

北海道古宇郡神恵内村
文献調査報告書

技術的観点からの検討のうち
地形，地質・地質構造に関する説明書

2024年11月

原子力発電環境整備機構

2024年11月 発行 原子力発電環境整備機構

本資料を利用する際は出典を記載してください。出典の記載方法は以下のとおりです。編集・加工等して利用する際には、以下の出典表記とは別に編集・加工等を行ったことを記載してください。

(出典の記載例)

原子力発電環境整備機構 (2024) 北海道古宇郡神恵内村文献調査報告書

また、第三者（原子力発電環境整備機構以外のものをいいます。以下同じ。）の著作物が含まれる場合（例えば、原子力発電環境整備機構が第三者の図表等を用いて転載・編集・加工等している図表等）には、別途、第三者からの許諾が必要になることがあります。利用者の責任において、第三者が権利を有している部分を確認し、当該第三者から利用の許諾を得てください。

上記は、著作権法上認められている引用などの利用について、制限するものではありません。

目 次

第1章 調査, 検討の考え方	1
1.1 基本的な考え方	1
1.1.1 文献調査計画書	1
1.1.2 「文献調査段階の評価の考え方」	1
1.2 調査・検討の進め方	2
第2章 文献・データの収集・情報の抽出	3
2.1 収集対象範囲	3
2.2 収集・抽出の観点	5
2.3 抽出結果	5
第3章 地質・地質構造に係る既存情報の概要および取りまとめの考え方	6
3.1 地質・地質構造に係る既存情報の概要	6
3.1.1 陸域	6
3.1.2 海域	6
3.2 地質・地質構造の取りまとめの考え方	7
3.2.1 陸域	7
3.2.2 海域	10
第4章 地形, 地質・地質構造	11
4.1 ネオテクトニクスの概要	11
4.1.1 テクトニック・セッティング	11
4.1.2 北海道南西部におけるテクトニクス	12
4.2 地形概説	14
4.2.1 積丹半島の地形	14
4.2.2 文献調査対象地区陸域の地形	16
4.2.3 文献調査対象地区海域とその周辺海域の地形	16
4.3 陸域の地質概説および地質各論	18
4.3.1 陸域の地質概説	18
4.3.2 陸域の地質	18
4.3.3 陸域の地質構造	28
4.4 海域の地質概説および地質各論	34
4.4.1 海域の地質概説	34
4.4.2 海域の地質	34
4.4.3 海域の地質構造	37
第5章 地史	45
5.1 文献調査対象地区および周辺地域の地史	45
第6章 地形, 地質・地質構造に係るその他のデータ	50
6.1 地球物理学的データ	50
6.1.1 重力異常	50
6.1.2 磁気異常	52

第7章 まとめ.....	54
7.1 調査，検討のまとめ.....	54
7.2 概要調査に向けた考え方.....	54
引用文献.....	56

図目次

図 1.2-1	調査、検討の手順.....	2
図 2.1-1	沿岸部における地下施設設置のイメージ（沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会，2016）.....	3
図 2.1-2	収集対象範囲.....	4
図 3.2-1	文献調査対象地区周辺の5万分の1地質図.....	9
図 3.2-2	通商産業省資源エネルギー庁（1985）の地質図と20万分の1地質図幅.....	9
図 4.1-1	北海道およびその周辺海域におけるテクトニック・セッティング.....	12
図 4.2-1	北海道南西部，積丹半島（積丹山地）の地形概要.....	15
図 4.2-2	文献調査対象地区とその周辺の海底地形の概要.....	17
図 4.3-1	神恵内村および周辺地域陸域地質図（概要版）.....	32
図 4.3-2	神恵内村および周辺地域陸域推定地質断面図（概要版）.....	33
図 4.4-1	神恵内村周辺海域海底地質図.....	39
図 4.4-2	神恵内村周辺海域海底地質断面図（その1）.....	40
図 4.4-3	神恵内村周辺海域海底地質断面図（その2）.....	41
図 4.4-4	神恵内村周辺海域海底地質断面図（その3）.....	42
図 4.4-5	神恵内村周辺海域海底地質断面図（その4）.....	43
図 4.4-6	神恵内村周辺海域海底地質断面図（その5）.....	44
図 5.1-1	神恵内村および周辺地域推定古地理図（その1）.....	47
図 5.1-2	神恵内村および周辺地域推定古地理図（その2）.....	48
図 5.1-3	神恵内村および周辺地域推定古地理図（その3）.....	49
図 6.1-1	文献調査対象地区および周辺地域の重力異常（ブーゲー異常）.....	51
図 6.1-2	文献調査対象地区および周辺地域の磁気異常（極磁力図）.....	53

表目次

表 4.3-1	神恵内村および周辺地域地質層序表.....	26
表 4.3-2	神恵内村および周辺地域陸域層序対比表.....	27
表 4.4-1	神恵内村周辺海域層序対比表.....	38

添付資料

添付資料 A 情報を抽出した文献・データのリスト

付 図

付図1 神恵内村および周辺地域陸域地質図

付図2 神恵内村および周辺地域陸域推定地質断面図

第1章 調査、検討の考え方

1.1 基本的な考え方

特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（以下、最終処分法という。）に定められた要件への適合性の確認と同様に、技術的な観点からの検討について、原子力発電環境整備機構が2020年に公表した「北海道古宇郡神恵内村 文献調査計画書」（以下、文献調査計画書という。）および経済産業省資源エネルギー庁（2023）の「文献調査段階の評価の考え方」（以下、「文献調査段階の評価の考え方」という。）に基づき、放射性物質の閉じ込め機能、地下施設の建設可能性の検討の観点から、地下の状況と地質環境特性を取りまとめる。

本説明書では、最終処分法に定められた要件に照らした評価の基礎情報として必要な文献調査対象地区である神恵内村における地層や岩体、断層などの分布といった地下の状況に関する情報の収集・抽出・整理を行う。また、地層処分への適性の観点からの地質環境特性については、「技術的観点からの検討のうち地質環境特性に関する説明書」で行う。

1.1.1 文献調査計画書

文献調査計画書では、「6 文献・データに基づく評価」において、以下のとおり示されている。

文献調査では、最終処分法に定める文献調査で評価する要件を満足せず、明らかに適切でない場所を除外する作業を中心に、概要調査地区の候補を検討します。

さらに、技術的な観点、経済社会的な観点からの検討も実施します。例えば、上記の評価の過程で文献調査対象地区の地層や岩体、断層などの分布といった地下の状況について整理し、どの地層がより好ましいと考えられるかなどの検討や、土地の利用制限などの検討を実施します。

また、文献調査対象地区およびその周辺の地質・地質構造の評価に用いる文献・データとして、5万分の1地質図幅および同説明書、20万分の1地質図幅などが示されている。

1.1.2 「文献調査段階の評価の考え方」

「文献調査段階の評価の考え方」では、「技術的観点からの検討の考え方」において、以下のとおり示されている。

④ このような観点から、地層や岩体、断層等の分布といった地下の状況、地層処分への適性の観点からの地質環境特性を取りまとめ、地下施設設置場所としてのおおよその適性を把握する。検討の目的から、最終処分を行おうとする地層だけでなく上部を含めた周辺の地層も評価の対象とし、閉じ込め機能に関する特性についてはその継続期間も考慮する。

また、「地層や岩体、断層等の分布といった地下の状況のとりまとめ」について、以下のとおり示されている。

文献調査対象地区の地質・地質構造について、地表地質図・主要な断面における地質断面図・地質層序表・地史のような図表及びその説明書を作成する。その際には、収集した文献・データ

(公的機関が発行した地質図幅及びその説明書や個別の研究論文等) から得られた情報を総合的に評価して作成する。なお、既往の文献・データから得られる情報には限界があるため、「主要な断面における地質断面図」等作成できるものに限界があること、不確実性が残ることに留意する。

1.2 調査・検討の進め方

本調査では、文献調査対象地区および周辺地域における地形、地質・地質構造に係る既存の文献・データを収集し、その情報を抽出し取りまとめる。本調査での調査、検討の手順を図 1.2-1 に示す。

第2章では、文献調査対象地区および周辺地域において、地形、地質・地質構造について記載のある文献・データを収集し、その情報を抽出する。収集に当たっては、「文献調査段階の評価の考え方」で示された文献・データの収集の考え方に従い、文献調査計画書に示した文献・データに加え、公的な機関が公表している文献・データを収集し、また、学術雑誌に公表されている論文を収集するため、文献データベースで検索を行い収集する。

第3章では、地質図および推定地質断面図の作成にあたり、地質・地質構造についての既存情報の概要、その取りまとめの考え方を示す。

第4章では、文献調査対象地区および周辺地域について、ネオテクトニクスの概要、地形概説、地質概説および地質各論を示す。

第5章では、第4章で示した内容から推定した地史を示す。

第6章では、第4章で示した内容と地球物理学的データとの対応を示す。

第7章では、本調査のまとめを示す。

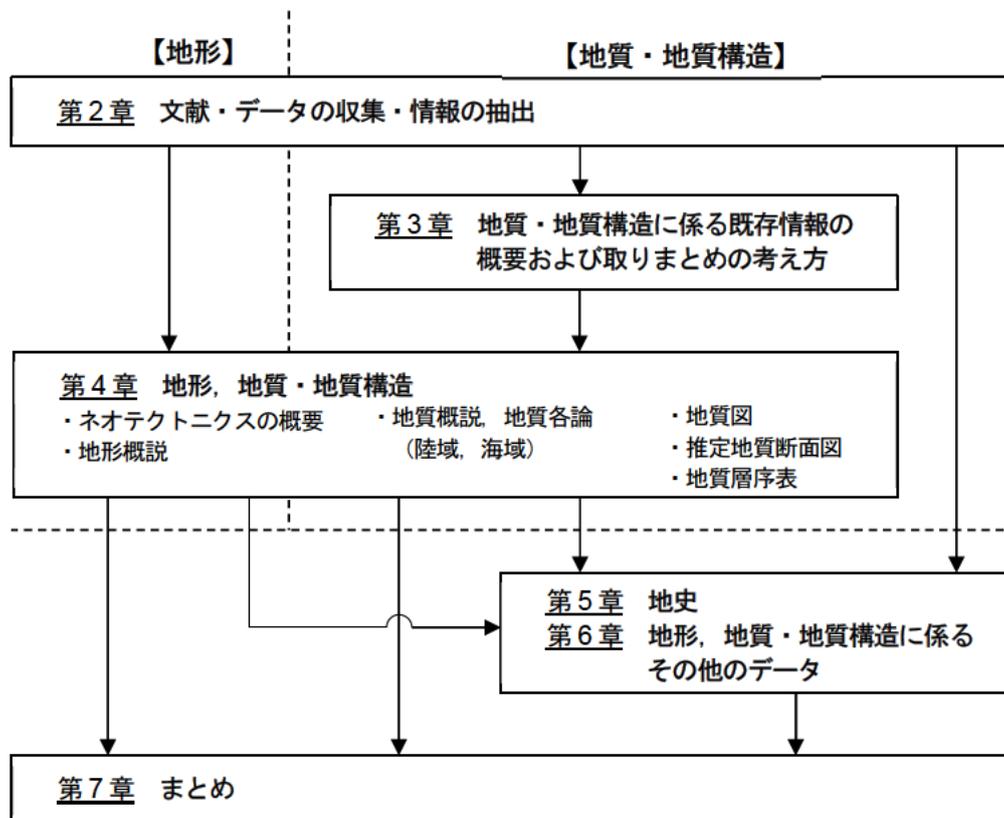


図 1.2-1 調査、検討の手順

第2章 文献・データの収集・情報の抽出

2.1 収集対象範囲

文献調査対象地区は、神恵内村全域および海岸線から15km程度以内の大陸棚の範囲(図2.1-1)である。

文献調査対象地区の地形、地質・地質構造を取りまとめるうえでは、一連の堆積過程を理解し、周辺地域の褶曲構造や断層などを含めて理解することが好ましいことから、文献調査対象地区周辺の地形や分布する地質の情報に基づき収集対象範囲を設定した。

文献調査対象地区が位置する積丹半島では、古第三紀以降に主に海底で堆積した火山岩類や堆積岩類が広く分布する(詳細は4.3参照)ことを踏まえて、これらの地層の最下位層(茅沼層)が分布する地域を含む範囲を陸域の収集対象範囲とした(図2.1-2)。

海域については、文献調査対象地区陸域前面付近の大陸棚を包含する、文献調査対象地区の海岸線から約15kmの範囲とした。

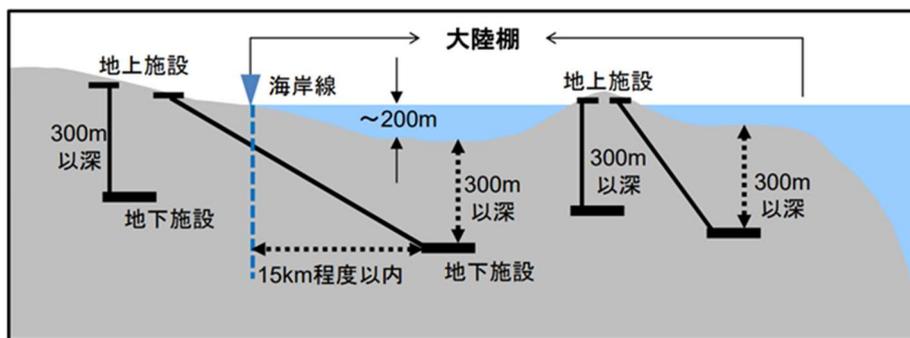


図 2.1-1 沿岸部における地下施設設置のイメージ
(沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会, 2016)

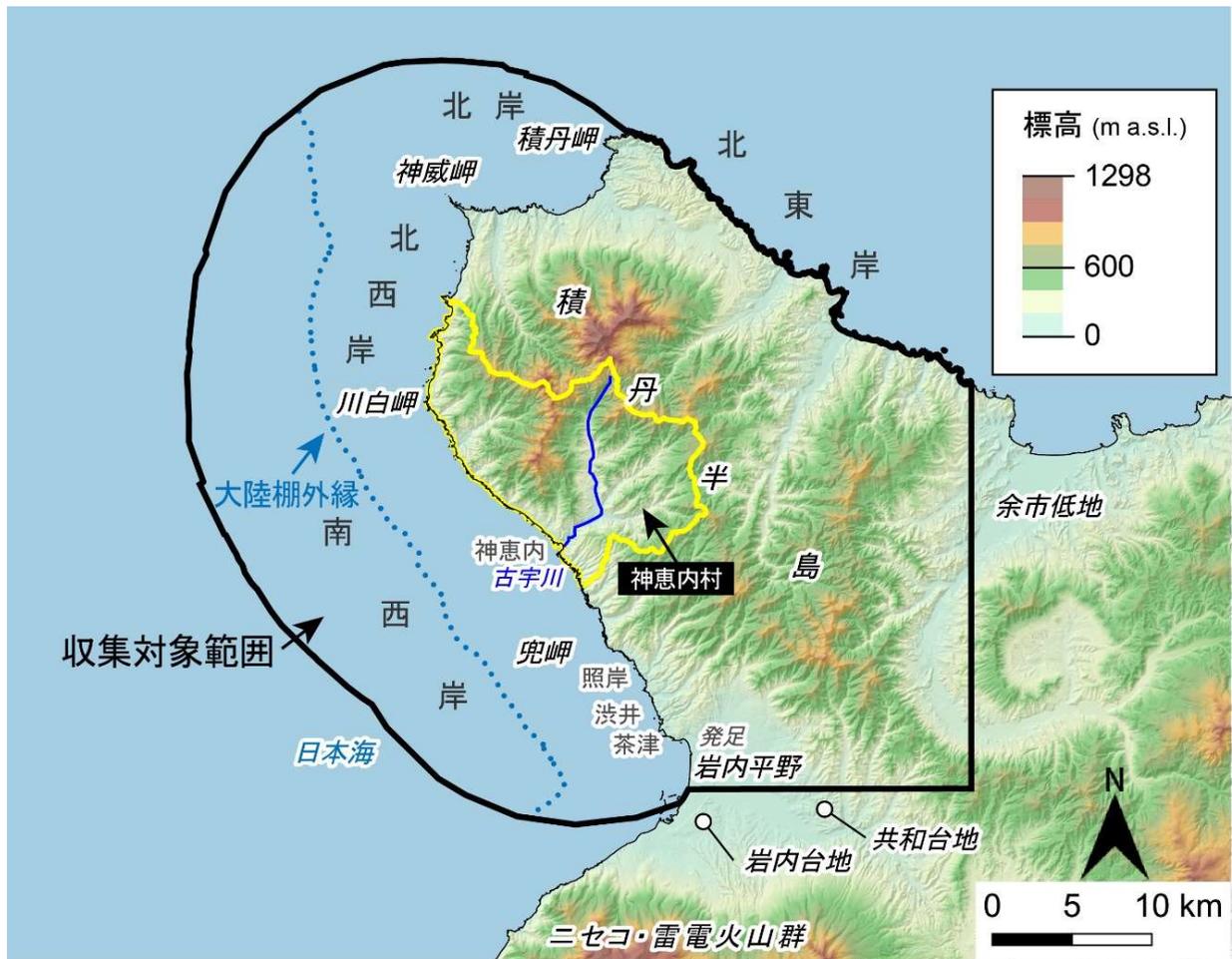


図 2.1-2 収集対象範囲

ベースマップは地理院タイルの陰影起伏図に基づく。高度段彩は国土地理院数値標高データに基づき作成。海岸線は「国土数値情報（海岸線データ）」（国土交通省）に、神恵内村の行政界は「国土数値情報（行政区画データ）」（国土交通省）に基づく。

2.2 収集・抽出の観点

2.1 に示した収集対象範囲に分布する地層・岩体の岩相、年代情報および地質構造などに関する文献・データや、ネオテクトニクス、文献調査対象地区およびその前面の沿岸域における地形に関する文献・データを収集し、情報を抽出した。

文献調査対象地区およびその周辺地域の地形、地質・地質構造に関連した公的機関公表資料や学会誌、一般書籍、北海道電力泊発電所関連資料などの文献・データを収集した。

収集対象とした公的機関は、産業技術総合研究所地質調査総合センター、国土交通省北海道局、北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部エネルギー・環境・地質研究所、海上保安庁海洋情報部、国土地理院、防災科学研究所、新エネルギー総合開発機構および各自治体などである。

2.3 抽出結果

2.1 および2.2 に基づいて収集し、情報を抽出した文献・データを「添付資料 A 情報を抽出した文献・データのリスト」にまとめた。

また、本説明書において引用している文献・データは「引用文献」として示した。この「引用文献」には、一般的な教科書類などの文献・データも含まれる。なお、「情報を抽出した文献・データのリスト」においては1件としている文献・データを、引用箇所を明確にするためにいくつかに分けて扱っている場合もある（例えば、原子力規制委員会審査会合資料）。一方、収集・抽出の観点には該当するがその内容について本調査との関連性が小さい場合または情報が重複する（例えば、旧版・最新版、引用・被引用文献など）場合など、情報を抽出したリストに示した文献・データでも引用していないものがある。

第3章 地質・地質構造に係る既存情報の概要および取りまとめの考え方

本調査では地質図および推定地質断面図を作成することから、地質・地質構造については、既存の文献・データから得られる情報の概要およびその取りまとめの考え方を陸域および海域のそれぞれで整理する。

3.1 地質・地質構造に係る既存情報の概要

3.1.1 陸域

「日本の地質図史」(加藤ほか編, 2011)によると、明治9年(1876年)に200万分の1「日本蝦夷地質要略之図」(Lyman et al., 1876)が作成され、これがわが国最初の広域地質図となった。

北海道開発庁は、積丹半島地域の地下資源開発調査結果として「特殊地帯地下資源開発調査報告 積丹半島地域調査総括」(斎藤, 1966)を、鉱業開発計画調査結果として「特定鉱床開発促進調査 積丹半島地域」(斎藤・松下, 1968)を公表した。

北海道立地下資源調査所および北海道開発庁は、地表地質調査を行い、2.1で示した収集対象範囲について以下の5万分の1地質図幅および説明書を発行した。

- ・ 斎藤ほか(1952) 茅沼, 北海道開発庁
- ・ 根本ほか(1955) 古平および幌武意, 北海道開発庁
- ・ 山岸・石井(1979) 余別および積丹岬, 北海道立地下資源調査所
- ・ 山岸(1980) 神恵内, 北海道立地下資源調査所

通商産業省資源エネルギー庁は、積丹半島地域において、昭和56年から平成元年にかけて、金属鉱床と関連する火成岩ならびに金属鉱床胚胎の場を解明することを目的とした地質調査を実施した。これらの成果は、昭和59～昭和63年度の各年度報告書(通商産業省資源エネルギー庁, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989)にまとめられた。

地質調査所は、積丹半島地域を含む西南北海道地域の20万分の1地質図幅「岩内」(対馬, 1968)および「岩内」第2版(石田ほか, 1991)を発行した。

山岸・積丹団研グループ(1979)およびYamagishi(1981)は、積丹半島に分布する新第三紀火砕岩類を海底火山活動に伴う水冷破碎メカニズムに基づいて分類し、地質・地質構造を整理した。

日本地質学会編(2010)は、積丹半島地域を含む北海道地方の地質・地質構造について取りまとめた。

北海道電力(2015)は、積丹半島地域の地質・地質構造を整理した。

また、積丹半島地域では、掘削深度最大約1,500mのボーリング調査が実施されている(通商産業省資源エネルギー庁, 1985, 1988, 1989; 高見ほか, 2008; 藤本ほか編, 2004; 酒匂ほか, 1977)。

3.1.2 海域

海上保安庁水路部(1979)は、文献調査対象地区海域の北部を含む積丹半島北部沿岸海域の地質調査(音波探査, 底質調査)などを実施し、当該海域の海底地質構造図を作成した。

嵯峨山ほか(2000)は、渡島半島日本海側海域の地形・底質調査を実施し地質・底質図を作成した。

片山ほか(2012)は、積丹半島北部から西岸および尻別川に至る日本海側海域の表層堆積物の採取および粒度分析や音波探査などを実施し表層堆積図を作成した。

北海道電力（2015）は、渡島半島日本海側海域に対して海上音波探査などの海域地質調査を実施して地質・地質構造の整理を行った。このなかで、地質層序をⅠ～Ⅷ層に区分し地質年代と対比した。なお、北海道電力（2016a）において海域層序の一部が改訂されている。

岡村・佐藤（2023）は、1995年～1999年に実施されたGH95航海、GH96航海およびGH99航海の海上音波探査結果などに基づき、積丹半島付近の海底地質図を作成した。

3.2 地質・地質構造の取りまとめの考え方

本調査では、2.1で収集・抽出した情報に基づき、文献調査対象地区および周辺地域の地質・地質構造について、地表地質図、主要な断面における地質断面図、地質層序表を作成するため、陸域および海域それぞれにおける地質・地質構造の取りまとめの考え方について述べる。なお、「文献調査段階の評価の考え方」に記載のとおり、「既往の文献・データから得られる情報には限界がある」こと、「作成できるものに限界がある」こと、および「不確実性が残る」ことに留意する必要がある。

また、本調査での取りまとめに際して、以下に記載するような用語や時代の統一の対応を行っている。

- ・ 現在使用されていない地質用語については、現在使用されている用語に読み換える（例えば、「石英安山岩」を「デイサイト」とする、「累層」を「層」とする、鉱物名として廃止されている「紫蘇輝石」を「直方（斜方）輝石（以下、直方輝石）」とする、半深成岩に対し使用されてきた「斑岩」を用いない、など）。
- ・ 2009年に国際地質科学連合（IUGS）によって、それまで約181万年前とされていた第四紀の始まりが変更されたことにより、本調査では、第四紀の始まりを約258万年前（「文献調査段階の評価の考え方」より）とする。これ以前に発行された文献・データについては、第四紀の始まりを約181万年前とみなし、鮮新世の一部が第四紀に含まれるものとする。

3.2.1 陸域

(1) 地質図

陸域の地質図の作成に当たって収集し、情報を抽出した文献は以下の文献①～⑥である。

- ① 山岸・石井（1979）5万分の1地質図幅「余別および積丹岬」および説明書
- ② 山岸（1980）5万分の1地質図幅「神恵内」および説明書
- ③ 根本ほか（1955）5万分の1地質図幅「古平（附 幌武意）」および説明書「古平および幌武意」
- ④ 斎藤ほか（1952）5万分の1地質図幅「茅沼」および説明書
- ⑤ 通商産業省資源エネルギー庁（1985）昭和59年度 広域調査報告書 積丹地域
- ⑥ 石田ほか（1991）20万分の1地質図幅「岩内（第2版）」

これらのうち、文献①～⑤は5万分の1縮尺、文献⑥は20万分の1縮尺の地質図である。文献⑥では参考文献として文献①～⑤が含まれているものの、小縮尺化に当たって地層や岩相の統合や走向・傾斜記号の省略などがなされており、本調査での取りまとめにあたり情報量が少ないと考えられる。5万分の1縮尺の地質図は、文献①～④、文献⑤に大別される。文献調査対象地区周辺に着目して比較すると、図 3.2-1 に示すとおり、文献①～④（図 3.2-1 左）では、西側の文献①および文

献②と東側の文献③および文献④は、一部地層が連続しない。

一方、文献⑤（図 3.2-1 右）では、参考文献に文献①～④を含めたうえで文献調査対象地区を包含する積丹半島地域の概ね全域において 5 万分の 1 縮尺の地質図が作成されている。また、年代測定値や生層序データが①～④に比べ豊富である。なお、文献⑥の 20 万分の 1 地質図幅では、地層・岩体の境界について主に文献⑤が参考にされており、両者の地層・岩体の境界には類似箇所が多い（図 3.2-2）。

以上より、本調査における地質図の作成に当たっては、5 万分の 1 縮尺とし、文献⑤を用いることを基本とする。また、地質図の作成範囲については、文献調査対象地区からの地質・地質構造の連続性を考慮し、文献⑤における地質図作成範囲と同様とする。

地質図の塗分けは文献⑤を参考に、古宇川層、豊浜層などの地層をさらに岩相ごとに分けて行うことを基本とする。地層・岩体名および岩相については、文献⑤を参照して整理する。地質層序については、文献⑤に加え、ほかの文献から得た年代測定値や生層序データなどを含めて整理する。整理結果は地質層序表に取りまとめる。また、既存文献の地質層序との対比のため、層序対比表を作成する。層序対比表の作成に当たっては、各既存文献における地質層序表や模式柱状図などを参照する。貫入岩については、読図および収集・抽出した年代測定値に基づき、地質図の凡例では、貫入すると考えられる最も若い地層の上位に記載する。断層については、文献⑤に従い、断層と推定断層の 2 種類を示す。褶曲軸については、走向・傾斜および地層・岩体の分布に基づき記載する。

(2) 地質断面図

推定地質断面図の作成に当たっては、上記の地質図などにおける表層地質情報に加え、収集・抽出したボーリング調査結果を参照する。この際に、表層地質情報などから相対的な確度が高い断層を「断層」として、それ以外の断層を「推定断層」として示す。断面位置は、地形および地質・地質構造を踏まえて設定する。なお、深度方向の情報には限りがあることから、深度が増すにつれて、不確実性が高まる。

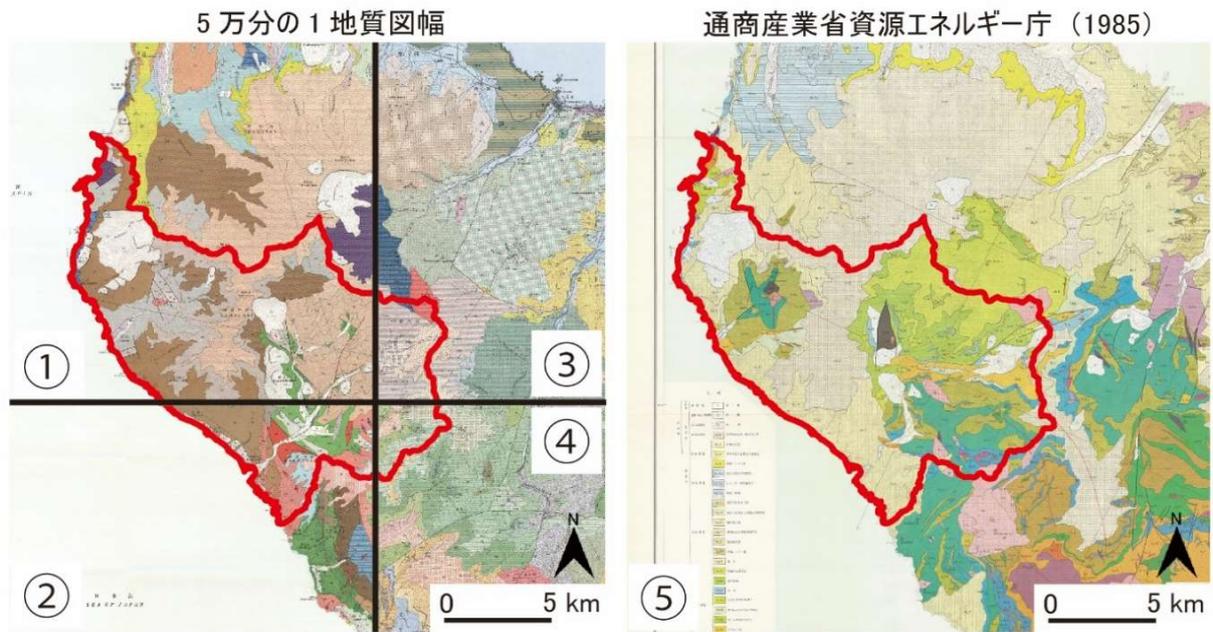
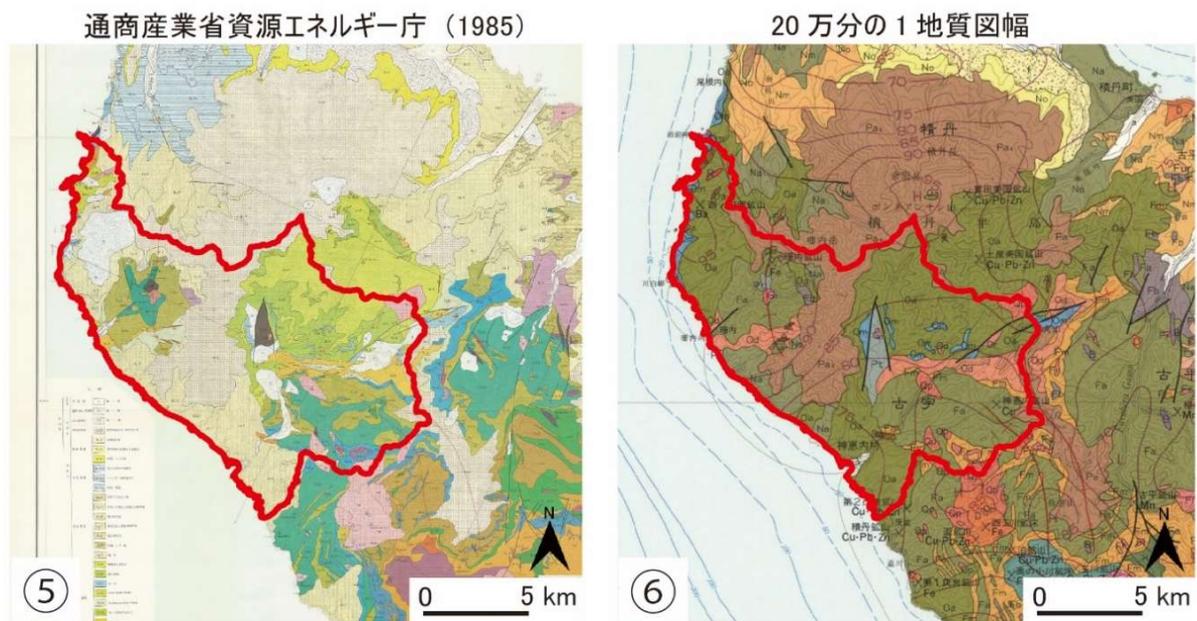


図 3.2-1 文献調査対象地区周辺の 5 万分の 1 地質図

左側の図は文献①～④の地質図を貼り合わせたものである。黒線は各地質図の境界を、赤枠は神恵内村の行政界を示す。①山岸・石井 (1979), ②山岸 (1980), ③根本ほか (1955), ④斎藤ほか (1952), ⑤通商産業省資源エネルギー庁 (1985) に各地質図の境界, 文献の番号, 神恵内村の行政界, 方位および縮尺を加筆。神恵内村の行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。



両者の地層・岩体の境界には類似箇所が多い

図 3.2-2 通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の地質図と 20 万分の 1 地質図幅

赤枠は神恵内村の行政界を示す。⑤通商産業省資源エネルギー庁 (1985) および⑥石田ほか (1991) に文献の番号, 神恵内村の行政界, 方位および縮尺を加筆。神恵内村の行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。

3.2.2 海域

海域の地質図の作成に当たって収集し、情報を抽出した文献は以下の⑦～⑪である。

- ⑦ 海上保安庁水路部（1979）沿岸の海の基本図（5万分の1）神威岬
- ⑧ 嵯峨山ほか（2000）北海道沿岸域の地質・底質環境 -2- 西南北海道海域
- ⑨ 片山ほか（2012）積丹半島付近表層堆積図（20万分の1）
- ⑩ 北海道電力（2015）泊発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（3号発電用原子炉施設の変更）および関連審査会合資料（例えば、北海道電力，2015，2016a，2016b，2017）
- ⑪ 岡村・佐藤（2023）積丹半島付近海底地質図（20万分の1）

これらのうち、表層を主な対象としている文献⑧，⑨を除いたうち、文献⑩，⑪は収集対象範囲を概ね包含し、文献⑦は半分程度を包含する。

文献⑪では、既存文献¹の年代測定値や生層序データを用いた地質年代との対比が行われている。

文献⑩は、文献⑦を参考文献に含み、文献⑪と同様の対比とともに陸域層序との対比が行われている。これらに加えて海上ボーリングや指標テフラを用いた地質年代との対比が行われており、海上音波探査記録の解釈図など、公表資料が豊富である。

以上より、海域の地質図・地質断面図・地質層序表の作成に当たっては、主に文献⑩を参照する。地質図の作成は収集対象範囲を対象とする。地質断面図については、文献⑩における海上音波探査記録の解釈図を参照し、神恵内村前面海域における主要な断面図を作成する。

さらに、文献⑦，⑪との層序対比表を作成する。地質層序表は層序対比表と合わせて示す。

¹ 渡辺真人（2000），本山（2000），石塚ほか（2000）など。なお、文献⑩についても、文献⑩の範囲において同様の文献が地質年代との対比に用いられている。

第4章 地形、地質・地質構造

第4章では、文献調査対象地区および周辺地域について、ネオテクトニクスの概要、地形概説、地質概説および地質各論を示す。

4.1 ネオテクトニクスの概要

4.1.1 テクトニック・セッティング

北海道およびその周辺海域におけるテクトニック・セッティングについてまとめたものを図 4.1-1 に示す。図 4.1-1 に示されるように、北海道は、東北日本弧と同じくオホーツクプレートに属し、その東側に太平洋プレートが、西側にアムールプレートが位置する。

太平洋プレートは、千島海溝と日本海溝においてオホーツクプレートの下に沈み込んでおり、このとき、太平洋プレートは千島海溝から斜めに沈み込むため、それに引きずられる前弧（千島前弧スリバー）は南西方向に移動し、東北日本弧に衝突したと考えられている（平，2000；木村，2002）。千島弧と東北日本弧の衝突は、前期中新世に生じたと考えられており（日本地質学会編，2010）、千島前弧スリバーの西進は現在に至るまで継続していると考えられている（例えば，多田・木村，1987；日本地質学会編，2010）。しかし、北海道における後期中新世以降の火山活動の時空変遷から見ると、千島弧での太平洋プレートの斜め沈み込みの程度は、鮮新世を通じて次第に弱くなっており、そのことに呼応して千島前弧スリバーの西進運動が衰えたと考えられている（中川ほか，1999）。

一方、アムールプレートは、オホーツクプレートと日本海の東縁部において収束する（Wei and Seno, 1998）。この収束境界は日本海東縁変動帯と呼ばれ、単一のプレート境界断層によって境されるものではなく、場所によって変形の幅が変化する複雑な境界であると推定されている（平，2002）。日本海東縁変動帯は、日本海拡大時のリフト境界が圧縮境界に転じたものと考えられており、その活動開始時期については、約 300 万年前と推定されている（平，2002；岡村・加藤，2002）。

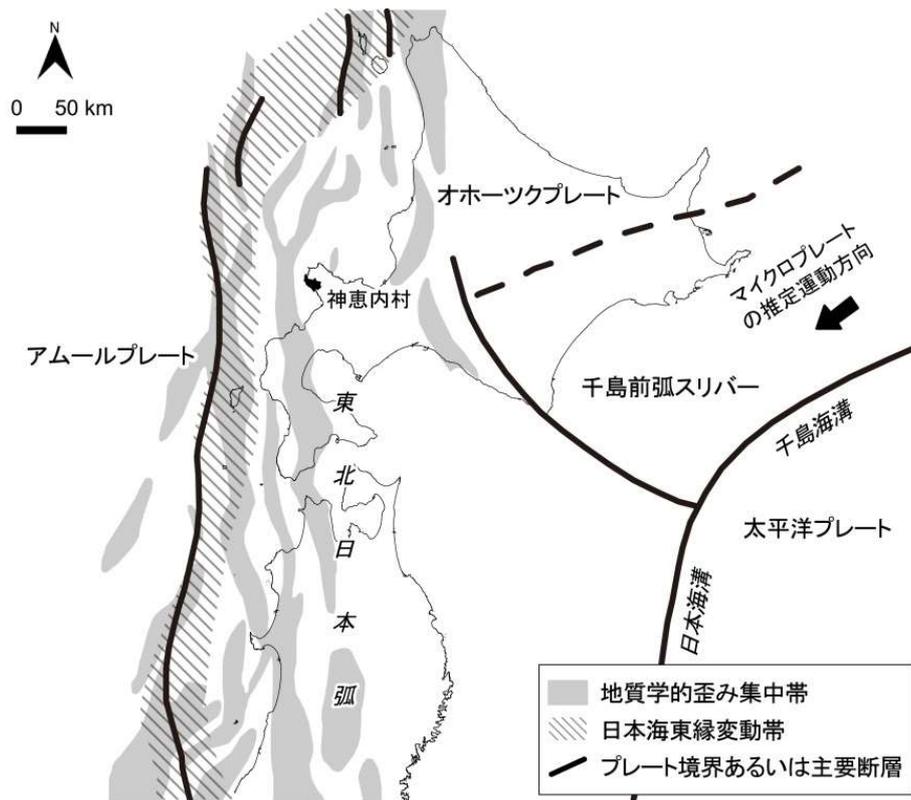


図 4.1-1 北海道およびその周辺海域におけるテクトニック・セッティング

日本海東縁変動帯、プレート境界、主要断層の分布については平（2002）を、地質学的歪み集中帯の分布については岡村（2002）を参照して作成。海岸線は「国土数値情報（海岸線データ）」（国土交通省）に、神恵内村行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

4.1.2 北海道南西部におけるテクトニクス

文献調査対象地区が位置する北海道南西部から日本海東縁変動帯にかけての地形・地質構造は、南北方向と北西-南東方向のもの組み合わせからなり、東北日本弧の脊梁山脈およびその西方の北への延長部とみなされている（岡，1997，1999）。この範囲には、東北日本弧から延びる南北性の逆断層を伴う褶曲帯がいくつも発達する。逆断層は約 300 万年前以降に成長し始めたと考えられることから、断層・褶曲帯は過去約 300 万年間に地殻の短縮歪みが集中した地質学的歪み集中帯を表すものと考えられている（岡村，2002）。

北海道南西部における応力情報については、新生代岩脈群の走向分布、新生代鉞脈、地質断層、活断層の方向とセンス、火山・火口の配列などの地質学データ、地震学データ、三角・三辺測量や GNSS 観測による測地観測データから得ることができる。地質学データに基づいて広域応力場を推定した既存文献には、大槻（1989）、山岸・渡辺（1986）、Watanabe（1991）、渡辺（1986，1993a，1993b）、Watanabe（1995，2002）が挙げられる。これらの推定結果のうち、渡辺（1993a）によると、文献調査対象地区が位置する北海道南西部の北部における広域応力場は、6 Ma 頃に、最小水平圧縮応力が西北西-東南東方向の伸張場から、最大水平圧縮応力が西北西～北北西-東南東～南南東方向の圧縮場に転換したとされる。この 6 Ma 以降の圧縮方向は、後期中新世以降もしくは鮮新世頃以降の北海道南西部における広域応力場が、最大水平圧縮応力が概ね東西もしくは北西-南東方向の圧縮場にあると推定した大槻（1989）、渡辺（1986）、山岸・渡辺（1986）とも整合する。

6 Ma 以降の北海道南西部の北部における最大水平圧縮応力の方向について、岩脈および火口の方
向と年代に基づいてより詳しく見ると、それらは時代により変化しており、4.2~4.0 Ma に N55°W、
2.4~2.0 Ma と 1.5 Ma に N70°W、1.2~0 Ma に N33°W、30~6 ka に N25-15°W であったと推定され
ている（渡辺, 1993a）。このような応力方位の変化は、この地域の鉱脈や火山列の方向からも見出
されている（Watanabe, 1991 ; 渡辺, 1993b）。こうした変化は、太平洋プレートの最大水平圧縮応力
軸の方向の変化、すなわち、5.8 Ma 以降、N51°W から反時計回りに回転し、2.6 Ma には N65°W に
なり、その後時計回りに回転して N30°W になった変化に対応して生じたと考えられている（渡辺,
1993a, 1993b）。さらに Watanabe (2002)を参照すると、3.6~1.5 Ma 頃に太平洋プレートが東北日本
弧へ直交に沈み込み、その収束速度が 15 Ma 以降で最も高くなったこと、1.5 Ma 以降は太平洋プレ
ートが東北日本弧へ斜めに沈み込み、その収束速度が減少したことが読み取れる。東北日本弧に直
交に沈み込む太平洋プレートは、それ自体が北海道南西部を圧縮するように働くだけでなく、千島
前弧スリバーに斜めに沈み込むことで、千島前弧スリバーの西進も強化したと考えられることから、
3.6~1.5 Ma 頃は、北海道南西部における水平圧縮応力が相対的に高まった時期だと考えることがで
きる（Watanabe, 1995, 2002）。

上述の地質学データに基づいて推定された 6 Ma 以降の広域応力場の推定結果は、地震学データ
に基づく現在の地殻応力の情報、例えば、地震のモーメントテンソル解を用いて推定された三次元
応力パターン（Terakawa and Matsu'ura, 2010）から、北海道南西部では東西~北西-南東方向の圧縮
かつ逆断層型の応力場が卓越していることが読み取れること、地震のメカニズム解を用いて推定された
地殻の水平最大主応力（Uchida et al., 2022）から、黒松内低地帯北部では北西-南東方向と読み取れ
ること、とも整合的である。その一方で、測地観測データから把握された地殻水平歪みについて見
ると、北海道南西部では北西-南東方向の圧縮歪み（国土地理院, 1997 ; Inuma et al., 2005）だけで
なく、観測期間によっては、北西-南東~東西方向の伸長歪みが卓越するようである。例えば、明
治以降の約 100 年間の三角・三辺測量データ（国土地理院, 1997 ; Sagiya et al., 2000）からは、北西
-南東方向の伸長歪みが卓越していることが読み取れ、1997~99 年の GNSS 観測データ（Sagiya et
al., 2000）からは、東西方向の伸長歪みが卓越していることが読み取れる。鷲谷（2002）は、前者の
原因については 1983 年の日本海中部地震時に伸長歪みが生じた可能性を、後者の原因については
1993 年の北海道南西沖地震の余効変動による影響の可能性を、それぞれ指摘している。

4.2 地形概説

4.2.1 積丹半島の地形

文献調査対象地区は、北海道南西部の北端部を占める積丹半島の南西部に位置する（図 4.2-1）。積丹半島は、岩内平野と余市低地をそれぞれ南西、南東の境界として、日本海に向かって北西方向に突き出した標高約 700～約 1,300 m の山地の集合体「積丹山地」として認識することができる。

積丹山地は、支笏カルデラの北西縁から北西方向に延びる積丹―漁火山列（渡辺, 1993b）を構成する山地である（図 4.2-1）。この火山列は、3.3～2.0 Ma（後期鮮新世～前期更新世）にかけての火山活動によって形成されたものであり（渡辺, 1993b）、主として中新世の海底火山噴出物を貫いて陸上に噴出した火山岩類からなる。積丹山地においてこの火山列に属する火山として、渡辺(1993b)には積丹岳周辺の山地、熊追山周辺の山地、天狗岳周辺の山地が図示されている。これらのうち積丹岳周辺の山地のみが成層火山原面を残す火山であり、その北麓の積丹原野には段丘化した火山麓扇状地が発達する。

積丹半島は、上述のとおり積丹山地が海に突き出した半島であり、海岸部の大半は海食崖が海に迫る岩石海岸である。岩石海岸における波食棚・離水波食棚（ベンチ）、海食洞の発達には地域差が認められ、それらは北～北東岸に比べて南西岸において発達が良い（北海道電力, 2017；詳細は、「隆起・侵食に関する説明書」（以下、説明書「隆起・侵食」という。）参照）。また、10 万年スケールの隆起指標となる海成段丘の発達が、積丹半島の南西岸（堀株～盃までの区間、神恵内付近、珊内付近）、北岸（神威岬～積丹岬までの区間）、北東岸（古平川河口付近）において認められている（小池・町田編, 2001；北海道電力, 2016b, 2018；Amano et al., 2018）。これらの場において特に海成段丘の発達が良いのは、積丹半島南西岸の堀株～盃までの区間であり、そこには4 段の海成段丘がひな壇状に発達する（北海道電力, 2016b, 2018；詳細は、説明書「隆起・侵食」参照）。一方で、積丹半島では、海岸部における河成堆積低地（いわゆる臨海沖積低地）の発達は悪く、それらは、南西岸では古宇川河口、北岸では積丹川河口、北東岸では美国川と古平川の河口などに限られる。

積丹半島は、山地の主稜線部が鮮新世～更新世の火山岩類によって構成されることが多く、そうした火山岩類がキャブロック構造を成すことから、北海道の中でも地すべりが多い場として位置付けられている（山岸・伊藤, 1993；詳細は、説明書「隆起・侵食」参照）。海岸部では、そうした地質条件に加えて、海岸侵食により海食崖の基部が侵食されることから、海食崖の後退に伴う崩落（例えば、北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会, 2000；上野・山岸, 2002）とともに、海食崖の背後の山地における地すべり（例えば、積丹半島南西岸の川白地すべり；山岸・石井, 1979）が多数認められる（詳細は、説明書「隆起・侵食」、「地震・活断層に関する説明書」参照）。

4.2.2 文献調査対象地区陸域の地形

文献調査対象地区は、積丹半島の南西岸の北部に位置する。文献調査対象地区の地形を大まかに見ると、海に面した積丹山地の山体斜面と積丹山地の西側に発達した古宇川流域から構成されていることがわかる（図 4.2-1）。

前者の山体斜面は、海面からの比高 450～1,000 m 程度の斜面として認識でき、その基部では海岸の後退に伴う崩落が生じている（例えば、北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会、2000）。さらに大天狗山（標高 852 m）の西側斜面においては、斜面全体が地すべり（川白地すべり；山岸・石井、1979）を起こしている。また、すでに述べたように、海岸付近には海食崖、波食棚・離水波食棚（ベンチ）、海食洞が発達し、神恵内付近と珊内川河口付近には海成段丘が発達する。

後者の古宇川流域は、屏風山（標高 990 m）、ポンネアンチシ山（標高 1,145 m）、当丸山（標高 800 m）、滝ノ沢山（標高 714 m）などを分水界とする流域である。これらのうち、ポンネアンチシ山は文献調査対象地区における最高標高点として位置付けられる。古宇川流域には、地すべりが多数認められ、特に屏風山や当丸山周辺の山体斜面において比較的規模の大きい地すべりが発達する（詳細は、説明書「隆起・侵食」参照）。また、この流域を流下する河川の中～上流部には河成段丘が発達し、河口付近には沖積低地が発達する。

4.2.3 文献調査対象地区海域とその周辺海域の地形

本調査では、大陸棚の広がりや規定する大陸棚外縁を八島ほか（1982）と吉川（1997）の考えにならない大洋底に向かって下る顕著な遷急部のうち、最も海側に連なるものと定義する。そのように定義した大陸棚外縁を書き入れた海底地形の概観図を図 4.2-2 に示す。以下では、図 4.2-2 に基づいて、積丹半島の沿岸海域でみられる海底地形の特徴を中心に述べる。

積丹半島沖の海底地形は、神威岬と神威海脚を結んだ線を境界として、その南西沖と北東沖でその様相を異にする。すなわち、南西沖では、陸から沖合に大陸棚、陸棚外縁斜面、小海盆列・堆列と海丘が発達する区間、後志舟状海盆の順に配列する一方で、北東沖では、大陸棚から続く陸棚外縁斜面が石狩海盆まで延びる。

積丹半島沖に発達する大陸棚の幅は 5～10 km 程度であり、例外的に神威岬から神威海脚にかけての大陸棚の幅が 18 km 程度と大きくなる。大陸棚外縁の平面形態は、ほぼ直線～弧状の様な形状を示す。大陸棚外縁の水深には地域差が認められ、積丹半島の北端部、すなわち川白岬から積丹岬までの区間において相対的に深く水深 160～200 m であり、それ以外の区間では概ね水深 140～160 m である。

陸棚外縁斜面の水深については、上述のとおり、南西沖と北東沖で異なっており、前者は、大陸棚外縁から水深 400～500 m であり、後者は、大陸棚外縁から石狩海盆まで水深 700～800 m（日本の地質「北海道地方」編集委員会編、1990）となる。陸棚外縁斜面は、概ね様な平滑斜面であるが、場所によっては陸側に向かって円弧状または馬蹄形状の平面形態をとる凹地の発達が見られる（例えば、神威岬の西方沖と北方沖）。森木ほか（2017）は、こうした凹地を海底地すべりの跡であるとしている（詳細は、説明書「隆起・侵食」参照）。

小海盆列・堆列と海丘が発達する区間は、上述のとおり、積丹半島南西沖の陸棚外縁斜面の前面においてのみ認められる幅 20～30 km 程度の区間である。その水深は、400～1,000 m 程度であり、その外縁部から水深 3,200～3,300 m（日本の地質「北海道地方」編集委員会編、1990）に位置する後志舟状海盆までは、比高 2,000 m を超える急崖が発達する。この区間の地形を特徴付けるものの

一つは、堆（例えば、岩内堆、神恵内堆）または尾根状の高まり（例えば、神威海脚）と、それらに挟まれる小海盆（神威舟状海盆）または紡錘状の平面形態をとる相対的凹地が、いずれも概ね南北方向に延び、帯状に配列していることである。これらの地形のうち、例えば、岩内堆、および二子海丘の東側の尾根状の高まりは、活背斜と考えられる（北海道電力、2015）。この区間の地形を特徴付けるもう一つの要素は、積丹半島の西北西沖約 30 km に位置する二子海丘である。このうち東側の海丘では、中新世末（約 5.7 Ma）の玄武岩質安山岩が採取されている（岡村ほか、1989）。



図 4.2-2 文献調査対象地区とその周辺の海底地形の概要

アジア航測：赤色立体地図，陸域には国土地理院数値標高データを使用，海域には日本水路協会発行 M7000 シリーズを使用（（一財）日本水路協会承認第 2021006 号）。黒の一点鎖線は神恵内村行政界を，数字は水深（m）をそれぞれ示す。等深線は，水深 200 m 以浅で 40 m 間隔，水深 200 m 以深で 500 m 間隔となる。海岸線は「国土数値情報（海岸線データ）」（国土交通省）に，神恵内村行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

4.3 陸域の地質概説および地質各論

文献調査対象地区および周辺地域の地質概説および地質各論を以下に述べる。

5万分の1縮尺の地質図および推定地質断面図をそれぞれ付図1および付図2に示す。地質層序表を表4.3-1に示す。層序対比表を表4.3-2に示す。付図1および付図2に示した岩相を地層ごとにまとめて表記するなどした地質図（概略版）および推定地質断面図（概略版）を図4.3-1および図4.3-2にそれぞれ示す。

4.3.1 陸域の地質概説

積丹半島の大部分では、古第三紀以降の火山噴出物が分布している。以下に述べる地層の年代については地質層序表（表4.3-1）に示す。

本地域に分布する最下位層は、中生代の堆積岩類などからなる珊内層である。これらは主に半島の北西部に分布し、上位層に覆われるか、あるいは断層で上位層と接する。本層は花崗閃緑岩に貫入されている。

古第三紀以降の地層は、下位より、茅沼層、古平層、古宇川層、豊浜層、余別層、野塚層、熊追山・天狗岳・積丹岳安山岩、段丘堆積物、崖錐・地すべり堆積物および沖積堆積物である。

茅沼層は、半島南部に分布し、主に流紋岩溶岩からなり、上部に泥岩（挟炭層）を含む。

古平層は、半島中央部から南部に分布し、茅沼層を不整合に覆う。半島南部の茅沼層および花崗閃緑岩を取り囲むように基底礫岩層が分布し、北へ向かって安山岩凝灰角礫岩や変質安山岩、泥岩などが堆積している。本層は熱水変質作用を受けており、下部は変質の程度が著しく、上部は変質の程度が低い。半島南部では、南北～北北西-南南東方向の軸を持つ緩い褶曲構造を有する。

古宇川層は、半島中央部および北西部に分布し、主に安山岩やデイサイトなどからなる。下位の古平層とは整合関係にある。

豊浜層は、主に半島沿岸部に分布し、主に安山岩ハイアロクラスタイトまたはデイサイトハイアロクラスタイトからなる。

余別層および野塚層は、半島北部から東部に分布し、主に砂岩やシルト岩からなり、安山岩やデイサイトを含む。これらはそれぞれ下位層を不整合に覆う。

半島中央に熊追山安山岩、東部に天狗岳安山岩、北～西部に積丹岳安山岩が分布する。

本地域では、新第三紀中新世から鮮新世にかけて水中で堆積した火山噴出物が広く分布し、安山岩からなる地層が支配的であると考えられる（詳細は、4.3.2参照）。

4.3.2 陸域の地質

(1) 中生界

(i) 珊内層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の基盤岩類のうちチャート、緑色片岩、スレートおよび珪質準片岩を参考にして整理した。なお、地層名は斎藤・松下（1968）および山岸・石井（1979）において本層に相当すると考えられる「珊内層」の名称を用いている。

古宇川上流域に緑色片岩およびチャートが、珊内川中流に粘板岩などが、マッカ岬南方にはチャートが分布する。花崗閃緑岩の貫入に伴って、ホルンフェルス化したチャートもみられる。化石は産出されていない。

本層に貫入する花崗閃緑岩は後期白亜紀の年代値を示すことから、本層の年代は後期白亜紀以前

と考えられる。

(2) 古第三系漸新統～新第三系下部中新統

(i) 茅沼層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の茅沼累層を主に参考にして整理した。

本層は花崗閃緑岩を不整合に覆って、積丹半島南部の三角山、岩平峠および玉川上流域などに分布する。流紋岩溶岩が大部分を占め、その他、流紋岩凝灰岩、変質安山岩、安山岩凝灰角礫岩、泥岩および砂岩などで構成される。このうち泥岩は、茅沼挟炭層（通商産業省資源エネルギー庁、1985）の母岩である。

通商産業省資源エネルギー庁（1985）が行った流紋岩の年代測定結果は以下のとおりである。

- ・ 33.4±1.8 Ma（ジルコン FT 年代）
- ・ 37.1±2.0 Ma（ジルコン FT 年代）

その他、流紋岩溶結凝灰岩からジルコン FT 年代 21.8±3.9 Ma（雁沢、1983）、茅沼挟炭層（Tanai, 1961）および夾炭頁岩層（山岸、1986）から阿仁合型植物群が報告されている。なお、阿仁合型植物群の出現年代は 26～22 Ma と推定されている（鹿野・柳沢、1989）。以上より、本層の堆積年代は漸新世～前期中新世と考えられる。

前述した植物化石が産出されることや、溶結凝灰岩が確認されている（山岸・積丹団研グループ、1979）ことから、本層の堆積環境は陸上であった可能性が高いと考えられる。

本層は、斎藤・松下（1968）、Yamagishi (1981) および斎藤ほか（1952）の茅沼累層に相当すると考えられる。

(3) 新第三系中新統

(i) 古平層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の古平累層を主に参考にして整理した。

本層は、積丹半島南部から中央部に分布し、下位の茅沼層を不整合に覆う。本層は熱水変質作用を受けており、下部は変質の程度が著しく、上部は変質の程度が低い。下部は、最下部の礫岩とこれより上の泥岩、変質安山岩、安山岩凝灰角礫岩および玄武岩溶岩などより構成される。これらは指交関係あるいは挟在して分布する。礫岩は基底礫岩として分布する。上部は、主として変質安山岩、安山岩凝灰角礫岩、流紋岩、同凝灰角礫岩、泥岩、玄武岩溶岩、礫岩、苦鉄質凝灰岩などからなる。上部について、大局的にみて流紋岩の火成活動に始まり、安山岩火成活動が続き、最後に小規模な玄武岩火成活動で終了したと考えられる。これら火成活動の間に、泥岩・砂岩あるいは礫岩などの堆積があったと考えられる。

本層は、山岸・石井（1979）の古宇川層の一部に相当すると考えられ、この文献中に水冷破砕岩（ハイアロクラスタイト）に関する記載があることから、本層は海底火山噴出物を含むと考えられる。

本層中の流紋岩、同凝灰岩、泥岩中に神恵内鉱床が、本層と珊瑚内層の粘板岩との境界に珊瑚内鉱床がそれぞれ胚胎する。

通商産業省資源エネルギー庁（1985）では、泥岩・砂岩より陸生植物化石の産出が報告されている。本層下部より、阿仁合・台島混合型植物群の産出が報告されている（山岸、1986）。

通商産業省資源エネルギー庁（1985）が行った本層の年代測定結果は以下のとおりである。

- ・ 流紋岩より 17.6 ± 1.0 Ma（ジルコン FT 年代）
- ・ 玄武岩溶岩より 15.1 ± 1.5 Ma（全岩 K-Ar 年代）

これらより、本層の年代は、前期～中期中新世であると考えられる。

なお、広瀬ほか（2000）が本層の分布域から報告している年代値 6.98 ± 0.38 Ma（全岩 K-Ar 年代）については、中部中新統古宇川層と逆転する値であることと、試料採取位置が上部中新統豊浜層の分布域に近接していることから、豊浜層の年代値である可能性もある。

本層は、根本ほか（1955）の古平川累層の一部に、斎藤ほか（1952）の茅沼累層礫岩層に相当すると考えられる。

(ii) 古宇川層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の古宇川累層を主に参考にして整理した。

本層は、積丹半島中央部から西部に分布し、デイサイト、同凝灰角礫岩、流紋岩凝灰角礫岩、泥岩、安山岩凝灰角礫岩、安山岩などより構成される。半島南東部では、緑色砂岩および緑色軽石質凝灰岩が分布する。本層の変質の程度は、全体として古平層上部より微弱である。下位の古平層と整合関係にある。本層は、山岸・石井（1979）の古宇川層と尾根内層の一部に、山岸（1980）の古宇川層と泊累層に相当すると考えられる。これらの文献中で水冷破碎岩（ハイアロクラスタイト）に関する記載があることから、本層は海底火山噴出物を含むものと考えられる。

本層の安山岩に西の河原鉦床が胚胎する。

通商産業省資源エネルギー庁（1985）が行った本層の年代測定結果は以下のとおりである。

- ・ 滝の沢入口付近のデイサイトより 12.0 ± 0.8 Ma（ジルコン FT 年代）
- ・ 美国川支流付近のデイサイトより 11.3 ± 0.8 Ma（ジルコン FT 年代）
- ・ 川白岬付近のデイサイトより 9.3 ± 0.6 Ma（ジルコン FT 年代）

本層は後述するドレライト（ 11.7 ± 1.3 Ma, 全岩 K-Ar 年代）に貫入されており（通商産業省資源エネルギー庁, 1985）、ドレライトの貫入時期と川白岬付近のデイサイトの年代値に矛盾が生じているが、地質層序全体を俯瞰してみると、本層の年代は概ね中期中新世と考えられる。

本層は、根本ほか（1955）の美国-湯内層の変朽安山岩と古平川累層の一部に相当すると考えられる。

(iii) 豊浜層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の豊浜累層を主に参考にして整理した。

本層は下位層を不整合に覆って、主に積丹半島の沿岸地域に分布する。大部分は、輝石安山岩ハイアロクラスタイト、普通角閃石デイサイトハイアロクラスタイトで構成され、部分的に普通角閃石デイサイト、砂岩およびシルト岩、軽石質凝灰岩、輝石安山岩、礫岩などがみられる。神恵内村 2 号井および神恵内村 3 号井（高見ほか, 2008；藤本ほか編, 2004）のボーリング調査結果によると、本層基底は標高 450 m 付近にあると想定される。

本層の堆積年代について、通商産業省資源エネルギー庁（1985）は、本層中のシルト岩および砂岩より産出した珪藻化石を秋葉（1983）の *Denticulopsis dimorpha* 帯（11.3～10.4 Ma）および

Thalassionema schraderi 帯 (9.0~7.4 Ma) に対比している。嵯峨山 (2002) は、本層でのボーリングのスライムから採取した珪藻化石を本山・丸山 (1998) および Yanagisawa & Akiba (1998) の *D. dimorpha* 帯 (それぞれ 9.9~9.16 Ma, 10.0~9.2 Ma) に対比している。通商産業省資源エネルギー庁 (1985) は、普通角閃石デイサイトより、全岩 K-Ar 年代 8.8 ± 0.4 Ma および普通角閃石 K-Ar 年代 9.6 ± 2.2 Ma を報告している。広瀬ほか (2000) は、本層に対比されると考えられる地層より、全岩 K-Ar 年代 11.22 ± 0.57 Ma, 10.00 ± 0.51 Ma, 9.77 ± 0.52 Ma, 7.62 ± 0.39 Ma を報告している。

以上より、本層の年代は、後期中新世と考えられる。積丹川右岸の山地地域に分布し本層に対比されると考えられる安山岩について、全岩 K-Ar 年代 3.81 ± 0.20 Ma が報告されている (広瀬ほか, 2000) ことから、この地域では豊浜層の堆積時期は鮮新世まで及んでいた可能性もある。なお、広瀬ほか (2000) は、文献調査対象地区西部の海岸部付近の安山岩から本層に対比される尾根内層の年代値として、全岩 K-Ar 年代 2.54 ± 0.13 Ma を報告している。この付近の地質について、斎藤・松下 (1968) では、積丹岳安山岩に相当すると考えられる新規火山噴出物の分布域となっており、この付近の地層分布および区分に留意する必要がある。

本層は、山岸 (1980) の泊累層の一部、尾根内層およびトーマル川層に、山岸・石井 (1979) の尾根内層の一部 (主に沿岸分布域) に、根本ほか (1955) の美国一湯内累層の変朽安山岩を除く部分に相当すると考えられる。

(4) 新第三系上部中新統~第四系

(i) 余別層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の余別累層を主に参考にして整理した。

本層は、調査対象地区北方の半島北西部の余別川および幌内府川流域に分布し、下位の豊浜層を不整合に覆う。

本層は主に、基底部の砂岩および礫岩からなる互層とその上のシルト岩、軽石質凝灰岩、最上位の安山岩ハイアロクラスタイトからなる。

本層の堆積年代について、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) は、本層中のシルト岩より産出した珪藻化石を秋葉 (1983) の *D. kamtschatica* 帯 (6.0~3.2 Ma) に対比している。嵯峨山 (2002) は、本層中のシルト岩より産出した珪藻化石を本山・丸山 (1998) および Yanagisawa & Akiba (1998) の *Thalassiosira oestrupii* 帯 (それぞれ 5.49~3.95-3.53 Ma, 5.5~3.9-3.5 Ma) に対比している。通商産業省資源エネルギー庁 (1985) は、普通角閃石安山岩よりジルコン FT 年代 6.5 ± 0.6 Ma を報告している。以上より、本層の年代は、後期中新世~鮮新世と考えられる。

本層は、山岸・石井 (1979) の余別層、および野塚層の一部に相当すると考えられる。

(ii) 野塚層

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の野塚累層を主に参考にして整理した。

文献調査対象地区北方の神威岬付近や積丹半島北部の余別岳および積丹岳、天狗岳の北山麓付近に分布する。通商産業省資源エネルギー庁 (1985) において、下位の余別累層 (余別層) を不整合に覆う部分と整合的に累重する所があるとされているが、同文献の総合地質柱状図 (地質層序表) では不整合とされていることから、本説明書の地質層序表 (表 4.3-1) では余別層と不整合としている。

本層は、固結度の低い砂岩礫岩互層、シルト岩砂岩互層を主とするとともに、デイサイトおよび

デイサイト火山角礫岩などからなる。砂岩礫岩互層およびシルト岩砂岩互層は、神威岬付近や積丹半島北部の余別岳および積丹岳北麓に、デイサイトおよびデイサイト火山角礫岩は半島南部の天狗岳北麓に分布する。半島北部に分布する本層は主に砂岩およびシルト岩から構成されること、および淡水性珪藻化石や花粉化石を産出する（通商産業省資源エネルギー庁、1985）ことから、本層の堆積環境には陸が含まれていたと考えられる。

本層の堆積年代について、通商産業省資源エネルギー庁（1985）は、積丹岳北麓に分布する本層浅黄色凝灰質粘土より産出した珪藻化石を秋葉（1983）の *D. seminae* v. *fossilis*-*D. kamtschatica* 帯（3.2～2.4 Ma）に対比している。また、転多付近の沢から *Gephyrocapsa oceanica* などの 1.65 Ma より若い石灰質ナンノ化石を報告している。これらの化石年代データ、および本層を覆うと考えられる積丹岳溶岩（本説明書の積丹岳安山岩に相当すると考えられる）から全岩 K-Ar 年代 2.03 ± 0.12 Ma（Watanabe, 1990）が報告されていることを考慮すると、半島北部に分布する本層の年代は鮮新世～前期更新世と考えられる。一方、半島南部に分布する本層は、デイサイトおよびデイサイト火山角礫岩から構成され、本層を覆うと考えられる天狗岳溶岩（本説明書の天狗岳安山岩に相当すると考えられる）の噴出年代として、全岩 K-Ar 年代 3.3 ± 0.2 Ma（Watanabe, 1990）が得られていることから、半島南部に分布する本層の噴出年代は鮮新世と考えられる。以上のとおり、本調査で整理した本層の岩相および年代は、半島北部と南部で差異があり、これらは異なる地層に区分される可能性がある。

本層のうち、神威岬および積丹岳北麓に分布するものは、山岸・石井（1979）の野塚層の一部に相当すると考えられる。また、天狗岳北麓に分布するものは、根本ほか（1955）の美国一湯内累層の一部に相当すると考えられる。

(iii) 熊追山安山岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の新时期溶岩類のうち熊追山安山岩を主に参考にして整理した。

本岩体は熊追山周辺に南北方向に分布し、主に普通角閃石安山岩からなり、凝灰岩および凝灰質角礫岩を挟在する。古平層と古宇川層を不整合に覆う。噴出年代に関する情報はないが、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか、2012）において第四紀の活動の可能性が指摘されている。これより、本調査では噴出年代が第四紀に及ぶものとして取り扱った。

本岩体は、根本ほか（1955）の冷水山溶岩と当丸山溶岩に、斎藤ほか（1952）の冷水山噴出物に相当すると考えられる。

(iv) 天狗岳安山岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の新时期溶岩類のうち天狗岳安山岩を主に参考にして整理した。

本岩体は天狗岳、湯内岳および稲倉石山周辺に分布し、主に普通角閃石安山岩からなり、下位層を不整合に覆う。

本岩体の噴出年代として、全岩 K-Ar 年代 3.3 ± 0.2 Ma が報告されている（Watanabe, 1990）ことから、鮮新世以降の噴出と考えられる。

本岩体は、根本ほか（1955）の湯内岳溶岩、天狗岳溶岩および稲倉石山溶岩に、斎藤ほか（1952）の稲倉石山噴出物に相当すると考えられる

(v) 積丹岳安山岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の新时期溶岩類のうち積丹岳安山岩を主に参考にして整理した。

本岩体は、主に余別岳および積丹岳周辺に分布し、斜長石と普通角閃石の斑晶がみられる普通角閃石安山岩を含有する。柱状節理や板状節理がみられる。大森山付近は当岩体の下部にあたり、主に輝石安山岩からなる。下位層を不整合に覆う。

本岩体の噴出年代について、積丹岳付近から全岩 K-Ar 年代 2.03 ± 0.12 Ma が得られている（Watanabe, 1990）。本岩体に覆われる野塚層の堆積年代も含めて考慮すると、第四紀前期更新世の噴出と考えられる。

本岩体は、山岸（1980）の大森山溶岩に、山岸・石井（1979）の大森山溶岩および積丹岳溶岩に、根本ほか（1955）の積丹岳溶岩に相当すると考えられる。

(vi) 段丘堆積物

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の第四紀堆積物のうち段丘堆積物を参考にして整理した。

本層は主に珊内川や余別川の流域、積丹岳北麓や海岸部に分布し、砂および礫などからなる。本層の堆積年代は主に中期～後期更新世と考えられる。

(vii) 崖錐・地すべり堆積物

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の第四紀堆積物のうち崖錐・地すべり堆積物を参考にして整理した。

本層は、主に山間部に分布し、砂および礫などからなる。本層の堆積年代は中期～後期更新世と考えられるが、完新世を含む可能性がある。

(viii) 沖積堆積物

本層の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の第四紀堆積物のうち沖積層を参考にして整理した。

主に河川沿いに分布し、砂および礫などからなる主に完新世の堆積物である。

(5) 貫入岩

(i) 花崗閃緑岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁（1985）の基盤岩類のうち花崗閃緑岩を主に参考にして整理した。

本岩体は、花崗閃緑岩を主体とし、石英閃緑岩、閃緑岩などからなる複合岩体から構成され、文献調査対象地区北西部の珊内層に貫入し、積丹半島南部では茅沼層などに覆われる。灰白色粗粒で 3～5 mm 大の石英・斜長石・普通角閃石などがみられる完晶質岩石である。貫入した周囲の堆積岩類にホルンフェルス化している部分もある。茅沼層とそれより上位の地層に不整合に覆われる。

年代値については、通商産業省資源エネルギー庁（1985）により、ジルコン FT 年代 77.1 ± 4.9 Ma（珊内川中流）および普通角閃石 K-Ar 年代 74.5 ± 3.7 Ma（発足川上流）が報告されている。一方、番場ほか（1971）は 30 Ma（黒雲母 K-Ar 年代）、石原ほか（1998）は 13.3 ± 0.4 Ma（全岩 K-Ar 年

代) (いずれも半島南部) と、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) よりも若い値を報告している。しかしながら、番場ほか (1971) は本年代値について「再検討中」、石原ほか (1998) は試料採取露頭について「一般に浸透性 (pervasive) な変質作用が著しく、部分的にはクロット状、細脈状の緑簾石、割目を満たして黄鉄鉱・炭酸塩・緑泥石などが認められる」としており、これら 2 つの年代値の扱いには留意が必要であると考えられる。

以上のように、本岩体では、後期白亜紀、漸新世および中期中新世の年代値が得られているが、珊瑚層に接触変成作用を与えていることや漸新世～前期中新世の茅沼層に不整合関係で覆われること、前期中新世～中期中新世の古平層基底の礫岩中に本岩体を起源とする可能性のある花崗岩礫を含んでいることを考慮して、本調査では本岩体の年代を後期白亜紀としている。一方で、これら 4 つの年代値は、白亜紀の岩体と古第三紀～新第三紀の岩体の混在を示している可能性も考えられる (例えば、日本地質学会編, 2010)。

本岩体は、斎藤ほか (1952) 「茅沼」の酸性貫入岩類石英閃緑岩に相当すると考えられる。

(ii) 石英閃緑岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類石英閃緑岩を参考にして整理した。

本岩体は、調査対象地域を含む積丹半島中央～西部の古平層と古宇川層に貫入している。半島北東部の美国川河口部東方で、豊浜層と接する。

鏡下では、石英や斜長石がみられる。変質作用を受けている場合もある。

本岩体の年代について、ジルコン FT 年代 14.2 ± 0.8 Ma (盃川中流) が得られている (通商産業省資源エネルギー庁, 1985)。

(iii) 石英斑状花崗岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類石英斑岩を参考にして整理した。なお、現在の岩石名称に合わせ、本調査では石英斑岩を石英斑状花崗岩と読み替えている。通商産業省資源エネルギー庁 (1985) において、本岩体は粗粒完晶質といった記載がある。

本岩体は、調査対象地域を含む積丹半島中央～西部の古平層と古宇川層に貫入している。文献調査対象地区南東部の神恵内村行政界付近や半島北東部の美国川河口部東方で、豊浜層に覆われる。

鏡下では、石英や斜長石がみられる。両古美山付近では、黄鉄鉱染を伴う粘土化変質を受けている。

文献調査対象地区南部から泊村に至る範囲では、本岩体の分布域が石英閃緑岩の分布域に近接し、本岩体がこれに貫入している、あるいは貫入されている地域がみられることから、本岩体および石英閃緑岩の火成活動が相互に関係している可能性がある。

(iv) ドレライト

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類粗粒玄武岩を主に参考にして整理した。

本岩体は、沼前岬付近の古宇川層泥岩中に岩床状に分布し、柱状節理が発達する。鏡下では、斜長石、普通輝石および直方輝石がみられる。

本岩体の年代について、全岩 K-Ar 年代 11.7 ± 1.3 Ma (沼前岬) (通商産業省資源エネルギー庁,

1985) および同 $11.12 \pm 0.57 \text{ Ma}$ (広瀬ほか, 2000) が得られている。

(v) 流紋岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類流紋岩を参考にして整理した。
西ノ河原付近では古宇川層を北東-南西方向に貫く岩脈として、積丹岬東方では豊浜層に岩床として貫入している。鏡下では、石英、斜長石および黒雲母などの斑晶がみられる。

(vi) デイサイト

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類石英安山岩を参考にして整理した。

本岩体は、古宇川付近、珊内川中流域付近や西ノ河原付近などで、古平層、古宇川層および豊浜層に貫入する岩脈である。石英および斜長石などの斑晶がみられる。

本岩体の年代について、全岩 FT 年代 $2.9 \pm 0.6 \text{ Ma}$ (珊内川中流) が得られている (通商産業省資源エネルギー庁, 1985)。

(vii) 安山岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類安山岩を参考にして整理した。
本岩体は、キナウシ川流域付近や当丸山北方付近などで、古平層、古宇川層および豊浜層に貫入する岩脈である。キナウシ川流域付近では概ね東西方向の貫入方向を示す。

鏡下では、斜長石、石英、黒雲母および普通角閃石の斑晶がみられる。

(viii) 玄武岩

本岩体の内容は、通商産業省資源エネルギー庁 (1985) の貫入岩類玄武岩を参考にして整理した。
本岩体は、古平川上流域付近などで、古平層に貫入する。鏡下では、斜長石などの斑晶がみられる。

²全岩 K-Ar 年代もしくはジルコン FT 年代の誤記と考えられるが、本説明書では原典のまま記載している。

表 4.3-1 神恵内村および周辺地域地質層序表

陸域の貫入岩は省略。地質年代の数値は日本地質学会執行理事会（2023）に基づく。

地質年代	地質層序（陸域）	岩相	地質層序（海域）	岩相		
第四紀 更新世	完新世	沖積堆積物（崖錐・地すべり堆積物）	I	泥および砂など		
	後期	段丘堆積物および崖錐・地すべり堆積物			II	泥および砂など
	中期		III	泥および砂など		
	前期				IV	泥岩および砂岩など
第三紀 鮮新世	積丹岳安山岩	【積丹岳安山岩】 普通角閃石安山岩および輝石安山岩	V	泥岩および砂岩など または火山岩類		
	天狗岳安山岩	【天狗岳安山岩】 普通角閃石安山岩				
	熊追山安山岩	【熊追山安山岩】 普通角閃石安山岩	VI	泥岩および砂岩など または火山岩類		
	野塚層	【野塚層】 砂岩およびシルト岩 デイサイト デイサイト火山角礫岩				
	余別層	安山岩 ハイアロクラスタイト シルト岩および軽石質凝灰岩 砂岩および礫岩				
	豊浜層	砂岩およびシルト岩 普通角閃石デイサイト 軽石質凝灰岩 普通角閃石デイサイト ハイアロクラスタイト 礫岩 輝石安山岩 輝石安山岩ハイアロクラスタイト				
第三紀 中新世	古宇川層	安山岩 安山岩凝灰角礫岩 緑色軽石質凝灰岩 緑色砂岩 泥岩 流紋岩凝灰角礫岩 デイサイト凝灰角礫岩 デイサイト	VII	泥岩および砂岩など または火山岩類		
	古平層	変質安山岩 玄武岩溶岩 苦鉄質凝灰岩 安山岩凝灰角礫岩 泥岩 流紋岩 流紋岩凝灰角礫岩 流紋岩凝灰角礫岩 安山岩凝灰角礫岩 泥岩			流紋岩凝灰角礫岩 礫岩 玄武岩溶岩 変質安山岩 礫岩	
	茅沼層	泥岩および砂岩 安山岩凝灰角礫岩 変質安山岩 流紋岩凝灰岩			VII	泥岩および砂岩など または火山岩類
	流紋岩溶岩	流紋岩溶岩				
先古第三紀	珊内層	粘板岩およびチャート				

〜：不整合

表 4.3-2 神恵内村および周辺地域陸域層序対比表

北海道電力 (2015), 通商産業省資源エネルギー庁 (1985), Yamagishi (1981), 斎藤・松下 (1968), 山岸・石井 (1979), 山岸 (1980), 根本ほか (1955), 斎藤ほか (1952), 石田ほか (1991) および日本地質学会 (2010) を参照し, 編集して作成。地質年代の数値は日本地質学会執理事会 (2023) に基づく。各文献の地質層序で地質年代が不明確な部分については, 各文献中の層序対比表などを参考に加筆して本表に反映している。

地質年代	本説明書	北海道電力 (2015) 積丹地域	通商産業省資源 エネルギー庁 (1985) 積丹広域 (総括)	Yamagishi(1981) 積丹半島	斎藤・松下 (1968) 積丹半島総括	山岸・石井 (1979) 5万分の1地質図幅 余別および積丹岬	山岸 (1980) 5万分の1地質図幅 神恵内	根本ほか (1955) 5万分の1地質図幅 古平 (附幌武意)	斎藤ほか (1952) 5万分の1地質図幅 茅沼	石田ほか (1991) 20万分の1地質図幅 岩内 (第2版) 積丹広域	日本地質学会編 (2010) 八幡編集 積丹半島北部	日本地質学会編 (2010) 八幡編集 積丹半島南部
0.0117 Ma	完新世 沖積堆積物 (崖錐・ 地すべり堆積物)	沖積層等	沖積層		沖積層 崖錐および 扇状地堆積物	現河床堆積物	現河床堆積物	沖積層	氾濫原堆積層 砂丘層			
0.129 Ma	第四紀 後期 段丘堆積物 および崖錐・ 地すべり堆積物	低・中・高位 段丘堆積物 及び発足層	崖錐・ 地すべり堆積物 段丘堆積物	地すべり堆積物 段丘堆積物 更新世溶岩類	新規火山灰層 段丘堆積物 および洪積層 更新世火山噴出物	地すべり堆積物 第1~4段丘堆積物	河岸段丘堆積物 地すべり堆積物 第1・2段丘堆積物	段丘堆積物	幌似火山 灰層 赤井川 火山 噴出物 冷水山 噴出物 発足 礫層 余市川 礫層 稲倉石山 噴出物		野塚層	
0.774 Ma	更新世 前期	野塚層	岩内層 野塚層	野塚層	野塚層	積丹岳溶岩 大森山溶岩	大森山溶岩	火山噴出物 (積丹岳、当丸山、 天狗岳等)	滝ノ潤砂礫層	野塚累層	野塚層	野塚層
2.58 Ma	鮮新世 後期	野塚層	野塚層	野塚層	野塚層	野塚層	野塚層	美国 湯内累層				
3.600 Ma	鮮新世 前期	余別層	余別層	余別層	余別層	余別層	余別層	余別層		余別層	余別層	余別層
5.333 Ma	新第三紀 後期	豊浜層	神恵内層	豊浜層	神恵内層	余別層	余別層	積丹層群 トーマル川 尾根内層		豊浜層	トーマル川層	豊浜層
11.63 Ma	中新世 中期	古宇川層	古平層	古宇川層	古平層	尾根内層	尾根内層	古平川 累層	積丹層群 泊累層 古平川 累層	古宇川層	尾根内層	泊層
15.98 Ma	中新世 前期	古平層	古平層	古平層	古平層	古宇川層	古宇川層	古宇川層		古平層	古宇川層	
23.03 Ma	古新世	茅沼層	茅沼層	茅沼層	茅沼層				積丹層群 泊累層 茅沼層	茅沼層	茅沼層	茅沼層
33.9 Ma	始新世											
56.0 Ma	晚新世											
66.0 Ma	先古第三紀	珊瑚層	リヤムナイ層 花崗岩類	基盤岩類	基盤岩	珊瑚層	珊瑚層		リヤムナイ層			

~~~~~ : 不整合  
 ~~~~~ : 貫入  
 } : 同時異相

4.3.3 陸域の地質構造

文献調査対象地区および周辺地域の地質構造に対する概要（付図1および図4.3-1）と、推定地質断面図（付図2および図4.3-2）について以下に述べる。

(1) 概要

本地域の最下層である珊内層と花崗閃緑岩は積丹半島の西部に分布する。これらを覆う新生界の茅沼層、古平層および古宇川層は、主に半島中央～西部に露出する。半島北西部の珊内川上流域付近では珊内層と花崗閃緑岩を取り巻くように古平層や古宇川層がドーム状に分布する。半島南西部では、古平層が、北北西～南南東方向で北北西方向にプランジした、翼部が緩傾斜を有する背斜構造に規制されて分布する。

豊浜層は、走向・傾斜の情報がほとんどないため地質構造が不明であるが、下位層を不整合に覆う（通商産業省資源エネルギー庁、1985）。ハイアロクラスタイトを含む海成層を主体とする豊浜層が半島縁辺部に分布することと、余別層と野塚層は北～東部に分布する一方で西部に分布していないことから、概ね豊浜層堆積以降から西側の山地が本格的な隆起を開始したと考えられる。余別層と野塚層は、概ね北～北東方向に傾斜していることから、これらの堆積以降も半島西側の隆起が継続し、これに伴って余別層と野塚層が傾動した可能性がある。

半島内の断層の多くが、南北～北西～南東走向を示す。このうち、古平上流域から熊追山東方付近のほぼ南北方向の断層は、地質図上の長さが10km程度で、ほぼ同方向の軸を持つ背斜構造の軸部西側に位置し、古平層に見かけ横ずれ変位を生じさせている。当該断層の傾斜方向などの詳細は不明であるが、上述のとおり、ほぼ同方向の軸を持つ背斜構造が付近にあることから、褶曲構造形成に関連した断層である可能性も考えられる。

文献調査対象地区内の珊内川流域、古宇川上流域および当丸山付近に示される断層について、これらの地質図上の長さは短く活動時期は不明である。後期中新世以降の半島西部の隆起に伴って生じた断層である可能性がある。なお、通商産業省資源エネルギー庁（1985）では、古宇川上流域および当丸山付近の断層が、崖錐・地すべり堆積物を横断している。しかし、当該堆積物と周囲の地層との境界線に変位はみられない。当該断層の分布や活動時期については留意する必要があるものの、本説明書の付図および概要版地質図では当該文献のまま示している。

珊内川付近に示す断層に関する詳細な情報はないが、この付近では珊内層および花崗閃緑岩を中心に古平層や古宇川層がドーム状に分布していることや、断層の走向方向の統一性が乏しいことから、ドーム状の構造形成時の隆起に伴って生じた正断層である可能性がある。

古宇川上流域に分布する珊内層は東西縁の断層を境にして古宇川層と境する。当断層に関する詳細な情報はないものの、前期中新世以降の引張応力場（例えば、中嶋、2018）においてこの周辺が沈降・海進したときに生じた正断層である可能性がある。

当丸山北方の走向方向が概ね東北東～西南西方向の断層に関する詳細な情報はない。

通商産業省資源エネルギー庁（1985）に記載されていないことから、本地質図には表記していないものの、半島陸域の活構造に関する情報として、兜岬と熊老山の間付近から南東方向に16km分布する発足リニアメント（活断層研究会編、1991；北海道電力、2015）がある（詳細は、「地震・活断層に関する説明書」参照）。

(2) 推定地質断面図

積丹半島長軸方向とこれに直交する方向に A-A' 断面～G-G' 断面を設定した。推定地質断面図の作成に当たっては、地表地質情報に加えてボーリング調査などの結果を参照している。各断面における地質・地質構造について以下に示す。

(i) A-A' 断面

本断面は積丹半島を西北西－東南東方向に横断し、文献調査対象地区の北方を通る。

西北西端部では古宇川層が露出し、東へ緩傾斜し、これを豊浜層と余別層が覆う。余別岳およびポンネアンチン山付近では、積丹岳安山岩が下位層を不整合に覆って分布する。積丹岳溶岩の東南東側では古宇川層とこれより下位の地層が分布する。古宇川層の走向・傾斜に関する情報が乏しく、詳細な地質構造は不明であるが、周辺の地質・地質構造から北～北西方向に緩傾斜していると推定される。

東南東部に分布する古平層は、本断面南方の背斜構造 (B-B' 断面にて後述) の延長として G-G' 断面との交点部よりやや西北西側に軸部を持つ緩い背斜構造を呈する。東南の古平川層は、豊浜層、野塚層および天狗岳安山岩に覆われる。

(ii) B-B' 断面

本断面は積丹半島を西北西－東南東方向に横断し、文献調査対象地区中央の北西～南東部を通る。

西北西端部では、古宇川層が露出し東へ緩傾斜し、豊浜層に覆われる。珊内川付近に分布する珊内層の西側に分布する古平層は、周囲の地質構造を考慮すると西に傾斜し、豊浜層の下で向斜構造を呈していると推定される。この付近の古平層および豊浜層を切る断層は、この向斜構造の軸が概ね同走向と考えられることから、向斜構造形成に伴う層面すべり断層の可能性がある。なお、川白岬の北東付近では、大規模な地すべりがみられる。

古宇川上流域にも珊内層が分布する。前述の同層分布域との間は積丹岳安山岩に覆われ、その下位層の地質分布の詳細は不明であるが、周辺の地質・地質構造から緩い向斜構造を呈していると推定される。古宇川上流域の珊内層を境する断層は、地質図上での長さが比較的短い (数 km 程度) ことから、後期中新世以降の半島西部の隆起に伴って浅層部に生じた断層である可能性がある。また、崖錐・地すべり堆積物を切っている (通商産業省資源エネルギー庁, 1985) が、詳細は不明である。なお、本断面上の2ヵ所に分布する珊内層は、いずれも花崗閃緑岩に貫入されている。

F-F' 断面との交点部付近から東南東方向に向かって、古宇川層とそれより下位の地層が分布し、G-G' 断面との交点部付近では古平層下部が分布する。熊追山安山岩の下に分布する古平層とこれより下位の地層は、周辺の地質・地質構造から緩い向斜構造を呈していると推定される。G-G' 断面との交点部付近の東側では、古平層下部が緩い背斜構造を持って分布する。

(iii) C-C' 断面

本断面は積丹半島を西北西－東南東方向に横断し、文献調査対象地区の西～南東部を通る。

西北西端部のマッカ岬付近に珊内層とこれを覆う古宇川層が露出し、これらを豊浜層が覆っている。文献調査対象地区海域の大陸棚北部では珊内層に相当すると考えられるVII層が広く分布する (4.4 参照) ことから、本断面の珊内層は海域まで連続している可能性がある。

文献調査対象地区の南西部に分布する豊浜層の下位層は、周囲の地質・地質構造より緩い向斜構

造を呈していると推定される。F - F' 断面との交点部付近のトーマル川付近で実施された神恵内村 4 号井、神恵内村 6 号井のボーリング調査結果（高見ほか、2008；藤本ほか編、2004）によると、標高約-1,500 m 付近まで古平層に相当する地層が分布すると推定されている。

文献調査対象地区の南東部では、北北西-南南東方向の軸を持つ緩い褶曲構造（背斜・向斜）を有して古平層が分布する。これらに貫入する石英閃緑岩の年代は中期中新世（ $14.2 \pm 0.8 \text{ Ma}$ （ジルコン FT 年代）、通商産業省資源エネルギー庁、1985）であり、これに近接して貫入する石英斑状花崗岩もほぼ同時代である可能性がある。豊浜層は古宇川層以下の地層を不整合に覆うことから、古宇川層以下の地層を規制する褶曲構造は、豊浜層堆積前に形成された可能性が考えられる。

G - G' 断面との交点部付近では、古平層が緩い向斜構造に規制されて分布し、その軸部付近に熊追山安山岩が噴出している。

(iv) D - D' 断面

本断面は積丹半島を西北西-東南東方向に横断し、文献調査対象地区の南端部を通る。

西北西端部では豊浜層が分布し、本断面北方の古宇川河口付近の神恵内村 2 号井および神恵内村 3 号井のボーリング調査結果（高見ほか、2008；藤本ほか編、2004）および神恵内温泉井のボーリング調査結果（高見ほか、2008；酒匂ほか、1977）によると、豊浜層に相当する地層が標高約-500 m 付近まで分布すると推定されている。同層の東南東方向には下位の古平層が分布し、本断面南方の茂岩川流域付近で実施された茂岩 4 号井および茂岩 6 号井のボーリング調査結果によると、標高約-1,000 m 付近まで古平層に相当する地層が分布すると推定されている。したがって、古平層は西に傾斜して分布すると考えられる。古平層は、熊追山西方で石英斑状花崗岩および石英閃緑岩に貫入され、東南東の茅沼層を覆う。茅沼層は東南東部で、花崗閃緑岩を覆う。茅沼層の地質構造の詳細は不明であるが、C - C' 断面から連続する褶曲構造の影響を受けていると考えられる。

(v) E - E' 断面

本断面は積丹半島を北北東-南南西方向に横断し、文献調査対象地区の西部を通る。

南南西側の珊内川上流部付近では珊内層が分布し、これを覆って古平層や古宇川層が南南西方向と北北東方向に傾斜して分布する。珊内川下流域付近で実施された神恵内村 5 号井のボーリング調査結果（高見ほか、2008；藤本ほか編、2004）によると、古平層は地表から標高約-60 m まで分布し、珊内層はこれ以深に分布する。海底地質図（図 4.4-1）ではマッカ岬西方海域には珊内層に相当すると考えられる VII 層（始新統以下）が分布している。B - B' 断面との交点部付近では、花崗閃緑岩および古平層にほぼ東西方向にデイサイトの岩脈が貫入する。

珊内川上流域より北北東側は、豊浜層と積丹岳安山岩が分布する。地質層序や周囲の地質構造を考慮すると、これらの中には古宇川層が分布すると推定される。

積丹岳北麓では余別層と野塚層が概ね北に緩傾斜して分布する。北北東端部の積丹川右岸では豊浜層が分布する。

(vi) F - F' 断面

本断面は積丹半島を北北東-南南西方向に横断し、文献調査対象地区の中央を通る。

南南西端部では、古平層が豊浜層に覆われ、本断面西方の古宇川河口付近で実施された神恵内村 2 号井、神恵内村 3 号井のボーリング調査結果（高見ほか、2008；藤本ほか編、2004）および神恵

内温泉井のボーリング調査結果（高見ほか，2008；酒匂ほか，1977）によると，標高約-500m以深に古平層に相当する地層が分布すると推定されている。また，トーマル川付近で実施された神恵内村4号井および神恵内村6号井のボーリング調査結果（高見ほか，2008；藤本ほか編，2004）によると，古平層の変質安山岩に相当する地層が標高約-1,500 m付近まで分布すると推定されている。本断面で示す2孔間における古平層の地層の連続性が不連続であるようにみられることから，断層が分布する可能性もある。南南西部のトーマル川付近では，北北西－南南東方向の北北西方向にブランチした，小規模な背斜構造を呈し分布する。C - C' 断面との交点部付近では，古平層および豊浜層にはほぼ西北西－東南東方向にデイサイトの岩脈が貫入する。

古宇川およびトーマル川の左岸付近では，石英斑状花崗岩が古平層および古宇川層に貫入し，複数箇所において露出することから，地下浅層部にこれらの岩体が分布している可能性も考えられる。これより北北東に向かって，古平層と古宇川層が概ね北に緩傾斜して分布する。

文献調査対象地区北部から美国川上流域にかけては，古宇川層および豊浜層が分布し，走向・傾斜の情報が少なく地質構造の詳細は不明であるが，地質層序や周囲の地質構造を考慮すると，概ね北に緩傾斜しているものと推定される。

A - A' 断面との交点部より北北東側では，積丹岳安山岩が古宇川層および豊浜層を覆って分布し，積丹岳北麓では野塚層を覆う。周囲に余別層の分布はみられない。北北東端部では，豊浜層が分布する。

(vii) G - G' 断面

本断面は積丹半島を北北東－南南西方向に横断し，文献調査対象地区の東方を通る。

熊追山南方では，茅沼層が花崗閃緑岩を覆って分布する。本層の走向・傾斜の情報が乏しいため地質構造の詳細は不明であるが，地質層序や周囲の地質構造を考慮すると，背斜構造を呈すると考えられる。茅沼層の泥岩などは限定的な分布を示すが，これは古平層の基底礫岩の堆積前に削剥されたためと推定される。

茅沼層を不整合に覆う古平層のうち，南南西側は南西に約 25～45°程度傾斜して分布し，南南西端部では豊浜層が古平層を不整合に覆う。本断面西方で実施された泊村茅沼井のボーリング調査結果（高見ほか，2008；藤本ほか編，2004），および北海道電力泊発電所の地質構造（北海道電力，2015）によると，古平層に相当する地層が標高約-1,200 mまで同斜構造をもって分布すると推定されている。

一方，北北東側の古平層は，緩い褶曲構造を呈しながら，大局的に北に緩傾斜して分布し，古平川中流～下流域では豊浜層に覆われる。A - A' 断面との交点部付近では，古平層にはほぼ南北方向に玄武岩の岩体が貫入する。

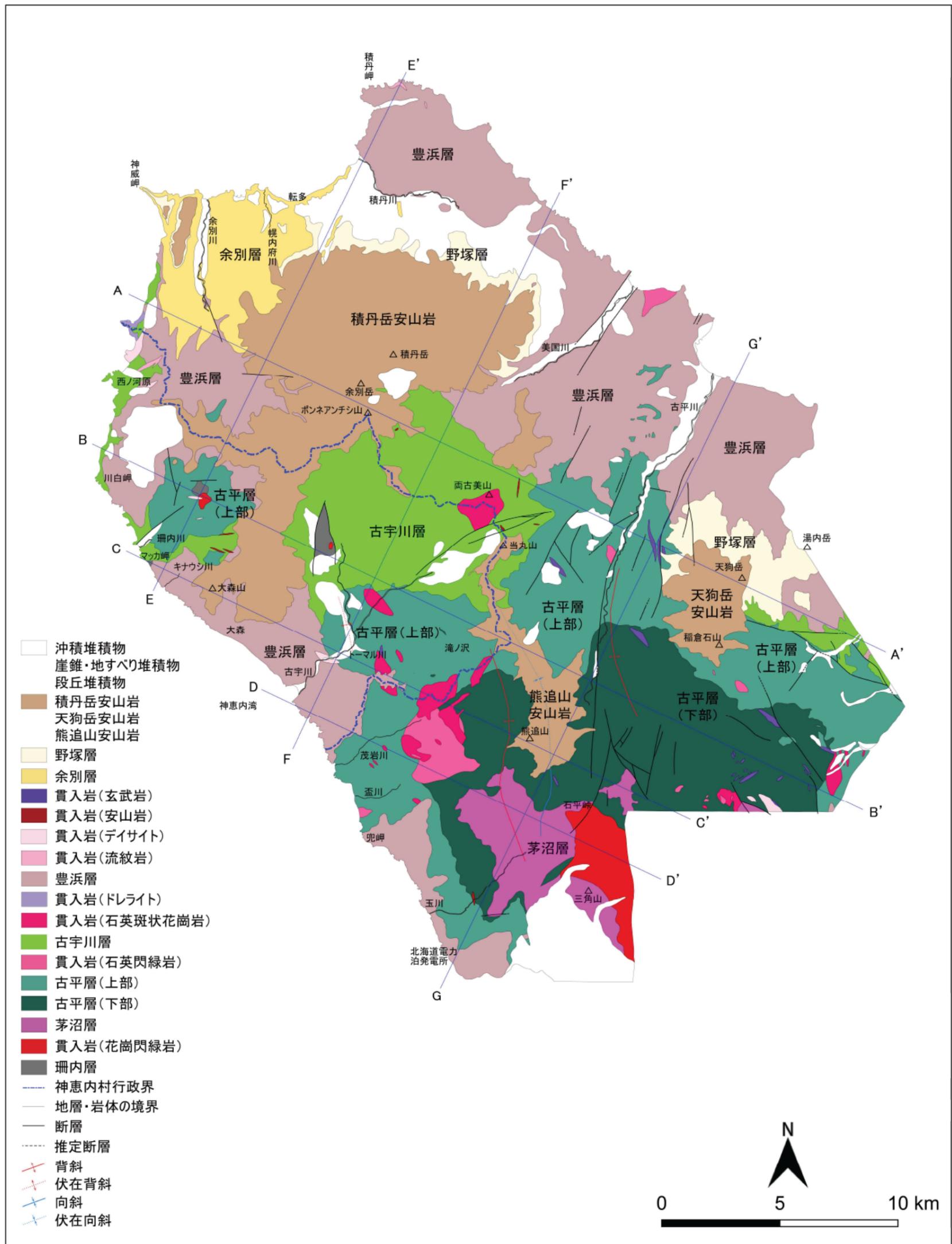


図 4.3-1 神恵内村および周辺地域陸域地質図（概要版）

通商産業省資源エネルギー庁（1985）を参照し、編集して作成。参照、編集の詳細は「3.2 地質・地質構造の取りまとめの考え方」参照。神恵内村行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

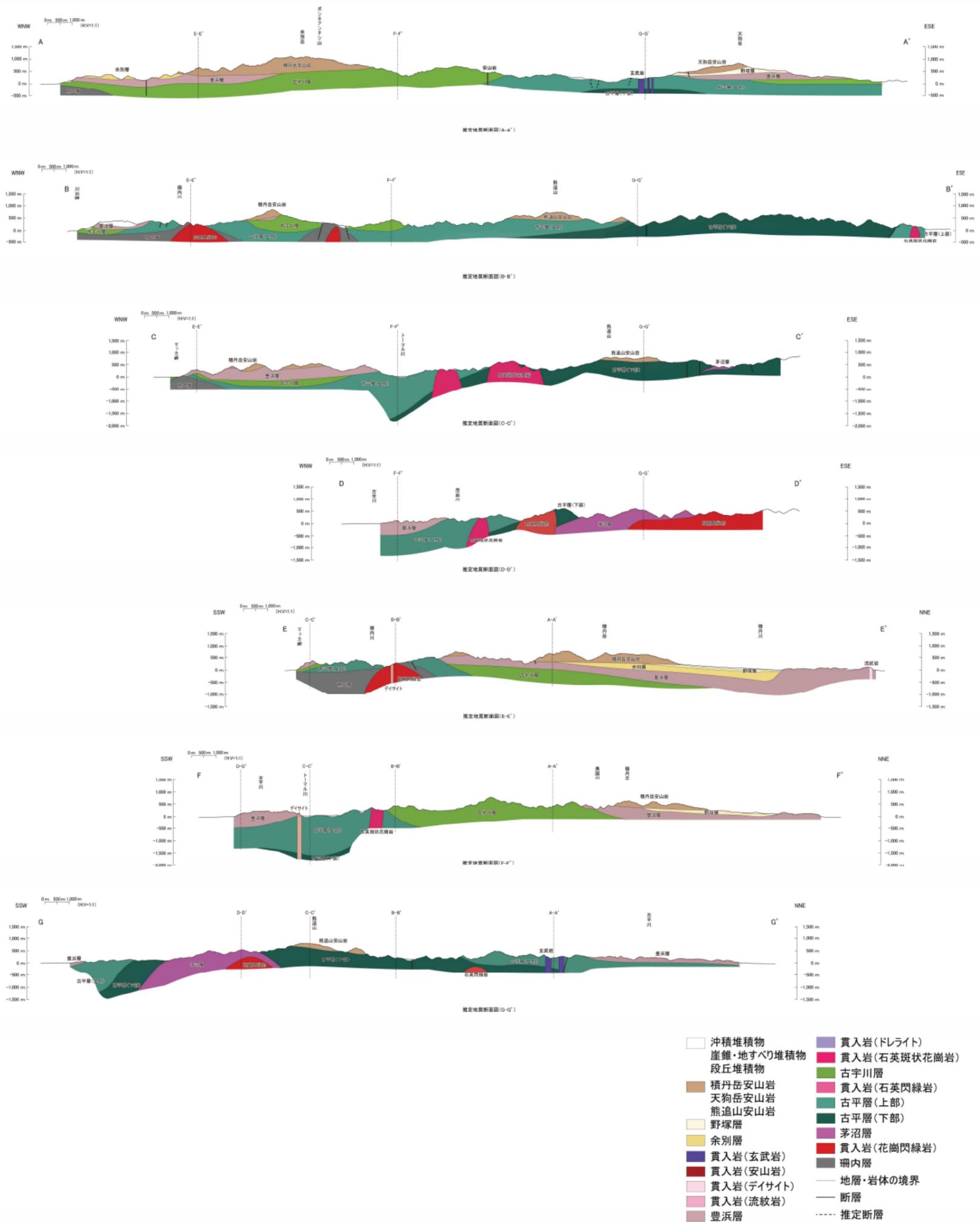


図 4.3-2 神恵内村および周辺地域陸域推定地質断面図 (概要版)

本図は付図1およびボーリングデータなどを基に原子力発電環境整備機構が推定したものである。推定の詳細は「4.3.3 陸域の地質構造」参照。断面位置については図4.3-1参照。断層については、表層地質情報などから相対的な確度が高いものを「断層」として、それ以外を「推定断層」として示している。陸域地形は国土地理院数値標高データに基づき作成(測量法に基づく国土地理院長承認(使用)R5JHs154)。海域地形は日本水路協会発行M7000シリーズに基づき作成((一財)日本水路協会承認 第2021006号)。

4.4 海域の地質概説および地質各論

4.4.1 海域の地質概説

層序対比表を表 4.4-1 に示す。海底地質図および探査測線を図 4.4-1 に示す。海底地質断面図を図 4.4-2～図 4.4-6 に示す。

文献調査対象地区の海域のうち、陸棚斜面から海盆底では広くⅡ層が分布し、神恵内堆東部ではⅤ層とⅦ層が分布する。マッカ岬西方沖合では、Ⅲ層が局所的に分布する。

大陸棚の地質は北部と南部で異なる。北部では、Ⅶ層が広く分布し、神威岬北方ではⅥ～Ⅲ層が分布する。マッカ岬西方ではⅣ層およびⅢ層が分布し、南方へ連続する。南部では、神恵内湾付近でⅥ層が分布し、大陸棚外縁に向かってⅣ層とⅢ層が分布する。

4.4.2 海域の地質

本調査では、3.2.2に記載のとおり、北海道電力（2013, 2015, 2016a, 2016b, 2017）を参照して整理した。

(1) Ⅶ層

Ⅶ層は、本海域における最下位層で、神恵内堆東部および大陸棚北部に分布する。

本層は硬質な泥岩・砂岩などを含む堆積岩または火成岩類と推定されている。

本層の年代については、泊発電所周辺の陸域の地層分布との対比から茅沼層より下位の地層に相当すると推定されることから、古第三紀始新世とそれ以前の地層と推定されている。本調査でも同様の年代としている。

(2) Ⅵ層

Ⅵ層は、Ⅶ層を不整合で覆い、主に文献調査対象地区大森から神恵内湾の沖合に分布し、西方へ緩傾斜して分布する。また、北部の大陸棚に分布する。

本層は、固結した泥岩、砂岩などを含む堆積岩または火山岩類と推定されている。

本層の年代について、陸域の地層分布との対比から積丹地域の神恵内層、古平層および茅沼層、黒松内低地帯地域の二股層³以下に相当すると推定されることから、古第三紀始新世～新第三紀後期中新世と推定されている。本調査でも同様の年代としている。

(3) Ⅴ層

Ⅴ層は、神恵内堆東部や北部大陸棚に分布する。

本層は、主にⅥ層以下を不整合で覆うが、Ⅵ層の凹部では一部整合で覆う。本層は半固結または固結した泥岩、砂岩などを含む堆積岩または火山岩類と推定されている。

本層の年代について、以下の情報から新第三紀鮮新世～第四紀前期更新世とされている。

- ・ 石塚ほか（2000）は、本層が露出している範囲で採取された安山岩溶岩および火砕岩から全岩 K-Ar 年代 4.14 ± 0.08 Ma を報告している。
- ・ 渡辺真人（2000）は、本層が露出している範囲で採取された試料の珪藻化石分析を行い、Yanagisawa and Akiba（1998）の *Neodenticula kamtschatica* 帯の *Thalassiosira oestrupii* 亜帯

³ 北海道電力（2015）では後期中新世とされている。

(NPD7Bb)における *T. temperi* 初産出層準より上位 (5.4~3.9-3.5 Ma) の結果を報告している。

- ・ 本山 (2000) は、本層が露出している範囲で採取された試料の放射虫化石分析を行い、本山・丸山 (1998) の *Cycladophora sakaii* Zone 下部の結果を報告し、堆積年代を約 3.4~2.7 Ma と推定している。

本調査でも同様の年代としている。

(4) IV層

IV層は、主に文献調査対象地区のマッカ岬から兜岬の沖合および北部の大陸棚に分布する。

本層は、V層の凹部ではV層を整合または不整合で覆い、VI層以下とは不整合で接する。本層は、半固結または固結した泥岩、砂岩などを含む堆積岩と推定されている。

本層の年代について、本層下位のV層上面が、海上保安庁水路部 (1979) における第四系下部更新統と新第三系鮮新統との境界に対応することから、第四紀前期更新世以降と判断している。本調査でも同様の年代としている。

(5) III層

III層は、本海域の南部、マッカ岬西方沖合および北部の大陸棚に分布する。

本層は、IV層の凹部ではIV層をほぼ整合で、凸部では不整合で覆い、V層以下とは不整合で接する。本層は泥、砂およびその互層を主体とする半固結の堆積物と推定されている。

本層の年代について、本層は海上保安庁水路部 (1995) における第四系中部更新統に概ね対比され、本層下部は第四系下部~中部更新統の岩内層に対比されることから、第四紀前期~中期更新世と判断している。本調査でも同様の年代としている。

(6) II層

II層は、本海域の陸棚斜面から海盆底にかけて広く分布する。

本層は、沿岸部ではIII層上面の侵食面を不整合で覆い、沖合部ではIII層をほぼ整合、一部不整合で覆い、さらにIV層以下とは不整合で接している。本層は、泥、砂およびその互層を主体とする未固結または半固結の堆積物と推定されている。

本層の年代について、以下の情報から第四紀後期更新世とされている。

- ・ 本層から採取した柱状試料に含まれる ^{14}C 法年代測定値 51,080 y.B.P.以前を示す有孔虫化石の直下部においてクッタラ第2火山灰と同定される火山灰を確認している。
- ・ 同様に本層の他地点から採取した柱状試料において 45,000 y.B.P.以前の ^{14}C 法年代測定値が得られている。
- ・ これらの ^{14}C 法年代測定値から本層の堆積速度が推定され、さらに層厚を考慮すると、本層の基底は第四系中部~上部更新統と推定される。
- ・ また、本層より下位のIII層が海上保安庁水路部 (1995) における第四系中部更新統に概ね対比されることから、本層は同文献における第四系上部更新統に対比される。

本調査でも同様の年代としている。なお、町田・新井 (2003) によると、クッタラ第1火山灰は

43 ka 以前，クッタラ第3火山灰は47～51 ka 以前である。

(7) I 層

I 層は，本海域における最上位層で，本海域南部の大陸棚に分布する。

本層は，大陸棚に分布しているII層以下の地層上面の侵食面を不整合で覆い，海底面にほぼ平行に堆積している。また，大陸棚上の水深約150 m 以浅に分布する。本層は，泥および砂を主体とする未固結の堆積物と推定されている。

本層の年代について，第四紀完新世とされている。本調査においても同様の年代としている。

4.4.3 海域の地質構造

大陸棚北部では、Ⅶ層が広く分布し（例えば、図 4.4-2 中の測線 j'）、陸棚斜面ではⅢ層およびⅡ層がⅦ層を覆って分布する（例えば、図 4.4-3 中の測線 i）。Ⅶ層は陸域のマッカ岬付近で行われたボーリングの柱状図（高見ほか，2008；藤本ほか編，2004）および珊内川上流域などでみられる珊内層に相当する地層と考えられる。

大陸棚南部では、陸側にⅥ層が、その沖合にⅣ層が分布する。陸棚斜面ではⅤ層～Ⅱ層がⅥ層を覆って分布する（図 4.4-4 中の測線 f'および測線 e）。陸域の地質層序との対比から、Ⅵ層およびⅤ層は古第三系漸新統～新第三系鮮新統の茅沼層，古平層，古宇川層，豊浜層，余別層に相当すると考えられる。大陸棚北部を縦断する図 4.4-5 中の測線 1 の地層分布や、兜岬周辺陸域の古平層が西傾斜であることを考慮すると、大陸棚南部海域にはこれらの地層が埋積した堆積盆の存在が考えられる。

陸棚斜面より西方の海盆底では、Ⅶ層が概ねⅥ層以上の地層で覆われている（例えば、図 4.4-4 の測線 f'）。

表 4.4-1 神恵内村周辺海域層序対比表

北海道電力（2016a），岡村・佐藤（2023）および海上保安庁水路部（1979）を参照し，編集して作成。地質年代の数値は日本地質学会執行理事会（2023）に基づく。各文献の地質層序で地質年代が不明確な部分については，文献中の陸域層序との対比などを参考に加筆して本表に反映している。

| 地質年代 | 本説明書 | 北海道電力（2016a） | 岡村・佐藤（2023）
積丹半島付近 | | 海上保安庁水路部
（1979）
神威岬 | |
|---|------------|--------------|-----------------------|-----|--|--|
| | | | 堆積岩 | 火山岩 | | |
| 0.0117 Ma
0.129 Ma
0.774 Ma | 完新世 | I | | | | |
| | 第四紀
更新世 | 後期 | II | | I _{k-a} | |
| | | 中期 | III | Q | I _{k-b} | |
| | | 前期 | IV | | II _{k-a}
II _{k-b} | |
| 2.58 Ma
3.600 Ma
5.333 Ma
11.63 Ma | 鮮新世 | V | P2 | Vp | | |
| | | 後期 | V | P1 | III _{k-a} | |
| | 新第三紀 | 前期 | | | | III _{k-b} |
| | | 後期 | | M | Vm | III _{k-c}
III _{k-d} |
| 15.98 Ma
23.03 Ma
33.9 Ma | 中新世 | 中期 | VI | | | |
| | | 前期 | | | | |
| | 古第三紀 | 漸新世 | | Bs | | |
| 56.0 Ma
66.0 Ma | 始新世 | | | | IV _k | |
| | 第三紀 | VII | VII | | | |
| 先古第三紀 | | | | | | |

~~~~~：不整合

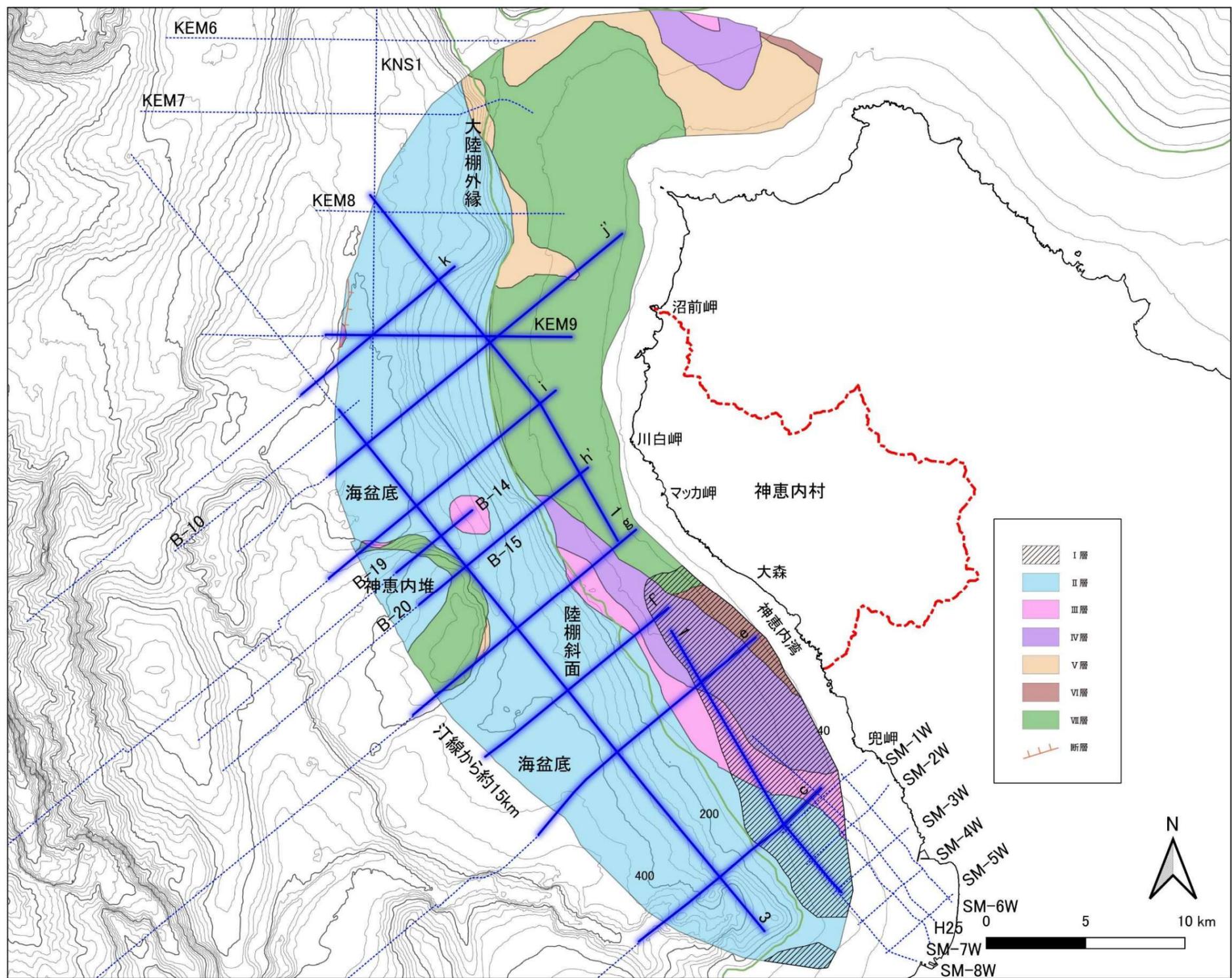


図 4.4-1 神恵内村周辺海域海底地質図

北海道電力（2015）を参照して作成。探査測線は、北海道電力（2015, 2016b, 2017）のうち地質図作成範囲の解釈図が含まれるものを抜粋。本説明書に断面図を示すものを実線で、それ以外を点線で示す。断層は、北海道電力（2015）において「後期更新世以降の活動を考慮する断層」とされている。海岸線は「国土数値情報（海岸線データ）」（国土交通省）、神恵内村行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。海域の等深線は日本水路協会発行 M7000 シリーズに基づき作成（（一財）日本水路協会承認 第 2021006 号）。

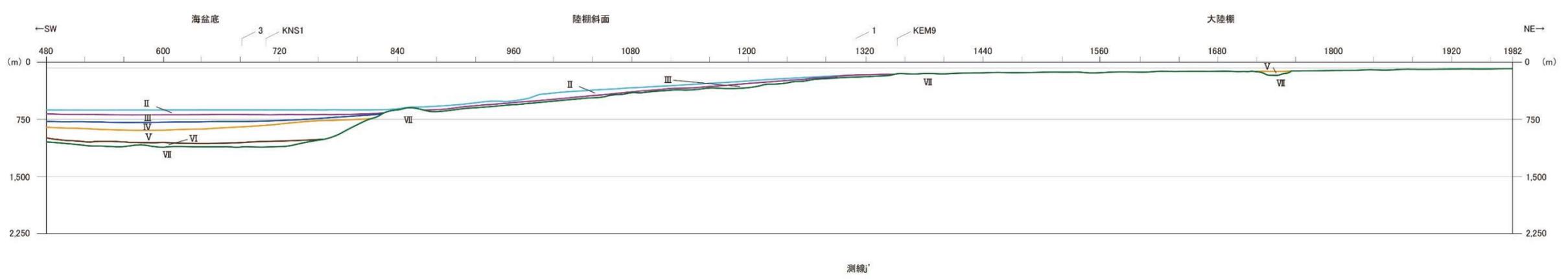
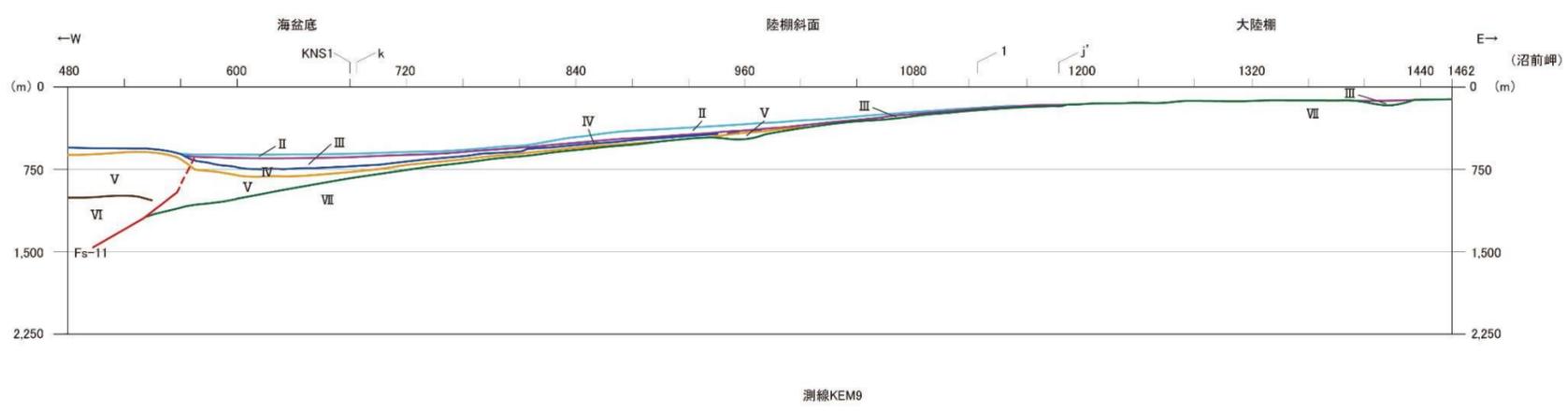
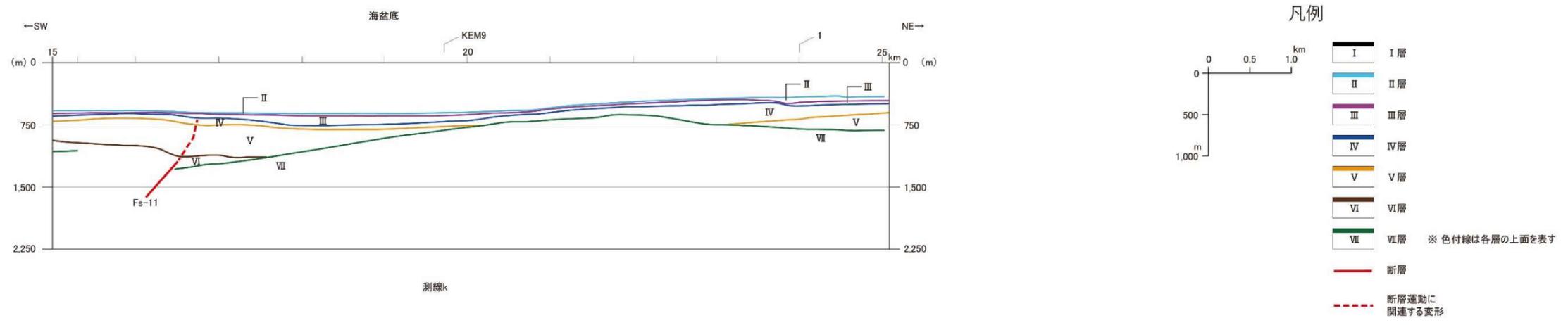


図 4.4-2 神恵内村周辺海域海底地質断面図 (その 1)  
 北海道電力 (2015) を参照して作成。縦横比を 1:1 に編集。スケールについては凡例による。

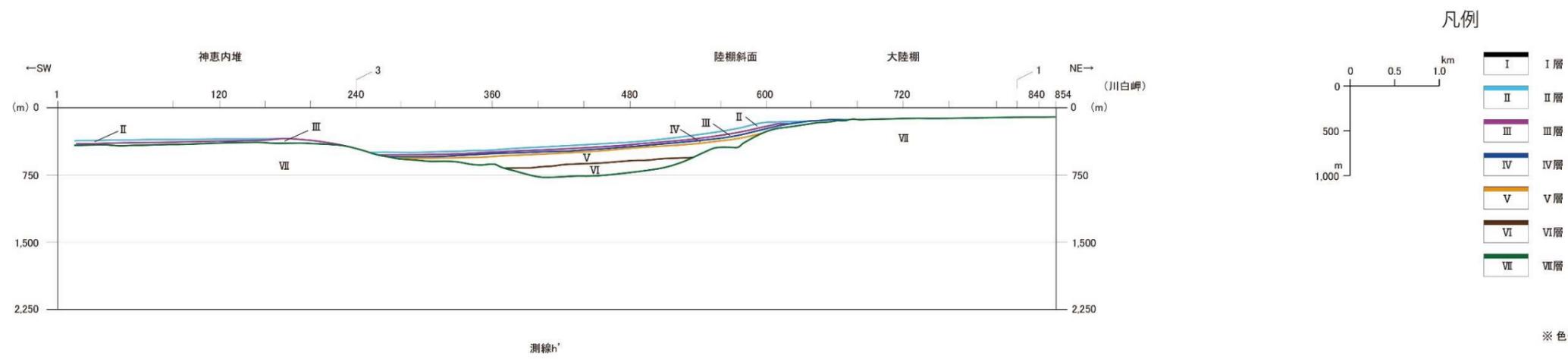
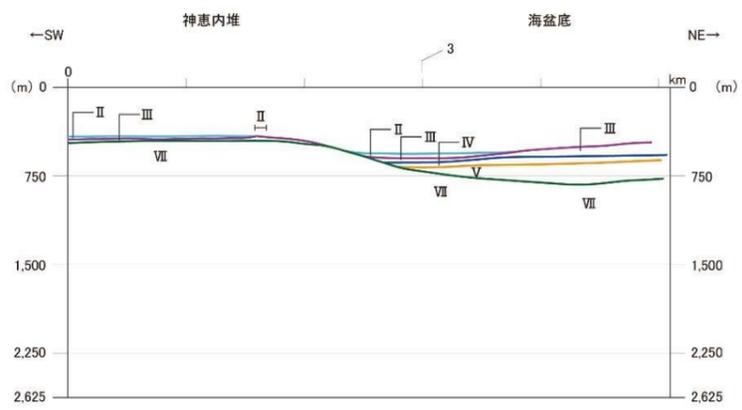
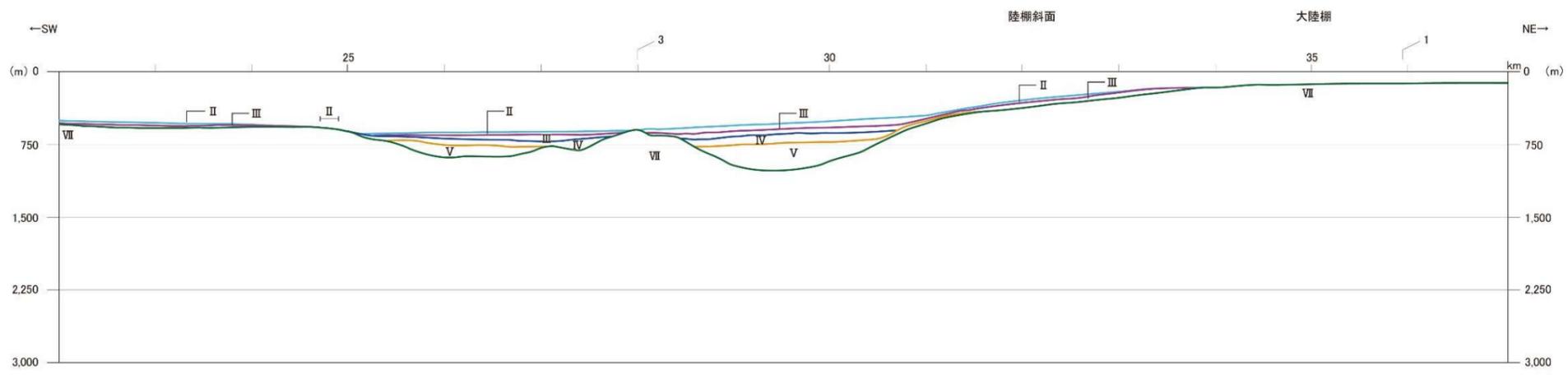


図 4.4-3 神恵内村周辺海域海底地質断面図（その2）  
 北海道電力（2015）を参照して作成。縦横比を 1:1 に編集。スケールについては凡例による。

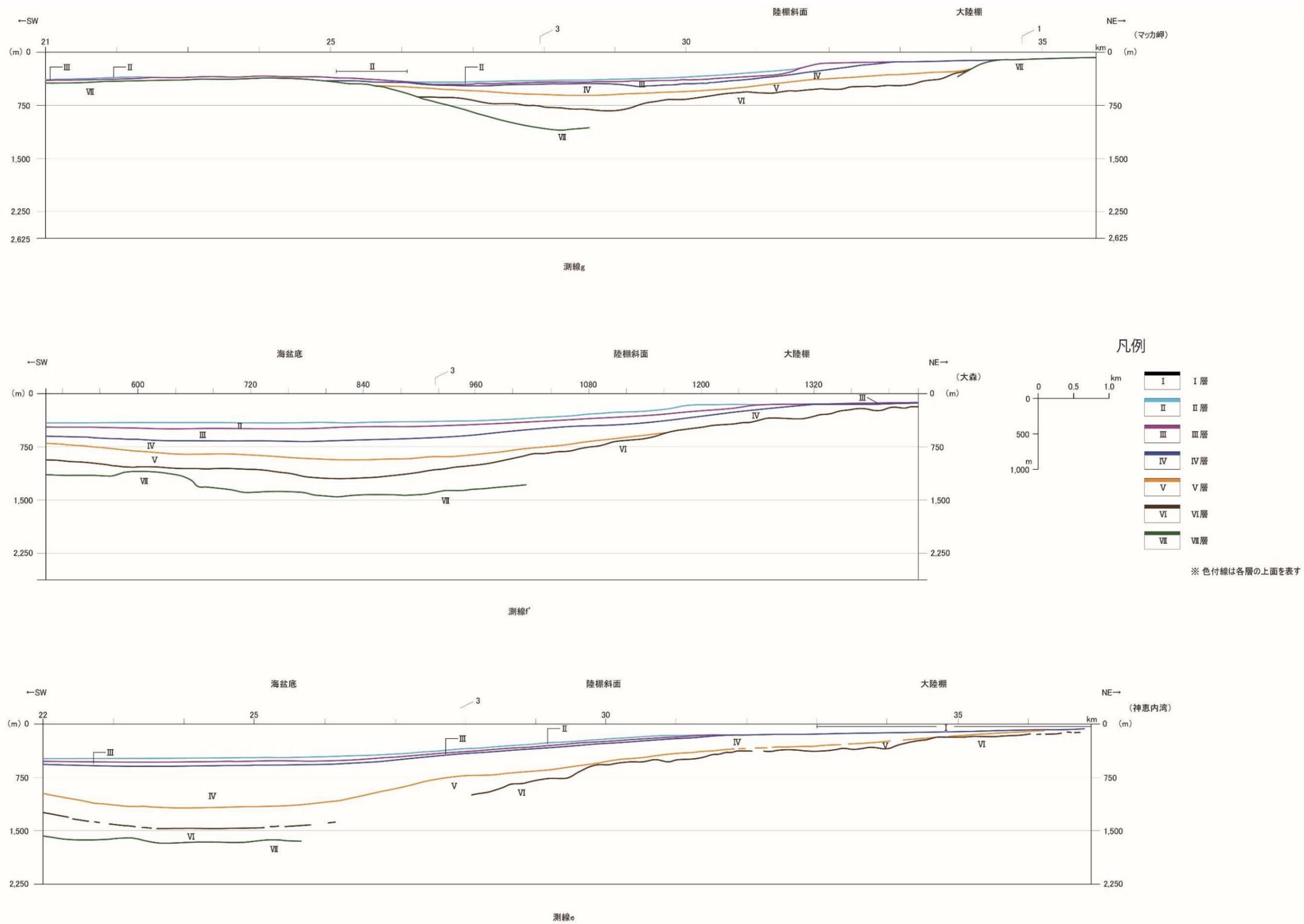


図 4.4-4 神恵内村周辺海域海底地質断面図 (その3)  
 北海道電力 (2015, 2017) を参照して作成。縦横比を 1:1 に編集。スケールについては凡例による。

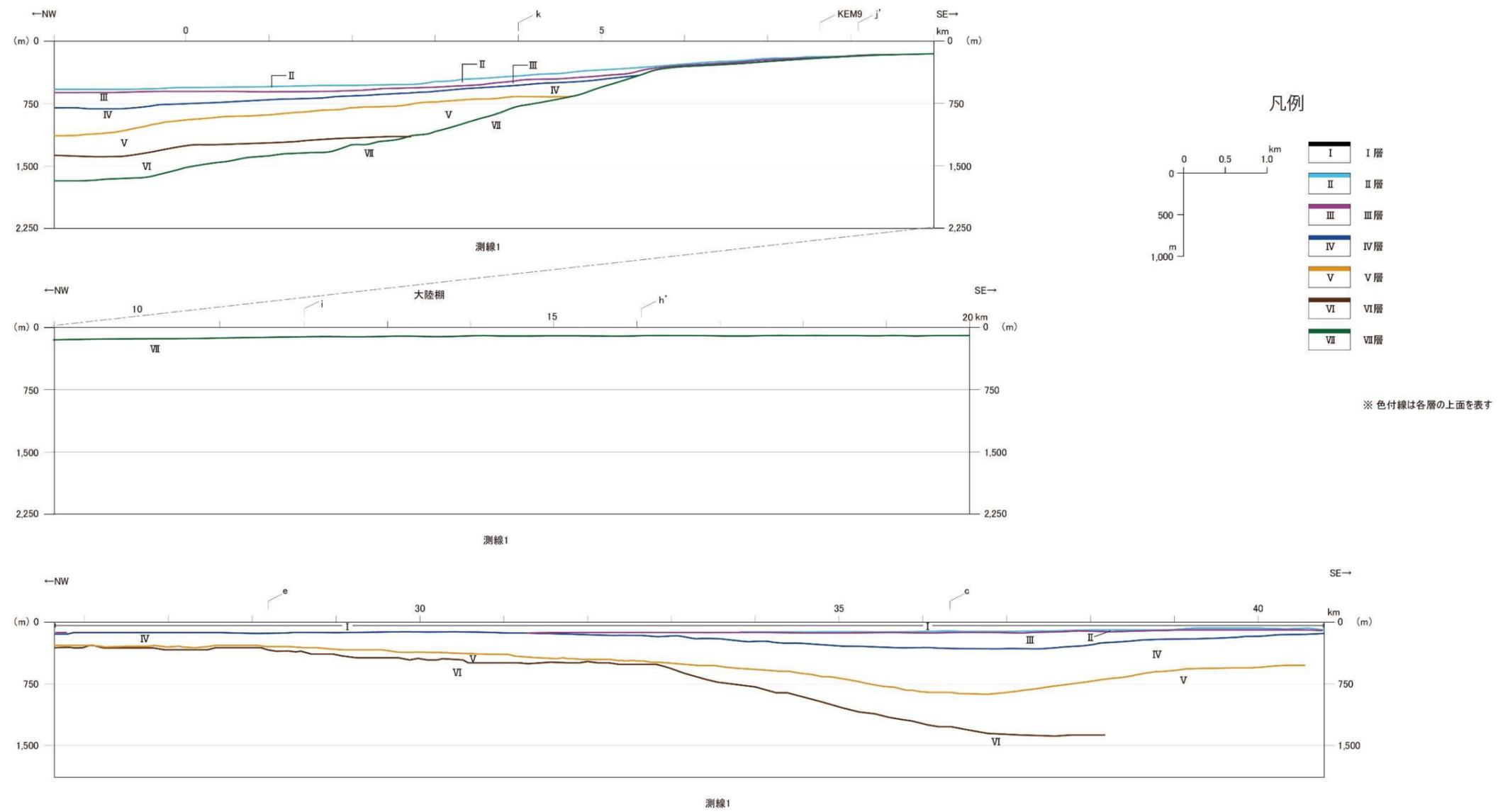


図 4.4-5 神恵内村周辺海域海底地質断面図 (その4)  
 北海道電力 (2015, 2016b) を参照して作成。縦横比を 1:1 に編集。スケールについては凡例による。

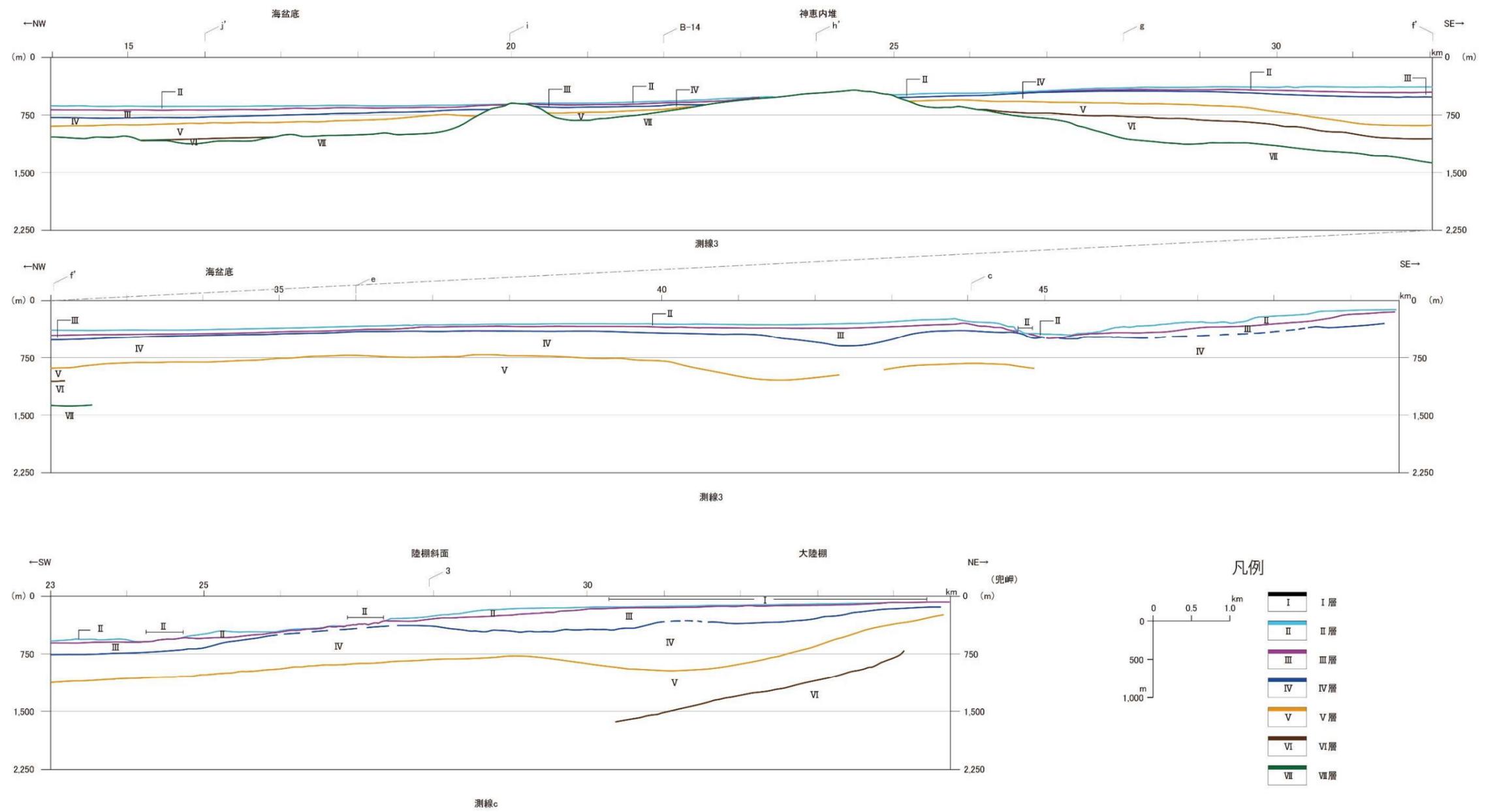


図 4.4-6 神恵内村周辺海域海底地質断面図 (その5)  
 北海道電力 (2015, 2017) を参照して作成。縦横比を 1:1 に編集。スケールについては凡例による。

## 第5章 地史

第4章で取りまとめた地形、地質・地質構造に基づき、文献調査対象地区および周辺地域の地史について考察した。なお、積丹半島の形成史については、北海道電力（2017）で検討されている。

### 5.1 文献調査対象地区および周辺地域の地史

文献調査対象地区および周辺地域の地史を以下に示す。また、推定した古地理図を図 5.1-1～図 5.1-3 に示す。

#### ① 古第三紀漸新世～新第三紀前期中新世（茅沼層堆積期）

積丹半島南部で流紋岩火山活動が活発化し、花崗閃緑岩を覆った。

茅沼層から阿仁合型植物群の産出が報告されていることから、陸に近い堆積環境下であったと考えられる。本層上部には挟炭層となる泥岩層が堆積した。

#### ②③ 新第三紀前期～中期中新世（古平層堆積期，古宇川層堆積期）

半島周辺で海進が進み、海進初期に古平層基底の礫層が茅沼層の一部を削剥して堆積した。古平層に相当すると考えられる泊層群下部層の礫岩の大部分が花崗閃緑岩で占められている（番場ほか，1971）ことから、花崗閃緑岩が陸化していたと考えられる。その後、半島周辺では主に安山岩海底火山活動が活発化し、主にハイアロクラスタイトなどからなる古平層が堆積した。

その後、海底火山活動の中心は北へ移動し、主にデイサイト～安山岩海底火山噴出物からなる古宇川層が堆積した。文献調査対象地区南方で石英閃緑岩が貫入した。

熱水活動により、神恵内鉱床が古平層に生成された（10.2 Ma；渡辺 寧，2000）。

#### ④⑤ 新第三紀後期中新世（豊浜層堆積前，豊浜層堆積期）

豊浜層は下位層を不整合に覆うことから、文献調査対象地区南部に分布する古宇川層以下の地層の褶曲活動が開始し、一部隆起・陸化していた可能性がある。この褶曲活動に伴って、半島南方の現在大陸棚となっている地域に凹地が形成された可能性がある。

半島沿岸部では主に安山岩海底火山活動が活発化し、主にハイアロクラスタイトなどからなる本層が堆積した。

#### ⑥⑦ 新第三紀鮮新世（豊浜層堆積期～余別層堆積前，余別層堆積期）

余別層は半島北部に局所的に分布することから、本層堆積前に半島西側の隆起が活発化し、陸化した可能性がある。

半島北部に主にシルト層からなる本層が堆積した。熱水活動に伴って西の河原鉱床が古宇川層に生成された（4.9 Ma；渡辺 寧，2000）。

#### ⑧⑨⑩ 新第三紀鮮新世～第四紀（野塚層堆積期，野塚層堆積終了頃，積丹岳・天狗岳・熊追山の活動期）

半島北部では主に砂岩や礫岩などの堆積岩からなり、南部ではデイサイトなどからなる野塚層が堆積した。熱水活動に伴って珊内鉱床が古平層と珊内層との境界に生成された（渡辺 寧，2000；通商産業省資源エネルギー庁，1985）。

北部（積丹岳北麓付近）においては、海棲化石である *Gephyrocapsa. oceanica* などの石灰質ナンノ化石に加え、陸棲化石である淡水性珪藻化石や、花粉化石が産出されることから、野塚層堆積終了頃に、半島のほぼ全域が陸地化したと考えられる。

その後、積丹岳や天狗岳、熊追山などで火山活動が生じた。

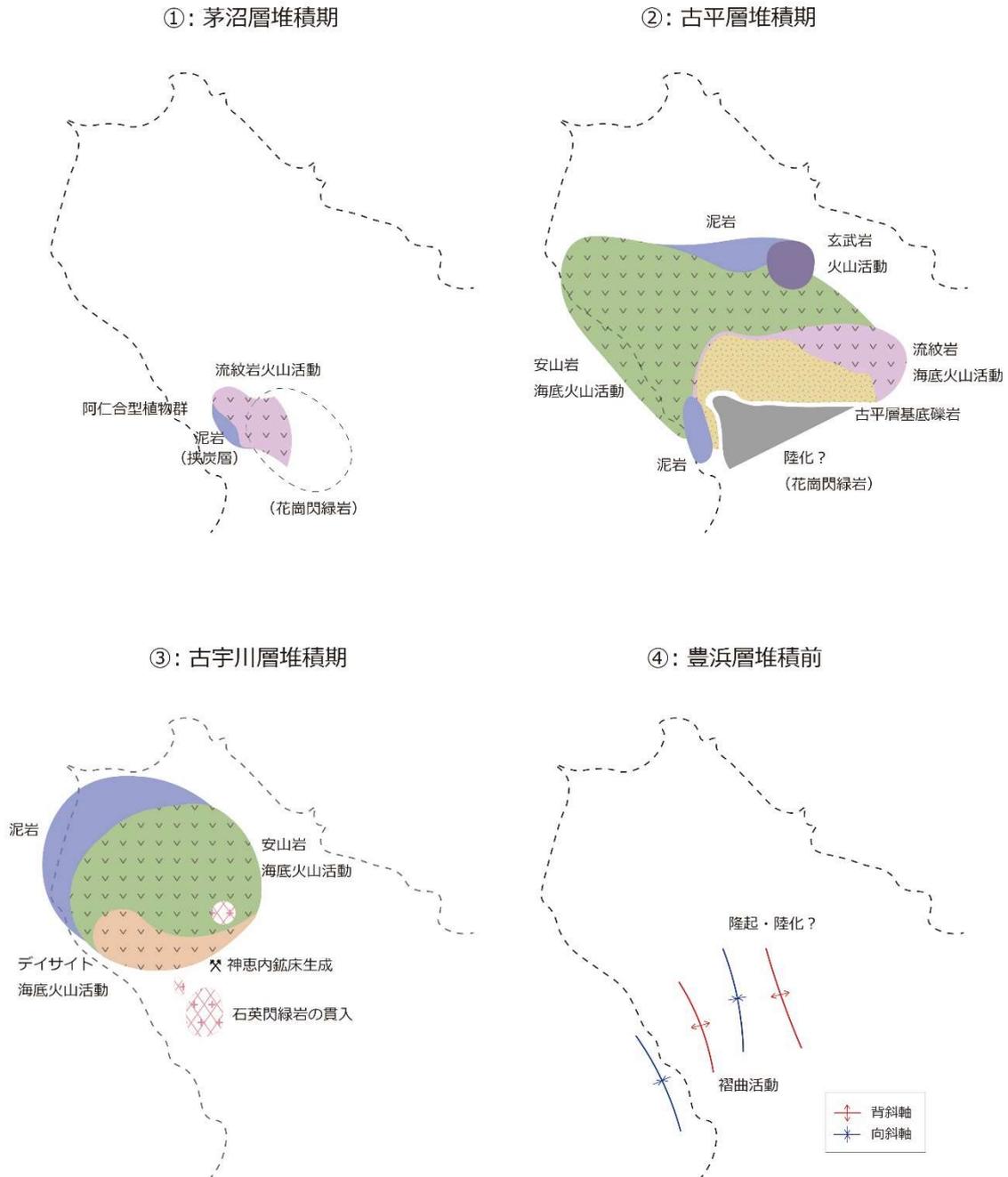


図 5.1-1 神恵内村および周辺地域推定古地理図 (その 1)

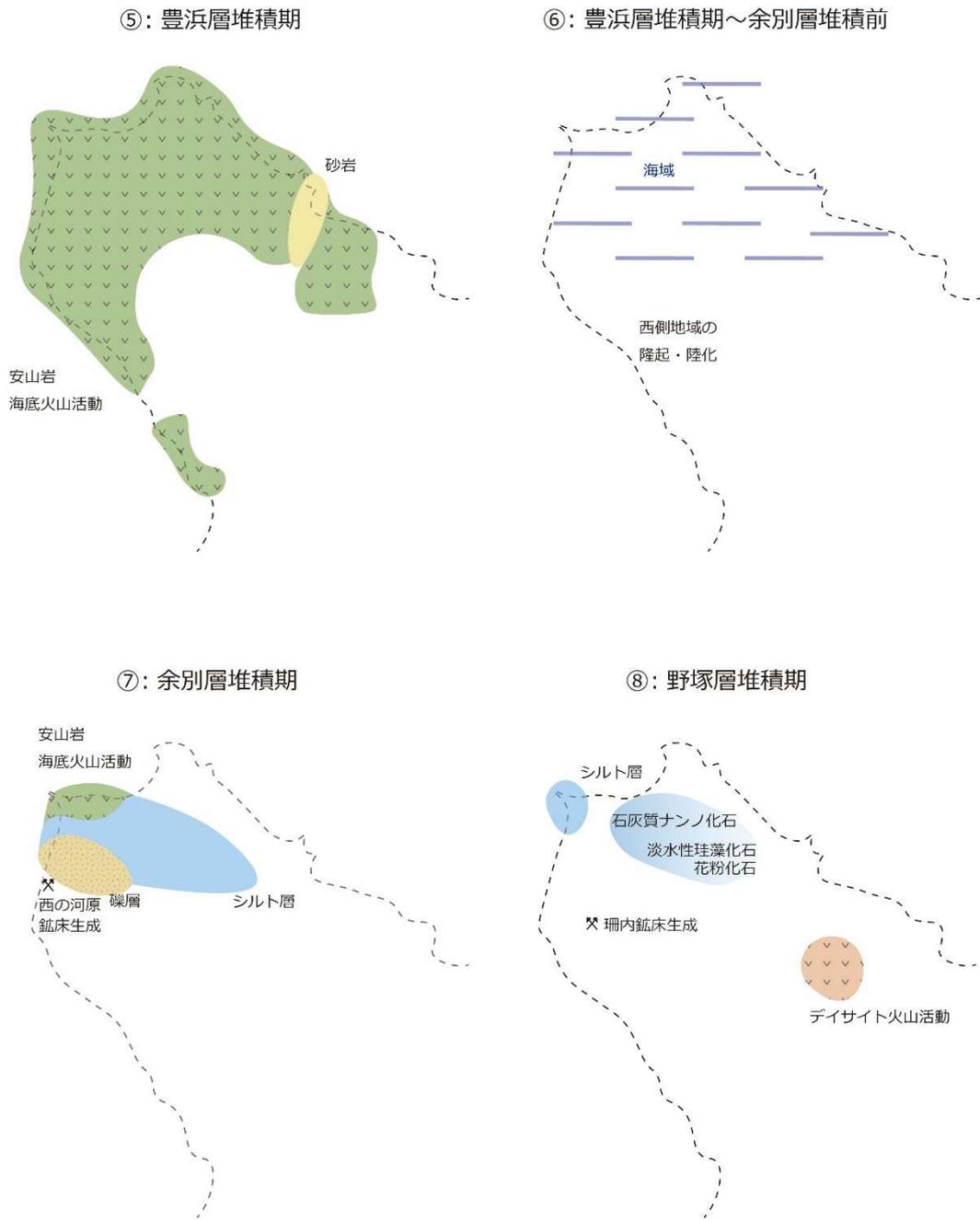


図 5.1-2 神恵内村および周辺地域推定古地理図（その2）

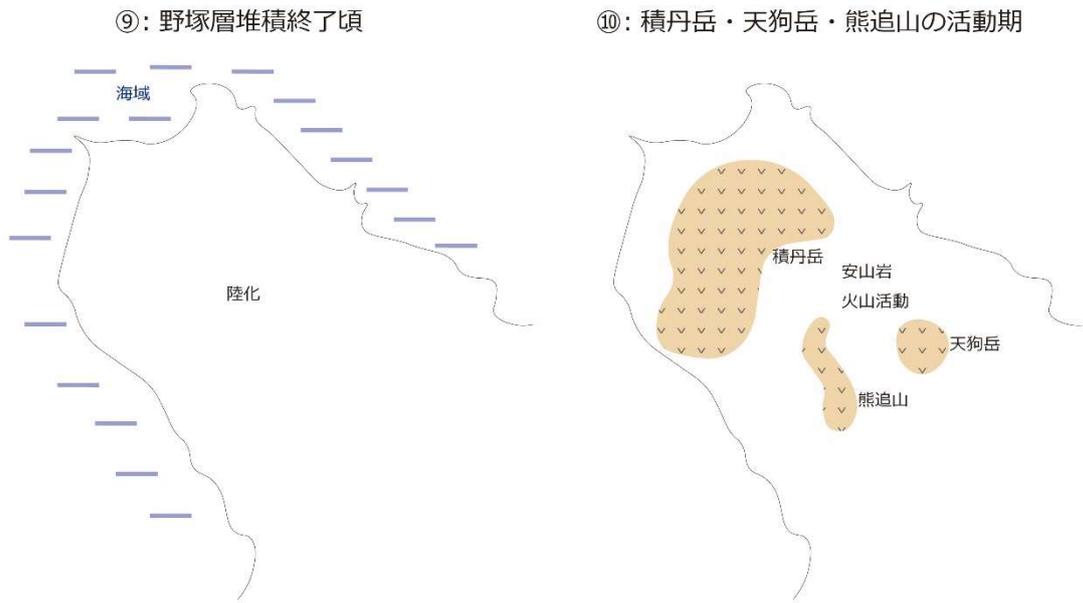


図 5.1-3 神恵内村および周辺地域推定古地理図 (その3)

## 第6章 地形、地質・地質構造に係るその他のデータ

### 6.1 地球物理学的データ

第4章で取りまとめた地形、地質・地質構造について、地球物理学的データ（重力異常および磁気異常）と比較を行い、関連性について考察した。

#### 6.1.1 重力異常

文献調査対象地区および周辺地域の重力異常図を図 6.1-1 に示す。本図には第4章で示した陸域地質図の概要版、および海域地質図を重ねて表示している。

積丹半島全体では、重力異常と地質分布の整合性は明瞭ではない。これは、本地域に分布する地層・岩体は火成岩が大部分を占めており、それらの密度差が小さいためであると考えられるが、以下に示すように、文献調査対象地区の一部では整合性が認められる。

文献調査対象地区の陸域では、概ね北西－南東方向の重力異常域がみられ、南から①半島南部で正の重力異常域、②神威岬付近から積丹岳北麓に至り天狗岳付近にかけて負の重力異常域、③積丹岬付近から半島北岸付近にかけて正の重力異常域となっている。陸域地質図によると、①は古い地層である珊内層や貫入岩および古宇川層などの主に火山噴出物が分布すること、②は余別層や野塚層など比較的新しい地層が分布すること、③は主に火山噴出物からなる豊浜層が分布していることに整合的であると考えられる。

文献調査対象地区周辺の海域では、南方で負の重力異常域となっており、IV層やIII層などの比較的新しい地層が分布していることに整合的であると考えられる。

なお、積丹半島周辺の重力異常と地質分布との関係については、北海道電力（2017）で検討されており、地質境界と概ね整合的であるとしている。

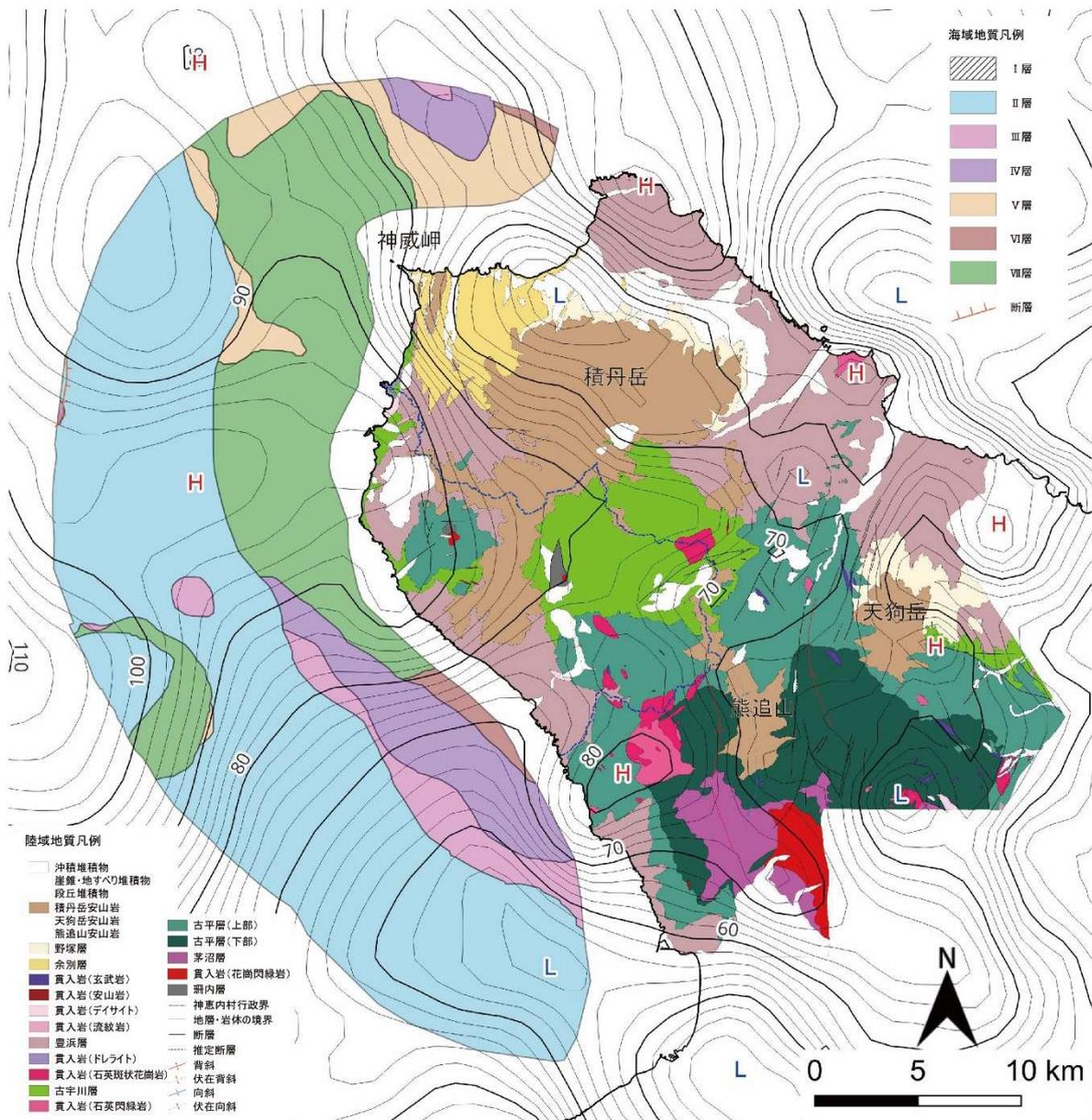


図 6.1-1 文献調査対象地区および周辺地域の重力異常（ブーゲー異常）

図中の H および L はそれぞれ相対的な正の重力異常および負の重力異常を示す。等値線の主曲線は 2 mGal, 計曲線は 10 mGal 間隔。日本重力データベース DVD 版（産業総合技術研究所地質調査総合センター編, 2013）収録のブーゲー異常グリッドデータ（仮定密度：2.67g/cm<sup>3</sup>）に基づき作成。陸域の地質は図 4.3-1, 海域の地質は図 4.4-1 に基づく。海岸線は「国土数値情報（海岸線データ）」（国土交通省）に基づく。

### 6.1.2 磁気異常

文献調査対象地区および周辺地域の磁気異常図を図 6.1-2 に示す。本図には第 4 章で示した陸域地質図の概要版、および海域地質図を重ねて表示している。

陸域の積丹岳や熊追山付近に正の磁気異常域が認められ、これは火山噴出物や比較的大きい貫入岩体の分布と対応していると考えられる。一方、陸域のその他の地域は負の磁気異常となっている。その理由としては、泥岩などの堆積岩を含むことと、古平層の変質安山岩に代表されるように変質作用を受けている地層が分布し、磁性鉱物が分解されて帯磁率が小さくなっていることが考えられる。

海域では、文献調査対象地区南部沿岸で正の磁気異常域が認められ、当該付近の海底にはⅥ層、Ⅳ層およびⅢ層が分布する。Ⅳ層およびⅢ層は泥岩、砂岩などであり正の磁気異常に対応しない地層と考えられる。当地域に分布するⅥ層は、近傍の陸域地質によると、火山岩類を多く含む豊浜層に相当すると考えられ、正の磁気異常はこれを反映したものである可能性が考えられる。

一方、中央沿岸から北部沿岸では負の磁気異常域が認められる。当該付近の海底にはⅦ層が分布する。当地域に分布するⅦ層は、近傍の陸域地質によると、粘板岩を多く含む珊瑚内層に相当すると考えられる。負の磁気異常はこれを反映したものである可能性がある。

なお、積丹半島周辺の磁気異常と地質分布との関係については、北海道電力（2017）で検討されており、地質境界と概ね整合的であるとしている。

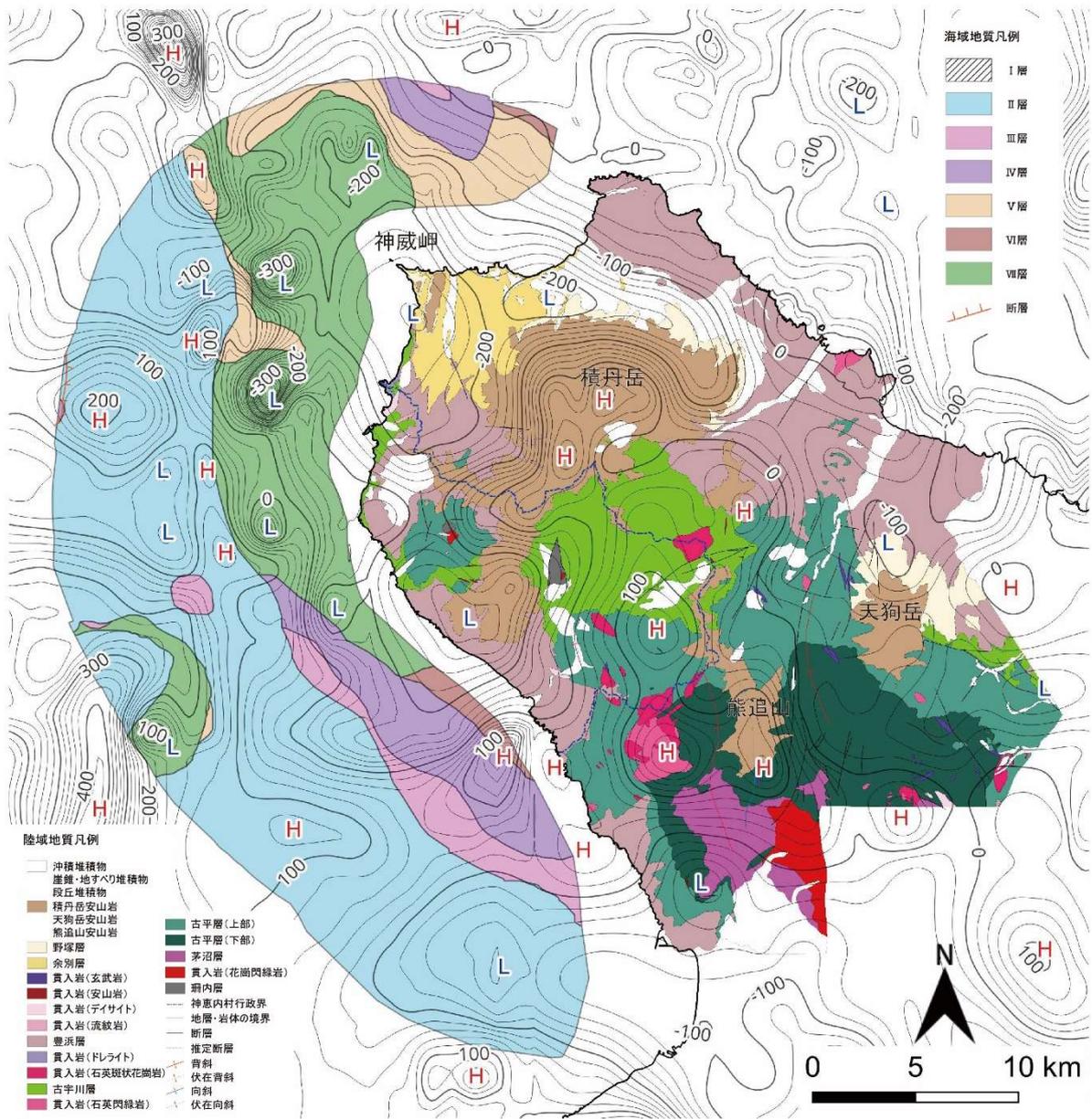


図 6.1-2 文献調査対象地区および周辺地域の磁気異常（極磁力図）

図中のHおよびLはそれぞれ相対的な正の磁気異常および負の磁気異常を示す。等値線の主曲線は20 nT, 計曲線は100 nT 間隔。日本空中磁気データベース（産業総合技術研究所地質調査総合センター, 2005）のうち北海道・東北北部のデータに基づき作成。相対的な正の磁気異常および負の磁気異常を加筆。陸域の地質は図 4.3-1, 海域の地質は図 4.4-1 に基づく。海岸線は「国土数値情報（海岸線データ）」（国土交通省）に基づく。

## 第7章 まとめ

### 7.1 調査、検討のまとめ

最終処分法に定められた要件に照らした評価の基礎情報として、地形、地質・地質構造について以下を取りまとめた。

- ・ 地質・地質構造に係る既存情報の概要
- ・ ネオテクトニクスの概要
- ・ 地形概説
- ・ 陸域および海域の地質概説，地質各論，地質構造
- ・ 地史

取りまとめた図表のうち、主なものを以下に示す。②③については大判の付図として添付している。

- ① 文献調査対象地区および周辺地域地質層序表
- ② 同陸域の地質図
- ③ 同陸域の推定地質断面図
- ④ 同海域の地質図
- ⑤ 同海域の地質断面図
- ⑥ 同推定古地理図

文献調査対象地区は、北海道積丹半島の南西部に位置し、主に山地からなる。

陸域の地質は、下位より、先古第三系の粘板岩などを主体とする珊内層，新第三系中新統の変質安山岩などを主体とする古平層，安山岩・同凝灰角礫岩などを主体とする古宇川層，輝石安山岩ハイアロクラスタイトおよび普通角閃石デイサイトなどを主体とする豊浜層，および第四系の積丹岳安山岩などからなる。

海域の地質は、古第三紀始新世とそれ以前の地層と推定されるⅦ層，主に新第三系と推定されるⅥ層およびⅤ層，第四系と推定されるⅣ～Ⅰ層からなる。大陸棚北部では，Ⅶ層が広く分布し，神威岬北方ではⅥ～Ⅲ層が分布する。マッカ岬西方ではⅣ層およびⅢ層が分布し，南方へ連続する。大陸棚南部では，神恵内湾付近でⅥ層が分布し，大陸棚外縁に向かってⅣ層およびⅢ層が分布する。

今回整理した地形、地質・地質構造に基づいて、文献調査対象地区および周辺地域の地史を考察した。

### 7.2 概要調査に向けた考え方

文献調査においては1.1.2で述べたように、既存の文献・データから得られる情報には限界があるため、作成できるものに限界があり、不確実性が残る。

概要調査では、用いる方法として、ボーリング、地表踏査、物理探査、トレンチの掘削（以上、最終処分法第2条および同法施行令第4条）などが想定されている。文献調査と同様に、最終処分法に定められた要件に照らした評価の基礎情報として地形、地質・地質構造を取りまとめ、さらに、放射性物質の閉じ込め機能、地下施設の建設可能性の検討などを実施していくことになると考えられ、これらの目的のために、調査が具体化されていく。文献調査で残る不確実性については、上記の目的の調査のなかでそれぞれの方法の特徴を踏まえて対応していくこととなる。

なお、概要調査において留意すべき主な点として、地下 300 m 以深の情報の拡充などに加えて、以下が考えられる。

- ・ 本地域に分布する中新世から鮮新世にかけての火山岩類（特に火砕岩や溶岩）は、安山岩からなる水中で堆積した火山噴出物が支配的である（4.3.1 など）ため、岩石学的な違いが小さいことや側方変化が大きいこと、および変質作用を受けている場合があることなどから、地層の同定や区分に留意する必要がある。

## 引用文献

- 秋葉文雄 (1983) 北太平洋中高緯度地域の新第三系珪藻化石帯区分の改訂—基準面の評価と時代—, 海洋科学, 13, 12, pp. 717-724.
- Amano, H., Suzuki, S., Sato, M., Yanagida, M. (2018) A new method of terrace analysis to determine precise altitudes of former shoreline, OKAYAMA University Earth Science Reports, 25, 1, pp. 31-38.
- 番場猛夫, 岡部賢二, 成田英吉 (1971) 後志国岩平峠周辺地域の銅・鉛・亜鉛・マンガン鉱床調査報告, 北海道地下資源調査資料, 120, pp. 1-15, 北海道開発庁.
- 沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会 (2016) 沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会 とりまとめ.
- 藤本和徳, 高橋徹哉, 鈴木隆広編 (2004) 北海道市町村の地熱・温泉ボーリングデータ集, 北海道立地質研究所.
- 雁沢好博 (1983) フィッション・トラック法によるグリーン・タフ変動の年代区分 その2—富山県太美山地域—, 地質学雑誌, 89, 5, pp. 271-286.
- 原子力発電環境整備機構 (2020) 北海道古宇郡神恵内村 文献調査計画書.
- 広瀬 亘, 岩崎深雪, 中川光弘 (2000) 北海道中央部～西部の新第三紀火成活動の変遷: K-Ar 年代, 火山活動様式および全岩化学組成から見た東北日本弧北端の島弧火成活動の変遷, 地質学雑誌, 106, 2, pp. 120-135.
- 北海道電力 (2015) 泊発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書 (3号発電用原子炉施設の変更) .
- 北海道電力 (2016a) 第404回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (2016年9月30日開催) .
- 北海道電力 (2016b) 第394回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (2016年8月26日開催) .
- 北海道電力 (2017) 第491回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (2017年7月28日開催) .
- 北海道電力 (2018) 第570回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 (2018年5月11日開催) .
- 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会 (2000) 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書.
- Iinuma, T., Kato, T., Hori, M. (2005) Inversion of GPS velocity and seismicity data to yield changes in stress in the Japanese Islands, Geophysical Journal International, 160, 2, pp. 417-434.
- 石田正夫, 三村弘二, 広島俊男 (1991) 20万分の1地質図幅「岩内 (第2版)」, 20万分の1地質図, 地質調査所.
- 石原舜三, 笠原裕子, 松枝大治 (1998) 北海道南西部における新第三紀花崗岩類の発見, 地質調査所月報, 49, 9, pp. 461-467.
- 石塚 治, 岡村行信, 荒井晃作, 池原 研, 片山 肇 (2000) 北海道西方海域及び秋田沖海域より採取された岩石試料, 地質調査所速報, MG/00/1, pp. 67-89.
- 海上保安庁水路部 (1979) 沿岸の海の基本図 (5万分の1) 神威岬, 海図, 第6324号<sup>3</sup>.
- 海上保安庁水路部 (1995) 沿岸の海の基本図 (5万分の1) 寿都, 海図, 第6325号<sup>1S</sup>.

- 鹿野和彦, 柳沢幸夫 (1989) 阿仁合型植物群及び台島型植物群の年代, 地質調査所月報, 40, 12, pp. 647-653.
- 片山 肇, 井内美郎, 池原 研 (2012) 積丹半島付近表層堆積図, 海洋地質図, 76 (CD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 加藤碩一, 脇田浩二, 菅原義明, 宮野素美子, 宮崎一博編 (2011) 日本の地質図史, 地質調査総合センター研究資料集, 535.
- 活断層研究会編 (1991) 新編日本の活断層—分布図と資料, 東京大学出版会.
- 経済産業省資源エネルギー庁 (2023) 文献調査段階の評価の考え方.
- 木村 学 (2002) プレート収束帯のテクトニクス学, 東京大学出版会.
- 小池一之, 町田 洋編 (2001) 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会.
- 国土地理院 (1997) 日本の地殻水平歪図, <https://www.gsi.go.jp/cais/HIZUMI-hizumi.html>, 2023年9月25日閲覧.
- 国土地理院: 数値標高モデル, 基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>, 2023年8月17日閲覧.
- 国土地理院: 地理院タイル, <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>, 2023年5月11日閲覧.
- 国土交通省: 国土数値情報 (海岸線データ), <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>, 2023年8月18日閲覧.
- 国土交通省: 国土数値情報 (行政区域データ), <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>, 2023年8月18日閲覧.
- Lyman, B. S., Muroe, H. S., Yamauchi, T., Akiyama, Y., Inagaki, T., Kuwada, T., Misawa, S., Takahashi, J., Kada, T., Ban, I., Saito, T., Shimada, J., Yamagiwa, E., Mayeda, S., Nishiyama, S. (1876) A geological sketch map of the Island of Yesso, Japan (日本蝦夷地質要畧之圖), Geological Survey of Hokkaido.
- 町田 洋, 新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラス 日本列島とその周辺, 東京大学出版会.
- 森木ひかる, 隈元 崇, 中田 高, 後藤秀昭, 泉 紀明, 西澤あずさ (2017) アナグリフ画像による日本周辺の海底地すべりの判読と分布特性の検討, 海洋情報部研究報告, 54, pp. 1-16.
- 本山 功, 丸山俊明 (1998) 中・高緯度北西太平洋地域における新第三紀珪藻・放散虫化石年代尺度: 地磁気極性年代尺度CK92 およびCK95 への適合, 地質学雑誌, 104, 3, pp. 171-183.
- 本山 功 (2000) GH99 航海により日本海海底から採取された岩石・堆積物試料の放散虫化石による年代分析, 地質調査所速報, MG/00/1, pp. 94-98.
- 中川光弘, 広瀬 亘, 岩崎深雪 (1999) 北海道の6Ma以降の火山活動の時空変遷から見た千島弧—東北日本弧会合部のテクトニクス変遷, 月刊地球, 21, 9, pp. 543-548.
- 中嶋 健 (2018) 日本海拡大以来の日本列島の堆積盆テクトニクス, 地質学雑誌, 124, 9, pp. 693-722.
- 根本忠寛, 対馬坤六, 上島 宏 (1955) 5万分の1地質図幅「古平 (附 幌武意)」及び説明書「古平 および幌武意」, 5万分の1地質図, 札幌-第9, 2号, 北海道開発庁.
- 日本地質学会執行理事会 (2023) 地質系統・年代の日本語記述ガイドライン 2023年9月改訂版, <https://geosociety.jp/name/content0062.html>, 2024年6月26日閲覧.
- 日本地質学会編 (2010) 日本地方地質誌1 北海道地方, 朝倉書店.
- 日本の地質『北海道地方』編集委員会編 (1990) 日本の地質1 北海道地方, 共立出版.

- 日本水路協会（2008）海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ M7009 Ver.2.0 北海道西部。
- 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, 60, <https://unit.aist.go.jp/iev/dger/db/QVDB/>, 2022年5月11日閲覧。
- 岡村 聡, 石井次郎, 渡辺 寧（1989）日本海北東縁, 二子海丘から採取された火山岩片と K-Ar 年代, 岩鉱, 83, 1, pp. 32–36.
- 岡村行信（2002）新第三紀以降の歪集中帯, 大竹政和, 平 朝彦, 太田陽子編：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会, pp. 111–121.
- 岡村行信, 加藤幸弘（2002）海域の変動地形および活断層, 大竹政和, 平 朝彦, 太田陽子編：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会, pp. 47–69.
- 岡村行信, 佐藤太一（2023）積丹半島付近海底地質図, 海洋地質図, 94, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 岡 孝雄（1997）北海道のネオテクトニクス区分と地震問題, 日本応用地質学会研究発表会講演論文集, pp. 41–44.
- 岡 孝雄（1999）北海道付近のネオテクトニクス像—特にネオテクトニクスの地域区分と特徴—, 月刊地球, 21, 9, pp. 549–556.
- 大槻憲四郎（1989）鉦脈による新第三紀東北本州弧の造構応力場復元, 地質学論集, 32, pp. 281–304.
- 嵯峨山 積, 内田康人, 大澤賢人, 菅 和哉, 濱田誠一, 村山泰司, 仁科健二（2000）北海道沿岸域の地質・底質環境—2— 西南北海道海域, 北海道立地質研究所調査研究報告, 29.
- 嵯峨山 積（2002）北海道利尻島および積丹半島の新第三系の地質年代と対比, 北海道立地質研究所報告, 73, pp. 99–106.
- Sagiya, T., Miyazaki, S., Tada, T. (2000) Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan, *Pure and Applied Geophysics*, 157, pp. 2303–2322.
- 鷺谷 威（2002）明治期以降の歪み集中帯, 大竹政和, 平 朝彦, 太田陽子編：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会, pp. 133–150.
- 斎藤正次, 上村不二雄, 大沢 稔（1952）5万分の1地質図幅「茅沼」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第18号, 北海道開発庁.
- 斎藤昌之（1966）特殊地帯地下資源開発調査報告 積丹半島地域調査統括, 北海道開発計画調査 地下資源開発計画調査, 北海道開発庁.
- 斎藤昌之, 松下 亘（1968）特定鉦床開発促進調査 積丹半島地域, 北海道開発計画調査 鉦業開発計画調査, 北海道開発庁.
- 酒匂純俊, 和気 徹, 早川福利, 二間瀬 洌, 横山英二, 松波武雄, 斎藤尚志, 内田 豊（1977）北海道の地熱・温泉 (B) 西南北海道北部, 地下資源調査所調査研究報告, 4.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター（2005）日本空中磁気データベース, 数値地質図, P-6.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編（2013）日本重力データベース DVD 版, 数値地質図, P-2.
- 多田 堯, 木村 学（1987）千島弧南西端における衝突現象と地殻変動, 地震 第2輯, 40, 2, pp. 197–204.
- 平 朝彦（2002）日本海東縁の変動と日本列島のテクトニクス, 大竹政和, 平 朝彦, 太田陽子編：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会, pp. 3–15.

- 高見雅三, 鈴木隆広, 高橋徹哉, 柴田智郎, 小澤 聡, 藤本和徳, 秋田藤夫 (2008) 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集および索引図 (統合版), 北海道立地質研究所.
- Tanai, T. (1961) Neogene Floral Change in Japan, *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy*, 11, 2, pp. 119–398.
- Terakawa, T., Matsu'ura, M. (2010) The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, *Tectonics*, 29, TC6008, doi: 10.1029/2009TC002626.
- 対馬坤六 (1968) 20 万分の 1 地質図幅「岩内」, 20 万分の 1 地質図, NK-54-20, 地質調査所.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1985) 昭和 59 年度 広域調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1986) 昭和 60 年度 広域調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1987) 昭和 61 年度 広域地質構造調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1988) 昭和 62 年度 広域地質構造調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1989) 昭和 63 年度 広域地質構造調査報告書 積丹地域.
- Uchide, T., Shiina, T., Imanishi, K. (2022) Stress map of Japan: Detailed nationwide crustal stress field inferred from focal mechanism solutions of numerous microearthquakes, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 127, e2022JB024036, doi: 10.1029/2022JB024036.
- 上野将司, 山岸宏光 (2002) わが国の岩盤崩壊の諸例とその地形地質学的検討—とくに発生場と発生周期について—, *地すべり*, 39, 1, pp. 40–47.
- 渡辺真人 (2000) GH99 航海で採取された泥岩試料の珪藻化石に基づく年代, *地質調査所速報*, MG/00/1, pp. 90–93.
- 渡辺 寧 (1986) 鉱脈の方向から推定された広域応力場—北海道における中期中新世以降の鉱脈の例—, *鉱山地質*, 36, 3, pp. 209–218.
- Watanabe, Y. (1990) Pliocene to Pleistocene volcanism and related vein-type mineralization in Sapporo-Iwanai district, Southwest Hokkaido, Japan, *Mining Geology*, 40, 5, pp. 289–298.
- Watanabe, Y. (1991) Mineralization ages of Ofukeshi, Shizukari, Yakumo and Jokoku deposits and structural movements related to vein-type mineralization in Southwest Hokkaido, *Mining Geology*, 41, 3, pp. 141–146.
- 渡辺 寧 (1993a) 岩脈・火口配列に基づく西南北海道北部の新生代後期の応力場, *地質学雑誌*, 99, 2, pp. 105–116.
- 渡辺 寧 (1993b) 西南北海道北部の火山列—ニセコ-羊蹄火山列はなぜ曲がったのか?—, 石井次郎教授追悼論文集, pp. 147–154.
- Watanabe, Y. (1995) Epithermal vein-type mineralization in a compressive stress field, southwest Hokkaido, Japan, *Global Tectonics and Metallogeny*, 5, 1&2, pp. 19–27.
- 渡辺 寧 (2000) 札幌-岩内地域マグマ-鉱化熱水系分布図, *特殊地質図*, 38, 地質調査所.
- Watanabe, Y. (2002) Late Cenozoic metallogeny of Southwest Hokkaido, Japan, *Resource Geology*, 52, 3, pp. 191–210.
- Wei, D. and Seno, T. (1998) Determination of the Amurian Plate Motion, In: Flower, M. F., Chung, S. L., Lo, C. H., Lee, T. Y. (Eds.), *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia*, *Geodynamics Series*, American Geophysical Union, 27, pp. 337–346.
- 山岸宏光, 石井正之 (1979) 5 万分の 1 地質図幅「余別および積丹岬」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 8, 1 号, 北海道立地下資源調査所.

- 山岸宏光，積丹団研グループ（1979）積丹半島西南部の地質と火成活動—とくに，層序とハイアロクラスタイトについて—，地質学論集，16，pp. 195-212.
- 山岸宏光（1980）5万分の1地質図幅「神恵内」及び説明書，5万分の1地質図，札幌-第17号，北海道立地下資源調査所.
- Yamagishi, H. (1981) Geology of the Shakotan Peninsula, Hokkaido, Japan, Report of the Geological Survey of Hokkaido, 52, pp. 1-29.
- 山岸宏光（1986）島弧横断ルート No.1（a：積丹岬，b：茅沼-古平），北村 信編：新生代東北本州弧地質資料集，宝文堂，1，1.
- 山岸宏光，渡辺 寧（1986）西南北海道における新生代後期の応力場の変遷—地質断層，岩脈，鉾脈および活断層の検討—，北海道の地質と構造運動，地団研専報，31，pp. 321-331.
- 山岸宏光，伊藤陽司（1993）北海道における地すべり地形の分布からみた地質分帯，地すべり，30，2，pp. 1-9.
- Yanagisawa, Y., Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons, The Journal of the Geological Society of Japan, 104, 6, pp. 395-414.
- 八島邦夫，今井健三，西沢邦和（1982）100万分の1海底地形図「北海道」・「東北日本」と海底地形，水路部研究報告，17，pp. 93-162.
- 吉川虎雄（1997）大陸棚—その成り立ちを考える，古今書院.

## 添付資料 A 情報を抽出した文献・データのリスト

北海道古宇郡神恵内村の文献調査において、地形、地質・地質構造に関する情報を抽出した文献・データは、以下に示す 270 件であった。

### A

赤松守雄, 山田悟郎, 渡部真人 (1987) 積丹半島から産出する化石について, 北海道開拓記念館調査報告, 26, pp. 3-8.

赤松守雄, 山田悟郎, 渡部真人 (1992) 積丹半島の地質学的諸問題, 北海道開拓記念館研究報告, 12, pp. 3-18.

赤松守雄 (2003) 北海道の自然史, 北海道企画センター.

Amano, H., Suzuki, S., Sato, M., Yanagida, M. (2018) A new method of terrace analysis to determine precise altitudes of former shoreline, OKAYAMA University Earth Science Reports, 25, 1, pp. 31-38.  
青木かおり, 町田 洋 (2006) 日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成  $-K_2O-TiO_2$  図によるテフラの識別, 地質調査研究報告, 57, 7/8, pp. 239-258, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

### B

番場猛夫, 岡部賢二, 成田英吉 (1971) 後志国岩平峠周辺地域の銅・鉛・亜鉛・マンガン鉱床調査報告, 北海道地下資源調査資料, 120, pp. 1-15, 北海道開発庁.

防災科学技術研究所 (2013) 文部科学省委託研究 ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究総括成果報告書, p. 98.

防災科学技術研究所: 強震観測網 (K-NET, KiK-net), <https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>, 2023 年 11 月 27 日閲覧.

### C

地学団体研究会札幌支部 (1960) 北海道地域の新第三紀構造発達史, 地球科学, 52, pp. 30-36.

千木良雅弘 (2023) 高レベル放射性廃棄物処分場の立地選定—地質学的不確実性の事前回避—, 近未来社.

地質調査所 (1982) 日本地質アトラス.

地質調査所編 (1992) 日本地質アトラス (第 2 版), 朝倉書店.

### F

藤林枝枝, 渡辺 寧, 加々美寛雄, 川野良信 (1995) 東北日本弧北端, 積丹半島-支笏湖地域における中新世後期~鮮新世火山岩類の化学組成の時空変遷, 地質学論集, 44, pp. 181-195.

藤井敬三, 曾我部正敏 (1978) 北海道における後期中新世から鮮新世にみられる構造運動, 地質調査所月

報, 29, 10, pp. 631-644.

藤本和徳, 竹林 勇, 鈴木豊重 (1979) 神恵内村温泉試すい調査報告, 地下資源調査所報告, 51, pp. 63-72.

藤本和徳 (1995) 道内市町村の地熱・温泉ボーリング, 第 33 回試錐研究会講演資料集, pp. 55-65, 北海道立地下資源調査所.

藤本和徳, 高橋徹哉, 鈴木隆広編 (2004) 北海道市町村の地熱・温泉ボーリングデータ集, 北海道立地質研究所.

深畑幸俊, 岡崎智久, 西村卓也 (2022) GNSS データに基づく日本列島の歪み速度場と島弧間および島弧内変動, 地学雑誌, 131, 5, pp. 479-496.

深見浩司 (2009) 地質系統と水理定数・水質その 2—北海道の畑作振興深層地下水調査から—, 北海道立地質研究所報告, 80, pp. 157-183.

二間瀬 洌, 松波武雄 (1985) 北海道の地熱・温泉—1985 年・I 版— (A) 西南北海道中南部 (1975 年~1983 年) (B) 西南北海道北部 (1976 年~1983 年), 地下資源調査所調査研究報告, 15.

### G

雁沢好博 (1983) フィッション・トラック法によるグリーン・タフ変動の年代区分 その 2—富山県太美山地域—, 地質学雑誌, 89, 5, pp. 271-286.

鷹澤好博, 白井理沙, 田中 瞳, 東 剛 (2007) SAR 法による洞爺火砕流堆積物の赤色熱ルミネセンス年代測定, 地質学雑誌, 113, 9, pp. 470-478.

Goto, Y., Suzuki, K., Shinya, T., Yamauchi, A., Miyoshi, M., Danhara, T., Tomiya, A. (2018) Stratigraphy and Lithofacies of the Toya Ignimbrite in Southwestern Hokkaido, Japan: Insights into the Caldera-forming Eruption at Toya Caldera, Journal of Geography (Chigaku Zasshi), 127, 2, pp. 191-227.

### H

濱田誠一 (1998) 北海道余市湾海底下に見られる埋没地形—3.5kHzSBP 記録—, 地下資源調査所報告, 69, pp. 71-74.

長谷川 潔, 八幡正弘, 山岸宏光 (1986) 島弧横断ルート No.2 (倶知安-小樽), 北村 信編: 新生代東北本州弧地質資料集, 宝文堂, 1, 2.

橋本 学, 多田 堯 (1988) 北海道地方の水平変動とテクトニクス, 地震 第 2 輯, 41, 1, pp. 29-38.

橋本 亘, 石川俊夫, 船橋三男, 齊藤昌之, 長尾捨一

- 編(1958) 20万分の1北海道地質図(1~6) 説明書, 20万分の1地質図, 北海道立地下資源調査所。  
早川福利, 酒匂純俊, 和気 徹, 二間瀬 洸, 齊藤尚志, 松波武雄(1983) 北海道の地質と資源 II 北海道の地熱温泉資源, 北海道立地下資源調査所。  
早坂一郎, 鈴木 醇, 原田準平, 佐々保雄, 石川俊夫, 根本忠寛, 小林 勇, 沼辺武堤, 大島正夫, 齋藤 仁, 長尾捨一, 矢部伊太郎, 橋本 亘編(1953) 二十万分之一北海道地質図(1) 西部, 20万分の1地質図, 北海道立地下資源調査所。  
廣瀬 遙, 岡村 聡(2017) 積丹半島沼前岬の塩基性貫入岩体, 北海道教育大学紀要, 自然科学編, 67, 2, pp. 23-34。  
広瀬 亘, 岩崎深雪, 中川光弘(2000) 北海道中央部~西部の新第三紀火成活動の変遷: K-Ar年代, 火山活動様式および全岩化学組成から見た東北日本弧北端の島弧火成活動の変遷, 地質学雑誌, 106, 2, pp. 120-135。  
広田知保, 和田信彦, 横山英二, 菅 和哉(1985) 北海道水理地質図「俱知安」及び説明書, 北海道水理地質図幅, 7, 北海道立地下資源調査所。  
北海道電力(2009) 泊発電所1号機及び2号機「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果 報告書。  
北海道電力(2013) 泊発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書(1号及び2号発電用原子炉施設の変更)。  
北海道電力(2015) 泊発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書(3号発電用原子炉施設の変更)。  
北海道電力: 北海道電力株式会社 泊発電所(3号炉) 関連審査会合。  
北海道電力: 北海道電力株式会社 泊発電所(1・2号炉) 関連審査会合。  
北海道土木地質データ集作成委員会編(2017) 北海道地方土木地質図および同解説書, 日本応用地質学会北海道支部。  
北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会(2000) 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書。  
北海道通商産業局産業部産業立地課(2000) 岩内地域地下水利用適正化調査報告, 工業用水, 502, pp. 30-39。
- I
- Linuma, T., Kato, T., Hori, M. (2005) Inversion of GPS velocity and seismicity data to yield changes in stress in the Japanese Islands, *Geophysical Journal International*, 160, 2, pp. 417-434。  
伊木常誠(1911) 明治四十三年度鑛物調査ノ概要, 後志國銀山地方ノ鑛山, 鑛物調査報告(北海道之部), 1, pp. 21-33, 地質調査所。  
Imai, I., Issiki, N., Nozawa, T., Tanaka, K., Yamada, N., Yoshida, T. (1982) Geological map of Japan, 1:5,000,000 (Fourth edition), Geological Survey of Japan。  
今泉俊文, 宮内崇裕, 堤 浩之, 中田 高編(2018) 活断層詳細デジタルマップ[新編], 東京大学出版会。  
Imperial Geological Survey of Japan (1902) Outlines of the geology of Japan: descriptive text to accompany the geological map of the Empire on the scale 1:1,000,000。  
石田正夫, 秦 光男(1986) 50万分の1地質図「札幌」, 50万分の1地質図幅, 4, 地質調査所。  
石田正夫, 三村弘二, 広島俊男(1991) 20万分の1地質図幅「岩内(第2版)」, 20万分の1地質図, 地質調査所。  
石原舜三, 笠原裕子, 松枝大治(1998) 北海道南西部における新第三紀花崗岩類の発見, 地質調査所月報, 49, 9, pp. 461-467。  
石井正之, 鬼頭伸治, 田近 淳, 宮坂省吾編(2016) 北海道自然探検 ジオサイト107の旅, 北海道大学出版会。  
石川典彦, 橋本 学(1999) 測地測量により求めた日本の地震間の平均的な地殻水平ひずみ速度(II), 地震 第2輯, 52, pp. 299-315。  
石塚 治, 岡村行信, 荒井晃作, 池原 研, 片山 肇(2000) 北海道西方海域及び秋田沖海域より採取された岩石試料, 地質調査所速報, MG/00/1, pp. 67-89。  
磯見 博(1968) 日本地質構造図, 200万分の1地質編集図, 12, 地質調査所。  
磯崎行雄, 丸山茂徳, 青木一勝, 中間隆晃, 宮下 敦, 大藤 茂(2010) 日本列島の地体構造区分再訪—太平洋型(都城型)造山帯構成单元および境界の分類・定義—, 地学雑誌, 119, 6, pp. 999-1053。  
伊藤陽司, 山岸宏光, 川村信人, 堀 俊和(1999) 北海道における地すべり地形の特徴—地すべり地形データベースの解析から—, 地すべり, 35, 4, pp. 7-15。  
伊藤嘉秋, 三浦 哲, 太田雄策(2017) 北海道・東北地方におけるGNSS速度場のクラスタ解析, 日本地震学会2017年度秋季大会講演予稿集, S03-P05。  
伊東佳彦, 日下部祐基, 日外勝仁, 坂本多朗(2008) 工学的特性からみた北海道日本海沿岸火砕岩類の崩壊特性の検討, 平成20年度研究発表会講演論文集, pp. 123-124。  
岩淵義郎, 加藤 茂(1988) 第四紀地図の作成過程からみた大陸棚, 第四紀研究, 26, 3, pp. 217-225。  
泉 紀明, 西澤あずさ, 堀内大嗣, 木戸ゆかり, 中田高, 後藤秀昭, 渡辺満久, 鈴木康弘(2014) 3秒グリッドDEMから作成した日本海東縁部の3D海底地形, 海洋情報部研究報告, 51, pp. 127-143。

## K

- 海上保安庁(1996) 20 万分の 1 海底地形図「日本北海道西岸石狩湾西方」, 第 6657 号.
- 海上保安庁水路部(1979) 沿岸の海の基本図(5 万分の 1) 神威岬, 海図, 第 6324 号<sup>3</sup>.
- 海上保安庁水路部(1995) 沿岸の海の基本図(5 万分の 1) 寿都, 海図, 第 6325 号<sup>1-5</sup>.
- 海上保安庁水路部(2001) 日本海東縁部の海底地形と活構造, 地震予知連絡会会報, 66, 2-8, pp. 100-104, 国土地理院.
- 鹿野和彦, 栗本史雄, 巖谷敏光, 星住英夫, 松浦浩久, 牧本 博(2002) 日本地質図第 5 版, 200 万分の 1 地質編集図, 4, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 片山 肇(2008) 石狩湾表層堆積図, 海洋地質図, 66 (CD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 片山 肇, 井内美郎, 池原 研(2012) 積丹半島付近表層堆積図, 海洋地質図, 76 (CD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 加藤碩一, 脇田浩二, 菅原義明, 宮野素美子, 宮崎一博編(2011) 日本地質図史, 地質調査総合センター研究資料集, 535.
- 活断層研究会編(1980) 日本の活断層—分布図と資料, 東京大学出版会.
- 活断層研究会編(1991) 新編日本の活断層—分布図と資料, 東京大学出版会.
- 川村信人, 安田直樹, 渡辺暉夫, Fanning, M., 寺田剛(2000) 渡島帯ジュラ紀石英長石質砂岩の組成と供給地質体, 地質学論集, 57, pp. 63-72.
- 河田 英, 中村定男, 内田 豊, 竹林 勇, 鈴木豊重(1966) 泊村釜・茂岩温泉のボーリング, 地下資源調査所報告, 36, pp. 49-59.
- 経済企画庁(1967) 50 万分の 1 土地分類図(表層地質図 I) 北海道地方, 50 万分の 1 土地分類基本調査, 経済企画庁.
- 経済産業省資源エネルギー庁(2001) 平成 12 年度 広域地質構造調査報告書 北海道南部地域.
- 菊地宏吉, 水戸義忠(1998) 国道 229 号線豊浜トンネル上部斜面の岩盤崩落メカニズムに関する地質工学的考察, 応用地質, 39, 5, pp. 456-470.
- 木村栄ノ進(1996) 「豊浜トンネル」崩落事故現場を視る, 北海道地理, 70, pp. 37-42.
- 木村 学(2002) プレート収束帯のテクトニクス学, 東京大学出版会.
- 木下 修, 伊藤英文(1992) 東北日本と西南日本の接近・接合について—白亜紀~古第三紀の東北日本の挙動—, 地質学雑誌, 98, 3, pp. 223-233.
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1972) 昭和 45 年度 精密調査報告書 国富地域.
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1973) 昭和 46 年度 精密調査報告書 国富地域.
- 金属鉱業事業団(1974) 昭和 47 年度 精密調査報告書 国富地域.
- 金属鉱業事業団(1975) 昭和 48 年度 精密調査報告書 国富地域.
- 北川芳男(1986) 積丹半島の地質に関するノート, 北海道開拓記念館調査報告, 25, pp. 3-6.
- 北村 信(1978) 後期白亜紀以降の東北日本弧と日高弧, 地団研専報, 21, pp. 161-168.
- 小疇 尚, 福田正己, 石城謙吉, 酒井 昭, 佐久間敏雄, 菊地勝弘編(1994) 日本の自然 地域編 1 北海道, 岩波書店.
- 小疇 尚, 野上道男, 小野有五, 平川一臣編(2003) 日本の地形 2 北海道, 東京大学出版会.
- 小池一之, 町田 洋編(2001) 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会.
- 国土地理院(1986) 北海道地方の水平歪, 地震予知連絡会会報, 35, pp. 8-11.
- 国土地理院(1997) 日本の地殻水平歪図, <https://www.gsi.go.jp/cais/HIZUMI-hizumi.html>, 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 国土庁土地局(1975) 縮尺 20 万分の 1 土地分類図付属資料 北海道 I (石狩・後志・胆振支庁).
- 国土交通省: 国土地盤情報検索サイト KuniJiban, <http://www.kunijiban.pwri.go.jp>, 2023 年 11 月 27 日閲覧.
- 駒澤正夫, 広島俊男, 村田泰章, 牧野雅彦, 森尻理恵(1998) 札幌地域重力図(ブーゲー異常), 重力図, 10, 地質調査所.
- 駒澤正夫, 広島俊男, 石原丈実, 村田泰章, 山崎俊嗣, 上嶋正人, 牧野雅彦, 森尻理恵, 志知龍一, 岸本清行, 木川栄一(1999) 日本重力図(ブーゲー異常), 地質調査所.
- 越谷 賢, 丸井敦尚, 伊藤成輝, 吉澤拓也(2011) 日本列島における三次元水文地質モデルの構築と地下水賦存量の試算, 地下水学会誌, 53, 4, pp. 357-377.
- 越谷 賢, 丸井敦尚(2012) 日本列島における地下水賦存量の試算に用いた堆積物の地層境界面と層厚の三次元モデル(第一版), 地質調査総合センター研究資料集, 564.
- 日下部祐基, 伊東佳彦(2015) 凍結融解試験による岩石の強度劣化の定式化と物性値との関係, 土木学会論文集 C (地圏工学), 71, 1, pp. 47-54.

## L

- Lyman, B. S., Muroe, H. S., Yamauchi, T., Akiyama, Y., Inagaki, T., Kuwada, T., Misawa, S., Takahashi, J., Kada, T., Ban, I., Saito, T., Shimada, J., Yamagiwa, E., Mayeda, S., Nishiyama, S. (1876) A geological sketch map of the Island of Yesso, Japan (日本蝦夷地質要畧之圖), Geological Survey of Hokkaido.

## M

- 町田 洋, 新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラス 日本列島とその周辺, 東京大学出版会.
- 牧野雅彦, 大久保泰邦, 中塚 正 (1992) 日本の磁気図及び説明書, 200 万分の 1 地質編集図, 23, 地質調査所.
- 松原 誠, 石山達也, 野 徹夫, 植平賢治, 望月将志, 金澤敏彦, 高橋成実, 神谷眞一郎 (2022) 日本列島下の三次元地震波速度構造 (2022 年度版), [https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo\\_kozo/](https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/), 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 松田義章 (2005) 積丹半島の生い立ち, 余市豆本 第 4 集別巻 2 号, 余市豆本の会.
- 松枝大治, 平間正男, 渡辺暉夫 (1996) 積丹半島豊浜トンネル崩落崖付近の水冷火砕岩類の変質作用, 北海道地区自然災害科学資料センター報告, 11, pp. 71-76.
- 松波武雄, 秋田藤夫, 高見雅三, 若浜 洋, 岡崎紀俊 (1991) 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集 ~ 1990, 北海道立地下資源調査所.
- 松波武雄, 秋田藤夫, 高見雅三, 若浜 洋, 岡崎紀俊 (1991) 北海道地熱・温泉ボーリング井索引図 ~ 1990, 北海道立地下資源調査所.
- 松波武雄 (1992) 北海道の高濃度塩化物泉について, 地下資源調査所報告, 64, pp. 17-30.
- 松波武雄, 鈴木豊重, 藤本和徳, 秋田藤夫, 若浜 洋 (1996) 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集 1991~1995, 北海道立地下資源調査所.
- 松波武雄, 鈴木豊重, 藤本和徳, 秋田藤夫, 若浜 洋 (1996) 北海道地熱・温泉ボーリング井索引図 1991~1995, 北海道立地下資源調査所.
- 松波武雄, 秋田藤夫, 柴田智郎, 藤本和徳, 鈴木隆広, 高橋徹哉 (2001) 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集 1996~2000, 北海道立地質研究所.
- 松波武雄, 秋田藤夫, 柴田智郎, 藤本和徳, 鈴木隆広, 高橋徹哉 (2001) 北海道地熱・温泉ボーリング井索引図 1996~2000, 北海道立地質研究所.
- Miura, S., Sato, T., Hasegawa, A., Suwa, Y., Tachibana, K., Yui, S. (2004) Strain concentration zone along the volcanic front derived by GPS observations in NE Japan arc, *Earth, Planets and Space*, 56, pp. 1347-1355.
- 宮坂省吾, 田中 実, 岡 孝雄, 岡村 聡, 中川 充編 (2011) 札幌の自然を歩く [第 3 版] 道央地域の地質あんない, 北海道大学出版会.
- 宮内崇裕 (1990) 日本海東縁海岸地域の完新世地震性地殻変動, *地学雑誌*, 99, 4, pp. 390-391.
- 茂木昭夫 (1977) 日本近海海底地形誌—海底俯瞰図集, 東京大学出版会.
- 森木ひかる, 隈元 崇, 中田 高, 後藤秀昭, 泉 紀明, 西澤あずさ (2017) アナグリフ画像による日本周辺の海底地すべりの判読と分布特性の検討, *海洋*

情報部研究報告, 54, pp. 1-16.

- 本山 功 (2000) GH99 航海により日本海海底から採取された岩石・堆積物試料の放射虫化石による年代分析, *地質調査所速報*, MG/00/1, pp. 94-98.
- 村上 亮, 小沢慎三郎 (2004) GPS 連続観測による日本列島上下地殻変動とその意義, *地震* 第 2 輯, 57, pp. 209-231.

## N

- 長尾 巧, 佐々保雄 (1933) 北海道西南部の新生代層と最近の地史 (1), *地質學雑誌*, 40, 480, pp. 555-577.
- 長尾 巧, 佐々保雄 (1933) 北海道西南部の新生代層と最近の地史 (2), *地質學雑誌*, 40, 483, pp. 750-755.
- Nakagawa, M. (1992) Chemical zonation of volcanoes at the northern end of NE Japan arc: K-Ar ages and geochemistry of some Pliocene and Pleistocene basalts from the western region of Sapporo, southwestern Hokkaido, *Journal of mineralogy, petrology and economic geology*, 87, pp. 460-466.
- 中川光弘, 丸山裕則, 船山 淳 (1995) 北海道第四紀火山の分布と主成分化学組成の広域変化, *火山*, 40, 1, pp. 13-31.
- 中川光弘, 広瀬 亘, 岩崎深雪 (1999) 北海道の 6Ma 以降の火山活動の時空変遷から見た千島弧-東北日本弧会合部のテクトニクス変遷, *月刊地球*, 21, 9, pp. 543-548.
- 中谷真英, 梅田克史, 鈴木晴美, 諏訪 至 (2019) 山岳トンネルの斜坑・本坑交差部における設計・施工について, *西松建設技報*, 42, 5.
- 中塚 正, 大熊茂雄 (2009) 日本空中磁気DBによる対地 1,500m 平滑面での磁気異常分布データの編集, *地質調査総合センター研究資料集*, 516.
- 成田英吉, 岡部賢二, 河野純一 (1965) 北海道積丹半島の地質と鉍床 (I), *岩石鉍物鉍床学会誌*, 54, 5, pp. 151-161.
- 成田英吉, 岡部賢二, 河野純一 (1965) 北海道積丹半島の地質と鉍床 (II), *岩石鉍物鉍床学会誌*, 54, 6, pp. 208-215.
- 根本忠寛 (1942) 余別岳圖幅説明書, 北海道工業試験場地質調査報告, 7.
- 根本忠寛, 対馬坤六, 上島 宏 (1955) 5 万分の 1 地質図幅「古平 (附 幌武意)」及び説明書「古平および幌武意」, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 9, 2 号, 北海道開発庁.
- 日本地質学会編 (2010) 日本地方地質誌 1 北海道地方, 朝倉書店.
- 日本の地質『北海道地方』編集委員会編 (1990) 日本の地質 1 北海道地方, 共立出版.
- 日本の地質増補版編集委員会編 (2005) 日本の地質 増

- 補版, 共立出版。  
日鉦探開(1981)昭和56年度広域調査 積丹地域空中磁気探査報告書。  
日鉦探開(1982)昭和56年度広域調査積丹地域地質調査報告書。  
日鉦探開(1983)昭和57年度広域調査 積丹地域地質調査報告書, 金属鉦事業団。  
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, 60, <https://unit.aist.go.jp/iev/dger/db/QVDB/>, 2022年5月11日閲覧。  
西来邦章, 伊藤順一, 上野龍之, 内藤一樹, 塚本 斉(2014)第四紀噴火・貫入活動データベース, [http://gsbank.gsj.jp/quaternary/index\\_qvir.php](http://gsbank.gsj.jp/quaternary/index_qvir.php), 2022年5月11日閲覧。  
西村卓也(2017)GNSSデータから見出される日本列島のひずみ集中帯と活断層及び内陸地震, 活断層研究, 46, pp. 33-39。  
野原 壯, 郡谷順英, 今泉俊文(2000)活断層GISデータを用いた地殻の歪速度の推定, 活断層研究, 19, pp. 23-32。  
能條 歩, 板木拓也, 石村豊穂(2003)北海道における新生界の微化石研究—1990年以降の研究結果の総括と今後の課題—, 地球科学, 57, 6, pp. 343-355。  
農商務省地質調査所(1899)百萬分一日本帝國地質圖および説明書。
- O**
- 小倉信雄, 鈴木良一(1971)国富鉦山付近の地質構造, 火成活動および鉦化作用について, 鉦山地質, 21, 3, pp. 195-207。  
大日方順三(1911)渡島國及後志國鑛床調査報文 茂岩鑛山, 鑛物調査報告(北海道之部), 6, pp. 56-67, 地質調査所。  
大日方順三(1911)渡島國及後志國鑛床調査報文 稻倉石鑛山, 鑛物調査報告(北海道之部), 6, pp. 169-179, 地質調査所。  
Ohta, E., Kawano, Y., Nakagawa, M., Kagami, H. (1998) Petrochemistry of late Miocene to Quaternary igneous rocks and metallogenesis in Southwest Hokkaido, Japan, Resource Geology, 48, 3, pp. 183-196。  
大竹政和, 平 朝彦, 太田陽子編(2002)日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会。  
大園真子(2013)GPS観測に基づく北海道地方の2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)に伴うひずみの時空間変化, 北海道大学地球物理学研究報告, 76, pp. 97-110。  
岡村 聡, 石井次郎, 渡辺 寧(1989)日本海北東縁, 二子海丘から採取された火山岩片とK-Ar年代, 岩鉦, 83, 1, pp. 32-36。  
岡村 聡, 永田秀尚(2007)忍路・積丹半島の水底火山活動と岩盤崩壊, 地質学雑誌, 113, 補遺, pp. 93-102。  
岡村 聡(2022)寿都町・神恵内村は深地層処分の適地か?—地質学的視点から考える—, 地学教育と科学運動, 89, pp. 41-47。  
岡村行信(2008)石狩湾海底地質図, 海洋地質図, 67(CD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター。  
岡村行信(2010)日本海東縁の地質構造と震源断層との関係, 地質学雑誌, 116, 11, pp. 582-591。  
岡村行信, 佐藤太一(2023)積丹半島付近海底地質図, 海洋地質図, 94, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。  
岡 孝雄(1986)北海道の後期新生代堆積盆の分布とその形成に関わるテクトニクス, 北海道の地質と構造運動, 地団研専報, 31, pp. 295-320。  
岡 孝雄(1997)北海道のネオテクトニクス区分と地震問題, 日本応用地質学会研究発表会講演論文集, pp. 41-44。  
岡 孝雄(1999)北海道付近のネオテクトニクス像—特にネオテクトニクスの地域区分と特徴—, 月刊地球, 21, 9, pp. 549-556。  
小野有五, 斉藤海三郎(2019)北海道西部, 岩内平野の地形発達史—泊原発の敷地内断層と関連して—, 活断層研究, 51, pp. 27-52。  
大槻憲四郎(1989)鉦脈による新第三紀東北本州弧の造構応力場復元, 地質学論集, 32, pp. 281-304。
- S**
- 嵯峨山 積(1988)日本海盆北東縁, 海洋海山の珪藻群集, 地質学雑誌, 94, 4, pp. 295-300。  
嵯峨山 積, 保柳康一, 石井次郎(1988)北海道積丹半島沖海洋火山, 1988年調査で採取された堆積岩中の珪藻群集, 北海道東海大学紀要理工学系, 1, pp. 17-21。  
嵯峨山 積, 内田康人, 村山泰司, 菅 和哉, 濱田誠一(1999)1998年浅海域地質調査(西南北海道海域)の概要—岩内海域および島牧・寿都海域—, 地下資源調査所報告, 70, pp. 149-160。  
嵯峨山 積(2000)北海道の新生界中部中新統~鮮新統層序と堆積盆の動き, 北海道立地質研究所報告, 71, pp. 59-102。  
嵯峨山 積, 内田康人, 大澤賢人, 菅 和哉, 濱田誠一, 村山泰司, 仁科健二(2000)北海道沿岸域の地質・底質環境—2—西南北海道海域, 北海道立地質研究所調査研究報告, 29。  
嵯峨山 積(2002)北海道利尻島および積丹半島の新第三系の地質年代と対比, 北海道立地質研究所報告, 73, pp. 99-106。  
嵯峨山 積(2006)北海道の十勝川・天塩川・石狩川沖の表層堆積物における淡水生珪藻遺骸の広がり, 地質学雑誌, 112, 10, pp. 594-607。  
Sagiya, T., Miyazaki, S., Tada, T. (2000) Continuous

- GPS array and present-day crustal deformation of Japan, *Pure and Applied Geophysics*, 157, pp. 2303–2322.
- Sagiya, T. (2004) A decade of GEONET: 1994–2003 —The continuous GPS observation in Japan and its impact on earthquake studies—, *Earth, Planets and Space*, 56, pp. xxix–xli.
- 鷺谷 威, 大坪 誠 (2019) 日本列島の地殻ひずみ速度—測地学的データと地質・地形学的データの統一的理解—, *地学雑誌*, 128, 5, pp. 689–705.
- 齋藤正次, 上村不二雄, 大沢 穠 (1952) 5 万分の 1 地質図幅「茅沼」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 18 号, 北海道開発庁.
- 齋藤正次 (1953) 300 万分の 1 日本地質図, 地質調査所.
- 齋藤昌之 (1966) 特殊地帯地下資源開発調査報告 積丹半島地域調査統括, 北海道開発計画調査 地下資源開発計画調査, 北海道開発庁.
- 齋藤昌之, 松下 亘 (1968) 特定鉱床開発促進調査 積丹半島地域, 北海道開発計画調査 鉱業開発計画調査, 北海道開発庁.
- 酒匂純俊, 和気 徹, 早川福利, 二間瀬 洌, 横山英二, 松波武雄, 齊藤尚志, 内田 豊 (1977) 北海道の地熱・温泉 (B) 西南北海道北部, 地下資源調査所調査研究報告, 4.
- 酒匂純俊, 鈴木 守, 長谷川 潔, 高橋功二, 松下勝秀, 舟橋三男 (1980) 北海道の地質と資源 I 北海道の地質—北海道地質図—, 60 万分の 1 地質図, 北海道立地下資源調査所.
- 寒川 旭, 衣笠善博, 垣見俊弘 (1984) 50 万分の 1 活構造図「札幌」, 50 万分の 1 活構造図, 4, 地質調査所.
- 産業技術総合研究所: 活断層データベース, <https://gbank.gsj.jp/activefault/>, 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 産業技術総合研究所: 高分解能音波探査断面データベース (3.5kHz SBP), [https://gbank.gsj.jp/sbp\\_db/pages/cover.html](https://gbank.gsj.jp/sbp_db/pages/cover.html), 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2002) 北海道地質ガイド第 2 版, 数値地質図, G-7.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2003) 100 万分の 1 日本地質図第 3 版 CD-ROM 版第 2 版, 数値地質図, G-1.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2003) 200 万分の 1 日本地質図第 5 版 CD-ROM 版, 数値地質図, G-10.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2005) 日本空中磁気データベース, 数値地質図, P-6.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2013) 日本重力データベース DVD 版, 数値地質図, P-2.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) 20 万分の 1 日本火山図 (Ver. 1.0d), <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/>, 2022 年 9 月 25 日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2022) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2, <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html>, 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター: 地殻応力場データベース, <https://gbank.gsj.jp/crstress/>, 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター: 海域地質構造データベース, <https://gbank.gsj.jp/marineseisdb/>, 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター: 地質図表示システム 地質図 Navi, <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>, 2023 年 9 月 25 日閲覧.
- Sawada, Y. (1962) The Geology and Paleontology of the Setana and Kuromatsunai Areas in Southwest Hokkaido, Japan, *Memoirs of the Muroran Institute of Technology*, 4, 1, pp. 1–110.
- 瀬川秀良 (1974) 日本地形誌 北海道地方, 朝倉書店.
- 嶋村 清 (2008) 改訂「日本列島海底谷系図」—海底谷の地形的特徴と問題点—, *地質学雑誌*, 114, 11, pp. 560–576.
- 清水文健, 井口 隆, 大八木規夫 (2010) 地すべり地形分布図第 45 集「岩内」, 防災科学技術研究所研究資料, 339.
- 新エネルギー総合開発機構 (1987) 全国地熱資源総合調査 (第 2 次) 火山性熱水対流系地域タイプ①ニセコ地域火山地質図及び地熱地質編図.
- 新エネルギー総合開発機構 (1987) 昭和 61 年度全国地熱資源総合調査 (第 2 次) 火山性熱水対流系地域タイプ① (ニセコ地域) 地熱調査成果図集.
- 須田芳朗, 村田泰章, 菊地恒夫, 花岡尚之 (1991) 岩石物性値データベース (PROCK), 地質調査所研究資料集, 155, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 住鉱コンサルタント (1982) 昭和 56 年度広域調査積丹地域重力探査報告書.
- 住鉱コンサルタント (1983) 昭和 57 年度広域調査積丹地域重力探査報告書.
- 鈴木達夫 (1930) 後志國茅沼炭田調査報文, 鑛物調査報告 (北海道之部), 37, pp. 1–24, 地質調査所.
- 鈴木豊重, 川森博史, 高橋徹哉, 大津 直, 鈴木隆広, 藤本和徳編 (1995) 北海道市町村の地熱・温泉ボーリング—地域エネルギー開発利用施設整備事業— (昭和 55 年度～平成 5 年度), 北海道立地下資源調査所.

## T

- 多田 堯, 橋本 学 (1985) 北海道地方の水平変動とテクトニクス, *地震学会講演予稿集昭和 60 年度秋季大会*, 2, p. 33.
- 多田 堯 (1986) 北海道東部～南西部のテクトニクス, *地震学会講演予稿集昭和 61 年度春季大会*, 1, p. 53.
- 多田 堯, 木村 学 (1987) 千島弧南西端における衝

- 突現象と地殻変動, 地震 第2輯, 40, 2, pp. 197–204.
- 田近 淳, 岡村俊邦 (2010) 大規模地すべり地形の発達: 積丹半島沼前地すべりの例, 日本地すべり学会誌, 47, 2, pp. 91–97.
- 高見雅三, 鈴木隆広, 高橋徹哉, 柴田智郎, 小澤 聡, 藤本和徳, 秋田藤夫 (2008) 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集および索引図(統合版), 北海道立地質研究所.
- 清水水康博 (2013) 北海道の津波堆積物研究の現状と課題: 17世紀巨大津波による堆積物の研究を中心に, 地質学雑誌, 119, 9, pp. 599–612.
- 竹内 章 (1989) 西北北海道の新期応力場とテクトニクス, 日本地質学会第96年学術大会講演要旨, p. 455.
- 竹内 章, 田中武男 (1990) 後志海山の地形地質とテクトニクス, 海洋科学技術センター試験研究報告, 6, pp. 317–326.
- 竹内 章, 岡村行信, 加藤幸弘, 池原 研, 張 勁, 佐竹健治, 長尾哲史, 平野真人, 渡辺真人 (2000) 日本海東縁, 奥尻海嶺および周辺の大地震と海底変動, JAMSTEC 深海研究, 16, pp. 29–46.
- 玉木賢策, 湯浅真人, 西村清和, 本座栄一, 宮崎輝旗, 石原文実 (1979) 北海道周辺日本海及びオホーツク海域広域海底地質図, 海洋地質図, 14, 地質調査所.
- 田村芳雄, 津 宏治, 中井順二 (1974) 積丹・奥尻海域空中磁気図, 空中磁気図, 10, 地質調査所.
- Tanai, T. (1961) Neogene Floral Change in Japan, Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy, 11, 2, pp. 119–398.
- 棚井敏雅 (1963) 日本海における新第三紀植物群の変遷, 化石, 5, pp. 51–62.
- Tanaka, H., Tsunakawa, H., Yamagishi, H., Kimura, G. (1991) Paleomagnetism of the Shakotan Peninsula, West Hokkaido, Japan, Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, 43, 4, pp. 277–294.
- Terakawa, T., Matsu'ura, M. (2010) The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, Tectonics, 29, TC6008, doi: 10.1029/2009TC002626.
- 東宮昭彦, 宮城磯治 (2020) 洞爺噴火の年代値, 火山, 65, 1, pp. 13–18.
- 豊浜トンネル崩落事故調査委員会 (1996) 豊浜トンネル崩落事故調査報告書.
- 椿原慎一 (1990) 地殻の変形様式からみた西南北北海道のテクトニクス, 日本地質学会第97年学術大会講演要旨, p. 366.
- 対馬坤六 (1968) 20万分の1地質図幅「岩内」, 20万分の1地質図, NK-54-20, 地質調査所.
- 通商産業省 (1971) 昭和45年度広域調査報告書 国富地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1985) 昭和59年度広域調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1986) 昭和60年度広域調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1987) 昭和61年度広域地質構造調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1988) 昭和62年度広域地質構造調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1989) 昭和63年度広域地質構造調査報告書 積丹地域.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (2000) 平成11年度広域地質構造調査報告書 北海道南部地域.

## U

- 内田康人, 菅 和哉, 嵯峨山 積, 村山泰司, 濱田誠一, 川森博史, 大澤賢人, 仁科健二 (2003) 北海道沿岸域の地質・底質環境—3—日本海北部海域, 北海道立地質研究所調査研究報告, 31.
- Uchide, T., Shiina, T., Imanishi, K. (2022) Stress map of Japan: Detailed nationwide crustal stress field inferred from focal mechanism solutions of numerous microearthquakes, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 127, e2022JB024036, doi: 10.1029/2022JB024036.
- 上野将司, 山岸宏光 (2002) わが国の岩盤崩壊の諸例とその地形地質学的検討—とくに発生場と発生周期について—, 地すべり, 39, 1, pp. 40–47.
- 右代啓視, 赤松守雄, 山田悟郎 (1992) 積丹半島における洞窟・岩陰遺跡とその地質学的意義, 北海道開拓記念館研究報告, 12, pp. 93–106.

## W

- 渡部真人, 赤松守雄, 山田悟郎 (1990) 北海道南部の日本海岸に分布する海成段丘面の対比とそれに伴う第四系の層序, および積丹半島の第四紀における構造地質学的性格, 北海道開拓記念館調査報告, 29, pp. 147–159.
- 渡辺真人 (2000) GH99航海で採取された泥岩試料の珪藻化石に基づく年代, 地質調査所速報, MG/00/1, pp. 90–93.
- 渡辺暉夫 (1999) 第2白糸トンネル岩盤崩落と渡島半島西縁部の地質, 北海道地区自然災害科学資料センター報告, 14, pp. 3–16.
- 渡辺 寧 (1986) 鉾脈の方向から推定された広域応力場—北海道における中期中新世以降の鉾脈の例—, 鉾山地質, 36, 3, pp. 209–218.
- Watanabe, Y. (1990) Pliocene to Pleistocene volcanism and related vein-type mineralization in Sapporo-Iwanai district, Southwest Hokkaido, Japan, Mining Geology, 40, 5, pp. 289–298.
- Watanabe, Y. (1991) Mineralization ages of

- Ofukeshi, Shizukari, Yakumo and Jokoku deposits and structural movements related to vein-type mineralization in Southwest Hokkaido, *Mining Geology*, 41, 3, pp. 141–146.
- 渡辺 寧, 渡辺真人 (1992) K-Ar 年代および珪藻化石群集に基づく西南北海道北部の火山砕屑岩類の層序と年代, *地球科学*, 46, 2, pp. 143–152.
- 渡辺 寧 (1993) 岩脈・火口配列に基づく西南北海道北部の新生代後期の応力場, *地質学雑誌*, 99, 2, pp. 105–116.
- 渡辺 寧 (1993) 西南北海道における新生代後期の応力場の転換と鉍化作用, *資源地質*, 43, 3, pp. 214–215.
- 渡辺 寧 (1993) 西南北海道北部の火山列—ニセコ-羊蹄火山列はなぜ曲がったのか?—, 石井次郎教授追悼論文集, pp. 147–154.
- Watanabe, Y. (1995) Epithermal vein-type mineralization in a compressive stress field, southwest Hokkaido, Japan, *Global Tectonics and Metallogeny*, 5, 1&2, pp. 19–27.
- 渡辺 寧 (2000) 札幌-岩内地域マグマ-鉍化熱水系分布図, *特殊地質図*, 38, 地質調査所.
- 渡辺 寧 (2001) 豊羽鉍床とプレート・テクトニクス, *地質ニュース*, 564, pp. 6–15, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Watanabe, Y. (2002) Late Cenozoic metallogeny of Southwest Hokkaido, Japan, *Resource Geology*, 52, 3, pp. 191–210.
- 渡辺 寧 (2002) 札幌-岩内地域マグマ-鉍化熱水系分布図, *地質ニュース*, 572, pp. 24–25, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Wei, D. and Seno, T. (1998) Determination of the Amurian Plate Motion, In: Flower, M. F., Chung, S. L., Lo, C. H., Lee, T. Y. (Eds.), *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia*, *Geodynamics Series*, American Geophysical Union, 27, pp. 337–346.
- Y**
- 八幡正弘 (1989) 西南北海道北部の新生界とその特徴, *地質学論集*, 32, pp. 7–28.
- 八幡正弘, 黒沢邦彦, 岡村 聡 (2000) 西北海道, 小樽—赤井川地域に分布する新第三系火山岩層序と鉍化作用, *北海道立地質研究所報告*, 71, pp. 49–58.
- 八幡正弘 (2002) 北海道における後期新生代の鉍化作用および熱水活動の時空変遷, *北海道立地質研究所報告*, 73, pp. 151–194.
- 八幡正弘 (2005) 北海道の新生代鉍床区における熱水活動履歴, *地球科学*, 59, 3, pp. 193–212.
- 山田悟郎, 赤松守雄, 渡部真人, 三野紀雄, 中田幹雄 (1988) 積丹半島に分布する瀨棚層相当層と第四系から産出した花粉化石について, *北海道開拓記念館調査報告*, 27, pp. 3–12.
- 山田悟郎, 渡部真人, 赤松守雄 (1992) 積丹半島の第四系について, *北海道開拓記念館研究報告*, 12, pp. 19–34.
- 山田直利, 斎藤英二, 村田泰章 (1990) コンピューター編集による日本地質図及び説明書, 200 万分の 1 地質編集図, 22, 地質調査所.
- 山縣耕太郎 (1994) 支笏およびクッタラ火山のテフロクロノロジー, *地学雑誌*, 103, 3, pp. 268–285.
- 山岸宏光, 石井正之 (1979) 5 万分の 1 地質図幅「余別および積丹岬」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 8, 1 号, 北海道立地下資源調査所.
- 山岸宏光, 積丹団研グループ (1979) 積丹半島西南部の地質と火成活動—とくに, 層序とハイアロクラスタイトについて—, *地質学論集*, 16, pp. 195–212.
- 山岸宏光 (1980) 5 万分の 1 地質図幅「神恵内」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 17 号, 北海道立地下資源調査所.
- Yamagishi, H. (1981) *Geology of the Shakotan Peninsula, Hokkaido, Japan*, Report of the Geological Survey of Hokkaido, 52, pp. 1–29.
- Yamagishi, H. (1982) Miocene subaqueous volcanoclastic rocks of the Oshoro Peninsula, Southwest Hokkaido, Japan, *The Journal of the Geological Society of Japan*, 88, 1, pp. 19–29.
- 山岸宏光 (1982) 西南北海道北部の地質とテクトニクス, *日本地質学会第 89 年学術大会講演要旨*, p. 512.
- 山岸宏光 (1986) 島弧横断ルート No.1 (a: 積丹岬, b: 茅沼-古平), 北村 信編: 新生代東北本州弧地質資料集, 宝文堂, 1, 1.
- 山岸宏光, 渡辺 寧 (1986) 西南北海道における新生代後期の応力場の変遷—地質断層, 岩脈, 鉍脈および活断層の検討—, *北海道の地質と構造運動, 地団研専報*, 31, pp. 321–331.
- 山岸宏光 (1989) 西南北海道における新第三紀火山岩相の特徴と噴火活動略史, *地質学論集*, 32, pp. 385–397.
- Yamagishi, H., Matsuda, Y. (1991) The Neogene submarine felsic rocks at Yoichi Beach, Shakotan Peninsula, *The Journal of the Geological Society of Japan*, 97, 4, pp. 269–277.
- 山岸宏光, 伊藤陽司 (1993) 北海道における地すべり地形の分布からみた地質分帯, *地すべり*, 30, 2, pp. 1–9.
- 山岸宏光編 (1993) 北海道の地すべり地形 分布図とその解説, 北海道大学図書刊行会.
- 山岸宏光 (1994) 水中火山岩 アトラスと用語解説, 北海道大学出版会.
- 山岸宏光 (1996) ハイアロクラスタイトと岩盤崩落, 北海道地区自然災害科学資料センター報告, 11, pp. 9–23.
- 山岸宏光, 志村一夫 (1997) 1997 年 8 月北海道島牧

- 村第二白糸トンネルを破壊した新第三紀ハイアロクラスタイトの岩盤崩落, 地質学雑誌, 103, 10, pp. XXXIII-XXXIV.
- 山口久之助, 小原常弘, 早川福利, 佐藤 巖, 二間瀬 洌, 横山英二, 小山内 熙, 松下勝秀, 国府谷盛明 (1964) 北海道水理地質図「札幌」及び説明書, 北海道水理地質図幅, 8, 北海道立地下資源調査所.
- 山本明彦, 石川春義 (2002) 北海道渡島半島南部の重力異常と浅部地殻構造, 北海道大学地球物理学研究報告, 65, pp. 247-290.
- 八島邦夫, 今井健三, 西沢邦和 (1982) 100 万分の 1 海底地形図「北海道」・「東北日本」と海底地形, 水路部研究報告, 17, pp. 93-162.
- 米田哲朗, 大河原正文, 渡辺 隆 (1999) 北海道積丹半島豊浜トンネル付近の水冷火砕岩に産するスメクタイト, 粘土科学, 39, 2, pp. 53-64.
- 米田哲朗, 林 謙二, ダカール ゴネス, 柏谷公希, 金子勝比古 (2002) 北海道積丹半島における火砕岩の特性と岩盤崩壊の要因について, 地すべり, 39, 1, pp. 14-21.
- 米倉伸之, 貝塚爽平, 野上道男, 鎮西清高編 (2001) 日本の地形 1 総説, 東京大学出版会.
- 吉村豊文 (1942) 北海道稻倉石鑛山鑛床調査概報, 地質調査所輯報別輯, 1, pp. 28-30.