

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-026-11 改5
提出年月日	2020年6月15日

原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての  
計算書に関する補足説明資料

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 2 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の考え方

別紙 3 地震荷重の入力方法

別紙 4 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙 5 応力解析における応力平均化の考え方

別紙 6 地震荷重の算定方法

別紙 7 貫通部における平均応力の考え方

別紙 8 重大事故等時の高温による剛性低下の考え方

下線：今回ご提示資料

## 別紙 8 重大事故等時の高温による剛性低下の考え方

## 目 次

1. 概要	別紙 8-1
2. 重大事故等時の高温による剛性低下の考え方	別紙 8-2
3. 先行審査実績との比較	別紙 8-4
4. 既工認時の温度分布解析	別紙 8-6
4.1 解析概要	別紙 8-6
4.2 解析条件	別紙 8-7
4.3 解析結果	別紙 8-10
5. まとめ	別紙 8-14

## 1. 概要

原子炉格納容器コンクリート部（以下「RCCV」という。）の応力解析について、V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書」という。）では、重大事故等時の高温による剛性低下を考慮していない。一方、V-3-3-6-1-1-1「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」（以下「強度計算書」という。）では、重大事故等時の高温による剛性低下を考慮している。本資料は、その考え方について示すものである。

## 2. 重大事故等時の高温による剛性低下の考え方

耐震計算書の「別紙 鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（原子炉格納容器コンクリート部）」において示しているとおり、重大事故等時の高温状態に対して鉄筋コンクリート構造物の強度及び剛性への影響が小さいことから、鉄筋コンクリート構造物においては剛性低下を考慮しないことを基本としている。

図2-1に重大事故等時の原子炉格納容器温度の変化を示す。原子炉格納容器気相部の温度は一時的に200℃を超えるが、構造健全性評価上考慮すべき壁面の温度は最高で約165℃である。

耐震計算書における温度の考え方は、「工事計画に係る説明資料（耐震性に関する説明書）」のうち「重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて」に示すとおり、事象発生後以降の最高となる壁面温度である約165℃を包絡する値として、限界圧力（0.62MPa）における飽和温度（約168℃）を考慮することとしている。

一方、強度計算書における温度の考え方は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において示している。重大事故等時の原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能の確認を行うために、評価温度として設定しており、その温度は、産業界でシビアアクシデント時の原子炉格納容器の耐性の指標として用いられている200℃としている。この温度は、耐震計算書における温度の考え方を踏まえると、実現象を超えた保守的な設定値となっていると言える。

以上より、鉄筋コンクリート構造物においては剛性低下を考慮しないことが基本であるが、強度計算書においては、実現象を超えた評価温度として高い値を設定していることから、重大事故等時の温度影響を確認する観点から剛性低下を考慮することとしている。

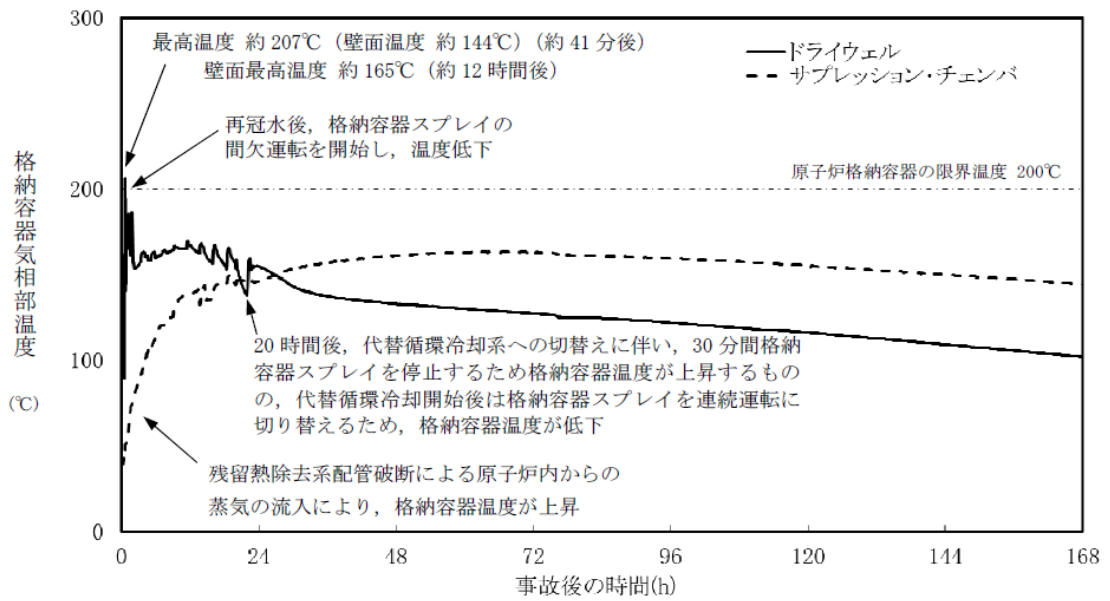


図 2-1 重大事故等時の原子炉格納容器温度の変化

(V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」より引用)

### 3. 先行審査実績との比較

耐震計算書及び強度計算書における重大事故等時の剛性低下についての先行審査実績との比較を表 3-1 に示す。なお、比較対象は、原子炉格納容器がコンクリート製原子炉格納容器である大飯 3/4 号と、BWR の最新審査実績である東海第二とした。

耐震計算書において剛性低下を考慮せず、強度計算書において剛性低下を考慮するという考え方は、柏崎刈羽 7 号と整合していることが確認できる。



表 3-1 先行審査実績との比較

		大飯 3/4 号	東海第二	柏崎刈羽 7 号
耐震計算書*1, *2	剛性低下の考慮	考慮していない	考慮していない	考慮していない
強度計算書*3, *4	剛性低下の考慮	考慮している	考慮している	考慮している
	原子炉格納容器内の 評価温度	200℃	200℃	200℃

注記\*1：大飯 3/4 号については，資料 13-17-7-5-1「原子炉格納容器の耐震計算書(コンクリート部)」を指す。

\*2：東海第二については，V-2-9-2-2「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」を指す。

\*3：大飯 3/4 号については，資料 36 別添 1「原子炉格納容器 重大事故等時の閉じ込め機能健全性について」を指す。大飯 3/4 号の資料 14-3-6「重大事故等クラス 2 容器の強度計算書」においては，資料 36 別添 1「原子炉格納容器 重大事故等時の閉じ込め機能健全性について」を引用している。

\*4：東海第二については，V-3-9-1-1-7「原子炉格納容器底部コンクリートマットの強度計算書」を指す。

注：大飯 3/4 号及び東海第二の欄の記載内容については，公開資料を基に解釈したものである。

#### 4. 既工認時の温度分布解析

RCCV 内部が高温となる場合の RCCV の温度分布の参考として、既工認時の温度分布解析結果を確認する。

##### 4.1 解析概要

既工認時においては、荷重状態Ⅲの異常時及び（異常＋地震）時の荷重の組合せにおける温度荷重を求めるため、異常時の温度分布解析を実施している。異常時は、時間的な温度変化があるため、非定常温度分布解析を行っている。シェル部及びトップスラブ部の解析箇所を図 4-1 に示す。

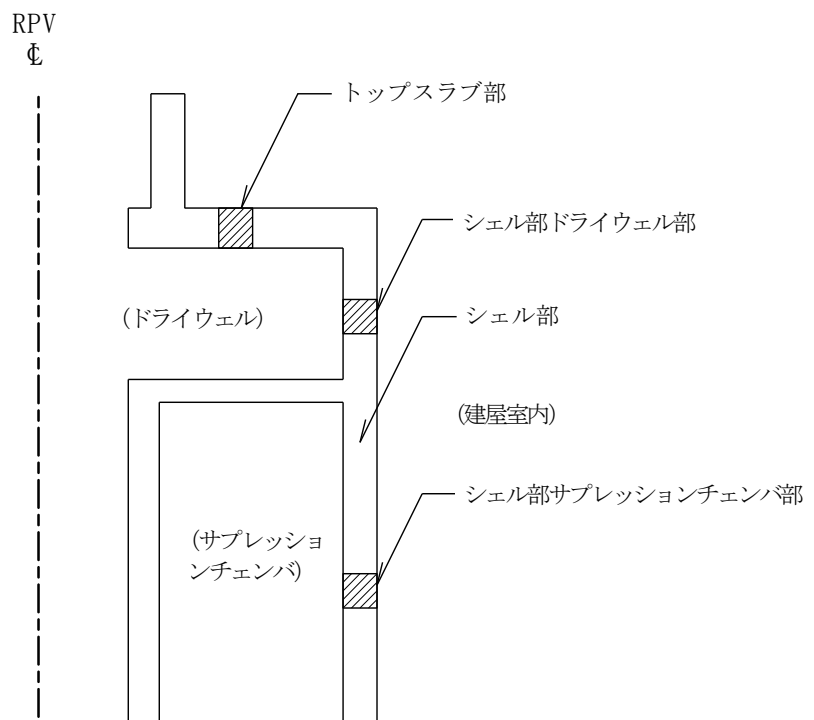
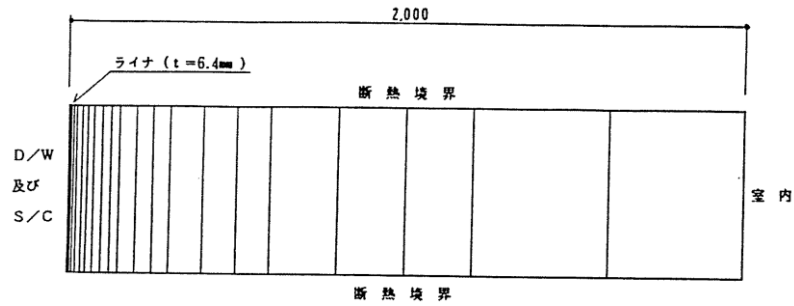


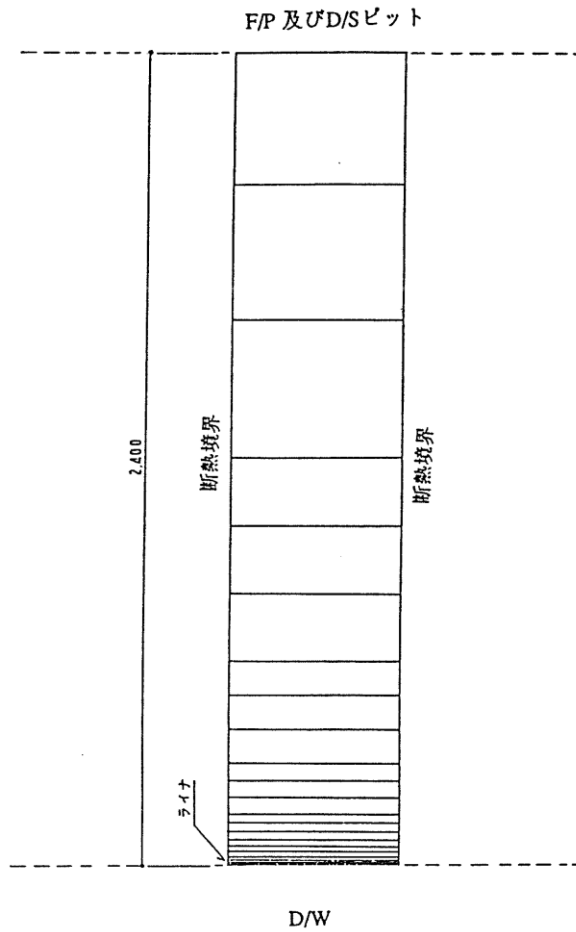
図 4-1 シェル部及びトップスラブ部の解析箇所

## 4.2 解析条件

解析は一次元モデルにより実施している。解析モデルを図 4-2 に、材料の物性値を表 4-1 に示す。また、解析に用いる各部位の雰囲気温度を表 4-2 に、RCCV 内部の異常時の非定常温度条件を図 4-3 に示す。格納容器内温度としては最高で 171°C を考慮している。



(a) シェル部



(b) トップスラブ部

図 4-2 解析モデル

表 4-1 材料の物性値

材 料	比重量 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	比 熱 c (kcal/kg°C)	熱伝導率 $\lambda$ (kcal/mh°C)	備 考
コンクリート	2200	0.21	1.40	
一般炭素鋼*1	7830	0.11	46.0	SGV49, SM41B, SM50, SPV50
ステンレス鋼*1	7820	0.118	14.0	SUS304L

注記\*1 : ステンレス鋼板は、S/C水没部のシェル部ライナに使用し、それ以外の領域のライナに炭素鋼板を用いる。

注 1 : コンクリートの物性値は、空気調和衛生工学便覧(空気調和衛生工学会編)による。また、鋼材の物性値は、伝熱工学資料(機械学会編)による。

表 4-2 各部位の雰囲気温度

(単位：°C)

部位	雰囲気温度	
ドライウェル	図 4-3	
サプレッションチェンバ		
建屋室内	夏	40.0
	冬	10.0

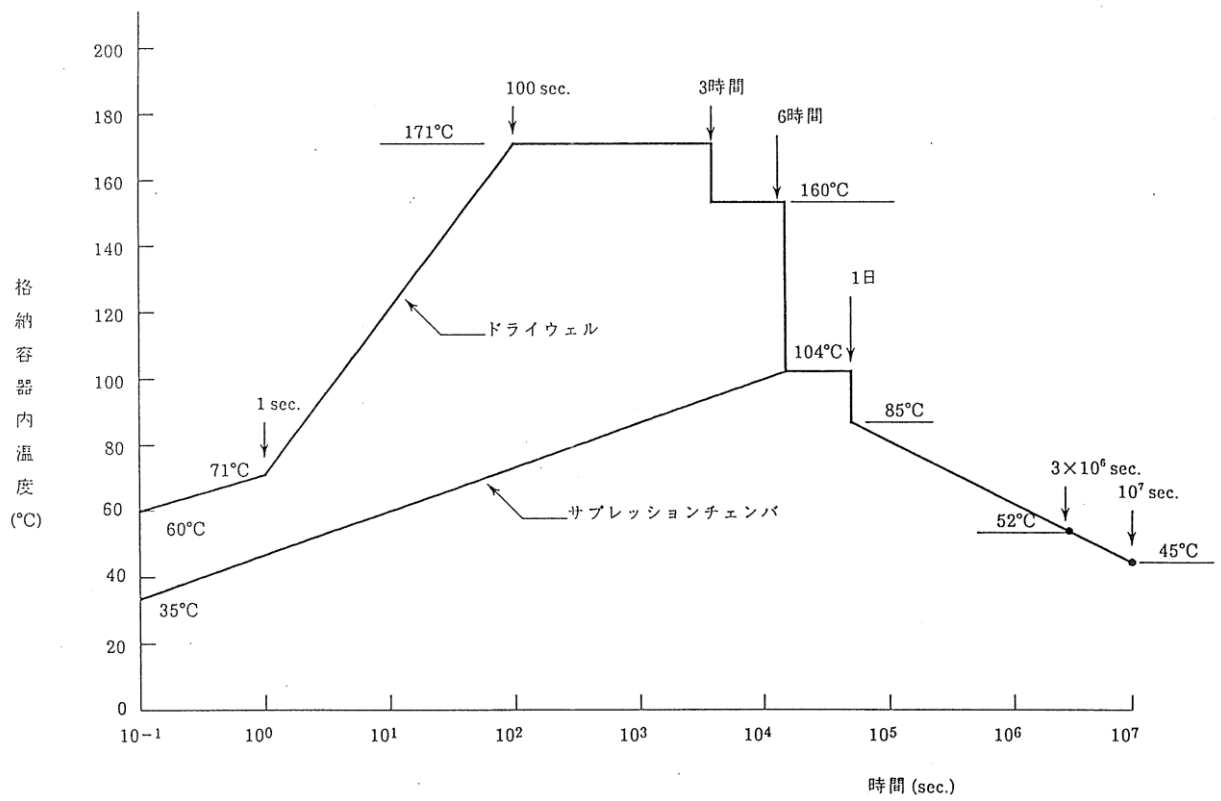
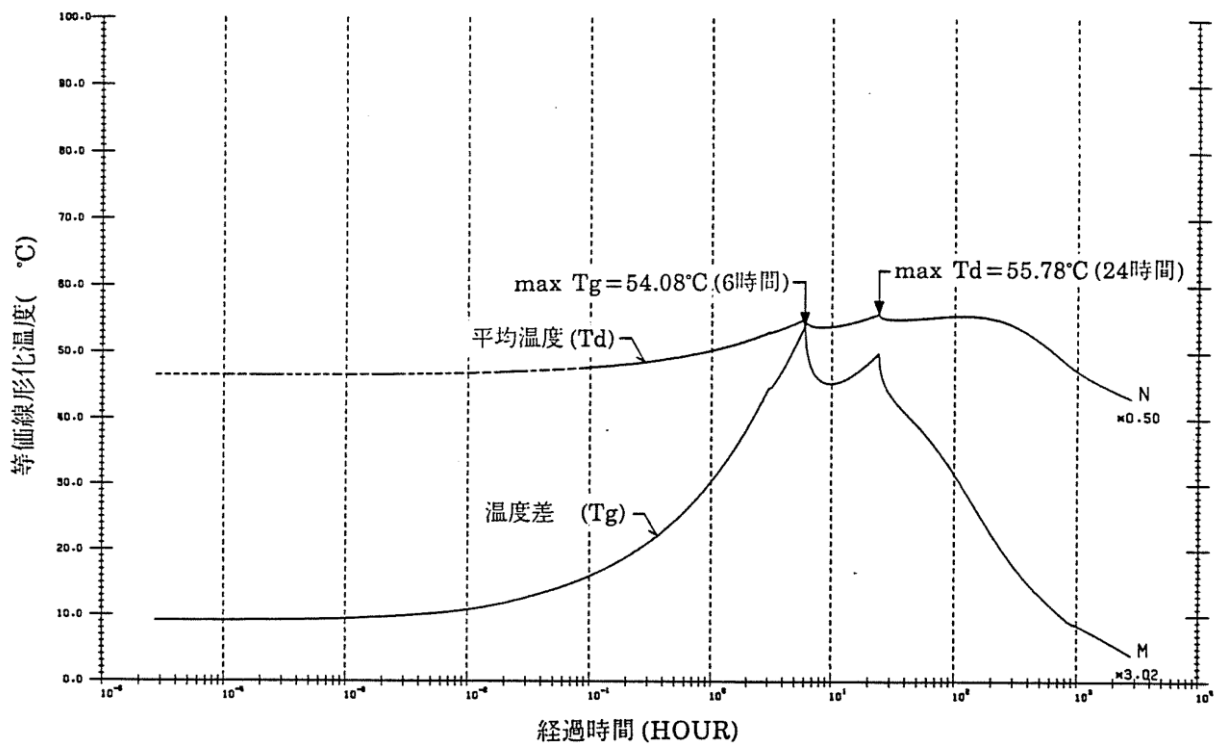


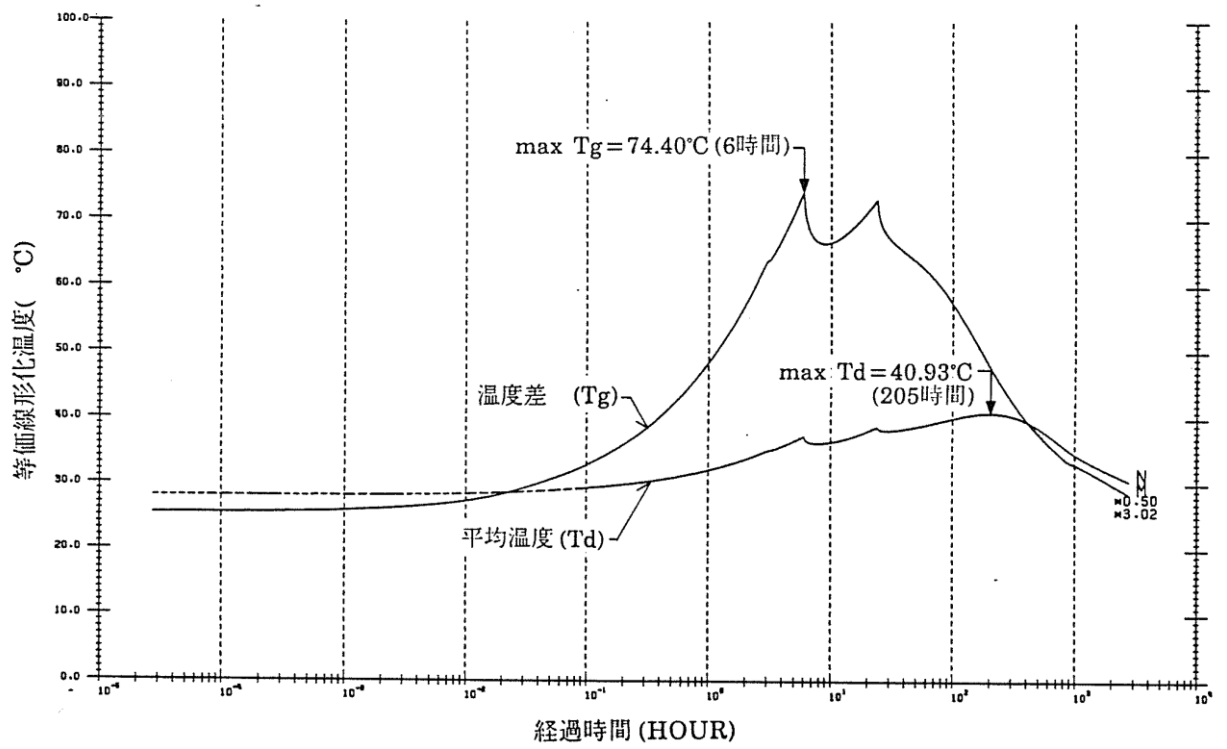
図 4-3 RCCV 内部の異常時の非定常温度条件

#### 4.3 解析結果

解析結果における各部位の平均温度（ $T_d$ ）と内外表面の温度差（ $T_g$ ）の温度履歴を図 4-4～図 4-6 に示す。平均温度（ $T_d$ ）の最高値は、シェル部ドライウエル部の夏の 55.78℃となっている。

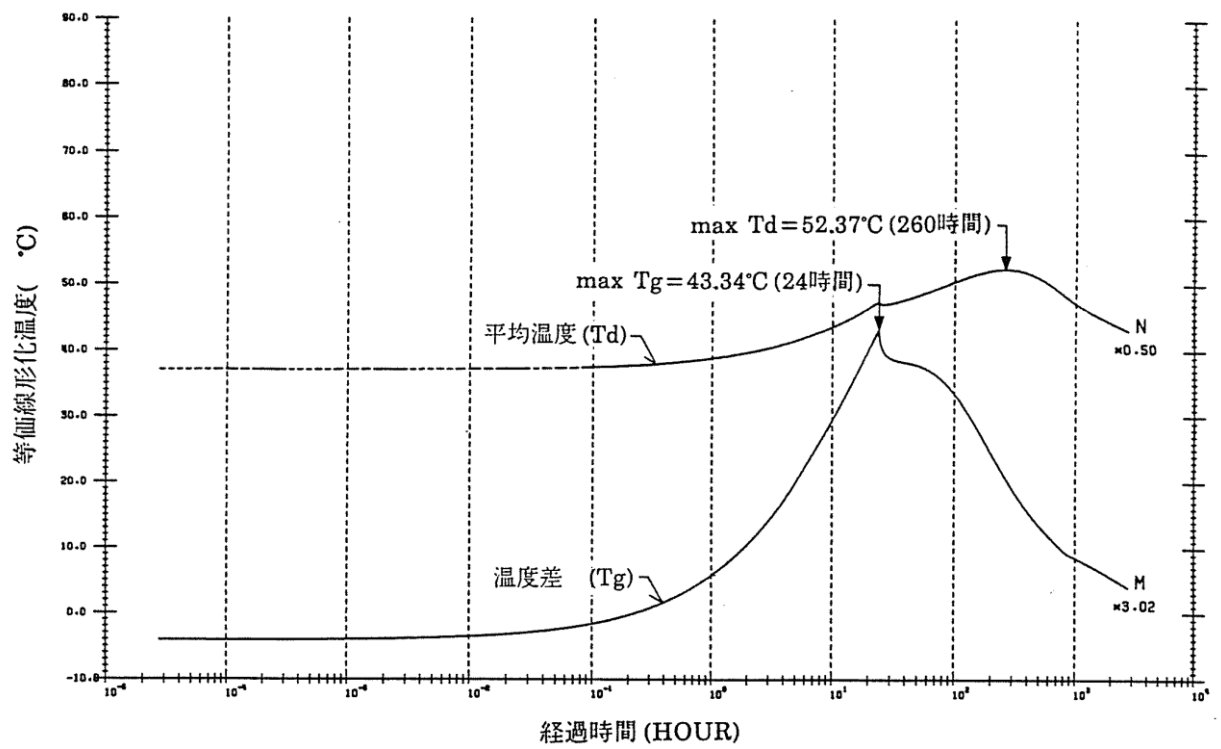


(a) 夏

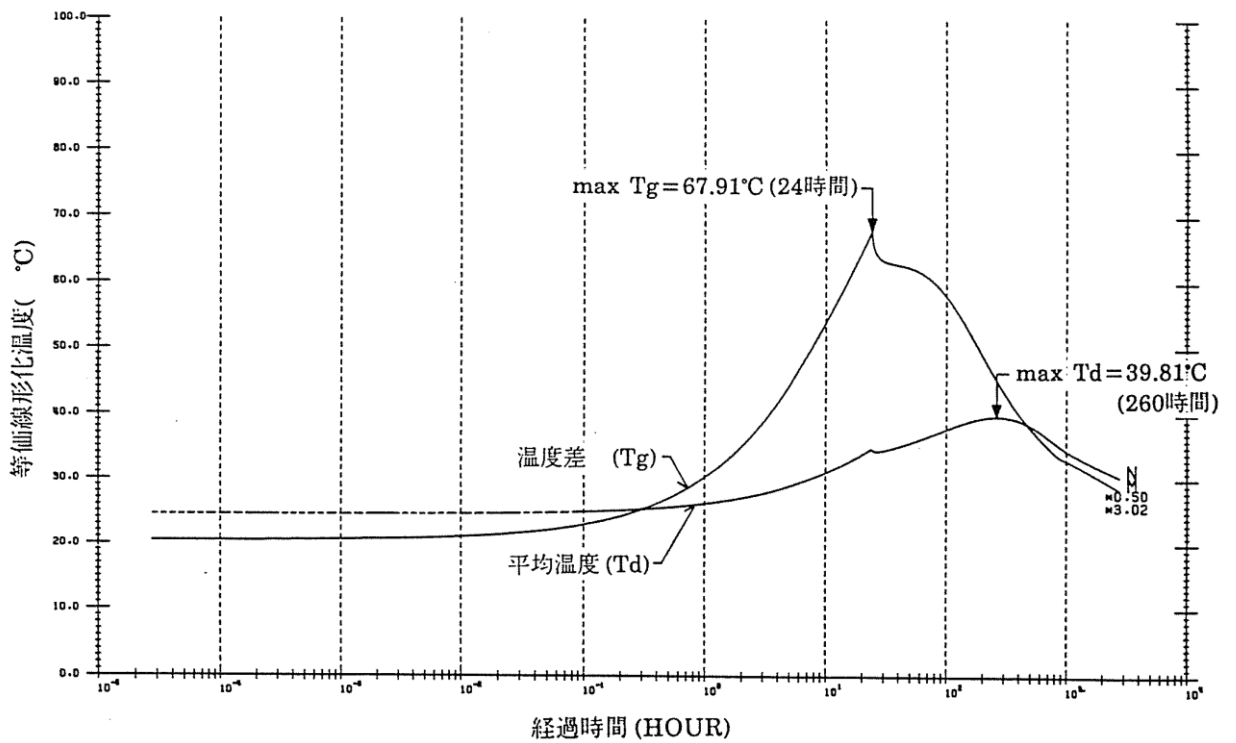


(b) 冬

図 4-4 シェル部ドライウェル部の平均温度 (T d) と内外表面の温度差 (T g) の温度履歴



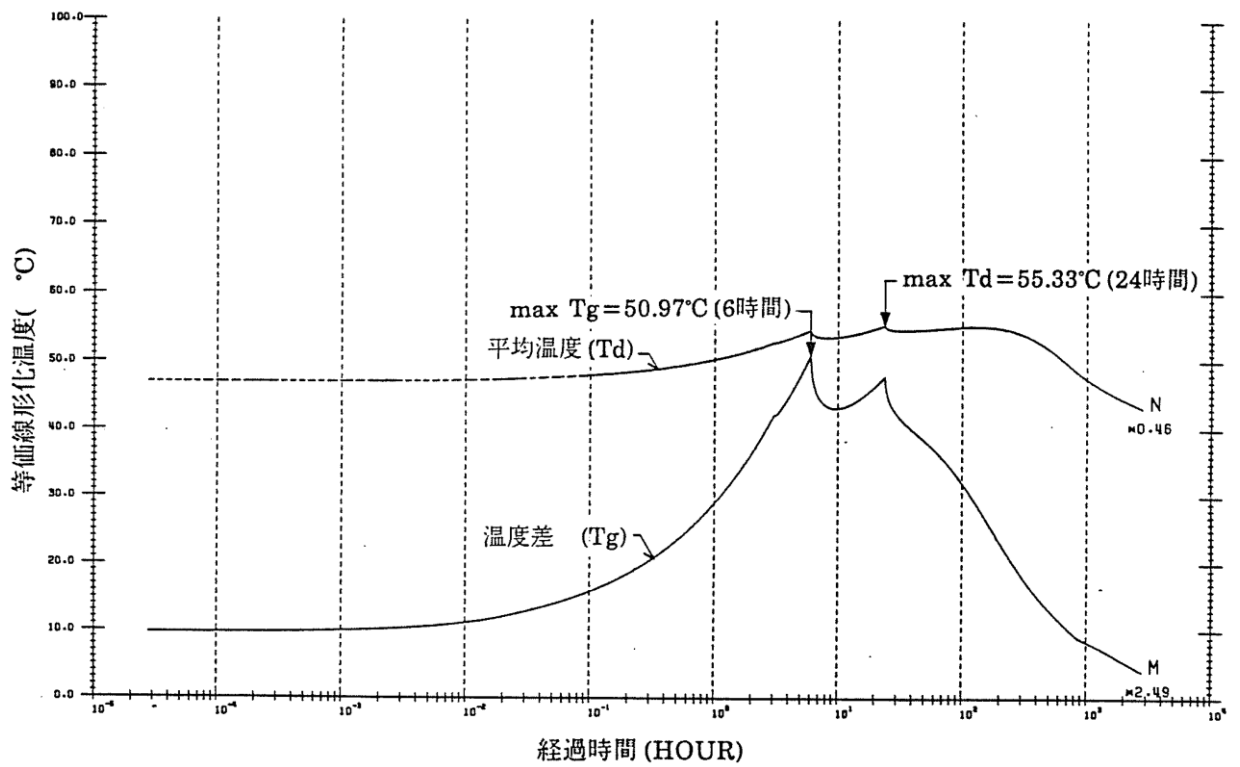
(a) 夏



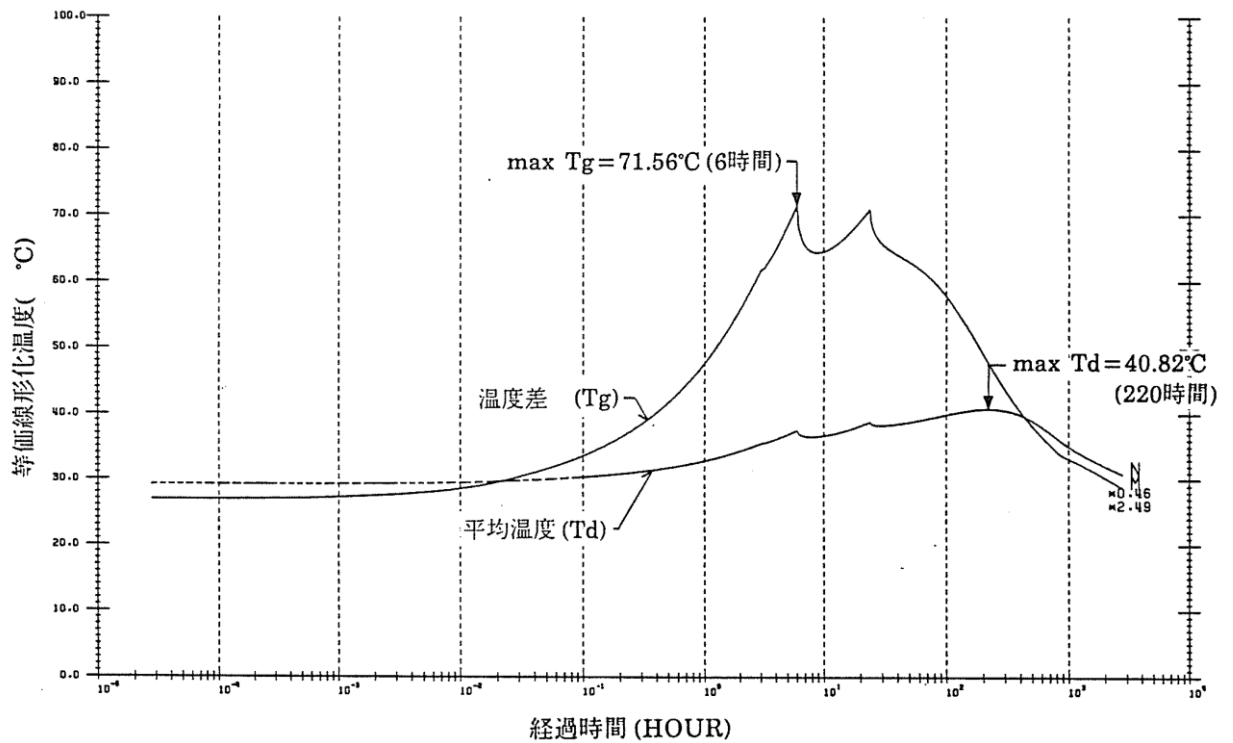
(b) 冬

図 4-5 シェル部サプレッションチェンバ部の平均温度 (T<sub>d</sub>) と内外表面の温度差 (T<sub>g</sub>) の温度履歴





(a) 夏



(b) 冬

図 4-6 トップスラブ部の平均温度 (T d) と内外表面の温度差 (T g) の温度履歴

## 5. まとめ

原子炉格納容器コンクリート部の応力解析について，重大事故等時の高温による剛性低下を，耐震計算書では考慮せず，強度計算書では考慮することの考え方を整理した上で，先行審査実績との整合性を確認した。また，RCCV 内部が高温となる場合の RCCV の温度分布の参考として，既工認時の温度分布解析結果を確認した。