

【公開版】

資料番号 2	令和元年 12 月 10 日
日本原燃株式会社	

六ヶ所再処 理 施 設 に お け る  
新 規 制 基 準 に 対 す る 適 合 性

安全冷却水系冷却塔の設置位置の変更

## 目 次

- 1 章 安全冷却水系冷却塔の設置位置の変更に伴う再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則への影響
  1. 変更概要
  2. 設計方針
  3. 再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則への影響
  
- 2 章 補足説明資料

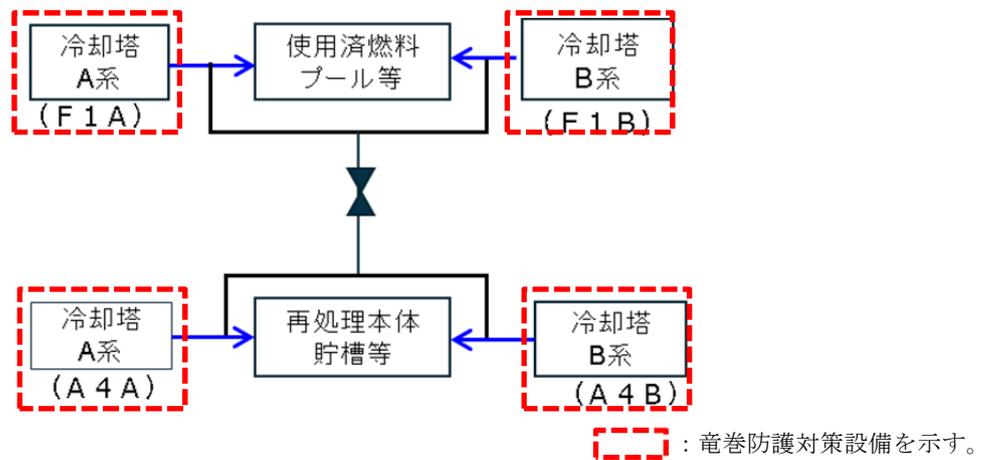
# 1 章 安全冷却水系冷却塔の設置位置の変更に伴う再 処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する 規則への影響

## 1. 変更概要

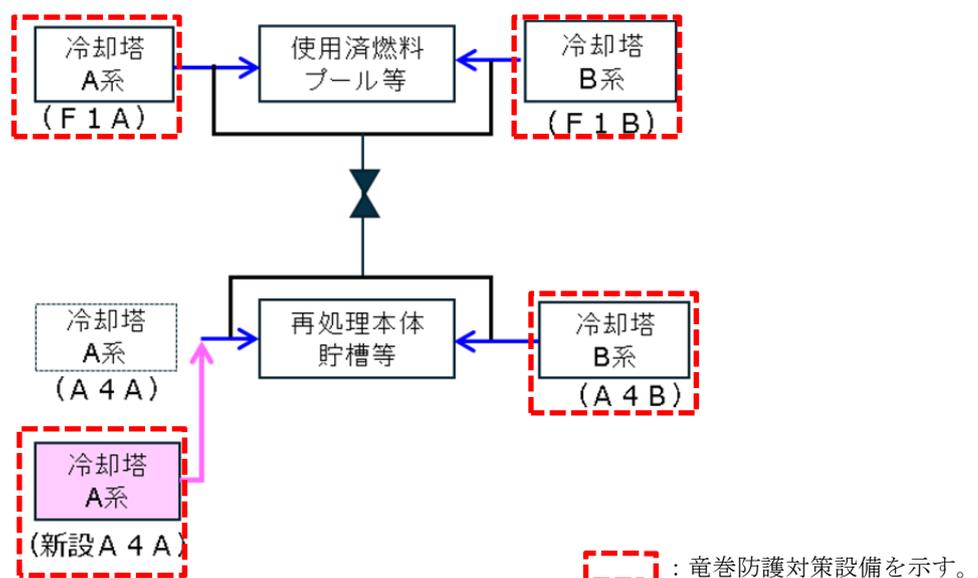
### 1. 1. 経緯

再処理設備本体用の安全冷却水系冷却塔の竜巻防護設計については、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用の安全冷却水系冷却塔の竜巻防護対策と合せ、当初以下3案について検討を行っていた。

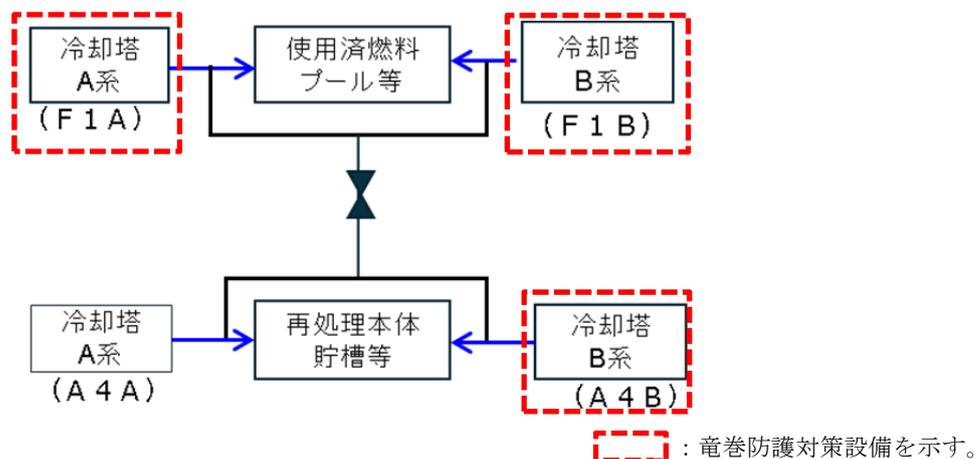
案1. 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A を竜巻から防護するため、前処理建屋屋上へ竜巻防護対策設備を設置する。



案2. 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A を移設し移設先に竜巻防護対策設備を設置する。



案 3. 竜巻防護対策を施した使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔から再処理設備本体用 安全冷却水系へ冷却水を供給する。(3系列運用)



当初検討の結果、案 1 は、設置している前処理建屋の耐震性に与える影響が大きいことから採用を見送った。案 2 は、冷却塔の調達の見通しが得られなかったことから、採用を見送った。

案 3 は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系と再処理本体用 安全冷却水系が洞道を通じて既に接続した状態にあること及び再処理施設全体の崩壊熱除去ができる等の技術的見通しがあったことから、本案を採用し、2019 年 9 月 11 日に開催された審査会合で説明した。

その後、詳細検討を実施している中で、3 系列運用について運用面の煩雑さおよび工事の輻輳による困難さにおいて課題を確認したこと、また、冷却塔新設に係る冷却塔の調達の見通しが得られたことを踏まえ、対応方針を再検討した結果、これまでシステムの運用や操作方法が変わらず、3 系列運用で顕在化したバルブ操作等の煩雑さが解消され、安全性向上に資することから案 2 に示す冷却塔新設で対応する方針に変更することとした。

## 1. 2 3系列運用の詳細検討で確認された課題

3系列運用による再処理施設全体の崩壊熱除去のための詳細検討等により、運用面および工事面において以下の課題を確認した。

### (1) 運用面

- a. 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B が故障し、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B への切り替え作業が発生した場合には、再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B の停止・隔離、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B 系統からの切替え隔離が発生する。
- b. この系統切り替え作業は、バルブ操作等が煩雑である。また、使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設、再処理設備本体の保守時やトラブル時のポンプ・調整弁などの運用方法も複雑となる。
- c. 再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B の単一故障時に使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔への切替えが必要となるが、再処理設備本体、使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設の安全冷却水系両系統とともに、一般系 A, B 系統の負荷を隔離する必要がある。
- d. 3系列運用を実施するためには、再処理設備本体用 安全冷却水系で使用している不凍液を純水に置換する必要があり、廃液処理が必要となる。また、再処理設備本体は、純水に置き換えるために、冬季は起動調整している範囲を凍結防止のために毎年液抜きを行う必要がある。

## (2) 工事面

- a. 使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設の冷却水は純水、再処理設備本体の冷却水は不凍液を使用しているが、冷却性能維持（圧力損失、供給流量）のため、使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設と再処理設備本体の配管口径を見直し、再処理設備本体の冷却水の純水化が必要となる。また、不凍液は直接廃棄できず、膨大な量の産業廃棄物が発生する。
- b. 使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設、再処理設備本体それぞれ確立した冷却機能状態に、配管改造（安重配管 8 箇所切断、再接続）が必要となる。特に洞道内の工事は、配管口径の見直しや系統 2 重化によりスペース、耐震性確保、系統分離工事が複雑になる。

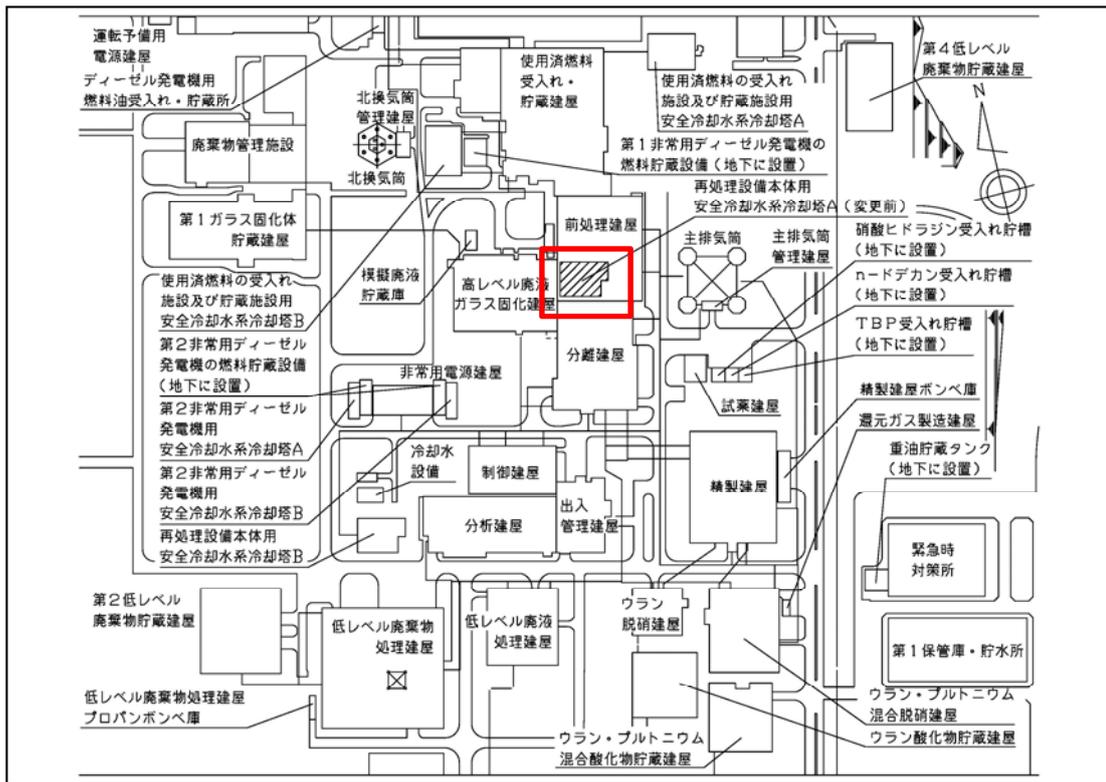
### 1. 3 設備変更内容

新たに設置する安全冷却水系冷却塔（以下、「新設 A 4 A」という。）は、前処理建屋の各種系統に接続する必要があることから、接続する配管等の設置性と既設系統へ悪影響を最小限とするため、配管等の接続長を極力短くするため前処理建屋近傍を選定した、その上で既設埋設物への影響を考慮した敷地に設置することとした。安全冷却水冷却塔 A の変更前と変更後の配置を第 1 図及び第 2 図に示す。

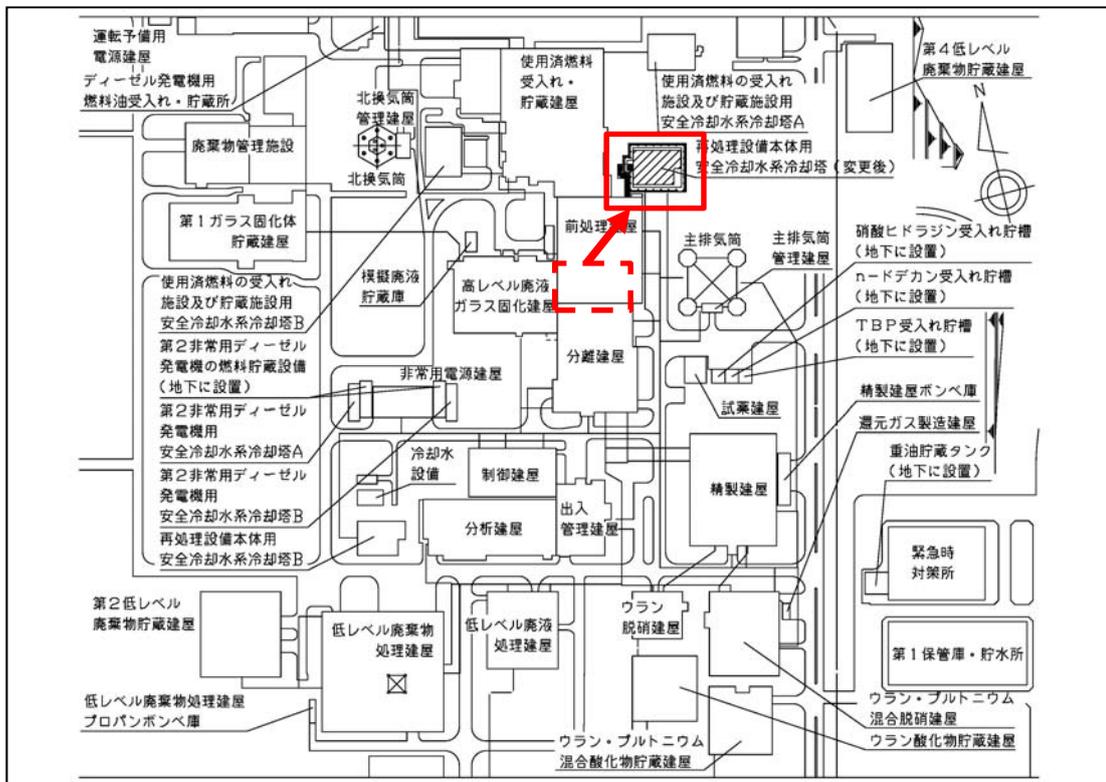
また、新設 A 4 A 及び既設取合部は竜巻防護対策のため飛来物防護ネット（一部、飛来物防護板）及び飛来物防護板を新規に設置する。新設 A 4 A 接続後、設置済みの安全冷却水系冷却塔 A は他施設の安全機能に影響を与えないものとする。

安全冷却水系冷却塔 A の設備変更概要を第 3 図に示す。

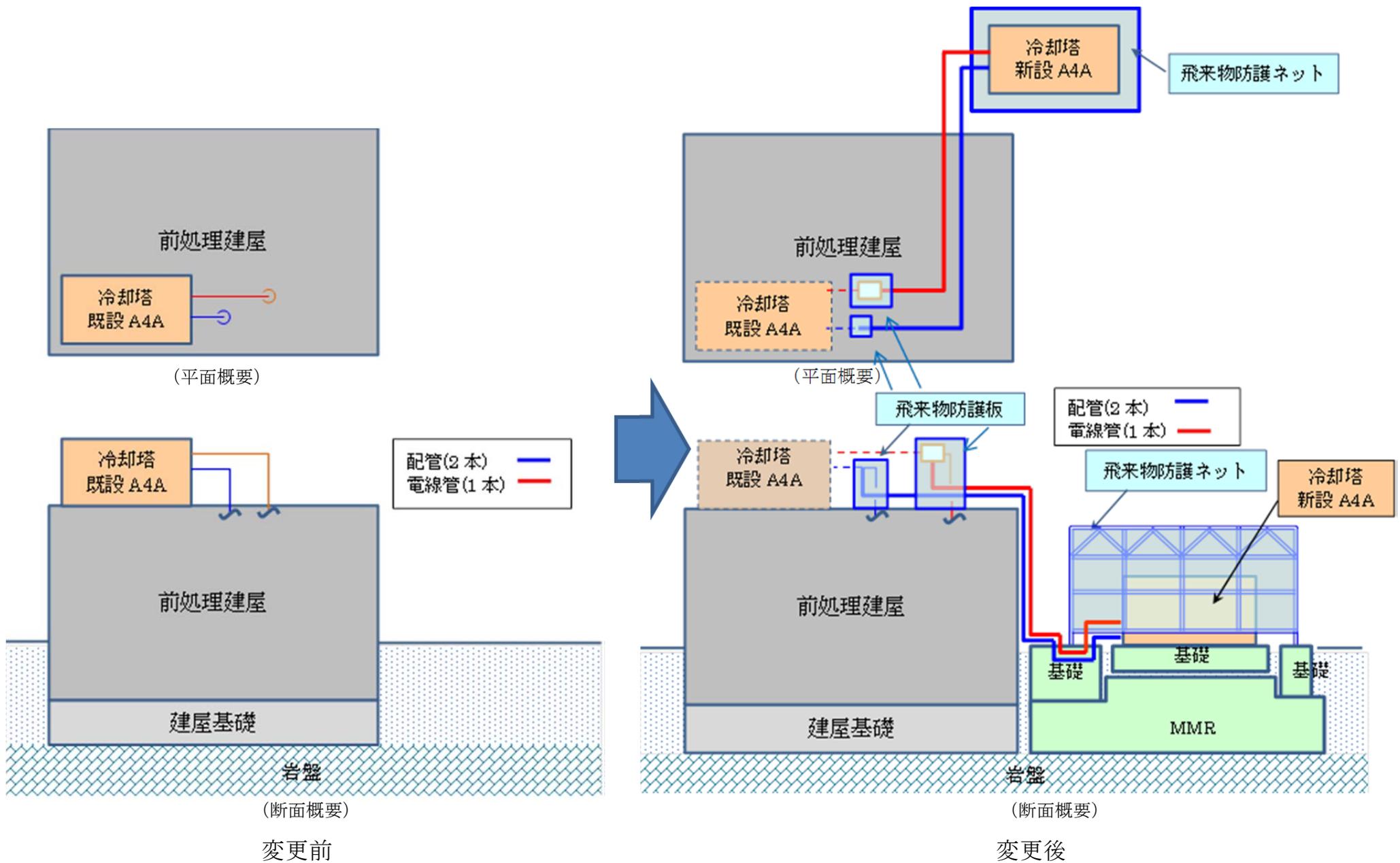
【補足説明資料 1】



第1図 安全冷却水系冷却塔構内配置図 (変更前)



第2図 安全冷却水系冷却塔構内配置図 (変更後)



第3図 安全冷却水系冷却塔Aの設備変更の概要

## 2. 設計方針

設計方針を以下に示すとおり既許可と同様の設計方針となる。

- (1) 冷却水設備は、各施設で発生する熱を除去できる設計とする。
- (2) 安全冷却水系は、冷却水によってその安全機能が維持される再処理施設の安全上重要な施設へ冷却水を供給できる設計とする。
- (3) 冷却水設備は、放射性物質を含む流体が環境に流出しない設計とする。
- (4) 安全冷却水系は、それらを構成する動的機器の単一故障を仮定しても、その安全機能が確保できる設計とする。
- (5) 安全冷却水系は、非常用所内電源系統に接続し、外部電源が喪失した場合でも、その安全機能を確保できる設計とする。
- (6) 安全冷却水系は、定期的な試験及び検査ができる設計とする。
- (7) 冷却水設備の屋外機器は、必要に応じて凍結を防止できる設計とする。

【補足説明資料 7】

## 2. 1 安全冷却水系冷却塔

### 2. 1. 1 冷却水設備

新設 A 4 A の主要設備の仕様は以下の通りであり、既設同様である。

(1) 伝熱容量：約 12MW (10×10<sup>6</sup> k c a l / h) (外気温 29℃において)

【補足説明資料 4】

(2) 冷却水循環ポンプ：容量約 1,800m<sup>3</sup>/h, 2 台

### 2. 1. 2 機器・配管系統

#### (1) 設備構成

新設 A 4 A の配管は前処理建屋屋上の既設冷却水配管に接続する。

新たに設置する配管は竜巻で損傷することのないよう十分な厚さを持った材料を使用し、前処理建屋（外壁及び屋根）及び竜巻防護対策設備（基礎）にて支持する構造とする。

なお、変更による系統構成の変更はない。

【補足説明資料 7】

【補足説明資料 8】

#### (2) 配置の妥当性

既設の配管は、地下 4 階の安全冷却水 A 循環ポンプ室から前処理建屋屋上に設置の安全冷却水系冷却塔 A に接続している。そのため、新たに地上に設置する冷却塔までの配管を建屋内に敷設するためには、前処理建屋外壁を含む複数の耐震壁にドリルホールの施工が必要となり、前処理建屋の耐震性が低下する可能性がある。

また、600Aの大口径配管を既設設備と干渉することなく敷設することが設置スペースの観点で困難であり、複数個所で既設設備の撤去・復旧が必要となるため工事が錯綜し工事上の安全性に難がある。

以上を踏まえ、前処理建屋の耐震壁の耐震性低下及び既設設備干渉のない屋上の既設冷却水配管に新たに設置する配管を接続し、前処理建屋（外壁及び屋根）に沿って敷設する計画とした。

## 2. 1. 3 電気・計測制御系統構成

### (1) 設備構成

新設A4Aの電気設備（電線管及びケーブル）は前処理建屋屋上の既設電気設備に接続する。新たに設置する電機設備は竜巻で損傷することのないよう十分な厚さを持った材料で被覆し、前処理建屋外壁、屋根及び飛来物防護ネット基礎にて支持する構造とする。

【補足説明資料8】

電気設備について、上記の通り電線管及びケーブルを延長するものの、変更による系統構成の変更はない。

【補足説明資料12】

計測制御設備について、地上に設置する安全冷却水系冷却塔Aには計器等の新設はないことから変更はない。

### (2) 配置の妥当性

配置計画については、基本的に機器・配管系統と同様の考えである。

また、配管及び電気設備の配置計画と同じルートとすることで合理的な配置設計とすることができる。

## 2. 2 竜巻防護対策設備

竜巻防護機能を有していない新設 A 4 A と既設取合部は竜巻防護対策が必要となる。

新設 A 4 A は冷却性能を損なわないよう飛来物防護ネットによる防護を基本とする。

### 【補足説明資料 9】

防護対象との離隔が確保できない一部区画については必要な冷却性能を確認した上で飛来物防護板による防護を行う。

また、前処理建屋屋上の取合部は既設配管及び既設電気設備を飛来物防護板により防護する。

## 2. 3 機電設備への影響

機電設備への影響を第1表に示す。

第1表 新設A4Aの設置位置変更による機電設備への影響

設備	影響
冷却塔A 除熱能力： 約11.6MW	新設A4Aの必要な除熱負荷及び冷却水流量は変わらないため、新設A4Aの仕様に変更はない 【補足説明資料10】
冷却水循環ポンプ A, B 系統流量： 約1600m <sup>3</sup> /h	前処理建屋屋上に設置する場合の必要揚程は約■mである。 新設A4Aを地上に設置した場合に追加となる配管の圧力損失は約4mであり、必要揚程は約■mとなるが冷却水循環ポンプA, Bの揚程の範囲内であるため、変更はない。 【補足説明資料2】 【補足説明資料5】 【補足説明資料6】
膨張槽A 容量：13m <sup>3</sup>	追加となる配管の容積は約50m <sup>3</sup> であり、既設設備の容積約■m <sup>3</sup> と合わせた系統の容積は約■m <sup>3</sup> である。 安全冷却水系B系統の容積は■m <sup>3</sup> である。膨張槽A, Bの容量はB系統の容量で設定されており、冷却水の温度変化による膨張量の増加分を吸収可能であるため変更はない。 【補足説明資料11】
配管	前処理建屋の屋上から設置位置を変更する冷却塔までの配管(600A)：約180m×2本を追設する。
中央制御室からの 監視制御	安全冷却水系の監視制御対象が変わらないため、現状の安全系制御盤からの監視制御に変更はない。
電源設備	安全冷却水系の電気負荷の追加がないため、現状の電源設備に変更はない。
ケーブル	前処理建屋の屋上から設置位置を変更する冷却塔までのケーブル及び電線管：約180mを追設する。

### 3. 再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則への適合性

本変更による再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則への適合性への影響について確認した。

本変更により影響を受けると考える条文は，「第五条火災等による損傷の防止」，「第六条安全機能を有する施設の地盤」，「第七条地震による損傷の防止」，「第九条外部からの衝撃による損傷の防止」，「第十一条溢水による損傷の防止」，「第十二条化学薬品の漏えいによる損傷の防止」，「第十五条安全機能を有する施設」，「第十六条運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止」，「第十七条使用済燃料の貯蔵施設等」，「第十八条計測制御系統施設」，「第二十条制御室等」，「第二十五条保安電源設備」であり，設計方針等への影響を確認した結果，規則要求に適合すると判断した。

また，上記以外の条文は，本変更による影響を受ける規則要求はないと判断した。

本変更による各条文への影響の確認結果の詳細を第3-1表に示す。

第3-1表 本変更に伴う再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則への影響について

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>(核燃料物質の臨界防止)</p> <p>第二条 安全機能を有する施設は、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするため、核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置を講じたものでなければならない。</p> <p>2 再処理施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p>	<p>本変更は安全冷却水系冷却塔Aの設置位置を変更するものであり、核燃料物質を取り扱う系統の変更ではないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(遮蔽等)</p> <p>第三条 安全機能を有する施設は、運転時及び停止時において再処理施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の線量が十分に低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。</p> <p>2 安全機能を有する施設は、工場等内における放射線障害を防止する必要がある場合には、次に掲げるものでなければならない。</p> <p>一 管理区域その他工場等内の人が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものとする。</p> <p>二 放射線業務従事者が運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、迅速な対応をするために必要な操作ができるものとする。</p>	<p>本変更は安全冷却水系冷却塔Aの設置位置を変更するものであり、放射性物質を取り扱う系統の変更ではないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>(閉じ込めの機能)            第四条 安全機能を有する施設は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができるものでなければならない。</p>	<p>本変更は安全冷却水系冷却塔Aの設置位置を変更するものであり、閉じ込め機能に係る変更ではないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(火災等による損傷の防止)            第五条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により再処理施設の安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全機能を有する施設に属するものに限る。）及び早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。            2 消火設備（安全機能を有する施設に属するものに限る。）は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても安全上重要な施設の安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、事業指定基準規則（火災防護審査基準含む）に適合させるため、以下のとおり火災等による損傷の防止の防護設計を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 火災区域の設定             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 冷却塔の移設に伴い、移設先に対し屋外の火災区域を設定する。</li> </ul> </li> <li>2. 火災防護対策             <ol style="list-style-type: none"> <li>2-1. 発生防止対策                 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 従来から構造材が変更されないことから、主要な構造材は不燃性材料を使用する設計とする。</li> <li>・ 上記同様、使用するケーブルは難燃性能を有するケーブルとして、延焼性及び自己消火性を満足することを実証試験により確認されたケーブルを使用する設計とする。</li> <li>・ 落雷に対しては、主排気塔の防護範囲内となるため、火災の発生防止対策は不要である。</li> <li>・ 十分な支持性能を持つ地盤に設置し、地震により自</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>

再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
	<p>らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する設計とする。</p> <p>2-2. 火災の感知・消火</p> <p>(1) 感知</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・屋外に設置されることから，火災による熱及び煙が周囲に拡散するためアナログ式感知器（熱及び煙）の設置が適さないことから，非アナログ式の炎感知器及び非アナログ式の熱感知カメラを設置する設計とする。</li> </ul> <p>(2) 消火</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・屋外に設置されることから，煙の充満等による消火困難箇所には該当しないため，屋外消火栓及び移動式消火設備により消火を行う設計とする。</li> </ul> <p>2-3. 火災の影響軽減</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・火災区域は設定されるが，他の火災区域と隣接しない屋外施設であることから，3時間耐火能力を有する耐火壁の設置は行わない。</li> <li>・安全冷却水系は再処理施設における最重要設備に該当することから，系統分離対策の対象となる。異なる系統と，分離配置することで当該要求を満足する設計とする。</li> </ul>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
	<p>3. 火災影響評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>安全上重要な施設に該当することから、火災影響評価対象設備として選定し、上記火災防護対策の妥当性について火災影響評価により確認することとする。</li> </ul>
<p>(安全機能を有する施設の地盤)</p> <p>第六条 安全機能を有する施設は、次条第二項の規定により算定する地震力（安全機能を有する施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）にあつては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。）が作用した場合においても当該安全機能を有する施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。</p> <p>2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	<p>本変更に伴い設置する安全冷却水系冷却塔A，配管は，安全上重要な設備であり，規則 第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該施設を十分に支持することができる地盤に設ける。</p> <p>本変更に伴い設置する安全冷却水系冷却塔A，配管は，変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設ける。</p> <p>本変更に伴い設置する安全冷却水系冷却塔A，配管は，将来活動する可能性のある断層が認められない地盤に設ける。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第七条 安全機能を有する施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能を有する施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、安全上重要な設備であり、地震時において安全機能が損なわれない設計とする。</p> <p>安全冷却水系冷却塔A及び配管は耐震クラスSとし基準地震動による地震動に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計とする。</p> <p style="text-align: right;">【補足説明資料3】</p>
<p>(津波による損傷の防止)</p> <p>第八条 安全機能を有する施設は、その供用中に当該安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、標高約5.5mの敷地に設置することから、津波が到達する可能性はなく、施設の設置位置の見直しは行わないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第九条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p> <p>3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>(火山)</p> <p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、安全上重要な設備であることから、降下火砕物防護対象設備とし火山事象として設定した降下火砕物の影響（荷重、閉塞、粒子の追突、磨耗、腐食）に対して、安全機能が損なわれない設計とする。</p> <p>荷重に対しては、降下火砕物の荷重に対し、安全冷却水系冷却塔Aが構造を維持できる設計にする。</p> <p>閉塞に対しては、安全冷却水系冷却塔Aの冷却ファンにより降下火砕物の堆積を防止することにより冷却空気流路の閉塞が生じない設計とする。</p> <p>磨耗に対しては、安全冷却水系冷却塔Aの冷却ファンの冷却空気を上方に流すことにより降下火砕物が侵入し難い設計とする。</p> <p>腐食に対しては、安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管へ塗装を施すことにより、降下火砕物に付着している腐食性ガスの影響を受けない設計とする。</p> <p>(外部火災)</p> <p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、安全上重要な設備であることから、外部火災防護対象設備とし次の事象に対し、安全機能</p>

再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
	<p>が損なわれない設計とする。  森林火災，近隣工場の火災及び爆発に対し離隔距離等の確保により安全機能が損なわれない設計をする。  また，航空機墜落による火災に対しては，耐火被覆又は遮熱板等の対策を施すことにより安全機能を損なわない設計をする。</p> <p>(航空機落下)  本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管を考慮し，航空機落下確率を評価する。</p> <p>(落雷)  本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aは，直撃雷，間接雷に単なる防護対象施設であることから，避雷設備を設ける設計とする。  なお，避雷設備は安全冷却水系冷却塔を覆う竜巻防護対策設備に避雷設備を設置する設計とする。</p> <p>(竜巻)  外部からの衝撃（竜巻）に対する防護方針は以下。  (1) 安全冷却水系冷却塔Aの防護  新たに設置する安全冷却水系冷却塔Aは，地上に設置する。また，外周に飛来物防護ネット（一部，飛来物防護</p>

再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
	<p>板)を設置することで外部からの衝撃(竜巻)による損傷から防護する設計とする。</p> <p>(2) 配管の防護</p> <p>新たに設置する安全冷却水系冷却塔Aの配管は，設置済みの安全冷却水系冷却塔Aの配管に接続する。</p> <p>屋外の配管のうち新設するものは，設計飛来物で損傷することのないよう十分な厚さを有する配管とし、精製建屋等に堅固に支持させる。</p> <p>設置済みの安全冷却水系冷却塔Aの配管接続部については，飛来物防護板により防護する設計とする。</p> <p>(その他)</p> <p>本変更に伴い設置する安全冷却水系冷却塔A及び配管は，安全上重要な設備であり，自然現象及び人的事象に対し安全機能が損なわれない設計ととする。</p>
<p>(再処理施設への人の不法な侵入等の防止)</p> <p>第十条 工場等には，再処理施設への人の不法な侵入，再処理施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え，又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為(不正アクセス行為の禁止等に関する法律(平成十一年法律第百二十八号)第二条第四項に規定する不正アクセス行為を</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管，安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは，人の不法な侵入を防止する核燃料物質等を取り扱う建屋及び安全上重要な施設を含む区域に関連しないことから，本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
いう。)を防止するための設備を設けなければならない。	
<p>(溢水による損傷の防止)</p> <p>第十一条 安全機能を有する施設は，再処理施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管，安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは，安全上重要な設備であり，溢水防護対象設備とし，溢水による損傷の防止の防護設計を行う。</p> <p>安全冷却水循環ポンプの設置部屋を溢水防護区画とし，堰や防水扉，貫通部処理により，安全機能が損なわれない設計とする。</p> <p>また，配管の想定破断に対しては，B系列と位置的分散を図っていることから，同時に安全機能が損なわれない設計とする。</p>
<p>(化学薬品の漏えいによる損傷の防止)</p> <p>第十二条 安全機能を有する施設は，再処理施設内における化学薬品の漏えいが発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管，安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは，安全上重要な設備であり，化学薬品の漏えいによる損傷の防止の防護設計を行う。</p> <p>安全冷却水循環ポンプの設置部屋を薬品防護区画とし，堰や防水扉，貫通部処理により，安全機能が損なわれない設計とする。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>(誤操作の防止)</p> <p>第十三条 安全機能を有する施設は、誤操作を防止するための措置を講じたものでなければならない。</p> <p>2 安全上重要な施設は、容易に操作することができるものでなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより中央制御室の安全系監視制御盤への変更は発生しないことから、誤操作防止に係る基本方針は変わらないため、影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(安全避難通路等)</p> <p>第十四条 再処理施設には、次に掲げる設備を設けなければならない。</p> <p>一 その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路</p> <p>二 照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明</p> <p>三 設計基準事故が発生した場合に用いる照明（前号の避難用の照明を除く。）及びその専用の電源</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、安全避難通路、避難用の照明、及び設計基準事故が発生した場合に用いる照明及びその専用の電源に変更はないことから、影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(安全機能を有する施設)</p> <p>第十五条 安全機能を有する施設は、その安全機能の重要度に応じて、その機能が確保されたものでなければならない。</p> <p>2 安全上重要な施設は、機械又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合においてもその機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>(安全機能を有する施設)</p> <p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、安全上重要な設備であり、安全機能を確保する設計とする。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>3 安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるものでなければならない。</p> <p>4 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるものでなければならない。</p> <p>5 安全機能を有する施設は、その安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができるものでなければならない。</p> <p>6 安全機能を有する施設は、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、その安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>7 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理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)</p> <p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、他の原子力施設と共用しないため、影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)</p> <p>第十六条 安全機能を有する施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない。</p> <p>一 運転時の異常な過渡変化時において、パラメータを安全設計上許容される範囲内に維持できるものであること。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより安全上重要な施設の安全冷却水系の運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の選定結果は変わらない設計とする。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>二 設計基準事故時において、工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものであること。</p>	
<p>(使用済燃料の貯蔵施設等)</p> <p>第十七条 再処理施設には、次に掲げるところにより、使用済燃料の受入施設（安全機能を有する施設に属するものに限る。）及び貯蔵施設（安全機能を有する施設に属するものに限る。）を設けなければならない。</p> <p>一 使用済燃料を受け入れ、又は貯蔵するために必要な容量を有するものとする。</p> <p>二 冷却のための適切な措置が講じられているものであること。</p> <p>2 再処理施設には、次に掲げるところにより、製品貯蔵施設（安全機能を有する施設に属するものに限る。）を設けなければならない。</p> <p>一 製品を貯蔵するために必要な容量を有するものとする。</p> <p>二 冷却のための適切な措置が講じられているものであること。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、使用済み燃料の受入施設及び貯蔵施設、製品貯蔵施設の冷却は変更しないため、本変更により影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(計測制御系統施設)</p> <p>第十八条 再処理施設には、次に掲げるところにより、計測制御系統施設を設けなければならない。</p> <p>一 安全機能を有する施設の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータは、運転時、停止時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、安全上重要な施設の安全冷却水系の計測制御設備は変更しないため、本変更により影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>制御できるものとする。</p> <p>二 前号のパラメータは，運転時，停止時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内で監視できるものとする。</p> <p>三 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し，及び対策を講じるために必要なパラメータは，設計基準事故時に想定される環境下において，十分な測定範囲及び期間にわたり監視できるものとする。</p> <p>四 前号のパラメータは，設計基準事故時においても確実に記録され，及び当該記録が保存されるものとする。</p>	
<p>(安全保護回路)</p> <p>第十九条 再処理施設には，次に掲げるところにより，安全保護回路（安全機能を有する施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>一 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故が発生した場合において，これらの異常な状態を検知し，これらの核的，熱的及び化学的制限値を超えないようにするための設備の作動を速やかに，かつ，自動的に開始させるものとする。</p> <p>二 火災，爆発その他の再処理施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたときに，これらを抑制し，又は防止するための設備（前号に規定するものを除く。）の作</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔 A とそこへ設置する配管，安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは，核的，熱的及び化学的制限値等の変更該当しないため，本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>動を速やかに、かつ、自動的に開始させるものとする こと。</p> <p>三 計測制御系統施設の一部を安全保護回路と共用する 場合であって、単一故障が生じた場合においても当該 安全保護回路の安全保護機能が失われないものとする こと。</p>	
<p>(制御室等)</p> <p>第二十条 再処理施設には、次に掲げるところにより、制 御室（安全機能を有する施設に属するものに限る。以下 この条において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>一 再処理施設の健全性を確保するために必要なパラメ ータを監視できるものとすること。</p> <p>二 主要な警報装置及び計測制御系統設備を有するもの とすること。</p> <p>三 再処理施設の外の状況を把握する設備を有するもの とすること。</p> <p>2 分離施設、精製施設その他必要な施設には、再処理施 設の健全性を確保するために必要なパラメータを監視す るための設備及び再処理施設の安全性を確保するために 必要な操作を手動により行うことができる設備を設けな ければならない。</p> <p>3 設計基準事故が発生した場合に再処理施設の安全性を 確保するための措置をとるため、従事者が支障なく制御 室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をと</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aと そこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安 全冷却水循環ポンプにより、安全上重要な施設の安全冷却 水系の計測制御設備は変更しないため、中央制御室におい て必要なパラメータを監視すること出来るため、本変更の 影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>るための操作を行うことができるよう、次の各号に掲げる場所の区分に応じ、当該各号に定める設備を設けなければならない。</p> <p>一 制御室及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に制御室において自動的に警報するための装置</p> <p>二 制御室及びこれに連絡する通路並びに運転員その他の従事者が制御室に出入りするための区域 遮蔽壁その他の適切に放射線から防護するための設備，気体状の放射性物質及び制御室外の火災又は爆発により発生する有毒ガスに対し換気設備を隔離するための設備その他の従事者を適切に防護するための設備</p>	
<p>(廃棄施設)</p> <p>第二十一条 再処理施設には、運転時において、周辺監視区域の外の空気中の放射性物質の濃度及び液体状の放射性物質の海洋放出に起因する線量を十分に低減できるよう、再処理施設において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有する放射性廃棄物の廃棄施設（安全機能を有する施設に属するものに限り、放射性廃棄物を保管廃棄する施設を除く。）を設けなければならない。</p>	<p>本変更は安全冷却水系冷却塔 A の設置位置を変更するものであり、放射性廃棄物の廃棄施設の変更はないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>(保管廃棄施設)</p> <p>第二十二條 再処理施設には、次に掲げるところにより、放射性廃棄物の保管廃棄施設（安全機能を有する施設に属するものに限る。）を設けなければならない。</p> <p>一 放射性廃棄物を保管廃棄するために必要な容量を有するものとする。</p> <p>二 冷却のための適切な措置が講じられているものであること。</p>	<p>本変更は安全冷却水系冷却塔Aの設置位置を変更するものであり、放射性廃棄物の保管廃棄施設の変更はないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(放射線管理施設)</p> <p>第二十三條 工場等には、放射線から放射線業務従事者を防護するため、放射線管理施設を設けなければならない。</p> <p>2 放射線管理施設には、放射線管理に必要な情報を制御室その他当該情報を伝達する必要がある場所に表示できる設備（安全機能を有する施設に属するものに限る。）を設けなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、放射線管理施設の変更はないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(監視設備)</p> <p>第二十四條 再処理施設には、運転時、停止時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、当該再処理施設及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を監視し、及び測定し、並びに設計基準事故時における迅速な対応のために必要な情報を制御室その他当該情報を伝達する必要がある場所に表示できる設備（安全機能を有する施設に属するものに限る。）を設けなけれ</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、運転時、停止時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時における再処理施設及びその境界付近における放射性物質の濃度等の監視設備に変更はないため、本変更の影響を受ける規則要求はない。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
ばならない。	
<p>(保安電源設備)</p> <p>第二十五条 再処理施設は、安全上重要な施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該安全上重要な施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。</p> <p>2 再処理施設には、非常用電源設備（安全機能を有する施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>3 保安電源設備（安全機能を有する施設へ電力を供給するための設備をいう。）は、電線路及び非常用電源設備から安全機能を有する施設への電力の供給が停止することがないように、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。</p> <p>4 再処理施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、当該再処理施設において受電可能なものであり、かつ、それにより当該再処理施設を電力系統に連系するものでなければならない。</p> <p>5 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において安全上重要な施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aと安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプは、安全上重要な設備であり、非常用電源設備から電力の供給を行う設計とする。</p>

再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	規則適合性
<p>能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。</p>	
<p>(緊急時対策所)            第二十六条 工場等には、設計基準事故が発生した場合に適切な措置をとるため、緊急時対策所を制御室以外の場所に設けなければならない。            2 緊急時対策所及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍には、有毒ガスが発生した場合に適切な措置をとるため、工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に緊急時対策所において自動的に警報するための装置その他の適切に防護するための設備を設けなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、緊急時対策所に変更はないため、本変更により影響を受ける規則要求はない。</p>
<p>(通信連絡設備)            第二十七条 工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置（安全機能を有する施設に属するものに限る。）及び多様性を確保した通信連絡設備（安全機能を有する施設に属するものに限る。）を設けなければならない。            2 工場等には、設計基準事故が発生した場合において再処理施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多様性を確保した専用通信回線を設けなければならない。</p>	<p>本変更により設置位置を変更する安全冷却水系冷却塔Aとそこへ設置する配管、安全上重要な設備に再度整理した安全冷却水循環ポンプにより、通信連絡設備に変更はないため、本変更により影響を受ける規則要求はない。</p>

## 2 章 補足説明資料

## 再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト

## 安全冷却水系冷却塔の設置位置の変更

再処理施設 安全審査 整理資料 補足説明資料		備考
資料No.	名称	
補足説明資料1	安全冷却水系冷却塔Aの変更前後の配置について	
補足説明資料2	安全冷却水系冷却塔Aの設置位置変更により追加となる配管の圧力損失について	
補足説明資料3	新たに設置する安全冷却水系冷却塔Aの耐震評価について	
補足説明資料4	冷却塔の伝熱計算について	
補足説明資料5	安全冷却水系(A系)の熱負荷と冷却水流量について	
補足説明資料6	冷却水循環ポンプの揚程について	
補足説明資料7	安全冷却水系の系統構成について	
補足説明資料8	鋼板に対する最小必要厚の算出方法について	
補足説明資料9	安全冷却水系冷却塔の竜巻防護対策設備の構造について	
補足説明資料10	安全冷却水冷却塔Aの構造について	
補足説明資料11	安全冷却水系冷却塔Aの設置位置変更による必要となる膨張槽の容量について	
補足説明資料12	安全冷却水系冷却塔Aの設置位置変更による電気計装設備の構成変更について	
参考資料1	再処理施設の地盤モデルについて	

## 補足説明資料 1

安全冷却水系冷却塔 A の変更前後の配置について

## 目次

1. 概要
2. 安全冷却水系冷却塔 A の変更前後の配置について

## 1. 概要

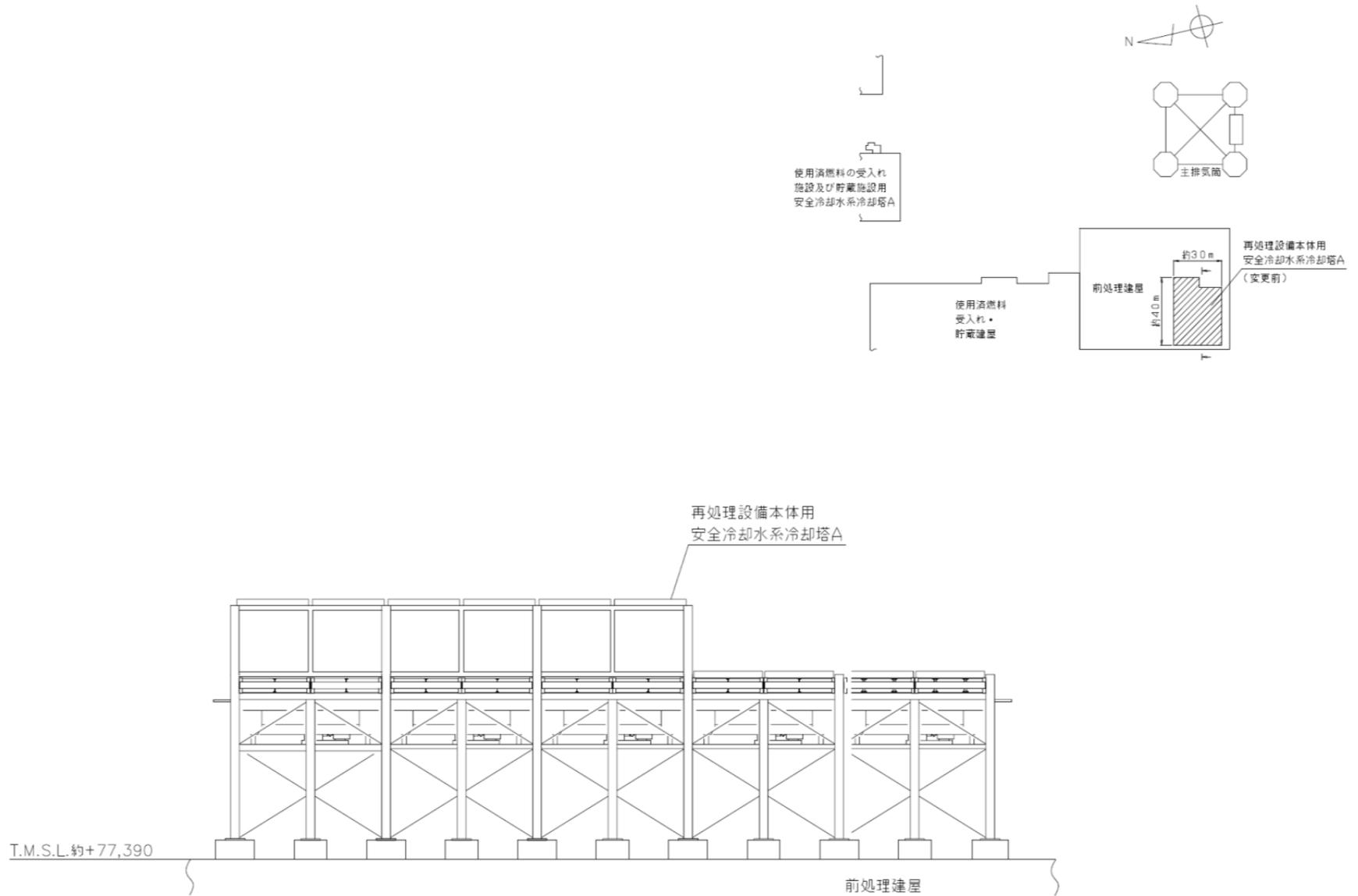
再処理施設用の安全冷却水系冷却塔 A の変更前後の配置図を示す。

## 2. 安全冷却水系冷却塔 A の変更前後の配置について

再処理施設用の安全冷却水系冷却塔 A の変更前の配置図を第 1 図，変更後の配置図を第 2 図に示す。

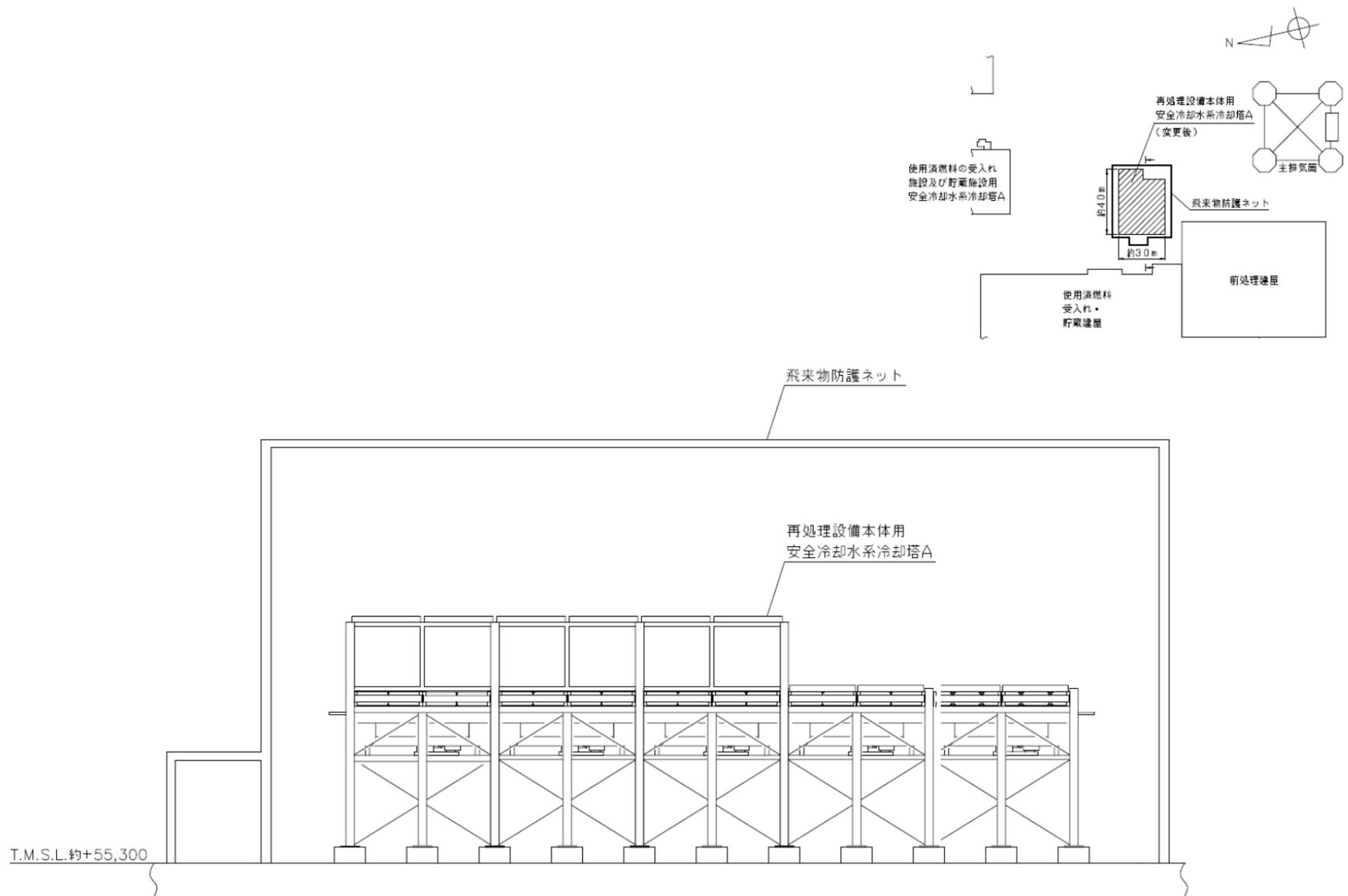
変更後の配置図を拡大したものを第 3 図に示す。

以上



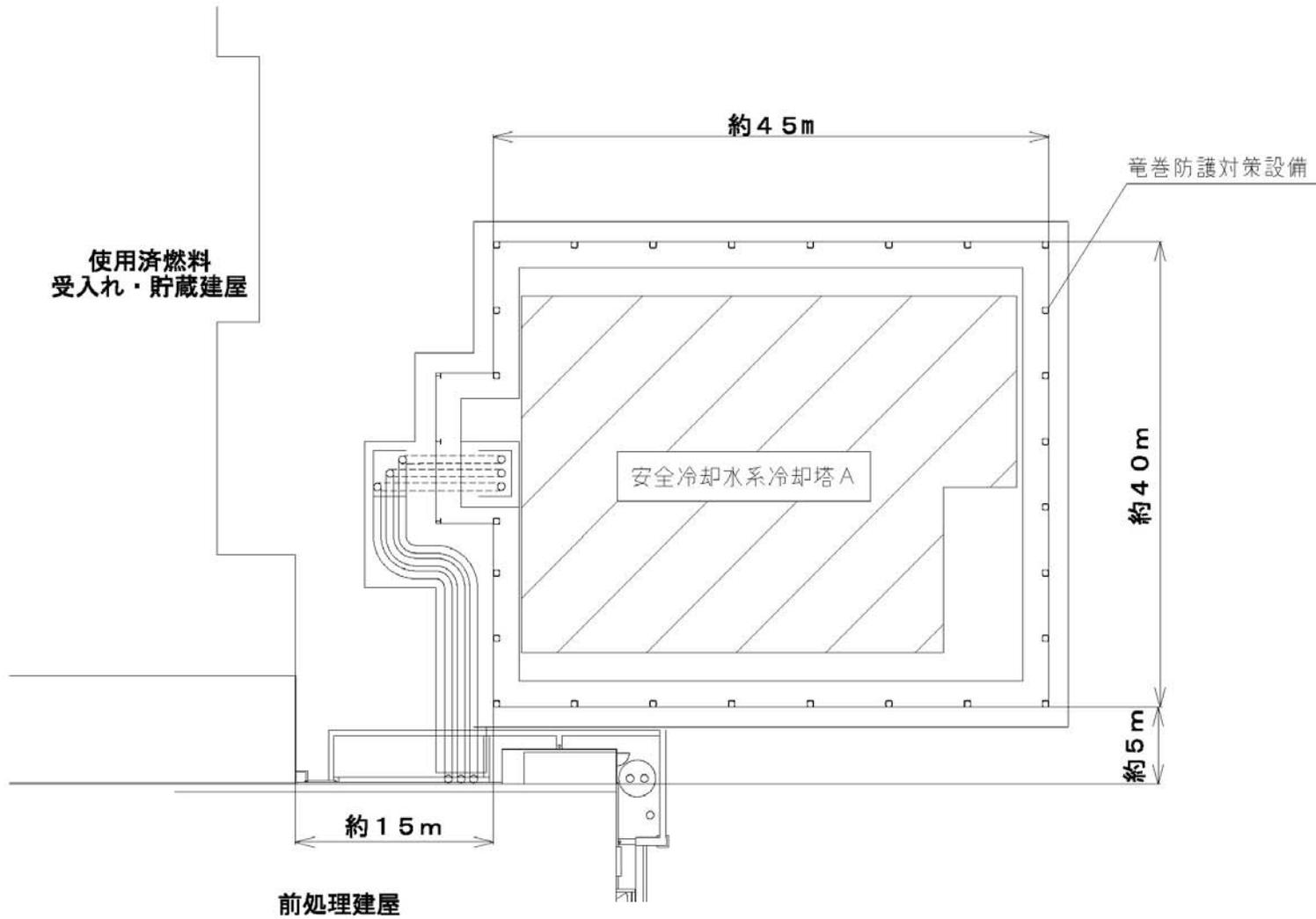
第1図 安全冷却水系冷却塔A 配置図 (変更前)

補 1-2



第2図 安全冷却水系冷却塔A 配置図 (変更後)

補 1-3



第 3 図 安全冷却水系冷却塔 A 配置図（変更後）（拡大）

## 補足説明資料 2

安全冷却水系冷却塔 A の設置位置変更により  
追加となる配管の圧力損失について

## 目次

1. 概要
2. 安全冷却水系冷却塔 A の設置位置変更により追加となる配管の圧力損失について
3. 冷却水循環ポンプ A, B の流量と揚程の関係について

## 1. 概要

再処理設備本体用の安全冷却水系冷却塔Aの設置位置を前処理建屋屋上から前処理建屋北側地上へ変更した場合に追加となる配管の圧力損失を示す。

## 2. 安全冷却水系冷却塔Aの設置位置変更により追加となる配管の圧力損失について

### (1) 追加となる配管

前処理建屋屋上から前処理建屋北側地上に設置位置を変更した場合に追加となる配管は以下のとおりである。

- ・配管口径：600A, S c h 30 (外径：609.6mm, 厚さ：14.3mm)
- ・配管長：約360m
- ・配管の曲がり：32か所

### (2) 圧力損失の評価式

配管の圧力損失は円管内の流動による圧力損失の評価式であるFanningの式<sup>(1)</sup>で算出する。

$$\Delta P = 4f \left( \frac{\rho v^2}{2} \right) (L/d)$$

- ・  $\Delta P$  : 圧力損失 [Pa]
- ・  $f$  : 管摩擦係数 [—]
- ・  $\rho$  : 流体密度 [kg/m<sup>3</sup>]
- ・  $v$  : 流速 [m/s]
- ・  $L$  : 配管長 [m]
- ・  $d$  : 管内径 [m]

また、配管の曲がりについては、配管長に管相当長さ  $L_0$  を適用して同様の式で算出する。

$$\Delta P = 4f \left( \frac{\rho v^2}{2} \right) (L_0/d)$$

- ・  $L_0$  : 管相当長さ [m]

摩擦係数については、Moody 線図<sup>(1)</sup>より設定する。Moody 線図は管表面の粗さ、流体のレイノルズ数と摩擦係数の関係を表した図であり、管表面の粗さ、レイノルズ数は以下で求める。

- ・  $\varepsilon$  : 管表面粗さ [mm]

- Re : レイノルズ数 ( $= \rho v d / \mu$ ) [-]
- $\mu$  : 粘度 [Pa・s]

(3) 評価パラメータ

(2) に示す圧力損失  $\Delta P$  算出のための各パラメータは第1表のとおりとする。

第1表 パラメータ設定

パラメータ	単位	設定値	備考
f : 管摩擦係数	—	0.004	Moody 線図 <sup>(1)</sup> から設定
$\rho$ : 流体密度	kg/m <sup>3</sup>	1054.5	運転最低温度 5°Cにおける比重から設定
v : 流速	m/s	1.71	流量 : 1630m <sup>3</sup> /h と管内径より設定
L : 配管長	m	360	(1) から設定
d : 管内径	m	0.581	(1) から設定
L <sub>0</sub> : 管相当長さ	m	18.592	標準曲率の 90° エルボ (L <sub>0</sub> /d=32) <sup>(1)</sup> 1個あたりの相当長さ (90° エルボ数 : 32)
$\epsilon$ : 管表面粗さ	mm	0.05	市販鋼管の表面粗さ <sup>(2)</sup>
$\mu$ : 粘度	Pa・s	0.005	ナイブライン(50wt%)の物性値 <sup>(3)</sup> より運転最低温度 5°Cの値を設定
Re : レイノルズ数	—	2.07×10 <sup>5</sup>	上記パラメータから算出

(4) 圧力損失の評価結果

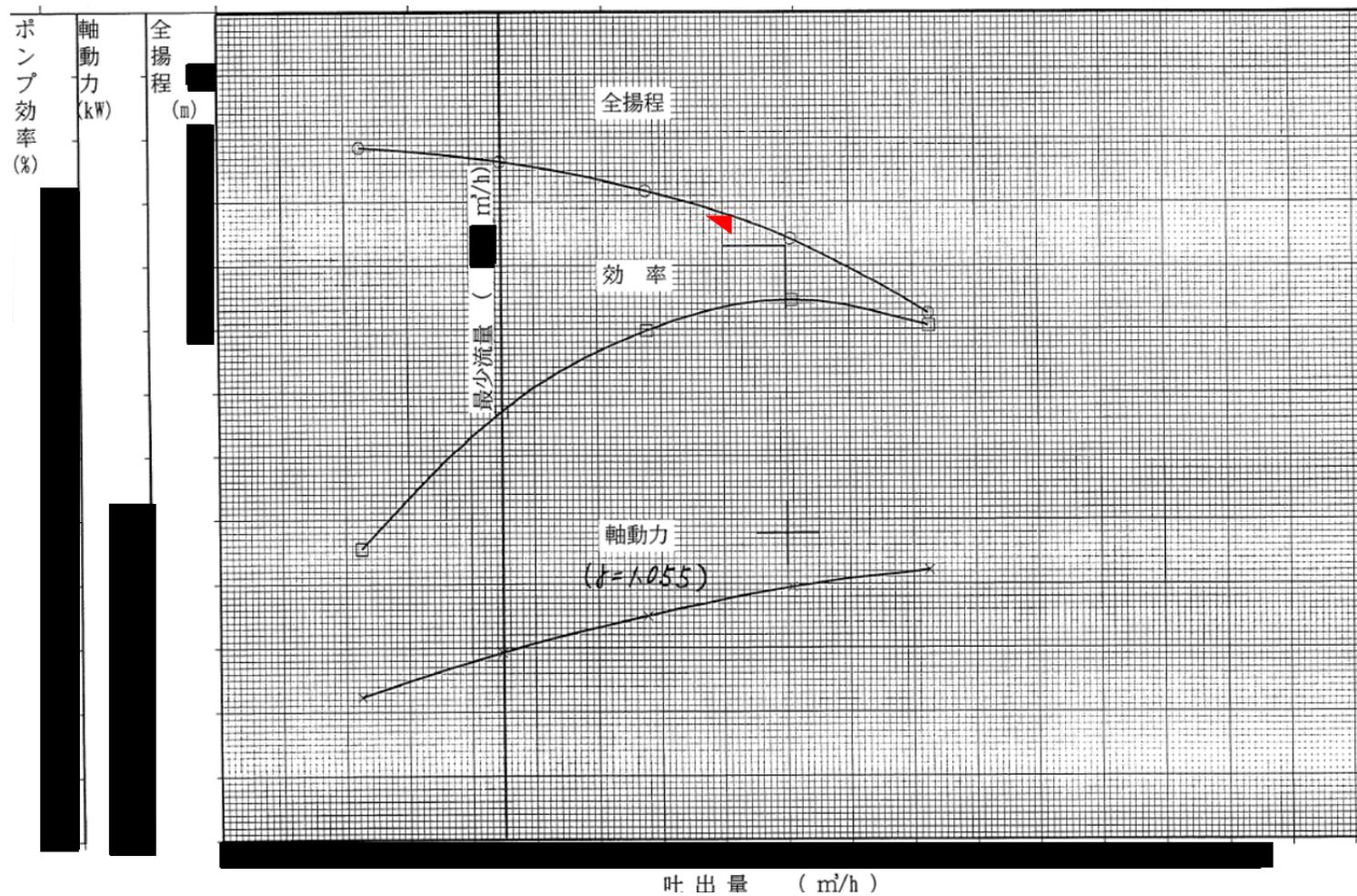
(2) 及び (3) より圧力損失は約 4 0 5 4 4 Pa (約 3.9m) である。

$$\begin{aligned} \Delta P &\doteq 4 \times 0.004 \times (1054.5 \times 1.71^2 / 2) \\ &\quad \times (360 / 0.581 + 32 \times 18.592 / 0.581) \\ &\doteq 40544.4 \text{ Pa} \\ &\doteq 3.92\text{m} (= 40544.4 / 9.80665 / 1054.5) \end{aligned}$$

3. 冷却水循環ポンプ A, B の流量と揚程の関係について  
冷却水循環ポンプ A, B の性能 (流量と揚程) を第 1 図に示す。

<参考文献>

- (1) 化学工学便覧 第 6 版
- (2) 機械工学便覧 改訂第 6 版
- (3) ナイブライン技術資料 (日曹商事カタログ)



第1図 冷却水循環ポンプA, Bの流量と揚程

補 2-2-1

■ については商業機密の観点から公開できません。

## 補足説明資料 3

新たに設置する安全冷却水系冷却塔 A の  
耐震評価について

## 目次

1. 概要
2. 位置
3. 構造
4. 解析方針
5. 解析方法
6. まとめ

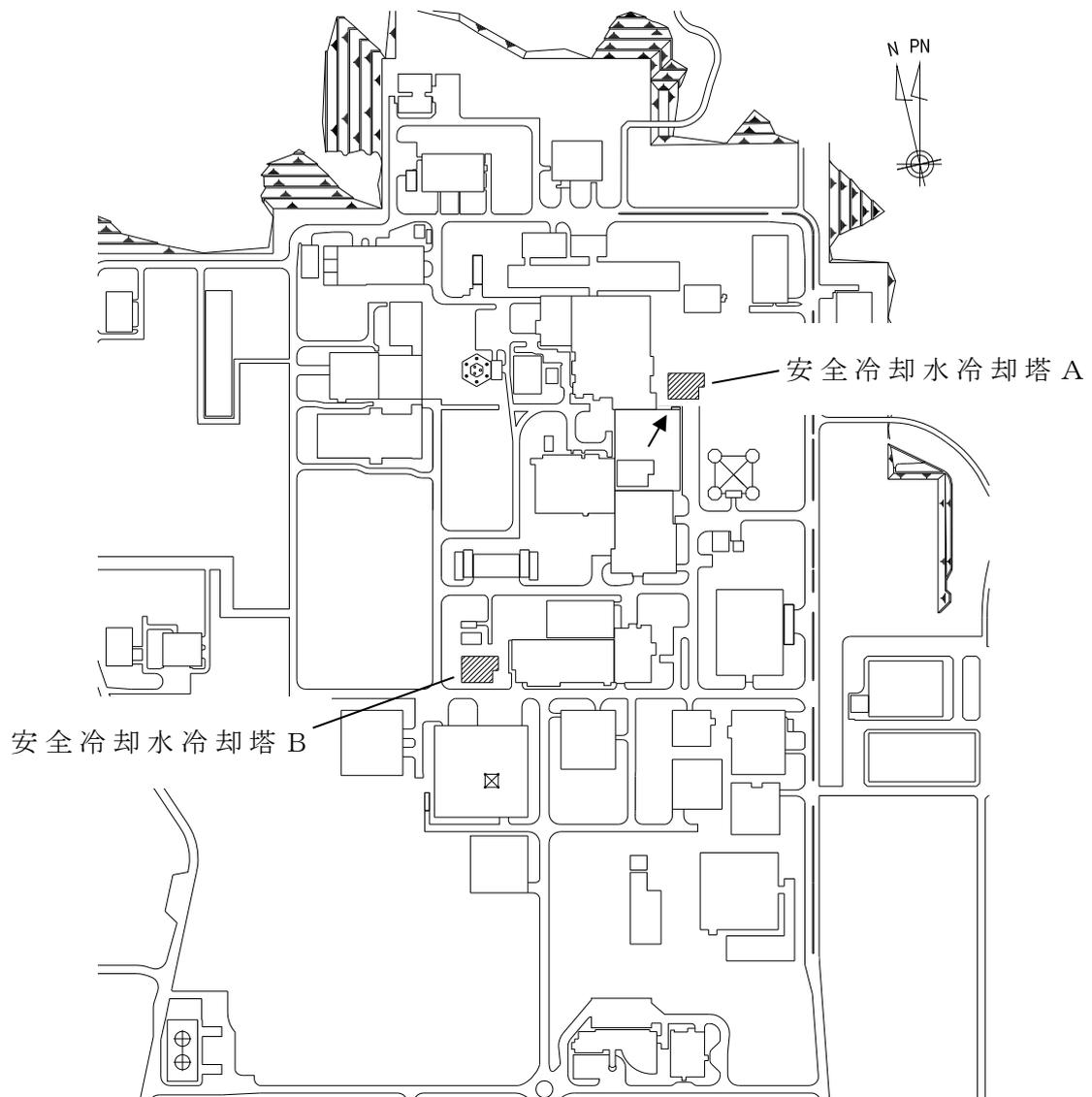
## 1. 概要

新たに設置する安全冷却水系冷却塔 A は既設の安全冷却水系冷却塔 B と同じ構造としている。

本資料では、安全冷却水系冷却塔 A の耐震評価条件について安全冷却水系冷却塔 B の耐震評価条件との対応について確認するものである。

## 2. 位置

安全冷却水冷却塔の設置位置を第 2-1 図に示す。

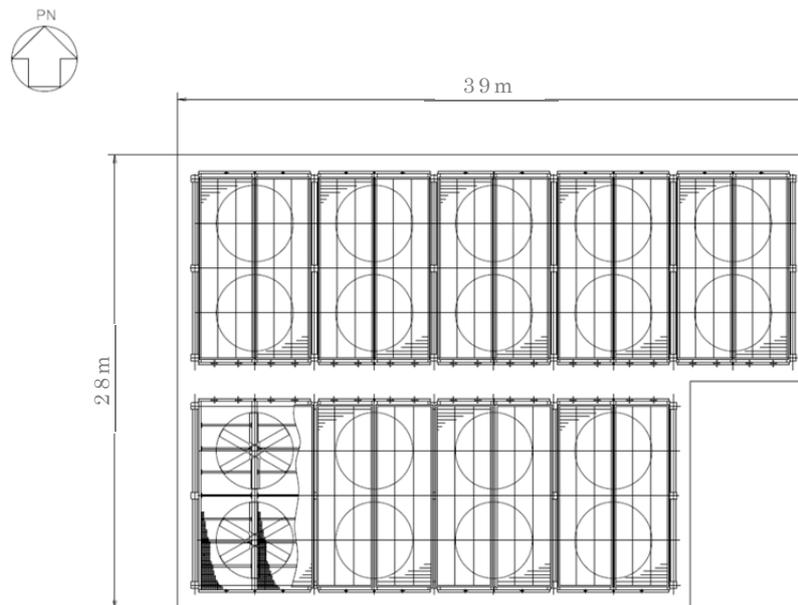


第 2-1 図 安全冷却水冷却塔基礎の設置位置

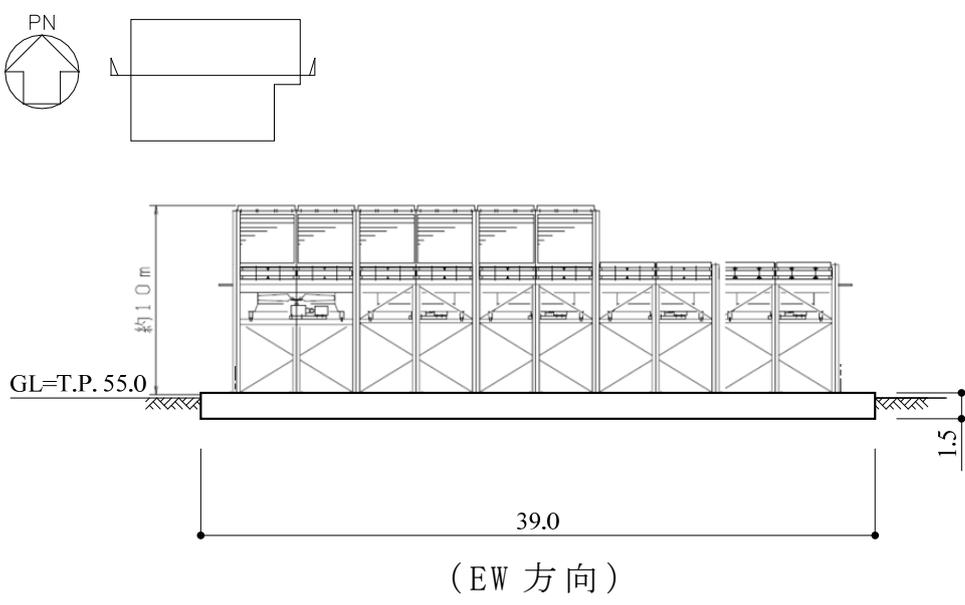
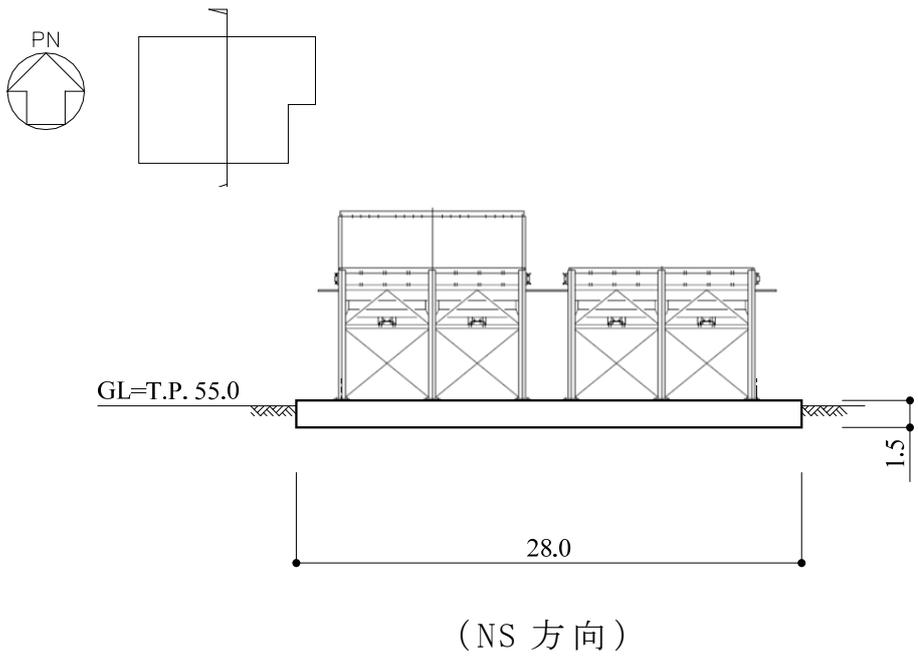
### 3. 構造概要

新たに設置する安全冷却水系冷却塔 A は，安全冷却水系冷却塔 B と同一の構造を用いることとしている。安全冷却水系冷却塔の平面図を第 3-1 図に，断面図を第 3-2 図に示す。

冷却塔の主体構造は鉄骨造であり，基礎の主体構造は鉄筋コンクリート造である。基礎の平面規模は主要部分で 28m(NS) × 39m(EW) である。



第 3-1 図 平面図（単位：m）

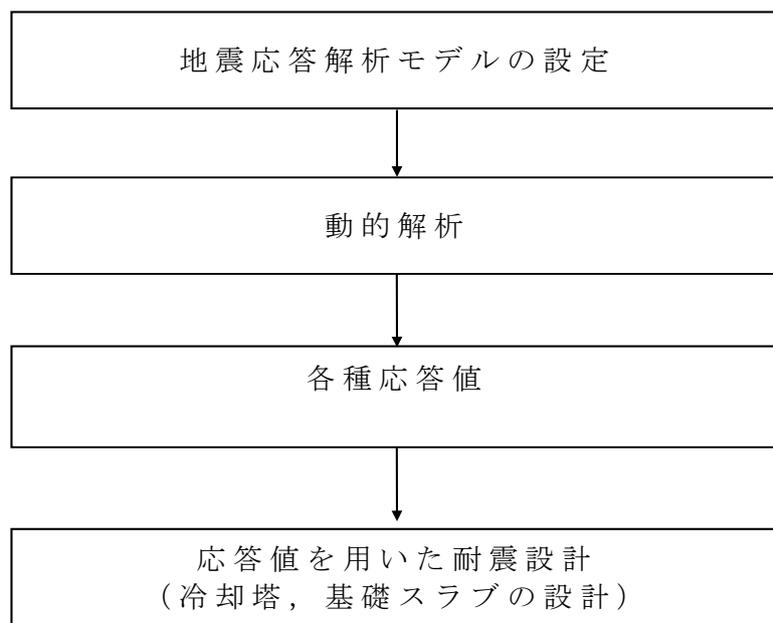


第 3-2 図 断面図 (单位 : m)

補 3-3

#### 4. 耐震評価方法

安全冷却水冷却塔に対する耐震評価フロー（概略）を第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 安全冷却水冷却塔の耐震評価フロー（概略）

## 5. 評価方法

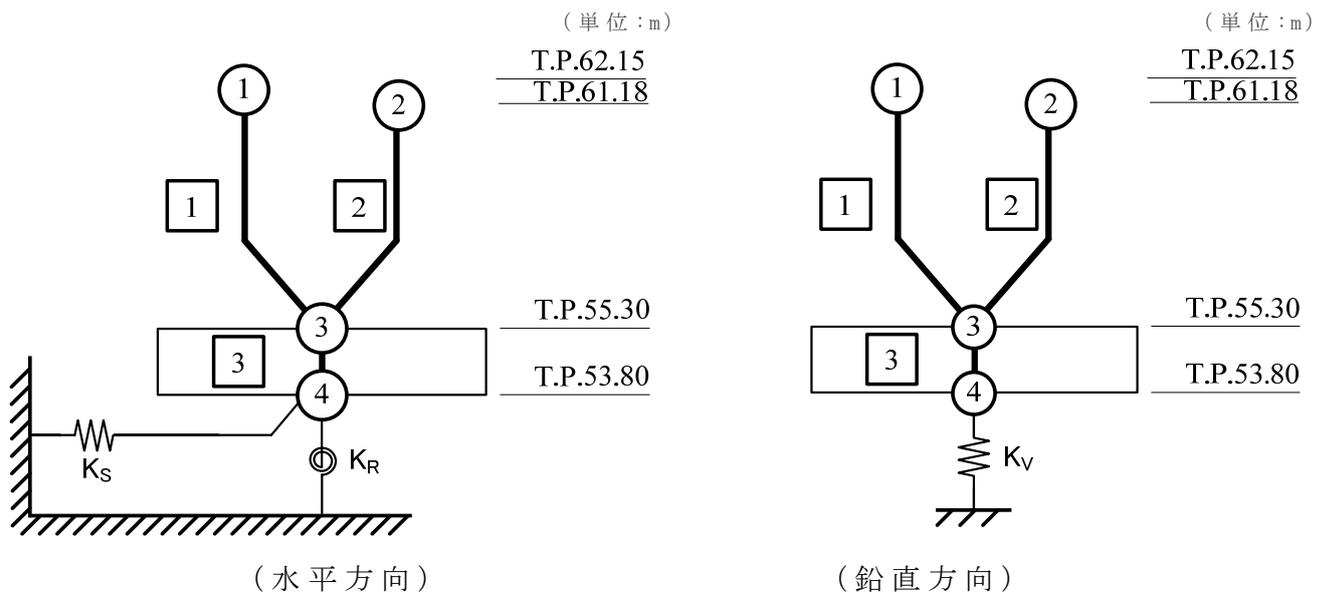
### 5. 1 地震応答解析モデルの設定

動的地震力の算定に用いる地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した多軸多質点系モデルを用いる。水平方向の地震応答解析モデルは、基礎スラブ及び冷却塔のせん断剛性と曲げ剛性を考慮する。鉛直方向の地震応答解析モデルは、基礎スラブ及び冷却塔の軸剛性を考慮する。また、地盤を地盤ばねに置換する。地震応答解析モデルを第 5-1 図に示す。

新たに設置する安全冷却水系冷却塔 A は、安全冷却水系冷却塔 B と同一構造であり、同一地盤である鷹架層に設置するため、地震応答解析モデルは同一となる。

注記 1：○数字は質点番号を示す。

注記 2：□数字は要素番号を示す。



第 5-1 図 地震応答解析モデル

## 5. 2 入力地震動算定

地震応答解析モデルへ入力する入力地震動算定は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面において策定した基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  に対する基礎底面位置の地盤の応答として評価したものをを用いる

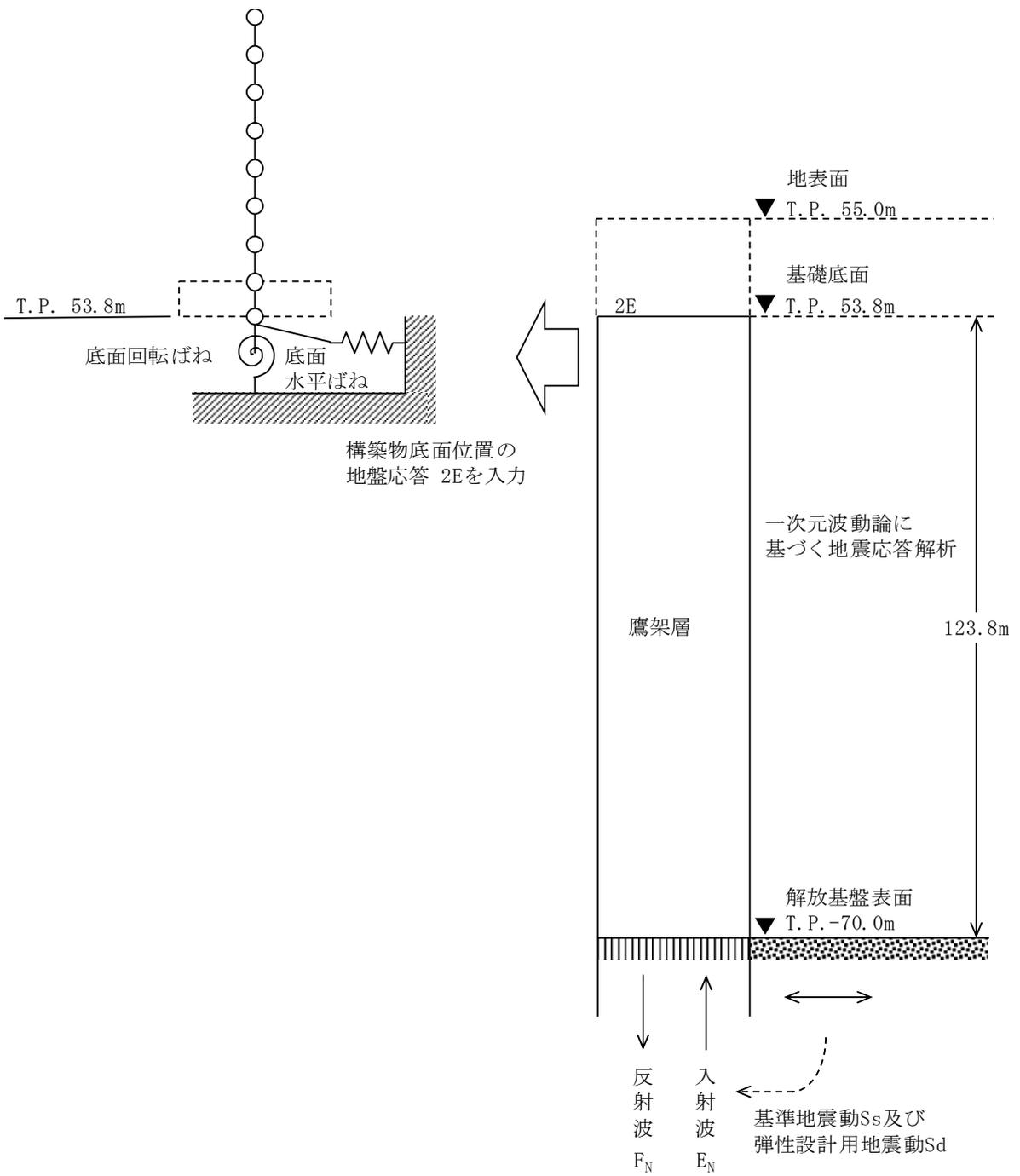
地盤モデルの物性値を第 5-1 表に，地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を第 5-2 図及び第 5-3 図に示す。

新たに設置する安全冷却水系冷却塔 A は，安全冷却水系冷却塔 B と同一地盤である鷹架層に設置するため，地盤モデル及び入力地震動は同一となる。

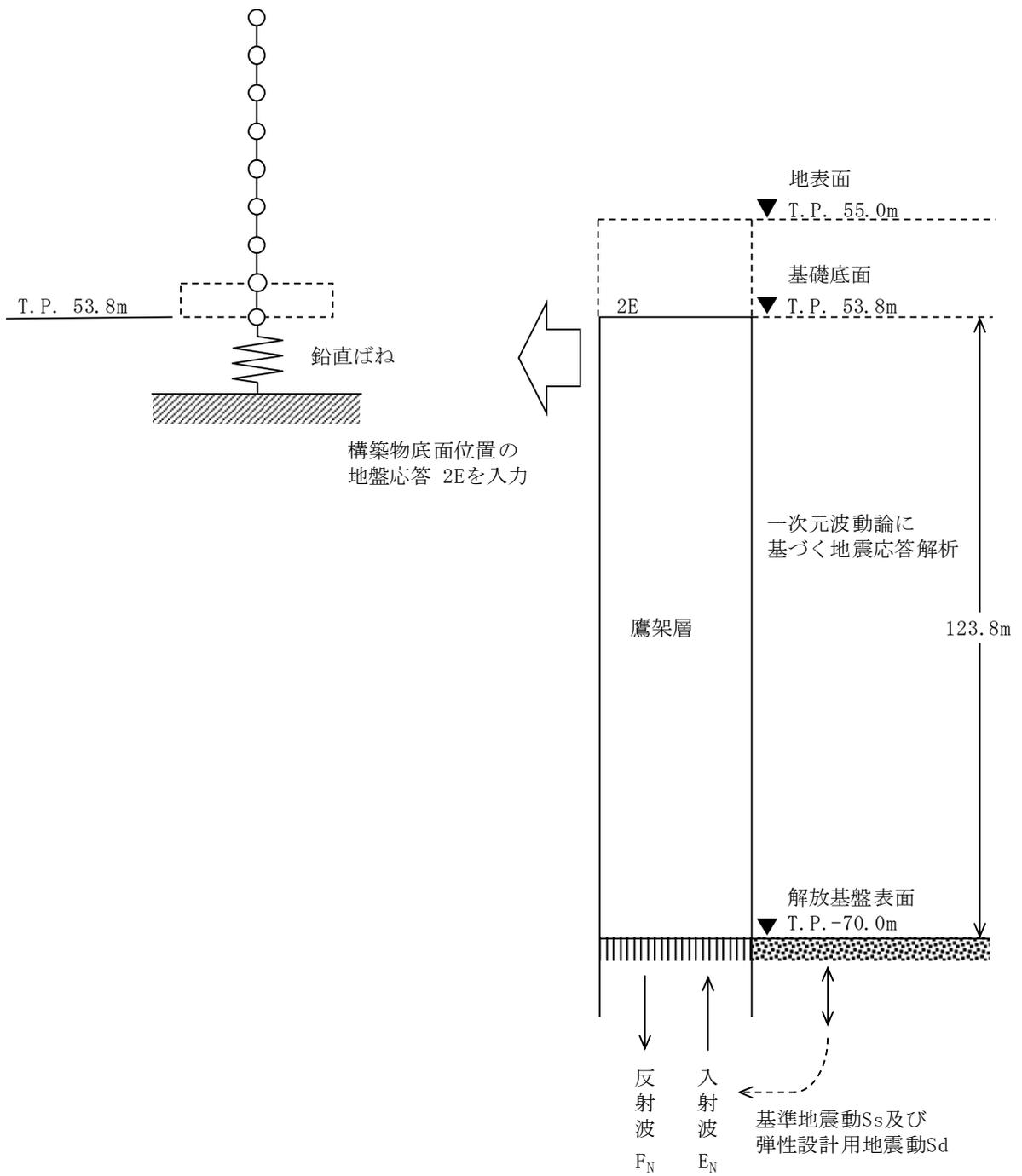
第 5-1 表 地盤の物性値（中央地盤）

標高 T.P. (m)	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (km/s)	P波速度 $V_p$ (km/s)	減衰定数 h (%)
▽基礎スラブ底面				
53.80	18.1	0.66	1.84	3.0
42.00	18.2	0.76	1.91	
鷹架層 22.00	18.2	0.80	1.95	
4.00	17.8	0.82	1.95	
▽解放基盤表面	17.0	0.82	1.95	
-70.00				

参考資料 1 「再処理施設の地盤モデルの設定について」



第 5-4 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図  
(水平方向)



第 5-5 図 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図  
(鉛直方向)

## 6. まとめ

新たに設置する安全冷却水系冷却塔 A は，安全冷却水系冷却塔 B と構造及び設置する地盤区分が同一であることにより，地震応答解析モデル，地盤モデル及び入力地震動が同一となるため，安全冷却水系冷却塔 B と同じ耐震評価条件となる。

## 補足説明資料 4

冷却塔の伝熱計算について

## 目次

1. 概要
2. 計算方法
3. 冷却塔の伝熱計算
4. 参考文献

## 1. 概要

安全冷却水系冷却塔 A が必要な除熱能力を有していることを示すため、実際の伝熱面積が計算上必要な伝熱面積を上回っており崩壊熱除去機能を持っていることについて説明する。

## 2. 計算方法

安全冷却水系冷却塔 A が計算上必要な伝熱面積は、以下の式で示される。

$$A=Q / (U \times \Delta t_t)$$

A : 計算上必要な伝熱面積

Q : 崩壊熱量

U : 総括伝熱係数

$\Delta t_t$  : 対数平均温度差

計算の結果を第 1 表に示す。

第 1 表安全冷却水系冷却塔の計算上必要な伝熱面積と実際の伝熱面積との関係

設備名 : 安全冷却系

機器名称	熱交換量 Q [W/基]	総括伝熱 係数 U [W/m <sup>2</sup> K]	対数平均 温度差 $\Delta t_t$ [W/m <sup>2</sup> K]	計算上必要 な伝熱面積 A [m <sup>2</sup> ]	実際の 伝熱面積 [m <sup>2</sup> ]	備考
安全冷却水 系冷却塔 A	■	■	■	■	■	

第 1 表に示す通り、安全系冷却水系冷却塔 A は実際の伝熱面積が計算上必要な伝熱面積を上回っていることから、必要な崩壊熱除去機能を有している。

■については商業機密の観点から公開できません。

### 3. 冷却塔の伝熱計算

対数平均温度差  $\Delta t_t$  及び総括伝熱係数  $U$  は以下のとおり求める。

(1) 計算条件

熱交換量 :  $Q$  kcal/h  
冷却空気入口温度 :  $T_1$  °C  
冷却水出口温度 :  $t_2$  °C  
冷却空気流量 :  $W_s$  kg/h  
冷却水流量 :  $W_c$  m<sup>3</sup>/h

(2) 空気と冷却水の対数平均温度  $\Delta t_t$  の計算

空気と冷却水の対数平均温度  $\Delta t_t$  は下式により求める。

$$\Delta t_t = \frac{|T_1 - t_2| - |T_2 - t_1|}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad \text{°C} \quad (3)$$

$T_1$  : 冷却空気入口温度 °C

$T_2$  : 冷却空気出口温度 =  $T_1 + Q / (C_a W_s)$  °C

$t_1$  : 冷却水入口温度 =  $t_2 + Q / (C_c \gamma_i W_c)$  °C

$t_2$  : 冷却水出口温度 °C

$Q$  : 熱交換量 kcal/h

$W_c$  : 冷却水流量 m<sup>3</sup>/h

$W_s$  : 冷却空気流量 kg/h

$\gamma_i$  : 冷却水の比重 kg/m<sup>3</sup>

$C_c$  : 冷却水の比熱 kcal/kg°C

$C_a$  : 冷却空気の比熱 kcal/kg°C

(3) 総括伝熱係数Uの計算

総括伝熱係数は下式であらわされる。

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + r_{f_o} + \left[ \frac{1}{h_i} + r_{f_i} \right] \frac{A_o}{A_i} + r_{jw} \frac{A_o}{A_{b_o}}}$$

ただし、

- U : 総括伝熱係数 kcal/m<sup>2</sup> h °C
- h<sub>o</sub> : 冷却空気側熱伝達率 kcal/m<sup>2</sup> h °C
- h<sub>i</sub> : 冷却水側熱伝達率 kcal/m<sup>2</sup> h °C
- r<sub>f\_o</sub> : 冷却空気側汚れ係数 m<sup>2</sup> h °C/kcal
- r<sub>f\_i</sub> : 冷却水側汚れ係数 m<sup>2</sup> h °C/kcal
- r<sub>w</sub> : 伝熱管の伝熱抵抗 m<sup>2</sup> h °C/kcal

A. : フィン基準伝熱面積

$$= \pi D_r (1 - f_t N_f) \div 2 \cdot \frac{\pi}{4} (D_f^2 - D_r^2) N_f \div \pi D_f f_t N_f$$
$$\text{m}^2/\text{m}$$

$D_f$  : フィン外径 mm

$D_r$  : フィン元径 mm

$f_t$  : フィン厚さ mm

$N_f$  : フィン枚数 枚/m

$A_i$  : 管内側基準伝熱面積 =  $\pi d_i$  m<sup>2</sup>/m

$D_i$  : 伝熱管内径 mm

$A_{bo}$  : 裸管基準伝熱面積 =  $\pi D_r$  m<sup>2</sup>/m

ここで  $h_i$  は、下記より求められる。

$$h_i = \frac{\lambda_i}{d_i} N_{u_i}$$

ただし、

$N_{u_i}$  : ヌセルト数 =  $0.023 \times R_{ei}^{0.6} \times P_{ri}^{0.4}$  (4)

$R_{ei}$  : レイノルズ数 =  $u_i d_i / \nu_i$

$P_{ri}$  : 冷却水のプラントル数

$\nu_i$  : 冷却水の動粘性係数 m<sup>2</sup>/s

$u_i$  : 冷却水の管内流速 m/s

$\lambda_i$  : 冷却水の熱伝導率 kcal/mh°C

また  $h_o$  は、下記より求められる。

$$h_o = 0.134 \times \left( \frac{G_{max} D_r}{\mu_o} \right)^{0.651} \left( \frac{C_a \mu_o}{\lambda_o} \right)^{0.33} \left( \frac{A}{H} \right)^{0.2} \left( \frac{A}{B} \right)^{0.1134} \left( \frac{\lambda_o}{D_r} \right)^{(5)}$$

ただし、

A : フィン間すきま mm

B : フィン厚さ mm

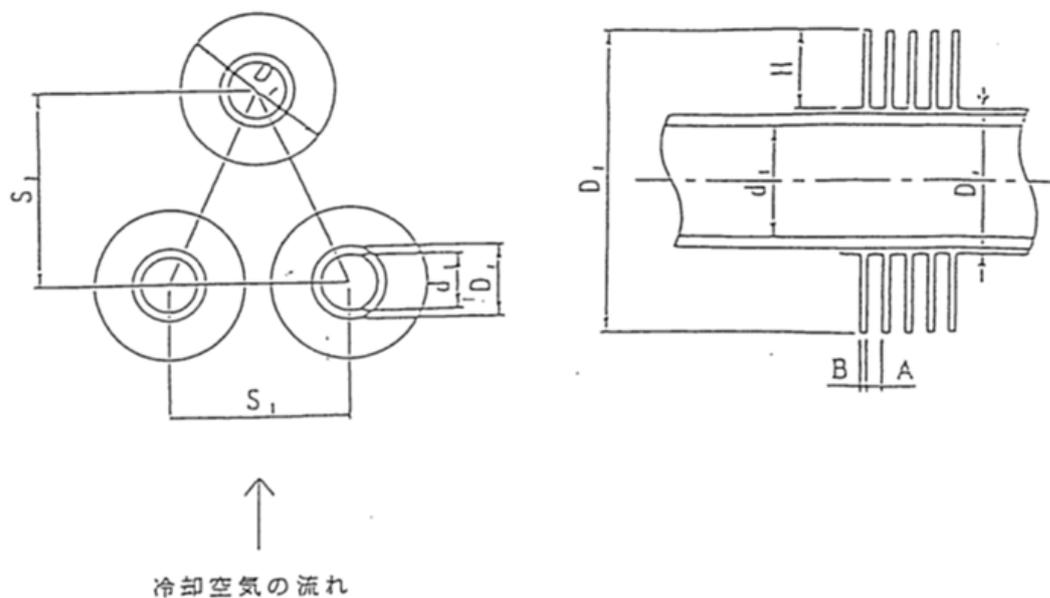
H : フィン高さ mm

$G_{max}$  : 冷却空気の単位面積当たりの重量流量 kg/m<sup>2</sup>h

$\mu_o$  : 冷却空気側粘性係数 kg/mh

$\lambda_o$  : 冷却空気側熱伝導率 kcal/mh°C

以上の計算に使う物性値等を第2表にまとめて示す。



伝熱管ピッチ :  $S_1 = \blacksquare$  mm  
 :  $S_2 = \blacksquare$  mm

#### 4. 参考文献

- (1) 化学工学協会「化学工学便覧」
- (2) 尾花 英朗「熱交換機設計ハンドブック」
- (3) 日本機械学会「機械工学便覧」
- (4) 日本機械学会「伝熱工学資料」
- (5) HEAT TRANSFER AND FLUID SERVICE HANDBOOK

$\blacksquare$  については商業機密の観点から公開できません。

第 2 表 冷却塔における対数平均温度差及び総括伝熱係数に使う物性値等

設備名：安全冷却系

項目	安全冷却水系冷却塔 A
$Q$	
$T_1$	
$t_1$	
$T_2$	
$t_2$	
$W_c$	
$W_s$	
$C_c$	
$C_a$	
$\gamma_i$	
$h_0$	
$h_i$	
$r_{f0}$	
$r_{f0}$	
$r_w$	
$A_0$	
$D_f$	
$D_r$	
$f_t$	
$N_f$	
$A_i$	
$d_i$	
$A_{b0}$	
$N_{ui}$	
$R_{ei}$	
$P_{ri}$	
$\nu_i$	
$u_i$	
$\lambda_i$	
$A$	
$B$	

■ については商業機密の観点から公開できません。

H			
$G_{\max}$			
$\mu_o$			
$\lambda_o$			

については商業機密の観点から公開できません。

## 補足説明資料 5

安全冷却水系（A系）の熱負荷と冷水流量について

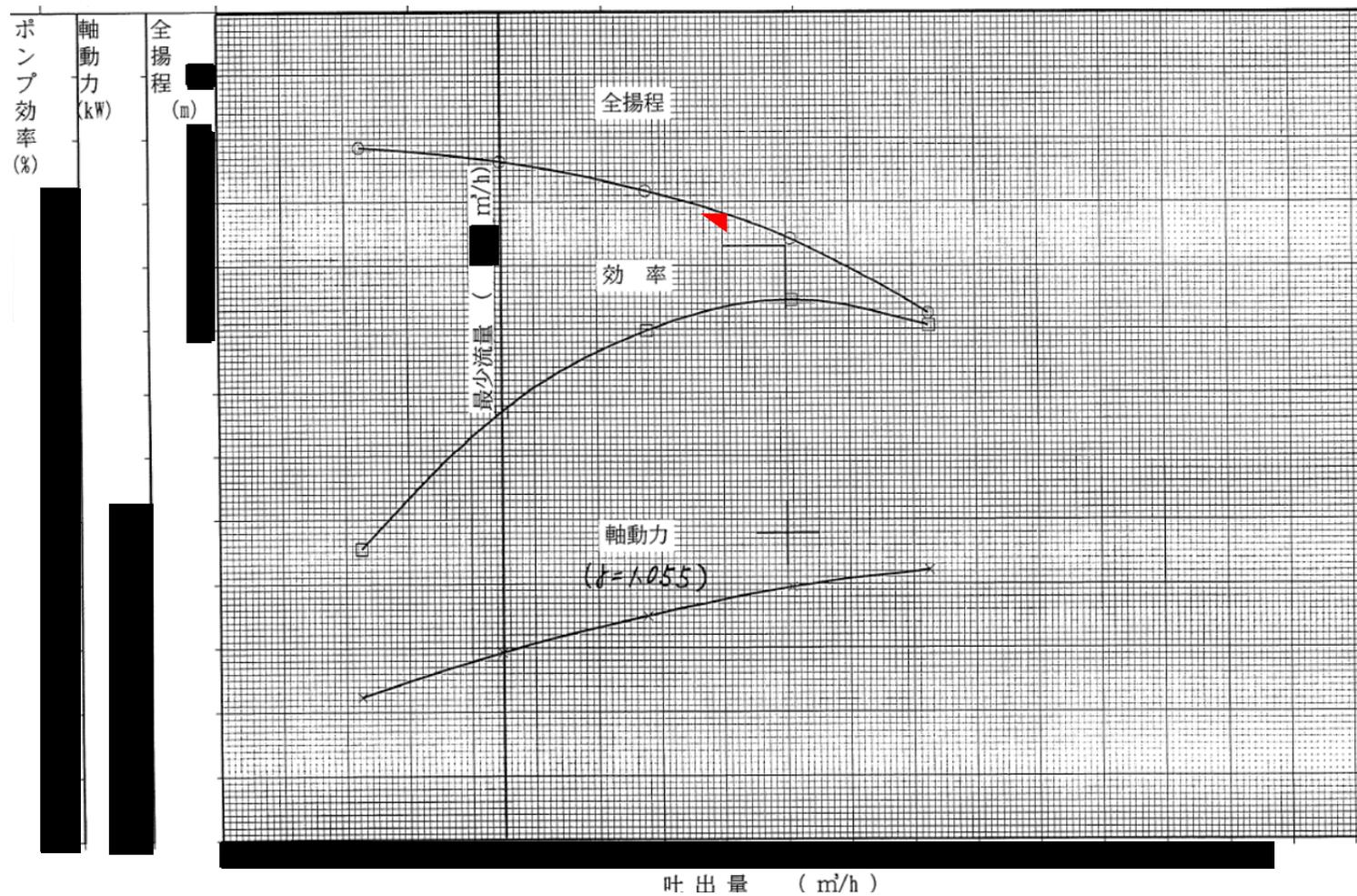
安全冷却水系（A系）の熱負荷と冷却水流量

建屋	機器名称	熱負荷[MW]	冷却水流量[m <sup>3</sup> /h]
前処理建屋	安全冷却水 1A 中間熱交換器	■	■
	安全冷却水 2 中間熱交換器		
	その他熱負荷		
分離建屋	中間熱交換器 A		
	安全冷却水 1A 中間熱交換器		
	安全冷却水 2 中間熱交換器		
精製建屋	安全冷却水中間熱交換器 A		
	安全冷却水中間熱交換器 C		
高レベル廃液ガラス固化建屋	第 1 高レベル濃縮廃液貯槽冷却水 A 中間熱交換器		
	第 2 高レベル濃縮廃液貯槽冷却水 A 中間熱交換器		
	不溶解残渣廃液貯槽冷却水 A 中間熱交換器		
	高レベル廃液共用貯槽冷却水 A 中間熱交換器		
	安全冷却水 A 中間熱交換器		
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	安全冷却水 A 第 1 中間熱交換器		
	その他熱負荷		
制御建屋	その他熱負荷		
合計		11.6	

■については商業機密の観点から公開できません。

## 補足説明資料 6

冷却水循環ポンプの揚程について



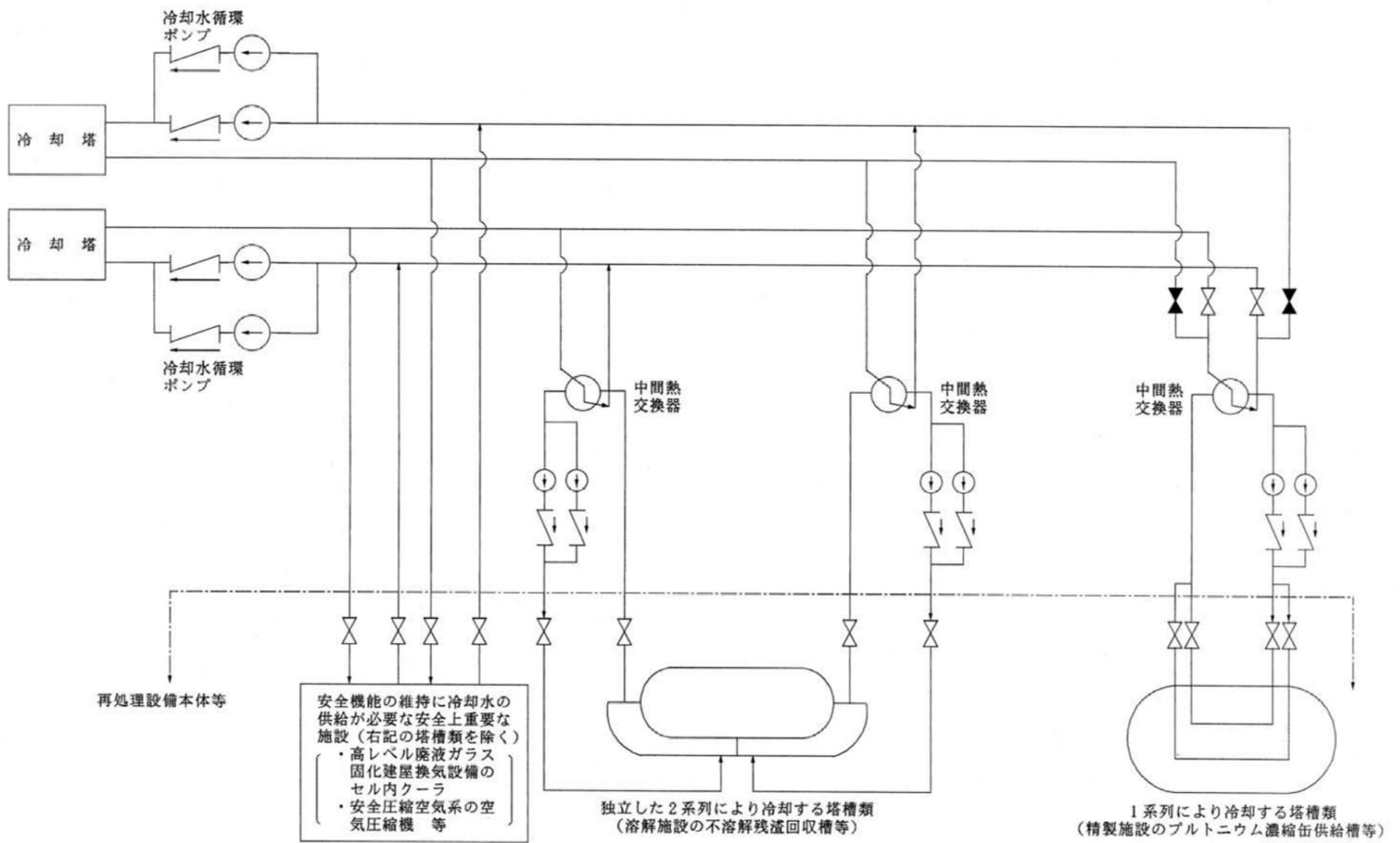
第1図 冷却水循環ポンプA, Bの流量と揚程

補6-1-1

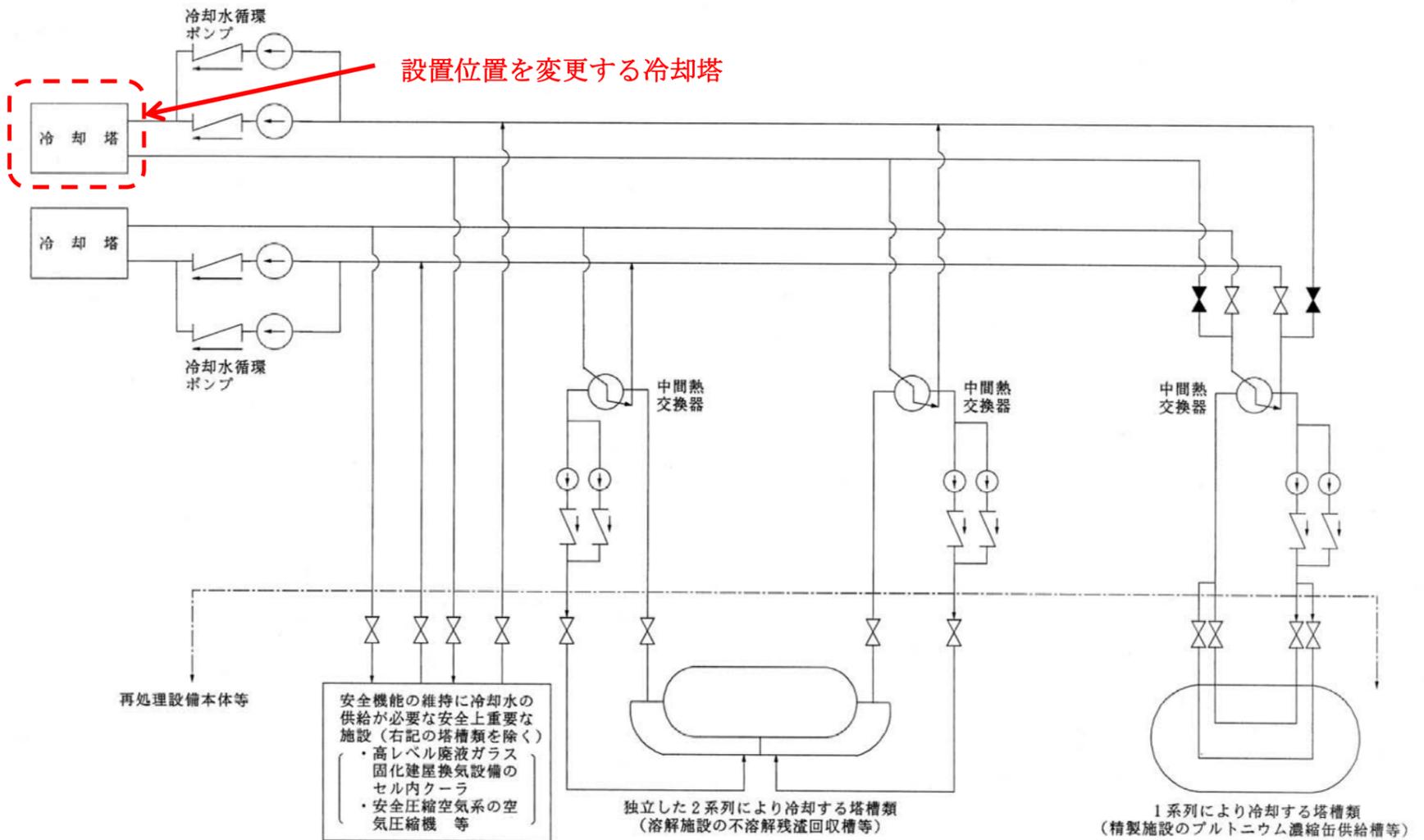
■ については商業機密の観点から公開できません。

## 補足説明資料 7

安全冷却水系の系統構成について



第1図 安全冷却水系の系統構成（変更前）



第2図 安全冷却水系の系統構成（変更後）

## 補足説明資料 8

鋼板に対する最小必要厚の算出方法について

## 目次

1. はじめに
2. BRL 式について
3. 最小必要厚さの算出結果
4. まとめ

## 鋼板に対する最小必要厚さの算出方法について

### 1. はじめに

本資料は、剛体円柱が衝突するときの鋼板の貫通を評価する BRL 式による、竜巻飛来物の貫通を防止するための最小必要厚さの算出方法についてまとめたものである。

なお、本資料では、SI 単位系に変換した BRL 式により、最小必要厚さを算出する方法をまとめる。

### 2. BRL 式について

鋼板の最小必要厚さは、下記に示す BRL 式を用いて算出する。

$$t^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 K^2 d^{\frac{3}{2}}}$$

ここで、

t=鋼板の最小必要厚さ(m)

m=飛来物質量(kg)

v=飛来物速度(m/s)

d=飛来物等価直径(m)

K=鋼板の質量に関する係数≒1

なお、参考資料①により、飛来物直径は飛来物断面と周長が等しくなる円の直径とする。

参考資料①：「竜巻飛来物を模擬した角管の落下衝突による鋼板の貫通評価」,機械学会論文集 Vol.83(2017), No.851, 16-00501

3. 最小必要厚さの算出結果

設計飛来物のうち鋼製材(長さ 4.2m×幅 0.3m×奥行 0.2m,質量 135kg,速度 51m/s)による最小必要厚さは以下の通り算出される。

m : 鋼製材の質量 135kg

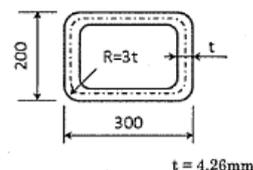
v : 鋼製材の速度 51m/s

d : 鋼製材と周長 $\ell$ (m)が同じ円の直径を等価直径 d(m)とする。

$$\begin{aligned} d &= \ell / \pi \\ &= \{(0.3+0.2) \times 2 - 3 \times 4.26 \times 10^{-3} \times 8 + 2\pi \times 3 \times 4.26 \times 10^{-3}\} / \pi \\ &= 0.3113259 \dots \\ &\doteq 0.31133 \text{ (m)} \end{aligned}$$

最小必要厚さは

$$\begin{aligned} t &= \{0.5 \times m \times v^2 / (1.4396 \times 10^9 \times 1^2 \times d^3)\}^{\frac{2}{3}} \\ &= 7.899153 \dots \times 10^{-3} \\ &\doteq 7.9 \times 10^{-3} \text{ (m)} \end{aligned}$$



断面図

4. まとめ

上記の通り,BRL 式により計算した結果,鋼製材の貫通を防止するための最小必要厚さは  $7.9 \times 10^{-3}$ (m)である。

以上

## 補足説明資料 9

安全冷却水系冷却塔の竜巻防護対策設備  
の構造について

## 目次

1. 安全冷却水冷却塔A飛来物防護ネット構造図（平面図、断面図）
2. 安全冷却水冷却塔A飛来物防護ネット構造図（外面図）

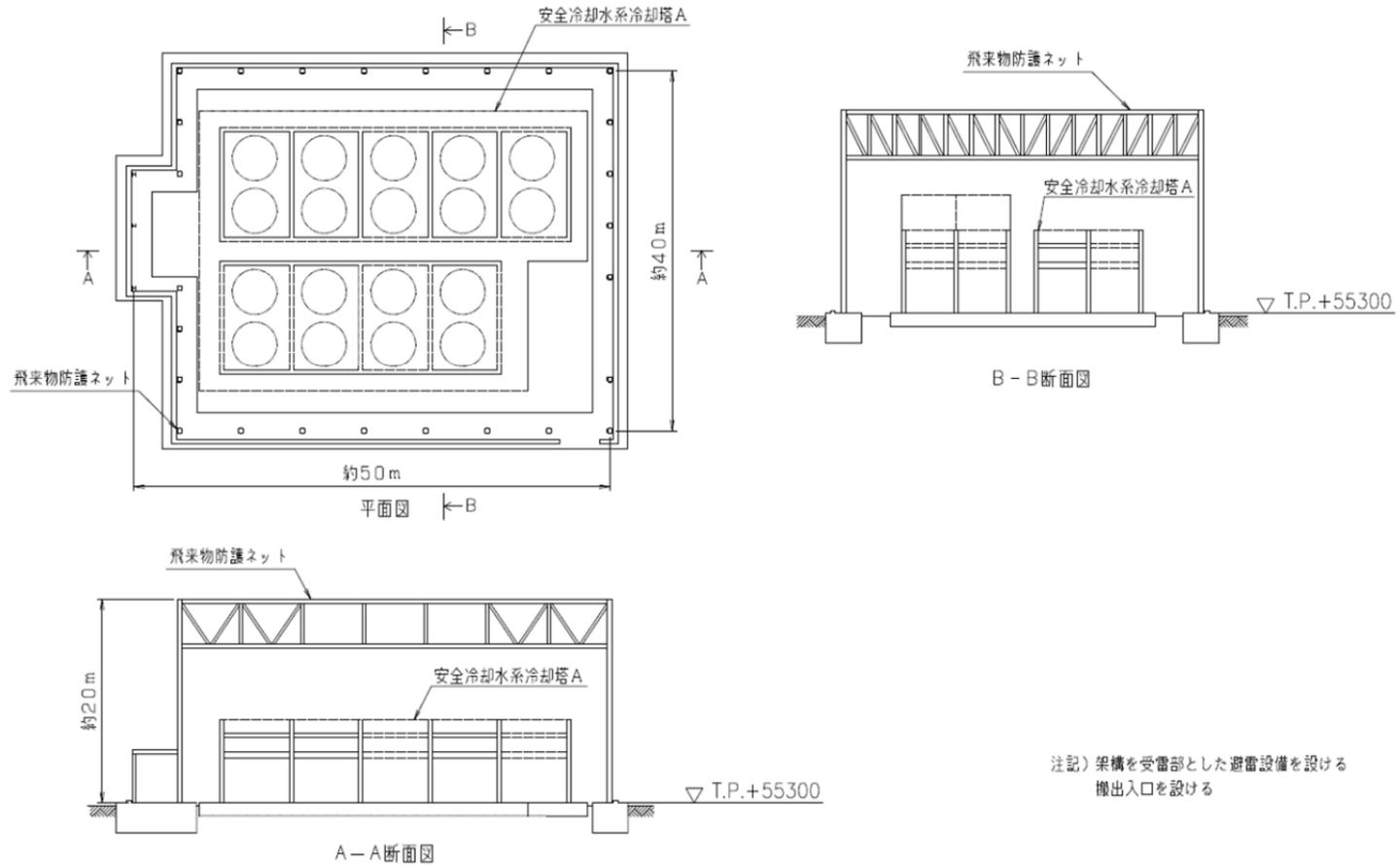


図 安全冷却水系冷却塔 A 飛来物防護ネット構造図

補 -1-1

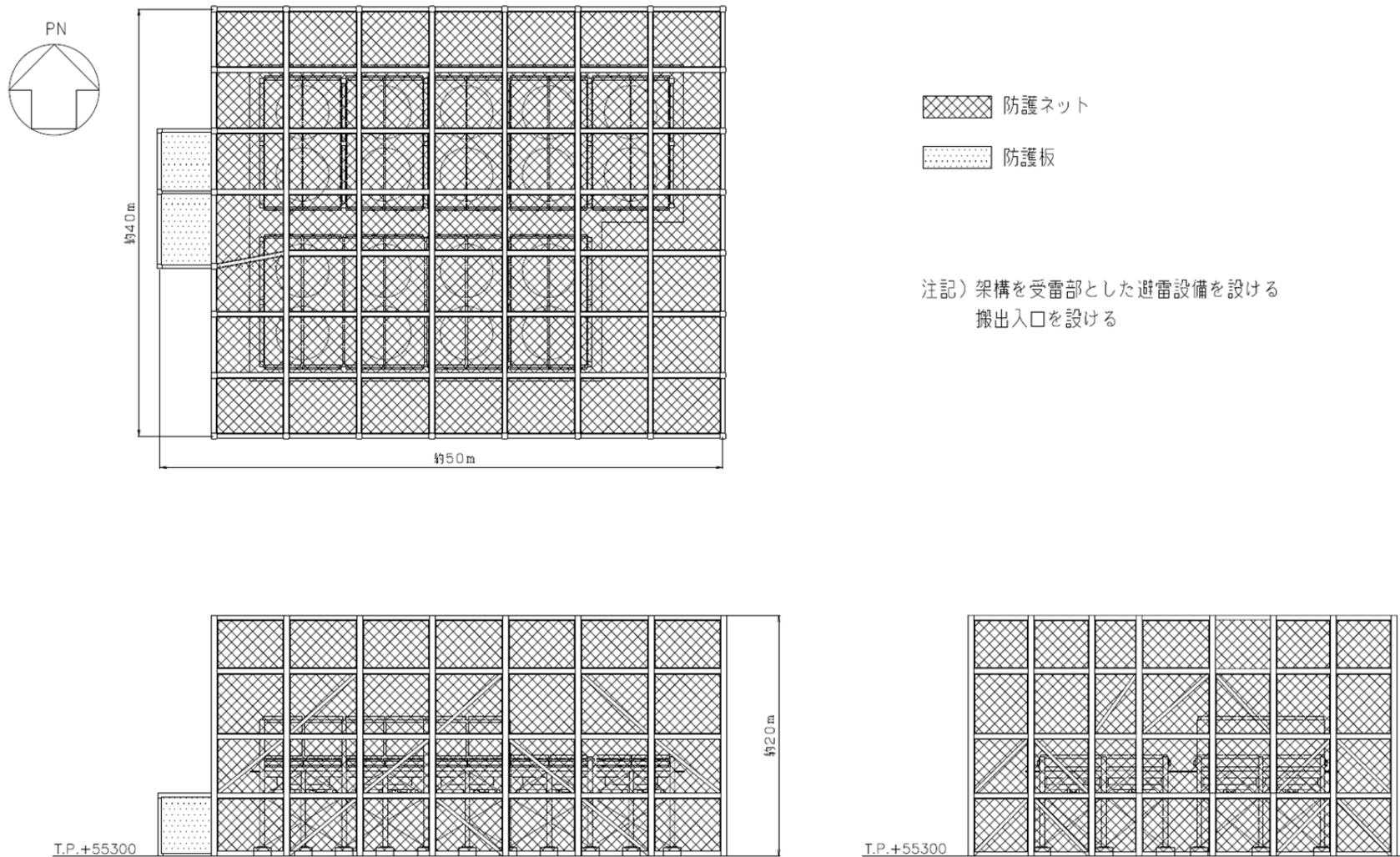
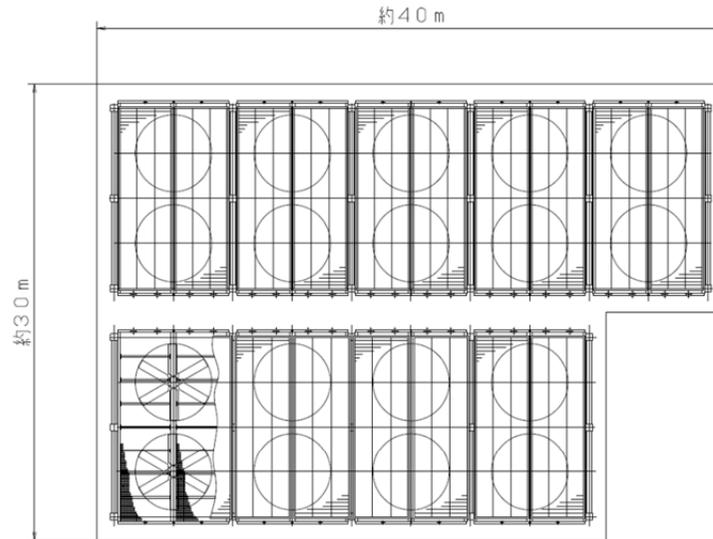


図 安全冷却水系冷却塔 A 飛来物防護ネット構造

図補 -1-2

## 補足説明資料 1 0

安全冷却水系冷却塔 A の構造について



名 称	—	安全冷却水系冷却塔 A
種 類	—	空冷式熱交換器
機 器 の 種 類	—	—
耐 震 ク ラ ス	—	S
流 体 の 種 類	—	冷却水
容 量	MW/個	11.6
最 高 使 用 圧 力	MPa	■
最 高 使 用 温 度	℃	■
伝 熱 面 積 (フィン外表面)	m <sup>2</sup> /個	■

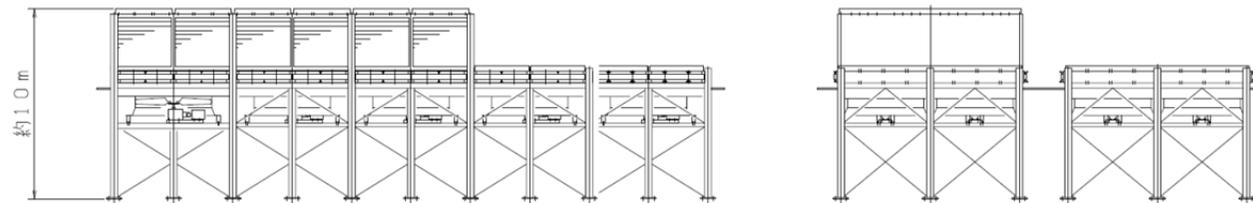


図 安全冷却水系冷却塔 A 構造図

補 1 -1-1

■については商業機密の観点から公開できません。

## 補足説明資料 1 1

安全冷却水系冷却塔 A の設置位置変更により必要となる  
膨張槽の容量について

## 目次

1. 概要
2. 安全冷却水系冷却塔 A の設置位置変更による膨張槽の容量への影響について

## 1. 概要

再処理設備本体用の安全冷却水系冷却塔 A の設置位置を前処理建屋屋上から前処理建屋北側地上へ変更した場合、配管の追加により系統の容積が増加する。

系統の容積が増加すると冷却水の温度変化に伴う必要膨張量が増加するため、配管追加後の必要膨張量が膨張槽の容量 (■m<sup>3</sup>) の■%以下 (膨張槽容量の■%以下で液位低注意報発報) であることを確認する。

## 2. 安全冷却水系冷却塔 A の設置位置変更による膨張槽容量への影響について

### (1) 膨張量の算出の考え方

冷却水の膨張量  $\Delta V$  は、冷却水の設計最高温度における密度と設計最低温度における密度の差から以下のように算出し設定する。

$$\Delta V = (1/\rho_H - 1/\rho_L) V_{\text{total}}$$

$\rho_H$  : 冷却水の設計最高温度における比重

$\rho_L$  : 冷却水の設計最低温度における比重

$V_{\text{total}}$  : 系統内の冷却水容量 (1 系列分)

冷却水の温度は保守側な設定となるよう以下とする。

- ・設計最高温度：建屋内雰囲気の高温度である■°Cとする。
- ・設計最低温度：屋外設置の範囲は外気の高温度である■■°Cとする。

屋内設置の範囲は安全冷却水の供給条件である■°Cとする。

また、各温度の冷却水 (不凍液) の比重は以下のとおり。 (1)

・	■■■■
・	■■■■
・	■■■■

### (2) 膨張量、膨張槽の必要容量算出

第 1 表に膨張量及び膨張槽の必要容量算出結果を示す。

安全冷却水系の冷却水容量は以下の設定とした。

- ・既設設備：■■■■m<sup>3</sup> [冷却塔 A：■■■■m<sup>3</sup>, 屋外配管：■■■■m<sup>3</sup>,

補 11-1-1

■■■■については商業機密の観点から公開できません。

屋内設備：■■■■m<sup>3</sup>]

- ・リプレース設置に伴い追加となる屋外配管：■■m<sup>3</sup>

(補足説明資料 2 - 1 に記載の配管長, 配管口径より約 ■■■m<sup>3</sup> を切り上げて設定)

評価の結果, 冷却塔 A のリプレース設置により配管が伸長したとしても, 必要膨張量は膨張槽容量の ■■■% を下回っており既設の膨張槽の余裕の範囲内である。

なお, 余裕が ■■■m<sup>3</sup> 程度 (≒■■×■■-■■■) あるが, 安全冷却水系は B 系の容量が大きく (冷却塔 B が離れた場所に設置されているため), 膨張槽容量は B 系の冷却水量で設定されていることによる。

第 1 表 膨張量の算出結果

項目	単位	屋外		屋内	合計
		冷却塔 A	配管		
既設の安全冷却水系 (A 系) の冷却水容量	m <sup>3</sup>				
冷却塔 A の設置位置変更により追加となる配管内の冷却水容量	m <sup>3</sup>				
系統内の冷却水容量 (V <sub>total</sub> )	m <sup>3</sup>				
流体温度条件	°C				
冷却水の設計最高温度における比重 (ρ <sub>H</sub> )	kg/m <sup>3</sup>				
冷却水の設計最低温度における比重 (ρ <sub>L</sub> )	kg/m <sup>3</sup>				
膨張量 (ΔV)	m <sup>3</sup>				

<参考文献>

- (1) ナイブライン技術資料 (日曹商事カタログ)

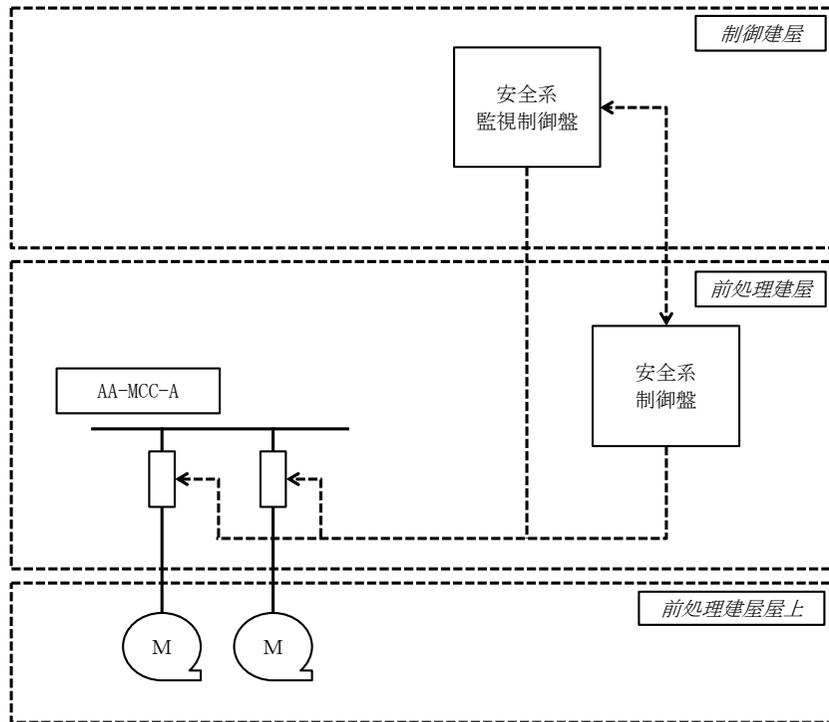
■■■については商業機密の観点から公開できません。

## 補足説明資料 1 2

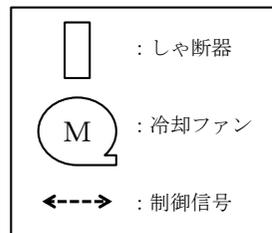
安全冷却水系冷却塔 A の設置位置変更による電気計装設備の  
構成変更について

電気設備として変更となるのは、非常用モータコントロールセンターから冷却ファンへの電源ケーブルとなる。端子盤を追加し、端子盤から地上設置となった冷却ファンへのケーブルを追加する。

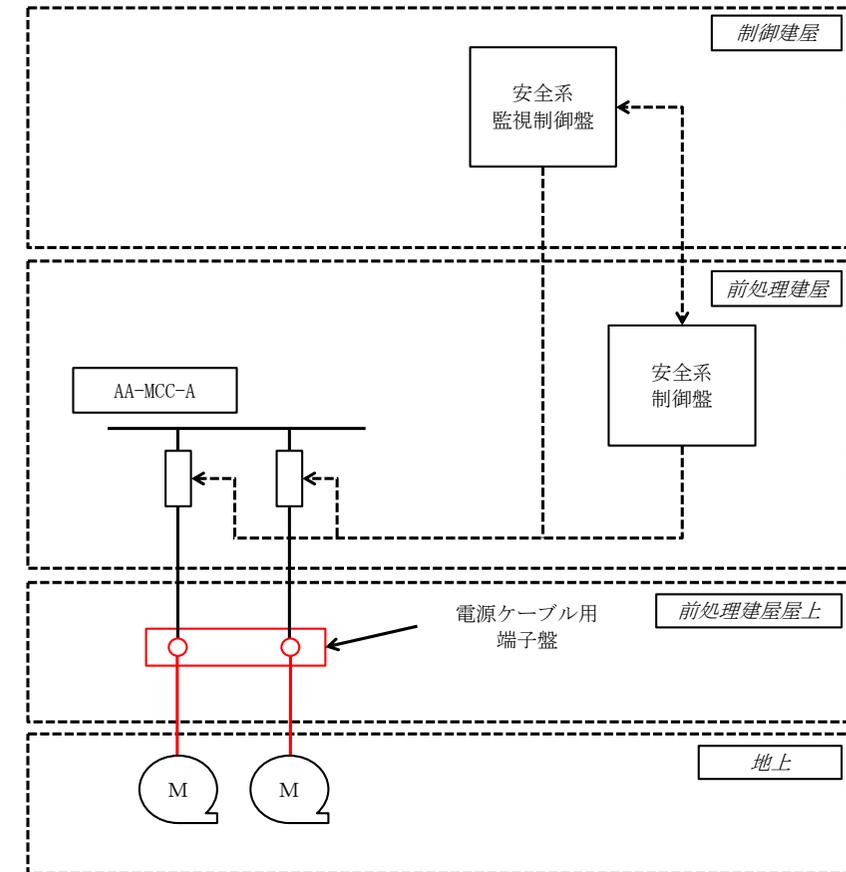
(変更前)



凡例

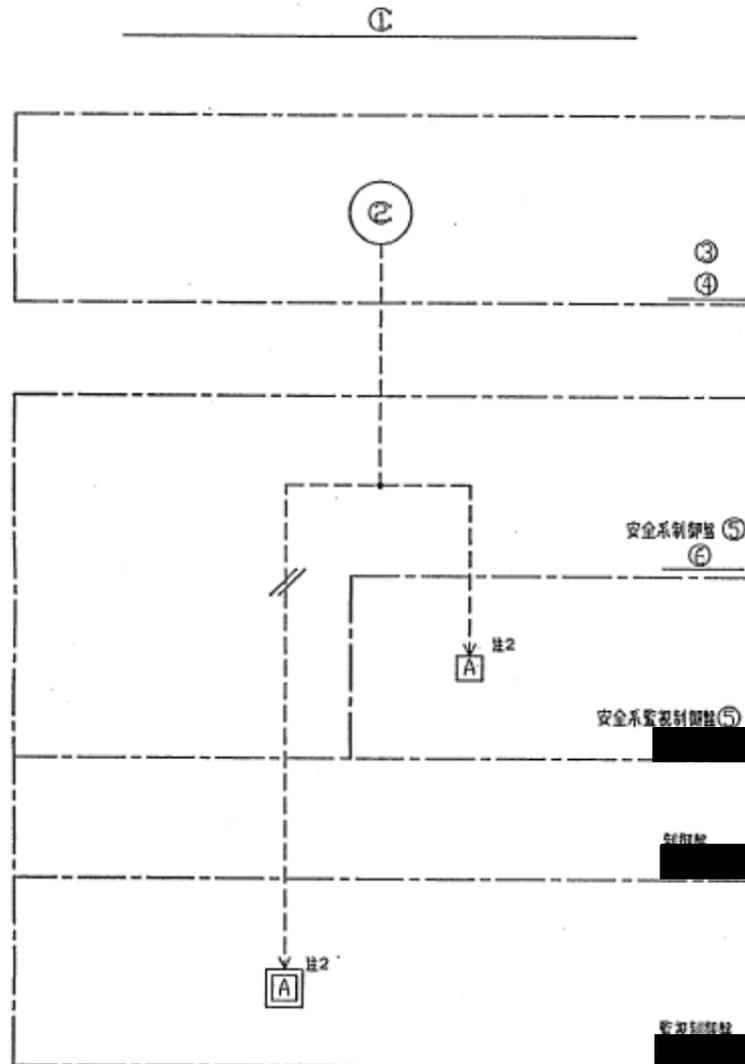


(変更後)



※ 赤色部分が変更箇所となる。  
 ・ 端子盤の追加  
 ・ 端子盤⇄冷却ファンの電源ケーブルの新規布設  
 上記以外の電気設備・計測制御設備は変更はない。

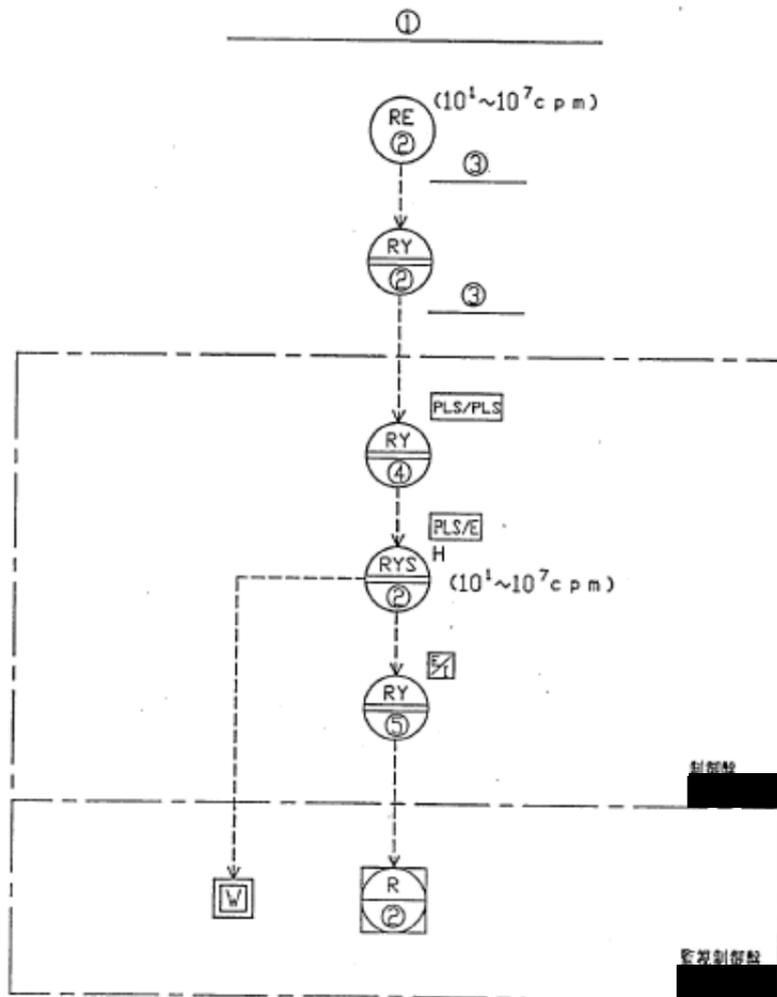
計測制御設備については、安全系冷却水の監視対象、監視場所について変更はない。



①	② 注1	③	④	⑤	⑥	⑦
安全冷却水1AポンプA 故障検知	30	MCC		A		
安全冷却水1AポンプB 故障検知	30	MCC		A		
安全冷却水1BポンプA 故障検知	30	MCC		B		
安全冷却水1BポンプB 故障検知	30	MCC		B		
安全冷却水2ポンプA 故障検知	30	MCC		A		
安全冷却水2ポンプB 故障検知	30	MCC		B		
安全冷却水A循環ポンプA 故障検知	49,64+67,50/51	M/C		A		
安全冷却水A循環ポンプB 故障検知	49,64+67,50/51	M/C		A		
安全冷却水B循環ポンプA 故障検知	49,64+67,50/51	M/C		B		
安全冷却水B循環ポンプB 故障検知	49,64+67,50/51	M/C		B		

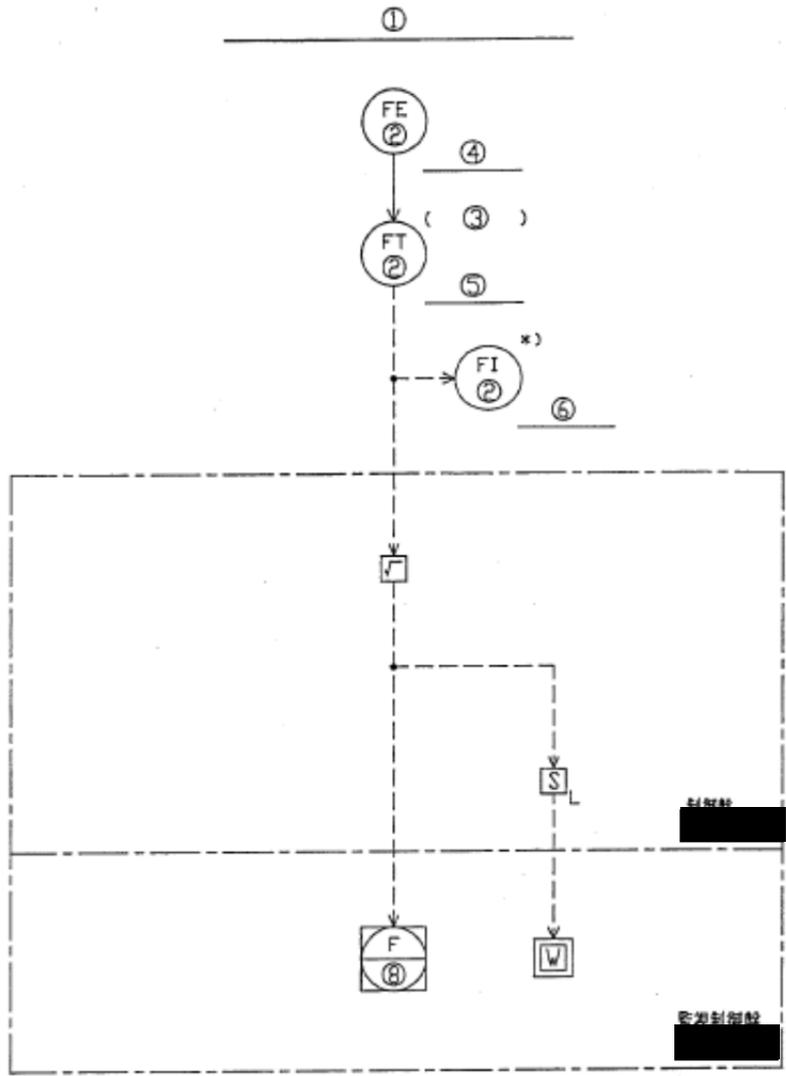
注1 JEM(1090)の制御器具番号を示す。

注2 49信号,64+67信号,50/51信号の個別表示。



①	②	③	④	⑤	⑥
安全冷却水1A放射線レベル	[Redacted]				
安全冷却水1B放射線レベル					
安全冷却水2放射線レベル					

[Redacted] については商業機密の観点から公開できません。



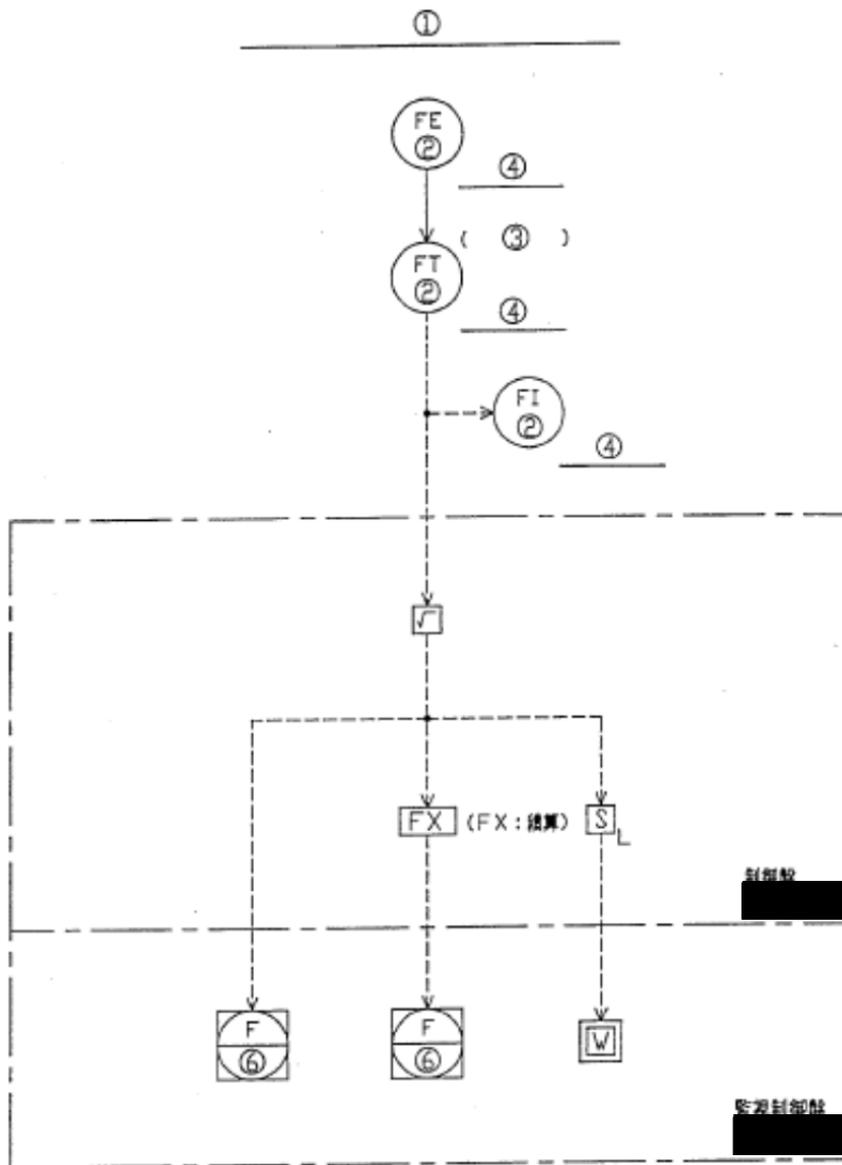
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
安全冷却水1Aポンプ出口流量		0~50m <sup>3</sup> /h				
安全冷却水1Bポンプ出口流量		0~50m <sup>3</sup> /h				
安全冷却水2ポンプ出口流量		0~85m <sup>3</sup> /h				

\* ) [redacted] のみ

⑥  
[redacted]

第1.2.1.11-10図  
安全冷却水系の  
計測制御系統図(その3)  
( ⑦ )

[redacted] については商業機密の観点から公開できません。



①	②	③	④	⑤	⑥
安全冷却水A流量		0~1800m <sup>3</sup> /h			
安全冷却水B流量		0~1800m <sup>3</sup> /h			

■ については商業機密の観点から公開できません。

## 参考資料 1

再処理施設の地盤モデルについて

## 1. 地盤モデルの概要

再処理施設の耐震設計に用いる基準地震動は、T.P. - 70mの鷹架層に想定した解放基盤表面に定義されたものであることから、建物・構築物の地震応答解析を行うにあたっては、解放基盤表面以浅の地盤の影響を考慮し、各建物位置での入力地震動を評価する必要がある。

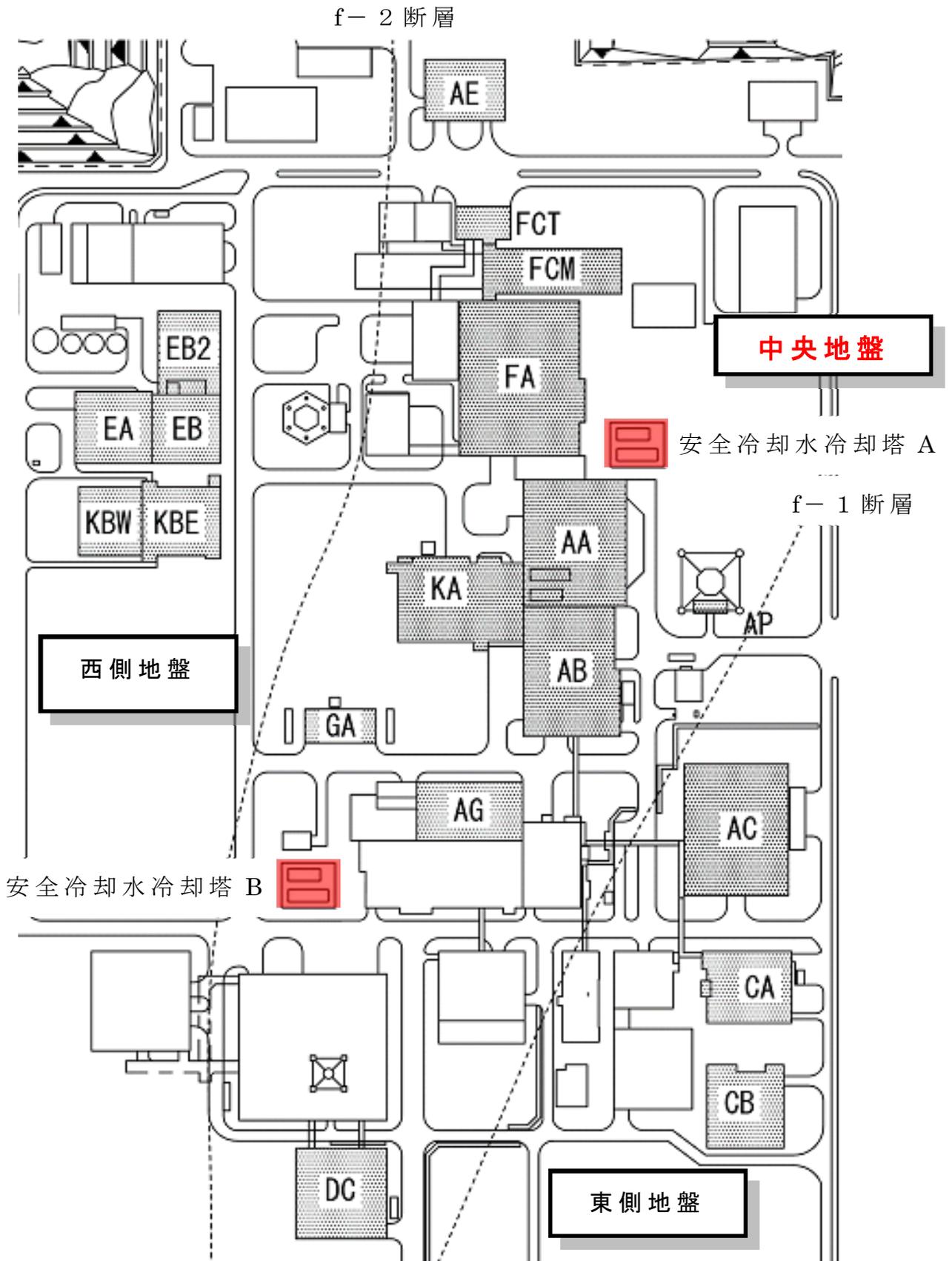
本施設の敷地は、著しい高低差のない平坦な地形であり、また、解放基盤表面から建物の設置位置までは、新第三紀の岩盤である鷹架層が平面的にも広範囲に渡って分布していることから、水平成層地盤モデルを用いた一次元波動論によることとしている。

水平成層地盤モデルの設定にあたっては、多くの重要な施設が敷地全体に広がっていること、また、敷地内には  $f - 1$  及び  $f - 2$  の断層が認められ、同じ新第三紀の岩盤ではあるものの、断層を境にして、西側では鷹架層上部層、中央部では鷹架層下部層、東側では鷹架層中部層が、建物設置レベル付近に広く分布するという特性を考慮し、下記に示す3領域毎に地盤モデルを設定している。建物配置と水平成層地盤モデルとの関連を第1図に示す。

東側地盤：  $f - 1$  断層より東側の水平成層地盤モデル

中央地盤：  $f - 1$  及び  $f - 2$  断層間の水平成層地盤モデル

西側地盤：  $f - 2$  断層より西側の水平成層地盤モデル



参 1-3