

平成25年度環境省地球環境局委託業務

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

平成26年6月

株式会社エックス都市研究所
独立行政法人産業技術総合研究所
アシア航測株式会社

はじめに

地球温暖化対策の推進及びエネルギーセキュリティの確保のためには、再生可能エネルギーを一層強力に促進することが重要である。特に、東日本大震災及び福島第一原子力発電所の事故を契機として、そのニーズが高まってきている。なかでも、太陽光発電や風力発電に比べて安定した発電が可能であり、ベース電源となりうる地熱発電を推進していくことは極めて重要である。

しかしながら、我が国では、近年（1999年の八丈島発電所以降）、地熱発電の新規立地がない状況にある。この理由としては、開発リスク・開発コストの大きさや、開発に当たっての地元関係者との調整の困難性が挙げられる。地熱の開発リスクを低減するために、地熱発電の資源分布に関わる情報を精緻化し、関係者間の情報共有等を図ることが重要と考えられる。

環境省では、地熱発電の導入ポテンシャルに関しては、平成21年度から「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」及び「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」を実施し、全国規模での推計を実施してきた。本業務は、地熱発電の資源分布に関する情報の精度向上を図り、これまでの調査よりも精密な導入ポテンシャル推計に資するとともに、広く地熱開発事業者の利便性向上につなげることを目的として実施した。

本報告書は、これらの成果をとりまとめたものである。なお本業務では、地熱資源量の評価方法として USGS 容積法を用いているが、資源密度の評価にあたっては容積法以外に、Stored Heat 法とモンテカルロ解析を組合せた手法などもあり、また、実事業における詳細調査には、熱水流動シミュレーション等が行われることが多いことをここに付記しておく。

本業務は環境省の平成25年度委託事業として、株式会社エックス都市研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、アジア航測株式会社の3者が共同実施者として実施した。

本業務の実施にあたっては、作業進捗会議を設置し、有識者の方々に外部アドバイザーになって頂き、ご助言・ご指導を頂いた。また、ヒアリング等を通じて多くの方々のご協力を賜った。この場をお借りして感謝申し上げたい。

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
作業進捗会議アドバイザー名簿

江原 幸雄氏	地熱情報研究所 代表 (九州大学名誉教授)
海江田秀志氏	(一財) 電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域 研究参事
関 陽児氏	東京理科大学 理工学部 教授
◎野田 徹郎氏	(独)産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 顧問
藤光 康宏氏	九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門 教授
村岡 洋文氏	北日本新エネルギー研究所 所長・教授

◎：座長、※五十音順・敬称略

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
報告書目次

要約（サマリー）

第1章 業務の全体概要	1
1.1 業務の目的	1
1.2 業務の概要	1
1.3 業務の全体フロー	3
1.4 業務の実施体制	4
第2章 用語の解説	6
2.1 地熱発電の方式等に関する用語	7
2.2 地下温度構造に関する用語	10
2.3 地熱貯留層に関する用語	11
2.4 資源密度や導入ポテンシャルに関する用語	13
第3章 関連する諸情報の収集・整理	14
3.1 地形・地質関連データの収集・整理結果	14
3.2 地下温度関連データの収集・整理結果	23
3.3 温泉関連データの収集・整理結果	24
3.4 既設地熱発電所関連データの収集・整理結果	33
第4章 地下温度構造の推定	34
4.1 温泉データによる地点別A Iの設定と全国の温度構造の推計	35
4.2 抗井データによる地点別温度構造データの作成	38
4.3 坑井データ等による置換・外挿・補間結果	52
4.4 地下温度構造データの作成	54
4.5 地下温度構造の可視化	64
4.6 地下温度構造の推定における課題	73
第5章 熱水資源の貯留層基盤標高図の作成	74
5.1 貯留層基盤標高図の作成における前提条件の整理	74
5.2 重力基盤標高図の入手・補正等	75
5.3 表層地層図による置換・外挿・補間	76

5.4	地化学温度計データによる置換・外挿・補間	78
5.5	地質構造モデルデータによる置換・外挿・補間	82
5.6	研究論文や探鉱・坑井等データによる置換・外挿・補間	84
5.7	地熱開発関連データによる置換・外挿・補間	85
5.8	貯留層基盤標高図の作成	86
5.9	地熱貯留層の分布を検討する上での課題	94
第6章	貯留層になりうる範囲の設定とUSGS容積法に基づく資源密度分布図の作成	96
6.1	貯留層になりうる範囲の設定	96
6.2	USGS容積法に関する詳細前提条件と推計アルゴリズムの設定	99
6.3	資源密度分布図の作成	103
第7章	温泉発電に関する資源分布図の作成	120
7.1	温泉発電が可能な温泉の抽出	120
7.2	温泉発電の可能設備容量の推計	122
7.3	温泉発電の資源密度分布図の作成	128
7.4	蒸気井に関する現地測定及び発電可能量の推計	133
第8章	導入ポテンシャルの再推計	149
8.1	導入ポテンシャル推計条件の設定	149
8.2	導入ポテンシャルの推計	151
第9章	推計結果の検証	178
9.1	地熱発電所出力と仮想設備容量の比較検証	178
9.2	学識者・開発者ヒアリング結果	181
第10章	今後の課題と対応方策	183

巻末資料1：基盤深度文献リスト

巻末資料2：資源密度分布図（詳細版）

概要（サマリー）

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

地球温暖化対策の推進及びエネルギーセキュリティの確保のためには、再生可能エネルギーを一層強力に促進することが重要である。特に、東日本大震災及び福島第一原子力発電所の事故を契機として、そのニーズが高まってきている。なかでも、太陽光発電や風力発電に比べて安定した発電が可能であり、ベース電源となりうる地熱発電を推進していくことは極めて重要である。

しかしながら、我が国では、近年（1999年の八丈島地熱発電所以降）、地熱発電の新規立地がない状況にある。この理由としては、開発リスク・開発コストの大きさや、開発に当たっての地元関係者との調整の困難性が挙げられる。地熱の開発リスクを低減するために、地熱発電の資源分布に関わる情報を精緻化し、関係者間の情報共有等を図ることが重要と考えられる。

環境省では、地熱発電の導入ポテンシャルに関しては、平成21年度から「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」及び「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」を実施し、全国規模での推計を実施してきた。本業務は、地熱発電の資源分布に関する情報の精度向上を図り、これまでの調査よりも精密な導入ポテンシャル推計に資するとともに、広く地熱開発事業者の利便性向上につなげることを目的として実施した。

1. 関連する諸情報の収集・整理

地熱発電の資源密度を推計するために必要となる地形・地質データ、温泉データ、既存の坑井データ等を収集・整理した。

2. 地下温度構造の推定

収集・整理した温泉データ及び坑井温度プロファイルデータを用いて、500mメッシュ単位で深度別（50mごと）の全国の地下温度構造を推計した。具体的には、利用可能な温泉データ8,254地点を抽出し、温泉地点ごとの活動度指数（Activity Index: AI）を算出することで、深度方向の温度プロファイルデータを作成した。さらに温泉データよりも精緻なデータである坑井データが入手できた67地域459地点については、標高別温度プロファイルデータを作成しデータを置き換え（500mメッシュ単位）、深度ごとに最小曲率法にて補正・補間を行うことで全国の地下温度構造を推計した（図-1～3）。

また、任意箇所の地下温度構造を可視化するため、地下構造データベース（500m メッシュ別・深度別（50m ごと）の温度データ）を可視化する「地下温度構造可視化ツール」を作成した。

本ツールでは、以下の2つの機能を構築した。

- ①任意範囲（10km メッシュ程度を想定）における深度別の温度分布図作成
- ②任意地点（500m メッシュの中心）における地下温度データの表示（又はグラフ表示）

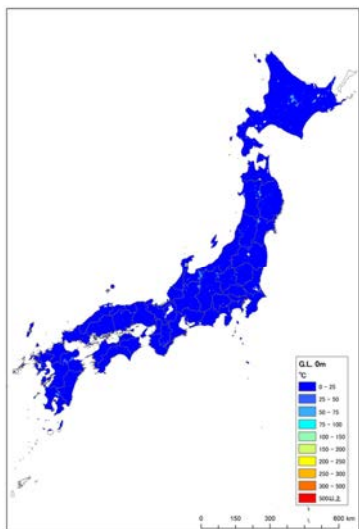


図-1 地下温度構造データ (G. L. 0m)

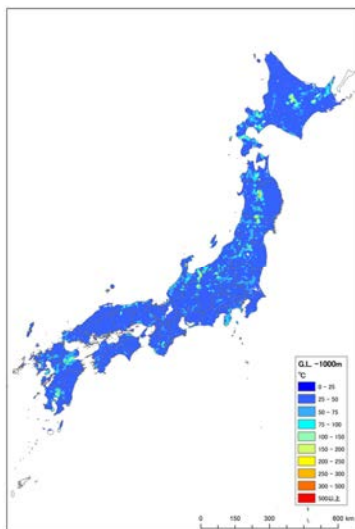


図-2 地下温度構造データ (G. L. -1000m)

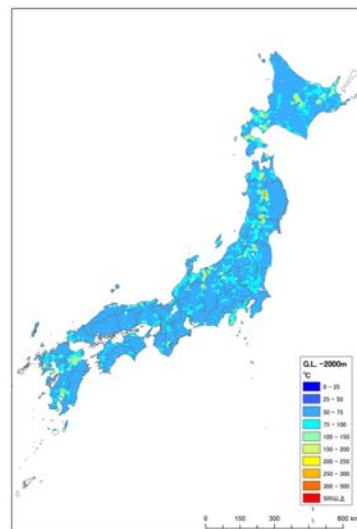
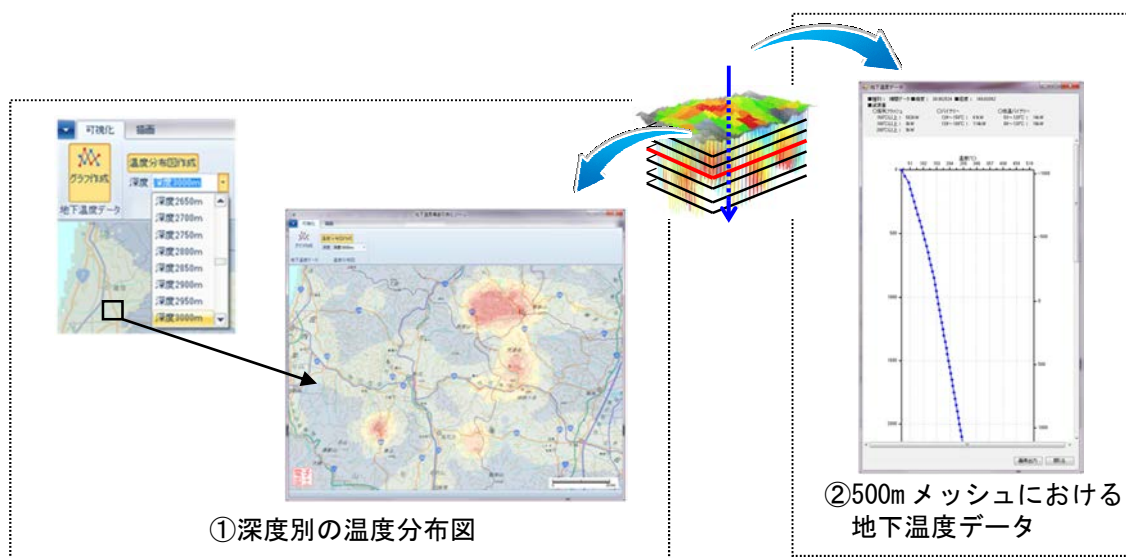


図-3 地下温度構造データ (G. L. -2000m)



①深度別の温度分布図

②500m メッシュにおける地下温度データ

図-4 地下温度構造可視化ツール

3. 熱水資源の貯留層基盤標高図の作成

既存の地質データや重力基盤深度、温泉データに対する地化学温度計（温泉水の成分分析結果から地下温度を推定する方法）等を活用して、500m メッシュ単位で、貯留層基盤標高（貯留層底部の標高）を推定し、貯留層基盤標高図を作成した（図-5～6）。推定にあたっては、熱水系貯留層の存在しうる地層を新第三系及び第四系とした。また、地化学温度計に関しては、全ての温泉に対して有効な手法ではないため、この手法が有効な温泉タイプを特定した上で活用した。

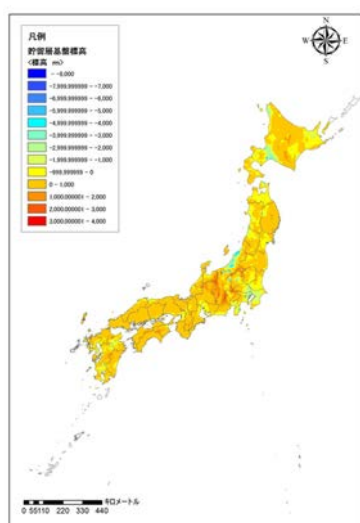


図-5 貯留層基盤標高図（全国）

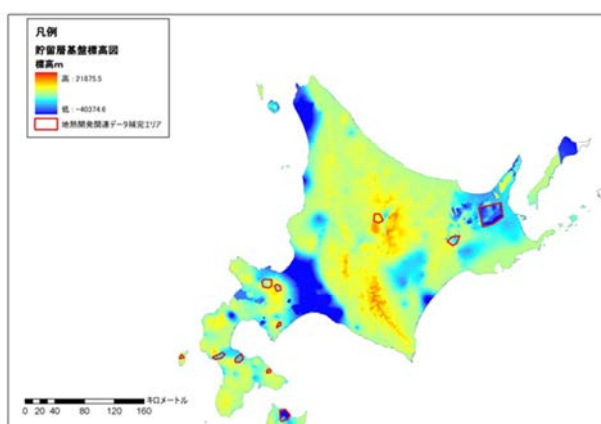


図-6 貯留層基盤標高図（サンプル：北海道）

4. 貯留層になりうる範囲の設定と USGS 容積法に基づく資源密度分布図の作成

地熱貯留層となりうる範囲を検討した上で、USGS 容積法を用いて資源密度を推計し、分布図を作成した。

推計にあたり設定した前提条件を以下に示す。

- 1) 発電方式別に基準温度及び発電効率を設定する。
- 2) 適用可能な下限温度については複数設定する（蒸気フラッシュ：150℃、180℃など）。
- 3) 過年度調査では、低温バイナリー（温泉発電）の下限温度を 53℃と設定していたが、昨年度調査でのヒアリング結果を踏まえ、低温バイナリー（温泉発電）の下限温度を、現在の実用的下限温度である 80℃についても設定する。
- 4) 資源密度 (kW/km²) は、USGS 容積法により評価した資源量を、30 年間で使用することを前提として 30 年で除算することで算出し推計した。

作成した資源密度分布図を図 7～9 に、地熱資源量（全国）集計結果を表-1 に示す。

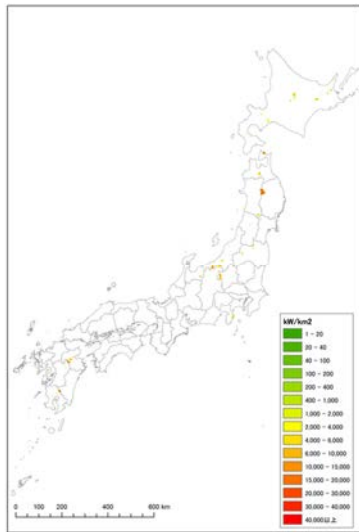


図-7 資源密度分布図
(蒸気フラッシュ 150°C以上)

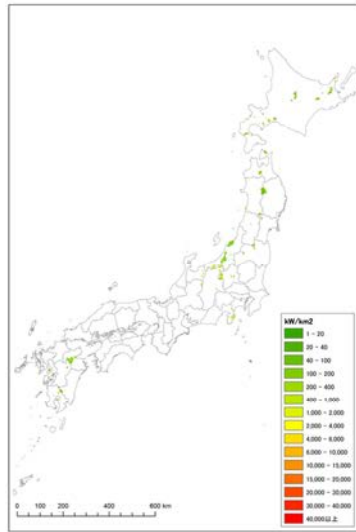


図-8 資源密度分布図
(バイナリー (ランキンサイクル想定) 120~150°C以上)

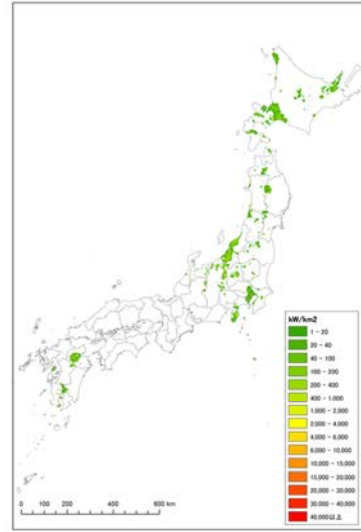


図-9 資源密度分布図
(低温バイナリー (カーリーナサイクル想定) 53~120°C以上)

表-1 地熱資源量 (全国) 集計結果

発電方式	対象温度区分	地熱資源量 (万 kW)	参考: H22 推計結果 (※)
			地熱資源量 (万 kW)
蒸気フラッシュ	150°C以上	2,219	2,357
	180°C以上	1,314	推計していない
	200°C以上	933	推計していない
バイナリー (ランキンサイクル想定)	120~150°C	120	108
	120~180°C	239	推計していない
低温バイナリー (カーリーナサイクル想定)	53~120°C	199	849
	80~120°C	143	推計していない

※環境省「平成22年度再生可能エネルギーの導入ポテンシャル調査」にて、(独)産業技術総合研究所が作成した資源密度図をベースとして推計された結果である。

5. 温泉発電に関する資源分布図の作成

収集・整理した温泉データ（3,702カ所）から、温泉発電の条件として設定した湧出温度80℃、湧出量100L/分を満たす温泉を149カ所抽出した。また、温泉発電の可能設備容量の推計方法を検討し、それら温泉についてカーナサイクルとランキンサイクルを想定した場合の温泉発電可能量を算出し推計した。その結果、カーナサイクルは7.65万kW、ランキンサイクルは4.14万kWと推計された。温泉発電の資源分布図を図-10～11に示す。

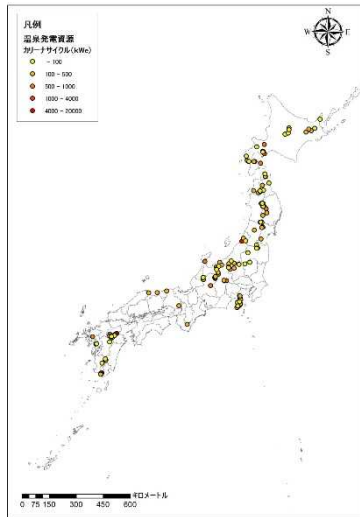


図-10 カーナサイクルを想定した温泉発電資源分布図

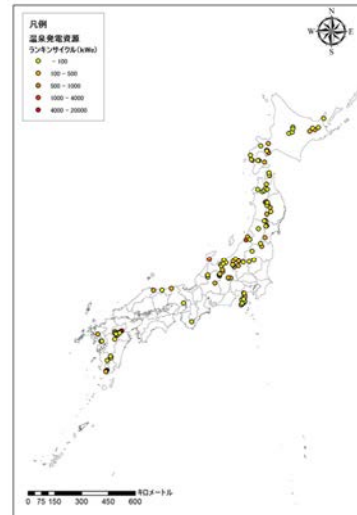


図-11 ランキンサイクルを想定した温泉発電資源分布図

6. 導入ポテンシャルの再推計

国立公園（第2種特別地域、第3種特別地域）における開発と傾斜掘削に関わる条件を設定し、3種類の導入ポテンシャルを推計した。導入ポテンシャルの分布図を図-12～14に、集計結果を表-2に示す。蒸気フラッシュ発電の150℃以上については、過年度調査結果と比較すると、本年度調査結果が3倍程度大きくなった。これは坑井データを追加したことによると考えられる。一方で低温バイナリー発電の53～120℃は、過年度調査結果の5分の1程度となっている。これは周辺5km以内に温度データの存在しないエリアにダミーデータ（AI=0）を付したことにより、それらのエリアの地下温度が過年度調査よりも低くなったためである。

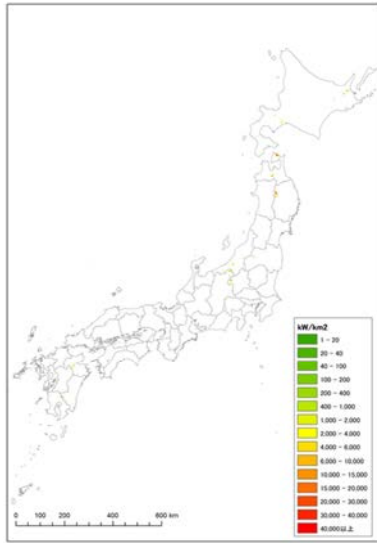


図-12 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図（150℃以上、基本）

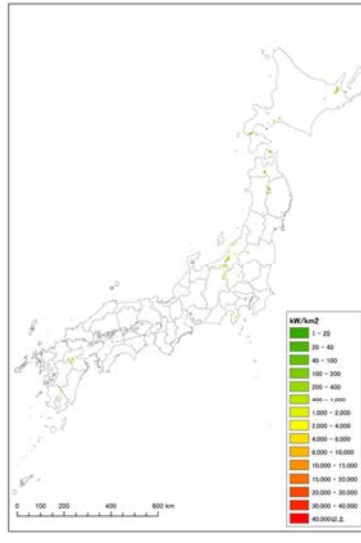


図-13 バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図（120～150℃、基本）

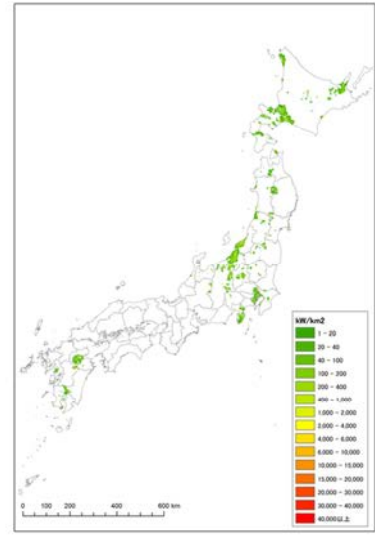


図-14 低温バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図（53～120℃、基本）

表-2 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル集計結果

発電方式	対象温度区分	推計条件	導入ポテンシャル (万 kW)	(参考) 過年度調査における推計結果
蒸気フラッシュ発電	150℃以上	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	785	233(※1)
		条件1（国立公園なし，傾斜掘削あり）	1,267	534(※1)
		条件2（国立公園あり，傾斜掘削なし）	1,407	848(※1)
	180℃以上	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	446	推計していない
		条件1（国立公園なし，傾斜掘削あり）	787	〃
		条件2（国立公園あり，傾斜掘削なし）	887	〃
200℃以上	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	313	〃	
	条件1（国立公園なし，傾斜掘削あり）	574	〃	
	条件2（国立公園あり，傾斜掘削なし）	648	〃	
バイナリー発電	120～150℃	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	49	33(※2)
		条件2（国立公園あり，傾斜掘削なし）	68	推計していない
	120～180℃	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	93	〃
		条件2（国立公園あり，傾斜掘削なし）	136	〃
低温バイナリー発電	53～120℃	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	171	751(※2)
	80～120℃	基本（国立公園なし，傾斜掘削なし）	121	推計していない

※1 環境省「平成24年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」における推計結果

※2 環境省「平成22年度再生可能エネルギーの導入ポテンシャル調査」における推計結果

7. 推計結果の検証

既開発地熱発電所の出力と仮想設備容量の比較検証を行った。その結果、過年度調査では資源量が表出しなかった既開発地熱発電所に対しても資源量が確認された。また、全体的な調査結果に関して地熱開発事業者2名にヒアリングを行い、その妥当性及び有効性を確認した。

8. 今後の課題

地下温度構造の推定における課題としては、情報不足への対応、深部域における高温化への対応が挙げられる。熱水資源の貯留層基盤標高図の作成についても地盤の透水性に関する情報不足への対応や、地化学温度計等の化学的手法による援用が考えられる。資源密度分布図の作成等については、発電方式別の発電可能下限温度の設定や容積法における各種パラメータの妥当性の検証、発電所の実態との整合性確保などが課題として挙げられる。温泉発電に関しては、湯量データや蒸気井に関する情報不足への対応が課題である。また、共通的な課題として、詳細調査の対象エリア拡大と比較的安価な調査手法の確立、情報収集・整備に係る多様な主体との連携・協力が挙げられる。

SUMMARY

Commissioned Project on Precision Survey and Analysis of Geothermal Power Generation Introduction Potential (FY 2013)

To promote global warming prevention and ensure energy security, it is important to make further efforts for reinforcement of renewable energy. Particularly after the Great East-Japan Earthquake and the disaster of the Fukushima First Nuclear Power Plant, there has been a growing need for these efforts. Among others, renewable energy ensures more stabilized power generation than the solar power or wind power generation. It is extremely important to encourage the geothermal power generation as a base power source.

In Japan, however, there is no new site for geothermal power generation in recent years (after the construction of Hachijojima geothermal power plant in 1999). This will be due to the high development risk and cost as well as difficulties in reaching agreement with the local authorities for development. To reduce the geothermal development risk, it is essential to obtain more precise information on the distribution of geothermal power generation resources and to share information among the related peoples.

With respect to the geothermal power generation introduction potential, the Ministry of the Environment has been implementing a "renewable energy introduction potential survey and "collection of zoning basic information on renewable energy" since fiscal 2009, and has make estimates on a nation-wide scale. This project is intended to upgrade precision of the information on the distribution of geothermal power generation resources, to make a more precise estimate of the introduction potential than that of the conventional surveys and to enhance the convenience of wide-ranging business operators involved in geothermal development.

1. Collection and organization of related information

We have collected and organized the topographic and geographical data, hot spring data and existing well data required to estimate the density of the geothermal power generation resources.

2. Estimate of underground temperature structure

Using the hot spring data and well temperature profile data having been collected or organized, we estimated the underground temperature structure on a nationwide scale by depth (at intervals of 50 meters) in units of 500-meter mesh. To put it more specifically, we picked up 8,254 points on available hot spring data and calculated the

Activity Index (AI) for each hot spring point, thereby creating temperature profile data across the depth. For 459 points in 67 regions where we could obtain the well data of higher precision than hot spring data, we created the temperature profile data for each elevation and replaced the data (in units of 500-meter mesh). Correction and interpolation were conducted by the principle of least curvature for each depth, with the result that underground temperature structure was estimated on a nationwide scale (Figures 1 to 3).

To visualize the underground temperature structure at a given site, we created an "underground temperature structure visualization tool" capable of visualizing the underground structure database (temperature data by 500-meter mesh/depth (at intervals of 50 m)).

This tool was utilized to configure the following two functions:

- ① Creation of temperature distribution diagram by depth in a given range (approximately 10-km mesh assumed)
- ② Representation of underground temperature data at a given point (center of 500-meter mesh) (or graphic representation)



Figure 1 Underground temperature structure data (G.L. 0 m)

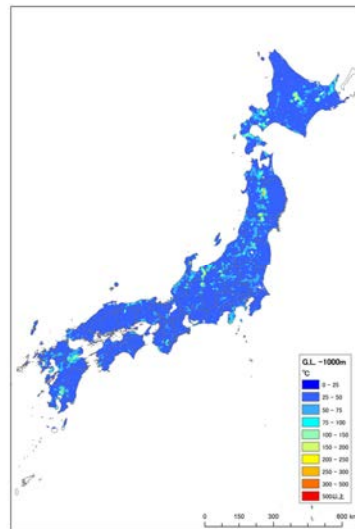


Figure 2 Underground temperature structure data (G.L. -1000 m)

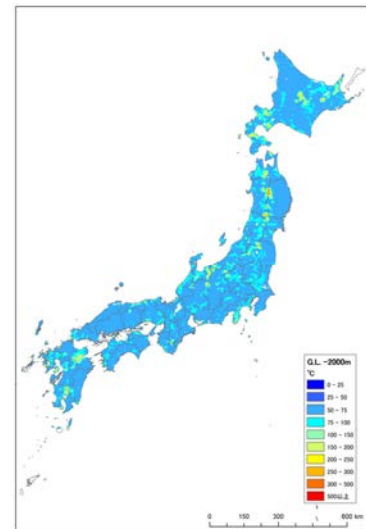


Figure 3 Underground temperature structure data (G.L. -2000 m)

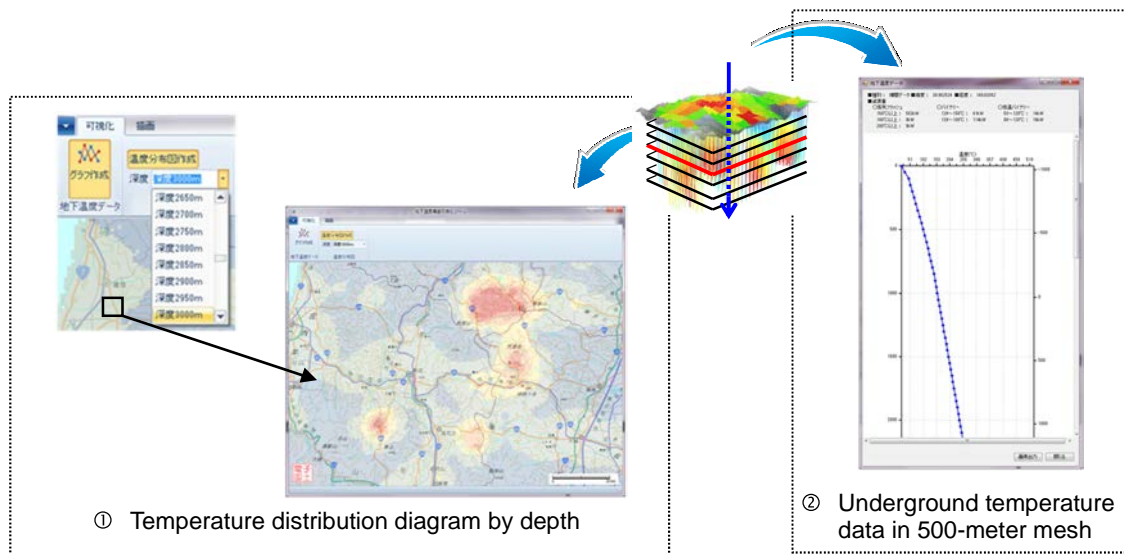


Figure 4 Underground temperature structure visualization tool

3. Creation of reservoir bedrock elevation diagram for hydrothermal resources

Using the geochemical temperature gauge for the existing geographical data, gravity bedrock depth and hot spring data (a technique for estimating the underground temperature from the result of componential analysis of hot spring water), we estimated the reservoir bedrock elevation (reservoir bottom elevation) in units of 500-meter mesh and created a reservoir bedrock elevation diagram (Figures 5 and 6). For estimation, the New Tertiary system and Quaternary system were assumed to be the stratus where the hydrothermal reservoir bedrock was allowed to be present. Further, since the geochemical temperature gauge does not provide an effective means for all the hot springs, we used it after specifying the type of hot spring where this technique was valid.

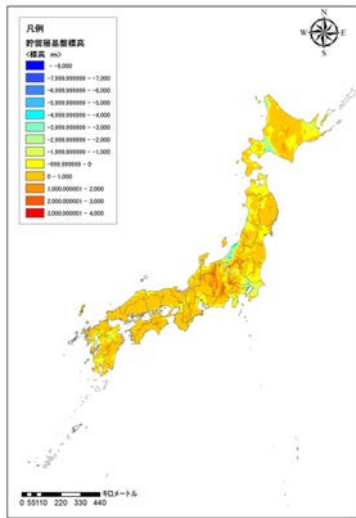


Figure 5 Reservoir bedrock elevation diagram (across Japan)

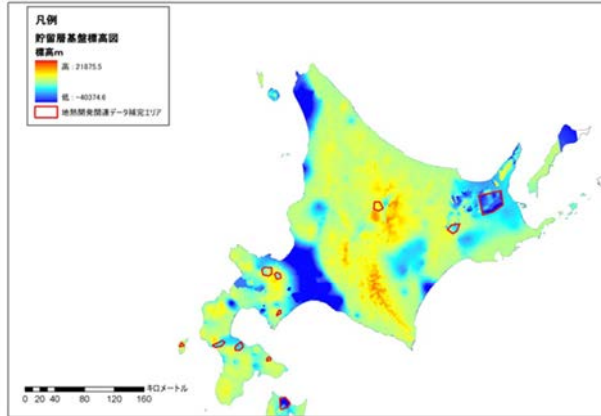


Figure 6 Reservoir bedrock elevation diagram (sample: Hokkaido)

4. Setting the scope of possible reservoir bedrocks and creation of resource density distribution diagram based on the USGS volumetric method

After having studied the scope of possible geothermal reservoir bedrocks, we created a distribution diagram by estimating the resource density using a USGS volumetric method. The following illustrates the assumptions used for estimation:

- 1)The reference temperature and power generation efficiency were assumed for each power generation method.
- 2)More than one applicable lower limit temperature was assumed.(Steam flash: 150°C, 180°C, etc.)
- 3)In the previous surveys, the low-temperature binary (hot spring power generation) lower limit temperature was set at 53°C. Based on the result of hearing in the survey for last fiscal year, the low-temperature binary (hot spring power generation) lower limit temperature was also set for 80°C which is the current practical lower limit temperature.
- 4)To estimate the resource density (kW/km²), the volume of resources assessed by the USGS volumetric method was divided by 30 on the assumption that this volume would be used during the 30-year period.

Figures 7 to 9 illustrate the resource density distribution diagram having been created, while Table 1 shows the volume of geothermal resources (across Japan).

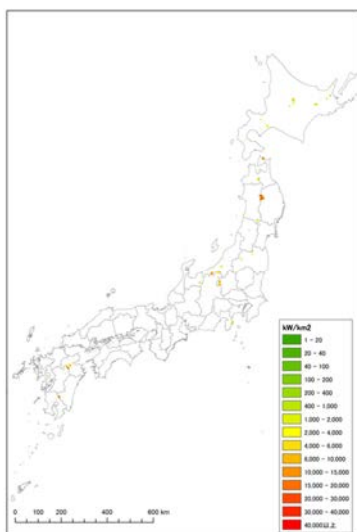


Figure 7 Resource density distribution diagram (Steam flash 150°C or more)

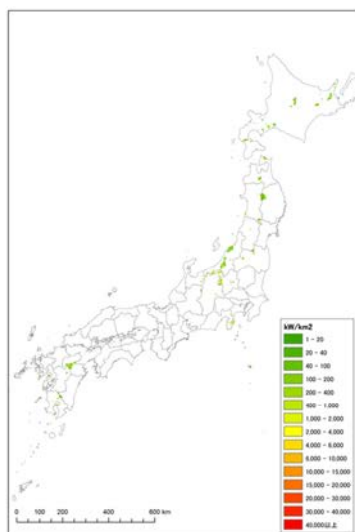


Figure 8 Resource density distribution diagram (Binary (Rankine cycle assumed) for 120 to 150°C or more)

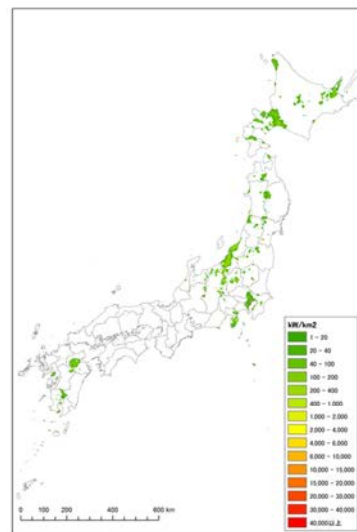


Figure 9 Resource density distribution diagram (Low-temperature binary (Carina cycle assumed) for 53 to 120°C or more)

Table 1 Calculation of the volume of geothermal resources (across Japan)

Power generation method	Target temperature classification	Volume of geothermal resources (unit: 10,000 kW)	Reference: Estimated in 2010 ^(*) Volume of geothermal resources (unit: 10,000 kW)
Steam flash	150°C or more	2,219	2,357
	180°C or more	1,314	Not estimated
	200°C or more	933	Not estimated
Binary (Rankine cycle assumed)	120 to 150°C	120	108
	120 to 180°C	239	Not estimated
Low-temperature binary (Carina cycle assumed)	53 to 120°C	199	849
	80 to 120°C	143	Not estimated

* This estimate is based on the geothermal potential map created by the Institute of Advanced Industrial Science and Technology in a project "Renewable energy introduction potential survey for fiscal 2010", Ministry of the Environment.

5. Creating the resource distribution chart on hot spring power generation

Based on the hot spring data (3,702 spots) having been collected or organized, we extracted 149 spots where the hot springs would meet the requirements of water temperature of 80°C with a volume of 100 L per minute, which were determined as hot spring power generation requirements. Further, we studied the procedure for

estimating the facility capacity compatible with hot spring power generation. For these hot springs, we estimated the volume of possible hot spring power generation where the Carina and Rankine cycles were assumed. This calculation has yielded 76,500 kW for the Carina cycle and 41,400 kW for Rankine cycle. Figures 10 and 11 illustrate the resources distribution chart for hot spring power generation.

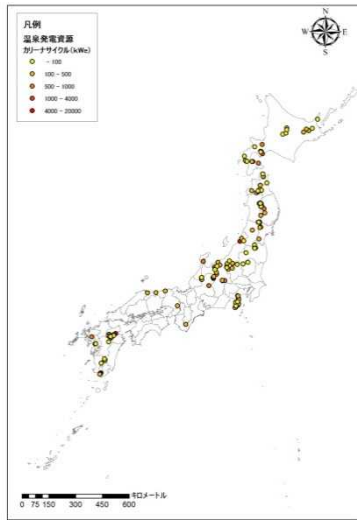


Figure 10 Resource distribution chart for hot spring power generation where Carina cycle is assumed



Figure 11 Resource distribution chart for hot spring power generation where Rankine cycle is assumed

6. Re-estimation of introduction potential

We determined the requirements for the development in the National Parks (special area of Classes 2 and 3) and requirements for the development by slant excavation, and estimated three types of introduction potential. The introduction potential distribution chart is illustrated in Figures 12 to 14, and the result of summary is given in Table 2.

For the steam flash power generation of 150°C or more, comparison was made between the result of survey this year and the result in past years. It has been revealed that the result of this year is about three times greater than that of the past years. This is considered to be due to the addition of the well data. In the meantime, the low-temperature parity generation of 53 to 120°C is about 20 percent smaller than the result in the past years. This is because dummy data (AI=0) was added in the areas devoid of temperature data within 5 km on the periphery, with the result that the underground temperature in these areas was reduced below that in the previous years.

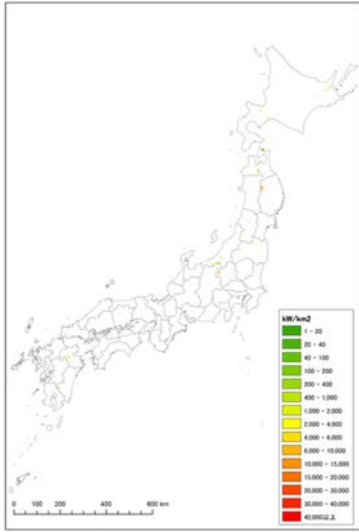


Figure 12 Steam flash introduction potential distribution chart (150°C or more, basic)

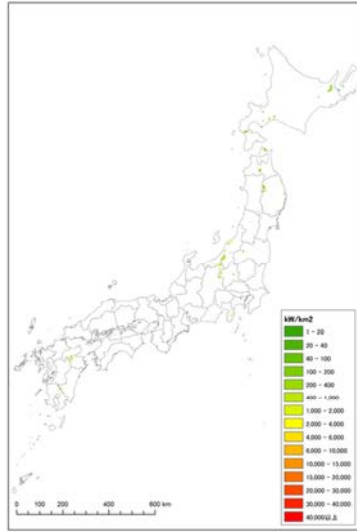


Figure 13 Binary power generation introduction potential distribution chart (120 to 150°C or more, basic)

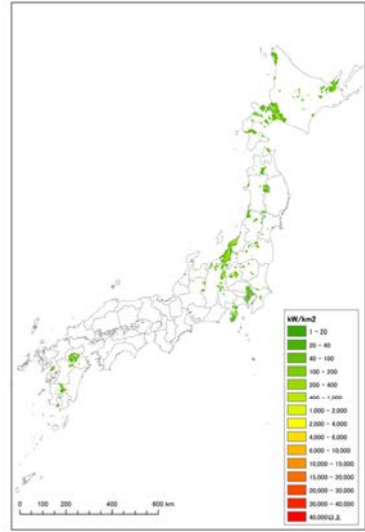


Figure 14 Low-temperature binary power generation introduction potential distribution chart (53 to 120°C or more, basic)

Table 2 Steam flash introduction potential summary result

Power generation method	Temperature classification	Estimation requirements	Introduction potential (unit: 10,000 kW)	(Reference) Result of estimation by the survey in past years
Power generation by steam flash	150°C or more	Basic (without National Park or slant excavation)	785	233(*1)
		Requirement 1 (without National Park or with slant excavation)	1,267	534(*1)
		Requirement 2 (with National Park without slant excavation)	1,407	848(*1)
	180°C or more	Basic (without National Park or slant excavation)	446	Not yet estimated
		Requirement 1 (without National Park or with slant excavation)	787	Not yet estimated
		Requirement 2 (with National Park without slant excavation)	887	Not yet estimated
	200°C or more	Basic (without National Park or slant excavation)	313	Not yet estimated
		Requirement 1 (without National Park or with slant excavation)	574	Not yet estimated
		Requirement 2 (with National Park without slant excavation)	648	Not yet estimated
Binary power generation	120 to 150°C	Basic (without National Park or slant excavation)	49	33(*2)
		Requirement 2 (with National Park without slant excavation)	68	Not yet estimated
	120 to 180°C	Basic (without National Park or slant excavation)	93	Not yet estimated
		Requirement 2 (with National Park without slant excavation)	136	Not yet estimated
Low-temperature binary power generation	53 to 120°C	Basic (without National Park or slant excavation)	171	751(*2)
	80 to 120°C	Basic (without National Park or slant excavation)	121	Not yet estimated

* 1 Result of estimation according to "Organization of basic zoning information for renewable energy for fiscal 2012", Ministry of the Environment

* 2 Result of estimation according to "A survey of renewable energy introduction potential for fiscal 2010", Ministry of the Environment.

7. Verification of the estimation result

We made a comparative verification of the power generation capability of the already developed geothermal power plant and the capacity of the virtual facilities. As a result, the volume of the resources was verified for the geothermal power plant that had already been developed, where the volume of resources had not been found out in the survey of the previous years. Further, a hearing was conducted with two business operators for geothermal development on the overall survey results for the purpose of verifying the adequacy and validity.

8. Subsequent problem

The problem with the estimation of underground temperature structure is how to cover the shortage of information and how to handle the high temperature in the deep part. In the creation of an elevation chart of reservoir bedrock for hot water resources, it is important to find out ways for covering the shortage of the information on the permeability of the ground and to develop a chemical technique including use of a geochemical temperature gauge. In creating the resources density distribution chart and the like, the problems to be solved will be how to set the lowest possible temperature for power generation according to each power generation method, how to verify the adequacy of the parameters in the volumetric method, and how to ensure consistency with the actual conditions of power plants. The problem with the hot spring power generation is how to cover the shortage of data on the volume of hot water and information on steam wells. Further, the common problem is how to ensure coordination and cooperation with various forms of agencies and organizations that will promote expansion of the relevant area for detailed surveys, establishment of less costly survey techniques, and collection/organization of information.

第1章 業務の全体概要

本章では、業務の目的と調査内容、調査体制及び調査フロー等を概説する。

1.1 業務の目的

地球温暖化対策の推進及びエネルギーセキュリティーの確保のためには、再生可能エネルギーを一層強気に促進することが重要である。特に、東日本大震災及び福島第一原子力発電所の事故を契機として、そのニーズが高まってきている。なかでも、太陽光発電や風力発電に比べて安定した発電が可能であり、ベース電源となりうる地熱発電を推進していくことは極めて重要である。

しかしながら、我が国では、近年（1999年の八丈島地熱発電所以降）、地熱発電の新規立地がない状況にある。この理由としては、開発リスク・開発コストの大きさや、開発に当たっての地元関係者との調整の困難性が挙げられる。地熱の開発リスクを低減するために、地熱発電の資源分布に関わる情報を精緻化し、関係者間の情報共有等を図ることが重要と考えられる。

環境省では、地熱発電の導入ポテンシャルに関しては、平成21年度から「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」及び「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」を実施し、全国規模での推計を実施してきた。本業務は、地熱発電の資源分布に関する情報の精度向上を図り、これまでの調査よりも精密な導入ポテンシャル推計に資するとともに、広く地熱開発事業者の利便性向上につなげることを目的として実施した。

1.2 業務の概要

本業務の概要を表1.2-1に示す。

表 1.2-1 業務の全体概要

実施項目	実施内容
1) 関連する諸情報の収集・整理	地熱発電の資源密度を推計するために必要となる諸情報を収集・整理した。
2) 地下温度構造の推定	収集・整理した温泉データ及び坑井データを用いて、500mメッシュ単位で、全国の地下温度構造を推計した。
3) 熱水資源の貯留層基盤標高図の作成	既存の地質データや重力基盤深度、温泉データに対する地化学温度計（温泉水の成分分析結果から地下温度を推定する方法）等を活用して、500mメッシュ単位で、貯留層基盤標高（貯留層底部の標高）を推定し、貯留層基盤標高図を作成した。
4) 貯留層になりうる範囲の設定とUSGS容積法に基づく資源密度分布図の作成	上述2)、3)のアウトプットを用いて地熱貯留層となりうる範囲を設定し、USGS容積法を用いて地熱資源量を推計し、資源密度分布図を作成した。
5) 温泉発電に関する資源分布図の作成	温泉発電が可能な温泉の条件を設定し、条件を満たす温泉を抽出し、発電可能量を算定、資源分布図を作成した。
6) 導入ポテンシャルの再推計	国立公園（第2種特別地域、第3種特別地域）における開発と傾斜掘削による開発に関する条件を付した3種類の導入ポテンシャルを推計した。
7) 検討結果の検証等	熱水資源開発と温泉発電の資源量の推計方法や推計結果について、有識者ヒアリングにより検証した。

※過年度の環境省調査に関する課題認識

過年度調査における資源密度図（産総研：村岡氏（現弘前大学）作成）は、全国一律の算出ルールに基づく全国規模の資源量の把握、という観点では非常に有用である。当初のポテンシャル調査であれば全国的な資源量を把握する、という観点で必要かつ十分であったが、今後、地方公共団体や事業者等から求められる「実際に資源が賦存する場所を特定する」という目的に照らし合わせた場合には、必ずしも十分と言えない面もある。過年度調査において明らかとなった地熱の資源密度図に関する課題を表 1.2-2 に示す。

表 1.2-2 過年度調査における地熱資源密度図に関する課題

課題区分	課題の内容	備考
全般	全国レベルでの地熱資源賦存量の大まかな分布というところでは問題ないが、細かなところでは実態との食い違いが目立つ、との指摘がある。	
	部分的に過大または過小に評価されている地域が存在する。	過大評価可能性地域例：大雪山地域 過小評価可能性地域例：NEDO 詳細調査地域、伊豆地域
	有識者による十分な検証や発電所操業地域等の地下データが豊富な地域での検証を経ているとは言えない点がある。	
分析手法 (容積法)	重力基盤データは全国一律の岩石密度仮定に基づいており、貯留層底面深度の推定に関して不確実性を有しているため、貯留層を過大評価または過小評価している可能性がある。また、重力基盤深度は、地下温度分布と貯留層体積の両方に影響し、資源量計算における影響が大きい。	過大評価または過小評価につながっている可能性がある。
	地表ないし浅い源泉温度データで活動度指数を設定しているところでは、鉛直方向の温度推定プロセスに関して不確実性を有している。	
	地域によってデータ分布の粗密の差が大きく、外挿や補間を行うにあたって必ずしも適切に処理できていない可能性がある。	
G I S 化	位置の間違ひがある温泉・坑井データが存在する。	小規模な温泉などにメッシュのずれがある。
その他	種別用（低温バイナリー、バイナリー、フラッシュ）の温度範囲設定は、想定するシステムにより利用可能温度が異なる。	

1.3 業務の全体フロー

本業務の全体フローを図 1.3-1 に示す。本業務は、1)関連諸情報の収集、2)地下温度構造の推定、3)熱水資源の貯留層基盤深度図の作成、等の10のポーションから構成される。

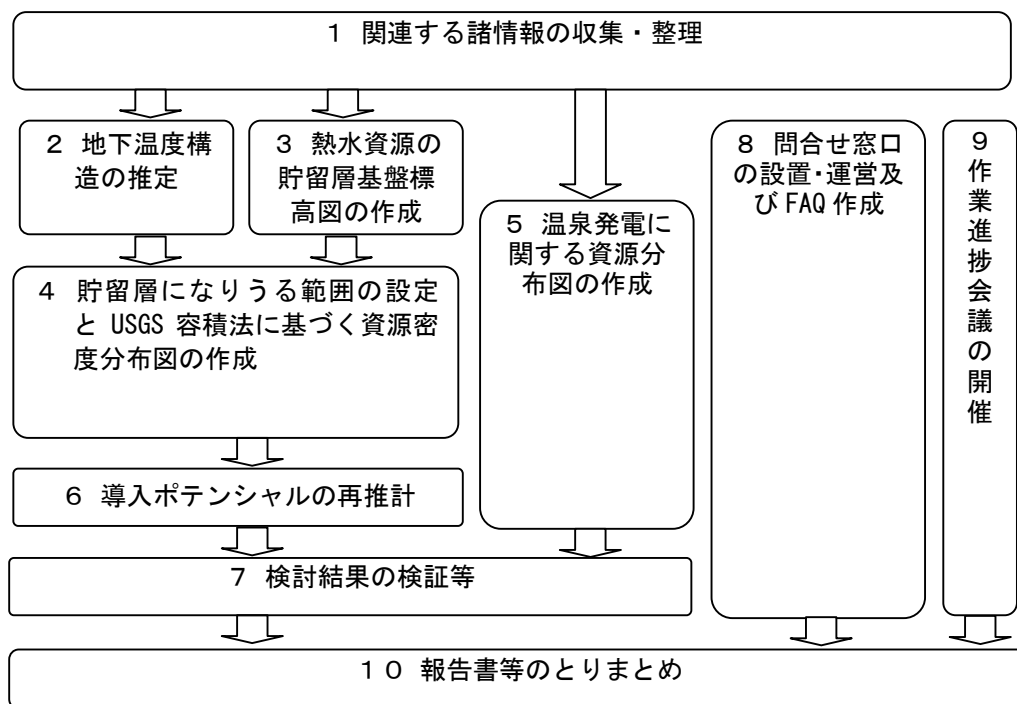


図 1.3-1 業務の全体実施フロー

1.4 業務の実施体制

本業務は環境省の平成 25 年度委託事業として、株式会社エックス都市研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、アジア航測株式会社の 3 社を共同実施者として、株式会社サイエンスアンドテクノロジー、地熱エンジニアリング株式会社、有限会社テラクア、株式会社応用地理研究所、株式会社エクシードを再委託者として実施した。実施体制図を図 1.4-1 に示す。

また、検討にあたって、表 1.4-1 に示す有識者に外部アドバイザーになっていただき、作業進捗会議への参加を通じて、適切かつ有効な助言・指導を頂いた。

本業務に関連して行った作業進捗会議の開催概要を表 1.4-2 に示す。

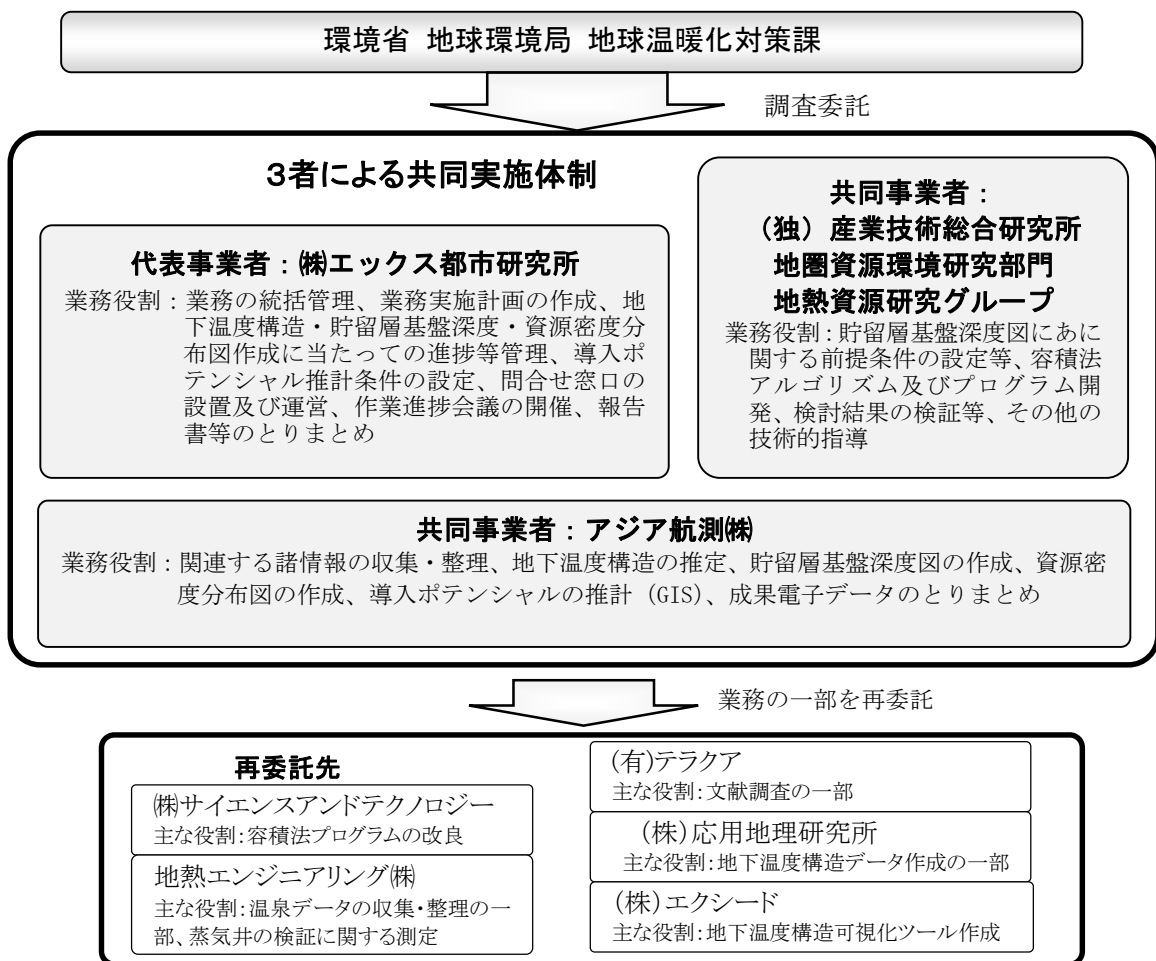


図 1.4-1 実施体制図

表 1.4-1 本業務における外部アドバイザー

所属・役職	名前(敬称略・五十音順)
地熱情報研究所 代表 (九州大学名誉教授)	江原 幸雄
(一財)電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域 研究参事	海江田秀志
東京理科大学 理工学部 教授	関 陽児
(独)産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 顧問	◎野田 徹郎
九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門 教授	藤光 康宏
弘前大学 北日本新エネルギー研究所 所長・教授	村岡 洋文

◎：座長

表 1.4-2 作業進捗会議の概要

回・実施日	議題・討議内容	参加いただいた外部アドバイザー
第1回 平成25年 12月2日	<ul style="list-style-type: none"> ・昨年度の調査結果に関する概略報告 ・調査の実施計画および調査スケジュールについて ・関連する諸情報の収集・整理について ・地下温度構造の推定について ・熱水資源の貯留層基盤深度図の作成について ・貯留層となりうる範囲の設定について ・検証対象とする蒸気井の選定について 	江原アドバイザー 海江田アドバイザー 関アドバイザー 野田アドバイザー 藤光アドバイザー
第2回 平成25年 12月25日	<ul style="list-style-type: none"> ・関連する諸情報の収集・整理、地下温度構造の推定について ・熱水資源の貯留層基盤深度図の作成について ・USGS 容積法に基づく資源密度分布図の作成について ・貯留層になりうる範囲の設定について ・USGS 容積法に関する詳細前提条件と推計アルゴリズムの設定について ・導入ポテンシャル推計条件について ・蒸気井の発電可能性に関する現地測定計画について 	江原アドバイザー 海江田アドバイザー 関アドバイザー 野田座長 村岡アドバイザー
第3回 平成26年 2月3日	<ul style="list-style-type: none"> ・関連する諸情報の収集・整理結果について ・地下温度構造の推定結果について ・熱水資源の貯留層基盤標高図の作成について ・USGS 容積法に基づく資源密度分布図の作成について ・温泉発電が可能な温泉の抽出条件と可能設備容量の推計結果について ・導入ポテンシャル推計条件について ・熱水資源開発及び温泉発電に関する検証について ・蒸気井の発電可能性に関する現地測定状況について 	江原アドバイザー 海江田アドバイザー 野田座長 藤光アドバイザー 村岡アドバイザー
第4回 平成26年 3月12日	<ul style="list-style-type: none"> ・関連する諸情報の収集・整理結果について ・地下温度構造の暫定推定結果について ・熱水資源の貯留層基盤標高図の作成結果について ・USGS 容積法に基づく資源密度分布図の作成について ・温泉発電が可能な温泉の抽出条件と可能設備容量の推計結果について ・導入ポテンシャル推計結果 (イメージ) について ・蒸気井の発電可能性に関する調査結果について 	江原アドバイザー 海江田アドバイザー 野田座長 藤光アドバイザー 村岡アドバイザー
第5回 平成26年 6月17日	<ul style="list-style-type: none"> ・地熱資源量の再評価結果について ・報告書(案)について ・検討結果の検証について 	江原アドバイザー 海江田アドバイザー 野田座長 藤光アドバイザー 村岡アドバイザー

第2章 用語の解説

本章では、本業務で使用している導入ポテンシャルに関する以下の用語の定義を示す。なお、地熱発電の発電方式や導入ポテンシャル等に関する用語については、環境省の「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」（平成 21～22 年度）及び「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」（平成 23～24 年度）における考え方等を踏襲しているため、必要によりそれらの報告書も併せて参考にされたい。

（1）地熱発電の方式等に関する用語

- ①地熱発電（熱水資源利用）
- ②温泉発電（既存温泉活用）
- ③蒸気フラッシュ発電
- ④バイナリーサイクル発電

（2）地下温度構造に関する用語

- ①活動度指数（AI：Activity Index）
- ②地化学温度計

（3）地熱貯留層に関する用語

- ①地熱貯留層
- ②地熱貯留層となりうる範囲
- ③地熱貯留層基盤標高
- ④重力基盤標高

（4）資源密度や導入ポテンシャルに関する用語

- ①USGS 容積法
- ②資源密度分布図
- ③賦存量
- ④導入ポテンシャル

2.1 地熱発電の方式等に関する用語

本節では、本業務で使用している地熱発電の方式に関する用語の解説を行う。なお、概念図を図 2.1-1 に示す。

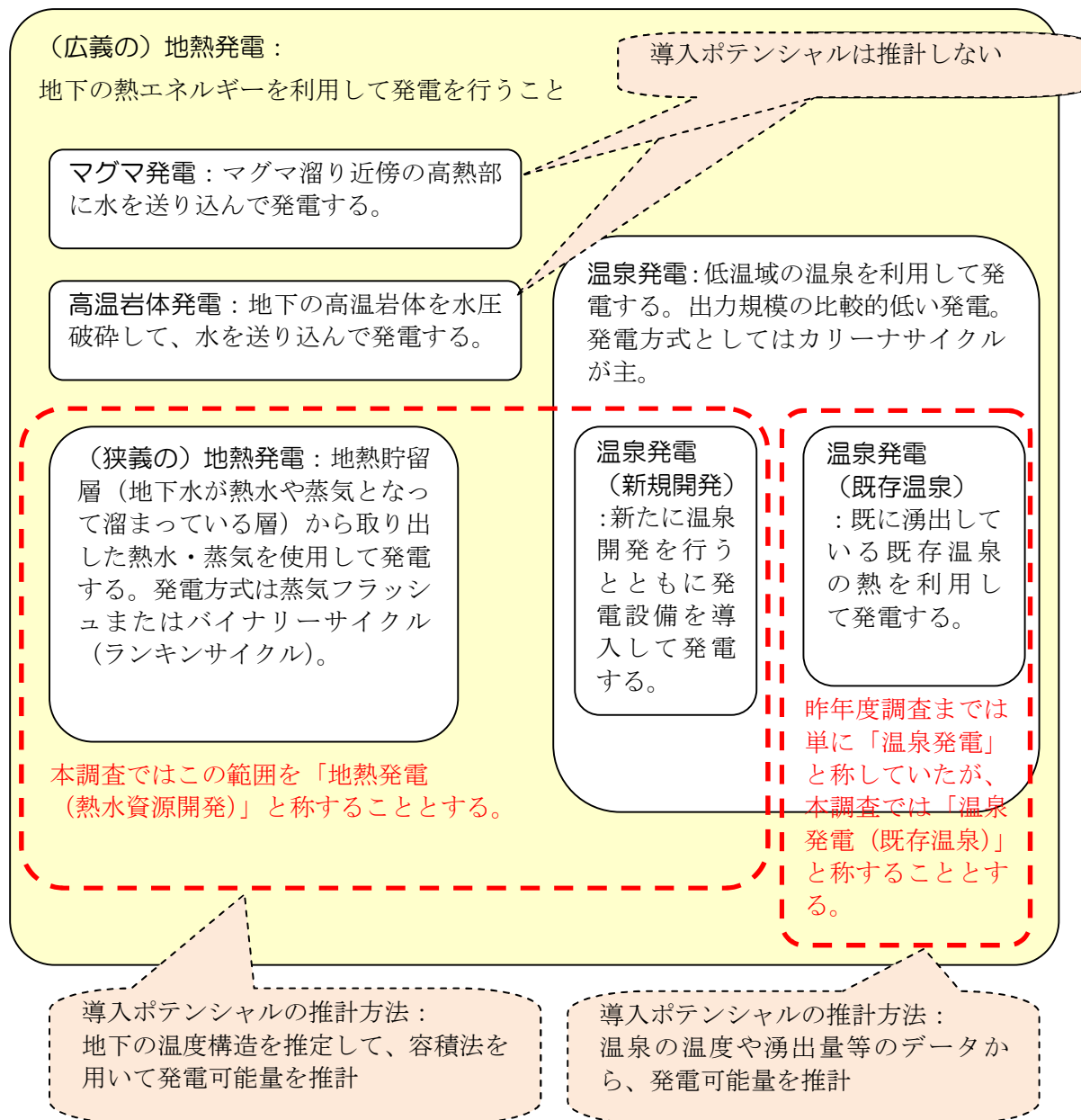


図 2.1-1 本業務における地熱発電の方式等に関する概念図

①地熱発電（熱水資源開発）

地下の熱エネルギーを利用して発電を行うことを「地熱発電」という。「(広義の) 地熱発電」には、マグマ発電や高温岩体発電も含まれる。「(狭義の) 地熱発電」は、地熱貯留層（地下水が熱水や蒸気となって溜まっている層）から取り出した熱水・蒸気を使用して、蒸気フラッシュ発電技術またはバイナリー発電技術（ランキンサイクル）によって発電することをいう。

本業務では資源密度や導入ポテンシャルの推計方法による区分から、「(狭義の) 地熱発電」と「温泉発電（新たに温泉掘削を伴うもの）」を総称して、「地熱発電（熱水資源開発）」という用語を使用している。

②温泉発電（既存温泉利用）

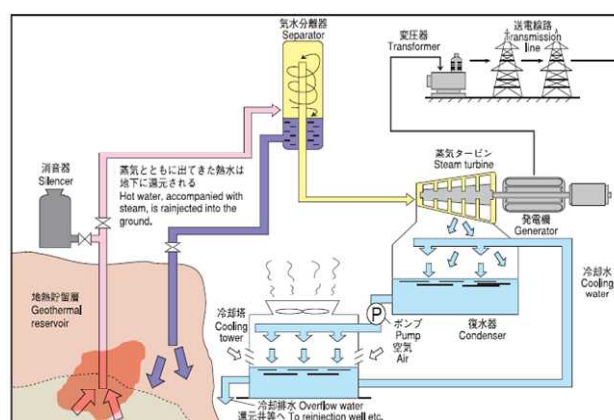
低温域の温泉を利用して発電することを「温泉発電」という。出力規模の比較的低い発電であり、発電方式としてはカーリーナサイクルが主である。

既開発または自然に湧出している高温温泉（地熱発電としては低温域）の熱水を熱交換器に介してアンモニア等を加温蒸発させ、蒸気タービンを回転させる発電方式。使用する熱水の温度は通常 53～120℃程度であることから、カーリーナサイクル発電方式による開発が想定される。

「(広義の) 温泉発電」には温泉掘削を伴うものが含まれ、導入ポテンシャルの推計方法が異なるため、ここでは、既存温泉を利用した温泉発電に対して、「温泉発電（既存温泉活用）」という用語を使用している。

③蒸気フラッシュ発電

地下貯留層の地熱流体が熱水の状態であっても、180～370℃といった高温であれば、掘削・減圧することによって坑井内でフラッシュ（蒸気）化し、自噴する。蒸気フラッシュ発電はこの蒸気を直接用いて発電機のタービンを回す方式で、我が国における電気事業用発電施設の大半はこの方式を採用している。



出典：NEDO「地熱開発の現状」, H20

④バイナリーサイクル発電

蒸気フラッシュ発電では一般に 150～350℃程度の高温資源を利用するのに対し、バイナリーサイクル発電方式は、従来利用できなかった 50～200℃程度の中低温資源を活用する発電方式。50～200℃の熱水をイソブタンやアンモニア等の沸点の低い物質を媒体とする熱交換器に介し、蒸気と共にタービンを回転させる。媒体系と熱水資源の2つの蒸気を利用することから「バイナリーサークル」(Binary Cycle) と呼ばれる。同発電方式には、120～200℃程度の熱水資源に適したランキンサイクル発電方式とより低温の 53～180℃の熱水資源において能力を発揮するカーナサイクル発電方式の2種類がある。電気事業用発電施設としては、九州電力の八丁原発電所において出力 2,000kW の発電機の導入実績がある。

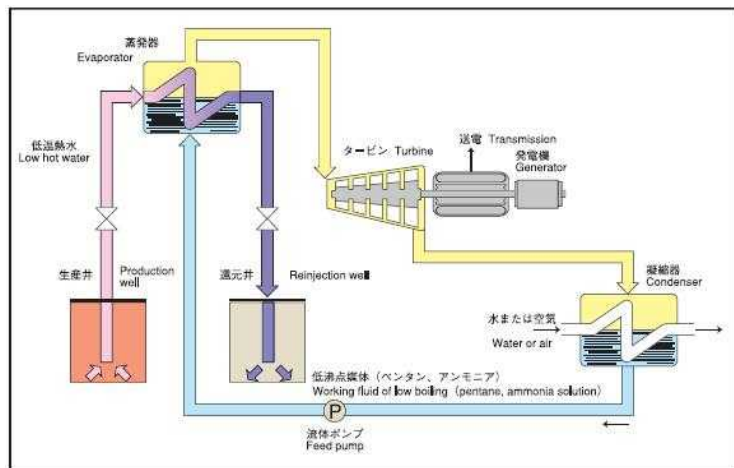


図 2.1-3 バイナリーサークル発電方式の概念図

出典：NEDO「地熱開発の現状」H20

2.2 地下温度構造に関する用語

本節では、本業務で使用している地下温度構造に関する用語の解説を行う。

①活動度指数 (AI : Activity Index)

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当分した指数。図 2-4 の AI=0 の直線が平均的な地温勾配 3°C/km を示し、AI=100 の曲線が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) を示す。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。

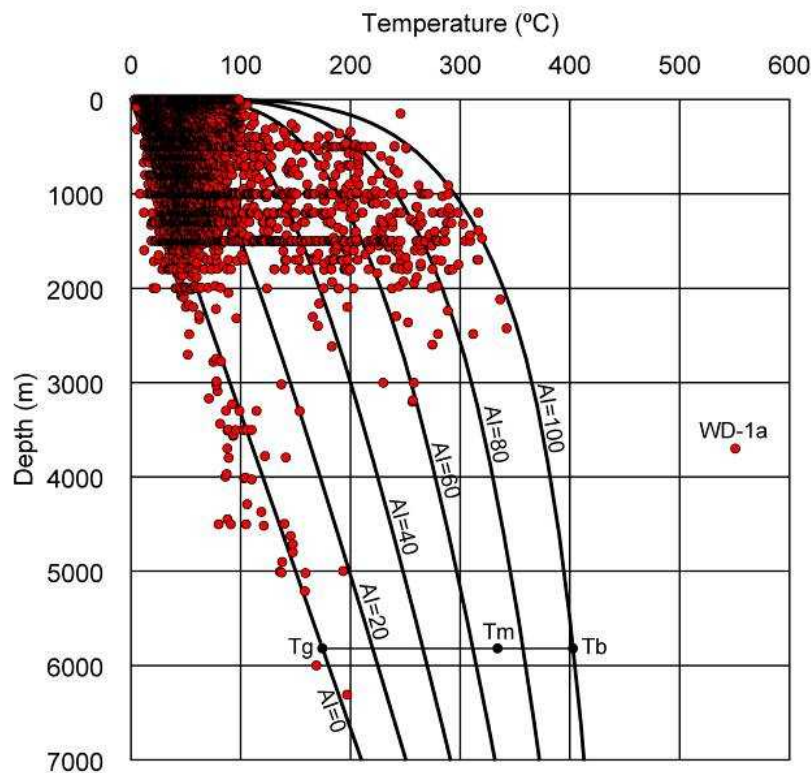


図 2.2-1 坑井地温データと活動度指数

出典：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, 81-90.

②地化学温度計

温泉水の成分分析結果から地下温度を推定する方法であり、地熱資源探査・開発で広く使用されている。水に対する鉱物の溶解度や、鉱物-水間等での化学平衡定数などの温度依存性を利用して、地表や坑井中で得られる水試料の分析値から、地下で水と岩石が化学的な平衡にあった時の温度を推定する。

多数の地化学温度計が提案されているが、SiO₂濃度を用いるシリカ温度計、Na、K、Ca、(Mg)の濃度比を用いるアルカリ比温度計などが多く使用される。

2.3 地熱貯留層に関する用語

本節では、本業務で使用している地熱貯留層に関する用語の解説を行う。

①地熱貯留層

地熱流体を貯留する地層のこと。地熱貯留層は熱水対流系の部分系であり、割れ目に富んだ岩体からなることが多い。概念図を図 2.3-1 に示す。

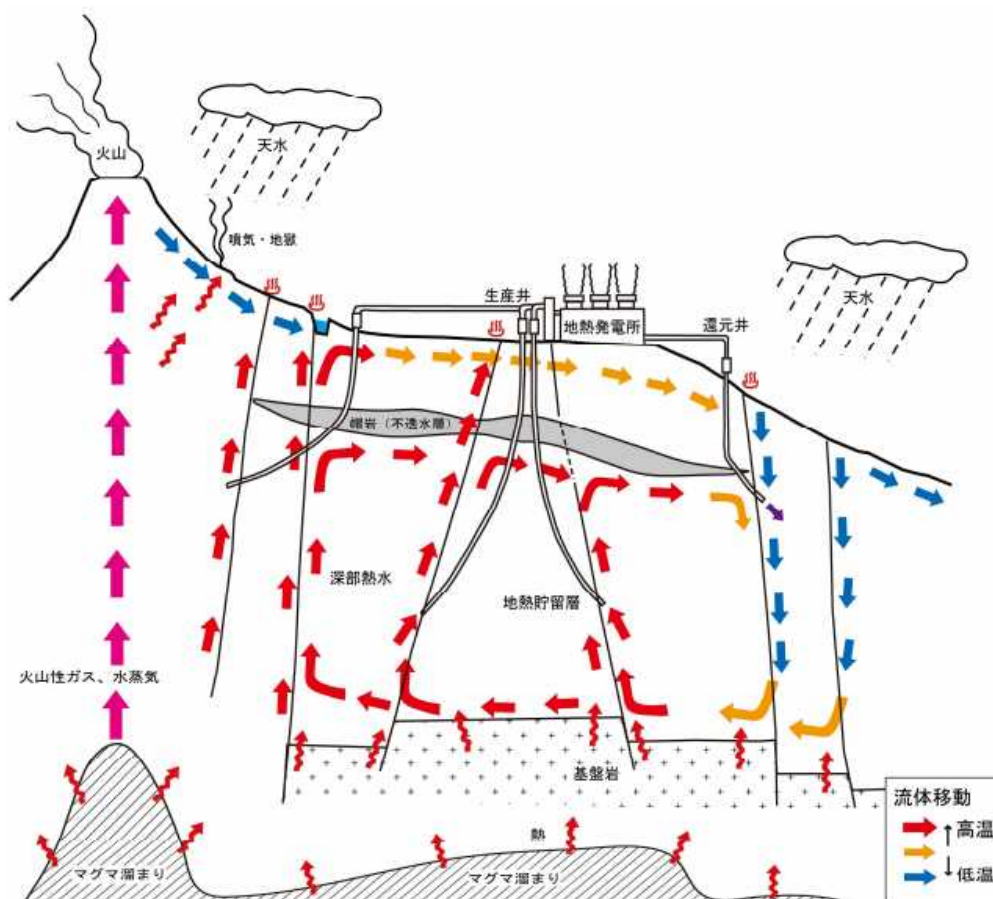


図 2.3-1 地熱貯留層に関する概念図

出典：温泉資源の保護に関するガイドライン, H24.3, 環境省

②地熱貯留層となりうる範囲

高温の熱水及び蒸気を貯留する透水性の高い地熱貯留層から地熱流体の上方または側方への流出・移動を防ぐとともに、浅部から低温の温泉・地下水が浸透するのを防ぐ不透水層（キャップロック）に覆われた一帯。不透水層は、一般的に地層を構成する粒子間の間隙が小さく透水性の低い地層を指す。粘土層やシルト層を主体とする難透水槽と岩盤を主体とする非透水層を含む。

③地熱貯留層基盤標高

地熱貯留層の基盤（底面部分）の標高基準における高さを指す。

④重力基盤標高

ある密度差を仮定した二層構造モデルにおいて、計算された基盤岩の標高を指す。なお、重力基盤深度という用語で、地表面からの深さを指していることが多いが、本業務では、標高値を用いて分析等を行っているため、「重力基盤標高」という用語を使用することとした。

2.4 資源密度や導入ポテンシャルに関する用語

①USGS 容積法

米国地質調査所 (Brook et al., 1979) により確立された1つの標準的な地熱資源量評価法。その概念が比較的単純で、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。地熱貯留層の容積と温度を与えることにより、地熱資源量を計算することができる。

②資源密度分布図

発電形式 (蒸気フラッシュ、バイナリー、低温バイナリー) を想定した対象温度区分に基づき地熱資源の密度を推計し、分布図として示したもの。

③賦存量

設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量。現在の技術水準では利用することが困難なもの (例: 風速 5.5m/s 未満の風力エネルギーなど) を除き、種々の制約要因 (土地の傾斜、法規制、土地利用、居住地からの距離等) を考慮しないもの。ここでは、「現在の技術水準では利用することが困難なもの」をエネルギー別に定義し、賦存量の推計条件としている。

※現在の技術水準を前提としているため、技術開発によって将来的には増加する可能性はあるが、ここではエネルギー種別に一義的に決まるものとしている。

※本業務では資源密度の集計値を賦存量として扱っている。

④導入ポテンシャル

エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。「種々の制約要因に関する仮定条件」を設定した上で推計される。賦存量の内数となる。

第3章 関連する諸情報の収集・整理

本章では、地熱発電の資源密度を推計するために必要となる諸情報を収集・整理した結果を記述する。

3.1 地形・地質関連データの収集・整理結果

(1) 地熱開発関連データ

地熱開発関連データに関する収集・整理結果を表 3.1-1 に示す。NEDO 地熱開発促進調査報告書を 67 冊入手し、その中における断面図およびコンター図をデジタル化した。なお、精査の結果、基盤標高が不明なものや、内容が他報告書と同じものについてはデジタル化していない。また、NEDO 地熱開発促進調査の一覧図を図 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 整備対象とした地熱開発関連データ

No	区分	対象地域	NEDO 地熱開発促進調査報告書 No.	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	断面図	八幡平東部地域	No. 1	○	
2	断面図	銅山川下流地域	No. 2	○	
3	コンター図	栗野・手洗地域	No. 3	○	
4	断面図	胆振地域	No. 4	×	基盤標高不明
5	断面図	沖浦地域	No. 5	○	
6	断面図	弟子屈西部地域	No. 6	×	基盤標高不明
7	断面図	湯沢地域	No. 7	○	
8	断面図	奥会津地域	No. 8	○	
9	コンター図	下北地域	No. 9	○	
10	断面図	吾妻北部	No. 10	○	
11	断面図	池田湖東部地域	No. 11	○	
12	断面図	豊羽地域	No. 12	○	
13	断面図	南茅部地域	No. 13	○	
14	断面図	湯田地域	No. 14	×	基盤標高不明
15	断面図	雲仙西部地域	No. 15	○	
16	断面図	上川地域	No. 16	○	
17	断面図	王滝地域	No. 17	○	
18	コンター図	久住地域	No. 18	×	基盤標高不明
19	断面図	八雲地域	No. 19	○	
20	断面図	皆瀬地域	No. 20	○	
21	断面図	猪苗代地域	No. 21	○	
22	断面図	登別地域	No. 22	○	
23	断面図	最上赤倉地域	No. 23	○	
24	断面図	福江島西部地域	No. 24	○	
25	コンター図	菱刈地域	No. 25	○	
26	断面図	阿寒地域	No. 26	○	
27	断面図	田沢湖東部地域	No. 27	○	
28	断面図	尾花沢東部地域	No. 28	×	基盤標高不明
29	断面図	大分川上流地域	No. 29	○	
30	断面図	八甲田西部地域	No. 30	○	
31	断面図	岩手山西部地域	No. 31	○	
32	断面図	八丈島地域	No. 32	×	基盤標高不明
33	断面図	奥尻地域	No. 33	○	

No	区分	対象地域	NEDO 地熱開発促進調査報告書 No.	デジタル化	デジタル化対象外の理由
34	断面図	上ノ湯・三岱地域	No. 34	○	
35	断面図	水分峠地域	No. 35	○	
36	コンター図	阿女鱒岳地域	No. 36	○	
37	断面図	本宮地域	No. 37	×	基盤が地表に分布
38	断面図	阿蘇山西部	No. 38	○	
39	断面図	白鳥地域	No. C-1	○	
40	断面図	万年山	No. A-1	○	
41	断面図	山葵沢地域	No. C-2	○	
42	コンター図	標津岳地域	No. A-2	○	
43	断面図	姫川地域	No. 43	○	
44	断面図	猿倉嶽地域	No. B-1	×	基盤標高不明
45	断面図	安代地域	No. B-2	○	
46	断面図	熊石地域	No. B-3	○	
47	断面図	崩平山地域	No. B-4	×	基盤標高不明
48	コンター図	秋ノ宮地域	No. C-3	○	
49	断面図	武佐岳地域	No. B-5	×	基盤標高不明
50	断面図	辻ノ岳地域	No. B-6	×	基盤標高不明
51	コンター図	薫別岳地域	No. A-4	×	重力基盤標高
52	断面図	桑ノ沢地域	No. B-7	○	
53	断面図	白水越地域	No. C-4	○	
54	断面図	安比地域	No. C-5	×	基盤標高不明
55	断面図	霧島烏帽子岳地域	No. C-6	○	
56	断面図	天栄地域	No. C-2-2	○	
57	断面図	皆瀬地域	No. C-2-3	○	
58	断面図	温泉町地域	No. C-2-4	○	
59	断面図	小谷地域	No. C-2-5	○	
60	断面図	奥尻地域	No. C-2-6	○	
61	断面図	標津妹羅山地域	No. C-2-7	×	基盤標高不明
62	断面図	奥尻西部地域	No. C-2-9	×	断面位置不詳
63	断面図	八幡平地域	No. C-2-8	○	
64	断面図	池田湖東部	No. C-2-10	×	No. 11 と同内容
65	コンター図	佐渡地域	No. C-2	○	
66	断面図	下湯地域	No. C-2	○	
67	-	小谷村地域	No. C-2	×	地質構造情報なし

※凡例 ○：デジタル化実施、×：デジタル化対象外

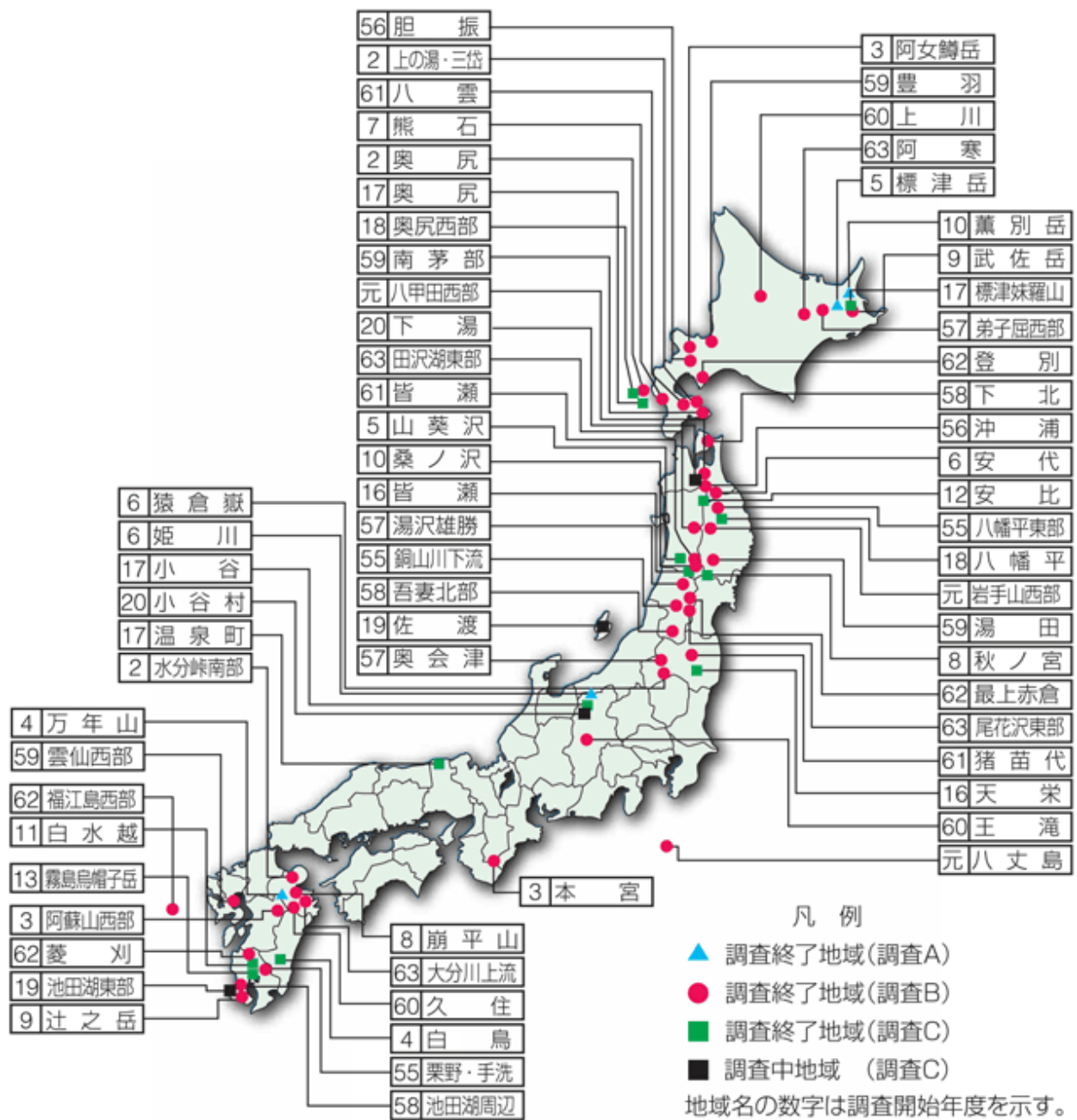


図 3.1-1 NEDO 地熱開発促進調査の一覧図

(2) 地域地質構造データ

①地質構造モデルデータ

1) 深部地盤構造モデル

独立行政法人防災科学技術研究所（以下、防災科研）が「地震動予測地図作成手法の研究」の中で作成した、「深部地盤構造モデル」が比較的広範囲の地質基盤構造データとして利用できる（表 3.1-2 参照）。防災科研の深部地盤構造モデルでは、地域によって弾性波速度構造と地質情報がモデルに反映され詳細に検討されている地域と地質データの記載が少なく、主に弾性波速度のみから深部地盤構造を設定した地域があり、地域毎に精度に差異がある。

2) 産総研 3次元地盤構造モデル

産総研では関東平野、新潟平野、濃尾・豊橋・伊勢平野、大阪平野の各地域について 3次元地盤構造モデルを作成し、「活断層・古地震研究報告」、「平成 20 年度地下水賦存量調査報告書」等として公表している。

これらの 3次元構造モデルでは、先新第三系の上面標高もモデル化されており、関東平野など、防災科研の深部地盤構造モデルと重なる部分もあるが、新潟平野、豊橋平野等、深部地盤構造モデルを補間するデータとなる。

なお、「平成 20 年度地下水賦存量調査報告書」では、全国の未利用地下水賦存量調査の検討の中で、地質図とボーリングデータから地球統計学的手法（クリギング法）によって地質分布予測し、新第三紀以降の堆積物の標高分布モデルを作成している（以下、「AIST 全国 3次元地盤構造モデル」という）。産総研におけるヒアリングでは、AIST 全国 3次元地盤構造モデルは HLW 地層処分研究の一環として検討されたため、火山周辺のデータは詳細検討が不十分とされている。

防災科研、AIST（産総研）及びその他の地質構造モデルのカバーする範囲を図 3.1-2 に、AIST 全国 3次元地盤構造モデルによる基盤標高マップを図 3.1-3 に示す。

表 3.1-2 地質構造モデルデータの資料一覧表

No	区分	対象地域	防災科研報告書等の番号や略称	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	断面図	長野県～静岡県	第 245 号 糸静線	×	限定的な引用図のみ
2	コンター図	宮城県	第 249 号 宮城沖	×	速度-地質の対応不明
3	コンター図	石川県周辺	第 255 号 森本	×	第 263 号でカバー
4	コンター図	熊本県周辺	第 256 号 日奈久	○	
5	コンター図	神奈川県	第 261 号 三浦	×	一部の中新統も基盤
6	コンター図	山形県周辺	第 262 号 山形	○	
7	コンター図	富山県周辺	第 263 号 砺波	○	
8	コンター図	西南北海道～東北	第 279 号 三陸沖	○	
9	コンター図	近畿地方北部	第 281 号 琵琶湖	○	
10	コンター図	岐阜県・富山県周辺	第 282 号 高山	○	
11	断面図	北海道中部	第 283 号 石狩	○	
12	コンター図	近畿地方北部～中国地方東部	第 294 号 山崎断層	○	
13	コンター図 断面図	近畿地方、中国地方東部、四国地方北部	第 295 号 中央構造線	○ (一部)	第 294 号と重複多く、補足的に使用
14	コンター図	九州地方	第 296 号 日向灘	○	
15	コンター図	関東平野	鈴木(2002)	○	
16	コンター図	新潟県周辺	関口ら(2009)	○	
17	コンター図	伊勢湾周辺	堀川ら(2008)	○	
18	コンター図	京都盆地	京都市 H13 年度	×	第 281 号でカバー
19	コンター図	大阪平野	堀川ら(2002)	×	第 281, 294 号でカバー
20	コンター図	仙台平野南部	宮城県 H16 年度	○	

※ 凡例 ○：デジタル化実施、×：デジタル化対象外

※ No. 1～14 が防災科研報告書

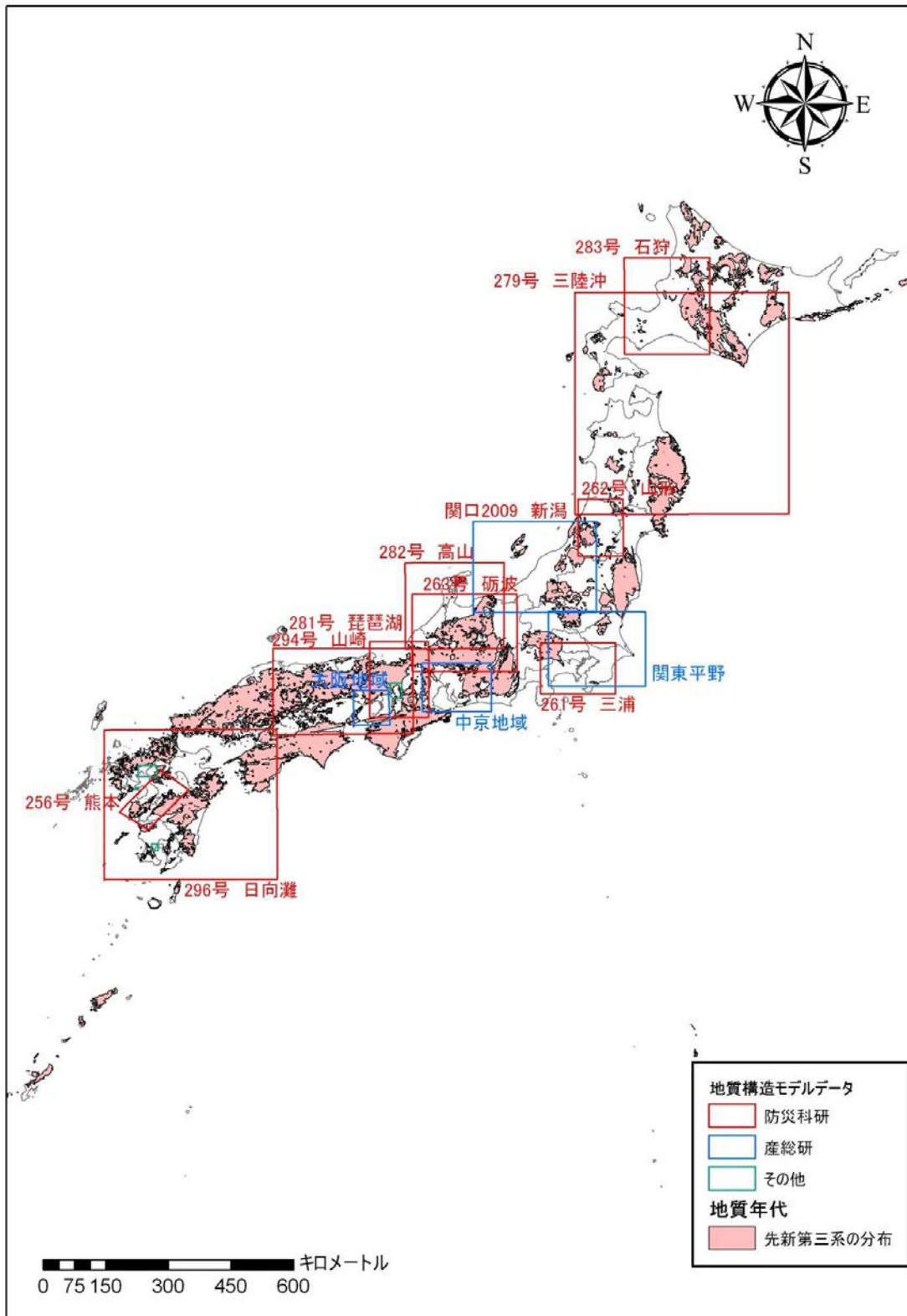


図 3.1-2 防災科研、AIST（産総研）およびその他の地質構造モデルのカバーする範囲

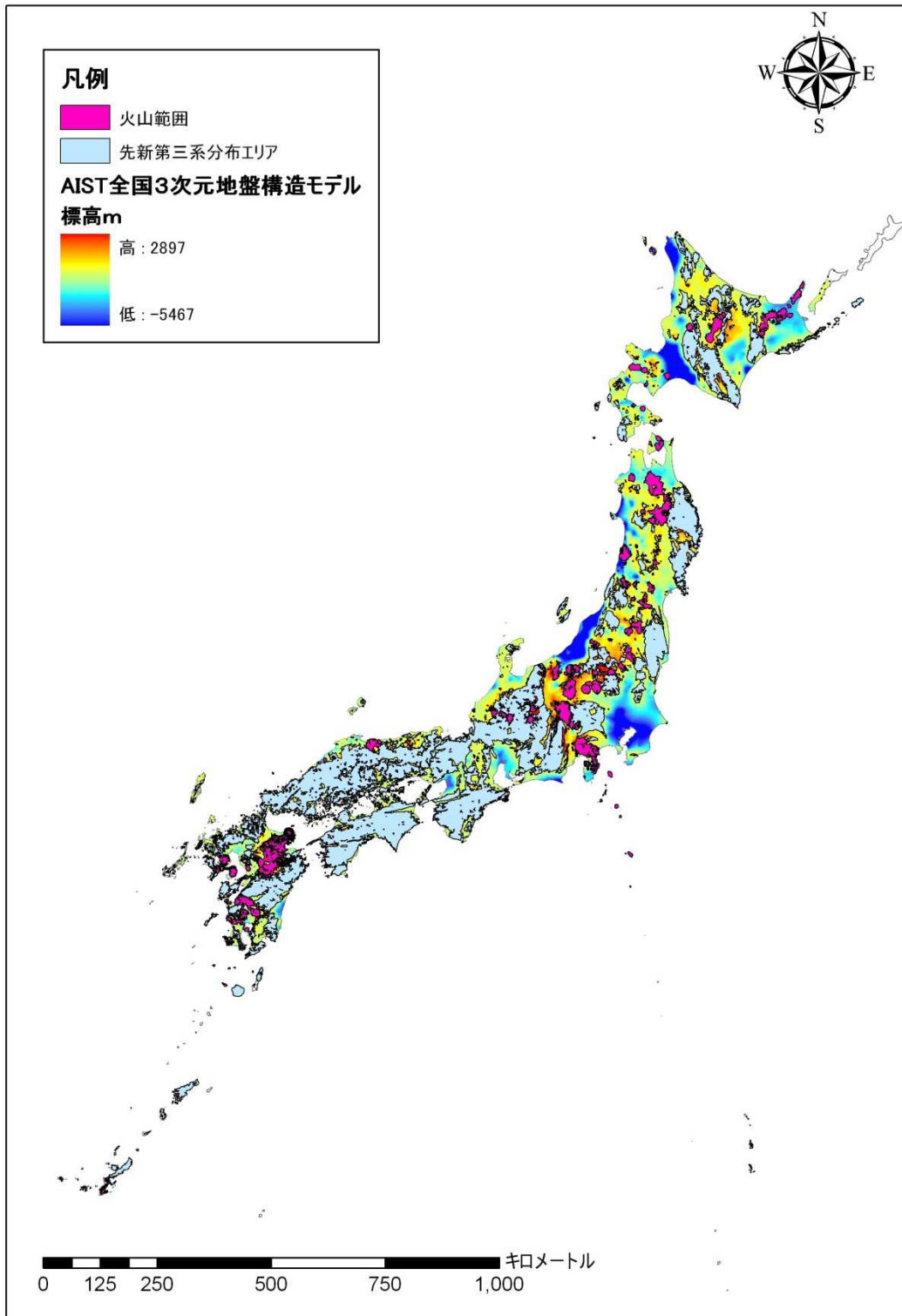


図 3.1-3 AIST（産総研）全国3次元地盤構造モデルによる基盤標高マップ

②研究論文データ

研究論文データは、地域地質構造が断面図や柱状図、先新第三系上面のコンター図等が記載されている論文を抽出して収集した。収集した研究論文の一覧を別紙収集資料一覧表に示す。また、収集した研究論文の地質構造データの対象範囲を地区名として整理した。

③HLW 地層処分関連データ

高レベル放射性廃棄物（HLW）関連の既存研究では、500～1000mの深度への処分技術の開発を目的とした瑞浪超深地層研究所（岐阜県）、幌延深地層研究所（北海道）の建設が進んでいる。これらの研究では、500m～1000m級の大深度ボーリングが実施され、地質構造が明らかにされている。現段階で収集した HLW 地層処分関連データの一覧を巻末資料に整理した。

④探鉱関連データ

探鉱関連データは、旧石油公団により実施された「国内石油・天然ガス基礎調査」や旧金属鉱業事業団により実施された「精密調査報告書」を中心に収集した。収集した探鉱関連データの一覧を表 3.1-3 に示す。

表 3.1-3 収集した探鉱関連データの一覧

番号	地区	文献	対象とする内容
1	留萌～天北	「日本の石油・天然ガス資源（技術資料）」 p41	断面図
2	宗谷	「日本の石油・天然ガス資源（技術資料）」 p46	断面図
3	石狩～日高 （～根釧）	「日本の石油・天然ガス資源（技術資料）」 p47-48	断面図
4	石狩～日高 （～根釧）	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」 p185	断面図
5	西南北海道	「日本の石油・天然ガス資源（技術資料）」 p87-88 （西南北海道）	断面図（概念図）
6	西南北海道	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」 p49 （西南北海道）	断面図
7	北海道	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」 p155-158 （古第三系まで掘削した石油坑井の表）	到達深度の表、柱状図、断面図
8	全国	矢口良一ら（1997）基礎試錐の技術的成果の概要. 石技協, 62(1), 3-12.	基盤到達坑井の一覧
9	能代～酒田	「日本の石油・天然ガス資源（技術資料）」 p124-125の一部	断面図
10	相良, 掛川	経産省（2008）「新潟平野ガス田（水溶性ガス田）」等に関する調査結果について. 経産省ニュースリリース.	断面図

全国で利用できるコンター図補間エリア、断面図補間エリア、柱状図補間エリアの分布図を図 3.1-4 に示す。

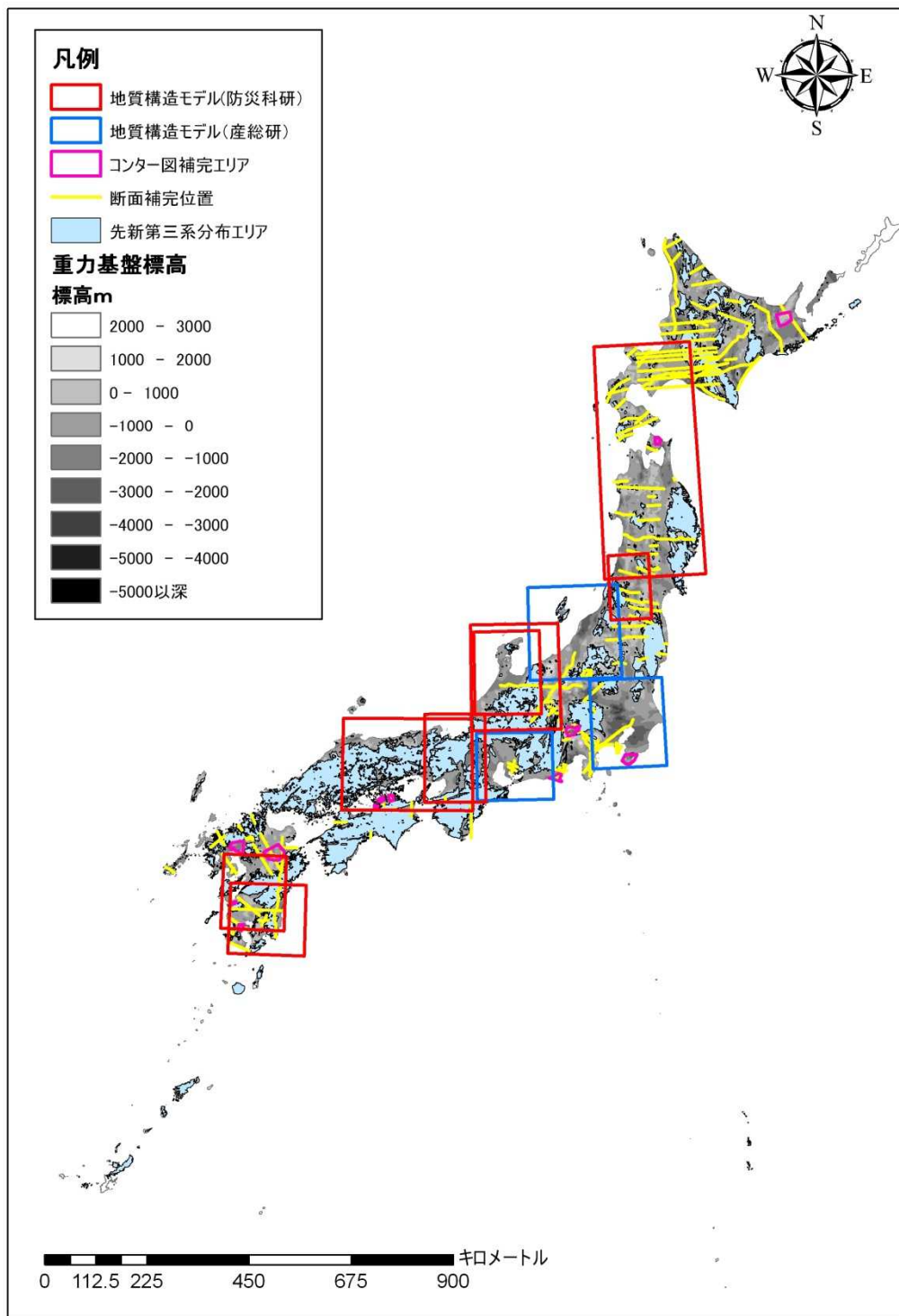


図 3.1-4 コンター図補間エリア、断面図補間エリア、柱状図補間エリアの分布図

3.2 地下温度関連データの収集・整理結果

(1) 地下温度関連の対象データ

活動度指数マップを作成するために必要な情報として収集・整理した地下温度の諸データを表 3.2-1 に示す。諸データは、温泉関連データと坑井関連データに区分される。また、作業進捗会議で指摘された大深度温泉に関する論文について入手した。

表 3.2-1 収集・整理した地下温度関連データ

区分	データ名	作成者	データの内容	備考
温泉データ	温泉泉質データ	産総研地質調査総合センター	7,203 地点 (地熱ポテンシャルマップ) 12,656 地点 (温泉泉質データベース)	
	JAEA 温泉地化学データベース	日本原子力研究開発機構 (JAEA)	20,800 件の温泉水の温度、湧出量、化学分析値等についてのベースデータ。位置情報 (緯度・経度) については、収録データの約半数を特定。	緯度経度情報の座標系は旧座標系。
坑井データ	「H22 地熱開発促進調査 DB 作成業務報告書」坑井データ	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)	<ul style="list-style-type: none"> ・天栄地域 (H16～H17 年度) 坑井数: 2 地点 ・皆瀬地域 (H16～H17 年度) 坑井数: 3 地点 ・温泉町地域 (H17 年度) 坑井数: 2 地点 ・小谷地域 (H17～H18 年度) 坑井数: 3 地点 ・奥尻地域 (H17 年度) 坑井数: 1 地点 ・標津妹羅山地域 (H17～H18 年度) 坑井数: 2 地点 ・奥尻西部地域 (H18～H19 年度) 坑井数: 3 地点 ・八幡平地域 (H18～H20 年度) 坑井数: 3 地点 ・池田湖東部地域 (H19～H21 年度) 坑井数: 4 地点 ・佐渡地域 (H19～H21 年度) 坑井数: 1 地点 ・下湯地域 (H20～H21 年度) 坑井数: 1 地点 ・小谷村地域 (H20～H21 年度) 坑井数: 2 地点 	
論文データ	大深度温泉に関する論文	関ほか (2004) 宮崎 (2005) 宮崎ほか (2007)	<ul style="list-style-type: none"> ・関東平野 (53 地点) ・大阪平野 (51 地点) ・石狩平野 (40 地点) ・濃尾平野 (623 地点) ・伊勢・志摩・鈴鹿地方 (53 地点) 	

3.3 温泉関連データの収集・整理結果

(1) 温泉データ

1) 温泉泉質データ

産業技術総合研究所が保有する温泉泉質データを入手し、既に取得済みの温泉泉質データとの重複等を確認し、その結果、合計 12,656 地点の温泉泉質データが入手できた。産総研温泉泉質データの整理結果（抜粋）を表 3.3-1 に、産総研温泉泉質データの分布図を図 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 収集した産総研温泉泉質データの整理結果（抜粋）

ID	PRN	pH	Temp (°C)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	データソース		
							著者(編集者)	刊行年	雑誌名
20-00188	長野県	8.3	1.5	9.2	3.0	79.3	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
06-00721	山形県	2.4	2.6				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
05-00184	秋田県	6.1	3.0	10.5	1.7	10.7	地質調査所	1976.3	温泉分析書秋田県
20-00261	長野県	6.2	3.0	2176.0	51.7	108.5	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
16-00146	富山県	6.6	3.5				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
20-00056	長野県	6.1	3.8				長野県		温泉分析書
02-00689	青森県	7.6	4.0				酒井軍治郎 他		陸奥新報社
05-02518	秋田県	6.7	4.0	35.6	2.5	0.0	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
32-00029	島根県	6.5	4.0				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
20-00016	長野県	6.6	4.5				長野県		温泉分析書
03-00508	岩手県	8.7	4.6	33.6	0.2	2.3	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
06-00587	山形県	5.8	4.8	8.1	0.9	4.6	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
03-00377	岩手県		5.0	386.0	32.0	42.1	地質調査所		岩手県温泉分析書
03-00432	岩手県		5.0	5.1	1.1	4.2	地質調査所		岩手県温泉分析書
03-00502	岩手県	2.7	5.0				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
19-00195	山梨県	5.6	5.0	9.8	0.4	12.4	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
01-00105	北海道	7.9	5.3				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
15-00066	新潟県		5.5	0.0	0.0	0.0	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
01-00564	北海道	5.9	5.6				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
20-00037	長野県	8.1	5.6	76.0	1.2	9.0	長野県		温泉分析書
33-00306	岡山県	6.5	5.7	8.4	0.8	3.1	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
06-00313	山形県	6.8	6.0	23.1	2.5	34.3			山形県温泉分析書
21-00145	岐阜県	4.6	6.0	34.4	1.8	15.5	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
12-00023	千葉県	8.2	6.3	349.6	22.9	2.4	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
20-00166	長野県	2.6	6.5				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
21-00026	岐阜県	5.6	6.8	210.2	16.0	79.9	岐阜県		岐阜県資料
05-02528	秋田県	7.6	7.0	1136.4	15.7	31.7	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
06-00476	山形県	6.6	7.0	13.6	1.6	16.9			山形県温泉分析書
07-00416	福島県		7.0				福島県厚生部		福島県の温泉67年版
36-00026	徳島県	7.5	7.0	11100.0	940.5	236.1	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
02-00681	青森県	7.4	7.1	136.2	4.5	126.9	小林英一 他	1970-19	青森県衛生研究所報
19-00002	山梨県	2.9	7.1	2.7	0.3	26.6	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
05-00941	秋田県		7.2	715.0	94.0	30.1	坂井、窪田、畠山		地熱
42-00019	長崎県	7.2	7.3	15.0	1.0	21.2	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
06-00153	山形県	5.4	7.5	8.6	1.6	1.6			地質調査所報告
19-00130	山梨県	7.8	7.5	269.2	7.8	421.4	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
20-00167	長野県	4.0	7.5	58.1	1.4	8.5	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
02-01136	青森県	5.8	7.6				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
20-00303	長野県	4.9	7.6	4.9	1.3	13.5	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
21-00055	岐阜県	5.7	7.6	2.4	0.8	3.0	岐阜県		温泉分析書
21-00142	岐阜県	5.6	7.7	7.8	2.5	22.4	村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス
22-00095	静岡県	7.8	7.8				村岡洋文 他	2007	日本の熱水系アトラス

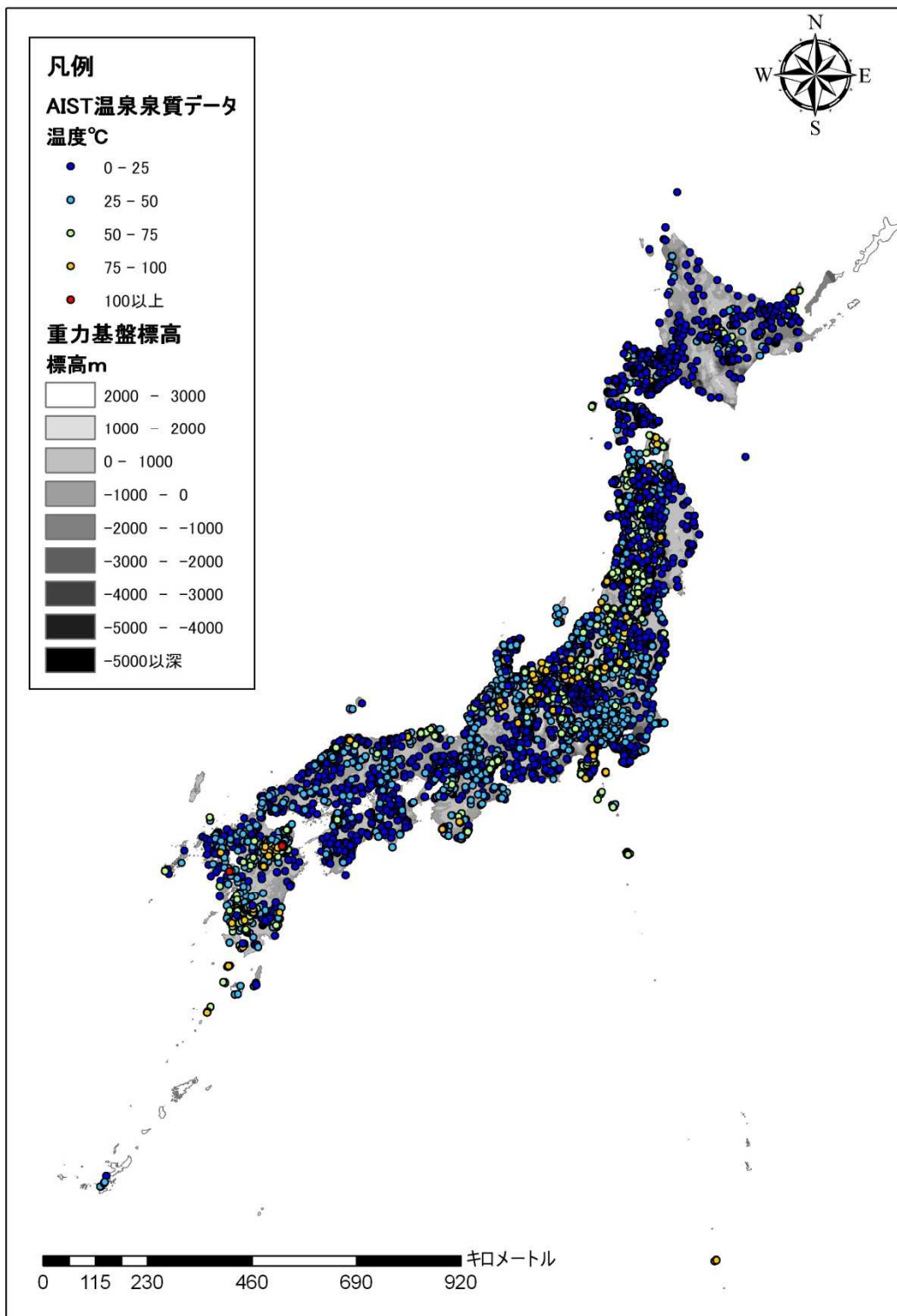


図 3.3-1 産総研温泉泉質関連データの分布図

2) JAEA 温泉地化学データベース

JAEA 温泉地化学データベースによる温泉泉質データの分布図を図 3.3-2 に示す。

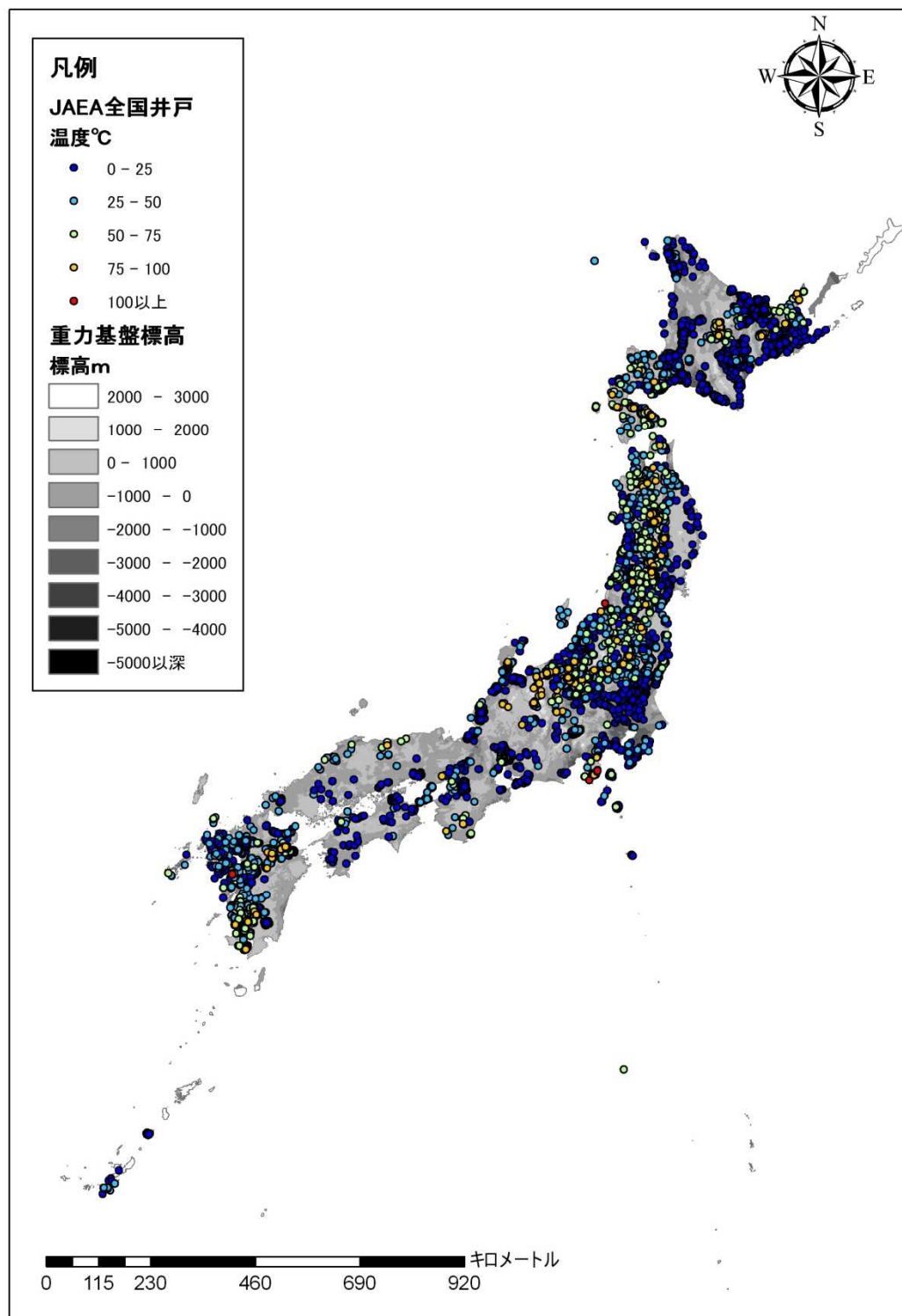


図 3.3-2 JAEA 温泉地化学データの分布図

3) 温泉データ整理結果

産総研温泉泉質データと JAEA 温泉地化学データベースとの間でデータの重複が想定されたことから個別確認を行ったが、孫引きされており原典資料が不明なもの（例、日本の熱水系アトラス）や、同一点であっても位置が微妙に異なるものがあり、正確に重複を削除することは困難であった（図 3.3-3~4）。重複を避けつつ産総研温泉泉質データにない地点の情報を追加するため、座標系の違いによる位置ズレ（300~500m）などによる誤差も考慮し JAEA 温泉データについては AIST 温泉データから 1 km 以上離れた地点（計 3,984 地点）の情報を使用することとしてデータを抽出した。AIST 温泉データからの距離別表示を示した JAEA 温泉地化学データを図 3.3-5 に示す。

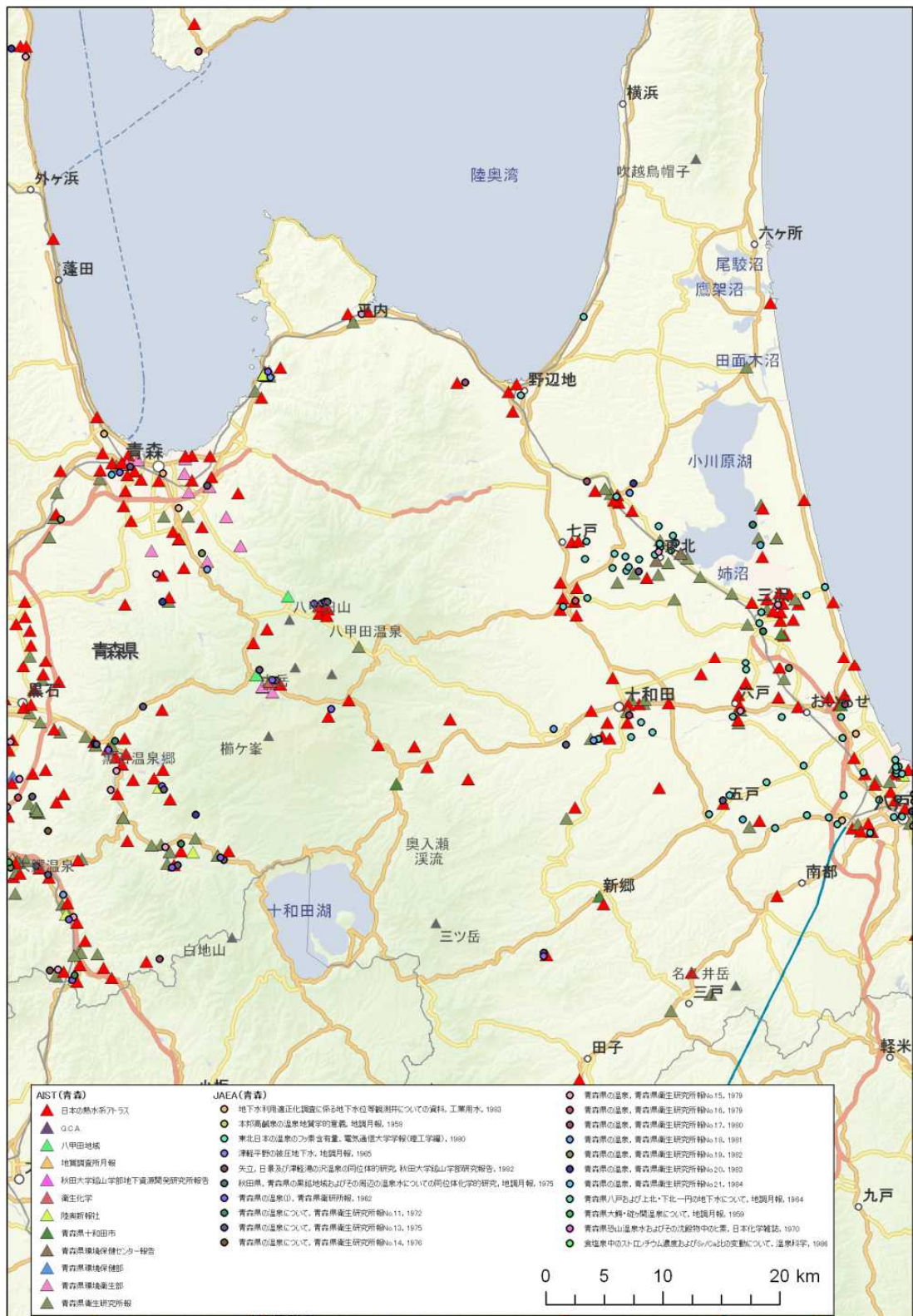


図 3.3-3 AIST 温泉データと JAEA データの比較 (青森県の例)

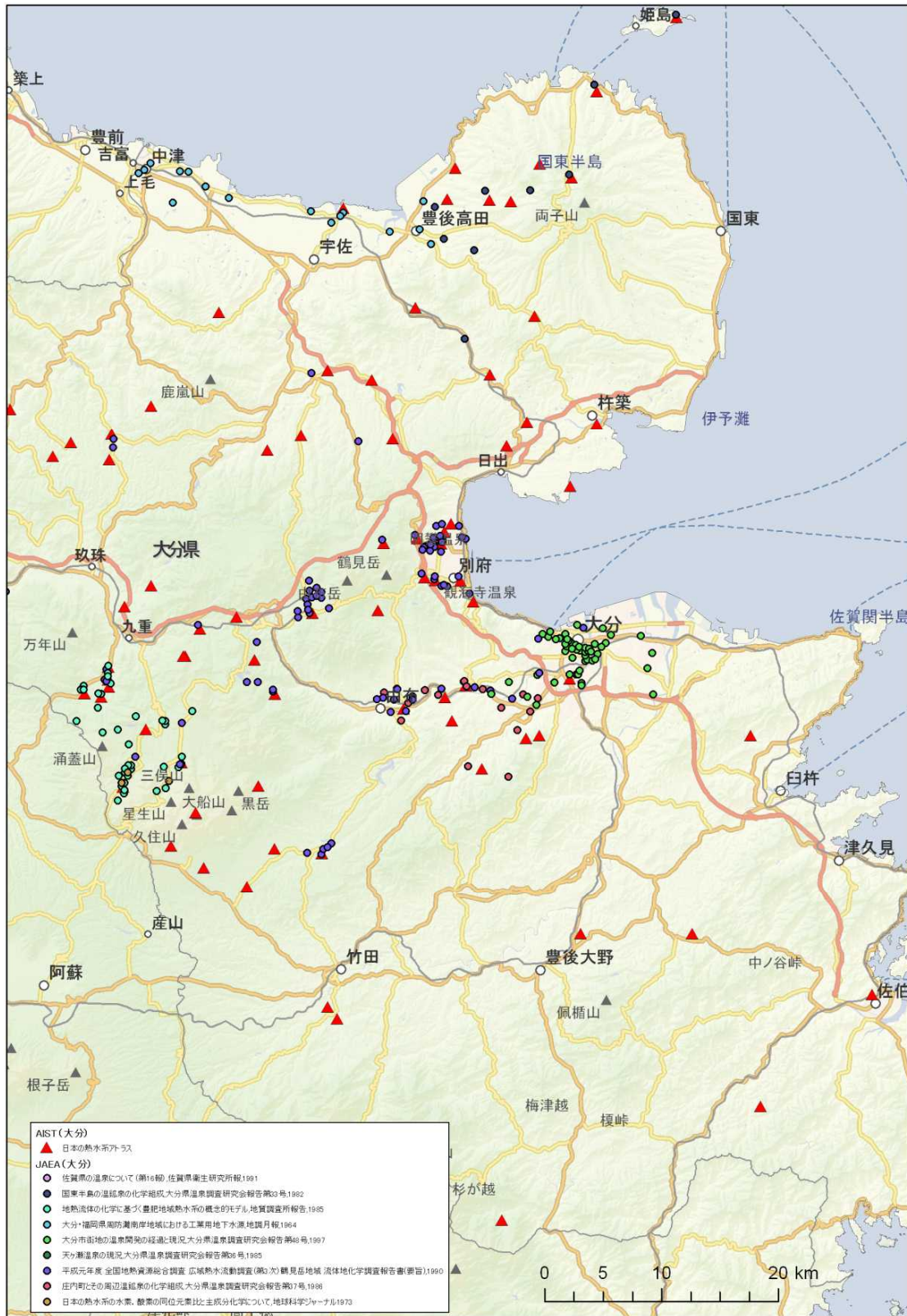


図 3.3-4 AIST 温泉データと JAEA データの比較 (大分県の例)

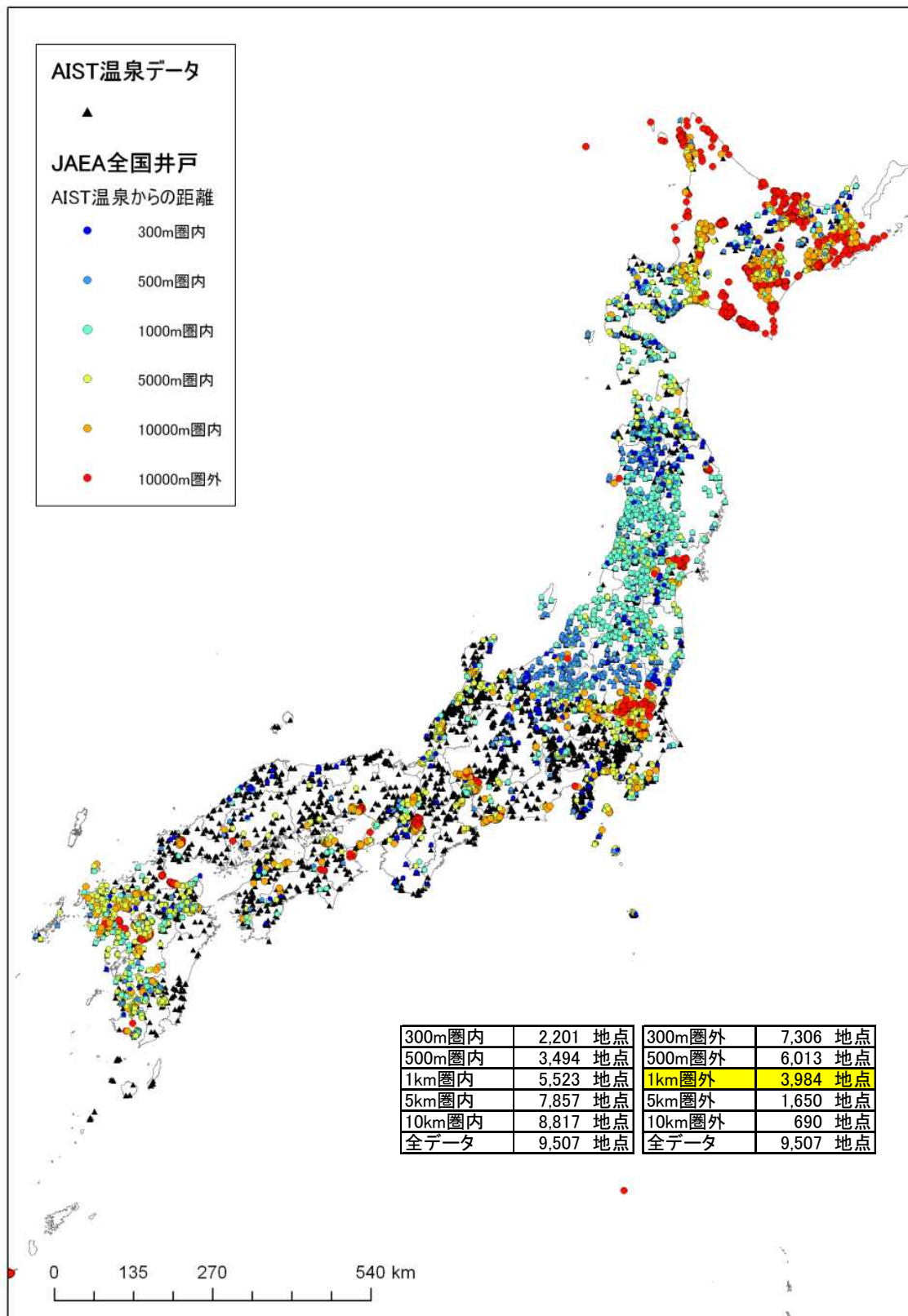


図 3.3-5 JAEA 温泉地化学データ (AIST 温泉データからの距離別表示)

(2) 坑井データ

NEDO 坑井データの GIS データ整備結果を図 3.3-6 に示す。

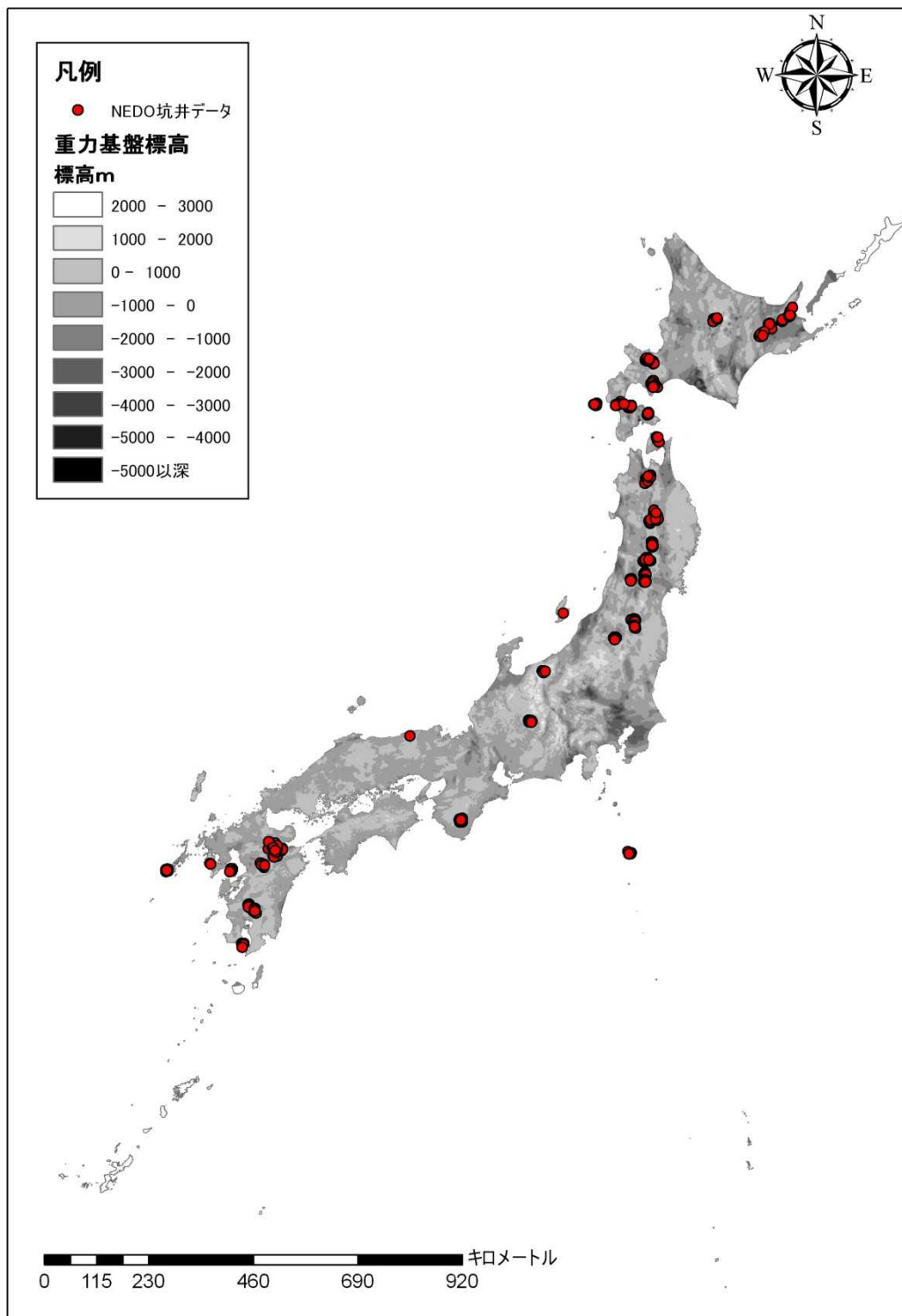


図 3.3-6 坑井データの GIS データ整備結果

上述（１）、（２）より収集した地下温度関連データを GIS により整備した結果を図 3.3-7 に示す。

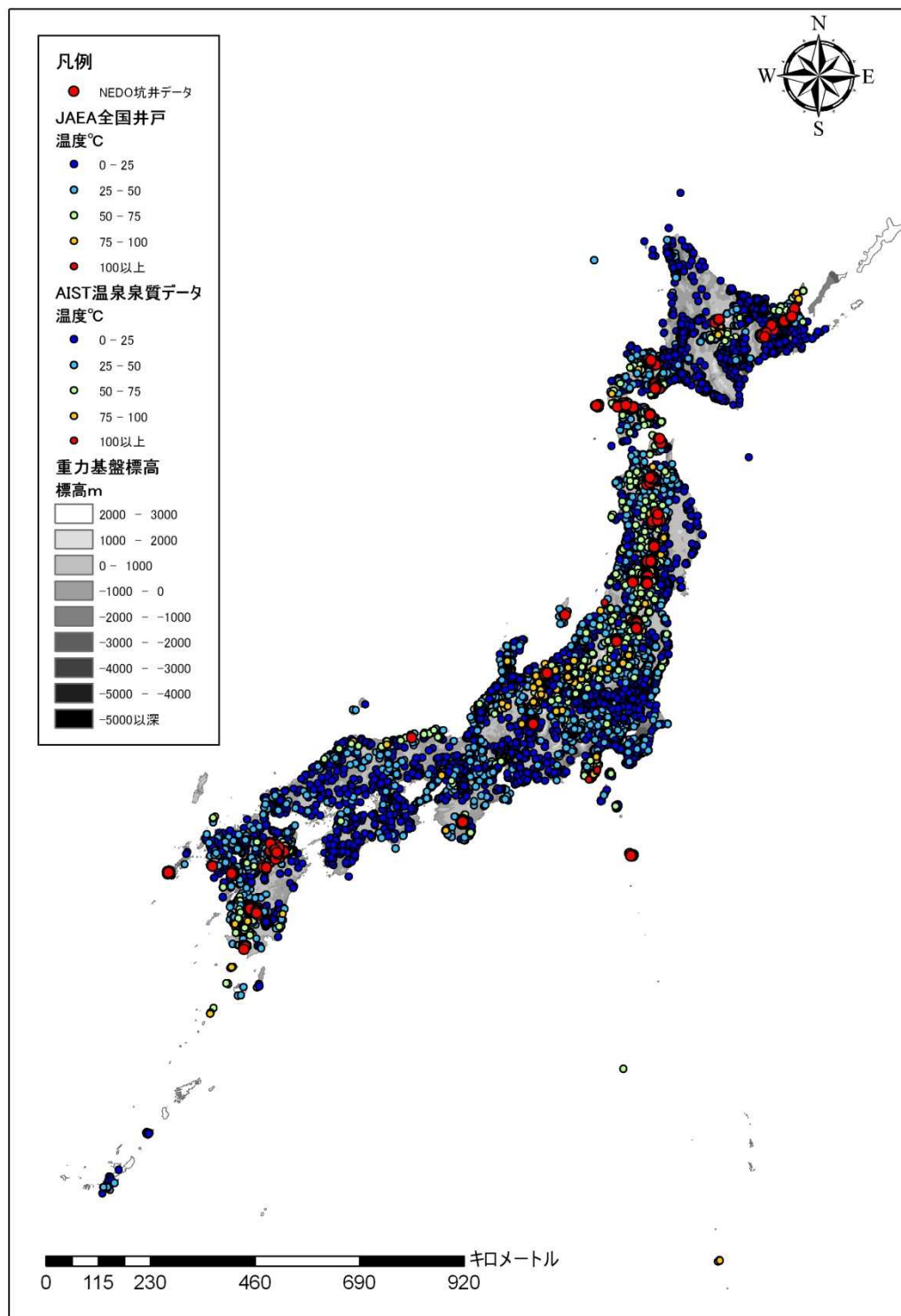


図 3.3-7 地下温度関連データの GIS データ整備結果

3.4 既設地熱発電所関連データの収集・整理結果

既設地熱発電所関連データについては、「新版 わが国の地熱発電所設備要覧」（社団法人日本地熱調査会, 2000）より各既設地熱発電所における生産井の掘削深度および最高温度のデータを整理した。表 3.4-1 には収集整理した既存発電所データの例を示す。

表 3.4-1 収集した既存発電所生産井データの整理結果（抜粋）

発電所名	坑井名	掘削深度 (m)	掘削径 (孔底 mm)	最高温度 (°C)	備考
森	ND-1	2,400	216	262	
	ND-3	2,320	216	267	
	ND-5	736	270	236	
	ND-6	2,205	216	264	
	ND-7	2,733	216	280	
	ND-8	1,365	216	228	
	ND-9	1,122	216	250	
	ND-11	3,211	216	243	
	NF-1	2,406	216	270	
	NF-9	2,340	216	265	
	NF-10	3,226	216	297	
	NF-11	3,250	216	307	
NF-12	3,056	216	269		
大沼	0-3(R)a	1,485	219	180	
	0-3(R)b	1,527	219	172	
	0-5(R)	1,714	219	192	
	0-6(R)	1,601	219	153	
	0-8(R)	1,767	219	165	
	0-10(R)	1,510	219	208	
澄川	S-4	1,552	159	300	
	SA-1	2,002	216	305	
	SA-2	2,005	216	317	
	SB-1	2,086	216	300	
	SA-4	2,009	216	305	
	SC-2	2,512	216	274	
	SA-3	1,898	216	157	
SC-1	2,486	216	310	NEDO より購入生産井に転用	
松川	M-1	1,206	222	—	
	M-2	1,080	194	240	
	M-3	1,207	194	244	
	M-4	1,501	194	208	
	M-5	1,190	216	216	
	M-6	1,203	194	250	
	M-7	1,280	219	—	
	M-8	1,406	200	—	
	M-9	1,500	222	—	
	M-10	1,508	222	235	
	M-11	1,450	222	225	
	M-12	1,130	216	200	
	M-13	1,157	216	225	
	M-15	1,156	216	205	

第4章 地下温度構造の推定

本章では、収集・整理した温泉データ、既設発電所データ、抗井データを用いて、500mメッシュ単位で全国の地下温度構造の推計を行った結果を示す。

3次元温度構造推計のフローを図4-1に示す。

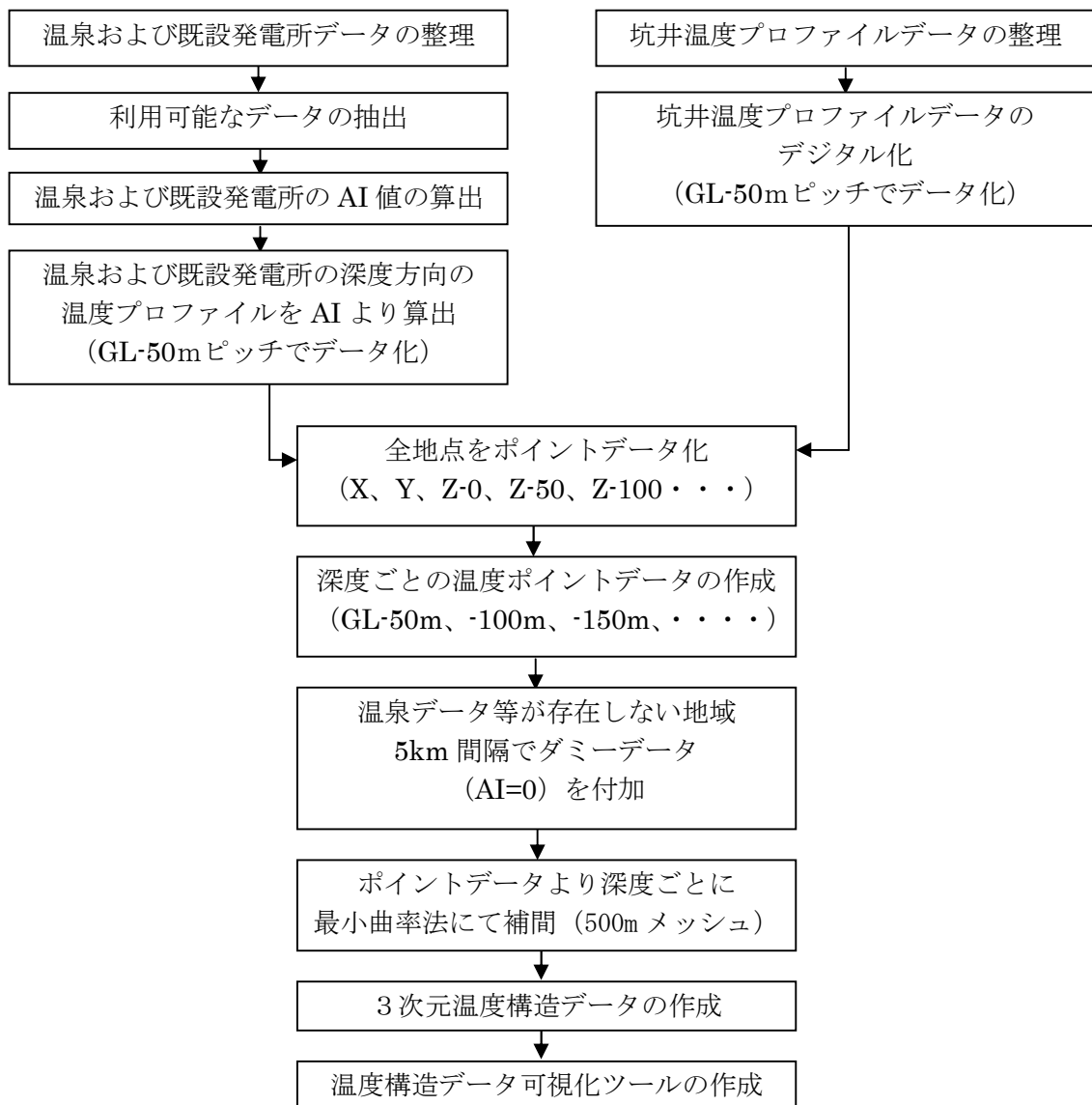


図4-1 3次元温度構造推計のフロー

4.1 温泉および既設発電所データによる地点別 AI の設定

収集した温泉データのうち、位置、温度、深度が分かる約 8,000 地点について AI を設定し、以下の式より深度別（50m ごと）の地下温度を推定した。なお、JAEA データは AIST データとの重複を避けるため、AIST データから 1km 以上離れた地点のデータのみを使用した。既設発電所データについても同様に深度と温度の実測値より AI を設定し、深度別（50m ごと）の地下温度を推定した。

深度別・AI 値別の地下温度を表 4.1-1、図 4.1-1 に示す。温泉データによる地下温度構造の推定結果は、次項の坑井データと合わせて図 4.2-6～15 示す。

$$y = T_g(x) + \frac{AI \times (T_b(x) - T_g(x))}{100}$$

- x : 深度
- y : 深度 x の時の温度
- T_b : AI=100 の時の温度に関する値（下表参照）
- T_g(x) : AI=0 の時の温度に関する式（y=-0.03x）
- AI : 0～100 の実数

Depth(m)	T _b (°C)	T _g (°C)	Depth(m)	T _b (°C)	T _g (°C)
0	100.0	0.0	1000	294.8	30.0
10	119.3	0.3	1100	300.7	33.0
20	132.0	0.6	1200	306.2	36.0
30	141.6	0.9	1300	311.3	39.0
40	149.4	1.2	1400	316.1	42.0
50	156.0	1.5	1500	320.6	45.0
75	169.3	2.3	1600	324.8	48.0
100	179.8	3.0	1700	328.8	51.0
125	188.5	3.8	1800	332.5	54.0
150	196.0	4.5	1900	336.1	57.0
175	202.6	5.3	2000	339.5	60.0
200	208.5	6.0	2100	342.7	63.0
225	213.9	6.8	2200	345.7	66.0
250	218.8	7.5	2300	348.6	69.0
275	223.4	8.3	2400	351.4	72.0
300	227.6	9.0	2500	354.1	75.0
350	235.3	10.5	2600	356.6	78.0
400	242.2	12.0	2700	359.0	81.0
450	248.5	13.5	2800	361.3	84.0
500	254.2	15.0	2900	363.4	87.0
550	259.5	16.5	3000	365.5	90.0
600	264.4	18.0	3100	367.4	93.0
650	269.0	19.5	3200	369.3	96.0
700	273.3	21.0	3300	371.0	99.0
800	281.2	24.0	3400	372.6	102.0
900	288.3	27.0	3500	374.0	105.0

（深部高温地熱貯留層探査のターゲット, 1982 林）

表 4.1-1 深度別・AI 値別の地下温度対応表

深度	AI:0	AI:10	AI:20	AI:30	AI:40	AI:50	AI:60	AI:70	AI:80	AI:90	AI:100	深度	AI:0	AI:10	AI:20	AI:30	AI:40	AI:50	AI:60	AI:70	AI:80	AI:90	AI:100
0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	-1550	46.5	74.1	101.7	129.4	157.0	184.6	212.2	239.8	267.5	295.1	322.7
-50	1.5	17.0	32.4	47.9	63.3	78.8	94.2	109.7	125.1	140.6	156.0	-1600	48.0	75.7	103.4	131.0	158.7	186.4	214.1	241.8	269.4	297.1	324.8
-100	3.0	20.7	38.4	56.0	73.7	91.4	109.1	126.8	144.4	162.1	179.8	-1650	49.5	77.2	105.0	132.7	160.4	188.2	215.9	243.6	271.3	299.1	326.8
-150	4.5	23.7	42.8	62.0	81.1	100.3	119.4	138.6	157.7	176.9	196.0	-1700	51.0	78.8	106.6	134.3	162.1	189.9	217.7	245.5	273.2	301.0	328.8
-200	6.0	26.3	46.5	66.8	87.0	107.3	127.5	147.8	168.0	188.3	208.5	-1750	52.5	80.3	108.1	135.9	163.8	191.6	219.4	247.2	275.0	302.8	330.7
-250	7.5	28.6	49.8	70.9	92.0	113.2	134.3	155.4	176.5	197.7	218.8	-1800	54.0	81.9	109.7	137.6	165.4	193.3	221.1	249.0	276.8	304.7	332.5
-300	9.0	30.9	52.7	74.6	96.4	118.3	140.2	162.0	183.9	205.7	227.6	-1850	55.5	83.4	111.3	139.1	167.0	194.9	222.8	250.7	278.5	306.4	334.3
-350	10.5	33.0	55.5	77.9	100.4	122.9	145.4	167.9	190.3	212.8	235.3	-1900	57.0	84.9	112.8	140.7	168.6	196.6	224.5	252.4	280.3	308.2	336.1
-400	12.0	35.0	58.0	81.1	104.1	127.1	150.1	173.1	196.2	219.2	242.2	-1950	58.5	86.4	114.4	142.3	170.2	198.2	226.1	254.0	281.9	309.9	337.8
-450	13.5	37.0	60.5	84.0	107.5	131.0	154.5	178.0	201.5	225.0	248.5	-2000	60.0	88.0	115.9	143.9	171.8	199.8	227.7	255.7	283.6	311.6	339.5
-500	15.0	38.9	62.8	86.8	110.7	134.6	158.5	182.4	206.4	230.3	254.2	-2050	61.5	89.5	117.4	145.4	173.3	201.3	229.3	257.2	285.2	313.1	341.1
-550	16.5	40.8	65.1	89.4	113.7	138.0	162.3	186.6	210.9	235.2	259.5	-2100	63.0	91.0	118.9	146.9	174.9	202.9	230.8	258.8	286.8	314.7	342.7
-600	18.0	42.6	67.3	91.9	116.6	141.2	165.8	190.5	215.1	239.8	264.4	-2150	64.5	92.5	120.4	148.4	176.4	204.4	232.3	260.3	288.3	316.2	344.2
-650	19.5	44.5	69.4	94.4	119.3	144.3	169.2	194.2	219.1	244.1	269.0	-2200	66.0	94.0	121.9	149.9	177.9	205.9	233.8	261.8	289.8	317.7	345.7
-700	21.0	46.2	71.5	96.7	121.9	147.2	172.4	197.6	222.8	248.1	273.3	-2250	67.5	95.5	123.4	151.4	179.4	207.3	235.3	263.3	291.2	319.2	347.2
-750	22.5	48.0	73.5	98.9	124.4	149.9	175.4	200.8	226.3	251.8	277.3	-2300	69.0	97.0	124.9	152.9	180.8	208.8	236.8	264.7	292.7	320.6	348.6
-800	24.0	49.7	75.4	101.2	126.9	152.6	178.3	204.0	229.8	255.5	281.2	-2350	70.5	98.5	126.4	154.4	182.3	210.3	238.2	266.2	294.1	322.1	350.0
-850	25.5	51.4	77.4	103.3	129.2	155.1	181.1	207.0	232.9	258.8	284.8	-2400	72.0	99.9	127.9	155.8	183.8	211.7	239.6	267.6	295.5	323.5	351.4
-900	27.0	53.1	79.3	105.4	131.5	157.7	183.8	209.9	236.0	262.2	288.3	-2450	73.5	101.4	129.4	157.3	185.2	213.1	241.1	269.0	296.9	324.8	352.8
-950	28.5	54.8	81.1	107.4	133.7	160.0	186.3	212.6	238.9	265.2	291.6	-2500	75.0	102.9	130.8	158.7	186.6	214.6	242.5	270.4	298.3	326.2	354.1
-1000	30.0	56.5	83.0	109.4	135.9	162.4	188.9	215.4	241.8	268.3	294.8	-2550	76.5	104.4	132.3	160.2	188.0	215.9	243.8	271.7	299.6	327.5	355.4
-1050	31.5	58.1	84.8	111.4	138.0	164.6	191.3	217.9	244.5	271.1	297.8	-2600	78.0	105.9	133.7	161.6	189.4	217.3	245.2	273.0	300.9	328.7	356.6
-1100	33.0	59.8	86.5	113.3	140.1	166.9	193.6	220.4	247.2	273.9	300.7	-2650	79.5	107.3	135.2	163.0	190.8	218.7	246.5	274.3	302.1	330.0	357.8
-1150	34.5	61.4	88.3	115.2	142.1	169.0	195.9	222.8	249.7	276.6	303.5	-2700	81.0	108.8	136.6	164.4	192.2	220.0	247.8	275.6	303.4	331.2	359.0
-1200	36.0	63.0	90.0	117.1	144.1	171.1	198.1	225.1	252.2	279.2	306.2	-2750	82.5	110.3	138.0	165.8	193.6	221.3	249.1	276.9	304.6	332.4	360.2
-1250	37.5	64.6	91.8	118.9	146.0	173.1	200.3	227.4	254.5	281.6	308.8	-2800	84.0	111.7	139.5	167.2	194.9	222.7	250.4	278.1	305.8	333.6	361.3
-1300	39.0	66.2	93.5	120.7	147.9	175.2	202.4	229.6	256.8	284.1	311.3	-2850	85.5	113.2	140.9	168.6	196.2	223.9	251.6	279.3	307.0	334.7	362.4
-1350	40.5	67.8	95.1	122.5	149.8	177.1	204.4	231.7	259.1	286.4	313.7	-2900	87.0	114.6	142.3	169.9	197.6	225.2	252.8	280.5	308.1	335.8	363.4
-1400	42.0	69.4	96.8	124.2	151.6	179.1	206.5	233.9	261.3	288.7	316.1	-2950	88.5	116.1	143.7	171.3	198.9	226.5	254.1	281.7	309.3	336.9	364.5
-1450	43.5	71.0	98.5	126.0	153.4	180.9	208.4	235.9	263.4	290.9	318.4	-3000	90.0	117.6	145.1	172.7	200.2	227.8	255.3	282.9	310.4	338.0	365.5
-1500	45.0	72.6	100.1	127.7	155.2	182.8	210.4	237.9	265.5	293.0	320.6												

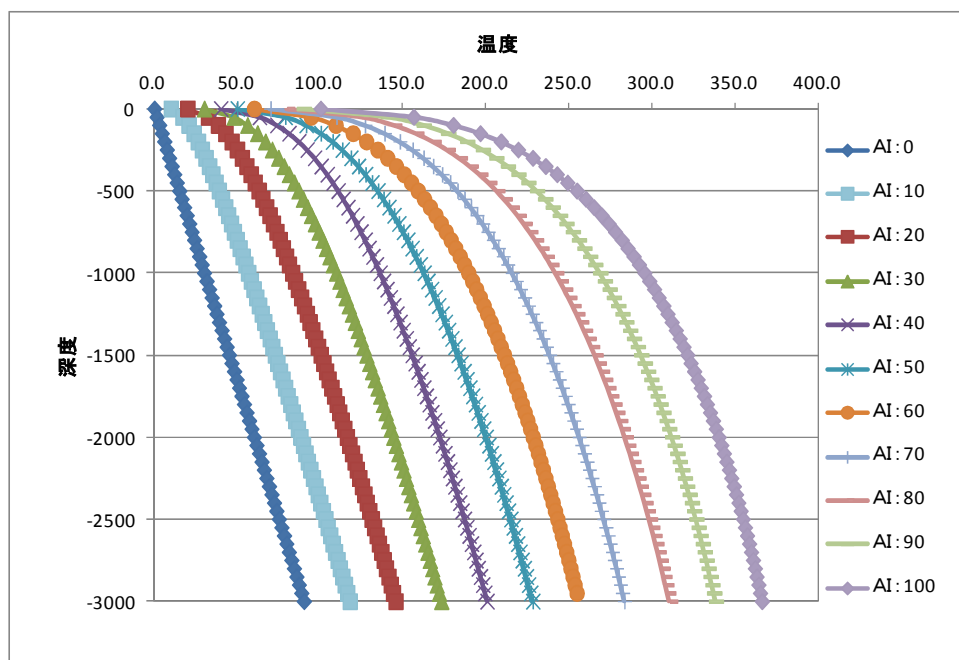


図 4.1-1 A I 毎の温度曲線

4.2 坑井データによる地点別温度構造データの作成

NEDO 地熱開発促進調査（昭和 55 年度～平成 22 年度：全 67 地域）のうち、温度プロファイルが示されていた 67 地域、459 地点のデータについて、以下の方法で温度プロファイルを読み取り、標高別温度データを作成した。

使用した温度プロファイルのサンプルを図 4.2-1 に、作成した温度プロファイルを図 4.2-2 に、地下温度分布図を図 4.2-4～13 に示す。

【温度プロファイル読み取り方法】

- ①坑口標高部を 1 点目とし、以降は標高 50m 単位で温度をグラフから読み取る。
- ②温度の読み取りは、1℃単位とする。（グラフに作業用の補助目盛を 10℃毎に設ける。）
- ③複数回（経時的な）温度計測結果示されている場合は、直近（掘削から十分に時間が経過した時）のデータを読み取る。
- ④図示の範囲外については、最後の 500m 区間の温度勾配で T. P. -3, 000m まで延長する。

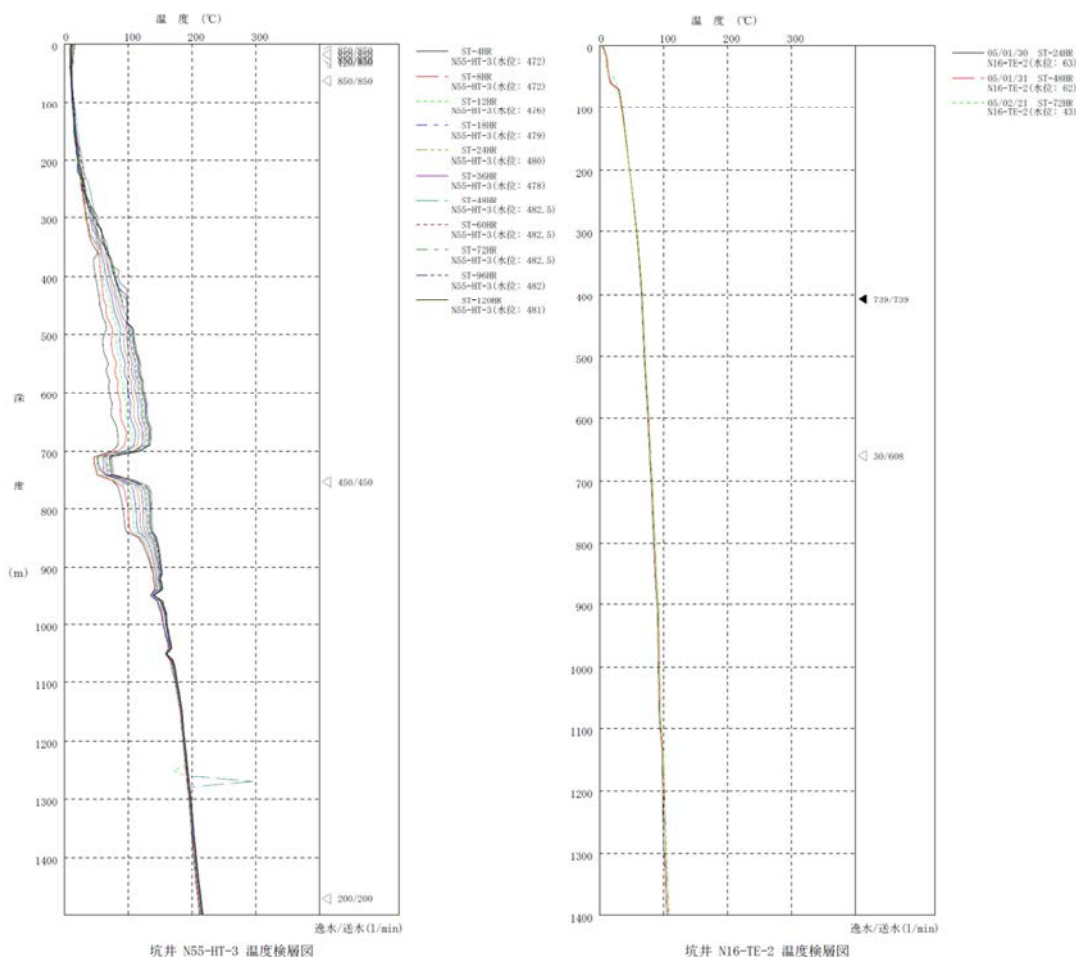
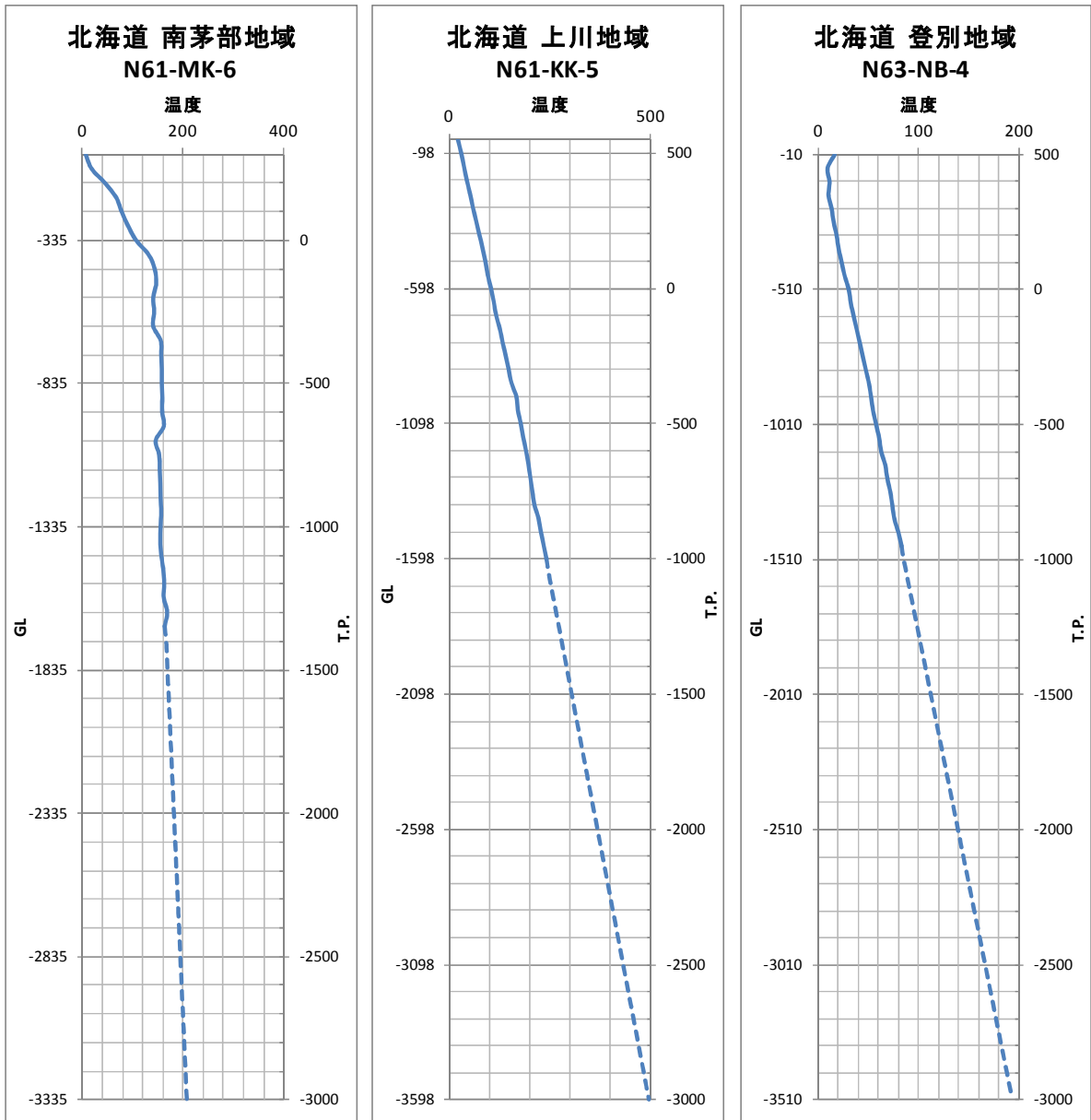


図 4.2-1 温度プロファイルデータのサンプル
（左：八幡平東部地域、右：天栄地域）



※破線は最終 500m 区間の温度勾配でした値

図 4. 2-2 坑井データの温度プロファイル読取結果例

【参考1】「NEDO 戦略的調査実施標準マニュアル」での深部温度の外挿方法

「地熱開発測存調査のうち開発可能性調査 戦略的調査実施標準マニュアル」では、地下温度分布の作成において、深部方向の外挿を行う場合について、基盤岩以浅と基盤岩以深の2つの場合に分けて検討されている。

基盤岩以浅の場合：

各検討ブロックの温度上昇パターンを対流型と伝導型に分類して、基盤岩以浅深度まで外挿する。

温度上昇パターンの分類では、次の項目にあたる場合対流型として判断し、過大評価を避けるために温度勾配をゼロとして外挿する。

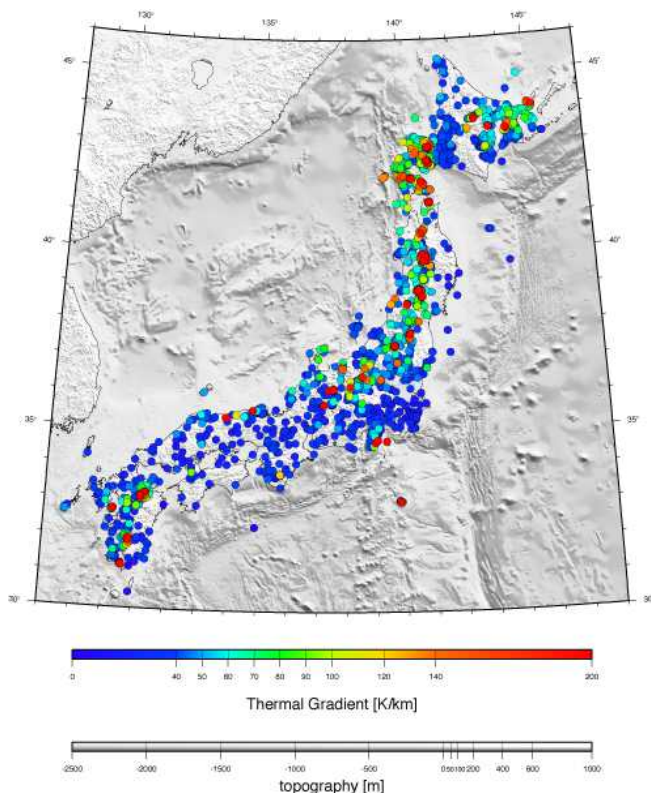
隆起帯、沈降帯、地表地熱兆候帯、深部断層構造帯、高透水性部

基盤岩以深の場合：

基盤岩以深の温度外挿は、伝導型として実施し基盤岩中の十分な深さの温度検層データを有する地域はその温度勾配を採用する。温度検層データが存在しない地域は周辺地域の文献等から引用する。

【参考2】「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」

本データベースで温度勾配がポイントデータで得られるが、今回使用しているデータと情報源が同じと考えられるため推計には使用しなかった。



参考図 日本列島地温勾配図

出典：独立行政法人産業技術総合研究所 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

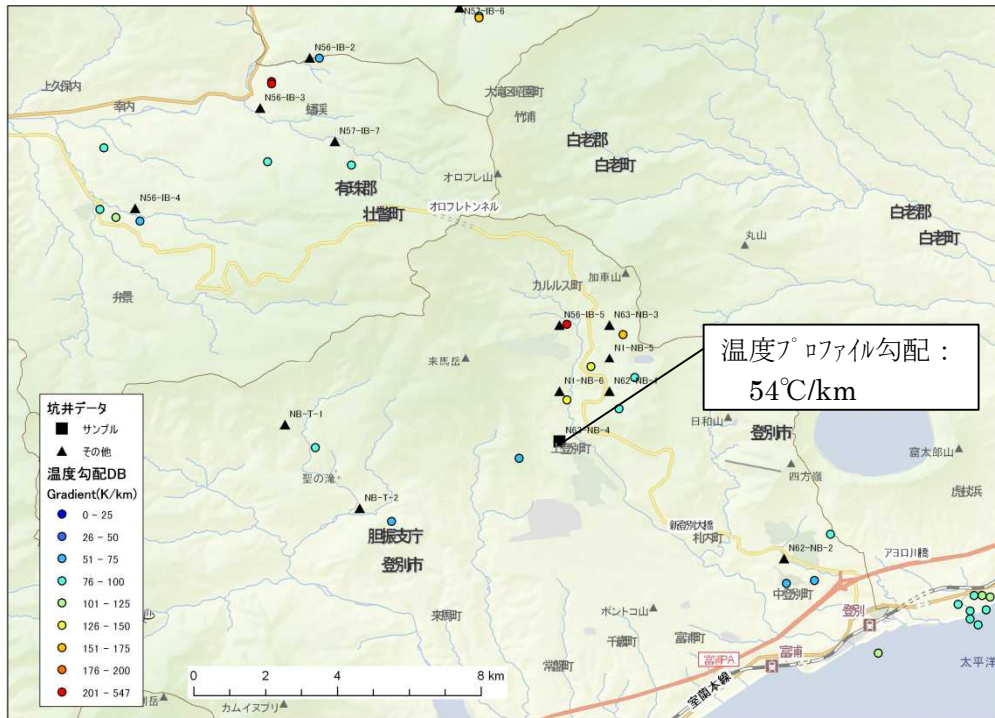
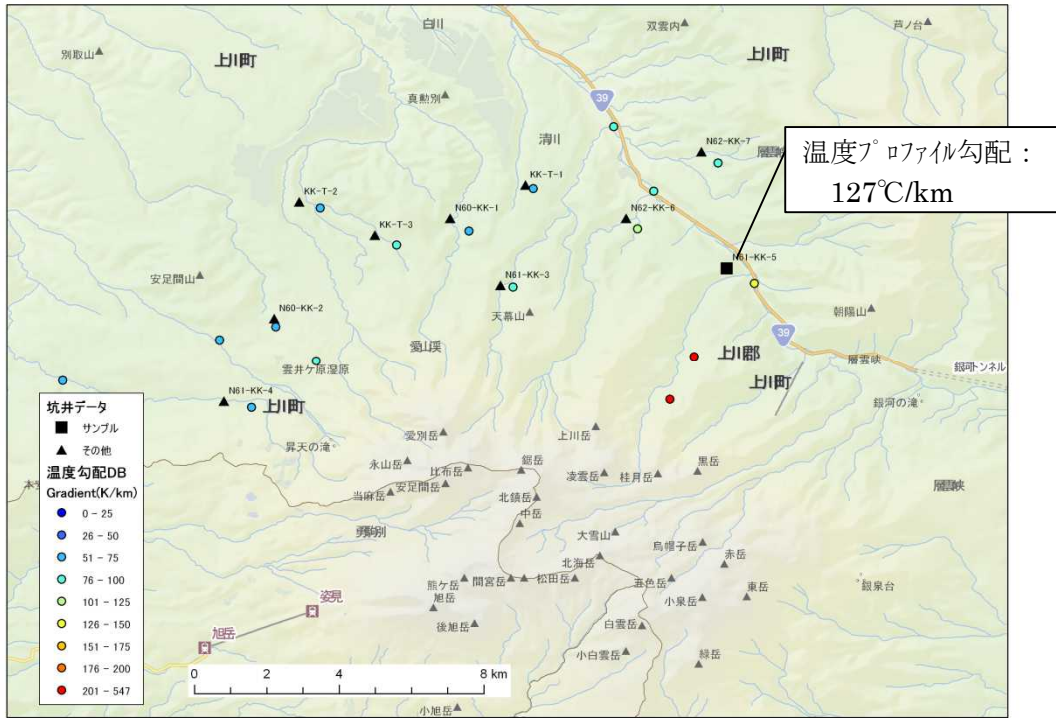


図 4.2-3 NEDO 坑井データと地温勾配データベースの比較

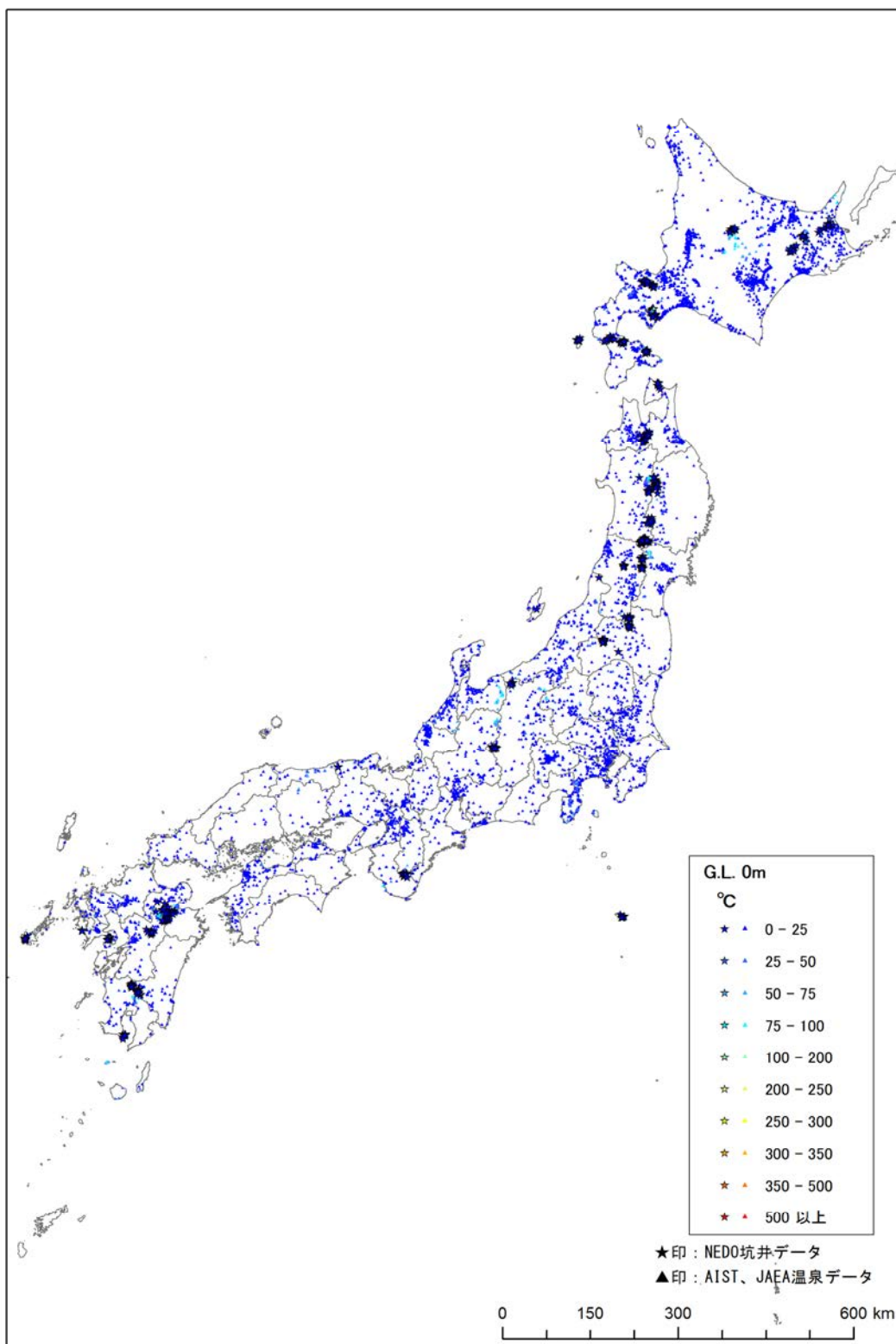


図 4.2-4 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. 0m)

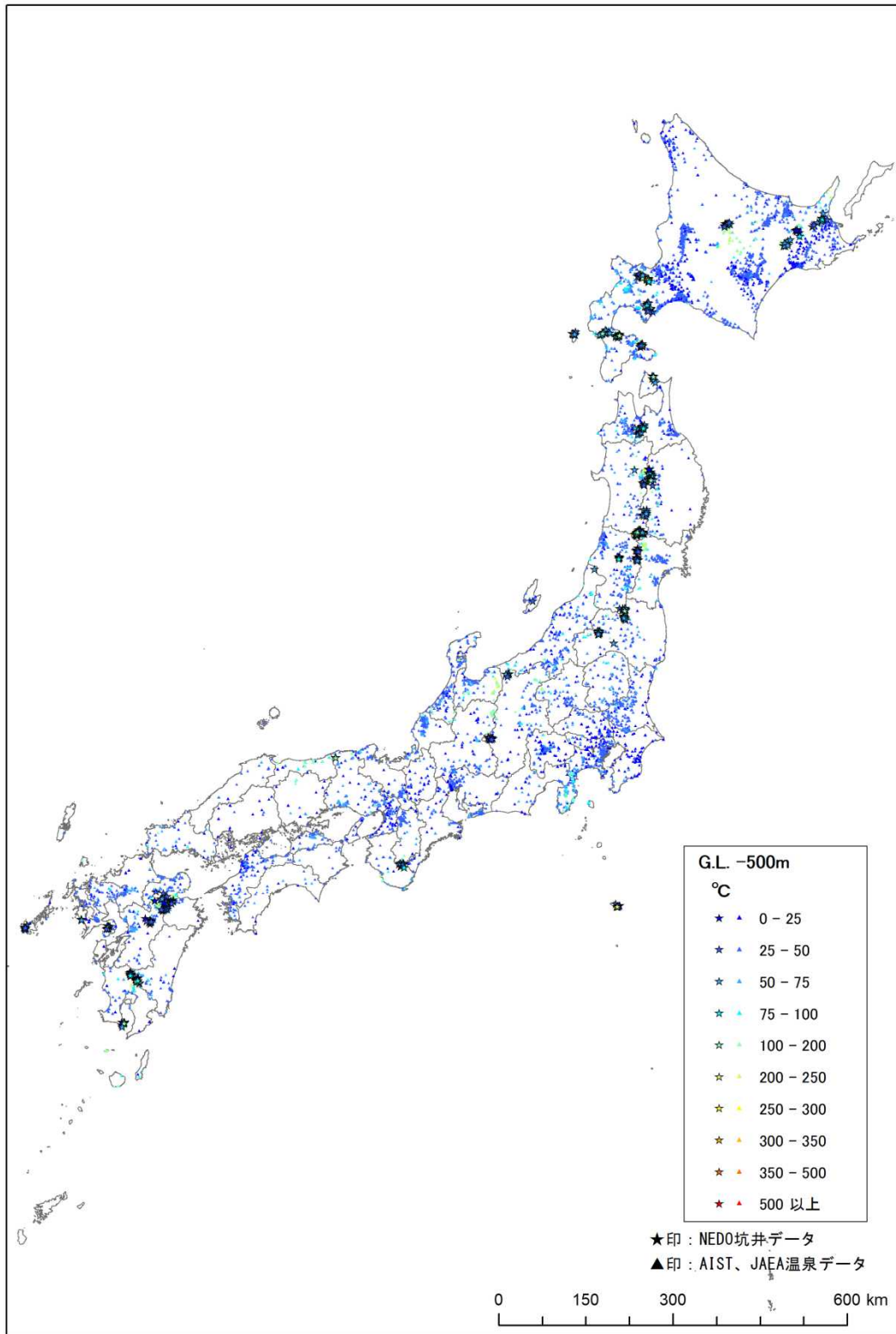


図 4.2-5 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -500m)

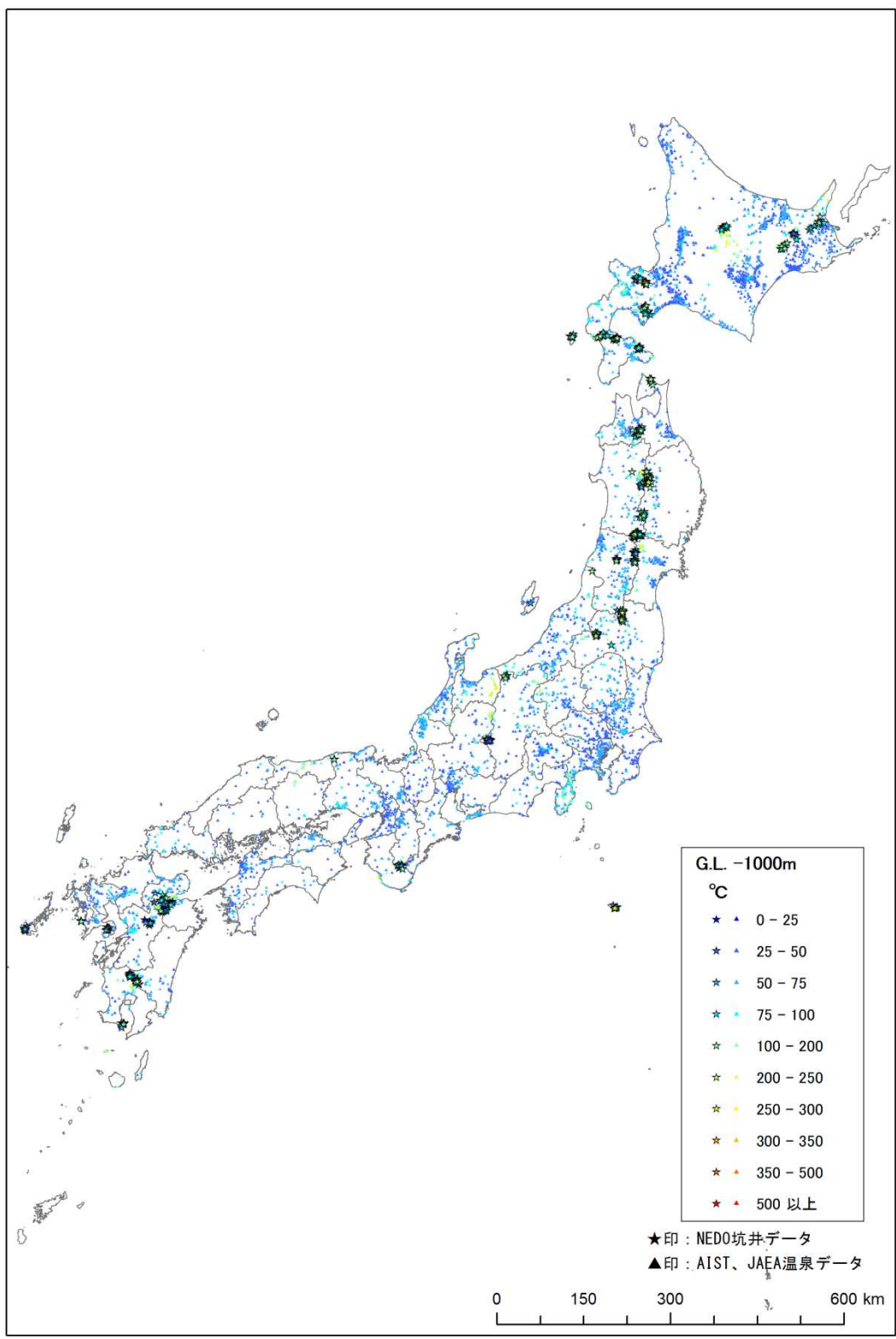


図 4.2-6 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -1000m)

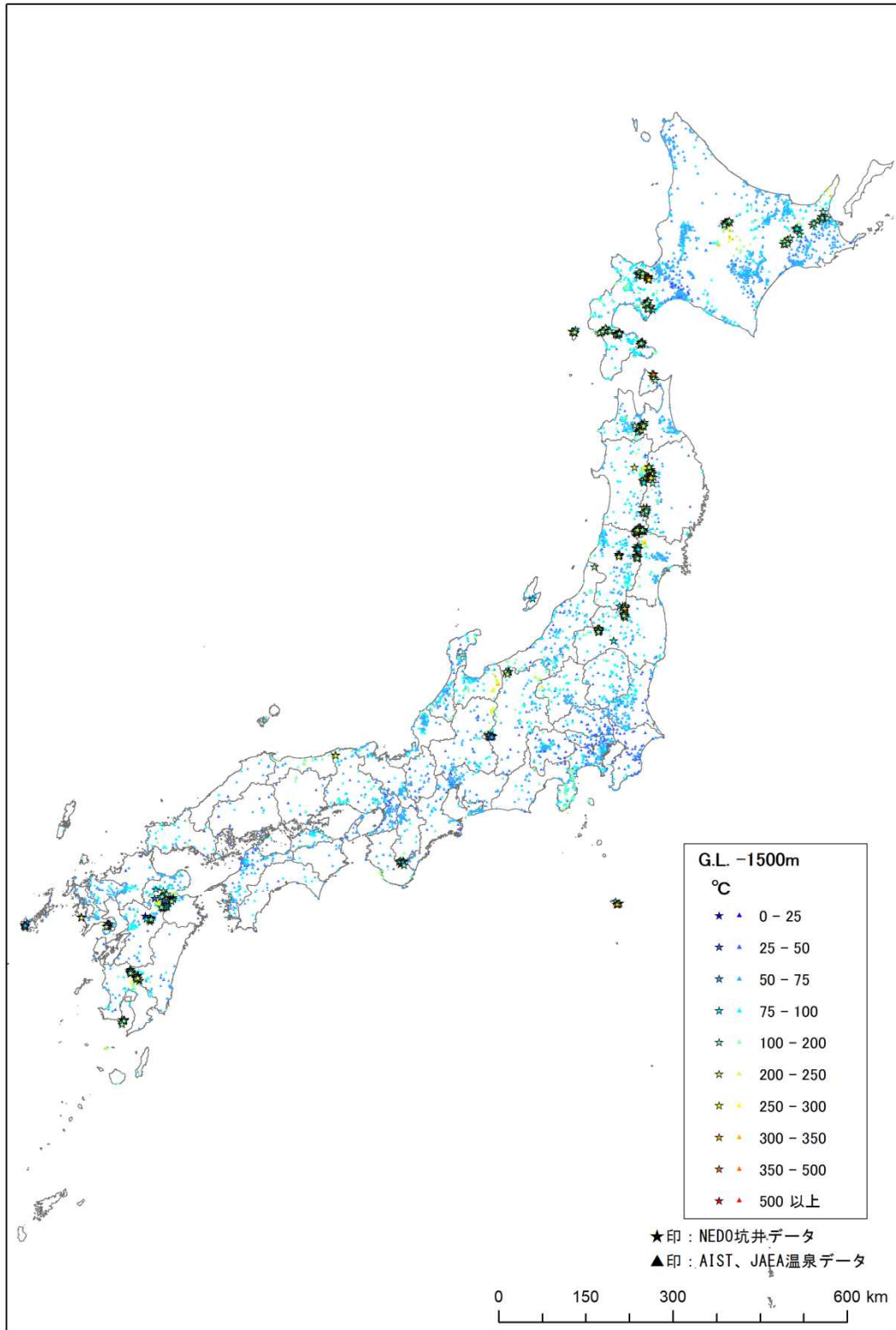


図 4.2-7 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -1500m)

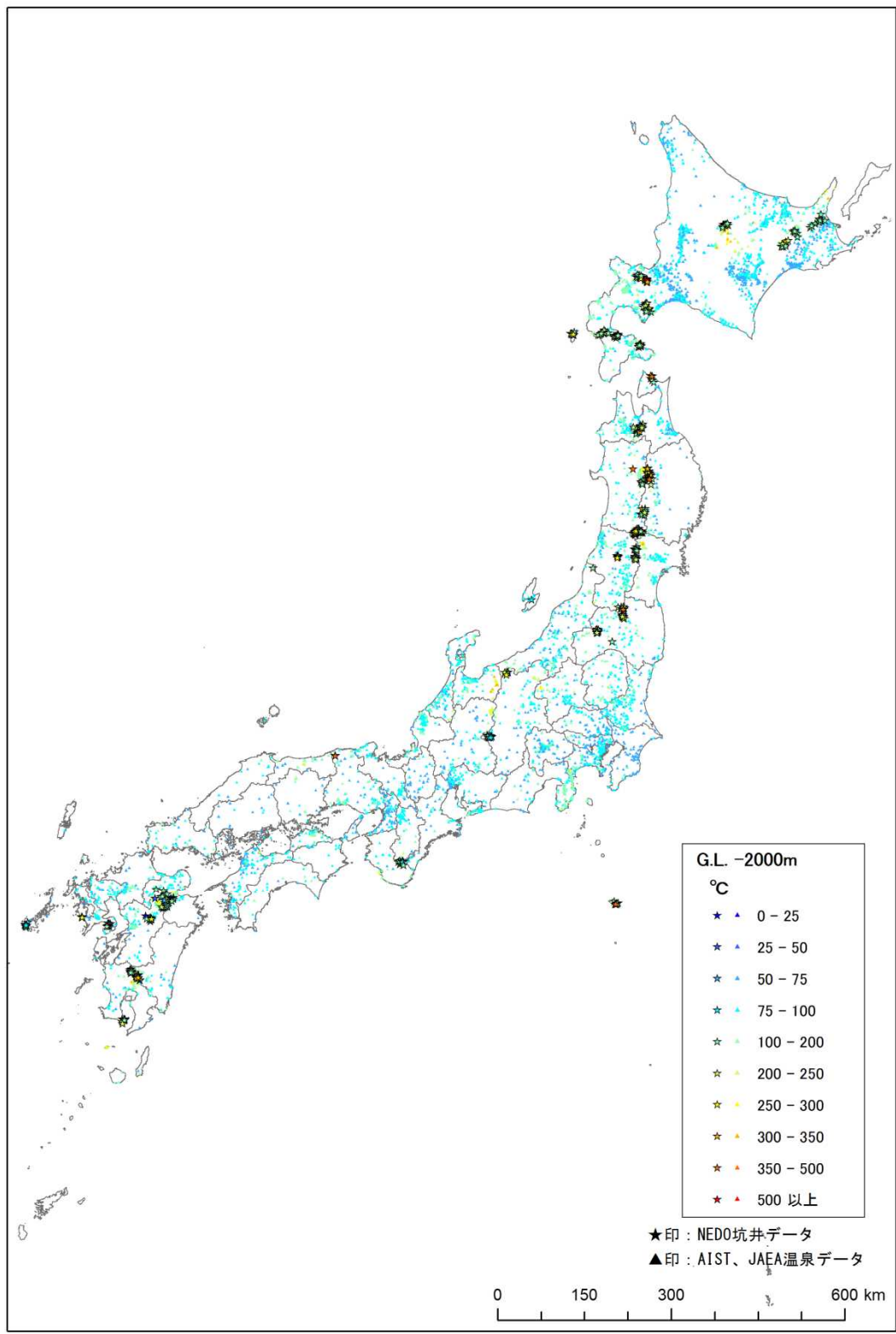


図 4.2-8 温泉及び坑井の深度別温度データ (G.L. -2000m)

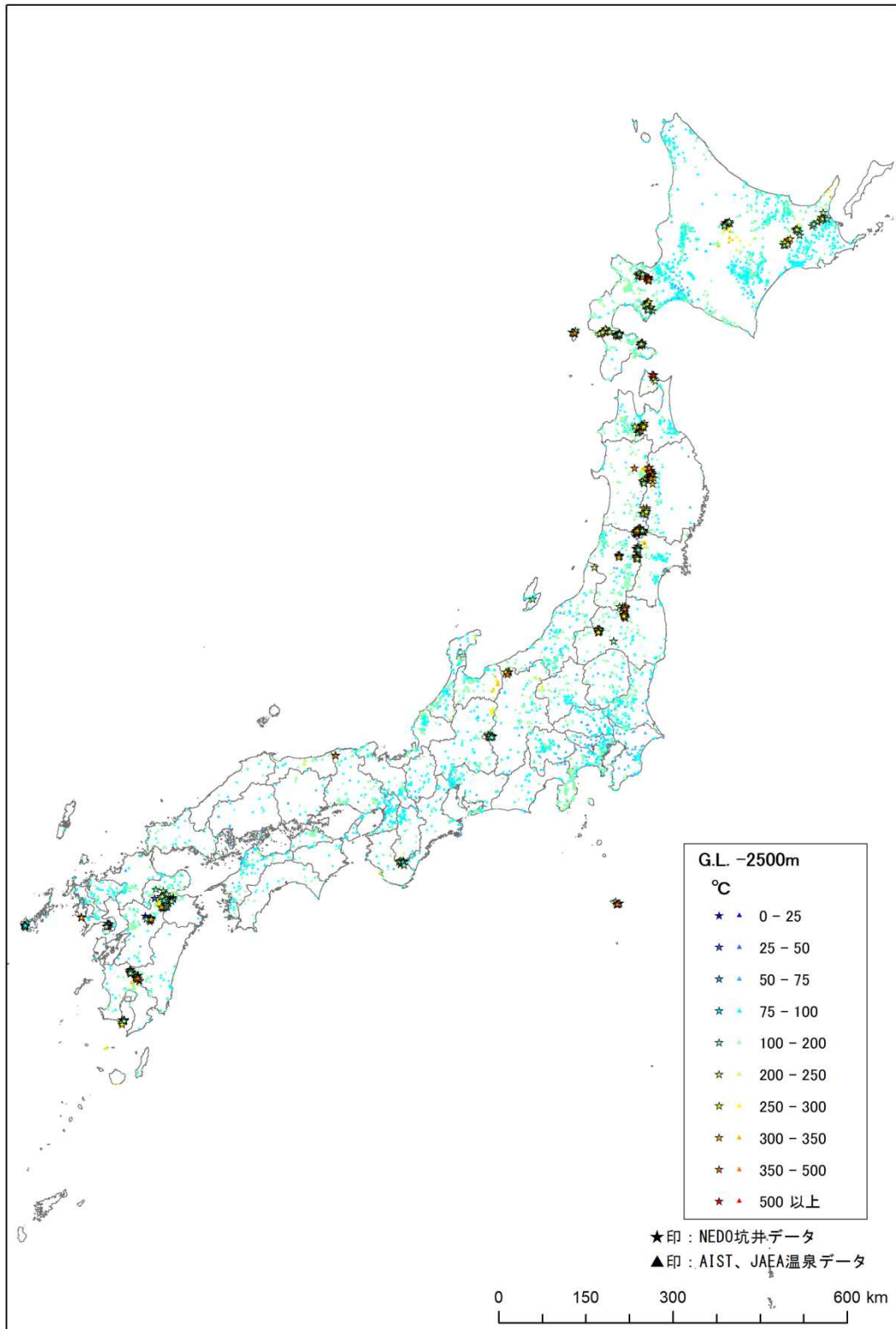


図 4.2-9 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -2500m)

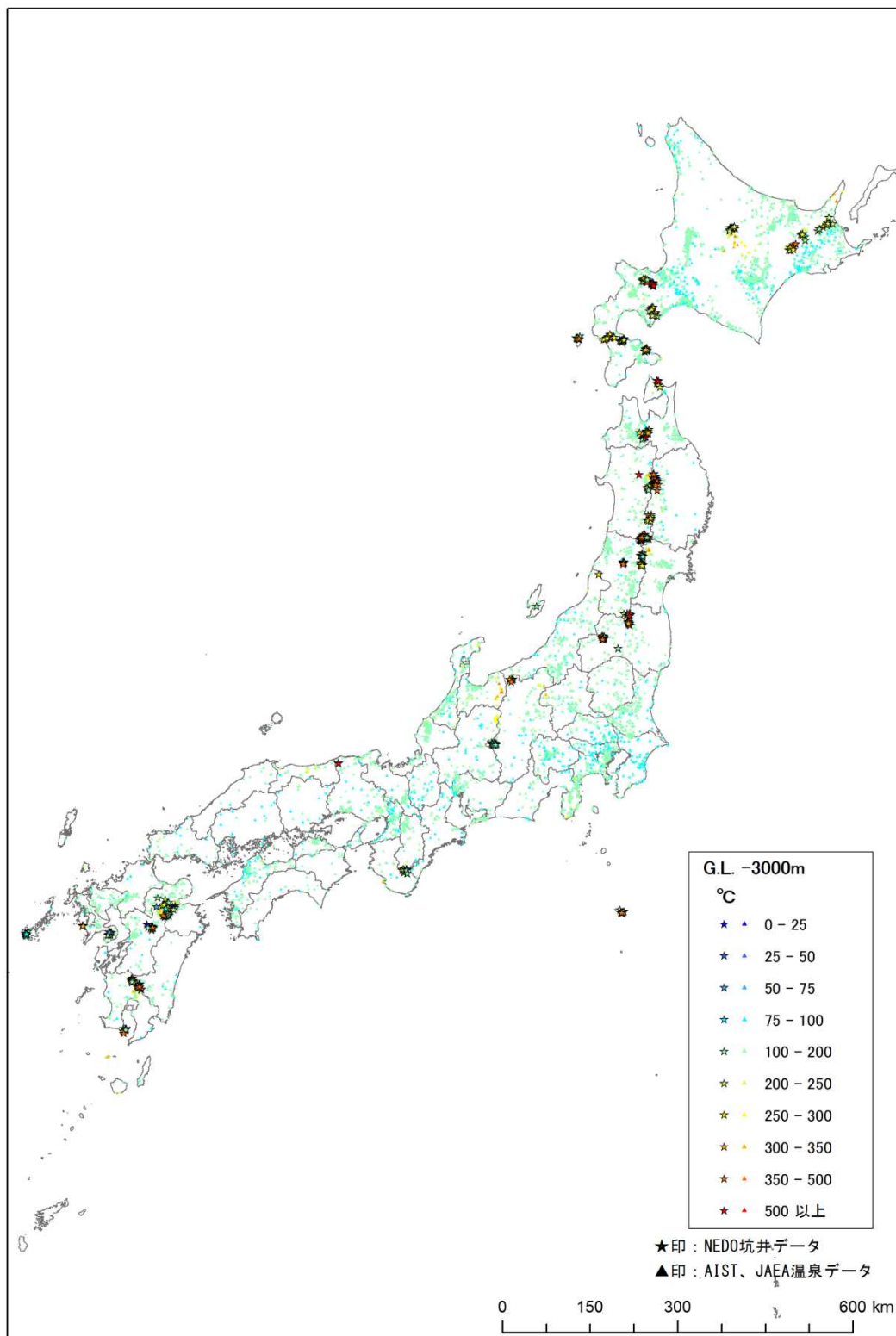


図 4.2-10 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -3000m)

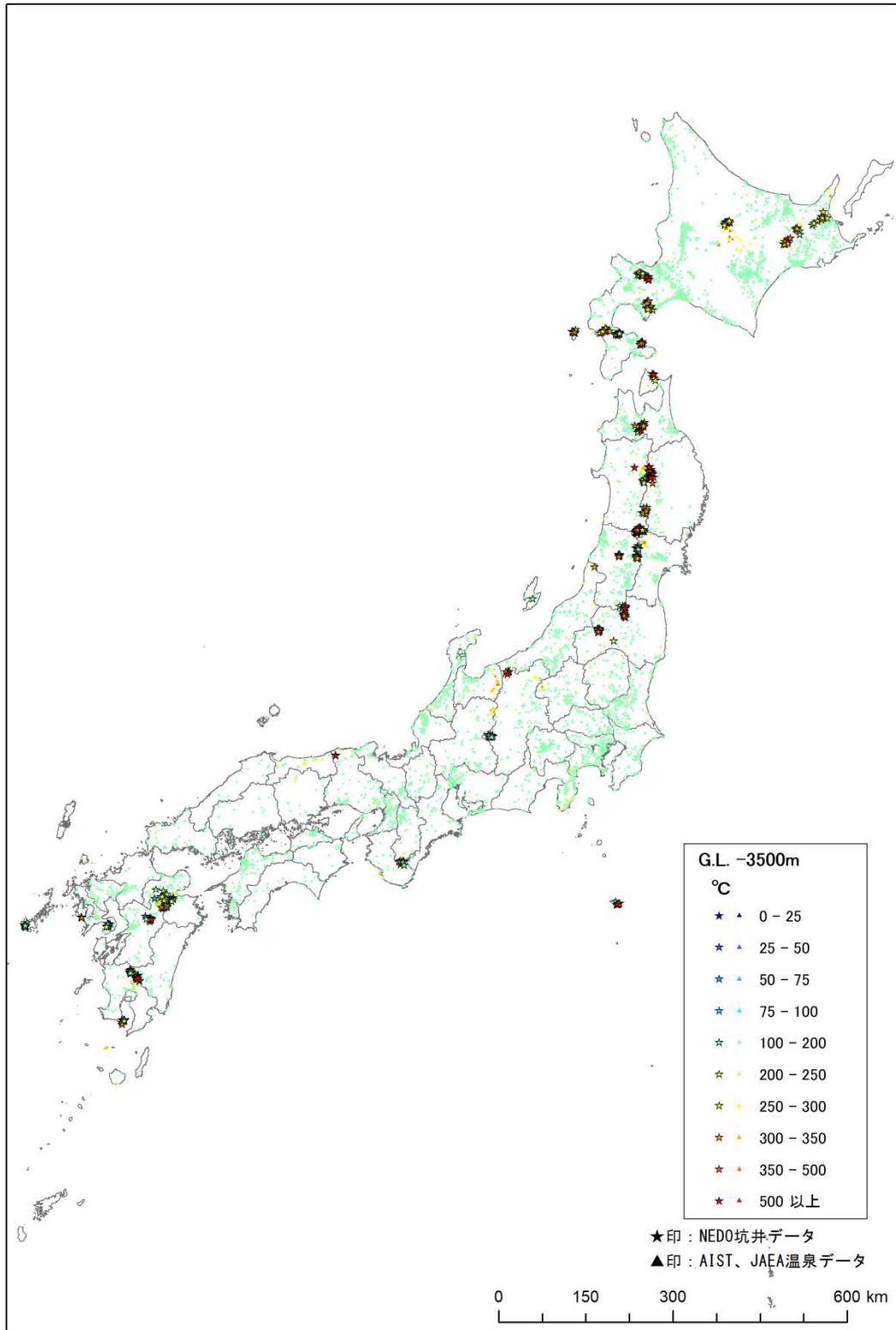


図 4.2-11 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -3500m)

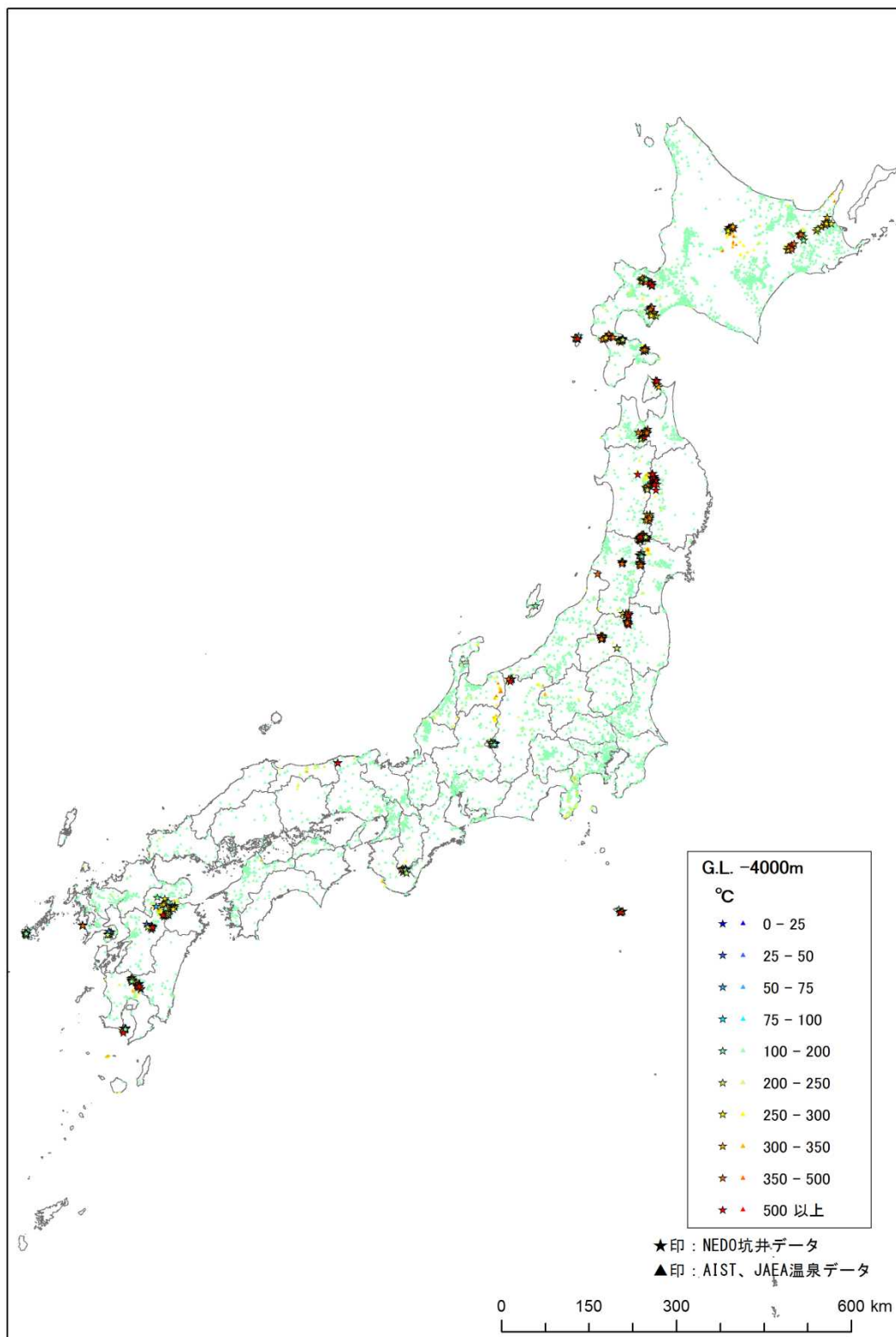


図 4.2-12 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -4000m)

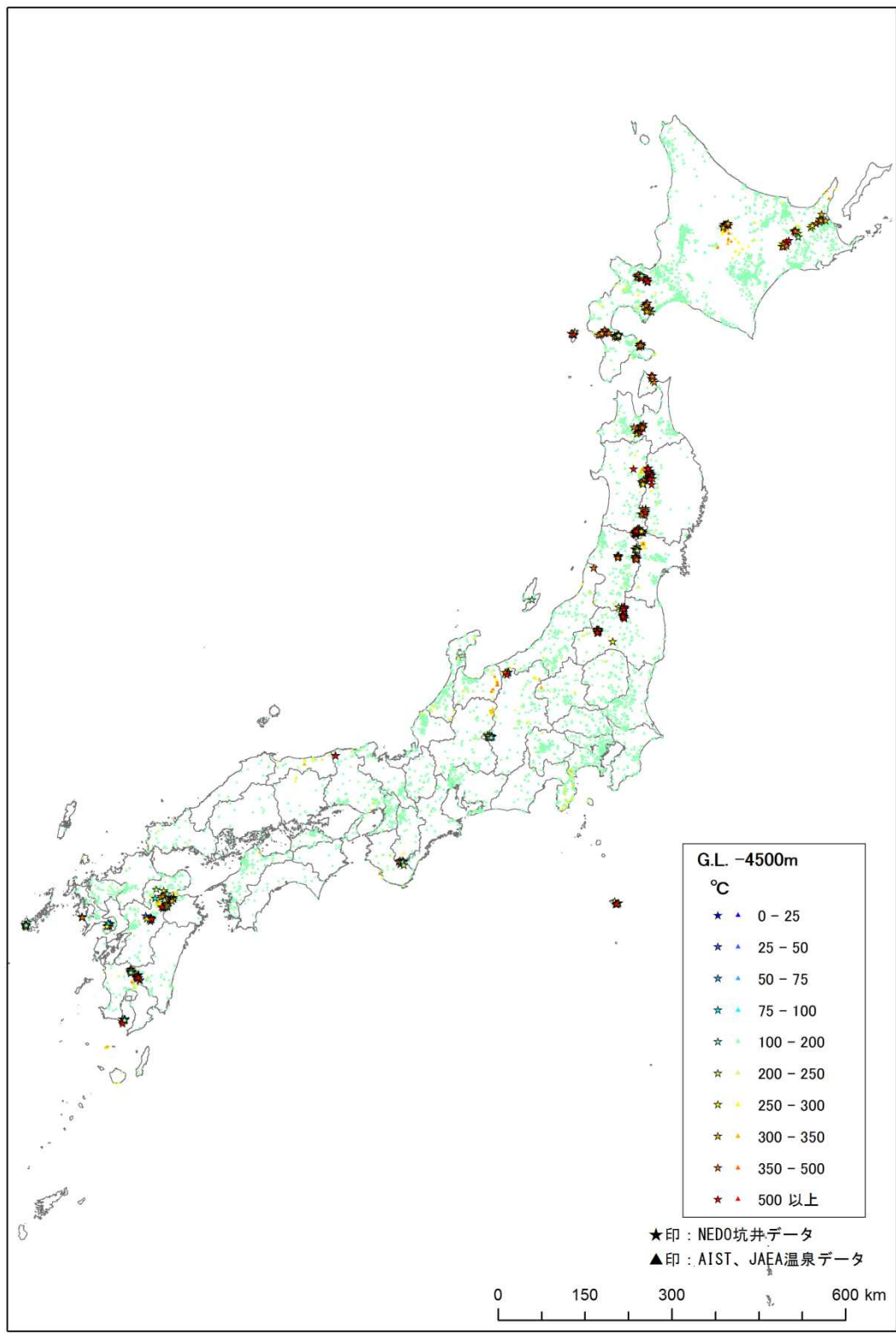


図 4.2-13 温泉及び坑井の深度別温度データ (G. L. -4500m)

4.3 坑井データ等による置換・外挿・補間結果

坑井、温泉、既設発電所の深度別（50m ごと）のポイントデータに対し、「最小曲率法（Minimum Curvature）」にて補間を行い温度分布の面データを作成した。補間を行う際には、温泉等のデータが存在しない地域の過剰な推計を避けるため、温泉等データが存在しない地域には 5km 間隔でダミーデータを付加し補間処理を行った。ダミーデータとは、深度 0m で 0℃、以下 50m ごとに 1.5℃（100m で 3℃）温度上昇する仮定の温水点である。

使用した坑井および温泉等ポイントデータとダミーデータの例を図 4.3-1 に、ダミーデータの有無による補間結果の違いを図 4.3-2 に示す。

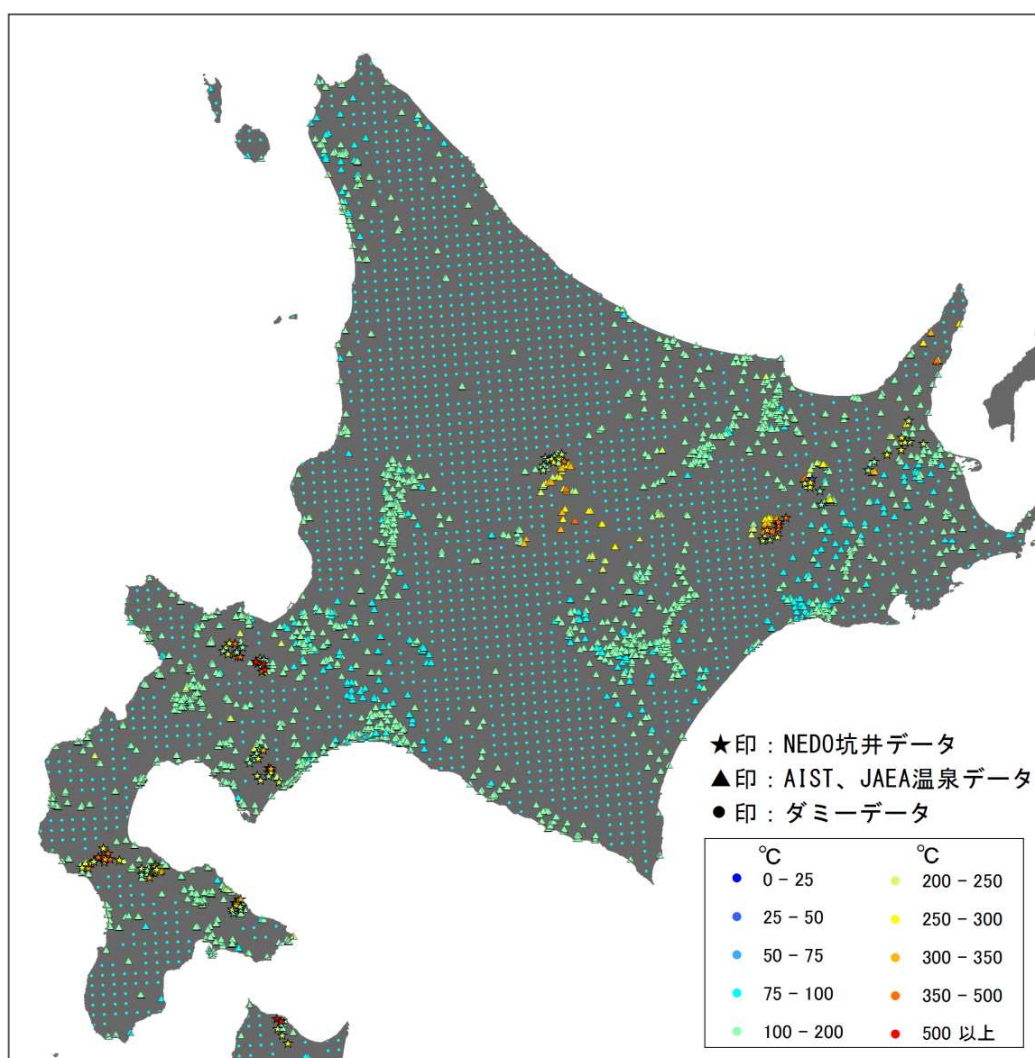


図 4.3-1 補間に使用したポイントデータの例

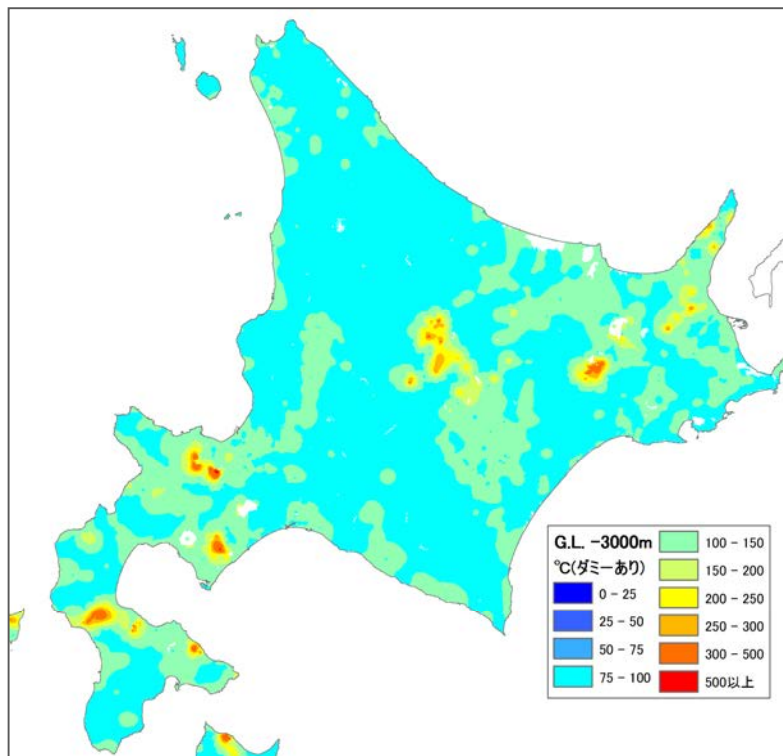
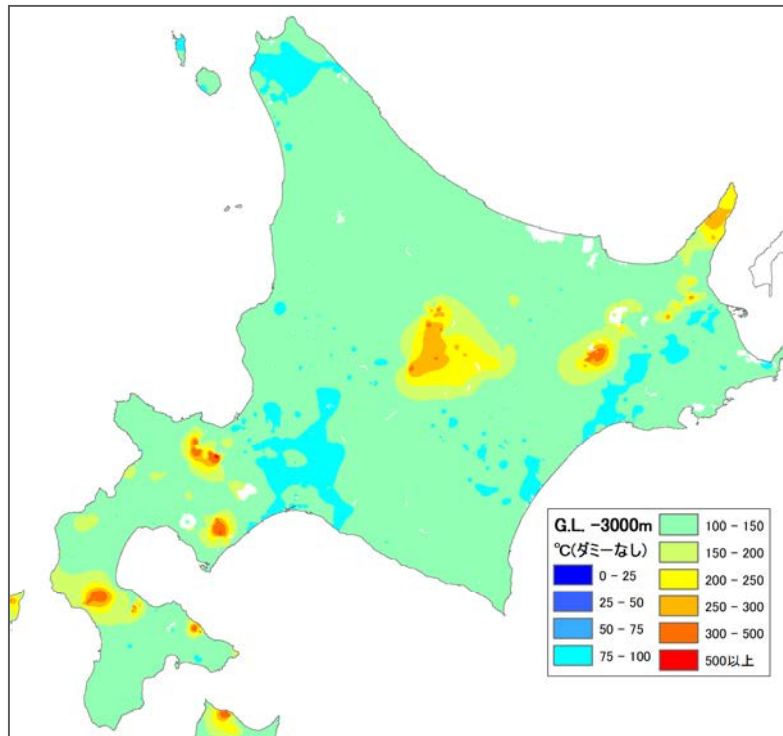


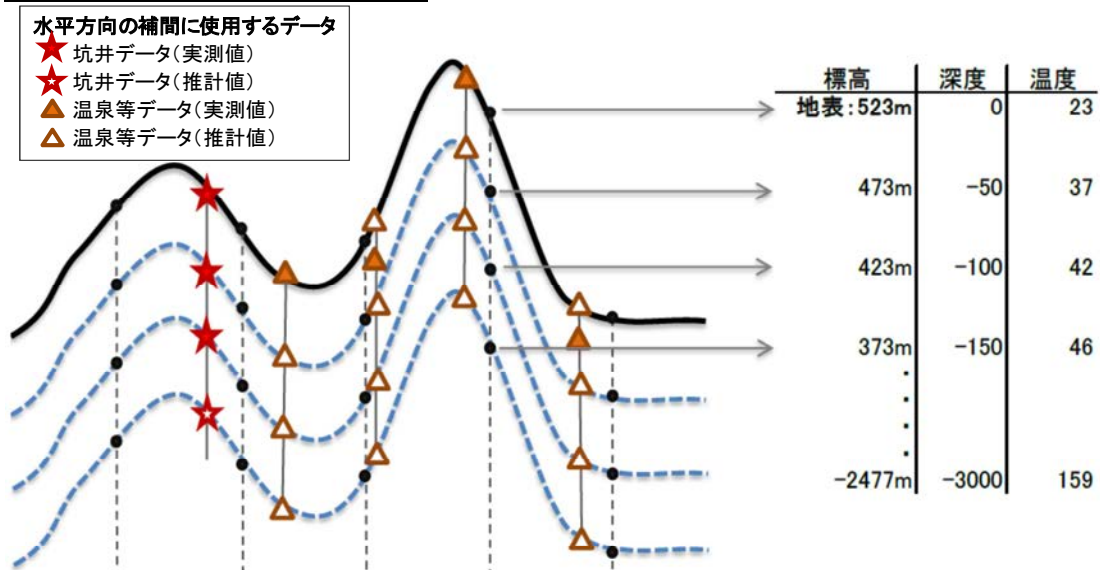
図 4.3-2 ダミーデータの有無による補間結果の違い
 (上：ダミーデータなし、下：ダミーデータあり)

【参考3】深度別の温度構造データ作成イメージ

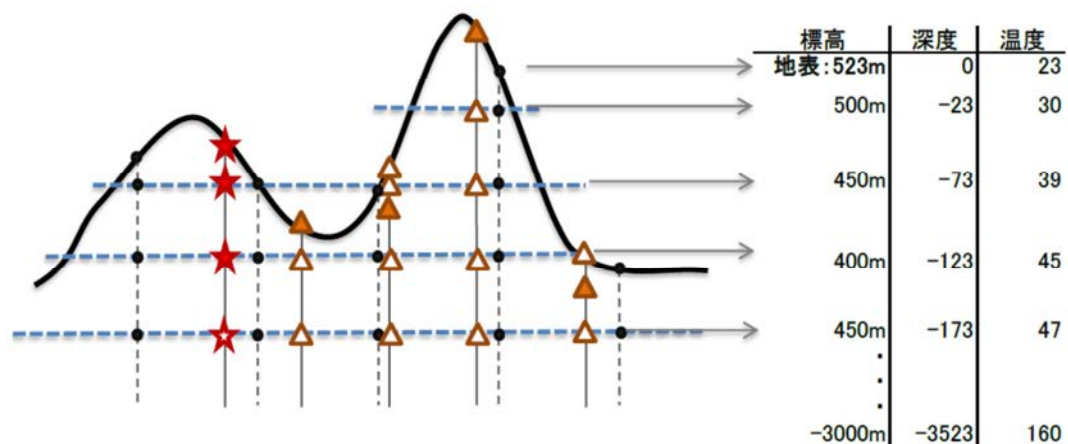
温泉等データの補間では、「標高 (T.P.)」を基準に 50m ごとの同一標高の地点を補間する方法を検討したが、高標高になるに従い坑井・温泉等の実測データが不足し空間的な補間が適切に行われないことが明らかになった。そのため、「深度」を基準に同一深度の地点を補間する方法を採用した。このことで、補間処理に利用可能な坑井・温泉等は全ての階層で同数となり適切な空間的補間処理が可能となった。

深度別の温度データ作成イメージ

※本調査で採用した方法



標高別の温度データ作成イメージ



4.4 地下温度構造データの作成

上述 4.2、4.3 により作成した地点別温度構造データから、標高毎にコンタリングを実施して全国の地下温度構造データを作成した結果を図 4.4-1～10 に示す。

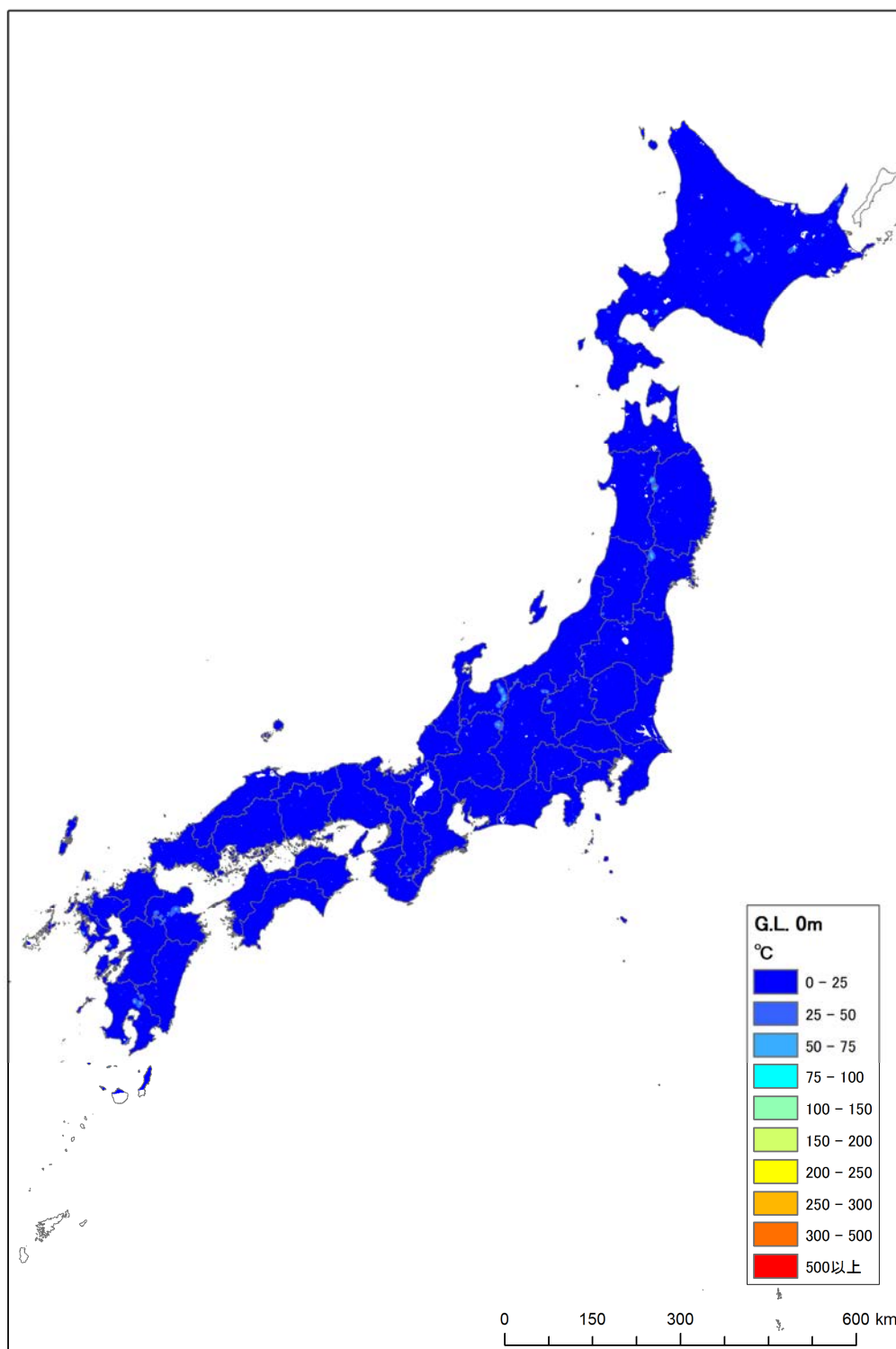


図 4.4-1 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. 0m)

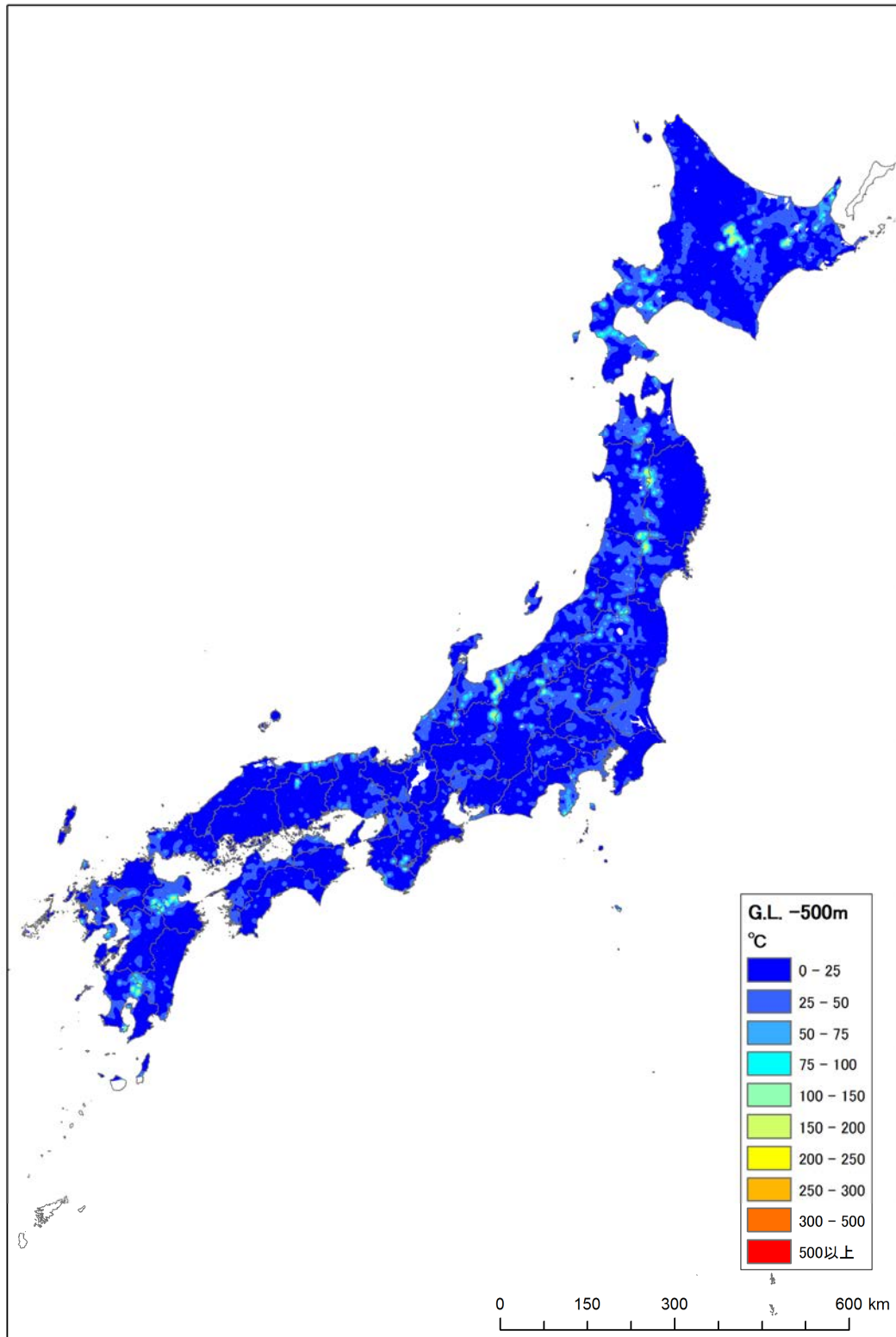


図 4. 4-2 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -500m)

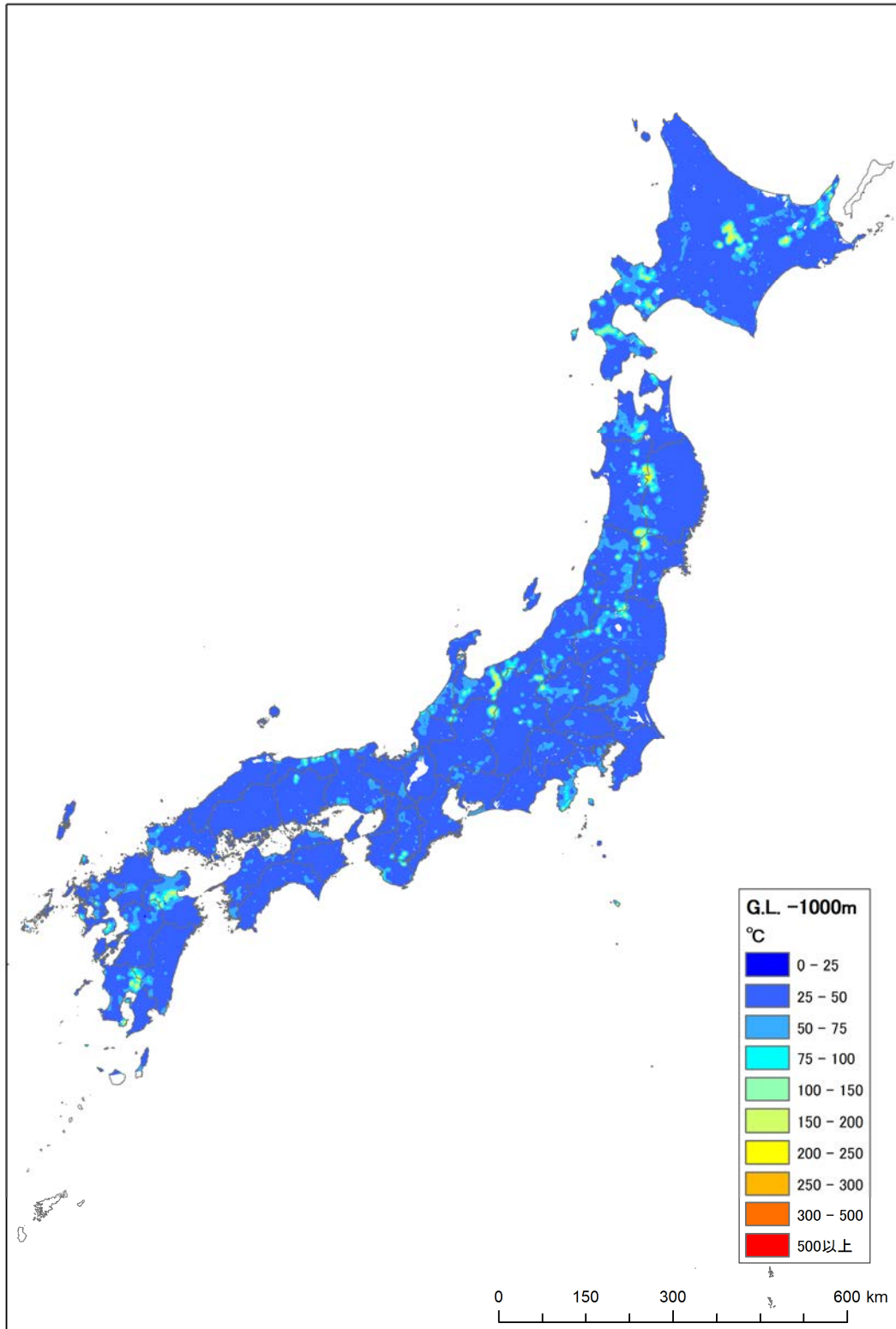


図 4. 4-3 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -1000m)

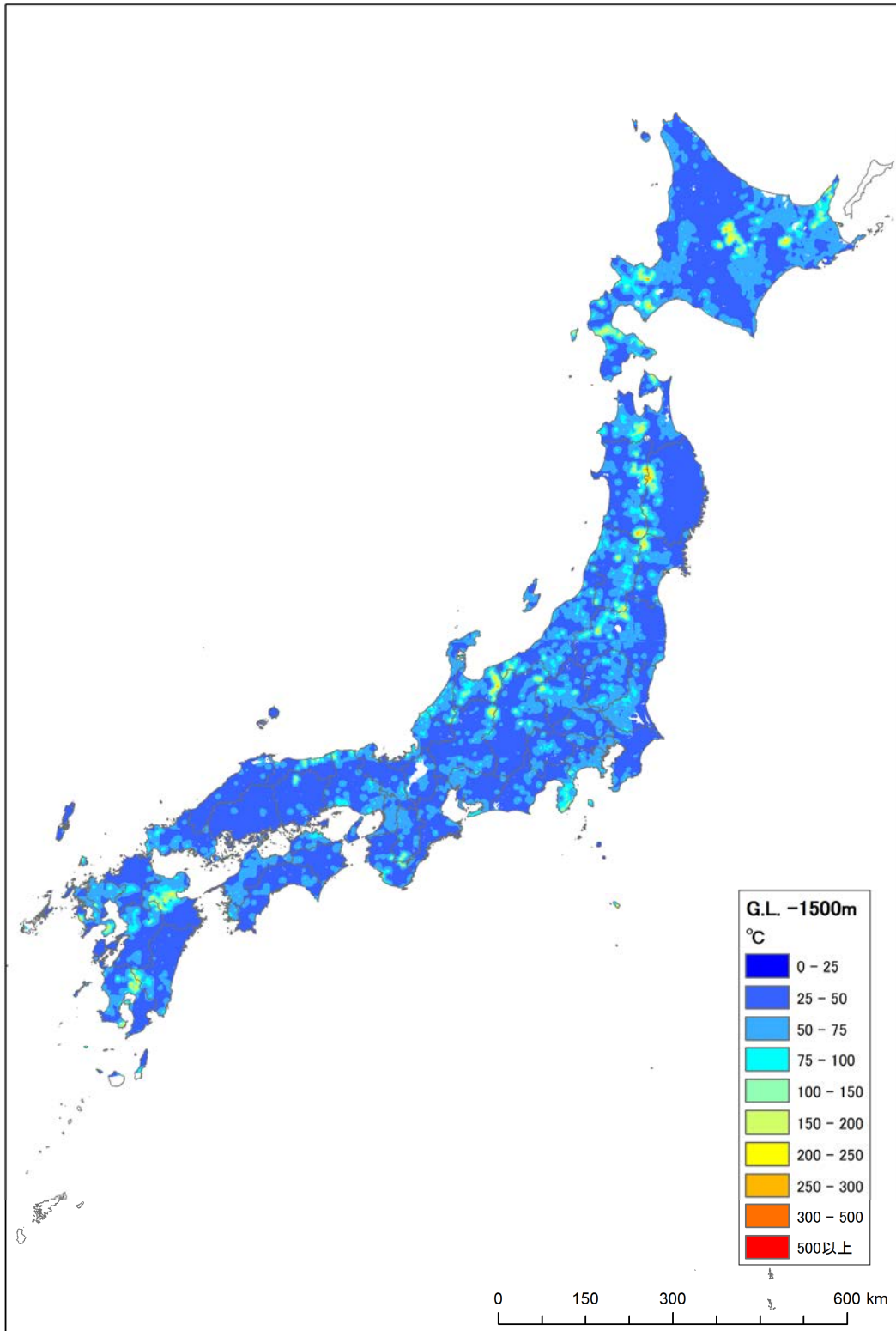


図 4. 4-4 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -1500m)

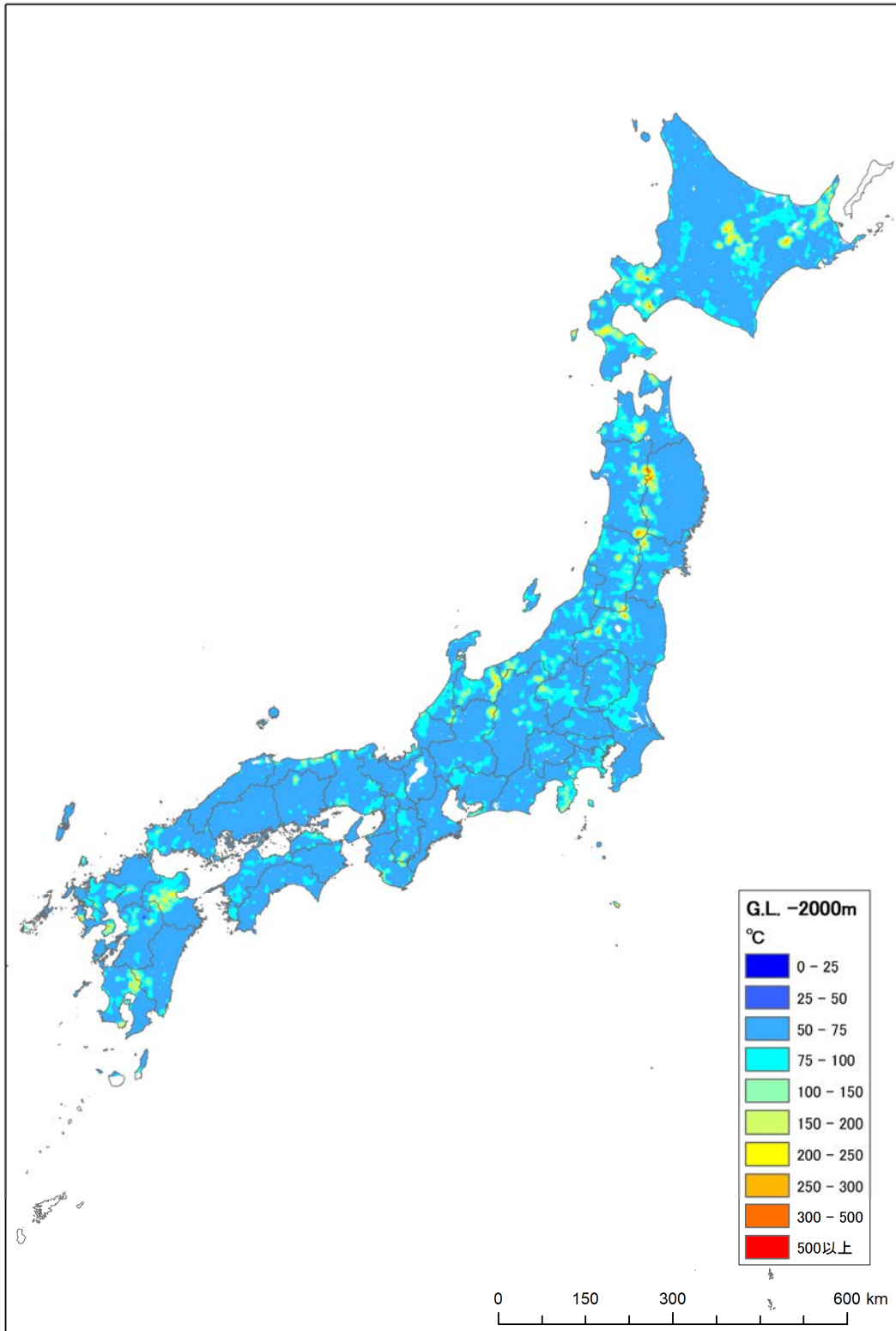


図 4.4-5 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -2000m)

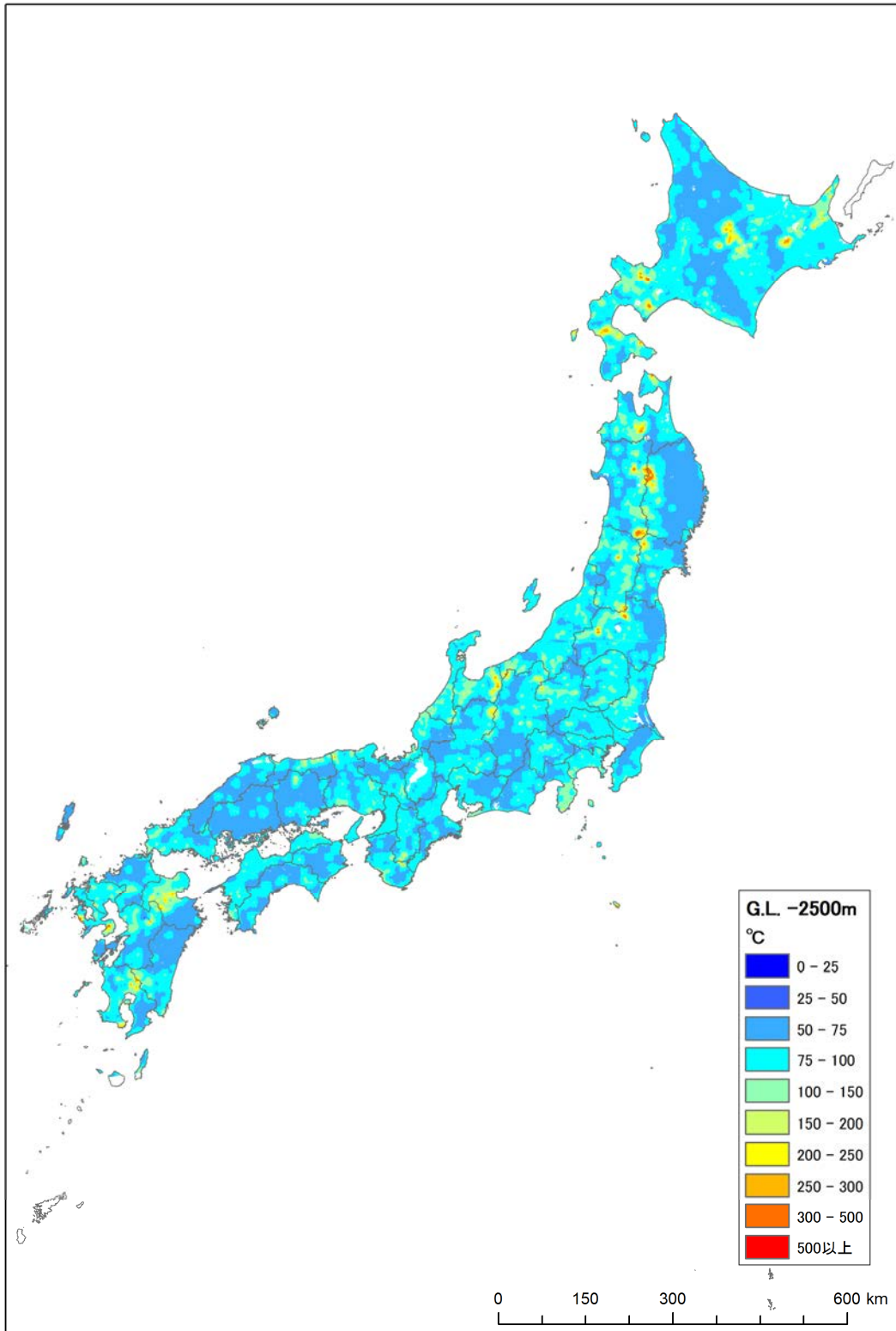


図 4. 4-6 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -2500m)

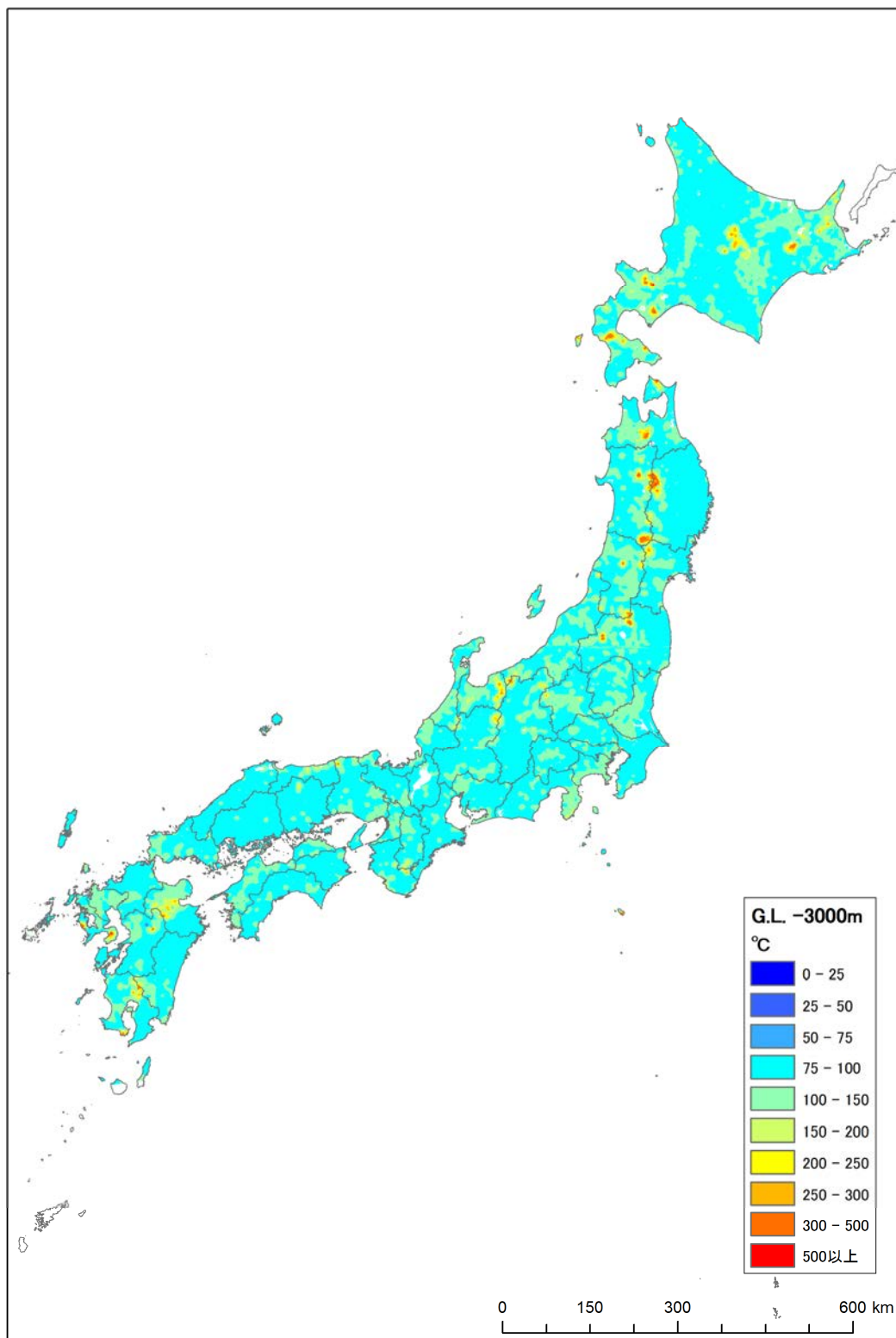


図 4. 4-7 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -3000m)

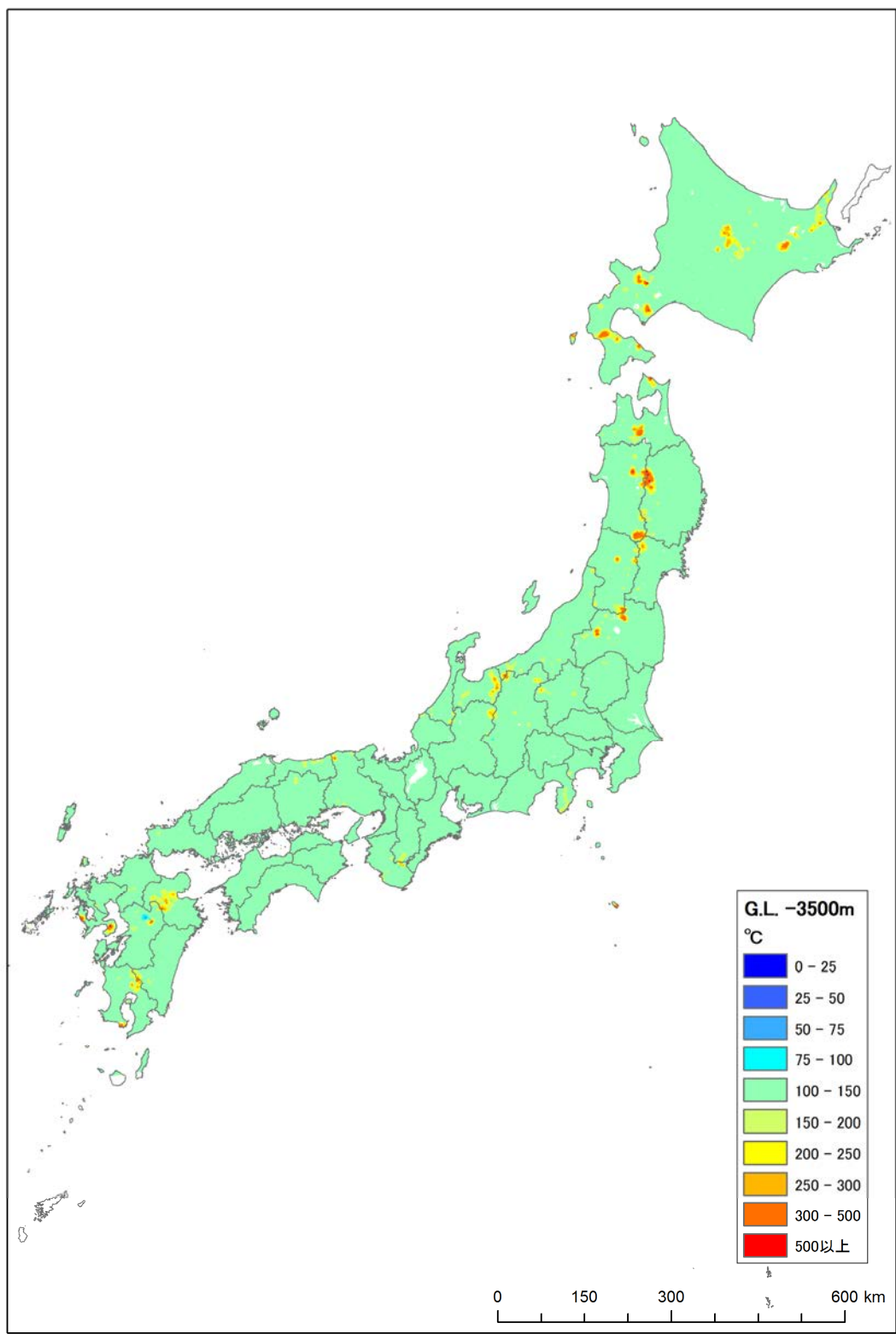


図 4. 4-8 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -3500m)

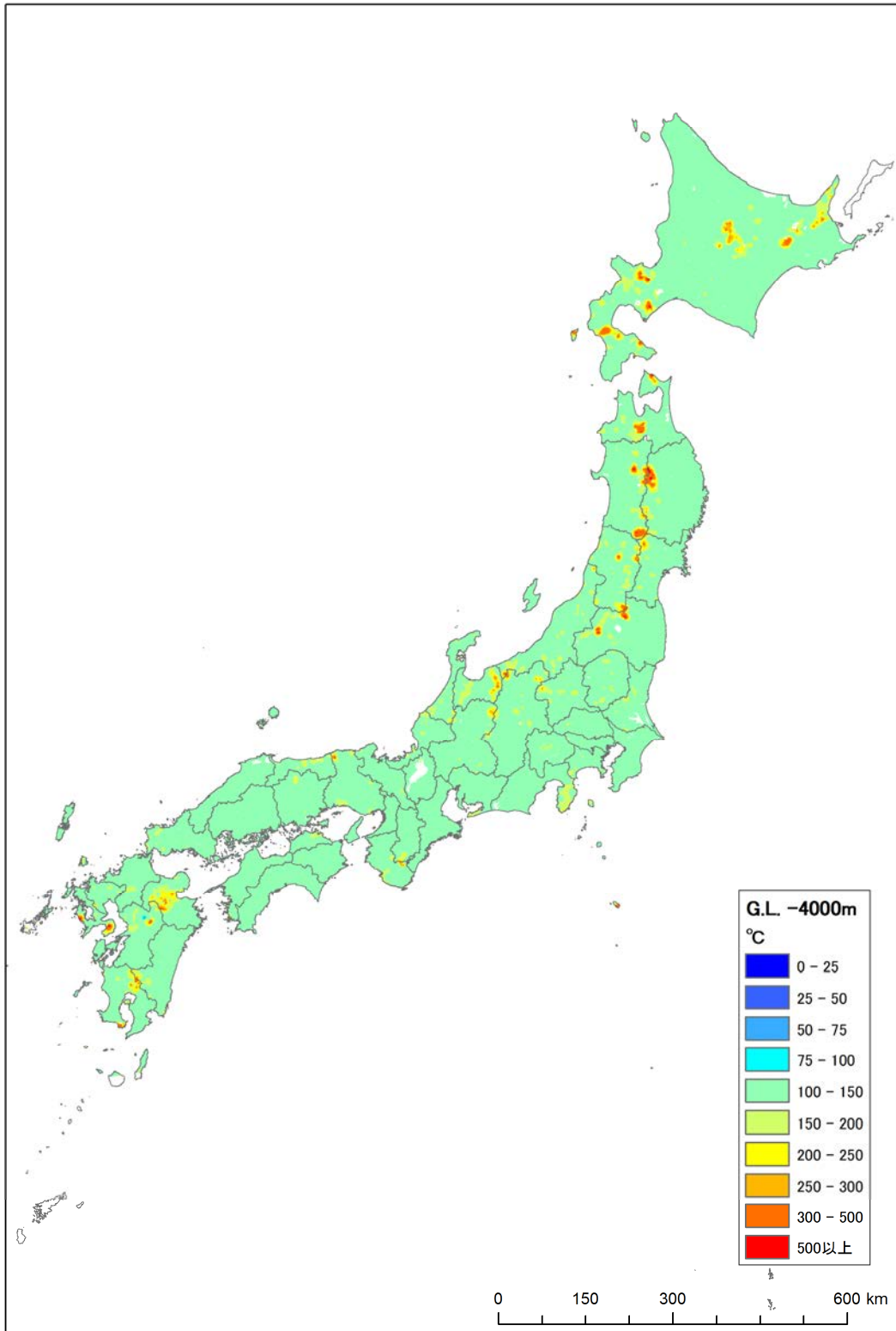


図 4. 4-9 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -4000m)

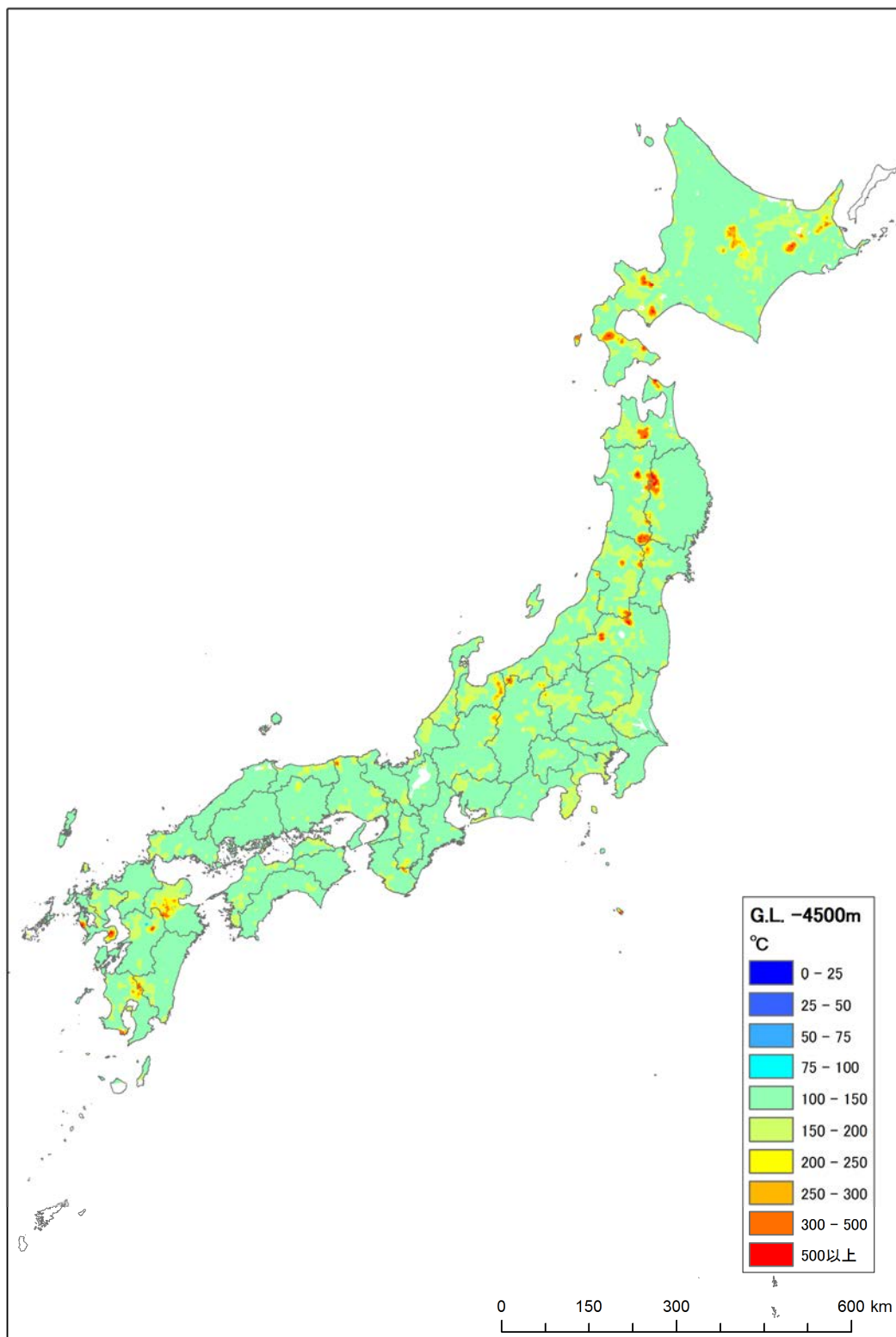


図 4.4-10 全国の地下温度構造データ作成結果 (G. L. -4500m)

4.5 地下温度構造の可視化

(1) 三次元地下温度構造図の作成

地下構造データベース（500m メッシュ単位の深度別温度データ）から三次元GISを用いて、地熱ポテンシャルの大きな八幡平周辺を対象に図 4.5-1 に示す 3 断面について地下温度構造の可視化を行った。作成した温度構造図を図 4.5-2 に示す。

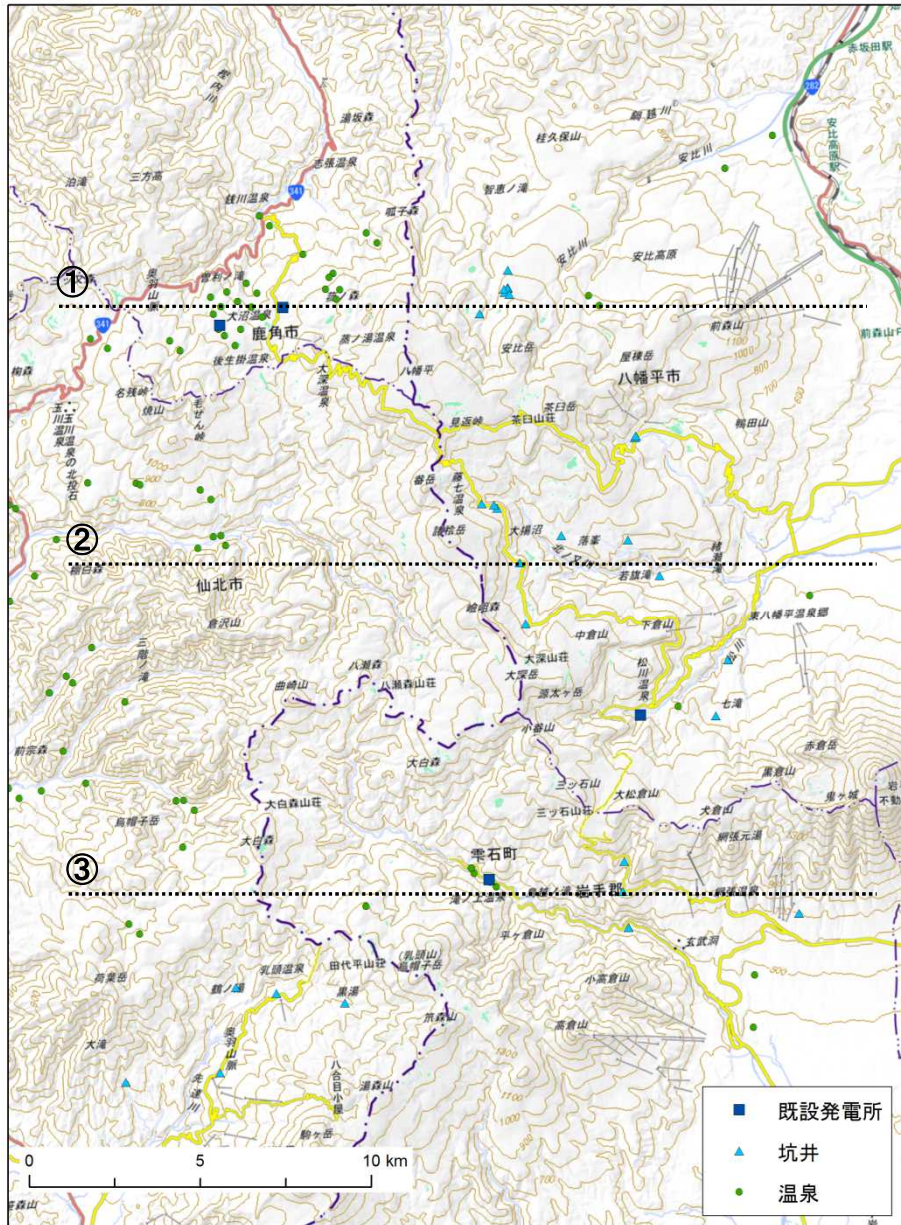


図 4.5-1 三次元地下温度構造図作成位置図

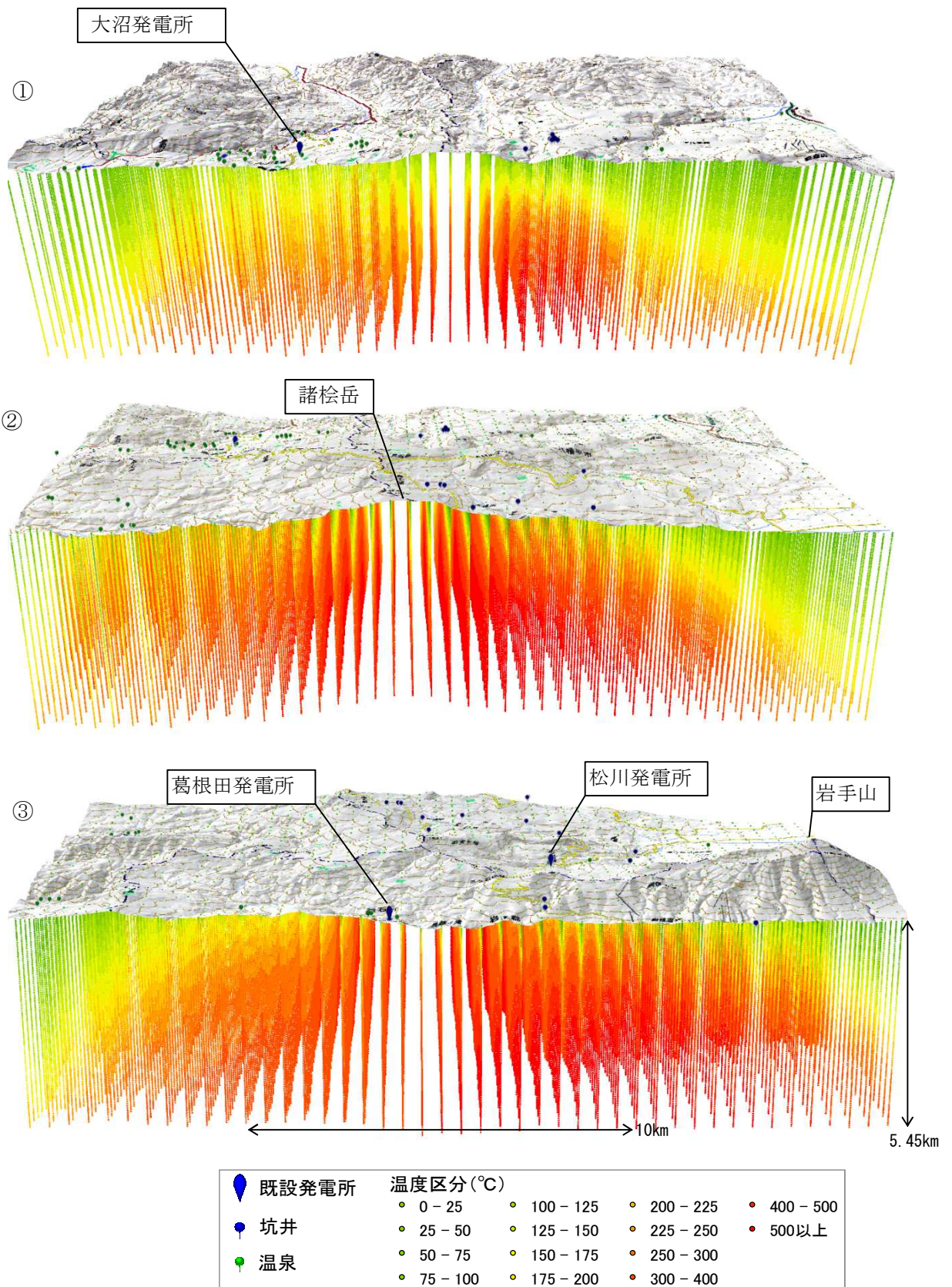


图 4.5-2 三次元地下温度構造図

(2) 地下温度構造可視化ツールの作成

任意箇所の地下温度構造を可視化するため、地下構造データベース（500m メッシュ別・深度別の温度データ）を可視化する「地下温度構造可視化ツール」を作成した。

本ツールでは、以下の2つの機能を構築した。

- ①任意範囲（10km メッシュ単位）の深度別の温度分布図作成
- ②任意地点（500m メッシュの中心）の地下温度データの表示

上記①に関しては、ユーザが指定する任意の「深度」における「温度分布図」を自動的に作成する。作成した温度分布図は位置情報を持った画像データ（Geotiff 形式および KML 形式）での保存を可能とし、GIS ソフト等で利用者が保有する他の情報と重ね合わせが可能なものとした。なお、本ツールはユーザ自らの PC で起動するスタンドアロン版とし、CD-ROM 等による配布可能な状況として整備することを想定し作成した。

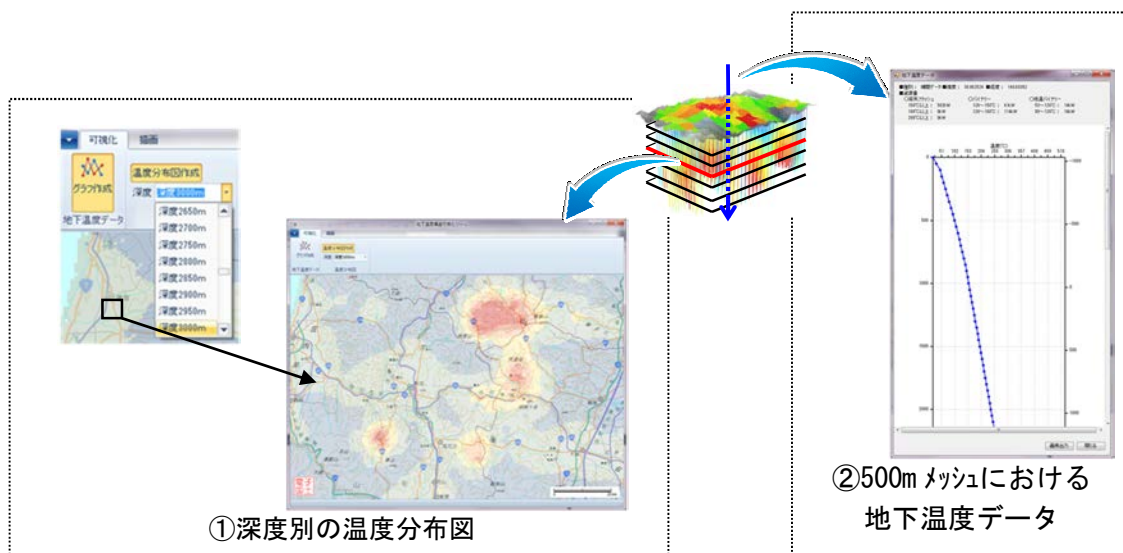


図 4.5-3 地下温度構造可視化ツール

(3) 地下温度構造可視化ツールの詳細

①本ツールで扱う座標系

地下温度構造データの位置は緯度経度で保持する。

背景地図に利用する地理院地図（電子国土）は Web メルカトルを利用しているため、データを表示する際には内部的に緯度経度から Web メルカトル座標に変換を行い、地理院地図上に表示する。

②本ツールの機能

本ツールで具備する機能の一覧を表 4.5-1 に示す。

表 4.5-1 地下温度構造可視化ツールの機能一覧と概要

番号	機能名称	概要
ア	地図操作	地図の拡大・縮小、移動を行う。
イ	メッシュデータ表示	1次、2次、500mのメッシュを表示する。 メッシュデータの On/Off を切り替え可能で、各データは同時に表示可能。
ウ	電子国土表示	インターネットを経由して、電子国土 Web. NEXT（地理院地図）を表示する。表示可能なレイヤは電子国土基本図、オルソ、色別標高図とする。 電子国土のレイヤ On/Off を切り替え可能だが、同時には1レイヤのみの表示とする。
エ	温度分布図作成機能	2次メッシュと深度を指定して、温度分布図を作成する。作成したデータはKMLまたは、ワールドファイル付き Tiff に出力する。
オ	深度・温度グラフ作成機能	500mメッシュを指定して、深度と温度のグラフを作成する機能。作成したグラフは、画像（png、jpg等）に出力可能。

各機能の詳細は以下の通りである。

ア：地図操作

- 機能概要：地図の拡大・縮小、移動を行う。
- 動作フロー：マウスホイールで拡大・縮小、地図のドラッグで移動。

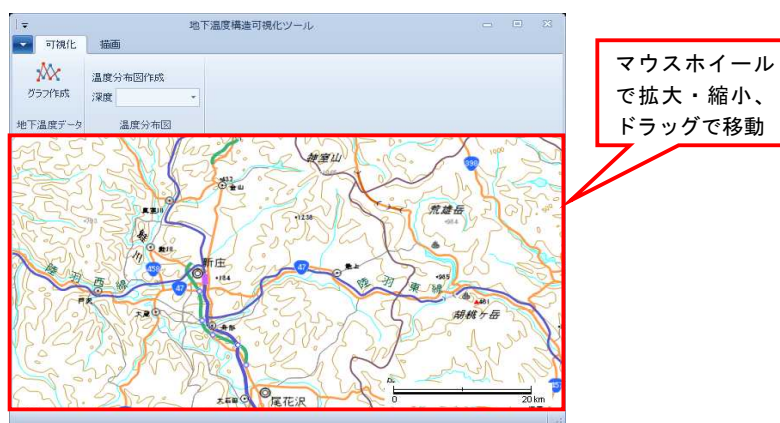


図 4.5-4 地図操作のイメージ

○動作

- ・マウスホイールを前方スクロールすると、マウスの位置を中心に拡大（現在のズーム値+1）する。ただし、ズーム値は18までとする。
- ・マウスホイールを後方スクロールすると、マウスの位置を中心に縮小（現在のズーム値-1）する。ただし、ズーム値は5までとする。
- ・地図をドラッグ（左クリック）するとドラッグした方向に地図を移動（パン）させる。

イ：メッシュデータ表示

- 機能概要：1次、2次、500mのメッシュを表示する。
- 動作フロー

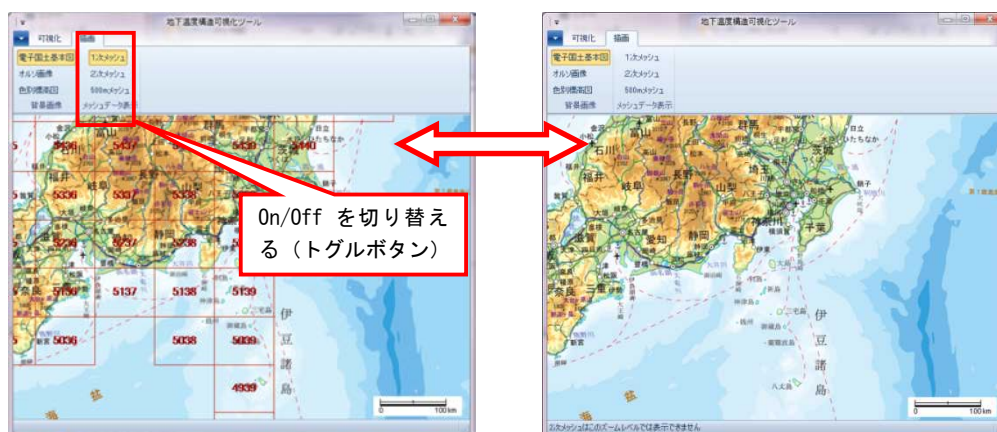


図 4.5-5 メッシュデータの表示のイメージ

○初期表示

全てのボタンを Off とする。

○動作

- ・ 1次メッシュボタンをクリックすると、表示範囲内の1次メッシュ枠+1次メッシュ番号を描画する。2次メッシュ、500mメッシュボタンは off とする。
- ・ 2次メッシュボタンをクリックすると、表示範囲内の2次メッシュ枠+2次メッシュ番号を描画する。1次メッシュ、500mメッシュボタンは off とする。
- ・ 500mメッシュボタンをクリックすると、表示範囲内の500mメッシュ枠を描画する。1次メッシュ、2次メッシュボタンは off とする。
- ・ メッシュを表示できないズームレベルの場合、ステータスバーに「x x xはこのズームレベルでは表示できません」のメッセージを表示する。

ウ：電子国土表示

○機能概要

インターネットを經由して、電子国土 Web. NEXT（地理院地図）を表示する。表示可能なレイヤは電子国土基本図、オルソ、色別標高図とする。

○動作フロー

指定された地図レイヤを表示する。

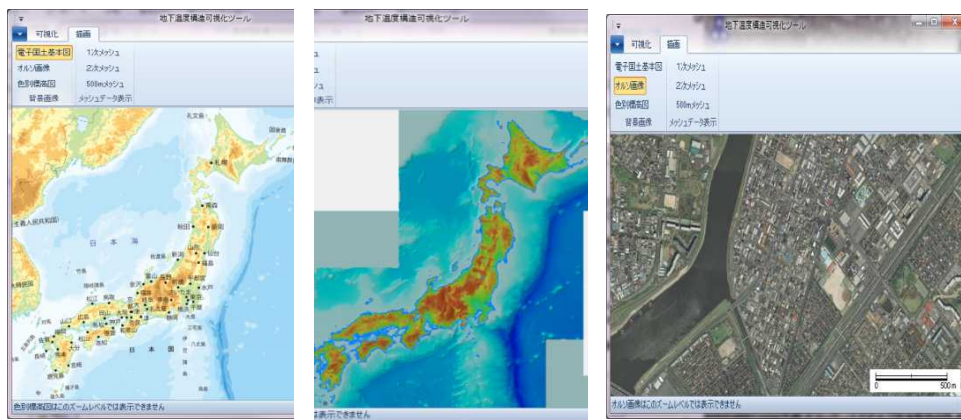


図 4.5-6 電子国土表示のイメージ

○初期表示

- ・ 電子国土基本図のレイヤを表示する。
- ・ 緯度 36.0、経度 140.11 を中心とし、ズーム値 5 で地図を表示する。
(ほぼ日本全体が表示される)
- ・ ズーム値 5 のスケールバーを右下に表示する。

○動作

- ・ ウィンドウサイズを変更した場合、左上を基準として変更したサイズで地図を再描画する。
- ・ ズーム値が変化した場合、ズーム値に該当するスケールバーを右下に表示する。

エ：温度分布図作成機能

○機能概要

2次メッシュと深度を指定して、温度分布図を作成する。作成したデータはKMLまたは、ワールドファイル付きTiffに出力する。

○動作フロー

- ・ 温度分布図作成トグルボタンを押下しONにすると、深度が選択可能となる。
- ・ 深度を選択すると地図上に選択した深度の温度分布図を表示する。
- ・ 地図をクリックするとクリックした地点の2次メッシュ枠を表示する。右クリックで「KMLに出力」「画像に出力」「キャンセル」のメニューを表示する。温度分布図作成トグルボタンを押下しOFFとした場合は温度分布図が非表示となる。



図 4.5-7 温度分布図作成機能のイメージ

○初期表示

- ・ 温度分布図作成のトグルボタンは OFF。
- ・ 深度の選択肢は 0～2950m までの 50m 区切り。初期値は空白（選択不可）

○動作

- ・ 温度分布図作成のトグルボタン押下で OFF→ON とした場合、深度を選択可能とし右下に凡例画像が表示される。
- ・ 温度分布図作成のトグルボタン押下で ON→OFF とした場合、深度を選択不可とし、温度分布図と凡例画像を非表示とする。
- ・ 深度の選択で、選択した深度のデータを取得し地図上に温度分布図を描画する。
- ・ 地図をクリックすると、クリック位置の 2 次メッシュの枠線を表示する。
- ・ 2 次メッシュが表示されている状態で右クリックすると、KML に出力、画像に出力、キャンセルという選択肢を表示する。
- ・ KML に出力を選択した場合、選択した 2 次メッシュの位置情報を含む KML を出力する。かつ、選択した 2 次メッシュ・深度での温度分布図をズーム値 13 の地図で画像(tif ファイル)を出力する。
- ・ 画像に出力を選択した場合、選択された 2 次メッシュ・深度での温度分布図をズーム値 13 の地図で画像出力する。
- ・ キャンセルを選択した場合、選択肢の表示を消す。
- ・ KML 保存するファイル名は「2 次メッシュコード.kml」とする。
- ・ 画像保存するファイル名は「2 次メッシュコード_深度.tif」とする。

オ：深度・温度グラフ作成機能

○機能概要

500m メッシュを指定して、深度と温度のグラフを作成する機能。作成したグラフは、画像（png、jpg 等）に出力可能

○動作フロー

グラフ作成トグルボタンを押下し、地図上の任意の位置にてクリックをすると、500m メッシュにおける地下温度データがグラフとして表示される。その際、500m メッシュ内に複数のデータが含まれている場合は、必要とするデータを任意選択できるテーブルを表示する。

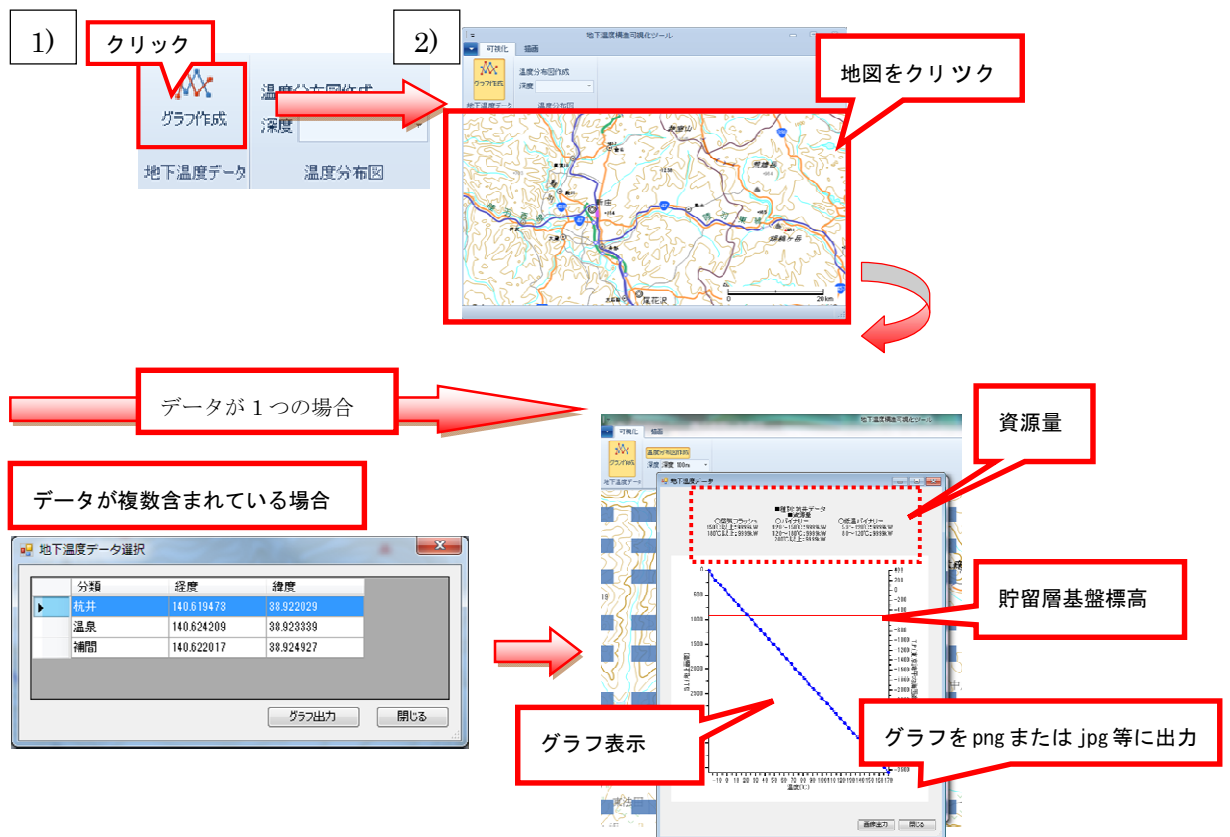


図 4.5-8 深度・温度グラフ作成機能のイメージ

○初期表示

- ・グラフ作成トグルボタンは OFF。

○イベント処理

- ・グラフ作成のトグルボタンを押下し OFF→ON とし、地図をクリックするとクリックされた位置の 500mメッシュに地下温度データが 1 つのみだった場合はグラフ表示する。地下温度データが複数ある場合は、データ選択画面を開き、該当データの一覧を作成し、一覧から選択後グラフ出力ボタン押下で選択されたデータのグラフを表示する。地下温度データが 1 つも存在しない場合は、左下に「データが存在しません」と表示する。
- ・グラフ表示後、画像出力ボタンを押下すると表示しているグラフを JPEG または PNG 形式の画像で出力する。
- ・グラフ出力の画像のファイル名は「500mメッシュコード_一覧テーブルで選択された行番号. 拡張子」（該当データが 1 つの場合の行番号は 1）とする。

4.6 地下温度構造の推定における課題

深度方向を含めた火山性の地熱資源の存在形態は Elder や Hedenquist が示すようにキノコ状が一般的とされる (図 4.6-1)。

キノコの形はマツタケに例えると、成熟したマツタケのように地下深部からの地熱流体供給部分は細く、上部の貯留層では充分傘が開いて横に広がっている。これまでの環境省による検討では地熱資源の示す温度分布は、AI を利用することにより地下に向かって一方的に昇温する構造であり、キノコ形の分布を考慮していない。

実際の地温分布は、地熱活動中心部のキノコの軸の部分については温度が上昇する一方であるが、貯留層全体を見ると多くはある深度に貯留層 (傘の部分) があり、傘の存在深度までは上昇するが、それを突き抜けると再び低温となる。

元々、林の AI は、地熱資源の地下存在深度が AI と沸騰曲線に規定されるライン上にあることを意味しているだけで、地温構造が AI に沿っていることを意味するものではない。活動度指数は 1 次元で上昇流の熱移動のみを考慮しており、側方流動等は考慮していないため温度が高めに評価されてしまう。

現状の 3 次元温度構造データでは、NEDO の抗井データ等深度方向の温度プロファイルが解っている地点については反映されているが、データの大部分を占める温泉データの部分では過大評価されていると考えられる。

したがって、その方式を見直して、実質につながる精密な検討になればなるほど、熱水資源開発のポテンシャルは小さくなっていくと考えられる。

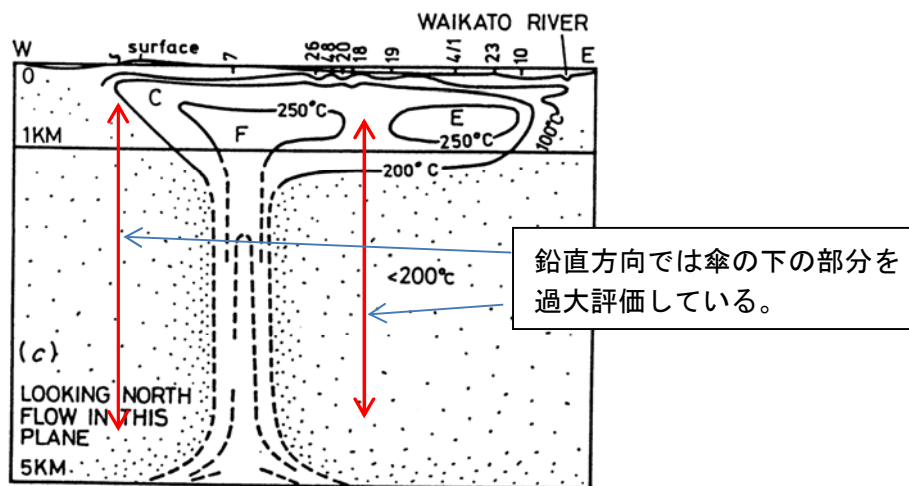


図 4.6-1 Wairakei の地下温度プロファイル (Elder, 1981 に追記)

第5章 熱水資源の貯留層基盤標高図の作成

本章では、既存の地質データや重力基盤深度、温泉データに対する地化学温度計（温泉水の成分分析結果から地下温度を推定する方法）等を活用して、500m メッシュ単位で、貯留層基盤標高（貯留層底部の標高）を推定し、貯留層基盤標高図を作成した結果を記述する。

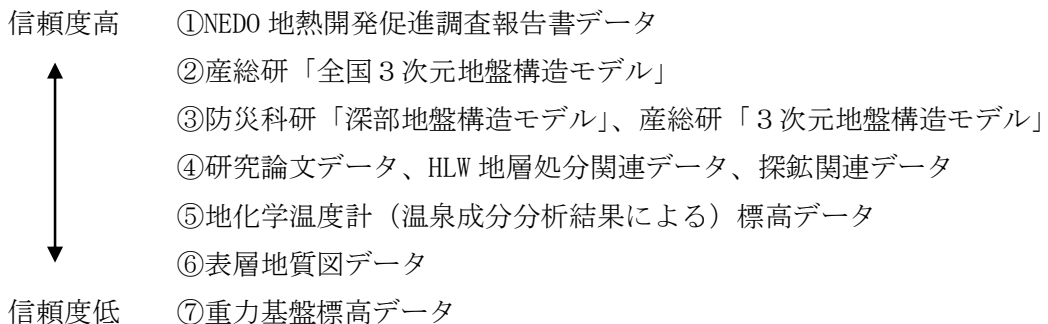
5.1 貯留層基盤標高図の作成における前提条件の整理

貯留層基盤標高図の作成に関する前提条件を以下に整理する。

- 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) 先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先新第三系の分布域は基盤深度を 0m（地表面）とする。

※姫川地域など先新第三系の地層が地熱貯留層になっている場合もあるため、NEDO 地熱開発促進調査など詳細な調査結果がある場合には、調査結果を優先する（八丈島については、下位に先進第三系が確認されていないことから、標高-3000mを基盤標高とした）。また、地化学温度計による標高データは先新第三系の分布域の基盤深度推定に利用する。

- 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。



5.2 重力基盤標高図の入手・補正等

産総研より重力基盤標高図を入手した。なお、入手したデータは北海道、東北、関東中部、西南日本の4地区のデータセットに分かれていたが、部分的にメッシュが重なっていることから産総研「全国地熱ポテンシャルマップ」作成当時の作業方法を踏襲し、IDW (Inverse Distance Weighted) 法を用いて1kmメッシュデータの重複部分を平均化して500mメッシュデータに変換した。作成した重力基盤標高データを図5.2-1に示す。

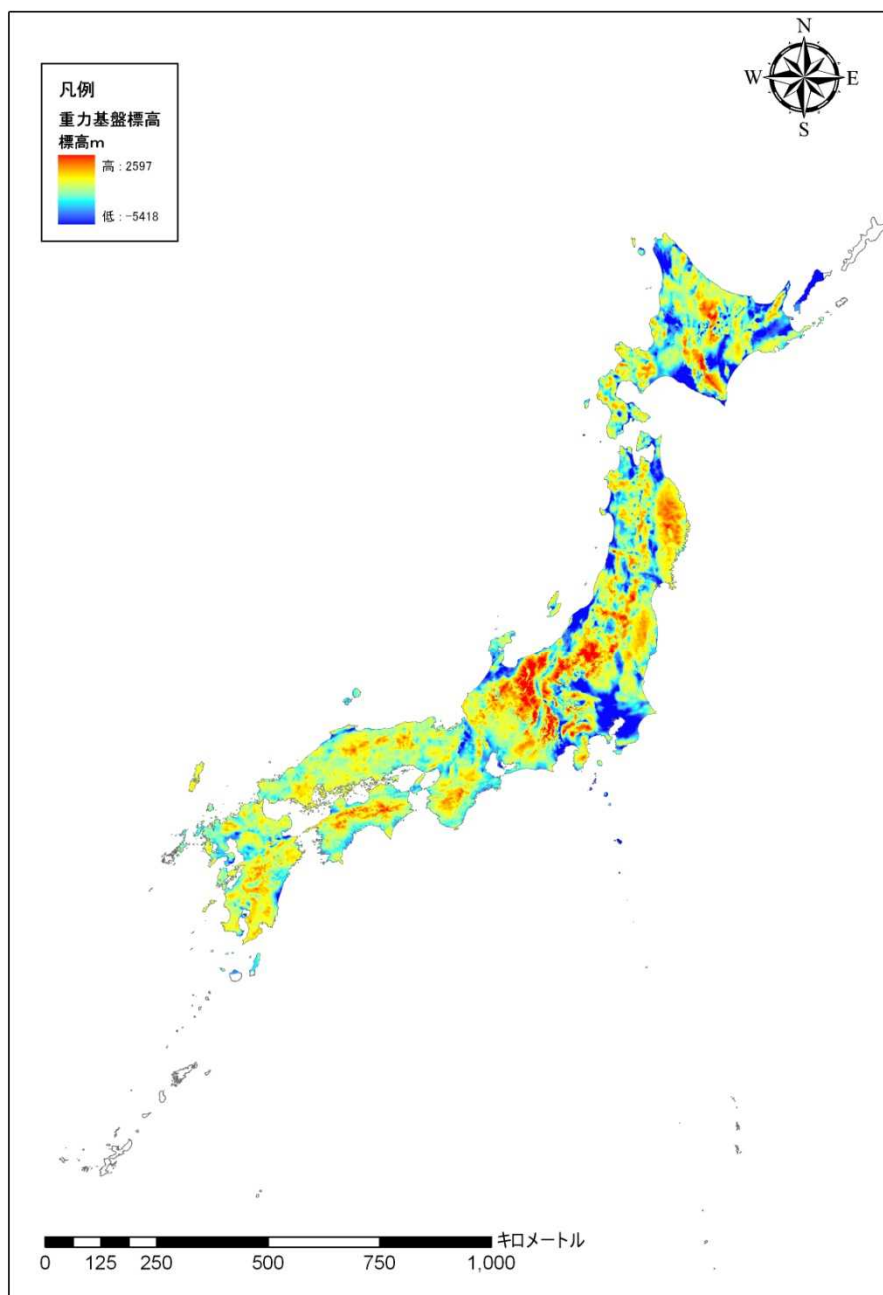


図 5.2-1 作成した重力基盤標高データ (500mメッシュ)

5.3 表層地層図による置換・外挿・補間

産総研が整備した 1/200,000 シームレス地質図データを利用して、地質図のポリゴンデータから先新第三系の分布域を抽出した（図 5.3-1）。ただし、第四系～新第三系の深生岩類は貫入岩のため下限が不明確であることから基盤岩として分類した（図 5.3-2）。

先新第三系の分布範囲では、基盤地質が地表面に出ていることから、地表の標高を基盤深度標高（深度 0m）として置換した。

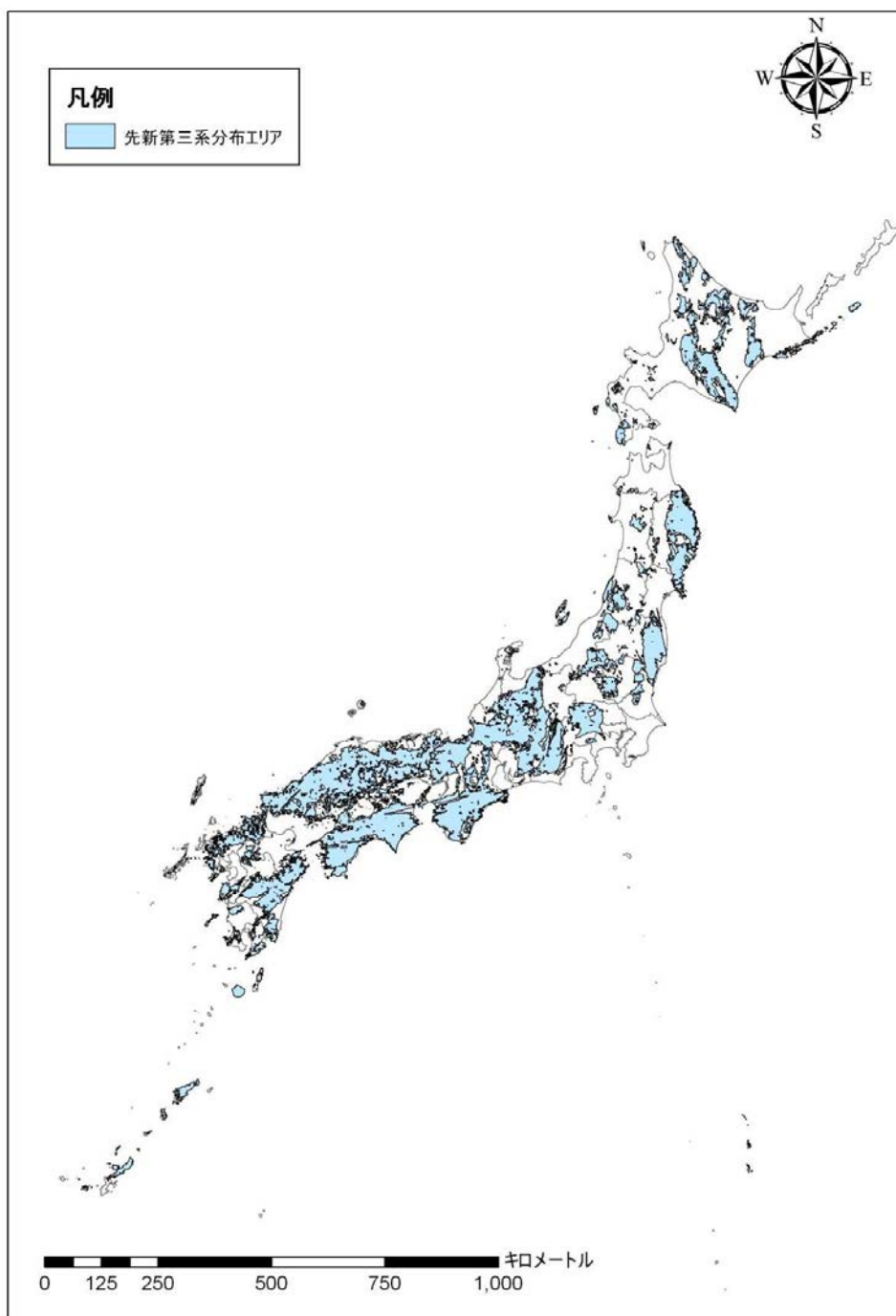


図 5.3-1 表層地質データから作成した先新第三系の分布範囲

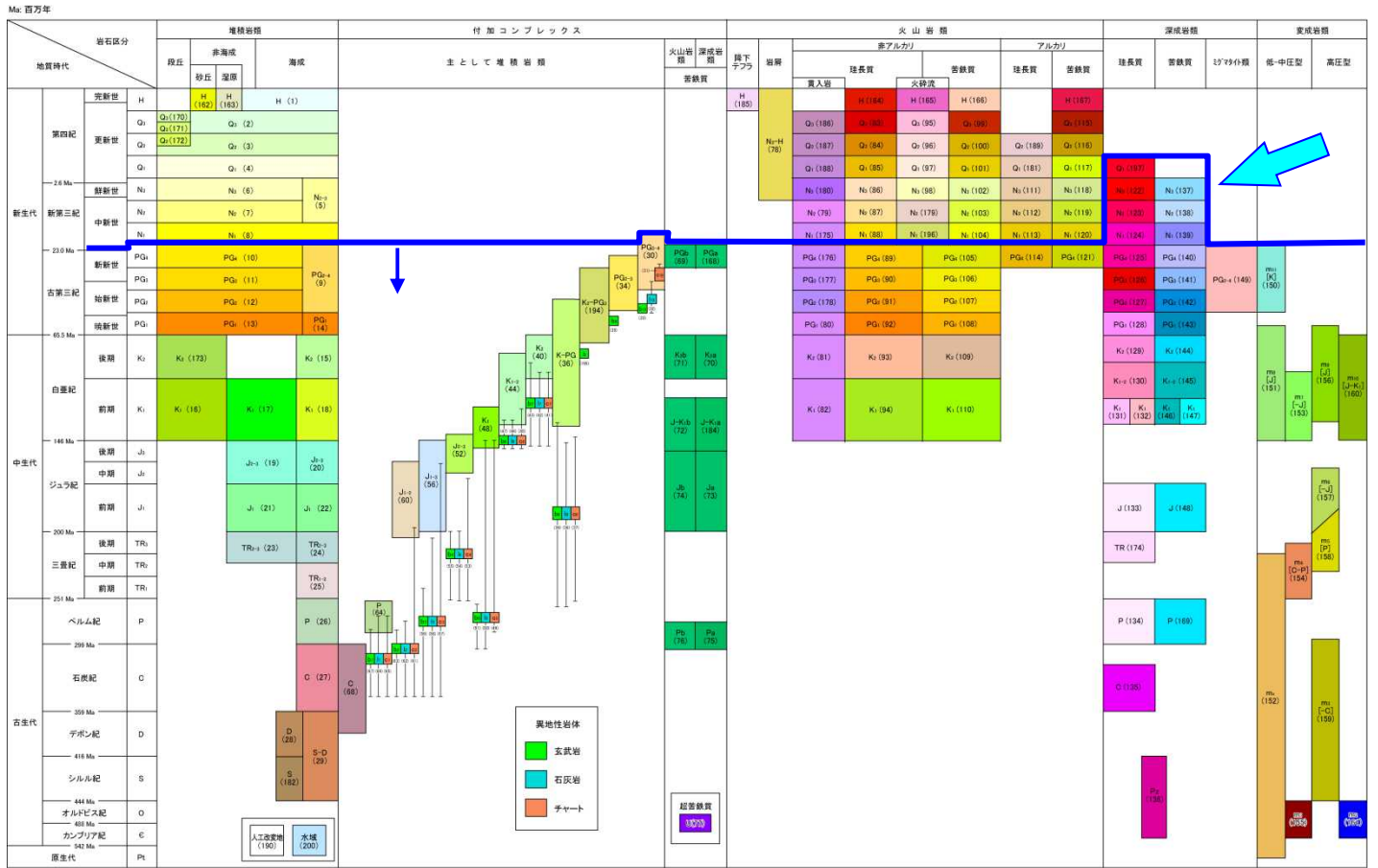


図 5.3-2 基盤岩の区分図 (産総研シームレス地質図凡例に加筆)

5.4 地化学温度計データによる置換・外挿・補間

AIST 温泉泉質データの水質分析結果から地化学温度計を用いて地熱貯留層の平均的な地下温度を推定し、AI 曲線を用いて貯留層の中心深度を算出した。なお、深度の算出が可能なデータは、地熱貯留層より熱水が直接湧出している温泉であり、位置情報と地表での水温データがあることである。

なお、地化学温度計による貯留層の中心深度の推定にあたっては、温泉水が希釈を受ける場合や、地表に上がってくるまでに温度が低くなっている可能性も考えられ、地表でのAI の評価と地下での実際の値に大きな乖離が出てしまう可能性も指摘されている。したがって、地化学温度計による深度データを地質構造モデルデータや文献等の基盤深度データと同等に扱うことは危険と考えられる。しかし、前項では先新第三系分布域の貯留層基盤標高を地表面と設定しているが、実際の温泉分布などを考慮すると過小評価の可能性があるので、先新第三系分布域の補間として、地化学温度計データによる置換を実施する。

(1) 温泉区分の絞り込み（熱水型温泉の抽出）

地化学温度計に用いる温泉データは、環境省「平成 22 年度再生可能エネルギーポテンシャル調査 報告書」において示された①熱水型、②蒸気加熱型、③伝導加熱型、④その他型の4つの温泉資源の分類のうち下部熱水資源と直接つながっている可能性が高い①熱水型を抽出した。

抽出方法は地熱貯留層と温泉帯水層、帽岩（キャップロック）の関係による区分（「地熱発電所の周辺温泉への影響について」：野田（2009）、第2回地熱開発研究会資料）を参考に、産総研温泉泉質データの化学分析結果を用いて、下記のタイプ分類を行った。

- ①熱水型 : 熱水上昇域にあたり熱水資源が直接湧出している可能性が高いと考えられる。地化学温度計による温度推定は可能。
- ②蒸気加熱型 : 下部の熱水資源からの蒸気により地下水が加熱され温泉を形成していると考えられる。地化学温度計による温度推定はできない。
- ③伝導加熱型 : 下部の熱水資源から熱伝導により地下水が加熱され温泉を形成していると考えられる。地化学温度計による温度推定はできない。
- ④その他型 : 下部の熱水資源との関係が不明である。地化学温度計による温度推定はできない。

表 5.4-1 地熱・温泉資源分類基準（H22 報告書より）

分類	温度 ℃	泉質	総濃度 mg/l
①熱水型	53以上	-Cl	～
②蒸気加熱型	～	-SO ₄	～
③伝導加熱型	25以上	～	1000未満
④その他型	～	～	～
すべてをANDで満足する地点を抽出。 抽出順序は、①→②→③→④とした。			

温度：温泉温度（℃）
 泉質：陰イオンの主成分
 （最も多いイオン）
 総濃度：全含有物質の合計（mg/l）

(2) 地化学温度計による貯留層温度の推定

地化学温度計とは、温泉水の成分分析結果から地下温度を推定する方法であり、地熱資源探査・開発で広く使用されている。水に対する鉱物の溶解度や、鉱物-水間等での化学平衡定数などの温度依存性を利用して、地表や坑井中で得られる水試料の分析値から、地下で水と岩石が化学的な平衡にあった時の温度を推定する手法である。

多数の地化学温度計が提案されているが、SiO₂濃度を用いるシリカ温度計、Na、K、Ca、(Mg)の濃度比を用いるアルカリ比温度計などが多く使用される。

Geothermometer	Equation	Restrictions
a. Quartz-no steam loss	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1309}{5.19 - \log C} - 273.15$	$t = 0-250^{\circ}\text{C}$
b. Quartz-maximum steam loss	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1522}{5.75 - \log C} - 273.15$	$t = 0-250^{\circ}\text{C}$
c. Chalcedony	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1032}{4.69 - \log C} - 273.15$	$t = 0-250^{\circ}\text{C}$
d. α -Cristobalite	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1000}{4.78 - \log C} - 273.15$	$t = 0-250^{\circ}\text{C}$
e. β -Cristobalite	$t^{\circ}\text{C} = \frac{781}{4.51 - \log C} - 273.15$	$t = 0-250^{\circ}\text{C}$
f. Amorphous silica	$t^{\circ}\text{C} = \frac{731}{4.52 - \log C} - 273.15$	$t = 0-250^{\circ}\text{C}$
g. Na/K (Fournier)	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1217}{\log (\text{Na}/\text{K}) + 1.483} - 273.15$	$t > 150^{\circ}\text{C}$
h. Na/K (Truesdell)	$t^{\circ}\text{C} = \frac{855.6}{\log (\text{Na}/\text{K}) + 0.8573} - 273.15$	$t > 150^{\circ}\text{C}$
i. Na-K-Ca	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1647}{\log (\text{Na}/\text{K}) + \beta[\log(\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}) + 2.06] + 2.47} - 273.15$	$t < 100^{\circ}\text{C}, \beta = 4/3$ $t > 100^{\circ}\text{C}, \beta = 1/3$
j. $\Delta^{18}\text{O}(\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O})$	$1000 \ln \alpha = 2.88(10^6 T^{-2}) - 4.1$ $\alpha = \frac{1000 + \delta^{18}\text{O}(\text{HSO}_4^-)}{1000 + \delta^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})}$ and $T = ^{\circ}\text{K}$	mg/kg

図 5.4-1 いくつかの地化学温度計による地下温度の推計式 (Fournier, 1981)

(3) 地化学温度計による貯留層温度からの貯留層中心深度の推定

地化学温度計による貯留層中心温度から深度を推定する考え方は以下のとおりである。地表面の標高を用いて深度から標高への換算を実施し、貯留層中心標高として整理を行った。

- 1) 例として、地表湧出温度 50°C (AI=50)、地化学温度計による貯留層中心温度の計算値 200°Cの温泉を考える。
- 2) AI=50 の曲線が 200°Cに達するのは、約-2000m。その深度で熱水と地層（岩石）とが地球化学的に平衡になっていたと考えると、貯留層基盤深度はそれ以深と考えられる。

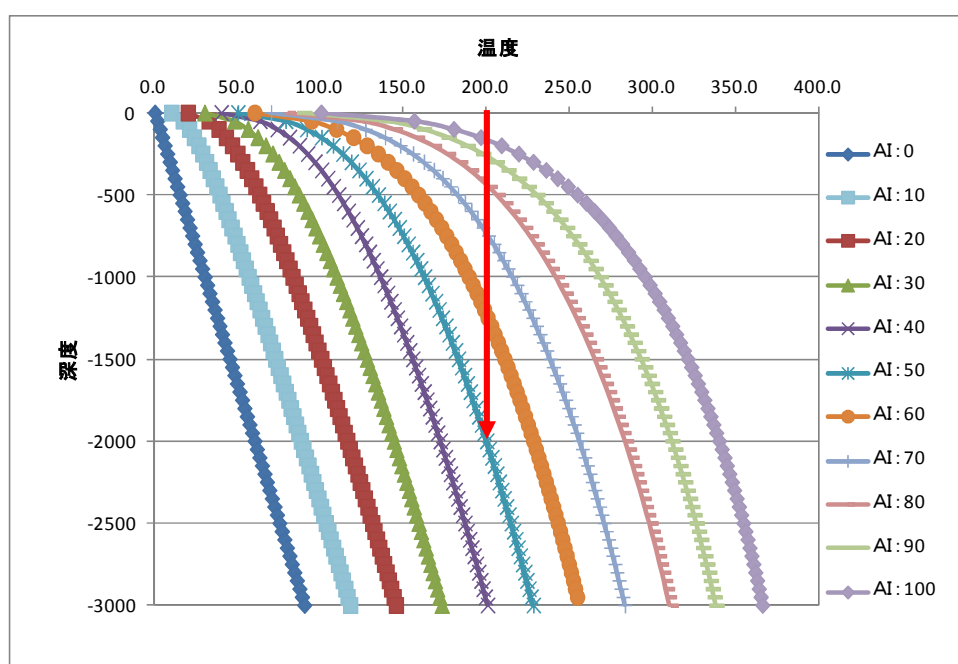


図 5.4-2 地化学温度計データと AI から貯留層中心深度を推定する方法

(4) 地化学温度計データによる貯留層基盤標高の置換・外挿・補間

収集・整理した 12,656 地点の温泉泉質データのうち、4,884 地点のデータで貯留層中心標高の算出ができた。このうち熱水型温泉に区分されたデータは 1,071 地点であり、さらに先新第三系分布域に位置するデータは 158 地点であった (図 5.4-3)。

地化学温度計データによる置換・外挿・補間は、各地点から範囲 2km のバッファを設け、その内部のデータを地化学温度計データによる貯留層基盤標高で外挿・補間した。

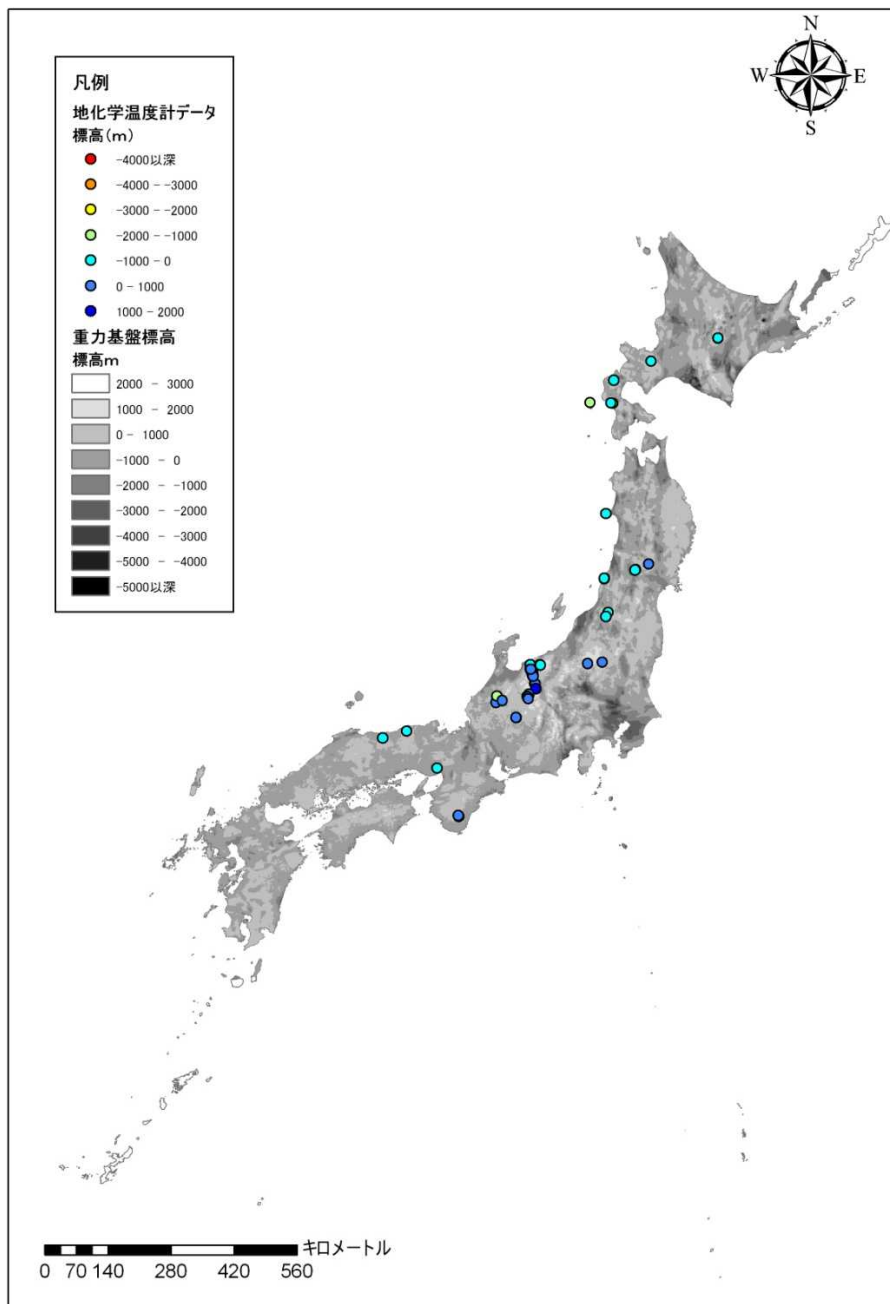


図 5.4-3 地化学温度計データによる貯留層深度の GIS データ整備結果

5.5 地質構造モデルデータによる置換・外挿・補間

地質構造モデルデータの GIS データ化は、各論文のコンター図画像ファイルを GIS 上で幾何補正し、コンターからポリラインデータを作成した。図 5.5-1 に作成した基盤標高等高線図を示す。

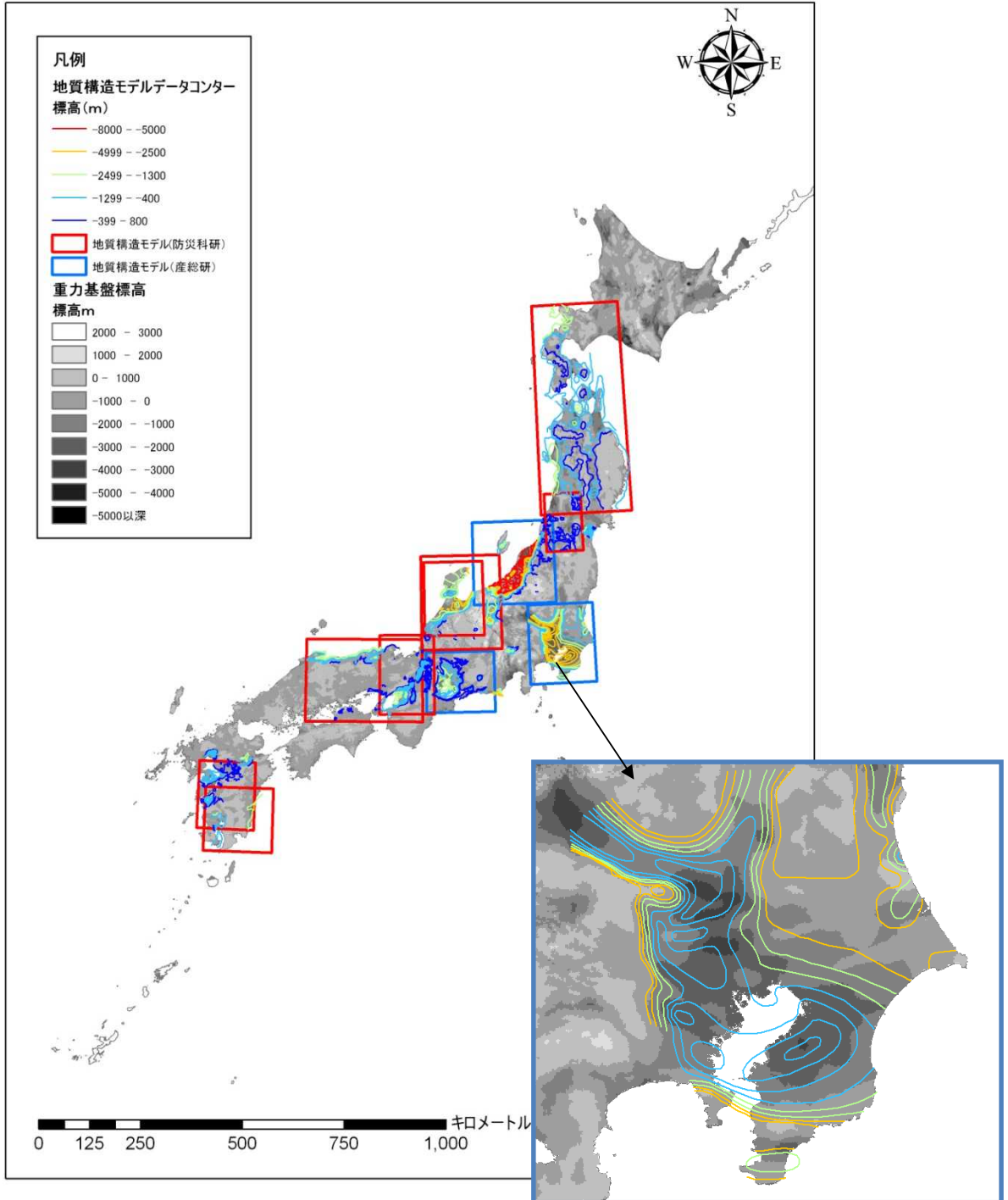


図 5.5-1 地質構造モデルデータによる基盤標高コンターデータ

AIST 全国3次元地盤構造モデルについては、1kmメッシュデータよりIDW（Inverse Distance Weighted）法を用いて500mメッシュのデータを作成した。なお、火山周辺の信頼性が低いため、火山地形（1/20万地形分類図の火山地形ポリゴン）を除いたデータとして整備した。AIST 全国3次元地盤構造モデルの基盤深度データを図5.5-2に示す。

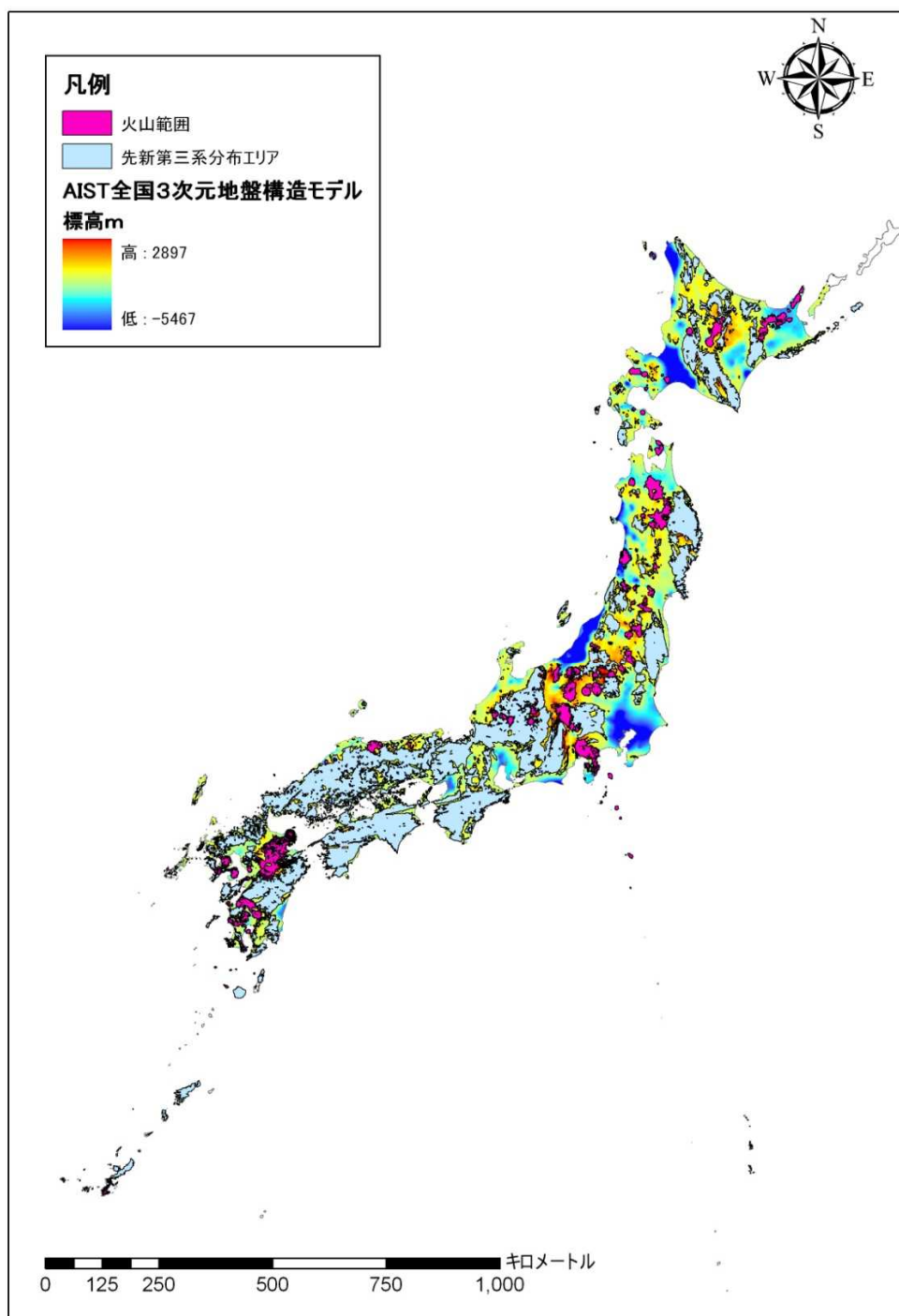


図 5.5-2 AIST 全国3次元地盤構造モデルによる基盤標高データ

5.6 研究論文や探鉱・坑井等データによる置換・外挿・補間

収集整理した研究論文データ、探鉱・坑井データについては、論文中の図から GIS を用いて幾何補正し、基盤深度コンター図はコンターライン、断面図およびボーリングデータはポイントデータとして整理した。整備したデータの分布図を図 5.6-1 に示す。なお、補間エリア内の面的補間はクリギング法を用いた。

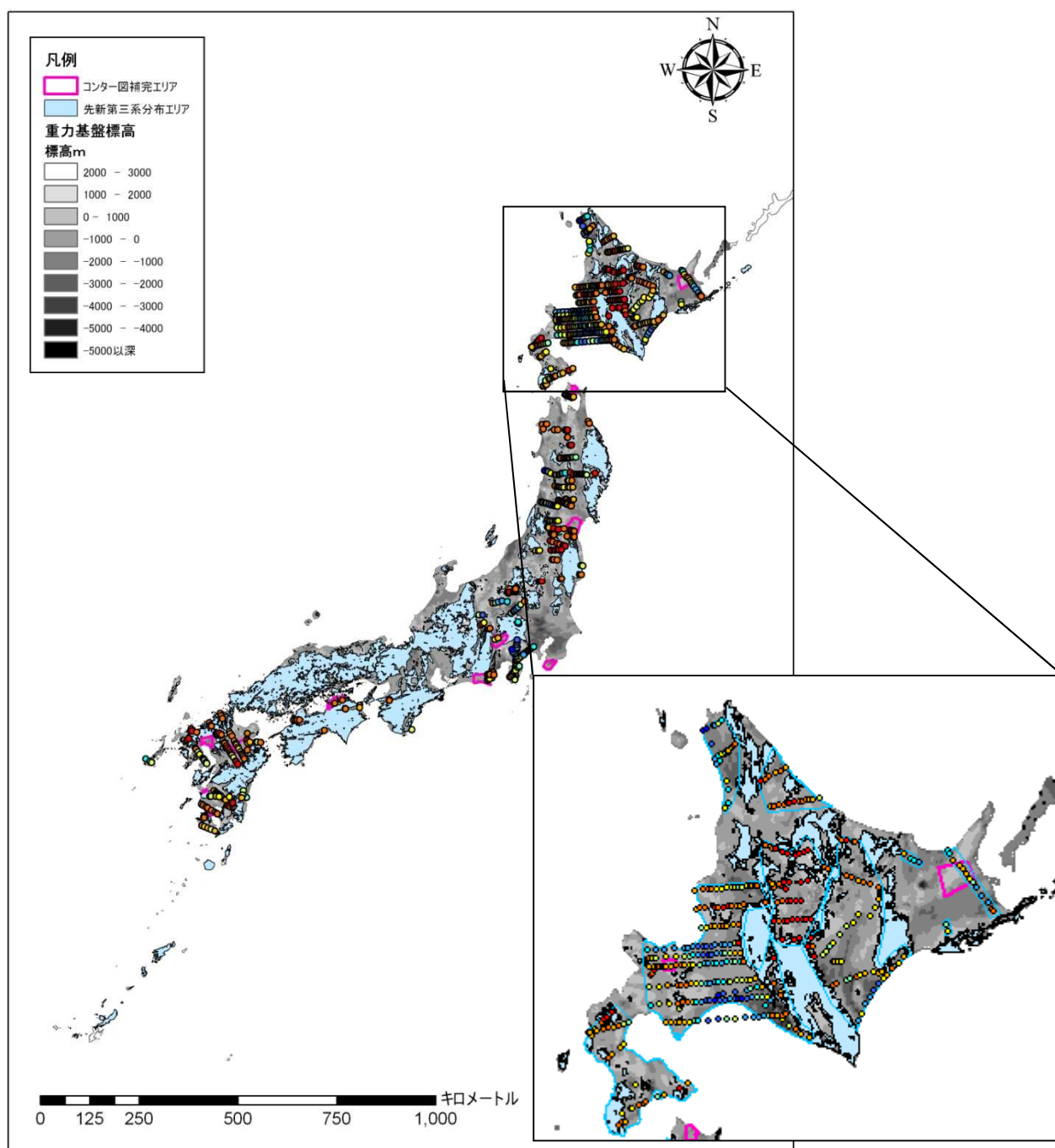


図 5.6-1 研究論文や探鉱・坑井等データによる置換データ整備結果

5.7 地熱開発関連データによる置換・外挿・補間

収集整理した地熱開発関連データについて、NEDO 地熱開発促進調査報告書の断面図およびコンター図を幾何補正し、基盤深度コンター図はコンターライン、断面図はポイントデータとして整理し、置換・外挿・補間を実施した。整備した基盤深度コンター図、地質断面図を図 5.7-1 に示す。なお、補間エリア内の面的補間はクリギング法を用いた。

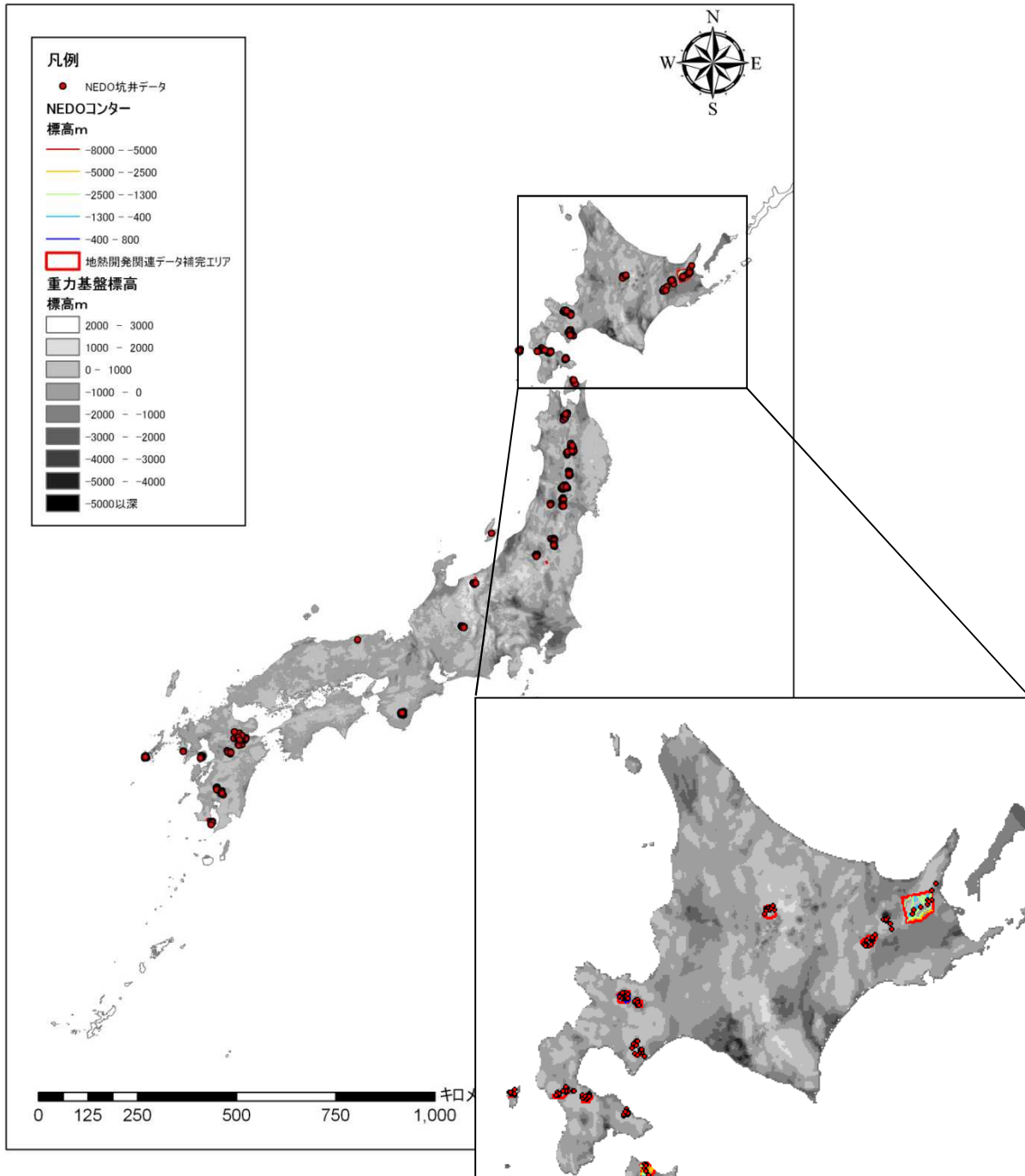


図 5.7-1 地熱開発関連データによる置換データ整備結果

5.8 貯留層基盤標高図の作成

(1) 貯留層基盤標高図の設定根拠図の作成

作成した貯留層基盤標高図の根拠データを明らかにすることを目的に設定根拠図を作成した(図5.8-1~2)。

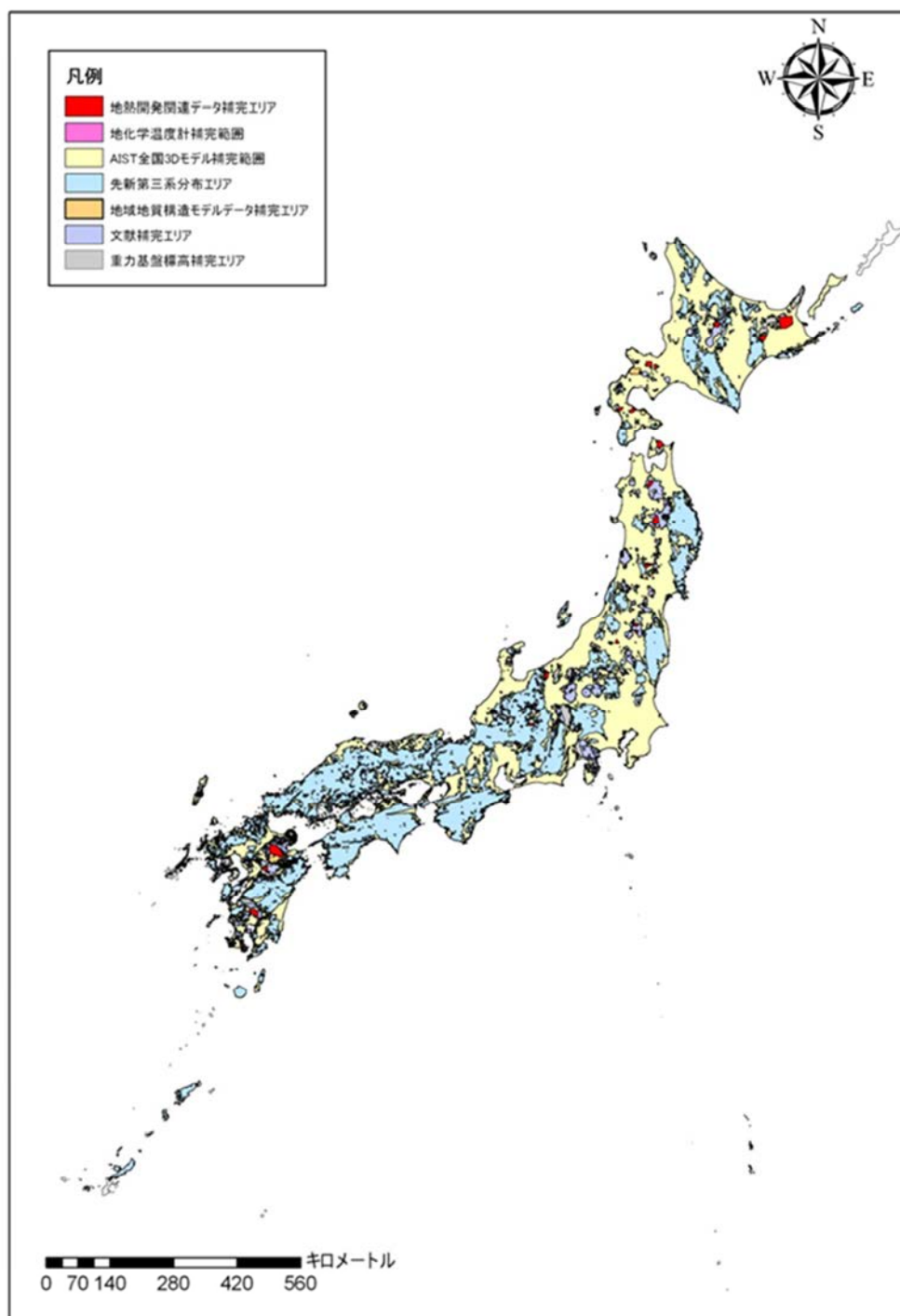


図5.8-1 貯留層基盤標高図の設定根拠図

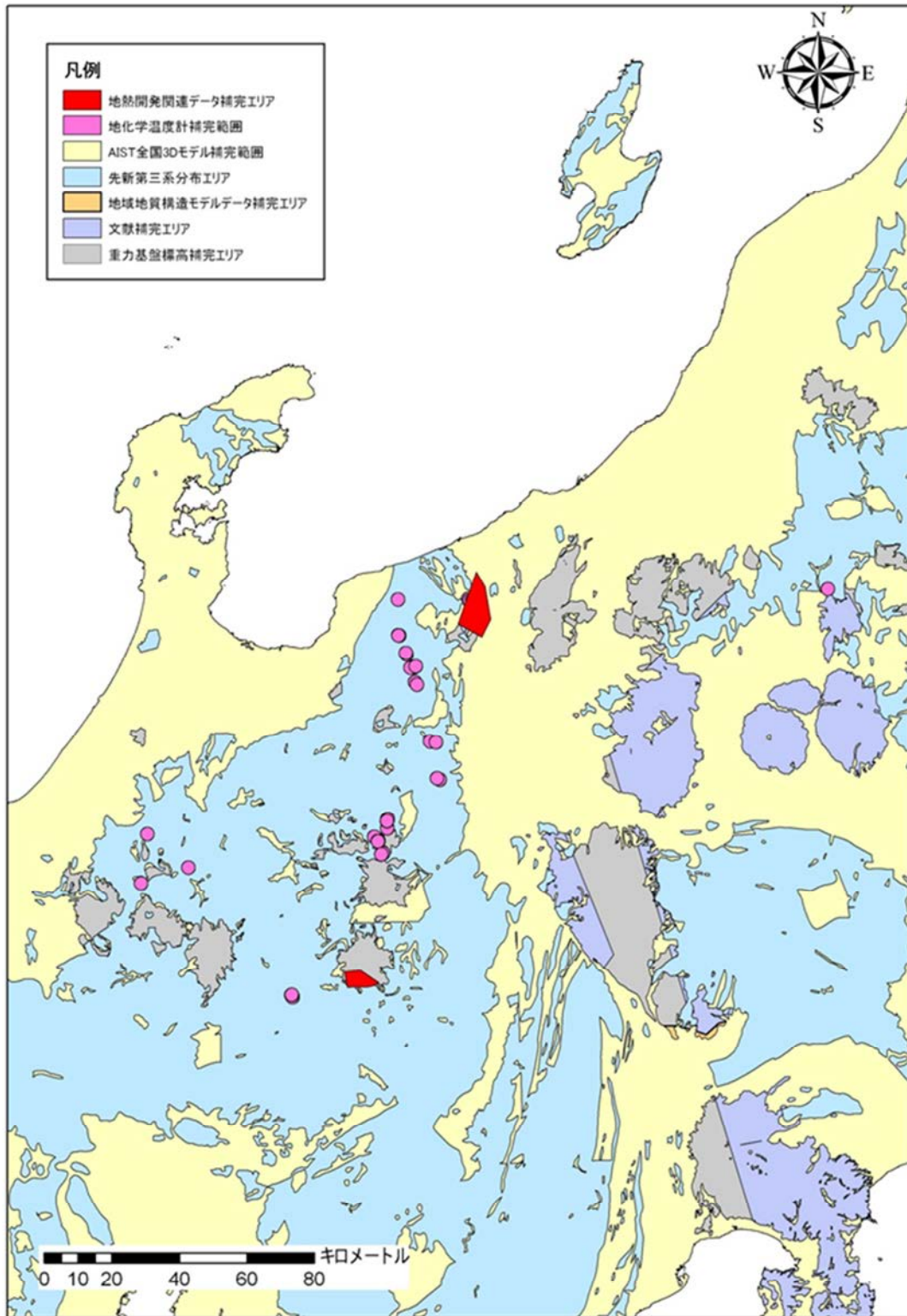


図 5.8-2 貯留層基盤標高図の設定根拠図（拡大図）

(2) 貯留層基盤標高図の作成

作成した貯留層基盤標高図を図 5.8-3 に示す。比較のため、これまでの重力基盤標高図を図 5.8-4 に示す。また、両図の差分を図 5.8-5 に示す。

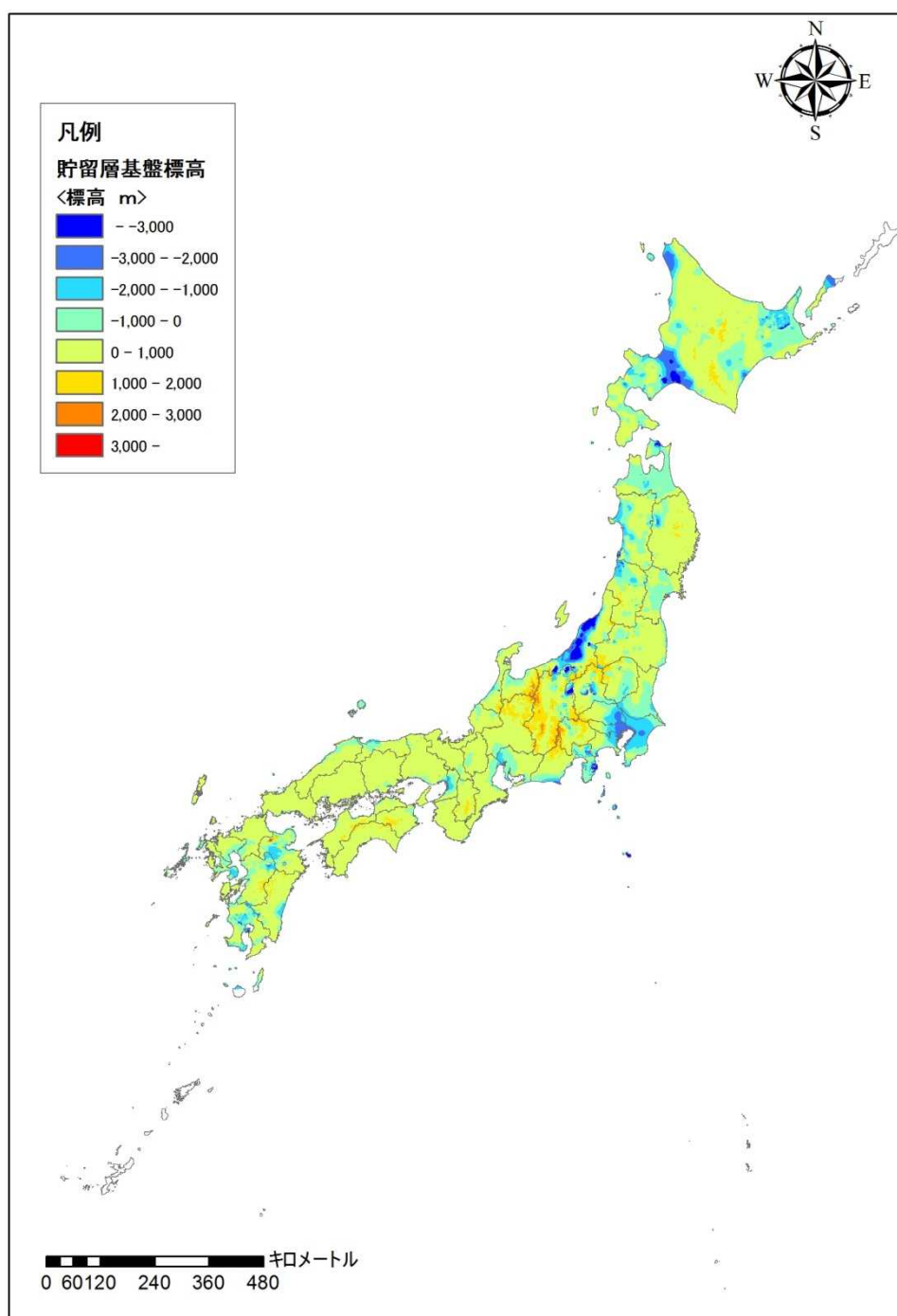


図 5.8-3 貯留層基盤標高図

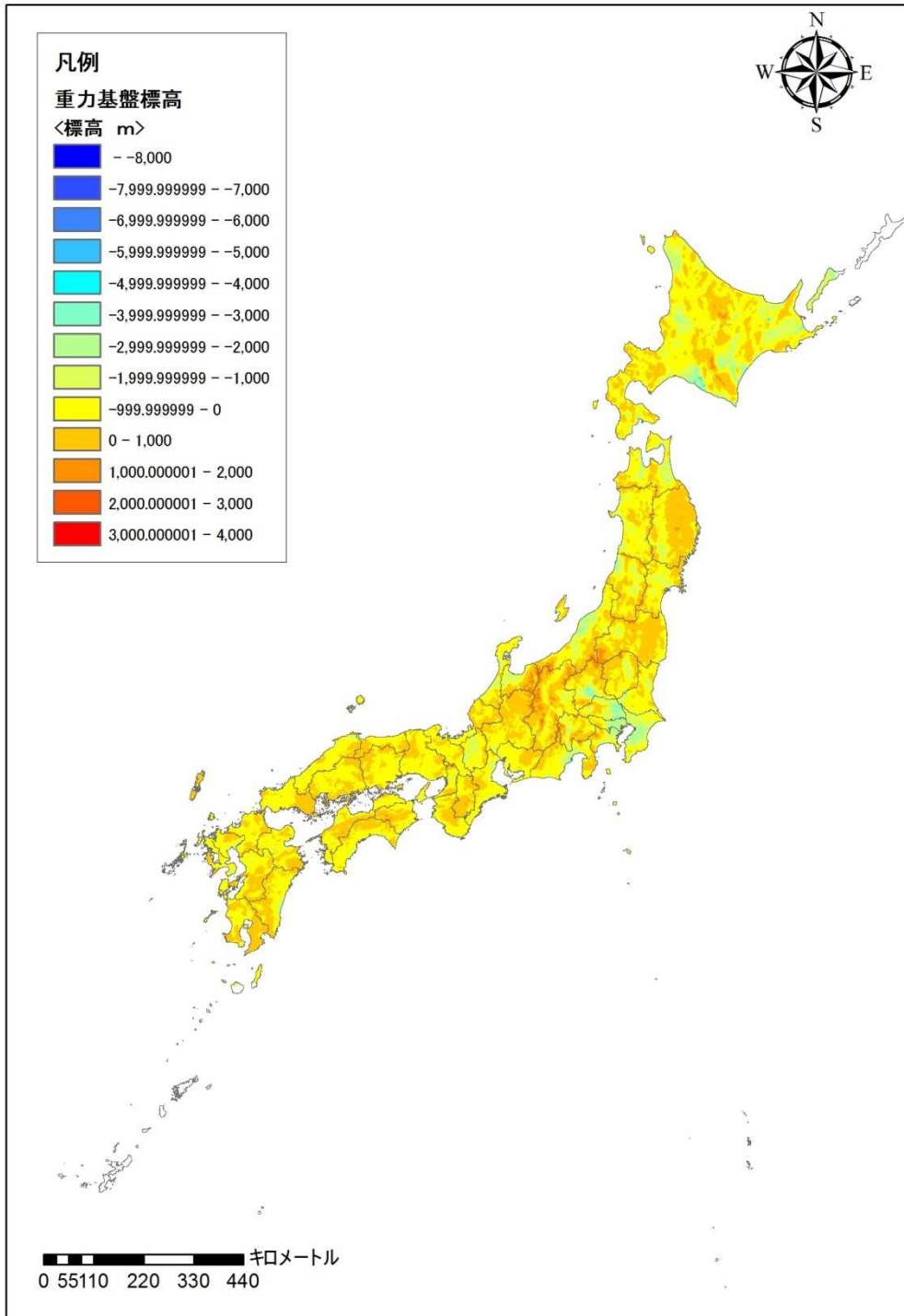


图 5.8-4 重力基盤標高図

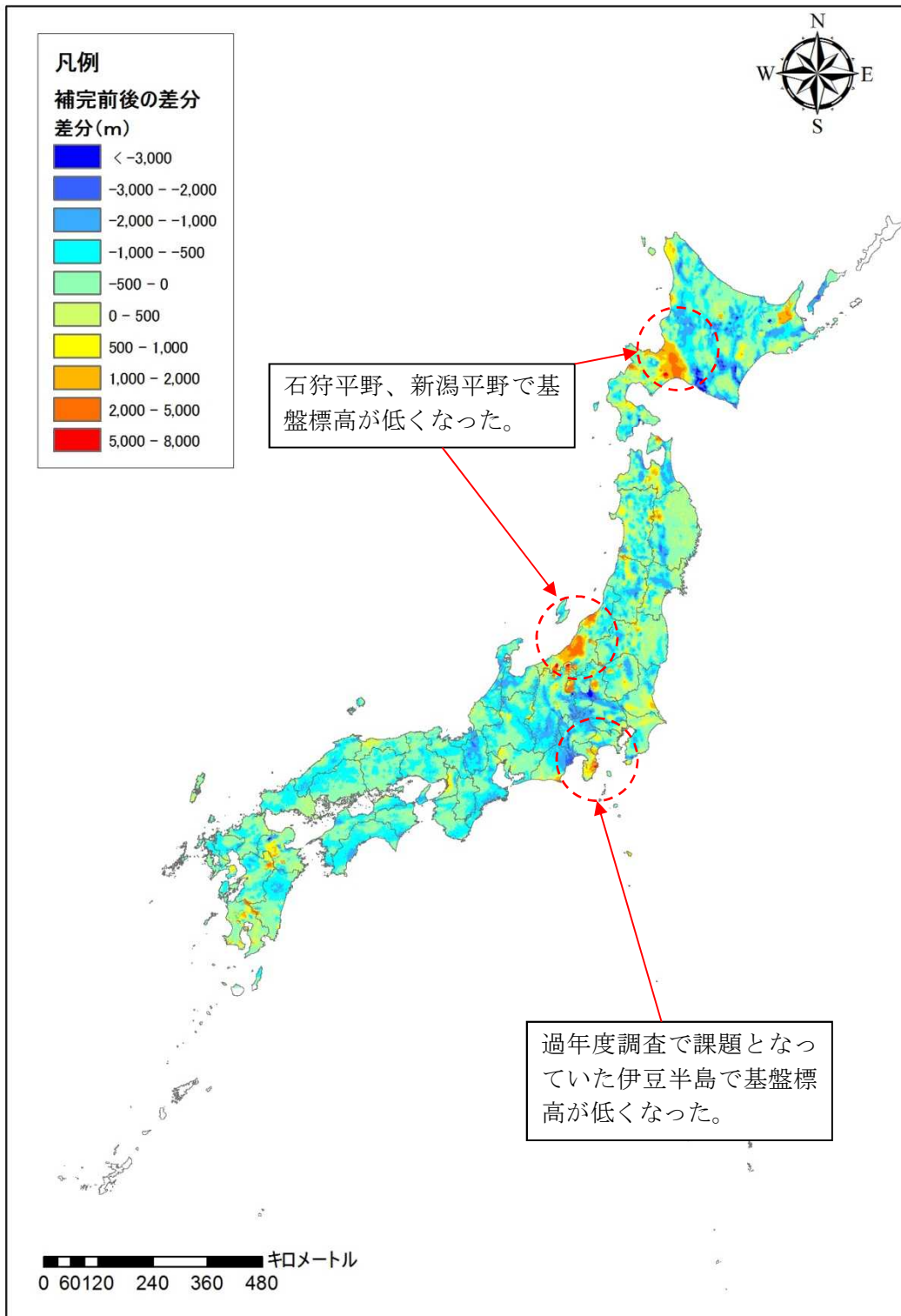


図 5.8-5 置換等前後の差分分布図 (GB-補間後を計算)

(置換前より置換後が低くなった場合はプラスの値、高くなった場合はマイナスの値)

詳細部分を検討するために北海道の拡大図を以下に示す。

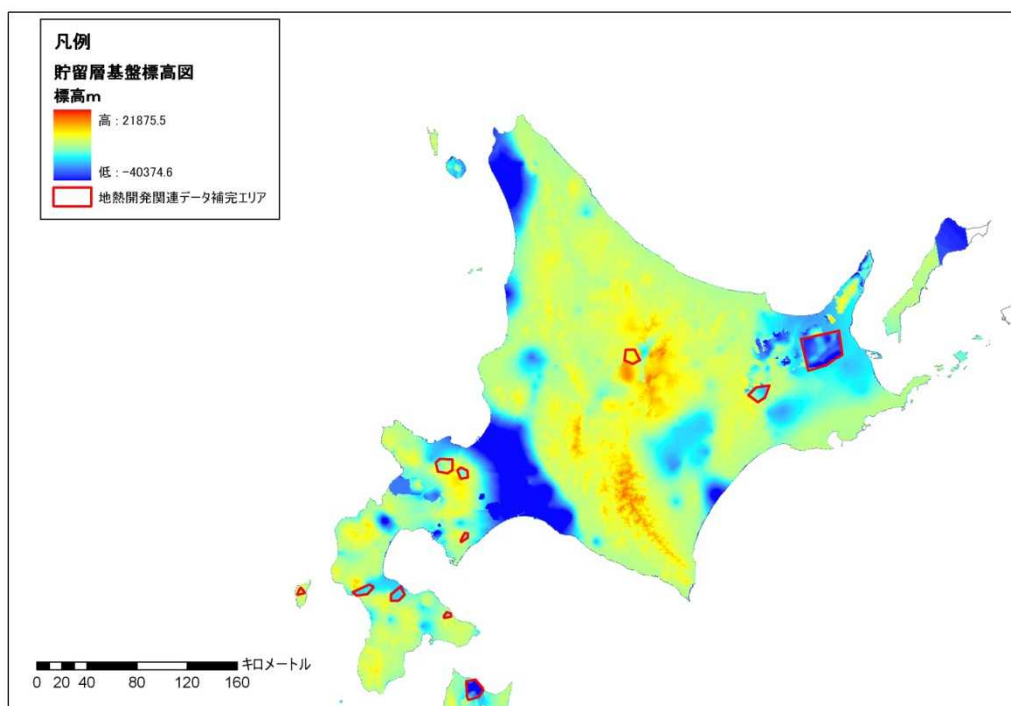


図 5.8-6 貯留層基盤標高図

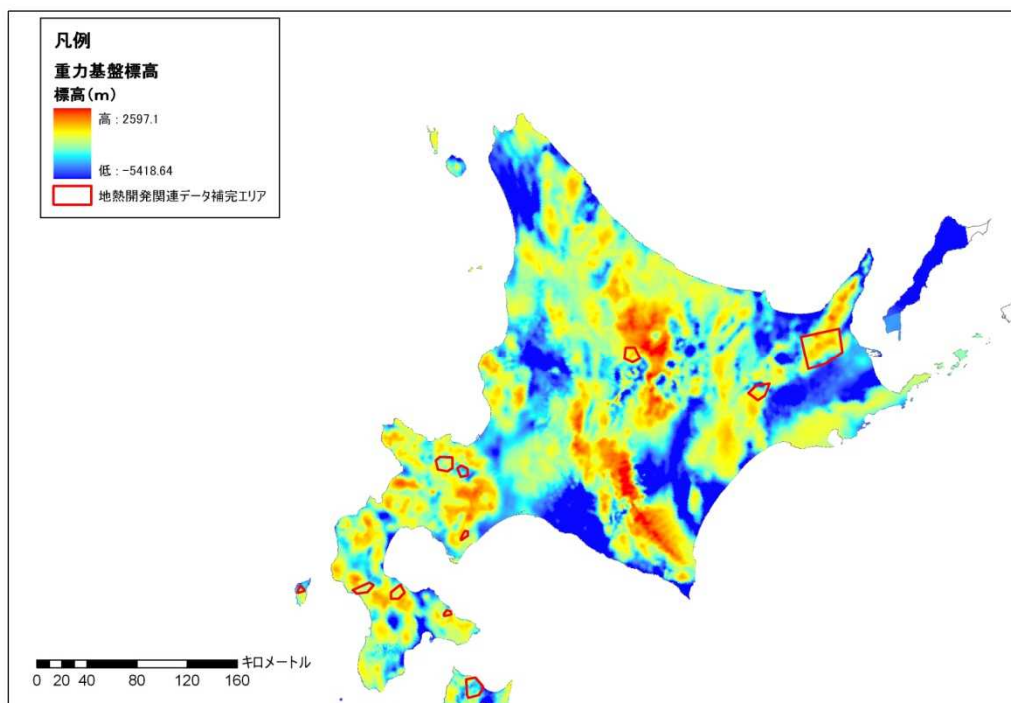


図 5.8-7 重力基盤標高図

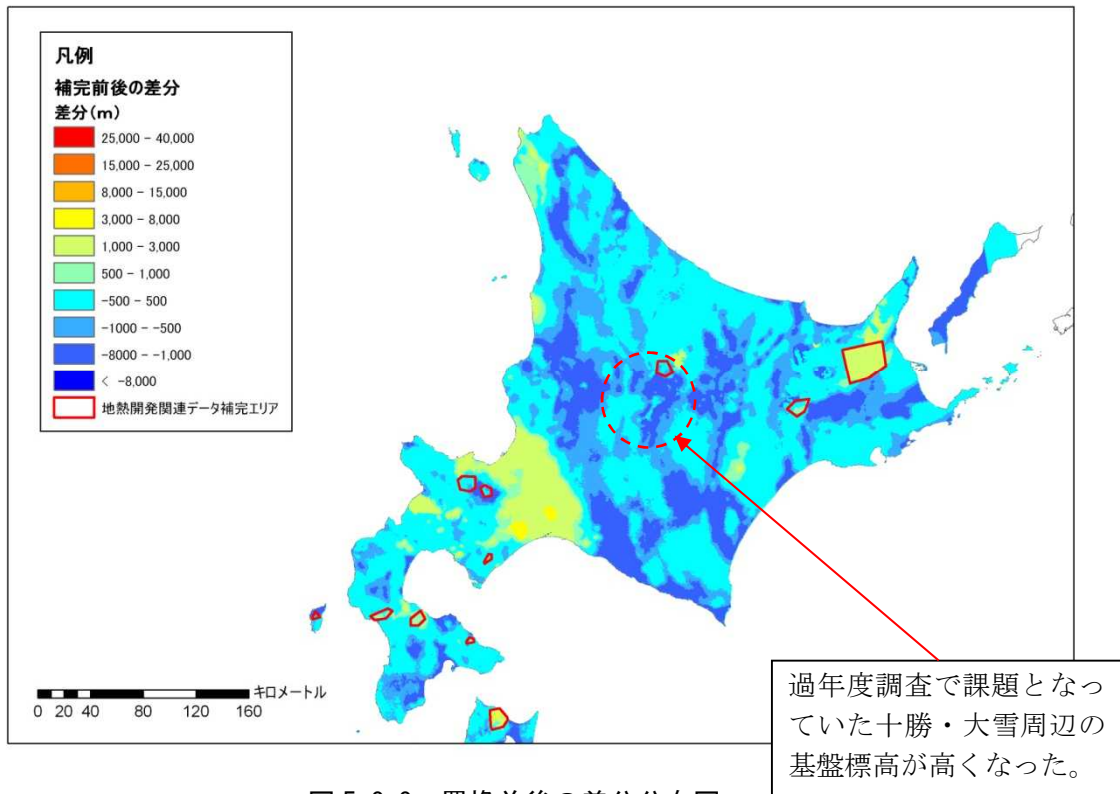


図 5.8-8 置換前後の差分分布図

地熱開発関連データによる補間エリアや地化学温度計データによる置換範囲等、重ね合わせたデータのギャップが大きい部分については、データの優先度が高い方から低い方に向かって1km幅の外挿補間エリア（バッファ領域）を設け、エリア内のデータをいったん削除した上で、IDW法を用いて外挿補間を実施した。

北海道南部で地熱開発関連データの補間エリア周辺での外挿補間状況を図 5.8-9 に示す。

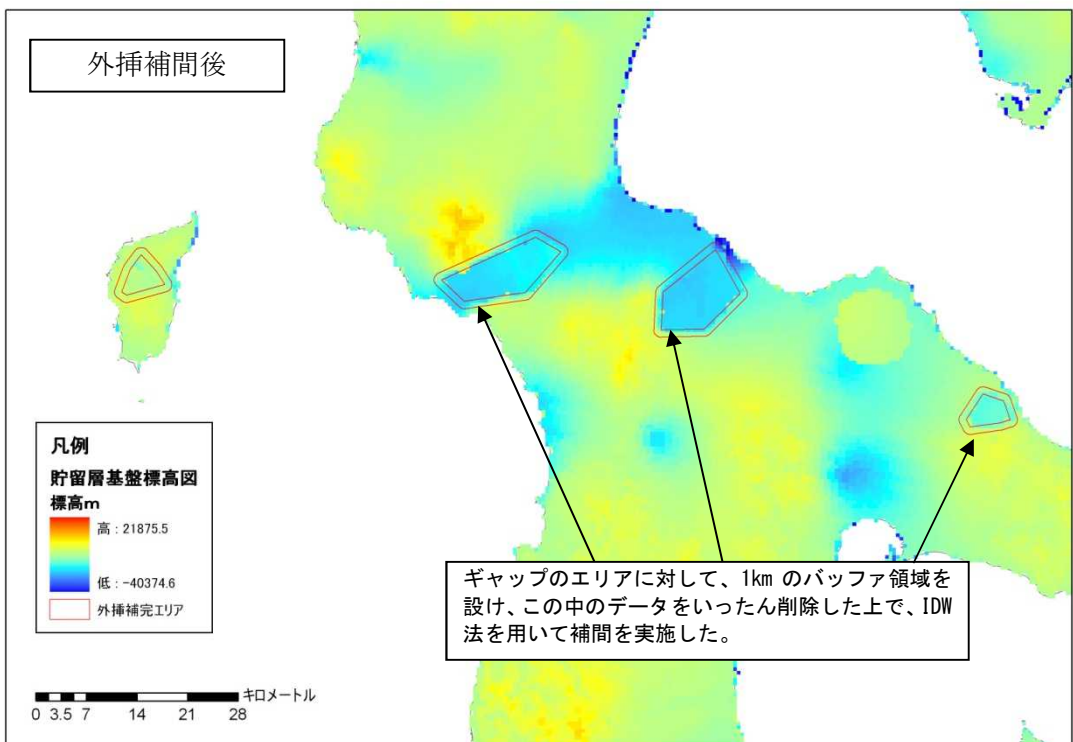
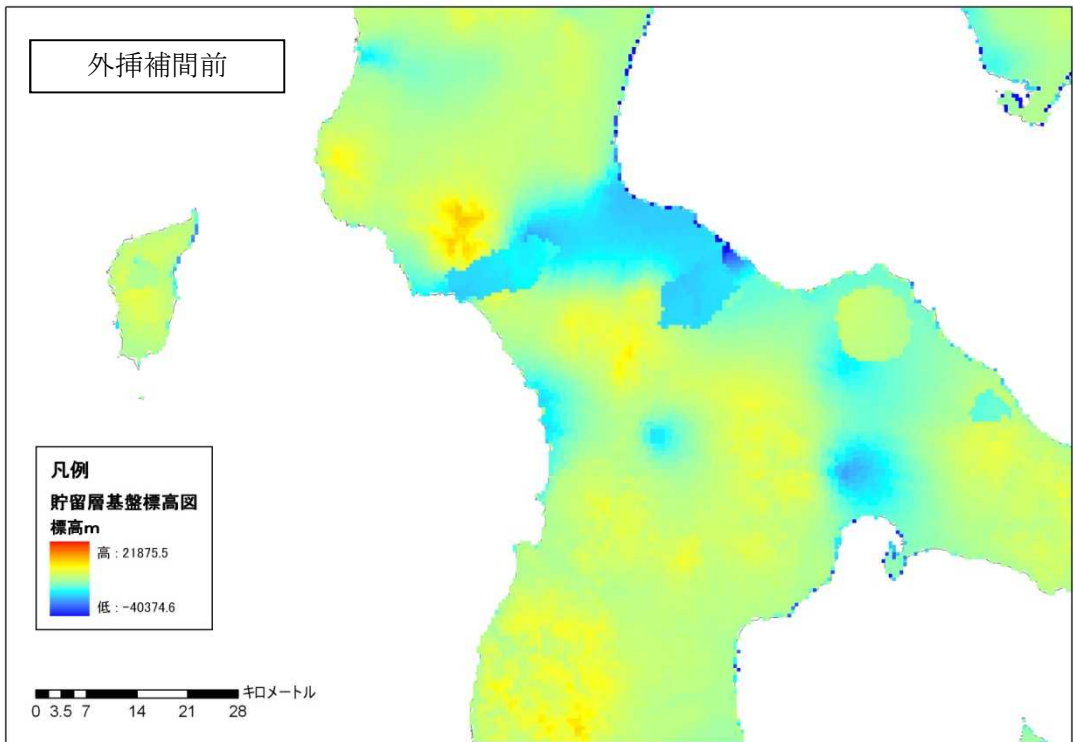


図 5.8-9 貯留層基盤標高図の外挿補間エリアと補間状況

5.9 地熱貯留層の分布を検討する上での課題

今年度の検討では、地熱貯留層の存在する範囲を地質学的な境界より設定したが、本来は岩盤の透水性（透水係数、透水量係数）の3次元分布を用いる等により、現実に近い地熱貯留層分布を検討することが重要である。

しかしながら現状では岩盤の透水性を全国的に網羅した3次元モデルはなく、岩盤の透水性を考慮した全国一律の地熱貯留層分布を検討することはできない。

産総研では、「全国浸透率分布図」を検討しているが、これは深度1kmまでの平均浸透率の平面分布図（図5.9-1）であるため本検討では適用できない。

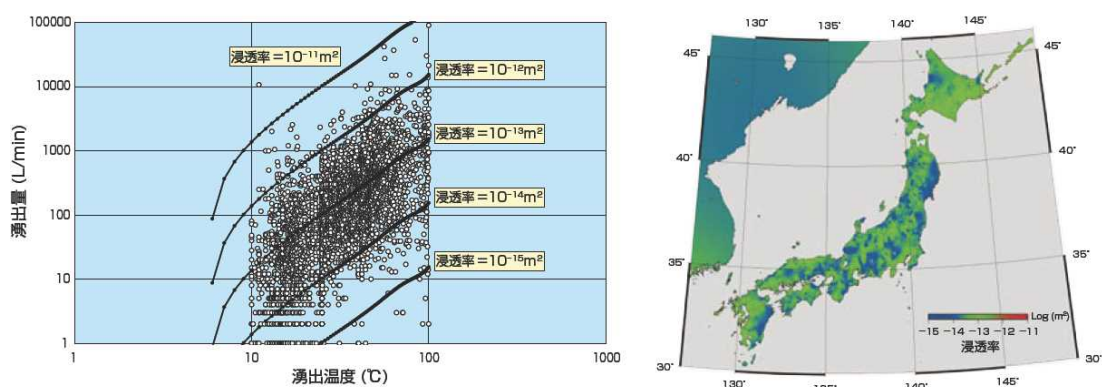


図 5.9-1 全国浸透率分布図（産総研 TODAY 2008-04 より引用）

なお、5.4で述べたように、今年度の検討では地化学温度計による補間を行って、先新第三系の分布地域で、地化学温度計の算出が可能な温泉について、岩盤内にも地熱貯留層があると推定して資源密度を計算している。

岩盤の透水性を推定するための基礎的な情報の例を以下に示す。

- ・地質柱状図および透水試験結果（「Kunijiban」国土交通省・独立行政法人土木研究所・港湾空港技術研究所）
- ・揚水井戸のデータ（「全国地下水資料台帳」、国土交通省国土政策局）
- ・断層分布図（「日本の断層マップ」、小坂ほか（2010））
- ・AI（アクティビティインデックス）とAnIn（アニオンインデックス）の組合せ検討

地質柱状図や揚水井戸データは人口密集地や道路等開発が行われている地域に偏っていることや、地熱貯留層を検討に必要な深いデータが少ないと考えられる。

断層の分布については、地表面での断層位置は精度の高いデータと考えられるが、断層の傾きや幅など深度が増すにつれて不確実性が大きくなると考えられる。また、断層そのものを評価するにあたって、透水性断層、遮水性断層の区別が困難である。

なお、林（1982）のAI（アクティビティインデックス）は、深部の地熱ポテンシャルの

ターゲットを探るために有効であり、本年度は地化学温度計を組み合わせ、地熱貯留層の深度推定に用いたが、同様に AnIn（アニオンインデックス）の第2項

$$= (Cl+SO_4) / (Cl+SO_4+HCO_3) \times 100$$

が地熱貯留層の深度推定に利用できる可能性がある。

第6章 貯留層になりうる範囲の設定と USGS 容積法に基づく資源密度分布図の作成

本章では、地熱貯留層となりうる範囲を設定し、USGS 容積法を用いて地熱資源量を推計し、資源密度分布図を作成した結果を記述する。

6.1 貯留層になりうる範囲の設定

(1) 範囲の設定方法の検討

容積法において地熱貯留層となりうる範囲の設定は、地熱資源量の算定結果を大きく左右するファクターとなる。平成 24 年度の検討結果でも、NEDO 詳細容積法との乖離の原因の一つとして指摘されている。したがって、地熱貯留層の適切な範囲設定は地熱資源量算定の精度向上にあたって重要な課題である。

地熱貯留層となりうる範囲を、地下温度構造データにおいて熱量を積算する上面標高と下面標高の範囲とする。

地熱貯留層となりうる範囲の設定方法として以下の 2 案を検討した。

案 1：地下温度構造を基に設定する方法

案 2：既存資料から平均的な貯留層厚さを設定する方法

案 2 は、NEDO 調査や既設発電所における坑井データ等を用いて、平均的な貯留層厚さを設定し、全国的にその値を適用する方法である。しかし、NEDO 調査や既設発電所のモデルは蒸気フラッシュ発電を想定した貯留層のモデルであり、火山周辺や高温熱源岩体等が存在する地域には適用できる可能性があるが、全国的な貯留層モデルとして一律に適用するには疑問が残る。また、熱水資源開発では、「地下が高温である」以外に、「キャップロックが存在していること」が地熱貯留層の前提条件となるが、キャップロックが存在しているかどうかを全国的に判断することは実質的に不可能と考えられる。

したがって、本検討における地熱貯留層となりうる範囲の設定は案 1 により実施することとした。

(2) 具体的な範囲の設定方法

範囲の設定にあたっては「戦略的調査における容積法算出指針」を参考にした。

貯留層となりうる範囲の下面標高は、貯留層基盤標高を基本とした。ただし、H24 年度に実施したヒアリングにおいて、NEDO 詳細容積法の計算においては、地下温度が 350℃以上となった場合、脆性-延性境界を越えてしまい発電には不向きとなってしまうため、貯留層基盤標高よりも高い位置で地下温度が 350℃以上となった場合には、その標高をもって下面標高を設定する。

地熱貯留層となりうる範囲の上面標高は、開発対象とする発電方式によって異なってくる

る。これは、作成する資源密度分布図の対象温度区分の下限温度で設定する必要があり、例えば、「蒸気フラッシュ発電で世界的な実績に基づく場合」には地下温度構造データが180℃以上になる深度と考えられる。なお、低温バイナリーの想定下限温度は現在の一般的な技術レベルを鑑みて、80℃を新たに想定したが、これは、将来の技術開発で低温側に範囲が拡大する可能性がある。

この手法では地下温度構造が全国的にモデル化されていることが大前提であるが、地下温度構造データベースを用いることによって全国的な設定が可能である。ただし、対象とする発電形式を多数想定する場合には、複数の上面標高を設定する必要があり、アルゴリズムが複雑になる。

表 6.1-1 発電形式を想定した対象温度区分

発電方式	対象温度区分	備考	記号
蒸気フラッシュ	150℃以上	既存調査のものと同様	F①
	180℃以上	世界的な実績に基づく	F②
	200℃以上		F③
バイナリー（ランキンサイクル想定）	120～150℃	既存調査のものと同様	B①
	120～180℃		
低温バイナリー（カーナサイクル想定）	53～120℃	既存調査のものと同様	LB①
	80～120℃	現在の一般的な技術レベル相当	LB②

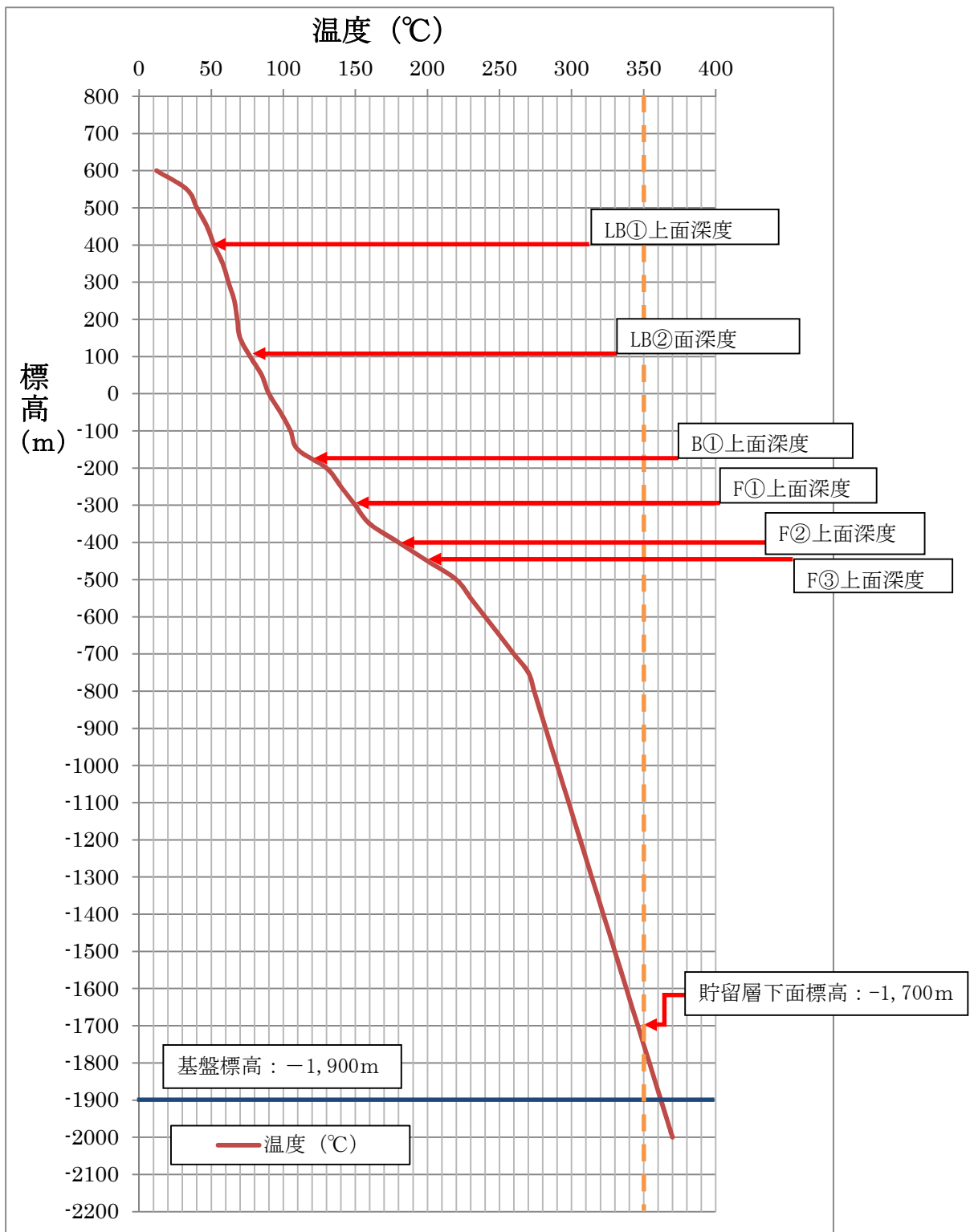


図 6.1-1 発電形式を想定した対象温度区分

6.2 USGS 容積法に関する詳細前提条件と推計アルゴリズムの設定

(1) USGS 容積法に関する詳細前提条件

推計のための前提条件（発電方式、下限温度等）を整理する。主な前提条件案を以下に示す。

- 1) 発電方式別（蒸気フラッシュ、バイナリー）に基準温度及び発電効率を設定する。
- 2) 適用可能な下限温度については複数設定する（蒸気フラッシュ：150℃、180℃など）
- 3) 過年度調査では、低温バイナリー（温泉発電）の下限温度を 53℃と設定していたが、昨年度調査でのヒアリング結果を踏まえ、低温バイナリー（温泉発電）の下限温度を、現在の実用的下限温度である 80℃についても設定する。
- 4) 資源密度 (kW/km²) は、USGS 容積法により評価した資源量を、30 年間で使用することを前提として 30 年で除算することで算出し推計した。
- 5) 本アルゴリズムでは、ほぼ一定の地温勾配を仮定している。作成された温度プロファイルには、地温勾配が急激に変化する結果が含まれている。このような温度プロファイルでは、貯留層の下限温度と最高温度から求めた貯留層の平均温度が低く評価されるため、対象温度区分間で地熱資源量の逆転現象が発生する。ここでは貯留層（レザバー）の平均温度は、レザバー内の全地温の平均とした。

(2) USGS 容積法に基づく推計アルゴリズムの検討

これまでの資源密度図の作成には USGS 容積法を用いられてきた。本年度調査でも USGS 容積法を用いることとしつつも、アルゴリズムに以下の変更を行う。

- ・ 単位区画を 500m×500m に変更する。
- ・ 各単位区画の温度プロファイル（深度 50m 間隔）と貯留層底面深度から資源密度を計算する。
- ・ メインプログラムの冗長性を解消する。
- ・ 対話形式でパラメータを入力・設定するように変更する。
- ・ 四分割した入力データファイルで計算できるように変更する。
- ・ 上限温度を 350℃に設定・変更する。
- ・ 貯留層（レザバー）の平均温度は、レザバー内の全地温の平均「 Σ (地温)/地温点数」
として計算する。

(3) 推計プログラムの改良

上述(2)に基づき、推計プログラムに関して表 6.2-1 に示す改良を行った。

表 6.2-1 推計プログラムの改良点

課題	改良点	備考
単位区画が粗い(大きい)	プログラムの単位区画面積を 500m×500m にする	
重力基盤深度から設定した貯留層底面深度は、特に優勢な地熱地域で実態に即していない場合が多い	資源密度計算アルゴリズムで貯留層底面深度を、重力基盤上面深度から別途与えられる貯留層底面深度に変更する	平成 24 年度の検討結果で指摘された事項
メインプログラムが冗長である	メインプログラムの計算ブロックをサブルーチン及びファンクションとし、メインプログラムを簡素化する	
パラメータ設定に柔軟性がない	プログラムを対話形式に変更し、計算の都度、パラメータを入力・設定するように変更する。また、パラメータ・ファイルを別途作成し、数ケースを一括計算する方式も採用するように変更する。	
単位区画を細かくすると入力データのファイルサイズが大きくなり、データファイルの維持・管理が難しい	日本全国を四分割した入力データファイルで地熱資源量を計算し、集計するように変更する。	
地下温度が 350℃以上となった場合、脆性-延性境界を越えてしまい発電には不向きになってしまうため	350℃以上の場合は計算を行わないように変更する。	
想定外の温度プロファイルによる対象温度区分間での地熱資源量の逆転	貯留層(レザバー)の平均温度は下限温度と最高温度の平均でなく、レザバー内の全地温の平均「Σ(地温)/地温点数」とする。	

USGS 容積法による地熱資源量評価（参考）

容積法は、米国地質調査所 (Brook *et al.*, 1979¹) により確立された一つの標準的な地熱資源評価法であり (以下 USGS 容積法と呼ぶ)、その概念が比較的単純で、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り、地熱貯留層の容積と温度を与えることにより、地熱資源量を計算することができる。

USGS 容積法の評価手順は以下の通りである (Brook *et al.*, 1979、村岡, 1991²)。

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

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 $2.5 \times 10^{-6} \text{J/m}^3/\text{°C}$, 孔隙率 15% を仮定して, $2.7 \times 10^{-6} \text{J/m}^3/\text{°C}$)

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 ($^{\circ}\text{C}$)

上式のカラム熱量を基にする方法では、単位区画 ($1\text{km} \times 1\text{km}$) の熱エネルギーは

$$q_R = \rho_c \cdot a \int_{LD}^{UD} (t(z) - t_{ref}) dz$$

LD : 貯留層底部の深度 (m)

UD : 貯留層下限温度の深度 (m)

$t(z)$: 深度の関数としての貯留層温度 ($^{\circ}\text{C}$)

で与えられる。

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。回収率を R_g とすると、坑口回収エネルギー q_{wh} (J) は

$$q_{wh} = R_g \cdot q_R$$

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。

$$h_{WH} = h_R - (Z_R \cdot g)$$

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)。貯留層温度を可変とする計算では、レザバー内の全地温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³から求める。

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/s^2)

¹ Brook, C. A., Mariner, R. H., Mabey, D. R., Swanson, J. R., Guffaniti, M. and Muffler, L. J. P. (1979) Hydrothermal convection systems with reservoir temperatures $\geq 90^{\circ}\text{C}$. In: Muffler, L. J. P. ed., *Assessment of geothermal resources of the United States - 1978*, U. S. Geol. Surv. Circular, no. 790, p.18-85.

² 村岡 洋文 (1991) 八甲田地熱地域の地熱資源量評価. 地質調査所報告, 275, 153-164.

³ 日本機械学会 (1981) 蒸気表. 日本機械学会.

機械的仕事量 (W_A) は次式で表される。

$$W_A = \frac{q_{wh}}{h_{wh} - h_{ref}} [h_{wh} - h_o - t_o (s_{wh} - s_o)]$$

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_o : 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_o : 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る。

s_o : 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。

$$E = W_A \cdot \eta_u$$

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。

$$E / 30 \text{ 年} = E / (30 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60) \quad (\text{J/s または W})$$

6.3 資源密度分布図の作成

(1) 資源密度分布図の作成

上記表 6.1-1 の対象温度区分を基に作成した資源密度分布図を図 6.3-1～7 に示す。

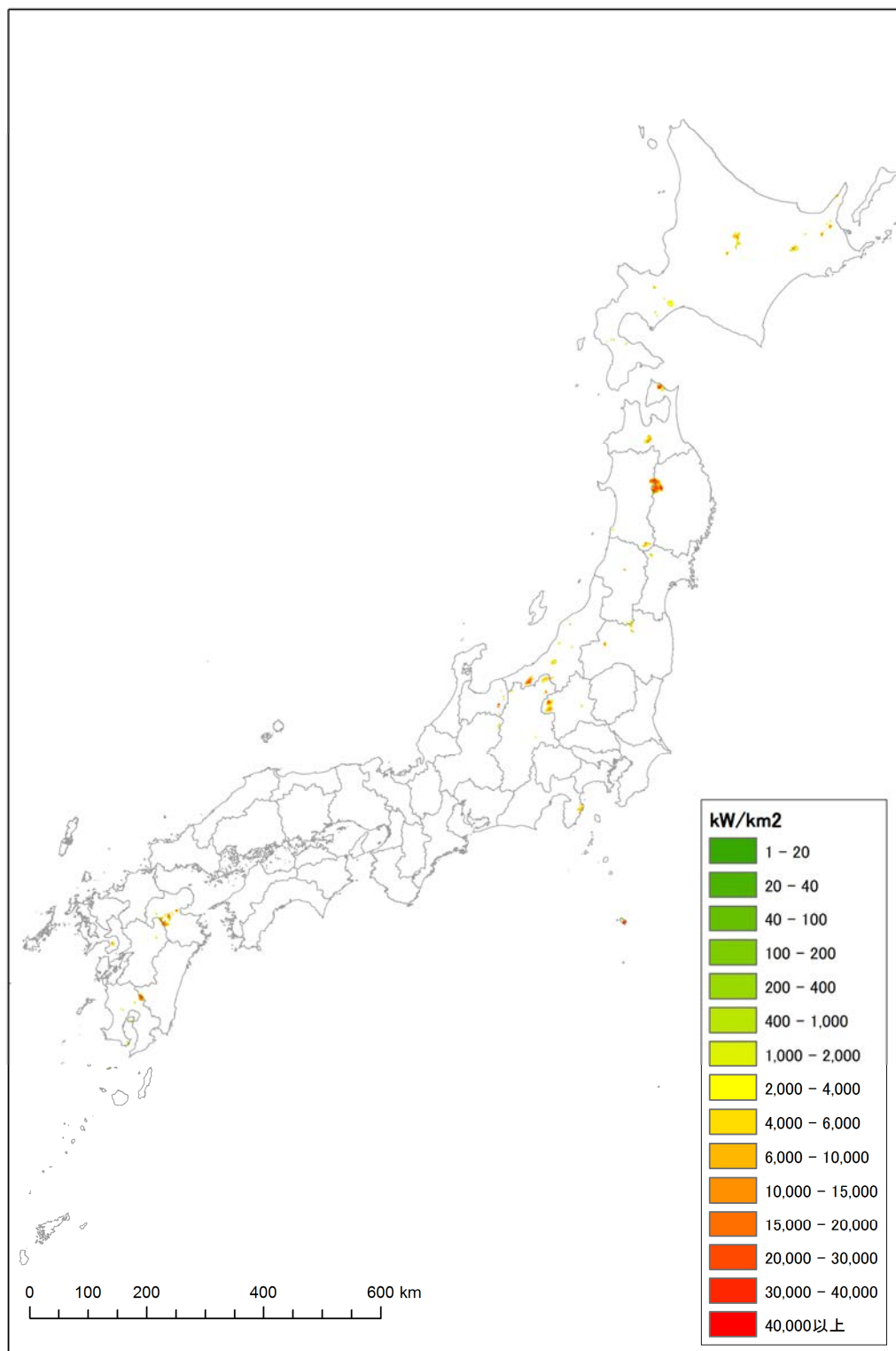


図 6.3-1 資源密度分布図（蒸気フラッシュ 150°C以上）

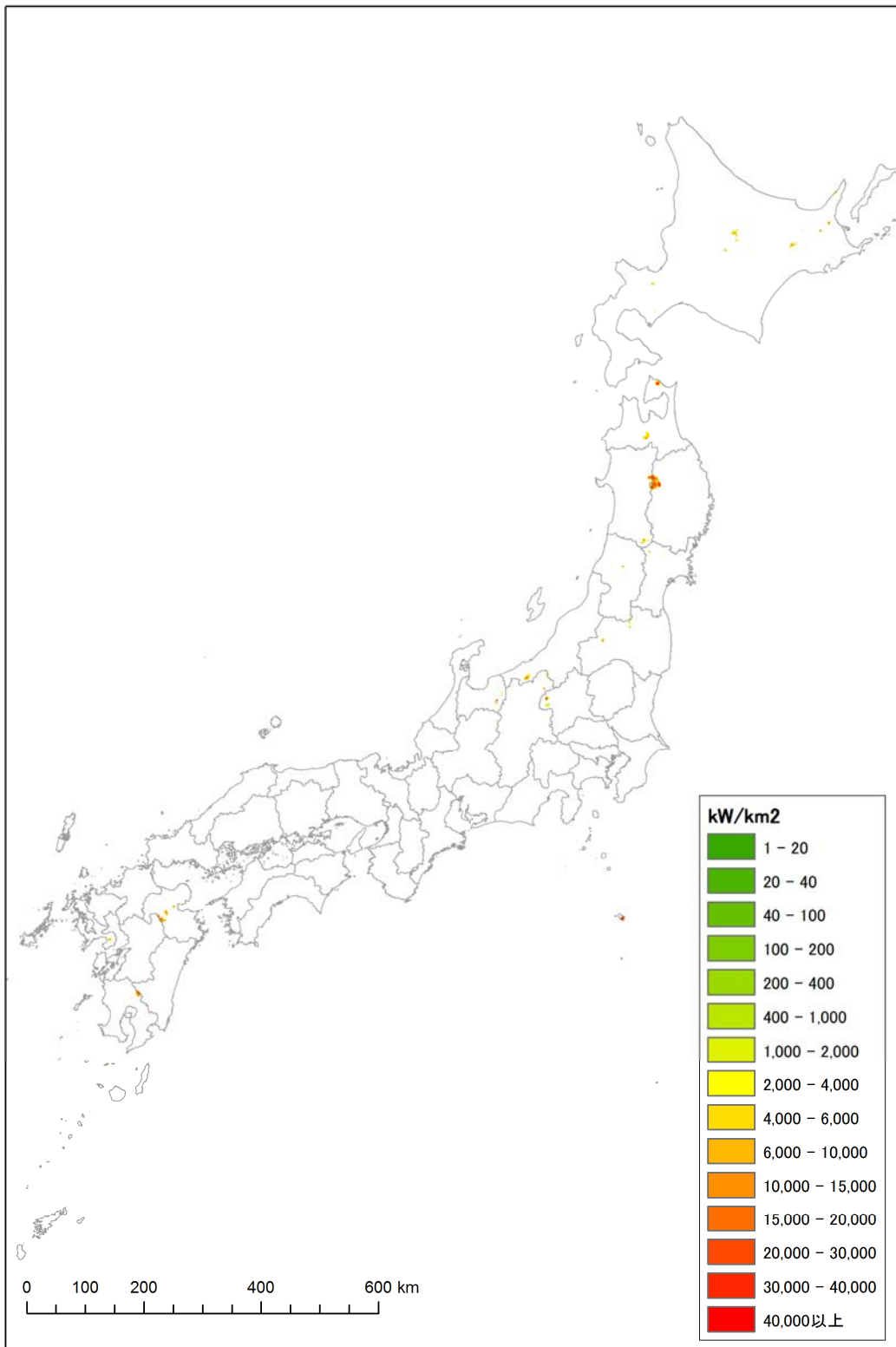


図 6.3-2 資源密度分布図（蒸気フラッシュ 180°C以上）

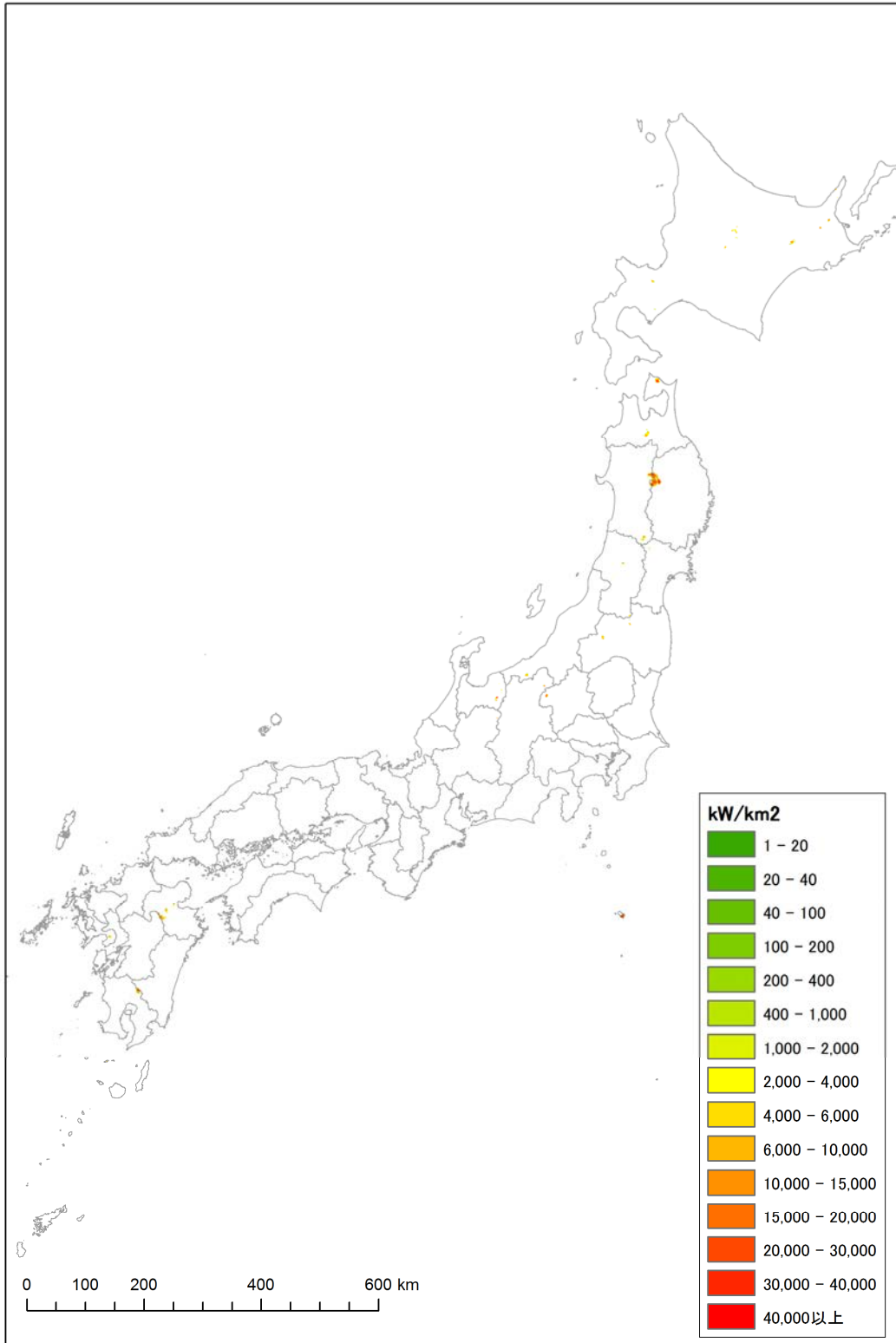


図 6.3-3 資源密度分布図（蒸気フラッシュ 200°C以上）

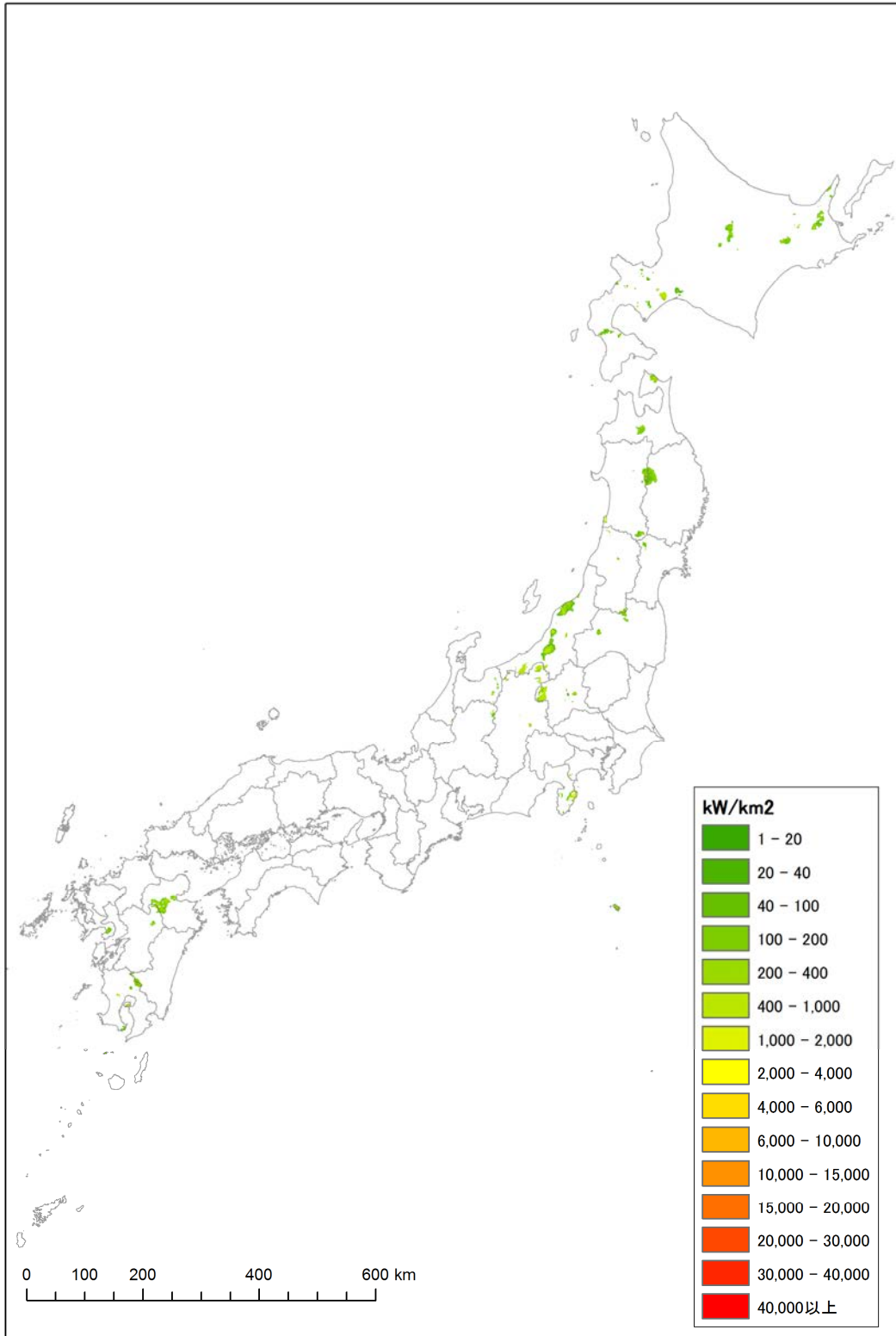


図 6.3-4 資源密度分布図 (バイナリー (ランキンサイクル想定) 120~150°C以上)

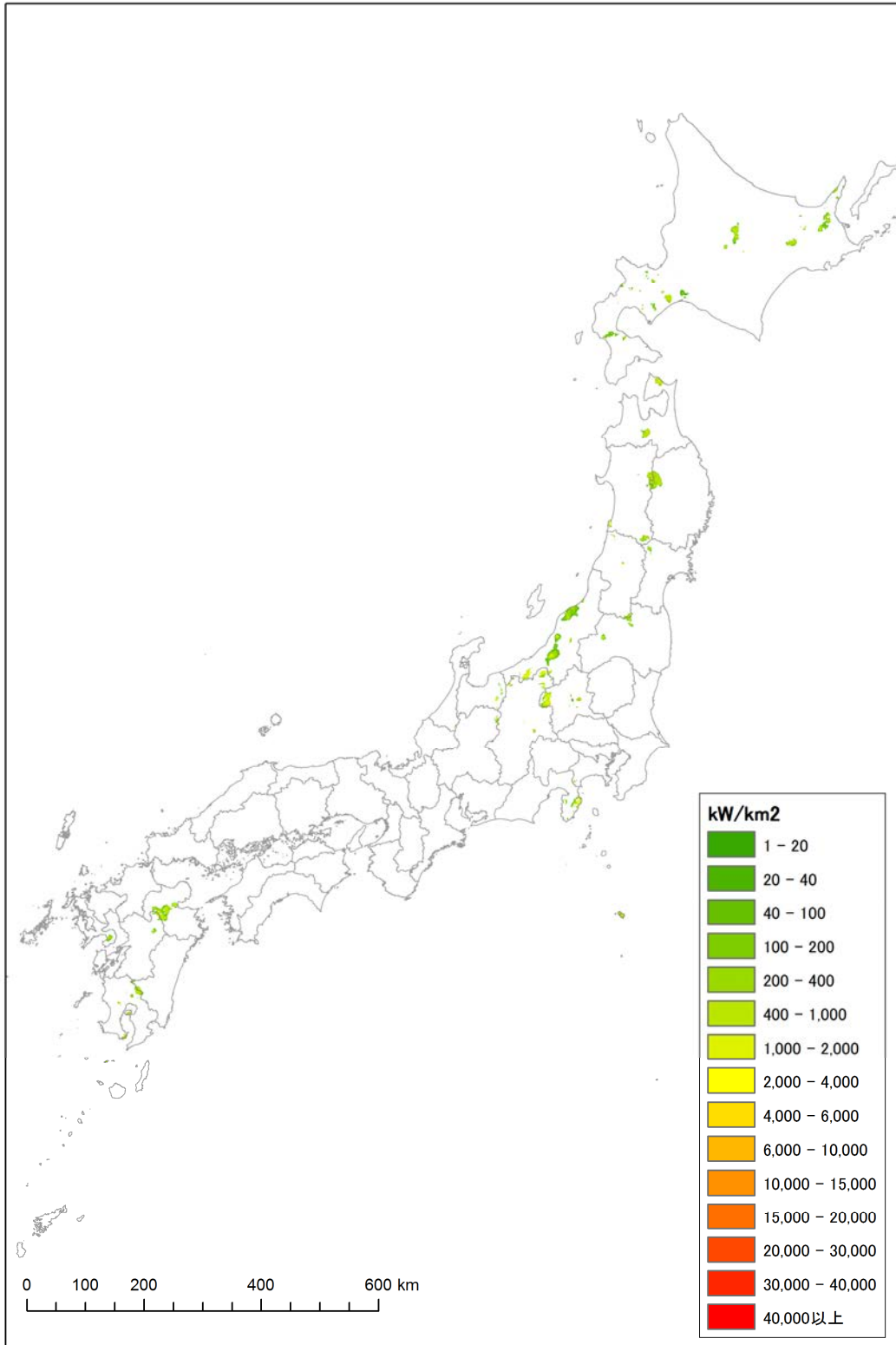


図 6.3-5 資源密度分布図 (バイナリー (ランキンサイクル想定) 120~180°C以上)

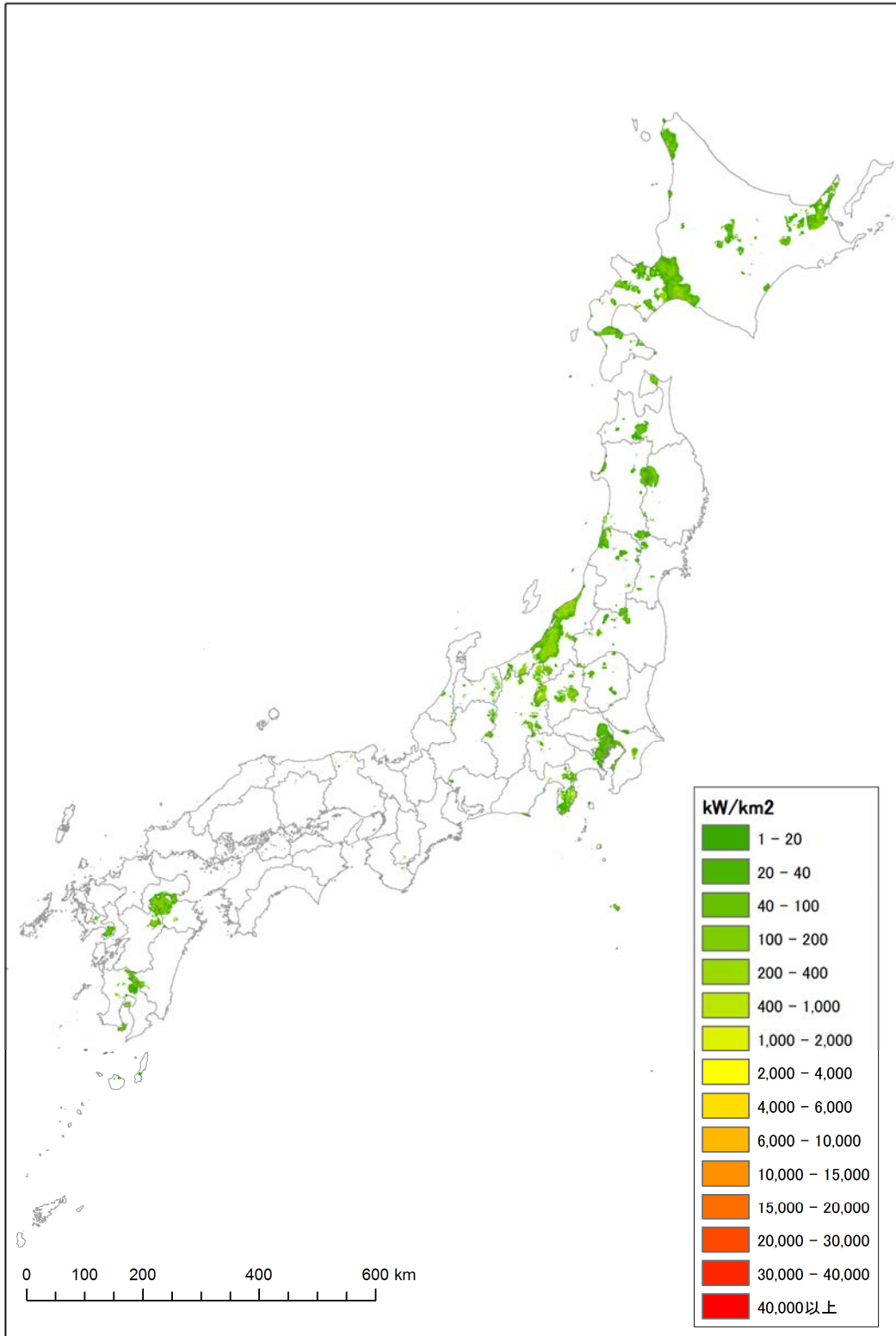


図 6.3-6 資源密度分布図（低温バイナリー（カーリーナサイクル想定）53～120°C以上）

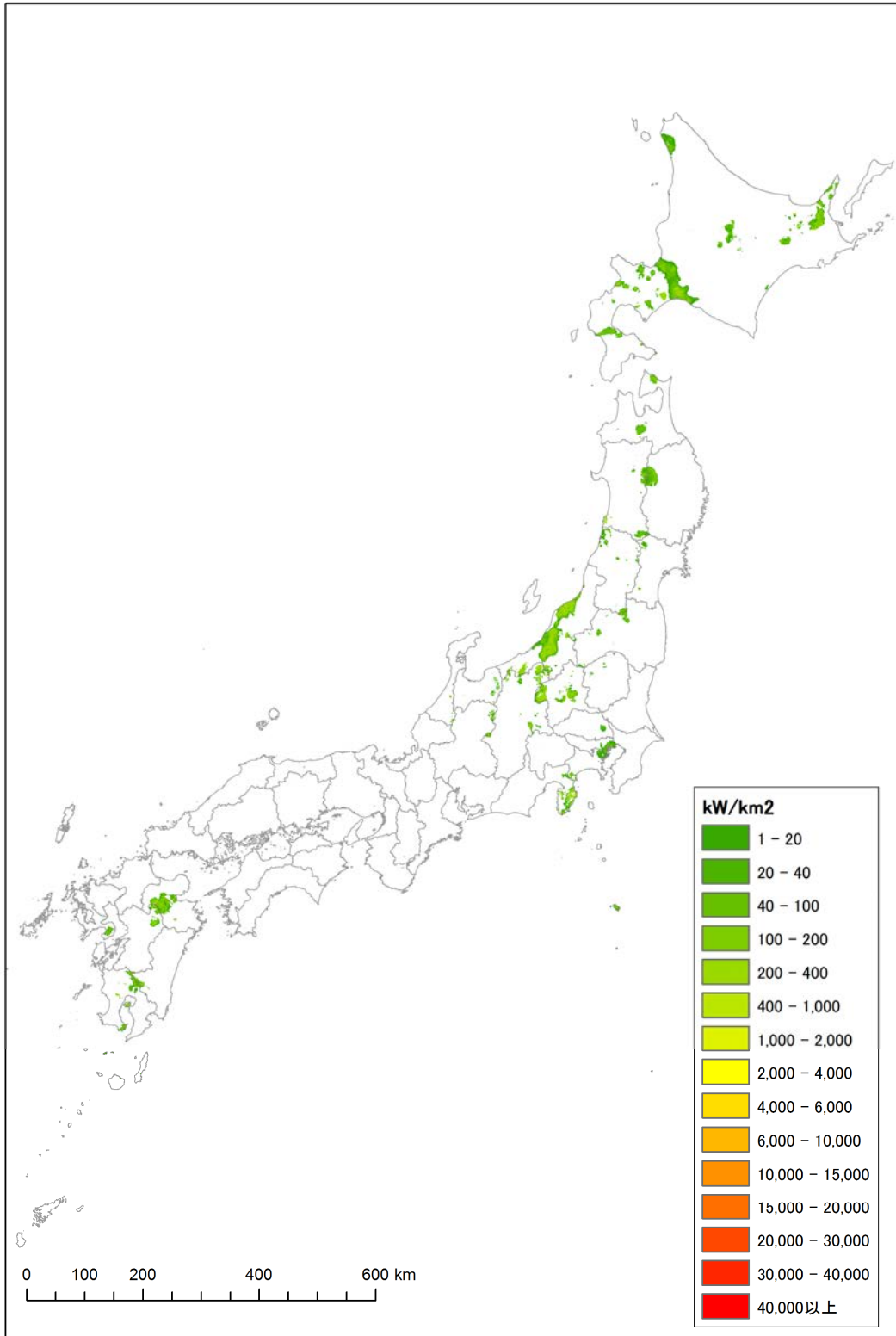


図 6.3-7 資源密度分布図（低温バイナリー（カーリーナサイクル想定）80~120°C以上）

ここで、H22 年度調査で作成した資源密度分布図と今回作成した資源密度分布図の比較図(150°C以上)を図 6.3-8~11 に示す。

比較の結果、以下の地域で精緻化が確認された。

① H22 年度で過大評価されていた地域

十勝岳地域 : 温度構造データを見直した結果、資源量が少なくなった。

知床半島 : 温度構造データの外挿補間の誤差を見直した結果、資源量が少なくなった。

富山長野県境 : 貯留層基盤標高を表層地質により見直した結果、資源量が少なくなった。

② H22 年度で過小評価されていた地域

東伊豆地域 : 貯留層基盤標高を既存地質データから見直した結果、資源量が表出した。

③ H25 年度に詳細調査結果のデータを追加したことにより資源量が表出した地域

主に以下の地域で NEDO の地熱開発促進調査データを追加した結果、資源量が表出または大きくなった。

- ・ 標津地域
- ・ 下北地域
- ・ 八甲田地域
- ・ 八幡平地域
- ・ 吾妻安達太良地域
- ・ 奥会津地域
- ・ 八丁原地域
- ・ 九重地域
- ・ 大岳地域
- ・ 霧島地域

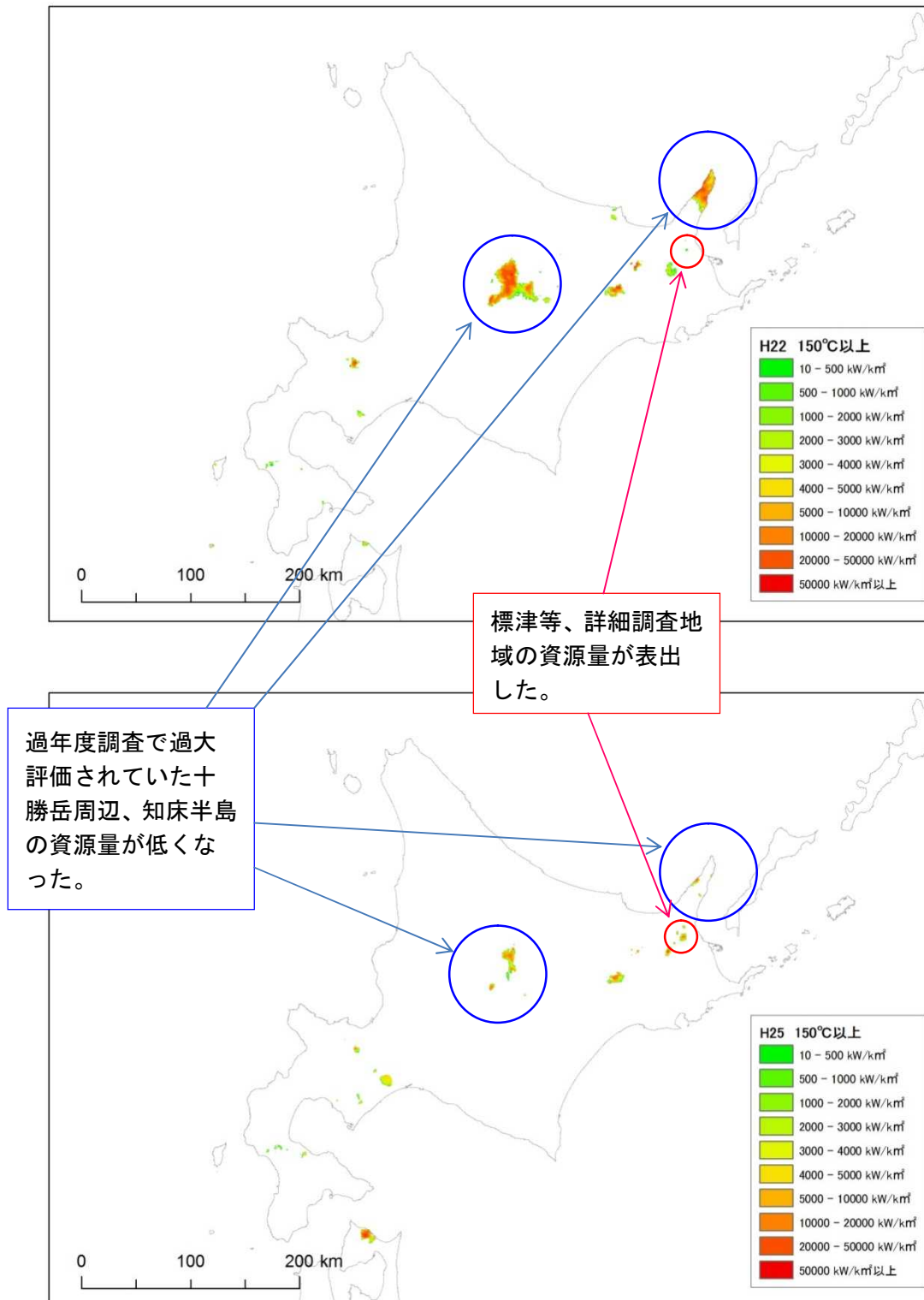


図 6.3-8 H22 年度及び H25 年度資源密度分布図の比較（北海道 150°C以上）

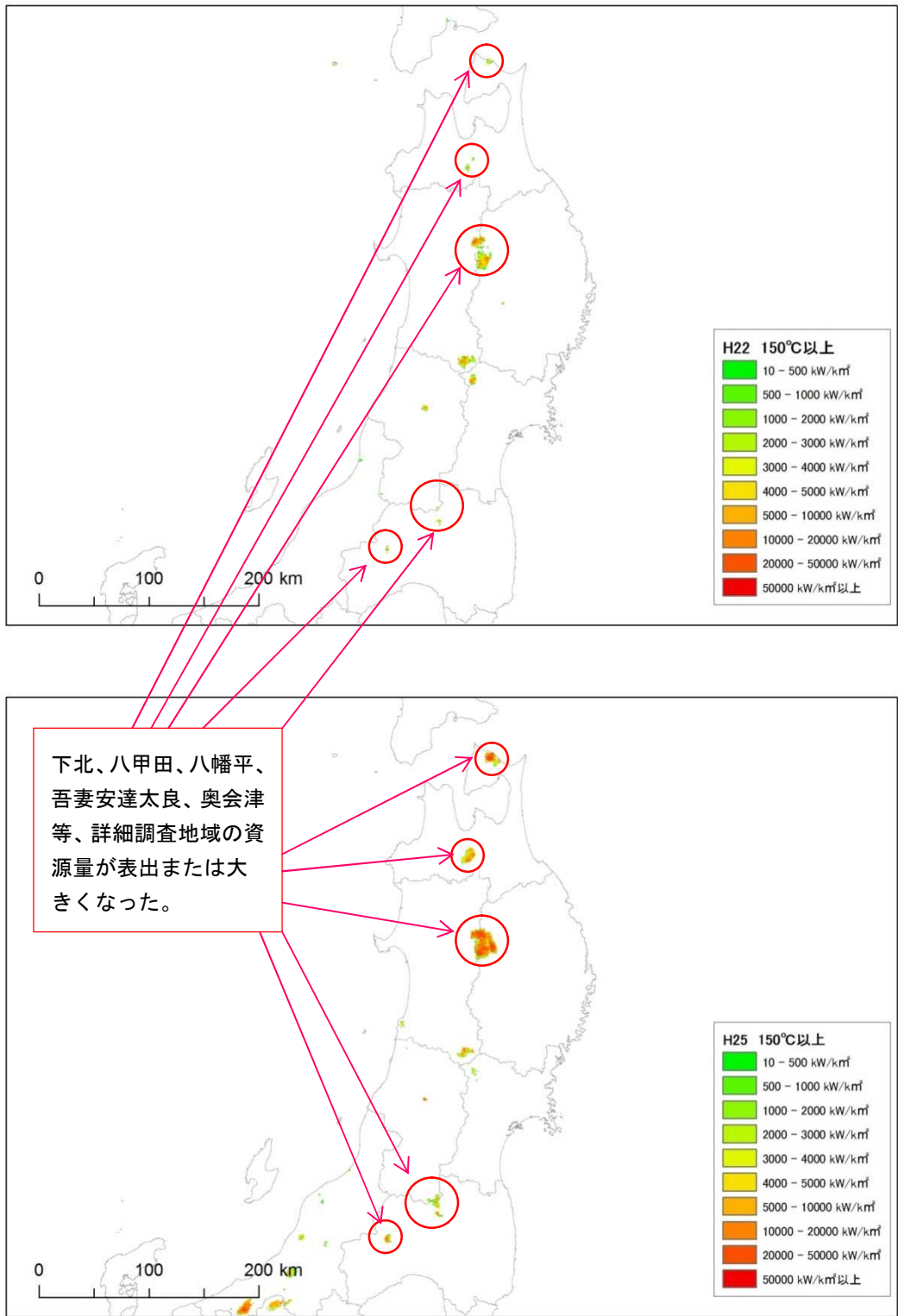


図 6.3-9 H22 年度及び H25 年度資源密度分布図の比較（東北 150°C以上）

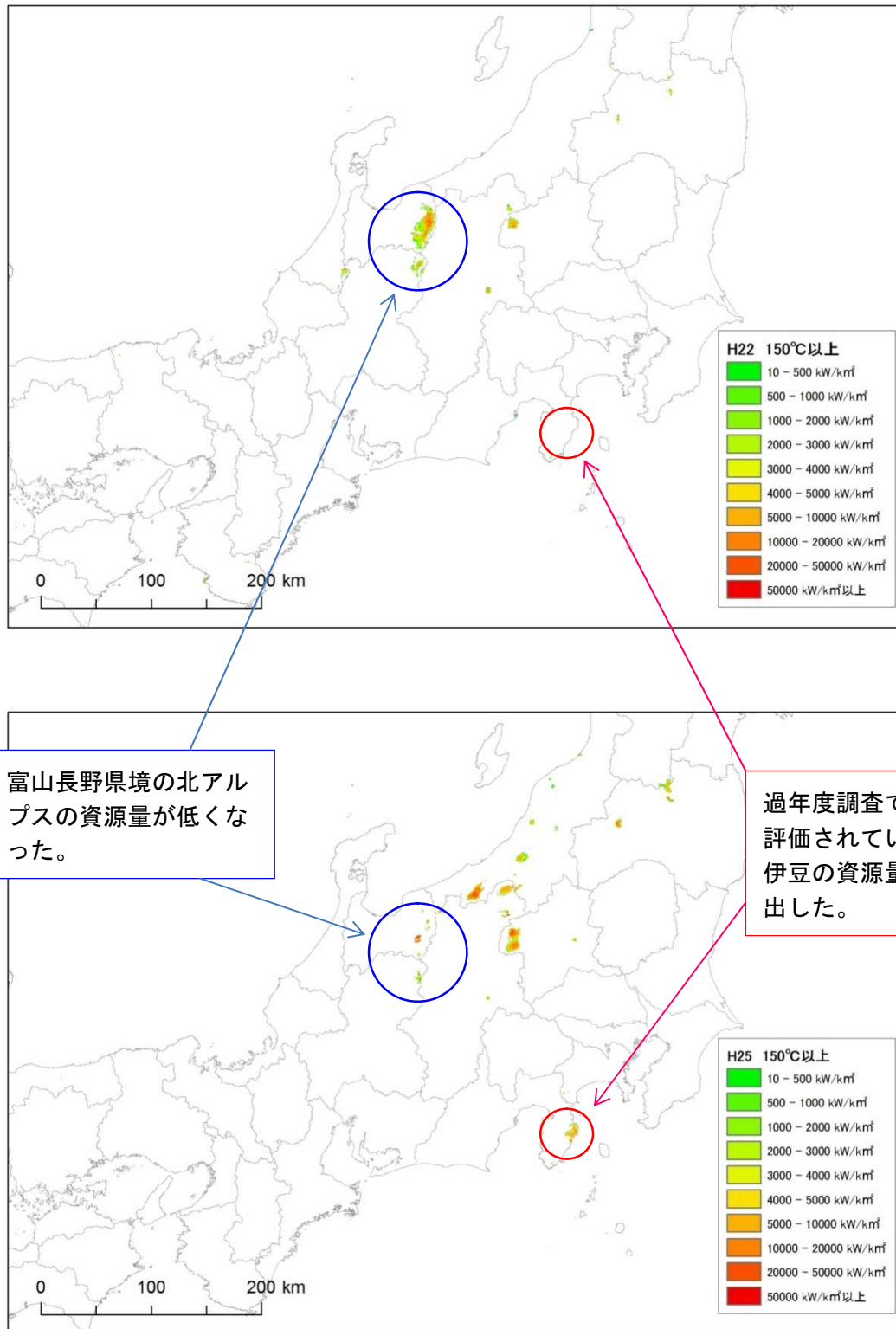


図 6.3-10 H22 年度及び H25 年度資源密度分布図の比較（関東中部 150°C以上）

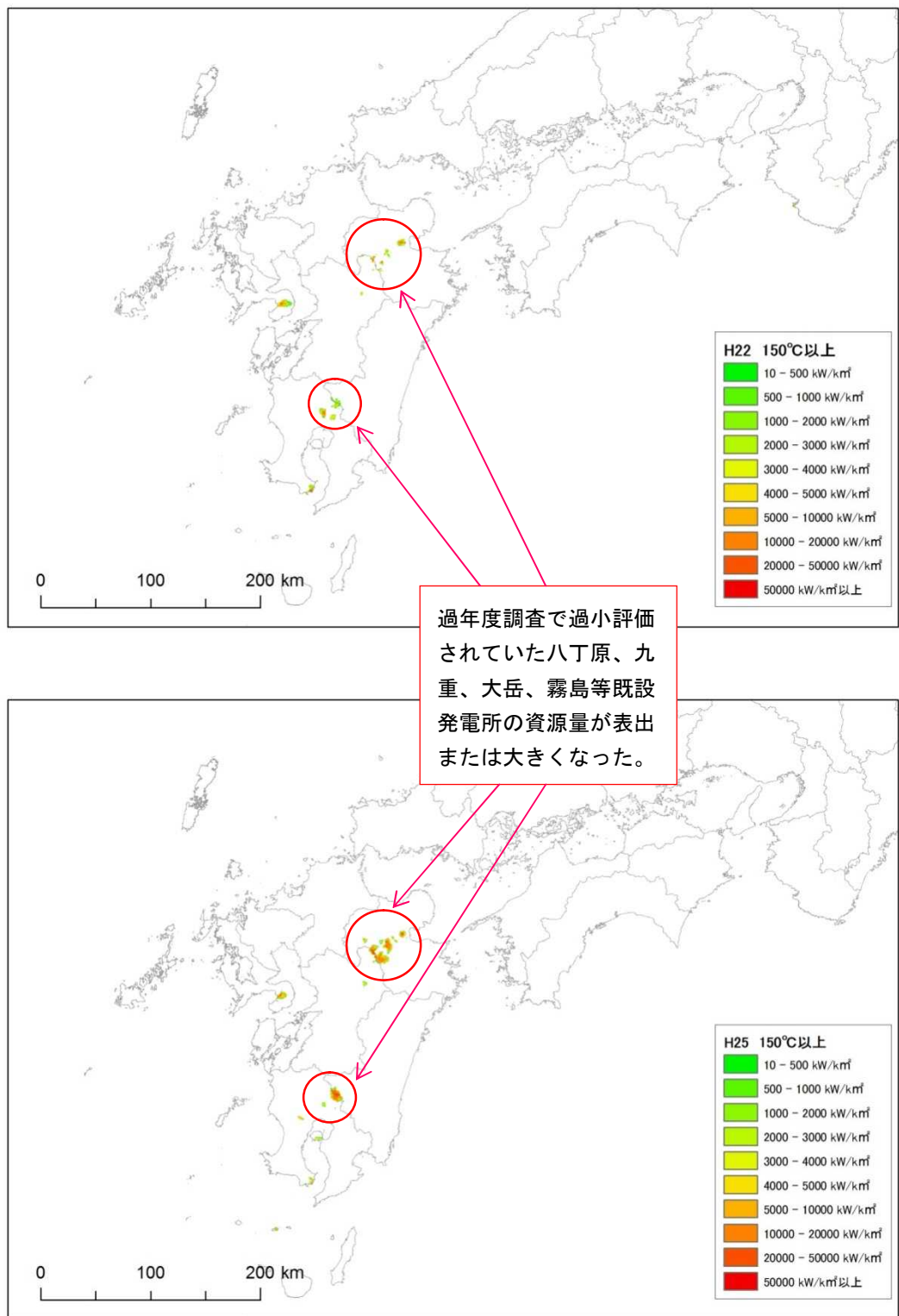


図 6.3-11 H22 年度及び H25 年度資源密度分布図の比較（九州 150°C以上）

(3) 地熱資源量集計結果

1) 地熱資源量（全国）集計結果

地熱資源量（全国）集計結果を表 6.3-1、図 6.3-12 に示す。平成 22 年度調査結果と比較すると、蒸気フラッシュ（150℃以上）とバイナリー（120～150℃）は、同程度の地熱資源量が表出したが、一方で低温バイナリー（53～120℃）は、約 5 分の 1 となった。これは周辺 5km 以内に温度データの存在しないエリアにダミーデータ（AI=0）を付したことにより、それらのエリアの地下温度が過年度調査よりも低くなったためと考えられる。

表 6.3-1 地熱資源量（全国）集計結果

発電方式	対象温度区分	地熱資源量 (万 kW)	参考：H22 調査結果 地熱資源量 (万 kW)
蒸気フラッシュ	150℃以上	2,219	2,357
	180℃以上	1,314	推計していない
	200℃以上	933	〃
バイナリー（ランキン サイクル想定）	120～150℃	120	108
	120～180℃	239	推計していない
低温バイナリー（カリ ーナサイクル想定）	53～120℃	199	849
	80～120℃	143	推計していない

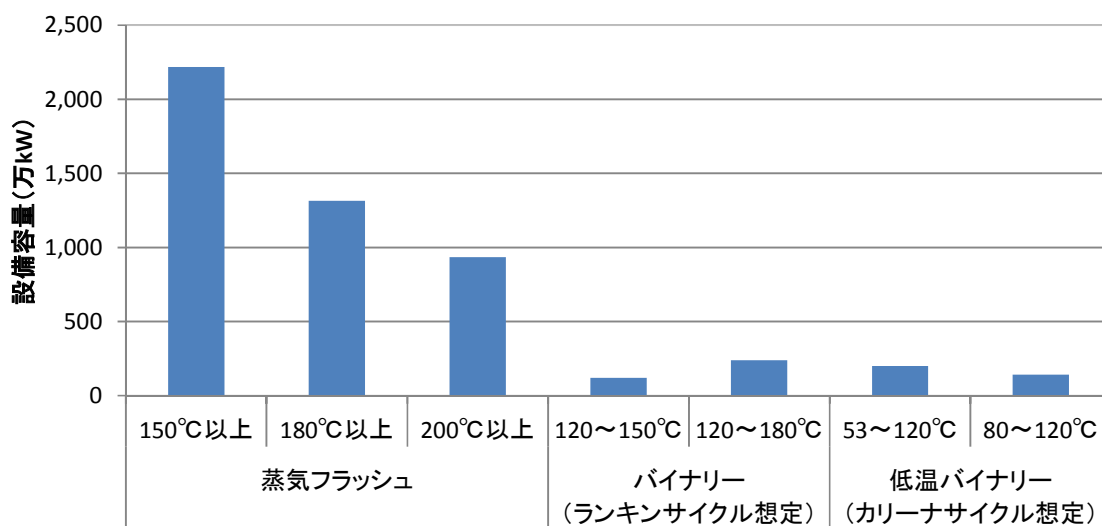
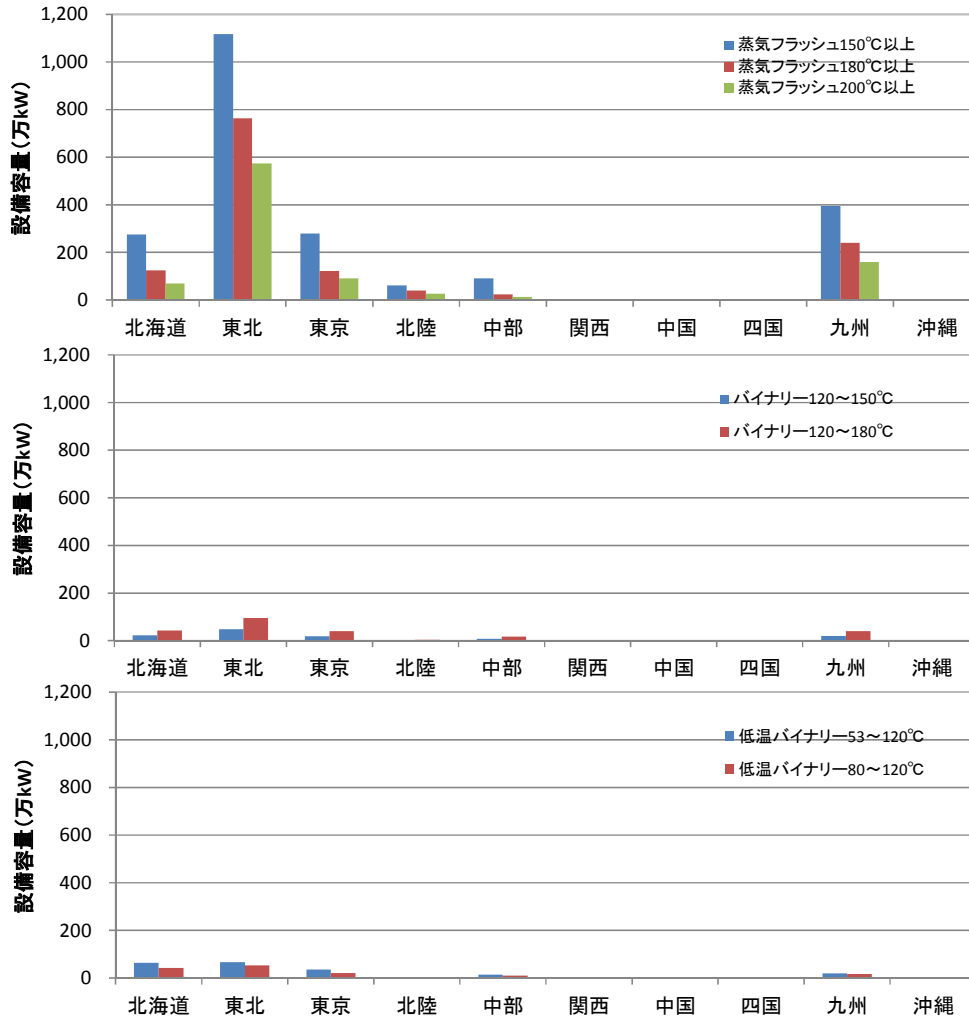


図 6.3-12 地熱資源量（全国）集計結果

2) 電力供給エリア別の地熱資源量分布状況

電力供給エリア別の地熱資源量集計結果を図 6.3-13 に示す。これによると地熱資源量は北海道、東北、九州電力管内に多く分布している。

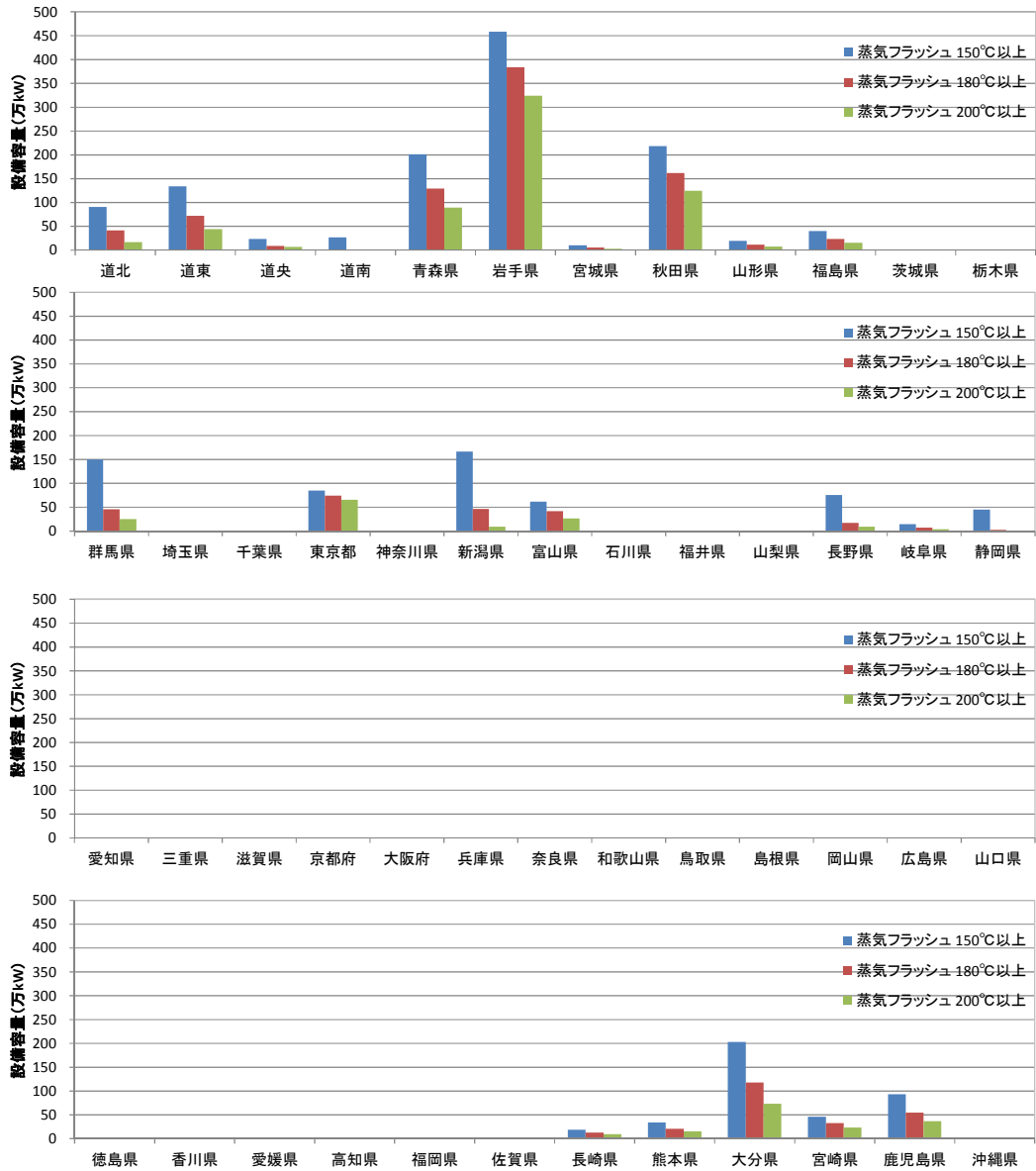


発電方式	対象温度区分	地熱資源量 (万 kW)										
		全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
蒸気フラッシュ	150℃以上	2,219	276	1,116	280	62	90	0	0	0	395	0
	180℃以上	1,314	124	763	122	41	24	0	0	0	240	0
	200℃以上	933	69	574	91	27	13	0	0	0	160	0
バイナリー (ランキン サイクル想定)	120～ 150℃	120	23	48	19	1	8	0	0	0	20	0
	120～ 180℃	239	43	95	40	4	17	0	0	0	40	0
低温バイナリー (カーリ ーナサイク ル想定)	53～120℃	199	63	66	36	1	13	0	0	0	20	0
	80～120℃	143	42	53	21	1	9	0	0	0	17	0

図 6.3-13 電力供給エリア別の地熱資源量分布状況

3) 都道府県別の地熱資源量分布状況

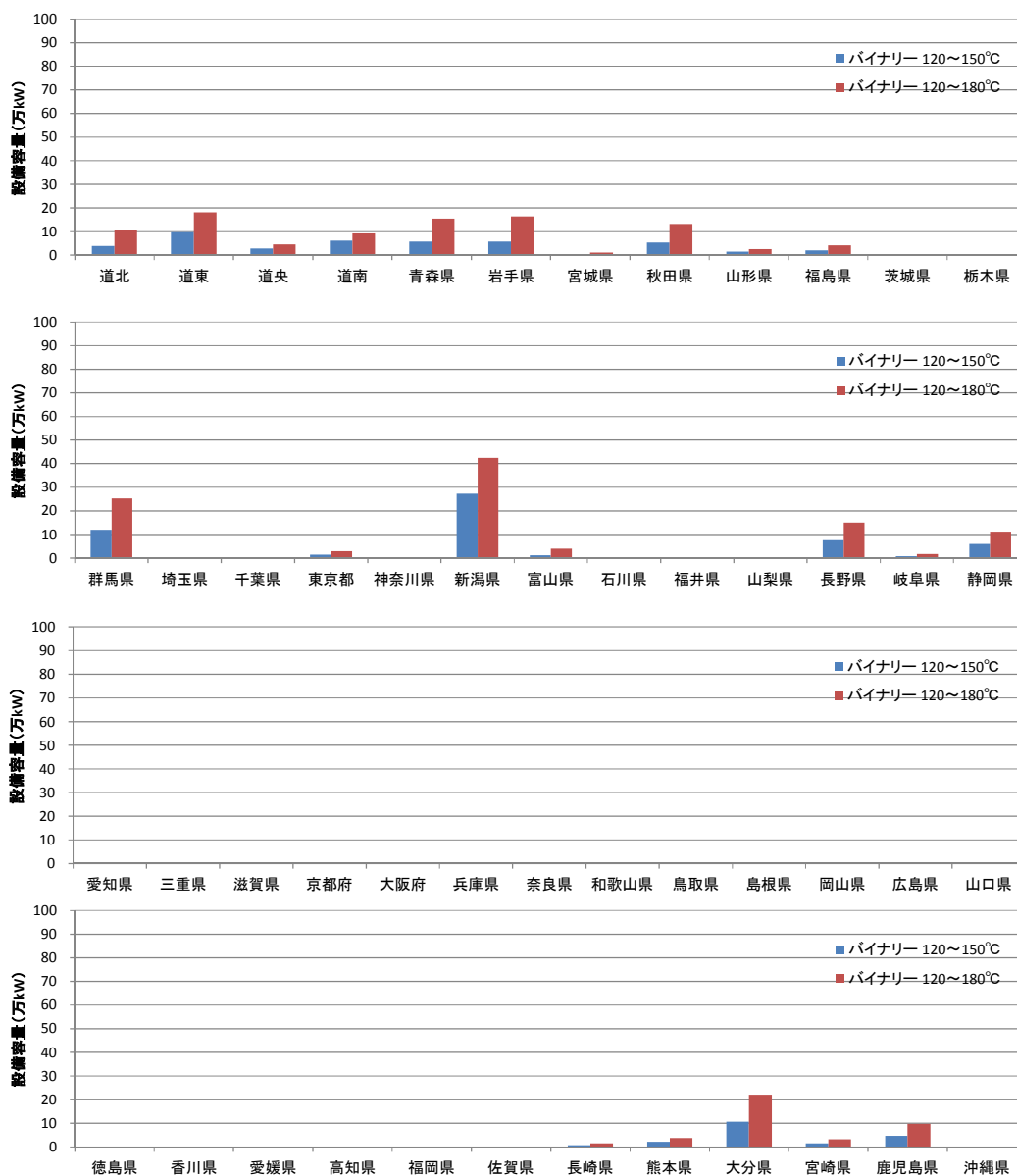
都道府県別の地熱資源量集計結果を図 6.3-14~16 に示す。これによると、地熱資源量（蒸気フラッシュ）は東北北部各県や新潟県、大分県などに多く分布していることがわかる。



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
蒸気フラッシュ 150°C以上	2,219	91	135	23	27	201	459	10	219	20	41	0	0
蒸気フラッシュ 180°C以上	1,314	41	72	9	1	130	384	6	162	12	24	0	0
蒸気フラッシュ 200°C以上	933	17	45	7	0	90	324	3	124	8	16	0	0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
蒸気フラッシュ 150°C以上	150	0	0	85	0	166	62	0	0	0	76	14	45
蒸気フラッシュ 180°C以上	46	0	0	74	0	46	41	0	0	0	17	7	2
蒸気フラッシュ 200°C以上	25	0	0	66	0	9	27	0	0	0	9	4	0
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
蒸気フラッシュ 150°C以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
蒸気フラッシュ 180°C以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
蒸気フラッシュ 200°C以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
蒸気フラッシュ 150°C以上	0	0	0	0	0	0	0	19	34	203	46	93	0
蒸気フラッシュ 180°C以上	0	0	0	0	0	0	0	13	21	118	33	54	0
蒸気フラッシュ 200°C以上	0	0	0	0	0	0	0	10	16	74	24	37	0

図 6.3-14 地熱資源量（蒸気フラッシュ）集計結果

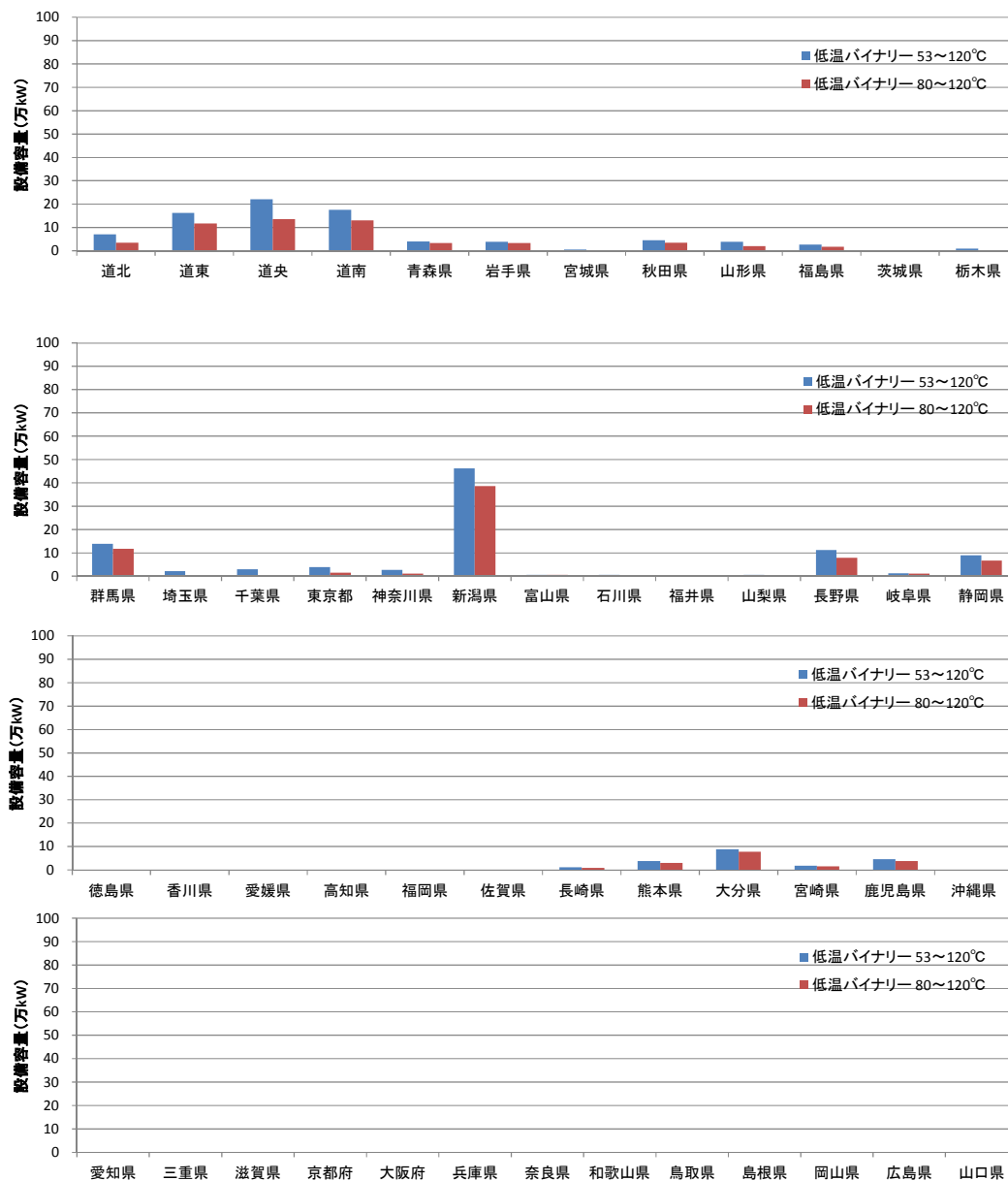
地熱資源量（バイナリー）は北海道、東北北部各県、新潟県、群馬県などに多く分布していることがわかる。



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
バイナリー 120~150℃	120	4	10	3	6	6	6	0	5	1	2	0	0
バイナリー 120~180℃	239	11	18	5	9	15	16	1	13	3	4	0	0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
バイナリー 120~150℃	12	0	0	1	0	27	1	0	0	0	8	1	6
バイナリー 120~180℃	25	0	0	3	0	42	4	0	0	0	15	2	11
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
バイナリー 120~150℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
バイナリー 120~180℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
バイナリー 120~150℃	0	0	0	0	0	0	1	2	11	2	5	0	
バイナリー 120~180℃	0	0	0	0	0	0	2	4	22	3	10	0	

図 6.3-15 地熱資源量（バイナリー）集計結果

地熱資源量（低温バイナリー）は北海道、群馬県、新潟県に多く分布していることがわかる。



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
低温バイナリー 53~120°C	199	7	16	22	18	4	4	1	4	4	3	0	1
低温バイナリー 80~120°C	143	4	12	13	13	3	3	0	4	2	2	0	0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
低温バイナリー 53~120°C	14	2	3	4	3	46	1	1	0	1	11	1	9
低温バイナリー 80~120°C	12	0	0	1	1	39	0	0	0	0	8	1	7
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
低温バイナリー 53~120°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
低温バイナリー 80~120°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
低温バイナリー 53~120°C	0	0	0	0	0	0	0	1	4	9	2	5	0
低温バイナリー 80~120°C	0	0	0	0	0	0	0	1	3	8	2	4	0

図 6.3-16 地熱資源量（低温バイナリー）集計結果

第7章 温泉発電に関する資源分布図の作成

本章では、温泉発電が可能な温泉の条件を設定し、条件を満たす温泉を抽出し、発電可能量を算定、資源分布図を作成した。その結果を以下に記述する。

7.1 温泉発電が可能な温泉の抽出

温泉発電が可能な温泉の条件を現在実用化されている発電機の使用等を参考に以下のとおり設定した。

- 1) 湧出温度が 80℃（現在の実用的下限温度）以上の温泉を対象とする。
- 2) 湧出量が 100L/分（実用的発電規模の下限流量）以上の温泉を対象とする。
- 3) 温泉水の化学的特徴（pH、スケール成分等）による制限は設けないこととする。

温泉発電の条件に関する文献収集結果を表 7.1-1 に示す。熱源下限温度は最低で 53℃、最高で 90℃といった条件が得られた。流量については発電機の出力に依存するので下限値の特定が難しいが、現在製造・開発されている発電機の最小の出力クラスである 10 kW 未満の機種で約 3～12 t/時（50～200 L/分）という値が掲げられていること、また専門家へのヒアリングにおいて上記条件が妥当であるとの意見が得られたことから、上記条件に基づき温泉発電が可能な温泉を抽出することとした。

表 7.1-1 温泉発電の条件に関する文献収集結果

資料名・出典等	条件	
	熱源温度（下限）	流量
大里・村岡（エネルギー学会誌, 2008）	約 53℃以上（カーリーナサイクルの最低動作温度）	言及なし
H24 年度調査でのメーカー・ヒアリング	約 80℃以上	言及なし
発電機メーカーカタログ記載値等	70～90℃	10 kW 以下の機種においては約 3～12 t/h
山田（地熱エネルギーハンドブック, 2014）	70-80℃以上（実績値）	言及なし

収集・整理した温泉データ（12,656 カ所）から上記条件に合致する温泉を抽出して全国の温泉発電可能量の評価を行うことを試みたが、収集温泉データには湧出量の情報がほとんどの場合付随していなかった。そのため現時点で全国の温泉データを一定の基準で網羅している最も詳細なデータと考えられる「日本温泉・鉱泉分布図及び一覧（第 2 版）」（金原, 2005）のデータを用いた。「日本温泉・鉱泉分布図及び一覧（第 2 版）」には 4,536 か所の温泉データが掲載されており、そのうち 3,702 か所について熱源温度（泉温）と湧出

量の両方の情報が揃っている。3,702 か所のうち、上記条件（湧出温度 80℃以上、かつ湧出量 100L/分以上）を満たす温泉は 149 か所であった。抽出された温泉例（北海道）を表 7.1-2 に示す。

表 7.1-2 温泉発電資源量計算のための温度・湧出量条件を満たす温泉（例：北海道）

温泉名	湧出温度（上限）（℃）	湧出量（L/分）
羅臼	99	385
層雲峡	88.4	1,253
高原(大雪高原)	91	227
養老牛	85	510
和琴	98.2	736
弟子屈	96	2,468
トムラウシ	95	288
阿寒湖畔	88.6	2,940
十勝岳	90	390
定山溪	80	8,973
五色	82	430
北湯沢	91.9	1,145
大荘	88	636
幡溪	87	586
登別	98	9,207
北檜山	83.7	491
貝取潤	82.7	1,288
見市	82	116
平田内	95.6	3,495
濁川	95	3,359
上の湯	98	724
鹿部	98.4	2,798

7.2 温泉発電の可能設備容量の推計

温泉には、温泉水（液体）のみを湧出するものと、蒸気を伴うもの（場合によっては蒸気のみを湧出するもの）があり、その両方について温泉発電可能設備容量の推計を行うことを試みた。しかし、蒸気を伴う温泉についてのデータが非常に乏しいことが判明したため、蒸気を伴う温泉については、7.4に示す2事例についてのみ現地測定とそれに基づく発電可能量推計を実施した。7.2及び7.3では、温泉水（液体）のみを湧出する温泉の温泉発電可能設備容量の推計結果を示す。

温泉発電に用いられる主なシステムは、ランキンサイクル（炭化水素、不活性ガスを使用）とカーリーナサイクル（アンモニア-水混合物を使用）である。両者を比較すると、温泉発電で対象とする低温域ではカーリーナサイクル発電システムの方が発電効率が良いとされる。後述のように、ランキンサイクル及びカーリーナサイクル双方について、温泉の温度・湧出量と発電出力の関係についての経験式が示されているため、ランキンサイクル及びカーリーナサイクルそれぞれの場合の発電量を計算した。

温泉の泉温と湧出量から温泉発電の資源量（発電量）の計算方法とそれに基づく計算結果を以下に示す。

①村岡（2007）及び大里・村岡（2008）の資源量計算

我が国の温泉発電可能量の最初の試算は村岡（2007）及び大里・村岡（2008）が行った。村岡氏及び大里氏へのヒアリング結果を踏まえ計算方法を整理した。まず、いくつかのカーリーナサイクル発電の実績値に基づき、熱エネルギーから電力への換算係数を温度の関数として求める（図7.2-1）。次にそれを国内の温泉データに適用し、温泉ごとの発電可能量を計算する。使用する温泉データは前述の「日本温泉・鉱泉分布図（第2版）」（金原，2005）のデータである。

冷却システムを空冷にする場合と水冷にする場合で効率が異なるが、効率の良い水冷（図7.2-1の破線）の場合の関係を用いて計算した。図7.2-1に示された関係からカーリーナサイクルでの発電が可能と考えられた53.3℃以上の温泉について可能設備容量を計算した。その結果、得られた温泉データのうち、泉温・湧出量データが揃っている温泉を対象として算出した総可能設備容量は9.55万kWである。なお、経済性を考慮し出力規模30kW未満の温泉を除いている。

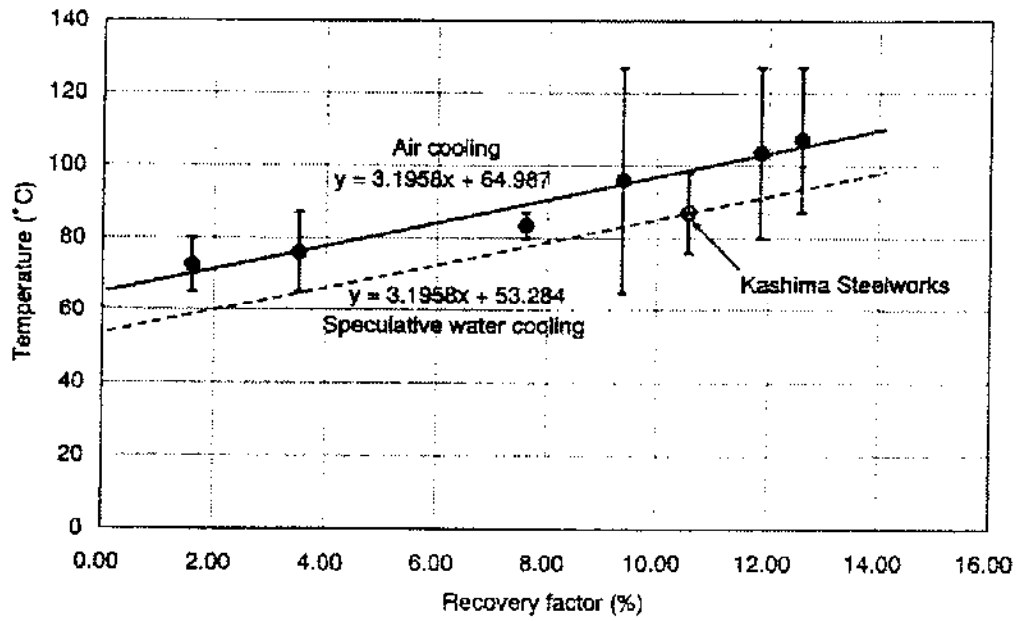


図 7.2-1 カリーナ・サイクルにおける温度と電力変換効率の関係 (大里・村岡, 2008)

②大里による計算方法

JOGEMC（受託：エンジニアリング協会）の「平成24年度 小規模地熱発電及び地熱水の多段階利用事業の導入課題調査 手引書」（2013）において図7.2-2の温泉の温度・湧出量と発電出力の関係が示されている。この関係は、地熱技術開発株式会社によって作成されたものであり、同社の大里氏へのヒアリング結果を踏まえ以下に計算法を記す。なお、この計算法は大里氏の考案によるものであるが、同氏の名前による適当な公表文献が無いため、仮に大里による計算方法と呼ぶ。

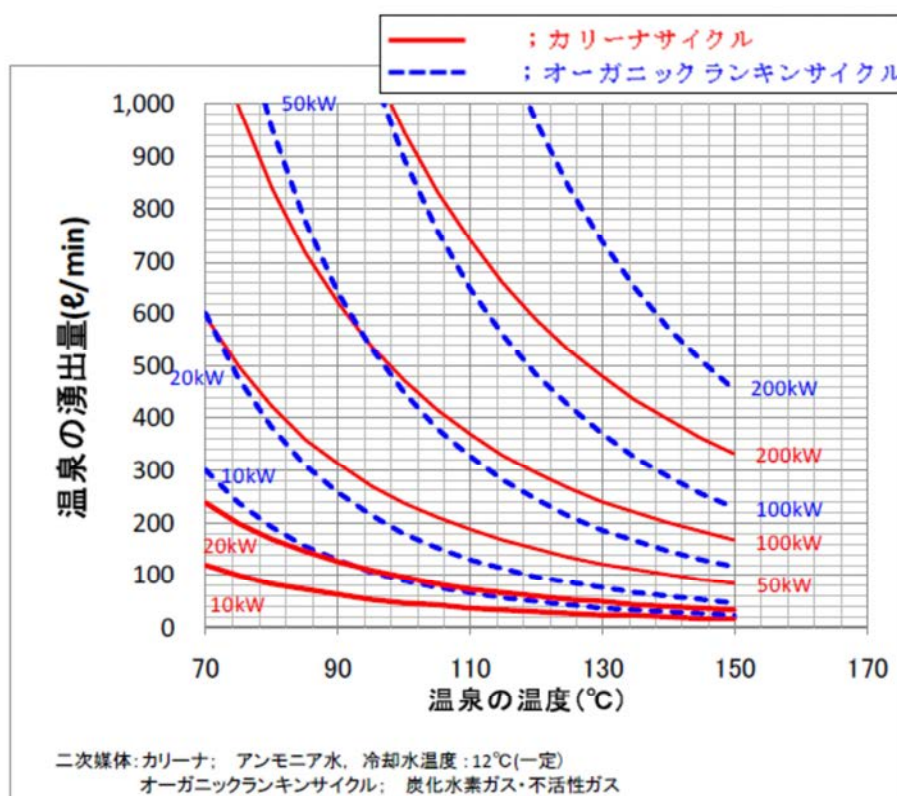


図 7.2-2 ランキンサイクルとカリーナサイクルにおける温度・湧出量と発電出力の関係 (JOGMEC, 2013) (データ提供は地熱技術開発株式会社)

この計算方法は、海外の発電所でのカリーナサイクルとランキンサイクルの運転実績 (図 7.2-3) に基づいている。図 7.2-3 における熱水温度と単位流量当たりの出力の関係の近似式は、カリーナサイクルとランキンサイクルのそれぞれについて以下になる。

$$\text{カリーナサイクル} \quad P=Q \times 9.005 \times 10^{-6} \times T^{2.773}$$

$$\text{ランキンサイクル} \quad P=Q \times 1.184 \times 10^{-7} \times T^{3.588}$$

ただし、P: 発電端出力 (kW)、Q: 熱源流量 (t/h)、T: 熱源温度 (°C) である。

図 7.2-2 は、主に温泉発電の可能性の評価や設置規模の検討のために用いられており、上述の関係式を使って全国の温泉発電可能量を検討した例はまだ無いようである。

この2種類の計算法のうち、大里による計算方法を用いて全国の温度・湧出量条件を満たす温泉（149か所）の温泉発電可能量を推計した。推計結果は7.3（2）に整理した。

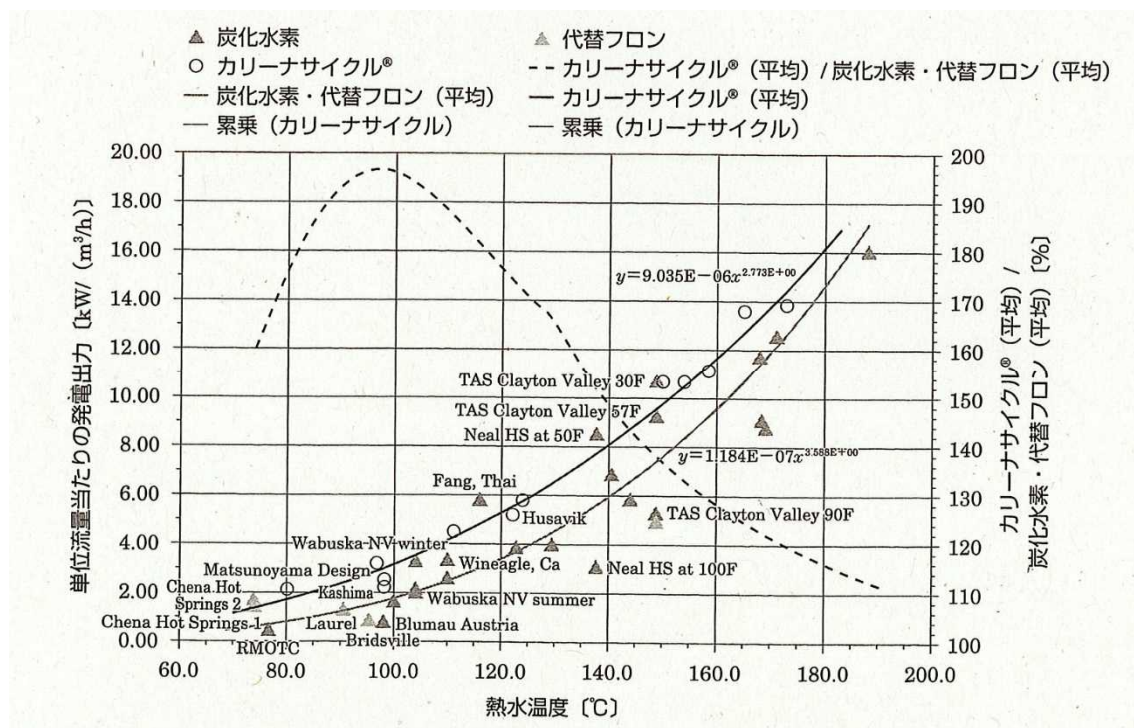


図 7.2-3 ランキンサイクルとカリーナサイクルの実績から求めた、温度と単位流量あたりの発電出力の関係（山田，2014，地熱エネルギーハンドブック）

金原（2005）に収録された温泉の温度・湧出量データと、大里の計算方法に基づくランキンサイクル及びカーナサイクルの発電量の関係を図 7.2-4 に示す。オレンジ色の点が資源量計算の対象としたデータである。

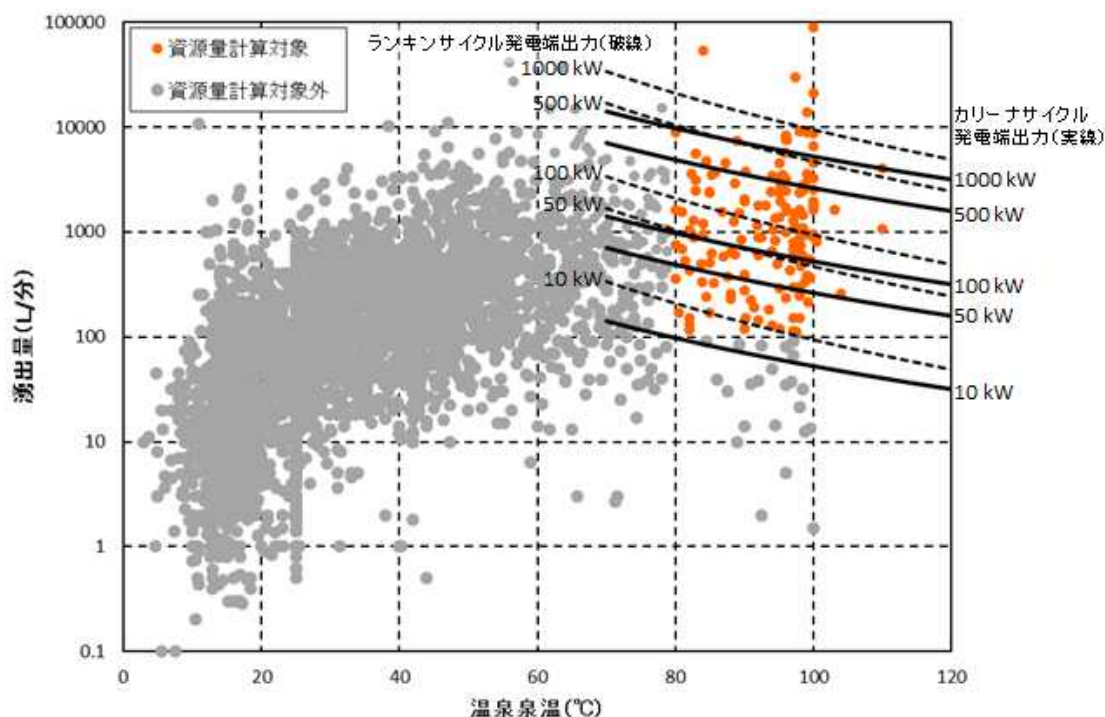


図 7.2-4 金原（2005）に収録された全国の温泉の泉温と湧出量、及び大里の計算方法によるカーナサイクルとランキンサイクルの発電可能量

既存温泉による温泉発電（低温バイナリー発電）の資源量計算結果についての注意点を整理する。大きくは温泉データに係るものと、温泉発電（バイナリー発電）技術に係るものに分けられる。金原（2005）に収録された温泉データは、個々の泉源のデータではなく温泉地ごとのデータである。温度としては、その温泉地で得られる最高温度が「温度上限」として掲載されている。湧出量は、その温泉地の総湧出量となる。そのため今回の計算は、「各温泉地で湧出する温泉を全てまとめて、かつその温泉地の最高温度の温泉熱水として、温泉発電に利用した場合の発電可能量」という位置づけになる。また、データの取得時期に幅があると考えられることによるデータ同時性の不確定さ、特に温泉の湧出量データについての不確かさ（湧出量データは公開されていないことが多い）、などがあることにも留意する必要がある。

温泉発電（バイナリー発電）の可能設備容量の算定における課題としては、発電可能な湧出温度・湧出量条件の設定が挙げられる。今後の発電システムの技術開発動向に合わせて適切な湧出温度・湧出量条件を設定していくことが求められる。また、温泉発電では低

温域でのバイナリーサイクル発電を行うため、冬季と夏季の外気温の差が発電効率に大きく影響し、夏季の出力が冬季の50～36%に減少する例があることが報告されている(山田, 2014)。夏季と冬季の出力変動差の程度は発電地点の地域的な要因にもよるので、今回のような資源評価には組み入れるのは難しいが、発電量に大きく影響する要素があるという認識は必要であろう。

<7.1、7.2の引用文献>

- 金原啓司(2008)日本温泉・鉱泉分布図及び一覧(第2版)。数値地質図GT-2,地質調査総合センター。
- 村岡洋文(2007)日本の地熱エネルギー開発凋落の現状と将来復活の可能性。日本エネルギー学会誌, vol. 86, p. 153-160.
- 大里和己・村岡洋文(2008)温泉バイナリー発電。日本エネルギー学会誌, vol. 87, p. 812-818.
- 石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)(2013)平成24年度 小規模地熱発電及び地熱水の多段階利用事業の導入課題調査 手引書。82p.
- 山田茂登(2008)バイナリー式発電の仕組み。日本地熱学会地熱エネルギーハンドブック刊行委員会(編)「地熱エネルギーハンドブック」, p. 348-357, オーム社。

7.3 温泉発電の資源分布図の作成

(1) 温泉発電の資源分布図の作成

大里による計算方式により推計した、カーリーナサイクルとランキンサイクルの資源分布図を図7.3-1、7.3-2に示す。

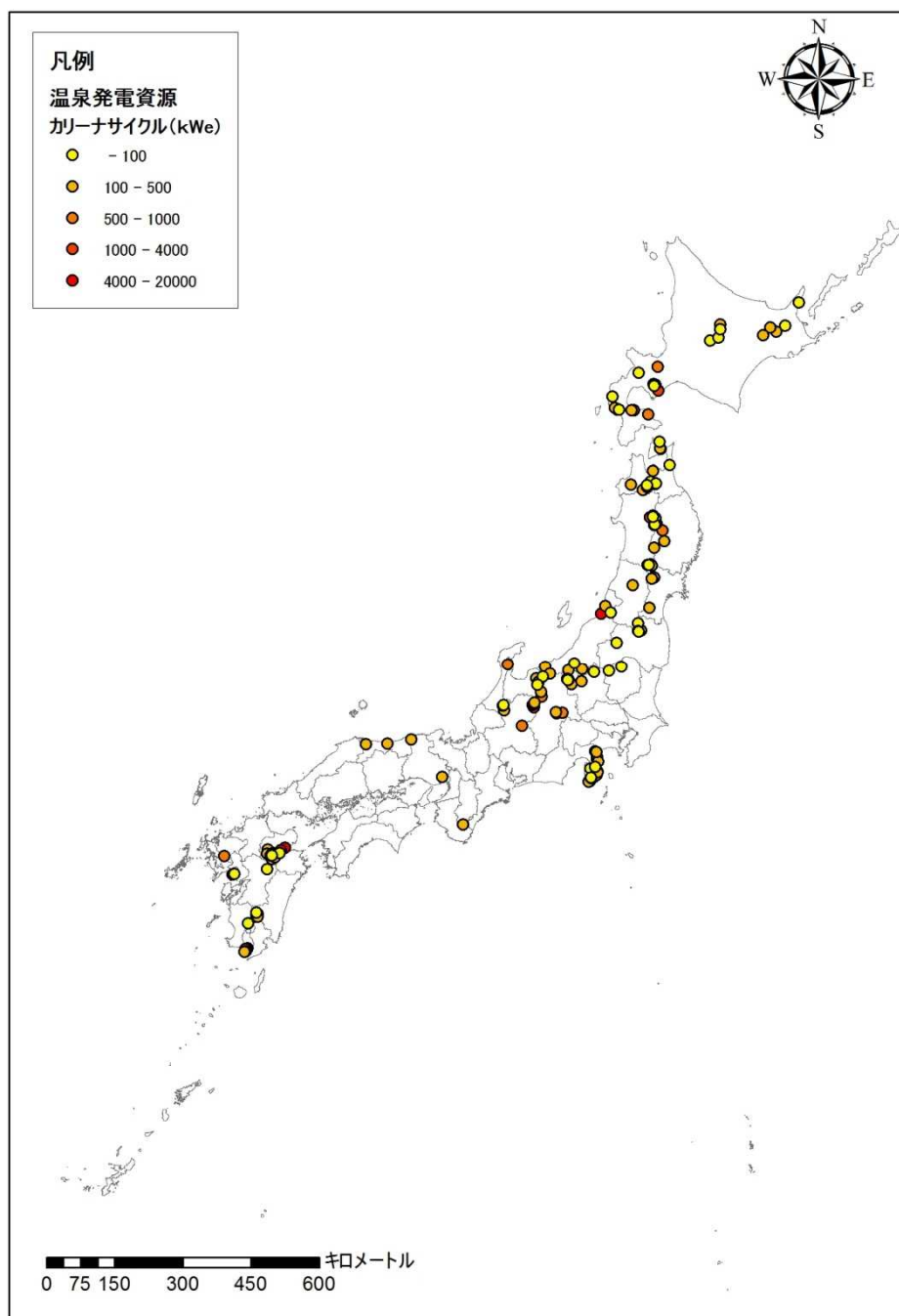


図 7.3-1 カーリーナサイクルを想定した温泉発電資源分布図

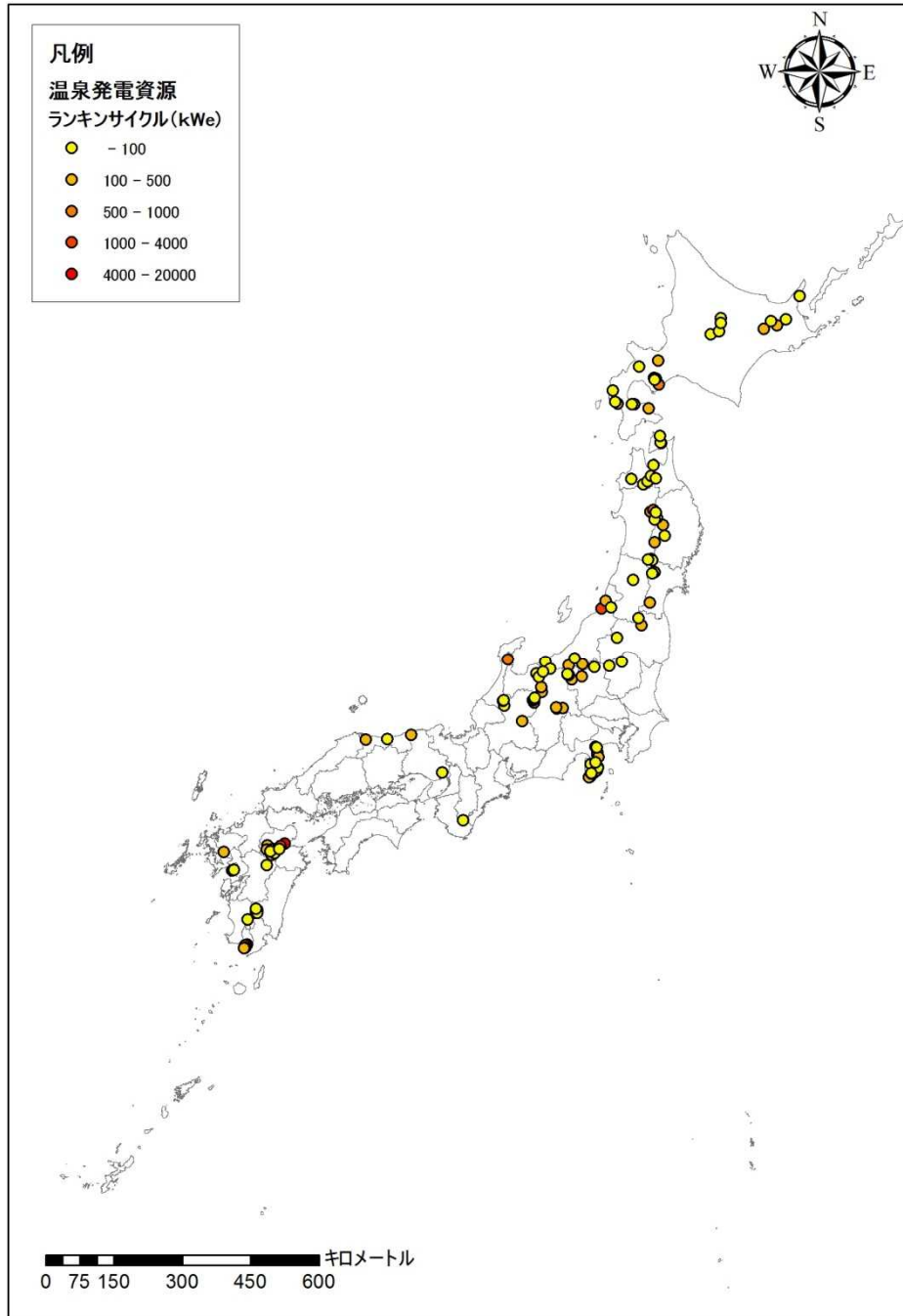


図 7.3-2 ランキンサイクルを想定した温泉発電資源分布図

(2) 温泉発電資源量集計結果

温泉発電の資源量集計結果を表 7.3-1 に、図 7.3-3 に示す。ランキンサイクルの場合は 4.14 万 kW、カリーナサイクルの場合は 7.65 万 kW と推計された。

表 7.3-1 温泉発電資源量の集計結果

発電方式	対象温度区分	資源量 (万 kW)
ランキンサイクル	80℃以上	4.14
カリーナサイクル	80℃以上	7.65

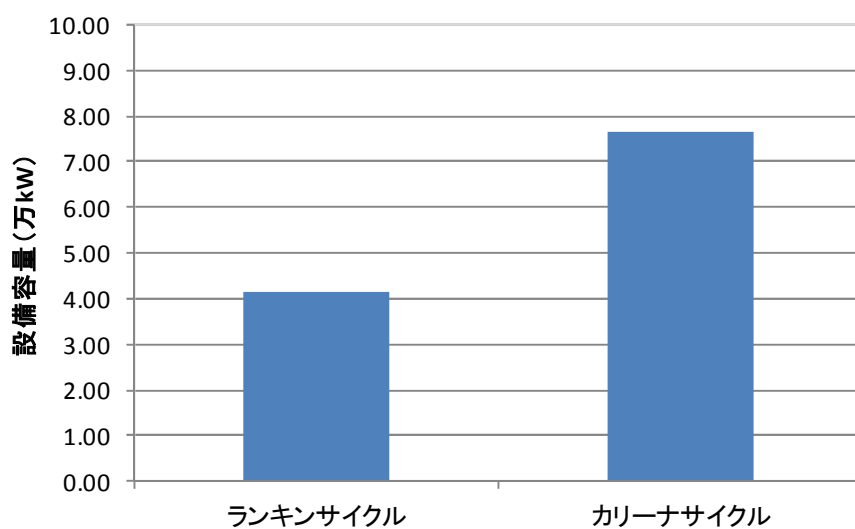
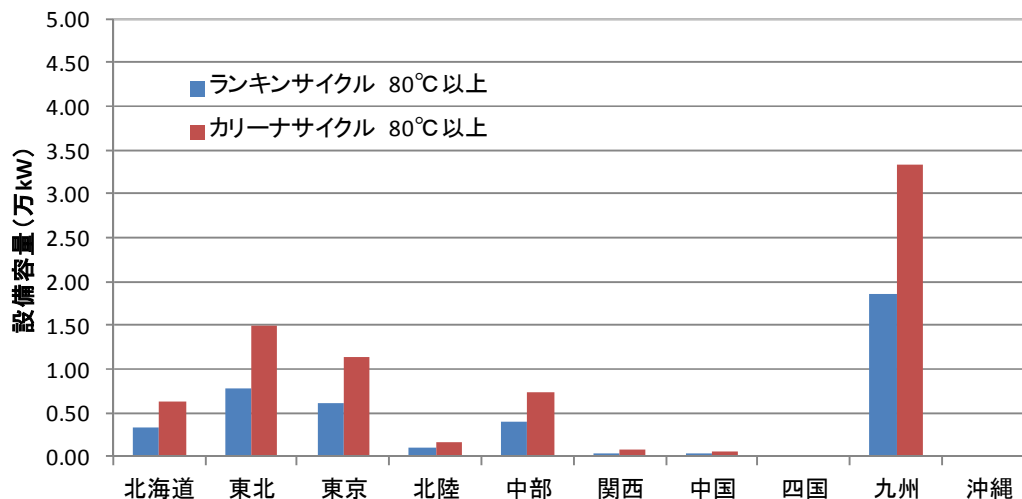


図 7.3-3 温泉発電資源量の集計結果

(3) 電力供給エリア別の温泉発電資源量分布状況

温泉発電の電力供給エリア別の資源量の分布状況を図 7.3-4 に示す。これによると九州電力管内に多く分布しており、その次に東北、東京電力管内に多く分布する。

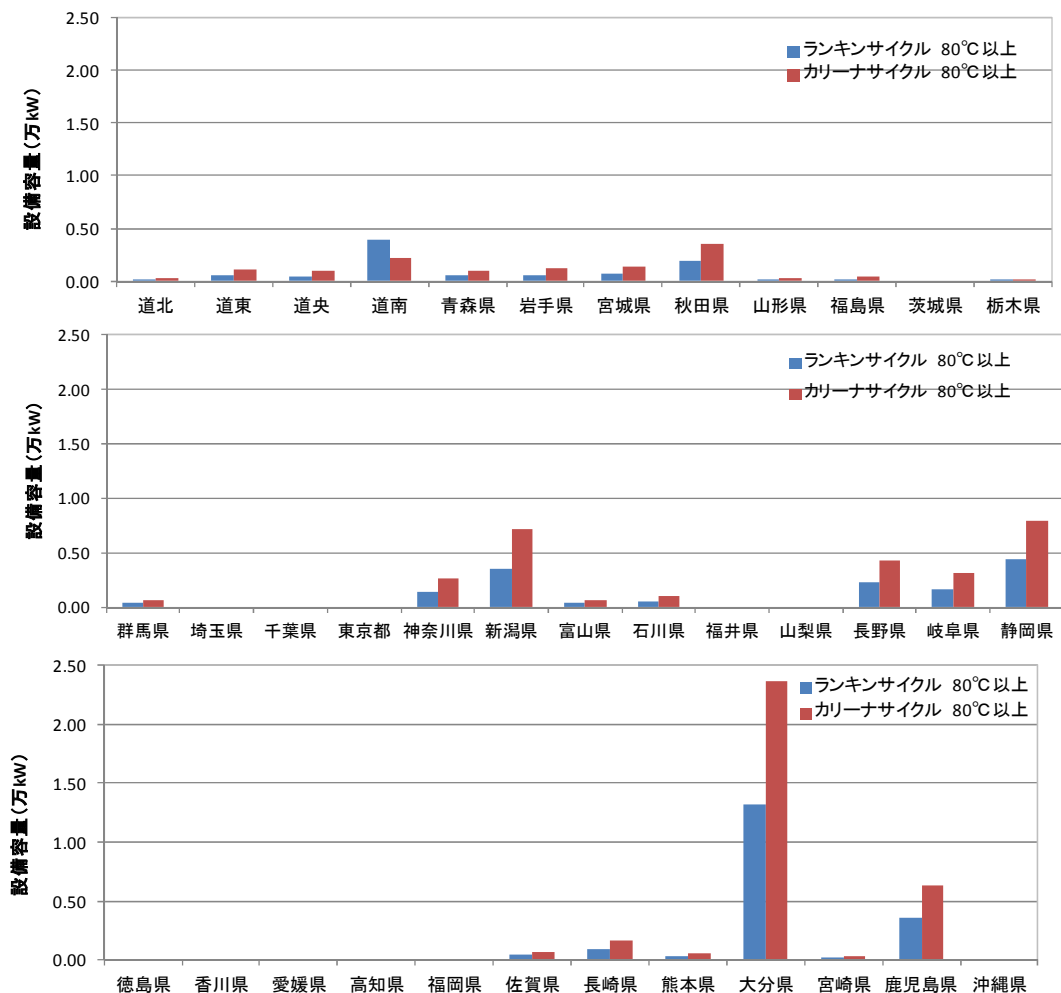


発電方式	対象温度区分	全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
ランキンサイクル	80℃以上	4.14	0.33	0.77	0.62	0.09	0.39	0.04	0.03	0.00	1.86	0.00
カーリーナサイクル	80℃以上	7.65	0.63	1.50	1.14	0.17	0.74	0.08	0.06	0.00	3.33	0.00

表 7.3-4 温泉発電の電力供給エリア別の資源量分布状況 (設備容量: 万 kW)

(4) 都道府県別の温泉発電資源量分布状況

温泉発電の都道府県別の資源量分布状況を図 7.3-5 に示す。これによると新潟県、静岡県、大分県、鹿児島県に多く分布しているのがわかる。



発電方式	対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
ランキンサイクル	80℃以上	4.14	0.02	0.06	0.05	0.40	0.05	0.06	0.08	0.20	0.01	0.02	0.00	0.01
カリナサイクル	80℃以上	7.65	0.03	0.11	0.10	0.22	0.10	0.12	0.14	0.36	0.03	0.04	0.00	0.01
発電方式	対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
ランキンサイクル	80℃以上	0.04	0.00	0.00	0.00	0.14	0.35	0.04	0.06	0.00	0.00	0.23	0.17	0.44
カリナサイクル	80℃以上	0.07	0.00	0.00	0.00	0.27	0.71	0.06	0.10	0.00	0.00	0.43	0.31	0.80
発電方式	対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
ランキンサイクル	80℃以上	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
カリナサイクル	80℃以上	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
発電方式	対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
ランキンサイクル	80℃以上	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03	1.32	0.02	0.36	0.00	
カリナサイクル	80℃以上	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.17	0.06	2.37	0.03	0.63	0.00	

図 7.3-5 温泉発電の都道府県別の資源量分布状況（設備容量：万 kW）

7.4 蒸気井に関する現地測定及び発電可能量の推計

7.4.1 調査対象とした蒸気井

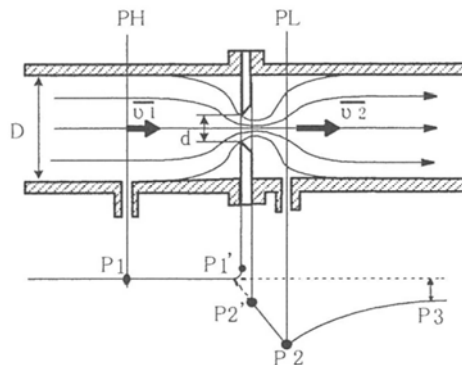
温泉水とともに蒸気を生産する温泉井を対象とする資源量評価方法の検討を行うため、全国から蒸気の噴出を伴う温泉井を抽出し、調査実施の可否を検討した。その結果、杉乃井ホテル（大分県別府市）及び中の湯（長野県松本市）の2箇所を選定した。

7.4.2 流量測定方法の選定

噴出流量の測定方法としては、オリフィス法、ピトー管を用いた流速測定法及びトレーサー希釈法などがある。これらの原理及び長所・短所を表7.4-1に示す。

表 7.4-1 各流量測定方法の原理及び長所・短所

測定方法	原理	長所	短所
オリフィス法	オリフィス板によって円管の流路断面積を絞り、その前後の圧力差から流量を求める（図7.4-1）。オリフィス板の形状及び計測方法についてはJIS Z 8762で定められている。	<ul style="list-style-type: none"> ・オリフィス板の絞り直径を変えることで、小流量から大流量まで測定可能である。 ・オリフィス板の構造が簡単で、保守が容易である。 ・蒸気流量の測定に適しており、多くの地熱発電所の蒸気配管に設置されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・単相流の測定が前提であり、蒸気と温泉水の混合流の場合、それぞれの流量は測定できない。 ・オリフィス板による圧力損失が大きい。 ・測定箇所の上下流に直管部が必要である。
ピトー管を用いた流速測定法	定常流が流れる配管内にピトー管を挿入し、全圧・静圧を測定して流速を求め、それと配管内径から体積流量を算出する（図7.4-2）。ピトー管の規格はJIS B 8330に定められている。	<ul style="list-style-type: none"> ・ピトー管の構造が簡単で、信頼性が高い。 ・保守が容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・あまり強くない噴気（水滴と飽和水蒸気からなる湿り蒸気）が対象。 ・噴気測定の場合はピトー管内に水滴が溜まりやすく、誤差の要因になる（地熱開発総合ハンドブック）。 ・噴気配管内の流速分布を求める必要がある。 ・測定箇所の前後に直管部が必要。 ・ピトー管を挿入できる大きさのバルブ（1インチ）が必要。 ・噴気密度の測定装置（湯原式蒸気密度計）の誤差が10%以上と大きい（地熱開発総合ハンドブック）。
トレーサー希釈法	蒸気及び温泉水が流れる配管内に一定の流量でトレーサー試薬を注入し、その試薬が蒸気または温泉水でどの程度希釈されたかを分析して、蒸気・温泉水の流量を導く（図7.4-3）。	蒸気・温泉水の単相流及び混合流のいずれにおいても、蒸気及び温泉水のそれぞれの流量が同時に測定できる。	<ul style="list-style-type: none"> ・現地では流量が分からない。 ・配管にトレーサー注入バルブ及び試料採取バルブが必要である。 ・トレーサー注入と試料採取バルブの間には、トレーサーの混合を促進する構造（配管の曲がり、弁、オリフィス板など）が必要である。

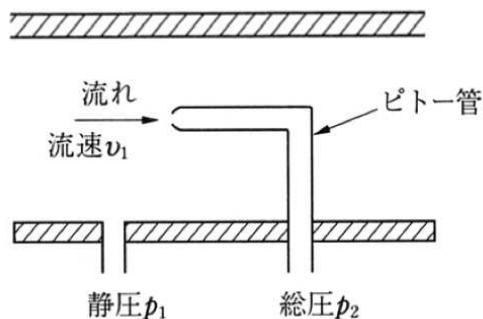


$$Q = \varepsilon C \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho_1} (P_1 - P_2)}$$

- Q : 体積流量 (m³/s)
- ρ_1 : 上流側圧力測定断面における流体密度 (kg/m³)
- β : 絞りの内径 d(m)管内径 D(m)との比 ($\beta = d/D$)
- C : 流出係数 (実際の流量と理論流量との比)
- D : 絞りの直径(m)
- ε : 膨張補正係数 (非圧縮性流体では $\varepsilon = 1$)

図 7.4-1 オリフィス法による流量測定の原理

出典：メーカー技術者が書いたやさしく計装がわかる 工業計測と制御の基礎,2003,工業技術社



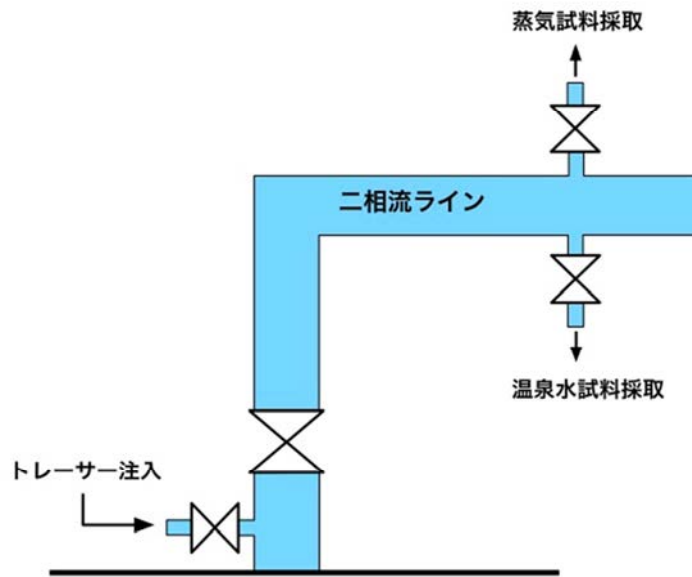
$$v = c \sqrt{2(P_2 - P_1) / \rho}$$

$$Q = A \times v \times 60$$

- v : 流速 (m/s)
- c : ピトー管係数
- P_2 : 全圧 (Pa)
- P_1 : 静圧 (Pa)
- ρ : 流体密度 (kg/m³)
- Q : 体積流量 (m³/min)
- A : 管内断面積 (m²)

図 7.4-2 ピトー管による流量測定の原理

出典：日本大学工学部 HP



$$WF = Gb/Cb$$

$$SF = (Ga - WF \cdot Ta)/Ca$$

WF : 温泉水流量 (t/h)

SF : 蒸気流量 (t/h)

Gb : 温泉水トレーサー注入流量 (g/h)

Ga : 蒸気トレーサー注入流量 (g/h)

Cb : 温泉水サンプル中の温泉水トレーサー濃度 (g/t)

Ca : 蒸気サンプル中の蒸気トレーサー濃度 (g/t)

Ta : 温泉水サンプル中の蒸気トレーサー濃度 (g/t)

図 7.4-3 トレーサー希釈法による流量測定の実理

出典：地熱エンジニアリング株式会社社内資料

各流量測定方法の原理及び長所・短所を踏まえて、杉乃井ホテル及び中の湯において現地設備状況を確認し、流量測定方法を選定した。その結果を表 7.4-2 に示す。杉乃井ホテルおよび中の湯ともにオリフィス板は設置されておらず、ピトー管が挿入できるバルブもなかったため、両地点での流量測定はトレーサー希釈法を用いることとした。なお、トレーサー希釈法の精度は Lovelock (2006) で検討されており、オリフィス流量計による蒸気流量値とトレーサー希釈法により求まる蒸気流量の誤差は最大でも 3.2%であることが分かっている (表 7.4-3)。

表 7.4-2 流量測定方法の選定結果

No.	流量測定方法	現地調査結果	選定結果
1	オリフィス法	杉乃井ホテル及び中の湯の湯の輸送配管にオリフィス板は設置されていない。そのため、本調査でオリフィス法を適用する場合にはオリフィス板を新設する必要がある。しかし、本調査では蒸気井の設備改造は行わないため、オリフィス法は適用できない。	
2	ピトー管を用いた流速測定法	杉乃井ホテル、中の湯ともに流体の輸送配管上にピトー管を挿入できる大きさのバルブが無い。	
3	トレーサー希釈法	杉乃井ホテル、中の湯ともにトレーサー注入及び試料採取に適したバルブがある。また、それらのバルブの間に、トレーサーと噴気流体の混合を促進させる構造（配管の曲がり,流量調整弁）が存在する。	○

表 7.4-3 オリフィス流量計とトレーサー希釈法による蒸気流量の比較

Table 1. Comparison of flows measured by orifice plate and tracer flow testing: isopropanol (IPA) and SF₆ methods. Flows are calculated at the separator pressure of 10.5 b.g.

Well	Measurement Date		Enthalpy kJ/kg	Steam Flows (kg/s)			Differences (%)			Brine Flow (kg/s)		Diff. (%)
	SF ₆ and Orifice	IPA		Orifice Plate	IPA	SF ₆	IPA vs Orifice	SF ₆ vs Orifice	IPA vs SF ₆	IPA ¹	SF ₆ ²	
A	01-Sep-01	27-Sep-01	~2800	45.7	44.8	43.2	-2.0%	-5.4%	3.6%	dry steam		
A	11-Mar-02	27-Mar-02	~2800	41.0	42.3	39.5	3.2%	-3.7%	7.2%	"		
A	29-Aug-02	29-Aug-02	~2800	39.9	40.2		0.8%			"		
A		13-May-03	~2800	43.3	42.9		-1.0%			"		
B	01-Sep-01	27-Sep-01	~2800	34.4	34.3	32.1	-0.2%	-6.7%	7.1%	dry steam		
B	04-Mar-02	27-Mar-02	~2800	33.5	34.0	37.5	1.7%	12.0%	-9.2%	"		
B	29-Aug-02	29-Aug-02	~2800	34.8	34.8	31.6	0.0%	-9.1%	10.0%	"		
B		13-May-03	~2800	37.6	37.2	35.8	-1.1%	-4.8%	3.9%	"		
C	01-Sep-01	27-Sep-01	~2800	59.4	60.1	57.6	1.2%	-3.0%	4.4%	dry steam		
C	04-Mar-02	27-Mar-02	~2800	60.3	60.5	61.6	0.3%	2.2%	-1.9%	"		
C	29-Aug-02	29-Aug-02	~2800	59.7	59.0		-1.2%			"		
C		13-May-03	~2800	58.9	59.9		1.6%			"		
D	05-Mar-02	26-Mar-02	1330	-	32.2	31.0			3.9%	87.6	79.4	10.3%
D	30-Aug-02	29-Aug-02	1330	-	27.3	26.6			2.9%	74.2	69.5	6.7%
D	15-May-03	12-May-03	1370	-	26.4	21.7			21.8%	64.2	64.6	-0.7%
E	02-Sep-01	28-Sep-01	2180	-	12.9	13.0			-1.3%	5.5	5.5	1.4%
E	11-Mar-02	26-Mar-02	2140	-	12.0	12.1			-0.8%	5.6	5.8	-3.0%
E	29-Aug-02	30-Aug-02	2520	-	12.6	12.0			5.6%	1.9	3.6	-47.0%
E	13-May-03	12-May-03	2310	-	13.4	13.7			-2.5%	4.2	3.0	39.7%
F	02-Sep-01	28-Sep-01	2370	-	23.4	24.5			-4.4%	6.2	9.3	-33.7%
F	05-Mar-02	26-Mar-02	2540	-	23.3	25.9			-10.1%	3.3	3.1	6.1%
F	29-Aug-02	30-Aug-02	2370	-	25.4	28.3			-10.3%	6.6	6.2	6.5%
F	13-May-03	12-May-03	2600	-	34.1	32.3			5.6%	3.4	2.3	45.1%

Wells A, B and C are dry steam producers. Enthalpy for wells D, E and F calculated from alcohol flows

¹ Benzoate used as brine phase tracer. ² Proprietary brine phase tracer used.

出典：Lovelock,2006

7.4.3 トレーサー希釈法による流量測定方法

トレーサー希釈法による二相流流量測定は、蒸気及び温泉水が流れる配管内にトレーサー試薬を一定流量で注入し、その試薬が蒸気または温泉水でどの程度希釈されたかを分析し、蒸気及び温泉水の流量を求める方法である。トレーサーとしては、安息香酸ナトリウム（温泉水流量測定用）とイソプロピルアルコール（蒸気流量測定用）を混合した溶液を使用した。

本調査では、注入したトレーサーが蒸気及び温泉水と均一に混合されて一定の濃度になったことを確かめるために、トレーサー注入開始 15 分前から 1 分～10 分間隔で連続して蒸気及び温泉水試料を採取した。蒸気・温泉水試料は地熱エンジニアリング（株）にて分析し、試料中のトレーサー濃度を求めた。そのうち、一定の値が確認された試料のトレーサー濃度と、注入したトレーサー溶液の濃度を基に、蒸気及び温泉水の流量を計算した。

杉乃井ホテル及び中の湯における現地作業の詳細は以下の通りである。

（1）杉乃井ホテル

1) 測定対象

6 本の生産井のうち、バルブ等の設備の状態が良い 3 号井において流量測定を実施した。温泉水の噴出は認められなかったため、蒸気流量のみを測定した。

2) 測定方法

a. トレーサー注入

・トレーサー注入箇所（図 7.4-4 及び写真 7.4-1）

3 号井の坑口直上に備わる 1 インチのバルブからトレーサー注入ノズル（120cm）を差し込み、流体が流れる配管中にトレーサーを注入した。

・トレーサー原液濃度及び注入流量

杉乃井ホテル（3 号井）では、安息香酸ナトリウム 0.125wt%、イソプロピルアルコール 10wt%のトレーサー原液を使用し、平均 115.4g/min の一定流量で注入した。

b. 試料採取

・蒸気試料採取箇所

井戸元から約 10m 下流に備わる下向きの 1 インチバルブより蒸気を取り出した。この試料採取バルブは本流ラインではなくバイパスライン上にあるため、流量測定時はバイパスラインに通じる仕切り弁を杉乃井ホテル様に開いて頂き、採取箇所にも定常的に流体を流動させた。

・試料採取間隔

トレーサー注入開始 15 分前から 30 分後まで 1～10 分間隔で蒸気試料を採取した。

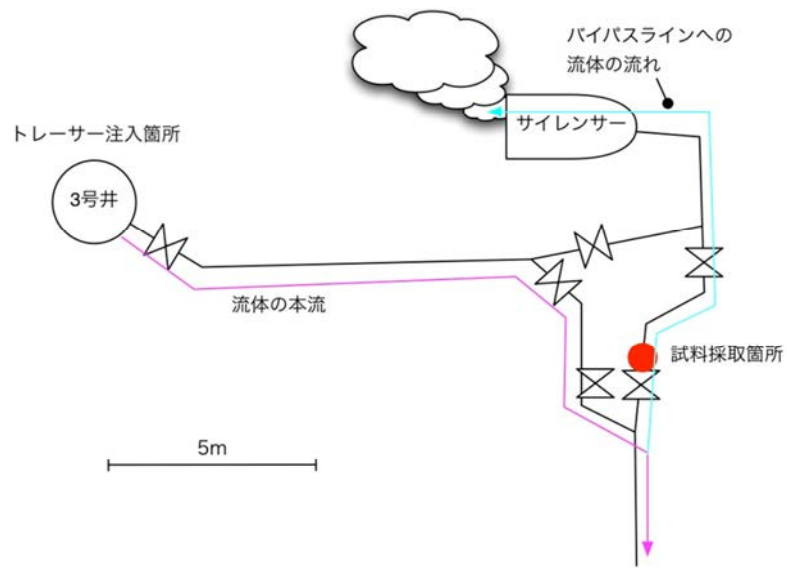


図 7.4-4 トレーサー注入箇所及び試料採取箇所の概略図：杉乃井ホテル（3号井）



3号井全景

蒸気試料は、サイレンサーに向かうバイパスラインから採取した。
サイレンサーに向かうバイパスラインは通常閉じられている。
流量測定時は、仕切り弁を開けて頂き、サイレンサーからブローしてバイパスラインに流体を流した。



トレーサー注入風景

坑口直上の1インチバルブからトレーサー注入ノズル(120cm程度)を挿入した。



蒸気試料採取風景

サイレンサーに向かうバイパスライン上の1インチ下向きバルブから蒸気を取り出し、試料採取を行った。
温泉水の噴出は認められなかった。

写真 7. 4-1 トレーサー注入箇所及び試料採取箇所：杉乃井ホテル（3号井）

(2) 中の湯

1) 測定対象

主力井である F 孔を測定対象とした。

F 孔には既設のセパレータが設置されており、その後の蒸気ライン及び温泉水ラインには、それぞれ渦流量計（蒸気流量測定用）及び電磁流量計（温泉水流量測定用）が設置されている。本調査ではそれらの計測値との比較も行った。

2) 測定方法

a. トレーサー注入

・ トレーサー注入箇所（写真 7.4-2 参照）

F 孔の坑口ブリード弁からトレーサー注入ノズル（105cm）を挿入し、坑口配管の中心にトレーサーを注入した。

・ トレーサー原液濃度及び注入流量

中の湯（F 孔）では、安息香酸ナトリウム 20wt%、イソプロピルアルコール 20wt%のトレーサー原液を使用し、平均 24.2g/min の一定流量で注入した。

b. 試料採取

・ 温泉水試料採取箇所

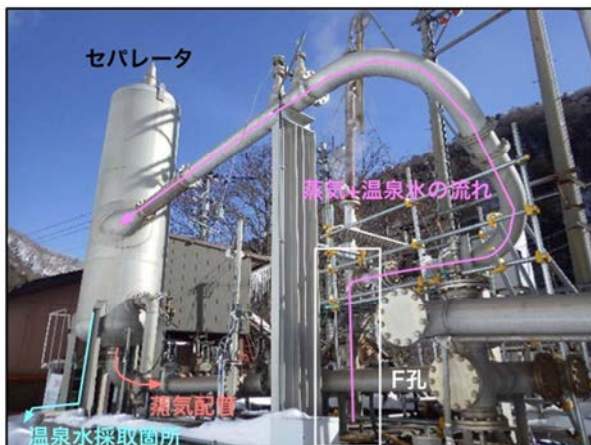
F 孔の生産流体は、坑口から流量調整弁を経て既設のセパレータに導入される。このセパレータのドレン抜きから、温泉水試料を採取した。

・ 蒸気試料採取箇所

セパレータ後の蒸気ラインに備わる上向きバルブ（3/8 インチ）から蒸気試料を採取した。

・ 試料採取間隔

トレーサー注入開始 15 分前から 50 分後まで 1～10 分間隔で蒸気及び熱水試料を採取した。



F 孔全景

F 孔の噴出流体（蒸気+温泉水）は既設のセパレータに導入され、蒸気と温泉水に分離される。

温泉水試料はセパレータのドレン抜きから採取した。



トレーサー注入風景

坑口ブリード弁からトレーサー注入ノズル（1m 程度）を挿入した。



蒸気試料採取風景

蒸気試料は、セパレータ後の蒸気ラインの上向きバルブ（3/8 インチ）から採取した。

写真 7. 4-2 トレーサー注入箇所及び試料採取箇所：中の湯（F 孔）



蒸気試料採取風景



温泉水試料採取風景

写真 7.4-3 トレーサー注入箇所及び試料採取箇所：中の湯（F孔）

7.4.4 流量測定結果

(1) 流量測定結果

トレーサー希釈法による流量測定の結果を表 7.4-4 に示す。

杉乃井ホテル (3号井) の蒸気流量は 3.7t/h であった (温泉水の流量は 0t/h)。

中の湯 (F 孔) の蒸気流量は、4.7t/h、温泉水流量は 33t/h であった。この値は、現地に設置されている流量計の値 (蒸気: 4.6~4.7t/h, 温泉水: 34~35t/h) とほぼ同じであった。

表 7.4-4 杉乃井ホテル (3号井) 及び中の湯 (F 孔) の流量測定結果

坑井名		3号井	F孔	
測定年月日		2010/2/20	2010/2/12	
測定時間		10:45~11:15	11:10~12:02	
大気圧力	hPa	997	866	
坑口圧力	MPaG	0.19	0.628~0.629	
測定圧力	MPaG	0.10	0.008	
測定圧力	MPaA	0.20	0.095	
測定結果	蒸気流量	t/h	3.7	4.7
	熱水流量	t/h	0	33
	総流量	t/h	3.7	38
	乾き度	-	1.0	0.12
	坑口における蒸気温度	℃	135	166
	総噴出エンタルピー	kJ/kg	2729	693
	総噴出エンタルピーに相当する液相 (純水) の温度	℃	-	164
(参考) 現地計測値	蒸気流量 (渦流量計)	t/h	-	4.6~4.7
	熱水流量 (電磁流量計)	t/h	-	34~35

(2) 試料中のトレーサー濃度変化

杉乃井ホテル (3号井) における試料中のトレーサー濃度の変化を表 7.4-5 及び図 7.4-5 に、中の湯 (F 孔) における試料中のトレーサー濃度の変化を表 7.4-6 及び図 7.4-6 に示す。

杉乃井ホテル (3号井) では試料 No. 3 (トレーサー注入開始 2 分後) 以降、中の湯 (F 孔) では試料 No. 11 (トレーサー注入開始 30 分後) 以降に、蒸気及び温泉水試料中のトレーサー濃度が安定していることを確認した。このことから、杉乃井ホテル (3号井) ではトレーサー注入開始 2 分後以降に、中の湯 (F 孔) ではトレーサー注入開始 30 分後以降に試料採取箇所に到達した流体には、注入したトレーサーが均一に混合されていたと判断する。したがって、杉乃井ホテル (3号井) ではトレーサー注入開始後 2 分~30 分の試料 (No. 3~No. 18) を、中の湯 (F 孔) ではトレーサー注入開始後 30 分~50 分の試料 (No. 11~No. 14) を用いて流量を算出した。

表 7.4-5 杉乃井ホテル（3号井）の流量調査における IPA の濃度変化

試料No.	試料採取時刻	トレーサー注入からの経過時間(分)	蒸気試料中 IPA濃度 (mg/L)	温泉水試料中 安息香酸濃度 (mg/L)
BG-1	10:30	-15	0	-
BG-2	10:35	-10	0	-
BG-3	10:40	-5	0	-
-	10:45	トレーサー溶液注入開始		
1	10:45:30	0.5	22.5	-
2	10:46	1	184.3	-
3	10:47	2	187.4	-
4	10:48	3	185.5	-
5	10:49	4	178.6	-
6	10:50	5	185.3	-
7	10:51	6	179.6	-
8	10:52	7	187.8	-
9	10:53	8	181.7	-
10	10:54	9	177.5	-
11	10:55	10	183.4	-
12	10:57	12	182.0	-
13	10:59	14	184.5	-
14	11:01	16	186.5	-
15	11:03	18	190.2	-
16	11:05	20	188.3	-
17	11:10	25	185.3	-
18	11:15	30	188.4	-

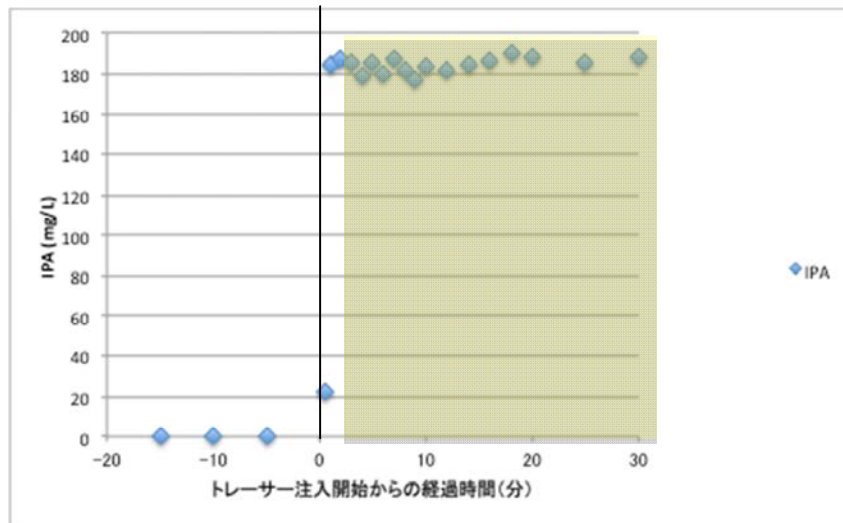


図 7.4-5 杉乃井ホテル（3号井）の流量調査における IPA の濃度変化

表 7.4-6 中の湯（F 孔）の流量調査における IPA 及び安息香酸の濃度変化

試料No.	試料採取時刻	トレーサー注入からの経過時間(分)	蒸気試料中 IPA濃度 (mg/L)	温泉水試料中 安息香酸濃度 (mg/L)
BG-1	10:55	-15	0	0
BG-2	11:00	-10	0	0
BG-3	11:05	-5	0	0
-	11:10	トレーサー溶液注入開始		
1	11:11	1	12.3	0.45
2	11:12	2	34.1	3.0
3	11:13	3	44.7	4.2
4	11:15	5	47.9	6.3
5	11:17	7	47.3	7.4
6	11:19	9	47.0	8.0
7	11:22	12	46.3	8.6
8	11:26	16	47.2	8.6
9	11:30	20	47.9	8.7
10	11:35	25	49.4	8.8
11	11:40	30	49.1	9.0
12	11:45	35	49.3	8.9
13	11:50	40	48.9	8.6
14	12:00	50	48.6	8.7

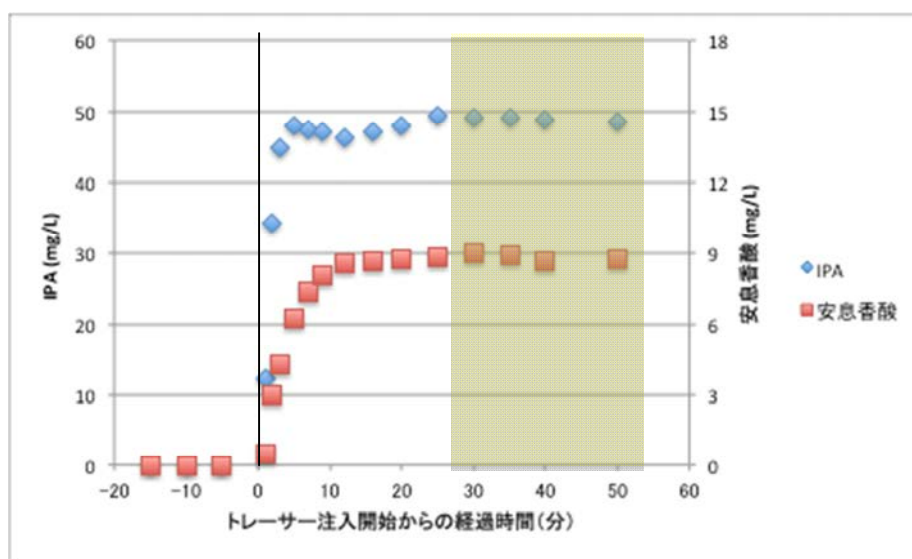


図 7.4-6 中の湯（F 孔）の流量調査における IPA 及び安息香酸の濃度変化

<引用文献>

Brian Lovelock, 2006, FLOW TESTING IN INDONESIA USING ALCOHOL TRACERS, Proceedings 31st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University.

7.4.5 蒸気井の発電可能量の推計

(1) 蒸気井の発電可能量の推計方法

上述 7.2 に整理した大里による計算方法によって発電可能量を推計する。計算の流れを図 7.4-7 に示す。蒸気量を同じ温度・圧力下の同エンタルピの熱水量に置き換え、7.2 で用いたカーナサイクルとしての発電可能量計算式及びランキンサイクルとしての計算式を用いて発電可能量を計算した。

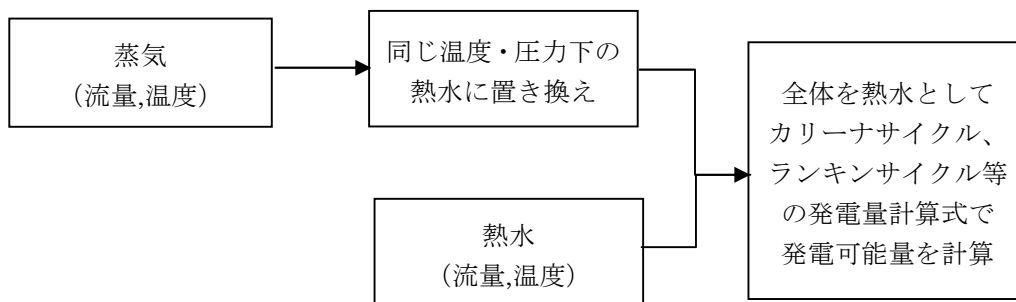


図 7.4-7 蒸気井及び気液 2 相が湧出する温泉での発電可能量推計の計算要領

(2) 蒸気井の発電可能量の推計結果

今回測定を実施した 2 地点の発電可能量推計に係る情報を表 7.4-7 に整理する。

表 7.4-7 発電可能量推計に係る情報（表 7.4-4 の一部再掲）

地域／ 坑井名		杉乃井 3 号井	中の湯 F 孔	
大気圧力	hPa	997	866	
坑口圧力	MPaG	0.19	0.628～0.629	
測定圧力	MPaG	0.10	0.008	
測定圧力	MPaA	0.20	0.095	
測定結果	蒸気流量	t/h	3.7	4.7
	熱水流量	t/h	0	33
	総流量	t/h	3.7	38
	乾き度	-	1.0	0.12
	坑口における蒸気温度	℃	135	166
	総噴出エンタルピ	kJ/kg	2729	693
	総噴出エンタルピに相当する液相（純水）の温度	℃	-	164
(参考) 現地計測値	蒸気流量（渦流量計）	t/h	-	4.6～4.7
	熱水流量（電磁流量計）	t/h	-	34～35

2 地点での発電可能量推計計算を以下に示す。

①杉乃井 3 号井

- ・ 蒸気表より、135℃、0.20 MPa の過熱蒸気の比エンタルピを求める。
比エンタルピ 2737.8236 [kJ/kg]
- ・ 蒸気表より、135℃の飽和水の比エンタルピを求める。
比エンタルピ 567.7661 [kJ/kg]
- ・ 上記 2 つの関係から、蒸気流量を等しいエンタルピの飽和熱水量に換算する。
 $3.7 \text{ [t/h]} \times (2737.8236/567.7661) = 17.8 \text{ [t/h]}$
- ・ 大里による計算式より、カーリーナサイクル及びランキンサイクルでの発電量を計算する。
カーリーナサイクル $P=Q \times 9.005 \times 10^{-6} \times T^{2.773}$
炭化水素ガス、不活性ガス $P=Q \times 1.184 \times 10^{-7} \times T^{3.588}$
P：発電端出力 (kW)，Q：熱源流量 (t/h)，T：熱源温度 (℃)

カーリーナサイクルの場合	129.5 kW
ランキンサイクルの場合	92.8 kW

②中の湯 F 孔

- ・ 蒸気表より、0.095MPa での飽和蒸気温度を求める。
飽和蒸気温度 98.2℃
- ・ 蒸気表より、98.2℃での飽和水蒸気と飽和水の比エンタルピを求める。
飽和蒸気の比エンタルピ 2672.7224 [kJ/kg]
飽和水の比エンタルピ 411.5064 [kJ/kg]
- ・ 上記の関係から、蒸気流量を等しいエンタルピの飽和熱水量に換算し、さらに全体流量を計算する。
 $4.7 \text{ [t/h]} \times (2672.7224/411.5064) = 30.5 \text{ [t/h]}$
 $30.5 + 33 = 63.5 \text{ [t/h]}$
- ・ 大里による計算式より、カーリーナサイクル及びランキンサイクルでの発電量を計算する。

カーリーナサイクルの場合	191.2 kW
ランキンサイクルの場合	105.6 kW

以上の結果を表 7.4-8 にまとめる。

7.2 に述べたように、温泉発電では低温域でのバイナリーサイクル発電を行うため、システムの冷却条件（季節に夜の外気温の差や空冷/水冷の別など）が発電効率に大きく影響する。大里による計算式は海外各地での稼働実績から近似的に求められたもので、平均的な冷却条件の下での発電可能量推計値が得られていると考えられる。

表 7.4-8 調査を実施した 2 温泉での発電可能量推計結果

温泉	カリーナサイクルとして計算した場合	ランキンサイクルとして計算した場合
杉乃井 3 号井	129.5 kW	92.8 kW
中の湯 F 孔	191.2 kW	105.6 kW

第8章 導入ポテンシャルの再推計

本章では、国立公園（第2種特別地域、第3種特別地域）における開発と傾斜掘削による開発に関する条件を付した3種類の導入ポテンシャルを推計した結果を記述する。

8.1 導入ポテンシャル推計条件の設定

環境省の平成21～24年度の調査における推計条件を基に、導入ポテンシャルの推計条件を設定する。なお、導入ポテンシャルの種類としては以下の3種類を想定し、発電方式の特性に応じて選定する。

- ・基本となる導入ポテンシャル（基本）：
国立・国定公園（第2種特別地域、第3種特別地域）なし、傾斜掘削なし
- ・条件付き導入ポテンシャル1（条件1）：
国立・国定公園（第2種特別地域、第3種特別地域）なし、傾斜掘削あり
- ・条件付き導入ポテンシャル2（条件2）：
国立・国定公園（第2種特別地域、第3種特別地域）あり、傾斜掘削なし

表 8.1-1 蒸気フラッシュ発電に関する開発不可条件

区分	項目	「基本となる導入ポテンシャル」 の開発不可条件	「条件付き導入ポテンシャル1」 の開発不可条件 (傾斜掘削あり)	「条件付き導入ポテンシャル2」 の開発不可条件 (国立・国定公園（第2種特別地 域、第3種特別地域）あり)
社会条件(法規制等)	法規制区分	1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域） 2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域） 3) 原生自然環境保全地域 4) 自然環境保全地域 5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区(国指定、都道府県指定) 6) 世界自然遺産地域	以下の区域の外縁部から 1.5km 以上離れた内側地域 1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域） 2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域） 3) 原生自然環境保全地域 4) 自然環境保全地域 5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区(国指定、都道府県指定) 6) 世界自然遺産地域	1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域） 2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域） 3) 原生自然環境保全地域 4) 自然環境保全地域 5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区(国指定、都道府県指定) 6) 世界自然遺産地域
社会条件(土地利用等)	土地利用区分	7. 建物用地、9. 幹線交通用地、A. その他の用地、B. 河川地及び湖沼、F. 海水域	7. 建物用地、9. 幹線交通用地、A. その他の用地、B. 河川地及び湖沼、F. 海水域	7. 建物用地、9. 幹線交通用地、A. その他の用地、B. 河川地及び湖沼、F. 海水域
	居住地からの距離	100m 未満	100m 未満	100m 未満
	都市計画区分	市街化区域	市街化区域	市街化区域

表 8.1-2 バイナリー発電に関する開発不可条件（案）

区分	項目	「基本となる導入ポテンシャル」の開発不可条件	「条件付き導入ポテンシャル1」の開発不可条件 (傾斜掘削あり)	「条件付き導入ポテンシャル2」の開発不可条件 (国立・国定公園（第2種特別地域、第3種特別地域）あり)
社会条件(法規制等)	法規制区分	1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域） 2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域、第2種特別地域、第3種特別地域） 3) 原生自然環境保全地域 4) 自然環境保全地域 5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区（国指定、都道府県指定） 6) 世界自然遺産地域	/	1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域） 2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域） 3) 原生自然環境保全地域 4) 自然環境保全地域 5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区（国指定、都道府県指定） 6) 世界自然遺産地域
	土地利用区分	7. 建物用地、9. 幹線交通用地、A. その他の用地、B. 河川地及び湖沼、F. 海水域		7. 建物用地、9. 幹線交通用地、A. その他の用地、B. 河川地及び湖沼、F. 海水域
	居住地からの距離	100m 未満		100m 未満
都市計画区分	市街化区域	市街化区域		

表 8.1-3 低温バイナリー発電に関する開発不可条件（案）

区分	項目	「基本となる導入ポテンシャル」の開発不可条件	「条件付き導入ポテンシャル1」の開発不可条件 (傾斜掘削あり)	「条件付き導入ポテンシャル2」の開発不可条件 (国立・国定公園（第2種特別地域、第3種特別地域）あり)
社会条件(法規制等)	法規制区分	1) 国立・国定公園（特別保護地区、第1種特別地域） 2) 都道府県立自然公園（第1種特別地域） 3) 原生自然環境保全地域 4) 自然環境保全地域 5) 鳥獣保護区のうち特別保護地区（国指定、都道府県指定） 6) 世界自然遺産地域	/	/
社会条件(土地利用等)	土地利用区分	9. 幹線交通用地、A. その他の用地、B. 河川地及び湖沼、F. 海水域		
	居住地からの距離	考慮せず		
都市計画区分	考慮せず			

8.2 導入ポテンシャルの推計結果

(1) 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル

① 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布状況

蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-1～9 に示す。これによると下北、八幡平、大分などに導入ポテンシャルが多く分布していることがわかる。

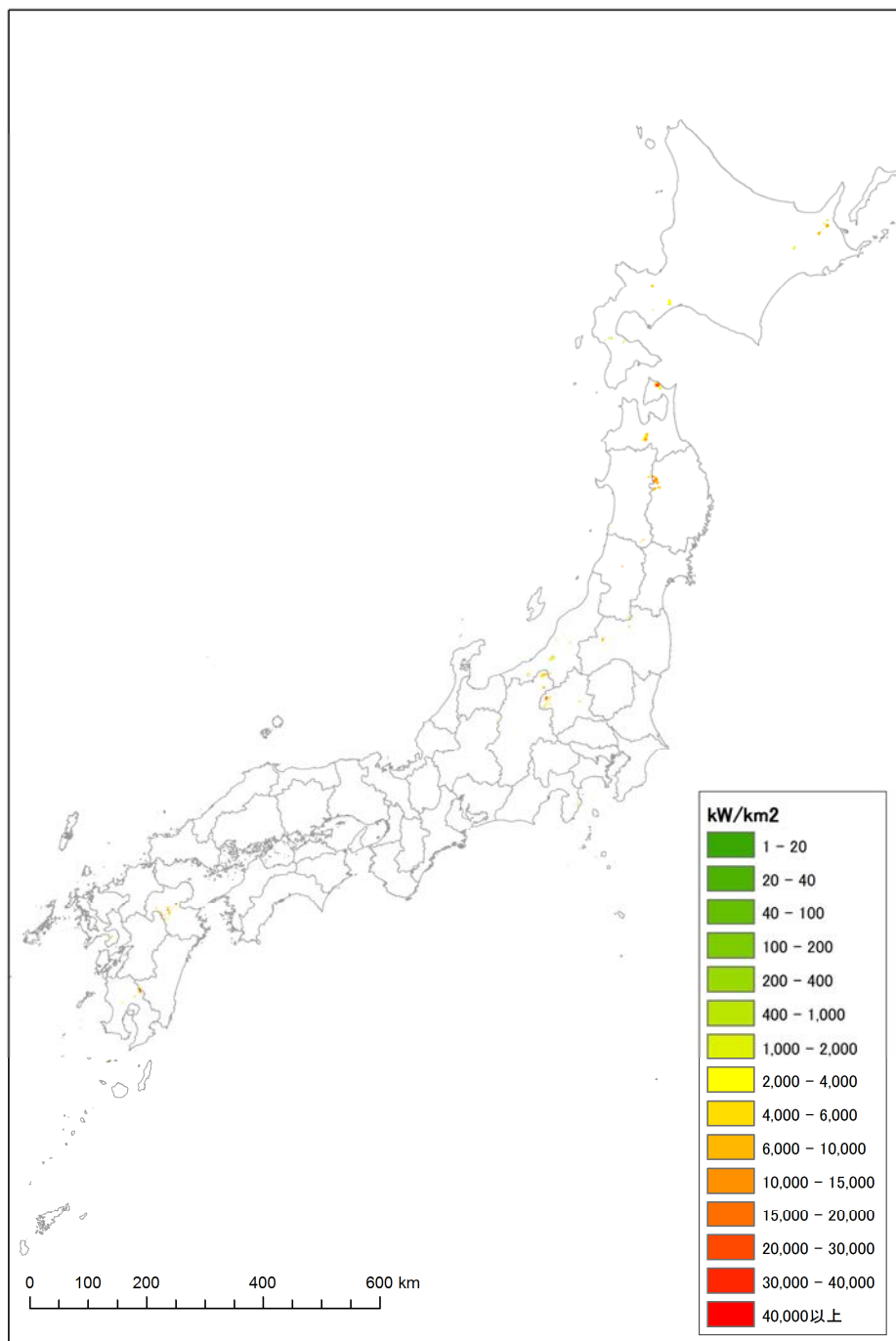


図 8.2-1 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (150°C以上、基本)

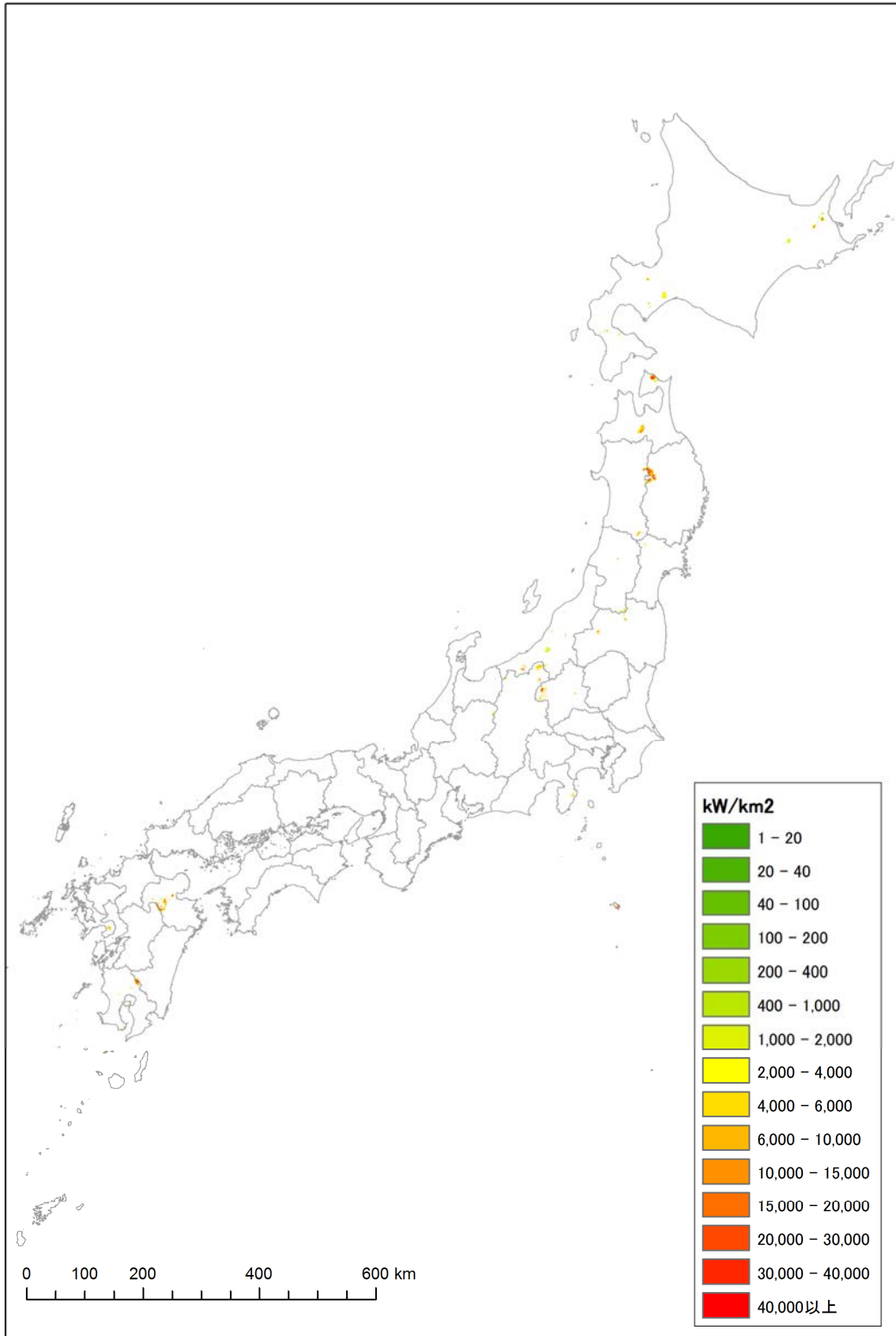


図 8.2-2 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (150°C以上、条件 1)

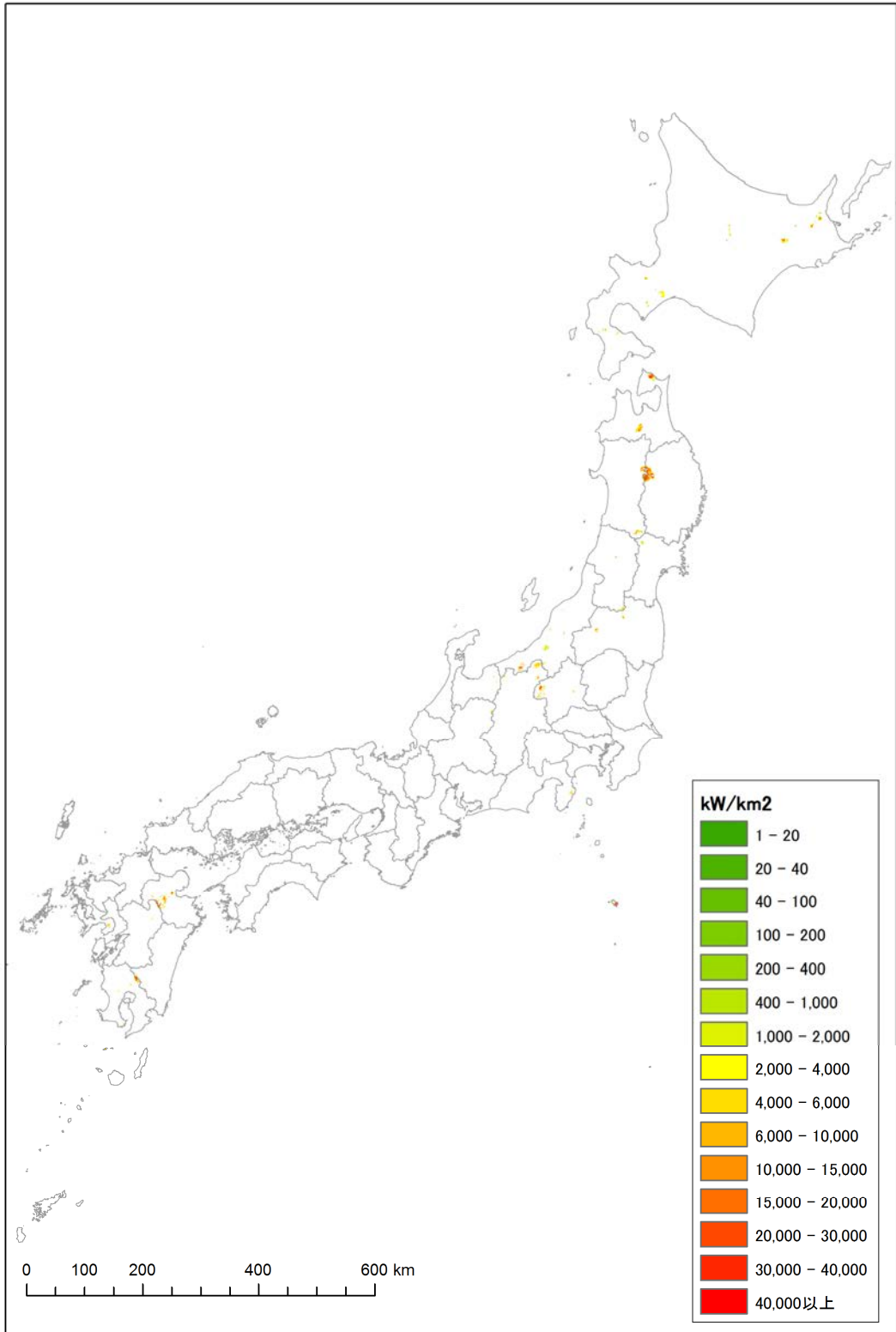


図 8.2-3 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (150°C以上、条件 2)

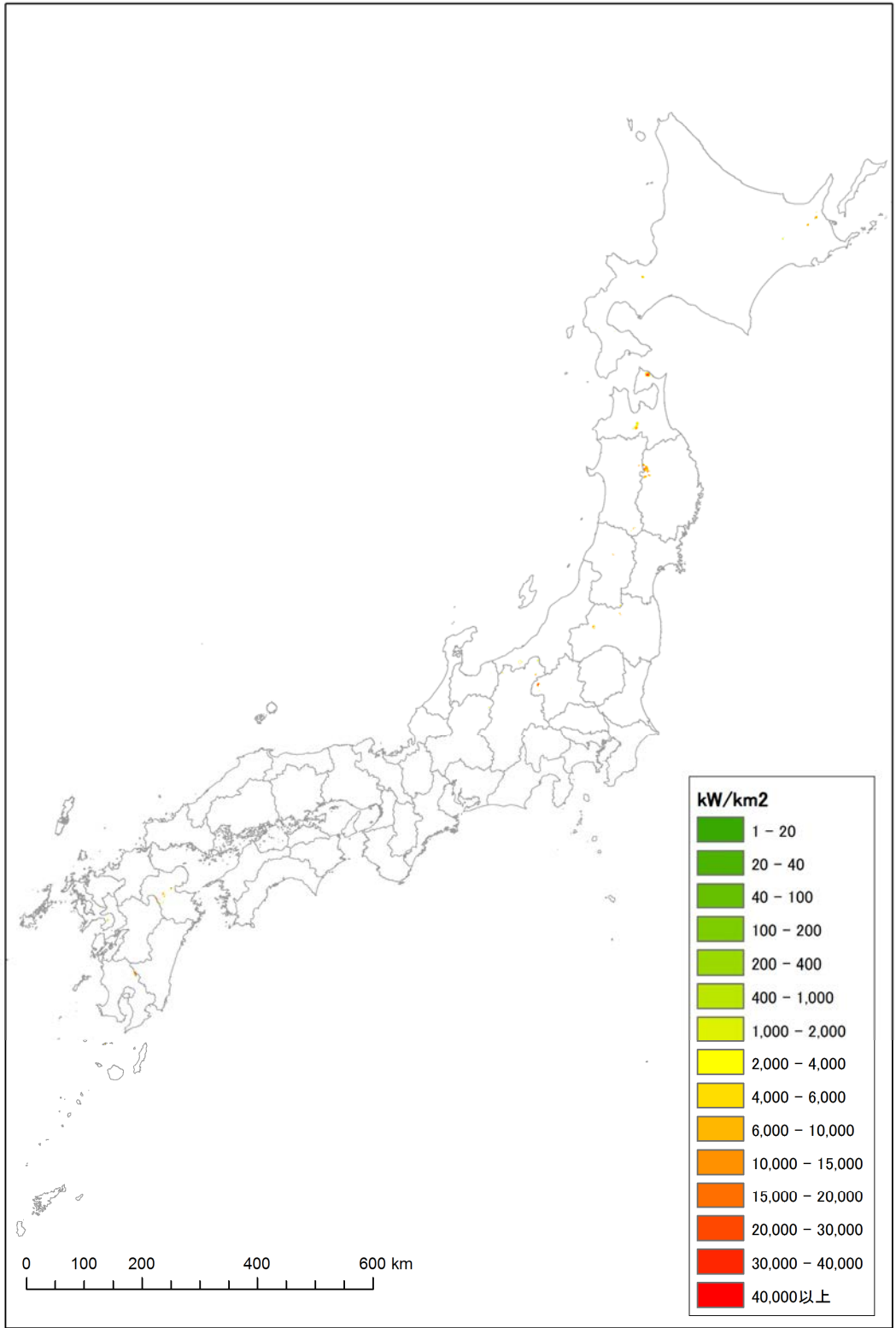


図 8.2-4 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (180°C以上、基本)

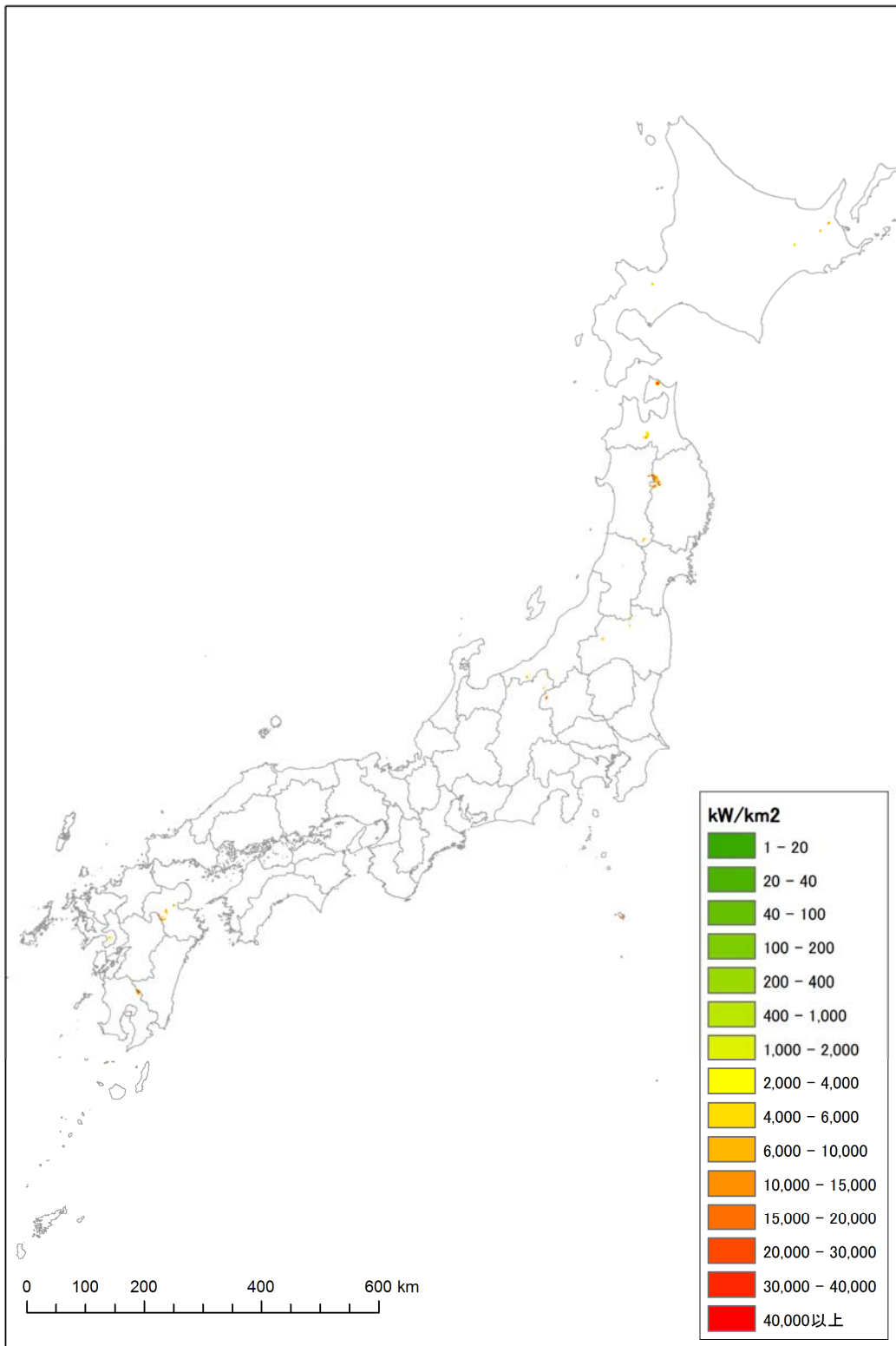


図 8.2-5 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (180°C以上、条件 1)

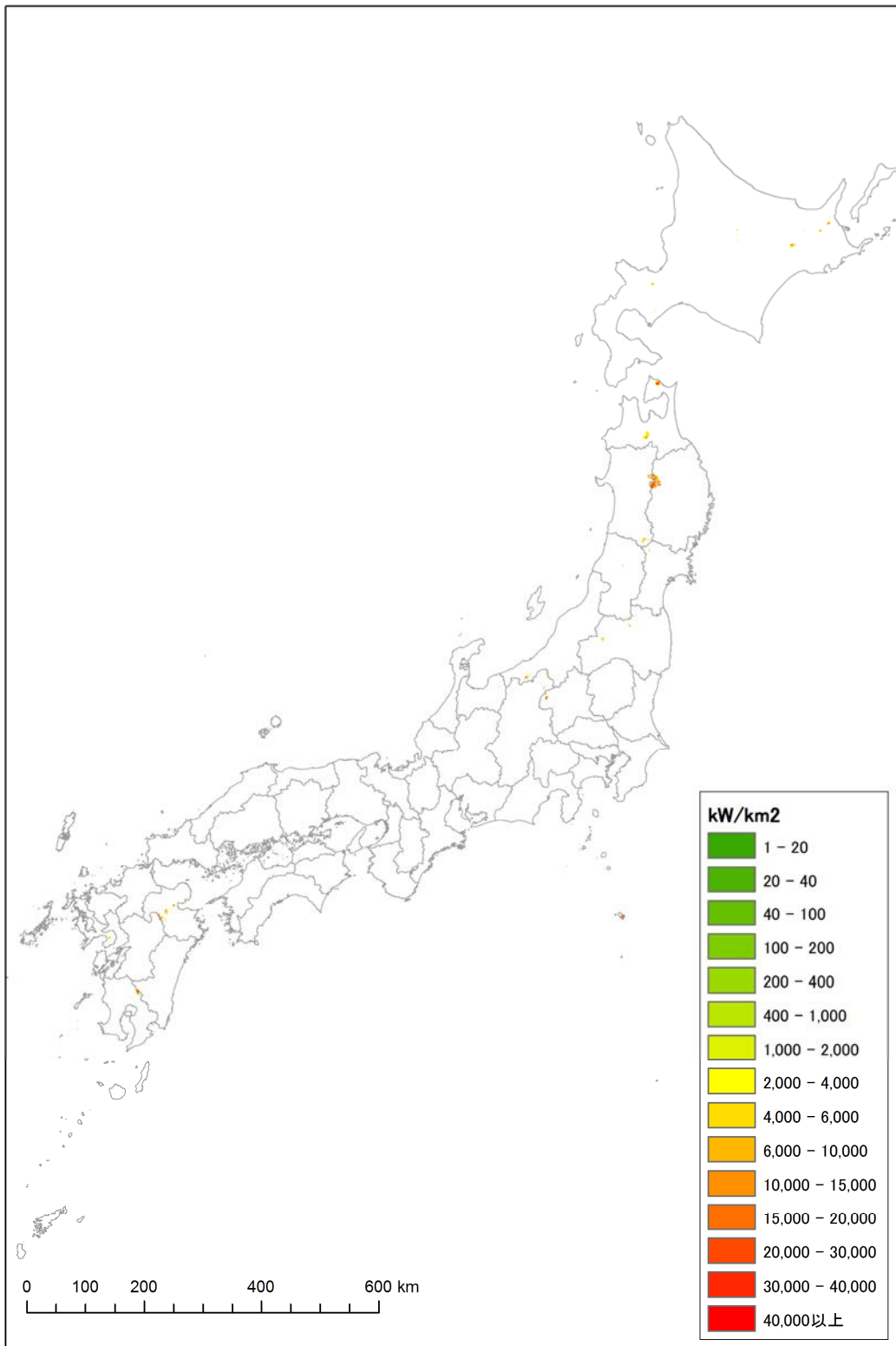


図 8.2-6 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (180°C以上、条件 2)

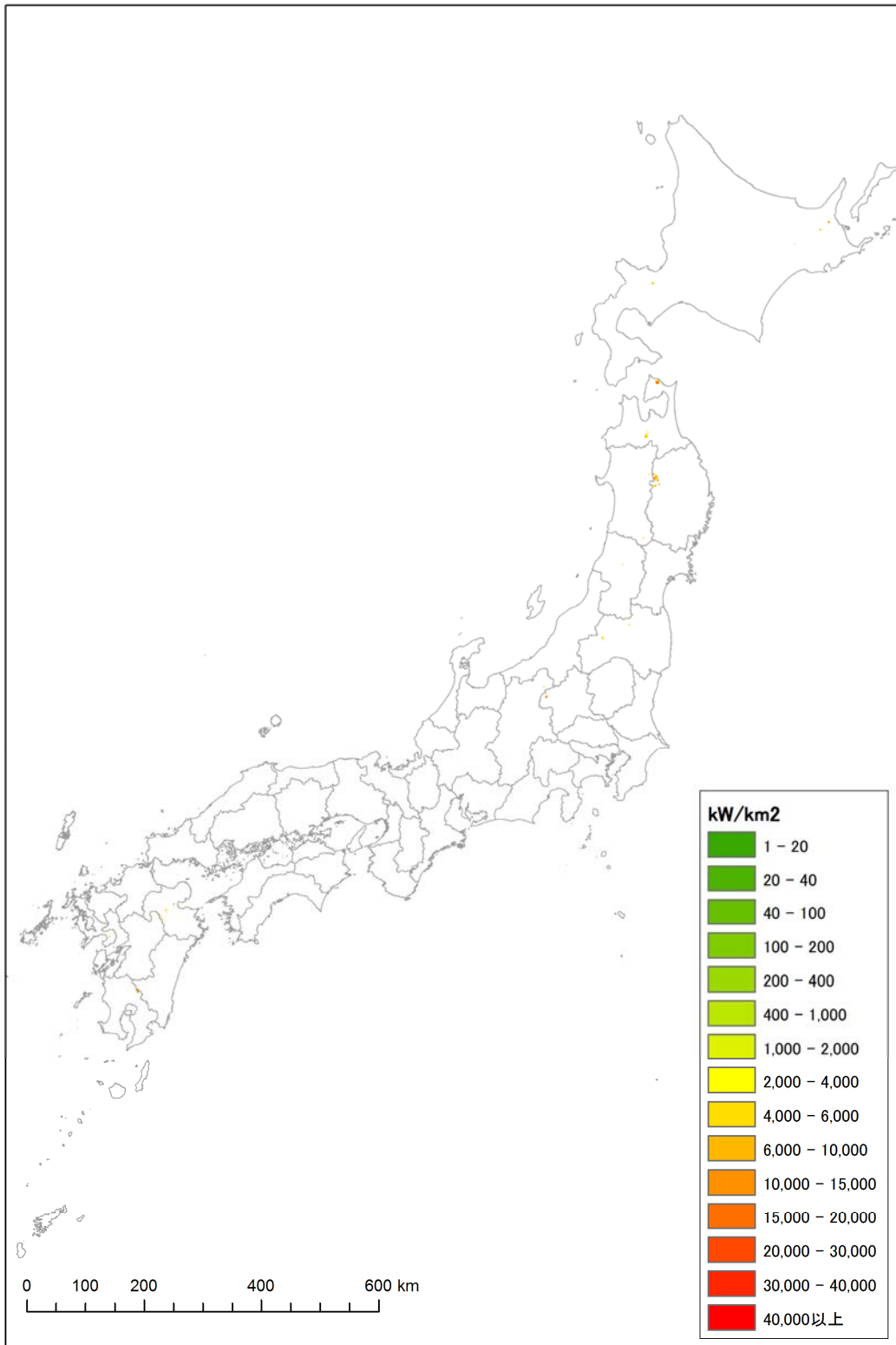


図 8.2-7 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (200°C以上、基本)

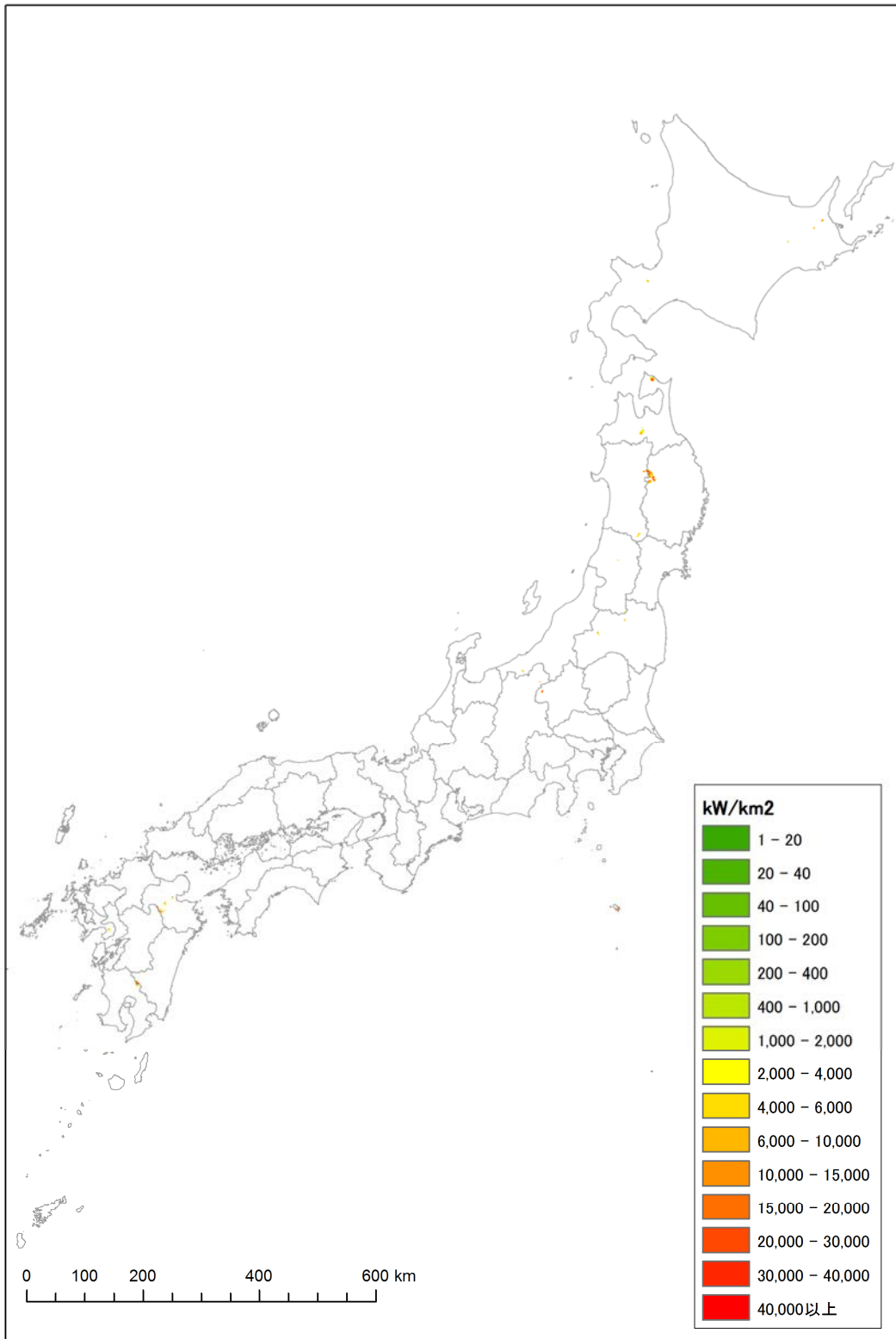


図 8.2-8 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (200°C以上、条件 1)

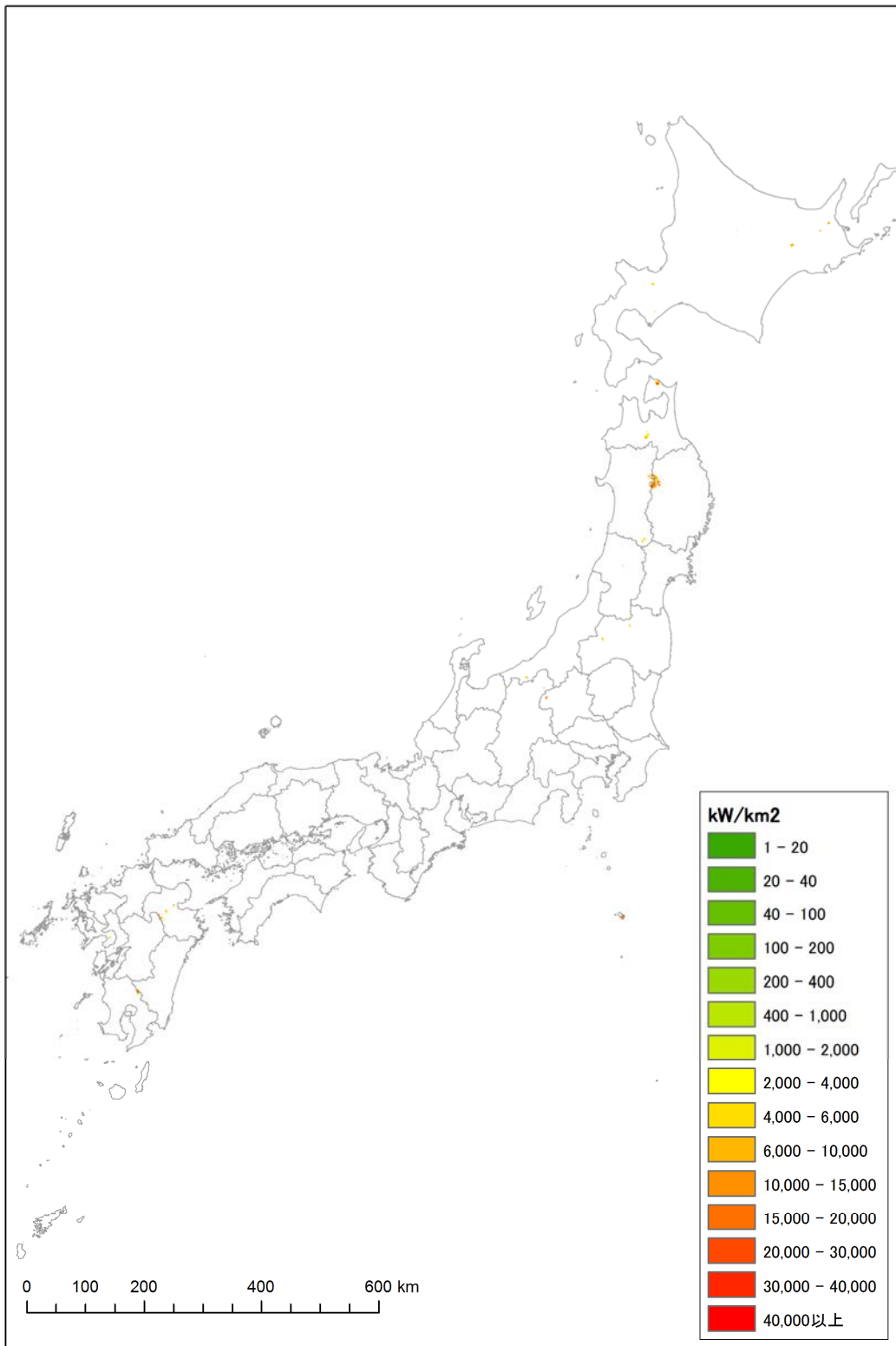


図 8.2-9 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル分布図 (200°C以上、条件 2)

②蒸気フラッシュの導入ポテンシャル集計結果

蒸気フラッシュの導入ポテンシャル集計結果を表 8.2-1 に示す。蒸気フラッシュ（150℃以上）について平成 24 年度推計結果と比較すると、大幅に増加している。これは坑井データを追加したことにより公園周辺の資源が多く表出したためと考えられる。

表 8.2-1 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル集計結果

対象温度区分	推計条件	導入ポテンシャル (万 kW)	(参考) H24 推計結果 (※1)
150℃以上	基本 (国立公園なし, 傾斜掘削なし)	785	233
	条件 1 (国立公園なし, 傾斜掘削あり)	1,267	534
	条件 2 (国立公園あり, 傾斜掘削なし)	1,407	848
180℃以上	基本 (国立公園なし, 傾斜掘削なし)	446	推計していない
	条件 1 (国立公園なし, 傾斜掘削あり)	787	〃
	条件 2 (国立公園あり, 傾斜掘削なし)	887	〃
200℃以上	基本 (国立公園なし, 傾斜掘削なし)	313	〃
	条件 1 (国立公園なし, 傾斜掘削あり)	574	〃
	条件 2 (国立公園あり, 傾斜掘削なし)	648	〃

※1 環境省「平成 24 年度再生可能エネルギーのゾーニング基礎情報整備報告書」

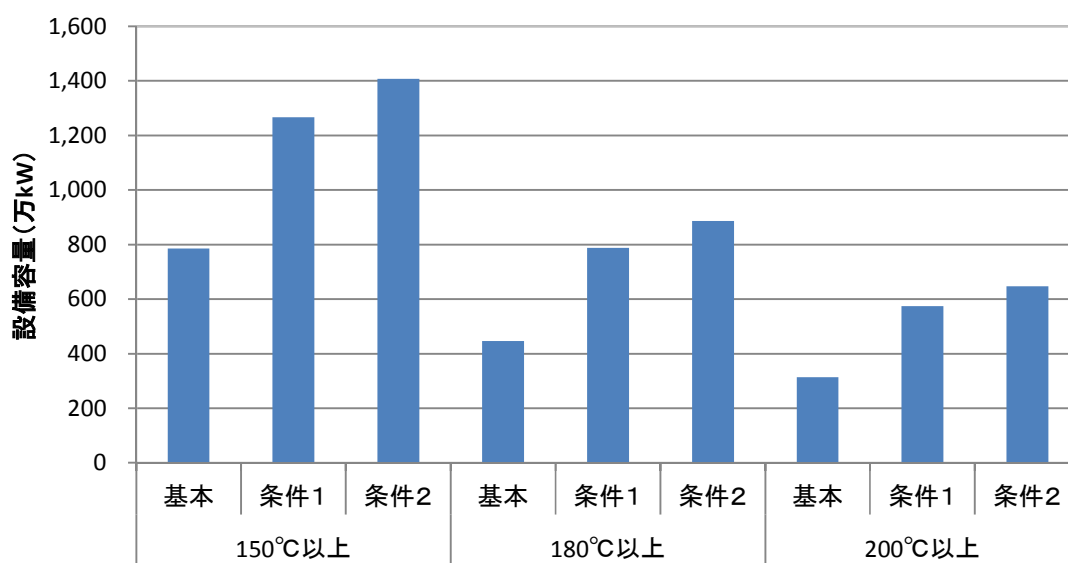
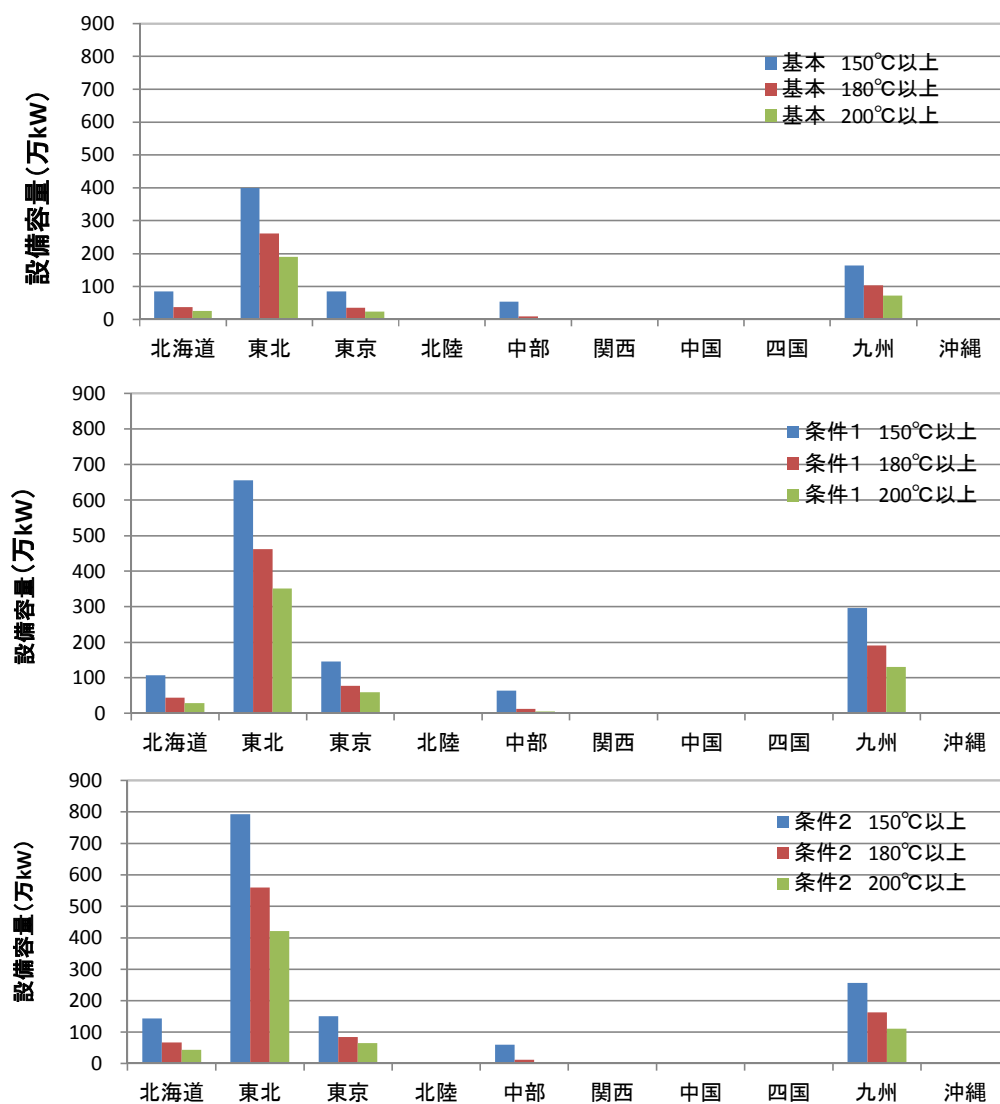


図 8.2-10 蒸気フラッシュの導入ポテンシャル集計結果

③蒸気フラッシュの電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況

蒸気フラッシュの電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-11 に示す。これによると東北、九州電力管内に多く分布していることがわかる。

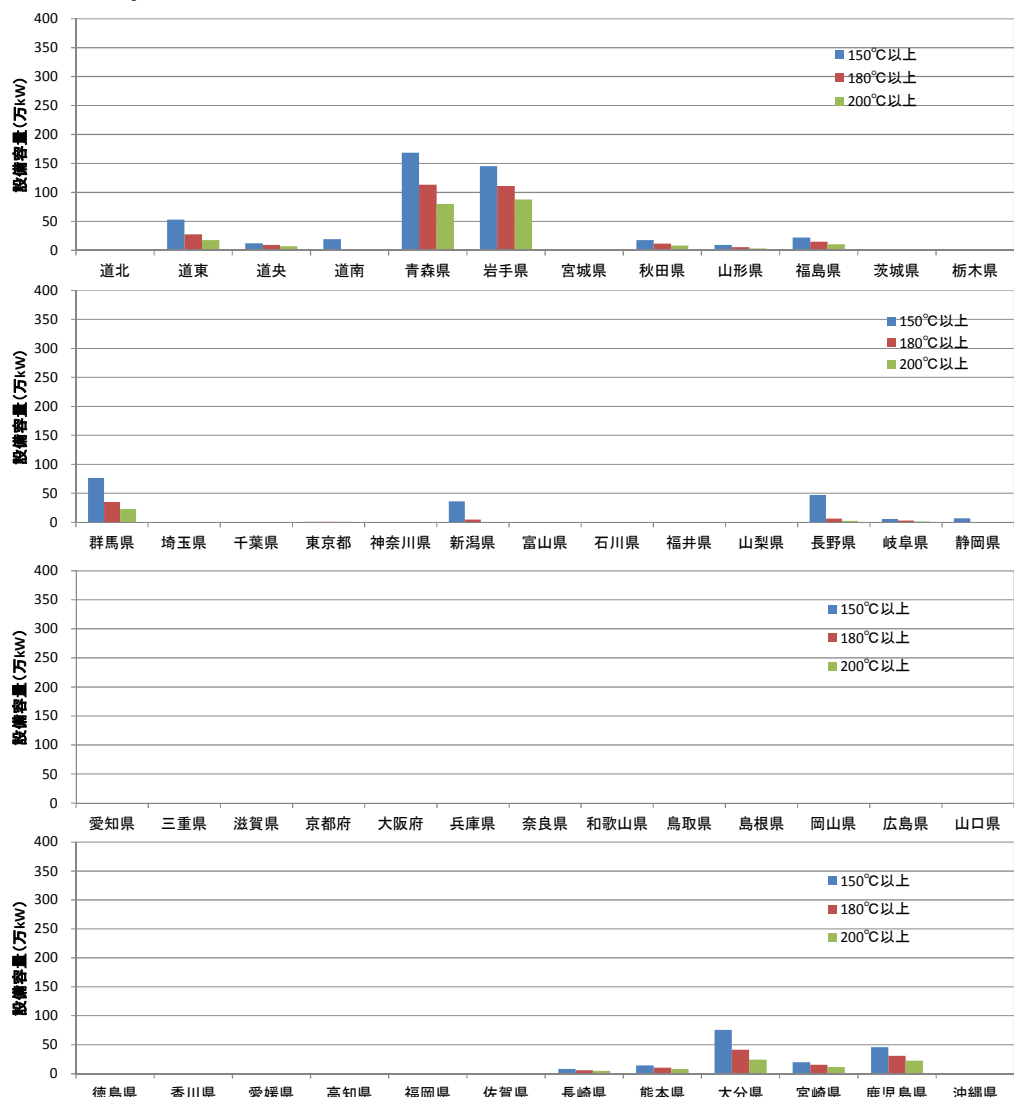


対象温度区分	推計条件	全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
150℃以上	基本	785	84	399	84	0	53	0	0	0	164	0
	条件1	1,267	107	655	145	1	63	0	0	0	296	0
	条件2	1,407	143	793	151	4	60	0	0	0	256	0
180℃以上	基本	446	37	261	35	0	9	0	0	0	103	0
	条件1	787	44	461	78	0	12	0	0	0	191	0
	条件2	887	67	560	84	2	12	0	0	0	163	0
200℃以上	基本	313	25	190	23	0	4	0	0	0	72	0
	条件1	574	28	351	59	0	5	0	0	0	130	0
	条件2	648	44	422	65	1	5	0	0	0	111	0

図 8.2-11 蒸気フラッシュの供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況(設備容量:万 kW)

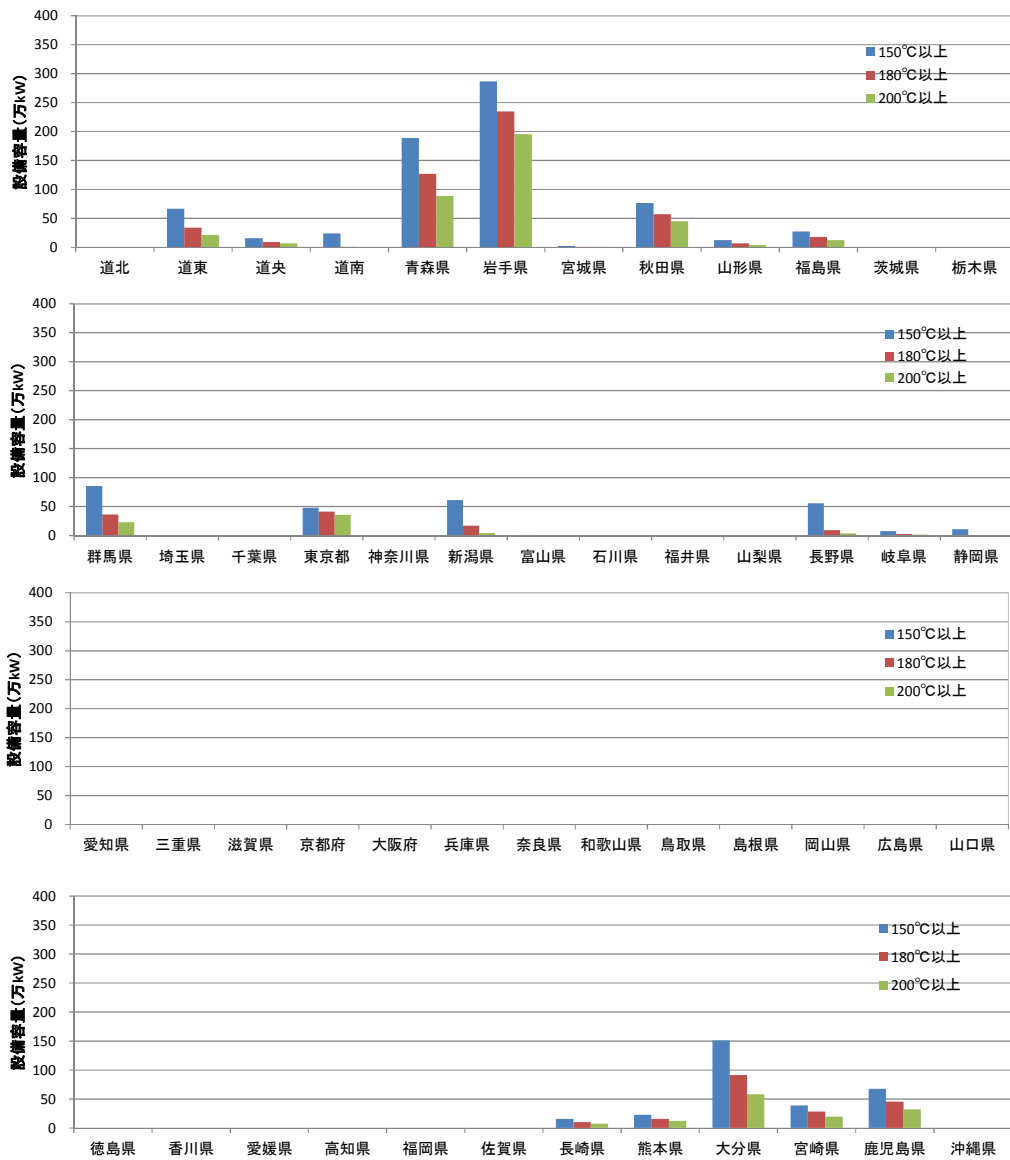
④蒸気フラッシュの都道府県別の導入ポテンシャル分布状況

蒸気フラッシュの都道府県別の導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-12～14 に示す。これによると、青森県、岩手県に多く分布していることがわかる。条件1及び条件2では国立公園の開発、傾斜掘削により秋田県や大分県の導入ポテンシャルが多く表出することがわかる。



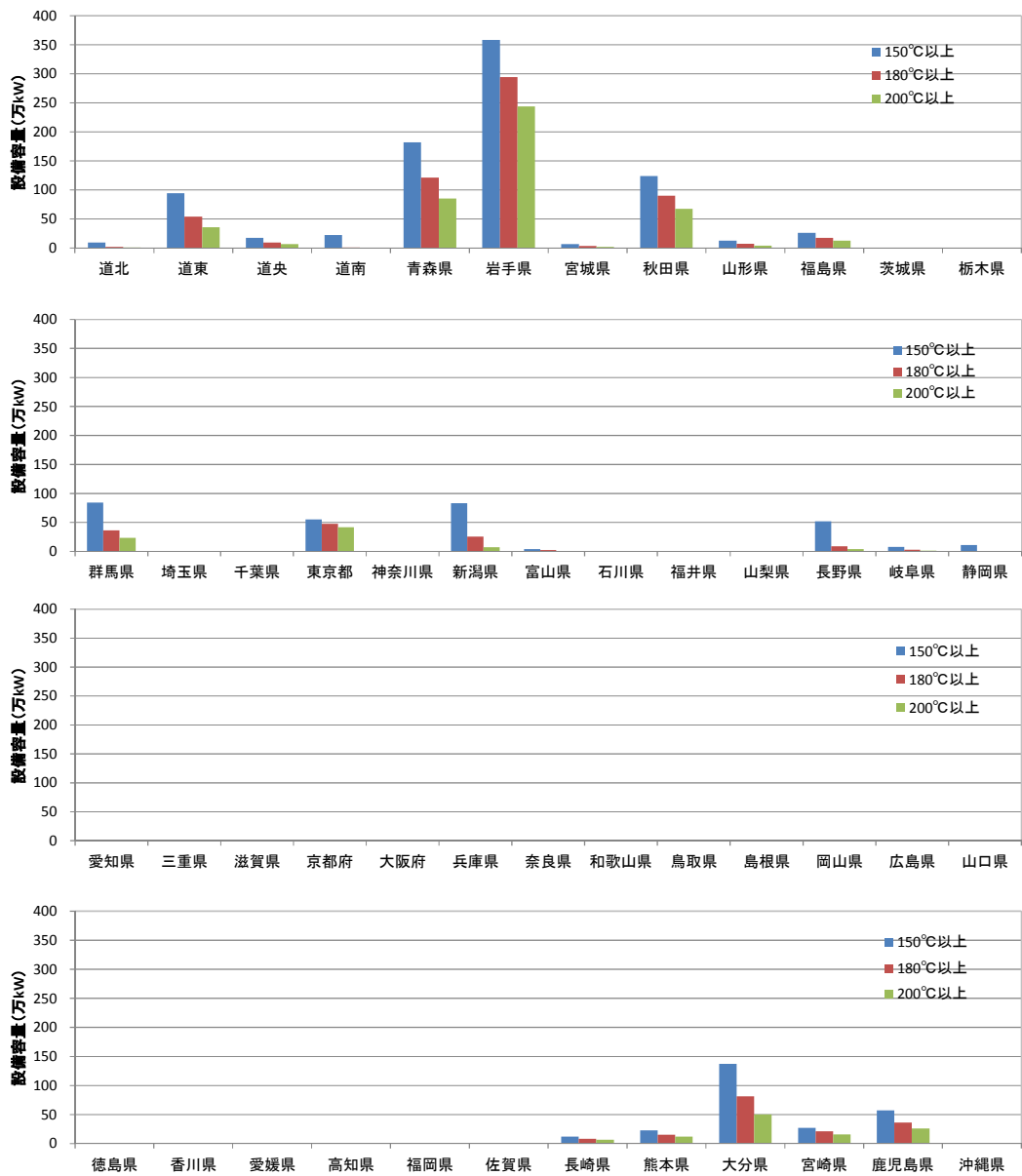
対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
150°C以上	784.8	0.0	53.1	12.2	19.2	168.3	145.3	0.1	17.9	9.5	22.1	0.0	0.0
180°C以上	446.0	0.0	27.5	9.2	0.3	113.4	110.9	0.0	11.4	5.7	15.0	0.0	0.0
200°C以上	313.4	0.0	17.8	7.0	0.1	80.2	87.6	0.0	8.4	3.3	10.5	0.0	0.0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
150°C以上	77	0.0	0.0	0.7	0.0	36.1	0.3	0.0	0.0	0.0	47.3	5.5	6.8
180°C以上	35	0.0	0.0	0.6	0.0	4.4	0.1	0.0	0.0	0.0	6.4	2.7	0.0
200°C以上	23	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2	1.4	0.0
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
150°C以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180°C以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200°C以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
150°C以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	14.5	75.6	19.8	45.6	0.0	
180°C以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	10.4	40.9	15.6	30.7	0.0	
200°C以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	8.3	24.2	11.7	22.6	0.0	

図 8.2-12 蒸気フラッシュの都道府県別の導入ポテンシャル分布状況(設備容量:万 kW)(基本)



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
150℃以上	1,266.8	0.1	66.8	15.7	23.9	188.5	286.7	2.3	76.6	12.5	27.3	0.0	0.0
180℃以上	787.2	0.0	34.2	9.2	0.6	126.6	234.4	1.1	57.6	7.0	17.9	0.0	0.0
200℃以上	574.0	0.0	21.1	7.0	0.2	88.9	195.3	0.8	44.9	4.2	12.6	0.0	0.0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
150℃以上	86	0.0	0.0	48.3	0.0	61.5	0.8	0.0	0.0	0.0	55.6	7.6	11.1
180℃以上	36	0.0	0.0	41.4	0.0	17.0	0.4	0.0	0.0	0.0	9.5	3.0	0.0
200℃以上	23	0.0	0.0	35.7	0.0	4.2	0.2	0.0	0.0	0.0	4.0	1.5	0.0
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
150℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
150℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	22.6	151.0	38.6	67.9	0.0	
180℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	15.9	91.5	28.1	45.2	0.0	
200℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	12.3	58.3	19.7	32.5	0.0	

図 8.2-13 蒸気フラッシュの都道府県別の導入ポテンシャル分布状況（設備容量：万 kW）（条件 1）



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
150℃以上	1,406.6	9.1	94.6	17.5	22.0	181.6	358.1	6.8	124.1	12.7	26.2	0.0	0.0
180℃以上	887.3	2.1	54.3	9.2	1.0	121.5	294.2	3.6	90.3	7.1	17.5	0.0	0.0
200℃以上	647.7	0.7	35.7	7.0	0.4	85.1	243.6	1.8	67.3	4.2	12.6	0.0	0.0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
150℃以上	84	0.0	0.0	55.2	0.0	83.2	3.9	0.0	0.0	0.0	51.9	7.6	11.3
180℃以上	36	0.0	0.0	47.7	0.0	25.7	2.3	0.0	0.0	0.0	8.8	3.1	0.0
200℃以上	23	0.0	0.0	41.7	0.0	7.3	0.9	0.0	0.0	0.0	4.0	1.5	0.0
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
150℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
150℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	22.9	137.3	27.1	56.9	0.0	
180℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	15.5	81.3	21.3	36.2	0.0	
200℃以上	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	12.1	50.3	15.8	26.1	0.0	

図 8.2-14 蒸気フラッシュの都道府県別の導入ポテンシャル分布状況（設備容量：万 kW）（条件 2）

(2) バイナリー発電の導入ポテンシャル

① バイナリー発電の導入ポテンシャル分布状況

バイナリー発電の導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-15～18 に示す。これによると北海道、東北、九州の各電力管内を中心に点在していることがわかる。

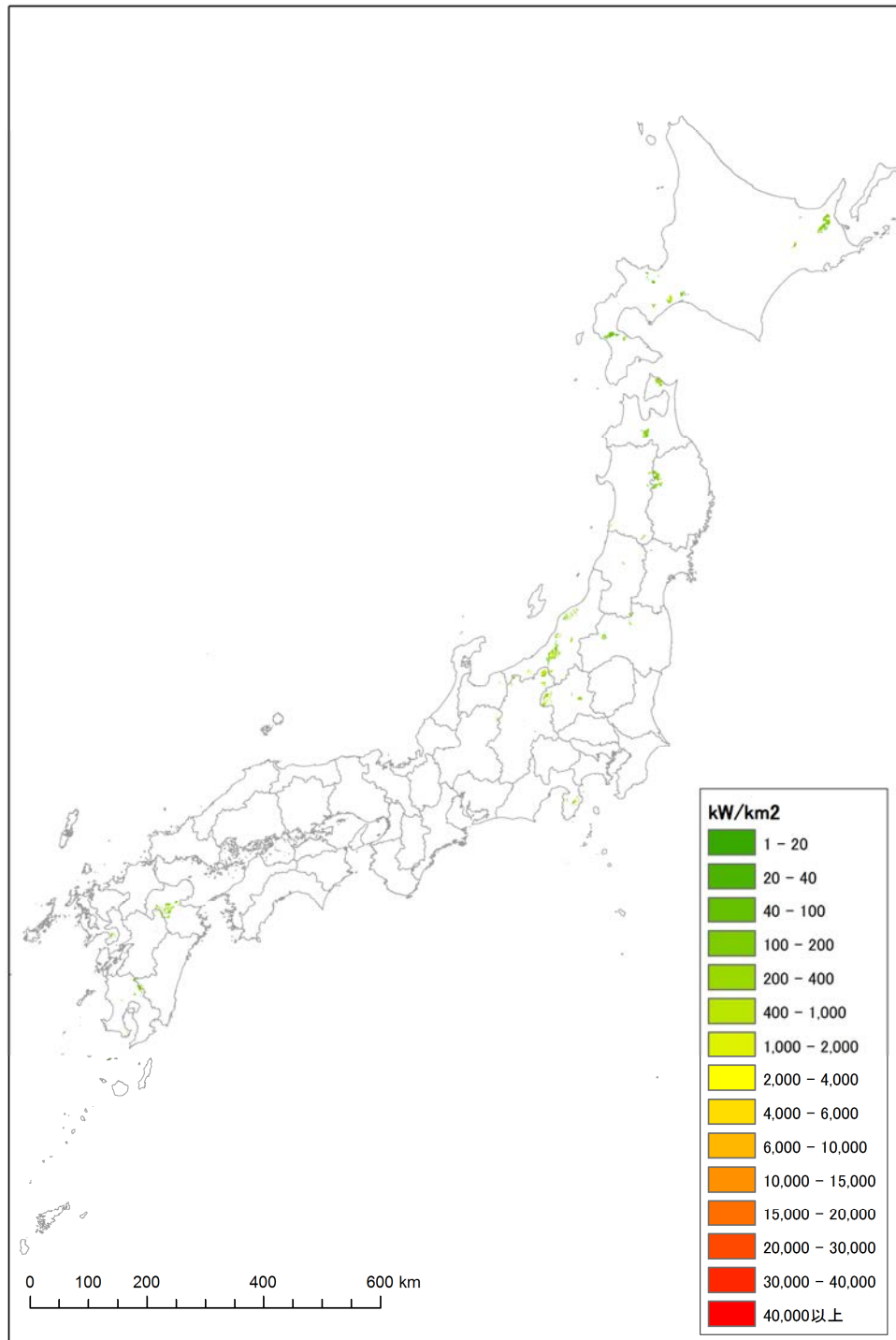


図 8.2-15 バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図 (120～150℃、基本)

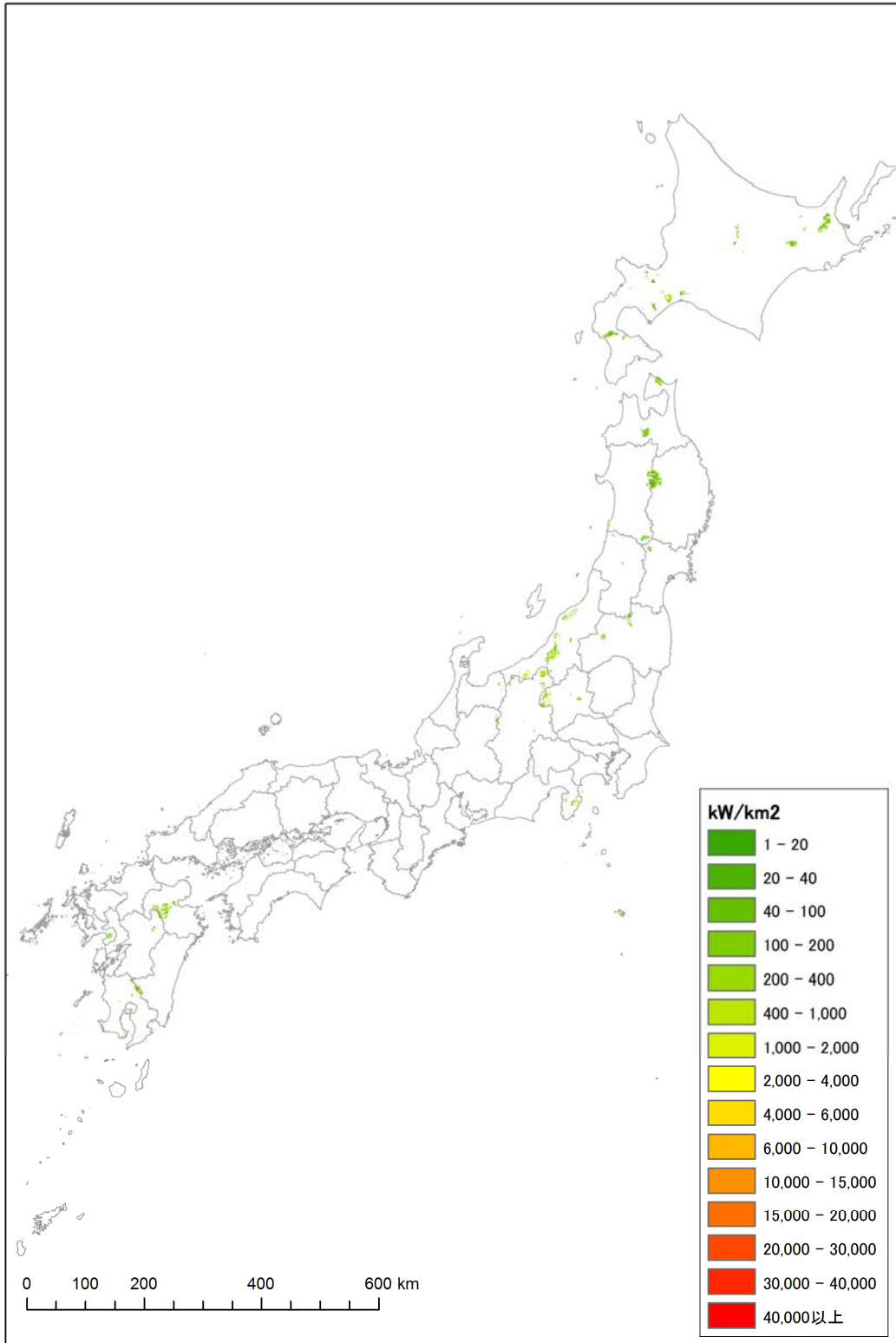


図 8.2-16 バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図 (120~150°C、条件 2)

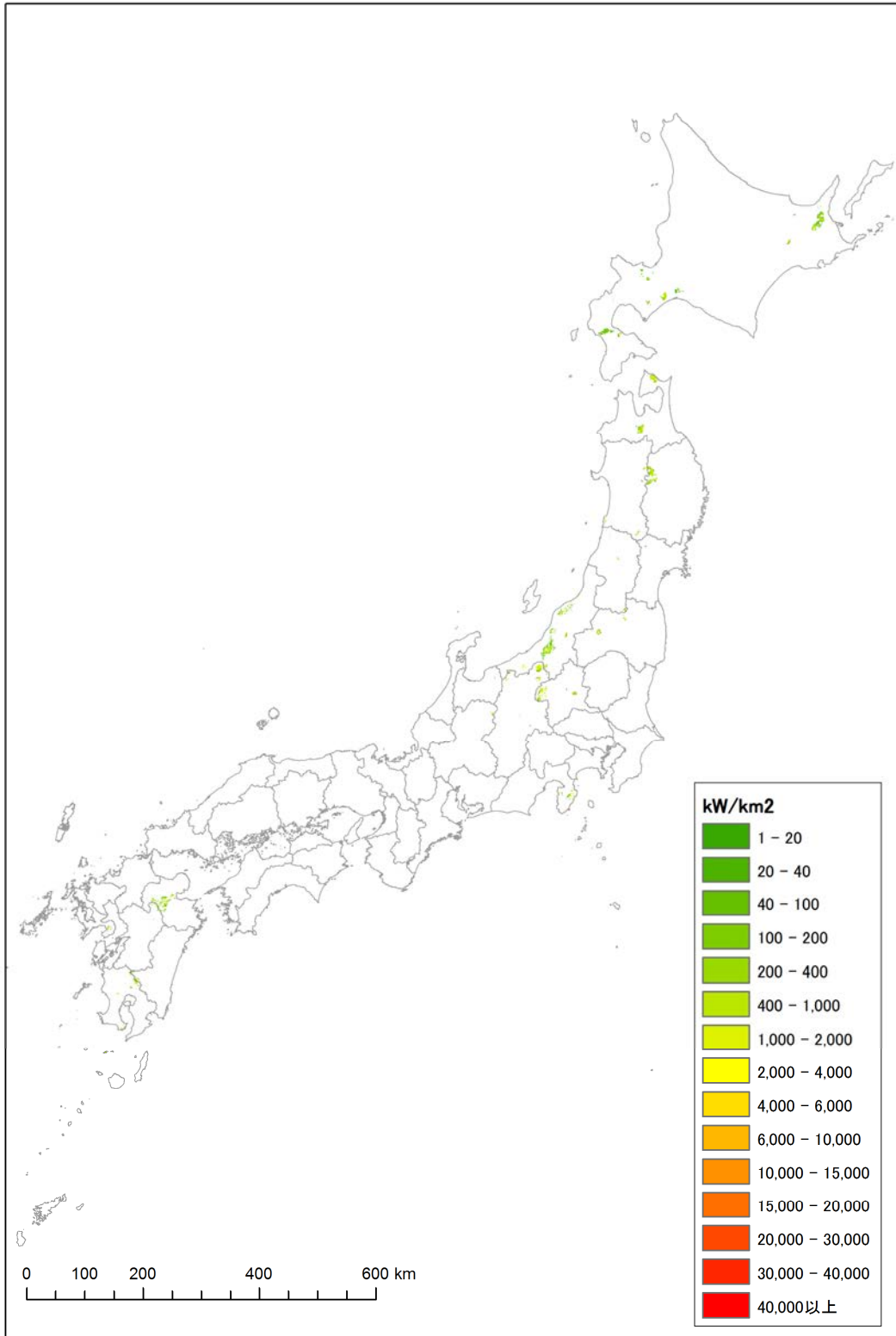


図 8.2-17 バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図 (120~180°C、基本)

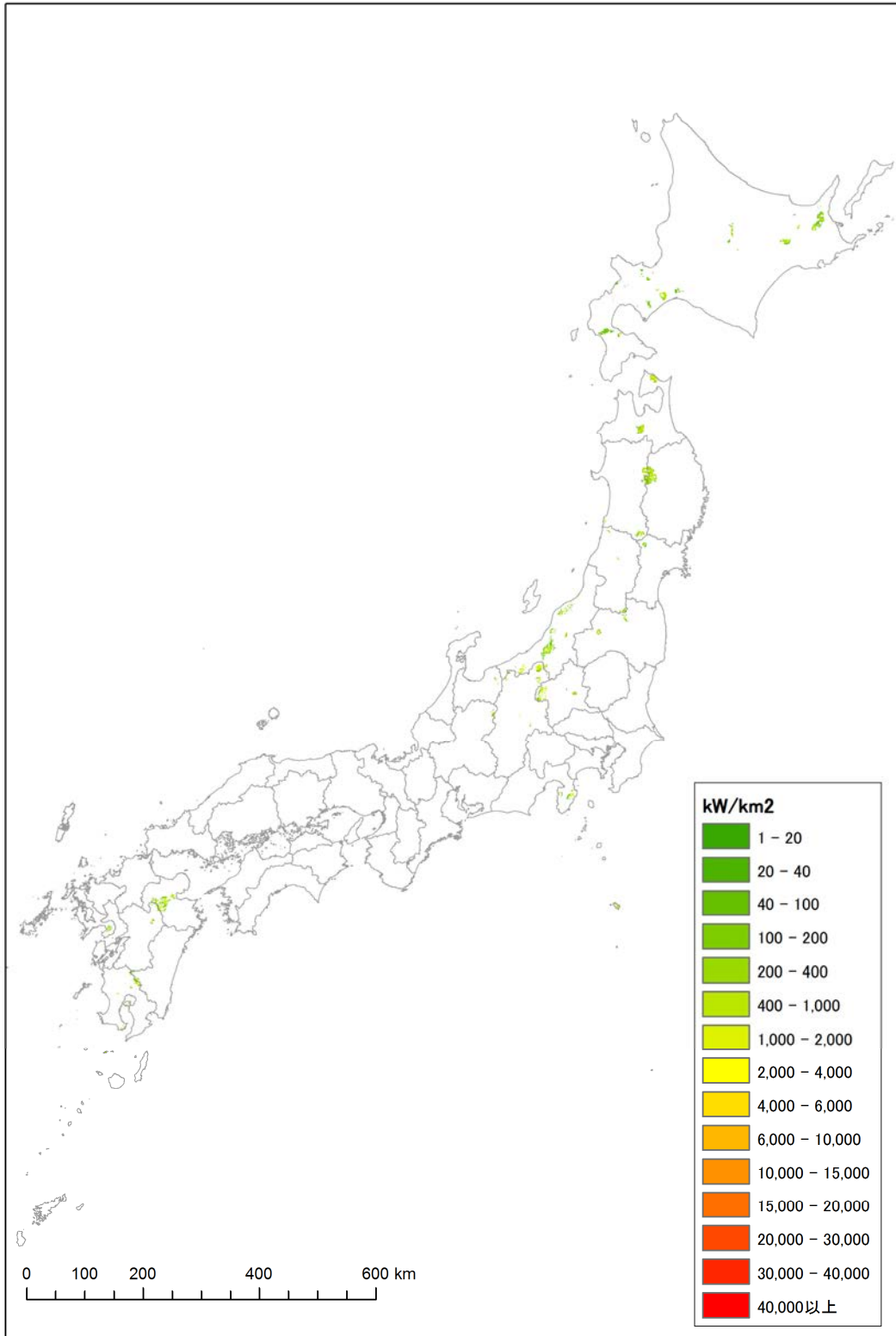


図 8.2-18 バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図（120～180℃、条件 2）

②バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果

バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果を表 8.2-2、図 8.2-19 に示す。バイナリー発電（120～150℃）について平成 22 年度推計を比較すると、約 1.5 倍になった。これは坑井データの追加により、資源量が増加したためと考えられる。

表 8.2-2 バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果

対象温度区分	推計条件	導入ポテンシャル (万 kW)	(参考) H22 推計結果 (※1)
120～150℃	基本 (国立公園なし, 傾斜掘削なし)	49	33
	条件 2 (国立公園あり, 傾斜掘削なし)	68	推計していない
120～180℃	基本 (国立公園なし, 傾斜掘削なし)	93	〃
	条件 2 (国立公園あり, 傾斜掘削なし)	136	〃

※1 環境省「平成 22 年度再生可能エネルギーの導入ポテンシャル調査報告書」

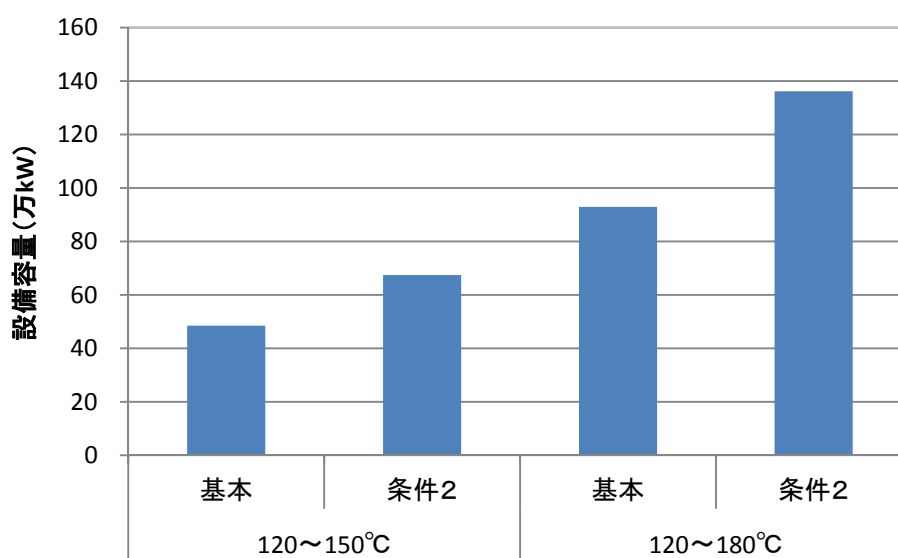
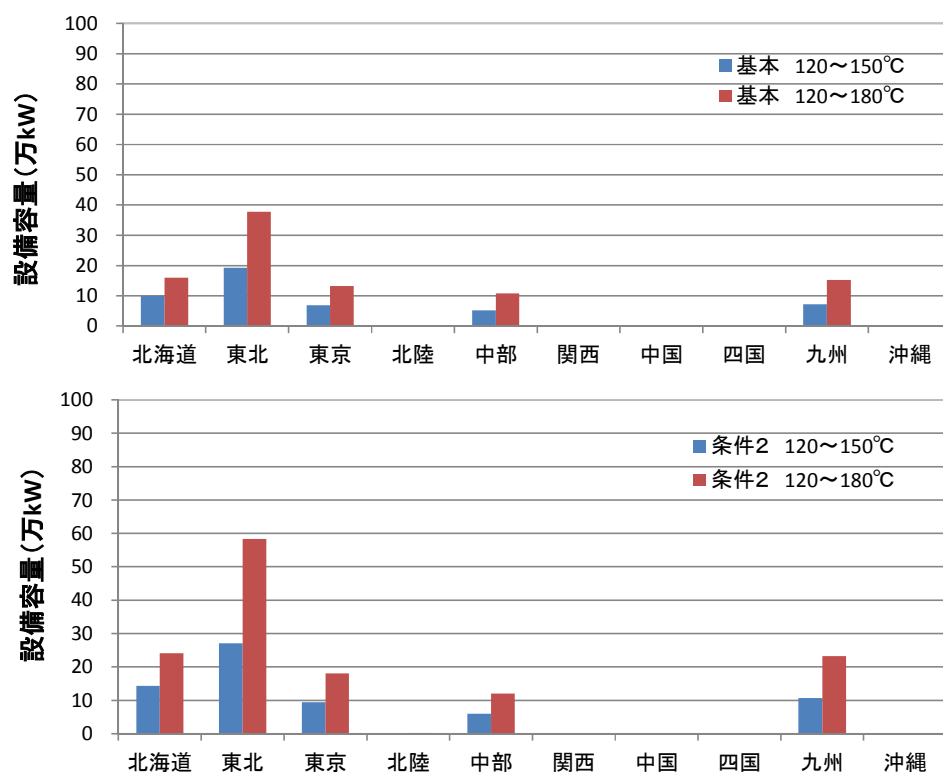


図 8.2-19 バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果

③バイナリー発電の電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況

バイナリー発電の電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況を図 8. 2-20 に示す。これによると北海道、東北、九州に多く分布していることがわかる。

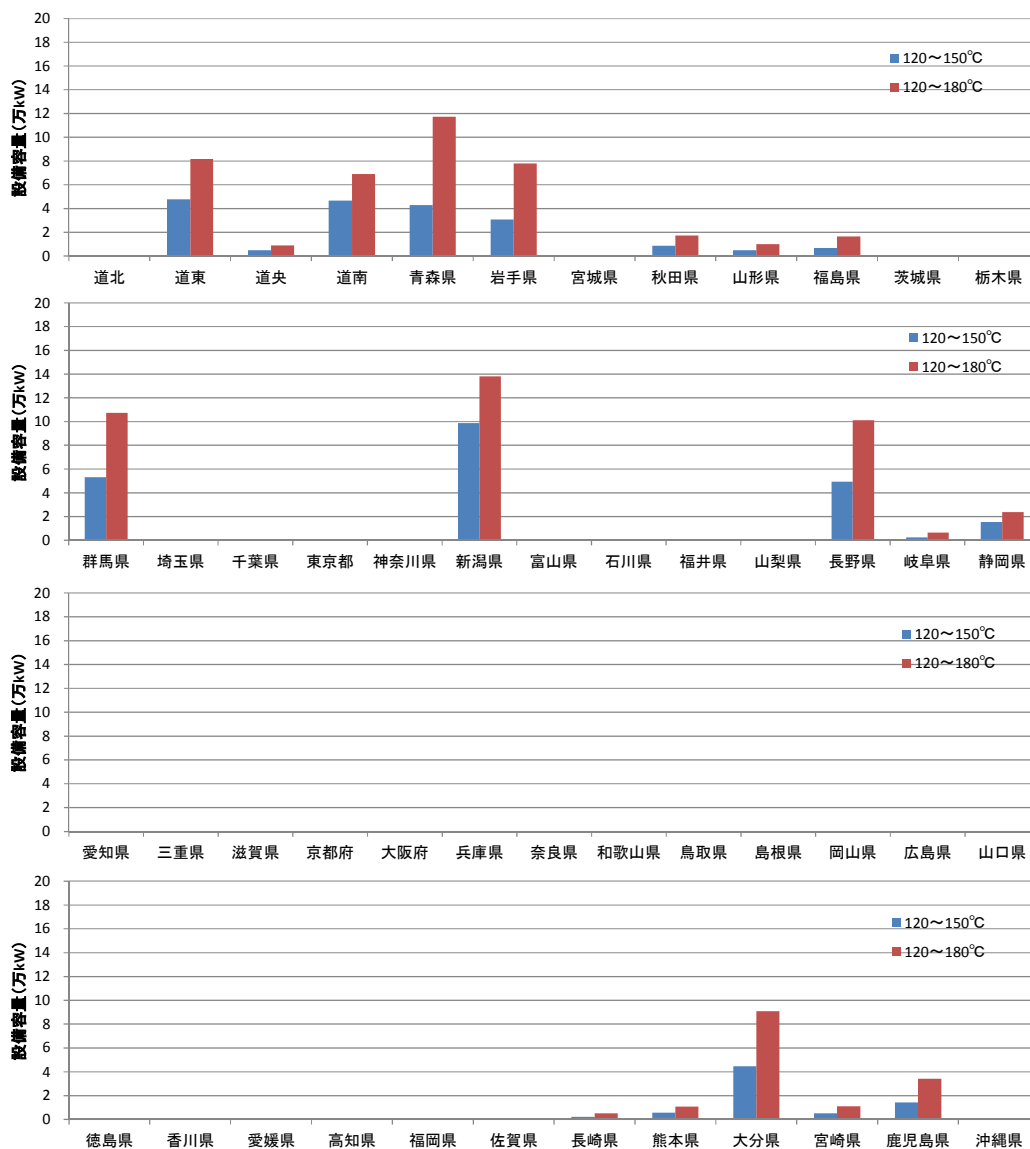


対象温度区分	推計条件	全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
120~150°C	基本	49	10	19	7	0	5	0	0	0	7	0
	条件2	68	14	27	9	0	6	0	0	0	11	0
120~180°C	基本	93	16	38	13	0	11	0	0	0	15	0
	条件2	136	24	58	18	0	12	0	0	0	23	0

図 8. 2-20 バイナリー発電の電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況(設備容量: 万 kW)

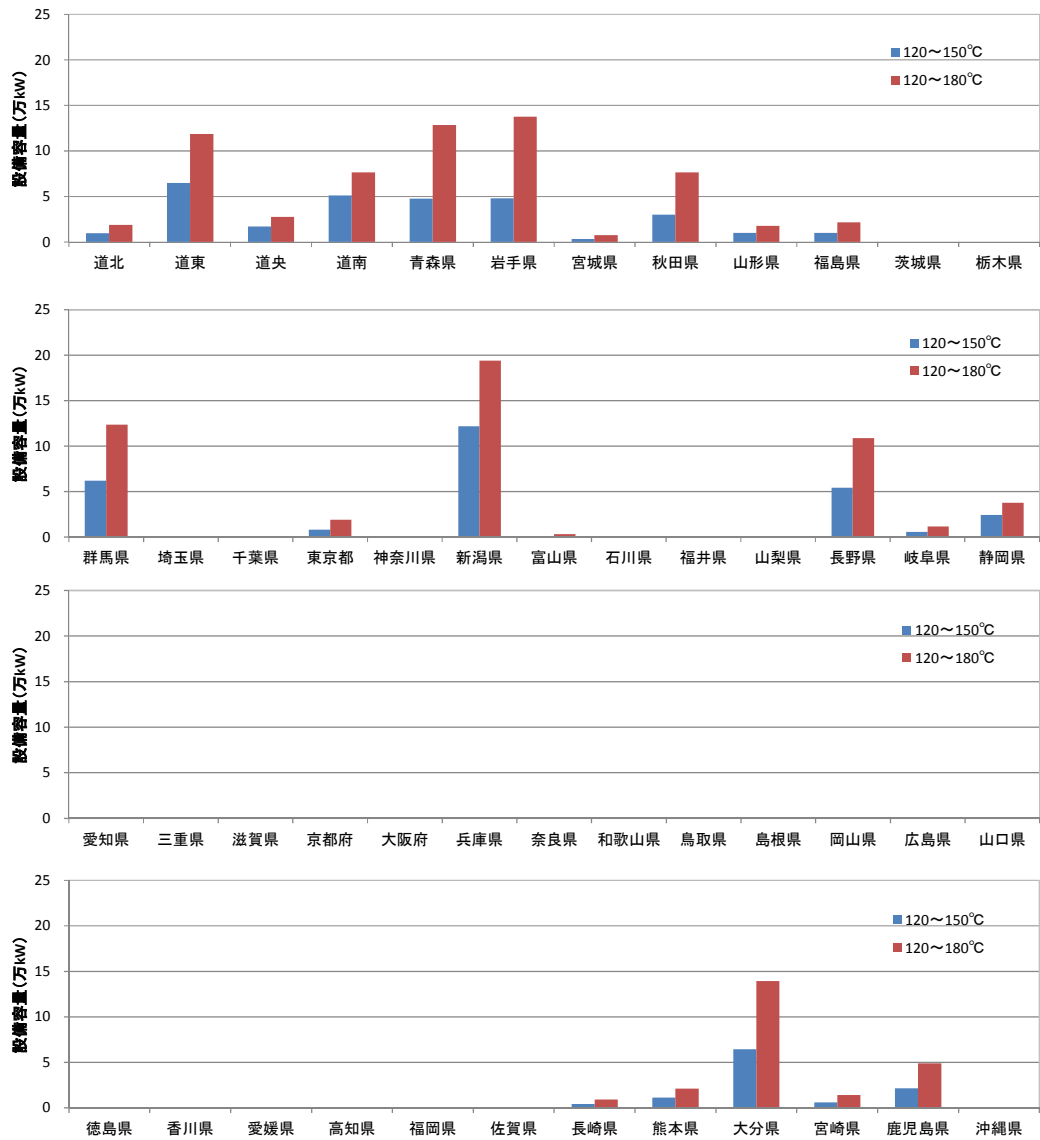
④バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況

バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-21～22 に示す。これによると北海道、青森県、岩手県、群馬県、新潟県、長野県、大分県に多く分布していることがわかる。



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
120～150℃	48.6	0.0	4.8	0.5	4.7	4.3	3.1	0.0	0.9	0.5	0.7	0.0	0.0
120～180℃	92.9	0.0	8.2	0.9	6.9	11.7	7.8	0.0	1.7	1.0	1.7	0.0	0.0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
120～150℃	5	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.3	1.5
120～180℃	11	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	0.6	2.4
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
120～150℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120～180℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
120～150℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	4.5	0.5	1.4	0.0	
120～180℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	9.1	1.1	3.4	0.0	

図 8.2-21 バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況(設備容量:万 kW) (基本)



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
120~150°C	67.5	1.0	6.5	1.7	5.1	4.7	4.8	0.3	3.0	1.0	1.0	0.0	0.0
120~180°C	136.2	1.9	11.9	2.8	7.6	12.9	13.8	0.7	7.7	1.8	2.2	0.0	0.0
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
120~150°C	6	0.0	0.0	0.8	0.0	12.2	0.1	0.0	0.0	0.0	5.4	0.5	2.4
120~180°C	12	0.0	0.0	1.9	0.0	19.4	0.3	0.0	0.0	0.0	10.9	1.1	3.8
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
120~150°C	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120~180°C	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
120~150°C	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	6.4	0.6	2.1	0.0	
120~180°C	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.1	14.0	1.4	4.9	0.0	

図 8.2-22 バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況（設備容量：万 kW）（条件 2）

(3) 低温バイナリー発電の導入ポテンシャル

①低温バイナリー発電の導入ポテンシャル分布状況

低温バイナリー発電の導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-23～24 に示す。これによると、北海道、東北、関東、北陸、九州に広く分布していることがわかる。

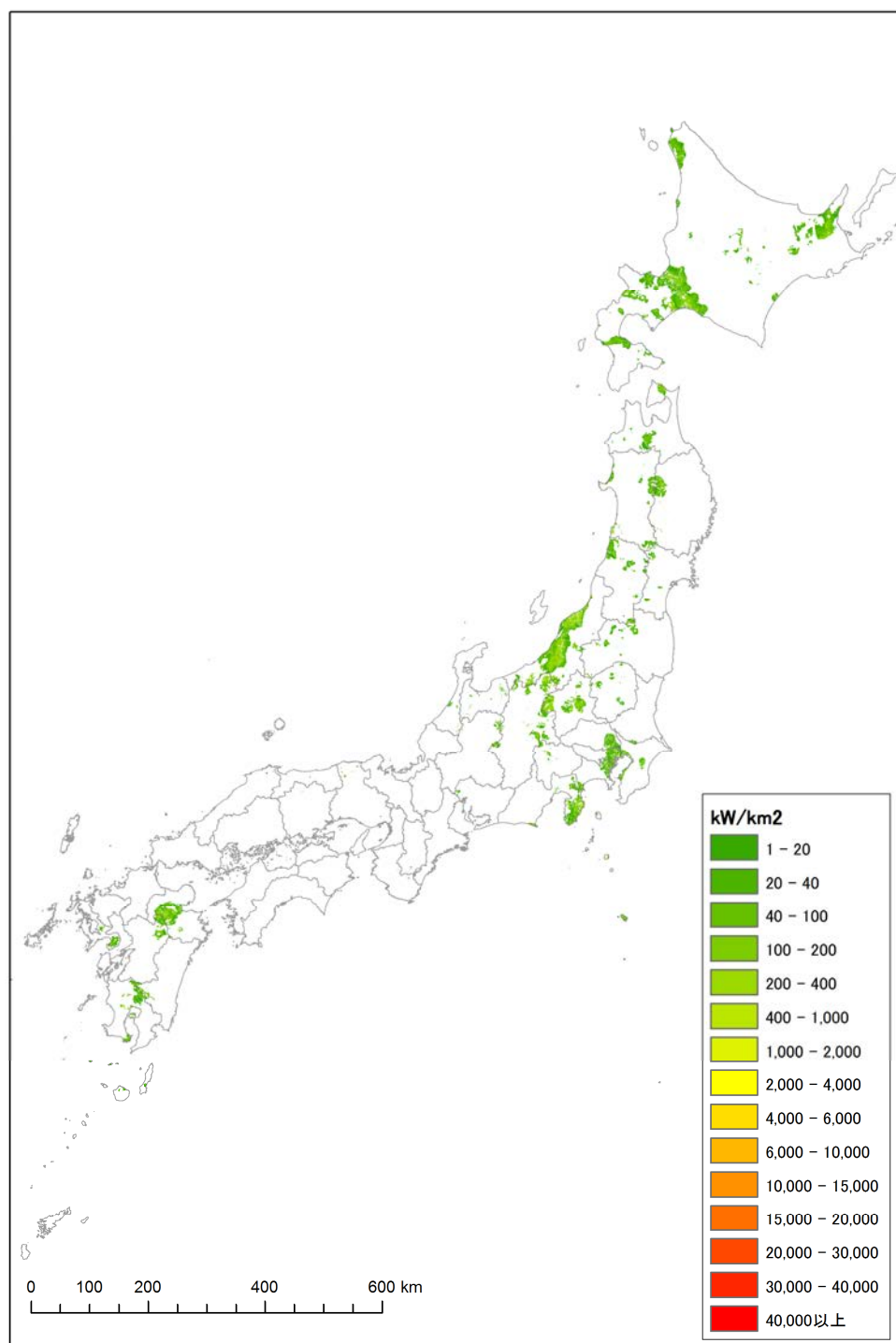


図 8.2-23 低温バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図 (53～120°C、基本)

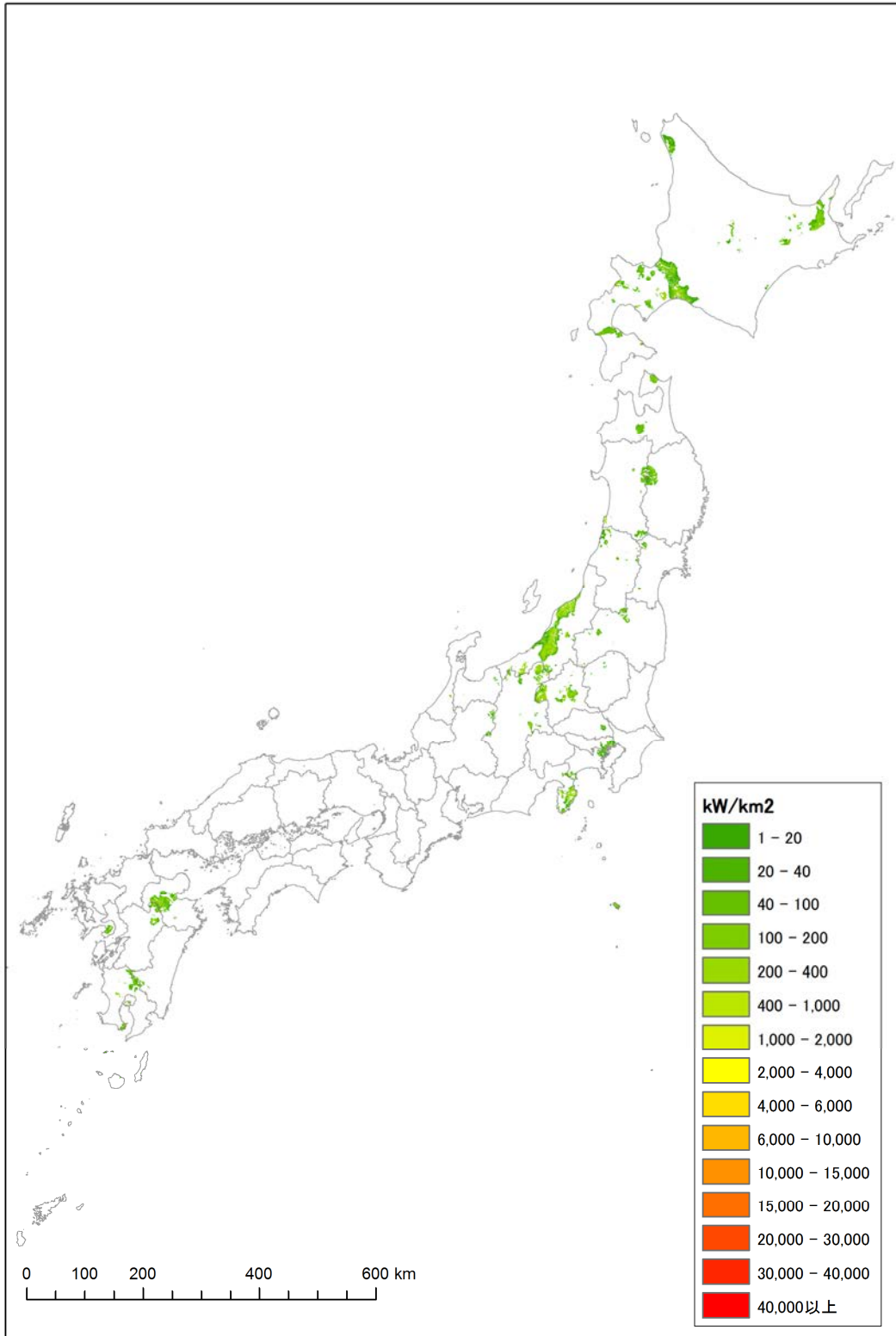


図 8. 2-24 低温バイナリー発電の導入ポテンシャル分布図 (80~120°C、基本)

②低温バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果

低温バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果を表 8.2-3 に示す。平成 22 年度推計結果と比較すると、5 分の 1 程度となった。これは周辺 5km 以内に温度データの存在しないエリアにダミーデータ (AI=0) を付したことにより、それらのエリアの地下温度が過年度調査よりも低くなったためであると考えられる。

表 8.2-3 低温バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果

対象温度区分	推計条件	導入ポテンシャル (万 kW)	(参考) H22 推計結果 (※1)
53~120°C	基本	171	751
80~120°C	基本	121	推計していない

※1 環境省「平成 22 年度再生可能エネルギーの導入ポテンシャル調査報告書」

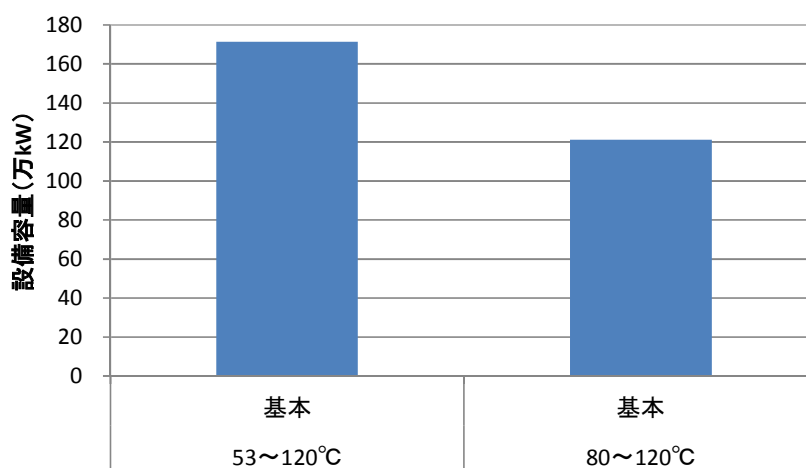
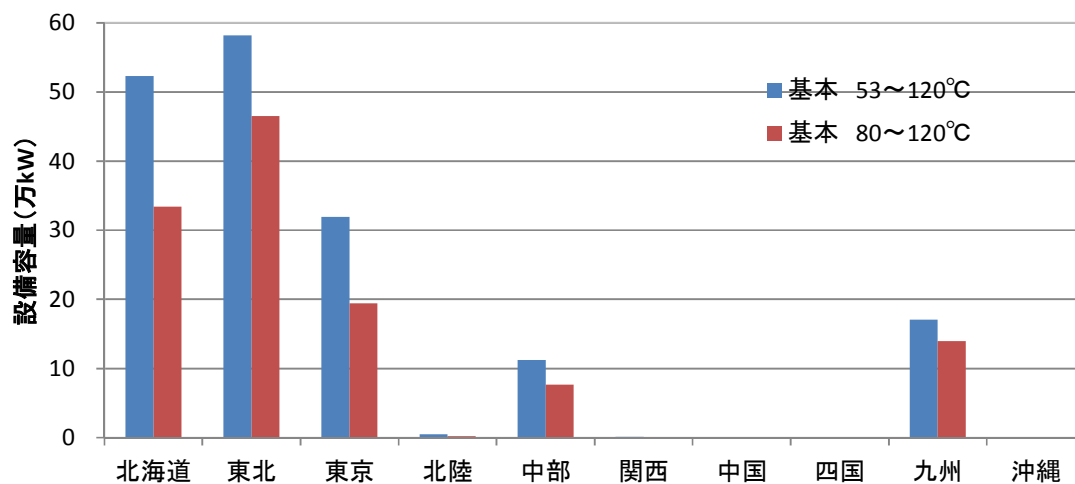


図 8.2-25 低温バイナリー発電の導入ポテンシャル集計結果

③低温バイナリー発電の電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況

低温バイナリー発電の電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況を図 8. 2-26 に示す。これによると、北海道、東北、東京、中部、九州に分布していることがわかる。

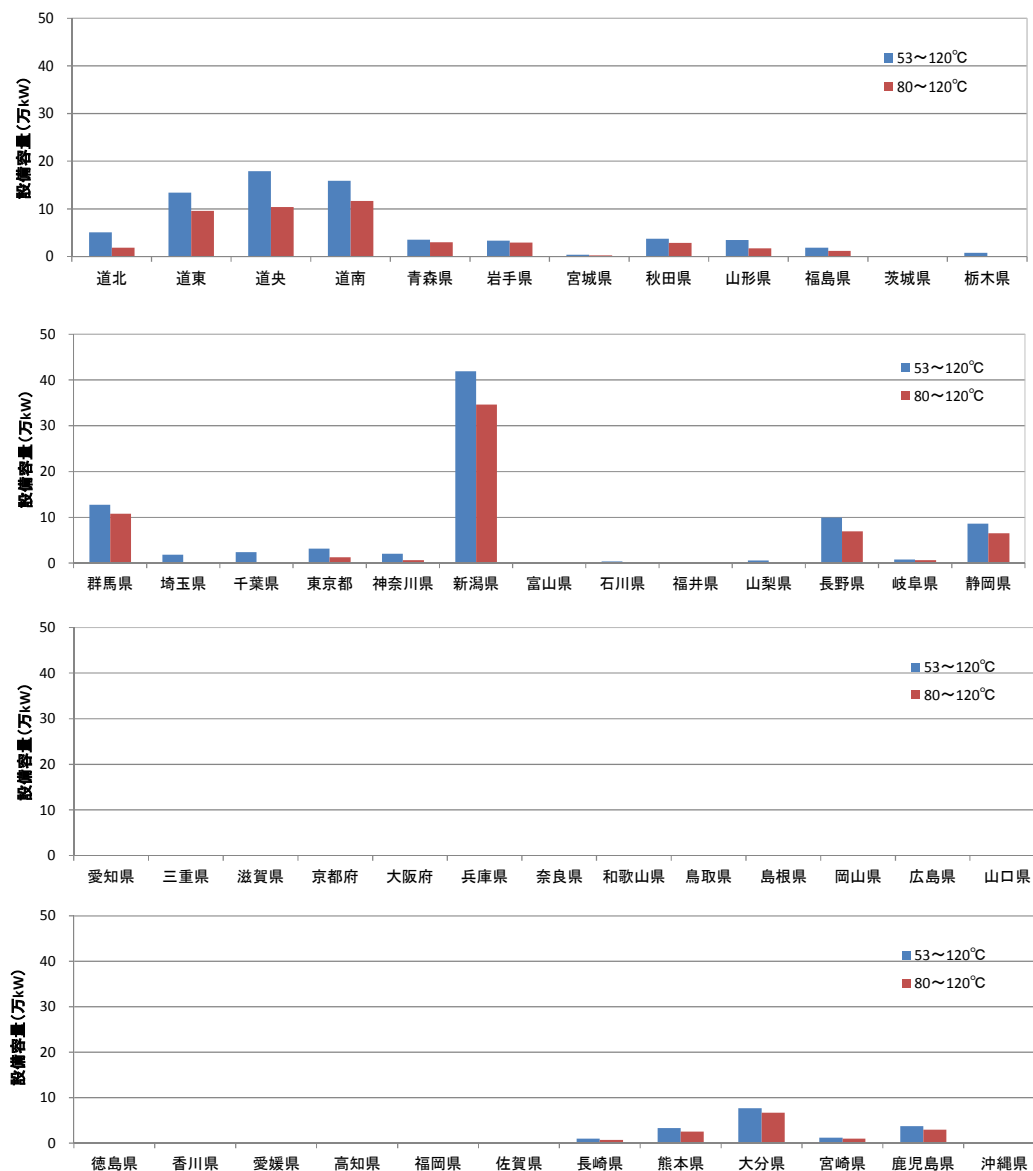


対象温度区分	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
基本 53~120°C	52	58	32	0	11	0	0	0	17	0
基本 80~120°C	33	47	19	0	8	0	0	0	14	0

図 8. 2-26 低温バイナリー発電の供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況(設備容量: 万 kW)

④低温バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況

低温バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況を図 8.2-27 に示す。これによると新潟県に最も多く分布しており、北海道や長野県、静岡県が続いている。



対象温度区分	全国	道北	道東	道央	道南	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県
53~120℃	171.4	5.1	13.4	17.9	15.9	3.6	3.3	0.4	3.8	3.5	1.8	0.1	0.8
80~120℃	121.3	1.9	9.6	10.3	11.7	3.0	2.9	0.3	2.9	1.7	1.2	0.0	0.1
対象温度区分	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県
53~120℃	13	1.8	2.4	3.1	2.0	41.9	0.1	0.3	0.0	0.6	10.0	0.8	8.6
80~120℃	11	0.1	0.1	1.3	0.7	34.6	0.1	0.1	0.0	0.0	6.9	0.6	6.5
対象温度区分	愛知県	三重県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
53~120℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
80~120℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対象温度区分	徳島県	香川県	愛媛県	高知県	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県	沖縄県	
53~120℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.4	7.7	1.2	3.7	0.0	
80~120℃	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.5	6.7	1.0	3.0	0.0	

図 8.2-27 低温バイナリー発電の都道府県別の導入ポテンシャル分布状況(設備容量: 万 kW)(基本)

第9章 推計結果の検証

9.1 地熱発電所出力と仮想設備容量の比較検証

(1) 比較検証の方法

既設発電所の出力と仮想設備容量を比較することで検証を行った。地熱発電所の出力については H24 年度に検討した以下に示す発電所区分の考え方に従い、「地熱発電の現状と動向（一社）火力原子力発電技術協会（2012 年）」の最新データ（平成 23 年度）を用いて検討した。なお、発電所地点の仮想設備容量は発電所ポイントデータから半径 1.5 km の円内を想定し集計して算出した。

A：最大電力が漸増しながら設備容量に近づくパターン（6 箇所）

（八丁原、鬼首、九重、大岳、滝上、大霧）⇒H23 認可容量を採用

A'：最大電力が漸減しながら設備容量より下回った一定値に近づくパターン（3 箇所）

（上の岱、澄川、山川）⇒H23 認可容量を採用

B：運転開始後一定期間（数年程度）、出力が一定であるが、その後、一貫して最大電力が低下するパターン（8 箇所）⇒H23 最大電力を採用

（葛根田、八丈島、柳津西山、大沼、松川、杉の井、森、霧島）

(2) 比較検証の結果

既設発電所の出力と仮想設備容量を比較した結果を表 9.1-1 に示す。H22 年度調査では多くの既設発電所における仮想設備容量が既設発電所の出力よりも小さくなった。本調査では、NEDO の地熱開発促進調査等の詳細データを追加すること等によって、森、松川、杉乃井、大岳、八丁原、大霧、霧島国際ホテル、九重の各発電所の仮想設備容量が既設発電所の出力よりも大きく算出された。なお、八丈島については重力基盤標高、AIST 3D モデル等の範囲外であり、NEDO 地熱開発促進調査でも先新第三系が確認できなかったため基盤標高データが設定できず、本調査の算出手法では資源密度が算出できなかったことから八丈島地域の地熱貯留層下底深度を海拔-3000m として推計した。

本調査では、蒸気フラッシュ発電の温度区分を 150℃以上だけでなく、180℃以上、200℃以上で区分している。各温度区分において仮想設備容量が既設発電所の出力を下回った発電所を以下に示す。

150℃以上：杉乃井、山川

180℃以上：森、杉乃井（表出せず）、山川

200℃以上：森、杉乃井（表出せず）、山川

既設発電所の出力と仮想設備容量の違いの原因を以下に考察する。

森地域は、小型じょうご型カルデラという平面的に非常に限定された地質構造をもち、かつ確認されている地熱貯留層が先新第三系中のフラクチャ中に存在するとされている。そのため「地熱貯留層は新第三系かより新しい地層中に存在する」という容積法のモデルが当てはまらない。先新第三系の分布深度が他の有望・開発地域に比較して浅いために、本調査の算出方法では貯留層温度と貯留層体積が共に小さく算出され、差が生じたものと考えられる。

杉乃井地域を含む別府南部地域は、断裂帯に規制されて北西側の鶴見岳火山から南東方に流動する熱水系モデルが考えられており、高温の温泉や地下温度データが得られている範囲が狭小である。そのため、資源量が小さく見積もられた可能性がある。

山川地域における既存発電所の出力とのかい離は貯留層下底深度の設定が影響している可能性がある。本検討では、貯留層下底深度（先第三系基盤岩深度）を、AIST 3D モデルを用いて約-600m と設定したが、山川地域の坑井（最大掘削深度 3,505m）では、おそらく先新第三系基盤岩は出現していない。そのため本地域での貯留層体積を過小評価している可能性がある。また、山川発電所から半径 1.5km 以内には海域も含まれるが、本調査では海域部分は資源量計算の対象外としていることも影響していると考えられる。

また、八丈島地域では、前述のとおり先新第三系の深度情報が無いため、地熱貯留層深度を海拔-3000m として資源量を算出した。海拔-3000m は NEDO（2002）の地熱開発促進調査地域での資源量評価で用いられた値である。他地域での貯留層下底深度と比較してみると大きな値となっており、八丈島地域の資源量が大きく算出された要因になっていると考えられる。

表 9.1-1 発電所の発電状況の推移を考慮した発電所出力と仮想設備容量見直し結果の比較

NO	発電所名	H22仮想設備容量 (kW)			H23現在の 設備容量 (kW)	H23現在の 認可出力 (kW)	H23平均 発電量 (kW)	H23最大電力 (kW)	発電所 区分	比較する 発電所出力 (kW)	H25仮想設備容量 (kW)						
		53~120℃	120~150℃	150℃以上							53~120℃	80~120℃	120~150℃	120~180℃	150℃以上	180℃以上	200℃以上
1	森	2	-	-	50,000	50,000	11,992	14,000	B	14,000	560	542	1,152	2,784	15,244	3,101	1,007
2	大沼	185	4,035	131,728	10,000	9,500	6,603	6,900	B	6,900	171	177	948	4,302	97,964	73,874	54,480
3	澄川	733	3,316	145,659	50,000	50,000	34,402	43,700	A'	50,000	146	149	770	2,776	101,918	87,765	72,725
4	松川	712	-	-	23,500	23,500	8,434	13,800	B	13,800	428	410	1,110	3,936	89,853	69,642	51,532
5	葛根田	139	762	27,815	80,000	80,000	35,142	40,400	B	40,400	100	100	486	2,193	146,309	135,093	119,762
6	上の岱	15	5,266	42,619	28,800	28,800	27,385	28,800	A'	28,800	139	144	573	2,294	88,822	76,830	63,980
7	鬼首	204	2,377	12,678	25,000	15,000	4,374	6,000	A	15,000	101	108	559	2,605	47,402	32,873	20,718
8	柳津西山	593	2,964	67,940	65,000	65,000	28,773	36,900	B	36,900	254	270	977	3,063	65,771	50,785	37,481
9	ハ丈島	-	-	-	3,300	3,300	2,044	2,502	B	2,502	171	176	707	2,871	271,512	257,804	243,205
10	杉乃井	1,488	154	-	1,900	1,900	889	950	B	950	748	767	1,255	1,351	834	0	0
11	滝上	596	1,762	27,261	27,500	27,500	26,755	27,300	A	27,500	430	459	1,608	5,561	98,962	69,632	43,394
12	大岳	1,139	-	-	12,500	12,500	8,434	10,060	A	15,000	284	285	1,301	5,348	125,472	96,515	68,832
13	八丁原	1,362	231	-	110,000	110,000	81,400	100,800	A	110,000	162	165	844	3,789	172,470	151,702	126,776
14	大霧	1,250	46	-	30,000	30,000	27,456	29,600	A	30,000	431	418	1,157	4,194	78,017	56,296	38,104
15	霧島国際ホテル	207	444	-	100	100	28	95	B	95	693	664	1,419	3,897	48,830	30,143	17,822
16	山川	560	9,512	213,851	30,000	30,000	17,309	20,400	A'	30,000	182	199	763	1,902	15,803	7,365	3,242
17	九重	1,635	94	-	2,000	990	790	990	A	990	458	461	1,542	5,511	106,666	77,754	50,691
18	岳の湯	327	1,643	29,951	-	-	-	-	H14に 廃止	-	310	327	1,293	4,839	157,534	132,004	110,068

※葛根田、八丁原は2つの発電所の合計値を掲載した。

※大岳発電所は、平成25年から認可出力を15,000kWに変更予定。

※青字は、150℃以上、180℃以上、200℃以上の仮説設備容量が比較する発電所出力よりも低く見積られた値。

9.2 学識者・開発者ヒアリング結果

地熱資源に関する有識者 5 名に対しヒアリングを実施し、資源量推計手法やパラメータ設定方法、また地熱資源密度分布図等の成果物の内容の妥当性や有益性についての意見聴取を行った。

本調査の成果物である地熱資源密度分布図については、過年度の資源密度分布図に比較して、資源分布の妥当性が向上しているという評価が得られた。また、資源密度分布図や地下温度構造可視化ツールが、特に新規参入を考えている事業者にとって有用な情報になるとの評価が得られた。

表 9.2-1 ヒアリング実施結果

ヒアリング対象者	ヒアリング結果
A 氏（学識者） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 2 月）	<p><温泉水を用いた温泉発電可能量の計算法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・大里・村岡（2008）のカーリーナ・サイクルにおける温度と電力変換効率の関係を示した図において、空冷の場合は 6 点を使用して近似式を導出した。水冷の場合の関係はデータが 1 点しかないので、空冷で得られた関係式と同勾配の直線がその点を通るとして、関係を導出した。 ・温泉発電可能量は、全て水冷の条件下で計算した。 ・計算温度における電力変換効率の値は、上述の図から得られた関係式に計算温度そのものを代入して得られる数値ではなく、計算温度と 53.284℃との中間の温度値を代入して得られる変換効率値（すなわち計算温度代入の場合の 1/2 の値）を採用した。 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・蒸気井における温泉発電可能量の計算については、火力原子力発電技術協会発行の「地熱発電の現状と動向」にある、蒸気発電の蒸気量と発電量の関係を用いればよいのではないかと。
B 氏（学識者） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 3 月）	<p><資源量評価手法、及びヒアリング時点での暫定版資源密度分布図について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・豊羽・定山溪、森、栗駒、蔵王、伊豆諸島、阿蘇の地域で計算された資源量が少ないように思える。 ・九州は阿蘇を除けばそれなりに評価ができていると思われる。 <p><広域～全国の地熱資源評価法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在の容積法計算では地下温度構造は捉えられていると思うので、広域の資源量評価をさらに進めようと思うと、地下水流量を考慮した動的なフローの量の評価できるとよい。それには、地域を区切って、深層まで達している地下水の流量を把握することが必要になる。
C 氏（開発者等） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 3 月）	<p><資源量評価手法、及びヒアリング時点での暫定版資源密度分布図について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・豊羽・定山溪、森、湯沢～皆瀬～小安地域、那須、日光の各地域で計算された資源量が少ないように思われる。 ・那須、日光等は、地熱掘削調査が行われておらず、深いボーリングデータが無いことが資源量が計算されていない原因となっているのではないかと。 ・発電所地域の地下データの資料として以下の 2 資料が有用である。(1) 新版 わが国の地熱発電所設備要覧（日本地熱調査会、2000）、(2) 地熱エネルギーハンドブック（日本地熱学会 地熱エネルギーハンドブック刊行委員会編、2014）。 <p><温泉水を用いた温泉発電可能量の計算法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・大里・村岡（2008）のカーリーナ・サイクルにおける温度と電力変換効率の関係を示した図から導出された関係式は村岡氏の考案によるもの。 ・村岡氏が計算温度と 53.284℃との中間の温度値を代入して得られる変換効率値を用いたのは妥当と思われる。

ヒアリング対象者	ヒアリング結果
	<p><大里による方法で用いられた温泉水を用いた温泉発電可能量の計算法について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・両者の計算方法は同一である。示されている発電可能量は送電端の値である。 ・温泉発電では季節（夏季と冬季）によって発電（電力変換）効率がかなり変わることに留意すべきである。 ・不活性ガス媒体の場合の発電効率は、カーリーサイクルやランキンサイクルに比べかなり低いことが明らかになっている。 ・温泉発電実績の最低熱源温度は約 74℃であるが、これはアラスカでの事例で冷却水温度が 4℃という、やや特殊な条件である。 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事業で設定した温泉発電が可能な温泉の条件（1.湧出温度 80℃以上、2.湧出量 100L/分以上）は、発電事例から見て妥当と考えられる。湧出量は 50L/分でよいかもしれない。 ・村松浜温泉については、過去に行ったヒアリングによると、湧出量が金原（2005）の記載値より大幅に小さい可能性がある。 ・蒸気を用いた温泉発電可能量の計算では、蒸気量を等しいエンタルピーの熱水量に置き換えて発電可能量を計算することが適当だろう。
<p>D 氏（開発者等） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 6 月）</p>	<p><資源密度分布図の作成手法及びそれに表現された地熱資源分布等の妥当性について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・道南地域が低いように見える。例えば森地域の資源量が小さい。 ・低温バイナリーの温度範囲を 53℃から 80℃にするのは妥当だろう。 ・既設発電所地域では、発電所の運転実績と容積法評価の比較などができるかもしれない。ただし、多くの場合発電に使用している貯留層温度は 200℃程度以上なので、容積法評価と比較するのは「150℃以上」ではなく「200℃以上」の資源量が妥当だと思われる。その考えで捉えると容積法評価では過小評価されているように見える。 ・公表されるのであれば、できるだけ詳細なデータが公表されるのが望ましい。新規参入者にとっては役立つデータになると思う。データを見る人（企業）のレベルによって、データの価値や影響度が違ってくるだろう。 ・円形に近い資源分布域が見られるが、実際にはもっと断裂系に規制された資源分布になると考えられる。 ・資源分布もおおよそ妥当と思われ、有用なマップだと思う。ただし、地熱は地下資源開発としての難しさが、太陽光や風力の資源マップと横並びで評価されることには気を付けるべき。
<p>E 氏（開発者等） （ヒアリング実施 時期：平成 26 年 6 月）</p>	<p><資源密度分布図の作成手法及びそれに表現された地熱資源分布等の妥当性について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・特に既設発電所地域での発電所の実績との比較によって資源マップとしての妥当性が評価・判断されることになると思われる。その意味では日本を代表する大岳・八丁原で容積法評価が小さく計算されているのが気になる。 ・発電所地域の坑井データは「わが国の地熱発電所設備要覧」（地熱調査会、2000）に掘削深度と最高温度が掲載されているので、それを参照すると良い。 ・個別に確認すると過大・過小評価されているといった差異があるが、資源の分布傾向については H22 年度のマップに比べてかなり妥当なものになったと思う。 ・資源マップや地下温度構造可視化ツールは、一般的な評価として有用だと思う。特に新規参入する事業者にとって有用だろう。

第10章 今後の課題と対応方策

本章では、本調査で得られた知見を基に、地熱ポテンシャルの推計に関する今後の課題と対応方策を以下に示す。

(1) 地下温度構造の推定について

本調査では、地下温度構造の推計にあたり、使用する温泉データ及び坑井温度プロファイルのデータ数を増やし、過年度調査に比べてデータ密度を大幅に向上させることができたが、以下のような課題が残されている。

①地下温度構造推定に関する情報不足への対応

地下温度構造の推定にあたっては、データ欠損エリアも未だ多く残されている。また、本調査では、周辺 5km 以内に温度データの存在しない地点にはダミーデータ (AI=0) を付与することとしていたが、ヒートフローや岩種熱伝導率からの温度勾配を算定する手法や、基盤岩の温度上昇率の平均を算出する手法等、他の手法の援用も含め、どのような方法が最適か検討する必要がある。

②深部域における高温化への対応

温度構造の推計にあたっては、林による AI (活動度指数: アクティビティインデックス) を用いているが、AI は 1 次元で上昇流の熱移動のみを考慮しており、側方流動等は考慮していない。そのため深部の温度構造が高温に推定されてしまう傾向がある。これに対しては、熱の側方流動を考慮した新たな活動度指数を設定する手法、地熱資源の存在形態を考慮して温度構造を推定する手法等も今後は検討する必要がある。

(2) 熱水資源の貯留層基盤標高図の作成について

貯留層基盤標高の推定にあたっては、過年度調査で使用されている重力基盤標高だけでなく、表層地質図、地化学温度計、坑井データ等様々なデータを活用した。これにより、過年度調査と比べて、資源量分布が明らかに実態と乖離しているエリアは大幅に減少したと考えられるが、以下のような課題が残されている。

①地盤の透水性に関する情報不足への対応

地熱貯留層分布の検討にあたっては、岩盤の透水性 (透水係数、透水量係数) の 3 次元分布情報が重要であることは論を待たないが、現状では有効かつ活用可能な全国データが存在しない。本調査においても、以下のデータの活用を検討したが、データの粗密や偏り、地熱貯留層深度までの調査結果が無い、等の理由により見送った経緯がある。

これらの情報も活用しながら、岩盤の透水性に関する情報整備を図ることは今後の課題である。

- ・地質柱状図および透水試験結果（「Kuni jiban」国土交通省・独立行政法人土木研究所・港湾空港技術研究所）
- ・揚水井戸のデータ（「全国地下水資料台帳」、国土交通省国土政策局）
- ・断層分布図（「日本の断層マップ」、小坂ほか（2010））

②地化学温度計等の化学的手法による援用

本調査では、先新第三系が表層に分布するために貯留層が存在しない地域と判定し、一方で、資源量ゼロとされたエリアの一部に対して地化学温度計データを活用して復活させているが、活用できたデータは全データの一部に過ぎない。また、AnIn（アニオンインデックス）の活用についても検討を行ったが、AI（アクティビティインデックス）との間の相関関係が確認できなかったため、見送った経緯がある。今後、これらの化学的手法を援用する手法を確立できれば、活用可能な情報数が増加するため、より高精度で貯留層基盤標高、地下温度等が推定可能になると考えられる。

（3）貯留層になりうる範囲の設定と USGS 容積法に基づく資源密度分布図の作成について

本調査では発電方式別に発電可能下限温度を設定した上で、USGS 容積法を用いて資源密度を推計し、資源密度分布図を作成した。現状ではこれに代わる手法が存在しないものの、様々な課題も指摘されている。いくつかの課題を以下に示す。

①発電方式別の発電可能下限温度の設定

本調査では、発電可能下限温度を、蒸気フラッシュ発電は 150℃、180℃、200℃、バイナリー発電（ランキンサイクル）は 120℃、低温バイナリー発電（カーリーナサイクル）は 53℃、80℃と設定したが、発電可能下限温度は、詳細発電方式やメーカー、環境条件によって異なる。また、今後の技術開発によっても変化するため、必要に応じて見直す必要がある。

②容積法における各種パラメータの妥当性の検証

本調査では、USGS 容積法を用いて、賦存するエネルギー量を 30 年間で除して発電量（kW）に換算している。また発電効率等に関しても発電方式別に一定値を用いている。これらのパラメータ設定は、どちらかという慣習的なものであり、今後、その妥当性についても検証することが望ましい。

③一部有望エリアの過小評価への対応

本調査では、温度データ欠損エリアにダミーデータ（AI=0）を付与する、表層地質図

で先新第三系分布域のエリアの貯留層基盤深度を0mとする、といった保守的な設定を行っている。そのため一部の有望な温泉地でポテンシャルがあまり表出せず、実際の資源量に比べて過小評価されている可能性があるのではないかと、といった指摘もあった。現時点での入手データではいたしかたないところではあるが、今後新たなデータが得られた場合には、データを追加して精度向上を図ることが求められる。

④発電所の実態との整合性確保

本調査では、過年度調査において資源量ゼロとされていた地熱発電所の多くにおいて、資源量が出た。一方で、森、杉乃井、山川発電所では、仮想設備容量が発電所出力より低く算出された。これら発電所の仮想設備容量の算出においては、容積法の限界を補う算出方法の検討が必要である。

(4) 温泉発電に関する資源分布図の作成について

温泉発電に関しては、現状で収集できた情報に基づいて、“想定”の範囲を極力減らし、明確に算定可能な資源量のみを推計を行った。温泉発電に関する資源量推計手法及び資源分布図作成に関する課題を以下に示す。

①湯量データの情報不足への対応

本調査では、約3,700個の温泉データを対象として資源量計算を行ったが、湧出量データが無く資源量が算出できない温泉が多くあった。資源量の推計精度向上にあたっては湯量データも含めた温泉データの収集が課題となる。

②蒸気井に関する情報不足への対応

温泉蒸気井も有望な温泉発電の資源であるが、現状では、その数さえも十分に分からない状況にある。本調査では、2地点の蒸気井の発電可能量を推計することにより、ポテンシャル評価の手法を例示したが、全国的なポテンシャル評価を行うためには、資源量評価に関する手法論を確立するとともに、温泉データ（湧出温度、湧出量、蒸気流量）の充実を図る必要がある。

③蒸気井の流量測定方法の確立

本調査より蒸気を伴う温泉井には流量計測設備が備えられていないことが多い可能性が示唆された。今回調査対象とした井戸設備にもセパレータ（蒸気/温泉水の分離装置）やオリフィス板等の流量計測設備が備えられていなかったことから、それら設備を必要としないトレーサー希釈法を選定した。トレーサー希釈法の適用条件は、温泉井の輸送配管上にトレーサー注入用及び試料採取用のバルブと、両バルブ間にトレーサーの混合を促す構造（配管の曲がり等）が存在することである。測定時における大きな課題は特

に無いが、トレーサーを温泉水に注入することから、事前に温泉事業者に説明するなどの配慮が必要となる。

(5) その他・共通

前述した課題以外の課題を以下に示す。

①詳細調査の対象エリア拡大と比較的安価な調査手法の確立

本調査では過年度調査と比較して、全国的な資源量（賦存量）は減少したが、導入ポテンシャルは増加した。その主要因は、NEDO 地熱開発促進調査のデータを全面的に活用したためと考えられる。本調査が保守的な推計としているためでもあるが、現状では「地下温度構造に関する情報が増えると地熱発電の導入ポテンシャルも増加する」傾向がある。より高い精度の導入ポテンシャルを推計するためにはより多くの情報が必要であり、より多くの情報を得るためには、より安価な調査手法の確立が期待される。

②情報収集・整備に係る多様な主体との連携・協力

地熱資源のポテンシャル推計に関しては、坑井データ以外に、温泉データや地質データ等の多様・多彩な情報が必要となるが、これらの情報は地熱開発関係者ばかりが保有しているわけではない。今後、地熱発電に対する理解者が増加し、情報提供して頂けるような仕組みができれば、より高精度の資源量評価が可能になる。なお、資源量評価の精度が高まれば、導入も加速化すると考えられる。

(了)

卷末資料 1

基盤深度文献リスト

NEDO地熱開発促進調査データ

No.	区分	対象地域	調査報告書No.	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	断面図	八幡平東部地域	No. 1	○	
2	断面図	鶴山川下流地域	No. 2	○	
3	コンター図	栗野・手洗地域	No. 3	○	
4	断面図	胆振地域	No. 4	×	基盤深度不明
5	断面図	沖浦地域	No. 5	○	
6	断面図	弟子屈西部地域	No. 6	×	基盤深度不明
7	断面図	湯沢地域	No. 7	○	
8	断面図	奥会津地域	No. 8	○	
9	コンター図	下北地域	No. 9	○	
10	断面図	吾妻北部	No. 10	○	
11	断面図	池田湖東部地域	No. 11	○	
12	断面図	豊羽地域	No. 12	○	
13	断面図	南茅部地域	No. 13	○	
14	断面図	湯田地域	No. 14	×	基盤深度不明
15	断面図	雲仙西部地域	No. 15	○	
16	断面図	上川地域	No. 16	○	
17	断面図	王滝地域	No. 17	○	
18	コンター図	久住地域	No. 18	○	
19	断面図	八雲地域	No. 19	○	
20	断面図	皆瀬地域	No. 20	○	
21	断面図	猪苗代地域	No. 21	○	
22	断面図	登別地域	No. 22	○	
23	断面図	最上赤倉地域	No. 23	○	
24	断面図	福島島西部地域	No. 24	○	
25	コンター図	菱刈地域	No. 25	○	
26	断面図	阿寒地域	No. 26	○	
27	断面図	田沢湖東部地域	No. 27	○	
28	断面図	尾花沢東部地域	No. 28	×	基盤深度不明
29	断面図	大分川上流地域	No. 29	○	
30	断面図	八甲田西部地域	No. 30	○	
31	断面図	岩手山西部地域	No. 31	○	
32	断面図	八丈島地域	No. 32	×	基盤深度不明
33	断面図	奥尻地域	No. 33	○	
34	断面図	上ノ湯・三岱地域	No. 34	○	
35	断面図	水分峠地域	No. 35	○	
36	コンター図	阿女嶺岳地域	No. 36	○	
37	-	本宮地域	No. 37	×	すべて基盤
38	断面図	阿蘇山西部	No. 38	○	
39	断面図	白鳥地域	No. C-1	○	
40	断面図	万年山	No. A-1	○	
41	断面図	山菱沢地域	No. C-2	○	
42	コンター図	標津岳地域	No. A-2	○	(重力基盤)
43	断面図	姫川地域	No. 43	○	
44	断面図	猿倉嶺地域	No. B-1	×	基盤深度不明
45	断面図	安代地域	No. B-2	○	
46	断面図	熊石地域	No. B-3	○	
47	断面図	崩平山地域	No. B-4	×	基盤深度不明
48	コンター図	秋ノ宮地域	No. C-3	○	
49	断面図	武佐岳地域	No. B-5	×	基盤深度不明
50	断面図	辻ノ岳地域	No. B-6	×	基盤深度不明
51	コンター図	薫別岳地域	No. A-4	○	(重力基盤)
52	断面図	桑ノ沢地域	No. B-7	○	
53	断面図	白水越地域	No. C-4	○	
54	断面図	安比地域	No. C-5	×	基盤深度不明
55	断面図	霧島烏帽子岳地域	No. C-6	○	
56	断面図	天栄地域	No. C-2-2	○	
57	断面図	皆瀬地域	No. C-2-3	○	
58	断面図	温泉町地域	No. C-2-4	○	
59	断面図	小谷地域	No. C-2-5	○	
60	断面図	奥尻地域	No. C-2-6	○	
61	断面図	標津妹羅山地域	No. C-2-7	×	基盤深度不明
62	断面図	奥尻西部地域	No. C-2-9	×	断面位置不詳
63	断面図	八幡平地域	No. C-2-8	○	
64	断面図	池田湖東部	No. C-2-10	×	No. 11と同内容
65	コンター図	佐渡地域	No. C-2	○	
66	断面図	下湯地域	No. C-2	○	
67	-	小谷村地域	No. C-2	×	地質構造情報なし

地質構造モデルデータ (研究論文データ)

No.	区分	対象地域	報告書等の番号や略称	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	断面図	長野県～静岡県	第245号 糸静線	×	限定的な引用図のみ
2	コンター図	宮城県	第249号 宮城沖	×	速度-地質の対応不明
3	コンター図	石川県周辺	第255号 森本	×	第263号でカバー
4	コンター図	熊本県周辺	第256号 日奈久	○	
5	コンター図	神奈川県	第261号 三浦	×	一部の中新統も基盤
6	コンター図	山形県周辺	第262号 山形	○	
7	コンター図	富山県周辺	第263号 砺波	○	
8	コンター図	西南北海道～東北	第279号 三陸沖	○	
9	コンター図	近畿地方北部	第281号 琵琶湖	○	
10	コンター図	岐阜県・富山県周辺	第282号 高山	○	
11	断面図	北海道中部	第283号 石狩	○	
12	コンター図	近畿地方北部～中国地方東部	第294号 山崎断層	○	
13	コンター図、断面図	近畿地方、中国地方東部、四国地方北部	第295号 中央構造線	○ (一部)	第294号と重複多く、補足的に使用
14	コンター図	九州地方	第296号 日向灘	○	
15	コンター図	関東平野	鈴木(2002)	○	
16	コンター図	新潟県周辺	関口ら(2009)	○	
17	コンター図	伊勢湾周辺	堀川ら(2008)	○	
18	コンター図	京都盆地	京都市H13年度	×	第281号でカバー
19	コンター図	大阪平野	堀川ら(2002)	×	第281, 294号でカバー
20	コンター図	仙台平野南部	宮城県H16年度	○	

地域地質構造データ (研究論文データ)

No.	区分	対象地域	文 献	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	柱状図	天北	栗田裕司・小布施明子 (1997) 北海道北部, 基礎誌「天北」における第三系~上部白亜系有機質微化石層序, 石技協, 62(1), p13-24.	○	
2	断面図	天北	日本地方地質誌北海道 p208-209. 天北EW断面	○	
3	断面図	北見山地	日本地方地質誌北海道 p212-213. 北見山地周辺3断面	○	
4	断面図	北見山地	日本地方地質誌北海道 p220-221. 紋別南方断面	○	
5	断面図	知床	日本地方地質誌北海道 p232. 知床半島SW断面	○	
6	断面図	旭川周辺	日本地方地質誌北海道 p258. 上川盆地断面	○	
7	断面図	石狩~日高~根釧	伊藤谷生 (2000) 日高衝突帯-前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造, 石技協, 65(1), p103-109.	○	
8	断面図	石狩~日高~根釧	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」p184-185. 十勝沿岸部 (豊頃周辺) の断面図	○	
9	断面図	石狩~日高~根釧	伊藤谷生 (2000) 日高衝突帯-前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造, 石技協, 65(1), p103-109.	○	
10	断面図	日高~道東	岩崎貴哉・森谷武男 (2002) 制御震源地震探査から見た北海道の地殻構造, 北海道大学地球物理学研究報告, 65, p291-302.	○	
11	断面図	日高~道東	日本地方地質誌北海道 p379. 1999-2000断面 (石狩-帯広)	○	
12	断面図	日高~道東	網走-釧路断面 日本地方地質誌北海道 p225	○	
13	断面図	日高~道東	岡孝雄 (1986) : 北海道の後期新生代堆積盆の分布とその形成に関わるテクトニクス, 北海道の地質と構造運動, 地研専報, 31, pp. 295-320. (帯広EW断面)	○	
14	断面図	西南北海道	日本地方地質誌北海道 p.181-182. 渡島半島4断面	○	
15	断面図	西南北海道	日本地方地質誌北海道 p.188-189. 積丹-洞爺3断面	○	
16	位置図	北海道	矢口良一ら (1997) 基礎誌の技術的成果の概要, 石技協, 62(1), p3-12.	○	
17	断面図	日高	日本地方地質誌北海道 p217. 豊頃丘陵付近断面	○	他文献でカバー
18	断面図	西南北海道	「東北本州孤地質資料」断面図No.2, 3, 4, 5, 6, 7	×	他文献でカバー
19	柱状図	石狩平野周辺	栗田裕司・横井悟 (2000) : 中央北海道南部における新生代テクトニクスの変遷と油田構造形成, 石油技術協会誌, Vol. 65, p58-70.	×	基盤深度不明
20	柱状図	石狩平野周辺	大澤正博・中西敏・棚橋学・小田浩 (2002) : 三陸一日高沖前孤堆積盆の地質構造・構造発達史とガス鉱床ポテンシャル, 石油技術協会誌, Vol. 67, p38-51.	×	基盤深度不明
21	柱状図	石狩平野周辺	岡孝雄 (1994) : 北海道の平野・盆地の成立過程, 227p, 北海道大学理学研究科博士論文.	×	他文献でカバー
22	断面図	北海道	佐々保雄 (1956) : 北海道古第三系に関する諸問題, 有孔虫, 6, 1-22.	×	基盤深度不明
23	断面図	北海道中部	下河原寿男 (1963) : タ張炭田の形成とその地質構造の発展, 石炭地質研究5, 北海道探鉱技術会地質部会, 244p.	×	基盤深度不明
24	断面図	北部北海道	高橋功二・福沢仁之・和田信彦・保柳康一・岡孝雄 (1984) : 北海道北部, 日本海沿岸地域の第三系-その層序と古地理について, 地球科学, 38, 5, 299-312.	×	基盤深度不明
25	断面図	西南北海道	安藤重幸 (1983) : ボーリング結果からみた滝川カルデラの構造, 月刊地球, 5, p116-121.	×	基盤深度不明
26	断面図	北海道中部	垣見俊弘・植村武 (1958) : 5万分の1地質図幅「月形」及び説明書.	×	基盤深度不明
27	断面図	石狩平野周辺	小林勇・垣見俊弘・植村武・秦光男 (1957) : 5万分の1地質図幅「滝川」及び説明書.	×	基盤深度不明
28	断面図	北海道中部	小林勇ほか (1969) : 妹背牛地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅).	×	基盤深度不明
29	断面図	北海道中部	和田信彦 (1990) : 樺山地周辺の第三系模式層序概念図, 北海道地方p97	×	基盤深度不明
30	断面図	十勝	山口昇一 (1990) : 十勝地域の模式地質断面図, 北海道地方p113	×	基盤深度不明
31	柱状図	石狩平野周辺	栗田裕司・横井悟 (2000) : 中央北海道南部における新生代テクトニクスの変遷と油田構造形成, 石技協, 65(1), p58-70.	×	他文献でカバー
32	断面図, コンター図	石狩平野周辺	札幌市 (2002) : 平成13年度 石狩平野北部地下構造調査業務成果報告書, 201p.	×	他文献でカバー
33	断面図, コンター図	石狩平野周辺	札幌市 (2003) : 平成14年度 石狩平野北部地下構造調査業務成果報告書, 291p.	×	他文献でカバー
34	断面図	石狩平野周辺	伊藤谷生 (2000) : 日高衝突帯-前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造, 石油技術協会誌, Vol. 65, p103-109.	×	他文献でカバー
35	断面図	石狩平野周辺	岩崎貴哉・1999-2000年北海道日高衝突帯構造探査グループ (2002) : 北海道日高衝突帯における制御震源地震探査, 月刊地球, Vol. 24, pp. 475-480.	×	他文献でカバー
36	断面図	石狩平野周辺	横倉隆伸・高崎光旗・渡辺 章・浦辺徹郎 (1992) : 深部地殻探査に向けた反射法地震探査実験概観-6SJ 90-151 高測線1、地震2、Vol. 45, pp. 145-156.	×	他文献でカバー
37	断面図	石狩平野周辺	在田一則 (2002) : 日高山脈の上昇過程 (試論) -ヒマラヤとの比較-, 月刊地球, Vol. 24, p464-467.	×	他文献でカバー
38	断面図	石狩平野周辺	森谷武男 (1999) : 北海道日高山脈南部の3重衝突構造による地震活動, 月刊地球号外, No. 27, p206-210.	×	他文献でカバー
39	断面図	石狩平野周辺	岩崎貴哉・森谷武男 (2002) : 制御震源地震探査から見た北海道の地殻構造, 北海道大学地球物理学研究報告, No. 65, p291-302.	×	他文献でカバー
40	断面図	石狩平野周辺	爆破地震動研究グループ (1988) : 日高山脈西部における爆破地震動の観測 (新冠一様測線) , 地震研究所集報, Vol. 63, pp. 273-288.	×	他文献でカバー
41	断面図	石狩平野周辺	爆破地震動研究グループ (1993) : 北海道域における爆破地震動の観測 (津別一門別測線) , 地震研究所集報, Vol. 68, pp. 209-229.	×	他文献でカバー
42	断面図	石狩平野周辺	爆破地震動研究グループ (2002a) : 北海道日高衝突帯断層屈折・広角反射法地震探査 (大滝一浦観測線) , 地震研究所集報, Vol. 77, pp. 139-172.	×	他文献でカバー
43	断面図	石狩平野周辺	爆破地震動研究グループ (2002b) : 北海道日高衝突帯前線部における屈折・広角反射法地震探査 (大滝一平取測線) , 地震研究所集報, Vol. 77, pp. 173-198.	×	他文献でカバー
44	断面図	秋田・宮古	佐藤比呂志ら (2004) 後期新生代における東北日本中部背弧域の地殻構造発達, 石技協, 69(2), p145-154.	×	他文献でカバー
45	断面図	秋田, 岩手, 山形	佐藤比呂志ら (2010) 北部本州孤域の地殻構造と震源断層, 地質学雑誌, 116(11), 592-601.	○	
46	断面図	岩手	「日本の地下水」p.153. 北上盆地断面図	×	基盤深度不明
47	断面図	八戸	岡田 広 (1971) : 弾性波による八戸市の基盤探査, 北海道大学地球物理学研究報告, pp.147-167.	○	
48	断面図	青森~福島	「東北本州孤地質資料」断面図No.8, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30	○	
49	コンター図	宮城	宮城県 (2010) 仙台平野南部地下構造調査.	○	
50	断面図	常盤	「日本の地質 東北地方」p56 (常盤)・岩田 (2002) 常盤石油システム	○	
51	柱状図, 断面図	宮城周辺	地質調査所 (1988) : 栗駒地熱地域における研究, 地質調査所報告 第268号	×	他文献でカバー
52	断面図	宮城周辺	Yamada, E. (1988) : Geologic development of the Onikobe Caldera, Northeast Japan, with special reference to its hydrothermal system. Rept. Geol. Japan, No. 268, 61-190.	×	他文献でカバー
53	断面図	宮城周辺	科学技術庁 (1997) : 長町-利府断層帯に関する調査, 平成7年度・平成8年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集, 30-34.	×	他文献でカバー
54	柱状図	宮城周辺	防災科学技術研究所 : KiK-Net ボーリング柱状図 (宮城県)	×	他文献でカバー
55	断面図	宮城周辺	田中俊行ほか (1999) : 男鹿-気仙沼測線における地殻構造とジオイド, 月刊地球, 号外No. 27	×	他文献でカバー
56	断面図	宮城周辺	岩崎貴哉ほか (1999) : 1997年東北日本横断地殻構造探査, 月刊地球, 号外No. 27, 48	×	他文献でカバー
57	断面図	宮城周辺	滝沢文教・柳沢幸夫・久保和也・鎌田耕太郎 (1992) 20万分の1地質図幅「石巻」(第2版). 地質調査所	×	他文献でカバー
58	断面図	山形	山形県 (1999) : 山形県活断層調査一庄内平野東縁断層帯, 山形盆地断層帯, 新庄盆地断層帯に関する調査一、第3回活断層調査成果報告会予稿集, 科学技術庁, pp. 241-250.	×	他文献でカバー
59	断面図	山形	山形県 (2000) : 山形県活断層調査一庄内平野東縁断層帯, 山形盆地断層帯, 新庄盆地断層帯に関する調査一、第4回活断層調査成果報告会予稿集, 科学技術庁, pp. 39-48.	×	他文献でカバー
60	断面図	山形	大沢穂・片平忠実・中野俊・土谷信之・栗田泰夫 (1988) : 矢島地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) , 地質調査所, 87p.	×	他文献でカバー
61	断面図	山形	大沢穂・片平忠実・土谷信之 (1986) : 清川地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) , 地質調査所, 61p.	×	他文献でカバー
62	断面図	山形	池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編 (2002) : 第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会, 254p.	×	他文献でカバー
63	断面図	山形	中鉢晋 (1990) : 砕石発破を用いた地殻浅部における地震波減衰の研究, 東北大学大学院理学研究科修士論文, 91p.	×	他文献でカバー
64	柱状図	山形	東北農政局 (1982) : 山形盆地地区地盤沈下報告書 (地形・地質編) , 農林水産省東北農政局計画部, 124p.	×	他文献でカバー
65	断面図	山形	本田康夫 (1983) : 米沢盆地の基盤構造, 山形応用地質, 3, pp. 21-26	×	他文献でカバー
66	断面図	山形	矢崎清貴・井波和夫 (1964) : 山形・秋田県下における地震探査, 地質ニュース, Vol. 133, pp. 13-15.	×	他文献でカバー
67	断面図	山形	吉田公 (1985) : 山形盆地の第四期と地下水, 山形応用地質, 1, pp. 41-46.	×	基盤深度不明
68	断面図	山形	通商産業省・資源エネルギー庁 (1982) : 昭和56年度 広域調査報告書 羽越地域 (II) , 31p.	×	他文献でカバー
69	断面図	山形	爆破地震動研究グループ (1990) : 東北日本孤横断人工地震探査 (釜石-岩城測線) , 地震研究所集報, Vol. 74, pp. 63-122.	×	他文献でカバー
70	断面図	東北	平田 直 (1999) : 反射法地震探査からみた奥羽背稜山地の地殻構造, 月刊地球号外, 27, pp. 39-43.	×	他文献でカバー
71	断面図	東北	長谷川功 (1988) : 爆破地震データによる沈み込むプレート構造のモデル化, 地震学会講演予稿集, A81.	×	他文献でカバー
72	断面図	東北	岩崎貴哉ほか (1994) : 人工地震探査による北海道地域の地殻構造その3 (津別一門別測線) , 地震学会予稿集, P12.	×	他文献でカバー
73	断面図	東北	岩崎貴哉ほか (1995) : 人工地震探査による北海道地域の地殻構造, その4, 地震学会予稿集, B04.	×	他文献でカバー

74	断面図	東北	岩崎貴哉ほか(1999) : 1997年東北日本横断地殻構造探査、月刊地球号外、27、pp.48-55.	×	他文献でカバー
75	コンター図	関東平野	鈴木宏芳(2002) : 関東平野の地下地質構造、防災科学技術研究所研究報告、63、1-19.	○	
76	断面図	関東平野	「日本の地質 関東地方」p96(断面位置)、p97-99、106(断面図)	○	
77	コンター図	房総	「日本の地質 関東地方(旧)」p78、房総半島南部	○	
78	断面図	三浦半島	「日本の地質 関東地方(旧)」p89、詳細断面図	○	
79	コンター図	甲府盆地	「日本の地質 中部地方 I」p152、甲府周辺	○	
80	断面図	秩父盆地	日本地方地質誌関東地方 p146、150、南北断面図	○	
81	断面図	群馬	日本地方地質誌関東地方 p225、みなみ地域断面	○	
82	断面図	丹沢	丹沢団体研究グループ(1977) : 丹沢山地のグリーンタフに関する研究(その4) 丹沢山地におけるグリーンタフ造山運動の一般性と特殊性、地研専報、20、177-191.	○	
83	断面図	山梨～足柄、湘南	佐藤比呂志(2012) 地震推進本部 大都市大震災軽減化特別プロジェクト特報告書 小田原山梨、神奈川沿岸など6断面	○	
84	模式断面図	神奈川	「日本の地質-関東地方」p101(丹沢)	×	他文献でカバー
85	柱状図	関東平野	「日本の地質-関東地方」p167 関東平野柱状図	×	他文献でカバー
86	断面図、コンター図	神奈川	千葉県(2000) : 平成11年度 地震関係基礎調査交付金 千葉県地下構造調査 成果報告書	×	他文献でカバー
87	断面図、コンター図	神奈川	神奈川県(2001) : 平成12年度 地震関係基礎調査交付金事業 神奈川県地下構造調査成果報告書	×	他文献でカバー
88	断面図	神奈川	神奈川県(1997) : 神奈川県活断層調査成果報告書-伊勢原断層・北武断層群-(概要版)、15p	×	他文献でカバー
89	断面図	関東	矢内桂三(1972) : 足尾山地北部の後期中生代酸性火山岩類 その1 地質、岩鉱、67、193-202.	×	基盤深度不明
90	断面図	埼玉	武井翔・小池光子(1981) : 関東平野西縁の地質、地質学論集、20、169-176.	×	他文献でカバー
91	断面図	箱根	山下浩一ほか(2008) : 箱根火山基盤岩類の再検討、神奈川博調査研報(自然)2008、13、135-156.	×	基盤深度不明
92	断面図	足柄～下総	豊島康弘・鹿兒島康一・角田史雄・小玉善三郎(2006) : 首都圏南西部における地質構造発達過程への仮想基盤変位法の適用、地球科学、60(1)、35-48.	×	他文献でカバー
93	断面図	甲府	山梨県(2004) : 甲府盆地地震探査断面、平成15年度甲府盆地地下構造調査.	×	他文献でカバー
94	断面図	北関東	矢内桂三(1972) : 足尾山地北部の後期中生代酸性火山岩類 その1 地質、岩鉱、67、193-202.	×	基盤深度不明
95	断面図	丹沢	佐藤比呂志ほか(2004) 大都市大震災軽減化特別プロジェクト(平成15年度)成果報告書、83-191.	×	他文献でカバー
96	断面図	丹沢	佐藤比呂志ほか(2006) 大都市大震災軽減化特別プロジェクト(平成17年度)成果報告書、98-182.	×	他文献でカバー
97	コンター図	新潟	関口春子ほか(2009) 新潟堆積盆地3次元地盤構造のモデル化、活断層・古地震研究報告、No.9、175-259.	○	
98	断面図	松本～身延	糸魚川-静岡構造線反射法地震探査 池田ら(2010) 11断面	○	
99	断面図	伊豆	吉井敏克(1996) : 伊豆半島の地殻構造(燻破G)、「日本の地質 中部地方 I」、p226-228.	○	
100	速度断面	富山-長野県	白山-樺名北ES震探 酒井ほか(1996) 一防災科研「高山」のコンター図範囲にほぼ入る		
101	断面図	長野～静岡	Ikami, A., Yoshii, T., Sasaki, Y., Hasai, A., Moriya, T., Miyauchi, H., Matsumura, R. S., and Wada, K. (1986) : A seismic-reflection profile in Nagano Prefecture, central Japan, Jour. Phys. Earth., vol. 34, p. 457-474.	○	
102	柱状図	相良、掛川	加藤進(1992) : 御前崎地域の地質、石技協、57(1)、45-52.	○	
103	コンター図	相良、掛川	中部電力(2010) : 地下構造調査結果を踏まえた解析用地盤モデルに基づく検討について(検討資料集) W42-1-1.	○	
104	断面図	岡崎平野	「日本の地下水」p.517、岡崎3断面	○	
105	断面図	富士山付近	松田時彦(2007) : 富士山の基盤の地質と地史、富士山、山梨県環境科学研究所、p45-57.	×	概念図
106	コンター図	関東-東海	地震調査研究推進本部(2009) : 「長周期地震動予測地図」2009年試作版、7. 地下構造モデルの作成.		速度-地質対応不明
107	コンター図、断面図	相良、掛川	中部電力(2010) : 資料(合同W38-5-1、合同W38-5-2、合同W38-5-2(机上資料1)、合同W39-2、合同W39-2(参考資料4)、合同W42-1-1、合同W42-1-1(検討資料集))の訂正について、合同W43-3.	×	他文献でカバー
108	柱状図	相良、掛川	上田広和ら(2007) : 静岡県掛川-相良油田地域における古～新第三系前弧堆積地帯の根層岩と石油システム、石技協、72(4)、333-346.	×	基盤深度不明
109	断面図	福井	「日本の地下水」p.447、武生盆地	×	他文献でカバー
110	断面図	長野～静岡	Asano, S., Kubota, S., Okada, H., Nogoshi, M., Suzuki, H., Ichikawa, K. and Watanabe, H. (1969) : Underground structure in the Matsushiro Earthquake Swarm area as derived from explosion seismic data. Special Report, No.5, p.165-201, Geol. Surv. Japan	×	他文献でカバー
111	断面図	長野～静岡	萩原幸夫・山下 昇・小坂共栄・矢野謙治・安井敏夫(1986) : 糸魚川-静岡構造線の重力調査(1) - 松本盆地中央部のブーゲ異常と構造解析、地震学報、vol.61、p.537-550.	×	他文献でカバー
112	断面図	長野～静岡	平林照雄(1967) : 糸魚川-静岡線北部地域の地質構造、長野県教育センター研究紀要、vol.1、p.51-75.	×	他文献でカバー
113	断面図	長野～静岡	平田直・佐藤比呂志・伊藤谷生・池田安隆・岩崎貴哉・大久保修平・酒井慎一・飯高隆・吉井敏克・篠原雅尚・津村紀子・井川猛・清水信之(1997) : 北部フォッサマグナの深部地震構造探査、日本地震学会講演予稿集、No.2、A41	×	他文献でカバー
114	断面図	長野～静岡	Kato, H. (1992) : Fossa Magna - A masked border region separating southwest and northeast Japan, Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 43, p.1-30.	×	他文献でカバー
115	断面図	長野～静岡	Kato, H. and Akahane, S. (1986) : Geology of Nagano district. with Geological Sheet Map at 1:50,000, Geol. Surv. Japan	×	他文献でカバー
116	断面図	長野～静岡	小坂共栄(1984) : 信越方向、大峰方向ならびに津南-松本線、信州大理学部紀要、vol.19、p.121-141	×	他文献でカバー
117	断面図	長野～静岡	熊井久夫(2000) : 諏訪湖の生い立ちを探る、アーバンクボタ、No.38.	×	他文献でカバー
118	断面図	長野～静岡	隈元 崇・池田安隆(1993) : 南部フォッサマグナ、甲府盆地の低角度逆断層の地下構造とネトスリップ、地震第2巻、vol.46、p.245-258.	×	他文献でカバー
119	断面図	長野～静岡	国友孝洋・古本宗光(1995) : 燻破地震動観測による甲府盆地の地下構造、地震第2巻、vol.48、p.27-36.	×	他文献でカバー
120	断面図	長野～静岡	松本盆地団体研究グループ(1977) : 松本盆地の第四紀地質の概観-松本盆地の形成過程に関する研究(1)、地質学論集、No.14、p.93-102.	×	他文献でカバー
121	断面図	長野～静岡	松本市教育委員会(1983) : 「松本盆地の生い立ちを探る」	×	他文献でカバー
122	断面図	長野～静岡	新潟県(2001) : 新潟県地質図(縮尺1/200,000)	×	他文献でカバー
123	断面図	長野～静岡	植村武・山田哲雄編集(1988) : 日本の地質4「中部地方 I」、共立出版社	×	他文献でカバー
124	断面図	長野～静岡	海野芳聖(1991) : 山梨県甲府盆地の堆積過程-地下地質から見た更新世以降の特徴、地学団体研究会専報、No.38、p.19-25.	×	他文献でカバー
125	断面図	長野～静岡	山岸猪久馬・小坂共栄(1991) : 北部フォッサマグナにおける鮮新世～前期更新世の構造運動、地学団体研究会専報、No.38、p.129-140.	×	他文献でカバー
126	断面図	長野～静岡	山田哲雄・藤田至則・武内俊昭(1976) : 松本市北安曇平における地震探査、地質学論集、No.13、p.51-60.	×	他文献でカバー
127	コンター図	石川	工業技術院地質調査所(2000) : 日本重力CD-ROM	×	他文献でカバー
128	コンター図	石川	河野芳雄・古瀬慶博(1989) : 日本列島重力異常図(100万分の1)、東京大学出版会.	×	他文献でカバー
129	断面図	石川	北陸地方土木地質図編纂委員会(1991) : 北陸地方土木地質図解説書、国土開発技術センター	×	他文献でカバー
130	断面図	石川	石川県(1993) : 石川県地質図.	×	他文献でカバー
131	断面図	富山～石川	酒井慎一・岩崎貴哉・飯高 隆・吉井敏克・山崎文人・桑山辰夫(1996) : 燻破地震動による中部日本地域の地殻構造、月刊地球、18、No.2、104-109.	×	他文献でカバー
132	断面図	富山	富山県・富山県活断層調査委員会(1997) : 吳羽山断層に関する調査について、平成7年度・平成8年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集、51-54.	×	他文献でカバー
133	断面図	富山	富山県(1999) : 砺波平野断層帯に関する調査、第3回活断層調査成果報告会予稿集、271-279.	×	他文献でカバー
134	断面図	富山～石川	下川浩一・水野清秀・杉山雄一・片川秀基・柴田俊治(2002) : 石川県羽咋市付近における色知湯断層帯の反射法地震探査、活断層・古地震研究報告、No.2、69-79.	×	他文献でカバー
135	断面図	富山～石川	福井県(1998) : 福井平野東縁断層帯に関する調査(剣ヶ岳断層、細呂断層、篠岡断層、松岡断層、福井地震断層、福井東側断層)、第2回活断層調査成果報告会予稿集、277-285.	×	他文献でカバー
136	断面図	富山～石川	神野達夫・森川信之・先名重樹・成田 章・藤原広行(2002) : 金沢平野における三次元地下構造モデル、社団法人、物理探査学会第107回学術講演会論文集、162-165.	×	他文献でカバー
137	断面図、コンター図	近畿～中国四国	愛知県(2003) 平成14年度 地震関係基礎調査交付金 濃尾平野地下構造調査 成果報告書.	×	他文献でカバー
138	断面図	新潟	相場洋一(1982) : 秋田・新潟油田の貯留構造の二重性、地研専報、24、299-308.	×	他文献でカバー
139	断面図	長野	山岸・宮坂(1996) : 上田盆地の千曲川沿いの地質図、中部地方 I、p152.	×	他文献でカバー
140	断面図	山梨	海野芳聖(1996) : 甲府盆地の地下地質、中部地方 I、p169.	×	基盤深度不明
141	断面図	富士山	津屋弘達(1968) : 5万分の1 富士山火山地質図.	×	基盤深度不明
142	断面図	新潟	小松直幹(1996) : 吉井-東柏崎ガス田の断面、中部地方 I、p240.	×	基盤深度不明
143	断面図	富山	船野義夫(1988) : 黒部-上市地域の模式層序断面図、中部地方 II、p108.	×	他文献でカバー
144	断面図	能登	Kaseno, Y (1963) : Geology of southern Noto Peninsula, central Japan, with reference to the Cenozoic history. Sci. Rep. Kanazawa Univ., ser.2, 8, 541-568.	×	基盤深度不明
145	断面図	濃尾平野	桑原徹(1968) : 濃尾盆地と傾動地塊、第四紀研究、7、235-247.	×	他文献でカバー
146	断面図	富山	Yamasaki, M. et al. (1966) : History of Tateyama Volcano. Sci. Rep. Kanazawa Univ. ser.2, 11, 73-92.	×	基盤深度不明
147	断面図	東海	Suzuki, (1987) : Central structure of the Tokai district, central Japan as derived from explosion seismic observation and tectonic significances, Doctoral thesis, Tokai Univ.	×	他文献でカバー
148	コンター図	岐阜	糸魚川淳二(1980) : 瑞浪地域の地質、瑞浪化石博物館専報、第1号.	×	基盤深度不明

149	コンター図	京都盆地	京都市 平成13年度京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
150	断面図	和歌山	吉川宗治ら (1992) 反射法地震探査による和歌山県西部の中央構造線の地質構造. 地質学論集, 40, 177-186.	○	
151	断面図	滋賀	「日本の地下水」p.548, 「日本の地質-関東地方」p156 (近江盆地～水口丘陵)	×	他文献でカバー
152	コンター図	大阪平野	大阪府 平成16年度大阪平野地下構造に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
153	断面図、コンター図	近畿	香川敬生・趙 伯明・宮藤 研 (2003) : 地殻・地盤構造情報の収集と物性値の特性化、平成13年度 科学技術振興調整費 地盤災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究 平成13年度研究成果報告書、pp.119-130.	×	他文献でカバー
154	断面図	滋賀・京都	Horie, S., and S. Tanaka (1983) : Multichannel seismic profiles, Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, Vol.11, pp.57-99	×	他文献でカバー
155	断面図	滋賀・京都	水野清秀・小松原 琢・七山 太・寒川 旭・山崎博史 (1997) : 琵琶湖西岸断層系の活動性調査、地質調査所研究資料集No.303 (平成8年度活断層研究調査概要報告書)、pp.23-35	×	他文献でカバー
156	断面図	滋賀・京都	伊藤 潔・村上寛史・堀江正治・佐々木嘉三・浅野周三・竹内俊明・原 徹夫 (1982) : 発破地震動観測による琵琶湖底の地下構造、地震2, Vol.35, pp.353-366	×	他文献でカバー
157	断面図	滋賀・京都	宮藤 研・香川敬生・鶴来雅人・赤澤隆士・趙 伯明・野口竜也・福本和正・藤原修三 (1998b) : 微動探査法による彦根市の地下構造探査、物理探査学会第99回学術講演会論文集、pp.164-167	×	他文献でカバー
158	断面図	滋賀・京都	Tsutsui, T. and Y. Kobayashi (1989) : Discontinuity of Basement Rock Depth in Eastern Coast of Lake Biwa, Discovered by Observations of Microseisms, J. Phys. Earth, Vol.37, pp.133-146	×	他文献でカバー
159	断面図	滋賀・京都	Kawabe, T. (1989) : Stratigraphy of the lower part of the Kobiwako Group around the Ueno basin, Kinki district, Japan, Jour. Geosci. Osaka City Univ., Vol.32, pp.29-52	×	他文献でカバー
160	断面図	京都周辺	京都市 (1997) : 平成8年度地震関係基礎調査交付金 京都西山断層群に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
161	断面図	京都周辺	京都市 (1998) : 平成9年度地震関係基礎調査交付金 京都盆地-奈良盆地断層帯に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
162	断面図	京都周辺	京都市 (1999) : 平成10年度地震関係基礎調査交付金 三方・花折断層帯(桃山断層)に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
163	断面図	京都周辺	京都市 (1999) : 平成10年度地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
164	断面図	京都周辺	京都市 (2000) : 平成11年度地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
165	断面図	京都周辺	京都市 (2001) : 平成12年度地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
166	断面図	京都周辺	京都市 (2002) : 平成13年度地震関係基礎調査交付金 宇治川断層に関する調査成果報告書	×	他文献でカバー
167	断面図、コンター図	京都周辺	京都市 (2003) : 平成14年度地震関係基礎調査交付金 京都盆地の地下構造に関する調査成果報告書 (概要版)	×	他文献でカバー
168	断面図	京都周辺	京都府 (2003) : 三峠・京都西山断層帯に関する調査、2003年活断層調査成果および堆積平野地下構造調査成果報告会予稿集、pp.187-196	×	他文献でカバー
169	断面図	奈良周辺	奥村寛史・寒川 旭・須貝俊彦・高田将志・相場秀彦 (1997) : 奈良盆地東縁断層系の総合調査、地質調査所研究資料集No.303 (平成8年度活断層研究調査概要報告書)、pp.51-62	×	他文献でカバー
170	断面図	奈良周辺	佐竹健治・須貝俊彦・寒川 旭・柳田 誠・横田 裕・岩崎孝明・小俣雅志・石川 玲 (1999) : 奈良県金剛断層系の構造と最新活動時期、地震2, Vol.52, pp.65-79	×	他文献でカバー
171	断面図	近畿	北 啓之・科野健三 (1993) : 奈良盆地のVSP探査と地震応答の検討、日本応用地質学会関西支部・関西地質調査業協会、シンポジウム「丘陵地帯の応用地質学的特性と課題」、第3セッション	×	他文献でカバー
172	断面図	奈良周辺	宮藤 研・香川敬生・鶴来雅人・赤澤隆士・小川安雄・清水謙司・江尻謙嗣 (1998) : 微動探査法による奈良盆地の地下構造探査、物理探査学会第98回学術講演会論文集、pp.130-134	×	他文献でカバー
173	断面図、コンター図	大阪周辺	宮藤 研・香川敬生・越後智雄・堀江佳平・澤田純男 (1997) : 大阪堆積盆地における深部地盤構造のモデル化 (その2)、日本地震工学会論文集、24, 33-36	×	他文献でカバー
174	断面図、コンター図	大阪周辺	宮藤 研・香川敬生・趙 伯明・徳林宗孝・澤田純男 (1999) : 大阪堆積盆地における深部地盤構造のモデル化 (その3)、日本地震工学会論文集、25(1), 185-188	×	他文献でカバー
175	断面図	兵庫	近畿農政局計画部資源課 (1973) : 農業用地下水開発調査 亀岡盆地地区調査報告書、256p	×	他文献でカバー
176	断面図	滋賀	石田志朗・河田清雄・宮村 学 (1984) : 彦根西部地域の地質、地域地質研究報告 (5万分の1図幅)、地質調査所、121p.	×	他文献でカバー
177	断面図	京都周辺	狐崎長環・後藤典俊・岩崎好規 (1971) : 地震探査からみた京都盆地南部の地下構造とこれに関連した地震工学上の若干の問題、京都大学防災研究所年報、14-A, pp.203-215	×	他文献でカバー
178	断面図	兵庫周辺	山田直利 (1961) : 5万分の1地質図幅「奥津」及び同説明書、地質調査所	×	他文献でカバー
179	柱状図	兵庫周辺	村田明弘・竹村恵二・宮田隆夫・林 愛明 (1998) : 野島断層500mボーリングコアの層序と累積変位、月刊地球、号外21, pp.137-143	×	他文献でカバー
180	断面図	兵庫周辺	吉岡敬和・水野清秀・栗田泰夫 (1996) : 淡路島中部、志筑断層及び先山断層の活動性調査、平成7年度活断層研究調査概要報告書、地質調査所研究資料集No.259	×	他文献でカバー
181	柱状図	兵庫周辺	国土庁土地局国土調査課 (1974) : 土地分類図 (兵庫県)	×	他文献でカバー
182	柱状図	兵庫県	兵庫県 (2000) : 5万分の1土地分類基本調査 (表層地質図)「城崎・宮津」	×	他文献でカバー
183	断面図	兵庫周辺	横倉隆伸ほか (1998) : 大阪湾における反射法深部地下構造探査、地質調査所月報、49-11, pp.571-590	×	他文献でカバー
184	断面図、コンター図	近畿～中国四国	三重県 (2003) 平成14年度 地震関係基礎調査交付金 「伊勢平野に関する地下構造調査」成果報告書 (概要版)、52p.	×	他文献でカバー
185	柱状図	近畿～中国四国	水野清秀・佃 栄吉・高橋 誠・百原 新・内山 高 (1999) : 和歌山平野根来地区深層ボーリング調査から明らかになった平野下の地質、地質学雑誌、105, 235-238.	×	他文献でカバー
186	断面図	大阪周辺	市原実 (1966) : 大阪断層と六甲変動、地球科学、85/86, 12-18.	×	基盤深度不明
187	柱状図	琵琶湖	横山卓雄 (1985) : 琵琶湖堆積物からみた古環境、月刊地球、7, 328-332.	×	他文献でカバー
188	断面図、柱状図	京都盆地	関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会 (2002) : 新関西地盤-京都盆地-	×	他文献でカバー
189	断面図	滋賀	市原実 (1982) : 六甲変動の最盛期と琵琶湖の湖底面、地研専報、24, 229-233.	×	基盤深度不明
190	柱状図	鳥根	「日本の地質 中国地方」p119, 中海ボーリング	○	
191	断面図	鳥根	「日本の地下水」p.620, 三瓶山	×	基盤深度不明
192	断面図	山口	「日本の地下水」p.625, 周防	×	基盤深度不明
193	断面図	兵庫周辺	鳥取県 (2002) : 平成13年度鳥取県西部地震関連地域の地下構造調査	×	基盤深度不明
194	断面図、柱状図	兵庫周辺	鳥取県 (2003) : 平成14年度鳥取県西部地震関連地域の地下構造調査	×	他文献でカバー
195	断面図	米子-江津	鹿野和彦ほか (1994) : 松江地域の地質、地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)。	×	基盤深度不明
196	断面図	鳥根	山内靖喜 (1987) : 石見層群の層序断面図、日本の地質中国地方、p118.	×	基盤深度不明
197	断面図	益田	山内靖喜・江口欣也 (1985) : 益田、鳥根県の地質、鳥根県。	×	基盤深度不明
198	断面図	宇部	河野通弘・小野忠憲 (1969) : 中国地方西部の第四系、地研専報、15, 377-391.	×	基盤深度不明
199	断面図	広島	建設省計画局ほか編 (1964) : 広島地区の地盤、都市地盤調査報告書、51-190.	×	基盤深度不明
200	断面図、コンター図	讃岐平野	「日本の地下水」p625, p657, p659 高松～三豊平野断面図等	○	
201	断面図	高知平野	長谷川ほか-地盤情報DBについて 高知平野西部断面図	○	
202	断面図	松山平野	「日本の地下水」p672, 松山平野断面図	○	
203	断面図、柱状図	高松、徳島、高知、松山	土木学会、活断層と地下構造、http://www.jsce.or.jp/library/eq10/book/45946/0032.pdf	×	位置不詳
204	断面図	兵庫周辺	伊藤谷生ほか (1996) : 四国中央構造線地下構造の総合物理探査、地質学雑誌、102-4, pp.346-360	×	他文献でカバー
205	断面図	兵庫周辺	佃栄吉・佐藤努 (1996) : 徳島県鳴門市坂東観測井周辺の地下構造、第11回地質調査所研究講演会資料 兵庫県南部地震の地質学的背景、pp.90-93	×	他文献でカバー
206	断面図	近畿～中国四国	伊藤潔ほか (1982) 家島・鳥形山爆破地震動観測による四国地域の地殻構造、地震2, 35, 377-391.	×	他文献でカバー
207	断面図	近畿～中国四国	蔵下英司ほか (2002) 四国東部地域における地殻及び最上部マントルの地震波速度構造と沈み込むフィリピン海プレート形状、地震2, 54, 489-505.	×	他文献でカバー
208	断面図	近畿～中国四国	伊藤谷生ほか (1996) 四国中央構造線地下構造の総合物理探査、地質学雑誌、102, 346-360.	×	他文献でカバー
209	断面図	近畿～中国四国	岡田篤正 (1968) : 阿波池田付近の中央構造線の新期断層運動、第四紀研究、7, 15-26.	×	基盤深度不明
210	断面図	近畿～中国四国	森野道夫ほか (2001) 徳島平野における中央構造線活断層系の活動履歴、地質学雑誌、107, 681-700.	×	他文献でカバー
211	断面図	高松平野	中国四国農政局 (1977) : 香川県水理地質図。	×	他文献でカバー
212	コンター図	丸亀平野	栗原権四郎 (1972) : 瀬戸内南岸沖積平野の地質学的研究、岩井淳一教授記念論文集。	×	他文献でカバー
213	断面図	松山平野	中国四国農政局計画部 (1980) : 愛媛県水理地質図および説明書	×	他文献でカバー
214	断面図	新居浜、道前	建設省計画局、愛媛県編 (1965) : 愛媛県東予地区の地盤、25-37.	×	基盤深度不明
215	断面図	高知、中村	甲藤次郎・西和彦 (1972) : 高知平野の地形と沖積層、地質学論集、7, 137-143.	×	位置不詳
216	コンター図	高松	羽田忍 (1991) : 高松平野の水文地質図、日本の地質四国地方、p184.	×	位置不詳
217	断面図	福岡平野	「日本の地下水」p.714, 日本の地質九州地方 p95 福岡平野	○	
218	断面図	直方平野	日本地方地質誌九州地方 p93 直方平野	○	

219	断面図	筑紫平野	「日本の地下水」 p.724 筑紫平野北東部	○	
220	コンター図	筑紫平野	国交省データによるコンター図 www.kuma-3dgeo.jp/tikugokiban.html	○	
221	断面図	伊万里周辺	九州電力(2012) 玄海原子力発電所及び川内原子力発電所敷地内の断層評価について。	○	
222	断面図	九州各地	松本征夫(1984) 火山地質地域の広域6断面 アバンガード, No. 22	○	
223	コンター図、ボーリング位置・深度	大分～阿蘇	松本征夫(1984) 九重・阿蘇基盤深度 アバンガード, No. 22	○	
224	柱状図	大分	日本地方地質誌九州地方 p55. 大分	×	位置不詳
225	断面図、柱状図	大分	笹田政克(1987) 豊肥地域の先第三紀基盤岩類。地質調査所月報, 38(7), 385-422.	×	文献でカバー
226	断面図	九州東部	安藤誠ほか(2002) : 九州東部の人工地震観測から推定された地殻構造。地震研究所彙報, Vol. 77, pp. 277-285.	○	
227	断面図	宮崎	「日本の地下水」 p. 802. 都城	○	
228	断面図	鹿児島	日本地方地質誌九州地方 p523. 姶良鉦山	×	文献でカバー
229	コンター図	鹿児島	西山賢一ほか(1995) 出水平野の地質構造。鹿児島大理学部紀要 No. 28, 79-99.	○	
230	コンター図	鹿児島	早坂祥三(1984) : 鹿児島地溝。アバンガード, No. 22, pp. 19-22.	○	
231	断面図	南薩	「日本の地下水」 p. 778. 日本地方地質誌九州地方 p520 南薩	○	
232	コンター図	福岡	川瀬・松島(2012) 地下構造モデルの検証と強震動予測・被害予測 推進本部報	×	速度-地質関係不明
233	断面図	熊本	雲仙火山人工地震グループ(1996) : 雲仙火山地域の浅部地殻構造。地球惑星科学関連学会1996年合同大会予稿集	×	基盤深度不明
234	断面図	熊本	菊池秀夫(1963) : 三池炭田の層序と堆積環境に関する研究。鉱山地質, Vol. 13, 8-19	×	文献でカバー
235	断面図	熊本	菊池秀夫(1963) : 三井炭田の造構造運動に関する研究。鉱山地質, Vol. 13, 20-29	×	文献でカバー
236	断面図	熊本	渡辺史郎・横倉隆伸・加野直巳・山口和雄(1986) : 阿蘇カルデラの反射法探査。物理探査学会1986年春期大会予稿集, 55-56	×	基盤深度不明
237	断面図	大分	久保寺ほか(1982) : 爆破地震動から求めた九重火山群の深部構造 -Time-Term法による-。火山 第2集 vol127, 81-95.	×	文献でカバー
238	断面図	鹿児島	西潔(1997) : 構造探査データを用いた霧島火山体深部の3D速度構造。火山, Vol. 42, pp. 165-170.	×	文献でカバー
239	断面図	九州	宮崎宏樹・後藤和彦(1999) : 島弧としての九州の構造探査。月刊地球号外, No. 27, pp. 222-226.	×	文献でカバー
240	断面図	九州	Kakuta, T. (1982) : Upper crustal structure in south Kyushu. J. Phys. Earth, Vol. 30, pp. 113-129.	×	文献でカバー
241	断面図	雲仙	星住英夫・宇都浩三(2000) : 雲仙火山の形成史。月刊地球, Vol. 22, No. 4, pp. 237-245	×	基盤深度不明
242	断面図	宮崎	木野義人・太田良平(1977) : 都城地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。地質調査所。	×	基盤深度不明
243	断面図	宮崎	木野義人ほか(1984) : 宮崎地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。地質調査所。	×	基盤深度不明
244	断面図	鹿児島	荒牧重雄(1969) 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物。地質学雑誌, 75(8), 425-442.	×	文献でカバー
245	断面図、コンター図	福岡	九州農政局計画部(1966) : 農業用地下水小規模調査前原地区調査報告書。昭和37年度地質地下水報告集。	×	文献でカバー
246	断面図	福岡	福岡地盤図作成グループ(1981) : 福岡地盤図。九州地質調査協会誌。	×	文献でカバー
247	断面図	鹿児島	竹崎技術士事務所(1979) : 土地基盤整備基本調査事業田布施地区報告書。	×	文献でカバー
248	断面図	長崎	村上肇(1978) : 長崎県諫早・北高地区水理地質図。1:50,000 日本水理地質図 26. 地質調査所。	×	文献でカバー
249	断面図	長崎	村上肇(1975) : 島原半島水理地質図。1:50,000 日本水理地質図 25. 地質調査所。	×	文献でカバー
250	断面図	大分	小野亮司ほか(1977) : 竹田地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。地質調査所	×	文献でカバー
251	断面図	大分	Shuto, T. et al. (1966) : Quaternary geology of the Nyu Hills, Oita Prefecture, Kyushu with special reference to the paleolithic remains. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., ser. D. (Geol.), 17, 331-346.	×	基盤深度不明
252	断面図	大分	林正雄ほか(1985) : 大岳-八丁原地域の断層と応力場。地熱学会誌, 7, 383-399.	×	文献でカバー
253	断面図	鹿児島	吉村雄三郎ほか(1985) : 鹿児島県伊田地区の地熱構造について。地熱, 22, 1 67-194.	×	文献でカバー
254	断面図	鹿児島	露木利真(1992) : 霧島火山南西部に湧出する温泉とその泉質形成概念図。九州地方, p302.	×	文献でカバー

HLW処分関連データ

No.	区分	対象地域	文献	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	コンター図	岐阜	動燃事業団(1975) : 月吉鉦床基盤深度図	○	
2	コンター図	岐阜	小出馨・前田勝彦(2001) : 東濃地域を対象とした広域地下水流動研究の現状(その2)。サイクル機構技報, 12.	×	文献でカバー
3	断面図、鳥瞰図	北海道北部	核燃料サイクル開発機構(2005) : 幌延深地層研究計画における断層の解析と地質構造モデル。JNC TN5400 2005-008	×	基盤深度不明
4	断面図	北海道北部	新里忠史・舟木泰智・安江健一(2007) : 幌延域における後期鮮新世以降の古地理と地質構造発達史。地質学雑誌 第113巻 補遺, 119-135.	○	

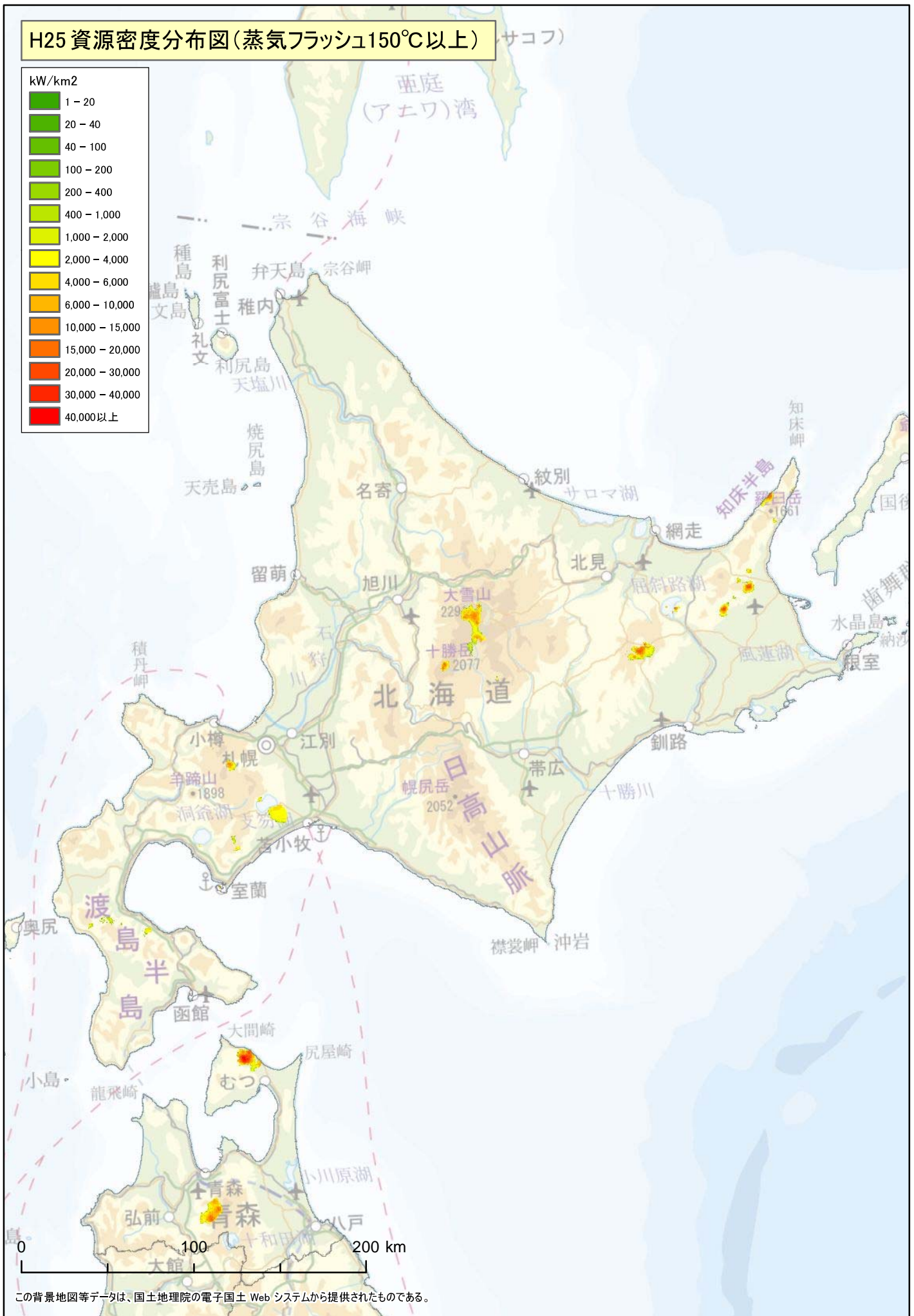
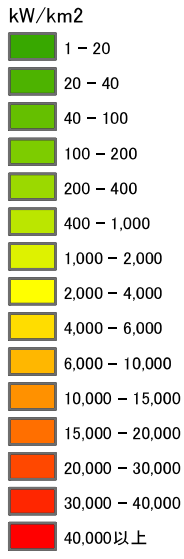
探鉱関連データ

No.	区分	対象地域	文献	デジタル化	デジタル化対象外の理由
1	断面図	宗谷	「日本の石油・天然ガス資源(技術資料)」p46. 宗谷EW断面	○	
2	断面図	石狩～日高～根釧	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」p185. EW断面	○	
3	断面図	西南北海道	「日本の石油・天然ガス資源(技術資料)」p85-88. 渡島半島2断面	○	
4	断面図	西南北海道	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」p49, 51. 渡島青森4断面	○	
5	断面図	石狩～日高～根釧	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」p176. 標茶SK1, 西別SK1孔の位置と道東堆積盆地コンター	○	
6	坑井位置図、深度表	北海道全般	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」p155(古第三系まで掘削した石油坑井の表)、p158(坑井位置図)	○	
7	基盤到達坑井の一覧	全国	矢口良一ら(1997) 基礎試錐の技術的成果の概要。石技協, 62(1), p3-12.	○	
8	断面図	留萌～天北	「日本の石油・天然ガス資源(技術資料)」p41. 留萌-天北勇知期断面	×	過去の復元断面
9	断面図	石狩～日高～根釧	「日本の石油・天然ガス資源(技術資料)」p47-48	×	基盤深度不明
10	断面図	石狩～日高～根釧	「日本の石油・天然ガス資源(技術資料)」p47-48. 石狩平野東方-夕張 8断面	×	文献でカバー
11	柱状図	石狩平野周辺	石油公団(1998) : 平成8年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「馬追」調査報告書。	×	文献でカバー
12	断面図	石狩平野周辺	石油公団(2003) : 平成13年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「石狩平野北部」調査報告書。	×	文献でカバー
13	断面図	青森	「改訂版日本の石油・天然ガス資源」p49, 51. 渡島青森4断面	○	
14	柱状図、断面図	青森	金属鉱物探鉱促進事業団(1971) : 精密調査報告書 下北地域。	×	文献でカバー
15	断面図	青森	天然ガス鉱業会・大陸石油開発協会(1992) : 「改訂版日本の石油・天然ガス資源」(青森地区)。	×	文献でカバー
16	断面図	秋田	「日本の石油・天然ガス資源(技術資料)」p102, 124-125. 秋田EW4断面	○	
17	柱状図、断面図	山形	金属鉱業事業団(1973) : 昭和47年度 精密調査報告書 山形吉野地域。	×	文献でカバー
18	柱状図、断面図	山形	金属鉱業事業団(1975) : 昭和48年度 精密調査報告書 山形吉野地域。	×	文献でカバー
19	柱状図	山形	石油公団(1984) : 昭和58年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「最上川沖」調査報告書。	×	文献でカバー
20	断面図	山形	石油公団(1994) : 平成5年度 国内石油・天然ガス基礎調査 陸上基礎物理探査「鳥海山南麓地域」調査報告書。	×	文献でカバー
21	断面図	山形	通商産業省(1967) : 昭和41年度 広域調査報告書 山形吉野地域。	×	文献でカバー
22	断面図	山形	通商産業省(1969) : 昭和42年度 広域調査報告書 山形吉野地域。	×	文献でカバー
23	断面図	山形	通商産業省(1970) : 昭和43年度 広域調査報告書 山形吉野地域。	×	文献でカバー
24	断面図	三浦	三製鉄・矢崎清貴(1968) : 2万5千分の1日本石油・天然ガス田図6「三浦半島」。地質調査所。	×	基盤深度不明
25	断面図	相良、掛川	経産省(2008)「新潟平野ガス田(水溶性ガス田)」等に関する調査結果について。経産省ニュースリリース。	○	
26	断面図	富山～石川	石油公団(1981) : 昭和56年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「富山沖・北陸～隠岐沖・山陰沖」調査報告書。	×	文献でカバー
27	断面図	富山～石川	石油公団(1982) : 昭和57年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「富山～金沢地域」調査報告書。	×	文献でカバー
28	断面図	富山～石川	石油公団(1983) : 昭和58年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「富山～金沢地域」調査報告書。	×	文献でカバー
29	柱状図	富山～石川	石油公団(1985) : 昭和59年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「富山」調査報告書。	×	文献でカバー
30	柱状図	富山～石川	石油公団(1986) : 昭和60年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「金沢沖」調査報告書。	×	文献でカバー
31	断面図	兵庫周辺	石油開発公団(1975) : 昭和49年度大陸石油・天然ガス基礎調査 基礎物理探査「北陸～山陰」調査報告書	×	文献でカバー
32	柱状図	熊本	石油開発公団(1973) : 昭和47年度 天然ガス基礎調査 基礎試錐「天草」調査報告書	×	文献でカバー

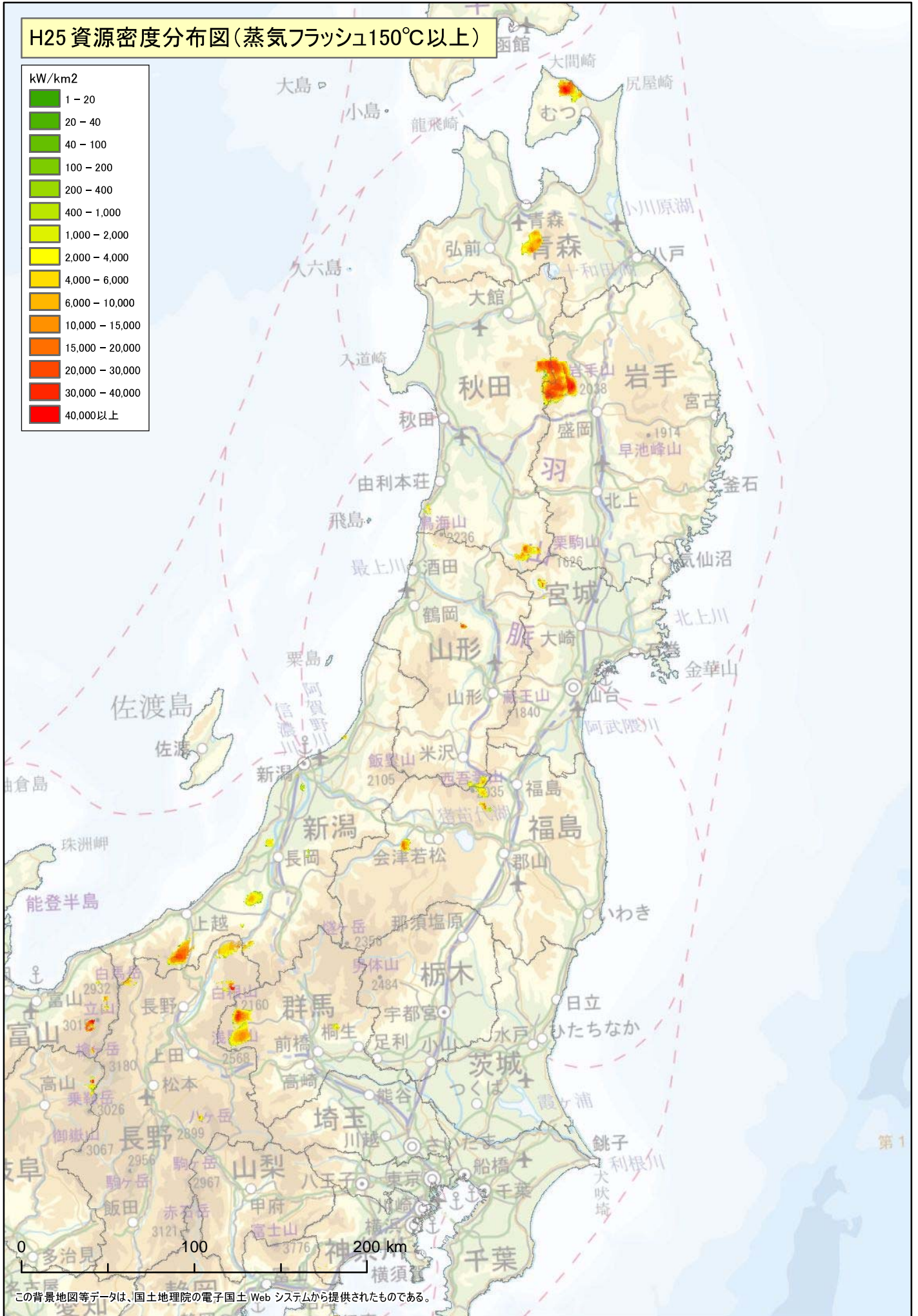
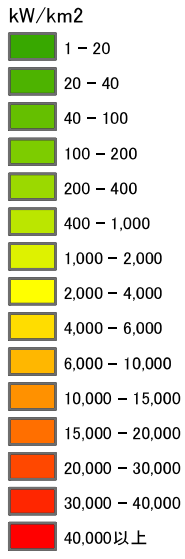
卷末資料 2

平成 25 年度調査結果 資源密度分布図（詳細版）

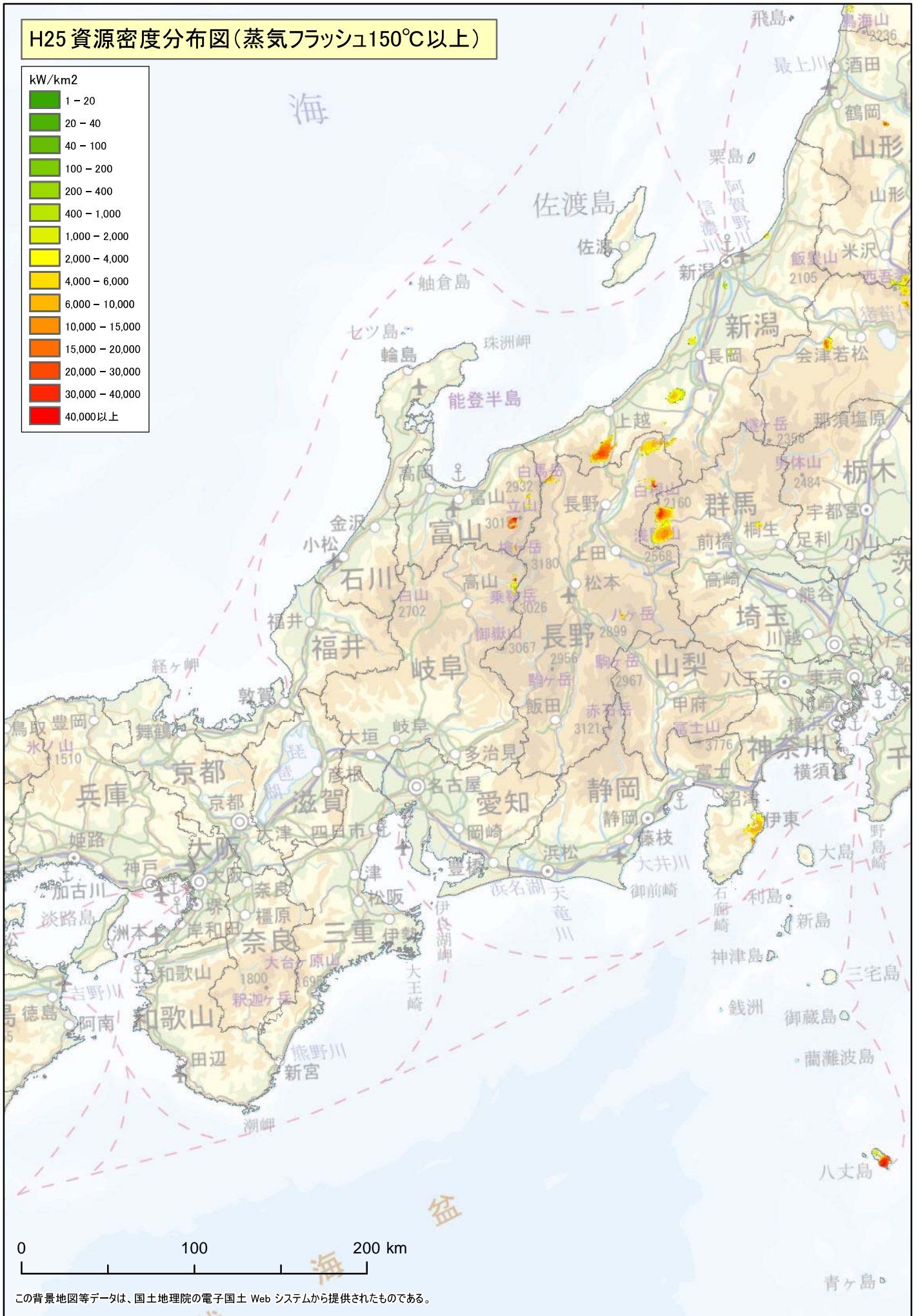
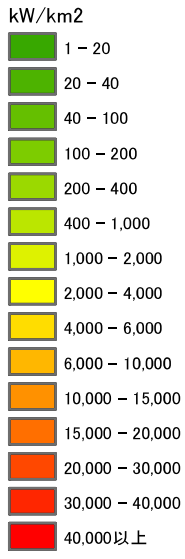
H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ150℃以上)



H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ150°C以上)

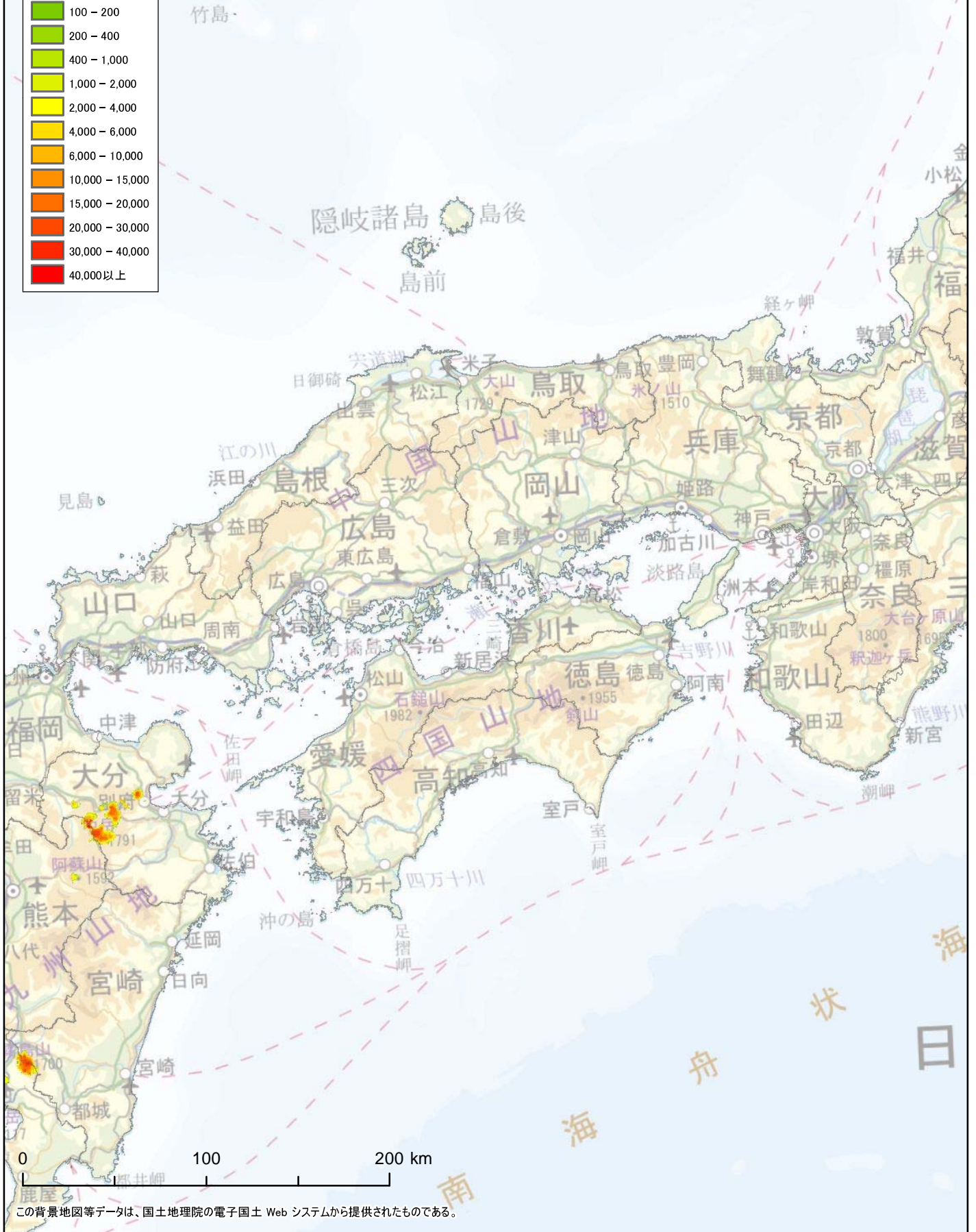
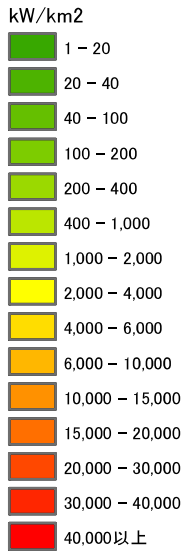


H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ150°C以上)

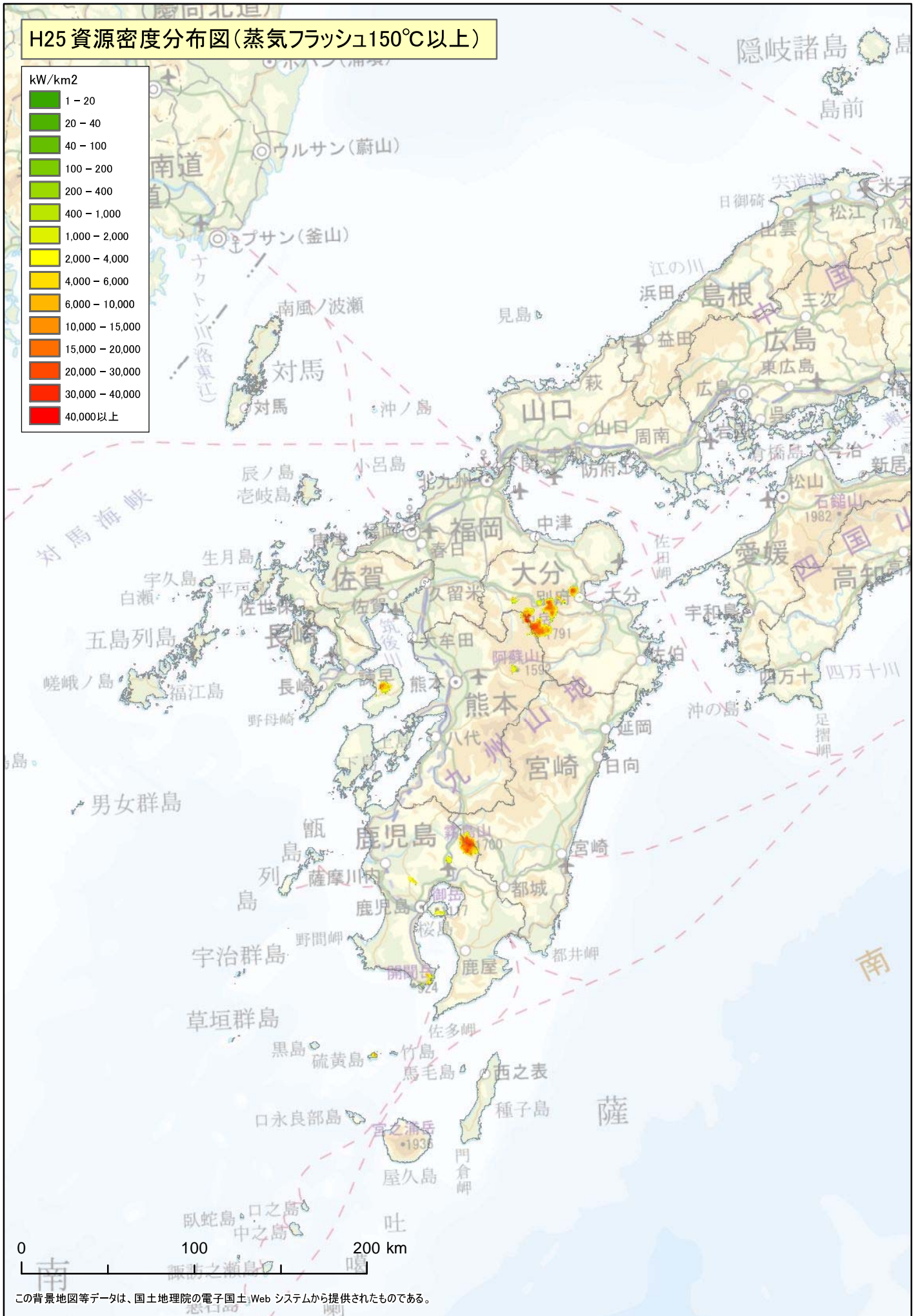
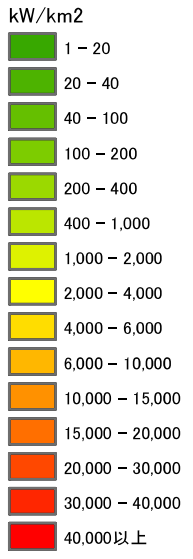


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ150°C以上)

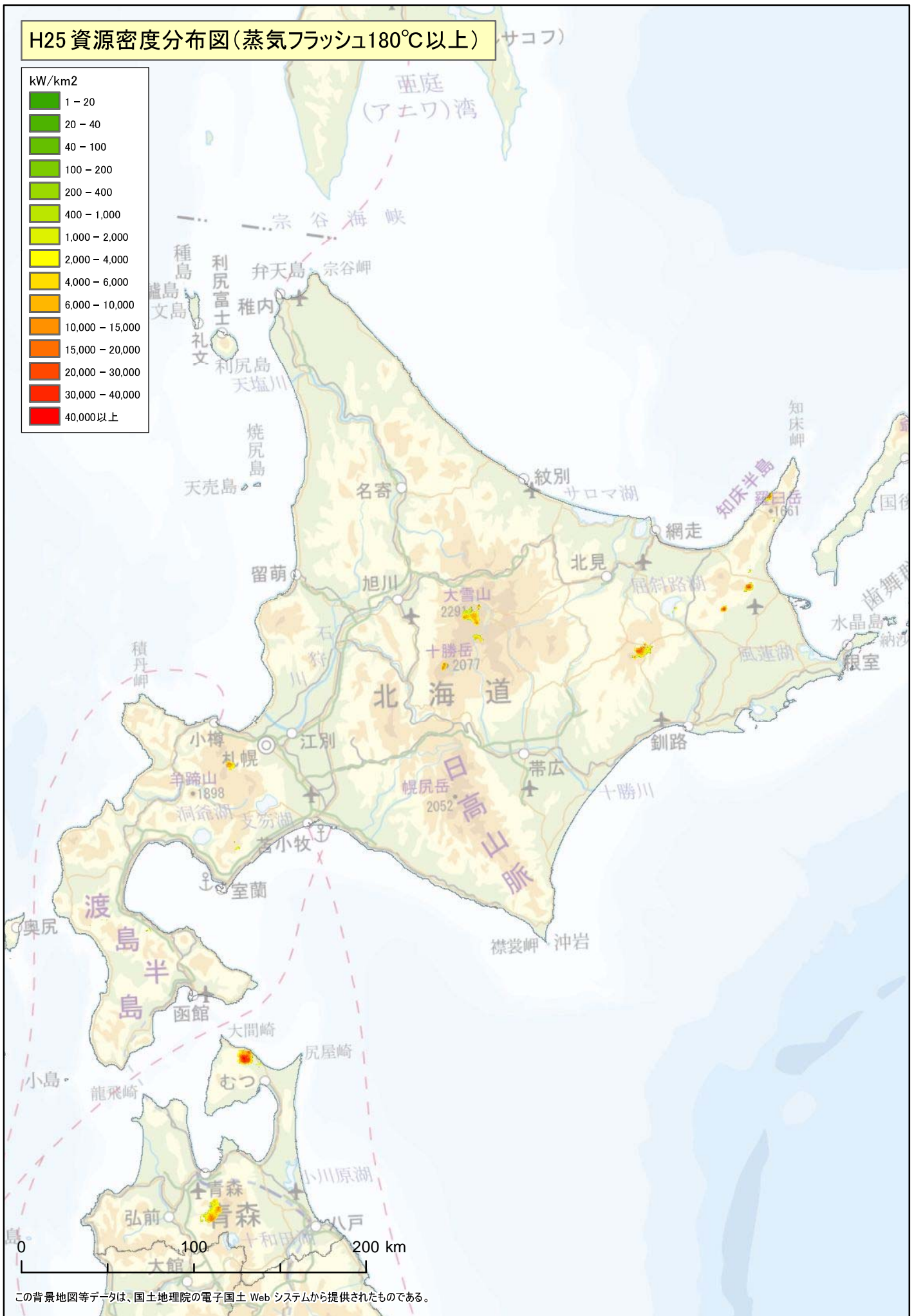
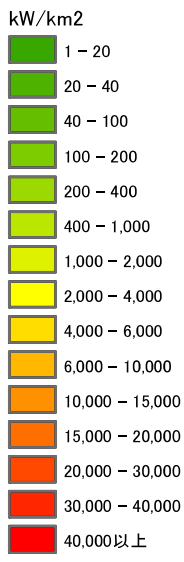


H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ150°C以上)



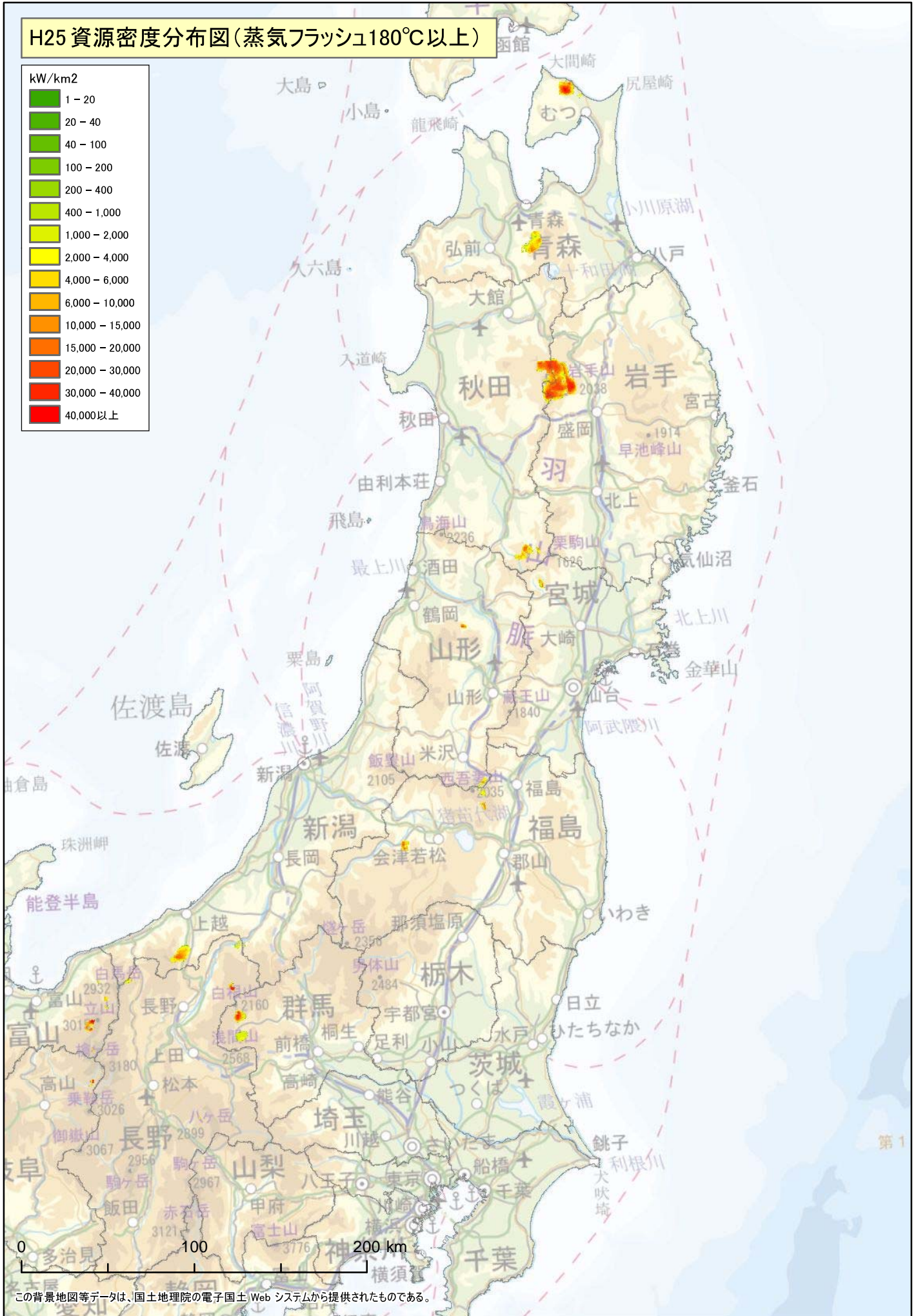
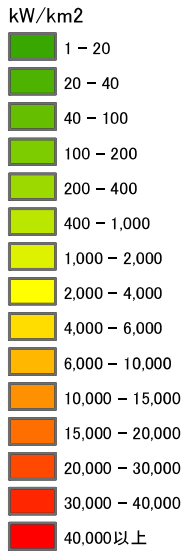
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Web システムから提供されたものである。

H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ180℃以上)



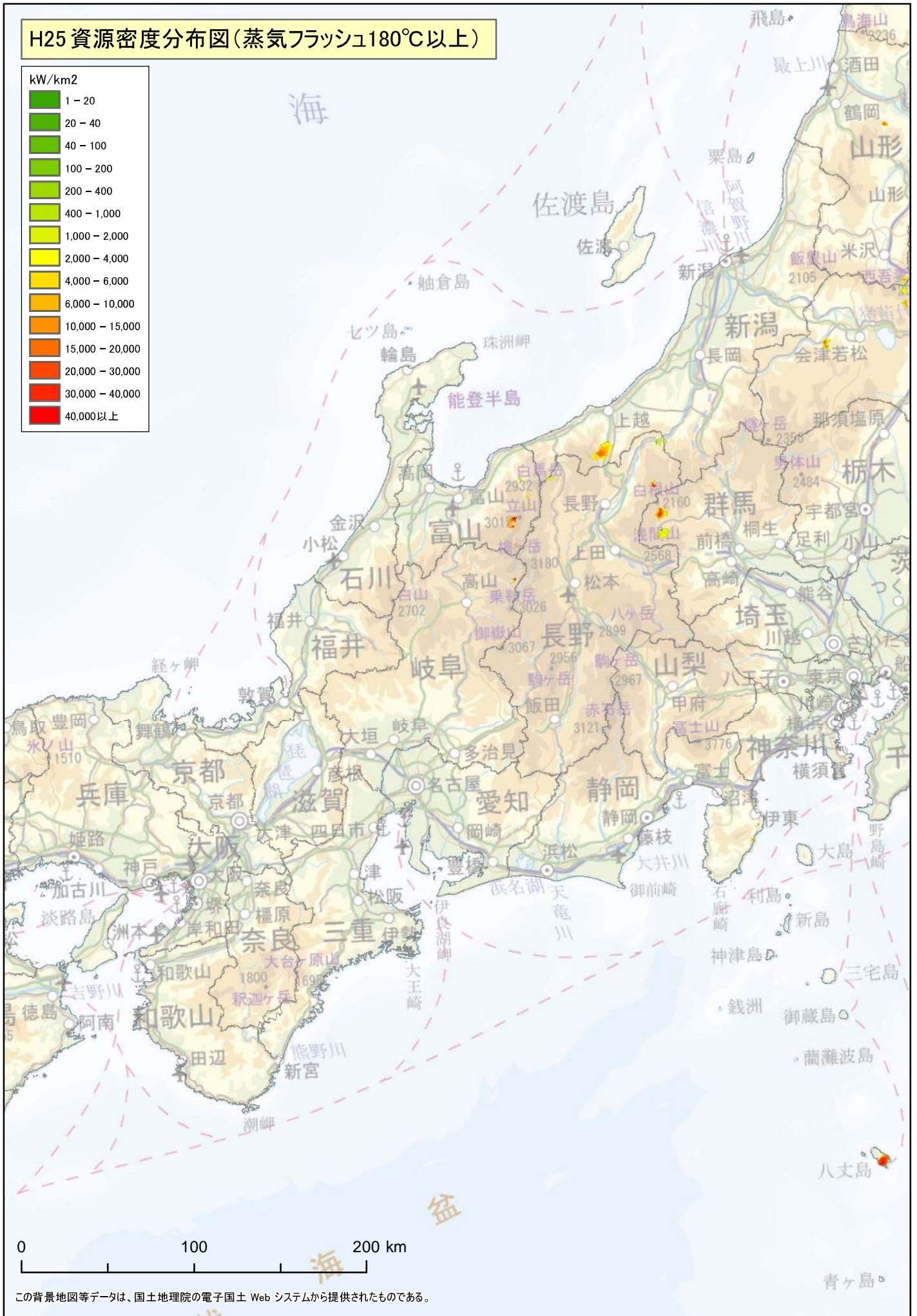
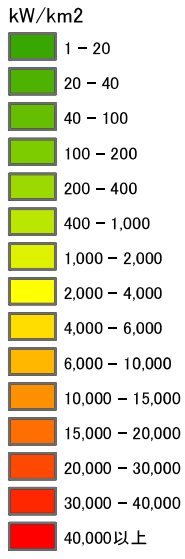
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ180℃以上)

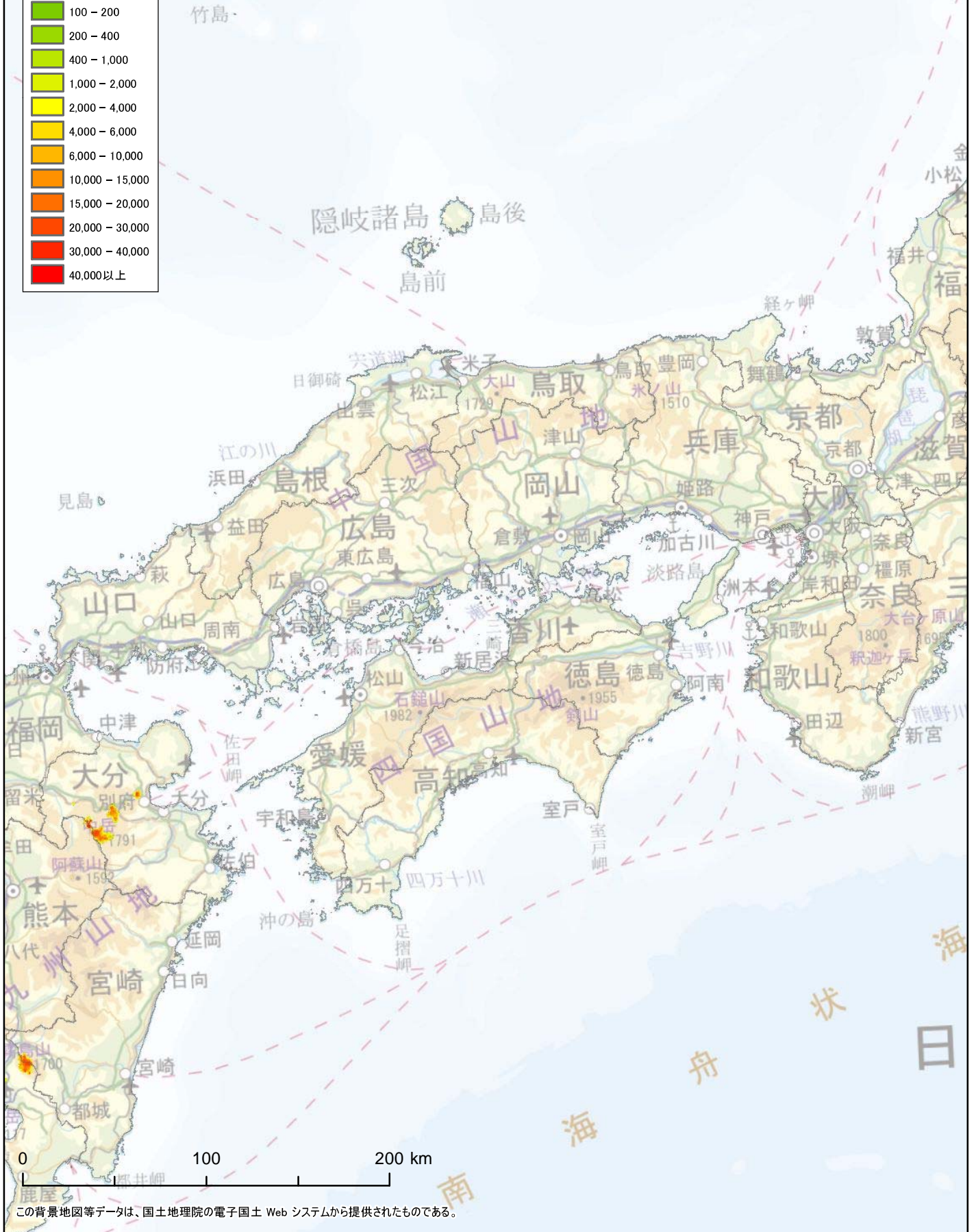
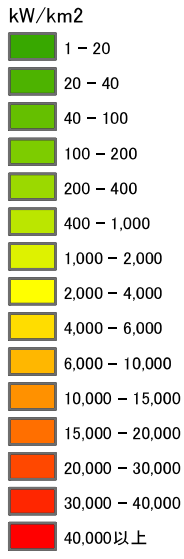


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

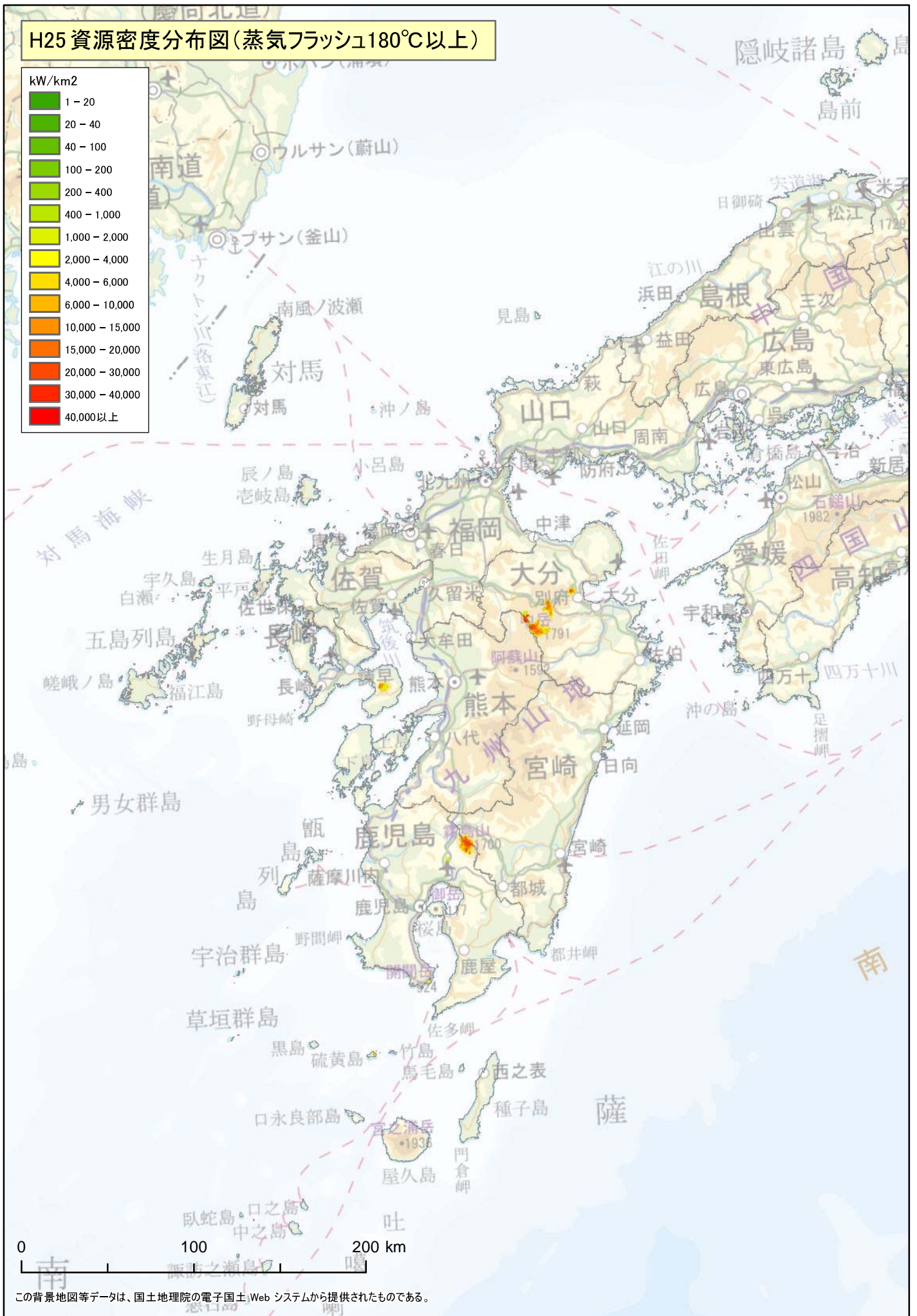
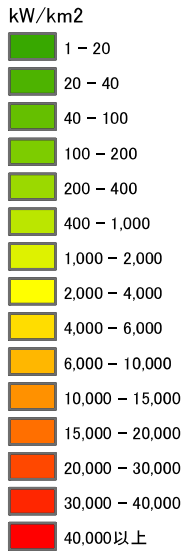
H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ180°C以上)



H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ180°C以上)

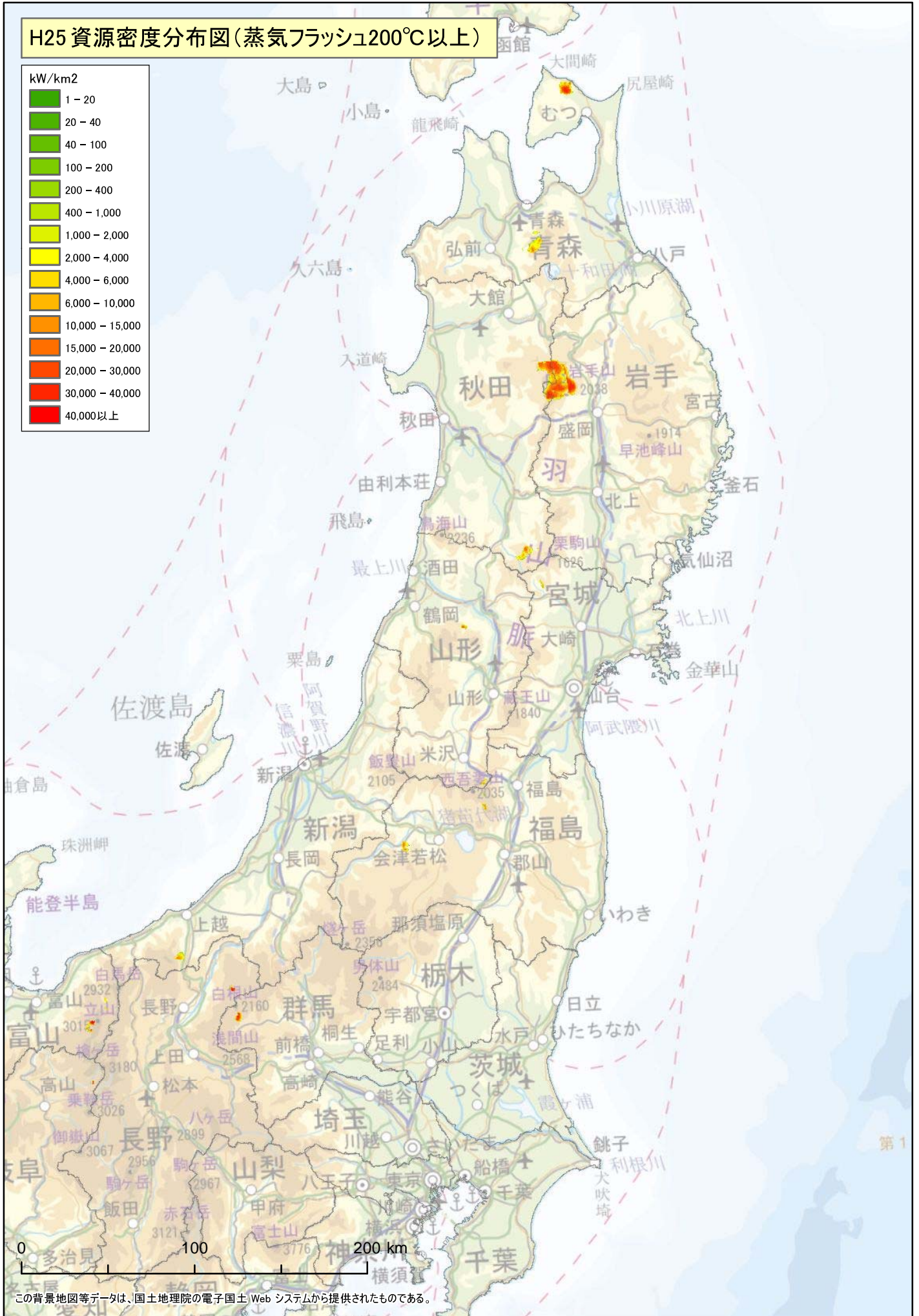
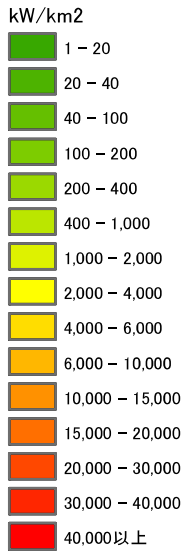


H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ180°C以上)

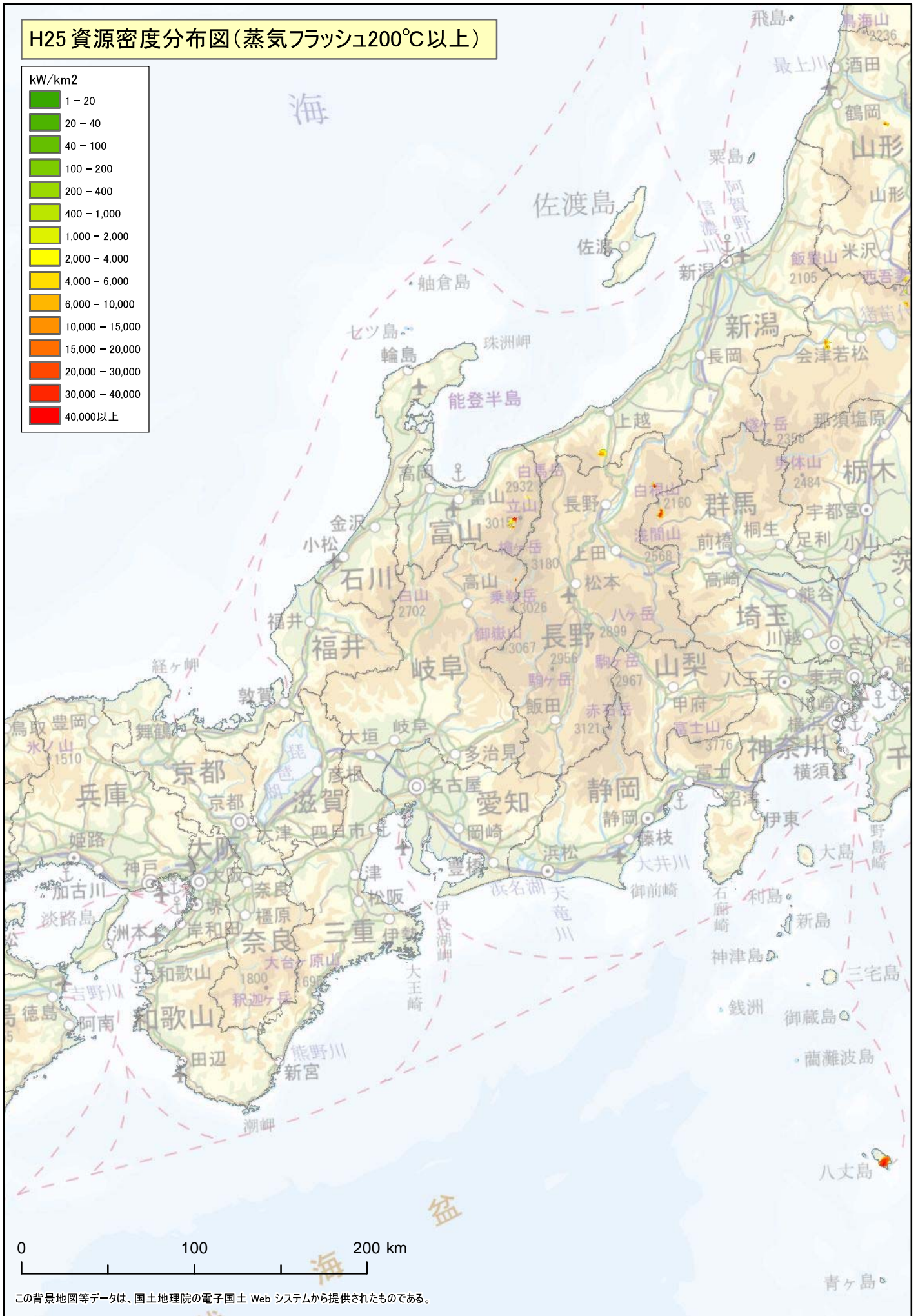
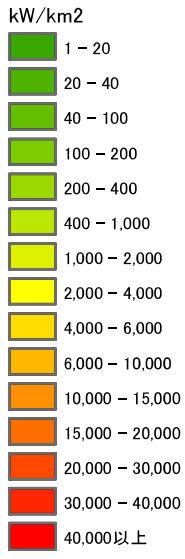


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Web システムから提供されたものである。

H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ200°C以上)

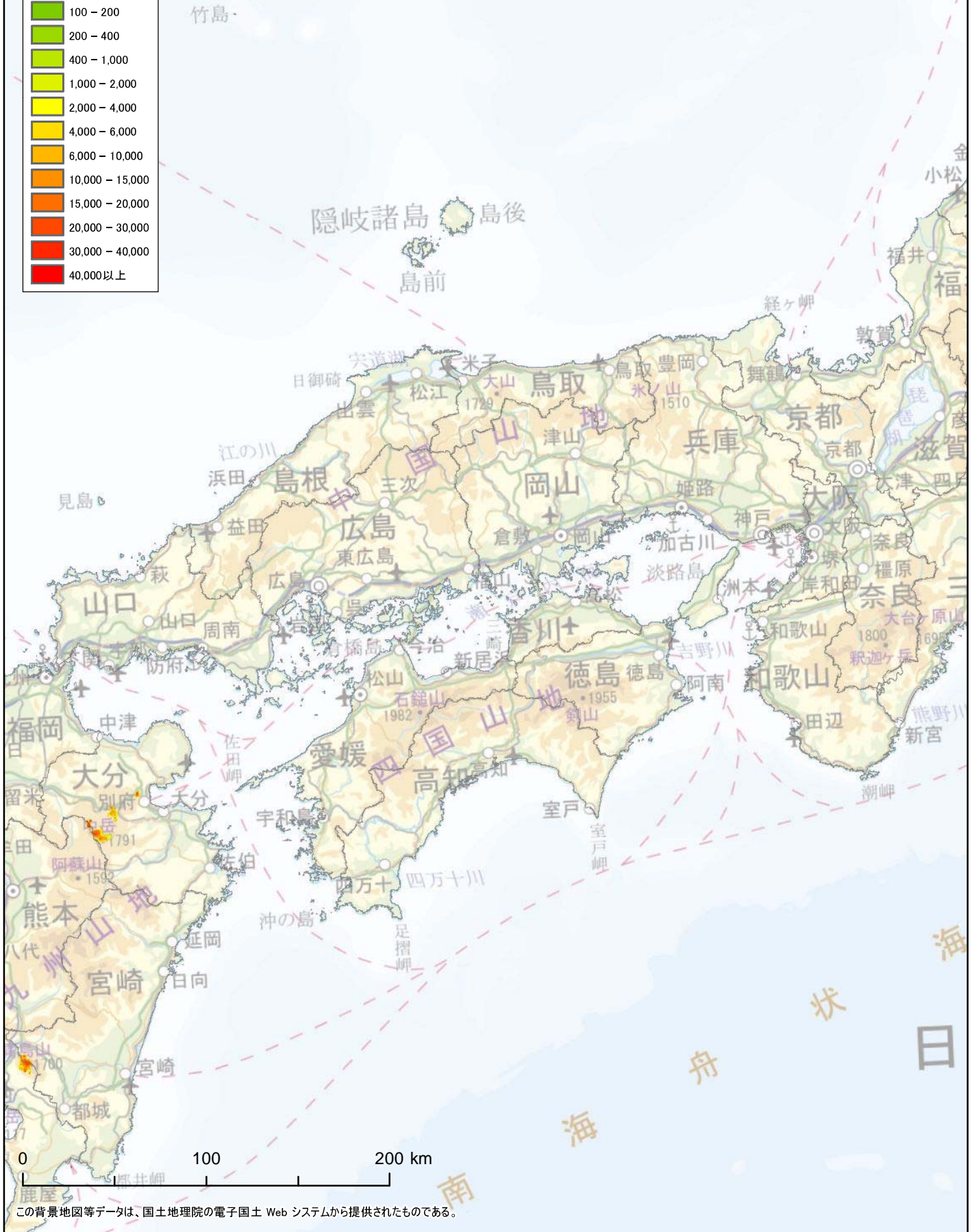
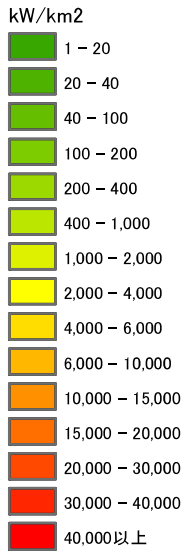


H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ $\geq 200^{\circ}\text{C}$ 以上)

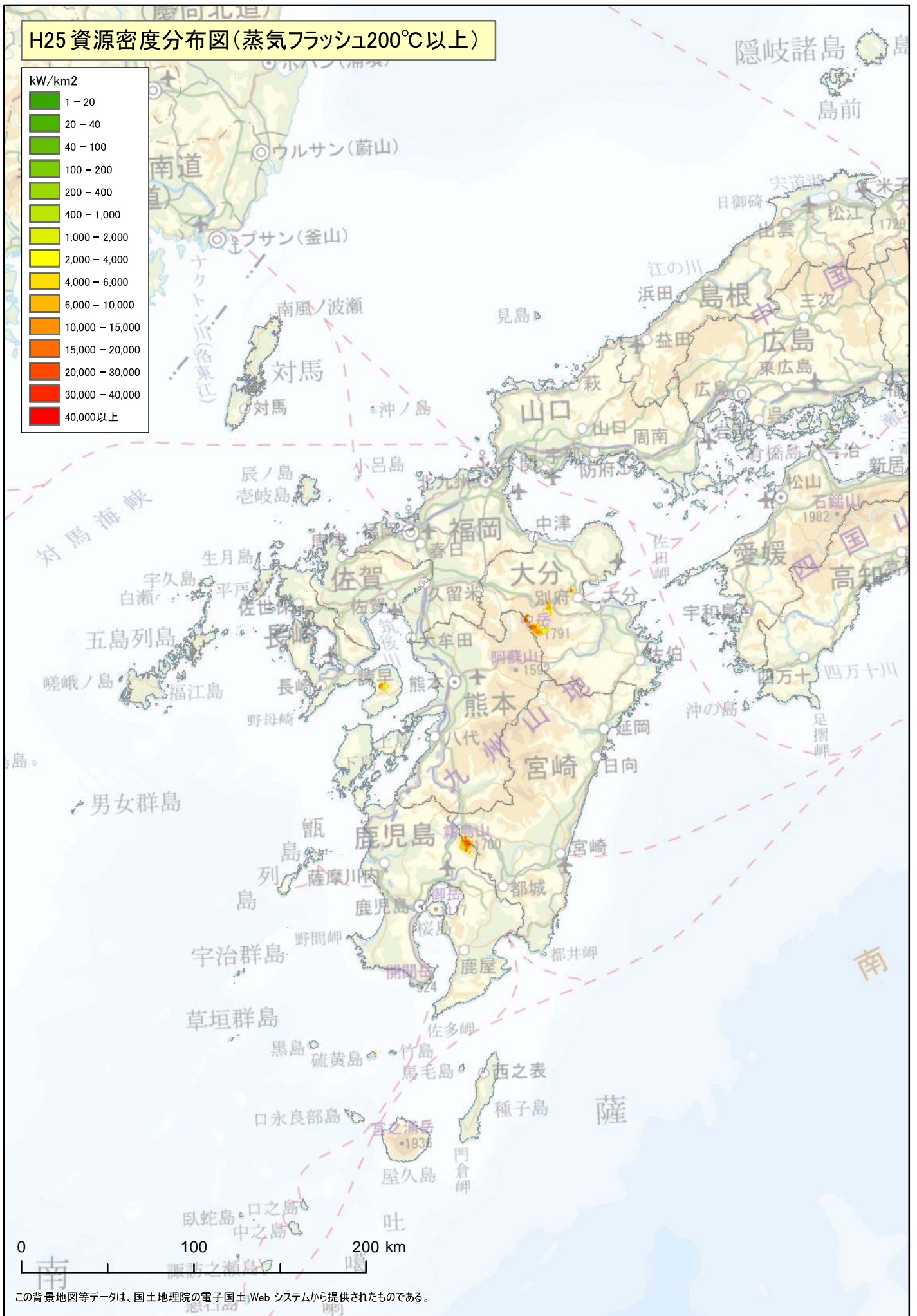
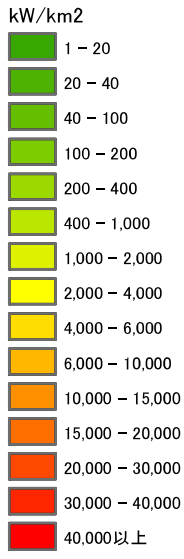


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ200°C以上)

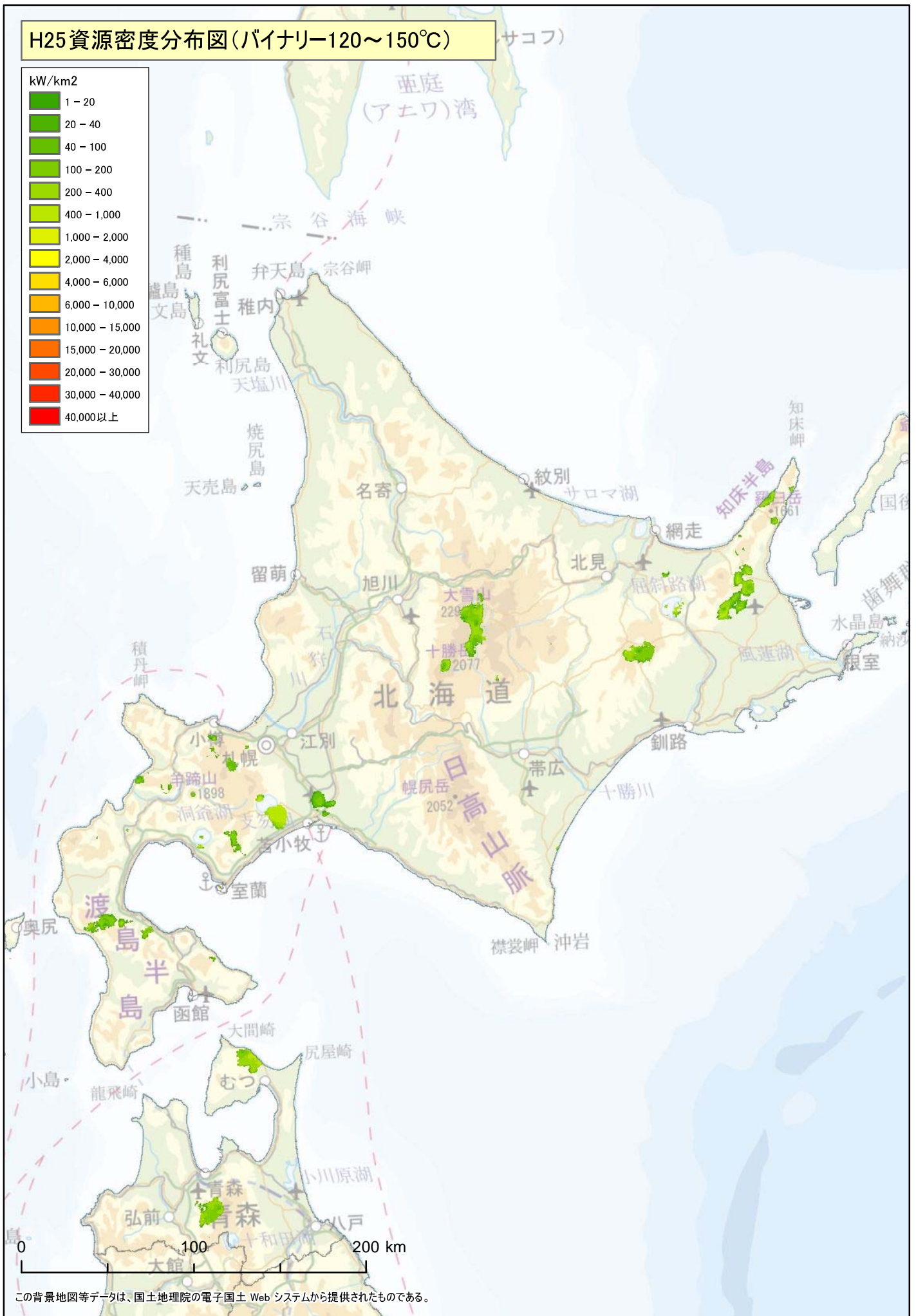
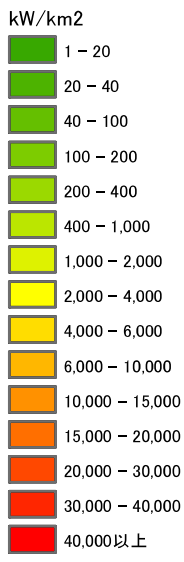


H25 資源密度分布図(蒸気フラッシュ200°C以上)



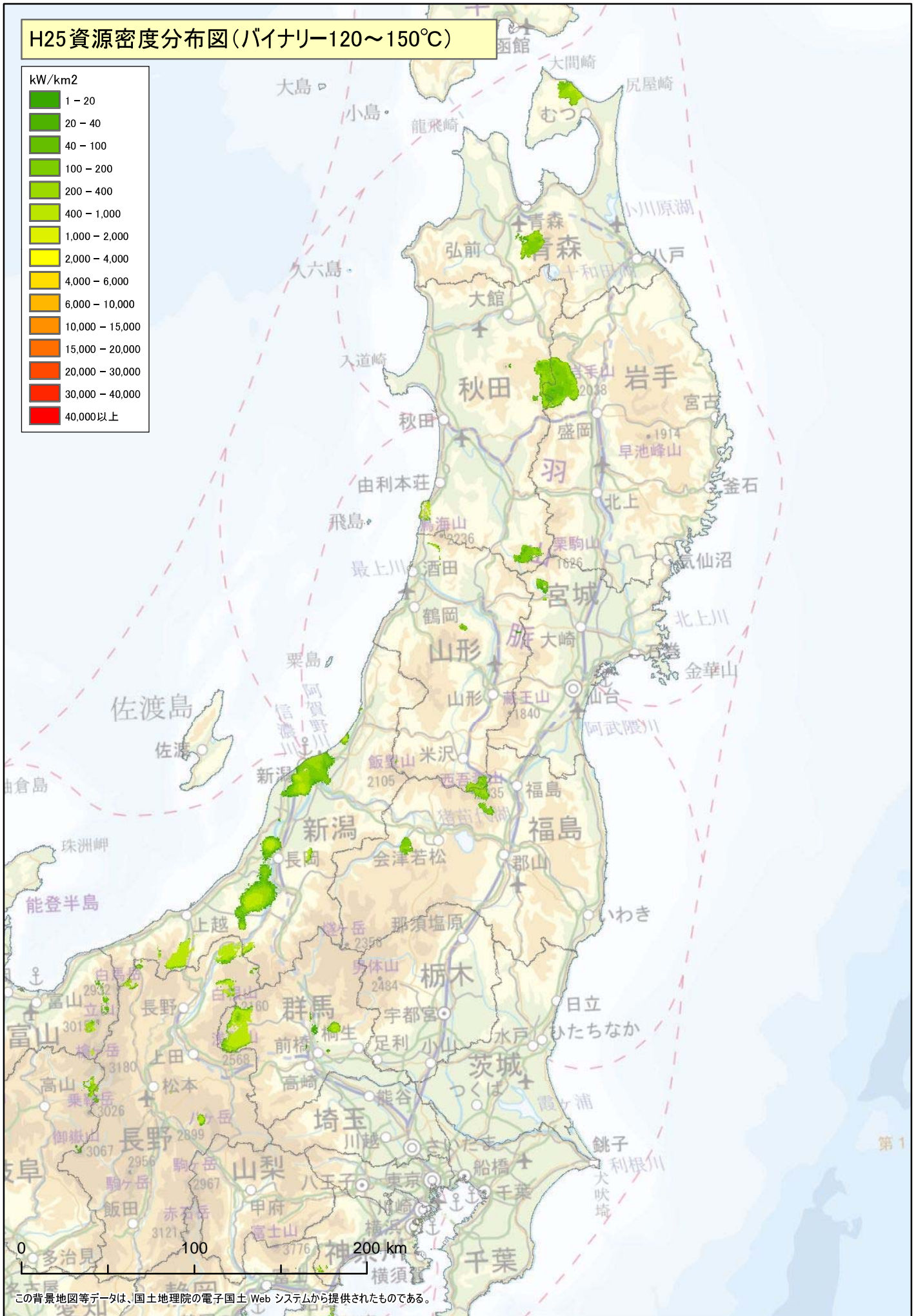
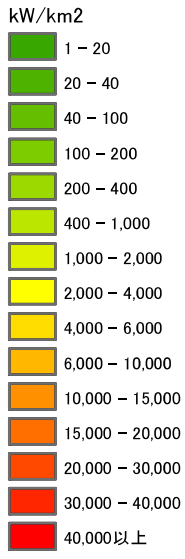
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(バイナリ-120~150℃)



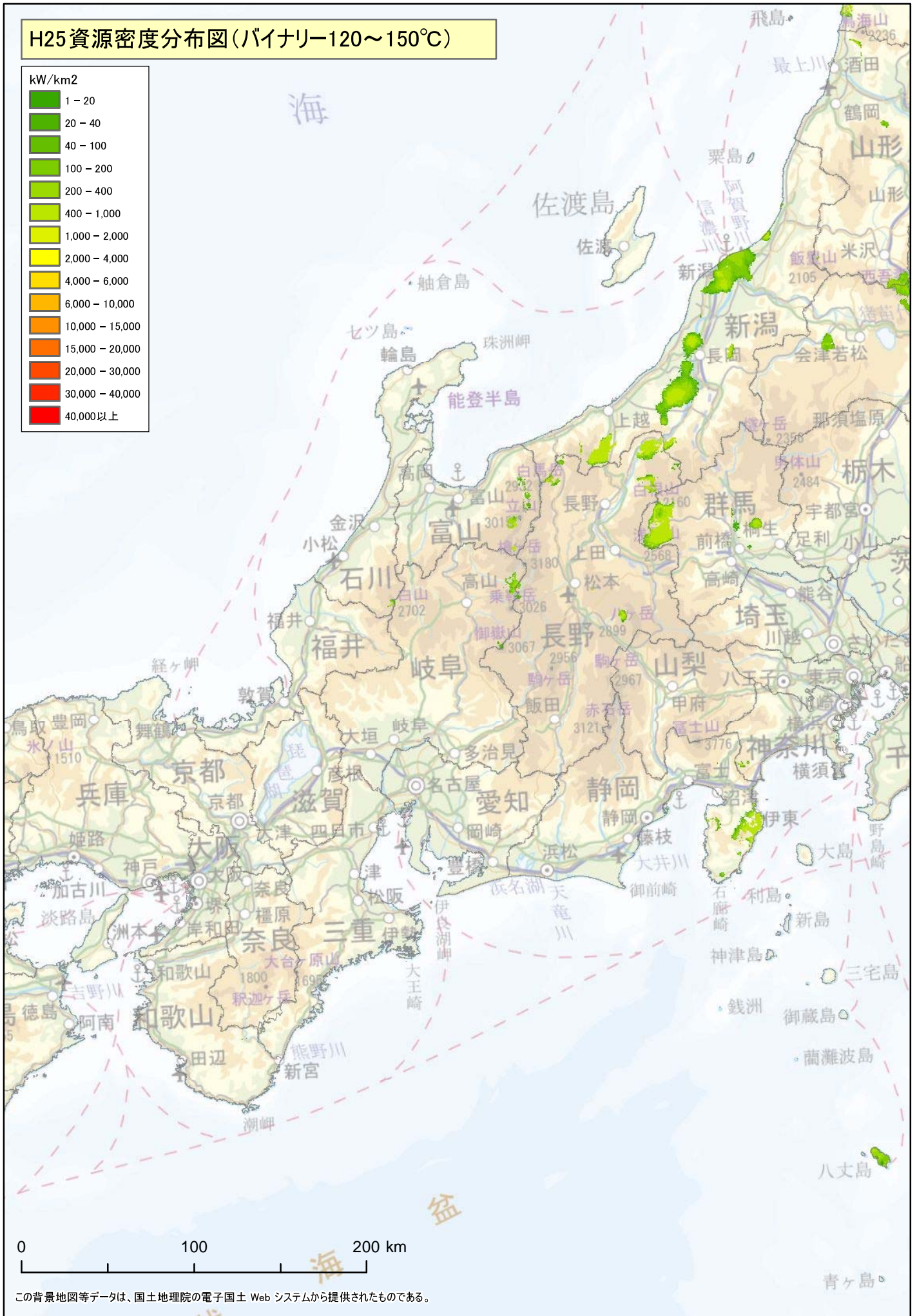
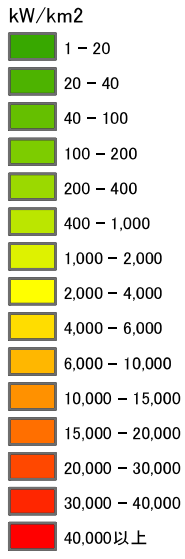
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(バイナリー120~150℃)



この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

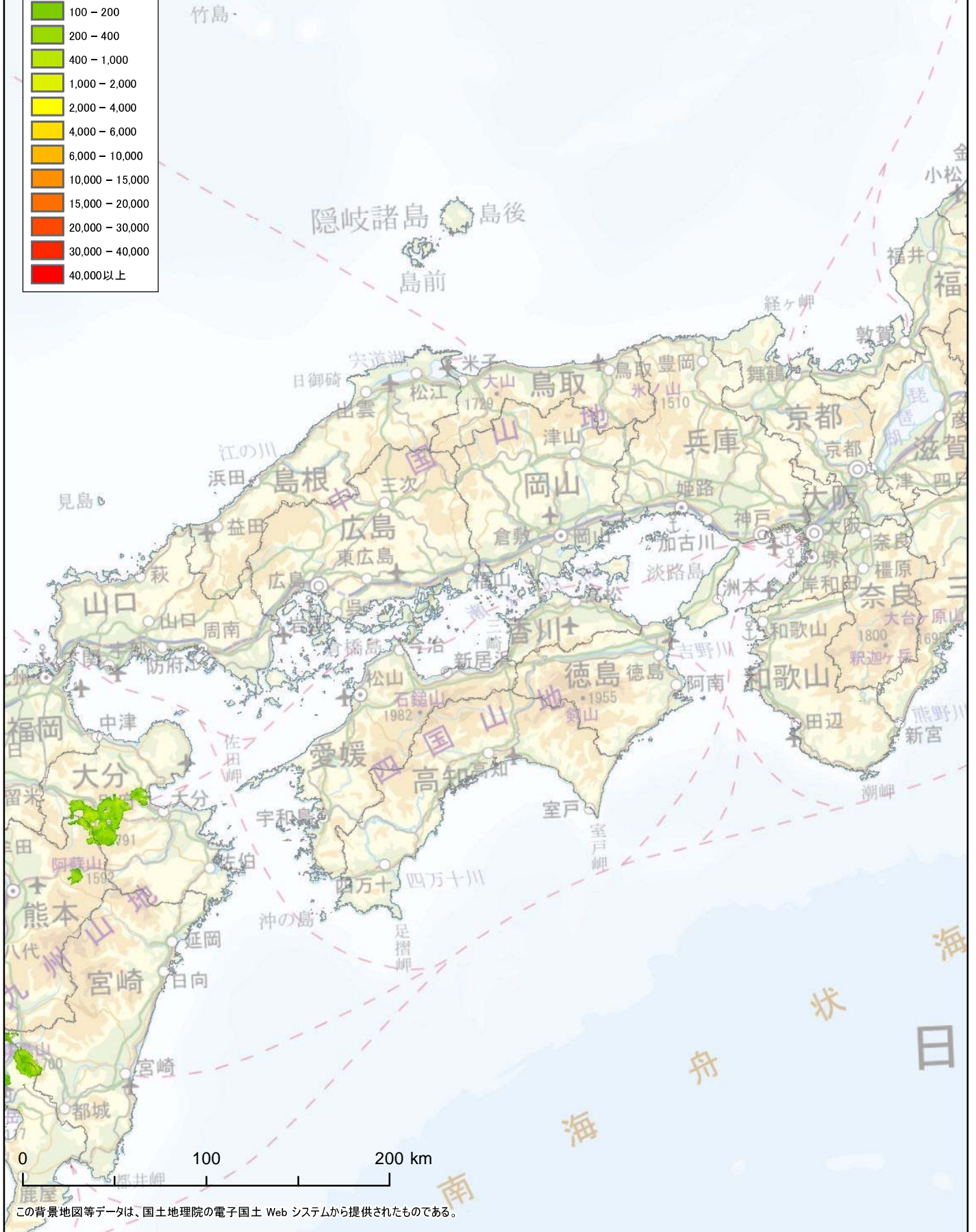
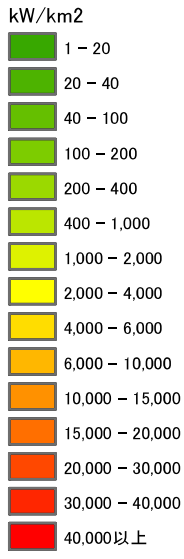
H25資源密度分布図(バイナリ-120~150℃)



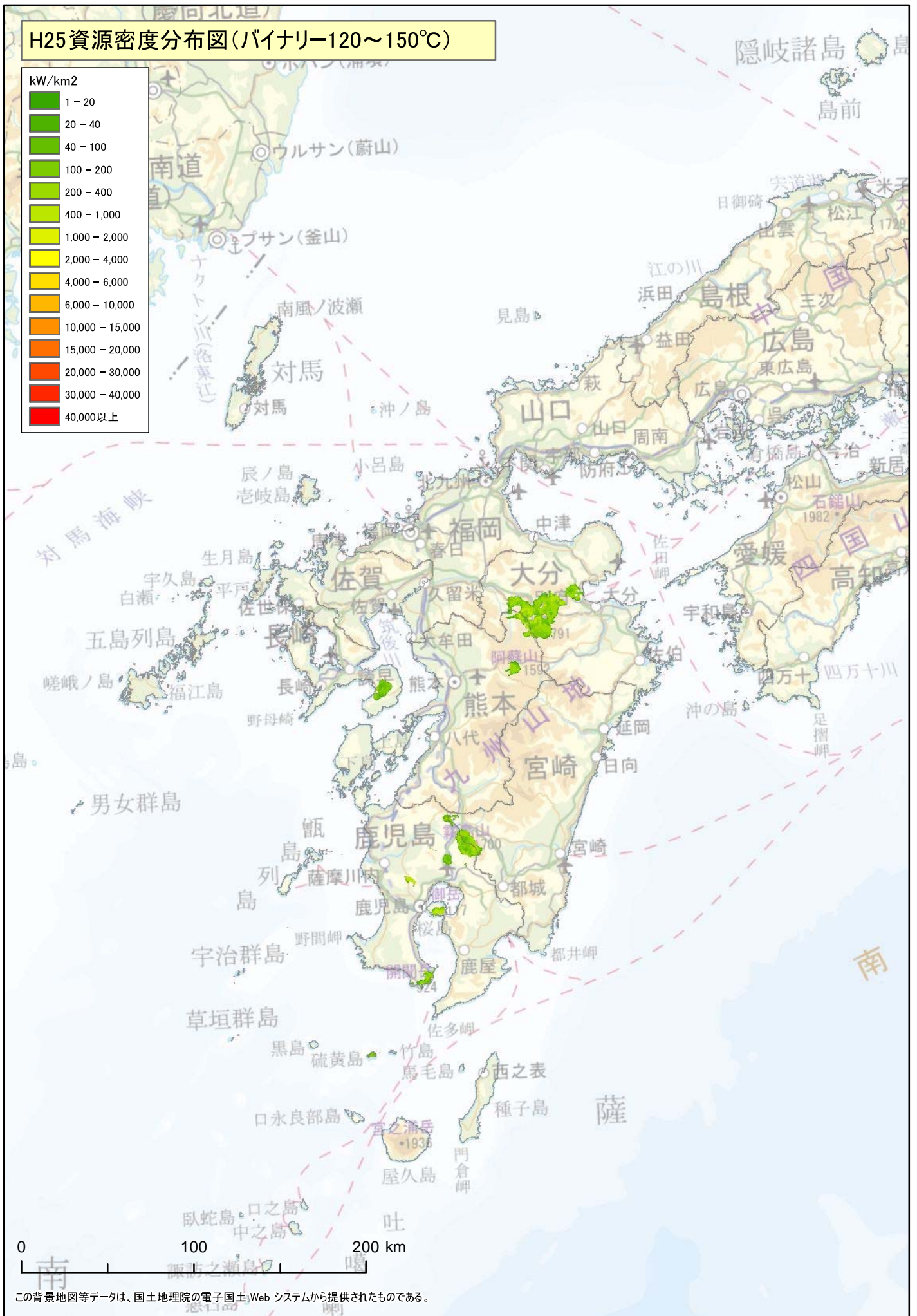
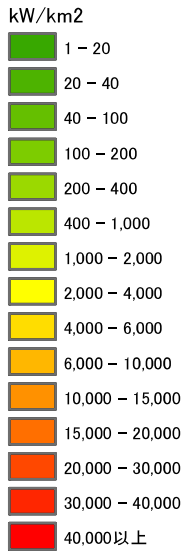
0 100 200 km

この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

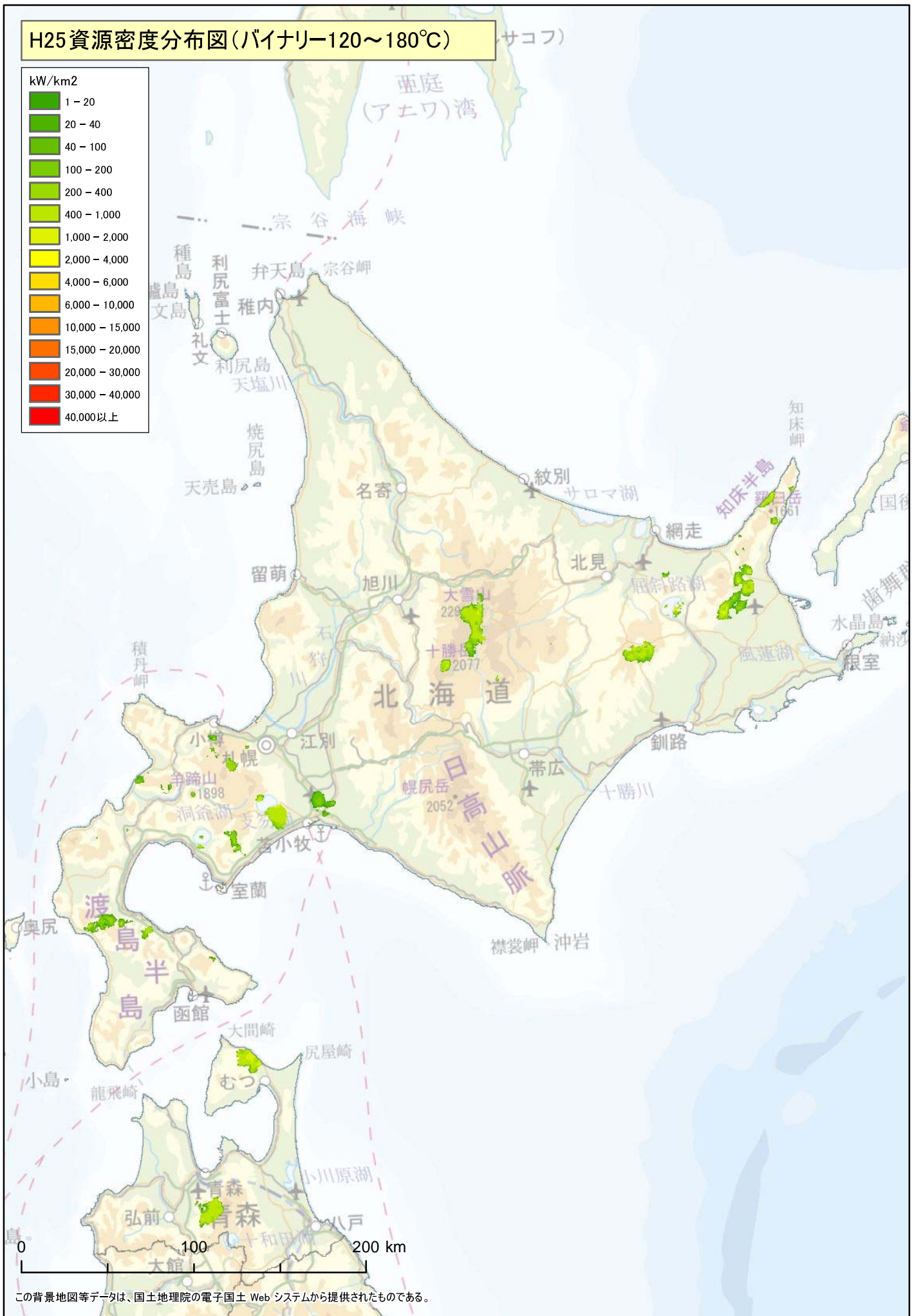
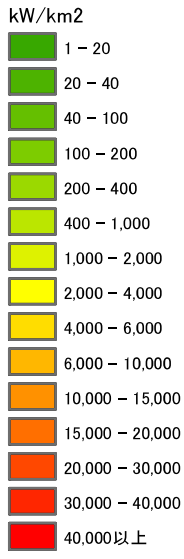
H25資源密度分布図(バイナリー120~150°C)



H25資源密度分布図(バイナリー120~150℃)

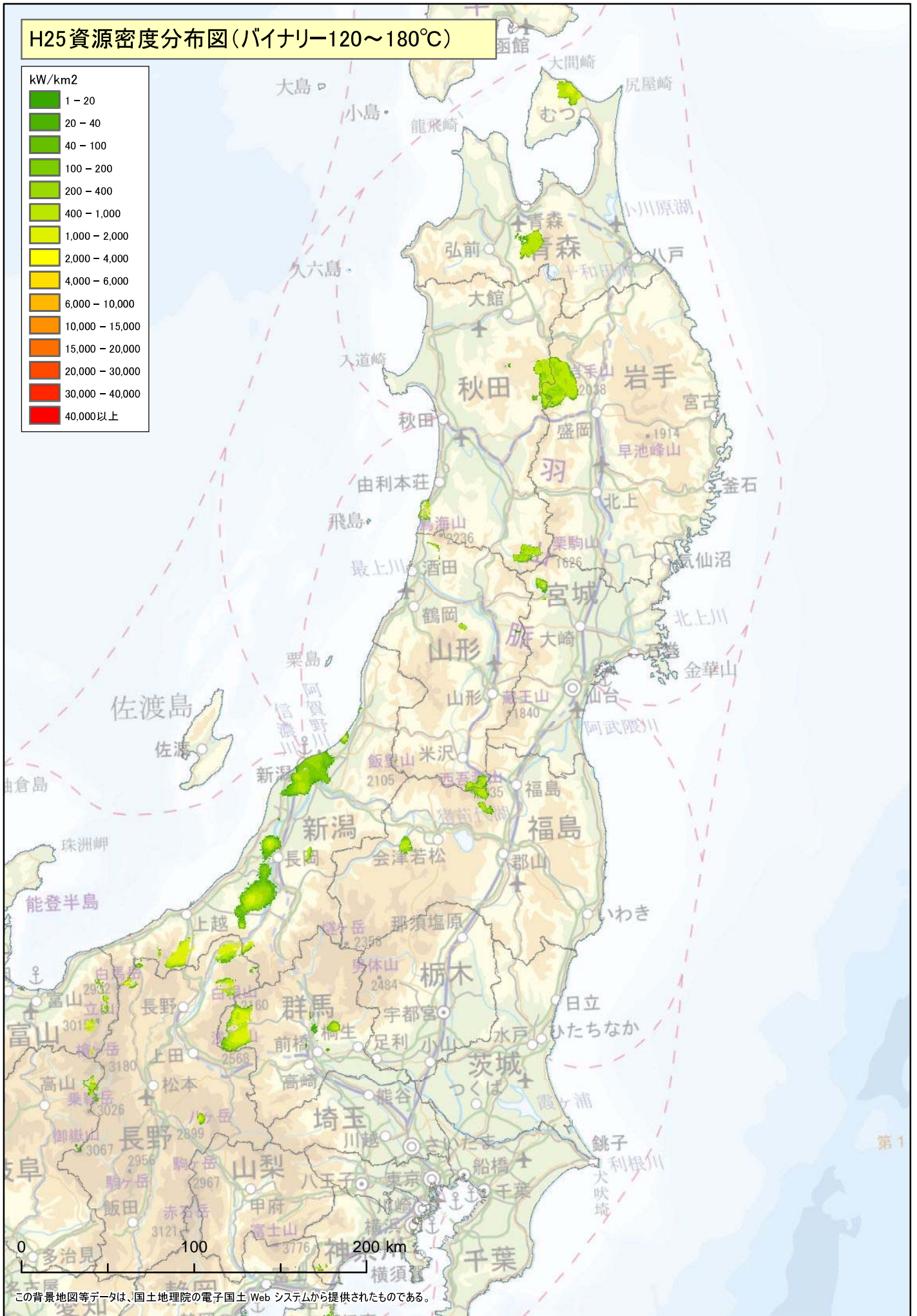
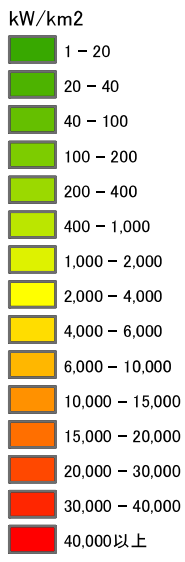


H25資源密度分布図(バイナリ-120~180℃)



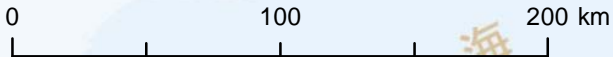
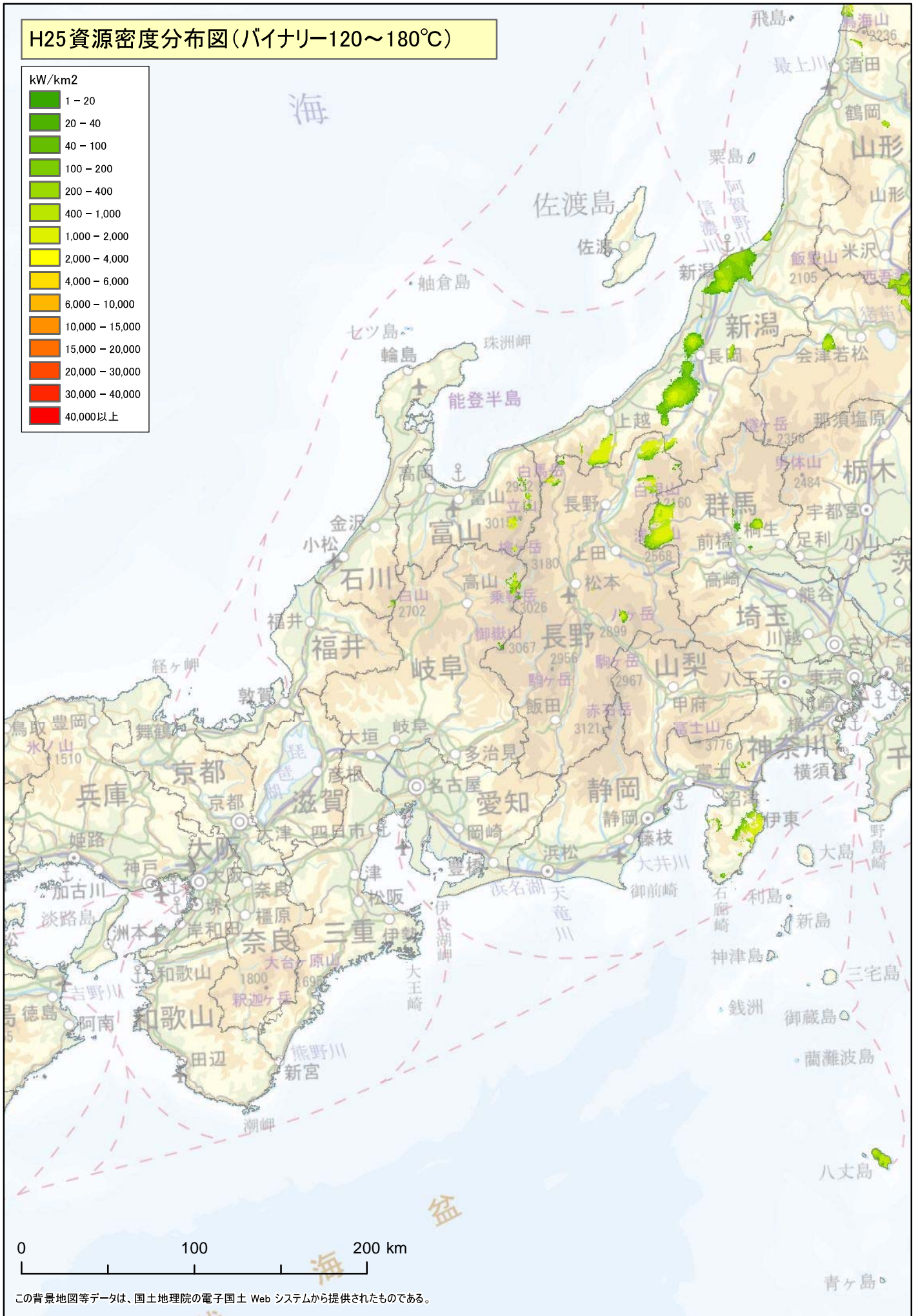
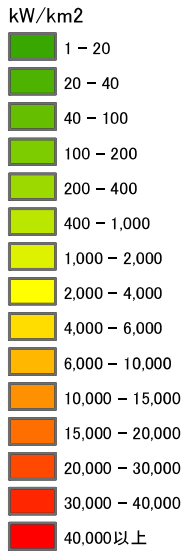
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(バイナリー120~180℃)



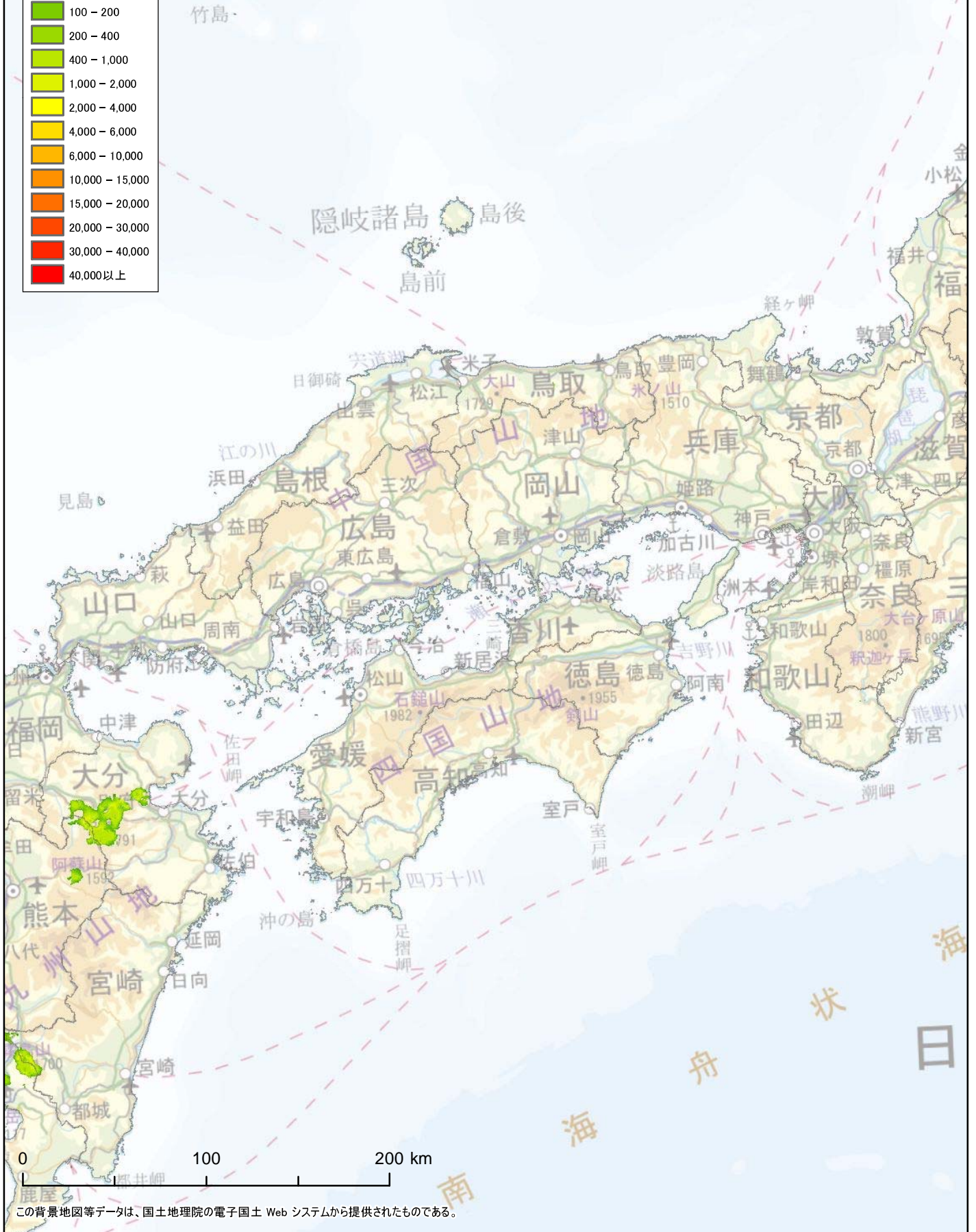
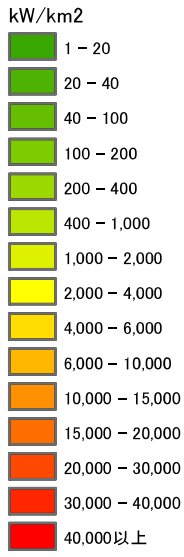
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(バイナリ-120~180℃)

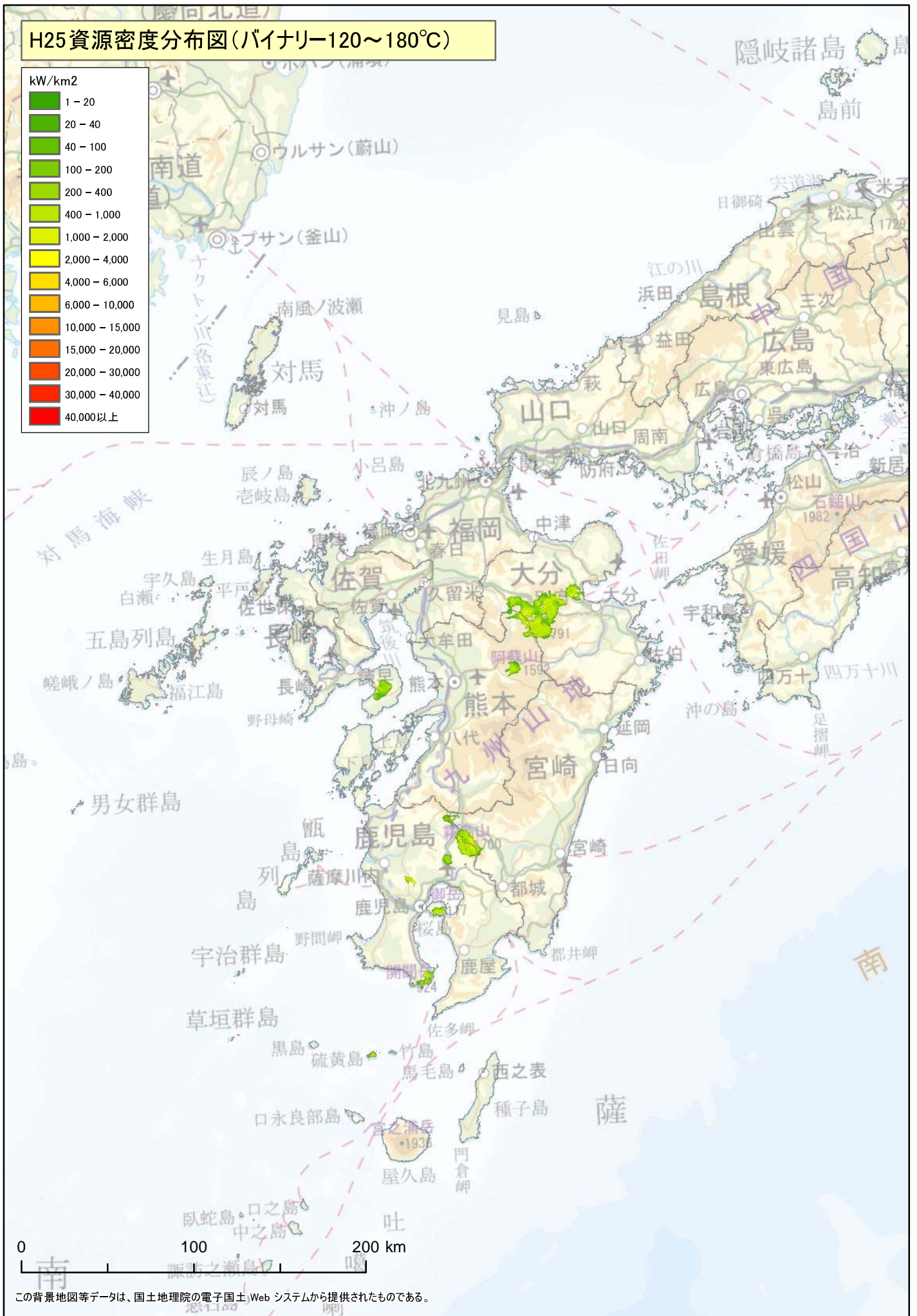
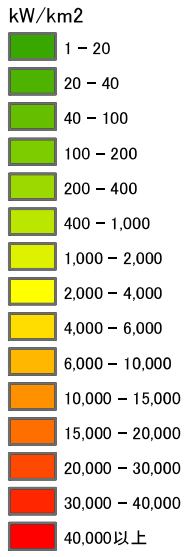


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(バイナリー120~180°C)



H25資源密度分布図(バイナリー120~180℃)

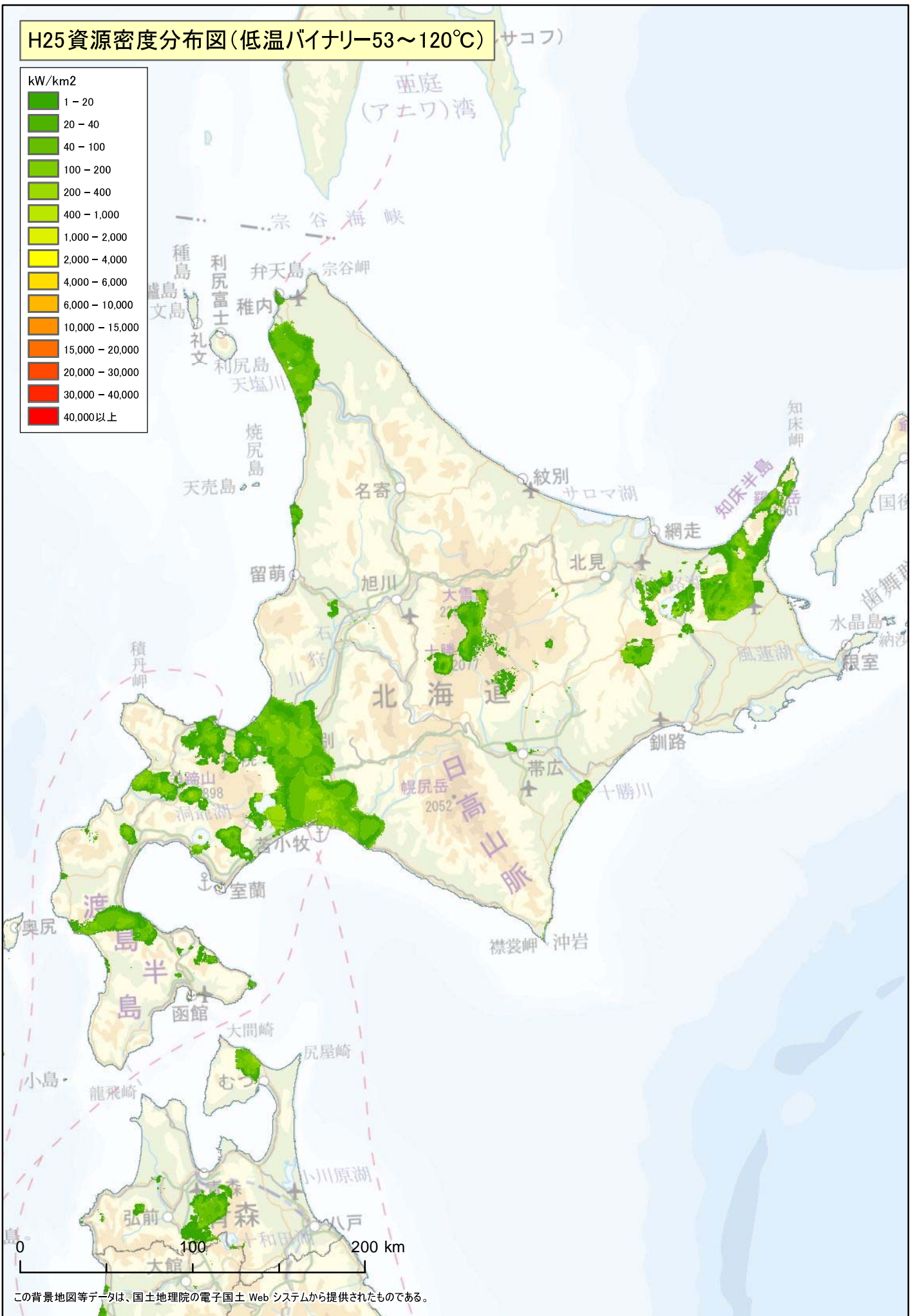
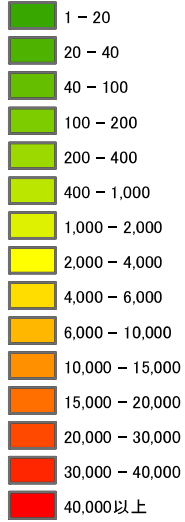


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-53~120℃)

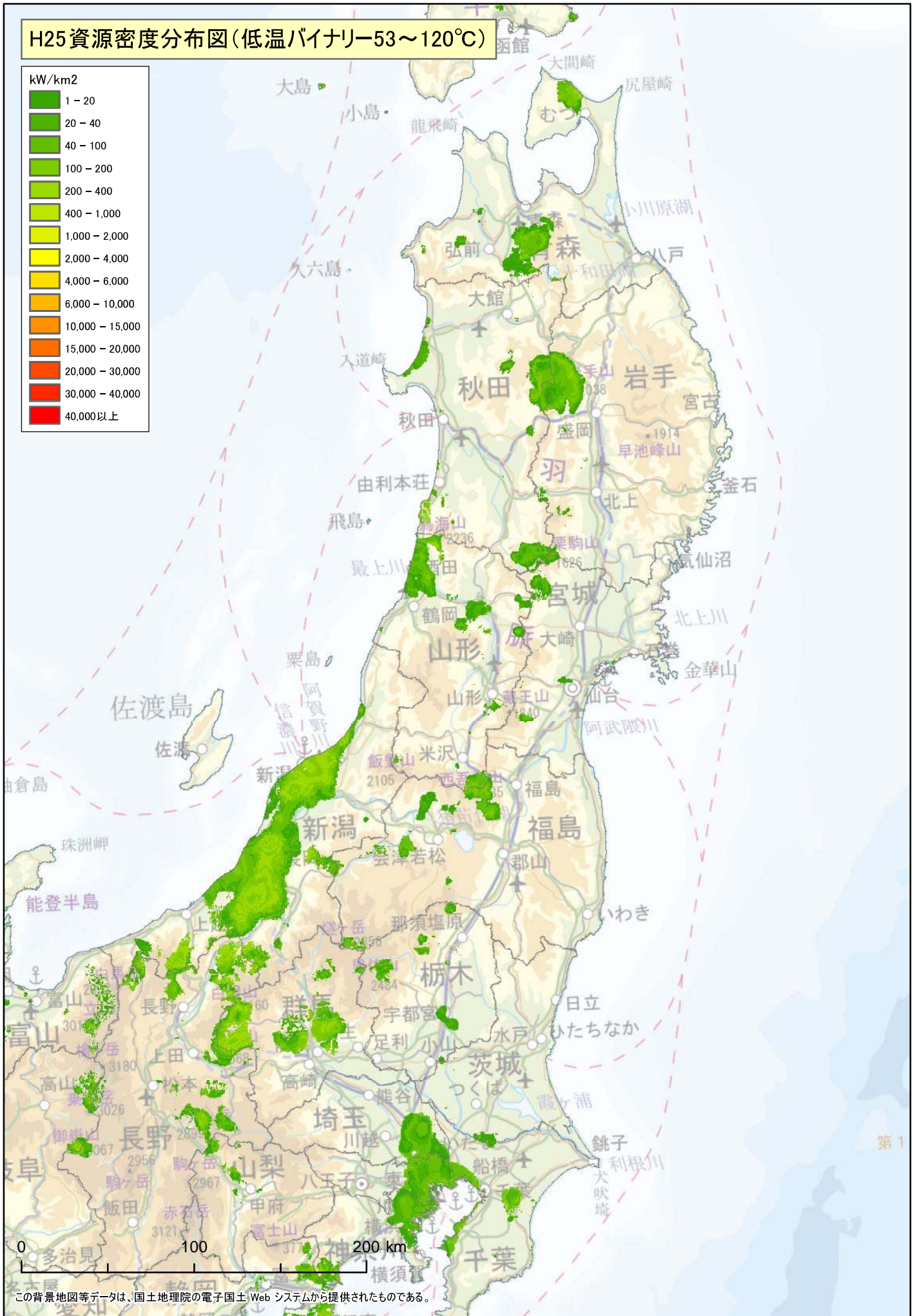
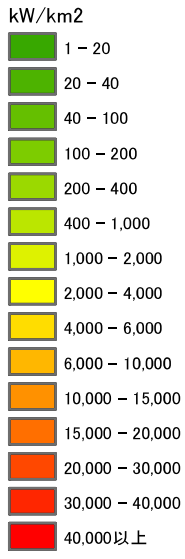
(サコフ)

kW/km2



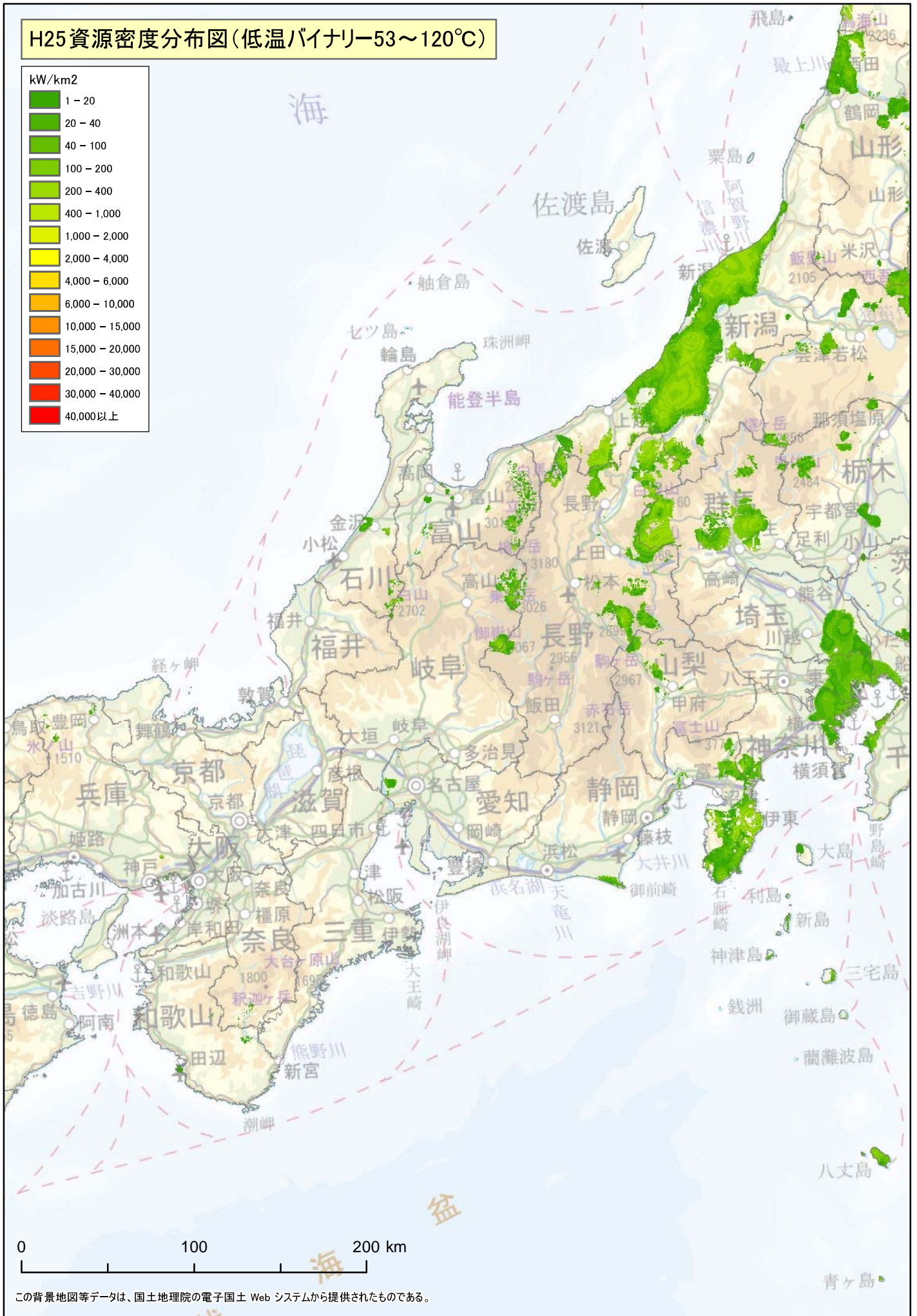
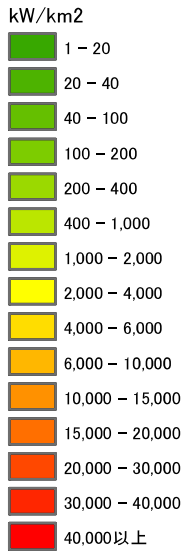
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-53~120℃)



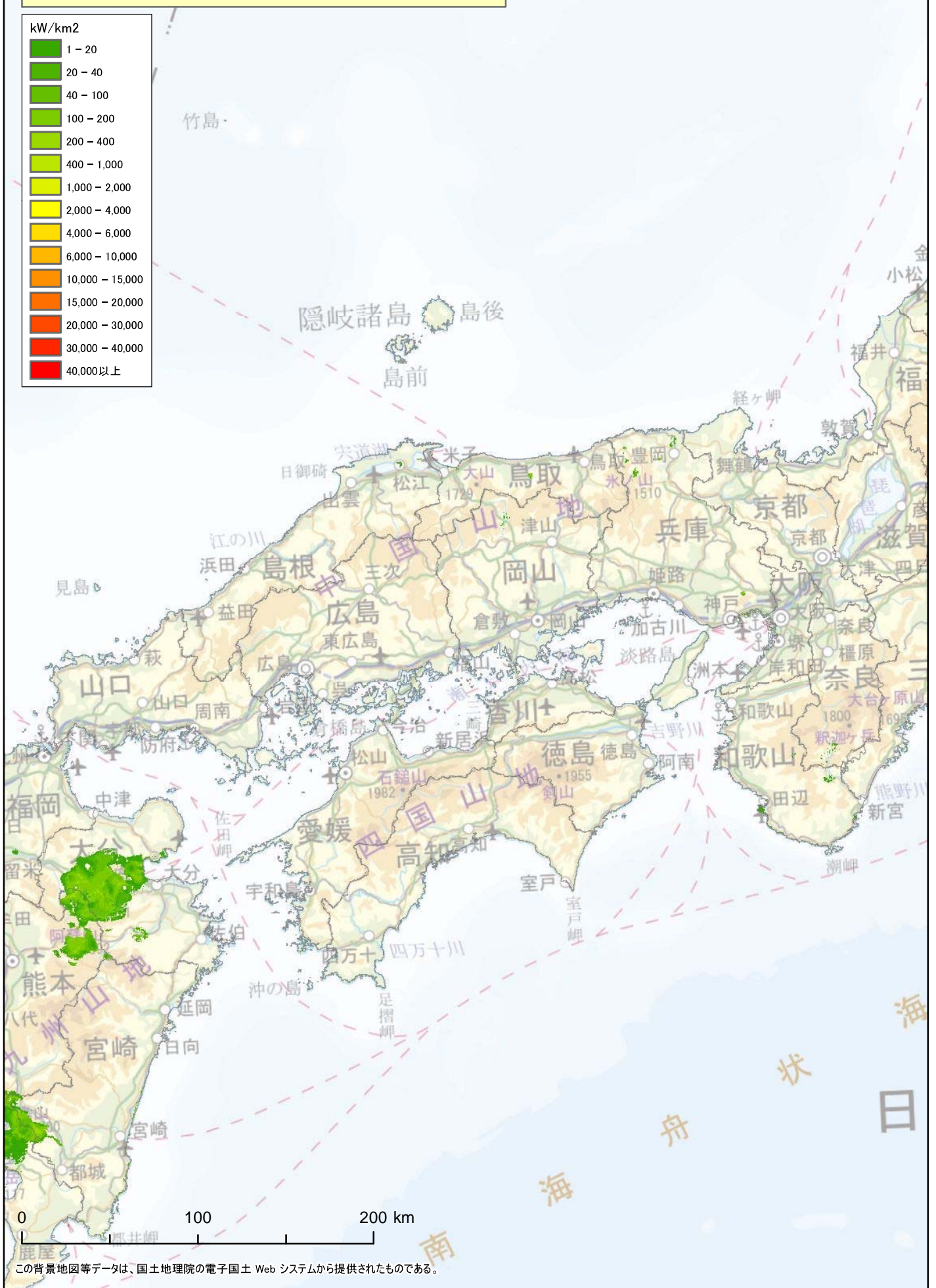
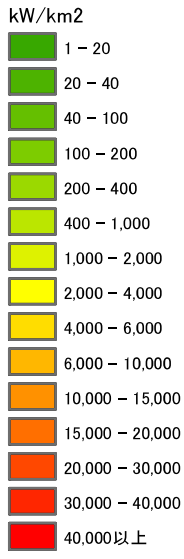
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-53~120°C)



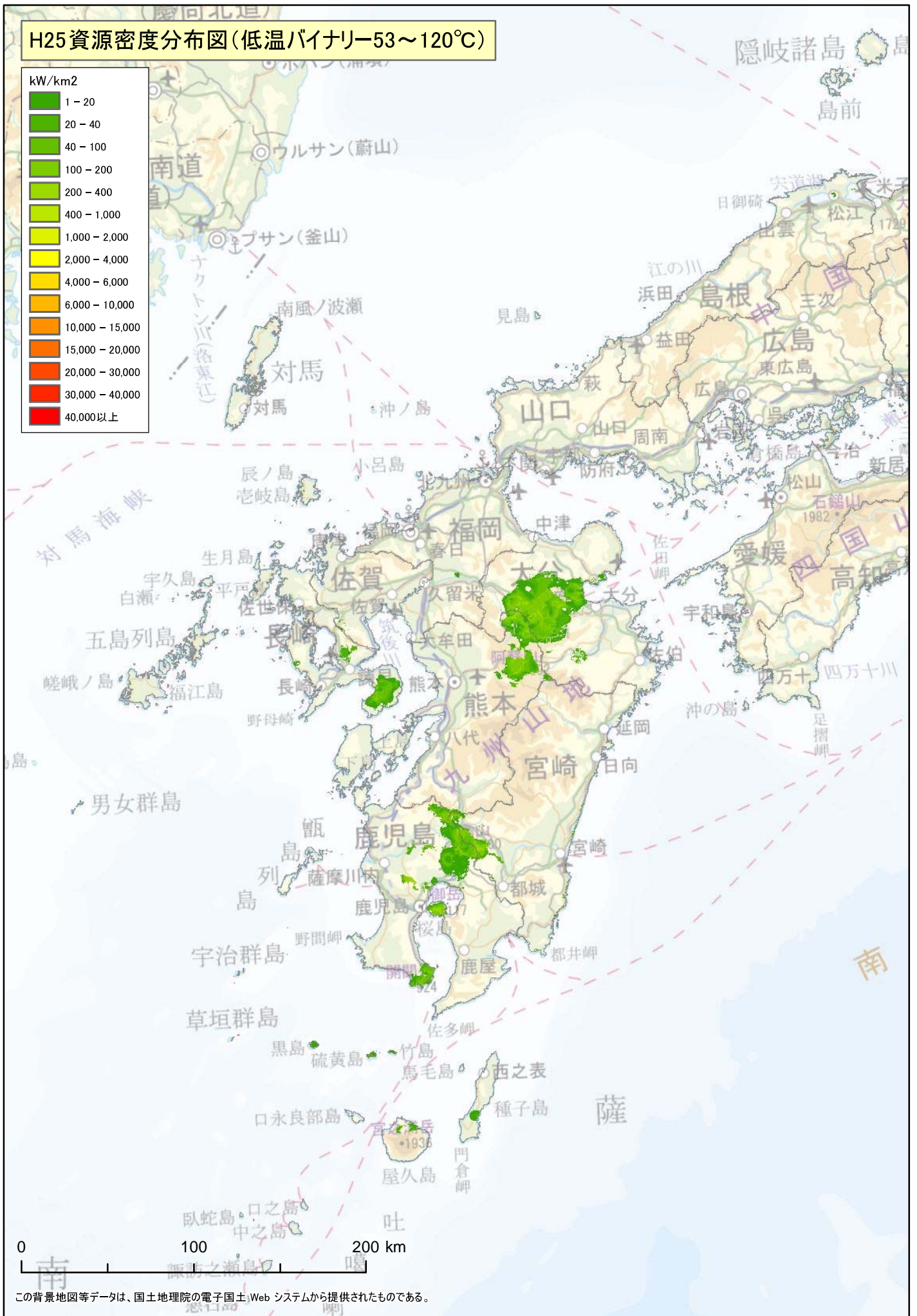
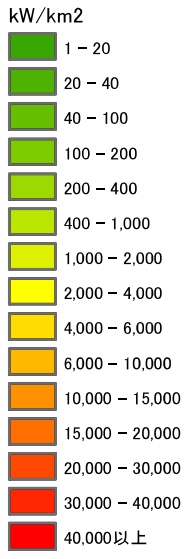
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-53~120°C)



この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-53~120°C)

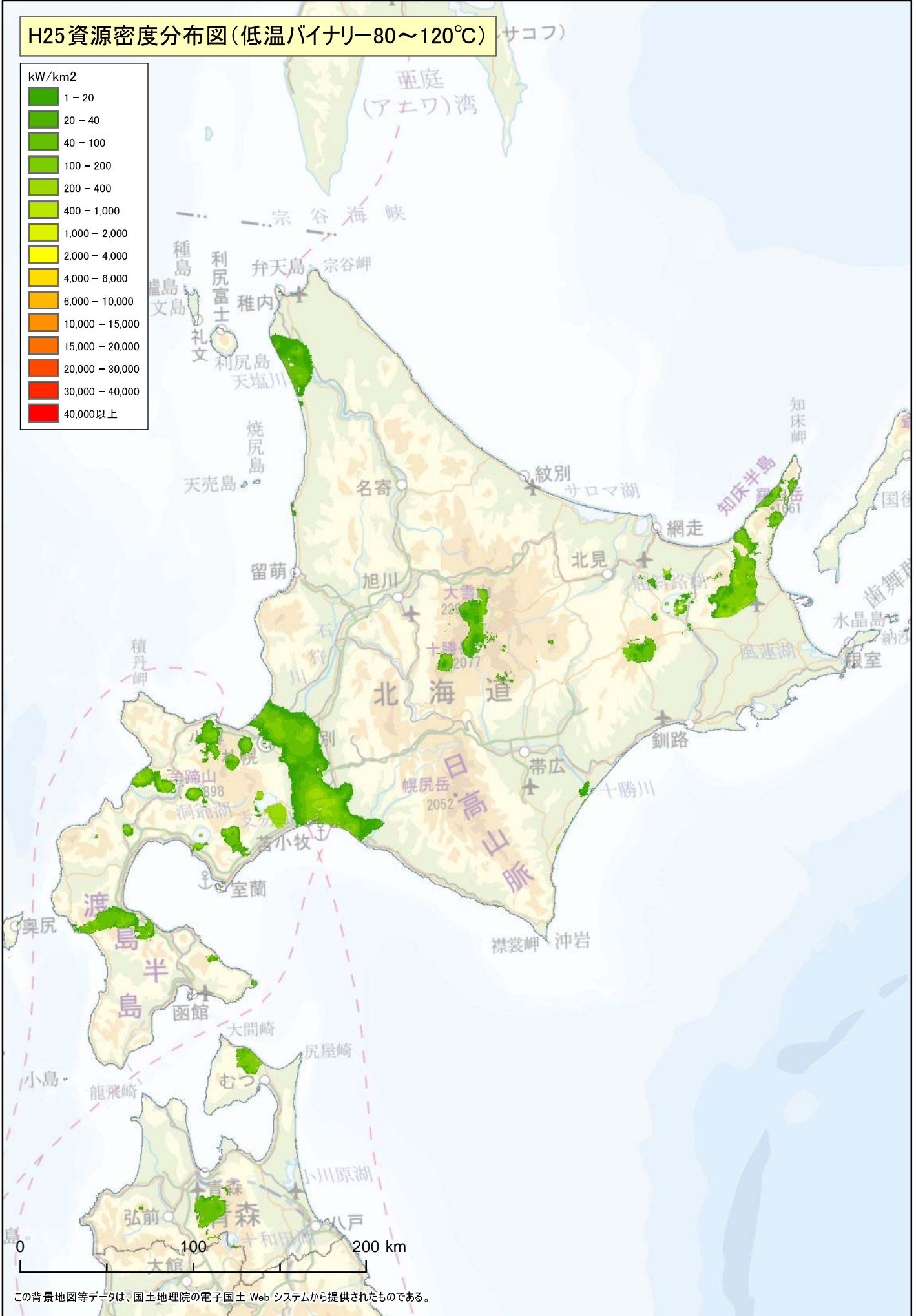
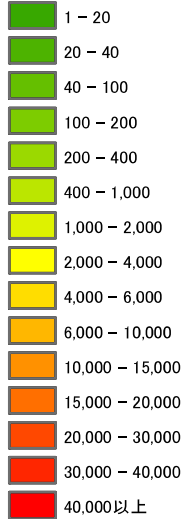


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-80~120℃)

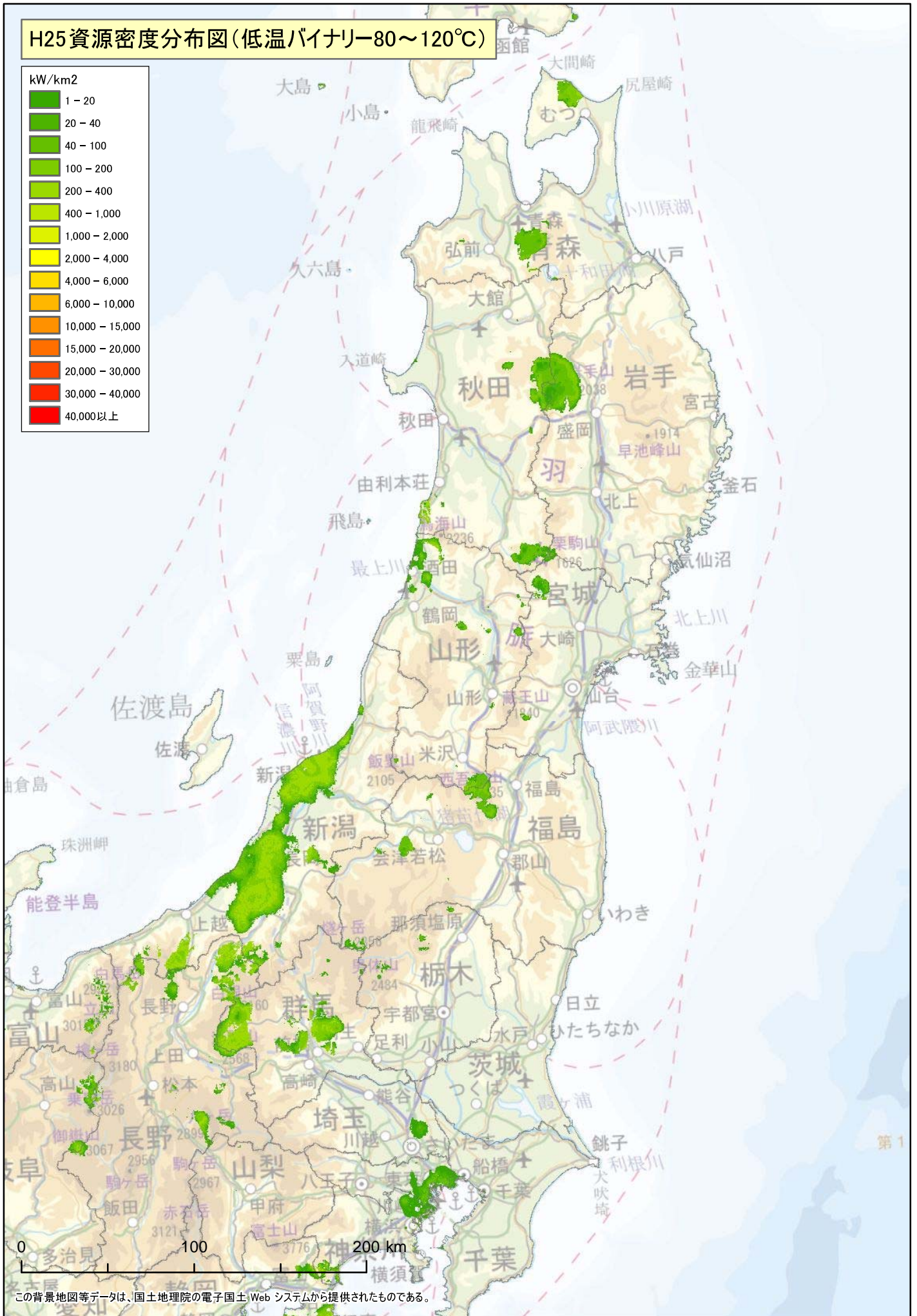
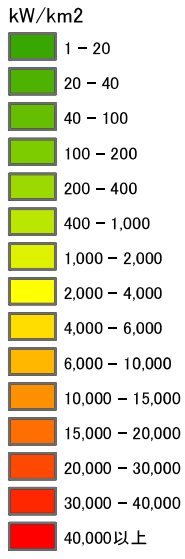
(サコフ)

kW/km2



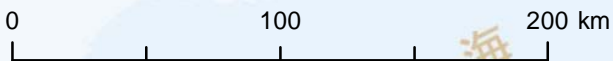
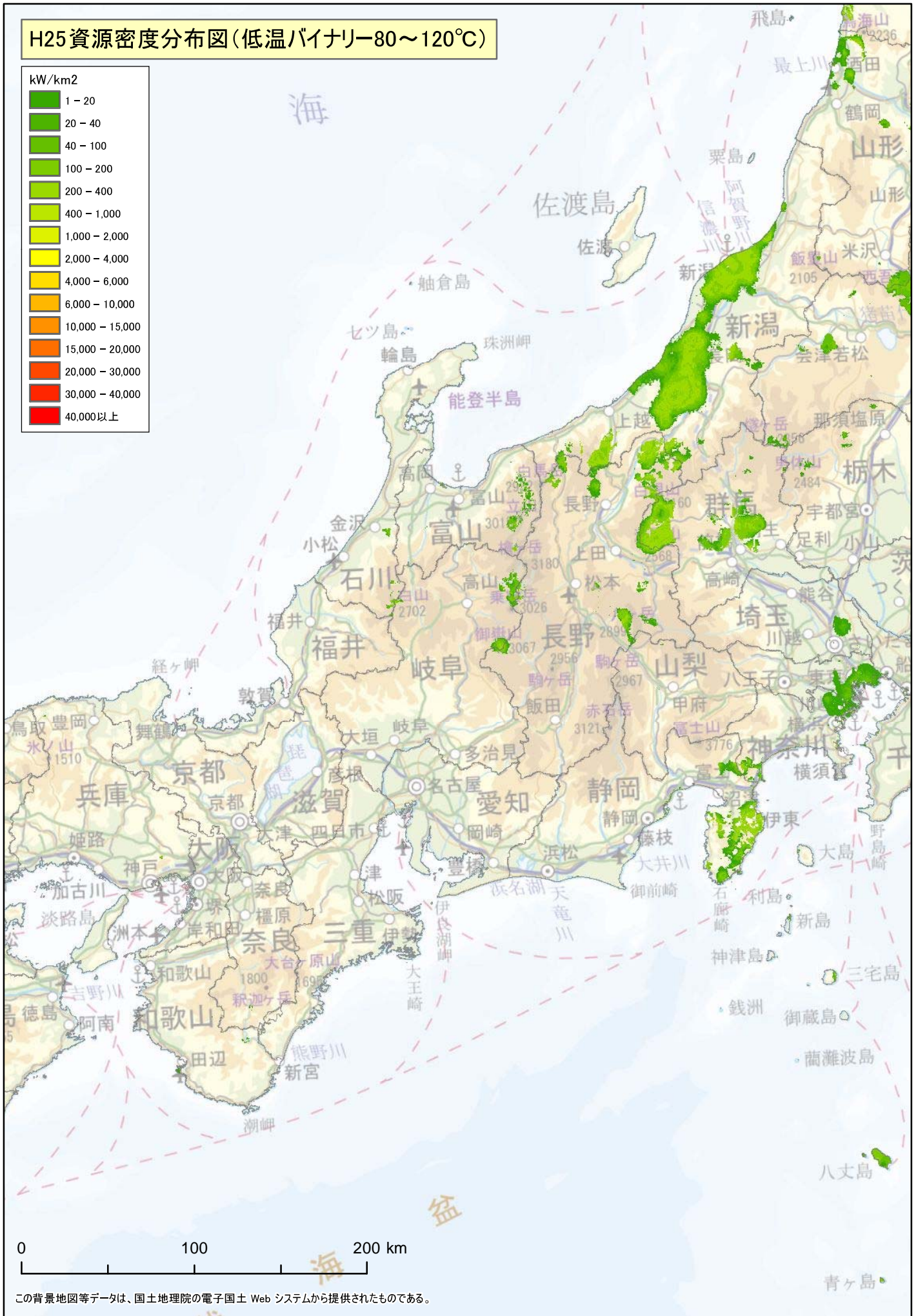
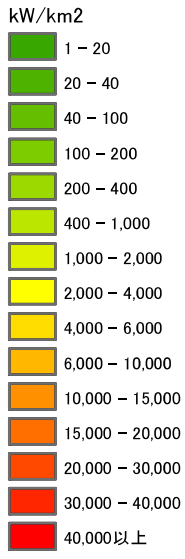
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-80~120℃)



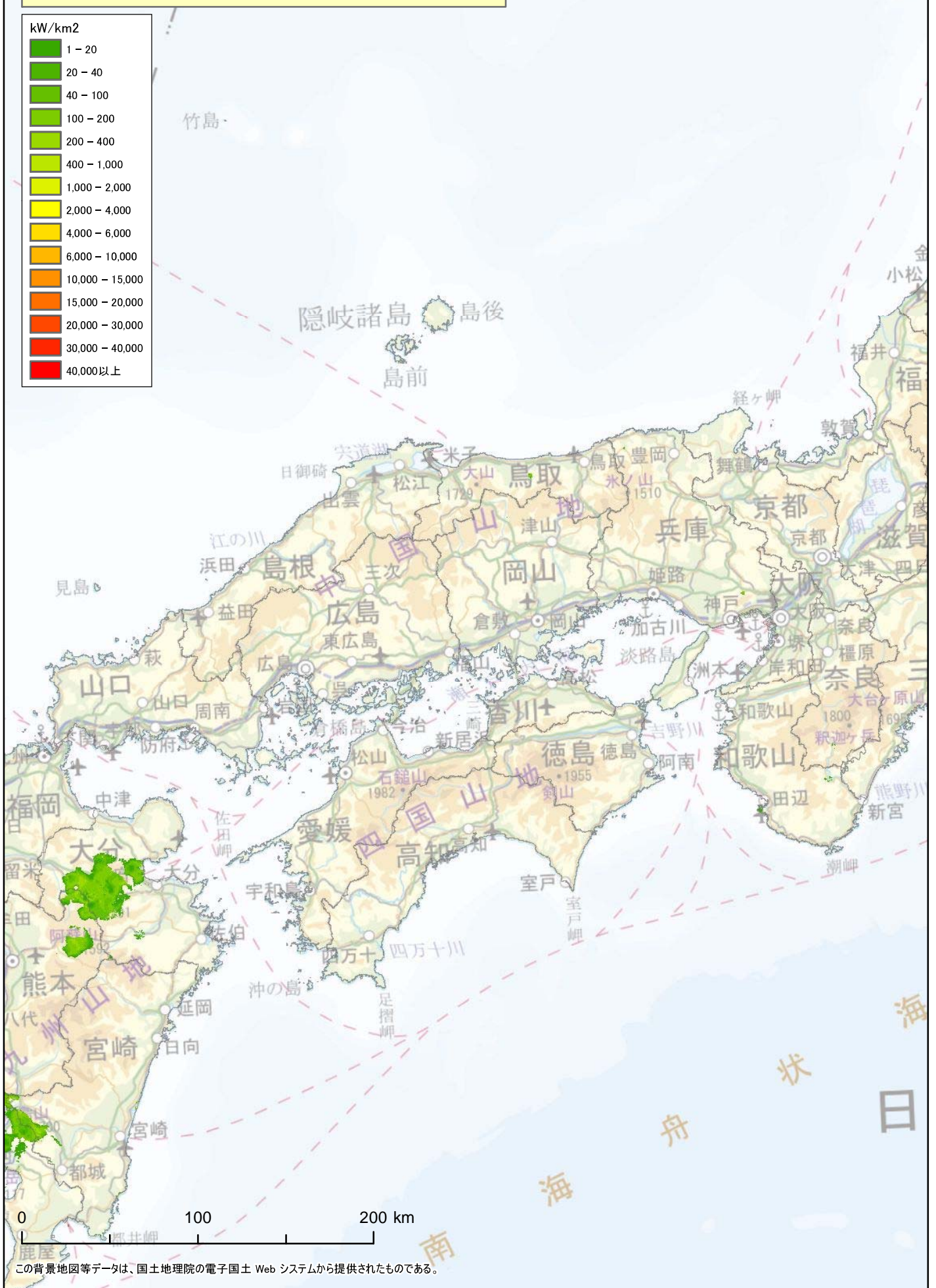
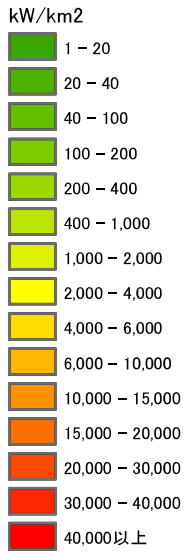
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-80~120℃)

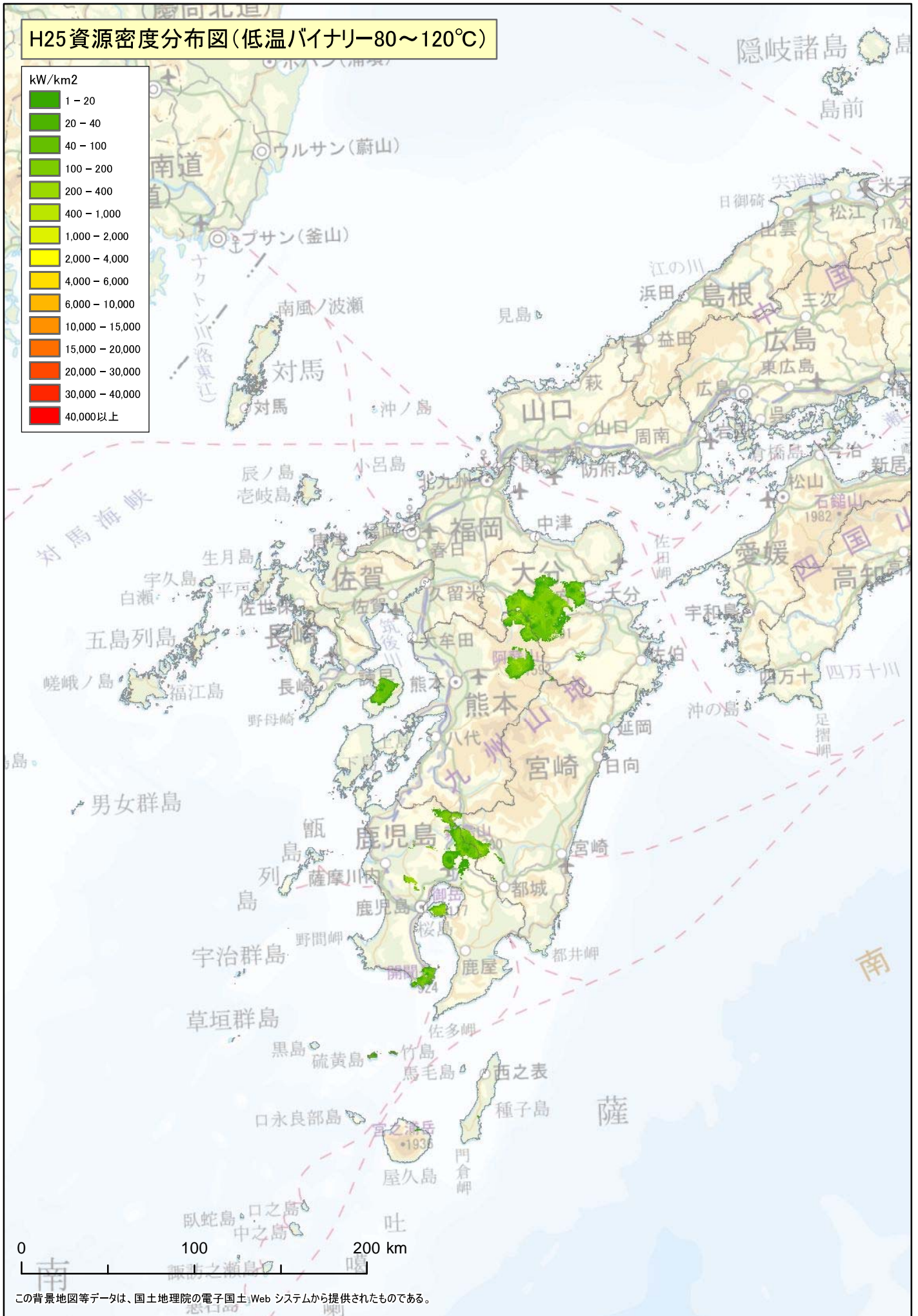
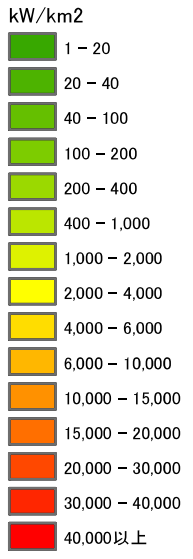


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H25資源密度分布図(低温バイナリ-80~120°C)



H25資源密度分布図(低温バイナリ-80~120°C)

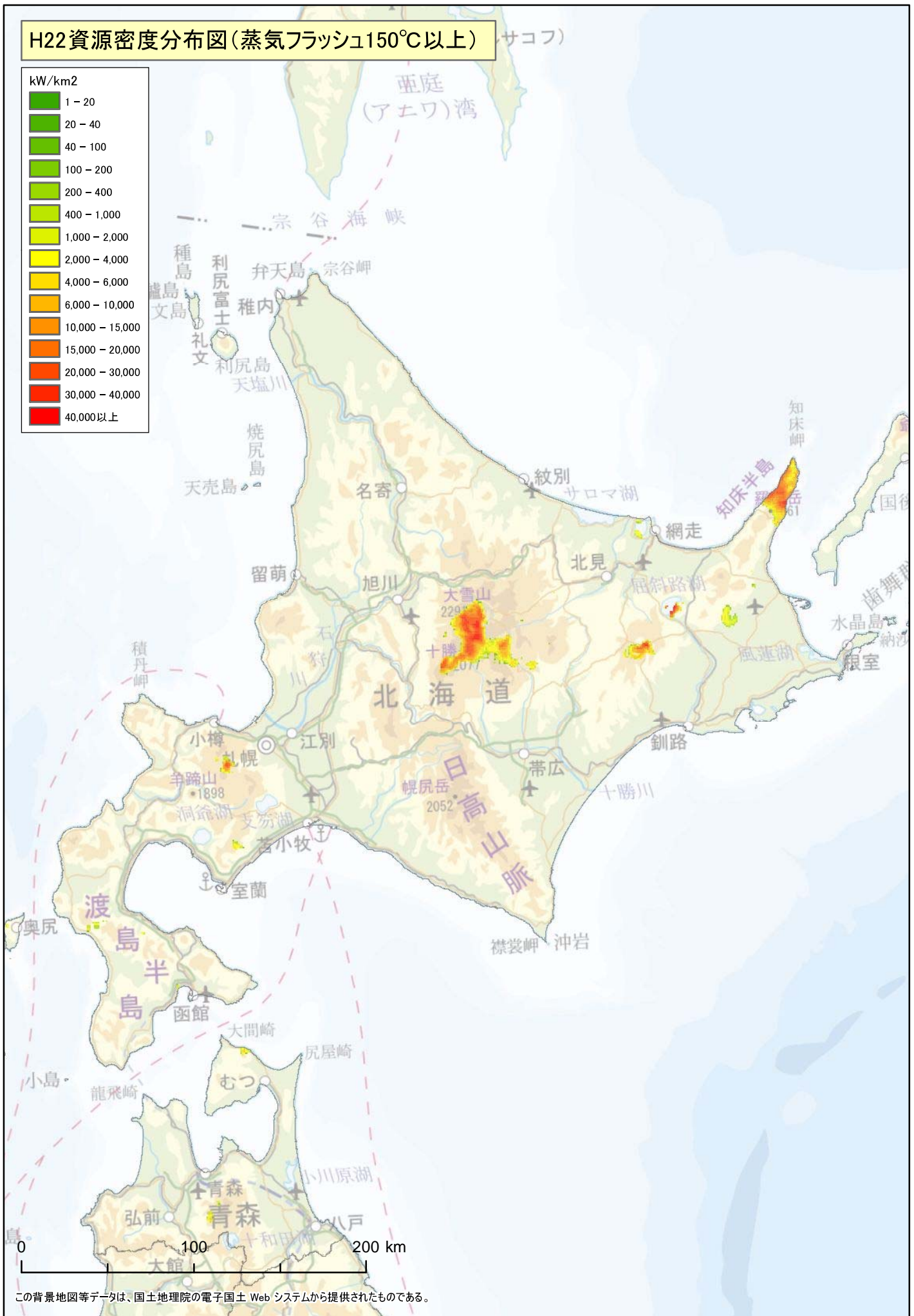
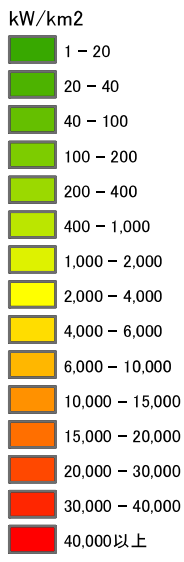


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Web システムから提供されたものである。

卷末資料 2 参考資料

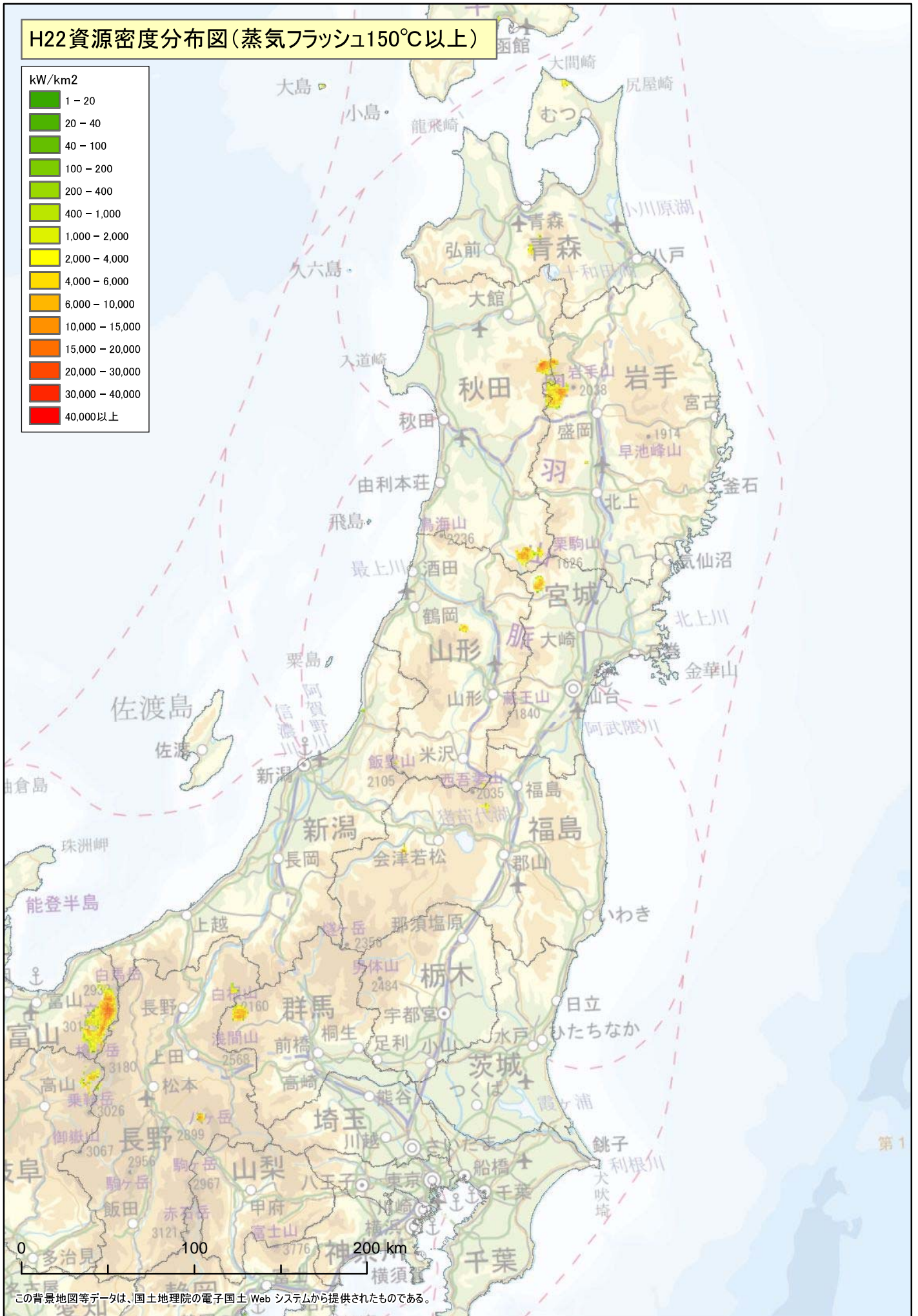
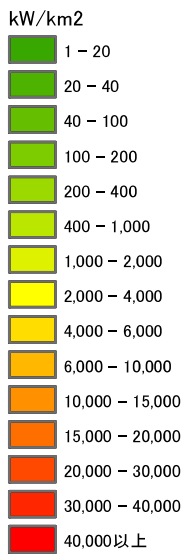
平成 22 年度調査結果 資源密度分布図（詳細版）

H22資源密度分布図(蒸気フラッシュ150℃以上)



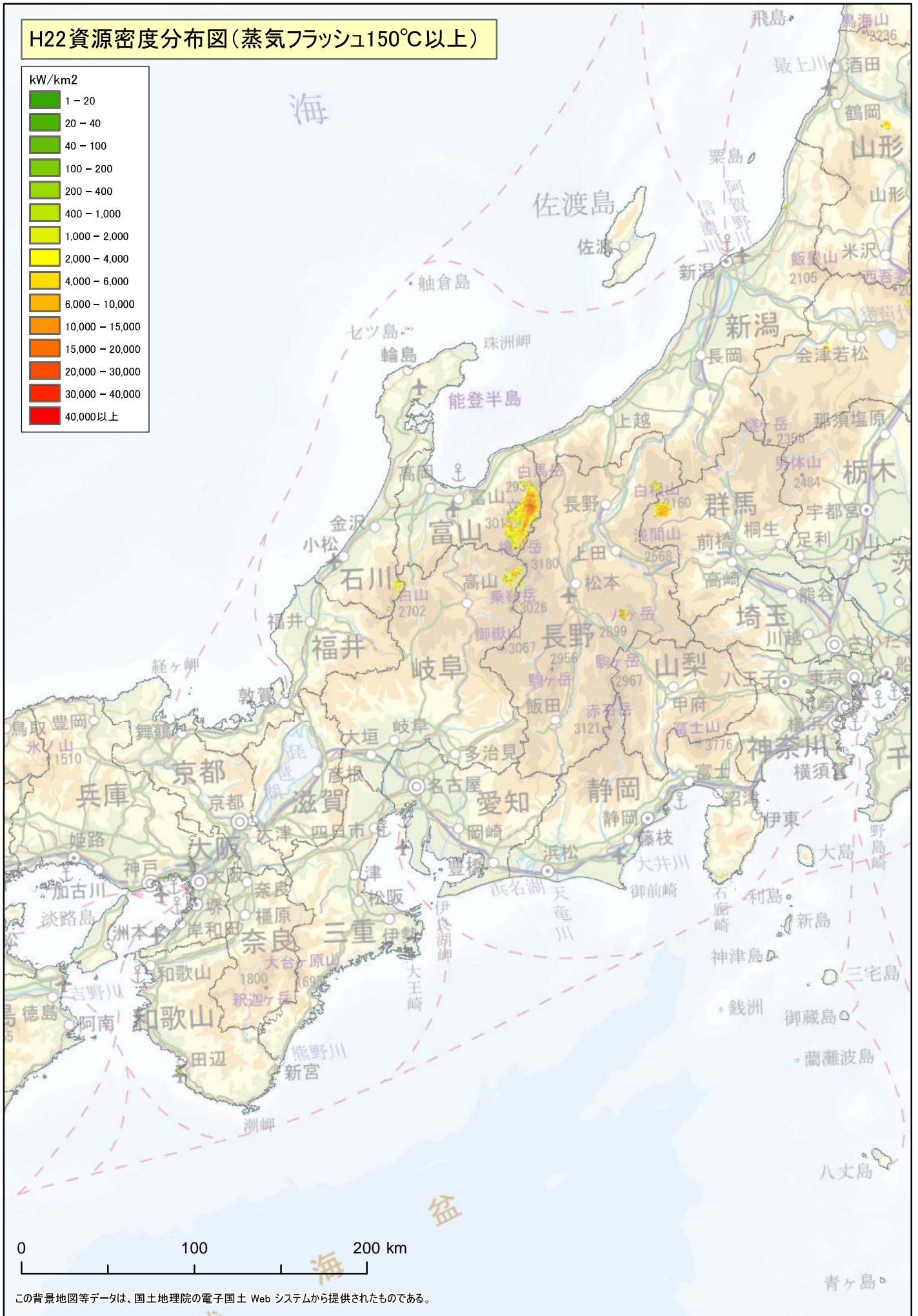
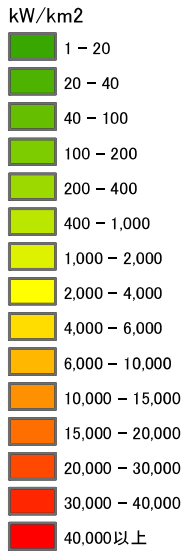
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(蒸気フラッシュ150℃以上)



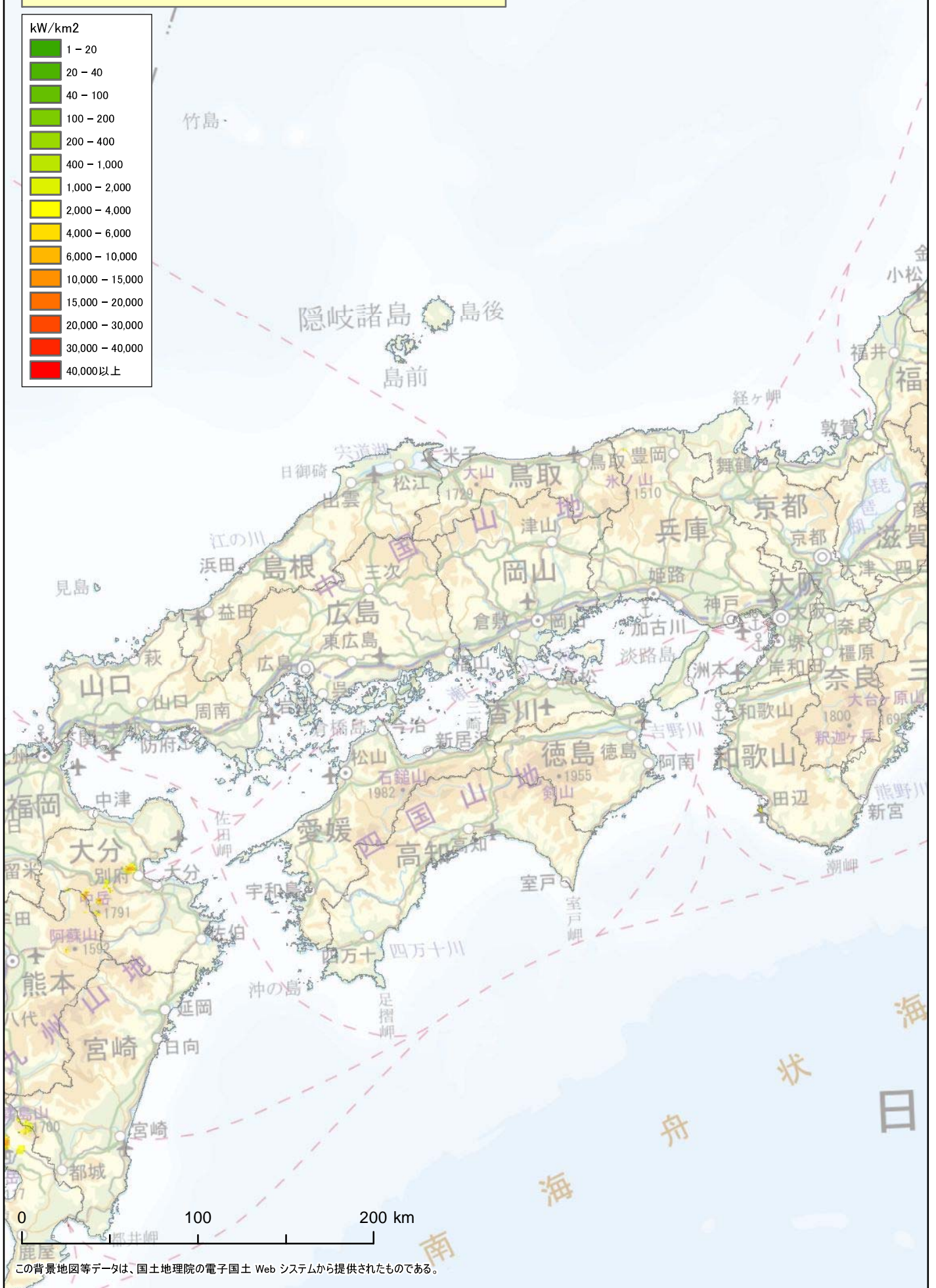
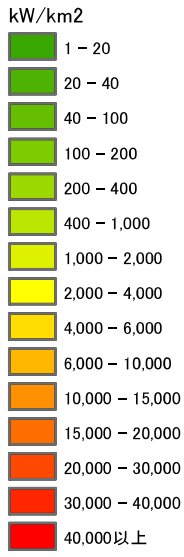
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(蒸気フラッシュ150°C以上)

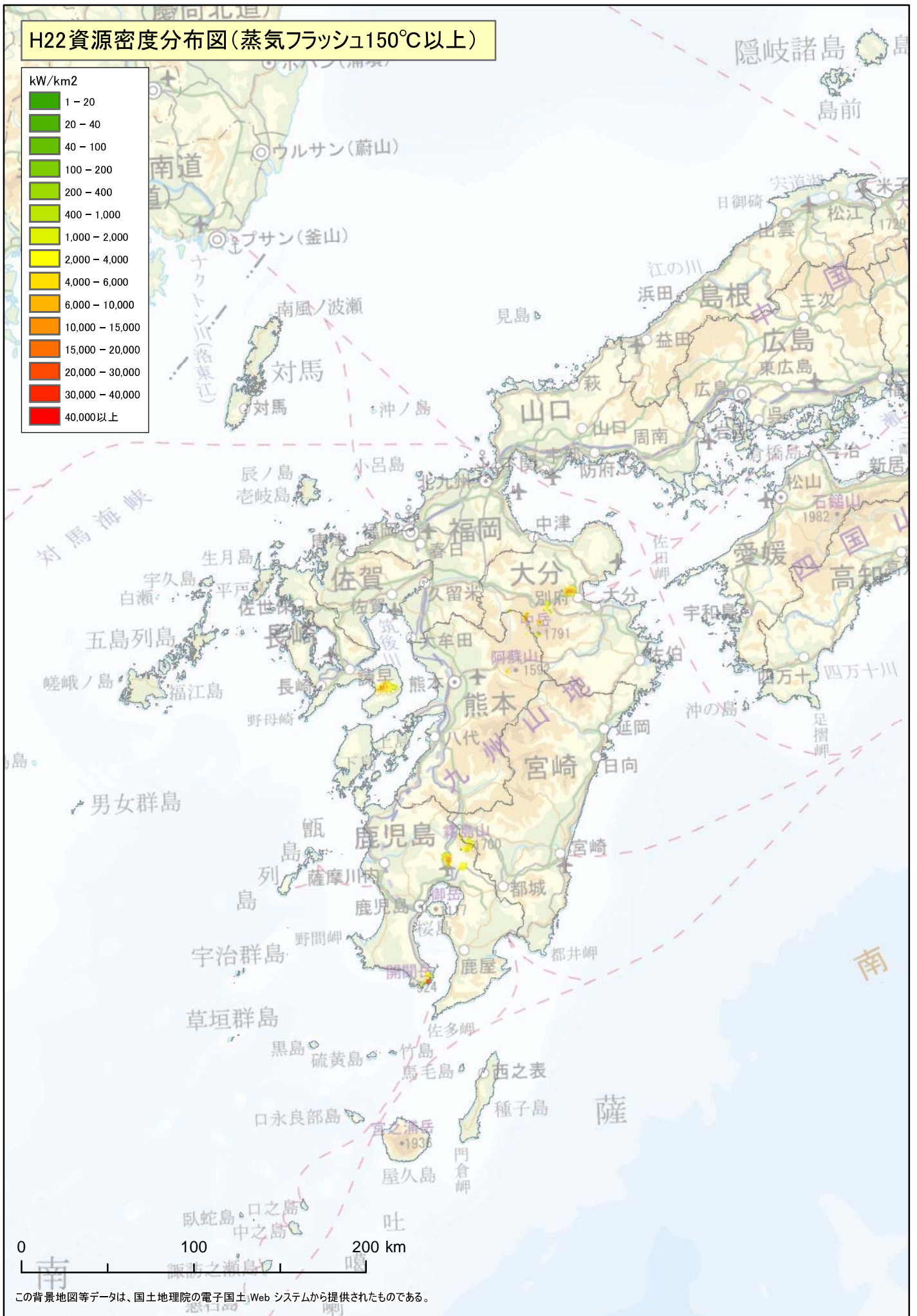
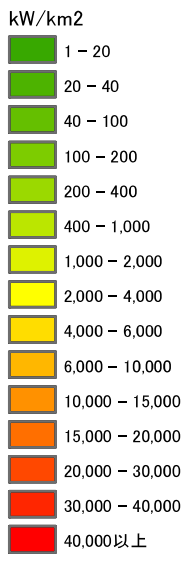


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(蒸気フラッシュ150℃以上)

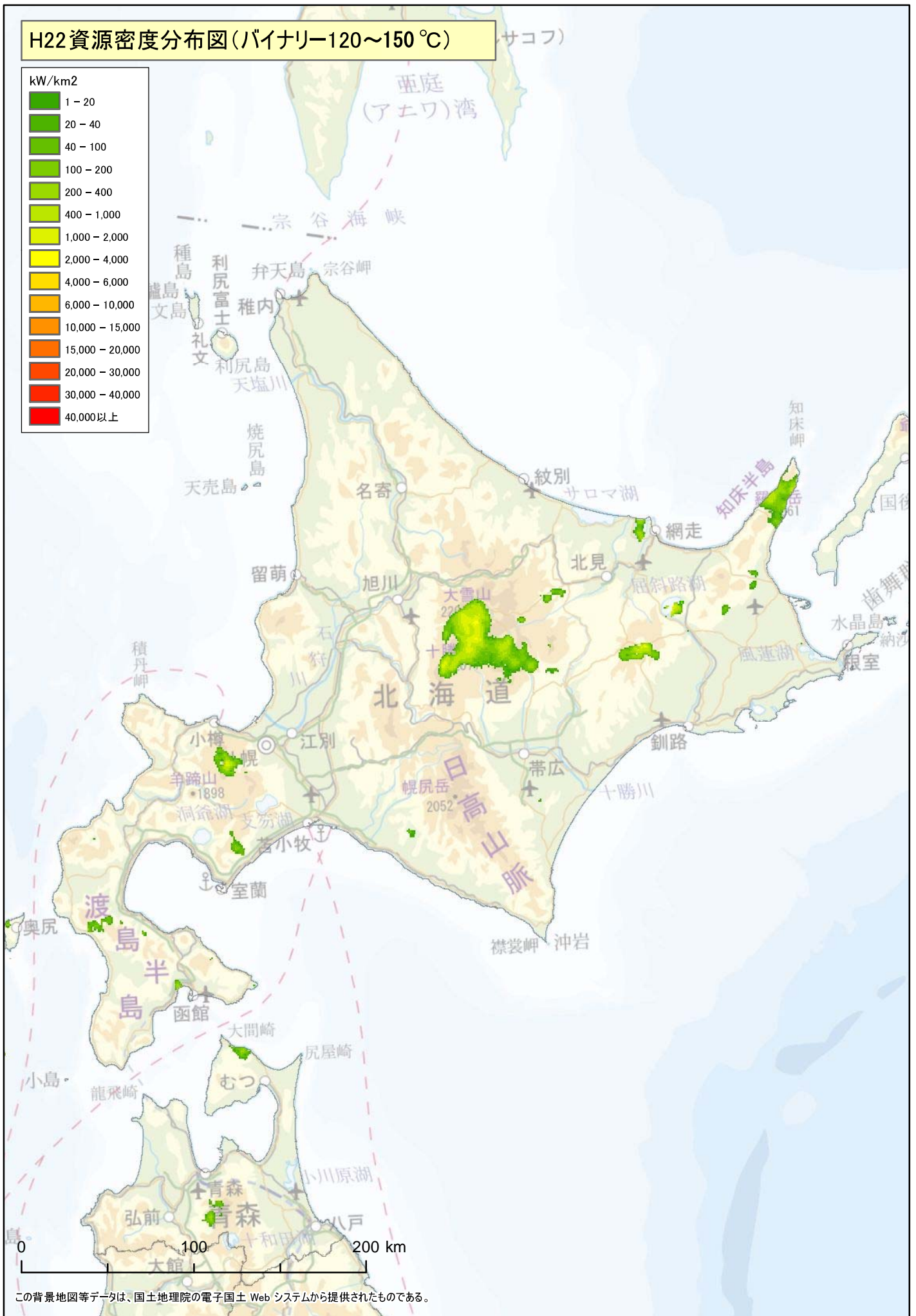
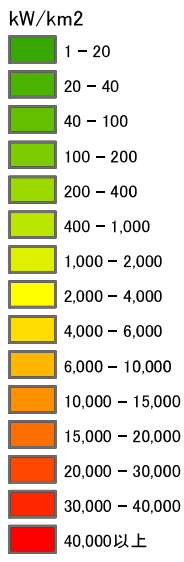


H22資源密度分布図(蒸気フラッシュ150°C以上)



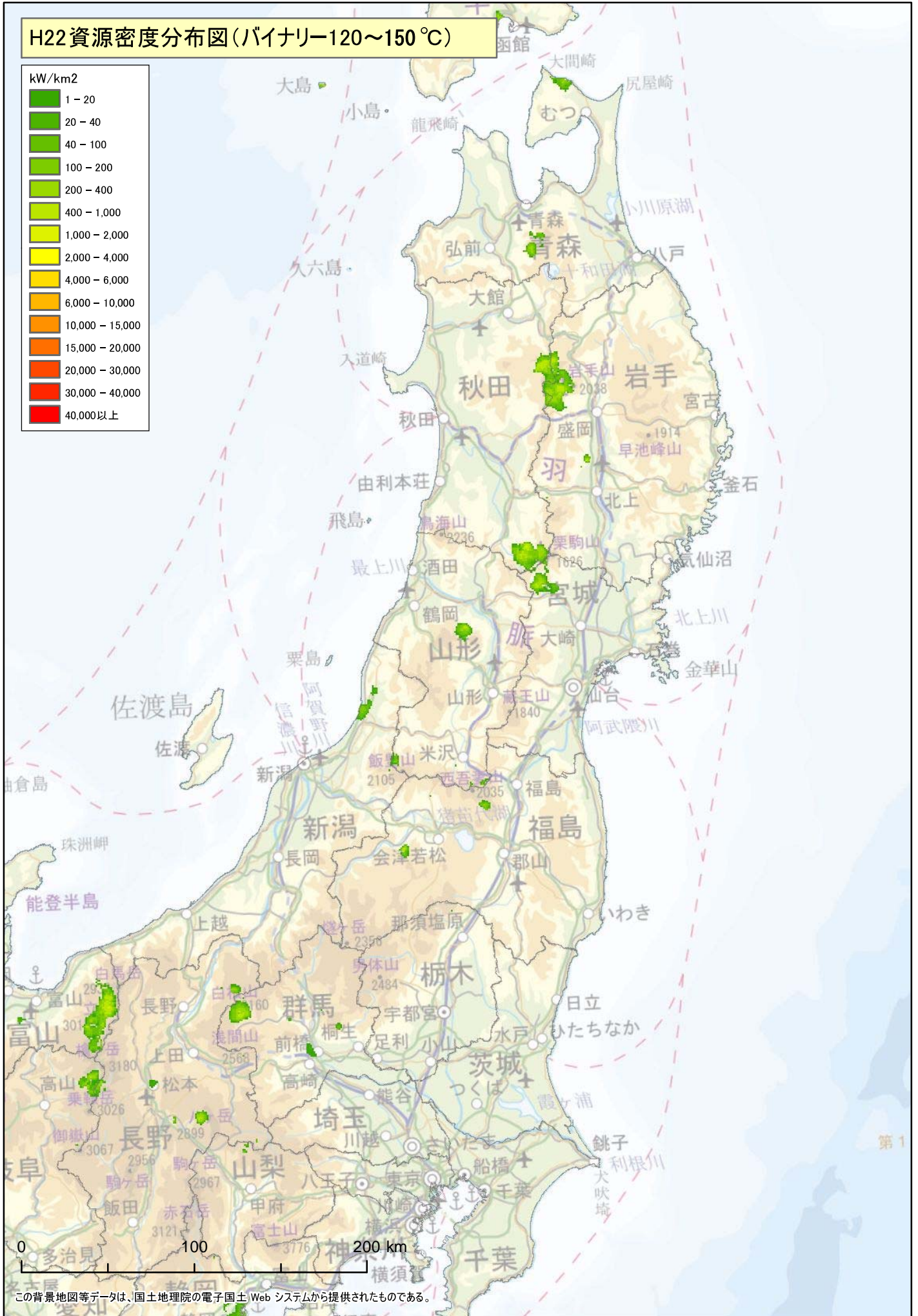
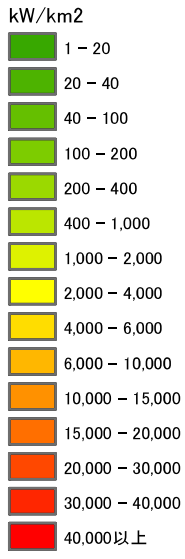
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(バイナリ120~150℃)



この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

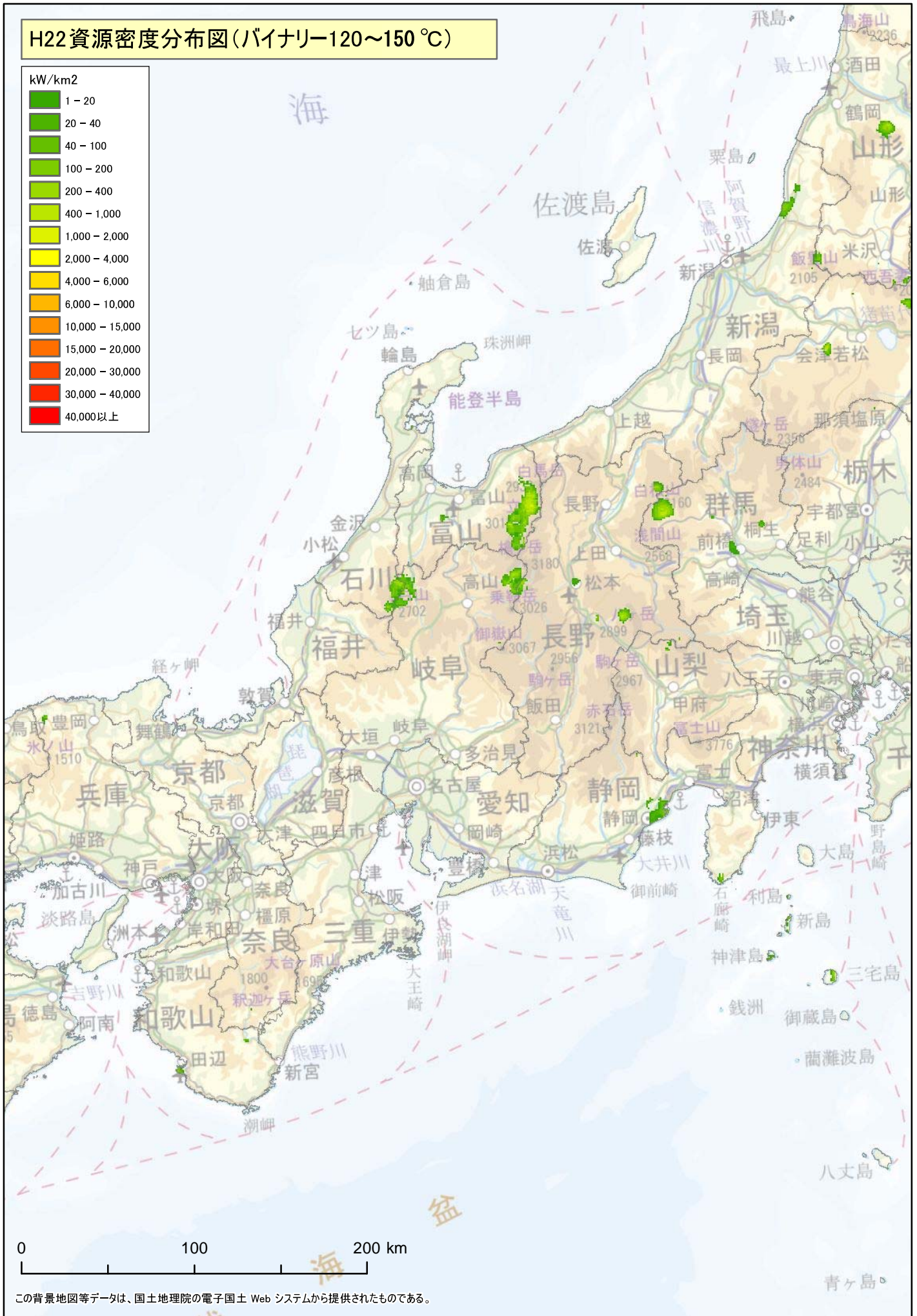
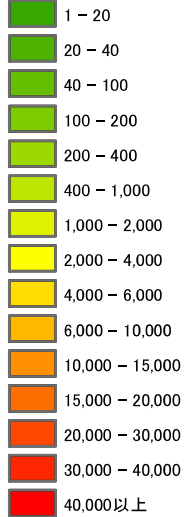
H22資源密度分布図(バイナリー120~150℃)



この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(バイナリー120~150℃)

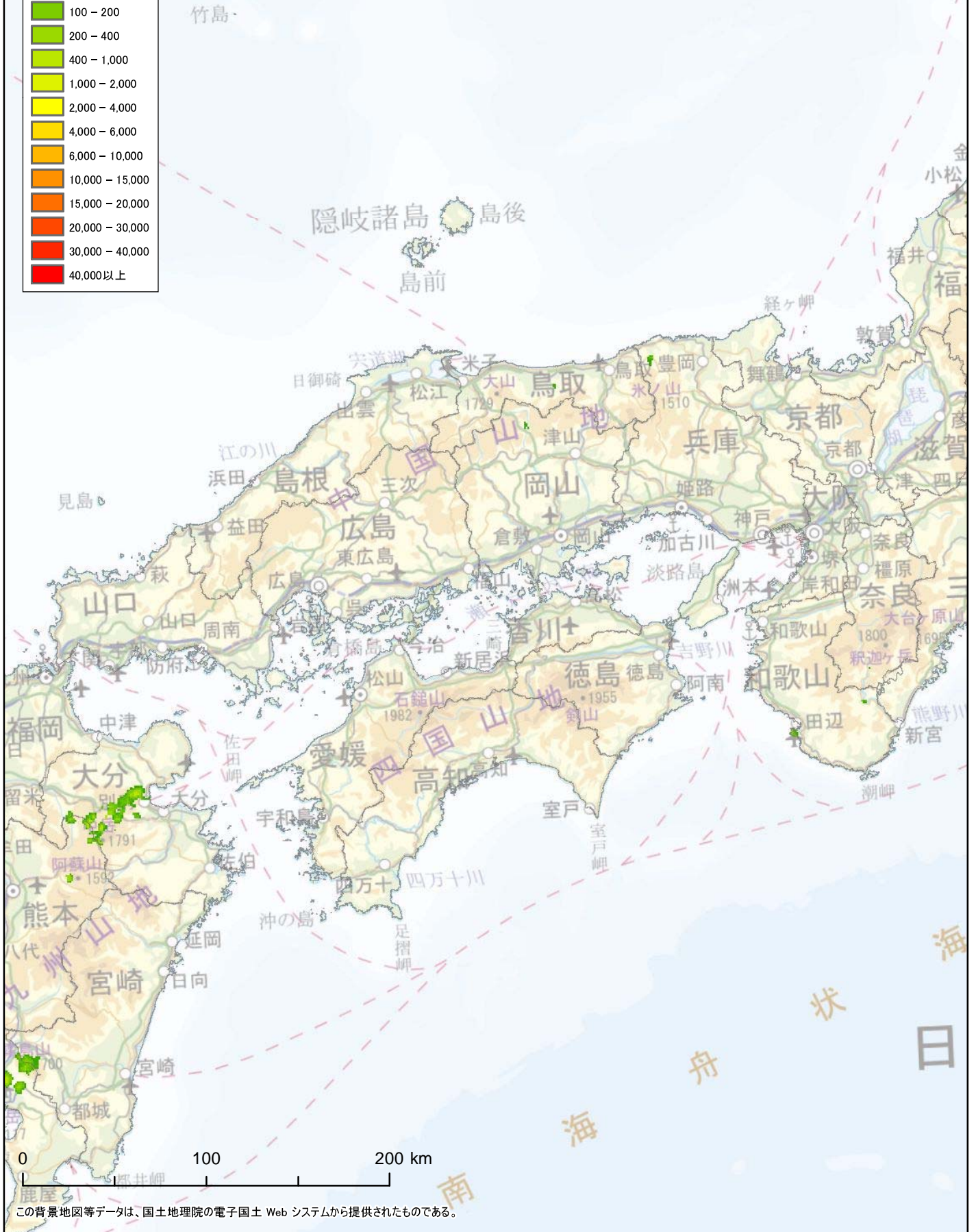
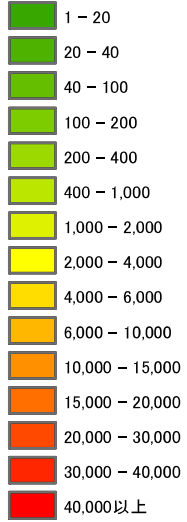
kW/km²



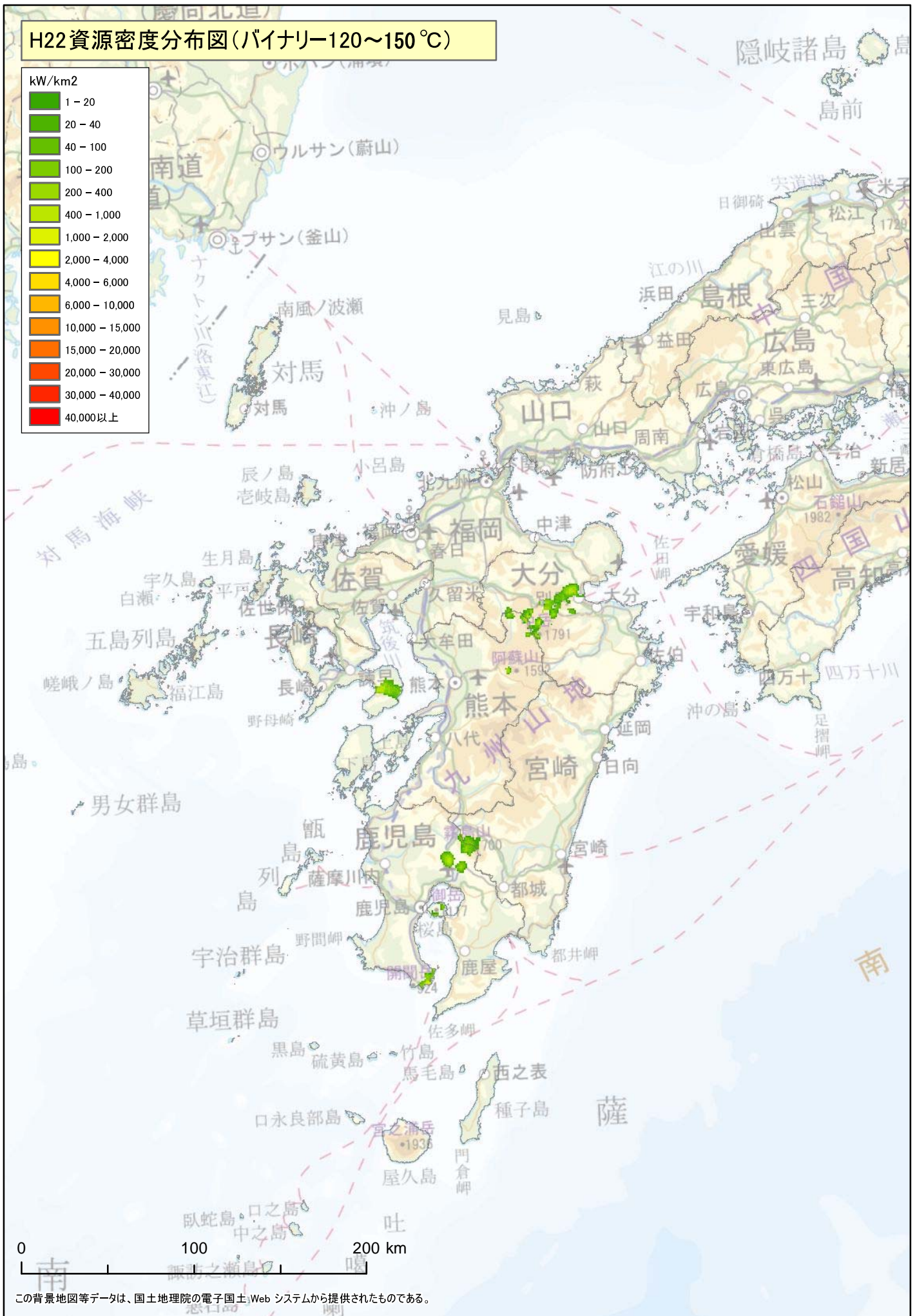
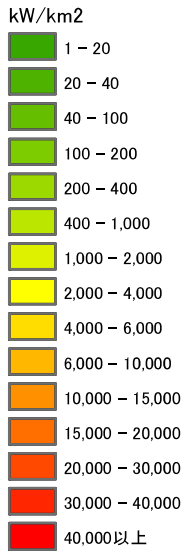
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(バイナリー120~150℃)

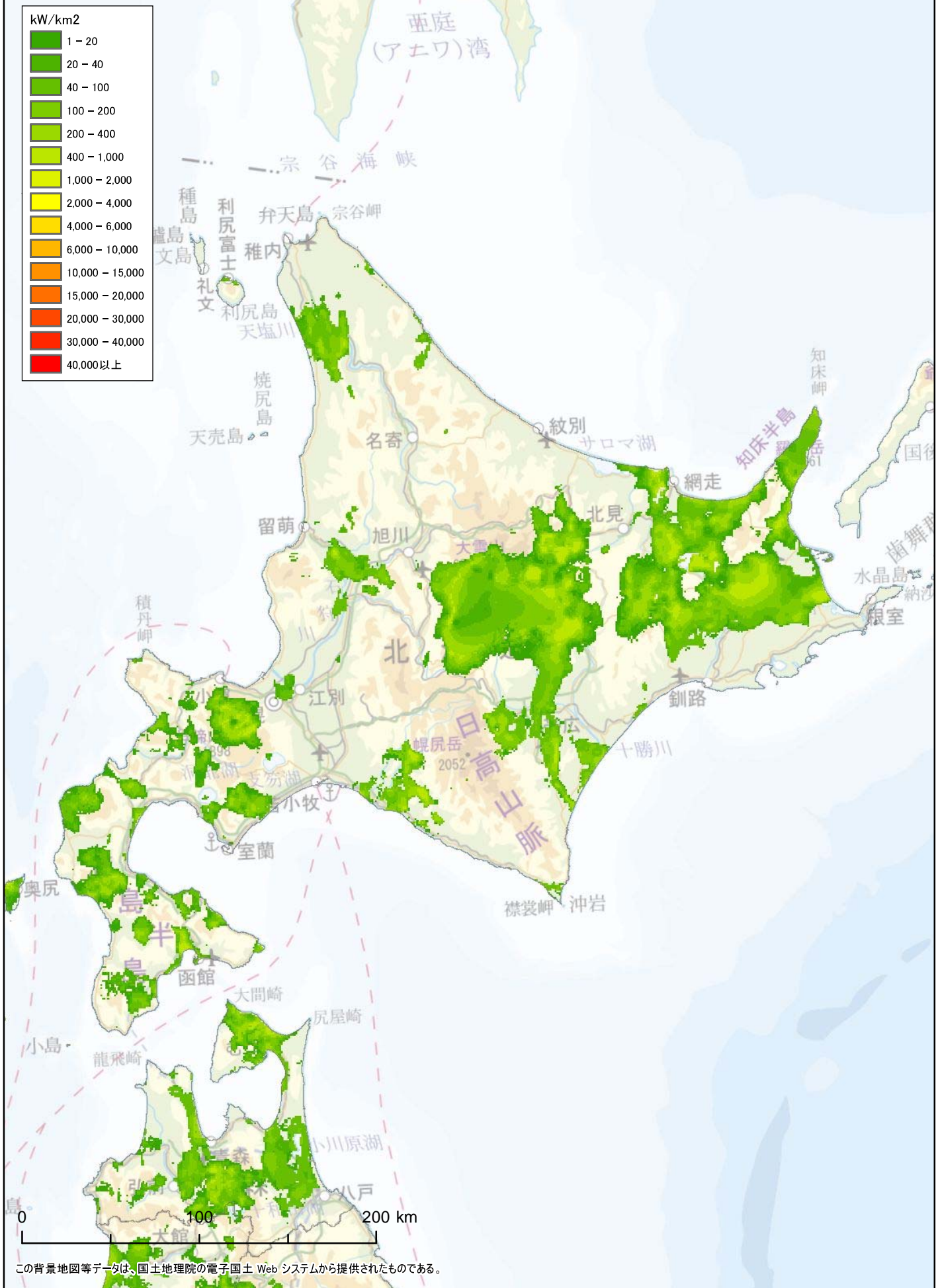
kW/km2



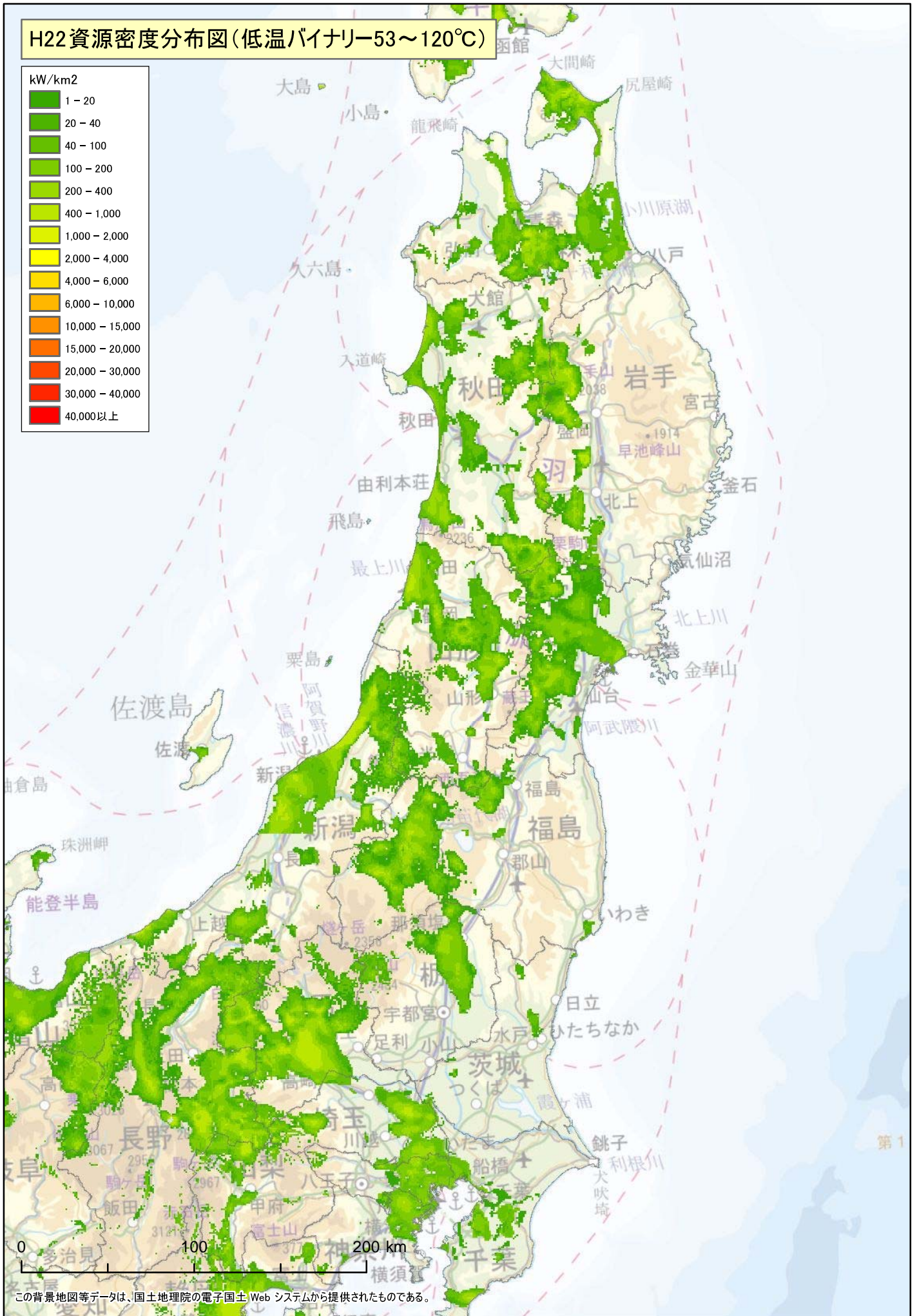
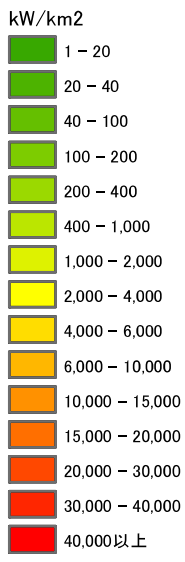
H22資源密度分布図(バイナリー120~150℃)



H22資源密度分布図(低温バイナリー-53~120℃)

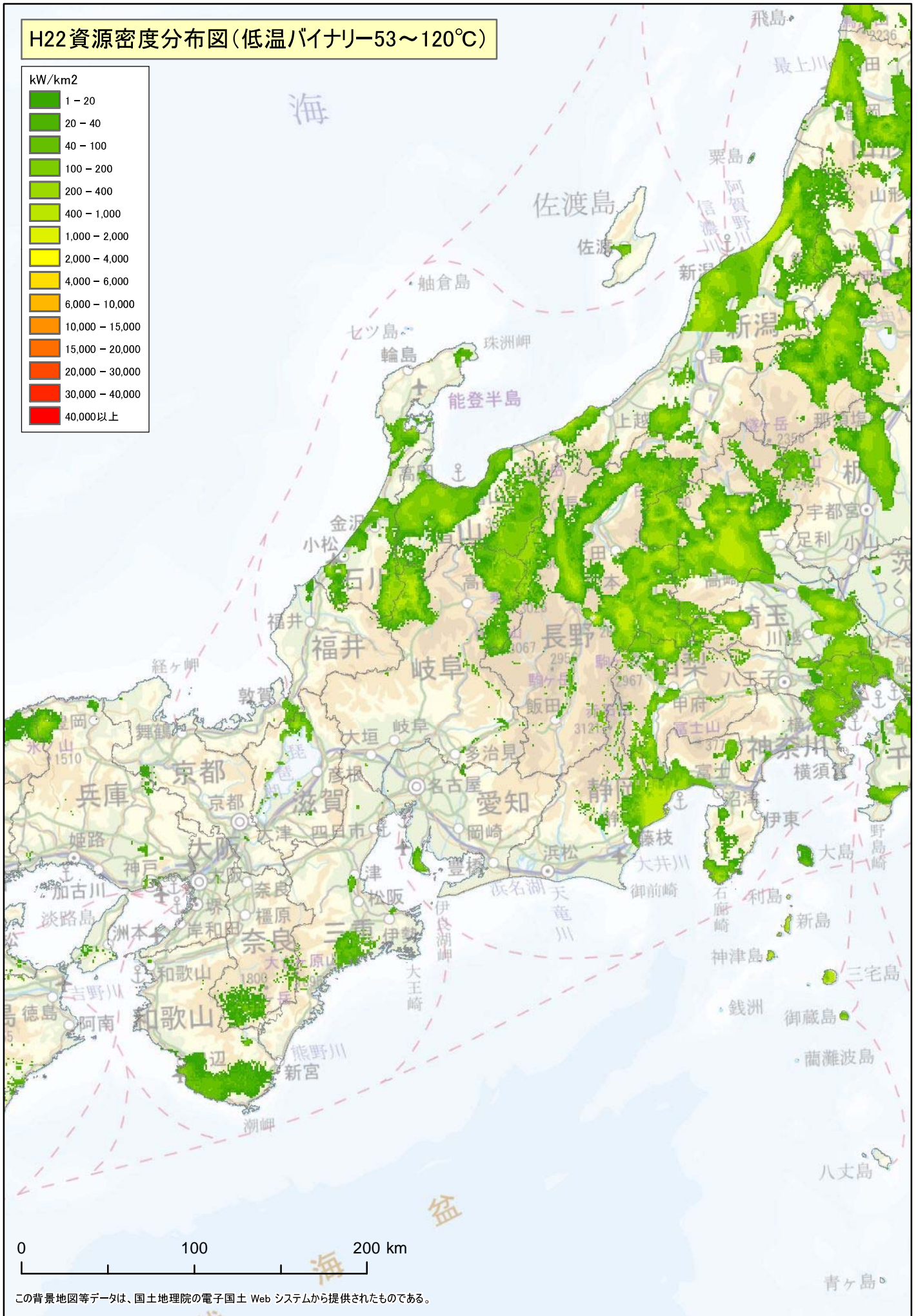
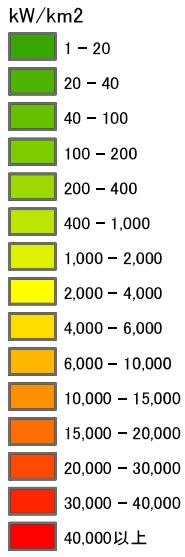


H22資源密度分布図(低温バイナリ-53~120℃)



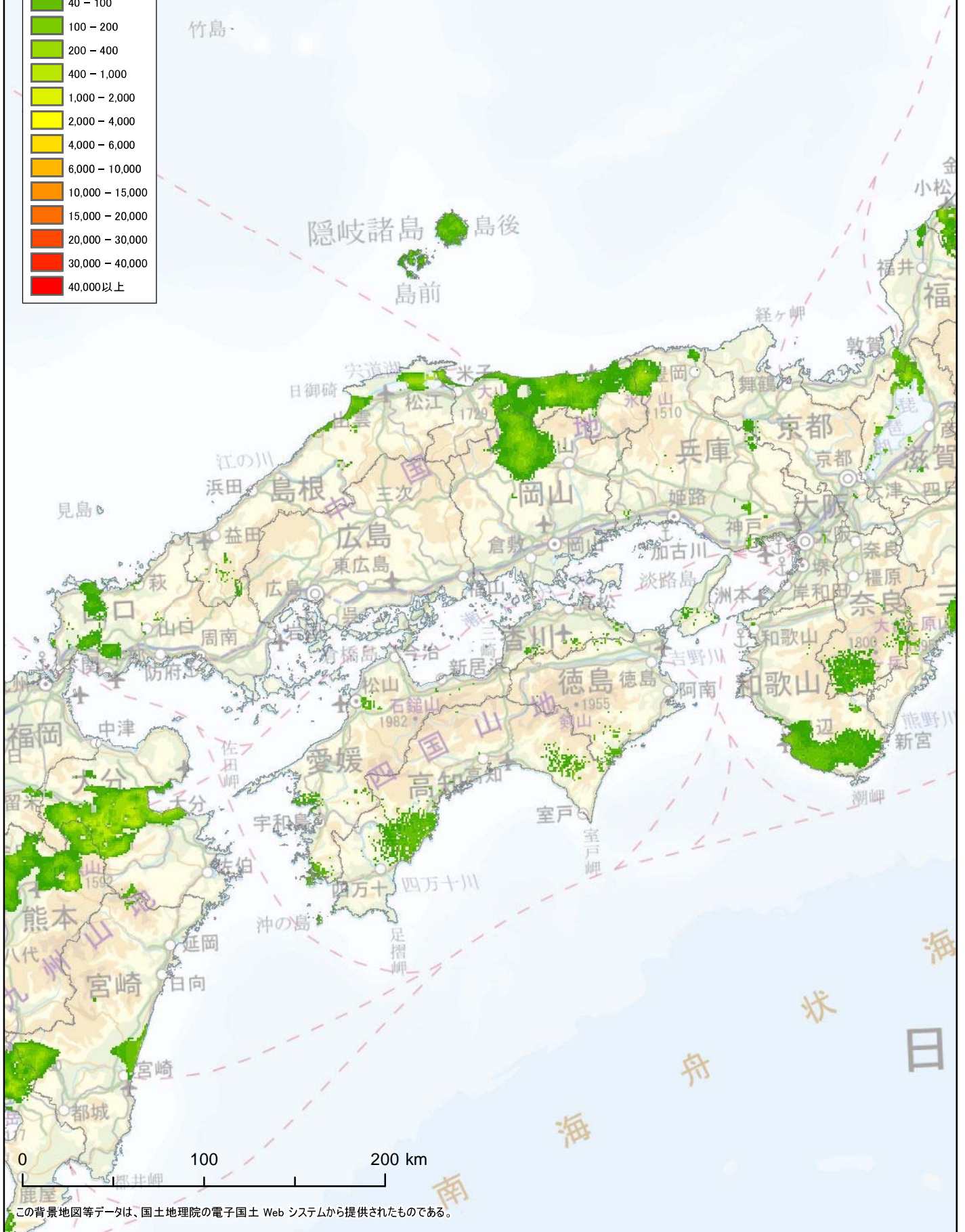
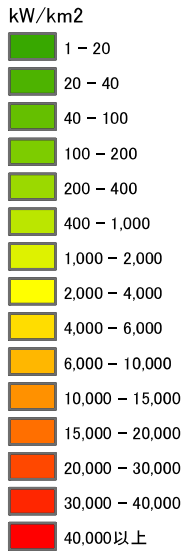
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(低温バイナリ-53~120℃)

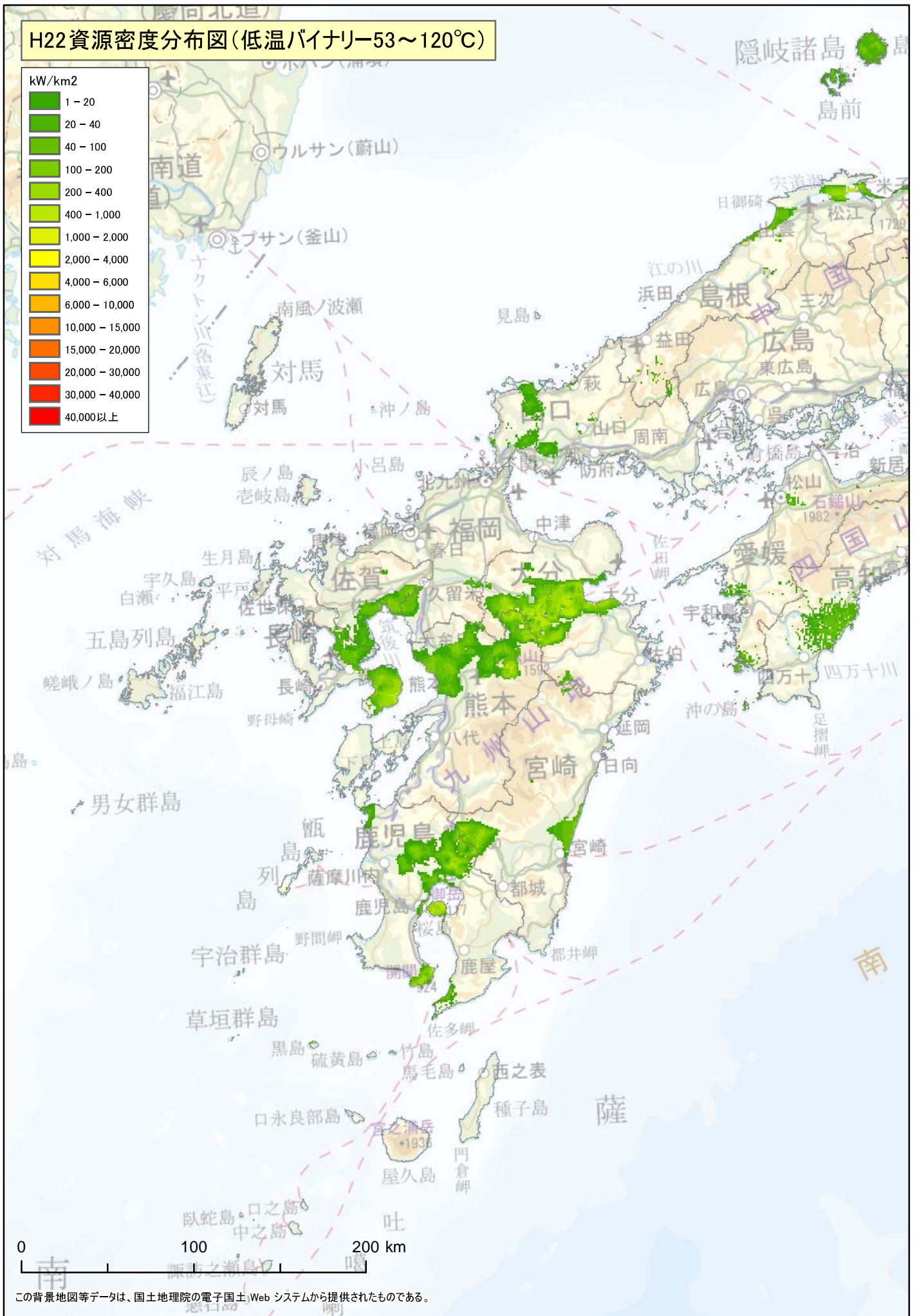
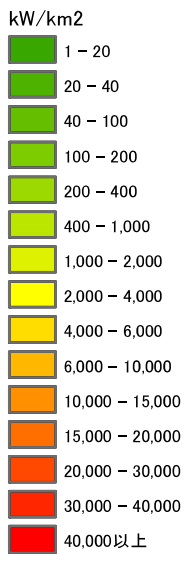


この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

H22資源密度分布図(低温バイナリ-53~120°C)



H22資源密度分布図(低温バイナリ-53~120°C)



この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Web システムから提供されたものである。