

# 村杉温泉の地質 とラジウム泉の謎

2008年3月18日

島津 光夫



# 講演の中身

- 1 新潟県の温泉
- 2 放射能温泉
- 3 村杉周辺の地質
- 4 村杉温泉付近の放射能調査
- 5 村杉ラジウム温泉ので方
- 湯脈と伏流水
- 6 新発田 - 小出構造線
- a 温泉との関係
- b 新潟県北部地震と月岡断層
- 7 五頭山地の生い立ち
- 
-

# 温泉とは

温泉とは：摂氏25度以上、あるいは18種の成分のうち一つを一定量以上含むもの

療養泉：摂氏25度以上か、溶存物質、二酸化炭素、銅、鉄、アルミニウムイオン、水素イオン、硫黄、ラドンを一定量含むもの

## 主な泉質

単純温泉 単純温泉、アルカリ性単純温泉

食塩泉 ナトリウム塩化物泉  $\text{NaCl}$

硫酸塩泉 芒硝泉 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )、石膏泉  $\text{CaSO}_4$

重炭酸土類泉 重曹泉  $\text{Na}(\text{HCO}_3)$

硫黄泉 硫黄泉、硫化水素泉 ( $\text{H}_2\text{S}$ )

放射能泉 5.5マツヘ以上

# 新潟県の温泉

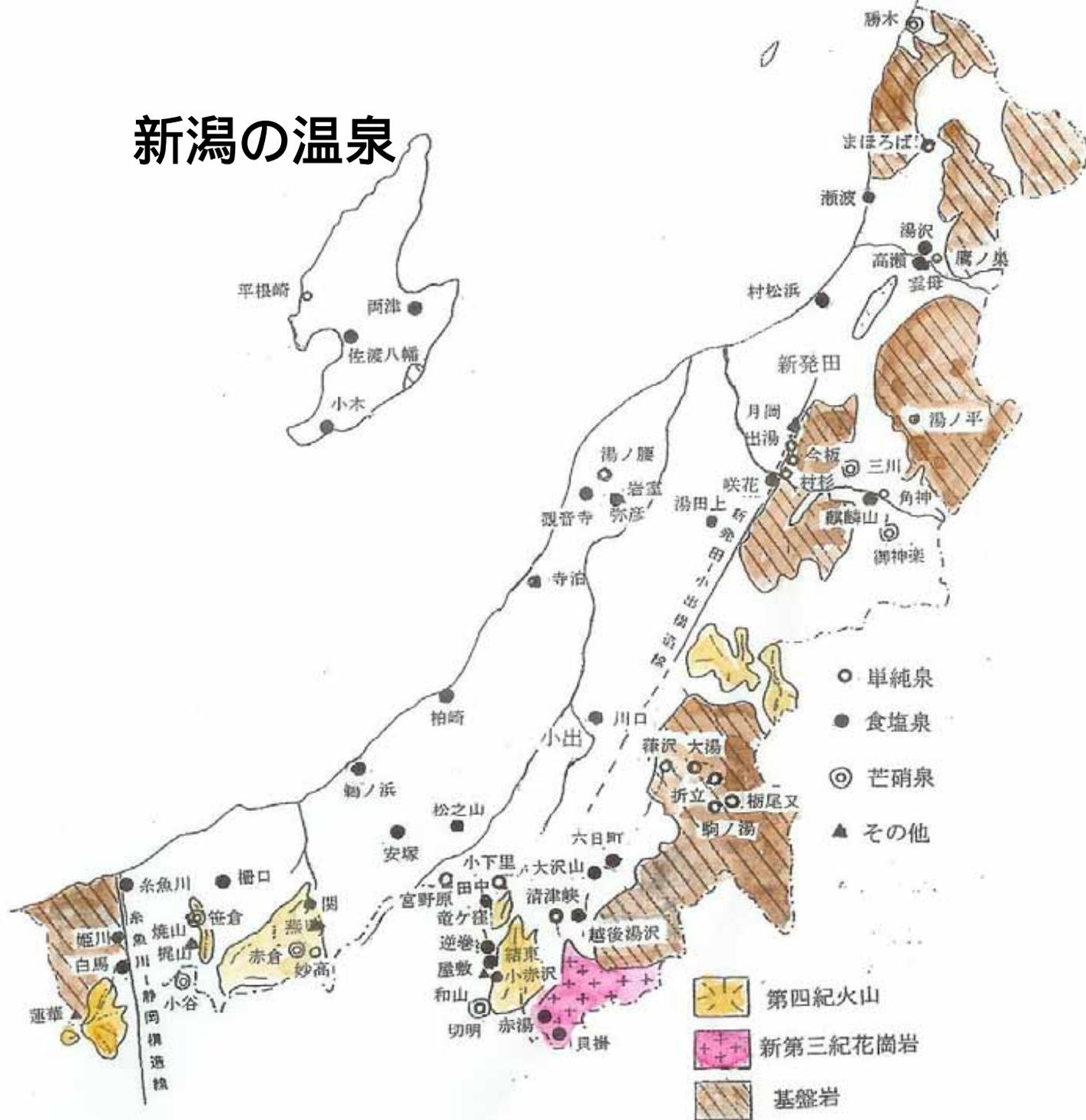
## 1 火山性温泉（新しい火山）

妙高火山（赤倉、燕温泉）、 焼山火山（笹倉温泉）  
白馬大池火山（蓮華温泉）

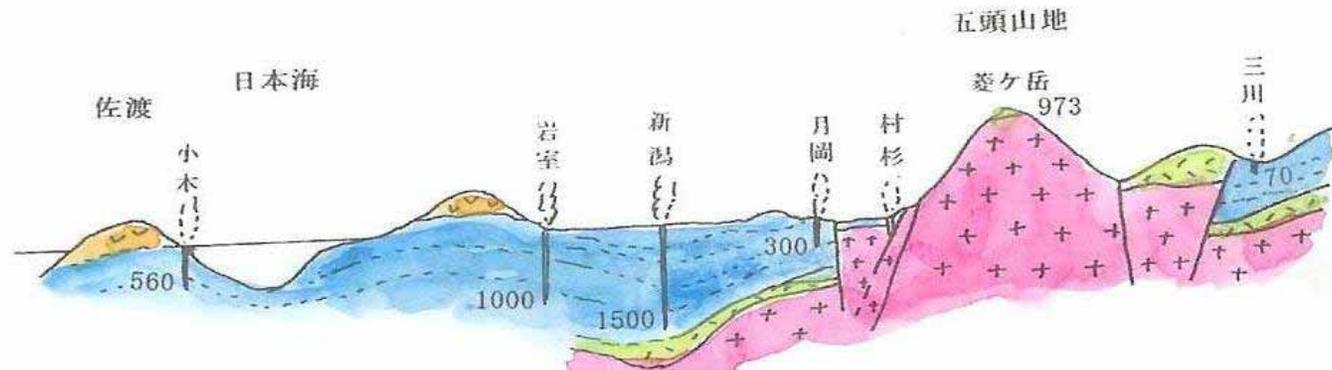
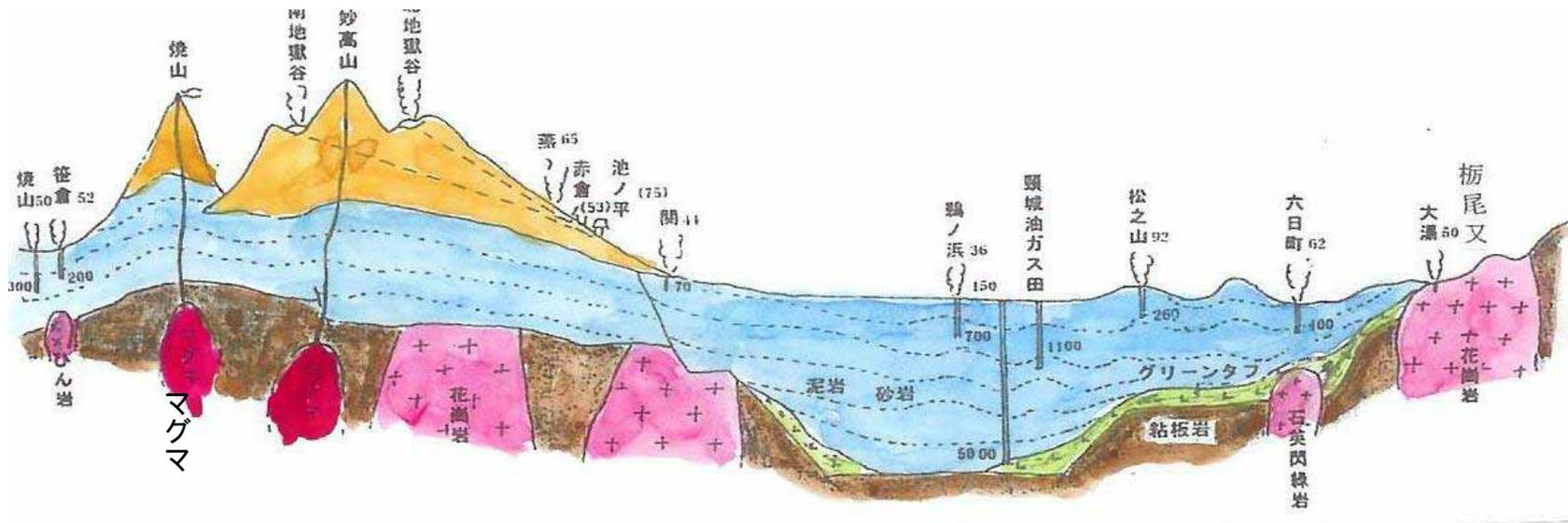
## 2 非火山性温泉

グリーンタフ地域の温泉（麒麟山、三川、鷹ノ巣温泉）  
油田地域の温泉（月岡、瀬波、岩室温泉,松之山温泉）  
白亜紀花崗岩中の温泉（村杉、栃尾又、大湯温泉）  
新第三紀石英閃緑岩中の温泉（湯沢、六日町温泉）

# 新潟の温泉



# 模式断面図と主な温泉



# 放射能温泉とは

単純放射能温泉 ラドンが50マツヘ以上

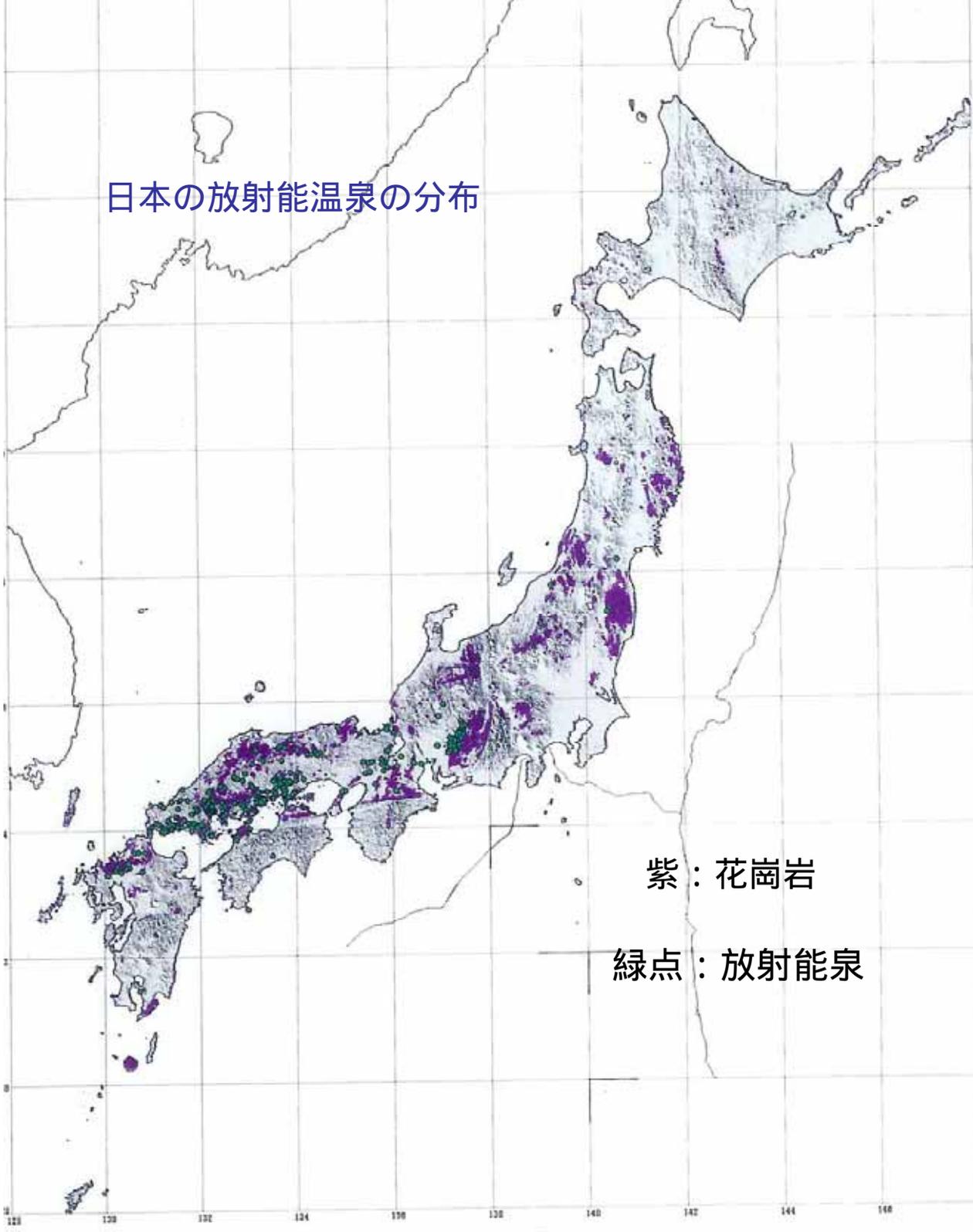
単純弱放射能温泉 ラドンが8.25マツヘ以上、  
50マツヘ以下

療養泉 8.25マツヘ以上

1 マツヘ = 13.5ベクレル =  $3.65 \times 10^{-10}$   
キュリ - ( 1 kgあたり )

1 ベクレルは原子核が毎秒 1 個の割合で  
崩壊するときの放射能

# 日本の放射能温泉の分布



紫：花崗岩

緑点：放射能泉

# 日本の主な放射能温泉

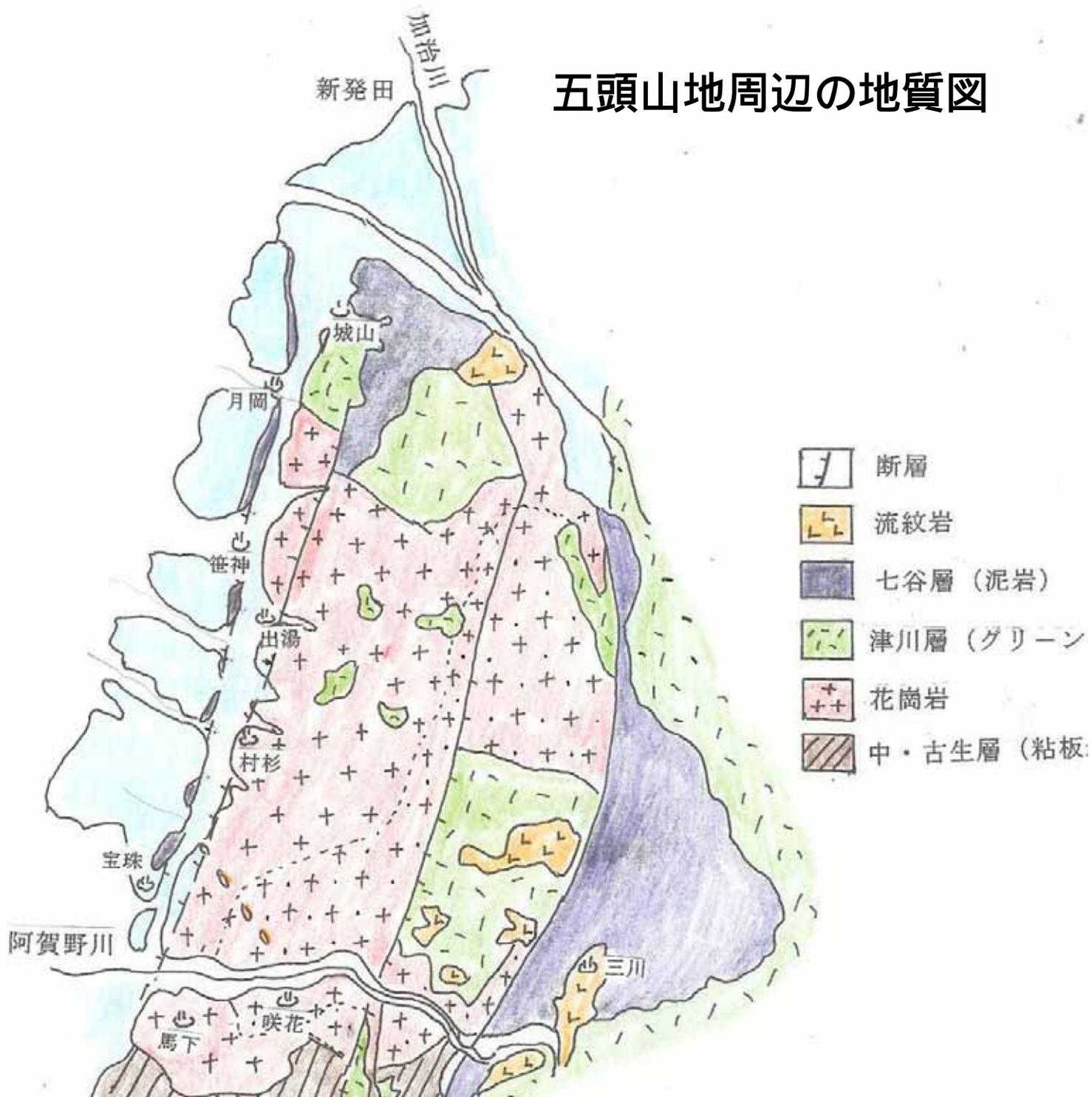
		温度	マッヘ (LSC)	IM泉効計
•	-----			
•	北海道 二股	48	6.7	
•	福島県 三春	15		
•	母畑	29		8.8
•	猫啼	15		12.4
•	新潟県 村杉	26	46.0	85.0
•	今板	17		13.0
•	栃尾又	39	42.0	51.0
•	山梨県 益富	43	199.0	355.0
•	岐阜県 柿野	21		47.0
•	湯の島	15		85.0
•	兵庫県 有馬	25	46.0	126.0
•	鳥取県 三朝	76	55.0	180.0
•	島根県 池田	16	1689.0	1300.0
•	柿ノ木	27		240.0
•	湯抱	40		62.0

• \* LSCは液体シンチレーションカウンター

# 五頭山地周辺の地質

- 第四紀 土石流堆積物 40万年以降
- -----
- 笹神層 礫、砂、シルト 100万年前
- -----
- 新 鮮新世 大日層 砂岩、シルト岩 300万年前
- 第 -----
- 三 羽黒層 黒色泥岩（羽黒油田）
- 紀 中新世 魚岩層 硬質泥岩 1400万年前
- 津川層 グリーンタフ、礫岩
- -----
- 白亜紀 黒雲母花崗閃緑岩（草水みかげ）9000万年前
- -----
- ジュラ紀 粘板岩、チャート 1.2億万年前

# 五頭山地周辺の地質図



# 五頭西麓の土石流

- 完新世                    1967年土石流                    1~3m
- 5000~3000年前            ツベタ土石流                    1~5m
- -----
- 後期更新世                村杉土石流                    8~10m
- 3万年~1.8万年前        今板土石流                    5~10m
- -----
- 大日ヶ原土石流                10~20m
- 中期更新世                中山土石流                    10~35m
- 40万年前                    五頭土石流                    10~30m

- 低地帯に現在広く分布しているのは、今板土石流より後の土石流です。村杉温泉付近の土石流は村杉土石流と思われます。ツベタ土石流は縄文時代に流れたものです。
- これらの土石流は五頭山地が大きく隆起したためと、当時の気候が温暖で、雨量が多く洪水が多かったために生じたためにもと考えられます。

# 五頭山麓の温泉

温泉名	温度 ( C )	湧出量	深度 ( m )	泉質
出湯	37.8	92	157	単純温泉
	41.5	132	147	単純温泉
今板	17.0			単純弱放射能温泉
村杉	25.0	自噴		単純放射能温泉
	26.0	483		単純放射能温泉
宝珠	43.9	160	1200	芒硝泉
笹神	37.3	160	1000	芒硝石膏泉
咲花	46.0	450	170	(含硫黄) 食塩泉
馬下	35.0	120	70	(食塩) 芒硝泉
新三川	54.0	300	100	(含食塩) 芒硝泉
月岡	49.0	200	300	(含硫黄) 食塩泉

# 放射能測定器

- 大型の沃化ナトリウム（ $\text{NaI}$ ）シンチレータと光電増倍管を一体化した検出器で、マルチ波高分析器がスペクトルを分析し、セシウム（ $^{137}\text{Cs}$ ）を用いて補正処理しています。
- 8580型ハンドボーン（日さく型携帯用断裂形態探査装置）

# 村杉温泉地域の放射能調査

- 測定した放射能元素

- ビスマス  $^{214}\text{Bi}$

- タリウム  $^{208}\text{Tl}$   $^{208}\text{Tl}$  (Tlのコンプトン部)

- カリウム  $^{40}\text{K}$

- $^{238}\text{U}$ は次のように崩壊します。

- $^{238}\text{U}$   $^{226}\text{Ra}$   $^{222}\text{Rn}$   $^{214}\text{Bi}$   $^{210}\text{Tl}$   $^{206}\text{Pb}$

- 半減期 1622Y 3.825d 19.7m 1.32m 安定

- 長生館の庭では、3 m間隔で測点を取り、7 測線について、計 90 点で測定。1 測点で 3 分間ずつ測定。



日立製作所  
日立製作所  
日立製作所



# 測定値の表示

K = 5837  
Bi' = 1918  
TL = 972  
STL = 1093

B/K = 0.329  
K/T = 6.005  
B/T = 1.974  
S/T = 1.124

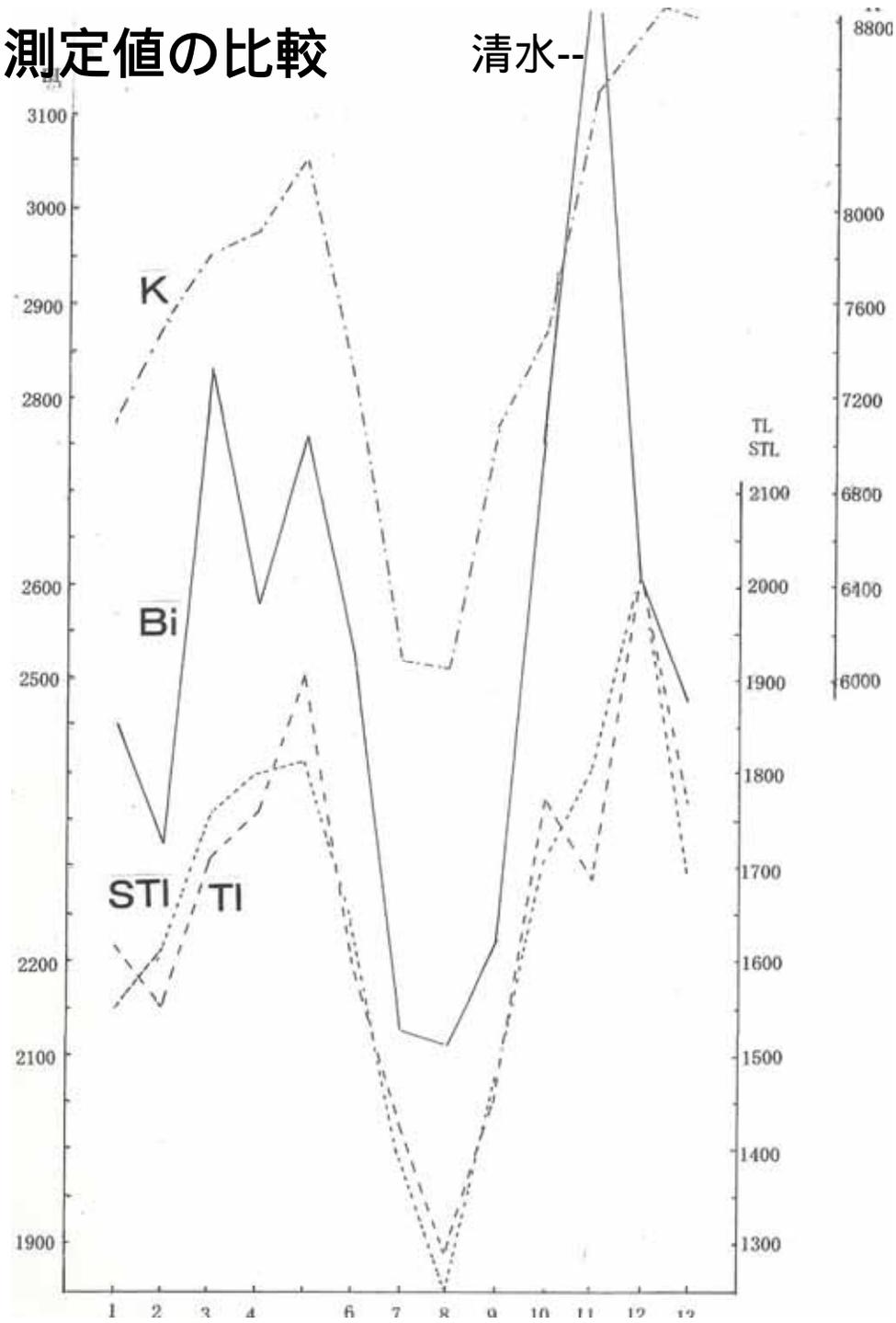
C	1	R	+ <input checked="" type="checkbox"/> Card: ON
L	-		ADD=6912
K	-	1 - 0	D 07/03/09
			T 19:17:42
			- MEAS.: STOP

# 測定結果(1)

- どの値がラドンの量と良く対応するかをチェックしました。Kは花崗岩の影響が大きいと思われます。
- Bi、Tl、STlの中ではBiが鋭敏で、最も良いと思われます。
- 測定器は約1.5メートルの範囲の放射能をとらえるので表土が厚いと検知できません。
- 比較のために安野川上流の花崗岩、魚岩の泥岩を測定し、一応バックグラウンドを設定しました。

	K	Bi	Tl	STl
• 花崗岩	8664	2507	1804	1731
• 泥岩	3377	1984	820	930
• 1号井	8617	3215	1794	1865
• 長生館清水	8551	3465	1686	1807
• バックグラウンド	3300	2000	900	1000

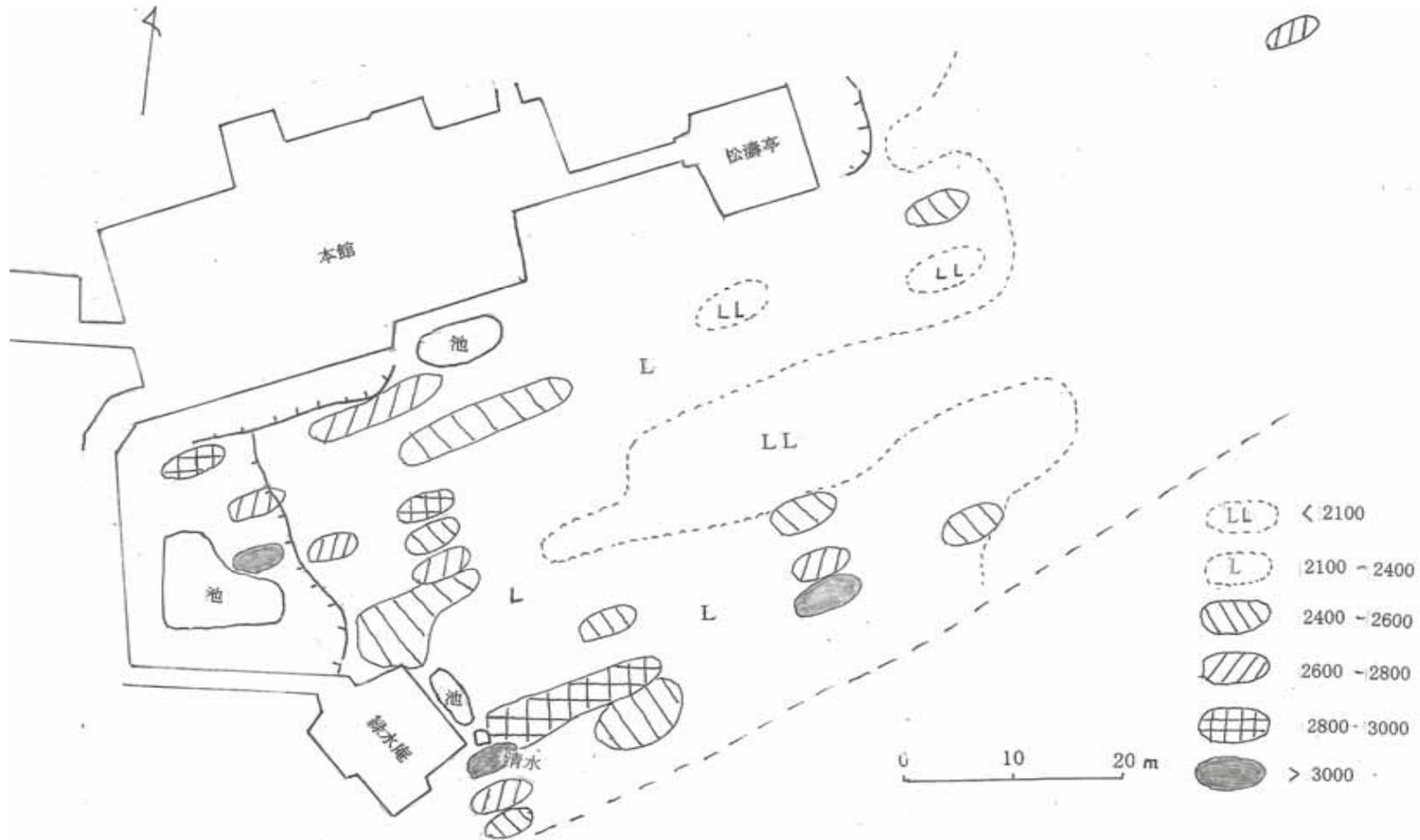
# 測定値の比較



村杉温泉とその周辺の放射能測定値

	K	B i	T l	S t l	Rn (マッ
1号井 (お堂)	8617	<b>3215</b>	<b>1794</b>	<b>1865</b>	(54)
2号井 (足湯の脇)	6307	2468	1153	1305	(25)
3号井 (井戸の前)	5723	2255	958	1080	61 (204)
長生館清水	8551	<b>3465</b>	1686	1807	53 (35)
	9029	<b>3277</b>	<b>1783</b>	<b>1986</b>	
荒清旅館 (旅館の前)	9061	<b>3568</b>	<b>1825</b>	<b>1932</b>	
(旅館の脇)	6824	2822	1578	1668	26
(裏の洞穴)	8845	<b>3286</b>	901	1167	80
川上旅館 (井戸の傍)	7809	2525	1431	1467	30
石原館 (井戸の傍)	7275	2424	1299	1352	18
環翠楼 (旅館の前庭)	8159	2545	1470	1467	
大野さんの庭	7360	<b>3188</b>	1144	1257	
荒木さんの庭	7475	2867	898	1111	
須賀神社の下	8375	<b>3148</b>	1686	<b>1776</b>	
川上豆腐屋の傍	5766	1843	993	1037	
荒木善紀さんの庭	6689	2009	1464	1392	22
歓迎塔	7070	2020	1581	1622	20
優婆尊の泉傍					20
今板温泉の玄関前	7427	2553	1620	1642	10
出湯温泉共同風呂裏	10656	2753	<b>1822</b>	<b>1797</b>	9
花崗岩 (どんぐり橋)	8664	2507	1804	1731	

# 長生館の庭のBI濃度分布



# 村杉温泉付近の測定結果



## 測定結果(2)

1. 1号井のB iは3 2 1 5ですが、3号井は2 2 5 5と低い値です。現在湧出している井戸の傍での測定の場合は、井戸の中のラドンを含む水の放射能を検知しているのか、井戸のまわりの放射能を測定しているのかの両方、あるいは一方かかもしれません。
2. 1号井は自然湧泉ですので、お湯の中のラドンを検知していると思いますが、3号井はまわりの放射能と思われる。長生館の庭の清水は高い値を示していますが、清水の中のラドンの量を示していると思います。荒清旅館の井戸も同様でしょう。環翠楼の庭でやや高いのは地下浅い所にラドンを含む地下水があるためと思います。

# 村杉温泉のラドン泉の出かた

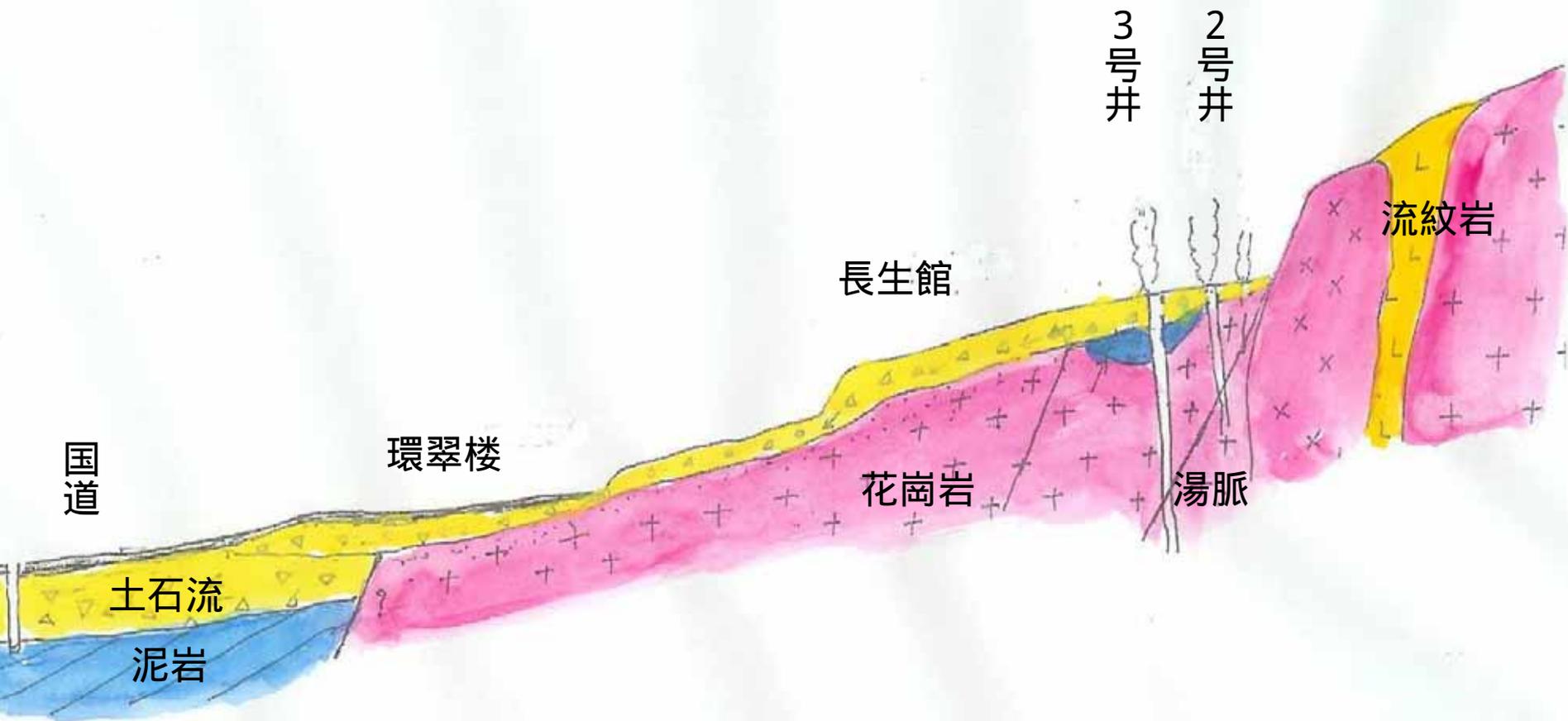
## • 1 湯脈

- 3号井の近くにBi 3148という高い値を示す所がありますが、そこには泥岩がでています。
- お聞きしたところによると、3号井は初め最大毎分530リットルの湧出量があつて、暴噴し、その際1号井と2号井が枯れたとのこと。そのため湧出量調査をして、3号井を毎分300リットルに抑制して利用することにしたとのこと。
- このことは明らかに、3つの井戸が連結していることを示しています。すなわち、3つの井戸の湯は同じ割れ目から出ていることを示しているのです。3つの井戸を結ぶ方向が湯脈(割れ目)の方向です。西に傾いていると思われれます。
- 何故暴噴したか。おそらく3号井のまわりに泥岩がでていますが、井戸を掘ることによって泥岩に抑えられていた湯脈の湯が、圧力が開放されたことによって噴き出したのだと思います。湯脈は他にもあると思いますが、その1つが長生館の庭の清水と思われれます。

## ● 2 地下水（伏流水）

- 長生館の庭にはいくつかの放射能の高いところがあります。また湯脈をはずれた環翠楼の庭や石原館や川上館の水井戸のそばでもやや高い放射能が測定されました。井戸の水を分析すると、長生館の井戸では38マツへ、石原館の井戸では18マツへ、川上館では30マツへのラドン量を示します。
- 村杉温泉地域の地下には土石流堆積物（砂礫層）がでています。この砂礫層の中を伏流水が流れています。この伏流水に湯脈からのラドンを含む湯が混じって流れていると思われまます。

# 村杉温泉付近の断面図と温泉のでかた



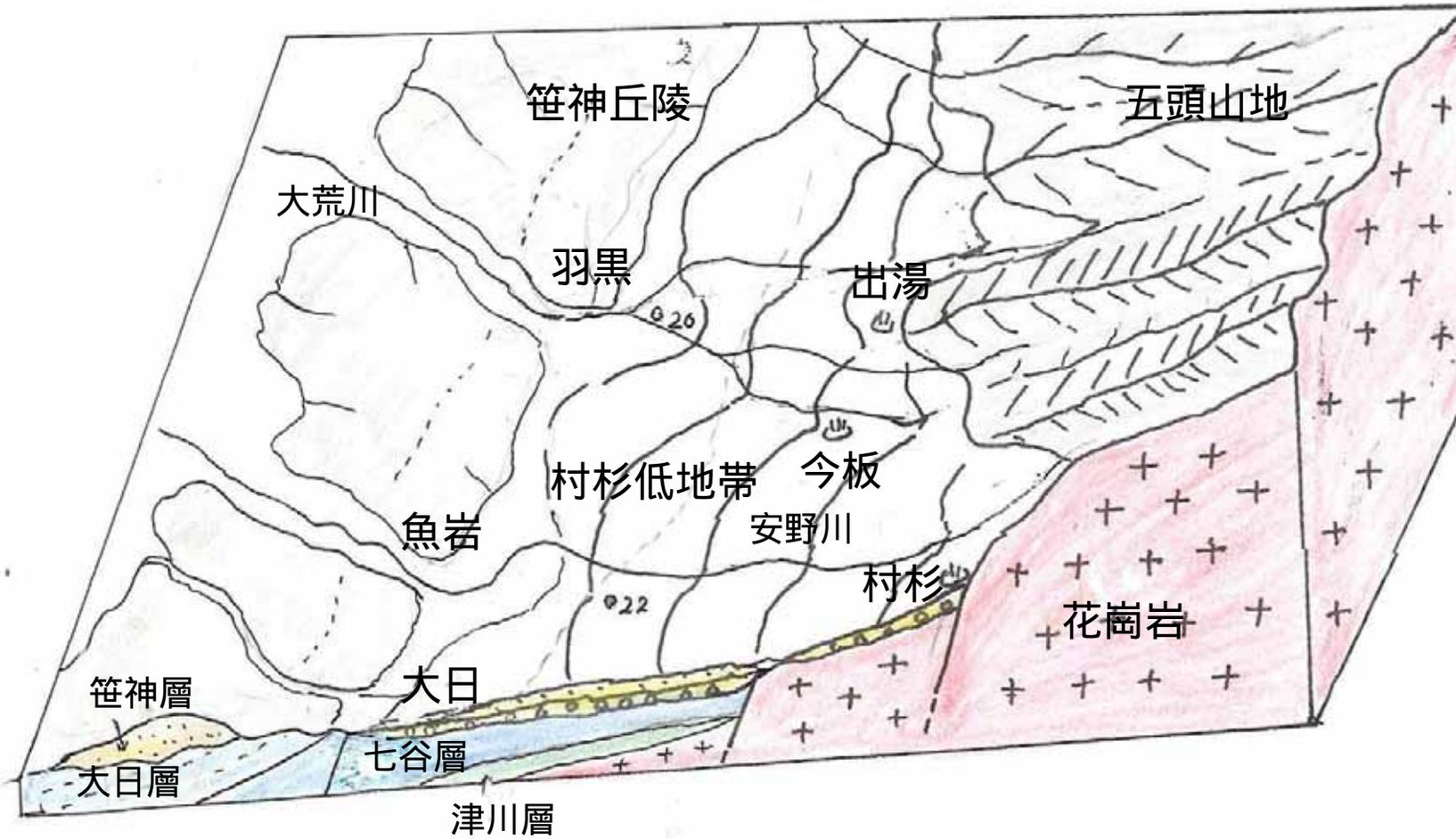
# 熱源について

- 長生館の庭の清水は13～15度ですが、自然湧の1号井の泉温は26度で、冷鉱泉ではありません。長生館の水井戸の資料から推定される地下増温率は100メートルあたり12.6度で、出湯温泉の19.5度よりは小さいが、宝珠温泉の5.0よりは大きい値です。薬師堂の裏にある流紋岩が熱源ではと思われるますが、確かではありません。

# 村杉低地帯ラドン郷

- 村杉温泉はラドンの多い放射能温泉です。今板温泉や出湯温泉も15マツヘ以下ですがラドンを含む弱放射能温泉です。ところが、放射能測定の際にも村杉温泉以外でもやや高い値を示すところがあり、気にしていました。その後、杉村さんが水を分析したところが、20マツヘ程度の値を示す井戸が村杉低地帯内にいくつかでてきました。
- まだ例はわずかですが、融雪道路用の井戸が村杉低地帯に沢山ありますので今後調べたいと考えています。これらの井戸の水は地下24~35m付近にでている砂礫層（今板土石流の堆積物）からでてきます。村杉温泉以外にもラドンを含む湯脈がどこかにあってそこを通して流れてきていると考えられます。
- 村杉温泉付近や村杉低地帯の道路を歩くとラドンを含む空気を吸入することになります。全く珍しいところです。村杉低地帯ラドン郷とでもよんだらと考えています。

# 村杉低地帯

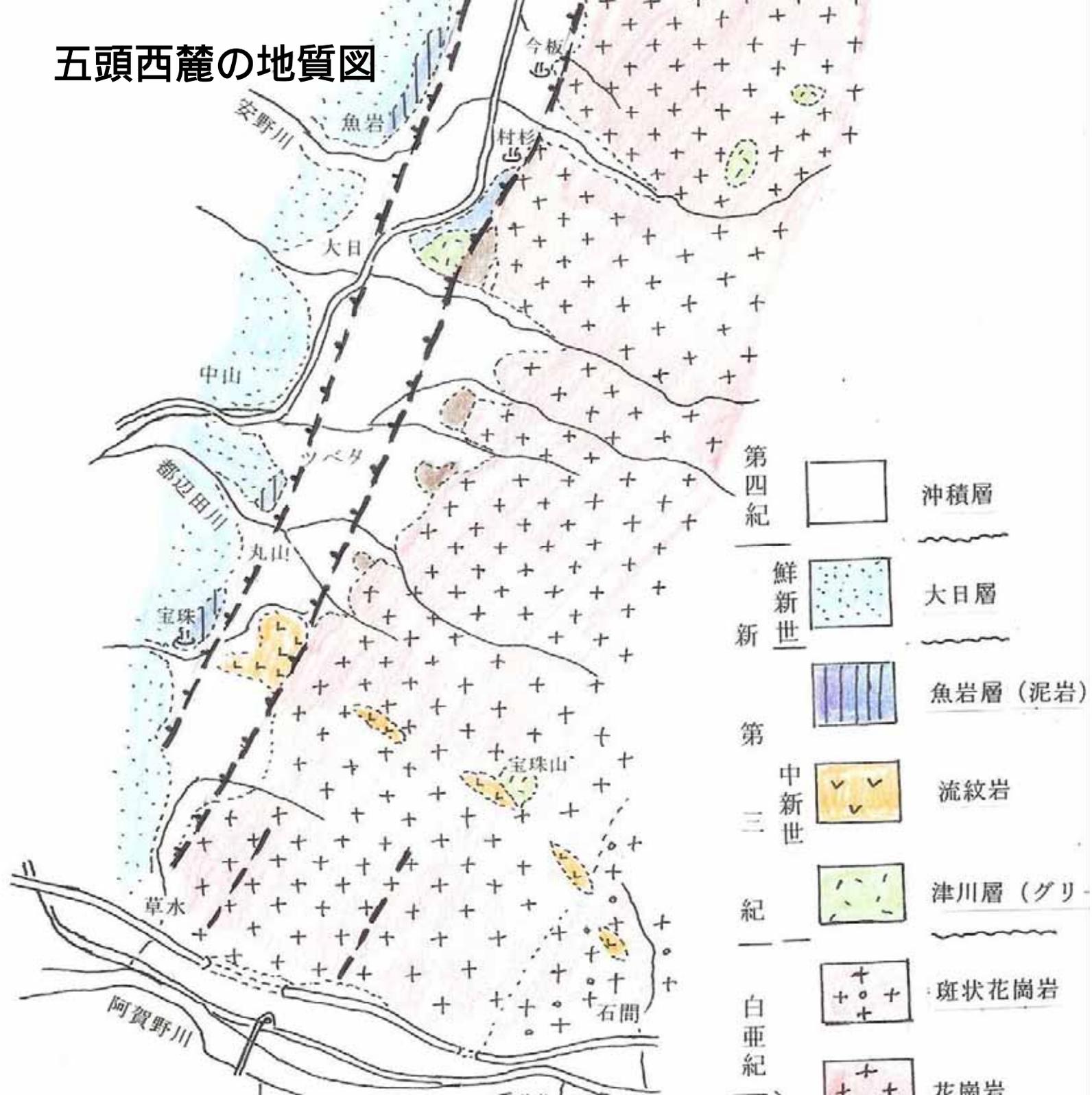


# 新発田 - 小出構造線について

- 新発田 - 小出構造線といわれている大断層帯は、衛星写真では新発田から小出を通り、六日町の方まで延びているように見えます。大きくは中生層や花崗岩のような基盤と新第三紀層の境になっています。
- 五頭西麓では、明確なのは出湯から草水までで、少なくとも2本の断層が認められます。
- **西側の断層**は宝珠温泉の東側を通ると思われます。村杉温泉の南では花崗岩は地下150メートルにいますが、宝珠温泉では地下300メートルに出ています。したがって断層が推定されます。笹神丘陵は川を境にしていくつかのブロックに分かれています。丘陵ができてから東西方向の小規模な断層で分断されたものと思われます。



# 五頭西麓の地質図



# 笹神丘陵の西の地下は

( 越後平野の地下構造 )

- 石油探鉱のために掘られた水原R2,水原R3では花崗岩が400~500mにまでています。七石SK-1では実に3300mにまでています。笹神丘陵の西縁の地下にも大きな断層があることになります。
- 村杉低地帯の西部ではいくつかの断層で、越後平野に向かい、基盤の花崗岩が深くなり、その上に厚い新第三紀層がたまっています。水原付近では石油は見つかりませんでした。
- 阿賀野川の近くに南阿賀油田があります。

雨  
水  
原

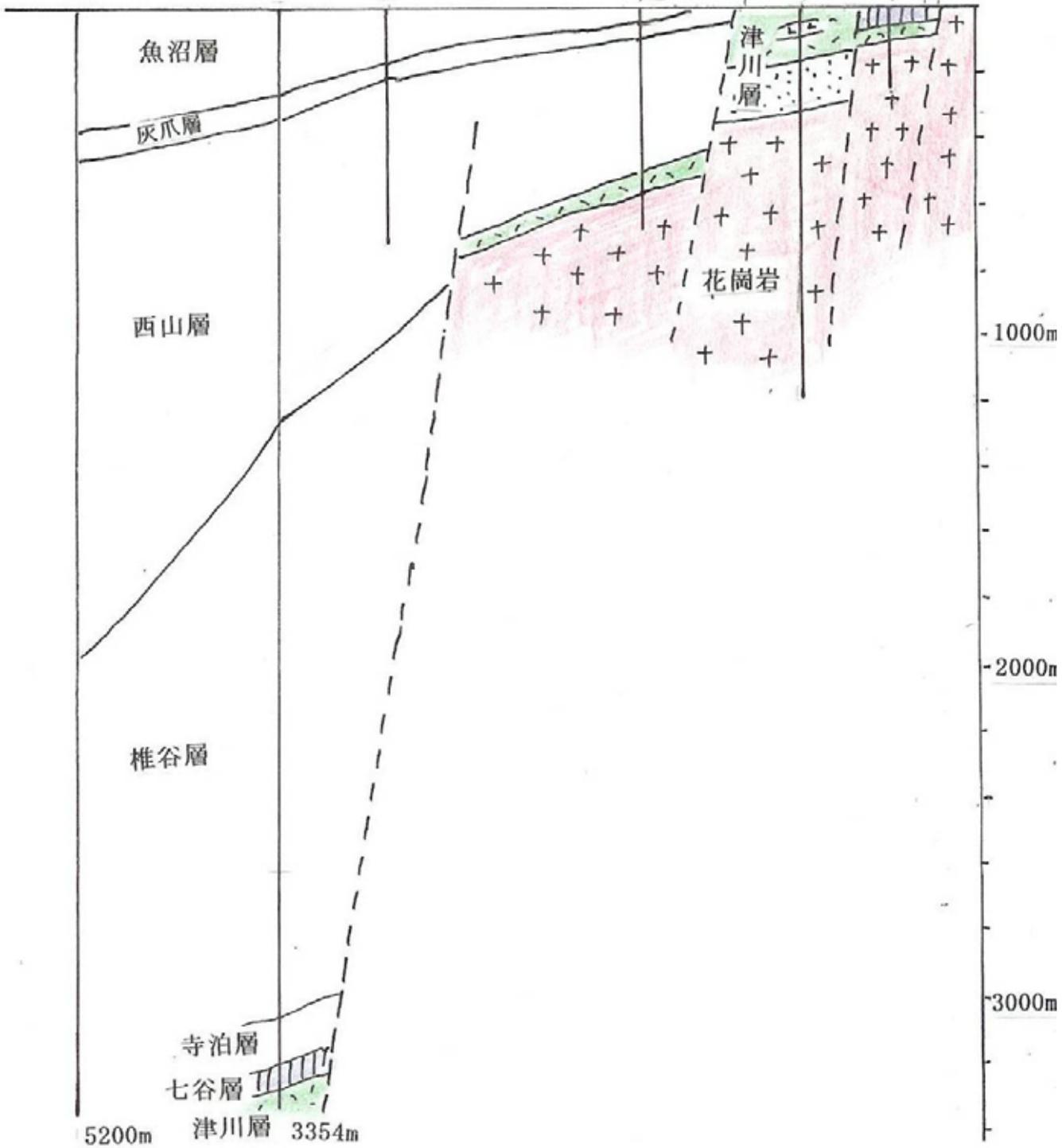
七  
石  
SK-1

小  
原  
R1

小  
原  
R2

玉  
珠

村  
杉



日本海

新発田

豊栄

福島潟

新潟

月岡

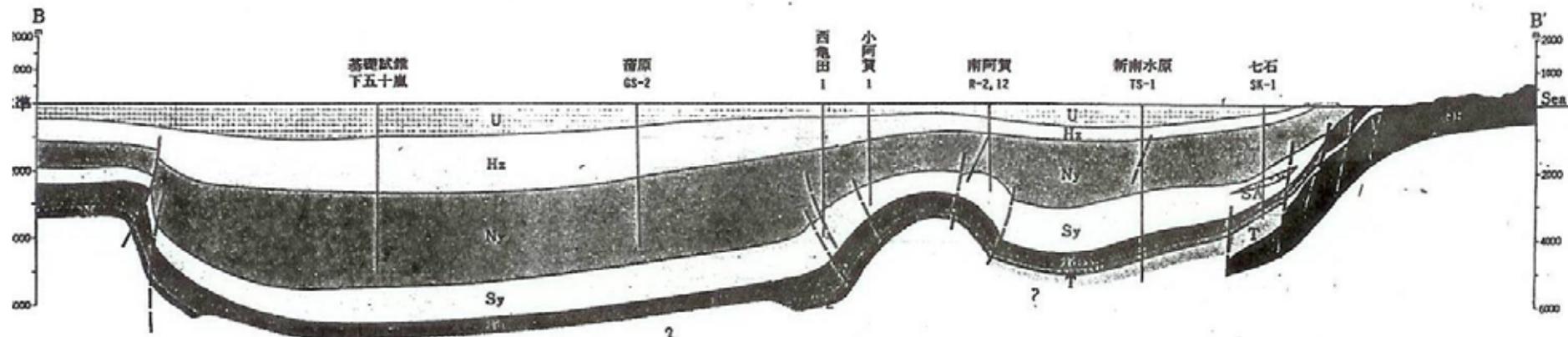
南阿賀油  
田  
水原

七石

南水原

新津

村杉

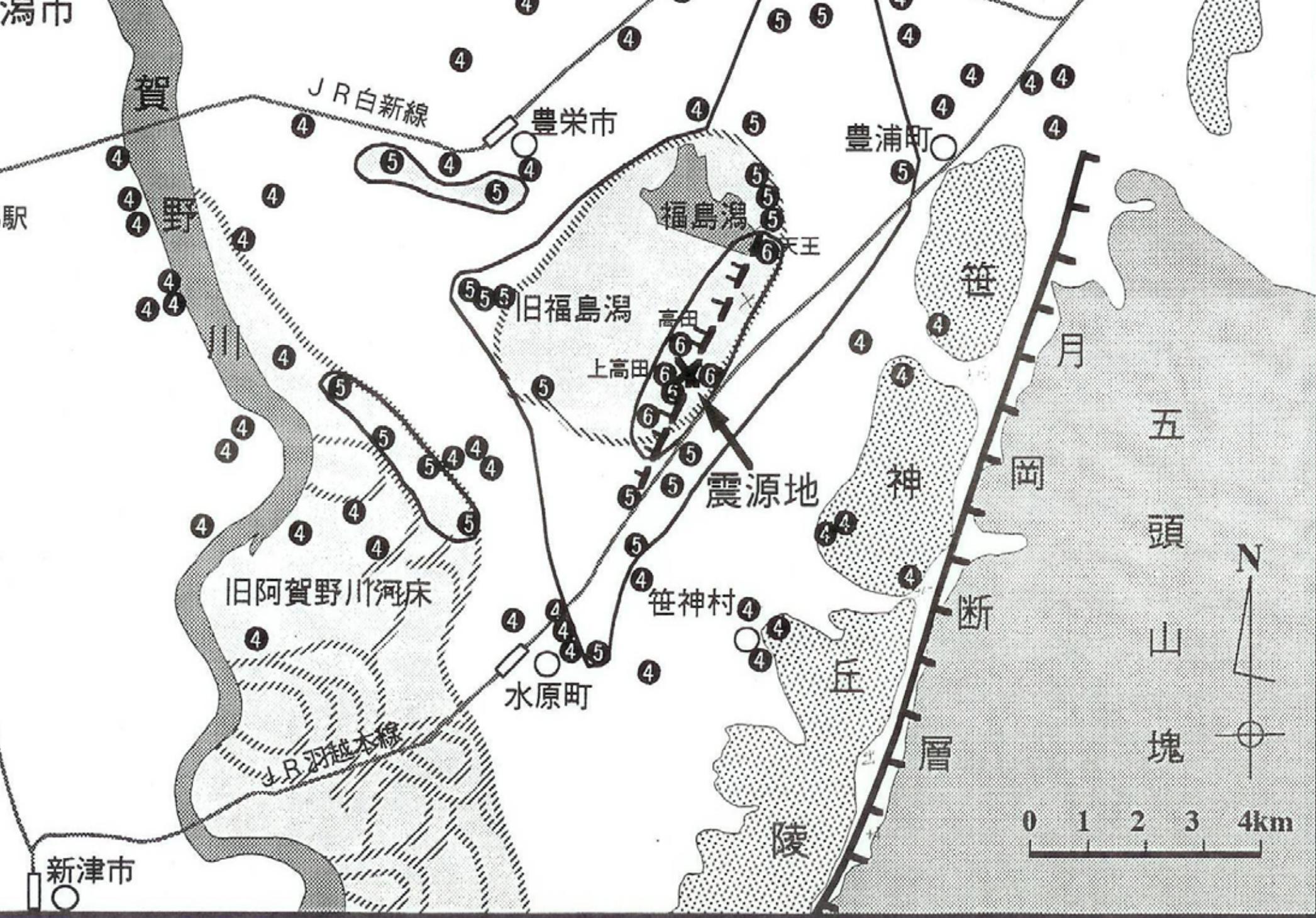


# 村杉温泉と断層との関係

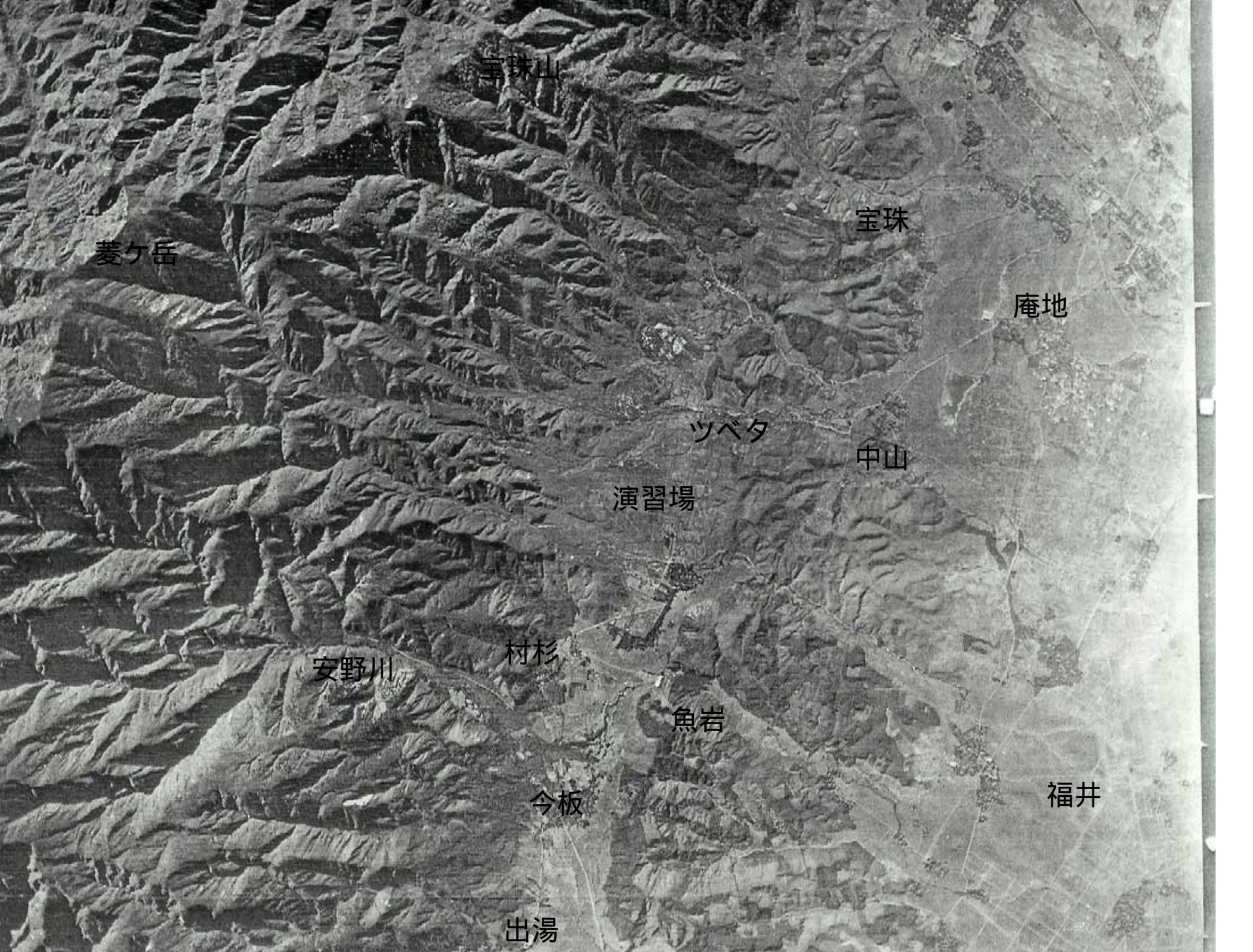
- **東側の断層**は長い間に五頭山地が1000メートルも上昇したためにできた断層です。
- 村杉温泉を通るのはこの東側の主断層ですが、その東側にも何本も破碎帯があります。この破碎帯を通して浸透する天水あるいは地下からの水によって花崗岩の深層風化が進み、ツベタや草水付近ではマサ化が進みました。このマサ化した土砂が採掘されてるのです。一部には破碎帯に沿い火山岩の岩脈が入っています
- **村杉温泉の割れ目**はこの断層に関連した割れ目と想われ、かなり深い所までつながりラジウムを含む温水が上がってきていると思われれます。このよな割れ目はほかにもあると推定されますが、昔からでている**村杉温泉の割れ目は最もラドンを多く運んできているようです。**

# 1995年新潟県北部地震と月岡断層

- 平成7年福島潟付近でマグニチュード6.0の直下型地震が発生し、笹神村上高田や豊浦町天王などが大きな被害を受けました。地震直後私も調査に来ましたが、皆さんも身体に感じた事と思います。
- 震源地は上高田で北東 - 南西方向に5キロほどの範囲が震度最大6でした。地下10キロ付近に西側傾斜の震源断層が伏在したと推定されています。
- この地震の際、月岡断層が問題になりました。しかし、月岡断層が動いたという事実はありません。地震後、活断層かどうかを調べるため、一部で掘削して調べましたが活断層かどうかははっきりしませんでした。航空写真を立体視すると、笹神丘陵の東縁が急崖のように見えます。
- 月岡断層は地形から推定された活断層のようです。南西延長の村松の愛宕原の東端には活断層があります。



墓石の転倒率調査に基づく震度分布



宝珠山

宝珠

菱ヶ岳

庵地

ツベタ

中山

演習場

安野川

村杉

魚岩

今板

福井

出湯

# 五頭山地の生い立ち

- **大陸の時代**（1億2000万年～9000万年前）
- 1億2000万年前のジュラ紀層の粘板岩やそれに9000万年前ころ貫入した白亜紀の草水花崗岩は今の沿海州付近にありました。
- **大陸からの分離**（1800万年前）
- 1800万年前の中新世の初めころ、大陸のへりが割れて、分離し、日本列島の元になった部分は南に移動し、現在の位置に止まり、大陸との間に古い日本海ができました。
- **グリーンタフや泥岩の堆積した時代**（1500万年前）
- 中新世の中頃、古い日本海のへりの浅い海底に礫岩、砂岩、石炭層が堆積しました。海は次第に深くなりましたが、その海底で激しい火山活動が起こり、津川層（山の神層）のグリーンタフ（溶岩や凝灰岩）が堆積しました。流紋岩も貫入しました。海は次第に深くなり、七谷層（魚岩層）の泥岩が堆積しました（羽黒付近の石油のもと）。笹神や水原の西の越後平野のあたりでは、七谷層の上に寺泊層（泥岩）、椎谷層（砂岩、泥岩）が厚く堆積しました。
- **隆起の始まり**（300万年前）
- 堆積盆地の東端の笹神地域では地盤の隆起が起こり、堆積物は陸上に顔を出し、浸食されました。そしてその上に、浅い海底で大日層（礫岩、砂岩、シルト岩）が「不整合」に堆積しました。その後、陸上に顔を出したり、沈んだりを繰り返し、100万年前ころ、浅い海底に山寺層（礫、砂、シルト）、笹神層（礫、シルト、炭層）を堆積しました。

# 本格的な五頭山地の上昇と土石流

- **五頭山地の隆起と土石流の発生**（50～25万年前）
- 五頭山地の隆起が激しくなり、高い山になりました。この頃は、ミソデル-リス間氷期といわれる時代で、気温は上昇し、雨も多かったと思われます。そのため風化した花崗岩は大雨が降ると崩落し、大きな土石流が発生しました。笹神丘陵はまだ山になっていませんでしたので、土石流は笹神まで広く埋め尽くしました。これが赤く風化した五頭土石流です。その後笹神丘陵が隆起しはじめました。山はまだ低いので、中山土石流や大日原土石流は谷筋を通り笹神まで達しました。
- **五頭山麓に人間が住み始めた**（3万年～1.8万年前）
- 旧石器時代にあたりますが、羽黒の真光寺山などに人が住んでいたことが石器などにより知られています。3万年前ころには、五頭山地と笹神丘陵の間に断層で区切られた溝状の村杉低地帯ができ始めました。五頭山地は更に高くなりました。新発田-小出構造線が顕在化したのはこの頃と思われます。そのころに発生した今板土石流や村杉土石流はおもに村杉低地帯を埋めました。
- **縄文時代以後**（1万2000年前から）
- 縄文時代は1万2000年前から2300年前までですが、縄文時代の中～後期（5000年～3000年前ころ）ツベタ付近で土石流がたびたび起こりました。土石流堆積物の中の黒土の中に土器のかけらが入っています。その頃は水原などはまだ湯か湿地帯で生活に適していなかったため、土石流のどる山麓に縄文人が住み着いたものと思われます。

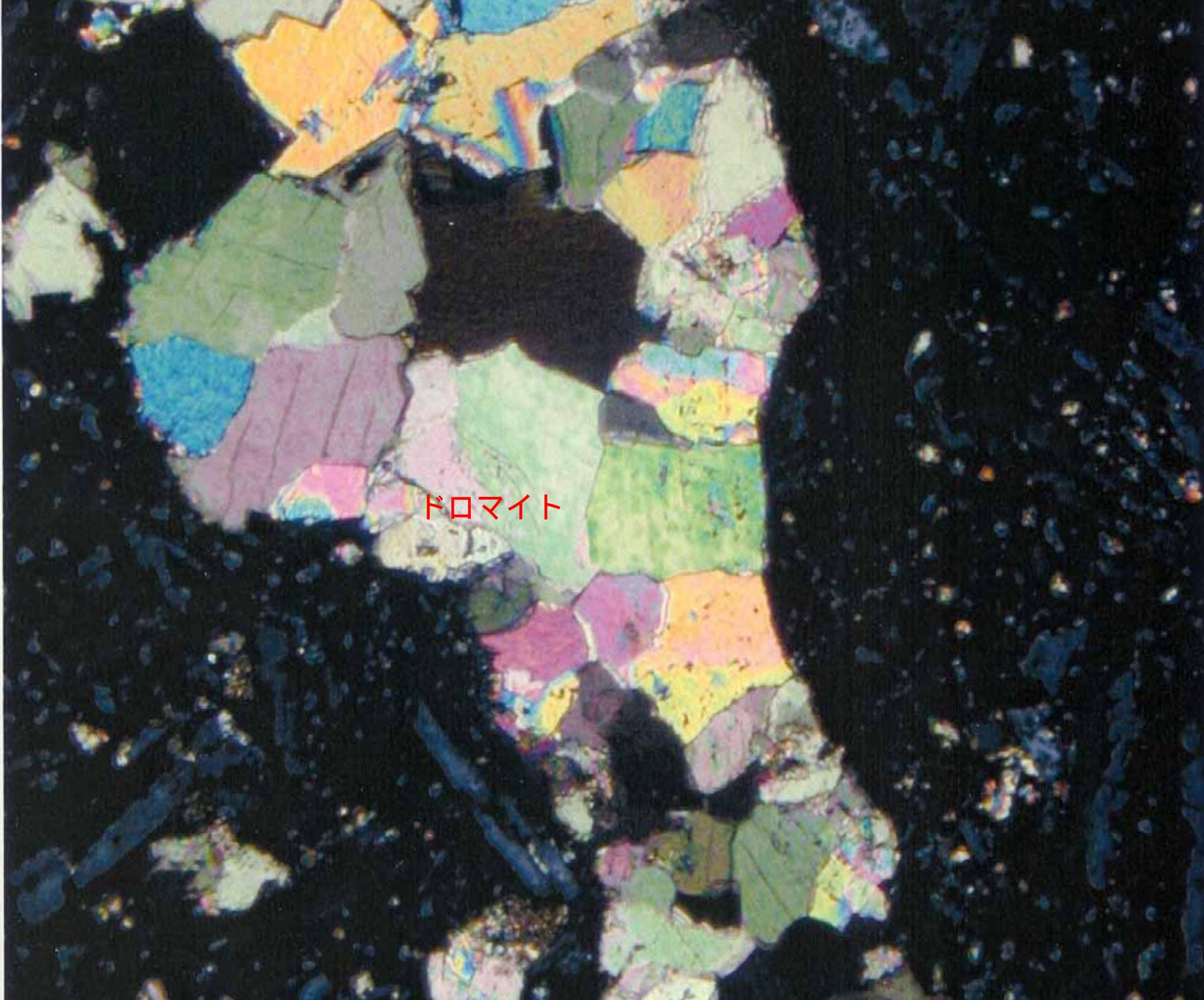








粗面岩



ドロマイト