

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-11-0400-1_改3
提出年月日	2021年11月16日

補足 400-1 補助ボイラー（第1号機設備，第1,2号機共用）の
共用取り止めに関する補足説明資料

1. 概要

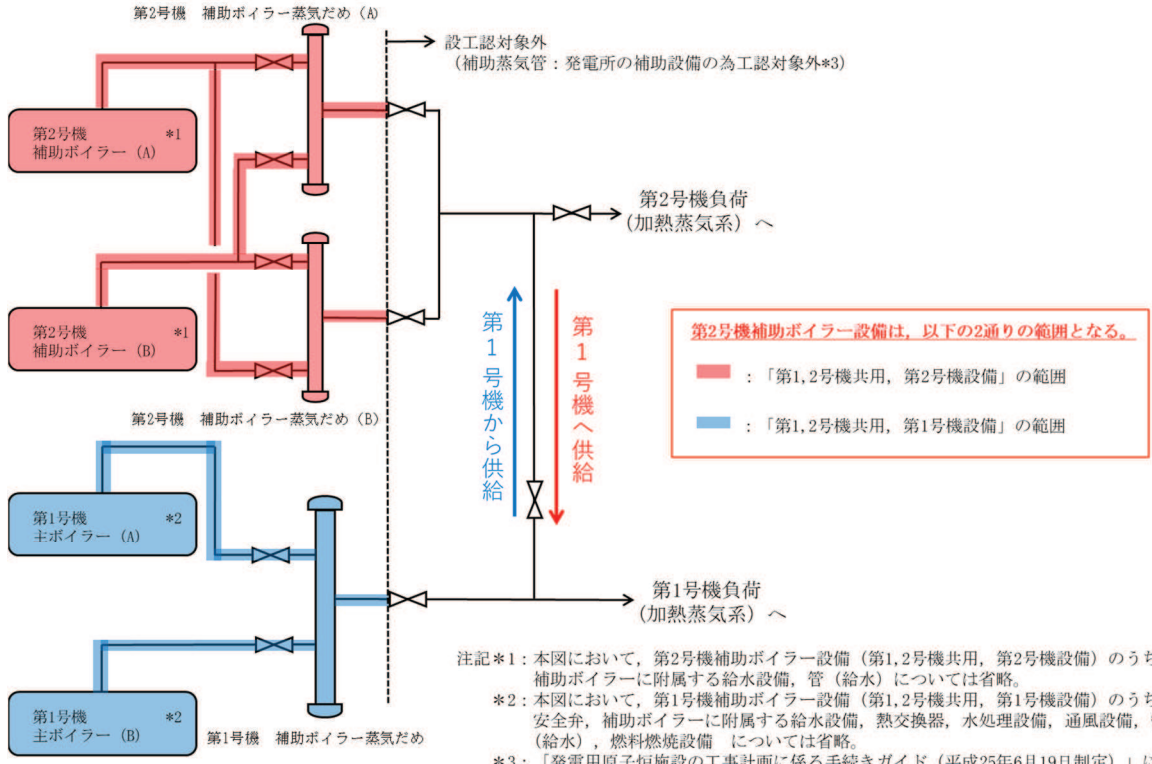
本書は、第2号機補助ボイラーにおける補助ボイラー（第1号機設備、第1,2号機共用）の共用取り止め（基本設計方針の変更）（以下「第1号機補助ボイラー共用取り止め」という。）に伴う設置変更許可申請、基準適合性及び必要蒸気量への影響について説明するものである。

2. 第1号機補助ボイラー共用取り止めに伴う第2号機補助ボイラー設備の変更内容

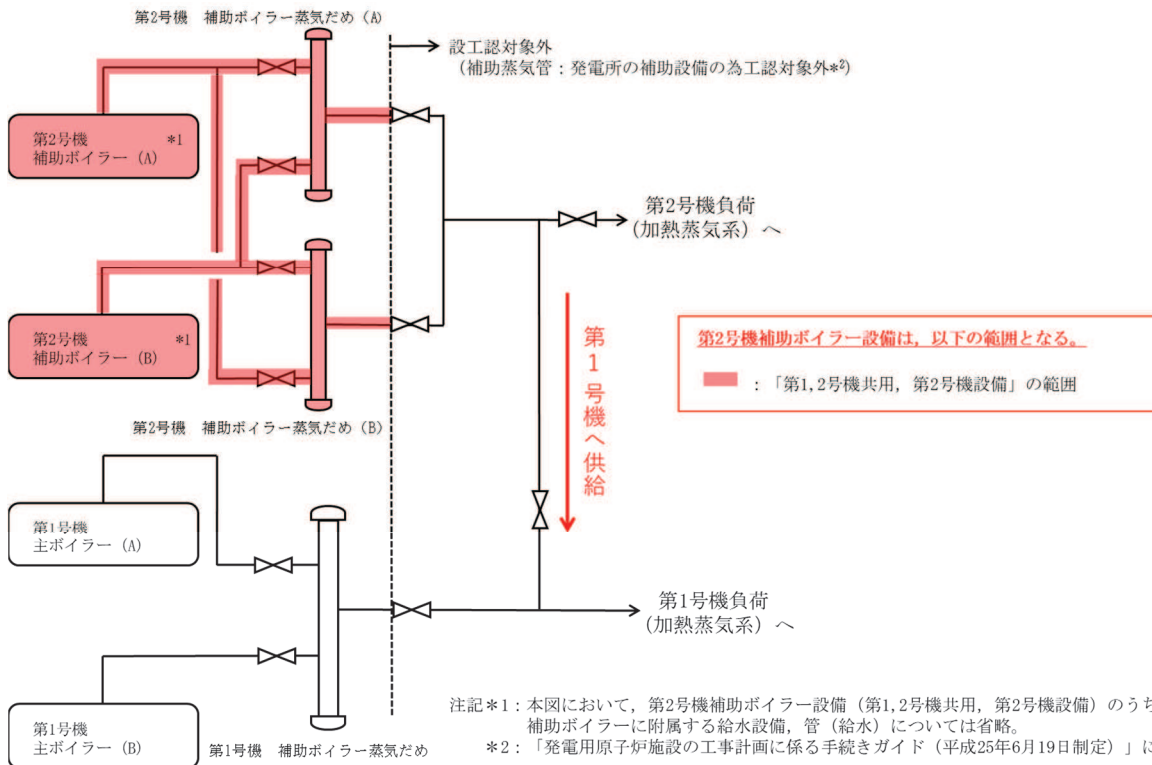
今回の変更は、第1号機補助ボイラーについて、第2号機への共用を取り止めるものである。なお、第2号機補助ボイラーについては、既工事計画どおり第1号機と共用する。（表1-1及び図1-1参照）

表1-1 第2号機補助ボイラー設備の変更内容

	既工事計画	今回の変更
第2号機補助ボイラー	第2号機設備、第1,2号機共用	同左
第1号機補助ボイラー	第1号機設備、第1,2号機共用	－（共用取り止め）



《共用取り止め前(既工事計画)》



《共用取り止め後(今回工認)》

図 1-1 共用取り止めに伴う第2号機補助ボイラー設備の変更内容

2. 設置変更許可申請への影響確認

表 2-1 に示すとおり、今回の第 1 機補助ボイラー共用取り止めによる設置変更許可申請（平成 25 年 12 月 27 日申請）への影響はない。

なお、設置変更許可申請本文に記載している「補助ボイラー（1 号及び 2 号炉共用，既設）」は、第 2 号機補助ボイラーを示している*。

注記*：「発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドの制定について（平成 25 年 6 月 19 日）」に従った記載

表 2-1 設置変更許可申請本文に係る変更要否確認

設置変更許可申請本文	確認結果
<p>(3) その他の主要な構造</p> <p>a. 設計基準対象施設</p> <p>(g) 安全施設</p> <p>(g-3)</p> <p>補助ボイラーのうち、補助ボイラー、加熱蒸気及び復水戻り系は、1 号炉と共用するが、各号炉に必要な容量を確保するとともに、接続部の弁を閉操作することにより隔離できる設計とすることで、共用により安全性を損なわない設計とする。</p> <p>(ae) 補助ボイラー</p> <p>発電用原子炉施設には、タービン、液体廃棄物処理系、タンクの保温用等に必要蒸気を供給する能力がある補助ボイラーを設置する。補助ボイラー（1 号及び 2 号炉共用，既設）は、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。</p> <p>(3) その他の主要な事項</p> <p>(iii) 補助ボイラー（1 号及び 2 号炉共用，既設）</p> <p>発電所の運転に必要な量、圧力の蒸気を供給できる系統構成とし、蒸気は蒸気だめより蒸気母管を経て、蒸気を使用する各機器に供給する。</p>	<p>第 2 号機補助ボイラーについての記載であり、必要な容量を確保していることを確認していること、号機間タイラインの隔離弁については設置済であることから、記載の変更はない。</p> <p>第 2 号機補助ボイラーについての記載であり、また、4. に示すとおり、第 2 号機補助ボイラー単独でタービン、液体廃棄物処理系、タンクの保温用等に必要蒸気を供給する能力を有していることから、記載の変更はない。</p> <p>第 2 号機補助ボイラーについての記載であり、必要な量、圧力の蒸気を供給できる系統構成であること、蒸気だめより蒸気母管を経て蒸気を供給することから、記載に変更はない。</p>

3. 基準適合性への影響確認

表 3-1 及び表 3-2 に示すとおり、第 1 号機補助ボイラー共用取り止めによる「設置許可基準規則」及び「技術基準規則」関連条文*適合性への影響はない。

注記*：「設置許可基準規則」関連条文：第十二条（安全施設）、第三十六条（補助ボイラー）
「技術基準規則」関連条文：第十四条（安全設備）、第四十八条（準用）

表 3-1 「設置許可基準規則」に関する確認結果

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	確認結果
<p>(安全施設)</p> <p>第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。</p> <p>[第 2 項～第 6 項 省略]</p> <p>7 安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。</p>	<p>第 2 号機補助ボイラーに対する第 1 号機補助ボイラーの共用取り止めであることから、第 7 項の基準への適合性に影響がない。</p>
<p>(補助ボイラー)</p> <p>第三十六条 発電用原子炉施設には、設計基準事故に至るまでの間に想定される使用条件に応じて必要な蒸気を供給する能力がある補助ボイラー（安全施設に属するものに限る。事項において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>2 補助ボイラーは、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。</p>	<p>共用取り止めとした場合においても、第 2 号機補助ボイラー単独に必要な蒸気を供給する能力を有していることを確認していることから、第 1 項の基準への適合性に影響がない。（必要蒸気量への影響確認については 4. にて記載）</p> <p>共用取り止めとした場合においても、第 2 号機補助ボイラー単独に必要な蒸気を供給する能力を有していることを確認していることから、第 1 項の基準への適合性に影響がない。</p>

表 3-2 「技術基準規則」に関する確認結果

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	確認結果
<p>(設計基準対象施設の機能)</p> <p>第十五条 設計基準対象施設は、通常運転時において発電用原子炉の反応度を安全かつ安定的に制御でき、かつ、運転時の異常な過渡変化時においても発電用原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、発電用原子炉の反応度を制御することにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有するものでなければならない。</p> <p>[第 2 項～第 5 項 省略]</p> <p>6 前項の安全設備以外の安全設備を二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう、施設しなければならない。</p>	<p>第 2 号機補助ボイラーに対する第 1 号機補助ボイラーの共用取り止めであることから、第 6 項の基準への適合性に影響がない。</p>
<p>(準用)</p> <p>第四十八条 第十七条第十五号の規定及び発電用火力設備に関する技術基準を定める省令第二章の規定は、設計基準対象施設に施設する補助ボイラーについて準用する。</p>	<p>第 2 号機補助ボイラーに対する第 1 号機補助ボイラーの共用取り止めであることから、第 6 項の基準への適合性に影響がない。</p>

4. 必要蒸気量への影響確認

今回の第1号機補助ボイラー共用取り止めに伴う、第2号機必要蒸気量への影響について以下のとおり纏める。

影響確認にあたっては、現在第1号機は廃止措置段階にあり、主な必要蒸気は「廃棄物処理系用」及び「換気空調系用」となるが、これらは計画的に蒸気供給を遮断することが可能であることを踏まえ、第2号機単独のプラント通常運転時、プラント計画起動・停止時、プラント緊急停止時及びプラント停止中の最大必要蒸気量を考慮する。従来評価における各運転モード別の第2号機最大必要蒸気量を表4-1に示す。

表4-1より、プラント通常運転時、プラント緊急停止時及びプラント停止中の最大必要蒸気量は第2号機補助ボイラー蒸発量26,000kg/hを下回るが、プラント計画起動・停止時の最大必要蒸気量39,816kg/hは従来積算では第2号機補助ボイラーの蒸発量を上回る。

プラント計画起動・停止に要する期間は約4日間であり、設置変更許可申請において示す設計要求事項（タービン、液体廃棄物処理系、タンクの保温用等に必要蒸気を供給する能力）は、プラント計画起動・停止時以外の期間において、いずれかのモードにより発電用原子炉施設の安全性を損なうことなく達成可能である。

以上を踏まえ、プラント計画起動・停止時の最大必要蒸気量39,816kg/hについて、以下を考慮のうえ、プラントの実運用に即した合理化を行い、第2号機補助ボイラーの蒸発量26,000kg/hとの比較評価（以下「再評価」という。）を行う。

- ・従来最大必要蒸気量の算出にあたっては運用等により同時使用を回避可能な機器も併せて積算されていること
- ・各機器の必要蒸気量の算定において保守性が見込まれていること

評価の結果、第2号機最大必要蒸気量は必要蒸気量評価において最も厳しい冬季起動時でも25,770kg/hであり、第2号機補助ボイラー単独で十分に蒸気の供給が可能である。

表4-1 各運転モードにおける第2号機最大必要蒸気量

単位 [kg/h]

プラント状態	第2号機最大必要蒸気量
プラント通常運転時	19,271
プラント計画起動・停止	39,816(従来評価) → 25,770(再評価結果)
プラント緊急停止	18,825
プラント停止中	23,211

注: 上記プラント状態のいずれの蒸気量も第2号機補助ボイラー蒸発量26,000kg/hを下回る。

なお、既工事計画では、平成4年3月5日付け3資庁第14373号にて認可された工事計画の添付書類として「IV-4-1 補助ボイラーの蒸発量の決定に関する説明書」（以下「既工事計画説明書」という。）を提出し、補助ボイラーの蒸発量及び設置台数に関する説明を実施している。上記評価結果を踏まえた既工事計画説明書との比較結果については、「参考」に示す。

(1) 従来運転モード別必要蒸気量

第2号機における従来運転モード別の最大必要蒸気量を表4-2に示す。

表4-2のとおり、最大必要蒸気量が最も多くなる運転モードは冬季起動時である。また、その他の運転モードにおける必要蒸気量は第2号機補助ボイラーの蒸発量を下回る。

このため、再評価は、冬季起動時の最大必要蒸気量と第2号機補助ボイラーの蒸発量との比較を主とし実施する。

表 4-2 従来の運転モード別必要蒸気量

[単位 : kg/h]

機器名	プラント通常運転時		プラント計画 起動・停止	プラント 緊急停止	プラント停止中	
	<所内温水系停止時>*1				MIN	MAX
	MIN	MAX				
HCW 濃縮装置加熱器 (A), (B)						
濃縮廃液貯蔵タンク (A), (B), (C)						
濃縮廃液系シール水タンク						
復水脱塩装置苛性ソーダ加熱器						
気体廃棄物処理系排ガス予熱器 (A), (B)						
固化系乾燥機						
固化系乾燥機給液タンク 粉体移送機, 粉体供給機						
復水貯蔵タンク						
所内温水系バックアップ熱交換器						
グラント蒸気発生器						
タービングランドシール, 起動停止用 SJAE						
窒素ガス供給装置 パージ用液体窒素蒸発器						
RCIC タービン						
合計						

注記*1 : < >は、所内温水系バックアップ熱交換器停止時を示す。

*2 : () は使用頻度少、または使用時間が短い等の理由により積算しない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 冬季起動時の最大必要蒸気量に対する再評価結果

冬季起動時の最大必要蒸気に対する再評価結果を表 4-3 に示す。また、表 4-3 内の見直し理由の詳細を a. に示す。

表 4-3 冬季起動時の最大必要蒸気に対する再評価結果

[単位：kg/h]

機器名	プラント計画起動・停止		見直し理由
	変更前 (従来)	変更後 (再評価)	
HCW 濃縮装置加熱器 (A), (B)			
濃縮廃液貯蔵タンク (A), (B), (C)			
濃縮廃液系シール水タンク			
復水脱塩装置苛性ソーダ加熱器			
気体廃棄物処理系排ガス予熱器 (A), (B)			
固化系乾燥機			
固化系乾燥機給液タンク 粉体移送機, 粉体供給機			
復水貯蔵タンク			
所内温水系バックアップ熱交換器			
グラント蒸気発生器			
タービングラントシール, 起動停止用 SJAE (ボイラー蒸気直接供給)			
窒素ガス供給装置 ページ用液体窒素蒸発器			
RCIC タービン			
合計			

注記* : () は使用頻度少, または使用時間が短い等の理由により積算しない。

a. 各機器の必要蒸気量の見直し理由の詳細

(a) HCW 濃縮装置加熱器 (A), (B)

当該濃縮器は、HCW 収集タンク (A) ~ (C) の保有水が一定量に達し、保有水を減容する必要が生じた場合に使用する設備である。減容のための濃縮処理運転は計画的に実施可能であり、プラント計画起動停止時の使用を回避可能であるため積算から除外可能と判断した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b) 濃縮廃液貯蔵タンク (A), (B), (C)

当該タンクは、内部流体からの析出物の発生を防止するため、下限温度を□に管理する必要があり、タンク温度が低下した際に蒸気による加温が必要となるが、現時点において未使用設備であるため加温の実績はない。

また、当該タンクを使用する際は、附属のポンプにより内包流体を循環させる運用となっており、第1号機の同系統のタンクの運用実績では、ポンプの発熱によって内包流体が一定以上の温度に保たれるため、蒸気による加温頻度は極めて少ない。また、仮に使用する場合であっても使用時間が短いことから、積算から除外可能と判断した。

(c) 固化系乾燥機

当該設備は設置変更許可申請において、休止設備としていることから、積算から除外可能と判断した。

(d) 固化系乾燥機給液タンク粉体移送機、粉体供給機

当該設備は設置変更許可申請において、休止設備としていることから、積算から除外可能と判断した。

(e) 復水貯蔵タンク

当該タンクは凍結防止のため、保有水温度が下限温度を□に管理する必要があり、タンク温度が低下した際に蒸気による加温が必要となる。

当該タンクは容量が 3000m³ と非常に大きく、また遮へい壁に囲まれた空間に位置しているため、保有水温度に対する外気温の影響は極めて小さい。よって、使用頻度が極めて少ない機器と判断し、積算から除外可能と判断した。

なお、冬季にプラント計画起動を行う際は、予め加温することで水温を上昇させることが可能であり、または復水移送ポンプのミニフローラインを使用した循環運転による加温も可能である。

(f) 所内温水系バックアップ熱交換器

建屋暖房用の温水を供給する所内温水系（以下「HWH」という。）については、プラント運転中はHWH熱交換器を介し原子炉冷却浄化系を熱源としているが、プラント停止中及びプラント起動途中はHWHバックアップ熱交換器を介し補助ボイラーからの蒸気を熱源とする。

HWHバックアップ熱交換器の定格蒸気使用量 11,996 kg/h については必要蒸気のなかで大きな割合を占めるため、再評価を行った。再評価の結果、必要蒸気量 8,000 kg/h において、建屋内各部屋の温度が設計最低温度以上となることを確認したことから、必要蒸気量を 8,000 kg/h に見直すこととする*（評価の詳細は別紙参照）。

なお、冬季における第2号機補助ボイラーのみによる女川2号機単独への暖房用蒸気供給量の実績として、約2,000～3,000kg/hで推移していたことを確認した（2013年2月23日～2013年3月26日）。このことは、従来評価は、外気が□で一定、かつ機器の運転による発熱及び空調機ファンによる空気の上昇を考慮していないため、相当に保守な数値となっていることに起因する。

注記*：プラント計画停止時においては、HWHバックアップ熱交換器への蒸気供給はプラント停止後に実施されるため、上記の再評価はプラント起動時のみの検討となる。

(g) グランド蒸気発生器，タービングランドシール，起動停止用 SJAE

プラント起動初期（復水器真空上昇からグランド蒸気発生器の加熱蒸気がタービン補助蒸気系に切り替わるまで）に必要なタービングランドシール用蒸気の供給は，表 4-4 及び図 4-1 に示す 2 通りの方法が存在する。

従来評価においては，①による必要蒸気量 25,000kg/h を積算していたが，再評価にあたっては，以下の理由から②の運用による必要蒸気量 17,560kg/h を積算することとする。

- ・ 系統設計仕様書にて規定されている運用であること
- ・ 既設設備として存在し設備の改造等を行わず運用可能であること
- ・ 操作手順も整備されており，かつ容易であること
- ・ ②は国内プラント標準設計であり，他社においても実績が多数であること

なお，第 2 号機における冬季のプラント計画起動はこれまで 2 度実施しているが，いずれも①により，第 2 号機補助ボイラーからの蒸気供給 26,000kg/h のみ（第 1 号機とのタイラインについては弁によって縁切り）で達成している。

表 4-4 タービングランドシール蒸気の供給方法

[単位：kg/h]

	運用方法①	運用方法②
方法	グランド蒸気発生器を介し，グランド蒸気発生器に供給された復水を補助ボイラー蒸気により加熱することで蒸気を生成 (図 4-1 における系統ライン A+C)	補助ボイラー蒸気を直接タービングランドシール用蒸気として使用 (図 4-1 における系統ライン B)
設備	有 (既設)	有 (既設)
操作手順	有	有 (手動で 2 弁開)
必要蒸気量 [kg/h]	25,000	17,560
設計	女川特有設計	国内プラント標準設計

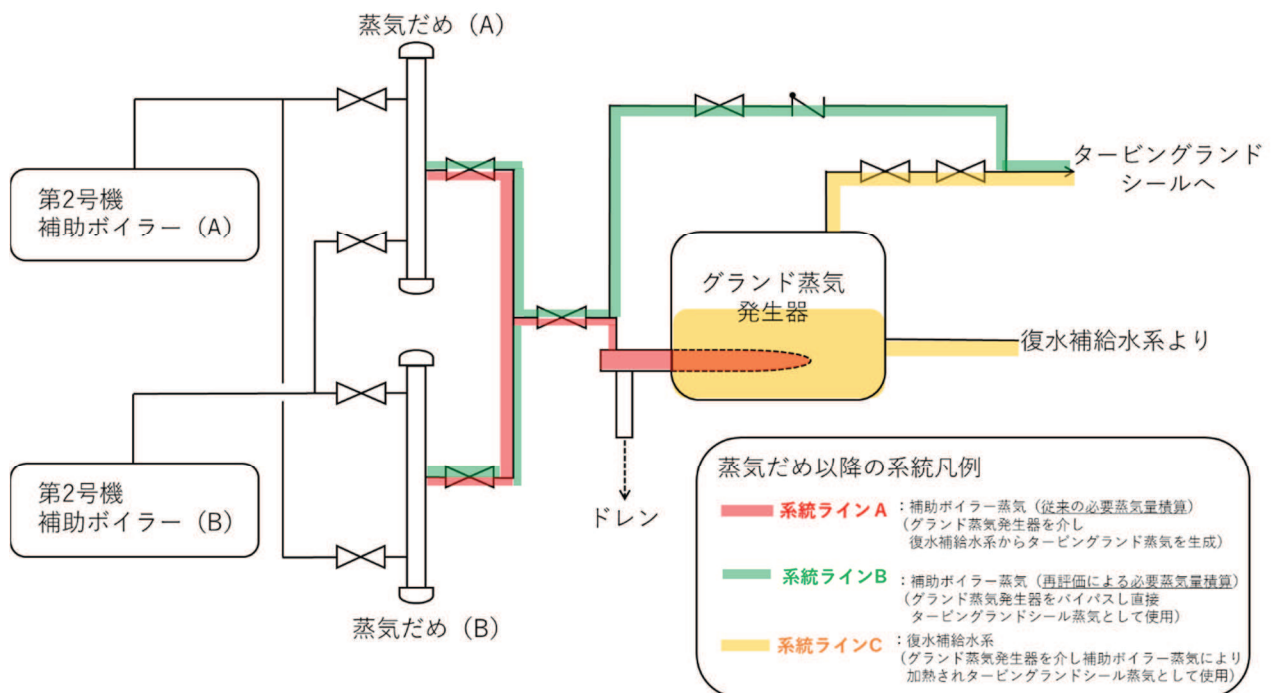


図 4-1 第 2 号機補助ボイラー タービングランドシール関連概要図

5. まとめ

上記確認結果から、共用取り止めに伴う設置変更許可申請，基準適合性及び必要蒸気量への影響はないものと判断する。

以 上

HWH バックアップ熱交換器の必要蒸気量見直しに係る評価内容について

HWH バックアップ熱交換器への蒸気供給量の見直し（11,996 kg/h→8,000 kg/h）における評価条件、評価条件の妥当性及び評価結果について以下に示す。

1. 再評価条件及び評価条件の妥当性

再評価条件について従来評価条件との差異を確認し、差異があるものについては妥当性を確認する。

別紙表 1 再評価条件及び評価条件の妥当性

	再評価条件	従来評価条件との差異	妥当性確認結果
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
注記*1 :			
*2 :			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 評価結果

別紙表 2 に示すとおり、いずれの部屋も設計最低室温を下回る部屋は確認されなかった。よって、プラント起動時における必要蒸気量を 8000 kg/h とする。

別紙表 2 評価結果

	原子炉棟	原子炉補機室	廃棄物処理 エリア	制御建屋	タービン 建屋	補助ボイラ 建屋
評価対象室						
設計室温以下 となる部屋						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

参考表 1 再評価を踏まえた既工認説明との比較

「IV-4-1 補助ボイラーの蒸発量の決定に関する説明書」の記載抜粋	確認結果																				
<p>1. 補助ボイラーの蒸発量決定に関する説明</p> <p>第2号機の蒸気使用量が最大となるのは、冬季におけるプラントの計画起動・停止時であり、その時の第1号機、第2号機の総必要蒸気量は56.32 t/hである。</p> <p>本補助ボイラーの蒸発量は26 t/h（13 t/h/台×2台）であり、既設の補助ボイラーの蒸発量をあわせ総蒸発量は61.2 t/hとなり、第1号機、第2号機の総必要蒸気量56.32 t/hを賄う。</p> <p>尚、必要蒸気量は、下記のとおりである</p> <p style="text-align: right;">(単位：t/h)</p> <table border="1" data-bbox="167 817 778 1025"> <tr><td>(1) 廃棄物処理系用</td><td>3.81</td></tr> <tr><td>(2) グランド蒸気発生器用</td><td>25.0</td></tr> <tr><td>(3) 復水貯蔵タンクその他</td><td>6.51</td></tr> <tr><td>(4) 換気空調系用</td><td>21.0</td></tr> <tr><td>合計</td><td>56.32</td></tr> </table> <p>2. 補助ボイラーの設置台数に関する説明</p> <p>第2号機プラント計画起動・停止時を除いた場合の第2号機最大必要蒸気量は、冬季のプラント定検時における23.22 t/hであることより、2号機総蒸発量を26t/hとし、プラント通常運転時必要蒸気量が13t/h以下であることを考慮して13t/hの補助ボイラーを2台設置する。</p>	(1) 廃棄物処理系用	3.81	(2) グランド蒸気発生器用	25.0	(3) 復水貯蔵タンクその他	6.51	(4) 換気空調系用	21.0	合計	56.32	<p>再評価の結果、冬季のプラント計画起動時において必要蒸気量が25.77 t/hとなり、第2号機補助ボイラーの蒸発量26 t/hで十分な供給が可能であることを確認した。</p> <p>なお、第2号機における冬季のプラント計画起動はこれまで2度の実績があるが、いずれも第2号機補助ボイラーからの蒸気供給のみで達成している*1。</p> <p style="text-align: right;">(単位：t/h)</p> <table border="1" data-bbox="852 824 1463 1131"> <tr><td>(1) 廃棄物処理系用</td><td>0</td></tr> <tr><td>(2) グランド蒸気発生器用 ⇒タービンランドシール蒸気 直接供給</td><td>17.56*2</td></tr> <tr><td>(3) 復水貯蔵タンクその他 ⇒気体廃棄物処理系排ガス予熱器</td><td>0.21*3</td></tr> <tr><td>(4) 換気空調系用</td><td>8.00*4</td></tr> <tr><td>合計</td><td>25.77</td></tr> </table> <p>注記*1：8回定期検査（並列：2007年1月21日）及び9回定期検査（並列：2008年1月30日）</p> <p>注記*2：補助ボイラーからの蒸気をランド蒸気発生器をバイパスし直接タービンランドシール蒸気として使用（ランド蒸気バイパスラインは既設設備）。</p> <p>注記*3：気体廃棄物処理系排ガス予熱器に使用。</p> <p>注記*4：実系統運用等を踏まえて8.00t/hに見直し。</p>	(1) 廃棄物処理系用	0	(2) グランド蒸気発生器用 ⇒タービンランドシール蒸気 直接供給	17.56*2	(3) 復水貯蔵タンクその他 ⇒気体廃棄物処理系排ガス予熱器	0.21*3	(4) 換気空調系用	8.00*4	合計	25.77
(1) 廃棄物処理系用	3.81																				
(2) グランド蒸気発生器用	25.0																				
(3) 復水貯蔵タンクその他	6.51																				
(4) 換気空調系用	21.0																				
合計	56.32																				
(1) 廃棄物処理系用	0																				
(2) グランド蒸気発生器用 ⇒タービンランドシール蒸気 直接供給	17.56*2																				
(3) 復水貯蔵タンクその他 ⇒気体廃棄物処理系排ガス予熱器	0.21*3																				
(4) 換気空調系用	8.00*4																				
合計	25.77																				