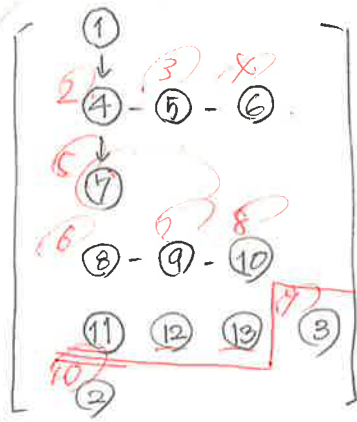


平成 16 年 2 月 13 日



今後、分科会において検討する項目

1. 指針の範囲と適用

- 後段規制との関係、学協会規格との関係も念頭に、
 - ・ 指針にはどの範囲までを規定しておくか？
 - ・ 指針の適用における弾力化をどのように図るのか？（段階的適用、選択肢方式等）
- 指針の記載方法（現行指針では、「本文」と「解説」による構成としている）はどのようにすべきか？
- 法体系との関係、上位指針との関係を念頭に基本目標をどのように設定するか？

2. 確率論的耐震安全評価（地震PSA）の適用の可能性

- 確率論的耐震安全性評価（地震PSA）を個別プラントの審査に適用するかあるいは、規制の妥当性を確認するために活用するか？
 - ・ 個別プラントに適用する場合、規制上の要求とするのか、自主的な範囲とするのか？
 - ・ 上記の検討においては、
 - ≫ 他の事象に対するPSAが規制上の要求事項とはなっていないこと
 - ≫ 及び多段階規制における諸手続・処分と矛盾が生じないことを考慮する必要がある。

3. 指針への確率論的な設計手法の導入の可能性

- 確率論的な設計手法の導入が可能か？
 - ・ プラント設計手法として、確率論的な設計手法を導入するか、設計は確定論的に行い参考として活用するか、もしくは、将来、課題等が解決された段階で導入することとするか。

4. 基準地震動の設定

※活断層の評価期間の妥当性

- 基準地震動を、確率論的な手法の導入も考慮しつつ、どのように設定する

か？

- 基準地震動を安全確認するための地震動に1本化するか、従来通り2本設定するか？
 - ・ 2本設定する場合、どのような根拠で2本の地震動を設定できるのかについて合理的説明が必要。

※基準地震動の数

- ・ 現行のS1, S2の概念

- 基準地震動の設定位置の考え方をどのように整理するか？

※基準地震動の設定位置の整理

5. 指針への確率論的なアプローチの導入の可能性

- 確率論的なアプローチを導入する対象をどうするか？
 - ・ 地震動の設定に活用する場合、
 - (i) 震源を予め特定できない地震について、どのように導入するか？
 - (ii) 震源を予め特定できる地震については、どこまで適用可能か？（できれば判定のめやすのようなものがあれば望ましい）

6. 耐震重要度分類の考え方とその区分

- 基準地震動の設定との関係において、指針で扱う重要度分類の区分ごとの範囲をどのように設定するか？（3区分、2区分、従来通り？）
- 安全機能からみた重要度分類との整合性の要否についての検討及び地震固有の観点から見た重要性の整理が必要

7. 設計用地震力の設定

- 基準地震動の設定、耐震重要度分類の区分との関係において、設計用地震力をどのように設定するか？
 - ・ 水平方向動的地震力の適用範囲は？
 - ・ 上下方向動的地震力の適用範囲は？※水平地震力と上下地震力の組合せ法に関する検討
- 静的地震力の取扱いをどうするか？

8. 応答解析、応力解析

- 応答解析、応力解析の要求事項を指針に記載する必要があるか？必要な場合は、何を要求事項とすべきか？

9. 荷重の組合せ

- 現行指針の荷重組合せの考え方を基本的に踏襲して良いか？

10. 許容限界

- 現行指針の許容限界の考え方を基本的に踏襲して良いか？

11. 第四紀層地盤立地の導入の可能性

- 第四紀層地盤における立地を適用可能とするか？（条件付きか、無条件か？）
 - ・ 適用可能とする場合、岩盤立地の規定の扱い、「第四紀層地盤」の定義付け等に留意する必要がある。

※第四紀層地盤立地の採用可否の検討（但し、地下立地や人工島立地の検討までは地震・地震動WGで審議しない。）

12. 免震構造等の導入の可能性

- 免震構造等を適用可能とするか？（条件付きか、無条件か？、制振構造は？）

※免震構造・制振構造の採用可否の検討

* 制振構造については、パッシブ制振のみを想定すれば良いのではないか。

13. 地震随件事象

- 地震随件事象として、何を対象とし、どこまで要求事項とすべきか？

※津波に関する検討

※基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価に関する検討

注) ※印（ゴシック体）は、「震分第7-2号」により分科会で審議するものとされた検討項目を示す。

原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会
第8回会合議事進行(案)

平成16年2月27日(金)
10:30~12:30
原子力安全委員会第1,2会議室

1. 開 会
事務局説明 10:30~10:31 [1分]
・定足数確認、配付資料確認
2. 資料8-1「原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会構成員」
事務局説明 10:31~10:32 [2分]
3. 資料8-2「耐震設計審査指針に関する今後の検討スケジュール(案)」
資料説明<事務局> 10:32~10:34 [2分]
質疑応答等 10:34~10:39 [5分]
4. 資料8-3「指針への確率論的な手法の導入の可能性について」
資料説明<JNES(調整中)> 10:39~10:59 [20分]
・「設計用基準地震動策定に係る確率論的手法の導入について」
(原子力安全・保安院委託事業)の成果の紹介
質疑応答等 10:59~11:19 [20分]
5. 資料8-4「第四紀層地盤立地、免震構造等について」
 - (1) 概念整理等
資料説明<事務局> 11:19~11:29 [10分]
 - (2) 実例紹介
資料説明<日本原子力研究所> 11:29~11:49 [20分]
・高温工学炉(第四紀層地盤立地)
資料説明<核燃料サイクル開発機構> 11:49~12:09 [20分]
・サイクル機構ユーティリティー施設(免震構造)
 - (3) 事業者意見開陳(需要等について)
資料説明<部外協力者(調整中)> 12:09~12:14 [5分]
 - (4) 質疑応答等 12:14~12:29 [15分]
6. 閉 会
次回の予定等
事務局説明 12:29~12:30 [1分]

(案)

原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会 第8回会合

議 事 次 第

1. 日 時 平成16年2月27日(金) 10時30分～12時30分

2. 場 所 原子力安全委員会第1、2会議室(虎ノ門三井ビル2階)

3. 議 題 (1)発電用原子炉施設に関する耐震設計について

 (2)その他

4. 配付資料
 震分第8-1号 原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会構成員

 震分第8-2号 耐震設計審査指針に関する今後の検討スケジュール(案)

 震分第8-3号 指針への確率論的な手法の導入の可能性について

 震分第8-4号 第四紀層地盤立地、免震構造等について

原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会構成員

氏名	所属
青山 博之	東京大学名誉教授
秋山 宏	日本大学総合科学研究所 教授
石田 瑞穂	独立行政法人 防災科学技術研究所 研究主監
石橋 克彦	神戸大学都市安全研究センター 教授
伊部 幸美	財団法人 原子力発電技術機構 技術顧問
入倉孝次郎	京都大学防災研究所 教授
大竹 政和	東北大学名誉教授
亀田 弘行	独立行政法人 防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター センター長
神田 順	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
衣笠 善博	東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授
小島 圭二	地圏空間研究所 代表
柴田 碧	独立行政法人 防災科学技術研究所 客員研究員
佃 榮吉	独立行政法人 産業技術総合研究所 研究コーディネータ
濱田 政則	早稲田大学理工学部 教授
原 文雄	東京理科大学工学部 教授
平野 光將	独立行政法人 原子力安全基盤機構 総括参事
藤田 隆史	東京大学生産技術研究所 教授
翠川 三郎	東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授
山内 喜明	山内喜明法律事務所 弁護士

耐震設計審査指針に関する今後の検討スケジュール(案)

項目	平成16年(2004年)									
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月以降	
耐震指針検討分科会		<p>第8回 2月27日(金) 10:30~12:30</p> <p>1. 指針の範囲と適用 3. 確率論的手法の導入の可能性 10. 第四紀層地盤立地の導入の可能性 11. 免震構造等の導入の可能性</p>		<p>第9回 4月下旬</p> <p>1. 指針の範囲と適用 4. 基準地震動 6. 設計用地震力</p>	<p>第10回 5月下旬</p> <p>1. 指針の範囲と適用 4. 基準地震動 5. 耐震重要度分類 6. 設計用地震力</p> <p>・ 裕度について ・ バックチェックの考え方</p>	<p>第11回 6月</p> <p>1. 指針の範囲と適用 7. 応答解析・応力解析 8. 荷重の組合せ 9. 許容限界</p>	<p>第12回 7月</p> <p>1. 指針の範囲と適用 2. 地震PSAの適用の可能性 5. 耐震重要度分類 12. 地震随伴事象</p>			<p>第13回以降 審議の取りまとめ</p>
地震地震動WG		<p>第13回 2月6日(金) 10:30~12:30</p> <p>2. 地震地体構造 4. 鳥取県西部地震の震源地域の調査 6. 最新の地震動評価法</p>	<p>第14回 3月3日(水) 17:00~19:00</p> <p>1. スラブ内地震 3. 地下の震源断層と地表の活断層の関係 5. 震源を予め特定できる地震による地震動の不確かさの取扱い</p>	<p>第15回 4月中旬</p> <p>・ WGのまとめ</p>	<p>※ 15回以降 4月中旬以降</p>					

※ 検討項目と番号を再整理

今後、地震・地震動ワーキンググループにおいて検討する項目

1. スラブ内地震の特性と評価方法

2. 地震地体構造の定義と適用方法 — 第 13 回会合にて検討済

3. 地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係

4. 鳥取県西部地震の震源地域を対象とした調査結果の整理 — 第 13 回会合にて検討済

- ・最新の調査手法とそれによって解明できたこととの関係
- ・産総研等他機関の調査結果も参照

5. 震源を予め特定できる地震による地震動の想定における不確かさの取扱いに関する検討

6. 最新の地震動評価法（上下方向地震動の応答スペクトルの評価法を含む）

— 第 13 回会合にて検討済

(案)

原子力安全委員会 原子力安全基準専門部会
耐震指針検討分科会地震・地震動WG 第14回議事次第

1. 日時：平成16年3月3日(水)17時00分～19時00分
2. 場所：原子力安全委員会第1、2会議室(虎ノ門三井ビル2階)
3. 議題：(1)耐震設計に関する各種知見等の整理について
(2)その他
4. 配付資料

震震W第14-1号 スラブ内地震の特性と評価方法について

- ・ 審査における検討例の紹介

震震W第14-2号 地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係について

- ・ 松田式(1975)と新松田式(1998)の概要等の紹介
- ・ 「震震W第11-2号」を再整理したものの紹介

震震W第14-3号 震源を予め特定できる地震による地震動の想定における不確かさの
取扱いに関する検討について

- ・ 原子力安全・保安院委託事業成果の紹介

(原子力安全・保安院、JNES調整中)

松田論文 (1998) について

活断層長さLと地震規模Mの関係を示す松田の論文 (1975、及び1998) に対する、原子力施設の耐震設計上のポジションを以下に示す。

1. 松田 (1975) に示される関係式について

松田 (1975) ¹⁾ では、日本の内陸で発生した地震について、(1) 式に示す活断層長さLと地震規模Mの関係を示している。

基としたデータは濃尾地震 (1891) 以後のMとLが求められている14地震である。活断層Lの値は、地震により地表に断層が表れた長さ、及び地表に断層が表れなかった地震でも地震学の知見など他の方法で断層長さが推定されている値である。

尚、この関係式は、M 8 の地震ではL=80km、M 7 ではL=20kmとして決めたものである。また、Mと地殻の歪領域の大きさとの関係を示した坪井 (1956) の式、宇津 (1969) の式、檀原 (1966) の式と比較し、断層系のディメンジョンがその断層系の歪領域の大きさとほぼ対応するとしている。

$$\log L = 0.6M - 2.9 \quad (1)$$

$$\log 2r = \log 2r = 0.5M - 2.1 : \text{坪井 (1956)}$$

$$\log 2r = 0.5M - 2.0 : \text{宇津 (1969) 日本内陸}$$

$$\log 2r = 0.51M - 1.97 : \text{檀原 (1966)}$$

r : 歪領域の半径

2. 松田 (1998) に示される関係式について

松田 (1998) ²⁾ では、ほぼ確実に地下の震源断層の延長あるいは分岐であると考えられる9地震 (地表地震断層が明らかな地震のみ) について、Lに対するM、およびMに対するLの関係を最小二乗法により求めたものである。

回帰式は、9地震について求めたものと、規模の大きい濃尾地震 (1891) を除いた8地震について求めたものである。

(9地震についての回帰式)

$$\log L = 0.72M - 3.92 \quad (6.8 \leq M \leq 8.0) \quad (2)$$

$$M = 6.32 + 0.693 \log L \quad (3)$$

(濃尾地震を除いた回帰式)

$$\log L = 0.61M - 3.1 \quad (6.8 \leq M \leq 7.3) \quad (4)$$

$$M = 6.81 + 0.253 \log L \quad (5)$$

松田(1975)の式、及び松田(1998)の式の関係と基としたデータを図1-1、1-2、表-1に示す。

松田(1998)の式は、松田(1975)の式と比較して活断層長さが短い方でMが大きく、逆に活断層が長いとMは小さくなる傾向にある。

3. 関係式についての考察

(1) 松田(1998)のデータの妥当性の検討について

1891年濃尾地震以降発生した地震のうち、マグニチュードMが6.5以上の内陸地震について地震規模と地震断層長の整理を行うとともに、松田(1998)との整合性について検討した(表-2参照)。

その結果、松田(1998)では、1891年濃尾地震以後に報告された地震断層のうち、ほぼ確実に地下の震源断層の延長あるいは分岐と考えられるとする9例を用いているものの、同9例のうち、鳥取地震(1943)、伊豆半島沖地震(1974)、兵庫県南部地震(1995)については、以下に示すとおり明らかに地震断層の長さが過小評価されている。

①鳥取地震(1943)……鳥取地震(1943)については、津屋(1944)によると、鹿野地震断層が長さ約8km、吉岡地震断層が約4.5kmとされているが、地質的吉岡断層は地震断層の東端とされた野坂から東方へ連続し、鳥取市南郊の千代川河岸平地に通ずる様にみられるとされ、系統立った配列方向、形状及び変位を示さないとしているものの、断層線の延長に同様の地盤変動が所々に認められるとされている。また、Kanamori(1973)によれば、余震分布及び地震動データを用いた解析の結果、震央位置は地震断層東方の鳥取市の南に位置し、測量から求めた水平変動分布などをみても、地震断層が現れたとされている区間の東方にも同様な活動をしたと推定される区間が存在している(図-2参照)。したがって、確実な地震断層とは認められていないものの、さらに東方に地震断層が生じていた可能性がある。

②伊豆半島沖地震(1974)……伊豆半島沖地震(1974)については、地震断層は陸域の5.5km間に認められるとされているが、南東延長は海域にあたり、測量から求め

た鉛直変動分布などをみても、その活動は海域に及んでいるものと推定される（図-3参照）。したがって、地震断層の長さは長くなるものと考えられる。

③兵庫県南部地震（1995）……兵庫県南部地震（1995）についても、地震断層は陸域の約9km間に連続するとされているが、北西延長は海域にあたり、明石海峡大橋のピアが約1m右横ずれ変位を受けたとされていることから、海域においても地震断層が出現した可能性が高い（図-4参照）。したがって、地震断層の長さはさらに長くなるものと推定される。

従って、Mに対するLog Lの関係を最小二乗法で求める際に、上記3例をそのまま考慮することは好ましくなく、同3例を除いた6例を用いた場合のMに対するLog Lの関係を最小二乗法で求めた結果、次の式が得られた。（図-5参照）。

$$M = 4.8086 + 1.6487 \text{Log } L$$

新たに求めたMに対するLog Lの関係は、ややMを小さめに評価するものの松田（1975）の式と概ね対応している。

（2）地震学的見地からの関係式について

松田（1975）の式は、地表に表れた断層長さだけでなく、地震学的見地から想定される長さも参考にしているのに対し、松田（1998）の式は、地表地震断層の長さを対象にしている。式の形にのみ目を向けると、松田（1998）の式は勾配が大きい。

一方、地震学的な見地から検討された他の研究によるMとLの関係は、松田（1975）の式により近くなっている。一般に地震規模Mと断層の長さLの対数は比例関係にあり、 $L \propto 10^{M/2}$ ($\log L \propto 0.5M$) が成り立つとされている³⁾。MとLの関係について提案されている他の知見においても、この関係が成り立っている例が多く、松田（1975）の式についても、ほぼこの関係があてはまる ($\log L \propto 0.6M$) と考えられる。

LとMの関係に関する他の知見を図-6に示す。

4. 原子力施設の耐震設計上の取扱いについて

松田（1998）のデータについて再評価した場合、松田（1975）の式と概ね対応しており、また、地震学的な見地からみても、松田（1975）の式は他の知見とも整合するものである。以上から、松田（1975）の式に基づき、地震規模を算定することは妥当であると考えられる。

従って、松田（1998）で示される式は、ある地表地震断層の長さに基づいて、マグニチュードとの関係を回帰した一例であると認識することができる。

一方、原子力施設の耐震設計においては、空中写真判読による地形調査に加えて詳

細な地質・地質構造調査を実施し、地表の断層地形のみならず周辺の地質構造を検討し、活断層の存在が否定できない場合には安全側にその部分も考慮して断層長さを設定しており、更にそれらが仮に一連で活動した場合を考慮して、保守的に地震規模の想定を行っている。

従って、地表に表れた活断層長さのみで判断するのではなく、総合的な観点から長さを評価している原子力施設の耐震設計で、現行の松田式を用いることは妥当と考えられる。

以 上

文献

- 1) 松田時彦, 1975, 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震28, 269-283
- 2) 松田時彦, 1998, 活断層からの長期地震予測の現状 一糸魚川-静岡構造線活断層系を例にして-, 地震50別冊, 23-33
- 3) 佐藤良輔, 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック

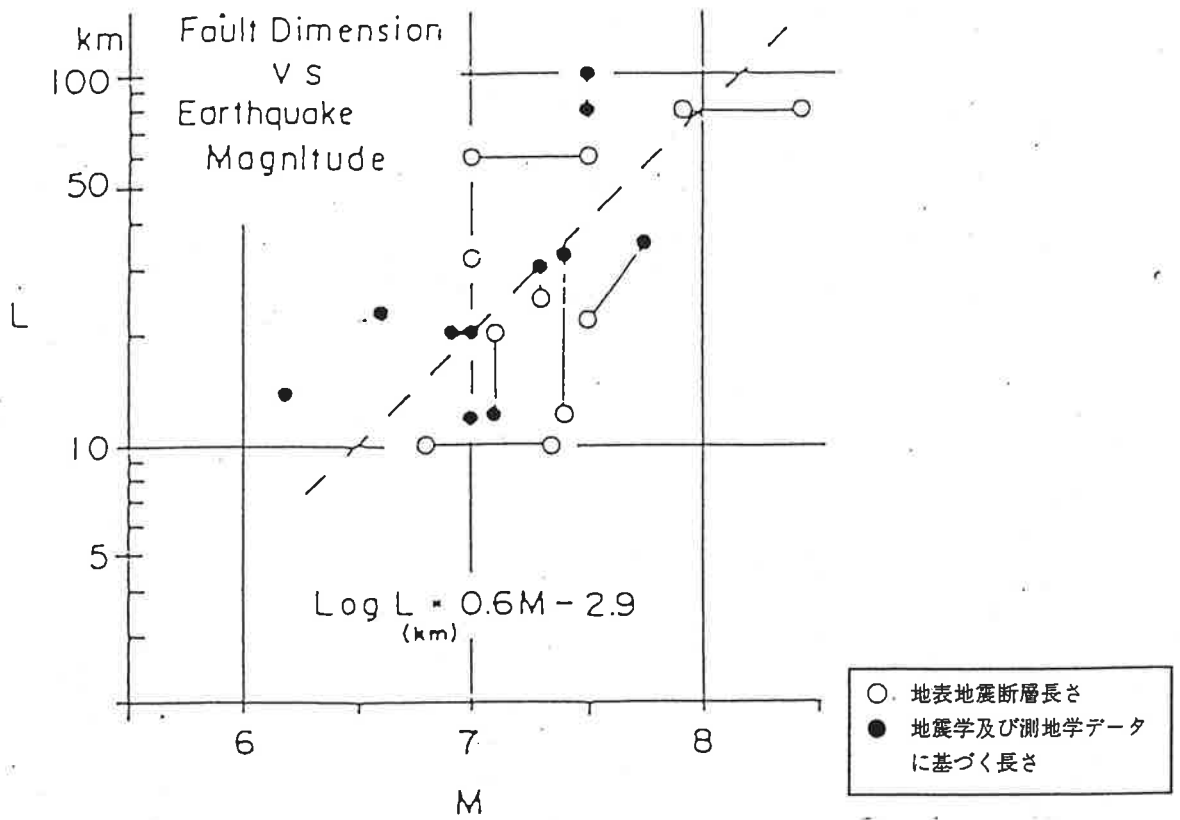


図1-1 M-Lの関係 (松田1975)

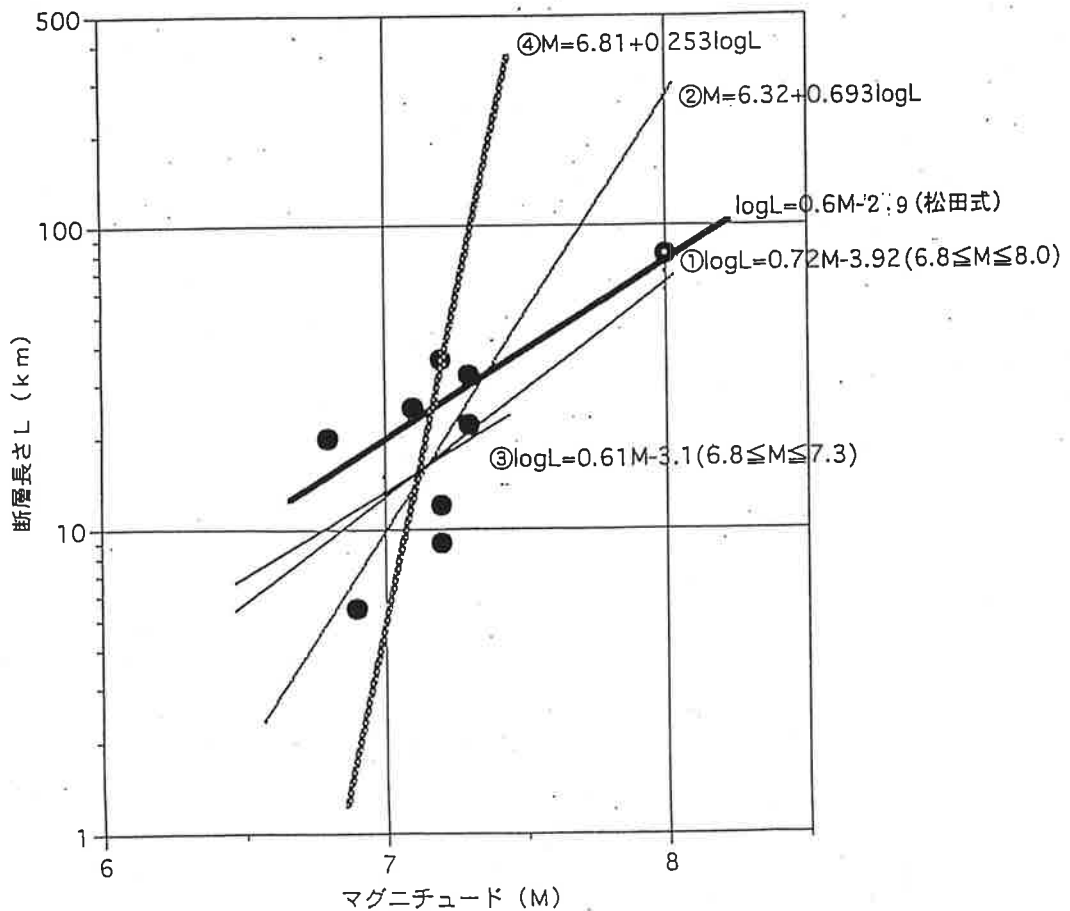


図1-2 M-Lの関係 (松田1998)

表1-1 地表地震断層が出現した国内の地震に関する文献調査一覧表(1/3)

地震名	発生年	Mj	深さ(km)	断層モデルメカニズム解	文献に示されている地表地震断層の長さ	文献に示されている活断層の長さ	文献による地質状況等	想定される活断層の長さ
1 濃尾	1891	8.0	15	N35W/90 長さ:85km (4セグメント) 幅:15km 変位量:1.4~7m (Mikumo&Ando, 1976)	長さ 76km 温見地震断層:16km 根尾谷地震断層:31km 黒津地震断層:>1km 水鳥地震断層:1km 水鳥大將軍地震断層:0.4km 梅原地震断層:26km 日活(1991)	長さ 63km 温見断層(I):39km 根尾谷断層(I):37km 梅原断層(I):19km 日活(1991)	トレンチ調査により、繰り返し活動していることが確認されている(岡田 1986 等)。	長さ: 63km 以上
2 陸羽	1896	7.2			長さ 5.5km 生保内地震断層:5.5km 長さ 23km 白石地震断層:5km 太田地震断層:3.5km 千屋地震断層:12km 日活(1991)	駒ヶ岳西麓断層群(I~II):10km 白岩六郷断層群(I):26km 日活(1991)	トレンチ調査等により、繰り返し活動していることが確認されている(千屋断層研究グループ 1986 等)。	長さ: 26km, 10km
3 北丹後	1927	7.3		①N26W/64E 長さ:33km 幅:19km 上端:0.4km 変位量 3.7m ②N77E/58N 長さ:15km 幅:9km 上端:0.2km 変位量:1.8m (matu'ura, 1977)	郷村地震断層:15km 山田地震断層:3km 日活(1991)	郷村断層(I):13km 山田断層(I):約 20km 日活(1991)	北方延長は海域に連続している。 地震前後の三角点の変動データも、海岸部で最大隆起量を示している(Tsuboi, 1930)。	長さ: 20km 以上
4 北伊豆	1930	7.3		①NS/90 長さ:10km 幅:12km 変位量 3m ②N27E90 長さ:12km 幅:12km 変位量:3m (Abe, 1978)	長さ 32km 箱根町断層:2km 丹那断層:6km 浮橋中央断層:3km 浮橋西方地震断層:5km 田原野地震断層:1km 大野地震断層:2km 加殿地震断層:4km 姫之湯地震断層:3km 日活(1991)	北伊豆活断層系(I):約 30km 日活(1991)	トレンチ調査等により、繰り返し活動していることが確認されている(丹那断層発掘調査研究グループ 1983)。	長さ: 30km

表1-1 地表地震断層が出現した国内の地震に関する文献調査一覧表(2/3)

地震名	発生年	Mj	深さ(km)	断層モデル メカニズム解	文献に示されている地表地震 断層の長さ	文献に示されている活断層の長さ	文献による地質状況等	想定される活断層の長さ
5 男鹿	1939	6.8		①N30W/30E 長さ:16km 幅:12km 変位量 2m ②N10W/35E 長さ:16km 幅:12km 変位量:2m (吉岡,1974)	琴川地震断層 3km 日活(1991)	申川断層(I):5.5km	地震前後の測量結果, 余震分布, 津波の解析から男鹿半島西縁に沿う震源断層が想定されている(吉岡, 1974)。 段丘面の傾動も地震時の変動と調和している(今泉, 1977)。	長さ: 20km 程度
6 鳥取地震	1943	7.2	10	N80E/90 長さ:34km 幅:10km 変位量:1.8m (Sato,1973)	吉岡地震断層:約 5km 鹿野地震断層:8km 日活(1991)	鹿野断層(I):8km 日活(1991)	地震前後の測量結果から求めた三角点の変位は, 両断層の近くを通り, 長さ 30km 程度ほぼ東西に延びる震源断層の存在を示している(Sato,1973)。 黒川(1983), 西田他(1991)によると, 吉岡断層が鳥取平野西縁部まで伸びていたとされる。 ボーリングデータによると, 鳥取平野下における震源断層推定位置を境に第四系及び基盤上面に高度差が認められる。 金田・岡田(2002)によると鹿野-吉岡断層系の長さは鳥取平野の東方対岸まで延長したとして, 約 20km とされている。 リニアメントは約 13km にわたって判読できる。(土木学会判読結果(未公表))	長さ: 13km 以上
7 三河	1945	6.8		NS/30W 長さ:12km 幅:11km 変位量 2.25m (Ando,1974)	深溝地震断層:17km 横須賀地震断層:9km 日活(1991)	深溝断層(II)>3km 津平断層(I):4km 日活(1991)	上田ほか(1998)により繰り返し活動していることが確認されている。 田山(1949), 小川ほか(1991)により, 約 6 km 間海域に連続することが確認されている。	長さ: 10km 以上
8 福井	1948	7.1		N15W/90 長さ:30km 幅:13km 変位量 2m (Kanamori, 1973)	福井地震断層:27km 福井東側地震断層:8km 日活(1991)	長さ 27km 細呂木断層(II):12km 篠岡断層(II):2km 松岡断層(II):8km 日活(1991)	福井県(1999)によると福井地震断層に沿うリニアメントは認められないものの, 第四系の一部に累積的な変形を及ぼしていることが確認されている。一方, 丘陵部あるいは丘陵と平野との境界部に連続するリニアメントが認められるとされ, 既往文献においても細呂木断層, 福井東側断層, 松岡断層が約 27km 区間に示されている。 竹内(1989)は, 福井地震断層位置付近に地形の段差がみられるとし, 岡本ほか(1989)はボーリング調査による地層の変形量から約 3000 年間で活動しているとしている。	長さ: 27km

表1-1 地表地震断層が出現した国内の地震に関する文献調査一覧表(3/3)

地震名	発生年	Mj	深さ(km)	断層モデル メカニズム解	文献に示されている地表地震 断層の長さ	文献に示されている活断層の長さ	文献による地質状況等	想定される活断層の長さ
9 伊豆半島沖	1974	6.9		N53W/80SW 長さ:18km 幅:8km 上端:3km 変位量 1.2m (kanamori,1973)	長さ 5.5km 石廊崎中央地震断層:5km 石廊崎北地震断層:1km 石廊崎南地震断層:1km 日活(1991)	石廊崎断層(I):8km 日活(1991)	松田(1975)は約8km間に石廊崎断層を示し、右横ずれを示唆する屈曲が認められ、屈曲量と谷の長さとの関係から活動度をB級と推定している。地表地震断層の南東端は海域に連続しており、測地学的断層モデル(多田,1974)では長さ15kmとしている。	長さ:8km以上
10 伊豆大島 近海	1978	7.0		①EW/85S 長さ:17km 幅:10km 変位量 1.85m ②N58W/75SW 長さ:6km 幅:6.5km 変位量:1.2m (shimazaki&Somerville,1978/1979)	根木の田地震断層:0.5km 日活(1991)	根木の田断層(II):4km 日活(1991)	新編日本の活断層によると、長さ4kmの確実度IIが示され、東端は海域に連続している可能性がある。測地学的断層モデル(岡田,1978)、余震分布などからも海域の断層が活動したことが示唆される。	長さ:4km以上
11 兵庫県南部	1995	7.3		長さ:19.5km 変位量:1.55m 長さ:13.5km 変位量:0.55m 長さ:24.0km 変位量:0.48m (入倉,1996)		六甲一淡路断層帯:60km 松田(1996)	地震時に、野島断層の北東延長海域において、明石大橋の橋脚間に変位が生じており、既存の断層も知られている。神戸側では、地表地震断層は認められないものの、活断層として六甲断層帯等の存在が知られている。新編日本の活断層によると、淡路島北半は六甲山地の延長的性質を示しているとしている。	長さ:60km
12 岩手県北部	1998	6.1			篠崎地震断層:800m 越谷ほか(1998)	西根断層群(I~II):16km 日活(1991)	宮内ほか(1998)によると、山地と平野との境界に西根従属断層を示し、篠崎地震断層の南端は同断層に収斂することから、篠崎地震断層は地下では西根従属断層と同じであるとされている。	長さ:16km

平成 16 年 2 月 5 日

石橋委員からの主なコメント (2 月 5 日)

○今後の地震・地震動ワーキンググループの進め方

- ・今後WGにおいて検討する項目(6項目)の中では、「5. 震源を予め特定できる地震による地震動の想定における不確かさの取扱いに関する検討」が最も重要。
- ・WGでの検討結果を分科会へ報告する際には、単に最新知見等の事実のみでなく、想定する地震とそれによって生じるサイトでの地震動の評価の仕方、確率的な考え方の扱い方、指針での望ましい表現の仕方等に関する各委員の見解も添えたものにすべき。
- ・今後のWGで自分の意見を書面で示すことも検討したい。
 - もしあれば、3月3日(第14回)の次のWG(4月頃?開催)で出していただくよう依頼。

○スラブ内地震

- ・「スラブ」とはプレートの垂れ下がった部分のことをいう。したがって、海洋プレートのうち、未だ陸側のプレートの下に潜り込んでいない部分で起こる地震は、ふつう「スラブ内地震」とは呼ばない。
- ・スラブ内地震の特性に関する研究は最近非常に多い(例えば、地震予知総合研究振興会)。短周期成分が卓越するといわれているが、本当にそうなのかも含めて、研究が進められている。グループで研究をやっているところ(例えば、日本地震学会の強震動委員会)から成果を紹介してもらったらどうか。入倉先生はよくご存知のはず。

○地震地体構造

- ・「地震地体構造」という用語が何を指すのかよく分からない。垣見ほか(2003)にも「地震地体構造区分」の定義は示されているが、「地震地体構造」の定義については触れていない。
- ・これまでの設置許可申請書では、地震地体構造マップを引用して機械的なことしか書かれていない。サイト周辺での地殻の変動や地震の発生状況などの詳細な検討が審査では必要。

○活断層

- ・活断層あるいは地表地震断層と地下の震源断層とは対応しない。しかしなが

ら、松田式に代わる適当な方法があるかという点、名案はない。安全サイドに立てば、地表に5kmでもあればM7クラスを想定するのがよい。

- ・宮城県北部地震や秋田仙北地震を起こした断層が12~13万年前以降活動したことしか分からないことを考えると、現行指針の評価期間(5万年)は充分とは言えないのではないか。

○鳥取県西部地震の評価

- ・鳥取県西部地震を事前に予測できたかどうかという観点に関する論文としては、土木学会、産総研以外にも「中田ほか(2003)」があるので、取り上げたらどうか。
- ・事前に予測できたかどうかについては、充分時間を取ってWGの委員の間でディスカッションをすべき。

○歴史地震

- ・これまでは歴史地震カタログが信用されすぎている。日本全国で見たとき、歴史地震の記録には地域によって不均質性があることに注意が必要。

○地震動の評価法

- ・現在は、S1とS2の震源をそれぞれ別個に考慮しているが、本当は同じ震源であっても平均的なものと最大限のものとの両方を考える必要がある。入倉レシピでも平均値しか考慮されていないのは不十分。
- ・震源での破壊エネルギーの検討などの物理学的な見地からの研究は進んでおり(例えば宮武(東大震研))、その成果を生かせば、最大限どこまでの地震動を考えればよいかについては決められるのではないかと。研究の状況については、入倉先生の方がよくご存知のはず。
- ・全てを確率的に考えて青天井にする必要はなく、決められる所は決めるべき。
- ・「震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価」に関する報告(WG第11回、第12回)に対しては、WGの場で改めてコメントしたい。

以上

○発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針

(平成16年〇〇月〇〇日
原子力安全委員会決定)

1. はしがき

本指針は、発電用軽水型原子炉施設の耐震設計に関する安全審査において、安全性確保の観点から、その耐震設計の妥当性について判断する際の基礎を不することを目的として定めたものである。

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」は、最初は昭和53年9月、当時の原子力委員会が定めたものであり、その後昭和56年7月に、原子力安全委員会が、当時における新たな知見に基づき静的地震力の算定法等について見直して改訂を行った。昭和56年の改訂以来、20年以上が経過し、この間地震学に関する新たな知見の蓄積、原子炉施設の耐震設計技術の改良及び進歩には著しいものがあった。また、平成7年1月に発生した兵庫県南部地震は、原子力施設に特段の影響を及ぼしたものではなかったが、関連する調査研究の成果等を通じて、断層の活動様式、地震動特性、構造物の耐震性等に係る貴重な知見が得られ、原子力施設の耐震安全性に対する信頼性を一層向上させるためのたゆまぬ努力の必要性を改めて強く認識させるものであった。これらを踏まえ、従来の指針について全面的見直しを行い、指針の内容の一層の明確化及び高度化を図ったものである。

2. 本指針の位置付けと適用範囲

本指針は、「発電用軽水炉型原子炉施設に関する安全設計審査指針」において定められている安全設計上の要求のひとつである、安全機能を有する構築物、系統及び機器に関する「適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計」について、その設計方針の妥当性を評価するための安全審査における判断基準を定めたものである。

本指針は、今日までの軽水炉に関する経験と技術的知見に基づき、原子炉施設を構成する建物・構築物が原則として剛構造による耐震設計がなされ、かつ、重要な建物・構築物が岩盤に支持される発電用軽水型原子炉施設への適用を前提として定めたものである。

しかし、これ以外の原子炉施設にも本指針の基本的な考え方は参考となるも

のである。

なお、本指針に適合しない場合であってもその理由が妥当であればこれを排除するものではない。

さらに、本指針は、今後さらに新たな知見と経験の蓄積によって、必要に応じて見直される必要がある。

因みに、本指針は、今後、発電用軽水型原子炉施設についての新たな立地方式（岩盤以外の地盤であって、十分な支持力を有する地盤上への設置等）又は免震構造等の新たな耐震設計概念の導入を妨げることを意図しているわけではないし、また、そのように解釈されてはならない。将来、これらの具体的な検討成果が顕在化し、導入の具体化が明らかとなった段階において、必要に応じて本指針の見直しが行なわれるべきである。

（「因みに、・・・」のパラグラフは「解説」に記述することが適当か。）

3. 用語の定義

本指針において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

（本指針の解釈・運用上、他の指針類との関連で確認的に定義付けしておいた方がよいもの、対象・範囲を限定しておいた方がよいもの、特殊な用語で一般になじみの薄いもの等を適宜取り上げる。）

例：「安全機能」「岩盤」「剛構造」「解放基盤表面」「地震地体構造」・・・

4. 基本目標

発電用原子炉施設（以下、「施設」という。）は想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を有していなければならない。

すなわち、安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震により発生する可能性のある放射線による環境への影響の観点から区分された耐震設計上の重要度分類に応じて、敷地ごとに適切に算定される設計用地震力に十分耐えられる設計であることを基本とする。

剛構造・岩盤支持の扱いによる得失の整理

	ケースⅠ 【現状の規定振りを維持】 「原則として剛構造」 × 「岩盤に支持」	ケースⅡ 「剛構造」の原則を撤廃 × 「岩盤に支持」	ケースⅢ 「原則として剛構造」 × 「岩盤に支持」を撤廃	ケースⅣ 「剛構造」の原則を撤廃 × 「岩盤に支持」を撤廃	備 考
メリット・ 有意性	<ul style="list-style-type: none"> 改定指針への移行が容易 広く一般向けの安全性説明（安全理解）に大きな変更を要求しない。 従来繰り返してきた国会答弁、地元説明等を踏襲可 具体的な設計及び立地多様化計画が明らかにされていない現状では、電力会社にとって、現状の規定振りが維持されたとしても当面障害とはならない。 改定指針主要部分の検討への移行を敏速化しうる。 	<ul style="list-style-type: none"> 技術の進歩による「免震構造」の取入れを積極的に加速することになる。 「岩盤に支持」を維持することにより、既に整備済の「免震」民間規格の活用を可とするものである。 従来、技術的に「剛構造」にこだわっていなかった現状・意識との整合を図ることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀層地盤への設置を容認することになり、立地の多様化に寄与できる。 定義上必ずしも明確でなかった「岩盤」についてのこだわりを捨て去ることができ、すっきりする。 	<ul style="list-style-type: none"> 基本方針としての背景と設定根拠、定義と具体的水準要件等が明らかになっていない「剛構造」「岩盤に支持」の制約から解放され、設計・立地の自由度が増す。 「免震・制振構造」の全面的取入れや、立地候補地の選択肢が広がるなど、設計・立地の多様化に寄与できる。 	ケースⅠについて <ul style="list-style-type: none"> 現状の規定振りを維持した場合でも（発電用原子力設備ではないが）免震構造や第四紀層支持を適用した事例が国内にあることから、個別の審査において、その妥当性が認められれば、それぞれの技術を取り入れることを妨げるものではないと考えられる。 また、それぞれの規定に対して、解説において例外として、免震構造や、第四紀層地盤のうち洪積層に支持させること等を記載することは可能。
デメリット・ 問題点 （下線部は 今後の検討 課題）	<ul style="list-style-type: none"> 「剛構造」「岩盤に支持」の規定振りについての基本方針としての背景と設定根拠、定義と具体的水準要件等が明らかになっていない状態を継続することにな 	<ul style="list-style-type: none"> 「そもそも剛構造であるから堅牢である」との一般論的な説明振りを今後は放棄せざるをえない。 <u>「剛構造」規定を削除することにより、固有周期が</u> 	<ul style="list-style-type: none"> 「そもそも堅固な岩盤に直接設置するから地震に強い」との一般論的な説明振りを今後は変更する必要あり。 第四紀層への具体的立 	<ul style="list-style-type: none"> 「これまで（現行）の基本方針は何であったのか？また、それに対し、何を審査してきたのか？」との厳しい指摘に対峙しなければならな 	

	<p>る。(ただし、用語定義化、解説で補足・補強可ではないかと考えられる。)</p> <ul style="list-style-type: none"> 科学的合理性を先頭に立って追求すべきであるはずの原子力安全委員会の姿勢を問われる可能性が有る。 	<p><u>より長周期化した建物の構造が許容されることになるので、やや長周期を考慮した基準地震動評価(想定する地震の選定も含む)についてWGで検討する必要がある。(WG長期化の要因)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 新規原子力発電施設における「免震」「制振」設計の計画が明らかでない現状において指針に取り入れる意味があるのか。(原子力安全委員会は立地推進機関ではない。) <u>剛構造規定を削除することにより生じる安全上のデメリットの整理とそれに対する制限要件の必要性などについての検討を要する。(分科会長期化の要因)</u> 	<p>地計画がない現状で指針に取り入れる意味があるのか。(原子力安全委員会は立地推進機関ではない。)</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>第四紀層地盤支持を立地対象に含めることにより、支持地盤によっては、やや長周期領域で地震動の増幅が顕著な場合がありうるので、やや長周期を考慮した基準地震動評価(想定する地震の選定も含む)についてWGで検討する必要がある。(WG長期化の要因)</u> <u>第四紀層地盤支持を選択肢とすることにより生じる安全上の問題点(例：液状化)の整理とそれに対する具体的対策・制限要件の必要性などについての検討を要する。(分科会長期化の要因)</u> 	<p>い。(回答はしどろもどろ?)</p> <ul style="list-style-type: none"> 「剛構造」、「岩盤に支持」の撤廃に際し、その妥当性を明確に説明しないと(したところで)、「安全性軽視の大幅な規制緩和ではないか?」との強い批判を浴びる可能性がある。(矢面に立たされるのは原子力安全委員会のみ) 「そもそも剛構造であるから堅牢である」「そもそも堅固な岩盤に直接設置するから地震に強い」との一般論的な説明振りは今後放棄する。 <u>剛構造規定を削除すること、第四紀層地盤支持を可能とすることを重畳させた場合に生じる安全上の問題点の整理とそれに対する具体的対策・制限の必要性などについての検討を要する。(分科会長期化の要因)</u> その他のデメリット等については、左二欄に掲げたデメリットに同じ。 	
--	--	--	--	---	--

地震観測記録を用いて東通地点におけるやや深発地震の影響（距離減衰、短周期成分の励起）について検討すること。

1. 東北日本北部および北海道南部におけるやや深発地震の特徴

(1) 東北日本弧と千島弧におけるやや深発地震の応力場の境界

海野ほか(1984)⁽¹⁾は、北海道から東北地方にいたる広域の深発地震の発震機構を調べ、その特徴を報告している。

第1図に東北日本弧(A)、会合部(B)および千島弧(C)の震源分布の鉛直断面に、二重深発地震面の上面についてはP軸を、下面についてはT軸を合わせて表したものを示す。これらの領域は、深発地震の発震機構の特徴から区分されたもので、その特徴は以下の通りとなっている。

①東北日本弧(A)および会合部(B)では、上面の発震機構は深さとともに低角逆断層からDC型の地震へと変化している。下面では千島弧(C)に比べ数は少ないが深さ約100km~150kmにおいてDE型の地震が発生している。

②千島弧(C)では、上面では様々なタイプの発震機構が混在しており、下面ではDE型の地震が優勢となっている。

このように、東北日本弧(A)と会合部(B)では同じような発震機構の特徴を示していることから、その応力場は連続しており、異なる応力場の千島弧(C)との境界はB領域とC領域の境界に一致するとしている。

(2) 北海道・東北地方におけるやや深発の大地震

1993年釧路沖地震(M7.8)は、日本付近で発生したやや深発地震としては最大級の地震で、その発震機構は水平な節面を持つものであった。Kosuga et al.(1994)⁽²⁾は、二重深発地震面の上面および下面に発生したM6以上の地震の分布を発震機構と合わせて示し(第2図)、以下の指摘を行っている。

①東北地方では下面に比べ上面の活動が活発だが、これまで上面の大地震は発生していない。二重深発地震面の上面の地震は薄い(~5km)低速度層で発生し、このような薄い領域では大地震は発生しないためと考えられる[Matuzawa et al.(1987)⁽³⁾による]。

②下面における大地震の活動は北海道で明らかに高く、釧路沖地震のような水平な節面の発震機構は、その典型的なものとなっている。水平な節面の大地震が北海道に不均質に集中するのは、千島弧における斜め沈み込みに関連すると考えられる。

③会合部及び東北地方の上面では、水平な節面を持つ地震の活動性が低くなっており、そのような断層面を持つ大きな地震は希である。会合部におけるプレート内の応力は太平洋プレートの断裂帯を越えて伝わらないためと考えられる[Hasegawa and Takagi(1987)⁽⁴⁾、Umino et al.(1990)⁽⁵⁾による]。

また、武村(1993)⁽⁶⁾は、過去に強震速報に報告されている比較的大きな地震動を記録したやや深発地震について調べ、比較的規模の大きなやや深発地震は、水平な断層面を持つ特徴があるとしている。

(3)敷地周辺のやや深発の被害地震と発生規模

東通地点周辺の被害地震の震央分布を第3図に示す。これによれば、やや深発の被害地震は千島弧付近に比較的多く分布しており、東北日本では希である。これらの地震については、いずれも過去の地震として評価している。

第2図および第3図によると、M7を超えるやや深発の大地震は、千島弧付近で発生が見られるが、東北日本では発生していない。

(4)敷地に仮定するやや深発地震の最大規模

上述のように、敷地周辺では太平洋プレート内の地震としては上面が活発で、その最大規模はM6.7であるがM7を超えるやや深発地震は発生していない。また、下面の地震としては特に大きい地震は知られていない。これらのことを踏まえ、検討に用いるマグニチュードとしてM7を仮定することとする。

2. 東通地点におけるやや深発地震の影響

(1)設計用限界地震との比較

東通地点では、設計用限界地震として、青森県東方沖の $\Delta=50\text{km}$ 、 $H=60\text{km}$ の位置にM8 $\frac{1}{4}$ のプレート境界地震を想定している。

やや深発地震の震源からの距離(深さ70km以上)及び最大規模を考慮しても、その影響は上記プレート境界地震の影響を上回らない。

(2)観測記録を用いた検討

東通地点の地震観測記録をもとに、やや深発地震が敷地に与える影響の検討を行った。

敷地に与える影響は速度応答スペクトルで表すものとし、敷地基盤におけるやや深発地震の速度応答スペクトル $S(T)$ を求めるにあたっては、高橋ほか(1994)⁽⁷⁾による次式を用いた。

$$\log S(T) = a(T)M - (b(T)X_{eq} + \log X_{eq}) + c(T)$$

$a(T)$ 、 $b(T)$ は高橋ほか(1994)及び藤堂ほか(1994)⁽⁸⁾による値を用いた。

$c(T)$ については、敷地付近での地震観測開始(1977年)以降得られたやや深発地震が、震源スペクトルの違いにより浅い地震に比べ応答スペクトルは約2倍大きくなる傾向があることから、これを考慮し東通地点のやや深発地震固有の回帰係数に修正している。第1表に $c(T)$ の算定に用いた観測地震を、第4図にそれらの震央位置を、第5図に回帰係数 $a(T)$ 、 $b(T)$ 、 $c(T)$ を示す。

算定された東通地点のやや深発地震を対象にした速度応答スペクトルを用い $c(T)$ の算定に用いた観測地震の応答スペクトルと比較したものを第6図に示す。

やや深発地震が敷地へ与える影響を検討するにあたり、以下の2ケースの地震を想定した。

ケース1：二重深発地震面の下面で発生する地震

下面の地震は北海道方面で活発であるため、想定位置は第2図(b)のとおり千島弧の東縁部付近で敷地に最も近い位置(深さ100km)に仮定した。深さについてはこの位置の二重深発地震面の下面の等深度線より求めた。また、地震規模については釧路沖地震相当(M7.8)の規模を想定した。

ケース2：二重深発地震面の上面で発生する地震

敷地を含む東北日本では上面の地震が活発なため、敷地直下の二重深発地震面の上面(深さ75kmに相当)に発生することを仮定した。想定位置を第2図(a)に示す。地震規模については、1.(4)よりM7.0と仮定した。

上記2ケースの諸元を第2表に示す。

これらやや深発地震の敷地における応答スペクトルと東通地点の設計用応答スペクトルとの比較を第7図に示す。これによると、想定した2ケースの応答スペクトルは設計用応答スペクトルを下回る。

以上の検討結果より、敷地付近で発生するやや深発地震の影響は基準地震動を下回る。

[参考文献]

- (1)海野ほか(1984) : 北海道および東北地方における稍深発地震の発震機構
—広域の驗震データの併合処理—, 地震 第2輯, 第37卷
- (2)Kosuga et al.(1994) : Spatial distribution of intermediate-depth
earthquakes with horizontal or vertical nodal planes
beneath northeastern Japan, *Phy.Earth Planet Int.*
- (3)Matsuzawa et al.(1987) : Estimation of thickness of a low velocity layer
at the surface of the descending oceanic plate beneath
the northeastern Japan arc by using synthesized PS-
wave, *Tohoku Geophys.J.(Sci.Rep.Tohoku Univ., Ser.5)* ,
31:19-28
- (4)Hasegawa and Takagi(1987) : Comparison of Wadati-Benioff zone
geometry and distribution of earthquake generating
stress beneath northeastern Japan and those beneath
western south America, *Tohoku Geophys.J. (Sci.Rep.
Tohoku Univ., Ser.5)* , 31:1-18
- (5)Umino et al.(1990) : The relationship between seismicity patterns and
fracture zones beneath northeastern Japan, *Tohoku
Geophys.J. (Sci.Rep. Tohoku Univ., Ser.5)* , 33:149-162
- (6)武村(1993) : 1993 年釧路沖地震の発生メカニズムと地震動—やや深発地
震による強震動の特徴—, 第21回地盤震動シンポジウム,
日本建築学会
- (7)高橋ほか(1994) : 硬質地盤における応答スペクトルの距離減衰式 その1
水平動, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- (8)藤堂ほか(1994) : 硬質地盤における応答スペクトルの距離減衰式 その2
上下動, 日本建築学会大会学術講演梗概集

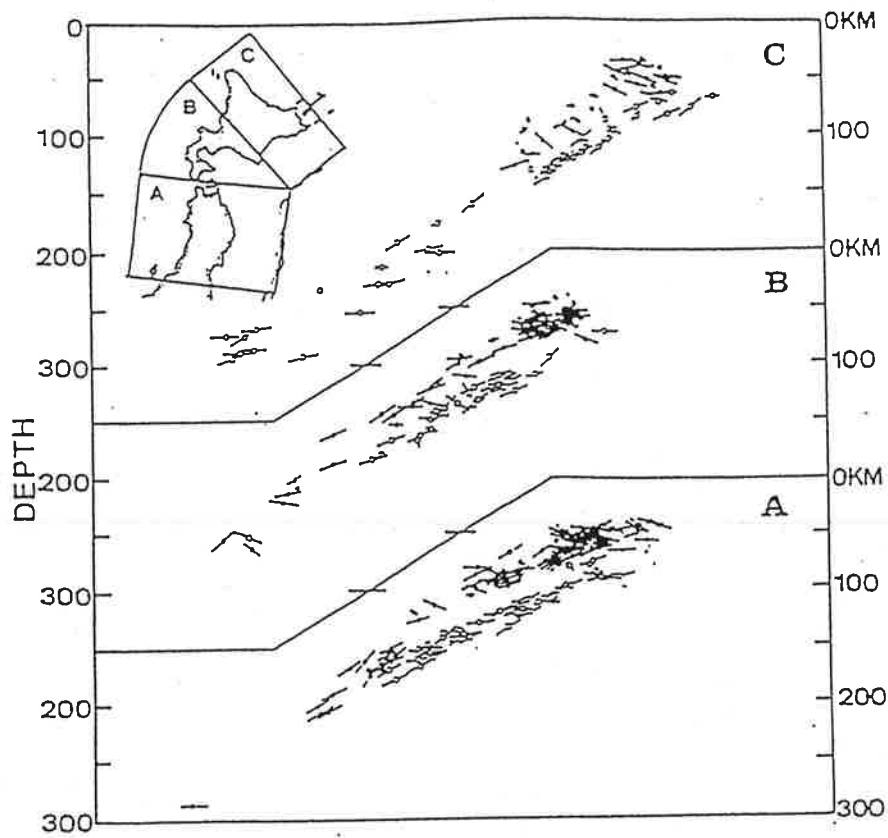
第1表 c(T)の算定に用いた観測地震

No.	発生年月日	発生場所			M	Δ	X	H
		地名	東経	北緯				
1	1978.3.20	北海道南部	142° 46.0'	42° 21.0'	5.5	172	189	80
2	1979.12.30	北海道南部	143° 2.0'	42° 14.0'	5.7	179	191	70
3	1980.11.27	東北地方北部東岸	141° 30.0'	40° 26.0'	5.9	85	123	90
4	1983.10.23	北海道南方沖	142° 37.3'	41° 48.6'	5.8	123	145	77
5	1985.3.29	秋田県北部	140° 35.2'	40° 17.7'	6.5	121	203	164
6	1987.1.9	岩手県北部	141° 46.8'	39° 50.0'	6.6	155	169	71
7	1990.11.2	青森県東方沖	142° 11.3'	41° 13.2'	5.7	67	97	71
8	1992.7.12	青森県東方沖	142° 2.3'	41° 27.7'	6.3	62	89	64
9	1992.8.24	渡島半島	140° 47.3'	41° 56.2'	6.3	97	154	121

* 敷地での観測開始(1977年)以降得られた地震から、マグニチュード5.5以上、震源距離200km程度以内及び震源深さ60km以深を対象とした。

第2表 想定地震の諸元

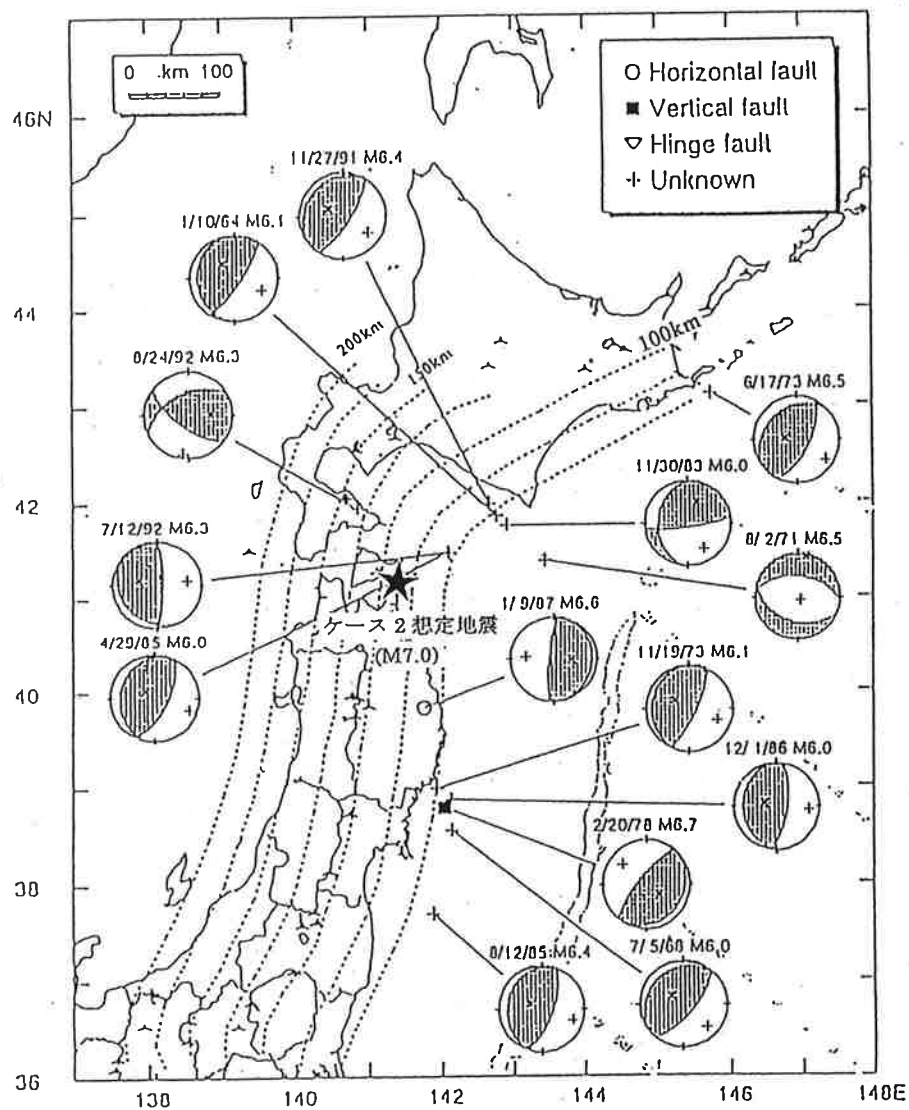
	ケース1：下面の地震	ケース2：上面の地震
マグニチュード	7.8	7.0
震央距離 (km)	110	0
深さ (km)	100	75



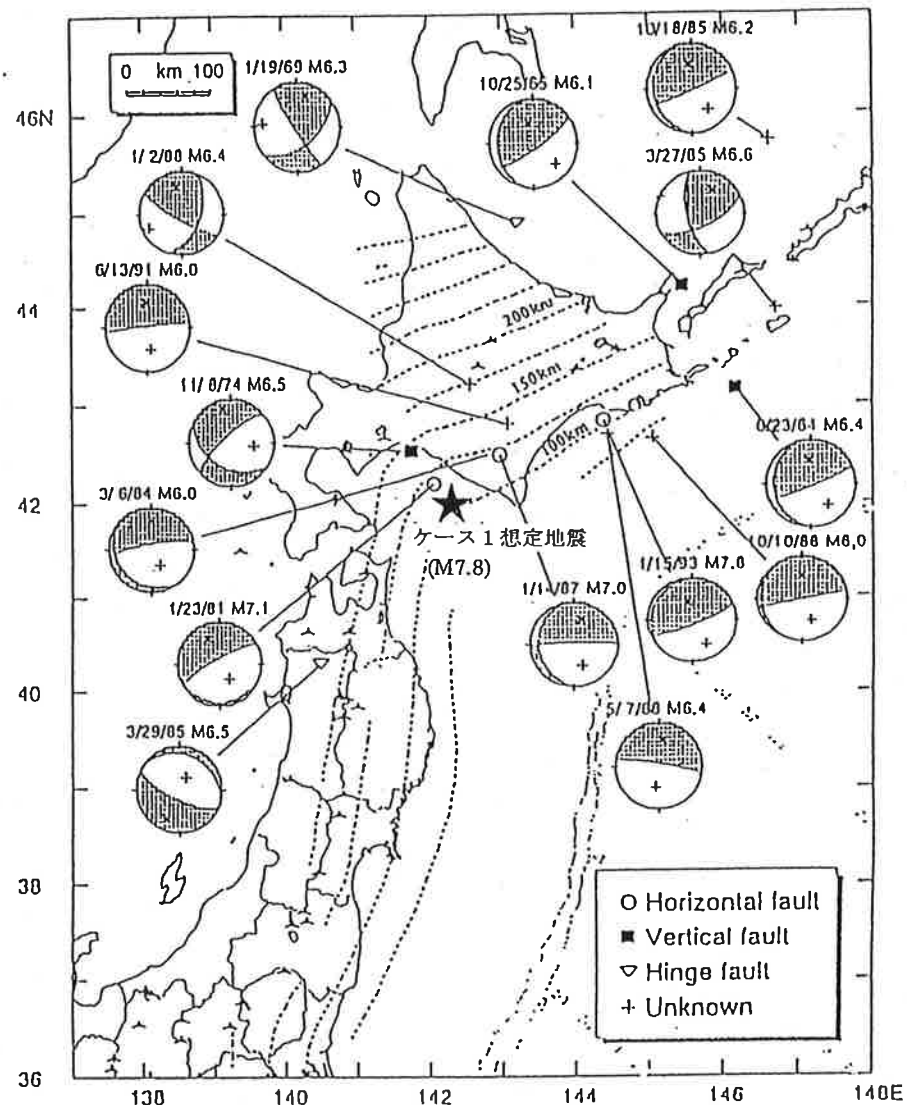
Vertical projection of pressure axes for events in the upper seismic plane (solid circles) and tension axes for events in the lower seismic plane (open circles). Regions A, B and C correspond to the northeastern Japan arc, the junction between the northeastern Japan arc and the Kurile arc, and the Kurile arc, respectively.

第1図 千島弧・会合部・東北日本弧における深発地震の鉛直断面
[海野ほか(1984)による]

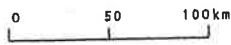
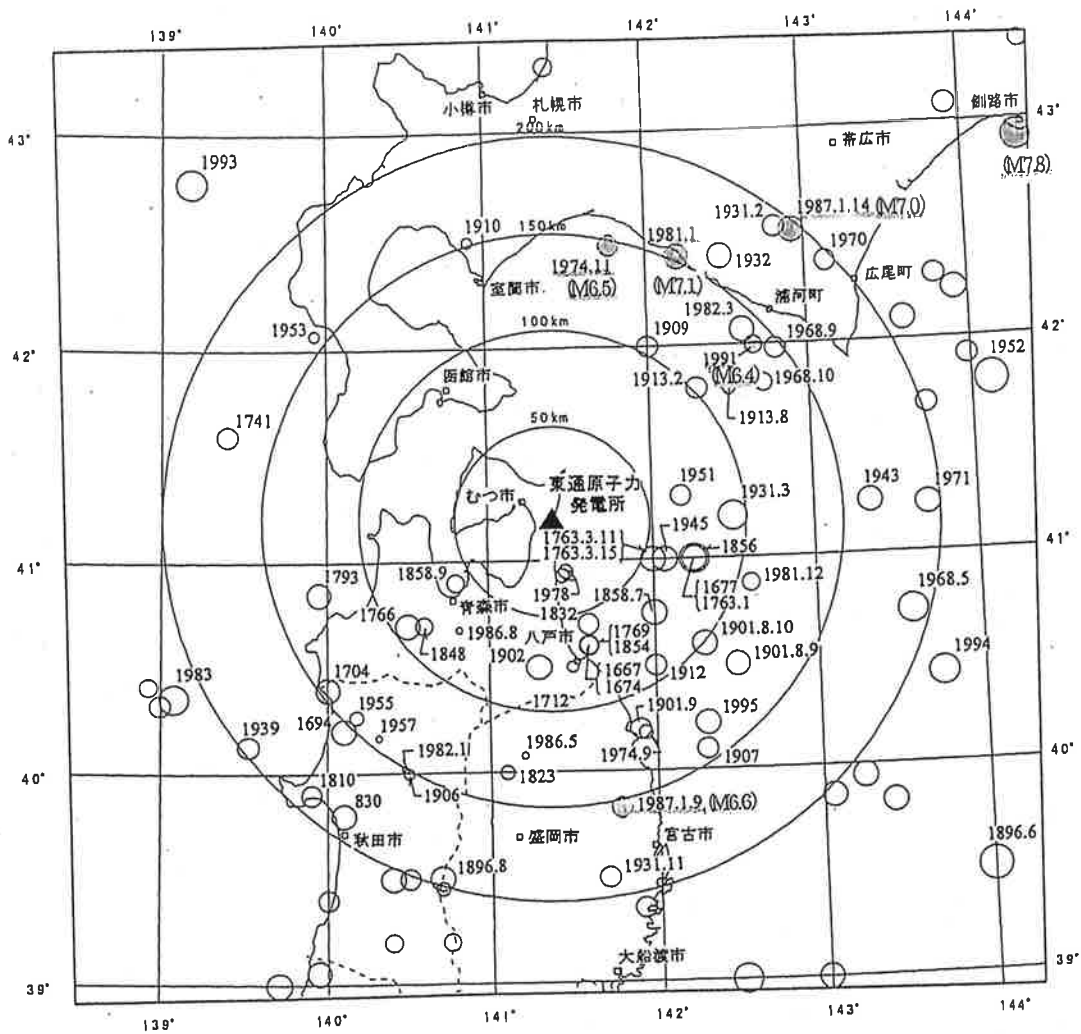
(a) Upper Plane ($M \geq 6$)



(b) Lower Plane ($M \geq 6$)



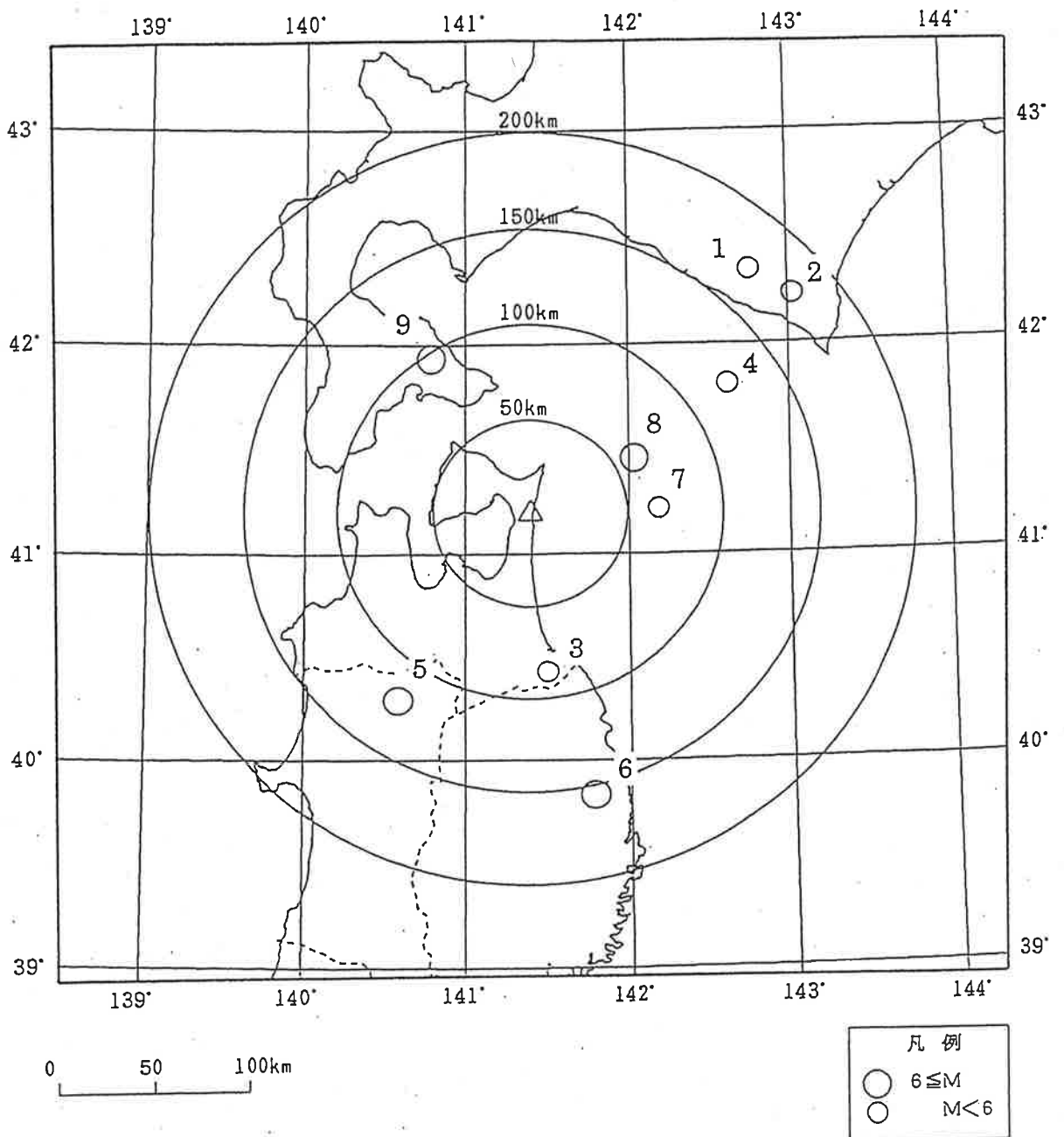
第2図 東北・北海道でのM6以上の地震の震源メカニズム (Kosuga et al (1994)による)



凡例	
○ (largest)	8.0 ≤ M
○ (large)	7.5 ≤ M < 8.0
○ (medium-large)	7.0 ≤ M < 7.5
○ (medium)	6.5 ≤ M < 7.0
○ (medium-small)	6.0 ≤ M < 6.5
○ (small)	5.5 ≤ M < 6.0
○ (smallest)	5.0 ≤ M < 5.5
○ (tiny)	M < 5.0

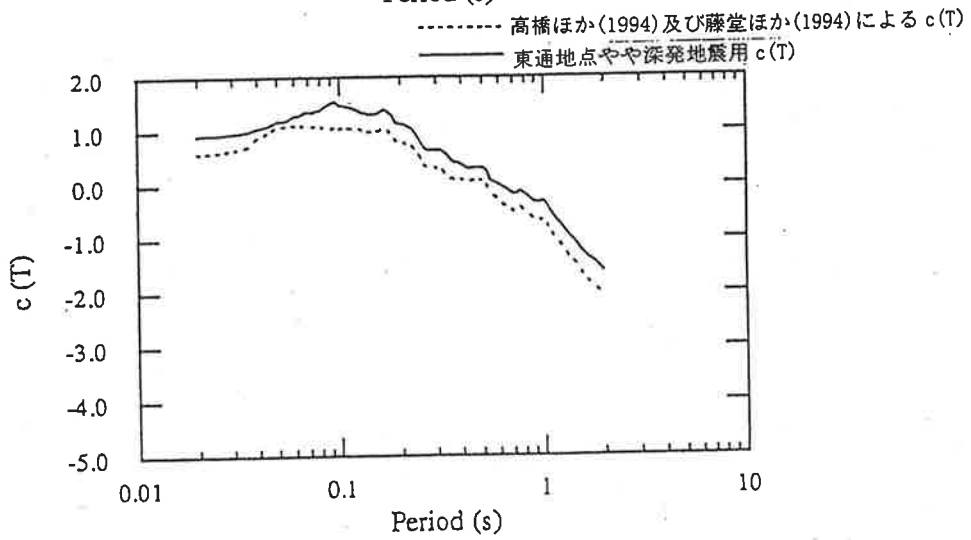
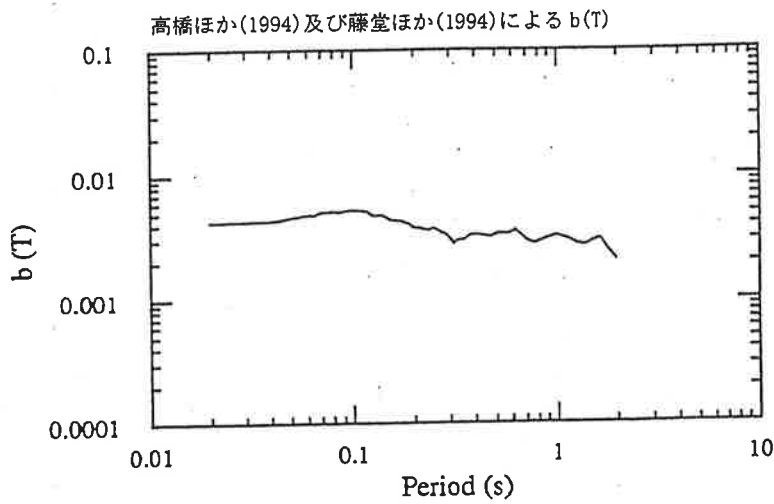
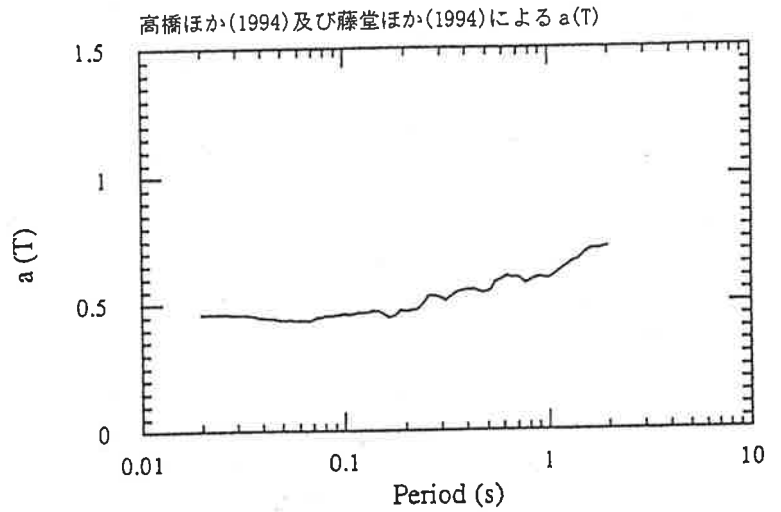
● : 二重深発地震面上面の地震
 ⊙ : 二重深発地震面下面の地震

第3図 敷地周辺の被害地震の震央分布



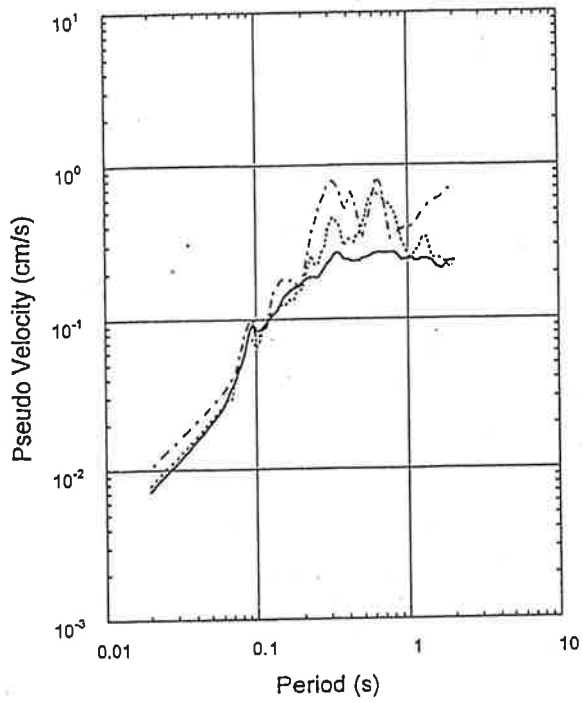
* 敷地での観測開始(1977年)以降得られた地震から、マグニチュード5.5以上、震源距離200km程度以内及び震源深さ60km以深を対象とした。

第4図 c (T)算定に用いた観測地震の震央分布

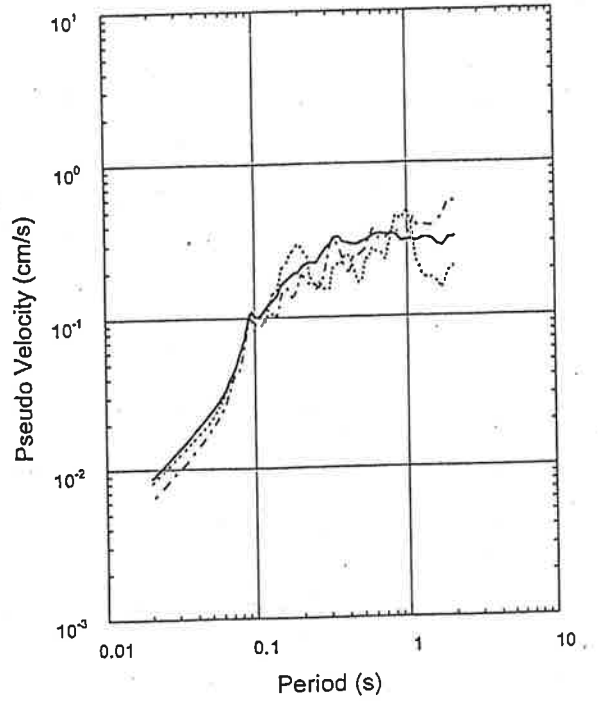


第5図 東通地点のやや深発地震用回帰係数

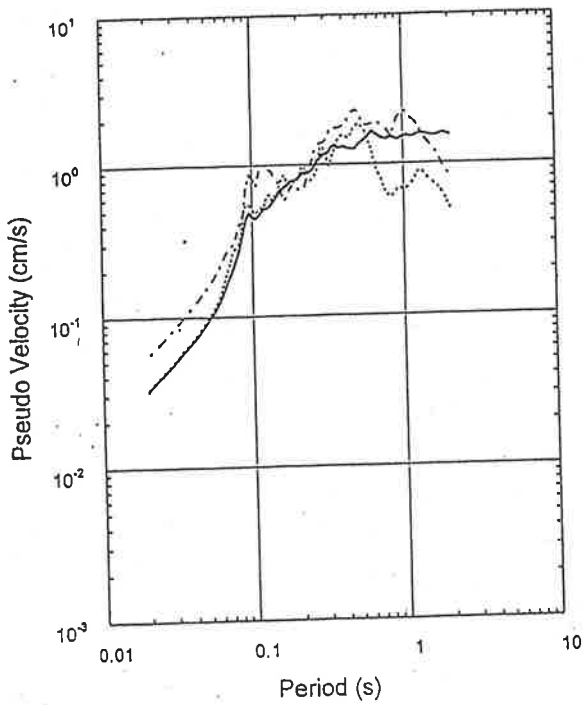
..... 観測値 NS
 - - - 観測値 EW
 ——— 距離減衰式



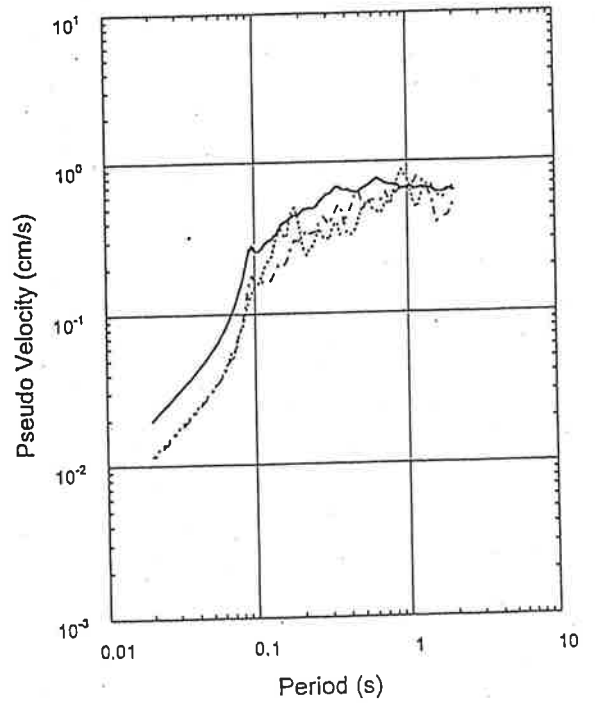
No. 1 1978. 3. 20 北海道南部の地震 (M5. 5, X=189km)



No. 2 1979. 12. 30 北海道南部の地震 (M5. 7, X=191km)



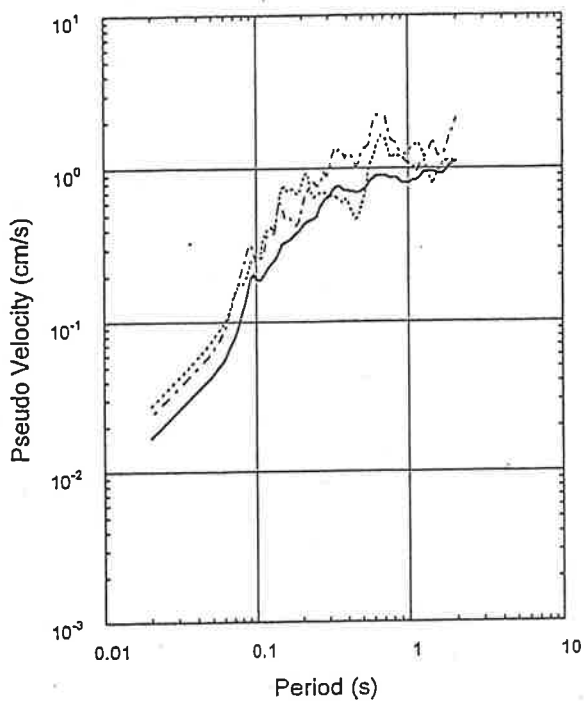
No. 3 1980. 11. 27 東北地方北部東岸の地震 (M5. 9, X=123km)



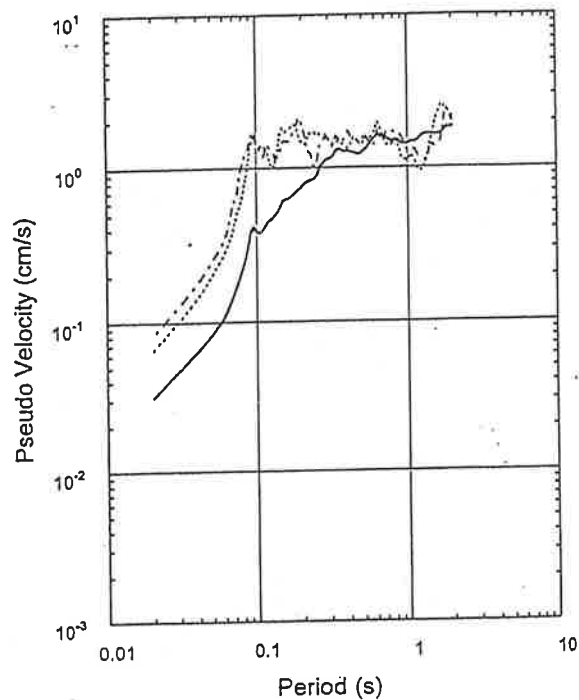
No. 4 1983. 10. 23 北海道南方沖の地震 (M5. 8, X=145km)

第6図 応答スペクトルの比較 (1)

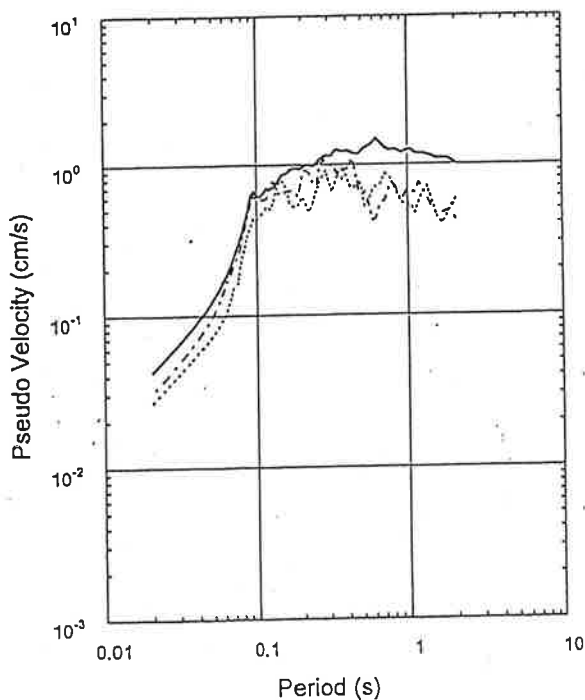
..... 観測値 NS
 - - - 観測値 EW
 — 距離減衰式



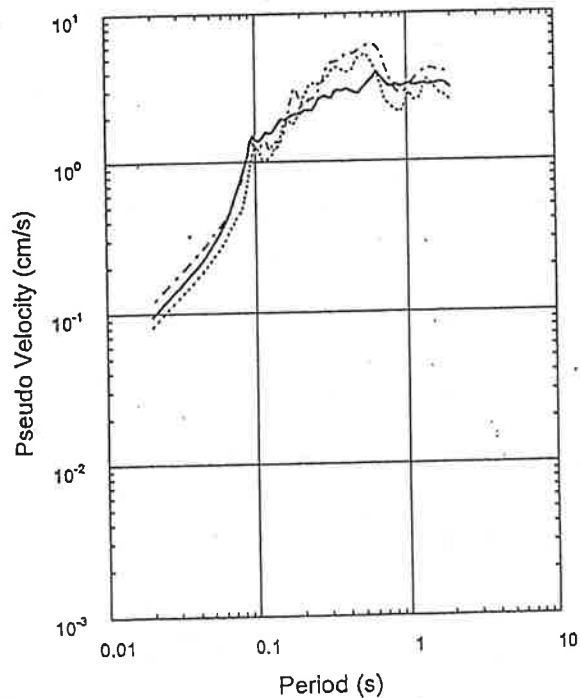
No. 5 1985. 3. 29 秋田県北部の地震 (M6. 5, X=203km)



No. 6 1987. 1. 9 岩手県北部の地震 (M6. 6, X=169km)



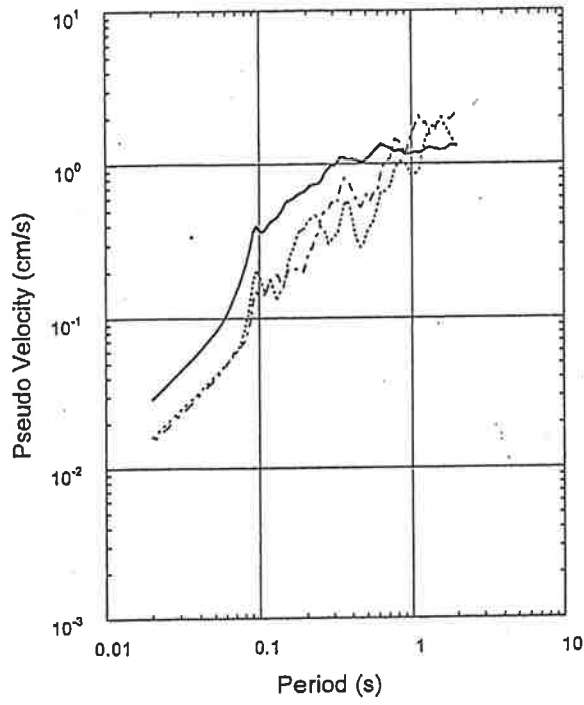
No. 7 1990. 11. 2 青森県東方沖の地震 (M5. 7, X=97km)



No. 8 1992. 7. 12 青森県東方沖の地震 (M6. 3, X=89km)

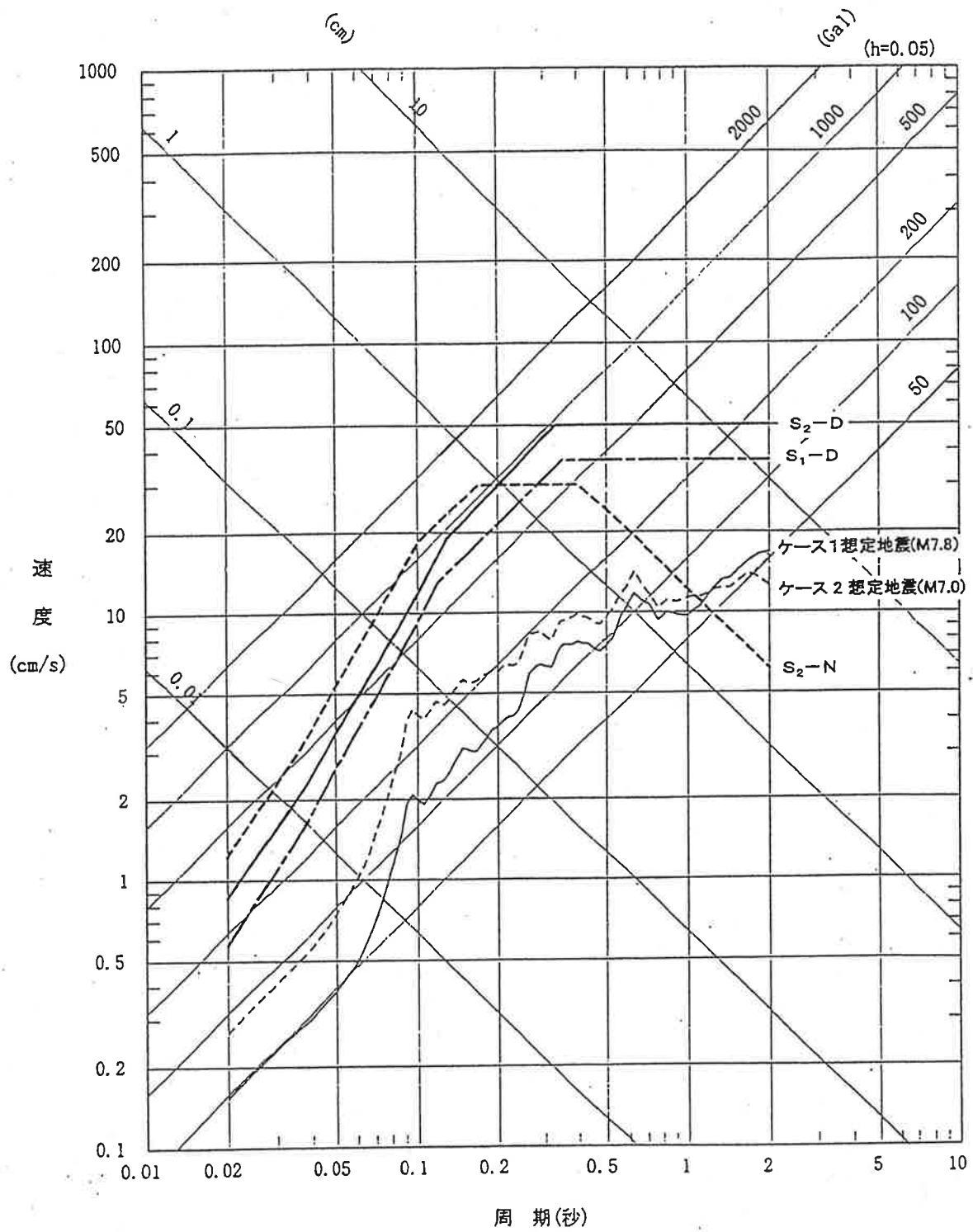
第6図 応答スペクトルの比較 (2)

..... 観測値 NS
 - - - 観測値 EW
 ——— 距離減衰式



No. 9 1992. 8. 24 渡島半島の地震 (M6. 3, X=154km)

第6図 応答スペクトルの比較 (3)



第7図 想定したやや深発地震の応答スペクトル

Q3.

スラブ内地震による影響について説明すること。

泊地点における観測記録等を用いて、スラブ内地震による泊地点への影響について検討している。

1. 震度分布による影響の検討

北海道周辺で発生した主なスラブ内地震の地震諸元を第1表に、震央分布を第1図に示す。

北海道周辺では、スラブ内地震は沈み込む太平洋プレートの内部で発生しているが、第2図に示すように、泊地点付近では太平洋プレートまで深さ150km以上の距離となっている。

第1表に記載した地震の震度分布を第3図に示す。これらの地震による泊地点での震度は、最大でⅢ～Ⅳ程度と推定され、敷地への影響は小さいものと考えられるとしている。

2. 観測記録による影響の検討

泊地点では、1993年釧路沖地震(M7.8, $\Delta = 313\text{km}$)及び1994年北海道東方沖地震(M8.2, $\Delta = 583\text{km}$)が観測されているため、観測記録による検討を行っている。

2.1 1993年釧路沖地震及び1994年北海道東方沖地震の概要

1993年釧路沖地震は、震源深さが101kmであることから、やや深発地震ともいわれており、武村(1993)⁽¹⁾では、1993年釧路沖地震は東北日本の太平洋側で発生したM7.5クラス以上の地震に比べて、短周期成分が約2倍程度強く励起したことを指摘している。さらに、加藤・他(1999)⁽²⁾では、やや深発地震は浅発地震と比べて加速度振幅が平均的に1.6倍程度大きく、短周期成分が強く励起されるのは、やや深発地震特有の現象であることを指摘している。

1994年北海道東方沖地震は、震源深さが28kmの地震であり、加藤・他(1999)では、この地震は浅い地震ではあるが、短周期成分が励起したことを指摘している。

2.2 最大加速度による伝播特性の検討

(1) 検討内容

1993年釧路沖地震の標高+10m観測点における観測記録の最大加速度と震央距離及び震源距離との関係を表示した結果を第4図に示す。第4図は武村(1993)に泊地点の観測記録をプロットしたものである。なお、火山フロントより太平洋側の観測点を黒丸、日本海側の観測点を白丸で示している。

(2) 検討結果

武村(1993)によると、火山フロントの太平洋側に位置している観測点に比べて日本海側に位置している観測点では、全体的に最大加速度は小さい値であるとされている。

泊地点は火山フロントの日本海側に位置しており、最大加速度は他地点と比べてほぼ下限であるとしている。これは第5図に示すように、地震波

が火山フロントを越えると主に減衰の大きいLow-Qゾーンを伝播するためと考えられるとしている。

2.3 大崎の手法による検討

(1) 検討内容

1993年釧路沖地震及び1994年北海道東方沖地震の観測記録のはぎとり波の応答スペクトルと、大崎の手法⁽³⁾により算定した応答スペクトル及び基準地震動 S_1 の設計用応答スペクトル Sk_1 を第6図に示す。

なお、はぎとり波は、第2表に示す地盤モデルを用いてはぎとり解析により求めている。

(2) 検討結果

両地震とも周期1秒程度までは大崎の手法により算定した応答スペクトルに比べて、観測記録のはぎとり波の応答スペクトルが下回るとしている。特に、スラブ内地震では短周期成分が強く励起される傾向があるとされているが、本検討においてはそのような傾向はみられないとしている。

また、設計用応答スペクトル Sk_1 は、両地震の観測記録のはぎとり波の応答スペクトル及び大崎の手法により算定した応答スペクトルを十分に上回るとしている。

2.4 想定スラブ内地震による影響の検討

(1) 検討内容

ここでは、仮に1993年釧路沖地震に比べて泊地点に近い位置にスラブ内地震を想定した場合の、泊地点に与える影響を検討している。

スラブ内地震を想定する位置は、第 7 図に示すとおり、1993 年釧路沖地震と同じ震源深さ約 100km とした場合に泊地点に最も近くなる浦河沖 ($\Delta = 200\text{km}$, 震源深さ(以下「H」という。)=100km) 及び太平洋プレートの沈み込みを考慮した場合に泊地点に最も近くなる苫小牧沖 ($\Delta = 110\text{km}$, $H = 150\text{km}$) としている(以下、「想定スラブ内地震(浦河沖) 及び(苫小牧沖)」という。)

また、想定する地震規模は、いずれも 1993 年釧路沖地震と同じ M7.8 としている。

これらの地震諸元に基づいて、泊地点における 1993 年釧路沖地震の観測記録の距離補正を行い、基準地震動 S_2 の設計用応答スペクトル Sk_2 及び S_N に与える影響について検討している。

距離補正については、以下に示す方法を用いている。

- ①安中・他(1997)⁽⁴⁾に基づき、想定スラブ内地震(浦河沖) 及び(苫小牧沖) 並びに 1993 年釧路沖地震の応答スペクトルを求める。
- ②想定スラブ内地震(浦河沖) 及び(苫小牧沖) と 1993 年釧路沖地震との応答スペクトル比を周期ごとに求める。
- ③求めた応答スペクトル比を距離による補正分と考え、観測記録のはぎとり波の応答スペクトルに乗ずることにより、泊地点における想定スラブ内地震(浦河沖) 及び(苫小牧沖) の応答スペクトルを推定する。

(2) 検討結果

安中・他(1997)により求めた応答スペクトル比は、第 8 図に示すように想定スラブ内地震(浦河沖) では約 1.8~2.2, 想定スラブ内地震(苫小牧沖) では約 2.3~3.2 となるとしている。

また、この比を距離による補正分と考え、1993年釧路沖地震の観測記録を基に推定した想定スラブ内地震(浦河沖)及び(苫小牧沖)の応答スペクトルを第9図に示す。想定スラブ内地震(浦河沖)及び(苫小牧沖)の応答スペクトルはいずれも設計用応答スペクトル S_{k_2} 及び S_N を下回るとしている。

3. まとめ

北海道周辺で発生した主なスラブ内地震とされる6地震による泊地点での震度は、最大でⅢ～Ⅳ程度と推定され、敷地への影響は小さいものと考えられる。

また、観測記録による検討結果から、スラブ内地震による地震波が火山フロントを越え、主に Low-Q ゾーンを伝播して減衰することから、泊地点ではスラブ内地震による影響は小さいものと考えられる。

なお、仮にスラブ内地震を浦河沖(M7.8, $\Delta = 200\text{km}$, $H = 100\text{km}$)及び苫小牧沖(M7.8, $\Delta = 110\text{km}$, $H = 150\text{km}$)に想定した場合においても、想定したスラブ内地震の応答スペクトルが設計用応答スペクトルを下回ることを確認している。

以上の検討結果から、泊地点ではスラブ内地震による影響は小さく、基準地震動に影響を与えるものではないと考えられる。

4. 参考文献

(1) 「1993 年釧路沖地震の発生メカニズムと強震動の特徴」

武村雅之, 日本火災学会誌 火災 43 巻4号, 平成5年

(2) 「やや深発地震の短周期地震動の励起強さとその地域性」

加藤研一・他, 日本建築学会構造系論文集 第 521 号, 平成 11 年

(3) 「GUIDELINE FOR EVALUATION OF BASIC DESIGN EARTHQUAKE
GROUND MOTIONS」

大崎順彦, 昭和 54 年

(4) 「気象庁 87 型強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提
案」

安中正・他, 第 24 回地震工学研究発表会講演論文集, 平成 9 年

第1表 北海道周辺の主なスラブ内地震

地震名	年月日	震央位置 北緯 東経	マグニ チュード M	震源深さ (km)	震央距離 (km)
1958年 エトロフ島沖の地震	1958.11.7	44° 18' 148° 30'	8.1	80	659
1974年 苫小牧付近の地震	1974.11.9	42° 29' 141° 47'	6.5	130	120
1978年 択捉島付近の地震	1978.12.6	44° 44' 146° 58'	7.7	100	551
1981年 日高支庁西部の地震	1981.1.23	42° 25' 142° 12'	7.1	130	154
1993年 釧路沖地震	1993.1.15	42° 55.0' 144° 21.4'	7.8	101	313
1994年 北海道東方沖地震	1994.10.4	43° 22.3' 147° 40.7'	8.2	28	583

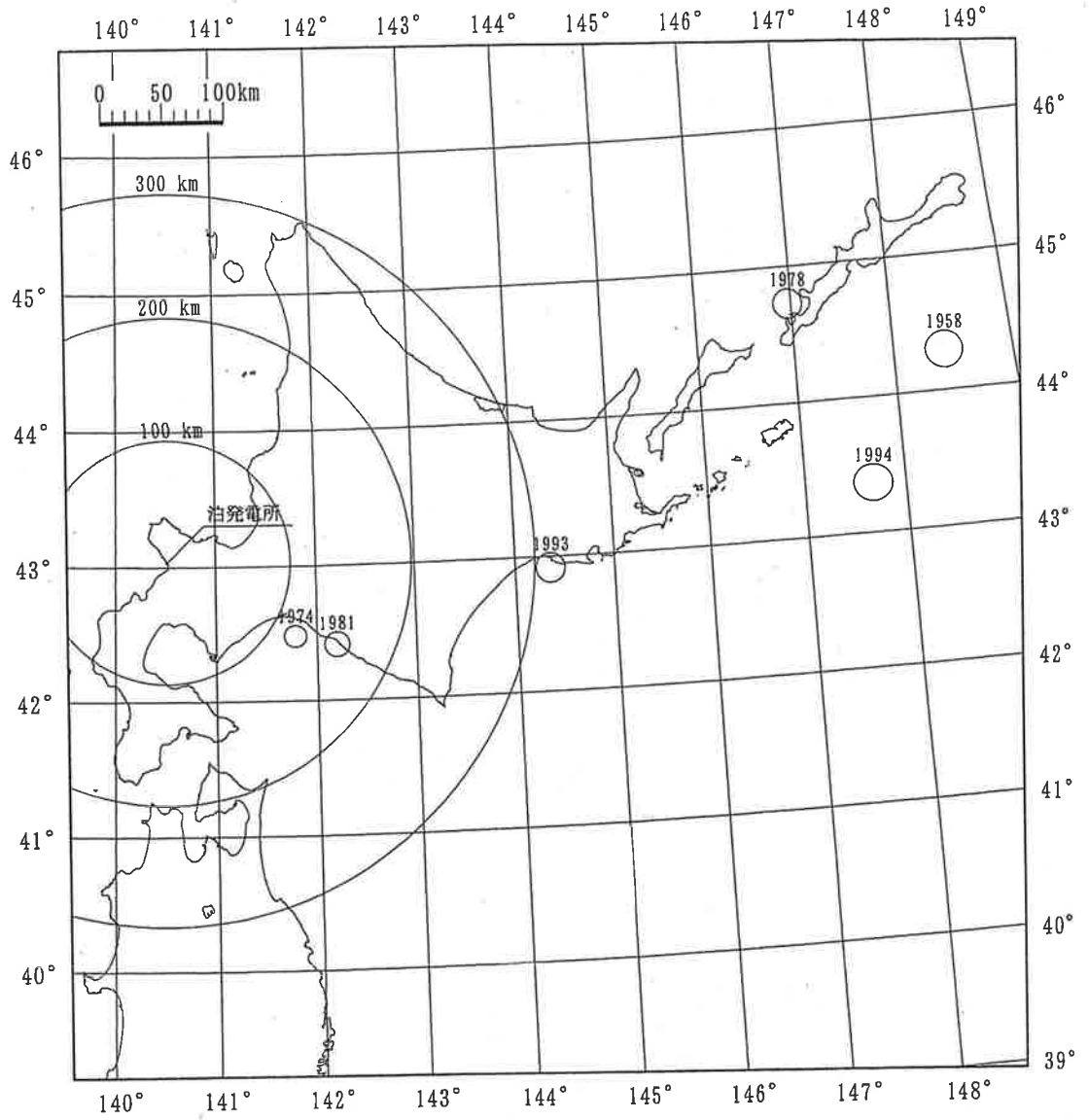
第2表 はぎとり解析に用いた地盤モデル(1, 2号炉観測点)

標高 (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数 $h(f) = h_0 \times f^{-\alpha}$	
				h_0	α
+ 10					
± 0.0 ▼	10	480	1.8	0.09	0.00
	はぎとり波算出レベル				
- 56	56	1175	2.1	0.33	0.71
- 250	194	1935	2.2		
	-				

層厚, 層数: ボーリング孔におけるP S検層結果による

密度: ボーリングデータによる

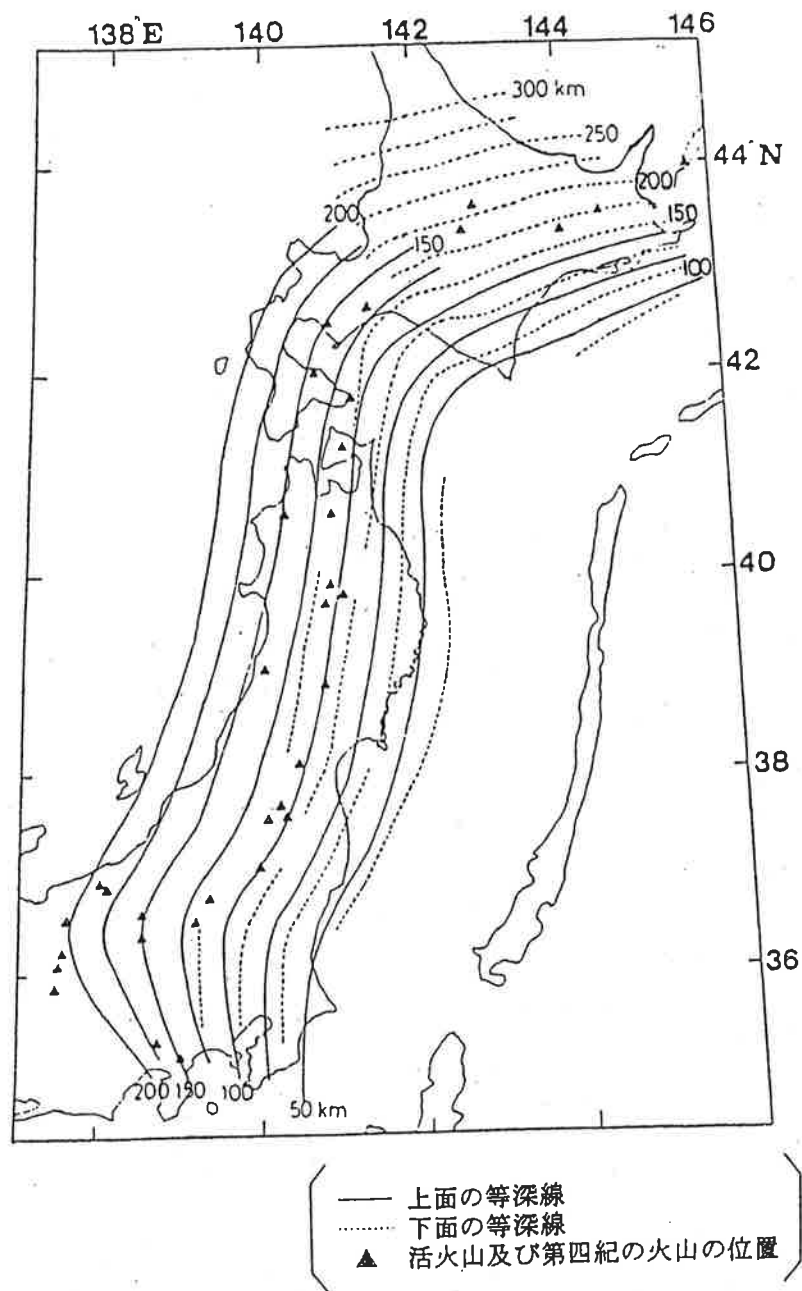
S波速度, 減衰定数: 1, 2号炉観測点における観測記録に適合するように同定解析で設定



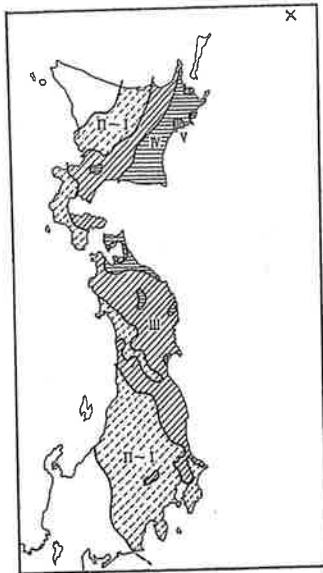
(数字は地震の年号)

凡例	
○	$8.0 \leq M$
○	$7.5 \leq M < 8.0$
○	$7.0 \leq M < 7.5$
○	$6.5 \leq M < 7.0$
○	$6.0 \leq M < 6.5$
○	$5.5 \leq M < 6.0$
○	$5.0 \leq M < 5.5$
○	$M < 5.0$

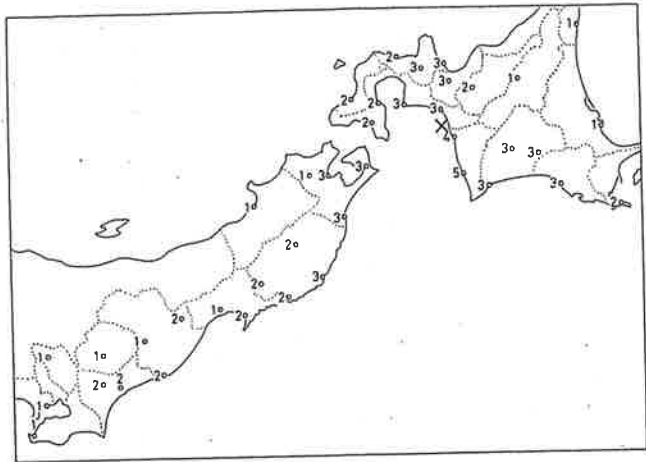
第1図 北海道周辺の主なスラブ内地震の震央分布



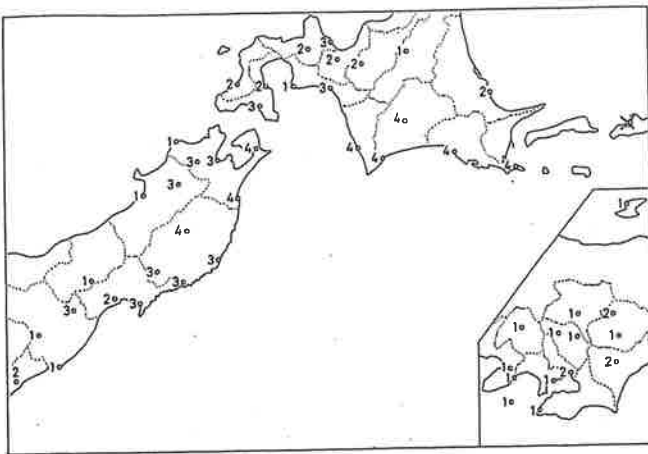
第2図 深発地震の震源の等深線
 (長谷川・他(1983)による。)



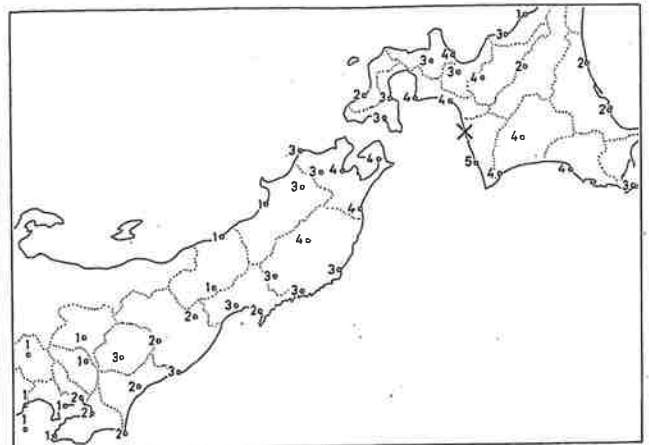
1958年エトロフ沖の地震



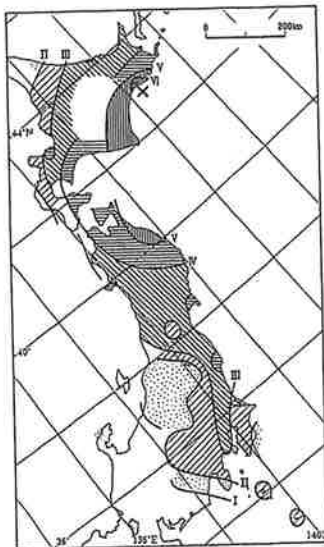
1974年苫小牧付近の地震



1978年択捉島付近の地震



1981年日高支庁西部の地震

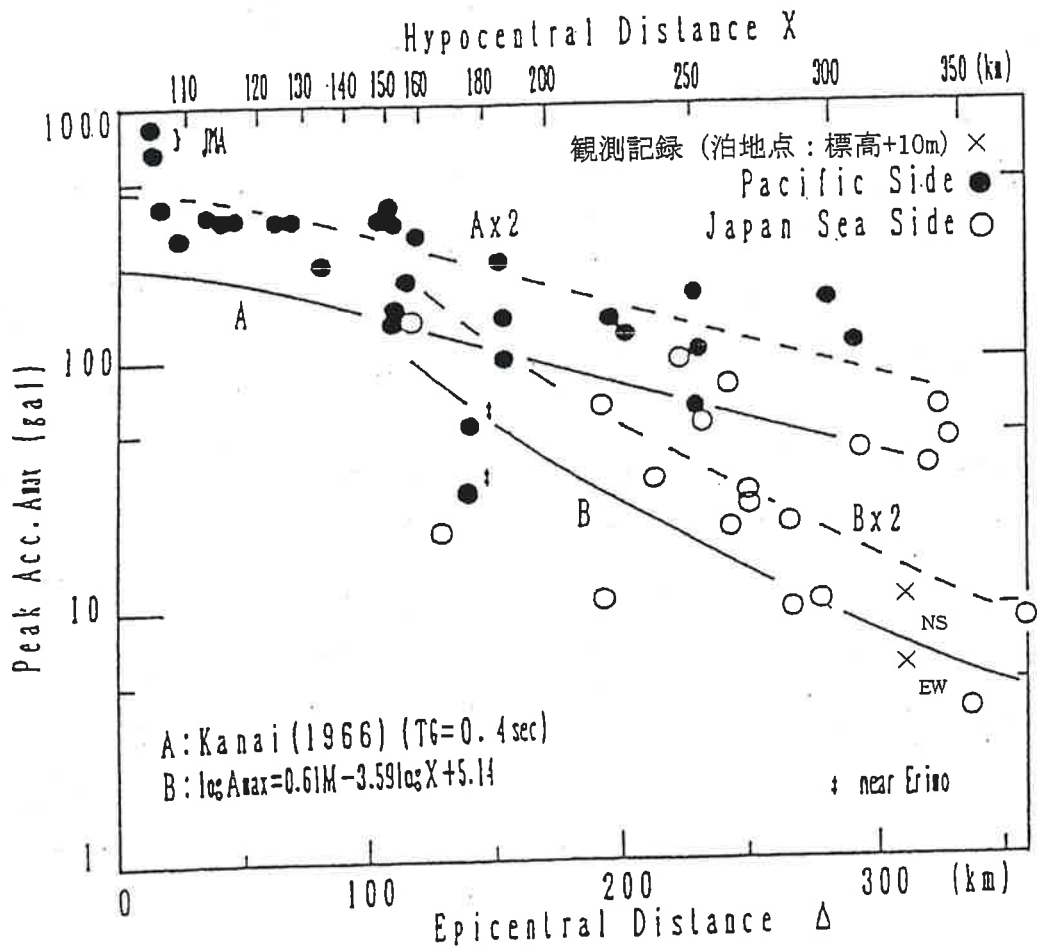


1993年釧路沖地震

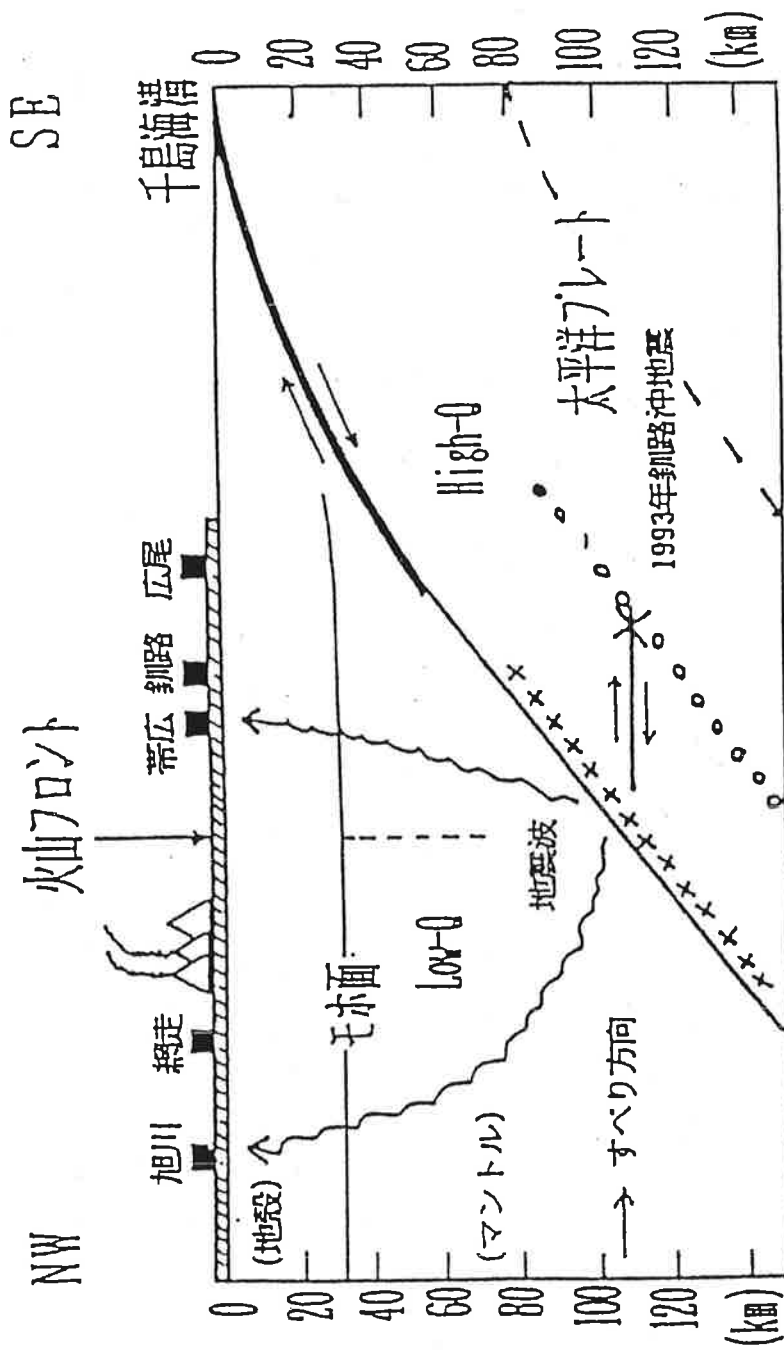


1994年北海道東方沖地震

第3図 北海道周辺の主なスラブ内地震の震度分布
 (「新編 日本被害地震総覧」及び気象庁による。)

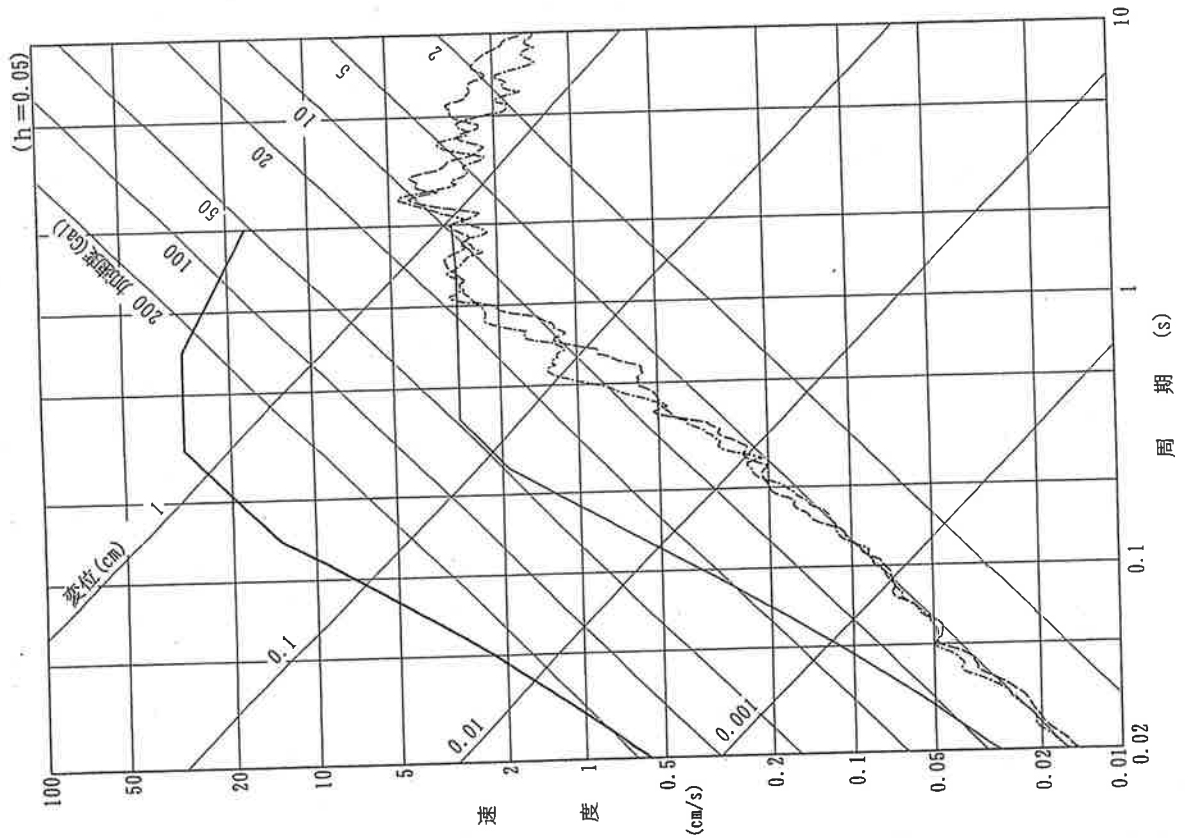


第4図 1993年釧路沖地震の距離減衰特性
 (武村(1993)に一部加筆)



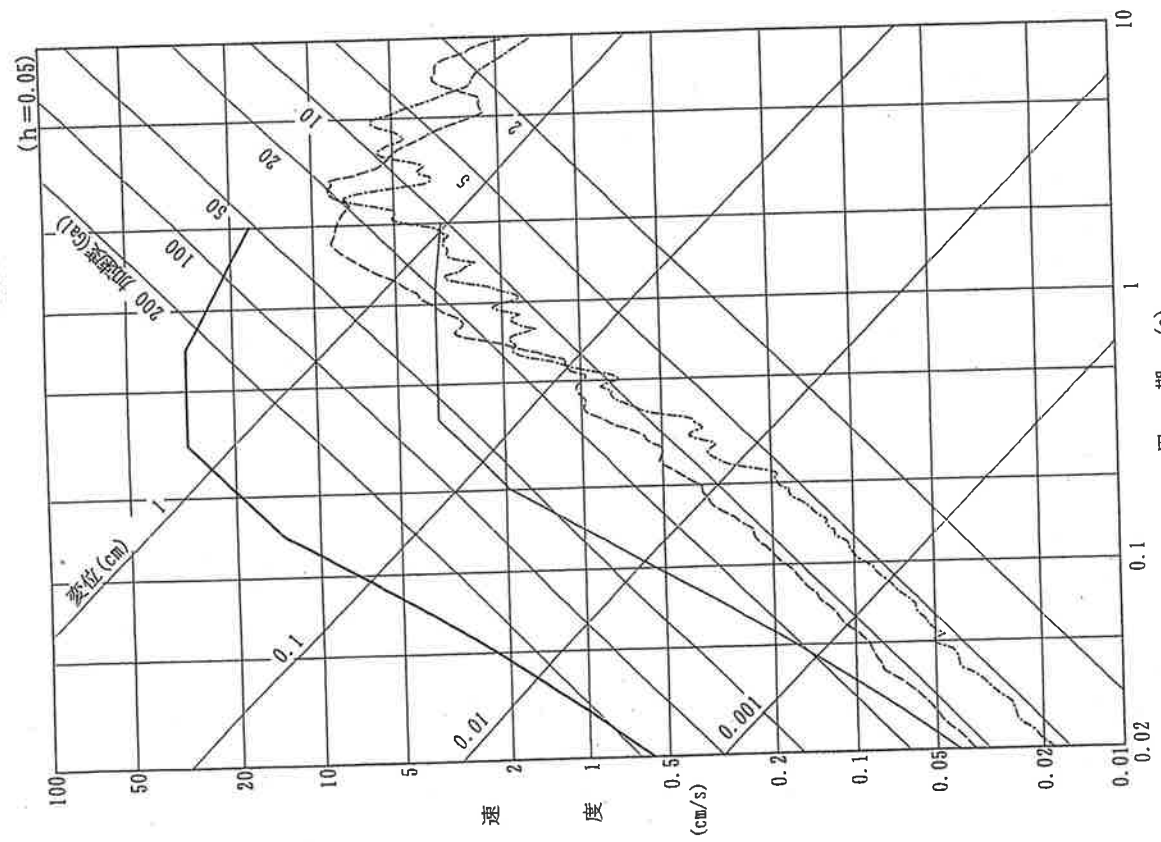
第5図 北海道太平洋沿岸地域周辺の深部構造
(武村(1993)を一部修正)

— 基準地震動 $S_k 1$
 — 大崎スペクトル (M8.2, $\Delta=583\text{km}$)
 - - 標高 $\pm 0.0\text{m}$ NS成分
 - - 標高 $\pm 0.0\text{m}$ EW成分



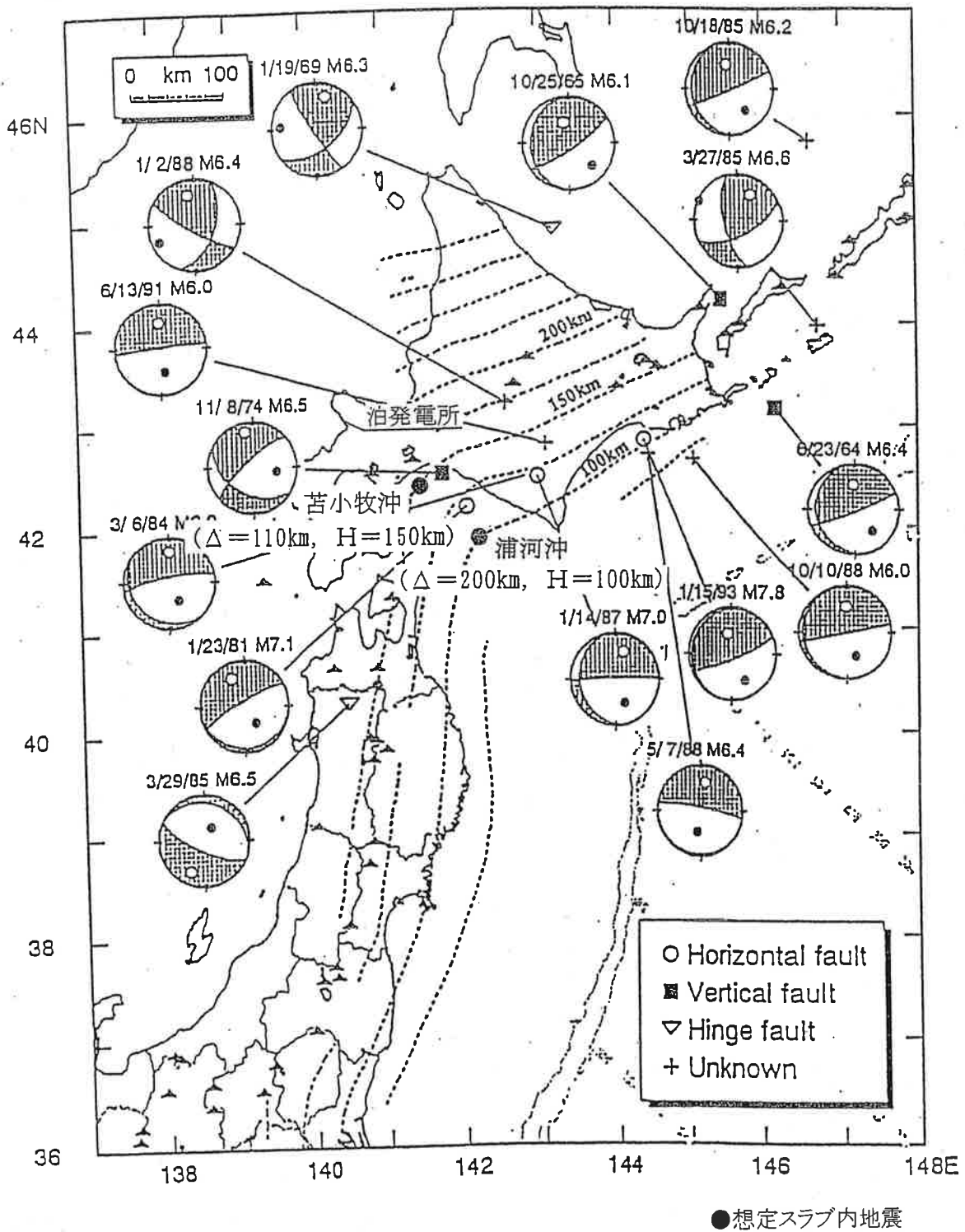
1994年北海道東方沖地震

— 基準地震動 $S_k 1$
 — 大崎スペクトル (M7.8, $\Delta=313\text{km}$)
 - - 標高 $\pm 0.0\text{m}$ NS成分
 - - 標高 $\pm 0.0\text{m}$ EW成分

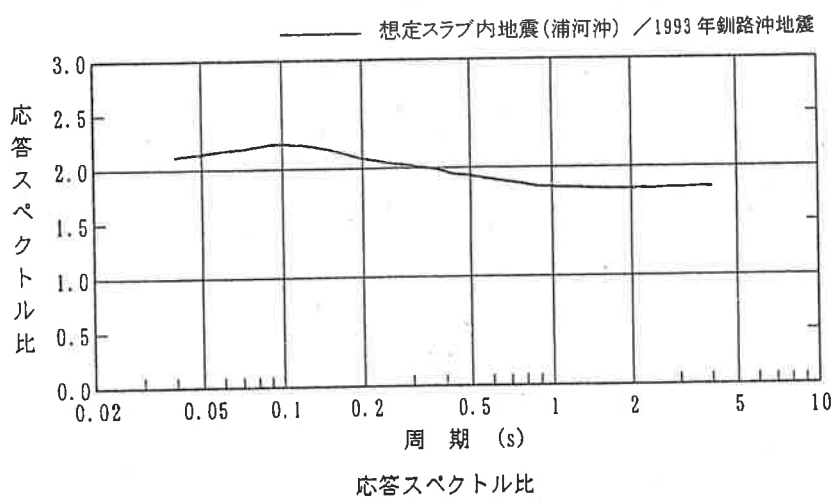
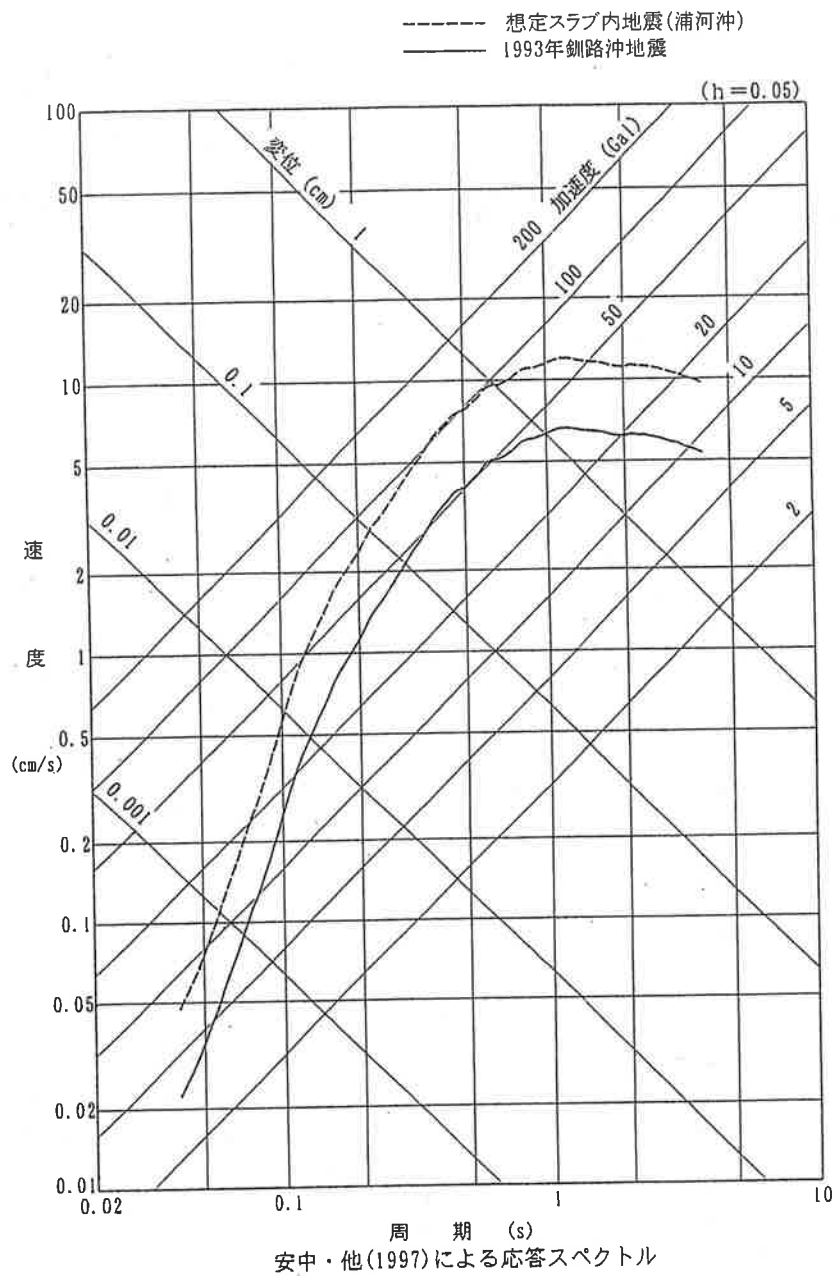


1993年釧路沖地震

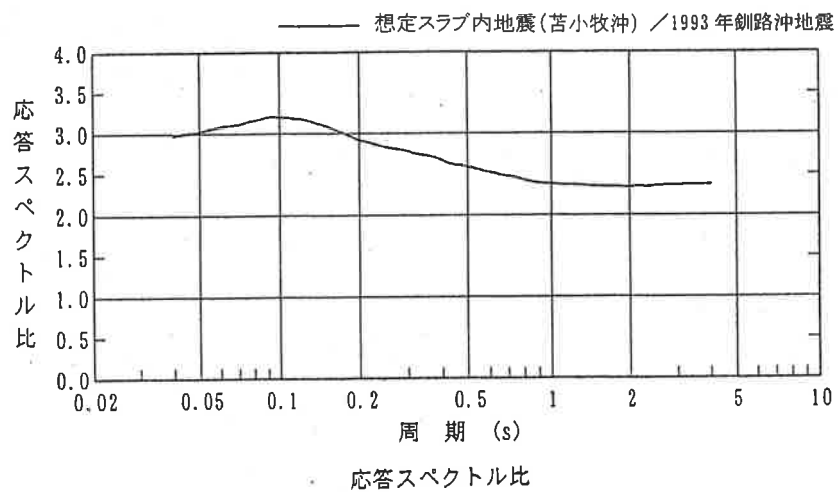
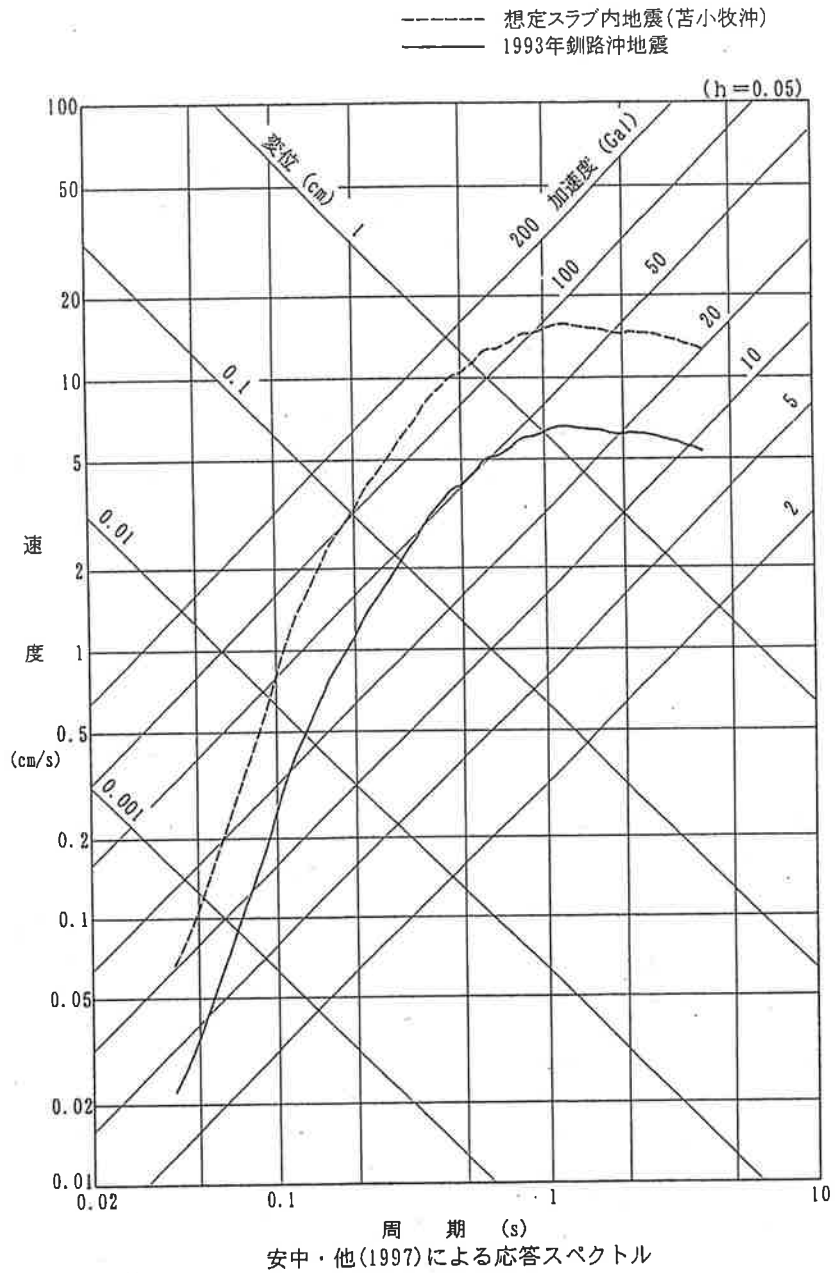
第6図 はぎとり波の応答スペクトルと大崎スペクトルの比較



第7図 二重深発地震面の下面の等深線及び想定スラブ内地震
 (Kosuga et al. (1996) に一部加筆)

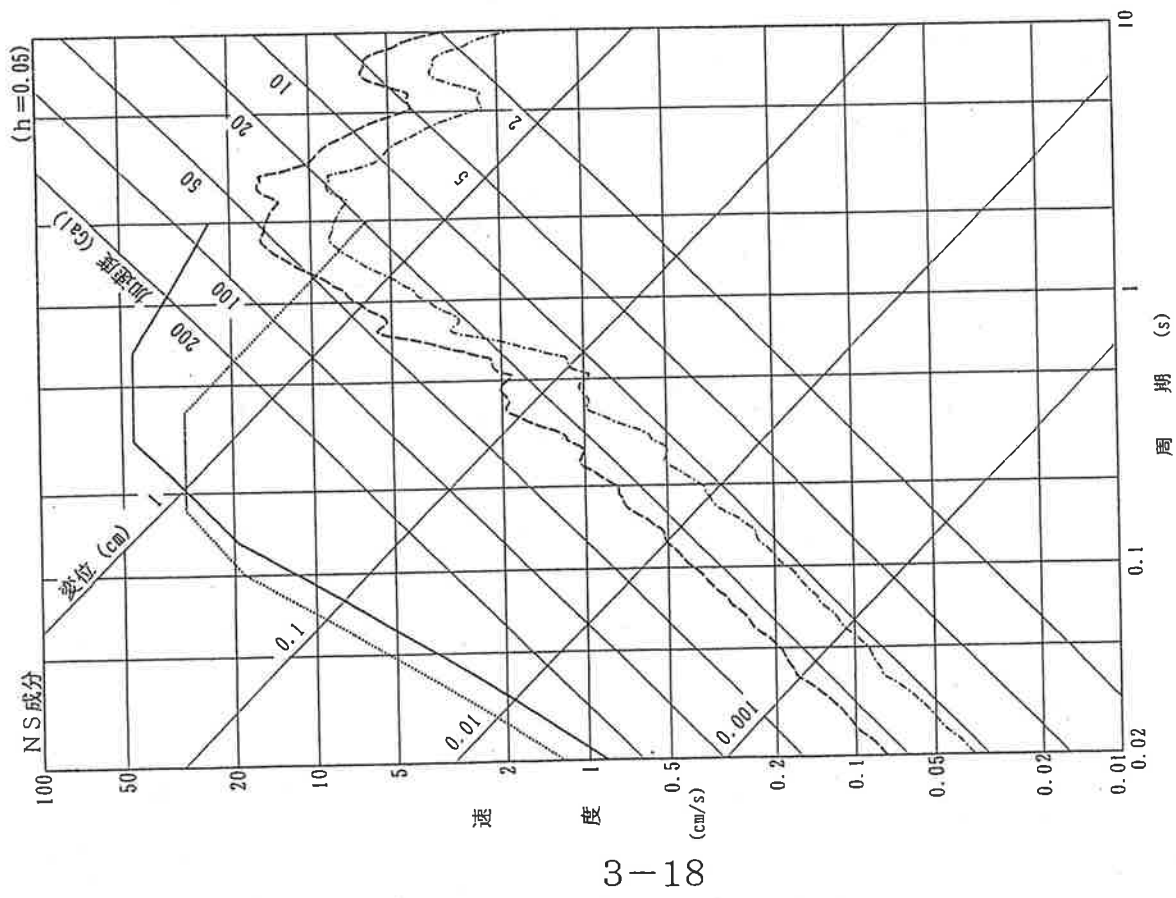


第8図(1) 応答スペクトル及び応答スペクトル比(浦河沖)
 (安中・他(1997)による。)

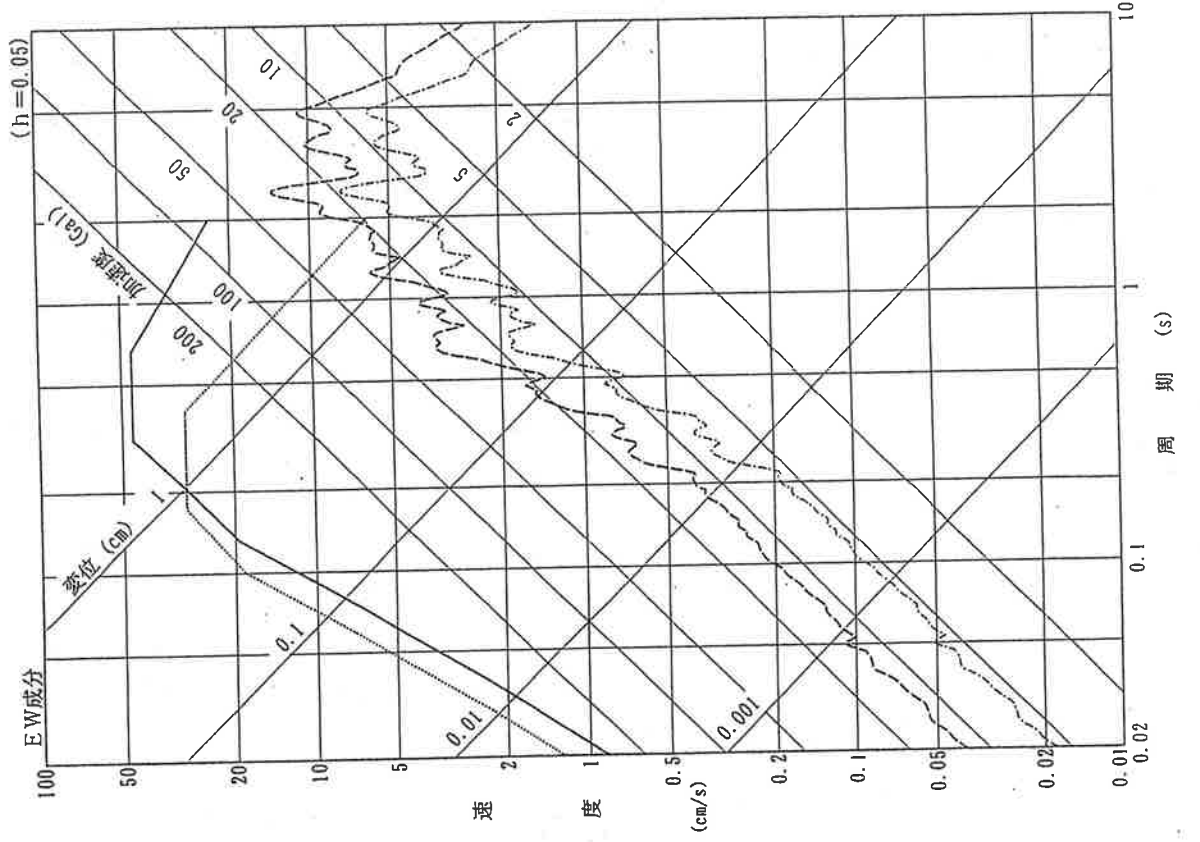


第8図(2) 応答スペクトル及び応答スペクトル比(苫小牧沖)
(安中・他(1997)による。)

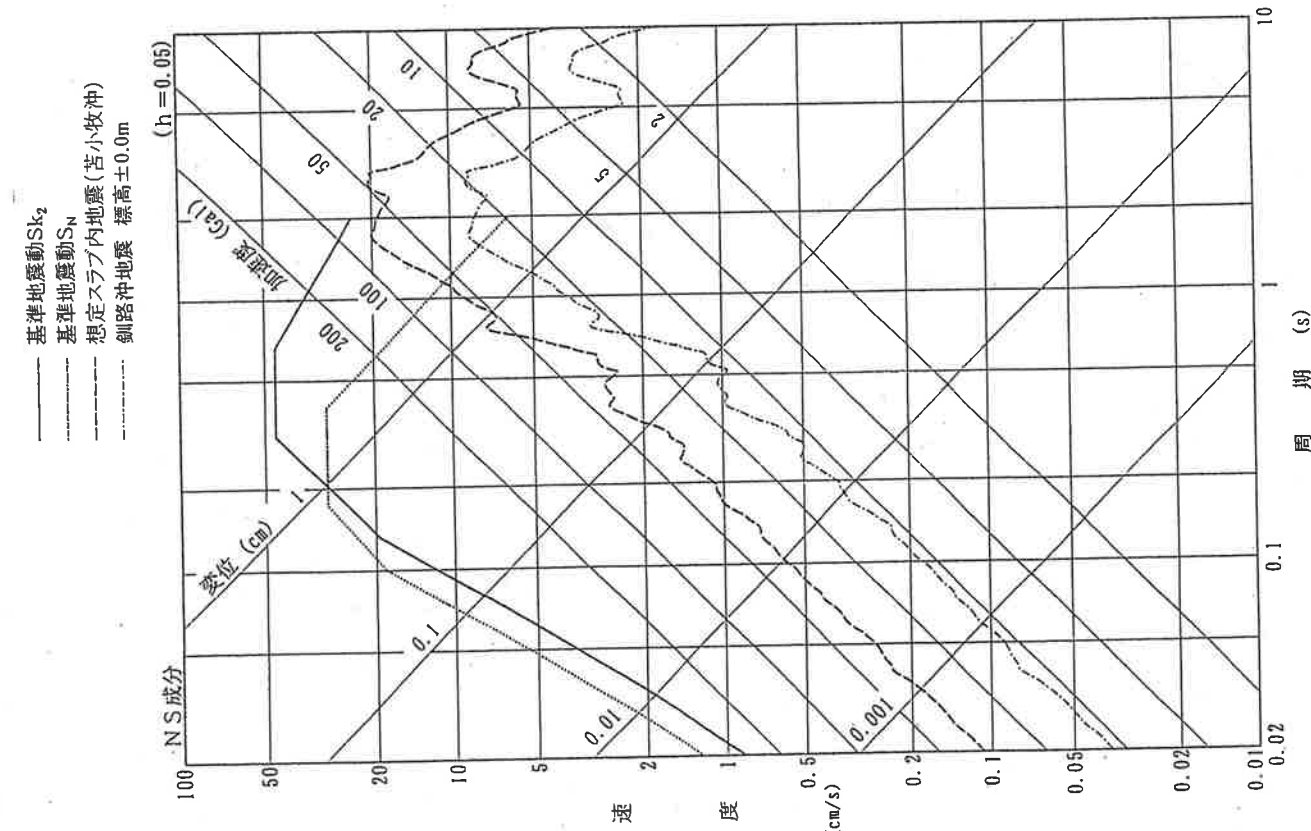
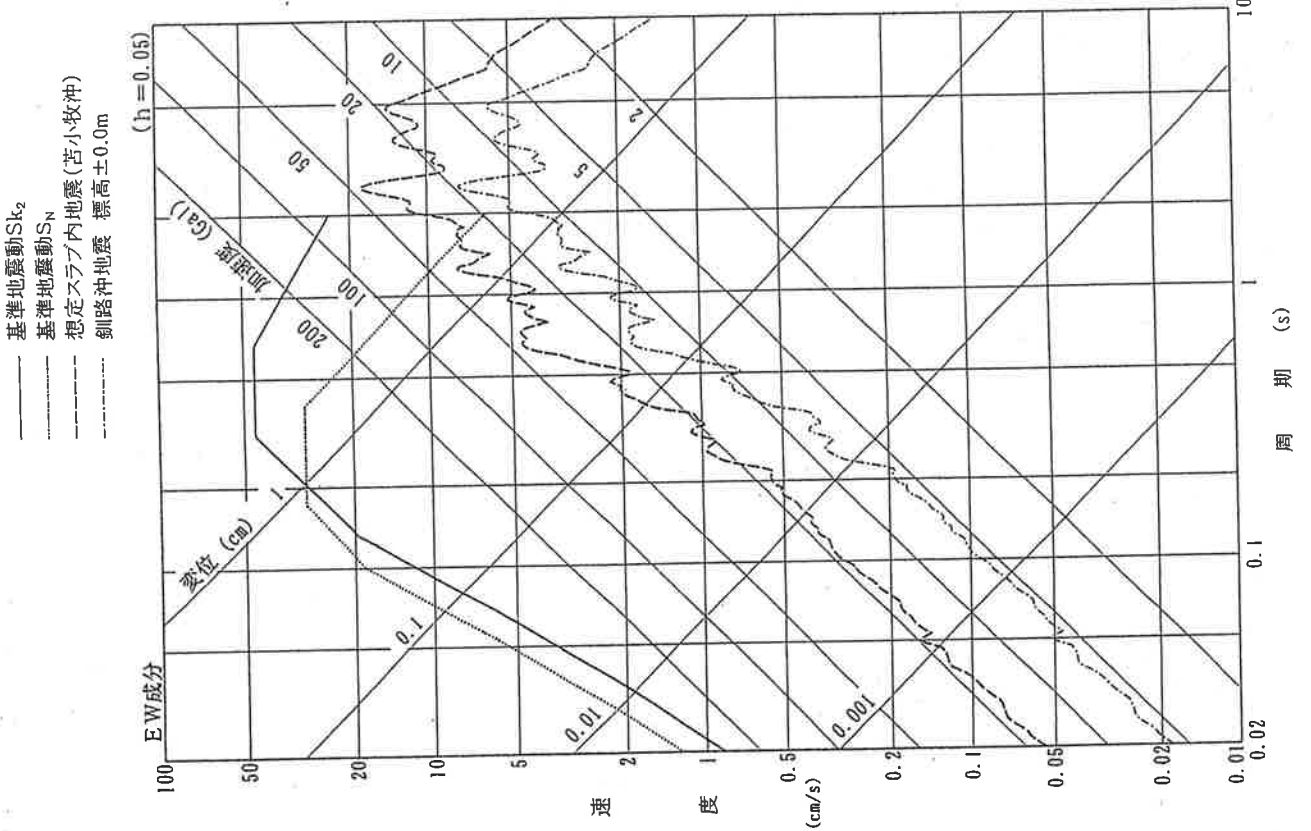
- 基準地震動Sk₂
- - 基準地震動S_N
- · - 想定スラブ内地震(浦河沖)
- · - 釧路沖地震 標高±0.0m



- 基準地震動Sk₂
- - 基準地震動S_N
- · - 想定スラブ内地震(浦河沖)
- · - 釧路沖地震 標高±0.0m



第9図(1) 1993年釧路沖地震の観測記録を用いた想定スラブ内地震
(浦河沖)の応答スペクトル



第9図(2) 1993年釧路沖地震の観測記録を用いた想定スラブ内地震(苫小牧沖)の応答スペクトル