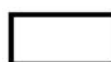
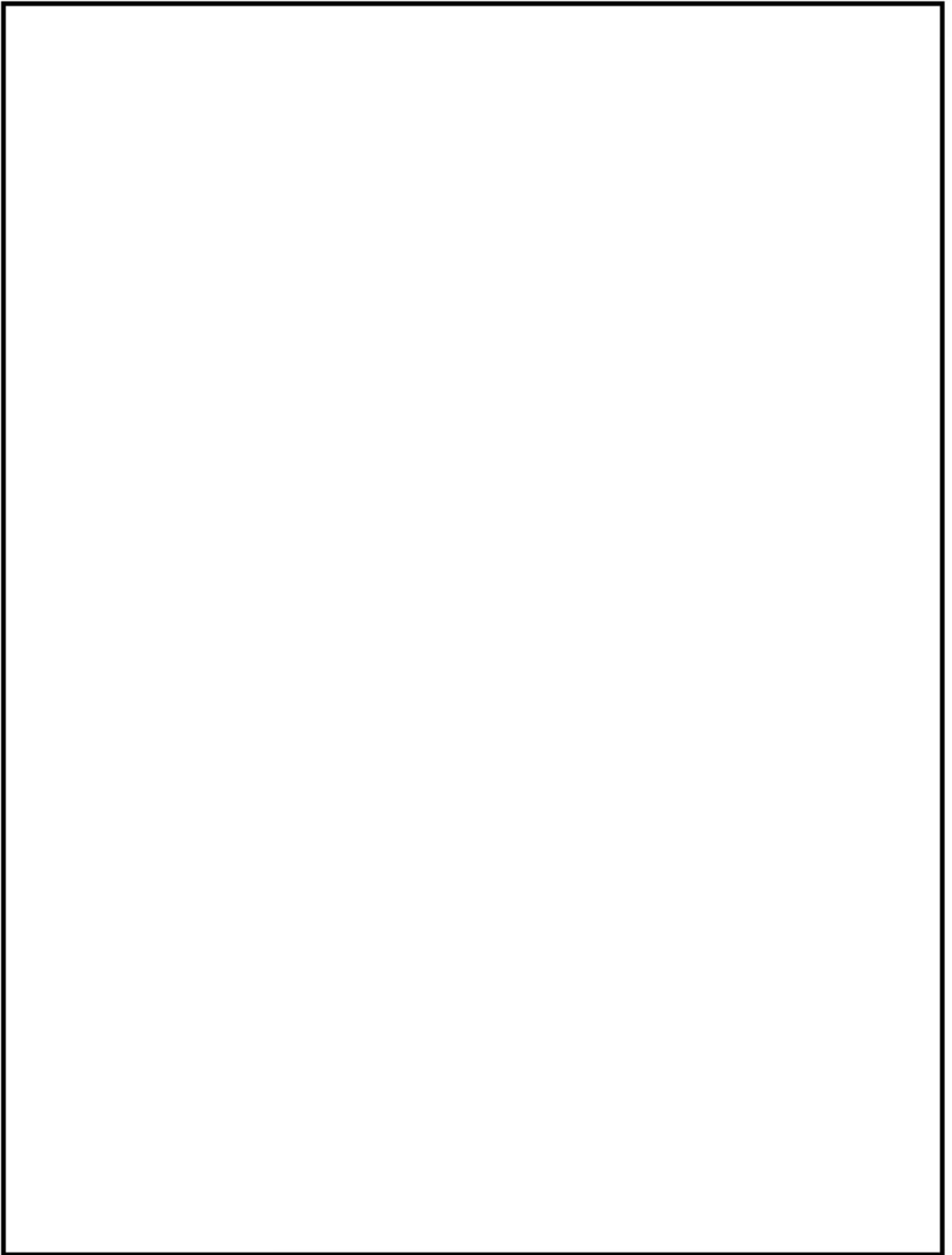
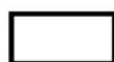
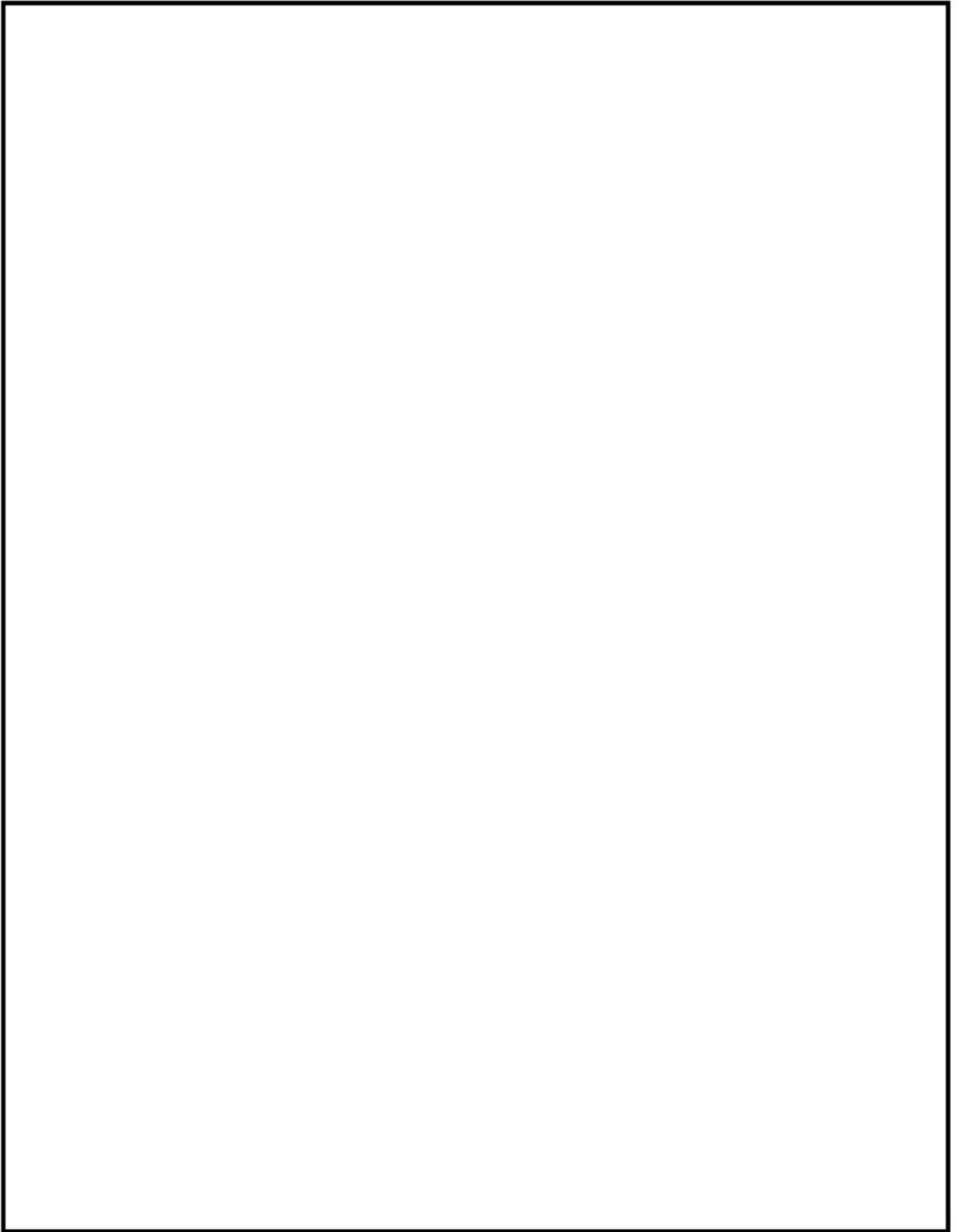


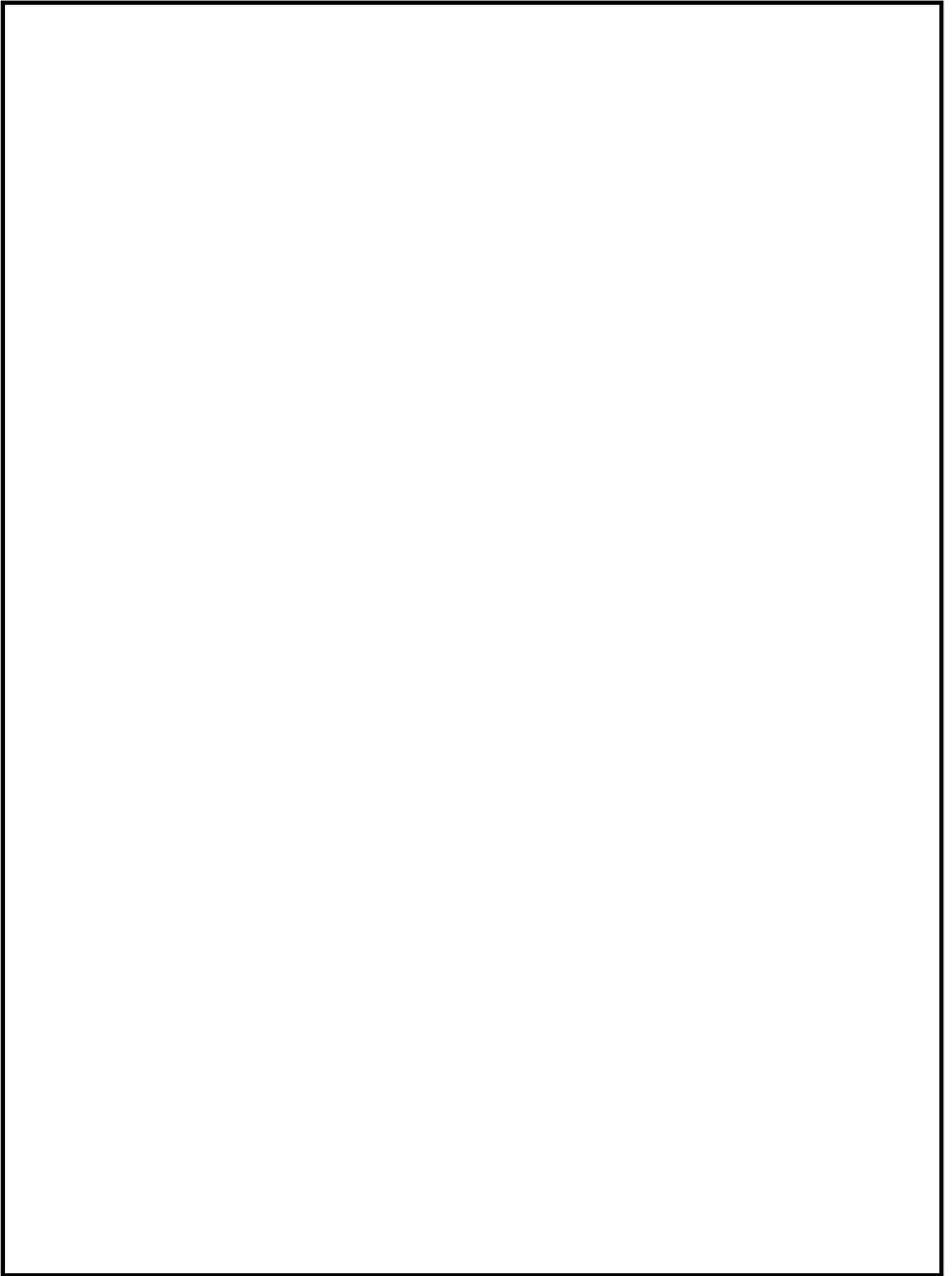
No.	高浜2－特別点検（コンクリート）－7 rev-2
質 問	<p>(5頁)          中性化深さについて、測定位置の選定に当たって、その決定プロセスを提示すること。</p>
回 答	<p>「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」に基づき、対象の部位の中で、中性化深さの点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定しました。</p> <p>具体的には、中性化はコンクリートの強度や、二酸化炭素、温度および湿度の影響を受けます。コンクリート強度は主に使用材料の影響を受けますが、対象の部位の範囲においては使用材料に大きな違いがありません。一方で、二酸化炭素濃度や温湿度の使用環境については、対象の部位の範囲において大きく異なることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとしました。</p> <p>建屋内（建屋の屋外箇所を含む）においては、まず二酸化炭素濃度、温度および湿度を測定し、測定した値等が入力値となる森永式を引用して、環境条件による係数を算出しました。その算出結果から、各環境条件の総合的な影響度が大きい箇所を、対象の部位ごとに選定しました。選定に際しては、仕上げがない箇所を選定すること（対象範囲すべてに仕上げがある場合は除く）とし、これに加え、中性化はコンクリート強度の影響を受けるため、影響度が大きい箇所から具体的な採取位置を選定するために、リバウンドハンマーによる非破壊試験によりコンクリート強度を推定するための反発度を確認し、最も反発度が低い箇所をコアサンプル採取位置に選定しました。</p> <p>屋外に設置する構造物においては、二酸化炭素濃度や温湿度に大きな違いが生じないため、具体的な採取位置を選定するために、リバウンドハンマーによる非破壊試験により、コンクリート強度を推定するための反発度を確認し、最も反発度が低い箇所をコアサンプル採取位置に選定しました。屋外についても屋内と同様に、仕上げがない箇所を選定しています（対象範囲すべてに仕上げがある場合は除く）。</p> <p>ただし、一部部位については、コアサンプリング作業の制約上、コアサンプリング作業の可能位置でのみ、非破壊試験を実施しています。</p> <p>(添付)          添付－1 空気環境測定箇所          添付－2 対象の部位毎の環境条件による係数の算出結果          添付－3 非破壊試験の実施箇所と結果</p>

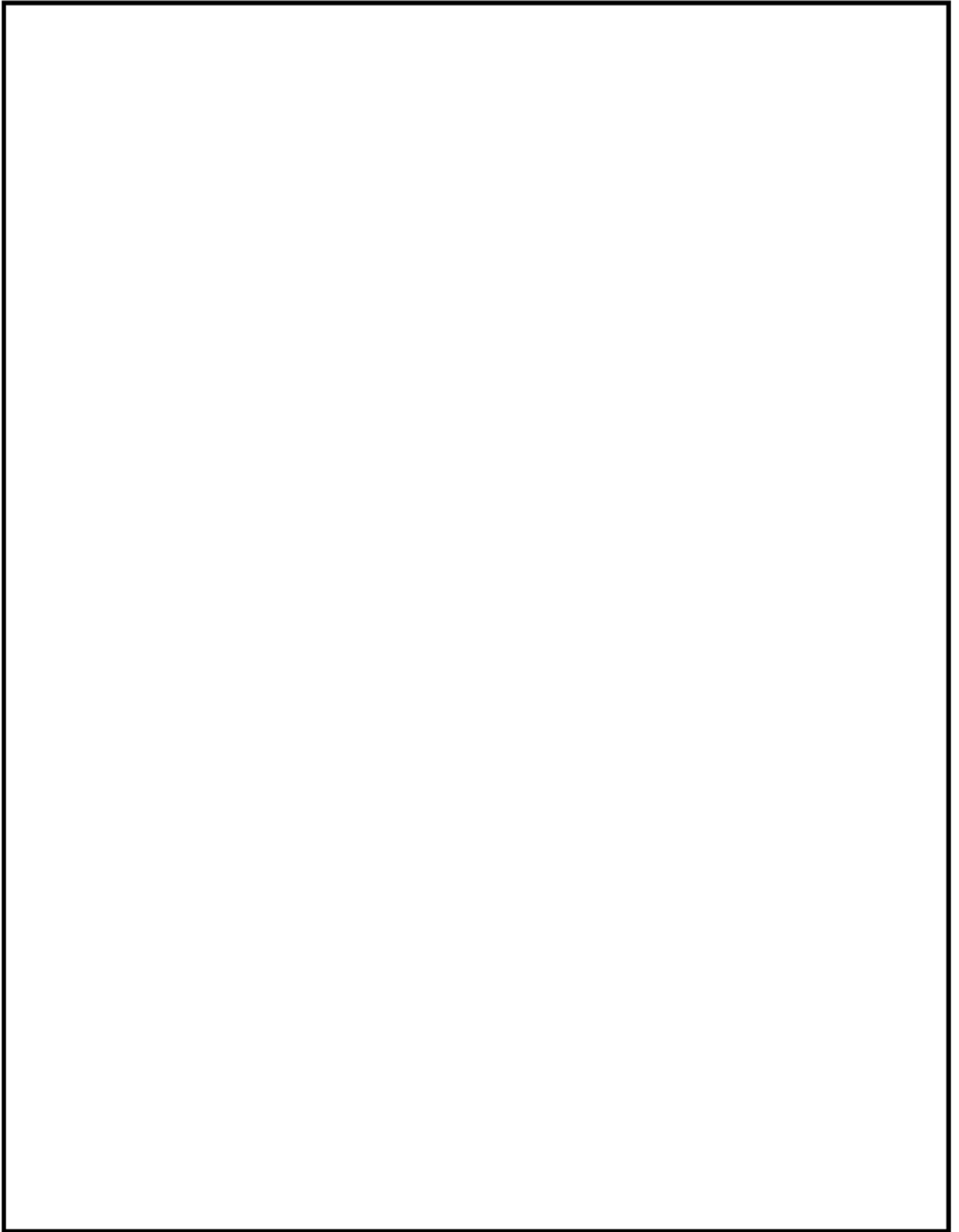


内は防護情報に属するため公開できません

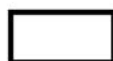
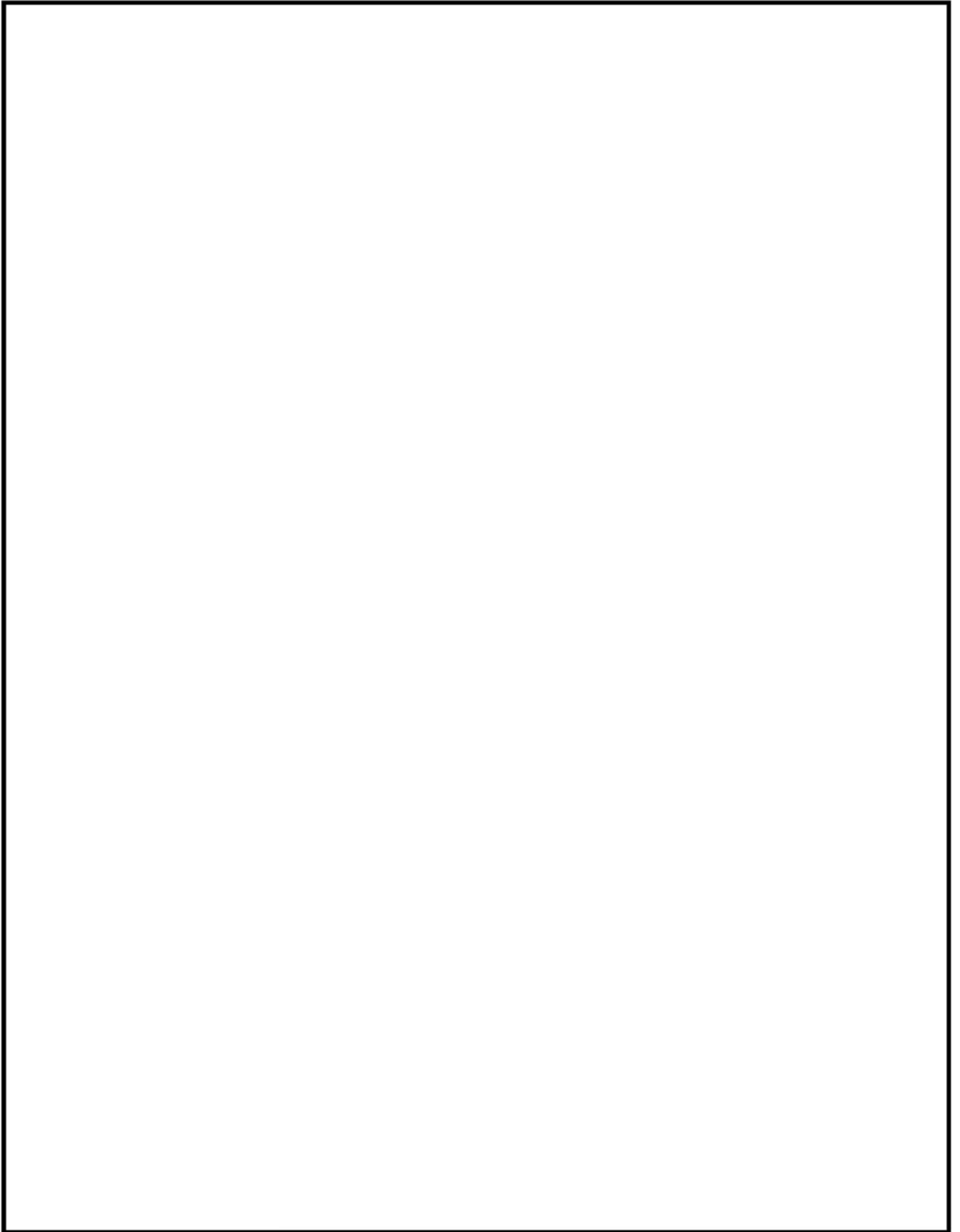


内は防護情報に属するため公開できません





内は防護情報に属するため公開できません



内は防護情報に属するため公開できません

対象の部位毎の環境条件による係数の算出結果

(1) 対象の部位毎の中性化に係る環境条件と影響度(点検実施箇所のみ記載)

構造物	対象の部位	点検実施箇所	測定結果に基づく環境条件(平均値)の入力値		環境条件による影響度※1	備考
			温度(°C)	湿度(%)		
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁					補正実施
	内部コンクリート					補正実施
	基礎マット					
原子炉補助建屋	外壁					
	内壁及び床					
	使用済み燃料プール					
タービン建屋	基礎マット					
	内壁及び床					
	基礎マット					
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	タービン架台					補正実施

測定期間：平成26年6月16日～9月10日

※1 森永式における環境条件による係数(下記赤部)から算出

$$x = \sqrt{C} \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022T) \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (4.6 \cdot w/c/100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

x : 中性化深さ (mm)

T : 温度 (°C)

t : 材齢 (日)

C : 炭酸ガス濃度 (%)  
(1%=10,000ppm)

RH : 湿度 (%)

w/c : 水セメント比 (%)

R : 中性化比率

内は商業機密に属しますので公開できません



(2) 対象の部位毎の中性化に係る環境条件の設定根拠

構造物	対象の部位	環境条件の設定根拠		
		温度(°C)	湿度(%)	二酸化炭素濃度(ppm)
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	下記の補正による格納容器内の温度変動と同様の温度差が生じるとして補正	温度補正によって飽和水蒸気圧が変動するとして補正	測定値
	内部コンクリート	測定期間がプラント停止中であるため、稼働時のデータに基づき、プラント稼働率により補正	同上	同上
	基礎マット	測定値	測定値	同上
原子炉補助建屋	外壁	同上	同上	同上
	内壁及び床	同上	同上	同上
	使用済み燃料プール	同上	同上	同上
	基礎マット	同上	同上	同上
	内壁及び床	同上	同上	同上
タービン建屋	基礎マット	同上	同上	同上
	タービン架台	内部コンクリートと同じ	内部コンクリートと同じ	同上
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物				



- (3) 対象の部位毎の温度、湿度の補正方法  
 ① 原子炉格納施設等 内部コンクリート

1. 温度

測定による平均温度と稼動時の想定温度および想定稼動率から加重平均により算出した。

測定値	稼動時		補正值
平均温度 (°C)	想定温度 (°C) ※1	想定稼動率 (%)	補正温度 (°C)

※1 原子炉格納容器内における実測データより、原子炉格納容器内の温度を一律40°Cに設定した

2. 湿度

測定による平均温度および湿度から水蒸気圧を算出し、「1. 温度」による温度補正によって飽和水蒸気圧が変動するとして算出した。  
 具体的な手順は以下の通り。

i) 測定による平均温度から飽和水蒸気圧を求める。

※1 「JIS Z 8806付表1.1 水の飽和蒸気圧」から算出

平均温度 (°C)	飽和水蒸気圧 (Pa) ※1

ii) i) の飽和水蒸気圧と測定による平均湿度から水蒸気圧を求める。

飽和水蒸気圧 (Pa)	平均湿度 (%)	水蒸気圧 (Pa)

iii) 「1. 温度」による補正温度から飽和水蒸気圧を求める。

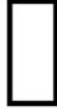
※1 「JIS Z 8806付表1.1 水の飽和蒸気圧」から算出

補正温度 (°C)	飽和水蒸気圧 (Pa) ※1

iv) iii) の飽和水蒸気圧に対する ii) の水蒸気圧の比から補正湿度を算出した。

飽和水蒸気圧 (Pa)	水蒸気圧 (Pa)	補正湿度 (%)

内は商業機密に属しますので公開できません



② 原子炉格納施設等 外部遮蔽壁

1. 温度

①の温度補正と同じ方法で、格納容器内の測定点毎に補正温度を求めて平均温度差を算出し、外部遮蔽壁 (内部) においても同様の温度差が生じるとして、測定値に加算することで算出した。

測定値		格納容器内		補正值	
平均温度 (°C)	平均測定温度 (°C) ※1	平均補正温度 (°C) ※1	平均温度差 (°C)	平均温度差 (°C)	補正温度 (°C)

※1 格納容器内の各測定点の平均値

2. 湿度

測定による平均温度および湿度から水蒸気圧を算出し、「1. 温度」による温度補正によって飽和水蒸気圧が変動するとして算出した。  
 具体的な手順は以下の通り。

i) 測定による平均温度から飽和水蒸気圧を求める。

※1 「JIS Z 8806付表1.1 水の飽和蒸気圧」から算出

平均温度 (°C)	飽和水蒸気圧 (Pa) ※1
-----------	----------------

ii) i) の飽和水蒸気圧と測定による平均湿度から水蒸気圧を求める。

飽和水蒸気圧 (Pa)	平均湿度 (%)	水蒸気圧 (Pa)
-------------	----------	-----------

iii) 「1. 温度」による補正温度から飽和水蒸気圧を求める。

※1 「JIS Z 8806付表1.1 水の飽和蒸気圧」から算出

補正温度 (°C)	飽和水蒸気圧 (Pa) ※1
-----------	----------------

iv) iii) の飽和水蒸気圧に対する ii) の水蒸気圧の比から補正湿度を算出した。

飽和水蒸気圧 (Pa)	水蒸気圧 (Pa)	補正湿度 (%)
-------------	-----------	----------

内は商業機密に属しますので公開できません

③ 安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物 タービン架台

1. 温度

測定による平均温度と稼動時の想定温度および想定稼動率から加重平均により算出した。

測定値	稼動時		補正值
平均温度(°C)	想定温度(°C) ※1	想定稼動率(%)	補正温度(°C)

※1 タービン建屋における過去の稼動時の実測データより、実測データのばらつき及び年間変動を踏まえ、今回の測定点のうち最大値が測定された箇所を40°Cに設定し、その温度差である9.9°Cを加算した

測定点の平均温度の最大値(°C)	稼動時の想定温度(°C)	温度差(°C)

2. 湿度

測定による平均温度および湿度から水蒸気圧を算出し、「1. 温度」による温度補正によって飽和水蒸気圧が変動するとして算出した。具体的な手順は以下の通り。

i) 測定による平均温度から飽和水蒸気圧を求める。

※1 「JIS Z 8806付表1.1 水の飽和蒸気圧」から算出

平均温度(°C)	飽和水蒸気圧(Pa) ※1

ii) i)の飽和水蒸気圧と測定による平均湿度から水蒸気圧を求める。

飽和水蒸気圧(Pa)	平均湿度(%)	水蒸気圧(Pa)

iii) 「1. 温度」による補正温度から飽和水蒸気圧を求める。

※1 「JIS Z 8806付表1.1 水の飽和蒸気圧」から算出

補正温度(°C)	飽和水蒸気圧(Pa) ※1

iv) iii)の飽和水蒸気圧に対するii)の水蒸気圧の比から補正湿度を算出した。

飽和水蒸気圧(Pa)	水蒸気圧(Pa)	補正湿度(%)

内は商業機密に属しますので公開できません



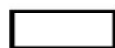
高浜2号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼：非破壊試験実施位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL-1.6m

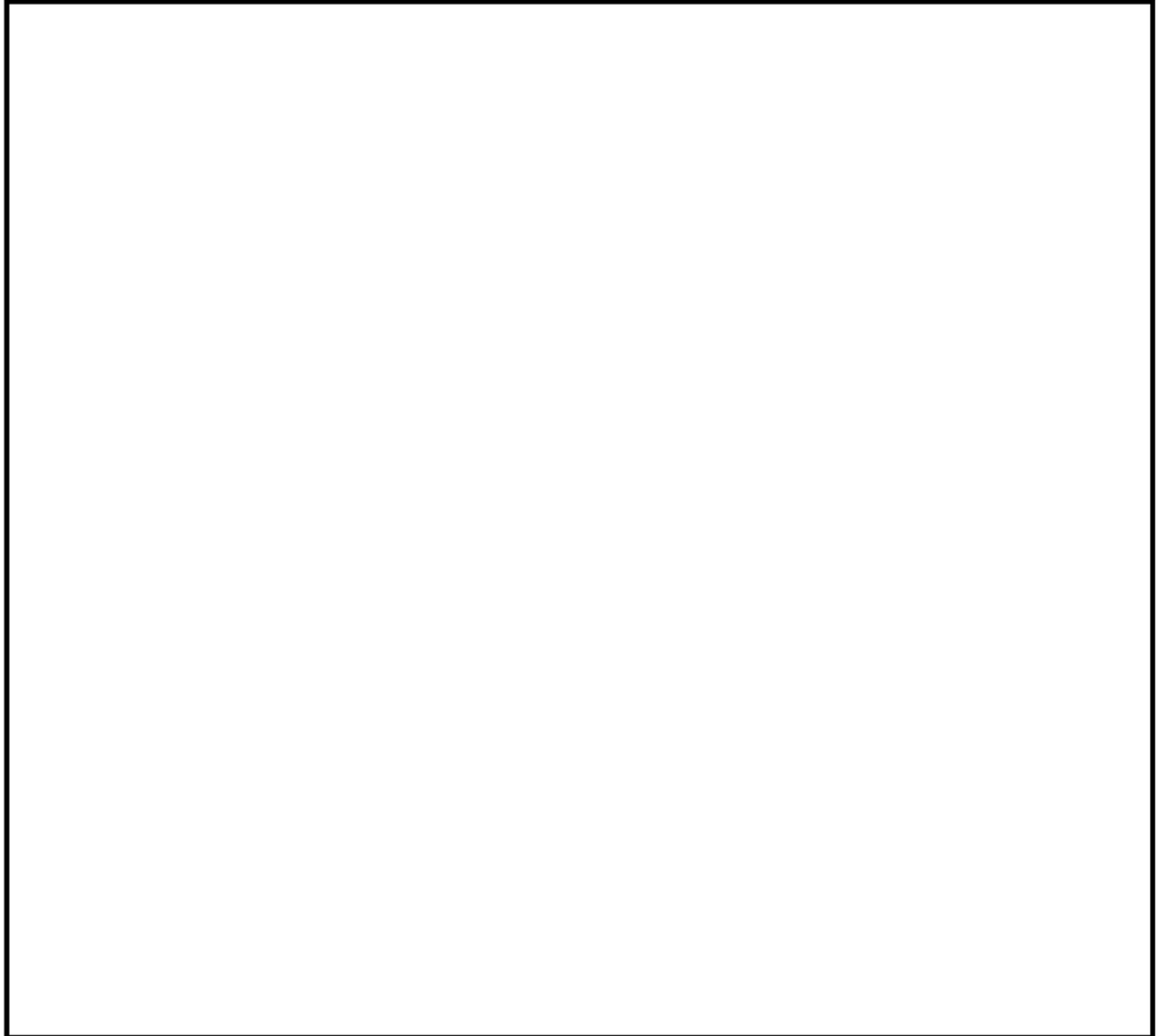


内は防護情報に属するため公開できません

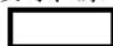
高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+4.0m

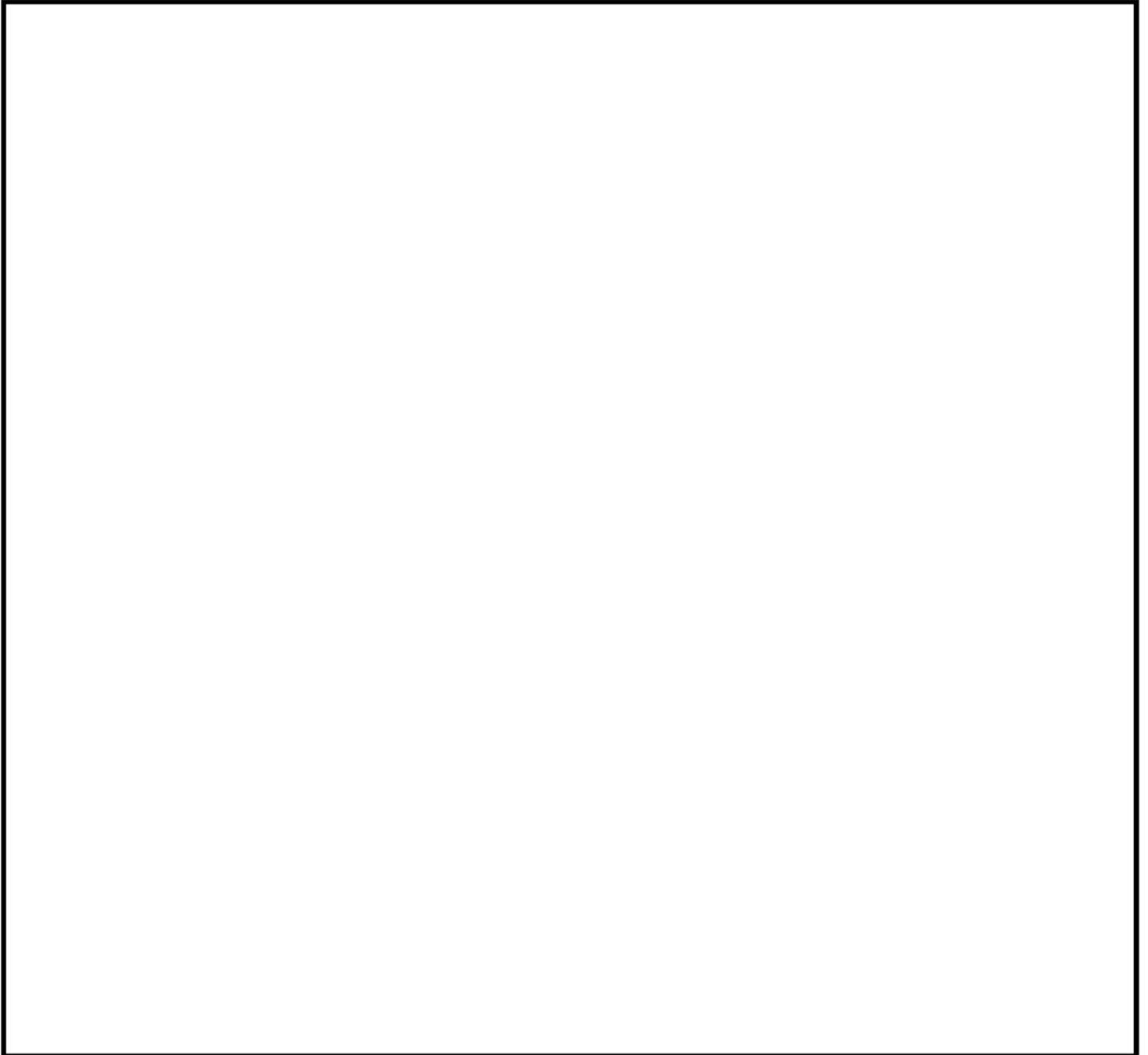


内は防護情報に属するため公開できません

高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+10.1m

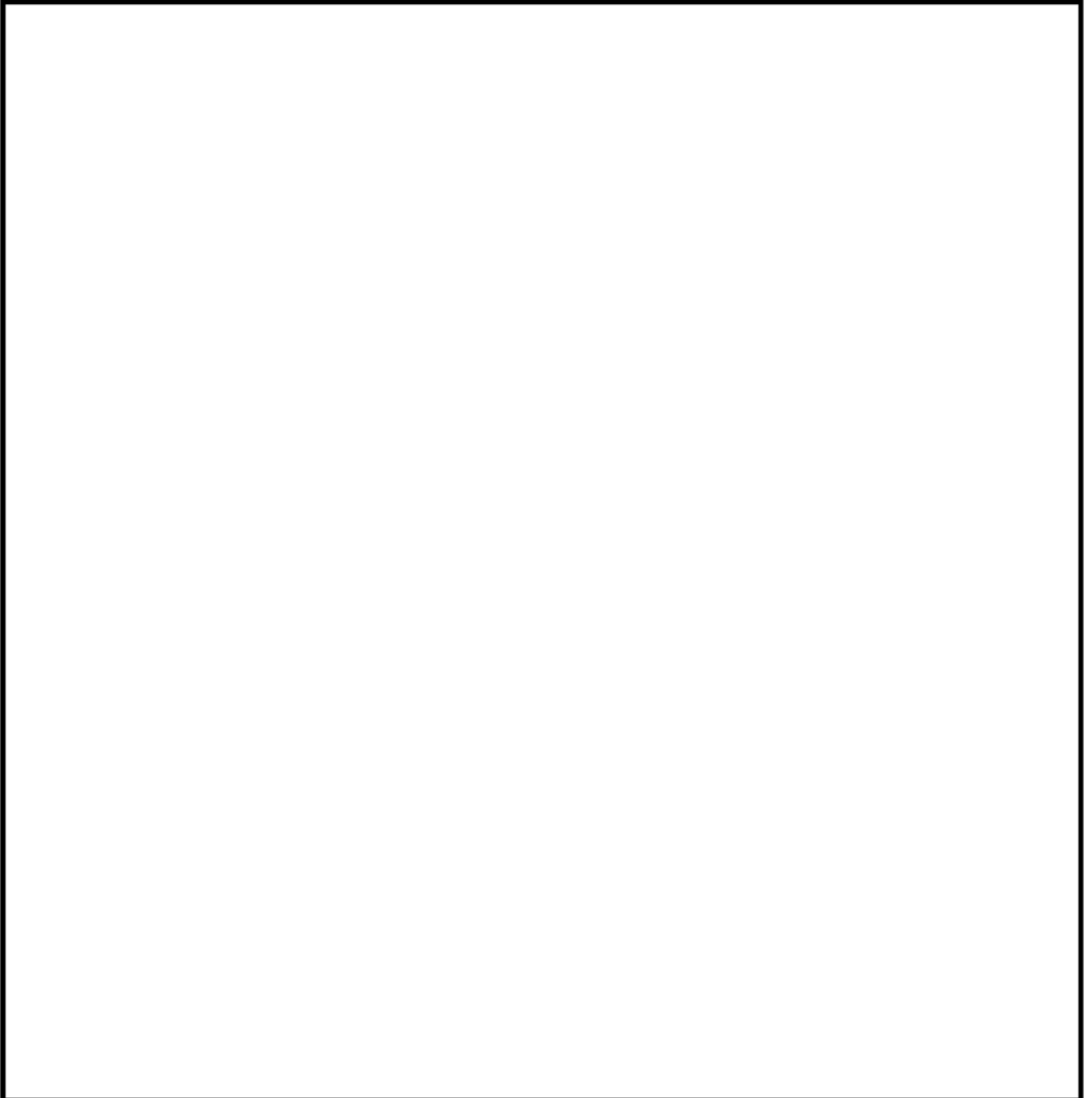


内は防護情報に属するため公開できません

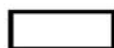
高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+27.8m

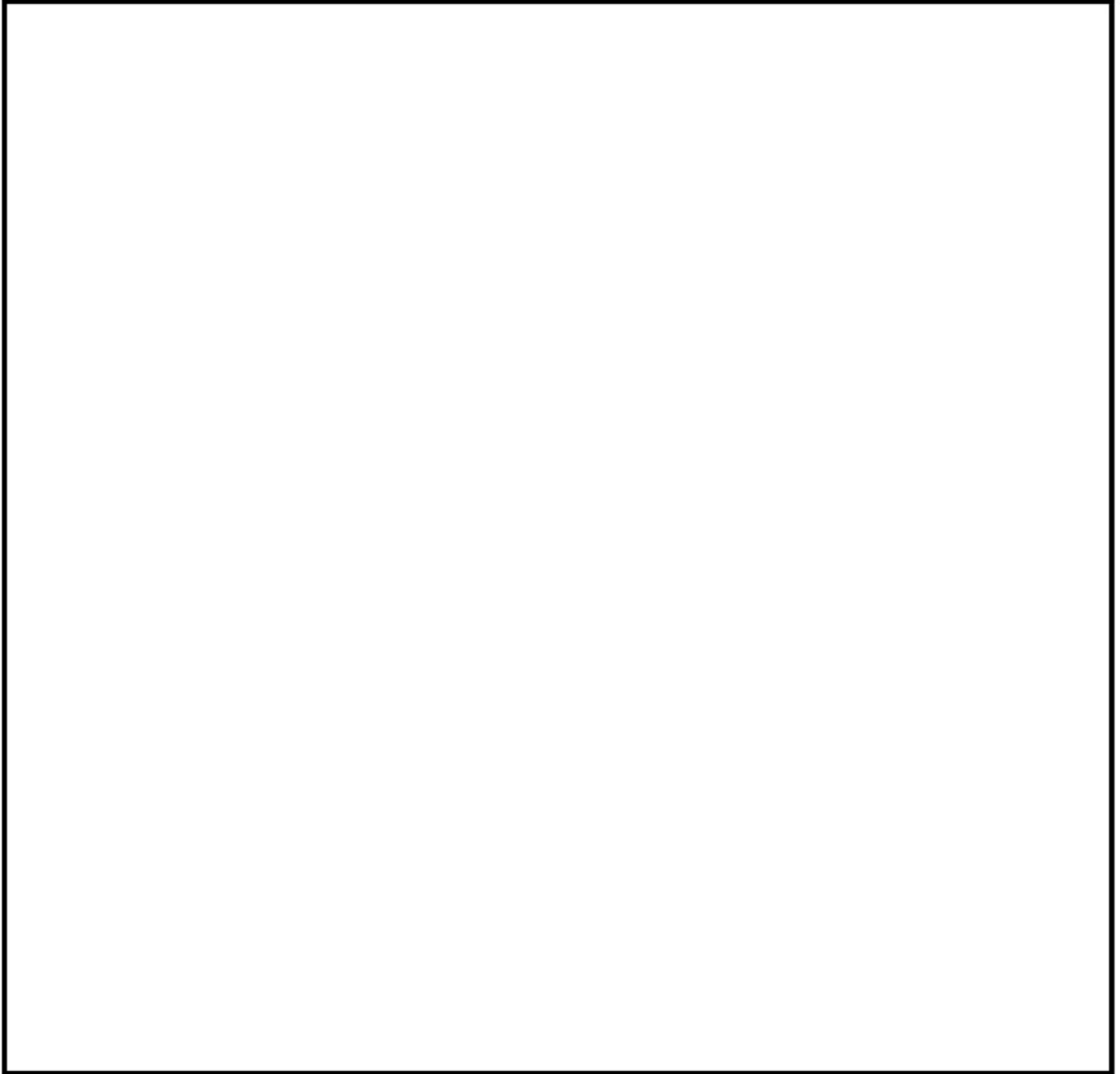


内は防護情報に属するため公開できません

高浜2号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼：非破壊試験実施位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+32.3m

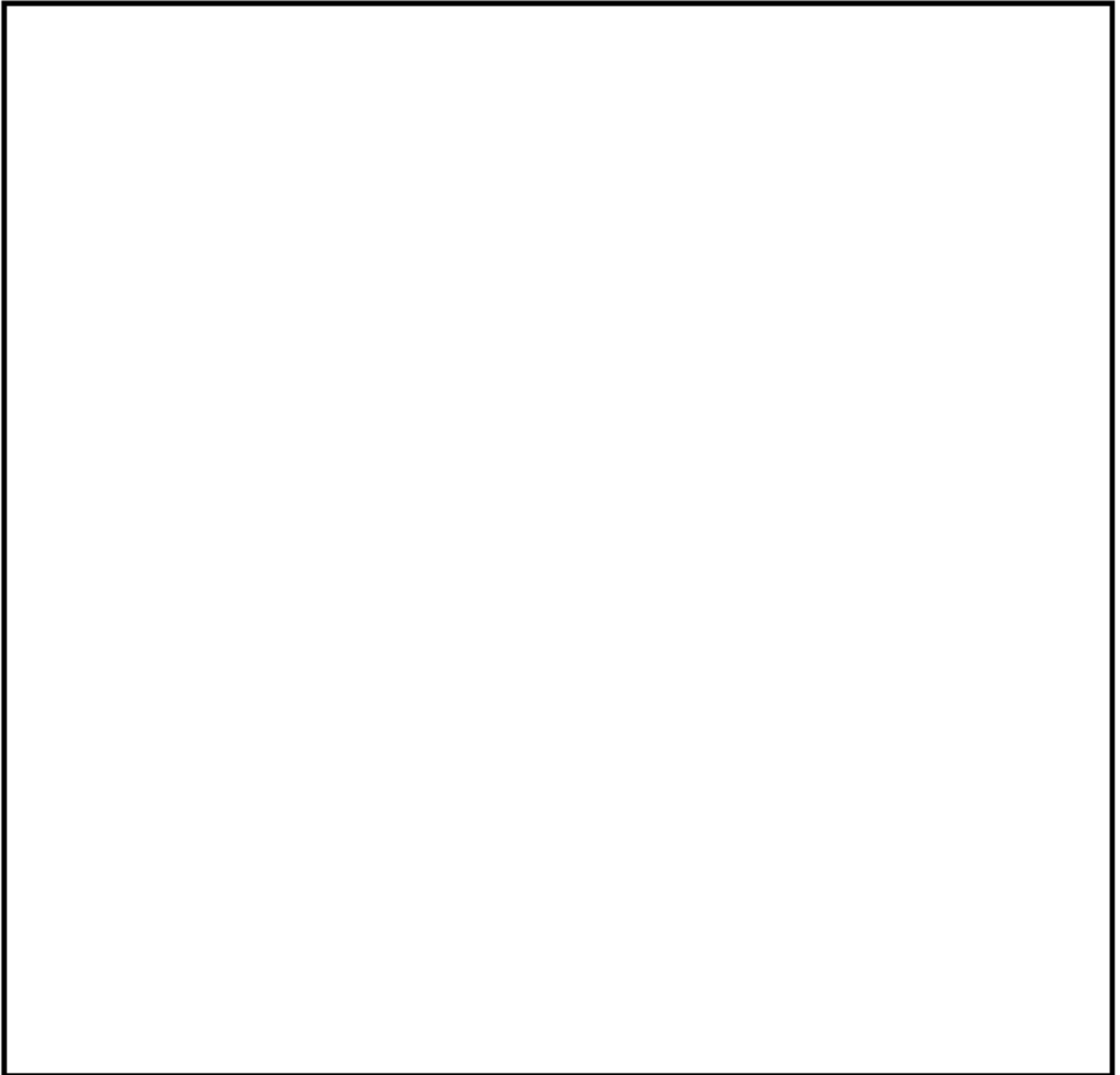
内は防護情報に属するため公開できません



高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



取水槽 (海水ポンプ室) EL+3.5~-9.6m

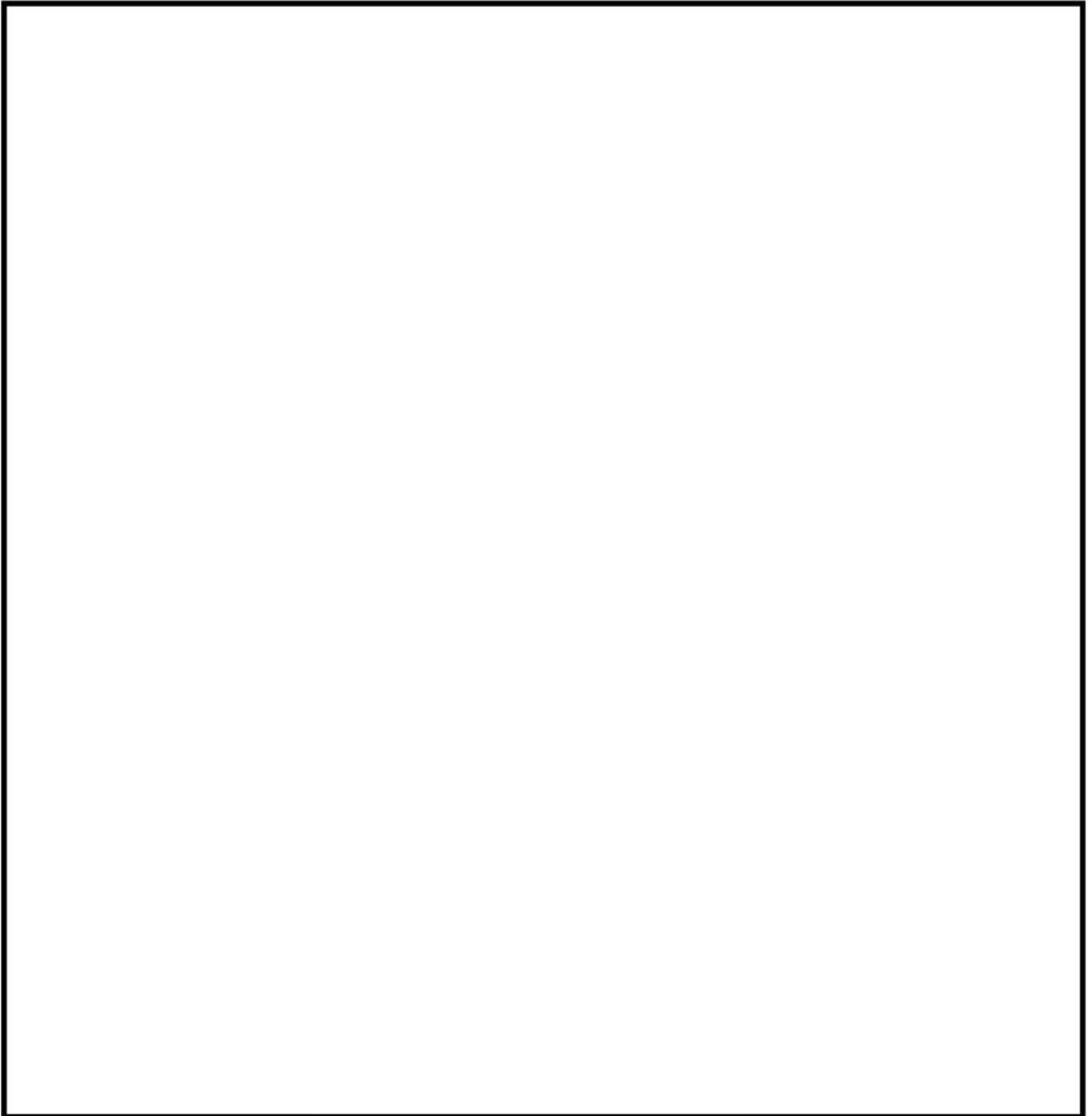


内は防護情報に属するため公開できません

高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



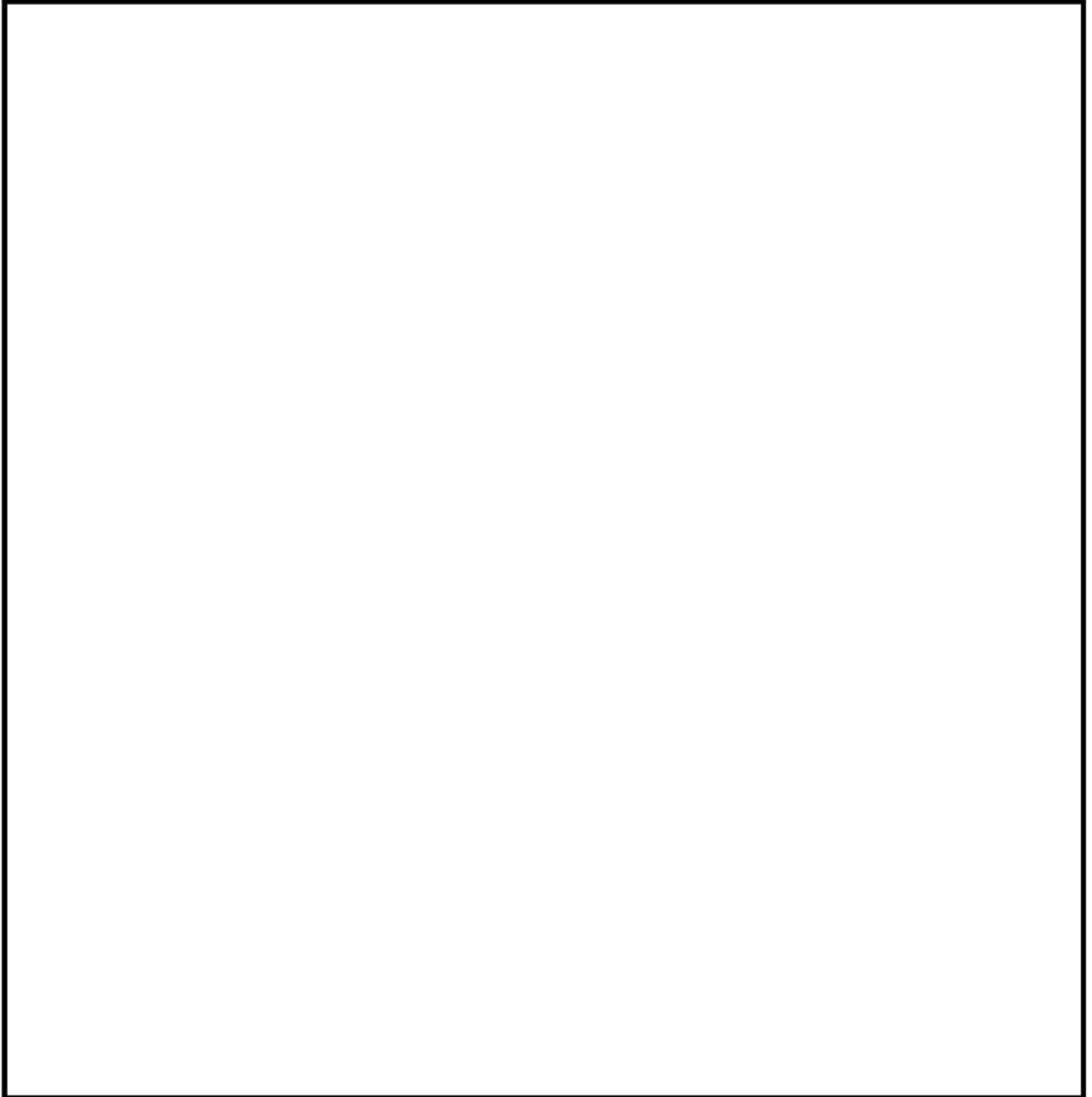
取水槽 (海水ポンプ室) EL+3.5~-9.6m

 内は防護情報に属するため公開できません

高浜2号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼：非破壊試験実施位置



取水槽（海水ポンプ室） EL+3.5~-9.6m

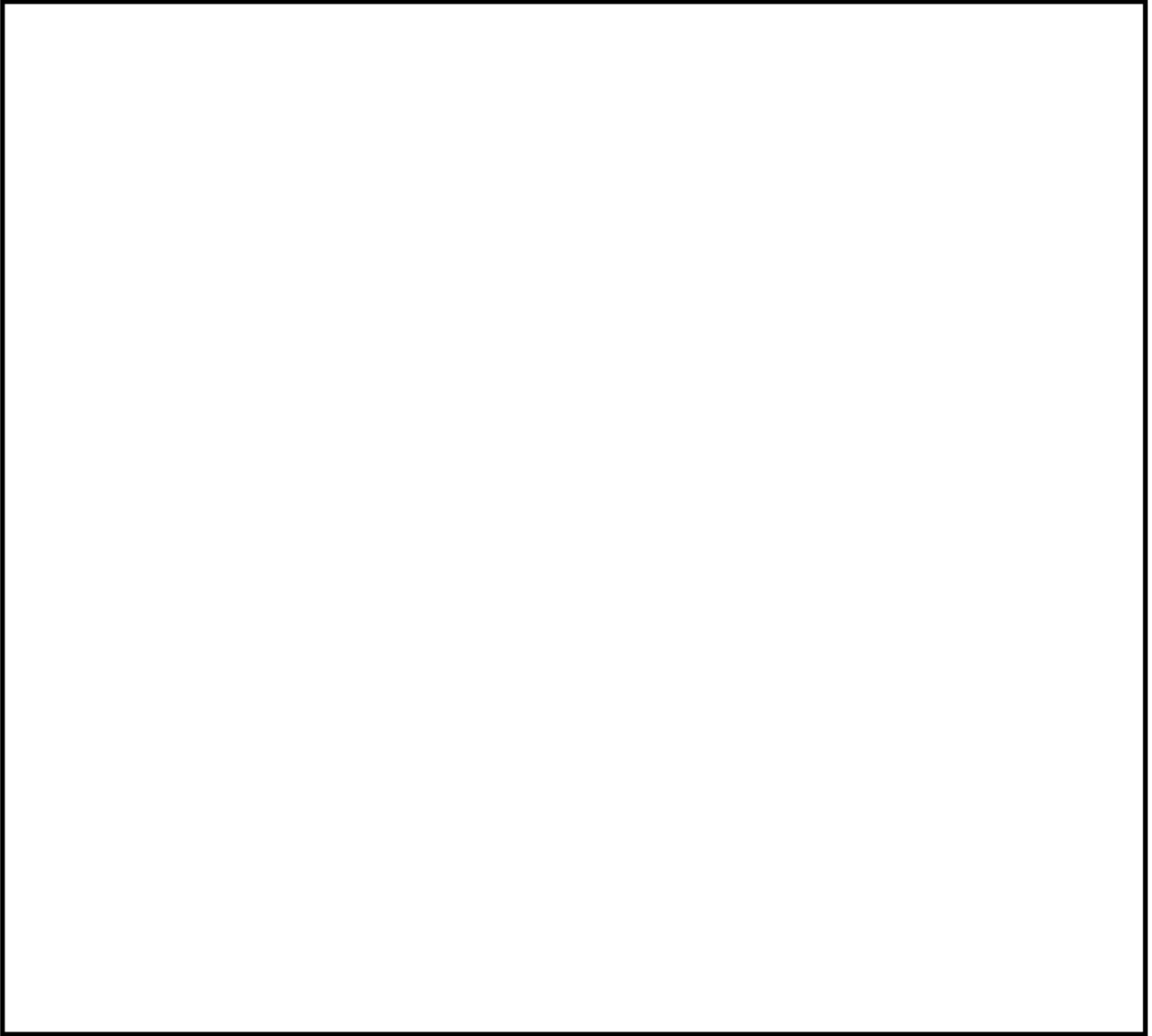


内は防護情報に属するため公開できません

高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



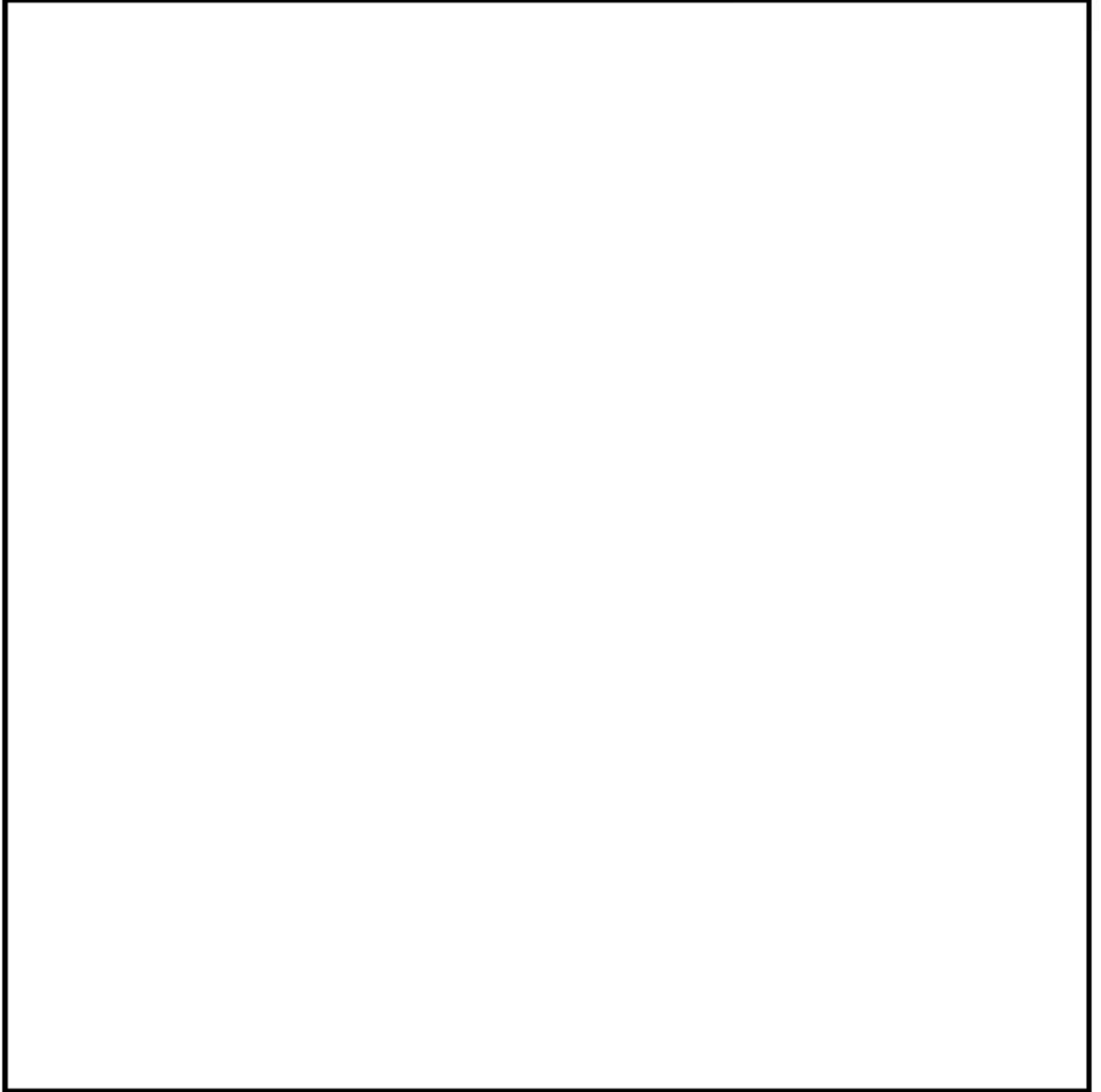
非常用ディーゼル燃料油タンク基礎、復水タンク基礎 EL+3.5m

 内は防護情報に属するため公開できません

高浜 2 号機 非破壊試験実施箇所

凡例

▼ : 非破壊試験実施位置



非常用海水路 EL-11.0m



内は防護情報に属するため公開できません

高浜2号機 非破壊試験結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定No	測定値	平均反発度	コアサンプル採取位置	備考
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	001	[Redacted]	[Redacted]	○	
		002				
	内部コンクリート	001			○	
		002				
		003				
	基礎マット	001				
002		○				
原子炉補助建屋	外壁	001			○	
		001			○	
	内壁及び床	002				
		003				
		001				
	使用済み燃料プール	002			○	
		003				
		001			○	
	基礎マット	002				
		001				
タービン建屋	内壁及び床	001			○	
	基礎マット	001	○			
取水槽	海中帯	001	○			
		002				
		003				
	干満帯	001	○			
		002				
		003				
	気中帯	001				
		002				
		003	○			
		001 (水路内)				
		002 (水路内)				
		003 (水路内)				
		003 (水路内)				

凡例 ○：コアサンプル採取箇所

[Redacted Box] 内は商業機密に属しますので公開できません

高浜2号機 非破壊試験結果

対象のコンクリート構造物		対象の部位	測定No	測定値	平均反発度	コアサンプル採取位置	備考
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設	上記「原子炉格納施設等」を含む	/	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	原子炉補助建屋	上記「原子炉補助建屋」を含む	/				
	タービン建屋内（タービン架台含む。）	タービン架台	001				
		002					
		003					
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）	非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎（配管トレンチ含む）		001				
			002				
			003				
	復水タンク基礎（配管トレンチ含む）		001				
			002				
			003				
	非常用海水路		004				
			001				
			002				
			003				
			004				
			005				
		006					

凡例 ○：コアサンプル採取箇所

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2-低サイクル疲労-5 rev2	事象：疲労															
質 問	<p>(別冊-2熱交換器-1多管円筒形熱交換器-49頁)  再生クーラ及び余熱除去クーラの管板の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数、環境評価パラメータ、伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法を含む)を提示すること。</p>																
回 答	<p>再生クーラおよび余熱除去クーラの管板の疲労累積係数の算出根拠を以下に示します。</p> <p><b>【再生クーラ】</b></p> <p>1. 解析モデル  添付1に解析モデルおよび評価点を示します。</p> <p>2. 材料物性  材料物性値を以下に示します。</p> <table border="1" data-bbox="443 1075 1337 1361"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">使用部位</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>S<sub>m</sub> (MPa)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="background-color: #cccccc;">[Redacted]</td> <td>290.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定  解析モデル上の評価点及び最大評価点の選定結果を、添付2に示します。</p> <p>4. 応力分類  評価における荷重の組み合わせを以下に示します。また、応力評価のフローを添付3に示します。</p> <table border="1" data-bbox="424 1787 1359 1957"> <thead> <tr> <th>状態</th> <th>荷重の組合せ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>供用状態A、B</td> <td>内圧+熱過渡</td> </tr> </tbody> </table>			材料	使用部位	設計応力強さ		S <sub>m</sub> (MPa)	温度 (°C)	[Redacted]			290.0	状態	荷重の組合せ	供用状態A、B	内圧+熱過渡
材料	使用部位	設計応力強さ															
		S <sub>m</sub> (MPa)	温度 (°C)														
[Redacted]			290.0														
状態	荷重の組合せ																
供用状態A、B	内圧+熱過渡																

内は商業機密に属しますので公開できません



5. 環境評価パラメータ

評価に用いたK e 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f<sub>en</sub>）を添付4に示します。

【余熱除去クーラ】

6. 解析モデル

添付5に解析モデルおよび評価点を示します。

7. 材料物性

材料物性値を以下に示します。

材料	使用部位	設計応力強さ	
		S <sub>m</sub> (MP a)	温度 (°C)
			95.0
			95.0
			200.0

8. 最大評価点の選定

解析モデル上の評価点及び最大評価点の選定結果を、添付6に示します。

9. 応力分類

評価における荷重の組み合わせを以下に示します。また、応力評価のフローを添付3に示します。

状態	荷重の組合せ
供用状態A、B	内圧+ボルトの締付力+熱過渡

10. K e 係数および環境評価パラメータ

評価に用いたK e 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f<sub>en</sub>）を添付7に示します。

11. 伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法

伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法については添付8に示します。

内は商業機密に属しますので公開できません



再生クーラ 解析モデルおよび評価点

解析モデルは、上記のように中心軸対称として作成している。管側水室の温度条件は充てん水の入口側と出口側で異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。また、管側の入口側と出口側の温度差による影響は、より温度差の大きい胴側（抽出水）と管側入口側の温度差を考慮した評価により確認されている。

内は商業機密に属しますので公開できません

再生クーラ 最大疲労評価点の選定

評価点			一次+二次応力強さ	疲れ累積係数
管板部	1	入口		
		出口		
	2	入口		
		出口		
	3	入口		
		出口		
	4	入口		
		出口		
一般部	5	入口		
		出口		
	6	入口		
		出口		
	7	入口		
		出口		
	8	入口		
		出口		
	9	入口	(0.16331)	
		出口		
	10	入口		
出口				
11	入口			
	出口			

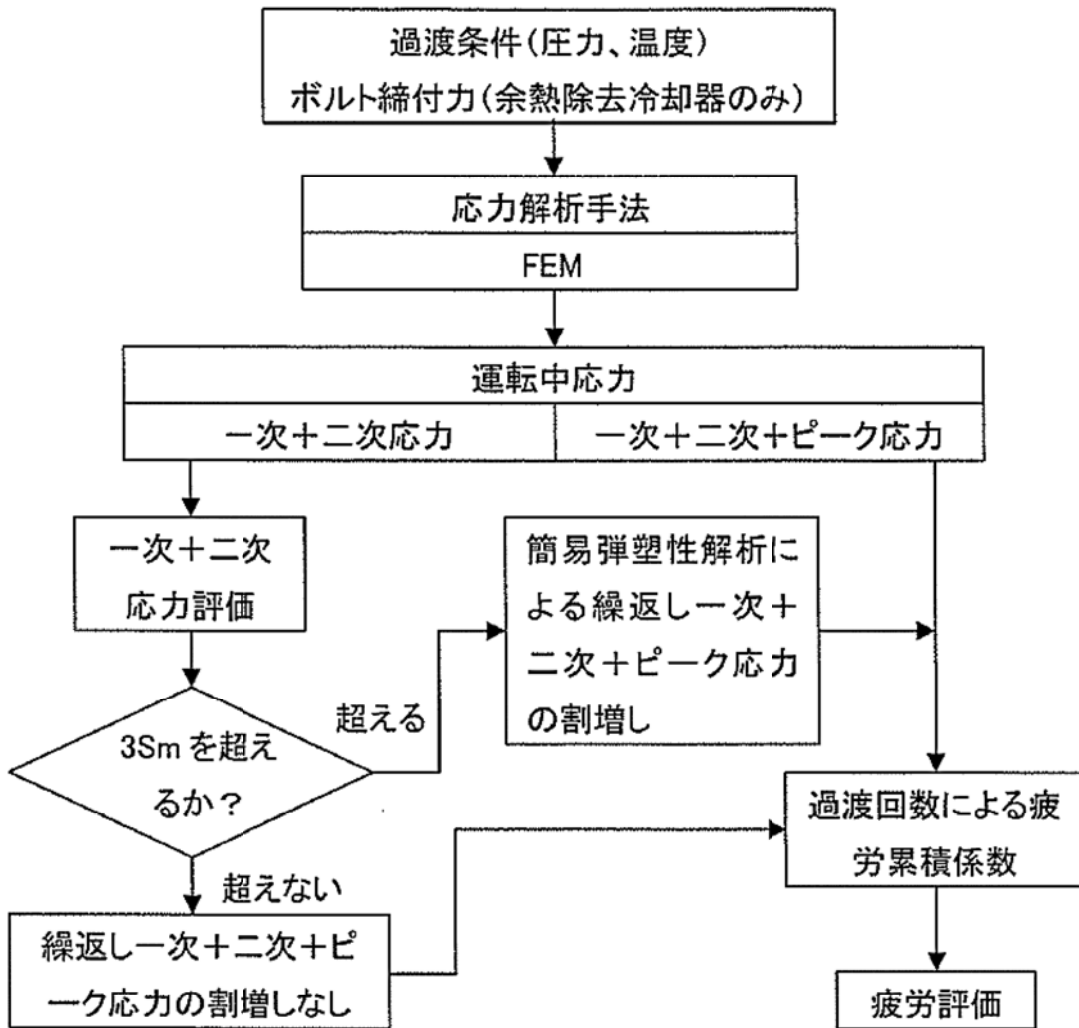
注) 1. ( )はそれぞれの部位での最大値を示す。

→通常UF : 0.164

2. 評価点における入口と出口とは評価に用いる過渡の入口側と出口側のことを示す。

内は商業機密に属しますので公開できません

応力評価フロー



Ke 係数と環境疲労パラメータ (再生クォーラ) (詳細評価手法)

過渡条件 記号	一次+二次+ ピーク応力係数		KE	繰返しピーク 応力係数		超過 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果を 考慮した 疲労累積係数
	max	min		修正前 sall	修正後 sall'				
A									
B									
<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>									

合計: 0.20333

合計: 0.16331

→環境UF: 0.209

→通常UF: 0.164

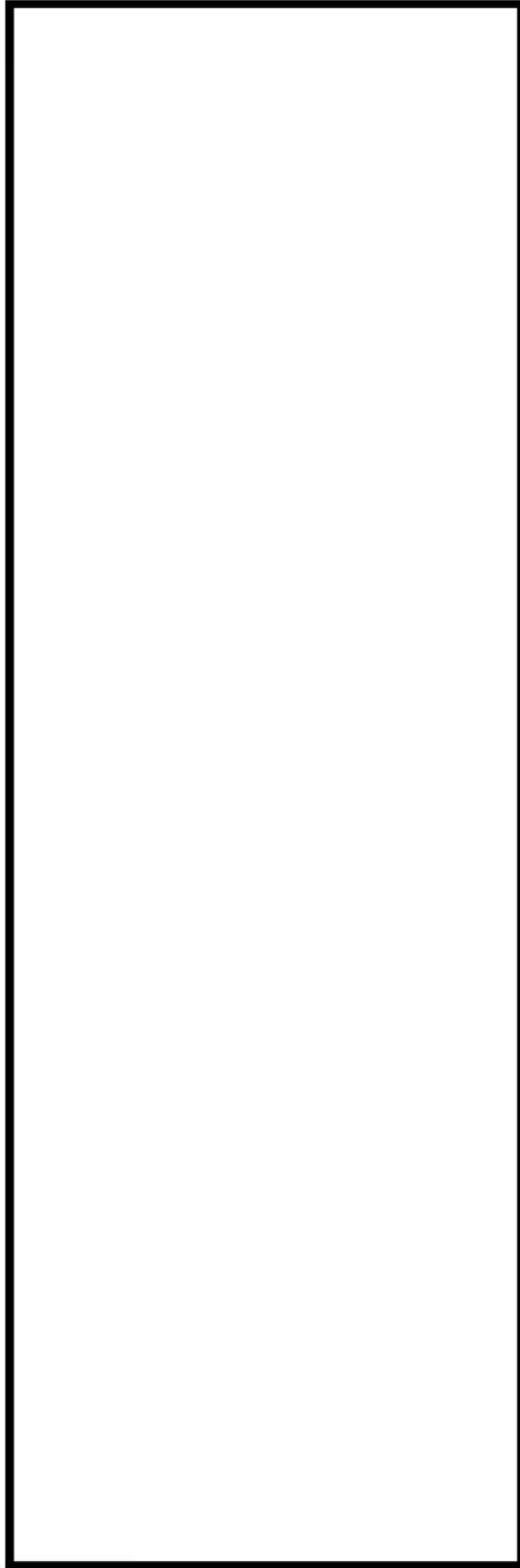
内は商業機密に属しますので公開できません

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

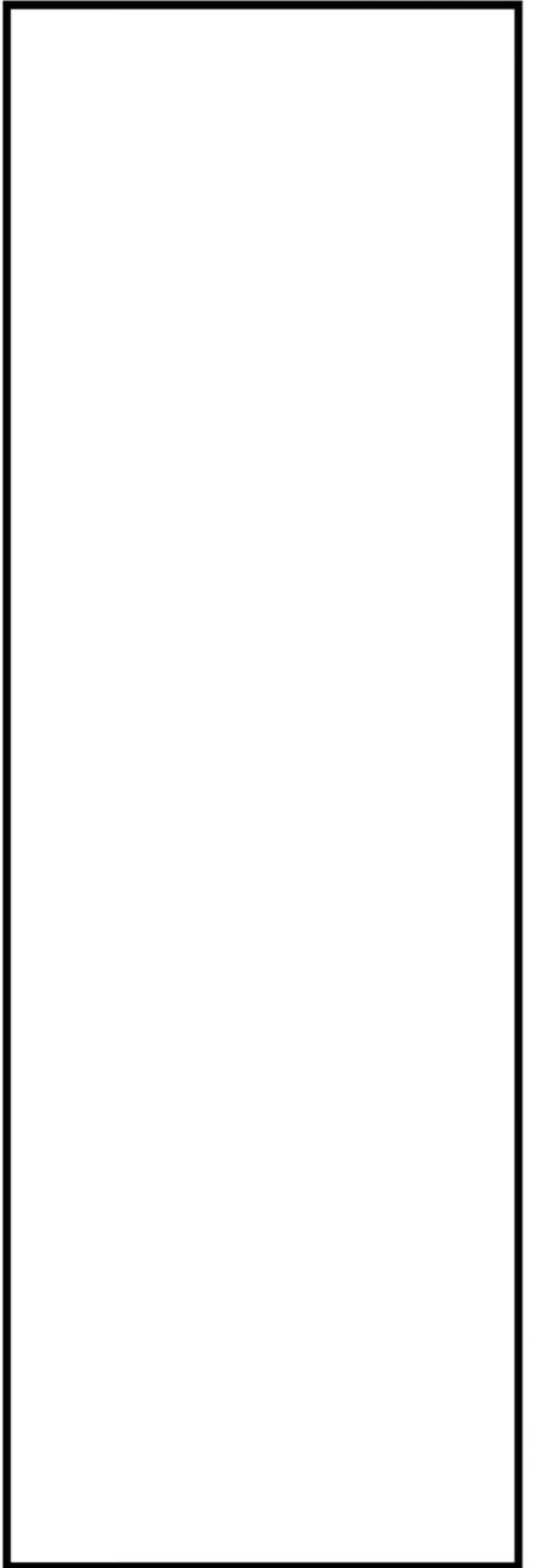
環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

再生クォー

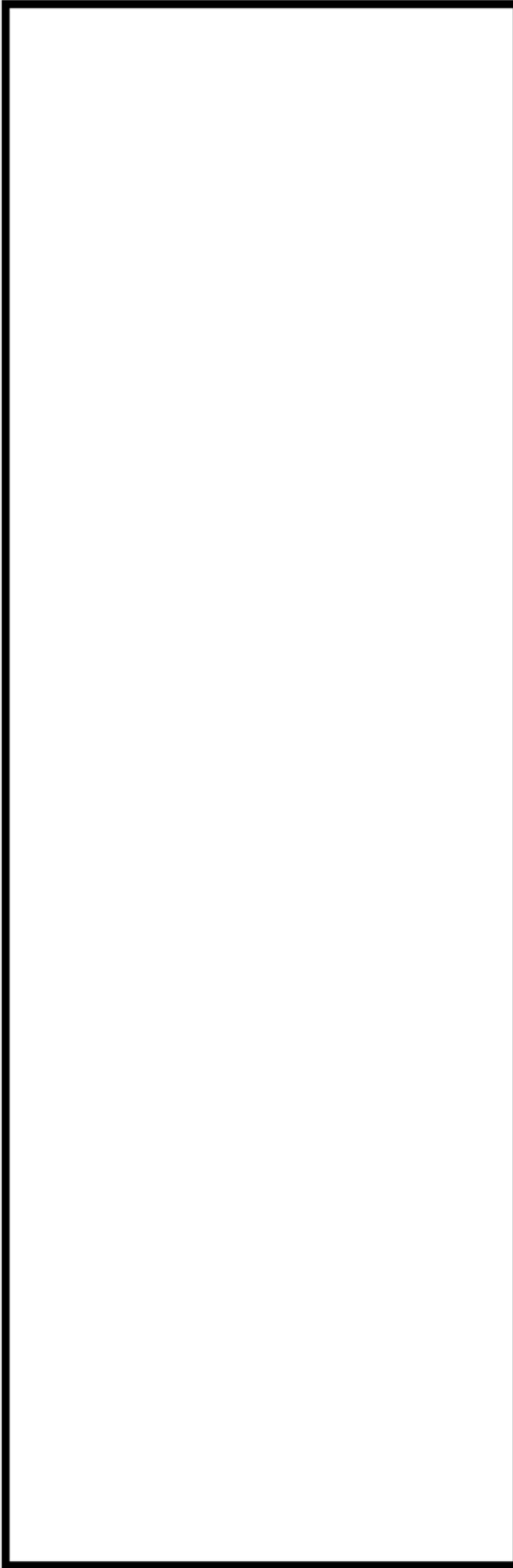
a. 過渡IH1,1F2



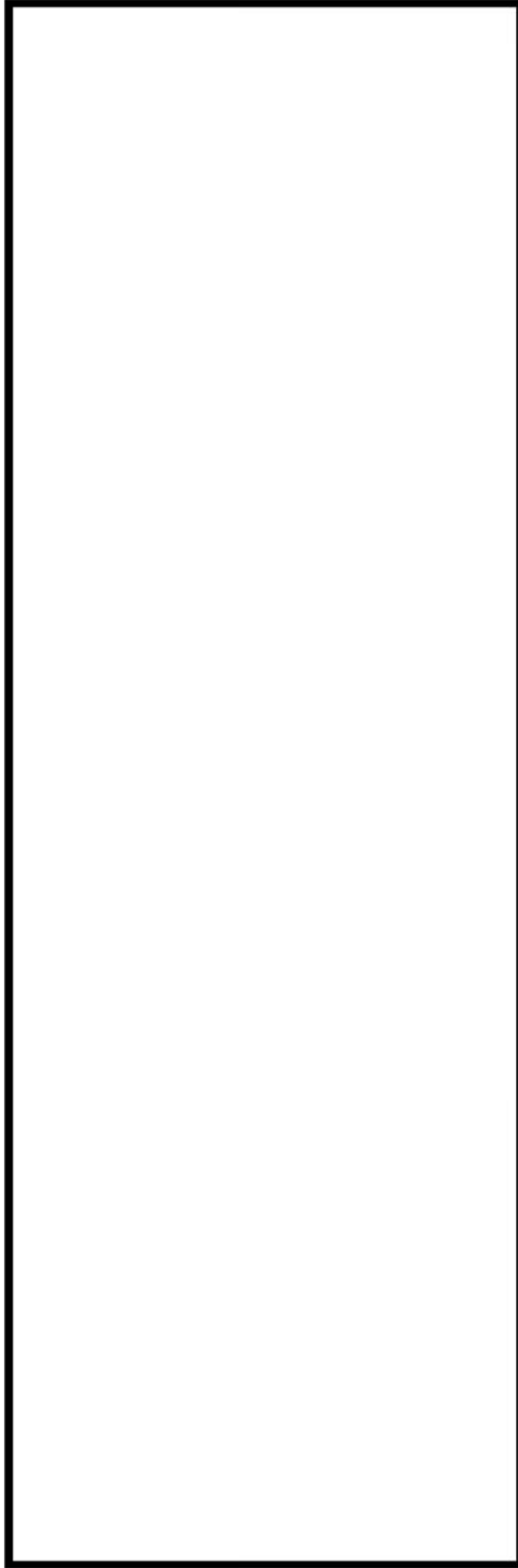
b. 過渡IH1,1G1



c. 過渡NSS,1G1



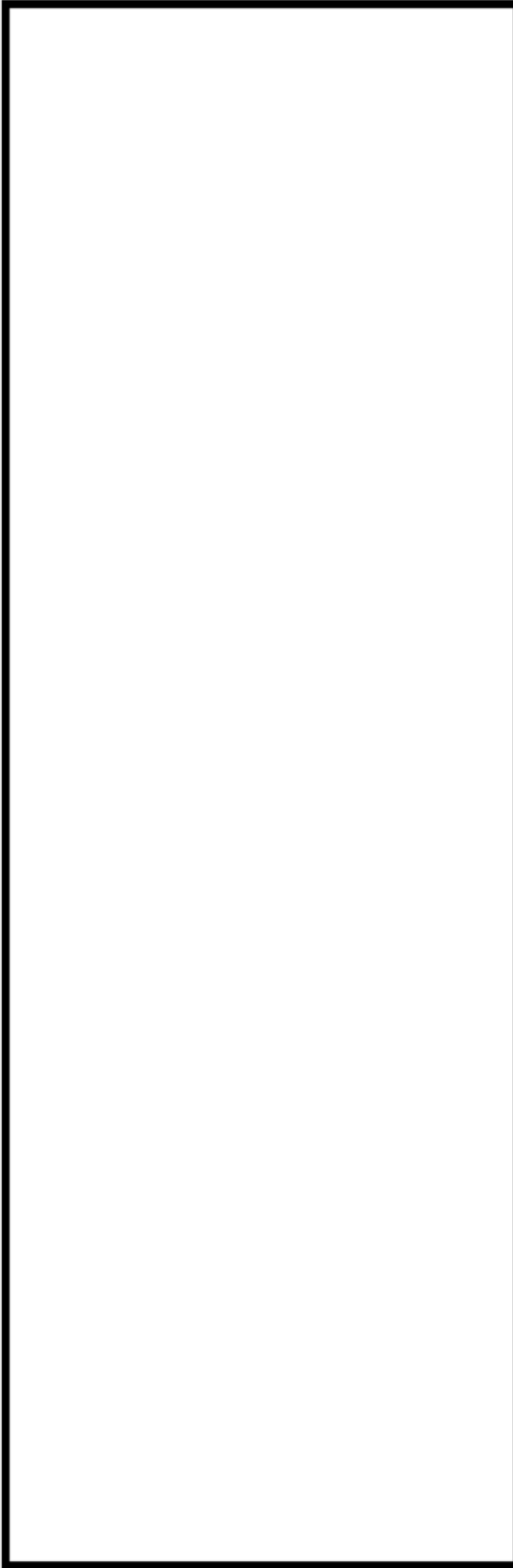
d. 過渡NSS,1D2



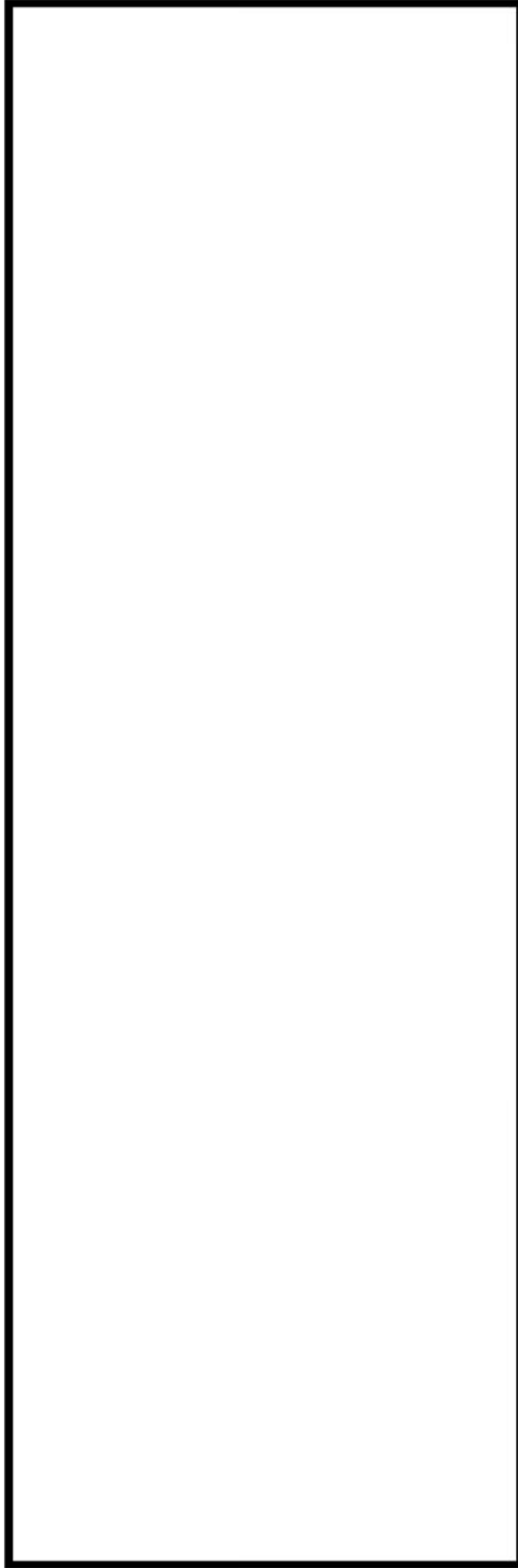
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡NSS,1E1



f. 過渡NSS,1H1

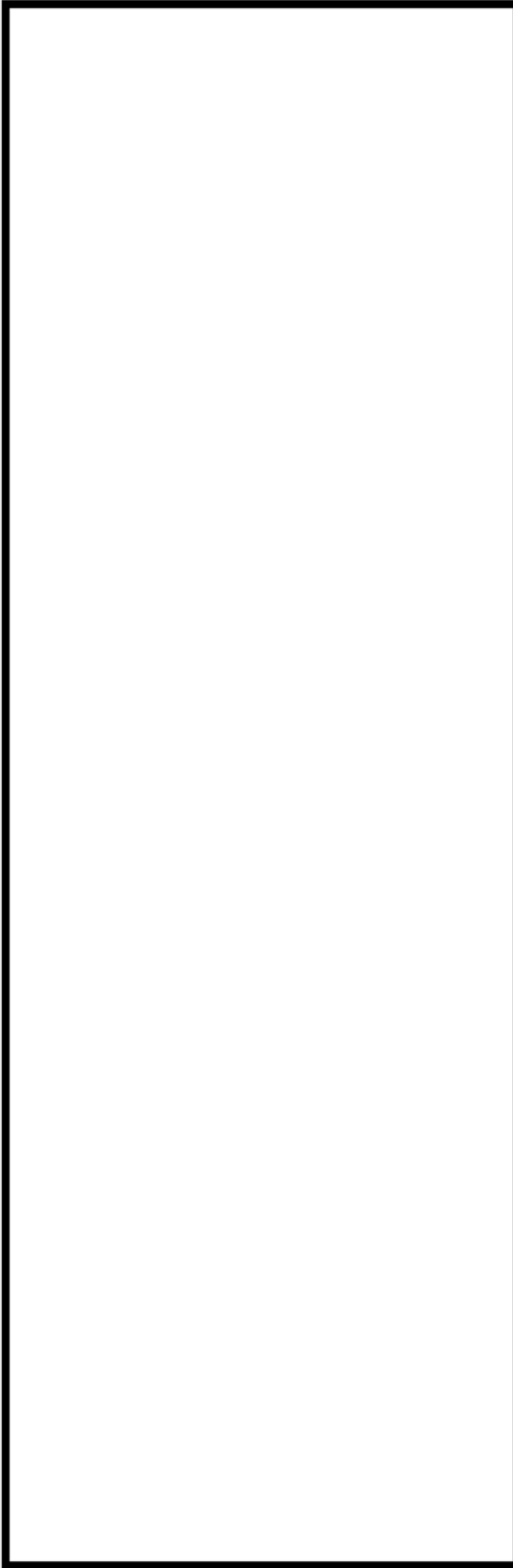


内は商業機密に属しますので公開できません

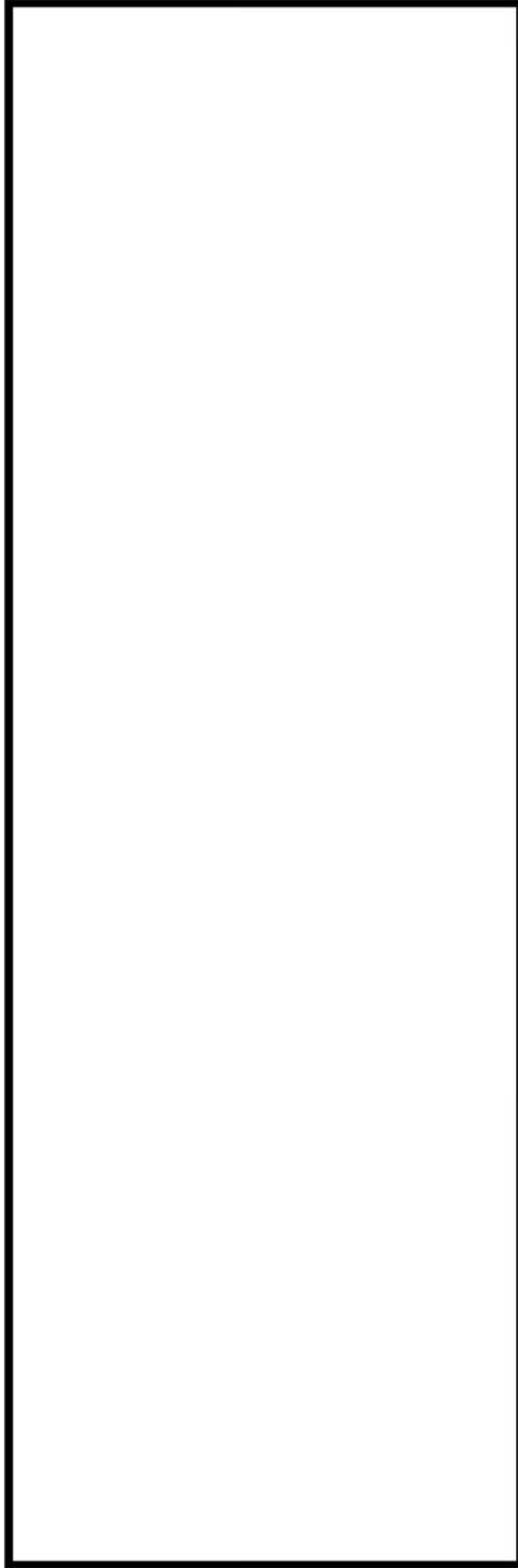




g. 過渡NSS,1A2



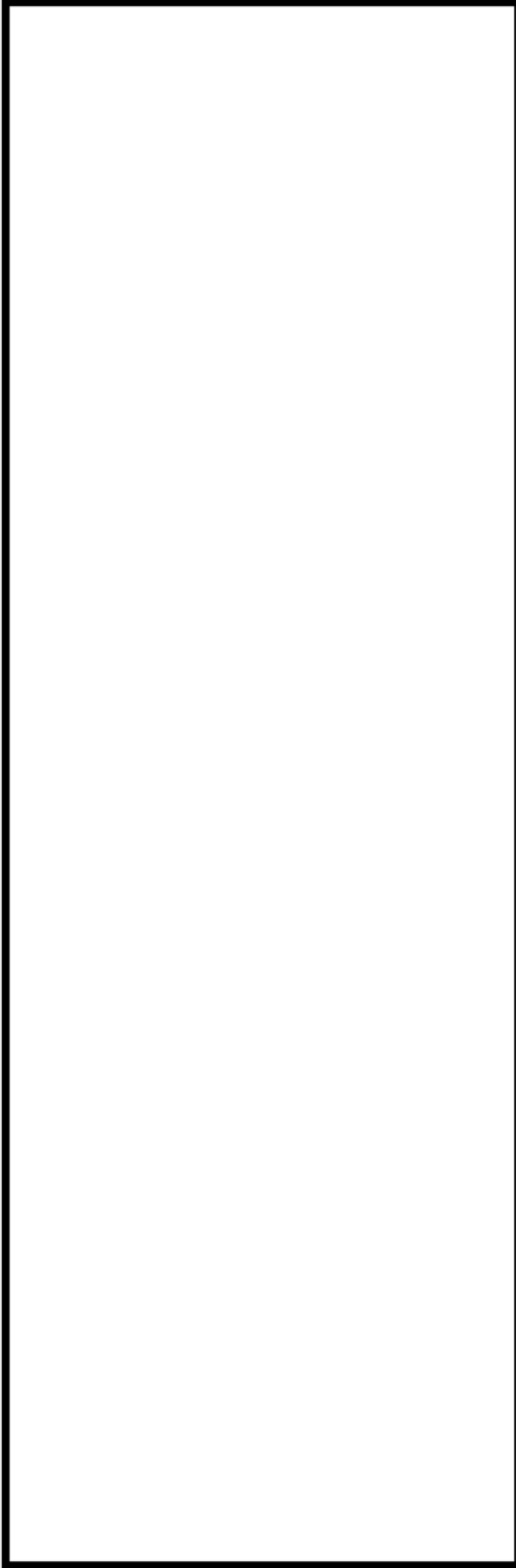
h. 過渡NSS,1B2



内は商業機密に属しますので公開できません

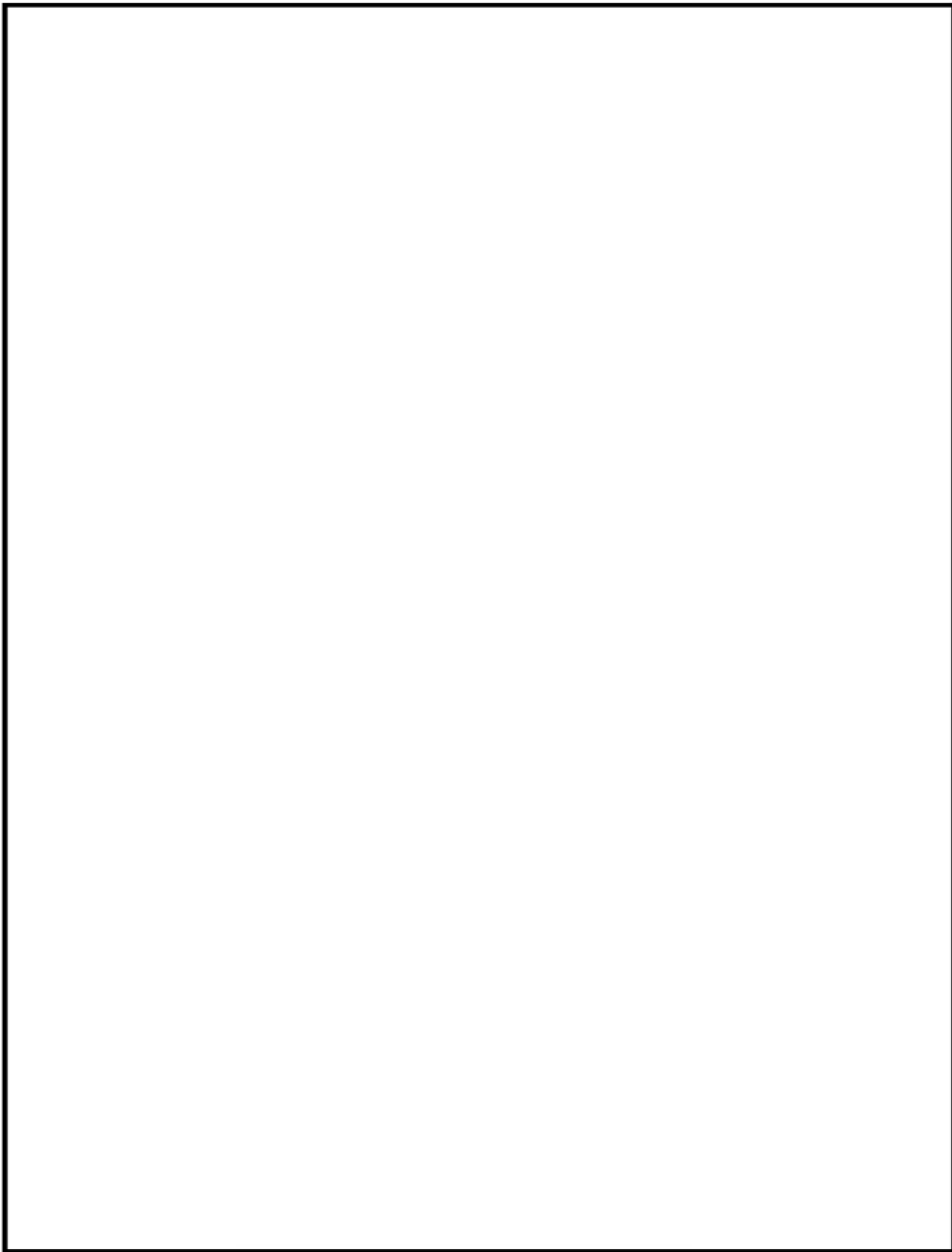


i. 過渡NSS,1C2



内は商業機密に属しますので公開できません





余熱除去クーラ 解析モデルおよび評価点

解析モデルは、上記のように中心軸対称として作成している。管側水室の温度条件は1次冷却水の入口側と出口側で異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。また、管側の入口側と出口側の温度差による影響は、より温度差の大きい胴側（原子炉補機冷却水）と管側入口側の温度差を考慮した評価により確認されている。

内は商業機密に属しますので公開できません

余熱除去クーラ 最大疲労評価点の選定

(MPa (疲れ評価を除く))

評価点			一次+二次応力強さ	疲れ累積係数	
管板部	1	入口			
		出口			
	2	入口			
		出口			
	3	入口			
		出口			
	4	入口			
		出口			
	5	入口			(0.03730)
		出口			
一般部	6	入口			
		出口			
	7	入口			
		出口			
	8	入口			
		出口			
	9	入口			
		出口			
	10	入口			
		出口			
	11	入口			
		出口			
	12	入口			
		出口			
13	入口				
	出口				
14	入口				
	出口				

注) 1. ( )はそれぞれの部位での最大値を示す。

→通常UF : 0.038

2. 評価点における入口と出口とは評価に用いる過渡の入口側と出口側のことを示す。

内は商業機密に属しますので公開できません

Ke係数と環境疲労パラメータ (余熱除去クロー) (詳細評価手法)

過渡条件 記号	一次+二次+ ピーク応力強さ		割増し 係数 KE	超過しピーク 応力強さ		超過 回数 n	許容繰返し 回数 n*	疲労単種係数 u	環境効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
	smax	snin		補正前 sall	補正後 sall*					
A										
B										
合計: 0.03730										
→通常UF: 0.038										
合計: 0.05187										
→環境UF: 0.052										

内は商業機密に属しますので公開できません

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

余熱除去クォーラ

a. 過渡1C1,NSS

--

b. 過渡1A1,NSS

--

内は商業機密に属しますので公開できません

伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法

管板は穴明き部を簡易的に評価するため、ASME「ARTICLE A-8000 STRESSES IN PERFORATED FLAT PLATES」に基づき等価中実円板にモデル化して評価しております。

ここで、管板を等価中実円板としてモデル化するために縦弾性係数及びポアソン比は図1のグラフ(A-8131-1)に基づき補正しております。等価縦弾性係数と縦弾性係数の比、及び等価ポアソン比を表1に示します。

また、応力集中については図2に示す応力指数のグラフ(A-8142-2)からYmaxを読み取り、式(1)の通り発生応力に応力指数を掛け合わせております。なお、読み取りに必要なβは等価中実円板の半径方向応力と周方向応力の比となりますので、Ymaxの値は解析モデルの要素ごとに変わる値となります。

$$S = Y_{max}(p/h) \sigma_1 + P \dots \dots \text{式 (1)}$$

S: 応力強さ、Ymax: 応力指数、p: 管穴ピッチ、h: リガメント幅、σ1: 主応力、P: 圧力

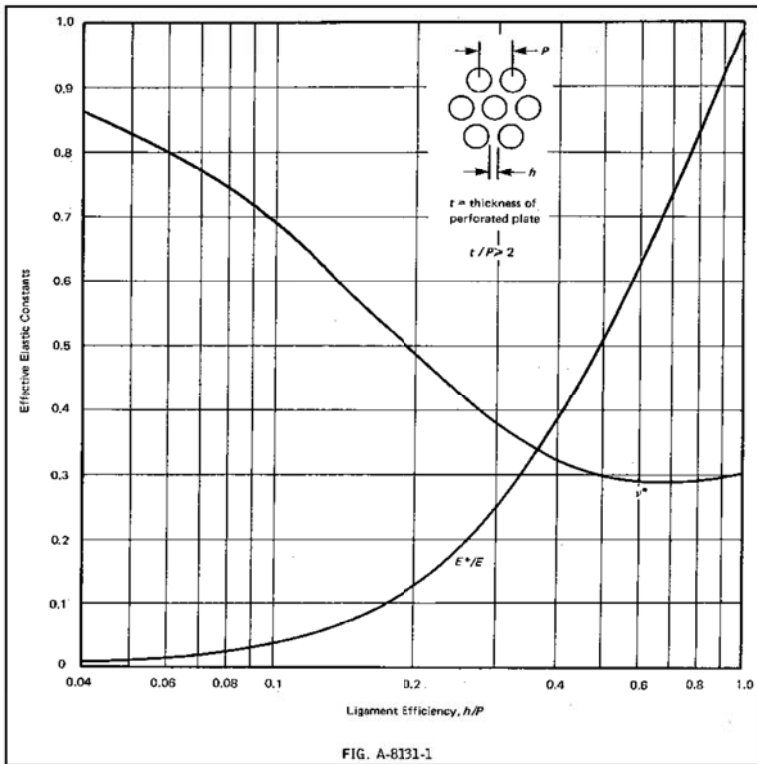


図1 等価縦弾性係数と等価ポアソン比

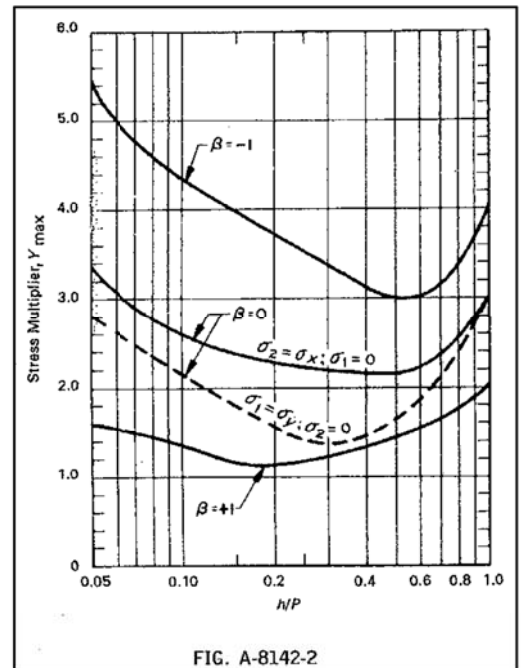


図2 応力指数

表1 等価縦弾性係数E\*と縦弾性係数Eの比、及び等価ポアソン比ν\*

		h [mm]	p [mm]	η = h/p	E*/E	ν*
高浜1号機	再生クーラ	[REDACTED]				
	余熱除去クーラ					

η: リガメント効率、E\*: 等価縦弾性係数、E: 縦弾性係数、ν\*: 等価ポアソン比

□ 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2-低サイクル疲労-8 rev1	事象：疲労																		
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-6頁)                  出入口管台等の疲労割れに係る評価対象部位の抽出の妥当性についての説明を提示すること。</p>																			
回 答	<p>疲労評価対象部位は、強度評価上厳しくなる以下の部位等を対象としており、設計時に評価されている部位となります。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造不連続部（支持構造物取付部含む）</li> <li>・材料不連続部</li> </ul> <p>なお、高浜2号炉の原子炉容器については、設計時に考慮した部位（建設時の工認で評価されている部位）に加えて、構造不連続部及び材料不連続部に着目し、その後の設計知見の拡充により他プラントの工認で評価されている箇所も考慮してPLMの評価対象部位としています。</p> <p>評価対象部位とその抽出理由を下表に示します。</p> <p style="text-align: center;">高浜2号炉 原子炉容器疲労評価対象部位</p> <table border="1" data-bbox="421 1155 1362 1541"> <thead> <tr> <th>PLM評価部位</th> <th>抽出理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>冷却材入口管台</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>冷却材出口管台</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>蓋用管台</td> <td>構造、材料不連続部</td> </tr> <tr> <td>炉内計装筒</td> <td>構造、材料不連続部</td> </tr> <tr> <td>上蓋および上部胴フランジ</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>下部胴・下部鏡接続部</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>炉心支持金物</td> <td>構造、材料不連続部</td> </tr> <tr> <td>スタッドボルト</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> </tbody> </table> <p>添付資料：建設時工認資料及び高浜2号炉高経年化技術評価書（抜粋）</p>		PLM評価部位	抽出理由	冷却材入口管台	建設時工認評価部位	冷却材出口管台	建設時工認評価部位	蓋用管台	構造、材料不連続部	炉内計装筒	構造、材料不連続部	上蓋および上部胴フランジ	建設時工認評価部位	下部胴・下部鏡接続部	建設時工認評価部位	炉心支持金物	構造、材料不連続部	スタッドボルト	建設時工認評価部位
PLM評価部位	抽出理由																			
冷却材入口管台	建設時工認評価部位																			
冷却材出口管台	建設時工認評価部位																			
蓋用管台	構造、材料不連続部																			
炉内計装筒	構造、材料不連続部																			
上蓋および上部胴フランジ	建設時工認評価部位																			
下部胴・下部鏡接続部	建設時工認評価部位																			
炉心支持金物	構造、材料不連続部																			
スタッドボルト	建設時工認評価部位																			



目 次

1 原子炉容器の上部蓋フランジ，上部胴フランジ接続部及び  
スタッドボルトナット

- 1-1 形状及び寸法
  - 2 解析モデル
  - 3. 最高使用圧力に対する応力評価
  - 4. 二次応力の判定
  - 5. ピーク応力の判定
  - 6. 二次応力計算結果
  - 7. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
  - 8. 疲労累積損傷係数

2 冷却材入口管台

- 2-1 形状及び寸法
  - 2. 解析モデル
  - 3. 冷却材入口管台に働く荷重
  - 4. 最高使用圧力に対する応力評価
  - 5. 二次応力の判定
  - 6. ピーク応力の判定
  - 7. 二次応力計算結果
  - 8. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
  - 9. 疲労累積損傷係数

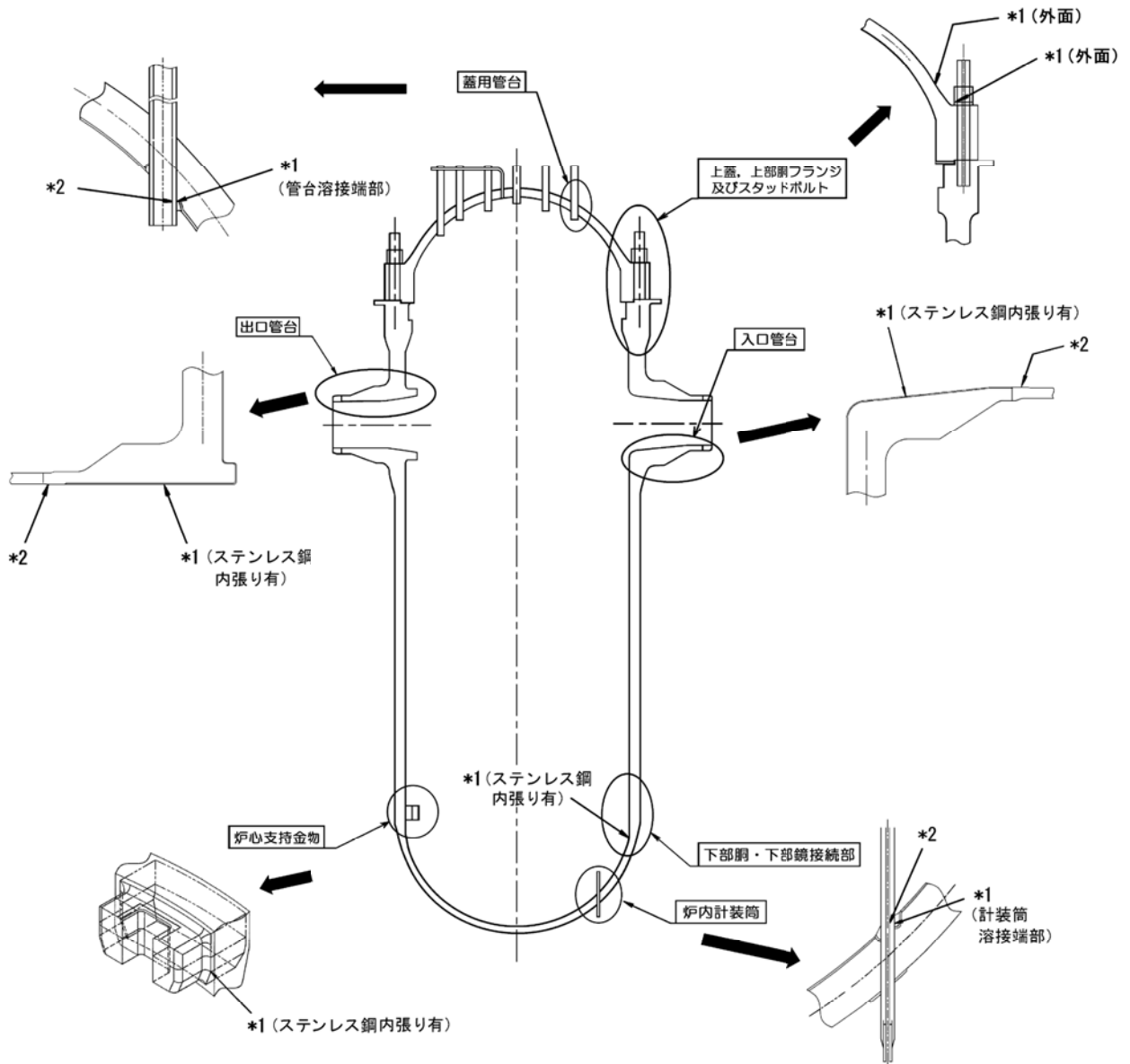
3 冷却材出口管台

- 3-1 形状及び寸法
  - 2. 解析モデル

3. 冷却材出口管台に働く荷重
4. 最高使用圧力に対する応力評価
5. 二次応力の判定
6. ピーク応力の判定
7. 二次応力計算結果
8. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
9. 疲労累積損傷係数

#### 4 原子炉容器の下部胴，下部鏡接続部

- 4-1 形状及び寸法
2. 解析モデル
3. 最高使用圧力に対する応力評価
4. 二次応力判定
5. ピーク応力判定
6. 二次応力計算結果
7. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
8. 疲労累積損傷係数



高経年化技術評価における評価部位

No.	高浜 2 - 中性子照射脆化 - 4	事象：中性子照射脆化
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-28頁)                  PTS事象として設定した、小破断LOCA、大破断LOCA及び主蒸気管破断のKI                  曲線の根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>「高浜 1 - 中性子照射脆化 - 4」の回答と同様です。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜 2 - 中性子照射脆化 - 5	事象：中性子照射脆化
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-28頁)                  破壊靱性値の評価を行う上で用いたTpの値、Tpの設定に用いた全ての監視試験データ(破壊靱性)を提示すること。また、計算に用いた数値を提示すること。</p>	
回 答	<p>監視試験データは JEAC4206-2007 附属書 C に規定されている一般評価により計算し、Tp を設定しています。ただし脆化予測には、JEAC4201-2007/2013 追補版の附属書 B に規定されている国内脆化予測法を適用しています。</p> <p>(Tp：当該プラントにおけるプラント評価時期の破壊靱性遷移曲線を設定する際に定まるプラント個別の定数(°C))</p> <p>高浜 2 号炉の Tp の評価に用いた詳細データを添付資料に示します。                  また、2015 年 4 月時点及び運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる [ ] に                  対する 10mm 位置での Tp の算出過程は以下の通りです。</p> <p>2015 年 4 月時点</p> $\Delta TK_{IC} = \Delta RT_{NDT}(\text{評価時期}) - \Delta RT_{NDT}(\text{監視試験時点}) + \sigma \Delta$ $= [ ] - [ ] + [ ] = [ ]$ $T(\text{シフト後温度}) = T(\text{試験温度}) + \Delta TK_{IC}$ $= [ ] + [ ] = [ ]$ $T_p = T(\text{シフト後温度}) - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{K_{Ic} - 20.16}{129.9}\right)$ $= [ ] - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{[ ] - 20.16}{129.9}\right) \doteq 91.9$ <p>運転開始後 60 年時点</p> $\Delta TK_{IC} = [ ] - [ ] + [ ] = [ ]$ $T(\text{シフト後温度}) = [ ] + [ ] = [ ]$ $T_p = [ ] - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{[ ] - 20.16}{129.9}\right) \doteq 105.7$ <p style="text-align: right;">以上</p>	

[ ] 内は商業機密に属しますので公開できません

表1.1 高浜2号機の2015年4月時点におけるTp算出結果  
(深さ10mmの想定き裂を用いた評価) (1/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価

内は商業機密に属しますので公開できません

表1.1 高浜2号機の2015年4月時点におけるTp算出結果  
(深さ10mmの想定き裂を用いた評価) (2/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価
					91.9	○

内は商業機密に属しますので公開できません

表1.2 高浜2号機の60年時点におけるTp算出結果  
(深さ10mmの想定き裂を用いた評価) (1/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価

内は商業機密に属しますので公開できません



表1.2 高浜2号機の60年時点におけるTp算出結果  
(深さ10mmの想定き裂を用いた評価) (2/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価
					105.7	○

内は商業機密に属しますので公開できません

表2.1 高浜2号機の2015年4月時点における $T_p$ 算出結果  
(深さ5mmの想定き裂を用いた評価) (1/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa $\sqrt{m}$ )	$T_p$ (°C)	評価

内は商業機密に属しますので公開できません

表2.1 高浜 2 号機の2015年4月時点におけるTp算出結果  
 (深さ5mmの想定き裂を用いた評価) (2/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価
					93.0	○

内は商業機密に属しますので公開できません

表2.2 高浜2号機の60年時点におけるTp算出結果  
(深さ5mmの想定き裂を用いた評価) (1/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価

内は商業機密に属しますので公開できません

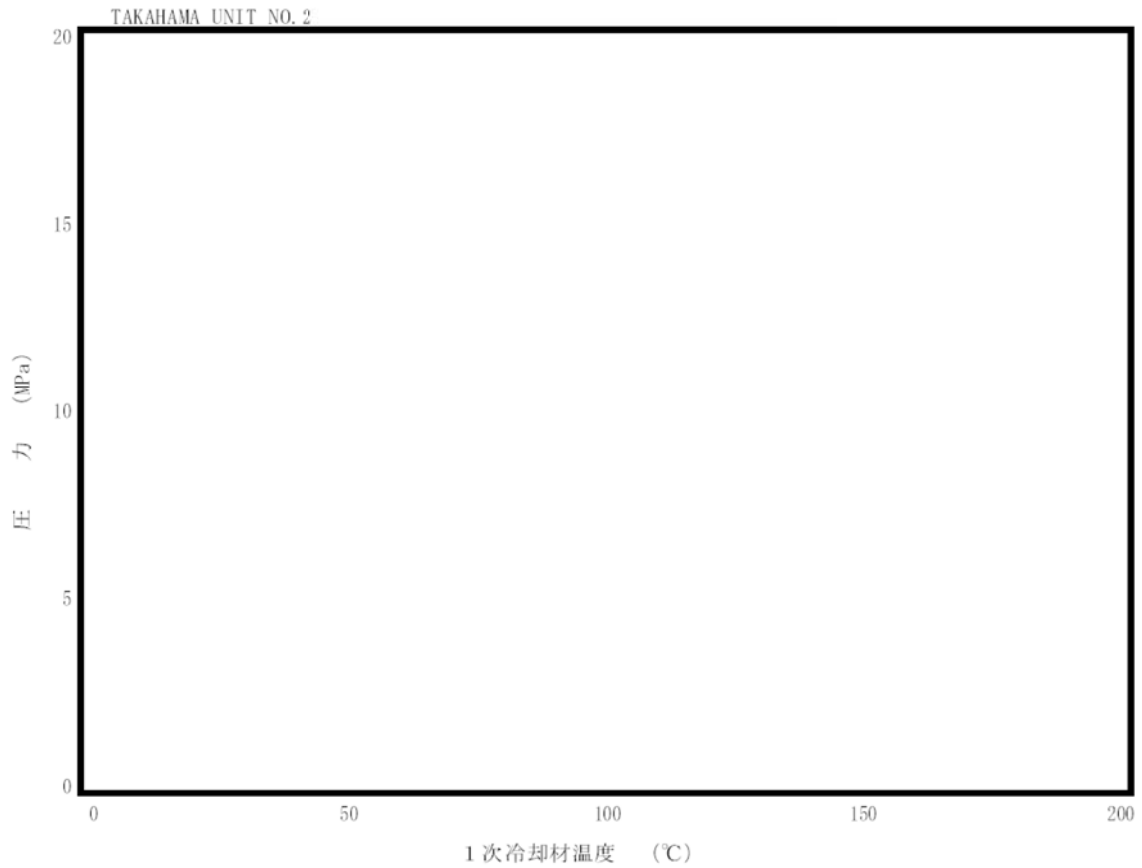
表2.2 高浜2号機の60年時点におけるTp算出結果  
(深さ5mmの想定き裂を用いた評価) (2/2)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	KIc (MPa√m)	Tp (°C)	評価
					107.6	○

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2 - 中性子照射脆化 - 6	事象：中性子照射脆化
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-34頁)          運転管理上の制限として加熱・冷却運転時に許容しうる温度・圧力の範囲（加熱冷却時制限曲線）を提示すること。</p>	
回 答	<p>高浜2号炉の通常運転時の1次冷却材の加熱制限曲線・冷却制限曲線（設定用パラメータ含）を添付資料に示します。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

通常運転時の加熱制限曲線



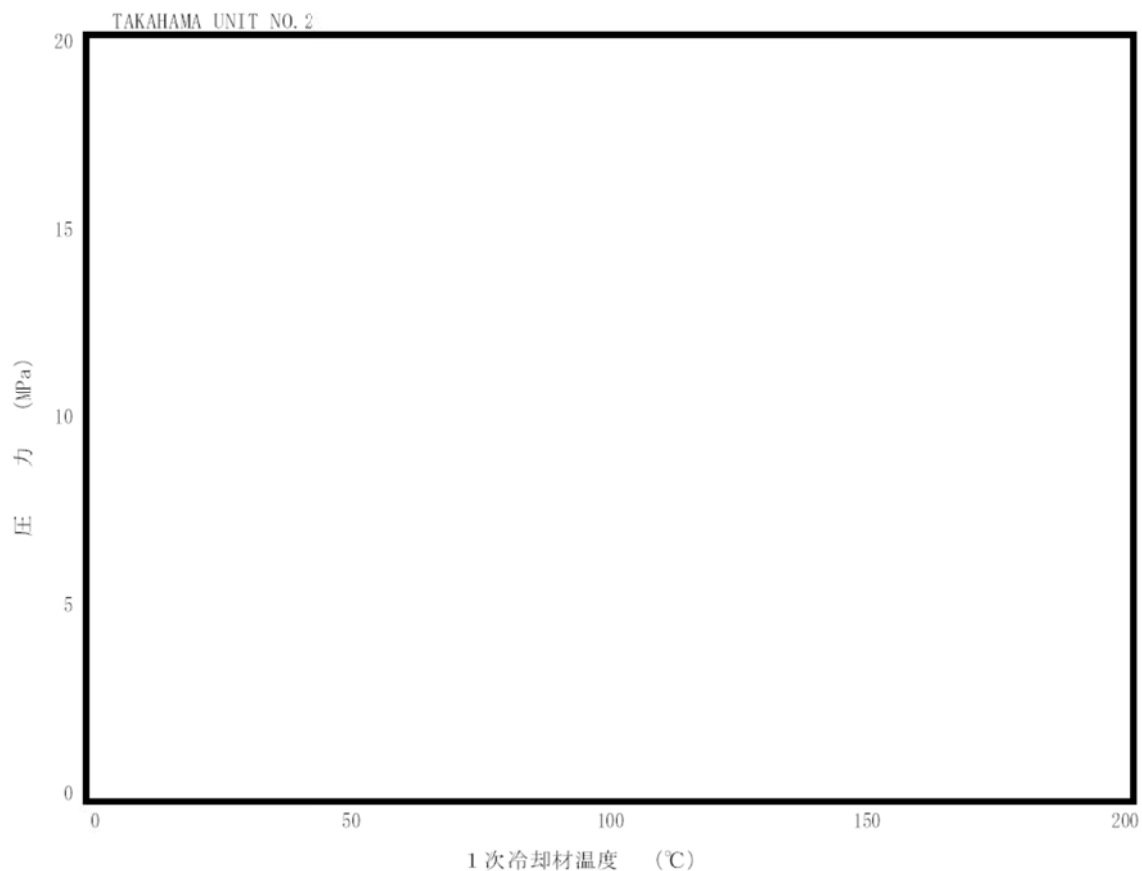
適用時間	
適用加熱率	
安全率 (A)	
安全率 (B)	
破壊靱性	
RTNDT (1/4)	
RTNDT (3/4)	
Cu	
Ni	
P	

安全率 A : 供用状態 A, B での一次応力による  
応力拡大係数に係る安全率

安全率 B : 供用状態 A, B での二次応力による  
応力拡大係数に係る安全率

内は商業機密に属しますので公開できません

通常運転時の冷却制限曲線



適用時間	
適用冷却率	
安全率 (A)	
安全率 (B)	
破壊靱性	
RTNDT (1/4)	
RTNDT (3/4)	
Cu	
Ni	
P	

安全率A : 供用状態A, Bでの一次応力による  
応力拡大係数に係る安全率

安全率B : 供用状態A, Bでの二次応力による  
応力拡大係数に係る安全率

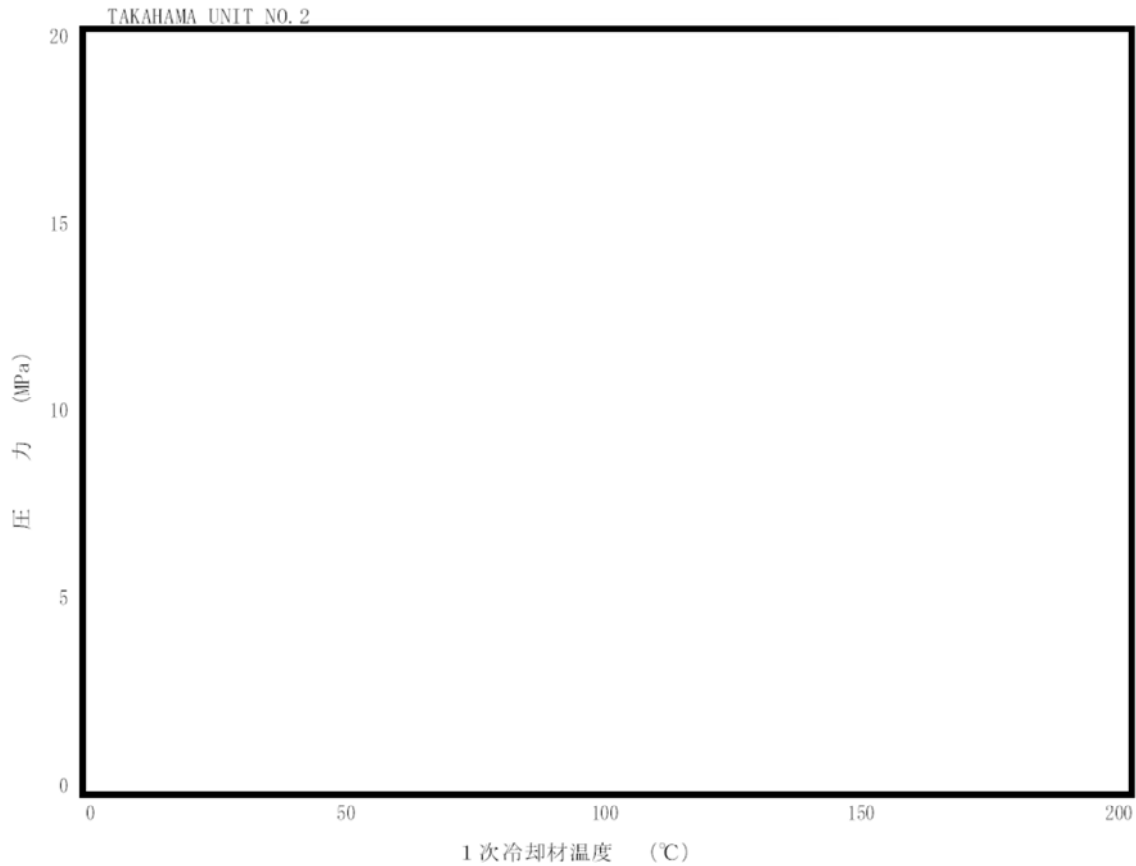
内は商業機密に属しますので公開できません



No.	高浜 2 - 中性子照射脆化 - 7	事象：中性子照射脆化
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-34頁)                  現在運用されている耐圧漏えい試験温度及びそれを決定した設定根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>現在高浜 2 号炉で運用している耐圧・漏えい検査時における 1 次冷却材の加熱制限曲線（設定用パラメータ含）を添付資料に示します。耐圧・漏えい検査時の一次冷却材圧力は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に基づき設定し、温度は添付資料の制限曲線から <input data-bbox="1225 801 1295 846" type="text"/> °C 以上で運用することとしています。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

試験時の加熱制限曲線



適用時間	
適用加熱率	
安全率 (A)	
安全率 (B)	
破壊靱性	
RTNDT (1/4)	
RTNDT (3/4)	
Cu	
Ni	
P	

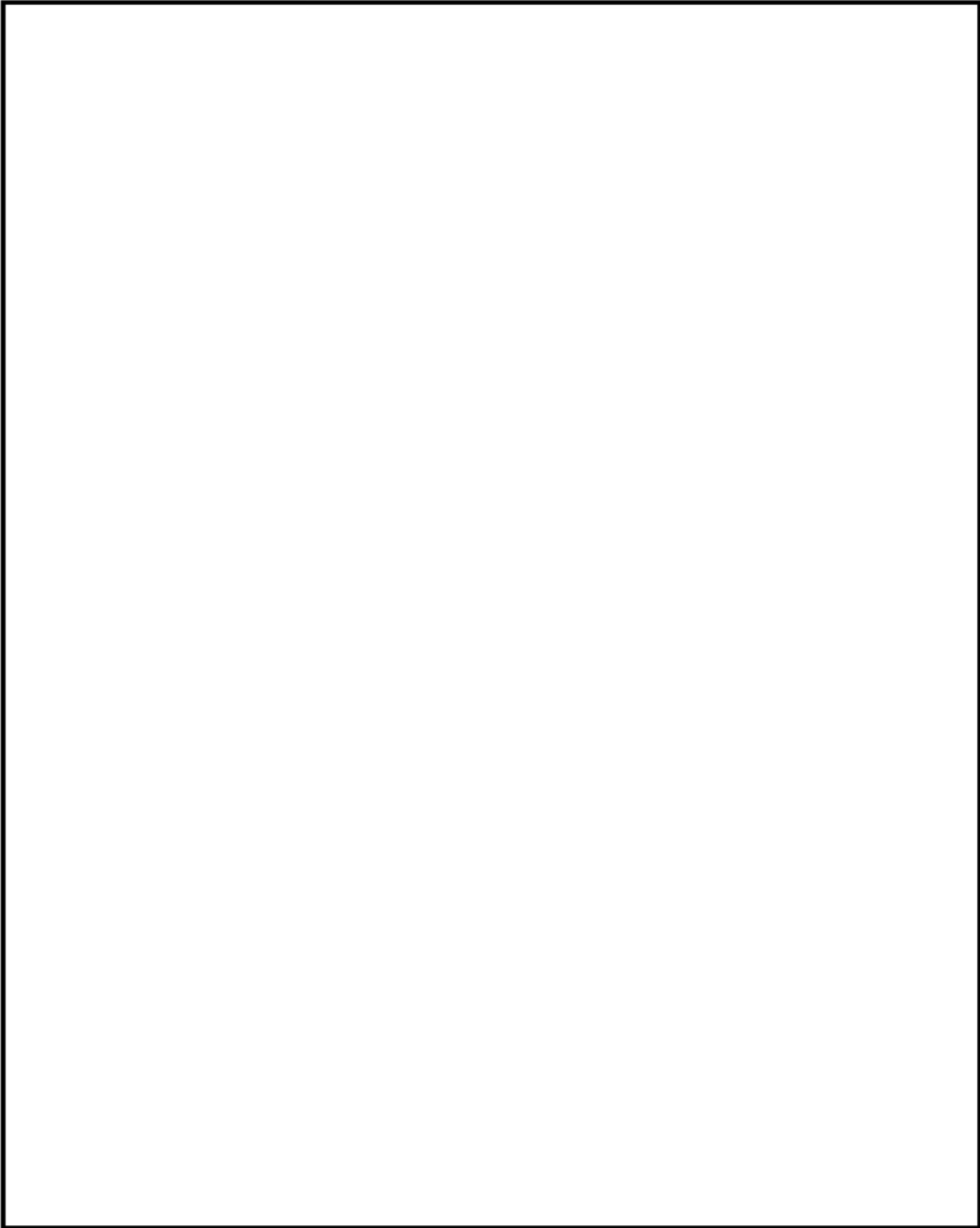
○試験温度決定のための参照圧力値は試験圧力以上で保守的に設定している。

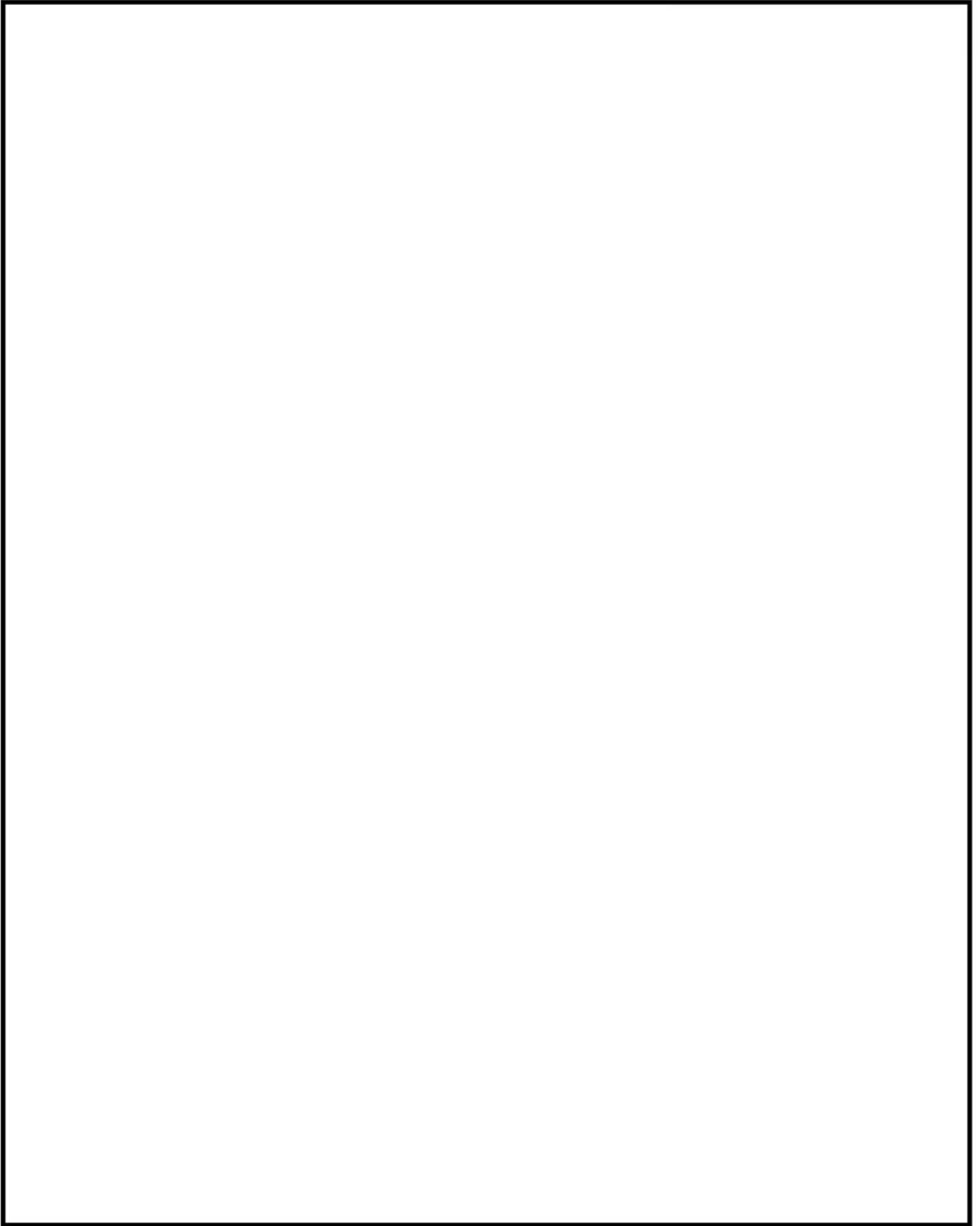
○試験温度は加熱制限曲線から算出された制限温度に  °C の温度計装誤差を考慮して  °C 以上に設定している。


安全率A：耐圧・漏えい試験での一次応力による  
 応力拡大係数に係る安全率  
 安全率B：耐圧・漏えい試験での二次応力による  
 応力拡大係数に係る安全率

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2-コンクリート鉄骨-2 rev-1	事象：中性化
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-13頁)                  2014年に実施した温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定位置並びに測定結果及び中性化の評価対象の選定過程を提示すること。</p>	
回 答	<p>2014年に実施した温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定位置（185箇所）並びに測定結果及び中性化の評価対象の選定過程は以下のとおりです。</p> <p>1. 測定位置                  添付-1「温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の測定位置図」に示すとおり。</p> <p>2. 測定結果                  添付-2「測定結果および各構造物の中性化に係る環境条件の影響度」に示すとおり。</p> <p>3. 中性化の評価対象の選定過程                  中性化の評価対象は、温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定結果等に基づく中性化に及ぼす影響度の大きさと、中性化深さの測定結果に基づき選定しています。</p> <p>(1) 中性化に及ぼす影響度の大きさ                  設置環境として、対象構造物から仕上げが無い箇所があるものを選定し、屋内と屋外に分類します。屋内については、温度、相対湿度および二酸化炭素濃度の測定結果等に基づく中性化に及ぼす影響度が最も大きい内部コンクリートを、屋外については、対象となる構造物が取水構造物のみであることから、取水構造物を評価対象として選定しました。なお、中性化に及ぼす影響度については、各環境条件が入力値となる森永式を引用した、環境条件による係数により算出しています。その算出結果は、添付-2に示すとおりです。</p> <p>(2) 中性化深さの測定結果                  対象構造物の中性化深さを測定した結果、その値が最も大きいタービン建屋を評価対象に選定しました。</p> <p>添付-1 温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の測定位置図                  添付-2 測定結果および各構造物の中性化に係る環境条件の影響度</p>	

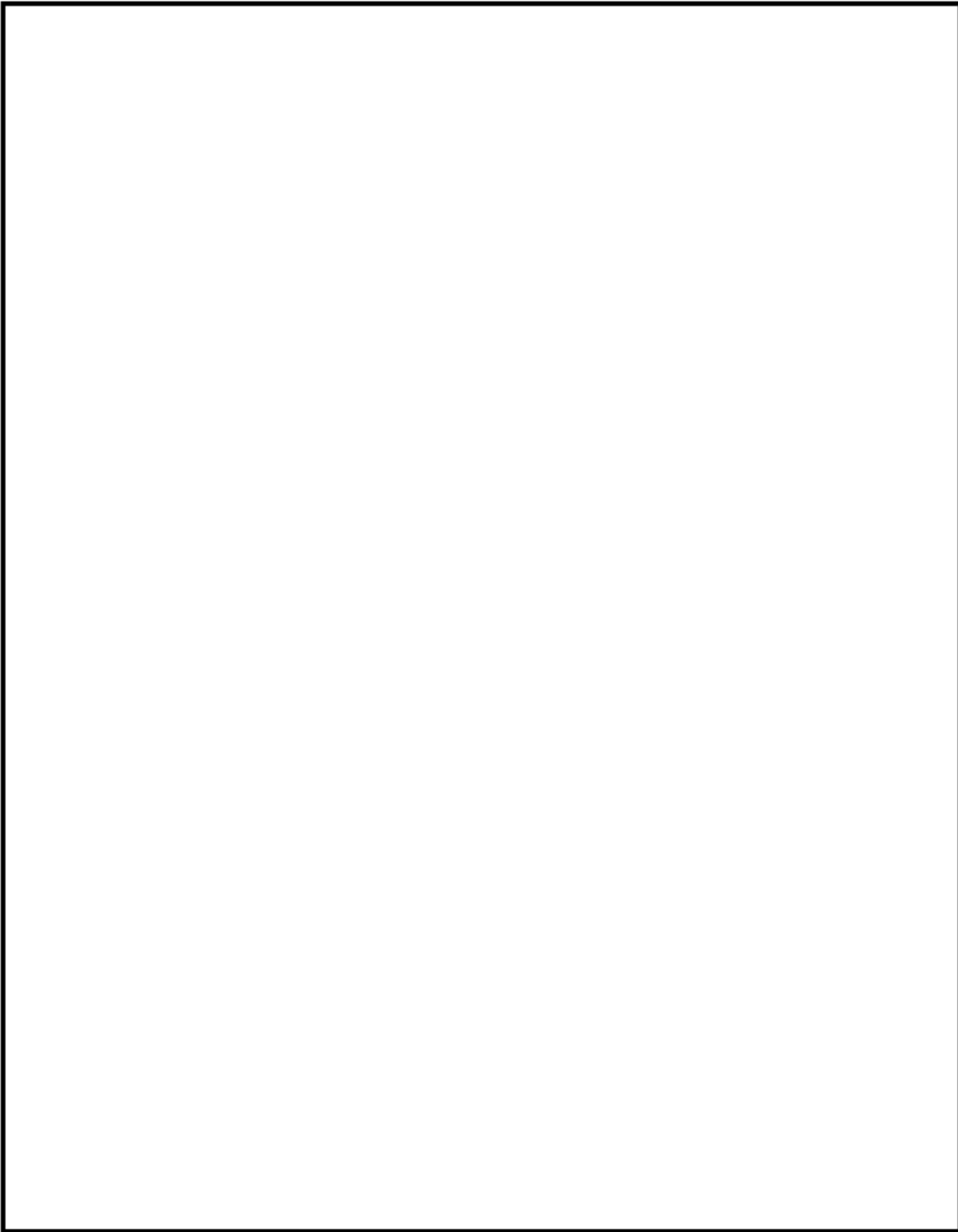





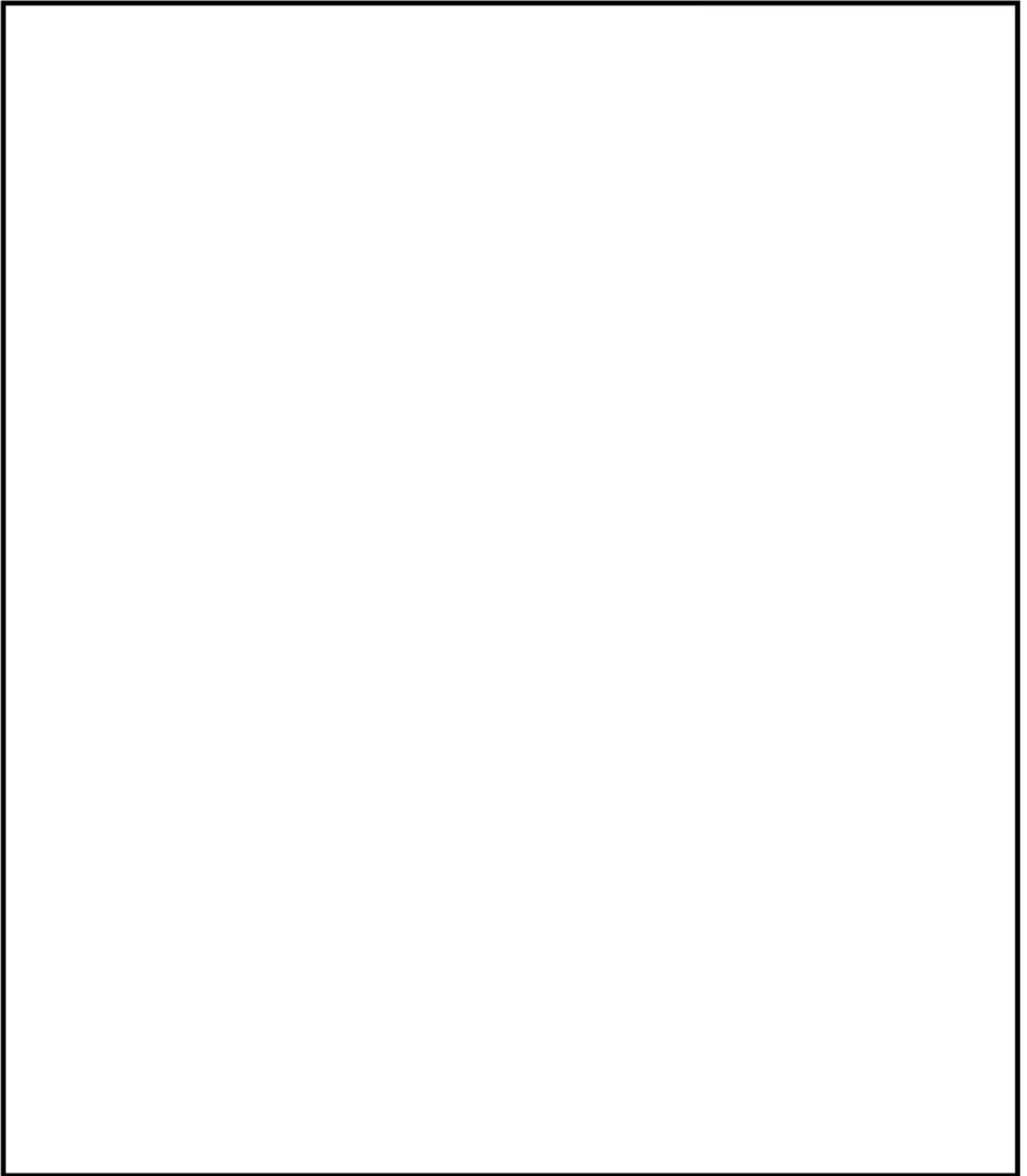
 内は防護情報に属するため公開できません



内は防護情報に属するため公開できません



 内は防護情報に属するため公開できません



内は防護情報に属するため公開できません



測定結果および各構造物の中性化に係る環境条件の影響度

構造物	対象の部位	測定結果に基づく環境条件 (平均値) の入力値			環境条件による 影響度※1	備考
		温度 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素濃度 (ppm)		
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁					補正実施
	内部コンクリート					補正実施
	基礎マット					
原子炉補助建屋	外壁					
	内壁及びび床					
	使用済み燃料プール					
	基礎マット					
タービン建屋	内壁及びび床					
	基礎マット					
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	タービン架台					補正実施

測定期間：平成26年6月16日～9月10日

※森永式における環境条件による係数（下記赤部）から算出

$$x = \sqrt{C} \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022T) \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (4.6 \cdot w/c/100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

$x$  : 中性化深さ (mm)  
 $T$  : 温度 (°C)  
 $t$  : 材齢 (日)  
 $C$  : 炭酸ガス濃度 (%)  
 (1%=10,000ppm)

$RH$  : 湿度 (%)  
 $w/c$  : 水セメント比 (%)  
 $R$  : 中性化比率

□ 内は商業機密に属しますので公開できません

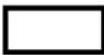
No.	高浜 2 - コンクリート鉄骨 - 5 rev-1	事象：腐食
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-16頁)  腐食による強度低下を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象とする理由を提示すること。</p>	
回 答	<p>「高浜 1 - コンクリート鉄骨 - 5 rev1」の回答と同様です。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜2-コンクリート鉄骨-13 rev-1	事象：機械振動
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-33頁)  「これまでこのようなひび割れなどの異常は確認されていない。」とする根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>「原子力発電所建築設備点検要綱指針」に基づき、定期的に点検を実施した結果、コンクリート表面に有害なひび割れは確認されておりません。点検結果を、添付-1「平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書(抜粋)」に示します。</p> <p>添付-1 平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書(抜粋)</p>	

点検調査記録用紙(様式8-1)

点検調査記録用紙 (Aクラス建物)

発電所名称	高浜発電所	2号機	建屋名称 (建屋番号)	2号機中間建屋(2次系) ( 18 )	Aクラス	点検年月日	平成26年6月1日	点検者	関西電力機
-------	-------	-----	----------------	------------------------	------	-------	-----------	-----	-------



内は商業機密に属しますので公開できません

点検調査記録用紙(様式9)

点検調査記録用紙 (Bクラス建物)

発電所名称	高浜発電所	2号機	建屋名称 (建屋番号)	2号機タービン建屋 (22)	Bクラス	点検年月日	平成26年6月1日	点検者	関西電力株



内は商業機密に属しますので公開できません



