

北海道寿都郡寿都町  
文献調査報告書

噴火に関する説明書

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) 北海道寿都郡寿都町文献調査報告書

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・評価の考え方	1
1.1 調査のよりどころ	1
1.1.1 文献調査計画書	1
1.1.2 「考慮事項」	1
1.1.3 「文献調査段階の評価の考え方」	2
1.2 評価の考え方	3
1.2.1 第四紀の火山活動による火山噴出物であることの確認	4
1.2.2 地質の観点から第四紀に貫入、噴出した火道、岩脈等と判断するもの	4
1.2.3 地形の観点から基づいた第四紀に貫入、噴出した火道、岩脈等と判断するもの	5
1.2.4 火山の活動中心の確認	5
1.2.5 現在、メルトが存在する可能性の確認	5
1.3 調査の進め方	5
第2章 文献・データの収集・情報の抽出	8
2.1 収集対象範囲	8
2.2 収集・抽出の観点	9
2.3 抽出結果	10
第3章 火山・火成活動および地熱・熱水活動の概要	11
3.1 第四紀における火山活動	11
3.1.1 北海道の火山・火成活動	11
3.1.2 西南北海道の火山活動史と分布の規則性	12
3.1.3 西南北海道の応力場	13
3.1.4 文献調査対象地区周辺の第四紀火山	13
3.2 地熱・熱水活動	17
3.2.1 鉱床および熱水変質帯	17
3.2.2 泉温および地温・地温勾配	19
3.2.3 噴気	23
3.2.4 地下水の pH	23
第4章 評価に必要な知見の整理	26
4.1 既知の第四紀火山	26
4.1.1 検討方法	26
4.1.2 個々の火山に関する整理	28
4.2 その他の火山活動	43
4.2.1 第四紀の活動の可能性が指摘されている火山	44
4.2.2 噴出時期が明らかでない火成岩類	47
4.2.3 貫入岩・岩脈	63
4.3 新たな火山が生じる可能性	76
4.3.1 火成活動のメカニズム	76
4.3.2 地殻～マントル最上部におけるメルトの存在	77

4.3.3 マントルウェッジにおけるメルトの生成と移動.....	89
第5章 基準に照らした評価.....	92
5.1 マグマの貫入等による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約 258 万年前 まで）における火山活動に係る火道，岩脈，カルデラ等の履歴.....	93
5.2 第四紀に活動した火山の活動中心からおおむね 15 km 以内.....	93
5.3 第四紀に活動した火山が存在しない場所であっても，新たな火山が生じる可能性.....	94
5.4 概要調査に向けた考え方.....	95
引用文献 .....	98



## 図目次

図 1.3-1	噴火に関する説明書の構成 .....	7
図 2.1-1	収集対象範囲 .....	9
図 3.1-1	東北日本のプレート配置と火山フロント .....	11
図 3.1-2	新生代の各ステージにおける西南北海道の火山岩分布（広瀬ほか，2000） .....	12
図 3.1-3	文献調査対象地区周辺の第四紀火山の分布 .....	14
図 3.2-1	文献調査対象地区周辺の鉱床および熱水変質帯の分布 .....	18
図 3.2-2	文献調査対象地区周辺の鉱床分布 .....	19
図 3.2-3	文献調査対象地区の坑井分布 .....	20
図 3.2-4	文献調査対象地区周辺の泉温分布 .....	21
図 3.2-5	文献調査対象地区周辺の地温勾配分布 .....	22
図 3.2-6	坑井 437-004 における温度プロファイル .....	23
図 3.2-7	文献調査対象地区周辺における地下水の pH 分布 .....	24
図 4.1-1	5 万分の 1 地質図幅によるニセコ・雷電火山群周辺の火山噴出物の分布 .....	29
図 4.1-2	5 万分の 1 地質図幅による地質層序（ニセコ・雷電火山群） .....	31
図 4.1-3	ニセコ地域地熱地質編図によるニセコ・雷電火山群周辺の火山噴出物の分布 .....	32
図 4.1-4	ニセコ地域地熱地質編図による火山層序（ニセコ・雷電火山群） .....	33
図 4.1-5	噴出量－時間階段図（ニセコ火山群）（山元，2014） .....	34
図 4.1-6	ニセコ・雷電火山群周辺の火口・火道の分布 .....	36
図 4.1-7	ニセコ・雷電火山群の地形判読結果 .....	37
図 4.1-8	イワオヌプリ周辺の地形判読結果 .....	38
図 4.1-9	ニセコ・雷電火山群を代表する地点の分布 .....	40
図 4.1-10	5 万分の 1 地質図幅「長万部」による写万部山周辺の火山噴出物の分布 .....	41
図 4.1-11	5 万分の 1 地質図幅「長万部」による地質層序（写万部山） .....	42
図 4.1-12	写万部山周辺の個々の噴出・貫入地点の分布 .....	43
図 4.2-1	5 万分の 1 地質図幅による磯谷溶岩の分布 .....	45
図 4.2-2	5 万分の 1 地質図幅による地質層序（磯谷） .....	46
図 4.2-3	5 万分の 1 地質図幅による賀老山周辺の火山噴出物の分布 .....	49
図 4.2-4	5 万分の 1 地質図幅による地質層序（賀老山） .....	50
図 4.2-5	ニセコ地域地熱地質編図による賀老山周辺の火山噴出物の分布 .....	51
図 4.2-6	ニセコ地域地熱地質編図による地質層序（賀老山） .....	52
図 4.2-7	5 万分の 1 地質図幅による火山噴出物の分布 .....	54
図 4.2-8	5 万分の 1 地質図幅による地質層序（ガロ川火山岩類） .....	55
図 4.2-9	長万部地域地質層序表（久保ほか，1988） .....	56
図 4.2-10	5 万分の 1 地質図幅による地質層序（その他の火成岩類） .....	57
図 4.2-11	沿岸の海の基本図による層序（沿岸海域の火成岩類） .....	59
図 4.2-12	沿岸の海の基本図による海域の火成岩類の分布 .....	60
図 4.2-13	積丹半島付近海底地質図による層序（沿岸海域の火成岩類） .....	61
図 4.2-14	積丹半島付近海底地質図による海域の火成岩類の分布 .....	62

図 4.2-15	神恵内堆とその東側に広がる火山体を横断する反射断面（岡村・佐藤，2023）	63
図 4.2-16	5 万分の 1 地質図幅による第四紀の貫入岩・岩脈の分布	65
図 4.2-17	ニセコ地域地熱地質編図による第四紀の貫入岩・岩脈の分布および年代測定値	66
図 4.2-18	貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈の分布（5 万分の 1 地質図幅）	67
図 4.2-19	貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈の分布（ニセコ地域地熱地質編図）	70
図 4.2-20	その他の文献に示される貫入岩・岩脈の分布	71
図 4.2-21	第四紀の活動でないことが明らかな貫入岩・岩脈の分布（5 万分の 1 地質図幅）	73
図 4.2-22	第四紀の活動でないことが明らかな貫入岩・岩脈の分布	75
図 4.3-1	東北日本における流体の移動経路に関する概念図（長谷川ほか，2004）	77
図 4.3-2	北海道におけるキュリー点深度等深線図	78
図 4.3-3	文献調査対象地区周辺の地殻熱流量分布	79
図 4.3-4	文献調査対象地区周辺の震源分布	80
図 4.3-5	文献調査対象地区周辺の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 分布	81
図 4.3-6	文献調査対象地区周辺の Li/Cl 分布	82
図 4.3-7	北海道における地下水の水素・酸素同位体比	83
図 4.3-8	文献調査対象地区周辺における P 波速度偏差の分布	85
図 4.3-9	文献調査対象地区周辺における S 波速度偏差の分布	86
図 4.3-10	文献調査対象地区周辺における $V_p/V_s$ の分布	87
図 4.3-11	文献調査対象地区周辺の地震波速度断面図	88
図 4.3-12	北海道における P 波速度偏差の分布	91
図 5.3-1	基準に照らした評価の対象とそのおおよその位置	95

## 表目次

表 3.1-1	ニセコ・雷電火山群の概要	15
表 3.1-2	羊蹄山の概要	15
表 3.1-3	写万部山の概要	16
表 3.1-4	狩場山の概要	16
表 3.1-5	カスベ岳の概要	17
表 3.2-1	文献調査対象地区の坑井などにおける泉温	21
表 3.2-2	文献調査対象地区の坑井における地温および地温勾配	23
表 3.2-3	文献調査対象地区の坑井などにおける地下水の pH	25
表 4.1-1	地形判読の判読基準	27
表 4.1-2	ニセコ・雷電火山群を代表する地点に関する情報	39
表 4.2-1	第四紀の活動を否定できない火成岩類（5 万分の 1 地質図幅）	48

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

## 第1章 調査・評価の考え方

### 1.1 調査のよりどころ

本説明書は、文献調査の項目のうちの噴火に関する説明書である。噴火に関する調査のよりどころは以下のとおり。

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。）に基づき、文献調査開始に当たって原子力発電環境整備機構が2020年に公表した「北海道寿都郡寿都町 文献調査計画書」（以下、文献調査計画書という。）に従って調査を進めた。その間、原子力規制委員会（2022）の「特定放射性廃棄物の最終処分における概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項」（以下、「考慮事項」という。）が公表され、科学的特性マップ策定時の考え方<sup>1</sup>および「考慮事項」などを参照して最終処分法の要件を具体化した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。）が策定されており、これらに基づいて調査・評価を行った。

それぞれの概要は以下のとおりである。なお、最終処分法については文献調査報告書の4.1.1（1）に示したとおりである。

#### 1.1.1 文献調査計画書

噴火については評価する要件として「火山・火成活動など」があり、その評価に用いる情報の例として、「第四紀の火山、火口の存在」、「火山噴出物や貫入岩の分布・年代」、「火山周辺の地温」および「地下水の酸性度など」が示されている。また、評価に用いる主要な文献・データとして、以下が示されている。

- ・ 日本の火山（第3版）（中野ほか編，2013）
- ・ 日本の第四紀火山カタログ（第四紀火山カタログ委員会編，1999）
- ・ 全国地熱ポテンシャルマップ（村岡ほか，2009）
- ・ 日本の火山データベース（産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a）
- ・ 札幌地熱資源図（玉生ほか，2001）

#### 1.1.2 「考慮事項」

噴火については「2. 火山現象」として以下のとおり示されている。これらは、概要調査地区等の選定時において、それぞれの時点で得られている情報に基づき、適切に考慮されるべきであるとされている。

---

<sup>1</sup> 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 地層処分技術WG（以下、地層処分技術WGという。）（2017）。

## 「考慮事項」の「2. 火山現象」について

次に掲げる場所を避けること。

- ① マグマの貫入による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約 258 万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈等の履歴が存在する場所
- ② 第四紀に活動した火山の活動中心からおおむね 15 キロメートル以内の場所
- ③ 第四紀に活動した火山が存在しない場所であっても、新たな火山が生じる可能性のある場所。ここで、プレートの特性や運動と深い関係があるマグマの発生の傾向は今後 10 万年程度の間大きく変化することは想定し難いことを考慮した上で、新たな火山が生じる可能性について検討すること。

### 1.1.3 「文献調査段階の評価の考え方」

噴火については、マグマの貫入と噴出の基準および基準への該当性の確認の仕方が以下のとおり示されている。

この基準の対象としなかった地熱活動（非火山性を含む）、火山性熱水や深部流体の移動・流入については、技術的観点からの検討として好ましい地質環境特性の観点から検討するとされている。

#### マグマの貫入と噴出の基準

最終処分法第六条第二項の第一号及び第二号に対して、以下に該当することが明らかまたは可能性が高い場所を避ける。

- (ア) マグマの貫入等<sup>A</sup>による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約 258 万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈、カルデラ等の履歴が存在する。

同第二号に対して、以下に該当することが明らかまたは可能性が高い場所を避ける。

- (イ) 第四紀に活動した火山の活動中心からおおむね 15 キロメートル以内。  
(ウ) 第四紀に活動した火山が存在しない場所であっても、新たな火山が生じる。

<sup>A</sup> マグマの貫入を伴わない水蒸気噴火

#### マグマの貫入と噴出の基準への該当性の確認の仕方

##### ○ 第四紀の火山活動

地質図等の資料に記載される火山噴出物の年代測定データ及び層序等に基づいて、第四紀火山及びその活動に伴う噴出物であることを確認する。

##### ○ マグマの貫入等による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約 258 万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈、カルデラ等の履歴

第四紀にマグマが噴出・貫入した場所や水蒸気噴火が生じた場所を直接的に示すものとして、地質の観点から火道、貫入岩、岩脈、シル及びそれらを指すもの<sup>A</sup>、地形の観点からカルデラ、火口及びそれらを指すもの<sup>B</sup>を対象とする。

○ 第四紀に活動した火山の活動中心

文献・データ<sup>C</sup>に示された火道・火口等の情報に基づき、活動中心の位置を定める。活動中心とする妥当性が十分に得られない場合は、概要調査段階以降に判断する。

○ 新たな火山の発生

プレートの特性や運動と深い関係があるマグマの発生の傾向は今後 10 万年程度の間大きく変化することは想定し難いことを考慮した上で、火山の発生メカニズムに関する地域性の観点から、現在マグマの発生条件が成立していることが否定できない場合、以下を行う。

文献調査対象地区下の地殻及びマントル最上部にメルトが存在する可能性を地球物理学的、地球化学的な観測データ<sup>D</sup>を用いて評価する。

将来、より深部から地殻にメルトが貫入する可能性については、「現時点においてマグマの発生条件の成立を否定できない地域について、新たな火山の発生の蓋然性を評価する場合には、マントルウェッジの対流や沈み込む海洋プレートの特性等を加味した評価モデル等の構築によって評価することが考えられるが、研究段階であり、現時点においては確立された評価方法は見当たらない<sup>E</sup>とされていることから、関連する情報<sup>F</sup>を整理しておく。

<sup>A</sup> 文献によって、岩床、フィダーダイク等と記載されている場合がある。

<sup>B</sup> 文献によって、爆裂火口、火口列等と記載されている場合がある。

<sup>C</sup> 科学的特性マップ（図の精度は縮尺 200 万の 1 程度）においては、第四紀火山の中心から 15km の好ましくない範囲を描画するに当たって、全国規模で利用可能な文献・データである「日本の火山（第 3 版）」および「日本の第四紀火山カタログ」の情報を用いて火山の中心を設定している。日本の火山（第 3 版）では、火山の中心の位置は示されておらず、「火山を代表する位置（最高標高点）が示され（中略）日本の第四紀火山カタログでは多くの火山について主火道の位置等の情報をもとに火山中心の位置を評価・特定している」とされている。一方で、これらの文献に示されている火山の位置については、設定した根拠、理由等が必ずしも詳細には説明されていないため、文献調査においてはこれらの文献に加えて、個別の研究論文等を調査し、火道・火口等の情報を詳細に評価するものとする。

<sup>D</sup> 例えば、地殻熱流量、地震波速度構造、比抵抗構造、ヘリウム同位体比、低周波地震、地震波減衰構造の観測データ。

<sup>E</sup> 地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項に関する検討（第 3 回目）－火山の専門家への意見聴取結果－2022 年 5 月 18 日 原子力規制庁。

<sup>F</sup> 例えば、マントルウェッジにおける脱水・溶融の数値シミュレーションや現在の高温域・流体分布に係る不均質構造等が挙げられる。

## 1.2 評価の考え方

文献調査対象地区の噴火に関連する事項として、「文献調査段階の評価の考え方」に示された基準（ア）、（イ）、（ウ）および基準への該当性の確認の仕方（1.1.3 参照）に従って評価する。

（ア）については、文献調査対象地区内に分布する第四紀の火道、岩脈、カルデラ等を整理し、避ける場所の評価を行う。（イ）については、文献調査対象地区からおおむね 15 km 以内に分布する第四紀の火山や噴出物を確認し、火道、火口等の情報に基づいて火山の活動中心を定め、その中心から半径 15 km 以内を避ける場所として評価する。（ウ）については、まず、文献調査対象地区での新たな火山の発生に関与する現象として、現在におけるマグマの発生条件の成立性について、火山の発生メカニズムに関する地域性の観点から確認を行う。これを明確に否定できると判断される場合は、以降の評価は行わない。一方、現在におけるマグマの発生条件の成立性を否定できないと判断される場合は、文献調査対象地区下の地殻およびマントル最上部に現在、マグマが存在する可能性を評価する。マグマの存在を示唆する情報として、地下深部の温度構造や地下水等の化学特性、

地下深部の物理特性に関する情報を確認し、総合的に評価する。これらは、既存の文献に示される情報などに基づき、以下に示す考え方によって必要な事項を確認することで行う。

なお、2009年に国際地質科学連合(IUGS)によって第四紀の始まり(下限)が約180万年前から約260万年前(本説明書では、「文献調査段階の評価の考え方」に従い約258万年前とする)に変更されたことから、2009年以前に発行された地質図等の文献において「鮮新世」に区分されている地層・岩体は、第四紀に区分される可能性があることを前提として分析を行った。本説明書では、2009年以前の定義に基づく、第四紀、更新世、鮮新世などの時代区分に\*を補記することとし、例えば、「第四紀\*」、「更新世\*」、「鮮新世\*」のように表記する。2009年以降の定義に基づく時代区分については補記をせず、「第四紀」、「更新世」、「鮮新世」のように表記する。

### 1.2.1 第四紀の火山活動による火山噴出物であることの確認

「日本の第四紀火山カタログ」(第四紀火山カタログ委員会編, 1999)あるいは「日本の火山 第3版」(中野ほか編, 2013)において第四紀火山であることが認定されており、その火山噴出物の年代測定データおよび層序等に基づいて、活動時期が第四紀に及ぶことが確認できるものを第四紀火山とする。

また、第四紀火山であることが認定されていない火山に由来する火山噴出物、または給源とする火山が明らかでない火山噴出物については、その年代測定データおよび層序等に基づいて、第四紀に噴出したことが確認できるものを第四紀の活動による火山噴出物とする。具体的には、以下の両者に該当する場合、「明らかまたは可能性が高い」とする。

- ・ 対象とする地層(火山噴出物)において、年代測定値が文献によって示されており、第四紀に噴出したことに対して相反する見解<sup>2</sup>が認められない。
- ・ 対象とする地層(火山噴出物)の噴出時期が第四紀であることが、明確な根拠<sup>3</sup>に基づく層序によって示されており、これに相反する見解が認められない。

### 1.2.2 地質の観点から第四紀に貫入、噴出した火道、岩脈等と判断するもの

第四紀に形成された地層に貫入したことを示す火道、岩脈等、あるいは年代測定値に基づいて第四紀に噴出したことが確認できる火道、岩脈等を基準(A)に該当する「地質の観点から火道、貫入岩、岩脈、シル及びそれらを指すもの」とする。具体的には、以下のいずれかに該当する場合、「明らかまたは可能性が高い」とする。

- ・ 第四紀に形成された地層に貫入した火山噴出物であることが、明確な根拠<sup>4</sup>に基づく層序によって示されており、これに相反する見解<sup>5</sup>が認められない。
- ・ 対象とする火山噴出物において、年代測定値が示されており、第四紀に貫入あるいは噴出したことに対して相反する見解<sup>5</sup>が認められない。

<sup>2</sup> 既往の文献による指摘、データおよびNUMOによる推定を含む。

<sup>3</sup> 例えば、対象とする地層(火山噴出物)やその上位層、下位層の形成年代。

<sup>4</sup> 例えば、母岩の形成年代に関する年代測定データ、貫入に伴い母岩との接触部で観察される特徴等の記載。

<sup>5</sup> 既往の文献による指摘、データ及びNUMOによる推定を含む(例えば、被覆する地層がある場合はその形成時代・年代)。

### 1.2.3 地形の観点から基づいた第四紀に貫入、噴出した火道、岩脈等と判断するもの

第四紀の火山噴出物の分布域に位置する火口等、あるいは第四紀の火山活動により形成されたことが確認できるカルデラを基準（ア）に該当する「地形の観点からカルデラ、火口及びそれらを指すもの」とする。具体的には、以下のいずれかに該当する場合、「明らかまたは可能性が高い」とする。

- ・ 火山地形の観点に基づいて示されていることが確認できる<sup>6</sup>。
- ・ 第四紀に形成されたカルデラであることが、明確な根拠<sup>7</sup>に基づいて示されており、これに相反する見解<sup>8</sup>が認められない。

### 1.2.4 火山の活動中心の確認

火山の活動中心は、調査で収集・整理した火道・火口の情報に基づき、活動中心の位置としての妥当性を総合的に検討して評価する。例えば、噴出量、活動形式、山体形状などとの整合性を検討する。

また、基準（ア）の履歴が（イ）の範囲に収まることを確認する。（イ）の範囲に収まらない履歴が確認された場合は、岩脈発達の方角性、活動期の区分や活動場の変遷等を考慮して避けるべき範囲を評価する。

これらの評価に十分な情報が得られない場合には、概要調査以降の調査で避けるべき範囲を判断する。

### 1.2.5 現在、メルトが存在する可能性の確認

火山地域と同様に、以下の特徴がそれぞれの観点で認められ、それらの場所が概ね整合的であり、これに相反する見解が認められない場合に、可能性が高いと評価する。

- ・ 地下温度構造に関する情報より、周囲に比べて高温の領域であることを示唆する特徴（例えば、高温を示すデータのピークが位置する）が複数種の情報に認められる。さらに、その位置が概ね整合的であり、これに相反する見解が認められない。
- ・ 地下水等の化学特性に関する情報より、マントル起源流体の供給を示唆する特徴（例えば、火山地域と同等の値が観測されている）が複数種の情報に認められる。さらに、その位置が概ね整合的であり、これに相反する見解が認められない。
- ・ 地下深部の物理特性に関する情報より、流体の存在を示唆する特徴（例えば、顕著な地震波低速度体が認められる）が複数種の情報に認められる。さらに、その位置が概ね整合的であり、これに相反する見解が認められない。

## 1.3 調査の進め方

文献調査対象地区およびその周辺地域の噴火に係る文献・データを収集し、評価に必要な情

<sup>6</sup> 地形判読に基づく火山地形のほか、「日本の火山第3版」に示されるカルデラリム（「基本的に直径5 km以上のカルデラ地形のみを示した」と記載されている）。

<sup>7</sup> 例えば、カルデラ周辺における火山活動履歴。

<sup>8</sup> 既往の文献による指摘、データおよびNUMOによる推定を含む。



報を抽出する。文献・データの収集に当たっては、文献調査計画書に示した主要な文献・データに加え、公的研究機関が公表している文献・データ、学術雑誌に公表されている論文を収集し、さらに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。また、収集した文献から情報の抽出を行うに当たっては、火山活動の履歴、地下温度、地下水の化学特性などの観点から情報の抽出を行う。なお、地熱活動（非火山性を含む）および火山性熱水や深部流体の移動・流入については評価の対象としないが、これらに関連する情報も抽出する。第2章では、これらの文献・データの収集対象範囲や結果について示す。

第3章では、文献調査対象地区およびその周辺地域の火山・火成活動と地熱・熱水活動について概要を整理する。これには評価の対象とならない情報を含むが、噴火に関連して文献調査対象地区やその周辺地域で生じている現象の概要を示す。

第4章では、「マグマの貫入と噴出」の評価に必要な情報や知見を整理する。基準（ア）および（イ）に必要な情報として、4.1では既知の第四紀火山に由来する火山噴出物等について、4.2ではその他の火山噴出物等について文献・データの分析を行い、第四紀の火山活動に該当するものを抽出・整理する。4.3では基準（ウ）について、まず、現在におけるマグマの発生条件の成立性について示し、地殻およびマントル最上部に現在、マグマが存在する可能性を評価するために必要な情報、数値シミュレーションや不均質構造に関する知見を整理する。

第5章では、第4章で整理した情報や知見をもとに評価を行う。5.1では基準（ア）に係る評価として、文献調査対象地区内を対象に、第4章で抽出・整理した第四紀の火山活動が明らか、または可能性が高いに該当する火道、岩脈、カルデラの分布に基づいて避ける場所を評価する。5.2では基準（イ）に係る評価として、文献調査対象地区およびその周辺地域を対象に、第4章で抽出・整理した第四紀火山の活動中心を火道・火口等の情報に基づいて定めるとともに、その中心からおおむね15km以内を避ける場所として評価する。5.3では、基準（ウ）に係る評価として、マグマの存在を示唆するデータを総合的に考慮し、避ける場所を評価する。第4章と第5章の関係について、図1.3-1に示す。

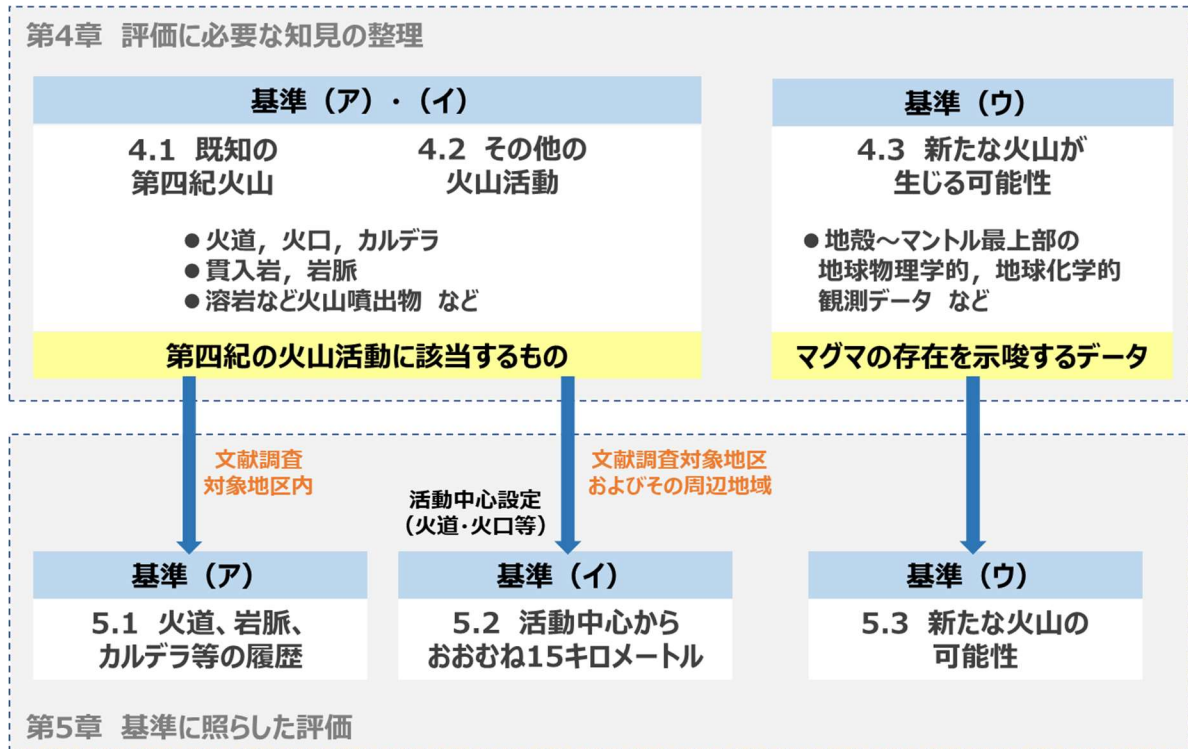


図 1.3-1 噴火に関する説明書の構成

## 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、文献調査計画書にも記載のとおり、寿都町全域に加えて沿岸海底下を含めることとしている。

陸域の文献・データの収集対象範囲は、「文献調査段階の評価の考え方」の基準（イ）に示される範囲を踏まえ、寿都町の行政界からおおむね 15 km の範囲とした。海域の文献・データの収集対象範囲は、「文献調査段階の評価の考え方」の基準（イ）に示される範囲に加えて、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）により、「地層処分場の地下施設が設置される可能性がある地理的範囲として（中略）沿岸部の海域側は工学的対応の観点から海岸線から 15 km 程度以内を検討範囲の目安とした」と示されていることも踏まえて、寿都町の海岸線から 30 km 沖合までの範囲とした。

また、火山活動などに伴う熱的または化学的な影響は、火山から数 km 以上の範囲に及ぶこと（例えば、小松・梅田，1999；梅田ほか，1999）、地殻～マントル最上部におけるメルトが存在する可能性の検討に必要な地球物理学的、地球化学的な情報の空間分解能は、測定地点の粗密などに依存して数 km～数十 km である場合がある（例えば、中島，2016 など）。このため、地下水の化学特性、地下構造等に関する情報は、既知の第四紀火山が分布する領域と文献調査対象地区を含む広域的な範囲を対象として収集を行った（図 2.1-1）。

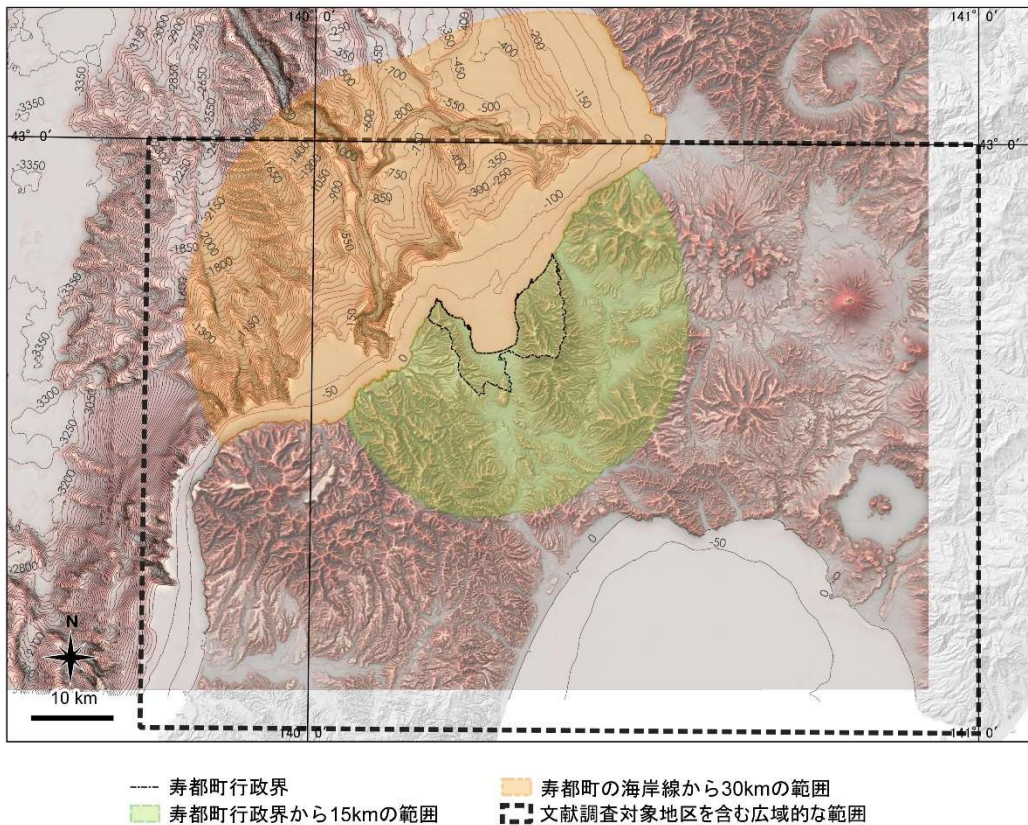


図 2.1-1 収集対象範囲

基図として「地理院タイル（陰影起伏図）」（国土地理院）および「アジア航測：赤色立体地図（陸域は国土地理院数値標高データ、海域は日本水路協会発行 M7000 シリーズ（（一財）日本水路協会承認 第 2021006 号）を使用）」を使用。海域の等深線図は日本水路協会発行「海底地形デジタルデータ（M7009 北海道西部および M7010 秋田沖）（（一財）日本水路協会承認第 2021006 号）」を用いて作成（等深線の間隔は 50 m）。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

## 2.2 収集・抽出の観点

2.1 に示した収集対象範囲において、評価の考え方（1.2 参照）および調査の進め方（1.3 参照）に従った情報の整理や評価に必要な以下の情報が示されている文献を収集し、情報を抽出した。

- ・ 火山活動の履歴  
火口・側火山，噴気，岩脈，貫入岩，火山噴出物，火山地形，活動様式・変遷 など
- ・ 熱水活動の履歴  
熱水変質帯，熱水鉱床の分布・鉱化年代 など
- ・ 地下温度  
泉温，地温・坑井温度，地温勾配 など
- ・ 地下水の化学特性  
pH，同位体組成 など
- ・ 地下構造  
地震発生層，地震波速度・減衰構造，比抵抗構造 など

- ・ 地殻変動  
地殻応力・ひずみ など

## 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 に「情報を抽出した文献・データのリスト」としてまとめた。

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、原子力規制委員会、地層処分技術 WG 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、学会編の単行本を著者別のパートに分けるなど）。一方、収集・抽出の観点には該当するが評価に必要と考えられる情報が確認されなかった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 火山・火成活動および地熱・熱水活動の概要

#### 3.1 第四紀における火山活動

##### 3.1.1 北海道の火山・火成活動

一般に、地球上の火山活動の分布は地域的に限られており、プレートの沈み込み境界の陸側地帯（島弧、活動的大陸縁）と生産境界（大洋中央海嶺中軸部と大陸内の断裂帯）にその大部分が集中する（下鶴ほか編, 2008）。プレートの沈み込み帯である日本列島では、西南日本の日本海側を除き、陸のプレートの下に沈み込んだ海のプレートからの水の働きによって上部マントルの一部が融けて上昇していき、マグマが形成される。このような過程で形成されたマグマは、一旦地殻内のマグマだまりに蓄えられるなどした後、地表に噴出し、これが島弧の火山になると考えられている（地層処分技術WG, 2017）。東北日本のプレート配置と火山フロントを図 3.1-1 に示す。島弧の火山は海溝にほぼ平行に発達し、明瞭な火山フロントがみられる場合が多く（中島, 2016）、火山フロントより内陸側である背弧域は、多数の火山で特徴づけられる（高橋, 2017）。文献調査対象地区は背弧域に位置しており、その周辺には複数の火山が分布している。

北海道では、北米プレート（またはオホーツクプレート）の下に太平洋プレートが沈み込んでおり、火山フロントが見られる（例えば、野上, 2003）。また、北海道の第四紀火山は、その分布や安山岩の主成分濃度の広域変化から、西南北海道地域、阿寒―知床地域、大雪―十勝―然別地域の三つに分けられ（中川ほか, 1995）、このうち、文献調査対象地区の周辺には西南北海道地域に属する第四紀火山が分布する。

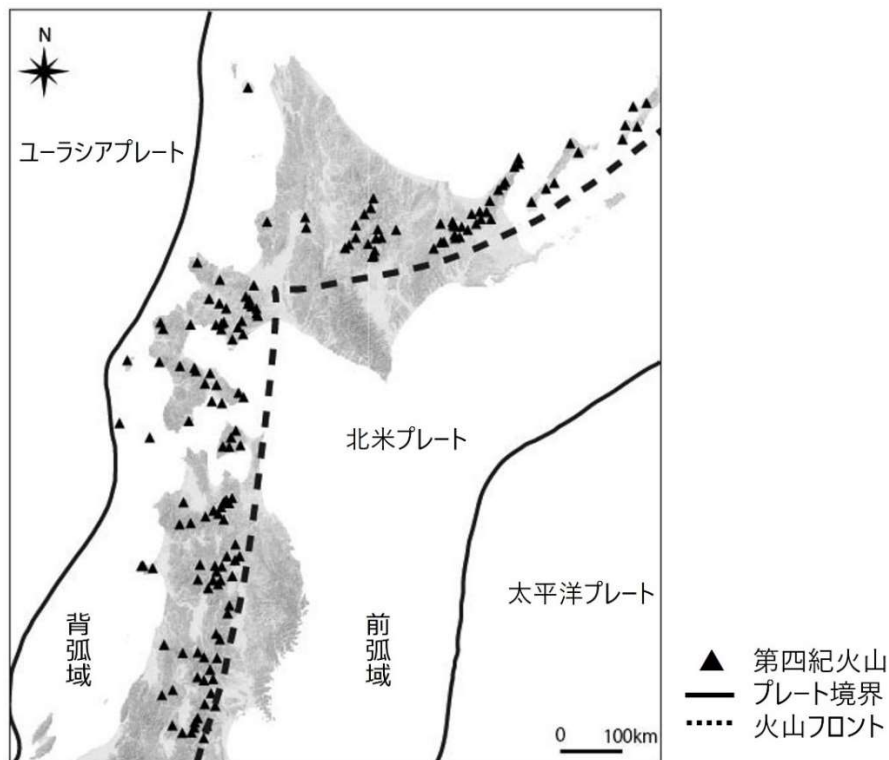


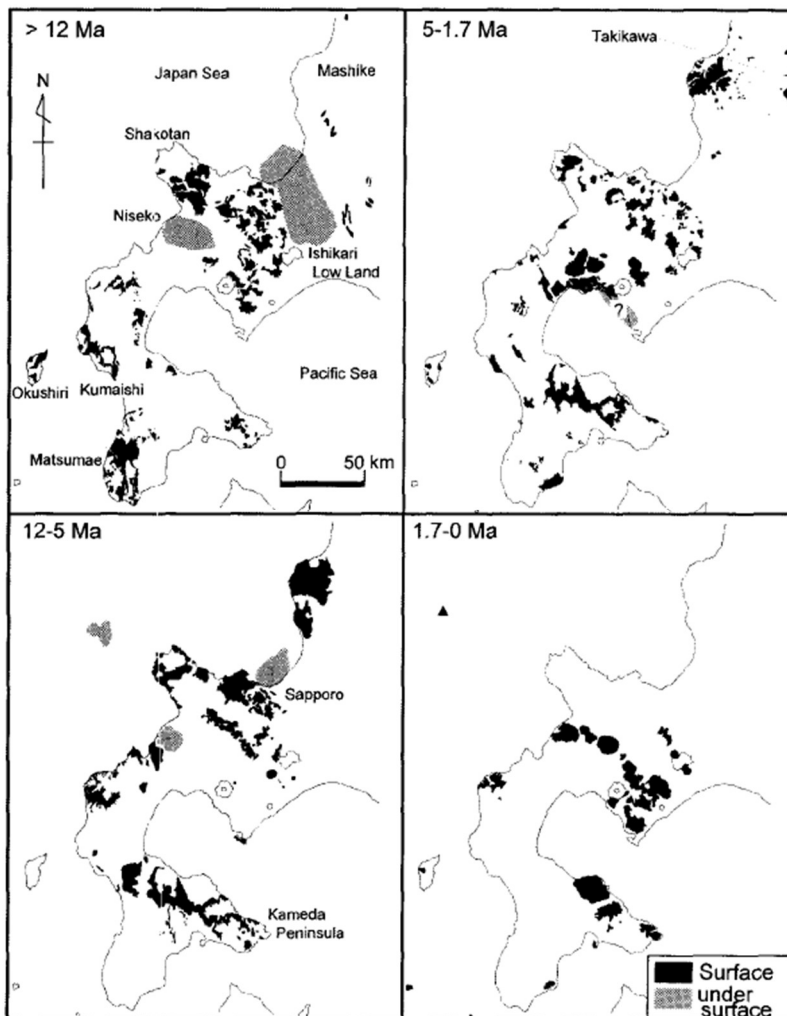
図 3.1-1 東北日本のプレート配置と火山フロント

プレート境界は核燃料サイクル開発機構（1999）、火山フロントは産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページc、第四紀火山は中野ほか編（2013）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。



### 3.1.2 西南北海道の火山活動史と分布の規則性

文献調査対象地区が位置する西南北海道には前期中新世以降の火山岩類が広く分布する。広瀬ほか(2000)では、この地域における火山活動史が火山岩の時空分布(図 3.1-2)、活動様式および火山岩の化学組成に基づいて推定されている。西南北海道では12 Ma 頃(Ma: 100 万年前を表す時間の単位)には島弧火成活動が始まっており、伏在火山岩類も含めると火山活動域は本地域全域に及んでいたことを指摘している。また、西南北海道の南半部では、12-5 Ma の火山フロントは現在とほぼ同じ位置にあったこと、5 Ma 以降も各地で引き続いて活発な火山活動が続いたが、1.7 Ma 頃から地域北部の広い範囲で火山活動が停止したことを指摘している。



©日本地質学会

図 3.1-2 新生代の各ステージにおける西南北海道の火山岩分布(広瀬ほか, 2000)

火山分布の特徴については、Tamura et al. (2002)やWatanabe (1990)などによって以下のように指摘されている。Tamura et al. (2002)は、東北地方から西南北海道に至る広域的なスケールでの傾向として、島弧に直交する方向に細長く分布する第四紀\*火山の分布域が平均 50 km の幅をもつ 10 個のクラスターに分けられることを指摘し、東北地方北端部から西南北海道地域までの第四紀\*火山を 3 個のクラスターに区分している。

また、より詳細な空間スケールでの傾向として、Watanabe (1990)は、札幌-岩内地域の溶岩の分

布と年代に基づき、前期鮮新世 (4.2-3.7 Ma)、後期鮮新世\* (3.3-2.0 Ma)、更新世\* (2.0-0.01 Ma) の北西-南東方向に延びる3つの火山列が見られること、これらの火山列をなす火山活動は時代の変遷とともに南西に移動したことを指摘している。渡辺 (1993a) によると、このうち更新世\*には、ニセコ火山群から羊蹄山を通り倶多楽カルデラに向かう列と札幌岳から樽前山にかけての2列の火山列が形成され、羊蹄山や樽前山・倶多楽カルデラでは完新世まで火山活動が続いていることが指摘されている。渡辺 (1993b) では、これらの火山列を4列~5列と見ることができ、火山列を構成する火山が北西から南東に向かって形成されていくことを指摘している。また、このうち積丹-漁火山列を除くニセコ-羊蹄火山列などの方位や、南東方向に向かう火山列の成長には、その形成時の広域的な最大圧縮主応力軸 ( $\sigma_1$ ) の方位が関与していることが、応力集中による割れ目の成長の観点に基づいた仮説として提案されている。

### 3.1.3 西南北海道の応力場

火山体の分布形態は、マグマの性質のほか、火山体周辺の応力場などによって大きく変化する(三浦ほか, 2006)と考えられている。また、3.1.2に示したように、西南北海道で見られる火山列の方位には、その形成時の応力場が関与した可能性(渡辺, 1993b)が指摘されている。

西南北海道の過去の応力場は、山岸・渡辺 (1986)、大槻 (1989)、渡辺 (1993a) などにより、岩脈、火口配列や鉞脈を用いて推定されている。渡辺 (1993a) は、岩脈・火口列の方向に基づいて、後期新生代(中期中新世以降)の西南北海道北部における主応力軸の方位を推定している。これによると、この地域の応力場は時期によって変化しており(第1期: ~約13 Ma, 第2期: 13-10 Ma, 第3期: 約10-6 Ma, 第4期: 約6-0 Ma)、このうち最も新しい時期である約6-0 Maの最大圧縮主応力軸 ( $\sigma_1$ ) の方位は、西北西~北北西方向であると指摘している。このような第四紀\*を含む最近の時代の最大圧縮主応力軸の方位は、ほかの研究(山岸・渡辺, 1986; 渡辺, 1986; Watanabe, 2002)においても概ね同様の結果が示されており、東西~北北西-南南東方向であると推定されている。

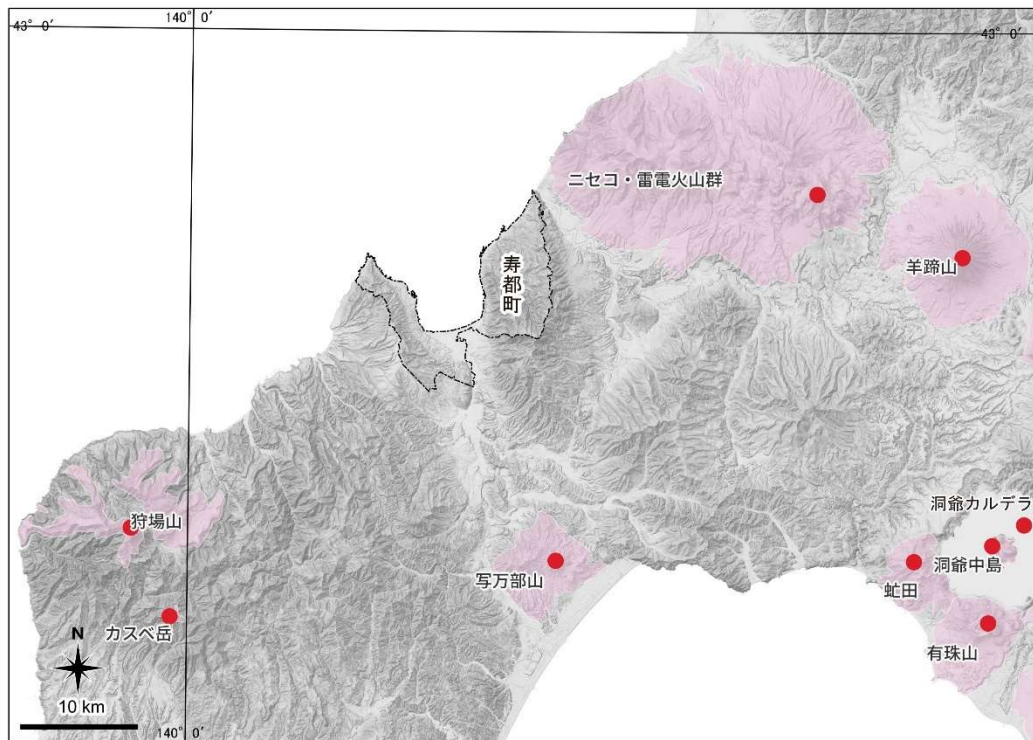
一方、現在の応力場は、Terakawa and Matsu'ura (2010)やUchide et al. (2022)などにより、地震観測データや測地観測データの解析に基づいて推定されている。Terakawa and Matsu'ura (2010)では、日本列島下の深さ10 kmおよび40 kmにおける三次元応力パターンが推定されており、文献調査対象地区周辺では北西-南東から東西方向の圧縮かつ逆断層型の応力パターンであることが示されている。このような現在の応力場の特徴は、ほかの研究(Iinuma et al., 2005; Uchide et al., 2022)においても概ね同様の結果が示されており、北西から西北西方向の圧縮を示していると推定されている。

### 3.1.4 文献調査対象地区周辺の第四紀火山

文献調査対象地区およびその周辺地域における第四紀火山の分布などについては、「日本の火山(第3版)」(中野ほか編, 2013)、「日本の第四紀火山カタログ」(第四紀火山カタログ委員会編, 1999)、「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」(西来ほか編, 2012)などの文献・ウェブサイトにおいて取りまとめられている。なお、「日本の火山(第3版)」(中野ほか編, 2013)の情報は、産業技術総合研究所地質調査総合センターがウェブサイトで公開しているデータベース「日本の火山データベース 第四紀火山」(産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a)に収録されており、これらは新たな研究成果に基づき、適宜、更新が行われている。

これらによると、文献調査対象地区およびその周辺地域には、第四紀に活動した火山として、ニセコ・雷電火山群、羊蹄山、写万部山、狩場山、カスベ岳などが示されている(図 3.1-3)。





● 第四紀火山の位置(原典資料では「位置」)    ■ 第四紀火山の火山岩分布(原典資料では「第四紀火山分布」)

図 3.1-3 文献調査対象地区周辺の第四紀火山の分布

中野ほか編(2013)のデジタルデータを引用。基図として「地理院タイル(陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院)を使用。寿都町行政界は「国土数値情報(行政区域データ)」(国土交通省)に基づく。

#### (1) ニセコ・雷電火山群

ニセコ・雷電火山群は文献調査対象地区の北東かつ積丹半島の南方に位置する火山であり、「ニセコ」として活火山(概ね過去1万年以内に噴火した火山および現在活発な噴気活動のある火山)に認定されている(気象庁ホームページ a)。古くから硫黄や褐鉄鉱の賦存地域で大規模に採掘されたこともあり、その当時(1910年代)の硫黄鉱床に関する研究に始まり、火山地形などに関する研究が進められてきた(大場, 1960)。1980年代には地熱有望地域の一つとして着目され、新エネルギー総合開発機構(NEDO)が昭和59年度から昭和61年度にかけて実施した全国地熱資源総合調査(第2次)の対象地域にも選定され、最近では超臨界地熱資源有望地域として再度、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による調査が行われた(例えば、新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2021)。

産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a による概要は表 3.1-1 のとおり。

表 3.1-1 ニセコ・雷電火山群の概要

(産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a より一部抜粋)

標高	1,309 m
主な活動期	前期更新世前半(ジェラシアン期)–完新世
活動年代・最新活動年	約 200 万年前以降, 最新の噴火, 約 6,000 年前
火山の型式・構造	複成火山, 溶岩ドーム
主な岩石	安山岩
災害・噴火記録	2023 年 6 月 29 日 地熱発電調査用の掘削孔から蒸気噴出(大湯沼北東約 300m)
火山の概要・補足事項	200~50 万年前の雷電山は古期火山群と位置づけ。80 万年前以降のニセコアンヌプリ, イワオヌプリ(硫黄山), ニトヌプリ, チセヌプリなど中期, 新期の火山群をあわせてニセコ・雷電火山群と呼ぶ。時代を追うごとに活動場が大局的に西から東へ移動しているので, 一連のものと考えても差し支えない。イワオヌプリが噴気活動中。2003 年の活火山見直しで新たに活火山として認定された。

## (2) 羊蹄山

羊蹄山は文献調査対象地区の東方に位置する活火山である。産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ b によれば, 最新の活動はおよそ 1,000 年前とされているが, 詳細な調査が進んでいないため, 過去 1 万年間の噴火イベントを網羅できていないとされている。気象庁ホームページ a によれば, 羊蹄山の活動は約 5~6 万年前から開始し, 過去 1 万年以降では山頂火口の活動が中心となっているが, 現在, 噴気活動は認められないとされている。

産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a による概要は表 3.1-2 のとおり。

表 3.1-2 羊蹄山の概要

(産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a より一部抜粋)

標高	1,898 m
主な活動期	後期更新世 - 完新世
活動年代・最新活動年	遅くとも 5 万年前以降。最新の噴火:約 2,500 年前
火山の型式・構造	複成火山, 火砕丘, 溶岩ドーム
主な岩石	安山岩, デイサイト
火山の概要・補足事項	2003 年 1 月の活火山見直しで, 新たに活火山として認定された。

## (3) 写万部山

写万部山は文献調査対象地区の南方に位置し, 噴火湾に隣接する火山である。研究例は少なく, 矢島・陸川 (1939) および久保ほか (1983) といった地質図において, その存在が指摘されている。

産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a による概要は表 3.1-3 のとおり。

表 3.1-3 写万部山の概要

(産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a より一部抜粋)

標高	499 m
主な活動期	前期更新世前半(ジェラシアン期)
活動年代・最新活動年	2.6-2.5 Ma
火山の型式・構造	複成火山
主な岩石	安山岩
火山の概要・補足事項	久保ほか(1988)によって $2.63 \pm 0.15$ Ma, $2.54 \pm 0.16$ Ma という K-Ar 年代が報告されている。

#### (4) 狩場山

狩場山は文献調査対象地区の南西に位置し、「カスベ岳」の北西に隣接する火山である。矢島(1937)によると、昭和 10・11 年の北海道工業試験場の調査によりほぼその全貌を知り得たと記載されている。その後、Kaneoka et al. (1987)により溶岩の年代に関する研究などが報告されている。

産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a による概要は表 3.1-4 のとおり。

表 3.1-4 狩場山の概要

(産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a より一部抜粋)

標高	1,520 m
主な活動期	中期更新世(チバニアン期)
活動年代・最新活動年	約 80 万～25 万年前
火山の型式・構造	複成火山
主な岩石	安山岩
火山の概要・補足事項	—

#### (5) カスベ岳

カスベ岳は文献調査対象地区の南西に位置し、「狩場山」の南東に隣接する火山である。土居ほか(1977)により溶岩の存在が指摘され、山岸・黒沢(1987)は、「露頭はないが、転石によると暗黒色緻密な輝石安山岩である」と記載している。

産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ a による概要は表 3.1-5 のとおり。

表 3.1-5 カスベ岳の概要

(産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページaより一部抜粋)

標高	1,049 m
主な活動期	前期更新世後半(カラブリアン期)
活動年代・最新活動年	前期更新世
火山の型式・構造	成層火山
主な岩石	安山岩
火山の概要・補足事項	山岸・黒沢(1987)によって更新世*とされているが, 詳細な年代値は不明である。

## 3.2 地熱・熱水活動

### 3.2.1 鉱床および熱水変質帯

文献調査対象地区を含む西南北海道における鉱床の分布は, 齊藤ほか(1963), 長谷川ほか(1983)などによって取りまとめられている。このうち, 石原ほか(1992), 成田ほか(1996), 渡辺(2000)は, その分布に加えて年代測定値や形成時期を取りまとめている。

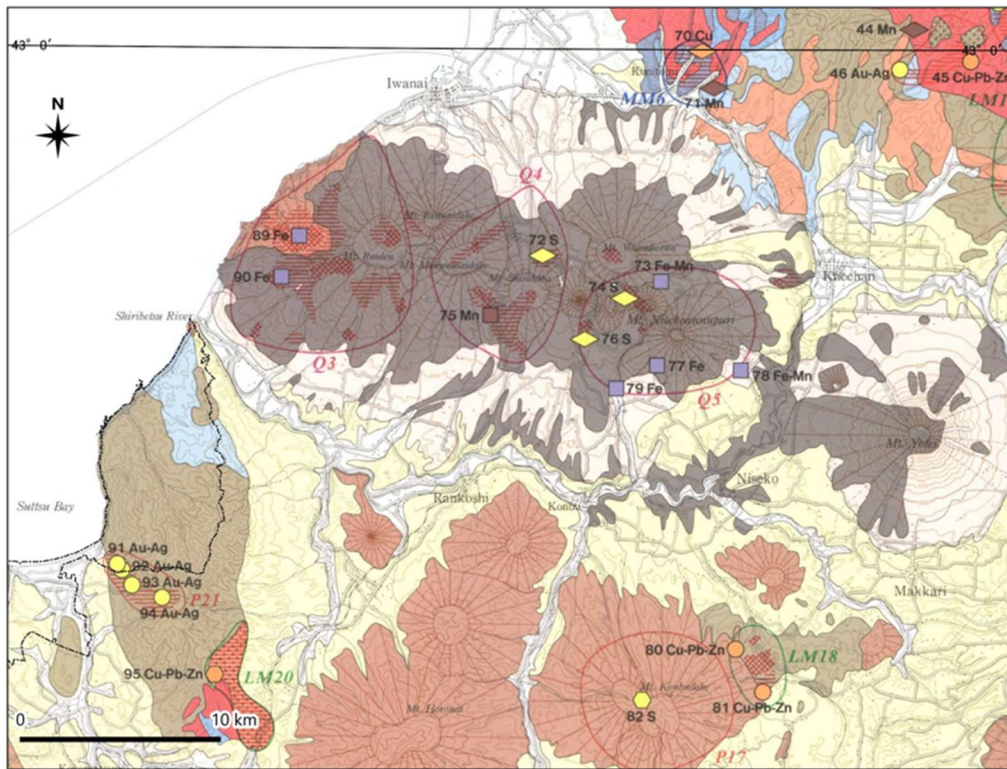
熱水変質帯については, 資源開発を目的とした新エネルギー総合開発機構(NEDO)による全国地熱資源総合調査(新エネルギー総合開発機構, 1987a)などにより, 調査が行われてきた。これらの調査により明らかとなった主な変質帯の分布は, 地質調査所(現・産業技術総合研究所地質調査総合センター)が既存資料に基づき引用・編集を行った札幌-岩内地域マグマ-鉱化熱水系分布図(渡辺, 2000)や札幌地熱資源図(玉生ほか, 2001)などにおいて取りまとめられている。

文献調査対象地区周辺における鉱床および熱水変質帯の分布(渡辺, 2000), 鉱床の分布(長谷川ほか, 1983)をそれぞれ図 3.2-1, 図 3.2-2 に示す。ニセコ・雷電火山群の東部(ニセコ)では山体およびその近傍に, 第四紀の火山活動に伴う鉱床や熱水変質帯が多数分布している(玉生ほか, 2001; 渡辺, 2000)。

文献調査対象地区に分布する鉱床(およびその鉱化年代)は, 正荘, 寿都(4.8 Ma: 成田ほか, 1996;  $7.7 \pm 0.4$  Ma,  $5.9 \pm 0.2$  Ma: Ono et al., 2004), 潮路, 永泰( $6.0 \pm 0.2$  Ma: 平井ほか, 2001), 金ヶ沢( $5.6 \pm 0.3$  Ma: 平井ほか, 2001)である。また, 渡辺(2000)および岡村(1984)によれば, これらの鉱床の周囲には熱水変質帯が分布することが示されている。なお, このほか文献調査対象地区の近傍には大金( $11.4 \pm 0.4$  Ma ~  $9.0 \pm 0.3$  Ma: 平井ほか, 2001), 大玖, 熱鄂( $10.8 \pm 0.3$  Ma: 平井ほか, 2001)などの鉱床が分布する。

鉱床や熱水変質帯の形成年代は必ずしもすべてが明らかとなっているわけではないが, 文献調査対象地区で最も新しく形成されたと考えられる鉱床および熱水変質帯は4.8 Maのものであり, それ以降の時代に熱水活動があったことを示唆する情報は示されていない。





**Hydrothermal alteration zone**

- Argillic, propylitic and sericitic alteration zone
- Advanced argillic alteration zone

**Hydrothermal system**

- Quaternary hydrothermal system
- Pliocene hydrothermal system
- Late Miocene hydrothermal system
- Middle Miocene hydrothermal system

**Type of deposits**

- Vein
- Replacement, disseminated
- Strata-bound including Kuroko and sublimation sulfur
- Sedimentary

**Commodity of minerals**

- Cu, Pb, Zn
- Au, S
- As, Hg
- Ba
- Fe
- Mn

図 3.2-1 文献調査対象地区周辺の鉱床および熱水変質帯の分布

渡辺 (2000) より, 文献調査対象地区およびその周辺地域を一部抜粋して方位記号とスケールを追記した。文献調査対象地区周辺の主な鉱床の名称 (数字は図中の番号に対応) : 91 潮路, 92 永代 (永泰), 93 陰の沢 (金ヶ沢), 94 大金, 95 大玖

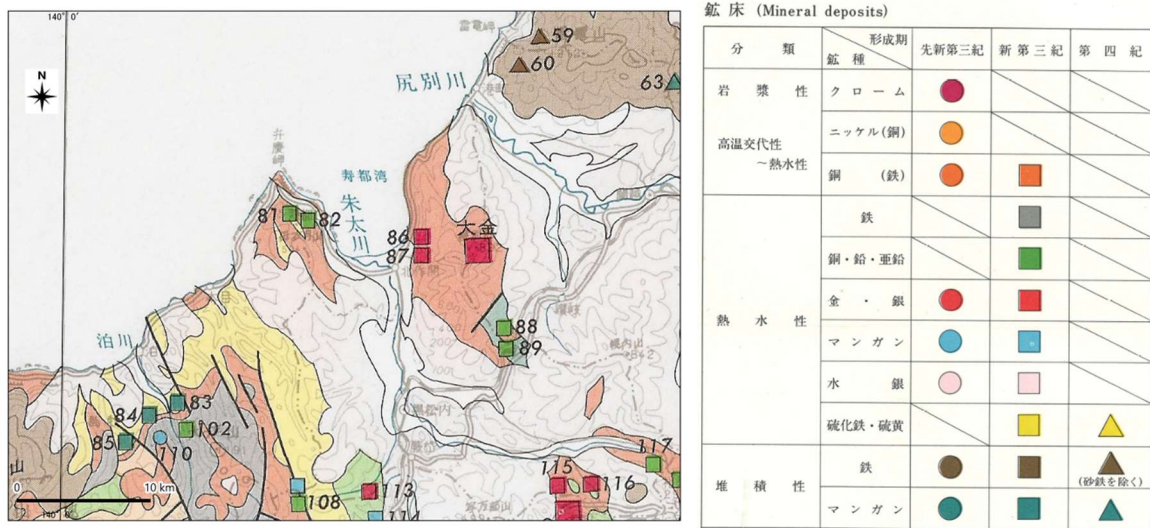


図 3.2-2 文献調査対象地区周辺の鉱床分布

長谷川ほか(1983)より、文献調査対象地区およびその周辺地域を一部抜粋して方位記号とスケールを追記した。鉱床の名称(数字は図中の番号に対応): 60 磯谷, 81 正荘, 82 寿都, 83 西島牧, 86 潮路, 87 永泰(永代), 88 大玖, 89 熱郭

### 3.2.2 泉温および地温・地温勾配

一般に、火山およびその周辺地域では、地下に存在するマグマ溜り(熱源)から放出される熱および揮発性物質によって、熱的な影響や化学的な影響を受ける(例えば、小松・梅田, 1999)。このうちマグマから放出された熱などによって加熱された地下水(熱水)は、温泉として湧出し、坑井での水温(泉温)として観測される。これと同様に、岩盤への熱的な影響は地温または地温勾配などの空間的な変化として捉えられる。

国内における泉温、地温、地温勾配の情報は、種々のデータベースにより取りまとめられている。これらのデータベースには測定地点の位置情報として座標値が示されているものの、小縮尺の位置図からの読み取りなどによって推定されている(例えば、産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページd)場合もあれば、異なる測地系に基づいた座標が混在している可能性も考えられ、データベース間で同一の坑井を示している場合であっても、座標値の表記が若干異なっている場合が見受けられた。このため、同一の坑井との対応に留意しつつ、これらの情報を整理した。

図 3.2-3 に、文献調査対象地区における坑井の分布を示す。これによると、文献調査対象地区の中央部に4ヵ所の坑井が分布し、互いに近接する。以下に、文献調査対象地区周辺の泉温および地温・地温勾配について、それぞれの概要を示す。

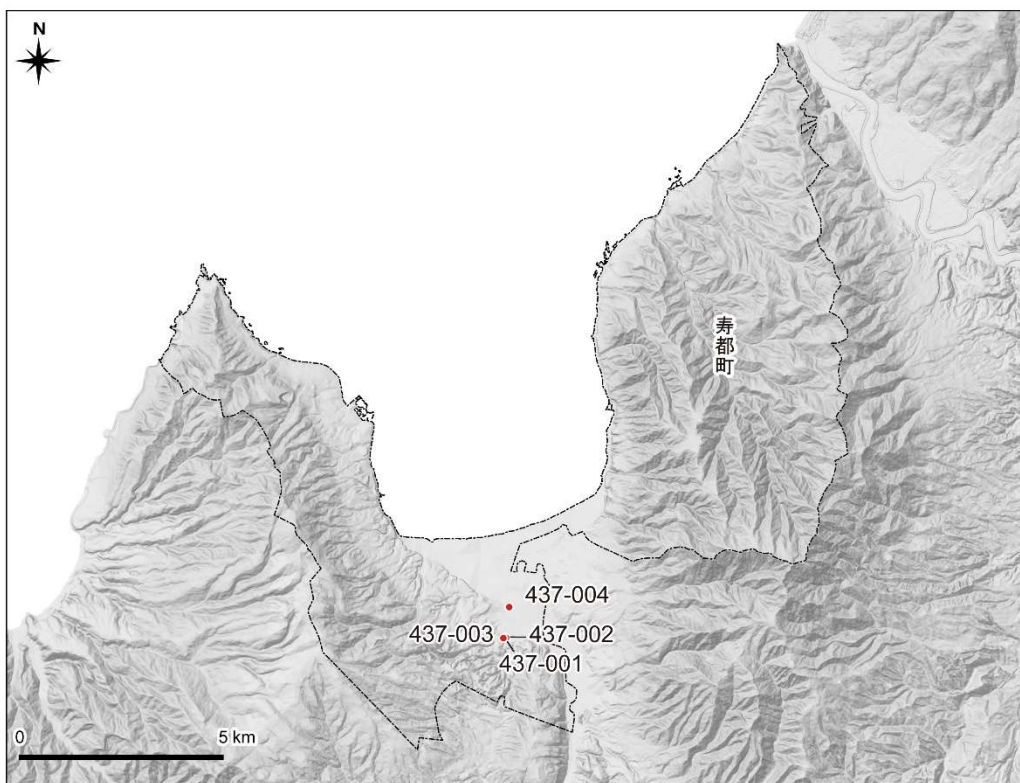


図 3.2-3 文献調査対象地区の坑井分布

基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。図中に数字で示す坑井のコード番号は高見ほか（2008），寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

#### (1) 泉温

国内の泉温の測定値やその位置情報は，産業技術総合研究所地質調査総合センター（2005）や村岡ほか（2009）などにより整理されている。村岡ほか（2009）に基づく文献調査対象地区周辺の泉温分布を図 3.2-4 に示す。これによると，泉温の測定地点は偏在しており，特にニセコ・雷電火山群の周辺や狩場山およびカスベ岳の東方に多く分布する。このうちニセコ・雷電火山群の周辺では，70℃以上の泉温を示す地点が多く分布する。また，狩場山およびカスベ岳の東方においても 60℃以上の泉温を示す地点が複数分布する。

表 3.2-1 に，文献調査対象地区の坑井等における泉温を示す。各坑井との対応は，松波ほか（1991，1996），高見ほか（2008）に基づく坑井のコード番号を参照して整理した。文献調査対象地区の坑井での泉温は，28.5～48.4℃である。玉生ほか（2001）によると，文献調査対象地区の中央部は 42℃以上の地熱流体が得られている地域であることから，第四紀\*火山に関連しない地熱資源賦存地域に区分されている。なお，これらの坑井以外で測定された可能性があるものとして，斎藤（1962）および早川・国府谷（1968）により，湯別微温泉，政泊冷泉，弁慶岬周辺としてその泉温が示されているが，最も高い泉温は 30℃である。ただし，これらの泉温が測定された地点はそれぞれの文献に記載されておらず，明らかでない。



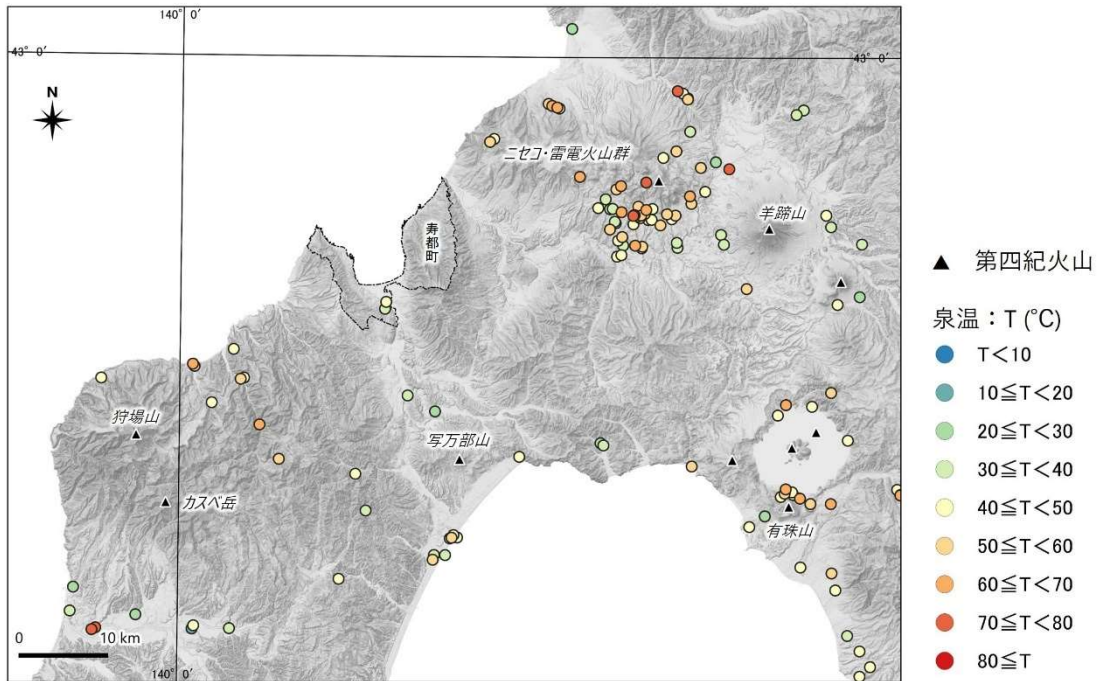


図 3.2-4 文献調査対象地区周辺の泉温分布

泉温は村岡ほか（2009），第四紀火山は中野ほか編（2013）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

表 3.2-1 文献調査対象地区の坑井などにおける泉温

坑井のコード番号 <sup>※1</sup> または名称	泉温（°C）
437-001	28.5 <sup>※3</sup>
437-002	33.5 <sup>※3</sup>
437-003	35.8 <sup>※3</sup>
437-004	48.4 <sup>※4</sup>
湯別微温泉 <sup>※2</sup>	30°C <sup>※5</sup> , 26°C <sup>※5</sup>
政泊冷泉 <sup>※2</sup>	14°C <sup>※5</sup> , 15°C <sup>※5</sup>
弁慶岬周辺 <sup>※2</sup>	約16°C <sup>※6</sup>
寿都温泉 <sup>※7</sup>	43.6°C <sup>※7</sup>
湯別温泉 <sup>※7</sup>	35.6°C <sup>※7</sup>

※1 坑井の位置は図 3.2-3 を参照，※2 坑井以外で測定された可能性があり詳細な位置は不明，※3 松波ほか（1991）に基づく，※4 松波ほか（1996）に基づく，※5 斎藤（1962）に基づく，※6 早川・国府谷（1968）に基づく，※7 寿都温泉ゆべつのゆホームページに基づく。



## (2) 地温・地温勾配

国内の地温勾配値は、田中ほか（1999）や田中ほか（2019）などにより整理されている。このうち、田中ほか（2019）に基づく文献調査対象地区周辺の地温勾配分布を図 3.2-5 に示す。これによると、地温勾配の測定地点は偏在しており、特にニセコ・雷電火山群の周辺や狩場山およびカスベ岳の東方に多く分布する。ニセコ・雷電火山群の周辺では、 $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$  以上を示す地点が多く分布し、山体の東部で最も高い地温勾配（ $152^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ）が示されている。また、狩場山およびカスベ岳の東方においても  $75^{\circ}\text{C}/\text{km}$  以上を示す地点が複数分布する。

表 3.2-2 に、文献調査対象地区の坑井における地温および地温勾配を示す。地温勾配は、1カ所の坑井（437-004）についてのみ示されており、 $51\sim 52^{\circ}\text{C}/\text{km}$  である。この値は、梅田ほか（1999）に示される北海道の広域的な地温勾配値、 $30\sim 50^{\circ}\text{C}/\text{km}$  よりもやや高い。

文献調査対象地区の坑井のうち、坑井 437-004 では坂川ほか（2004）により温度プロファイルが示されている（図 3.2-6）。これによると、深度の増加に伴って温度も増加し、深度 1,040.1 m で  $63.6^{\circ}\text{C}$  となる。坑井 437-002 および 437-003 については、松波ほか（1991）によって深度 167 m および 160 m での地温が示されており（表 3.2-2）、それらは坑井 437-004 における同深度での地温と比べると高い。なお、坑井 437-001 の地温を示している文献は認められなかった。

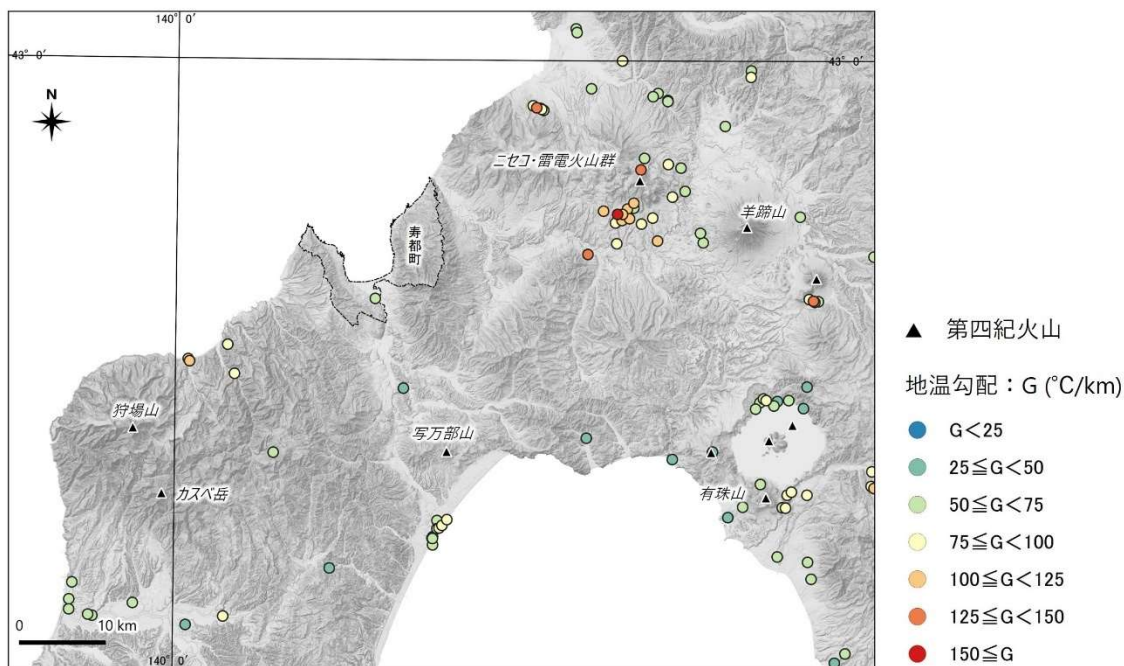


図 3.2-5 文献調査対象地区周辺の地温勾配分布

地温勾配は田中ほか（2019）、第四紀火山は中野ほか編（2013）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

表 3.2-2 文献調査対象地区の坑井における地温および地温勾配

坑井のコード番号 <sup>※1</sup>	地温勾配 (°C/100 m)	地温
		測定深度 (m) / 温度 (°C)
437-001	-	-
437-002	-	167/36.1 <sup>※4</sup>
437-003	-	160/34.6 <sup>※4</sup>
437-004	5.1 <sup>※2</sup> , 5.2 <sup>※3</sup>	1055/63.3 <sup>※5</sup> , 1054.6/63.5 <sup>※</sup>

※1 坑井の位置は図 3.2-3 を参照, ※2 若浜ほか (1995) に基づく, ※3 田中ほか (2019) に基づく, ※4 松波ほか (1991) に基づく, ※5 松波ほか (1996) に基づく。

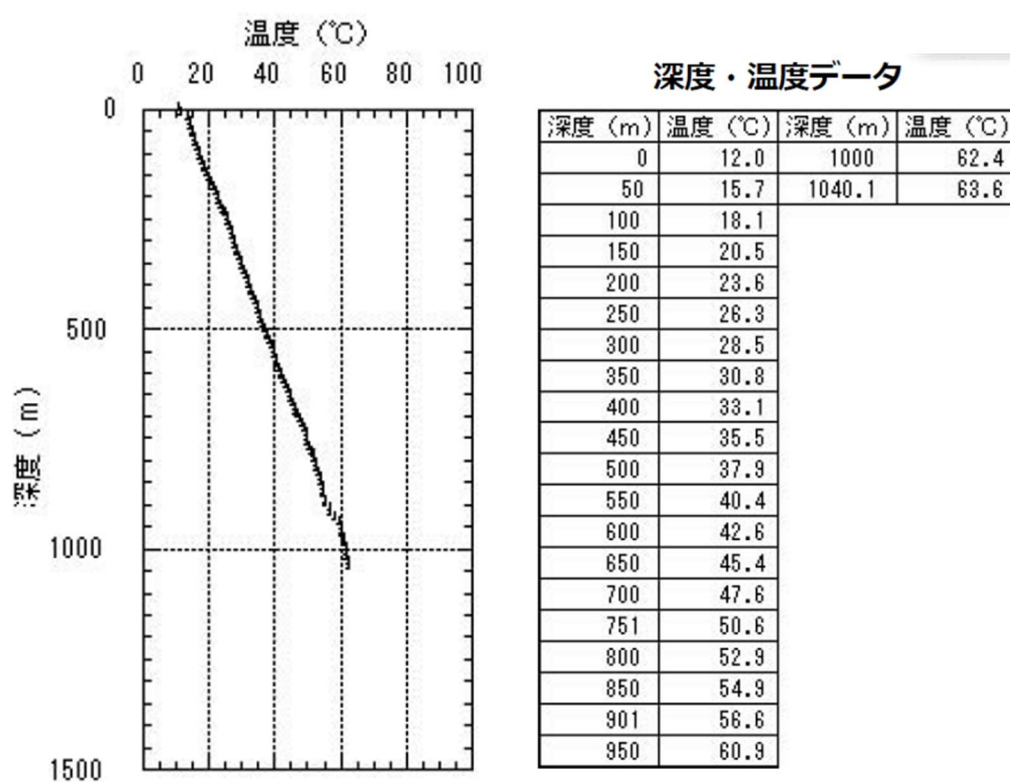


図 3.2-6 坑井 437-004 における温度プロファイル  
坂川ほか (2004) の温度プロファイルを一部抜粋し, 配置を編集。

### 3.2.3 噴気

文献調査対象地区の周辺において噴気が認められた地点については, 酒匂ほか (1977), 金原・阪口 (1989) や玉生ほか (2001) により示されている。これらによると, ニセコ・雷電火山群の東部に位置するチセヌプリおよびイワオヌプリの周辺で 57.5~96.8°Cの噴気が存在が示されているが, 文献調査対象地区には分布しない。

### 3.2.4 地下水の pH

一般に, 火山およびその周辺地域では, 地下に存在するマグマ溜り (熱源) から放出される熱お

よび揮発性物質によって、熱的な影響や化学的な影響を受ける（例えば、小松・梅田，1999）。小松・梅田（1999）および浅森ほか（2002）によると、pH 4.8 未満を示す低 pH の地下水は火山付近に集中して見られ、火山から離れるに従って pH が大きくなることなどから、火山活動は酸性地下水を生み出す支配的な要因となっていることが指摘されている。

国内の地下水の pH は、産業技術総合研究所地質調査総合センター（2005）や村岡ほか（2009）などにより整理されている。このうち、村岡ほか（2009）に基づく文献調査対象地区周辺の pH の分布を図 3.2-7 に示す。これによると、ニセコ・雷電火山群の山体東部では、周辺に比べて低い 4.8 未満の pH を示す地下水が多く分布する。

表 3.2-3 に、文献調査対象地区の坑井などにおける pH を示す。各坑井との対応は、松波ほか（1991，1996）、高見ほか（2008）に基づく坑井のコード番号を参照して整理した。坑井 437-002，437-003，437-004 における pH は 7.6～9.1 である。これらの坑井以外で測定された可能性があるものとして、斎藤（1962）および早川・国府谷（1968）により、湯別微温泉，政泊冷泉，弁慶岬周辺として測定値が示されているが、それらの pH は 8.0～8.3 である。このように、pH 4.8 未満を示す地下水は認められなかった。

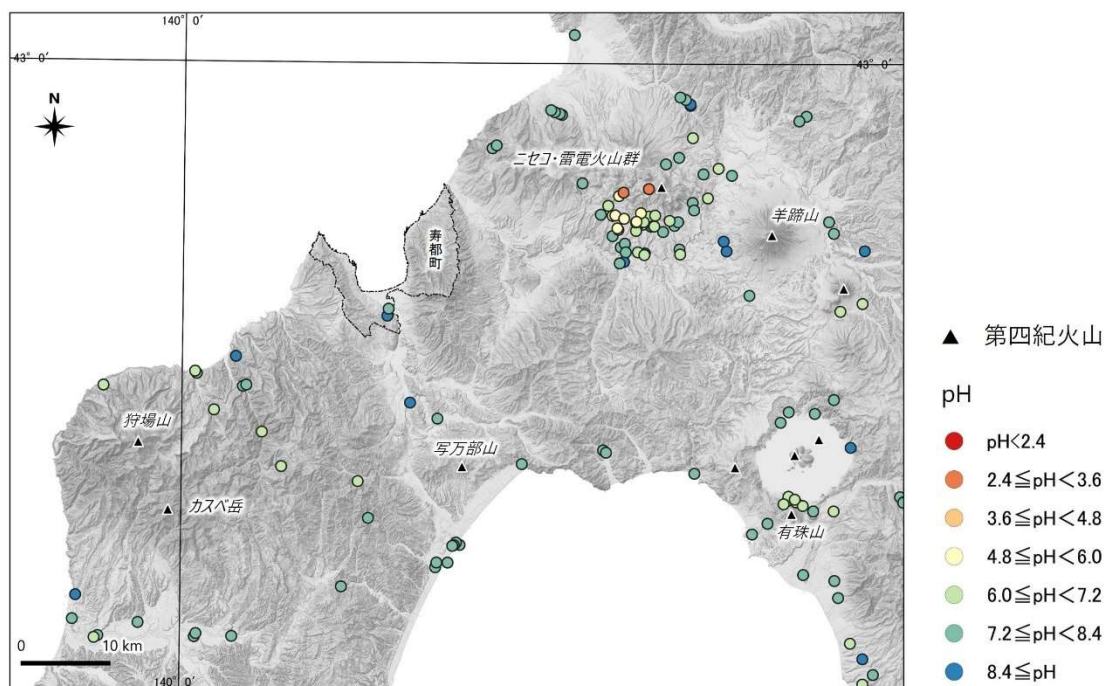


図 3.2-7 文献調査対象地区周辺における地下水の pH 分布

pH は村岡ほか（2009），第四紀火山は中野ほか編（2013）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

表 3.2-3 文献調査対象地区の坑井などにおける地下水の pH

坑井のコード番号 <sup>※1</sup> または名称	pH
437-001	-
437-002	9.1 <sup>※3</sup>
437-003	8.8 <sup>※3</sup>
437-004	7.6 <sup>※4</sup>
湯別微温泉 <sup>※2</sup>	8.3 <sup>※5</sup>
政泊冷泉 <sup>※2</sup>	8.2 <sup>※5</sup>
弁慶岬周辺 <sup>※2</sup>	8.0 <sup>※6</sup>
寿都温泉 <sup>※7</sup>	7.2 <sup>※7</sup>
湯別温泉 <sup>※7</sup>	8.8 <sup>※7</sup>

※1 坑井の位置は図 3.2-3 を参照，※2 坑井以外で測定された可能性があり詳細な位置は不明，※3 松波ほか（1991）に基づく，※4 松波ほか（1996）に基づく，※5 斎藤（1962）に基づく，※6 早川・国府谷（1968）に基づく，※7 寿都温泉ゆべつのゆホームページに基づく。

## 第4章 評価に必要な知見の整理

### 4.1 既知の第四紀火山

本節では、「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）において第四紀の活動が指摘されている火山体を対象に，火山噴出物の分布と層序，火口・カルデラなどの分布および火山を代表する地点に関する情報を整理した。

#### 4.1.1 検討方法

##### (1) 火山噴出物の分布と層序

既知の第四紀火山も含め，対象噴出物が第四紀の火山・火成活動に該当するか分析を行うため，以下の地質図幅および地質図を参照し，検討を行った。

- ・ 5万分の1地質図幅  
「島古丹」（山岸ほか，1976）  
「岩内」（広川・村山，1955）  
「寿都」（鈴木ほか，1981）  
「歌棄」（山岸，1984）  
「狩太」（国府谷・土居，1961）  
「大平山」（黒沢ほか，1993）  
「長万部」（久保ほか，1983）  
「豊浦」（土居ほか，1958）
- ・ ニセコ地域地熱地質編図（1：100,000）（新エネルギー総合開発機構，1987a）

検討に使用した地質図幅および地質図の選定理由としては，第四紀の火山噴出物の分布について記載されており，検討に必要な解像度を有することが挙げられる。なお，地層・岩体の名称等については，現在使用されていない「石英安山岩」や「石英斑岩」などの用語を含め，特に断りのない限り原著のとおりに記載している。




また，地質図幅・地質図間の境界部において地層・岩体の分布は必ずしも整合しないため，地層・岩体が不連続となる箇所については，複数の地質図等を参考にその分布について整理を行った。さらに，個別論文等で年代測定値が得られている場合は，火山噴出物の分布と層序を可能な限り区分したうえで，年代測定地点との対応を整理した。

加えて，地形判読を実施することにより，火山体を構成する溶岩等の重なりを詳細に整理した。地形判読を行うに当たっては，判読区域ごとに空中写真を実体視し，陰影起伏図（地理院タイル）および赤色立体地図も参照するとともに，表 4.1-1 の判読基準に従い，火山体を構成する地形種を抽出した。なお，判読基準を定めるにあたり，鈴木（2012）を参考にした。



表 4.1-1 地形判読の判読基準

鈴木 (2012) を参考に作成。

名称	凡例・記号	判読基準
火口(Crater) ・割れ目火口 (Fissure vent)		火山の山頂部および山腹・山麓に見られる凹地のうち、直径約2 km 以下のもの(C)を判読。線状に発達する割れ目火口(F)も判読対象とした。
溶岩流 (Lava flow)		舌状の細長い地形(L)を判読。末端は急峻な崖になることが多く、台地状となる。上面に溶岩じわ、側面に溶岩堤防が認められることもある。
溶岩円頂丘 (Lava dome)		腕を伏せたような小丘上の地形を判読。頂部は平坦～緩斜面で、中腹はやや急峻、末端部は崖錐を伴う急峻な地形を呈する。マグマが地表に噴出して冷え固まったものを溶岩円頂丘(Ld)、マグマが地表に噴出せずに地表付近の地盤を押し上げたものを潜在円頂丘(Cd)とする。ただし、両者の識別が困難な場合、円頂丘(D)として判読する。粘性の高いマグマの噴出によって形成されたため、流下距離に対して厚さが大きくなる。厚さ/底径が1/8以上であることを目安として、溶岩流と区別する。
潜在円頂丘 (Crypt dome)		
円頂丘(Dome)		
火山原面 (Volcanic original surface)		削剥が進み、上述した溶岩流や溶岩円頂丘などの具体的な火山地形は判読できないが、火山形成時の斜面が断片的に識別できる場合は、このカテゴリ(Vs)で表記する。
カルデラ (Caldera)		火山活動で生じた直径約2 km 以上の巨大な凹地(Cal)を判読。カルデラを囲む環状の山稜をカルデラ縁または外輪山と呼び、その形状は、円形・楕円形・四角形・馬蹄形など多様である。

## (2) 火口・カルデラなどの分布

既存文献に示される火口等の情報について整理するとともに、(1)に示した地形判読により把握した。

## (3) 火山を代表する地点

火山の位置情報(座標値)が示されている以下の文献を対象に、それぞれの文献で示される位置情報を整理した。

- ・ 日本の火山(第3版)(中野ほか編, 2013)
- ・ 第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会編, 1999)

- ・ 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか編，2012）
- ・ 日本活火山総覧（第4版）（気象庁ホームページa）

各文献で位置情報の意味は以下のとおり，異なっている。

中野ほか編（2013）の情報を収録した「日本の火山データベース 第四紀火山」（産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページa）では、「各火山（火山群）の緯度経度は，火山活動の中心地点ではなく，「火山の最高標高点。単成火山群の場合は最も高い標高点，あるいは代表的な火山の最高標高点」を示したものであるとしている。

第四紀火山カタログ委員会編（1999）では，「地形的」および「主火道」の緯度・経度が示されるとともに，それぞれについて，以下のように記載されている。

- ・ 地形的：現在残存している地形に基づいて判断した，火山体の最高点あるいは中心位置。
- ・ 主火道：新鮮な地形が残されている場合でも，浸食された山体しか残されていない場合でも，共に主要な火道（マグマの通路）を推定してその位置を示す。必ずしも，現在の最高点や主峰の位置ではない。

なお，すべての火山で「地形的」および「主火道」の緯度・経度が両方示されているわけではなく，どちらか一方の緯度・経度しか示されていない火山もある。また，このカタログに記載されている火山の多くが，実際には複数の火山体の集合であることから，個々の構成要素である火山体一つ一つを別個に記述した「個別火山体カタログ」も本文集録されている。

西来ほか編（2012）では，「主要な位置」として各火山岩体・貫入岩体の緯度・経度の情報が掲載されている。定義は示されていないが，多くは中野ほか編（2013）と座標値が一致することから，火山の最高標高点を主要な位置として示しているものと推察される。

気象庁ホームページaでは，活火山（概ね過去1万年以内に噴火した火山および現在活発な噴気活動のある火山）に関する情報が掲載されており，山体の最高点の緯度・経度が記載されている。ただし，最高点以外にも火山活動がある位置に三角点がある場合，その点も付記されている。

#### 4.1.2 個々の火山に関する整理

2.1 に示した調査範囲を踏まえ，文献調査対象地区から 15 km 以内に火山噴出物が分布する（1）ニセコ・雷電火山群，（2）写万部山の2つの火山を検討対象とした。

##### （1）ニセコ・雷電火山群

ここでは，日本の火山（第3版）（中野ほか編，2013）などの文献において示される範囲に認められる，雷電山，岩内岳，目国内岳，前目国内岳，白樺山，シャクナゲ岳，ワイスホルン，チセヌプリ，ニセコアンヌプリ，モイワ山，ニトヌプリ，イワオヌプリなどを包括して，「ニセコ・雷電火山群」として検討する。

##### （i）火山噴出物の分布と層序

5万分の1地質図幅（山岸ほか，1976；広川・村山，1955；国府谷・土居，1961）および「ニセコ地域地熱地質編図」（新エネルギー総合開発機構，1987a）に基づき，「ニセコ・雷電火山群」の活動に伴うものと考えられる火山噴出物の分布を整理した（図 4.1-1 および図 4.1-3）。また，それぞれ

の地質図幅および地質図による地質・火山層序を図 4.1-2 および図 4.1-4 に示す。これらによると、火山噴出物の分布範囲は、東西約 30 km、南北約 20 km にわたり、その範囲は寿都町に及ばないものと読み取ることができる。ただし、雷電岬火山角礫岩層は文献調査対象地区の行政界近傍に分布している。

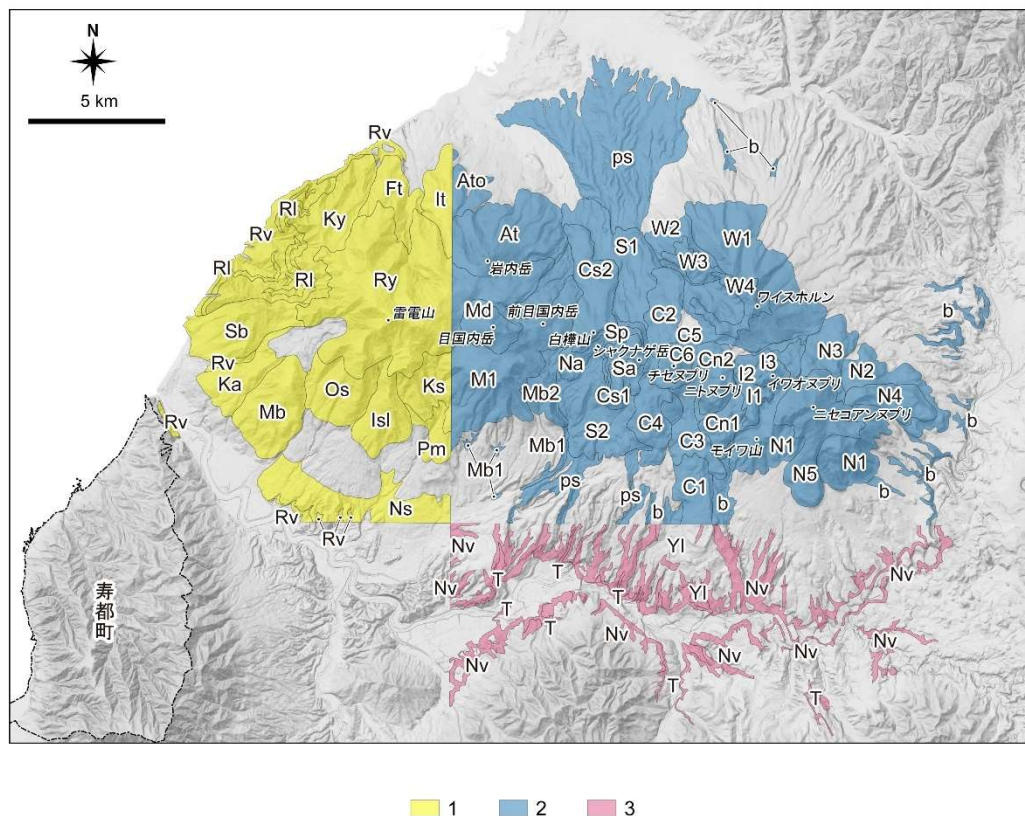


図 4.1-1 5 万分の 1 地質図幅によるニセコ・雷電火山群周辺の火山噴出物の分布

1: 山岸ほか (1976), 2: 広川・村山 (1955), 3: 国府谷・土居 (1961) に基づき作成。基図として「地理院タイル (陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院) を使用。寿都町行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。図中の記号 (地層・岩体名など) については以下を参照。

1: 5 万分の 1 地質図幅「島古丹」(山岸ほか, 1976) より, Rv: 雷電岬火山角礫岩層 - 塊状溶岩 - 火山円礫岩, 水冷破碎岩, RI: 雷電岬火山角礫岩層 - 塊状溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, Ns: ニセコアン層 - 凝灰角礫岩, Pm: 旧期ニセコ火山群 - パンケ目国内溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, Ka: コックリ湖溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, Ks: 上里溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, Os: オサンナイ溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, Ky: 熊野山溶岩 - かんらん石普通輝石しそ輝石安山岩, Ft: 藤袋溶岩 - かんらん石普通輝石しそ輝石安山岩, Sb: セバチ鼻溶岩 - かんらん石普通輝石しそ輝石安山岩, Isl: 岩城溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, Mb: 森別溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩, It: 岩内岳筍山溶岩 - かんらん石普通輝石しそ輝石安山岩, Ry: 雷電山溶岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩

2: 5 万分の 1 地質図幅「岩内」(広川・村山, 1955) より, b: 岩雄登火山 - 基底噴出物 - 凝灰角礫岩および熔岩, W1~4: 岩雄登火山 - ワイスホルン噴出物 - 集塊岩 - 両輝石安山岩, N1~4: 岩雄登火山 - ニセコアンヌプリ噴出物 - 舞台状熔岩 (熔岩および火山砕屑岩) - 両輝石安山岩および橄欖石含有両輝石安山岩, N5: 岩雄登火山 - ニセコアンヌプリ噴出物 - ニセコアンヌプリ熔岩 - 両輝石安山岩, ps: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴



出物 - 軽石層 - 軽石 (両輝石安山岩)・スコリア (橄欖石両輝石安山岩) および両輝石安山岩, S1~2: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - しゃくなぎ山凝灰角礫岩 - 両輝石安山岩, Na: 新見熔岩 - 橄欖石含有両輝石安山岩, Sp: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - しゃくなぎ山軽石質凝灰角礫岩 - 両輝石安山岩, Cs1~2: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - しゃくなぎ山熔岩 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, Cn1~2: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - ニトヌプリ熔岩 - 角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, C1: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - 日ノ出泥流 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, C2: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - 長沼泥流 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, C3: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - 湯本熔岩 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, C4: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - 旭台熔岩 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, C5: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - 舞台状熔岩 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, C6: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - チセヌプリ熔岩 - 熔岩円頂丘 - 石英角閃石含有橄欖石両輝石安山岩, Sa: 岩雄登火山 - チセヌプリ噴出物 - しゃくなぎ山円頂丘 - 橄欖石両輝石安山岩, I1: 岩雄登火山 - 岩雄登噴出物 - 舞台状熔岩 - 両輝石安山岩および橄欖石含有両輝石安山岩, I2: 岩雄登火山 - 岩雄登噴出物 - 小岩雄登円頂丘 - 両輝石安山岩, I3: 岩雄登火山 - 岩雄登噴出物 - 大岩雄登円頂丘 - 両輝石安山岩, Ato: 雷電火山 - 岩内岳噴出物 - 岩内岳筍山熔岩 - 両輝石橄欖石安山岩, At: 雷電火山 - 岩内岳噴出物 - 岩内岳熔岩 - 両輝石安山岩および橄欖石含有両輝石安山岩, Mb1~2: 雷電火山 - 目国内岳噴出物 - 目国内岳凝灰角礫岩 - 両輝石安山岩, M1: 雷電火山 - 目国内岳噴出物 - 目国内岳基底熔岩 - 角閃石橄欖石含有両輝石安山岩, Md: 雷電火山 - 目国内岳噴出物 - 目国内岳熔岩 - 角閃石含有両輝石安山岩

3: 5万分の1地質図幅「狩太」(国府谷・土居, 1961)より, T: 立川層 - 砂岩, 礫岩, 凝灰岩, Nv: ニセコアン層 - 浮石, 礫, 砂, 粘土, Yb: 湯山別熔岩 - 普通輝石しそ輝石安山岩

(a) 5万分の1地質図幅「島古丹」

時代	層序		
第四紀*	現世	砂丘堆積物 現河床堆積物 扇状地堆積物	
	洪積世*	第2段丘堆積物 第1段丘堆積物 崖錐堆積物	
		ニセコ新期火山群	雷電山溶岩 (Ry) 岩内岳筍山溶岩 (It) 森別溶岩 (Mb) 岩城溶岩 (Is)
		ニセコ旧期火山群	セバチ鼻溶岩 (Sb) 藤岱溶岩 (Ft) 熊野山溶岩 (Ky) オサンナイ溶岩 (Os) 上里溶岩 (Ks) コックリ湖溶岩 (Ka) パンケ目国内溶岩 (Pm) ニセコアン層 (Ns)
		鮮新世*	磯谷溶岩 雷電山火山角礫岩層 (Rv) ※
			尻別川層
	新第三紀*	火山角礫岩部層	
		中新世	磯谷層 シルト岩部層
		硬質頁岩シルト岩互層	

(b) 5万分の1地質図幅「岩内」

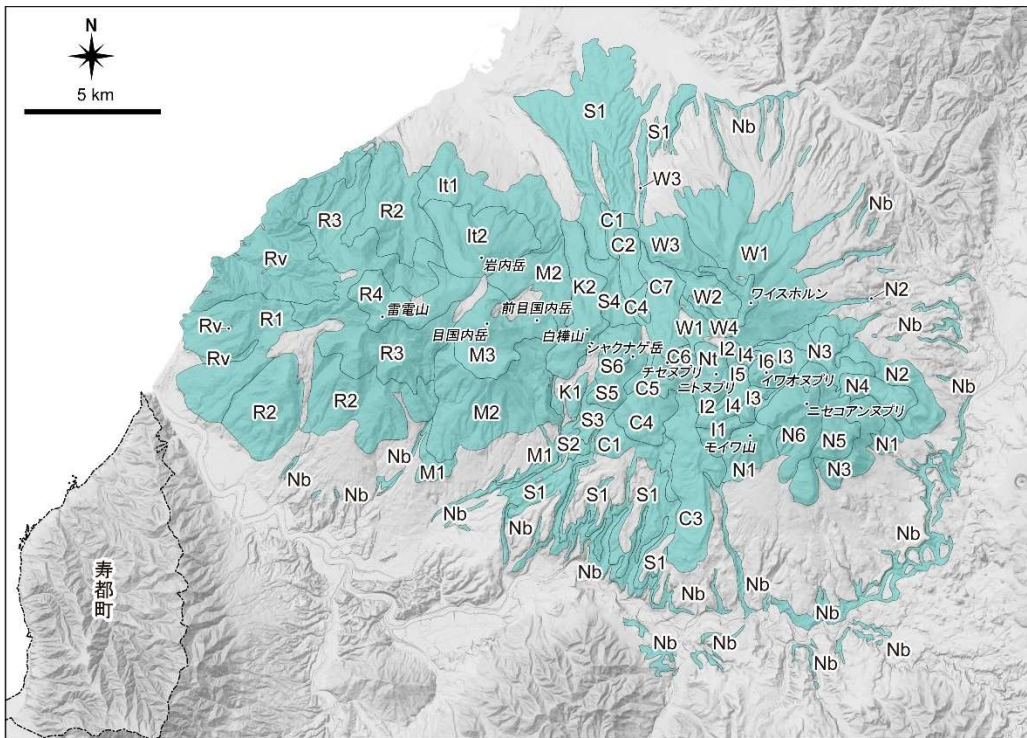
年代区分	堆積岩		噴出岩類
	層序		
第四紀*	沖積世 ↓ 洪積世*	氾濫原堆積物 砂丘層 俱知安盆地堆積層	崖錐 火山碎屑物 後方羊蹄火山 雷電火山 岩雄登火山
		岩内砂層	
	鮮新世*	無沢層	安山岩
		後期 八雲層 黒松内層	バンノ沢頁岩層 (柏谷状頁岩層)
中新世	初期 訓経層	小沢凝灰角礫岩層 (国富凝灰岩)	流紋岩

(c) 5万分の1地質図幅「狹太」

時代	層序			
第四紀*	現世	現河床堆積物 羊蹄第1熔岩 第2河岸段丘堆積物 第1河岸段丘堆積物 扇状地堆積物および岩錐堆積物		
	更新世*	真狩別層 狩太層 留寿都層 湯山別熔岩 (YI) ニセコアン層 (Nv)		
		第三紀*	模範林熔岩 昆布岳上部熔岩 昆布岳下部熔岩 柳ノ沢集塊岩層 桂ノ沢熔岩 檜ノ沢熔岩 真狩別太熔岩 立川層 (T) 美和層 幌内山集塊岩層 五十戸熔岩 立川集塊岩層 新富上部熔岩 新富下部熔岩 真狩川層 プロピライト熔岩 花園緑色凝灰岩	
			鮮新世*	?
			中新世	バクホロナイ層 シヒボドーパツビ熔岩

図 4.1-2 5 万分の 1 地質図幅による地質層序 (ニセコ・雷電火山群)

(a) は山岸ほか (1976), (b) は広川・村山 (1955), (c) は国府谷・土居 (1961) より一部抜粋し, デジタイジングを行った。太文字は図 4.1-1 に示す火山噴出物に相当する。※は, 地質図幅の凡例においては「雷電岬火山角礫岩層 (Rv)」とされている。



1

図 4.1-3 ニセコ地域地熱地質編図によるニセコ・雷電火山群周辺の火山噴出物の分布

1: 新エネルギー総合開発機構(1987a)に基づき作成。基図として「地理院タイル(陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院)を使用。寿都町行政界は「国土数値情報(行政区域データ)」(国土交通省)に基づく。図中の記号(地層・岩体名など)については以下を参照。

1: 「ニセコ地域地熱地質編図 1/100,000」(新エネルギー総合開発機構, 1987a)より, Rv: 雷電岬火山角礫岩層 - 安山岩質火山角礫岩, 砂質凝灰角礫岩, 玄武岩溶岩, 両輝石安山岩溶岩, Nb: 基底噴出物 - 凝灰角礫岩, 凝灰岩, 礫岩, 軽石, 砂礫, シルト, 玄武岩質両輝石安山岩溶岩, R1~4: 雷電火山群 - 雷電山噴出物 - カンラン石含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, M1~3: 雷電火山群 - 目国内岳噴出物 - カンラン石・角閃石含有ガラス質両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, It1~2: 雷電火山群 - 岩内岳噴出物 - 角閃石・カンラン石含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, W1~4: ニセコ火山群 - ワイスホルン噴出物 - ガラス質ピジョン輝石含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, N1~6: ニセコ火山群 - ニセコアンヌプリ噴出物 - 両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, S1~6: ニセコ火山群 - シヤクナゲ岳噴出物 - カンラン石・角閃石・石英含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, K1~2: ニセコ火山群 - カンラン石・角閃石含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, C1~7: ニセコ火山群 - チセヌプリ噴出物 - カンラン石・角閃石・石英含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, Nt: ニセコ火山群 - ニトヌプリ噴出物 - 角閃石・カンラン石含有両輝石安山岩溶岩, I1~6: ニセコ火山群 - イワオヌプリ噴出物 - 角閃石含有両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩, 湖成堆積物

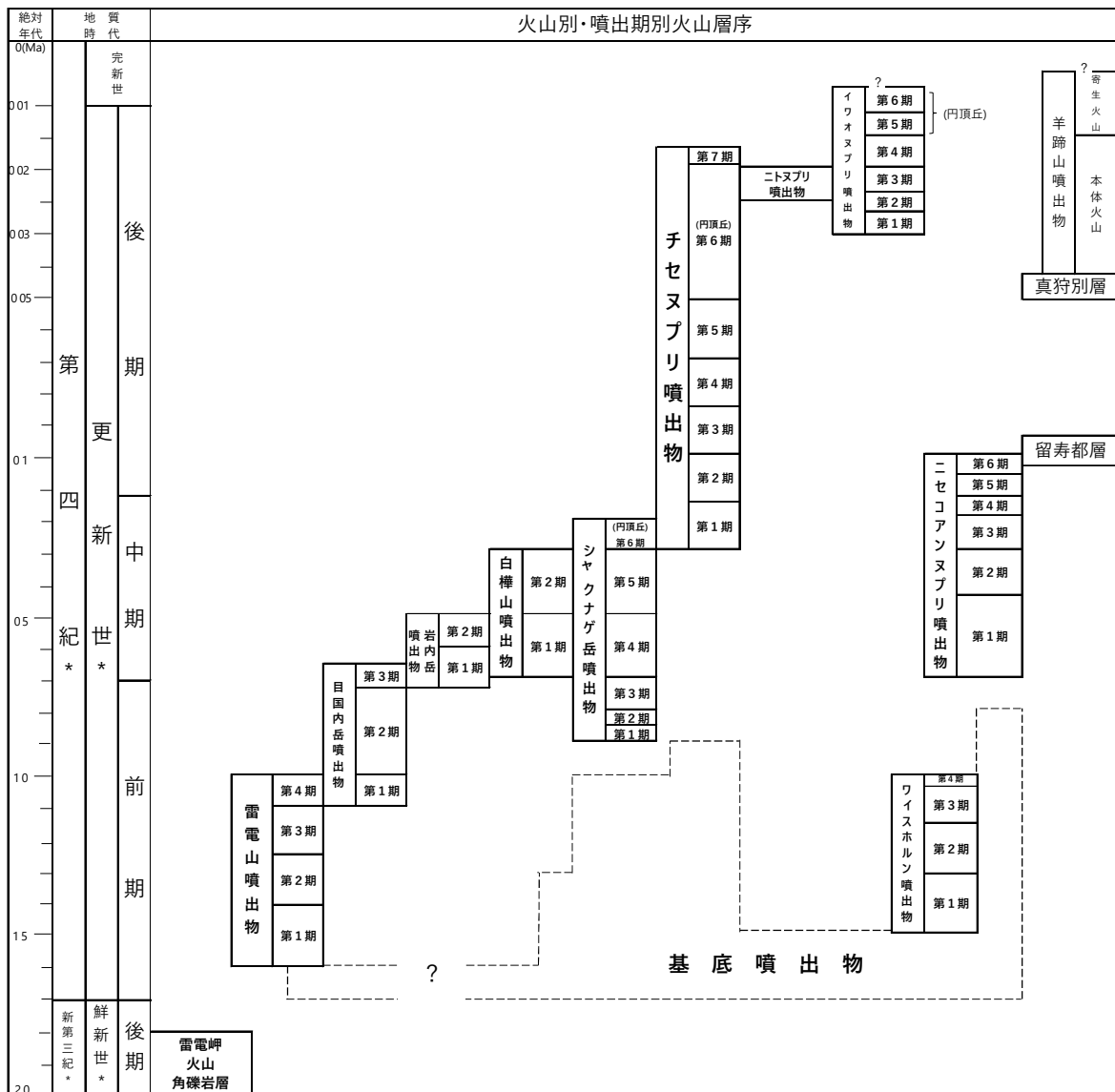


図 4.1-4 ニセコ地域地熱地質編図による火山層序 (ニセコ・雷電火山群)

新エネルギー総合開発機構 (1987a) より一部抜粋し、デジタイジングを行った。太文字は図 4.1-3 に示す火山噴出物に相当する。

本火山群の活動に伴って形成されたと考えられる地層・岩体は、山岸ほか (1976) では 14 種 (Rv・Rl・Ns・Pa・Ka・Ks・Os・Ky・Ft・Sb・Isl・Mb・It・Ry), 広川・村山 (1955) では 34 種 (W1~4・N1~5・ps・S1・S2・Na・Sp・Cs1~2・Cn1~2・C1~6・Sa・I1~3・Ato・At・Mb1~2・M1・Md), 国府谷・土居 (1961) では 3 種 (T・Nv・Yb) に区分されており、図幅間でそれらの区分が整合しない箇所が多い (図 4.1-1)。新エネルギー総合開発機構 (1987a) では、本火山群の活動に伴って形成されたと考えられる 43 種 (Rv・Nb・R1~4・M1~3・It1~2・W1~4・N1~6・S1~6・K1~2・C1~7・Nt・I1~6) の地層・岩体が記載されている (図 4.1-3)。図 4.1-2 および図 4.1-4 の地質・火山層序に基づけば、これらの地層・岩体のうち、もっとも古いものは、山岸ほか (1976) および新エネルギー総合開発機構 (1987a) に示される「雷電岬火山角礫岩層」であり、新エネルギー総合開発機構 (1986) では火山岩の年代として 2.03±0.28 Ma, 1.50±0.09 Ma (いずれも全岩 K-Ar

年代)などが示され、同文献において、「上位の雷電山噴出物との関係などから、本層の活動期は、鮮新世\*後期の2.0~1.8 Maである」と論じられている。

以上のことから、「ニセコ・雷電火山群」は、最も古い地層・岩体と考えられる「雷電岬火山角礫岩層」から第四紀と評価できる年代測定値が得られており、以降に形成されたすべての地層・岩体について、第四紀における火山活動の履歴であることが明らかといえる。

また、山元(2014)によれば、ニセコ火山群の積算噴出量は、64 DRE km<sup>3</sup>を超えることが示されており(図 4.1-5)、古期火山群に区分される雷電山の活動に伴う噴出物の量が最も大きい。なお、活動時期が最も新しいのはイワオヌプリであり、その活動時期は0.3 Ma以降で噴気活動も確認されている。

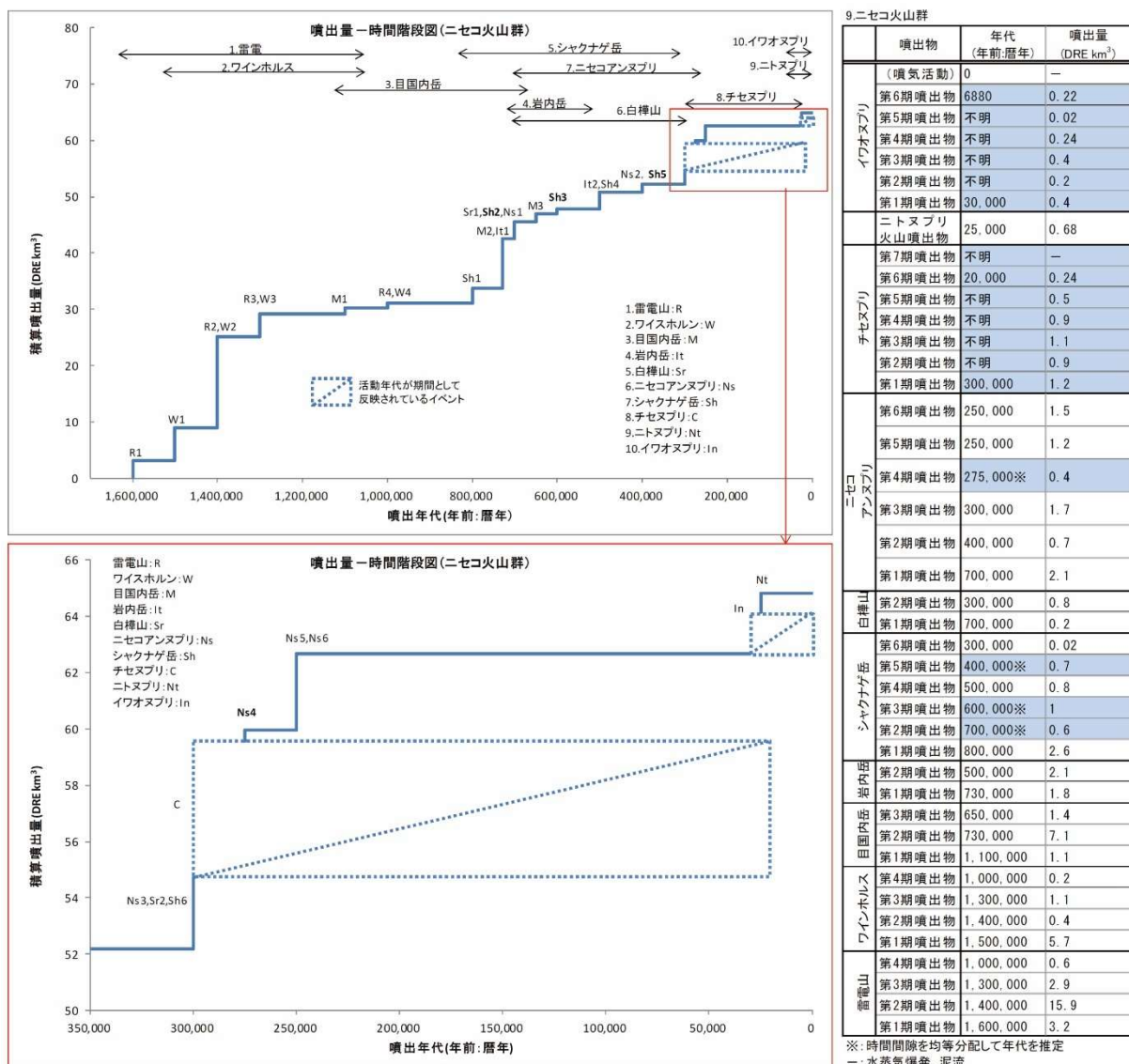


図 4.1-5 噴出量-時間階段図(ニセコ火山群)(山元, 2014)

(ii) 火口・カルデラなどの分布

既存文献に基づく火口および火道の分布を図 4.1-6 に示す。

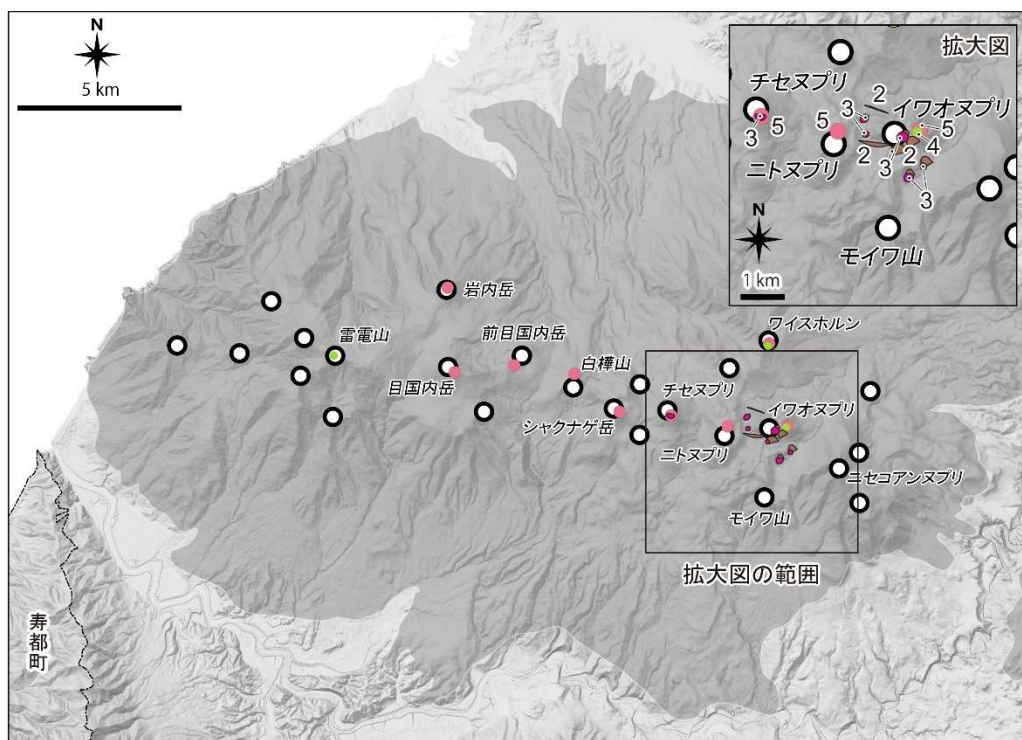
守屋（2003）に示される地形分類図では、ニセコ火山群全体で「火道」が25ヵ所存在すると記載されている。ただし、判読基準などの詳細は示されていない。

五十嵐・横田（1970）においても、イワオヌプリ周辺に「火口および爆裂火口」の位置が複数示されており、新エネルギー総合開発機構（1987b）の「航空写真判読図」でも同様に、イワオヌプリ周辺に爆裂火口が3ヵ所、爆裂火口の可能性がある凹地が4ヵ所示されている。

第四紀火山カタログ委員会編（1999）では、「ニセコ火山群（イワオヌプリなど）」の主火道の位置がイワオヌプリ山頂付近に示されており、個別火山体である「雷電」の主火道が雷電山山頂の三角点、「ワイスホルン」の主火道がワイスホルン山頂の三角点に示されている。これら主火道の位置は、「主要な火道（マグマの通路）を推定してその位置を示す」と説明されており、推定した理由・根拠等については記されていない。

西来ほか編（2012）では、第四紀火山の主要な位置とは別に、「個々の噴出・貫入地点」として9ヵ所の地点が描かれており、その定義や抽出基準については記されていないが、それぞれの地点は、火山群を構成する山々の山頂に位置している。





○ 1 □ 2 ■ 3 ● 4 ● 5 ■ 第四紀火山の火山岩分布

図 4.1-6 ニセコ・雷電火山群周辺の火口・火道の分布

1：守屋（2003），2：五十嵐・横田（1970），3：新エネルギー総合開発機構（1987b），4：第四紀火山カタログ委員会編（1999），5：西来ほか編（2012），濃灰色部：中野ほか編（2013）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。各文献で対象とされているものについては以下を参照。

1：「ニセコ火山群の地形分類図」（守屋，2003）より，火道 2：「ニセコ火山東部地域地質図」（五十嵐・横田，1970）より，火口および爆裂火口 3：「航空写真判読図」（新エネルギー総合開発機構，1987b）より，爆裂火口および可能性のある凹地 4：「第四紀火山カタログ」（第四紀火山カタログ委員会編，1999）より，主火道 5：「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」（西来ほか編，2012）より，個々の噴出・貫入地点 濃灰色部：「日本の火山（第3版）」（中野ほか編，2013）より，火山岩分布域

また，本調査で行った地形判読の結果，火口・割れ目火口が，ニセコ・雷電火山群の東部に位置するイワオヌプリ近傍の複数地点で認められた（図 4.1-7 および図 4.1-8）。また，その周囲には溶岩円頂丘が複数地点で判読されたが，カルデラとみられる地形は認められなかった。

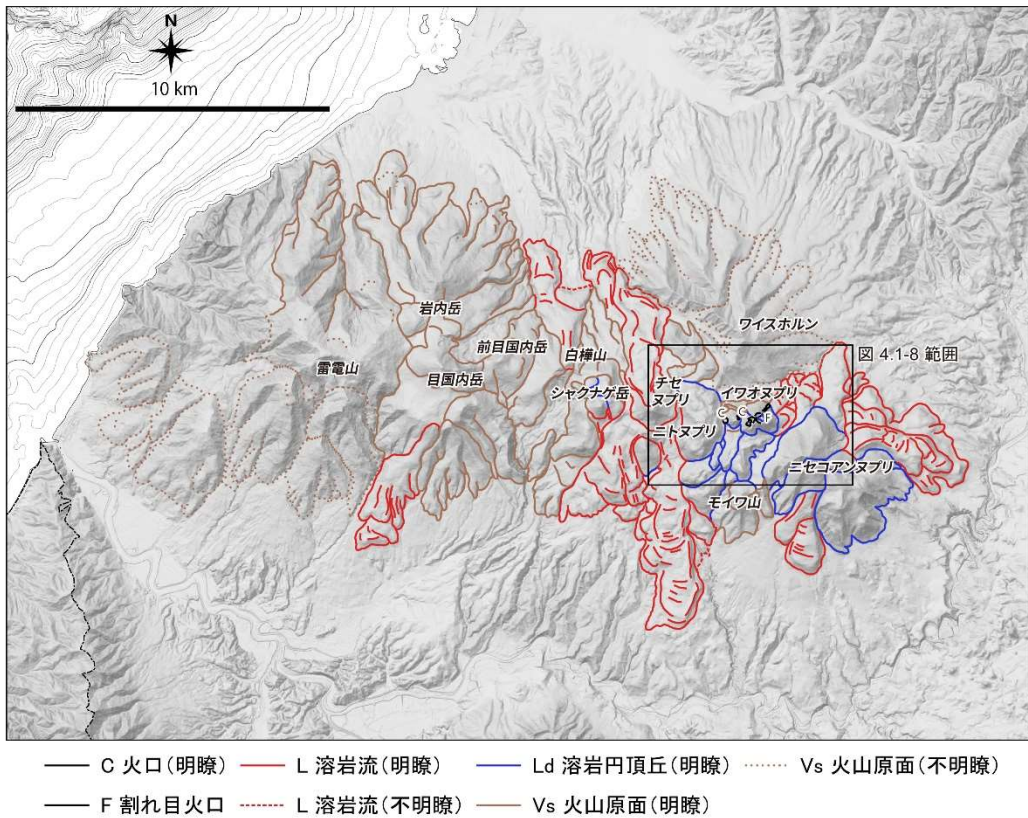


図 4.1-7 ニセコ・雷電火山群の地形判読結果

基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。海域の等深線図は日本水路協会発行「海底地形デジタルデータ（M7009 北海道西部）（（一財）日本水路協会承認第 2021006 号）」を用いて作成（等深線の主曲線の間隔は 10 m，計曲線の間隔は 50 m）。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。



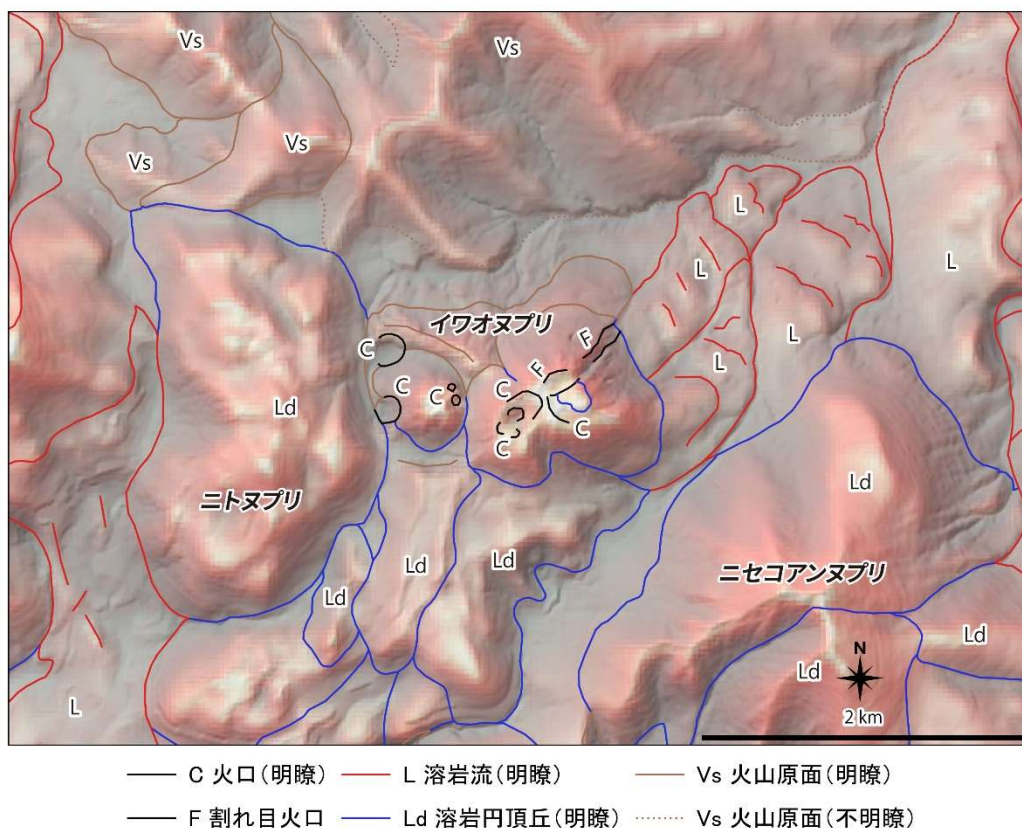


図 4.1-8 イワオヌプリ周辺の地形判読結果

基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院），「アジア航測：赤色立体地図（国土地理院数値標高データを使用）」を使用。

以上の地形的観点に基づく情報から、「ニセコ・雷電火山群」の活動に伴い形成された火口，火道が認められ，それらの分布は特に，イワオヌプリの周辺に集中している傾向が確認された。

なお，新エネルギー総合開発機構（1987a）によると，雷電山は，「未だに溶岩流の形態を山腹の一部に残してはいるものの，火山性熱水変質を受けた地帯では集中的に地滑り及び崩壊が発生し，山容が変化しつつある」とされており，雷電山の周辺で火道や火口の位置を明確に示している情報を確認することはできなかった。

### (iii) 火山を代表する地点

火山を代表する地点は各文献において，表 4.1-2 および図 4.1-9 のとおり示されている。それらの位置は，いずれの文献においても山頂やその近傍に相当する。多くの文献では，西側の雷電山周辺から東側のニセコアンヌプリ周辺までを含めて1つの火山群としている。なお，新エネルギー総合開発機構（1987a）などでは「ニセコ火山連峰を構成する火山群を2群に分け，西側を雷電火山群，東側をニセコ火山群とした」と説明があり，2つの火山群として捉える考え方も存在する。

表 4.1-2 ニセコ・雷電火山群を代表する地点に関する情報

<p>日本の火山 (第3版)</p>	<p>地質図においては、雷電山周辺からニセコアンヌプリ周辺までを含む範囲を着色しており、これを「ニセコ・雷電火山群」と示している。解説書においては、「ニセコ・雷電火山群」の火山の最高標高点(4.1.1参照)の緯度・経度を示しており、ニセコアンヌプリ山頂の三角点と一致する。</p> <p>なお、日本の火山(第2版)(小野ほか編, 1981)の地質編集図においては、日本の火山(第3版)と同様の範囲を着色し、これを2分して「雷電」および「ニセコ火山群(イワオヌプリなど)」と示している。</p>
<p>第四紀火山 カタログ</p>	<p>付図においては、第四紀*火山の地質として、雷電山周辺からニセコアンヌプリ周辺までを含む範囲を着色しており、その中に、第四紀*火山の位置として、イワオヌプリの位置を示している。</p> <p>付図裏面の一覧表においては、「ニセコ火山群(イワオヌプリなど)」の緯度・経度が示されており、イワオヌプリの山頂位置と一致する。</p> <p>データベースでは、「地形的」および「主火道」(4.1.1参照)の緯度・経度を示している。「ニセコ火山群(イワオヌプリなど)」については、「地形的」は示されておらず、「主火道」の緯度・経度が示されており、付図と一致する。</p> <p>また、イワオヌプリの山頂位置以外に、個別火山体として「雷電」、「ワイスホルン」の「主火道」の緯度・経度も確認できる。</p>
<p>第四紀火山岩体・ 貫入岩体 データベース</p>	<p>既知の第四紀火山として、「雷電山」と「ニセコ火山群」を独立して取り扱っている。「雷電山(雷電山, 岩内岳, 目国内岳)」の緯度・経度が示されており、雷電山山頂の三角点と一致する。「ニセコ火山群(ニセコアンヌプリ, イワオヌプリ(硫黄山), ニトヌプリ, チセヌプリなど)」の緯度・経度が示されており、ニセコアンヌプリ山頂の三角点(中野ほか編(2013)と同位置)と一致する。</p>
<p>日本活火山総覧 (第4版)</p>	<p>「ニセコ火山群」を、雷電火山, ワイスホルン火山, 目国内岳火山, 岩内岳火山, 白樺火山, シャクナゲ岳火山, ニセコアンヌプリ火山, チセヌプリ火山, ニトヌプリ火山, イワオヌプリ火山からなるとしている。「ニセコ火山群」の最高点の位置(4.1.1参照)としてニセコアンヌプリ山頂の三角点を、最高点以外にも火山活動がある位置(4.1.1参照)としてイワオヌプリの標高点を示している。</p> <p>なお、「イワオヌプリ火山が最新の火山活動で形成され、江戸時代後半や20世紀初頭には山頂部で噴気活動があったことが記録されている」との記載がある。</p>

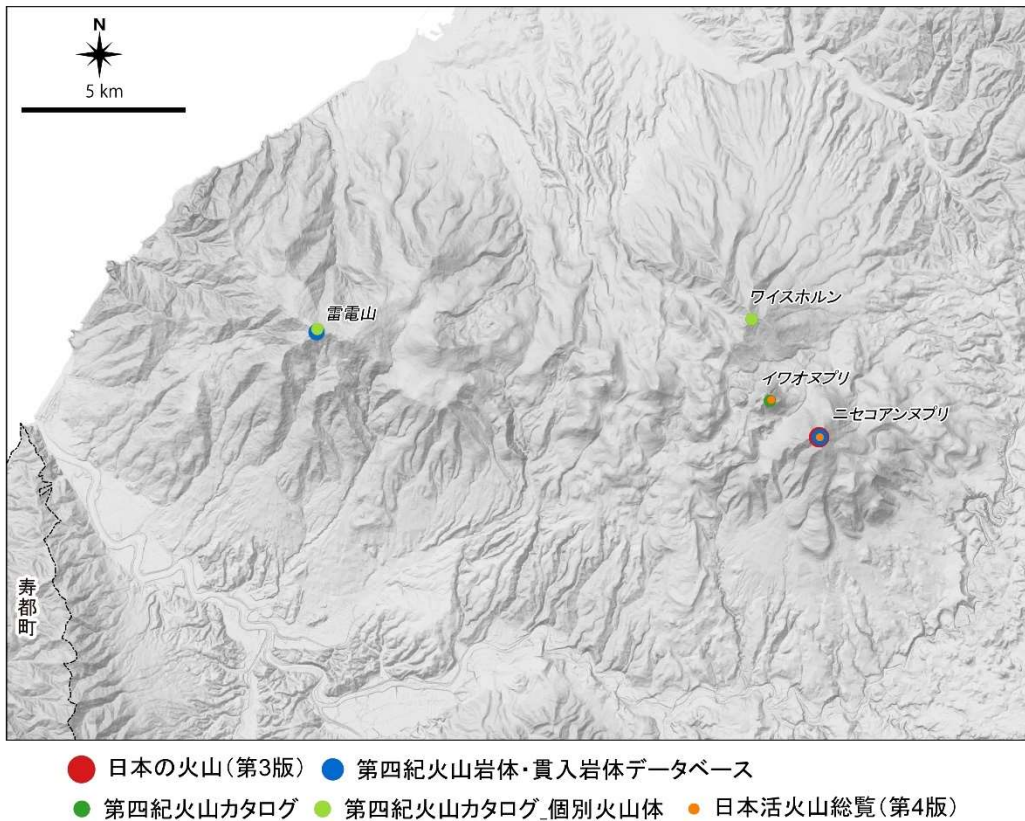


図 4.1-9 ニセコ・雷電火山群を代表する地点の分布

第四紀火山カタログ委員会編 (1999), 西来ほか編 (2012), 中野ほか編 (2013), 気象庁ホームページ a に基づき作成。基図として「地理院タイル (陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院) を使用。寿都町行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。

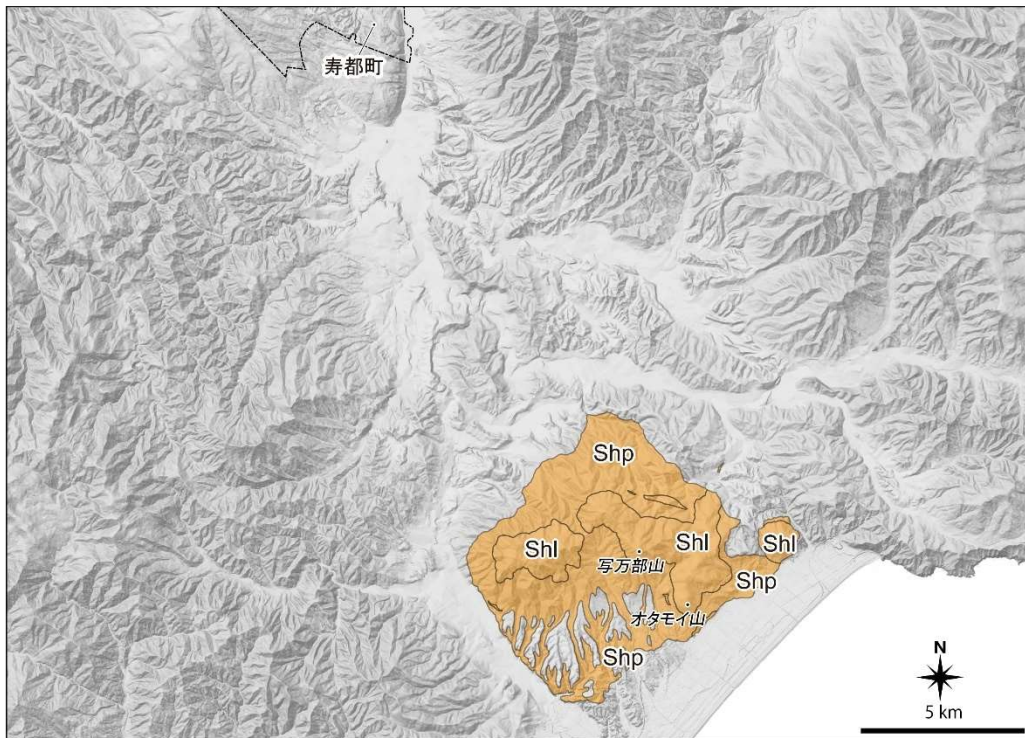
## (2) 写万部山

ここでは、日本の火山 (第 3 版) (中野ほか編, 2013) などの文献において示される範囲に認められる、写万部山、オタモイ山などを包括し、「写万部山」として検討する。

### (i) 火山噴出物の分布と層序

5 万分の 1 地質図幅 (久保ほか, 1983) に基づき、写万部山の活動に伴うものと考えられる火山噴出物の分布を整理した (図 4.1-10)。また、地質図幅による地質層序を図 4.1-11 に示す。これらによると火山噴出物の分布範囲は、東西、南北とも 10 km に満たず、寿都町に及ばない。





1

図 4.1-10 5 万分の 1 地質図幅「長万部」による写万部山周辺の火山噴出物の分布

1: 久保ほか (1983) に基づき作成。基図として「地理院タイル (陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院) を使用。寿都町行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。図中の記号 (地層・岩体名など) については以下を参照。

1: 5 万分の 1 地質図幅「長万部」(久保ほか, 1983) より, Shl: 写万部山火山岩類 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩及び岩脈, Shp: 写万部山火山岩類 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩及び角閃石安山岩の火砕岩

時代		層 序	
第四紀 *	完新世	氾濫原堆積物, 砂丘堆積物 湿原堆積物 駒ヶ岳火山灰 扇状地堆積物	
	更新世 *	熱郭軽石流堆積物 河岸段丘堆積物 海岸段丘堆積物 知来川層 中ノ沢川層	
新第三紀 *	鮮新世 *	黒松内岳火山岩類	瀨棚層
			写万部山火山岩類 (Shp・Shi)
		ガロ川火山岩類	
	黒松内層	シルト岩部層	凝灰角礫岩部層
	中new世	変質安山岩部層	八雲層
	訓縫層	上部砂岩部層	静狩火山岩類 (静狩地域)
		泥岩部層	
		下部砂岩部層	
		礫岩部層	
白亜紀		花崗岩類	
先白亜紀		堆積岩類	

図 4.1-11 5万分の1地質図幅「長万部」による地質層序 (写万部山)

久保ほか (1983) より一部抜粋し, デジタイジングを行った。太文字は図 4.1-10 に示す火山噴出物に相当する。

本火山の活動に伴って形成された地層・岩体は, 久保ほか (1983) により「写万部山火砕岩類」, 「写万部山溶岩類及び岩脈」の2つに区分されている (図 4.1-10)。一方, 久保ほか (1988) は, これらの火山噴出物を「写万部山火山岩類」と一括して示し, このうち, 写万部山頂上 (標高 499 m) の北方約 1.5 km 付近 (標高約 300 m) に分布する「火山角礫岩中の角礫」の全岩 K-Ar 年代を測定している。その結果は,  $2.59 \pm 0.11$  Ma であり, 誤差を考慮すると第四紀を含む年代測定値である。

以上より, 「写万部山」はその火山岩類の分布域から第四紀の活動の可能性が否定できない年代測定値が得られていることから, 第四紀における火山活動の履歴が存在する可能性が高いといえる。

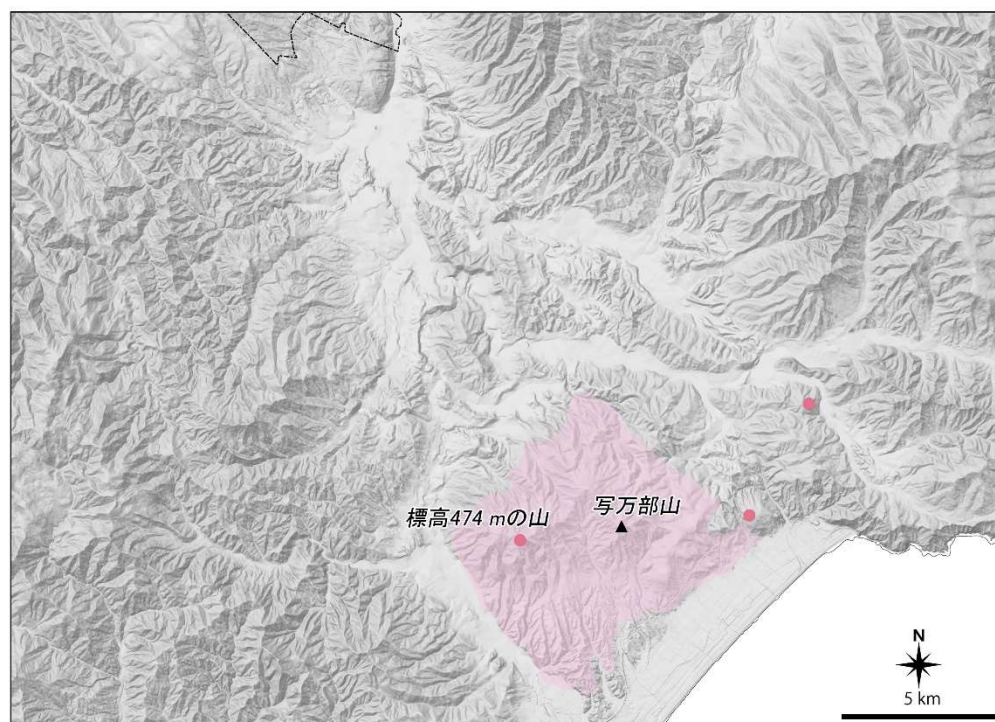
#### (ii) 火口・カルデラなどの分布

既存文献に基づく情報として, 西来ほか編 (2012) は, 第四紀火山の主要な位置とは別に, 「個々の噴出・貫入地点」を描いている (図 4.1-12)。その定義や抽出基準については記されていないが,

その位置は標高 474 m の山の山頂を示している。

また、本調査で行った地形判読の結果、火口と考えられる明瞭な凹地形は認められず、カルデラとみられる地形も認められなかった。

以上のことから、地質や地形の観点に基づいて、写万部山の活動に伴い形成された火口、火道、カルデラであることが明確に確認できる地点は認められない。



● 個々の噴出・貫入地点 ▲ 主要な位置 ■ 第四紀火山の火山岩分布

図 4.1-12 写万部山周辺の個々の噴出・貫入地点の分布

西来ほか編（2012）、中野ほか編（2013）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

### (iii) 火山を代表する地点

火山を代表する地点として、中野ほか編（2013）は、写万部山山頂の三角点を火山の最高標高点として示している（図 4.1-10）。西来ほか編（2012）は中野ほか編（2013）と同じ座標を示している（図 4.1-12）。第四紀火山カタログ委員会編（1999）および気象庁ホームページ a に写万部山に関する記載はない。

## 4.2 その他の火山活動

本節では、4.1「既知の第四紀火山」のほかに「第四紀の活動の可能性が指摘されている火山」、「噴出時期が明らかでない火山」について、1.2.1～1.2.3 に示す評価の考え方に従い、必要な情報の整理・検討を行った。さらに、火山活動の痕跡を示すものとして、「貫入岩・岩脈」についても同様に実施した。



#### 4.2.1 第四紀の活動の可能性が指摘されている火山

本項では、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（西来ほか編，2012）において第四紀の活動の可能性が指摘されているものを対象として、火山噴出物の分布や新旧関係の整理を行った。

西来ほか編（2012）によると、本データベースは「従来の第四紀火山データベースでは認識されていない“第四紀”に活動した火山岩体および、“第四紀”に貫入・固結し、その後の隆起・侵食作用によって地表に露出した貫入岩体を採録」したものと記載されている。また、「文献調査で最終判断がつかずに要検討と判断されるものは、“追加研究の必要性有”として明記の上、データベースに取り込んで」いること、「各データは現時点までに得られている調査研究結果に基づくものであり、今後の調査研究の進展に伴い大幅に変更される場合もある」ことが注意点として記載されている。さらに、「“第四紀”に活動した可能性のある火山岩体・貫入岩体の拾い漏れをできる限り少なくするため、データ採録の範囲を3Ma以内とし」、「厳密には、第四紀に帰属しない可能性のある火山岩体・貫入岩体も含まれている可能性」があるとしている。

文献調査対象地区から15km以内には、「磯谷」（西来ほか編，2012）が示されている。「磯谷」周辺の火山噴出物の分布を5万分の1地質図幅（山岸ほか，1976；山岸，1984）に基づいて整理し、ここでは「磯谷溶岩」として第四紀の活動性に関する検討を行った。

「磯谷溶岩」に相当する火山噴出物の分布を図4.2-1に、また、地質図幅による地質層序を図4.2-2に示す。

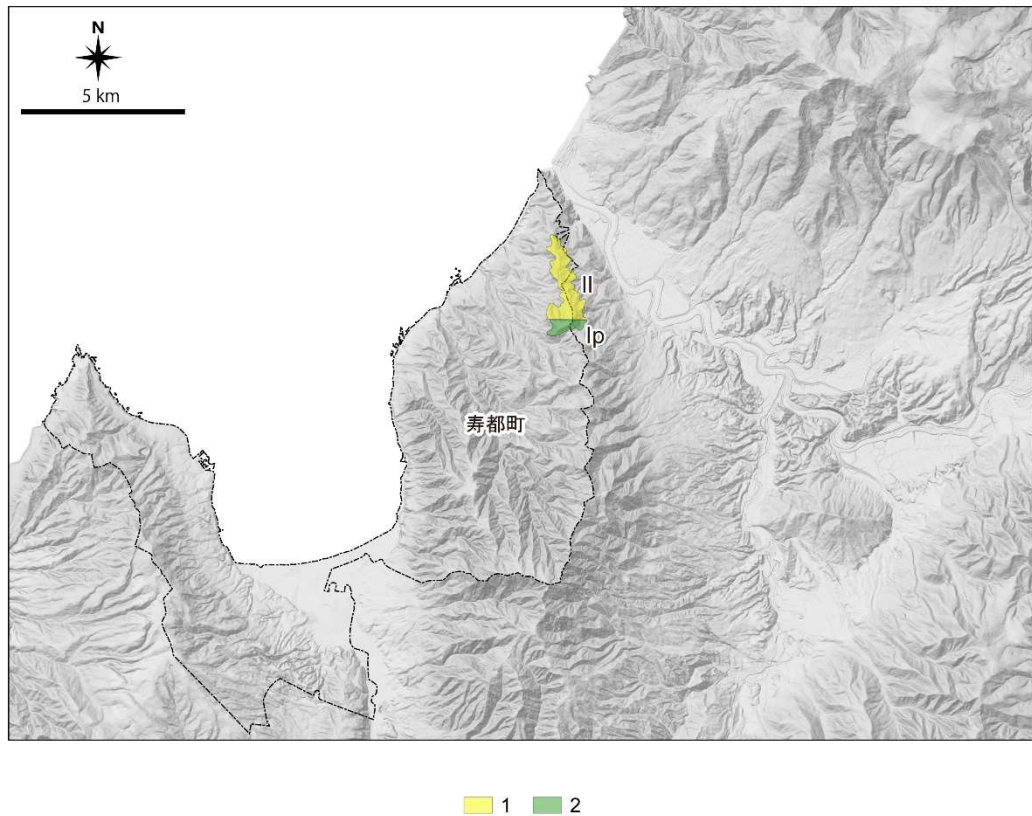


図 4.2-1 5万分の1地質図幅による礫谷溶岩の分布

1：山岸ほか（1976），2：山岸（1984）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：5万分の1地質図幅「島古丹」（山岸ほか，1976）より，II：礫谷溶岩 - しそ輝石普通輝石安山岩

2：5万分の1地質図幅「歌棄」（山岸，1984）より，Ip：礫谷溶岩 - 輝石安山岩

(a) 5万分の1地質図幅「島古丹」

時代		層序		
第四紀*	現世	砂丘堆積物		
		現河床堆積物		
		扇状地堆積物		
	洪積世*	二セコ <sup>新</sup> 火山群	第2段丘堆積物	
			第1段丘堆積物	
			崖錐堆積物	
			雷電山溶岩	
			岩内岳筍山溶岩	
			森別溶岩	
		二セコ <sup>旧</sup> 火山群	岩城溶岩	
			セバチ鼻溶岩	
			藤岱溶岩	
			熊野山溶岩	
			オサンナイ溶岩	
			上里溶岩	
			コックリ湖溶岩	
			パンケ目国内溶岩	
			二セコアン層	
新第三紀*	鮮新世*	礫谷溶岩 (II)		
		雷電山火山角礫岩層		
	中新世	礫谷層	尻別川層	
			火山角礫岩部層	
			シルト岩部層	
硬質頁岩シルト岩互層				

(b) 5万分の1地質図幅「歌棄」

時代		地層名			
第四紀*	現世	現河床・海浜堆積物			
		第2段丘堆積物			
	更新世*	新期扇状地堆積物			
		熱郭軽石流堆積物			
		第1段丘堆積物			
		旧期扇状地堆積物			
		礫谷溶岩			
		鮮新世*	尻別川層	安賀山溶岩	
				賀老山	
		新第三紀*	中新世	賀老川火山岩類	
				永豊層	
	中新世		折川層		
			礫谷層		
チヨボ川層					

図 4.2-2 5 万分の 1 地質図幅による地質層序（礫谷）

(a) は山岸ほか (1976), (b) は山岸 (1984) より一部抜粋し, デジタイジングを行った。太文字は図 4.2-1 に示す火山噴出物に相当する。

これらによると, 火山噴出物の分布範囲は, 東西約 1.5 km, 南北約 3 km にわたり, 寿都町の北東端部に及んでいる。また, この岩体は, 山岸ほか (1976) および山岸 (1984) のそれぞれにおいて「礫谷溶岩」として分布が示されており (図 4.2-1), 分布の連続性から同じ火山噴出物を指しているものと考えられる。なお, 岡村 (1984) では貫入岩としてその分布が記載されている。

山岸ほか (1976) によれば, 「礫谷溶岩」は礫谷層および尻別川層を不整合に覆って分布し, これらの地層よりも新しい時期に形成された溶岩であるとされるが, それらの地層との接触関係を示す記載は見られない。形成時期については, 「風化の状態や山体の開析度などからみて, 鮮新世\*に属するもの」と指摘している。山岸 (1984) によれば, 礫谷層上部のシルト岩を不整合に覆う更新世

\*の溶岩と考えられているが、詳細な年代値は不明であることが指摘されている。なお、「磯谷溶岩」の年代測定値に関する情報および、これを覆う地層に関する記載は、ほかの文献においても見当たらない。

「磯谷溶岩」に覆われる磯谷層の年代については、放射年代（新エネルギー総合開発機構，1985）や珪藻化石（北海道電力，2015；菅原・嵯峨山，2022）により、後期中新世から前期鮮新世と推定されている。なお、菅原・嵯峨山（2022）は、磯谷層の火山角礫岩部層中に確認される蘭越町尻別岬付近の岩脈（新エネルギー総合開発機構，1987a）（4.2.3（1）参照）で測定された  $2.3 \pm 0.3$  Ma（全岩 K-Ar 年代）（新エネルギー総合開発機構，1985）の年代値について、「火山角礫岩部層の年代として矛盾しない」としている。ただし、本岩脈は、新エネルギー総合開発機構（1986）では「磯谷層（安山岩溶岩部層）を貫く」という記載のみで詳細は記されておらず、磯谷層のフィーダーであるか、あるいは別の活動によるものかなどは不明である。また、磯谷層の上位層であり、同じく「磯谷溶岩」に覆われる尻別川層は、放射年代（能條ほか，1996；北海道電力，2015）から、前期更新世に至る可能性が示されている。ただし、菅原・嵯峨山（2022）によると、尻別川層の模式地である蘭越地域の尻別川層は、磯谷層と一連の堆積物であり、尻別川層の名称を使用するのは不適當であるという見解（能條ほか，1996）も踏まえ、蘭越地域の磯谷層と尻別川層については更なる調査が必要であることも指摘している。

以上のことから、「磯谷溶岩」は、西来ほか編（2012）により第四紀の活動の可能性が指摘されているものの“追加研究の必要性有”と記されており、ほかの文献においても、年代測定値が得られていないことや、層序の観点からも本溶岩の活動年代の特定に資するデータが得られていないことなどから、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

#### 4.2.2 噴出時期が明らかでない火成岩類

本項では、中野ほか編（2013）や西来ほか編（2012）などの既存文献では指摘されていないものの、地質図幅および地質図の記述から、第四紀の活動を否定できない地層・岩体を抽出し、最新活動時期に関する検討を行った。なお、4.1.2 および 4.2.1 で検討対象とした地層・岩体および 4.2.3 で対象とする貫入岩や岩脈は別に示す。

「鮮新世\*」以降の地層・岩体を漏れなく抽出するため（1.2 参照）、ここでは新第三紀\*～第四紀\*に区分されている地層・岩体を対象とし、文献調査対象地区の行政界からおおむね 15 km 以内に分布が及ぶものを抽出した。これらについて、第四紀の活動を否定できないものと、否定できるものとの判別を行った。

5 万分の 1 地質図幅を確認した結果、前述で抽出した地層・岩体のうち、第四紀の活動を否定できない火成岩として 16 の地層・岩体を抽出した（表 4.2-1）。これらの分布などを考慮して、以下のようにグルーピングし、それぞれ最新活動時期に関する検討を行った。

地質図幅等に基づき、賀老山付近（333 m-yama を含む）の 6 つの地層・岩体をまとめたうえ、15 km 以遠ではあるがこれと分布が連なる地層・岩体も含めて「(1) 賀老山」とした。また、黒松内岳を中心に北北西—南南東に広く分布するガロ 火山岩類を構成する 7 つの地層・岩体をまとめ、15 km 以遠のものも含めて「(2) ガロ川火山岩類」とした。これらのほか、3 つの地層・岩体（表 4.2-1 参照）を「(3) その他の火成岩類」とした。なお、第四紀に活動したことが明確な地層・岩体は新たに抽出されなかった。

表 4.2-1 第四紀の活動を否定できない火成岩類 (5 万分の 1 地質図幅)

記載箇所	抽出した地層・岩体名
(1)賀老山	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 賀老山安山岩溶岩(Gl) (山岸, 1984)</li> <li>・ 幌内山集塊岩層-しそ輝石安山岩集塊岩(Hag) (国府谷・土居, 1961)</li> <li>・ 五十戸熔岩-しそ輝石安山岩(Gl) (国府谷・土居, 1961)</li> <li>・ パンケホロナイ層-角礫凝灰岩, 砂岩, 凝灰質頁岩(Pa) (国府谷・土居, 1961)</li> <li>・ 新富上部熔岩-ガラス質しそ輝石普通輝石安山岩(Sul) (国府谷・土居, 1961)</li> <li>・ 内川集塊岩層-紫蘇輝石普通輝石安山岩質集塊岩(Ng) (土居ほか, 1958)</li> </ul>
(2)ガロ川火山岩類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ガロ川噴出物層-火山円礫岩・火山角礫岩(Gv) (鈴木ほか, 1981)</li> <li>・ 賀老川火山岩類-輝石安山岩質水冷破碎岩・枕状溶岩および火山円礫岩(Gv) (山岸, 1984)</li> <li>・ 黒松内層-複輝石安山岩溶岩(Ka) (黒沢ほか, 1993)</li> <li>・ 黒松内層-安山岩質ハイアロクラスタイト(凝灰角礫岩を伴う)(Kb) (黒沢ほか, 1993)</li> <li>・ 黒松内岳火山岩類-紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩及び岩脈(Krl) (久保ほか, 1983)</li> <li>・ 黒松内岳火山岩類-紫蘇輝石普通輝石安山岩及び角閃石安山岩の火砕岩(Krp) (久保ほか, 1983)</li> <li>・ ガロ川火山岩類-紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩・火砕岩及びハイアロクラスタイト(G) (久保ほか, 1983)</li> </ul>
(3)その他の火成岩類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 永豊層-安山岩質火砕岩層-水冷破碎岩・溶岩(Nv) (鈴木ほか, 1981)</li> <li>・ 石英安山岩溶岩-黒雲母角閃石石英安山岩(Dl) (鈴木ほか, 1981)</li> <li>・ 静狩火山岩類-角閃石安山岩火山角礫岩(Szh) (久保ほか, 1983)</li> </ul>

また、ニセコ地域地熱地質編図(新エネルギー総合開発機構, 1987a)を確認した結果、第四紀の活動を否定できない火成岩として、1つの地層・岩体(賀老山溶岩類-玄武岩質両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩(G1~5))が抽出された。これは前述の「(1)賀老山」に相当する地層・岩体であることから、まとめて検討を行う。なお、第四紀に活動したことが明確な地層・岩体は新たに抽出されなかった。

海域に分布する火成岩については、「沿岸海の基本図(5万分の1)寿都」(海上保安庁水路部, 1995)および「積丹半島付近海底地質図」(岡村・佐藤, 2023)に基づき、「(4)沿岸海域の火成岩類」において分析を行った。

#### (1) 賀老山

ここでは、幌内山、賀老山を中心とした北北東-南南西に尾根筋を持つ山体および、その北西に位置する 333 m-yama (山岸, 1984 など)を構成する地層・岩体を「賀老山」として検討する。



5万分の1地質図幅（山岸，1984；国府谷・土居，1961；久保ほか，1983；土居ほか，1958）および「ニセコ地域地熱地質編図」（新エネルギー総合開発機構，1987a）に基づき，賀老山の活動に伴うものと考えられる火山噴出物の分布を整理した（図 4.2-3 および図 4.2-5）。また，それぞれの地質図幅および地質図による地質層序を図 4.2-4 および図 4.2-6 に示す。これらによると，火山噴出物の分布範囲は，東西約 10 km，南北約 20 km にわたり，寿都町には及んでいない。

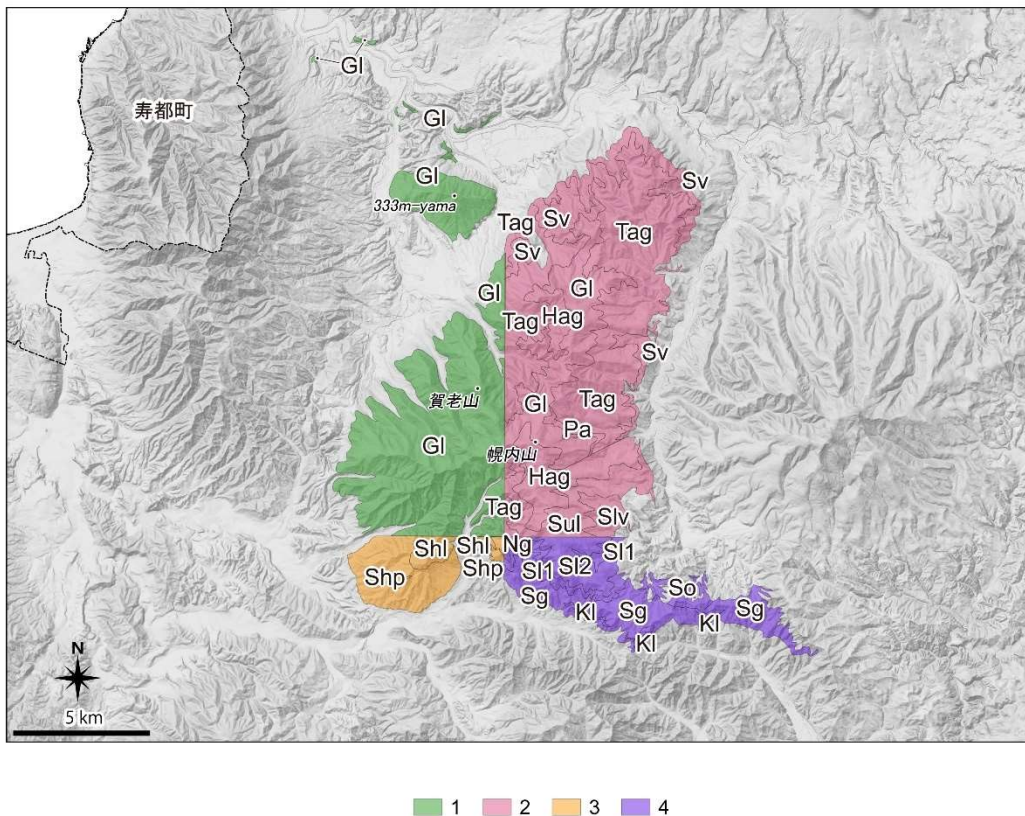


図 4.2-3 5万分の1地質図幅による賀老山周辺の火山噴出物の分布

1：山岸（1984），2：国府谷・土居（1961），3：久保ほか（1983），4：土居ほか（1958）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：5万分の1地質図幅「歌棄」（山岸，1984）より，GI：賀老山安山岩溶岩 - 角閃石安山岩および輝石安山岩  
2：5万分の1地質図幅「狩太」（国府谷・土居，1961）より，Sv：シヒポンドペツピ溶岩 - しそ輝石安山岩，Tag：立川集塊岩層 - 含かんらん石普通輝石安山岩質集塊岩，SIV：新富下部溶岩 - しそ輝石普通輝石安山岩，Sul：新富上部溶岩 - ガラス質しそ輝石普通輝石安山岩，Pa：パンケホロナイ層 - 角礫凝灰岩，砂岩，凝灰質頁岩，GI：五十戸溶岩 - しそ輝石安山岩，Hag：幌内山集塊岩層 - しそ輝石安山岩集塊岩

3：5万分の1地質図幅「長万部」（久保ほか，1983）より，Shp：写万部山火山岩類 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩及び角閃石安山岩の火砕岩，Shl：写万部山火山岩類 - しそ輝石普通輝石安山岩溶岩及び岩脈

4：5万分の1地質図幅「豊浦」（土居ほか，1958）より，KI：大岸溶岩 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩，Sg：朱太川集塊岩層 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩質集塊岩（安山岩質凝灰岩を伴う），So：壮滝別層 - 角礫凝灰岩，凝灰岩，砂岩，泥岩，SI1：新富下部溶岩 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩，Ng：内川集塊岩層 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩質集塊岩，SI2：新富上部溶岩 - ガラス質紫蘇輝石普通輝石安山岩



(a) 5万分の1地質図幅「歌棄」

時代	地層名	
第四紀	現世	現河床・海浜堆積物
	更新世	第2段丘堆積物
		新期扇状地堆積物
		熱鄕軽石流堆積物
		第1段丘堆積物
		旧期扇状地堆積物
		磯谷溶岩
		尻別川層
	鮮新世	賀老川火山岩類
		永豊層
折川層		
新第三紀	磯谷層	
	チヨボシナイ層	

(b) 5万分の1地質図幅「狩太」

時代	層序	
第四紀	現世	現河床堆積物
	更新世	羊蹄第1熔岩
		第2河岸段丘堆積物
		第1河岸段丘堆積物
		扇状地堆積物および岩錐堆積物
		真狩別層
		狩太層
		留寿都層
	鮮新世	湯山別熔岩
		ニセコアン層
模範林熔岩		
昆布岳上部熔岩		
昆布岳下部熔岩		
柳ノ沢集塊岩層		
桂ノ沢熔岩		
榎ノ沢熔岩		
真狩別太熔岩		
立川層		
新第三紀	美和層	
	幌内山集塊岩層	
	五十戸熔岩	
	立川集塊岩層	
	新富上部熔岩	
	パンケホロナイ層	
	シヒボンドーベツビ熔岩	
	新富下部熔岩	
	真狩川層	
	中新世	プロピライト熔岩
花園緑色凝灰岩		

(c) 5万分の1地質図幅「長万部」

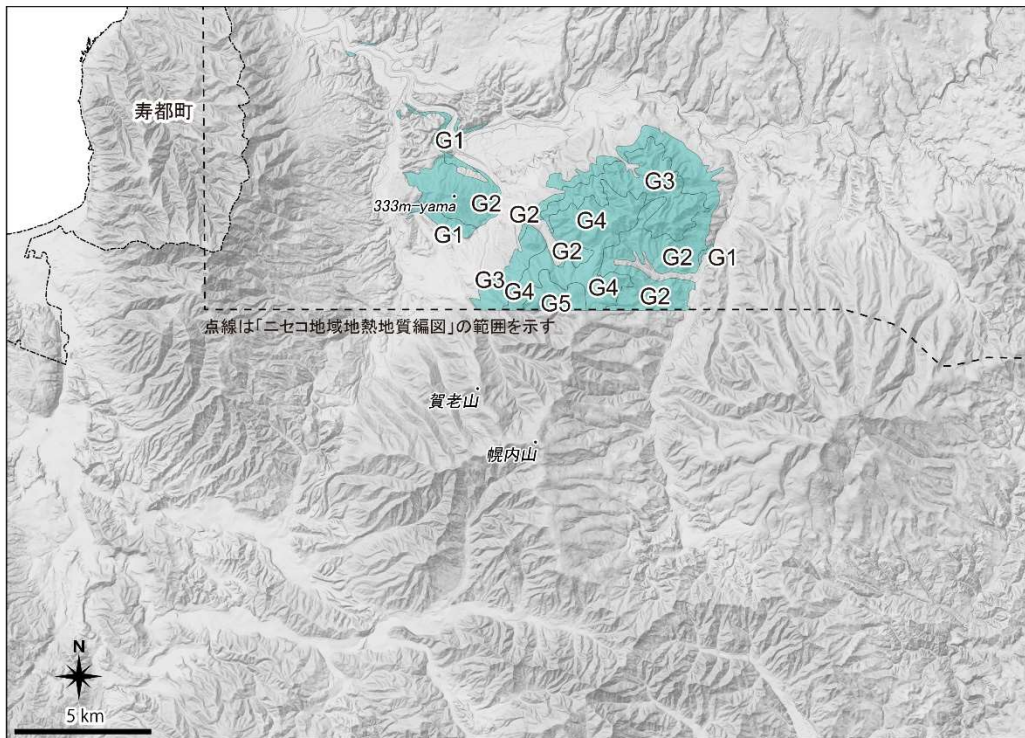
時代	層序	
第四紀	完新世	氾濫原堆積物、砂丘堆積物 温原堆積物 駒ヶ岳火山灰 扇状地堆積物
	更新世	熱鄕軽石流堆積物
		河岸段丘堆積物
		海岸段丘堆積物
		知来川層
	新第三紀	中ノ沢川層
		黒松内岳火山岩類
		瀨棚層
		写万部山火山岩類 (Shp・Shl)
		ガロ川火山岩類
シルト岩部層		
変質安山岩部層		
凝灰角礫岩部層		
八雲層		
静狩火山岩類 (静狩地域)		
中新世	上部砂岩部層	
	泥岩部層	
	下部砂岩部層	
	礫岩部層	
	訓縫層	
白亜紀	花崗岩類	
先白亜紀	堆積岩類	

(d) 5万分の1地質図幅「豊浦」

時代	層序	
第四紀	現在	現河床堆積物
	更新世	崖錐堆積物
		河段丘堆積物
		留寿都層
新第三紀	美和層	
	新富上部熔岩	
	内川集塊岩層	
	新富下部熔岩	
	桜岡熔岩	
	高岡熔岩	
	幌内熔岩	
	豊住熔岩	
	礼文華石英粗面岩	
	壮滝別層	
大岸熔岩		
中新世	朱太川集塊岩層	
	豊浦層	
	チャス凝灰岩層	
中新世	トリブシナイ凝灰岩層	
	プロピライト熔岩	

図 4.2-4 5 万分の 1 地質図幅による地質層序 (賀老山)

(a) は山岸 (1984), (b) は国府谷・土居 (1961), (c) は久保ほか (1983), (d) は土居ほか (1958) より一部抜粋し、デジタル化を行った。太文字は図 4.2-3 に示す火山噴出物に相当する。



■ 1

図 4.2-5 ニセコ地域地熱地質編図による賀老山周辺の火山噴出物の分布

1: 新エネルギー総合開発機構(1987a)に基づき作成。基図として「地理院タイル(陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院)を使用。寿都町行政界は「国土数値情報(行政区域データ)」(国土交通省)に基づく。図中の記号(地層・岩体名など)については以下を参照。

1: 「ニセコ地域地熱地質編図 1/100,000」(新エネルギー総合開発機構, 1987a)より, G1~5: 賀老山溶岩類 - 玄武岩質両輝石安山岩溶岩, 同質火砕岩

地質系統		地層名				
		北部地区		中部および南部地区		
第 四 紀 *  鮮 新 世 *  新 第 三 紀 *	完 新 世	泥濘原堆積物 砂丘層		本 勝 火 山	<small>注</small> 本図は、地質調査所による地質調査結果に基づき、地層の境界は概略的に示されている。	
	更 新 世	岩内砂層/低位段丘堆積物		ニ セ コ 火 山 群		奥狩別層
		赤井川溶岩				高位段丘堆積物
						俱知安盆地堆積層
						留寿都層
						雷電火山群
	鮮 新 世	長沢層		基底噴出物		蘭越層
		赤井川火山噴出物		雷電岬火山 角礫岩層		檜の沢 溶岩
						真狩別太 溶岩
				尻別川層		
		賀老山溶岩類				
中 新 世	俱知安層群	クトサン四号川層	磯谷層	小花井層		
		パンノ沢層				
	古 平 層 群	小沢層	花園層			
		大和層				
		国富層				
		然別川層				
定山深層群	ベイバナ イ川層	右股川層				
完 新 第 三 紀	基盤岩類					

図 4.2-6 ニセコ地域地熱地質編図による地質層序（賀老山）

新エネルギー総合開発機構（1987a）より一部抜粋し、デジタイジングを行った。太文字は図 4.2-5 に示す火山噴出物に相当する。

賀老山の活動に伴うと考えられる地層・岩体は、山岸（1984）で1つ、国府谷・土居（1961）で7つ、久保ほか（1983）で2つ、土居ほか（1958）で6つ示されているが（図 4.2-4）、図幅間で地層・岩体の区分は整合しない（図 4.2-3）。新エネルギー総合開発機構（1987a）では、「賀老山溶岩類」が示されており、岩相により下位から G1～G5 相に細分されている（図 4.2-5）。

新エネルギー総合開発機構（1985）によると、新エネルギー総合開発機構（1987a）に示される G3 相の分布域から  $3.7 \pm 0.8$  Ma の全岩 K-Ar 年代が得られているが、G3 相より上位の地層として G4 および G5 相が区分されている。国府谷・土居（1961）によれば、G4 に相当すると考えられる五十戸熔岩、G5 に相当すると考えられる幌内山集塊岩層ともに、「鮮新世\*」の地層とされているが、こ

これらの年代測定値に関する情報は、ほかの文献においても見当たらない。

山岸（1984）によれば、「本溶岩の主体は、図幅北部の尻別川流域で、尻別川層に夾在している部分が認められる」とされている。一方で、新エネルギー総合開発機構（1987a）によれば、賀老山溶岩類は「歌棄図幅（山岸，1984）では、本層は尻別川層中に挟まれているとされているが、本図幅地域では賀老山溶岩類の下位に尻別川層は確認されなかった」とされ、尻別川層については「本層の上部層が賀老山溶岩類にアバットし（中略）本層の上部層が賀老山溶岩類を不整合に覆うのが観察される」とされている。以上のように、賀老山と尻別川層の層位学的関係については課題がある。なお、北海道電力（2015）は尻別川層に夾在する凝灰岩から約3.2～1.7 MaのFT年代を報告している。

333m-yamaについては、年代測定値や層序に関する情報が確認できなかった。

以上のことから、「賀老山」は、鮮新世の噴出年代を示すデータが得られているものの最新活動時期を特定できる年代測定値が得られていないことや、層序の観点からも最新活動時期の特定に資するデータが得られていないことなどから、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

## (2) ガロ川火山岩類

ここでは、黒松内岳を中心に北北西—南南東に広く分布する火山岩体を「ガロ川火山岩類」として検討する。

5万分の1地質図幅（鈴木ほか，1981；山岸，1984；黒沢ほか，1993；久保ほか，1983）に基づき、火山噴出物の層序区分や分布の連続性を考慮して、分布を整理した（図4.2-7）。また、それぞれの地質図幅による地質層序を図4.2-8に示す。これらによると、火山噴出物の分布範囲は、南北約30 kmにわたり、寿都町西端部に及んでいる。





(a) 5万分の1地質図幅「寿都」

時代	地層名	
第四紀*	現世 現河床・海浜堆積物	
	更新世* 第2段丘堆積物	
	第1段丘堆積物	
	安山岩溶岩	
鮮新世*	歌島層	
	ガロ川噴出物層	
	新第三紀*	永豊層
		中世 寿都層
		折川層
先第三紀	太平洋層	
先第三紀	先第三系	

(b) 5万分の1地質図幅「歌棄」

時代	地層名
第四紀*	現世 現河床・海浜堆積物
	更新世* 第2段丘堆積物
	新期扇状地堆積物
	熱帯軽石流堆積物
	第1段丘堆積物
	旧期扇状地堆積物
	磯谷溶岩
	尻別川層
	賀老山 安山岩 溶岩
	賀老川 火山岩類
鮮新世*	磯谷層
	永豊層
	折川層
	チヨボシナイ川層

(c) 5万分の1地質図幅「太平山」

時代	層序
第四紀*	完新世 沖積層
	更新世* 段丘堆積物
	狩場山溶岩
	カスベ岳溶岩
鮮新世*	黒松内層
	上部層
	下部層
	八雲層
	メツブ沢層
	訓縫層
	上部層
	中部層
	下部層
	マス川層
白亜紀	花崗岩類
	泊川層群
先白亜紀	金山川層

(d) 5万分の1地質図幅「長万部」

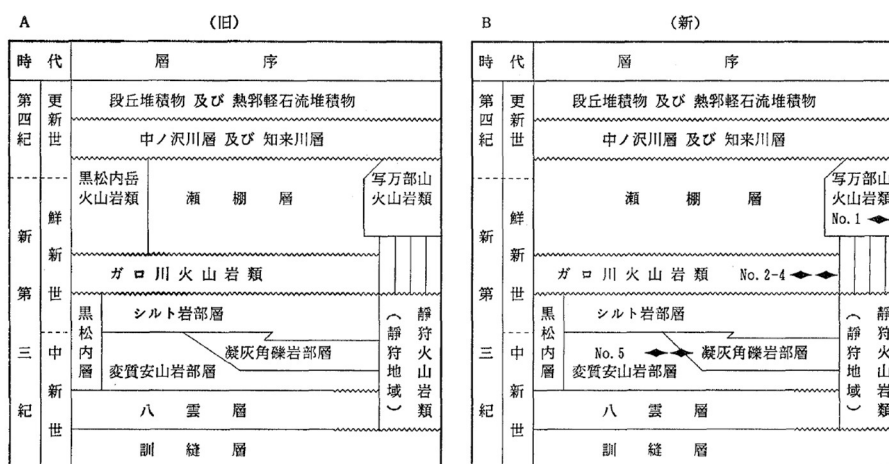
時代	層序
第四紀*	完新世 氾濫原堆積物、砂丘堆積物
	更新世* 湿原堆積物
	胸ヶ岳火山灰
	扇状地堆積物
	熱帯軽石流堆積物
	河岸段丘堆積物
	海岸段丘堆積物
	知来川層
	中ノ沢川層
	黒松内岳 火山岩類 (Krp・Krl)
鮮新世*	瀨棚層
	写万部山 火山岩類
	ガロ川火山岩類 (G)
	シルト岩部層
	変質安山岩部層
	凝灰角礫岩部層
	八雲層
	訓縫層
	上部砂岩部層
	泥岩部層
下部砂岩部層	
礫岩部層	
白亜紀	花崗岩類
	堆積岩類

図 4.2-8 5 万分の 1 地質図幅による地質層序 (ガロ川火山岩類)

(a) は鈴木ほか (1981), (b) は山岸 (1984), (c) は黒沢ほか (1993), (d) は久保ほか (1983) より一部抜粋し、デジタル化を行った。太文字は図 4.2-7 に示す火山噴出物に相当する。



ガロ川火山岩類の活動に伴うと考えられる地層・岩体は、鈴木ほか（1981）、山岸（1984）、黒沢ほか（1993）、久保ほか（1983）の記載に基づけば、「黒松内岳火山岩類」と「ガロ川火山岩類」に大別され（図 4.2-8）、図幅間の分布は連続している。このうち、「黒松内岳火山岩類」は、久保ほか（1983）において命名された火山岩類であるが、久保ほか（1988）において、「黒松内岳火山岩類としたものの大部分はガロ川火山岩類に属し、その一部（最下部）は黒松内層の火山岩類に相当すると思われる」こと、「久保ほか（1983）により写万部山火山岩類と同時期とされた黒松内岳火山岩類は存在しないようである」ことを指摘しており、地質層序が修正されている（図 4.2-9）。これにより、黒松内火山岩類はガロ川火山岩類に統合されている。



©日本地質学会

図 4.2-9 長万部地域地質層序表（久保ほか，1988）

久保ほか（1988）は、久保ほか（1983）に示されるガロ川火山岩類の分布域から  $4.38 \pm 0.44$  Ma の全岩 K-Ar 年代を報告しているが、火山噴出物の分布はこの年代測定箇所とは連続しない地域にも及んでいる（図 4.2-7）。このうち文献調査対象地区近傍の「ガロ川噴出物層」においては、「地質時代を決定しうるものは今までの所ないが、周辺のほかの地層と比較して、鮮新世\*中～下部と推定した」（鈴木ほか，1981）とされている。これらの年代測定値に関する情報は、ほかの文献において見当たらない。

また、ガロ川噴出物層は寿都半島基部付近では歌島層に不整合に覆われ（鈴木ほか，1981）、歌島層上部の凝灰岩から FT 年代として 1.2 Ma が示されている（北海道電力，2015）。

以上のことから「ガロ川火山岩類」は、鮮新世の活動年代を示すデータが得られているものの最新活動時期を特定できる年代測定値が得られていないことや、層序の観点からも最新活動時期の特定に資するデータが得られていないことなどから、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

なお、鈴木ほか（1981）では寿都半島に分布する「ガロ川噴出物層」について、「半島北西部から島牧海岸に分布するものは、火山円礫岩・同角礫岩などの 2 次堆積物から」なることも指摘している。このことから、本層は噴出した場所から移動して再堆積した地層である可能性も考えられる。

(3) その他の火成岩類

前述の「賀老山」, 「ガロ川火山岩類」以外に, 5 万分の 1 地質図幅から, 山体を形成しないもの, 第四紀の活動を否定できない火成岩として, 3 つの地層・岩体を抽出した (図 4.2-10)。

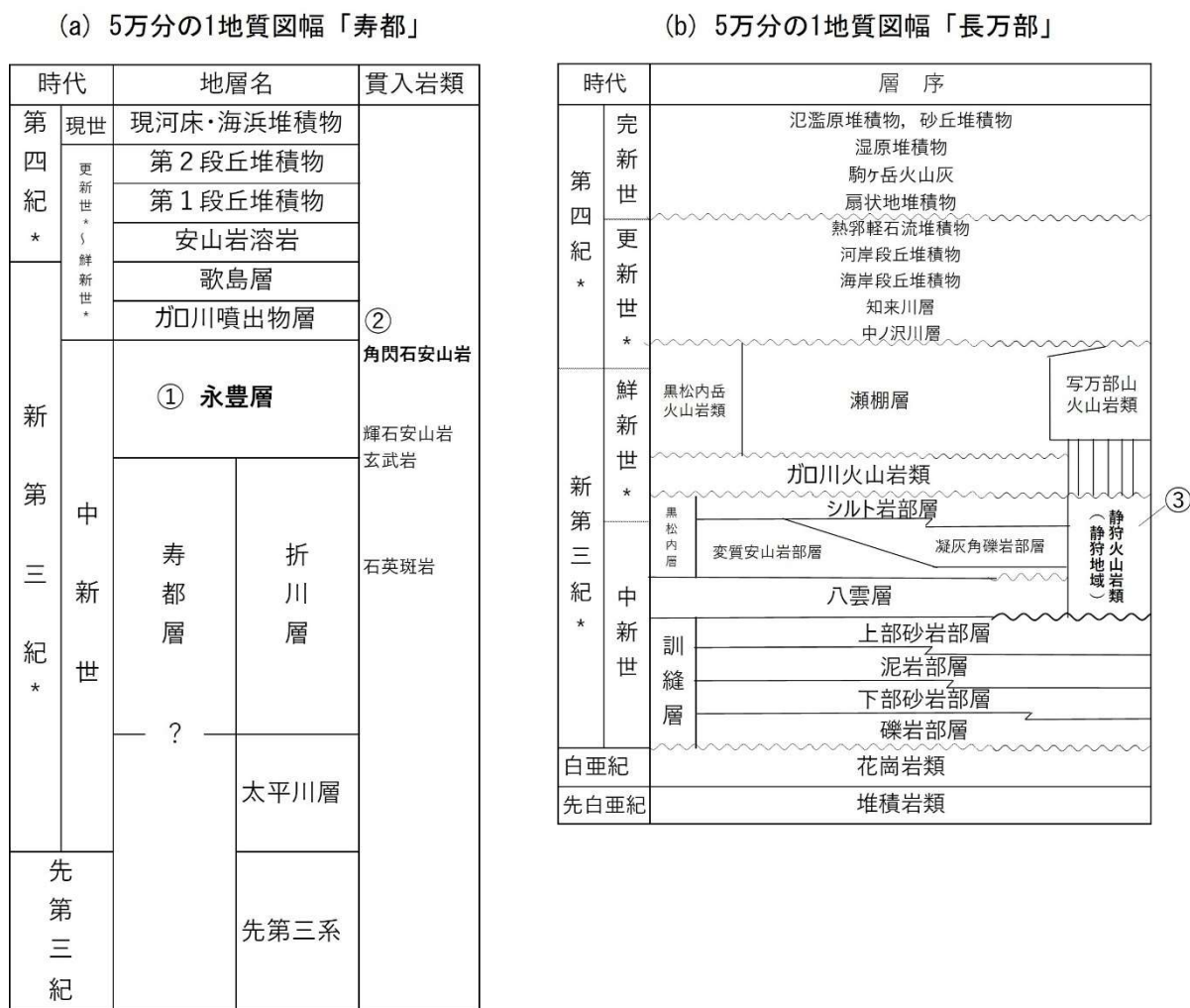


図 4.2-10 5 万分の 1 地質図幅による地質層序 (その他の火成岩類)

(a) は鈴木ほか (1981), (b) は久保ほか (1983) より一部抜粋し, デジタイジングを行った。太文字および数字は抽出した地層・岩体に相当する。なお, (a) の寿都層および折川層, (b) の黒松内層一凝灰角礫岩部層以前に区分される地層・岩体については, 第四紀の活動でないことが明らかと判断し, 本調査の検討に含めなかった。

各地層・岩体の活動時期について, 以下のように分析を行った。

① 永豊層一安山岩質火砕岩層一水冷破碎岩・溶岩 (Nv) (鈴木ほか, 1981)

鈴木ほか (1981) は, 「永豊層を構成するシルト岩は珪藻質で, 西南北海道の標準層序の黒松内層と同質である。しかも折川東縁のものは, 南東の模式地の黒松内層に連続すると思われる。しかし, 本層が黒松内層に対比されるかどうかは明らかではないので, 本図幅では中新世末期の地層としておく」と記載している。

道南グリーン・タフ団体研究グループ（1984）は、永豊層（鈴木ほか，1981）に一部相当すると考えられる「本目層石英安山岩質軽石凝灰岩層」において、 $4.7 \pm 0.9$  Ma のジルコン FT 年代を取得しており、前期鮮新世の年代を示す。ただし、本年代試料の採取位置は、鈴木ほか（1981）における永豊層の分布と整合しておらず、鈴木ほか（1981）におけるガロ川噴出物層あるいは折川層が分布する領域に相当すると読み取れることに加え、本年代測定試料が採取された以外の領域にも永豊層は広く分布していることから、この年代測定値のみで当該地層の活動時期を判断することはできない。

また、北海道電力（2015）は、永豊層上部の泥岩より *Neodenticula Koizumii*—*N.kamtschatica* 帯（斎藤（1999）では  $3.95 - 3.53 \sim 2.68 - 2.61$  Ma）に対比される珪藻化石群集の産出を確認しており、後期鮮新世の年代を示すが、化石の産出位置や、火砕岩層との関係について詳細は記されていない。

なお、本層の上位層であるガロ川噴出物層との関係は、「直接観察できないが、傾斜不整合を示すのが知られている」（鈴木ほか，1981）と記載されているが、ガロ川噴出物層の最新活動時期は特定できていない（4.2.2（2）参照）。

以上のことから、永豊層の安山岩質火砕岩層は、鮮新世の活動年代を示すデータが得られているものの最新活動時期を特定できる年代測定データが得られていないことや、層序の観点からも当該火砕岩層の最新活動時期の特定に資するデータが得られていないことなどから、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

## ② 石英安山岩溶岩—黒雲母角閃石石英安山岩（D1）（鈴木ほか，1981）

本溶岩について、鈴木ほか（1981）は、「永豊層（補記：中新世末期の地層）堆積後期の噴出と思われるが、確実な時期は明らかでない」と記載している。また、本溶岩の上位層のガロ川噴出物層は、「石英安山岩溶岩以下の地層を不整合におおっている」（鈴木ほか，1981）と記されているが、ガロ川噴出物層の最新活動時期は明らかでない（4.2.2（2）参照）。このほか、年代測定データに係る情報は無い。

以上のことから、石英安山岩溶岩については、最新活動時期を特定できる年代測定データが得られていないことや、層序の観点からも当該溶岩の最新活動時期の特定に資するデータが得られていないことなどから、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

## ③ 静狩火山岩類—角閃石安山岩火山角礫岩（Szh）（久保ほか，1983）

久保ほか（1983）は、「写万部山火山岩類より以前に活動したと推定される火山岩を一括して、静狩火山岩類と命名」と記しており、当該角閃石安山岩火山角礫岩については、「写万部山火山岩類の火山角礫岩及び溶岩によって覆われ、またその岩脈によって貫ぬかれている」と記載している。このことから、写万部山（ $2.59 \pm 0.11$  Ma : 4.1.2 参照）以前の活動とも考えられるが、当該角閃石安山岩火山角礫岩の分布域は、4.1.2 において検討した「写万部山」の山体からは数 km 離れており、4.2.2（1）に示した「賀老山」の活動に係る噴出物に覆われている。「賀老山」の最新活動時期は特定できていないため（4.2.2（1）参照）、当該角閃石安山岩火山角礫岩の活動時期も特定することはできない。

また、広瀬ほか（2000）は、「Shizukari volcanic rocks」より  $3.05 \pm 0.18$  Ma（後期鮮新世）の K-Ar 年代を報告しているが、本年代測定試料の採取位置は、久保ほか（1983）における「静狩火山岩類－変質安山岩溶岩・岩脈及び火砕岩」の分布域に相当し、当該火山岩類の分布域とは数 km 離れた位置で測定された結果である。よって、この年代測定値のみで当該角閃石安山岩火山角礫岩の活動時期を判断することはできない。

以上のことから、静狩火山岩類の角閃石安山岩火山角礫岩については、最新活動時期を特定できる年代測定データが得られていないことや、層序の観点からも最新活動時期の特定に資するデータが得られていないことなどから、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

#### (4) 沿岸海域の火成岩類

海域の火成岩類を示した文献として、「沿岸海の基本図（5 万分の 1）寿都」（海上保安庁水路部，1995）が挙げられる。本文献では、「音波探査記録の解析結果により、調査海域の海底地質を陸上地質等に対比させ、音響的層相の特徴、分布状況及び層厚等相互関係から検討して（中略）火成岩は VII<sub>s</sub> 層と VIII<sub>s</sub> 層の 2 層」に区分したと記載されており（図 4.2-11）、文献調査対象地区から 30 km 以内に分布する火成岩類として、2 ヶ所、分布が示されている（図 4.2-12）。

時 代		陸上地質層序		音波探査層相	
		堆積岩類	火成岩類	堆積岩類	火成岩類
第四紀*	現世	沖積層		I <sub>s</sub>	
	後期更新世	低位段丘堆積物	ニセコ火山群	II <sub>s</sub>	VII <sub>s</sub>
		高位段丘堆積物		III <sub>s</sub>	
	中期更新世	知来層	雷電山火山群	IV <sub>s</sub>	
	前期更新世*	瀬棚層		V <sub>s</sub>	
新第三紀*	鮮新世*	黒松内層		VI <sub>s</sub>	
	中新世	八雲層			

図 4.2-11 沿岸の海の基本図による層序（沿岸海域の火成岩類）

海上保安庁水路部（1995）より一部抜粋し、デジタイジングを行った。太文字は図 4.2-12 に示す火成岩類に相当する。

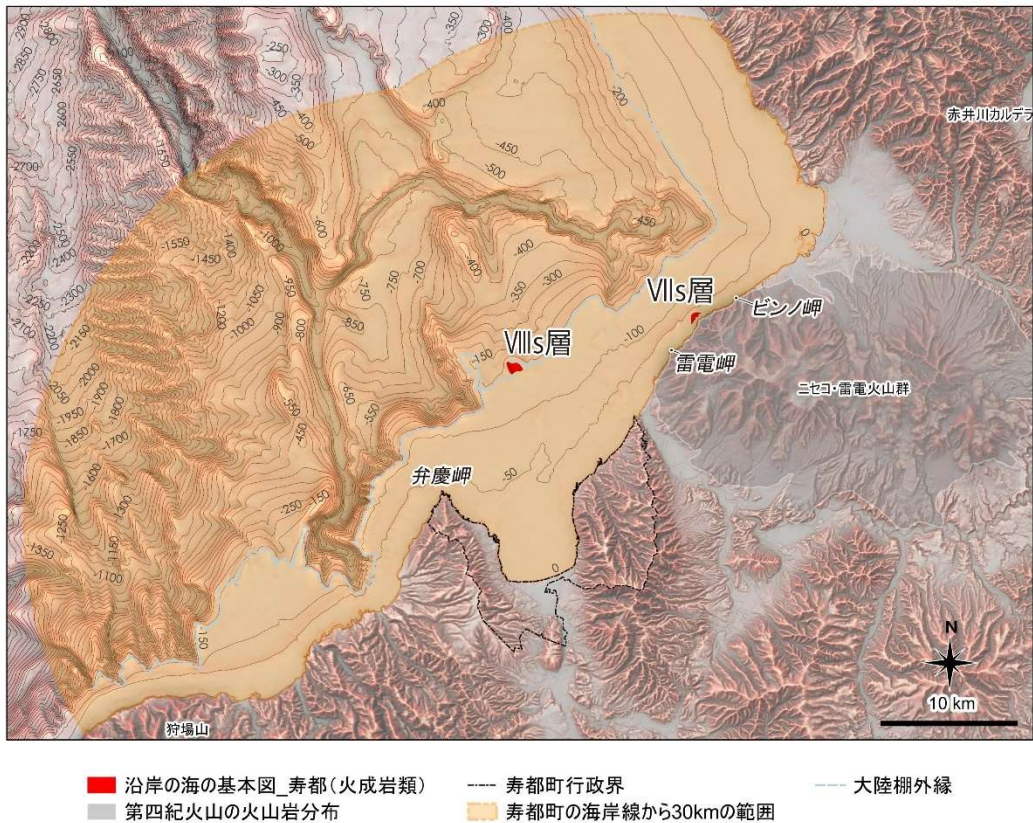


図 4.2-12 沿岸の海の基本図による海域の火成岩類の分布

海上保安庁水路部（1995）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図）」（国土地理院）および「アジア航測：赤色立体地図（陸域は国土地理院数値標高データ、海域は日本水路協会発行 M7000 シリーズ（（一財）日本水路協会承認 第 2021006 号）を使用）」を使用。海域の等深線図は日本水路協会発行「海底地形デジタルデータ（M7009 北海道西部および M7010 秋田沖）（（一財）日本水路協会承認第 2021006 号）」を用いて作成（等深線の間隔は 50 m）。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。

ピンノ岬と雷電岬の中間地点の沿岸部で認められるVIIs層は、「音響的不透過層で、起伏に富む上面で強い反射を示す」とされ、「更新統\*の火山岩」に対比されているが、その明確な根拠はない。また、年代測定データに関する情報は示されておらず、ほかの文献においても見当たらない。

弁慶岬から北東へ 10 km 沖合の大陸棚外縁で認められるVIIIs層は、「音響的不透過層で、起伏に富む上面で強い反射を示す」とされ、「鮮新統\*から中新統の火山岩に対比される」と記されている。さらに、VIIIs堆積時には、「渡島半島周辺の大部分が海面下であったと考えられ、水中の火山活動によりVIIIs層を形成」したと記されているものの、その明確な根拠はない。また、年代測定データに関する情報は示されておらず、ほかの文献においても見当たらない。

以上のことから、VIIs層およびVIIIs層はともに、最新活動年代を評価できる年代測定データが得られていないこと、文献に示された層序についてその明確な根拠が確認できないため、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

また、「積丹半島付近海底地質図」（岡村・佐藤，2023）では、「火山岩類はVm層、Vp層に区分した」と記載されており、これに加えて「内部構造が不明瞭な音響基盤」とされるBs層も火山



岩の可能性のある地層・岩体として区分されている（図 4.2-13）。文献調査対象地区の海岸線から 30 km 以内に分布するこれらの地層・岩体は、3 ヶ所で確認できる（図 4.2-14）。

	堆積岩	火山岩
第四紀	Q	<b>Vp</b>
後期鮮新世	P2	
前期鮮新世	P1	
中新世	M	Vm
～中新世	Bs	<b>Bs</b>

図 4.2-13 積丹半島付近海底地質図による層序（沿岸海域の火成岩類）

岡村・佐藤（2023）より一部抜粋し、デジタイジングを行った。太文字は図 4.2-14 に示す火成岩類に相当する。

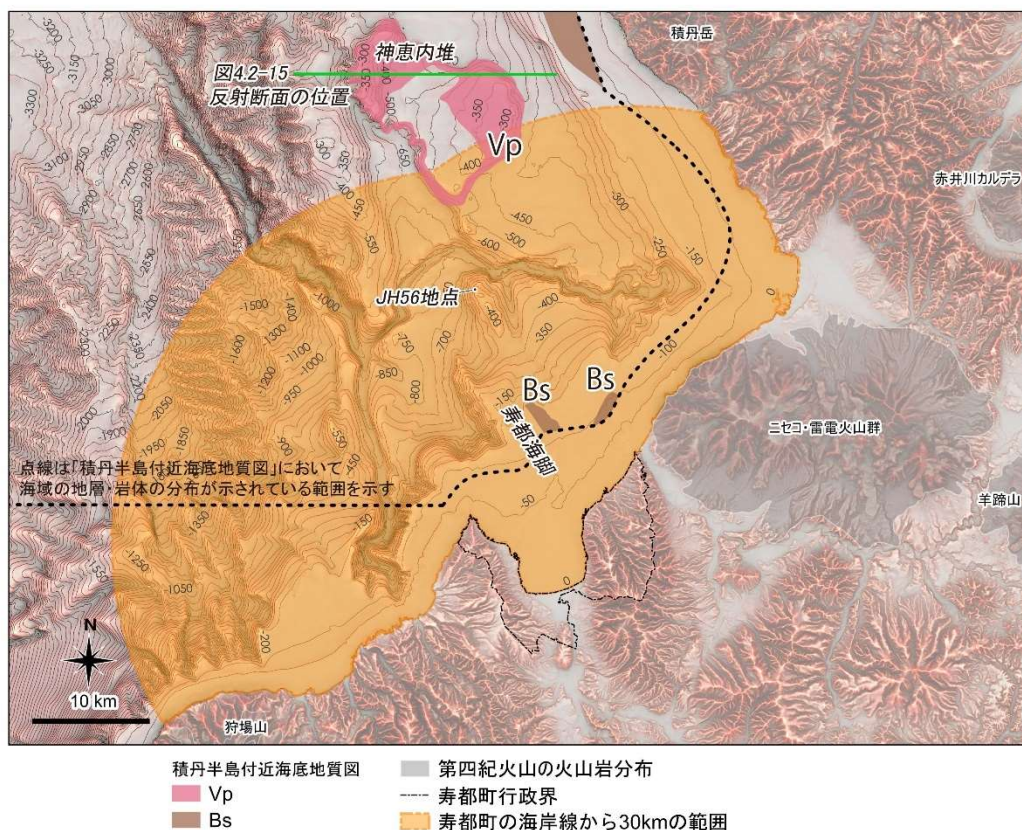


図 4.2-14 積丹半島付近海底地質図による海域の火成岩類の分布

岡村・佐藤（2023）に基づき作成。基図として「アジア航測：赤色立体地図（陸域は国土地理院数値標高データ、海域は日本水路協会発行 M7000 シリーズ（（一財）日本水路協会承認 第 2021006 号）を使用）」を使用。海域の等深線図は日本水路協会発行「海底地形デジタルデータ（M7009 北海道西部）（（一財）日本水路協会承認第 2021006 号）」を用いて作成（等深線の間隔は 50 m）。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

「積丹半島付近海底地質図」（岡村・佐藤，2003）より，Bs：音響基盤—火成岩類，堆積岩類，Vp：Vp 層—安山岩，玄武岩

Bs 層は内部構造が不明瞭な音響基盤とされており、「内部反射が不明瞭でマウンド状の形態を確認できない場合は年代不詳の音響基盤とした」と記載がある。地質図の凡例では「火成岩類，堆積岩類」とされているが，この他の情報がなく，そのいずれであるかを判断することはできない。なお，上述した海上保安庁水路部（1995）に示される VIII<sub>s</sub> 層と分布域が一部，重なる箇所が確認できる。VIII<sub>s</sub> 層（海上保安庁水路部，1995）は「鮮新統\*から中新統の火山岩に対比される」と記されており，第四紀に活動した可能性を否定できない。ただし，年代測定データはいずれの領域においても取得されておらず，Bs 層の明確な形成時期を明らかにすることはできない。

以上のことから，Bs 層は火山岩類であるかも定かではなく，年代測定データも得られていないため，第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって，第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか，または可能性が高いとはいえない。

神恵内堆周辺に分布する Vp 層は，「水深 300 m の直径 10 km 程度の西に傾動した浸食平坦面を持つ火山」を構成しており（図 4.2-15），「火山の南側ではこの火山構成層（Vp 層）と P1 層とが漸移

的な関係に見えること」と、P1層が分布するJH56地点（図 4.2-14）において「安山岩角礫を含む火山碎屑岩が得られ、その中の安山岩は4.14 Maの年代を示す」ことから、「前期鮮新世の火山と推定される」との記載がある（岡村・佐藤，2023）。

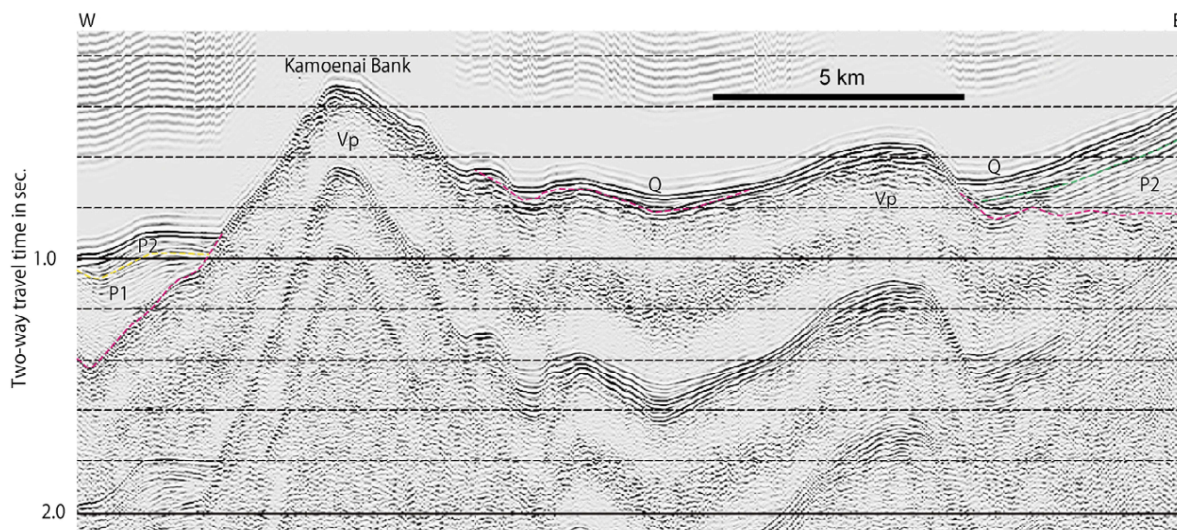


図 4.2-15 神恵内堆とその東側に広がる火山体を横断する反射断面（岡村・佐藤，2023）

また、P1層は寿都海脚まで連続する背斜構造を構成していることから、「（寿都海脚も）同じ年代の火山性の堆積物からなる可能性が考えられる」とも記載している。ただし、これらの見解はあくまで推定であり、現段階でこれらの火山活動の明確な時期と範囲を明らかにすることはできない。

なお、北海道電力（2015，2016）は、岡村・佐藤（2023）が示すVp層の分布域を先第三紀～古第三紀の地層に区分しており、年代観について異なる見解を示している。

以上のことから、Vp層は火山体を構成しており、その形成時期は著者により前期鮮新世との見解が示されているが、Vp層そのもので測定された年代測定データは得られていない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない一方で、その可能性を完全に否定することもできない。

#### 4.2.3 貫入岩・岩脈

本項では、文献調査対象地区の行政界からおおむね15 km以内に分布が及ぶ貫入岩、岩脈、岩床、フィーダー岩脈の分布を整理する。5万分の1地質図幅（山岸ほか，1976；広川・村山，1955；鈴木ほか，1981；山岸，1984；国府谷・土居，1961；黒沢ほか，1993；久保ほか，1983；土居ほか，1958）やニセコ地域地熱地質編図（新エネルギー総合開発機構，1987a）に基づいて分布と層序を整理し、さらに、個別文献（秋葉，1957；秋葉・庄谷，1970；岡村，1984；西来ほか編，2012；北海道電力，2015；北海道電力，2016）から貫入岩、岩脈に関する情報を抽出し、年代測定値を確認することなどにより、(1) 第四紀の貫入岩・岩脈、(2) 貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈、(3) 第四紀より前の活動であることが明らかな貫入岩・岩脈に整理した。なお、文献において、古第三紀より前に区分されている基盤岩類等については、第四紀の活動でないことが明らかであると判断し、検討対象に含めなかった。

#### (1) 第四紀の貫入岩・岩脈

文献調査対象地区およびその周辺地域において、5万分の1地質図幅に基づき貫入岩・岩脈の分布を整理した結果、第四紀の火成活動に伴うものである可能性が高い5つの岩脈が認められた(図4.2-16)。このうち4つは、「島古丹」図幅(山岸ほか, 1976)に示される「安山岩岩脈-普通輝石しそ輝石安山岩(Ad)」である。同図幅説明書では、「雷電岬火山角礫岩を貫く多数の小岩脈がみられる。これらの岩脈は(中略)雷電岬火山角礫岩層には含まれる塊状溶岩とよく似ており、それらの火山岩けいの可能性がある」とされている。4.1.2に示したとおり、「雷電岬火山角礫岩層」は第四紀の活動に伴う地層・岩体であり、これを貫く岩脈であることから、本岩脈は第四紀の火成活動に伴う岩脈と考えられる。また、もう1つは「岩内」図幅(広川・村山, 1955)に示される「雷電火山-岩内岳噴出物-岩脈-橄欖石玄武岩(B)」であり、同図幅説明書では、岩内岳熔岩の「頂上近くには岩脈状をなし、堅硬、緻密な橄欖石玄武岩が突出している」と示されている。4.1.2に示したとおり、「岩内岳熔岩」は第四紀の火成活動に伴う地層・岩体であり、この活動に伴う岩脈であることが読み取れることから、本岩脈も第四紀の活動に伴う岩脈と考えられる。なお、これらはすべて文献調査対象地区内には分布しない。



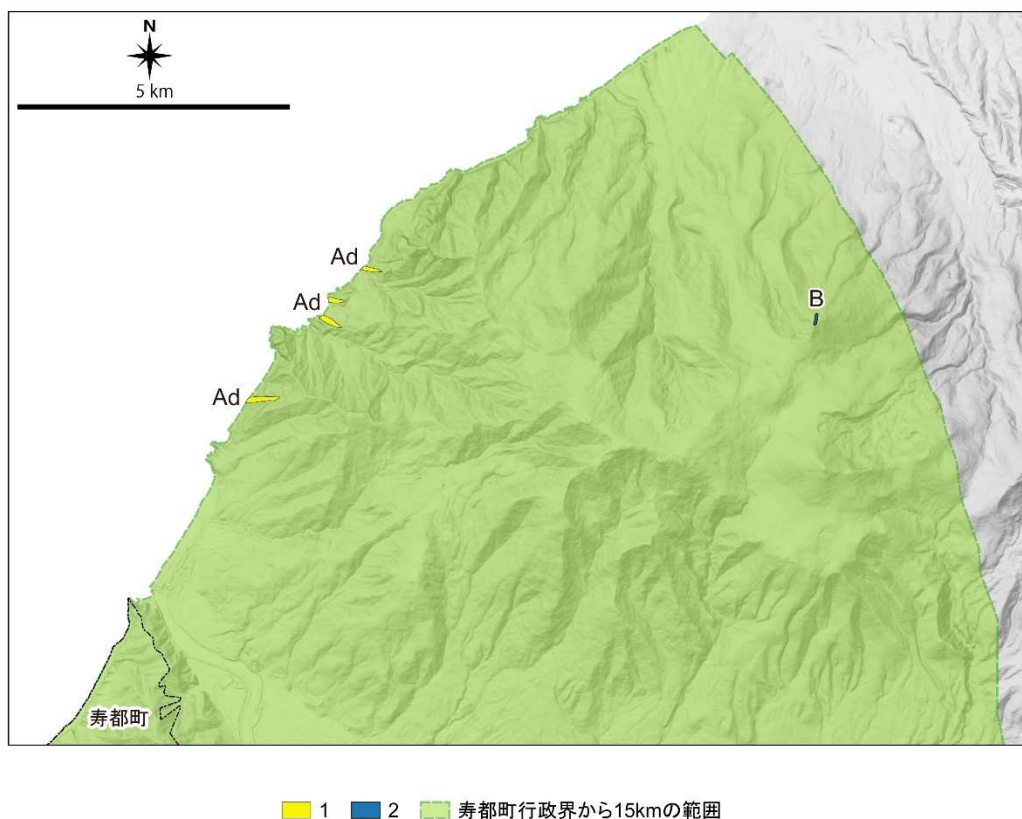


図 4.2-16 5 万分の 1 地質図幅による第四紀の貫入岩・岩脈の分布

1：山岸ほか（1976），2：広川・村山（1955）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：5 万分の 1 地質図幅「島古丹」（山岸ほか，1976）より，Ad：安山岩岩脈 - 普通輝石しそ輝石安山岩

2：5 万分の 1 地質図幅「岩内」（広川・村山，1955）より，B：雷電火山 - 岩内岳噴出物 - 岩脈 - 橄欖石玄武岩

さらに，ニセコ地域地熱地質編図（新エネルギー総合開発機構，1987a）に基づき貫入岩・岩脈の分布を整理した結果，第四紀の火成活動に伴うものであることが明らかであると考えられる 8 つの貫入岩・岩脈が認められた（図 4.2-17）。

これらはすべて「貫入岩類 - 両輝石安山岩（An）」として地質図に示されており，このうち，7 つの岩脈は雷電岬火山角礫岩層を貫いている。新エネルギー総合開発機構（1987a）では「雷電岬火山角礫岩層の活動中に貫入したものと考えられる」とされており，岩内町セバチ鼻北方の岩脈で  $2.0 \pm 0.2 \text{ Ma}$ （新エネルギー総合開発機構，1985），岩内町雷電温泉北方の岩脈において  $2.37 \pm 0.51 \text{ Ma}$ （新エネルギー総合開発機構，1986）の全岩 K-Ar 年代が得られていることから，第四紀の火成活動に伴う貫入岩・岩脈であることが明らかといえる。

また，残りの 1 つである蘭越町尻別岬付近の岩脈は，「磯谷層を貫く岩脈」（新エネルギー総合開発機構，1986）であるが，詳細は記されておらず，ニセコ・雷電火山群の活動に伴うものか，あるいは別の活動によるものかなどは不明である。 $2.3 \pm 0.3 \text{ Ma}$  の全岩 K-Ar 年代（新エネルギー総合開発機構，1985）が得られていることから，第四紀の火成活動に伴う貫入岩・岩脈であることは明ら



かといえる。

なお、これらの貫入岩・岩脈は、いずれも文献調査対象地区内には分布しないが、蘭越町尻別岬付近の岩脈は文献調査対象地区の近傍に位置している。

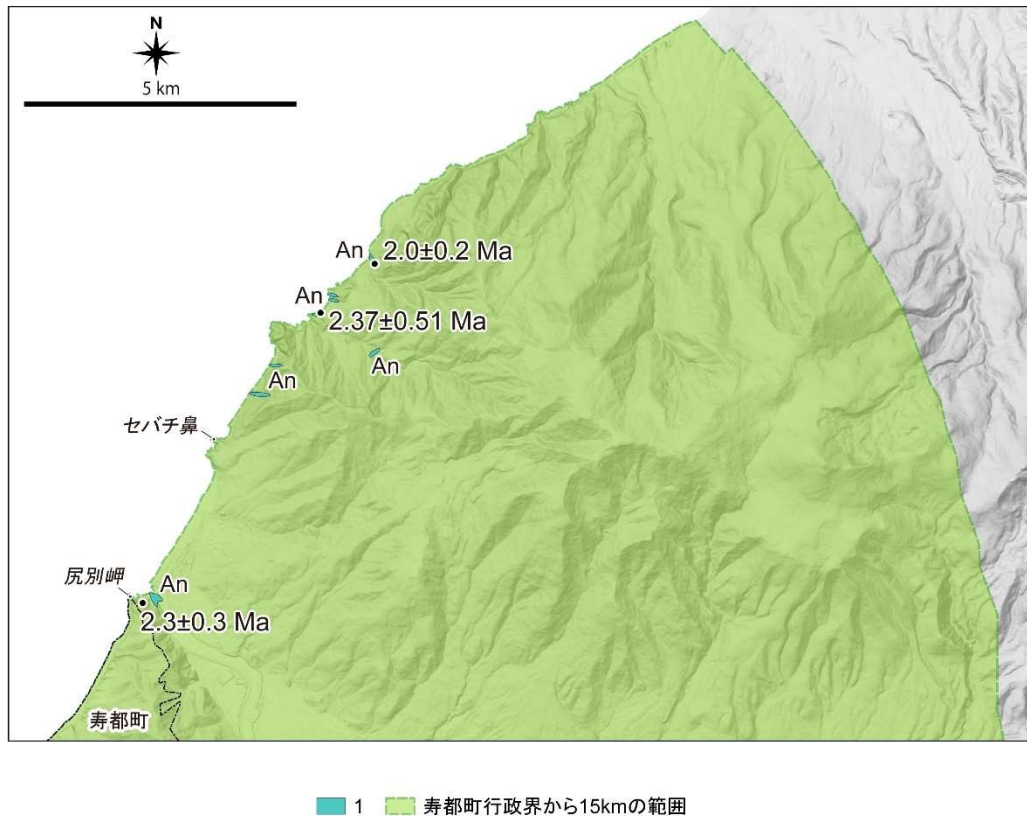


図 4.2-17 ニセコ地域地熱地質編図による第四紀の貫入岩・岩脈の分布および年代測定値  
新エネルギー総合開発機構（1985, 1986, 1987a）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：「ニセコ地域地熱地質編図 1/100,000」（新エネルギー総合開発機構, 1987a）より, An：貫入岩類 - 両輝石安山岩

## (2) 貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈

ここでは、5 万分の 1 地質図幅に基づき、文献調査対象地区およびその周辺地域における貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈の分布を整理した。その結果を図 4.2-18 に示す。

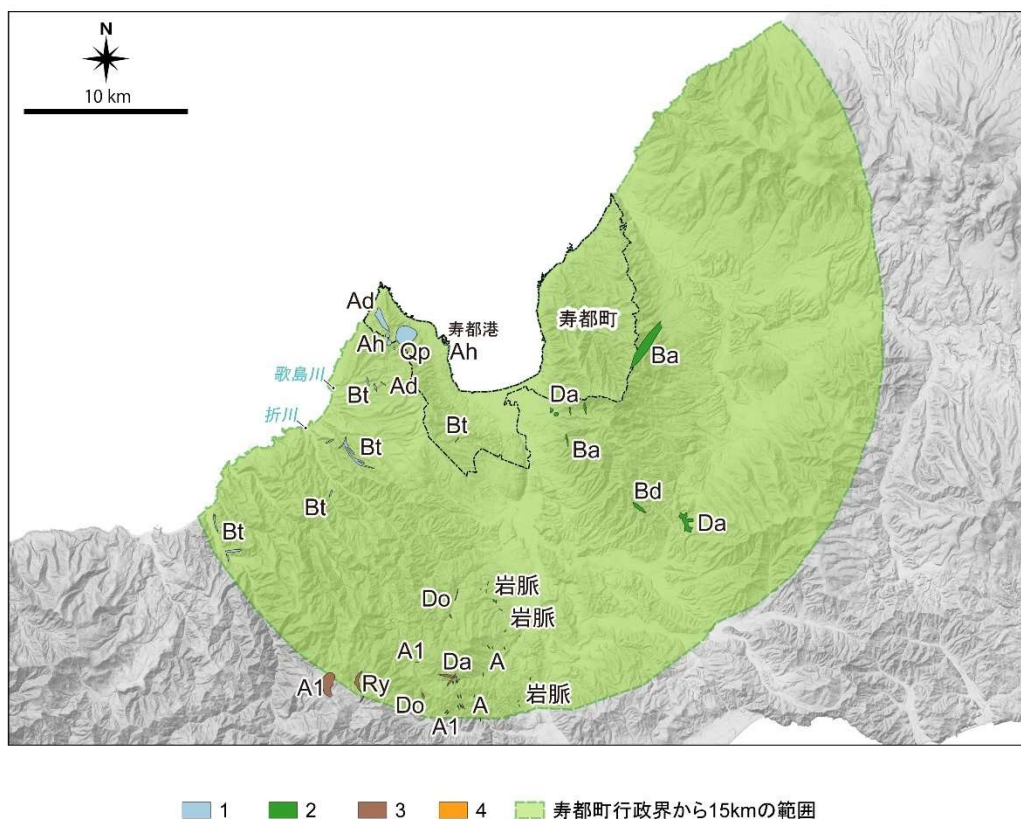


図 4.2-18 貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈の分布（5万分の1地質図幅）

1：鈴木ほか（1981），2：山岸（1984），3：黒沢ほか（1993），4：久保ほか（1983）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：5万分の1地質図幅「寿都」（鈴木ほか，1981）より，Qp：貫入岩類 - 石英斑岩，Bt：貫入岩類 - 玄武岩，Ah：貫入岩類 - 角閃石安山岩，Ad：貫入岩類 - しそ輝石普通輝石安山岩

2：5万分の1地質図幅「歌棄」（山岸，1984）より，Ba：玄武岩岩脈，Da：石英安山岩岩脈，Bd：玄武岩質安山岩岩脈

3：5万分の1地質図幅「大平山」（黒沢ほか，1993）より，Do：貫入岩類 - 粗粒玄武岩，A1：貫入岩類 - 安山岩 I，Da：貫入岩類 - 石英安山岩，Ry：貫入岩類 - 流紋岩

4：5万分の1地質図幅「長万部」（久保ほか，1983）より，A：貫入岩類 - 変質安山岩，岩脈：ガロ川火山岩類 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩岩脈

このうち，文献調査対象地区内に分布する貫入岩・岩脈の貫入時期については，以下の記載がある。

- 石英斑岩（Qp）（鈴木ほか，1981）は，寿都層（中新世）を貫くとされ，「进入時期は，岩質と被进入岩などから，中新世後期と推定される」と記載があるものの，明確に第四紀の活動によるものでないことを否定できる根拠は見当たらない。当該石英斑岩の年代測定データは得られていないが，本岩体のうち大きいものの西縁が断層で切られており，この断層は鮮新世に開始したと考えられる褶曲運動に伴う層面すべり断層である可能性（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（以下、説明書「地形、地質・地質構造」という）を参照）を考慮すると、貫入時期は鮮新世以前であることも考えられる。

- ・ 角閃石安山岩 (Ah) (鈴木ほか, 1981) は、寿都港南側と歌島川最上流部で岩質に相違があるとの説明がある。寿都港南側の貫入岩は、「強く変質していることから、寿都層（補記：中新世）の下部安山岩質火砕岩層堆積直後の貫入」と推定され、歌島川最上流のものは、「永豊層（補記：中新世）の安山岩質火砕岩層中に見出される角閃石安山岩とほぼ同時期であろう」と推定されているが、明確な根拠はない。なお、上述の石英斑岩 (Qp) と同様に、本岩体の西縁も断層で切られており、この断層は鮮新世に開始したと考えられる褶曲運動に伴う層面すべり断層である可能性（説明書「地形、地質・地質構造」を参照）を考慮すると、貫入時期は鮮新世以前であることも考えられる。
- ・ 紫蘇輝石普通輝石安山岩 (Ad) (鈴木ほか, 1981) は、「寿都半島や折川などに小岩脈として発達しており、侵入方向は一定していない。永豊層（補記：中新世）の安山岩質火砕岩層を貫いている」との説明がある。また、図幅から、折川右岸で八雲層および石英安山岩溶岩 (DI) に貫入していると読み取ることができる。また、上述の石英斑岩 (Qp) および角閃石安山岩 (Ah) と同様に、本岩体の西縁も断層で切られており、この断層は鮮新世に開始したと考えられる褶曲運動に伴う層面すべり断層である可能性（説明書「地形、地質・地質構造」を参照）を考慮すると、貫入時期は鮮新世以前であることも考えられる。
- ・ 玄武岩 (Bt) (鈴木ほか, 1981) についても、「折川層・寿都層および永豊層（補記：いずれも中新世）を貫いている」（鈴木ほか, 1981）とされているが、このほかの情報がなく、貫入時期は明らかでない。
- ・ 山岸 (1984) に示される玄武岩岩脈 (Ba) は、「磯谷層の水冷破砕岩を貫いている」と記載があり、図幅からは尻別川層に覆われていると読み取れる。よって、尻別川層堆積以前の活動に伴うものであると推定されるが、北海道電力 (2015) は尻別川層に挟在する凝灰岩から約 3.2~1.7 Ma の FT 年代を報告しており、第四紀の活動に伴うものである可能性が残されている。

このほか、文献調査対象地区の外に分布する貫入岩・岩脈の貫入時期については、以下の記載がある。

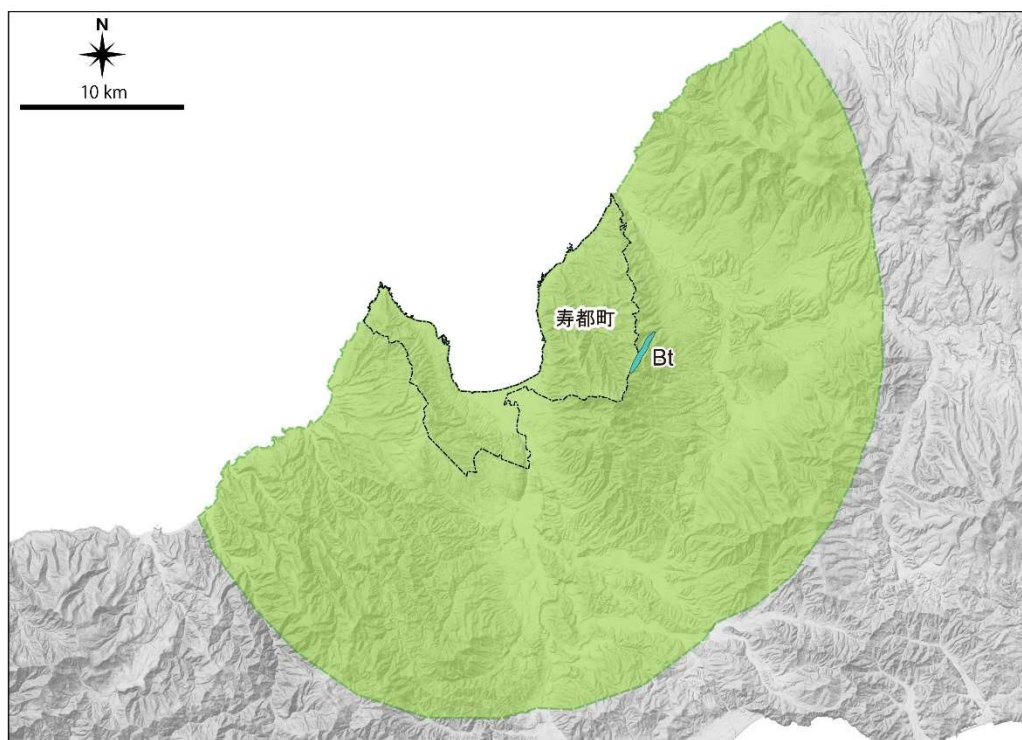
- ・ 山岸 (1984) に示される石英安山岩岩脈 (Da) は、「図幅中央部の石英安山岩は磯谷層の水冷破砕岩などを貫き、図幅南東部のそれは、花こう岩と磯谷層の境界部を貫いている」と記載があるが、このほかの情報がなく、貫入時期は明らかでない。
- ・ また、玄武岩質安山岩岩脈 (Bd) (山岸, 1984) は、「チョポシナイ川層の流紋岩類と花崗岩類を貫いている」と記載があるが、このほかの情報がなく、貫入時期は明らかでない。
- ・ 黒沢ほか (1993) に示される貫入岩類—粗粒玄武岩 (Do) は、「図幅の東部に分布し、花崗岩類・訓縫層・八雲層および黒松内層に貫入している」と記載があるが、黒松内層堆積後の活動であり、第四紀に活動した可能性を否定できない。
- ・ 貫入岩類—安山岩 I (A1) (黒沢ほか, 1993) は、「マス川層、訓縫層、メップ沢層および八雲層に貫入」と記載があるが、このほかの情報がなく、貫入時期は明らかでない。
- ・ 貫入岩類—石英安山岩 (Da) (黒沢ほか, 1993) は、「黒松内川北方において、ほぼ東西方向

に八雲層の泥岩中に貫入（中略）本岩脈がさらに安山岩 I によって貫入されている」と記載があるものの、安山岩 I と同様に貫入時期は明らかでない。

- ・ 貫入岩類一流紋岩 (Ry) (黒沢ほか, 1993) は, 「泊川層群およびマス川層などにおもに岩脈状に貫入しているのが認められる」と記載があるが, このほかの情報がなく, 貫入時期は明らかでない。
- ・ 久保ほか (1983) に示される貫入岩類 - 変質安山岩 (A) は, 「八雲層上部の硬質頁岩中に幅数 m の規模で産する (中略) 一部は黒松内層変質安山岩部層中にも貫入している (中略) その位置関係や鏡下の特徴から, 前記変質安山岩部層と同一の火成活動によってできたと考えられる」と記載があるものの, 詳細な活動時期に関する情報はなく, 貫入時期は明らかでない。
- ・ ガロ川火山岩類 - 紫蘇輝石普通輝石安山岩岩脈 (久保ほか, 1983) は, ガロ川火山岩類は 4.2.2 (2) に示すとおり, 第四紀の活動に伴うものであることを否定できず, 本岩脈も同様と判断する。なお, 図幅から, 一部の岩脈は第四紀\* - 完新世の氾濫原堆積物の分布域に跨って発達していると読み取ることができるが, 詳細は記されていない。

以上のことから, 5 万分の 1 地質図幅 (山岸ほか, 1976 ; 広川・村山, 1955 ; 鈴木ほか, 1981 ; 山岸, 1984 ; 国府谷・土居, 1961 ; 黒沢ほか, 1993 ; 久保ほか, 1983 ; 土居ほか, 1958) から抽出された貫入岩・岩脈については, 貫入時期を特定できる年代測定データや層序の情報が得られていないことから, 第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって, 第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか, または可能性が高いとはいえない。

また, ニセコ地域地熱地質編図 (新エネルギー総合開発機構, 1987a) に基づき, 文献調査対象地区およびその周辺地域における貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈の分布を整理した。その結果を図 4.2-19 に示す。



■ 1 ■ 寿都町行政界から15kmの範囲

図 4.2-19 貫入時期が明らかでない貫入岩・岩脈の分布（ニセコ地域地熱地質編図）

1：新エネルギー総合開発機構（1987a）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：「ニセコ地域地熱地質編図 1/100,000」（新エネルギー総合開発機構，1987a）より，Bt：貫入岩類 - 玄武岩，粗粒玄武岩

当該貫入岩は、文献調査対象地区内に分布しており、分布位置からみて5万分の1地質図幅「歌棄」（山岸，1984）の玄武岩岩脈（Ba）に対応すると考えられるが、山岸（1984）とは異なり、尻別川層に覆われる様子は描かれておらず、新エネルギー総合開発機構（1987a）では「磯谷層を貫いている」とのみ記載がある。このほかの情報もなく、貫入時期は明らかでない。以上のことから、当該玄武岩岩脈は、貫入時期を特定できる年代測定データや層序の情報が得られていないことから、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

さらに、個別文献を調査した結果、秋葉（1957）、秋葉・庄谷（1970）、岡村（1984）、西来ほか編（2012）、北海道電力（2015）、北海道電力（2016）において、文献調査対象地区およびその周辺地域の貫入岩・岩脈に関する記載が認められた（図 4.2-20）。



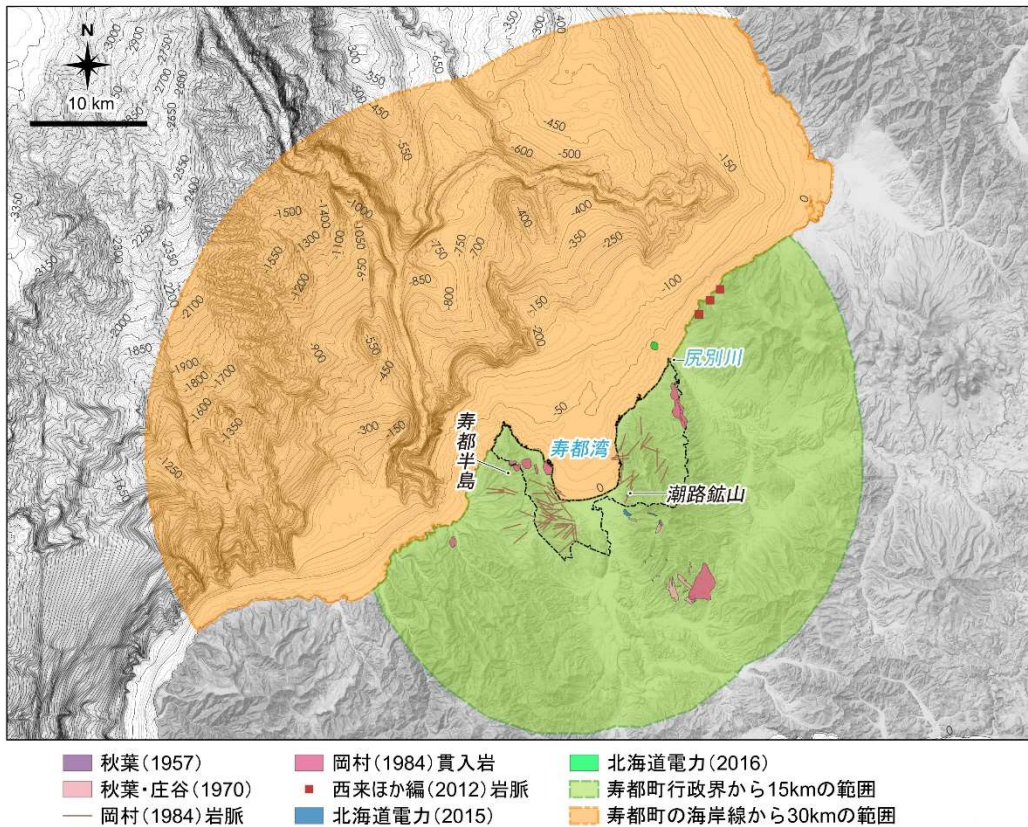


図 4.2-20 その他の文献に示される貫入岩・岩脈の分布

秋葉 (1957), 秋葉・庄谷 (1970), 岡村 (1984) ©日本地質学会, 西来ほか編 (2012), 北海道電力 (2015), 北海道電力 (2016) に基づき作成。基図として「地理院タイル (陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院) を使用。海域の等深線図は日本水路協会発行「海底地形デジタルデータ (M7009 北海道西部および M7010 秋田沖) ((一財) 日本水路協会承認第 2021006 号)」を用いて作成 (等深線の主曲線の間隔は 10 m, 計曲線の間隔は 50 m)。寿都町行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。

いずれも年代測定データの報告はない。以下に、各文献の記載内容の概要を示す。

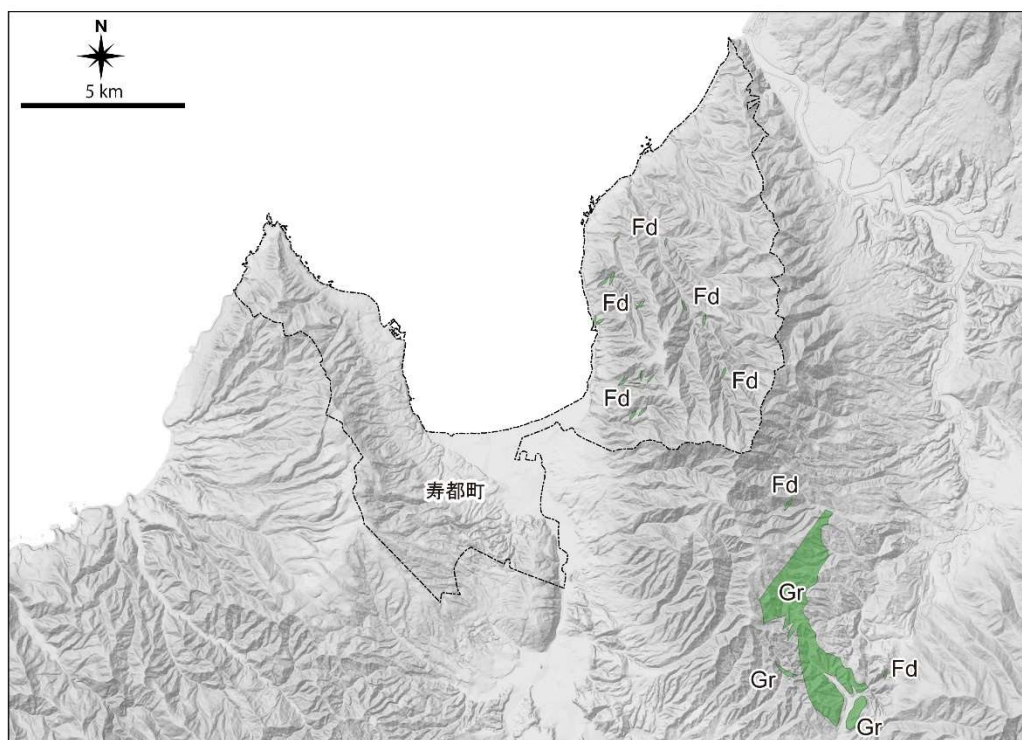
- ・ 岡村 (1984) は、寿都半島北部に認められる 5 つの貫入岩体について、「いずれも円形～楕円形に近い平面形態を示す岩株である」と記載しており、岩脈については、「寿都湾周辺には岩脈が多数認められる。これらの多くは周囲のハイアロクラスタイトと同質岩であることから、フィーダーダイクと考えられる」と記載している。また、寿都湾を中心とした放射状岩脈が貫入していると考えられること、月越火砕岩層は寿都湾を中心とする中心噴火によってもたらされたものと考えられることも指摘している。ただし、月越火砕岩層や岩脈の年代測定データに関する情報はなく、これらの活動時期を特定することはできない。なお、「安山岩質貫入岩類」として文献調査対象地区北東端部に示される貫入岩は、4.2.1 に示した磯谷溶岩に対応するものと考えられる。
- ・ 秋葉 (1957) では、寿都町内、潮路鉱山附近に「角閃石石英安山岩々脈」が示されている。中新世およびそれ以前の活動によるものとされている「含石英角閃石安山岩」を貫くとされているが、そのほかの情報はない。

- ・ 北海道電力（2015）では、寿都町外に分布する貫入岩類として、流紋岩の位置が示されている。
- ・ 西来ほか編（2012）では、寿都町の北東、沿岸地域において複数箇所、「岩脈」としてその位置が示されている。ただし、その抽出方法など、詳細については記されていない。
- ・ 北海道電力（2016）では、尻別川河口の西方沖に、新第三紀鮮新世に形成されたとする貫入岩Ⅷの分布が局所的に示されている。ただし、北海道電力（2015）の地層対比表では、第四紀中期更新世として示されており、異なる見解が示されている。本貫入岩は、鮮新世～前期更新世に堆積したとされるⅤ層に貫入しており、その活動時期は第四紀を含む可能性があるが、年代測定データに関する情報はない。これらの層序区分の根拠として北海道電力（2015）は、「海上音波探査で認められる反射面の連続性、下位層との不整合関係、堆積構造及び反射パターンの特徴」を挙げている。

以上のことから、個別文献から抽出された貫入岩・岩脈については、貫入時期を特定できる年代測定データや層序の情報が得られていないため、第四紀における火山活動の有無を判断できない。よって、第四紀における火山活動の履歴が存在することが明らか、または可能性が高いとはいえない。

### （3）第四紀より前の活動であることが明らかな貫入岩・岩脈

5 万分の 1 地質図幅をもとに貫入岩・岩脈の分布を整理した結果、第四紀の活動でないことが明らかであるものとして、図 4.2-21 に示す貫入岩・岩脈が認められた。



1

図 4.2-21 第四紀の活動でないことが明らかな貫入岩・岩脈の分布（5万分の1地質図幅）

1：山岸（1984）に基づき作成。基図として「地理院タイル（陰影起伏図および傾斜量図）」（国土地理院）を使用。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）に基づく。図中の記号（地層・岩体名など）については以下を参照。

1：5万分の1地質図幅「歌棄」（山岸，1984）より，Gr：花崗岩類，Fd：礫谷層－輝石安山岩質ファイダーダイク

山岸（1984）に示される「花崗岩類（Gr）」は、「チョポシナイ川層の流紋岩類と礫谷層の水冷破碎岩類を貫くか、またはそれらと断層で接している。なお、河野・植田（1967）によると、K-Ar年代は8 Maとされている」との記載があり、年代測定値から後期中新世の活動によるものと考えられ、層位学的関係にも矛盾は見られない。なお、石原ほか（1998）は、「河野・植田（1967）による上月名岩体（当該花崗岩類のことを指す）の測定値は新しい壊変常数に基づく9.3 Maと再計算される」と記載しており、当該花崗岩類の活動時期は8 Maよりもやや古い可能性が考えられる。

以上のことから、「花崗岩類（Gr）」は、年代測定値が明確に中新世の年代を示し、それに相反する見解が認められないことから、第四紀以前の活動に伴う貫入岩であることが明らかであると認められる。

また、同じく山岸（1984）に示される「礫谷層輝石安山岩質ファイダーダイク（Fd）」について、「（礫谷層の）水冷破碎岩には、これらを供給したファイダーダイクが多数ともなわれる」と説明されている。広瀬ほか（2000）において、礫谷層のK-Ar年代は $8.48 \pm 0.43$  Maと示されており、新エネルギー総合開発機構（1985）においても、 $6.6 \pm 0.4$  Ma,  $5.1 \pm 1.1$  Maの全岩K-Ar年代が測定されている。

さらに、本層より、以下の生層序区分帯に属する珪藻化石が産出している。

- Koizumi (1985)の *Neodenticula*<sup>9</sup> *kamtschatica* 帯 (6.60~5.10 Ma) (Sagayama, 1997)
- *Denticulopsis katayamae* 帯 (斎藤 (1999) では, 9.16~8.6 Ma) (北海道電力, 2015)
- Yanagisawa and Akiba (1998)の *N. kamtschatica* 帯 7Ba および 7Bb (6.4~3.9-3.5 Ma) (菅原・嵯峨山, 2022)

これらのことから磯谷層は中新世~鮮新世の地層と判断でき、磯谷層を供給した当該フィーダー岩脈も同時期に活動したものと判断した。

以上のことから、「磯谷層輝石安山岩質ファイダーダイク (Fd)」は、磯谷層との関係が明示されており、年代測定値が明確に中新世の年代を示すことから、第四紀より前の活動に伴う貫入岩であることが明らかであると認められる。

また、ニセコ地域地熱地質編図 (新エネルギー総合開発機構, 1987a) をもとに貫入岩・岩脈の分布を整理した結果、第四紀の活動でないことが明らかであるものとして、図 4.2-22 に示す貫入岩が認められた。

---

<sup>9</sup> Koizumi (1985)では「*Denticulopsis*」の表記だが、ここではSagayama (1997)の表記に従っている。Koizumi (1985)出版後の属変更を反映しているものと考えられる。



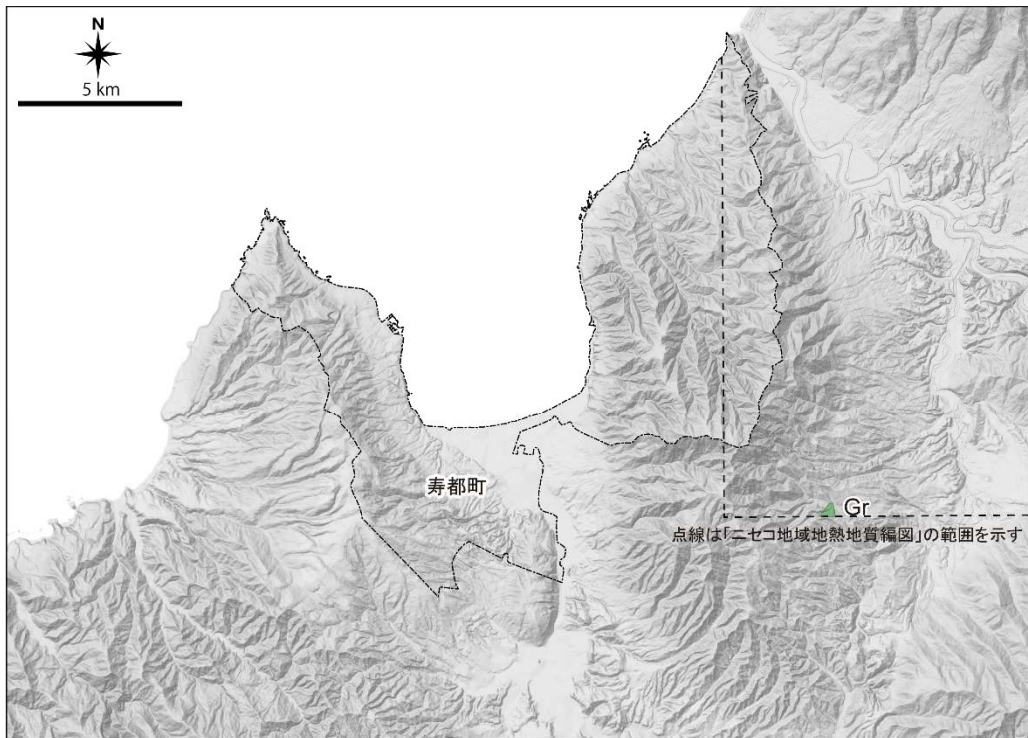


図 4.2-22 第四紀の活動でないことが明らかな貫入岩・岩脈の分布

1: 新エネルギー総合開発機構(1987a)に基づき作成。基図として「地理院タイル(陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院)を使用。寿都町行政界は「国土数値情報(行政区域データ)」(国土交通省)に基づく。図中の記号(地層・岩体名など)については以下を参照。

1: 「ニセコ地域地熱地質編図 1/100,000」(新エネルギー総合開発機構, 1987a)より, Gr: 貫入岩類-花崗岩

「貫入岩類-花崗岩 (Gr)」は、「K-Ar年代は $7.9 \pm 0.4$  Maを示し、歌棄図幅内に分布する花崗岩のK-Ar年代の8 Maとほぼ等しい」と記載があることから、中新世の活動によるものと判断した。

以上のことから、「貫入岩類-花崗岩 (Gr)」は、年代測定値が明確に中新世の年代を示し、それに相反する見解が認められないことから、第四紀より前の活動に伴う貫入岩であることが明らかであると認められる。



### 4.3 新たな火山が生じる可能性

本節では、文献調査対象地区における新たな火山が生じる可能性について検討するため、関連する情報を整理する。具体的には、評価の考え方（1.2 参照）に従って、火山の発生メカニズムの地域性を踏まえたマグマの発生条件の成立性について示したうえで（4.3.1）、現在の地殻およびマントル最上部におけるメルトの存在に関する知見を整理する（4.3.2）。さらに、より深部から地殻にメルトが貫入する可能性に関連する情報として、マントルウェッジにおけるメルトの生成と移動に関連する知見を整理する（4.3.3）。

#### 4.3.1 火成活動のメカニズム

文献調査対象地区が位置する東北日本では、北米プレート（またはオホーツクプレート）の下に太平洋プレートが沈み込んでおり（以下、沈み込んだプレートを「スラブ」という。）、西南北海道以南の東北日本弧とそれ以北の千島弧から構成される。北海道では火山フロントが見られ、文献調査対象地区はその背弧域に位置している（3.1.1 参照）。

スラブの沈み込みに伴う火成活動のメカニズムは、以下のように考えられている（例えば、中島、2016）。

- ① スラブの沈み込みに伴う温度、圧力の上昇による含水鉱物の脱水分解と高温のマントルウェッジへの水の放出
- ② 加水に伴うカンラン岩の融点低下によるマントルウェッジ中心付近でのメルトの生成
- ③ マントル上昇流によるマントルウェッジ内でのメルトの移動とモホ面直下での蓄積
- ④ 地殻内へのメルトの貫入とマグマ溜りの形成
- ⑤ マグマ溜りから供給されたマグマの地表への到達による火山噴火

メルトは、①のスラブからの流体の供給と、②の含水カンラン岩が溶融する温度・圧力が達成される場所で生じることになる。中島（2016）による既存文献のレビューによると、スラブ起源流体の付加によりカンラン岩の融点は約 1,000°C に低下すること、この融点は圧力（深さ）にほとんど依存しないこと、背弧側のマントルウェッジでは広い範囲で 1,000°C 以上の温度を維持できることが指摘されている。

③のスラブから放出された流体や生成されたメルトの移動経路は、主に地震波不均質構造に基づいて議論されている（例えば、Nakajima et al., 2001 ; Kita et al., 2014）。東北地方や北海道のマントルウェッジでは、図 4.3-1 に示すように、背弧域の深部から火山フロント下のモホ面付近まで連続する顕著な地震波低速度域が、沈み込む太平洋プレートにほぼ平行に分布しており、この分布域がメルトの供給路であると考えられている（中島、2017）。また、長谷川ほか（2004、2012）によると、東北地方の背弧域ではメルトの一部が離脱し、直上に上昇するモデルが示されている。

以上のように東北日本では、背弧域のマントルウェッジで生成されたメルトが上昇し、地表から噴出することで、火山が形成されると考えられている。このように理解されている大局的なメカニズムから見れば、現在マグマの発生条件が背弧域で成立していることを単純に否定することは難しい。

①～④の過程で生じる現象については、様々な研究が行われている。①および②については、これに関与するマントルウェッジの温度構造等に関する数値シミュレーションに基づいて、メルトの生成場と火山の分布傾向との関連性について説明が試みられている（4.3.3 (1) 参照）。③について

も同様に、地震波不均質構造と火山の分布傾向との関連性について説明が試みられている(4.3.3(2)参照)。④については、地下の温度構造、物性値の分布、地下水等の化学特性に関する情報を用いて、地殻やマントル最上部にメルトが賦存する領域を推定した事例が報告されている(例えば、Umeda et al., 2007)。4.3.2 ではこれらの情報を整理する。

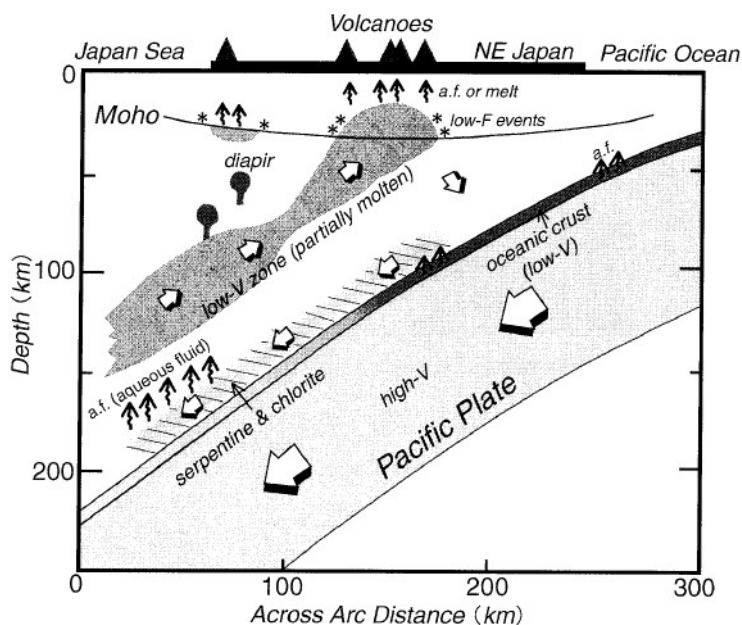


図 4.3-1 東北日本における流体の移動経路に関する概念図(長谷川ほか, 2004)

#### 4.3.2 地殻～マントル最上部におけるメルトの存在

地殻～マントル最上部のメルト(本項では、マグマや部分熔融域を含むものとする)の存否や分布については、地下の熱源を示す温度構造に関する情報に加えて、流体の分布を示す地震波速度構造等の物理特性に関する情報、マントル起源物質の地表への供給を示す地下水・付随ガスのヘリウム同位体比( $^3\text{He}/^4\text{He}$ )等の地球化学的情報を用いて推定された事例が報告されている(例えば、Umeda et al., 2007)。本項では1.2.5に示す評価の考え方に従い、4.3.2(1)に地下温度構造に関する情報(地殻熱流量、キュリー点深度、地震発生層の下面深度)、4.3.2(2)に地下水等の化学特性に関する情報(地下水・付随ガスのヘリウム同位体比、Li/Cl比)、4.3.2(3)に地下深部の物理特性に関する情報(地震波速度・減衰構造、比抵抗構造、低周波地震)を整理する。

##### (1) 地下温度構造に関する情報

###### (i) キュリー点深度

キュリー点深度は、岩石が磁性を失う温度に達する深度を指し(大久保, 1984)、地下の熱構造をとらえるために用いられている(例えば、田中ほか, 1997)。ただし、キュリー点深度に対応する温度は、約450°C(Okubo et al., 1989)や500°C前後(大久保ほか, 1997)といったようにその見積りには幅がある。また、キュリー点深度は比較的広範囲の平均的な温度構造を反映すると考えられ、数十～数百 km 四方の平均的な深度となる。そのため火山の局所的な熱異常は無視されることが多いこと(田中ほか, 1997; 大久保ほか, 1998)に留意が必要である。

日本列島のキュリー点深度は、等深度線図として大久保(1984)およびOkubo et al.(1989)により

示されている。大久保（1984）によると、地熱地帯のほとんどではキュリ一点深度が浅く、最も浅い地域で7 km 以浅となること、逆に最も深いキュリ一点深度は15~16 km であること、深度8 km 以浅を示す浅いキュリ一点深度の地域と火山フロントはよく一致することが指摘されている。

図 4.3-2 に、大久保（1984）によるキュリ一点深度の等深線図のうち、北海道における分布を示す。これによると、文献調査対象地区および周辺のキュリ一点深度は6~10 km であることが示されている。このうちニセコ・雷電火山群の周辺では最も浅く、周辺に比べて高温であることを示唆する相対的に浅いキュリ一点深度（深さ6~7 km）の領域が分布する。

文献調査対象地区はこの領域の周縁部に位置し、火山フロントと同程度の概ね7~8 km であることが示されている。ただし、これは数十~数百 km 四方の平均的な深度を示している（大久保ほか、1998）ことに留意が必要である。

このことを考慮すると、ニセコ・雷電火山群の地下深部は周囲に比べて高温である可能性が考えられるが、文献調査対象地区の地下深部が周囲に比べて高温である可能性については明らかでない。

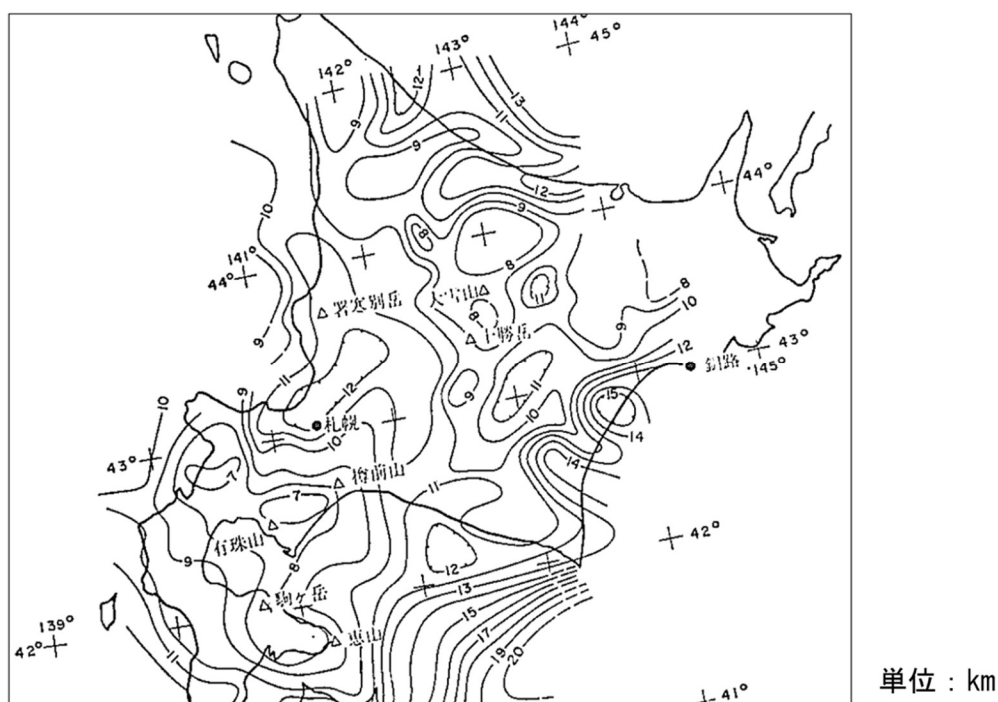


図 4.3-2 北海道におけるキュリ一点深度等深線図  
大久保（1984）より一部抜粋し、北海道地方のみを転載した。

## (ii) 地殻熱流量

地殻熱流量（単位面積、単位時間あたりの熱流出量）は、地球内部から地表に向かって熱伝導により運ばれる熱のことであり、火山や地熱地帯などで顕著にみられる物質の流動に伴って放出される熱量は含まない（田中ほか、2004）。地殻熱流量から解釈される温度構造の多くは、比較的地下浅部で卓越する流体による熱移動を無視できる地域の地下数十 km 程度にわたるものであり、地下深部の熱源分布に関するものである（大久保、1993）。Tanaka et al. (2004)によると、国内で高い地殻熱流量を示す領域は火山地帯や地熱地帯によく対応すること、とくに九州南部では火山から遠ざかるにつれて低下する傾向が認められることが指摘されている。

国内の地殻熱流量の分布は、田中ほか (2004)、Tanaka et al. (2004)などによって示されており、それらの測定データは田中ほか (2019) に取りまとめられている。図 4.3-3 に、田中ほか (2019) に基づく地殻熱流量の分布を示す。これによると、地殻熱流量の測定点は、主にニセコ・雷電火山群とその周辺地域に分布し、その他の地域における測定データは僅かである。このうち最も高い地殻熱流量はニセコ・雷電火山群の東部で認められ、 $275 \text{ mW/m}^2$ を示す。

しかし、文献調査対象地区には測定点が分布しておらず、温度構造は明らかでない。

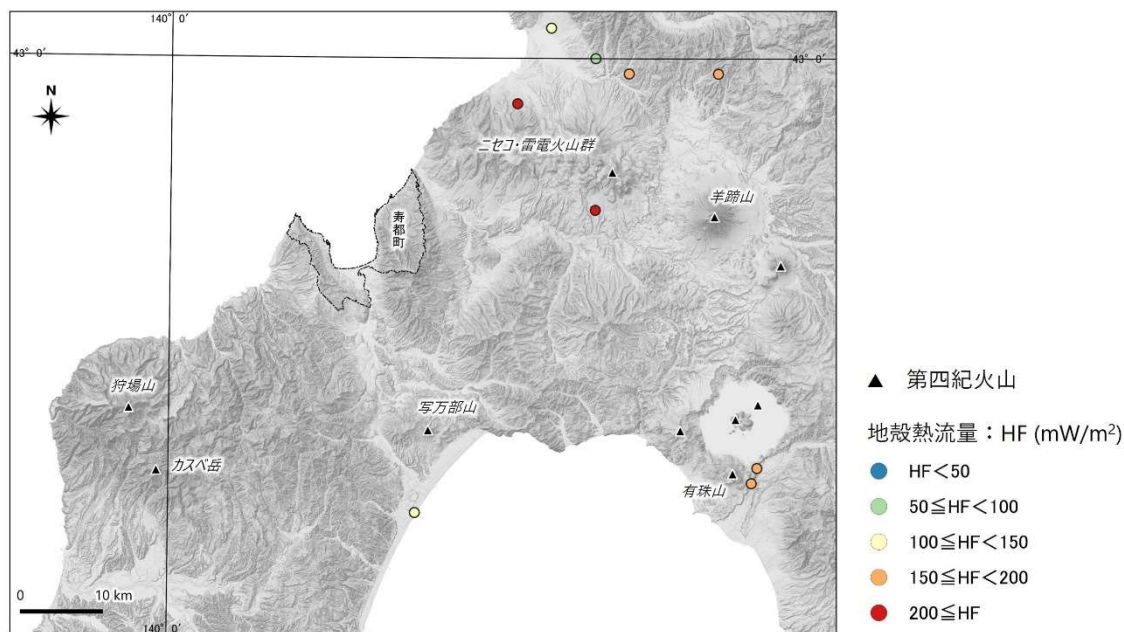


図 4.3-3 文献調査対象地区周辺の地殻熱流量分布

第四紀火山は中野ほか編 (2013)、地殻熱流量は田中ほか (2019) に基づき作成。基図として「地理院タイル (陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院) を使用。寿都町行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。

### (iii) 地震発生層の下限深度

鉛直方向における浅発地震 (低周波地震を除く) の活動範囲を指す地震発生層の深さは、場所により異なることが知られており、地震発生層の深さの下限 (以下、下限深度という。) と地殻深部の温度構造の関連性が指摘されている (例えば、田中, 2009 ; Omuralieva et al., 2012)。例えば、東北地方の脊梁山地における事例によると、上部マントルからの高温物質の貫入により温度が局所的に高くなり、下限深度は局所的に浅くなる (長谷川ほか, 2004) ことが指摘されている。

図 4.3-4 に、気象庁の「地震月報」(気象庁ホームページ b) に基づき、文献調査対象地区周辺の深さ 50 km 以浅で発生した地震の震源分布を示す。図に示す地震は、国内の地震検知能力が飛躍的に向上したとされる 1997 年 10 月 (中村, 2006) から 2022 年 3 月までの期間において深さ 50 km 以浅で発生し、震源決定精度が良好と考えられる<sup>10</sup> 通常地震および低周波地震である。このうち通

<sup>10</sup> 震源を固定せずに震源決定され、マグニチュードが推定されており、参考震源とされていないものを震源決定精度が良好なデータとみなした。

常地震は、震源深さの誤差が 2 km よりも小さい震源データを震源決定精度が良好なデータとしてプロットした。低周波地震は発生の有無に着目するため (4.3.2 (3) (i) 参照), 震源深さの誤差による制限を設けずにプロットした。

これによると下限深度は、場所によって異なるものの深さ 10~15 km 程度であると見られる。また、ニセコ・雷電火山群, 写万部山, 狩場山, カスベ岳の近傍では、深さ 10 km またはそれよりも浅く、その周辺では相対的に深い傾向が見られる。これに対して低周波地震の震源が分布する黒松内低地帯北部では、これらの第四紀火山の近傍に比べて深く、下限深度は 15 km 程度であると読み取ることができる。

文献調査対象地区の陸域では深さ 10 km 以深に少数の震源が分布するが、地震活動度は低い。このため、下限深度は明瞭ではなく、温度構造は明らかでない。なお、Omuralieva et al. (2012) には国内の地震発生層下限深度分布が示されている。詳細な深さは異なるが、以上に示した下限深度のパターン・傾向と大きく矛盾しないと考えられる。

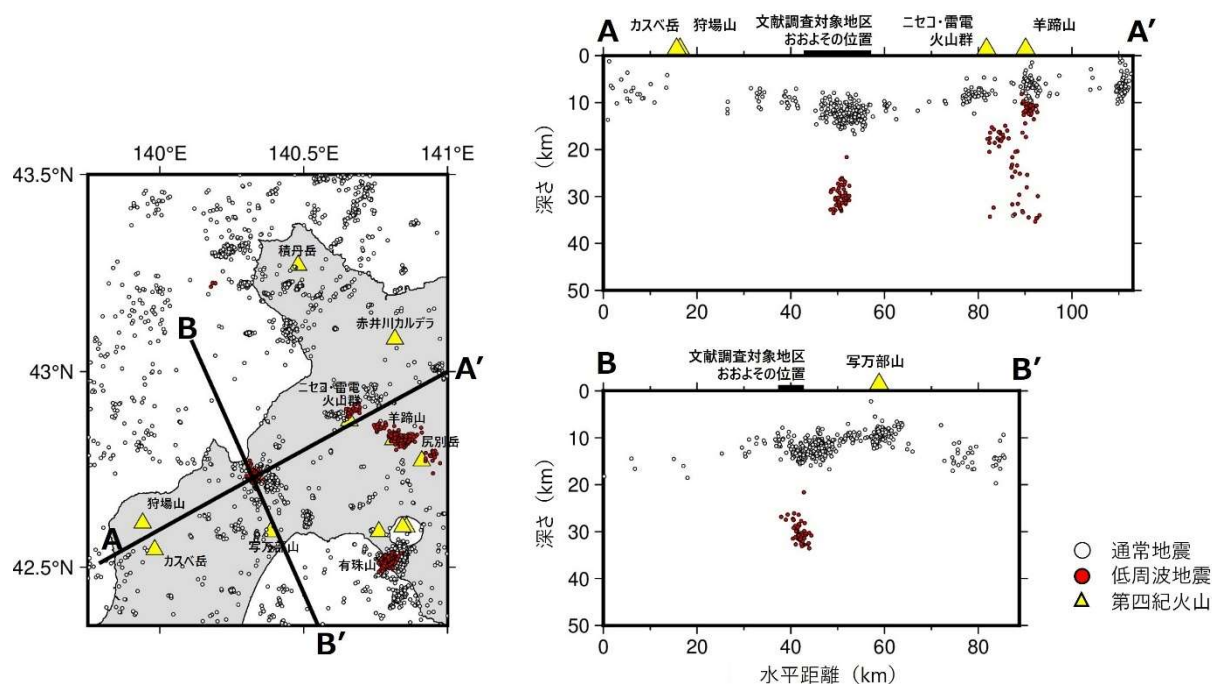


図 4.3-4 文献調査対象地区周辺の震源分布

震源分布は気象庁ホームページ b (データ期間: 1997 年 10 月から 2022 年 3 月), 第四紀火山の分布は中野ほか編 (2013) に基づき作成。断面図に示す震源は断面位置から片幅 10 km 以内で発生した地震。

## (2) 地下水等の化学特性に関する情報

### (i) ヘリウム同位体比

森川ほか (2019) によると、上部マントル起源のヘリウムはマグマや熱水流体を介して地表付近に運ばれるため、火山ガス, 深層ガス, 温泉水・ガスなどに含まれるヘリウムガスの同位体比 ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) を測ることにより、マントル物質およびマントルを通過した流体の地球表層への到達を検出できるとされている。ここで、大気の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ( $=1.4 \times 10^{-6}$ ) を 1 Ra とした場合、地殻で生成される  $^3\text{He}/^4\text{He}$  は、岩石中のウランやトリウム放射壊変の影響が大きく、約 0.01 Ra 程度と非常に低い。



一方、上部マントル起源のヘリウムは  $8 \pm 1 \text{ Ra}$  (森川ほか, 2019) であることが知られている。

日本列島における地下水等の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  を示した Sano and Nakajima (2008)によれば、 $4 \text{ Ra}$  以上の高い  $^3\text{He}/^4\text{He}$  は主に火山地域に分布し、 $2 \text{ Ra}$  未満の低い  $^3\text{He}/^4\text{He}$  は主に非火山地域に分布する傾向があることが指摘されている。また、Sakamoto et al. (1992)では、御岳や草津白根などの火山について、 $^3\text{He}/^4\text{He}$  が火山からの距離とともに減少する傾向が見られることが示されている。

国内の測定値は草野ほか (2012) によって整理されている。図 4.3-5 に、草野ほか (2012) に基づく  $^3\text{He}/^4\text{He}$  の分布を示す。これによると、 $^3\text{He}/^4\text{He}$  の測定データは分布に乏しく、ニセコ・雷電火山群の東部において  $7.64 \times 10^{-6}$  (大気の  $^3\text{He}/^4\text{He} (=1.4 \times 10^{-6})$  と仮定して換算すると約  $5.5 \text{ Ra}$ ) (Sano and Wakita, 1985) を示す。

文献調査対象地区における測定データはなく、火山地域で見られているようなマントル起源ヘリウムの地表への供給は明らかでない。

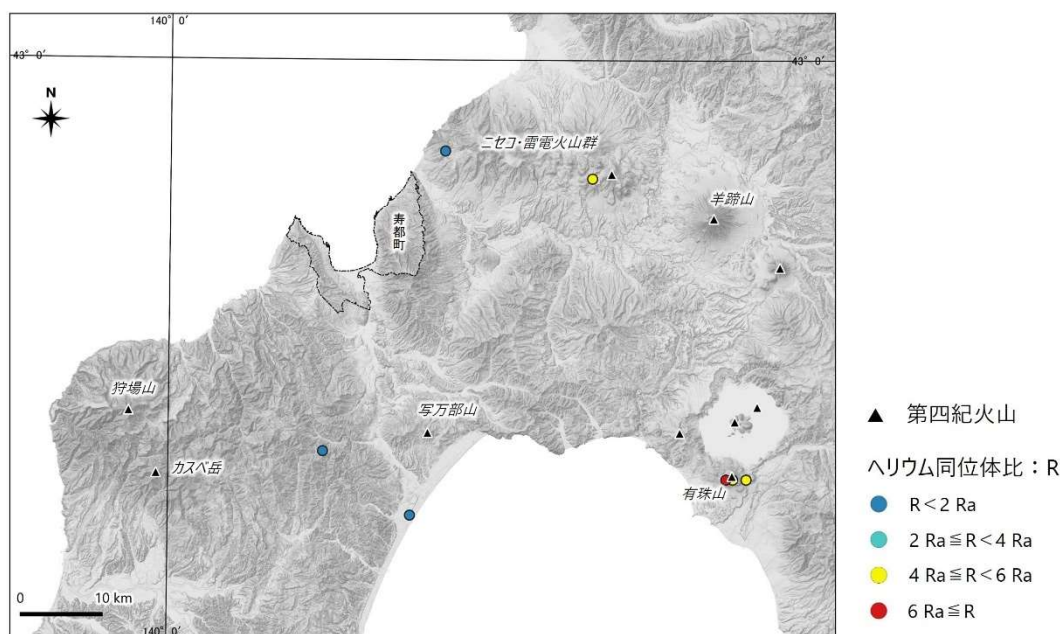


図 4.3-5 文献調査対象地区周辺の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  分布

$^3\text{He}/^4\text{He}$  は草野ほか (2012)、第四紀火山は中野ほか編 (2013) に基づき作成。 $^3\text{He}/^4\text{He}$  (R) の分布は大気の  $^3\text{He}/^4\text{He} (=1.4 \times 10^{-6})$  を  $1 \text{ Ra}$  として表示。基図として「地理院タイル (陰影起伏図および傾斜量図)」(国土地理院) を使用。寿都町行政界は「国土数値情報 (行政区域データ)」(国土交通省) に基づく。

#### (ii) Li/Cl 比

Li/Cl は、風早ほか (2014) により提案された、マグマ起源水を含むスラブ起源深部流体の地下水への混入に関する指標であり、深部から上昇してくる高温を経験した熱水成分の Li 濃度が高いこと、深部から上昇する熱水が NaCl 型であると考えられることに基づいている。風早ほか (2014) によると、上記の指標を Cl 濃度  $200 \text{ mg/L}$  以上かつ Li/Cl が  $0.001$  以上の水 (地下水) としており、山陰の火山列上などの地域で Li/Cl が高い流体の上昇が認められることを指摘している。ただし、風早ほか (2015) は、Li/Cl が  $0.001$  未満であっても Cl 濃度  $200 \text{ mg/L}$  以上である場合について、この指標からは外れるが、低い Li/Cl を持つ古い海水とスラブ起源水が混合した結果の可能性を否定し

ない値を持つことを指摘している。

風早ほか（2015）は、日本列島において 200 mg/L 以上の Cl 濃度をもつ深層地下水・湧水を対象として、一定の範囲で区切ったメッシュごとの Li/Cl を示している。図 4.3-6 に、文献調査対象地区周辺の Li/Cl 分布（風早ほか，2015）を示す。これによると、文献調査対象地区の南西方および南方に Cl 濃度 200 mg/L 以上かつ Li/Cl が 0.001 以上に該当する領域が示されている。

文献調査対象地区では、東部および西部ではデータが示されていないものの、中央部では Cl 濃度が 200 mg/L 以上かつ Li/Cl が 0.001 未満のデータが示され、スラブ起源深部流体に関する指標からは外れるが、スラブ起源深部流体が混合した可能性を否定しない領域が確認される。

以上のことから、文献調査対象地区ではスラブ起源深部流体の寄与を明確に示す Li/Cl は報告されていないが、スラブ起源深部流体が混合した可能性を否定しない Li/Cl が報告されている。ただし、詳細な測定地点の位置が明らかでなく、スラブ起源深部流体が混合した可能性を否定しない領域を明らかにすることはできなかった。

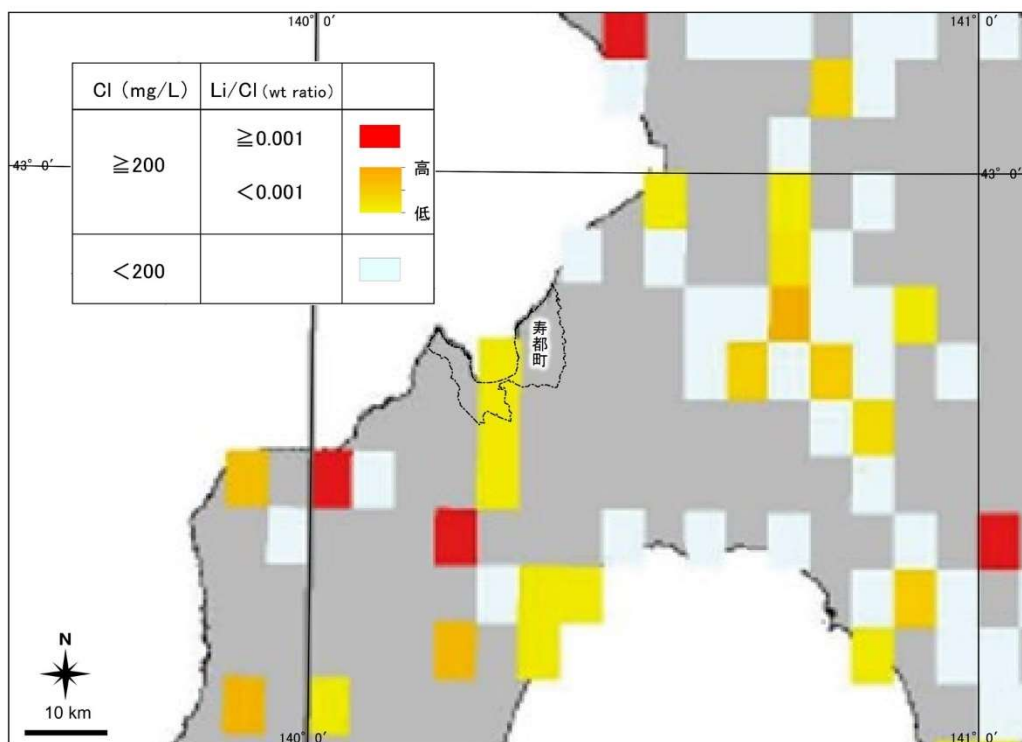


図 4.3-6 文献調査対象地区周辺の Li/Cl 分布

風早ほか（2015）に行政界を追記。寿都町行政界は「国土数値情報（行政区画データ）」（国土交通省）に基づく。

### (iii) 水素・酸素同位体比

地下水中に含まれる天水起源の水、マグマ起源水、下部地殻やスラブから供給される深部上昇水、海水などの各種起源の水はそれぞれ特徴的な同位体組成を持っていることが知られており（産業技術総合研究所深部地質環境研究センター，2007）、水素・酸素同位体比は地下水の起源推定にしばしば用いられる。

文献調査対象地区を含めた北海道の地下水の起源については、この水素・酸素同位体比等を用い

て松波 (1995) および松波・鈴木 (1997) によって推定されている。図 4.3-7 に、松波・鈴木 (1997) による水素・酸素同位体比を示す。文献調査対象地区の坑井における測定値は、松波 (1995) と松波・鈴木 (1997) とで異なる名称で示されているが、両者の水素・酸素同位体比組成の値が一致することから一つの坑井で測定されたものであるとみなした。また、松波 (1995) に示されている各種の化学組成分析値が産業技術総合研究所地質調査総合センターホームページ d に示される分析値と整合的であることから、坑井 437-004 における測定値であるとみなした。

松波 (1995) によれば、この水素・酸素同位体比は天水と海水を結ぶラインに接近してプロットされることから、海水と天水の混合系であると指摘されている。また、松波・鈴木 (1997) によると、図 4.3-7 に示される北海道において測定された水素・酸素同位体比については、「高温火山ガス ( $\delta D \approx -15 \sim -35\%$ ,  $\delta^{18}O \approx +5 \sim +8\%$ ) が明らかに関与していると推定されるものは含まれていないとみられる」と指摘されている。

以上のことから、文献調査対象地区において水素・酸素同位体比をもとに地下水の起源を推定した事例は乏しく、マグマ起源水の関与を明らかに示す知見は見られない。

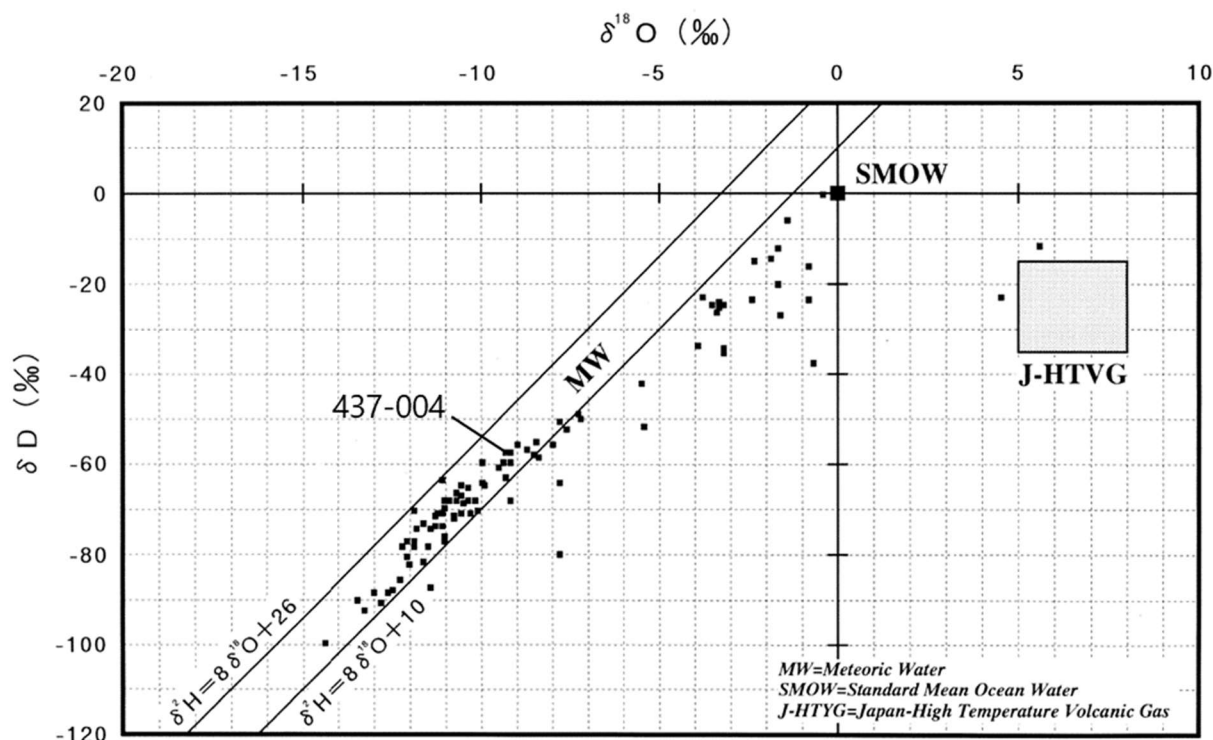


図 4.3-7 北海道における地下水の水素・酸素同位体比

松波・鈴木 (1997) に坑井のコード番号を一部加筆 (図中の一部で D が  $^2H$  とされている)。対応する坑井は名称などを参考に整理。坑井の位置は図 3.2-3 を参照。

### (3) 地下深部の物理特性に関する情報

#### (i) 低周波地震

通常の地震に比べて周期の長い地震波が卓越する低周波地震は、その多くが火山の火口や火道近傍の地殻極浅部や火山周辺の下部地殻～マントル最上部で発生し、マグマあるいは  $H_2O$  を主成分とする地殻流体の移動で (あるいはそれに密接に関わって) 発生すると考えられてきたが、最近では、

火山周辺に限らず、火山から遠く離れた地域の上部地殻を含め、日本列島の広い範囲で発生していることが明らかになり、詳細な発生メカニズムについては現在も議論されている（例えば、長谷川・中島，2022）。

一方、低周波地震が火山周辺で発生することは古くから知られており、メルトの分布を推定した事例（例えば、Umeda et al., 2007）では、地震波速度構造（4.3.2（3）（ii））や比抵抗構造（4.3.2（3）（iii））といった地下の物性値の分布や温度構造に関連する情報に加えて、低周波地震の震源分布も参照されている。

図 4.3-4 に、気象庁の「地震月報」（気象庁ホームページ b）に基づき、文献調査対象地区周辺の深さ 50 km 以浅で発生した地震の震源分布を示す。これによると、ニセコ・雷電火山群の東部、羊蹄山、有珠山の近傍および黒松内低地帯北部において、低周波地震の震源が局所的に分布する。これらの震源の多くは下部地殻～マントル最上部に相当する深さ 20～35 km 程度に分布するが、ニセコ・雷電火山群の東部および羊蹄山では上部地殻に相当する深さ 10 km 程度の領域において低周波地震の発生が認められる。

低周波地震は、文献調査対象地区南端付近の深さ 30 km 付近にも局所的に分布する。この周辺に火山は分布しないが、Shiina et al. (2018)はこの低周波地震が、地殻深部の部分熔融域やそこから上昇する流体の存在を示唆すると指摘している。なお、以上の低周波地震の震源分布に関する傾向は、Nakajima and Hasegawa (2021)により示された震源分布と矛盾しない。

以上のことから、低周波地震は火山周辺に限らず日本列島の広い範囲で発生しており、その詳細な発生メカニズムは明らかでないが、文献調査対象地区南端付近の下部地殻からマントル最上部において発生している低周波地震が、メルトの存在を示唆している可能性があることに留意が必要である。

#### (ii) 地震波速度構造および地震波減衰構造

一般に、地震波速度は地下の高温の領域やメルトなどの流体の存在に応じて低下する。また、地震波の減衰はメルトの存在により大きくなることが知られている（例えば、中島，2016）。さらに、P 波速度 ( $V_p$ ) と S 波速度 ( $V_s$ ) から計算される  $V_p/V_s$  比も併せて用いることでメルトの存在を検討した事例も報告されており、 $V_p$  と  $V_s$  が低く、 $V_p/V_s$  比が高い場合にメルトの存在を示唆すると解釈されている（Nakajima and Hasegawa, 2003；中島，2017）。ただし、地震波トモグラフィーによって得られる地震波速度構造および地震波減衰構造は、その空間分解能が解析に用いられた地震の分布や地震観測点の配置に依存する（例えば、中島，2016）ことに留意が必要である。

文献調査対象地区を含む領域を対象とした地震波速度構造の推定は、多数の研究により行われている（例えば、Wang and Zhao, 2005；Niu et al., 2016；Shiina et al., 2018；Matsubara et al., 2017, 2019）。また、地震波減衰構造を推定した事例として、Kita et al. (2014), Wang et al. (2017), Wang and Zhao (2019), Hua et al. (2019)が挙げられる。これらの地震波不均質構造の空間分解能は、水平方向で約 20 km から 60 km 以上とさまざまである。

防災科学技術研究所提供の「日本列島下の三次元地震波速度構造（2022 年度版）」（Matsubara et al., 2022）に基づく文献調査対象地区周辺の地震波速度構造を図 4.3-8～図 4.3-11 に示す。この地震波速度モデルの空間分解能は、水平方向に約 20 km である（Matsubara et al., 2022）。これによると、積丹岳～赤井川カルデラ、狩場山、カスベ岳の深さ約 10～20 km に P 波低速度体が分布するが（図 4.3-8）、より深部への連続性は確認できない。同領域の  $V_s$  は深さ 20 km で低速度であるが（図 4.3-



9),  $V_p/V_s$  比との対応は明瞭でない (図 4.3-10)。ニセコ・雷電火山群では深さ 20 km で  $V_s$  が小さいが,  $V_p$  では顕著ではない。

文献調査対象地区や黒松内低地帯北部の地下において, 顕著な P 波低速度体は見られないが, 深さ 20~30 km では S 波低速度体が見られ, その端部に位置すると読み取ることができる。

以上の特徴は, Niu et al. (2016), Shiina et al. (2018)などのそれぞれで推定された地震波速度構造や Kita et al. (2014)などによって示される地震波減衰構造と調和的な部分も見られるが, 詳細な分布はそれぞれで異なる。例えば, Niu et al. (2016)によって推定された地震波速度構造では, 黒松内低地帯下の低周波地震分布域の下位に地震波低速度体が局所的に分布するように読み取れるが, その分布域や有無についてはそれぞれの研究で異なる。このことは, それぞれの解析に使用された地震データが異なることや, 空間分解能が低いことなどによる不確かさに起因すると考えられる。

以上のことから, 文献調査対象地区の地下に流体の存在を示唆する特徴は認められない。

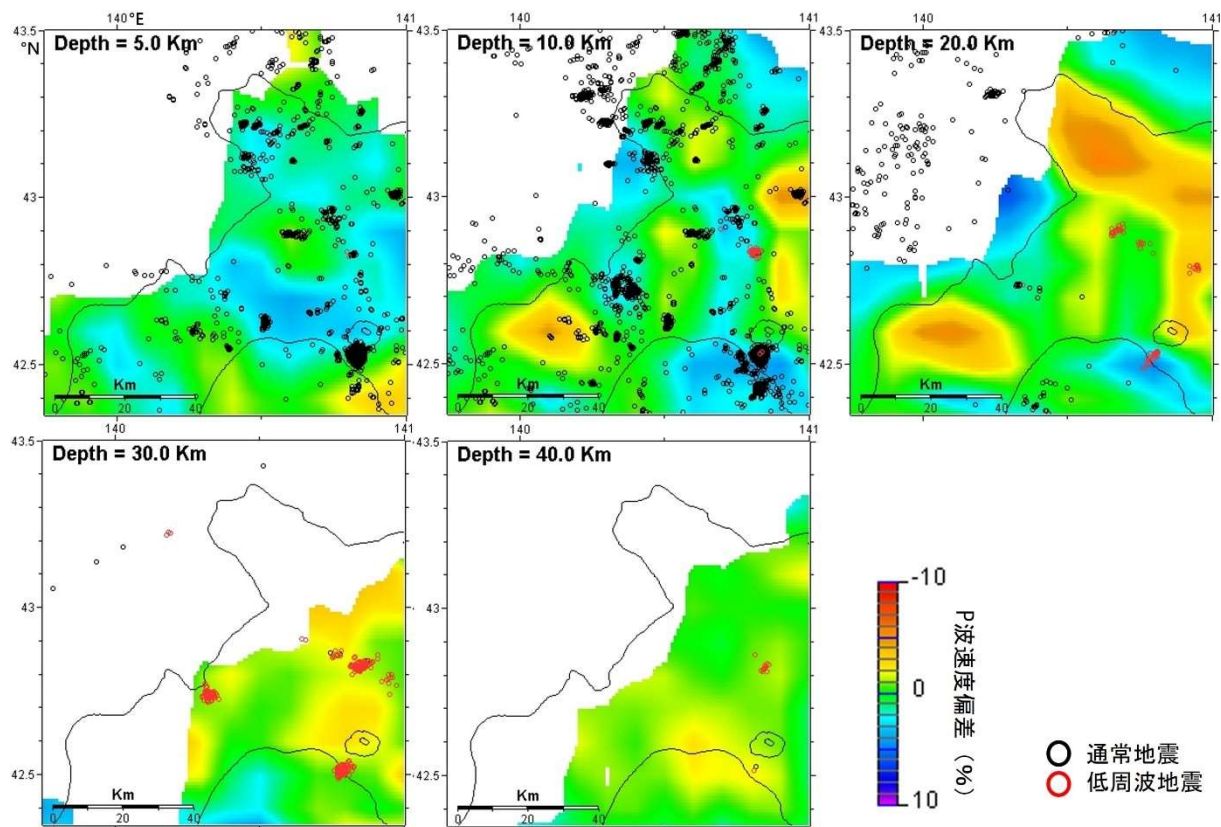


図 4.3-8 文献調査対象地区周辺における P 波速度偏差の分布

Matsubara et al. (2022)および防災科学技術研究所ホームページを用いて作成した図を編集。震源分布は気象庁ホームページ b (データ期間: 1997 年 10 月から 2022 年 3 月) に基づき作成。図中に示す地震は各深度から 5 km 以内の深さで発生した地震の震源。



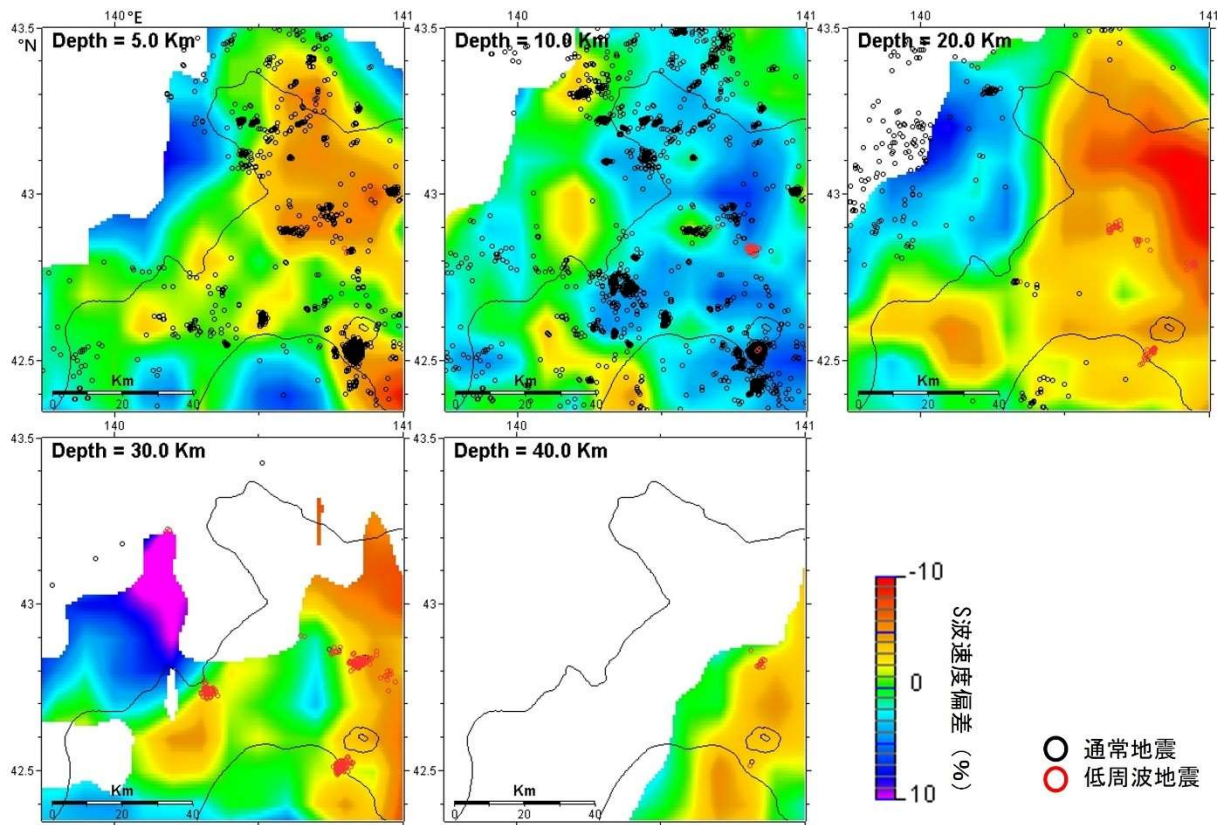


図 4.3-9 文献調査対象地区周辺における S 波速度偏差の分布

Matsubara et al. (2022)および防災科学技術研究所ホームページを用いて作成した図を編集。震源分布は気象庁ホームページb（データ期間：1997年10月から2022年3月）に基づき作成。図中に示す地震は各深度から5 km 以内の深さで発生した地震の震源。

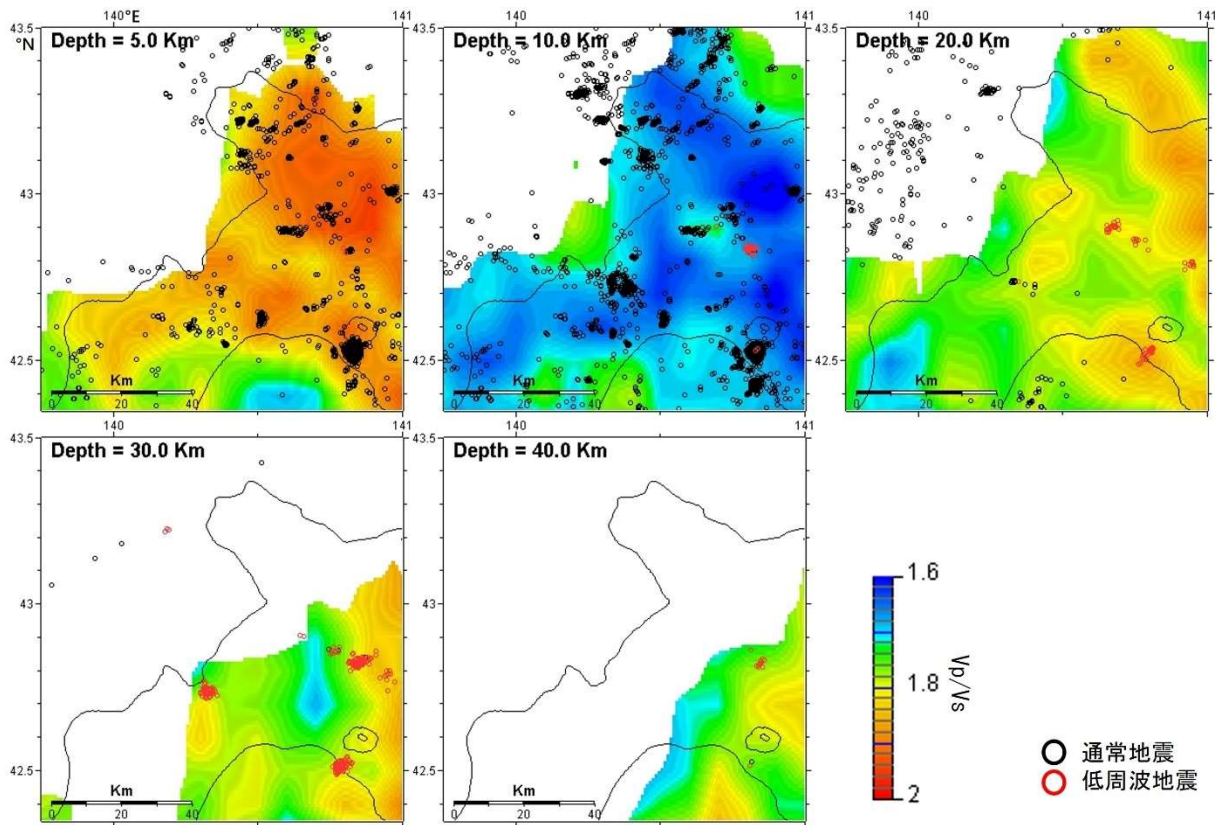


図 4.3-10 文献調査対象地区周辺における  $V_p/V_s$  の分布

Matsubara et al. (2022)および防災科学技術研究所ホームページを用いて作成した図を編集。震源分布は気象庁ホームページb（データ期間：1997年10月から2022年3月）に基づき作成。図中に示す地震は各深度から5 km 以内の深さで発生した地震の震源。

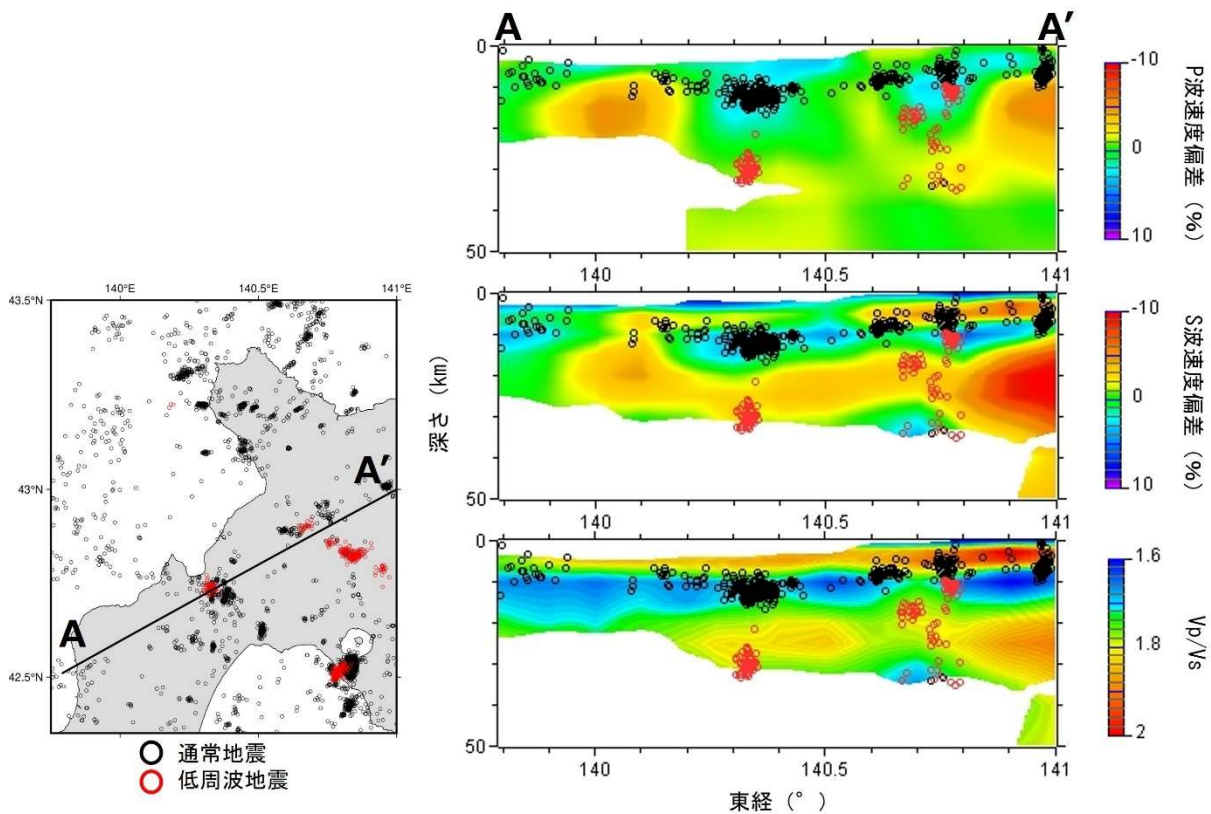


図 4.3-11 文献調査対象地区周辺の地震波速度断面図

Matsubara et al. (2022)および防災科学技術研究所ホームページを用いて作成した図を編集。震源分布は気象庁ホームページb（データ期間：1997年10月から2022年3月）に基づき作成。図中に示す地震は断面位置から片幅10 km以内で発生した地震の震源。

### (iii) 比抵抗構造

一般に、電磁探査によって推定される比抵抗は、岩石の状態を反映して変化する物性値である。地下にメルトなどの流体が存在する場合、比抵抗は大きく低下することが知られており（例えば、中島，2016）、富士山下の比抵抗構造を推定した事例（Aizawa et al., 2004）では、マグマ溜りを示唆する顕著な低比抵抗体が深さ15 km以深に認められている。このことから、比抵抗構造は、上述した地震波速度構造などとともに、特に地表から地殻深部またはマントル最上部までの領域におけるメルトなどの流体の分布を把握するために用いられている（例えば、Umeda, 2009）。

文献調査対象地区の比抵抗構造を示した文献は見当たらない。なお、文献調査対象地区は含まないが、その周辺における比抵抗構造は、平田ほか（2009）、Tamura et al. (2022)、Oka et al. (2023)により示されている。このうち平田ほか（2009）では、黒松内低地帯を横断する深さ10 kmまでの二次元比抵抗構造が示されている。これによると、複数の低比抵抗体が分布するが、これらは中新世の堆積層や先第三紀の地層に相当すると推定されており、火山活動との関連性については言及されていない。また、文献調査対象地区の北東方に位置するニセコ地域（ニセコ・雷電火山群の東部）では、Tamura et al. (2022)によって深さ12 kmまでの三次元比抵抗構造が推定されている。これによると、火山性流体の存在を示唆する低比抵抗体が地下2 km以深において鉛直に分布し、マグマの上昇システムの存在を示唆していることを指摘している。さらにOka et al. (2023)は、この低比抵抗体

や坑井温度などの情報を考慮して、イワオヌプリおよびチセヌプリの深さ約 3 km にマグマ溜りが存在し、それによって火山活動が引き起こされた可能性を指摘している。

以上の比抵抗構造に関する情報に基づくと、文献調査対象地区の地下に流体の存在を示唆する特徴は認められない。

#### 4.3.3 マントルウェッジにおけるメルトの生成と移動

本項では、将来、深部のマントルウェッジから地殻へメルトが貫入し、新たな火山を生じさせる可能性を検討するための情報として、メルトの生成に関連する温度構造についての数値シミュレーションと現在の高温域・流体分布に関連する不均質構造に関する知見を整理した。ただし、「文献調査段階の評価の考え方」の基準への該当性の確認の仕方に示されるように (1.1.3 参照)、新たな火山の発生の蓋然性を具体的な地点において評価する手法は確立されておらず、今回、整理した知見に基づいて評価を行うことはできない。よって、研究の現状について整理するに留めることとする。

##### (1) メルトの生成に関連する温度構造についての数値シミュレーション

4.3.1 で述べたように、カンラン岩の熔融やスラブの脱水にはマントルウェッジやスラブの温度構造が関与する。本項では、スラブの沈み込みを仮定した数値シミュレーションによるマントルウェッジの温度構造、それに基づくメルトの生成、これらと火山の分布傾向との関連性が検討された研究事例から、現状の知見について整理する。

東北日本に沈み込む太平洋スラブの沈み込みを仮定した数値シミュレーションは、Honda and Yoshida (2005)、Lee and Wada (2017, 2021)、Morishige (2015)、Wada et al. (2015)などによって行われており、典型的な沈み込み帯である東北地方を対象とした研究が多い。東北地方では、第四紀\*火山が島弧に直交する方向に細長く分布する複数のクラスターに分けられる (Tamura et al., 2002) ことが指摘されているが (3.1.2 参照)、数値シミュレーションによって推定された温度構造等をもとに、このような火山の分布傾向に関する説明が試みられており、主に以下のことが指摘されている。

- ・ マントルウェッジでは、粘性・温度などの物性の不均質やスラブの沈み込みなどに起因して、高温域と低温域が島弧に沿って交互に形成され得ること (例えば、Honda and Yoshida, 2005 ; Lee and Wada, 2017, 2021)
- ・ このうち高温域ではマントルウェッジでの熔融がとくに促進されること (例えば、Yoo and Lee, 2020)
- ・ マントルウェッジにおけるこれらの温度不均質により、火山がクラスター化するに至った可能性 (例えば、Lee and Wada, 2017)

ただし、数値シミュレーションの初期条件や境界条件などのほか、三次元的な対流が生じる原因に関する見解は、それぞれの研究で異なる。また、Nakajima et al. (2013)によると、地震観測データから推定されるマントルウェッジの地震波減衰構造が島弧に沿って顕著な変化を示さないことから、火成活動はマントルウェッジの温度分布ではなく、部分熔融の程度に依存している可能性を指摘している。

文献調査対象地区は東北日本弧の北東端部に位置するが (米倉ほか, 2001)、沈み込む太平洋スラブは西南北海道で屈曲し、それ以南では西方向に、以東では北西方向に傾斜する (例えば、Hasegawa et al., 2009)。この東北日本弧と千島弧の会合部を対象とした研究事例として、Wada et al. (2015)お



び Morishige and van Keken (2014)が挙げられる。

Wada et al. (2015)は北海道地方から東北地方を対象に、北海道～東北の間で蝶番のように屈曲している太平洋スラブの形状をモデル化し、プレート沈み込み帯の三次元数値シミュレーションを行っている。これによると、西南北海道では、屈曲したスラブの沈み込みによって生じる三次元的なマントル対流の影響を受けて、マントルウェッジの温度が周囲よりも低温となることが指摘されている。さらに、このマントル対流の向きが、北海道東部で火山が雁行配列している(中川ほか, 1999)ことの重要な要因となっている可能性を指摘している。一方で、文献調査対象地区の周辺で北西-南東方向に卓越する火山列(例えば, Watanabe, 1990)や、北海道の火山地域が三つに区分されること(中川ほか, 1995)(3.1.1 参照)とマントル対流の関連性についての指摘はない。

Morishige and van Keken (2014)では、太平洋スラブを単純な形状でモデル化して三次元数値シミュレーションを行い、スラブ表面の温度構造を推定している。これによると、解析ケースによってはスラブの屈曲部で高温になり得ることが指摘されており、Wada et al. (2015)とは逆のパターンを示している。これらの温度構造と火山分布の関連性については言及されていない。

以上の数値シミュレーションに関する知見を整理した結果、マントルウェッジの温度構造に基づくメルトの生成場と火山の分布傾向との関連性については、定性的な説明が試みられている段階であることが判明した。

## (2) 現在の高温域・流体分布に関連する不均質構造

4.3.1 で述べたように、マントルウェッジで生じたメルトはモホ面直下まで移動し、地殻への貫入と地表への噴出によって火山が形成される。このうちマントルウェッジでのメルトの供給路は、地震波不均質構造などに基づいて議論されている。本項では、文献調査対象地区を含む北海道地域のマントルウェッジにおける現在の不均質構造と火山の分布傾向の関連性が検討された研究事例を整理する。

一般に、地震波や電磁場の観測データを解析することによって推定される地球内部の地震波速度、地震波の減衰、比抵抗は、岩石中のメルトや水といった流体の存在や温度の違いなどに依存する。このため、東北日本弧や千島弧を含む多くの沈み込み帯では、地震波速度構造、地震波減衰構造、比抵抗構造等の空間分布をもとに、地表の火山に供給する地球内部の流体や高温域の存在・分布の推定が試みられている(例えば, Nakajima et al., 2001)。

北海道地域のマントルウェッジの地震波速度構造は、Wang and Zhao (2005), Niu et al. (2016), Shiina et al. (2018), Matsubara et al. (2017, 2019, 2022)などによって推定されている。地震波減衰構造は、Kita et al. (2014), Wang et al. (2017), Wang and Zhao (2019), Hua et al. (2019)によって推定されている。その一例として、防災科学技術研究所提供の「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」

(Matsubara et al., 2022)に基づく地震波速度構造(P波速度偏差)を図4.3-12に示す。なお、比抵抗構造を推定した事例は見当たらない。

これらの研究によると、メルトを含む流体や高温域の存在を示唆する地震波低速度体や地震波高減衰域が、北海道地域のマントルウェッジに認められることが指摘されている(例えば, Matsubara et al., 2019)。また、いくつかの研究では、北海道全域あるいは一部の地域に対して見られる大局的な特徴として、地震波低速度域や地震波高減衰域が背弧域の深部から火山フロント下のマントル最上部まで連続し、火山に供給するメルト等の存在を示唆することが指摘されている(Wang and Zhao, 2005; Kita et al., 2014; Shiina et al., 2018)(4.3.1 参照)が、火山の分布傾向との関連性については言



及されていない。

北海道における第四紀火山の分布傾向（3.1.2 参照）と地下の高温域・流体分布に関連する不均質構造の関連性を指摘した研究は、Kita et al. (2014)である。これによると、北海道全域を対象として推定されたおよそ 120 km までの深さの地震波減衰構造に基づけば、背弧域では深部から火山下のマントル最上部に延びる地震波高減衰域が認められ、非火山地域ではこの特徴が顕著に見られないことを指摘している。ただし、より詳細な空間スケールとして、例えば、文献調査対象地区の周辺で指摘されている北西－南東に卓越する火山列（例えば、Watanabe, 1990）との関連性は指摘されていない。

以上のことから、現在のマントルウェッジにおける高温域・流体分布に関連する不均質構造については、広域的な火山分布の傾向との関連性について説明が試みられている段階であることが判明した。

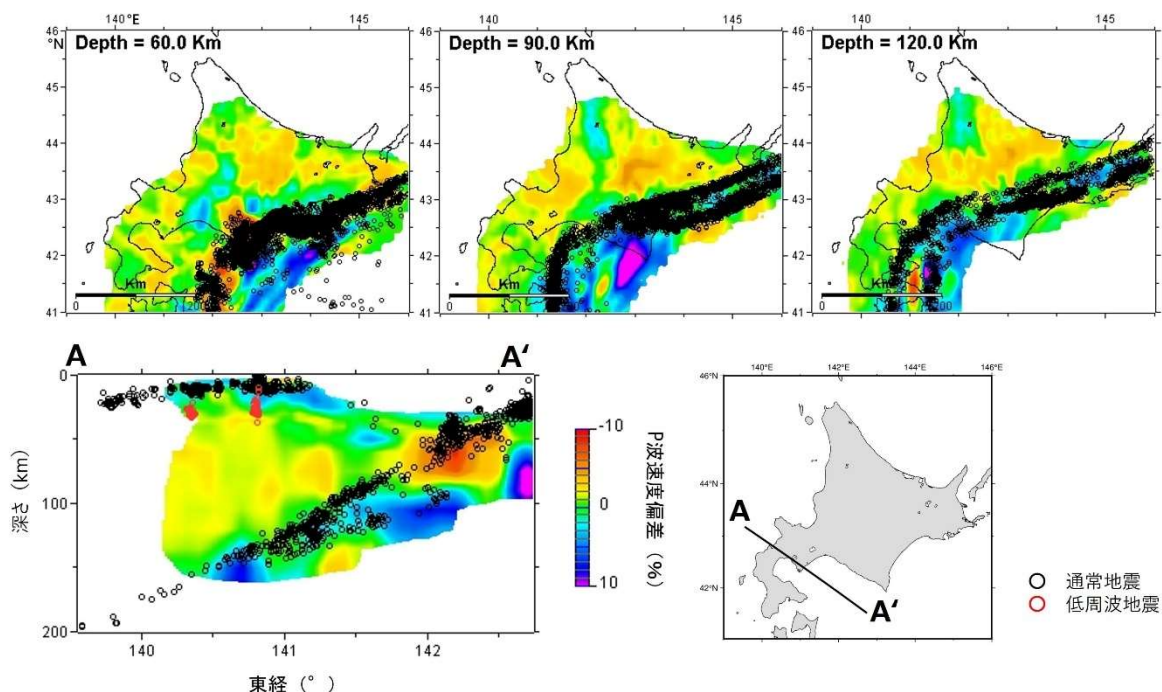


図 4.3-12 北海道における P 波速度偏差の分布

Matsubara et al. (2022)および防災科学技術研究所ホームページを用いて作成した図を編集。震源分布は気象庁ホームページ b（データ期間：1997 年 10 月から 2022 年 3 月）に基づき作成。平面図中に示す地震は各深度から 5 km 以内の深さで発生した地震の震源，断面図中に示す地震は断面位置から片幅 10 km 以内で発生した地震の震源。

## 第5章 基準に照らした評価

本章では、1.1.3に示した「文献調査段階の評価の考え方」に従って、第4章で整理した情報や知見をもとに評価を行った。以下に「文献調査段階の評価の考え方」を再掲する。なお、「第四紀に活動した火山の活動中心」については、1.2.4に示したように、活動中心の位置としての妥当性を総合的に検討し、基準（ア）の履歴が（イ）の範囲に収まることを確認する必要がある。

### マグマの貫入と噴出の基準

最終処分法第六条第二項の第一号及び第二号に対して、以下に該当することが明らかまたは可能性が高い場所を避ける。

（ア）マグマの貫入等<sup>A</sup>による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約258万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈、カルデラ等の履歴が存在する。

同第二号に対して、以下に該当することが明らかまたは可能性が高い場所を避ける。

（イ）第四紀に活動した火山の活動中心からおおむね15キロメートル以内。

（ウ）第四紀に活動した火山が存在しない場所であっても、新たな火山が生じる。

<sup>A</sup> マグマの貫入を伴わない水蒸気噴火

### マグマの貫入と噴出の基準への該当性の確認の仕方

#### ○ 第四紀の火山活動

地質図等の資料に記載される火山噴出物の年代測定データ及び層序等に基づいて、第四紀火山及びその活動に伴う噴出物であることを確認する。

#### ○ マグマの貫入等による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約258万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈、カルデラ等の履歴

第四紀にマグマが噴出・貫入した場所や水蒸気噴火が生じた場所を直接的に示すものとして、地質の観点から火道、貫入岩、岩脈、シル及びそれらを指すもの<sup>A</sup>、地形の観点からカルデラ、火口及びそれらを指すもの<sup>B</sup>を対象とする。

#### ○ 第四紀に活動した火山の活動中心

文献・データ<sup>C</sup>に示された火道・火口等の情報に基づき、活動中心の位置を定める。活動中心とする妥当性が十分に得られない場合は、概要調査段階以降に判断する。

#### ○ 新たな火山の発生

プレートの特性や運動と深い関係があるマグマの発生の傾向は今後10万年程度の間大きく変化することは想定し難いことを考慮した上で、火山の発生メカニズムに関する地域性の観点から、現在マグマの発生条件が成立していることが否定できない場合、以下を行う。

文献調査対象地区下の地殻及びマントル最上部にメルトが存在する可能性を地球物理学的、地球化学的な観測データ<sup>D</sup>を用いて評価する。

将来、より深部から地殻にメルトが貫入する可能性については、「現時点においてマグマの発生条件の成立を否定できない地域について、新たな火山の発生の蓋然性を評価する場合には、マントルウェッジの対流や沈み込む海洋プレートの特性等を加味した評価モデル等の構築によって評価することが考えられるが、研究段階であり、現時点においては確立された評価方法は見当たらない<sup>E</sup>とされていることから、関連する情報<sup>F</sup>を整理しておく。

A 文献によって、岩床、フィダーダイク等と記載されている場合がある。

B 文献によって、爆裂火口、火口列等と記載されている場合がある。

C 科学的特性マップ（図の精度は縮尺 200 万の 1 程度）においては、第四紀火山の中心から 15km の好ましくない範囲を描画するに当たって、全国規模で利用可能な文献・データである「日本の火山（第 3 版）」および「日本の第四紀火山カタログ」の情報を用いて火山の中心を設定している。日本の火山（第 3 版）では、火山の中心の位置は示されておらず、「火山を代表する位置（最高標高点）が示され（中略）日本の第四紀火山カタログでは多くの火山について主火道の位置等の情報をもとに火山中心の位置を評価・特定している」とされている。一方で、これらの文献に示されている火山の位置については、設定した根拠、理由等が必ずしも詳細には説明されていないため、文献調査においてはこれらの文献に加えて、個別の研究論文等を調査し、火道・火口等の情報を詳細に評価するものとする。

D 例えば、地殻熱流量、地震波速度構造、比抵抗構造、ヘリウム同位体比、低周波地震、地震波減衰構造の観測データ。

E 地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項に関する検討（第 3 回目）－火山の専門家への意見聴取結果－2022 年 5 月 18 日 原子力規制庁。

F 例えば、マントルウェッジにおける脱水・溶融の数値シミュレーションや現在の高温域・流体分布に係る不均質構造等が挙げられる。

## 5.1 マグマの貫入等による人工バリアの破壊が生ずるような第四紀（現在から約 258 万年前まで）における火山活動に係る火道、岩脈、カルデラ等の履歴

第 4 章で整理した内容に基づき、基準（ア）に係る評価を以下のとおり行った。

第四紀における火山活動に伴うことが明らか、またはその可能性が高いと考えられる火道、岩脈、カルデラを示す明瞭な地質学的・地形学的な特徴は、文献調査対象地区内に認められず、避ける場所はないものと評価した。

## 5.2 第四紀に活動した火山の活動中心からおおむね 15 km 以内

第 4 章で整理した内容に基づき、基準（イ）に係る評価を以下のとおり行った。

文献調査対象地区の行政界からおおむね 15 km 以内に火山噴出物が分布する第四紀火山として、ニセコ・雷電火山群および写万部山が挙げられる。

ニセコ・雷電火山群は、4.1.2 (1) に示したように、雷電山周辺からニセコアンヌプリ周辺までを含む火山群として本調査では検討を行ったが、雷電火山群とニセコ火山群を独立した火山とする考え方も存在する。その山体は東西に長く延びており、時代を追うごとに活動場が大局的に西から東へ移動している（表 3.1-1 参照）。4.1.2 (1) に示したように、第四紀火山カタログ委員会編（1999）はニセコ・雷電火山群の主火道を推定し、「イワオヌプリ」の位置を示している。その活動時期は 0.3 Ma 以降とされており、ニセコ・雷電火山群の中で最も新しい活動とされている。また、火口等の地形もイワオヌプリの周辺に集中して分布している傾向がみられる。さらに、イワオヌプリは、噴気活動中であるとも指摘されており（中野ほか編，2013）、Tamura et al. (2022)や Oka et al. (2023)により、チセヌプリおよびイワオヌプリ下の地殻内にマグマの存在が指摘されている（4.3.2 参照）。イワオヌプリはニセコ・雷電火山群の山体の中で、最も活動的な地点であると考えられる。一方、山元（2014）の噴出量階段図によると、雷電山を供給源とした噴出物の量が最も大きく、第四紀火山

カタログ委員会編（1999）でも、個別火山体の主火道の一つとして、「雷電」が示されている。

以上のことから、ニセコ・雷電火山群の活動中心については、「基準への該当性の確認の仕方」に従い、火道や火口が密集しているイワオヌプリに定めた。イワオヌプリは、現在地殻内にマグマが示唆されるなど、最も活動的な地点であると考えられており、火山の活動中心として妥当性が高いと考えられる。

また、写万部山は、4.1.2 (2) に示したように、火道や火口に関する情報は認められなかった。西来ほか編（2012）は、写万部山山頂を「主要な位置」として示している。これは、中野ほか編（2013）が示している座標位置に一致する。地層処分技術WG（2017）によれば、「複成火山は、中心火口から繰り返し噴出物を放出することで山が成長するため、火山中心が最も高くなるのが一般的」とされている。写万部山は「複成火山」に該当し（3.1.4 参照）、その最高標高点は、西来ほか編（2012）、中野ほか編（2013）に示される位置と一致している。

以上のことから、写万部山の活動中心については、「基準への該当性の確認の仕方」に従って、火道・火口等の情報に基づいて位置を定めることはできないが、西来ほか編（2012）などの文献に示される写万部山山頂（写万部山の最高標高点）の位置が火山の活動中心として大きくずれている可能性は低いと考え、この位置を暫定的な活動中心とした。

図 5.3-1 に、ニセコ・雷電火山群および写万部山の活動中心から 15 km 以内の範囲を示す。文献調査対象地区において、これらの範囲に含まれる領域は認められず、避ける場所はないものと評価した。

### 5.3 第四紀に活動した火山が存在しない場所であっても、新たな火山が生じる可能性

第4章で整理した内容に基づき、基準（ウ）に係る評価を以下のとおり行った。

4.3.1 に示したように、文献調査対象地区は背弧域に位置しており、新たな火山の発生に寄与するマグマの発生条件の成立性を否定することはできないと判断し、以下の評価を行った。

4.3.2 で示したように、文献調査対象地区南端付近の深さ 30 km 付近に、低周波地震の震源が局所的に分布していることが確認された（図 5.3-1）。この低周波地震は、部分熔融域やそこから上昇する流体の存在を示唆している可能性（Shiina et al., 2018）が指摘されている。一方で、低周波地震は火山周辺に限らず、火山から遠く離れた地域の上部地殻を含め、日本列島の広い範囲で発生していることが明らかになり、詳細な発生メカニズムについては現在も議論されていること（例えば、長谷川・中島、2022）にも留意する必要がある。さらに、このほかの情報には、データの粗密や空間分解能の制約、文献による相違があり（4.3.2 参照）、文献調査の段階で、相対的な高温領域やマントル起源流体の供給の有無、地下深部の流体の存在や分布について明らかにすることはできなかった。

また、4.3.3 で示したように、将来、より深部から地殻にメルトが貫入する可能性については、新たな火山の発生の蓋然性を具体的な地点において評価する手法は確立されておらず、今回、整理した知見に基づいて評価を行うことはできなかった。

以上のことから、文献調査対象地区下にメルトが存在する可能性について判断できず、将来、より深部から地殻にメルトが貫入する可能性については評価できなかった。したがって、基準（ウ）に該当することが明らかまたは可能性が高いかを判断することはできず、現段階においては避ける場所はないものと評価する。

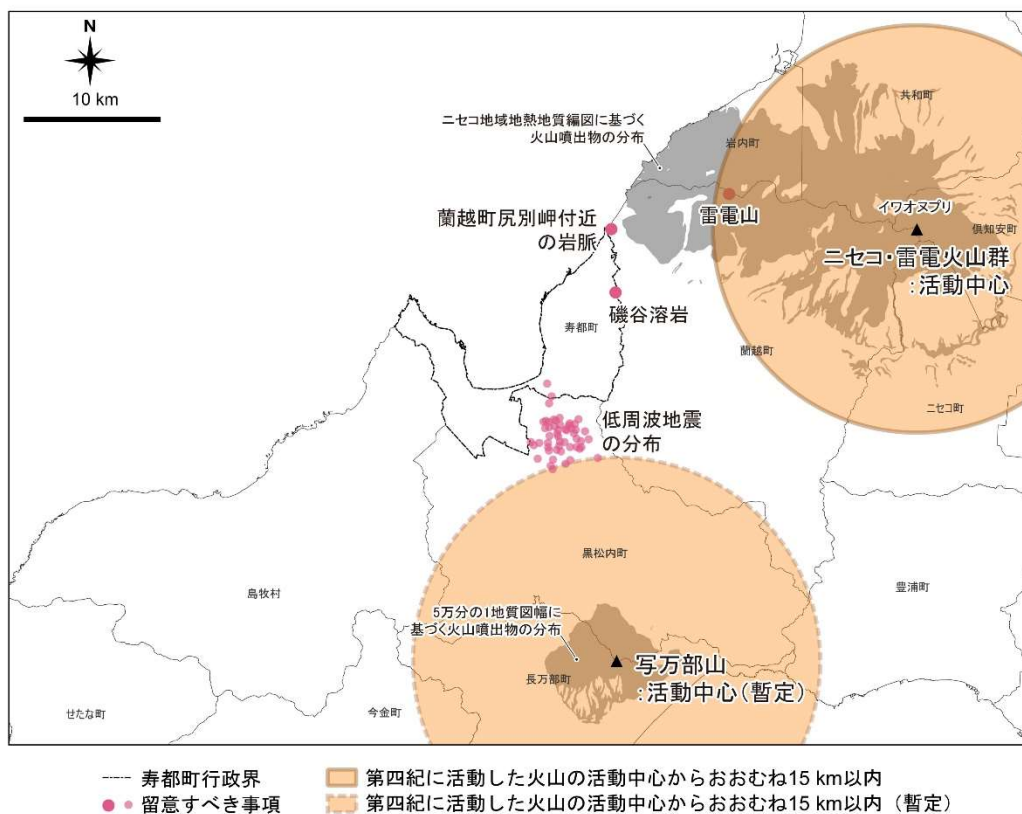


図 5.3-1 基準に照らした評価の対象とそのおよその位置  
基図として「国土数値情報（行政区域データ）」（国土交通省）を使用。

#### 5.4 概要調査に向けた考え方

文献調査において十分評価できなかった点について、概要調査では、精密調査地区として選定しようとする地区に対して「マグマの貫入と噴出」などに伴う影響が及ぶおそれがないかを確認し、評価を行う。したがって、精密調査地区として選定しようとする地区からの距離に応じて、個別の火山などに対する調査・評価の詳細度が変わる可能性がある。また、影響が及ぶおそれがないことの確認が難しい領域については、その領域から離隔距離を取ったうえで精密調査地区を選定することとする。特に、基準（イ）および（ウ）の評価に際しては、大きく離隔距離を取る必要が生じる可能性があり、精密調査地区として選定しようとする地区が残らないと結論づけられる場合も考えられる。

上記の考え方で調査・評価していくことにより、文献調査において情報の不足により十分に評価できなかった点についても結論を得ることができる見通しである。

概要調査では、産業技術総合研究所深部地質環境研究センター編（2007）や産業技術総合研究所深部地質環境研究コア編（2012）、原子力規制委員会（2013）などを参照し、空中や地上の物理探査、地形調査、地表踏査、ボーリング調査及び岩石、地下水試料などの分析を組み合わせ、調査・評価を行う。特に基準（ウ）に関しては、飯豊山地を例とした Umeda et al.（2006, 2007）などの既往の調査・評価例なども参照する。

本調査において十分に評価できなかった点のうち、概要調査に向けて留意すべき事項を以下に示す。



基準（ア）については、以下のとおり。

- ・ 文献調査対象地区東端に火山噴出物が分布する「磯谷溶岩」（4.2.1 参照）（図 5.3-1）は第四紀に活動した可能性が指摘されているが、年代測定データが確認できなかったため、情報を拡充する必要がある。
- ・ 活動時期が明らかでない火山岩体、貫入岩・岩脈が、文献調査対象地区内に複数分布しているが、年代測定データまたは層序に関する情報が不足しているため、情報を拡充する必要があるが、情報が拡充できたとしても火道、岩脈等の形成時期を明らかにすることが難しい可能性も考えられる。

基準（イ）については、以下のとおり。

- ニセコ・雷電火山群の西側では、雷電山の活動に伴う火山噴出物および雷電山の山体の半分程度の領域が、火山の活動中心から 15 km 以内の範囲を超えて分布している。雷電山とニセコ火山群を独立した火山とする考え方も存在することから、雷電山周辺に活動中心をもつ 15 km 以内の範囲を追加で設定することも考えられる。ただし、その際は以下のような事項を考慮する必要がある。
  - ・ 雷電山はニセコ・雷電火山群の中で最も活動時期が古いことに加え、火山性熱水変質を受けた地帯では集中的に地すべりおよび崩壊が発生し、山容が変化しつつある（新エネルギー総合開発機構、1987a）ことから、地形判読では明確な火道や火口の情報を確認できない。
  - ・ 火道・火口等の情報に基づいて活動中心を定めるためには、現地で情報を拡充する必要があるが、新エネルギー総合開発機構（1987a）などによりすでに地形や地質、地質構造等に関する相当の調査が実施されていることから、今後、新たな知見が多く得られるとは考えにくく、活動の中心を確認することが難しい可能性がある。このため、既に得られている噴出量、山体の広がりなどから活動中心を評価せざるを得ないことも想定される。
  - ・ 仮に雷電山の山頂に活動中心を設定した場合、文献調査対象地区の北東部が火山の活動中心から 15 km 以内に含まれる可能性がある。
- 4.2 に示したように、第四紀の活動の可能性が指摘されている、または、活動時期が明らかでない火山岩体、岩脈などが、文献調査対象地区および海域も含めた周辺地域に分布している。このうち、5.1 にも示した「磯谷溶岩」（図 5.3-1）や、文献調査対象地区のごく近傍に分布し、第四紀の K-Ar 年代が得られている蘭越町尻別岬付近の岩脈（図 5.3-1）は、ニセコ・雷電火山群の近傍に分布するが、別の火山活動に伴うものである可能性も考えられる。岩石の組成などについて調査し、ニセコ・雷電火山群とは関連のない火山活動と認定される場合には、基準（イ）の評価について検討する必要がある。

基準（ウ）については、以下のとおり。

- ・ 地震探査、電磁探査などの物理探査やボーリング調査により、本調査で十分に検討することができなかった地下深部の温度構造、地下水等の化学特性、地震波速度構造を含む物理特性に関する情報を拡充する必要がある。
- ・ ただし、「現在、地殻及びマントル最上部にメルトが存在する可能性」については、地下の情報が拡充できたとしても必ずしも評価が可能となるわけではないことに留意が必要である。

- ・ 「将来、より深部から地殻にメルトが貫入する可能性」については4.3.3で整理したように、メルトの生成に関連する温度構造についての数値シミュレーションを通じて、マントルウェッジの温度構造に基づくメルトの生成場と火山の分布傾向との関連性の定性的な説明が試みられている段階であること、現在の高温域・流体分布に関連する不均質構造については、広域的な火山分布の傾向との関連性について説明が試みられている段階であることを把握している。したがって、概要調査においては、現時点で確立された評価方法自体が見当たらない（原子力規制庁，2022）状況であることも踏まえ、関連する数値モデルやシミュレーション、不確実性評価に関する技術的進展や適用性を精査し、可能性を有する手法を用いた評価の実施を検討する。

## 引用文献

- Aizawa, K., Yoshimura, R., Oshiman, N. (2004) Splitting of the Philippine Sea Plate and a magma chamber beneath Mt. Fuji, *Geophysical Research Letters*, 31, L09603, doi: 10.1029/2004GL019477.
- 秋葉 力 (1957) 北海道後志国大金鉱山附近の地質および鉱床 特に西谷鍾群について, *鉱山地質*, 7, 3, pp. 30-48.
- 秋葉 力, 庄谷幸夫 (1970) 黒松内東北部地域の地質と鉱床, *北海道地下資源調査資料*, 118, pp. 47-55, 北海道開発庁.
- 浅森浩一, 石丸恒存, 岩月輝希 (2002) 日本列島における火山周辺の酸性地下水分布, *サイクル機構技報*, 15, pp. 103-111.
- 防災科学技術研究所: 日本列島三次元地震波速度構造表示ソフトウェア, [https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo\\_kozo/software.php](https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/software.php), 2023年6月8日閲覧.
- 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) 日本の第四紀火山カタログ, 日本火山学会.
- 土居繁雄, 松井公平, 藤原哲夫 (1958) 5万分の1地質図幅「豊浦」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第49号, 北海道開発庁.
- 土居繁雄, 長谷川 潔, 寺島克之, 高橋功二, 斎藤昌之, 小山内 熙, 五十嵐昭明, 岡部賢二, 鈴木 哲, 財原浩美, 坂下正弘, 秋元友造, 横平 弘 (1977) 特定鉱床開発促進調査資料 泊川上流地域, 北海道開発局長官房.
- 道南グリーン・タフ団体研究グループ (1984) 西南北海道・島牧地域の第三系—グリーン・タフ変動と島弧変動との関連性についての検討—, *地球科学*, 38, 6, pp. 380-396.
- 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.
- 原子力発電環境整備機構 (2020) 北海道寿都郡寿都町 文献調査計画書.
- 原子力規制庁 (2022) 「地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項に関する検討 (第3回目) —火山の専門家への意見聴取結果—」, 令和4年度第10回, 原子力規制委員会資料 2, 令和4年5月18日.
- 原子力規制委員会 (2013) 原子力発電所の火山影響評価ガイド (改正令和元年12月18日).
- 原子力規制委員会 (2022) 特定放射性廃棄物の最終処分における概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項.
- 長谷川 昭, 中島淳一, 海野徳仁, 三浦 哲, 諏訪謡子 (2004) 東北日本弧における地殻の変形と内陸地震の発生様式, *地震* 第2輯, 56, 4, pp. 413-424.
- Hasegawa, A., Nakajima, J., Uchida, N., Okada, T., Zhao, D., Matsuzawa, T., Umino, N. (2009) Plate subduction, and generation of earthquakes and magmas in Japan as inferred from seismic observations: An overview, *Gondwana Research*, 16, pp. 370-400.
- 長谷川 昭, 中島淳一, 内田直希, 梁田高広, 岡田知己, 趙 大鵬, 松澤 暢, 海野徳仁 (2012) 沈み込み帯の地震の発生機構—地殻流体に規定されて発生する沈み込み帯の地震—, *地学雑誌*, 121, 1, pp. 128-160.
- 長谷川 昭, 中島淳一 (2022) 陸域下の低周波地震とその地震学およびテクトニクスの意義, *地学雑誌*, 131, 3, pp. 289-315.

- 長谷川 潔, 寺島克文, 黒沢邦彦 (1983) 北海道の地質と資源 III 北海道の金属鉱物資源, 北海道立地下資源調査所.
- 早川福利, 国府谷盛明 (1968) 寿都町弁慶岬周辺の温泉示徴, 地下資源調査所報告, 38, p. 90.
- 平井浩二, 小野修司, 松枝大治 (2001) 西南北海道寿都-長万部地域における熱水性金銀鉱床の鉱化年代, 資源地質学会第 51 回年会講演会講演要旨集, P-36.
- 平田貴一, 茂木 透, 山谷祐介, 長谷英彰, 市原 寛 (2009) MT 法による黒松内地域の地下構造, 北海道大学地球物理学研究報告, 72, pp. 387-398.
- 広川 治, 村山正郎 (1955) 5 万分の 1 地質図幅「岩内」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 27 号, 地質調査所.
- 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 (2016) 第 404 回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 (2016 年 9 月 30 日開催) .
- Honda, S., Yoshida, T. (2005) Application of the model of small-scale convection under the island arc to the NE Honshu subduction zone, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6, 1, Q01002, doi: 10.1029/2004GC000785.
- Honda, S., Yoshida, T., Aoike, K. (2007) Spatial and temporal evolution of arc volcanism in the northeast Honshu and Izu-Bonin Arcs: Evidence of small-scale convection under the island arc?, *Island Arc*, 16, pp. 214-223.
- Hua, Y., Zhao, D., Xu, Y., Wang, Z. (2019) Arc-arc collision caused the 2018 Eastern Iburi earthquake (M 6.7) in Hokkaido, Japan, *Scientific Reports*, 9:13914, doi: 10.1038/s41598-019-50305-x.
- 五十嵐昭明, 横田節哉 (1970) 北海道ニセコ火山東部地域の第四紀鉱化作用, 地質調査所月報, 21, 6, pp. 361-385.
- 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.
- 石原舜三, 佐々木 昭, 佐藤興平 (1992) 日本鉱床生成図 深成岩活動と鉱化作用 (3) 第三紀-第四紀, 200 万分の 1 地質編集図, 15-3, 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.
- 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-S</sup>.
- 核燃料サイクル開発機構 (1999) わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—分冊 1 わが国の地質環境, JNC TN1400 99-021.
- Kaneoka, I., Yamagishi, H., Yahata, M. (1987) K-Ar ages of the Neogene submarine volcanic rocks and overlying Quaternary subaerial lavas from the Mt. Karibayama area, Southwest Hokkaido, *Bulletin of the Volcanological Society of Japan, Second Series*, 32, 4, pp. 329-333.
- 河野義礼, 植田良夫 (1967) 本邦火成岩の K-Ar dating (VI)—花崗岩類, 総括—, 岩石鉱物鉱床学会誌, 57, 5, pp. 177-187.
- 風早康平, 高橋正明, 安原正也, 西尾嘉朗, 稲村明彦, 森川徳敏, 佐藤 努, 高橋 浩, 北岡豪一,

- 大沢信二, 尾山洋一, 大和田道子, 塚本 斉, 堀口桂香, 戸崎裕貴, 切田 司 (2014) 西南日本におけるスラブ起源深部流体の分布と特徴, 日本水文科学会誌, 44, 1, pp. 3–16.
- 風早康平, 高橋正明, 切田 司, 内藤一樹, 渡部芳夫 (2015) 日本列島におけるスラブ起源水の上昇地域の分布図, 地質調査総合センター研究資料集, 616.
- 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.
- 金原啓司, 阪口圭一 (1989) 日本の主要地熱地域の地質と温泉・変質帯分布, 地質調査所報告, 270.
- 気象庁 a: 日本活火山総覧 (第4版) Web 掲載版, [https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu\\_jma\\_hp.html](https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu_jma_hp.html), 2022年5月11日閲覧.
- 気象庁 b: 地震月報 (カタログ編), <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>, 2023年10月20日閲覧.
- Kita, S., Nakajima, J., Hasegawa, A., Okada, T., Katsumata, K., Asano, Y., Kimura, T. (2014) Detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido, northeastern Japan: Arc-arc collision process, arc magmatism, and seismotectonics, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119, pp. 6486–6511.
- Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic northwest Pacific, *The Journal of the Geological Society of Japan*, 91, 3, pp. 195–211.
- 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 (行政区域データ第3.1版), [https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v3\\_1.html](https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v3_1.html), 2023年8月18日閲覧.
- 小松 亮, 梅田浩司 (1999) 日本列島における温泉・熱水変質帯について, サイクル機構技報, 4, pp. 121–128.
- 国府谷盛明, 土居繁雄 (1961) 5万分の1地質図幅「狩太」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第38号, 北海道立地下資源調査所.
- 久保和也, 石田正夫, 成田英吉 (1983) 長万部地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 札幌 (4) 第48号, 地質調査所.
- 久保和也, 柴田 賢, 石田正夫 (1988) 西南北海道, 長万部地域の新第三紀火山岩類のK-Ar年代, 地質学雑誌, 94, 10, pp. 789–792.
- 黒沢邦彦, 田近 淳, 八幡正弘, 山岸宏光 (1993) 5万分の1地質図幅「大平山」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第47号, 北海道立地下資源調査所.
- 草野友宏, 浅森浩一, 梅田浩司 (2012) 日本列島における地下水・温泉ガスのヘリウム同位体比データベースの作成, JAEA-Data/Code 2012-017, 日本原子力研究開発機構.
- Lee, C., Wada, I. (2017) Clustering of arc volcanoes caused by temperature perturbations in the back-arc mantle, *Nature Communications*, 8, 15753, doi: 10.1038/ncomms15753.
- Lee, C., Wada, I. (2021) Volcano clustering promoted by the cessation of back-arc spreading and ensuing nascent lithospheric drips, *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091433, doi: 10.1029/2020GL091433.
- Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T. (2017) Three-dimensional seismic velocity structure beneath Japanese Islands and surroundings based on NIED seismic networks using both inland and offshore events, *Journal of Disaster Research*, 12, 5, pp. 844–857.
- Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K., Kamiya, S. (2019) Seismic velocity structure in and around the Japanese Island arc derived from seismic



- tomography including NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, *Seismic Waves—Probing Earth System*, doi: 10.5772/intechopen.86936.
- Matsubara, M., Ishiyama, T., No, T., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Kamiya, S. (2022) Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, *Earth, Planets and Space*, 74, 171, doi: 10.1186/s40623-022-01724-0.
- 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 (1995) 北海道の海岸地域に分布する高濃度塩水について, 地下資源調査所報告, 67, pp. 41–58.
- 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, 鈴木隆広 (1997) 道内温泉水等の水素・酸素同位体比, 地下資源調査所報告, 68, pp. 149–152.
- 三浦大助, 土志田 潔, 幡谷竜太, 阿部信太郎 (2006) 活火山の火口移動に関する検討—電力重要構造物の立地に関わる基本的留意点—, 電力中央研究所報告, N05024.
- 森川徳敏, 角森史昭, 風早康平, 松本則夫 (2019) ヘリウム同位体を用いた地殻流体計測, 地学雑誌, 128, 5, pp. 785–795.
- Morishige, M., van Keken, P. E. (2014) Along-arc variation in the 3-D thermal structure around the junction between the Japan and Kurile arcs, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, pp. 2225–2240.
- Morishige, M. (2015) A new regime of slab-mantle coupling at the plate interface and its possible implications for the distribution of volcanoes, *Earth and Planetary Science Letters*, 427, pp. 262–271.
- 守屋以智雄 (2003) 羊蹄・ニセコ火山群とその周辺—新しい成層火山と円頂丘群, 小疇 尚, 野上道男, 小野有五, 平川一臣編: 日本の地形2 北海道, 東京大学出版会, pp. 269–274.
- 村岡洋文, 阪口圭一, 玉生志郎, 佐々木宗建, 茂野 博, 水垣桂子, 駒澤正夫 (2009) 全国地熱ポテンシャルマップ, 数値地質図, GT-4, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 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.
- Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A. (2001) Three-dimensional structure of  $V_p$ ,  $V_s$ , and  $V_p/V_s$  beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 106, pp. 21843–21857.
- Nakajima, J., Hasegawa, A. (2003) Tomographic imaging of seismic velocity structure in and around the Onikobe volcanic area, northeastern Japan: implications for fluid distribution, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 127, 1–2, pp. 1–18.
- Nakajima, J., Hada, S., Hayami, E., Uchida, N., Hasegawa, A., Yoshioka, S., Matsuzawa, T., Umino, N. (2013) Seismic attenuation beneath northeastern Japan: Constraints on mantle dynamics and arc magmatism, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118, pp. 5838–5855.
- 中島淳一 (2016) プレーートの沈み込みと島弧マグマ活動, 火山, 61, 1, pp. 23–36.

- 中島淳一 (2017) 東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造：地殻構造と低周波地震・S 波反射面との関係, 地震研究所彙報, 92, pp. 49–62.
- Nakajima, J., Hasegawa, A. (2021) Prevalence of shallow low-frequency earthquakes in the continental crust, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126, e2020JB021391, doi: 10.1029/2020JB021391.
- 中村浩二 (2006) 1999 年 8 月以前の一元化震源の中の低周波地震, 駿震時報, 69, pp. 177–191.
- 中野 俊, 西来邦章, 宝田晋治, 星住英夫, 石塚吉浩, 伊藤順一, 川辺禎久, 及川輝樹, 古川竜太, 下司信夫, 石塚 治, 山元孝広, 岸本清行編 (2013) 日本の火山 (第 3 版), 200 万分の 1 地質編集図, 11, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 成田英吉, 矢島淳吉, 太田英順, 渡辺 寧, 羽坂俊一, 羽坂なな子, 平野英雄, 須藤定久 (1996) 鉱物資源図 北海道 (東部・西部), 鉱物資源図, 1, 地質調査所.
- 日本水路協会 (2008a) 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.
- 日本水路協会 (2008b) 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ M7010 Ver.2.0 秋田沖.
- 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.
- Niu, X., Zhao, D., Li, J., Ruan, A. (2016) P wave azimuthal and radial anisotropy of the Hokkaido subduction zone, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121, pp. 2636–2660.
- 野上道男 (2003) 北海道とその周辺の大地形, 小疇 尚, 野上道男, 小野有五, 平川一臣編: 日本の地形 2 北海道, 東京大学出版会, pp. 3–11.
- 能條 歩, 鈴木明彦, 松田敏孝, 都郷義寛 (1996) 西南北海道における黒松内層相当層の再検討, 日本地質学会第 103 年学術大会講演要旨, p. 110.
- 大場与志男 (1960) ニセコ火山群の岩石について, 地質学雑誌, 66, 783, pp. 788–799.
- Oka, D., Tamura, M., Mogi, T., Nakagawa, M., Takahashi, H., Ohzono, M., Ichianagi, M. (2023) Conceptual model of supercritical geothermal system in Shiribeshi Region, Hokkaido, Japan, *Geothermics*, 108, 102617, doi: 10.1016/j.geothermics.2022.102617.
- 岡村 聰 (1984) 西南北海道寿都半島における新第三系と火山活動, 地質学雑誌, 90, 6, pp. 383–391.
- 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.
- 大久保泰邦 (1984) 全国のキュリー点解析結果, 地質ニュース, 362, pp. 12–17, 地質調査所.
- Okubo, Y., Tsu, H., Ogawa, K. (1989) Estimation of Curie point temperature and geothermal structure of island arcs of Japan, *Tectonophysics*, 159, 3–4, pp. 279–290.
- 大久保泰邦 (1993) 日本列島の温度勾配図, 日本地熱学会誌, 15, 1, pp. 1–21.
- 大久保泰邦, 秋田藤夫, 田中明子 (1997) 北海道の温度勾配図とシミュレーション, 地質ニュース, 517, pp. 24–29, 地質調査所.
- 大久保泰邦, 秋田藤夫, 田中明子 (1998) 地温勾配図作成と地下温度構造を求める試み—北海道の例—, 日本地熱学会誌, 20, 1, pp. 15–29.
- Omuralieva, M. A., Hasegawa, A., Matsuzawa, T., Nakajima, J., Okada, T. (2012) Lateral variation of the cutoff depth of shallow earthquakes beneath the Japan Islands and its implications for seismogenesis, *Tectonophysics*, 518–521, pp. 93–105.

- 小野晃司, 曾屋龍典, 三村弘二編 (1981) 日本の火山 (第2版), 200万分の1地質編集図, 11, 地質調査所.
- Ono, S., Hirai, K., Matsueda, H., Kabashima, T. (2004) Polymetallic mineralization at the Suttu vein-type deposit, southwestern Hokkaido, Japan, *Resource Geology*, 54, 4, pp. 453–464.
- 大槻憲四郎 (1989) 鉍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.
- Sagayama, T. (1997) Evidence of lower sea-level stage during 10.5 to 5.5 Ma in the hot spring drill hole of Niseko, southwest Hokkaido, Japan, *Commemorative Volume for Professor Makoto Kato*, p. 381–387.
- 斎藤 仁 (1962) 北海道の鉍泉資源, *地下資源調査所報告*, 28, pp. 1–88.
- 斉藤正雄, 五十嵐昭明, 番場猛夫, 沢 俊明, 山田敬一, 成田英吉 (1963) 北海道金属非金属鉍床総覧 I. 新第三紀後期-第四紀の鉍化作用, 地質調査所.
- 斎藤常正 (1999) 最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序, *石油技術協会誌*, 64, 1, pp. 2–15.
- 坂川幸洋, 梅田浩司, 鈴木元孝, 梶原竜哉, 内田洋平 (2004) 日本の坑井温度プロファイルデータベース, *地震* 第2輯, 57, 1, pp. 63–67.
- Sakamoto, M., Sano, Y., Wakita, H. (1992)  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratio distribution in and around the Hakone volcano, *Geochemical Journal*, 26, 4, pp. 189–195.
- 酒匂純俊, 和気 徹, 早川福利, 二間瀬 洌, 横山英二, 松波武雄, 斉藤尚志, 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) 日本温泉・鉍泉分布図及び一覧 (第2版) CD-ROM版, 数値地質図, GT-2.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センターa: 第四紀火山, [https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/index.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/index.html), 2023年9月27日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センターb: 日本の活火山, [https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/index.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/index.html), 2022年5月10日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センターc: 日本の火山データベース 1 万年噴火イベントデータ集 (ver. 2.5) 活火山分布図, <https://gbank.gsj.jp/volcano/cgi-bin/map.cgi>, 2023年6月15日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センターd: 地熱情報データベース (GRES-DB), <https://gbank.gsj.jp/gres-db/>, 2022年5月11日閲覧.
- 産業技術総合研究所深部地質環境研究センター編 (2007) 概要調査の調査・評価項目に関する技術資料—長期変動と地質環境の科学的知見と調査の進め方—, *地質調査総合センター研究資料集*, 459.
- 産業技術総合研究所深部地質環境研究コア編 (2012) 概要調査の調査評価項目に関する技術資料—立地要件への適合性とその根拠となる調査結果の妥当性—, *地質調査総合センター研究資料集*, 560.
- Sano, Y., Wakita, H. (1985) Geographical distribution of  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in Japan: Implications for arc tectonics and incipient magmatism, *Journal of Geophysical Research*, 90, B10, pp. 8729–8741.
- Sano, Y., Nakajima, J. (2008) Geographical distribution of  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios and seismic tomography in Japan, *Geochemical Journal*, 42, 1, pp. 51–60.
- Shiina, T., Takahashi, H., Okada, T., Matsuzawa, T. (2018) Implications of seismic velocity structure

- at the junction of Kuril-northeastern Japan arcs on active shallow seismicity and deep low-frequency earthquakes, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123, pp. 8732–8747.
- 下鶴大輔, 荒牧重雄, 井田喜明, 中田節也編 (2008) 火山の事典〈第2版〉, 朝倉書店.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2021) 2018年度～2020年度成果報告書 超臨界地熱発電技術研究開発/超臨界地熱資源の評価と調査井仕様の詳細設計/東日本・九州地域における超臨界地熱資源有望地域の調査と抽熱可能量の推定.
- 新エネルギー総合開発機構 (1985) 昭和59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)調査 火山岩分布年代調査報告書.
- 新エネルギー総合開発機構 (1986) 昭和60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)調査 火山岩分布年代調査報告書.
- 新エネルギー総合開発機構 (1987a) 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 (1987b) 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.
- 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 地層処分技術WG (2017) 地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果(地層処分技術WGとりまとめ).
- 菅原 誠, 嵯峨山 積 (2022) 西南北海道北部, 磯谷地域の新第三紀磯谷層の珪藻生層序, 総合地質, 6, 1, pp. 39–46.
- 寿都温泉ゆべつのゆ: 温泉成分分析表, <http://yubetsunoyu.com/onsen/>, 2023年12月5日閲覧.
- 鈴木 守, 山岸宏光, 高橋功二, 庄谷幸夫 (1981) 5万分の1地質図幅「寿都」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第36号, 北海道立地下資源調査所.
- 鈴木隆介 (2012) 建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図 改訂版, 古今書院.
- 高橋雅紀 (2017) 東西日本の地質学的境界【第七話】火山フロントのずれ, *GSJ 地質ニュース*, 6, 5, pp. 149–157, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 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.
- 玉生志郎, 松波武雄, 金原啓司, 川村政和, 駒澤正夫, 高橋正明, 阪口圭一 (2001) 50万分の1札幌地熱資源図及び同説明書, 特殊地質図, 31-4, 地質調査所.
- Tamura, M., Oka, D., Okazaki, N., Suzuki, K., Hashimoto, T., Mogi, T. (2022) Magnetotelluric survey and three-dimensional resistivity structure in and around the Niseko area, southwestern Hokkaido, *Geothermics*, 105, 102496, doi: 10.1016/j.geothermics.2022.102496.
- Tamura, Y., Tatsumi, Y., Zhao, D., Kido, Y., Shukuno, H. (2002) Hot fingers in the mantle wedge: new insights into magma genesis in subduction zones, *Earth and Planetary Science Letters*, 197, pp. 105–116.
- 田中明子, 大久保泰邦, 松林 修 (1997) 東・東南アジア地域のキュリー点深度解析, 地震 第2輯, 50, pp. 183–194.
- 田中明子, 矢野雄策, 笹田政克, 大久保泰邦, 梅田浩司, 中司 昇, 秋田藤夫 (1999) 坑井の温度データによる日本の地温勾配値のコンパイル, 地質調査所月報, 50, 7, pp. 457–487.

- Tanaka, A., Yamano, M., Yano, Y., Sasada, M. (2004) Geothermal gradient and heat flow data in and around Japan (I): Appraisal of heat flow from geothermal gradient data, *Earth, Planets and Space*, 56, pp. 1191–1194.
- 田中明子, 山野 誠, 矢野雄策, 笹田政克 (2004) 日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース, 数値地質図, P-5, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 田中明子 (2009) 地球浅部の温度構造—地震発生層との関連—, *地震* 第2輯, 61, 特集号, pp. s239–s245.
- 田中明子, 濱元栄起, 山野 誠, 後藤秀作 (2019) 日本列島及びその周辺域の熱データベース, [https://www.gsj.jp/Map/JP/docs/jm100\\_doc/jm\\_geothermal-db.html](https://www.gsj.jp/Map/JP/docs/jm100_doc/jm_geothermal-db.html), 2022年5月11日閲覧.
- 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.
- 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.
- 梅田浩司, 小松 亮, 中司 昇 (1999) 坑井データによる地下温度構造の推定, *サイクル機構技報*, 2, pp. 29–36.
- Umeda, K., Asamori, K., Negi, T. Ogawa, Y. (2006) Magnetotelluric imaging of crustal magma storage beneath the Mesozoic crystalline mountains in a nonvolcanic region, northeast Japan, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 7, 8, Q08005, doi: 10.1029/2006GC001247.
- Umeda, K., Asamori, K., Ninomiya, A., Kanazawa, S., Oikawa, T. (2007) Multiple lines of evidence for crustal magma storage beneath the Mesozoic crystalline Iide Mountains, northeast Japan, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112, B05207, doi: 10.1029/2006JB004590.
- Umeda, K. (2009) An Integrated Approach for Detecting Latent Magmatic Activity beneath Non-volcanic Regions: An Example from the Crystalline Iide Mountains, Northeast Japan, *Stability and Buffering Capacity of the Geosphere for Long-term Isolation of Radioactive Waste: Application to Crystalline Rock*, NEA No. 6362, pp. 289–301, OECD Publishing.
- Wada, I., He, J., Hasegawa, A., Nakajima, J. (2015) Mantle wedge flow pattern and thermal structure in Northeast Japan: Effects of oblique subduction and 3-D slab geometry, *Earth and Planetary Science Letters*, 426, pp. 76–88.
- 若浜 洋, 秋田藤夫, 松波武雄 (1995) 北海道地温勾配図及び説明書, 60万分の1地質図, 北海道立地下資源調査所.
- Wang, Z., Zhao, D., Liu, X., Chen, C., Li, X. (2017) P and S wave attenuation tomography of the Japan subduction zone, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, pp. 1688–1710.
- Wang, Z., Zhao, D. (2019) Updated attenuation tomography of Japan subduction zone, *Geophysical Journal International*, 219, pp. 1679–1697.
- Wang, Z., Zhao, D. (2005) Seismic imaging of the entire arc of Tohoku and Hokkaido in Japan using P-wave, S-wave and sP depth-phase data, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 152, pp. 144–162.
- 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.
- 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.
- 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.
- Watanabe, Y. (2002) Late Cenozoic metallogeny of Southwest Hokkaido, Japan, *Resource Geology*, 52, 3, pp. 191–210.
- 矢島澄策 (1937) 狩場火山に就いて (豫報), *地質学雑誌*, 44, 525, pp. 476–477.
- 矢島澄策, 陸川正明 (1939) 長萬部圖幅説明書, 北海道工業試験場地質調査報告, 3.
- 山岸宏光, 国府谷盛明, 安藤重幸 (1976) 5 万分の 1 地質図幅「島古丹」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 26 号, 北海道立地下資源調査所.
- 山岸宏光 (1984) 5 万分の 1 地質図幅「歌棄」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 37 号, 北海道立地下資源調査所.
- 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, 黒沢邦彦 (1987) 5 万分の 1 地質図幅「原歌および狩場山」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 35, 46 号, 北海道立地下資源調査所.
- 山元孝広 (2014) 日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図, *地質調査総合センター研究資料集*, 613.
- 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.
- 米倉伸之, 加藤 茂, 長岡正利 (2001) 日本列島とその周辺の地形区分, 米倉伸之, 貝塚爽平, 野上道男, 鎮西清高編: 日本の地形 1 総説, 東京大学出版会.
- Yoo, S., Lee, C. (2020) Correlation of Quaternary volcano clusters with partial melting of mantle wedge, Northeast Japan: A numerical model study, *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086205, doi: 10.1029/2019GL086205.

## 添付資料 A 情報を抽出した文献・データのリスト

北海道寿都郡寿都町の文献調査において、噴火に関する情報を抽出した文献・データは、以下に示す 366 件であった。

- A**
- Abdelwahed, M. F., Zhao, D. (2007) Deep structure of the Japan subduction zone, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 162, pp. 32–52.
- 秋葉 力 (1957) 北海道後志国大金鉱山附近の地質および鉱床 特に西谷鍾群について, *鉱山地質*, 7, 3, pp. 30–48.
- 秋葉 力, 庄谷幸夫 (1970) 黒松内東北部地域の地質と鉱床, *北海道地下資源調査資料*, 118, pp. 47–55, 北海道開発庁.
- 秋田藤夫 (2014) 北海道における地熱開発調査の現状と課題, 第 52 回試錐研究会講演資料集, pp. 13–21, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- 青柳直樹, 内野栄治, 市橋大山 (2015) 北海道内温泉のラドン濃度, *温泉科学*, 64, pp. 422–434.
- 浅森浩一, 石丸恒存, 岩月輝希 (2002) 日本列島における火山周辺の酸性地下水分布, *サイクル機構技報*, 15, pp. 103–111.
- 浅森浩一, 梅田浩司, 石丸恒存, 小松 亮 (2003) 温泉地化学データベースの作成, JNC TN7450 2002-003, 核燃料サイクル開発機構.
- Asamori, K., Zhao, D. (2015) Teleseismic shear wave tomography of the Japan subduction zone, *Geophysical Journal International*, 203, pp. 1752–1772.
- B**
- 防災科学技術研究所: F-net 広帯域地震観測網, <https://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=ja>, 2023 年 9 月 11 日閲覧.
- 防災科学技術研究所: Hi-net 高感度地震観測網, <https://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja>, 2022 年 5 月 11 日閲覧.
- 防災科学技術研究所: 日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版), [https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo\\_kozou/](https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozou/), 2022 年 5 月 24 日閲覧.
- C**
- 地学団体研究会札幌支部 (1960) 北海道地域の第三紀構造発達史, *地球科学*, 52, pp. 30–36.
- 地質調査所編 (1992) 日本地質アトラス (第 2 版), 朝倉書店.
- 地質調査所燃料部石油課 (1959) 天然ガス徴候の見方と見つけ方, *地質ニュース*, 53, pp. 6–13.
- 地質調査所燃料部石油課 (1959) 油徴とはどんなものか(2), *地質ニュース*, 58, pp. 9–13.
- 地質調査所燃料部石油課 (1960) 最近発見された日本の新
- 油田・新ガス田 (その 2), *地質ニュース*, 72, pp. 7–11.
- 地質調査所燃料部石油課 (1961) 日本北部の天然ガス, *地質ニュース*, 83, pp. 7–11.
- D**
- 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) 日本の第四紀火山カタログ, 日本火山学会.
- 土居繁雄, 松井公平, 藤原哲夫 (1958) 5 万分の 1 地質図幅「豊浦」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 49 号, 北海道開発庁.
- 土居繁雄 (1960) 洞爺湖温泉の泉温低下について, *地下資源調査所報告*, 24, pp. 45–49.
- 土居繁雄, 長谷川 潔, 寺島克之, 高橋功二, 斎藤昌之, 小山内 熙, 五十嵐昭明, 岡部賢二, 鈴木 哲, 財原浩美, 坂下正弘, 秋元友造, 横平 弘 (1977) 特定鉱床開発促進調査資料 泊川上流地域, 北海道開発局長官房.
- 道南グリーン・タフ団体研究グループ (1984) 西南北海道・島牧地域の第三系—グリーン・タフ変動と島弧変動との関連性についての検討—, *地球科学*, 38, 6, pp. 380–396.
- E**
- 江原幸雄, 西田直樹, 横山 泉 (1970) 北海道における地殻熱流量の測定 (その 1), *北海道大学地球物理学研究報告*, 24, pp. 125–139.
- 江原幸雄, 横山 泉 (1971) 北海道における地殻熱流量の測定 (その 2), *北海道大学地球物理学研究報告*, 26, pp. 67–84.
- F**
- 藤林紀枝, 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.
- 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**  
鷹澤好博 (1992) 西南北海道渡島半島の第三系層序と古地理, 地質学論集, 37, pp. 11–23.
- H**  
長谷川 昭, 中島淳一, 海野徳仁, 三浦 哲, 諏訪謡子 (2004) 東北日本弧における地殻の変形と内陸地震の発生様式, 地震 第2輯, 56, 4, pp. 413–424.  
Hasegawa, A., Nakajima, J., Uchida, N., Okada, T., Zhao, D., Matsuzawa, T., Umino, N. (2009) Plate subduction, and generation of earthquakes and magmas in Japan as inferred from seismic observations: An overview, *Gondwana Research*, 16, pp. 370–400.  
長谷川 昭, 中島淳一, 内田直希, 梁田高広, 岡田知己, 趙 大鵬, 松澤 暢, 海野徳仁 (2012) 沈み込み帯の地震の発生機構—地殻流体に規定されて発生する沈み込み帯の地震—, 地学雑誌, 121, 1, pp. 128–160.  
長谷川 昭, 中島淳一 (2022) 陸域下の低周波地震とその地震学のおよびテクトニクスの意義, 地学雑誌, 131, 3, pp. 289–315.  
長谷川 潔, 寺島克文, 黒沢邦彦 (1983) 北海道の地質と資源 III 北海道の金属鉱物資源, 北海道立地下資源調査所.  
橋本 亘, 石川俊夫, 船橋三男, 斉藤昌之, 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, 国府谷盛明 (1968) 寿都町弁慶岬周辺の温泉示徴, 地下資源調査所報告, 38, p. 90.  
早川福利, 酒匂純俊, 和気 徹, 二間瀬 洌, 斉藤尚志, 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.  
平井浩二, 小野修司, 松枝大治 (2001) 西南北海道寿都-長万部地域における熱水性金銀鉱床の鉱化年代, 資源地質学会第51回年会講演会講演要旨集, P-36.  
平田貴一, 茂木 透, 山谷祐介, 長谷英彰, 市原 寛 (2009) MT法による黒松内地域の地下構造, 北海道大学地球物理学研究報告, 72, pp. 387–398.  
広川 治, 村山正郎 (1955) 5万分の1地質図幅「岩内」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第27号, 地質調査所.  
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.  
広島俊男, 牧野雅彦, 村田泰章, 森尻理恵, 駒澤正夫 (1997) 渡島地域重力図, 重力図, 8, 地質調査所.  
広田知保, 和田信彦, 横山英二, 菅 和哉 (1985) 北海道水理地質図「倶知安」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.  
広田知保 (2001) 黒松内町丸山地区地下水調査報告, 北海道立地質研究所報告, 72, pp. 123–124.  
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.  
北海道立地下資源調査所広報紙編集委員会編 (1989) 地域エネルギーが身近に—昭和63年度地域エネルギー開発振興事業成果—, 地下資源調査所ニュース, 5, 4, p. 2.  
北海道立地下資源調査所広報紙編集委員会編 (1989) 北海道の自然公園めぐり, その1—ニセコ積丹小樽海岸国立公園—, 地下資源調査所ニュース, 5, 3, pp. 2–3.  
北海道立地下資源調査所広報紙編集委員会編 (1990) 地熱エネルギーの開発が盛ん—平成元年度地域エネルギー開発振興事業の成果—, 地下資源調査所ニュース, 6, 3, p. 2.  
北海道立地質研究所広報委員会編 (2003) 活火山定義見直し—新たに利尻山・羊蹄山・ニセコなど—, 地質研究所ニュース, 19, 2.  
北海道立地質研究所広報委員会編 (2009) ニセコ地域での温泉調査—持続可能な温泉利用をめざして—, 地質研究所ニュース, 25, 1, p. 2.  
北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所広報委員会編 (2012) ニセコ山麓の温泉の生い立ちをさぐる, 地質研究所ニュース, 28, 2.  
Honda, S., Yoshida, T. (2005) Application of the model of small-scale convection under the island arc to the NE Honshu subduction zone, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6, 1, Q01002, doi: 10.1029/2004GC000785.  
Honda, S., Yoshida, T., Aoike, K. (2007) Spatial and temporal evolution of arc volcanism in the northeast Honshu and Izu-Bonin Arcs: Evidence of small-scale convection under the island arc?, *Island Arc*, 16, pp. 214–223.  
堀 昌雄, 高木慎一郎, 玉生志郎, 村岡洋文, 品田正一, 清川 求 (1986) 全国地熱資源総合調査の地域レポート (1) ニセコ地域 (火山性熱水対流系地域タイプ①), 地熱エネルギー, 11, 4, pp. 340–368, 新エネルギー財団地熱本部.  
Hua, Y., Zhao, D., Xu, Y., Wang, Z. (2019) Arc-arc collision caused the 2018 Eastern Iburi earthquake (M 6.7) in Hokkaido, Japan, *Scientific Reports*, 9:13914, doi: 10.1038/s41598-019-50305-x.

## I

- 五十嵐昭明, 横田節哉 (1970) 北海道ニセコ火山東部地域の第四紀鉍化作用, 地質調査所月報, 21, 6, pp. 361-385.
- 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.
- 池谷仙之, 植松健児 (1968) 瀬棚層と黒松内層との関係について—北海道渡島半島八雲・今金・瀬棚地域の地質—, 地質学雑誌, 74, 1, pp. 21-36.
- 池谷仙之, 林 慶一 (1982) 北海道渡島半島黒松内地方の地質, 地質学雑誌, 88, 7, pp. 613-632.
- 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.
- 今井 登, 寺島 滋, 太田充恒, 御子柴 (氏家) 真澄, 岡井貴司, 立花好子, 富樫茂子, 松久幸敬, 金井 豊, 上岡 晃, 谷口政碩 (2004) 日本の地球化学図, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 今井 登, 寺島 滋, 太田充恒, 御子柴 (氏家) 真澄, 岡井貴司, 立花好子, 池原 研, 片山 肇, 野田 篤, 富樫茂子, 松久幸敬, 金井 豊, 上岡 晃 (2010) 海と陸の地球化学図, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 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, 秦 光男 (1989) 西南北海道渡島半島第三系の地質構造発達史, 地質学論集, 32, pp. 29-56.
- 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, 佐々木 昭, 佐藤興平 (1992) 日本鉍床生成図 深成岩活動と鉍化作用 (3) 第三紀—第四紀, 200 万分の 1 地質編集図, 15-3, 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.
- 石川俊夫, 勝井義雄, 大場与志男, 佐藤博之 (1969) 北海道のカルデラについての 2・3 の問題, 火山 第 2 集, 14, 2, pp. 97-108.
- 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.
- 板木拓也, 能條 歩 (2004) 西南北海道今金地域の新第三系黒松内層から産出した放射虫化石による生層序年代, 地質学雑誌, 110, 5, pp. 325-328.
- 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.

## J

- 地震調査研究推進本部地震調査委員会編 (2009) 日本の地

震活動—被害地震から見た地域別の特徴—<第 2 版>, 地震予知総合研究振興会地震調査研究センター.

## 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 (1995) 沿岸の海の基本図 (5 万分の 1) 寿都, 海図, 第 6325 号 1<sup>S</sup>.
- 鎌谷紀子, 勝間田明男 (2004) 火山から離れた地域で発生している深部低周波微動・地震—その分布と発生原因—, 地震 第 2 輯, 57, pp. 11-28.
- Kaneoka, I., Yamagishi, H., Yahata, M. (1987) K-Ar ages of the Neogene submarine volcanic rocks and overlying Quaternary subaerial lavas from the Mt. Karibayama area, Southwest Hokkaido, *Bulletin of the Volcanological Society of Japan, Second Series*, 32, 4, pp. 329-333.
- 環境省: 再生可能エネルギー情報提供システム, <https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/index.html?msclkid=7b06bf8fcf7b11ec854afd71371b3b91>, 2022 年 5 月 13 日閲覧.
- 鹿野和彦, 山岸宏光, 宇井忠英, 小野晃司, 星住英夫, 巖谷敏光, 中野 俊, 山元孝広, 宇都浩三, 川辺禎久, 曾屋龍典, 湯浅真人編 (2000) 日本の新生代火山岩の分布と産状 Ver.1.0, 数値地質図, G-4, 地質調査所.
- 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, 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.
- 片山 肇, 井内美郎, 池原 研 (2013) 奥尻島北方表層堆積図, 海洋地質図, 80 (CD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Katsumata, A. (2010) Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese islands estimated by traveltimes analysis, *Journal of Geophysical Research*, 115, B04303, doi: 10.1029/2008JB005864.
- 勝俣 啓 (2005) 北海道地方の地殻内地震分布の上限・下限, 北海道大学地球物理学研究報告, 68, pp. 153-159.
- 川村政和 (1998) 北海道ニセコ地域山麓における河川源流の水温とアニオン濃度分布の地域的特徴について, 地質調査所月報, 49, 8, pp. 413-424.
- 河野義礼, 植田良夫 (1966) 本邦産火成岩の K-A dating (IV)—東北日本の花崗岩類—, 岩石鉍物鉍床学会誌, 56, 2, pp. 41-55.
- 河野義礼, 植田良夫 (1967) 本邦火成岩の K-Ar dating (VI)—花崗岩類, 総括—, 岩石鉍物鉍床学会誌, 57, 5, pp. 177-187.
- 風早康平, 高橋正明, 切田 司, 内藤一樹, 渡部芳夫 (2015) 日本列島におけるスラブ起源水の上昇地域の分布図, 地質調査総合センター研究資料集, 616.

- 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.
- 金原啓司, 阪口圭一 (1989) 日本の主要地熱地域の地質と温泉・変質帯分布, 地質調査所報告, 270.
- 気象庁: 地震月報 (カタログ編), <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>, 2023 年 5 月 18 日閲覧.
- 気象庁: 震源リスト, [https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/daily\\_map/index.html](https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/daily_map/index.html), 2022 年 5 月 11 日閲覧.
- 気象庁: 日本活火山総覧 (第 4 版) Web 掲載版, [https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu\\_jma\\_hp.html](https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu_jma_hp.html), 2022 年 5 月 11 日閲覧.
- 気象庁: 発震機構解 (精査後), <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/mech/index.html>, 2023 年 5 月 15 日閲覧.
- Kita, S., Hasegawa, A., Nakajima, J., Okada, T., Matsuzawa, T., Katsumata, K. (2012) High-resolution seismic velocity structure beneath the Hokkaido corner, northern Japan: Arc-arc collision and origins of the 1970 M 6.7 Hidaka and 1982 M 7.1 Urakawa-oki earthquakes, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117, B12301, doi: 10.1029/2012JB009356.
- Kita, S., Nakajima, J., Hasegawa, A., Okada, T., Katsumata, K., Asano, Y., Kimura, T. (2014) Detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido, northeastern Japan: Arc-arc collision process, arc magmatism, and seismotectonics, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119, pp. 6486–6511.
- 小崎 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.
- 児玉 浩, 宇井忠英 (1996) イワオヌプリ火山, ニトヌプリ火山, チセヌプリ火山における火山地質学的, 岩石学的研究, 日本火山学会講演予稿集, B6.
- 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: 日本列島の地殻変動, <https://www.gsi.go.jp/kanishi/>, 2022 年 5 月 24 日閲覧.
- 小松 亮, 梅田浩司 (1999) 日本列島における温泉・熱水変質帯について, サイクル機構技報, 4, pp. 121–128.
- 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.
- 駒沢正夫, 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.
- 国府谷盛明, 土居繁雄 (1961) 5 万分の 1 地質図幅「狩太」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 38 号, 北海道立地下資源調査所.
- 輿水達司, 山崎 淳, 加藤 誠 (1986) 西南北海道渡島半島新生界のフィッシュン・トラック年代, 地質学雑誌, 92, 11, pp. 771–780.
- 小菅正裕, 野呂康平, 増川和真 (2017) 東北日本で発生する深部低周波地震の震源の時空間分布の特徴と地震波形の多様性, 地震研究所彙報, 92, pp. 63–80.
- Koulakov, I., Kukarina, E., Fathi, I. H., El Khrepy, S., Al-Arifi, N. (2015) Anisotropic tomography of Hokkaido reveals delamination-induced flow above a subducting slab, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120, pp. 3219–3239.
- 久保和也, 石田正夫, 成田英吉 (1983) 長万部地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 札幌 (4) 第 48 号, 地質調査所.
- 久保和也, 柴田 賢, 石田正夫 (1988) 西南北海道, 長万部地域の第三紀火山岩類の K-Ar 年代, 地質学雑誌, 94, 10, pp. 789–792.
- 黒沢邦彦, 田近 淳, 八幡正弘, 山岸宏光 (1993) 5 万分の 1 地質図幅「大平山」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 47 号, 北海道立地下資源調査所.
- 日下 哉, 鹿島愛彦, 伊藤田直史, 能條 歩, 美利河海牛調査研究会 (1996) 日本で初めて発見された温水カルスト—北海道南西部今金町ピリカ鍾乳洞—, 地球科学, 50, 5, pp. 403–407.
- 草野友宏, 浅森浩一, 梅田浩司 (2012) 日本列島における地下水・温泉ガスのヘリウム同位体比データベースの作成, JAEA-Data/Code 2012-017, 日本原子力研究開発機構.

## L

- Lee, C., Wada, I. (2017) Clustering of arc volcanoes caused by temperature perturbations in the back-arc mantle, *Nature Communications*, 8, 15753, doi: 10.1038/ncomms15753.
- Lee, C., Wada, I. (2021) Volcano clustering promoted by the cessation of back-arc spreading and ensuing nascent lithospheric drips, *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091433, doi: 10.1029/2020GL091433.
- Liu, X., Zhao, D., Li, S. (2013) Seismic heterogeneity and anisotropy of the southern Kuril arc: insight into megathrust earthquakes, *Geophysical Journal International*, 194, pp. 1069–1090.
- Liu, X., Zhao, D. (2016) Seismic velocity azimuthal anisotropy of the Japan subduction zone: Constraints from P and S wave traveltimes, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121, pp. 5086–5115.
- Liu, X., Zhao, D. (2017) P-wave anisotropy, mantle wedge flow and olivine fabrics beneath Japan, *Geophysical Journal International*, 210, pp. 1410–1431.

## 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.
- 丸茂克美 (1985) 西南北海道洞爺湖周辺地域に分布する変質帯の地質・鉱物学的検討, 鉱山地質, 35, 5, pp.331-344.
- 丸茂克美, 沢井長雄 (1986) 西南北海道グリーンタフ地域のいくつかの鉱床産変質岩の K-Ar 年代, 鉱山地質, 36, 1, pp. 21-26.
- Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T. (2017) Three-dimensional seismic velocity structure beneath Japanese Islands and surroundings based on NIED seismic networks using both inland and offshore events, *Journal of Disaster Research*, 12, 5, pp. 844-857.
- Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K., Kamiya, S. (2019) Seismic velocity structure in and around the Japanese Island arc derived from seismic tomography including NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, *Seismic Waves—Probing Earth System*, doi: 10.5772/intechopen.86936.
- Matsubara, M., Ishiyama, T., No, T., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Kamiya, S. (2022) Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, *Earth, Planets and Space*, 74, 171, doi: 10.1186/s40623-022-01724-0.
- 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.
- 松井公平 (1965) 岩内町雷電温泉, 地下資源調査所報告, 34, p. 70.
- 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, 高見雅三, 二間瀬 洌 (1994) ニセコ山系北麓岩内周辺の熱水系について, 地下資源調査所報告, 66, pp. 1-26.
- 松波武雄 (1995) 北海道の海岸地域に分布する高濃度塩水について, 地下資源調査所報告, 67, pp. 41-58.
- 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, 鈴木豊重 (1997) 西部北海道の基盤岩類と伝導卓越系温泉について, 地下資源調査所報告, 68, pp. 1-16.
- 松波武雄, 鈴木隆広 (1997) 道内温泉水等の水素・酸素同位体比, 地下資源調査所報告, 68, pp. 149-152.
- 松波武雄 (1998) 北海道の中性~アルカリ性硫酸塩泉について, 地下資源調査所報告, 69, pp. 1-13.
- 松波武雄, 藤本和徳, 鈴木隆広 (2000) 北海道の温泉井と“新規温泉地”について, 北海道立地質研究所報告, 71, pp. 13-25.
- 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.
- 松尾良子, 中川光弘 (2017) 北海道南西部ニセコ火山群, イワオヌブリ火山の形成史と活動年代, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SVC50-P13.
- 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.
- Mizutani, Y., Sugiura, T. (1982) Variations in chemical and isotopic compositions of fumarolic gases from Showashinzan volcano, Hokkaido, Japan, *Geochemical Journal*, 16, 2, pp. 63-71.
- 森野祐助, 大森一人, 鈴木隆広 (2020) ニセコ地域における表流水の水素・酸素安定同位体比分布, 北海道地質研究所報告, 91, pp. 23-28.
- Morishige, M., van Keken, P. E. (2014) Along-arc variation in the 3-D thermal structure around the junction between the Japan and Kurile arcs, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, pp. 2225-2240.
- Morishige, M. (2015) A new regime of slab-mantle coupling at the plate interface and its possible implications for the distribution of volcanoes, *Earth and Planetary Science Letters*, 427, pp. 262-271.
- 守屋以智雄 (1979) 日本の第四紀火山の地形発達と分類, *地理学評論*, 52, 9, pp. 479-501.
- 守屋以智雄 (1979) 日本の第四紀前半の火砕流台地, *火山*, 24, 2, p. 119.
- 守屋以智雄 (1983) 日本の火山地形, *UP Earth Science*, 東京大学出版会.
- 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.  
村松容一 (2018) 日本の水溶性天然ガス田におけるかん水の水質形成機構(予察)―続成変質による間隙水の進化―, 温泉科学, 68, pp. 66–83.
- 村岡洋文, 阪口圭一, 玉生志郎, 佐々木宗建, 茂野 博, 水垣桂子 (2007) 日本の熱水系アトラス, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 村岡洋文, 阪口圭一, 玉生志郎, 佐々木宗建, 茂野 博, 水垣桂子, 駒澤正夫 (2009) 全国地熱ポテンシャルマップ, 数値地質図, GT-4, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- N**
- 長尾捨一 (1969) 北海道の構造性天然ガスについて, 地下資源調査所報告, 40, pp. 1–59.
- 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), 地質学雑誌, 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), 地質学雑誌, 40, 483, pp. 750–755.
- 長尾 巧, 佐々保雄 (1934) 北海道西南部の新生代層と最近の地史 (3), 地質学雑誌, 41, 485, pp. 47–60.
- 長尾 巧, 佐々保雄 (1934) 北海道西南部の新生代層と最近の地史 (4), 地質学雑誌, 41, 488, pp. 211–260.
- 内藤一樹 (2017) 国内の鉱床・鉱微地に関する位置データ集 (第2版), 地質調査総合センター速報, 73.
- Nakagawa, M. (1992) Spatial variation in chemical composition of Pliocene and Quaternary volcanic rocks in southwestern Hokkaido, northeastern Japan arc, *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy*, 23, 2, pp. 175–197.
- 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.
- 中川光弘, 清野寛子 (2000) 東北日本弧背弧側、第四紀火山の成因: 日本海盆沈み込み可能性, *日本地質学会第107年学術大会講演要旨*, O-315.
- 中川光弘 (2016) 北海道の活火山の活動の現況と今後, 第54回試錐研究会講演資料集, pp. 1–26, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- 中川良三 (1985) 北海道の地熱地帯の噴気によって放出される水銀量, *日本化学会誌*, 4, pp. 703–708.
- Nakajima, J., Hasegawa, A. (2021) Prevalence of shallow low-frequency earthquakes in the continental crust, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126, e2020JB021391, doi: 10.1029/2020JB021391.
- Nakamura, M., Yoshida, Y., Zhao, D., Takayama, H., Obana, K., Katao, H., Kasahara, J., Kanazawa, T., Kodaira, S., Sato, T., Shiobara, H., Shinohara, M., Shimamura, H., Takahashi, N., Nakanishi, A., Hino, R., Murai, Y., Mochizuki, K. (2008) Three-dimensional P- and S-wave velocity structures beneath Japan, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 168, pp. 49–70.
- Nakamura, R., Shiina, T. (2019) Three-dimensional S-wave attenuation structure in and around source area of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake, Japan, *Earth, Planets and Space*, 71:114, doi: 10.1186/s40623-019-1095-6.
- 中野 俊, 西来邦章, 宝田晋治, 星住英夫, 石塚吉浩, 伊藤順一, 川辺禎久, 及川輝樹, 古川竜太, 下司信夫, 石塚 治, 山元孝広, 岸本清行編 (2013) 日本の火山 (第3版), 200万分の1地質編集図, 11, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 中田英二, 田中和広 (2001) マグマの貫入が岩盤に与える影響―活火山周辺に分布するマグマ噴出跡の分布―, *日本応用地質学会平成13年度研究発表会講演論文集*, pp. 55–58.
- 成田英吉, 矢島淳吉, 太田英順, 渡辺 寧, 羽坂俊一, 羽坂なな子, 平野英雄, 須藤定久 (1996) 鉱物資源図 北海道 (東部・西部), 鉱物資源図, 1, 地質調査所.
- 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.
- 西田泰典, 橋本武志 (2007) 北海道における地殻, 上部マントルの熱的構造: 総合報告, 北海道大学地球物理学研究報告, 70, pp. 1–12.
- 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, [https://gbank.gsj.jp/quaternary/index\\_qvir.php](https://gbank.gsj.jp/quaternary/index_qvir.php), 2022年5月11日閲覧.
- Niu, X., Zhao, D., Li, J., Ruan, A. (2016) P wave azimuthal and radial anisotropy of the Hokkaido subduction zone, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121, pp. 2636–2660.
- 能條 歩, 都郷義寛, 鈴木明彦, 嵯峨山 積 (1994) 西南北海道今金地域の新第三系黒松内層の岩相層序と年代, *地質学雑誌*, 100, 10, pp. 771–786.
- 能條 歩, 鈴木明彦, 日下 哉, 都郷義寛 (1994) 西南北海道今金地域の黒松内層今金火山岩類のK-Ar年代, *地球科学*, 48, 1, pp. 57–62.
- 能條 歩, 鈴木明彦, 松田敏孝, 都郷義寛 (1996) 西南北海道における黒松内層相当層の再検討, *日本地質学会第103年学術大会講演要旨*, p. 110.
- 能條 歩, 鈴木明彦, 都郷義寛, 美利河海牛化石調査研究

- 会(1996) 西南北海道瀬棚層の堆積年代, 今金地域研究, 2, pp. 15–22.
- 能條 歩, 松田敏孝(1997) 西南北海道今金-上八雲地域の瀬棚層の“不整合”, 今金地域研究, 3, pp. 15–28.
- 能條 歩, 都郷義寛, 鈴木明彦, 嶋田智恵子, 板木拓也(1997) 西南北海道日本海側熊石-乙部地域の鮮新統~更新統の堆積年代, 地球科学, 51, 3, pp. 245–250.
- 能條 歩, 長谷川四郎, 岡田尚武, 都郷義寛, 鈴木明彦, 松田敏孝(1999) 西南北海道瀬棚層の広域的岩相層序区分と生層序年代, 地質学雑誌, 105, 5, pp. 370–388.
- O**
- 大場与志男(1960) ニセコ火山群の岩石について, 地質学雑誌, 66, 783, pp. 788–799.
- 小倉信雄, 鈴木良一(1971) 国富鉱山付近の地質構造, 火成活動および鉱化作用について, 鉱山地質, 21, 3, pp. 195–207.
- 大森一人, 鈴木隆広, 石畑隆史(2016) 地熱水化学成分のモニタリング結果—洞爺湖温泉地区 地熱調査ボーリング(KH-1 井)—, 北海道地質研究所報告, 88, pp. 31–35.
- 大森一人, 鈴木隆広, 田村 慎, 石畑隆史(2016) 地熱水化学成分のモニタリング結果—洞爺湖温泉地域における地熱構造ボーリング井(KH-1)—, 平成28年度環境・地質研究本部 調査研究成果発表会地質研究所要旨集, p. 10.
- 大森一人(2018) 泉質分析による温泉水の起源と成因の推定, 平成30年度調査研究成果発表会資料集, p. 48, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- 大森一人, 鈴木隆広(2018) ニセコ火山群周辺の温泉水の化学組成(その1), 北海道地質研究所報告, 90, pp. 49–55.
- 大森一人(2020) 化学成分から分類した温泉水の起源と地理的關係, 産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所 調査研究成果資料集 令和2年度(2020年度), S-3.
- 大森一人, 鈴木隆広(2020) ニセコ火山群周辺の温泉水の化学組成(その2), 北海道地質研究所報告, 91, pp. 17–22.
- 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.
- 大津 直(1991) 真狩村の地質と温泉ボーリング, 第29回試錐研究会講演資料集, pp. 85–94, 北海道立地下資源調査所.
- 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.
- 及川輝樹(2011) 江戸時代における北海道の噴煙活動と噴火活動の關係, 日本火山学会講演予稿集, B1-14.
- 岡 大輔(2018) 重力探査・電磁探査による地下構造調査, 平成30年度調査研究成果発表会資料集, p. 47, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- Oka, D., Tamura, M., Mogi, T., Nakagawa, M., Takahashi, H., Ohzono, M., Ichiyangi, M. (2023) Conceptual model of supercritical geothermal system in Shiribeshi Region, Hokkaido, Japan, Geothermics, 108, 102617, doi: 10.1016/j.geothermics.2022.102617.
- 岡村 聰(1984) 西南北海道寿都半島における新第三系と火山活動, 地質学雑誌, 90, 6, pp. 383–391.
- 岡村 聰(1986) 西南北海道寿都半島の新第三紀火山岩類, 地質学雑誌, 92, 2, pp. 91–108.
- 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.
- 大久保泰邦(1984) 全国のキュリー点解析結果, 地質ニュース, 362, pp. 12–17, 地質調査所.
- Okubo, Y., Tsu, H., Ogawa, K. (1989) Estimation of Curie point temperature and geothermal structure of island arcs of Japan, Tectonophysics, 159, 3-4, pp. 279–290.
- 大久保泰邦(1993) 日本列島の温度勾配図, 日本地熱学会誌, 15, 1, pp. 1–21.
- 大久保泰邦, 秋田藤夫, 田中明子(1997) 北海道の温度勾配図とシミュレーション, 地質ニュース, 517, pp. 24–29, 地質調査所.
- 大久保泰邦, 秋田藤夫, 田中明子(1998) 地温勾配図作成と地下温度構造を求める試み—北海道の例—, 日本地熱学会誌, 20, 1, pp. 15–29.
- 奥野 充(2003) ニセコ・イワオヌブリ, 大雪山・旭岳, 屈斜路・アトサヌブリにおける最新噴火の年代学的研究, 北海道における完新世火山の火山活動特性の評価, 平成12年度~平成14年度科学研究費補助金(基礎研究(C)(2))研究成果報告書(課題番号 12640461), pp. 13–23.
- Omuralieva, M. A., Hasegawa, A., Matsuzawa, T., Nakajima, J., Okada, T. (2012) Lateral variation of the cutoff depth of shallow earthquakes beneath the Japan Islands and its implications for seismogenesis, Tectonophysics, 518-521, pp. 93–105.
- 小野晃司, 曾屋龍典, 三村弘二編(1981) 日本の火山(第2版), 200万分の1地質編集図, 11, 地質調査所.
- 小野修司, 平井浩二, 松枝大治(2001) 西南北海道寿都鉱床の多金属鉱化作用, 資源地質学会第51回年会講演会講演要旨集, P-35.
- Ono, S., Hirai, K., Matsueda, H., Kabashima, T. (2004) Polymetallic mineralization at the Suttu vein-type deposit, southwestern Hokkaido, Japan, Resource Geology, 54, 4, pp. 453–464.
- 太田良平(1956) 5万分の1地質図幅「虻田」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌第50号, 地質調査所.
- 大槻憲四郎(1989) 鉱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

- Sagayama, T. (1997) Evidence of lower sea-level stage during 10.5 to 5.5 Ma in the hot spring drillhole of Niseko, southwest Hokkaido, Japan, Commemorative Volume for Professor Makoto Kato, pp. 381–387.
- 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, 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.
- 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.
- 斎藤 仁 (1962) 北海道の鉱泉資源, 地下資源調査所報告, 28, pp. 1–88.
- 斉藤正雄, 五十嵐昭明, 番場猛夫, 沢 俊明, 山田敬一, 成田英吉 (1963) 北海道金属非金属鉱床総覧 I. 新第三紀後期-第四紀の鉱化作用, 地質調査所.
- 斉藤正雄, 番場猛夫, 沢 俊明, 成田英吉, 五十嵐昭明, 山田敬一, 佐藤博之 (1967) 北海道金属非金属鉱床総覧 地質調査所.
- 斎藤正次 (1953) 300万分の1日本地質図, 地質調査所.
- 斎藤昌之, 藤原哲夫, 石山昭三, 松井公平 (1956) 5万分の1地質図幅「留寿都」及び説明書, 5万分の1地質図, 札幌-第39号, 北海道開発庁.
- 坂川幸洋, 梅田浩司, 鈴木元孝, 梶原竜哉, 内田洋平 (2004) 日本の坑井温度プロファイルデータベース, 地震 第2輯, 57, 1, pp. 63–67.
- 酒匂純俊, 佐藤 巖, 二間瀬 洌, 重山 武 (1966) 島牧村の温泉資源について, 地下資源調査所報告, 36, pp. 39–47.
- 酒匂純俊, 和気 徹, 早川福利, 二間瀬 洌, 横山英二, 斎藤尚志, 松波武雄, 内田 豊 (1976) 北海道の地熱・温泉 (A) 西南北海道中南部, 地下資源調査所調査研究報告, 3.
- 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.
- 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.
- 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/co](https://gbank.gsj.jp/sbp_db/pages/co)
- ver.html, 2023年9月25日閲覧.
- 産業技術総合研究所: 地下構造可視化システム, <https://gbank.gsj.jp/subsurface/>, 2022年5月11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) 日本温泉・鉱泉分布図及び一覧 (第2版) CD-ROM 版, 数値地質図, GT-2.
- 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: 第四紀火山, [https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/index.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/index.html), 2023年9月27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.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター: 地熱情報データベース (GRES-DB), <https://gbank.gsj.jp/gres-db/>, 2022年5月11日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター: 日本の活火山, [https://gbank.gsj.jp/volcano/Act\\_Vol/index.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/index.html), 2022年5月10日閲覧.
- Sano, Y., Wakita, H. (1985) Geographical distribution of  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in Japan: Implications for arc tectonics and incipient magmatism, Journal of Geophysical Research, 90, B10, pp. 8729–8741.
- 沢井長雄, 板谷徹丸 (1993) 西南北海道積丹—洞爺地域の黒鉱型鉱床の K-Ar 年代, 資源地質, 43, 3, pp. 165–172.
- 沢井長雄, 板谷徹丸 (2015) 西南北海道積丹—洞爺地域の熱水鉱床の K-Ar 年代, 地質技術, 5, pp. 1–10.
- 沢 俊明, 山田敬一, 成田英吉, 斎藤正雄, 番場猛夫, 五十嵐昭明 (1963) 北海道金属非金属鉱床総覧 II. 新第三

- 紀の鈹化作用, 地質調査所.
- 柴田智郎, 高橋徹哉, 岡崎紀俊, 廣瀬 亘, 秋田藤夫, 高橋 良 (2010) ニセコ地域の温泉資源に関する研究 (東部～南部地域), 平成 22 年地質研究所調査研究成果報告会報告資料集, p. 28, 北海道立総合研究機構地質研究所.
- 柴田智郎 (2011) 化学組成からみたニセコ地域の温泉—南部から東部の温泉の特徴—, 第 49 回試錐研究会講演資料集, pp. 50–56, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- 柴田智郎, 高橋徹哉, 岡崎紀俊, 高橋 良, 秋田藤夫 (2011) ニセコ地域南部から東部山麓における温泉の地域的特徴について, 北海道地質研究所報告, 82, pp. 1–8.
- 柴田智郎, 秋田藤夫, 高橋徹哉, 岡崎紀俊 (2011) ニセコ地域における温泉湧出量と降水量の関係, 北海道地質研究所報告, 83, pp. 63–65.
- 茂野 博 (2011) 北海道 胆振地方, 白老地域と周辺 3 広域地域の「温泉水」の地球化学・同位体化学的な特徴と起源—「深層熱水型資源」・「大深度 (掘削) 温泉」の事例研究—, 地質調査研究報告, 62, 3/4, pp. 143–176.
- Shiina, T., Takahashi, H., Okada, T., Matsuzawa, T. (2018) Implications of seismic velocity structure at the junction of Kuril-northeastern Japan arcs on active shallow seismicity and deep low-frequency earthquakes, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123, pp. 8732–8747.
- 島田忠夫, 矢崎清貫, 狛 武 (1955) 北海道長万部町における天然ガス試掘井 (長万部 R-1 号) のコア試験およびリフト試験について, 石油技術協会誌, 20, 5, pp. 164–171.
- 島田忠夫, 矢崎清貫 (1959) 北海道長万部町天然ガス地質調査報告, 北海道地下資源調査資料, 48, pp. 61–67, 北海道開発庁.
- 島田忠夫, 矢崎清貫, 狛 武 (1959) 北海道長万部町天然ガス地化学探査報告, 北海道地下資源調査資料, 48, pp. 1–59, 北海道開発庁.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2021) 2018 年度～2020 年度成果報告書 超臨界地熱発電技術研究開発/超臨界地熱資源の評価と調査井仕様の詳細設計/東日本・九州地域における超臨界地熱資源有望地域の調査と抽熱可能量の推定.
- 新エネルギー総合開発機構 (1983) 胆振地域, 地熱開発促進調査報告書, 4.
- 新エネルギー総合開発機構 (1985) 昭和 59 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) 調査 火山岩分布年代調査報告書.
- 新エネルギー総合開発機構 (1985) 昭和 59 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) 調査 火山岩分布年代調査報告書 要旨.
- 新エネルギー総合開発機構 (1986) 昭和 60 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) 調査 火山岩分布年代調査報告書.
- 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.
- 四宮 博 (2001) 洞爺湖温泉の泉源管理と噴火による影響, 第 39 回試錐研究会講演資料集, pp. 65–84, 北海道立地質研究所.
- 須田芳朗, 矢野雄策編 (1991) 日本の地熱調査における坑井データ その 2 検層データおよび地質柱状図データ, 地質調査所報告, 273.
- 菅原 誠, 嵯峨山 積 (2022) 西南北海道北部, 磯谷地域の新第三紀磯谷層の珪藻生層序, 総合地質, 6, 1, pp. 39–46.
- 角 清愛 (1975) 日本温泉分布図 (第 2 版), 200 万分の 1 地質編集図, 8, 地質調査所.
- 角 清愛, 金原啓司, 高島 勲 (1979) 日本の熱水変質帯分布図 1. 鮮新世後期—完新世, 200 万分の 1 地質編集図, 19-1, 地質調査所.
- 角 清愛 (1980) 日本温泉放熱量分布図, 200 万分の 1 地質編集図, 21, 地質調査所.
- 角 清愛, 高島 勲編 (1980) 日本地熱資源賦存地域分布図, 200 万分の 1 地質編集図, 20, 地質調査所.
- 寿都温泉ゆべつゆ: 温泉成分分析表, <http://yubetsunoyu.com/onsen/>, 2023 年 12 月 5 日閲覧.
- 鈴木明彦 (1989) 西南北海道黒松内地域の瀬棚層の貝類化石群, 地球科学, 43, 5, pp. 277–289.
- 鈴木 守, 藤原哲夫, 三谷勝利 (1967) 長万部町の地質, 長万部町 (北海道山越郡).
- 鈴木 守, 山岸宏光, 高橋功二, 庄谷幸夫 (1981) 5 万分の 1 地質図幅「寿都」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 36 号, 北海道立地下資源調査所.
- 鈴木豊重, 川森博史, 内田 豊, 竹林 勇 (1976) ニセコ町の温泉ボーリング調査報告, 地下資源調査所報告, 48, pp. 117–122.
- 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

- 田次将太, 中川光弘 (2019) 西南北海道, 第四紀狩場火山群の地質学・岩石学的研究: 山体形成史とマグマ変遷の解明, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SVC36-P12.
- 高橋浩晃, 宮村淳一, 郷家幸治 (1999) 北海道で発生した深部低周波地震, 北海道大学地球物理学研究報告, 62, pp. 25–41.
- 高橋浩晃, 宮村淳一 (2009) 日本列島における深部低周波地震の発生状況, 北海道大学地球物理学研究報告, 72, pp. 177–190.
- 高橋正明, 風早康平, 安原正也, 塚本 齐, 佐藤 努, 高橋 浩, 森川徳敏, 清水 徹, 宮越昭暢, 戸崎裕貴, 東



- 郷洋子, 稲村明彦, 半田宙子, 仲間純子, 中村有理, 竹内久子, 大丸 純, 清水日奈子, 尾山洋一, 大和田道子, 切田 司 (2018) 深層地下水データベース (第 2 版), 地質調査総合センター研究資料集, 653.
- 高橋伸充, 斎藤節仁, 岡村 聡 (1990) 西南北海道, 長万部地域の新第三系—上部新生界の火山層序と対比—, 春日井昭教授退官記念論文集, pp. 33–46.
- 高橋徹哉, 柴田智郎, 高橋 良, 林 圭一, 四宮 博, 大塚行紀 (2016) 洞爺湖温泉金比羅山火口近傍における地熱調査ボーリング(KH-1), 北海道地質研究所報告, 88, pp. 1–16.
- 高橋裕平 (2000) 西南北海道, 今金花崗岩類の地質と岩石記載, 地質調査所月報, 51, 12, pp. 649–656.
- 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) 北海道における地熱・温泉利用の現状—2007 年版—, 北海道立地質研究所.
- 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.
- 高島 勲, 山崎哲良, 中田英二, 湯川公靖 (1992) 北海道洞爺湖周辺の第四紀火砕岩及び火山岩の TL 年代, 岩鉱, 87, 5, pp. 197–206.
- Takashima, R., Dick, M. H., Nishi, H., Mawatari, S. F., Nojo, A., Hirose, M., Gautam, P., Nakamura, K., Tanaka, T. (2008) Geology and sedimentary environments of the Pleistocene Setana formation in the Kuromatsunai district, southwestern Hokkaido, Japan, Proceedings of International Symposium "The Origin and Evolution of Natural Diversity", pp. 75–82.
- 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.
- 玉生志郎, 松波武雄, 金原啓司, 川村政和, 駒澤正夫, 高橋正明, 阪口圭一 (2001) 50 万分の 1 札幌地熱資源図及び同説明書, 特殊地質図, 31-4, 地質調査所.
- 玉生志郎, 高橋正明, 松波武雄, 金原啓司, 川村政和, 駒澤正夫, 阪口圭一 (2002) 50 万分の 1 地熱資源図「札幌」及び「青森」, 地質ニュース, 572, pp. 21–23, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 田村 慎, 高橋徹哉, 秋田藤夫, 岡崎紀俊, 柴田智郎, 荻野 激, 鈴木隆広, 茂木 透, 橋本武志 (2008) 有珠山西山地区における温泉開発可能性, 平成 20 年北海道立地質研究所調査研究成果報告会報告資料集, pp. 10–13.
- 田村 慎, 柴田智郎, 鈴木隆広, 岡 大輔, 林 圭一, 大森一人, 高橋 良, 岡崎紀俊, 大津 直, 高橋徹哉 (2016) 有珠山周辺の地熱・温泉資源に関する研究, 平成 28 年度環境・地質研究本部 調査研究成果発表会地質研究所要旨集, p. 6.
- 田村 慎 (2018) 岩内町における地熱・温泉資源の開発可能性について, 平成 30 年度調査研究成果発表会資料集, p. 40, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- 田村 慎 (2020) MT 法探査による 3 次元比抵抗構造, 産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所 調査研究成果資料集 令和 2 年度 (2020 年度), S-2.
- 田村 慎 (2020) ニセコ地域における地熱資源探査, 第 58 回試錐研究会講演資料集, pp. 43–48, 北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所.
- Tamura, M., Oka, D., Okazaki, N., Suzuki, K., Hashimoto, T., Mogi, T. (2022) Magnetotelluric survey and three-dimensional resistivity structure in and around the Niseko area, southwestern Hokkaido, Geothermics, 105, 102496, doi: 10.1016/j.geothermics.2022.102496.
- Tamura, Y., Tatsumi, Y., Zhao, D., Kido, Y., Shukuno, H. (2002) Hot fingers in the mantle wedge: new insights into magma genesis in subduction zones, Earth and Planetary Science Letters, 197, pp. 105–116.
- 田村芳彦 (2003) 東北日本弧と大和海盆周辺のマグマの成因関係—「熱い指」のダイナミックモデル—, 地学雑誌, 112, 5, pp. 781–793.
- 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.
- 田中明子, 大久保泰邦, 松林 修 (1997) 東・東南アジア地域のキュリー一点深度解析, 地震 第 2 輯, 50, pp. 183–194.
- 田中明子, 矢野雄策, 笹田政克, 大久保泰邦, 梅田浩司, 中司 昇, 秋田藤夫 (1999) 坑井の温度データによる日本の地温勾配値のコンパイル, 地質調査所月報, 50, 7, pp. 457–487.
- Tanaka, A. (2004) Geothermal gradient and heat flow data in and around Japan (II): Crustal thermal structure and its relationship to seismogenic layer, Earth, Planets and Space, 56, pp. 1195–1199.
- Tanaka, A., Yamano, M., Yano, Y., Sasada, M. (2004) Geothermal gradient and heat flow data in and around Japan (I): Appraisal of heat flow from geothermal gradient data, Earth, Planets and Space, 56, pp. 1191–1194.
- 田中明子, 山野 誠, 矢野雄策, 笹田政克 (2004) 日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース, 数値地質図, P-5, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 田中明子, 濱元栄起, 山野 誠, 後藤秀作 (2019) 日本列島及びその周辺域の熱データベース, [https://www.gsj.jp/Map/JP/docs/jm100\\_doc/jm\\_geothermal-db.html](https://www.gsj.jp/Map/JP/docs/jm100_doc/jm_geothermal-db.html), 2022 年 5 月 11 日閲覧.
- Terakawa, T., Matsuura, 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.
- 椿原慎一, 長谷川四郎, 丸山俊明 (1989) 西南北海道黒松内地域の上部新生界—とくに黒松内層の層序と微化石年

- 代について—, 地質学雑誌, 95, 6, pp. 423–438.
- Tsuchiya, N., Ishii, J., Yamazaki, T., Shuto, K. (1989) A newly discovered Quaternary volcano from northeast Japan Sea: K-Ar age of andesite dredged from the Shiribeshi Seamount, *Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, 84, 11, pp. 391–397.
- 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.
- U**
- 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.
- 内出崇彦, 椎名高裕, 今西和俊 (2022) 日本全国内陸部の地殻内応力マップと微小地震の発震機構解のデジタルデータ, 地質調査総合センター研究資料集, 738, p. 6.
- 内野栄治, 青柳直樹, 市橋大山, 中山憲司 (2011) 湧出形態別に見た道内温泉のホウ素濃度, *温泉科学*, 61, 1, pp. 2–22.
- 上澤真平, 伊藤久敏 (2020) 北海道南西部, 羊蹄火山東麓に分布する緑色凝灰岩層のジルコン U-Pb 年代, 地質学雑誌, 126, 10, pp. 589–595.
- 梅田浩司, 小松 亮, 中司 昇 (1999) 坑井データによる地下温度構造の推定, *サイクル機構技報*, 2, pp. 29–36.
- W**
- Wada, I., He, J., Hasegawa, A., Nakajima, J. (2015) Mantle wedge flow pattern and thermal structure in Northeast Japan: Effects of oblique subduction and 3-D slab geometry, *Earth and Planetary Science Letters*, 426, pp. 76–88.
- 若浜 洋, 秋田藤夫, 松波武雄 (1995) 北海道地温勾配図及び説明書, 60 万分の 1 地質図, 北海道立地下資源調査所.
- Wang, J., Zhao, D. (2009) P-wave anisotropic tomography of the crust and upper mantle under Hokkaido, Japan, *Tectonophysics*, 469, pp. 137–149.
- Wang, Z., Zhao, D., Liu, X., Chen, C., Li, X. (2017) P and S wave attenuation tomography of the Japan subduction zone, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, pp. 1688–1710.
- Wang, Z., Zhao, D. (2019) Updated attenuation tomography of Japan subduction zone, *Geophysical Journal International*, 219, pp. 1679–1697.
- Wang, Z., Zhao, D. (2021) 3D anisotropic structure of the Japan subduction zone, *Science Advances*, 7, eabc9620, doi: 10.1126/sciadv.abc9620.
- Wang, Z., Zhao, D. (2005) Seismic imaging of the entire arc of Tohoku and Hokkaido in Japan using P-wave, S-wave and sP depth-phase data, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 152, pp. 144–162.
- 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 (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鉾化作用, *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.
- 渡辺 寧 (2000) 札幌-岩内地域マグマ-鉾化熱水系分布図, 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.
- 渡辺 寧 (2002) 札幌-岩内地域マグマ-鉾化熱水系分布図, 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.
- Wirth, E. A., Korenaga, J. (2012) Small-scale convection in the subduction zone mantle wedge, *Earth and Planetary Science Letters*, 357–358, pp. 111–118.
- 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, 五十嵐八枝子, Gautam, P., 和田信彦 (1989) 西南北海道洞爺湖東方の鮮新—更新統について—堆積相・花粉層序・古地磁気層序—, *地球科学*, 43, 5, pp. 261–276.
- 八幡正弘 (2002) 北海道における後期新生代の鉾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, 野呂田 晋 (2003) 西北海道, 虻田地域における更新世熱水活動, 北海道立地質研究所報告, 74, pp. 1–14.
- 八幡正弘 (2005) 北海道の新生代鉾床区における熱水活動履歴, *地球科学*, 59, 3, pp. 193–212.
- 八幡正弘, 鈴木隆広, 西戸裕嗣, 八木公史 (2014) 西南北海道, 洞爺湖地域の新生代後期の熱水活動, *資源地質*, 64, 1, pp. 1–17.
- 矢島淳吉, 羽坂俊一, 太田英順, 渡辺 寧, 中川 充, 成

- 田英吉 (1991) 北海道における金属・非金属資源産出量とその特徴—特に新第三紀—第四紀鉍化作用について—, 地質調査所月報, 42, 10, pp. 527–542.
- 矢島澄策 (1937) 狩場火山に就いて (豫報), 地質学雑誌, 44, 525, pp. 476–477.
- 矢島澄策, 陸川正明 (1939) 長萬部圖幅説明書, 北海道工業試験場地質調査報告, 3.
- 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.
- 山岸宏光, 国府谷盛明, 安藤重幸 (1976) 5 万分の 1 地質図幅「島古丹」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 26 号, 北海道立地下資源調査所.
- 山岸宏光 (1984) 5 万分の 1 地質図幅「歌棄」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 37 号, 北海道立地下資源調査所.
- 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, 黒沢邦彦 (1987) 5 万分の 1 地質図幅「原歌および狩場山」及び説明書, 5 万分の 1 地質図, 札幌-第 35, 46 号, 北海道立地下資源調査所.
- 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.
- 山岸宏光, 和氣 徹 (1995) 島牧村の地質と資源・環境, 島牧村.
- 山口久之助, 小田切敏夫, 小原常弘 (1954) 胆振支庁管内有珠郡洞爺湖畔温泉調査報告 北海道地下資源調査報告 13, pp. 22–30, 北海道地下資源調査所.
- 山口久之助, 佐藤 巖 (1971) 羊蹄山麓湧泉調査報告書, 北海道立地下資源調査所.
- 山口昇一, 秦 光男, 沢 俊明, 斎藤正雄, 番場猛夫, 山田敬一, 成田英吉, 五十嵐昭明, 佐藤博之, 石田正夫, 対馬坤六 (1965) 北海道金属非金属鉍床総覧 IV. 北海道地質図, 地質調査所.
- 山元孝広 (2014) 日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図, 地質調査総合センター研究資料集, 613.
- 矢野雄策, 田中明子, 高橋正明, 大久保泰邦, 笹田政克, 梅田浩司, 中司 昇 (1999) 日本列島地温勾配図, 地質調査所.
- 矢崎清貫 (1976) 日本油田・ガス田分布図 第 2 版, 200 万分の 1 地質編集図, 9, 地質調査所.
- 横山英二, 松波武雄 (1998) 北海道の温泉付随ガス, 地下資源調査所報告, 69, pp. 75–91.
- Yokoyama, K., Shigeoka, M., Otomo, Y., Tokuno, K., Tsutsumi, Y. (2016) Uraninite and thorite ages of around 400 granitoids in the Japanese Islands, *Memoirs of the National Museum of Nature and Science*, 51, pp. 1–24.
- 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.
- Yoo, S., Lee, C. (2020) Correlation of Quaternary volcano clusters with partial melting of mantle wedge, Northeast Japan: A numerical model study, *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086205, doi: 10.1029/2019GL086205.
- Yuningsih, E. T., Matsueda, H., Syafrie, I. (2018) Ore-microscopy and geochemistry of gold-silver telluride mineralization in southwestern Hokkaido, Japan, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 113, pp. 293–309.
- Yu, Z., Zhao, D. (2020) Seismic evidence for water transportation in the forearc off Northern Japan, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125, doi: 10.1029/2019JB018600.

## Z

- Zhao, D., Hasegawa, A. (1993) P wave tomographic imaging of the crust and upper mantle beneath the Japan Islands, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 98, pp. 4333–4353.
- Zhao, D., Hasegawa, A., Kanamori, H. (1994) Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 99, pp. 22313–22329.
- Zhao, D., Yanada, T., Hasegawa, A., Umino, N., Wei, W. (2012) Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands, *Geophysical Journal International*, 190, pp. 816–828.