

第4章 導入ポテンシャルの精緻化に向けた手法検討

本業務では、導入ポテンシャルに関し精緻化が可能なものについては、再推計を行い、その結果は第3章に示している。しかしながら、中小水力発電と、地熱発電の一部条件については時間的制約等により、具体的な再推計作業までは行わず、成果に向けた手法検討に留めることとした。

本章では、中小水力発電と地熱に関して、過年度業務における課題を明らかにした上で、今後の精緻化に向けた検討を行った結果を記述する。

4.1 中小水力発電に関する導入ポテンシャル精緻化に向けた検討

中小水力発電の導入ポテンシャル推計に関して、過年度業務における課題を整理した上で、今後の精緻化に向けた検討を行った。なお、過年度（平成 23 年度まで）の、中小水力発電の導入ポテンシャルに関する調査経緯の整理結果を表 4-1-1 に示す。

表 4-1-1 過年度（平成 23 年度まで）の業務の経緯

年度	実施内容
平成 20 年度	・河川流量と河川の高低差から、単純に河川部の発電設備容量を計算した。
平成 21 年度	・流況及び維持流量確保を考慮した河川の利用可能水量を算定し、これと河川の高低差から、河川部における中小水力発電設備容量・導入ポテンシャルを算定した。
平成 22 年度	・農業用水路について、かんがい取水量及び水路の高低差から、農業用水路における中小水力発電設備容量及び導入ポテンシャルを算定した。 ・河川部について、出力 30,000kW 以上の既開発発電所が存在するリンクの仮想発電所を削除し、設備容量を修正した。
平成 23 年度	・河川部について、すべての既開発発電所が存在するリンクの仮想発電所を削除し、設備容量を修正した。

4.1.1 中小水力発電に関する課題整理

過年度業務における、中小水力発電の設備容量及び導入ポテンシャル算定についての課題を表 4-1-2 に示す。

ここに示した課題のうち、課題 1 及び課題 2 については、計算根拠となる基盤的データの品質に関する問題であり、今後、データの更新が望まれる。課題 3 及び課題 4 については、設備容量算定方法に係る課題である。なお、現行の計算方法では、リンク長は設備容量に直接的に関連するため、この 2 つの課題は統合して検討すべき事項である。本業務ではこの課題の解決方策の検討を行った。

表 4-1-2 過年度業務における課題

No	課題	内容
1	流量データが古い	流量データは、最新でも平成 20 年までの流量観測所の実測データを使用している。その後の気候の変化、河川改修等により、現在の流量は変動している可能性がある。
2	農業用水路ネットワークデータの欠損	農業用水路のネットワークデータ（地図データ）については、全国の用水路を網羅的に表現したものの入手が困難である。平成 22 年度作業で利用したデータは、大規模用水路のみとなっているため、農業用水路における中小水力発電設備容量の算定にあたり、すべてのかんがい取水点での取水量を反映できていない。
3	長すぎるリンク長	中小水力発電の設備容量・導入ポテンシャルの計算は、河川ネットワークデータのノード点（河川の合流点）において、その上流側のリンク（水路）を流下してきた水量で発電する「仮想発電所」（約 20 万か所）を設定して行っている。リンク延長は、5km 以上が約 5,500 リンク（全体の約 3%）、10km 以上のものが約 450 リンク（全体の約 0.3%）、さらに数は少ないが 20km を超えるものもあり、現実的ではないケースも存在すると思われる。
4	仮想発電所の設備容量が過大の可能性はある。	実際の発電事業を考慮した場合、上記リンク長の問題その他（発電機器の詳細スペック等？）の事情から、過年度までに算定した中小水力発電設備容量・導入ポテンシャルが過大に計算されている可能性がある。

(3) 課題に関する分析と考察

1) 流量データ

流量データの現状

現在の設備容量の根拠となっている流量データは、「平成 20 年度 小水力発電の資源賦存量全国調査業務」（平成 21 年 3 月）及び「平成 21 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査委託業務」（平成 22 年 3 月）において収集した、全国の 318 か所のダム及び流量観測所における実測値である。各観測所で 3 年～10 年分の流量データを収集しており、最も古いものは 1981 年、最も新しいものは 2008 年で、観測所数の分布は表 4-1-3 のとおりである。

表 4-1-3 流量データ収集年別の観測所数

最も古いデータ		最も新しいデータ	
年	観測所数	年	観測所数
1981	1	2000	12
1987	1	2001	20
1989	1	2002	7
1990	2	2003	6
1991	4	2004	4
1992	7	2005	2
1993	42		
1994	73		
1995	33		
1996	26		
1997	33		
1998	26		
1999	18		
計		318	
			計 318

上記の表 4-1-3 によれば、古いものは 1993 年～1994 年、新しいものでは 2003 年前後のデータが多くなっていることがわかる。一般に水力発電所の計画を行う場合、至近 10 年分の流量資料を収集することが必要とされており、流量データについては、現行モデルで利用しているデータのうち、2001 年より以前のものについて更新を行うことが望ましい。ただし、至近 10 年分のデータ収集を求めるのは、「豊水年」、「平水年」、「渇水年」の流量（流況）を取得するためであることから、ダム及び観測所毎に、至近 10 年分のデータで上記を満足することを調査し、難しい場合は古いデータを継続利用することも検討する必要がある。

追加収集方法

国土交通省が設置している流量観測所の実測データは、「水文水質データベース」（<http://www1.river.go.jp/>）に公開されている。このサイトでは、「日流量年表」を公開しており、個々の観測所の日流量データを取得することができる（図 4-1-1）。また、ダムの流入量については、「ダム諸量データベース」（<http://www2.river.go.jp/dam/>）に公開されており、ここからは「貯水位、流入量及び放流量に関する年表」がダウンロードでき、各ダムの日流入量データを取得できる（図 4-1-2）。

観測所記号	観測所名	水系名	河川名
305051285516010	伊那富(いなとみ)	天竜川	天竜川

2011年 日流量年表  

単位:m ³ /s																																
1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日		
11.08	9.90	8.81	8.83	9.16	10.08	10.18	9.81	9.43	8.46	8.98	8.96	8.96	7.56	7.08	7.25	7.25	7.16	6.95	7.39	6.99	6.85	6.72	6.81	6.79	6.72	6.72	6.70	6.55	6.49			
6.32	6.44	6.15	6.28	6.23	6.30	6.42	5.97	6.15	6.28	6.64	6.72	6.99	6.51	6.96	6.30	6.41	8.71	11.21	10.00	9.72	7.71	7.55	7.79	8.52	8.95	8.95	29.13					
83.36	19.13	16.42	12.03	11.49	11.81	14.69	14.59	10.93	9.50	9.03	8.61	8.43	9.15	9.60	12.99	11.06	8.96	8.78	8.78	20.61	33.52	20.79	17.02	15.55	13.23	12.07	11.49	11.49	11.02	10.13		
9.61	9.10	9.55	8.74	7.94	7.79	7.79	7.93	15.42	14.92	11.28	9.33	8.95	8.56	8.81	8.98	8.83	8.57	19.90	17.69	14.95	11.16	26.04	46.80	27.41	19.66	53.29	26.65	21.50				
22.73	19.28	16.15	13.57	12.41	12.12	11.38	10.88	10.79	24.89	131.52	142.50	82.85	25.75	26.73	20.04	19.57	19.14	16.93	14.61	13.49	18.62	25.02	26.57	79.84	39.25	74.96	43.31	29.69	25.82	24.87	6.65	
62.11	58.94	51.14	59.79	84.12	24.95	26.08	23.94	21.60	20.49	52.59	26.03	32.15	24.99	22.33	20.53	22.40	20.78	18.83	17.49	19.84	17.24	18.98	14.84	17.10	19.94	14.96	16.58	14.70	14.54			
7月	19.12	26.82	22.47	19.41	40.99	20.09	25.20	23.05	15.78	16.30	15.66	19.08	23.73	14.49	12.44	11.25	11.52	11.52	16.74	36.10	15.79	11.78	9.82	9.39	9.65	10.79	9.60	24.28	13.50	12.77	27.97	
8月	15.43	14.34	16.74	12.18	9.90	9.90	14.34	23.97	20.07	14.26	10.91	9.39	12.73	28.00	11.77	10.63	8.86	8.59	23.11	27.18	69.20	48.05	58.33	24.30	52.42	24.11	11.29	47.46	32.67	25.21	23.01	
9月	24.44	29.76	108.51	94.28	53.28	41.12	32.82	14.28	97.26	51.26	25.45	26.46	24.20	21.28	20.71	19.99	20.21	20.87	19.80	102.26	180.60	120.23	63.86	47.37	39.74	36.95	31.19	29.45	29.03	27.01		
10月	25.17	24.10	23.44	21.70	26.91	33.02	23.13	20.43	19.18	18.45	18.03	17.65	17.65	17.65	28.64	37.31	22.70	21.42	18.80	17.65	17.65	20.63	20.47	19.70	17.07	14.65	14.24	14.71	14.78	15.27	20.05	
11月	14.55	13.71	13.71	13.71	14.53	20.04	20.18	16.29	14.87	14.24	17.37	20.44	15.93	15.39	14.92	13.96	13.71	13.71	38.18	34.39	23.36	19.97	19.23	15.91	13.20	11.68	11.59	10.85	10.73	10.73		
12月	10.73	12.19	13.56	13.14	10.93	10.08	9.96	9.81	10.09	10.26	9.85	9.68	9.16	8.50	7.97	8.11	7.99	7.71	7.71	7.71	7.71	7.71	7.71	7.71	7.71	7.65	7.32	7.32	7.32	7.32	7.32	7.07

図 4-1-1 水文水質データベースにおける流量検索結果

貯水位、流入量及び放流量に関する年表			月次グラフの表示		年間一括グラフの表示		
河川コード	ダムコード	ダム名	集水面積				
9855051192012	10502356300000	新豊根ダム	136.3km ²				
1月							
貯水位	流入量	放流量	貯水位	流入量	放流量	貯水位	
m	m ³ /s	m ³ /s	m	m ³ /s	m ³ /s	m	
1 459.86	2.72	0.00	458.58	0.81	1.34	467.55	
2 461.66	2.64	0.00	459.56	0.74	10.73	467.03	
3 462.95	2.93	0.00	458.98	1.82	22.30	466.00	
4 464.06	2.43	0.62	458.73	2.10	0.00	464.84	
5 463.40	1.91	32.24	459.24	1.70	0.00	464.24	
6 462.11	3.09	17.85	459.71	1.81	0.00	464.94	
7 461.17	2.75	11.41	461.62	0.94	0.47	463.97	
8 460.63	2.19	4.04	461.90	1.94	4.53	462.30	
9 460.62	2.56	0.00	461.53	2.41	10.22	462.71	
10 460.68	2.21	6.75	461.79	1.82	0.00	462.58	
11 459.46	2.31	40.62	460.57	3.14	46.53	461.90	
12 459.93	2.03	4.18	458.92	2.16	0.00	457.25	
13 459.30	2.69	38.44	459.84	1.88	0.00	464.69	
14 457.55	2.31	0.00	460.36	2.39	34.77	471.38	
15 457.91	2.38	24.80	459.83	1.58	9.26	472.02	
16 459.16	2.21	3.91	459.72	2.14	4.44	472.21	
17 460.43	1.53	83.55	459.87	2.24	12.96	472.30	
18 457.06	2.15	10.88	461.67	26.01	0.00	471.50	
19 457.60	1.92	1.74	463.21	7.94	0.00	469.49	
20 458.87	2.31	37.50	463.71	5.30	0.00	469.07	
21 457.59	2.18	0.00	465.83	4.34	0.00	469.14	
22 458.08	2.11	0.00	465.82	3.44	13.55	469.74	
23 458.71	2.20	0.00	465.73	3.48	0.00	470.52	
24 460.25	1.33	30.58	465.77	3.90	7.23	470.02	
25 459.40	2.14	27.14	465.78	4.61	0.00	470.10	
26 458.40	2.01	36.20	466.34	4.23	0.00	470.16	
27 457.68	1.06	54.71	466.66	3.77	0.00	470.45	
28 456.79	2.32	0.00	467.76	33.80	36.56	471.49	
29 457.07	0.00	0.00				470.91	
30 458.26	0.89	0.00				470.50	
31 458.40	-0.73	66.73				470.68	
平均	459.52	2.03	17.22	462.11	4.73	7.67	467.80
							5.39
							17.76
							468.71
							8.05
							11.43
							464.84
							15.02
							17.96
							463.72
							15.30
							29.28

図 4-1-2 ダム諸量データベースにおけるダム流入量検索結果

国土交通省の流量観測所以外の情報源に基づく流量データについては、提供主体と公開状況を確認し、公開していない場合は、提供主体に対し新データの提供依頼を行う。新データの入手が困難な場合は、別の提供主体の有無を調査し、それも難しい場合は近隣の国土交通省の流量観測所のデータを流用する。

2) 農業用水路ネットワークデータ

平成 22 年度の調査で利用した農業用水路のネットワークデータは、「平成 7 年 基幹水利施設整備状況調査」(農林水産省農村振興局)に基づく用排水路の地図データを参考に作成したものである。比較的規模の大きい用水路に限定されているため、別途収集した取水点(頭首工等)データとの接続すべき水路がすべて記載されていないという問題がある。

この解決のためには、水路への接続ができない取水点毎に、周辺の詳細地図を収集し、用水路データを新規作成することが必要となる。また、関係する土地改良区等に対して、用水路台帳に類する資料提供を依頼することも考えられる。

さらに、日本水土図鑑 GIS の整備主体である農林水産省農村振興局、及び財団法人日本水土総合研究所に対し、最新のデータ提供依頼を行うことも必要である。

3) リンク長と仮想発電所の設備容量

表 4-1-2 に列記した課題のうち、「長すぎるリンク長」及び「仮想発電所の設備容量が過大の可能性」については、設備容量算定方法の問題として、分析と考察を行う。

検討概要

仮想発電所の設備容量が過大ではないか、との指摘の根拠は、過年度までの導入ポテンシャルの試算結果において、数千 kW の設備容量を持つ仮想発電所がいくつか見られ、そのような規模の発電所の開発は現実的ではないのではないか、ということが指摘されたためである。

本業務では、現実の発電出力と、過年度までの計算で得られた設備容量との違いがどの程度あるのかを調査する。具体的には、既開発発電所の最大出力・常時出力(kW)(社)電力土木技術協会の「水力発電所データベース」に記載されている数値)と、仮想発電所の設備容量(kW、平成 21 年度算定の数値)との比較を試みる。

なお比較は河川単位で行う。正確には発電所単位で比較すべきであるが、既開発発電所の位置特定(座標を取得すること)が困難であるため、当該河川に存在する既開発発電所の最大出力(kW)の合計値と、当該河川に設定された仮想発電所の設備容量(kW)の合計値とを比較する。

比較結果

「既開発発電所の最大出力 / 仮想発電所の設備容量」を算定した結果、大きくばらついた結果が得られた。レンジ別の河川数は表 4-1-4 の通りで、平均値は 476.22 である。

ここで、発電形式・発電方式による乖離を排除するため、既開発発電所の発電形式が「水路式」、発電方式を「流込み式」であるものに限る。結果は表 4-1-5 及び図 4-1-3 のとおりで、平均値は、58.5 となる。

設備容量が過大であるとの指摘から、既開発発電所の最大出力に比べて、平成 21 年度

業務で算定した仮想発電所の設備容量が非常に大きくなっている上位 10 河川を抽出すると、表 4-1-6 のとおりである。

表 4-1-4 既開発発電所の最大出力 / 仮想発電所の設備容量の値の分布

既開発発電所の最大出力 / 仮想発電所の設備容量	河川数
0.1 未満	11
0.1 以上 1 未満	95
1 以上 10 未満	342
10 以上 50 未満	218
50 以上 100 未満	52
100 以上 500 未満	72
500 以上 1,000 未満	13
1,000 以上	27
計	830

表 4-1-5 既開発発電所の最大出力 / 仮想発電所の設備容量の値の分布

(既開発発電所の発電形式・方式を水路式・流れ込み式に限定)

既開発発電所の最大出力 / 仮想発電所の設備容量	河川数
0.1 未満	7
0.1 以上 1 未満	102
1 以上 10 未満	290
10 以上 50 未満	116
50 以上 100 未満	21
100 以上 500 未満	20
500 以上 1,000 未満	3
1,000 以上	3
計	562

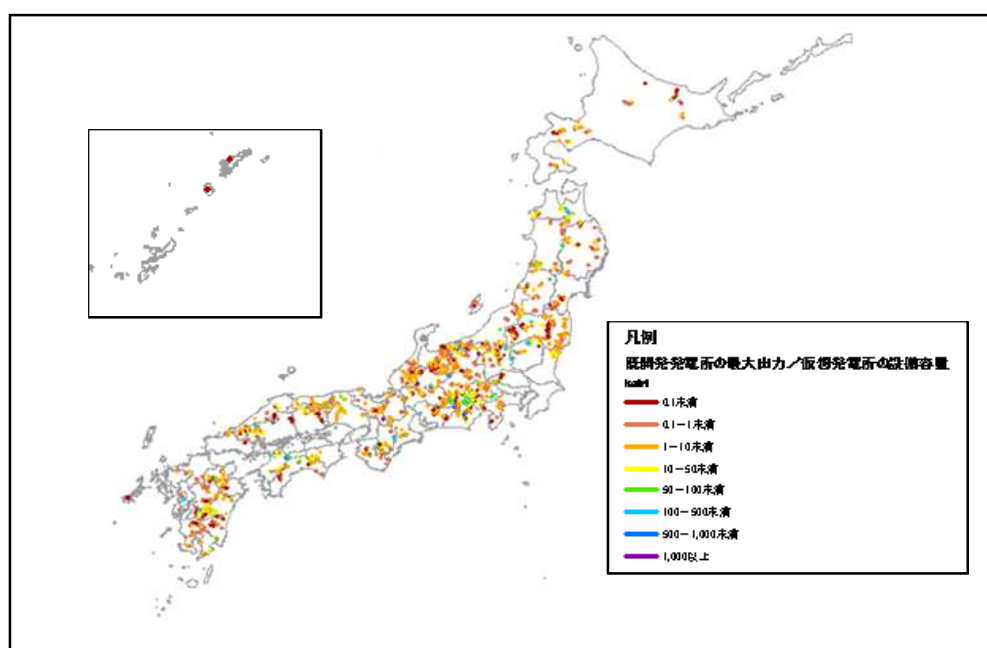


図 4-1-3 既開発発電所の最大出力 / 仮想発電所の設備容量の値の分布
(既開発発電所の発電形式・方式を水路式・流れ込み式に限定)

表 4-1-6 最大出力に対し、設備容量が大きくなる河川

河川名	既開発電所の最大出力 の合計 (kW)	仮想発電所の設備容量 の合計 (kW)	÷
新保川	216.00	7,460.99	0.029
安比川	300.00	5,911.24	0.051
成羽川	1,875.00	30,585.03	0.061
郡界川	130.00	1,459.37	0.089
吉田川	1,400.00	13,820.16	0.101
山田川	1,360.00	11,850.69	0.115
愛知川	11,520.00	94,842.56	0.121
布野川	440.00	3,546.62	0.124
八幡川	200.00	1,594.46	0.125
猫沢川	400.00	3,160.65	0.127

仮想発電所の設備容量に関する考察

上記のような乖離が発生する要因としては、設備容量算定の根拠の一つであるリンク長に対して、実際の発電所の取水点・放水点が近接しており、距離が短かったことが考えられる。

上記の表 4-1-6 に列記した河川について、具体的な位置を確認してみると、図 4-1-4 に示す通りとなっており、比較的長いリンクが抽出されていることがわかる。

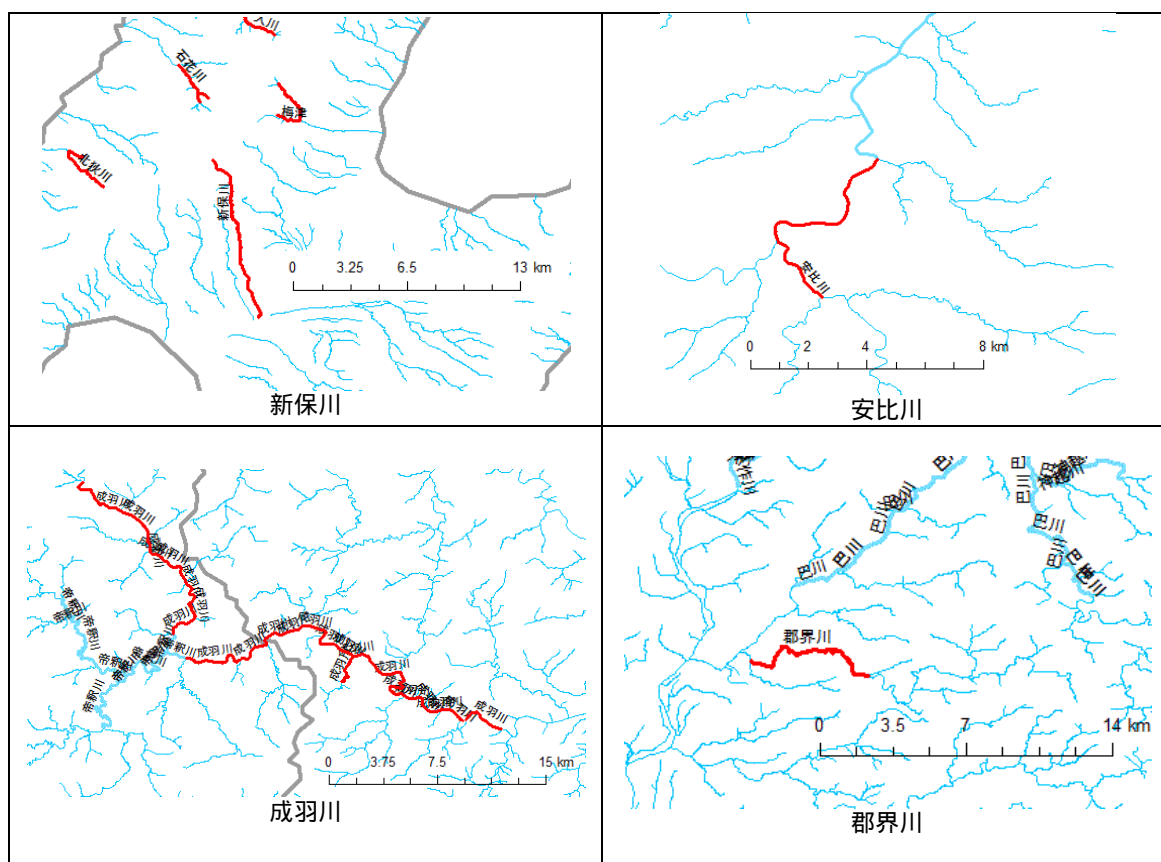


図 4-1-4 最大出力に対して設備容量が大きくなる河川の位置 (1)

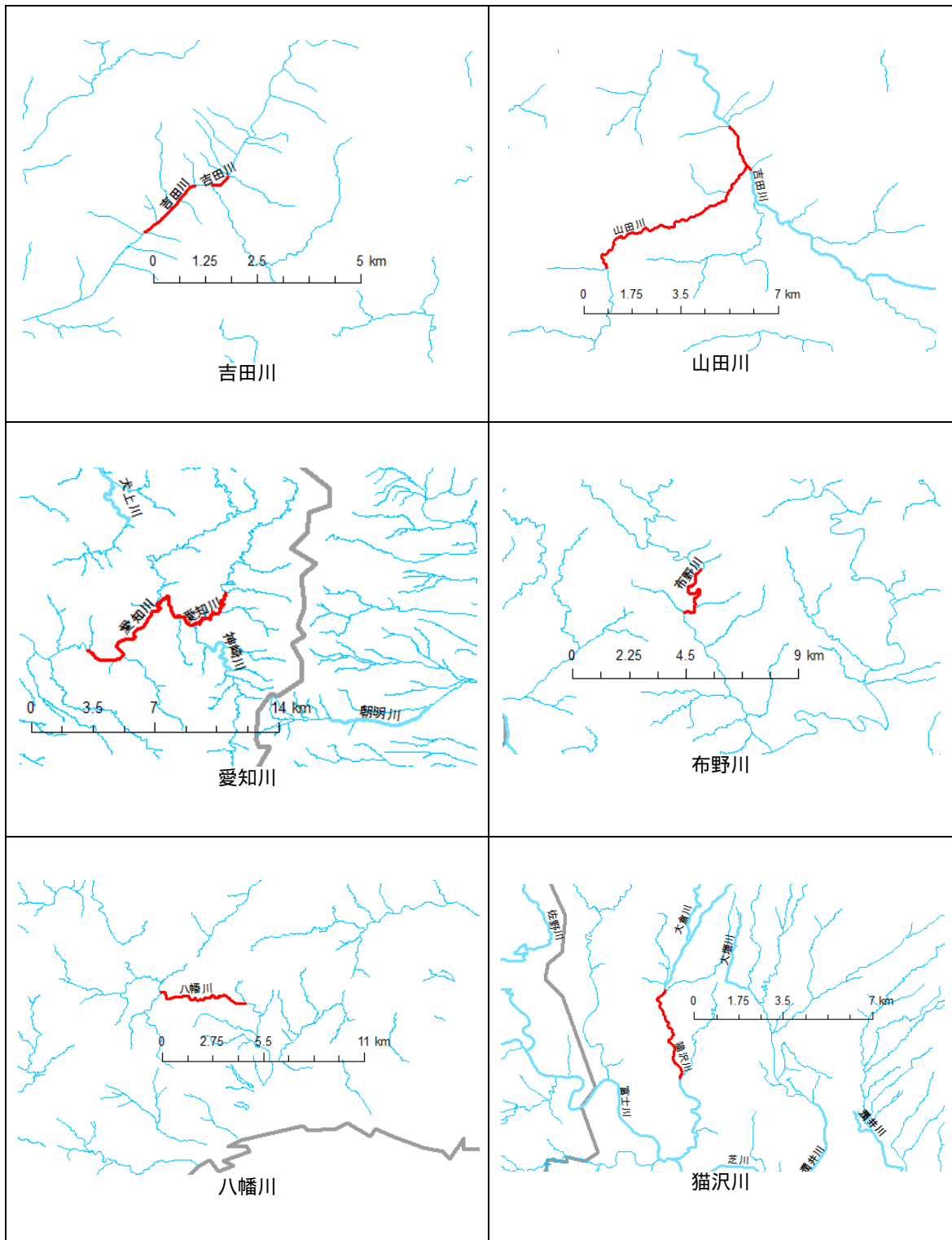


図 4-1-4 最大出力に対して設備容量が大きくなる河川の位置 (2)

また、各河川における既開発発電所の取水位最大値・放水位最小値から得られる高低差と、設備容量算定において用いた高低差、及び当該河川内のリンク長の平均値を整理すると、表 4-1-7 のとおりである。

上表から、統計的な手法で既開発発電所の出力と仮想発電所の設備容量とを比較することは難しいことがわかる。正確な比較のためには、同一水系・同一リンクで取水・放水をしている発電所を、地域的な偏りのないように抽出し、取水点、放水点の位置を把握した上で、最大出力と減水区間の設備容量を比較することが必要と考える。

仮想発電所が長いリンクで設定されていても、実際の発電所の開発は小区間に区切って行われると考えられ、設備容量が小さくコスト的には割高になり、導入ポテンシャルは下がることになる。

表 4-1-7 既開発発電所と仮想発電所の高低差の違い及びリンク長の平均値

河川名	取水位最大 (m)	放水位最小 (m)	既開発発電所の高低差 (m)	仮想発電所の高低差 (m)	÷	リンク長の平均 (m)
新保川	234.56	174.56	60	423	0.142	5,171.0
安比川	111.32	97.66	13.66	40	0.342	3,725.1
成羽川	333.55	320.54	13.01	534	0.024	1,844.0
郡界川	169.84	112.88	56.96	149	0.382	6,979.8
吉田川	279.4	263.05	16.35	63	0.260	648.0
山田川	479.09	419.48	59.61	310	0.192	2,138.0
愛知川	391.46	285.79	105.67	217	0.487	1,544.1
布野川	292	261.11	30.89	68	0.454	1,502.2
八幡川	159.13	118.52	40.61	153	0.265	4,965.3
猫沢川	266.65	230.57	36.08	80	0.451	4,023.9

4.1.2 中小水力発電に関する今後の精緻化に向けた手法検討

前項までの検討を踏まえ、今後の中小水力発電導入ポテンシャルの精緻化に向けて、以下に示す検討が必要と考えられる。

(1) 過年度までの算定値の検証(補正係数の算定)

同一水系、同一リンクで取水・放水をしている発電所について、取水点、放水点の正確な位置を GIS 上にプロットする。これに基づいて、減水区間の落差による設備容量を算定し、この値と当該発電所の最大出力の比較を行い、過大評価されている仮想発電所の設備容量の補正係数を算出する。

(2) 地域に小水力開発の可能性を説明するための検討

長いリンク内での分割開発を考慮した推計

1,500kW 前後の設備容量が見込める仮想発電所が全国で 3,000 箇所程度ある(図 4-1-5)。この規模の仮想発電所の場合、実際にはリンク内の複数個所で発電所が開発されることが多いと思われる。この場合、取水点と放水点の位置によっては、図 4-1-6 のケース 1 のようになり、確保できる落差(正確には有効落差)が小さくなるため、使用可能水量が同じであっても、複数個所の設備容量を合計がリンク全区間での設備容量を上回らなくなる可能性がある。分割開発した場合の設備容量が分割しない場合よりも大きくなるのは、図 4-1-6 のケース 2 のような場合であるが、長いリンクでこのような分割開発が行われることは考えにくい。したがって、設備容量の総和は 1,500kW に満たない可能性が高いと言える。この点を反映したポテンシャルの推計方法を検討する。

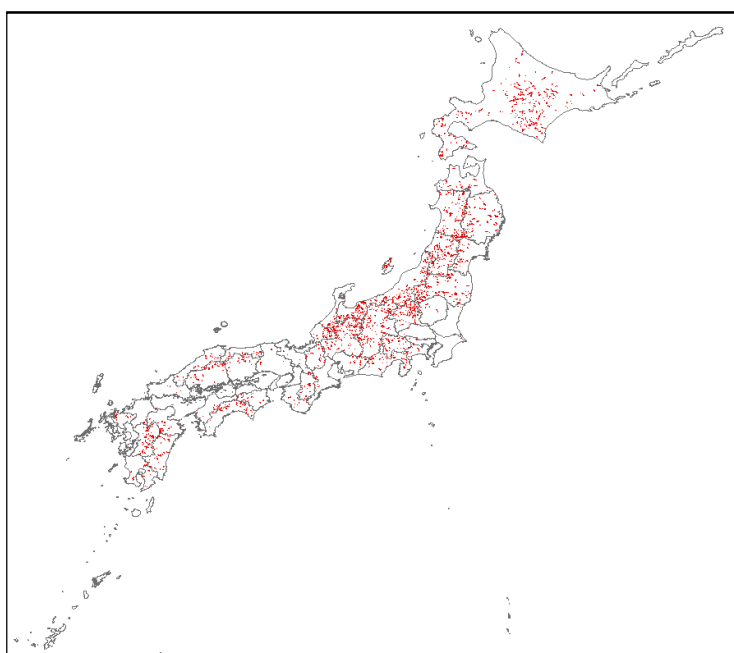


図 4-1-5 設備容量が 1,000kW 以上 2,000kW 未満となる仮想発電所

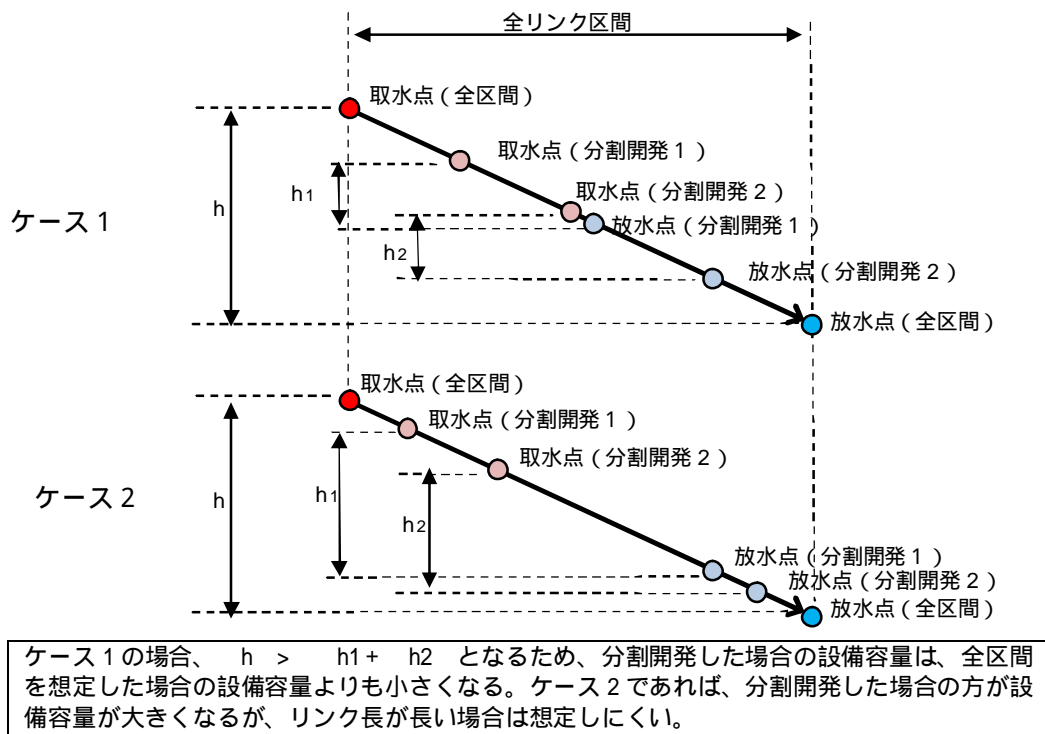


図 4-1-6 分割開発した場合としない場合とでの設備容量の比較

リンクが短くポテンシャルが評価されない仮想発電所の統合による推計

上記とは逆に、リンク長が短く、ポテンシャルが小さくなってしまい、ポテンシャルの算定対象から除外されている仮想発電所でも、複数リンクを組み合わせることで、十分なポテンシャルが期待できる場合もある。このような仮想発電所を設定する方法を検討する。たとえば、合流点で、合流する 2 河川の流量の差が大きい場合 (8:2 以上など) は、合流とみなさず、リンクをそこで分割しないような設定をすることなどが考えられる。

中小水力発電の開発は、再生可能エネルギーの開発だけでなく、地域の主体が開発に参画することにより、これまで見過ごされてきた地域のポテンシャルを見つけ出す (あるもの探しをする) ことにつながる。上記の検討は、個々の地域が開発を実践するという視点を、導入ポテンシャル推計に組み込もうとするものであり、中小水力発電の定着に向けて重要な取組であると考えられる。

(3) 「有望地点」を洗い出す検討

地域における小水力発電の開発推進のため、各地点の河川流量に関する情報を詳細に提供することを試みる。

本検討における設備容量の算定は、水路落差と流量をパラメータとしている。実際の発電所開発では、落差は取水口の標高と放水口（発電機）の標高の差であるから、河川の形状・勾配から落差が確保できる箇所（区間）を選定し、さらに周囲の規制状況等との組合せにより開発可能箇所を絞りこむことになる。一方で流量は、その場で流量計を設置して計測しなければ得られないが、流況を考慮するために、近傍の流量観測所の流量資料（原則的に至近10か年）を参照する必要がある。

上記作業は、流量資料の収集に多くの手間がかかるため、小水力発電の開発にあたり支障となる可能性がある。そこで、本検討で構築した計算モデルにより、各仮想発電所の取水点において期待できる流量を算定する方法を検討する。具体的には、現行の設備容量の計算モデルを改良し、合流点ごとにそこに流入する流量の対象となる「小流域」のデータを属性として付与するデータモデルを開発する。これによって各地域では、現場での短期間計測を行うだけで開発箇所での流量データを作成できるようになり、この結果に水路勾配を含めた処理を行うことで、「有望地点探し」を行うことができる。

ただしこのサービスは、地域での小水力開発推進を目的としたものであり、ポテンシャルの評価には向かない。

なお、現行の設備容量算定の最も基本的な根拠データは、河川を100m単位の小区間に分割し、個々の小区間にその背後地となる流域を関連づける構造となっている。このデータを活用することで、上記データモデルの構築は可能と考えられる（図4-1-7）。

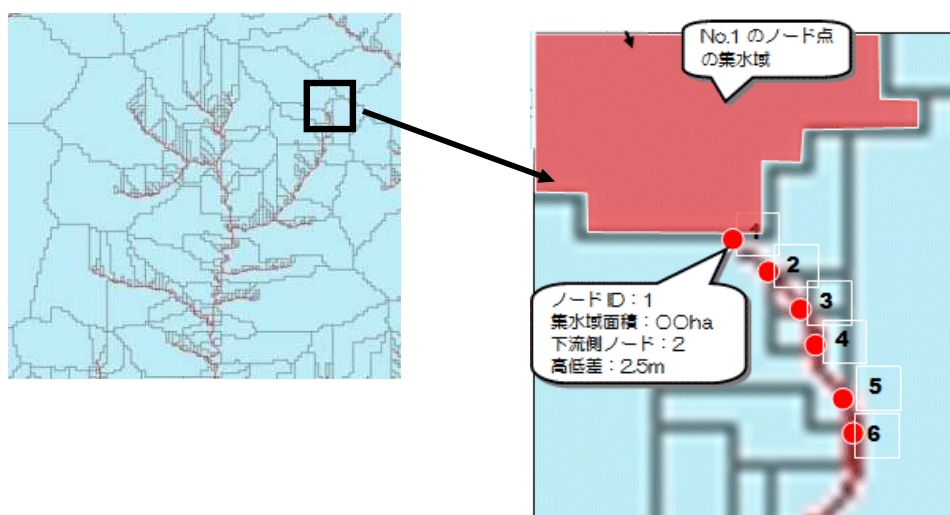


図 4-1-7 計算根拠となっている小流域データ

4.2 地熱発電に関する導入ポテンシャル精緻化に向けた検討

地熱発電の導入ポテンシャル推計に関して、過年度業務における課題を明らかにした上で、資源密度図の精緻化に向けて、関連諸データの収集、分析用アルゴリズムの検討等を行った。具体的には地熱資源密度図の精緻化に関して、図 4-2-1 に示す手順に従い検討を実施した。各プロセスの内容の妥当性等については、地熱WG（年度内に2回開催）において有識者（外部アドバイザー）から意見を頂き確認した。

なお、本検討は、高い専門知識を必要とするため、（独）産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 地熱資源研究グループに業務の一部を再委託して実施した。

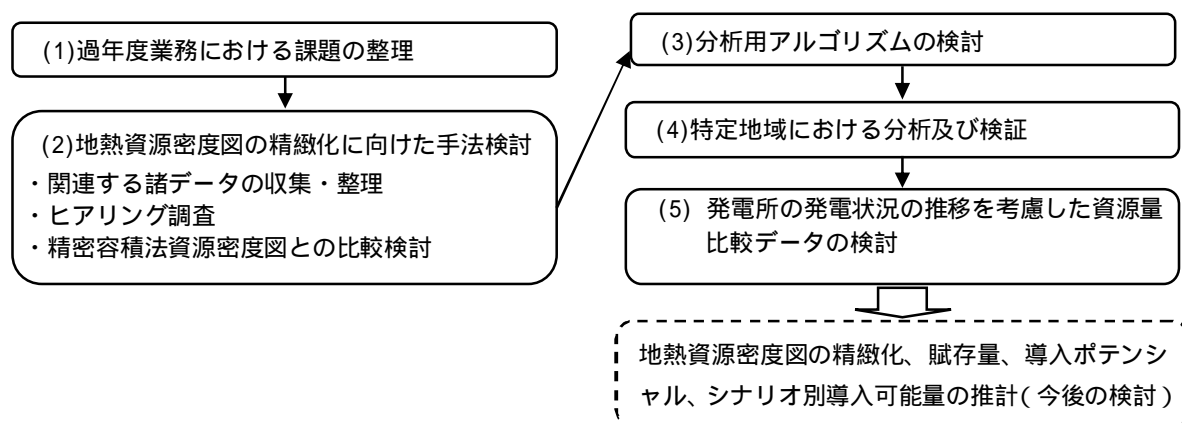


図 4-2-1 地熱資源密度図の精緻化に向けた手法検討の実施フロー

地熱資源密度図の精緻化に関する基本コンセプトを以下に示す。

< 地熱資源密度図精緻化に関する基本コンセプト >

地熱資源に係る情報を可能な範囲内で全て集約し、また、わが国の地熱に関する学識者の英知を結集し、容積法のベースに立ち戻り、いくつかのアルゴリズム等を見直すことによってより精緻化された地熱資源密度図を作成する。

具体的な実施内容の概要を以下に示す。

- 1)地熱資源に係る全ての情報を可能な限り収集・整理した。
- 2)情報の信頼性を考慮し、容積法の利用データに立ち返って評価を行い、限られたデータから地下資源を評価する容積法の限界の評価を含めて検討した。また、容積法の設定条件については、専門家の合意（有識者によるWGを設置）により決定した。
- 3)容積法のアルゴリズムや外挿補完方法を検討し、資源密度図を新たに作成することを検討した。

4.2.1 地熱発電に関する課題整理

過年度業務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。その一方、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。これまでの地熱資源密度図に関する課題を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 過年度業務における地熱資源密度図に関する課題

課題区分	課題	具体的な内容	備考
全般	実態との乖離	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。	過大評価可能性地域の例：大雪山地域 過小評価可能性地域の例：NEDO 詳細調査地域、伊豆地域
	検証不十分	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。	本年度地熱 WG で検証を行った。
分析手法 (容積法)	貯留層温度推定における不確実性	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、地下温度分布に関して不確実性を有している。	
	貯留層深度推定における不確実性	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。	詳細な地熱貯留層モデルとの誤差が大きい。
	重力基盤深度データの影響度	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。また、事業採算性の検討にも影響を与える。	掘削延長のパラメータとして重力基盤深度を利用しているため、事業採算性にも影響を与える。
	外挿・補間の適切性	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	位置データのずれ	位置の間違がある温泉・坑井データが存在する。	利用したデータベースの属性情報に誤りがある場合がある。データ全体から見ると僅かである。

4.2.2 地熱発電に関する今後の精緻化に向けた手法検討

(1) 関連する諸データの収集・整理

地熱の資源量を推計する上で特に重要な地下の温度分布に関するデータ、及び容積法計算手法の検討に資する地下情報の豊富な地域で実施された容積法計算例データを収集・整理した。収集整理したデータを表4-2-2に示す。

表4-2-2 収集・整理データ一覧

データ区分	データの内容	入手方法	入手状況	備考
温泉データ	最近の分析データ, データ不足地域でのデータ	下記、公開データをCDおよびインターネットにより取得した。	入手済み	
坑井データ	NEDOの最新の地熱開発促進調査等	公開データを基に産総研にて追加すべきデータを調査	入手済み	従来調査により多数のデータが反映されている。追加は H16 年度以降の NEDO 坑井データ。
精密容積法計算データ	H13 年度地熱開発促進調査 開発可能性調査報告書	NEDO より報告書入手	入手済み	
基盤岩深度分布	地質学的データに基づく基盤岩深度データ	公開データを基に産総研にて追加すべきデータを調査	入手できなかった。	
既存発電所データ	発電所の実際の出力と認可設備容量との関係 地下温度・貯留構造データ	論文等より入手 聞き取り調査	入手済み。 ヒアリング実施済み。	江原氏より入手。 個別企業所有データは入手できなかった。

温泉データ：東北・九州地熱資源図（産総研：2002）

日本温泉・鉱泉分布図および一覧（第2版）CDデータ（産総研：2005）

九州-大分-豊肥地域の地熱データ処理集（産総研：2007）

全国地熱ポテンシャルマップ（産総研：2009） 現在の容積法で利用

温泉地化学データベース(エクセルデータ集) (JAEA)

坑井データ：H22 地熱開発促進調査 DB 作成業務報告書（NEDO：2010）

精密容積法計算データ：H13 年度地熱開発促進調査 開発可能性調査報告書（NEDO：2001）

基盤深度分布：当初想定していた全国的な地下水流動解析研究で使用されている基盤深度情報は新第三系-第四系境界を想定したモデルであるため、容積法に必要な先新第三系-新第三系境界とは異なっていることが判った。その他、新たな全国的基盤深度分布データを調査したが、現状では利用できる分布モデルはなかった。

既存発電所データ：江原氏より「わが国の地熱発電における最近の利用率低下に関する一考察」資料を入手した。

入手したデータはGIS、エクセルを用いて整理し、今後の検討に利用できるように整備した。入手したデータのうち、GISで地図化したデータについて図4-2-2~5に示す。また、図4-2-6には「H13年度地熱開発促進調査 開発可能性調査」の検討地区位置図を示す。

重力基盤深度図(全国地熱ポテンシャルマップ)

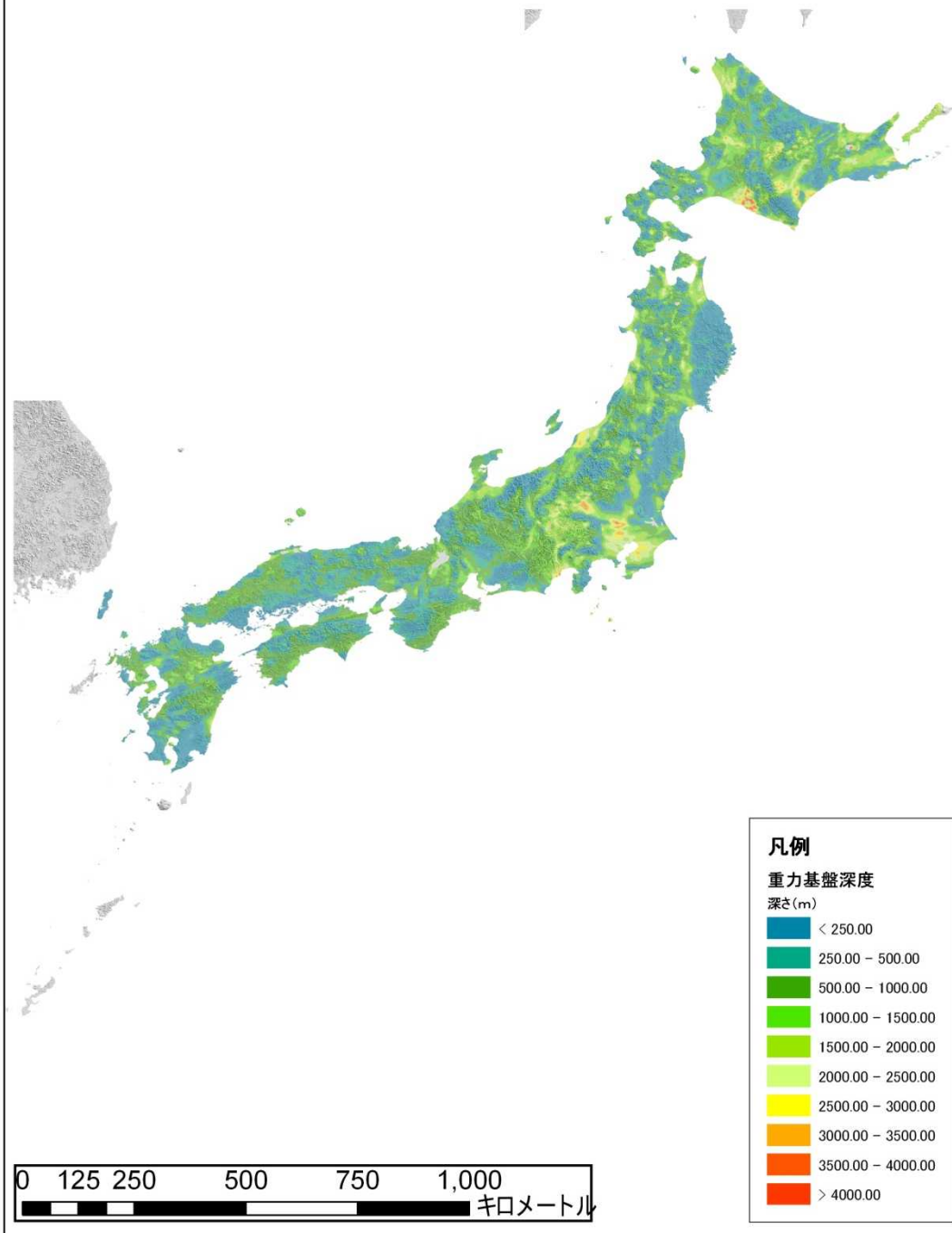


図 4-2-2 全国地熱ポテンシャルマップ重力基盤深度図

活動度指数マップ(全国地熱ポテンシャルマップ)

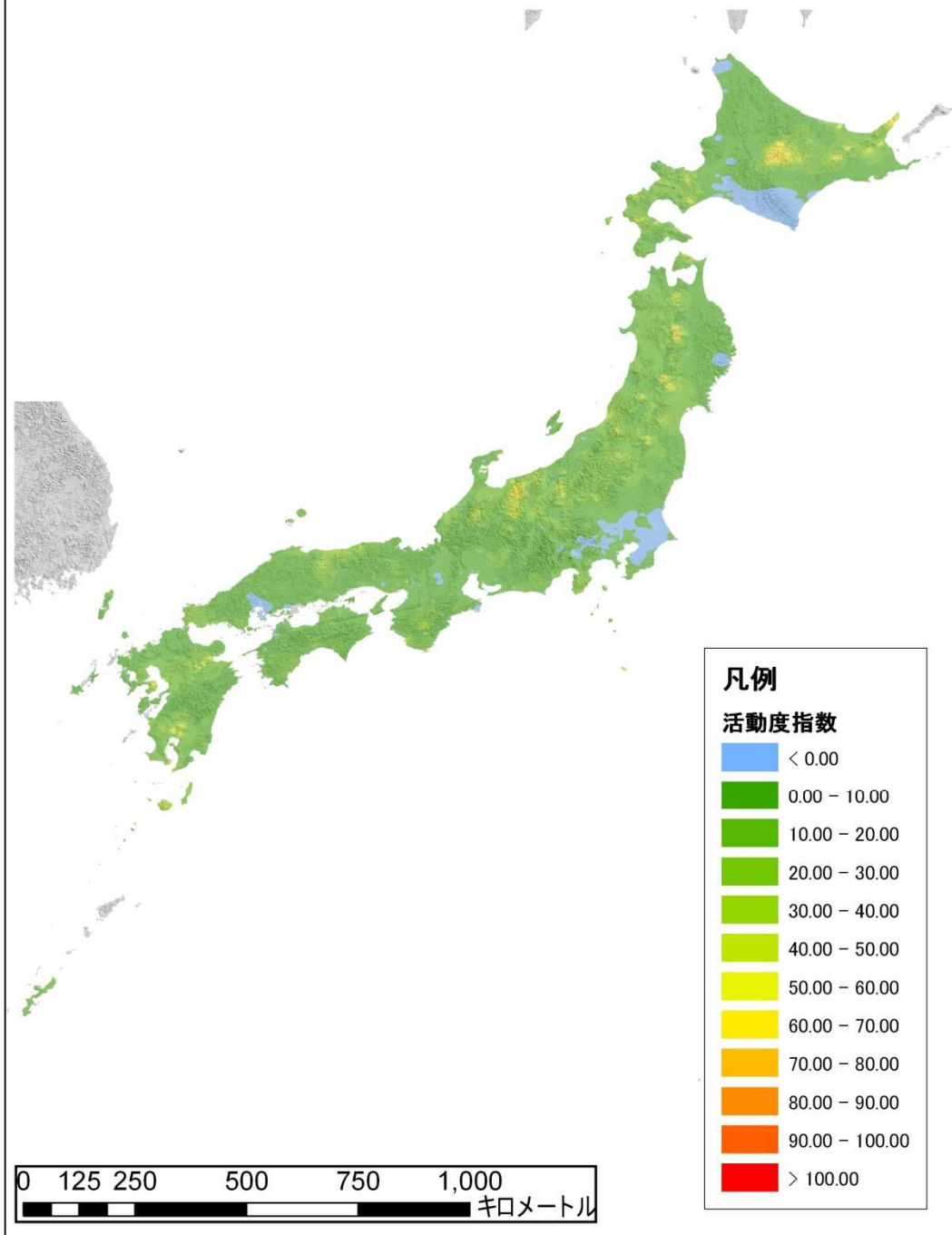


図 4-2-3 全国地熱ポテンシャルマップ活動度指数マップ

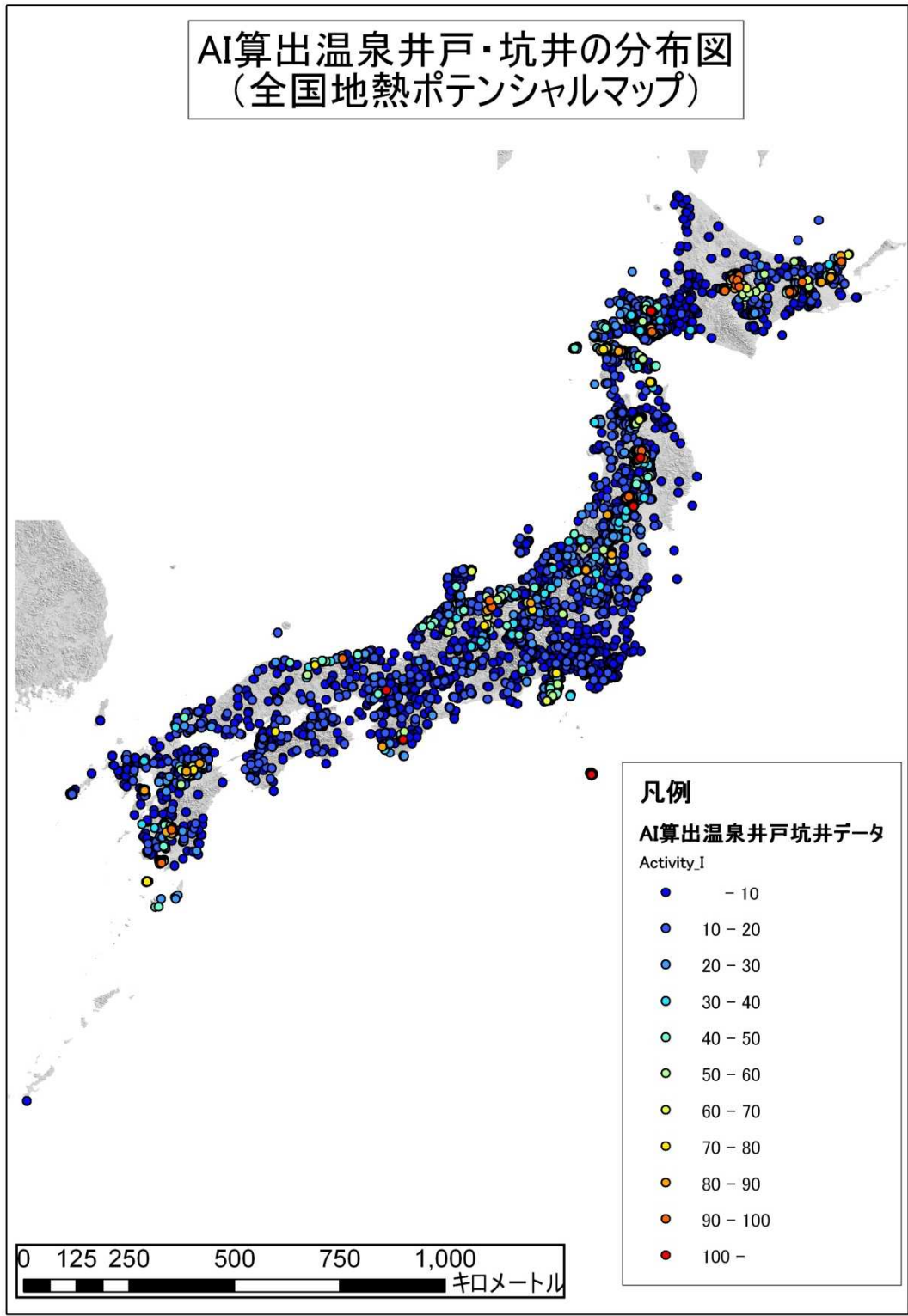


図 4-2-4 全国地熱ポテンシャルマップ活動度指数算出井戸坑井分布図

NEDO坑井分布図 (H22地熱開発促進調査DB作成業務)

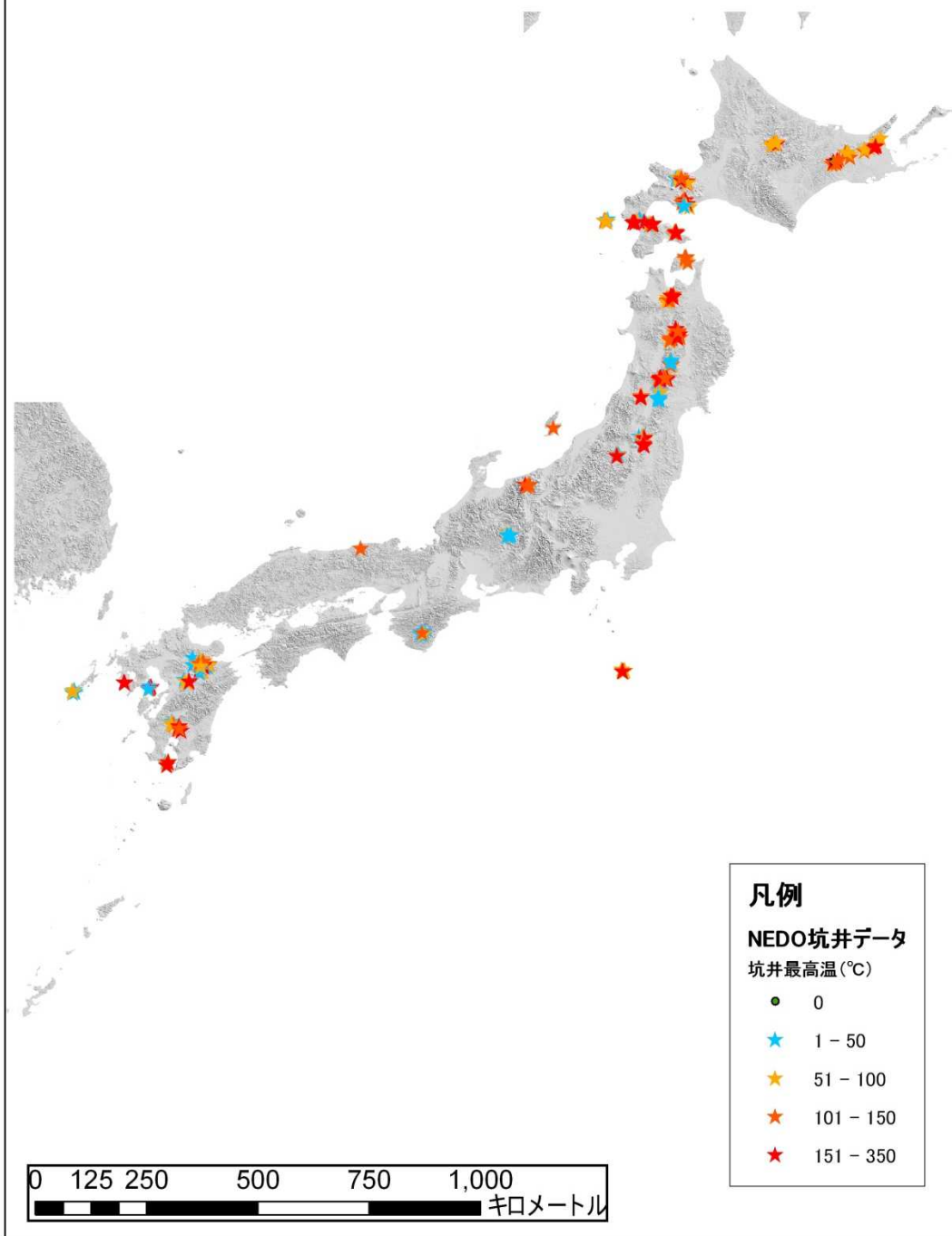


図 4-2-5 NEDO 坑井分布図 (H22 地熱開発促進調査 DB 作成業務報告書)

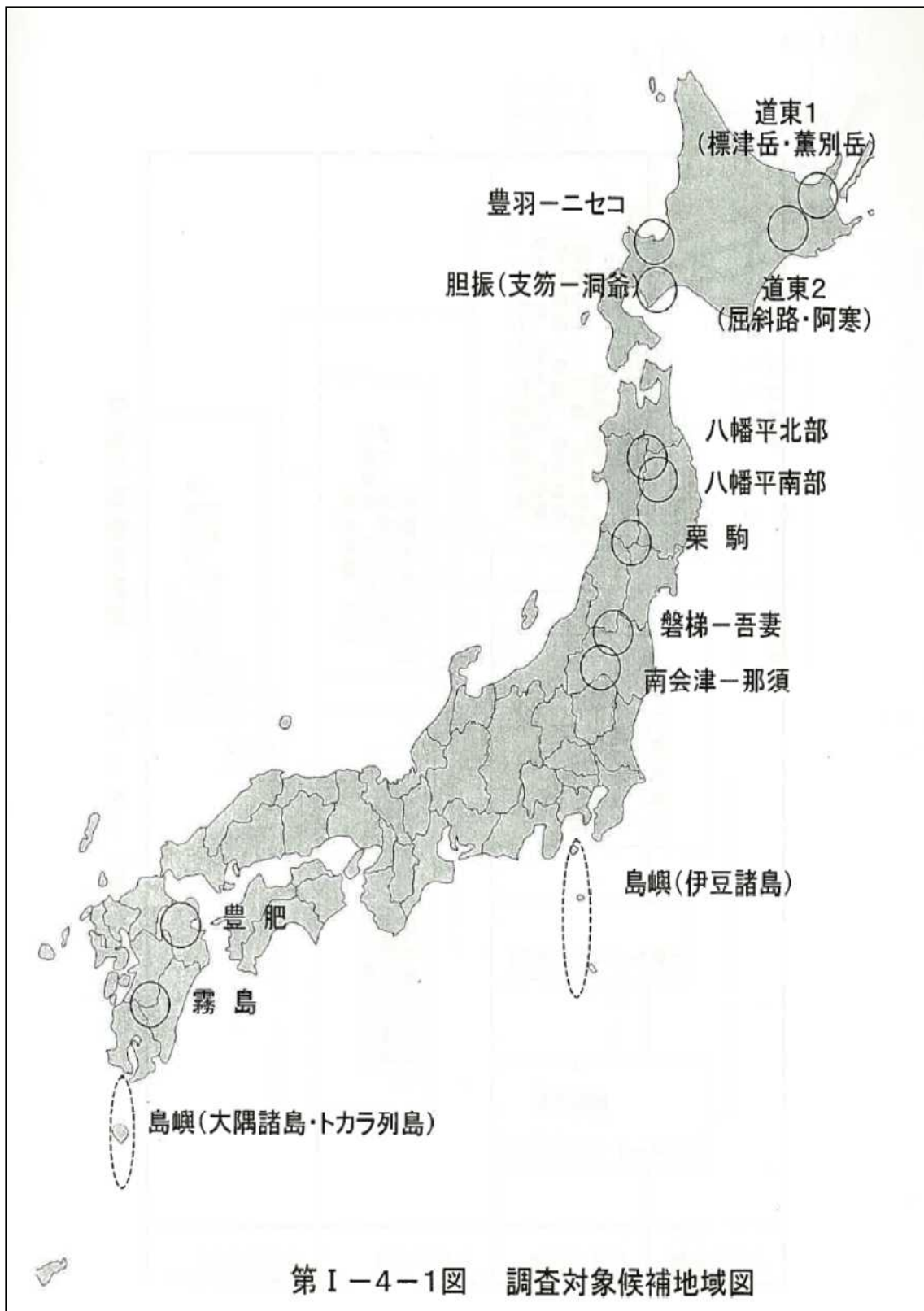


図 4-2-6 H13 年度地熱開発促進調査開発可能性調査の調査対象候補地域図

(2) ヒアリング調査の実施

NEDO 詳細容積法の実施業者および発電機メーカーにヒアリングを実施し、NEDO 容積法での各データの設定方法や考え方、種別用（低温バイナリー、バイナリー、フラッシュ）の温度範囲設定が実用上の温度区分と合致しているかの意見聴取を行った。ヒアリング先とヒアリング結果の概要を表 4-2-3、4-2-4 に示す。

ヒアリングにより明らかになった NEDO 容積法の作業方法等の情報は地熱資源密度図精緻化の検討に反映した。

また、想定する発電形式とその必要貯留層温度の情報は、今後の地熱資源密度図の表現方法検討のための参考情報とする。なお、地熱 WG 中での意見として、これまでのように温度帯によって資源量を切り分けるのではなく、事業者が想定する発電形式に合わせた温度を下限として、それ以上の資源量を表記するという表現方法も提案された。

表 4-2-3 ヒアリング調査結果（1）

ヒアリング先	実施対象地域	実施状況	ヒアリング結果の概要
NEDO 資源密度検討業者 A	八幡平	2013/3/14	<ul style="list-style-type: none"> 重点地域の絞り込みで USGS 容積法を用いている。 基盤深度については標高-3000m を一律に与えている。 温度構造はメッシュごとに設定した。作業方法は「戦略的調査における容積法算出指針」による。 参考にした坑井データは公表されていない企業の坑井も参考にしている。発電所地域には民間のデータがあると思われるが、論文等から一つ一つ拾うしかない。 温度区分は、蒸気フラッシュ発電では 150 は少し低い。実際に発電所を検討する場合は 200~220 以上欲しい。利用温度については開発者毎に違うと思われる。 環境省の資源密度図は国立公園内でも計算されているので興味がある。大まかなところで合う図面にした後は、個々の地域で詳細なモデルとして NEDO の資源密度図を見るのが良いのではないか。
NEDO 資源密度検討業者 B	八幡平	2013/3/14	<ul style="list-style-type: none"> 作業方法は「戦略的調査における容積法算出指針」による。海拔-3000m までの温度構造を推定して計算した。なお、温度 350 以上は使えないと判断して計算していない。 温度分布は地域に合わせて検討し、岩手山中心部の下は温度が高いと推定して温度分布図を作っている。温度構造推定では貯留層の対流域、伝導域を考慮した。 NEDO のデータは流体の熱量ではなく、地盤の熱容量として評価しているため、過大評価になっている可能性がある。 貯留層温度が 180 以上ないと蒸気フラッシュは厳しい。170 ぐらいだと自噴しなくなる。 バイナリー発電では 100~200kW ぐらいだと 130 でもいいが、1000~2000kW を目指すとすると 180~200 は欲しい。

表 4-2-4 ヒアリング調査結果（ 2 ）

ヒアリング先	実施対象地域	実施状況	ヒアリング結果
NEDO 資源密度検討業者C	豊肥	2013/3/13	<ul style="list-style-type: none"> ・ USGS 容積法は有望地域の抽出に用いた。 ・ 豊肥地域の基盤深度は一律 -3000m で設定し、150 以上の深度から -3000m までを貯留層の厚さとした。 ・ 温度データは代表的な坑井データを参考に設定し、坑井温度データから -3000m まで外挿している。その時に、基盤の性質によって温度が上がる場合と温度が上がらないモデルを現場データで判断して設定している。 ・ 補助金で実施した坑井データは公表されているが、促進事業でない企業のデータは公表されていない。 ・ 基盤深度はキュリー点深度分布図を使えないか。 ・ バイナリーは一般的には 70～80 。蒸気フラッシュでは自噴を考えると貯留層温度は 220 位ほしい。 ・ 環境省の資源密度は九州の資源密度が小さい気がする。違和感がある。 ・ 容積法ではサステナブルの考え方、熱の供給は考えられていない。
バイナリー発電メーカー A	-	2013/3/5	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイナリー発電の最低温度は 70 であるが、弊社の発電機は温泉水を直接循環できないので熱交換器を介在させる。その温度損失を考えると 75～80 以上ないと難しいと考える(媒体は代替フロンを使用)。 ・ また、上限温度は機械的に 95 であるが、熱交換器を通すため熱源水は 95 以上でも問題はない。ただし、温度・圧力が大きくなると蒸気フラッシュ発電との効率を比較して、発電方式を選ぶ必要がある。
バイナリー発電メーカー B	-	2013/3/5	<ul style="list-style-type: none"> ・ 確定的な数字はあげられないが、現在公表しているスペックでは温水 95 、30 t、冷水 20 、40 t で 20kw を想定している。発電最低温度は 70 と考えている。 ・ 温泉水を利用する場合には熱交換器を咬ませる必要があり、熱源水から 2～3 の温度低下を想定する。 ・ 発電効率は温水側の温度だけでなく、冷水側の温度、温・冷水の水量の 4 つのパラメータのバランスで決まるため、一概に最低温度を掲げられない。

(3) 精密容積法資源密度図との比較検討

過年度検討した地熱資源密度図（以下、環境省資源密度図という）と NEDO 精密容積法資源密度図（以下 NEDO 資源密度図という）との比較を行った。なお、NEDO 資源密度図は、紙媒体のデータから shp ファイルを作成し、GIS 上で重ね合わせを行った。ここでは特定地域として選定した八幡平地域および豊肥地域を中心に検討を行った。

図 4-2-7~8 には、八幡平地域、豊肥地域の環境省資源密度図（150 以上）と NEDO 資源密度図の比較図を示す。

八幡平地域では、環境省資源密度図は 0~20,000kW/km² の資源が算出されているのに対し、NEDO 資源密度図では、10,000~50,000kW/km² 以上の資源が算出されている。また、NEDO 資源密度図で資源が算出されている範囲に環境省資源密度図では資源が表出していない範囲が多い。

豊肥地域も八幡平地域と同様に、環境省資源密度図は 0~20,000kW/km² の資源が算出されているのに対し、NEDO 資源密度図では、10,000~50,000kW/km² 以上の資源が算出されている。また、NEDO 資源密度図で資源が算出されている範囲に環境省資源密度図では資源が表出していない範囲がみられる。

NEDO 資源密度図が検討された 10 地域（標津岳・薫別岳地域、屈斜路・阿寒地域、豊羽・ニセコ地域、胆振地域、八幡平地域、栗駒地域、磐梯・吾妻地域、南会津・那須地域、豊肥地域、霧島地域）のうち、メッシュの重なりが少なく相関性を検討できなかった 2 地域（標津岳・薫別岳地域、磐梯・吾妻地域）を除いた、8 地域の資源密度の相関性を検討した。このうち、八幡平地域および豊肥地域の比較図を図 4-2-7、8 に示す。また両地域の相関図を図 4-2-9、10 に示す。

相関を検討する上で、NEDO 資源密度図では重点地域とその周辺に想定された周辺地域が設定され、範囲内の資源密度が算出されているため、周辺地域の周りは値が計算されていない（資源量が 0 ということではない）。これに対して、環境省容積法資源密度は、全国一律に算出しているため、値が無いメッシュでは資源量は 0 である。したがって、相関を検討するメッシュは、NEDO 資源密度図で値が算出されているメッシュの範囲とした。

表 4-2-5 には、検討した 8 地域の一次近似直線の傾きと決定係数 (R^2) を整理した。近似曲線傾きは非常に小さく最も大きな南会津・那須で 0.25 程度、屈斜路・阿寒に至っては負の相関性を示す。決定係数は 0.00007~0.4405 の範囲にあり、胆振地域は 0.4 を超え、他に比べて相関性が高くなっているように見えるが、全体の傾向として環境省資源密度が 0 となっているプロットが多いため、ほとんど相関性がないと判断される。また、近似直線傾きが 1 よりも小さく、環境省資源密度図の資源量に対して NEDO 資源密度図の資源量が相対的に大きく出ている傾向が読み取れる。

以上の傾向から、資源密度量としてより確からしいと考えられる NEDO 資源密度の値に対して環境省資源密度図の資源量を単純な補正係数や補正式で補正することは困難であると考えられる。

表 4-2-5 検討地域の一次近似直線の傾きと決定係数 (R²)

地域名	近似直線の傾き	決定係数 (R ²)
屈斜路・阿寒	-0.0134	0.0012
豊羽・ニセコ	0.1765	0.3093
胆振地域	0.0477	0.4405
八幡平	0.1075	0.2240
栗駒	0.0580	0.0242
南会津・那須	0.2573	0.3361
豊肥	0.0015	0.00007
霧島	0.0509	0.2968

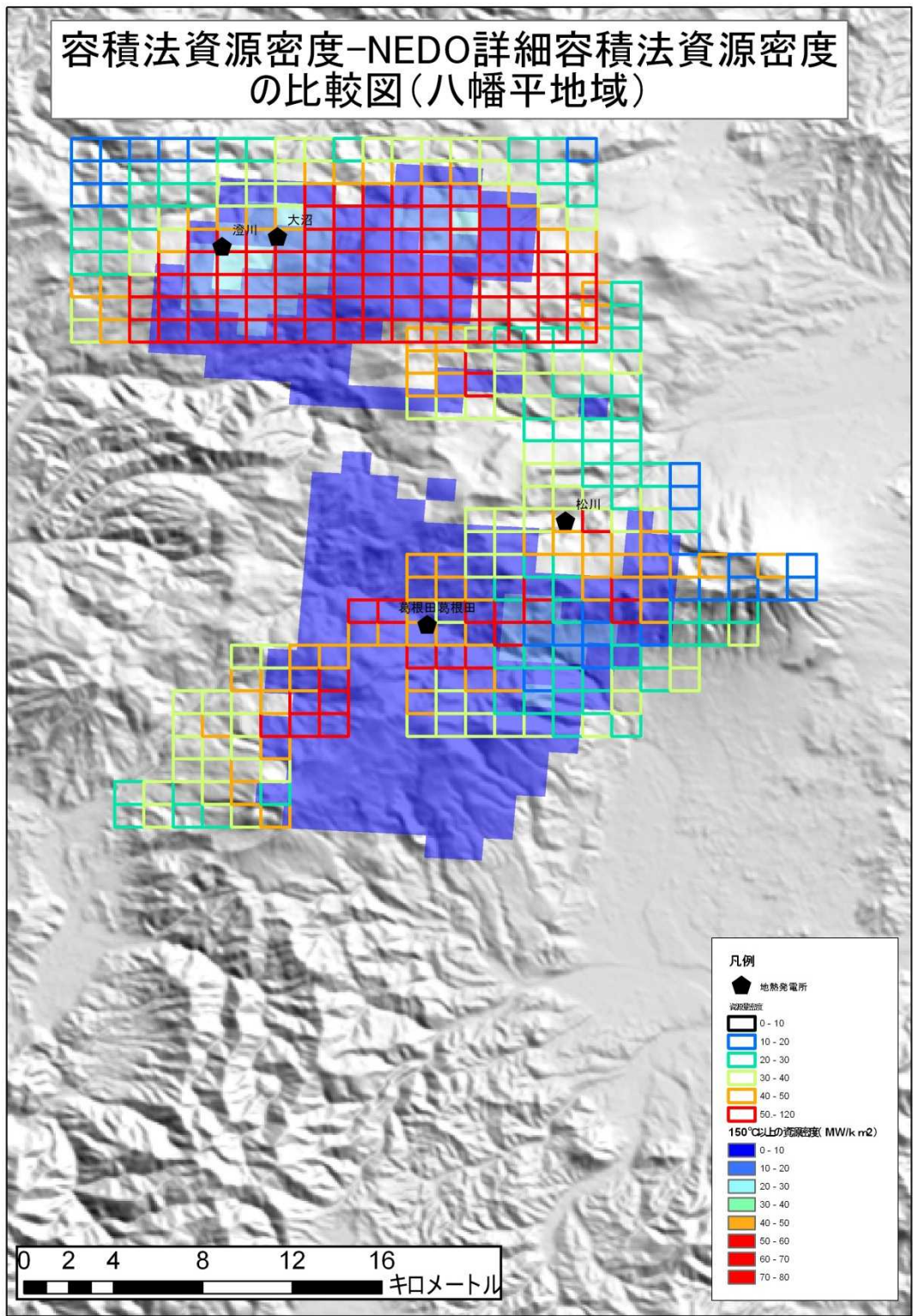


図 4-2-7 環境省資源密度図 (150 以上) と NEDO 資源密度図の比較図 (八幡平地域)

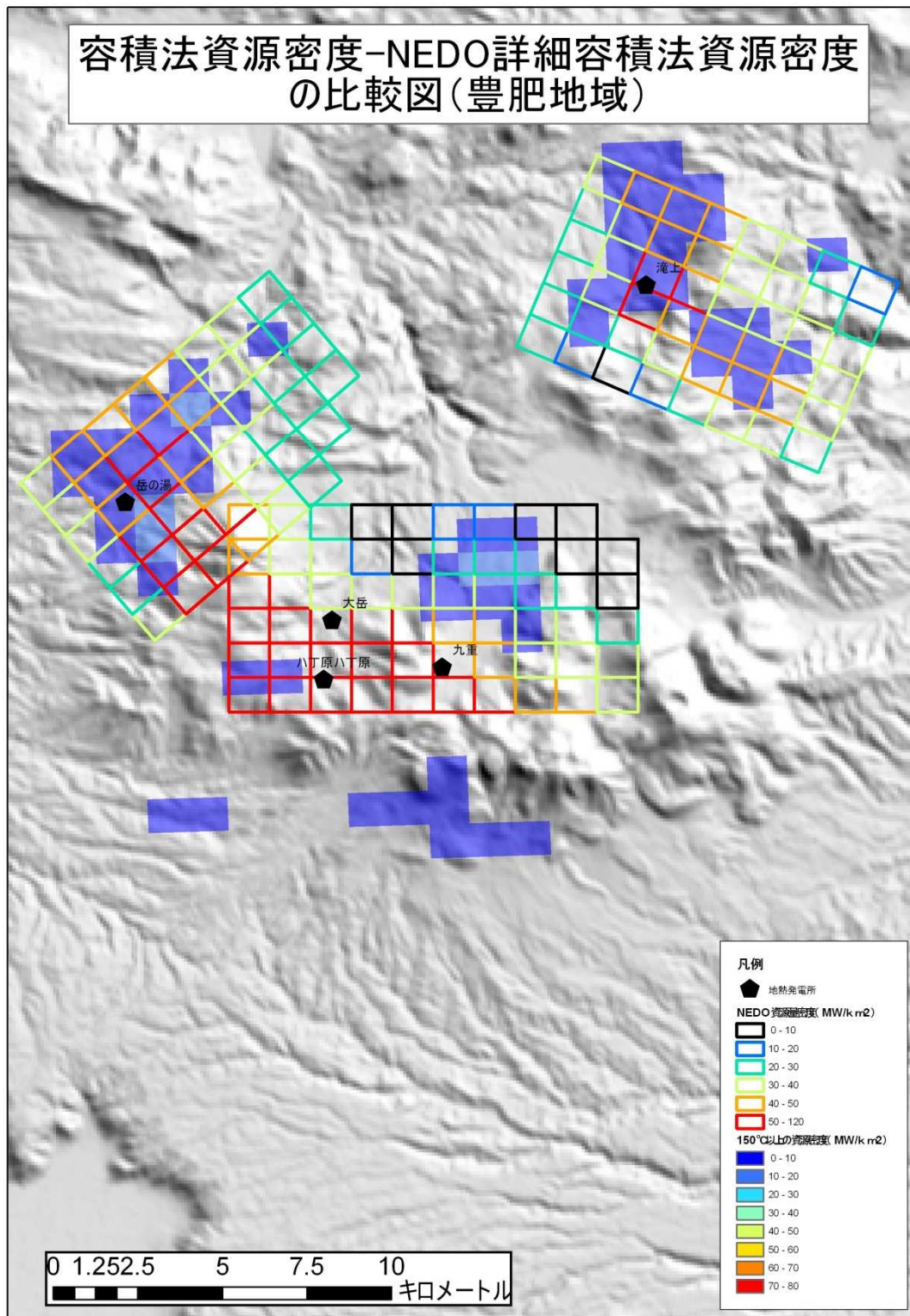


図 4-2-8 環境省資源密度図 (150 以上) と NEDO 資源密度図の比較図 (豊肥地域)

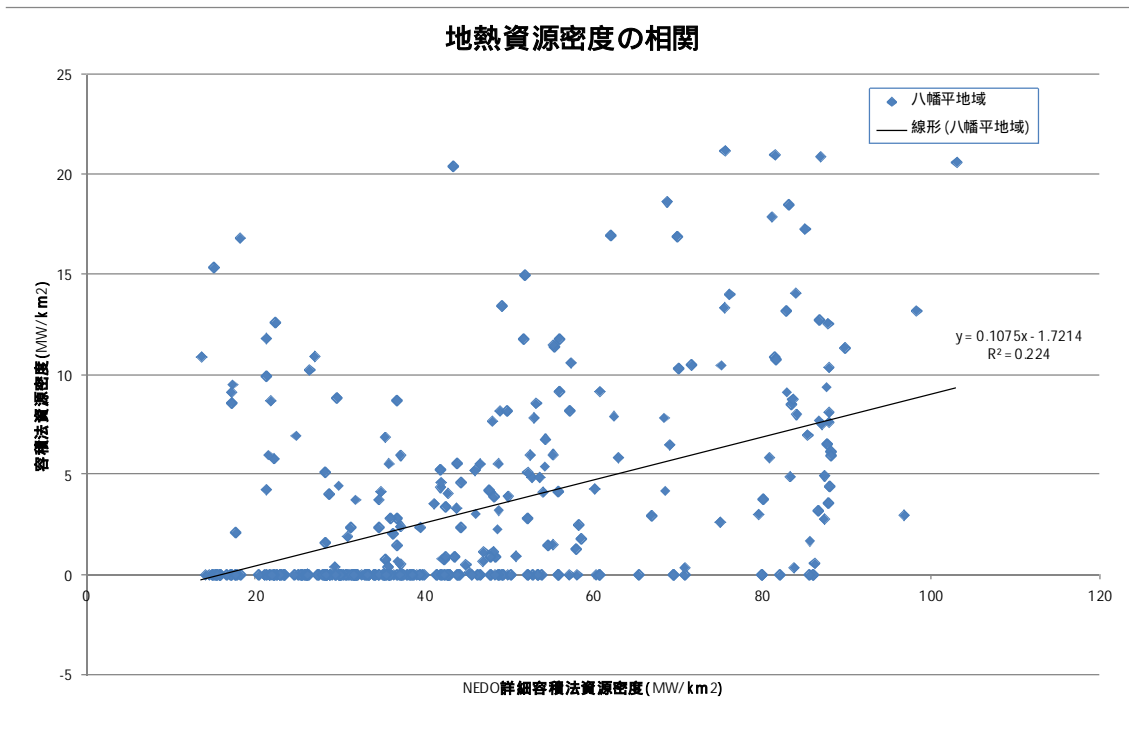


図 4-2-9 環境省資源密度と NEDO 資源密度の相関図（八幡平地域）

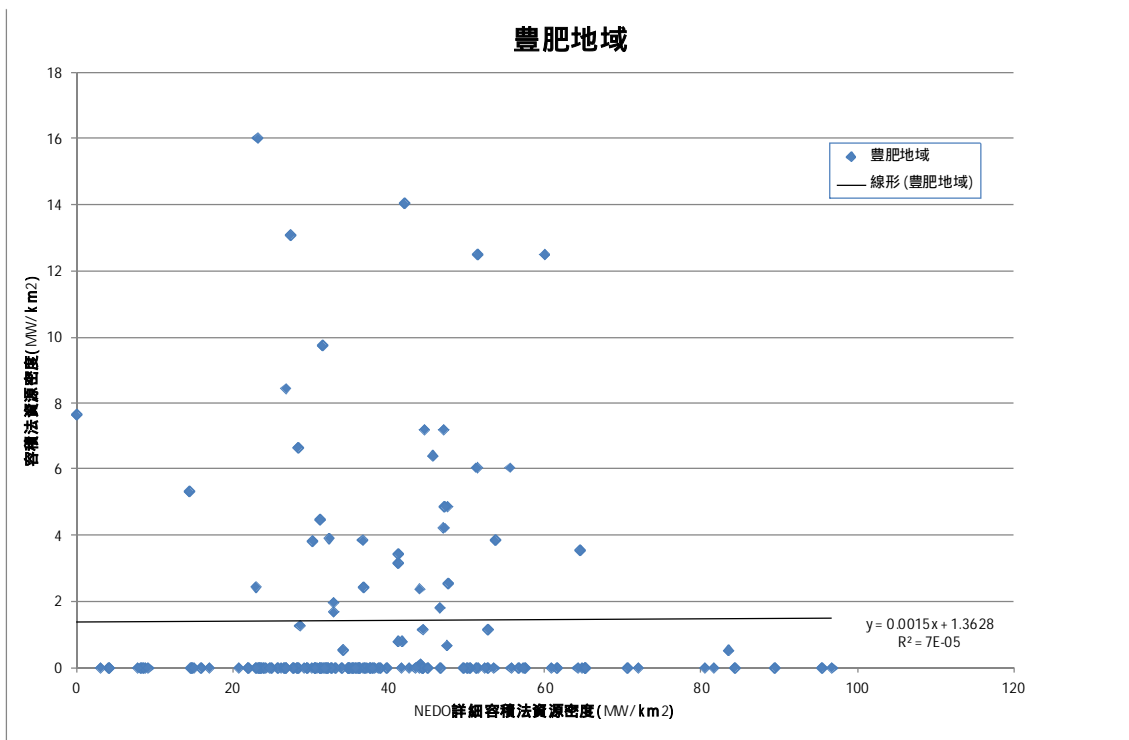


図 4-2-10 環境省資源密度と NEDO 資源密度の相関図（豊肥地域）

4.2.3 分析用アルゴリズムの検討

(1) 環境省容積法および NEDO 詳細容積法における利用データの相違

前項の検討では、同じ容積法を用いたはずの両資源図の資源分布と密度量に大きな違いが出ていることが明らかになった。ここでは、それぞれの容積法の検討データに立ち返って双方の手法の違いを整理した。なお、NEDO 容積法の検討手法の詳細は「H13 年度地熱開発促進調査 開発可能性調査報告書」の記載を参考にするとともに、実際に NEDO 容積法の検討を実施した業者へのヒアリング調査結果を含めて整理した。

USGS 容積法の計算式は過年度報告書に詳しいため省くが、表 4-2-6 に示すように、双方の手法で利用しているデータは考え方が大きく違っている。NEDO 資源密度図では詳細な現地調査に基づいた地域毎の貯留層モデルを検討したうえで、温度構造データはメッシュ毎に坑井データを参考にモデル化を行い、地熱貯留層の底面深度は標高-3000mで一律に設定している。これに対して環境省容積法では、温度構造データは活動度指数マップ、地熱貯留層の底面深度は全国の重力データから作成した重力基盤深度図を用いている。

表 4-2-6 環境省資源密度図と NEDO 資源密度図の容積法使用データの違い

	環境省	NEDO
解析手法	USGS 容積法	USGS 容積法
温泉・坑井データ	全国地熱ポテンシャルマップ温泉坑井データ	NEDO 地熱開発促進調査坑井、民間非公開坑井データなど
温度構造データ	林(1982)の活動度指数	メッシュごとに坑井データを参考にモデル化。
地熱貯留層の底面深度	駒澤(2003)による重力基盤深度	一律、標高-3000mまでを計算深度として設定。
想定発電方法	150 以上：上記フラッシュ発電 53~120、120~150：カーリナサイクル発電	10~20MW：バイナリー 30~40MW：シングルフラッシュ 50MW：シングル又はダブルフラッシュ

地熱貯留層底面深度のデータとなる重力基盤深度図は、重力分布から推定された基盤深度である。したがって、地殻構成物質の密度によって誤差が大きく出ることがあり、NEDO の地域毎の貯留層モデルの貯留層基盤深度とは大きく異なっている可能性が高い。

例として、八幡平地域、豊肥地域で基盤深度データの違いを検証してみた。図 4-2-11 には八幡平地域の活動度指数マップを、図 4-2-12 には重力基盤深度図を示す。また、NEDO 地熱開発促進調査報告書「八幡平東部地域」の地域毎の貯留層モデルを図 4-2-13 に、TH-3 地点の温度-深度プロファイル図を図 4-2-14 に示す。

TH-3 坑井地点付近の活動度指数(アクティブインデックス：以下 AI という)は 40~50 の範囲にあたるが、NEDO 容積法の計算では、TH-3 の分布するメッシュでは、TH-3 の温度-深度プロファイルを基に温度勾配が設定されていると考えられる。

また、重力基盤深度図から図 4-2-13 の断面における基盤深度を推定すると図中の赤破線のようになる。図 4-2-13 の NEDO の貯留層モデルで推定した先第三系基盤深度は青破

線のように考えられるため、重力基盤深度図の基盤深度は場所によって異なるが、かなり浅く設定されていることがわかる。なお、図 4-2-13 断面において NEDO 資源密度が表出しているが環境省資源密度が表出していない範囲を緑矢印で示すと、重力基盤深度図の基盤深度が浅い部分に対応していることがわかった。

図 4-2-15 には豊肥地域の活動度指数マップを、図 4-2-16 には重力基盤深度図を示す。また、NEDO 地熱開発促進調査報告書「久住地域」の地域毎の貯留層モデルを図 4-2-17 に示す。

豊肥地域でも、八幡平地域と同様に重力基盤深度図の基盤深度が NEDO の貯留層モデルで推定した先第三系基盤深度よりも浅く設定されており、NEDO 資源密度が表出しているが環境省資源密度が表出していない範囲は、重力基盤深度の基盤深度が浅くなっている地域に相当する。

これは、容積法で積算すべき地熱資源の多くが環境省資源密度の検討では計算されていないため、系統的に NEDO の資源密度よりも低い値になっているものと考えられる。

なお、環境省資源密度図の検討で使用した活動度指数マップの元データを「全国地熱ポテンシャルマップの引用文献で辿ると、「H22 地熱開発促進調査 DB 作成業務報告書」で整理されている地熱開発促進調査のうち、平成 16 年度以降の下記の調査データが反映されていないことが分かった。

・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

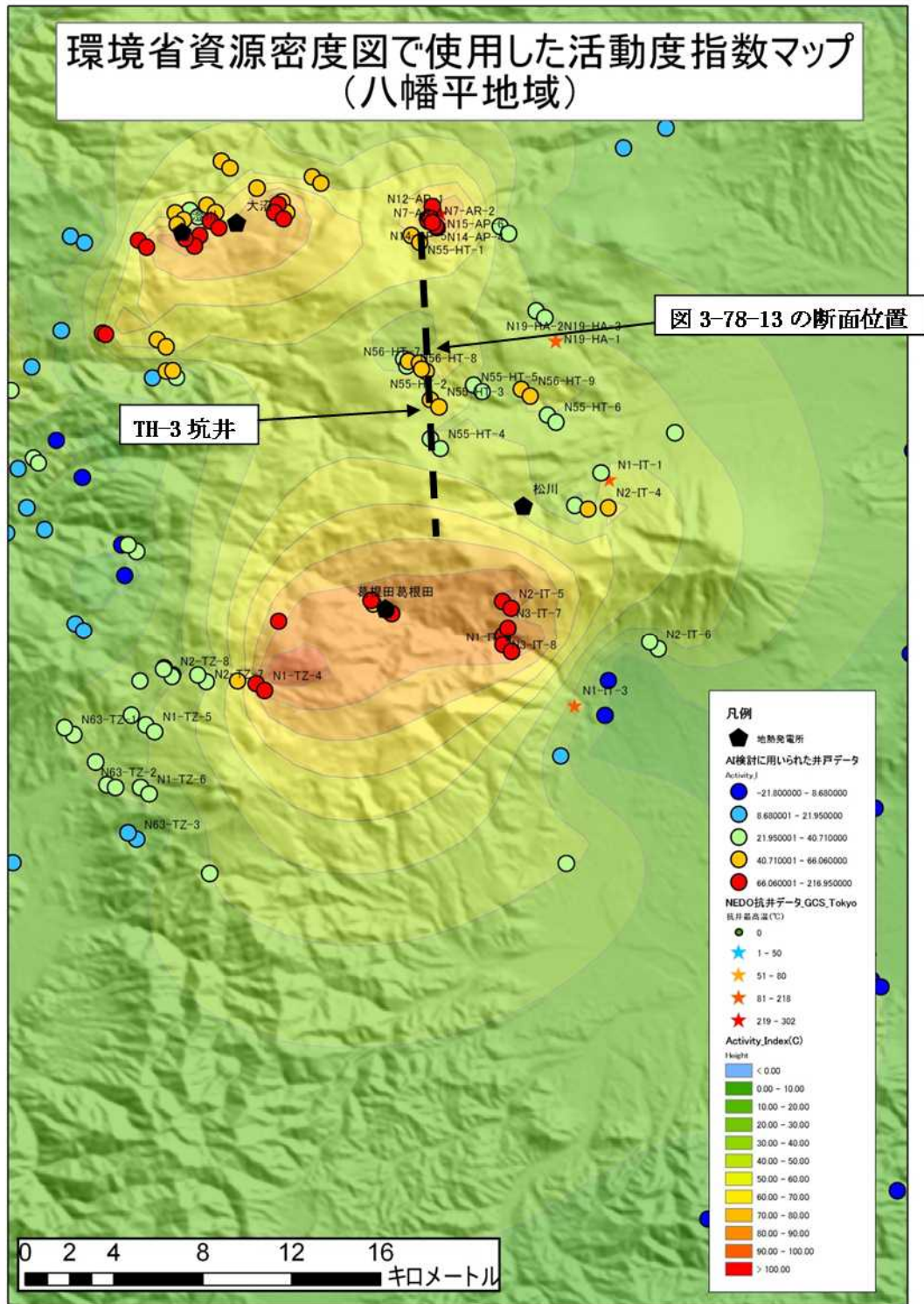


図 4-2-11 環境省資源密度図検討に利用された活動度指数マップ (八幡平地域)

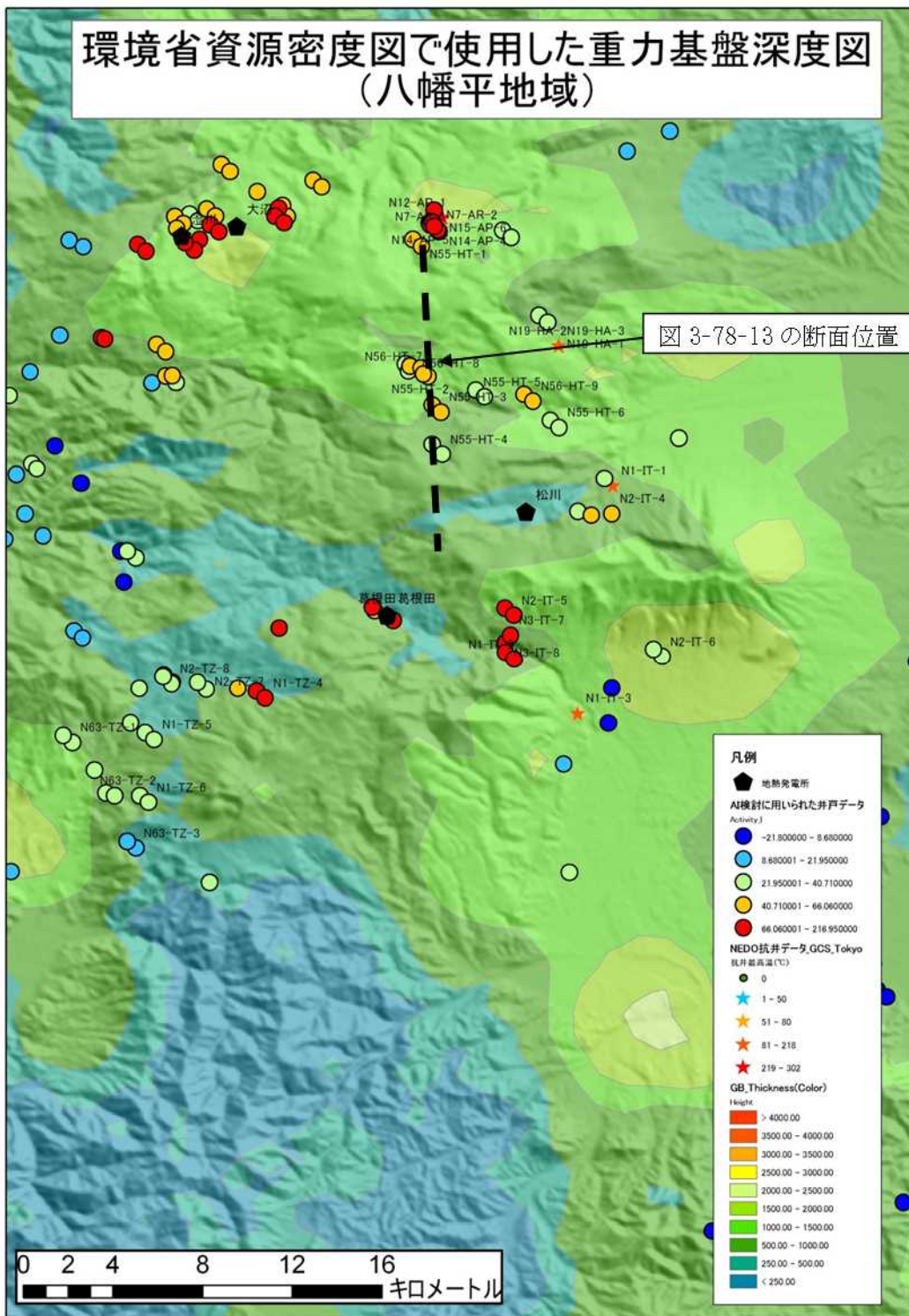


図 4-2-12 環境省資源密度図検討に利用された重力基盤深度図 (八幡平地域)

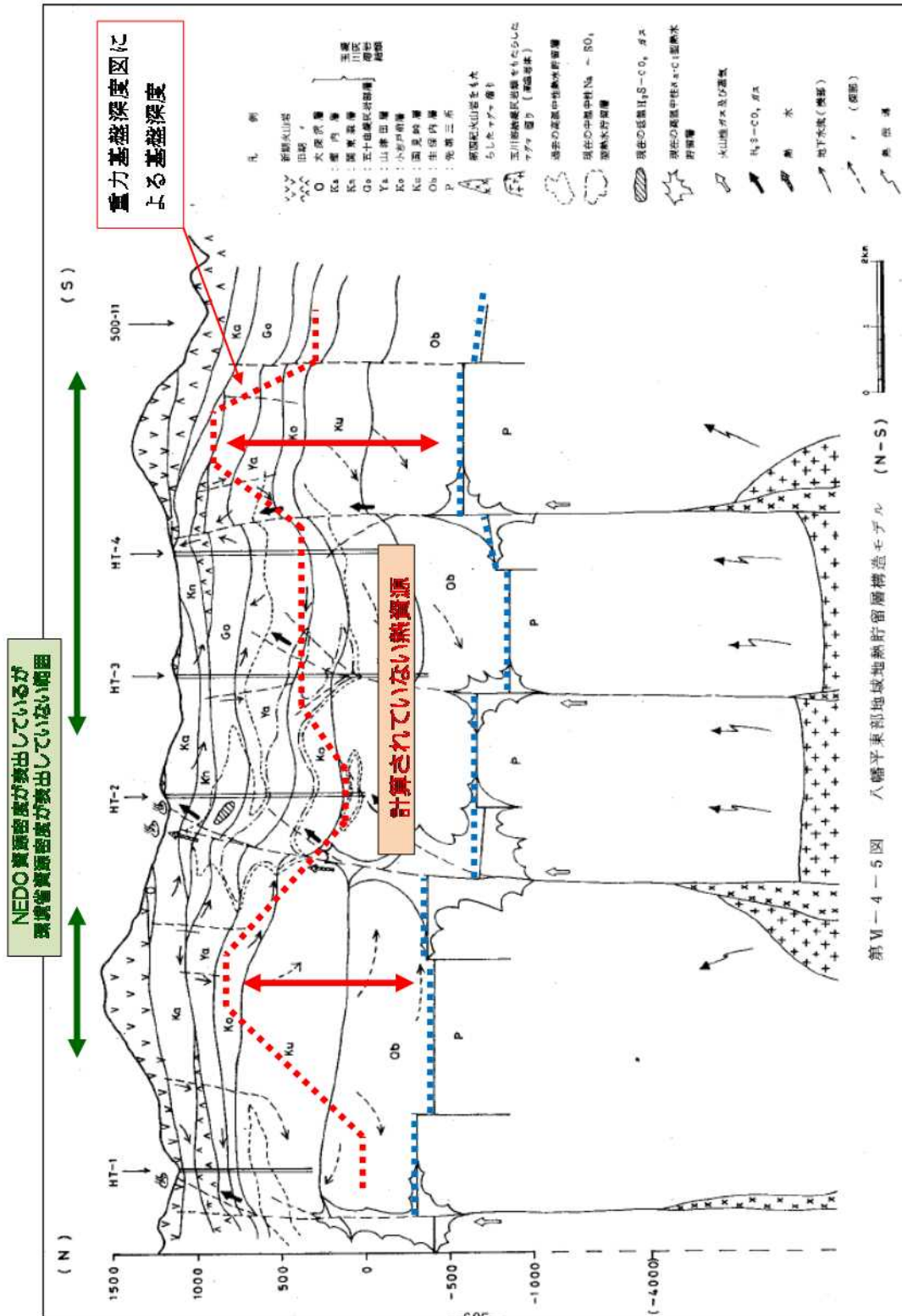


図 4-2-13 八幡平東部地域地熱貯留層構造モデル
(地熱開発促進調査報告書「八幡平東地域」より引用)

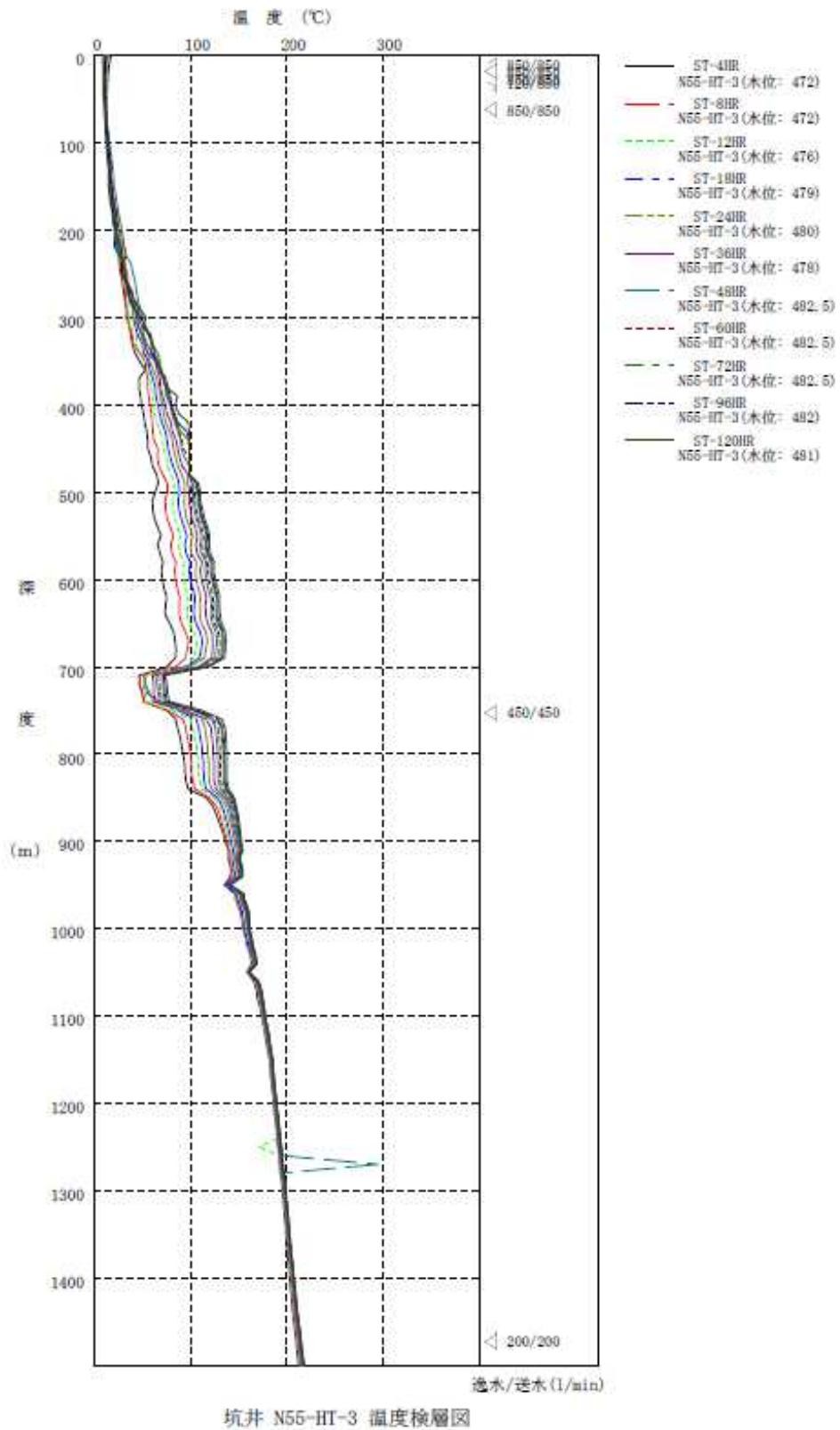


図 4-2-14 TH-3 坑井の温度データ（地熱開発促進調査報告書「八幡平東地域」より引用）

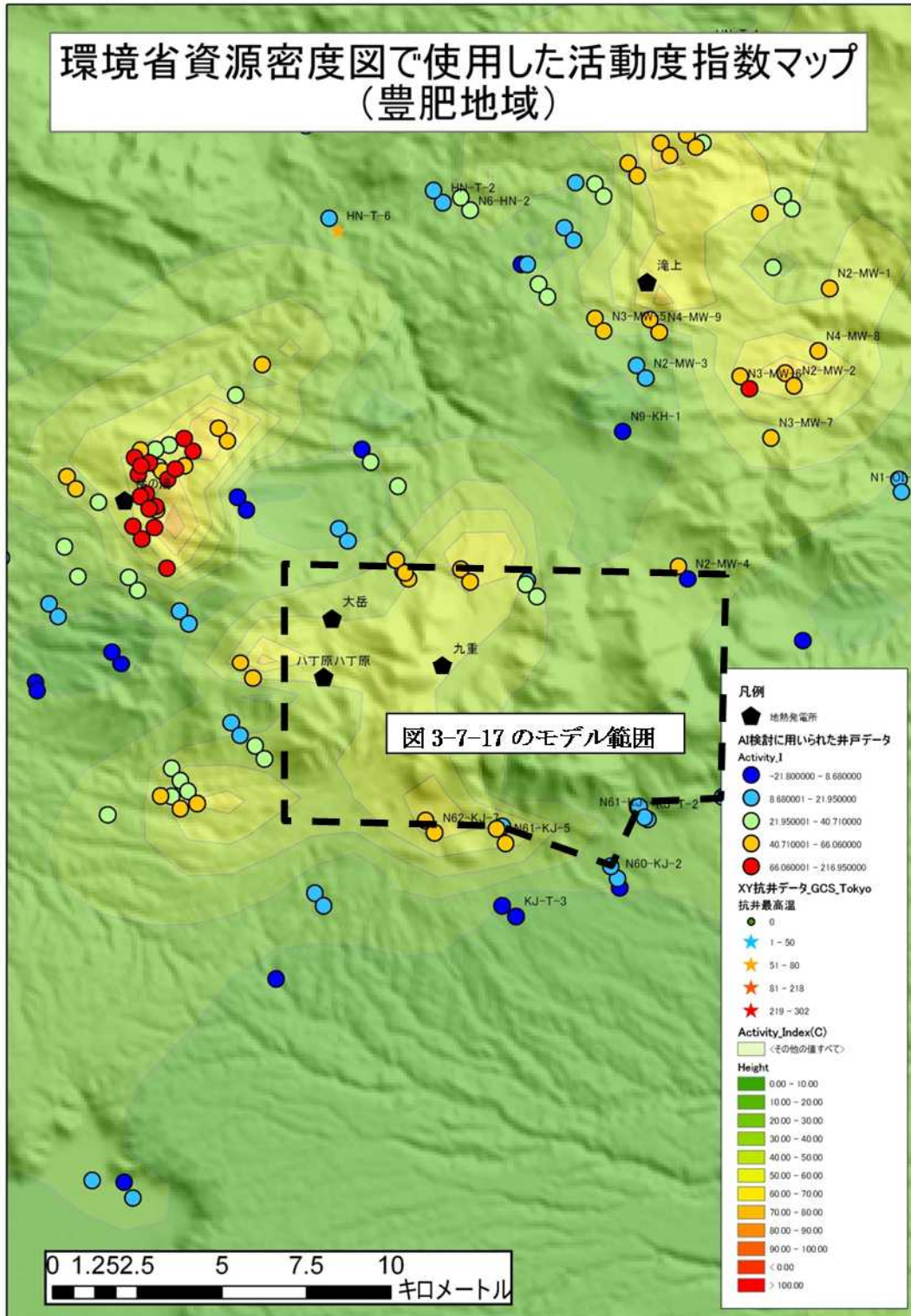


図 4-2-15 環境省資源密度図検討に利用された活動度指数マップ (豊肥地域)

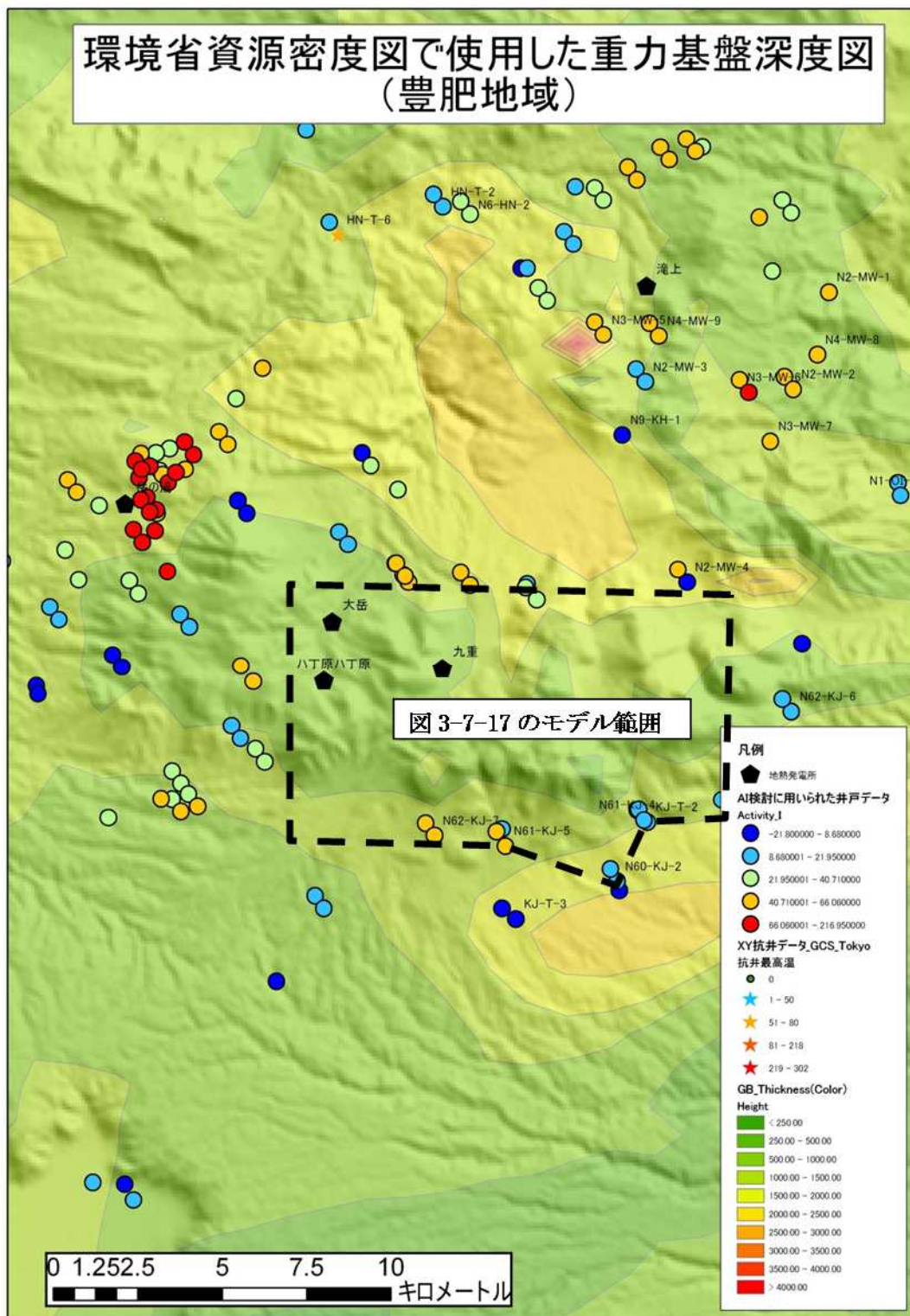


図 4-2-16 環境省資源密度図検討に利用された重力基盤深度図 (豊肥地域)

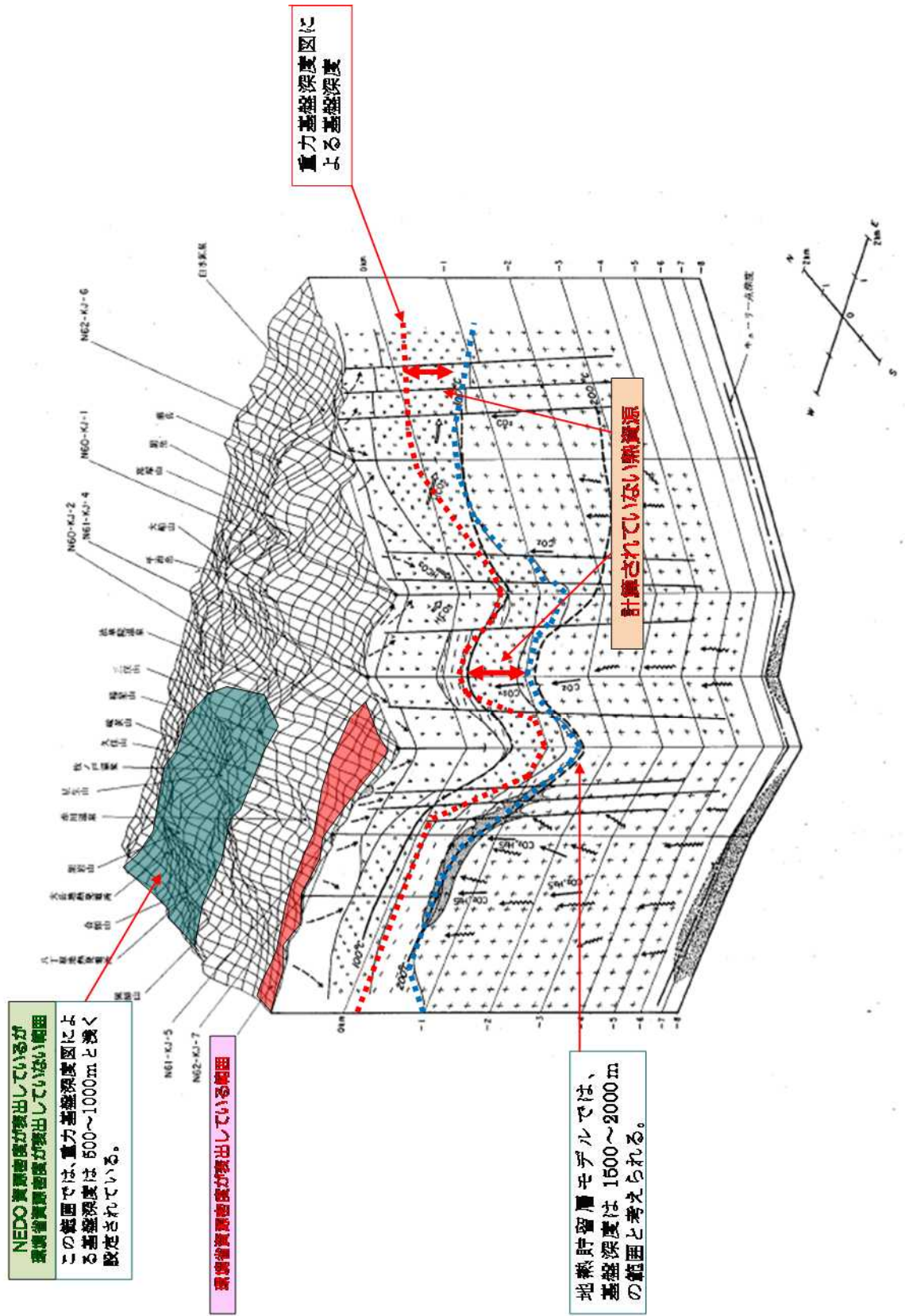


図 4-2-17 久住地域地熱貯留層構造モデル（地熱開発促進調査報告書「久住地域」より引用）

(2) 精緻化に向けた利用データの修正方法の検討

NEDO 詳細容積法の資源密度と環境省資源密度の乖離の修正

前項の検討から、NEDO 詳細容積法の資源密度と環境省資源密度が大きく異なる原因を以下に整理する。

原因 : 重力基盤深度図の精度

- ・使用した重力基盤深度図の深度分布が NEDO 詳細容積法で検討した貯留層構造モデルの貯留層下限深度と大きく違っている。

原因 : 活動度指数マップの精度

- ・使用した活動度指数マップに反映されていない NEDO 地熱開発促進調査報告書坑井データがある。
- ・JAEA 温泉地化学データベースのデータから AI が算出可能な地点を追加することにより精度向上の可能性がある。

このうち、環境省資源密度図の精度に最も大きな影響を与えていると考えられる原因は「重力基盤深度図の精度」と考えられる。重力基盤深度図の再検討に関しては、全国的な基盤深度図が無いことから、NEDO の貯留層構造モデルやその他収集できるデータを入手し、新第三系の基盤深度（地熱貯留層基盤深度）が推定できる地域について、重力基盤深度図を部分的に修正する方法が考えられる。

また、「活動度指数マップの精度」は、H16 年度以降の NEDO 地熱開発促進調査報告書坑井データの追加と、JAEA 温泉地化学データベースのデータから AI が算出可能な地点を追加することにより向上する可能性がある。

データの信頼性に関する重みづけ等の検討

環境省容積法では、温泉井戸および NEDO 坑井データは活動度指数マップの作成のための AI の検討に用いられている。このうち、温泉井戸データでは湧出する温泉の湧出温度が利用されており、NEDO 坑井データのように深さ方向の温度プロファイルを用いた AI の推定値に比べると、データの信頼性において一段低く考えることもできる。

しかし、現況の八幡平地域および豊肥地域の活動度指数マップと NEDO 資源密度図を比較すると、NEDO 資源密度の高い地域は活動度指数マップでも AI が高い地域と重なっており、容積法の温度構造データとしての活動度指数マップの精度は重力基盤深度分布に比べて比較的高いものと考えられる（図 4-2-18、19 参照）。

現況の環境省資源密度が NEDO 資源密度に比べて系統的に低い状況を補正するために、温泉井戸データと NEDO 坑井データにそれぞれ何がしかの補正係数をかけて活動度指数マップの修正を試みることは可能であるが、前項で検討したように資源密度の誤差が重力基盤深度の与え方の問題であることが大きな原因と考えられること、また、活動度指数

マップが NEDO 資源密度と分布が合っていることを考慮すると、現時点で温泉・坑井データの重みづけを考慮する必要性は低いと考えられる。したがって、温泉・坑井データの重みづけについては、重力基盤深度図の見直しを行った後、さらに地熱資源密度図の精緻化のために必要と判断された時点で実施することが望ましい。

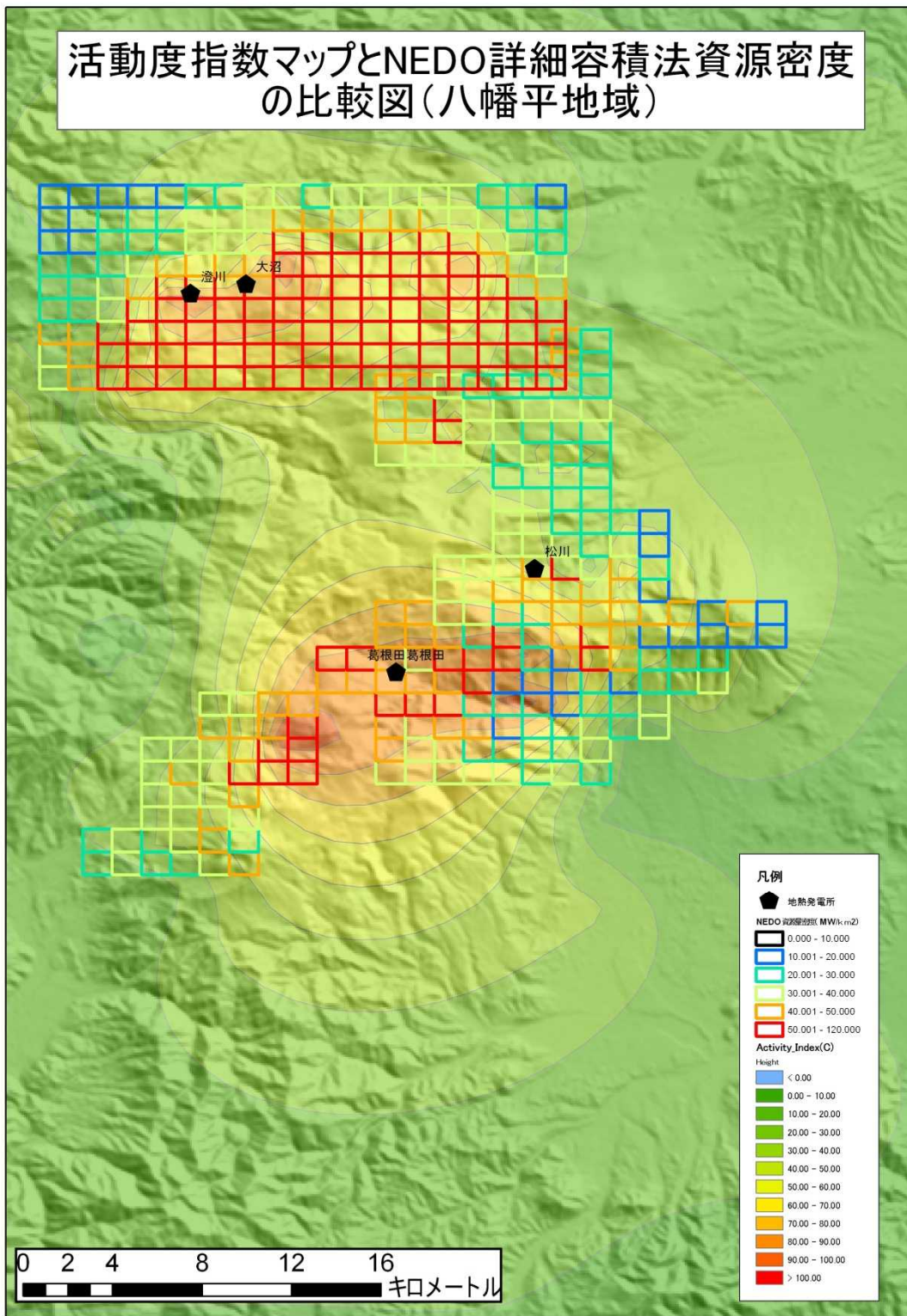


図 4-2-18 活動度指数マップと NEDO 詳細容積法資源密度との比較 (八幡平地域)

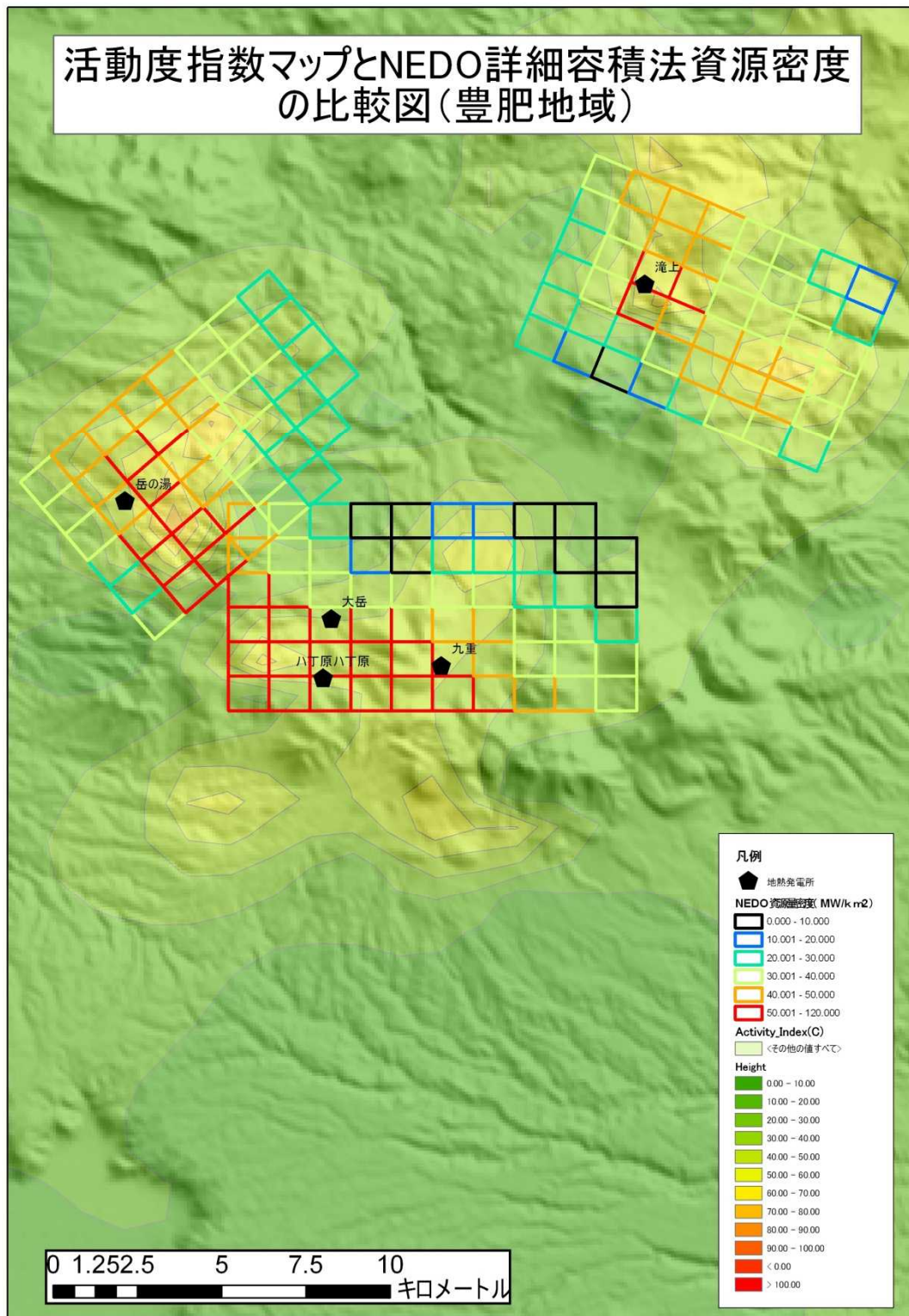


図 4-2-19 活動度指数マップと NEDO 詳細容積法資源密度との比較 (豊肥地域)

外挿・補間方法に関する検討

重力基盤深度図の部分的な見直しにより、補正ができた資源密度範囲とその範囲外では資源密度量にギャップが発生する可能性がある。これを回避する方法として、部分見直しを行なって資源密度が表出したグリッド（見直しグリッド）とこれまでの環境省データグリッドが隣り合うときは、次のように一次調整と二次調整により外挿・補間を実施してスムーズな資源密度分布を表現する（図 4-2-20 参照）。

1)一次調整

見直しグリッドの値と隣り合うグリッドの一つ先のグリッドの値の平均値を隣り合うグリッドの新しいデータとする。

(B4+B2)/2 の値を新しい B3 の値として古い B3 の値は棄却する。

F4 の場合は、 $((E4+G4)/2+(G4+E4)/2) / 2$ （結局は $(E4+G4)/2$ ）として新しい F4 の値とする。F5 の場合は、 $((E5+G5)/2+(F4+F6)/2+(G5+E5)/2) / 3$ である。

補正グリッドが孤立している場合（C11）は、 $C10 = (C9+C11)/2$ 、 $B11 = (A11+C11)/2$ 、 $D11 = (C11+E11)/2$ 、 $C12 = (C11+C13)/2$ とする。

これまでのグリッドが見直しグリッドの中に孤立している場合（H11）は、 $H11 = (H10+G11+I11+H12)/4$ とする。

2)二次調整

一次調整だけだと C2 や F2 のようなコーナーのグリッドが元のデータのままで、滑らかさが損なわれる感じを与える。そこで、次の二次調整を行う。

C2 については、一次調整により得られた C3 の値と D2 の値の平均値を新しい C2 の値とする。F2 についても同様に算出する。

なお、F3 のような場合は G4 のコーナーの位置ではあるが、すでに一次調整により値が入っているので二次調整は行わない。

3)見直しグリッドおよび外挿・補間グリッドの表示

二次調整まで終わったら、見直しグリッドの輪郭線（実線）に加えて、外挿・補間を行ったグリッドの輪郭線（点線）を引く。

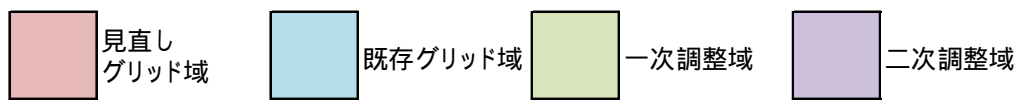
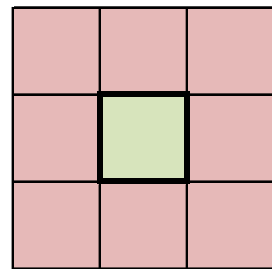
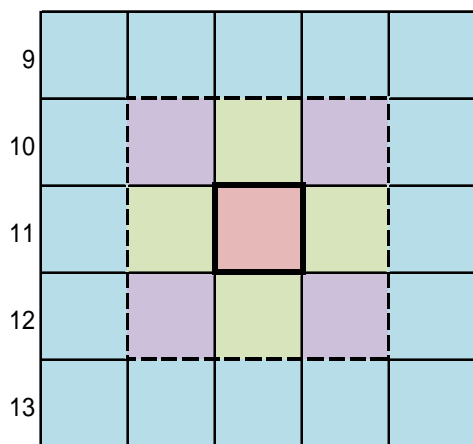
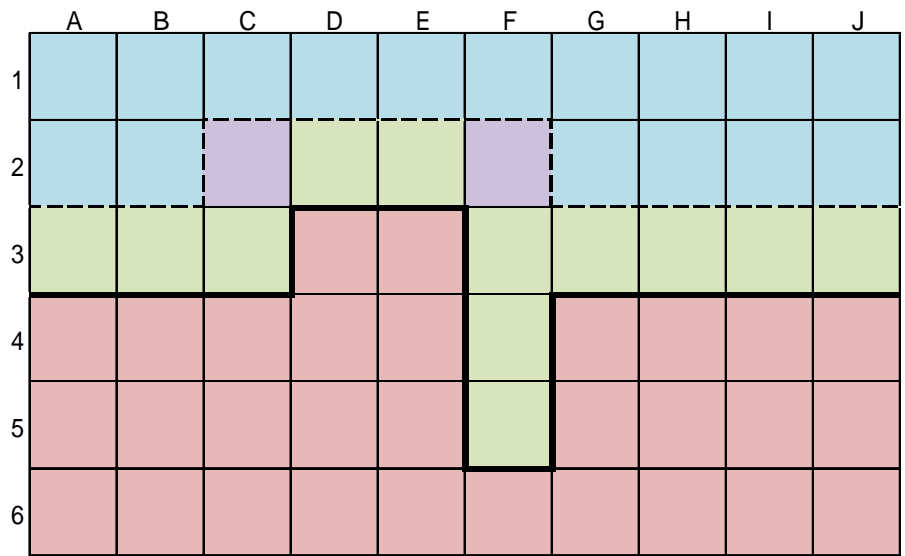


図 4-2-20 外挿・補間方法のイメージ図

4.2.4 特定地域における分析及び検証

地熱資源密度図の精緻化に向けた手法の検討から、精緻化に向けて以下に示す2項目のデータ修正・検討の方針が示された。

重力基盤深度図の部分修正

活動度指数マップの追加坑井データによる修正

ここでは、特定地域として本年度検討する八幡平地域および豊肥地域について、基盤深度の修正を行って地熱資源密度図の精度向上の検証を行った。基盤深度の設定は、NEDO 容積法での一律標高-3,000m という設定方法を参考に、再検討範囲の重力基盤深度を層厚3,000mと設定して計算を行った（産総研の容積法解析プログラムがシステム設定上、「一律標高-3,000m」という設定ができないため層厚を一律で設定した）。これにより、これまで計算されていなかった深い深度の熱資源も取り込めるようになった。

図 3-7-21、22 に、八幡平地域および豊肥地域の分析検証範囲を示す。

図 3-7-23、24 には再計算された資源密度図を示す。再計算の結果、資源密度が表出する範囲が拡大し、再計算前には表出していなかった松川発電所、八丁原発電所、大岳発電所、九重発電所でも、資源密度が表出されるようになった。しかし、再計算された資源密度は0~45,000,000kW/km²と再計算前とは逆に NEDO 容積法資源密度より大きな値となっている。

次に、再計算された資源密度と NEDO 資源密度の相関図を図 4-2-25、26 に示す。また、表 4-2-5 には再計算前後の両地域の近似曲線の傾きと決定係数の比較を示す。

再計算後の決定係数は、八幡平地域で 0.224 から 0.33 に、豊肥地域では 0.00007 から 0.1257 にいずれも向上している。しかし、再計算前後の近似曲線の傾きは八幡平地域が 0.1075 から 319.2 と大きくなり、豊肥地域でも 0.0015 が 167.79 と大きくなった。決定係数が増大したことは、再計算後に両地域の相関性が上がっていることを示す。近似曲線の傾きの変化からは、再計算前には、概ね環境省資源密度 < NEDO 資源密度という関係であったものが、再計算後には環境省資源密度 > NEDO 資源密度となり、関係が逆転したことを示している。

表 4-2-7 再計算前後の両資源密度量の一次近似直線の傾きと決定係数 (R²)

地域名	再計算前		再計算後	
	近似直線の傾き	決定係数 (R ²)	近似直線の傾き	決定係数 (R ²)
八幡平	0.1075	0.2240	319.2	0.33
豊肥	0.0015	0.00007	167.79	0.1257

今回、再計算した環境省資源密度が大幅に NEDO 資源密度より大きくなった理由としては、NEDO 容積法検討業者のヒアリング結果から以下の原因が考えられる。

利用できる蒸気圧の上限設定

NEDO 容積法では、蒸気圧が高すぎても発電には利用できないことを評価するために、地熱貯留層温度が 350 以上となった場合に資源採取が不可能と判断して計算から除外していること。

貯留層深度における熱対流の設定

NEDO 容積法では、坑井温度プロファイル等の詳細調査結果から、流体の地熱貯留層の分布深度範囲では熱対流を考えて、深度方向の温度を一定として設定している。このため、活動度指数で設定される温度勾配に比べて、NEDO 容積法の温度勾配は部分的に低い温度に設定されている可能性があること。

上記、および のデータの誤差については、産総研の容積法検討プログラムでは反映できないため、ここでは、図 4-2-25、26 で示された相関式の傾きを参考に、一律の補正係数を再計算結果に適用して、資源密度の補正を行った。具体的には、八幡平（傾き 319.2）は 1/320、豊肥地域（傾き 167.79）は 1/170 の補正係数を用いて資源密度を補正した。

図 4-2-27、28 に補正を行った特定地域の資源密度図を示す。

今回実施した特定地域における検討により、八幡平地域および豊肥地域では再計算前には資源密度が表出していなかった範囲でも資源密度が表出し、NEDO 容積法による資源密度分布により近い分布図として精緻化することができた。

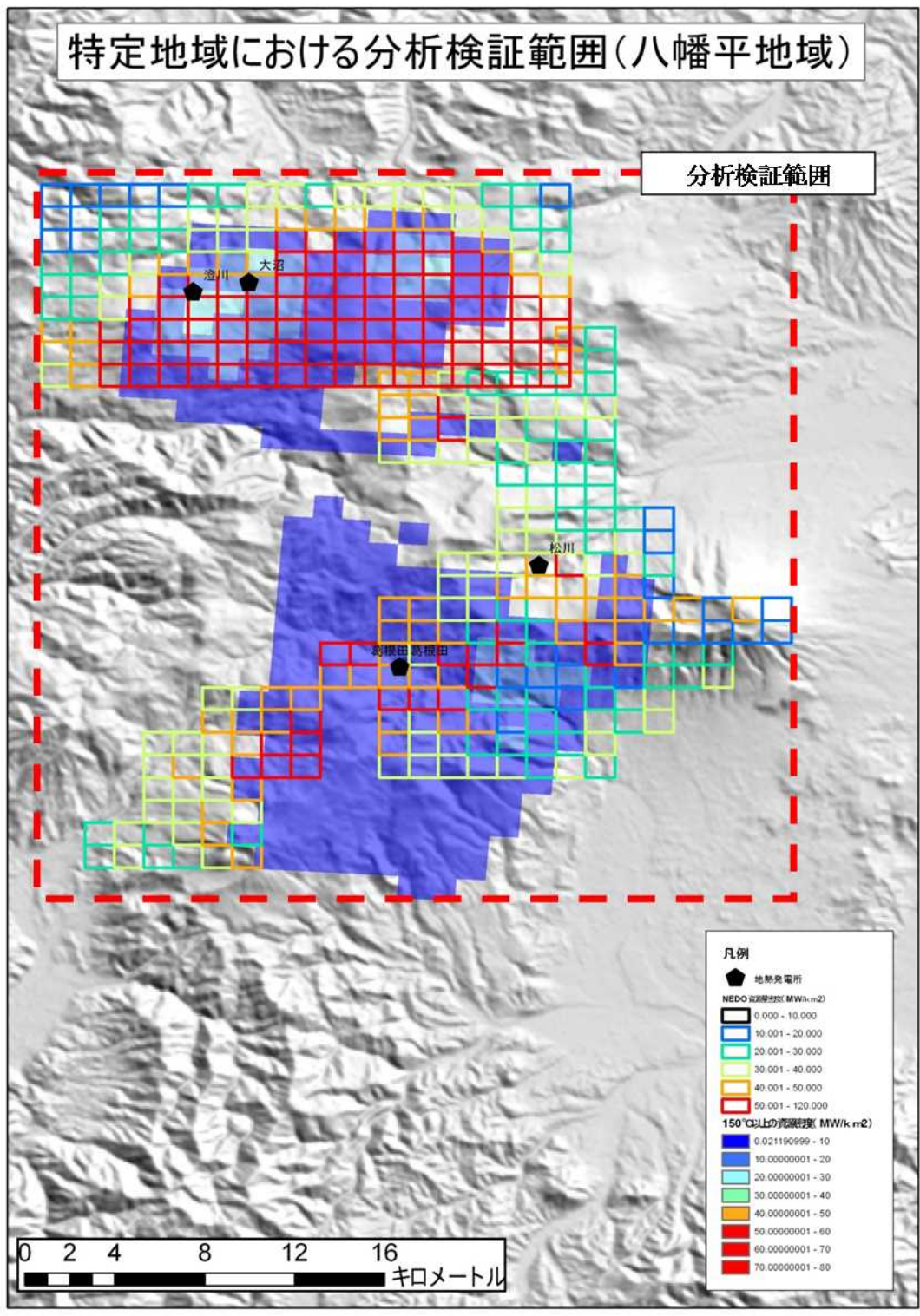


図 4-2-21 特定地域における分析検証範囲 (八幡平地域)

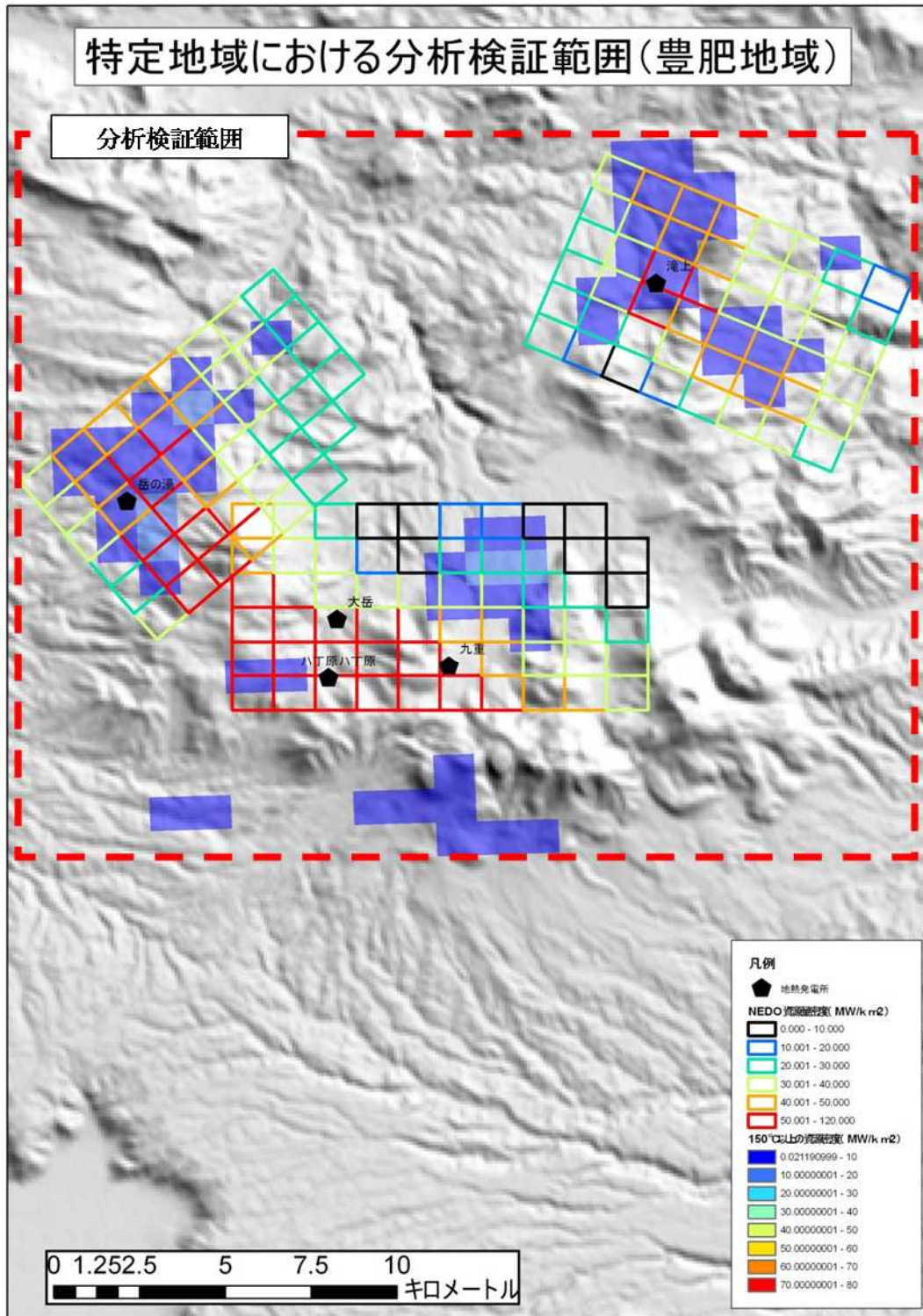


図 4-2-22 特定地域における分析検証範囲 (豊肥地域)

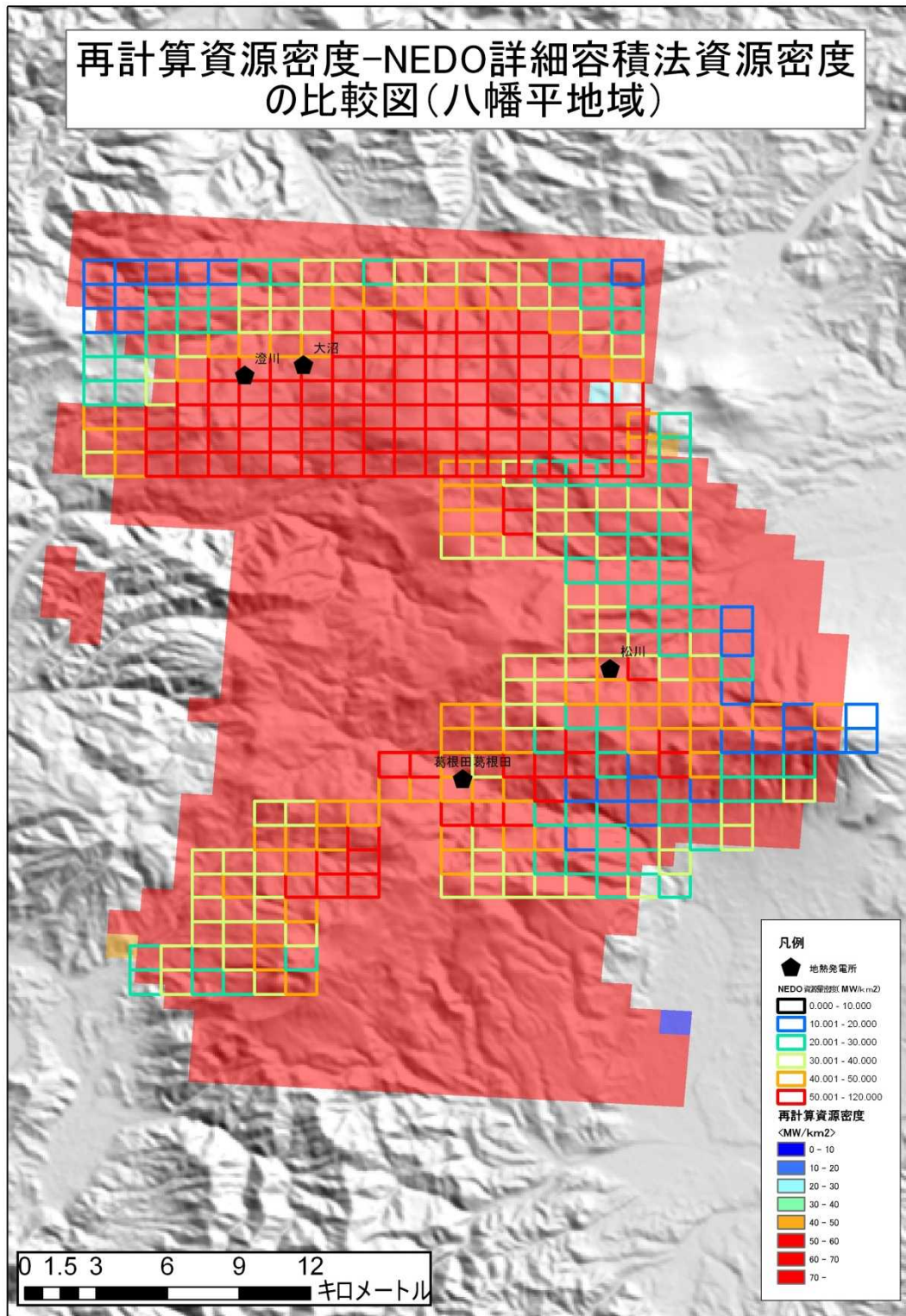


図 4-2-23 八幡平地域における再計算結果

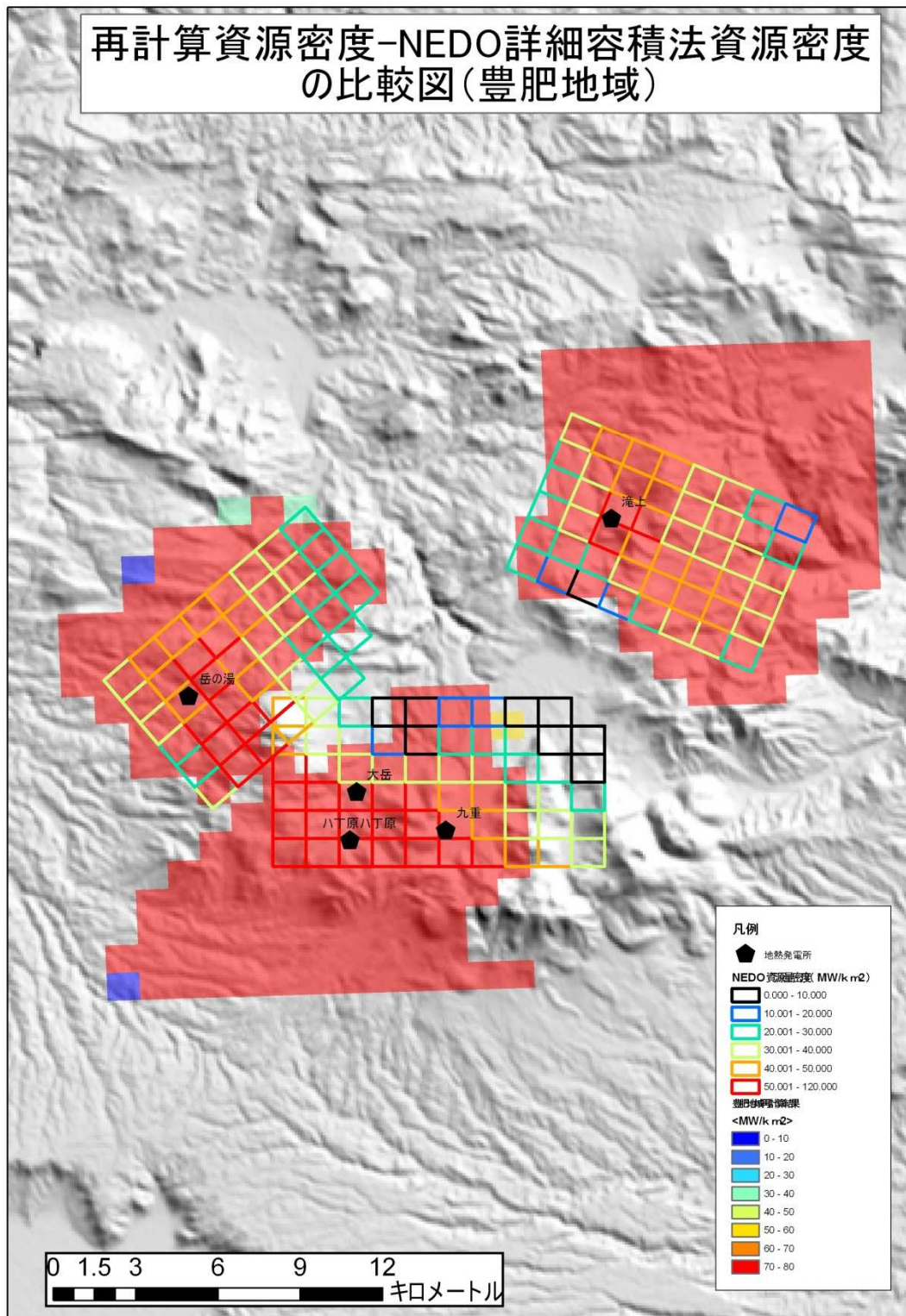


図 4-2-24 豊肥地域における再計算結果

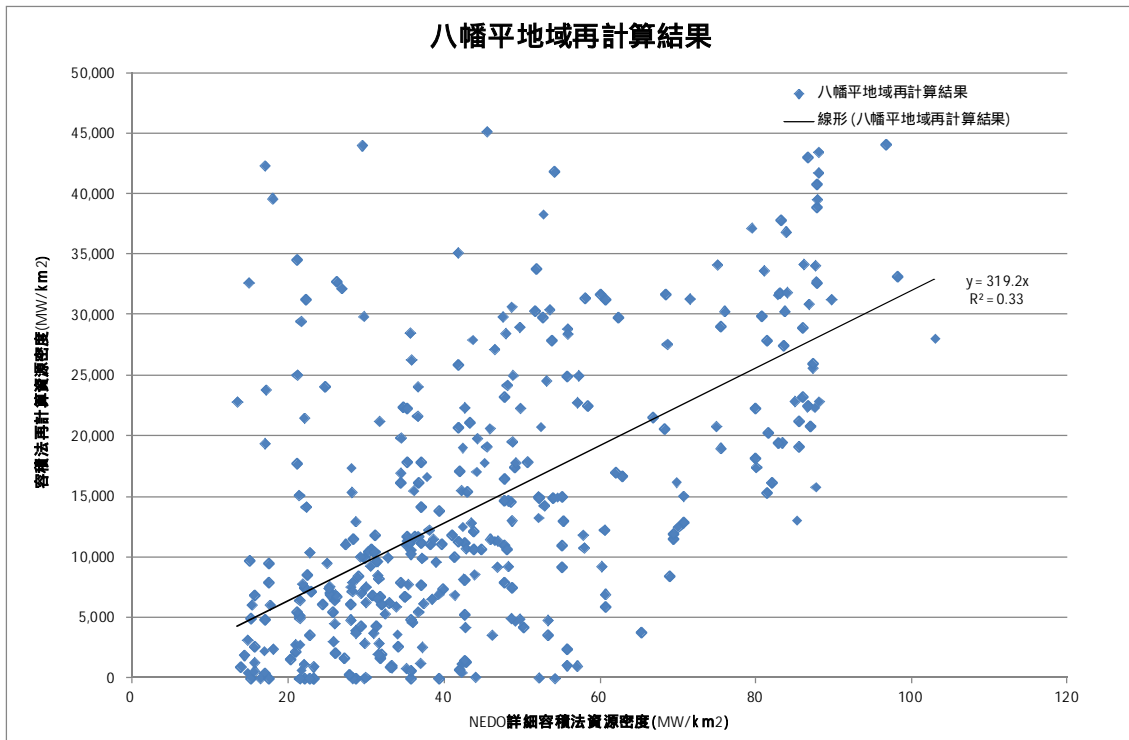


図 4-2-25 再計算資源密度図と NEDO 資源密度図の相関図 (八幡平地域)

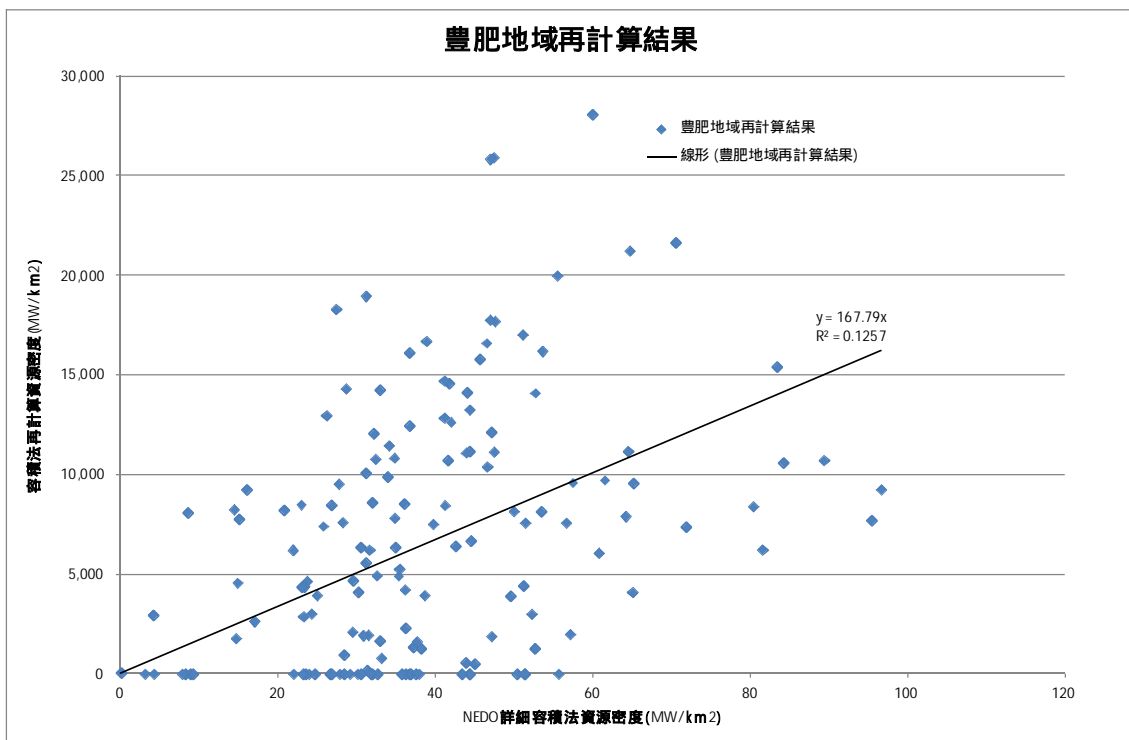


図 4-2-26 再計算資源密度図と NEDO 資源密度図の相関図 (豊肥地域)

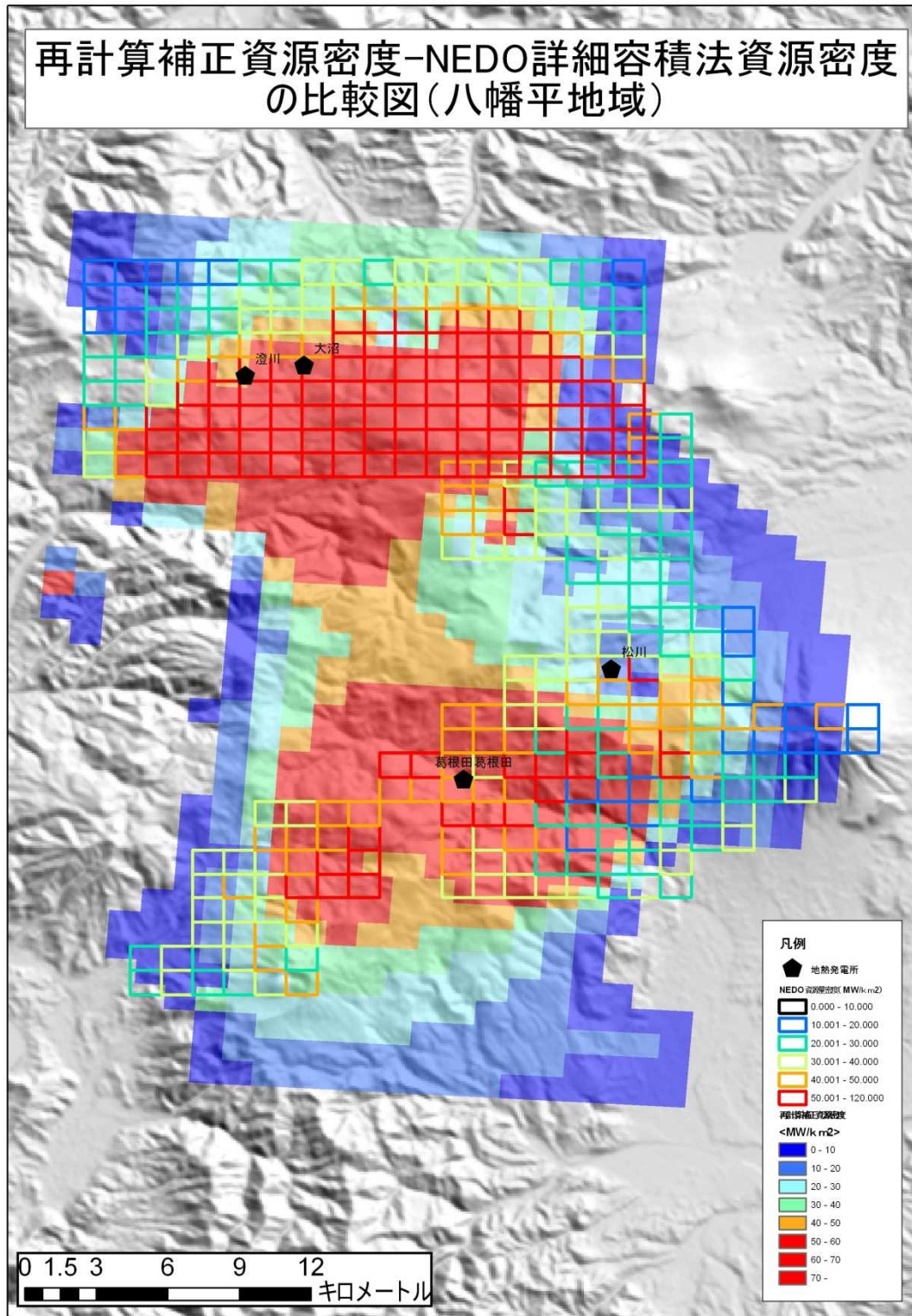


図 4-2-27 補正後の再計算資源密度図と NEDO 資源密度の比較 (八幡平地域)

再計算補正資源密度-NEDO詳細容積法資源密度 の比較図(豊肥地域)

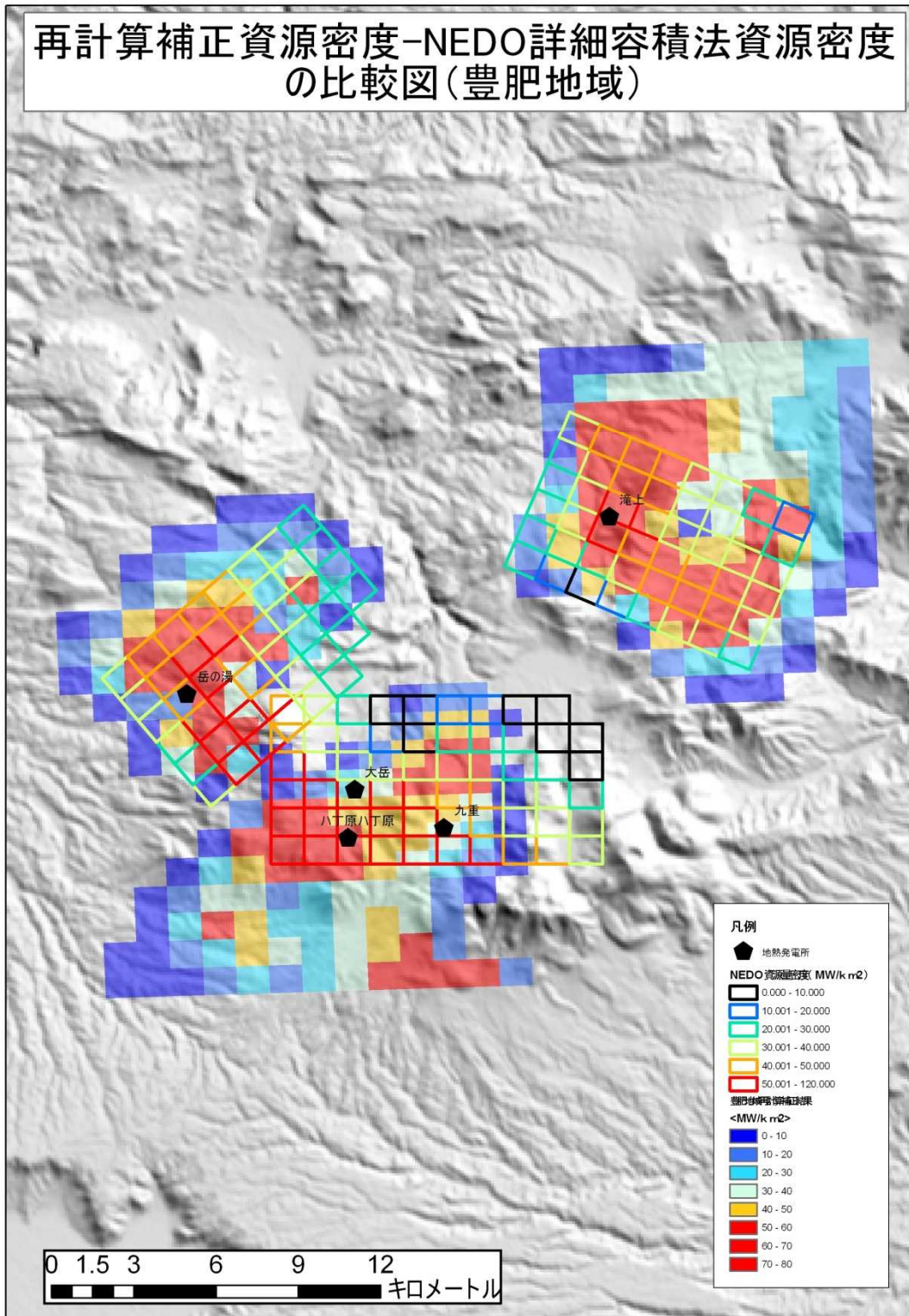


図 4-2-28 補正後の再計算資源密度図と NEDO 資源密度図の比較 (豊肥地域)

4.2.5 発電所の発電状況の推移を考慮した資源量比較データの検討

地熱資源密図で表出した資源密度の妥当性を検証するために、地域内に稼働中の発電所がある場合には、その発電所の発電実績や詳細地下データから得られるポテンシャル量との整合性が認められるかを検討した。

具体的には、江原・野田(2012)「わが国の地熱発電における最近の利用率低下に関する一考察」の検討結果を用いて、地熱発電所を認可設備容量と現状の出力の割合により、以下の区分を実施し、A(認可出力をそのまま利用する)、A'(漸減した出力値と比較する)、B(低下の状況を検討して出力を設定する)とする。

なお、「地熱発電の現状と動向」(火力原子力発電技術協会、2012)では、発電所の稼働率、負荷率、暦日利用率、発電時間利用率、総合利用率を以下のように定義している。

$$\text{稼働率} = (\text{稼働日数} / \text{暦日日数}) \times 100 (\%)$$

$$\text{負荷率} = (\text{暦日平均電力} / \text{最大電力}) \times 100 (\%)$$

$$\text{暦日利用率} = \text{発電電力量} / (\text{認可出力} \times \text{暦日時間数}) \times 100 (\%)$$

$$\text{発電時間利用率} = \text{発電電力量} / (\text{認可出力} \times \text{発電時間数}) \times 100 (\%)$$

総合利用率 = 当該年度途中で運転開始した発電所も年度初めから運転したも
 のとしてカウントしているため、利用率は低めに算定されている。
 ただし、平成12年度以降は問題ない。

しかし、すべての発電所を同様に評価するために、江原・野田(2012)の評価手法である簡易発電利用率を用いて発電所の区分を実施した(図4-2-29~31)。

$$\text{簡易発電利用率} = (\text{年間の1時間最大電力} / \text{認可出力}) \times 100 (\%)$$

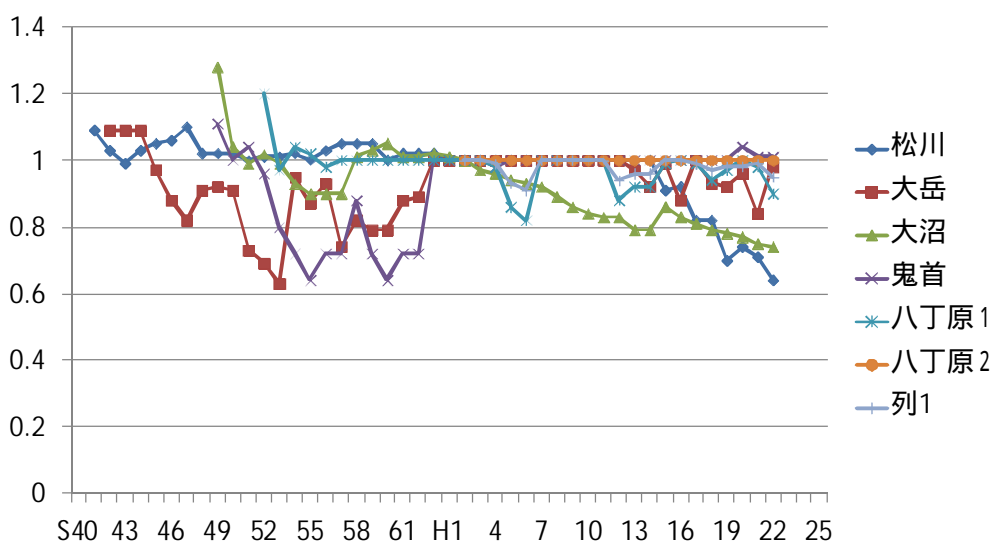


図4-2-29 簡易発電利用率の経年変化(1)

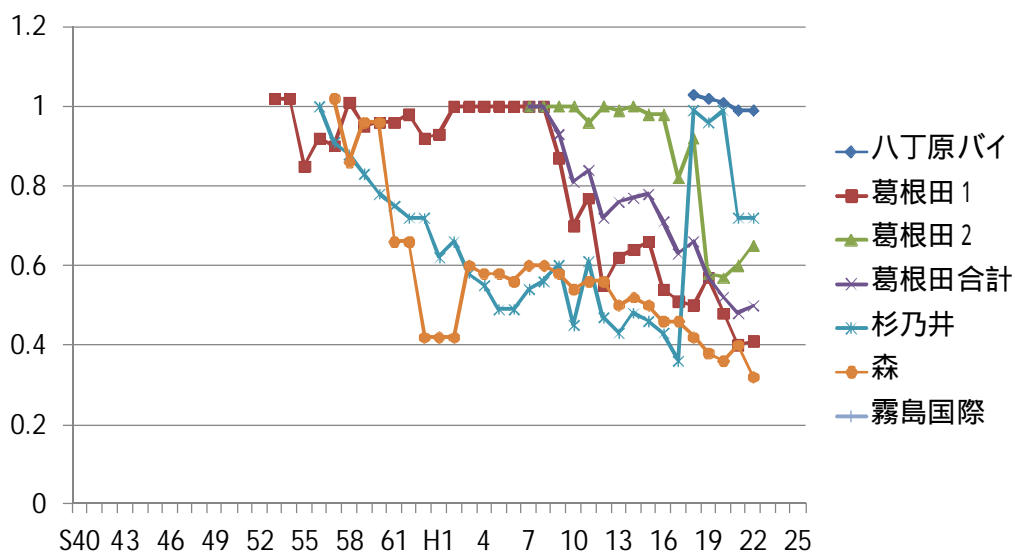


図 4-2-30 簡易発電利用率の経年変化 (2)

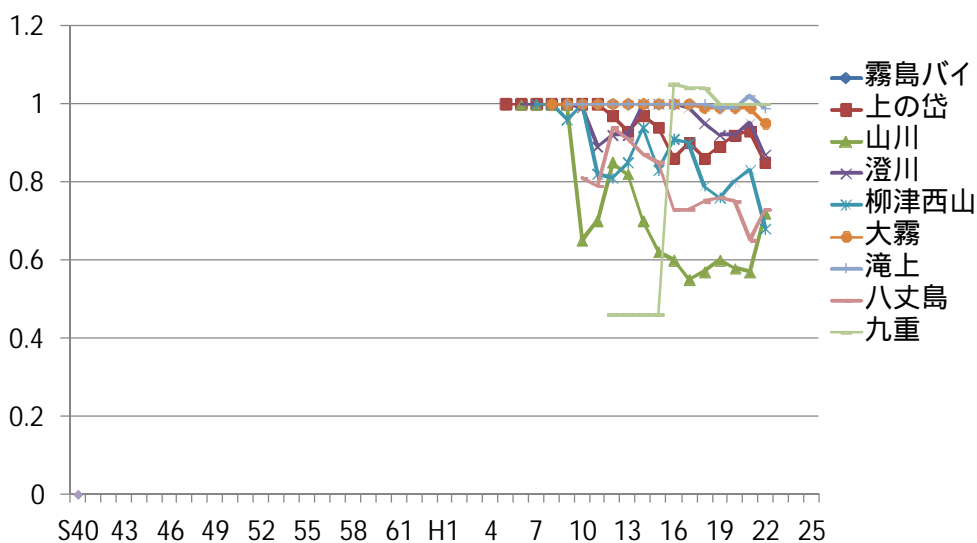


図 4-2-31 簡易発電利用率の経年変化 (3)

- 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) H22 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) H22 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) H22 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)

表 4-2-8 発電所の発電状況の推移を考慮した発電所出力の検討結果と特定地域での資源密度見直し結果を比較

NO	発電所名	H22仮設設備容量 (kW)			NEDO容積法 資源密度 (kW/km ²)	NEDO容積法 仮設設備容量 (kW)	H22現在の 設備容量 (kW)	H22現在の 認可出力 (kW)	H22平均 発電量 (kWh)	H22最大 電力 (kW)	発電所区分	比較する 発電所出力 (kW)	特定地域での見直し結果	
		53~120	120~150	150 以上									資源密度 (kW/km ²)	仮設設備容量 (kW)
1	森	2	-	-	-	-	50,000	50,000	12,680	16,000	B	16,000		
2	大沼	185	4,035	131,728	68,640	485,188	10,000	9,500	6,717	7,000	B	7,000	65,900	465,820
3	澄川	733	3,316	145,659	81,400	575,383	50,000	50,000	35,001	43,700	A'	50,000	40,670	287,479
4	松川	712	-	-	48,650	343,887	23,500	23,500	12,035	15,100	B	15,100	23,010	162,648
5	葛根田	139	762	27,815	49,800	352,015	50,000	50,000	17,787	20,300	B	20,300	69,690	492,610
6	葛根田	139	762	27,815	49,800	352,015	30,000	30,000	15,142	19,600	B	19,600	69,690	492,610
7	上の岱	15	5,266	42,619	55,350	391,246	28,800	28,800	21,076	24,400	A'	28,800		
8	鬼首	204	2,377	12,678	39,980	282,602	25,000	15,000	9,830	15,200	A	15,000		
9	柳津西山	593	2,964	67,940	71,930	508,443	65,000	65,000	30,929	44,200	B	44,200		
10	八丈島	-	-	-	-	-	3,300	3,300	1,895	2,416	B	2,416		
11	杉乃井	1,488	154	-	-	-	1,900	1,900	948	1,360	B	1,360		
12	滝上	596	1,762	27,261	52,680	372,373	27,500	27,500	25,769	27,300	A	27,500	73,110	516,784
13	大岳	1,139	-	-	64,160	453,520	13,000	12,500	8,779	12,310	A	12,500	23,100	163,284
14	八丁原	1,362	231	-	96,650	683,179	55,000	55,000	41,920	49,760	A	55,000	46,520	328,831
15	八丁原	1,362	231	-	96,650	683,179	55,000	55,000	48,264	54,550	A	55,000	46,520	328,831
16	大霧	1,250	46	-	61,430	434,223	30,000	30,000	27,362	28,500	A	30,000		
17	霧島国際ホテル	207	444	-	61,060	431,608	100	100	14	43	B	43		
18	山川	560	9,512	213,851	-	-	30,000	30,000	17,333	21,500	A'	30,000		
19	九重	1,635	94	-	60,760	429,487	2,000	990	939	990	A	990	69,290	489,782
20	岳の湯	327	1,643	29,951	47,130	333,142	-	-	-	-	H14に廃止	-		

1 仮設発電所の設備容量 (kW): 地熱発電導入ポテンシャル量 (kW/km²) × 1.5km × 1.5km × (H22 報告書の算出手法)

特定地域の資源密度見直し結果から資源密度と仮設設備容量を算出する。

2 森発電所は、認可出力を平成 24 年 9 月から 25,000kW に下げている。大岳発電所は、平成 25 年から認可出力を 15,000kW に変更予定。

4.2.6 今後の実施方針について

本年度の検討結果から明らかになった地熱資源密度図の精緻化のための課題とその対応方針を表 4-2-9 に示す。

表 4-2-9 地熱資源密度図の精緻化のための課題とその対応方針

課題	具体的な内容	対応方針
重力基盤深度図について	重力基盤深度図の深度分布が現実の地熱貯留層基盤深度との誤差が大きく、過大評価・過小評価の原因になっている。	代わりとなる全国的な基盤深度データがないため、NEDO 地熱開発促進調査等の坑井データまたは地熱貯留層モデル、地域地質構造データ、HWL 地層処分の調査坑井データ、探鉱ボーリングデータなどを収集して部分的に重力基盤深度図の見直しを実施する。
活動度指数マップについて	新しい NEDO 坑井データが現状の活動度指数マップに反映されていない。	坑井の数が多くないため、現状の活動度指数マップへの影響は大きくないと考えられるが、坑井データから活動度指数を算出して全国的な活動度指数マップの見直しを実施する。
過大評価、過小評価地域の対応について	NEDO 地熱開発促進エリアなど地熱資源の集中している部分や、玄武岩地域などでは地熱資源密度が過小評価されている。逆に、密度の低い地質分布の部分では過大評価されている可能性がある。	部分的に見直した重力基盤深度図と活動度指数マップによる地熱資源密度の再計算により、より現実に近い地熱資源密度を算出する。

重力基盤深度図に関しては、全国的な新たな基盤深度図が無いことから、以下のデータを入手し、新第三系の基盤深度が推定できる地域について、重力基盤深度図を部分的に修正する方法が考えられる。

- ・ NEDO 地熱開発促進調査等の坑井データまたは地熱貯留層モデル
- ・ 地域地質構造データ（産総研：「関東平野の先第三系基盤上面モデル」、研究論文等）
- ・ HWL 地層処分の調査坑井データおよび地質構造モデル
- ・ その他ボーリングデータ（探鉱ボーリングなど 500～1,000m 以上調査坑井）
- ・ 表層地質図の先新第三系分布域の修正（先新第三系の分布域は基盤深度を 0 とする¹⁾）
¹： 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、詳細な調査結果がある場合には詳細調査結果を優先する。

また、活動度指数マップに関しては、反映されていない坑井データおよび JAEA 温泉地化学データベースデータのうち AI を算出可能な地点で AI を算出して現在の活動度指数マップを更新することが考えられる。

図 4-2-33 に地熱資源密度図の精緻化方法のイメージ図を示す。

なお、これらのデータ見直しにより、部分的な地熱資源密度図の精緻化は図ることができると考えられるが、地熱貯留層のモデルは地域によって対象地質や熱水の賦存形態（多孔質媒体、亀裂性媒体など）が異なっていると考えられるため、全国の貯留層基盤深度を同列にモデリングする手法がない現状では、全国を同じ精度で精緻化することには限界がある。

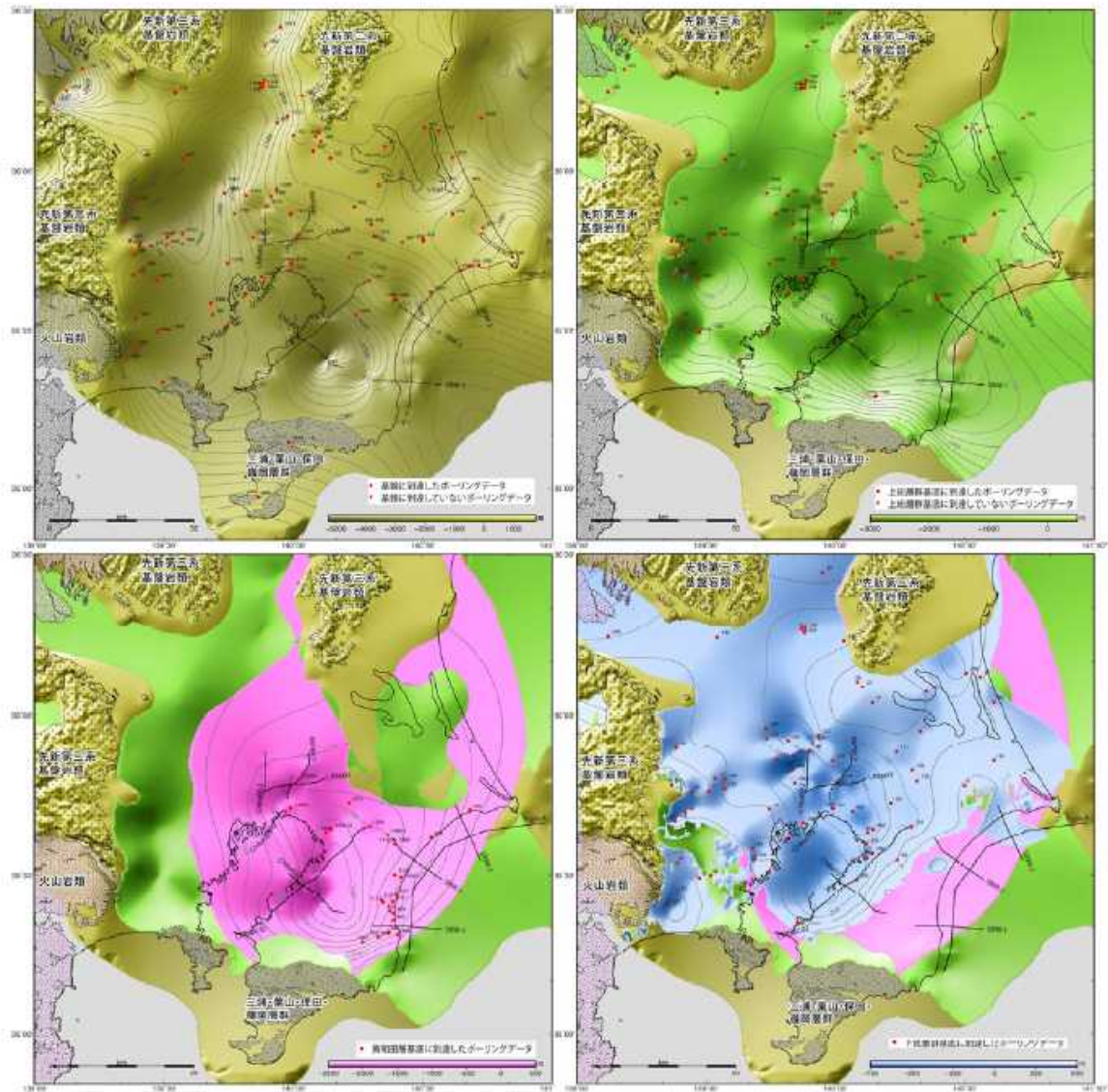


図 4-2-32 推定した地質境界面の深度分布

左上図、基盤上面の深度分布 (R11 面) 右上図、上総層群基底面 (R10 面) 左下図、黄和田層基底面 (R9a 面) 右下図、下総層群基底面 (R1 面)。各図中の赤丸は、その地質境界面に達したボーリングデータ。反射法地震探査測線は黒線。

木村克己他、(2011)「地質地盤情報データベース・地質モデルの整備と WEB 公開システムの開発」、統合化地下構造データベースの構築 第 5 回シンポジウム講演要旨より、引用

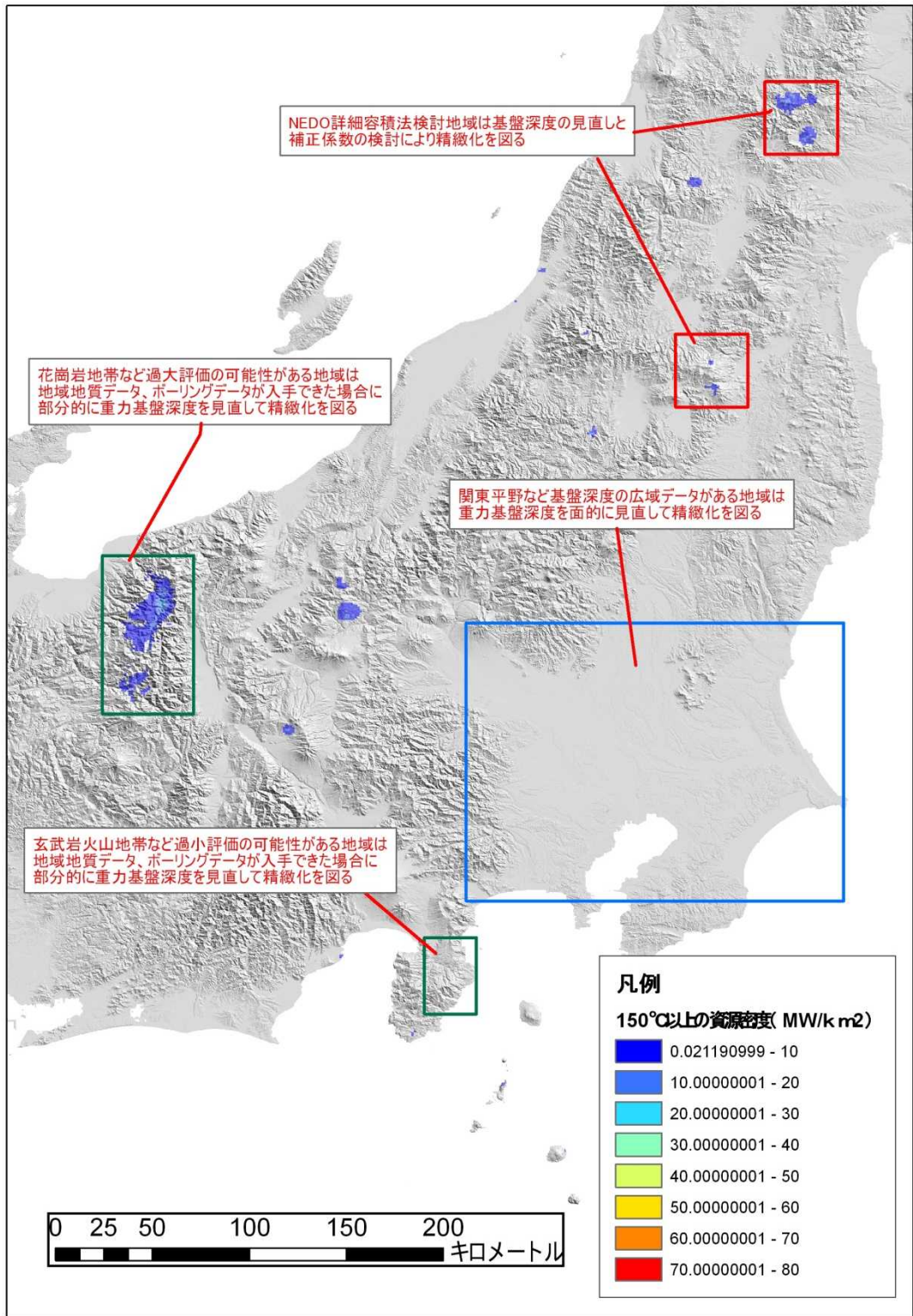


図 4-2-33 地熱資源密度図の精緻化方法のイメージ図