

電源開発株式会社大間原子力発電所の
原子炉の設置に係る安全性について

—地盤耐震関係—
(案)

平成17年3月
原子力発電安全審査課

目 次

I 審査結果	1
II 申請の概要	2
1 立地条件	2
1.1 敷地	2
1.2 地震	2
1.3 地盤	2
1.4 気象	(略)
1.5 水理	3
1.6 社会環境	(略)
2 原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の概要	5
2.1 原子炉施設の位置	(略)
2.2 原子炉施設の耐震設計	5
2.3 原子炉本体	(略)
2.4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	(略)
2.5 原子炉冷却系統施設	(略)
2.6 計測制御系統施設	(略)
2.7 放射性廃棄物廃棄施設	(略)
2.8 放射線管理施設	(略)
2.9 原子炉格納施設	(略)
2.10 その他原子炉の附属施設	(略)
III 審査方針	6
1 審査の基本方針	6

2 審査方法	7
IV 審査内容	10
1 立地条件	10
1.1 敷地	10
1.2 地震	10
1.2.1 耐震設計上想定すべき地震	10
1.2.2 基準地震動	25
1.3 地質・地盤	29
1.3.1 敷地の地質・地質構造	29
1.3.2 原子炉施設設置地盤	31
1.4 気象	(略)
1.5 水理	37
1.6 社会環境	(略)
1.6.1 人口分布	(略)
1.6.2 敷地周辺の産業活動	(略)
1.6.3 敷地周辺の交通	(略)
2 原子炉施設の安全設計	38
2.1 原子炉施設全般	38
2.1.1 原子炉施設全般に対する設計上の考慮	38
2.1.2 安全機能の重要度分類	(略)
2.1.3 耐震設計	41
2.2 原子炉及び原子炉停止系	(略)
2.2.1 炉心設計	(略)
2.2.2 反応度制御系	(略)
2.2.3 原子炉停止系	(略)
2.3 原子炉冷却系	(略)
2.3.1 原子炉冷却材圧力バウンダリ	(略)
2.3.2 残留熱を除去する系統	(略)
2.3.3 非常用炉心冷却系	(略)

2.3.4	原子炉補機冷却系	(略)
2.3.5	その他	(略)
2.4	原子炉格納施設	(略)
2.4.1	原子炉格納容器及び原子炉格納容器スプレイ冷却系	(略)
2.4.2	格納容器内ガス濃度制御系（可燃性ガス濃度制御系及び不活性ガス系）	(略)
2.4.3	非常用ガス処理系	(略)
2.5	安全保護系	(略)
2.6	中央制御室及び緊急時施設	(略)
2.7	計測制御系及び電気系統	(略)
2.7.1	計測制御系	(略)
2.7.2	電気設備	(略)
2.8	燃料取扱系	(略)
2.9	放射性廃棄物処理施設	(略)
2.9.1	気体廃棄物処理系	(略)
2.9.2	液体廃棄物処理系	(略)
2.9.3	固体廃棄物処理系	(略)
2.10	放射線管理	(略)
2.10.1	放射線防護設備	(略)
2.10.2	放射線管理設備	(略)
2.11	その他	(略)
3	原子炉施設周辺の一般公衆の受ける線量評価	(略)
3.1	線量評価の概要	(略)
3.2	大気中に放出される放射性物質の年間放出量	(略)
3.3	海洋中に放出される放射性物質の年間放出量	(略)
3.4	線量の計算	(略)
3.4.1	気体廃棄物中の希ガスのガンマ線に起因する実効線量	(略)
3.4.2	液体廃棄物中に含まれる放射性物質に起因する実効線量	(略)
3.4.3	よう素に起因する実効線量	(略)
3.5	評価	(略)
4	運転時の異常な過渡変化の解析	(略)

4.1	炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化	(略)
4.1.1	原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	(略)
4.1.2	出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	(略)
4.2	炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化	(略)
4.2.1	原子炉冷却材流量の部分喪失	(略)
4.2.2	外部電源喪失	(略)
4.2.3	給水加熱喪失	(略)
4.2.4	原子炉冷却材流量制御系の誤動作	(略)
4.3	原子炉冷却材圧力又は原子炉冷却材保有量の異常な変化	(略)
4.3.1	負荷の喪失	(略)
4.3.2	主蒸気隔離弁の誤閉止	(略)
4.3.3	給水制御系の故障	(略)
4.3.4	原子炉圧力制御系の故障	(略)
4.3.5	給水流量の全喪失	(略)
4.4	評価	(略)
5	事故解析	(略)
5.1	原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化	(略)
5.1.1	原子炉冷却材喪失	(略)
5.1.2	原子炉冷却材流量の喪失	(略)
5.2	反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化	(略)
5.2.1	制御棒落下	(略)
5.3	環境への放射性物質の異常な放出	(略)
5.3.1	放射性気体廃棄物処理施設の破損	(略)
5.3.2	主蒸気管破断	(略)
5.3.3	燃料集合体の落下	(略)
5.3.4	原子炉冷却材喪失	(略)
5.3.5	制御棒落下	(略)
5.4	原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化	(略)
5.4.1	原子炉冷却材喪失	(略)
5.4.2	可燃性ガスの発生	(略)
5.4.3	動荷重の発生	(略)
5.5	評価	(略)

6 立地評価のための想定事故の解析	(略)
6.1 重大事故の解析	(略)
6.1.1 原子炉冷却材喪失	(略)
6.1.2 主蒸気管破断	(略)
6.2 仮想事故の解析	(略)
6.2.1 原子炉冷却材喪失	(略)
6.2.2 主蒸気管破断	(略)
6.2.3 全身線量の積算値	(略)
6.3 評価	(略)
V 審査経過	47

I 審査結果

電源開発株式会社大間原子力発電所の原子炉の設置に関し、同社が提出した大間原子力発電所原子炉設置許可申請書及び同添付書類（平成16年3月18日付け申請、平成〇年〇月〇日付け一部補正）に基づき審査した結果、当該申請は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「原子炉等規制法」という。）第24条第1項第4号の基準に適合しているものと認められる。

II 申請の概要

電源開発株式会社大間原子力発電所の原子炉設置許可の申請に関し、同社が提出した原子炉設置許可申請書及び同添付書類によれば、この原子炉設置の概要は、次のとおりである。

本申請は、青森県下北郡大間町に濃縮ウラン燃料 ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料、軽水減速、軽水冷却、沸騰水型、熱出力3,926MW（電気出力約1,383MW）の原子炉1基が設置されるものである。本原子炉は、商業発電用として使用され、基底負荷用として運用する計画としている。

本原子炉の設置に関する「立地条件」及び「原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の概要」は、次のとおりである。

1 立地条件

1.1 敷地

発電所の敷地は、青森県下北郡大間町の西側海岸部に位置する。

敷地の面積は約 130 万 m^2 である。敷地は海岸線を長辺としてほぼ長方形の形状となっており、おおむね標高 10～40mのなだらかな海岸段丘と海岸沿いの標高 10m以下の平坦地からなっている。

1.2 地震

敷地周辺の主な被害地震としては、太平洋側の海域では、1968年青森県東方沖の地震（1968年十勝沖地震）（マグニチュード（以下「M」という。）7.9）、陸域においては、1766年津軽の地震（M7 $^{1/4}$ ）が発生している。これらの地震のうち、敷地に対して最も影響が大きいと考えられるものは、1766年津軽の地震である。なお、敷地及び敷地周辺に被害を及ぼすものではなかったが、1993年釧路沖地震（M7.5）の観測記録は、敷地で得られた地震観測記録の中では最も大きなものとなっている。

1.3 地盤

(1) 地質・地質構造

敷地の地質は新第三系中新統の大間層及び易国間層、新第三系鮮新統の大畑層並びにこれらを覆う第四系から成っている。また、大間層には新第三紀中新世のデイサイト及び玄武岩が貫入している。易国間層は溶岩、火山碎屑岩及び堆積岩、大間層は堆積岩及び火山碎屑岩、大畑層は堆積岩から成り、原子炉施設は易国間層に設

置される。

敷地の地質構造としては、大間層及び易国間層が南側に緩やかに傾斜した成層構造をなす。敷地の北部では、大畑層が大間層と易国間層を不整合で覆い、大間層中にはデイサイトの貫入岩が分布する。

敷地には8条の断層が分布するとしているが、地質調査の結果、これらの断層には大畑層の堆積より後の活動はないとしている。

なお、敷地を中心とする半径約30kmの範囲及びその周辺には、「清水山南方断層」、^{はこだて}「函館平野西縁断層帯」、^{ねぎし}「根岸西方断層」、^{敷地}「敷地西方沖断層」、^{えきん}「恵山岬東方沖断層」、^{おくしり}「奥尻海盆東縁断層」等が認められるとしている。

(2) 岩石・岩盤物性

原子炉施設設置地盤を構成する岩盤については、岩種・岩相、固結度及び風化の程度に基づく岩盤分類が行われ、[火山砕屑岩]、[堆積岩]及び[溶岩・貫入岩]に大区分している。

岩石・岩盤試験結果によると、密度は[火山砕屑岩]で $1.58\sim 2.04\text{g/cm}^3$ 、[堆積岩]で $1.45\sim 1.49\text{g/cm}^3$ 、[溶岩・貫入岩]で $2.11\sim 2.38\text{g/cm}^3$ であり、一軸圧縮試験による強度は[火山砕屑岩]で $1.89\sim 8.82\text{N/mm}^2$ 、[堆積岩]で $5.32\sim 8.88\text{N/mm}^2$ 、[溶岩・貫入岩]で $4.78\sim 78.36\text{N/mm}^2$ である。また、原子炉建屋基礎地盤において実施した支持力試験の結果によると、上限降伏値は 4.7N/mm^2 以上であり、極限支持力は 13.1N/mm^2 以上である。

1.5 水 理

敷地を流れる河川は無く、敷地近傍の河川としては、普通河川の^{こおこっぺ}小奥戸川、準用河川の大間川及び二級河川の^{おこっぺ}奥戸川がある。

敷地前面の海域流況については、海面下3.0mにおける1983年8月から1984年6月までの観測結果によると、流向は四季を通じてほぼ海岸に平行な南北の流れが卓越しており、流速は50cm/s未満の観測値が大部分を占めている。

潮位については、敷地北方約2kmに位置する大間港における1984年1月から1993年12月までの観測（ただし、最高潮位及び最低潮位は、1984年1月から2004年10月までの観測）に基づき、最高潮位は東京湾平均海面（以下「T.P.」という。）+1.12m（2004年8月20日）、最低潮位はT.P.-0.56m（1985年3月7日、1985年3月11日）であり、朔望平均満潮位はT.P.+0.63m、朔望平均干潮位はT.P.-0.29mである。

波浪については、敷地の沖合約600mの海底（T.P.約-14m）における1983年9月

から 1993 年 8 月までの観測結果によると、最大有義波高は 6.02m である。また、波向は、西南西及び西の 2 方向の出現頻度が高く、それぞれ 38.6% 及び 38.4% である。

津波については、文献調査、数値シミュレーション等の結果に基づき、最高水位は朔望平均満潮位を考慮すると T. P. +4.4m 程度であり、最低水位は朔望平均干潮位を考慮すると T. P. -3.8m 程度と想定される。

発電所に必要な淡水は、大間町上水道から供給を受ける。

復水器冷却水及び補機冷却水は、防波堤内側の静穏海域に設置する取水口から取水し、西護岸前面の沖合約 120m の海底に設置する放水口から水中放水する。

2 原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の概要

2.2 原子炉施設の耐震設計

原子炉施設の建物・構築物は原則として剛構造として設計され、重要な建物・構築物は岩盤に支持される。

原子炉施設は耐震設計上の重要度により A、B 及び C の 3 クラスに分類され、さらに A クラスの施設のうち特に安全上重要な施設は A_S クラスに分類されている。

耐震設計は重要度に応じて次のように行われる。

A、B 及び C クラスの各施設は、層せん断力係数をそれぞれ $3.0C_I$ 、 $1.5C_I$ 及び $1.0C_I$ として求められる水平地震力（以下「静的地震力」という。）に耐えられるように設計されるとともに、A クラスの施設は基準地震動 S_1 を基に定められる入力地震動を用いて動的解析が行われ、これにより求められる水平地震力に対して耐えられるように設計される。ただし、機器・配管系の静的地震力については、上記の層せん断力係数の値を水平震度とし、それを 20% 増しとした震度から求めている。

さらに A_S クラスの施設は、基準地震動 S_2 を基に定められる入力地震動を用いて弾塑性的挙動を踏まえて動的解析が行われ、これにより求められる水平地震力に対してその安全機能が保持できるように設計される。

また、A クラスの施設については鉛直地震力が考慮され、水平地震力と同時に不利な方向の組み合わせで作用させる。

A クラスの施設については、常時作用している荷重及び運転時に施設に作用する荷重と、基準地震動 S_1 による地震力又は静的地震力との組み合わせに対して、基本的には弾性範囲の状態を維持できるように設計される。

さらに、A_S クラスの施設については、常時作用している荷重及び運転時に施設に作用する荷重と、基準地震動 S_2 による地震力との組合せに対して、弾性範囲を超えることがあっても、その施設の機能に影響を及ぼすことがないように設計される。

Ⅲ 審査方針

1 審査の基本方針

審査においては、電源開発株式会社が大間原子力発電所として青森県下北郡大間町の敷地に設置する原子炉施設について、「原子炉等規制法」第24条第1項第4号に定める許可の基準に適合していることを判断するため、通常運転時はもとより、万一の事故を想定した場合にも一般公衆、放射線業務従事者及び放射線業務従事者以外の者であって管理区域に一時的に立ち入る者の安全が確保されるように、所要の安全設計等がなされていることをその基本的事項について確認することとし、そのため、次の事項を基本方針とした。

- (1) 原子炉施設が設置される場所の地震、気象、水理等の自然現象、火災、飛来物等によって、原子炉施設の安全性が損なわれないような安全設計がなされていること。
- (2) 平常運転時に放出される放射性物質による一般公衆の線量については、法令に定める周辺監視区域境界外における線量限度以下に抑えられることはもちろんのこと、さらに、それを合理的に達成できる限り低減されるような安全設計がなされていること。
- (3) 平常運転時においては、放射線業務従事者及び放射線業務従事者以外の者であって管理区域に一時的に立ち入る者（以下「放射線業務従事者等」という。）が線量限度を超える線量を受けないように放射線の防護及び管理ができるような安全設計がなされていること。
- (4) 異常の発生を極力防止するとともに、異常の発生を早期に発見し、その拡大を未然に防止するような安全設計がなされていること。
- (5) 原子炉の運転に際し、単一の機器の故障、誤操作等が生じても、燃料の健全性、原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性が損なわれないような安全設計がなされていること。
- (6) 原子炉冷却材を内包している原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性が損なわれて原子炉冷却材が喪失するような事故、炉心の反応度を制御している制御棒が急速に炉心から落下することにより炉心の反応度が異常に上昇するような事故等の発生を仮定しても、事故の拡大を防止し、放射性物質の放出を抑制できるような安全設計がなされていること。
- (7) 重大事故及び仮想事故を想定しても、公衆の安全を確保し得るように、原子炉施設がその安全防護施設との関連において十分に公衆から離れている等の適切な立地条件を有していること。

2 審査方法

- (1) 審査は、申請者が提出した「大間原子力発電所原子炉設置許可申請書及び同添付書類」に基づき行った。
- (2) 立地条件の評価に際しては、敷地の地質、地盤等の自然環境及び社会環境について、書類による審査のほか、現地調査を実施した。
- (3) 炉心及び領域安定性、MOX燃料の機械設計、制御棒落下事象並びに原子炉冷却材喪失事象（仮想事故）については、申請者が行った評価結果を審査するほか、別途に解析評価を行った。
- (4) 審査に当たっては、原子力安全委員会が用いることとした以下の指針のほか、法令で定める基準等を用いて審査を行った。
 - ① 「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」
昭和39年5月（平成元年3月一部改訂）
 - ② 「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」
昭和50年5月（平成13年3月一部改訂）
 - ③ 「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」
昭和51年9月（平成13年3月一部改訂）
 - ④ 「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」
昭和53年9月（平成13年3月一部改訂）
 - ⑤ 「我が国の安全確保対策に反映させるべき事項」について」
昭和55年6月（平成2年8月一部改訂）
 - ⑥ 「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」
昭和55年11月（平成14年9月一部改訂）
 - ⑦ 「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針」
昭和56年7月（平成4年6月一部改訂）
 - ⑧ 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」
昭和56年7月（平成13年3月一部改訂）
 - ⑨ 「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」
昭和56年7月（平成2年8月一部改訂）
 - ⑩ 「BWR. MARK II型格納容器圧力抑制系に加わる動荷重の評価指針」
昭和56年7月（平成2年8月一部改訂）
 - ⑪ 「放射性液体廃棄物処理施設の安全審査に当たり考慮すべき事項ないしは基本的な考え方」
昭和56年9月

- ⑫ 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」
昭和57年1月（平成13年3月一部改訂）
- ⑬ 「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象に関する評価指針」
昭和59年1月（平成2年8月一部改訂）
- ⑭ 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」
平成2年8月（平成13年3月一部改訂）
- ⑮ 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」
平成2年8月（平成13年3月一部改訂）
- ⑯ 「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」
平成2年8月
- (5) また、旧原子炉安全専門審査会が取りまとめた以下の報告書も用いた。
- ① 「沸騰水型原子炉に用いられる8行8列型の燃料集合体について」
昭和49年12月
- ② 「沸騰水型原子炉の炉心熱設計手法及び熱的運転制限値決定手法について」
昭和51年2月
- ③ 「沸騰水型原子炉の炉心熱設計手法及び熱的運転制限値決定手法の適用について」
昭和52年2月
- ④ 「取替炉心検討会報告書」
昭和52年5月
- ⑤ 「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」
昭和53年8月
- (6) さらに、旧原子炉安全基準専門部会が取りまとめた以下の報告書も用いた。
これらの報告書のうち⑧及び⑨は、本原子炉では全炉心にMOX燃料を装荷することから用いたものである。
- ① 「「燃料被覆管は機械的に破損しないこと」の解釈の明確化について」
昭和60年7月（平成2年8月一部改訂）
- ② 「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」
昭和63年5月
- ③ 「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」
平成元年3月（平成13年3月一部改訂）
- ④ 「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」
平成元年3月（平成13年3月一部改訂）
- ⑤ 「配管の破断に伴う「内部発生飛来物に対する設計上の考慮」について」
平成4年3月
- ⑥ 「沸騰水型原子炉に用いられる9行9列型の燃料集合体について」
平成6年3月

⑦ 「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」

平成7年6月

⑧ 「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象における燃焼の進んだ燃料の取扱いについて」

平成10年4月

⑨ 「「プルトニウムを燃料とする原子炉の立地評価上必要なプルトニウムに関するめやす線量について」の適用方法などについて」

平成10年11月（平成13年3月一部改訂）

⑩ 「改良型沸騰水型原子炉における混合酸化物燃料の全炉心装荷について」

平成11年6月（平成13年3月一部改訂）

(7) 加えて、原子力安全・保安院が定めた以下の評価基準も用いた。

① 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（内規）」

平成14年7月

(8) そのほか、新たな知見、先行炉の審査経験、諸外国の審査基準等をも参考とした。

IV 審査内容

本原子炉の設置に関する立地条件、安全設計の基本方針、原子炉施設周辺の一般公衆の受ける線量評価、運転時の異常な過渡変化の解析、事故の解析及び立地評価のための想定事故（重大事故及び仮想事故）の解析について検討した結果は、次のとおりである。

1 立地条件

本原子炉の立地については、「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」（以下「原子炉立地審査指針」という。）等に基づき、原則として、大きな事故の誘因となるような事象があるとは考えられないこと、災害を拡大するような事象が少ないこと、原子炉は、その安全防護施設との関連において十分に公衆から離れていること、また、原子炉の敷地は、必要に応じ公衆に対して適切な措置を講じ得る環境にあることが要求される。

これらの要求事項に対する審査結果は、以下のとおりである。

1.1 敷地

発電所の敷地は、青森県下北郡大間町にあり、おおむね標高 10～40m のなだらかな海岸段丘と海岸沿いの標高 10m 以下の平坦地からなり、敷地は海岸線を長辺としてほぼ長方形の形状となっている。敷地の面積は約 130 万 m^2 である。

原子炉本体は、敷地の西側の位置（北緯 $41^{\circ} 30' 37''$ 、東経 $140^{\circ} 54' 34''$ ）に設置される。

炉心の中心から敷地境界までの距離は、ほぼ海岸線に沿う北方向で約 880m、南方向で約 520m、海岸線にほぼ直交する東方向で約 830m であり、最短距離は、北方向で約 300m である。

本敷地の広さは、「3 原子炉施設周辺の一般公衆の受ける線量評価」に示すように法令で規制される周辺監視区域の設定に十分な条件を有しており、また、周辺公衆との離隔の確保については、「1.6 社会環境」及び「6 立地評価のための想定事故の解析」に示すように「原子炉立地審査指針」に適合しており、妥当なものと判断した。

1.2 地震

1.2.1 耐震設計上想定すべき地震

原子炉施設は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「耐震設

計審査指針」という。)に基づき、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ることが要求される。

このため、原子炉施設の耐震設計で考慮する地震動は、敷地に最も大きな影響を与えると考えられる地震に基づき想定する必要があり、基準地震動 S_1 をもたらす設計用最強地震及び基準地震動 S_2 をもたらす設計用限界地震を適切に想定することが要求される。なお、基準地震動 S_2 には、直下地震によるものも含まれる。

設計用最強地震としては、歴史的資料から過去において敷地又はその近傍に影響を与えたと考えられる地震が再び起こり、敷地及びその周辺に同様の影響を与えるおそれのある地震及び近い将来敷地に影響を与えるおそれのある活動度の高い活断層による地震のうちから、最も影響の大きいものを想定することが要求される。

設計用限界地震としては、地震学的見地に立脚し設計用最強地震を上回る地震について、過去の地震の発生状況、敷地周辺の活断層の性質及び地震地体構造に基づき工学的見地からの検討を加え、最も影響の大きいものを想定することが要求される。

これらの要求事項に対して行った安全評価上の検討は以下のとおりである。

(1) 過去の地震

a. 地震資料

地震の想定に当たって使用する地震資料は、マグニチュード、震央位置、震源深さ、余震域、被害状況等可能な限りの情報が網羅されていることが要求される。

想定すべき地震を定めるに当たって、「最新版 日本被害地震総覧[416]-2001」、「日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年」（以下「宇津カタログ(1982)」という。）、「地震月報」等（以下「気象庁地震カタログ」という。）、「理科年表 平成17年」、「Study of Historical Earthquakes in Japan」（「宇佐美カタログ(1979)」）等が用いられている。

地震の想定に当たって使用しているこれらの地震資料は、妥当なものと判断した。

b. 敷地周辺の主な被害地震

過去の地震の評価については、敷地に影響を与えたか、又は与えたと推定される過去の地震が適切に選定されていること、並びにそれらのマグニチュード及び震央位置の想定が妥当であることが必要である。

被害地震の選定に当たっては、主として「最新版 日本被害地震総覧 [416]

「2001」、「宇津カタログ(1982)」、「気象庁地震カタログ」に記載された地震のマグニチュード、震央位置、余震域、被害状況等の情報に基づき、震央が敷地から約250km以内の範囲の地震を対象に、マグニチュード及び震央距離と震度との関係による検討が行われている。その結果、敷地周辺の被害地震として、1677年^{りくちゅう}陸中の地震、1763年^{むつ はちのへ}陸奥八戸の地震、1766年津軽の地震、及び1968年青森県東方沖の地震（1968年十勝沖地震）等があるとしている。なお、敷地及び敷地周辺に被害を及ぼすものではなかったが、1993年釧路沖地震（M7.5）では、敷地で得られた地震観測記録の中で最も大きな記録が得られているとしている。

これらの被害地震のうち、敷地への影響を検討する主な被害地震として、家屋等に被害が発生するとされている気象庁震度階級5弱（1996年以前は、震度V）程度以上をもたらしたものと推定される以下の地震が選定されている。

1766年津軽の地震 (M7¹/₄、震央距離(以下「Δ」という。)= 96km)

1968年青森県東方沖の地震（1968年十勝沖地震） (M7.9、Δ=240km)

ここで、地震資料間においてマグニチュード及び震央位置に差異のあるものについては、敷地へ及ぼす影響を踏まえ、その影響が最も大となる地震資料によるものとしている。

以上のことから、敷地周辺の主な被害地震の選定並びにそれらのマグニチュード及び震央位置の想定は、妥当なものと判断した。

(2) 活断層

a. 調査

活断層については、「耐震設計審査指針」において、活断層の認定は地形学的及び地質学的調査並びに地震観測資料等によって求めることが要求されており、「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」（以下「地質、地盤に関する安全審査の手引き」という。）においては、以下のことが規定されている。

- ・敷地の中心から少なくとも半径30kmの範囲の陸地について、既存の地形図、地質図及び地質に関する文献等を参考とし、必要に応じて航空写真判読、地表踏査等を加えて作成された原縮尺20万分の1以上の地質図並びにこれに基づく地質説明が適切かつ妥当であると評価できなければならない。
- ・敷地前面が海域である場合は陸域に準ずる範囲について既存の海底地形図、海底地質図等の文献等を参考とし、必要に応じて弾性波探査等を加

えて作成された海底地形図、海底地質図、海底地質構造図等に基づく海底地質の説明が適切かつ妥当であると評価できなければならない。なお、海域に関する地質説明は、陸域におけるそれと整合性のとれたものであることが認められなければならない。

このため、審査に当たっては、申請者が実施した文献調査、空中写真判読、地表地質調査、海上音波探査等の実施状況と、その内容について検討を行った。陸域に関する主な断層分布図及び既往の文献としては、

- ・活断層研究会編(1991)「[新編]日本の活断層」
- ・50万分の1活構造図「青森」(山崎ほか1986)現 独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター(旧 通商産業省 工業技術院 地質調査所。以下「地質調査所」という。)発行
- ・中田・今泉編(2002)「活断層詳細デジタルマップ」
- ・北海道(1999)「北海道活断層図 No. 2 函館平野西縁断層帯 活断層図とその解説」

等があり、敷地を中心とする半径約30kmの範囲及びその周辺の陸域においては、これらの文献、空中写真判読及び地表地質調査の結果により、敷地周辺の断層の性状及び第四紀後期の活動性が検討されている。

空中写真判読に当たっては、

- ・縮尺4万分の1の空中写真(米軍撮影)
- ・縮尺2万分の1の空中写真(国土地理院及び社団法人 日本林業技術協会(現 社団法人 日本森林技術協会)撮影)
- ・縮尺1万5千分の1の空中写真(申請者撮影)
- ・縮尺8千分の1の空中写真(申請者撮影)

を用いて、社団法人 土木学会 原子力土木委員会(1985)に基づき、リニアメントがAランク～Eランクの5段階方式で区分されている。

また、海域に関する主な資料及び既往の文献としては、

- ・20万分の1海洋地質図「下北半島沖海底地質図」(奥田1993)地質調査所発行
- ・5万分の1海底地質構造図「恵山岬」(1981)現 国土交通省 海上保安庁 海洋情報部(旧 運輸省 海上保安庁 水路部。以下「海上保安庁水路部」という。)発行
- ・活断層研究会編(1991)「[新編]日本の活断層」

等があり、これらの文献と、申請者が実施した音波探査等の解析結果及び既往音波探査記録の再解析結果により、敷地周辺の断層の性状及び第四紀後期の活

動性が検討されている。

敷地を中心とする半径約30kmの範囲並びにその西方の、サラキ岬、^{やこし}矢越岬、^{たかの}高野崎及び^{ほつかい}北海岬にほぼ囲まれる範囲を含めた海域（以下「敷地前面海域」という。）では音波探査として、浅部から中深部の地質構造を把握するため、原則として水中放電・シングルチャンネル方式の探査が敷地に近い範囲では約1.5km×約3.0km間隔、それ以遠の範囲では約6km×約6km間隔の格子状の測線配置で実施されている。さらに、深部の地質構造を把握するためエアガン・マルチチャンネル方式の探査が実施され、地質調査所、海上保安庁水路部等で実施された音波探査記録とともに検討に用いられている。また、海上ボーリング及び採泥調査が実施され、海域の地層の時代対比の検討に用いられている。

敷地前面海域より外側の周辺海域（以下「外側海域」という。）については、文献により示されている断層等のうち、敷地に与える影響の大きな断層等について、地質調査所、海上保安庁水路部等で実施されている音波探査の記録を基に検討が実施されている。

b. 敷地周辺の活断層

「地質、地盤に関する安全審査の手引き」では、敷地周辺の地質構造において、顕著な断層又は褶曲構造の存在が認められるときは、その活動性について十分安全側の評価がなされなければならないものと規定されている。

このため、審査に当たっては、敷地周辺に分布する地層・活断層に関する調査内容、地層の時代、活断層の長さ及び活動性の評価、並びに敷地に与える影響を考慮すべき活断層の選定の妥当性について検討を行った。

(a) 敷地周辺の地質

敷地周辺陸域の地形は、下北半島西部が、下北山地、^{ひうちだけ}燧岳火山地、^{おそれやま}恐山火山地及び大間台地に、^{かめだ}亀田半島南部が^{よこつ}横津山地及び^{ひのきがわ}函館台地にそれぞれ大別されている。

敷地周辺陸域の先新第三系～新第三系は、下北半島西部には下位より、先新第三系の^{ながはま}長浜層、新第三系中新統の^{きんぱちざわ}金八沢層、^{ひのきがわ}桧川層、大間層及び易国間層並びに新第三系鮮新統の^{のだい}大畑層及び^{のだい}野平層が分布するとしている。亀田半島南部には下位より、先新第三系の^{とい}戸井層及び新第三系中新統の^{しおどまりがわ}汐泊川層が分布するとしている。なお、先新第三系及び新第三系には、貫入岩類が認められるとしている。

第四系は、下北半島西部には、^{おほうだけ}於法岳火山噴出物、^{おそれやま}恐山火山噴出物及び^{ひのきがわ}燧岳火山噴出物から成る下部～中部更新統の火山噴出物、中部～上部更新統の段丘堆積物等が分布するとしている。亀田半島南部には、中部～上部更新統

の段丘堆積物、^{ぜにかめざわ}銭亀沢軽石流堆積物等が分布するとしている。

銭亀沢軽石流堆積物は、¹⁴C年代測定による年代値として47, 220y. B. P. 以上及び49, 990y. B. P. 以上が得られ、レスクロノメトリーによる年代値として約51kaが得られたことから、その噴出年代は約5万年前の可能性が高いとしているが、安全評価上5万年前以降のものとして扱うとしている。

下北半島西部及び亀田半島南部に分布する段丘堆積物は、高位段丘面を形成する、主として砂、クサリ礫及び粘土から成るH₁面堆積物、H₂面堆積物及びH₃面堆積物、中位段丘面を形成する、主として砂、礫及び粘土から成るM₁面堆積物、M₂面堆積物及びM₃面堆積物並びに低位段丘面を形成する、主として砂、礫及び粘土から成るL₁面堆積物、L₂面堆積物及びL₃面堆積物に区分されるとしている。

段丘面の時代対比については、高位段丘面は、同面を構成する堆積物のうち基底部の砂礫等から成る堆積物とそれを覆うローム層中の^{とうや}洞爺火山灰層（約9万年前～約10万年前）との間に厚くローム層が認められることから、南関東の^{たま}多摩面群又はそれ以前の段丘面に対比されるとしている。

中位段丘面について、M₁面は、同面を構成する堆積物のうち基底部の砂礫等から成る堆積物を覆うローム層下部が洞爺火山灰層を挟むことから、南関東の^{しもすえよし}下末吉面（約12万年前～約13万年前）に対比されるとしている。M₂面は、同面を構成する堆積物のうち基底部の砂礫等から成る堆積物を覆うローム層最下部あるいは基底部の堆積物最上部が洞爺火山灰層を挟むことから、南関東の^{ひきはし}引橋面（約10万年前）に対比されるとしている。M₃面は、同面を構成する堆積物のうち基底部の砂礫等から成る堆積物を覆うローム層下部が^{あそ}阿蘇4火山灰層（約7万年前）を挟むことから、南関東の^{おぼらだい}小原台面（約8万年前）に対比されるとしている。

低位段丘面について、L₁面は、基底部の砂礫等から成る堆積物を覆うローム層下部に、起源が銭亀沢軽石流堆積物と同じである^{めながわ}銭亀女那川火山灰層が認められることから、南関東の^{みさき}三崎面（約6万年前）に対比されるとしている。L₂面及びL₃面は、L₁面より若い面であり、5万年前以降のものとしている。

以上のことから、陸域に分布する地層の区分及び時代対比については、断層の第四紀後期の活動性を評価するに当たっては、妥当なものと判断した。

また、敷地周辺の海域に分布する地層は、音波探査の解析から得られた不

整合関係を含む記録パターンにより、上位からA層、B層、C層、D層及びE層の5層に区分されるとしている。さらに、B層はB₁層、B₂層及びB₃層に区分されるとしている。

これらの海域の地層の時代対比については、音波探査による地層区分と海上ボーリングにより得られた地質との対比、採泥試料の分析結果、物理探査による陸域の地質と海域の地質との連続性、文献調査による陸域と海域との地質の対比等により、A層は完新統、B₁層は上部更新統、B₂層及びB₃層は中部更新統、C層は最上部鮮新統～下部更新統、D層は上部中新統～上部鮮新統、並びにE層は先新第三系～上部中新統にそれぞれ対比されるとしている。なお、これらの地層の地質時代については以下の根拠に基づいているとしている。

A層は、B₁層以下の下位層の凹部を埋めるように、不整合関係で覆って分布することから、最終氷期以降の地層(概ね完新統)に対比されるとしている。

B₁層は、平館海峡における採泥試料に、阿蘇4火山灰層及びその下位の十和田カステラ火山灰層が含まれること等から、上部更新統に対比されるとしている。

C層は、大間海脚付近における採泥試料の微化石分析結果、尻屋海脚西縁付近で採取された採泥試料の微化石分析結果等から最上部鮮新統～下部更新統に対比されるとしている。

D層及びE層については、敷地西方での海上ボーリングにより得られた地質との対応、物理探査による陸域の地質構造と海域の地質構造との連続性、青函トンネル地質図との整合性、大間海脚付近における採泥試料の微化石分析結果等から、D層は上部中新統～上部鮮新統に、E層は中部中新統～上部中新統及びそれらより下位の地層にそれぞれ対比されるとしている。

B₂層及びB₃層は、B₁層及びC層に挟まれた地層であることから、中部更新統の地層に対比されるとしている。

以上のことから、海域に分布する地層の区分及び時代対比については、断層の第四紀後期の活動性を評価するに当たっては、妥当なものと判断した。

(b) 文献調査等による敷地周辺の活断層

敷地周辺の主な活断層のうち陸域の活断層については、活断層研究会(1991)、北海道(1999)等の文献及び申請者が実施した空中写真判読によって検討されており、敷地への影響を検討する必要がある活断層及びリニアメントとして、「清水山南方断層」、「函館平野西縁断層帯」、「根岸西方断層」等が

挙げられている。なお、北海道(1999)は、「函館平野西縁断層帯」を、活断層研究会(1991)による^{おしま おおの}渡島大野断層及び函館平野西縁断層と、それらに伴う副次的断層から成るとしている。

海域の活断層については、活断層研究会(1991)、奥田(1993)、海上保安庁(1981)等の文献及び音波探査の解析によって検討されており、敷地への影響を検討する必要のある活断層として、F-2断層～F-4断層、F-5断層、F-6断層、F-8断層、F-9断層、F-14断層、F-18断層～F-24断層、F-25断層、「恵山岬東方沖断層」、「奥尻海盆東縁断層」等が挙げられている。

以上のことから、検討対象とすべき活断層の抽出については、妥当なものと判断した。

(c) 敷地周辺の主な活断層の性状

抽出された活断層、リニアメントについて、文献調査、空中写真判読、地表地質調査等の結果に基づいて検討した敷地周辺の主な活断層の評価は、次に述べるとおりである。

① 清水山南方断層

「[新編]日本の活断層」には、函館市^{まいはら}米原町東方から函館市^{しおくび}汐首町付近にかけて、長さ10km、确实度Ⅲ(活断層の疑いのあるリニアメント)として示されている。

空中写真判読によると、山地と台地との境界に当たる地形の傾斜変換部等から成るリニアメントが、NW-S E方向に、函館市米原町東方から函館市汐首町付近にかけて約10kmの区間に認められるとしている。

地表地質調査の結果によると、断続的に判読されるリニアメントを挟んだ両側で、銭亀沢軽石流堆積物の各層及び同堆積物の基底面は連続的に分布し、それらの分布標高の勾配に明瞭な差異は認められず、銭亀沢軽石流堆積物の噴出後の活動はないものの、5万年前以降に活動が及んでいることを否定できないとしている。

リニアメントの北西方延長に当たる汐泊川付近に分布するH₃面及びM₂面堆積物の分布標高には変位は認められないとしている。また、リニアメントの南東方延長に当たる函館市汐首町北東方の山地尾根には、連続した鞍部、高度の不連続等の地形要素は認められないとしている。

以上のことから、「清水山南方断層」は、汐泊川付近から函館市汐首町北東方に至る約11kmの区間について、第四紀後期に活動が及んでいるとし

ていることは、妥当なものと判断した。

② 函館平野西縁断層帯

「〔新編〕日本の活断層」には、七飯町^{ななえ}峠下^{とうげした}付近から上磯町^{かみいそ}添山^{そえやま}付近にかけて長さ12km、確実度 I、活動度 B～C 級の渡島大野断層が、上磯町^{かみいそ}野崎^{のざき}付近から同町^{たての}館野^{たての}付近にかけて長さ約 7 km、確実度 I、活動度 B～C 級の函館平野西縁断層が、上磯町^{かみいそ}茂辺^{もへじ}地付近から同町^{たての}当別^{とうべつ}付近にかけて長さ 4 km、確実度 I の茂辺地断層が示されている。

北海道(1999)は、七飯町^{ななえ}峠下^{とうげした}付近から上磯町^{かみいそ}富川^{とみかわ}付近を経て海域の葛登支岬^{かつとし}沖付近までに至る長さ約22kmの西側上がりの逆断層を「函館平野西縁断層帯」として示し、大野町^{むかいの}向野^{むかいの}及び市渡^{いちのわたり}でのトレンチ調査結果等から、断層帯の最新活動時期は約8,800年前～約7,800年前、再来期間が5,000年～9,000年、平均変位速度は0.2～0.3m/1,000年程度(上下成分)の B 級であるとしている。

また、地震調査研究推進本部地震調査委員会の「函館平野西縁断層帯」の評価結果(以下「地震調査委員会(2001)」という。)によると、断層帯の長さは七飯町^{ななえ}峠下^{とうげした}付近から上磯町^{かみいそ}富川^{とみかわ}付近を経て海域の葛登支岬^{かつとし}の南方付近までに至る24kmとされ、最新活動時期は14,000年前～390年前、再来期間が13,000年～17,000年、平均変位速度は0.2～0.4m/1,000年(上下成分)とされている。

空中写真判読によると、リニアメントは七飯町^{ななえ}峠下^{とうげした}付近から上磯町^{かみいそ}添山^{そえやま}付近までの区間及び上磯町^{かみいそ}野崎^{のざき}付近から同町^{たての}富川^{とみかわ}付近までの区間に認められるとしている。また、上磯町^{かみいそ}矢不^{やふらい}来^ら付近から茂辺^{もへじ}地付近を経て同町^{たての}当別^{とうべつ}付近までの区間にも断続してリニアメントが認められるとしている。

地表地質調査の結果によると、七飯町^{ななえ}峠下^{とうげした}付近から上磯町^{かみいそ}富川^{とみかわ}付近までの区間に認められるリニアメントに対応して、中新統～鮮新統の茂辺地川層及び鮮新統～下部更新統の富川層に西側が相対的に上がっている NNW－SSE～N－S 方向の撓曲構造が認められ、高位段丘面、中位段丘面、低位段丘面等にも撓曲崖、逆向き低崖等が認められるとしている。また、この撓曲崖を構成する中位段丘面の比高差及び形成年代から推定される活動度は低いとしている。

音波探査の解析結果によると、リニアメントの南方延長方向の上磯町^{かみいそ}富川の沿岸付近から函館湾内には陸域の撓曲構造とほぼ同じ方向で、西側を相対的に隆起させる NNW－SSE 方向の F－2 断層及び N－S 方向の F－3 断層が認められるとしている。F－2 断層については B₁ 層以

下の地層に変位又は変形が認められ、F-3断層についてはA層以下の地層に変位又は変形が認められるとしている。

さらに、音波探査の解析結果によると、F-3断層の南西方向延長部では、F-3断層による変形構造と同様に、B層以下の地層が沖合南東方向へ向って傾斜して分布しており、その構造は断層運動に起因する可能性があるが、サラキ岬付近においては、断層運動に起因すると考えられる系統的な変形はD層上部までは認められるものの、C層以浅には及んでいないとしている。

また、F-3断層の南端部付近からは、F-3断層の方向と異なるNW-S E方向にF-4断層が分布し、B₁層以下の地層に変位又は変形が認められるとしている。F-4断層については、その方向がF-3断層の方向と異なるものの、F-3断層の南端とF-4断層の北西端とは極めて近接して位置することから、F-3断層と一連の断層帯である可能性は否定できないとしている。

なお、上磯町矢不來付近から同町当別付近までの区間に断続して認められるリニアメントについては、F-2断層及びF-3断層の背後側の逆向き低崖に相当する可能性があるとしている。

以上のことから、陸域の函館平野西縁断層帯、海域のF-2断層、F-3断層及びサラキ岬付近に至るF-3断層の南西延長部を含む長さ約28kmの区間を一連の断層帯（以下「海域南西延長部を含む函館平野西縁断層帯」という。）として第四紀後期の活動性を考慮していること、並びに陸域の函館平野西縁断層帯、海域のF-2断層、F-3断層及びF-4断層を含む長さ約26kmの区間についても一連の断層帯（以下「海域南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」という。）として第四紀後期の活動性を考慮していることは、妥当なものと判断した。また、調査の結果、これらの断層帯の活動度については、高いものではないとしていることは妥当なものと判断した。

③ 根岸西方断層

「[新編]日本の活断層」には、津軽半島外ヶ浜町石崎沢付近から同町尻高付近にかけて長さ約7km、確実度Ⅱ（活断層であると推定されるもの）及び確実度Ⅲ（活断層の疑いのあるリニアメント）として示されている。

空中写真判読によると、リニアメントは、ほぼN-S方向に、外ヶ浜町石崎沢付近から同町尻高付近までの約8kmの区間に認められ、リニアメントの北端は、外ヶ浜町石崎沢付近において平館海峡の海岸線近くに至っ

ているとしている。リニアメントの南方延長に当たる尻高川右岸の尾根には連続した鞍部、高度の不連続等の地形要素は認められないとしている。

地表地質調査の結果によると、リニアメント付近の山地と丘陵地の境界付近で、中新統～下部更新統に西側が相対的に上がっている撓曲構造が認められるとしている。また、リニアメントに沿った外ヶ浜町平館燈台西方では、 M_2 面堆積物に撓曲構造が認められ、段丘面の形成年代と変形量から推定される活動度は低いとしている。

また、音波探査の解析結果によると、陸域におけるリニアメントのほぼ北方延長上には、F-25断層が分布し、一部でA層に変位が認められ、落下側がリニアメントと同じ東側であるとしている。

以上のことから、根岸西方断層については、陸域と海域の断層を、一連のものとして、第四紀後期の活動性を考慮し、その長さを最大約22kmと評価していることは、妥当なものと判断した。また、調査の結果、これらの断層の活動度については、高いものではないとしていることは妥当なものと判断した。

④ 敷地西方沖断層

音波探査の解析結果によると、敷地の西方沖約20km付近に、方向がいずれもほぼWNW-ESE方向のF-18断層、F-19断層、F-20断層、F-21断層、F-22断層、F-23断層及びF-24断層が認められる。長さは最大のもので約3.8kmであるとしている。

これらの7断層は、海底が極めて平坦な津軽海盆のほぼ中央に分布し、北側に分布するF-18断層～F-21断層は南側落下、南側に分布するF-22断層～F-24断層は北側落下であり、全体的にWNW-ESE方向に延びる地溝状の構造が約7kmにわたって分布し、地下深部で単一の断層となっている可能性を否定できないとしている。

これらの断層中にはその一部の断層で、変位又は変形が B_1 層の露出する海底まで達しており、海底面の落差は最大2m程度であるものも認められるものの、中部～上部更新統の地層の変位量から推定される活動度は低いとしている。

以上のことから、これらの断層については、「敷地西方沖断層」として一括し、その長さをC層までに変位や変形が及んでいないことが確認できる測線から、 B_2 層までに変位や変形が及んでいないことが確認できる測線までの最大約7.2kmとして、第四紀後期の活動性を考慮していることは、妥当なものと判断した。また、調査の結果、これらの断層の活動度につい

ては、高いものではないとしていることは妥当なものと判断した。

⑤ 恵山岬東方沖断層

「下北半島沖海底地質図」によると、恵山岬の東方沖に、長さ約17kmの伏在断層が示されているが、その北部は図示範囲外となっている。

既往音波探査記録の再解析結果によると、同文献が図示する付近及びその北方延長部で、数条の断層が雁行して分布し、それらは中部更新統以上の地層に変位又は変形が認められる。

中部更新統の地層の変位量から推定される活動度は低いとしている。

以上のことから、恵山岬東方沖断層については、第四紀後期の活動性を考慮するものとし、その長さを中部更新統以上の地層に変位や変形が及んでいないことが確認できる北端及び南端の測線間の長さ最大約42.5kmとしていることは、妥当なものと判断した。また、調査の結果、この断層の活動度については、高いものではないとしていることは妥当なものと判断した。

⑥ 奥尻海盆東縁断層

「[新編]日本の活断層」によると、奥尻海盆の東縁において長さ約45kmの断層及び推定断層が示されている。

既往音波探査記録の再解析結果によると、同文献が図示する付近で、中部更新統以上の地層に変位又は変形が認められる。

中部更新統の地層の変位量から推定される活動度は低いとしている。

以上のことから、奥尻海盆東縁断層については、第四紀後期の活動性を考慮するものとし、その長さを中部更新統以上の地層に変位や変形が及んでいないことが確認できる測線を北端とし、下部更新統以下の地層に変位や変形が及んでいないことが確認できる測線を南端とする区間の長さ最大約50kmとしていることは、妥当なものと判断した。また、調査の結果、この断層の活動度については、高いものではないとしていることは妥当なものと判断した。

⑦ その他の断層及びリニアメント

文献調査等の結果、敷地周辺における断層及びリニアメントとしては、上述の断層のほか、佐井村福浦付近のリニアメント、佐井村野平付近のリニアメント、恐山東山麓付近のリニアメント等がある。

i 福浦リニアメント

福浦付近の長さ約2kmのリニアメントについては、地表地質調査の結果、リニアメントに沿った位置において、大畑層のデイサイト質凝灰岩とデイ

サイト溶岩との地層境界が確認され、この地層境界とリニアメントとの位置及び方向がほぼ一致している。また、リニアメントに沿う断層は認められないとしている。

これらのことから、福浦付近のリニアメントについては、大畑層のデイサイト質凝灰岩とデイサイト溶岩との地層境界に起因する組織地形と推定していることは、妥当なものと判断した。

ii 野平リニアメント

野平付近の長さ約4.5kmのリニアメントについては断続的に判読されるが、リニアメント方向を横断して分布するM₁面及びM₂面は、いずれも傾斜はほぼ一定であり、かつ明瞭な傾斜変換部等は判読されないとしている。さらに、M₂面堆積物基底面の傾斜は、^{おりげど}大利家戸川支流及びトリノ沢の河床断面の傾斜にほぼ調和的であり、それらの間に明瞭な差異は認められないとしている。

これらのことから、野平付近のリニアメントについて、少なくともM₂面堆積物の堆積後の活動はないものと評価していることは、妥当なものと判断した。

iii 恐山東山麓リニアメント

恐山東山麓付近のリニアメントについては、2条のほぼ平行するリニアメントが判読され、東側の長さ約6kmのリニアメントは恐山火山噴出物の堆積面の傾斜変換部に対応するとしている。一方、西側の長さ約12kmのリニアメント付近では、崖錐上に小起伏が認められるが、大局的には火山山麓斜面及び崖錐堆積面が恐山火山から山麓へ向かって放射状に緩く傾斜して分布するとしている。地表地質調査の結果、東西いずれのリニアメント付近でも、断層は存在せず、恐山火山噴出物の軽石流堆積物（中部更新統）はリニアメントを挟んだ両側で連続的に分布し、その分布標高の勾配に明瞭な差異は認められないとしている。

これらのことから、恐山東山麓付近のリニアメントについては恐山火山噴出物中の軽石流堆積物や崖錐堆積物の堆積面上の浸食による断続的な起伏等に起因すると推定していることは、妥当なものと判断した。

iv その他

敷地周辺の陸域及び海域においては上述した以外の断層及びリニアメントが認められるが、これらは、その長さと敷地からの距離とを考慮すると、いずれも敷地への影響は小さいとしていることは、妥当なものと判断した。

c. 活断層と微小地震及び過去の地震との関連

微小地震の観測により、現在の活動性が顕著に認められる活断層又は過去の地震との関連が認められる活断層については、活動度の高い活断層として評価することが要求される。

選定された敷地周辺の活断層については、微小地震及び過去の地震との関連が検討されており、その結果、現在の活動を顕著に示唆するものはないとしている。

以上のことから、微小地震及び過去の地震との関連により、活動度の高い活断層は認められないとしていることは、妥当なものと判断した。

d. 活断層から想定される地震

活断層から想定される地震については、活断層の調査結果に基づき、設計上考慮すべき活断層が適切に選定され、これによる地震の想定が妥当であることが必要である。

活断層の調査結果によれば、設計用最強地震の対象として設計上考慮すべき活動度の高い活断層はないとしている。

設計用限界地震の対象としては、敷地への影響を考慮の上、「海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」による地震（M7.2、 $\Delta = 39\text{km}$ ）が選定されている。

活断層による地震のマグニチュードの推定には、我が国における地震断層の長さとの関係から求められた松田(1975)による式が用いられ、震央距離については断層の中央からの距離が用いられている。

なお、上述以外の活断層が敷地に与える影響は、いずれも上述の断層帯による地震の影響を上回らないとしている。

以上のことから、設計上考慮する活断層の選定及び地震の想定は、妥当なものと判断した。

(3) 地震地体構造

敷地周辺の地震地体構造から想定される地震については、そのマグニチュード、震央位置等が適切に定められていることが必要である。

敷地周辺においては、岩手県沖から十勝沖にかけての海域のプレート境界の地震、これより遠方の日本海溝付近の地震、地殻内の地震及び太平洋プレート内部の地震が発生している。これらのうち、太平洋プレート内部の地震については、敷地及び敷地周辺に被害を及ぼすような地震は確認されないとしている。

岩手県沖から十勝沖にかけての海域では、M8クラスの地震がプレート境界において発生している。当該海域では、歴史的にみてマグニチュードが最大の地震は、1952年に十勝沖で発生したM8.2の地震であり、地震学的見地から起こり得るとされる地震のマグニチュードの上限についてはM8であるとする文献や、M $8^{1/4}$ であるとする文献があるとしている。これらのことから、当該海域においては、微小地震の観測結果等に基づき、敷地に最も近いと考えられる青森県東方沖のプレート境界の位置（ $\Delta=90\text{km}$ 、震源深さ（以下「H」という。） $=60\text{km}$ ）にM $8^{1/4}$ の地震を想定するとしている。

日本海溝付近では、M8クラスの地震が発生しており、歴史的にみてマグニチュードが最大の地震は、1896年三陸沖の地震のM $8^{1/2}$ であり、地震学的見地から起こり得るとされる地震のマグニチュードの上限についてはM $8^{1/2}$ であるとする文献や、M $8^{3/4}$ であるとする文献があるとしている。しかし、上限規模のM $8^{3/4}$ の地震がこの領域で発生したとしても、震央距離が200km程度以上と遠く、敷地に与える影響は上述のプレート境界の位置に想定される地震の影響を上回らないとしている。

敷地周辺の陸域及び海域の地殻内では、M7クラスの地震の発生及びM7クラスの地震を起こす活断層が認められるとしている。また、地殻内の地震については、歴史的にみてマグニチュードが最大の地震は1766年津軽の地震のM $7^{1/4}$ であり、地震学的見地から起こり得るとされる地震のマグニチュードの上限はM $7^{1/2}$ であるとする文献や、M $7^{3/4}$ であるとする文献があるとしている。これらのことから、敷地周辺の陸域及び海域の地殻内においては、その上限規模に相当する過去の地震及び活断層との関連を考慮し、敷地に与える影響が大きいものとして、「海域南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」の位置にM $7^{1/2}$ の地震、奥尻海盆東縁断層の位置にM $7^{3/4}$ の地震を想定するとしているが、後者が敷地へ与える影響は、前者による影響を上回らないとしている。

以上のことから、地震地体構造上想定される地震として、青森県東方沖のプレート境界の位置（ $\Delta=90\text{km}$ 、 $H=60\text{km}$ ）にM $8^{1/4}$ の地震及び「海域南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」の位置（ $\Delta=39\text{km}$ ）にM $7^{1/2}$ の地震を想定していることは、妥当なものと判断した。

(4) 設計用最強地震及び設計用限界地震

設計用最強地震及び設計用限界地震については、過去の地震、活断層及び地震地体構造に基づき、考慮すべき地震が適切に選定されていることが必要である。

a. 設計用最強地震

設計用最強地震として設計に考慮すべき地震としては、過去の地震のうち、1766年津軽の地震 ($M7^{1/4}$ 、 $\Delta=96\text{km}$) が選定されている。

b. 設計用限界地震

設計用限界地震として設計に考慮すべき地震としては、活断層から想定される地震として、「海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」による地震 ($M7.2$ 、 $\Delta=39\text{km}$) が選定されている。また、地震地体構造上想定される地震として、青森県東方沖のプレート境界の位置 ($\Delta=90\text{km}$ 、 $H=60\text{km}$) に $M8^{1/4}$ の地震及び「海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」の位置 ($\Delta=39\text{km}$) に $M7^{1/2}$ の地震が選定されている。

以上のことから、設計用最強地震及び設計用限界地震として設計に考慮すべきものとしている地震は、妥当なものと判断した。

(5) 直下地震

基準地震動の策定に当たって、基準地震動 S_2 として考慮する地震には $M6.5$ の直下地震を想定することが要求される。

直下地震として、 $M6.5$ の地震を震源距離 10km の位置に想定していることは、妥当なものと判断した。

以上のことから、過去の地震、活断層及び地震地体構造の評価と、これらによる設計用最強地震及び設計用限界地震として設計に考慮すべきものとしている地震の選定並びに直下地震の想定は、妥当なものと判断した。

1.2.2 基準地震動

基準地震動 S_1 及び S_2 は、設計に考慮すべきものとした設計用最強地震、設計用限界地震及び直下地震の地震動特性に適合するように策定することが必要である。地震動特性については、最大振幅、周波数特性、継続時間及び振幅包絡線の経時的変化のそれぞれが適切であることが要求される。また、基準地震動の策定に当たっては、敷地における観測結果等を考慮に入れることが要求される。

(1) 地震動特性

設計に考慮すべきものとした設計用最強地震、設計用限界地震及び直下地震の地震動特性の評価については、最大振幅の経験式、標準応答スペクトル等の経験

的方法に基づくとしている。

a. 地震動の最大振幅

地震動の最大振幅については、マグニチュードと震源距離に基づいた経験式（いわゆる金井式）により、最大速度振幅として求められている。

この経験式は地震動の観測結果に基づき提案されており、地震動の最大振幅についてこれに基づき評価していることは、妥当なものと判断した。

b. 地震動の周波数特性

地震動の周波数特性については、主として岩盤上において観測された地震動を整理し、工学的な検討を加えて提案された解放基盤表面における標準応答スペクトル（いわゆる大崎スペクトル）に基づき定められている。

この標準応答スペクトルは既往の研究成果と比較しても整合性があることから、解放基盤表面での地震動の周波数特性についてこれに基づき評価していることは、妥当なものと判断した。

c. 地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化

地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化については、マグニチュードとの関係式に基づいて定められている。

この関係式は地震動の観測結果等に基づき提案されており、妥当なものと判断した。

(2) 地震観測結果

敷地においては、1984年から原子炉建屋設置位置付近で鉛直アレイ観測が行われており、1993年釧路沖地震、1993年北海道南西沖地震、1994年北海道東方沖地震及び2003年十勝沖地震等の観測記録が得られている。これらの観測記録をもとに敷地地盤の振動特性の検討を行うとともに、1993年釧路沖地震等の観測記録について検討を行っている。

a. 敷地地盤の振動特性

敷地で得られた観測記録について、応答スペクトルに基づき、敷地地盤の振動特性に関する検討が行われており、岩盤中では特に顕著な増幅はみられないとしている。また、敷地の北部に存在するデイサイト及びそれより下部にみられる玄武岩による敷地地盤の振動特性への影響をみるため、これらを考慮したモデルと考慮しないモデルにより観測記録を用いた地盤の応答解析結果を比較し、デイサイト及び玄武岩が観測記録に及ぼす影響は小さいとしている。

以上のことから、敷地地盤において岩盤中では特に顕著な増幅はみられないとしていること及びデイサイト等による影響は小さいとしていることは、妥当なものと判断した。

b. 1993年釧路沖地震等の観測記録

地震観測の結果、太平洋プレート内部のやや深発地震である1993年釧路沖地震（M7.5、 $\Delta = 325\text{km}$ ）及び太平洋プレート内部のやや浅い地震である1994年北海道東方沖地震（M8.2、 $\Delta = 594\text{km}$ ）の観測記録は、敷地で得られた地震観測記録の中では大きなものであり、震央距離が遠いにもかかわらず短周期成分が大きいとしている。

このうち、敷地で得られた地震観測記録の中で最も大きな1993年釧路沖地震の観測記録については、これを含む主な地震観測記録の同定解析により設定された敷地地盤のS波速度、減衰定数等を用いてはざと解析が行われ、T. P. -207.5mの岩盤上の応答スペクトルが算定されている。算定の結果、1993年釧路沖地震による岩盤上の応答スペクトルは、設計用最強地震として考慮する1766年津軽の地震によるものを上回るとしている。このため、基準地震動 S_1 の策定に当たっては、1993年釧路沖地震の観測結果をもとにはざと解析から求められた岩盤上の応答スペクトルを考慮するとしている。

また、敷地近傍においては過去に敷地に被害を及ぼすような太平洋プレート内部の地震の発生はないが、安全評価上、太平洋プレート内部の地震が、敷地の近くで起こり得るものとして、敷地における地震動を推定し、基準地震動 S_2 の設計用応答スペクトルの策定において考慮するとしている。

太平洋プレート内部の地震による地震動の推定に当たっては、1993年釧路沖地震及び1994年北海道東方沖地震の敷地における観測記録において震央距離が遠いにもかかわらず短周期成分が大きかった要因が、震源特性による短周期成分の励起によるものであること、及び地震波減衰が生じにくいプレート内を通過する地震波伝播経路の影響によるものであることを考慮している。太平洋プレート内部の地震のうち、1993年釧路沖地震のようなやや深発地震による地震動については、このような地震が、北海道側では二重深発地震面の下面のDE型の地震活動、東北地方では二重深発地震面の上面のDC型の地震活動が優勢とされていることを考慮して、DE型の1993年釧路沖地震及びDC型の2003年宮城県沖の地震（M7.1）の規模をもとに、高橋ほか（1998）の距離減衰式を敷地で得られたDE型及びDC型の地震の観測記録に基づき補正する方法により敷地におけるT. P. -207.5mの岩盤上の応答スペクトルを算定している。その結果、DE型の地震によるものが大きいことから、1993年釧路沖地震の規模及び観測記録をもとに、Takeo et al. (1993)に基づき断層パラメータを設定し、敷地で得られたDE型の地震の観測記録を要素地震として用いたTakemura and Ikeura (1988)に基づく波形合成法による方法、及び高井ほか（1999）等に基づき震源から沈み

込むプレート内を伝播する距離の効果を考慮して、1993年釧路沖地震の観測記録の応答スペクトルを補正する方法により、T. P. -207.5mの岩盤上の応答スペクトルを算定している。また、太平洋プレート内部の地震のうち、1994年北海道東方沖地震のようなやや浅い地震による地震動については、同地震の規模をもとに高井ほか(1999)等に基づき震源から沈み込むプレート内を伝播する距離の効果を考慮して、1994年北海道東方沖地震の観測記録の応答スペクトルを補正する方法により、敷地におけるT. P. -207.5mの岩盤上の応答スペクトルを算定している。基準地震動 S_2 の策定においては、これらの応答スペクトルを考慮するとしている。

以上のことから、1993年釧路沖地震の観測結果等をもとに求められたそれぞれの応答スペクトル及びこれらを基準地震動 S_1 及び S_2 の策定に考慮するとしていることは、妥当なものと判断した。

(3) 基準地震動

基準地震動 S_1 は、設計に考慮すべきものとした設計用最強地震に対して与えられた地震動特性に、基準地震動 S_2 は設計に考慮すべきものとした設計用限界地震及び直下地震に対して与えられた地震動特性に基づき策定することが必要である。また、基準地震動の策定に当たっては、敷地における1993年釧路沖地震の観測記録等をもとに求められた応答スペクトルを適切に考慮することが必要である。

a. 設計用応答スペクトル

基準地震動 S_1 の設計用応答スペクトルは、設計用最強地震として考慮する1766年津軽の地震の標準応答スペクトル及び1993年釧路沖地震の敷地における観測結果をもとにはぎとり解析から求められた岩盤上の応答スペクトルを考慮して設定された設計用応答スペクトル S_1-D として表されている。

また、基準地震動 S_2 の設計用応答スペクトルは、設計に考慮すべきものとした設計用限界地震及び直下地震の標準応答スペクトル並びに、安全評価上、太平洋プレート内部の地震が敷地の近くで起こり得るものとして推定される地震動の応答スペクトルを考慮して設定された設計用応答スペクトル S_2-D として表されている。

基準地震動 S_1 に対して設定された設計用応答スペクトル S_1-D は、設計に考慮すべきものとした設計用最強地震による応答スペクトル及び1993年釧路沖地震の観測結果をもとにはぎとり解析から求められた岩盤上の応答スペクトルがそれぞれ包絡されていること、また、基準地震動 S_2 に対して設定され

た設計用応答スペクトル S_2-D は、設計に考慮すべきものとした設計用限界地震及び直下地震による応答スペクトル並びに、安全評価上、太平洋プレート内部の地震が敷地の近くで起こり得るものとして推定される地震動の応答スペクトルがそれぞれ包絡されていることから、妥当なものと判断した。

b. 設計用模擬地震波

設計用模擬地震波については、地震動の継続時間と振幅包絡線の経時的变化に基づき、設計用応答スペクトルに適合するよう、一様乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成されており、設計用模擬地震波の最大加速度振幅及び最大速度振幅は、 S_1-D ではそれぞれ 210cm/s^2 及び 28.1cm/s 、 S_2-D ではそれぞれ 450cm/s^2 及び 51.0cm/s である。

作成された設計用模擬地震波の設計用応答スペクトルに対する適合性として、応答スペクトル強さ（ S/I 比）が1.0以上、応答スペクトル比が0.85以上であることから、設計用模擬地震波は妥当なものと判断した。

以上のことから、設計に考慮すべきものとした設計用最強地震、設計用限界地震及び直下地震並びに敷地における観測結果に基づき策定された基準地震動 S_1 及び S_2 は、妥当なものと判断した。

1.3 地質・地盤

「地質、地盤に関する安全審査の手引き」において、原子炉施設の設置される場所の地質、地盤は、原子炉施設の自己荷重のほか、想定される地震その他の荷重をきびしく評価しても、原子炉施設の安全性を十分に確保し得るものでなければならないものと規定されている。

このため審査に当たっては、地表地質調査、ボーリング調査、試掘坑調査、トレンチ調査、重力探査等を実施して作成された地質平面図・断面図等及びこれらの調査結果が妥当であること、地盤に関する試験結果に基づく強度・変形特性等の評価が妥当であること、並びに支持力、すべり及び沈下に対する安全性の評価が妥当であることを確認するため、関連資料の検討のほか、ボーリングコアの観察、試掘坑調査、トレンチ調査等の現地調査による検討を行った。これらに対する安全評価の結果は以下のとおりである。

1.3.1 敷地の地質・地質構造

地表地質調査及びボーリング調査等の調査結果によると、敷地の地質は、新第三

系中新統の大間層及び易国間層、新第三系鮮新統の大畑層並びにこれらを覆う第四系より構成されている。敷地の新第三系は、堆積岩、火山砕屑岩及び安山岩溶岩から成っている。また、大間層には新第三紀中新世のデイサイト及び玄武岩が貫入している。

敷地の地質構造は、全体として易国間層が大間層に整合に重なり、約 5° ～約 10° で南傾斜～西傾斜を成しており、原子炉建屋の北側では大畑層が分布し、下位の大間層及び易国間層を不整合に覆っている。易国間層及び大間層には層理面に平行するシームが認められる。

敷地の北部ではデイサイトが地表面下約100m～約280mの大間層に、ほぼ水平に貫入し、デイサイトより上部の大間層及び易国間層を押し上げた構造を成すが、大畑層及び第四系には変形を与えていないとしている。このデイサイトは、ボーリング調査及び重力探査の結果により、原子炉建屋の北方約800mの地点を中心に南北1km程度、東西0.7km程度の拡がりを持って円盤状に分布するとしている。また、デイサイトより下部及び敷地の地下深部には玄武岩の貫入が認められるとしている。

敷地にはF-a断層、F-b断層、F-c断層及びf-1断層～f-5断層の8条の断層が認められ、ボーリング調査の結果、これらの断層は原子炉建屋設置位置より北側のデイサイトの縁辺部に分布し、デイサイトより上部の大間層には変位を与えているが、下部の大間層には変位を与えていないとしている。

これらの断層のうちF-a断層、F-b断層及びF-c断層については、ボーリング調査の結果から大畑層の基底面に変位を与えていないとしている。さらに、f-2断層は試掘坑調査の結果から、f-3断層はトレンチ調査の結果からいずれも大畑層の基底面に変位を与えていないとしている。

また、f-1断層、f-4断層及びf-5断層は、それらの分布、方向性及び変位の向きが上述の断層と同じであることから、主要な断層から派生した断層であるとしている。

これらの調査結果から、敷地の8条の断層はデイサイトの貫入によって形成されたものであり、大畑層の堆積以降の活動はないとしている。

以上のことから、敷地の8条の断層には大畑層の堆積より後の活動はないとしていることは、妥当なものと判断した。

1.3.2 原子炉施設設置地盤

(1) 調査・試験

原子炉施設設置地盤については、地表地質調査、ボーリング調査、試掘坑調査、岩石・岩盤試験等の各種調査・試験が実施されている。

ボーリング調査としては、原子炉建屋設置位置で実施されたボーリング5本、燃料補助建屋設置位置で実施されたボーリング3本を含め、計256本、総延長約39,410mが実施されている。

試掘坑調査としては、原子炉施設設置地盤について、原子炉建屋基礎底面付近のT. P. -13.1mの位置に総延長約140mの試掘坑が設けられ、原縮尺100分の1の試掘坑地質展開図が作成されている。また、総延長約150mの試験坑が設けられ、岩盤試験等の諸試験が行われている。

これらのボーリング調査、試掘坑調査等の結果に基づいて、原子炉施設設置地盤については原縮尺1,000分の1の地質水平断面図（T. P. -14m）1葉及び地質鉛直断面図2葉が作成されている。

岩石試験については、日本工業規格（JIS）、社団法人地盤工学会「土質試験の方法と解説」（2000）等に準拠し、密度、吸水率、有効間隙率、超音波伝播速度等の測定、一軸圧縮試験、圧裂試験、三軸圧縮試験、三軸クリープ試験等が実施されている。

岩盤試験については、社団法人土木学会「原位置岩盤試験法の指針」（2000）等に準拠し、試掘坑内等においては弾性波試験、岩盤変形試験、支持力試験、ブロックせん断試験等が実施され、また、ボーリング孔においてはPS検層等が実施されている。

断層内物質及びシームについては、社団法人地盤工学会「土質試験の方法と解説」（2000）等に準拠して、土粒子の密度試験、含水比試験、湿潤密度試験、粒度試験並びに静的及び動的単純せん断試験が実施されている。

以上のように、原子炉施設設置地盤の地質・地質構造、岩石・岩盤物性等に関する調査・試験は、地盤の性状を踏まえて適切に実施されていると認められることから、原子炉施設設置地盤の安全性の評価を行う上で、妥当なものと判断した。

(2) 地盤特性

a. 原子炉施設設置地盤の性状

原子炉施設設置地盤は、易国間層の火山碎屑岩、安山岩溶岩及び大間層の堆積岩、火山碎屑岩等で構成されている。

岩盤分類では、岩種・岩相、固結度及び風化の程度に基づく分類が行われ、[火山砕屑岩]、[堆積岩]及び[溶岩・貫入岩]の3種類に大区分され、さらに[火山砕屑岩]は[細粒凝灰岩]、[粗粒凝灰岩]、[淡灰色火山礫凝灰岩]、[暗灰色火山礫凝灰岩]、[凝灰角礫岩]、[酸性凝灰岩]、[軽石凝灰岩]、[火山砕屑岩（クリンカー質部）]及び[火山砕屑岩（風化部）]の9種類、[堆積岩]は[シルト岩]、[シルト岩（硬質部）]及び[堆積岩（風化部）]の3種類、[溶岩・貫入岩]は[安山岩溶岩（塊状・規則性節理部）]、[安山岩溶岩（塊状・不規則性節理部）]、[安山岩溶岩（角礫状）]、[デイサイト]及び[玄武岩（角礫状）]の5種類に区分されている。

原子炉建屋基礎底面には、[淡灰色火山礫凝灰岩]が分布し、燃料補助建屋基礎底面には、[凝灰角礫岩]が分布している。

原子炉施設設置地盤には、連続性の認められるシームが、地層に平行に分布し、易国間層にS-1～S-11の11枚、大間層にS-0mの1枚が認められており、X線分析の結果、ほぼ同じ鉱物組成を示すとしている。ボーリング調査及び試掘坑調査の結果によると、これらのシームのうち、S-11以外のシームはデイサイトの岩体上面の縁辺部に存在する断層によって切られているとしている。シームS-11は、原子炉建屋北東の敷地法面調査の結果、M₂面段丘堆積物に覆われており、その堆積構造に乱れは認められないことから、M₂面段丘堆積物の堆積以降の活動性は認められないとしている。シームS-10は、トレンチ調査等の結果によれば、M₃面段丘堆積物に覆われており、この上部の阿蘇4火山灰を含むローム層に乱れは認められないこと等から、阿蘇4火山灰の堆積以降の活動性は認められないとしている。

これらのことから、原子炉施設設置地盤に認められるシームについては少なくとも阿蘇4火山灰の堆積より後の活動はないとしていることは、妥当なものと判断した。

b. 岩石・岩盤物性

原子炉施設設置地盤の岩石物性については、ボーリングコア及び試掘坑内等から採取した岩盤分類毎の試料を用いて、その物理特性、強度特性及び変形特性に関する諸試験が実施されている。

岩石試験結果によると、岩石物性は以下のとおりとなっている。

物理特性として密度は、[火山砕屑岩]で1.58～2.04g/cm³、[堆積岩]で1.45～1.49g/cm³、[溶岩・貫入岩]で2.11～2.38g/cm³である。

強度特性として一軸圧縮試験による強度は、[火山砕屑岩]で1.89～8.82N/mm²、

[堆積岩]で $5.32\sim 8.88\text{N/mm}^2$ 、[溶岩・貫入岩]で $4.78\sim 78.36\text{N/mm}^2$ である。そのうち[淡灰色火山礫凝灰岩]は 3.02N/mm^2 、[凝灰角礫岩]は 2.70N/mm^2 である。また、三軸圧縮試験による側圧 $0.49\sim 3.92\text{N/mm}^2$ の軸差強度は[淡灰色火山礫凝灰岩]で $3.50\sim 4.33\text{N/mm}^2$ 、[凝灰角礫岩]で $3.96\sim 5.86\text{N/mm}^2$ である。圧裂試験、一軸圧縮試験及び三軸圧縮試験による破壊時のせん断応力 τ (N/mm^2)と垂直応力 σ (N/mm^2)の関係は、[淡灰色火山礫凝灰岩]で $(\tau/0.61)^2=1+\sigma/0.21$ ($-0.21\text{N/mm}^2\leq\sigma<1.21\text{N/mm}^2$)、 $\tau=1.43+\sigma\tan 8^\circ$ ($\sigma\geq 1.21\text{N/mm}^2$)、[凝灰角礫岩]で $(\tau/0.50)^2=1+\sigma/0.15$ ($-0.15\text{N/mm}^2\leq\sigma<1.58\text{N/mm}^2$)、 $\tau=1.27+\sigma\tan 16^\circ$ ($\sigma\geq 1.58\text{N/mm}^2$)である。

変形特性として一軸圧縮試験による静弾性係数は、[火山砕屑岩]で $0.17\times 10^3\sim 2.22\times 10^3\text{N/mm}^2$ 、[堆積岩]で $0.59\times 10^3\sim 0.91\times 10^3\text{N/mm}^2$ 、[溶岩・貫入岩]で $1.69\times 10^3\sim 13.24\times 10^3\text{N/mm}^2$ である。そのうち[淡灰色火山礫凝灰岩]は $1.02\times 10^3\text{N/mm}^2$ 、[凝灰角礫岩]は $0.67\times 10^3\text{N/mm}^2$ である。また、三軸圧縮試験による静弾性係数 E (N/mm^2)と垂直応力 σ (N/mm^2)の関係は、[淡灰色火山礫凝灰岩]で $E=1.36\sigma^{0.21}\times 10^3$ 、[凝灰角礫岩]で $E=1.41\sigma^{0.27}\times 10^3$ である。一軸圧縮試験による静ポアソン比は、[火山砕屑岩]で $0.44\sim 0.49$ 、[堆積岩]で $0.43\sim 0.46$ 、[溶岩・貫入岩]で $0.24\sim 0.48$ である。三軸クリープ試験によるクリープ係数のうち、弾性変形量に対するクリープ沈下量の割合を表す係数 α は、[淡灰色火山礫凝灰岩]で 0.14 、[凝灰角礫岩]で 0.23 である。

また、岩盤物性については、試掘坑内等で強度特性及び変形特性に関する諸試験が実施されている。ブロックせん断試験、岩盤変形試験、支持力試験等については、原子炉建屋基礎地盤に分布する岩盤分類を勘案して実施されている。

岩盤試験の結果によると、岩盤物性は以下のとおりとなっている。

ブロックせん断試験によるせん断強度及び内部摩擦角は、それぞれ[淡灰色火山礫凝灰岩]で 0.52N/mm^2 及び 35° 、[溶岩・貫入岩]で $0.75\sim 1.53\text{N/mm}^2$ 及び $29\sim 45^\circ$ である。

岩盤変形試験による割線弾性係数は、[淡灰色火山礫凝灰岩]で $1.62\times 10^3\text{N/mm}^2$ 、[溶岩・貫入岩]で $1.63\times 10^3\sim 2.47\times 10^3\text{N/mm}^2$ である。

支持力試験による上限降伏値及び極限支持力は、それぞれ[淡灰色火山礫凝灰岩]で 4.7N/mm^2 以上及び 13.1N/mm^2 以上、[溶岩・貫入岩]で 6.7N/mm^2 以上及び 13.7N/mm^2 以上である。

原子炉建屋基礎底面付近の試掘坑内において実施された弾性波試験（屈折法）によると、弾性波速度はP波で平均 2.1km/s 、S波で平均 0.8km/s であり、弾性波試験（平均速度法）によると、全方位での弾性波速度はP波で平均

1.99km/s、変動係数6.5%、S波で平均0.87km/s、変動係数9.2%であり、弾性波速度の方向による違いは認められない。

炉心部ボーリング孔において実施されたP S検層によれば、T. P. 約+9m～約-27mでP波速度は1.23～2.15km/s、S波速度は0.75～0.94km/s、T. P. 約-27m～約-123mでP波速度は2.66km/s、S波速度は1.10km/s、T. P. 約-123m～約-255mでP波速度は1.80km/s、S波速度は0.59～0.63km/s、T. P. 約-255m～約-427mでP波速度は2.10～3.62km/s、S波速度は0.90～1.87km/sである。

シームの強度特性、変形特性等の物性については、物理試験等の結果から粘土及びシルトの細粒分が多いシームS-10及びシームS-8の物性で代表させるものとし、補足調査坑内から緩みを与えないように採取した同シームの試料を用いて諸試験が実施されている。

静的単純せん断試験によると、強度特性についてはせん断強度及び内部摩擦角はそれぞれ0.24N/mm²及び19°であり、変形特性についてはせん断弾性係数をG(N/mm²)、垂直応力を σ (N/mm²)とすると $G=41.2\sigma^{0.22}$ の関係がある。

また、断層内物質の強度特性、変形特性等の物性については、粘土質物質を多く含むf-3断層の断層内物質の物性で代表させるものとし、補足調査坑内から緩みを与えないように採取した同断層の試料を用いて諸試験が実施されている。

静的単純せん断試験によると、強度特性についてはせん断強度及び内部摩擦角はそれぞれ0.23N/mm²及び21°であり、変形特性についてはせん断弾性係数をG(N/mm²)、垂直応力を σ (N/mm²)とすると $G=26.5\sigma^{0.36}$ の関係がある。

以上のように、岩盤分類及び岩石・岩盤物性は、原子炉施設設置地盤の性状等を考慮して求められていると認められることから、原子炉施設設置地盤の安全性の評価を行う上で、妥当なものと判断した。

(3) 地盤の安定性

原子炉施設設置地盤の安定性については、地質調査、岩石試験、岩盤試験等から得られた結果に基づき、慣用法、有限要素法等を用いて支持力、すべり及び沈下に対して検討を行っている。

有限要素法を用いた原子炉施設設置地盤の安定解析は、鉛直2次元断面を基本に炉心を通る南北断面、東西断面の直交する2断面とし、建屋底面幅、基礎岩盤の性状及びデイサイト、断層、シーム等の分布状況を踏まえ、南北断面は幅800m、深さT. P. -300mまで、東西断面は幅600m、深さT. P. -300mまでモデル

化されている。解析モデルは、地形、地質構造及び岩盤分類に基づいて作成されており、要素分割に当たっては、地盤のせん断波速度、解析で考慮する最大周波数等を勘案して設定されている。

解析用物性値については、岩石・岩盤試験等から得られた物性値に基づいて設定しているが、岩盤、断層内物質及びシームの強度・変形特性のバラツキ等を含めた検討も行っている。

これらの解析内容の妥当性と原子炉施設設置地盤の安定性に関する検討を行った。

a. 支持力

原子炉建屋基礎地盤の支持力については、支持力試験結果によると、原子炉建屋基礎底面に分布する[淡灰色火山礫凝灰岩]の上限降伏値は 6.1N/mm^2 、極限支持力は 13.1N/mm^2 以上であり、原子炉建屋の常時の接地圧約 0.6N/mm^2 、地震時の最大接地圧約 1.6N/mm^2 に対して十分な支持力を有していると認められる。

また、燃料補助建屋基礎地盤の支持力については、燃料補助建屋基礎底面に分布する[凝灰角礫岩]の支持力が岩石試験結果からみて[淡灰色火山礫凝灰岩]とほぼ同程度と考えられ、燃料補助建屋の常時の接地圧は約 0.3N/mm^2 、地震時の最大接地圧は約 0.7N/mm^2 であり、燃料補助建屋の接地圧は原子炉建屋に比べて小さいことから支持力が問題となるものではないと認められる。

さらに、有限要素法により検討した結果によると、原子炉施設設置地盤は常時及び地震時における応力状態からみて支持力が問題となるものではないと認められる。

以上のことから、原子炉施設設置地盤は、十分な支持力を有しているものと判断した。

b. すべり

原子炉建屋基礎底面のすべりについては、平面すべり法により検討した結果によると、地震時における原子炉建屋基礎底面の地盤のすべり抵抗力は、原子炉建屋基礎底面に分布する[淡灰色火山礫凝灰岩]のブロックせん断試験によって求められた強度定数に基づいて算出すると約 $1.9 \times 10^9\text{N}$ 以上であり、これに対して原子炉建屋基礎底面に作用する地震力は約 $0.9 \times 10^9\text{N}$ であるため、すべりに対する安全率は2.1以上となる。

また、燃料補助建屋基礎底面のすべりについては、平面すべり法により検討した結果によると、地震時における燃料補助建屋基礎底面の地盤のすべり抵抗力は、燃料補助建屋基礎底面に分布する[凝灰角礫岩]の強度定数として基礎底面の応力状態を考慮し、[淡灰色火山礫凝灰岩]及び[凝灰角礫岩]の岩石試験結

果に基づき、[淡灰色火山礫凝灰岩]のブロックせん断試験結果を低減させて算出すると約 $6.4 \times 10^8 \text{N}$ 以上であり、これに対して燃料補助建屋基礎底面に作用する地震力は約 $1.9 \times 10^8 \text{N}$ であるため、すべりに対する安全率は3.3以上となる。

さらに、有限要素法により検討した結果によると、原子炉施設設置地盤は、地震時においてもすべりを生じるものではないと認められる。

以上のことから、原子炉施設設置地盤は、すべりに対して十分な安定性を有しているものと判断した。

c. 沈下

原子炉建屋及び燃料補助建屋の沈下については、三軸クリープ試験結果等に基づき、建屋荷重による弾性変位量に、クリープ変位量を加えることで評価している。これによると、原子炉建屋の沈下量は、原子炉建屋基礎底面に分布する[淡灰色火山礫凝灰岩]の岩盤変形試験から求めた割線弾性係数 $1.62 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 、一軸及び三軸圧縮試験から求めたポアソン比0.44、並びに三軸クリープ試験から求めたクリープ係数0.14を用いて算出すると、約2.3cmとなる。また、隣接するタービン建屋及び廃棄物処理建屋の荷重によって原子炉建屋に生ずる不同沈下量は最大約0.8cmとなり、原子炉建屋の沈下は、そのほとんどが短期間で収束すること、不同沈下は原子炉建屋基礎幅に比較して非常に小さいことから、建屋及び機器に与える影響はないものと認められる。

また、燃料補助建屋の沈下量は、燃料補助建屋基礎底面に分布する[凝灰角礫岩]の変形特性として基礎底面の応力状態を考慮し、[淡灰色火山礫凝灰岩]及び[凝灰角礫岩]の岩石試験結果に基づき、[淡灰色火山礫凝灰岩]の岩盤変形試験結果を低減させて算出した割線弾性係数 $1.56 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 、[凝灰角礫岩]の一軸及び三軸圧縮試験から求めたポアソン比0.47、並びに三軸クリープ試験から求めたクリープ係数0.23を用いて算出すると、約0.8cmとなり、燃料補助建屋の沈下は、そのほとんどが短期間で収束することから、建屋及び機器に与える影響はないものと認められる。

さらに、有限要素法により検討した結果によると、地震時における原子炉建屋基礎底面及び燃料補助建屋基礎底面の不同沈下による相対変位及び傾斜は原子炉建屋及び燃料補助建屋に影響を及ぼすようなものではないと認められる。

以上のことから、原子炉施設設置地盤は、沈下に対して十分な安定性を有しているものと判断した。

以上のように、原子炉施設設置地盤は、原子炉施設を支持する上で十分な安定

性を有しているものと判断した。

1.5 水 理

敷地を流れる河川は無く、敷地近傍の河川としては、普通河川の小奥戸川、準用河川の大間川及び二級河川の奥戸川がある。敷地周辺の地形等からみて、これらの河川により、原子炉建屋等の主要施設が洪水の影響を受けることはないとしている。

潮位については、大間港における 1984 年 1 月から 1993 年 12 月までの観測（ただし、最高潮位及び最低潮位は、1984 年 1 月から 2004 年 10 月までの観測）によると、最高潮位は T. P. +1.12m（2004 年 8 月 20 日）、最低潮位は T. P. -0.56m（1985 年 3 月 7 日、1985 年 3 月 11 日）、朔望平均満潮位は T. P. +0.63m、朔望平均干潮位は T. P. -0.29m となっている。

波浪については、敷地の沖合約 600m の海底（T. P. 約 -14m）における 1983 年 9 月から 1993 年 8 月までの観測結果によると、最大有義波高は 6.02m となっている。また、波向は、西南西及び西の出現頻度が高く、年間でそれぞれ 38.6% 及び 38.4% となっている。波浪は敷地前面に設ける防波堤等で遮へいされ、さらに、原子炉建屋等の主要施設は、T. P. +12.0m の敷地に設置されることから、原子炉施設の安全性が異常潮位及び高波浪によって影響を受けることはないとしている。

津波については、1741 年（^{おしま}渡島半島西方沖）津波、1856 年（青森県東方沖）津波及び 1960 年チリ地震津波等の過去の津波についての文献調査や、過去の津波、敷地周辺海域の活断層に想定される地震に伴う津波、日本海東縁部、日本海溝沿い及びチリ沖に想定される地震に伴う津波に関する数値シミュレーション等に基づいて検討が行われている。その結果、敷地において津波により想定される最高水位は朔望平均満潮位を考慮すると T. P. +4.4m 程度である。水位上昇に対しては、原子炉建屋等の主要施設が T. P. +12.0m の敷地に設置されることから、原子炉施設の安全性が津波によって影響を受けることはないとしている。また、最低水位は朔望平均干潮位を考慮すると T. P. -3.8m 程度であるが、水位低下に対しては原子炉補機冷却系に必要な取水が確保される設計としていることから、原子炉施設の安全性が津波によって影響を受けることはないとしている。なお、原子炉補機冷却系のポンプ等は建屋内に設置され、これらのポンプが貫通する床には、水圧に十分耐えることのできるようにシールを施し、建屋内への海水の漏出を防止することとしている。

以上のように、原子炉施設の安全性が洪水、潮位、波浪及び津波によって影響を受けることはないと判断した。

2 原子炉施設の安全設計

2.1 原子炉施設全般

2.1.1 原子炉施設全般に対する設計上の考慮

本原子炉施設は、以下に示す事項を満足することが要求される。

- ① 安全機能を有する構築物、系統及び機器（以下「安全機能を有する構築物等」という。）は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。
- ② 安全機能を有する構築物等は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
また、安全機能を有する構築物等は、地震以外の想定される自然現象によって原子炉施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物等は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。
- ③ 安全機能を有する構築物等は、想定される外部人為事象によって、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。
また、原子炉施設は、安全機能を有する構築物等に対する第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計であること。
- ④ 安全機能を有する構築物等は、原子炉施設内部で発生が想定される飛来物に対し、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- ⑤ 原子炉施設は、火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の3方策を適切に組み合わせて、火災により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- ⑥ 安全機能を有する構築物等は、その安全機能が期待されているすべての環境条件に適合できる設計であること。
- ⑦ 原子炉施設は、運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計であること。
- ⑧ 安全機能を有する構築物等は、その安全機能の重要度に応じて、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。

また、重要度の特に高い安全機能を有する系統については、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備え、その系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない

場合においても、その系統の安全機能が達成できる設計であること。

- ⑨ 安全機能を有する構築物等は、それらの健全性及び能力を確認するために、その安全機能の重要度に応じ、適切な方法により、原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計であること。

これらの要求事項に対して、本申請においては、次のような設計上の考慮を行うとしている。

安全機能を有する構築物等は、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準に基づくほか、必要に応じて諸外国の規格及び基準に準拠して、設計、材料の選定、製作、建設、試験及び検査が行われる。

安全機能を有する構築物等は、「2.1.3 耐震設計」で示すように、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられるように設計される。

安全機能を有する構築物等は、風、積雪、凍結、津波、高潮及び雷といった自然現象によって原子炉施設の安全性が損なわれないように設計される。なお、風、積雪及び凍結に対する設計には、「1.4 気象」で示した敷地に最も近い気象官署である、むつ特別地域気象観測所及び函館海洋気象台の観測記録が考慮されている。また、洪水及び地すべりに対しては、地形等から考えて安全機能を有する構築物等を設計する上で考慮する必要がないとしている。重要度の特に高い安全機能を有する構築物等は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮して設計される。

社会環境等からみて、外部人為事象に対しては、安全機能を有する構築物等を設計する上で考慮する必要がないとしている。なお、本原子炉施設への航空機の落下確率が、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価されており、その結果は、約 2.8×10^{-8} 回/炉・年であり、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について(内規)」に示された 1.0×10^{-7} 回/炉・年を下回っていることから、航空機落下を考慮する必要はないとしている。

安全機能を有する構築物等に対する第三者の不法な接近等の人為事象に対しては、物的障壁を持つ防護された区域を設け、これら区域への接近管理及び入退域管理の徹底を図るとともに、不法な立入を監視するための探知施設、外部との通信連絡設備が設置される。

原子炉格納容器内の配管の破損（破断又は漏えい）を想定した場合でも、その結果生じる可能性が考えられる流出流体のジェット力、配管のむち打ち等に対し、こ

の影響を低減させるため、機器の配置に配慮するとともに、必要に応じて配管の動きを制限する構造物が設置される。

蒸気タービンの損壊を想定した場合、安全機能を有する構築物等のうち、系統の多重性、配置等の関連でタービンミサイルによる原子炉施設の健全性に対する評価の対象となるものは原子炉建屋原子炉区域内の使用済燃料貯蔵プール及び燃料補助建屋内の使用済燃料貯蔵プールであり、これらについて評価した結果、発生する飛来物が到達する確率は極めて小さく、その影響を考慮する必要はないとしている。

安全機能を有する構築物等に対しては、火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の三つの方策を組み合わせて火災防護がなされる。

火災発生防止対策としては、発火性又は引火性の液体又は気体を内包する系統の漏えい防止、電気系統の地絡、短絡等に起因する過電流による過熱防止等が考慮され、特に、水素に関連した設備に関しては、蓄積を防止するための配管等の適切な配置、換気設備の設置等の予防措置を講じる設計とされる。また、安全機能を有する構築物等は、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用されるとともに、落雷等の自然事象による火災発生を防止するため避雷設備を設置する等の設計とされる。

火災検知及び消火対策としては、各火災区域における環境条件等を考慮し、安全機能を有する構築物等に適切な火災報知設備及び消火設備が設置される。また、安全機能を有する構築物等は、消火設備の破損、誤動作又は誤操作によりその安全機能が損なわれないように設計される。さらに、消火設備は、火災と同時に有意に起こると考えられる地震等の自然事象によって、その性能が著しく阻害されることのないように設計される。

火災の影響の軽減対策としては、安全機能を有する構築物等を含む区域は、その重要度に応じ、隣接区域の火災による影響も含めて火災の影響を軽減できるように、耐火壁により分離を図り、さらに必要に応じて耐火壁、隔壁、間隔及び消火設備を組み合わせることにより延焼を防止するように設計される。なお、耐火壁を使用する場合の耐火能力は、火災荷重に基づき設計される。

また、原子炉施設において、油等の引火性材料の火災、電気火災等により原子炉に外乱が及び、原子炉を速やかに停止し、かつ、停止状態を維持する必要が生じた場合、新たに作動が要求される安全保護系及び原子炉停止系の機器に単一故障を仮定しても、原子炉の高温停止に必要な系統は、その機能を果たすことができるように設計される。さらに、低温停止に必要な系統は、原子炉施設内のいかなる場所の想定される火災によっても、その機能を失わないように設計される。

安全機能を有する構築物等は、想定される圧力、温度、放射線等の環境条件を考

慮して、その安全機能が維持できるように設計される。

原子炉施設は、運転員の誤操作を防止するため、盤の設置、操作器具等の操作性に留意した設計がなされるとともに、計器表示及び警報表示により原子炉施設の状態が正確、かつ、迅速に把握できるように設計される。また、保守点検において誤りを生じにくいよう留意した設計がなされる。

安全機能を有する構築物等は、「2.1.2 安全機能の重要度分類」に示すようにその安全機能の重要度に応じて、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得るように設計される。

重要度の特に高い安全機能を有する系統は、原則として多重性のある独立した系列又は多様性のある独立した系を設け、各系列又は各系相互間は、離隔距離を取るか必要に応じ障壁を設ける等により物理的に分離し、想定される単一故障を仮定しても安全機能が達成できるように設計される。

本原子炉施設の所内電源としては、電力系統に接続された外部電源のほかに非常用所内電源として、非常用ディーゼル発電機3台及び蓄電池を設けて、外部電源が失われた場合にも、重要度の特に高い安全機能を有する系統の安全機能が達成できるように設計される。

安全機能を有する構築物等は、それらの健全性及び能力を確認するために、その安全機能の重要度に応じ、原子炉の運転中又は停止中に漏えい検査、非破壊検査、目視検査、作動試験等ができるように設計される。

これらのことから、本原子炉施設全般に対する設計上の考慮は要求事項を満足しており、妥当なものと判断した。

2.1.3 耐震設計

原子炉施設は、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することが要求される。

このため、原子炉施設の耐震設計に関し、耐震設計の方針、施設の耐震重要度の分類、地震力の算定、地震力と他の荷重の組合せ及び地震時における応力等の許容限界の考え方に対する妥当性について検討を行った。

審査の結果、以下のとおり、本原子炉施設の耐震設計の基本的方針は妥当であり、また、「1.2.2 基準地震動」で定めた基準地震動に対して、現在までの原子力発電所の耐震設計の実績及び耐震工学の知見からみて、本原子炉施設の耐震性は十分確保し得るものと判断した。

(1) 耐震設計の方針

原子炉施設の耐震設計は、施設の重要度に応じた適切な方法で地震力を算定し、原子炉施設がこれに耐えるよう行われることが必要である。

原子炉施設は、地震時に要求される機能の重要度に応じてA、B及びCの3クラスに分類される。Aクラスの施設については、基準地震動 S_1 に基づく動的解析から求められる水平地震力と基準地震動 S_1 の最大加速度振幅の1/2の値を重力加速度で除した鉛直震度から求められる鉛直地震力との組合せ、又は層せん断力係数に基づく水平地震力と震度0.3を基準とし建物・構築物の振動特性等を考慮して求められる鉛直震度に基づいた鉛直地震力との組合せによって算定される地震力のうち大きい方に耐えるように設計されるとしている。なお、この場合の鉛直地震力は、水平地震力と同時に不利な方向に作用させるとしている。

さらに、Aクラスのうち特に重要な A_S クラスの施設は、基準地震動 S_2 に基づく動的解析から求められる水平地震力と基準地震動 S_2 の最大加速度振幅の1/2の値を重力加速度で除した鉛直震度から求められる鉛直地震力との組合せに対しても、その安全機能が保持できるように設計されるとしている。

B及びCクラスの施設は、層せん断力係数に基づく水平地震力に耐えるように設計されるが、共振するおそれのあるBクラスの施設については、さらに、動的解析から求められる水平地震力に耐えるように設計されるとしている。

また、上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的損傷が生じないように設計されるとしている。

以上の方針は、「耐震設計審査指針」に適合しており、妥当なものと判断した。

(2) 耐震設計の重要度分類

原子炉施設は、安全性に対する機能が異なる種々の施設からなっているため、それらの施設の機能に基づいて耐震設計上の重要度を分類する必要がある。すなわち、施設が地震により機能を失うことによって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、耐震設計上の重要度分類がなされていることが要求される。

このため、審査に当たっては、当地点における施設の持つ安全機能からみた耐震重要度分類の方針及び各施設の重要度分類の確認を行った。

a. 耐震重要度分類の方針

Aクラスについては、自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施

設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの及びこれらの事態を防止するために必要なもの並びにこれら事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響、効果の大きいものとしている。

さらに、Aクラスの施設のうち特に安全上重要な施設は、A_Sクラスとしている。

Bクラスについては、上述のAクラスの施設に要求される安全機能に比べて、その影響、効果が比較的小さいものとしている。

また、Cクラスは、Aクラス、Bクラスに属さないものであって一般産業施設と同等の安全性を保持するものとしている。

この方針は、放射性物質の外部放散による環境への影響を防止するために必要な機能を、その影響の程度の重大性に応じて分類する方針としていることから、妥当なものと判断した。

b. 各施設の重要度分類

原子炉施設の重要度については、前項の耐震重要度分類の方針に従い、施設の機能に基づいて分類しており、適切なものと判断した。

(3) 地震力の算定

地震力の算定は、施設の重要度に応じた適切な方法によってなされることが必要である。

このため、審査に当たっては、地震力の算定に用いる層せん断力係数、震度又は地震動の適用方法及び地震力の算定方法について検討を行った。

a. 静的地震力

静的地震力の算定に当たり、水平地震力は、標準せん断力係数を0.2とし、建物・構築物の振動特性等を考慮して求められる値 C_I に重要度に応じた係数を乗じた値（層せん断力係数）から求めるとしている。

また、鉛直地震力は、震度0.3を基準とし、建物・構築物の振動特性等を考慮し、高さ方向に一定の震度（鉛直震度）が作用するものとして求めるとしている。

解析に際しては、Aクラスの建物・構築物では、層せん断力係数（ $3.0C_I$ ）及び鉛直震度から求められる地震力を静的地震力とし、機器・配管では、建物・構築物に対する層せん断力係数の値から得られる水平震度及び鉛直震度のそれぞれの1.2倍から求められる地震力を静的地震力とするとしている。

B及びCクラスの建物・構築物では、それぞれ層せん断力係数（ $1.5C_I$ 、 $1.0C_I$ ）

から求められる地震力を静的地震力とし、機器・配管では、各クラスの建物・構築物に対する層せん断力係数の値から得られる水平震度の1.2倍から求められる地震力を静的地震力とするとしている。

以上のことから、静的地震力の算定方法の考え方は、適切なものと判断した。

b. 動的解析に基づく地震力

動的解析は、建物・構築物については、集中質点系等の解析モデルに置換して、剛性及び減衰を適切に評価した上で、地盤との相互作用を考慮した時刻歴応答解析法等によって行われるとしている。また、機器・配管系については、1質点系又は多質点系の解析モデルに置換して、設計用床応答曲線を用いた応答スペクトル・モーダル解析又は時刻歴応答解析法等によって行われるとしている。

Aクラスの施設については、水平地震力は、基準地震動より算定するとしている。また、鉛直地震力は、基準地震動の最大加速度振幅の1/2の値を重力加速度で除した鉛直震度から求め、この震度が高さ方向に一定に作用するものとしている。

なお、共振するおそれのあるBクラスの施設については、基準地震動 S_1 から定める入力地震動の振幅を1/2にしたものを入力として水平地震力を算定するとしている。

Aクラス（ A_S クラスを除く）の施設の動的解析は、基本的には施設が弾性的挙動をするものとして行うが、 A_S クラスの建物・構築物の基準地震動 S_2 に対する動的解析については、実験等の結果に基づき、該当する部分の構造特性に応じてその弾塑性的挙動を適切に模擬した復元力特性等を考慮して行う方針としている。

動的解析は、「1.2.2基準地震動」で定めた基準地震動を解放基盤表面に想定し、設置される建物・構築物及び地盤の影響を適切に考慮して行うとしている。

解放基盤表面については、地質構造の調査結果から、ほぼ水平で相当の拡がりを有する新第三系中新統の大間層において、炉心ボーリング孔で実施したPS検層結果によるS波速度が0.7km/s以上となるT.P. -260mの位置に想定するとしている。なお、敷地及び敷地近傍で実施した微動アレイ観測について行った逆解析によると、T.P. -260m以深の地盤のS波速度は0.7km/s以上であり、深さとともに漸増すると推定されるとしている。

以上のことから、動的解析に基づく地震力の算定方法の考え方及びT.P. -260mの位置に解放基盤表面を設定していることは、妥当なものと判断した。

(4) 荷重の組合せと許容限界

原子炉施設の耐震設計においては、常時作用している荷重、運転時に作用する荷重及び事故時に作用する荷重等と地震による荷重とは適切に組み合わせて考慮することが必要である。

許容限界については、基本的には弾性範囲の状態を維持できることとし、さらに、 A_S クラスについては、弾性範囲を超えることがあっても、その施設の機能に影響を及ぼすことがないようにすることが必要である。

このため、審査に当たっては、地震力と他の荷重との組合せの考え方の妥当性とその組み合わせた荷重状態で施設に許容される応力限界等の考え方について検討を行った。

A クラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に施設に作用する荷重と、基準地震動 S_1 による地震力又は静的地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とするとしている。

さらに、 A_S クラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動 S_2 による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体として十分変形能力（ねばり）の余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していることを確認するとしている。

B 及び C クラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と、静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対し、安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とするとしている。

A クラスの機器・配管については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動 S_1 による地震力又は静的地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とするとしている。

さらに、 A_S クラスの機器・配管については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動 S_2 による地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して構造物の相当部分が降伏して塑性変形する場合でも、過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の機能に影響を及ぼすことがないこととしている。

B 及び C クラスの機器・配管については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と地震力（静的地震力もしくは基準地震動 S_1 から定める入力地震動

の振幅を1/2としたものを入力として算定した水平地震力) とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等の安全性を有する応力を許容限界とするとしている。

また、地震時に動作を要求される機器については、実験等により、動的機能が阻害されないことを確認としている。

なお、地震力と組み合わせる運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重とは、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重であるとしている。

ただし、地震によって引き起こされるおそれがなくても長期間作用する事故時の荷重については、基準地震動 S_1 による地震力又は静的地震力との組合せを考慮するとしている。

以上のことから、荷重の組合せと許容限界についての基本的な考え方は、妥当なものと判断した。

(5) その他

以上で述べた耐震設計のほかに、原子炉施設に設置した地震感知器の設定加速度で原子炉を自動的に停止させるとしており、これは地震に対する安全上の配慮として適切なものと判断した。

V 審査経過

本審査書は、電源開発株式会社大間原子力発電所の原子炉の設置に関し、同社が提出した大間原子力発電所原子炉設置許可申請書及び同添付書類（平成16年3月18日付け申請、平成〇年〇月〇日付け一部補正）に基づき審査を行った結果を取りまとめたものである。

審査の過程において、現地調査を実施したほか、経済産業省 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会並びに部会に設置された小委員会及びワーキンググループに属する委員の専門的意見を聴取した。また、平成11年9月8日付け原子炉設置許可申請に係る審査過程で聴取した専門的意見も参考とした。

なお、平成10年12月17日に開催した、「電源開発株式会社大間原子力発電所の設置に係る公開ヒアリング」における地元意見等のうち、本審査に係るものについては、これを参酌した。

当該原子炉設置許可申請及び平成11年9月8日付け原子炉設置許可申請に係る審査過程で意見を聴取した経済産業省 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会並びに部会に設置された小委員会及びワーキンググループに属する委員等は、以下のとおりである。

平成17年3月現在

氏名	所属
安達 隆史	山梨大学
安達 俊夫	日本大学
阿部 勝征	東京大学
飯嶋 敏哲	財団法人 原子力発電技術機構 (平成11年12月まで)
石塚 信	財団法人 原子力安全技術センター (平成15年1月まで)
伊藤 洋	財団法人 電力中央研究所
井上 晃次	財団法人 核物質管理センター
今村 文彦	東北大学
入倉孝次郎	京都大学
岩下 和義	埼玉大学
岩田 知孝	京都大学
岩渕 洋	海上保安庁
大谷 隆一	財団法人 電力中央研究所
大西 有三	京都大学
岡村 弘之	東京理科大学 (平成16年2月まで)
岡村 行信	独立行政法人 産業技術総合研究所
片岡 勲	大阪大学
加藤 眞規子	元 気象庁気象研究所 (平成13年1月まで)
可児 吉男	核燃料サイクル開発機構
川上 泰	財団法人 原子力安全研究協会
神田 順	東京大学
北川 良和	慶應義塾大学
衣笠 善博	東京工業大学
木下 幹康	財団法人 電力中央研究所
久木田 豊	名古屋大学
工藤 和彦	九州大学 (平成12年6月まで)
瀨瀬 一起	東京大学

小林 昭一	福井工業大学	(平成15年2月まで)
駒田 広也	財団法人 電力中央研究所	
近藤 駿介	東京大学	(平成16年1月まで)
代谷 誠治	京都大学	(平成16年2月まで)
首藤 伸夫	岩手県立大学	
杉山 雄一	独立行政法人 産業技術総合研究所	
早田 邦久	日本原子力研究所	(平成13年1月まで)
高田 毅士	東京大学	
多田 堯	国土地理院	(平成11年10月まで)
千葉 長	気象庁気象研究所	
中澤 正治	東京大学	
成田 脩	日本原子力研究所	
野口 宏	日本原子力研究所	
花房 龍男	元 気象庁気象研究所	
日比野 敏	財団法人 電力中央研究所	
藤城 俊夫	財団法人 高度情報科学技術研究機構	
古田 照夫	独立行政法人 原子力安全基盤機構	
本間 俊充	日本原子力研究所	
溝上 恵	元 東京大学	
翠川 三郎	東京工業大学	
南 賢太郎	財団法人 高度情報科学技術研究機構	
村上 亮	国土地理院	
宮崎 慶次	近畿職業能力開発大学校	
横倉 隆伸	独立行政法人 産業技術総合研究所	
横田修一郎	島根大学	
吉井 敏尅	日本大学	
吉中龍之進	埼玉大学	
渡邊 啓行	埼玉大学	(平成16年2月まで)

(敬称略、50音順)