

第2回 上川町層雲峡温泉白水沢地区等地熱研究協議会

上川町役場大会議室

地熱発電と温泉との共生

- ・地熱発電事業における温泉資源への影響と資源確保等

産業技術総合研究所

野田 徹郎

2013年1月24日

地熱開発の温泉への影響

結論

- ・地熱開発が温泉に影響することはある。

地熱貯留層と温泉帯水層とのつながり具合により、地熱貯留層からの流体採取が、地熱貯留層への流体供給に対し過剰である場合は影響することがある。

- ・地熱開発が温泉に影響しないようにすることができる。

地熱貯留層と温泉帯水層がつながっていても、地熱貯留層からの流体採取を、地熱貯留層への流体供給とバランスさせれば影響は生じない。

- ・海外では地熱開発が温泉へ影響した事例があるが、日本では地熱開発が温泉へ影響したことを示す事例はない。

地熱発電による温泉への影響事例

地熱発電が温泉に影響した海外の事例				日本の状況 ($\geq 10\text{MW}$)
国名	New Zealand	Philippines	Italy	日本
地域名	Wairakei	Tiwi	Larderello	森, 松川, 葛根田, 大沼, 鬼首, 大岳, 八丁原
運転開始	1950	1970	1904	1966～1982
発電規模	152.2MW(1990)	330MW(1990)	228.5MW(1990)	10～110MW
開発エリア	15Km ²	10km ²	200km ²	数km ²
坑井本数	154(～1990)	90(1983)	539(～1974)	6～32(1992)
地下還元	還元せず	還元せず	復水を還元	還元
影響内容	温泉湧出量減少 成分濃度低下 温泉の蒸気化	水蒸気爆発地 獄化温泉停止	噴気・温泉消滅	はっきりした影響 認められず
学会誌記事	あり	あり	あり	なし

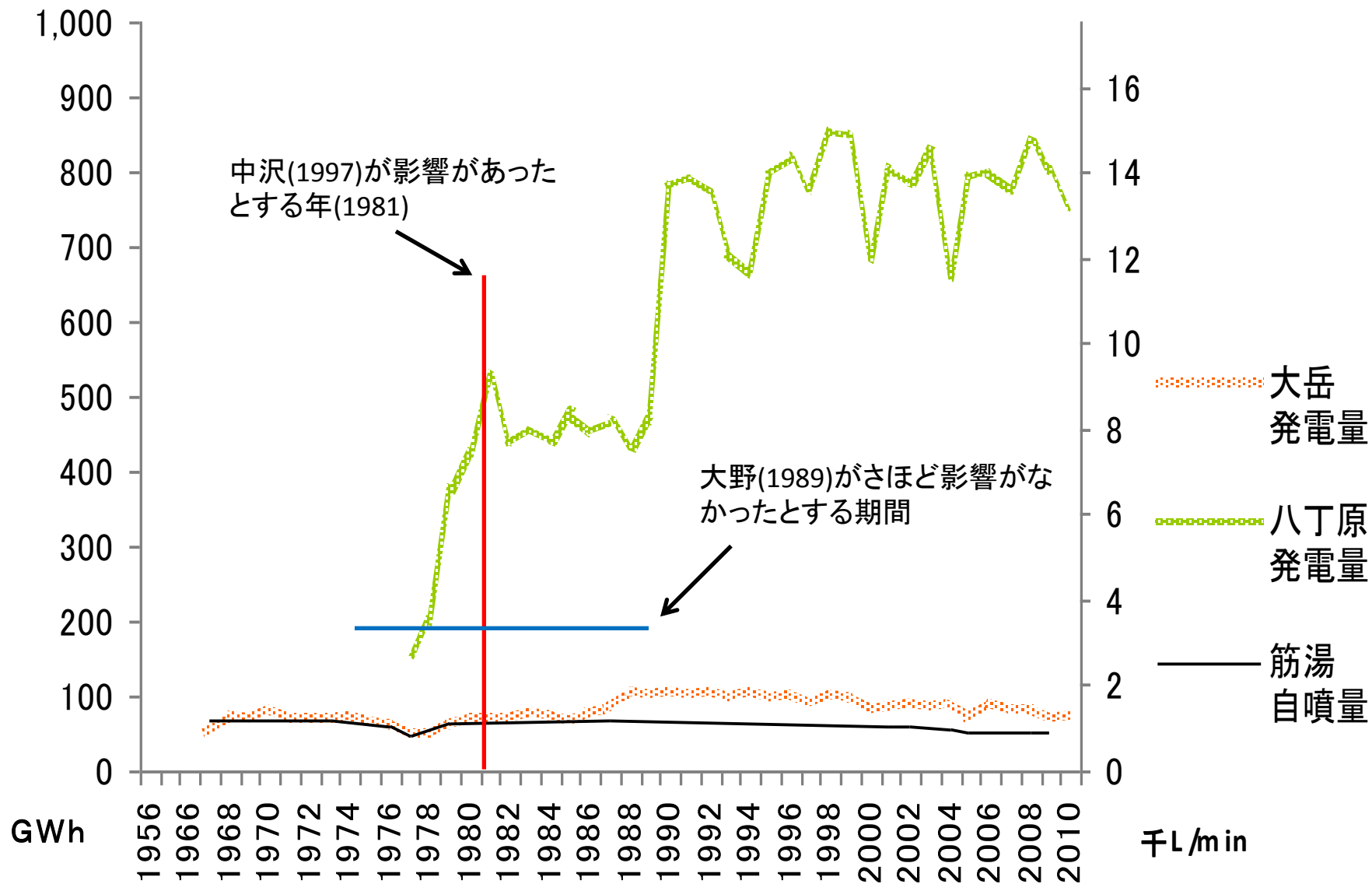
大分県大岳・八丁原地熱発電所周辺の源泉及び噴気の状態(中沢, 1997)

	源泉及び噴気の状態(1981年調査)	源泉数
自然湧出泉	全く枯渇した源泉	5
	著しく泉温の低下, 湧出量の減少があった源泉	9
	泉温低下, 湧出量減少があった源泉	3
掘削泉	源泉及び噴気の状態(1981年調査)	2
	全く枯渇した源泉	2
地獄	著しく泉温の低下, 湧出量の減少があった源泉	4

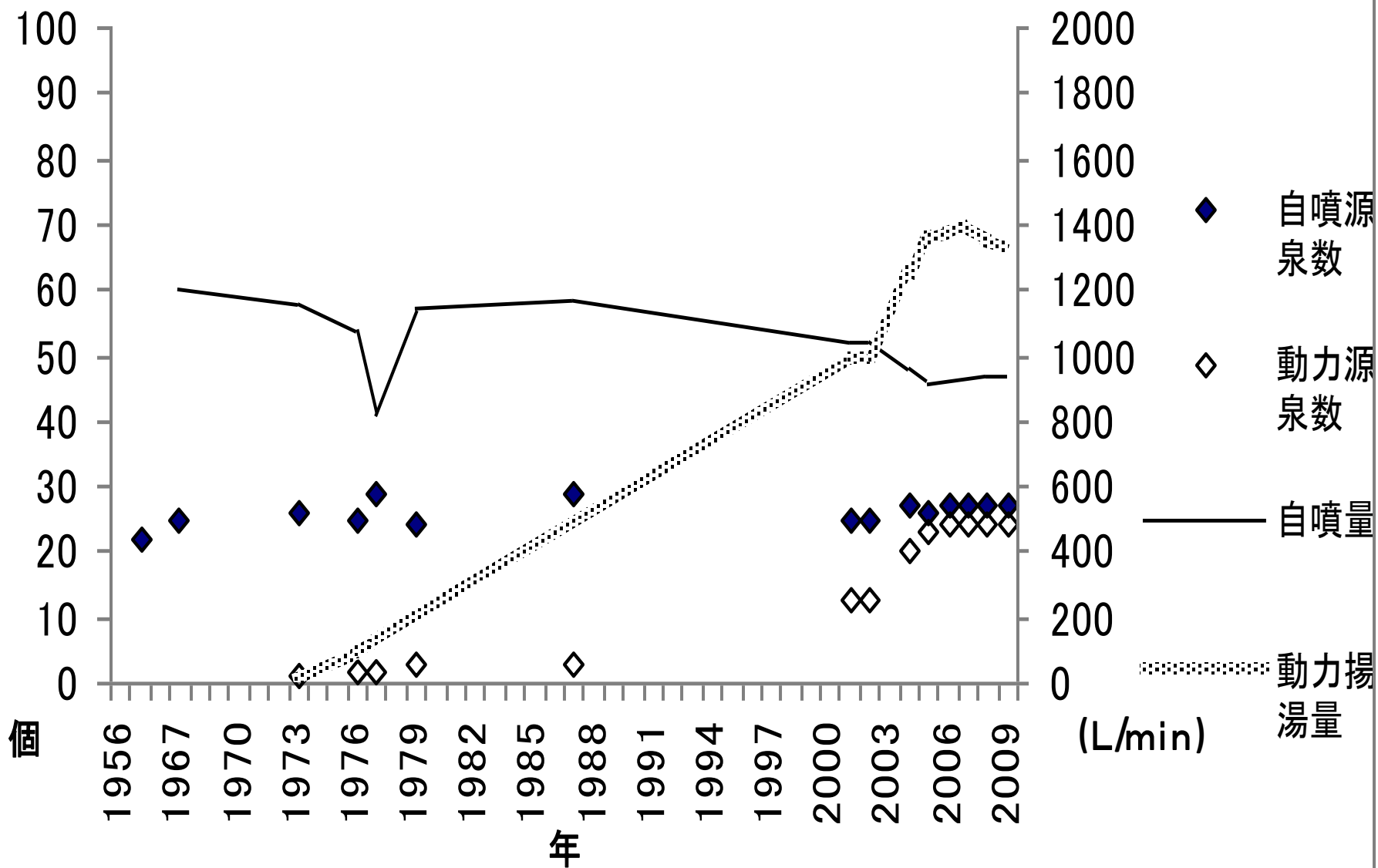
筋湯地域における源泉の概況(大野, 1989)

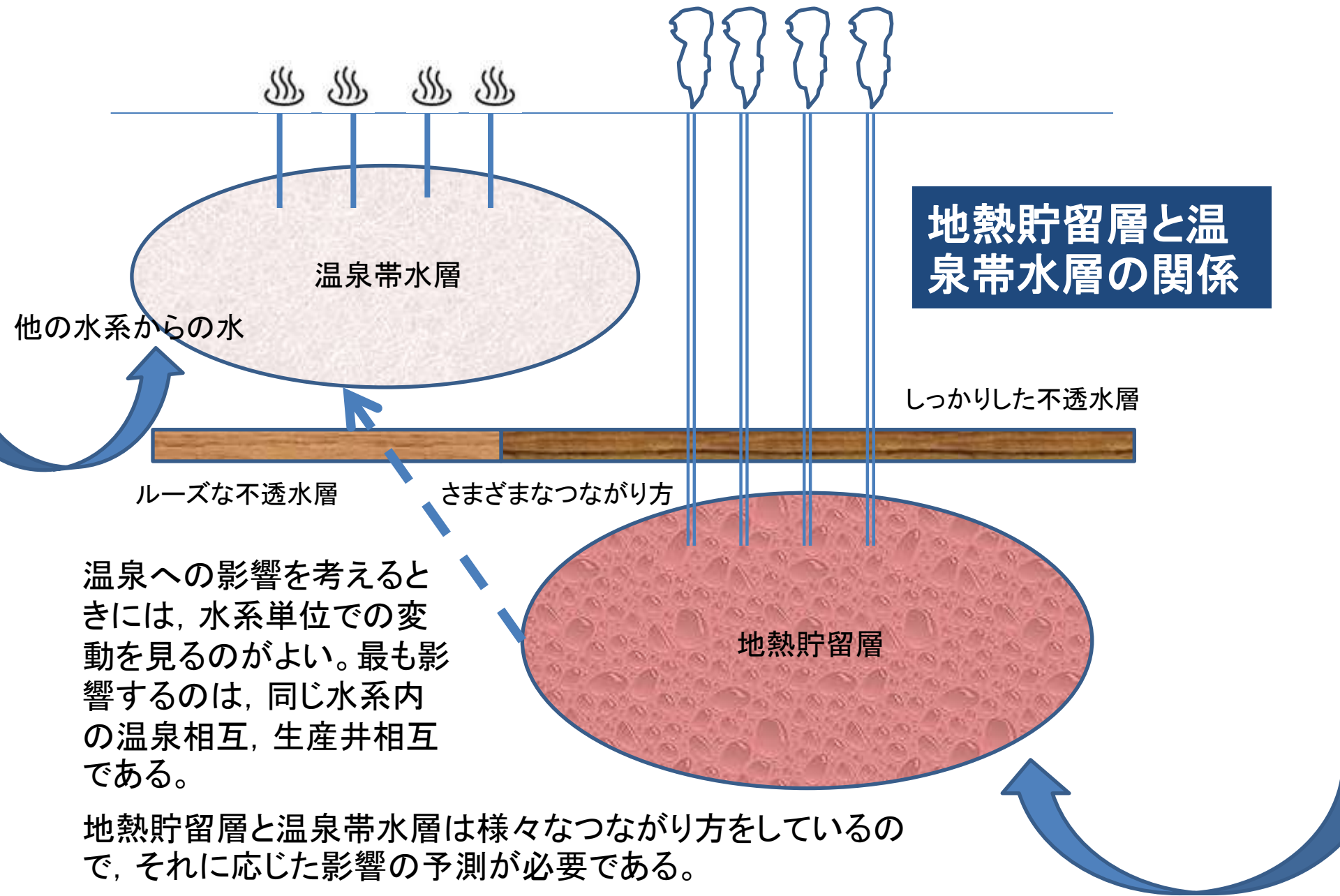
1976年度と1988年度を比べると, 活動源泉数の増減傾向を見るかぎり, その実質において大きな変動はないものと考えてよからう。1976年度の湧出量は毎分1,160リットル, 1988年度は1,170リットルである。湧出量においても源泉数とほぼ平行な関係が見られ, さほど変動はなかったものと考えてよいであろう。温度については, 1980年以降1989年まで55~60°Cを上下している。以上のことから, 源泉数・湧出量・泉温いずれもここ10数年大きな変化はなかったものと考えられる。

大岳・八丁原発電所の発電量と筋湯の自噴量の変化

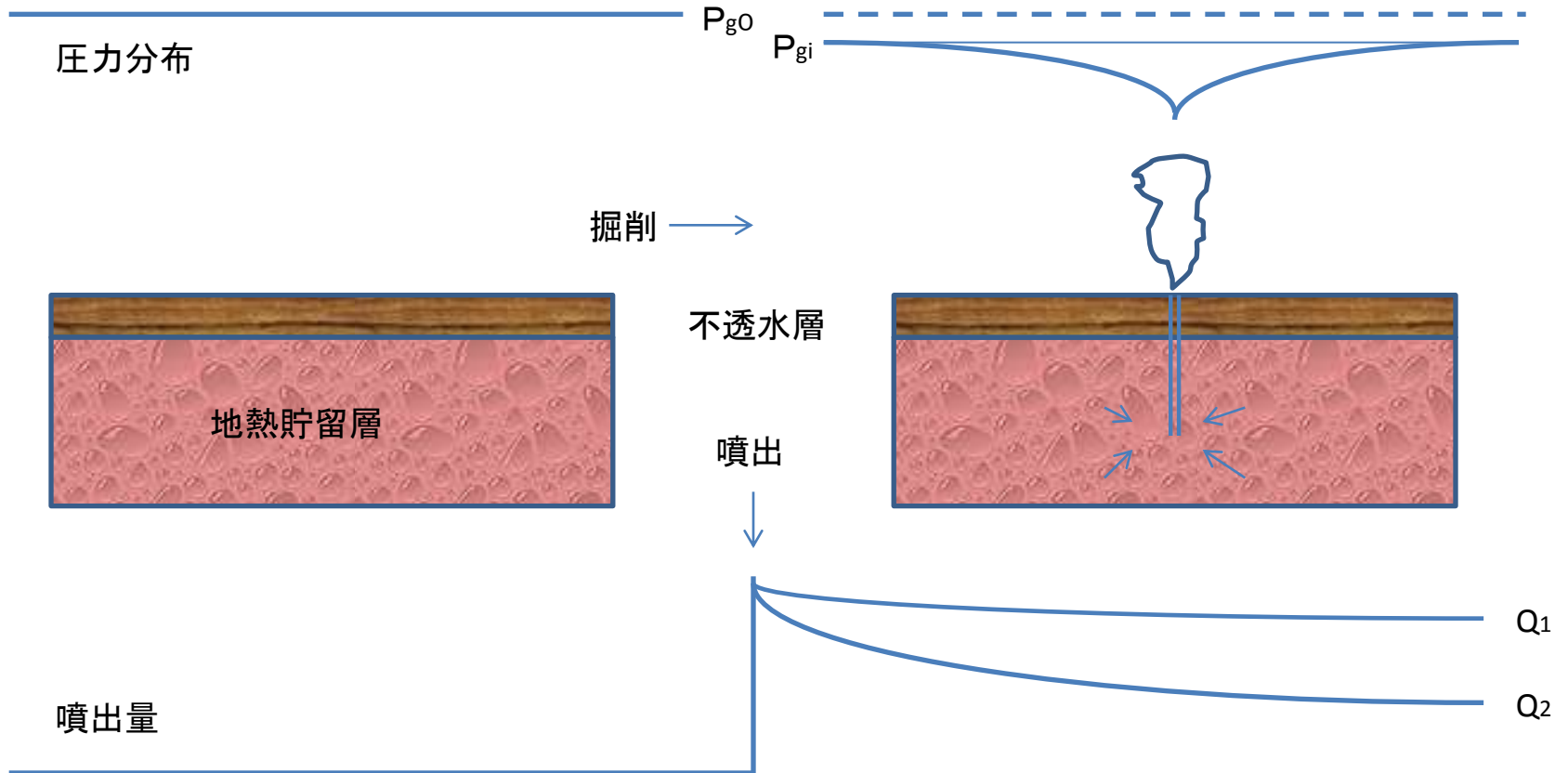


筋湯温泉の源泉数と湧出量の変化



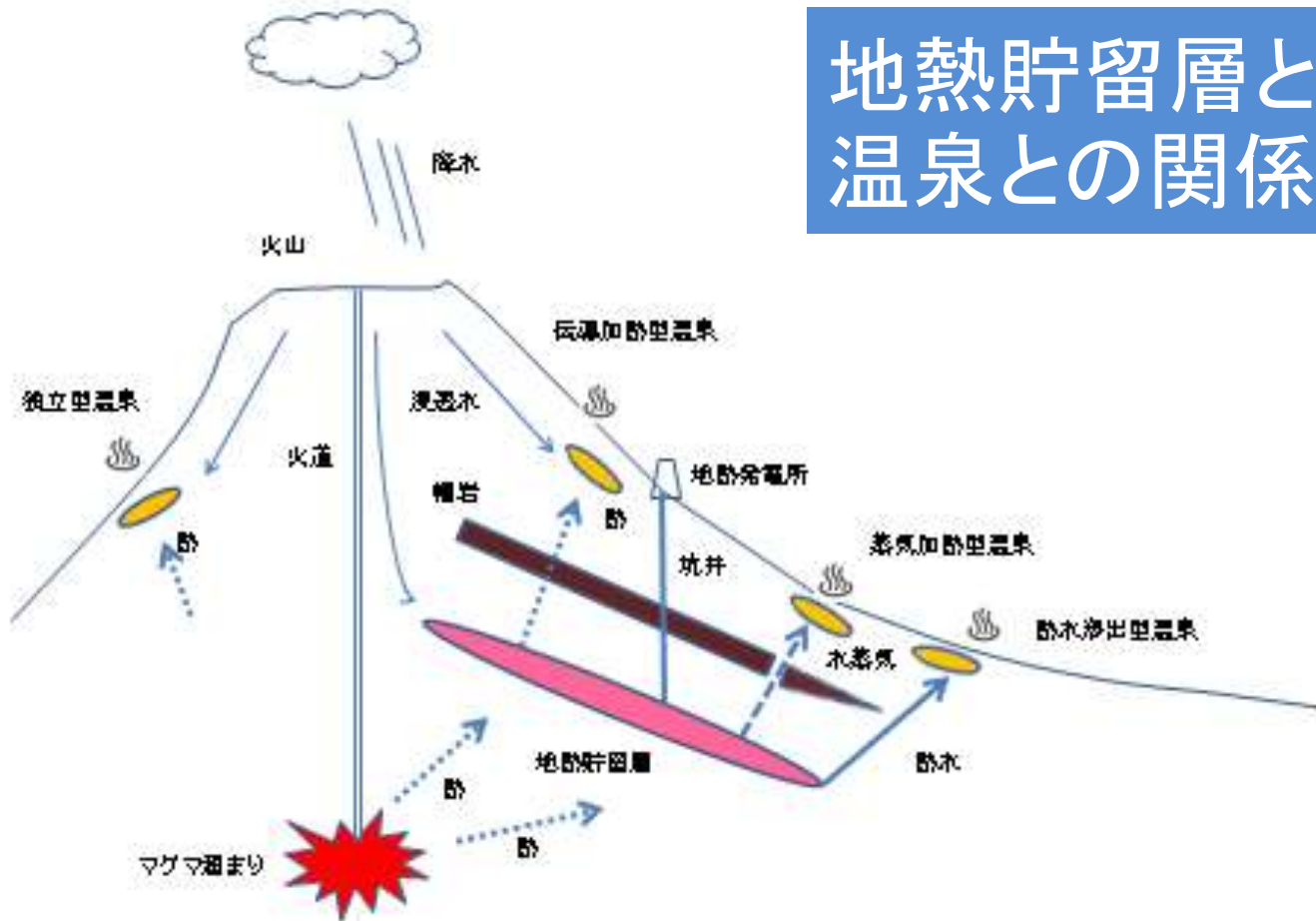


掘削による貯留層圧力と噴出量の変化



温泉への影響を考慮する上で、地熱貯留層全体の平均圧力 (P_{gi}) の動向が重要である。圧力低下率 $RP_g = (P_{g0} - P_{gi}) / P_{g0}$ が 0 に近ければ温泉への影響は考慮しなくてよいが (噴出量曲線 Q_1)、 RP_g の値が大きいときや、 RP_g の値が増え続けるとき (噴出量曲線 Q_2) のときは注意が必要である。

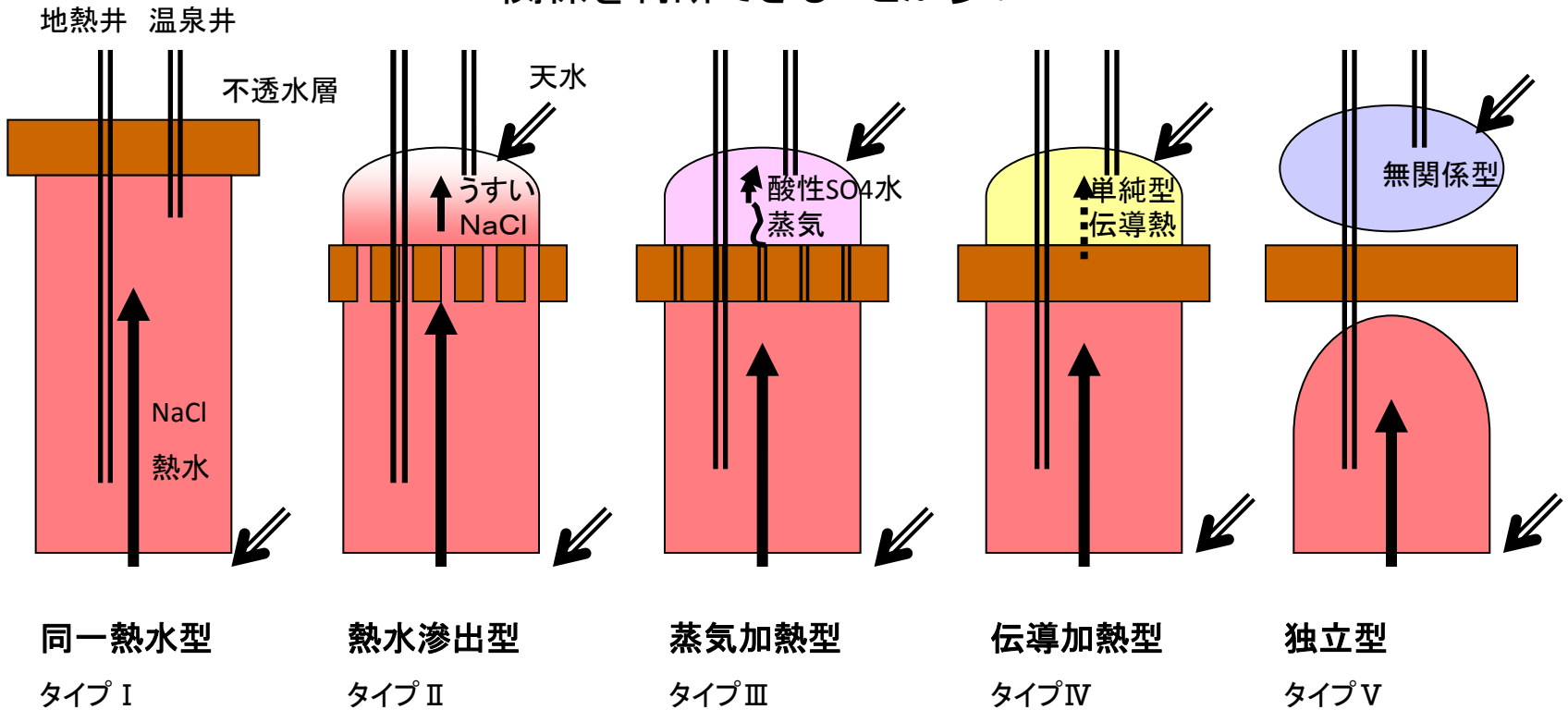
地熱貯留層と温泉との関係



地熱・温泉系は箱根のような火山の周りに発達する。地熱貯留層と温泉の間には不透水性の帽岩があるが、両者は部分的に様々なつながり方をして異なる温泉の成因となっている。つながり方の強い順(影響の可能性の強い順)に熱水滲出型>蒸気加熱型>伝導加熱型があり、他に無関係の独立型や火山ガス型がある。

地熱貯留層と温泉帯水層の関係

両者の温度, 水位, 泉質, 位置(深度, 水平距離)で
 関係を判断できることが多い



熱水の取り過ぎにより熱水貯留層の圧力が低下する場合に影響が生じる。熱水貯留層の収支バランスがとれていれば影響は生じない。また, 温泉相互の関係と, 他の人為的, 自然的影響があり得るので判断には注意を要する。

影響を考える上で大事なこと

- ・地熱貯留層と温泉帯水層の関係を理解しモデル化して温泉への影響の可能性を把握しておくこと。
- ・影響の懸念があるときは、必要なモニタリングを行い、温泉の変動を把握すること。
- ・温泉に水系単位の有意の変動があるときは、影響を与える様々な因子について検討し、原因を究明し、必要な対策を施すこと。

温泉変動の影響による分類と特徴

影響原因による分類	影響因子	影響の特徴
単独内因的影響	坑井トラブル(目詰まり, スケール, 坑井劣化), 揚湯装置損傷	<ul style="list-style-type: none">・周辺の温泉と関連しない独立の変動・突発的で変動幅が大きい
全体内因的影響	全体的な採湯傾向(過剰揚湯)	<ul style="list-style-type: none">・温泉地単位の同じ成因の温泉が一斉に変動する・変動は長周期で緩やか
局部外因的影響	土砂崩れ, 土木工事, 河川・湖沼水位, 潮汐	<ul style="list-style-type: none">・全体の温泉とは関連しない特定地域にある同じ成因の温泉群の変動・温泉群はそろって同じ変動をする・変動前に原因となるイベントがある
全体外因的影響	降雨, 積雪, 渇水, 地震, 火山活動, 地熱開発	<ul style="list-style-type: none">・温泉地単位の同じ成因の温泉が一斉に変動する・変動は長周期で緩やか・変動前に原因となるイベントの変化がある

- ・影響は一般に上位因子によるものほど頻発し程度は大きい
- ・影響対策は上位因子から先に検討するのが効果的
- ・人為的影響は適切な対策により復旧可能

上川地域温泉と地熱熱水の特徴

温泉地	温度	化学成分
白水沢	78.5°C	SO ₄ 卓越 Cl 2mg/L TSM 832mg/L
愛山溪	48.9～49.5°C	陰イオン混在 Cl 98～100mg/L TSM 1480～1500g/L
層雲峡	54.5～80.5°C	陰イオン混在 Cl 14～81mg/L TSM 515～682g/L

地熱開発促進調査 上川地域 報告書(1988)による

これまでに得られた熱水の特徴

温度 95.0～95.3°C 化学成分 Cl 4.0～16mg/L

本源的な熱水ではない。もっと深部に更に高温のNaCl型熱水の存在が推定される(Cl濃度 > 1000mg/L)

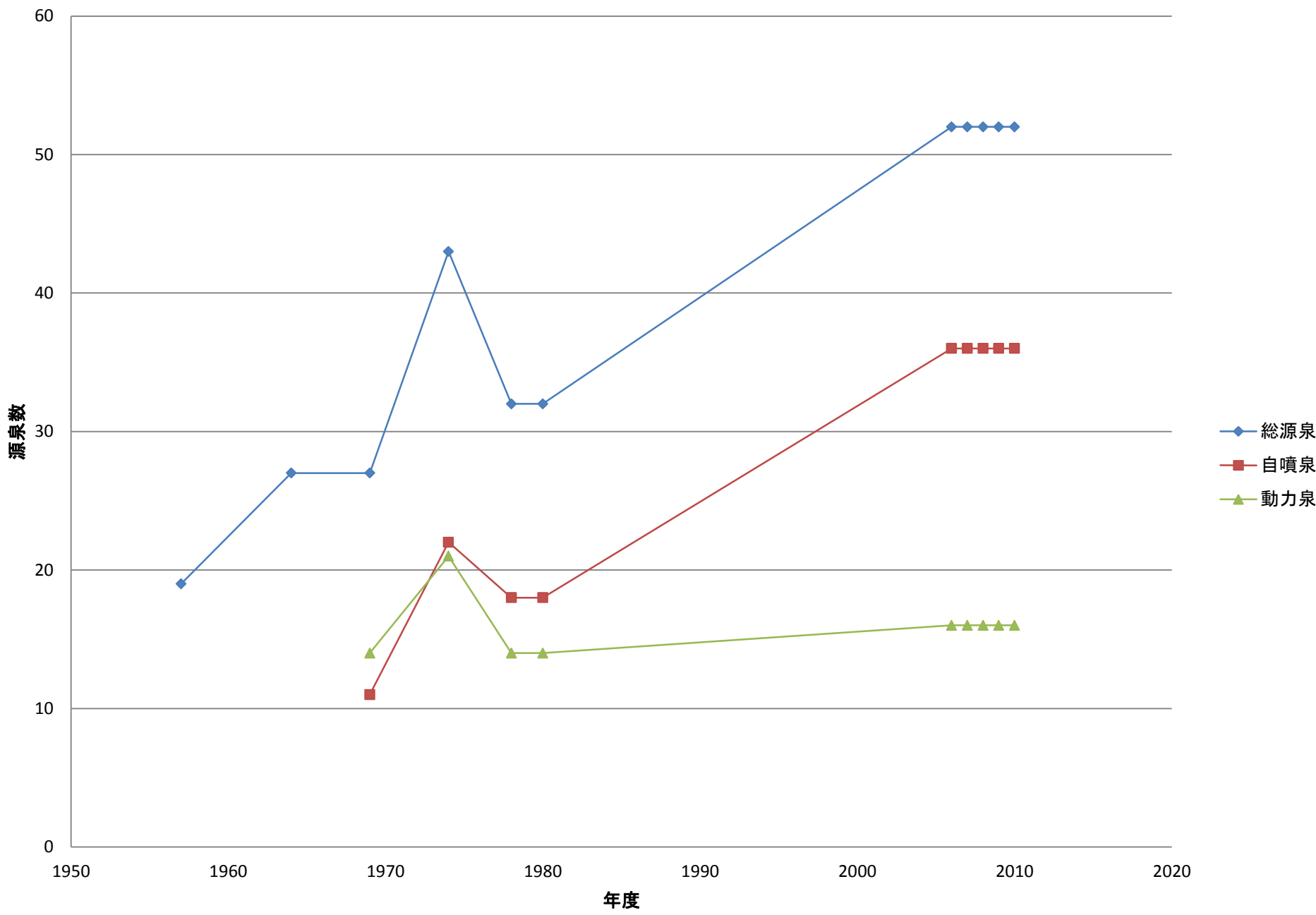
上川地域の温泉への影響予測

温泉地	温泉番号	地熱開発地との水平距離	地熱貯留層との関係分類	総合判断
白水沢	KH-1	1km未満	蒸気加熱型	影響があるとすれば温度と成分, 湧出量は無関係
愛山溪	KH-2	1~5km	無関係型	影響なし
	KH-3	1~5km	無関係型	
層雲峡	KH-4	1~5km	伝導加熱型	ほとんど影響なし 万一, 影響があるとすれば温度のみ, 湧出量, 成分は無関係
	KH-5	1~5km	伝導加熱型	
	KH-6	1~5km	伝導加熱型	
	KH-7	1~5km	伝導加熱型	
	HH-8	1~5km	伝導加熱型	
	KH-9	1~5km	伝導加熱型	
	H-10	1~5km	伝導加熱型	

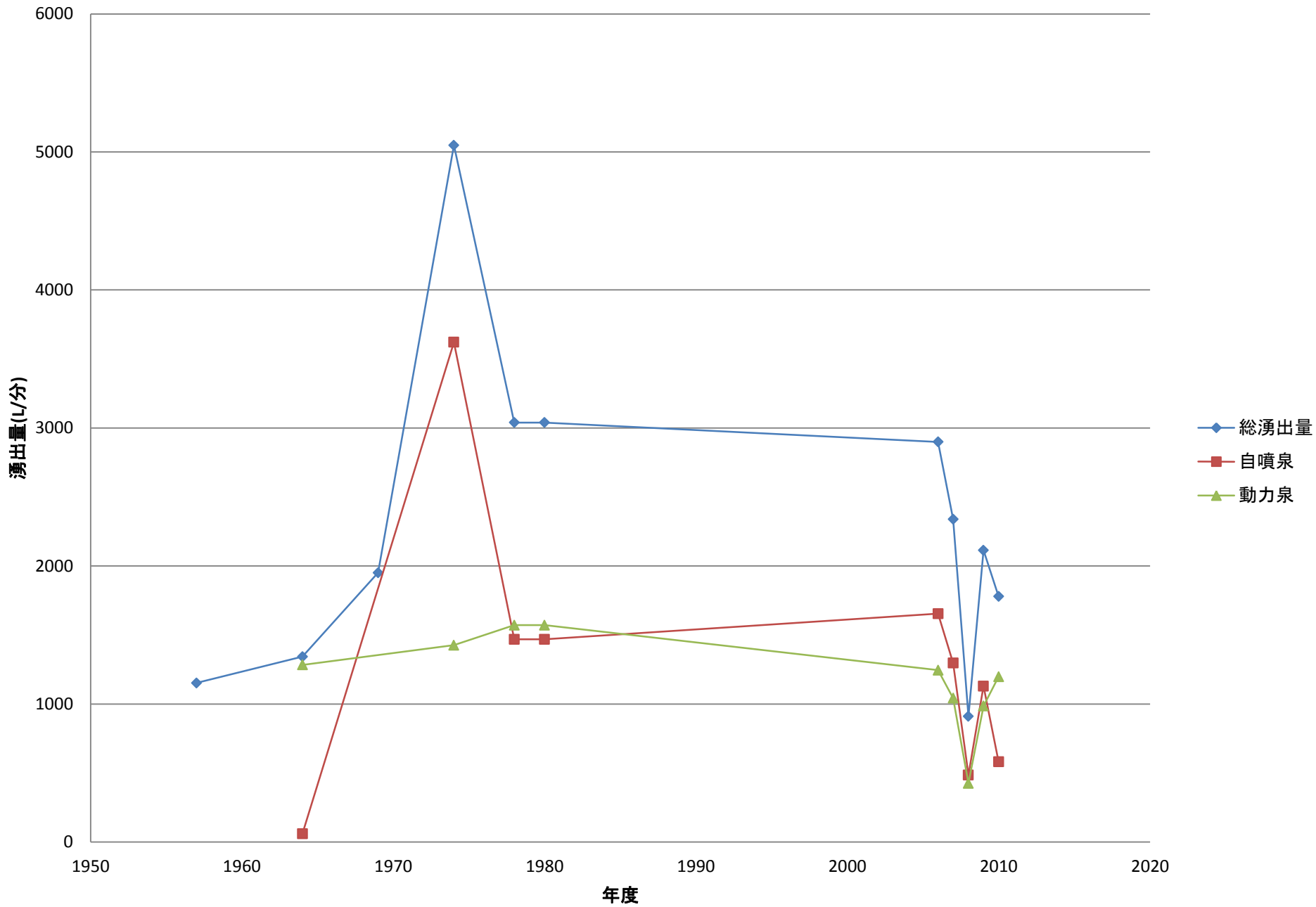
地熱開発地として白水沢を想定

基準 水平距離 1km未満:必ず検討 1~5km:つながりの懸念があるときのみ検討
5km以上:検討の必要なし

層雲峽温泉の源泉数の変遷



層雲峡の湧出量の変遷

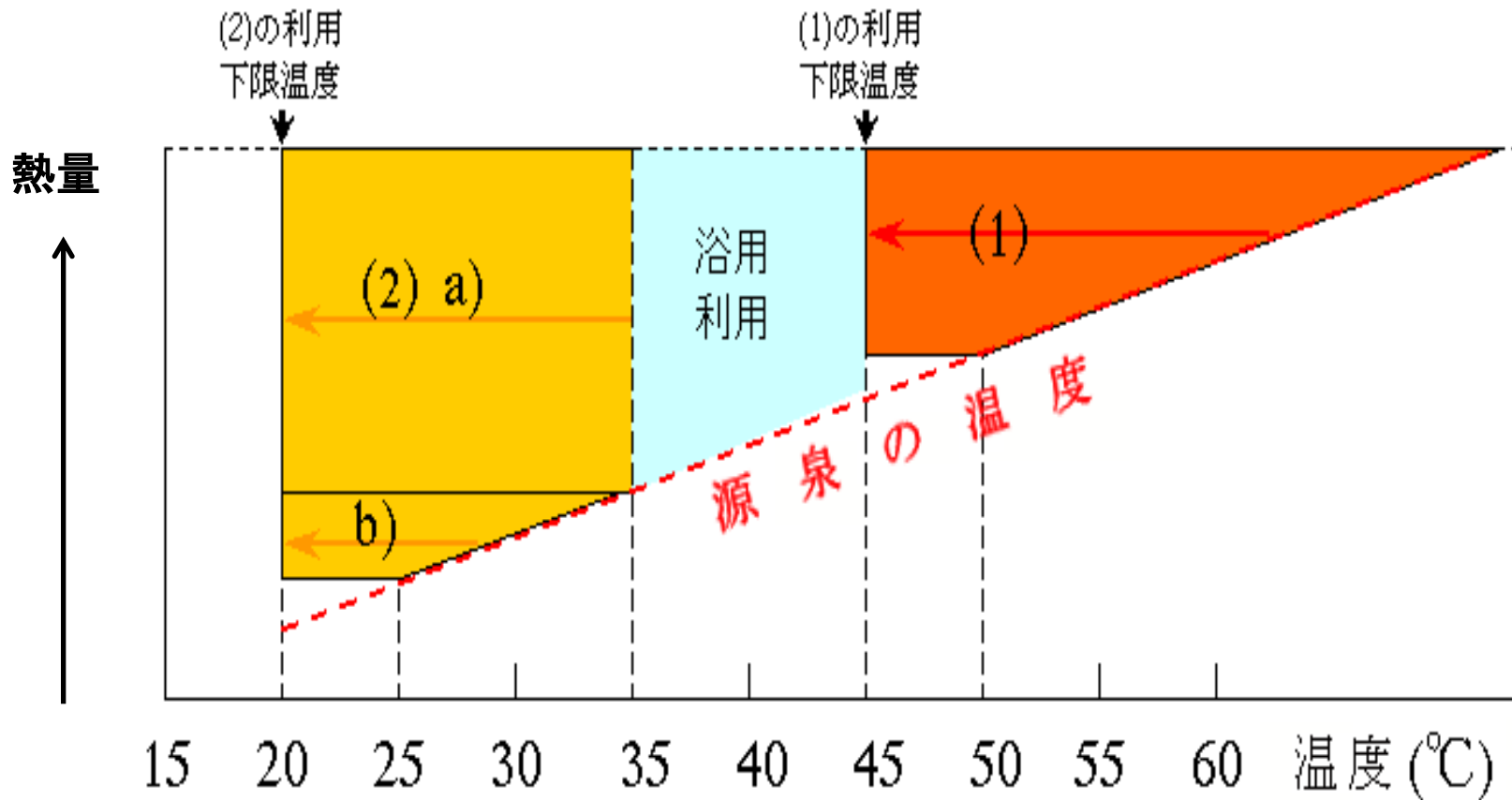


層雲峡温泉の現状と価値

総源泉数	63
自噴泉	36
動力泉	16
未利用泉	11
温度区分	
25°C以上42°C未満	1
42°C以上	59
水蒸気及びガス	3

総湧出量	1,779 L/分
自噴量	681 L/分
動力揚湯	1,198 L/分
年間浴用利用熱量	17,769.1 GJ/年
石油換算	424t (3,390万円)
年間未利用熱量	15,861.6 GJ/年
石油換算	379t (3,032万円)

温泉水直接熱利用の温度範囲

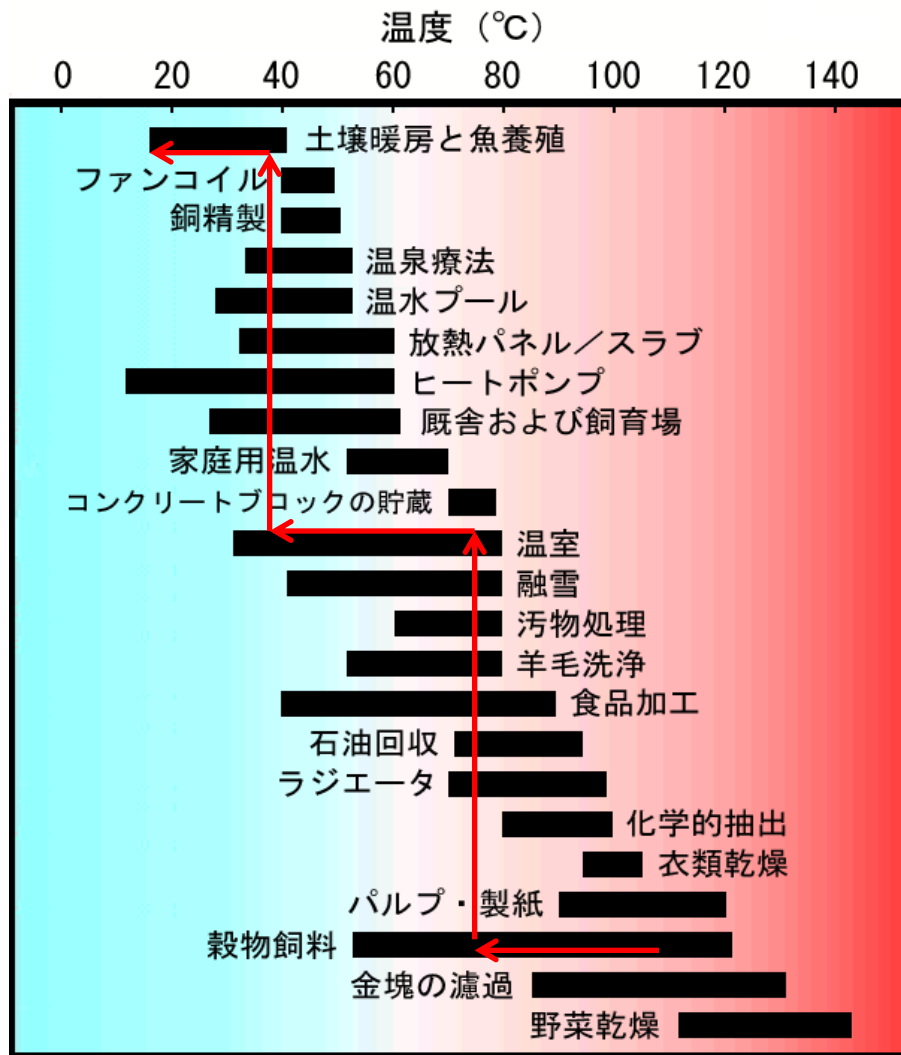


(1)利用下限温度45°Cの利用熱量

(2)a)利用下限温度20°Cで浴用利用後の利用熱量

(2)b)利用下限温度20°Cで浴用に適さない温泉水の利用熱量

温泉水の温度別熱利用法



カスケード利用の例

110~80°C

トウモロコシ乾燥

80~40°C

熱帯植物栽培

40~20°C

ティラピア養殖

地元への直接利益

- 電源立地交付金
- 固定資産税
- 雇用(産業連関表を用いた総雇用)
 - 5万kW:320人年
 - 5,000kW:約40人年
 - 500kW:約5人年
- 関連事業
- 調達
- 関係者宿泊

地熱発電による発電価値と余剰流体のエネルギー価値の推定

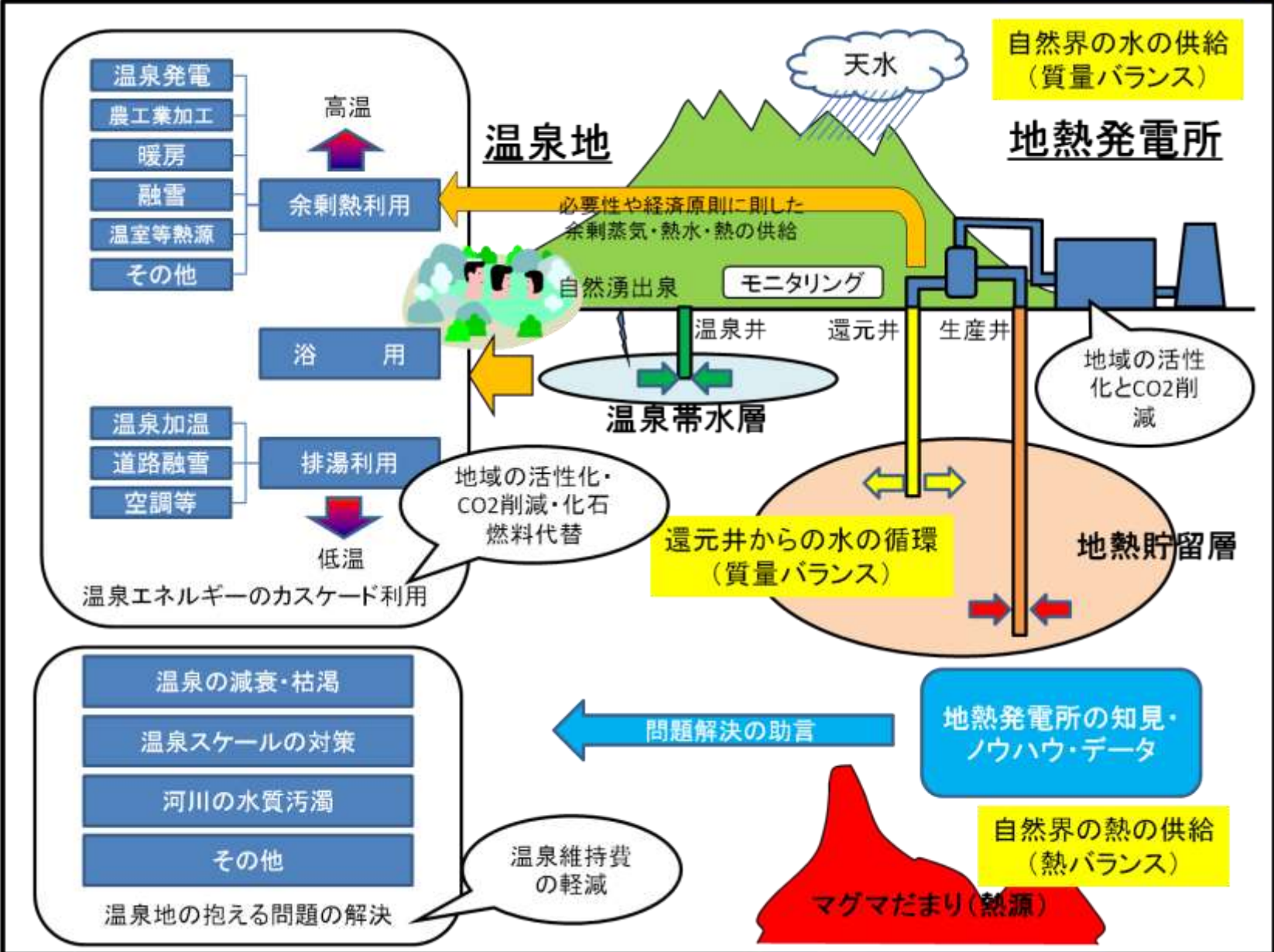
発電規模	発電量	売電収入	生産流体	利用可能熱量	石油換算エネルギー	換算金額
kW	万kWh	億円/年	t/h	GJ/年	t/年	億円/年
5万	30,660	83.70	蒸気500 熱水2,000	2,680,000	64,000	51.2
5,000	3,066	12.88	蒸気50 熱水200	268,000	6,400	5.12
500	306.6	1.29	蒸気5 熱水20	26,800	640	0.512

売電収入 設備利用率70% 5万kW 27.3円/kWh;5,000kW,500kW 42円/kWh
 生産流体 蒸気=100°C凝縮水 熱水=100°C分離熱水
 利用可能熱量 100°Cから25°Cまでの温度差熱エネルギー,変換効率0.39
 換算金額 80円/1kg石油

地熱発電と温泉の共生のためのまとめ

- ・地熱発電は地熱貯留層の圧力を減らさない適正発電量で行わなければならない。そのことが安定出力の維持と温泉影響の心配を無くすことにつながる。
- ・調査の段階では有望な地熱資源を探し適正発電量(温泉への影響の起こらない開発内容)を確認する。同時に地熱貯留層と温泉帯水層の関係を明らかにしてモデル化し、温泉への影響を把握するための必要なモニタリングの対象範囲、内容、頻度を決定する。
- ・地熱発電事業者と地域は協議会を設け、地熱発電事業と地域との共生に関する様々な協議を行う。
- ・地熱発電に伴って発生する余剰の熱利用について、地域はそれを有効に利用する方策を検討し、その実行に当たって地熱発電事業者は協力する。
- ・地熱発電は地域エネルギー利用と地球環境維持のために有効な手段であることを地域は理解し、可能な協力を行う。

温泉と地熱発電の積極的な共生システムの概念





“氷瀑”と“温瀑”の町



ブルーラグーン(アイスランド)

シリカテラス(ニュージーランド)

