

平成 27 年度地熱・温泉熱開発可能性調査業務

報 告 書

平成 28 年 2 月

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所

目次

1. 調査業務概要.....	1
1-1. 業務の目的：.....	1
1-2. 業務名：.....	1
1-3. 業務期間：.....	1
1-4. 業務処理責任者：.....	1
1-5. 業務内容：.....	1
1-5-1. 保健所台帳のデータベース化.....	1
1-5-2. データベースの統合.....	1
1-5-3. 現地調査.....	1
1-5-4. 情報収集.....	2
1-5-5. 地熱ポテンシャルマップの作成.....	2
2. データベースの構築.....	2
2-1. 保健所温泉台帳のデータベース化.....	2
2-2. 計算に用いたデータセット.....	2
3. 地熱ポテンシャルの推計.....	3
3-1. 推計に用いた評価法.....	3
3-2. 地熱ポテンシャルマップの作図.....	4
3-2-1. 温度構造.....	4
3-2-2. 地熱貯留層の底面深度.....	5
3-2-3. マッピング.....	5
3-3. 地熱資源量推定.....	6
3-3-1. 発電形式を想定した対象温度区分による地熱資源量推定.....	6
3-3-2. 考察.....	6
3-3-3. 今後の課題.....	7
4. 成果.....	7

図表

表-1 保健所の台帳に登録されている源泉数(2,221).....	2
表-2 地熱・温泉データベース項目.....	3
表-3 対象温度区分ごとの算出地熱資源量.....	6
図-1 現地調査の様子.....	8
図-2 AI 曲線 (林, 1982).....	8
図-3 源泉位置図.....	8
図-4 活動度指数コンターマップ.....	8
図-5 地熱貯留層基盤標高図.....	8
図-6 地熱資源量図(53~120 °C).....	8
図-7 地熱資源量図(120~150 °C).....	8
図-8 地熱資源量図(150 °C 以上).....	8

資料

1. 調査業務概要

1-1. 業務の目的：

現在、地熱開発事業者や地方自治体で地熱開発を検討する上での一次資料として、全国地熱ポテンシャルマップ(独立行政法人産業技術総合研究所(以下、産総研), 2007 および 2009)、再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ(環境省, 2010)が活用されている。しかし、北海道においては、上記のマップ作成に用いた基礎データは、地質研究所が 2000 年以前に取りまとめた古いデータセットに依拠しており、ここ十数年の知見は含まれていない。また、マップの一部には異常値が見られることが関係者の間で指摘されており、改善することが望まれていた。

本調査業務では、地質研究所が保有する既存データのうち、現行の地熱ポテンシャルマップに反映されていないデータを追加するとともに、新規に開発された源泉等についても、源泉データの取得、位置情報の測定、利用状況の調査等を行い、新たなデータセットとして加え、それらの新規情報が反映された地熱ポテンシャルマップを再編し、広く活用を図ることで、地熱・温泉熱の利活用による地域振興や産業振興に貢献することを目的とした。

1-2. 業務名：

平成 27 年度地熱・温泉熱開発可能性調査業務

1-3. 業務期間：

平成 27 年 7 月 1 日 ～ 平成 28 年 2 月 29 日

1-4. 業務処理責任者：

資源環境部資源環境グループ 鈴木隆広

1-5. 業務内容：

1-5-1. 保健所台帳のデータベース化

北海道保健所が管理する温泉台帳から源泉名、源泉位置、源泉状況(掘削深度・掘削年・湧出温度・湧出量ほか)、利用状況などをデータベース化した(表-1)。

【担当者】鈴木隆広・田村 慎・林 圭一・岡 大輔・大森一人・契約職員

1-5-2. データベースの統合

地質研究所の既存データベースと上記の保健所台帳を照合して統合し、ポテンシャルマップ作成のためのデータセットを作成した。データ項目を表-2 に示す。

【担当者】鈴木隆広・岡 大輔・大森一人

1-5-3. 現地調査

上記データベースの情報をもとに源泉調査(GPS による位置の測量、源泉の写真撮影、利用状況調査)を行った。位置情報はデータベースに反映させ、写真は個別に整理した(図-1)。

【担当者】鈴木隆広・田村 慎・林 圭一・岡 大輔・大森一人・大津 直・高橋徹哉

1-5-4. 情報収集

全国地熱ポテンシャルマップ(産総研, 2007)に係る情報を取得するため、当時作成のチーフであった弘前大学北日本新エネルギー研究所村岡洋文教授から聞き取りを行った。再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ(環境省, 2010)及び平成 25 年度地熱発電に係る導入ポテンシャル精密調査・分析委託業務報告(環境省, 2014)に係る情報は株式会社エックス都市研究所およびアジア航測株式会社で収集した(資料参照)。

【担当者】鈴木隆広・岡 大輔

1-5-5. 地熱ポテンシャルマップの作成

- ① 1-5-2 で作成したデータセット(図-3)から活動度指数を計算した(図-4)。
- ② 1-5-4 の際に収集した重力基盤深度(図-5)から各設定温度での貯留層の厚さを計算した。
- ③ ①と②から地熱ポテンシャルマップを作製した(図-6・図-7・図-8)。

【担当者】岡 大輔・鈴木隆広

2. データベースの構築

2-1. 保健所温泉台帳のデータベース化

表-1 に道内の保健所名と台帳に登録されている源泉数(未掘削のものは除く)を示す。台帳のデータは 2014 年 1 月時点のものであり、FileMaker を用いてデータベース化した。

表-1 保健所の台帳に登録されている源泉数 (2,221)

保健所名	源泉数	保健所名	源泉数	保健所名	源泉数
渡島保健所	177	江差保健所	26	八雲保健所	83
江別保健所	15	千歳保健所	30	倶知安保健所	170
岩内保健所	32	岩見沢保険諸	35	滝川保健所	30
深川保健所	13	室蘭保健所	203	苫小牧保健所	169
浦河保健所	0	静内保健所	9	上川保健所	127
名寄保健所	10	富良野保健所	22	留萌保健所	19
稚内保健所	20	北見保健所	42	網走保健所	66
紋別保健所	17	帯広保健所	207	釧路保健所	363
根室保健所	0	中標津保健所	61	札幌市保健所	129
旭川市保健所	10	函館市保健所	98	小樽市保健所	38

2-2. 計算に用いたデータセット

表-2 に地質研究所の地熱・温泉データベース(北海道立地質研究所, 2008a)の項目を示す。本業務では、新たに開発された源泉、保健所台帳との照合により収録漏れが判明した源泉、自然湧出の源泉を新たに追加し、最新のデータベースの構築を図った。これによってデータベースに収録されているデータ数は 2,837 (図-3)となった。

地熱ポテンシャル量算出のため、本データベース項目の最高温度(No.14)と最高温度深度(No.15)から後術の活動度指数(Activity Index; AI)を算出した。また、地理情報システム上で作図するためには、正確な源泉位置のデータが必要であった。このために、可能な限り現地で簡易GPS測量を行った。また、現地で位置の取得ができなかった源泉は、地理院地図や Google Map等の地図アプリケーションから経緯度を読み取った。

表-2 地熱・温泉データベース項目

項目 No.	項目名	項目 No.	項目名	項目 No.	項目名
1	コード番号	13	ストレーナー深度	25	湧出方法
2	5万分の1地形図	14	最高温度	26	利用温度
3	20万分の1地形図	15	最高温度深度	27	利用量
4	北緯	16	地温勾配	28	分析機関
5	東経	17	経過時間	29	分析年月
6	標高	18	揚湯試験	30	分析書コード番号
7	源泉番号	19	静水位	31	泉質タイプ
8	振興局	20	動水位	32	pH
9	市町村	21	湧出温度	33	全固形物送料
10	源泉名	22	湧出量	34	主採取対象地質
11	掘削年	23	放出熱量	35	利用状況
12	掘削深度	24	比湧出量	36	備考

3. 地熱ポテンシャルの推計

3-1. 推計に用いた評価法

本調査業務では、産総研(2009)の方法に従い、米国地質調査所の容積法を用いて 120~150 °Cの地熱資源量評価を行った。容積法とは、米国地質調査所(Brook et al., 1979)により確立された地熱資源量評価法の標準的な1つである(以下 USGS 容積法と呼ぶ)。USGS 容積法は地熱貯留層の容積と温度を与えることにより、地熱資源量を計算し、地熱ポテンシャルを評価することができる比較的単純な概念でありながら、さまざまな地質学的条件の地熱地域に適用できるという利点がある。

Brook et al.(1979)による貯留層熱エネルギー算出式は次の通りである。

$$q_R = \rho_c \cdot a \cdot d \cdot (t - t_{ref}) \quad \dots \dots (1)$$

ここで、

- q_R : 地熱貯留層熱エネルギー (J)
- ρ_c : 含水岩石の容積比熱 (岩石容積比熱 $2.5 \times 10^6 \text{ J/m}^3/^\circ\text{C}$ 、孔隙率 15 %を仮定して、 $2.7 \times 10^6 \text{ J/m}^3/^\circ\text{C}$)
- a : 貯留層面積 (m^2)
- d : 貯留層厚さ (m)
- t : 貯留層温度 ($^\circ\text{C}$)
- t_{ref} : 基準温度 ($^\circ\text{C}$)

この岩石や孔隙流体に蓄えられた熱エネルギー q_R は、浸透率などの制約、低エンタルピー流体や岩石からのエネルギー抽出の制約などのため、坑口で全て回収することはできない。ここでは、Brook et al.(1979)にしたがって、熱水卓越方の回収率として $R_g = 0.25$ を採用し、坑口回収エネルギー q_{wh} (J) を次式で求めた。

$$q_{wh} = R_g \cdot q_R \quad \dots \dots (2)$$

単位質量の地熱流体が地熱貯留層から坑口まで上昇するのに要するエネルギー損失は次式で与えられる。

$$h_{wh} = h_R - (Z_R \cdot g) / 1000 \quad \dots \dots (3)$$

ここで、

- h_{wh} : 坑口での地熱流体の単位質量あたりのエンタルピー (kJ/kg)
- h_R : 地熱貯留層での地熱流体の単位質量あたりのエンタルピー (kJ/kg)
本計算では、貯留層温度は可変であるので、貯留層下限温度と貯留層底部の温度の平均温度を計算し、平均温度に対応するエンタルピーを蒸気表から求めた。
- Z_R : 貯留層下限温度の深度と貯留層底部深度の平均 (m)
- g : 重力加速度 (m/s²)

機械的仕事量 (W_A) は次式で表される。

$$W_A = \frac{q_{wh}}{h_{WH} - h_{ref}} [h_{WH} - h_0 - t_0 (s_{wh} - s_0)] \quad \dots \dots (4)$$

ここで、

- h_{ref} : 基準温度での地熱流体の単位質量あたりのエンタルピー (kJ/kg)
- h_0 : 最終状態での地熱流体の単位質量あたりのエンタルピー (kJ/kg)。
- t_0 : 地熱流体廃棄温度 (273.14 + 基準温度 K)。
- S_{wh} : 坑口での地熱流体の単位質量あたりのエントロピー (kJ/kg K)
 h_{wh} に相当するエントロピーを蒸気表から求めた。
- S_0 : 最終状態での地熱流体の単位質量あたりのエントロピー (kJ/kg K)

電気エネルギー E は、機械的仕事量 W_A から発電効率 η_u を使って次式で求められる。ここで η_u は 0.4 と仮定する。

$$E = W_A \cdot \eta_u \quad \dots \dots (5)$$

この電気エネルギーを 30 年間にわたって、発電に使用すると、発電量は次のようになる。

$$E / 30\text{年} = E / (30 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60) \quad \dots \dots (6)$$

3-2. 地熱ポテンシャルマップの作図

3-2-1. 温度構造

温度構造には、林(1982)の活動度指数を用いた。活動度指数(Activity Index; AI)とは、図-2のように、地熱地域の温度指標として平均的な直線的地温勾配と沸騰曲線とを百分率で等分した指数である(図-2)。図-2に示すように AI=0 の直線は、平均的な地温勾配 0.3 °C/km に対応

し、AI=100の曲線は高温条件の密度減少を考慮した純水の静水圧沸騰曲線温度(Haas, 1971)である。活動度指数は熱水上昇流域を対象として規格化・単純化された温度曲線であるが、一度、活動度指数が決まれば、任意の深度の温度を表現できる。つまり、活動度指数マップは三次元温度構造図として使えるという利点がある。図-4に活動度指数コンターマップを示す。

活動度指数(AI)から任意の深度(z)の最高温度($t_m(z)$)は次式で与えられる。

$$t_m(z) = t_g(z) + \frac{AI \cdot (t_b(z) - t_g(z))}{100} \quad \dots (7)$$

ここで、

$t_g(z)$: 平均的な地温勾配(0.3 °C/km)で得られる仮想的な温度

$t_b(z)$: 水の沸騰温度

3-2-2. 地熱貯留層の底面深度

地熱貯留層の基盤標高データはエックス都市研究所を介して、環境省から提供された(図-5)。本データは産総研(2009)に使用された重力基盤標高データを基に改良の加えられたもので、以下のような前提条件の下に作成されている(環境省, 2014)。

- 1) 透水性が高い地質層とされる新第三系、第四系を地熱貯留層とする。
- 2) 新第三系下端もしくは古第三系上端を地熱貯留層底部とする。
- 3) 表層地質図における新第三系の分布域は基盤深度を 0 m(地表面)とする。
- 4) データの信頼度を以下のように設定し、同一範囲に複数のデータが存在する場合は信頼度の高いデータを活用するものとする。
 - ① NEDO 地熱開発促進調査報告書データ
 - ② 産総研「全国3次元地盤構造モデル」
 - ③ 防災科研「深部地盤構造モデル」・産総研「3次元地盤構造モデル」
 - ④ 研究論文データ・HLW 地層処分関連データ・探鉱関連データ
 - ⑤ 地化学温度計(温泉成分分析結果による)標高データ
 - ⑥ 表層地質図データ
 - ⑦ 重力基盤標高データ

重力基盤標高データは駒澤(2003)による重力基盤深度から求められている。駒澤(2003)によれば、花崗岩等の深成岩類の露頭は全て基盤とし、先新第三系、さらに、固結が進んでいられると考えられる最下部中新統の一部を基盤に含めている。重力基盤の密度は 2.67 g/cm³、被覆層との密度差を 0.5 g/cm³としている。したがって、本調査における熱水系貯留層の存在し得る地層は重力的に推定された新第三系および第四系ということになる。

3-2-3. マッピング

実際の地熱資源量の計算の過程を示す。計算及び作図には Microsoft Excel と QGIS を用いた。

まず、各源泉の温度及び深度の条件から、活動度指数(AI)を求めた。その際、源泉によって、温度は最高温度と湧出温度、深度には最高温度深度・掘削深度・ストレーナー深度の各データが

あるものとなないものがあるため、温度に関しては①最高温度②湧出温度、深度に関しては、①最高温度深度②ストレーナー深度③掘削深度の順で、データのあるものから採用した。また、AI=0は地温勾配 0.3 °C/km を示しており、本計算手法では背景的な値を表している。しかし、地温勾配 0.3 °C/km を下回ることは現実としてありえるが、その場合には AI<0 となり、計算には利用しない。その結果、AI を算出できた源泉数は 2,252 本となった。これらのデータを csv ファイルとして保存し、この csv ファイルをデリミットレイヤとして QGIS に読み込んだ。この csv ファイルを用いて、空間補間を行い、AI のラスターコンターを得た。空間補間には逆距離加重法(IDW 法:Inverse Distance Weighting)を用いた。

各源泉の AI が決定すると、各源泉での温度プロファイルが求められるため、今回の計算に用いた温度帯の境界値(53 °C・120 °C・150 °C・180 °C)に相当する深度を算出した。

次に、環境省より提供された基盤標高データ(ラスター形式)より、貯留層厚さを算出するため、国土基盤地図情報の 10m メッシュ標高データ及び基盤標高データを QGIS に取り込み、ラスター計算機によって基盤深度を算出した。算出した境界深度及び基盤深度を用いて貯留層厚さを算出した。その結果、基盤深度を算出できた源泉数は 2,464 本の源泉で基盤深度を取り出した。

この貯留層厚さを用いて、(1)式から地熱貯留層熱エネルギーを求め、(2)式より坑口回収エネルギーを算出し、 h_{wh} を算出した。その際、貯留層での流体の単位質量当たりのエンタルピーの算出には、貯留層平均温度から蒸気表(日本機械工学会, 1999)を用いて、計算を行った。以上算出された値から、機械的仕事量及び電気エネルギーを 30 年間にわたって発電に利用すると仮定し求めた発電量を地熱資源量とした。その結果、1,259 本の源泉から地熱資源量を得ることができた。

これらの計算結果をマッピングするために、QGIS に取り込み、空間補間を行い、E/30 年のラスターデータを得た。得られたラスターデータを QGIS により作図し、発電形式を想定した対象温度区別の地熱資源量図(図-6・図-7・図-8)を作図した。

3-3. 地熱資源量推定

3-3-1. 発電形式を想定した対象温度区分による地熱資源量推定

本調査業務により得られた温度帯別の地熱資源量を表-3 に示す。想定温度帯は、産総研(2009)に準じ、①低温バイナリー(カーリーナサイクル)・②バイナリー(ランキンサイクル)・③蒸気フラッシュの 3 段階とした。

表-3 対象温度区分ごとの算出地熱資源量

発電形式	対象温度区分	地熱資源量 [万kW]		
		本調査	環境省(2014)	産総研(2009)
①低温バイナリー	53 ~ 120 °C	100	63	271
②バイナリー	120 ~ 150 °C	32	23	70
③蒸気フラッシュ	150 °C以上	104	276	1,637

3-3-2. 考察

対象温度区分ごとの算出地熱資源量は産総研(2009)と比較すると、すべての温度区分で小

さくなっている。一方、環境省(2014)と比較すると③蒸気フラッシュを対象とするポテンシャルが小さくなっているが、①低温バイナリー・②バイナリーを対象とした温度区分では、若干大きいものの大差はない。産総研(2009)では、重力基盤深度を貯留層基盤深度と仮定しており、環境省(2014)では表層地質ほかの情報から貯留層基盤深度を決定している。本調査では、環境省(2014)と同じ貯留層基盤深度を仮定しているため、環境省(2014)の値に近い結果を得られている。環境省(2014)との差異は、データセットの違いに拠ると考えられる。

地熱資源量図(図-6・図-7・図-8)からは、以下のような事が読み取れる。

産総研(2009)では、地熱資源有望地域として表現されていた、網走地域や忠類地域・日高地域などの資源量が見直されている。これは、元のデータセットの不備が原因であると考えられ、今回の調査により、正確な位置の把握が出来た成果である。

3-3-3. 今後の課題

図-6をみると、低温バイナリーの地熱資源量の有望な地域として、札幌から苫小牧が目立つ。しかし、これらの地域では従来、低温バイナリーを目的とした地熱開発の適地としては評価されていない。本地域で高い値が算出された理由は USGS 容積法により資源量評価をする際に使用した基盤標高が原因であると考えられる。本地域は石狩低地帯にあたり、基盤標高が低いことが推測されている。USGS 容積法では貯留層温度と厚さが主要な変動パラメータであるため、たとえ温度(AI)が低くとも、厚さが厚い、つまり基盤深度が深ければ、資源量としては高く算出されてしまう。たとえば、深度 2,000 m の坑井から 53 °C の熱水を取り出し、低温バイナリー発電を行うことは、事業採算性を考えても現実的ではないが、そのようなものが本結果には含まれている。このように低 AI であるにも関わらず、貯留層が厚い地域では、資源量が過大に評価されうることは注意が必要であることが分かった。

貯留層深度決定の問題点は古第三系では地熱貯留層を形成しないと仮定しているが、北海道の場合、日高山脈に沿って古第三系が露出しており、北海道中央部から北東部にかけて貯留層厚さが薄いかもしくはほぼ無いという結果になっている。これは図-2 及び図-3 を見ても分かる通り、これらの地域において複数の温泉が、湧出している事からも不自然であると言える。

活動度指数コンターマップは地熱ポテンシャルが高いと目されている地域を表していると考えられる。しかし、AI によって算出される地下温度プロファイルは、坑井掘削によって得られる温度プロファイルとは必ずしも一致しない。今後、より精度の高い温度構造を手に入れるために、坑井の温度検層のデータを反映させる必要がある。

4. 成果

本調査業務における成果を以下に示す。

- ▶ 全道を網羅する現地調査により、源泉の正確な位置を捉えた温泉データベースが整備された。これにより、従来指摘されていた、データの不備の改善が複数の地域で確認出来た。当所で収集してきたデータと道内の各保健所で保持してきた温泉台帳のデータを統合することで、データベースの精度を高めることが出来た。
- ▶ 温泉データベースを基に地熱貯留層活動度指数(AI)マップを作成した。データベースを更新したことにより、より多くの点で AI を求めることが出来た。
- ▶ AI 及び貯留層基盤深度から貯留層の厚さを推定し、これに基づき、USGS 容積法により、地熱資源量の評価を行った。データベースを更新したことにより、確度の高い資源量を得

ることが出来た。

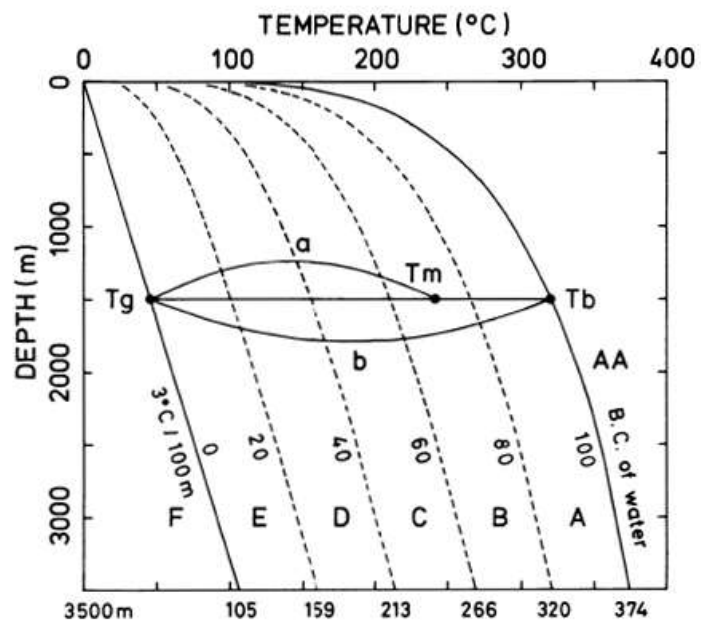
- ▶ 資源量評価に関する留意点や課題も把握することによって、資源量評価の更なる高精度化のための知見を得ることが出来た。

謝辞

本調査業務を遂行するにあたり、独立行政法人産業技術総合研究所阪口圭一様、弘前大学村岡洋文教授には貴重なご意見を頂いた。株式会社エックス都市研究所、アジア航測株式会社には計算手法についてご教示頂き、環境省からのデータ提供にご尽力頂いた。ここに感謝の意を表す。

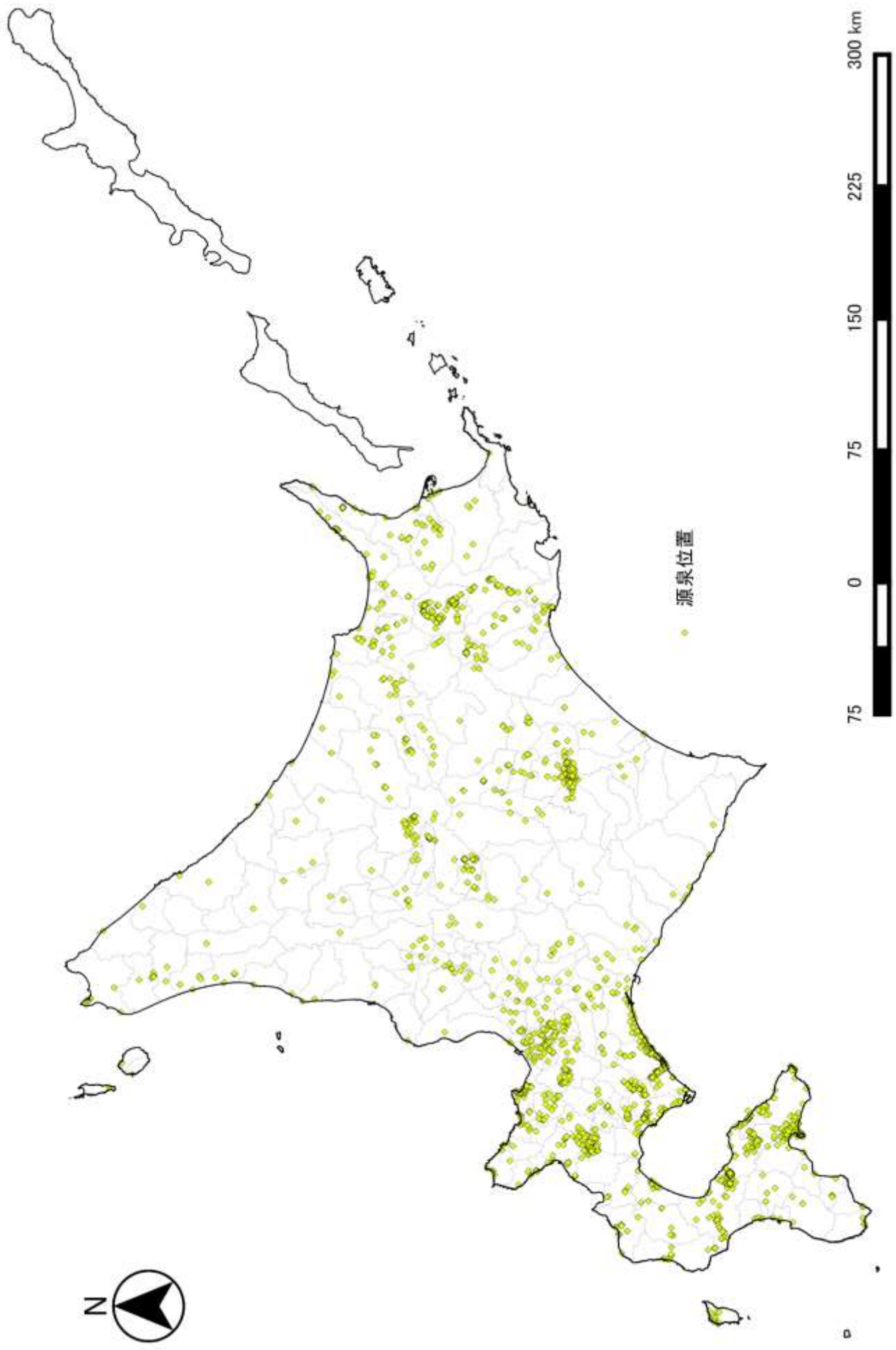


図-1 現地調査の様子

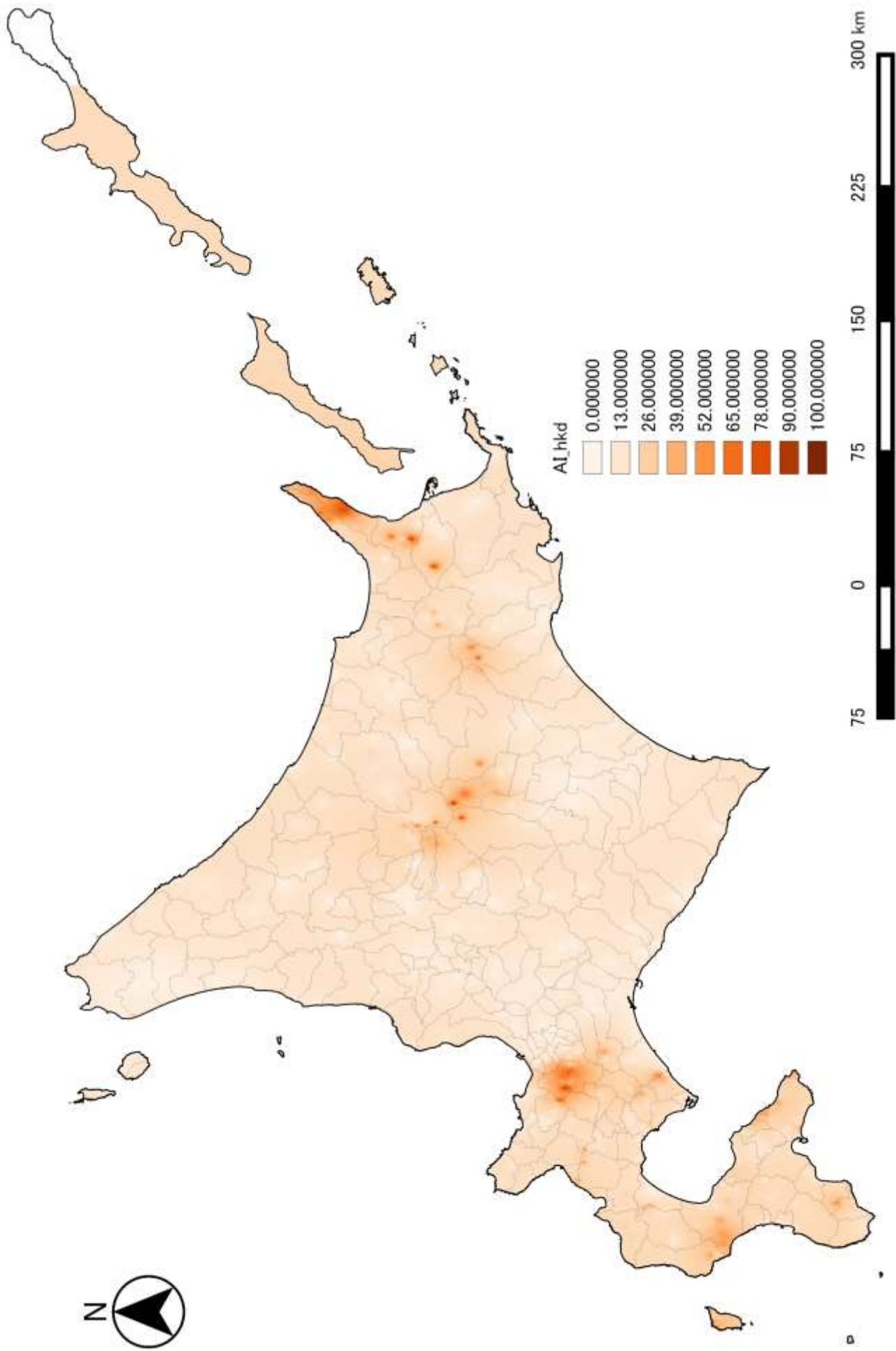


$$AI = \frac{a}{b} \times 100 = \left(1 - \frac{T_b - T_m}{T_b - T_g}\right) \times 100$$

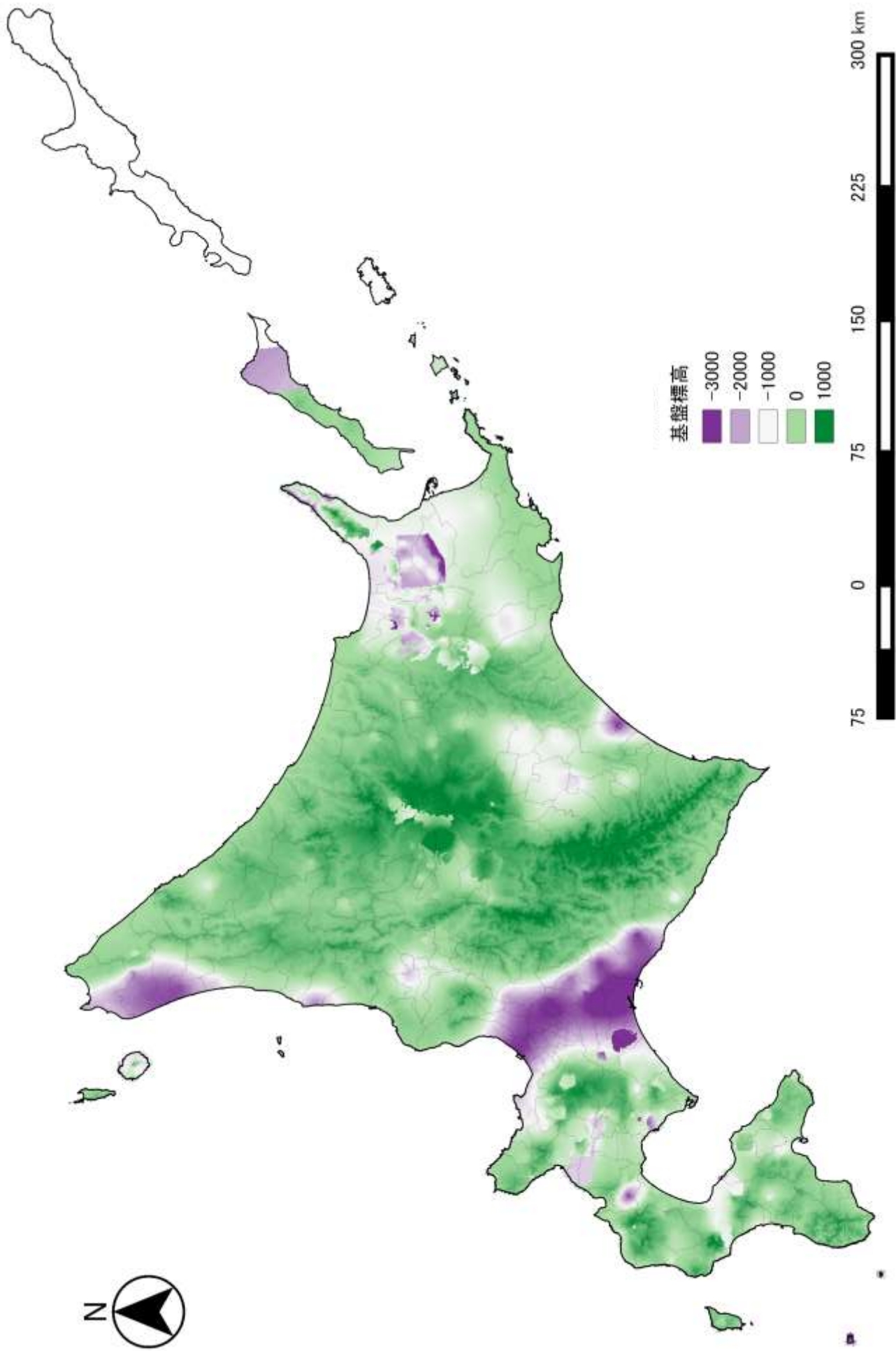
図-2 AI 曲線 (林, 1982)



图一-3 源泉位置图



図一4 活動度指数コンターマップ



図一5 地熱貯留層基盤標高図

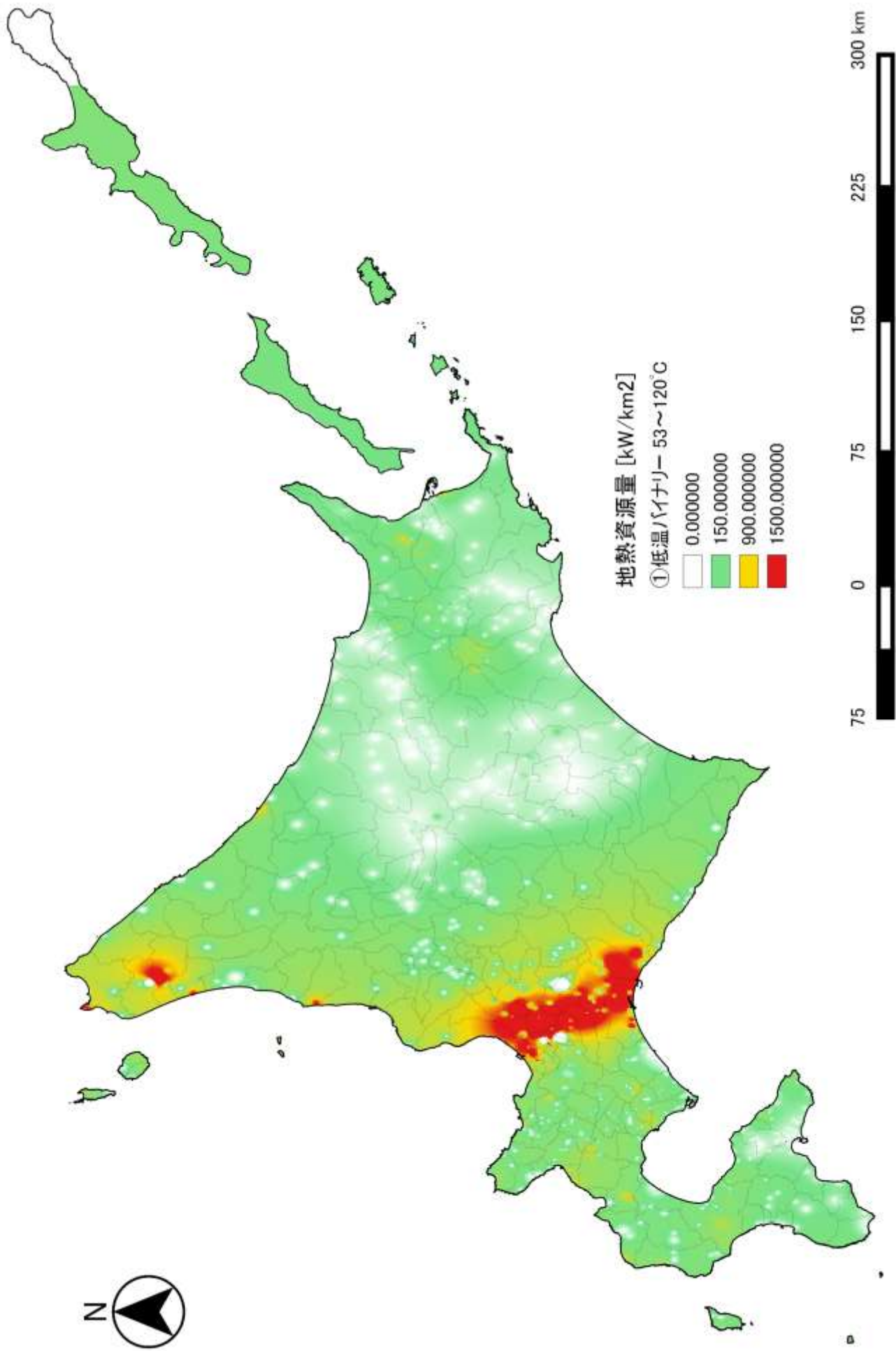


図-6 地熱資源量図(53~120 °C)

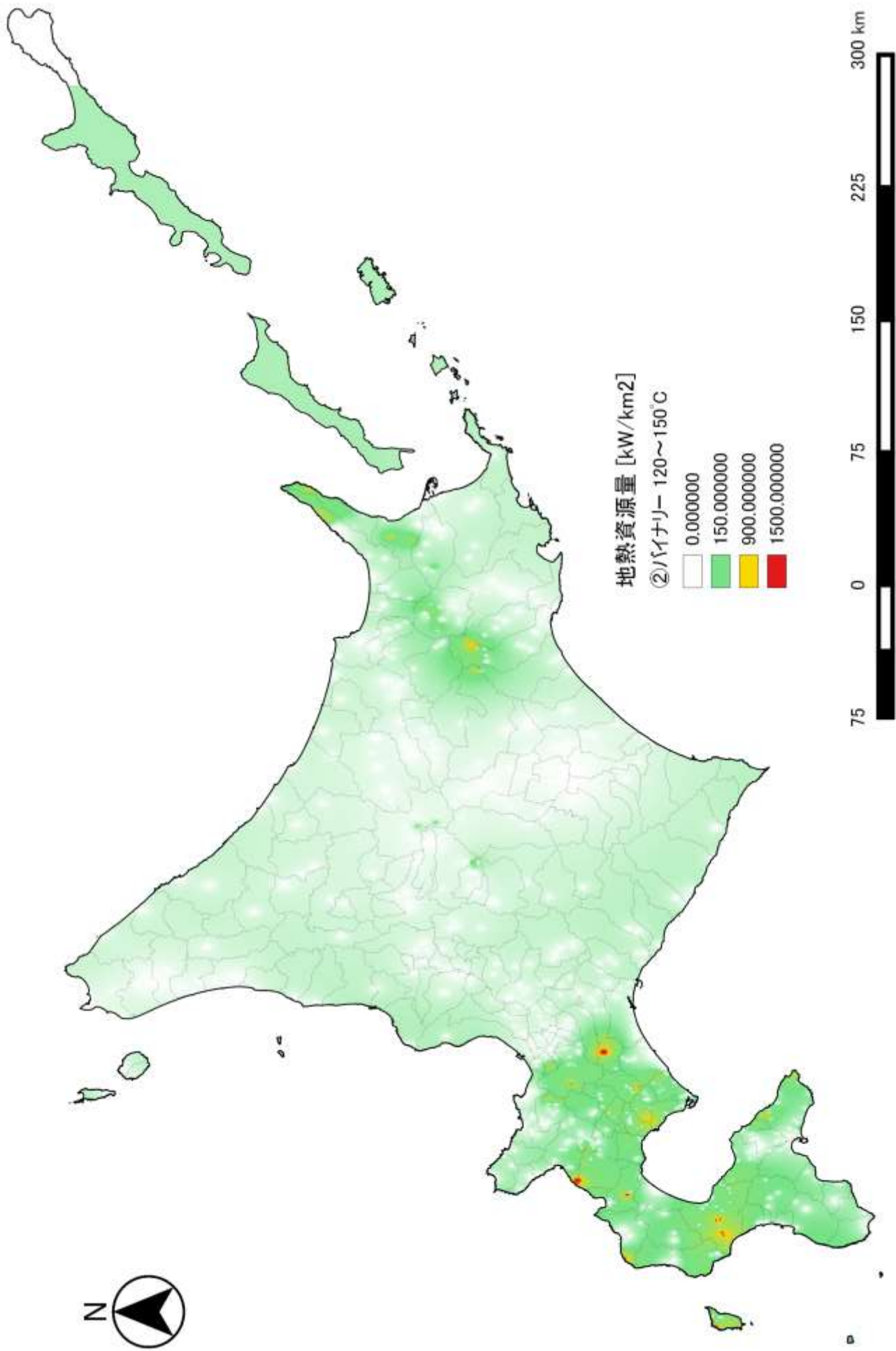
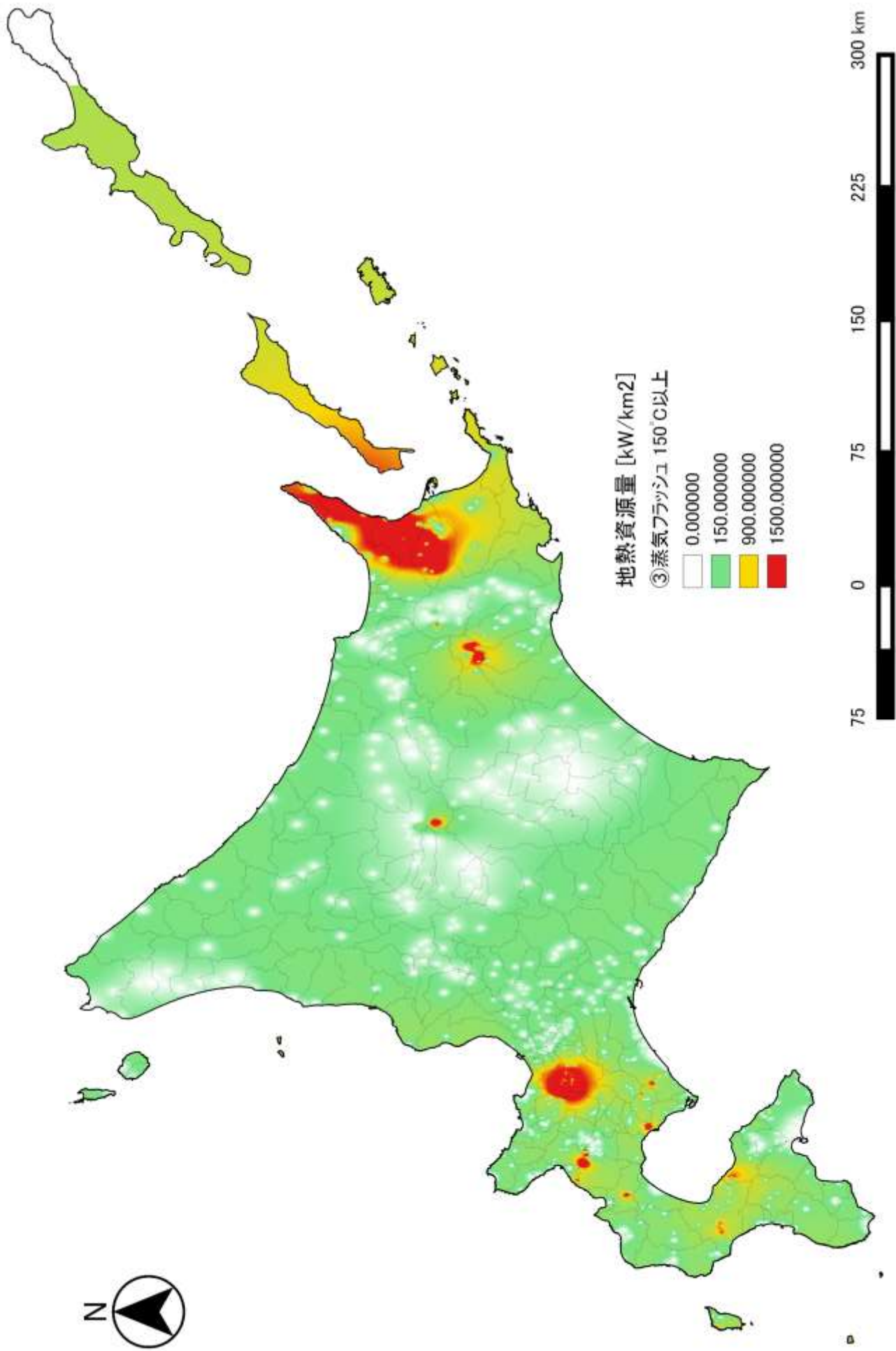


図-7 地熱資源量図(120～150 °C)



図一8 地熱資源量図(150 °C 以上)

参考文献

- ・ Brook, C. A., Mariner, R. H., Mabey, D. R., Swanson, J. R., Guffanti, M., & Muffler, L. J. P. (1979) : Hydrothermal convection systems with reservoir temperatures ≥ 90 C. Assessment of geothermal resources of the United States-1978: US Geological Survey Circular, p18-85.
- ・ 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター(2007): 全国地熱ポテンシャルマップ説明書, 28p
- ・ 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター(2009): 全国地熱ポテンシャルマップ, CD-ROM
- ・ Haas, J. L. (1971) : The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Economic Geology*, **66**(6), p940-946.
- ・ Hayashi, M. (1973) : Hydrothermal alteration in the Otake geothermal area, Kyushu. *Journal of Japanese Geothermal Energy Association*, **10**, 9-46.
- ・ 林正雄(1982) : 深部高温地熱貯留層のターゲット, *日本地熱学会誌*, **4**, 2, p81-90
- ・ 環境省(2010) : 再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ,
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep/index.html>
- ・ 環境省(2014) 平成 25 年度地熱発電に係る導入ポテンシャル精密調査・分析委託業務報告書, <http://www.env.go.jp/earth/report/h26-04/>
- ・ 国土地理院 : 基盤地図情報ダウンロードサービス, <http://www.gsi.go.jp/kiban/>
- ・ 駒澤正夫(2003) : 日本の重力探査事情—地下構造とのかかわり, *石油技術協会誌*, **68**, 1, p21-30.
- ・ 日本機械学会 (1999) : 日本機械学会蒸気表, 201p.
- ・ 鈴木隆広・藤本和徳(2000) : 北海道における冷鉱泉資源とその利用, *北海道立地質研究所報告*, 第 71 号, p113-117.

以下、温泉データベース作成のため資料収集に使用

- ・ 北海道立地下資源調査所(1976) : 北海道の地熱・温泉(A)西南北海道中南部, 158p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1977) : 北海道の地熱・温泉(B)西南北海道北部, 198p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1979) : 北海道の地熱・温泉(C)北海道中央部, 192p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1980) : 北海道の地熱・温泉(D)北海道東部, 155p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1983) : 北海道の地熱温泉資源, 54p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1985) : 北海道の地熱・温泉—1985年・I版—, 98p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1985) : 北海道の地熱・温泉—1985年・II版—, 80p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1986) : 北海道の地熱・温泉利用の現状—1985—, 47p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1991) : 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集～1990, 205p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1991) : 北海道地熱・温泉ボーリング井索引図～1990, 144p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(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), 256p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1996) : 北海道地熱・温泉ボーリング井データ集 1991～1995, 82p.
- ・ 北海道立地下資源調査所(1996) : 北海道地熱・温泉ボーリング井索引図 1991～1995, 118p.

- ・ 北海道立地下資源調査所(1999)：北海道の地熱・温泉利用の現状－1998－, 63p.
- ・ 北海道立地質研究所(2001)：北海道地熱・温泉ボーリング井データ集 1996～2000, 52p.
- ・ 北海道立地質研究所(2001)：北海道地熱・温泉ボーリング井索引図 1996～2000, 82p.
- ・ 北海道立地質研究所(2004)：北海道市町村の地熱・温泉ボーリングデータ集, 220p.
- ・ 北海道立地質研究所(2008a)：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), CD-ROM 版.
- ・ 北海道立地質研究所(2008b)：北海道における地熱・温泉利用の現状－2007 年版－, CD-ROM 版.