎アンカーボルト、ナット、ワッシャの腐食有 (2)接合金物ボルトの緩み有 (3)木材の劣化有 (4)基礎被覆モルタルのひび割れ、浮き、剥離有 (5)床面(モルタル)ひび割れ、浮き有</p> <p>⇒上記(1)～(5)については、平成24年9月に交換・補修。</p> <p style="text-align: right;">図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (3/6)</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>(1)基礎アンカーボルト、ナット、ワッシャの腐食に対する補修 アンカーボルト、ナット、ワッシャの腐食部については、ケレン清掃後、塗装を行った。</p> <p>(2)接合部ボルトの緩みに対する補修 接合部ボルトの緩みについては増し締めを行った。変形やズレのある接合部の金具については交換した。</p> <p>(3)木材の劣化に対する交換 劣化している木材については交換した。</p> <p>(4)基礎被覆モルタルのひび割れ、浮き、剥離に対する補修 基礎被覆モルタルのひび割れ、浮き、剥離部に対しては、ハツリによりひび割れ、浮き、剥離部を取り除き、その後、ERボンド※1を塗布し、モルタルで補修を行った。</p> <p>(5)床面(モルタル)ひび割れ、浮き有 ひび割れに対しては、低圧注入工法を用いてエポキシ樹脂を注入した。 浮きにたいしては、浮き部をハツリにより撤去後、ERボンドを塗布し、モルタルで補修を行った。</p> <p>※1 ERボンドは、あらゆる面に接着する水希釈型変性エポキシ樹脂接着剤のこと。</p> <p>(4) 平成24年9月の交換・補修作業 その1</p> <p>図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (4/6)</p>	<p>(1)基礎アンカーボルト、ナット、ワッシャの腐食に対する補修 アンカーボルト、ナット、ワッシャの腐食部については、ケレン清掃後、塗装を行った。</p> <p>(2)接合部ボルトの緩みに対する補修 接合部ボルトの緩みについては増し締めを行った。変形やズレのある接合部の金具については交換した。</p> <p>(3)木材の劣化に対する交換 劣化している木材については交換した。</p> <p>(4)基礎被覆モルタルのひび割れ、浮き、剥離に対する補修 基礎被覆モルタルのひび割れ、浮き、剥離部に対しては、ハツリによりひび割れ、浮き、剥離部を取り除き、その後、ERボンド※1を塗布し、モルタルで補修を行った。</p> <p>(5)床面(モルタル)ひび割れ、浮き ひび割れに対しては、低圧注入工法を用いてエポキシ樹脂を注入した。 浮きに対しては、浮き部をハツリにより撤去後、ERボンドを塗布し、モルタルで補修を行った。</p> <p>※1 ERボンドは、あらゆる面に接着する水希釈型変性エポキシ樹脂接着剤のこと。</p> <p>(4) 平成24年9月の交換・補修作業 その1</p> <p>図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (4/6)</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎ボルトケレン清掃 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎ボルト塗装 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  ボルト増し締め </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  木材交換 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎被覆モルタルハツリ </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎被覆モルタルERボンダ塗布 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎被覆モルタル補修 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面モルタル補修 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面低圧注入工法 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面床ハツリ </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面ERボンダ塗布 </div> </div> <p style="text-align: center;">(5) 平成24年9月の交換・補修作業 その2</p> <p style="text-align: center;">図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (5/6)</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎ボルトケレン清掃 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎ボルト塗装 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  ボルト増し締め </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  木材交換 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎被覆モルタルハツリ </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎被覆モルタルERボンダ塗布 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  基礎被覆モルタル補修 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面モルタル補修 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面低圧注入工法 </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面床ハツリ </div> <div style="width: 25%; text-align: center;">  床面ERボンダ塗布 </div> </div> <p style="text-align: center;">(5) 平成24年9月の交換・補修作業 その2</p> <p style="text-align: center;">図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (5/6)</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<div data-bbox="159 231 506 726" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="517 231 864 726" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="159 742 291 1412"> 調査の目的 ホットラボ施設において発生したアンカーボルトの一部減肉を受け、JMTRにおいて同種の事象の発生がないか調査するため。 </p> <p data-bbox="297 742 392 1412"> 調査の場所 二次冷却系統冷却塔 (1)基礎アンカーボルト </p> <p data-bbox="421 742 515 1412"> 調査の項目(目視確認が可能な範囲) (1)目視：腐食、減肉及び塗装の剥がれ等の有無 (2)打診：緩みの有無 </p> <p data-bbox="544 742 638 1412"> 調査の結果 (1)基礎アンカーボルトの腐食 (2)基礎アンカーボルトの緩み無 </p> <p data-bbox="667 742 739 1412"> ⇒上記(1)の腐食については、直ちに対応が必要な腐食でないかと判断したため補修は行っていない。 </p> <div data-bbox="891 502 974 1204" data-label="Caption"> <p>(6) 健全性調査(その3) - H27年度実施 - 図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (6/6)</p> </div>	<div data-bbox="1061 231 1408 726" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1420 231 1767 726" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1061 742 1193 1412"> 調査の目的 ホットラボ施設において発生したアンカーボルトの一部減肉を受け、JMTRにおいて同種の事象の発生がないか調査するため。 </p> <p data-bbox="1200 742 1294 1412"> 調査の場所 二次冷却系統冷却塔 (1)基礎アンカーボルト </p> <p data-bbox="1323 742 1417 1412"> 調査の項目(目視確認が可能な範囲) (1)目視：腐食、減肉及び塗装の剥がれ等の有無 (2)打診：緩みの有無 </p> <p data-bbox="1447 742 1541 1412"> 調査の結果 (1)基礎アンカーボルトの腐食 (2)基礎アンカーボルトの緩み無 </p> <p data-bbox="1570 742 1641 1412"> ⇒上記(1)の腐食については、直ちに対応が必要な腐食でないかと判断したため補修は行っていない。 </p> <div data-bbox="1794 502 1877 1204" data-label="Caption"> <p>(6) 健全性調査(その3) - H27年度実施 - 図⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の実施状況 (6/6)</p> </div>	<p>変更理由</p>





JMTR（材料試験炉）二次冷却システムの冷却塔倒壊について

変更前（第2報）				変更後				変更理由
表⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の履歴				表⑧-1 冷却塔の点検・補修・交換及び健全性調査の履歴				記載の適正化
No.	時期	内容	備考	No.	時期	内容	備考	
1	平成10年9月	交換（柱 No.1、ブレース No.1、サポート No.1、ウインドハッチ No.1、トップデッキ No.1、ファンスタック No.1、ルーバー No.1、外壁 No.1、アンカーボルト No.1、充填物 No.1）		1	平成10年9月	交換（柱 No.1、ブレース No.1、サポート No.1、ウインドハッチ No.1、トップデッキ No.1、ファンスタック No.1、ルーバー No.1、外壁 No.1、アンカーボルト No.1、充填物 No.1）		
2	平成11年9月	交換（柱 No.2～4、ブレース No.2～4、サポート No.2～4、 <u>ウインドハッチ</u> No.2～4、セルパネーション、トップデッキ No.2～4、ファンスタック No.2～4、ルーバー No.2～4、外壁 No.2～4、アンカーボルト No.2～4、充填物 No.2～4、電動機用高圧ケーブル等）	全面交換を実施	2	平成11年9月	交換（柱 No.2～4、ブレース No.2～4、サポート No.2～4、 <u>ウインドハッチ</u> No.2～4、セルパネーション、トップデッキ No.2～4、ファンスタック No.2～4、ルーバー No.2～4、外壁 No.2～4、アンカーボルト No.2～4、充填物 No.2～4、電動機用高圧ケーブル等）	全面交換を実施	
3	平成11年10月	点検（減速機）		3	平成11年10月	点検（減速機）		
4	平成17年1月	交換（中間軸）		4	平成17年1月	交換（中間軸）		
5	平成17年4月	点検（電動機）、交換（軸受け）		5	平成17年4月	点検（電動機）、交換（軸受け）		
※ 平成18年8月 第165サイクル終了後、運転停止				※ 平成18年8月 第165サイクル終了後、運転停止				
Ⓐ	平成19年3月	健全性調査（その1）		Ⓐ	平成19年3月	健全性調査（その1）		
6	平成20年10月	交換（トップデッキ、ジョイント、サポート、ファンスタック：木製⇒FRP、主柱、階段）		6	平成20年10月	交換（トップデッキ、ジョイント、サポート、ファンスタック：木製⇒FRP、主柱、階段）		
7	平成20年11月	点検（減速機、電動機）		7	平成20年11月	点検（減速機、電動機）		
Ⓑ	平成24年3月	健全性評価（その2）		Ⓑ	平成24年3月	健全性評価（その2）		
8	平成24年9月	交換（鉄骨工事、木工事）、補修（塗装工事、ひび割れ補修工事）		8	平成24年9月	交換（鉄骨工事、木工事）、補修（塗装工事、ひび割れ補修工事）		
Ⓒ	平成28年2月	健全性評価（その3）		Ⓒ	平成28年2月	健全性評価（その3）		
9	平成28年12月	点検（減速機）		9	平成28年12月	点検（減速機）		
※ 平成29年4月 施設中長期計画により JMTR 廃止施設と決定				※ 平成29年4月 施設中長期計画により JMTR <u>は</u> 廃止施設と決定				記載の適正化

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑨金属の腐食、変形等の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔を構成する木製の構造部材は、金属製の接合金物により部材及び基礎材が接続されている。腐食による接合金物の耐力の低下が冷却塔の倒壊に影響したかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 目視による外観観察及び測定器による寸法測定により、接合金物の腐食、変形等の状況を可能な範囲で調査する。このため、平成18年8月の原子炉運転停止以降、冷却塔の健全性評価を平成18年度、平成23年度及び平成27年度に実施していることから、これらの記録を確認し、外観が確認可能な接合金物の観察、抽出可能な接合金物の外観観察及び寸法測定により、評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 接合金物の形状及び材質 接合金物は使用される接続部の構造によりその形状が異なる。確認した接合金物の形状及び材質を表⑨-1に示す。各接合金物の使用箇所は、以下のとおりである。 No.1：柱（ポスト）-柱（ポスト） No.2：柱（ポスト）-柱（ポスト） No.3：柱（ポスト）-東西方向筋かい（ブレース） No.4：柱（ポスト）-南北方向筋かい（ブレース） No.5：柱（ポスト）-基礎材</p> <p>3.2 接合金物の腐食、変形等の状況 外観確認の可能な接合金物の外観観察を行った結果、接合金物の表面は、平成27年度の外観写真と比べて大きな変化はなく、腐食は進んでいないものと考えられる。 次に、抽出した接合金物について、腐食、変形等の状況を図⑨-1に示す。 外観観察の結果、No.1、No.3～No.5の接合金物はFCD-40（鋳鉄）で製作されていることから、塗装のはがれているところに一部腐食が観測されたが、著しい減肉は確認されなかった。No.2の接合金物はSUS304（ステンレス鋼）で製作されており、腐食は観測されなかった。 また、各接合金物の寸法測定を行った結果、測定値は設計寸法と公差内で一致していた。 一方、図⑨-2に各接合金物の変形等の状態を示す。鋳鉄製の接合金物は僅かな曲がり、ステンレス製の接合金物には一部負荷による大きな曲がり一部観察された。冷却塔の主構造物が木材であり、接合金物の強度が木材の強度よりも大きいことから、これら接合金物の曲がりは、冷却塔の倒壊時に二次的に負荷された応力（風荷重以外の応力）による曲がりと考えられる。</p> <p>4. 評価結果 接合金物の調査の結果、接合金物の一部に曲がり観察されたものもあったが、冷却塔の主構造部材が木材であり、接合金物の強度が木材の強度よりも大きいことから、冷却塔の倒壊時に二次的に負荷された応力による曲がりと考えられ、金属の腐食、変形等による冷却塔の倒壊への影響はな</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑨金属の腐食、変形等の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔を構成する木製の構造部材は、金属製の接合金物により部材及び基礎材が接続されている。腐食による接合金物の耐力の低下が冷却塔の倒壊に影響したかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 目視による外観観察及び測定器による寸法測定により、接合金物の腐食、変形等の状況を可能な範囲で調査する。このため、平成18年8月の原子炉運転停止以降、冷却塔の健全性評価を平成18年度、平成23年度及び平成27年度に実施していることから、これらの記録を確認し、外観が確認可能な接合金物の観察、抽出可能な接合金物の外観観察及び寸法測定により、評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 接合金物の形状及び材質 接合金物は使用される接続部の構造によりその形状が異なる。確認した接合金物の形状及び材質を表⑨-1に示す。各接合金物の使用箇所は、以下のとおりである。 No.1：柱（ポスト）-柱（ポスト） No.2：柱（ポスト）-柱（ポスト） No.3：柱（ポスト）-東西方向筋かい（ブレース） No.4：柱（ポスト）-南北方向筋かい（ブレース） No.5：柱（ポスト）-基礎材</p> <p>3.2 接合金物の腐食、変形等の状況 外観確認の可能な接合金物の外観観察を行った結果、接合金物の表面は、平成27年度の外観写真と比べて大きな変化はなく、腐食は進んでいないものと考えられる。 次に、抽出した接合金物について、腐食、変形等の状況を図⑨-1に示す。 外観観察の結果、No.1、No.3～No.5の接合金物はFCD-40（鋳鉄）で製作されていることから、塗装のはがれているところに一部腐食が観測されたが、著しい減肉は確認されなかった。No.2の接合金物はSUS304（ステンレス鋼）で製作されており、腐食は観測されなかった。 また、各接合金物の寸法測定を行った結果、測定値は設計寸法と公差内で一致していた。 一方、図⑨-2に各接合金物の変形等の状態を示す。鋳鉄製の接合金物は僅かな曲がり、ステンレス製の接合金物には一部負荷による大きな曲がり一部観察された。冷却塔の主構造物が木材であり、接合金物の強度が木材の強度よりも大きいことから、これら接合金物の曲がりは、冷却塔の倒壊時に二次的に負荷された応力（風荷重以外の応力）による曲がりと考えられる。</p> <p>4. 評価結果 接合金物の調査の結果、接合金物の一部に曲がり観察されたものもあったが、冷却塔の主構造部材が木材であり、接合金物の強度が木材の強度よりも大きいことから、冷却塔の倒壊時に二次的に負荷された応力による曲がりと考えられ、金属の腐食、変形等による冷却塔の倒壊への影響はな</p>	


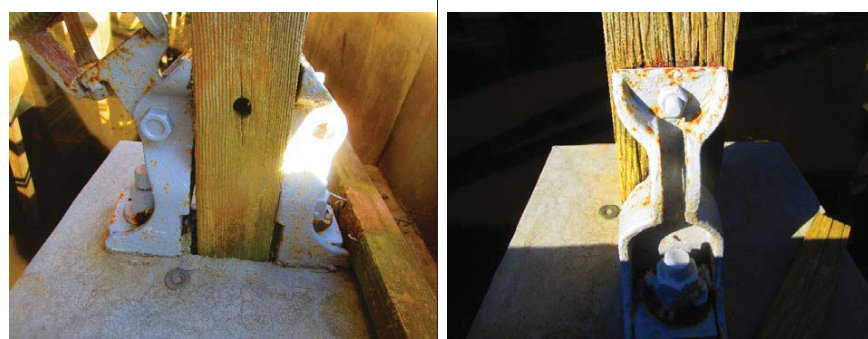


変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>かったと考えられる。特に、基礎材との接合金物に施されている塗装には大きな剥離もなかった。このことから、倒壊の影響により確認できない接合金物についても、木材の腐朽の影響が大きく、金属の腐食の程度は少ないと考えられる。</p>	<p>かったと考えられる。特に、基礎材との接合金物に施されている塗装には大きな剥離もなかった。このことから、倒壊の影響により確認できない接合金物についても、木材の腐朽の影響が大きく、金属の腐食の程度は少ないと考えられる。</p>	









変更前（第2報）		変更後		変更理由
				
No.1 外観	No.1 寸法測定：長さ	No.1 外観	No.1 寸法測定：長さ	
				
No.1 寸法測定：幅	No.1 寸法測定：厚さ	No.1 寸法測定：幅	No.1 寸法測定：厚さ	
<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>及び</u> 変形等の状況 (No. 1)</p>		<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>、</u> 変形等の状況 (No. 1)</p>		記載の適正化

変更前（第2報）		変更後		変更理由
				
No.2 外観	No.2 寸法測定：長さ	No.2 外観	No.2 寸法測定：長さ	
				
No.2 寸法測定：幅	No.2 寸法測定：厚さ	No.2 寸法測定：幅	No.2 寸法測定：厚さ	
<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>及び</u> 変形等の状況 (No. 2)</p>		<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>、</u> 変形等の状況 (No. 2)</p>		記載の適正化

変更前（第2報）		変更後		変更理由	
					
No.3 外観	No.3 外観	No.3 外観	No.3 外観		
					
No.3 寸法測定：幅	No.3 寸法測定：厚さ	No.3 寸法測定：幅	No.3 寸法測定：厚さ		
図⑨-1 接合金物の腐食 <u>及び</u> 変形等の状況 (No. 3)		図⑨-1 接合金物の腐食、 <u>変形</u> 等の状況 (No. 3)			記載の適正化

変更前（第2報）		変更後		変更理由
				
No.4 外観	No.4 外観	No.4 外観	No.4 外観	
				
No.4 寸法測定：幅	No.4 寸法測定：厚さ	No.4 寸法測定：幅	No.4 寸法測定：厚さ	
<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>及び</u> 変形等の状況 (No. 4)</p>		<p>図⑨-1 接合金物の腐食、<u>変形</u>等の状況 (No. 4)</p>		記載の適正化

変更前（第2報）		変更後		変更理由
				
No.5 外観	No.5 外観	No.5 外観	No.5 外観	
				
No.5 寸法測定：幅	No.5 寸法測定：高さ	No.5 寸法測定：幅	No.5 寸法測定：高さ	
<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>及び</u> 変形等の状況 (No. 5)</p>		<p>図⑨-1 接合金物の腐食 <u>、</u> 変形等の状況 (No. 5)</p>		記載の適正化

変更前（第2報）		変更後		変更理由	
 <p>変形等の例 (No. 2)</p>		 <p>変形等の例 (No. 2)</p>			
 <p>変形等の例 (No. 2)</p>		 <p>変形等の例 (No. 2)</p>			
 <p>変形等の例 (No. 2)</p>		 <p>変形等の例 (No. 2)</p>			記載の適正化
 <p>変形等の例 (No. 4)</p>		 <p>変形等の例 (No. 4)</p>			記載の適正化
<p>図⑨-2 接合金物の <u>腐食及び</u> 変形等の <u>状況</u></p>		<p>図⑨-2 接合金物の変形等の <u>状態</u></p>			
<p>表⑨-1（省略）</p>		<p>表⑨-1（変更なし）</p>			

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑩コンクリートの割れ・破損等の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊に、割れ・破損等によるコンクリートの性能低下が影響しているかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の補修工事の結果、その後の施設定期自主検査及び巡視点検の結果からコンクリートの割れ・破損等の有無を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 冷却塔の補修工事 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の補修工事は、事前に行われた冷却塔の健全性確認により確認されたコンクリートのひび割れに対して行った。健全性確認の結果、143 箇所（幅 1mm 未満：112 箇所、幅 1～2mm：31 箇所）のひび割れが確認されているが、全ての箇所について原状復帰のために補修工事を実施しており、補修工事後においてひび割れはない状態であった。なお、健全性確認において確認されたひび割れについては機能上問題はないとの評価結果であった。コンクリートのひび割れについては、それぞれ表⑩-1 に示す工法で補修を行った。</p> <p>3.2 施設定期自主検査及び点検 冷却塔のコンクリートについては施設定期自主検査において外観検査を行っている。冷却塔の補修工事後は、原子炉施設保安規定に従い施設定期検査を受ける時期ごとに施設定期自主検査を行っており、平成 30 年度の施設定期自主検査（平成 30 年 8 月 6 日）までは、有害な傷、損傷のないことが確認されている。 また、JMTR 運転手引（特定施設）に従い毎日行われる巡視点検においても冷却塔の外観確認を行っている。巡視点検は倒壊事象発生前は前日にも行われており、有害な損傷、変形、錆のないことを確認している。</p> <p>4. 評価結果 東北地方太平洋沖地震後の健全性確認により確認されたひび割れについては全ての箇所について補修工事が実施されていること、その後の検査及び点検において異常のないことが確認されており、点検以降、冷却塔の倒壊発生までの期間で有害な割れ・破損等が発生することは想定できないことから、コンクリートの割れ・破損等による冷却塔の倒壊への影響はなかったと考えられる。</p>	<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑩コンクリートの割れ・破損等の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊に、割れ・破損等によるコンクリートの性能低下が影響しているかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の補修工事の結果、その後の施設定期自主検査及び巡視点検の結果からコンクリートの割れ・破損等の有無を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 冷却塔の補修工事 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の補修工事は、事前に行われた冷却塔の健全性確認により確認されたコンクリートのひび割れに対して行った。健全性確認の結果、143 箇所（幅 1mm 未満：112 箇所、幅 1～2mm：31 箇所）のひび割れが確認されているが、全ての箇所について原状復帰のために補修工事を実施しており、補修工事後においてひび割れはない状態であった。なお、健全性確認において確認されたひび割れについては機能上問題はないとの評価結果であった。コンクリートのひび割れについては、それぞれ表⑩-1 に示す工法で補修を行った。</p> <p>3.2 施設定期自主検査及び点検 冷却塔のコンクリートについては施設定期自主検査において外観検査を行っている。冷却塔の補修工事後は、原子炉施設保安規定に従い施設定期検査を受ける時期ごとに施設定期自主検査を行っており、平成 30 年度の施設定期自主検査（平成 30 年 8 月 6 日）までは、有害な傷、損傷のないことが確認されている。 また、JMTR 運転手引（特定施設）に従い毎日行われる巡視点検においても冷却塔の外観確認を行っている。巡視点検は倒壊事象発生前は前日にも行われており、有害な損傷、変形、錆のないことを確認している。</p> <p>4. 評価結果 東北地方太平洋沖地震後の健全性確認により確認されたひび割れについては全ての箇所について補修工事が実施されていること、その後の検査及び点検において異常のないことが確認されており、点検以降、冷却塔の倒壊発生までの期間で有害な割れ・破損等が発生することは想定できないことから、コンクリートの割れ・破損等による冷却塔の倒壊への影響はなかったと考えられる。</p>	<p style="color: red;">記載の適正化</p> <p style="color: red;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由																
<p style="text-align: center;">表⑩-1 コンクリートのひび割れの補修工法</p> <table border="1" data-bbox="129 331 981 550"> <thead> <tr> <th>ひび割れ幅</th> <th>工 法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.2mm 未満</td> <td>シーリング工法とし可とう性エポキシシーリング材補修</td> </tr> <tr> <td>0.2mm～1.0mm 未満</td> <td>樹脂注入工法とし自動式エポキシ樹脂低圧注入工法</td> </tr> <tr> <td>1.0mm 以上</td> <td>ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入</td> </tr> </tbody> </table>	ひび割れ幅	工 法	0.2mm 未満	シーリング工法とし可とう性エポキシシーリング材補修	0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし自動式エポキシ樹脂低圧注入工法	1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入	<p style="text-align: center;">表⑩-1 コンクリートのひび割れの補修工法</p> <table border="1" data-bbox="1037 331 1888 550"> <thead> <tr> <th>ひび割れ幅</th> <th>工 法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.2mm 未満</td> <td>シーリング工法とし、<u>可</u>とう性エポキシシーリング材補修</td> </tr> <tr> <td>0.2mm～1.0mm 未満</td> <td>樹脂注入工法とし、<u>自</u>動式エポキシ樹脂低圧注入工法</td> </tr> <tr> <td>1.0mm 以上</td> <td>ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入</td> </tr> </tbody> </table>	ひび割れ幅	工 法	0.2mm 未満	シーリング工法とし、 <u>可</u> とう性エポキシシーリング材補修	0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし、 <u>自</u> 動式エポキシ樹脂低圧注入工法	1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>
ひび割れ幅	工 法																	
0.2mm 未満	シーリング工法とし可とう性エポキシシーリング材補修																	
0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし自動式エポキシ樹脂低圧注入工法																	
1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入																	
ひび割れ幅	工 法																	
0.2mm 未満	シーリング工法とし、 <u>可</u> とう性エポキシシーリング材補修																	
0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし、 <u>自</u> 動式エポキシ樹脂低圧注入工法																	
1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入																	


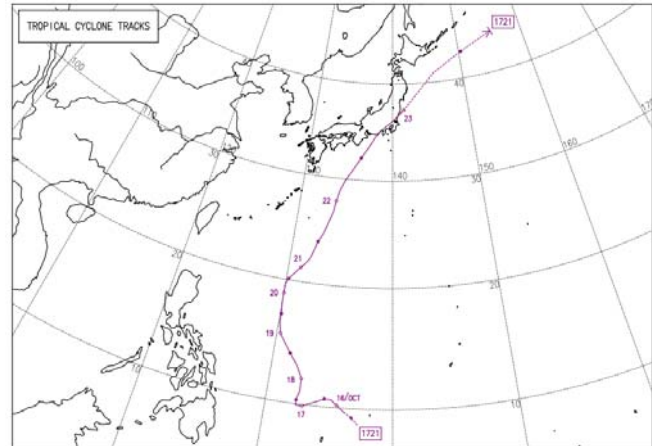
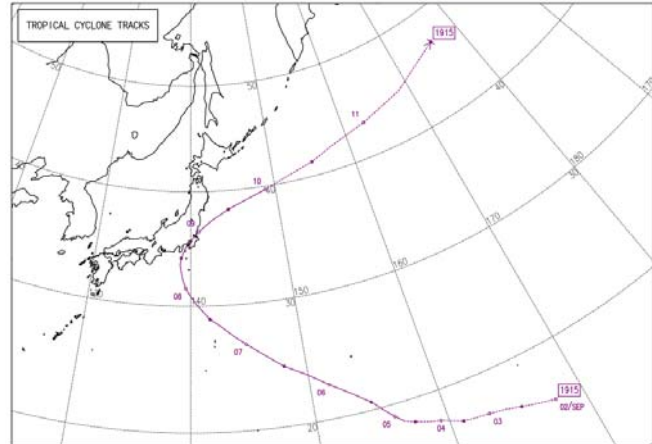
変更前（第2報）	変更後	変更理由																
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑩地震力による破損等の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊事象に、東北地方太平洋沖地震による損傷が影響しているかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の健全性確認の結果及びこの結果から必要となった補修の結果を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の健全性確認においては、設備点検として、冷却塔のセル塔体部及び基礎部の目視点検及び基礎ボルトの打診点検を実施した。点検の結果、冷却塔の筋かいに2箇所（幅1mm未満：112箇所、幅1～2mm：31箇所）のひび割れが確認されたが、機能上問題はないと評価された。特に、基礎ボルトの打診点検では異常は発見されなかった。 健全性確認において確認された損傷及びひび割れについては機能上問題はないとの評価結果であったが、全ての箇所について原状復帰のために補修を実施した。損傷があった筋かいについては、木材も交換された。基礎部のひび割れについては、それぞれ表⑩-1に示す工法で補修を行った。補修に関する写真を図⑩-1～図⑩-4に示す。</p> <p>4. 評価結果 東北地方太平洋沖地震後の健全性確認により地震による損傷が機能上問題ないと評価された。また、本健全性確認結果に基づいて、原状復帰のために補修も完了していることから、冷却塔の倒壊事象に、東北地方太平洋沖地震による影響はないと評価した。</p> <p style="text-align: center;">図⑩-1～⑩-4（省略）</p> <p style="text-align: center;">表⑩-1 コンクリートのひび割れの補修工法</p> <table border="1" data-bbox="150 1171 960 1391"> <thead> <tr> <th>ひび割れ幅</th> <th>工 法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.2mm 未満</td> <td>シーリング工法とし可とう性エポキシシーリング材補修</td> </tr> <tr> <td>0.2mm～1.0mm 未満</td> <td>樹脂注入工法とし自動式エポキシ樹脂低圧注入工法</td> </tr> <tr> <td>1.0mm 以上</td> <td>ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入</td> </tr> </tbody> </table>	ひび割れ幅	工 法	0.2mm 未満	シーリング工法とし可とう性エポキシシーリング材補修	0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし自動式エポキシ樹脂低圧注入工法	1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑩地震力による破損等の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊事象に、東北地方太平洋沖地震による損傷が影響しているかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の健全性確認の結果及びこの結果から必要となった補修の結果を確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果 東北地方太平洋沖地震後に行われた冷却塔の健全性確認においては、設備点検として、冷却塔のセル塔体部及び基礎部の目視点検及び基礎ボルトの打診点検を実施した。点検の結果、冷却塔の筋かいに2箇所（幅1mm未満：112箇所、幅1～2mm：31箇所）のひび割れが確認されたが、機能上問題はないと評価された。特に、基礎ボルトの打診点検では異常は発見されなかった。 健全性確認において確認された損傷及びひび割れについては機能上問題はないとの評価結果であったが、全ての箇所について原状復帰のために補修を実施した。損傷があった筋かいについては、木材も交換された。基礎部のひび割れについては、それぞれ表⑩-1に示す工法で補修を行った。補修に関する写真を図⑩-1～図⑩-4に示す。</p> <p>4. 評価結果 東北地方太平洋沖地震後の健全性確認により地震による損傷が機能上問題ないと評価された。また、本健全性確認結果に基づいて、原状復帰のために補修も完了していることから、冷却塔の倒壊事象に、東北地方太平洋沖地震による影響はないと評価した。</p> <p style="text-align: center;">図⑩-1～⑩-4（変更なし）</p> <p style="text-align: center;">表⑩-1 コンクリートのひび割れの補修工法</p> <table border="1" data-bbox="1055 1171 1865 1391"> <thead> <tr> <th>ひび割れ幅</th> <th>工 法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.2mm 未満</td> <td>シーリング工法とし、<u>可</u>とう性エポキシシーリング材補修</td> </tr> <tr> <td>0.2mm～1.0mm 未満</td> <td>樹脂注入工法とし、<u>可</u>自動式エポキシ樹脂低圧注入工法</td> </tr> <tr> <td>1.0mm 以上</td> <td>ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入</td> </tr> </tbody> </table>	ひび割れ幅	工 法	0.2mm 未満	シーリング工法とし、 <u>可</u> とう性エポキシシーリング材補修	0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし、 <u>可</u> 自動式エポキシ樹脂低圧注入工法	1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入	<p style="text-align: center;">記載の適正化</p> <p style="text-align: center;">記載の適正化</p>
ひび割れ幅	工 法																	
0.2mm 未満	シーリング工法とし可とう性エポキシシーリング材補修																	
0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし自動式エポキシ樹脂低圧注入工法																	
1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入																	
ひび割れ幅	工 法																	
0.2mm 未満	シーリング工法とし、 <u>可</u> とう性エポキシシーリング材補修																	
0.2mm～1.0mm 未満	樹脂注入工法とし、 <u>可</u> 自動式エポキシ樹脂低圧注入工法																	
1.0mm 以上	ダイレクトシーリング工法とし、弾性エポキシグラウト注入																	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑫風雨の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊事象に対し、風雨による影響について評価する。今回の台風 15 号の風雨により倒壊事象が発生したが、これまでの過去 10 年間の強風についても調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 台風 15 号による風雨について、大洗研究所の気象観測データの整理を行うとともに、過去 10 年間の各年の最大瞬間風速のデータを整理し、風雨の影響について調査する。また、台風 15 号の風速発生時の冷却塔に負荷する風荷重の影響を評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 大洗研究所内の気象観測位置 本文に示すとおり、大洗研究所内には気象観測塔及び気象観測露場があり、これらは冷却塔の東側約 540m の位置にある。本地点の標高は、36.57m である。倒壊した冷却塔の標高は 35.35m であり、ほぼ同じ標高である。JMTR 施設内には、原子炉建家、ホットラボ、居室実験室、機械室等の建家が密集している。</p> <p>3.2 台風 15 号の風雨データ 大洗研究所の気象状況を常時観測している気象観測塔及び気象観測露場のデータによると、9 月 9 日（月）4 時頃から強い風が吹き始め、同日 6 時 50 分から 7 時 10 分までの間に、地上高 10m において最大瞬間風速 30.9m/s の東の風、地上高 40m において最大瞬間風速 44.5m/s の東南東の風を観測した。降水量は同日の降り始めから 8 時までで 59mm であり、降雨による影響は少ない。このような状況から、倒壊の発生原因の一つとして、風による影響が考えられる。</p> <p>3.3 過去 10 年間の気象データ 3.2 の調査結果より、倒壊の影響は降水量ではなく風の影響である可能性が高いことから、過去 10 年間における各年の最大瞬間風速に係るデータを表⑫-1 及び表⑫-2 に示す。本表には、各年度における最大瞬間風速の最大値を記載するとともに、最大瞬間風速の最大値を記録した同時間帯の風速（10 分平均）及び風向も合わせて記載している。 この結果、平成 29 年 10 月 22 日から 23 日の風速は今回倒壊した風速とほぼ同じであった。平成 29 年 10 月 22 日から 23 日には台風 21 号が茨城県を通過していた。平成 29 年の台風 21 号と今回の台風の進路^[⑫-1]を図⑫-1 に示す。茨城県での台風の進路はほぼ同じであり、大洗研究所内で観測した気象データから、最大瞬間風速 20m/s(10m 高及び 40m 高)以上で暴露された時間は令和元年の台風 15 号ではそれぞれ 190 分及び 430 分に対し、台風 21 号（平成 29 年）ではそれぞれ 410 分及び 640 分と長時間続いていた。最大瞬間風速（10m 高及び 40m 高）は、台風 15 号ではそれぞれ 30.9m/s 及び 44.5m/s、台風 21 号（平成 29 年）ではそれぞれ <u>28.8m/s</u> 及び <u>37.5m/s</u> であった。この時の風向（10m 高及び 40m 高）は、台風 15 号でそれぞれ東の風及び東南東の風、台風 21 号（平成 29 年）ではそれぞれ北東の風であった。</p>	<p style="text-align: center;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑫風雨の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊事象に対し、風雨による影響について評価する。今回の台風 15 号の風雨により倒壊事象が発生したが、これまでの過去 10 年間の強風についても調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 台風 15 号による風雨について、大洗研究所の気象観測データの整理を行うとともに、過去 10 年間の各年の最大瞬間風速のデータを整理し、風雨の影響について調査する。また、台風 15 号の風速発生時の冷却塔に負荷する風荷重の影響を評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果 3.1 大洗研究所内の気象観測位置 本文に示すとおり、大洗研究所内には気象観測塔及び気象観測露場があり、これらは冷却塔の東側約 540m の位置にある。本地点の標高は、36.57m である。倒壊した冷却塔の標高は 35.35m であり、ほぼ同じ標高である。JMTR 施設内には、原子炉建家、ホットラボ、居室実験室、機械室等の建家が密集している。</p> <p>3.2 台風 15 号の風雨データ 大洗研究所の気象状況を常時観測している気象観測塔及び気象観測露場のデータによると、9 月 9 日（月）4 時頃から強い風が吹き始め、同日 6 時 50 分から 7 時 10 分までの間に、地上高 10m において最大瞬間風速 30.9m/s の東の風、地上高 40m において最大瞬間風速 44.5m/s の東南東の風を観測した。降水量は同日の降り始めから 8 時までで 59mm であり、降雨による影響は少ない。このような状況から、倒壊の発生原因の一つとして、風による影響が考えられる。</p> <p>3.3 過去 10 年間の気象データ 3.2 の調査結果より、倒壊の影響は降水量ではなく風の影響である可能性が高いことから、過去 10 年間における各年の最大瞬間風速に係るデータを表⑫-1 及び表⑫-2 に示す。本表には、各年度における最大瞬間風速の最大値を記載するとともに、最大瞬間風速の最大値を記録した同時間帯の風速（10 分平均）及び風向も合わせて記載している。 この結果、平成 29 年 10 月 22 日から 23 日の風速は今回倒壊した風速とほぼ同じであった。平成 29 年 10 月 22 日から 23 日には台風 21 号が茨城県を通過していた。平成 29 年の台風 21 号と今回の台風の進路^[⑫-1]を図⑫-1 に示す。茨城県での台風の進路はほぼ同じであり、大洗研究所内で観測した気象データから、最大瞬間風速 20m/s(10m 高及び 40m 高)以上で暴露された時間は令和元年の台風 15 号ではそれぞれ 190 分及び 430 分に対し、台風 21 号（平成 29 年）ではそれぞれ 410 分及び 640 分と長時間続いていた。最大瞬間風速（10m 高及び 40m 高）は、台風 15 号ではそれぞれ 30.9m/s 及び 44.5m/s、台風 21 号（平成 29 年）ではそれぞれ <u>31.2m/s</u> 及び <u>43.4m/s</u> であった。この時の風向（10m 高及び 40m 高）は、台風 15 号でそれぞれ東の風及び東南東の風、台風 21 号（平成 29 年）ではそれぞれ北東の風であった。</p>	<p style="text-align: right;">記載の適正化</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>以上より、今回の台風で倒壊に至った原因としては、最大瞬間風速とともに風向が要因であったと考えられる。</p> <p>3.4 Fluentによる風解析</p> <p>解析コードFluent^[⑫-2]は、有限体積法を用いた汎用流体解析プログラムであり、数多くの研究機関や企業において、様々な分野の流体解析に広く利用されているコードである。解析体系は、JMTR敷地内の建家の配置を考慮して、縦210m、横122m、高さ50mの範囲とした。Fluent(Ver. 17.2)による解析モデルの範囲を図⑫-2に示す。考慮した建家は、風上から、原子炉建家（その上流の居室実験室を含む）、機械室、タンクヤード、ポンプ室、排風機室、そして評価対象である冷却塔である。境界条件及び解析条件について、それぞれ表⑫-3及び表⑫-4に示す。</p> <p>Fluentによる水平方向の解析結果(圧力及び速度分布)を図⑫-3に示す。図⑫-3より、高さ5mの地点では、冷却塔への風速は上流にある機械室の影響により弱くなっていると見受けられるが、冷却塔とポンプ室の間の狭い領域で風が集中して流れが速くなる傾向にある。また、高さ10mの地点では、機械室の影響はなく、冷却塔の前面にあるスレート壁への風速はほぼ一様にあたっているが、5mの高さと同様に冷却塔とポンプ室の間で風が集中し流れが速い傾向にあり、ポンプ室側の冷却塔の東側スレート壁の部分で圧力が高くなっている。さらに、高さ15mの地点のファンスタックにおいても、風速はほぼ同様であるが、ポンプ室の影響を受けポンプ室側のNo.4セルフファンスタックに負荷される圧力は、他のファンスタックよりも多少大きい傾向にある。</p> <p>次に、Fluentによる鉛直方向の解析結果(圧力及び速度分布)を図⑫-4に示す。本検討は、前述の水平方向の解析結果により、冷却塔の排風機室側にあるNo.1セルとポンプ室側にあるNo.4セルに着目した結果を示している。この結果、No.1セル及びNo.4セルとも、鉛直方向の圧力はほぼ均一に負荷されているが、No.4セルのほうがNo.1セルよりも風による大きな圧力が負荷された結果となった。</p> <p>以上の解析結果より、冷却塔のNo.4セル側がポンプ室の影響により、大きな風荷重が負荷されたものと考えられる。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>大洗研究所内の気象観測塔及び気象観測露場の気象データをもとに、風雨による影響を評価した。なお、当該観測地点はJMTR施設から東側に約540mの地点であるが、ほぼ同じ標高である。気象データから、降雨による影響は小さいことから、風による影響について調べた。大洗研究所の気象状況を常時観測している気象観測塔及び気象観測露場のデータによると、9月9日(月)4時頃から強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東の風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東の風を観測した。冷却塔は建設当時の建築基準法を参考にした風荷重を用いて構造設計が行われており、台風15号の強風による風荷重は、設計時の風荷重(最大瞬間風速63m/s相当)には達していないものの、倒壊の発生原因の一つとして、風による影響が考えられる。</p> <p>過去10年間に最大瞬間風速20m/s以上を記録した月日は1回/年以上あったが、冷却塔が倒壊することはなかった。特に、平成29年10月の台風21号が通過した際は、今回の台風15号とほぼ同じ最大瞬間風速を記録するとともに、暴露された時間も長時間であった。風向(10m高及び40m高)については、台風15号でそれぞれ東の風及び東南東の風、台風21号(平成29年)ではそれぞれ北</p>	<p>以上より、今回の台風で倒壊に至った原因としては、最大瞬間風速とともに風向が要因であったと考えられる。</p> <p>3.4 Fluentによる風解析</p> <p>解析コードFluent^[⑫-2]は、有限体積法を用いた汎用流体解析プログラムであり、数多くの研究機関や企業において、様々な分野の流体解析に広く利用されているコードである。解析体系は、JMTR敷地内の建家の配置を考慮して、縦210m、横122m、高さ50mの範囲とした。Fluent(Ver. 17.2)による解析モデルの範囲を図⑫-2に示す。考慮した建家は、風上から、原子炉建家（その上流の居室実験室を含む）、機械室、タンクヤード、ポンプ室、排風機室、そして評価対象である冷却塔である。境界条件及び解析条件について、それぞれ表⑫-3及び表⑫-4に示す。</p> <p>Fluentによる水平方向の解析結果(圧力及び速度分布)を図⑫-3に示す。図⑫-3より、高さ5mの地点では、冷却塔への風速は上流にある機械室の影響により弱くなっていると見受けられるが、冷却塔とポンプ室の間の狭い領域で風が集中して流れが速くなる傾向にある。また、高さ10mの地点では、機械室の影響はなく、冷却塔の前面にあるスレート壁への風速はほぼ一様にあたっているが、5mの高さと同様に冷却塔とポンプ室の間で風が集中し流れが速い傾向にあり、ポンプ室側の冷却塔の東側スレート壁の部分で圧力が高くなっている。さらに、高さ15mの地点のファンスタックにおいても、風速はほぼ同様であるが、ポンプ室の影響を受けポンプ室側のNo.4セルフファンスタックに負荷される圧力は、他のファンスタックよりも多少大きい傾向にある。</p> <p>次に、Fluentによる鉛直方向の解析結果(圧力及び速度分布)を図⑫-4に示す。本検討は、前述の水平方向の解析結果により、冷却塔の排風機室側にあるNo.1セルとポンプ室側にあるNo.4セルに着目した結果を示している。この結果、No.1セル及びNo.4セルとも、鉛直方向の圧力はほぼ均一に負荷されているが、No.4セルのほうがNo.1セルよりも風による大きな圧力が負荷された結果となった。</p> <p>以上の解析結果より、冷却塔のNo.4セル側がポンプ室の影響により、大きな風荷重が負荷されたものと考えられる。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>大洗研究所内の気象観測塔及び気象観測露場の気象データをもとに、風雨による影響を評価した。なお、当該観測地点はJMTR施設から東側に約540mの地点であるが、ほぼ同じ標高である。気象データから、降雨による影響は小さいことから、風による影響について調べた。大洗研究所の気象状況を常時観測している気象観測塔及び気象観測露場のデータによると、9月9日(月)4時頃から強い風が吹き始め、同日6時50分から7時10分までの間に、地上高10mにおいて最大瞬間風速30.9m/sの東の風、地上高40mにおいて最大瞬間風速44.5m/sの東南東の風を観測した。冷却塔は建設当時の建築基準法を参考にした風荷重を用いて構造設計が行われており、台風15号の強風による風荷重は、設計時の風荷重(最大瞬間風速63m/s相当)には達していないものの、倒壊の発生原因の一つとして、風による影響が考えられる。</p> <p>過去10年間に最大瞬間風速20m/s以上を記録した月日は1回/年以上あったが、冷却塔が倒壊することはなかった。特に、平成29年10月の台風21号が通過した際は、今回の台風15号とほぼ同じ最大瞬間風速を記録するとともに、暴露された時間も長時間であった。風向(10m高及び40m高)については、台風15号でそれぞれ東の風及び東南東の風、台風21号(平成29年)ではそれぞれ北</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>東の風であった。このことから、倒壊には風向も重要な要因であったと考える。</p> <p>これらをもとに、Fluent を用いた風圧及び速度分布の解析を行った。この結果、冷却塔のポンプ室側の No. 4 セルの東面に風荷重が大きいことが分かった。これは JMTR 施設内の建家の配置による影響と考えられる。</p> <p>5. 参考文献</p> <p>[⑩-1] フリー百科事典「ウィキペディア (Wikipedia)」</p> <p>[⑩-2] ANSYS Fluent ソフトウェア https://www.ansys.com/ja-jp/products/fluids/ansys-fluent</p>	<p>東の風であった。このことから、倒壊には風向も重要な要因であったと考える。</p> <p>これらをもとに、Fluent を用いた風圧及び速度分布の解析を行った。この結果、冷却塔のポンプ室側の No. 4 セルの東面に風荷重が大きいことが分かった。これは JMTR 施設内の建家の配置による影響と考えられる。</p> <p>5. 参考文献</p> <p>[⑩-1] 気象庁 HP（ホーム>各種データ・資料>過去の台風資料>台風経路図） https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/index.html</p> <p>[⑩-2] ANSYS Fluent ソフトウェア https://www.ansys.com/ja-jp/products/fluids/ansys-fluent</p>	<p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <p style="writing-mode: vertical-rl; margin: 5px;">(a) 2019年9月 台風15号</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; margin: 5px;">(a) 2017年10月 台風21号</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; margin: 5px;">図⑫-1 平成29年10月(台風21号)と令和元年9月(台風15号)の台風の進路^{⑫-1}</p> </div> <p style="margin-top: 20px;">図⑫-2～⑫-4（省略） 表⑫-1～⑫-2（省略）</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <p style="margin: 5px;">(a) 2017年10月 台風21号</p>  <p style="margin: 5px;">(b) 2019年9月 台風15号</p> <p style="margin-top: 20px;">図⑫-1 平成29年10月(台風21号)と令和元年9月(台風15号)の台風の進路^{⑫-1}</p> </div> <p style="margin-top: 20px;">図⑫-2～⑫-4（変更なし） 表⑫-1～⑫-2（変更なし）</p>	<p style="color: red; margin-top: 100px;">記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑭地震の発生の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊に、地震の発生による影響があったかを調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 東北地方太平洋沖地震後に実施した JMTR 関連建家等の詳細調査（冷却塔：平成 24 年 3 月 12 日から 23 日で実施）以降から事象発生までの茨城県大洗町及び銚田市における地震発生の有無を気象庁 HP で確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果 『気象庁 HP：ホーム>各種データ・資料>震度データベース<u>検査</u>』^{〔⑭-1〕}により平成 24 年 3 月 24 日から令和元年 9 月 9 日までの間に発生した大洗研究所周辺の地震を表⑭-1 に示す。この結果、大洗研究所付近での最大震度は、平成 25 年 9 月 20 日に銚田市で発生した震度 5 弱であった。本地震発生直後の「地震後点検」では、異常がないことを確認している。また、平成 27 年度にホットラボ施設で発生したアンカーボルトの一部減肉を受け、冷却塔についても基礎アンカーボルトの調査を行い、アンカーボルトの<u>腐食</u>、減肉及び緩みがなかったことも確認している。</p> <p>4. 評価結果 平成 24 年 3 月 24 日から令和元年 9 月 9 日までの約 7 年半の間、茨城県大洗町及び銚田市での最大震度は震度 5 弱であったが、「地震後点検」及び「基礎アンカーボルトの調査」において冷却塔に異常がなかったことを確認していることから、地震による影響はなかったと評価した。</p> <p>5. 参考文献 〔⑭-1〕 気象庁 HP：ホーム>各種データ・資料>震度データベース<u>検査</u> https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑭地震の発生の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊に、地震の発生による影響があったかを調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 東北地方太平洋沖地震後に実施した JMTR 関連建家等の詳細調査（冷却塔：平成 24 年 3 月 12 日から 23 日で実施）以降から事象発生までの茨城県大洗町及び銚田市における地震発生の有無を気象庁 HP で確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果 『気象庁 HP：ホーム>各種データ・資料>震度データベース<u>検査</u>』^{〔⑭-1〕}により平成 24 年 3 月 24 日から令和元年 9 月 9 日までの間に発生した大洗研究所周辺の地震を表⑭-1 に示す。この結果、大洗研究所付近での最大震度は、平成 25 年 9 月 20 日に銚田市で発生した震度 5 弱であった。本地震発生直後の「地震後点検」では、異常がないことを確認している。また、平成 27 年度にホットラボ施設で発生したアンカーボルトの一部減肉を受け、冷却塔についても基礎アンカーボルトの調査を行い、アンカーボルトの腐食、減肉及び緩みがなかったことも確認している。</p> <p>4. 評価結果 平成 24 年 3 月 24 日から令和元年 9 月 9 日までの約 7 年半の間、茨城県大洗町及び銚田市での最大震度は震度 5 弱であったが、「地震後点検」及び「基礎アンカーボルトの調査」において冷却塔に異常がなかったことを確認していることから、地震による影響はなかったと評価した。</p> <p>5. 参考文献 〔⑭-1〕 気象庁 HP：ホーム>各種データ・資料>震度データベース<u>検査</u> https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）							変更後							変更理由	
表⑭-1 震源リスト -気象庁 HP より一部抜粋（編集）-							表⑭-1 震源リスト -気象庁 HP より一部抜粋（編集）-							記載の適正化	
大洗町							大洗町								
地震の発生日時	震央地名	緯度	経度	深さ	M	検索対象最大震度	地震の発生日	震央地名	緯度	経度	深さ	M	検索対象最大震度	記載の適正化	
令和1年6月17日	茨城県北部	36° 30.9' N	140° 35.0' E	77km	M5.1	3	令和1年6月17日	茨城県北部	36° 30.9' N	140° 35.0' E	77km	M5.1	3		
平成30年7月17日	茨城県沖	36° 25.8' N	140° 41.5' E	52km	M4.8	3	平成30年7月17日	茨城県沖	36° 25.8' N	140° 41.5' E	52km	M4.8	3		
平成30年3月30日	茨城県沖	36° 26.5' N	140° 37.2' E	56km	M5.1	3	平成30年3月30日	茨城県沖	36° 26.5' N	140° 37.2' E	56km	M5.1	3		
平成29年8月2日	茨城県北部	36° 48.2' N	140° 32.1' E	9km	M5.5	3	平成29年8月2日	茨城県北部	36° 48.2' N	140° 32.1' E	9km	M5.5	3		
平成28年12月28日	茨城県北部	36° 43.2' N	140° 34.4' E	11km	M6.3	3	平成28年12月28日	茨城県北部	36° 43.2' N	140° 34.4' E	11km	M6.3	3		
平成28年11月22日	福島県沖	37° 21.2' N	141° 36.2' E	25km	M7.4	3	平成28年11月22日	福島県沖	37° 21.2' N	141° 36.2' E	25km	M7.4	3		
平成28年7月27日	茨城県北部	36° 27.0' N	140° 36.8' E	57km	M5.4	3	平成28年7月27日	茨城県北部	36° 27.0' N	140° 36.8' E	57km	M5.4	3		
平成28年5月16日	茨城県南部	36° 02.0' N	139° 53.2' E	42km	M5.5	3	平成28年5月16日	茨城県南部	36° 02.0' N	139° 53.2' E	42km	M5.5	3		
平成27年11月22日	茨城県沖	36° 25.7' N	140° 41.2' E	52km	M4.8	3	平成27年11月22日	茨城県沖	36° 25.7' N	140° 41.2' E	52km	M4.8	3		
平成27年8月6日	茨城県沖	36° 26.3' N	140° 37.1' E	55km	M5.2	3	平成27年8月6日	茨城県沖	36° 26.3' N	140° 37.1' E	55km	M5.2	3		
平成27年5月25日	埼玉県北部	36° 03.2' N	139° 38.3' E	56km	M5.5	3	平成27年5月25日	埼玉県北部	36° 03.2' N	139° 38.3' E	56km	M5.5	3		
平成25年9月20日	福島県浜通り	37° 03.0' N	140° 41.7' E	17km	M5.9	3	平成25年9月20日	福島県浜通り	37° 03.0' N	140° 41.7' E	17km	M5.9	3		
平成24年12月7日	三陸沖	38° 01.1' N	143° 52.0' E	49km	M7.3	3	平成24年12月7日	三陸沖	38° 01.1' N	143° 52.0' E	49km	M7.3	3		
鉾田市							鉾田市								記載の適正化
地震の発生日時	震央地名	緯度	経度	深さ	M	検索対象最大震度	地震の発生日	震央地名	緯度	経度	深さ	M	検索対象最大震度		
令和1年8月4日	福島県沖	37° 42.4' N	141° 37.9' E	45km	M6.4	3	令和1年8月4日	福島県沖	37° 42.4' N	141° 37.9' E	45km	M6.4	3		
令和1年7月28日	三重県南東沖	33° 09.6' N	137° 23.8' E	393km	M6.6	3	令和1年7月28日	三重県南東沖	33° 09.6' N	137° 23.8' E	393km	M6.6	3		
令和1年6月17日	茨城県北部	36° 30.9' N	140° 35.0' E	77km	M5.1	3	令和1年6月17日	茨城県北部	36° 30.9' N	140° 35.0' E	77km	M5.1	3		
平成31年1月18日	茨城県南部	35° 55.2' N	140° 25.9' E	54km	M5.3	3	平成31年1月18日	茨城県南部	35° 55.2' N	140° 25.9' E	54km	M5.3	3		
平成30年9月5日	茨城県沖	36° 28.5' N	141° 20.2' E	60km	M5.5	3	平成30年9月5日	茨城県沖	36° 28.5' N	141° 20.2' E	60km	M5.5	3		
平成30年7月17日	茨城県沖	36° 25.8' N	140° 41.5' E	52km	M4.8	4	平成30年7月17日	茨城県沖	36° 25.8' N	140° 41.5' E	52km	M4.8	4		
平成30年3月30日	茨城県沖	36° 26.5' N	140° 37.2' E	56km	M5.1	4	平成30年3月30日	茨城県沖	36° 26.5' N	140° 37.2' E	56km	M5.1	4		
平成29年11月3日	茨城県北部	36° 48.9' N	140° 31.8' E	8km	M4.8	3	平成29年11月3日	茨城県北部	36° 48.9' N	140° 31.8' E	8km	M4.8	3		
平成29年10月6日	福島県沖	37° 05.2' N	141° 09.3' E	53km	M5.9	3	平成29年10月6日	福島県沖	37° 05.2' N	141° 09.3' E	53km	M5.9	3		
平成29年8月2日	茨城県北部	36° 48.2' N	140° 32.1' E	9km	M5.5	4	平成29年8月2日	茨城県北部	36° 48.2' N	140° 32.1' E	9km	M5.5	4		
平成29年2月28日	福島県沖	37° 30.8' N	141° 22.0' E	52km	M5.7	3	平成29年2月28日	福島県沖	37° 30.8' N	141° 22.0' E	52km	M5.7	3		
平成29年2月19日	千葉県北東部	35° 43.8' N	140° 39.8' E	52km	M5.4	3	平成29年2月19日	千葉県北東部	35° 43.8' N	140° 39.8' E	52km	M5.4	3		
平成29年1月18日	茨城県沖	36° 25.7' N	140° 38.5' E	53km	M4.2	3	平成29年1月18日	茨城県沖	36° 25.7' N	140° 38.5' E	53km	M4.2	3		
平成29年1月5日	福島県沖	36° 51.7' N	140° 58.7' E	56km	M5.3	3	平成29年1月5日	福島県沖	36° 51.7' N	140° 58.7' E	56km	M5.3	3		
平成28年12月28日	茨城県北部	36° 43.2' N	140° 34.4' E	11km	M6.3	3	平成28年12月28日	茨城県北部	36° 43.2' N	140° 34.4' E	11km	M6.3	3		
平成28年11月24日	福島県沖	37° 10.4' N	141° 20.7' E	24km	M6.2	3	平成28年11月24日	福島県沖	37° 10.4' N	141° 20.7' E	24km	M6.2	3		
平成28年11月22日	福島県沖	37° 21.2' N	141° 36.2' E	25km	M7.4	4	平成28年11月22日	福島県沖	37° 21.2' N	141° 36.2' E	25km	M7.4	4		
平成28年11月21日	千葉県東方沖	35° 52.6' N	140° 57.6' E	17km	M5.0	3	平成28年11月21日	千葉県東方沖	35° 52.6' N	140° 57.6' E	17km	M5.0	3		
平成28年10月20日	千葉県北東部	35° 51.7' N	140° 31.4' E	37km	M5.3	4	平成28年10月20日	千葉県北東部	35° 51.7' N	140° 31.4' E	37km	M5.3	4		
平成28年9月9日	茨城県沖	36° 23.2' N	141° 01.8' E	47km	M5.4	3	平成28年9月9日	茨城県沖	36° 23.2' N	141° 01.8' E	47km	M5.4	3		
平成28年9月7日	茨城県南部	36° 10.0' N	140° 02.1' E	50km	M4.9	3	平成28年9月7日	茨城県南部	36° 10.0' N	140° 02.1' E	50km	M4.9	3		
平成28年8月19日	茨城県沖	36° 33.6' N	141° 07.9' E	48km	M5.4	3	平成28年8月19日	茨城県沖	36° 33.6' N	141° 07.9' E	48km	M5.4	3		

変更前（第2報）							変更後							変更理由
平成 28 年 7 月 27 日	茨城県北部	36° 27.0' N	140° 36.8' E	57km	M5.4	4	平成 28 年 7 月 27 日	茨城県北部	36° 27.0' N	140° 36.8' E	57km	M5.4	4	記載の適正化
平成 28 年 7 月 20 日	茨城県南部	36° 01.2' N	139° 56.9' E	42km	M5.0	3	平成 28 年 7 月 20 日	茨城県南部	36° 01.2' N	139° 56.9' E	42km	M5.0	3	
平成 28 年 6 月 18 日	茨城県沖	36° 23.0' N	140° 45.6' E	25km	M4.2	3	平成 28 年 6 月 18 日	茨城県沖	36° 23.0' N	140° 45.6' E	25km	M4.2	3	
平成 28 年 6 月 12 日	茨城県南部	35° 59.8' N	139° 55.9' E	40km	M4.8	4	平成 28 年 6 月 12 日	茨城県南部	35° 59.8' N	139° 55.9' E	40km	M4.8	4	
平成 28 年 5 月 16 日	茨城県南部	36° 02.0' N	139° 53.2' E	42km	M5.5	4	平成 28 年 5 月 16 日	茨城県南部	36° 02.0' N	139° 53.2' E	42km	M5.5	4	
平成 28 年 2 月 7 日	茨城県南部	36° 03.1' N	139° 54.2' E	43km	M4.6	3	平成 28 年 2 月 7 日	茨城県南部	36° 03.1' N	139° 54.2' E	43km	M4.6	3	
平成 28 年 1 月 24 日	千葉県東方沖	35° 52.7' N	140° 53.9' E	17km	M4.6	3	平成 28 年 1 月 24 日	千葉県東方沖	35° 52.7' N	140° 53.9' E	17km	M4.6	3	
平成 27 年 11 月 22 日	茨城県沖	36° 25.7' N	140° 41.2' E	52km	M4.8	4	平成 27 年 11 月 22 日	茨城県沖	36° 25.7' N	140° 41.2' E	52km	M4.8	4	
平成 27 年 10 月 21 日	福島県沖	37° 18.8' N	141° 11.5' E	37km	M5.3	3	平成 27 年 10 月 21 日	福島県沖	37° 18.8' N	141° 11.5' E	37km	M5.3	3	
平成 27 年 8 月 28 日	茨城県沖	36° 21.2' N	140° 56.0' E	46km	M4.8	3	平成 27 年 8 月 28 日	茨城県沖	36° 21.2' N	140° 56.0' E	46km	M4.8	3	
平成 27 年 8 月 6 日	茨城県沖	36° 26.3' N	140° 37.1' E	55km	M5.2	4	平成 27 年 8 月 6 日	茨城県沖	36° 26.3' N	140° 37.1' E	55km	M5.2	4	
平成 27 年 5 月 30 日	小笠原諸島西方沖	27° 51.6' N	140° 40.9' E	682km	M8.1	3	平成 27 年 5 月 30 日	小笠原諸島西方沖	27° 51.6' N	140° 40.9' E	682km	M8.1	3	
平成 27 年 5 月 25 日	埼玉県北部	36° 03.2' N	139° 38.3' E	56km	M5.5	4	平成 27 年 5 月 25 日	埼玉県北部	36° 03.2' N	139° 38.3' E	56km	M5.5	4	
平成 27 年 1 月 30 日	茨城県南部	35° 58.7' N	140° 12.4' E	40km	M4.8	3	平成 27 年 1 月 30 日	茨城県南部	35° 58.7' N	140° 12.4' E	40km	M4.8	3	
平成 27 年 1 月 26 日	千葉県北東部	35° 52.6' N	140° 28.9' E	37km	M5.0	4	平成 27 年 1 月 26 日	千葉県北東部	35° 52.6' N	140° 28.9' E	37km	M5.0	4	
平成 26 年 9 月 16 日	茨城県南部	36° 05.6' N	139° 51.8' E	47km	M5.6	3	平成 26 年 9 月 16 日	茨城県南部	36° 05.6' N	139° 51.8' E	47km	M5.6	3	
平成 26 年 7 月 12 日	福島県沖	37° 03.0' N	142° 19.2' E	33km	M7.0	3	平成 26 年 7 月 12 日	福島県沖	37° 03.0' N	142° 19.2' E	33km	M7.0	3	
平成 26 年 5 月 5 日	伊豆大島近海	34° 57.1' N	139° 28.8' E	156km	M6.0	3	平成 26 年 5 月 5 日	伊豆大島近海	34° 57.1' N	139° 28.8' E	156km	M6.0	3	
平成 25 年 12 月 31 日	茨城県北部	36° 41.4' N	140° 37.7' E	7km	M5.4	3	平成 25 年 12 月 31 日	茨城県北部	36° 41.4' N	140° 37.7' E	7km	M5.4	3	
平成 25 年 12 月 14 日	千葉県東方沖	35° 38.5' N	140° 43.8' E	49km	M5.5	3	平成 25 年 12 月 14 日	千葉県東方沖	35° 38.5' N	140° 43.8' E	49km	M5.5	3	
平成 25 年 11 月 10 日	茨城県南部	36° 00.1' N	140° 05.0' E	64km	M5.5	3	平成 25 年 11 月 10 日	茨城県南部	36° 00.1' N	140° 05.0' E	64km	M5.5	3	
平成 25 年 10 月 26 日	福島県沖	37° 11.7' N	144° 34.1' E	56km	M7.1	3	平成 25 年 10 月 26 日	福島県沖	37° 11.7' N	144° 34.1' E	56km	M7.1	3	
平成 25 年 10 月 20 日	茨城県沖	36° 25.6' N	140° 38.8' E	53km	M4.3	3	平成 25 年 10 月 20 日	茨城県沖	36° 25.6' N	140° 38.8' E	53km	M4.3	3	
平成 25 年 10 月 12 日	茨城県沖	36° 25.9' N	140° 41.8' E	52km	M4.8	3	平成 25 年 10 月 12 日	茨城県沖	36° 25.9' N	140° 41.8' E	52km	M4.8	3	
平成 25 年 9 月 20 日	福島県浜通り	37° 03.0' N	140° 41.7' E	17km	M5.9	5弱	平成 25 年 9 月 20 日	福島県浜通り	37° 03.0' N	140° 41.7' E	17km	M5.9	5弱	
平成 25 年 4 月 29 日	千葉県東方沖	35° 48.5' N	141° 07.5' E	34km	M5.6	3	平成 25 年 4 月 29 日	千葉県東方沖	35° 48.5' N	141° 07.5' E	34km	M5.6	3	
平成 25 年 4 月 4 日	千葉県東方沖	35° 46.0' N	140° 55.0' E	12km	M5.1	3	平成 25 年 4 月 4 日	千葉県東方沖	35° 46.0' N	140° 55.0' E	12km	M5.1	3	
平成 25 年 3 月 26 日	千葉県東方沖	35° 51.9' N	140° 55.5' E	17km	M4.6	3	平成 25 年 3 月 26 日	千葉県東方沖	35° 51.9' N	140° 55.5' E	17km	M4.6	3	
平成 25 年 3 月 26 日	千葉県東方沖	35° 51.9' N	140° 55.4' E	15km	M4.6	3	平成 25 年 3 月 26 日	千葉県東方沖	35° 51.9' N	140° 55.4' E	15km	M4.6	3	
平成 25 年 1 月 28 日	茨城県北部	36° 34.2' N	140° 33.6' E	74km	M4.8	3	平成 25 年 1 月 28 日	茨城県北部	36° 34.2' N	140° 33.6' E	74km	M4.8	3	
平成 24 年 12 月 7 日	三陸沖	38° 01.1' N	143° 52.0' E	49km	M7.3	4	平成 24 年 12 月 7 日	三陸沖	38° 01.1' N	143° 52.0' E	49km	M7.3	4	
平成 24 年 11 月 9 日	福島県沖	36° 52.6' N	141° 22.7' E	33km	M5.5	3	平成 24 年 11 月 9 日	福島県沖	36° 52.6' N	141° 22.7' E	33km	M5.5	3	
平成 24 年 10 月 24 日	茨城県沖	36° 32.0' N	140° 50.8' E	51km	M4.5	3	平成 24 年 10 月 24 日	茨城県沖	36° 32.0' N	140° 50.8' E	51km	M4.5	3	
平成 24 年 10 月 12 日	千葉県北東部	35° 50.9' N	140° 32.9' E	37km	M5.1	3	平成 24 年 10 月 12 日	千葉県北東部	35° 50.9' N	140° 32.9' E	37km	M5.1	3	
平成 24 年 10 月 2 日	茨城県沖	36° 05.5' N	140° 58.9' E	39km	M4.2	3	平成 24 年 10 月 2 日	茨城県沖	36° 05.5' N	140° 58.9' E	39km	M4.2	3	
平成 24 年 9 月 14 日	千葉県北東部	35° 51.6' N	140° 32.4' E	37km	M5.1	3	平成 24 年 9 月 14 日	千葉県北東部	35° 51.6' N	140° 32.4' E	37km	M5.1	3	
平成 24 年 8 月 26 日	福島県沖	36° 58.0' N	141° 04.9' E	90km	M5.2	3	平成 24 年 8 月 26 日	福島県沖	36° 58.0' N	141° 04.9' E	90km	M5.2	3	
平成 24 年 6 月 1 日	千葉県北西部	36° 01.6' N	139° 52.5' E	44km	M5.1	3	平成 24 年 6 月 1 日	千葉県北西部	36° 01.6' N	139° 52.5' E	44km	M5.1	3	
平成 24 年 5 月 18 日	茨城県南部	36° 08.1' N	139° 50.4' E	51km	M4.8	3	平成 24 年 5 月 18 日	茨城県南部	36° 08.1' N	139° 50.4' E	51km	M4.8	3	
平成 24 年 4 月 29 日	千葉県北東部	35° 42.9' N	140° 36.0' E	48km	M5.8	3	平成 24 年 4 月 29 日	千葉県北東部	35° 42.9' N	140° 36.0' E	48km	M5.8	3	
平成 24 年 4 月 25 日	千葉県北東部	35° 43.3' N	140° 40.7' E	43km	M5.5	3	平成 24 年 4 月 25 日	千葉県北東部	35° 43.3' N	140° 40.7' E	43km	M5.5	3	
平成 24 年 4 月 13 日	福島県沖	36° 56.8' N	141° 25.3' E	32km	M6.0	3	平成 24 年 4 月 13 日	福島県沖	36° 56.8' N	141° 25.3' E	32km	M6.0	3	
平成 24 年 4 月 12 日	茨城県沖	36° 49.7' N	141° 20.5' E	29km	M5.6	3	平成 24 年 4 月 12 日	茨城県沖	36° 49.7' N	141° 20.5' E	29km	M5.6	3	
平成 24 年 4 月 1 日	福島県沖	37° 04.6' N	141° 07.9' E	53km	M5.9	3	平成 24 年 4 月 1 日	福島県沖	37° 04.6' N	141° 07.9' E	53km	M5.9	3	

添付資料4 ⑮竜巻（突風）の発生の影響及び⑯設備運転による過応力の影響（省略）

添付資料4 ⑮竜巻（突風）の発生の影響及び⑯設備運転による過応力の影響（変更なし）

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑩ 配管破損部の強度不足の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔に設置している4本の二次冷却系配管(以下「立上げ配管」という。)の強度が不足しており、台風15号の強風により、先に立上げ配管が倒れ、冷却塔の倒壊に影響したかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 当時の冷却塔に係る設工認書、配管の溶接設計を確認し、冷却塔に設置している4本の立上げ配管の破断部の外観観察を行う。次に、有限要素法により、冷却塔の設計基準値である風荷重200kgf/m²の曲げモーメントが負荷された際の応力集中の箇所及び想定される荷重を評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 関連図書及び溶接設計の調査 冷却塔に係る設工認書の確認を行った。設工認書から、立上げ配管の仕様は表⑩-1のとおり、接続については溶接もしくはフランジによるものとされており、立上げ配管の試験検査は、水圧試験及び性能試験であった。一方、立上げ配管の溶接部検査については、要求されていなかった。</p> <p>3.2 立上げ配管の外観写真 図⑩-1に立上げ配管破断部の写真を示す。台風15号により破断した立上げ配管の外観写真から、4本の立上げ配管の破断箇所は溶接部の近傍である熱影響部と考えられ、それぞれほぼ同じ位置であった。</p> <p>3.3 有限要素法による立上げ配管の応力解析 立上げ配管の応力解析を有限要素法を用いて行った。図⑩-2に立上げ配管部の配置概要図及び計算モデルを示す。冷却塔に配置されている立上げ配管は、冷却塔入口ヘッダーに450Aの配管を溶接した構造となっている。立上げ配管の応力計算にあたっては、図⑩-2(b)に示すとおり、冷却塔にある木材が立上げ配管を保持していない状態で、冷却塔が倒壊しない状態では冷却塔上部の重量は全て冷却塔の柱(119本)で支えられていると仮定して、保守的に評価した。有限要素法による立上げ配管の応力計算結果を図⑩-3に示す。図⑩-3(a)より、立上げ配管の自重及び当時の設計基準である風荷重200kgf/m²を考慮した冷却塔入口ヘッダーと立上げ配管との溶接部に負荷される応力は、最大で50MPa(50N/mm²)であった。</p> <p>立上げ配管(No.3)内部部の詳細写真を図⑩-4に示す。溶接は、完全溶け込み開先溶接のうちT継手(以下「T継手」という。)であった。研究炉技術基準を参考に当該溶接部の継手効率を近似する「突合せ両側溶接」の継手効率で考慮した場合、溶接検査を行い基準に適合すれば、母材強度に対して1.00となっている(その他の場合は、継手効率は0.70)^{〔⑩-1〕}。</p> <p>以上より、当該溶接部の強度は、使用されている立上げ配管の材料であるSS400相当の設計引張強度(Su値：400N/mm²)に対して、継手効率を0.70を考慮したとしても、溶接部の強度は280MPa(280N/mm²)であることから、立上げ配管の自重及び風荷重を考慮した荷重による破損はなか</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑩ 配管破損部の強度不足の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔に設置している4本の二次冷却系配管(以下「立上げ配管」という。)の強度が不足しており、台風15号の強風により、先に立上げ配管が倒れ、冷却塔の倒壊に影響したかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 当時の冷却塔に係る設工認書、配管の溶接設計を確認し、冷却塔に設置している4本の立上げ配管の破断部の外観観察を行う。次に、有限要素法により、冷却塔の設計基準値である風荷重200kgf/m²の曲げモーメントが負荷された際の応力集中の箇所及び想定される荷重を評価する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 関連図書及び溶接設計の調査 冷却塔に係る設工認書の確認を行った。設工認書から、立上げ配管の仕様は表⑩-1のとおり、接続については溶接もしくはフランジによるものとされており、立上げ配管の試験検査は、水圧試験及び性能試験であった。一方、立上げ配管の溶接部検査については、要求されていなかった。</p> <p>3.2 立上げ配管の外観写真 図⑩-1に立上げ配管破断部の写真を示す。台風15号により破断した立上げ配管の外観写真から、4本の立上げ配管の破断箇所は溶接部の近傍である熱影響部と考えられ、それぞれほぼ同じ位置であった。</p> <p>3.3 有限要素法による立上げ配管の応力解析 立上げ配管の応力解析を有限要素法を用いて行った。図⑩-2に立上げ配管部の配置概要図及び計算モデルを示す。冷却塔に配置されている立上げ配管は、冷却塔入口ヘッダーに450Aの配管を溶接した構造となっている。立上げ配管の応力計算にあたっては、図⑩-2(b)に示すとおり、冷却塔にある木材が立上げ配管を保持していない状態で、冷却塔が倒壊しない状態では冷却塔上部の重量は全て冷却塔の柱(119本)で支えられていると仮定して、保守的に評価した。有限要素法による立上げ配管の応力計算結果を図⑩-3に示す。図⑩-3(a)より、立上げ配管の自重及び当時の設計基準である風荷重200kgf/m²を考慮した冷却塔入口ヘッダーと立上げ配管との溶接部に負荷される応力は、最大で50MPa(50N/mm²)であった。</p> <p>立上げ配管(No.3)内部部の詳細写真を図⑩-4に示す。溶接は、完全溶け込み開先溶接のうちT継手(以下「T継手」という。)であった。研究炉技術基準を参考に当該溶接部の継手効率を近似する「突合せ両側溶接」の継手効率で考慮した場合、溶接検査を行い基準に適合すれば、母材強度に対して1.00となっている(その他の場合は、継手効率は0.70)^{〔⑩-1〕}。</p> <p>以上より、当該溶接部の強度は、使用されている立上げ配管の材料であるSS400相当の設計引張強度(Su値：400N/mm²)に対して、継手効率を0.70を考慮したとしても、溶接部の強度は280MPa(280N/mm²)であることから、立上げ配管の自重及び風荷重を考慮した荷重による破損はなか</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>ったと考えられる。</p> <p>図⑩-3(b)より、冷却塔上部の重量が立上げ配管に負荷された場合を評価した。計算条件は、冷却塔上部の重量を 29.8t とし、その重量が立上げ配管 4 本に平均的に負荷されたものと仮定するとともに、ファンスタックに係る風荷重も考慮した。その結果、溶接部に負荷される圧力は、525MPa(525N/mm²) 以上であり、母材強度を超える結果となった。立上げ配管の溶接部近傍の詳細写真を図⑩-5 に示す。この結果、破損部は溶接部近傍の熱影響部から破損し、冷却塔入口ヘッダーの配管まで破損していた。これは、当該部に大きな応力(曲げ)が負荷されたものと示唆される。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>冷却塔の倒壊については、冷却塔上部の重量が立上げ配管に負荷され、それにより立上げ配管溶接部の近傍が破断したと考えられ、先に立上げ配管が倒れることによる冷却塔倒壊に影響を及ぼしたのではないと評価した。なお、立上げ配管は、T継手であり、溶接部の強度は十分満足していたものと考えられる。</p> <p>5. 参考文献</p> <p>[⑩-1] 文部科学省 科学技術・学術政策局、「試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準」、平成 15 年 5 月 30 日(15 科原安 第 13 号)。</p>	<p>ったと考えられる。</p> <p>図⑩-3(b)より、冷却塔上部の重量が立上げ配管に負荷された場合を評価した。計算条件は、冷却塔上部の重量を 29.8t とし、その重量が立上げ配管 4 本に平均的に負荷されたものと仮定するとともに、ファンスタックに係る風荷重も考慮した。その結果、溶接部に負荷される圧力は、525MPa(525N/mm²) 以上であり、母材強度を超える結果となった。立上げ配管の溶接部近傍の詳細写真を図⑩-5 に示す。この結果、破損部は溶接部近傍の熱影響部から破損し、冷却塔入口ヘッダーの配管まで破損していた。これは、当該部に大きな応力(曲げ)が負荷されたものと示唆される。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>冷却塔の倒壊については、冷却塔上部の重量が立上げ配管に負荷され、それにより立上げ配管溶接部の近傍が破断したと考えられ、先に立上げ配管が倒れることによる冷却塔倒壊に影響を及ぼしたのではないと評価した。なお、立上げ配管は、T継手であり、溶接部の強度は十分満足していたものと考えられる。</p> <p>5. 参考文献</p> <p>[⑩-1] 文部科学省 科学技術・学術政策局、「試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準」、平成 15 年 5 月 30 日(15 科原安 第 13 号)。</p>	

変更前（第2報）			変更後			変更理由							
	<p>冷却塔の全体写真</p>	<p>立上げ配管 No.1</p>	<p>立上げ配管 No.2</p>	<p>立上げ配管 No.3</p>	<p>立上げ配管 No.4</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>
<p>図⑩-1 二次冷却系配管(立上げ配管)破断部の写真(倒壊直後の写真)</p>													
<p>南側</p>	<p>北側</p>	<p>南側</p>	<p>北側</p>	<p>南側</p>	<p>北側</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>	<p>破断部全体</p>	<p>破断部詳細</p>

図⑩-1 二次冷却系配管(立上げ配管)破断部の写真

記載の適正化

変更前 (第2報)	変更後	変更理由
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> </div> <div style="width: 45%;"> <p>(a) 立上げ配管の配置概要図</p> <p>入力条件 Wa: 冷却塔上部の重量 Wb: ファンスタックの風荷重 W1: 立上げ配管の等分布荷重 W2: 立上げ配管の風分布荷重 Mx: 散水管側曲げモーメント My: 縦管側曲げモーメント Rx: 縦管に負荷する散水管側反力</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> </div> <div style="width: 45%;"> <p>(a) 立上げ配管の配置概要図</p> <p>入力条件 Wa: 冷却塔上部の重量 Wb: ファンスタックの風荷重 W1: 立上げ配管の等分布荷重 W2: 立上げ配管の風分布荷重 Mx: 散水管側曲げモーメント My: 縦管側曲げモーメント Rx: 縦管に負荷する散水管側反力</p> </div> </div>	<p>変更理由</p>
	<p>(b) 立上げ配管の構造解析モデル</p>	<p>(b) 立上げ配管の構造解析モデル</p>




図⑩-2 有限要素法による二次冷却系配管(立上げ配管)溶接部の計算モデル

図⑩-2 有限要素法による二次冷却系配管(立上げ配管)溶接部の計算モデル

変更前（第2報）	変更後	変更理由
 <p>(a) 立上げ配管自重と風荷重を考慮した最大応力</p> <p>(b) 冷却塔上部重量を考慮した最大応力</p>	 <p>(a) 立上げ配管自重と風荷重を考慮した最大応力</p> <p>(b) 冷却塔上部重量を考慮した最大応力</p>	<p>記載の適正化</p>
<p>図⑩-3 有限要素法による二次冷却系配管(立上げ配管)溶接部の最大応力結果</p>	<p>図⑩-3 有限要素法による二次冷却系配管(立上げ配管)溶接部の最大応力 <u>計算</u> 結果</p>	<p>記載の適正化</p>
<p>図⑩-4 及び⑩-5 (省略)</p>	<p>図⑩-4 及び⑩-5 (変更なし)</p>	<p></p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由																								
<p style="text-align: center;">表⑰-1 立上げ配管に係る機器仕様</p> <table border="1" data-bbox="147 300 920 678"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>要求仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) 材質</td> <td>SS41、STPG38</td> </tr> <tr> <td>(2) 呼び径</td> <td>添付図面 No. 1 二次冷却系統流路系統図</td> </tr> <tr> <td>(3) 接続</td> <td>主熱交換器への接続はフランジにより、その他の接続箇所は溶接又はフランジによる。</td> </tr> <tr> <td>(4) 設計圧力</td> <td>5kg/cm²g</td> </tr> <tr> <td>(5) 設計温度</td> <td>60℃</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">添付資料4 ⑱配管破損部の腐食の影響（省略）</p>	項目	要求仕様	(1) 材質	SS41、STPG38	(2) 呼び径	添付図面 No. 1 二次冷却系統流路系統図	(3) 接続	主熱交換器への接続はフランジにより、その他の接続箇所は溶接又はフランジによる。	(4) 設計圧力	5kg/cm ² g	(5) 設計温度	60℃	<p style="text-align: center;">表⑰-1 立上げ配管に係る機器仕様 <u>（設工認書より）</u></p> <table border="1" data-bbox="1055 300 1827 678"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>要求仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) 材質</td> <td>SS41、STPG38</td> </tr> <tr> <td>(2) 呼び径</td> <td>添付図面 No. 1 二次冷却系統流路系統図</td> </tr> <tr> <td>(3) 接続</td> <td>主熱交換器への接続はフランジにより、その他の接続箇所は溶接又はフランジによる。</td> </tr> <tr> <td>(4) 設計圧力</td> <td>5kg/cm²g</td> </tr> <tr> <td>(5) 設計温度</td> <td>60℃</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">添付資料4 ⑱配管破損部の腐食の影響（変更なし）</p>	項目	要求仕様	(1) 材質	SS41、STPG38	(2) 呼び径	添付図面 No. 1 二次冷却系統流路系統図	(3) 接続	主熱交換器への接続はフランジにより、その他の接続箇所は溶接又はフランジによる。	(4) 設計圧力	5kg/cm ² g	(5) 設計温度	60℃	<p style="color: red;">記載の適正化</p>
項目	要求仕様																									
(1) 材質	SS41、STPG38																									
(2) 呼び径	添付図面 No. 1 二次冷却系統流路系統図																									
(3) 接続	主熱交換器への接続はフランジにより、その他の接続箇所は溶接又はフランジによる。																									
(4) 設計圧力	5kg/cm ² g																									
(5) 設計温度	60℃																									
項目	要求仕様																									
(1) 材質	SS41、STPG38																									
(2) 呼び径	添付図面 No. 1 二次冷却系統流路系統図																									
(3) 接続	主熱交換器への接続はフランジにより、その他の接続箇所は溶接又はフランジによる。																									
(4) 設計圧力	5kg/cm ² g																									
(5) 設計温度	60℃																									

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑬ 足場の衝突の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 外壁補修工事の際に設置した足場の衝突が冷却塔の倒壊に影響しているかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 外壁補修工事中の記録により、足場の組立て状況を確認する。また、足場の倒壊状況について、目視により確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 外壁補修工事中の足場の組立て状況 図⑬-1に示すとおり、足場の最上部にはジャッキベースによる、冷却塔側への倒壊防止措置を施していた。また、東側（立上げ配管側）についても控えパイプによる倒壊防止措置を施していた。</p> <p>3.2 足場の倒壊状況 図⑬-2に示すとおり、建枠のジョイント及び布枠の外れ止め部分については健全であったが、左1スパンの建枠、布枠、アルミ階段枠、上さん及び先行手すり枠が立上げ配管により押しつぶされている状況であった。また、足場が倒壊する際に控えパイプの座屈及びクランプの切断が確認された。なお、足場の外側へメッシュシートを取り付けていなかった。</p> <p>4. 評価結果 足場の倒壊について、冷却塔側及び、東側（立上げ配管側）へ倒壊防止を施していたことと、メッシュシートを取り付けていないことから、足場単体での倒壊は想定しにくく、立上げ配管が倒れた影響によるものと推定される。このことから、足場の衝突は冷却塔の倒壊に影響を与えていないと評価した。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">⑬ 足場の衝突の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 外壁補修工事の際に設置した足場の衝突が冷却塔の倒壊に影響しているかを評価する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 外壁補修工事中の記録により、足場の組立て状況を確認する。また、足場の倒壊状況について、目視により確認する。</p> <p>3. 確認・調査結果</p> <p>3.1 外壁補修工事中の足場の組立て状況 図⑬-1に示すとおり、足場の最上部にはジャッキベースによる、冷却塔側への倒壊防止措置を施していた。また、東側（立上げ配管側）についても控えパイプによる倒壊防止措置を施していた。</p> <p>3.2 足場の倒壊状況 図⑬-2に示すとおり、建枠のジョイント及び布枠の外れ止め部分については健全であったが、左1スパンの建枠、布枠、アルミ階段枠、上さん及び先行手すり枠が立上げ配管により押しつぶされている状況であった。また、足場が倒壊する際に控えパイプの座屈及びクランプの切断が確認された。なお、足場の外側へメッシュシートを取り付けていなかった。</p> <p>4. 評価結果 足場の倒壊について、冷却塔側及び、東側（立上げ配管側）へ倒壊防止を施していたことと、メッシュシートを取り付けていないことから、足場単体での倒壊は想定しにくく、立上げ配管が倒れた影響によるものと推定される。このことから、足場の衝突は冷却塔の倒壊に影響を与えていないと評価した。</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
 <p>二次冷却系統冷却塔柱部を示す。</p> <p>ジャッキベースにより、二次冷却系統冷却塔側への転倒防止</p> <p>控えパイプにより、東側（二次冷却系配管 <u>立上げ配管側</u>）への転倒防止</p>	 <p>二次冷却系統冷却塔柱部を示す。</p> <p>ジャッキベースにより、二次冷却系統冷却塔側への転倒防止</p> <p>控えパイプにより、東側（二次冷却系配管 <u>立上げ配管側</u>）への転倒防止</p>	<p>記載の適正化</p>
<p>図19-1 外壁補修工事中の足場の組立て状況</p>	<p>図19-1 外壁補修工事中の足場の組立て状況</p>	
		
<p>図19-2 足場の倒壊状況</p>	<p>図19-2 足場の倒壊状況</p>	

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">㊸ 繰返し応力の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊に、台風 15 号による繰返し応力(風荷重)による損傷が影響しているかを文献により調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 台風等の強風時においては、数時間にわたって風圧が変動し、繰返し荷重を受けるため、繰返し荷重が冷却塔の倒壊への影響について文献を調査し、それに基づいた現場確認を行う。</p> <p>3. 確認・調査結果 建築物の耐風設計においては、建築基準法や建築物荷重指針に規定された風圧力に基づく設計風荷重による静的設計法が用いられている。一方、木材の耐久性については、静的な木材強度に対する載荷時の応力レベルと破壊に至るまでの時間との関係が調べられている^[㊸-1]。 木材の耐久性に係る評価として、建物等に負荷される継続時間による木材の許容応力度を求めるが、応力レベルが約 18%以下では荷重継続時間はほぼ∞となり、永久に壊れないとされている^[㊸-1]。また、疲労試験により、木材の疲労限度が約 20%であるとの報告がある^[㊸-2]。冷却塔の設計・施工時の速度圧 200kgf/m² に対し、台風 15 号の最大瞬間風速約 31m/s の速度圧 40kgf/m² であることから、健全な木材であれば繰返し応力に対して影響はないと推定される。 また、文献^[㊸-3]では、建築物外装壁の評価であるが、台風が通過するモデルを構築し、風圧変動の発生頻度特性を求め、疲労損傷度を評価しており、繰返し応力による外装壁の疲労損傷度は小さく、設計風速に達する台風が通過しても破損しない結果が示されている。これにより、冷却塔の倒壊直後のスレート材の散乱状態を確認した結果、冷却塔周辺部へのスレート材の散乱はごく狭い範囲であり、影響はなかったものとする。</p> <p>4. 評価結果 台風 15 号による繰返し応力(風荷重)については、健全な木材であれば影響はなく、木材の破損は発生しないと推定されるが、実際は木材の腐朽があり、耐力の低下により筋かいが強度部材として機能がない影響が大きいと考えられる。</p> <p>5. 参考文献 [㊸-1] 佐々木康寿、「<u>材料</u>の力学的耐久性」、Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol. 66 (2017) 786-792. [㊸-2] Y. Sasaki, M. Yamasaki, T. Sugimoto, "Fatigue Damage in Wood Under Pulsating Multiaxial-Combined Loading", Wood and Fiber Science, 37(2005)232-241. [㊸-3] 高森浩治、谷口徹郎、谷池義人、「台風通過に伴う建築物壁面に作用する変動風圧特性と壁外装材の疲労損傷評価」、第 22 回風工学シンポジウム (2012) . 添付資料5（省略）</p>	<p style="text-align: right;">添付資料4</p> <p style="text-align: center;">㊸ 繰返し応力の影響</p> <p>1. 確認・調査事項 冷却塔の倒壊に、台風 15 号による繰返し応力(風荷重)による損傷が影響しているかを文献により調査する。</p> <p>2. 確認・調査の方法及び内容 台風等の強風時においては、数時間にわたって風圧が変動し、繰返し荷重を受けるため、繰返し荷重が冷却塔の倒壊への影響について文献を調査し、それに基づいた現場確認を行う。</p> <p>3. 確認・調査結果 建築物の耐風設計においては、建築基準法や建築物荷重指針に規定された風圧力に基づく設計風荷重による静的設計法が用いられている。一方、木材の耐久性については、静的な木材強度に対する載荷時の応力レベルと破壊に至るまでの時間との関係が調べられている^[㊸-1]。 木材の耐久性に係る評価として、建物等に負荷される継続時間による木材の許容応力度を求めるが、応力レベルが約 18%以下では荷重継続時間はほぼ∞となり、永久に壊れないとされている^[㊸-1]。また、疲労試験により、木材の疲労限度が約 20%であるとの報告がある^[㊸-2]。冷却塔の設計・施工時の速度圧 200kgf/m² に対し、台風 15 号の最大瞬間風速約 31m/s の速度圧 40kgf/m² であることから、健全な木材であれば繰返し応力に対して影響はないと推定される。 また、文献^[㊸-3]では、建築物外装壁の評価であるが、台風が通過するモデルを構築し、風圧変動の発生頻度特性を求め、疲労損傷度を評価しており、繰返し応力による外装壁の疲労損傷度は小さく、設計風速に達する台風が通過しても破損しない結果が示されている。これにより、冷却塔の倒壊直後のスレート材の散乱状態を確認した結果、冷却塔周辺部へのスレート材の散乱はごく狭い範囲であり、影響はなかったものとする。</p> <p>4. 評価結果 台風 15 号による繰返し応力(風荷重)については、健全な木材であれば影響はなく、木材の破損は発生しないと推定されるが、実際は木材の腐朽があり、耐力の低下により筋かいが強度部材として機能して<u>して</u>いない影響が大きいと考えられる。</p> <p>5. 参考文献 [㊸-1] 佐々木康寿、「<u>木材</u>の力学的耐久性」、Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol. 66 (2017) 786-792. [㊸-2] Y. Sasaki, M. Yamasaki, T. Sugimoto, "Fatigue Damage in Wood Under Pulsating Multiaxial-Combined Loading", Wood and Fiber Science, 37(2005)232-241. [㊸-3] 高森浩治、谷口徹郎、谷池義人、「台風通過に伴う建築物壁面に作用する変動風圧特性と壁外装材の疲労損傷評価」、第 22 回風工学シンポジウム <u>論文集</u> (2012) . 添付資料5（変更なし）</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p style="text-align: right;">添付資料6</p> <p style="text-align: center;">同種の冷却塔への対応</p> <p>1. UCL 系統冷却塔の概要</p> <p>JMTR には、二次冷却系統冷却塔と同種の冷却塔として、二次冷却系統冷却塔と同時期に設置された木造の冷却塔である UCL (Utility Cooling Loop) 系統冷却塔がある。</p> <p>UCL 系統は、図 1 に示すとおり、循環ポンプ、揚水ポンプ、高架水槽、冷却塔等の機器から構成され、原子炉付属の次の各設備から熱を冷却水にとり、この熱を冷却塔を用いて大気に放散するために運転されている。</p> <p>(1) ループの終段冷却系 (2) 炉外試験設備 (3) ディーゼル発電機 (4) 空気圧縮機 (5) 制御棒駆動装置</p> <p>各設備を冷却し加熱された水は全て UCL 系ポンドに戻される。UCL 系ポンドと UCL 系統冷却塔との間に水を循環させて必要な除熱を行い、冷却された水は UCL 系ポンドから所定の圧力で各設備へ供給する。このように本系統は冷却塔循環回路と各設備への冷却水補給回路が分離され、圧力調整装置として高架水槽を有している。</p> <p>二次冷却系統冷却塔とは異なり、UCL 系統冷却塔は 1 基のセルのみで構成されている。一方、二次冷却系統冷却塔及び UCL 系統冷却塔は、JMTR の建設当初の昭和 43 年度に建設され、ほぼ同時期に補修・交換が行われている。現在の UCL 系統冷却塔は、平成 11 年度に、当時主構造材の腐食、アンカーボルトの減肉・腐食が確認されたためセル塔体部、ファンスタック部及びアンカーボルトの更新を行った後、平成 30 年度には耐用年数の長期化を図るためセル塔体部のトップデッキ及びファンスタック部材を木製から FRP 製に更新されている。</p> <p>UCL 系統冷却塔の概略図を図 2 に示す。また、主な仕様は以下のとおりである。UCL 系統冷却塔は、東西方向で約 10m、南北方向で約 8m となっている。一方、UCL 系統冷却塔は、南側に高さ約 10m のポンプ室建家が配置されている以外は、東側、西側及び北側には高い建家はない。なお、当時の設工認書には、二次冷却系統と同様に建築基準法に基づいた風荷重(200kgf/m²)で評価することが記載されている。ただし、UCL 系統冷却塔は、安全上の機能別重要度分類において対象外とされており、仮に UCL 系統冷却塔が倒壊した場合でも原子力施設の安全上問題はない。</p> <p>(1) 構成 冷却塔ファン：1 基 ファンスタック (FRP)：1 基 セル塔体部主構造 (ダグラスファー)</p> <p>(2) 主要寸法 縦：約 9.8m、横：約 7.9m、高さ：約 11.3m</p> <p>(3) 機能 交換熱量 ：10 MW 冷却水流量：860 m³/h</p> <p>(4) 使用状況 冷水ポンド水温が 32℃-28℃の間で冷却塔ファン及び循環ポンプが自動起動・停止する。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料6</p> <p style="text-align: center;">同種の冷却塔への対応</p> <p>1. UCL 系統冷却塔の概要</p> <p>JMTR には、二次冷却系統冷却塔と同種の冷却塔として、二次冷却系統冷却塔と同時期に設置された木造の冷却塔である UCL (Utility Cooling Loop) 系統冷却塔がある。</p> <p>UCL 系統は、図 1 に示すとおり、循環ポンプ、揚水ポンプ、高架水槽、冷却塔等の機器から構成され、原子炉付属の次の各設備から熱を冷却水にとり、この熱を冷却塔を用いて大気に放散するために運転されている。</p> <p>(1) ループの終段冷却系 (2) 炉外試験設備 (3) ディーゼル発電機 (4) 空気圧縮機 (5) 制御棒駆動装置</p> <p>各設備を冷却し加熱された水は全て UCL 系ポンドに戻される。UCL 系ポンドと UCL 系統冷却塔との間に水を循環させて必要な除熱を行い、冷却された水は UCL 系ポンドから所定の圧力で各設備へ供給する。このように本系統は冷却塔循環回路と各設備への冷却水補給回路が分離され、圧力調整装置として高架水槽を有している。</p> <p>二次冷却系統冷却塔とは異なり、UCL 系統冷却塔は 1 基のセルのみで構成されている。一方、二次冷却系統冷却塔及び UCL 系統冷却塔は、JMTR の建設当初の昭和 43 年度に建設され、ほぼ同時期に補修・交換が行われている。現在の UCL 系統冷却塔は、平成 11 年度に、当時主構造材の腐食、アンカーボルトの減肉・腐食が確認されたためセル塔体部、ファンスタック部及びアンカーボルトの更新を行った後、平成 30 年度にはセル塔体部のトップデッキ及びファンスタック部材を木製から FRP 製に更新されている。</p> <p>UCL 系統冷却塔の概略図を図 2 に示す。また、主な仕様は以下のとおりである。UCL 系統冷却塔は、東西方向で約 10m、南北方向で約 8m となっている。一方、UCL 系統冷却塔は、南側に高さ約 10m のポンプ室建家が配置されている以外は、東側、西側及び北側には高い建家はない。なお、当時の「JMTR 設計及び工事の方法 (その 3) 原子炉冷却系統施設 (4)」には、二次冷却系統と同様に建築基準法に基づいた風荷重(200kgf/m²)で評価することが記載されている。ただし、UCL 系統冷却塔は、安全上の機能別重要度分類において対象外とされており、仮に UCL 系統冷却塔が倒壊した場合でも原子力施設の安全上問題はない。</p> <p>(1) 構成 冷却塔ファン：1 基 ファンスタック (FRP)：1 基 セル塔体部主構造 (ダグラスファー)</p> <p>(2) 主要寸法 縦：約 9.8m、横：約 7.9m、高さ：約 11.3m</p> <p>(3) 機能 交換熱量 ：10 MW 冷却水流量：860 m³/h</p> <p>(4) 使用状況 冷水ポンド水温が 32℃-28℃の間で冷却塔ファン及び循環ポンプが自動起動・停止する。</p>	<p style="text-align: right;">記載の適正化</p> <p style="text-align: right;">記載の適正化</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>(5) 位置づけ 法規制区分：原子炉施設（地震荷重：水平 0.4G、垂直 0.2G、風荷重：200kgf/m²） 今回の二次冷却系統冷却塔の倒壊事象を受け、UCL 系統冷却塔の健全性調査を実施した。</p> <p>2. 二次冷却系統の冷却塔倒壊に係る原因分析に基づく調査内容 UCL 系統冷却塔について、本文「8.2 原因分析」に示すとおり、以下の4つの原因について調査を行う。</p> <p>(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。 UCL 系統冷却塔は、メーカーと情報を共有し、二次冷却系統冷却塔と同じ設計思想で設計・設置されているものである。当時の構造計算書はメーカーで保管・管理されていないことから、構造計算を行い、その結果に基づき、点検を見直し、点検・保守計画を策定する。</p> <p>(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。 UCL 系統冷却塔の点検は、二次冷却系統冷却塔と同様に巡視及び点検並びに施設定期自主検査において、目視による点検を実施している。現状の UCL 系統冷却塔の健全性調査を行い、木材内部の腐朽状態等の調査を行う。健全性調査の結果をメーカーと共有し、UCL 系統冷却塔の補修、交換、補強等の計画を策定する。</p> <p>(3) 使用環境が大きく変わったこと。 UCL 系統冷却塔は、平成 11 年に更新された後、約 20 年間経過していること、維持管理経験から約 30 年で更新を行っていること、JMTR 原子炉施設の廃止措置に伴い、廃止する設備に応じて必要な冷却容量は減少していくこと等を考慮して、使用環境の整理を行い、安全確保と合理的な維持管理を踏まえた検討を行う。</p> <p>(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。 二次冷却系統冷却塔で調査した気象観測データ（添付資料 4 「⑫風雨の影響」）に基づき、風向の影響について調査した。また、実際に令和元年 10 月 12 日に関東・東北地方を直撃した台風 19 号では、UCL 系統冷却塔のデッキ部に風速計を設置し、その風速・風向を測定した。その結果を踏まえて、「3.1 UCL 系統冷却塔の構造評価」に示した UCL 系統冷却塔の構造計算においては、東西南方向及び南北方向の風による風荷重の影響評価を行う。</p> <p>3. 調査の進捗状況及び結果 3.1 UCL 系統冷却塔の構造評価 UCL 系統冷却塔の構造計算を開始するに当たり、二次冷却系統冷却塔と同様に、冷却塔の構造、寸法、重量等の基本パラメータを整理した。その結果を表 1 に示す。本情報に基づき、計算モデルを構築し、構造評価を<u>行う</u>。なお、施工図及び現場調査により、接合金物の取付け状態等を確認した。<u>今後、構造計算の結果に基づき、点検を見直し、点検・保守計画を策定する。</u></p> <p>3.2 UCL 系統冷却塔の木材健全性調査 (1) 針貫入試験結果 針貫入試験は、UCL 系統冷却塔の主構造部材のうち、二次冷却系統で実施した方法と同様に基礎部筋かいの下端部(接合部)及び中央部で行った。針貫入試験で使用した針直径は約 2mm の器具を</p>	<p>(5) 位置づけ 法規制区分：原子炉施設（地震荷重：水平 0.4G、垂直 0.2G、風荷重：200kgf/m²） 今回の二次冷却系統冷却塔の倒壊事象を受け、UCL 系統冷却塔の健全性調査を実施した。</p> <p>2. 二次冷却系統の冷却塔倒壊に係る原因分析に基づく調査内容 UCL 系統冷却塔について、本文「8.2 原因分析」に示すとおり、以下の4つの原因について調査を行う。</p> <p>(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。 UCL 系統冷却塔は、メーカーと情報を共有し、二次冷却系統冷却塔と同じ設計思想で設計・設置されているものである。当時の構造計算書はメーカーで保管・管理されていないことから、構造計算を行い、その結果に基づき、点検を見直し、点検・保守計画を策定する。</p> <p>(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。 UCL 系統冷却塔の点検は、二次冷却系統冷却塔と同様に巡視及び点検並びに施設定期自主検査において、目視による点検を実施している。現状の UCL 系統冷却塔の健全性調査を行い、木材内部の腐朽状態等の調査を行う。健全性調査の結果をメーカーと共有し、UCL 系統冷却塔の補修、交換、補強等の計画を策定する。</p> <p>(3) 使用環境が大きく変わったこと。 UCL 系統冷却塔は、平成 11 年に更新された後、約 20 年間経過していること、維持管理経験から約 30 年で更新を行っていること、JMTR 原子炉施設の廃止措置に伴い、廃止する設備に応じて必要な冷却容量は減少していくこと等を考慮して、使用環境の整理を行い、安全確保と合理的な維持管理を踏まえた検討を行う。</p> <p>(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重（風荷重）を受けたこと。 二次冷却系統冷却塔で調査した気象観測データ（添付資料 4 「⑫風雨の影響」）に基づき、風向の影響について調査する。また、実際に令和元年 10 月 12 日に関東・東北地方を直撃した台風 19 号では、UCL 系統冷却塔のデッキ部に風速計を設置し、その風速・風向を測定する。その結果を踏まえて、「3.1 UCL 系統冷却塔の構造評価」に示した UCL 系統冷却塔の構造計算においては、東西南方向及び南北方向の風による風荷重の影響評価を行う。</p> <p>3. 調査の進捗状況及び結果 3.1 UCL 系統冷却塔の構造評価 UCL 系統冷却塔の構造計算を開始するに当たり、二次冷却系統冷却塔と同様に、冷却塔の構造、寸法、重量等の基本パラメータを整理した。その結果を表 1 に示す。本情報に基づき、計算モデルを構築し、構造評価を<u>行った</u>。なお、施工図及び現場調査により、接合金物の取付け状態等も確認した。</p> <p>3.2 UCL 系統冷却塔の木材健全性調査 (1) 針貫入試験結果 針貫入試験は、UCL 系統冷却塔の主構造部材のうち、二次冷却系統で実施した方法と同様に基礎部筋かいの下端部(接合部)及び中央部で行った。針貫入試験で使用した針直径は約 2mm の器具を</p>	<p>記載の適正化 記載の適正化</p> <p>調査の進捗に伴う変更 記載の適正化</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>用い、その深さを測定し、残存断面積比も算出した。針貫入試験の測定箇所を図3に、基礎部筋かいの針貫入試験の結果を表2に示す。得られた測定結果により、測定箇所と針貫入深さとの関係、測定箇所と残存断面積比の関係をそれぞれを図4及び図5に示す。この結果、基礎部筋かいの下端部及び中央部とも針貫入深さが6mm～16mmの範囲であること、残存断面積比もほとんどの箇所でも7割以上が維持でき、ほぼ一定であることが確認できた。これにより、二次冷却系統冷却塔の結果と比較して、常時運転状態であるUCL系統冷却塔については劣化の進行度は小さいことを確認した。</p> <p>(2) 第三者機関による診断</p> <p>第三者機関による木材の健全性確認を行った。本健全性確認では、1次診断として視診、打診及び触診、2次診断として高周波式含水率計、超音波測定器(ウッドポールテスタ)及び穿孔抵抗測定器(レジストグラフ)による計測機器を用いて行った。測定箇所は、主構造部材である筋かい、柱、横材等の一部(基礎部及び天井部)とした。</p> <p>UCL系統冷却塔の基礎部筋かい及び柱の診断の結果を図6に示す。この結果、常時運転状態であることから、一部の箇所を除き腐朽菌が定着するには至らず、明確に腐朽が進行している状態であることは確認できなかった。一方、UCL系統冷却塔の上部は、雨水の影響により木材が劣化している部分の確認された。このことは、UCL系統冷却塔下部と上部でも環境が大きく異なっていることから、点検項目については見直しが必要である。なお、劣化した木材については、早急に補修計画の策定を行う。</p> <p>2次診断では、1次診断の結果に基づいて、測定箇所を選定し、上記の計測機器を用いて測定を行った。</p> <p>まず、高周波式含水率は、生物劣化そのものを示す指標とはならないが、劣化の危険性(特に腐朽)を把握するために行った。この結果、運転状態であるUCL系統冷却塔内の木材の設置箇所により、水分の分布状態が異なることが分かった。また、超音波測定器による測定では、木材の個体差や環境起因による差異範囲内であり、内部欠陥等における劣化の評価は困難であった。これは、調査日が雨天であったことから、測定箇所が含水率の高い状態であったことが考えられる。さらに、穿孔抵抗測定器による測定では、筋かいの有効断面積が20%程度低減していることが示唆された。これは、針貫入試験で評価した残存断面積比とほぼ一致していた。針貫入試験で評価した残存断面積比では、接合部と中央部でほぼ同じであった。<u>これらの結果を踏まえて、今後、点検内容の検討を行う。</u></p> <p>3.3 UCL系統冷却塔の使用環境調査</p> <p>UCL系統冷却塔は、平成18年8月のJMTR運転停止以降、常時運転状態であり、UCL <u>冷却</u>系統冷却塔の使用環境に大きな変化はない。廃止措置認可後、廃止措置第1段階では工程上、直ちに使用環境が変わることがない。このため、現状のUCL系統冷却塔の維持管理において、点検の見直し、補修、交換、補強等の計画を策定する。</p> <p>今後、UCL系統冷却塔は、平成11年の更新後、約20年間経過していること、JMTR原子炉施設の廃止措置に伴い、廃止する設備に応じて必要な冷却容量は減少すること等を考慮し、適切な時期に、UCL系統冷却塔を小型の設備に置き換える変更計画を策定する。</p> <p>3.4 気象データの調査</p>	<p>用い、その深さを測定し、残存断面積比も算出した。針貫入試験の測定箇所を図3に、基礎部筋かいの針貫入試験の結果を表2に示す。得られた測定結果により、測定箇所と針貫入深さとの関係、測定箇所と残存断面積比の関係をそれぞれ図4及び図5に示す。この結果、基礎部筋かいの下端部及び中央部とも針貫入深さが6mm～16mmの範囲であること、残存断面積比もほとんどの箇所でも7割以上が維持でき、ほぼ一定であることが確認できた。これにより、二次冷却系統冷却塔の結果と比較して、常時運転状態であるUCL系統冷却塔については劣化の進行度は小さいことを確認した。</p> <p>(2) 第三者機関による診断</p> <p>第三者機関による木材の健全性確認を行った。本健全性確認では、1次診断として視診、打診及び触診、2次診断として高周波式含水率計、超音波測定器(ウッドポールテスタ)及び穿孔抵抗測定器(レジストグラフ)による計測機器を用いて行った。測定箇所は、主構造部材である筋かい、柱、横材等の一部(基礎部及び天井部)とした。</p> <p>UCL系統冷却塔の基礎部筋かい及び柱の診断の結果を図6に示す。この結果、常時運転状態であることから、一部の箇所を除き腐朽菌が定着するには至らず、明確に腐朽が進行している状態であることは確認できなかった。一方、UCL系統冷却塔の上部は、雨水の影響により木材が劣化している部分の確認された。このことは、UCL系統冷却塔下部と上部でも環境が大きく異なっていることから、点検項目については見直しが必要である。なお、劣化した木材については、早急に補修計画の策定を行う。</p> <p>2次診断では、1次診断の結果に基づいて、測定箇所を選定し、上記の計測機器を用いて測定を行った。</p> <p>まず、高周波式含水率は、生物劣化そのものを示す指標とはならないが、劣化の危険性(特に腐朽)を把握するために行った。この結果、運転状態であるUCL系統冷却塔内の木材の設置箇所により、水分の分布状態が異なることが分かった。また、超音波測定器による測定では、木材の個体差や環境起因による差異範囲内であり、内部欠陥等における劣化の評価は困難であった。これは、調査日が雨天であったことから、測定箇所が含水率の高い状態であったことが考えられる。さらに、穿孔抵抗測定器による測定では、筋かいの有効断面積が20%程度低減していることが示唆された。これは、針貫入試験で評価した残存断面積比とほぼ一致していた。針貫入試験で評価した残存断面積比では、接合部と中央部でほぼ同じであった。</p> <p>3.3 UCL系統冷却塔の使用環境調査</p> <p>UCL系統冷却塔は、平成18年8月のJMTR運転停止以降、常時運転状態であり、UCL系統冷却塔の使用環境に大きな変化はない。廃止措置認可後、廃止措置第1段階では工程上、直ちに使用環境が変わることがない。このため、現状のUCL系統冷却塔の維持管理において、点検の見直し、補修、交換、補強等の計画を策定する。</p> <p>今後、UCL系統冷却塔は、平成11年の更新後、約20年間経過していること、JMTR原子炉施設の廃止措置に伴い、廃止する設備に応じて必要な冷却容量は減少すること等を考慮し、適切な時期に、UCL系統冷却塔を小型の設備に置き換える変更計画を策定する。</p> <p>3.4 気象データの調査</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

JMTR（材料試験炉）二次冷却系統の冷却塔倒壊について

変更前（第2報）	変更後	変更理由
<p>二次冷却系統冷却塔で調査した気象観測データ(添付資料 4 「⑫風雨の影響」)に基づき、風向の影響について調査した。過去 10 年間における各年の最大瞬間風速に係るデータ(表⑫-1 及び表⑫-2)から、各年度における最大瞬間風速 20m/s 以上は 1 回/年あったが、UCL 系統冷却塔については倒壊はしていない。</p> <p>一方、UCL系統冷却塔の南側にはポンプ室建家があり、JMTR敷地内の配置を考慮すると、北方向の風が他施設への影響が最も大きくなる風向となる。気象データの調査の結果、北東もしくは北北東の風は、10年間で4回あり、今回の二次冷却系統冷却塔の真東の風より発生回数が多いことから、調査・評価を行う。</p> <p>4. 今後の対応</p> <p>UCL系統冷却塔について、二次冷却系統冷却塔の原因分析に基づいて、健全性調査を開始した。本健全性調査に基づいて、点検の見直しを行うとともに、補修、交換、補強等を行い、当面の間、設備を維持管理する。なお、これらの対応が完了するまでの間、台風等の強風の対策として行っている4方向からのワイヤーロープによる固定は継続し、倒壊した場合の周辺への影響を軽減する(図7参照)。</p> <p>一方、UCL系統は廃止措置の進捗状況に応じて必要な冷却能力は大幅に減少することも考慮して、適切な時期に、UCL系統冷却塔を小型の設備に置き換える変更計画を策定する。</p> <p>図1～3（省略）</p>	<p>二次冷却系統冷却塔で調査した気象観測データ(添付資料 4 「⑫風雨の影響」)に基づき、風向の影響について調査した。過去 10 年間における各年の最大瞬間風速に係るデータ(表⑫-1 及び表⑫-2)から、各年度における最大瞬間風速 20m/s 以上は 1 回/年あったが、UCL 系統冷却塔については倒壊はしていない。</p> <p>一方、UCL系統冷却塔の南側にはポンプ室建家があり、JMTR敷地内の配置を考慮すると、北方向の風が他施設への影響が最も大きくなる風向となる。気象データの調査の結果、北東もしくは北北東の風は、10年間で4回あり、今回の二次冷却系統冷却塔の真東の風より発生回数が多いことから、調査・評価を行う。</p> <p>4. 今後の対応</p> <p>UCL系統冷却塔について、二次冷却系統冷却塔の原因分析に基づいて、令和2年3月までに健全性調査及び点検の見直しを終了し、次年度からは補修、交換、補強等を行い、当面の間、設備を維持管理する。なお、これらの対応が完了するまでの間、台風等の強風の対策として行っている4方向からのワイヤーロープによる固定は継続し、倒壊した場合の周辺への影響を軽減する(図7参照)。</p> <p>一方、UCL系統は廃止措置の進捗状況に応じて必要な冷却能力は大幅に減少することも考慮して、UCL系統冷却塔を小型の設備に置き換える変更計画の策定に着手する。</p> <p>図1～3（変更なし）</p>	<p>対応期間の明確化に伴う変更</p> <p>対応着手に伴う変更</p>

変更前 (第2報)	変更後	変更理由
<p>図4 UCL系統冷却塔の筋かい部の針貫入試験結果</p>	<p>図4 UCL系統冷却塔の筋かい部の針貫入試験結果</p>	<p>記載の適正化</p>
<p>図5 UCL系統冷却塔の筋かい部の残存断面積比</p>	<p>図5 UCL系統冷却塔の筋かい部の残存断面積比</p>	

変更前（第2報）		変更後		変更理由																				
	<table border="1"> <tr> <td>柱</td> <td>筋かい</td> </tr> <tr> <td>診断箇所: B-5</td> <td>診断箇所: C-1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>診断箇所: A-5</td> <td>診断箇所: F-3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	柱	筋かい	診断箇所: B-5	診断箇所: C-1			診断箇所: A-5	診断箇所: F-3				<table border="1"> <tr> <td>柱</td> <td>筋かい</td> </tr> <tr> <td>診断箇所: B-5</td> <td>診断箇所: C-1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>診断箇所: A-5</td> <td>診断箇所: F-3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	柱	筋かい	診断箇所: B-5	診断箇所: C-1			診断箇所: A-5	診断箇所: F-3			<p>記載の適正化</p>
柱	筋かい																							
診断箇所: B-5	診断箇所: C-1																							
診断箇所: A-5	診断箇所: F-3																							
柱	筋かい																							
診断箇所: B-5	診断箇所: C-1																							
診断箇所: A-5	診断箇所: F-3																							

図6 UCL系統冷却塔：基礎部の劣化箇所

図6 UCL系統冷却塔：基礎部の劣化箇所

変更前（第2報）



図7 UCL系統冷却塔：ワイヤーロープによる固定（令和元年11月25日撮影）

表1 UCL系統冷却塔の主な仕様

項目	主な仕様
構造	木造軸組み
規模 (外形寸法)	塔高11,607mm×塔幅9,750mm×塔長7,920mm（ファンスタック含む）
材料 (主構造材)	木製（ダグラスファー）、ファンスタック・トップデッキ（FRP製）、外壁（FRP製波板）
重量 (内訳)	冷却塔総重量：18,948kg ファンガード：478kg、ファンスタック（FRP）：782kg、ファン：536kg、減速機（オイル含む）：811kg、中間軸：77kg、電動機：600kg、機械台：660kg、塔内散水管：1,600kg、外壁（FRP）：1,200kg、その他（主に木材）：12,204kg

変更後



図7 UCL系統冷却塔：ワイヤーロープによる固定（令和元年11月25日撮影）

表1 UCL系統冷却塔の主な仕様

項目	主な仕様
構造	木造軸組み
規模 (外形寸法)	塔高11,607mm×塔幅9,750mm×塔長7,920mm（ファンスタック含む）
材料 (主構造材)	木製（ダグラスファー）、ファンスタック・トップデッキ（FRP製）、外壁（FRP製波板）
重量 (内訳)	冷却塔総重量：18,948kg ファンガード：478kg、ファンスタック：782kg、ファン：536kg、減速機（オイル含む）：811kg、中間軸：77kg、電動機：600kg、機械台：660kg、塔内散水管：1,600kg、外壁：1,200kg、その他：12,204kg

記載の適正化

記載の適正化

記載の適正化

変更前（第2報）

表2 UCL系統冷却塔の針貫入試験結果

No	部 材 名 称	部 材 の 位 置	部 材 符 号	現場調査					備 考	
				① 損 傷 の 状 態	② 劣 化 の 状 態	③ （ 3 針 貫 入 の 平 均 ）	1 回 目 （ mm ）	2 回 目 （ mm ）		3 回 目 （ mm ）
1	筋かい	1/E～F	中央	○※1	○※2	11.3	11.0	12.0	11.0	
	EW		下端	○※1	○※2	12.7	15.0	12.0	11.0	
2	筋かい	2/A～B	中央	○※1	○※2	6.0	7.0	5.0	6.0	
	EW		下端	○※1	○※2	8.7	9.0	9.0	8.0	
3	筋かい	2/E～F	中央	○※1	○※2	11.0	9.0	14.0	10.0	
	EW		下端	○※1	○※2	10.3	11.0	10.0	10.0	
4	筋かい	3/A～B	中央	○※1	○※2	10.3	9.0	10.0	12.0	
	EW		下端	○※1	○※2	10.0	9.0	11.0	10.0	
5	筋かい	3/E～F	中央	○※1	○※2	10.0	8.0	12.0	10.0	
	EW		下端	○※1	○※2	10.0	10.0	10.0	10.0	
6	筋かい	4/A～B	中央	○※1	○※2	7.7	7.0	8.0	8.0	
	EW		下端	○※1	○※2	9.3	9.0	10.0	9.0	
7	筋かい	4/E～F	中央	○※1	○※2	8.0	8.0	8.0	8.0	
	EW		下端	○※1	○※2	11.7	11.0	13.0	11.0	
8	筋かい	5/E～F	中央	○※1	○※2	13.3	13.0	14.0	13.0	
	EW		下端	○※1	○※2	15.7	15.0	17.0	15.0	
9	筋かい	A/1～2	中央	○※1	○※2	8.0	8.0	8.0	8.0	
	NS		下端	○※1	○※2	11.7	11.0	13.0	11.0	
10	筋かい	B/1～2	中央	○※1	○※2	9.7	10.0	10.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	11.7	14.0	13.0	8.0	
11	筋かい	B/4～5	中央	○※1	○※2	8.3	8.0	9.0	8.0	
	NS		下端	○※1	○※2	9.7	9.0	11.0	9.0	
12	筋かい	C/1～2	中央	○※1	○※2	12.7	13.0	16.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	12.0	15.0	12.0	9.0	
13	筋かい	C/4～5	中央	○※1	○※2	8.3	9.0	8.0	8.0	
	NS		下端	○※1	○※2	10.3	10.0	12.0	9.0	
14	筋かい	D/1～2	中央	○※1	○※2	9.0	9.0	9.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	12.7	13.0	12.0	13.0	
15	筋かい	D/4～5	中央	○※1	○※2	9.0	9.0	9.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	12.7	13.0	12.0	13.0	
16	筋かい	E/1～2	中央	○※1	○※2	10.0	10.0	10.0	10.0	
	NS		下端	○※1	○※2	10.7	12.0	10.0	10.0	
17	筋かい	E/4～5	中央	○※1	○※2	9.7	8.0	11.0	10.0	
	NS		下端	○※1	○※2	9.3	9.0	10.0	9.0	
18	筋かい	F/1～2	中央	○※1	○※2	11.7	11.0	13.0	11.0	
	NS		下端	○※1	○※2	13.7	13.0	15.0	13.0	
注 記	(1)損傷の状態（○※）：目視点検において木材強度に影響する明らかな損傷が認められない状態を示す。 (2)劣化の状態（○※）：目視点検において木材強度に影響する明らかな劣化が認められない状態を示す。 (3)針貫入試験：針の直径約2mmの器具により貫入深さを計測（貫入寸法はJIS1級孔規巻尺にて計測）									

変更後

表2 UCL系統冷却塔の針貫入試験結果

No	部 材 名 称	部 材 の 位 置	部 材 符 号	現場調査					備 考	
				① 損 傷 の 状 態	② 劣 化 の 状 態	③ （ 3 針 貫 入 の 平 均 ）	1 回 目 （ mm ）	2 回 目 （ mm ）		3 回 目 （ mm ）
1	筋かい	1/E～F	中央	○※1	○※2	11.3	11.0	12.0	11.0	
	EW		下端	○※1	○※2	12.7	15.0	12.0	11.0	
2	筋かい	2/A～B	中央	○※1	○※2	6.0	7.0	5.0	6.0	
	EW		下端	○※1	○※2	8.7	9.0	9.0	8.0	
3	筋かい	2/E～F	中央	○※1	○※2	11.0	9.0	14.0	10.0	
	EW		下端	○※1	○※2	10.3	11.0	10.0	10.0	
4	筋かい	3/A～B	中央	○※1	○※2	10.3	9.0	10.0	12.0	
	EW		下端	○※1	○※2	10.0	9.0	11.0	10.0	
5	筋かい	3/E～F	中央	○※1	○※2	10.0	8.0	12.0	10.0	
	EW		下端	○※1	○※2	10.0	10.0	10.0	10.0	
6	筋かい	4/A～B	中央	○※1	○※2	7.7	7.0	8.0	8.0	
	EW		下端	○※1	○※2	9.3	9.0	10.0	9.0	
7	筋かい	4/E～F	中央	○※1	○※2	8.0	8.0	8.0	8.0	
	EW		下端	○※1	○※2	11.7	11.0	13.0	11.0	
8	筋かい	5/E～F	中央	○※1	○※2	13.3	13.0	14.0	13.0	
	EW		下端	○※1	○※2	15.7	15.0	17.0	15.0	
9	筋かい	A/1～2	中央	○※1	○※2	8.0	8.0	8.0	8.0	
	NS		下端	○※1	○※2	11.7	11.0	13.0	11.0	
10	筋かい	B/1～2	中央	○※1	○※2	9.7	10.0	10.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	11.7	14.0	13.0	8.0	
11	筋かい	B/4～5	中央	○※1	○※2	8.3	8.0	9.0	8.0	
	NS		下端	○※1	○※2	9.7	9.0	11.0	9.0	
12	筋かい	C/1～2	中央	○※1	○※2	12.7	13.0	16.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	12.0	15.0	12.0	9.0	
13	筋かい	C/4～5	中央	○※1	○※2	8.3	9.0	8.0	8.0	
	NS		下端	○※1	○※2	10.3	10.0	12.0	9.0	
14	筋かい	D/1～2	中央	○※1	○※2	9.0	9.0	9.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	12.7	13.0	12.0	13.0	
15	筋かい	D/4～5	中央	○※1	○※2	9.0	9.0	9.0	9.0	
	NS		下端	○※1	○※2	12.7	13.0	12.0	13.0	
16	筋かい	E/1～2	中央	○※1	○※2	10.0	10.0	10.0	10.0	
	NS		下端	○※1	○※2	10.7	12.0	10.0	10.0	
17	筋かい	E/4～5	中央	○※1	○※2	9.7	8.0	11.0	10.0	
	NS		下端	○※1	○※2	9.3	9.0	10.0	9.0	
18	筋かい	F/1～2	中央	○※1	○※2	11.7	11.0	13.0	11.0	
	NS		下端	○※1	○※2	13.7	13.0	15.0	13.0	
注 記	(1)損傷の状態（○※）：目視点検において木材強度に影響する明らかな損傷が認められない状態を示す。 (2)劣化の状態（○※）：目視点検において木材強度に影響する明らかな劣化が認められない状態を示す。 (3)針貫入試験：針の直径約2mmの器具により貫入深さを計測（貫入寸法はJIS1級孔規巻尺にて計測）									

記載の適正化