

## 東海第二発電所

### 溢水による損傷の防止等

消火設備等のうち、消火栓からの放水量については、3時間の放水により想定される溢水量を設定する。

### 1.6.3.3 地震起因による溢水

#### (1) 発電所内に設置された機器の破損による漏水

##### ① 地震起因による溢水源の想定

地震起因による溢水については、溢水源となり得る機器（流体を内包する機器）のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力により破損が生じる機器を溢水源として設定する。

耐震Sクラス機器については、基準地震動 $S_s$ による地震力によって破損は生じないことから溢水源として想定しない。また、耐震B及びCクラス機器のうち耐震対策工事の実施又は設計上の裕度の考慮により、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性が確保されているものについては溢水源として想定しない。

##### ② 地震起因による溢水量の設定

溢水量の算出に当たっては、漏水が生じるとした機器のうち溢水防護対象設備への溢水の影響が最も大きくなる位置で漏水が生じるものとして評価する。溢水源となる配管については破断形状を完全全周破断とし、溢水源となる容器については全保有水量を考慮した上で、溢水量を算出する。また、漏えい検知による漏えい停止を期待する場合は、漏えい停止までの隔離時間を考慮し、配管の破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定する。ここで、漏水量は、配管の破損箇所からの流出流量に隔離時間を乗じて設定する。なお、地震時には機器の破損が複数箇所と同時に発生する可能性があることから、漏えい検知による自動隔離機能を有する場合を除き、

隔離による漏えい停止は期待しない。

基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、耐震性が確保されない循環水配管については、伸縮継手の全円周状の破損を想定し、循環水ポンプを停止するまでの間に生じる溢水量を設定する。

## (2) 使用済燃料プールのスロッシングによる溢水

### ① 使用済燃料プールのスロッシングによる溢水源の想定

使用済燃料プールのスロッシングによる溢水については、基準地震動  $S_s$  による地震力により生じる使用済燃料プールのスロッシングによる漏えい水を溢水源として設定する。

### ② 使用済燃料プールのスロッシングによる溢水量の設定

使用済燃料プールのスロッシングによる溢水量の算出に当たっては、基準地震動  $S_s$  による地震力により生じるスロッシング現象を三次元流動解析により評価し、使用済燃料プール外へ漏えいする水量を考慮する。

また、施設定期検査中の使用済燃料プール、原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールのスロッシングについても評価を実施する。

耐震評価の具体的な考え方を以下に示す。

- ・構造強度評価に係る応答解析は、基準地震動  $S_s$  を用いた動的解析によることとし、機器の応答性状を適切に表現できるモデルを設定する。

その上で、当該機器の据付床の水平方向及び鉛直方向それぞれの床応答を用いて応答解析を行い、それぞれの応答解析結果を適切に組み合わせる。

- ・応答解析に用いる減衰定数は、安全上適切と認められる規格及び基準、既往の振動実験、地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。

- ・応力評価に当たり、簡易的な手法を用いる場合は、詳細な評価手法に対して保守性を有するよう留意し、簡易的な手法での評価結果が厳しい箇所については詳細評価を実施することで健全性を確保する。
- ・基準地震動  $S_s$  による地震力に対する発生応力の評価基準値は、安全上適切と認められる規格及び基準で規定されている値又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。
- ・バウンダリ機能確保の観点から、設備の実力を反映する場合には、規格基準以外の評価基準値の適用も検討する。

#### 1.6.3.4 その他の溢水

その他要因（地下水の流入、地震以外の自然現象、機器の誤作動等）により生じる溢水については、地下水の流入、降水、屋外タンクの竜巻による飛来物の衝突による破損に伴う漏えい等の地震以外の自然現象に伴う溢水、機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等を想定する。

#### 1.6.4 溢水防護区画及び溢水経路を設定するための方針

##### (1) 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する評価対象区画を溢水防護区画とし、溢水防護対象設備が設置されている全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定する。溢水防護区画は壁、扉、堰、床段差等、又はそれらの組み合わせによって他の区画と分離される区画として設定し、溢水防護区画を構成する壁、扉、堰、床段差等については、現場の設備等の設置状況を踏まえ、溢水の伝播に対する評価条件を設定する。

##### (2) 溢水経路の設定

溢水影響評価において考慮する溢水経路は、溢水防護区画とその他の区画との間における伝播経路となる扉、壁貫通部、天井貫通部、床面貫通部、床ドレン等の接続状況及びこれらに対する溢水防護措置を踏まえ、溢水防護区画内の水位が最も高くなるよう保守的に設定する。

具体的には、溢水防護区画内で発生する溢水に対しては、床ドレン、貫通部、扉から他区画への流出は想定しない（床ファンネル、機器ハッチ、開口扉等、定量的に他区画への流出を確認できる場合は除く。）保守的な条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

溢水防護区画外で発生する溢水に対しては、床ドレン、開口部、貫通部、扉を通じた溢水防護区画内への流入が最も多くなるよう（流入防止対策が施されている場合は除く。）保守的な条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

なお、上層階から下層階への伝播に関しては、全量が伝播するものとする。溢水経路を構成する壁、扉、堰、床段差等は、基準地震動  $S_s$  による地震力等の溢水の要因となる事象に伴い生じる荷重や環境に対し、必要な健全性を維持できるとともに、保守管理及び水密扉閉止等の運用を適切に実施することにより溢水の伝播を防止できるものとする。

また、貫通部に実施した流出及び流入防止対策も同様に、基準地震動  $S_s$  による地震力等の溢水の要因となる事象に伴い生じる荷重や環境に対し、必要な健全性を維持できるとともに、保守管理を適切に実施することにより溢水の伝播を防止できるものとする。

なお、火災により貫通部の止水機能が損なわれる場合には、当該貫通部からの消火水の流入を考慮する。消火活動により区画の扉を開放する場合は、開放した扉からの消火水の伝播を考慮する。

また、以下の火災防護対応による措置も区画分離として考慮する。

安全区分Ⅰと安全区分Ⅱ，Ⅲの境界を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁・隔壁等で分離する。

また，施設定期検査作業に伴う防護対象設備の待機除外や扉の開放等，プラントの保守管理上やむを得ぬ措置の実施により，影響評価上設定したプラント状態と一時的に異なる状態となった場合も想定する。

~~この場合は，仮設設備等の利用も含めた現実的な対応も考慮し，その状態を踏まえた必要な安全機能が損なわれない運用とする。~~

具体的には，プラント停止中のスロッシングの発生やハッチ開放時における溢水影響について評価を行い，ハッチ開放時の堰の設置や床ドレンファンネルの閉止により，溢水影響が他に及ばない運用を行う。

#### 1.6.5 溢水防護対象設備を防護するための設計方針

想定破損による溢水，消火水の放水による溢水，地震起因による溢水及びその他の溢水に対して，溢水防護対象設備が以下に示す没水，被水及び蒸気の影響を受けて，原子炉を高温停止でき，引き続き低温停止，及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計とする。また，停止状態にある場合は，引き続きその状態を維持できる設計とするとともに，使用済燃料プールのスロッシングにおける水位低下を考慮しても，使用済燃料プールの冷却機能及び使用済燃料プールへの給水機能が維持できる設計とする。

また，溢水評価において，現場操作が必要な設備に対しては，必要に応じて区画の溢水水位，環境の温度及び放射線量を考慮しても，運転員による操作場所までのアクセスが可能な設計とする。ただし，滞留水位が200mmより高くなる区画で，アクセスが必要な場所については，想定される水位に応じて必要な高さの歩廊を設置し，アクセスに影響のないよう措置を講じることとする。なお，必要となる操作を中央制御室で行う場合は，操作を行う運転員は中央制御室に常駐していることからアクセス性を失わずに対応できる。

##### 1.6.5.1 没水の影響に対する設計方針

###### (1) 没水の影響に対する評価方針

「1.6.2 考慮すべき溢水事象」にて設定した溢水源から発生する溢水量と「1.6.4 溢水防護区画及び溢水経路を設定するための方針」にて設定した溢水防護区画及び溢水経路から算出した溢水水位に対し，溢水防護対象設備が安全機能を損なうおそれがないことを評価する。

具体的には，以下に示す要求のいずれかを満足していれば溢水防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

- a. 発生した溢水による水位が，溢水の影響を受けて溢水防護対象設備

## 4. 溢水防護区画及び溢水経路の設定

### 4.1 溢水防護区画の設定

防護対象設備が設置されており浸水防護を行う建屋，区域等を耐津波設計において，浸水防護区画として設定し，基準津波の流入防止や地下水等の浸水防止対策を実施する。浸水防護区画の配置図を第 4.1-1 図に示す。

また，浸水防護区画は，以下の観点から溢水防護区画として区分する。

- ・防護対象設備が設置されている全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路。
- ・溢水防護対象設備が設置されている区画で，障壁，堰，又はそれらの組合せによって他の区画と分離され，溢水防護の観点から 1 つの単位と考えられる区画。

### 4.2 溢水経路の設定

溢水防護対象設備が設置されている建屋において，床開口部（機器ハッチ，階段等）及び溢水影響評価において期待することのできる設備（水密扉や堰等）の抽出を行い，溢水経路を設定する。

東海第二発電所における浸水防護区画の配置，他建屋等との接続関係及び主な開口部等の配置を第 4.2-1 図に示す。

溢水影響評価において考慮する溢水経路は，溢水防護区画とその他の区画（防護対象設備が存在しない区画または通路）との間における伝播経路となる扉，壁貫通部，天井開口部及び貫通部，床面開口部及び貫通部，床ドレン等の接続状況及びこれらに対する溢水防護措置の有無を踏まえ，溢水経路モデルとして第 4.2-2 図を設定した。また，溢水防護区画図を第 4.2-3 図に示す。ここでは，火災防護対応による以下の措置も考慮する。

- ・安全区分Ⅰと安全区分Ⅱ，Ⅲの境界を 3 時間以上の耐火能力を有する耐

火壁・隔壁等で分離する。

なお、扉の水密化，壁貫通部への止水処置，天井や床面開口部及び貫通部への止水処置等の溢水防護対策については，添付資料-4 を参照。

また，施設定期検査作業に伴う防護対象設備の待機除外や扉の開放等，プラントの保守管理上やむを得ぬ措置の実施により，影響評価上設定したプラント状態と一時的に異なる状態となった場合についても想定する。

~~この場合は，仮設設備等の利用も含めた現実的な対応も考慮し，その状態を踏まえた必要な安全機能が損なわれない運用とする。~~

プラント停止中のスロッシングの発生やハッチ開放時における溢水影響については，詳細を補足説明資料-30 に示す。なお，プラント停止時におけるハッチ運用面での対応については，保安規定に基づく規程文書に明記する（別添 2 参照）。

#### 4.2.1 溢水経路設定の基本方針

- ・原子炉棟各階は，6 階を除き東側エリア，西側エリアに分離し，溢水は上層階から下層階へそれぞれのエリアごとに流下させる。
- ・原子炉棟 6 階の溢水は，最下階の地下 2 階東側エリアが比較的狭隘であることを考慮し，東側エリアに流下させない。
- ・溢水は，床ドレンファンネルからドレンラインを經由して地下 2 階の床ドレンサンプに収集することとし，床ドレンサンプに収集することができないものは各階に滞留しても影響がないようにする。
- ・上層階から下層階への流下経路を限定することにより，溢水影響範囲を可能な限り限定する。
- ・溢水水位はアクセス性に影響のない水位とする。

**施設定期検査中における溢水影響について**

施設定期検査作業に伴う原子炉ウェルやドライヤセパレータプールの水張り状態におけるスロッシングの発生、防護対象設備の待機除外やハッチ等、プラントの保守管理上やむを得ぬ措置の実施により、影響評価上設定したプラント状態と一時的に異なる状態となった場合については、その状態を踏まえた必要な安全機能が損なわれない運用及び対策をおこなう。

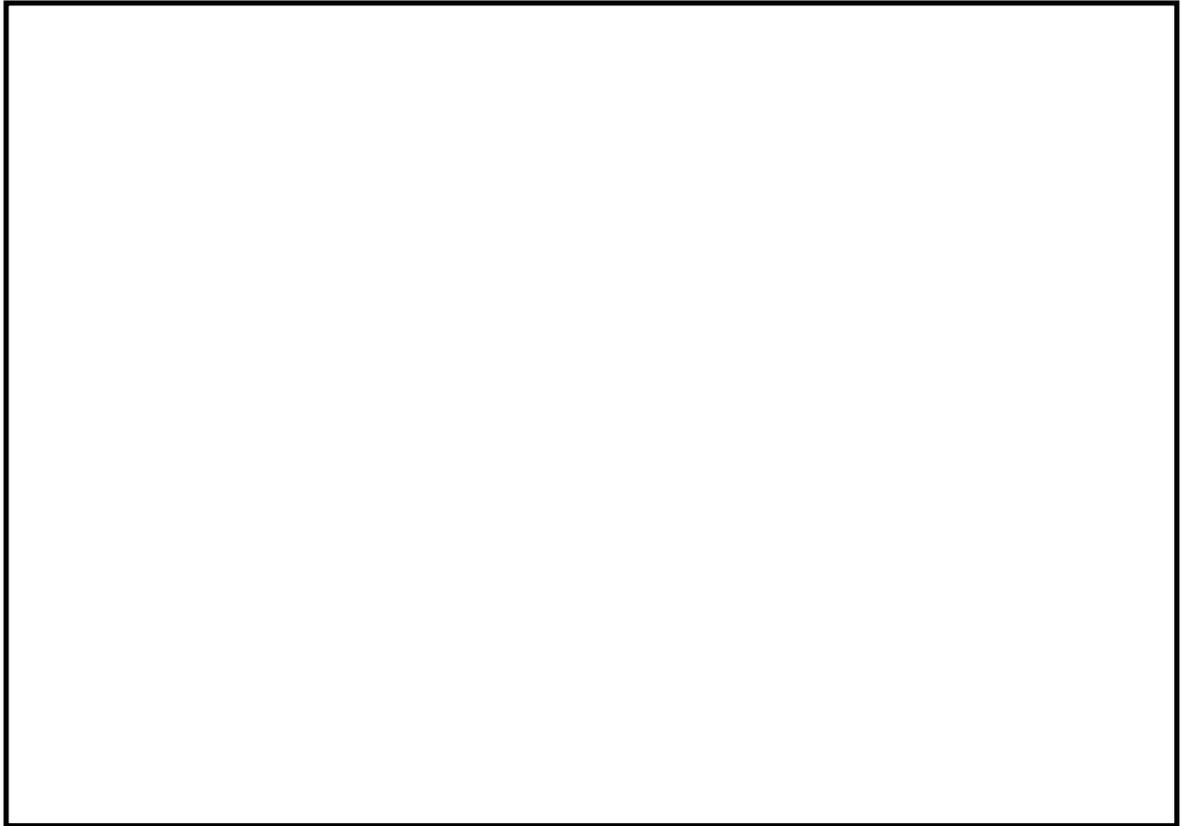
ここでは、影響評価上設定した溢水量及び溢水経路の状態の一時的な変更の一例として、施設定期検査時のスロッシングの発生と作業等でのハッチ開放を想定し、これによる溢水評価への影響について示す。

**1. ドライヤセパレータプール等のスロッシングに伴う溢水影響評価について**

使用済燃料プールの通常時におけるスロッシングについては、必要な防護対象設備が溢水評価において機能喪失しないことを確認している。

ここでは、施設定期検査期間中に想定される、使用済燃料プール、原子炉ウェル、ドライヤセパレータプールの基準地震動 $S_s$ におけるスロッシングによる溢水量を算定し、防護対策の検討を行う。また、この対策が上記の評価に影響がないことを確認する。

原子炉棟6階床のドライヤセパレータプール等の配置を第1図に示す



第1図 ドライヤセパレータープール等の配置図

## 1.1 スロッシングによる溢水量の評価方法

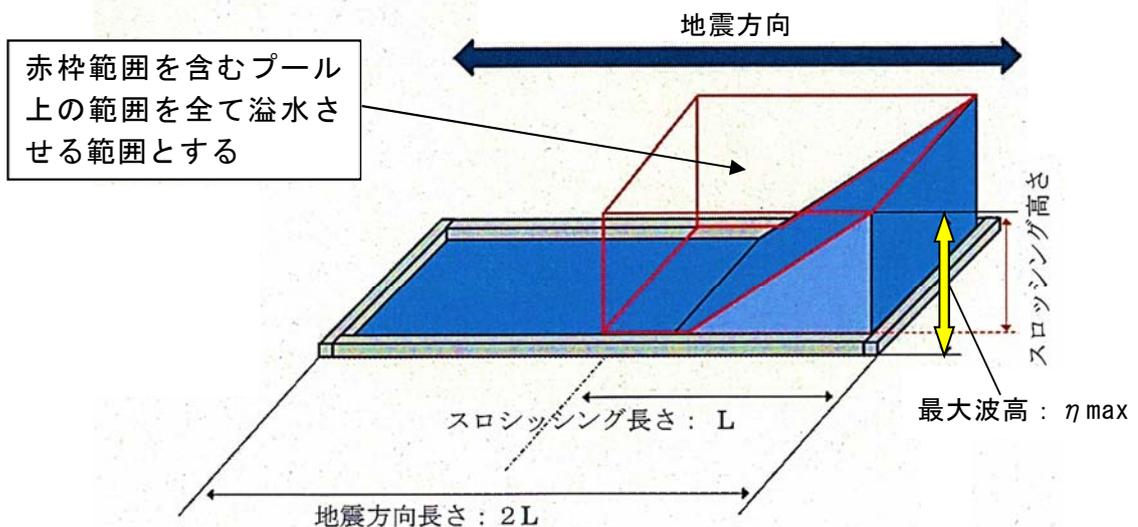
原子炉棟の原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールを評価対象とし、速度ポテンシャル理論による簡易評価により溢水量を算定する。また、スロッシングによる溢水量を保守的に評価するために、簡易評価で求めた「最大波高」が床面を上回る高さに、水面面積の1/2を乗じることとする。

表 3.7 速度ポテンシャル理論に基づく計算手順

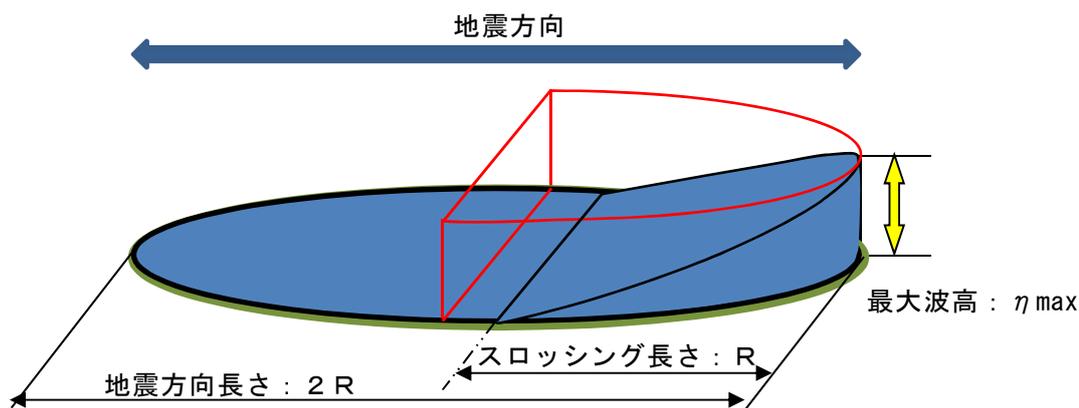
項目	円筒形容器	矩形容器
$f_1$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1.841}{R} g \tanh(1.841 \frac{H}{R})}$	$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1.571}{L} g \tanh(1.571 \frac{H}{L})}$
$\eta_{\max}$	$0.837 \frac{R}{g} \alpha_1$	$0.811 \frac{L}{g} \alpha_1$

表 3.7 の出典：耐震設計の標準化に関する調査報告書 別冊 2（機器系）（昭和 60 年 3 月（財）原子力工学試験センター）

- L：矩形容器の振動方向長さの1/2
- R：円筒形容器の振動方向長さの1/2
- H：プールの底面から水面の高さ
- g：重力加速度
- $\alpha_1$ ：加速度スペクトル応答値



第2図 スロッシング時の溢水量の設定（矩形）



第3図 スロッシング時の溢水量の設定（円筒形）

簡易解析に用いる地震動は、基準地震動  $S_s$  の8波をそれぞれ用いて溢水量を算出し、床面への溢水量の最大値を評価に使用した。

## 1.2 スロッシングによる溢水量の評価結果

基準地震動  $S_s$  におけるドライセパレータプール等のスロッシングによる溢水量を第1表に示す。

第1表 スロッシング評価結果

評価対象	地震波の種類	溢水量 ( $m^3$ )
使用済燃料プール	$S_s-13$	81.49 <sup>※</sup>
原子炉ウェル	$S_s-13$	210
ドライセパレータプール	$S_s-13$	211
合計		約 503

※：3次元流体解析の結果。簡易評価値の結果は  $156m^3$ 。

### 1.3 通常時の溢水評価及び対策への影響確認

スロッシング発生時の溢水量が原子炉棟6階床面に流出した際の水位を求め、通常時の溢水評価及び対策への影響を確認した。

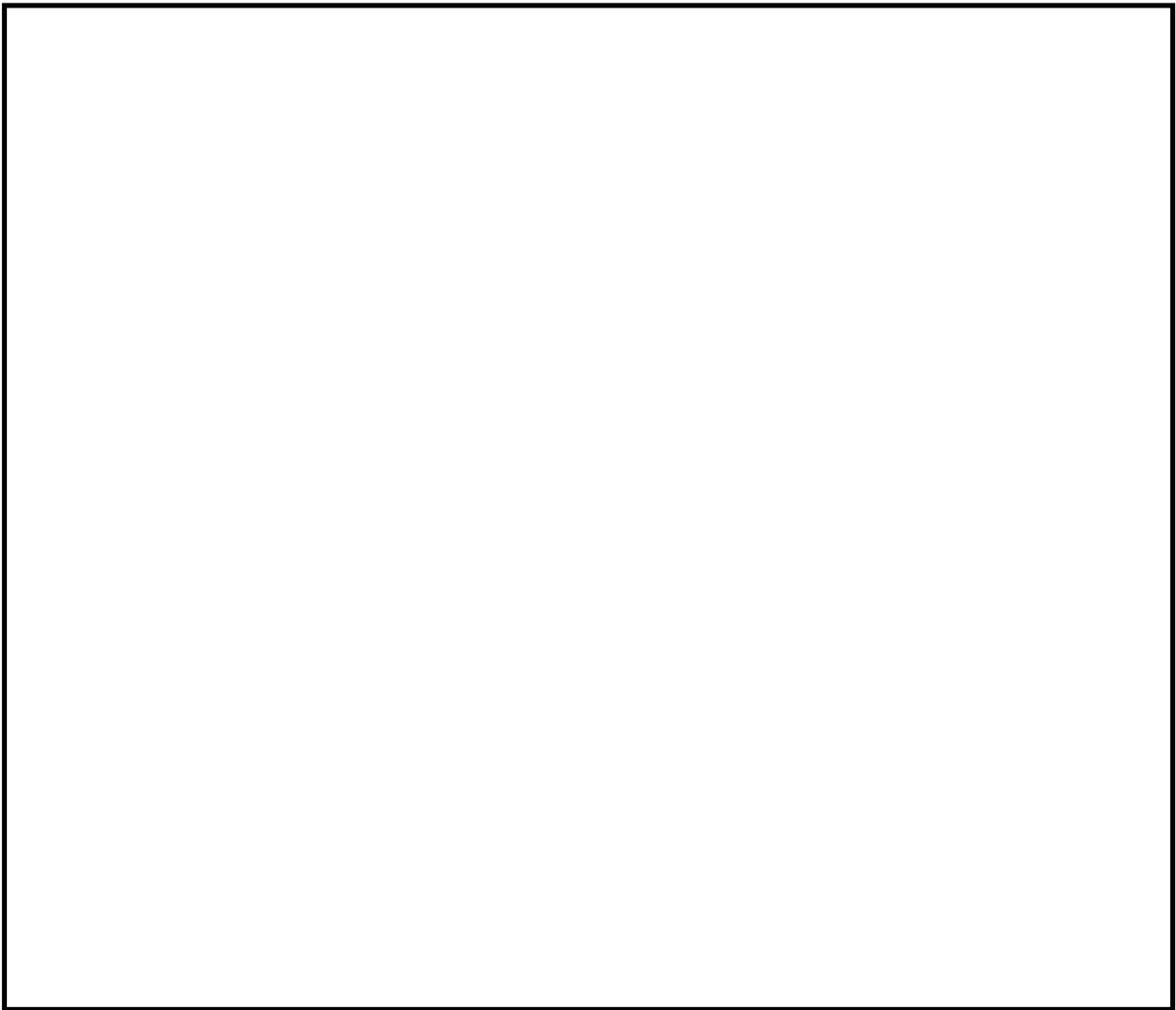
溢水水位の評価結果を第2表に示す。なお、使用済燃料プール、原子炉ウエル及びドライヤセパレータプールの床面積は保守的に水位評価に考慮していない。

第2表 スロッシングによる溢水水位

評価対象	溢水量(m <sup>3</sup> )	水位(m)
通常時評価	81.49	0.11
停止時評価	503	0.67

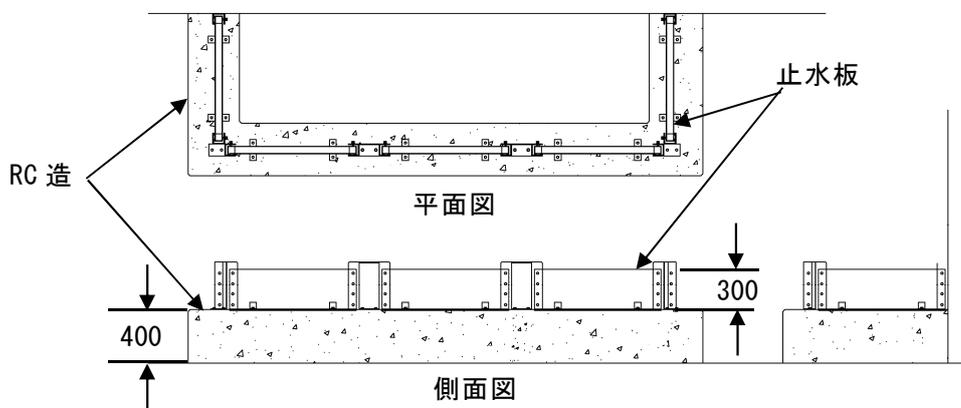
スロッシング発生量が通常時の原子炉棟6階で想定する流出量を上回ることから、施設定期検査期間中において、通常時の評価に影響しないよう発生する溢水を下層階に流下させない対策を実施する。具体的には、東側の溢水拡大防止堰の上に0.3mの止水板を設置し、かつ、西側床ドレンファンネルを閉止する運用を行う。

この対策により、発生した溢水を下層階へ流下拡大させないため、他エリアにおける通常時の溢水評価への影響を防止することとする。



第4図 施設定期検査期間中のスロッシング対策（追加対策）

溢水伝播経路図（原子炉棟6階）

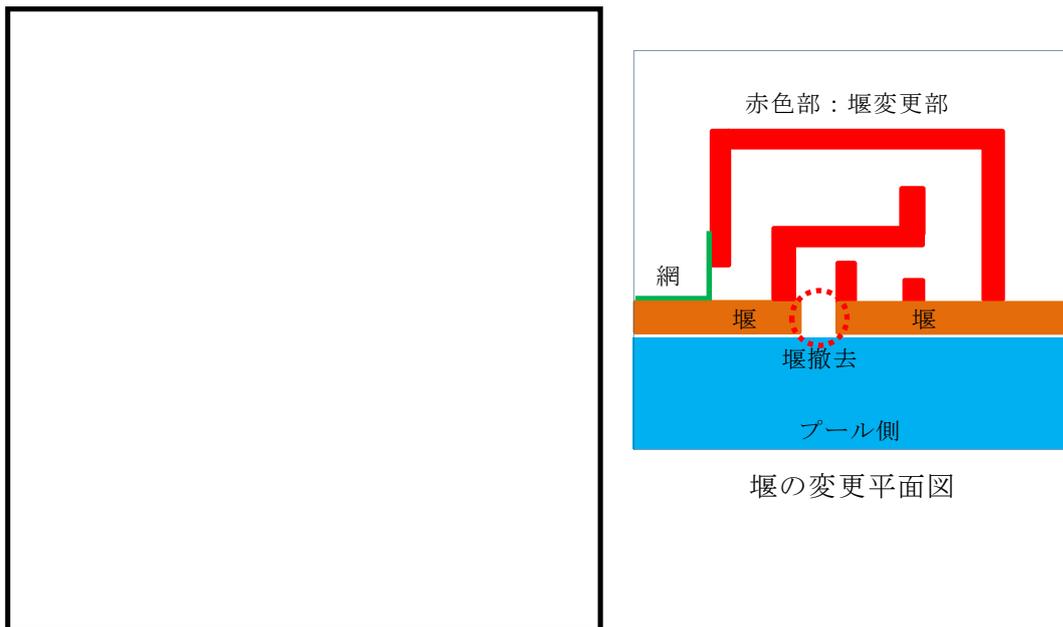


第5図 溢水拡大防止堰への止水板設置概要図

なお、この運用により、施設定期検査中については、スロッシングによる溢水が原子炉棟6階床面に滞留しないよう、溢水を使用済燃料プール等に戻す対策も実施する。

使用済燃料プール及びドライヤセパレータプール外周部には異物混入防止を目的とした堰（高さ約0.1m）が設置されており、床面の水位がこの堰を超える場合は、現実的には堰を越流し、プール側に戻ることが想定されるが、さらに確実に床面に溜まる水がプール側に流入するよう、堰の一部を切欠く対策を実施する（第6図）。

この対策実施により、原子炉棟6階の床面に溢水するスロッシング水は、使用済燃料プールやドライヤセパレータプール側に流入することになり、床面滞留時の影響を軽減することができる。



第6図 プール堰の変更概要

堰の改造については、従来の異物混入防止を考慮するだけでなく、スロッシング水の越流による物品の流入や作業における仮置物品などの流入を防止するために二重構造とする。また、流入部には異物混入防止の網を設置するものとする。

#### 1.4 詳細評価の位置づけについて

本評価においては、原子炉棟の原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールを対象として、速度ポテンシャル理論による簡易評価により溢水量を算定した。この算定においては、保守的に評価を実施したことから、対策についても十分に保守的なものであるが、後段規制の段階で3次元流体解析による詳細評価を実施し、溢水量に応じて、必要な止水板高さの見直しを図ることとする。

#### 1.5 床ドレンファンネルの閉止運用期間について

施設定期検査期間中に想定される、スロッシング対策として、原子炉棟6階については、床ドレンファンネルの閉止運用による溢水対策を実施する。標準的な定期検査工程を第7図に示す。

第7図 施設定期検査工程例  : クリティカル作業

標準工程	30日			60日			90日		
原子炉作業	▽発電停止 原子炉開放 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	燃料取出 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	CRD等点検 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	炉内点検他 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>	燃料装荷他 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>		原子炉復旧 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>		起動準備 <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span>
原子炉ウェル満水	←→			←→					
DSP水張り	←→			←→					
運用期間	←→			←→					

施設定期検査期間中に想定される、スロッシング対策が必要な期間は原子炉ウェル満水及びドライヤセパレータプール満水の期間であることから、標準的な作業工程を考慮した場合、30日～40日程度である。

なお、通常運転期間については、可能な限り汚染水は床面に拡大させず、サンプにより処理することを考慮していることから、床ドレンファンネル閉止の運用は行わない。

## 2. ハッチ開放による溢水評価への影響の確認

原子炉棟の溢水影響評価において、通常閉止されているハッチについて、施設定期検査時等で開放されることを考慮した場合、溢水評価に及ぼす影響について確認した。対象としたハッチ配置を第8図に示す。

- ① 6階東側、西側エリアハッチ開放により、東西区域エリアへ溢水伝播が発生する可能性がある。
- ② ハッチ開放部近傍の浸水防護設備に被水の可能性がある。
- ③ ハッチ開放により計画外の溢水経路が発生する可能性がある。
- ④ ハッチ開放により開放区域のエリア面積に影響を及ぼす可能性がある。

### 2.1 確認結果

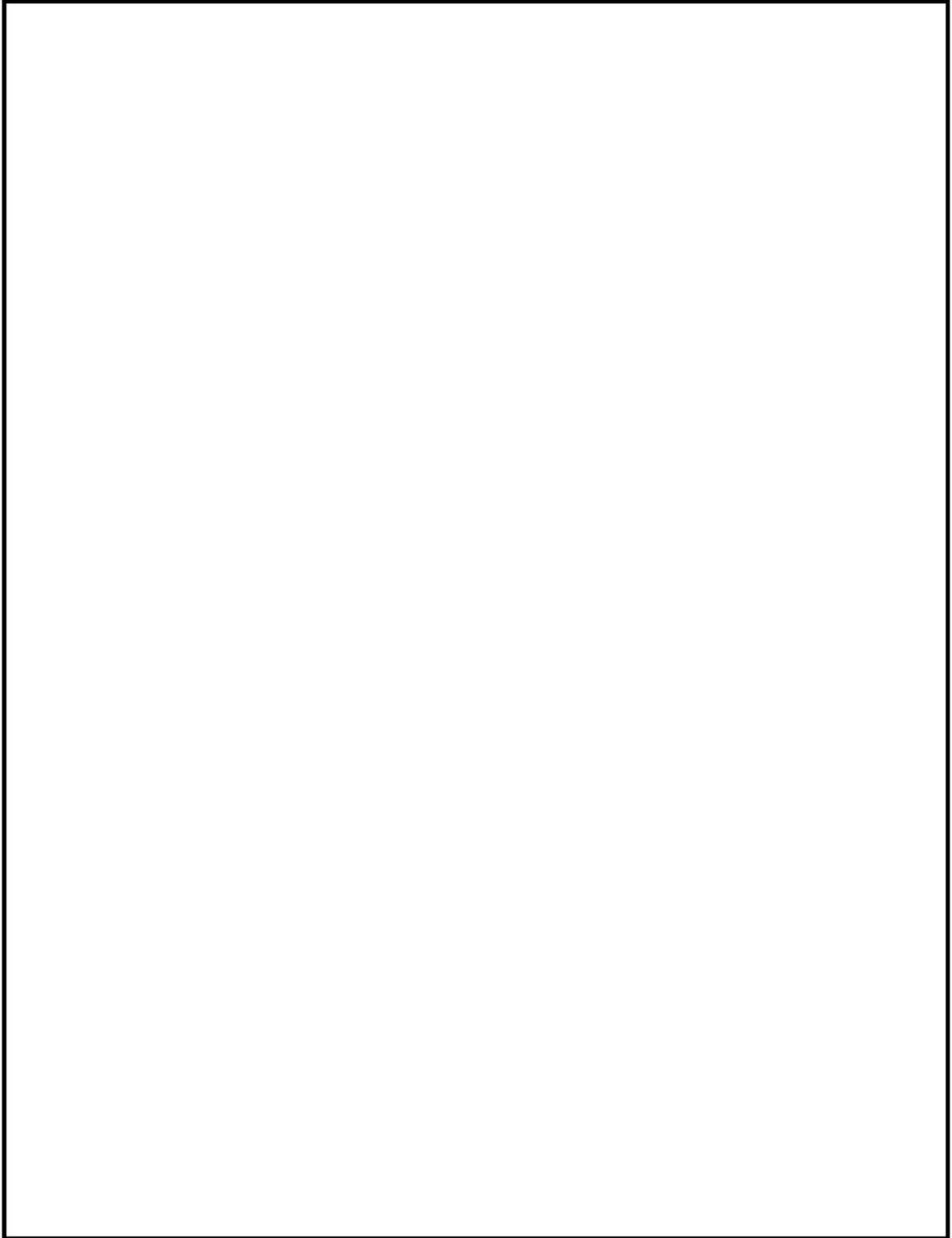
予想される影響を確認した結果、以下のとおり運用を行うことにより没水影響評価において問題ないことを確認した。

- ① 6階面での溢水は、東側西側エリアハッチ開放をおこなった場合、東西区域への溢水が発生し東西の防護対象設備へ影響を及ぼす恐れがあるため、当該ハッチについては、開放時一時的な止水堰等の浸水防護対策を行う。
- ② 開放ハッチ下部近傍に防護対象設備が設置されているハッチについては、開口部からの溢水流下による被水の恐れがあるため、該当ハッチ部にはハッチ開放後、速やかに止水堰及び被水防護対策を行う。
- ③ ハッチ開放部が溢水経路となった場合でも、開放部内の設備は待機除外中

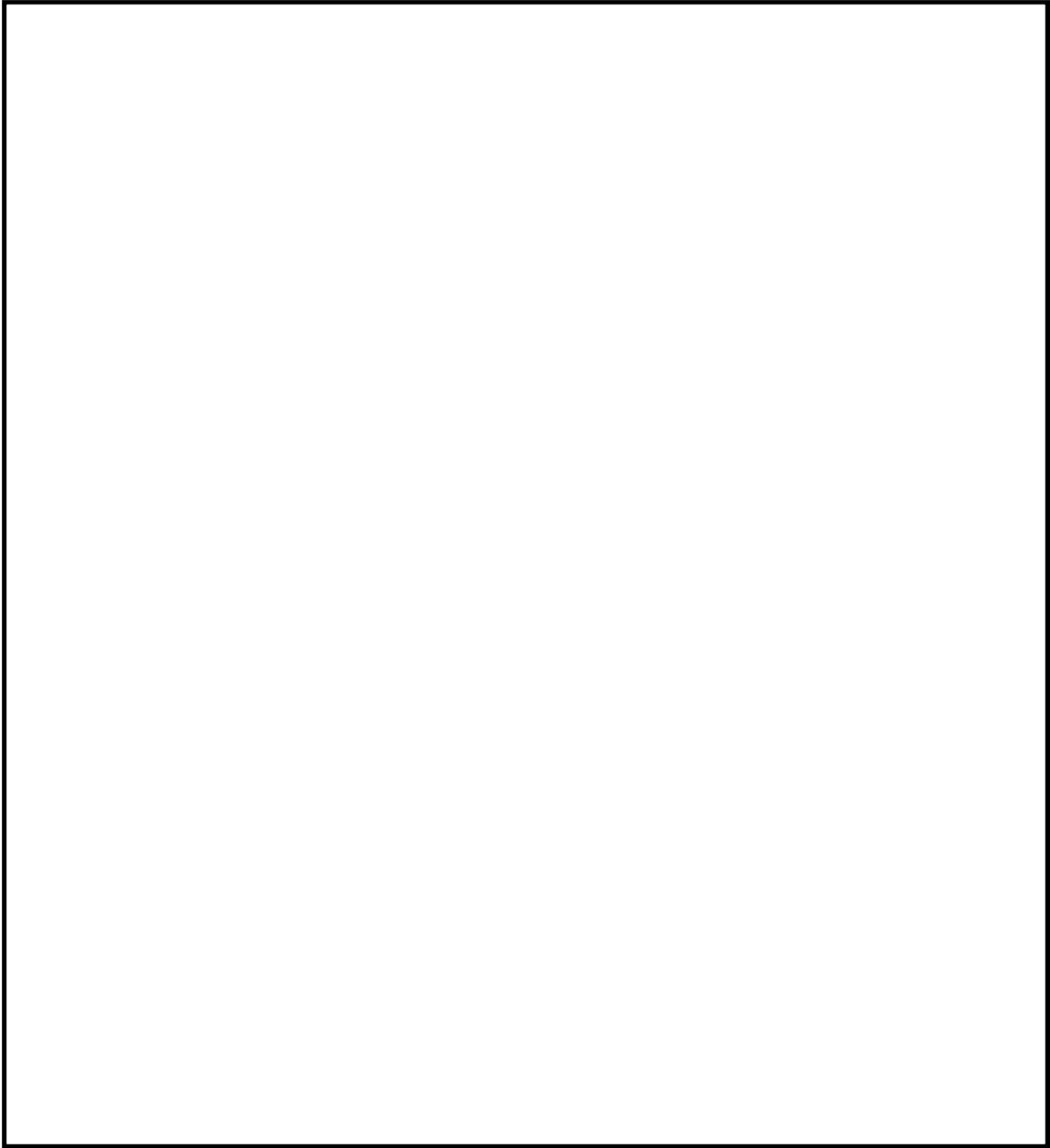
であること，下層階へ到達した溢水のその後の経路は通常時から変わらないことから没水評価に影響はない。

- ④ ハッチ開放による開口面積の増加やコンクリートプラグ仮置きによる区画面積が減少するが，水位上昇は6階面で2cm程度であり，溢水防護対象設備が機能喪失しないことから，溢水影響評価に影響はない。
- ⑤ 設備点検に伴うハッチ開放においては，同じ機能をもつ異区分の安全機器のハッチを同時に開放しない運用制限を行う。

以上の確認結果及びこれらを実施することにより，必要な安全機能が損なわれないよう対応することとする。なお，運用面での対策については保安規定に基づく規程文書に明記する。



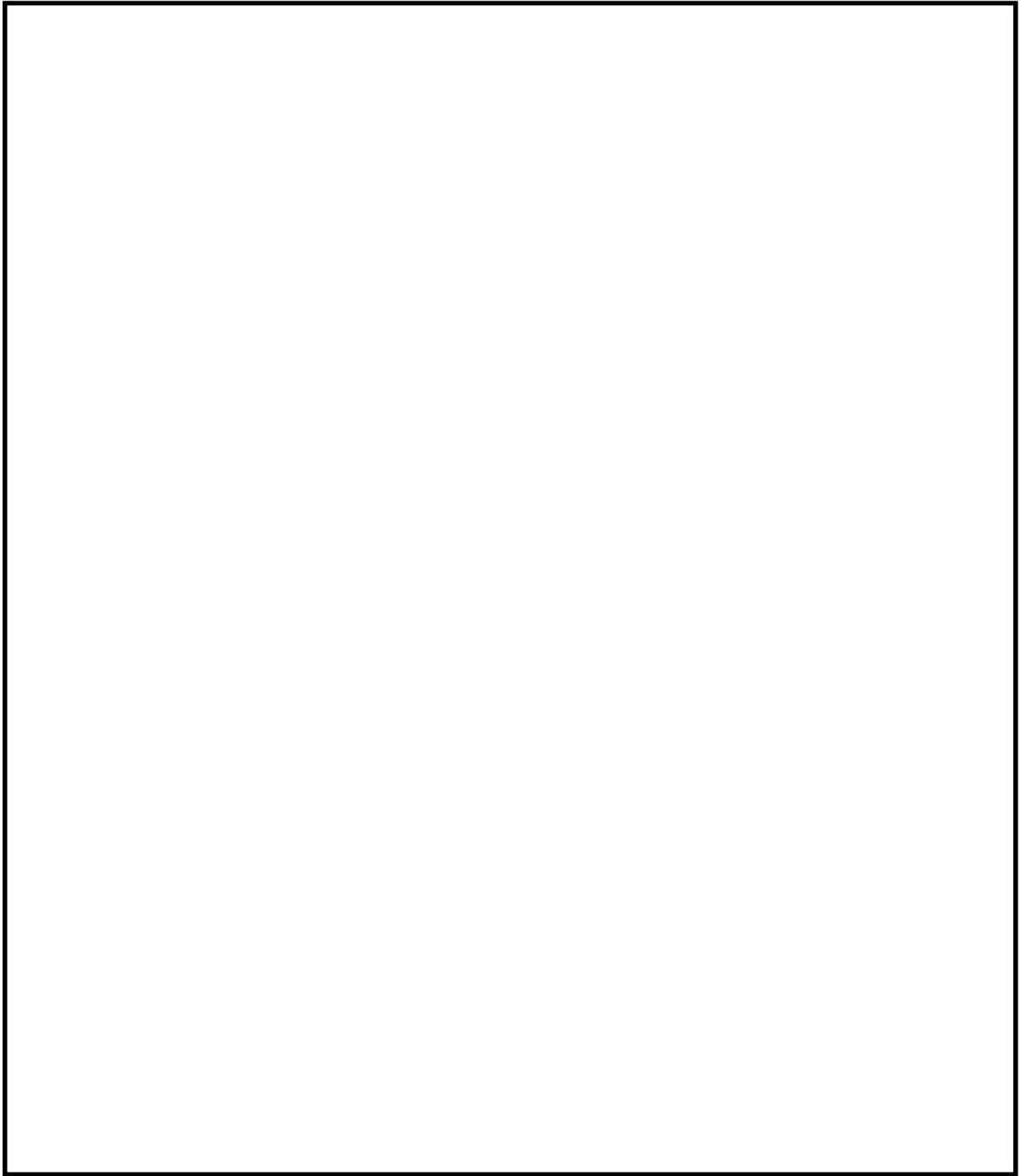
第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図(1/8)



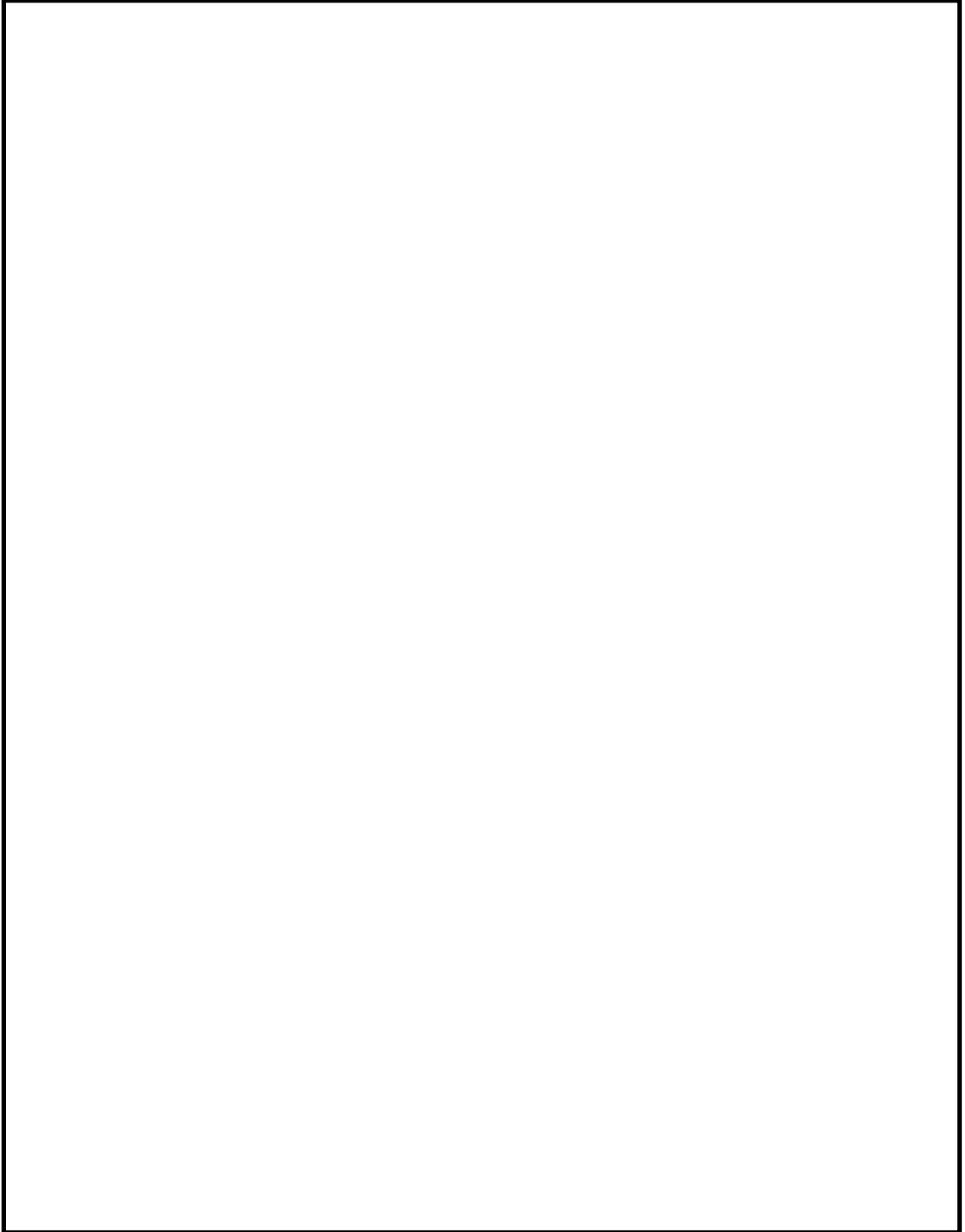
第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図 (2/8)



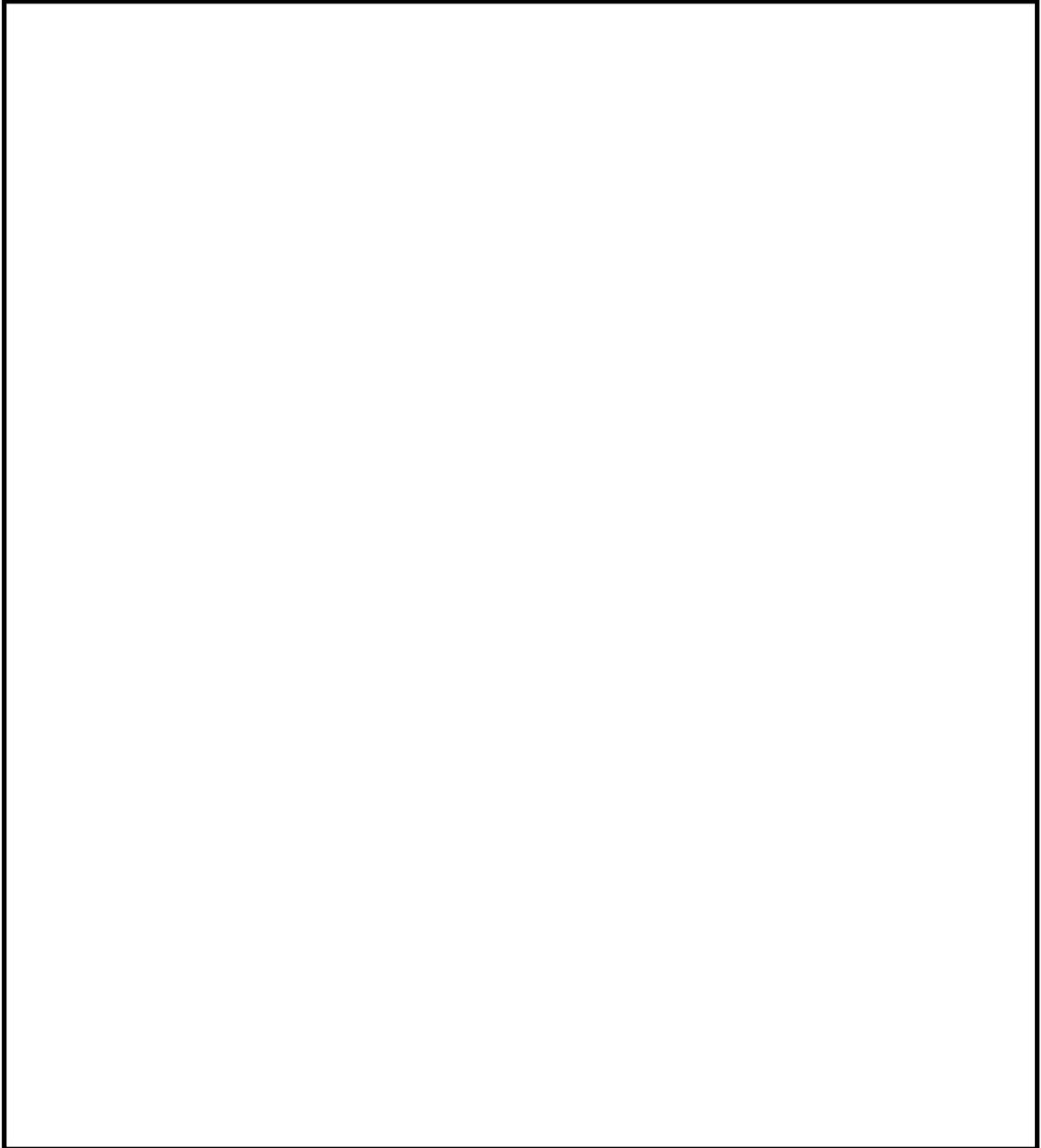
第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図(3/8)



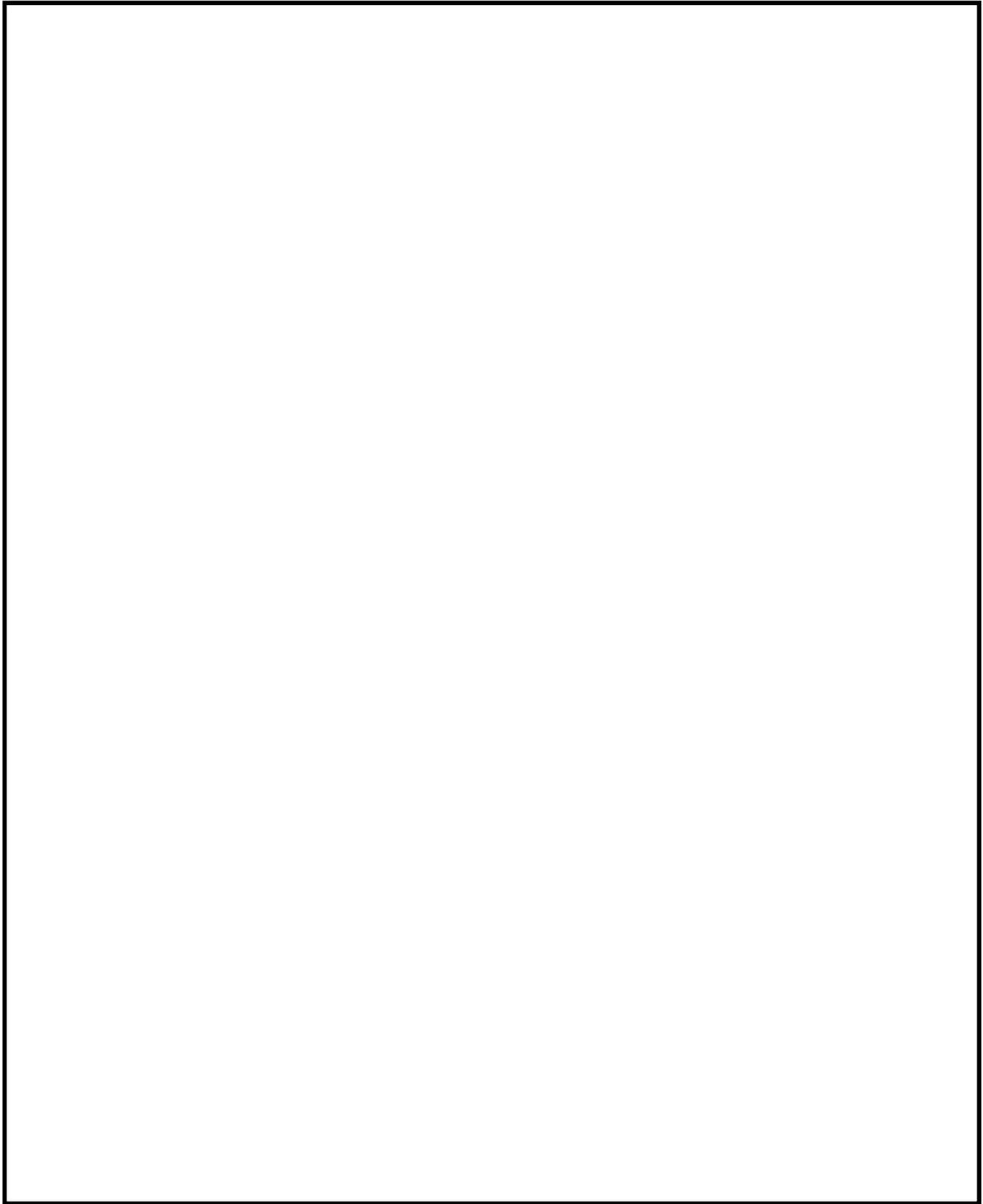
第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図(4/8)



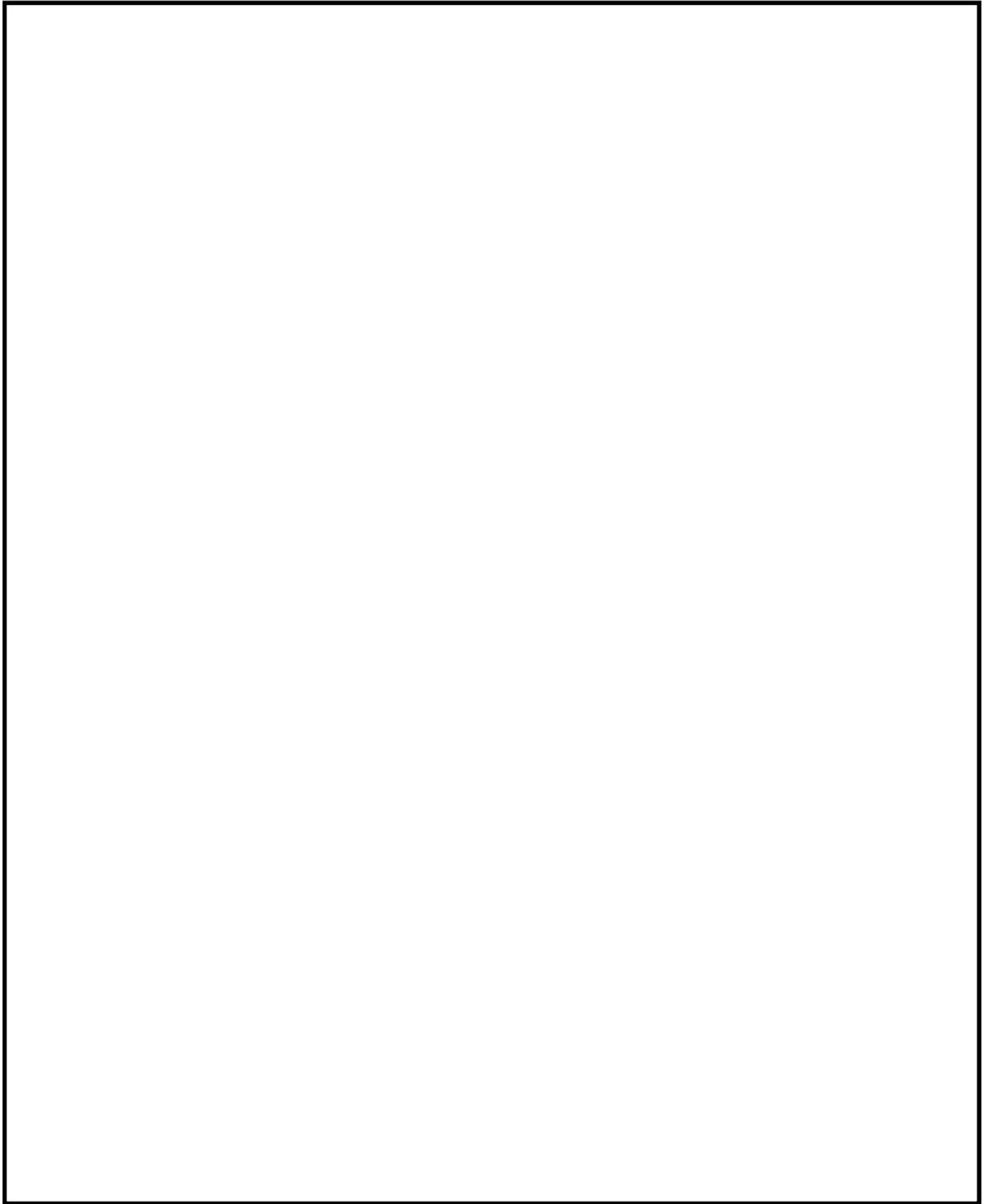
第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図 (5/8)



第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図 (6/8)



第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図 (7/8)



第 8 図 原子炉建屋ハッチ配置図 (8/8)