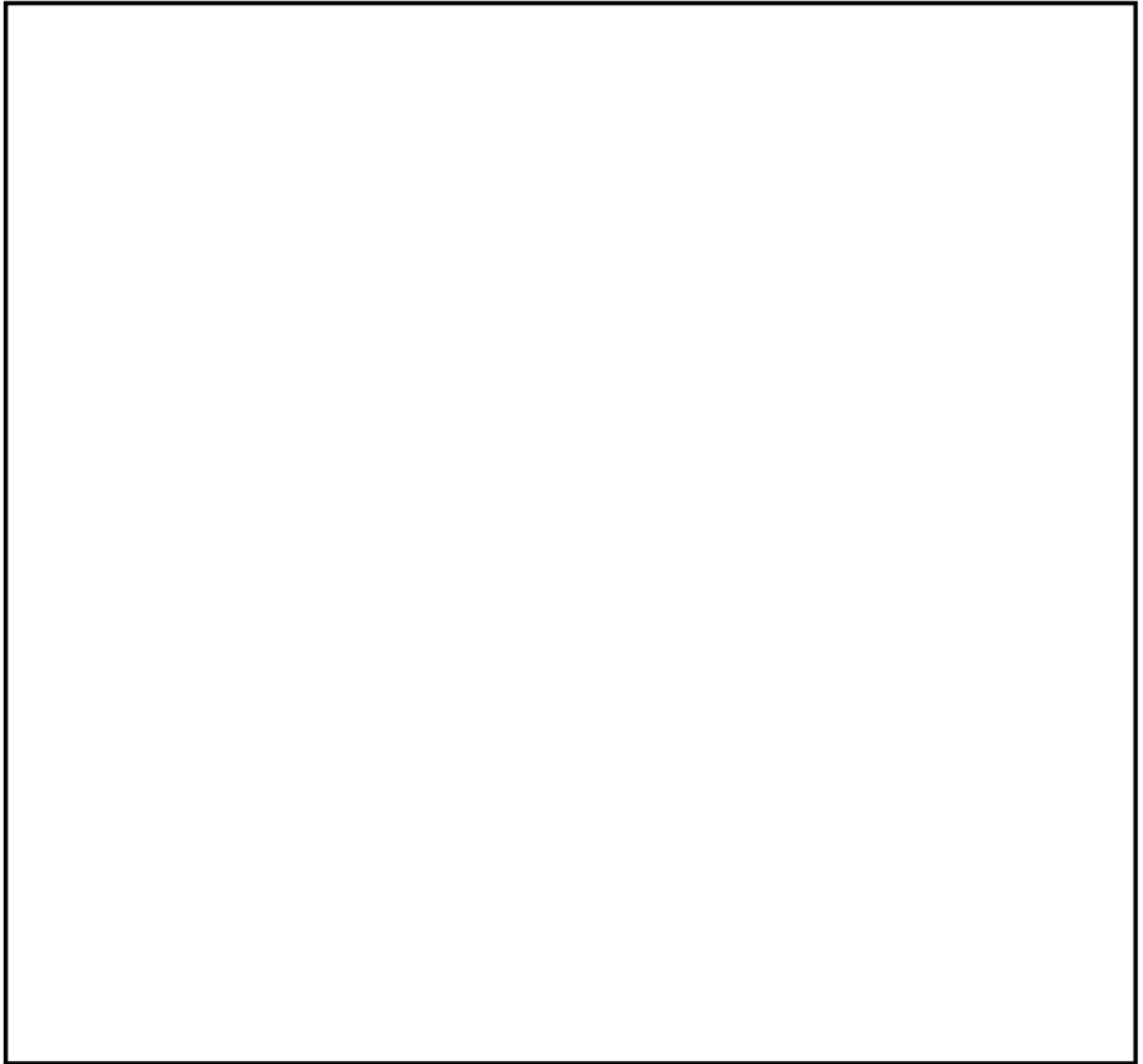
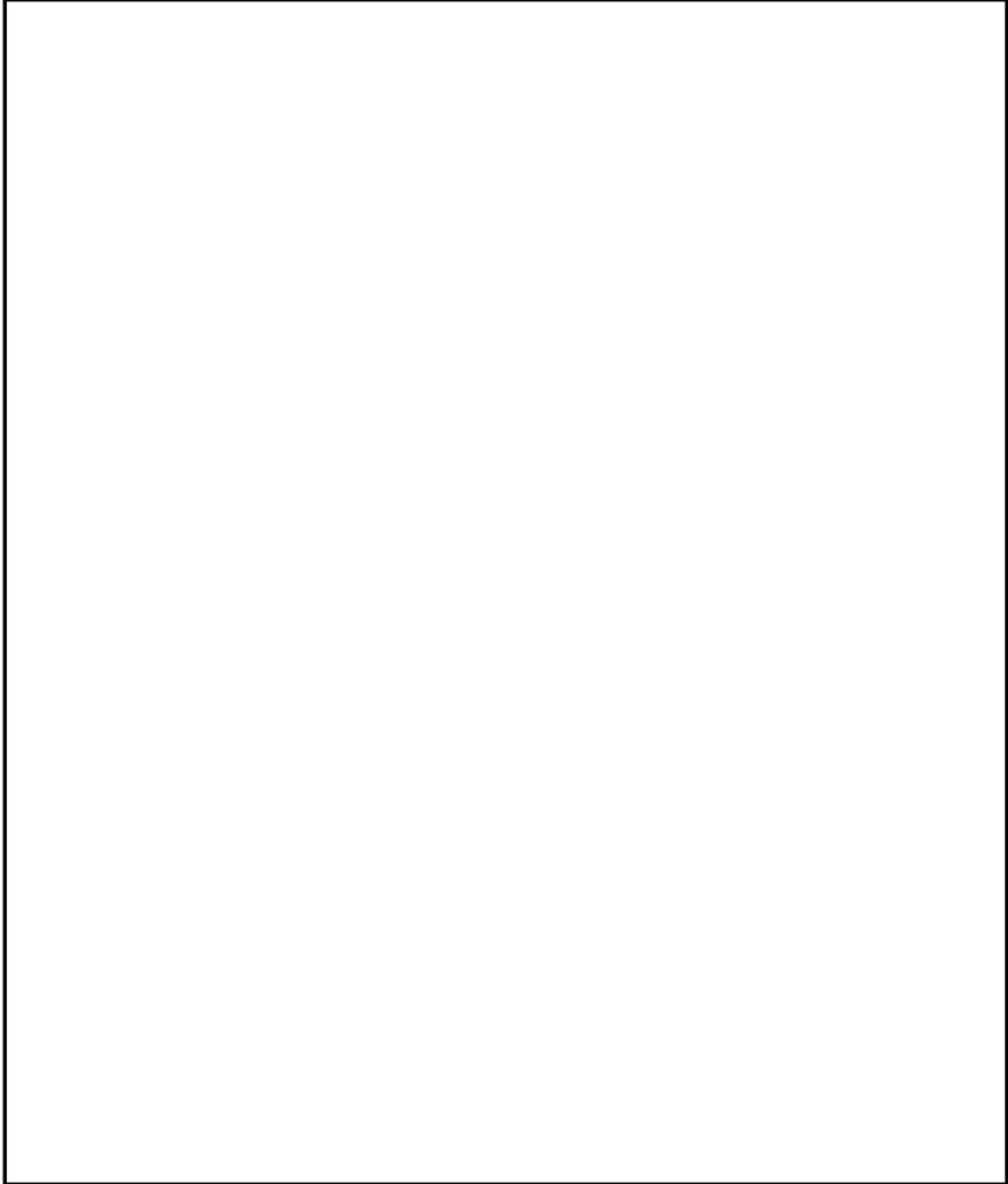




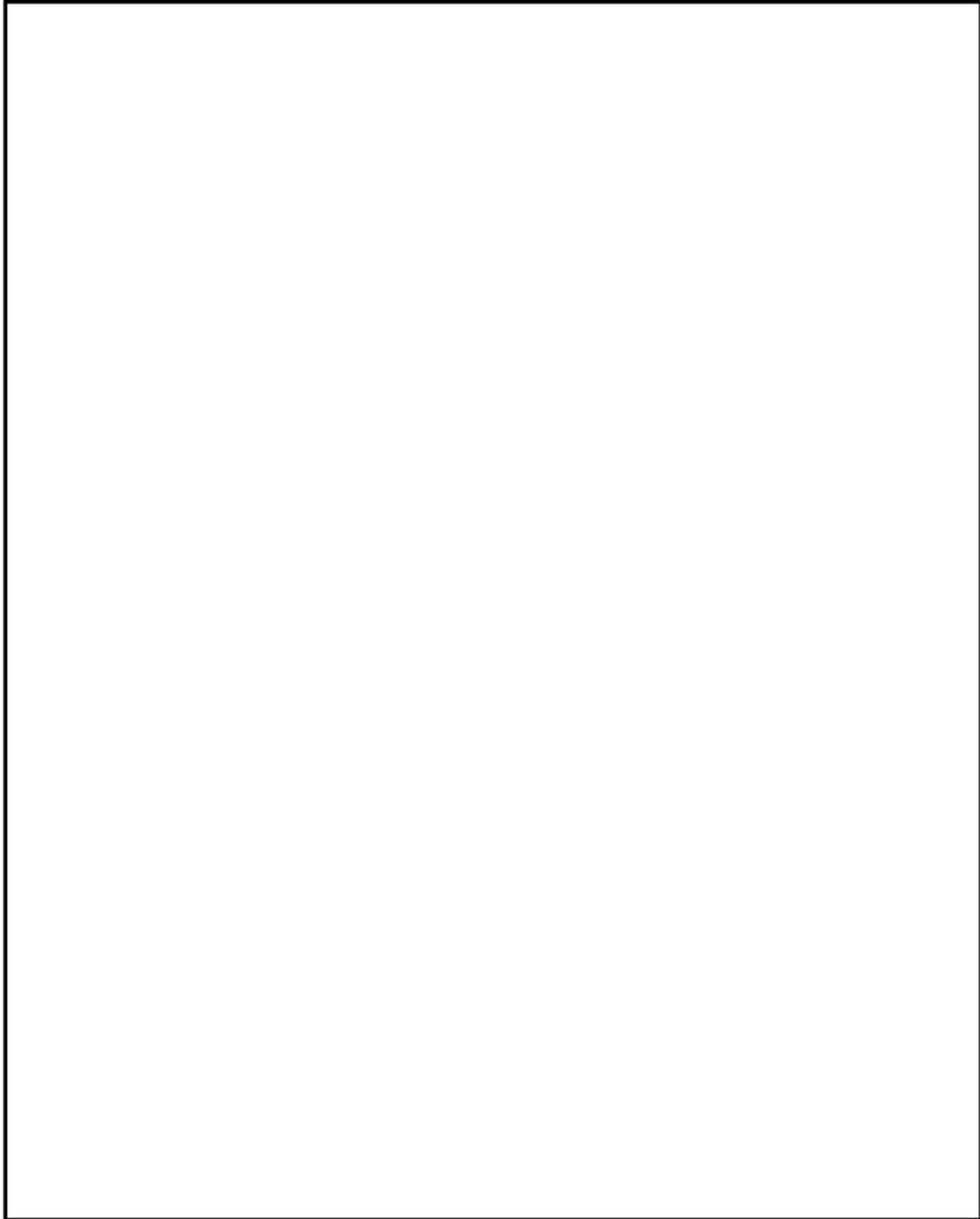
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので
公開することはできません。

第 7.7.1(1)図 取放水設備の構造図（海水系取水路）



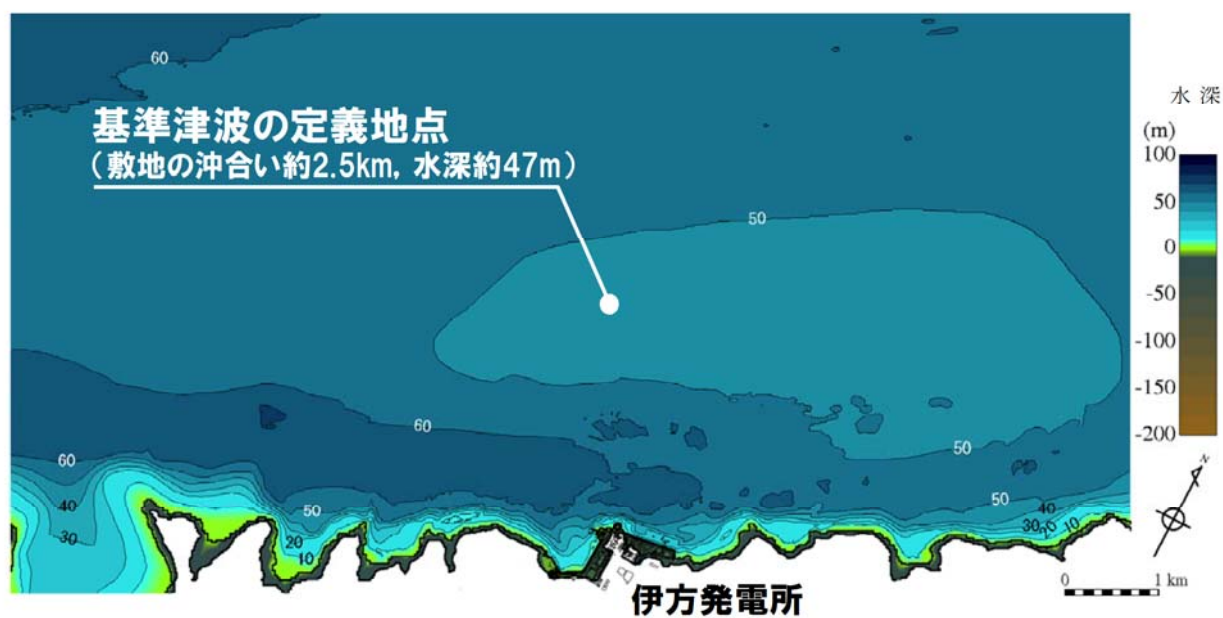
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので
公開することはできません。

第 7.7.1(2)図 取放水設備の構造図（循環水系取水路）



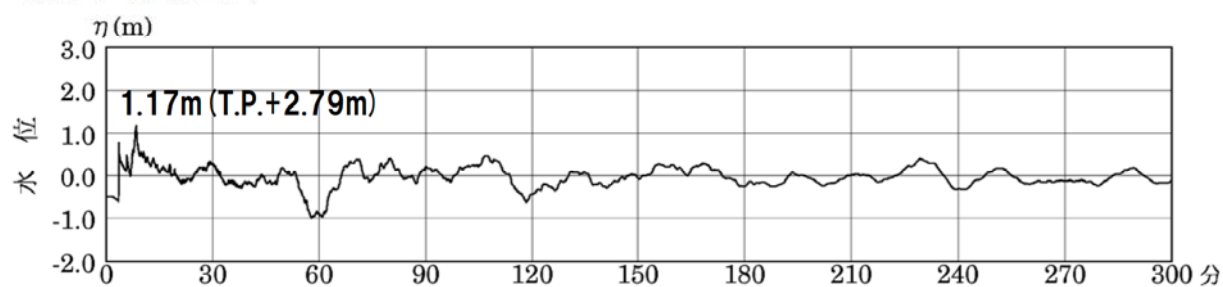
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので
公開することはできません。

第 7.7.1(3)図 取放水設備の構造図（放水路）



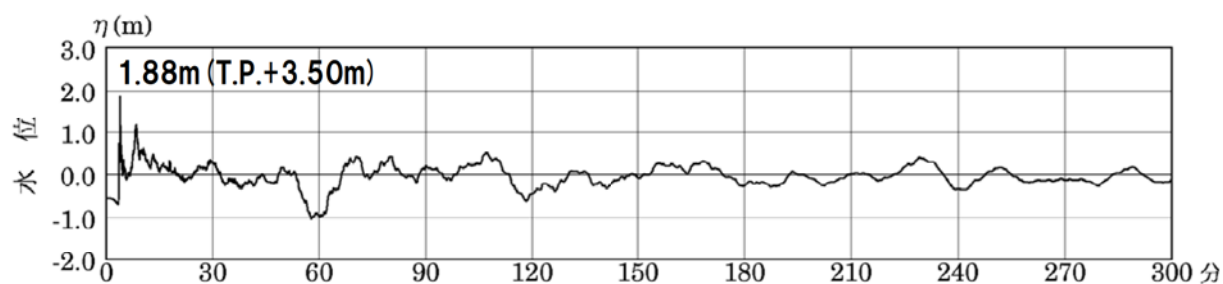
第 7.7.2 図 基準津波定義地点

(基準津波 1)



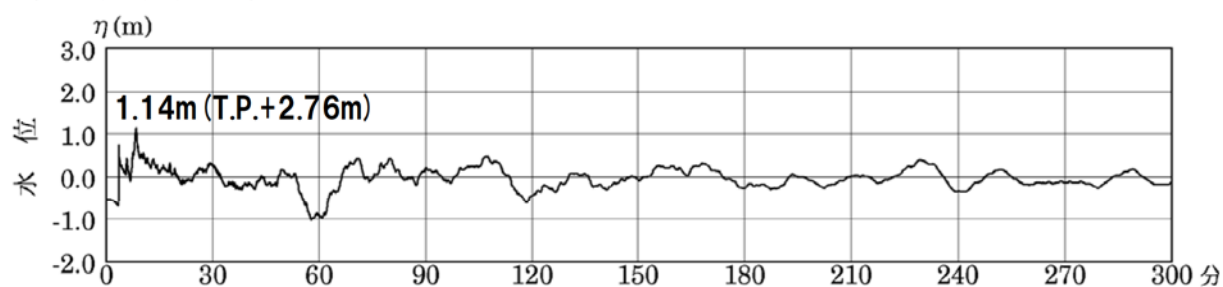
() 内の数値は朔望平均満潮位 (T. P. +1.62m) を考慮した値

(基準津波 2)



() 内の数値は朔望平均満潮位 (T. P. +1.62m) を考慮した値

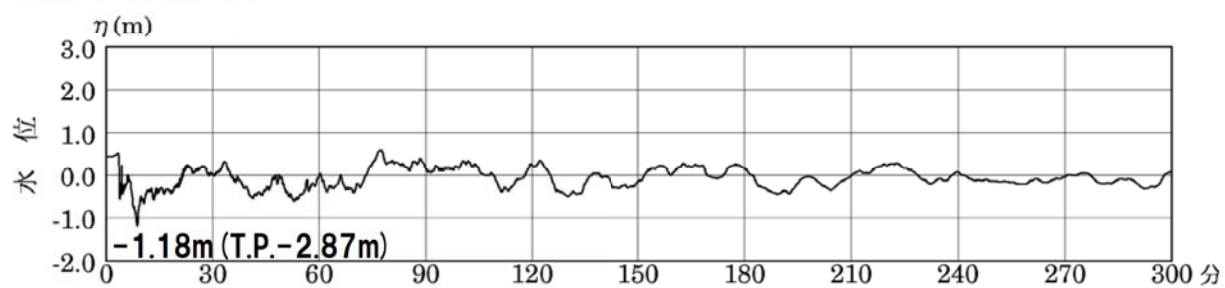
(基準津波 3)



() 内の数値は朔望平均満潮位 (T. P. +1.62m) を考慮した値

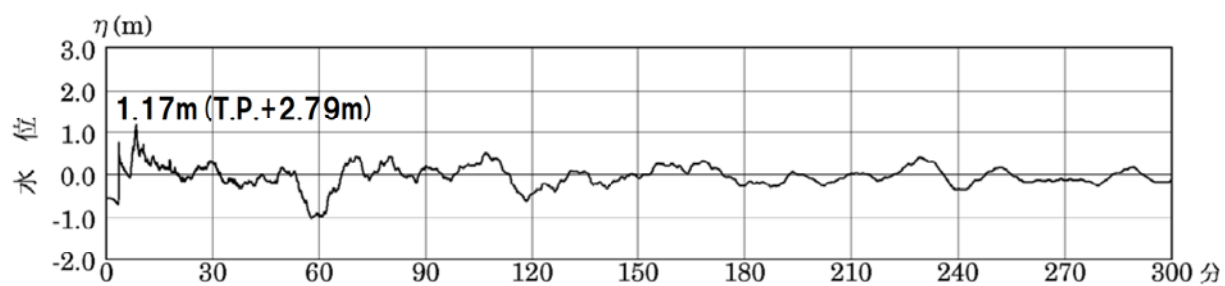
第 7.7.3(1)図 基準津波定義地点における時刻歴水位

(基準津波 4)



() 内の数値は朔望平均干潮位 (T. P. - 1.69m) を考慮した値

(基準津波 5)

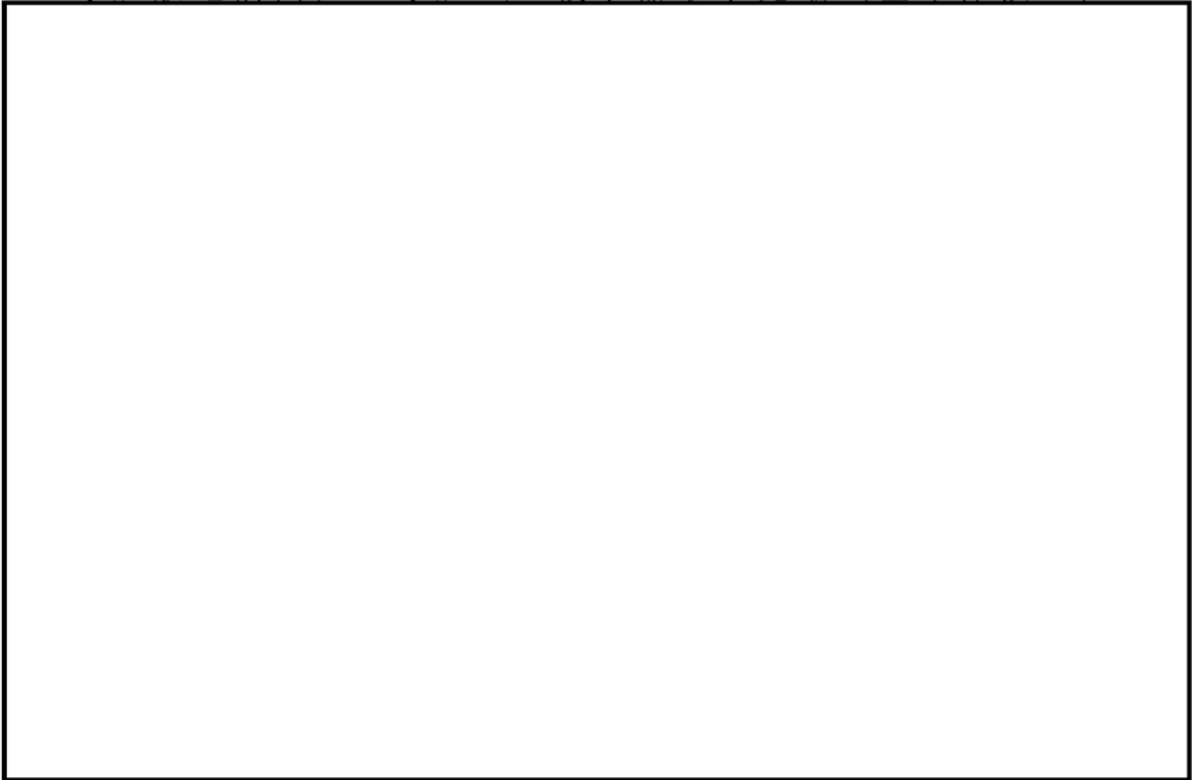


() 内の数値は朔望平均満潮位 (T. P. + 1.62m) を考慮した値

第 7.7.3(2) 図 基準津波定義地点における時刻歴水位

水位上昇側

： 3 号炉敷地前面， 3 号炉 T/B 復水器取水先端（基準津波 1）



水位上昇側

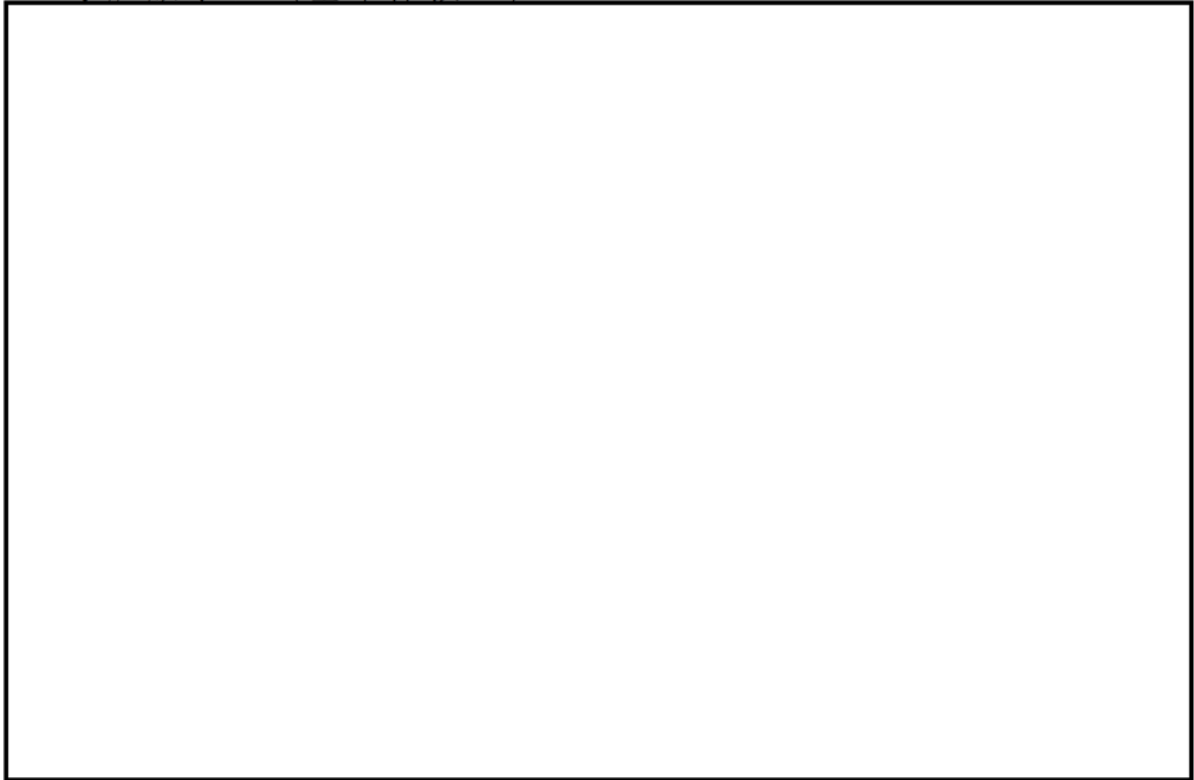
： 3 号炉海水取水口（基準津波 2）



第 7.7.4(1)図 評価地点における最大水位変動量

水位上昇側

: 3号炉放水口（基準津波3）



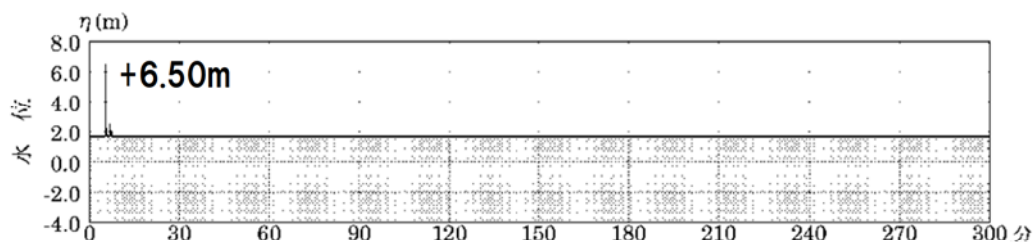
水位下降側

: 3号炉海水取水口（基準津波4）

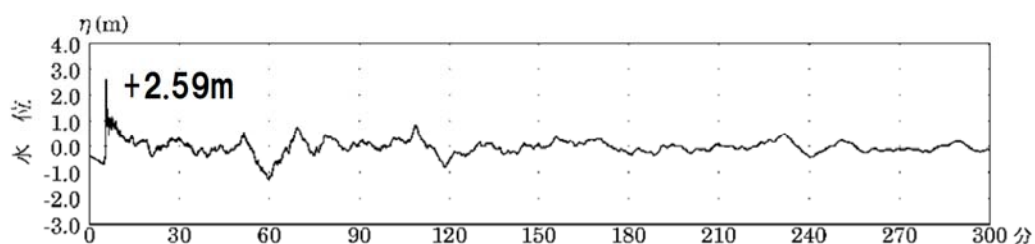


第7.7.4(2)図 評価地点における最大水位変動量

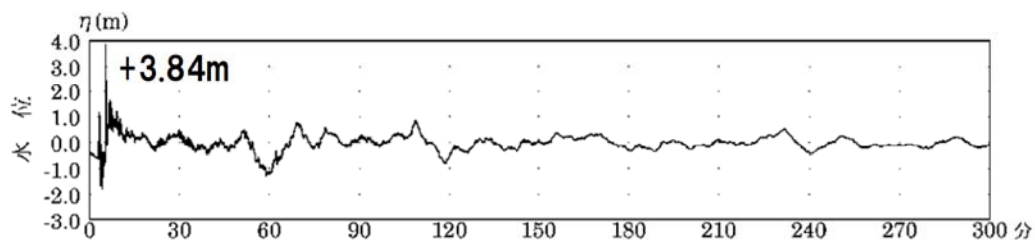
水位上昇側：3号炉敷地前面（基準津波1）



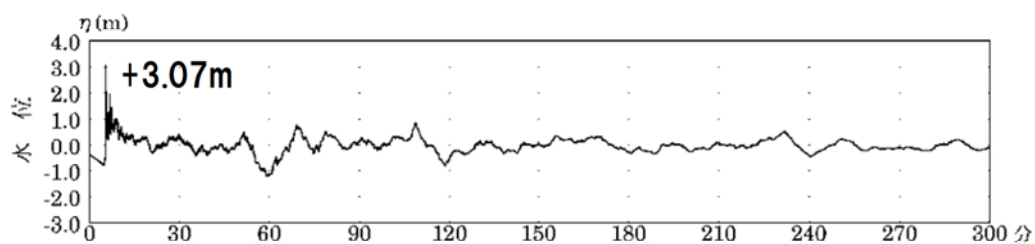
水位上昇側：3号炉 T/B 復水器取水先端（基準津波1）



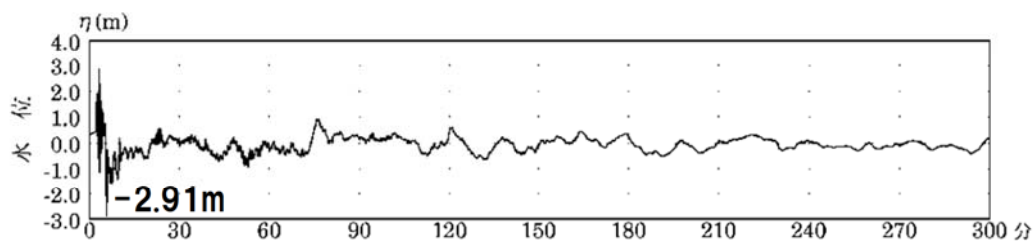
水位上昇側：3号炉海水取水口（基準津波2）



水位上昇側：3号炉放水口（基準津波3）

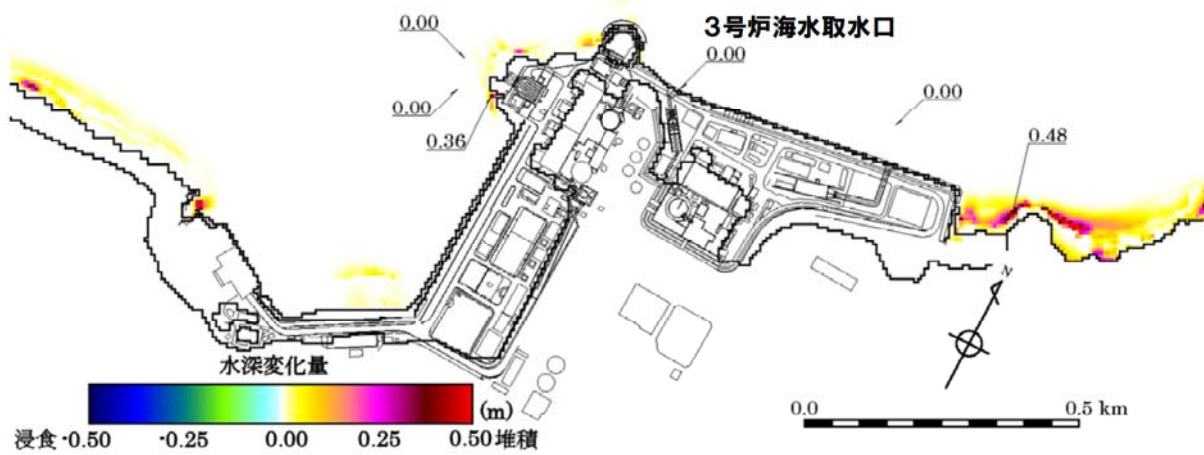


水位下降側：3号炉海水取水口（基準津波4）

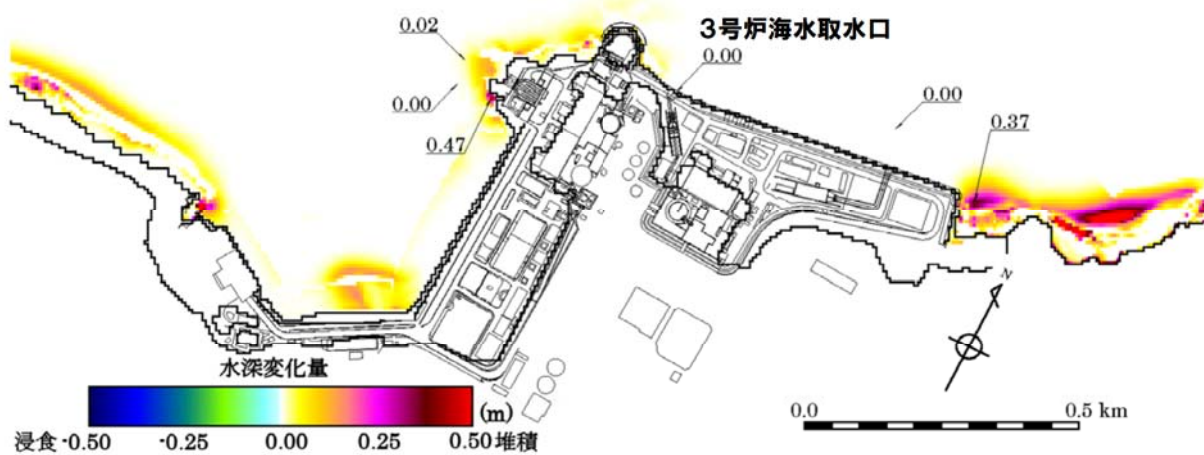


第 7.7.5 図 評価地点における時刻歴水位

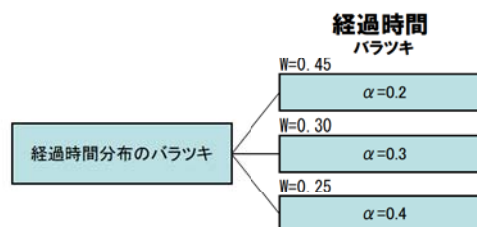
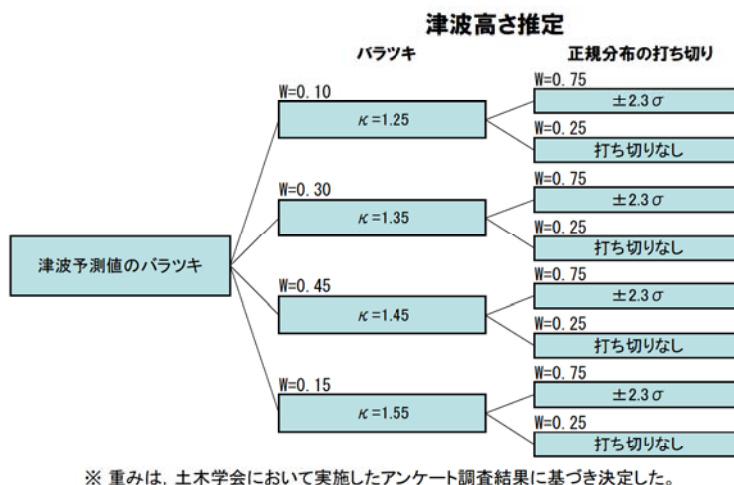
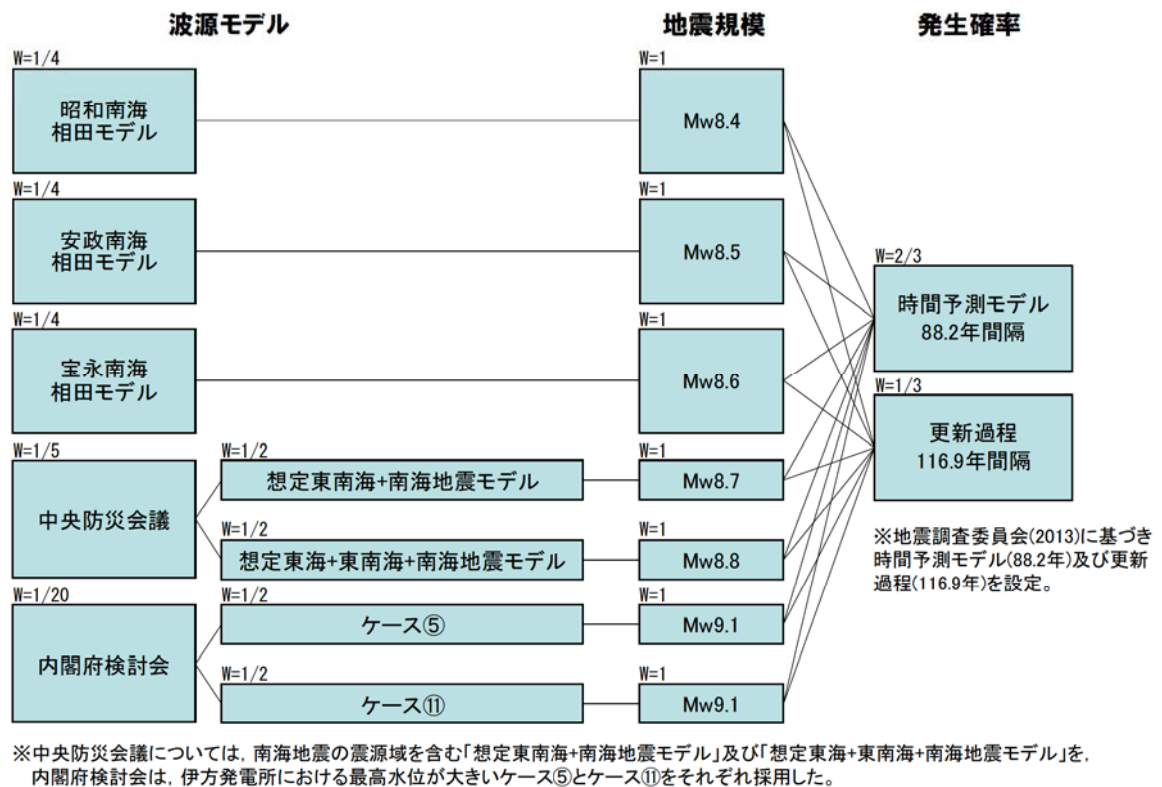
藤井ほか(1998)の手法（重畳津波4，上限浮遊砂濃度5％の場合）



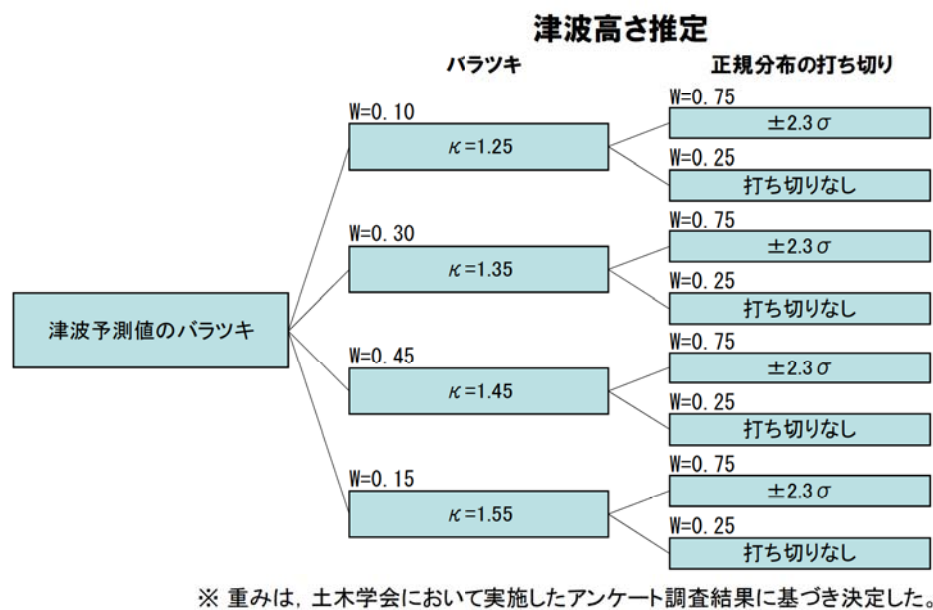
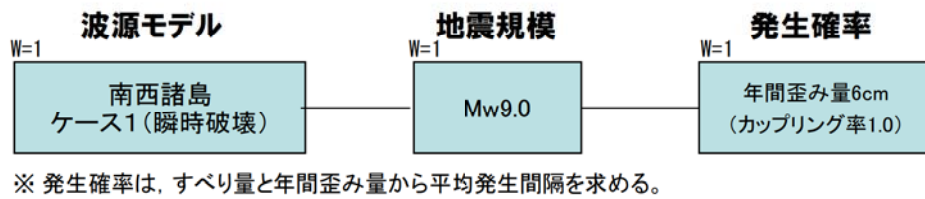
高橋ほか(1999)の手法（重畳津波4，上限浮遊砂濃度5％の場合）



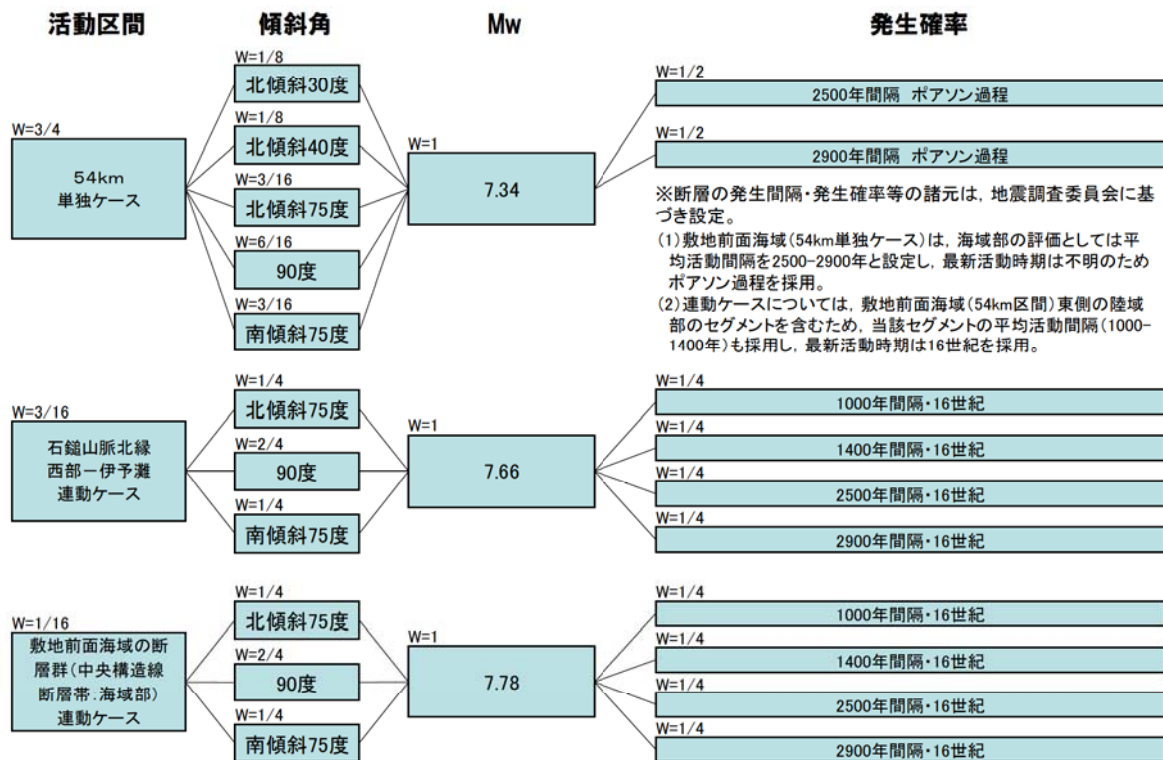
第 7.8.1 図 砂移動による最大堆積量



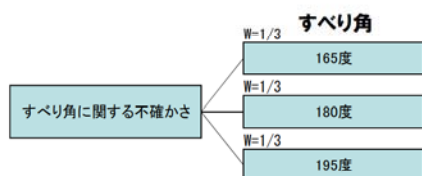
第 7.9.1(1)図 ロジックツリー（南海トラフの巨大地震に伴う津波）



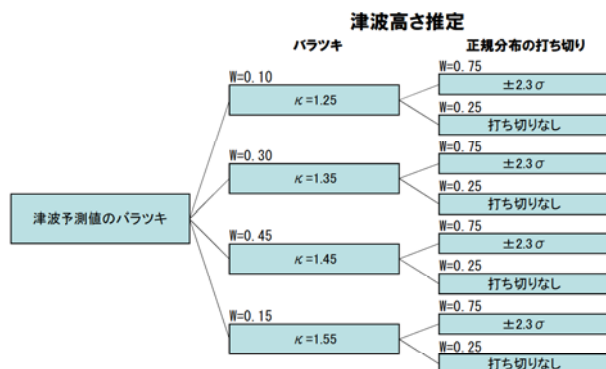
第 7.9.1(2)図 ロジックツリー（南海トラフから南西諸島までの領域を対象とした津波）



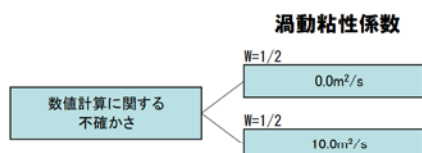
※傾斜角は確定論を参考に基準±15度とした。54km単独ケースについては、地質境界断層としての中央構造線の傾斜角も想定し北傾斜30° ~ 40° を想定した。



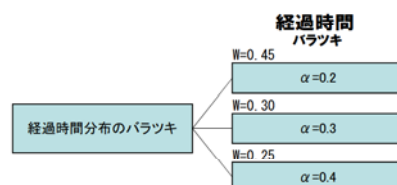
※すべり角は確定論を参考に基準±15度とした。



※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

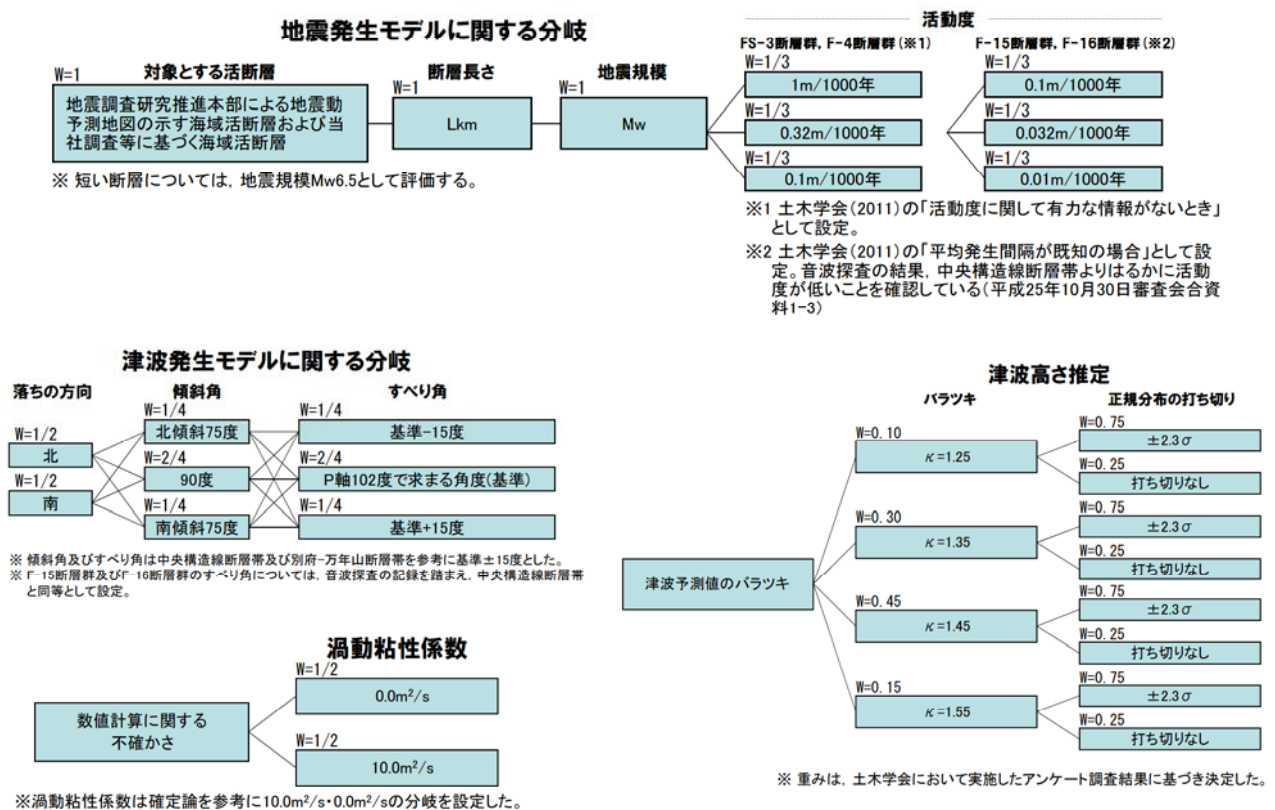


※渦動粘性係数は確定論を参考に10.0m²/s・0.0m²/sの分岐を設定した。



※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

第 7.9.1(3)図 ロジックツリー（敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯：海域部）の地震に伴う津波）



津波発生モデルに関する分岐

落ちの方向

W=1/2

北

W=1/2

南

傾斜角

W=1/4

北傾斜75度

W=2/4

90度

W=1/4

南傾斜75度

すべり角

W=1/4

基準-15度

W=2/4

P軸102度で求まる角度(基準)

W=1/4

基準+15度

※ 傾斜角及びすべり角は中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯を参考に基準±15度とした。

※ F-15断層群及びF-16断層群のすべり角については、音波探査の記録を踏まえ、中央構造線断層帯と同等として設定。

津波高さ推定

パラツキ

W=0.10

$\kappa=1.25$

W=0.30

$\kappa=1.35$

W=0.45

$\kappa=1.45$

W=0.15

$\kappa=1.55$

正規分布の打ち切り

W=0.75

±2.3σ

W=0.25

打ち切りなし

W=0.75

±2.3σ

W=0.25

打ち切りなし

W=0.75

±2.3σ

W=0.25

打ち切りなし

W=0.75

±2.3σ

W=0.25

打ち切りなし

※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

渦動粘性係数

W=1/2

0.0m²/s

W=1/2

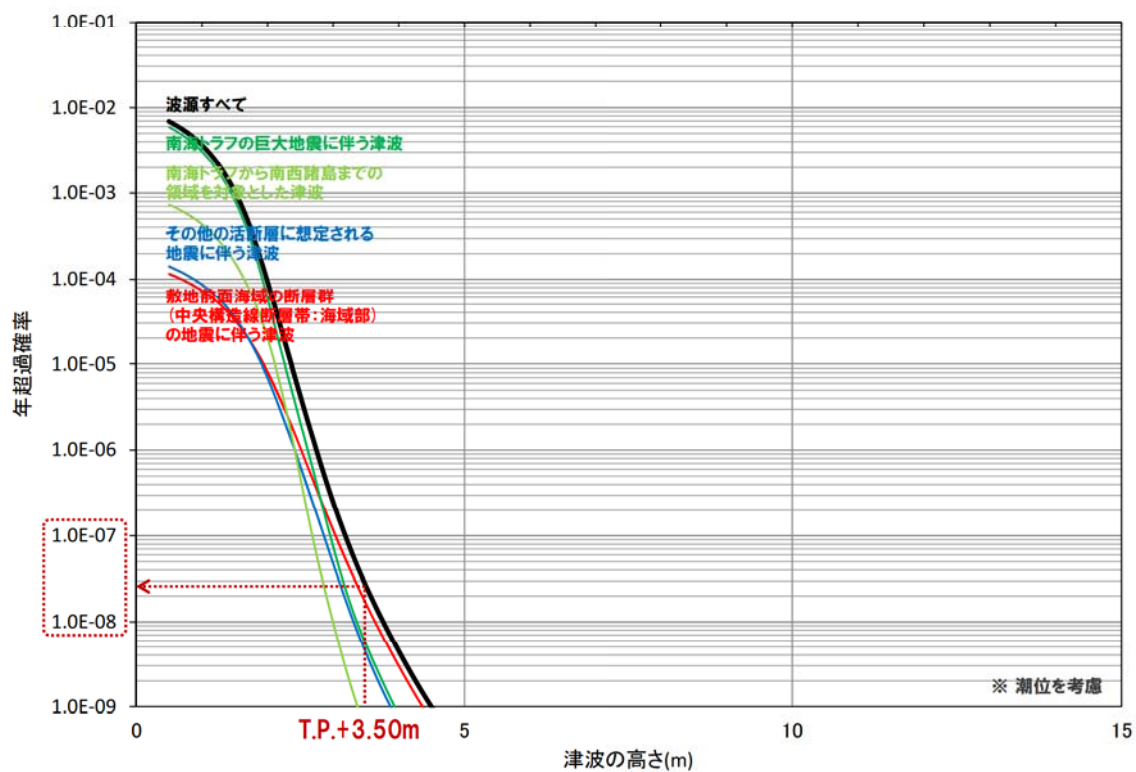
10.0m²/s

※ 渦動粘性係数は確定論を参考に10.0m²/s・0.0m²/sの分岐を設定した。

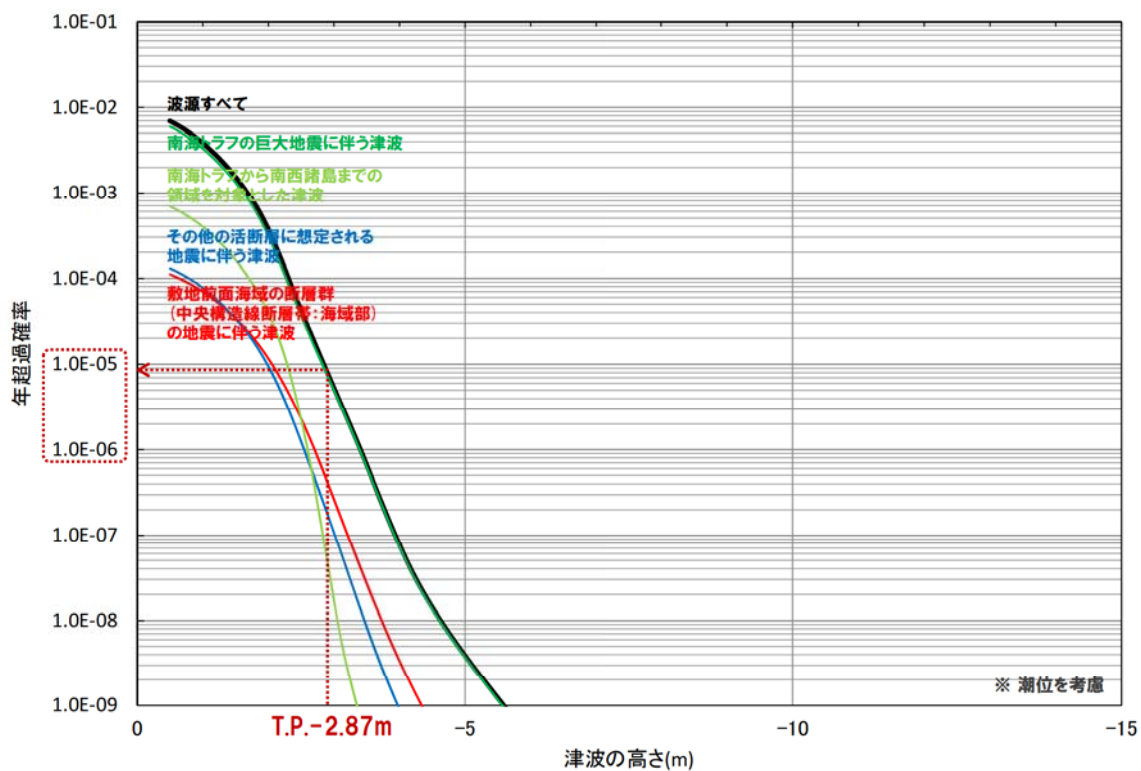
数値計算に関する不確かさ

第 7.9.1(4)図 ロジックツリー(その他の活断層に想定される地震に伴う津波)

(水位上昇側，基準津波定義地点)

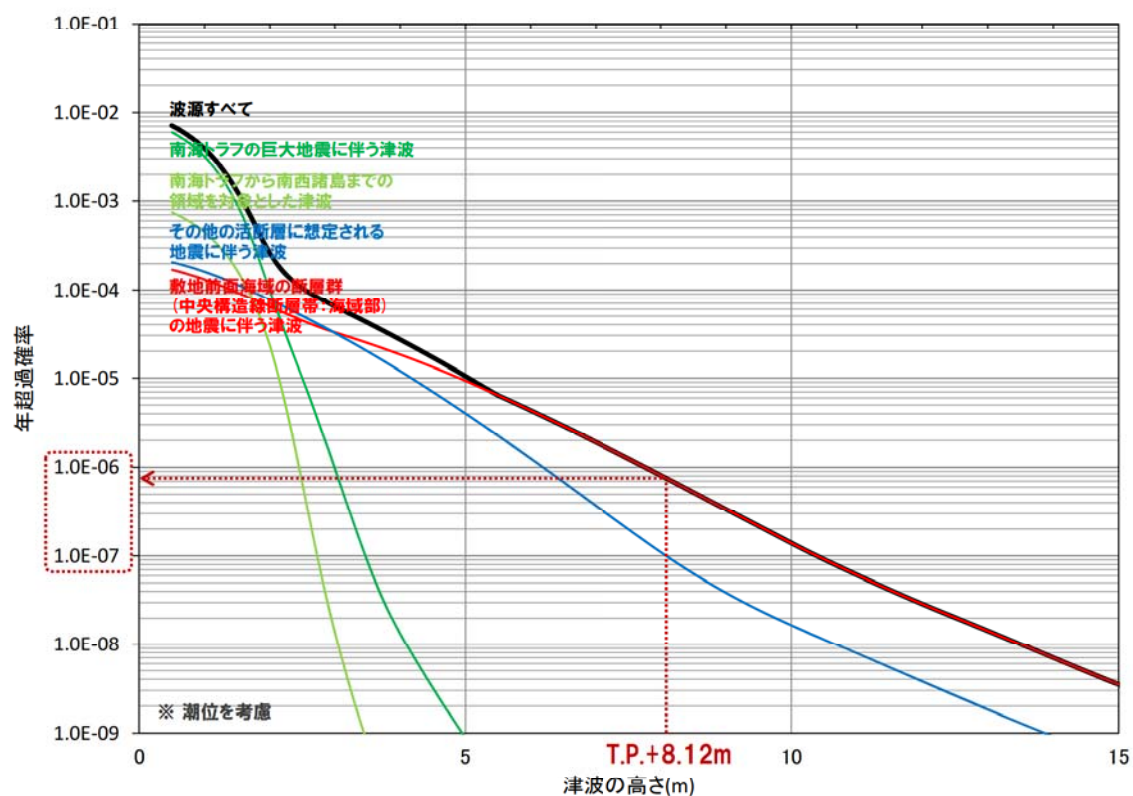


(水位下降側，基準津波定義地点)

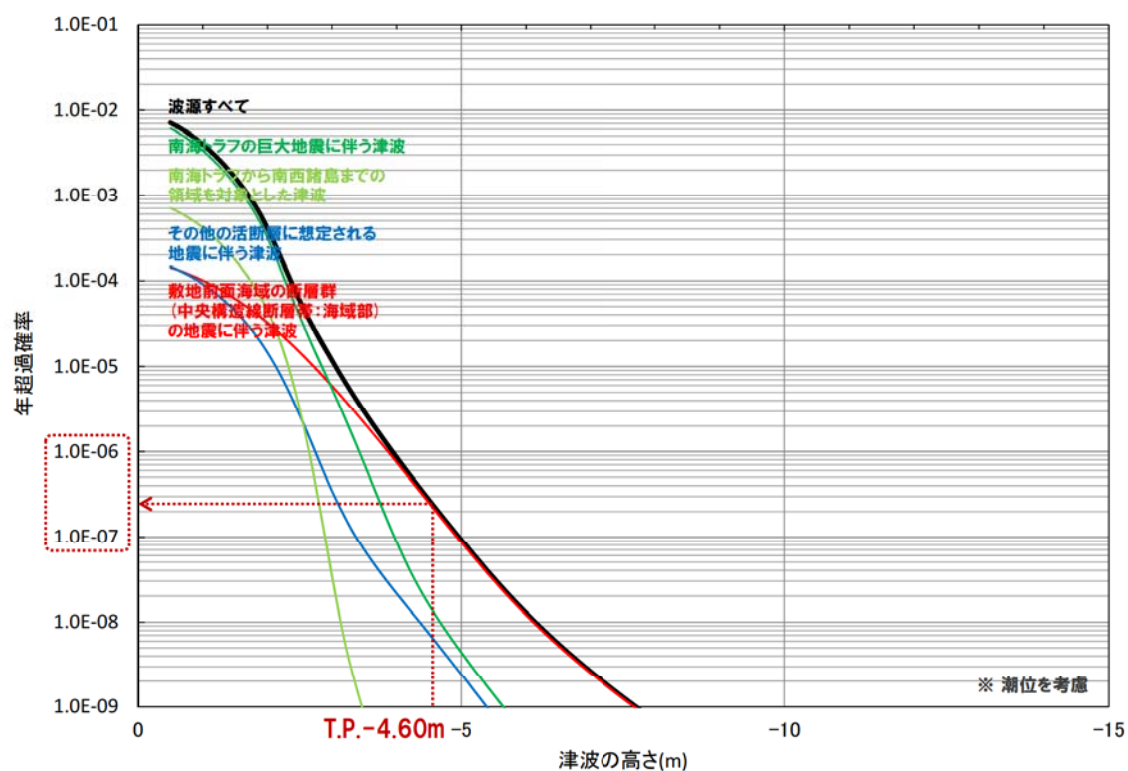


第 7.9.2(1)図 平均ハザード曲線 (基準津波定義地点)

(水位上昇側， 3 号炉敷地前面)

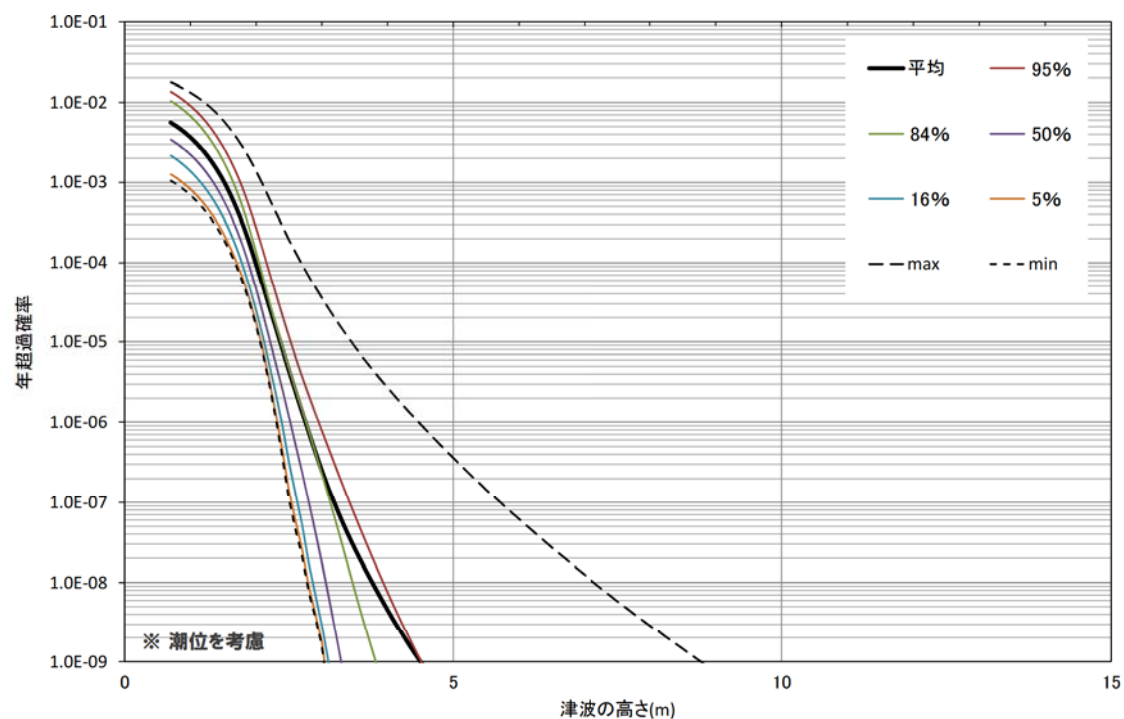


(水位下降側， 3 号炉海水取水口)

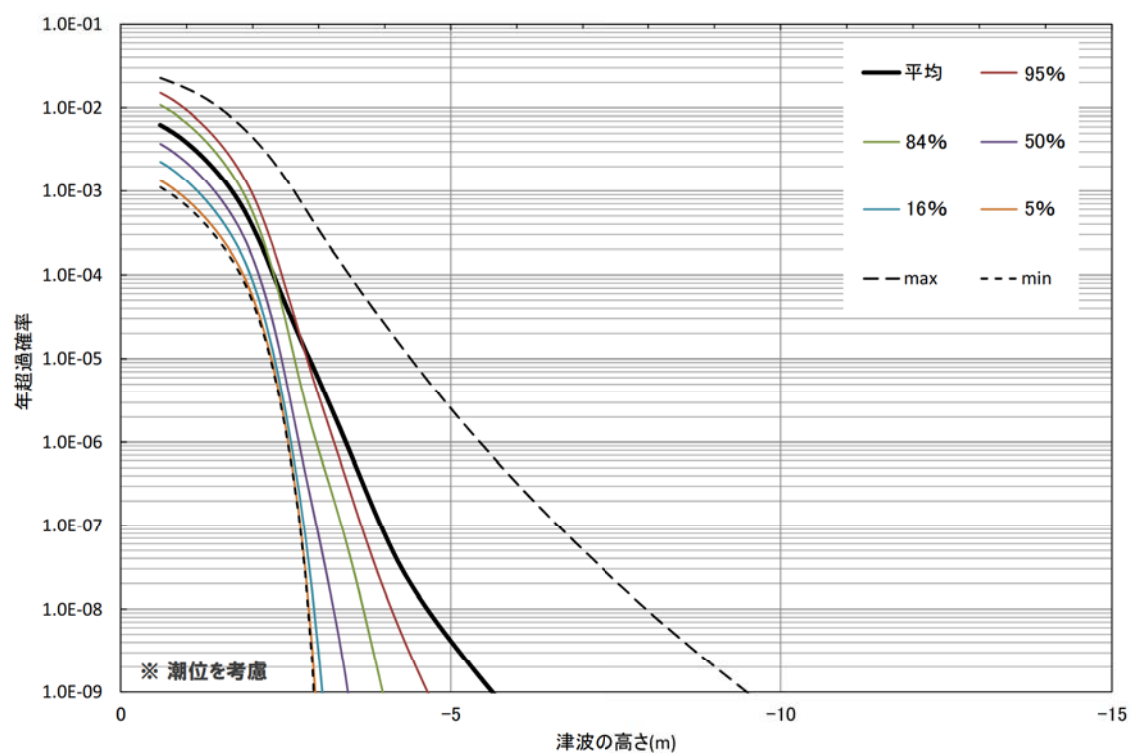


第 7.9.2(2)図 平均ハザード曲線
(3 号炉敷地前面， 3 号炉海水取水口)

(水位上昇側，基準津波定義地点)

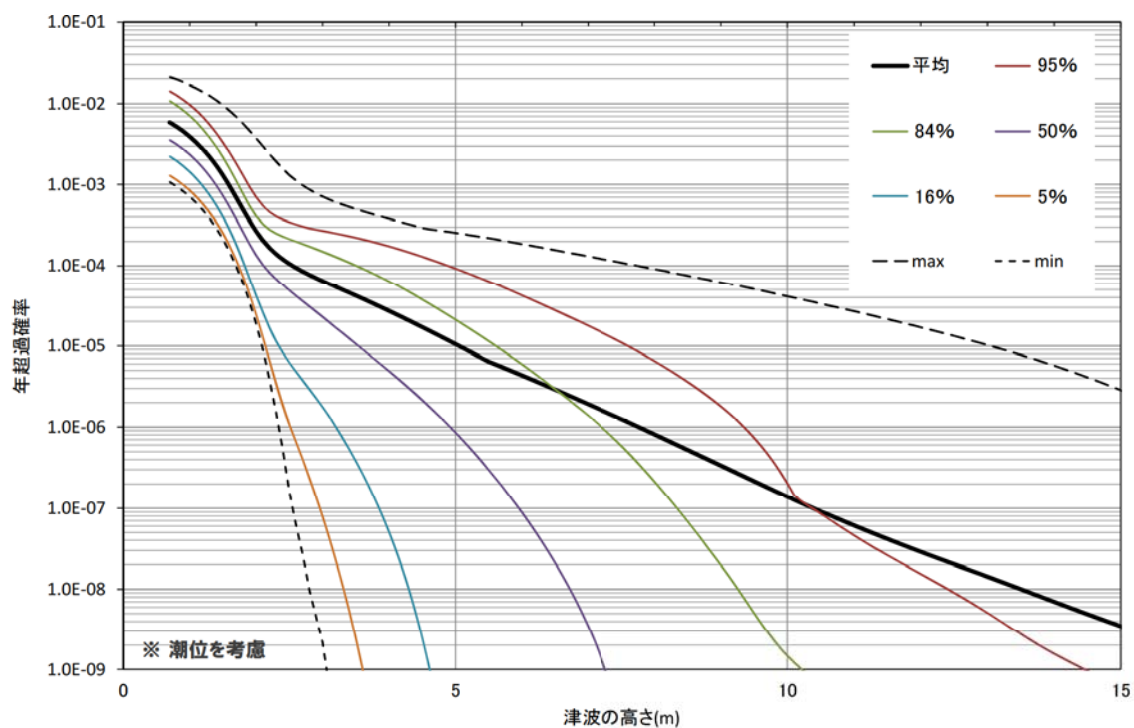


(水位下降側，基準津波定義地点)

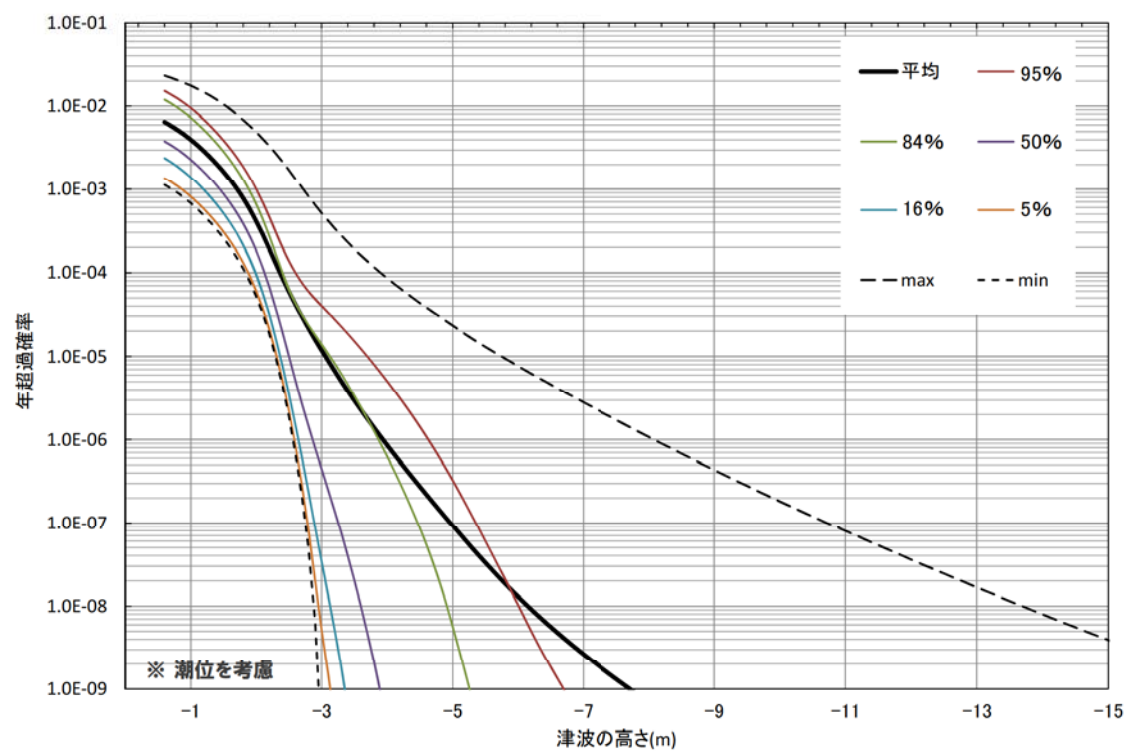


第 7.9.3(1)図 フラクタイル曲線 (基準津波定義地点)

(水位上昇側， 3 号炉敷地前面)



(水位下降側， 3 号炉海水取水口)



第 7.9.3(2)図 フラクタイル曲線
(3 号炉敷地前面， 3 号炉海水取水口)

7.10 参考文献

- (1) 「日本被害津波総覧」渡辺偉夫，東京大学出版会，1985.
- (2) 「日本被害津波総覧（第2版）」渡辺偉夫，東京大学出版会，1998.
- (3) 「最新版 日本被害地震総覧 416-2001」宇佐美龍夫，東京大学出版会，2003.
- (4) 「地震の事典[第2版]」宇津徳治ほか編集，朝倉書店，2001.
- (5) 「別府湾沿岸における慶長元年（1596年）豊後地震の津波調査」羽鳥徳太郎，地震研究所彙報，Vol.60，429-438，1985.
- (6) 「瀬戸内海・豊後水道沿岸における宝永（1707）・安政（1854）・昭和（1946）南海道津波の挙動」羽鳥徳太郎，地震2，41，215-221，1988.
- (7) 「1596年豊後地震における「かみの関」の津波被害」松岡裕也・今村文彦・都司嘉宣，津波工学研究報告，29号，225-252，2012.
- (8) 「古文書に見る大分の地震・津波」平井義人，大分県先哲史料館 史料館研究紀要，第17号，2013.
- (9) 「『玄與日記』が記す「かみの関」地点の比定（1596年豊後地震）」松崎伸一・平井義人，歴史地震，29，183-193，2014.
- (10) 「四国における歴史津波（1605 慶長・1707 宝永・1854 安政）の津波高の再検討」村上仁史・島田富美男・伊藤禎彦・山本尚明・石塚淳一，自然災害科学，15-1，39-52，1996.
- (11) 「四国沿岸域における歴史津波高評価」村上仁史・島田富美男・山本尚明・上月康則・佐藤広章，月刊 海洋，号外28，61-72，2002.
- (12) 「記録に基づく四国4県の歴史地震津波に関する被害状況」山本尚明・村上仁史・島田富美男・上月康則・佐藤広章，歴史地震，17，117-126，2001.
- (13) 「瀬戸内海の歴史南海地震津波について」山本尚明，歴史地震，19，

- 153-160, 2003.
- (14) 「理科年表 平成 25 年」国立天文台編, 丸善, 2012.
- (15) 「大分地域の地質」吉岡敏和・星住英夫・宮崎一博, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 地質調査所, 1997.
- (16) 「1596 年慶長豊後地震に伴う津波の波源推定」石辺岳男・島崎邦彦, 歴史地震, 20, 119-131, 2005.
- (17) 「地震動による海底地すべりの発生メカニズムに関する地盤工学的検討」國生剛治・堤千花・池原研, 中央大学理工学研究所年報, 第 9 号, 18-24, 2002.
- (18) 「津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し」岡村 眞・松岡裕美, 科学, 82, 182-191, 2012.
- (19) 「12-2 津波堆積物から見た南海トラフ沿いの巨大地震履歴」松岡裕美・岡村 眞, 地震予知連絡会会報, 87, 495-496, 2012.
- (20) 「愛媛県津波痕跡調査業務【報告書概要版】」愛媛県県民環境部防災局危機管理課, 1-64, 2013.
- (21) 「大分市横尾貝塚に見られるアカホヤ噴火に伴う津波堆積物」藤原治・町田 洋・塩地潤一, 第四紀研究, 49, 23-33, 2010.
- (22) 「四国北西部伊予灘沿岸域における津波堆積物調査 (速報)」後藤憲央・柳田 誠・池田倫治・辻 智大・小林修二・高橋鉄一・秋葉文雄・松島義章, 日本第四紀学会講演要旨集, 43, 114-115, 2013.
- (23) 「原子力発電所の津波評価技術」土木学会原子力土木委員会津波評価部会, 2002.
- (24) 「南海道沖の津波の数値実験」相田勇, 東京大学地震研究所彙報, 56, 713-730, 1981.
- (25) 「資料 3 中央防災会議「東南海, 南海地震等に関する専門調査会」

- (第16回) 東南海，南海地震の強震動と津波の高さ（案）」内閣府中央防災会議事務局，2003.
- (26) 「南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ」内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会，2011.
- (27) 「南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告）」内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会，2012.
- (28) 「南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）」内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会，2012.
- (29) 「愛媛県地震被害想定調査報告書」愛媛県，2013.
- (30) 「Global frequency of magnitude 9 earthquakes」McCaffrey, R., *Geology*, vol.36, 263-266, 2008.
- (31) 「Earthquake off Japan could generate strong tsunami」Hsu, S.-K. and Sibuet, J.-C., *Eos Transactions AGU*, vol.86, 169-170, 2005.
- (32) 「三陸沖の古い津波のシミュレーション」相田勇，東京大学地震研究所彙報，52，71-10，1977.
- (33) 「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査報告」東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会，中央防災会議，2011.
- (34) 「日本列島と周辺海域の地震地体構造区分」垣見俊弘・松田時彦・相田 勇・衣笠善博，地震第2輯，vol.55，389-406，2003.
- (35) 「Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake」Cisternas, M., Atwater, B. F., Torrejón, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C. P., Malik, J. K., Rizal, Y. and Husni, M., *Nature*, vol.437, 404-407, 2005.

- (36) 「カスケード沈み込み帯における巨大地震の発生履歴の研究史」佐竹健治, 地震予知連絡会会報, vol.89, 421-424, 2013.
- (37) 「Turbidite event history - methods and implications for Holocene paleoseismicity of the Cascadia subduction zone」Goldfinger, C., Nelson, C. H., Morey, A. E., Johnson, J. E., Patton, J. R., Karabanov, E., Gutiérrez-Pastor, J., Eriksson, A. T., Gràcia, E., Dunhill, G., Enkin, R. J., Dallimore, A., and Vallier, T., USGS Professional Paper, 1661-F., 2012.
- (38) 「Multi-segment earthquakes and tsunami potential of the Aleutian megathrust」Shennan, I., Bruhn, R. and Plafker, G., Quaternary Science Reviews, vol.28, 7-13, 2009.
- (39) 「History of earthquakes and tsunamis along the eastern Aleutian-Alaska megathrust, with implications for tsunami hazards in the California Continental Borderland」Ryan, H. F., von Huene, R., Wells, R. E., Scholl, D. W., Kirby, S. and Draut, A. E., USGS Professional Paper, 1795-A., 2012.
- (40) 「A millennial-scale record of Holocene tsunamis on the Kronotskiy Bay coast, Kamchatka, Russia」Pinegina, T. K., Bourgeois, J., Bazanova, L. I., Melekestsev, I. V. and Braitseva, O. A., Quaternary Research, vol.59, 36-47, 2003.
- (41) 「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）について」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2011.
- (42) 「インド洋における過去の巨大地震・津波」藤野滋弘, 地震予知連絡会会報, vol.89, 429-431, 2013.
- (43) 「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」地震調査研究推進

本部地震調査委員会，2013.

- (44) 「津波堆積物から見た南海トラフ沿いの巨大地震履歴」 松岡裕美・岡村 眞，地震予知連絡会会報，vol.87，495-496，2012.
- (45) 「地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波（東海地域の例）」 藤原 治，GSJ 地質ニュース，vol. 2，197-200，2013.
- (46) 「地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波（南海地域の例）」 宍倉正展，GSJ 地質ニュース，vol. 2，201-204，2013.
- (47) 「南海トラフ三連動型地震・M9 はあり得るか？」 瀬野徹三，GSJ 地質ニュース，vol. 2，212-214，2013.
- (48) 「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価」 地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004.
- (49) 「Localized tsunamigenic earthquakes inferred from preferential distribution of coastal boulders on the Ryukyu Islands, Japan」 Goto, K., Miyagi, K. and Imamura, F., *Geology*, vol.41, 1139-1142, 2013.
- (50) 「On the mechanism of seismic decoupling and back arc spreading in subduction zones」 Scholz, C. H. and Campos, J., *Journal of Geophysical Research*, vol.100, 22103-22115, 1995.
- (51) 「The seismic coupling of subduction zones revisited」 Scholz, C. H. and Campos, J., *Journal of Geophysical Research*, vol.117, B05310, 2012.
- (52) 「測地データから推定された環太平洋地域のプレート間カップリング」 西村卓也，地震予知連絡会会報，vol.89，453-455，2013.
- (53) 「Geodetic imaging of plate motions, slip rates, and partitioning of deformation in Japan」 Loveless, J. P. and Meade,

- B. J., *Journal of Geophysical Research*, vol.115, B02410, 2010.
- (54) 「Present-day tectonics in four active island arcs based on GPS observations and forearc stress fields」 Kato, T. and Kubo, A., *Geophysical Monograph Series*, vol.116, 31-42, 2006.
- (55) 「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト 東海・東南海・南海地震の連動性評価のための調査観測・研究（平成 20～24 年度）成果報告書」文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構, 2013.
- (56) 「南西諸島の地震活動と巨大津波発生可能性」中村 衛, *科学*, vol.82, 201-207, 2012.
- (57) 「Interplate coupling in the Ryukyu Trench: possibility of large interplate earthquakes and mega-tsunamis」 Nakamura, M., Shieh, C.-L., Koizumi, N. and Matsumoto, N. eds. *Proceedings of the 10th Taiwan-Japan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction*, GSJ Openfile Report, no.574, 19-28, 2013.
- (58) 「プレート・テクトニクス」上田誠也, 岩波書店, 1989.
- (59) 「Back arc extension: which driving mechanism? *Journal of the Virtual Explorer*」 Mantovani, E., Viti, M., Babbucci, D., Tamburelli, C. and Albarello, D., vol. 3, 17-45, 2001.
- (60) 「Back-arc opening and the mode of subduction」 Uyeda, S. and Kanamori, H. , *Journal of Geophysical Research*, vol.84, 1049-1061, 1979.
- (61) 「Controls on tectonic accretion versus erosion in subduction zones: implications for the origin and recycling of the

- continental crust」 Clift, P. and Vannucchi, P., Review of Geophysics, vol.42, RG2001, 2004.
- (62) 「Do trench sediments affect great earthquake occurrence in subduction zones? 」 Ruff, L. J. , Pure and Applied Geophysics, vol.129, 263-282, 1989.
- (63) 「Back-arc extension in the Andaman Sea: Tectonic and magmatic processes imaged by high-precision teleseismic double-difference earthquake relocation」 Diehl, T., Waldhauser, F., Cochran, J. R., Kamesh Raju, K. A., Seeber, L., Schaff, D. and Engdahl, E. R., Journal of Geophysical Research: Solid Earth, vol.118, 1-19, 2013.
- (64) 「A rigid block rotation model for the GPS derived velocity field along the Ryukyu arc」 Nishimura, S. Hashimoto, M. and Ando, M., Physics of the Earth and Planetary Interiors, vol.142, 185-203, 2004.
- (65) 「Why the Philippine Sea plate moves as it does」 Seno, T., Journal of Geological Society of the Philippines, vol.55, 105-117, 2000.
- (66) 「九州-琉球列島における稍深発地震とテクトニクス」 長宗留男, 地震第2輯, vol.40, 417-423, 1987.
- (67) 「NOAA National Geophysical Data Center: Age of Oceanic Lithosphere (m.y.)」,
http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/ocean_age/data/2008/ngdcgenerated_images/whole_world/2008_age_of_oceans_plates.pdf
- (68) 「トカラ列島における中期更新世の酸性海底火山活動」 横瀬久芳・

- 佐藤 創・藤本悠太・Mirabueno, M. H. T.・小林哲夫・秋元和実・吉村 浩・森井康宏・山脇信博・石井輝秋・本座栄一, 地学雑誌, vol.119, 46-68, 2010.
- (69) 「琉球列島(南西諸島)の構造区分」小西健二, 地質学雑誌, vol. 71, 437-457, 1965.
- (70) 「『活断層の長期評価手法』報告書」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2010.
- (71) 「日本列島における地殻内地震のスケーリング則」武村雅之, 地震, 2, 51, 211-228, 1998.
- (72) 「大分県津波浸水予測調査報告書」大分県, 2013.
- (73) 「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価(一部改訂)について」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2011.
- (74) 「長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用」壇一男・具典淑・入江紀嘉・アルズベ・イサマン・石井やよい, 日本建築学会構造系論文集, 第 670 号, 2041-2050, 2011.
- (75) 「マグニチュード 9 クラスのプレート境界地震による強震動予測のための断層モデルの設定方法-南海トラフ巨大地震への適用と東海地方における強震動の試算例-」, 壇一男, 石井やよい, 宮腰淳一, 高橋広人, 護雅史, 福和伸夫, 日本建築学会構造系論文集, 78, 692, 1685-1694, 2013.
- (76) 「内陸地殻内の長大断層で発生する地震に関するスケーリング則」, 松島信一, 室谷智子, 吾妻崇, 入倉孝次郎, 北川貞之, 北海道大学地球物理学研究報告, 73, 117-127, 2010.
- (77) 「日本活火山総覧(第 3 版)」気象庁編, 気象業務支援センター, 2005.

- (78) 「Parallel adaptive numerical simulation of dry avalanches over natural tephra」, A.K.Patra, A.C.Bauer, C.C.Nichita, E.B.Pitman, M.F.Sheridan, M.Bursik, B.Rupp, A.Webber, A.J.Stinton, L.M.Namikawa, C.S.Renschler, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 139, 1-21, 2005.
- (79) 「土砂突入による津波発生機構に関する基礎検討」, 今村文彦・後藤大地・嶋原良典・喜多村雄一・松原隆之・高岡一章・伴一彦, 海岸工学論文集, 48, 321-325, 2001.
- (80) 「 Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera, Japan」, Fukushima Maeno and Fumihiko Imamura, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 34, L23303, 2007.
- (81) 「1741 年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた」, 佐竹健治・加藤幸弘, 月刊海洋, 号外 No. 28, 2002.
- (82) 「豊後水道南方海底地質図及び同説明書(20 万分の 1)」岡村行信, 地質調査所, 1998.
- (83) 「地すべり地形分布図 第 32 集 「松山・宇和島」」防災科学技術研究所, 防災科学技術研究所研究資料, 第 308 号, 2007.
- (84) 「地震地すべり」日本地すべり学会, 2012.
- (85) 「四国島における大規模崩壊地形の分布と地域特性」寺戸恒夫, 地質学論集, 28, 221-232, 1986.
- (86) 「土佐有間山の崩壊」岡崎好伸, 新砂防, 39, 32-35, 1986.
- (87) 「地すべり地形分布図データベース」防災科学技術研究所, 2013, <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>, 防災科学技術研究所ホームページ.

- (88) 「水理公式集（平成 11 年版）」土木学会水理委員会水理公式集改訂小委員会編，1999.
- (89) 「火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）」電力土木技術協会，1995.
- (90) 「発電水力演習」千秋信一，学献社，1967.
- (91) 「津波による海底地形変化に関する研究」藤井直樹・大森政則・高尾 誠・金山 進・大谷英夫，海岸工学論文集，vol.45，376-380，1998.
- (92) 「掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発」高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔，海岸工学論文集，vol.46，606-610，1999.
- (93) 「津波による砂移動に関する研究」小林昭男・織田幸伸・東江隆夫・高尾 誠・藤井直樹，海岸工学論文集，vol.43，691-695，1996.
- (94) 「津波による海底地形変化評価モデルの現地適用性に関する研究」藤田尚毅・稲垣和男・藤井直樹・高尾誠・金戸俊道，海洋開発論文集，vol.26，213-218，2010.
- (95) 「津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験」高橋智幸・黒川貴博・藤田将孝・島田広昭，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.67，231-235，2011.
- (96) 「日本原子力学会標準 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2011」日本原子力学会，2012.
- (97) 「確率論的津波ハザード解析の方法」土木学会原子力土木委員会津波評価部会，2011.
- (98) 「The displacement fields of inclined faults」, Mansinha, L. and

- Smylie, D. E. , Bulletin of the Seismological Society of America,
Vol. 61, 5, 1971.
- (99) 「GIS を利用した津波遡上計算と被害推定」, 小谷美佐・今村文彦・
首藤伸夫, 海岸工学論文集, 45, 356-360, 1998.
- (100) 「津波の数値実験における格子間隔と時間積分間隔に関する研究」
長谷川賢一・鈴木孝夫・稲垣和男・首藤伸夫, 土木学会論文集, 381,
II-7, 1987.
- (101) 「TITAN2D User Guide」 Geophysical Mass Flow Group (GMFG), ,
University at Buffalo, 2005.
- (102) 「すべりに伴う物質の移動と変形第 7 回 大規模地すべり」 千木
良雅弘, 日本地すべり学会誌 Vol. 42, No. 1, 2005.
- (103) 「土石流による津波発生・伝播モデルの開発」 松本智裕・橋和正・
今村文彦・首藤伸夫, 海岸工学論文集, 45, 346-350, 1998.
- (104) 「Model of Tsunami Generation by Collapse of Volcanic
Eruption: The 1741 Oshima-Oshima Tsunami」 K. Kawamata, K.
Takaoka, K. Ban, F. Imamura, S. Yamaki, E. Kobayashi, 2005.
- (105) 「ロジックツリーの重みのアンケート結果(平成 20 年度)」, 土木
学会原子力土木委員会,
[http://committees.jsce.or.jp/ceofnp/system/files/Questionar
e_RT_PTHA_20141009_0.pdf](http://committees.jsce.or.jp/ceofnp/system/files/Questionnaire_RT_PTHA_20141009_0.pdf)
- (106) 「日向灘及び南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価 (第二版)」
地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2022

8. 火 山

8.1 検討の基本方針

敷地周辺の火山の活動履歴、噴出物の分布等に関する文献調査、地形調査、地質調査、地球物理学的調査等の結果に基づき、まず立地評価として原子力発電所の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が及ぶ可能性の評価を行い、次に影響評価として原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象について検討を行う。

原子力発電所が設計対応不可能な火山事象は、「火砕物密度流」、「溶岩流」、「岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊」、「新しい火口の開口」、「地殻変動」の5事象である。また、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象は、これら5事象に「降下火砕物」、「火山性土石流、火山泥流及び洪水」、「火山から発生する飛来物（噴石）」、「火山ガス」、「津波及び静振」、「大気現象」、「火山性地震とこれに関連する事象」、「熱水系及び地下水の異常」を加えた13事象である。

なお、火山事象の検討にあたっては、地理的領域である敷地から半径160km内の第四紀火山（258万年前から現在までの期間に活動が認められる火山）について検討を行った。また、降下火砕物については、広域テフラの到達範囲も考慮し、地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

8.2 調査・検討内容

8.2.1 既往文献調査

地理的領域内の火山に関して、工業技術院地質調査所（以下「地質調査所」という。）あるいは産業技術総合研究所地質調査総合セ

ンター（以下「地質調査総合センター」という。）による文献として、20 万分の 1 地質図幅「山口及び見島^{みしま}」（松浦ほか，2007），「中津^{なかつ}」（石塚ほか，2009），「大分」（対馬・小野，1958），「延岡^{のべおか}」（寺岡ほか，1981），「小串^{こぐし}」（尾崎ほか，2006），「福岡」（久保ほか，1993），「熊本」（星住ほか，2004），「八代及び野母崎^{やつしろ のもぎき}の一部」（斎藤ほか，2010），50 万分の 1 地質図幅「福岡（第 3 版）」（広川ほか，1976），「鹿児島（第 2 版）」（今井ほか，1980），「100 万分の 1 日本地質図第 3 版」（地質調査総合センター，2003），200 万分の 1 地質編集図「日本の火山（第 3 版）」（中野ほか編，2013），「日本の火山」（地質調査総合センター，2014），「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」（西来ほか編，2012）などがある。

また、その他の機関による主な文献としては、「日本の第四紀火山カタログ」（第四紀火山カタログ委員会編，1999），「日本活火山総覧（第 4 版）」（気象庁編，2013），「海域火山データベース」（海上保安庁海洋情報部，2015），「新編 火山灰アトラス」（町田・新井，2011），「日本第四紀地図」（日本第四紀学会編，1987）などがある。

これらの文献により，主に地理的領域内における第四紀火山，火山噴出物の種類，分布，地形，規模，活動間隔等を把握した。

8.2.2 地形調査・地質調査

火山の活動履歴や降下火砕物の分布等を把握するために，地形調査，地質調査等を実施した。

地形調査は，主に国土地理院で撮影された縮尺 2 万分の 1，必要に応じて 4 万分の 1 の空中写真及び同院発行の 2 万 5 千分の 1

の地形図を使用して地形判読を実施し、火山地形を把握した。

地質調査は、四国に分布する第四紀層の地表踏査、ボーリング調査等を実施し、採取したテフラの分析等によって降下火砕物の給源、厚さ、年代等を把握した。

8.2.3 地球物理学的調査

火山の活動性等を把握するために、地震波速度構造、地震活動、地殻変動、地温勾配及び地殻熱流量等に関する調査・検討を実施し、マグマ溜まりの規模や位置に関連する地下構造等について分析した。

8.3 調査・検討結果

8.3.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

地理的領域内における第四紀火山及び第四紀火山岩類の分布を第 8.3.1 図に示す。敷地は、四国北西部に細長く延びる^{さだみさき}佐田岬半島の付け根付近の瀬戸内海側に位置する。山口県の内陸部から大分県の^{くにさき}国東半島、別府湾沿岸へと連なる火山フロントはフィリピン海プレートの沈み込みと対応して発生する深発地震面の深さ約 120km の等深度線と対応している（鎌田ほか，1988）。敷地は火山フロントから南東に大きく離れており、敷地を中心とする半径 50km 内に第四紀火山や第四紀火山岩類は分布しない。

「日本の火山（第 3 版）」（中野ほか編，2013）に約 260 万年前から現在までに活動した第四紀火山が収録されており、地理的領域内に 42 の第四紀火山が分布する（第 8.3.1 表）。これらのうち完新世に活動を行った火山は、敷地との距離が近いものから、

鶴見岳^{つるみだけ} (85km), 由布岳^{ゆふだけ} (89km), 九重山^{くじゅうさん} (108km), 阿蘇^{あそ} (130km), 阿武火山群^{あぶ} (130km) であり, 「日本活火山総覧 (第 4 版)」(気象庁編, 2013)において活火山と定義されている。これらの 5 火山は原子力発電所に影響を及ぼし得る火山であり, 発電所運用期間中の活動の可能性を考慮する。

また, 将来の活動可能性の有無については, 文献調査結果を基に, 当該火山の第四紀の噴火時期, 噴火規模, 活動の休止期間を示す階段ダイアグラムを作成し, 評価を行った。完新世に活動を行っていない火山のうち, 姫島^{ひめしま} (65km), 高平火山群^{たかひら} (89km) は活火山ではないものの, 火山活動が終息する傾向が明確ではなく, 将来の火山活動可能性が否定できないため, 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する (第 8.3.2 表)。一方, 残りの 35 火山はいずれも活動年代が古く, 最新活動からの経過期間が過去の最大休止期間より長い等より, 将来の火山活動可能性は無いと評価する。

8.3.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

8.3.2.1 鶴見岳

鶴見岳は大分県の別府湾西岸に位置する標高 1,375m の安山岩やデイサイトを主とする成層火山であり, 約 9 万年前以前から活動を開始し, 現在も噴気活動が認められる (地質調査総合センター, 2014)。南北 5 km にわたり連なる溶岩ドームの最南端に位置する鶴見岳は厚い溶岩流の累積からなり, 北端の伽藍岳^{がらんだけ}には強い噴気活動がある (気象庁編, 2013)。完新世で最大規模の噴火は 10.6~7.3ka の鶴見岳山頂溶岩噴火で噴出量は

0.15km³とされている（地質調査総合センター，2014）。

鶴見岳では，29～7.3ka の間に溶岩の噴出を伴う噴火が繰り返し発生しており，7.3ka 以降は溶岩の噴出を伴わない比較的小規模な噴火が主体であったと推定されている（藤沢ほか，2002）。鶴見岳を起源とする幾つかの火山灰の体積はいずれも10⁶m³ (0.001km³) のオーダー以下と推定されており（藤沢ほか，2002），鶴見岳山頂溶岩噴火は溶岩主体の噴火と推定される。また，鶴見岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず（町田・新井，2011；星住ほか，1988），発電所に影響を及ぼす可能性はない。

完新世以前の噴火規模についての報告はなく，完新世で最大規模の噴火である鶴見岳山頂溶岩噴火は敷地に影響を及ぼす可能性のない溶岩主体の噴火である。

なお，高平火山群は鶴見岳の下位に位置する古い火山群であり，少なくとも約9万年前以降は鶴見岳が活動している。したがって，その活動は鶴見岳に包含されているものと評価する。

8.3.2.2 由布岳

由布岳は大分県の鶴見岳西方に位置する標高 1,583m の安山岩やデイサイトを主とする成層火山であり，約9万年前より古い時代から活動を開始し，最新噴火は2,000～1,900年前とされている（地質調査総合センター，2014）。由布岳は数個の溶岩ドーム及び山頂溶岩からなり，約2千年前に規模の大きな噴火活動（2ka 噴火）が発生したが，その後有史から現在に至るまで噴火活動は起きていない（気象庁編，2013）。完新世以前の噴火

規模についての報告はなく、完新世で最大規模の噴火は 2 ka 噴火で噴出量は 0.207km^3 とされている（地質調査総合センター，2014）。

由布岳の山麓には 2 ka 噴火に伴う火砕流堆積物が分布するが（藤沢ほか，2001），由布岳を起源とする大規模火砕流は知られておらず（町田・新井，2011），発電所に影響を及ぼす可能性はない。また，2 ka 噴火に伴う由布岳 1 火山灰は厚さ数 cm で別府湾に降下・堆積しており（梅田ほか，1996），その体積は 0.05km^3 とされている（須藤ほか，2007）。

8.3.2.3 九重山

九重山は由布岳と阿蘇山の間の大分県西部に東西 15km にわたって分布する 20 以上の火山の集合であり，最高峰は中岳（標高 1,791m）である（気象庁編，2013）。約 20 万年前以降に活動し，最新噴火は 1996 年である（地質調査総合センター，2014）。火山の多くは急峻な溶岩ドームで山体の周囲を主に火砕流からなる緩傾斜の裾野がとりまき，1995 年の噴火を発生した星生山^{ほっしょうざん}には活発な硫気孔群がある（気象庁編，2013）。

九重山を起源とする比較的規模の大きな火砕流として，150～140ka に噴出したと推定される宮城火砕流^{みやぎ}，約 110ka に噴出したと推定される下坂田火砕流^{しもさかた}，約 80～70ka に噴出したと推定される飯田火砕流^{はんだ}があり，より小規模な火砕流（ブロック・アンド・アッシュ・フロー）や小規模な水蒸気爆発も知られている（鎌田，2006）。3 つの比較的規模の大きな火砕流のうち最も新しい飯田火砕流が最大規模とされ（熊原・長岡，2002），その

堆積物は大分県から熊本県にかけての地域に分布し、最大層厚約 200m、推定分布面積約 150km²、推定体積は約 5 km³と見積もられている（鎌田，1997）。これらの火砕流堆積物の分布は九州内陸部に限られ（鎌田，1997）、発電所に影響を及ぼす可能性はない。飯田火砕流堆積物は広域テフラの九重第一軽石と対応し（鎌田，1997；町田・新井，2011）、火山灰の分布の長軸は四国南端方向で体積は 2.03km³とされている（須藤ほか，2007）。宮縁ほか（2003）は飯田火砕流と阿蘇 4 との間に膨大な量の降下テフラが存在することからその噴出年代として 50ka 前後が適当としている。九重山は完新世にも頻繁にマグマを噴出しており、マグマを出した最後の活動として約 1,700 年前に黒岳の溶岩ドーム（1.6km³）が形成されているが（地質調査総合センター，2014）、敷地から遠く影響ない。

8.3.2.4 阿蘇

阿蘇カルデラは熊本県東部で東西約 17km、南北約 25km のカルデラである。阿蘇カルデラ周辺の火山としては、カルデラの中央部に阿蘇山が、東側に根子岳^{ねこだけ}が位置し、縁辺部に先阿蘇^{せんあそ}の火山岩類が分布する。阿蘇山は、高岳^{たかだけ}（標高 1,592m）、中岳^{なかだけ}（標高 1,506m）等の東西方向に連なる成層火山からなる火山群であり、根子岳（標高 1,433m）は、開析の進んだ成層火山である。以下、阿蘇カルデラ、阿蘇山、根子岳、先阿蘇を一括して阿蘇と称する。

町田・新井（2011）等によると、阿蘇カルデラでは、約 27 万年前～約 25 万年前に阿蘇 1 噴火が、約 14 万年前に阿蘇 2 噴

火が、約 12 万年前に阿蘇 3 噴火が、約 9 万年前～約 8.5 万年前に阿蘇 4 噴火が認められ、いずれも火砕流及び降下火砕物を噴出した噴火とされている。阿蘇 1 噴火の際に噴出した阿蘇 1 火砕流堆積物及び阿蘇 2 噴火の際に噴出した阿蘇 2 火砕流堆積物は、大分県西部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇 3 噴火の際に噴出した阿蘇 3 火砕流堆積物は、大分県西部及び中部並びに熊本県北部及び中部の広い範囲に、阿蘇 4 噴火の際に噴出した阿蘇 4 火砕流堆積物は、九州北部及び中部並びに山口県南部の広い範囲に分布する。現在の阿蘇カルデラは阿蘇 1～阿蘇 4 の 4 回の大噴火によって形成したとされており（小野・渡辺，1985），内閣府「広域的な火山防災対策に係る検討会」（2013）は、このような大型のカルデラを形成する噴火を巨大噴火と称している。これらの阿蘇 1～阿蘇 4 の 4 回の巨大噴火の中で阿蘇 4 が突出して大きく、 600km^3 とされている（町田・新井，2011）。

日本第四紀学会編（1987）及び町田・新井（2011）は阿蘇 4 火砕流堆積物の到達範囲を推定・図示しており、敷地の位置する佐田岬半島まで到達した可能性を示唆している。ただし、その分布は方向によって偏りがあり、佐田岬半島において阿蘇 4 火砕流堆積物を確認したとの報告はない。

佐田岬半島では段丘面の発達全般が悪いものの、狭小な海成段丘が沿岸部に点在する。地表踏査結果によると、佐田岬半島に点在する M 面（中位段丘面）の段丘堆積物を覆う風成層は阿蘇 4 テフラを混在するものの阿蘇 4 火砕流堆積物は確認されず、中位段丘に阿蘇 4 火砕流堆積物が保存されている山口県と

は状況が異なる。また、堆積条件のよい低地あるいは盆地であるため、阿蘇4火砕流堆積物が保存されやすいと考えられる佐田岬半島西端部の阿弥陀池^{あみだ}、佐田岬半島中央部の伊方町高茂^{こうも}、佐田岬半島付け根部の八幡浜市川之石港^{やわたはま かわのいし}におけるボーリング調査においても、更新統が薄く阿蘇4噴火時の堆積物を欠き、阿蘇4火砕流堆積物は確認されない。

敷地と阿蘇カルデラの距離は約 130km であり、その間には佐賀関半島^{さかのせき}や佐田岬半島などの地形的障害も認められるので、阿蘇4火砕流は敷地まで達していないものと考えられる。

阿蘇4噴火に関する活動について、阿蘇4噴火以前の活動としては、小野ほか(1997)によると、阿蘇3噴火及び阿蘇4噴火の間に、降下軽石又は降下火山灰を主体とする噴火が複数回発生した阿蘇4/3噴火期が認められる。阿蘇4噴火以降の活動としては、小野・渡辺(1985)及び宮縁ほか(2003)によると、約9万年前以降に阿蘇山が噴火活動を開始し、溶岩や火砕物を噴出する小規模噴火の繰り返しにより形成された火山体とともに、降下軽石を主体とする噴火が複数回認められる。なお、三好ほか(2009)及び中野ほか編(2013)によると、約80万年前～約40万年前の間に先阿蘇の火山岩類の活動が認められ、約14万年前～約12万年前の間に根子岳の火山岩類の活動が認められる。

巨大噴火の活動間隔については、阿蘇1噴火と阿蘇2噴火との間隔は約11万年、阿蘇2噴火と阿蘇3噴火との間隔は約2万年、阿蘇3噴火と阿蘇4噴火との間隔は約3万年であり、活動間隔にばらつきはあるものの、最新の巨大噴火は約9万年前～

約 8.5 万年前の阿蘇 4 噴火であることから、巨大噴火の最短の活動間隔は最新の巨大噴火からの経過時間に比べて短い。

また、Nagaoka (1988) を参考にすると、現在の阿蘇山の活動は、多様な噴火様式の小規模噴火を繰り返していることから、後カルデラ火山噴火ステージと判断される。

阿蘇カルデラの地下構造については、Sudo and Kong (2001) に示される地震波速度構造において、地下 6 km に小規模なマグマ溜まりは認められるものの、大規模なマグマ溜まりは認められない。高倉ほか (2000) によると、阿蘇カルデラの地下 10 km 以浅にマグマと予想される低比抵抗域は認められない。また、三好ほか (2005) によると、阿蘇 4 噴火以降の火山岩の分布とそれらの組成から、大規模な流紋岩質～デイサイト質マグマ溜まりは想定されないとされている。

また、国土地理院による電子基準点の解析結果によると、マグマ溜まりの顕著な増大を示唆する基線変化は認められない。

以上のことから、現在のマグマ溜まりは巨大噴火直前の状態ではなく、今後も、現在の噴火ステージが継続するものと判断され、運用期間中の噴火規模については、後カルデラ火山噴火ステージである阿蘇山での既往最大噴火規模を考慮する。なお、宮縁ほか (2003) によると、阿蘇山での既往最大噴火は阿蘇草千里ヶ浜^{くさせんりがはま}噴火であり、その噴出物量は約 2 km³ とされている。また、阿蘇山起源の火砕流堆積物の分布は阿蘇カルデラ内に限られ (小野・渡辺, 1985)、発電所に影響を及ぼす可能性はない。

8.3.2.5 阿武火山群

阿武火山群は山口県の日本海側に位置する玄武岩や安山岩を主とする約 40 の小火山体から構成される火山群である(地質調査総合センター, 2014)。約 80 万年前から約 1 万年前まで活動し、最新噴火は 8,800 年前であり、190 万～150 万年前には先阿武火山活動があったとされる(地質調査総合センター, 2014)。最新の噴火は萩市の笠山(標高 112m)で起こり、約 11,000 年前に玄武岩質安山岩の溶岩台地が形成され、約 8,800 年前に宇生賀溶岩が流出、3,000 年前にストロンボリ式噴火でスコリア丘が形成された(気象庁編, 2013)。

約 80 万年前以降の後期阿武単成火山活動の噴出量は約 2.9km^3 と見積もられており、過去の噴火規模(溶岩の体積)は $0.001\sim 0.75\text{km}^3$ であるが(角縁ほか, 2000)、敷地から遠く影響ない。阿武火山群は小規模な溶岩噴出を主体とし、阿武火山群を起源とする大規模火砕流や広域火山灰は知られておらず(町田・新井, 2011)、発電所に影響を及ぼす可能性はない。

8.3.2.6 姫島

姫島は、大分県北東部国東半島の北方約 4 km 沖の周防灘に位置する東西約 7 km、南北約 3 km の細長い島であり、標高 267m の矢筈岳を最高峰とする火山群である(地質調査総合センター, 2014)。姫島には噴出中心を異にする複数の単成火山が認められ、最も山体の大きい矢筈岳の体積は 0.02km^3 であり、これに大海、金、稲積、城山、達磨山、浮洲を加えた 7 つの小規模な火山がある(伊藤ほか, 1997)。姫島の基盤は更新世前期～中期の堆積岩類であり、これを貫いてデイサイトや流紋岩を主とする溶岩

ドームあるいは火砕丘（タフリング及びタフコーン）が分布する（伊藤ほか，1997；地質調査総合センター，2014）。また，姫島を起源とする大規模火砕流は知られておらず（町田・新井，2011），発電所に影響を及ぼす可能性はない。

地質調査総合センター（2014）によると，姫島の活動時期は約 30 万～10 万年前とされている。全活動期間の約 20 万年間に 7 回以上の活動があり，平均活動間隔は数万年程度であるのに対して，最新活動から約 10 万年が経過している。

現在，姫島に噴気活動はなく，地下深部に流体移動の関与を示唆する低周波地震も認められない（第 8.3.2 図）。

以上を踏まえれば，姫島が近い将来に噴火する可能性は極めて低く，発電所運用期間中に噴火する可能性はないものと評価する。

8.3.3 立地評価

火砕物密度流については，個々の火山における過去の火砕流堆積物の分布は九州あるいは山口県の内陸部に限定され，発電所に影響を及ぼす可能性はない。「溶岩流」及び「岩屑なだれ，地滑り及び斜面崩壊」については，いずれの火山も敷地から 50km 以遠に位置するので影響ない。「新しい火口の開口」及び「地殻変動」については，敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり，問題となるものではない。

以上より，設計対応不可能な火山事象の敷地への到達はなく，立地に問題ないと評価される。

8.3.4 影響評価

鶴見岳，由布岳，九重山，阿蘇，阿武火山群の5火山について発電所運用期間中の活動可能性を考慮し，発電所の安全性に影響を与える可能性について検討した。なお，降下火砕物については，地理的領域外の火山も含めてその影響を検討した。

8.3.4.1 降下火砕物

「新編 火山灰アトラス」（町田・新井，2011）によれば，降下火砕物は偏西風の影響で東方へ偏って分布することが多く，敷地へ到達したと考えられる主な降下火砕物は西方の九州に分布する第四紀火山を起源とする。敷地付近には，阿蘇カルデラを起源とする降下火砕物のほか，地理的領域外の加久藤^{かくとう}カルデラ，始良^{あいら}カルデラ，阿多^{あた}カルデラ及び鬼界^{きかい}カルデラを起源とする降下火砕物も降下したとされている（町田・新井，2011）。敷地周辺（九州～四国）における第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布を第8.3.3図に示す。敷地付近における主な降下火砕物として，約7,300年前のK-Ah火山灰，3～2.8万年前のAT火山灰，約9～8.5万年前の阿蘇4火山灰があり，降下厚さはそれぞれ20～30cm，20～50cm，15cm以上とされている（町田・新井，2011）。

敷地南東に位置する宇和盆地中心部におけるボーリング調査結果によると，大分県の猪牟田^{ししむた}カルデラが活動を終えた約85万年前（中野ほか編，2013）以降に66枚の火山灰層を挟在しており（第8.3.4図），本ボーリングコアを用いて花粉分析を行った守田ほか（2014）によってKkt火山灰以降の連続的な堆積環境

が示されている。町田・新井（2011）等で四国西部に降下したとされる Kkt 火山灰（約 33 万年前）以降の主要な広域火山灰はすべて本ボーリングコア中に含まれており，地理的領域外の火山を含めた九州のカルデラ火山による広域火山灰の信頼性の高い地質データである。厚さ 5 cm を超える降下火山灰はいずれも九州のカルデラ火山を起源とする広域火山灰であり，地下構造に関する文献調査によると現在の九州のカルデラ火山のマグマ溜まりは巨大噴火直前の状態ではないため，発電所運用期間中に同規模の噴火の可能性は十分低く，これらの降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価される。

町田・新井(2011)によると，地理的領域内の火山による降下火山灰の等層厚線図として，九重山を給源とする九重第一軽石と阿蘇山を給源とする草千里ヶ浜軽石が示されている。九重第一軽石は東南東方向に細長い分布を示し，四国南西端の宿毛市で火山灰の報告がある（熊原・長岡，2002）。一方，草千里ヶ浜軽石は阿蘇山を中心とする同心円状の分布を示し，四国における報告は見られない。

熊原・長岡(2002)は，敷地から約 70km 南南東の高知県宿毛市において，厚さ 20cm, 40cm の小川テフラを報告し，九重第一軽石と対比した。テフラ中には非火山性の砂が混入していることから，ユニットは水流によって二次的に形成された可能性が高いと評価されており（熊原・長岡，2002；熊原，2002），これらは厚さ変化の著しいものであり，降下時の純粋な層厚には言及されてない。須藤ほか(2007)は，熊原・長岡(2002)による九重第一軽石報告地点の層厚を 10cm として等層厚線図を完成させ，

その噴出量が 2.03km^3 と見積もられることを示した。宿毛市における熊原・長岡(2002)の九重第一軽石露頭は現在確認できないが、その北西方約 100m に同層準の地層が露頭しており、厚さ 20cm の九重第一軽石を確認できる。当該露頭において、火山灰層は礫層中に挟まれて径数 cm 以上の礫を含み、全体の約 50% は異質岩片から成るとともに降下ユニットが認められないことから、水流による再堆積層と判断される。

地質調査結果に基づき敷地周辺の連続した細粒堆積物について検討した結果、宇和盆地の連続した細粒堆積物中に九重第一軽石と対応する火山灰層は認められない。既存文献に示された通り、九重第一軽石の分布の長軸は四国南西端方向であり、敷地付近における火山灰の降下厚さはほぼ 0 cm と評価される。

また、九重第一軽石と同等の噴火が起こった時に、現在の気象条件を考慮して敷地にどのような降灰が想定されるかを移流拡散モデルによる降下火山灰シミュレーションによって検討した結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さはほぼ 0 cm と評価される（第 8.3.5 図）。ただし、同規模の噴火時に風向きによっては敷地において厚さ数 cm の降下火山灰が想定される（第 8.3.5 図，第 8.3.6 図）。ここで、九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると、四国南西方まで降下厚さ 10cm 以上の領域が細長く伸びることから給源から遠方（敷地相当）への火山灰到達を概ね再現できているものの、給源付近については厚い火山灰が降下する領域の面積がやや小さい傾向がある。

そこで、長岡・奥野(2014)を参照して噴出量を既存の知見よ

り大きく 6.2km^3 とした場合の解析を行った結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さは $0 \sim$ 数 cm と評価され、風向きによっては敷地において最大 14cm と評価される（第 8.3.7 図，第 8.3.8 図）。九重第一軽石の等層厚線図と解析結果を比較すると、給源付近の厚い火山灰が降下する領域の広がりを概ね再現できている。

原子力安全に対する信頼向上の観点から、既存の知見を上回る噴出量を考慮し、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを保守的に 15cm と評価する。

宇和盆地における火山灰の試験結果から、密度は乾燥状態で 0.665g/cm^3 、湿潤状態で 1.323g/cm^3 であり、粒径は 1 mm 以下が主体である。また、高知県宿毛市で報告された九重第一軽石は中～細粒砂サイズとされており（熊原・長岡，2002），粒径は 0.5mm 以下である。降下火砕物について、地質調査結果及び文献調査結果に基づき、乾燥密度を 0.5g/cm^3 、湿潤密度を 1.5g/cm^3 、粒径を 1 mm 以下主体と評価する。

以上を踏まえて、降下火砕物による影響を考慮することとする。

なお、宇和盆地における火山灰層厚さの頻度分布を見ると、薄い火山灰ほど頻度が高く、厚い火山灰の頻度は低い（第 8.3.9 図）。また、約 33 万年前の Kkt 火山灰以降に 40 枚の火山灰が降下しており、町田・新井（2011）等で四国西部に降下したとされる主要な広域火山灰がすべて含まれている。したがって、宇和盆地における火山灰の降下頻度は 1.2 枚／万年であり、ポアソン過程を用いた評価によると年超過確率で 10^{-4} に相当する層

厚は約 2 cm である。敷地において考慮する降下火砕物厚さ 15cm の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ である。

8.3.4.2 火山性土石流，火山泥流及び洪水

文献調査結果によると，火山性土石流，火山泥流及び洪水については，発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠で，敷地と海を隔てた九州あるいは山口県に位置していることから，四国への到達は考えられない。したがって，火山性土石流，火山泥流及び洪水による影響はないと評価される。

8.3.4.3 火山から発生する飛来物（噴石）

文献調査結果によると，火山から発生する飛来物（噴石）については，発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 10km 以遠に位置していることから，敷地への到達は考えられない。したがって，火山から発生する飛来物（噴石）による影響はないと評価される。

8.3.4.4 火山ガス

文献調査結果によると，発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠の遠方に位置するとともに，敷地は沿岸部で瀬戸内海に向かって突き出した小半島に位置し，火山ガスが滞留するような地形ではない。したがって，火山ガスによる影響はないと評価される。

8.3.4.5 津波及び静振

文献調査，空中写真判読及び地表踏査の結果に基づき，活火山であるとともに別府湾沿岸で山体規模が突出して大きい鶴見岳について，別府湾への崩壊物の流入量が大きい鶴見岳東麓の崩壊，さらには仮想的な崩壊として，地形や溶岩の分布に基づく検討から山頂を含む大規模な山体崩壊を考慮しても，「7. 津波」に記載のとおり，発電所の安全性に影響を及ぼすような津波が到達することはない。また，敷地は海岸線方向において広がりをもつ防波堤等の施設を設置していないことから，局所的な海面の固有振動による励起（静振）は生じることはない。したがって，火山が誘発した津波及び静振による影響はないと評価される。

8.3.4.6 大気現象

文献調査結果によると，大気現象については，発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠の遠方に位置していることから，空振による超過圧力等の影響は考えられない。したがって，大気現象による影響はないと評価される。

8.3.4.7 火山性地震とこれに関連する事象

文献調査結果によると，火山性地震とこれに関連する事象については，発電所運用期間中の活動可能性を考慮するいずれの火山も敷地から 80km 以遠の遠方に位置するので小規模な地震の多発が問題となるものではない。また，火山近傍で起きた被

害地震の中で特に大きなものとして桜島の 1914 年大正大噴火に伴う M7.1 の地震が知られていることから(西村・井口, 2006; 気象庁編, 2013), 発電所運用期間中の活動可能性を考慮する各々の火山において M7.1 の地震を想定しても, 「5. 地震」に記載のとおり, 敷地における最大震度はいずれも 5 弱(1996 年以前は旧気象庁震度階級 V) 程度未満であるため, 基準地震動の策定における検討対象とならない。したがって, 火山性地震とこれに関連する事象による影響はないと評価される。

8.3.4.8 熱水系及び地下水の異常

文献調査結果によると, 敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔がある。また, 敷地における深部ボーリング調査によると, 深度 2,000m における地温は約 73℃, 地温勾配は 2.8℃/100m と低く, 敷地付近の地質に過去に顕著な熱水活動を被った痕跡も認められない。したがって, 熱水系及び地下水の異常による影響はないと評価される。

第 8.3.1 表 地理的領域内（半径 160km 内）の第四紀火山一覧

敷地からの距離（km）		火山名※	活動期間あるいは最近の活動※
10km以内 （火山から発生する飛来物（噴石））	—	該当なし	—
50km以内 （溶岩流） （岩屑なだれ，地滑り及び斜面崩壊）	—	該当なし	—
160km以内 （火砕物密度流） （火山ガス）	120km以内 （火山性土石流，火山泥流及び洪水）	65 姫島	0.3-0.1 Ma
		67 両子山	1.9-1.1 Ma
		69 日出	0.4-0.3 Ma
		76 鹿鳴越火山群	1.1-0.6 Ma
		78 高崎山	0.5 Ma
		81 観海寺	前期更新世？
		85 鶴見岳	0.09 Ma以降
		85 四熊ヶ岳	0.45 Ma
		87 大蔵山	0.8 Ma
		89 由布岳	0.09 Ma以降
		89 高平火山群	0.5-0.15 Ma
		89 徳山金峰山	0.43 Ma
		92 雨乞火山群	0.6-0.4 Ma
		92 庄内火山群	2.0-1.3 Ma
		93 千石岳	0.6-0.5 Ma
		95 立石火山群	0.6-0.2 Ma
		96 時山火山群	0.9-0.6 Ma
		96 人見岳	2.4-1.9 Ma
		98 カルト山火山群	1.4-1.0 Ma
		100 野稲火山群	0.6-0.3 Ma
		102 小松台火山群	1.7-1.1 Ma
		105 長者ヶ原	0.17 Ma
		106 盛太ヶ岳	0.6 Ma
		107 玖珠火山群	1.4-1.0 Ma
		107 猪牟田カルデラ	1.0-0.85 Ma
		108 九重山	0.2 Ma以降
		113 万年山火山群	0.8-0.4 Ma
		113 涌蓋火山群	1.0-0.4 Ma
		118 月出山岳	2.6-2.0 Ma
		118 青野山火山群	1.3-0.07 Ma
		118 萩岳	0.1 Ma以前
		124 杖立火山群	1.5-1.1 Ma
		128 根子岳	0.14-0.12 Ma
		130 阿蘇 阿蘇カルデラ	0.27-0.09 Ma
		131 阿蘇 阿蘇山	0.09 Ma以降
		141 阿蘇 先阿蘇	0.8-0.4 Ma
		130 阿武火山群	1.9 Ma以降
		133 吉ノ本	2.8-2.5 Ma
		133 渡神岳	2.8-2.1 Ma
		144 下関火山群	1.2 Ma
		146 日向神火山群	2.8-2.6 Ma
		148 道伯・妙見	2.7-2.4 Ma
		148 大峰	0.09 Ma
		159 赤井	0.15 Ma
		160 船野山	0.5 Ma

※「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）より

第 8.3.2 表 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期 (★:破局的噴火)				完新世の活動	将来の活動可能性	抽出結果
		100万年前	10万年前	1万年前	現在			
1 短島	65					無	有	②
2 西子山	67					無	無	③
3 日出	69					無	無	③
4 鹿嶋越火山群	76					無	無	③
5 高崎山	78					無	無	③
6 観海寺	81					無	無	③
7 鶴見岳	85					有	有	①
8 四郎ヶ岳	85					無	無	④
9 大蔵山	87					無	無	③
10 由布岳	89					有	有	①
11 高平火山群	89					無	有	②
12 徳山金峰山	89					無	無	④
13 雨乞火山群	92					無	無	③
14 庄内火山群	92					無	無	③
15 千石岳	93					無	無	③
16 立石火山群	95					無	無	④
17 時山火山群	96					無	無	③
18 人見岳	96					無	無	③
19 カルト山火山群	98					無	無	③
20 野稲火山群	100					無	無	④
21 小松台火山群	102					無	無	③

火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期 (★:破局的噴火)				完新世の活動	将来の活動可能性	抽出結果
		100万年前	10万年前	1万年前	現在			
22 長者ヶ原	105					無	無	④
23 盛太ヶ岳	106					無	無	④
24 玖珠火山群	107					無	無	③
25 猪牟田カルデラ	107					無	無	③
26 九壁山	108					有	有	①
27 万年山火山群	113					無	無	④
28 涌蓋火山群	113					無	無	④
29 月出山岳	118					無	無	③
30 青野山火山群	118					無	無	④
31 萩岳	118					無	無	③
32 杖立火山群	124					無	無	③
33 阿蘇	130					有	有	①
34 阿武火山群	130					有	有	①
35 吉ノ本	133					無	無	③
36 渡神岳	133					無	無	③
37 下関火山群	144					無	無	③
38 日向神火山群	146					無	無	③
39 道伯・妙見	148					無	無	③
40 大峰	148					無	無	③
41 赤井	159					無	無	③
42 船野山	160					無	無	③

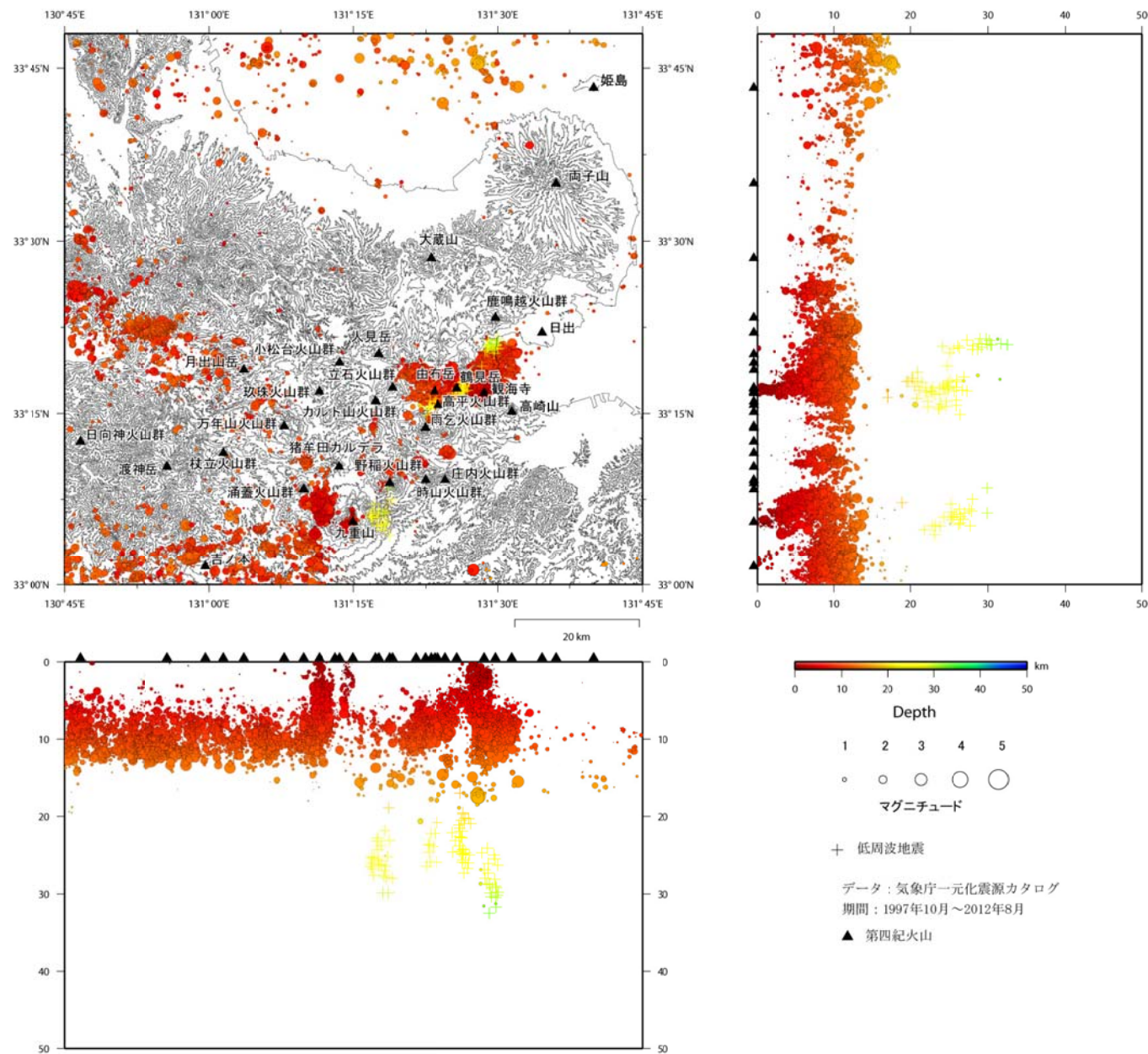
①完新世(約1万年前以降)に活動を行った活火山

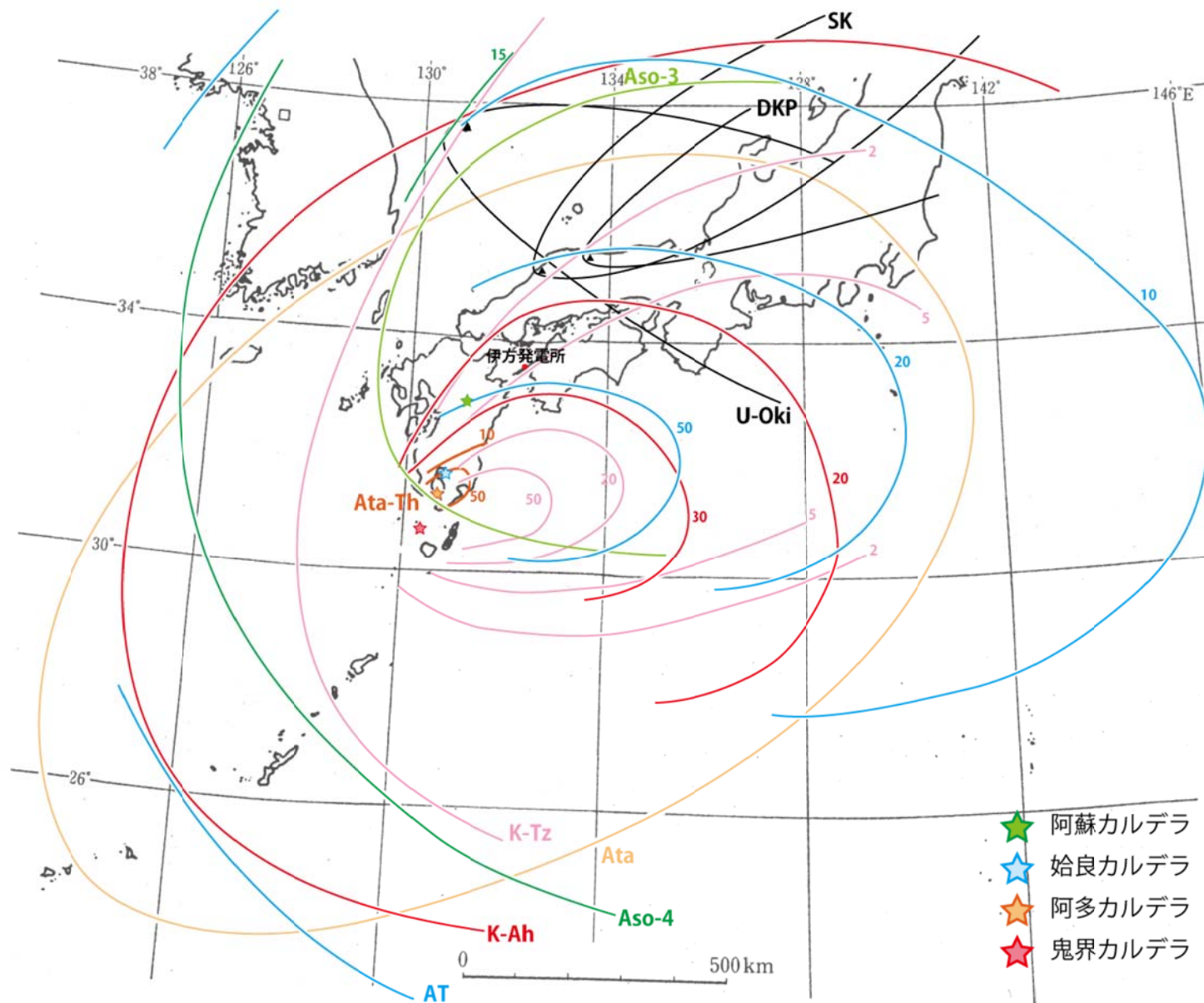
②将来の活動可能性を否定できない火山

③最新活動からの経過期間が全活動期間より長い火山(単成火山など活動期間がごく短い火山を含む)

④全活動期間中に複数回の活動があり、最新活動からの経過期間が最大休止期間より長い火山

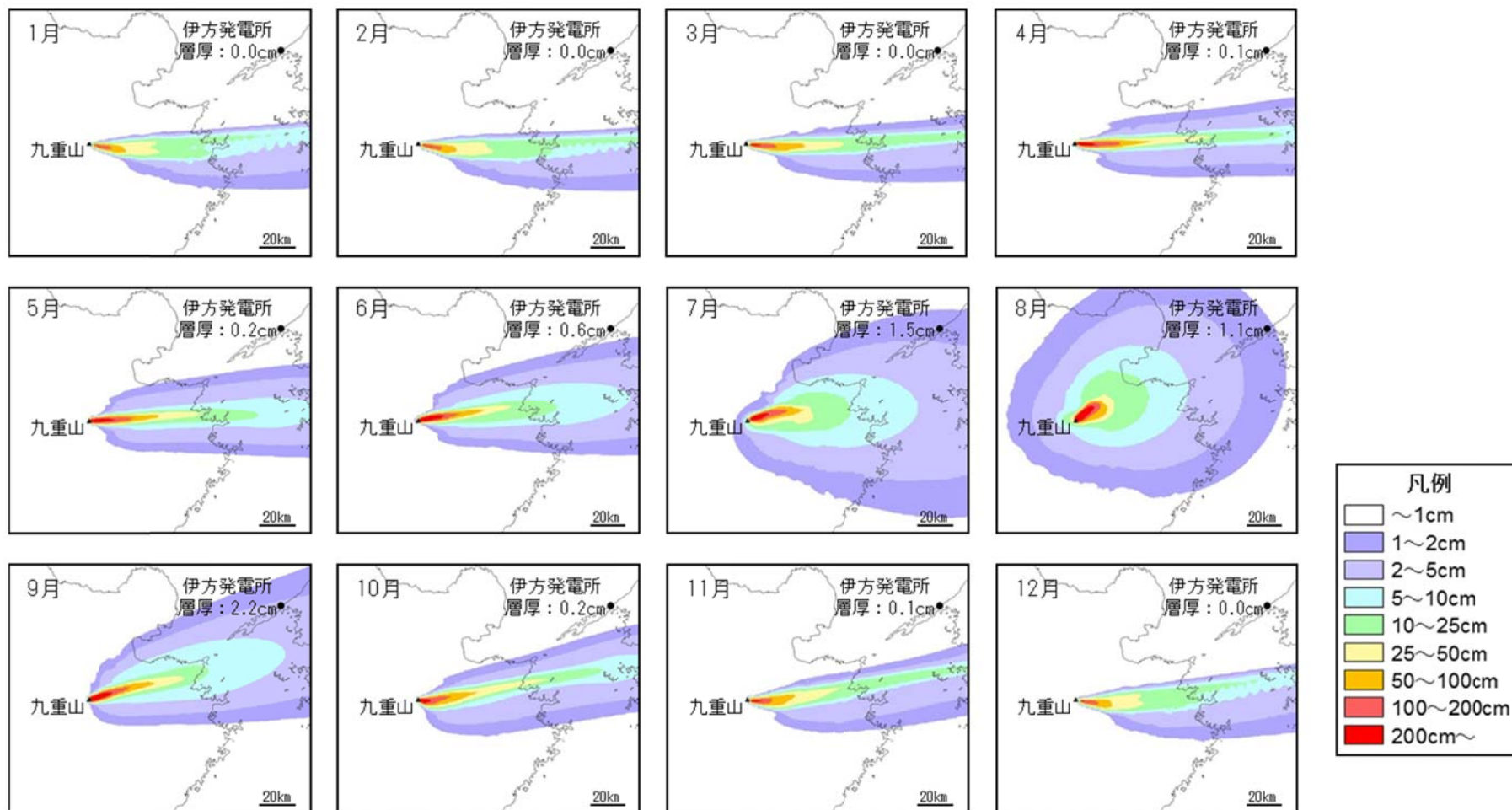
火山名、活動時期は中野ほか編(2013)、「日本の火山」(地質調査総合センター、2014)等による



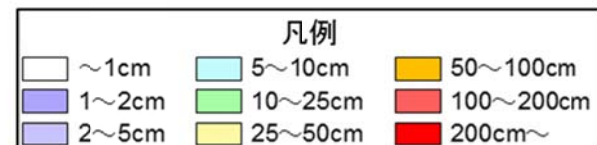
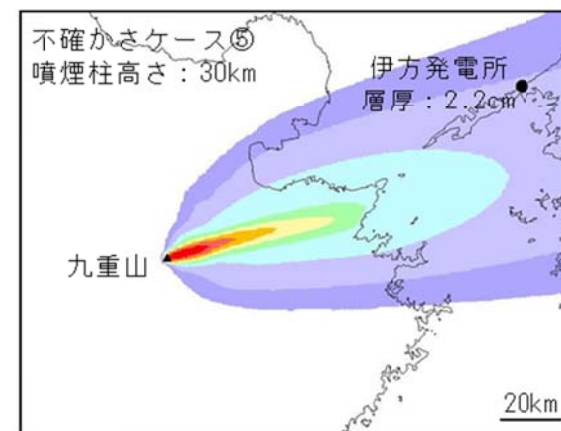
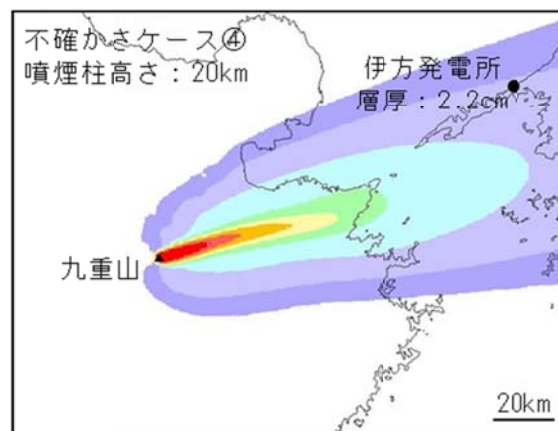
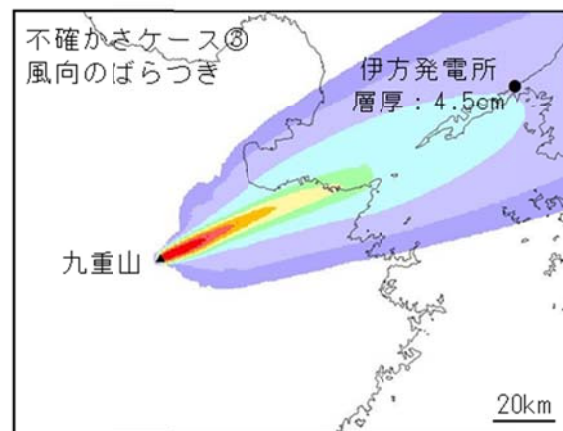
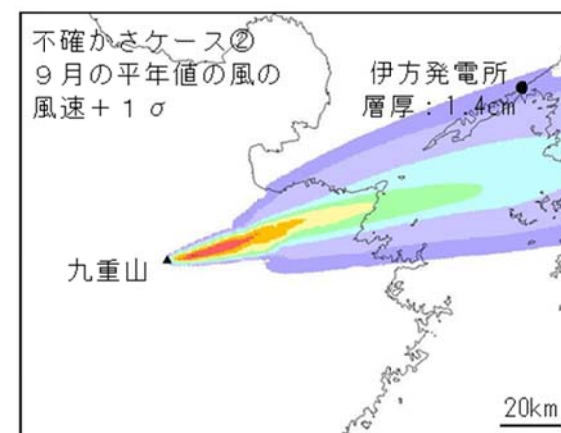
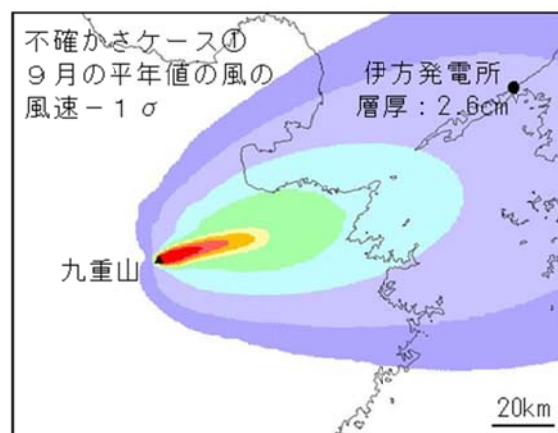
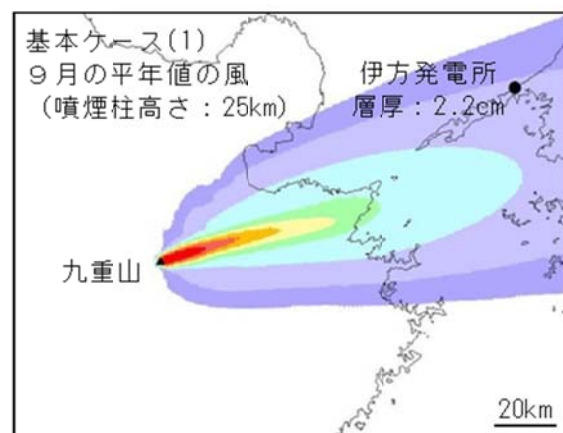


※「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2011) を基に作成

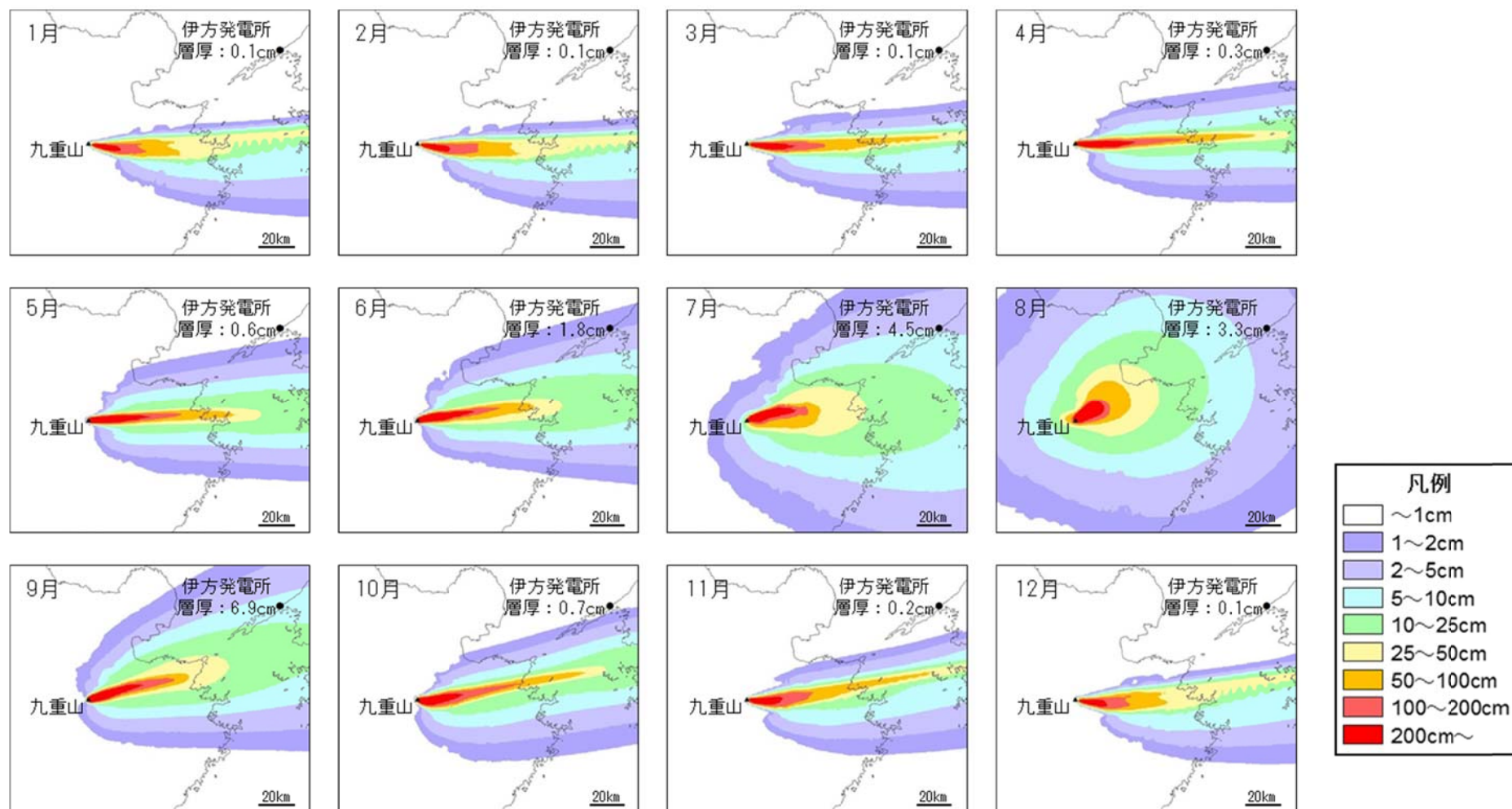
第 8.3.3 図 敷地周辺における主な降下火砕物の分布図



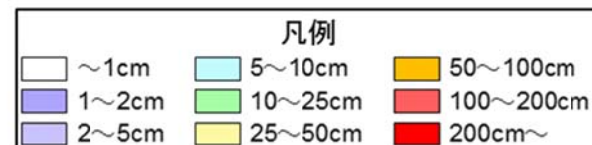
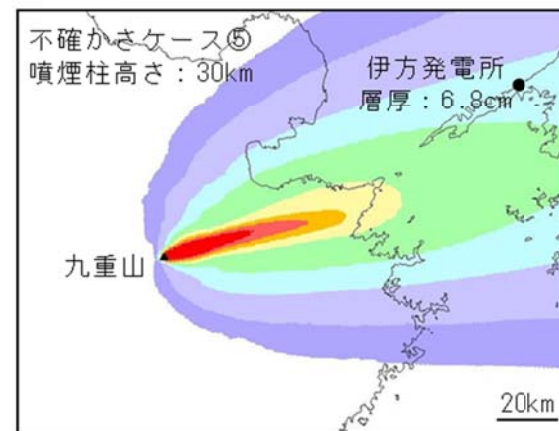
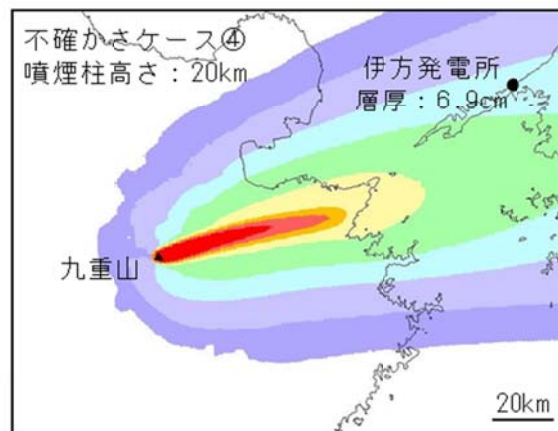
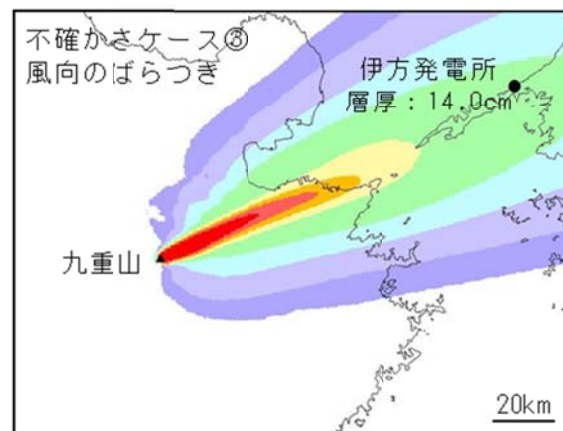
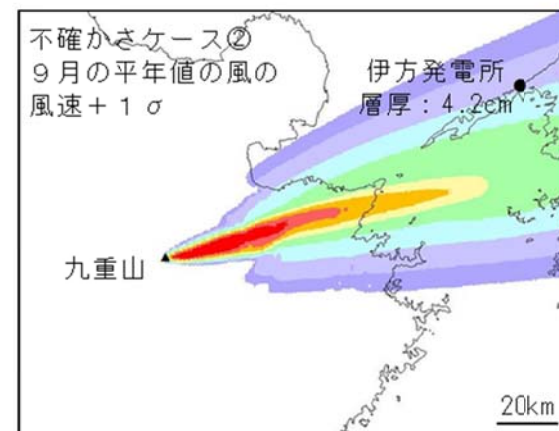
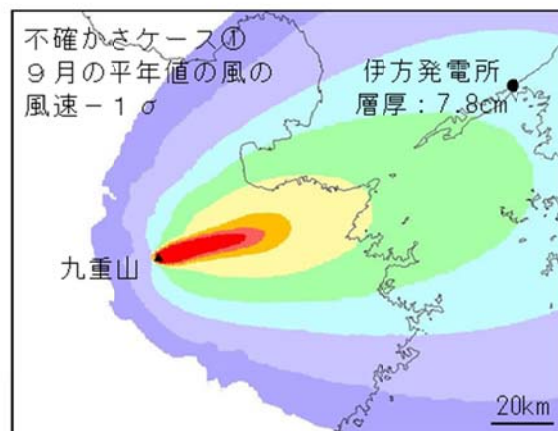
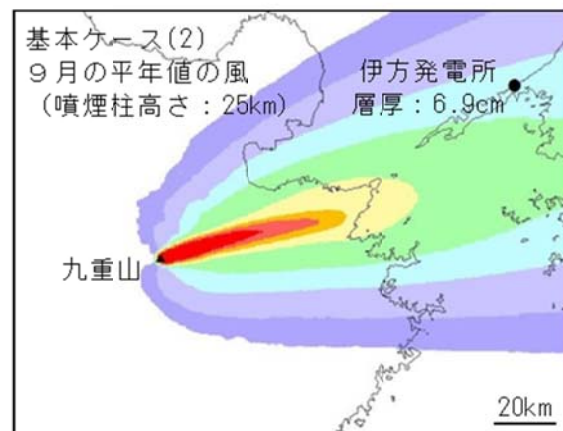
第 8.3.5 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果



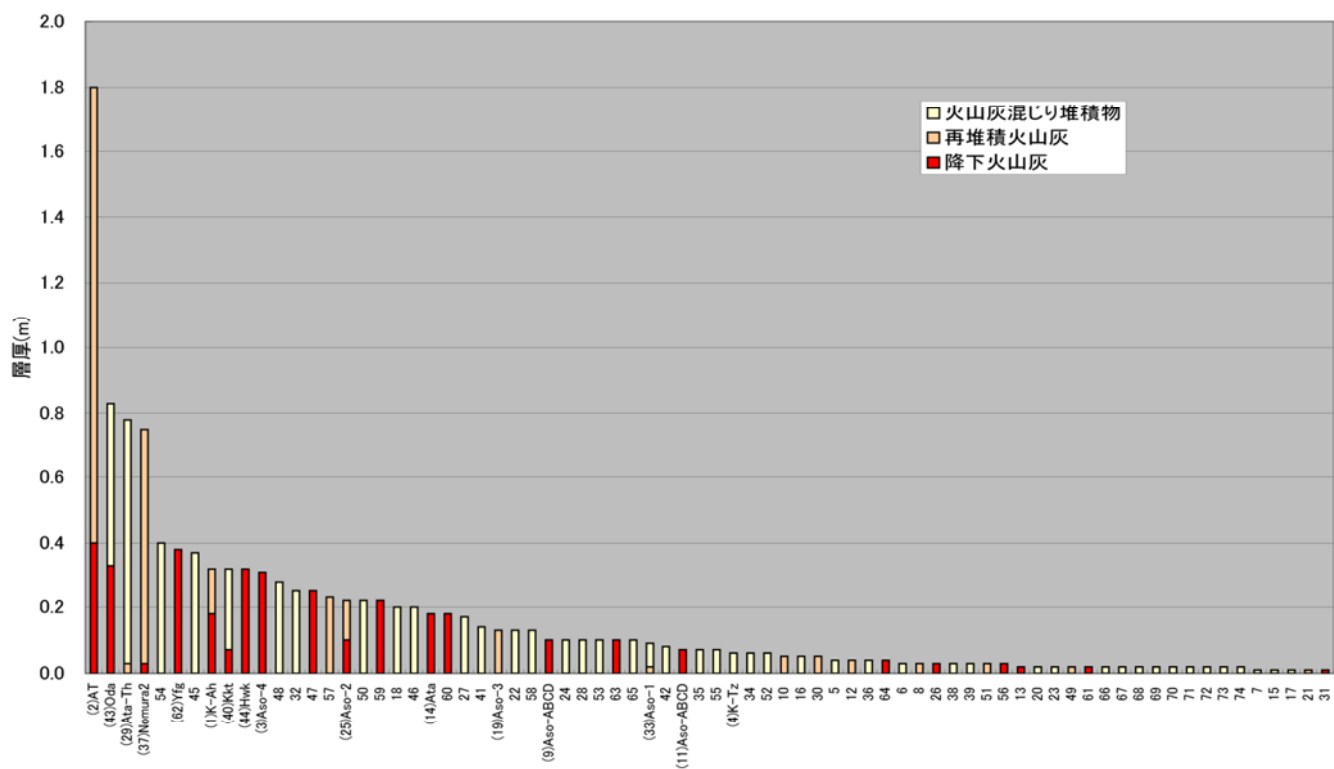
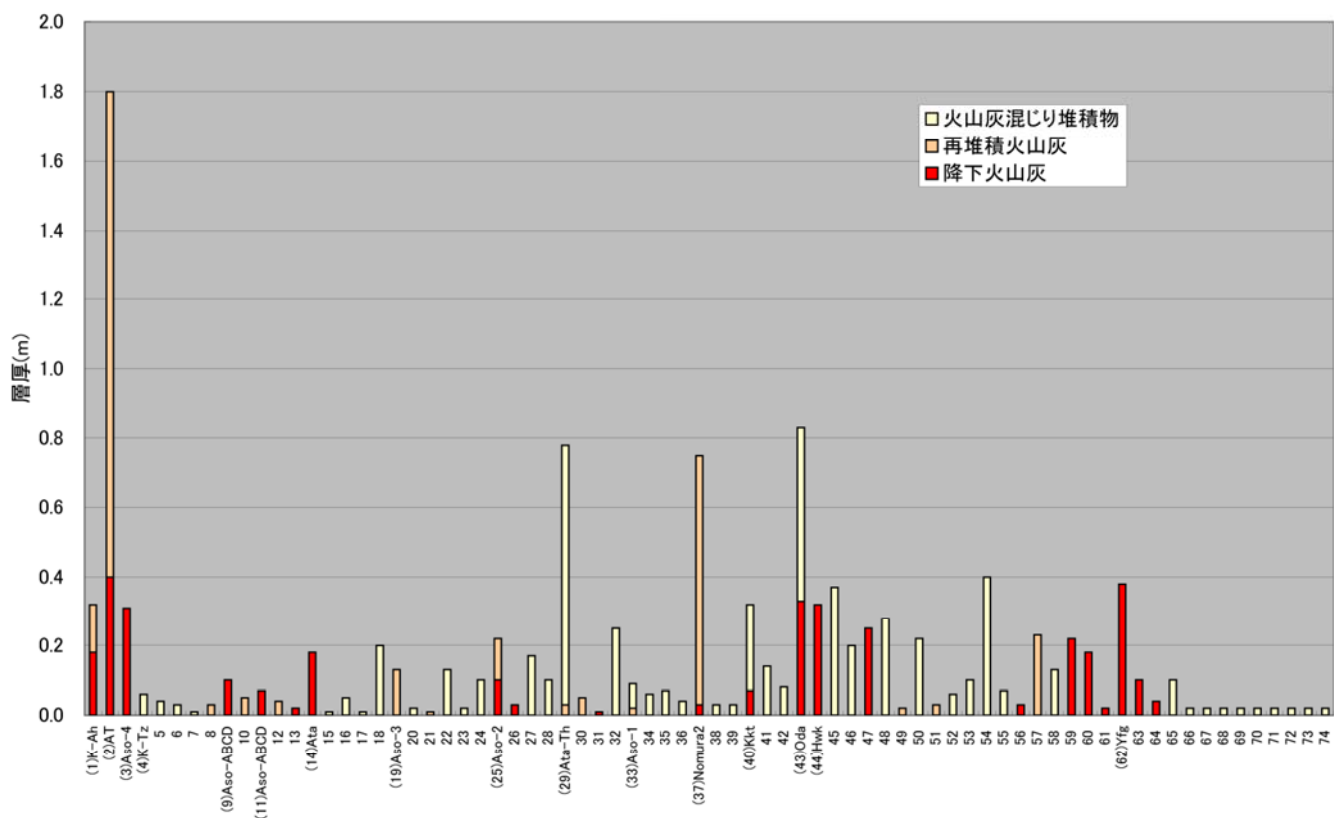
第 8.3.6 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (不確かさの考慮)



第 8.3.7 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (6.2km³)



第 8.3.8 図 九重第一軽石の降下火山灰シミュレーション結果 (6.2km³, 不確かさの考慮)



第 8.3.9 図 宇和盆地における火山灰厚さ頻度分布図

8.4 参考文献

- (1) 第四紀火山カタログ委員会編，1999，日本の第四紀火山カタログ Ver. 1.0，日本火山学会．
- (2) 藤沢康弘・上野宏共・小林哲夫，2001，火砕堆積物の堆積温度からみた由布火山の 2.2ka 噴火，火山，46，187-203．
- (3) 藤沢康弘・奥野 充・中村俊夫・小林哲夫，2002，九州北東部，鶴見火山の最近 3 万年間の噴火活動，地質学雑誌，108，48-58．
- (4) 広川 治・長浜春夫・小野晃司・山田直利・吉田 尚・遠田朝子，1976，50 万分の 1 地質図幅「福岡（第 3 版）」，工業技術院地質調査所．
- (5) 星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎，1988，別府地域の地質，地域地質研究報告，5 万分の 1 地質図幅，地質調査所．
- (6) 星住英夫・尾崎正紀・宮崎一博・松浦浩久・利光誠一・宇都浩三・内海 茂・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久，2004，20 万分の 1 地質図幅「熊本」，産業技術総合研究所地質調査総合センター．
- (7) 今井 功・寺岡易司・小野晃司・松井和典・奥村公男，1980，50 万分の 1 地質図幅「鹿児島（第 2 版）」，工業技術院地質調査所．
- (8) 石塚吉浩・尾崎正紀・星住英夫・松浦浩久・宮崎一博・名和一成・実松健造・駒澤正夫，2009，20 万分の 1 地質図幅「中津」，産業技術総合研究所地質調査総合センター．
- (9) 伊藤順一・星住英夫・巖谷敏光，1997，姫島地域の地質，地域地質研究報告，5 万分の 1 地質図幅，地質調査所．
- (10) 海上保安庁海洋情報部，2015，海域火山データベース，
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaikiDB/list-2.htm>，海上保安庁ホームページ．

- (11)角縁 進・永尾隆志・長尾敬介, 2000, 阿武単成火山群の K-Ar 年代とマグマ活動史, 岩石鉱物科学, 29, 191-198.
- (12)鎌田浩毅, 1997, 宮原地域の地質, 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 地質調査所.
- (13)鎌田浩毅, 2006, 九重火山の噴火史と災害予測, 月刊地球, 28, 369-378.
- (14)鎌田浩毅・星住英夫・小屋口剛博, 1988, 中部九州ー中国地方西部の火山フロントの形成年代, 月刊地球, 10, 568-574.
- (15)気象庁編, 2013, 日本活火山総覧(第 4 版), 気象業務支援センター.
- (16)久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男, 1993, 20 万分の 1 地質図幅「福岡」, 工業技術院地質調査所.
- (17)熊原康博, 2002, 四国南西部, 僧都川および松田川流域における中期更新世以降の地形発達と地殻変動, 地理学評論, 75, 553-570.
- (18)熊原康博・長岡信治, 2002, 四国南西部, 松田川流域における九重第一テフラの対比と低位段丘の年代, 第四紀研究, 41, 213-219.
- (19)町田 洋・新井房夫, 2011, 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 新編第 2 刷.
- (20)松浦浩久・尾崎正紀・脇田浩二・牧本 博・水野清秀・亀高正男・須藤定久・森尻理恵・駒澤正夫, 2007, 20 万分の 1 地質図幅「山口及び見島」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (21)宮縁育夫・星住英夫・高田英樹・渡辺一徳・徐 勝, 2003, 阿蘇火山における過去約 9 万年間の降下軽石堆積物, 火山, 48, 195-214.
- (22)三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司, 2005, 阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの成因関係について, 火山, 50, 269-283.

- (23) 三好雅也・古川邦之・新村太郎・下野まどか・長谷中利昭, 2009, 阿蘇カルデラ外輪山に分布する先阿蘇火山岩類の岩石記載と全岩化学組成, 地質学雑誌, 115, 672-687.
- (24) 守田益宗・須貝俊彦・古澤 明・大野裕記・西坂直樹・辻 智大・池田倫治・柳田 誠, 2014, 宇和盆地の花粉分析からみた MIS 15 以降の植生変遷史, 植生史研究, 23, 3-19.
- (25) 内閣府「広域的な火山防災対策に係る検討会」, 2013, 大規模火山災害対策への提言.
- (26) 中野 俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚 治・山元孝広・岸本清行編, 2013, 日本の火山(第3版)概要及び付表, 200 万分の1地質編集図, no. 11, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (27) Nagaoka, S., 1988, The late Quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima bay, southern Kyushu, Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 23, 49-122.
- (28) 長岡信治・奥野 充, 2014, 九重火山のテフラ層序, 月刊地球, 36, 281-296.
- (29) 日本第四紀学会編, 1987, 日本第四紀地図.
- (30) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編, 2012, 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース, 地質調査総合センター速報 no. 60, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (31) 西村太志・井口正人, 2006, 日本の火山性地震と微動.
- (32) 小野晃司・松本徭夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和, 1977, 竹田地域の地質, 地域地質研究報告, 5 万分の1図幅, 地質調査所.

- (33) 小野晃司・渡辺一徳, 1985, 阿蘇火山地質図 1:50,000, 火山地質図 4, 地質調査所.
- (34) 尾崎正紀・松浦浩久・脇田浩二・大野哲二・森尻理恵・駒澤正夫・岸本清行, 2006, 20 万分の 1 地質図幅「小串」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (35) 斎藤 眞・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・濱崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章, 2010, 20 万分の 1 地質図幅「八代及び野母崎の一部」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- (36) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2003, 100 万分の 1 日本地質図第 3 版, C D - R O M 第 2 版, 数値地質図 G - 1.
- (37) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2014, 日本の火山,
<https://gbank.gsj.jp/volcano/>, 産業技術総合研究所ホームページ.
- (38) Sudo, Y. and L. S. L. Kong, 2001, Three-dimensional seismic velocity structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan, Bull. Volcanol., 63, 326-344.
- (39) 須藤 茂・猪股隆行・佐々木寿・向山 栄, 2007, わが国の降下火山灰データベース作成, 地質調査研究報告, 58, 261-321.
- (40) 高倉伸一・橋本武志・小池克明・小川康雄, 2000, M T 法による阿蘇カルデラの比抵抗断面, C A 研究会論文集, 23-30.
- (41) 寺岡易司・今井 功・奥村公男・須田芳朗・渡辺史朗, 1981, 20 万分の 1 地質図幅「延岡」, 工業技術院地質調査所.
- (42) 対馬坤六・小野晃司, 1958, 20 万分の 1 地質図幅「大分」, 工業技術院地質調査所.
- (43) 梅田浩司・草薙 恵・古澤 明・宇井忠英, 1996, 別府湾コアから

みた由布・鶴見火山群における完新世の噴火活動, 火山, 41, 61-71.

9. 竜 巻

竜巻影響評価は「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061911 号 原子力規制委員会決定,以下「ガイド」という。）を参照して実施する。

基準竜巻及び設計竜巻の設定は、竜巻検討地域の設定、基準竜巻の最大風速の設定及び設計竜巻の最大風速の設定の流れで実施する。

9.1 竜巻検討地域の設定

伊方発電所が立地する地域と、気象条件の類似性の観点及び竜巻発生 の観点で検討を行い、竜巻検討地域を設定する。

伊方発電所の立地地域は、一般的な気候区分⁽¹⁾によれば瀬戸内海地域に属する。瀬戸内海地域は、竜巻の発生数が少なく、入手できる観測記録は少ない。このため、竜巻検討地域の設定にあたっては、より広範囲の地域を選定することとし、検討範囲のめやすとして IAEA の基準⁽²⁾を参考に伊方発電所を中心とする 10 万 km²（半径約 180km）の範囲を考える。

この範囲は、太平洋側、瀬戸内海、日本海側と気象条件が異なる地域を含むが、瀬戸内海地域に限定した場合と比較して相対的に竜巻発生件数が増え、竜巻発生件数の観点から保守的な設定となる。また、竜巻が発生しやすい気象総観場の一つである台風の観点から、伊方発電所の立地する地域と同様に台風の通り道であり、台風起因の竜巻が多く発生している宮崎県北部及び高知県を含むことにより、竜巻発生要因の観点からも妥当な設定である。また、伊方発電所は海岸線に立地していること及び竜巻の発生がほとんど海岸線付近であることから、竜巻検討地域は、海岸線より海側 5 km と山側 5 km

の地域（面積約 $26,600\text{km}^2$ ）とする。伊方発電所を中心とする約 10 万 km^2 の範囲を第 9.1.1 図，竜巻検討地域とその近傍での竜巻発生状況（1961 年～2012 年 6 月）を第 9.1.2 図に示す。

9.2 基準竜巻の最大風速の設定

基準竜巻の最大風速は，過去に発生した竜巻による最大風速（ V_{B1} ）及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速（ V_{B2} ）のうち，大きな風速を設定する。

(1) 過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})

過去に発生した竜巻による最大風速の設定に当たっては、現時点では竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速を十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できるだけの知見を有していないことから、日本で過去に発生した竜巻の観測データを用いて設定する。なお、今後も地域特性に関する検討、新たな知見の収集やデータの拡充などに取組み、より信頼性のある評価が可能なように努力する。

日本で過去に発生した最大の竜巻はF 3 スケールである。F 3 スケールにおける風速は70m/s～92m/sであることから、その最大風速を基に過去に発生した最大の竜巻の最大風速 V_{B1} を92m/sとする。

第9.2.1表に日本におけるF 3 スケールの竜巻一覧を示す。

(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

竜巻最大風速のハザード曲線は、ガイドに従い、既往の算定方法に基づき、具体的には、東京工芸大学委託成果⁽³⁾を参照して算定する。本評価は、竜巻データの分析、竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率密度分布の算定、相関係数の算定、並びにハザード曲線の算定によって構成される。

竜巻最大風速のハザード曲線の算定は、次のとおり考慮する。

年発生数の確率分布の設定において

- ・ 竜巻検討地域を海岸線から陸側及び海側それぞれ5 kmの範囲
- ・ 少なくとも1 km単位で細分化

して算定し、そのうち V_{B2} が最も大きな値として設定される確率分布を用いる。

この方法は、 V_B の設定において検討すべき V_{B2} にも十分な保守

性を考慮しておくためのものである。

一方、1 km毎に範囲を区切った場合、十分なデータ数が得られないおそれがある。

以上より、相当に保守的ではあるものの、 V_{B2} を設定するために用いるハザード曲線を簡便に定めるため、次の仮定をおく。

- ・竜巻発生数は、竜巻検討地域（沿岸±5 km）の発生数とする。
- ・これら全てが、陸域0～1 kmに寄与する。

これは、竜巻発生数を変えずに竜巻検討地域を1/10にすることで求めることができる。

a. 海岸線から陸側及び海側それぞれ5 km全域の評価

本評価では、竜巻検討地域外で発生して竜巻検討地域内に移動した陸上発生竜巻も発生数にカウントする。被害幅及び被害長さは、それぞれ被害全幅及び被害全長を用いる。

b. 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」をもとに、1961年～2012年6月までの51.5年間の統計量をFスケール別に算出する。なお、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の(a)～(c)の基本的な考え方に基づいて整理を行う。

(a) 被害が小さくて見過ごされやすいF 0 及びF スケール不明

竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。

(b) 被害が比較的軽微なF 1 竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。

(c) 被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられるF

2 及びF 3 竜巻に対しては、観測記録が整備された1961年以降

の全期間の年間発生数や標準偏差を用いる。

また、F スケール不明の竜巻については、以下の取扱いを行う。

陸上で発生した竜巻（以下「陸上竜巻」という。）及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのF スケールが推定されるため、陸上でのF スケール不明の竜巻は、被害が少ないF 0 竜巻と見なす。

海上で発生しその後上陸しなかった竜巻（以下「海上竜巻」という。）については、その竜巻のスケールを推定することは困難であることから、「海岸線から海上5 kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5 kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である。」という仮定に基づいて各F スケールに分類する。その結果、F スケール不明の海上竜巻の取扱いにより、第9.2.2表のとおり観測実績に対して保守性を高めた評価としている。

c. 年発生数の確率密度分布の設定

ハザード曲線の評価に当たって竜巻の発生がポアソン過程に従うと仮定し使用する竜巻年発生数の確率密度分布はポリヤ分布を採用する。

竜巻年発生数の確率分布の設定にはポアソン分布とポリヤ分布が考えられる。

ポアソン分布は、生起確率が正確に分からないが稀な現象の場合に有用な分布である。一方、ポリヤ分布は、発生状況が必ずしも独立でない稀現象（ある現象が生ずるのは稀であるが、一旦ある現象が発生するとその周囲にもその現象が生じやすくなる性質）の場合に有用な分布である（例えば伝染病の発生件数）。台風や

前線により竜巻が発生した場合，同時多発的に複数の竜巻が発生する状況が考えられるため，ポリヤ分布の方が実現象をより反映できると考えられる。

また，国内を対象とした竜巻の年発生数の分布の適合性に関する検討結果は，東京工芸大学委託成果に示されており，陸上竜巻及び海上竜巻の両方の発生数について，ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れているとしている。

伊方発電所の竜巻検討地域で発生した竜巻を対象に，発生数に関するポアソン分布及びポリヤ分布の適合性を評価した結果，竜巻検討地域においても，ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れている。

d. 竜巻風速，被害幅及び被害長さの確率分布並びに相関係数

竜巻検討地域における51.5年間の竜巻の発生数，被害幅及び被害長さを基に，確率密度分布についてはガイド及びガイドが参考としている東京工芸大学委託成果を参照し，対数正規分布に従うものとする（第9.2.1図～第9.2.3図）。

なお，疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅又は被害長さの情報がない竜巻には，被害幅又は被害長さを有する竜巻の観測値を与えている。その際は，被害幅又は被害長さが大きいほうから優先的に用いることで，被害幅又は被害長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに，被害幅又は被害長さ0のデータについては計算に用いておらず，保守的な評価を行っている。

このように，前述のFスケール不明の竜巻の取扱い等も含め，データについては保守的な評価となる取扱いを行っている。

また，1961年以降の観測データのみを用いて，竜巻風速，被害

幅及び被害長さについて相関係数を求める（第9.2.3表）。

e. 竜巻影響エリアの設定

竜巻影響エリアは、評価対象施設の面積（第9.2.4表）及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する円形のエリア（直径500m，面積約 $1.97 \times 10^5 \text{ m}^2$ ）として設定する。（第9.2.4図）

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。

f. ハザード曲線の算定

T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し，かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率を求め，ハザード曲線を求める。

前述のとおり，竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は式（a）で示される（Wen and Chu⁽⁴⁾）。

$$P_T(N) = \frac{(vT)^N}{N!} (1 + \beta vT)^{-(N+1/\beta)} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k) \quad (\text{a})$$

ここで，Nは竜巻の年発生数， v は竜巻の年平均発生数，Tは年数である。 β は分布パラメータであり式（b）で示される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{v} - 1 \right) \times \frac{1}{v} \quad (\text{b})$$

ここで， σ は竜巻の年発生数の標準偏差である。

Dを竜巻影響評価となる対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し，竜巻影響評価の対象構造物が1つの竜巻に遭遇し，その竜巻の風速が V_0 以上となる確率を $R(V_0)$ とした

時， T 年以内にいずれかの竜巻に遭遇し，かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率は式（c）で示される。

$$P_{V_0,T}(D)=1-[1+\beta R(V_0)T]^{-1/\beta} \quad (c)$$

この $R(V_0)$ は，竜巻影響評価の対象地域の面積を A_0 （つまり竜巻検討地域の面積約26,600km²），1つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると式（d）で示される。

$$R(V_0)=\frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (d)$$

ここで， $E[DA(V_0)]$ は $DA(V_0)$ の期待値を意味する。

本評価では，以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し，式（d）により $R(V_0)$ を推定して，式（c）により $P_{V_0,T}(D)$ を求める。風速を V ，被害幅を w ，被害長さを l 及び移動方向を α とし， $f(V,w,l)$ 等の同時確率密度関数を用いると， $DA(V_0)$ の期待値は式（e）で示される（Garson et al.⁽⁵⁾）。

$$\begin{aligned} E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V,w,l) dV dw dl \\ &\quad + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty H(\alpha) l f(V,l,\alpha) dV dl d\alpha \\ &\quad + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V,w,\alpha) dV dw d\alpha \\ &\quad + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} \quad (e)$$

ここで、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面に竜巻影響評価対象構造物を投影した時の長さである。竜巻影響エリアを円形で設定しているため、 H 、 G ともに竜巻影響エリアの直径500mで一定(竜巻の移動方向に依存しない)となる。 S は竜巻影響エリアの面積(直径500mの円の面積：約 $1.97 \times 10^5 \text{ m}^2$)を表す。円の直径を L とした場合の計算式は式 (f) で示される。

$$\begin{aligned}
 E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
 & + L \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl \\
 & + L \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw \\
 & + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV
 \end{aligned} \tag{f}$$

また、風速の積分範囲の上限値は、ハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として 120m/s に設定する。

また、 $W(V_0)$ は、竜巻の被害幅のうち風速が V_0 を超える部分の幅であり、式 (g) で示される。この式により、被害幅内の風速分布に応じて被害様相に分布がある(被害幅の端ほど風速が小さくなる)ことが考慮されている(Garson et al.⁽⁵⁾, Garson et al.⁽⁶⁾)。

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{\min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w \tag{g}$$

ここで、係数の1.6について、既往の研究では例えば0.5や1.0

などの値も提案されている。ガイドにて参照しているGarson et al.⁽⁶⁾では、観測値が不十分であるため保守的に1.6を用いることが推奨されており、本評価でも1.6を用いる。また、伊方発電所の竜巻影響評価では、ランキン渦モデルによる竜巻風速分布に基づいて設計竜巻の特性値等を設定している。ランキン渦モデルは高さ方向によって風速及び気圧が変化しないため、地表から上空まで式（g）を適用できる。なお、式（g）において係数を1.0とした場合がランキン渦モデルに該当する。

また、 V_{min} は、Gale intensity velocityと呼ばれ、被害が発生し始める風速に位置づけられる。Garson et al.⁽⁶⁾では、 $V_{min} = 40\text{mph} \div 1.61 \div 18\text{m/s}$ （ $1\text{mph} \div 1.61 \div 1.61\text{km/h}$ ）を提案している。米国気象局NWS（National Weather Service）では、Gale intensity velocityは34～47ノット（17.5～24.2m/s）とされている。また、気象庁が使用している風力階級では、風力9は大強風（strong gale：20.8～24.4m/s）と分類されており、風力9では「屋根瓦が飛ぶ。人家に被害が出始める。」とされている。

以上を参考に、本評価においては、 $V_{min}=25\text{m/s}$ とする。なお、この値はF0（17～32m/s）のほぼ中央値に相当する。

海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域を対象に算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、62.0m/sとなる（第9.2.5図）。

g. 1km範囲に細分化した評価

1km範囲に細分化した評価は、ハザード曲線を算定できるデータが得られた海域0～1km及び陸域0～1kmについて評価する。評価の条件として、被害幅及び被害長さは、それぞれ1km範囲内

の被害幅及び被害長さを用いている。上記評価条件に基づいて、海岸線から陸側及び海側それぞれ 5 km 全域の評価と同様の方法でハザード曲線を算定する。

また、竜巻発生数を変えずに竜巻検討地域を 1/10 にしてハザード曲線を算定する。

これら算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、竜巻検討地域を 1/10 にした場合の 84.0 m/s が最大となる（第 9.2.6 図）。

h. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

海側及び陸側それぞれ 5 km 全域の評価と、1 km 範囲に細分化した評価を比較して、竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、ガイドを参考に年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし、84.0 m/s とする（第 9.2.7 図）。

(3) 基準竜巻の最大風速 (V_B)

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1} = 92 \text{ m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2} = 84.0 \text{ m/s}$ より、伊方発電所における基準竜巻の最大風速 V_B は 92 m/s とする。

9.3 設計竜巻の最大風速の設定

発電所が立地する地域の特性として、周辺の地形や竜巻の移動方向を考慮して、基準竜巻の最大風速の割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。

地形が竜巻の挙動に及ぼす影響に関しては、Forbes⁽⁷⁾ が竜巻による被害の痕跡は下り斜面で幅が狭まり、被害の程度が増すことが

たびたび観察されているとしているが、Lewellen⁽⁸⁾は上り斜面で渦の強度が増し、下り斜面で渦の強度が弱まるとしている。また、Selvamら⁽⁹⁾は上り斜面ではより大きな被害をもたらし、下り斜面では被害が少ないとしており、様々な知見が存在している。

伊方発電所近傍では竜巻の発生実績がなく襲来する可能性のある竜巻の移動方向の分析が困難であることから、伊方発電所周辺の地形を模擬したモデルによる数値流体計算を行い、敷地における竜巻の増幅の可能性について評価し設計竜巻の最大風速を設定する。

(1) 最大風速の割り増し検討（伊方発電所周辺の地形を模擬したモデルによる数値流体計算）

a. 検討ケース

数値流体計算の検討ケースは、竜巻が斜面を上っていくケースとして発電所西側から襲来するケース（以下「西側ケース」という。）、斜面を下っていくケースとして宇和海から佐田岬半島を越えて発電所南側から襲来するケース（以下「南側ケース」という。）の2ケースとした（第9.3.1図）。

b. 計算結果

(a) 西側ケース

上陸後、海岸に面した建物を乗り越え、重油タンクを設置しているEL. +84mの高台を登り、発電所を通り過ぎた後は進行方向右側に逸れながら、佐田岬半島の中腹に沿って到達地点へと向かう。このとき、風速は谷筋に沿った場所で低く、谷を挟む尾根上で高い。

発電所構内での風速の分布は、上陸直後の護岸上で最大瞬間

風速が最も大きく約80m/sであった。その後、地形・建物等の影響を受けて風速が弱まり、重油タンクを設置しているEL. +84mでは約70m/sであった（第9.3.2図）。

(b) 南側ケース

南側ケースの場合、佐田岬半島の海拔200m程度の尾根を二つ乗り越えて発電所に到達するルートとなる。このときの最大瞬間風速は、二つの尾根の頂部付近に現れ、尾根頂部からの下り斜面においては、旋回気流の渦構造が崩れ風速が弱まる。

発電所構内での最大瞬間風速は、EL. +84m及びEL. +10mにおいて10m/s程度であった（第9.3.3図）。

c. 評価結果

伊方発電所周辺の地形を模擬したモデルを用いた数値流体計算により敷地における増幅の傾向は見られない結果が得られたことから、伊方発電所において、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低いと考える。

(2) 設計竜巻の最大風速

伊方発電所において、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低いと考えるが、基準竜巻の最大風速を安全側に数字を切り上げて、設計竜巻の最大風速は100m/sとする。

9.4 設計竜巻の特性値の設定

設計竜巻の特性値は、設計竜巻の最大風速（ V_D ）より米国NRCの基準類⁽¹⁰⁾を参考として、ランキン渦モデルを仮定して竜巻特性値を設定する。（第9.4.1表）

(1) 設計竜巻の移動速度 (V_T)

設計竜巻の移動速度 (V_T) は、以下の算定式を用いて V_D から V_T を算定する。

$$V_T = 0.15 \cdot V_D$$

(2) 設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm})

設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm}) は、米国NRCの基準類⁽¹⁰⁾を参考として、以下の算定式を用いて算定する。

$$V_{Rm} = V_D - V_T$$

(3) 設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m)

設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m) は、日本における竜巻の観測記録をもとに提案された竜巻モデル⁽³⁾に準拠して以下の値を用いる。

$$R_m = 30 \text{ (m)}$$

(4) 設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{max})

設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{max}) は、米国NRCの基準類⁽¹⁰⁾を参考として、ランキン渦モデルによる風速分布に基づいて設定する。

$$\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rm}^2$$

ここで、 ρ 及び V_{Rm} は、それぞれ空気密度、設計竜巻の最大接線風速を示す。

(5) 設計竜巻の最大気圧低下率 $((dp/dt)_{max})$

設計竜巻の最大気圧低下率 $((dp/dt)_{max})$ は、米国NRCの基準類⁽¹⁰⁾を参考として、ランキン渦モデルによる風速分布に基づいて設定する。

$$(dp/dt)_{max} = (V_T/R_m) \cdot \Delta P_{max}$$

ここで、 V_T 及び R_m は、それぞれ設計竜巻の移動速度及び最大接線風速が生じる位置での半径を表す。

第9.2.1表 日本におけるF3スケールの竜巻一覧（1961年～2012年6月）

発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所
1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県 浦和市
1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県 茂原市
1999年09月24日11時07分	34度42分04秒	137度23分05秒	愛知県 豊橋市
2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町
2012年05月06日12時35分	36度06分38秒	139度56分44秒	茨城県 常総市

第9.2.2表 竜巻発生数の分析結果

竜巻検討地域 (沿岸±5km)	発生・通過数 の統計	Fスケール					Fスケール不明		総数 (含む不明)
		F0	F1	F2	F3	小計	(陸上)	(海上)	
1961～ 2012/6 (51.5年間)	期間内総数	15	25	12	1	53	2	15	70
	平均値(年)	0.29	0.49	0.23	0.02	1.03	0.04	0.29	1.36
	標準偏差(年)	0.75	0.99	0.62	0.14	1.69	0.20	0.78	2.08
1991～ 2012/6 (21.5年間)	期間内総数	15	21	6	0	42	2	15	59
	平均値(年)	0.70	0.98	0.28	0.00	1.95	0.09	0.70	2.74
	標準偏差(年)	1.05	1.31	0.64	0.00	2.09	0.30	1.10	2.47
2007～ 2012/6 (5.5年間)	期間内総数	10 ^{※2}	2	0	0	12	1 ^{※3}	5	18
	平均値(年)	1.82	0.36	0.00	0.00	2.18	0.18	0.91	3.27
	標準偏差(年)	1.45	0.55	0.00	0.00	1.78	0.43	1.24	2.51
疑似 51.5年間 (陸上竜巻)	期間内総数	104 ^{※1}	51	12	1	168	0	47	215
	平均値(年)	1.82	0.98	0.23	0.02	3.23	0.00	0.91	4.14
	標準偏差(年)	1.45	1.31	0.62	0.14	2.09	0.00	1.24	2.43
疑似 51.5年間 (全竜巻)	期間内総数	134	66	16	2	218	0	0	0
	平均値(年)	2.56	1.25	0.30	0.03	4.13	0.00	0.00	0.00
	標準偏差(年)	1.71	1.48	0.70	0.16	2.37	0.00	0.00	0.00

※1: 104個の合計数は観測体制が強化された2007年以降のデータ(※2)とFスケール不明陸上竜巻(※3)の合計数

※2: $10 \times 51.5 / 5.5 = 94$ 個 [2007年以降のF0データ(10個)より算出]

※3: $1 \times 51.5 / 5.5 = 10$ 個 [2007年以降のFスケール不明の陸上竜巻(1個)より算出]

第9.2.3表 竜巻風速、被害幅及び被害長さの相関係数

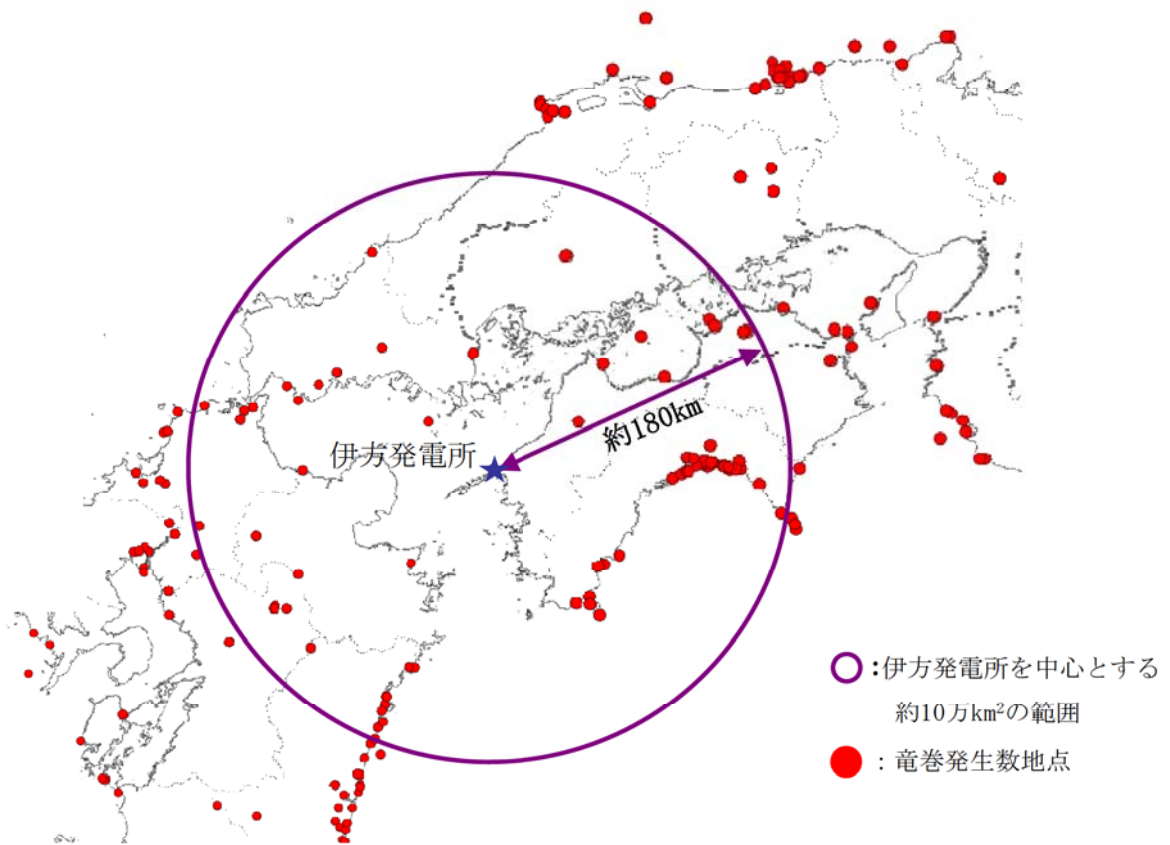
相関係数 (対数)	風速	被害幅	被害長さ
風速	1	0.416	0.330
被害幅	—	1	0.235
被害長さ	—	—	1

第9.2.4表 評価対象施設の設置面積

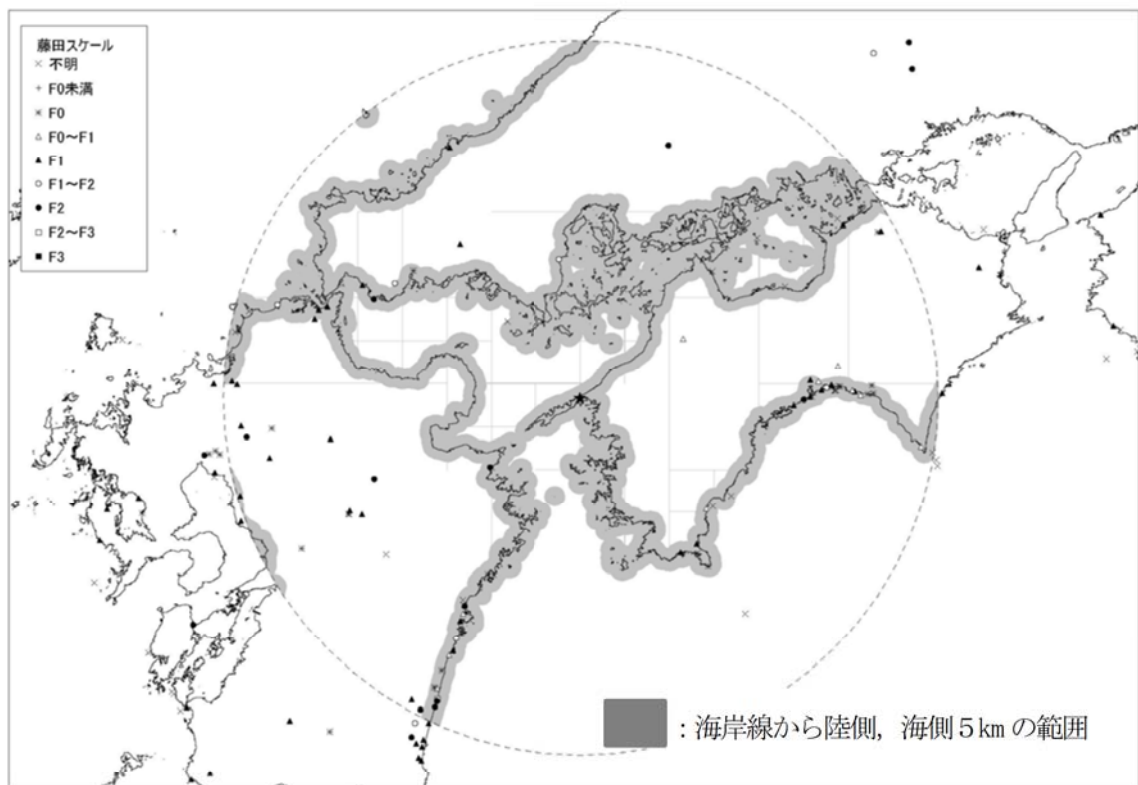
評価対象施設	設置面積 (m ²)
・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋 ・タービン建屋 ・一次系ボンベ庫 ・3号事務所	18,200
・燃料油貯油槽基礎	210
・海水ポンプエリア	361
・海水ピットクレーン	342
・重油タンク ・2－固体廃棄物貯蔵庫	3,000
・重油移送配管	230
・乾式貯蔵建屋	2,478
合計面積	24,821

第9.4.1表 設計竜巻の特性値

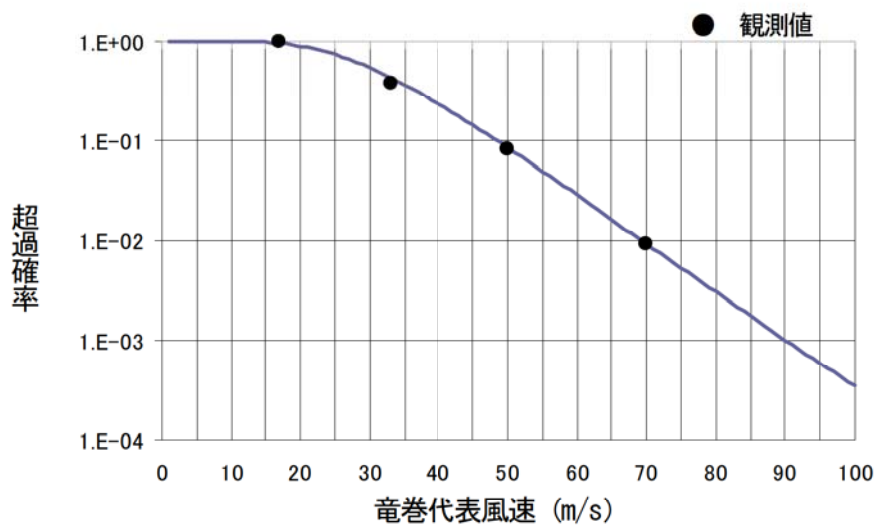
最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	最大接線風速 半径 R_m (m)	最大気圧低下量 ΔP_{max} (hPa)	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$ (hPa/s)
100	15	85	30	89	45



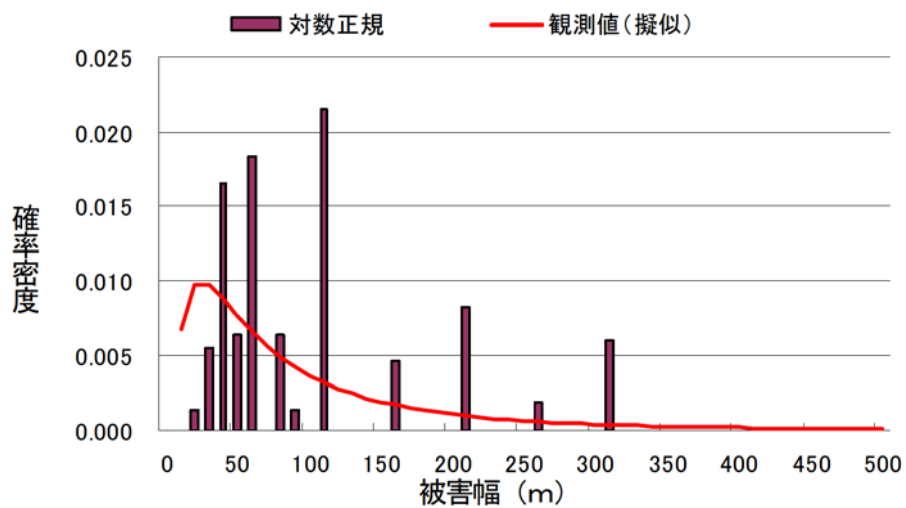
第9. 1. 1図 伊方発電所を中心とする約10万km²の範囲



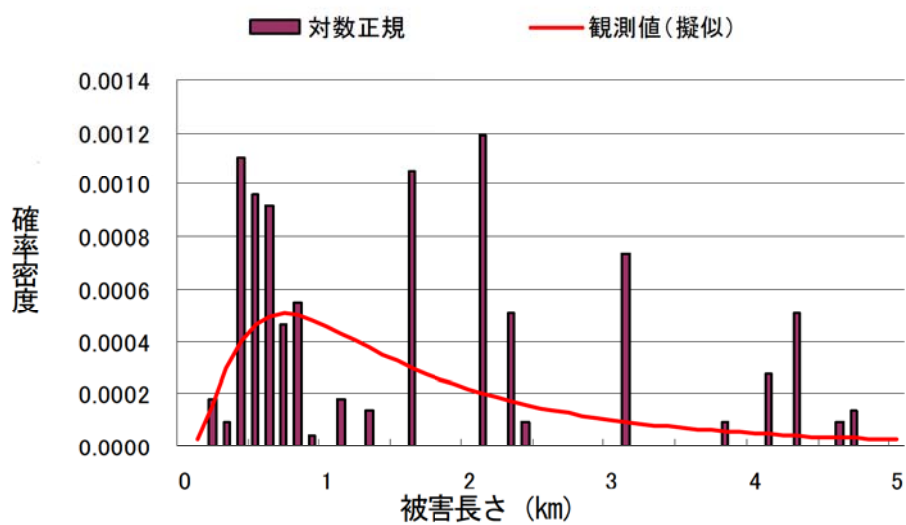
第9. 1. 2図 竜巻検討地域とその近傍での竜巻発生状況



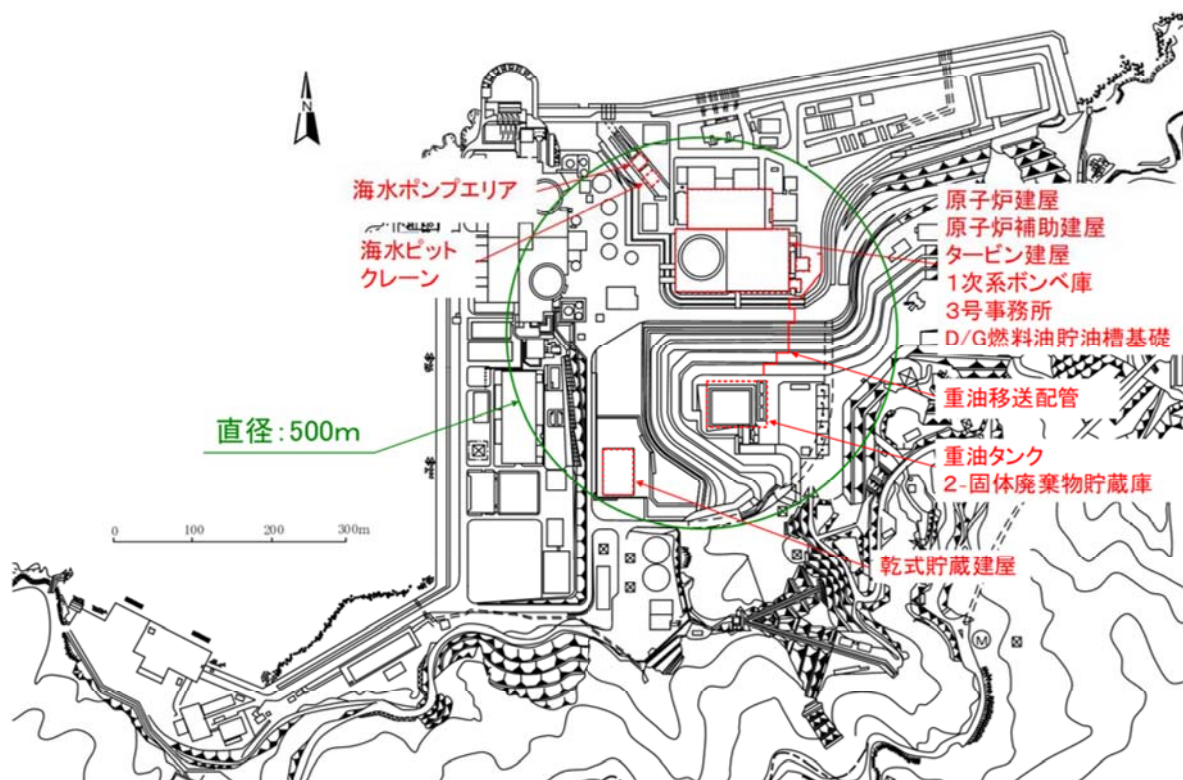
第9.2.1図 竜巻風速の確率分布



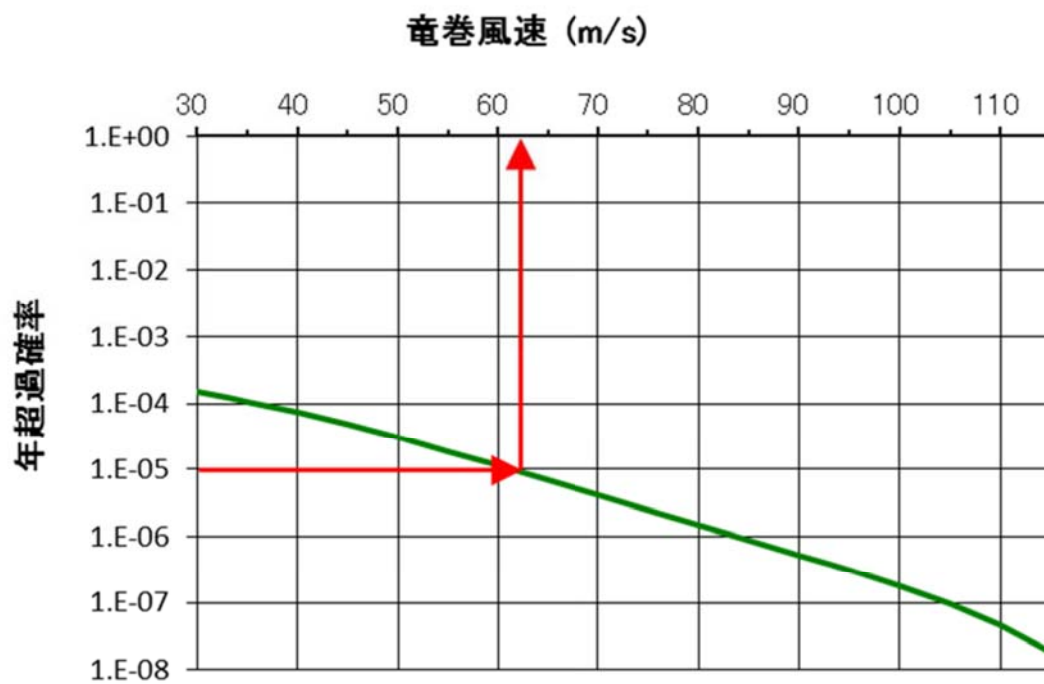
第9.2.2図 竜巻被害幅の確率分布



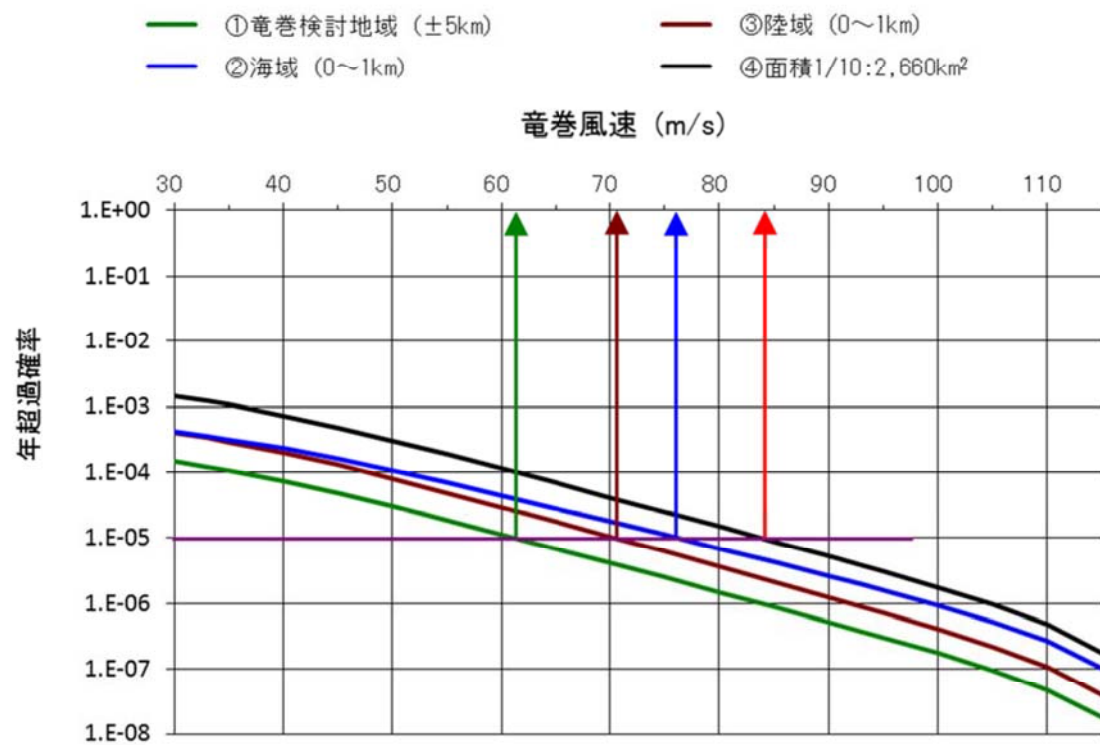
第9.2.3図 竜巻被害長さの確率分布



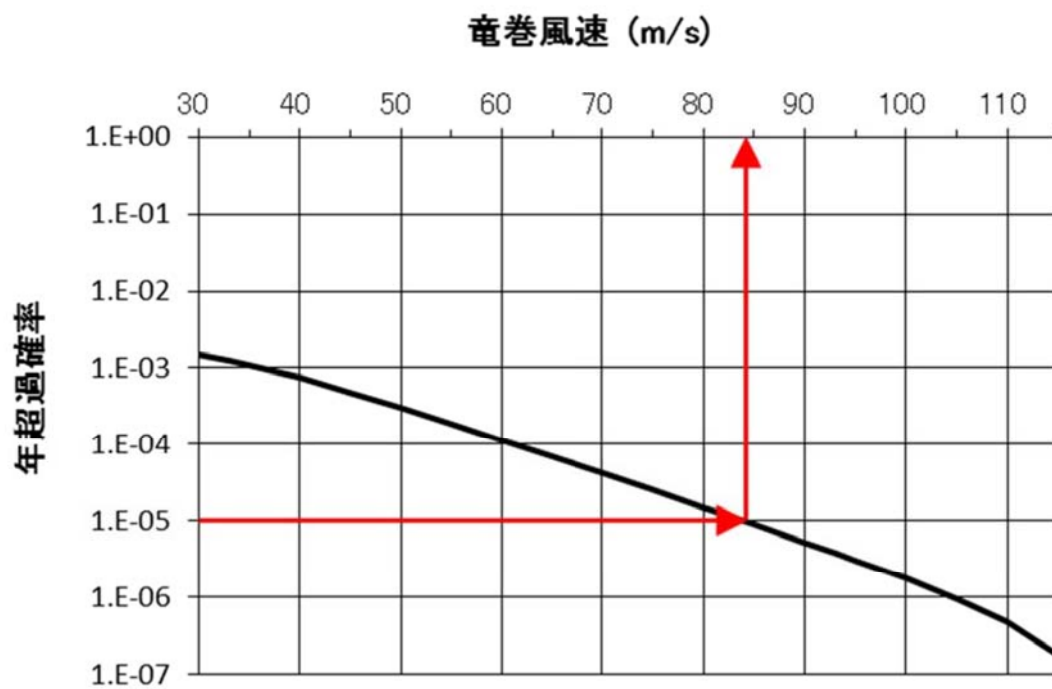
第9.2.4図 竜巻影響エリア



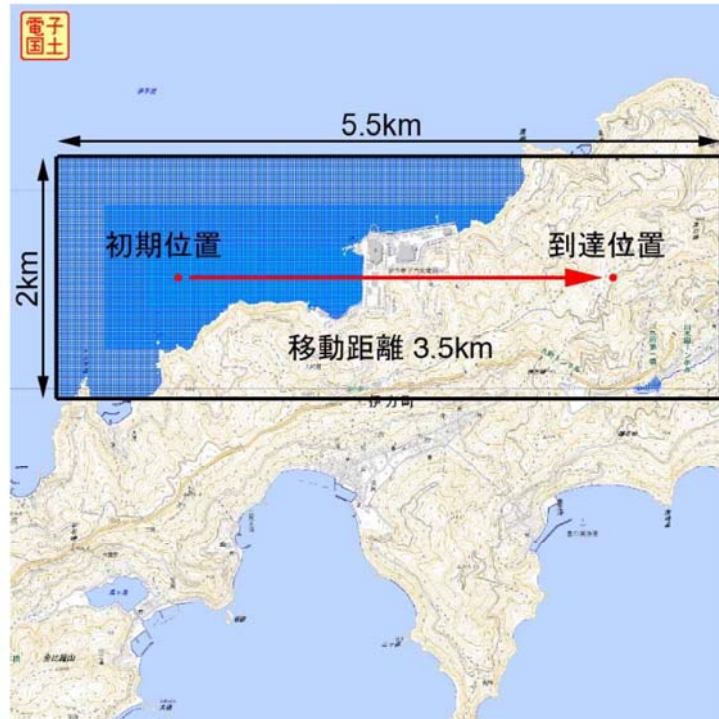
第9.2.5図 竜巻最大風速のハザード曲線 (海側, 陸側 5 km範囲)



第9.2.6図 竜巻最大風速のハザード曲線 (1 km範囲に細分化した評価)

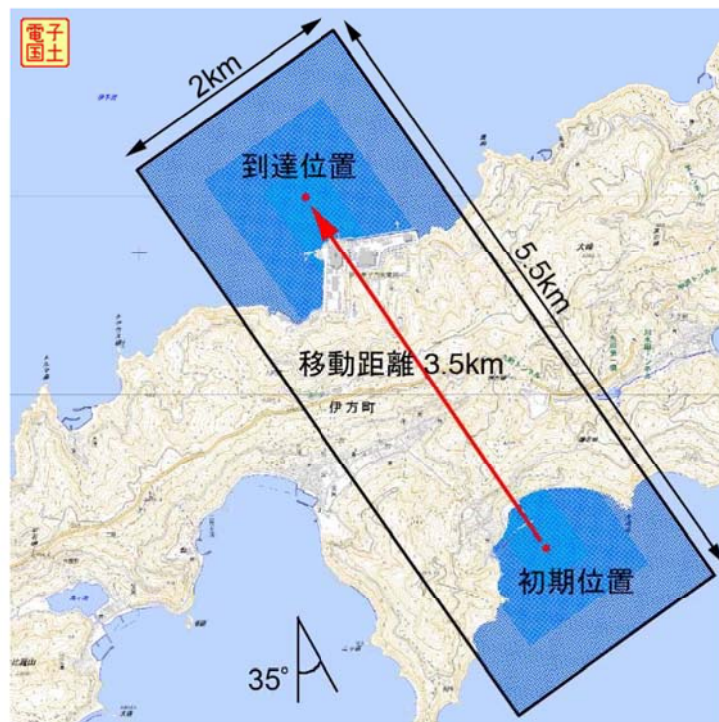


第9.2.7図 竜巻最大風速のハザード曲線 (面積1/10)



① 西側ケース

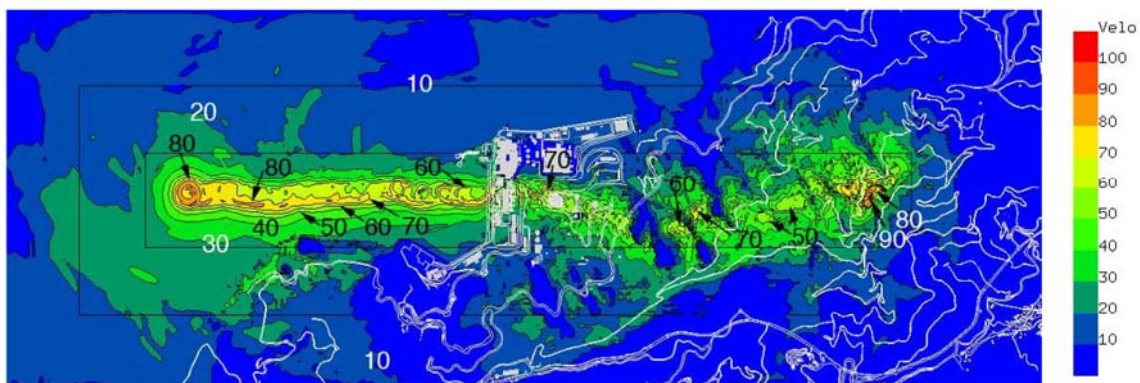
(地形図は国土地理院地図閲覧サービス（ウォッチず）より引用)



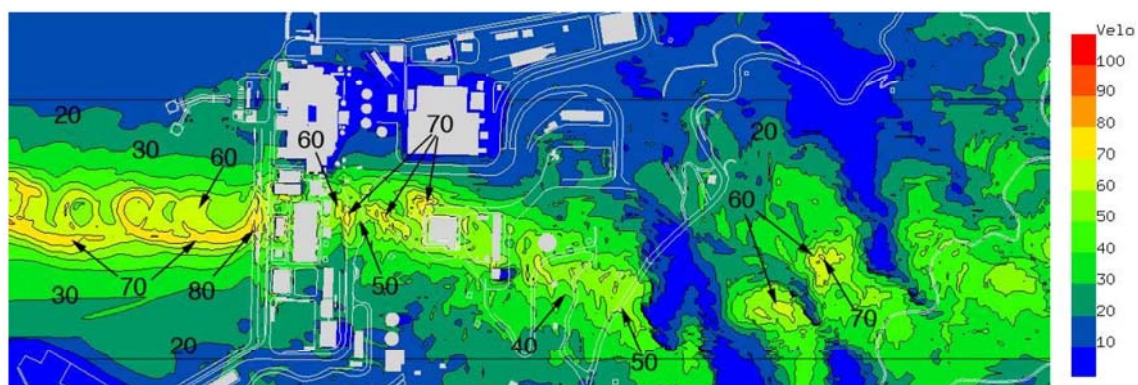
②南側ケース

(地形図は国土地理院地図閲覧サービス（ウォッチず）より引用)

第9.3.1図 数値流体計算の検討ケース

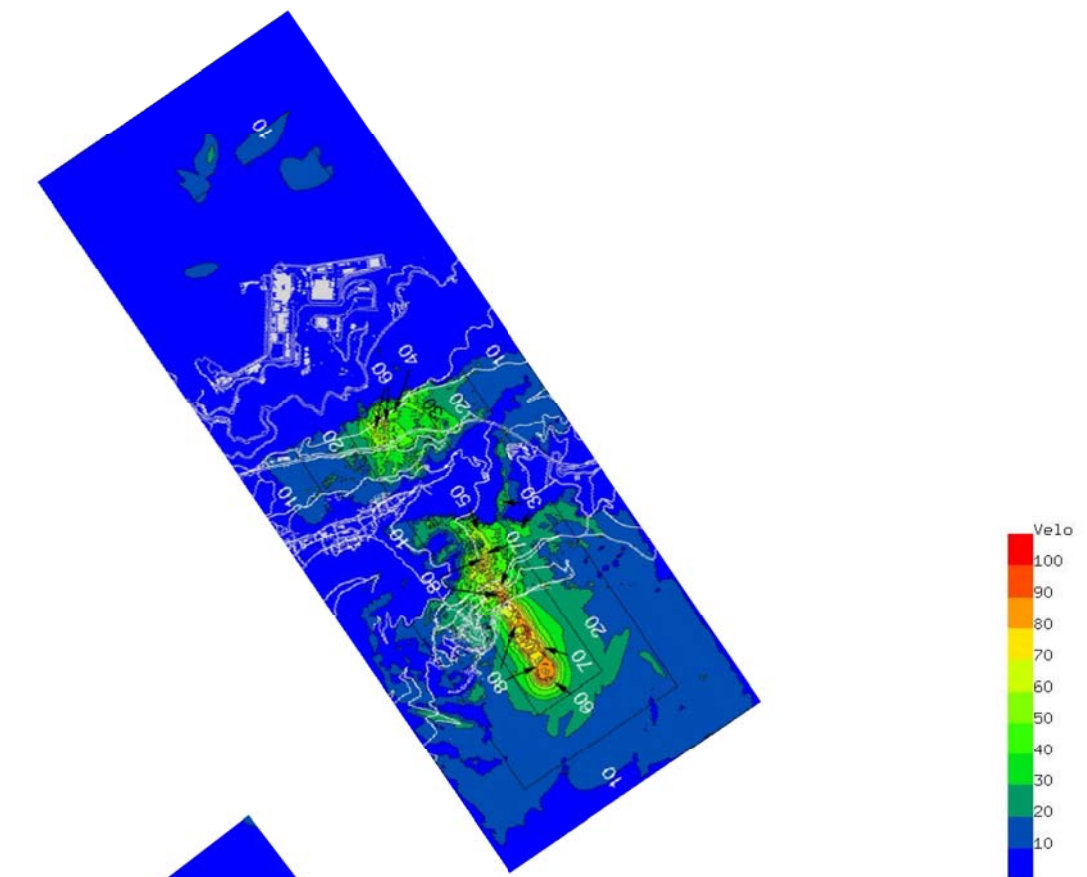


①計算領域全体

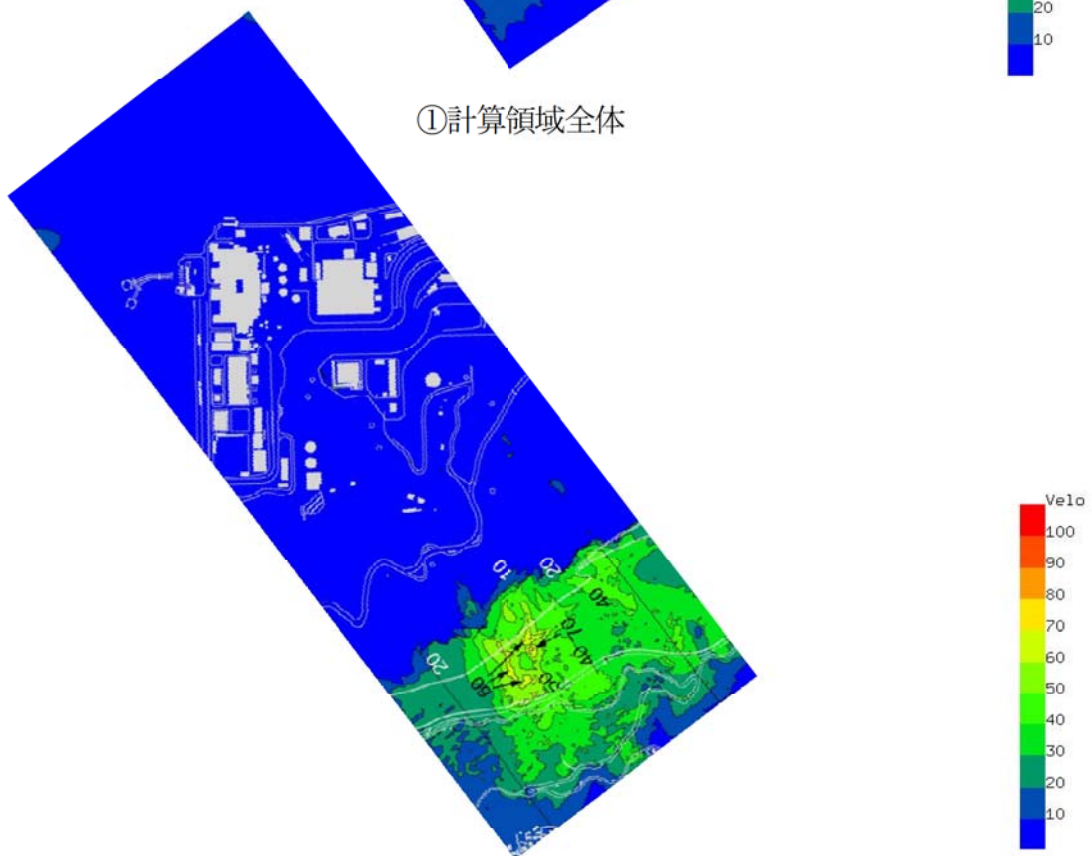


②発電所部分拡大

第9.3.2図 最大瞬間風速分布（西側ケース）



①計算領域全体



②発電所部分拡大

第9.3.3図 最大瞬間風速分布（南側ケース）

9.5 参考文献

- (1) 日本の気候区分 関口武
- (2) IAEA Safety Standards, Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No. SSG-18, 2011.
- (3) 東京工芸大学 (2011) : 平成21～22年度原子力安全基盤調査研究 (平成22年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究報告書
- (4) Wen. Y. K and Chu. S. L. (1973) : Tornado Risks and Design Wind Speed. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.99, No. ST12, pp. 2409-2421.
- (5) Garson. R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C.A. (1975) : Tornado Design Winds Based on Risk. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.101, No. ST9, pp. 1883-1897.
- (6) Garson. R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C.A. (1975) : Tornado Risk Evaluation using Wind Speed Profiles. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.101, No. ST5, pp. 1167-1171.
- (7) Forbes, G. S., Topographic influences on tornadoes in Pennsylvania, 19th Conference on Severe Local Storms, American Meteorological Society, pp. 269-272, 1998.
- (8) Lewellen, D. C., Effects of Topography on Tornado Dynamics: A Simulation Study, 26th Conference on Severe Local Storms, American Meteorological Society, Nov. 5-8, 2012.
- (9) Selvam R. P. and Ahmed, N., The Effect of Terrain Elevation on Tornado Path, The 12th Americas Conference on Wind Engineering

(12AVWE), June 16-20, 2013.

- (10) U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION : REGULATORY GUIDE 1.76,
DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADO MISSILES FOR NUCLEAR POWER
PLANTS, Revision 1, March 2007

10. 生 物

10.1 植 生

平成 25 年度に実施した植生に関する調査では、発電所周辺は、常緑広葉樹を中心とするヤブツバキクラス域に属するが、人為的介入により、自然植生は極めて少なく、ウバメガシ群落が点在しているのみとなっている。したがって、発電所及びその周辺地域の大部分を占める植生は、コナラ群落、シイ・カシ二次林およびタブノキーヤブニッケイ二次林等の代償植生や、スギ・ヒノキ・サワラ植林、常緑果樹園に置きかわっている。また、常緑果樹園の一部はアカメガシワーカラスザンショウ群落に変容している。

なお、伊方発電所において、周辺の森林火災により安全施設の安全機能が損なわれた記録はない。

添 付 書 類 七

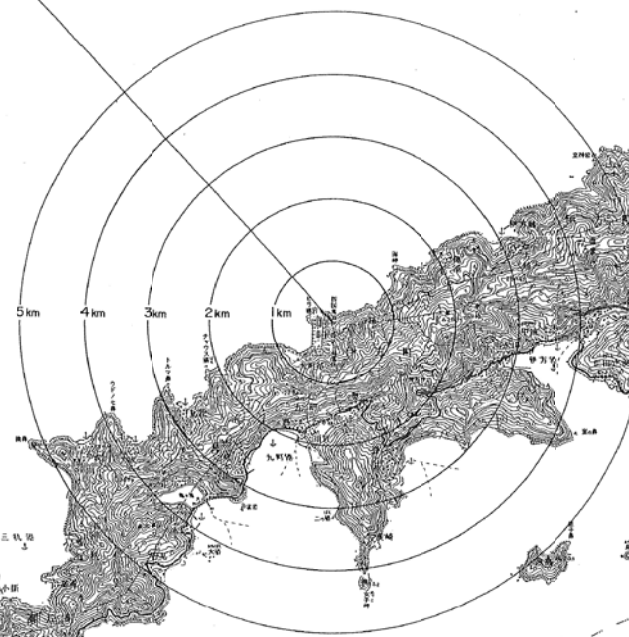
変更に係る原子炉又はその主要な附属施設の設置の地点から二十キロメートル以内の地域を含む縮尺二十万分の一の地図及び五キロメートル以内の地域を含む縮尺五万分の一の地図

原子炉の設置地点から 5 km 以内の地域を含む
縮尺 5 万分の 1 の地図

1000m 0 1000 2000 3000

原子炉設置予定箇所

伊 子 瀬



宇
和
海

「この地図は、建設省国土地理院長の承認を得て、同院発行の 5 万分の 1 地形図を複製したものである。」(承認番号)昭 56 四復、第 75 号]