

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-018
提出年月日	2023年6月29日

補足-018 工事計画に係る補足説明資料  
(発電用原子炉施設の自然現象等による  
損傷の防止に関する説明書)

2023年6月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

工認添付書類	補足説明資料
VI-1-1-3-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書	補足-018-01 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料
VI-1-1-3-2 津波への配慮に関する説明書	補足-018-02 津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料
VI-1-1-3-3 竜巻への配慮に関する説明書	補足-018-03 竜巻への配慮に関する説明書に係る補足説明資料
VI-1-1-3-4 火山への配慮に関する説明書	補足-018-04 火山への配慮に関する説明書に係る補足説明資料
VI-1-1-3-5 外部火災への配慮に関する説明書	補足-018-05 外部火災への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

補足-018-01 発電用原子炉施設に対する自然現象等による  
損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料

## 補足説明資料目次

1. 積雪荷重について
  - 1.1 設計に用いる積雪深について
  - 1.2 積雪荷重に係る記載について
2. 航空機落下確率評価について
  - 2.1 工事計画認可申請時の航空路の確認について
  - 2.2 工事計画認可申請時のその他のデータの確認について
  - 2.3 今後の確認について
3. 建築基準法における自然現象の組合せによる荷重の考え方について
4. 降水について
  - 4.1 設計基準降水量の設定
  - 4.2 安全施設の健全性評価
5. 船舶の衝突影響評価について
  - 5.1 敷地前面の航路について
  - 5.2 小型船舶等の衝突による影響
6. 土石流影響評価について
  - 6.1 土石流に対する基本方針
  - 6.2 外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備への影響評価
  - 6.3 管理事務所4号館の倒壊及び転倒による防波壁への影響評価
  - 6.4 管理事務所4号館の滑動による防波壁への影響評価
  - 6.5 内部摩擦角 $\phi$ の影響検討

## 1. 積雪荷重について

## 1. 積雪荷重について

### 1.1 設計に用いる積雪深について

島根原子力発電所の設計には、設置（変更）許可申請書に記載のとおり、島根原子力発電所の最寄りの気象官署である松江地方気象台での観測記録(1941年～2018年)の月最深積雪の最大値である100cm（1971年2月4日）を用いている。

なお、「建築基準法」に基づき統計的手法により算出された松江市鹿島町における、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高 8.5m～50.0m の垂直積雪量は70cm～85cmである。

### 1.2 積雪荷重に係る記載について

設置（変更）許可申請及び工事計画認可申請における、設計に用いる積雪荷重に係る記載を表1-1に示す。

表 1-1 設置 (変更) 許可申請及び工事計画認可申請における、設計に用いる積雪荷重に係る記載 (1/2)

積雪	設置 (変更) 許可 本文	設置 (変更) 許可 添付八	設置 (変更) 許可 審査まとめ資料	工事計画認可申請書 基本設計方針 (第 7 条)	工事計画認可申請書 VI-1-1-3-1-1	工事計画認可申請書 強度・耐震計算における積雪計算
<p>安全施設は、設計基準積雪量による荷重及び閉塞に対し、安全施設及び安全施設を内包する建物の構造健全性の確保若しくは積雪による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせた安全機能を損わない設計とする。</p> <p>なお、「建築基準法」及び同施行令第八十六條第三項に基づく「松江市建築基準法施行細則」によると、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高 8.5m～50.0m の設計積雪量は、70cm～85cm であり、設計基準積雪量に包絡される。</p>	<p>松江地方気象台での観測記録 (1941 年～2018 年) によれば月最深積雪は 100cm (1971 年 2 月 4 日) である。</p> <p>安全施設は、設計基準積雪量 (100cm) の積雪が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>そのうえで、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量 (100cm) の積雪荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。また、設計基準積雪量 (100cm) に対し給・排気口を閉塞させないことにより安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また、上記以外の安全施設については、積雪に対して機能を維持すること若しくは積雪による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせた安全機能を損わない設計とする。</p> <p>なお、「建築基準法」及び同施行令第八十六條第三項に基づく「松江市建築基準法施行細則」によると、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高 8.5m～50.0m の設計積雪量は、70cm～85cm であり、設計基準積雪量に包絡される。</p>	<p>積雪に対する規格、基準として、建築物については建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づき松江市建築基準法施行細則において、地域ごとに建築物の標高に応じた設計積雪量が定められている。松江市鹿島町において、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高 8.5m～50.0m の設計積雪量は、70cm～85cm である。</p> <p>敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台 (松江市) での観測記録 (1941～2018 年) によれば、観測史上 1 位の月最深積雪は 100cm (1971 年 2 月 4 日) である。</p> <p>以上を踏まえ、設計基準積雪量は保守的に最も積雪量が大きい松江地方気象台 (松江市) における観測史上 1 位の月最深積雪である 100cm とする。</p> <p>設計基準積雪量 (100cm) の積雪によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス 1、クラス 2 及びクラス 3 に属する建築物、系統及び機器とする。</p> <p>その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量 (100cm) の積雪荷重に対し機械的強度を有すること、また、換気系の給・排気口は、設計基準積雪量より高所に設置する等により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、積雪により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。</p>	<p>外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量による積雪荷重に対して、機械的強度を有すること、また、換気空調設備の給・排気口を閉塞させないことにより、安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>松江地方気象台での観測記録 (1941 年～2018 年) によれば、観測史上 1 位の月最深積雪は 100cm (1971 年 2 月 4 日) である。</p> <p>外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量 (100cm) による積雪荷重に対して、機械的強度を有すること、また、換気空調設備の給・排気口を閉塞させないことにより、安全機能を有すること、また、換気空調設備の給・排気口を閉塞させないことにより、安全機能を損なわないことにより、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>積雪に対する設計は、同様な堆積荷重の影響を考慮する火山事象に対する設計の中で確認する。</p>	<p>(積雪荷重：一) 火山による荷重の評価に包絡されるため、雪主体での評価は実施していない。</p>	

表 1-1 設置 (変更) 許可申請及び工事計画認可申請における、設計に用いる積雪荷重に係る記載 (2/2)

設置 (変更) 許可 本文	設置 (変更) 許可 添付八	設置 (変更) 許可 審査まとめ資料	工事計画認可申請書 基本設計方針 (第 7 条)	工事計画認可申請書 VI-1-1-3-1-1	工事計画認可申請書 強度・耐震計算における 荷重計算
火山 + 積雪	(記載なし)	<p>設置 (変更) 許可 審査まとめ資料</p> <p>耐火山設計： 降下火砕物堆積荷重<sup>a</sup> + 風荷重<sup>b</sup> + 積雪荷重<sup>c</sup> *1：堆積量56cm, 降下火砕物密度1.5g/cm<sup>3</sup>から算出。 *2：建設省告示第1454号に定められた基準風速30m/sから算出。 *3：松江地方気象台での観測記録 (1941～2018年) における観測史上1位の月最深積雪100cm (1971年2月4日) に、建築基準法の考え方を準用し係数0.35を考慮した積雪量である35.0cmを採用。</p>	<p>地震及び津波を含む自然現象の組合せについて、火山については積雪と風 (台風)、基準地震動 Ss については積雪又は地滑り・土石流、基準津波については弾性設計用地震動 Sd-D と積雪の荷重を、施設の形状及び配置に応じた風 (台風) の組合せについても、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設については、組合せを考慮する。組み合わせる積雪深の大きさは、発電所に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測される100cmとし、風速の大きさは「建築基準法」を準用して基準風速30m/sとする。</p>	<p>発電所周辺は多雪区域ではないため、本来建築基準法に積雪荷重と他の荷重の組合せは定められていないが、原子力発電施設の重要性を鑑み、積雪荷重は建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せと同様に発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。</p>	<p>積雪荷重：100cm 係数：0.35</p>
地震 (Ss) + 積雪	(記載なし)	<p>耐震設計： 基準地震動 (Ss) による地震力 + 風荷重<sup>a</sup> 基準地震動 (Ss) による地震力 + 積雪荷重<sup>b</sup> *1：建設省告示第1454号に定められた基準風速30m/sから算出。 *2：松江地方気象台での観測記録 (1941～2018年) における観測史上1位の月最深積雪100cm (1971年2月4日) に、建築基準法の考え方を準用し係数0.35を考慮した積雪量である35.0cmを採用。</p>	<p>風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設については、組合せを考慮する。組み合わせる積雪深の大きさは、発電所に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測される100cmとし、風速の大きさは「建築基準法」を準用して基準風速30m/sとする。</p>	<p>発電所周辺は多雪区域ではないため、本来建築基準法に積雪荷重と他の荷重の組合せは定められていないが、原子力発電施設の重要性を鑑み、積雪荷重は建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せと同様に発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。</p>	<p>積雪荷重：100cm 係数：0.35</p>
基準津波 + 地震 (Sd-D) + 積雪	(記載なし)	<p>耐津波設計： 基準津波の波力 + 基準津波の波源を震源とする余震による地震力 (Sd-D) + 風荷重<sup>a</sup> 基準津波の波力 + 基準津波の波源を震源とする余震による地震力 (Sd-D) + 積雪荷重<sup>b</sup> *1：建設省告示第1454号に定められた基準風速30m/sから算出。 *2：松江地方気象台での観測記録 (1941～2018年) における観測史上1位の月最深積雪100cm (1971年2月4日) に、建築基準法の考え方を準用し係数0.35を考慮した積雪量である35.0cmを採用。</p>	<p>組み合わせる積雪深については、「建築基準法」に定められた平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。</p>	<p>発電所周辺は多雪区域ではないため、本来建築基準法に積雪荷重と他の荷重の組合せは定められていないが、原子力発電施設の重要性を鑑み、積雪荷重は建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せと同様に発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。</p>	<p>積雪荷重：100cm 係数：0.35</p>



## 2. 航空機落下確率評価について

## 2. 航空機落下確率評価について

### 2.1 工事計画認可申請時の航空路の確認について

島根原子力発電所第2号機の航空機落下確率評価において考慮すべき航空路については、工事計画認可申請時に、設置(変更)許可申請書添付書類六に掲載している航空路(添付資料1)から防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを航空路誌(令和2年12月3日改訂版)(添付資料2)にて確認している。

### 2.2 工事計画認可申請時のその他のデータの確認について

島根原子力発電所第2号機の航空機落下確率評価で使用される、最近の20年間(平成11年～平成30年)の航空機落下事故評価に用いる最新データ\*1・\*2において、設置(変更)許可申請時のデータに対して有意な変更がないことを確認している。(添付資料3)

以上より、航空機落下確率評価において使用するその他データにおいて、防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを確認している。

注記\*1:航空機落下事故に関するデータ(平成11～30年)(令和3年2月 原子力規制庁)

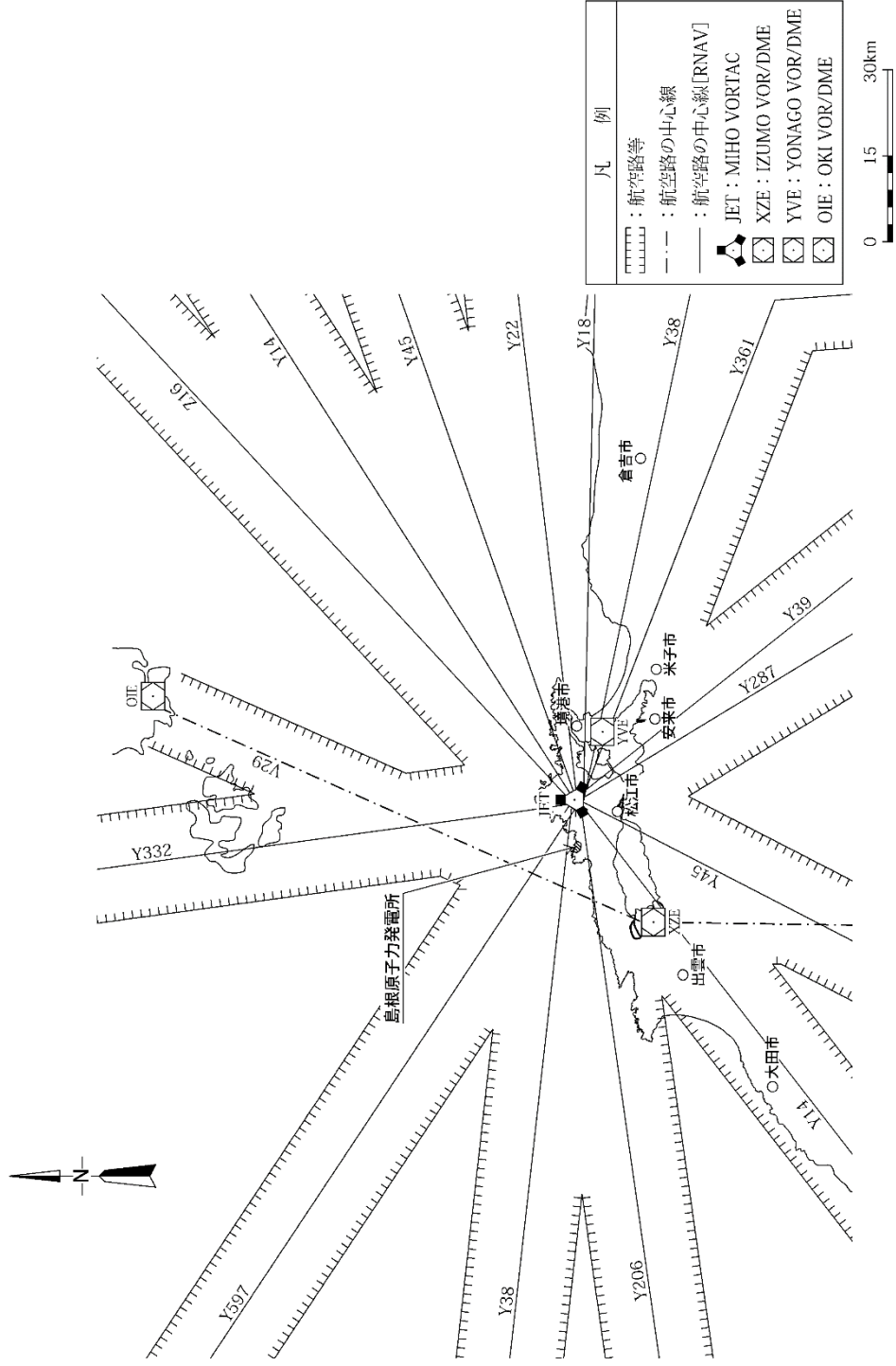
\*2:令和元年(平成31年)空港管理状況調書(令和2年8月 国土交通省)

### 2.3 今後の確認について

今後は外部火災評価のうち、航空機墜落による火災影響を定期的に評価する際に、航空路を含めた航空機落下確率評価に用いる最新データの変更状況を確認し、防護設計の要否を判断する基準を超える変更がないことを確認する。

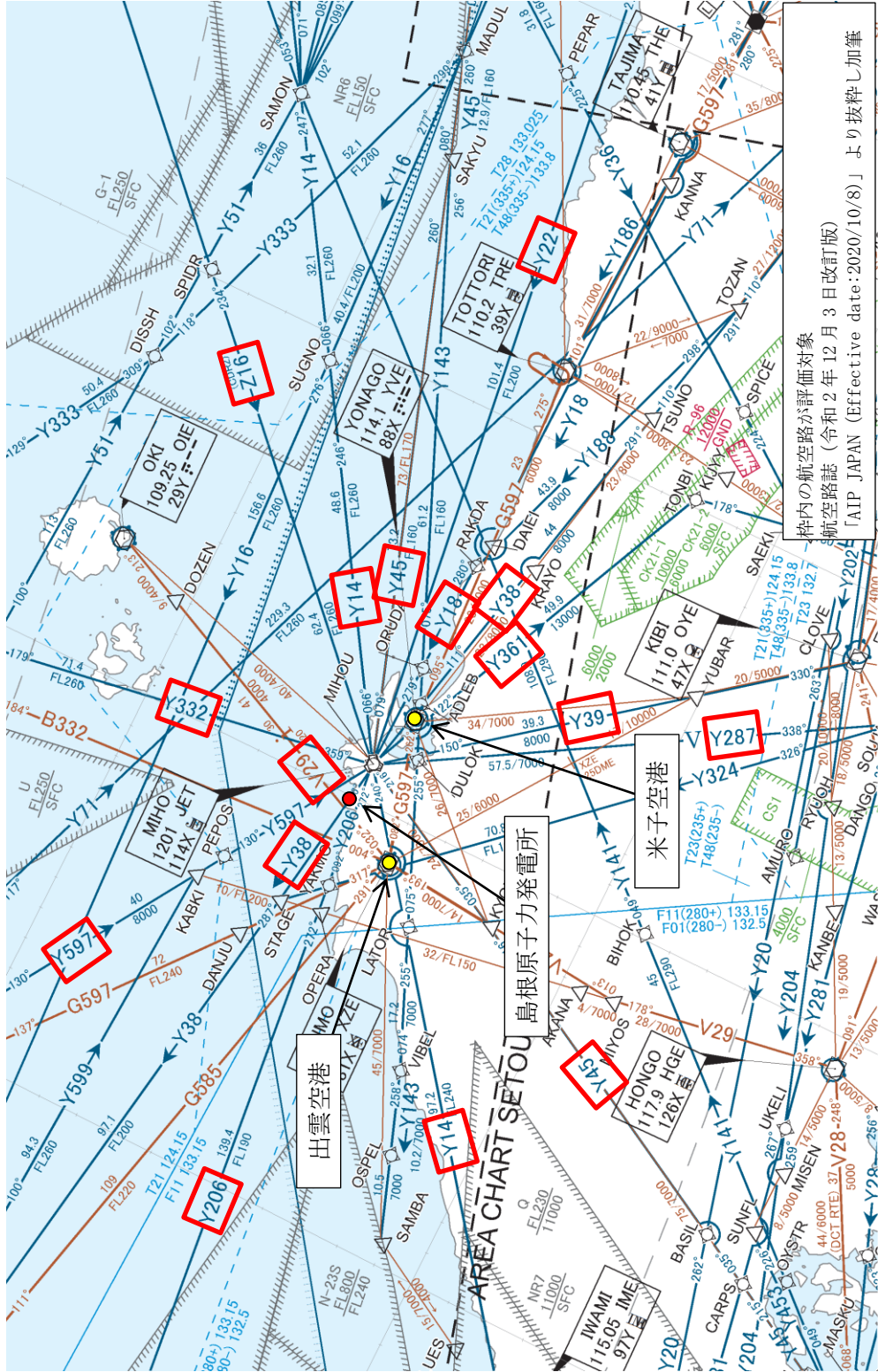
以上

設置（変更）許可申請時の航空路（設置（変更）許可申請書 添付書類六より引用）



発電所周辺の航空路等図

工事計画認可申請時の航空路



発電所周辺の航空図

島根原子力発電所第 2 号機における航空機落下確率

設置（変更）許可申請時における島根原子力発電所第 2 号機の原子炉施設への航空機落下確率は、約 $8.4 \times 10^{-8}$ （回/炉・年）であり、防護設計の要否を判断する基準を満足している。

（別紙1）

工事計画認可申請時における航空機落下確率評価に用いる最新データ\*1は設置（変更）許可申請時から変更はなく、評価結果は同様である。

また、令和5年3月に航空機落下事故に関するデータ\*2が公表されたことから、当該データを用いた航空機落下確率の評価を実施した。（別紙8）

当該データを用いた航空機落下確率は約 $9.6 \times 10^{-8}$ （回/炉・年）であり、防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを確認している。

注記\*1：航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）（令和3年2月 原子力規制庁）

\*2：航空機落下事故に関するデータ（平成13～令和2年）（令和5年3月 原子力規制庁）

## 設置（変更）許可申請時における航空機落下確率

発電所周辺の飛行場，航空路，訓練空域を考慮した上で，「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」に基づき，以下の項目について島根原子力発電所第2号機における航空機落下確率を評価する。

## 1. 評価対象事故

島根原子力発電所第2号機における評価対象事故を表1に示す。

表1 評価対象事故

発電所名称 及び号機	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故	
	①飛行場での離着陸時における落下事故	②航空路を巡航中の落下事故		①訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	②基地－訓練空域間の往復時の落下事故
島根原子力発電所第2号機	○*1	○*2	○	○*3 (訓練空域外を飛行中の落下事故)	×*4

○：対象，×：対象外

注記\*1：滑走路方向から±60°の範囲に発電所が位置する空港があり，各空港の最大離着陸距離が，発電所から各空港までの距離より大きいため，評価対象とした。（別紙2）

\*2：発電所周辺に存在する航空路と発電所との距離が，それぞれの航空路の幅より短い場合は，評価対象とした。（別紙3）

\*3：発電所上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はない。（別紙4）

\*4：発電所は基地－訓練空域間の往復想定範囲内に入らないため，評価対象外とした。（別紙4）

2. 航空機落下確率評価結果

(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

a. 飛行場での離着陸時における落下事故

$$P_{d,a} = f_{d,a} \cdot N_{d,a} \cdot A \cdot \Phi_{d,a}(r, \theta)$$

$P_{d,a}$  : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)

$N_{d,a}$  : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積) (km<sup>2</sup>)

$\Phi_{d,a}(r, \theta)$  : 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 (/km<sup>2</sup>)

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$  : 対象航空機の国内での離着陸時事故率 (回/離着陸回)

$D_{d,a}$  : 国内での離着陸時事故件数 (回)

$E_{d,a}$  : 国内での離着陸回数 (離着陸回)

表 2 航空機落下確率評価 (計器方式民間航空機 (飛行場での離着陸時))

パラメータ	発電所名称及び号機	
	島根原子力発電所第 2 号機	
飛行場	出雲空港	米子空港
発電所からの距離	約 17km	約 22km
滑走路方向に対する角度	約 26°	約 42°
最大離着陸距離*1	約 28km (約 15NM)	約 43km (約 23NM)
$N_{d,a}$ *2	13, 672	6, 156
$A$ *3	0. 02459	
$\Phi_{d,a}(r, \theta)$	$7. 02 \times 10^{-4}$	$2. 63 \times 10^{-4}$
$f_{d,a}$ *4	$2 / 37, 233, 228 = 5. 37 \times 10^{-8}$	
$P_{d,a}$	$1. 49 \times 10^{-8}$	

注記\*1 : A I P J A P A N のアプローチチャートより求めた。(別紙 2)

\*2 : 「令和元年 (平成 31 年) 空港管理状況調書」(国土交通省) にある飛行場別着陸回数を離着陸回数とし、その和を飛行場別離着陸回数とした。

\*3 : 離着陸時の標的面積は、別紙 5 のとおり。

\*4 : 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) による。

離着陸回数は、「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) による。(別紙 6)

b. 航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$$

$P_c$  : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

$N_c$  : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

$A$  : 原子炉施設への標的面積 (km<sup>2</sup>)

$W$  : 航空路幅 (km)

$f_c = G_c / H_c$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 (回 / (飛行回・km))

$G_c$  : 巡航中事故件数 (回)

$H_c$  : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

表 3 航空機落下確率評価 (計器飛行方式民間航空機 (航空路を巡航中))

発電所名称及び 号機 パラメータ	島根原子力発電所第 2 号機	
対象航空路*1	V29	Z16, Y14, Y45, Y22, Y18, Y38, Y361, Y39, Y287, Y206, Y597, Y332
$N_c$ *2	365 (H30 年データ)	186, 880 (H30 年データ)
$A$ *3	0.01917	
$W$ *4	14	18.52
$f_c$ *5	0.5 / 11, 570, 450, 753 = 4.32 × 10 <sup>-11</sup>	
$P_c$	8.39 × 10 <sup>-9</sup>	

注記\*1 : A I P J A P A N のエンルートチャートにより確認 (別紙 3)

\*2 : 国土交通省航空局への問合せ結果 (ピークデイの値) を 365 倍した値 (別紙 7)

\*3 : 標的面積は, 別紙 5 のとおり。

\*4 : 航空路については, 「航空路の指定に関する告示」を参照した。RNAV 航路については, 「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いた。  
(1NM=1.852km として換算)

\*5 : 巡航中の事故件数は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) によるが, 件数が 0 件のため, 保守的に 0.5 件とした。  
延べ飛行距離は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 11~30 年)」(令和 3 年 2 月 原子力規制庁) による。(別紙 6)



(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

$P_v$  : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_v$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_v$  : 全国土面積 (km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

表4 航空機落下確率評価 (有視界飛行方式民間航空機)

発電所名称及び 号機 パラメータ	島根原子力発電所第2号機
$f_v^{*1}$	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 24/20=1.200 大型回転翼機 2/20=0.100 小型回転翼機 18/20=0.900
$S_v^{*2}$	372,969
$A^{*3}$	0.01917
$\alpha^{*4}$	大型固定翼機, 大型回転翼機 : 1 小型固定翼機, 小型回転翼機 : 0.1
$P_v$	$1.73 \times 10^{-8}$

注記\*1 : 有視界飛行方式民間航空機の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ (平成11~30年)」(令和3年2月 原子力規制庁)による。なお、大型固定翼機の事故件数は、0件であるため、保守的に0.5件とした。

\*2 : 「航空機落下事故に関するデータ (平成11~30年)」(令和3年2月 原子力規制庁)の値を用いた。

\*3 : 標的面積は、別紙5のとおり。

\*4 : 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について (内規)」の値を用いた。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故（訓練空域外を飛行中の落下事故）

$$P_{so} = \frac{f_{so}}{S_o} \cdot A$$

$P_{so}$ ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

$f_{so}$ ：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

$S_o$ ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km<sup>2</sup>）

$A$ ：原子炉施設の標的面積（km<sup>2</sup>）

表 5 航空機落下確率評価（自衛隊機又は米軍機（訓練空域外を飛行中））

発電所名称及び号機 パラメータ	島根原子力発電所第 2 号機
$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 10/20=0.500 米軍機 4/20=0.200
$S_o^{*2}$	自衛隊機 294,881 米軍機 372,472
$A^{*3}$	0.01917
$P_{so}$	$4.28 \times 10^{-8}$

注記\*1：自衛隊機及び米軍機の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和 3 年 2 月 原子力規制庁）による。

ただし、平成 30 年 2 月 5 日に目達原駐屯地から南に約 4km で発生した AH-64D 航空事故について、「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和 3 年 2 月 原子力規制庁）では「基地－訓練空域間往復時」の落下事故として選定されているが、当該事故は定期整備後の整備試験飛行空域との往復時に発生した事故であるため、「訓練空域外を飛行中」の落下事故としてカウントした。

\*2：「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和 3 年 2 月 原子力規制庁）の値を用いた。

\*3：標的面積は、別紙 5 のとおり。

以上より、島根原子力発電所第2号機における航空機落下確率は、表6のとおり計器方式民間航空機の落下確率、有視界飛行方式民間航空機の落下確率及び訓練空域外を飛行中の自衛隊又は米軍機の落下確率の和として算定され、保守的に有効数字3桁目を切り上げ、約 $8.4 \times 10^{-8}$  (回/炉・年)となる。

表6 航空機落下確率の合計値

評価対象事故		航空機落下確率 (回/炉・年)
1) 計器飛行方式 民間航空機の 落下事故	①飛行場での離着陸時における 落下事故	$1.49 \times 10^{-8}$
	②航空路を巡航中の落下事故	$8.39 \times 10^{-9}$
2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故		$1.73 \times 10^{-8}$
3) 自衛隊機又は 米軍機の落下事故	①訓練空域内で訓練中及び 訓練空域外を飛行中の落下事故	$4.28 \times 10^{-8}$
	②基地－訓練空域間往復時の 落下事故	—*
合計		約 $8.4 \times 10^{-8}$

注記\*：—は対象外

以上

## 島根原子力発電所付近の空港と発電所との距離について

発電所名称 及び号機	空港名	発電所との 距離*1	空港と空港 の最大離着 陸地点まで の距離*2	判定	備考
島根 原子力発電所 第2号機	出雲空港	約 17km	約 28km (約 15NM)	対象	別紙 2-1
	米子空港	約 22km	約 43km (約 23NM)	対象	別紙 2-2

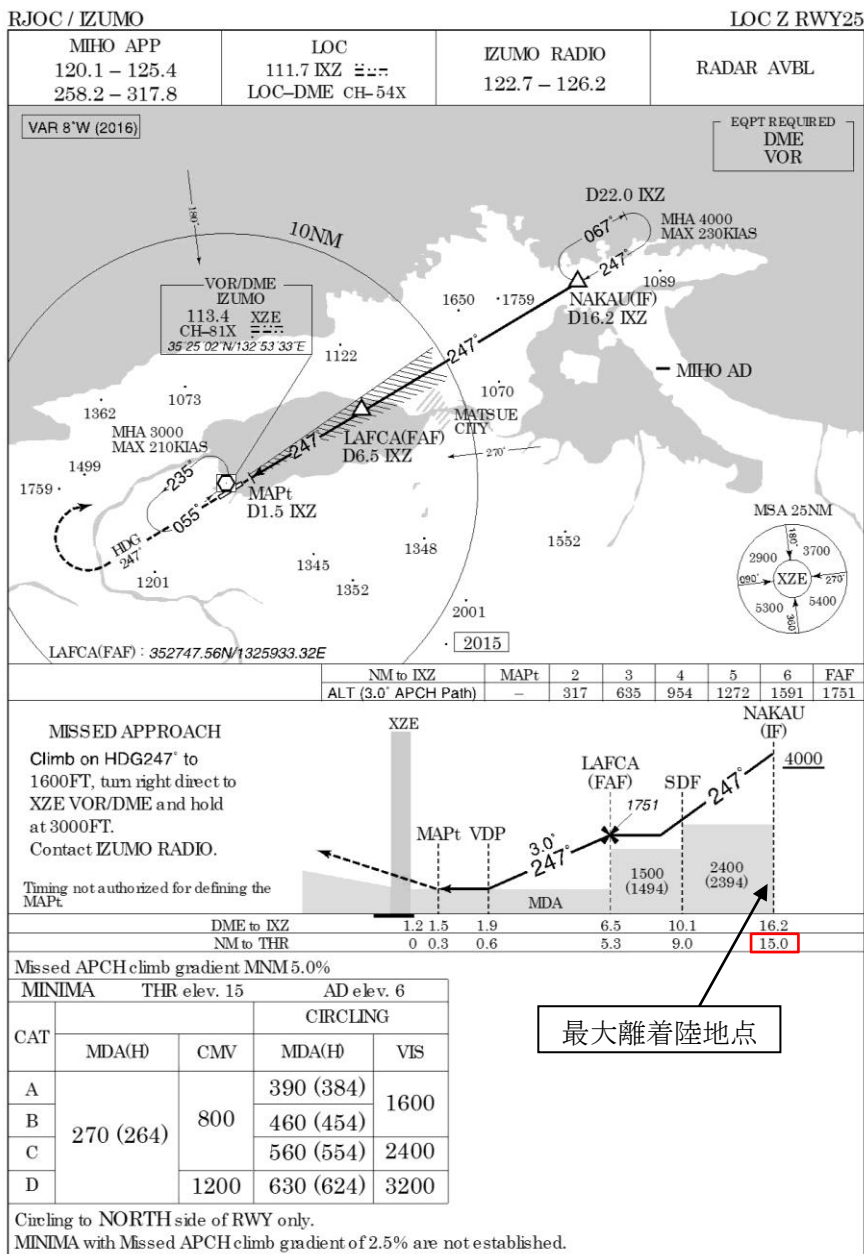
注記\*1：施設と空港の経度，緯度より計測した。

\*2：航空路誌（A I P）を参照した。

AIP Japan  
IZUMO

→ RJOC-AD2-24.15

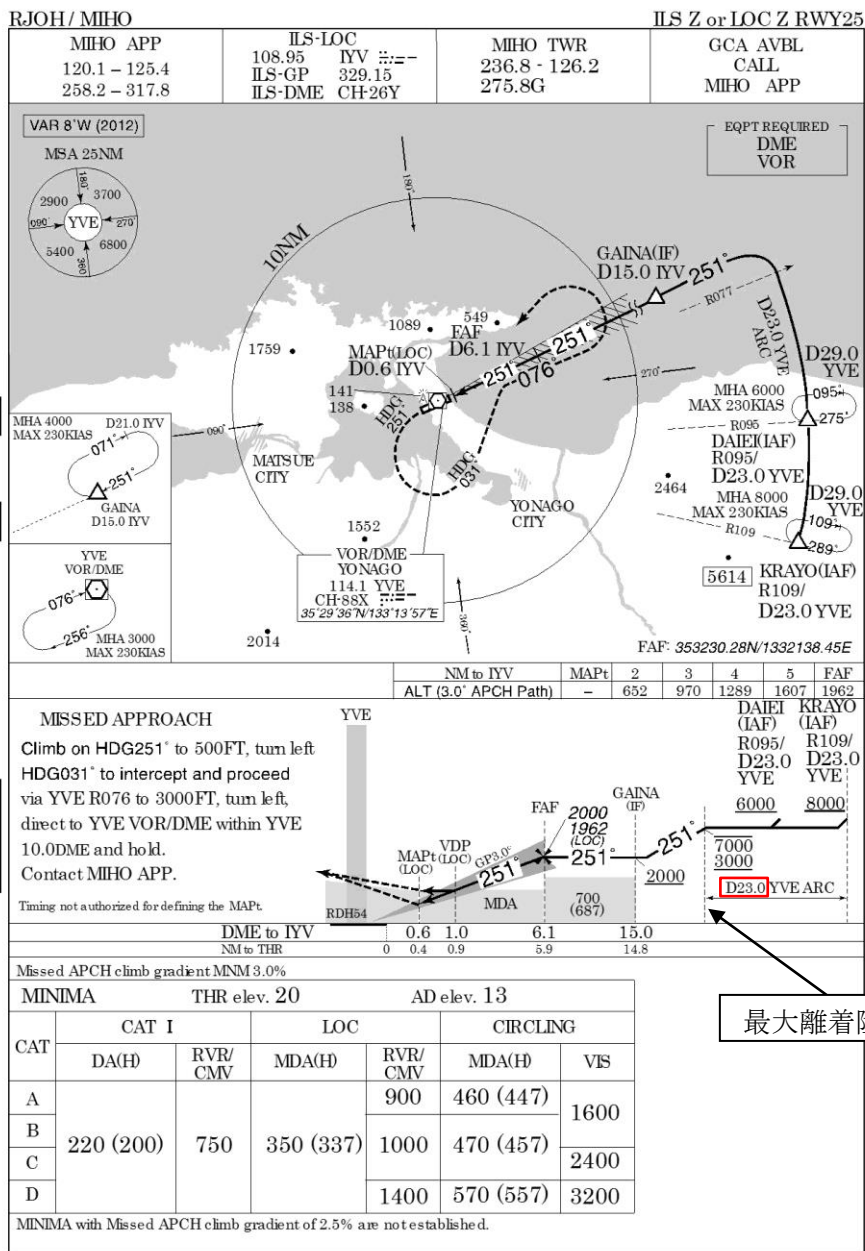
INSTRUMENT APPROACH CHART



「AIP JAPAN」より抜粋

空港と空港の最大離着陸地点までの距離（出雲空港）

INSTRUMENT APPROACH CHART



「AIP JAPAN」より抜粋

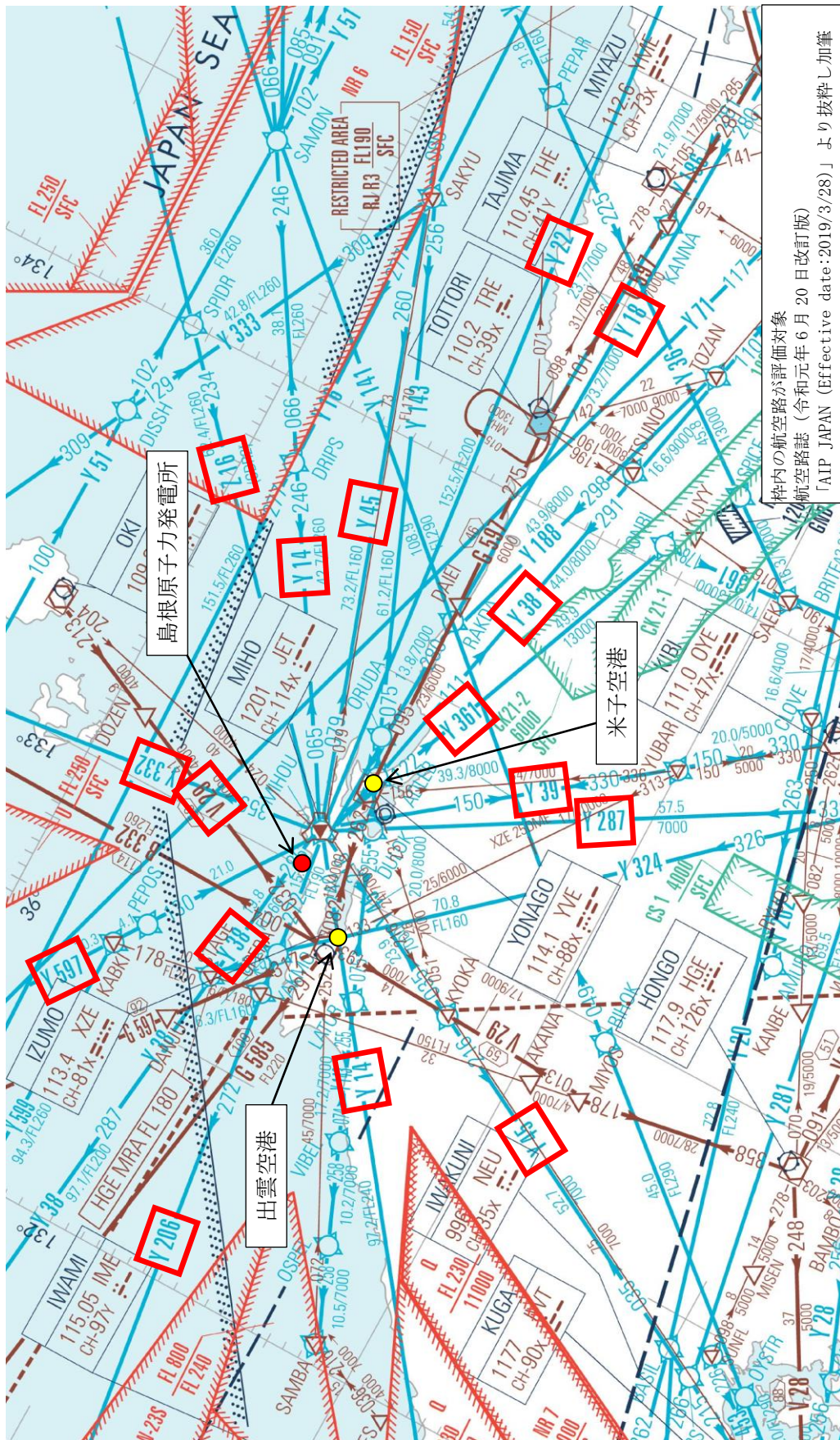
空港と空港の最大離着陸地点までの距離 (米子空港)

## 島根原子力発電所周辺の航空路と各航空路の幅について

号機	周辺航空路名称	航空路の中心線と発電所間の距離*1	片側の航空路幅*2	判定	備考
第2号機	航空路 V29 (IZUMO(XZE)-DOZEN)	約 3.1km	7 km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Z16 (MIHO(JET)-SPIDR)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y14 (MIHO(JET)-DRIPS)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y14 (MIHO(JET)-HALNA)	約 5.9km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y45 (MIHO(JET)-SAKYU)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y45 (MIHO(JET)-KYOKA)	約 8.0km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y22 (MIHO(JET)-TRUGA)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y18 (MIHO(JET)-RAKDA)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y38 (MIHO(JET)-TSUNO)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y38 (MIHO(JET)-STAGE)	約 0.53km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y361 (MIHO(JET)-TONBI)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y39 (MIHO(JET)-YUBAR)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y287 (MIHO(JET)-SOUJA)	約 8.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y206 (MIHO(JET)-YAKMO)	約 1.7km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
	RNAV 経路 Y597 (MIHO(JET)-PEPOS)	約 3.9km	約 9.3km	対象	別紙 3-1
RNAV 経路 Y332 (MIHO(JET)-KAPPA)	約 8.4km	約 9.3km	対象	別紙 3-1	

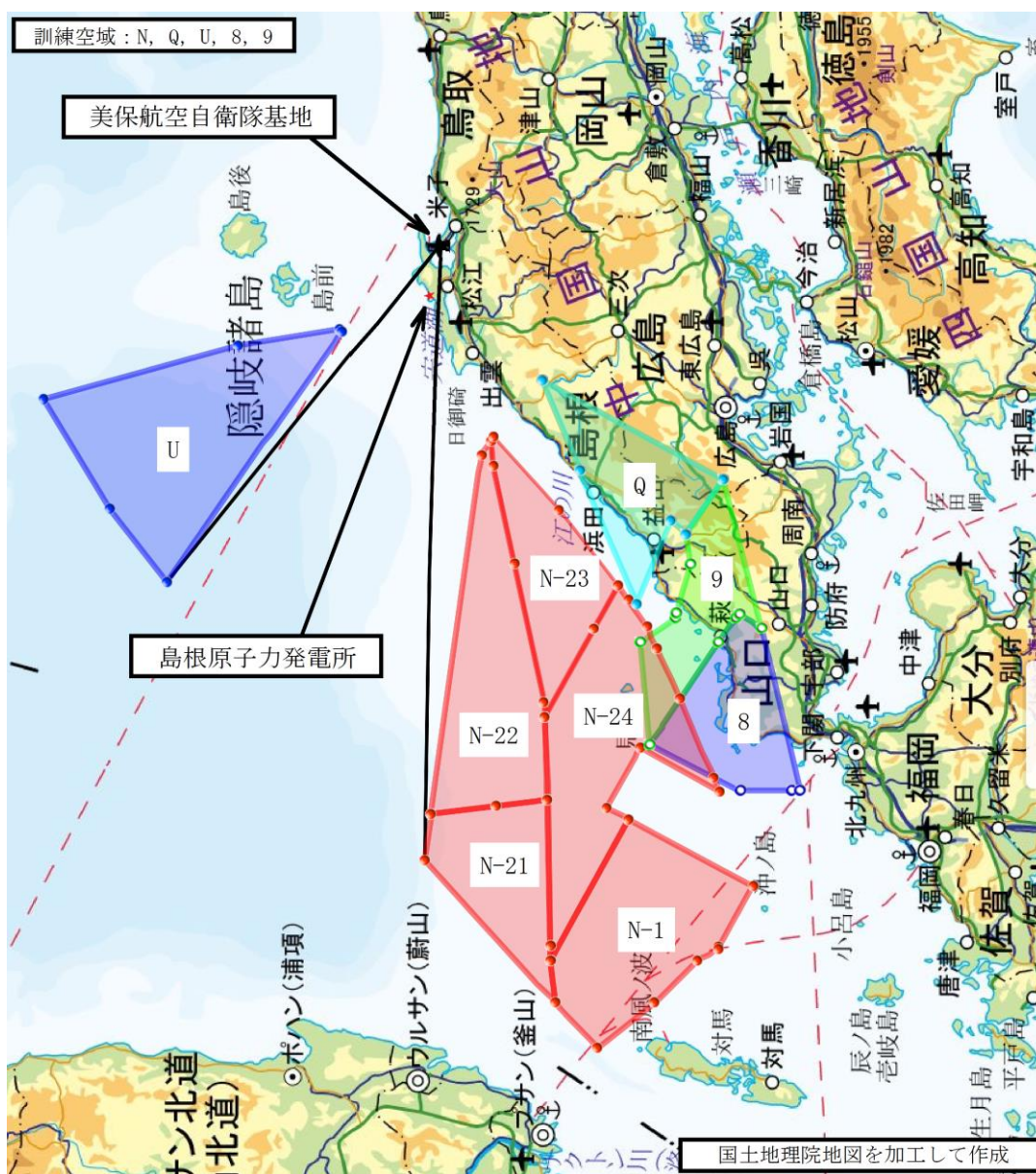
注記\*1：施設と空港の経度，緯度より計測した。

\*2：航空路については，「航空路の指定に関する告示」を参照した。RNAV航路については，「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いた。(1NM=1.852kmとして換算)



発電所周辺の航空図

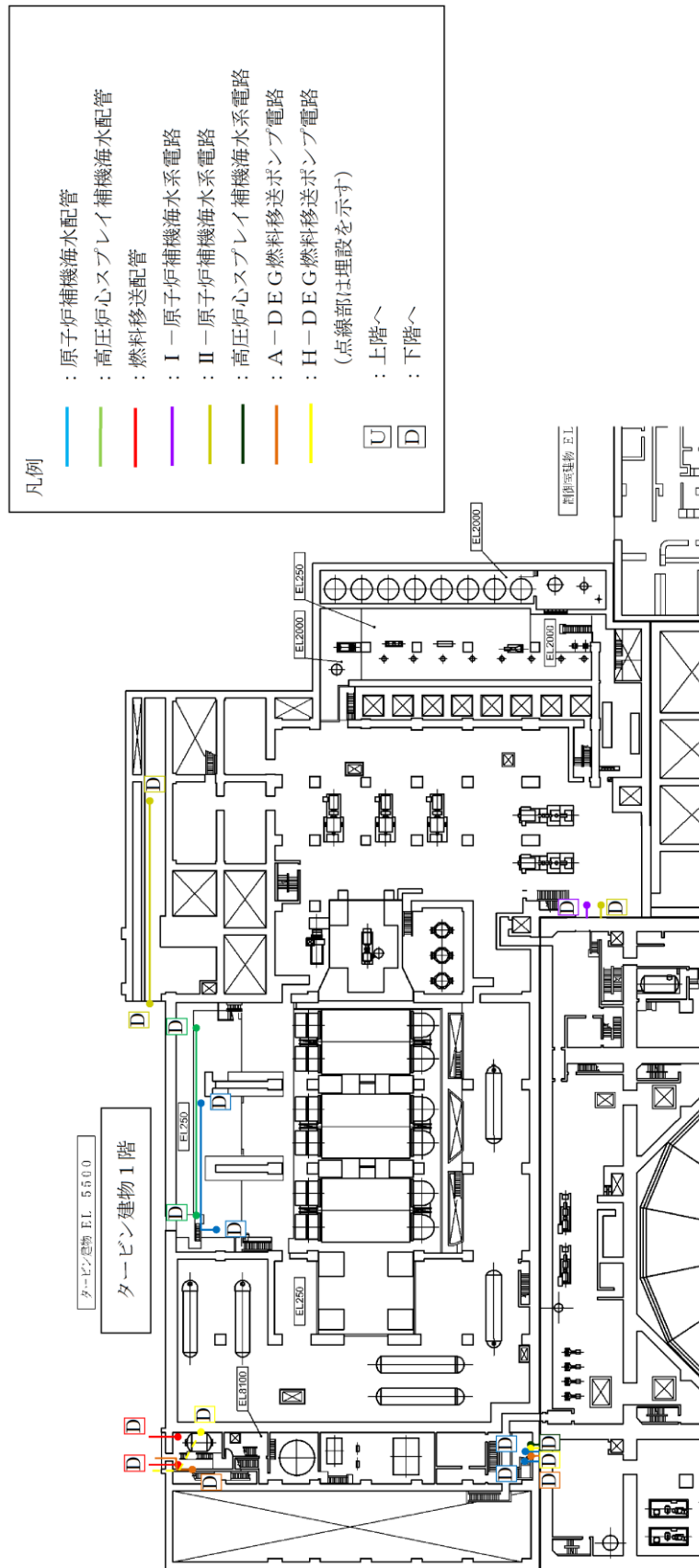




島根原子力発電所，美保航空自衛隊基地と訓練空域との位置関係  
 航空路誌（令和元年6月20日改訂版）  
 （「AIP JAPAN (Effective date:2019/7/18)」における  
 訓練空域の座標に基づき作成）

## 航空機落下確率評価に係る標的面積（島根原子力発電所）

第 2 号機	面積 (km <sup>2</sup> )		炉心, 使用済燃料プール 及び原子炉の安全停止 (炉心 冷却も含む。) に必要な設備	備 考
	水平面積	投影面積		
原子炉建物	0.006258	0.022304* <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉心</li> <li>・燃料プール</li> <li>・主要な安全系機器</li> </ul>	*1: 3つの建物を 含む1つの 建物として 投影面積を 算出
タービン建物	0.007799		<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水系 (配管, 電 路)</li> <li>・高圧炉心スプレー補機海水 系 (配管, 電路)</li> <li>・A, HPCS-非常用デー ゼル発電機燃料移送ポンプ (配管, 電路) (別紙 5-1 参照)</li> </ul>	
廃棄物処理建物	0.003015		<ul style="list-style-type: none"> <li>・補助盤室</li> <li>・バッテリー室</li> <li>・計装用電気室</li> <li>・中央制御室換気系</li> </ul>	
制御室建物 (共用)* <sup>2</sup>	0.000756	0.000945	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御室</li> </ul>	*2: 1号機, 2 号機合計
取水槽	0.001337	0.001337* <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水系 (ポンプ, 配管, ストレーナ)</li> <li>・高圧炉心スプレー補機海水 系 (ポンプ, 配管, ストレー ナ)</li> </ul>	*3: 地上に対象 施設が無い ため投影面 積は水平面 積と同じ
合 計 (標的面積)	0.01917	0.02459		



(タービン建物 1階)

タービン建物に施設される原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に必要な設備の配置

## 国内での離着陸回数及び延べ飛行距離

## 1. 国内での離着陸回数

国内での離着陸回数のデータは、表1のとおり「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和3年2月 原子力規制庁）の民間航空機（大型固定翼機，計器飛行方式）の離着陸回数の値とする。

表1 離着陸回数

	国内線（回）	国際線（回）	合計（回）
平成11年	1,189,856	252,902	1,442,758
平成12年	1,321,910	260,816	1,582,726
平成13年	1,343,192	261,576	1,604,768
平成14年	1,367,468	279,976	1,647,444
平成15年	1,399,700	275,410	1,675,110
平成16年	1,397,124	313,204	1,710,328
平成17年	1,418,292	333,094	1,751,386
平成18年	1,481,264	341,074	1,822,338
平成19年	1,483,448	355,416	1,838,864
平成20年	1,467,684	358,134	1,825,818
平成21年	1,432,724	336,198	1,768,922
平成22年	1,432,748	348,972	1,781,720
平成23年	1,431,040	354,322	1,785,362
平成24年	1,539,914	388,538	1,928,452
平成25年	1,643,536	395,086	2,038,622
平成26年	1,686,160	428,202	2,114,362
平成27年	1,689,272	477,100	2,166,372
平成28年	1,679,378	533,560	2,212,938
平成29年	1,691,244	564,744	2,255,988
平成30年	1,690,008	588,942	2,278,950
合計	29,785,962	7,447,266	37,233,228

## 2. 延べ飛行距離

延べ飛行距離のデータは、表2のとおり「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和3年2月 原子力規制庁）の民間航空機（大型固定翼機，計器飛行方式）の延べ飛行距離の値とする。

表2 延べ飛行距離

	国内線 (km)	国際線 (km)	合計 (km)
平成11年	459,941,610	3,000,000	462,941,610
平成12年	480,695,802	3,000,000	483,695,802
平成13年	489,782,465	3,000,000	492,782,465
平成14年	498,480,635	3,500,000	501,980,635
平成15年	519,275,755	3,500,000	522,775,755
平成16年	517,051,659	3,900,000	520,951,659
平成17年	527,104,292	3,700,000	530,804,292
平成18年	555,392,832	3,700,000	559,092,832
平成19年	559,616,583	3,800,000	563,416,583
平成20年	554,535,973	3,800,000	558,335,973
平成21年	544,494,742	3,600,000	548,094,742
平成22年	548,444,056	3,600,000	552,044,056
平成23年	554,156,367	3,400,000	557,556,367
平成24年	607,933,799	3,600,000	611,533,799
平成25年	656,587,038	3,700,000	660,287,038
平成26年	678,832,124	3,800,000	682,632,124
平成27年	681,945,100	3,900,000	685,845,100
平成28年	682,890,250	4,200,000	687,090,250
平成29年	689,723,341	4,400,000	694,123,341
平成30年	690,566,330	4,600,000	695,166,330
合計	11,497,450,753	73,000,000	11,570,450,753

## 評価対象となる航空路の飛行回数

(飛行回)

東京航空交通管制部 ピークデイ*1	平成 30 年上半期 (H30. 6. 6) 交通量	平成 30 年下半期 (H30. 8. 7) 交通量	評価に用いる 数値*2
航空路 V29 (IZUMO(XZE)-DOZEN)	1	1	上半期合計：1 便 下半期合計：1 便 1×365 日＝ 365 便／年間
RNAV 経路 Z16 (MIHO(JET)-SPIDR)	2	4	上半期合計：469 便 下半期合計：512 便 512×365 日＝ 186,880 便／年間
RNAV 経路 Y14 (MIHO(JET)-DRIPS)	77	88	
RNAV 経路 Y14 (MIHO(JET)-HALNA)	76	75	
RNAV 経路 Y45 (MIHO(JET)-SAKYU)	43	52	
RNAV 経路 Y45 (MIHO(JET)-KYOKA)	35	45	
RNAV 経路 Y22 (MIHO(JET)-TRUGA)	7	7	
RNAV 経路 Y18 (MIHO(JET)-RAKDA)	20	16	
RNAV 経路 Y38 (MIHO(JET)-TSUNO)	10	13	
RNAV 経路 Y38 (MIHO(JET)-STAGE)	23	29	
RNAV 経路 Y361 (MIHO(JET)-TONBI)	75	73	
RNAV 経路 Y39 (MIHO(JET)-YUBAR)	3	3	
RNAV 経路 Y287 (MIHO(JET)-SOUJA)	0	0	
RNAV 経路 Y206 (MIHO(JET)-YAKMO)	32	41	
RNAV 経路 Y597 (MIHO(JET)-PEPOS)	66	66	
RNAV 経路 Y332 (MIHO(JET)-KAPPA)	0	0	

注記\*1：国土交通省航空局に問合せ入手したデータ。ここで、ピークデイとは、東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のことであり、当該経路における交通量が半年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

\*2：航空路及びRNAV経路それぞれについて、上半期の合計値と下半期の合計値を比較し、大きいものを評価に用いた。

## 航空機落下事故に関するデータの更新による影響について

## 1. はじめに

発電所敷地内への航空機落下確率については、設置（変更）許可申請時及び工事計画認可申請時の最新データである「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）（令和3年2月 原子力規制庁）」に基づき評価を行っている。

今般、「航空機落下事故に関するデータ（平成13～令和2年）（令和5年3月 原子力規制庁）」が取りまとめられたことを受け、当該データに基づく航空機落下確率の評価を実施し、その影響について確認した。

## 2. 航空機落下事故等のデータ更新による影響

当該データ\* を用いた航空機落下確率は約 $9.6 \times 10^{-8}$ （回/炉・年）であり、防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを確認した。

注記\*：航空機落下事故に関するデータ（平成13～令和2年）（令和5年3月 原子力規制庁）

### 3. 航空機落下確率評価結果

#### (1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

##### a. 飛行場での離着陸時における落下事故

$$P_{d,a} = f_{d,a} \cdot N_{d,a} \cdot A \cdot \Phi_{d,a}(r, \theta)$$

$P_{d,a}$  : 対象施設への離着陸時の航空機落下確率 (回/年)

$N_{d,a}$  : 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数 (離着陸回/年)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積) (km<sup>2</sup>)

$\Phi_{d,a}(r, \theta)$  : 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数 (1/km<sup>2</sup>)

$f_{d,a} = D_{d,a}/E_{d,a}$  : 対象航空機の国内での離着陸時事故率 (回/離着陸回)

$D_{d,a}$  : 国内での離着陸時事故件数 (回)

$E_{d,a}$  : 国内での離着陸回数 (離着陸回)

表 1 航空機落下確率評価 (計器方式民間航空機 (飛行場での離着陸時))

パラメータ	島根原子力発電所第 2 号機	
	出雲空港	米子空港
飛行場	出雲空港	米子空港
発電所からの距離	約 17km	約 22km
滑走路方向に対する角度	約 26°	約 42°
最大離着陸距離*1	約 28km (約 15NM)	約 43km (約 23NM)
$N_{d,a}$ *2	13, 672	6, 156
$A$ *3	0. 02459	
$\Phi_{d,a}(r, \theta)$	$7. 02 \times 10^{-4}$	$2. 63 \times 10^{-4}$
$f_{d,a}$ *4	$2/37, 956, 682 = 5. 27 \times 10^{-8}$	
$P_{d,a}$	$1. 46 \times 10^{-8}$	

注記\*1 : A I P J A P A N のアプローチチャートより求めた。(別紙 2)

\*2 : 「令和元年 (平成 31 年) 空港管理状況調書」(国土交通省) にある飛行場別着陸回数を離着陸回数とし、その和を飛行場別離着陸回数とした。

\*3 : 離着陸時の標的面積は、別紙 5 のとおり。

\*4 : 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ (平成 13~令和 2 年)」(令和 5 年 3 月 原子力規制庁) による。

離着陸回数は、「航空機落下事故に関するデータ (平成 13~令和 2 年)」(令和 5 年 3 月 原子力規制庁) による。(別紙 9)



b. 航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$$

$P_c$  : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

$N_c$  : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

$A$  : 原子炉施設への標的面積 (km<sup>2</sup>)

$W$  : 航空路幅 (km)

$f_c = G_c / H_c$  : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 (回 / (飛行回・km))

$G_c$  : 巡航中事故件数 (回)

$H_c$  : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

表 2 航空機落下確率評価 (計器飛行方式民間航空機 (航空路を巡航中))

発電所名称及び 号機 パラメータ	島根原子力発電所第 2 号機	
対象航空路*1	V29	Z16, Y14, Y45, Y22, Y18, Y38, Y361, Y39, Y287, Y206, Y597, Y332
$N_c$ *2	365 (H30 年データ)	186, 880 (H30 年データ)
$A$ *3	0. 01917	
$W$ *4	14	18. 52
$f_c$ *5	0. 5 / 11, 814, 093, 990 = 4. 23 × 10 <sup>-11</sup>	
$P_c$	8. 21 × 10 <sup>-9</sup>	

注記\*1 : A I P J A P A N のエンルートチャートにより確認 (別紙 3)

\*2 : 国土交通省航空局への問合せ結果 (ピークデイの値) を 365 倍した値 (別紙 7)

\*3 : 標的面積は, 別紙 5 のとおり。

\*4 : 航空路については, 「航空路の指定に関する告示」を参照した。RNAV 航路については, 「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いた。  
(1NM=1. 852km として換算)

\*5 : 巡航中の事故件数は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 13~令和 2 年)」(令和 5 年 3 月 原子力規制庁) によるが, 件数が 0 件のため, 保守的に 0. 5 件とした。

延べ飛行距離は, 「航空機落下事故に関するデータ (平成 13~令和 2 年)」(令和 5 年 3 月 原子力規制庁) による。(別紙 9)

(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

$P_v$  : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_v$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_v$  : 全国土面積 (km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積 (km<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

表3 航空機落下確率評価 (有視界飛行方式民間航空機)

発電所名称及び 号機 パラメータ	島根原子力発電所第2号機
$f_v^{*1}$	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 22/20=1.100 大型回転翼機 1/20=0.050 小型回転翼機 17/20=0.850
$S_v^{*2}$	372,973
$A^{*3}$	0.01917
$\alpha^{*4}$	大型固定翼機, 大型回転翼機 : 1 小型固定翼機, 小型回転翼機 : 0.1
$P_v$	$1.39 \times 10^{-8}$

注記\*1: 有視界飛行方式民間航空機の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ (平成13~令和2年)」(令和5年3月 原子力規制庁)による。なお、大型固定翼機の事故件数は、0件であるため、保守的に0.5件とした。

\*2: 「航空機落下事故に関するデータ (平成13~令和2年)」(令和5年3月 原子力規制庁)の値を用いた。

\*3: 標的面積は、別紙5のとおり。

\*4: 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について (内規)」の値を用いた。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故（訓練空域外を飛行中の落下事故）

$$P_{so} = \frac{f_{so}}{S_o} \cdot A$$

$P_{so}$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

$f_{so}$  : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

$S_o$  : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km<sup>2</sup>）

$A$  : 原子炉施設の標的面積（km<sup>2</sup>）

表 4 航空機落下確率評価（自衛隊機又は米軍機（訓練空域外を飛行中））

発電所名称及び 号機 パラメータ	島根原子力発電所第 2 号機
$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 15/20=0.750 米軍機 4/20=0.200
$S_o^{*2}$	自衛隊機 294,779 米軍機 372,464
$A^{*3}$	0.01917
$P_{so}$	$5.91 \times 10^{-8}$

注記\*1：自衛隊機及び米軍機の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和 2 年）」（令和 5 年 3 月 原子力規制庁）による。

\*2：「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和 2 年）」（令和 5 年 3 月 原子力規制庁）の値を用いた。

\*3：標的面積は、別紙 5 のとおり。

以上より、島根原子力発電所第2号機における航空機落下確率は、表5のとおり計器方式民間航空機の落下確率、有視界飛行方式民間航空機の落下確率及び訓練空域外を飛行中の自衛隊又は米軍機の落下確率の和として算定され、保守的に有効数字3桁目を切り上げ、約 $9.6 \times 10^{-8}$  (回/炉・年)となる。

表5 航空機落下確率の合計値

評価対象事故		航空機落下確率 (回/炉・年)
1) 計器飛行方式 民間航空機の 落下事故	①飛行場での離着陸時における 落下事故	$1.46 \times 10^{-8}$
	②航空路を巡航中の落下事故	$8.21 \times 10^{-9}$
2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故		$1.39 \times 10^{-8}$
3) 自衛隊機又は 米軍機の落下事故	①訓練空域内で訓練中及び 訓練空域外を飛行中の落下事故	$5.91 \times 10^{-8}$
	②基地－訓練空域間往復時の 落下事故	—*
合計		約 $9.6 \times 10^{-8}$

注記\*：—は対象外

以上

## 国内での離着陸回数及び延べ飛行距離

## 1. 国内での離着陸回数

国内での離着陸回数のデータは、表1のとおり「航空機落下事故に関するデータ（平成13～令和2年）」（令和5年3月 原子力規制庁）の民間航空機（大型固定翼機，計器飛行方式）の離着陸回数の値とする。

表1 離着陸回数

	国内線（回）	国際線（回）	合計（回）
平成13年	1,343,192	261,576	1,604,768
平成14年	1,367,468	279,976	1,647,444
平成15年	1,399,700	275,410	1,675,110
平成16年	1,397,124	313,204	1,710,328
平成17年	1,418,292	333,094	1,751,386
平成18年	1,481,264	341,074	1,822,338
平成19年	1,483,448	355,416	1,838,864
平成20年	1,467,684	358,134	1,825,818
平成21年	1,432,724	336,198	1,768,922
平成22年	1,432,748	348,972	1,781,720
平成23年	1,431,040	354,322	1,785,362
平成24年	1,539,914	388,478	1,928,392
平成25年	1,643,536	395,086	2,038,622
平成26年	1,686,160	428,202	2,114,362
平成27年	1,689,272	477,100	2,166,372
平成28年	1,679,378	533,560	2,212,938
平成29年	1,691,244	564,744	2,255,988
平成30年	1,690,008	588,942	2,278,950
令和元年	1,719,570	628,380	2,347,950
令和2年	1,178,346	222,702	1,401,048
合計	30,172,112	7,784,570	37,956,682

## 2. 延べ飛行距離

延べ飛行距離のデータは、表2のとおり「航空機落下事故に関するデータ（平成13～令和2年）」（令和5年3月 原子力規制庁）の民間航空機（大型固定翼機，計器飛行方式）の延べ飛行距離の値とする。

表2 延べ飛行距離

	国内線 (km)	国際線 (km)	合計 (km)
平成13年	489,782,465	3,000,000	492,782,465
平成14年	498,480,635	3,500,000	501,980,635
平成15年	519,275,755	3,500,000	522,775,755
平成16年	517,051,659	3,900,000	520,951,659
平成17年	527,104,292	3,700,000	530,804,292
平成18年	555,392,832	3,700,000	559,092,832
平成19年	559,616,583	3,800,000	563,416,583
平成20年	554,535,973	3,800,000	558,335,973
平成21年	544,494,742	3,600,000	548,094,742
平成22年	548,444,056	3,600,000	552,044,056
平成23年	554,156,367	3,400,000	557,556,367
平成24年	607,933,799	3,600,000	611,533,799
平成25年	656,587,038	3,700,000	660,287,038
平成26年	678,832,124	3,800,000	682,632,124
平成27年	681,945,100	3,900,000	685,845,100
平成28年	682,890,250	4,200,000	687,090,250
平成29年	689,723,341	4,400,000	694,123,341
平成30年	690,566,330	4,600,000	695,166,330
令和元年	703,720,834	4,700,000	708,420,834
令和2年	479,559,815	2,100,000	481,659,815
合計	11,740,093,990	74,000,000	11,814,093,990

3. 建築基準法における自然現象の組合せによる  
荷重の考え方について

### 3. 建築基準法における自然現象の組合せによる荷重の考え方について

建築基準法施行令における荷重の考え方を表 3-1 に示す。

組合せは、一般には短期においてのみであり、固定荷重と積載荷重に組み合わせる自然現象による荷重は単独の「積雪」、「風」、「地震」である。

また、それらを組み合わせることはない。

表 3-1 建築基準法施行令からの抜粋

力の種類	荷重及び外力について 想定する状態	一般の場合	第 86 条第 2 項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合
長期に生ずる力	常時	G + P	G + P
	積雪時		G + P + 0.7 S
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35 S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K

ここで、 G : 第 84 条に規定する固定荷重によって生ずる力

P : 第 85 条に規定する積載荷重によって生ずる力

S : 第 86 条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W : 第 87 条に規定する風圧力によって生ずる力

K : 第 88 条に規定する地震力によって生ずる力

島根原子力発電所は該当しないが、建築基準法では、その地方における垂直積雪量が 1m を超える場合又は 1 年ごとの積雪の継続時間が 30 日を超える場合は、管轄の特定行政庁が規定でその地方を多雪区域に指定するとともに、その地方における積雪荷重を規定している。一方、島根原子力発電所が存在する多雪区域指定のない地域においては、暴風時及び地震時の積雪荷重に関する組合せを考慮する必要はないとされている。

建築物の構造計算に当たって考慮すべき積雪荷重として、次の 4 つの状態が設定されている。\*

#### ① 短期に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、短期積雪荷重と呼ばれており、冬季の最大積雪としておおむね 3 日程度の継続期間を想定した 50 年再現期待値として設定される値である。

#### ② 長期に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、長期積雪荷重と呼ばれ、おおむね 3 か月程度の継続期間を想定したものである。この荷重は多雪区域における建築物の構造計算を行うときにのみ用いられる荷重であり、その値は短期積雪荷重の 0.7 倍である。



③ 冬季の平均的な積雪状態

この状態は、多雪区域において積雪時に強い季節風等の暴風又は地震に襲われたときに想定するものである。この場合の荷重・外力を「主の荷重」と「従の荷重」に区分すると、風圧力又は地震力を「主の荷重」、積雪荷重を「従の荷重」とみなすことができる。「従の荷重」として想定する積雪はその地方における冬季の平均的な積雪で、①項の短期積雪荷重の0.35倍である。

④ 極めて稀に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は、構築物が想定すべき最大級の荷重として、①項の短期積雪荷重の1.4倍である。

注記\*：「2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書」（平成19年8月 国土交通省住宅局建築指導課ほか）

<参考>建築基準法における垂直積雪荷重及び基準風速について

1. 垂直積雪量

建築基準法における積雪荷重は、建築基準法施行令第八十六条により、国土交通大臣が定める基準（建設省告示第1455号）に基づいて特定行政庁が規則で定める垂直積雪量を積雪の単位荷重に乗じて計算することとされている。

松江市建築基準法施行細則において、地域毎に建築場所の標高に応じた設計積雪量が定められている。島根原子力発電所の立地地域である松江市鹿島町において、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高 8.5m～50.0m の設計積雪量は、70cm～85cm である。

(建築基準法施行令から抜粋)

(積雪荷重)	
第八十六条 積雪荷重は、積雪の単位荷重に屋根の水平投影面積及びその地方における垂直積雪量に乗じて計算しなければならない。	
2	前項に規定する積雪の単位荷重は、積雪量一センチメートルごとに一平方メートルにつき二十ニュートン以上としなければならない。ただし、特定行政庁は、規則で、国土交通大臣が定める基準に基づいて多雪区域を指定し、その区域につきこれと異なる定めをすることができる。
3	第一項に規定する垂直積雪量は、国土交通大臣が定める基準に基づいて特定行政庁が規則で定める数値としなければならない。

(松江市建築基準法施行細則からの抜粋)

(積雪荷重)	
第13条 政令第86条第3項の市長が定める垂直積雪量は、次の表の区域の区分に応じた算式により得た数値とする。	
区域	垂直積雪量算式
鹿島町	$(L - 22) \times 0.0036 + 0.74$
島根町	$(L - 4) \times 0.0036 + 0.70$
美保関町	$(L - 6) \times 0.0036 + 0.69$
八雲町	$(L - 31) \times 0.0036 + 0.60$
玉湯町	$(L - 3) \times 0.0036 + 0.56$
宍道町	$(L - 3) \times 0.0036 + 0.54$
八束町	$(L - 17) \times 0.0036 + 0.55$
東出雲町	$(L - 3) \times 0.0036 + 0.53$
その他の区域	$(L - 17) \times 0.0036 + 0.63$
この表において、Lは建築場所の標高（単位メートル）を表すものとする。	

## 2. 基準風速

建築基準法における風圧力（単位面積あたりの風荷重）は、建築基準法施行令第八十七条により、その地方における過去の記録に基づく風害の程度その他の風の性状に応じて定められる基準風速 $V_0$ の二乗に比例する風力係数を乗じて計算することとされている。

建設省告示第1454号より、島根原子力発電所が立地する松江市の基準風速は30m/sである。

（建築基準法施行令から抜粋）

（風圧力）

第八十七条 風圧力は、速度圧に風力係数を乗じて計算しなければならない。

2 前項の速度圧は、次の式によつて計算しなければならない。

$$q = 0.6 E \cdot V_0^2$$

（この式において、 $q$ 、 $E$ 及び $V_0$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$q$  速度圧（単位 一平方メートルにつきニュートン）

$E$  当該建築物の屋根の高さ及び周辺の地域に存する建築物その他の工作物、樹木その他の風速に影響を与えるものの状況に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値

$V_0$  その地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度その他の風の性状に応じて三十メートル毎秒から四十六メートル毎秒までの範囲内において国土交通大臣が定める風速（単位 メートル毎秒）

（平成12年5月31日建設省告示第1454号から抜粋）

第2 令第87条第2項に規定する $V_0$ は、地方の区分に応じて次の表に掲げる数値とする。

(1)	(2)から(9)までに掲げる地方以外の地方	30
(2)	島根県のうち 益田市 美濃郡のうち匹見町 鹿足郡のうち日原町 隠岐郡	32
(3)	島根県のうち 鹿足郡のうち津和野町、柿木村及び六日市町	34
(4)～(9)	島根県内該当なし	

#### 4. 降水について

## 4. 降水について

### 4.1 設計基準降水量の設定

設計基準降水量の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し、最大1時間降水量のうち最も保守的となる値を採用する。

#### (1) 規格・基準類

降水に対する排水施設の規格・基準として、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した島根県林地開発行為審査基準細則においては、排水施設の設計にあたって用いる設計降雨強度として10年確率で規定される降雨強度を用いることとしている。島根県により、島根県内の降雨強度表が示されており、発電所敷地が適用範囲内となる観測所「松江」における降雨強度は継続時間60分の場合56mm/hである。

#### (2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における降水量の観測記録によれば、敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）で観測された観測史上1位の日最大1時間降水量は77.9mm/h（1944年8月25日）である。

以上より、設計基準降水量は、保守的に最も降水量が大きい(2)観測記録における日最大1時間降水量である77.9mm/hとする。

### 4.2 安全施設の健全性評価

安全施設が、「4.1 設計基準降水量の設定」にて設定した設計基準降水量によって、安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、降水による浸水及び荷重が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。

(1) 安全施設のうち安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器について，以下の①又は②に分類のうえ，評価を実施し，安全機能が維持できることを確認した。

①建物内に設置されている設備については，設計基準降水量の降水による浸水に対し，構内排水施設を設けて海域に排水及び浸水防護措置を行い，また，荷重に対して，排水口及び構内排水路による海域への排水によって，安全機能を維持できることを確認した（別紙1）。

②建物外に設置されている設備については，設計基準降水量の降水による浸水及び荷重が作用した場合においても，安全機能を維持できることを確認した。

- (2) 上記以外の安全施設については、降水に対して機能維持する、又は、降水による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能を維持できる場合には影響評価完了とする（別紙1）。

## 降水に対する影響評価について

## 1. 概要

## 1.1 評価概要

降雨が継続した場合の敷地への影響について確認する。

評価に用いる降雨は、松江における既往最大の日最大1時間降水量とする。また、日本全国の日最大1時間降水量の最大値についても評価を行う。

## 1.2 評価フロー

本評価においては、考慮する降雨の降雨強度を設定し、雨水流出量と、発電所構内の排水設備の排水量を比較し、降雨の影響を評価する。

図1に、評価フローを示す。

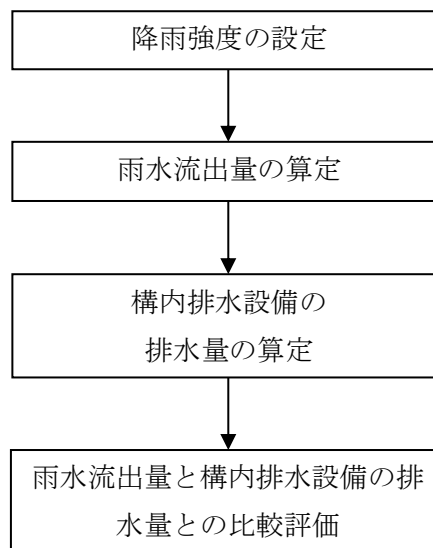


図1 降水に対する影響評価フロー

## 2. 降水の集水範囲

発電所構内に流入する降水の集水範囲は、図2のとおりである。

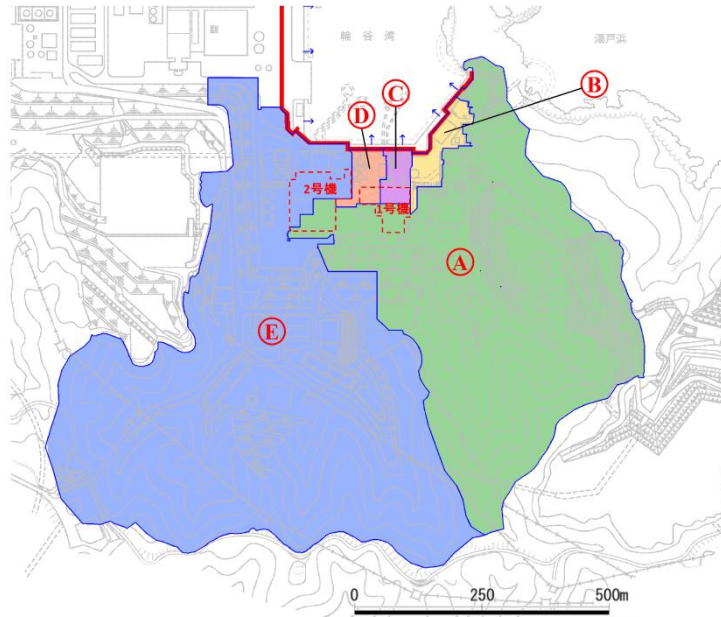


図2 降水の集水範囲

## 3. 構内排水設備

発電所構内には、図3のとおり構内排水設備が配置されており、海域へ排水する排水設備を対象として、排水流量計算を行う。

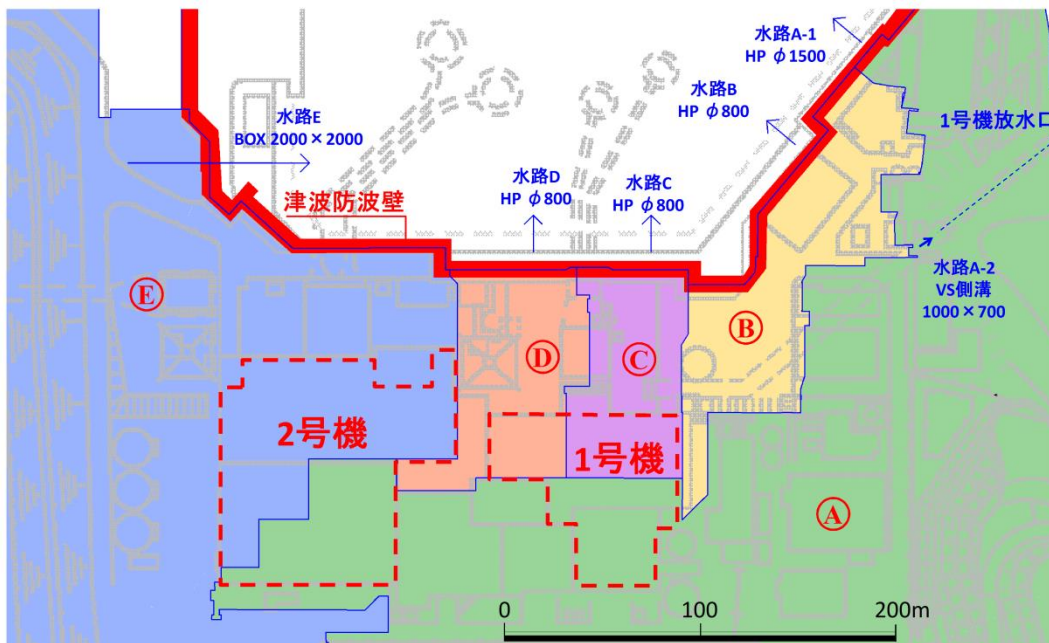


図3 構内排水設備



#### 4. 雨水流出量及び排水量の算定方法

##### 4.1 降雨強度

降雨強度は、島根原子力発電所が立地する松江市の松江地方気象台における日最大1時間降水量の77.9mm/hとする。

また、表1に示す日本全国の日最大1時間降水量の最大値の153mm/hを用いた評価についても行う。

表1 日本全国の日最大1時間降水量の最大値

都道府県	地点	観測年月日	観測値 (mm/h)
千葉県	香取	1999年10月27日	153
長崎県	長浦岳	1982年7月23日	

##### 4.2 雨水流出量

雨水流出量は、林地開発許可申請の手引き（平成12年4月 島根県農林水産部森林整備課）に準拠し、以下の合理式により算出した。

$$Q = \frac{1}{360} \cdot f \cdot I \cdot A$$

ここで、Q：雨水流出量 (m<sup>3</sup>/s)

f：流出係数

I：降雨強度 (mm/h)

A：流域面積 (ha)

流出係数 f は、島根県林地開発行為審査基準細則に準拠し、表2による。

表2 流出係数 f

地表状態	区分	浸透能小 (山岳地)	浸透能中 (丘陵地)	浸透能大 (平地)
	林地		0.6~0.7	0.5~0.6
草地		0.7~0.8	0.6~0.7	0.4~0.6
耕地		—	0.7~0.8	0.5~0.7
裸地		1.0	0.9~1.0	0.8~0.9

採用値は以下のとおり。

林地 f = 0.7

草地 f = 0.7

建物・舗装部 f = 1.0

#### 4.3 排水量

排水量の算定は、林地開発許可申請の手引き（平成12年4月 島根県農林水産部森林整備課）に準拠し、マニング式により実施した。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q' = A \cdot V$$

ここで、V : 流速 (m/s)

n : 粗度係数

R : 径深 (m) = A/P

A : 通水断面積 (m<sup>2</sup>)

P : 潤辺 (m)

i : 水路勾配

Q' : 排水量 (m<sup>3</sup>/s)

粗度係数 n は、開発許可制度の手引き（技術編）（平成19年11月 島根県土木部都市計画課）及び林地開発許可申請の手引き（平成12年4月 島根県農林水産部森林整備課）に準拠し、表3による。

表3 粗度係数 n

排水施設の種類		粗度係数 n
現場施工	コンクリート水路	0.015
	モルタル等吹付水路	0.020
工場製品	コンクリート製水路, 管	0.013
	VS 側溝	0.014
	ポリエチレン内面平滑管	0.010

## 5. 降水の影響評価

### 5.1 松江市の日最大1時間降水量に対する影響評価結果

表4のとおり、日最大1時間降水量(77.9mm/h)に対して、排水能力を有していることを確認した。なお、水路A-2は、図4に示すとおり水路A-1の超過分の雨水流出量を、1号機放水口を経て海域に排水する水路である。

表4 影響評価結果(降雨強度77.9mm/h)

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m <sup>3</sup> /s)	排水設備	排水量 Q' (m <sup>3</sup> /s)	安全率 (Q'/Q)
A-1	21.03	5.40	ヒューム管 φ 1500	6.23	1.49
A-2			VS 側溝 B=1000, H=700	1.84	
B	1.01	0.22	ヒューム管 φ 800	2.41	10.95
C	0.55	0.12	ヒューム管 φ 800	2.41	20.08
D	0.69	0.15	ヒューム管 φ 800	2.41	16.07
E	41.06	7.55	BOX2000×2000	16.44	2.18

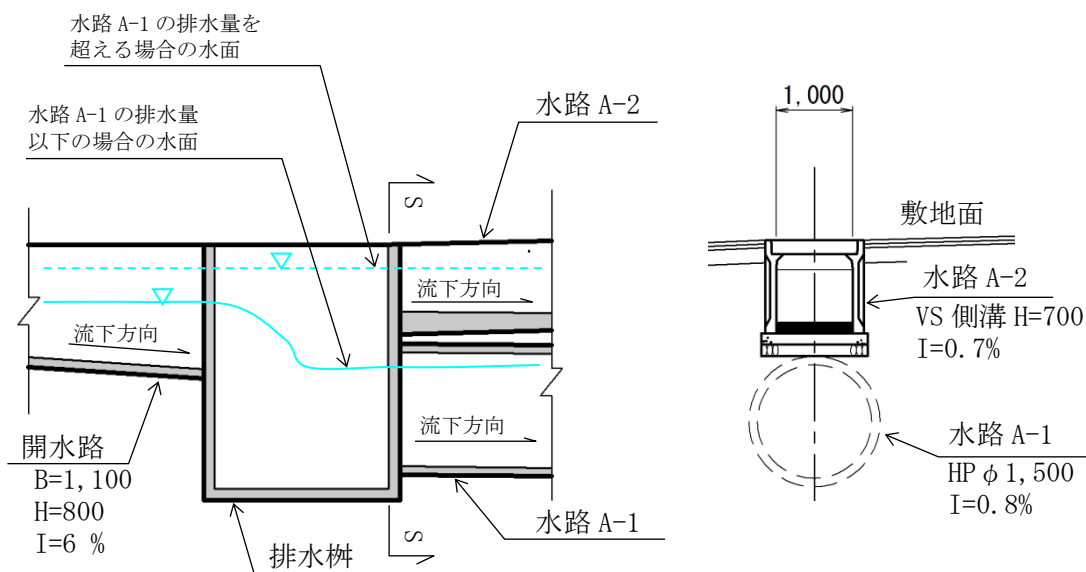


図 4(a) 縦断面図

図 4(b) S-S 断面図

図4 水路A-1, A-2断面図

## 5.2 日本全国の日最大1時間降水量の最大値に対する影響評価結果

表5のとおり、日本全国の日最大1時間降水量の最大値（153mm/h）に対して、1箇所（水路A-2）で溢水することを確認したが、表6及び図5のとおり、隣接する水路Bによる排水を考慮することにより、余裕をもって排水可能であることを確認した。

表5 降雨強度153mm/hに対する影響評価結果

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m <sup>3</sup> /s)	排水設備	排水量 Q' (m <sup>3</sup> /s)	安全率 (Q'/Q)	溢水量 (Q)-(Q')(m <sup>3</sup> /s)
A-1	21.03	9.13	ヒューム管 φ 1500	6.23	0.88	1.06
A-2			VS 側溝 B=1000, H=700	1.84		
B	1.01	0.43	ヒューム管 φ 800	2.41	5.60	—
C	0.55	0.23	ヒューム管 φ 800	2.41	10.47	—
D	0.69	0.29	ヒューム管 φ 800	2.41	8.31	—
E	41.06	14.83	BOX 2000×2000	16.44	1.11	—

表6 降雨強度153mm/hに対する影響評価結果（隣接する水路Bを考慮した場合）

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m <sup>3</sup> /s)	排水設備	排水量 Q' (m <sup>3</sup> /s)	安全率 (Q'/Q)
A-1	21.03	8.07*1	ヒューム管 φ 1500	6.23	1.00
A-2			VS 側溝 B=1000, H=700	1.84	
B	1.01	1.49*2	ヒューム管 φ 800	2.41	1.62
C	0.55	0.23	ヒューム管 φ 800	2.41	10.47
D	0.69	0.29	ヒューム管 φ 800	2.41	8.31
E	41.06	14.83	BOX2000×2000	16.44	1.11

注記\*1：9.13m<sup>3</sup>/s(水路A-1, A-2の雨水流出量)－1.06m<sup>3</sup>/s(水路A-1, A-2からの溢水量)

\*2：0.43m<sup>3</sup>/s(水路Bの雨水流出量)＋1.06m<sup>3</sup>/s(水路A-1, A-2からの溢水量)

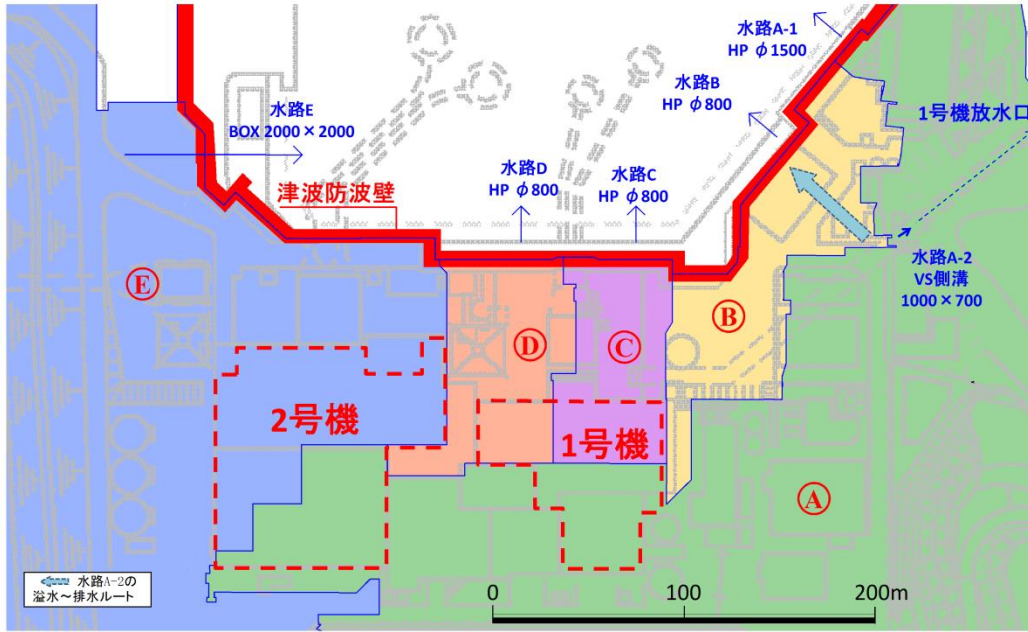


図5 日本全国の日最大1時間降水量の最大値 (153mm/h)  
に対する溢水～排水ルート図

#### 6. 荷重の影響について

降水による荷重の影響として、原子炉建物等の建物は多量の降水に対しても雨樋により排水する設計としていることから、滞留水による荷重の影響が及ぶことはない。また、原子炉補機海水ポンプ等については、降水が滞留する構造ではないことから、滞留水による荷重の影響が及ぶことはない。

## 5. 船舶の衝突影響評価について

## 5. 船舶の衝突影響評価について

### 5.1 敷地前面の航路について

島根原子力発電所周辺海域の航路としては、北東方向約 6km に加賀港から潜戸までの観光遊覧船が運航している。また、東北東方向約 21km に七類港から隠岐諸島までの高速船及びフェリーが運航している。発電所はこれらの航路の進行上にはなく、航路までの距離が離れていることから船舶の進入はない。(図 5-1, 図 5-2 参照)

### 5.2 小型船舶等の衝突による影響

航路外の船舶として、発電所周辺の船舶の影響評価を実施する。評価対象の船舶としては、「設置(変更)許可審査まとめ資料 第五条(津波による損傷の防止)」において抽出した船舶とする。

「設置(変更)許可審査まとめ資料 第五条(津波による損傷の防止)」では、漂流物の影響評価において、島根原子力発電所の周辺の漂流物となる可能性のある施設・設備等の抽出を行っており、構内(港湾内)の船舶として、燃料等輸送船、作業船、貨物船等、漁船を、構外(港湾外)の船舶として漁船、プレジャーボート、巡視船、引き船、タンカー、貨物船、帆船、作業船を抽出している。

構内(港湾内)の船舶については、異常気象・海象時、荒天が予測される場合には、必要に応じて、入港の中止・離岸等の措置を取ることとしていることから、漂流船舶とはならないと評価する。

構外(港湾外)の船舶のうち、巡視船、引き船、タンカー、貨物船、帆船については、発電所から 3.5km 以遠を航行していることから、漂流船舶とはならないと評価する。

構外(港湾外)の船舶のうち漁船、プレジャーボート、作業船については、荒天等により漂流に至るような場合であっても、投錨等の対応を取ることが可能と考えられる。また、取水口前面には防波堤等があることから、小型船舶が漂流し、構内(港湾内)に侵入する可能性は極めて低い。仮に取水口側に侵入した場合でも、取水口の上端高さEL-12.5~-9.5mに対して、朔望平均干潮位(L.W.L)EL-0.02mに小型船舶の喫水約1.5mを考慮しても船舶の下端はEL-3m程度であることから、取水路の閉塞はない(図5-3, 図5-4, 図5-5参照)。

仮に防波堤が損傷した場合でも、防波堤と2号機の取水口との間には距離があること等から取水への影響はない。また、小型船舶が防波堤に衝突し沈没した場合においても、取水口呑口の断面寸法並びに原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な通水量及び小型船舶の寸法から、取水への影響はない。(別紙1参照)

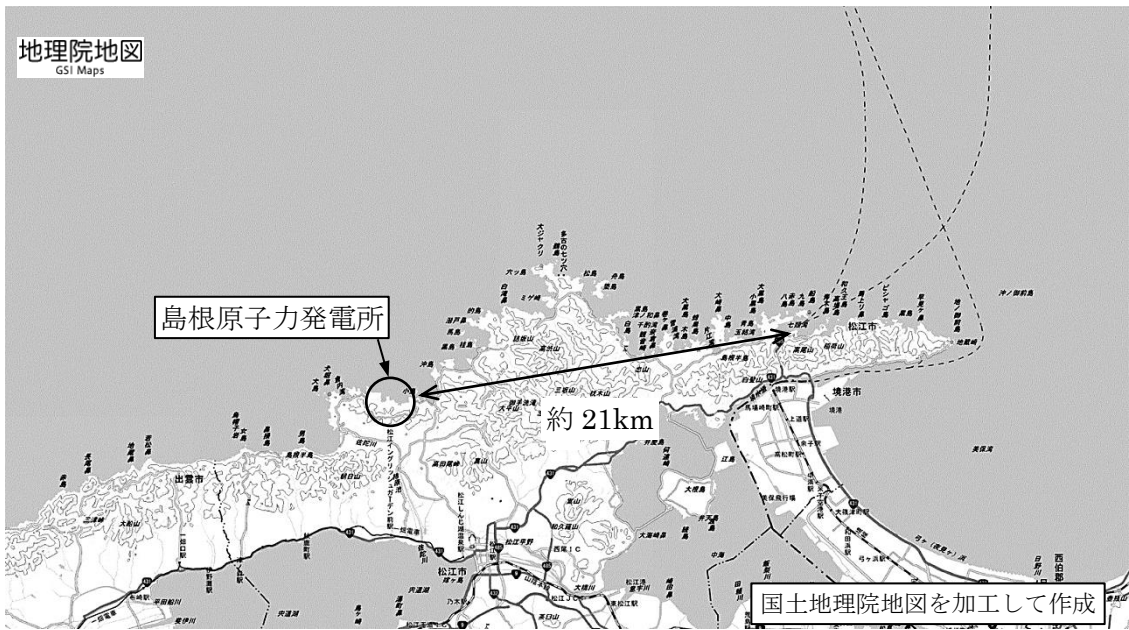


図 5-1 発電所周辺の主要航路図



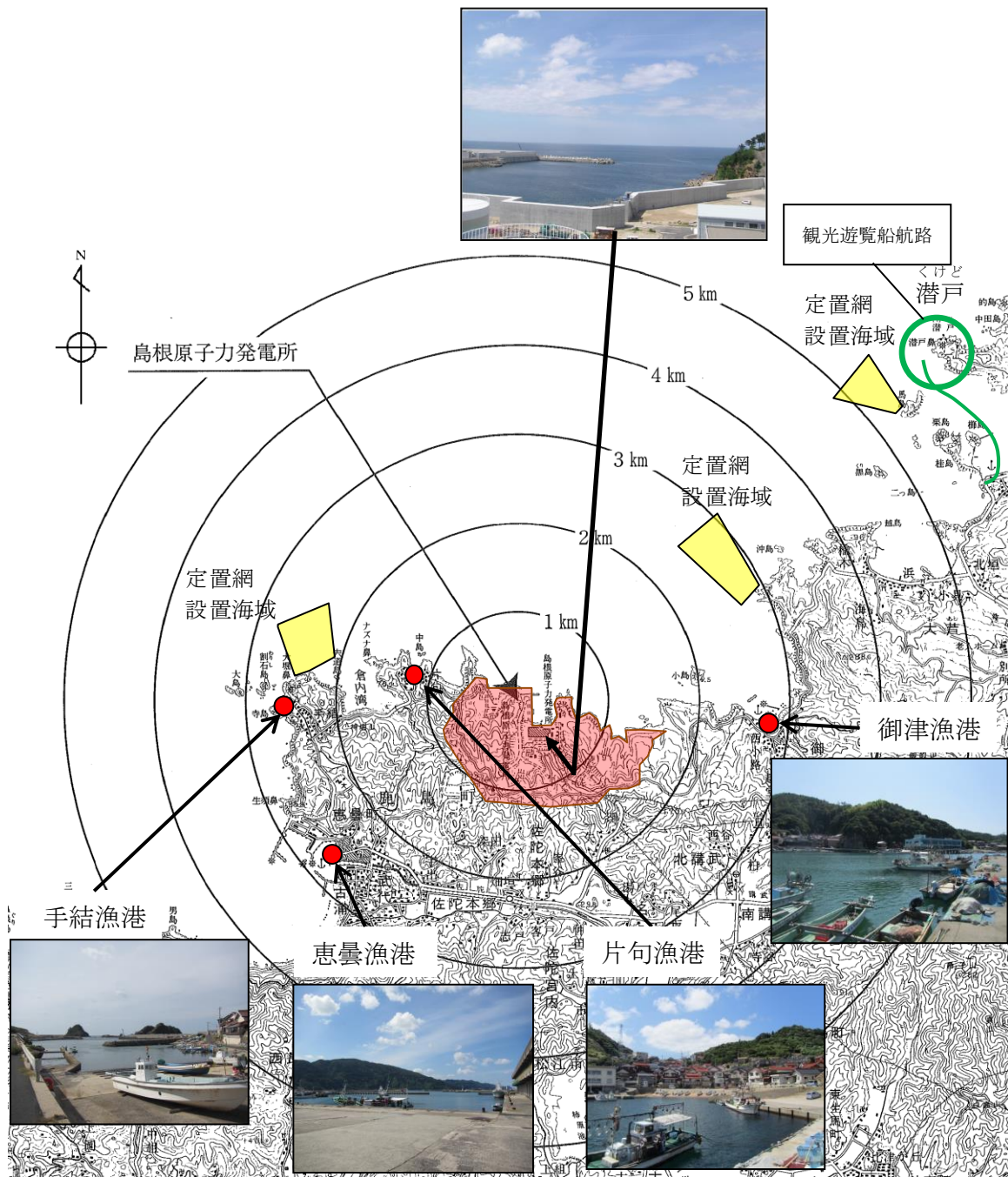


図 5-2 発電所周辺の航路及び漁港等の位置

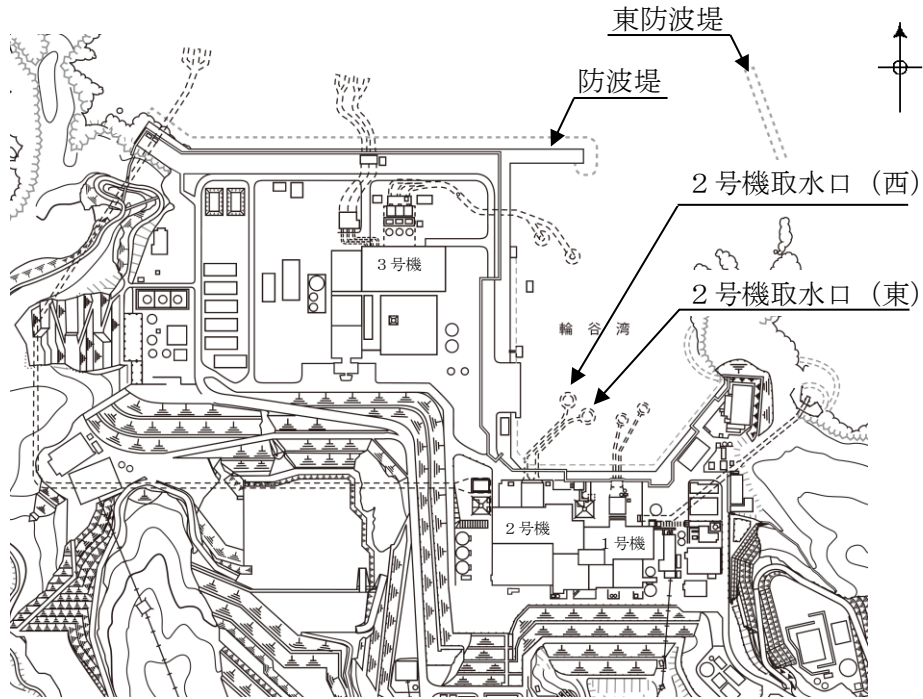


図 5-3 取水口及び防波堤等の位置

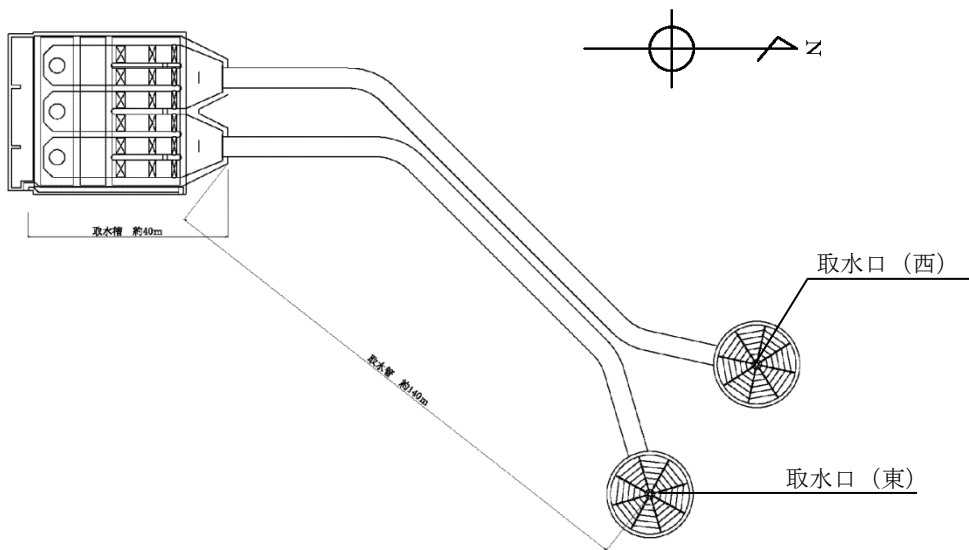


図 5-4 取水口～取水ピット平面図

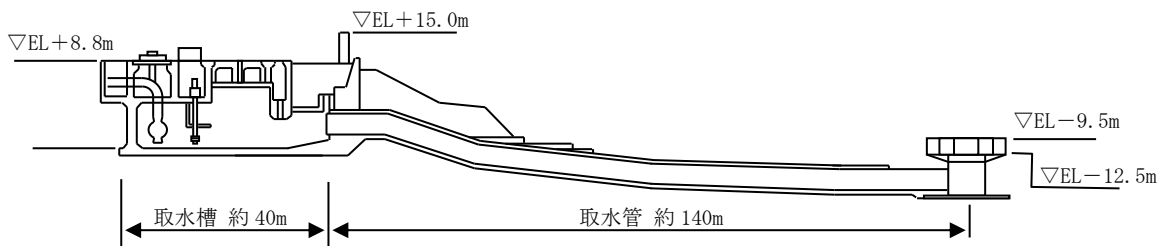


図 5-5 取水口～取水ピット断面図

## 防波堤等による取水口への影響評価について

仮に防波堤が損傷した場合又は小型船舶が強風等の影響を受け防波堤に衝突し沈没した場合の取水口への影響について、以下のとおり評価した。

## 1. 防波堤が損傷した場合について

防波堤と2号機の取水口との間には最短で約340mの距離があり、防波堤の主たる構成要素である防波堤ケーソン、消波ブロック、被覆ブロック及び基礎捨石は海水の比重より大きいことから、損傷した防波堤が、漂流によって2号機の取水口に到達することはない。

なお、50kg～500kg程度の基礎捨石については、被覆ブロック等の下層に敷かれていること、2号機の取水口との間に距離があること、港湾内に沈んだ場合においても海底面から取水口呑口下端まで5.5mの高さがあることを考えると、滑動、転動し、取水口に到達する可能性は小さいと考えられ、仮に到達するものがあつた場合でも、図1に示した取水口呑口の断面寸法と原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な通水量を考慮すると、原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。

以上より、防波堤が損傷した場合において、原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な2号機の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼすことはないものと評価する。

## 2. 小型船舶が防波堤に衝突し沈没した場合について

万一、取水口呑口上部で沈降した場合においても、以下に示す取水口呑口の断面寸法、小型船舶の寸法\*1並びに原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な通水量から、その接近により取水口が閉塞し、原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさないと考えられる。

〈作業船の取水路通水性に与える影響に関わる諸元〉

## ○取水口呑口断面寸法(図1)

- ・高さ：3.0m
- ・幅：17m

## ○原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系必要通水量

- ・通常時（循環水系）の5%未満\*2

## ○作業船寸法(総トン数約10tの作業船代表例)

- ・長さ：約10m
- ・幅：約4m
- ・喫水：約1.5m

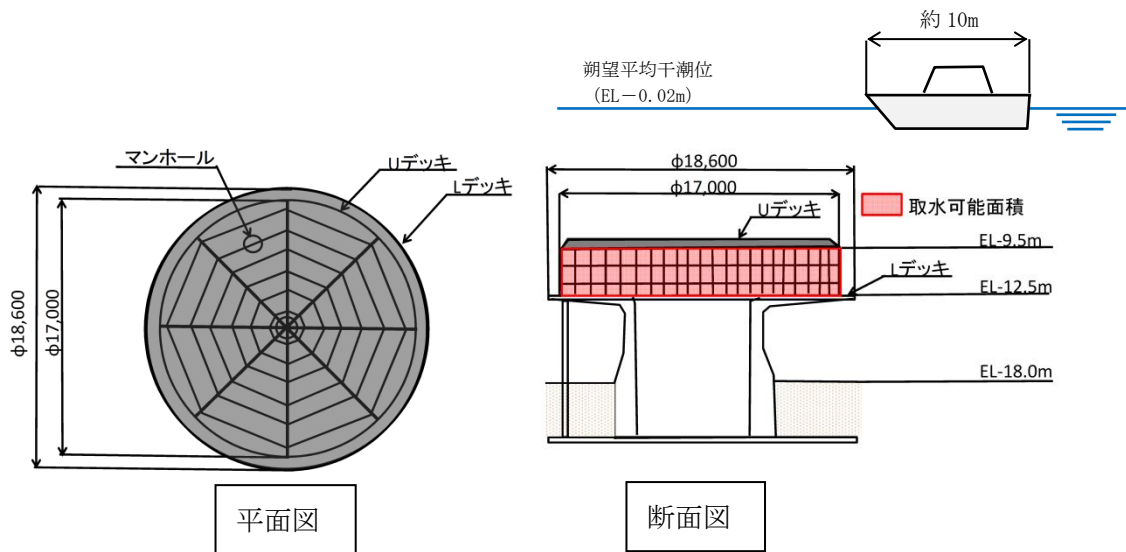


図1 取水口呑口概要図

以上より、小型船舶が防波堤に衝突し沈没した場合において、原子炉補機海水系及び高压炉心スプレイ補機海水系に必要な2号機の取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼすことはないものと評価する。

注記\*1: 小型船舶の寸法は、発電所沿岸で操業する漁船(最大約10t程度)の大きさを考慮し、約10tの作業船寸法とした。

\*2: 循環水系の定格流量約3370m<sup>3</sup>/分に対して原子炉補機海水系及び高压炉心スプレイ補機海水系の定格流量は150m<sup>3</sup>/分(ポンプ全台運転)

## 6. 土石流影響評価について

## 6. 土石流影響評価について

### 6.1 土石流に対する基本方針

外部事象防護対象施設は、土石流に対して、斜面からの離隔距離を確保し土石流のおそれがない位置に設置することにより、安全機能を損なわない設計とする。

重大事故等対処設備は、斜面からの離隔距離を確保し土石流のおそれがない位置に設置すること又は設計基準事故対処設備等及び同じ機能を有する他の重大事故等対処設備と位置的分散を図り設置することにより、設計基準事故対処設備等の安全機能と同時にその機能を損なわない設計とする。

### 6.2 外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備への影響評価

設置（変更）許可申請書添付書類八に掲載している島根原子力発電所周辺の土石流危険区域を図6-1に示す。

外部事象防護対象施設は、土石流危険区域範囲外である原子炉建物内、タービン建物内、制御室建物内、廃棄物処理建物内、原子炉建物周辺、取水槽又は排気筒エリアに設置しているため、影響はない。

重大事故等対処設備について、第2保管エリアに配置されている可搬型重大事故等対処設備が土石流の影響を受けるが、可搬型重大事故等対処設備は土石流の影響を受けない保管場所にも配置していることから、同時に機能喪失しない。

また、防波壁は、土石流危険区域範囲外に設置しているため、影響はない。ただし、図6-2に示すとおり管理事務所4号館が土石流危険区域⑦に含まれており、防波壁に隣接していることから、土石流により倒壊、転倒した場合及び建物基礎底面の滑動により防波壁に影響を及ぼさないことを確認する。

倒壊及び転倒に対しては、管理事務所4号館の倒壊及び転倒を想定しても防波壁に衝突しない程度に十分な離隔距離を有することを確認する。

滑動に対しては、管理事務所4号館が滑動した場合には防波壁との十分な離隔距離を確保できないおそれがあることから、土石流による衝突荷重により建物基礎（独立基礎）底面に滑動が生じないことを確認する。

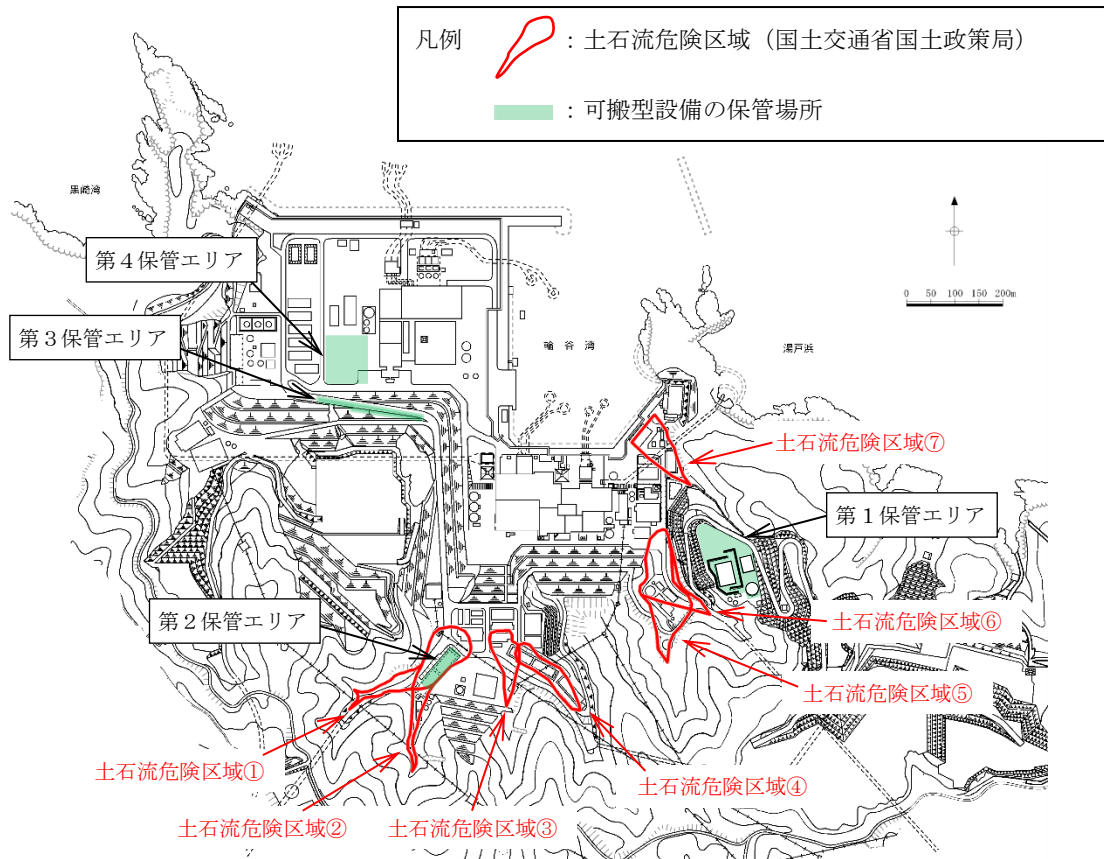


図 6-1 島根原子力発電所周辺における土石流危険区域



図 6-2 防波壁及び管理事務所4号館の位置関係



### 6.3 管理事務所4号館の倒壊及び転倒による防波壁への影響評価

管理事務所4号館について、土石流による倒壊及び転倒による防波壁への影響評価を実施する。

評価は、建物が土石流により倒壊及び転倒するものとして影響範囲に防波壁が含まれないことを確認する。倒壊及び転倒による影響範囲は、建物地上部分全体が倒壊又は転倒するものとして建物高さ分を設定する。

なお、管理事務所4号館は、地震による波及的影響の防止を目的として、防波壁側の1スパン（約7m）を減築することにより防波壁との離隔距離を確保することで、倒壊及び転倒による影響範囲に防波壁が含まれないよう対策を行う。

管理事務所4号館の減築前後の倒壊及び転倒による影響範囲を図6-3に、減築後の倒壊及び転倒による防波壁への影響評価結果を表6-1に示す。建物を減築することで、倒壊及び転倒による防波壁への影響がないことを確認した。

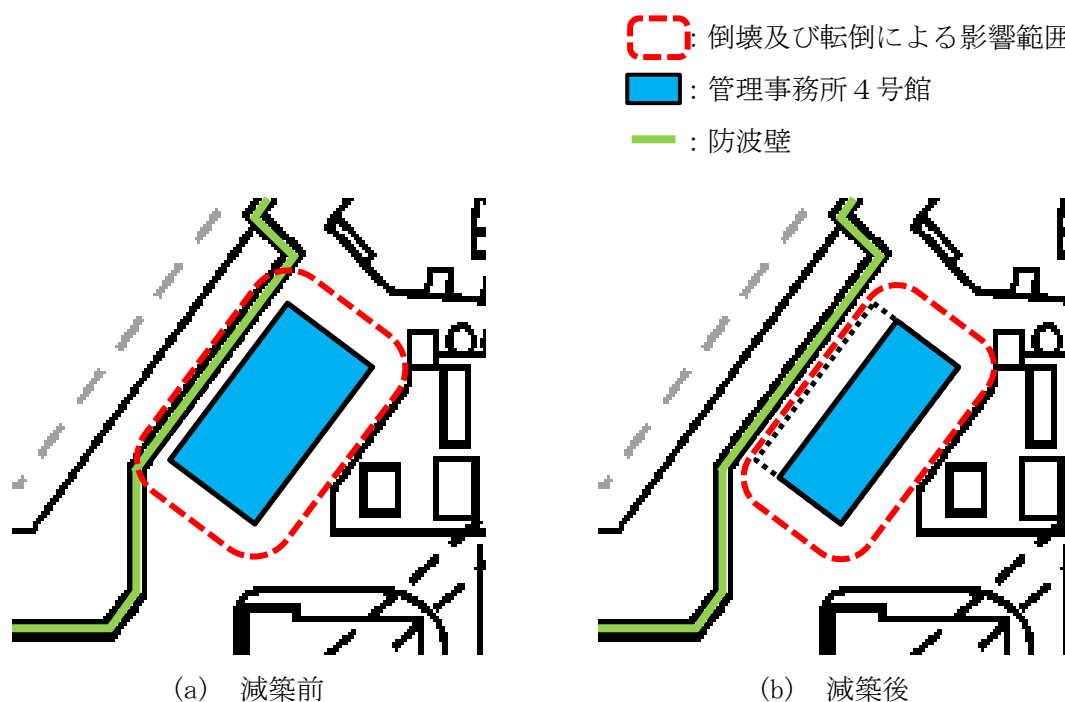


図6-3 管理事務所4号館の減築前後の倒壊及び転倒による影響範囲

表6-1 管理事務所4号館（減築後）の倒壊及び転倒による防波壁への影響評価結果

建物	建物諸元			防波壁との 離隔距離 L (m)	判定
	構造	階数	高さ H (m)		
管理事務所4号館	鉄骨造	2	8.45	10.5	影響なし ( $H < L$ )

## 6.4 管理事務所4号館の滑動による防波壁への影響評価

### 6.4.1 概要

管理事務所4号館について、土石流による建物基礎底面の滑動による防波壁への影響評価を実施する。

評価は、土石流による衝突荷重及びその他考慮すべき荷重に対して、建物基礎底面のせん断抵抗力が十分な余裕を有していることを確認する。本建物の基礎は独立基礎であり、基礎梁で接続されていないが、鉄筋コンクリート造の土間スラブ（厚さ150mm）による水平力の伝達に期待できることを踏まえ、独立基礎底面のせん断抵抗力を考慮する。

なお、本評価は6.3において示した建物の減築を反映したものである。

### 6.4.2 建物概要

管理事務所4号館は地上2階建ての鉄骨造の建物で、基礎は鉄筋コンクリート造の独立基礎である。管理事務所4号館の平面図、基礎伏図及び断面図を図6-4に示す。

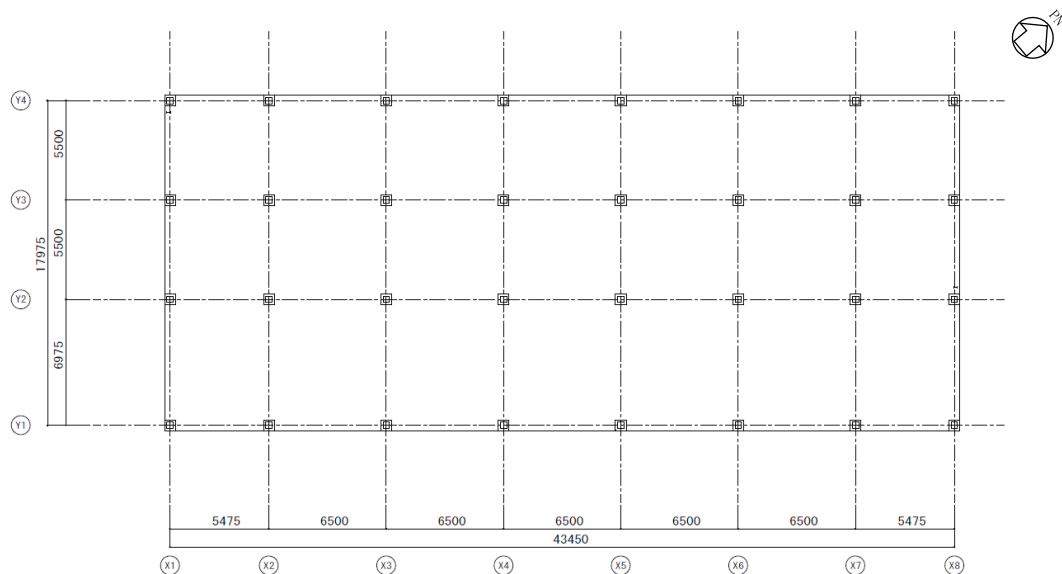


図6-4(1) 管理事務所4号館1階平面図

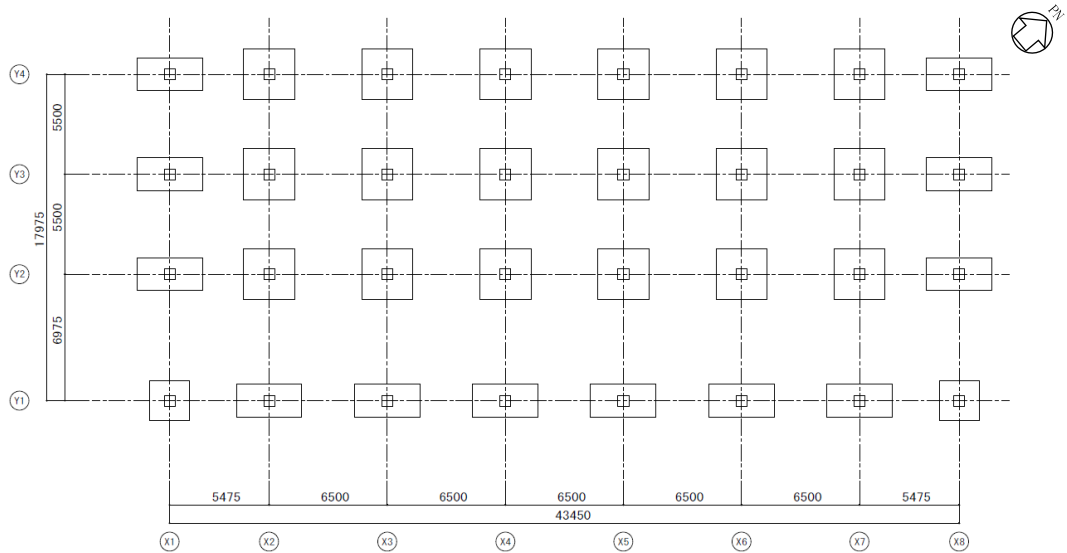


図 6-4(2) 管理事務所 4 号館基礎伏図

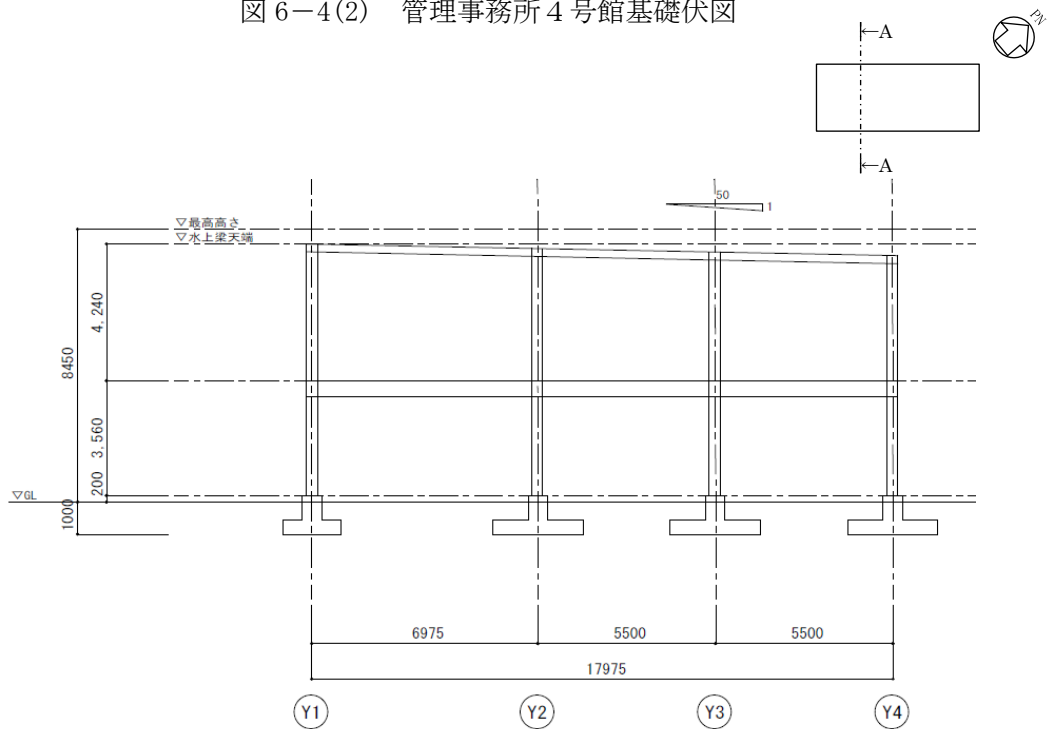


図 6-4(3) 管理事務所 4 号館断面図 (A-A 断面)

#### 6.4.3 荷重及び荷重の組合せ

##### (1) 荷重の種類

考慮すべき荷重は、常時作用する荷重（自重及び積載荷重）及び土石流による土砂の衝突荷重を考慮する。また、管理事務所 4 号館は風荷重の影響が土石流による土砂の衝突荷重に対して大きいと考えられることから、風荷重との組合せを考慮する。以下に常時作用する荷重、土砂の衝突荷重及び風荷重の設定について示す。

##### a. 常時作用する荷重

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重である自重及び積載荷重とする。

b. 土砂の衝突荷重

(a) 土石流による衝突荷重算定

土石流による土砂の衝突荷重は、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第 2 条第 2 号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法等を定める告示（国土交通省告示第 3 3 2 号）」に基づいて算出する。

土石流による土砂の衝突荷重は以下の式により算出する。

$$F_d = \rho_d U^2 \quad (1)$$

[	$F_d$ : 土石流による土砂の衝突荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	
	$\rho_d$ : 土石流の密度 (t/m <sup>3</sup> )	式 (2) 参照
	$U$ : 土石流の流速 (m/s)	式 (3) 参照

$$\rho_d = \rho \tan \phi / (\tan \phi - \tan \theta) \quad (2)$$

[	$\rho_d$ : 土石流の密度 (t/m <sup>3</sup> )	
	$\rho$ : 土石流に含まれる流水の密度 (t/m <sup>3</sup> )	表 6-2 参照
	$\phi$ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 (°)	表 6-2 参照
	$\theta$ : 土石流が流下する土地の勾配 (°)	表 6-2 参照

$$U = (h^{2/3} \cdot (\sin \theta)^{1/2}) / n \quad (3)$$

[	$U$ : 土石流の流速 (m/s)	
	$\theta$ : 土石流が流下する土地の勾配 (°)	表 6-2 参照
	$n$ : 粗度係数 (s · m <sup>-1/3</sup> )	表 6-2 参照
	$h$ : 土石流の高さ (m)	式 (4) 参照

$$h = \left\{ \frac{0.01 \cdot n \cdot C_* \cdot V \cdot (\sigma - \rho) \cdot (\tan \phi - \tan \theta)}{\rho \cdot B \cdot (\sin \theta)^{1/2} \cdot \tan \theta} \right\}^{3/5} \quad (4)$$

[	$h$ : 土石流の高さ (m)	
	$n$ : 粗度係数 (s · m <sup>-1/3</sup> )	表 6-2 参照
	$C_*$ : 堆積土砂等の容積濃度	表 6-2 参照
	$V$ : 土石流により流下する土石等の量 (m <sup>3</sup> )	式 (5) 参照
	$\sigma$ : 土石流に含まれる礫の密度 (t/m <sup>3</sup> )	表 6-2 参照
	$\rho$ : 土石流に含まれる流水の密度 (t/m <sup>3</sup> )	表 6-2 参照
	$\phi$ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 (°)	表 6-2 参照
	$\theta$ : 土石流が流下する土地の勾配 (°)	表 6-2 参照
	$B$ : 土石流が流下する幅 (m)	式 (7) 参照

土石流により流下する土石等の量 $V$ は「土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（2003年2月，国土交通省国土技術政策総合研究所）」に基づいた以下の式により，土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点を流下する土砂量を算出する。

$$V = \frac{C_d(C_* - C_{d0})}{C_{d0}(C_* - C_d)} V_0 \quad (5)$$

- |                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| $V$ : 土石流により流下する土石等の量 ( $m^3$ )     |          |
| $C_*$ : 堆積土石等の容積濃度                  | 表 6-2 参照 |
| $C_d$ : $F_d$ 算定地点における土石流の流動中の土砂濃度  | 式 (6) 参照 |
| $C_{d0}$ : 基準地点における土石流の流動中の土砂濃度     | 式 (6) 参照 |
| $V_0$ : 基準地点における流下する土石等の量 ( $m^3$ ) | 表 6-2 参照 |

土石流危険区域の基準地点及び土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点を図 6-5 に示す。

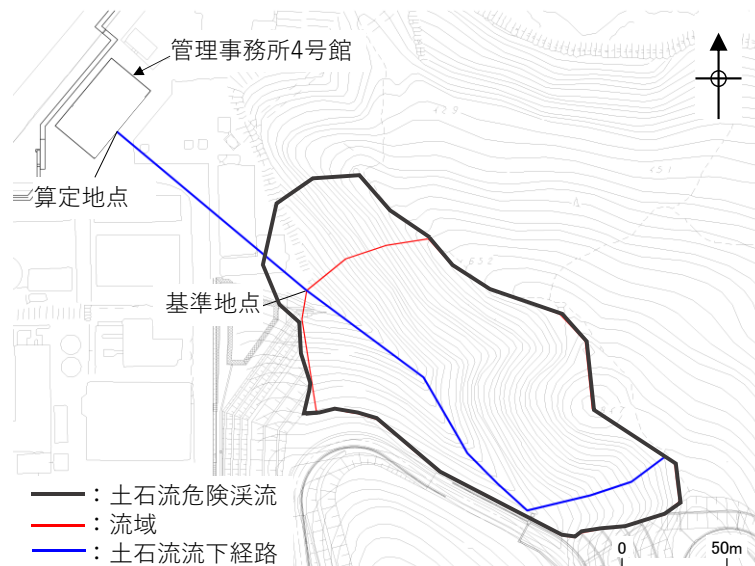


図 6-5 土石流危険区域の基準地点及び土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点

また，土石流の流動中の土砂濃度 $C_d$ ， $C_{d0}$ は「砂防計画策定指針（土石流・流木対策編）解説（2016年4月，国土交通省国土技術政策総合研究所）」（以下：砂防指針）に基づいた以下の式で算出する。

$$C_d = \frac{\rho \cdot \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}, \quad C_{d0} = \frac{\rho \cdot \tan \theta_0}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta_0)} \quad (6)$$

- |  |          |
|--|----------|
| $C_d$ : $F_d$ 算定地点における土石流の流動中の土砂濃度                 |          |
| $C_{d0}$ : 基準地点における土石流の流動中の土砂濃度                    |          |
| $\sigma$ : 土石流に含まれる礫の密度 ( $t/m^3$ )                | 表 6-2 参照 |
| $\rho$ : 土石流に含まれる流水の密度 ( $t/m^3$ )                 | 表 6-2 参照 |
| $\phi$ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 ( $^\circ$ )            | 表 6-2 参照 |
| $\theta$ : $F_d$ 算定地点の上流 200m 区間の平均勾配 ( $^\circ$ ) | 表 6-2 参照 |
| $\theta_0$ : 基準地点の上流 200m 区間の平均勾配 ( $^\circ$ )     | 表 6-2 参照 |

土石流が流下する幅Bは、「土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（2003年2月，国土交通省国土技術政策総合研究所）」において，災害事例のデータより導出された，以下の関係式（レジーム型の式）を用いて算出する。

$$B = 4 \sqrt{Q_{sp}} \quad (7)$$

$$\left[ \begin{array}{l} B : \text{土石流が流下する幅 (m)} \\ Q_{sp} : \text{土石流のピーク流量 (m}^3/\text{s)} \quad \text{式 (8) 参照} \end{array} \right.$$

土石流のピーク流量 $Q_{sp}$ は「土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（2003年2月，国土交通省国土技術総合政策研究所）」に基づいた以下の式で算出する。

$$Q_{sp} = \frac{0.01}{C_d} \cdot C_* \cdot V \quad (8)$$

$$\left[ \begin{array}{l} Q_{sp} : \text{土石流のピーク流量 (m}^3/\text{s)} \\ C_d : F_d \text{算定地点における土石流の流動中の土砂濃度} \quad \text{式 (6) 参照} \\ C_* : \text{堆積土砂等の容積濃度} \quad \text{表 6-2 参照} \\ V : \text{土石流により流下する土石等の量 (m}^3\text{)} \quad \text{式 (5) 参照} \end{array} \right.$$

(b) 土石流衝突荷重  $F_d$  の算定に用いる土質定数等と設定方法及びその適用性

土石流衝突荷重  $F_d$  の算定に用いる土質定数等と設定方法及びその適用性を表 6-2 に示す。

表 6-2 土石流衝突荷重  $F_d$  の算定に用いる土質定数等と設定方法及びその適用性

土質定数等	記号	単位	数値	設定方法	島根サイトにおける適用性	設定方法及び適用性の詳細記載箇所
粗度係数	$n$	$s \cdot m^{-1/3}$	0.1	砂防指針の一般値を設定	土石流の衝突荷重算定 $F_d$ の対象となるフロント部の粗度係数は 0.1~0.2 程度とされており、粗度係数が小さいほど土石流の流速は大きくなることから、保守的に 0.1 を採用。	(i) 参照
堆積土砂等の容積濃度	$C_*$	—	0.6	砂防指針の一般値を設定	溪床堆積土砂の容積濃度に、地域的な明瞭な違いはないと考えられることから 0.6 を採用。	—
基準地点を流下する土石等の量	$V_0$	$m^3$	2000	自社調査及び島根県調査結果に基づき設定	—	(ii) 参照
土石流に含まれる礫の密度	$\sigma$	$t/m^3$	2.6	砂防指針の一般値を設定	VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の添付六の岩石の単位体積重量は $2.6t/m^3$ 程度であり、砂防指針の値と同等であるため $2.6t/m^3$ を採用。	(iii) 参照
土石流に含まれる流水の密度	$\rho$	$t/m^3$	1.2	砂防指針の一般値を設定	流水の標準的な密度は $1.0t/m^3$ もしくは $1.2t/m^3$ とされており、保守的な $1.2t/m^3$ を採用。	(iv) 参照
土石流に含まれる土石等の内部摩擦角	$\phi$	°	35	砂防指針の一般値を設定	「道路土工盛土工指針」に記載の礫、礫まじり砂に相当すると考えられ、それらの内部摩擦角 $\phi$ は $35^\circ$ もしくは $40^\circ$ とされている。内部摩擦角が小さいほど、土石流衝突荷重 $F_d$ は大きくなるため、保守的に $35^\circ$ を採用する。	(v) 参照
土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点から上流 200m 区間の平均勾配	$\theta$	°	5.67	地形図から算定	—	(vi) 参照
基準地点から上流 200m 区間の平均勾配	$\theta_0$	°	14.9	地形図から算定	—	(vi) 参照

土石流衝突荷重 $F_d$ の算定に用いる土質定数の設定方法を以下に示す。

(i) 粗度係数 $n$

粗度係数 $n$ は砂防指針によると、図6-6のとおりとされている。

2.6.5 土石流の流速と水深の算出方法

土石流の流速と水深は、理論式、経験式、実測値等により推定する。

解説

(1) 土石流ピーク流量に基づく土石流の流速・水深の設定

土石流の流速 $U$  (m/s) は、焼岳、滑川、桜島の観測資料を整理した結果では、次のマンニング型の式、

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad \dots (19)$$

で表わすことができると報告されている。ここで、 $D_r$  : 土石流の径深 (m) (ここでは $D_r \approx D_d$  (土石流の水深) とする)、 $\theta$  : 溪床勾配 ( $^\circ$ )、 $K_n$  : 粗度係数 ( $s \cdot m^{-1/3}$ ) である。ただし、溪床勾配 ( $\theta$ ) は表-3に基づき設定する。粗度係数 ( $K_n$ ) の値は清水の場合よりかなり大きく、自然河道ではフロント部で0.10をとる<sup>14)</sup>。なお、土石流の流速および水深は、フロント部について求めるものとする。

図6-6 土石流の流速と水深の算出方法 (砂防指針)

上述の砂防指針の参考資料「土石流の水深と流速の観測結果の検討 (1984年8月, 砂防学会誌)」では、図6-7のとおり焼岳の土石流動態観測により流速及び水深を観測し、マンニングの式と比較を行っている。これによると、土石流衝突荷重 $F_d$ 算定の対象となるフロント部の粗度係数は0.1~0.2程度とされている。

土石流衝突荷重 $F_d$ は式(1)のとおり、土石流の流速に依存しており、粗度係数が小さいほど土石流の流速は大きくなることから、保守的に $0.1s \cdot m^{-1/3}$ を採用する。

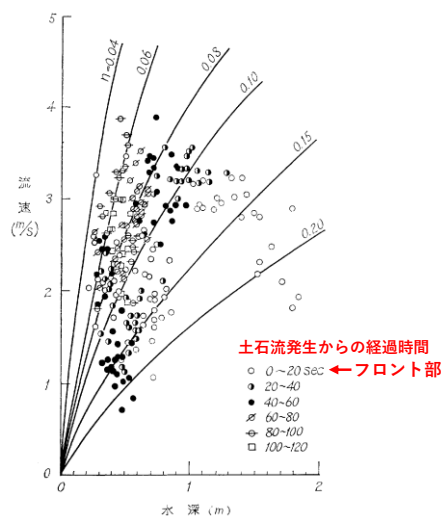


図6-7 土石流の水深及び流速の観測値とマンニングの式の比較 (赤字は追記)



(ii) 基準地点を流下する土石等の量 $V_0$ 。

土石流により基準地点を流下する土石等の量 $V_0$ は自社調査及び島根県による調査結果に基づき設定する。自社調査結果の概要を図6-8, 表6-3に示す。(溪床を対象とした自社調査結果の詳細は参考資料1参照)

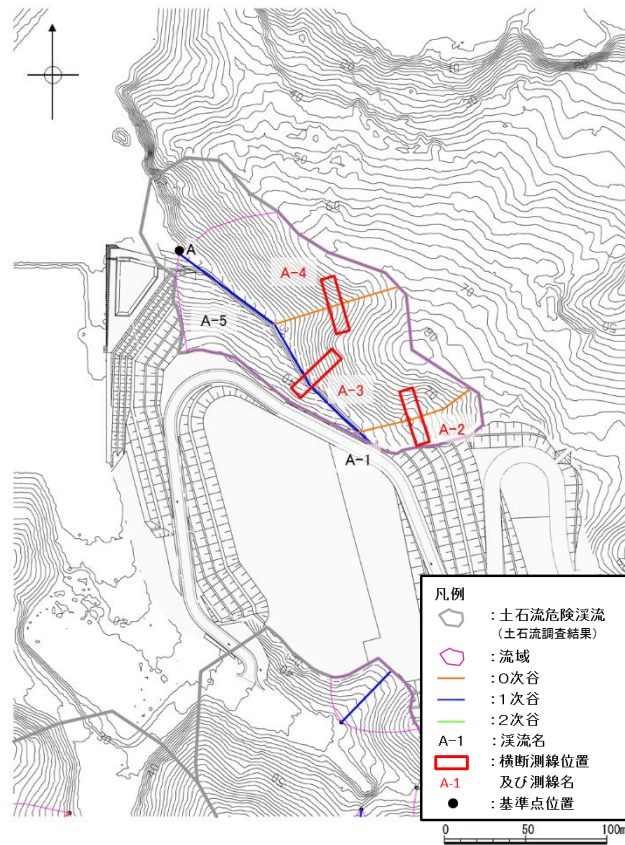


図6-8 自社調査による土石流危険渓流⑦の溪流横断測線位置図

表6-3 自社調査による土石流危険渓流⑦の移動可能土砂量

測点	延長 (m)	侵食幅 $B_d$ (m)	侵食深 $D_c$ (m)	侵食可能断面積 ( $m^2$ )	土砂量 ( $m^3$ )	移動可能土砂量 ( $m^3$ )
溪流基準点 A	A-1	12	7.0*	0.4*	2.80	33.60
	A-2	75	8.0	0.5	4.00	300.00
	A-3	85	7.0	0.4	2.80	238.00
	A-4	80	5.0	0.5	2.50	200.00
	A-5	73	7.0*	0.4*	2.80	204.40
						<b>980</b>

注記\* : A-1 及び A-5 は A-3 を参考に侵食幅及び侵食深を推定

砂防指針によると、 $V_0$ については、1波の土石流による堆積土砂量（複数ある流路のうち移動可能土砂量が最大となる土砂量）として評価することとしている。対象の溪流において各流路の移動可能土砂量は図6-9及び表6-4のとおりであり、この場合の1波の土石流の移動可能土砂量は750 $m^3$ となる。

今回の土石流衝突荷重 $F_d$ の算定には、保守的に全ての流路から同時に土石流が発生する事象を想定し、溪流全体の移動可能土砂量を基準地点を流下する土石等の量として評価する。

表6-5のとおり、自社調査結果による計画流出土砂量1000 $m^3$ と島根県調査結果の計画流出土砂量1170 $m^3$ を比較し、両者を包絡したうえで千の位で切り上げた値2000 $m^3$ を事象想定計画流出土砂量とし、基準地点を流下する土石等の量 $V_0$ として採用する。（自社調査結果と島根県調査結果の比較の詳細は参考資料2参照）

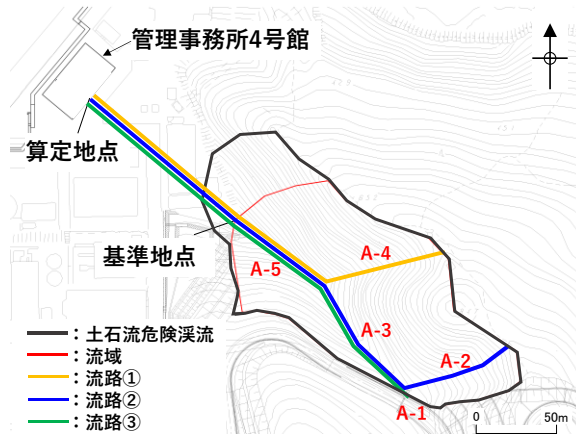


図6-9 土石流危険溪流⑦の各流路の移動可能土砂量

表6-4 土石流危険溪流⑦の1波の土石流の移動可能土砂量の算定

流路	移動可能土砂量算定式	移動可能土砂量( $m^3$ )*
① (A-4 → A-5 → 基準地点)	$200.0+204.4=404.4 \div 410(m^3)$	410
② (A-2 → A-3 → A-5 → 基準地点)	$300.0+238.0+204.4=742.4 \div 750(m^3)$	750 1波の土石流
③ (A-1 → A-3 → A-5 → 基準地点)	$33.6+238.0+204.4=476 \div 480(m^3)$	480

注記\*：表6-3から各流路の移動可能土砂量を算出

表6-5 土石流危険溪流⑦における今回の土石流衝突荷重 $F_d$ に用いる計画流出土砂量

対象溪流	計画流出土砂量( $m^3$ )		
	自社調査結果	島根県調査結果	事象想定
土石流危険溪流⑦	1000* <sup>1</sup>	1170* <sup>2</sup>	2000

注記\*1：砂防指針に基づき、表6-3に示す自社調査結果に基づく溪流全体の移動可能土砂量が980 $m^3$ であるため、切り上げて1000 $m^3$ とした。

注記\*2：島根県調査後の人工改変を踏まえ補正した値を使用（詳細は参考資料2参照）。

(iii) 土石流に含まれる礫の密度  $\sigma$

図6-10に砂防指針における土石流衝突荷重  $F_d$  の算定に必要な土質定数の記載を示す。

VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の添付書類六の岩石の単位体積重量は  $2.6\text{t/m}^3$  程度であり、砂防指針の値と同等であるため  $2.6\text{t/m}^3$  を採用する。

(1) 流出土砂量に基づく土石流ピーク流量の設定

焼岳、桜島等で発生した土石流ピーク流量観測データに基づく土石流総流量とピーク流量の関係は図-10に示すとおりである。平均的なピーク流量と土石流総流量の関係は式(10)で表される<sup>10)</sup>。

$$Q_p = 0.01 \cdot \sum Q \quad \dots (10)$$

$$\sum Q = \frac{C_s \cdot V_{dpp}}{C_d} \quad \dots (11)$$

ここで、 $Q_p$  : 土石流ピーク流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $\sum Q$  : 土石流総流量 ( $\text{m}^3$ )、 $V_{dpp}$  : 1波の土石流により流出すると想定される土砂量 (空隙込み) ( $\text{m}^3$ )、 $C_d$  : 土石流濃度、 $C_s$  : 溪床堆積土砂の容積濃度 (0.6程度) である。

$V_{dpp}$  は  $1,000\text{m}^3$  を下限値とする。これは、本指針 2.5.1.1~ (参考) 小規模溪流における計画流出土砂量の取扱い~を適用する場合を除き、全ての土石流・流木対策施設の設計について適用する。

土石流濃度は下記の平衡濃度式<sup>11)</sup>で求めるものとする。

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad \dots (12)$$

ここで、 $\sigma$  : 礫の密度 ( $2,600\text{kg/m}^3$ 程度)、 $\rho$  : 水の密度 ( $1,200\text{kg/m}^3$ 程度)、 $\phi$  : 溪床堆積土砂の内部摩擦角 ( $^\circ$ ) ( $30^\circ \sim 40^\circ$ 程度であり、一般に  $35^\circ$  を用いてよい)、 $\theta$  : 溪床勾配 ( $^\circ$ ) である。土石流ピーク流量を算出する際の溪床勾配は、1波の土石流により流出すると想定される土砂量を算出しようとしている地点の現溪床勾配とし、流下区間の下流端となると考えられる地点の勾配 ( $10^\circ$ ) 以上とする。なお、現溪床勾配は、計画地点から概ね上流200m間の平均溪床勾配とすることを基本とし、計画施設設計前の地形より算出する。計画地点から上流の200m区間が溪床勾配を代

図6-10 砂防指針における土石流衝突荷重  $F_d$  の算定に必要な土質定数の記載

(iv) 土石流に含まれる流水の密度  $\rho$

図6-10の砂防指針に記載のとおり、流水の密度は  $1.2\text{t/m}^3$  程度とされている。

「建設省河川砂防技術基準 (案) 設計編 [II] (1985年10月, (社) 日本河川協会)」では図6-11のとおり、流水の標準的な密度は  $1.0\text{t/m}^3$  もしくは  $1.2\text{t/m}^3$  とされている。

式(1)及び式(2)のとおり、流水の密度が大きいほど土石流衝突荷重  $F_d$  は大きくなることから、保守的に  $1.2\text{t/m}^3$  を採用する。

2.2.2 安定計算に用いる数値

砂防ダムの安定計算に用いる数値は、必要に応じて、実測により求めるものとする。

解説

砂防ダムの安定計算に用いる数値は、ダムの重要度が高い場合は原則として実測により求めることとし、その他のダムは既設の砂防ダム等に用いられた数値か、下記に示す一般に用いられている数値を参考とすることができる。ただし、ダムの断面を安全かつ経済的に設計するためには、できる限り実測により求めるべきである。

1. ダム用コンクリートの単位体積重量: 2.35 t/m<sup>3</sup>
2. 流水の単位体積重量 (W<sub>0</sub>): 1.0~1.8 t/m<sup>3</sup>  
 ただし、ダム高 (H) ≥ 15 m のとき 1.0 t/m<sup>3</sup>  
 ダム高 (H) < 15 m のとき 1.2 t/m<sup>3</sup>
3. 堆砂見掛単位体積重量 (W<sub>s</sub>): 1.5~1.8 t/m<sup>3</sup>
4. 堆砂空隙率 (ν): 0.3~0.45
5. 土圧係数 (C): 0.3~0.6
6. 揚圧力係数 (μ): 1/3~1.0 (一般に 1/3 を用いる場合が多い)
7. コンクリートの許容応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

重力式ダム 圧縮: 40, 剪断: 5

図 6-11 建設省河川砂防技術基準 (案) 記載の安定計算に用いる流水の単位体積重量

(v) 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 φ

土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 φ について、図 6-10 に示す砂防指針のとおり渓床堆積土砂の内部摩擦角は 30° ~ 40° 程度であり、一般に 35° としよとされている。

土石流に含まれる土石等は図 6-12 に示す「道路土工 盛土工指針 (平成 22 年度版) (2010 年 4 月, (社) 日本道路協会)」に記載の礫、礫まじり砂に相当すると考えられ、それらの内部摩擦角 φ は 35° もしくは 40° とされている。内部摩擦角が小さいほど、土石流衝突荷重 F<sub>d</sub> は大きくなるため、保守的に 35° を採用する。

なお、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の土質材料 (旧表土, 埋戻土等) の φ が 20° 程度であること、図 6-12 に φ が 35° 以下の記載もあることから、φ を 20° に設定した場合の影響検討を「6.5 内部摩擦角 φ の影響検討」で実施した結果、衝突荷重の増加量はわずかであり、基礎底面の滑動による防波壁への影響がないことを確認している。

解表 4-2-4 設計時に用いる土質定数の仮定値<sup>4)</sup>

種類	状態	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	地盤工学会基準 <sup>5)</sup>	
土	礫および礫まじり砂	締め固めたもの	20	40	0	(G)
	砂	締め固めたもの	20	35	0	(S)
		粒径幅の広いもの の 分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締め固めたもの	19	25	30 以下	(S F)
	粘性土	締め固めたもの	18	15	50 以下	(M), (C)
	間置ローム	締め固めたもの	14	20	10 以下	(V)
自然 地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0	(G)
		密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0	
		密実なもの	21	40	0	(G)
	礫まじり砂	密実でないもの	19	35	0	
		密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0	(S)
	砂	密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0	(S)
		密実なもの	19	30	30 以下	(S F)
	砂質土	密実でないもの	17	25	0	
	粘性土	固いもの (指で強く押し多少へこむ) <sup>注1)</sup>	18	25	50 以下	
		やや軟らかいもの (指が容易に貫入) <sup>注1)</sup>	17	20	30 以下	(M), (C)
		軟らかいもの (指が容易に貫入) <sup>注1)</sup>	16	15	15 以下	
		固いもの (指で強く押し多少へこむ) <sup>注1)</sup>	17	20	50 以下	
粘土およびシルト	やや軟らかいもの (指が容易に貫入) <sup>注1)</sup>	16	15	30 以下	(M), (C)	
	軟らかいもの (指が容易に貫入) <sup>注1)</sup>	14	10	15 以下		
間置ローム		14	5(φ)	30 以下	(V)	

注1) ; N 値の目安は次のとおりである。  
 固いもの (N = 8 ~ 15), やや軟らかいもの (N = 4 ~ 8), 軟らかいもの (N = 2 ~ 4)  
 注2) ; 地盤工学会基準の記号は、およその目安である。

図 6-12 道路土工 盛土工指針記載の礫、礫まじり砂の内部摩擦角 φ

(vi) 土石流が流下する土地の勾配  $\theta$ ,  $\theta_0$

土石流が流下する土地の勾配  $\theta$ ,  $\theta_0$  について、土石流衝突荷重  $F_d$  算定地点から上流 200m の平均勾配と、土石流危険渓流の基準地点から上流 200m の平均勾配をそれぞれ地形図より算定する。基準地点から上流 200m の平均勾配については、危険渓流内に複数存在する流下流路のうち、移動可能土砂量の最も多い流路で平均勾配を算定する。「(ii) 基準地点を流下する土石等の量  $V_0$ 」に示すとおり、流路②が移動可能土砂量の最も多い流路であることから、流路②において平均勾配を算定する。

土石流が流下する土地の勾配設定イメージを図 6-13 に示す。

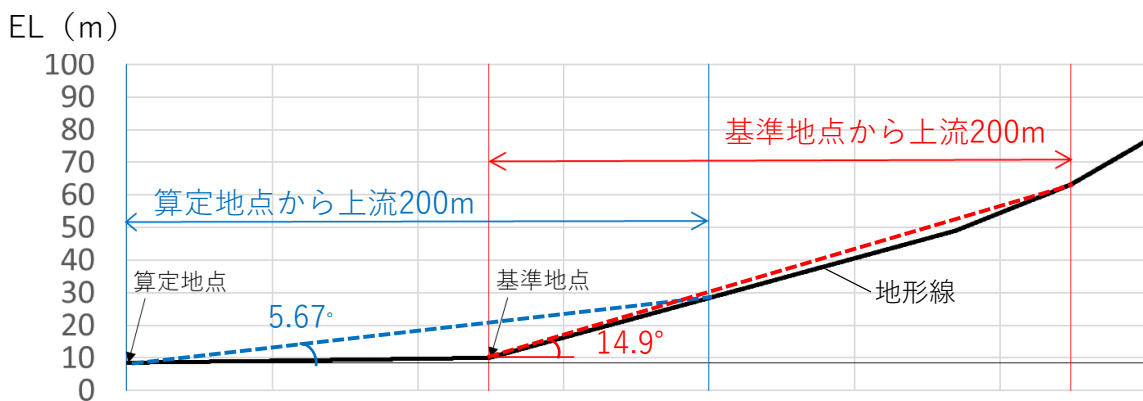
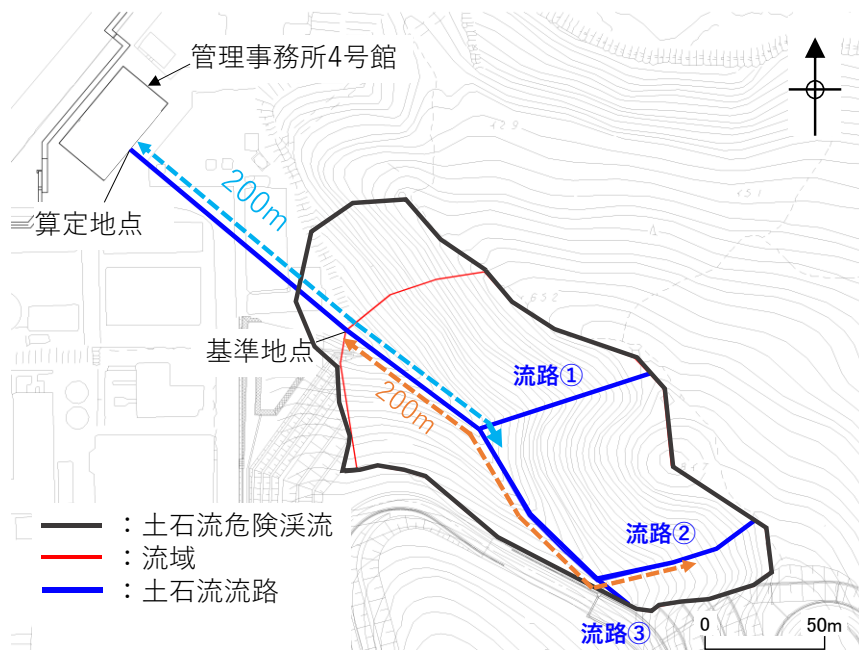


図 6-13 土石流が流下する土地の勾配設定イメージ

なお、本評価では、式（４）により算定したhの値を「土砂の衝突高さ」と評価する。

また、土石流危険溪流の基準点より上流に存在する転石の分布状況及び粒径を把握する調査を実施し、確認された転石については粒径0.5m未満となるよう小割を行う。小割した転石が、土石流発生時に土砂に取り込まれて流下するものと考えられるため、転石を含む土石流が衝突対象物まで到達することを考慮し、土砂の衝突高さhは0.5m以上となるよう設定する。

$$\text{土砂の衝突高さ } h = \begin{cases} 0.5\text{m} & (\text{土砂の衝突高さの計算値} < 0.5\text{m}) \\ \text{計算値} & (\text{土砂の衝突高さの計算値} \geq 0.5\text{m}) \end{cases}$$

上記の方法により算定した土砂の衝突高さの計算値、土砂の衝突高さの設定値及び土砂の衝突荷重を表6-6に、建物に作用する土砂の衝突荷重の概念図を図6-14に示す。

表 6-6 土砂の衝突高さの計算値, 土砂の衝突高さの設定値及び土砂の衝突荷重

対象構造物	土砂の衝突高さ計算値 (m)	土砂の衝突高さ設定値 (m)	土砂の衝突荷重 $F_d$ (kN/m <sup>2</sup> )
管理事務所 4 号館	0.33	0.50	5.55

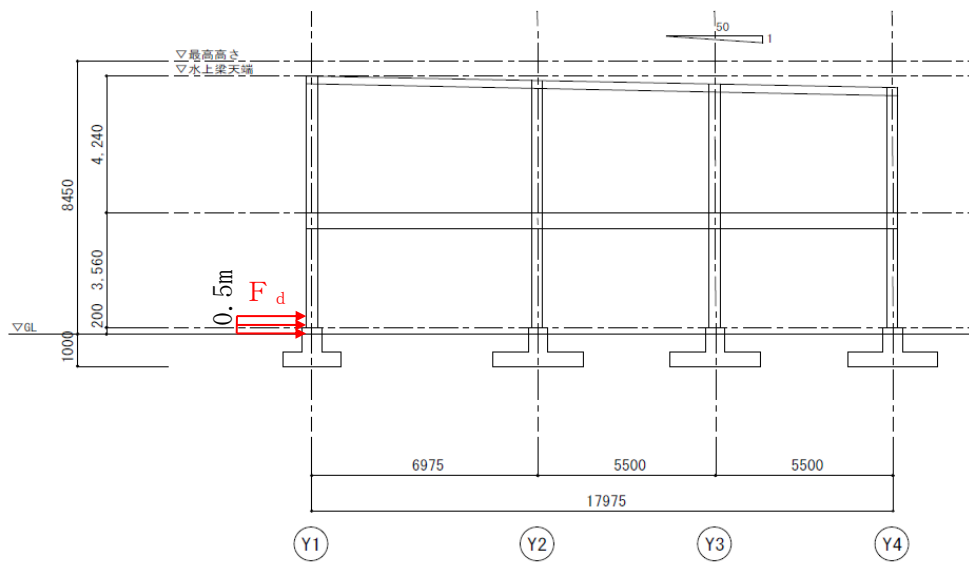
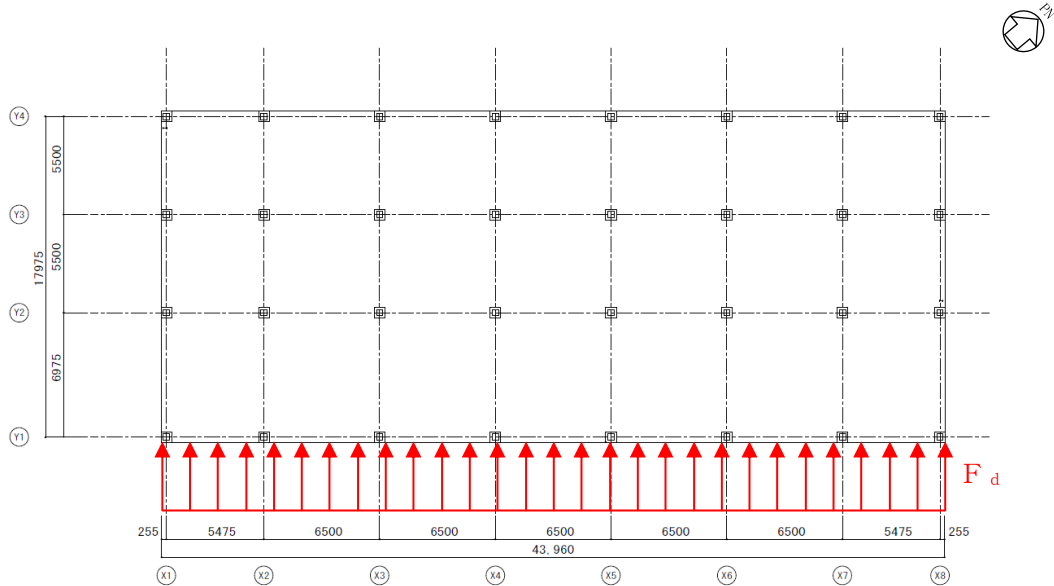


図 6-14 建物に作用する土砂の衝突荷重の概念図

c. 風荷重

風荷重は、建築基準法施行令第 87 条及び平成 12 年建設省告示第 1 4 5 4 号に基づき、次式によって算出する。

$$P = q \cdot C_f \cdot A$$

ここで、

$P$  : 風荷重による水平力 (N)

$q$  : 速度圧 ( $\text{N/m}^2$ ) =  $0.6 \cdot E \cdot V_o^2$

$V_o$  : 当該地の基準風速 (m/s)

$E$  : 国土交通大臣が定める方法により算出した数値  
=  $E_r^2 \cdot G_f$

$E_r$  : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$$E_r = 1.7 \left( \frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha \quad (H \leq Z_b)$$

$$E_r = 1.7 \left( \frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \quad (H > Z_b)$$

$H$  : 建築物の高さと軒の高さとの平均の数値 (m)

$Z_b, Z_G, \alpha$  : 地表面粗度区分に応じて示される数値  
(当該地の地表面粗度区分 II)

$G_f$  : ガスト影響係数

$C_f$  : 風力係数

$$C_f = 0.8 \cdot k_z \quad (\text{風上側})$$

$$C_f = 0.4 \quad (\text{風下側})$$

$k_z$  : 高さ方向分布係数

$$k_z = 1.0 \quad (H \leq Z_b)$$

$$k_z = (Z_b/H)^{2\alpha} \quad (H > Z_b \text{ かつ } Z \leq Z_b)$$

$$k_z = (Z/H)^{2\alpha} \quad (H > Z_b \text{ かつ } Z > Z_b)$$

$Z$  : 当該部分の地盤面からの高さ (m)

$A$  : 見付面積 ( $\text{m}^2$ )

風荷重の評価条件を表 6-7 及び表 6-8 に示す。



表 6-7 風荷重の算定条件

記号	単位	定義	数値
$V_o$	m/s	当該地の基準風速	30
H	m	建築物の高さと軒の高さとの平均の数値	8.225
$Z_b$	m	地表面粗度区分に応じて示される数値	5
$Z_G$	m	地表面粗度区分に応じて示される数値	350
$\alpha$	—	地表面粗度区分に応じて示される数値	0.15
$G_f$	—	ガスト影響係数	2.2

表 6-8 管理事務所 4 号館の風力係数及び見付面積

地表面からの高さ (m)	位置	高さ方向分布係数 $k_z$	風力係数 $C_f$	見付面積 A (m <sup>2</sup> )
3.76~8.00	風上	0.992	0.794	186.40
	風下		0.4	170.58
0.20~3.76	風上	0.861	0.689	156.50
	風下		0.4	156.50

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについては、常時作用する荷重、土砂の衝突荷重及び風荷重に対して、施設の構造を踏まえて組合せを設定する。

#### 6.4.4 許容限界

土砂の衝突荷重及び風荷重による水平力は、建物基礎底面地盤のせん断抵抗力により抵抗することから、独立基礎底面のせん断抵抗力を許容限界とする。

底面地盤のせん断抵抗力 $H_u$ は「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ((社) 日本電気協会)」に基づき、次式により算定する。

$$H_u = C \cdot A + V \cdot \tan \phi$$

ここで、

C : 底面と地盤との間の粘着力 (=0)

A : 底面の有効載荷面積 (独立基礎底面面積) (=229 m<sup>2</sup>)

V : 底面に作用する鉛直力 (=7647 kN)

$\phi$  : 底面と地盤との間の摩擦角

なお、「建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2019 改定)」において、基礎底面の摩擦係数として 0.4~0.6 が示されていることを踏まえ、 $\tan \phi$  の値は 0.4 とする。

#### 6.4.5 評価結果

管理事務所 4 号館の滑動による評価結果を表 6-9 に示す。土砂の衝突荷重及び風荷重により発生する水平力に対し、独立基礎底面のせん断抵抗力は十分な裕度を有している。

なお、底面の有効載荷面積について、管理事務所 4 号館の独立基礎は基礎梁で接続されていないが、鉄筋コンクリート造の土間スラブ (厚さ 150 mm) による水平力の伝達に期待でき、独立基礎底面のせん断抵抗力にも十分な余裕があることから、建物全体として滑動することはないと判断した。

以上より、管理事務所 4 号館の滑動による防波壁への影響がないことを確認した。

表 6-9 管理事務所 4 号館の滑動による評価結果

(単位 : kN)

部位	土砂の衝突荷重 による水平力	風荷重 による水平力	合計水平力	許容限界
基礎底面	122	432	554	3058

### 6.5 内部摩擦角 $\phi$ の影響検討

VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の土質材料（旧表土，埋戻土）の内部摩擦角が $20^\circ$  程度であることから，内部摩擦角  $\phi$  を $20^\circ$  に設定した場合の影響検討を実施した。

内部摩擦角  $\phi$  を $20^\circ$  に設定した場合の土砂の衝突高さの計算値，土砂の衝突高さの設定値及び土砂の衝突荷重を表6-10に示す。その他の評価条件については6.4で示したものをを用いる。

内部摩擦角  $\phi$  を $20^\circ$  に設定した場合の管理事務所4号館の滑動による評価結果を表6-11に示す。

土砂の衝突荷重及び風荷重により発生する水平力に対し，独立基礎底面のせん断抵抗力は十分な裕度を有しており，管理事務所4号館の滑動による防波壁への影響がないことを確認した。

表6-10 内部摩擦角を $20^\circ$  に設定した場合の土砂の衝突高さの計算値，土砂の衝突高さの設定値及び土砂の衝突荷重

対象構造物	土砂の衝突高さ計算値 (m)	土砂の衝突高さ設定値 (m)	土砂の衝突荷重 $F_d$ (kN/m <sup>2</sup> )
管理事務所4号館	0.36	0.50	6.58

表6-11 内部摩擦角を $20^\circ$  に設定した場合の管理事務所4号館の滑動による評価結果  
(単位：kN)

部位	土砂の衝突荷重 による水平力	風荷重 による水平力	合計水平力	許容限界
基礎底面	145	432	577	3058

(参考資料 1) 溪床を対象とした自社調査結果

土石流危険溪流における溪床の状況について平成 27～28 年に自社調査を実施（令和元年に補足調査を実施）した。

溪床堆積物の分布や、周辺の微地形、露岩、植生等を確認し溪床の安定性も含めて谷の状況を確認するとともに、谷次数毎に溪床の横断スケッチ、状況写真の撮影及び簡易貫入試験を実施した。

横断スケッチ等を実施する横断測線位置は、堆積土砂の分布等を踏まえ谷を代表すると考えられる位置とした。横断測線は、谷次数毎に 1 測線を基本とするが、溪床勾配や溪床の断面が大きく変化し 1 測線では代表できないと判断する場合は、横断測線を増やした。横断測線を増やした谷については、横断測線が代表する溪流の延長を見直した。また、図上調査結果及び自社調査の結果、周辺の溪流と同様な地形形状（溪床勾配、谷幅、斜面状況）の溪流については、周辺の溪流の調査結果に代表させた。図 1 に横断測線の設定例を示す。

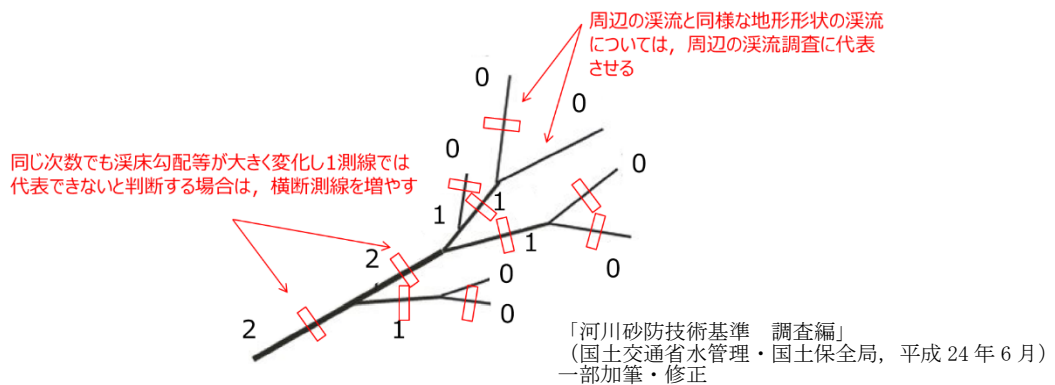


図 1 横断測線の設定例

横断測線位置において、「砂防指針」に基づき、侵食幅（土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅）(m) 及び侵食深（土石流発生時に侵食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ）(m) を推定した。図 2 に侵食幅、侵食深の調査方法を示す。

侵食幅は、溪流断面における溪岸斜面の傾斜変換点、ガリー地形の発達状況、後背地域の状況（谷筋の消滅、小規模な尾根の存在）等に着目し、土石流流下範囲として考えられる幅を推定した。侵食深は、斜面状況、露頭状況及び簡易貫入試験結果を踏まえ推定した。簡易貫入試験は、0 次谷以外の谷を対象に図 3 に示すとおり、横断測線位置及び横断測線位置から谷筋の縦断方向へ上下流に約 5m 離れた位置の延べ 3 箇所を実施した。侵食深は、小山内ほか（2005）<sup>(1)</sup>に基づき、地質によらず崩れずに斜面上に残るとされている「Nd $\geq$ 20」を深度とし、3 箇所の平均値より算出した。

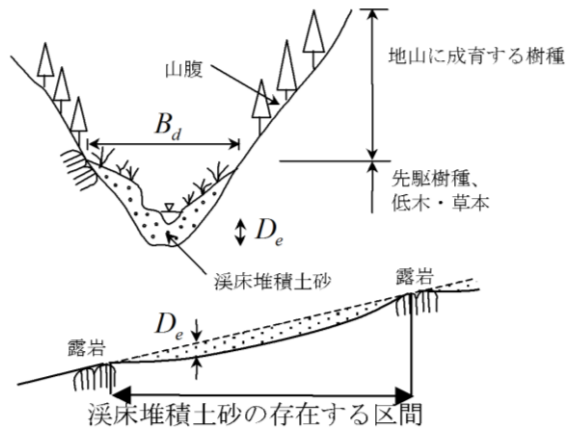


図2 侵食幅，侵食深の調査方法

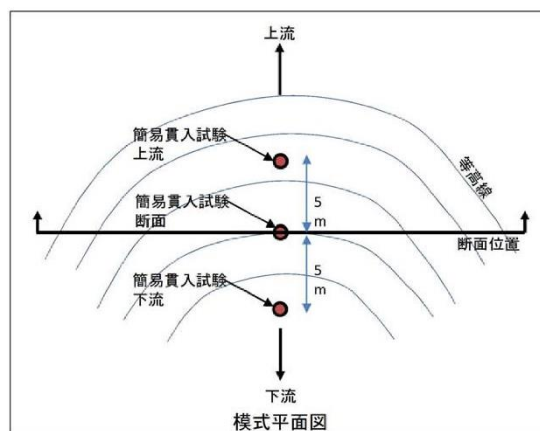


図3 侵食深の調査方法（簡易貫入試験）

移動可能土砂量は，以下の式を用いて求めた。

$$V = \sum (A_n \times L_n)$$

$$A_n = B_d \times D_e$$

ここで，

- V : 移動可能土砂量 (m<sup>3</sup>)
- A<sub>n</sub> : 侵食可能断面積 (移動可能溪床堆積土砂の平均断面積) (m<sup>2</sup>)
- L<sub>n</sub> : 溪流の延長又は0次谷の延長 (m)
- B<sub>d</sub> : 侵食幅 (m)
- D<sub>e</sub> : 侵食深 (m)

土石流危険溪流⑦における溪流横断測線位置及び自社調査結果を図4～図5に示す。また，自社調査結果に基づき算出した移動可能土砂量を表1に示す。

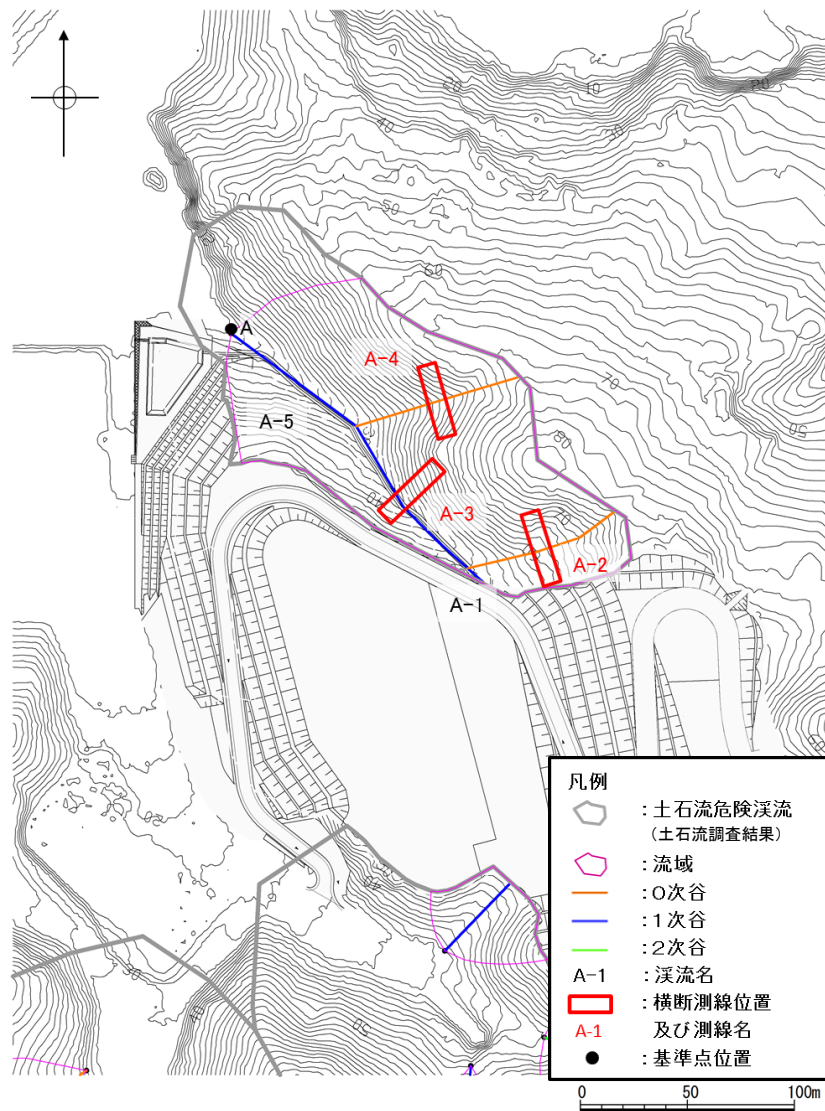


図4 土石流危険溪流⑦の溪流横断測線位置図


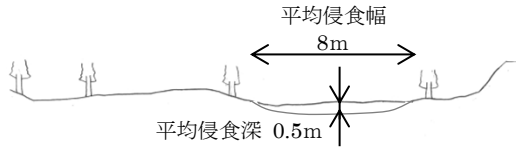
横断測線	自社調査結果	
A-2	<b>現地写真</b> 	<b>現地スケッチ</b> 
	<b>調査結果</b> <p>幅の広い浅い谷である。南側の斜面は切土のり面となっている。溪床の片側が低くなっており、豪雨時には低い方が侵食されやすい。0次谷については、谷の最上流部に位置し集水域が狭いこと、斜面勾配が急であること、現地踏査における斜面状況、露頭状況から、土石流発生予想深さ(平均侵食深)を0.5mとした。</p>	

図5 土石流危険溪流⑦の自社調査結果 (1/2)


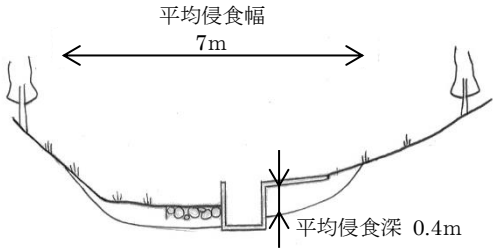
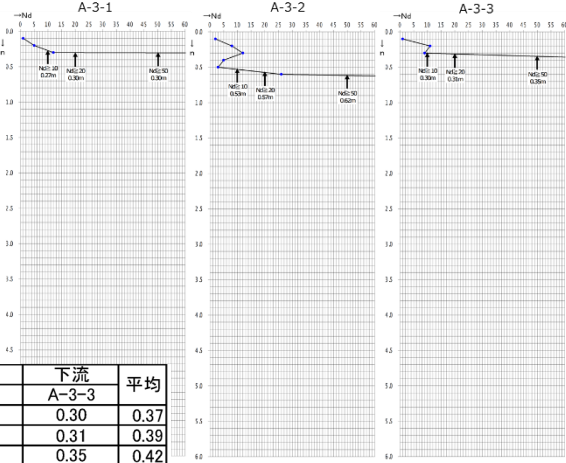

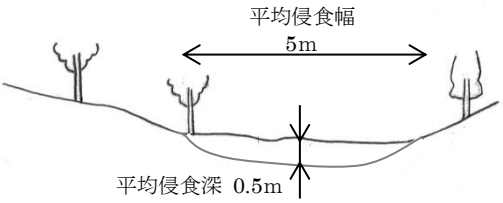
横断測線	自社調査結果																										
A-3	<p><b>現地写真</b></p> 	<p><b>現地スケッチ</b></p> 																									
	<p><b>調査結果</b></p> <p>水路はコンクリートであり、両側の渓床もコンクリート張り、蛇カゴ、埋戻し土であり、渓床は完全に人工改変されている。埋戻し土は、ポールの先端が入らない程度に硬質である。</p> <p>1次谷及び2次谷については、現地踏査における斜面状況、露頭状況及び簡易貫入試験の結果から、土石流発生予想深さ（平均侵食深）を0.4mとした。</p>																										
	<p><b>簡易貫入試験結果</b></p>  <p>侵食深：0.4m</p> <table border="1" data-bbox="395 1227 785 1335"> <thead> <tr> <th>位置</th> <th>上流</th> <th>断面</th> <th>下流</th> <th>平均</th> </tr> <tr> <td></td> <td>A-3-1</td> <td>A-3-2</td> <td>A-3-3</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nd<math>\geq</math>10</td> <td>0.27</td> <td>0.53</td> <td>0.30</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>Nd<math>\geq</math>20</td> <td>0.30</td> <td>0.57</td> <td>0.31</td> <td>0.39</td> </tr> <tr> <td>Nd<math>\geq</math>50</td> <td>0.30</td> <td>0.62</td> <td>0.35</td> <td>0.42</td> </tr> </tbody> </table>		位置	上流	断面	下流	平均		A-3-1	A-3-2	A-3-3		Nd $\geq$ 10	0.27	0.53	0.30	0.37	Nd $\geq$ 20	0.30	0.57	0.31	0.39	Nd $\geq$ 50	0.30	0.62	0.35	0.42
位置	上流	断面	下流	平均																							
	A-3-1	A-3-2	A-3-3																								
Nd $\geq$ 10	0.27	0.53	0.30	0.37																							
Nd $\geq$ 20	0.30	0.57	0.31	0.39																							
Nd $\geq$ 50	0.30	0.62	0.35	0.42																							
A-4	<p><b>現地写真</b></p> 	<p><b>現地スケッチ</b></p> 																									
	<p><b>調査結果</b></p> <p>小規模な谷であり、表流水は認められない。渓床沿いに管理道が通っている。</p> <p>0次谷については、谷の最上流部に位置し集水域が狭いこと、斜面勾配が急であること、現地踏査における斜面状況、露頭状況から、土石流発生予想深さ（平均侵食深）を0.5mとした。</p>																										

図5 土石流危険渓流⑦の自社調査結果 (2/2)

表 1 土石流危険渓流⑦の移動可能土砂量

測点		延長 (m)	侵食幅 B <sub>d</sub> (m)	侵食深 D <sub>e</sub> (m)	侵食可能 断面積 (m <sup>2</sup> )	土砂量 (m <sup>3</sup> )	移動可能 土砂量 (m <sup>3</sup> )
渓流基準点 A	A-1	12	7.0*	0.4*	2.80	33.60	<b>980</b>
	A-2	75	8.0	0.5	4.00	300.00	
	A-3	85	7.0	0.4	2.80	238.00	
	A-4	80	5.0	0.5	2.50	200.00	
	A-5	73	7.0*	0.4*	2.80	204.40	

注記\* : A-1 及び A-5 は A-3 を参考に侵食幅及び侵食深を推定

参考文献

- (1) 小山内信智・内田太郎・曾我部匡敏・寺田秀樹・近藤浩一 (2005) : 簡易貫入試験を用いた崩壊恐れのある層厚推定に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, 第 261 号



(参考資料 2) 島根県調査結果との比較

島根県は平成 13 年に土石流危険渓流の現地調査（以下「島根県調査結果」という。）を実施している。

島根県調査を実施している土石流危険渓流③～⑦のうち、今回対象の土石流危険渓流⑦における自社調査結果と島根県調査結果の比較の詳細を図 1 に示す。

[土石流危険渓流⑦付近]

		島根県	自社調査
調査位置図		<p>凡例                  〇：渓流                  〇：島根県の横断測線及び測線名                  I-1</p>	<p>凡例                  〇：土石流危険渓流(土石流調査結果)                  〇：流域                  〇：0次谷                  〇：1次谷                  〇：2次谷                  〇：深流名                  A-1：横断測線位置及び測線名                  A-1：基準点位置</p>
	現地写真・スケッチ		<p>渓流 A-5 における現地状況写真</p> <p>島根県調査における横断測線 I-1 に対応する渓流は A-5 である。                  渓流 A-5 には横断測線はないが、上流から A-1, A-3, A-5 と続く一連の渓流であり、いずれも横断形状は同等であることから、横断測線 A-3 で代表させている。</p>
備考	幅 : 5m 深さ : 1.0m 侵食可能断面積 : 5 m <sup>2</sup>		
相違点			—

図1 島根県調査結果との比較 (土石流危険渓流) (1/2)

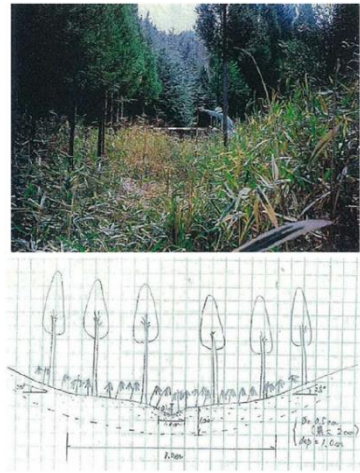

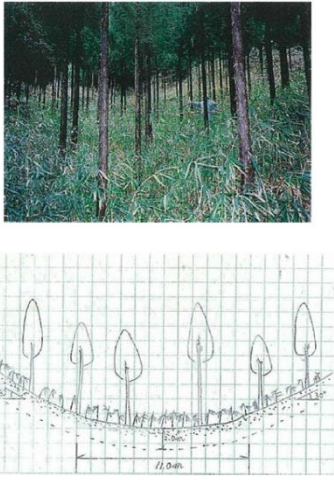
	島根県 (測線名：I-2)	自社調査 (測線名：横断測線 A-3)
現地写真・スケッチ		
備考	幅：8m 深さ：1.0m 侵食可能断面積：8 m <sup>2</sup>	平均侵食幅：7m 平均侵食深：0.4m 侵食可能断面積：2.8 m <sup>2</sup>
相違点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・島根県の調査位置は、現在人工改変（水路設置）されている。</li> <li>・島根県調査結果より、当社評価の侵食幅及び侵食深は小さい。</li> <li>・自社調査結果の侵食深は簡易貫入試験結果を踏まえて推定している。</li> </ul>	
	島根県 (測線名：I-3)	自社調査 (測線名：該当無)
現地写真・スケッチ		<p>島根県調査後、人工改変（敷地造成）されているため対応する自社調査結果なし。</p>
備考	幅：11m 深さ：2.0m 侵食可能断面積：22 m <sup>2</sup>	
相違点	—	

図1 島根県調査結果との比較（土石流危険溪流）（2/2）

また、島根県調査（平成 13 年）以降、溪流の一部は敷地造成により改変されていることから、移動可能土砂量の比較にあたっては、図 2 及び表 1 のとおり、改変区間を考慮し島根県調査結果の計画流出土砂量を 1170m<sup>3</sup>（I-1：約 450m<sup>3</sup>と I-2：約 720m<sup>3</sup>の合計値）に補正した。

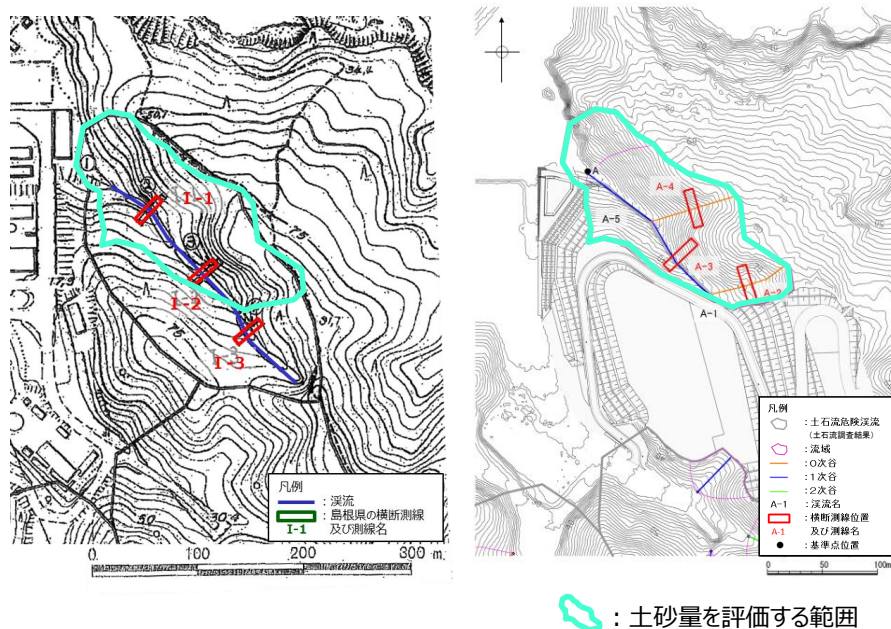


図 2 土石流危険溪流における土砂量の評価範囲

表 1 土石流危険溪流の島根県調査結果の計画流出土砂量の補正

島根県調査結果						土砂量の評価
測点	延長*1 (m)	侵食幅 (m)	侵食深 (m)	侵食可能断面積 (m <sup>2</sup> )	計画流出土砂量 (m <sup>3</sup> )	補正後の計画流出土砂量 (m <sup>3</sup> )
I-1	約 90	5	1.0	5	約 450	約 450
I-2	約 90	8	1.0	8	約 720	約 720
I-3	約 80	11	2.0	22	約 1760	0
合計					約 2930 (2937) *2	約 1170

：島根県調査結果のうち土砂量の評価対象

注記\*1：島根県調査位置図からの想定

\*2：( ) の数値は島根県調査結果における計画流出土砂量