

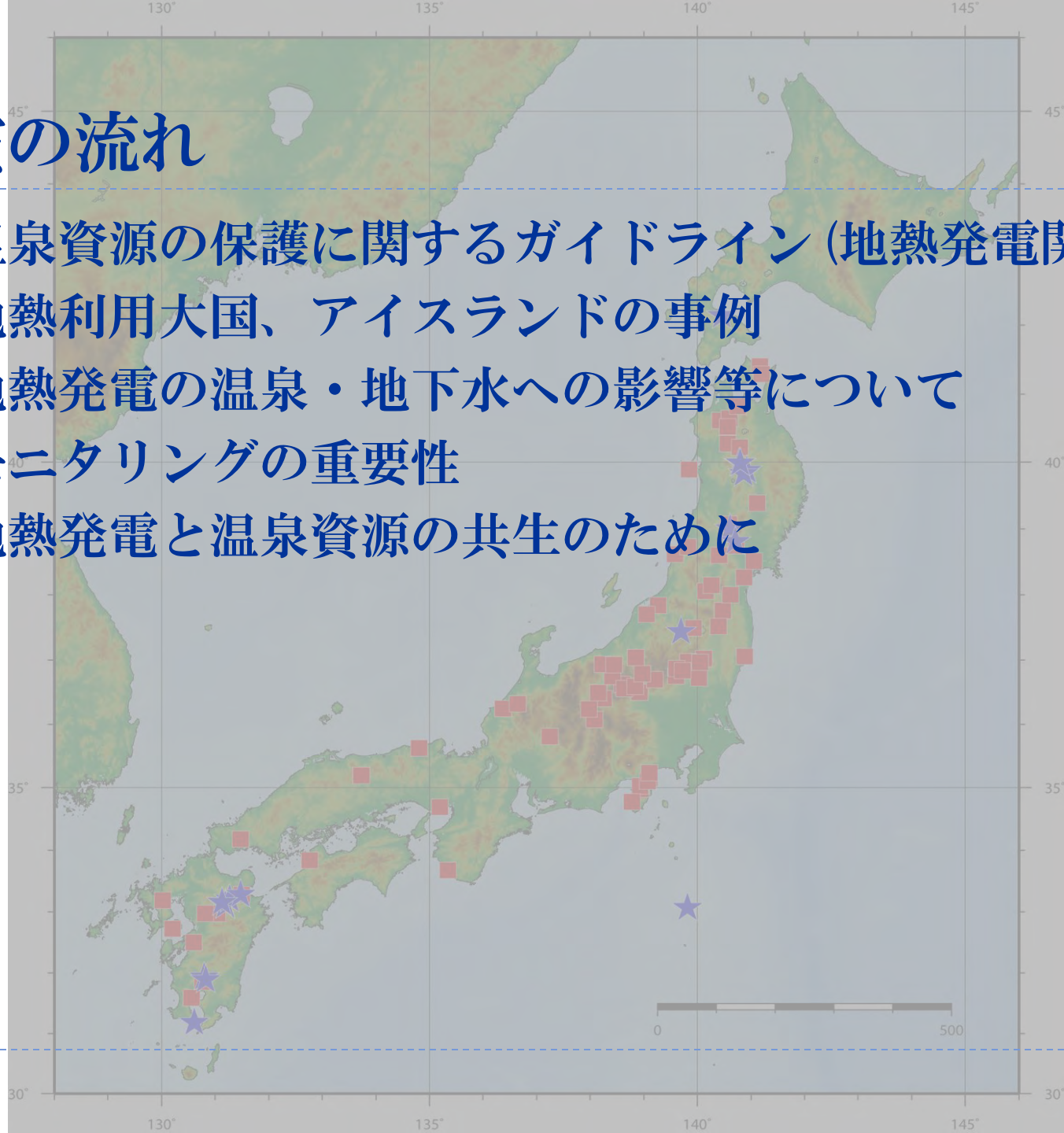
地熱発電と温泉資源との共生について
地熱発電の可能性と環境影響評価に関するシンポジウム
(2012.08.30)

神奈川県温泉地学研究所
板寺一洋

0 500

講演の流れ

1. 温泉資源の保護に関するガイドライン (地熱発電関係)
2. 地熱利用大国、アイスランドの事例
3. 地熱発電の温泉・地下水への影響等について
4. モニタリングの重要性
5. 地熱発電と温泉資源の共生のために



1. 温泉資源の保護に関するガイドライン(地熱発電関連)

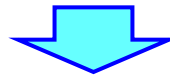
- ▶ 策定の経緯
- ▶ 概要



ガイドライン策定の経緯

地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ～環境大臣 小沢鋭仁 試案～（H22.3.31）

再生可能エネルギーのうち地熱発電については、2005年：55万kW→2020年：最大171万kW（温泉発電含む） 約3倍へ



規制・制度改革に係る対処方針について（H22.6.18 閣議決定）

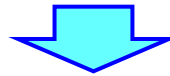
再生可能エネルギーの導入促進に向けた規制の見直し

（自然公園・温泉地域等における風力・地熱発電の設置許可の早期化・柔軟化等）

地熱発電に関しては

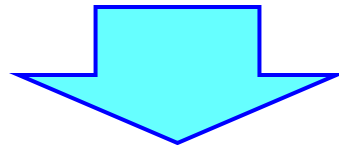
温泉法における掘削許可の判断基準の考え方を策定し、ガイドラインとして運用するよう通知する。

＜平成22年度中検討開始、結論を得次第措置＞



新成長戦略実現に向けた3段階の経済対策（H22.9.10 閣議決定）

実施時期：平成22年度中検討開始・平成23年度中を目途に結論・措置



地熱発電の開発のための掘削の許可の判断基準の考え方の策定に向けた検討に着手

温泉資源の保護に関するガイドライン (地熱発電関係) の概要

- **ねらい**

現在稼働している規模の地熱発電所に相当する規模の地熱発電の開発の各段階における掘削等について、温泉法における許可又は不許可の考え方を示すこと。

- **地熱資源の一般概念等**

- **地熱開発のための掘削許可に係る判断基準の考え方**

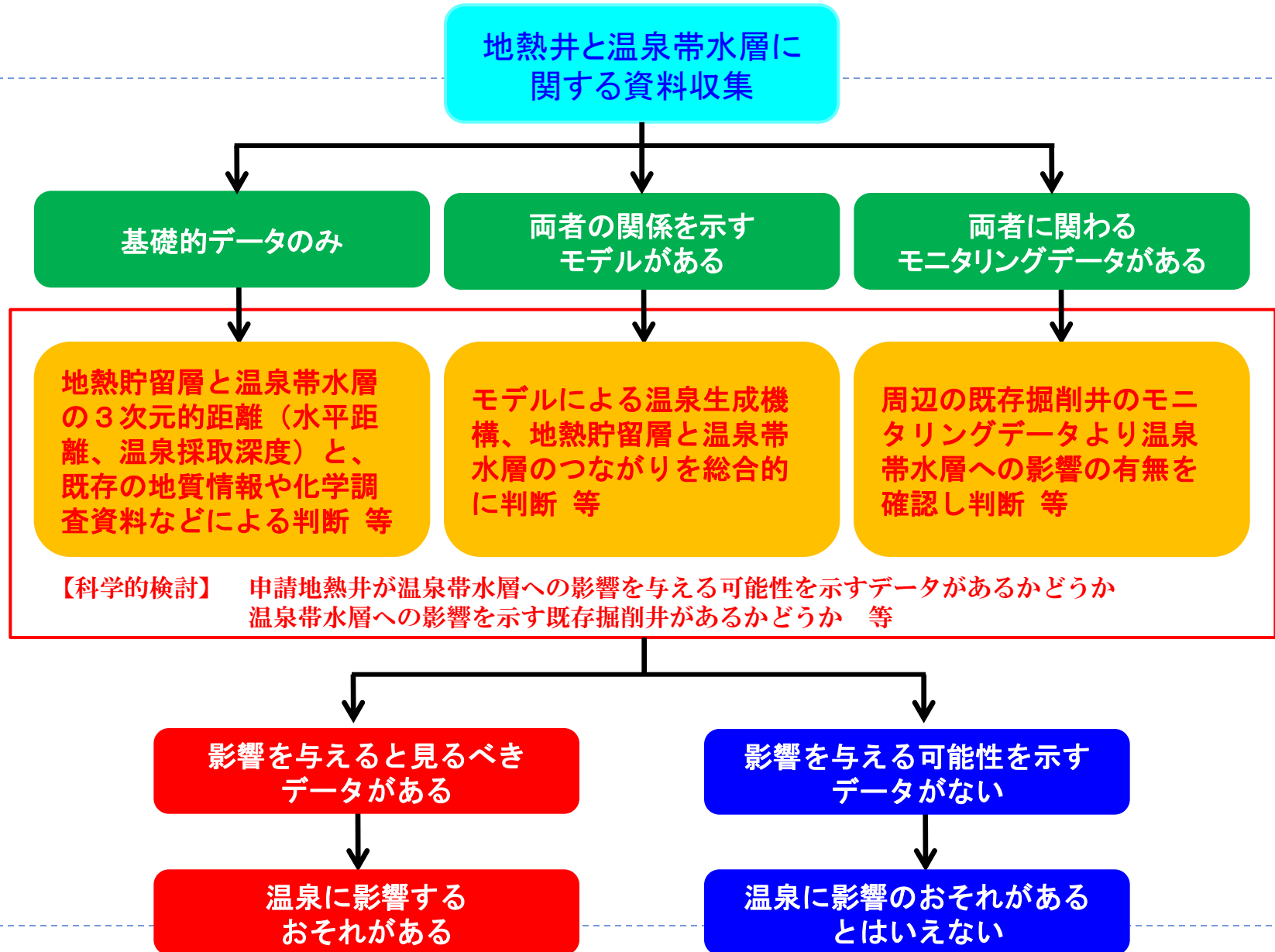
- ✓ 掘削許可に係る判断基準の考え方
- ✓ 地熱開発のための調査について
- ✓ 温泉の生成機構分類と地熱開発による温泉影響の可能性
- ✓ 各段階における掘削許可の判断に係る情報及び方法等

- **関係者に求められる取り組み等**

環境省→都道府県へ通知 (H24.3.27)

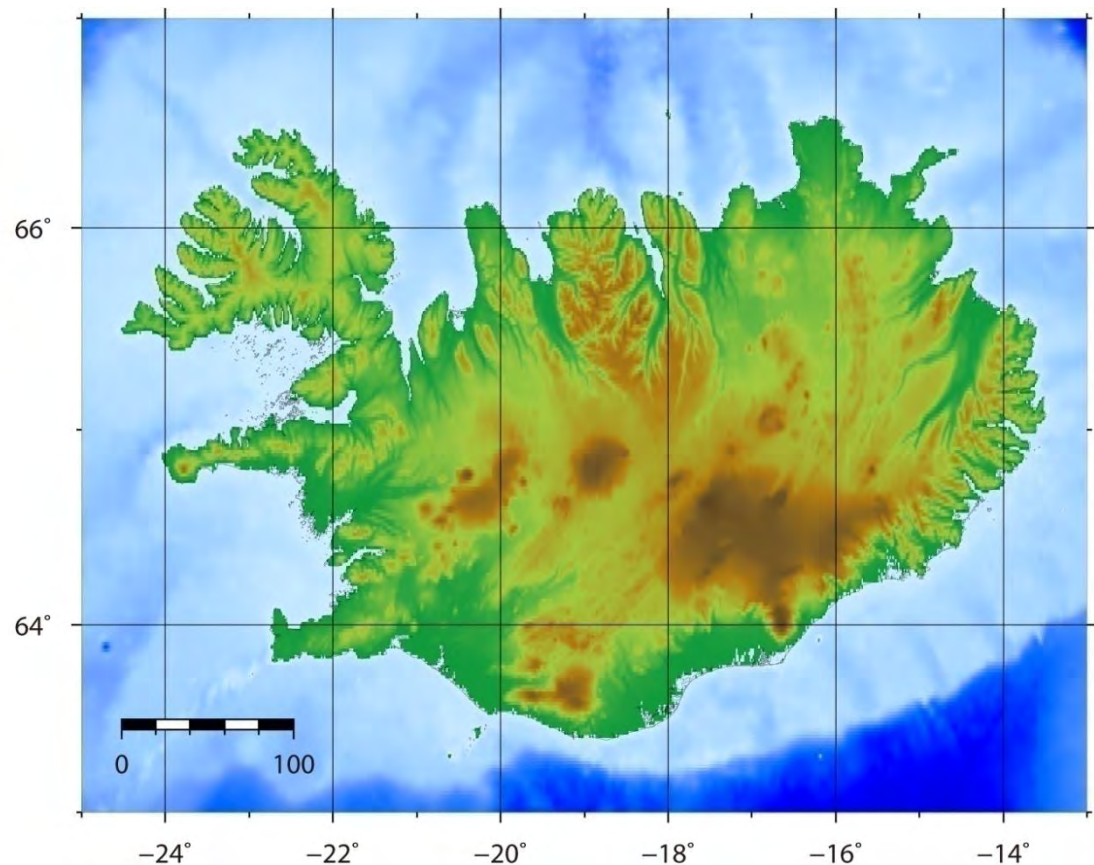
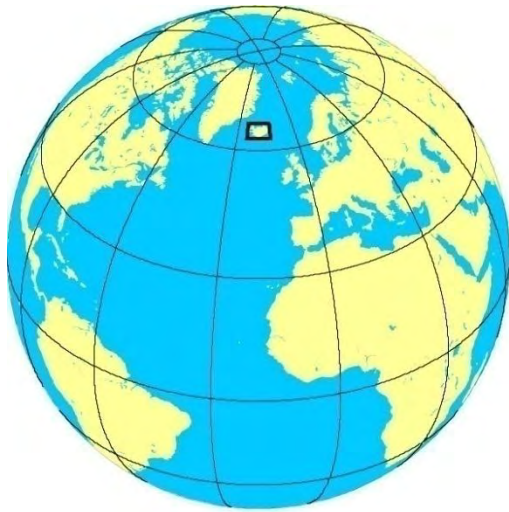


掘削許可に関する判断のフロー (例)



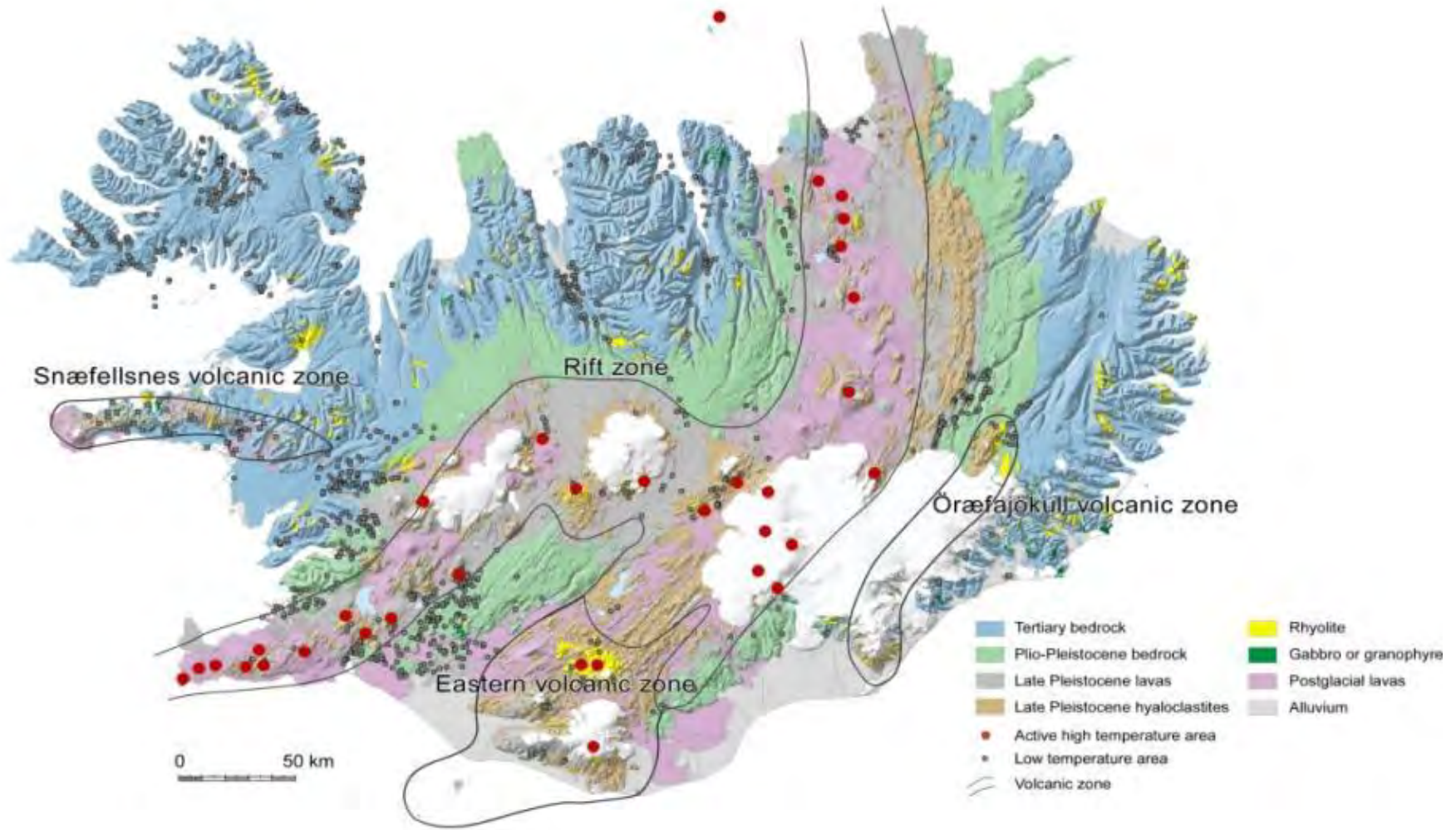
2.地熱利用大国、アイスランドの事例

- 価値観の転換と地熱利用
- マスタープラン、関係機関の連携
- 日本でいう<温泉文化>というものは存在しない

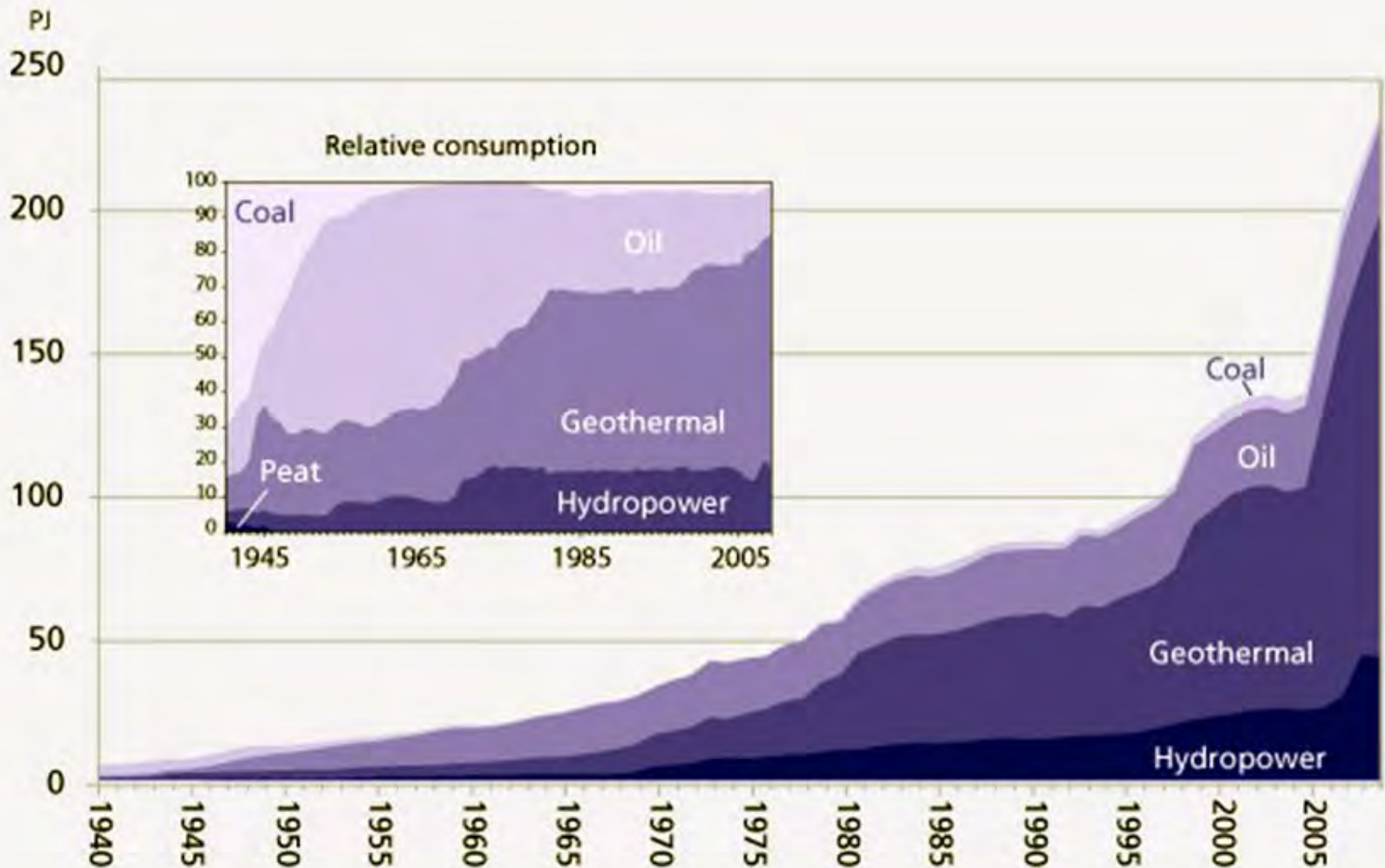


高温地域と低温地域

- 高温地域 (深度1000mで200℃以上)
 ● 低温地域 (" 150℃未満)

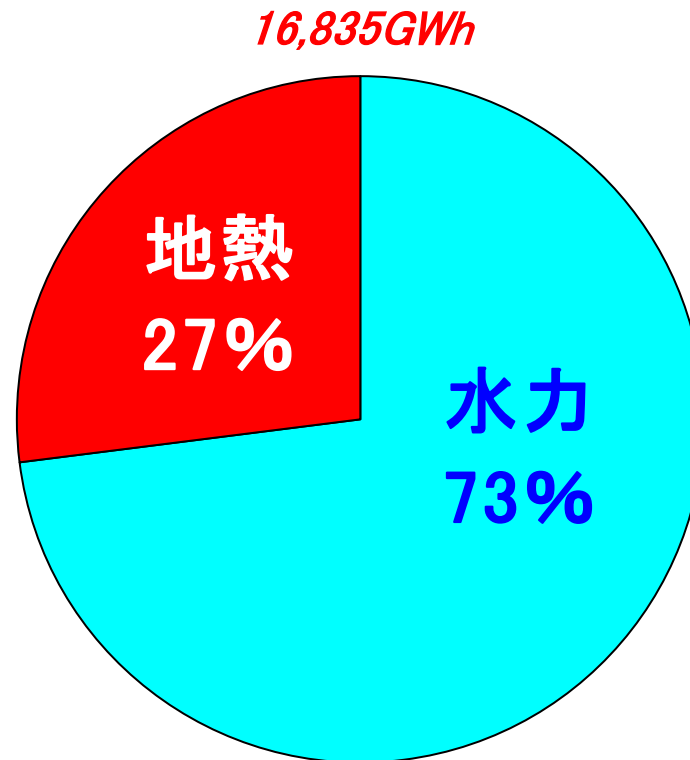


一次エネルギー消費量の推移 (1940-2008)



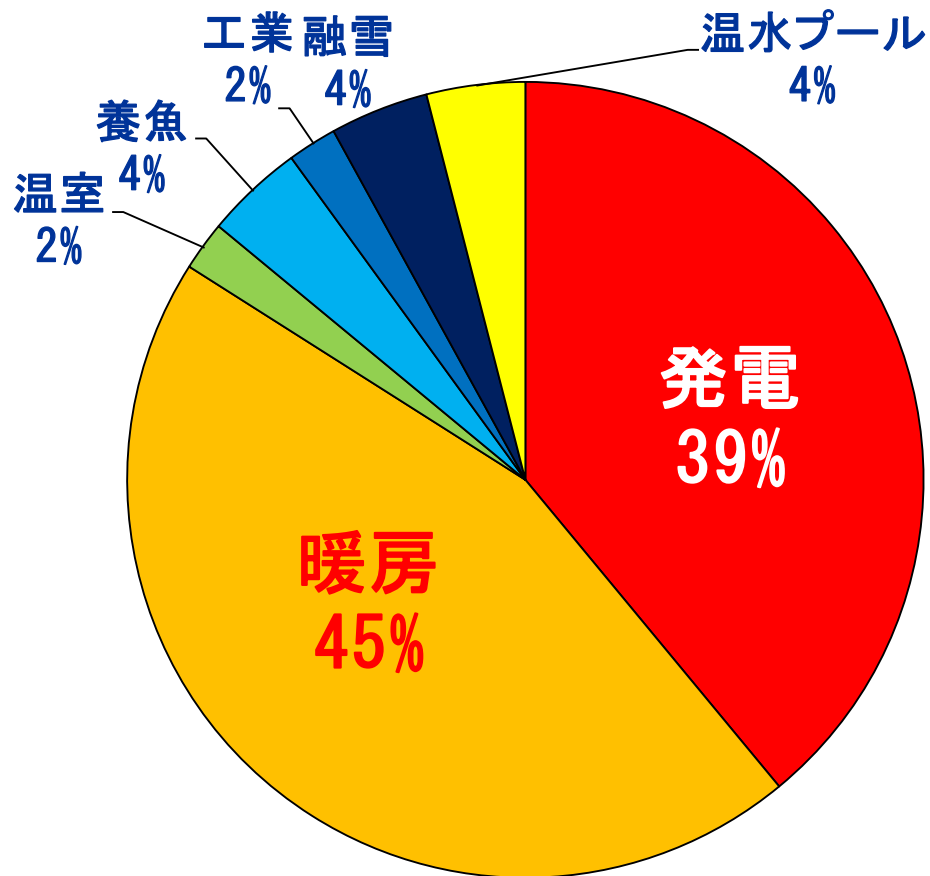
アイスランドにおける発電事業 (2009)

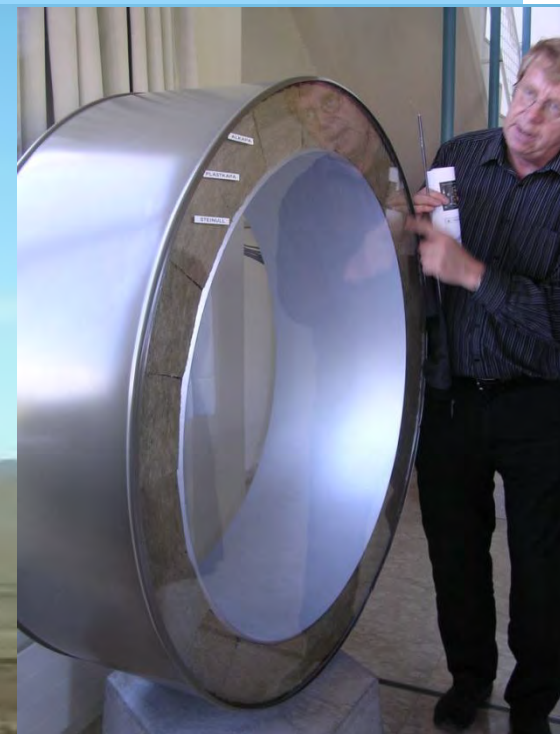
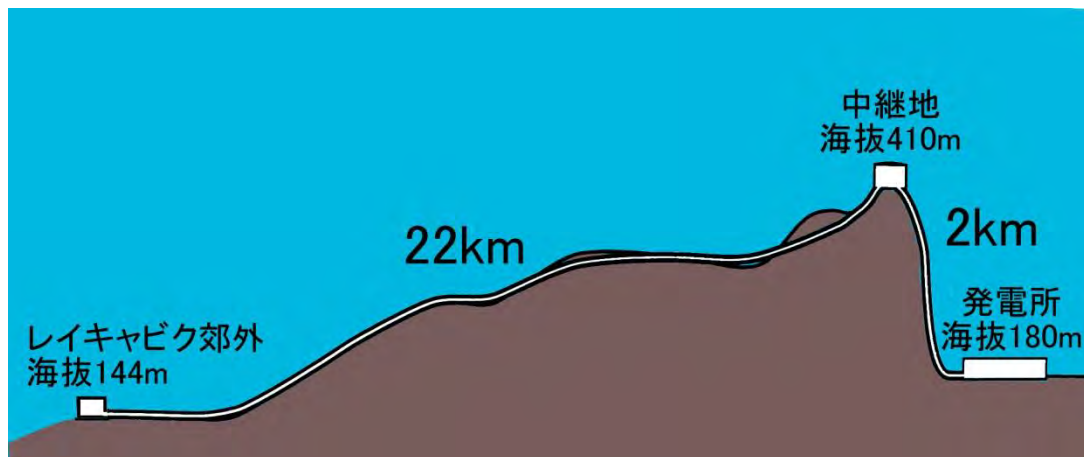
総発電量 16,835GWh
総設備容量 2,443MW



地熱エネルギー利用の内訳 (2009)

地熱エネルギー利用総量 41.7PJ





パイプライン総延長(発電所～レイキャビク市): 約32km
熱水(85℃)の輸送量: 560リットル/秒 = 33.6t/分 (温度低下: 約1℃!)

地熱および水力の発電所の立地に関するマスタープラン

- ▶ 1999年から策定に向けた動きが始まった。
- ▶ 科学的情報の集積の上に成り立つべきであるとの考えに基づき、開発適合地/不適合地の分類等、実践的な分析を実施。
- ▶ 候補地の選定は、商工省が原案(84箇所)を作成し、保護区内の開発候補地を除外(15箇所)した残り69箇所を対象として運営委員会(商工省、環境省等から選出される委員)に諮られ決定された。
- ▶ 策定過程において、分析データ・結果を含めて広く国民に公表されたため、科学的根拠をもった指針として広く認知されている。

地熱開発事業者は、踏査、探査、開発、モニタリング等の各段階ごとに、商工省所管法に基づくライセンスを取得し、実施する。



MASTERPLAN FOR ICELAND POWERPLANT OPTIONS

地熱および水力の開発候補地...84ヵ所
(内訳)

- ・ 国立公園内であり開発不可...15ヵ所
- ・ 自然環境保全上、開発不可...20ヵ所
- ・ 開発許可...22ヵ所
- ・ 開発調査中...27ヵ所

- 1 Hvítá í Borgarfirði
- 2 Glámuvírkjun
- 3 Skutuvatnsvírkjun
- 4 Hvítá, Ötlegastirði
- 5 Blámdúveita
- 6 Skatastáðavírkjun B
- 7 Skatastáðavírkjun C
- 8 Villinganesvírkjun
- 9 Fjöldshnjúksvírkjun
- 10 Hrafnabjargavírkjun A
- 11 Eyjafallsvírkjun
- 12 Arnardalsvírkjun
- 13 Helmingsvírkjun
- 14 Djúpa
- 15 Hverfistjót
- 16 Skattáveita með miðlun í Langasjó
- 17 Skattáveita án miðlunar í Langasjó
- 18 Skattávírkjun
- 19 Hólmsávírkjun - án miðlunar
- 20 Hólmsávírkjun - miðlun
- 21 Hólmsáflói
- 22 Markartjótavírkjun A
- 23 Markartjótavírkjun B
- 24 Tungnaádrón
- 25 Bjálavírkjun
- 26 Skokkólduvírkjun
- 27 Norðlingabóludúveita
- 28 Búðarhálsvírkjun

- 29 Hvammsvírkjun
- 30 Holtavírkjun
- 31 Úrriðarfossvírkjun
- 32 Gyggjafossvírkjun
- 33 Bláfellsvírkjun
- 34 Búðartunguvírkjun
- 35 Haukhólsvírkjun
- 36 Vörðufell
- 37 Hestvatnsvírkjun
- 38 Selfossvírkjun
- 39 Hagavatnsvírkjun
- 40 Bláundavírkjun

HYDROPOWER

- 21 Núverandi virkjanir
- 21 Tilvísun
- Kostur/ lón til mats
- Vatnsvegur um göng

0 10 20 30 40 50 km

GEOH. POWER

- 61 Núverandi virkjanir
- 76 Tilvísun
- Kostur til mats
- Háhitasvæði

- 79 Hverabotn
- 80 Neðri Hveradalir
- 81 Kúsbólur
- 82 Iverfell
- 83 Hveravellir
- 84 Blautakvíð
- 85 Vestur-Reykjadalir
- 86 Austur-Reykjadalir
- 87 Ljósartungur
- 88 Jökultungur
- 89 Kaldadalir
- 90 Landmannalaugar
- 91 Hágönguvírkjun
- 92 Vonarskarð
- 93 Kverkfjöll
- 94 Askja
- 95 Hríðfálar
- 96 Fremminármör
- 97 Bjarnarflag
- 98 Kröfla I - stækkun
- 99 Kröfla II
- 100 Gjástykk
- 101 Þeistareykir

地域暖房のための熱水タンク

…今やレイキャビク市の象徴



- ▶ 80年代のエネルギー危機を契機とし、自国にある「水力と地熱」を生かすという見事な方向転換を遂げた
- ▶ 関係する省庁、民間、研究機関のスムーズな連携・情報共有

Geothermal Beach



アイスランドには、いわゆる温泉文化は存在しない。

3.地熱発電の温泉・地下水への影響等について

- ▶ どんな影響が考えられるか？
- ▶ 国外の事例
- ▶ 国内の事例

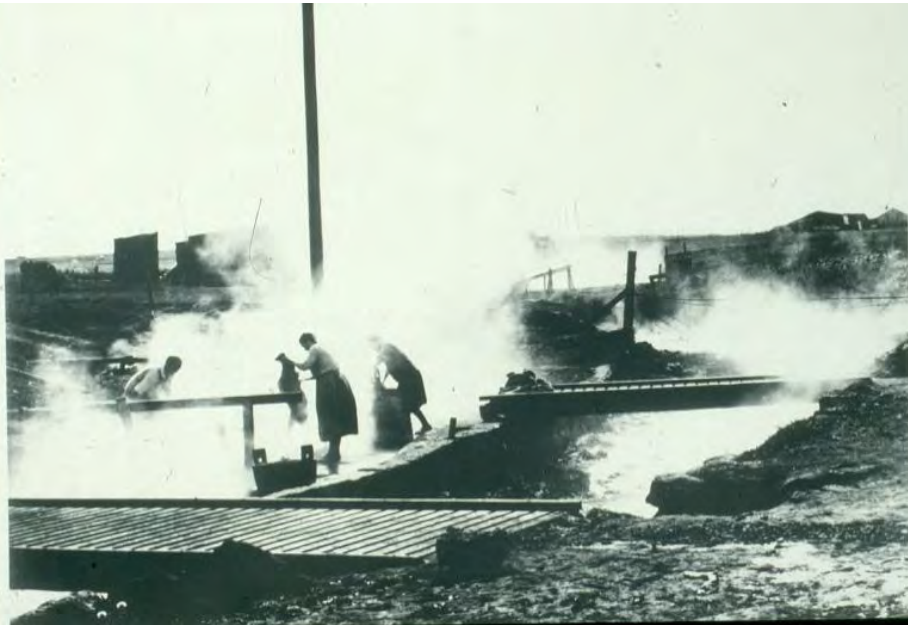


どんな影響が考えられるか？

- ▶ 動植物への影響
 - ▶ 景観・地形の改変
 - ▶ 硫化水素の放出など
 - 大気環境への影響
 - ▶ 地下水・河川水の取水、高温・高濃度の排水など
 - 水環境への影響
 - ▶ 孔井掘削と地熱流体の採取・還元など
 - 温泉（ゆう出量・温度・成分）への影響
 - 地盤変動
 - 地震の誘発
 - ▶ その他
-



洗濯プールの水位低下(レイキャビク市内)



1945



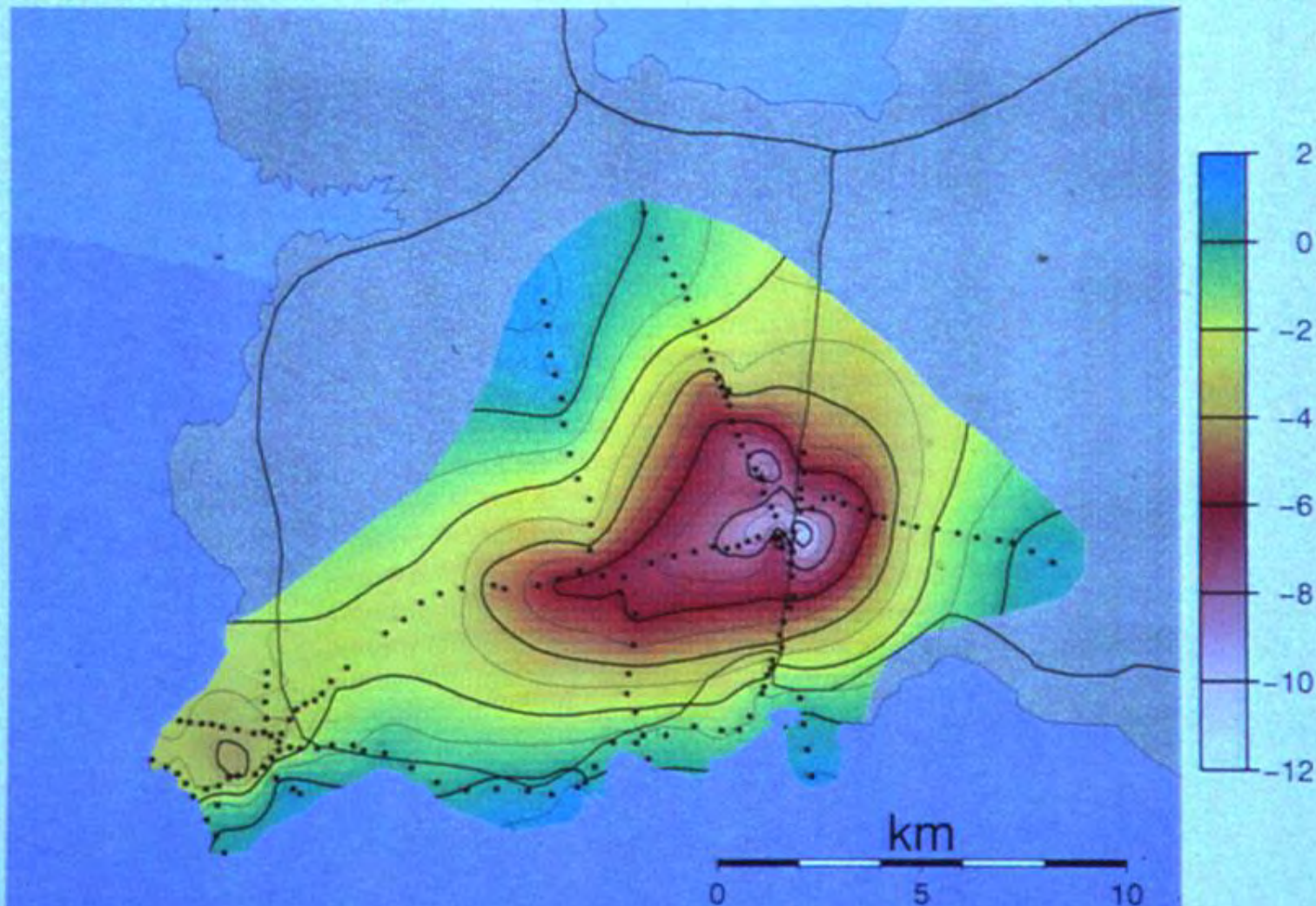
1987

- ▶ Reykjavík heating company started producing from field in 1960 .
- ▶ Water table was soon lowered by 5–10 m.
- ▶ In 1992 the wells were rested due to maintenance and the water table rose again to the surface.
- ▶ Production → pressure drop = 120 m water level but then remains stable.
- ▶ Sustainable production

熱水採取による地盤沈下 (アイスランド)

20

The Reykjanes peninsula. Changes in elevation (mm/year) due to production from the Svartsengi and Reykjanes fields 1975 - 1996



アイスランドジオサーベイ社資料による

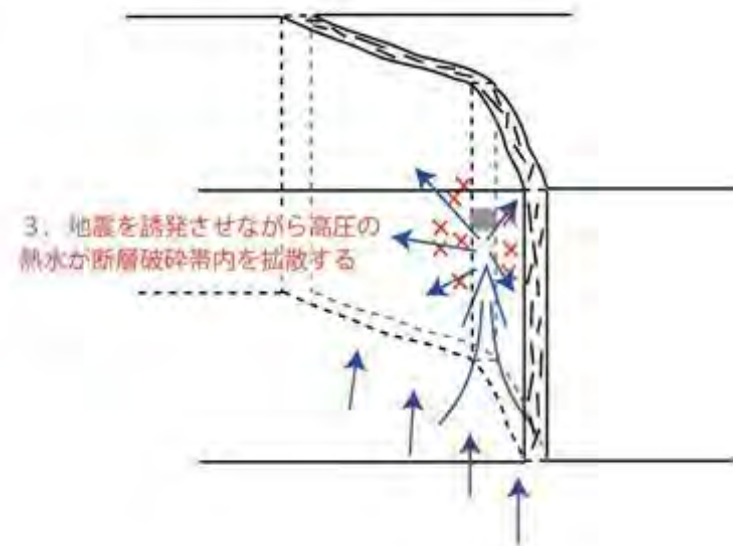
流体の挙動と地震の発生

- ▶ シェールガスの採掘時の高圧注水によるとみられる地震数増加 (米国、USGS)
- ▶ 行竹ほか (2011) : 高精度な震源およびメカニズム解分布から明らかになった箱根火山群発地震と地殻流体との関係.
 <J Geophys Res., 116, B04308, doi:10.1029/2010JB008036. >

1. 群発地震発生準備期



2. 群発地震発生時



海外の事例

国	ニュージーランド		フィリピン		イタリア	米国	スイス
事例名	ワイラケイ	オハーキ	ティウィ	トンゴナン	ラルデレロ	ガイザー	バーゼル
発電規模 (MW)	204	104(4基)	330(6基)	723(21基)	543(21基)	1421(21基)	情報なし
面積 (km ²)	15	5-8	13	120-150	250	100	情報なし
生産井数	60	24	43	81(75)	180	424	3
還元井数	情報なし	情報なし	16	33(2)	23	43	1
地熱系タイプ	熱水/蒸気	熱水	熱水	熱水	蒸気	蒸気	高温岩体(EGS)
発電開始年	1958	1988-89	1979	1983	1910	1960	2006
環境影響	温泉水位・水温低下、温泉枯渇、間欠泉停止、塩化物含有量減少	温泉水位・水温低下	地震、水蒸気爆発、温泉枯渇	温泉流量低下、温泉枯渇または湧出停止、塩化物濃度低下	蒸気・ガス噴出停止	温泉流量低下、蒸気供給量低下、地震	地震
対策等	還元井の設置(1996年頃～)	還元井の設置(試験運用中の1980年頃～)、分離熱水を温泉へ直接供給、温泉底部へのコンクリート施工	還元井の設置(1983年～)、開発対象地の移動	還元井の設置	還元井の設置(1980年代前半～)	注水(1980年半ば～)	開発停止
回復の状況	回復なし	水位上昇(但し、分離熱水の直接供給により、水温変動、塩化物含有量増加が発生)	回復なし	塩化物濃度増加、流量増加	回復なし	生産量減少に歯止め(但し、注水量増加に伴い地震増加)	開発停止から5ヵ月後まで地震観測

国内の事例

3.3 海外事例

3.3.1 影響発現事例

我が国の地熱発電所は、昭和 41 年（1966 年）に操業開始した松川地熱発電所が最初であり、40 年以上の実績がある。この間、これまでに地熱開発に伴う周辺温泉などへの環境影響が発現した事例はなく、順調な運転を続けている。

「地熱開発に係る環境影響審査手法調査業務報告書 (H23.3)」による

2-(1)-5) 地熱系の特性と日本における開発の地熱徴候への影響予測

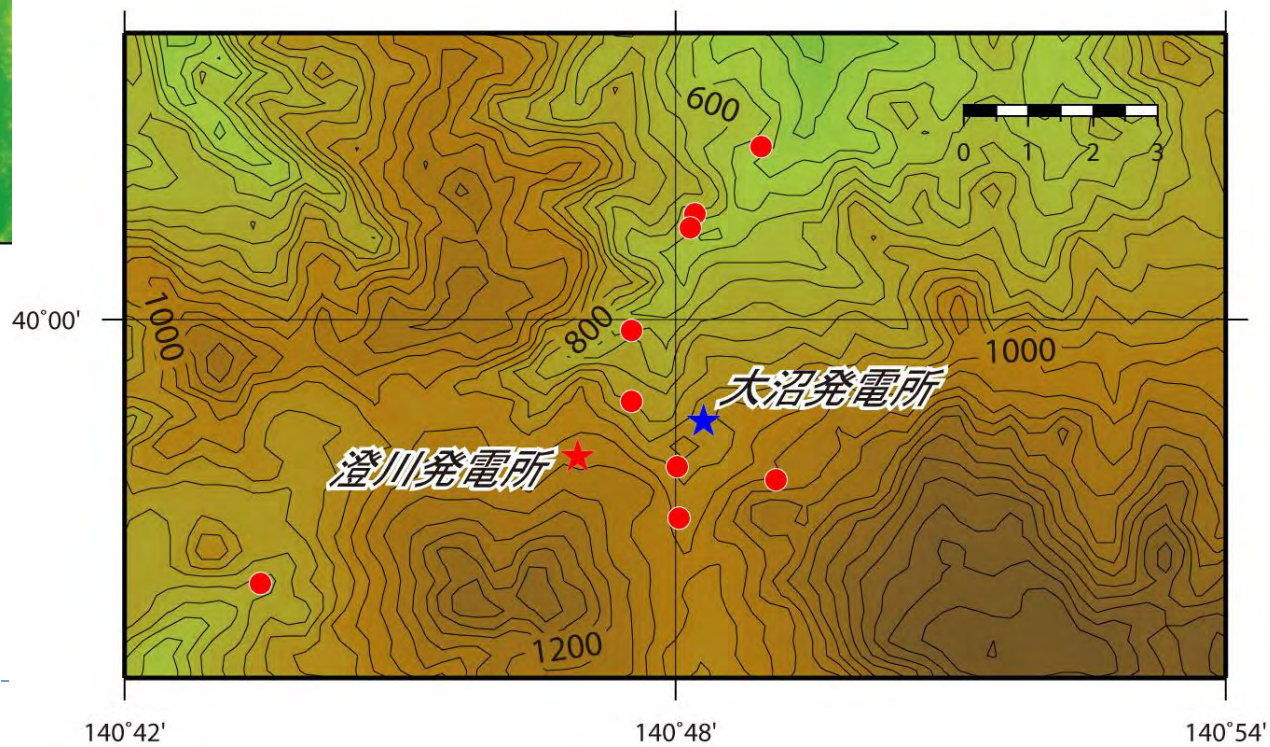
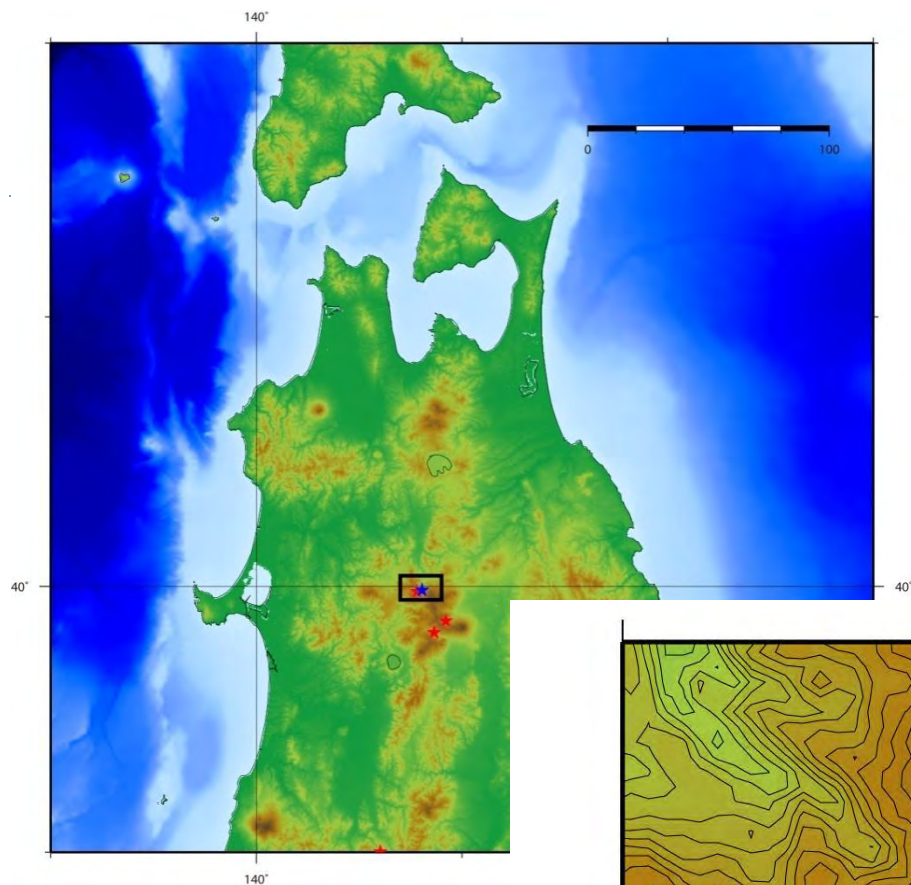
日本では今まで地熱開発による地熱徴候の顕著な変化は報告されていない。これは、上述したように、安山岩地域の地熱開発では、深部熱水が地表に達していない場合がほとんどであることに、大きく起因していると考えられる。深部熱水の上昇中心部の噴気帯近くでは、開発に伴い地下水位の低下があっても、そこから深部熱水の沸騰が継続しているかぎり、地下浅所での蒸気加熱水の温泉（SO₄ 型）の生成は継続されるためと考えられる。もちろん、この蒸気加熱型の温泉は地下浅所にあり、降水や流入地下水による変化は避けられないが、地獄が消滅してしまったというような報告はなされていない。

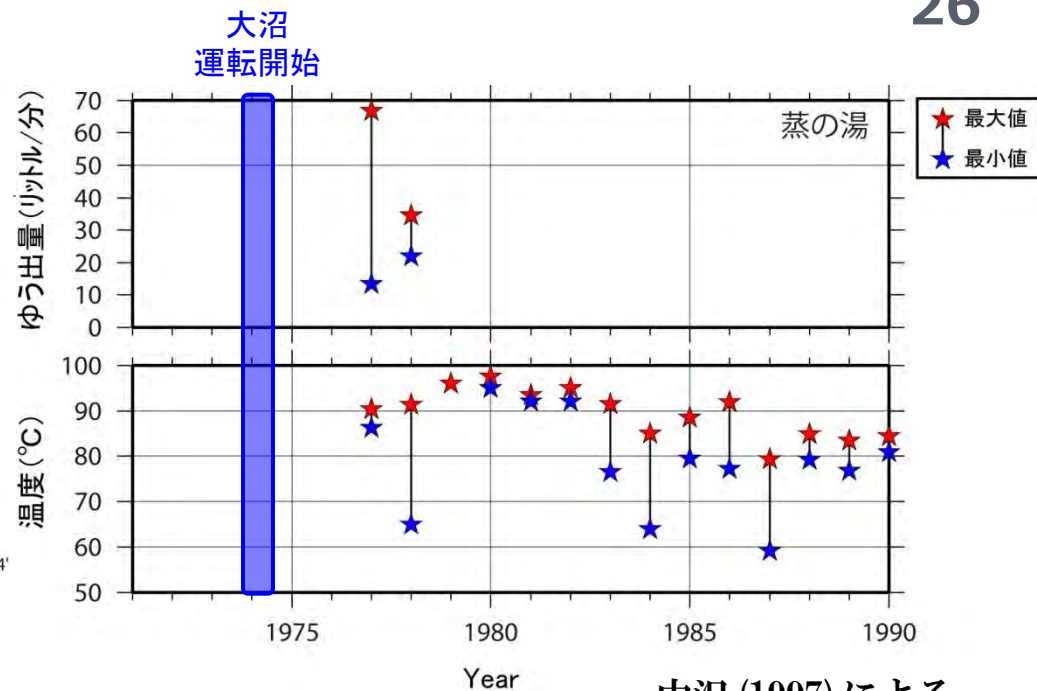
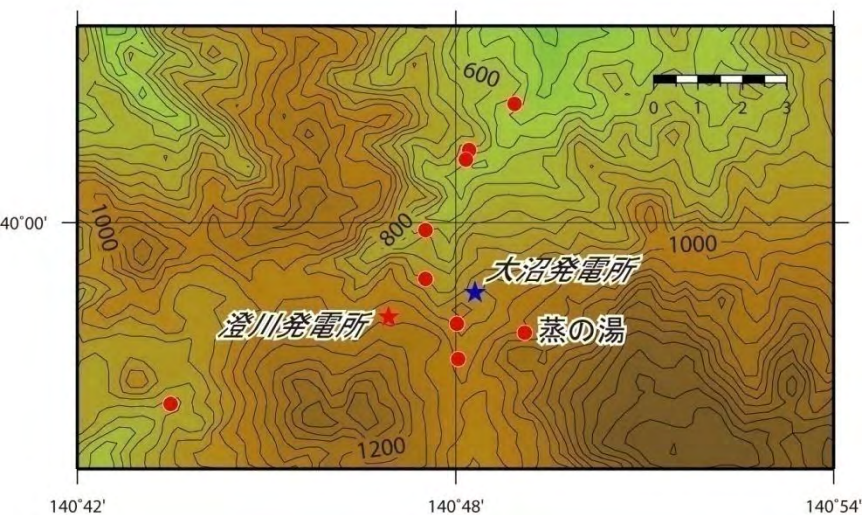
「地熱発電と温泉利用との共生をめざして」
日本地熱学会（2010年5月）による

温泉事業者が主張する影響 (日本秘湯を守る会)

発電所	影響とする内容
大岳・八丁原	歴史ある温泉地の枯渇→発電排水の利用。 その他の温泉・地獄の温度低下、ゆう出量や噴気量の減少
澄川	温泉の温度低下・ゆう出量減少、地すべりや地震の発生
松川	温泉温度や水位の低下、自然ゆう出泉の枯渇→発電排水の利用 還元による樹木の枯死
葛根田	温泉の枯渇→造成温泉へ切り替え 地震、土砂崩壊。発電所配管の損傷による被害
鬼首	地獄の乾燥化。地熱調査中の水蒸気爆発。温泉の枯渇
柳津西山	有感地震の発生 自然ゆう出泉の渇水→地熱廃水や代替源泉からの配湯
大霧	地獄の枯渇、温泉の温度低下とゆう出量の減少



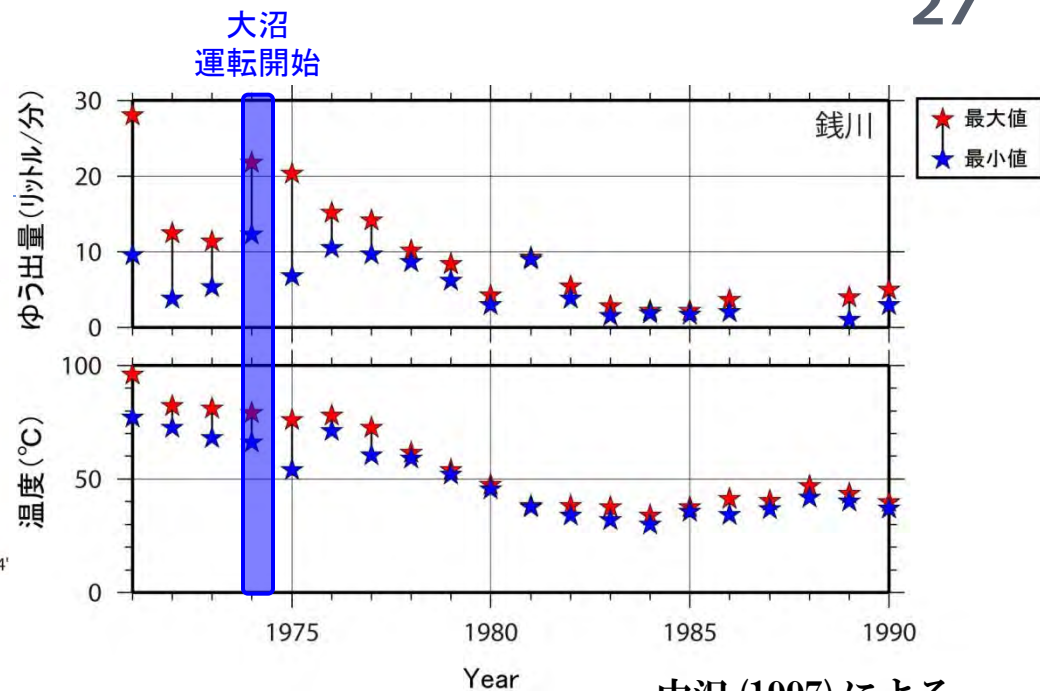
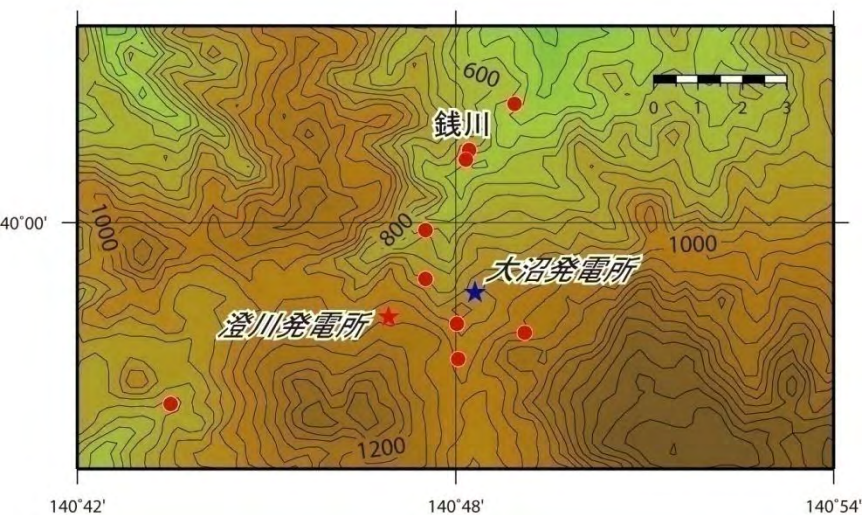




中沢 (1997) による

蒸の湯	源泉総数	枯渇 または 廃止	利用		未利用		温度				ゆう出量	
			自噴	動力	自噴	動力	25℃ 以上	25～ 42℃	42℃ 以上	水蒸気	自噴	動力
1974	6	1	3		2				3	2	102	
1978	6	1	3		2				3	2	102	
1980	1		1						1		35	
2002	5		2		3				3	2	34	

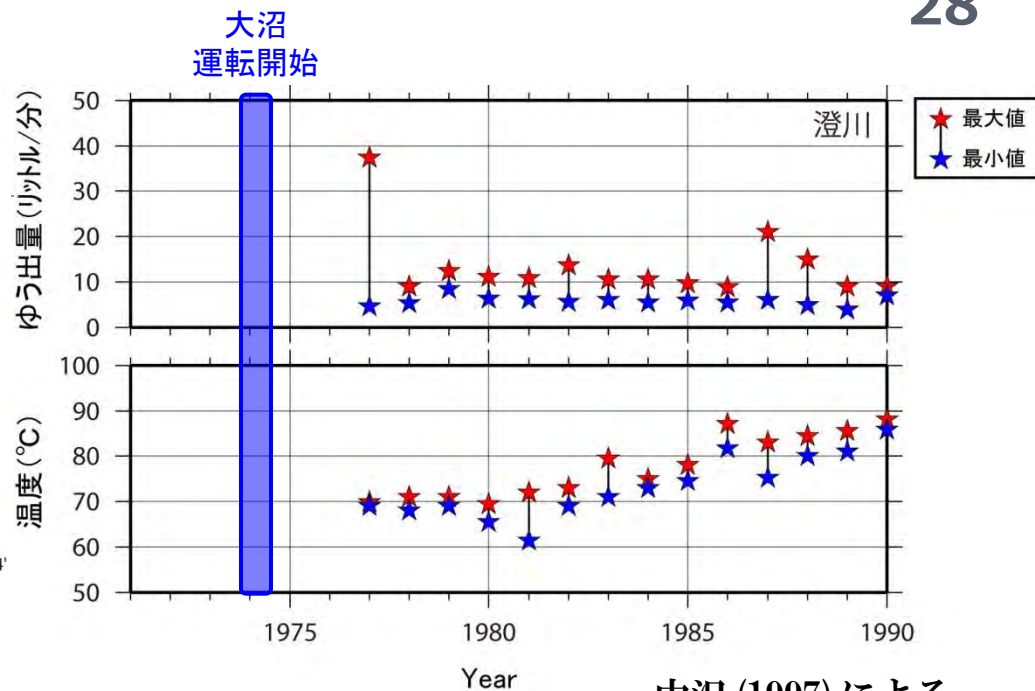
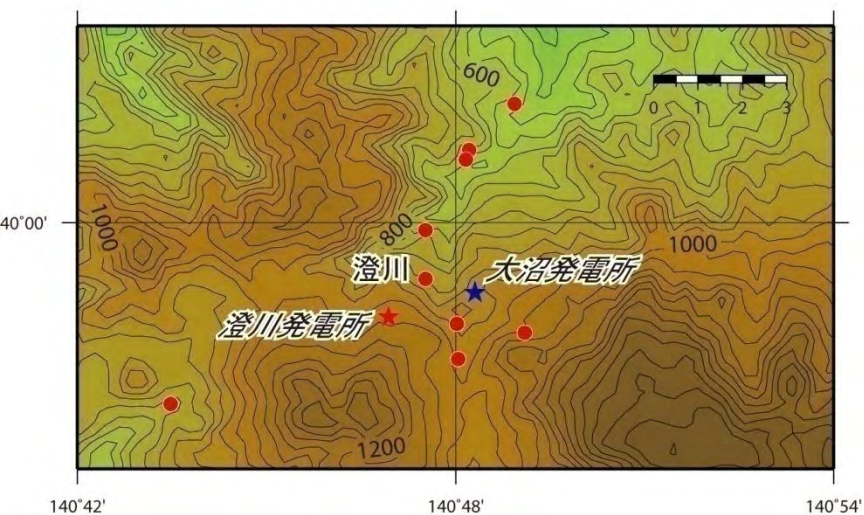
※都道府県別温泉利用状況調査の結果[八木 (1976), 塚本 (1979), 塚本 (1982) など]による



中沢 (1997) による

銭川	源泉総数	枯渇 または 廃止	利用		未利用		温度				ゆー出量	
			自噴	動力	自噴	動力	25℃ 以上	25～ 42℃	42℃ 以上	水蒸気	自噴	動力
1974	3		2		1				3		17	
1978	6		2	1	3			1	5		21	20
1980	5		2	1	2			1	4		16	16
2002	7		2	3	1	1		1	6		16	58

※都道府県別温泉利用状況調査の結果[八木 (1976) ,塚本 (1979) ,塚本 (1982) など]による

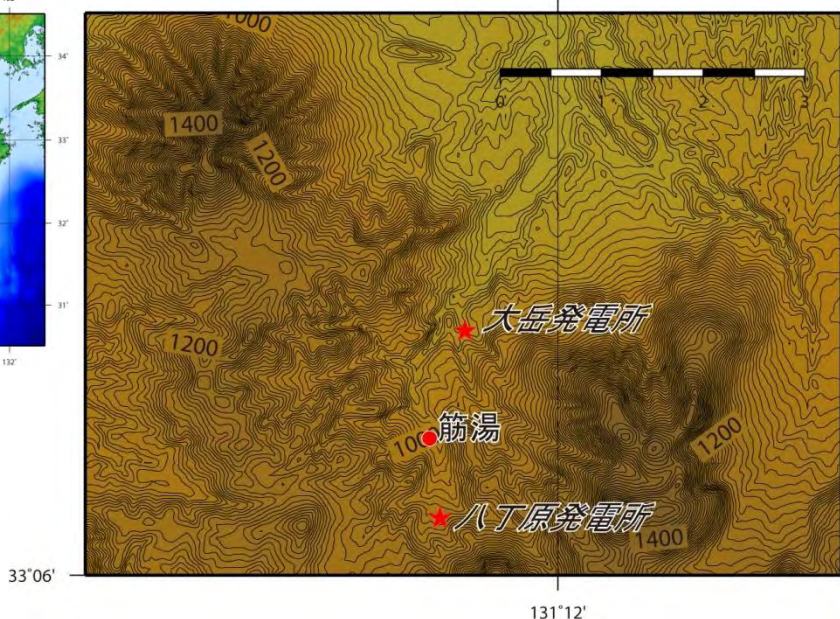
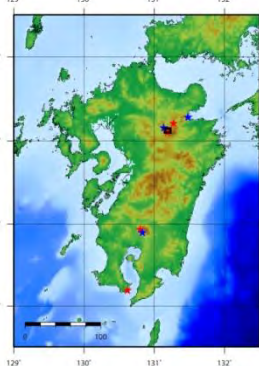


中沢 (1997) による

澄川	源泉総数	枯渇数	利用		未利用		温度				ゆう出量	
			自噴	動力	自噴	動力	25℃以上	25～42℃	42℃以上	水蒸気	自噴	動力
1974	6		6					1	5		104	
1978	8		6		2			1	5	2	122 (水19)	
1980	6		5		1			1	5		99	
2002	6				6			1	5		103	
	20		9		11					20	記載なし	

※都道府県別温泉利用状況調査の結果[八木 (1976) ,塚本 (1979) ,塚本 (1982) など]による

※太字は地熱発電用と記載のある分



形態	状況の変化	数
自然湧泉	枯渇	5
	著しい泉温低下・ゆう出量の減少	9
	泉温低下・ゆう出量の減少	3
掘削泉	泉温低下・ゆう出量の減少	2
	泉温上昇・ゆう出量の増加	2
地獄	噴気の衰弱・温度の低下	4

中沢 (1997) による聞き取り調査結果

筋湯	源泉総数	枯渇 または 廃止	利用		未利用		温度				ゆう出量	
			自噴	動力	自噴	動力	25℃ 以上	25～ 42℃	42℃ 以上	水蒸気	自噴	動力
1957	9		9	0					9		165	
1964	26		22	0	4				22		9230	
1969	42	9	23	1	9			3	22	8	9503	
1974	44	7	26	1	10			3	24	10	13697	16
1978	45	7	29	2	7			1	18	19	15336	123
1980	34		24	3		7		2	29	3	1147	
	14		12		2					14	12113	
2002	44		25	13		6		3	39	2	1043	999
	36		36							36	41766	
2008	59		27	24	8	0		26	30	2	938	1354
	55		28		27						38475	

※都道府県別温泉利用状況調査の結果[村井 (1967) , 平岡 (1973) , 八木 (1976) , 塚本 (1979) , 塚本 (1982) など]による
 ※太字は地熱発電用と記載のある分

国内の事例

- ▶ 「我が国では、地熱発電が温泉に影響したとする事例はない」とは言っても……。
- 地域性や温泉利用状況の違いもあり、一般論的に議論すること自体、無理がある。
- これまでの開発事例についての検証は十分か？
 - ✓ モニタリングは十分行われていたか？

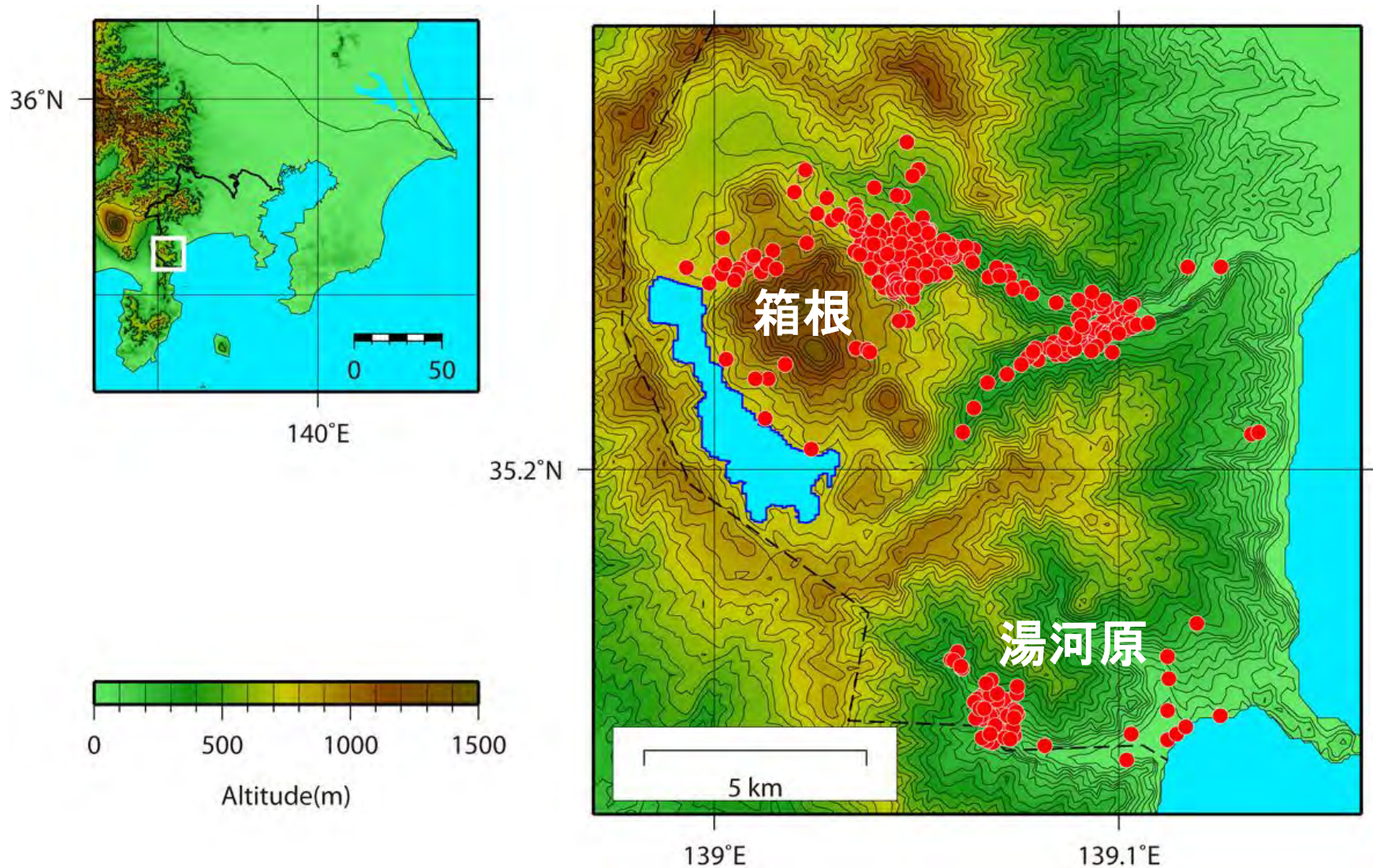


4. モニタリングの重要性

- ▶ 神奈川県温泉保護対策
- ▶ 長期モニタリングの重要性



温泉保護の取り組み (神奈川県事例)



温泉需要の増加

温泉観光の
普及・流行

掘削技術の進歩
新しいポンプの開発

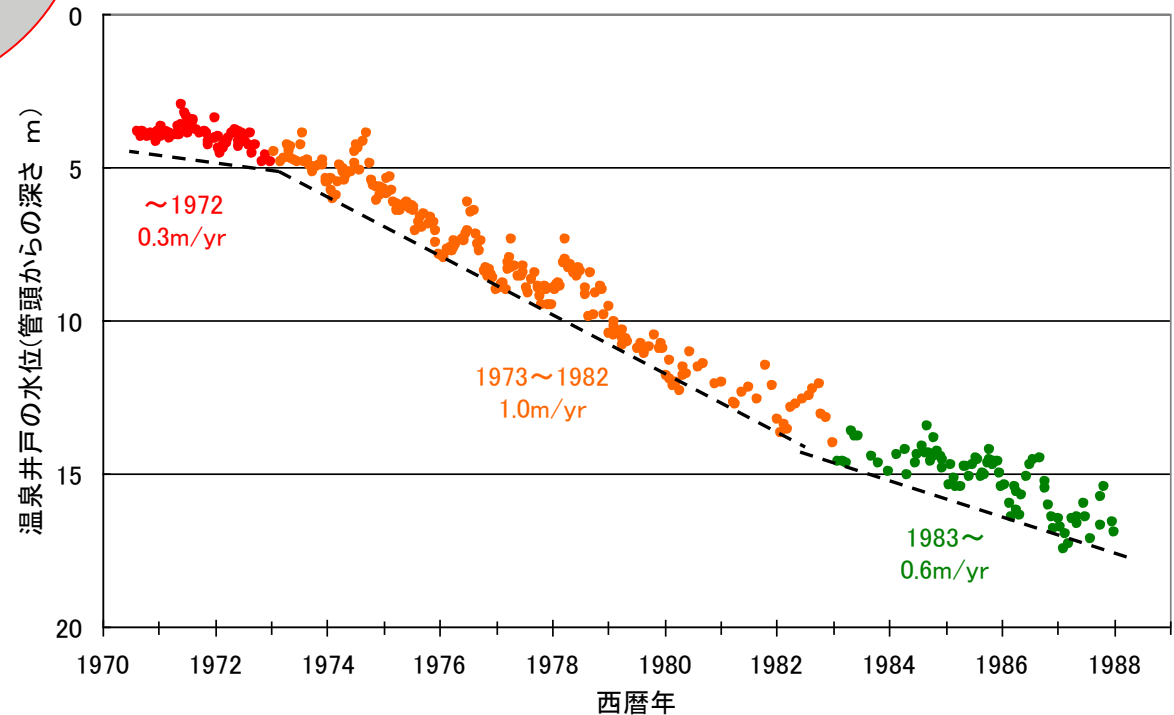
くみ上げ量の増加

箱根温泉の井戸数・湧出量の増加

	井戸数	湧出量
1958(昭和33)年	210	11.6(m ³ /分)



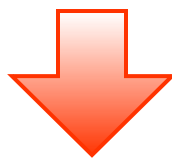
1969(昭和44)年	346	23.0(m ³ /分)
-------------	-----	-------------------------



箱根湯本の温泉水位の経年変化 (大山 1989)

温泉需要の増加

昭和30年代～温泉井戸の水位低下が観測され、
温泉涸渇の心配が高まる

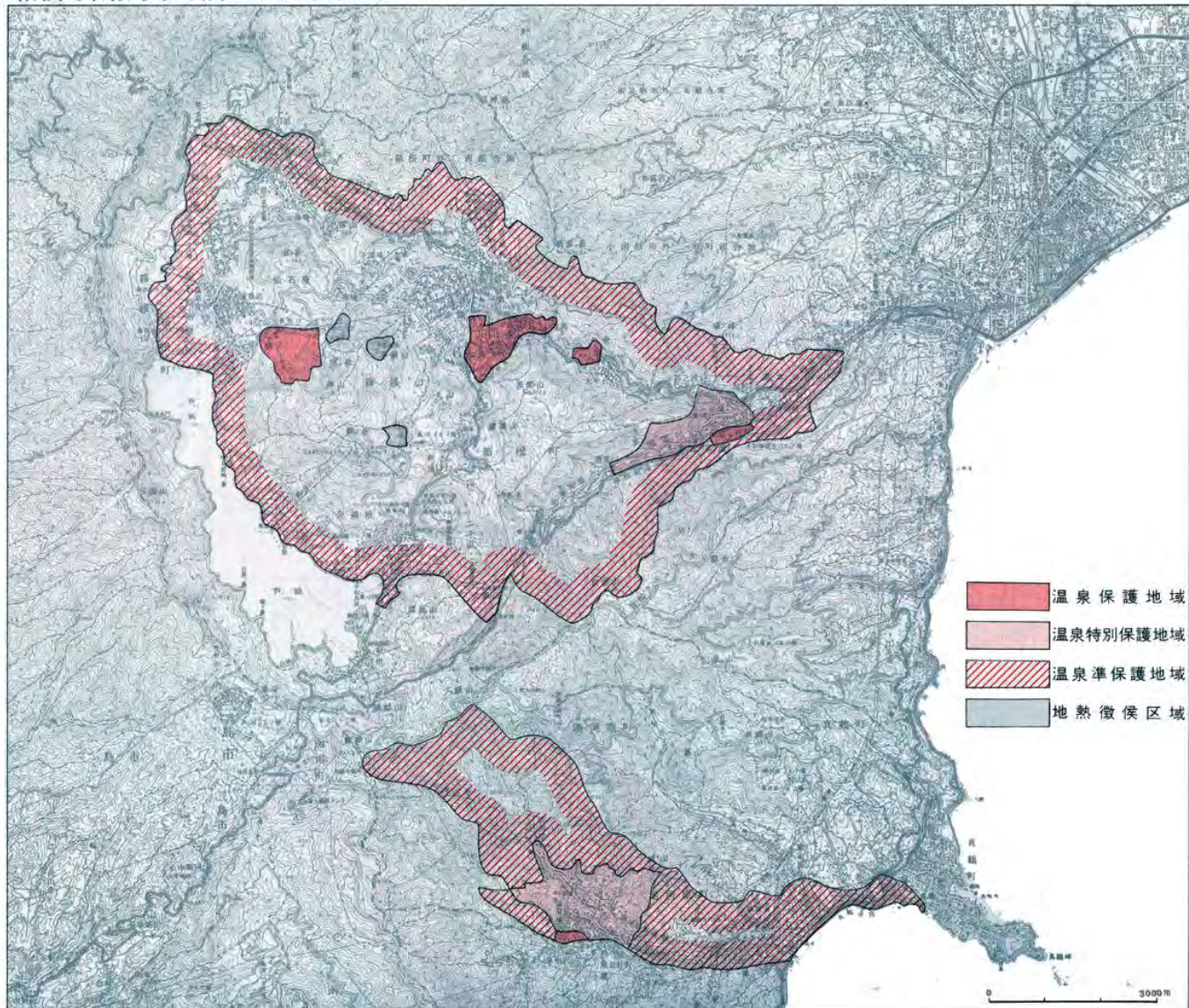


昭和42年～温泉掘削や汲み上げ量についてのルール
(神奈川県温泉保護対策要綱)を定める。

- ①県内を規制地域(保護地域、準保護地域など)と一般地域に区分
- ②温泉の新規掘削や、汲み上げ量決定のためのルールを定める。

温泉保護のための地域設定

箱根町、湯河原町及び小田原市地区



温泉保護のための地域設定

地域区分	設定の基準	主な地域
温泉特別保護地域	過去に源泉相互の影響が顕著 過去数年間、水位・温度の低下が顕著、かつ揚湯量が減少 源泉密度が特に高い	箱根温泉の一部 湯河原温泉の一部
温泉保護地域	過去に源泉相互の影響が現れている 最近、水位の低下が現れている 湧泉を温存する必要がある	箱根温泉の一部 湯河原温泉の一部 中川温泉の一部
温泉準保護地域	最近、源泉相互の影響が現れている 源泉間に一定の距離をおくことが適当と認められる 今後、水位の低下が予想される 蒸気の噴出を主とする	箱根温泉の一部 湯河原温泉の一部 中川温泉の一部 鶴巻温泉の一部
一般地域	上記以外の地域	



温泉保護のための地域設定

地域区分	新規掘削	揚湯量の制限	動力装置の変更に関する措置	休止源泉の復活
温泉特別保護地域	認めない		井戸ごとに定められた量（実態調査等の平均）の95%	認めない
温泉保護地域	認めない		井戸ごとに定められた量（実態調査等の平均）以内	認めない
温泉準保護地域	既存源泉から水平距離が150m以上の場合に限り認める	最高限量以内、かつ200m以内の既存源泉に影響を及ぼさない量	既許可装置許可時の量以内	既存源泉から水平距離が110m以上、かつ既存源泉に影響のない場合に限り認める
一般地域				



管轄保健所による定期的な実態調査

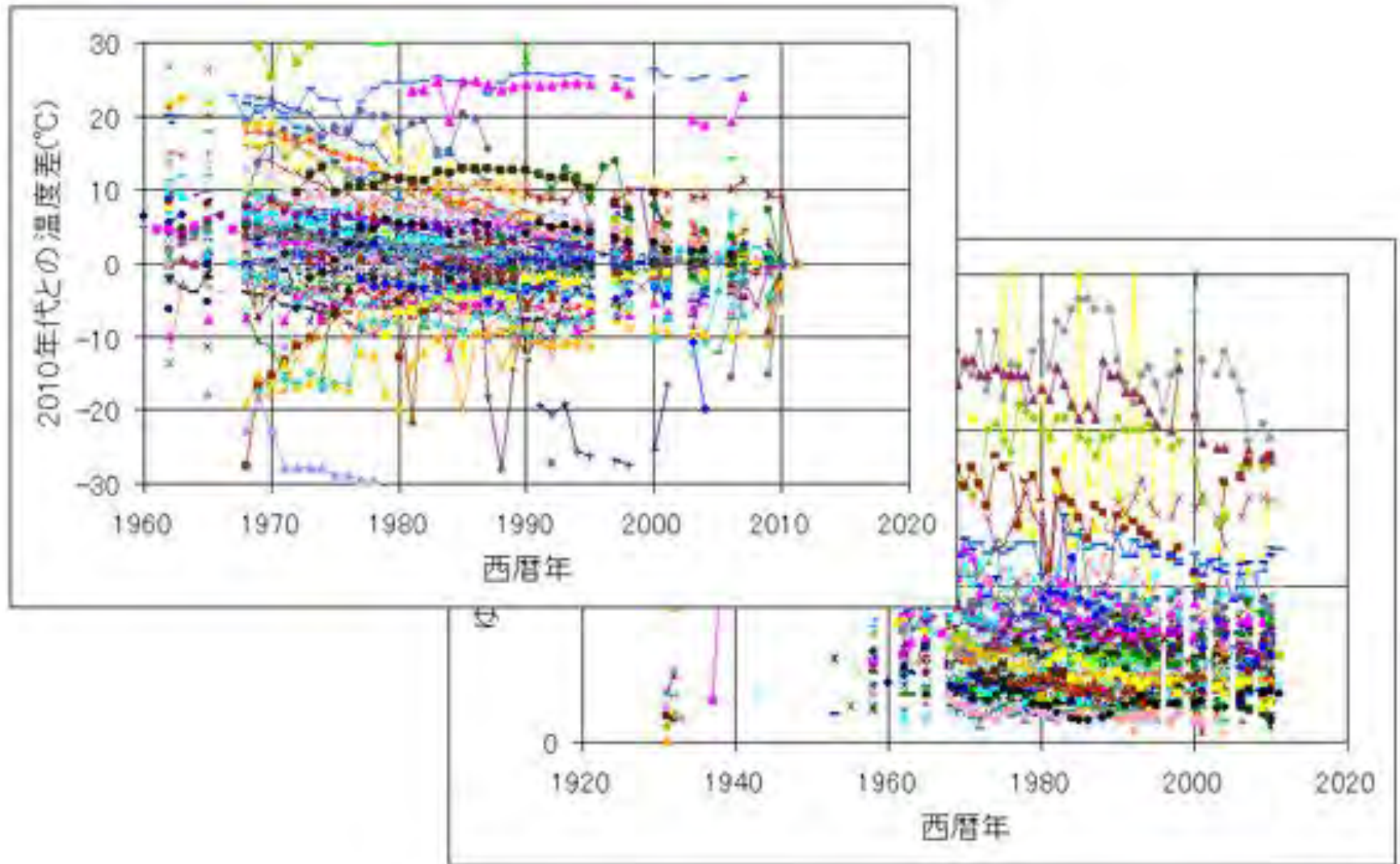
平成17年度温泉実態調査結果
箱根上地区(湯本・塔ノ沢地区を除く)

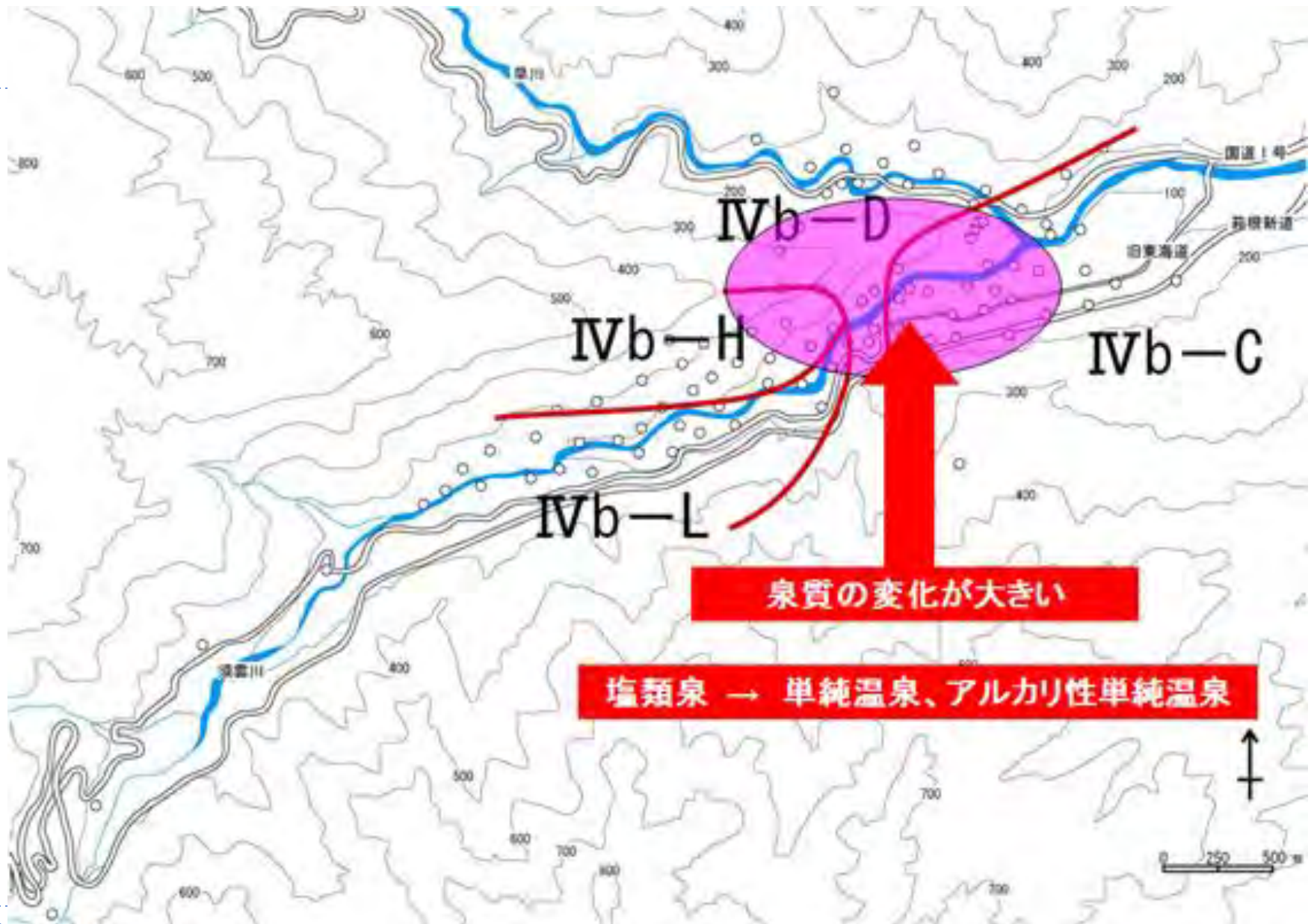
温 泉 調 査 表

源泉番号	源泉					動力装置許可時の内容										調査時の内容										備考	
	標高 m	掘削 口径 mm	深度 m	水止め管		許可 年月日	区分	動力 の 種類	封印 の 有無	動力装置の内容	誘導管		空気管		泉温 ℃	湧出 量 l/min	調査月日	電流 A	回転数 R/min	動水圧 kg/cm ²	泉温 ℃	湧出量 l/min	熱量 kcal/ min	pH	電導度 μs/cm		
				口径 mm	長さ m						口径 mm	長さ m															
						S46.1.28	本	空	無	11kw平山横3段175x150	50	385.0	13	379.5	90.5	74	H17.10.18	39.0	222	22.0	91.4	70	6398	9.33	589	未利用	
	670	150	400.0	75	140.0																					未利用	
	482		168.4	50		S56.10.22	本	空	無	2.2kw明治堅複90x108	50	86.0	13	60.4		104	H17.11.1	2.9	279	3.9	37.6	40	1504	8.42	940	未利用	
	534		288.0	100		S28.10.15	本	空	有	7.5kw平山横2段150x135	50	232.2	13	221.2		70	H17.11.10	20.5	288	13.1	48.5	52	2522	8.44	271		
	562	150	301.0	75	104.0	S59.8.9	本	空	無	7.5kw平山横2段150x135	50	291.5	13	236.5	66.4	74	H17.10.7	23.3	260	15.6	65.3	63	4114	8.74	1064		
	511	15	339.0	100		S31.8.27	本	空	無	7.5kw平山横2段150x135	50	185.4	13	181.5		70	H17.10.7	22.1	277	10.3	53.8	65	3497	8.82	915		
						S59.2.8	予	空	有	7.5kw平山横2段150x135	50	185.4	13	181.5		65											
	698	200	139.1	150	44.0			蒸																		未計量	
	470	150	583.2	75	236.5	S55.1.10	本	空	無	7.5kw平山横2段150x150	50	231.0	13	225.5		50	H17.9.27	25.8	253	9.2	36.2	37	1339	8.95	262	未利用	
	527	250	#####	200	206.0	H5.4.19	本	空	有	11kw平山横2段180x135	65+50	800.0	13	172.0	43.6	113	H17.11.10	26.1	253	10.0	32.4	101	3272	8.76	115		
						H6.3.22	予	空	無	7.5kw平山横2段150x150	65+50	800.0	13	172.0	42.8	94											
	537	150	278.0	100		S32.4.17	本	空	無	7.5kw尾鷲横2段150x152	50	229.0	13	212.0	68.0	103	H17.10.13	23.6	195	12.8	69.1	74	5113	8.55	1822		
						S63.3.22	本	水	有	3.7kwタタノ沢水ポンプ5A-47	40	180.0				69	H17.12.21	15.5		5.3	62.0	61	3782	7.06	2290		
	570	150	321.0	100	220.0																						
	559	150	298.0	100		S55.3.24	本	空	無	7.5kw平横3段150x150	50	293.9	13	287.6		47	H18.2.7									未利用	
						S55.3.24	予	空	無	7.5kw平横3段150x135	50	293.9	13	287.6		47											
	464	150	63.5	100	40.0	S41.10.25	本	空	無	3.7kw平横1段127x127	50	55.0	13	38.5		94	H17.9.22	11.3	297	2.4	28.8	57	1842	8.41	553	未計量	
						S42.3.27	予	空	無	3.7kw平横1段127x127	50	55.0	13	38.5	33.0	94											
	660	150	134.0	100	92.0			蒸									H17.11.24										
																		(31, 39, 61, 62, 102, 108, 120, 122号泉合併)									
	430	150	240.0	100	148.5	S37.11.20	本	空	無	7.5kw平山横2段175x150	64	198.0	19	187.0	58.0	160	H17.11.28										
						S38.2.1	予	空	無	7.5kw平山横2段150x150	63	198.0	19	187.0	57.7	154											

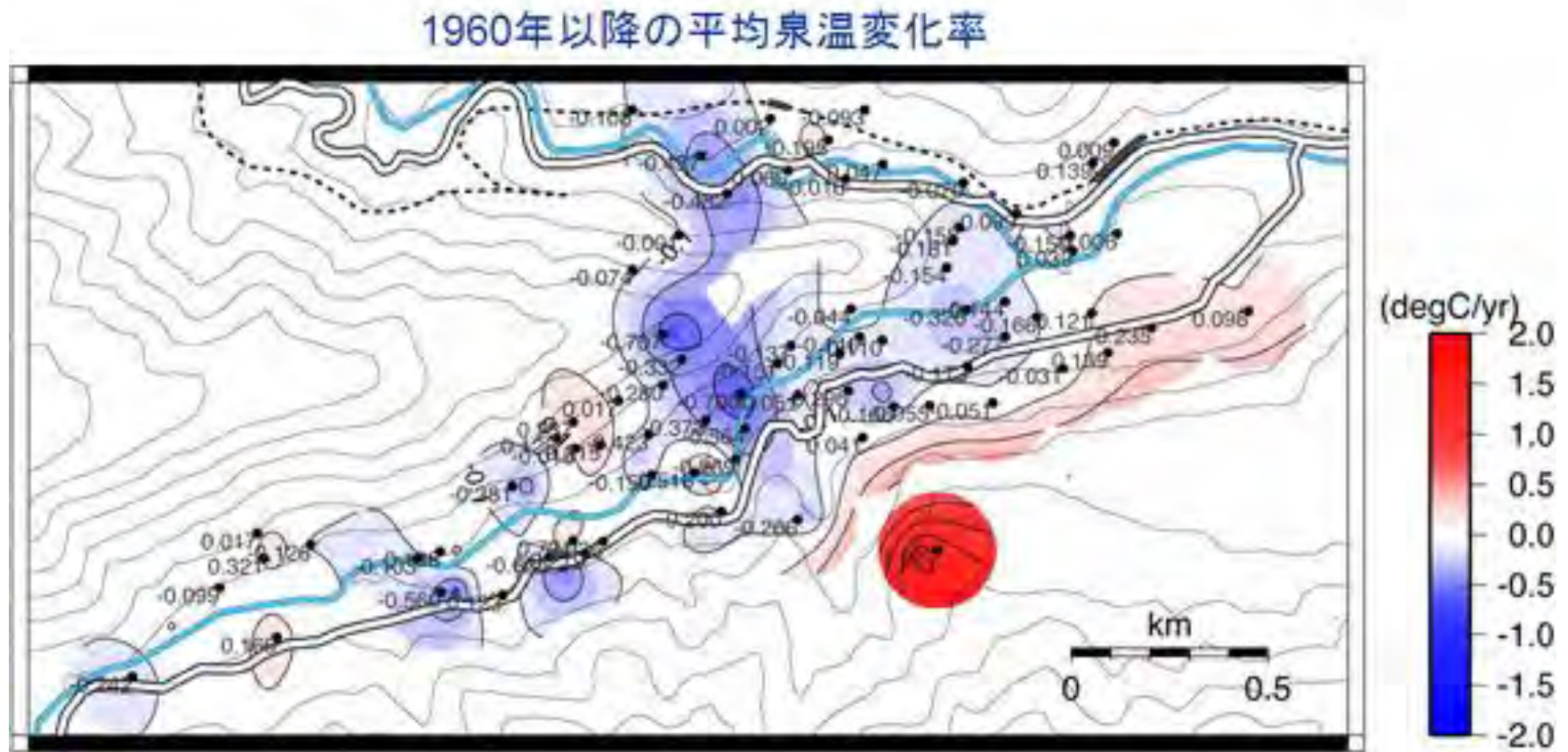
(注)空:空気圧縮機 水:水中ポンプ タ:タービンポンプ 本:本動力 予:予備動力

温泉温度・ゆう出量の推移（箱根湯本地域）





温度の経年変化



長期モニタリングデータにより、温泉資源の動向を把握することができる

5.地熱発電と温泉資源の共生のために

- ▶ 温泉側の主張、地熱側の主張
- ▶ 共生のために～ガイドラインの視点



第2回地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会 (2011/08/04)におけるヒアリング

- ▶ 地熱発電事業者(九州電力株)・日本地熱開発協議会)
 - 発電で生じる温水利用などを通し、地元との融和が図られている。
 - 地元の不安（硫化水素等の放出による影響対策）に対して、金属部品の曝露試験を30年以上続けるなど、理解を得る努力を継続している。
 - 国内の過去の地熱開発で、既存温泉へ影響が出た事例がない。
 - 先入観で入口の議論すら受け入れないのではなく、共存共栄を図ってもらいたい。

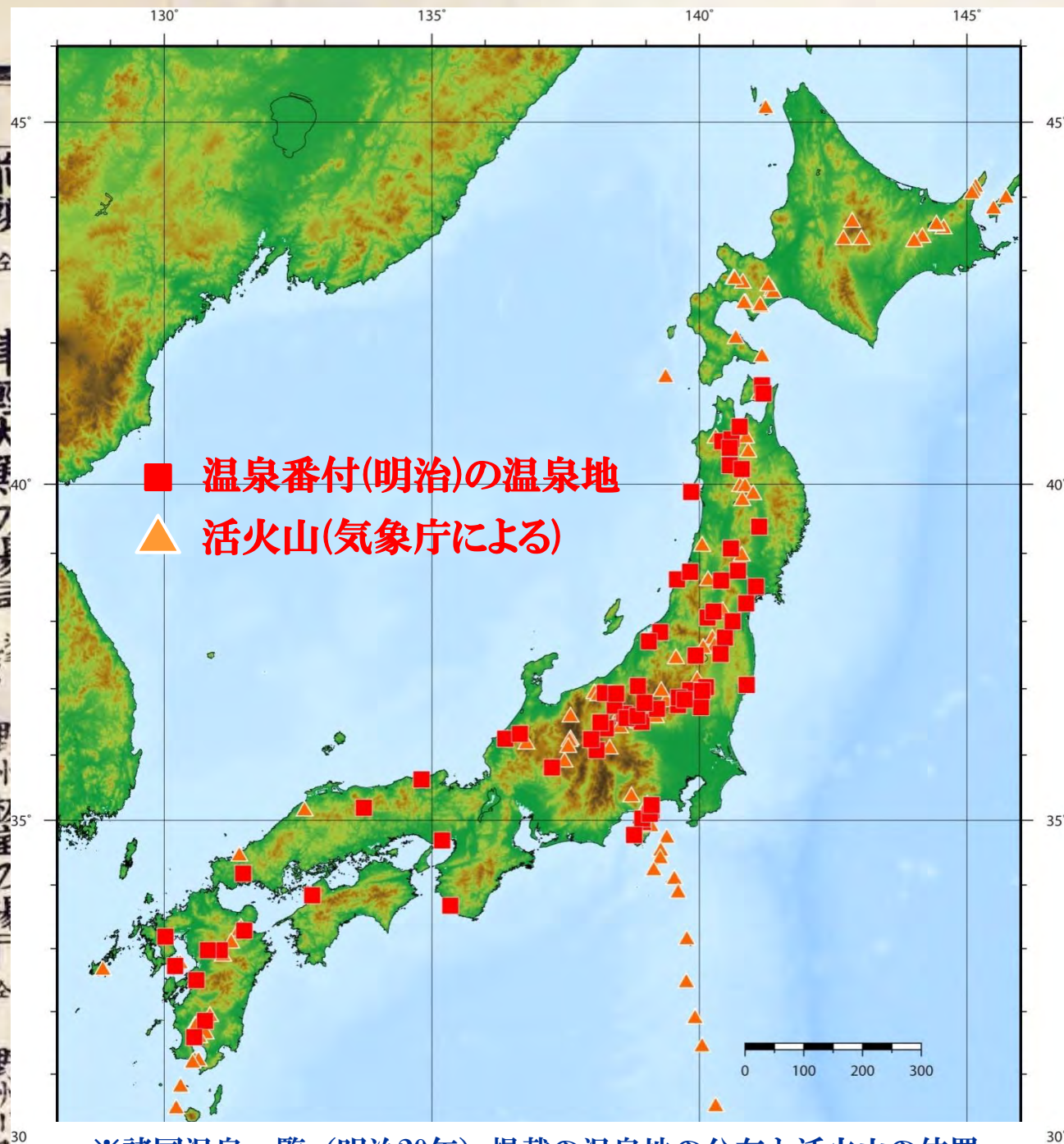
 - ▶ 温泉事業者(日本温泉協会・日本秘湯を守る会)
 - エネルギー政策転換の必要性は認める。
 - 3.11の地震以降、急速に地熱開発容認サイドに舵が切られ、無秩序な開発が促進されることは容認しがたい。
-

明治二十年六月十七日御届
同年六月三十日彫成

東京芝區露月町三六
編輯兼出版

前巻 全 洋輿大輿の湯 里州ね室の湯 全 里州川又の湯

里州貴加の湯 里州小名の湯



※諸国温泉一覧（明治20年）掲載の温泉地の分布と活火山の位置

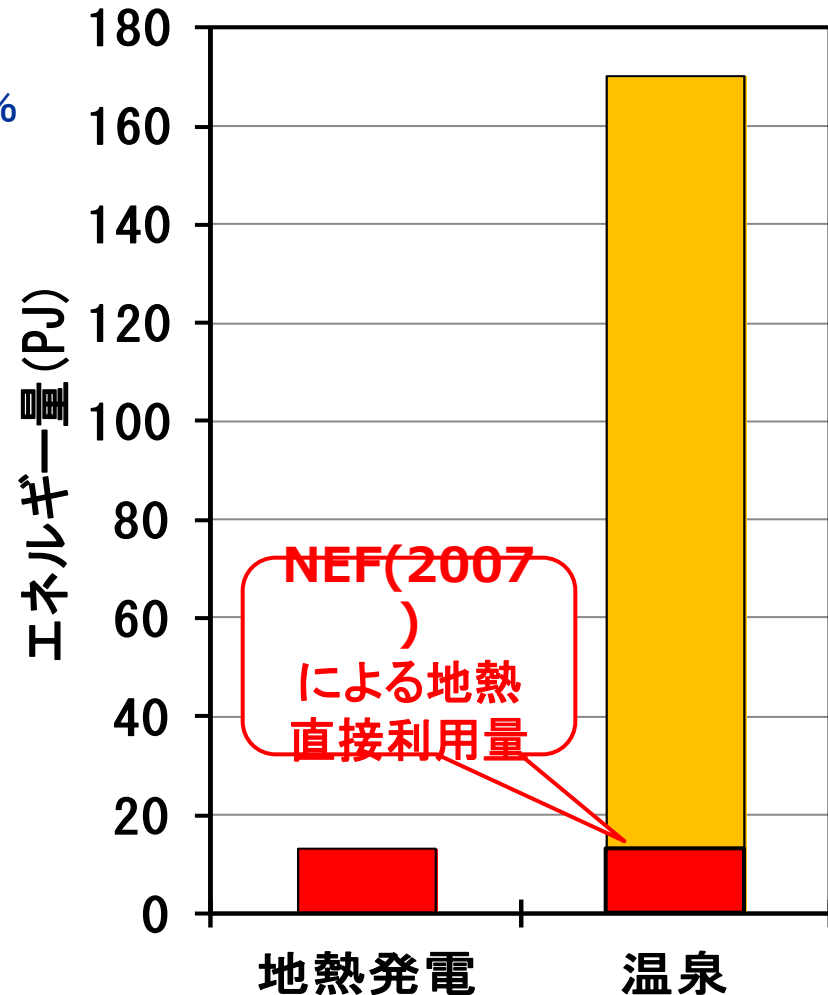
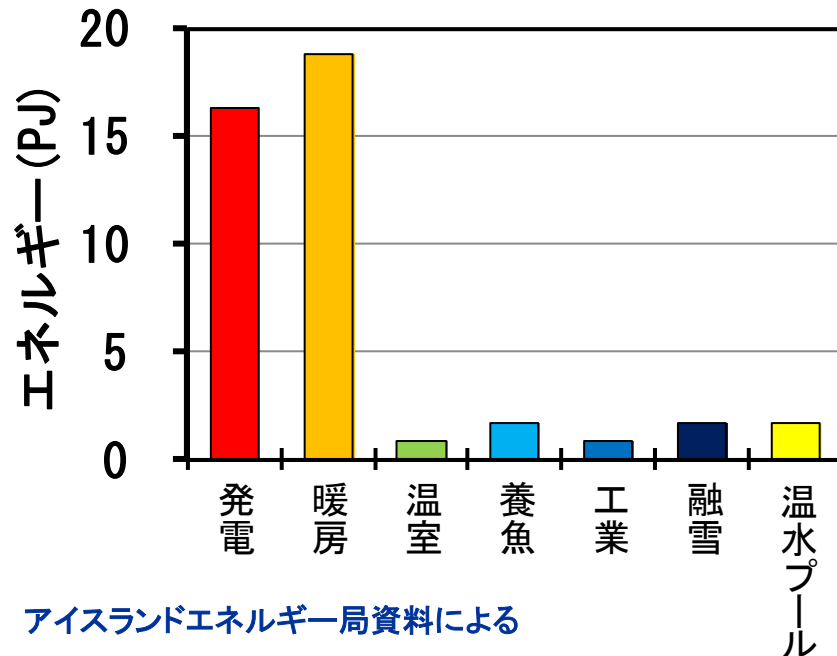
日本の地熱エネルギー利用

浜田(2011)による

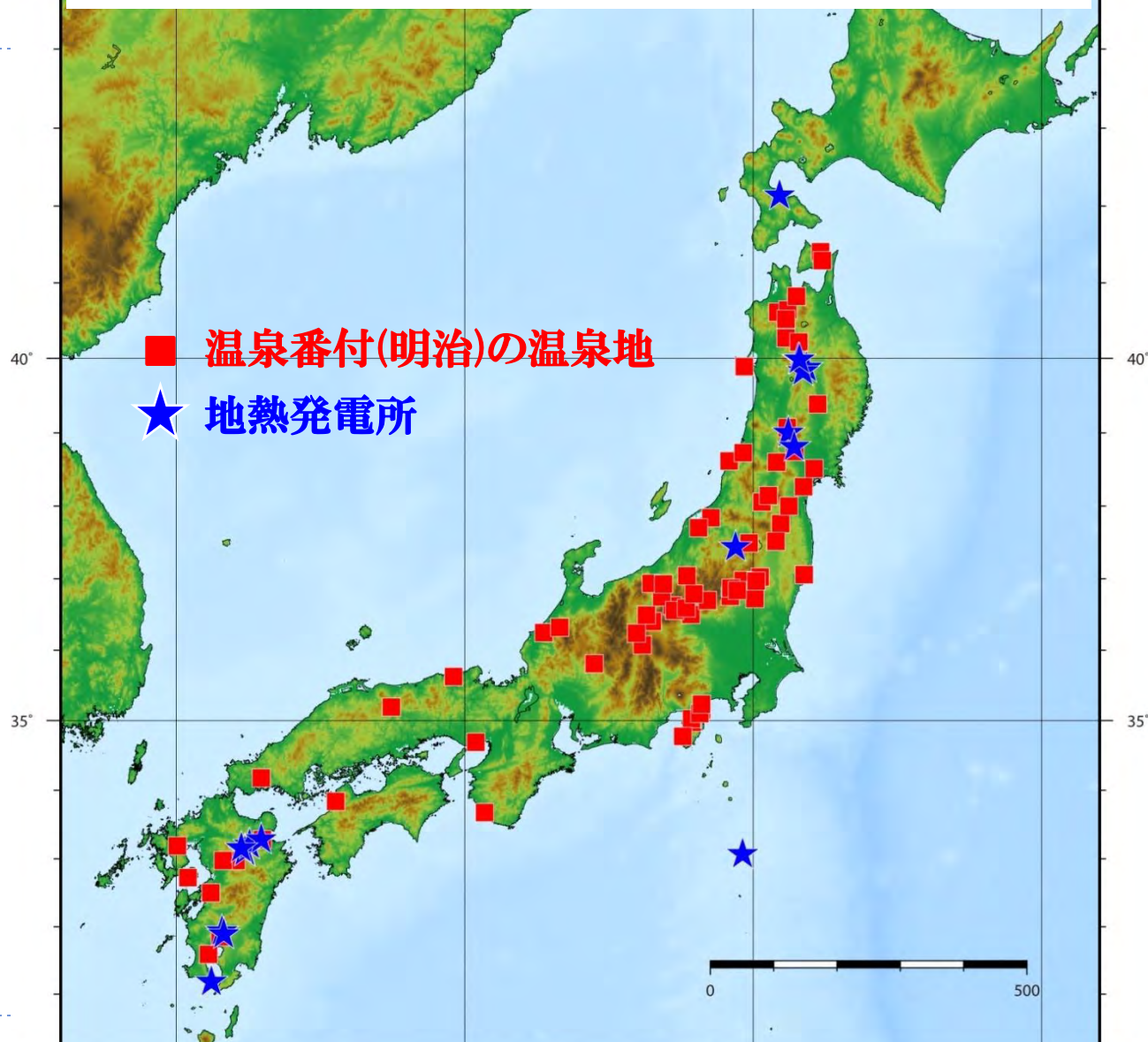
- ▶ 地熱発電:
 - 設備容量55万kW、年間稼働率を75%
- ▶ 温泉:
 - 総ゆう出量3000t/分、平均温度40℃
 - 未利用も含む

アイスランド

地熱エネルギー利用総量 41.7PJ



すでに温泉として多量の地熱エネルギーを使っている
温泉地での開発事例は無いのでは？



※諸国温泉一覧（明治20年）掲載の温泉地の分布と地熱発電所の位置

温泉の成因と深部地熱流体の関係

47

分類	①深部熱水混入型温泉	②蒸気加熱型温泉	③伝導加熱型温泉	④高温（マグマ）蒸気型温泉	⑤海水混入型温泉
温泉と地熱貯留層の関係	地熱貯留層の深部熱水を起源とし、直接つながっている場合	地熱貯留層から蒸気のみ供給を受けている場合	温泉と地熱貯留層につながりはなく、地熱貯留層から熱伝導により過熱されている場合	温泉と地熱貯留層に関係はなく、マグマから派生した高温蒸気の供給を受けている場合	温泉に地下水、深部熱水だけでなく、海水も関係しているケース
概念図					
温泉生成機構とその特徴	【生成機構】 地下水と深部から混入する熱水によって形成された温泉帯水層を指す。温泉帯水層と地熱貯留層を隔てる不透水層等の地質構造が十分に発達していないため、地熱貯留層と温泉帯水層の間に熱の伝達が行われ、熱水が地熱貯留層から温泉帯水層へと移動する。	【生成機構】 地熱貯留層からの蒸気混入によって加熱されて形成された温泉帯水層を指す。	【生成機構】 温泉帯水層と地熱貯留層は、不透水層により隔てられているが、地熱によって加熱（伝導加熱）されて形成された温泉帯水層を指す。	【生成機構】 マグマから、高温蒸気により直接加熱されているタイプである。マグマから派生した高温の蒸気やガスによって地下水が加熱されて形成された温泉帯水層を指す。北山熱水田舎ガサハナ、SO、など。	【生成機構】 前述の温泉分類①、②、③のケースにおいて地下水に加えて、海水も混入しているケースを指す。温泉の水質における影響の現れ方が異なる。
温泉影響の可能性	地熱貯留層と温泉帯水層の間に不透水層があるため、直接的な影響は少ない。	地熱貯留層からの蒸気混入によって、温泉帯水層の温度や成分濃度が低下する。	地熱貯留層からの熱伝導によって、温泉帯水層の温度が低下する。	マグマからの高温蒸気によって、温泉帯水層の温度や成分濃度が低下する。	海水の混入によって、温泉の水質や成分濃度が大きく低下する。
想定される温泉への影響の現れ方	1) 温泉の温度や成分濃度が低下する。 2) 100℃前後の高温の温泉帯水層であり、水位（圧力）の低下によって温泉の一部が蒸気化した場合、温泉帯水層の蒸気割合が増加する。 【還元熱水が温泉帯水層に及んだ場合】 1) 温泉水位・圧力が上昇する。 2) 温度や成分濃度が上昇する。	1) 温泉の温度が上昇したり、蒸気割合が増加する。	1) 温泉の温度が低下する。	1) 温泉の温度が低下する。	1) 温泉の温度が低下する。
影響防止における注意点	開発対象とする地熱貯留層、もしくは、温泉帯水層、それらの周辺に観測井を設置し、地熱開発による影響の早期発見、拡大防止に努めること等が考えられる。	開発対象とする地熱貯留層、もしくは、温泉帯水層、それらの周辺に観測井を設置し、地熱開発による影響の早期発見、拡大防止に努めること等が考えられる。	地熱貯留層からの熱水採取量が多く、圧力に大きく低下が予想される場合には、影響が発生する可能性があるため、観測井を設置し、開発による影響の早期発見、拡大防止に努めること等が考えられる。	温泉は火山活動との関連性も大きいと考えられる。火山観測記録等も合わせて影響評価を行う必要がある。	海水混入による成分濃度や温度変化に考慮した検討も重要である。

▶ 地熱貯留層と温泉帯水層の関係がどうあれ、開発のために採取しようとしている熱水が、そこにあるという前提で温泉も生成されているのではないかな？

地熱開発に対する温泉事業者の要望 (日本秘湯を守る会)

▶ 「温泉源利用」や「環境保全」に対する行政チェック機能の徹底

- 温泉・地熱井の台帳整備によるデータの一元管理
- 影響調査や長期モニタリングの義務化(開発者負担、第三者機関実施)
- 温泉収支にみあった「採取利用制限」を義務づける法整備
- 「事業差し止め・停止」を可能とする法整備と行政による監視の徹底
- 地熱開発の影響による被害者救済制度の確立

▶ 国民への公正な情報公開

- 公正な第三者機関によるチェックと、リアルタイムでの公開



報告書

地熱発電と温泉利用との共生を目指して



2010年5月

日本地熱学会

地熱発電と温泉との共生
を検討する委員会

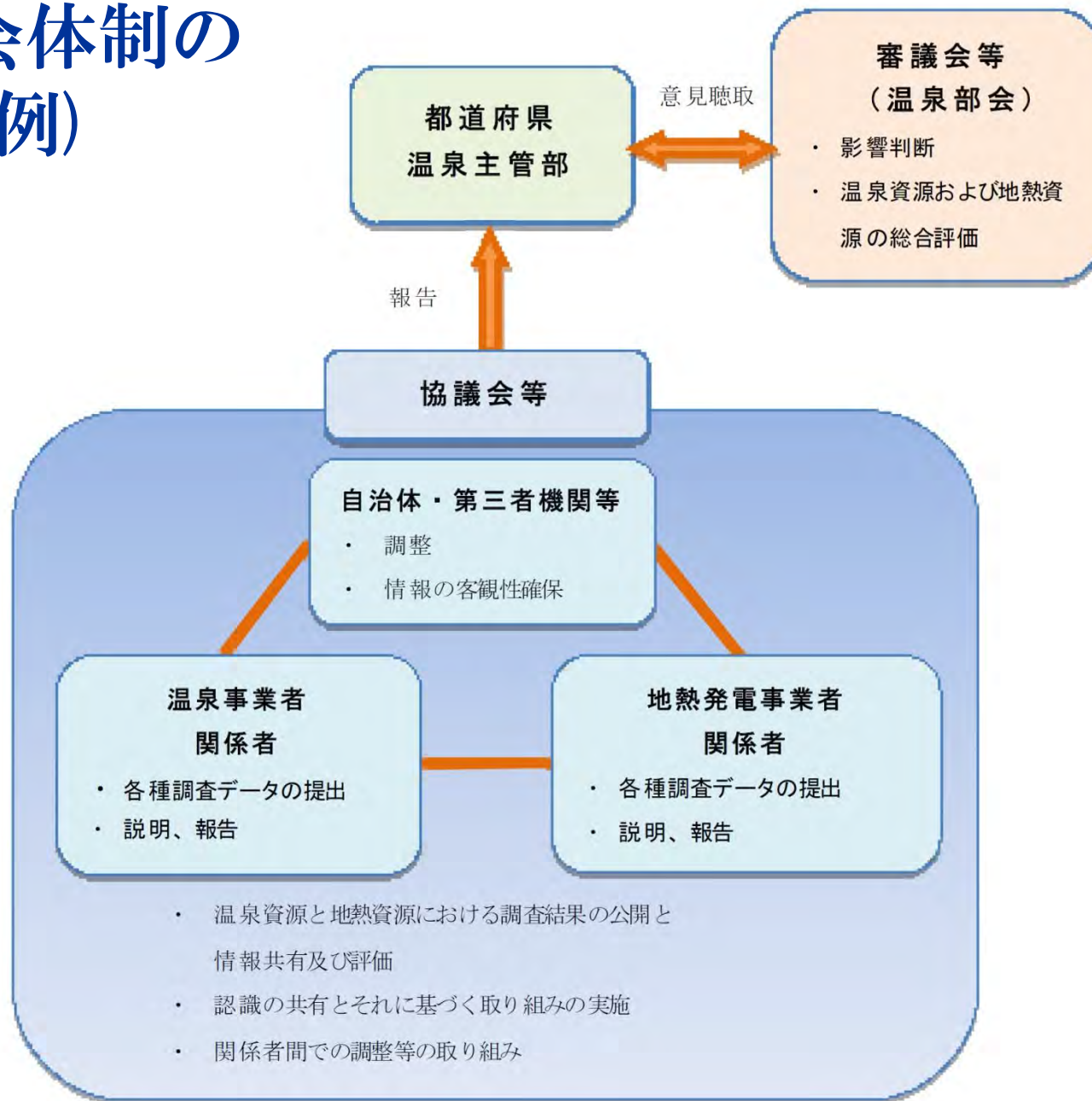
〒108-0071 東京都港区白金台3-18-6-103
grsj-of@m.aist.go.jp
<http://www.soc.nii.ac.jp/grsj/>

4ー(2) 冷静な考え方

- ▶ 地熱発電の温泉に対する影響を懸念する立場からの代表的な意見は、地熱発電は温泉に影響する可能性が大であるとし、地熱発電を行う側に影響がないことの証明を求めるものである。しかし、この懸念の論拠には評価に耐え得るデータが示されないことが多く、しばしば情緒的であったり、風聞であったりする。
- ▶ これに対し、地熱発電の実行側の基本的な意見は、バランスを崩すような過剰採取をしなければ温泉への影響をなくすることができるものである。
- ▶ この対立関係が解けないのは、地熱発電側の往時の説明として、地熱貯留層と温泉帯水層は深度が違い、間に不透水層があるから関係はないとする間答無用の説明が不信を招いたことが尾を引いている面もある。

- ▶ また、温泉への影響を問題視する側も、科学的な関係を理解することなく、反対の声だけを上げる傾向がある。
- ▶ 影響がないことの証明は、我が国の訴訟法上は告発側に説明責任があるため、そこまで踏み込んだ係争となっている例はない。ここに見られるような影響のあるなしだけの議論は、両者にとって不毛の水掛け論であり、打開が望まれるところである。
- ▶ 地熱発電の開発を行う側は、平易にその地域の地熱貯留層と温泉帯水層の関係を説明し、理解してもらう努力が必要である。温泉所有者からのデータに基づく影響の指摘に対しては、その判断や原因を共に考える協力的な態度が望まれる。
- ▶ 双方とも、いたずらに対立感情を抱くのではなく、問題を解決して両方の利益になるような方向を目指すべきである。

協議会体制の構築(例)



関係者に求められる取り組み等

▶ 温泉事業者、地熱発電事業者等によるモニタリングの重要性

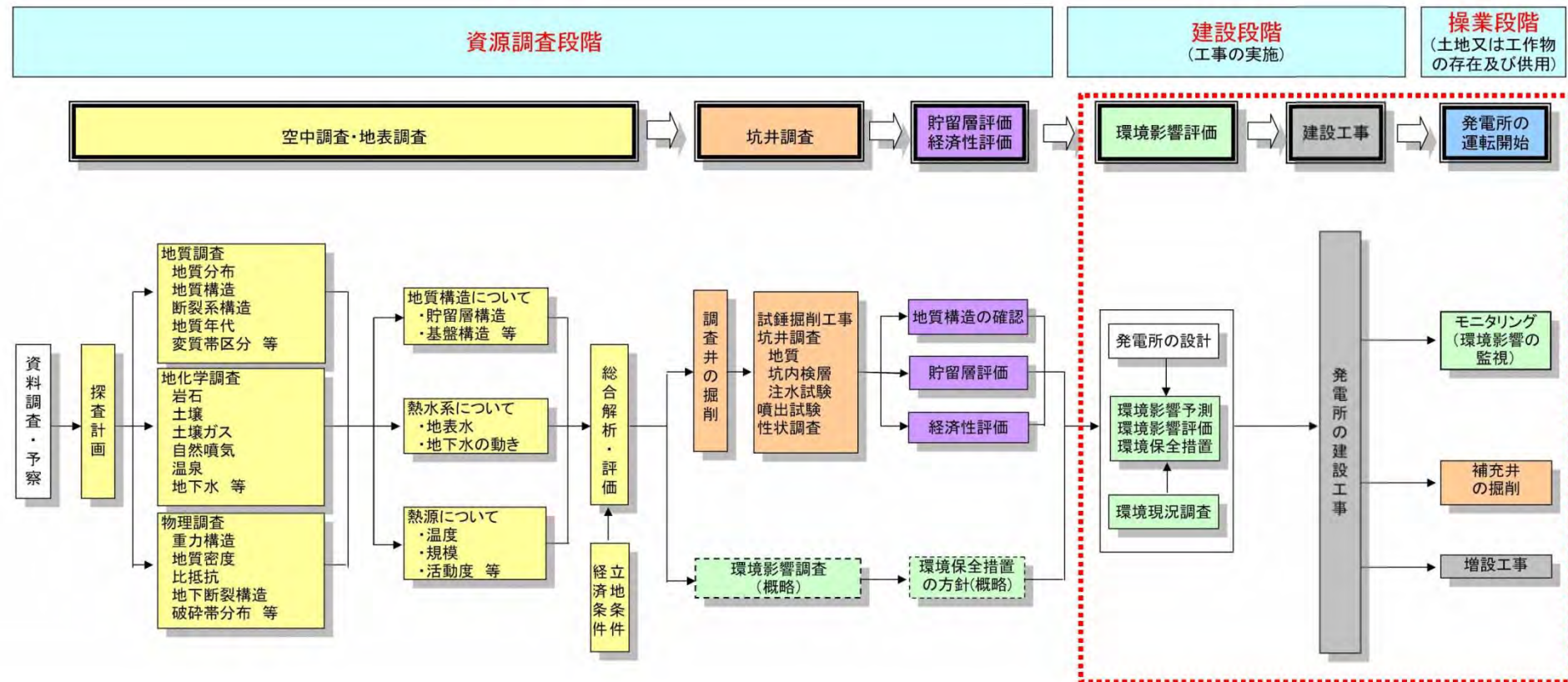
- 温泉や噴気、地熱貯留層の動態、観測井等から得られる温泉・地下水位、河川流量(水位)、降水量、周辺の土木工事等による地形改変の状況等

▶ 情報の共有・公開

▶ 関係者の合意形成(協議会等の設置)

- 地熱開発に伴う温泉や噴気への影響に関する検証結果、地熱発電の現状報告と将来計画等の説明・報告等
- 地域の地熱資源の有効活用(カスケード利用等)や保護対策(観測井設置等)
- 温泉源へ影響が生じた場合の対応に関する事前の合意形成
- 温泉と地熱の科学的関係にかかわるセミナーの開催等

地熱発電運用までの調査の流れ



環境影響評価法の手続きの対象

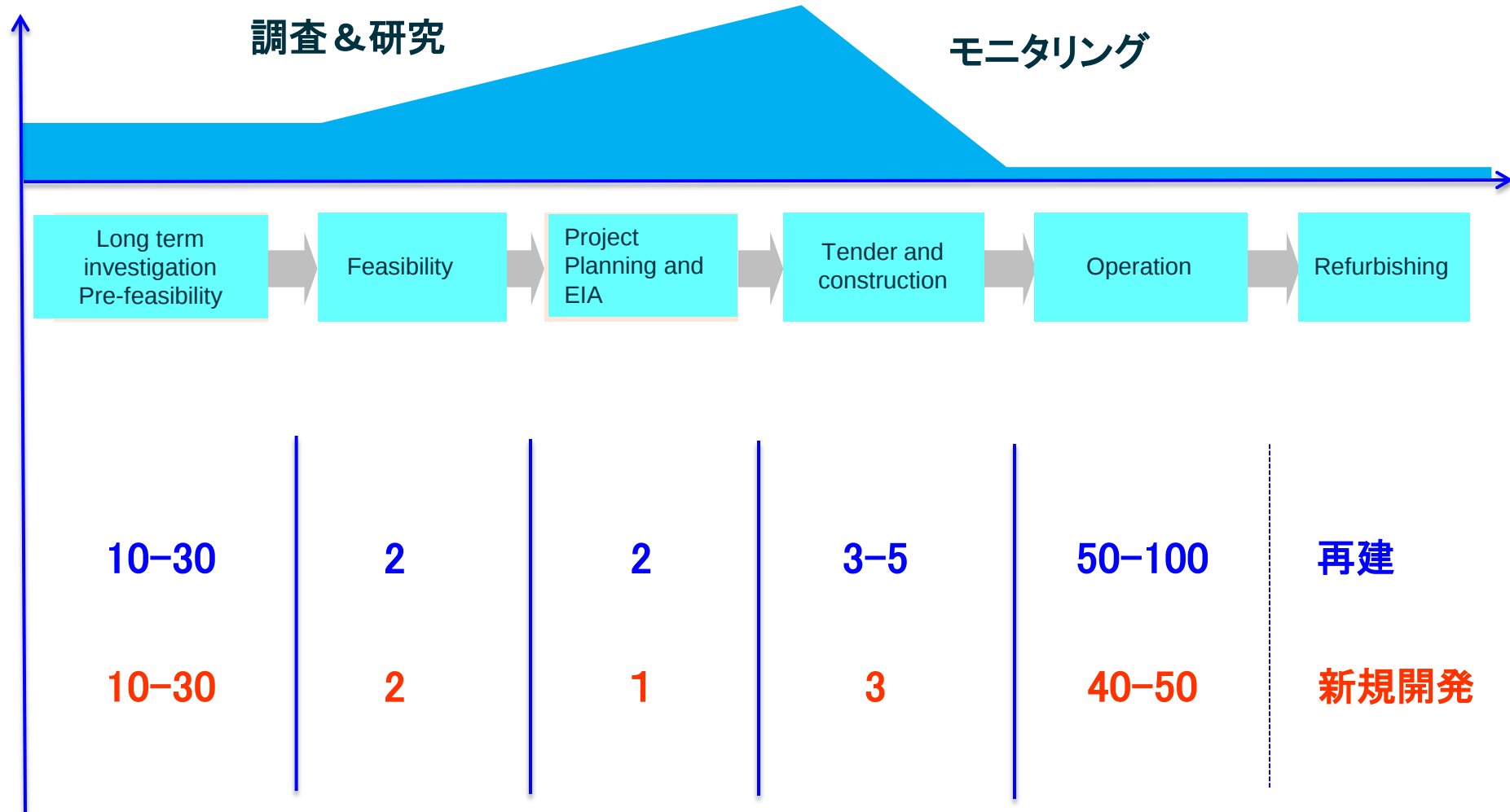
「地熱開発に係る環境影響審査手法調査業務報告書 (H23.3)」による

地熱発電開発の工程(事例)

地熱発電30MWモデルケース工程・コスト表

[illegible]

発電所の開発工程(アイスランド)



数字は年: 水力/地熱

ナショナルエナジー社(アイスランド)の資料による

地熱発電と温泉資源の共生のために

- ▶ 再生エネルギーは、地産地消であるべき
 - 温泉事業者と地熱発電事業者との信頼関係構築が不可欠
 - ✓ 想定されるリスク情報はすべて共有する

福島第一原発の教訓

2012年(平成24年)7月24日

火曜日

享月

日

楽年

月

1892年3月11日第3種郵便物認可



建屋が取り除かれ、燃料プール(手前)や原子炉格納容器のふたが露出した福島第一原発4号機=23日、本社ヘリから、堀英治撮影

4調査委報告終わる

東京電力福島第一原子力発電所事故で、政府の事故調査・検証委員会は23日、再発防止と被害の軽減に向けた提言を含む最終報告をまとめ、野田佳彦首相に提出した。原子力災害のように被害大きいものは事故の発生確率が低くても対策を取る防災思想の転換が必要とした。国会や民間など主な四つの事故調の報告が全て出そろったが、未解明な部分が多く残った。

防災思想の転換提言 政府原発事故調「発生率低くても」

細村太郎委員長は会見で、「やれるところまでの努力をした。放射線が換すき、実物に近づけないこと」に尽き、「一番妥当だろう」というところまでしか言えない」と話した。

報告書は、国が主導して調査を続け、放射線レベルが下がった段階で必ず実地合災害の視点が必要と指

事故の背景として、東電を含む電力会社も国も、安全を優先して考える姿勢を保持「安全文化」が欠けていたと指摘した。

再発防止に向けた提言は、地震や津波と原発事故が同時に起きる大規模な複合災害の視点が必要と指

まだ見えぬ「3・11後」

論説主幹 大野 博人

この国の歴史のページを、めくれば。23日、福島第一原発についての政府の事故調査・検証委員会の最終報告をきいて、あらためてそう感じる。

報告書は、政府や東京電力、専門家の失敗、機能不全の指摘に満ちている。保安院は「主体的に動かさず、首相官邸で海水注入について」「的確な応答をし」「専門家はおらず、東電は「事故原因について徹底的に解明して再発防止に役立てようとする姿勢が十分明確に揭げず、安全性に不安を残したまま原発の再稼働を決めた。核燃料サイクルの行方定まらない。

毎週末の首相官邸前のデモは、変えるべき時代が来たら、それだけではない。たまたまの企業や家庭は、新しい生き方、働き方に変えようという決意の表れでもあるだろう。

にもかかわらず、指導者たちは時代を区切りをつけない。そこには、人々はいらない、不信感を

「災害大国」であることを肝に銘じ、甚大な被害をもたらす事故や災害を、発生の際にはかわらず対策をとるよう、認識を転換して新たな防災思想を確立すべきとした。

さらに、原発を拒む中央防災会議でも原発事故を念頭に置いた検討が必要

政府事故調査報告書のポイント
想定を超える津波襲来の可能性があるという知見がなかった。東電も国も複合災害を考えなかった。第一原発では第二原発に比べて、代替措置がとられていないなど対応に問題があった。
冷却機能を失った原因で、地震による重要機器の損傷は考えにくい。
SPEEDIのデータが公表されていれば、避難住民の救済(ひばく)を最小限に防ぐことができた。
東電が全員撤退を考えていたとは断定できない。
菅直人首相(当時)ら関係閣僚は、地下の危機管理センターを活用せず、情報共有に問題があった。
菅首相の介入は現場を混乱させた。
東電の事故原因の究明は不徹底で、再発防止に役立てる姿勢が不十分。

で、被害者の視点に立つて設備や避難計画を見直す必要があると指摘した。

また、各原発の弱みを洗い出しながら、過酷事故を想定して有効な対策を準備すべきとした。

住民避難については、最大十数万人規模の住民の移動を念頭に、交通手段や速

募らせている。今月初めに報告を出した国会事故調の黒川清委員長は「福島第一原発は終っていない」と言っていた。実際、福島第一原発は廃炉まで40年かかるという。その間、大地震があれば再び不測の事態が起きるかもしれない状態が懸念。

「ポスト3・11」は、そんな厳しい現実と向き合う時代だ。責任の所在を今後とも追究し続け、国民が信頼できる新しい仕組みや理念を土台から作り直さなければ乗り切れない。

各種の事故調査報告を出そう。これ以上、歴史のページをめくるのを遅らせるべきではない。

地熱発電と温泉資源の共生のために

- ▶ 再生エネルギーは、地産地消であるべき
 - 温泉事業者と地熱発電事業者との信頼関係構築が不可欠
 - ✓ 想定されるリスク情報はすべて共有する
 - 地域ごとに違った議論があってよい
 - ✓ 温泉利用のあり方、エネルギー確保、地域振興・・・・

 - ▶ 温泉等への影響について、一般論での議論には限界
 - データに基づいた科学的な判断がなされるべき
 - これまでの事例についての検証の必要性

 - ▶ 開発・運用にあたっては、モニタリングデータの蓄積と、それに基づく計画の見直し作業の繰り返しが求められる
-

