

JMTR原子炉施設に係る 廃止措置計画について (審査会合における指摘事項への回答)

令和2年2月25日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所

No.	指摘事項	回答
8	<p>【添付書類五】 UCLシステムを維持管理設備としている目的について、作業員の安全確保だけでなく、閉じ込め機能の観点からの必要性もあるのではないかと。事故時だけでなく、通常時に期待している維持機能について整理し説明すること。</p>	P2-P5
9	<p>【添付書類五】 UCL冷却塔について、現状のままで健全性が保たれることや補修の必要性、補修後は2021年以降まで維持できることの説明を記載すること。また、UCLシステムについて、維持管理設備としてどういう機能が必要で、その機能を維持する期間はいつまでか、また現状の設備を使うのであれば、いつまで使えるのか、交換が必要であれば、いつ頃までに交換すればいいのか等について説明すること。</p>	P6、補足説明

指摘事項 (添付書類五 廃止措置期間中に機能を維持すべき設備)

UCLシステムを維持管理設備としている目的について、作業員の安全確保だけでなく、閉じ込め機能の観点からの必要性もあるのではないか。事故時だけでなく、通常時に期待している維持機能について説明すること。

□ UCLシステム及び空気システムの必要性について

UCLシステムは、空気システムの空気圧縮機に冷却水を供給している。空気圧縮機は、原子炉建家内の負圧維持のために設けられている「換気設備※」の構成機器のうち、空気作動弁の駆動源として圧縮空気を供給している。そのため、換気設備は第4段階まで運転することから、間接的に換気設備の運転に係わるUCLシステム及び空気システムは必要となる。

※換気設備を構成する機器には、気体廃棄物の廃棄施設があり、負圧の維持のみならず、原子炉建家内の空気をフィルターで浄化し排風機により排気筒から放出する機能も有する。

□ 換気設備の運転方針について

現在の原子炉施設保安規定では、原子炉運転中の負圧維持について定めている。原子炉停止期間中においては、原子炉運転時に発生するような気体廃棄物はないので、換気設備を運転し、負圧を常時維持する必要はないと考えるが、施設定期自主検査あるいは運転手引きで定めた自主点検を年間を通じて実施するにあたり、放射性物質により汚染された機器類を取り扱うことから換気設備を運転している。

廃止措置段階においても、原子炉停止期間中と同様に、新たな気体廃棄物の発生はないので、換気設備を運転し、負圧を常時維持する必要はないと考えるが、解体撤去のような放射性物質で汚染されたものを取り扱う場合は、換気設備を運転し、原子炉建家内の空気をフィルタを通して浄化し、排気筒から放出できる状態で作業を行う。

□ UCL系統が停止した場合について

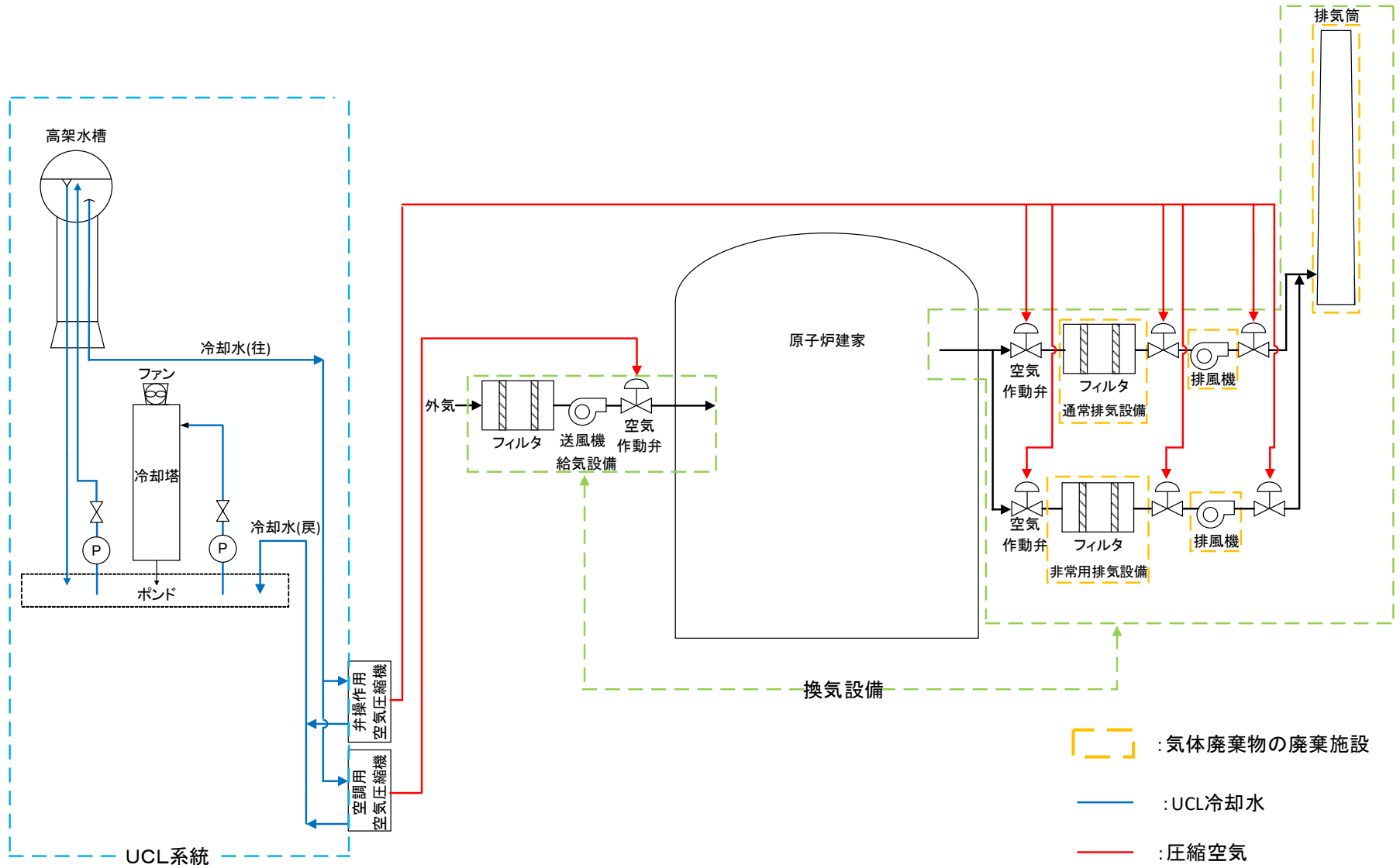
UCL系統が故障により停止した場合、UCL系統から空気圧縮機への冷却水の供給が遮断され、インターロックにより空気圧縮機が停止する。その後、時間経過により換気設備の空気作動弁への圧縮空気供給が停止し、一部の空気作動弁が閉止する。その結果、原子炉建家内の負圧が変動することにより換気設備の非常用排気設備以外の設備の運転が停止するシーケンスが働き、通常排気設備及び給気設備が停止するが、非常用排気設備は運転を継続し、原子炉建家内は負圧状態を継続する。そのため、原子炉建家内の空気をフィルタを通して浄化し、排気筒から放出できる状態ではあるが、念のため放射線業務従事者の被ばく低減の観点から、原子炉建家内の作業は一旦停止し、原子炉建家から退避する。

□ 上記に加え商用電源が喪失した場合について

廃止措置段階において、非常用排気設備は、非常用発電設備からの電源は使用せず、商用電源のみで運転を行うため、商用電源喪失時には停止する。そのため、商用電源喪失時には換気設備全体が停止することになるが、設備の解体等の作業中は、汚染拡大の防止策を施すため、換気設備が停止したとしても外部への漏えいは防げると考えている。

□ 廃止措置計画におけるUCL系統の記載について

廃止措置計画認可申請書 添付書類五において、UCL系統は「その他の安全確保上必要な設備」に分類し記載している。UCL系統は、設置変更許可申請書の本文に記載のある設備ではあるが、公衆及び放射線業務従事者への影響に直接関連する機能を持つ設備ではなく間接的に係わる設備であり、前頁で記載しているように、UCL系統が故障により停止した場合においても、公衆及び放射線業務従事者への影響を防ぐことができると考えているため、「その他の安全確保上必要な設備」としている。



UCL系統と換気設備の運転状態図(概略)

指摘事項（添付書類五 廃止措置期間中に機能を維持すべき設備）

UCL冷却塔について、現状のままで健全性が保たれることや補修の必要性、補修後は2021年以降まで維持できることの説明を記載すること。また、UCL系統について、維持管理設備としてどういう機能が必要で、その機能を維持する期間はいつまでか、また現状の設備を使うのであれば、いつまで使えるのか、交換が必要であれば、いつ頃までに交換すればいいのか等について説明すること。

□ UCL系統冷却塔の現状での健全性について

UCL系統冷却塔では、主要構造部材である木材の腐朽は、二次冷却塔に比べて進行は少なく、残存断面積比は最低で0.6であった。また、最新の建築基準法に基づいた構造計算も行い、基準風速34m/sの検定比が0.6以下であることを確認した。これらの結果、現状の冷却塔(残存断面積比:0.6)でも検定比は1以下であることを確認し、2019年9月の台風15号の同等の強風が吹いたとしても、倒壊しないと考えている。

□ UCL系統冷却塔の補修について

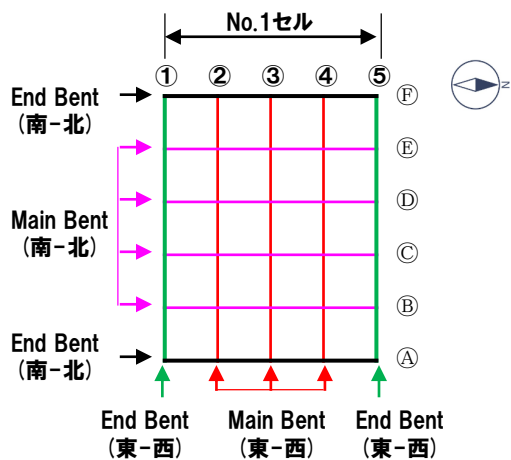
UCL系統は、換気設備の運転を行うために、第4段階まで維持が必要である。健全性調査に基づいて、点検項目の見直しを行うとともに、一部腐朽した木材については2020年度に補修し、最長で第1段階まで適切に維持管理する。一方、UCL系統冷却塔は、廃止措置段階において運転段階と同様の冷却能力を必要としないため、UCL系統の関連設備等の撤去を含めて、2021年度以降に小型化への策定に着手する。

1. 二次冷却塔倒壊事象に係る原因分析に基づく調査内容

	調査項目	実施内容
(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、 <u>メーカーと情報を共有</u> し、二次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、 <u>構造計算を行い</u> 、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。
(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、 <u>木材内部の腐朽状態等の調査</u> 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。
(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、 <u>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</u> 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。
(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。	二次冷却塔で調査した気象観測データに基づき、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、UCL系統冷却塔の構造計算においては、東西方向及び南北方向の風による風荷重の影響評価を行う。

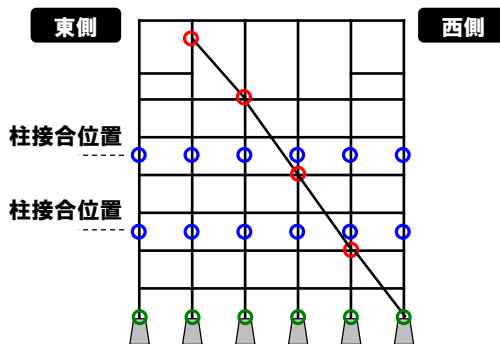
UCL系統冷却塔の構造概要

キープラン(平面)

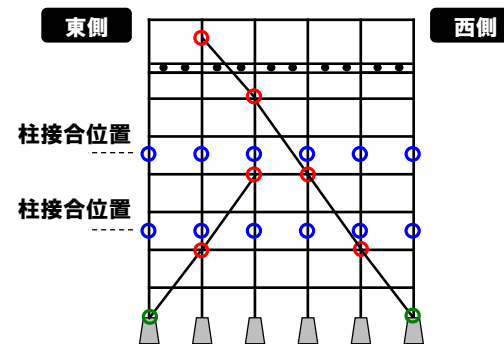


- : 筋かい接合金物
- : 柱接合金物
- : 基礎部接合金物

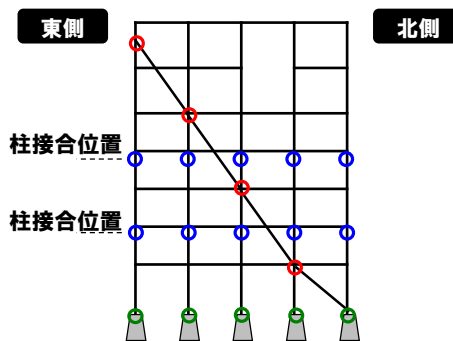
End Bent (東-西)



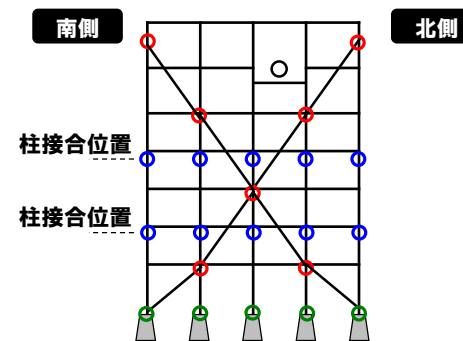
Main Bent (東-西)



End Bent (南-北)



Main Bent (南-北)



UCL冷却塔は二次冷却塔と同種の構造であり、下記の特徴を有する。

- ⇒ 水平荷重(風荷重)を構造部材のうち筋かいのみが負担。
- ⇒ 一構面の筋かいの機能が喪失した場合、破断が連鎖的に進行。

建設当時の設計の考え方

※:冷却塔は設備機器であり、
建築基準法は適用されない。

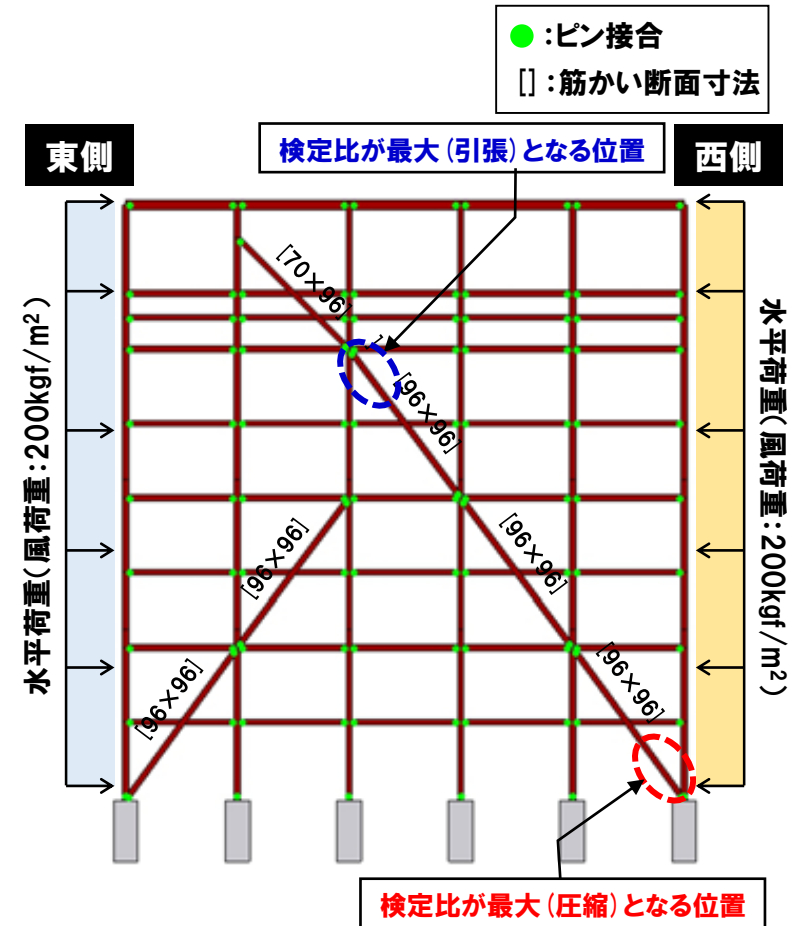
- 当時の建築基準法を参考にして、風圧による冷却塔に発生する軸力を算出。
(速度圧: $200\text{kgf}/\text{m}^2$ (最大瞬間風速 $63\text{m}/\text{s}$ 相当))。
- 地震力を 水平0.4G、鉛直0.2Gとし、冷却塔に発生する軸力を算出。
- 風圧と耐震による冷却塔への影響を比較し、構造計算を実施。

評価条件

- 構造図に基づき、柱・横材・筋かいをモデル化。
- 水平荷重(風荷重)と自重(総重量:19トン)を考慮
(設計時:速度圧 $200\text{kgf}/\text{m}^2$)
 - 柱で鉛直荷重、筋かいで水平荷重(風荷重)を負担。
 - 部材端部をピン接合とし、軸力のみを伝達。

評価結果

- 最も厳しい検定比*1が生じる下から1段目の筋かい(圧縮)において、発生軸力(34.1kN)及び評価基準値(短期許容圧縮力 37.0kN *2)から、検定比は 0.92であった。
- 引張による検定比は、0.5以下であった。



UCL冷却塔の東西断面のモデル化(例)

*1:発生軸力を評価基準値で除した値
*2:木質構造設計規準により算定。

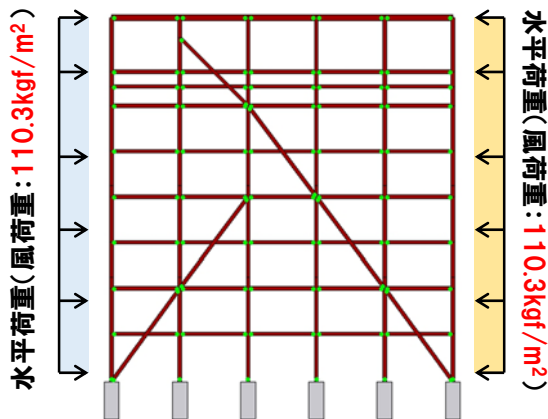


最新の建築基準法に基づいた評価結果

基準風速34m/s(建設省告示第1454号より):速度圧:110.3kgf/m²

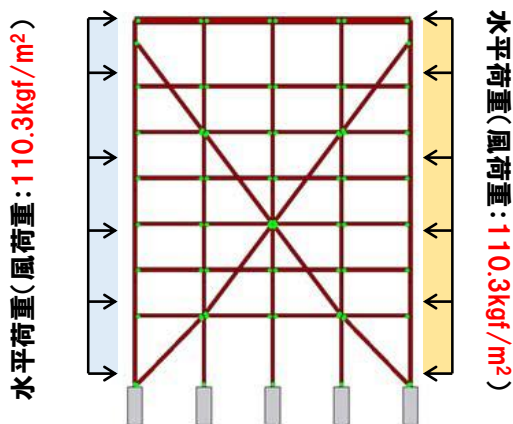
(※:4方向の風速で評価し、厳しい条件での検定比を記載。)

(1) Main Bent (東-西)



位置	圧縮			引張		
	検討応力値 (kN)	許容応力値 (kN)	検定比 (-)	検討応力値 (kN)	許容応力値 (kN)	検定比 (-)
4段目	7.60	18.95	0.40	7.60	46.90	0.16
3段目	16.50	32.18	0.51	16.50	64.32	0.26
2段目	18.40	32.18	0.57	10.70	64.32	0.17
最下段	21.30	36.96	0.58	11.80	64.32	0.18

(2) Main Bent (南-北)



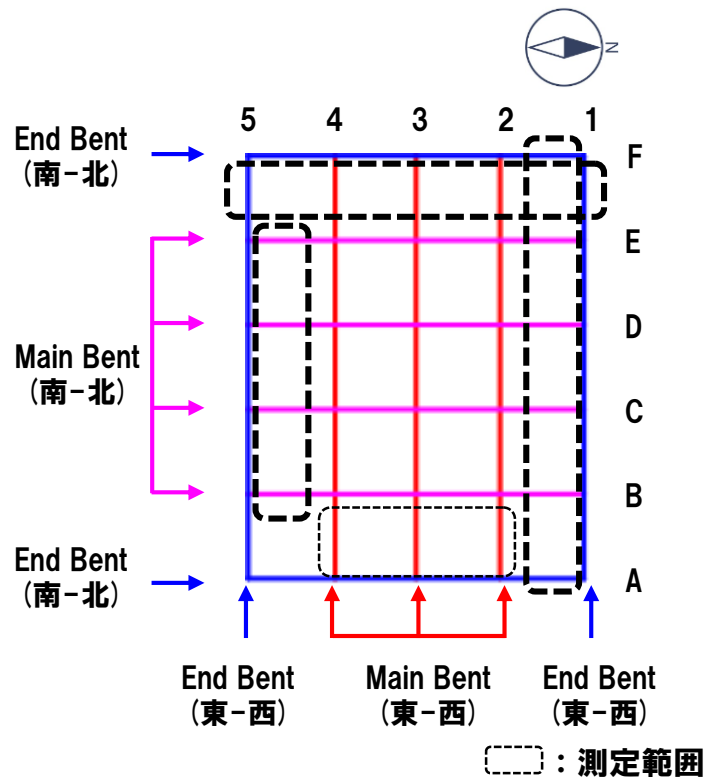
位置	圧縮			引張		
	検討応力値 (kN)	許容応力値 (kN)	検定比 (-)	検討応力値 (kN)	許容応力値 (kN)	検定比 (-)
4段目	6.30	12.97	0.49	3.00	46.90	0.06
3段目	14.00	32.18	0.44	4.30	64.32	0.07
2段目	19.10	32.18	0.59	7.10	64.32	0.11
最下段	18.10	51.23	0.35	9.60	64.32	0.15

令和元年9月9日の台風15号の風速(30.9m/s)時 ⇒ 十分な裕度を有する。

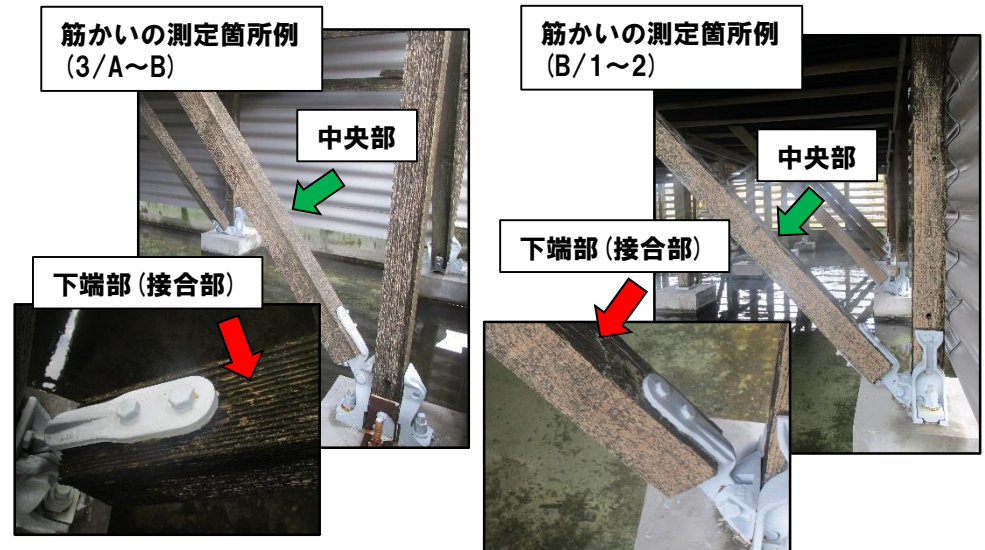
○ 二次冷却塔倒壊後のUCL冷却塔の健全性調査

健全性調査が可能なUCL冷却塔の下部及び上部について、木材の健全性調査を実施。

UCL冷却塔の下部筋かいの針貫入試験



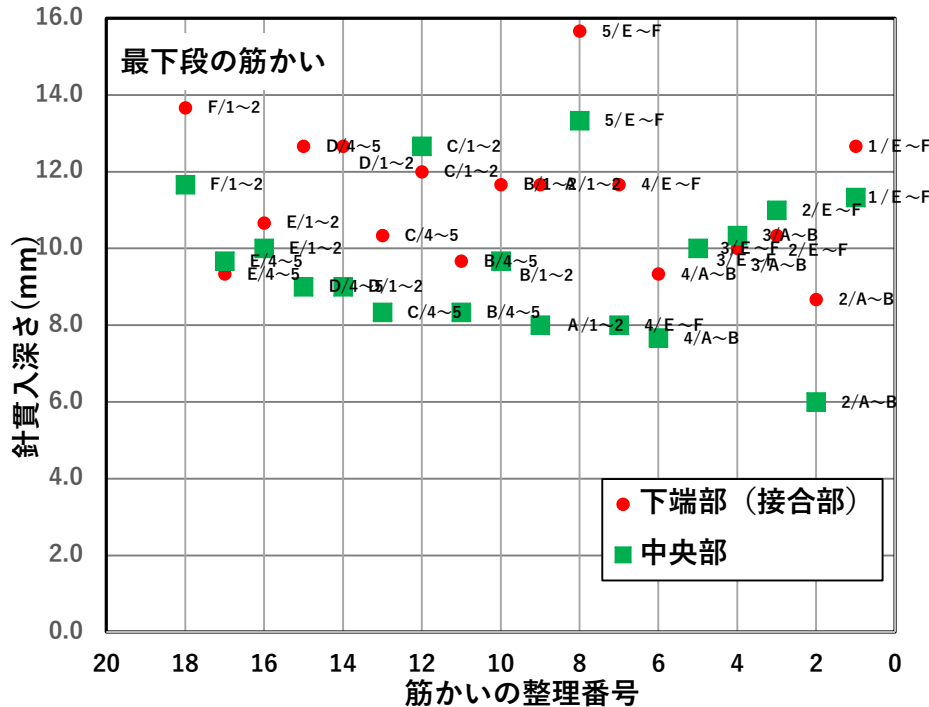
(a)UCL系統冷却塔 平面図



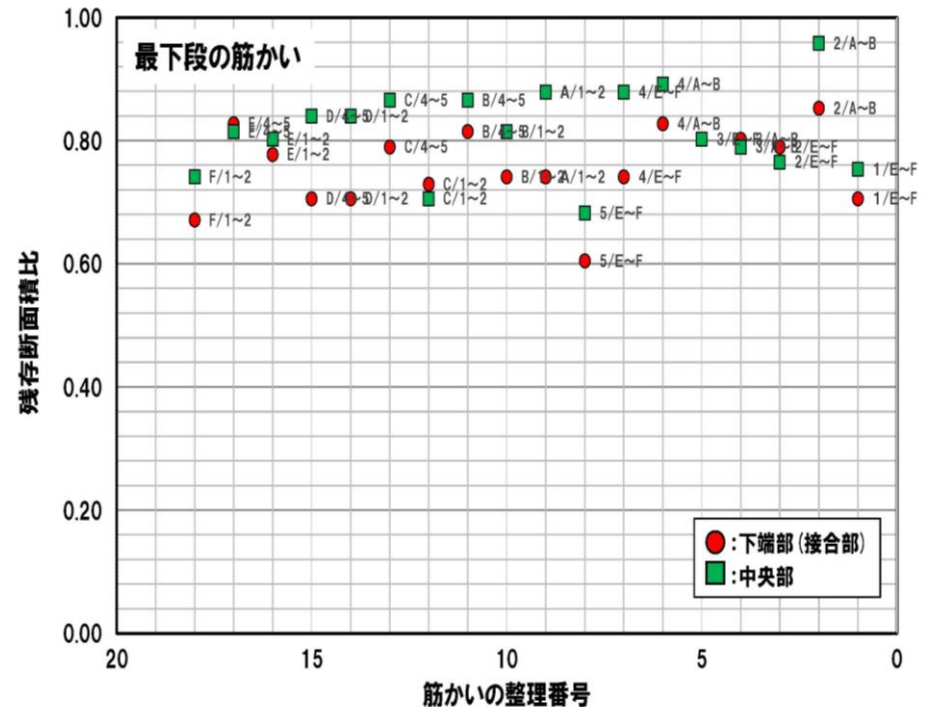
(b) 針貫入試験の測定箇所

木材の耐力低下に関する指標を針貫入試験結果から残存断面積比として評価

針貫入試験結果



残存断面積比(新材=1.0)



下端部(接合部)及び中央部とも8~14mmの範囲であることを確認。

現時点でのUCL冷却塔の筋かいの残存断面積は0.6以上は確保。

一部の木材について、残存断面積が小さいことが確認できたことから、補修を早急に行う。

○ 第三者機関によるUCL冷却塔の健全性評価

(1) UCL冷却塔の下部部分

	柱・筋かい部	柱部	筋かい部	水平長押材部
写真				
所見	<p>上部からの落下水分で湿潤状態にあり、含水率は、部材の表層では、繊維飽和点以上で、支柱やブレースの芯部まで含水率は高いと思われる。しかし、表面が流水により、腐朽菌が定着するには至らず、明確な腐朽状態とみなせる部分は一部を除き検出されなかった。</p>			

(2) UCL冷却塔の上部部分

	桁材部	柱頂部	柱上部
写真			
所見	<p>常に温水や雨水に暴露され、木材は湿潤状態で、多くの部材に菌糸や菌叢(きんそう)、さらに材の変形や収縮など腐朽、劣化の程度も激しいものが多く、部材の強度低下も著しいと推察される。</p>		



3. 今後の対処方針

(1) 補修の基本方針

- 健全性調査の結果、これまでの通り、UCL冷却塔の上部で見つかった腐朽、破損等がある木材に対して補修・交換を行う。
- 新たに、構造計算及び針貫入試験結果に基づき、残存断面積比が小さい強度部材(筋かい)については補修・交換する。
- 針貫入試験など実施しなかった箇所についても、補修時に針貫入試験等により、筋かい・柱は補修・交換をする。

(2) 点検の基本方針

- 点検
 - 1日1回の巡視点検においては、要領に基づいた木材の外観観察を行う。
 - 月1回の月例点検において、補修した木材と補修していない木材の外観観察を行う。
 - 年1回の定期自主検査において、特定の部材について針貫入試験を行い、木材の腐朽状況を測定する。
- 点検結果による木材の補修
 - 上記点検で見つかった腐朽等がある木材については、メーカー等による検査(非破壊検査等)を行い、必要に応じて補修・交換を実施する。

(3) 冷却塔の小型化の検討

- 廃止措置段階において運転段階と同様の冷却能力を必要としないため、UCL系統の関連設備等の撤去を含めて、2021年度以降に小型化への策定に着手。