

大分県温泉調査研究会

報 告 第 47 号

平成 8 年 3 月

目 次

大分市街地周辺の温泉の経年変化	川 野 田 実 夫	(1)
伽藍岳の地熱調査(2)	由 佐 悠 紀	(7)
	大 北 福	
	岡 田	
	福 洋	
別府地域の地震	由 佐 悠 紀	(13)
	北 岡 豪 紀	
	竹 岡 豪 一	
	福 村 恵 二	
	大 田 洋 一	
	馬 沢 信 二	
	渡 秀 夫	
九重硫黄山における噴気と温泉水のトリチウム濃度 ...	北 岡 豪 一	(21)
	大 沢 信 二	
	大 上 和 敏	
別府地域の重力調査(3)	福 田 洋 一	(29)
	楠 本 成 悠	
	由 佐 悠 紀	
大分平野の温泉水の起源について	大 沢 信 二	(37)
高血圧症の温泉療法によるQOLの改善	牧 野 直 樹	(43)
	松 井 寛 輔	
	平 山 祐 義	
	矢 野 健 一	
	畑 知 二	
	矢 永 尚 士	
慢性関節リウマチのQOLに対する温泉浴の効果 ...	安 田 正 之	(47)
温泉権紛争の調査と研究 (VI)	大 野 保 治	(51)

序

温泉の開発利用や保全の対策は、その温泉水が地中のどういう道の流れ、その流路がお互い、どういっつながりを持つかという地下水層のモデルを頭に描くことから始まります。普通に使われている水理学の教科書には、地下水のモデルとして、堆積層の中、とりわけ洪積層の砂礫、粘土の互層中を流れる地下水のことしか取扱われていません。たしかに、古くから開発され、今でも水需要量の最も多い海岸平野の地下水には、このモデルの適用される場合が多いでしょう。ところが、近年の地下水にかかわる問題の多くは、平野部堆積層よりも山地部岩石層内の現象に移っています。温泉もその典型のひとつです。山間部での温泉開発が進むと共に、平野部の温泉地も、堆積層の底の深い岩盤内から温泉水を採取する姿に変わってきました。だから、温泉開発や保全の技術は岩石の割れ目を伝って流れる地下水を主対象としなければなりません。しかし、この岩盤中の地下水については、技術者相手の実務的なテキストでも殆ど触れられず、たまに、事例研究的に数地域での事例について書かれている程度です。それでは、このような岩盤内での温泉相互干渉や開発影響の問題を実際にどう取扱っているかということ、私の知る限りでは、割れ目の走る方向性や、割れ目の密集部分の幅や厚みなどに着目し、経験的に進められているのが現状であり、それはまたそれなりに実績をあげていると考えられます。だが、その経験もまだまだ未熟で、それを理論化し一般に使える形にするにはほど遠い段階と言わねばなりません。

大分県は質量共に日本一の温泉県です。温泉源の規模、性状や採取される温泉水の多様性と共に、そのそれぞれの姿が世界の他の温泉地にも共通した一般性をも兼ね備えていると言えます。この恵まれた地域を対象とし、長年、調査研究を続けてきた大分県温泉調査研究会には、その経験の積み重ねをさらに広げる指導的立場が要求されます。拙速をはかることなく、事例による経験を重ねながら問題を提起し、目標を作っては経験を振り返るといった経験と問題設定の積み重ねこそ本研究会の仕事であり、その実行にこれに勝る環境はないと思います。このような環境を作り、実績をあげてこられた会員先輩諸氏のご努力と共に、辛抱強く長年の御支援をいただいた関係行政機関に厚く御礼申し上げます。

大分県温泉調査研究会報告も第47号を重ねることとなりました。本報告に記された内容だけでなく、その調査活動を通じて各会員の中に貯えられた経験の集積が、温泉行政、温泉利用、その他温泉に関係する実務者全般に広く利用され、お役に立つことを願ってやみません。

大分県温泉調査研究会

会長 吉川 恭三

大分市街地周辺の温泉の経年変化

— 開 発 の 経 過 —

大分大学教育学部

川 野 田実夫

大分市街地の温泉開発が始まって30年が経過し、今日では150余の源泉が温泉台帳に記載されているが、全てにわたって温泉の利用状況、湧出量や温度といった温泉そのものの現況や現勢が把握されていない。そこで今回、温泉台帳をもとにして源泉の掘削場所、掘削年月日、掘削深度および湧出量との基礎資料を整理したので、源泉名、所有者を隠して報告する。この資料は温泉のデータベースと連動させ、大分市街地の温泉の経年変化を知る一次資料である。

表1 大 分 市 の 温 泉

場 所	泉源名・所有者	年 月 日	深 さ	湧出量	温 度
生石フカウ田		S 39.10.30	500 (m)	90 (ℓ/分)	43 (℃)
八幡字岩井田		S 42. 5.25	600	150	44
古国府字下堀		S 44. 8. 5	520	91	43
廻栖野字中山田		S 44.11.20	1	27	18
三川字中浜		S 46. 8. 1	108	60	33
生石字浜の市		S 46.10.20	600	240	46
八幡字下滝ヶ下		S 48. 8.13	600	45	43
上宗方字世利越		S 49. 4.30	480	150	51
口戸字伽藍地		S 49.10. 8	485	27	37.5
国分		S 50. 7. 9	415	50	38
生石字湊町通り		S 51.11.25	600	100	48
藪脇		S 52. 9. 9	500	64	53
市字洲高日		S 52. 2.15	450	40	39
長浜町		S 53. 5.23	700	28	51
東春日町		S 53.10.31	700	80	47
下郡字卯サ畑		S 54. 1.30	500	120	45
羽屋字不定		S 54. 4.30	600	202	42
豊町		S 54. 6.22	700	120	46.3
大手町		S 54. 9.25	700	136.4	53.5
顕徳町		S 54.10.29	575	70	47
下郡字丁畑		S 54.11.30	500	202	45.4
錦町		S 55. 2.15	600	110	54
末広町		S 55. 4.11	700	120	53

場 所	泉源名・所有者	年 月 日	深 さ	湧出量	温 度
長浜町		S55. 4.13	680 (m)	120 (ℓ/分)	50 (℃)
古国府字菜園		S55. 4.20	700	120	44
駄ノ原字砂引		S55. 5.28	700	96	49
永興		S55. 5.30	750	85	52.4
生石字宝崎		S55. 7.11	700	130	49.1
末広町		S55. 7.31	700	120	45
東大道		S55.11.10	700	80	50
新町		S55.11.10	700	80	50
生石字下ノ田		S55.12.20	636	100	48
光吉字向川原		S56. 4. 3	700	100	50.5
勢家町			700	68	46.8
南春日町		S56. 6. 2	700	80	52
迫		S56. 7.30	800	50	48
生石字五月殿		S56. 8. 8	655	120	50
下郡字七歩		S56. 8.13	700	100	51
永興		S56. 8.30	604		
津守字曾ヶ迫		S56. 9.30	750	205	48.5
中春日町		S56.10. 4	700	120	53.5
三川新町		S56.10.14	700	90	51
三川新町		S56.11.10	500	100	51
王子中町		S56.11.19	700	50	52
畑中字素川		S56.11.30	700	80	51
三川新町		S56.12.15	700	60	50
鶴崎字内浜		S57. 3.15	800	73	47
新川町		S57. 3.30	700	80	47
牧		S57. 4. 8	700	92	51
三川下		S57. 4.12	610	120	48
下郡字内ヶ迫		S57. 4.20	750	100	53
錦町		S57. 5.28	700	80	53
顕徳町		S57. 5.30	600	80	50
高松字十田		S57. 6.22	700	240	42
大分字上井東		S57. 7.12	700	100	52
大分字顕徳寺		S57. 7.30	600	35	53.5

場 所	泉源名・所有者	年 月 日	深 さ	湧出量	温 度
宮崎		S 57. 8.10	750 (m)	120 (ℓ/分)	48 (℃)
府内町		S 57. 9.14	700	100	50
下郡字年の神		S 57. 9.30	700	80	52
原川		S 57.10.28	700	60	45
寿町		S 57.11.11	700	70	52
向原沖		S 57.11.20	700	80	56
新町		S 57.12.30	700	150	46
府内町		S 58. 2.21	700	120	53
丸亀字木の前		S 58. 3.15	800	99	39
鬼崎字川鶴		S 58. 3.25	600	60	46
末広町		S 58. 4. 4	700	100	52
生石		S 58. 7.20	600	80	53
津守字峰元		S 58. 8.10	700	90	43
片島字牛踏		S 58.10. 6	755	100	46
津守字新兵工土井		S 58.10.10	750	120	47
北		S 58.10.27	800	120	49
金池町		S 58.11.13	700	100	54
原川		S 58.12.12	700	84.6	48
金池町		S 58.12.29	700	70	43
千歳字高城		S 58.12.31	800	50	52
下郡字川久保		S 59. 1.10	700	120	56.6
畑中字村ノ内		S 59. 3.16	700	80	46
原川		S 59. 3.20	700	120	52
下宗方		S 59. 4.15	600	22	40
勢家字京泊		S 59. 4.25	700	50	48
横瀬字平畑		S 59. 5.30	630	100	39.5
西新地		S 59. 6. 8	700	115	49
千歳字高城		S 59. 8. 4	800	102	46
中島西		S 59. 8.10	700	80	51
羽屋字不定		S 59. 9. 4	700	80	53
岩田町		S 59. 9.17	700	43	47
中央町		S 59.10. 8	700	40	52
片島字上川田		S 59.10.29	670	119	45.5

場 所	泉源名・所有者	年 月 日	深 さ	湧出量	温 度
三川新町		S 59.11. 8	700 (m)	86 (ℓ/分)	53 (°C)
大分字前田		S 59.12.28	700	64	45
上宗方字虚言迫		S 60. 2. 3	688	111	49.3
中島西		S 60. 2.19	700	60	48
葛木字長溝		S 60. 7. 7	800	120	50
鴛野字登立		S 60.11. 9	780	60	47
森町字切戸通		S 61. 1.17	800	80	47
田室町		S 61. 1.22	700	49	41.5
駄原字立ノ塚		S 61. 1.31	800	70	50
種具字南谷		S 61. 3.22	228	12	25.3
奥田字池田		S 61. 3.31	700	80	50
勢家字河原		S 61. 4.10	700	50	47
永興字三ヶ田		S 61. 5.25	700	70	49
賀来字中河原		S 61.11.10	700	80	49
羽屋字鋤崎		S 62. 2.28	700	70	50
古国府		S 62. 8.17	700	80	53
奥田字園田		S 62. 8.20	657	45	47
南鶴崎		S 62.10.30	800	65	51
光吉字落水		S 62.11.12	400	70	31.6
山津町		S 62.11.25	800	50	46
南春日町		S 62.12.20	700	80	54
小野鶴字石ヶ平		S 62.12.21	710	200	49
古国府字山神		S 62.12.25	700	110	48.5
田尻字上橋		S 63. 1. 7	700	50	41
下郡字七歩		S 63 2.11	700	80	52
宮崎字向スカワ		S 63 3.22	700	110	52
津守字生蓮寺		S 63. 4.27	790	40	44
森町字平田通		S 63. 5.12	800	120	51
野田		S 63. 6. 7	800	50	43.5
上野字丁ノ平		S 63. 8.30	750	50	50
羽屋字国政		S 63. 9.24	700	50	49
古国府字田フチ		S 63.10.15	700	50	48
皆春字内門		S 63.10.20	800	45	48.5

場 所	泉源名・所有者	年 月 日	深 さ	湧出量	温 度
賀来字河原		H 1. 1. 8	800 (m)	160 (ℓ/分)	58 (℃)
駕野字山崎		H 1. 1.10	700	100	44
金池町		H 1. 3. 7	700	50	52
北		H 1. 4.17	800	110	46
東明野字下河内		H 1. 6.30	800	50	51
高松東		H 1. 8.12	270	50	31
寒田字天神面		H 1. 9. 7	686	110	34.5
古国府字中新田		H 1.10.20	700	40	53
今津留		H 1.11. 7	700	48	45
羽屋字花園		H 1.11.22	700	75	48
東鶴崎		H 1.12. 4	800	86	47
羽屋字上銅給		H 2. 4.26	700	75	51.3
上野字黒土		H 2.10.11	800	50	48.5
王子西町		H 3. 2. 8	800	50	56.2
政所字此間		H 3. 4.10	840	100	47
曲字苗干		H 3. 5.25	800	60	46
豊饒字中島		H 3. 7. 4	700	65	45.3
葛木字長溝		H 3. 7. 5	800	120	47
皆春字下ノ土井		H 3. 9.21	800		51
津守字下ノ洲		H 4. 1.16	786	85	53.8
下郡字柚ノ木		H 4. 6. 3	885	55	47.4
古国府字内山		H 4. 6.16	700	40	40.4
錦町		H 4.12.29	700	100	57
東浜		H 5. 1.10	700	90	49.5
王子西町		H 5. 1.12	800	50	53
錦町		H 5. 2.15	700	50	45
駄原字岩ノ上		H 5. 7.23	800	100	53
萩原		H 5. 9.27	771	50	42
森字鴨園		H 5.11.20	443.3	90	33.5
下郡字内ヶ迫		H 6. 1. 7	800	100	50
田室町		H 6. 3.17	800	56	43
津守字山崎		H 6. 5. 9	800	54	43
上野丘西		H 6. 8.20	150	150	35.5

場 所	泉源名・所有者	年 月 日	深 さ	湧出量	温 度
皆春字町		H 7. 4.18	800 (m)	70 (ℓ/分)	51.5 (℃)
下郡字七歩		H 7.10. 1	700	40	47.1
府内町		H 7.10. 7	700	100	48.7
新町		H 7.10.13	700	92	46.1
下郡字七歩		H 7.11.15	711	80	49.4

伽藍岳の地熱調査(2)

— 伽藍岳を中心とする地熱構造モデル —

京都大学理学部

由佐悠紀・大沢信二

北岡豪一・福田洋一

1 はじめに

鶴見火山群の北端部に位置する伽藍岳(硫黄山:標高1,045m)は、別府地域でもっとも地熱活動が活発でありながら、その活動の実態には不明な部分が多く残されていた。そのため、平成6年度に、既存調査資料を収集整理するとともに現地調査が実施され、この山からの放熱形態と放熱量、温泉水・地熱ガスの化学的特性、岩石の変質状態などに関する基礎資料が得られた(由佐ほか, 1995)。

重要な知見は、地熱ガスにマグマ性ガスが含まれている可能性のあること、および、蒸気流出に伴う熱放出量より地表面からの放熱量の方が大きいこと、の2点である。これらは、これまでの知識からみて、意外な結果であり、伽藍岳を含む一帯の地下熱活動の特性を現しているものと考えられる。

そこで、本年度の研究では、ボーリングによる地温や電磁気探査による比抵抗分布などの既存資料を参照し、二相流体の流動理論に基づいて、やや深部に至る地熱構造モデルを考察したので報告する。

2 比抵抗構造

別府地熱地域(東西5km×南北8km)には、約3,000本の温泉井戸が掘削され、それらから流出する温泉水や蒸気(過熱蒸気を含む)など地熱流体の水量は600kg/s、熱量は350MWに達する。この地熱活動を維持している熱源は伽藍岳を含む鶴見火山群の地下に存在する熱水(温度は250-300°C、塩化物イオン濃度は1,400-1,600mg/kg)であり、この熱水が北縁と南縁に存在する東西走行の断層に沿って海岸方向へと流動している(図1: Allis and Yusa, 1989)。

新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)は、全国地熱資源総合調査の一環として、別府地域の比抵抗調査(MTおよびCSAMT法による)を実施し、地表下250mおよび海面下0m、2,500m、5,000mでの比

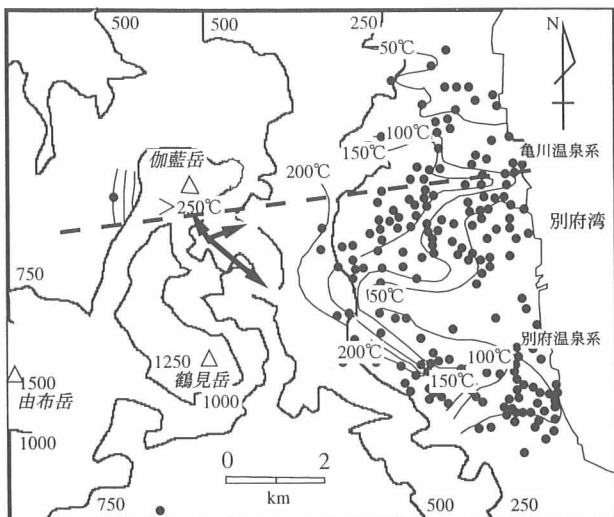


図1 別府地熱地域における海面下100mの地温分布(細い実線群)と地熱流体の流動系: ●は温泉井戸(代表的なもののみ), 太い破線は図2・図4の断面図の測線

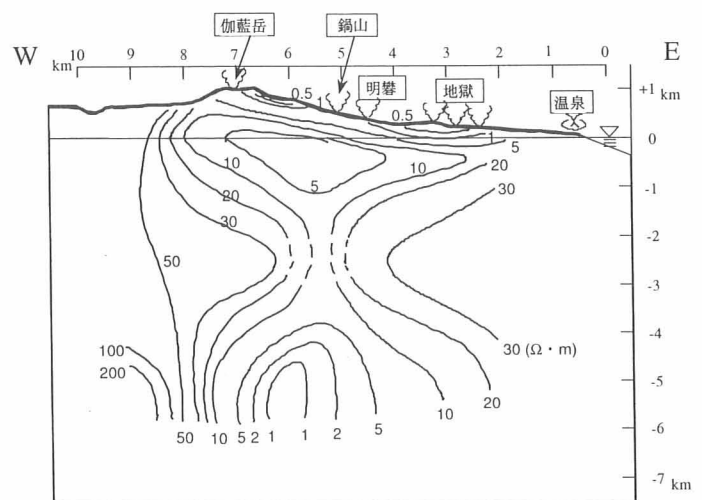


図2 伽藍岳を通る断面での比抵抗分布(単位は $\Omega \cdot m$): 測線は図1の破線(NEDO(1989)より作成)

抵抗分布図を公表している (NEDO, 1989)。それらの図から作成された、伽藍岳を通る比抵抗断面図を図 2 に示す。この断面測線は、図 1 に破線で描かれているが、北縁の熱水流動経路とはほぼ一致する。

海面下5,000m深レベルおよび地表近くに、非常に低い比抵抗値が見られる。地表近くの低比抵抗は、酸性熱水の存在および地層の強い変質によるものと思われる。他方、深部における低比抵抗は、確定的なことは言えないが、地熱流体の存在によるのではないかと考えられる。

3 伽藍岳からの放熱形態と二相流

まず、地熱構造モデル作成の基本となる熱的データを、前報告などから簡単にまとめておく。

伽藍岳の山頂の南側には、直径約300mの円弧状の崩壊地形が発達し、その内部に活発な噴気活動がある。蒸気加熱型の硫酸酸性の熱水も流出するが、その量はわずかである。噴気孔から噴出する蒸気量は 1.4kg/s 、その熱量は3.8MWである (由佐ら, 1995)。一方、噴気地を中心とする $5.5 \times 10^4 \text{m}^2$ の面積から放出される熱量は、ヘリボン熱映像法によって19.5MWと計測されている (湯原ら, 1987)。したがって、総放出熱量は23.3MWであり、熱放出の主な形態は放射過程であるらしい。これについては検討の余地が残されているが、ここでは一方の極として、純粋な放射過程と考えることにする。

この放射過程による熱の一部は、地層を通しての伝導熱である。噴気地で掘削された井戸で測定された地温データによれば、地表付近で 100°C 、300m深で 200°C と高温であった (図 3 参照: 日本地熱開発センター, 1979)。しかし、この地温勾配から推定される伝導熱量は0.03MW程度でしかなく、前記の熱量に比べて無視できる。したがって、この山からの大きな放熱量には、伝導とは別の熱輸送機構が作用していると考えなければならない。

伽藍岳の山体内では、液体の水と蒸気が共存する二相流系が存在していると考えられている (Allis and Yusa, 1989)。そうとすれば、鉛直二相流 (蒸気の上昇・凝縮による潜熱の放出・凝縮水の下降) によって熱が効率よく上方に輸送され、地表温度が高められた結果、放射過程による大きな熱放出があるものと解釈することができる。また、噴気孔から噴出する蒸気は、上昇する蒸気の一部とみなされる。

二相流による熱輸送理論は由佐 (1992, 1993) によって提出されているが、ここでは伝導熱流を無視した簡略化された取り扱いによって、解析を行う。末尾の付録には、その理論が掲げられている。

4 地熱構造モデル

二相流とそれによる熱放出は、定常状態にあるものと仮定する。さらに、放出される蒸気量と同量の天水が浸透しているものと仮定する。すなわち、 $5.5 \times 10^4 \text{m}^2$ の面積から 1.4kg/s の天水が浸透するものとする。これは水高にして 2.2mm/day 、この地域の平均日雨量 4.7mm/day の47%に当たり、それほどおかしな仮定ではない。この仮定のもとでは、水の正味鉛直輸送量は0である。

この状態に付録の (6) 式を適用する。対象とする地域全体については、各フラックスに面積を乗ずるだけであるから、伽藍岳での熱放出量

(23.3MW) に見合う、さまざまな温度での蒸気流量 (上向き) は、表 1 のようになる。もちろん、下向きに同量の水が流動している。すなわち、 100°C (地表近く) における蒸気流量は 10.3kg/s である。一方、600

表 1 伽藍岳地下のさまざまな温度における、上向きの蒸気流量推定値

温度 ($^\circ\text{C}$)	潜熱 (kJ/kg)	蒸気流量 Q_v (kg/s)
100	2,257	10.3
150	2,113	11.0
200	1,939	12.0
250	1,714	13.6
300	1,406	16.6
350	896	26.0

m深で250°Cという測定温度より、この深さでの蒸気流量は13.6kg/sと推定される。

また、100°Cにおいて23.3MW ($h=4.24 \times 10^2 \text{W/m}^2$)の熱フラックスをもたらす二相流が存在するためには、付録(8)式の解の存在条件より、鉛直方向の固有浸透率が0.5darcyより大きくなくてはならない。

付録に示されている理論〔(8), (9)式〕に基づき、実測された地下温度に適合するような温度プロフィールが試行錯誤的に計算された。その暫定的な計算結果が、実測温度とともに、図3に示されている。太い実線は、蒸気卓越の二相流系が領域全体にわたって存在する場合である。また、細い実線と破線は、それぞれ500m以深、および1,500m以深が熱水卓越の二相流系になっている場合である。なお、これらの深度より上部は蒸気卓越の二相流系である。

実測されている地表近くの温度プロフィールが出現するのは、蒸気卓越の二相流系で、地層の固有浸透率が約1 darcyのときである。他方、600m深付近での固有浸透率は0.1darcy程度（あるいはそれ以下）と推定される。ただし、この深さが蒸気卓越か熱水卓越かは、現在の資料だけでは特定できない。

このように、深部の二相流系が蒸気卓越か熱水卓越かを、この理論だけから決定することはできないが、図3の温度プロフィールによれば、この地熱系で推定されている地熱流体の最高温度300°Cが出現する深さは、最も深い場合でも、地表下3,500m深（海面下2,500m深）程度である。

他方、鶴見火山群域でのキュリー点深度は海面下7km程度とされている（Okubo et al., 1985）。キュリー点温度を580°C（磁鉄鉱）とすれば、海面下2,500m深で300°Cという先の推定に大きな矛盾はなさそうである。ただし、この温度勾配のもとでは、伝導過程だけでは23.3MWもの大きな熱流量は期待できず、地下深部に二相流を駆動する地熱流体の存在を想定しなければならない。図2によれば、海面下5,000m深レベルに10Ω-m以下の低比抵抗層が存在し、この推論を基本的には裏付けているように思われる。

さらに、伽藍岳の蒸気など別府地域の地熱ガスには深部からのガスが含まれているようであり（由佐ほか, 1995; 大沢ほか, 1995）、熱の幾分かは、そうしたガスの上昇にともなってもたらされている可能性もある。

図4は、以上の考察および従来の研究成果などをもとにして描かれた、この地域の深部に至る地熱構造のやや定量的な概念モデルである。

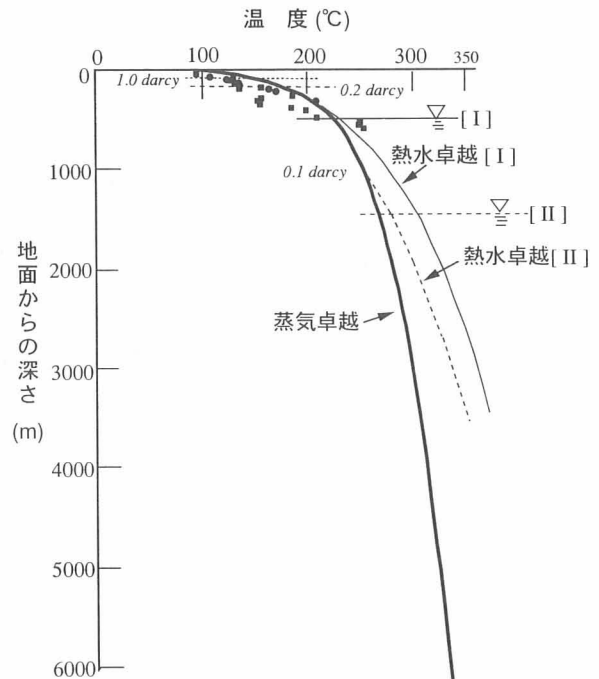


図3 二相流による伽藍岳の地下温度プロフィール

●と■は実測温度（日本地熱開発センター（1979）による）

曲線は計算結果

太い実線：全領域が蒸気卓越二相流系の場合

細い実線：500m以深が熱水卓越二相流系の場合

細い破線：1,500m以深が熱水卓越二相流系の場合

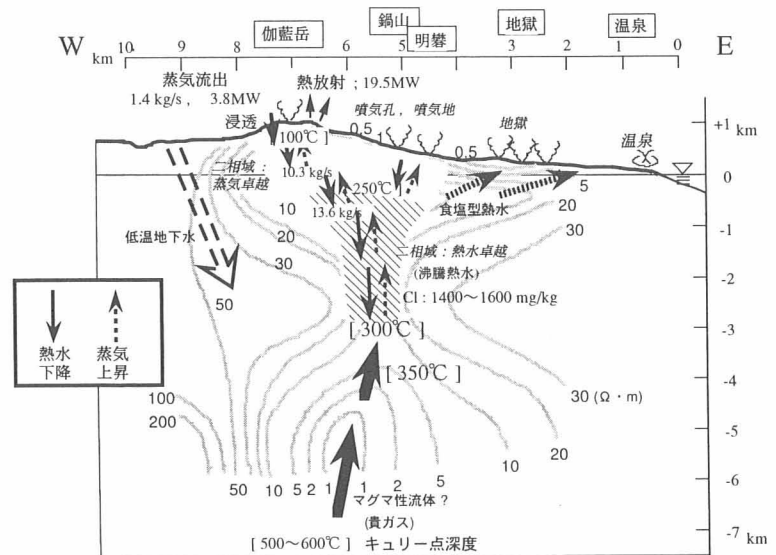


図4 別府北部地域の地熱構造モデル

5 おわりに

本文中に記したように、本研究で求めた温度プロフィールは暫定的な結果であり、より詳しい計算をする必要がある。したがって、図4は現時点での予察的モデルである。以下には今回のモデルの主な内容を列挙するが、今後、これらはさまざまな観点から検討されなければならない。

- (1) 海面下7 km深程度での温度はキュリー点(500~600°C)に達している。
- (2) 比較的細い通路を通して、深部よりマグマ性の流体が上昇している。
- (3) 海面下2~3 km深には300°Cの沸騰する熱水(熱水卓越の二相流系)が存在する。
- (4) この熱水卓越二相流系は数100 m深あるいは海拔0 m付近まで連続し、その上面での温度は250°C程度である。また、熱水の塩化物濃度は1,400~1,600 mg/kgである。
- (5) 熱水卓越層の上方には、蒸気卓越の二相流系が発展する。伽藍岳・鍋山・明礬などの噴気はその路頭である。
- (6) 他方、熱水卓越二相流系から分岐した熱水(食塩型)は、側方に流動して、地獄地帯の熱水となる。

参考文献

- 1) Allis, R. G. and Y. Yusa (1989) : Fluid flow processes in the Beppu geothermal system, Japan, *Geothermics*, 18, 743-759.
- 2) NEDO (1989) : 昭和63年度全国地熱資源総合調査(第3次) 広域熱水流動系調査 鶴見岳地域 比抵抗(MT, CSAMT法) 調査報告書 要旨, 83p.
- 3) 日本地熱開発センター (1979) : 地熱開発基礎調査報告書No.6, 伽藍岳・黒川その3.
- 4) Okubo, Y., R. J. Graf, R. O. Hansen, K. Ogawa and H. Tsu (1985) : Curie point depths of the Island of Kyushu and surrounding areas, Japan, *Geophysics*, 53, 481-494.
- 5) 大沢信二・由佐悠紀・北岡豪一 (1995) : 霧島火山群の噴気不活性ガス組成, *温泉科学*, 45, 290-294.
- 6) 湯原浩三・江原幸雄・原 幸・藤光康宏 (1987) : ヘリコプターより観測した九州の火山・地熱地域の熱映像, *日本地熱学会誌*, 9, 307-355.
- 7) 由佐悠紀 (1992) : 二相流による鉛直熱輸送, 文部省科学研究費・重点「多様なエネルギー資源の利用」平成3年度研究成果報告書, 221-224.
- 8) 由佐悠紀 (1993) : 二相流による鉛直熱輸送(II), 文部省科学研究費・重点「多様なエネルギー資源の利用」平成4年度研究成果報告書, 215-218.
- 9) 由佐悠紀, 大沢信二, 北岡豪一, 竹村恵二, 福田洋一 (1995) : 伽藍岳の地熱調査, 大分県温泉調査研究会報告, 46, 5-13.

【付録：二相流理論】

流体の流動はダルシー則に従うものとし、流動は鉛直次元とする。以下において、添字 l と v は、それぞれ液相(水)および気相(蒸気)を表す。また、太字はベクトルである。

二相流における正味の質量フラックス q は、液相および気相それぞれのフラックスの和として、次のように表される。

$$q = q_l + q_v = \rho_l v_l + \rho_v v_v \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 ρ は流体の密度、 v はダルシー流速であり、次式により与えられる。

$$q_1 = \rho_1 v_1 = -(k \phi_1 / \nu_1) \cdot (dp/dz - \rho_1 g), \dots\dots\dots (2)$$

$$q_v = \rho_v v_v = -(k \phi_v / \nu_v) \cdot (dp/dz - \rho_v g), \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 k は固有浸透率、 ϕ は相対浸透率、 ν は動粘性係数、 p は圧力、 g は重力加速度、 z は鉛直座標である。なお、ここではフラクチャー型の流動媒体を考えると、相対浸透率は、液相の体積飽和度 ξ の関数 $\phi = f(\xi)$ を用いて、次のように表される。

$$\phi_1 = \xi^n, \phi_v = 1 - \phi_1 = 1 - \xi^n \quad (n = 1 \sim 4), \dots\dots (4)$$

伝導による熱流を小さいとして無視すれば、熱フラックス h は、

$$h = H_1 q_1 + H_v q_v = L q_v + H_1 q, \dots\dots (5)$$

ここに、 H はエンタルピー、 $L (= H_v - H_1)$ は蒸発の潜熱である。また、(1)が用いられている。正味の流体フラックス q が0のとき、上向きの蒸気フラックス q_v (下向きの水フラックス q_1) は、

$$q_v = h/L (= -q_1), \dots\dots\dots (6)$$

このときの温度プロファイルは、次のようにして求められる。(2), (3)より dp/dz を消去し、式(5)に適用して整理すれば、次式(7)が導かれる。

$$h = [q \{H_v \sigma_1 + H_1 \sigma_v\} - kgL(\rho_1 - \rho_v)] / (\sigma_1 + \sigma_v), \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 $\sigma = \nu / \phi$ である。

式(7)で $q = 0$ とし、(4)の関係をいれれば、次のように ξ^n の2次式が導かれる。

$$A \cdot (\xi^n)^2 - (A + \nu_1 - \nu_v) \cdot \xi^n + \nu_1 = 0, \dots\dots\dots (8)$$

$$A = kgL(\rho_1 - \rho_v) / h.$$

一方、式(3)より、

$$dp/dz = -[\nu_v q_v / k(1 - \xi^n) + \rho_v g] \dots\dots\dots (9)$$

したがって、熱フラックス h と固有浸透率 k を与えれば、(8)式より ξ^n が、次いで式(9)より dp/dz が計算される。得られる圧力勾配は、飽和蒸気に関するクラペイロンの関係によって温度勾配に変換され、これを積分して最終的に温度プロファイルが求められる。

なお、2次式である式(8)の存在条件から、二相流が存在しうる固有浸透率 k の臨界値が決定される。また、式(8)の2つの解のうち、小さい方は蒸気卓越系に、大きい方は熱水卓越系に相当する。

別府地域の地震

京都大学理学部

由佐悠紀・北岡豪一
竹村恵二・福田洋一
大沢信二・馬渡秀夫

1 はじめに

別府地域における地震観測は、京都大学理学部地球物理学研究施設（BGRL）に設置されたWiechert地震計（水平動1台、上下動1台）を用いて、1927年より始められた。谷（1937）は、1935年までの記録に基づき、この地域の地震活動を初めて報告したが、その特徴はつぎのようにまとめられる（須藤，1987）。

(1)群発的で、(2)別府温泉地帯の北方に少なく南部に多い、(3)温泉地帯以外にはほとんど発生していない、(4)南部の大分方面にも少ない、(5)断層沿いに発生している、(6)地震の発生地帯に火山活動の原動力であるマグマの中心勢力がある、(7)4 kmから8 kmの深さに多く発生する。

その後もWiechert地震計による観測は続けられてきたが、1ヶ所の観測点だけでは震源決定等には不十分であり、また、別府地域特有の小地震や微小地震の観測には、この地震計は不向きであるため、複数の観測点から成る高感度の短周期地震計による観測網の整備が望まれていた。

1985年3月、京都大学理学部附属火山研究施設によって、鶴見岳山頂に近代的な3成分短周期地震計が設置され（須藤，1987）、別府地域の地震観測は改善されたのであるが、この地域を取り囲むような観測網ではなかったため、震源決定等はなお不十分な状態にあった。

他方、1989年以来BGRLによって実施されてきた別府地域一帯の地下構造調査の結果、この地域が活発な造構運動の場であることが確認され（由佐・竹村，1994）、地震観測の高精度化はますます必要となった。

このような状況のもとで、BGRLは別府地域を対象にした地震観測網の構築を図り、1993年3月に4観測点と中央制御局から成る微小地震観測システムが完成し、同年10月には1観測点が追加された。本報告では、このシステムを紹介するとともに、1995年12月までの地震活動の概要を述べる。

2 微小地震観測システム

設置された微小地震観測システムは、比較的小規模の局地的な微小地震観測を目的として、(株)地球科学総合研究所が開発したMICROSEIS-100（略称：MS-100）と呼ばれるシステムで、複数の観測点と中央制御局から構成される。中央制御局はBGRL内に設置され、地震観測点はBGRL及び周辺部の高崎山・鶴見岳・天間・唐木山の合計5ヶ所に設けられている。それらの配置は図1に、また位置は表1に示されている。

MS-100の構成は図2に示されている。観測点には、観測局装置（地震計、地震アナログ信号の増幅とデジタル化装置及び通信制御装置から成る）が設備されており、NTT専用回線で中央制御局と接続されている。

中央制御局には、刻時装置を備えた送受信制御装置、ワークステーション（WS）などがあり、各観測点から送られてくるデジタルデータの処理を含む全ての作業はWSのプログラムで制御されている。その結果、地震動データの取得、地震の判定、初動読み取り、震源決定、波形データの収録、システム作動状況のチェックなどが自動的に行われることとなった。このシステムの主要性能は表2に掲げられている。

3 震源などの決定

このシステムでは、3点以上で波動が観測された場合を地震と判断し、それらについて以下の解析を行う。

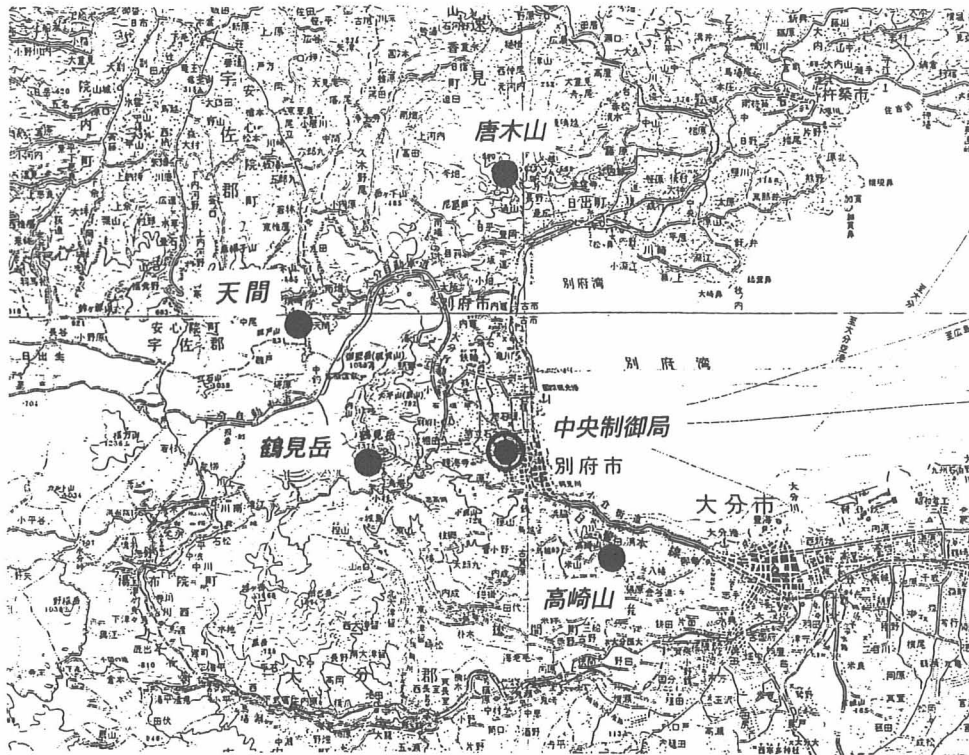
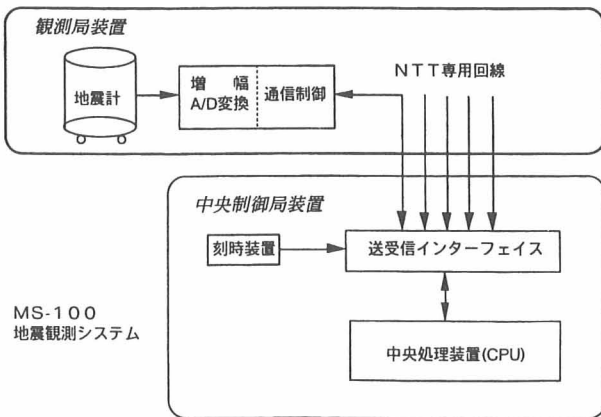


図1 地震観測点と中央制御局の配置



MS-100
地震観測システム

図2 MS-100地震観測システムの構成

表1 地震観測点の位置

観測点	北緯	東経	標高 (m)
唐木山	33° 23.0′	131° 29.3′	550
天間	33° 19.7′	131° 24.8′	490
鶴見岳	33° 17.0′	131° 25.9′	1360
高崎山	33° 14.6′	131° 31.8′	370
中央局	33° 16.8′	131° 29.3′	70

表2 MS-100地震観測システムの主要性能

(地震計)

形式	L-4C-3D (Mark Products)
成分数	上下動1、水平動2
固有周波数	1 Hz ± 5 %
コイル抵抗値	5500 Ω
感度	2.76 V/Kine (シャント抵抗なし)
	1.10 V/Kine (3.7KΩ)
ダンピング	0.28 (シャント抵抗なし)
	1.0 (3.7KΩ)

(計測ユニット)

形式	JGI MS-100S
入力チャンネル	3チャンネル
サンプル間隔	5 msec (200Hz)
周波数特性	1Hz - 90 Hz
最大/最小利得	132/12 db
入力換算雑音	0.15 μV RMS (gain 48db時)
ダイナミック・レンジ	120 db
自動利得アンプ	0 - 84 dbを 6 db/stepで増幅
A/D変換	16ビット逐次比較

震源位置及び発震時間は、各測定点におけるP波の到達時間から求める。これに必要なP波の速度構造は、中部九州地域におけるデータを参照して、暫定的に水平3層構造を採用した。各層の領域と速度は表3に示されている。P波の到達時間は自動的に判定されるが、揺れが弱い場合などは必ずしも明確でないため、誤って判定されることがある。したがって、最終的には人間の目でチェックする必要がある。

表3 震源決定に用いるP波速度構造

領域	P波速度
地表—海面下 1.8 km	3.3 km/s
海面下 1.8—22 km	5.8
海面下 22 km 以深	7.0

また、本報告末尾の震源リストなどにみられるように、浅い震源の深さが海面下1.7または2.0kmになる場合が多いのは、解析プログラムの特性によるもので、当面はこの近辺の深さと理解しておく。以下での震源深さは、すべて海面下である。

重要なパラメータであるマグニチュードは、各観測点ごとに上下動最大速度振幅と震源距離を用いた渡辺の式より算出し、それらの平均値として求める。

4 地震活動

この観測システムは1993年3月26日に一応完成し、BGRL・高崎山・鶴見岳・唐木山の4点によるテスト観測がスタートしたのであるが、これを待ち構えていたかのように3月26日から群発性の地震が発生した。新システムによる震源決定は3月28日から可能となり、その震源域が別府市亀川の海岸から北東方向の沖合に至る一帯と確定された。いずれも震源深さが2 km程度と浅く、マグニチュードは最大で2.23と小さい。このいくつかは、震源の近くや市内の限られた場所では有感であったが、九州管区気象台の当時のネットワークでは観測されなかった。この地域の地震は、昭和初期にWiechert地震計によって1回観測されたことがあるが、これまでよく知られていなかったもので、新システム設置の意義が早くも認められた。

このシステムは、当然、遠地地震にも感応する。そこで、BGRLにおける初期微動継続時間（S-P時間）が約3秒以内のものを近地地震とみなすこととした。

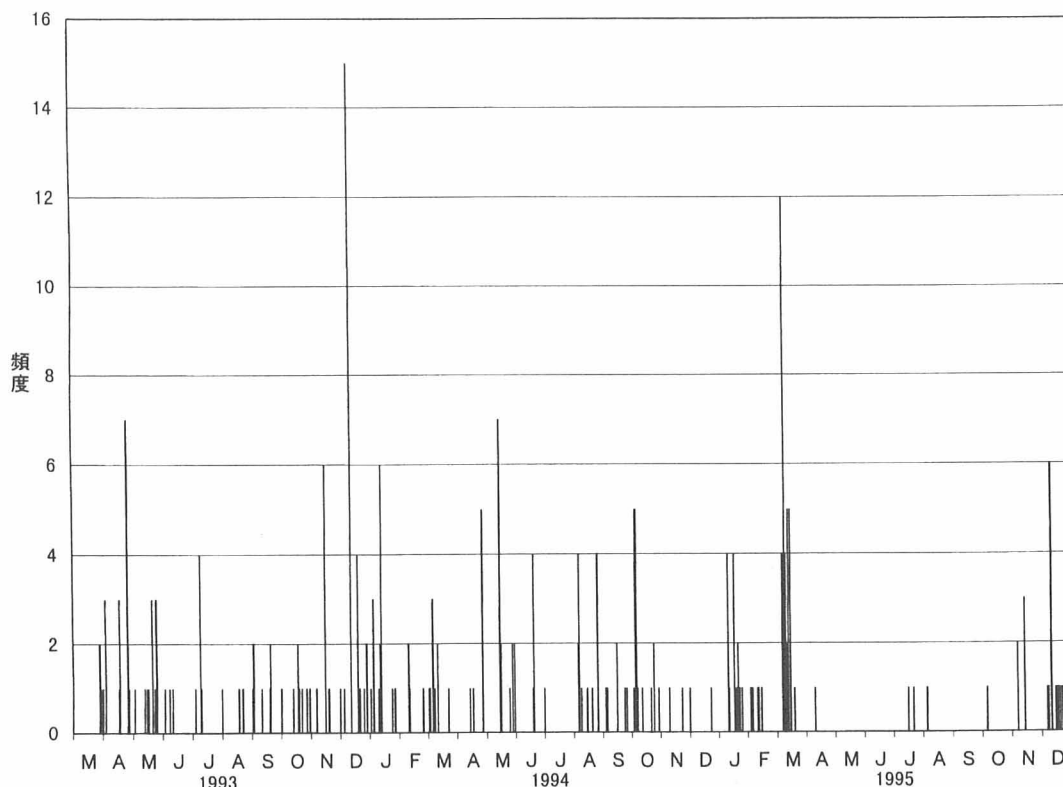


図3 日別の地震発生頻度：1993年3月28日—1995年12月31日

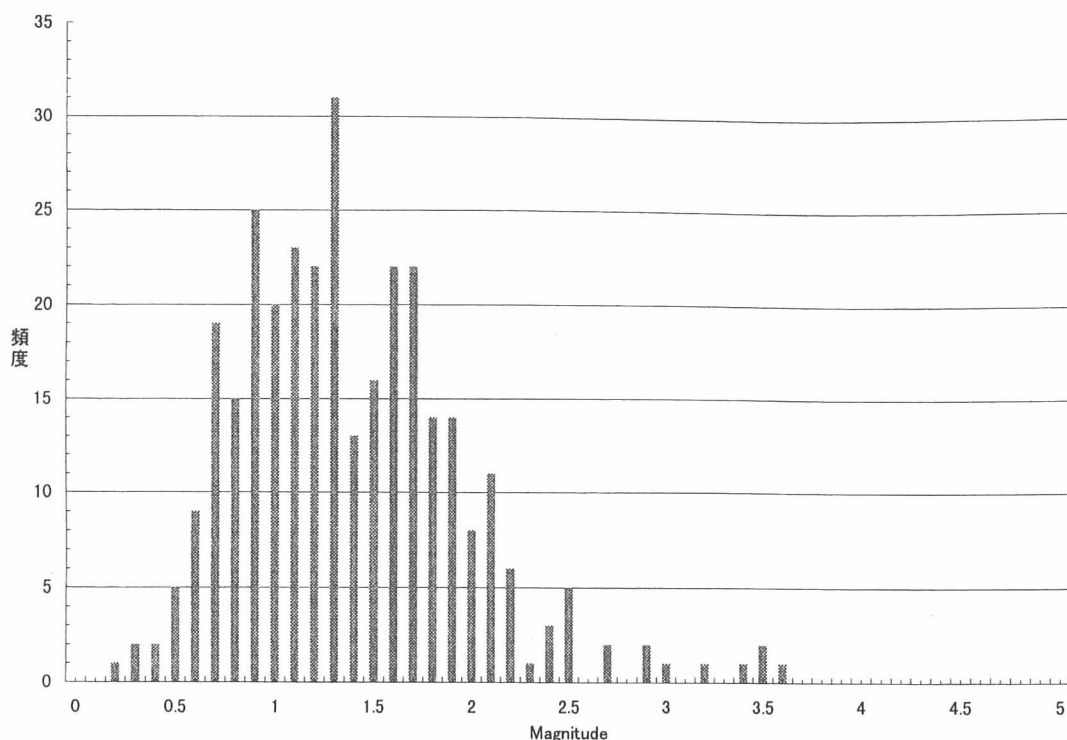


図4 マグニチュードの頻度分布

1993年3月28日から1995年12月31日までに、このシステムによって観測された近地地震は268個である。本報告末尾の表は、それらのリストである。図3は、これらの地震の日別の発生頻度として図示したものである。一見して、1993年3月から1995年3月までの約2年間は地震活動が活発であったのに対し、1995年4月から11月頃までにはほとんど起こらず、12月に入るとやや活動が活発化したことが分かる。しかも、谷(1937)や須藤(1987)が述べているように、群発的に発生している。群発の継続時間は1日未満から数日までと、さまざまである。

図4には、マグニチュード(M)の頻度分布を示した。ほとんどの地震が $M < 3$ と規模が小さく、全体としては $M = 1.3$ を中心とした分布をしているが、M値が小さい地震は計測されていない可能性がある。したがって、 $M > 1.3$ に着目すれば、M値が大きい地震ほど発生頻度が小さいという一般的な傾向は、別府地域でも成り立っているようである。しかしながら、いくつかのピークがあるようにもみえる。これらのピークが別府地域の地震の特性かどうかについてまで言及するには、データ数が少なく、今後のデータの蓄積が必要である。

5 震源分布

末尾に掲げた震源の中には、P波到達時間の不明瞭さなどの理由により位置決定の精度

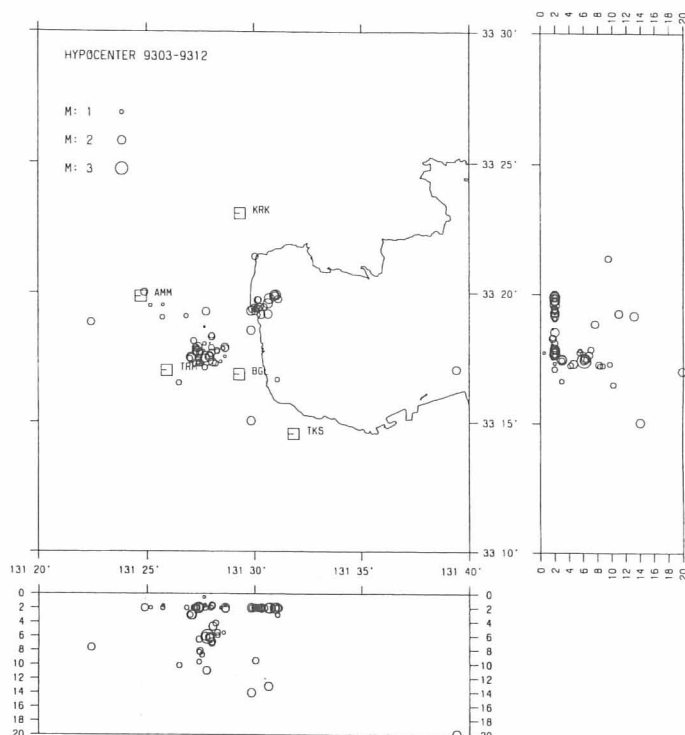


図5 別府地域の震源分布：1993年3月－12月

が低いと思われるものがあった。特に震央（水平位置）の精度が悪いいくつかの地震を除いて、各年毎に震源分布図を作成し、図5・6・7に示した。

図5は、1993年（3月末以降）の震源分布である。亀川の海岸から北東方向の沖合一帯及び鶴見岳の北東に当たる大平山（扇山）付近の2ヶ所に震源が集中している。これらはいずれも群発性の地震であるが、一時期に発生したものではなく、数回にわたって発生した。

亀川一帯では、3月28日から4月3日、4月26・27日、5月21日に発生した。一方、大平山付近では、4月17・18日、7月9・10日、12月12日と19日に発生した。このように、群発地震の起こる場所は決まっているようである。また、それらの深度は2 km程度と浅いのが特徴である。ただし、大平山付近の地震のうちで、やや南方の堀田に近いものの震源深さは深くなる傾向があり、10 kmに達するものもある。

また、天間付近にいくつか地震がみられるが、これらも群発的で11月15日の約6時間の間に発生した。震源深さは、前2地域と同様に、2 km程度と浅い。

図6は、1994年の震源分布である。1993年と同様に大平山付近を中心に、北東-南西にやや細長い範囲で、1月12・13日、4月27日、5月15日、8月6・7日に群発地震が発生した。震源深さは2-5 km程度と浅いが、この範囲の南縁の堀田付近で深いものも、1993年と同様である。この地域ほど震源域が集中していないが、由布岳-鶴見岳-伽藍岳の山岳部で、6月19・20日に群発的に地震が発生した。また、図の北東部の杵築市付近で10月6日に群発した。これらは、別府地域のものとは比べて震源が深く（8-14 km）、規模はやや大きい。

図7は、1995年の震源分布である。3月7日から15日にかけて、大平山の南山麓付近から北東方向の一帯で群発した。この場所は、

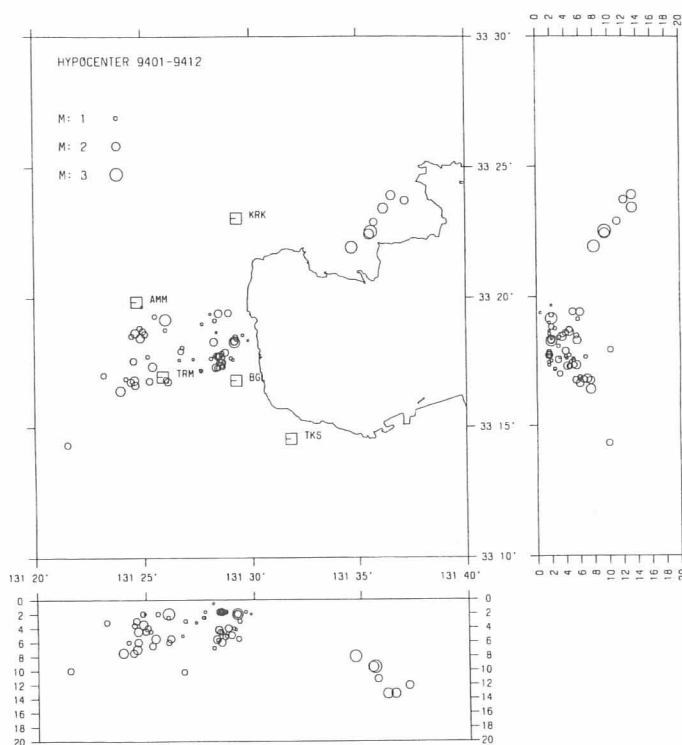


図6 別府地域の震源分布：1994年1月-12月

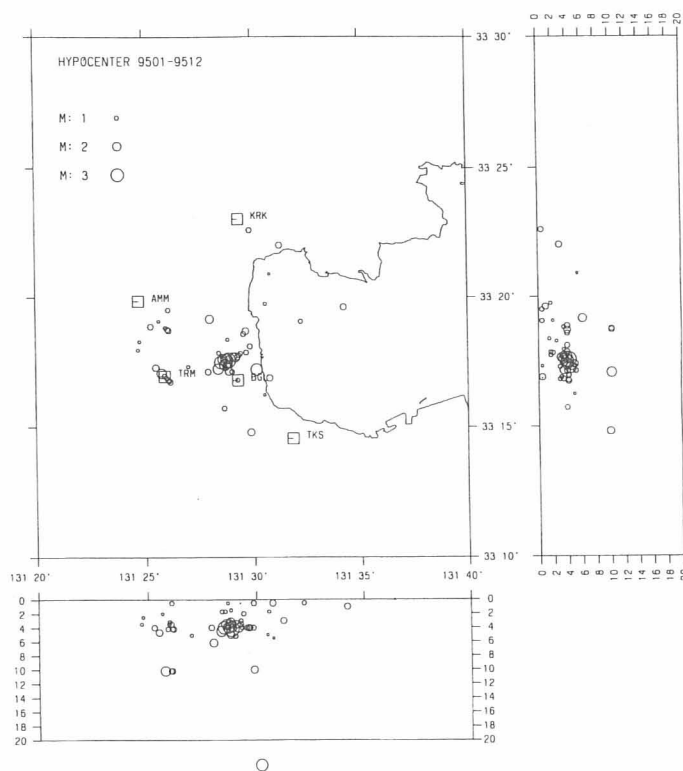


図7 別府地域の震源分布：1995年1月-12月

1994年の群発箇所とはほぼ同じである。このほかに、1月11・12日には鶴見岳-伽藍岳で、また11月14日と12月11日には伽藍岳付近で小規模の地震が群発した。このうち、11月14日の震源は約10kmと比較的深かったが、その他の地震は浅かった。前年まで観測されなかった地震として、別府湾内の浅い小さな地震と、境川川口付近での地震が挙げられる。後者は、 $M=2.78$ と比較的大きく、20km以深で発生しており、注目される。

5 おわりに

1993年3月に構築された微小地震観測システムの概要及び1995年12月までの観測結果を述べた。この間、大平山近辺と亀川一帯でしばしば群発地震が発生した。また、両地域に比べると頻度は低いが、由布-鶴見-伽藍岳でも発生した。その多くは、震源深さが浅く、規模は小さく、ほとんどが人体に感じられない無感の地震である。そのうち、比較的規模の大きい地震は、震源近辺で有感で、ときに別府市内のほぼ全域で有感となる。

最後に、図5・6・7をまとめて、この3年弱の間の震源分布を図8に示す。図中には、この地域の代表的な断層を描き加えた。ほとんどの地震が、北と南の断層群の内部(陥没帯)で発生していることが分かる。また、多くの地震が北東-南西に配列し、しかも由布院断層の延長上にあるように見える。他方、この配列と共役的な北西-南東の配列も存在するように見える。今後データを集積して、地震そのものの特性を詳細に調べるとともに、地震の配列の意味や地熱温泉活動との関連などについても、研究をすすめたい。

参考文献

- 1) 須藤靖明 (1987) : 鶴見岳火山及びその周辺の地震活動, 火山第2集, 32, 205-218.
- 2) 谷 貞夫 (1937) : 九州地方及び別府温泉地帯の地震概論, 地球物理, 1, 165-196.
- 3) 由佐悠紀・竹村恵二 (1994) : 別府湾地域のテクトニクス, 大分県温泉調査研究会報告, 45, 5-10.

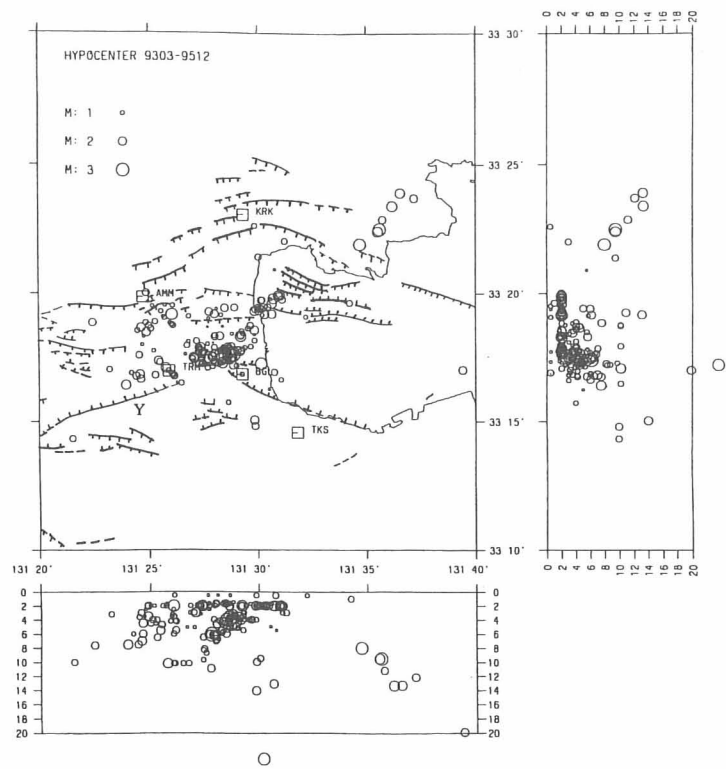


図8 別府地域の震源分布(1993年3月-1995年12月)と断層分布
Y: 由布院断層

発震時 (JST)		北緯		東経		深さ		備考	発震時 (JST)		北緯		東経		深さ		備考
年/月/日	時:分:秒	度	分	度	分	km	MAG.		年/月/日	時:分:秒	度	分	度	分	km	MAG.	
1994/5/15	22:37:11.93	33°	17.76'	131°	28.38'	1.70	1.53		1995/1/20	06:09:09.66	33°	22.61'	131°	29.87'	0.50	1.26	
1994/5/15	22:37:56.60	33°	17.86'	131°	28.62'	1.70	1.16		1995/1/21	03:16:12.49	33°	20.91'	131°	30.78'	5.50	0.61	
1994/5/15	22:40:00.72	33°	17.73'	131°	28.47'	1.70	1.78		1995/1/21	23:16:26.80	33°	19.07'	131°	32.22'	0.50	1.07	
1994/5/16	04:14:55.03	33°	17.71'	131°	28.67'	1.70	1.01		1995/1/23	00:34:44.29	33°	15.90'	131°	30.37'	2.00	0.48	*
1994/5/16	05:26:49.11	33°	17.79'	131°	28.63'	1.70	0.94		1995/1/25	23:17:52.65	33°	16.86'	131°	29.25'	0.50	0.22	
1994/5/26	18:26:15.23	33°	16.12'	131°	26.90'	6.20	0.67	*	1995/2/4	21:36:42.53	33°	22.02'	131°	31.26'	3.00	1.49	
1994/5/29	00:45:32.59	33°	18.72'	131°	25.00'	4.50	1.47		1995/2/6	17:18:54.74	33°	17.23'	131°	30.16'	23.57	2.78	
1994/5/29	03:54:20.79	33°	19.32'	131°	25.37'	2.00	0.57	*	1995/2/11	04:24:00.13	33°	16.25'	131°	30.52'	5.00	0.65	
1994/5/31	13:05:24.18	33°	19.52'	131°	25.12'	2.00	0.33	*	1995/2/12	21:58:26.11	33°	18.39'	131°	28.81'	1.50	0.79	
1994/5/31	13:10:51.06	33°	19.37'	131°	25.30'	2.00	0.66	*	1995/2/15	07:45:12.57	33°	18.71'	131°	29.66'	4.00	1.62	
1994/6/19	10:14:19.67	33°	16.76'	131°	26.14'	5.50	1.70		1995/3/7	13:32:55.54	33°	17.86'	131°	28.40'	1.70	0.98	
1994/6/20	03:39:57.36	33°	16.85'	131°	26.04'	6.00	1.31		1995/3/7	15:47:42.65	33°	17.74'	131°	28.55'	1.70	0.91	
1994/6/20	04:36:20.62	33°	16.41'	131°	23.96'	7.50	2.23		1995/3/7	20:04:47.97	33°	17.57'	131°	28.38'	1.70	0.93	*
1994/6/20	05:20:50.14	33°	18.75'	131°	26.04'	7.50	1.21	*	1995/3/7	20:06:27.06	33°	17.58'	131°	28.37'	1.70	0.74	*
1994/6/20	06:26:35.13	33°	16.75'	131°	24.43'	7.50	1.76		1995/3/9	03:43:02.17	33°	17.02'	131°	29.04'	5.20	0.78	*
1994/7/1	10:19:12.96	33°	19.16'	131°	26.04'	2.00	2.71	○	1995/3/9	09:21:37.46	33°	16.79'	131°	26.11'	4.20	1.13	
1994/8/6	22:58:57.31	33°	17.46'	131°	28.51'	1.70	0.87		1995/3/9	15:51:25.12	33°	17.41'	131°	28.79'	5.00	1.76	○
1994/8/6	23:48:07.76	33°	17.50'	131°	28.46'	1.70	0.88	*	1995/3/9	17:34:40.58	33°	17.41'	131°	28.69'	4.00	2.57	○
1994/8/7	00:56:33.46	33°	17.59'	131°	28.36'	1.70	1.38	*	1995/3/9	17:53:29.78	33°	17.16'	131°	28.87'	3.50	1.86	
1994/8/7	00:57:38.32	33°	17.49'	131°	28.48'	1.70	0.96	*	1995/3/9	18:32:41.43	33°	17.58'	131°	28.83'	4.20	3.54	○
1994/8/7	01:00:50.00	33°	17.49'	131°	28.48'	1.70	1.32	*	1995/3/9	18:37:01.28	33°	17.14'	131°	27.90'	4.00	1.40	
1994/8/7	02:25:22.56	33°	17.35'	131°	28.64'	1.70	0.76		1995/3/9	18:39:34.11	33°	18.59'	131°	29.55'	4.00	1.21	
1994/8/9	00:27:25.01	33°	17.51'	131°	28.45'	2.00	0.79		1995/3/9	18:56:07.41	33°	17.71'	131°	29.16'	4.00	2.18	○
1994/8/15	07:34:56.41	33°	17.35'	131°	25.44'	5.50	2.01		1995/3/9	19:23:40.55	33°	18.12'	131°	29.85'	4.00	1.23	○
1994/8/20	06:50:13.93	33°	17.22'	131°	28.79'	8.20	1.24	*	1995/3/9	19:24:32.42	33°	17.56'	131°	28.66'	3.70	0.99	
1994/8/26	09:26:38.75	33°	18.78'	131°	26.94'	10.20	1.87	*	1995/3/9	20:37:19.15	33°	17.89'	131°	29.68'	4.00	1.17	○
1994/8/26	09:42:41.86	33°	18.75'	131°	26.97'	10.20	2.01	*	1995/3/10	02:43:40.81	33°	17.25'	131°	28.37'	4.50	2.46	○
1994/8/26	09:43:03.70	33°	18.76'	131°	26.97'	10.20	3.41	*○	1995/3/10	04:46:12.34	33°	16.82'	131°	29.27'	3.00	1.00	
1994/8/26	11:18:15.42	33°	18.72'	131°	27.01'	10.20	1.61	*	1995/3/10	06:22:49.90	33°	17.71'	131°	29.26'	3.50	1.35	○
1994/9/4	21:08:23.12	33°	18.62'	131°	27.13'	10.20	1.84	*	1995/3/10	06:34:04.81	33°	17.46'	131°	28.86'	3.50	1.69	○
1994/9/6	16:20:43.21	33°	17.20'	131°	25.62'	5.50	1.60	*	1995/3/11	10:58:20.36	33°	17.61'	131°	28.87'	4.00	1.91	○
1994/9/16	00:34:24.52	33°	17.89'	131°	28.78'	4.00	1.67		1995/3/11	20:01:22.32	33°	17.78'	131°	29.33'	4.00	1.01	
1994/9/16	02:57:39.28	33°	17.35'	131°	28.65'	5.20	1.35		1995/3/12	14:18:06.72	33°	17.51'	131°	28.49'	4.00	2.96	○
1994/9/24	18:30:41.93	33°	18.48'	131°	29.26'	5.50	1.24		1995/3/12	14:23:35.04	33°	17.61'	131°	28.58'	3.50	2.26	○
1994/9/26	16:04:46.50	33°	18.78'	131°	26.01'	2.50	0.85	*	1995/3/13	01:28:58.48	33°	17.73'	131°	29.05'	3.50	1.86	○
1994/10/3	21:14:54.21	33°	17.60'	131°	26.66'	5.10	0.68		1995/3/13	07:24:16.44	33°	17.15'	131°	29.02'	5.20	1.14	
1994/10/5	01:36:51.91	33°	17.21'	131°	27.63'	2.50	0.71		1995/3/13	08:16:19.32	33°	17.26'	131°	28.75'	3.50	1.95	*○
1994/10/5	01:47:01.15	33°	17.19'	131°	27.66'	2.50	0.85		1995/3/13	18:56:18.14	33°	19.17'	131°	28.00'	6.17	1.94	○
1994/10/5	13:17:57.81	33°	16.64'	131°	24.65'	6.00	1.79		1995/3/15	12:18:09.29	33°	16.68'	131°	29.31'	3.00	0.99	*
1994/10/5	22:15:15.90	33°	23.91'	131°	36.56'	13.30	2.21	○	1995/3/15	12:18:39.39	33°	17.66'	131°	28.79'	3.20	2.11	○
1994/10/5	23:09:07.08	33°	23.72'	131°	37.20'	12.15	1.88	○	1995/3/15	12:30:32.38	33°	16.85'	131°	29.10'	3.00	1.14	*
1994/10/6	00:28:38.12	33°	22.89'	131°	35.76'	11.21	1.79		1995/3/15	20:04:23.31	33°	17.84'	131°	29.40'	2.00	1.12	○
1994/10/6	06:28:44.60	33°	22.42'	131°	35.53'	9.50	2.40	○	1995/3/15	20:05:06.31	33°	17.30'	131°	28.71'	3.00	0.98	○
1994/10/6	06:29:39.15	33°	22.51'	131°	35.62'	9.50	2.98	○	1995/3/19	01:43:38.43	33°	18.30'	131°	24.77'	2.50	0.71	
1994/10/6	08:32:06.14	33°	21.92'	131°	34.72'	8.00	2.82	○	1995/4/10	01:54:29.88	33°	18.88'	131°	25.28'	4.00	1.34	○
1994/10/6	13:01:19.60	33°	18.61'	131°	26.21'	2.00	0.78	*	1995/7/16	03:59:41.24	33°	19.75'	131°	30.58'	1.70	0.83	
1994/10/7	07:38:30.68	33°	23.41'	131°	36.20'	13.34	2.39	○	1995/7/21	07:58:01.43	33°	17.34'	131°	26.99'	5.10	0.81	
1994/10/12	14:08:22.82	33°	19.42'	131°	28.93'	5.00	1.64	○	1995/8/5	08:19:52.20	33°	17.08'	131°	25.77'	10.20	2.25	○
1994/10/21	06:12:45.46	33°	19.13'	131°	28.30'	5.70	0.97		1995/10/6	21:37:17.63	33°	18.44'	131°	24.14'	8.20	1.73	○
1994/10/24	06:12:12.91	33°	18.60'	131°	25.09'	4.00	1.52		1995/11/7	07:47:16.24	33°	18.44'	131°	24.14'	6.00	1.57	*○
1994/10/24	09:45:09.10	33°	18.65'	131°	24.65'	4.50	2.00		1995/11/7	19:56:02.66	33°	17.65'	131°	27.35'	10.20	1.81	*○
1994/10/29	12:00:55.91	33°	19.40'	131°	28.48'	6.00	1.84	○	1995/11/14	01:13:31.38	33°	18.77'	131°	26.04'	10.20	1.25	○
1994/11/10	05:57:37.56	33°	16.88'	131°	24.20'	6.00	1.04		1995/11/14	01:15:27.03	33°	18.67'	131°	26.14'	10.20	3.03	*○
1994/11/23	08:10:05.16	33°	16.64'	131°	26.29'	10.20	1.40	*	1995/11/14	01:16:46.03	33°	18.73'	131°	26.09'	10.20	1.37	○
1994/12/1	15:07:50.02	33°	17.73'	131°	25.22'	4.50	0.95		1995/12/7	09:05:19.66	33°	16.01'	131°	27.03'	8.20	1.63	*
1994/12/23	11:38:25.74	33°	18.31'	131°	26.57'	10.20	1.21	*	1995/12/8	19:06:52.63	33°	17.74'	131°	24.97'	4.50	1.64	*○
									1995/12/11	02:45:08.86	33°	19.08'	131°	25.65'	2.00	0.70	
									1995/12/11	03:11:00.66	33°	18.77'	131°	26.02'	2.00	0.82	*
									1995/12/11	03:15:24.20	33°	18.75'	131°	26.04'	2.00	1.09	*○
									1995/12/11	03:17:47.10	33°	18.74'	131°	26.06'	2.00	0.84	*
									1995/12/11	03:19:29.85	33°	18.78'	131°	26.01'	2.00	1.25	*○
									1995/12/11	05:53:44.97	33°	18.78'	131°	26.00'	2.00	1.21	*
									1995/12/15	06:44:24.83	33°	17.28'	131°	25.53'	5.00	1.15	*
									1995/12/16	18:43:35.24	33°	17.97'	131°	24.70'	3.50	0.76	
									1995/12/17	06:45:20.02	33°	17.32'	131°	25.48'	5.00	1.45	*
									1995/12/18	11:35:39.44	33°	17.30'	131°	25.50'	4.70	1.57	○
									1995/12/20	22:43:01.13	33°	17.31'	131°	25.48'	5.00	1.36	*
									1995/12/22	07:06:50.69	33°	17.33'	131°	25.47'	5.00	1.73	*○
									1995/12/29	19:29:05.30	33°	16.97'	131°	25.89'	4.20	1.10	○

九重硫黄山における噴気と温泉水のトリチウム濃度

京都大学理学部

北岡 豪一・大沢 信二
大上 和敏

1 はじめに

九重火山群の中心部に位置する星生山の北東斜面には、従来から活発な噴気活動があり、噴気地一帯は通称「硫黄山」と呼ばれている。1995年10月11日に、その南側の、星生山から東に伸びる尾根付近で水蒸気爆発が起り、新しい噴気孔群が形成された。

九重硫黄山の噴気には、凝縮水中の水素と酸素の安定同位体比が天水に比べて著しく高いものがあることが知られており（松葉谷ほか、1975；日下部ほか、1977；Mizutani et al., 1986）、しかも、その同位体組成が薩摩硫黄島、有珠山、昭和新山、さらにニュージーランドのホワイトアイランド火山やフィリピンのピナツボ火山など、島弧系の安山岩質火山から放出される火山ガス中の水の同位体組成に共通していることから、マグマ由来であると考えられている（日下部・松葉谷、1990；Hedenquist, 1992；Matsuhisa, 1992）。

従来からの噴気地は、約350m×600m（標高1,450～1,600m）の範囲にわたるが、その範囲は水蒸気爆発の後も大きくは変わっていない。その谷部には強酸性、高塩分の温泉水が常に湧出し、溪流を形成している。温泉水の安定同位体比は天水に比べてかなり高く、深部から上昇する火山性の蒸気と地表から浸透する天水との混合過程や熱水の流動及び蒸気分離の過程を知る手掛かりを含んでいる（北岡ほか、1996）。

1984年に2つの噴気孔からの蒸気と冷湧水について、この地域ではじめてトリチウム濃度が測定された（Mizutani et al., 1986）。噴気中には明らかにトリチウムが検出され、天水と火山性蒸気との間で速い相互作用が推定される。噴気と温泉水のトリチウム濃度を測定することにより、天水と火山性蒸気との相互作用を含む、火山体内部における水循環の速度について新たな手掛かりが得られるかも知れない。

本報告では、1995年に採取した温泉水、冷湧水、河川水と、従来の噴気地からの噴気及び水蒸気爆発によって形成された新しい噴気につき、トリチウム濃度を測定したので、その結果を予察的に報告する。詳しい解析は、データが蓄積してから行う予定である。

2 温泉湧出の水文的状況と試料採取

温泉湧出は、図1に示したように、従来の噴気地の南端にあたる標高1,530mの谷頭部にはじまる。源流点で湧出した温泉水は溶岩の上を流れたのち堆積土砂に伏流する。標高1,480m付近で再び温泉の湧出があり、それから1,450m付近までの谷の両側で随所から高温の温泉水が湧出し、溪流を形成する。噴気地末端の1,430mになると温泉湧出はなくなる。温泉溪流は、1,430m付近で500 kg/min程度（最高940 kg/min）であるが、1,400m付近で再び伏流して消滅する。同じ沢の標高1,230m付近で湧出する水は冷水である。以降、連続した流れとなり、標高1,100m付近で流量を急速に増して白川となる。

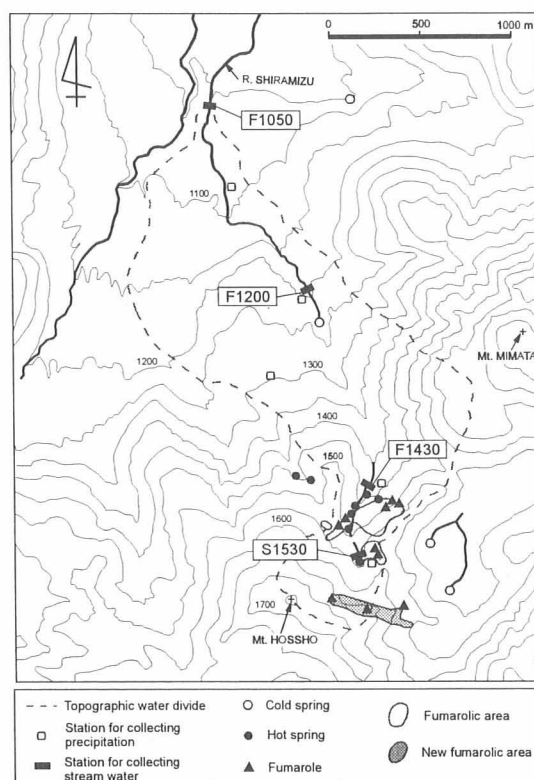


図1 九重硫黄山の噴気地、溪流観測の定点、及び噴気、温泉水、湧水、河川水の採取点

観測の定点は、標高1,530mの源流点（定点記号はS1530，図1）、標高1,430mの噴気地の末端部（F1430）、標高1,200mの冷湧水点付近（F1200）、そして、標高1,050mの白水川（F1050）である。今回採取した試料は、S1530及びF1430の定点と、標高1,450～1,480m間の湧出点からの温泉水、F1200定点からの冷湧水、白水川定点F1050の河川水である。

また、従来の噴気孔群の中から、噴火直前の1995年8月8日と31日に温度の高い噴気と弱い噴気を、また、水蒸気爆発によって形成された新しい噴気孔についても、1995年10月20日に、通称、b火口の噴気と、a1火口付近の弱い噴気を、凝縮して採取した。a3火口では、噴出火口付近で凝縮した水が流出していたのでそれも採取した。

3 トリチウム濃度と安定同位体比の測定結果

測定結果を表1と表2に示す。なお、今回の安定同位体比の測定は、ニュージーランドの地質及び核科学研究所によるものである。トリチウム濃度は、京都大学地球物理学研究施設の液体シンチレーション

表1 噴気凝縮水のトリチウム濃度、安定同位体比、及びCl濃度

Sample Name	Temp. (°C)	Tritium (TU)	δD (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	Cl (mg/kg)	Sampling Date, 1995
KJ-1	94.9	3.9 ± 0.4	-77.6	-7.37	0.5	08/08
KJ-2	95.7	4.0 ± 0.4	-87.3	-9.72	0.7	08/08
KJ-3	96.4				0.8	08/08
KJ-4	174.4	3.2 ± 0.4	-49.3	-0.20	16.8	08/08
KJ-5	95.9	3.1 ± 0.4	-50.8	-0.19	0.6	08/08
KJ-6	166.4				6.7	08/08
KJ-7	97.1		-81.6	-12.94	0.4	08/08
KJ-8	188.5	3.8 ± 0.4	-49.3	-2.67	2060	08/31
KJ-9	297	3.8 ± 0.4	-51.7	-1.22	694	08/31
a1*	91.6	4.2 ± 0.4	-92.4	-11.71	2.8	10/20
a3**	198.9	3.7 ± 0.4	-18.6	0.95	58.7	10/20
b	113.6	4.6 ± 0.4	-54.8	-3.86	1.0	10/20

*: a1火口の尾根側の弱い噴気, **: a3火口の火口で凝縮して流出した水

表2 温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度、安定同位体比、及び化学成分

Sample Name	Temp. (°C)	Tritium (TU)	δD (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	Cl (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	pH	Flow (kg/min)	Sampling Date, 1995
KJW-1* ¹	72.3	3.1 ± 0.5	-53.4	-5.37	48.7	2687	2.49	12.3	08/07
KJW-2	95.4	3.8 ± 0.6	-28.3	2.64	1275	2695	1.68	1.1	08/07
KJW-3	60.0	3.2 ± 0.5	-56.1	-5.16	584	2957	1.84	11.5	08/07
KJW-4	57.7		-58.7	-6.31	412	2952	1.79	25	08/07
KJW-5	83.4	3.2 ± 0.5	-64.4	-7.79	161	3003	1.69	80	08/07
KJW-6	89.9	4.5 ± 0.6	-60.1	-6.70	368	2926	1.67		08/07
KJW-7	92.2		-56.0	-7.70	266	3223	1.59		08/07
KJW-8	94.0	3.7 ± 0.5	-56.8	-6.61	75.9	4645	1.42		08/07
KJW-9	50.9		-53.5	-5.10	634	3526	1.56		08/07
KJW-10* ²	38.7	5.9 ± 0.5	-53.0	-4.39	639	3600	1.57	153	08/07
KJW-11* ³	24.7	4.2 ± 0.6	-58.4	-8.74	119	672	3.59	139	08/07
KJW-12* ⁴	20.0	6.9 ± 0.5	-60.5	-8.96	36.7	181	3.65		08/07
KJW-13* ¹	94.9	3.8 ± 0.5	-52.5	-4.56	23.2	2527	2.05	3.7	10/19
KJW-14* ²	25.3	3.8 ± 0.5	-45.9	-3.03	951	3978	1.49	27	10/19
KJW-15* ³	18.2	4.6 ± 0.5	-59.7	-8.74	130	677	3.61		10/19

*¹: S1530, *²: F1430, *³: F1200, *⁴: F1050

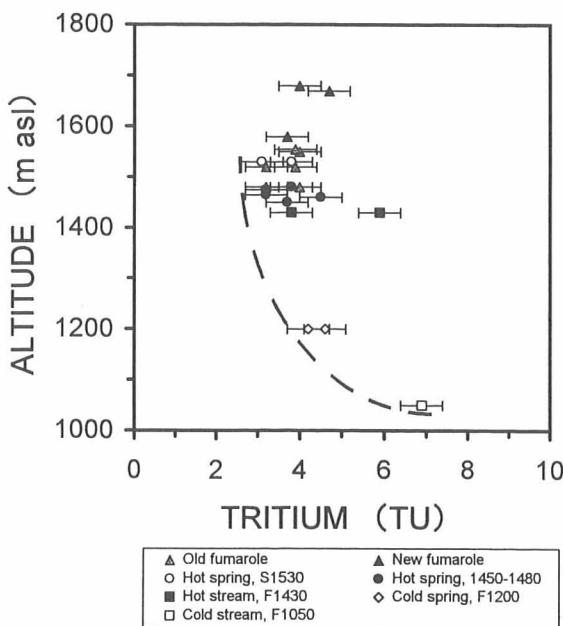


図2 九重硫黄山における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度と標高の関係

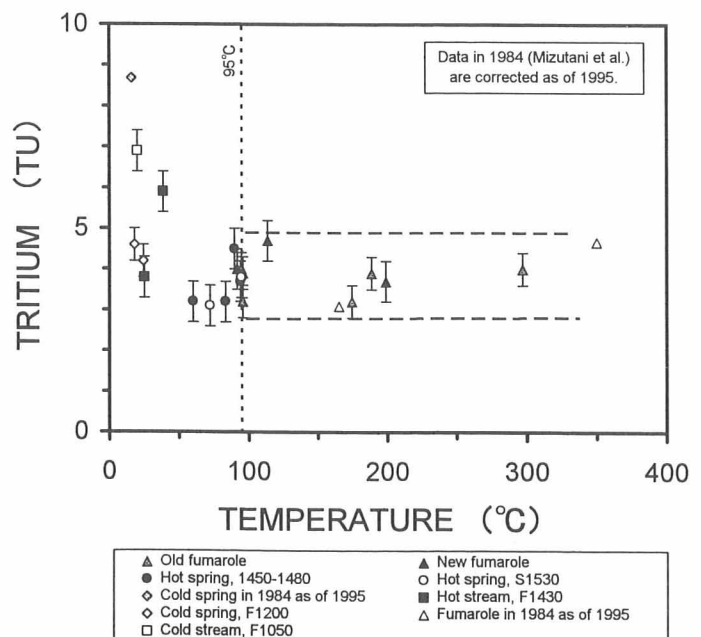


図3 九重硫黄山における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度と温度の関係。Mizutani et al. (1986) による1984年の測定値 (△) は、1995年に補正してある。

ンシステム（アロカ社製LBⅢ）で測定した。

トリチウム濃度に見られる特徴を列挙すると、

- (1) 噴気、温泉水、河川水、いずれの試料においてもトリチウムが検出される。少なくとも、これまでに測定した試料には、3 TU以下の低いトリチウム濃度は見出されない。山体内では、天水がかなり速く循環しているものと推定される。
- (2) 温泉水、冷湧水、河川水など、流出水のトリチウム濃度は、標高が低いほど高まる傾向がある（図2）。これは、流出の標高が低いほど、流出水により広域の流動系が反映されるためと考えられる。
- (3) 噴気凝縮水のトリチウム濃度は、温度（図3）やCl濃度（図4）に関係なく、

すべての試料で同様の値である。1984年にMizutani et al. (1985) によって測定された噴気凝縮水の濃度は、1995年値に補正すると（放射性崩壊のみによるものとして）、今回の測定値と大きい違いがない。また、噴気凝縮水のトリチウム濃度は、全体として、温泉水や冷湧水とほぼ同じである。

4 水素と酸素の安定同位体比からみた熱水の循環系

図5は、これまでに、九重硫黄山とその周辺地域における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水について測定された水素と酸素の安定同位体比（以下、 δD と $\delta^{18}O$ と記す）をプロットしたものである（北岡ほか，1993，1996）。温泉水は、源流点とその付近のものを白丸、噴気地帯からその末端部までのものを黒丸で区別して示した。両者の間にはCl濃度に明らかな違いがあり、前者のCl濃度は低い。標高1,200 m付近の湧水や標高1,050 mの白水川は、

周辺地域の湧出や沢水と同様の同位体組成である。この一群がこの地域浅層の循環性の天水を表すと見られる。

白抜き三角印は、以前に測定された噴気凝縮水（松葉谷ほか，1975；日下部ほか，1977；Mizutani et al., 1986）、灰色の三角印は、1990、1991年及び1995年8月に採取した噴気の凝縮水、黒の三角印は1995年10月の水蒸気爆発で形成された新しい噴気孔からのものである。ただし、小さい

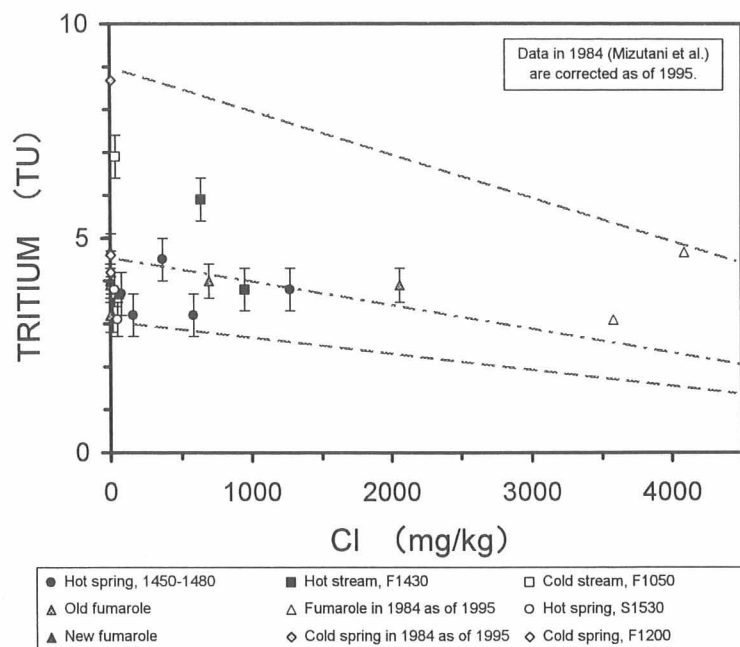


図4 九重硫黄山における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度とCl濃度の関係。1984年の測定値（△，Mizutani et al.）は、1995年値に補正してある。

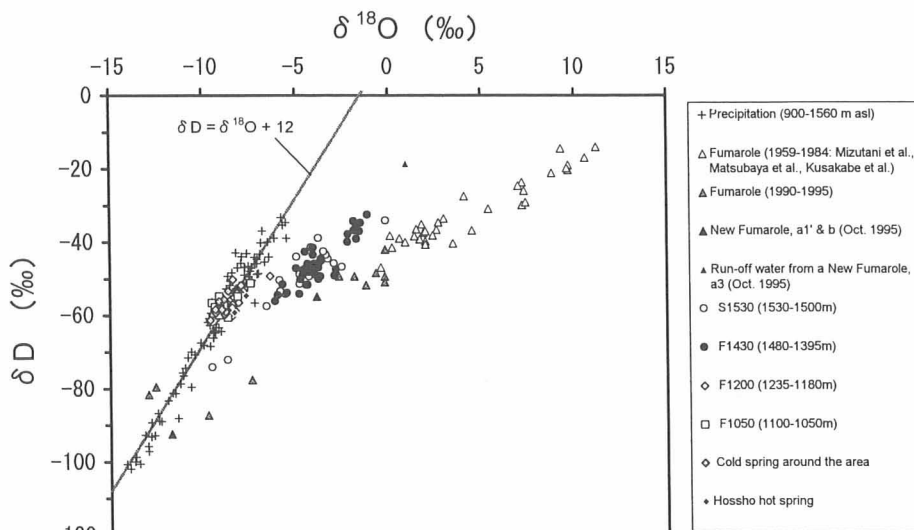


図5 九重火山地域における降水、冷湧水、温泉水、河川水、噴気凝縮水の同位体組成（北岡ほか，1993，1996）。1959～1984年の測定値（△）は、松葉谷ほか（1975）、日下部ほか（1977）、及びMizutani et al. (1986) からの引用。

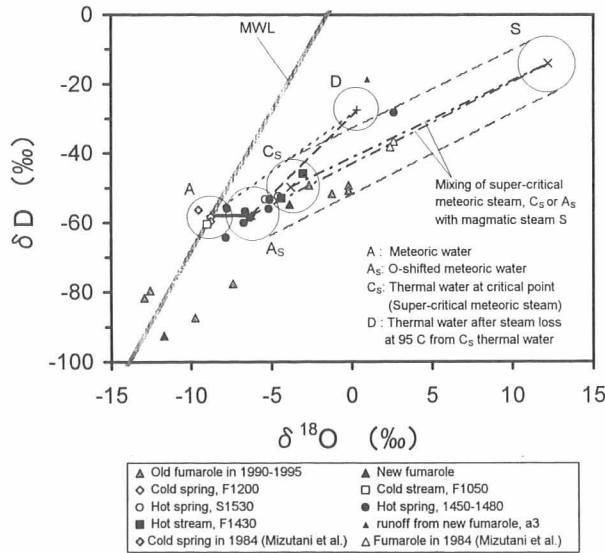


図6 九重硫黄山における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水の同位体組成。図中の記号は本文を参照。

黒三角は、a3火口から噴出する蒸気が噴出孔の出口付近で凝縮して流出した水である。

噴気全体に見られる δD 及び $\delta^{18}O$ 値の直線状の分布は、その延長がほぼ地域の天水に向かっており、大局的には、 δD 及び $\delta^{18}O$ の高いマグマ水と天水との混合を表すと見てよい。

温泉水は、全体として、噴気と天水の間に位置するが、噴気よりも δD の高い側の組成を持つものがあり、また、噴気とは異なる分布の傾向を示す。温泉水の δD と $\delta^{18}O$ 値のとり範囲は、噴気のそれに比べてかなり限られている。

噴気凝縮水と温泉水の安定同位体比から推定される、火山体内部における天水と熱水の循環の様子を図7に模式的に示す(北岡ほか, 1996)。図6の δD - $\delta^{18}O$ 図には、今回の測定データとともに、推定される幾つかの熱水の組成を示した。

天水の浸透経路としては、二相流を経て常に蒸発しながら移動する部分と、液体のまま深部に移動する部分がある。天水は、臨界点以下の温度で循環する部分、臨界点まで熱せられる部分、さらに、それ以上の高温まで熱せられる部分がある。

同位体比の高い熱水(図6の点D: 温泉水の同位体比の上限付近の組成)は、天水(A)が蒸発しながら浸透して臨界温度まで高温化し(C_s となる)、それが液体のまま上昇して地表近くになってから蒸気を分離し、その残りが流出したものと理解される。また、蒸発なしで比較的深部を經由し(O-シフトを起こす温度まで)、上昇途中も蒸気を分離させないで流出する同位体比の低い熱水(図6の点 A_s)も存在する。噴気地の縁辺部で湧出する温泉水は、この2種類の熱水が混合したものと考えられる。

マグマ性蒸気と天水の混合は、臨界点以上の高温の気相中で起こる。すなわち、図6で、臨界点以上に高温化した天水蒸気(A_s 、又は C_s)が深部からのマグマ性蒸気(S)と混合できる。

以上のように、九重硫黄山では、安定同位体比から、天水が臨界温度、あるいは、それ以上の温度まで高温化する深部循環系が推定される。これを念頭に置き、噴気と温泉水のトリチウム濃度について検討する。

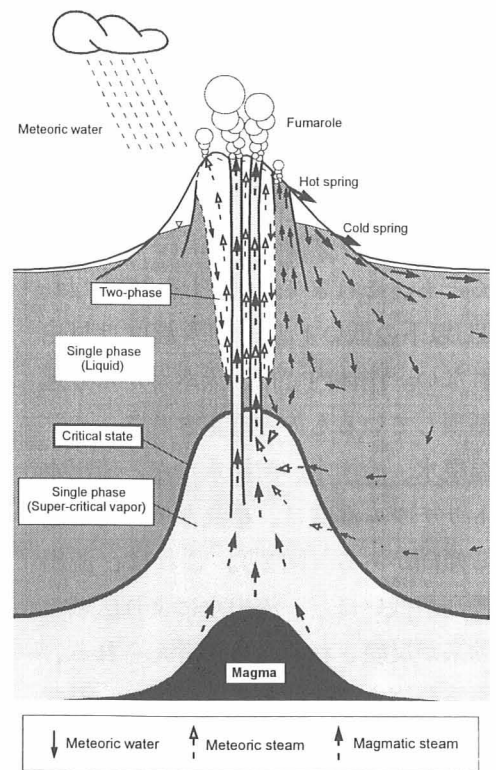


図7 九重硫黄山火山体内部における天水、熱水の循環系とマグマ蒸気放出系との関係を示す概念図(北岡ほか, 1996)

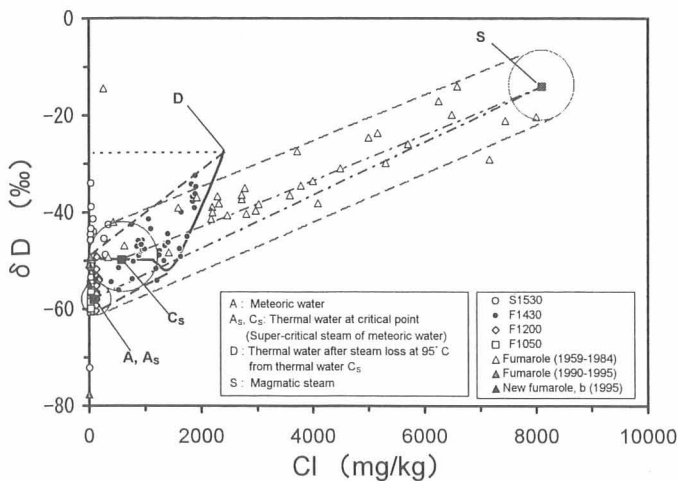


図8 九重火山地域における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水の δD と Cl 濃度の関係 (北岡ほか, 1996)

5 噴気のトリチウム濃度

噴気凝縮水の δD 及び $\delta^{18}O$ は、Cl 濃度との間にはほぼ線形の関係がある。図8 (北岡ほか, 1996) に、 δD と Cl 濃度の関係を示したように、噴気蒸気は、天水蒸気 (A_s 、又は C_s) とマグマ蒸気 (S) との混合を考慮して矛盾しない。ここで、マグマ性蒸気 (S) の Cl 濃度は、これまでの測定値の最大付近をとって 8.1 g/kg とした。マグマ性の蒸気は、恐らく、トリチウムを含まないと思われる。しかし、噴気凝縮水のトリチウム濃度と、Cl 濃度 (図4) や δD (図9) との間には、それを示すような関係は明瞭に見られない。マグマ由来の蒸気にトリチウムが含まれている可能性はあるかも知れない。

ここでは、Cl 濃度 8.1 g/kg の想定マグマ蒸気はトリチウムを含まないと仮定する。もし、火山体の深部で天水由来の蒸気とマグマ由来の蒸気との間で混合が速く、混合蒸気の上昇も速いと仮定すれば、これまでに観測された噴気蒸気のトリチウム濃度は、図10に引いた2本の破線で囲まれた範囲内にあるので、マグマ蒸気と混合する天水蒸気のトリチウム濃度として、1995年値で 3 ~ 9 TU の程度が考えられる。

6 温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度

図4中に引いた破線は、図10のものと同じである。温泉水、冷湧水、河川水など、液体の水のトリチウム濃度の範囲が、上で予想した2本の破線で囲まれた範囲とほぼ同じである。マグマ性蒸気と混合する天水蒸気のトリチウム濃度は、地表に流出する温泉水や冷湧水と同様の範囲にある。

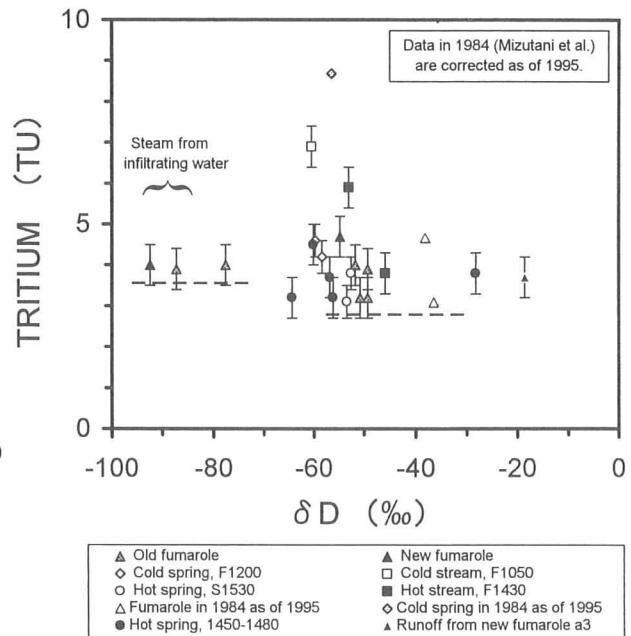


図9 九重火山地域における噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度と δD の関係。1984年の測定値 (Δ , Mizutani et al.) は、1995年に補正してある。

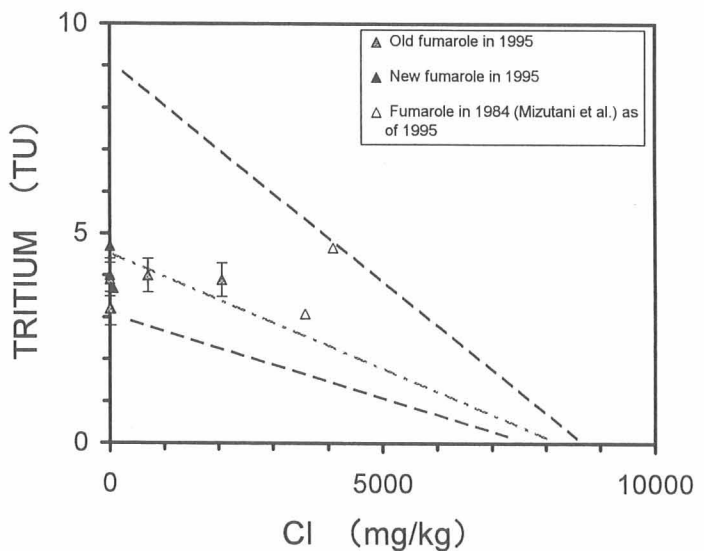


図10 噴気凝縮水のトリチウム濃度と Cl 濃度の関係。1984年の測定値 (Δ , Mizutani et al.) は、1995年値に補正してある。

7 滞留時間について

滞留時間を検討するため、ここでは、指数関数モデルの適用を試みる (Kitaoka, 1988)。このモデルは、ある地下水流動系で、種々の経路をとった水が、ある段階で混合を起すとき近似的に成り立つと考えられる。我が国の河川水、冷湧水、不圧地下水など、表層循環系の水のトリチウム濃度の多くは、このモデルで理解される。流出あるいは揚水の過程で種々の経路の水が混合すると考えられる。過去の降水試料 (IAEAと放射性医学研究所による) を用いて、このモデルによる、1995年現在におけるトリチウム濃度と滞留時間の関係を求めると、図11のように、滞留時間約25年の循環系でトリチウム濃度は最大 9.4 TUとなり、トリチウム濃度がそれよりも低いと、二つの滞留時間が対応する。図12に、種々の滞留時間 (T) の流動系から流出する水のトリチウム濃度の時間変化を示した。

(1) 冷湧水と河川水

図12中の1984年と1995年のプロットは、冷湧水、河川水及び温泉水である。まず、表層循環系から流出する冷湧水と河川水に着目する。1984年の冷湧水のトリチウムデータは、約6年の滞留時間に対応される位置にある。また、1995年の冷湧水 (F1200) も5~6年の位置にある。1984年の冷湧水の採水場所は明らかでないが、九重硫黄山における浅層水循環系の滞留時間は、5~6年の程度とみて

よいであろう。滞留時間は、単位面積当たりの地下水量と供給量 (浸透量) の比で近似されるから (Kitaoka, 1988)、もし、年間浸透量を仮に1 mとすれば、水柱5~6 mの地下水量に対応される。地層の有効空隙率を仮に0.3とすれば、流動系の厚さとして20 m弱の程度が推定される。

一方、白水川河川水の1995年のトリチウム濃度は、滞留時間が約10年の位置にある。滞留時間が上流域の冷湧水よりも長く現れるのは、流域の下流になるほど、より広い流域の水が反映され、河川水を供給する地下水の層厚が増すためと考えられる。その地下水量は10 m程度の水柱 (層厚として数10 m) に対応される。

(2) 温泉水

ところで、噴気地で湧出する温泉水は、安定同位体比から、かなり高温を経験しているので、深部を経由した水と考えられる。しかし、そのトリチウム濃度は冷湧水とほぼ同じであるか、いくらか低めである (図12)。源流点の温泉水S1530 (○) は、熱水から分離した蒸気が再凝縮したものと考えられるが (北岡ほか, 1996)、そのトリチウム濃度も他の温泉水と同じ範囲にある。

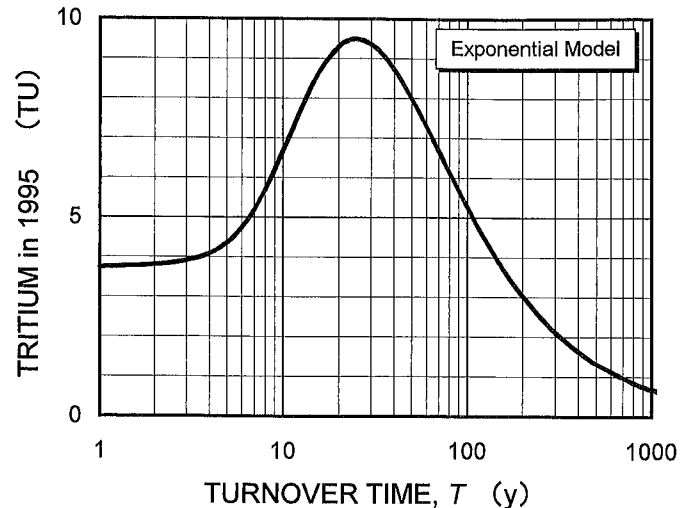


図11 指数関数モデルによる1995年トリチウム濃度と滞留時間の関係

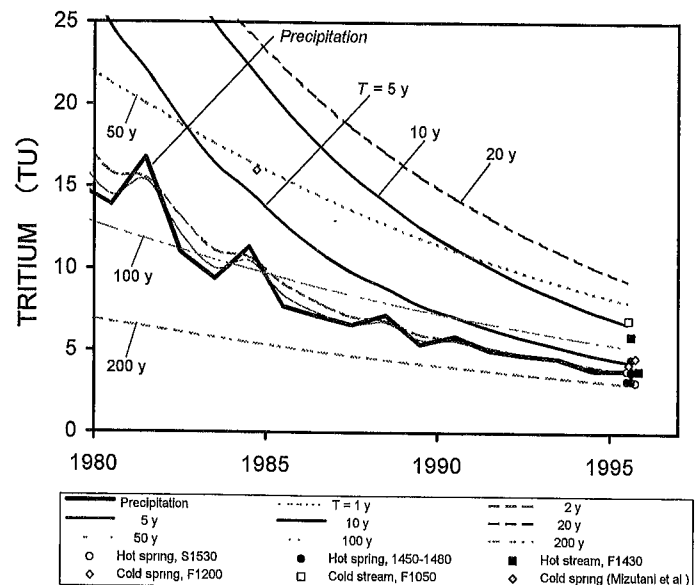


図12 指数関数モデルによる出力と冷湧水、河川水、及び温泉水のトリチウム濃度の関係

測定の精度を考慮した上で、温泉水のトリチウム濃度についても、指数関数モデルが近似的に成り立つとすれば、図11から、温泉水は滞留時間約5年以内の極めて速い循環系から流出していると解釈することは可能である。しかし、100~200年の長い滞留時間の系に由来する場合もある。

(3) 噴 気

図13は、図12に噴気凝縮水を加えてプロットしたものである。1984年の噴気のトリチウム濃度は、見掛けの上で、100~200年の間にある。また、1995年の噴気の測定値も同じく、見掛け上、100~200年の滞留時間の範囲にプロットされる。

ところで、噴気の中で、Cl濃度が低く、同位体比の低いものは、浸透途中の天水あるいは、熱水から発した二次的な蒸気であり、深部のマグマ蒸気との混合系に由来してない（北岡ほか、1996）。このような同位体比の低い噴気蒸気には、深部由来の蒸気に比べいくらかトリチウム濃度の高い傾向がうかがえる（図9）。

深部由来の噴気蒸気のトリチウム濃度が温泉水のそれと同様の範囲にあることは、臨界温度まで高温化した天水の蒸気化が速く、かつ、蒸気及び熱水の上昇速度も速いことを示唆する。

図10でみたように、1984年採取の噴気蒸気は、そのCl濃度が、1995年のそれに比べ相対的に高いので、マグマ性蒸気の混合割合も高いと考えられる。マグマ性蒸気のCl濃度を約8.1 g/kg、トリチウム濃度をゼロと仮定すれば、マグマ蒸気と混合する天水蒸気（Cl濃度ゼロとして）の1984年におけるトリチウム濃度は、約10 TU（マグマ水の混合率：0.4）と約17 TU（同：0.5）が計算される。当時の10 TUは降水値に近く、また、17 TUは、滞留時間約6年の循環系に対応される（図13）。一方、1995年の噴気凝縮水は、Cl濃度と同位体組成から、そのほとんどが天水で占められるが、中にはClを含む噴気、KJ-8とKJ-9もある。それらのマグマ水の混合率を求めると、それぞれ、0.25と0.09となり、マグマ蒸気と混合する天水のトリチウム濃度は、それぞれ、5.0 TUと4.4 TUと計算される。1995年の噴気においても、マグマ性蒸気と混合する天水蒸気のトリチウム濃度は、やはり、降水付近（滞留時間数年以内）から滞留時間約6年の範囲に対応される（図13）。噴気蒸気の示す天水の滞留時間は、1984年と1995年の両時期で、また、従来の噴気孔と、水蒸気爆発によって形成された新噴気孔とでも、ほぼ同様の、約6年以下の短い範囲に対応される。

(4) 蒸気・熱水系の滞留時間について

1984年には、温泉水のデータはないが、1995年では、噴気のトリチウム濃度は温泉水とほぼ同じである。もし、温泉水が滞留時間約5年以下の系から流出したものとすれば、その滞留時間は、上で推定した、マグマ性蒸気と混合する天水蒸気の滞留時間とほぼ一致する。天水が臨界点付近の高温域まで速く達し、その一部が、さらに加熱されて蒸気化し、マグマ性蒸気と混合して速く上昇する。他の一部は、そのまま液体として速く上昇し、地表付近で沸騰を起こして同位体比の高い温泉水となる。このような深部の高温熱水が、蒸気化して上昇する部分と液体のまま上昇する部分に分岐する状況は、安定同位体比から推定された深部循環系モデル（図7）と矛盾しない。噴気凝縮水と温泉水のトリチウム濃度は、鉛直方向に卓越す

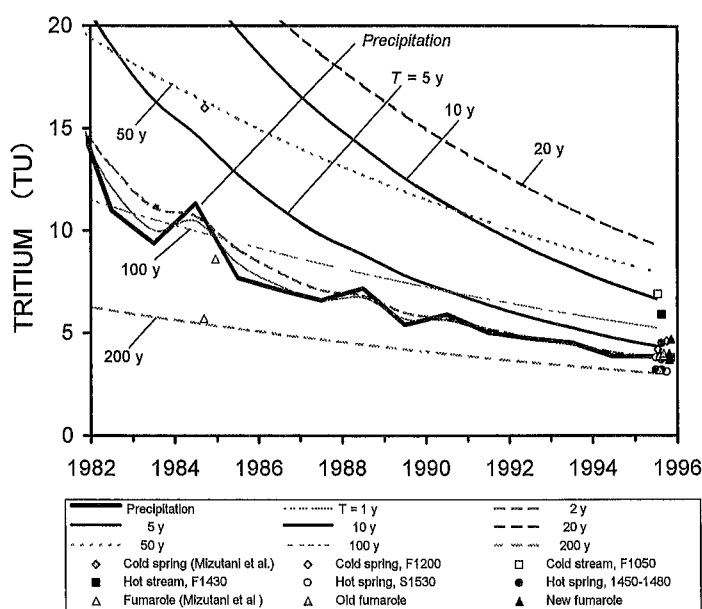


図13 指数関数モデルによる出力と噴気凝縮水、温泉水、冷湧水、河川水のトリチウム濃度の関係

る深部循環系の滞留時間が、水平流の卓越する流動系から流出する冷湧水のそれと同じ程度か、それより短いことを示唆しているように思われる。

しかし、深部循環系の滞留時間が100年以上である可能性は残される。安定同位体比の高い温泉水は、天水が浸透する途中に蒸発による濃縮を常に受ける場合に形成される。浸透する天水が二相流系で100年以上の時間を経過する可能性はあるのかも知れない。また、このような複雑な循環流動系に指数関数モデルが適用できるかどうかの問題もある。

滞留時間の長い循環系が存在するかどうかは、温泉水のトリチウム濃度の過去における変化に手掛かりがあると思われる。次年度は、1990年以来、定期的に採取してきた温泉水につきトリチウム濃度を測定し、その時間変化を追跡してみたい。

なお、本報告で使用した降水のトリチウム濃度は、1961年から1979年までは、IAEA (International Atomic Energy Agency, Vienna) による東京における毎月の降水値を（それ以前の降水濃度は、年平均値につきIAEAによるOttawa値との相関から推定した）、また、1980年から1994年は、科学技術庁放射性医学総合研究所の井上義和氏と宮本霧子氏による千葉市における毎月の降水値を用い、年平均値に変換したものである。その出典は数が多いので列挙しないが、記して謝意を表す。本報告では、1995年の降水濃度の年平均値に1994年の値を仮定した。

終わりに、現地調査と化学分析に協力いただいた大分大学教育学部学生の高原達哉氏に感謝する。

参考文献

- 1) Hedenquist, J.W. : Recognition of magmatic contributions to active and extinct hydrothermal systems. Rept. Geol. Surv. Japan, **279**, 68–79, 1992.
- 2) Kitaoka, K. : A model of quality distribution in groundwater with reference to natural tritium concentration. 地下水学会誌, **30**, 77–93, 1988.
- 3) 北岡豪一・由佐悠紀・大沢信二・竹村恵二・福田洋一 : 九重硫黄山における噴気と湧出温泉水の安定同位体比, 大分県温泉調査研究会報告, **44**, 25–38, 1993.
- 4) 北岡豪一・大沢信二・由佐悠紀・日下部 実 : 九重硫黄山における深部循環熱水の沸騰による化学及び同位体組成の変化, 温泉科学 (投稿中)
- 5) 日下部 実・蔦木康宏・吉田 稔 : 本邦火山ガス凝縮の水素および酸素同位体比, 地球科学, **11**, 14–23, 1977.
- 6) 日下部 実・松葉谷 治 : マグマ性揮発物質・火山ガス・地熱水, 火山第2集, **30**, S267–S283, 1990.
- 7) 日下部 実 : 火山からの揮発性物質のフラックス, 火山第2集, **34**, S169–S182, 1990.
- 8) 松葉谷 治・上田 昇・日下部 実・松久幸敬・酒井 均・佐々木 昭 : 薩摩硫黄島および九州の2、3の地域の火山ならびに温泉についての同位体化学的調査報告, 地質調査所月報, **26**, 375–392, 1975.
- 9) Matsuhisa, Y. : Origin of magmatic water in subduction zones : Stable isotopic constraints. Rept. Geol. Surv. Japan, **279**, 104–109, 1992.
- 10) Mizutani, Y., S. Hayashi and T. Sugiura : Chemical and isotopic compositions of fumarolic gases from Kuju-Iwoyama, Kyushu, Japan. Geochemical Journal, **20**, 273–285, 1986.

別府地域の重力調査(3)

— 重力異常から求めた別府地域の3次元地下構造 —

京都大学理学部

福田 洋一・楠本 成寿
由佐 悠紀

1 はじめに

1993年度(平成5年度)より別府および周辺地域の精密重力探査を実施しており、測定方法、取得データの概要、および一部の解析結果等については、既に、過去の本調査研究会で報告した(福田ほか、1994;福田ほか、1995)。これら一連の研究の主要な目的は、予想される断層系を横切る測線に沿って、高密度かつ高精度に重力探査を実施することで、断層面の構造やその位置を、主に2次元構造として精密に推定することにあつた。

一方、より広域的な地下構造の推定にあたっては、解析の範囲や精度等に制約が生じるものの、3次元的なデータの取り扱いが有効であることに疑いの余地はない。本研究においても、過去の測定範囲が、既に、由布院盆地までもおよび、やや広域化していることを考慮すると、断層面を横切る詳細な2次元解析と平行して、広域的な3次元解析を進めることも重要な課題の一つとなっていた。

幸い、最近になって、通産省工業技術院・地質調査所より、別府地域を含む広域の重力データを入手することができ、京都大学理学部附属地球物理学研究施設が従来から測定していた重力データや地震探査の結果などと合わせ、この機会に、別府および周辺地域を含む、やや広域的な3次元地下密度構造を推定することは、すでに実施した2次元的なデータ解析の結果を、より広域的な視野で見直す上でも有意義なことと思われた。

そこで、本年度の研究では、昨年度までの研究とはやや趣が異なるが、図1の点線で囲まれた別府およびその周辺地域での重力データの解析に焦点を絞って、同地域の3次元地下密度構造の推定を行うことにした。以下、その結果について報告する。

2 重力異常図

2-1 重力データ

京都大学では、1989年から1995年にかけて、本調査会報告ですでに報告したものも含め、別府周辺地域の陸域において約600点、また、1990年には、別府湾の海底下において約100点(由佐ほか、1992)の重力測定を実施している。一方、別府を含む周辺地域は、地熱地帯として、従来より、地質調査所をはじめとするさまざまな研究機関によっても重力探査が実施されており、かなりの量のデータが蓄積されている。これらの

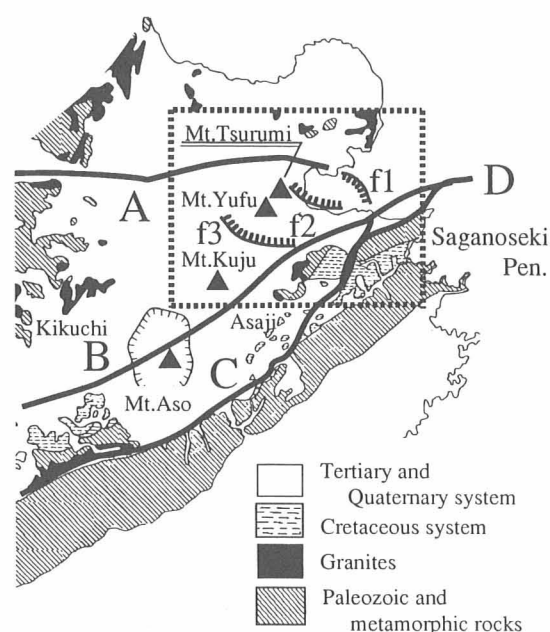


図1 重力解析エリアと主要な活構造

A : 久留米-日出生線、B : 大分-熊本構造線
C : 白杵-八代構造線、D : 中央構造線、
f 1 : 別府湾横断断層、f 2 : 朝見川断層
f 3 : 津々良-庄内断層
点線は解析エリアを示す。

笹田(1984)およびNEDO(1990)に加筆。

データの一部は、既に、重力異常図の形で公表されているが（例えば、新エネルギー・産業技術開発機構、1990）、測定データそのものについては、データ整理上の都合等で、一般には公表されていなかった。今回、特に地質調査所の駒沢正夫博士のご厚意で、これらのデータの内、公表可能なものについては各測定点における重力データそのものを、それ以外の周辺地域についてはより広域的なグリッド化された重力データを、それぞれ使用させてもらうことが可能になった。

これらのデータの分布を図2に示す。図2で、特に測定密度の高いのは、別府扇状地、由布院盆地等である。一方、北西ならびに南西の領域は、測定点の空白域になっているが、これらの空白域においては、後の解析で、上記の広域グリッド化データを使用することにした。なお、図2の重力測定点の総数は2,481点である。

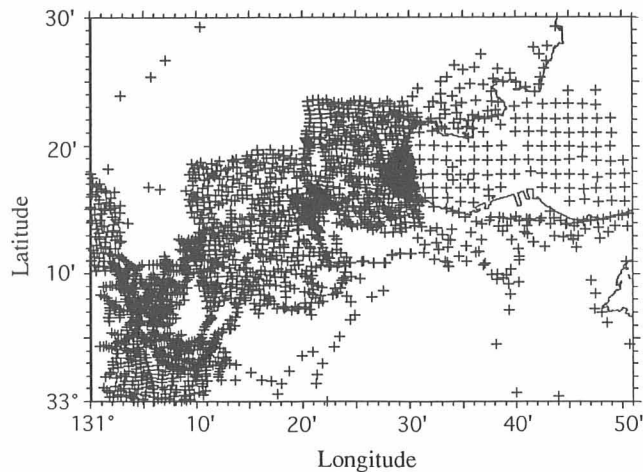


図2 重力測定点の分布

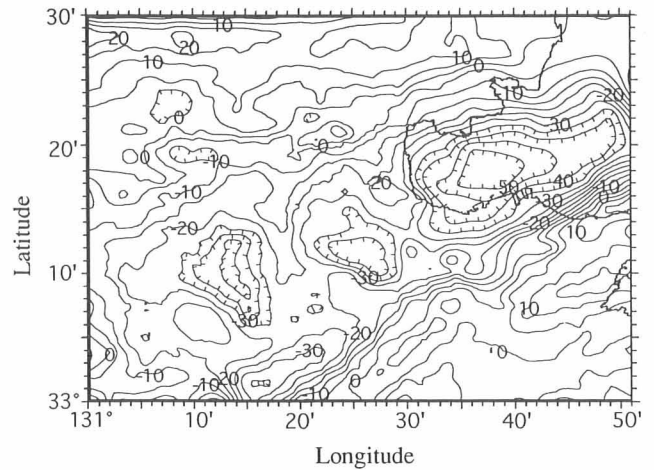


図3 球面地形補正を施したブーゲー異常図
コンター間隔は5 mgal

2-2 ブーゲー異常図の作成

各測定点での重力データについて、まず、一般的なフリーエア補正、ブーゲー補正ならびに球面近似による地形補正を施し、ブーゲー異常値を計算した。なお、ブーゲー補正ならびに地形補正に際しては、地表付近の地形密度を仮定する必要があるが、既に報告した2次元的な取り扱いの際には、この点について、表層での地質区分を考慮した精密な解析を行ってきた。しかし、より広域的な解析では、そのような取り扱いが、實際上、かなり困難なことから、今回は、比較的処理の容易なg-H法（例えば、萩原、1978）による推定密度 2.3 g/cm^3 の値を補正密度として使用することにした。g-H法は、測定点における重力値と標高の関係から地形の平均的な密度を推定する方法で、解析領域の平均的な地形密度を与えると考えられている。

図3は、得られたブーゲー異常図である。なお、図3の作成にあたっては、図2の重力測定点の存在する範囲についてはそのデータを、また、測定点の存在しない周辺部については、先に述べた広域グリッド・データを使用し、Briggsの方法（Briggs, 1972）で、新たに $15'' \times 22.5''$ 間隔のグリッドデータを作成した。

別府湾周辺地域の重力異常の特徴として、特に重要なのは、久留米-日出生、あるいは大分-熊本構造線に沿った低重力異常地域の存在である。この内、特に別府湾での負の重力異常は、 -54 mgal にも達しており、このような低重力異常が生じる原因を探ることは、後述のように、この地域のテクトニクスを理解する上でのキーポイントの一つである。

2-3 ブーゲー異常の水平一次勾配

一般に、ブーゲー異常が急変するところでは、地下の密度構造も急激に変化しており、これらは、断層や構造線に対応することが多い。このようなブーゲー異常の急変部を探すためには、(1)式で定義されるブーゲー異常の水平一次勾配を求めることが有効である。

$$\sqrt{(\partial g / \partial x)^2 + (\partial g / \partial y)^2} \quad (1)$$

図4は、図3のブーゲー異常から、(1)式による水平一次勾配を計算し、その値が、5 mgal/kmより大きいブーゲー異常の急変部をプロットしたものである。図4をみると、図1の久留米-日出生線や大分-熊本構造線など、この地域の主要な構造線がよく示されていることがわかる。

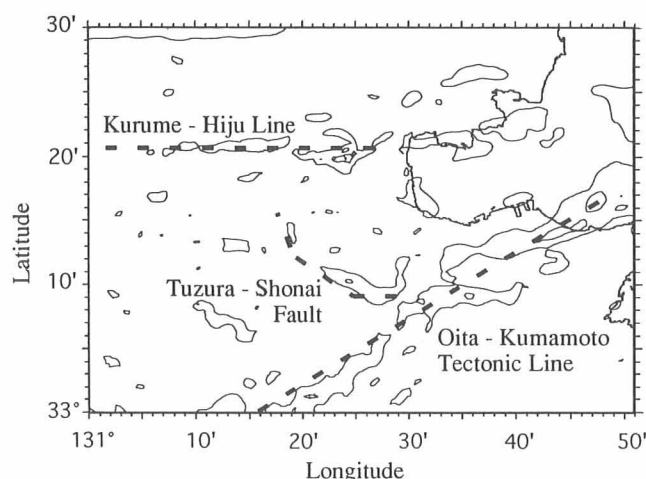


図4 ブーゲー異常の水平一次勾配図
コンター間隔は5 mgal/km

3 ブーゲー異常による地下密度構造の推定

図3に示したブーゲー異常図、あるいは、図4の水平一次勾配図からも、この地域の地下構造に関するある程度の推定を行うことは可能である。しかし、より直感的な理解のためには、これらのブーゲー異常が地下のどのような密度構造によって生じているか、地下構造のモデリングを行う必要がある。

一般に、地表でのブーゲー異常から地下の密度構造を推定する方法としては、

- (1) 地下の密度分布等に関するある種の仮定のもとに、地表のブーゲー異常から、逆に、地下の密度構造を計算するインバージョン法
- (2) 仮定した地下密度構造から地表で予想されるブーゲー異常を計算し、試行錯誤によって、計算値が実測値にできる限りよく合うように密度構造を修正するフォワード法の2つに大別することができる。

インバージョン法は、機械的なデータ処理が可能で、比較的主観が入りにくいという長所はあるが、本来、地表の重力値から地下の密度構造を一義的に決めることは原理的に不可能であり、構造や密度に関するかなり強い仮定が必要なことから、複雑な地下構造推定には不向きである。また、処理に主観が入り難いという事は、反面、構造モデルに、地質構造、地震波探査、ボーリング・データなど、重力以外の多種の情報を反映させ難いということにもつながる。

一方、フォワード法は、あらかじめ与えられた地下構造モデルから地表の重力値を計算するため、構造の複雑さそのものは、計算に際しての特に大きな障害とはならない。しかし、その結果の成否は、初期値として与える地下構造モデルに大きく影響されがちで、モデルの客観性については、常に注意を払う必要がある。今回の解析では、重力以外にも、地震探査などの利用可能なデータが比較的多く、初期構造モ

表1 地下構造推定に用いた仮定密度

層	密度* (g/cm ³)	摘要
1	1.8	第四紀堆積層, 火山性碎屑物, 特に低密度の堆積層として部分的に仮定
2	1.9	第四紀堆積層, 火山性碎屑物, 湖成堆積物
3	2.3	安山岩もしくは堆積岩
4	2.66	白亜紀花崗岩 (本地域の基盤岩に相当)
5	2.87	三波川変成帯に属する変成岩

*密度の値については、NEDO(1990)を参考にした

デルとして、これらのデータを利用することが可能である。また、逆に、これらのデータをできる限り生かしたいということもあり、地下構造の推定法として、フォワード法を採用することにした。

なお、フォワード法による地下構造解析に際して、重力以外のデータが利用可能であるとしても、いきなり3次元の初期構造を与えることは、実際上、かなり困難なことである。そこで、今回は、地震波構造探査などで、ある程度、地下の密度構造が推定できる幾つかの2次元断面について、まず、2次元解析による密度構造を求め、3次元解析では、その構造を3次元に拡張したものを初期値として使用することにした。

また、今回のように、ある限られた領域の比較的浅部の地下密度構造を推定する際には、ブーゲー異常のうち、深部構造に由来すると考えられる広域のトレンドは、あらかじめ取り除いておく必要がある。すなわち、実際の解析に際しては、図2のブーゲー異常から上記のようなトレンドを差し引いた、いわゆる一次傾向面残差異常を用いる必要があることに注意しておく。

図5は、これらの点を考慮し、以下の解析に実際に使用した一次傾向面残差異常図であり、同図のA-A'～E-E'は、2次元解析を実施した断面の位置を示す。これらのうち、別府湾内のA-A'ならびB-B'、由布院盆地を縦断するD-D'測線の付近では、すでに反射法地震探査が実施されており、また、C-C'を含む南北測線では、より広域の爆破地震探査が実施されている。一方、これらの測線に直交するE-E'測線は、各測線における2次元解析結果の整合性をチェックするために設定した測線である。

なお、以下に述べる2次元ならびに3次元解析においては、何れの場合にも、地下の密度構造から地表でのブーゲー異常を計算する方法として、2次元ならびに3次元のTalwaniの方法 (Talwani *et al.*, 1959; Talwani and Ewing, 1960) を採用し、地下構造としては、表1に示す最大5層の密度構造を仮定した。

3-1 2次元構造解析結果

図6(a)～(e)に、それぞれ、2次元構造解析のA～E測線での結果を示す。各図の下部には密度構造の断面を、上部には下部の構造からの計算されるブーゲー異常値ならびに実測値が示されている。

A測線ならびにB測線の構造推定では、別府湾での地震探査の結果や、海底重力測定データの解析から推定されている構造解 (Fukuda *et al.*, 1994) を参考にしている。これらの測線で特に注目すべき点は、A測線の最下部に存在する三波川変成帯 (密度 2.87 g/cm^3) が、B測線では認められなくなっていることである。先の地震探査の結果を参照すると、三波川変成帯は、AからB測線に至る間、図1の別府湾横断層付近で消滅する (あるいは、深度を増す) ように思われる。

C測線は、南は大分-熊本構造線から、庄内地溝を横断し、由布岳と鶴見岳の間を抜ける測線で、この測線沿いでは、城島高原における基盤まで達するボーリングデータや、爆破地震探査の結果 (山崎ほか, 1995) も利用することができる。この測線における基盤の最深部は庄内地溝内にあり、約 2.5 km に達している。また、この測線では、津々良-庄内断層や、大分-熊本構造線、久留米-日出生線など、明瞭な正断層構造が認められる。

南北方向の最後の測線であるD測線の解析では、由布院盆地における反射法地震探査や久住地区における

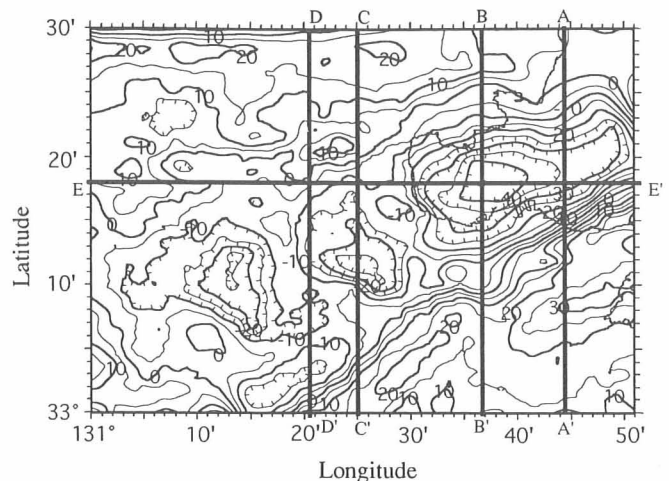


図5 一次傾向面残差重力異常図
実線は2次元解析を実施した断面位置を示す。

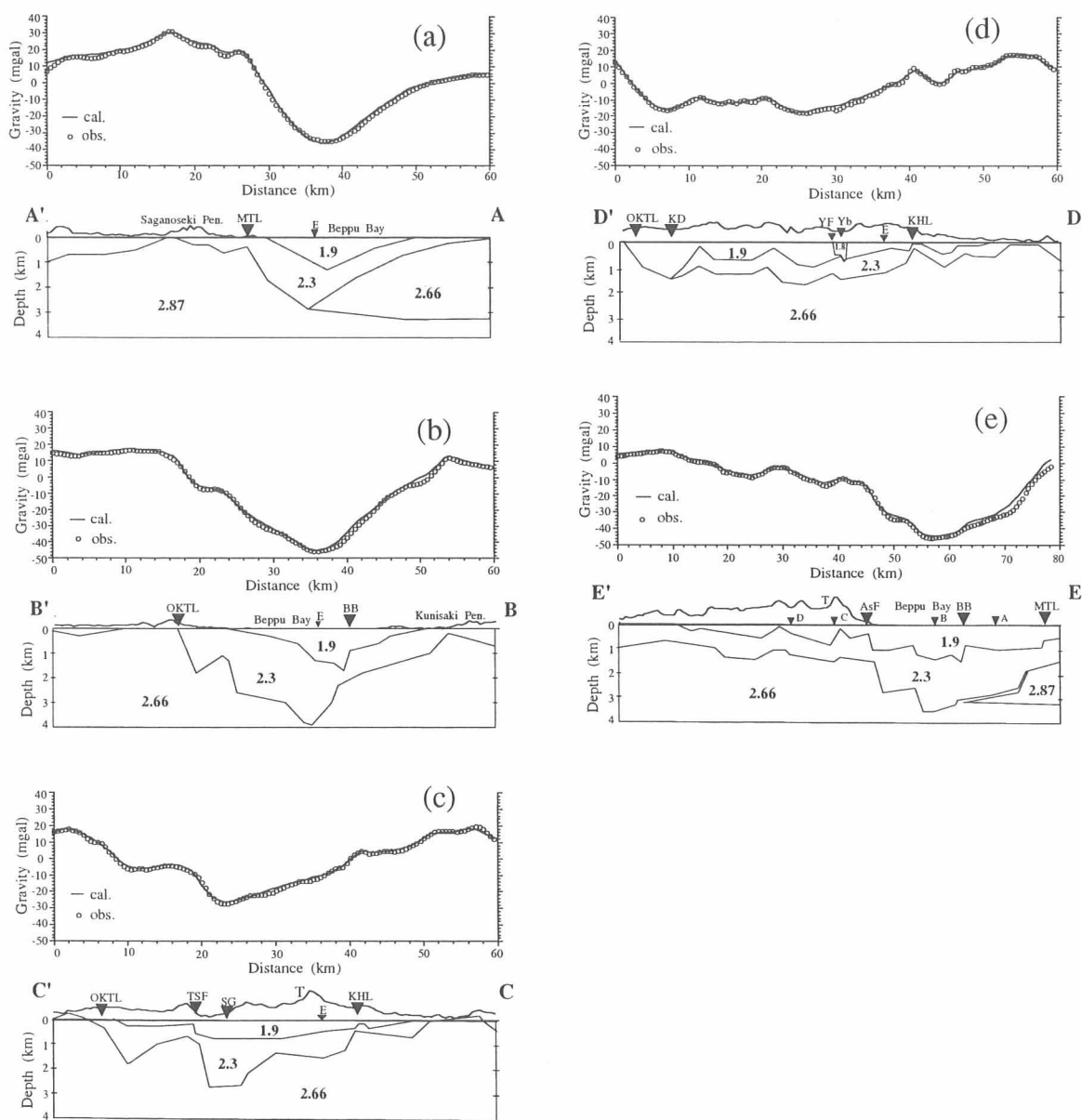


図6 2次元重力解析による地下密度構造図

(a)~(e)は、それぞれ、図5のA~E断面に対応する。各図の上部の○は実測値を、実線は下部の構造からの計算値を示す。各断面図での略号は下記のとおり。MTL：中央構造線、OKTL：大分-熊本構造線、BB：別府湾横断断層、SG：庄内地溝、TSF：津々良-庄内断層、KHL：久留米-日出生線、KD：久住陥没帯、YF：由布院断層、Yb：由布院盆地、T：鶴見岳、AsF：朝見川断層

地震波探査の結果（久保寺ほか，1982）などが利用できる。この測線は、南から、大分-熊本構造線、久住陥没帯、津々良-庄内断層、由布院断層、別府北断層など重要な構造を横切っている。この測線の特徴としては、基盤の凹凸がそれほど大きくなく、この地域に広く分布する火砕流堆積物や軽石流など、密度の低い堆積層が厚く存在することである。

E測線は、上記の4本の南北測線について、各測線間の連続性がどの程度保たれているかを調べるため、これらに直交するように設定されている。本測線では、その東端で、計算値と観測値のずれが若干大きくなるものの、4本の南北測線との整合性は非常によく、全体としては、各測線で求められた地下構造の連続性の高さがよく確認できる。

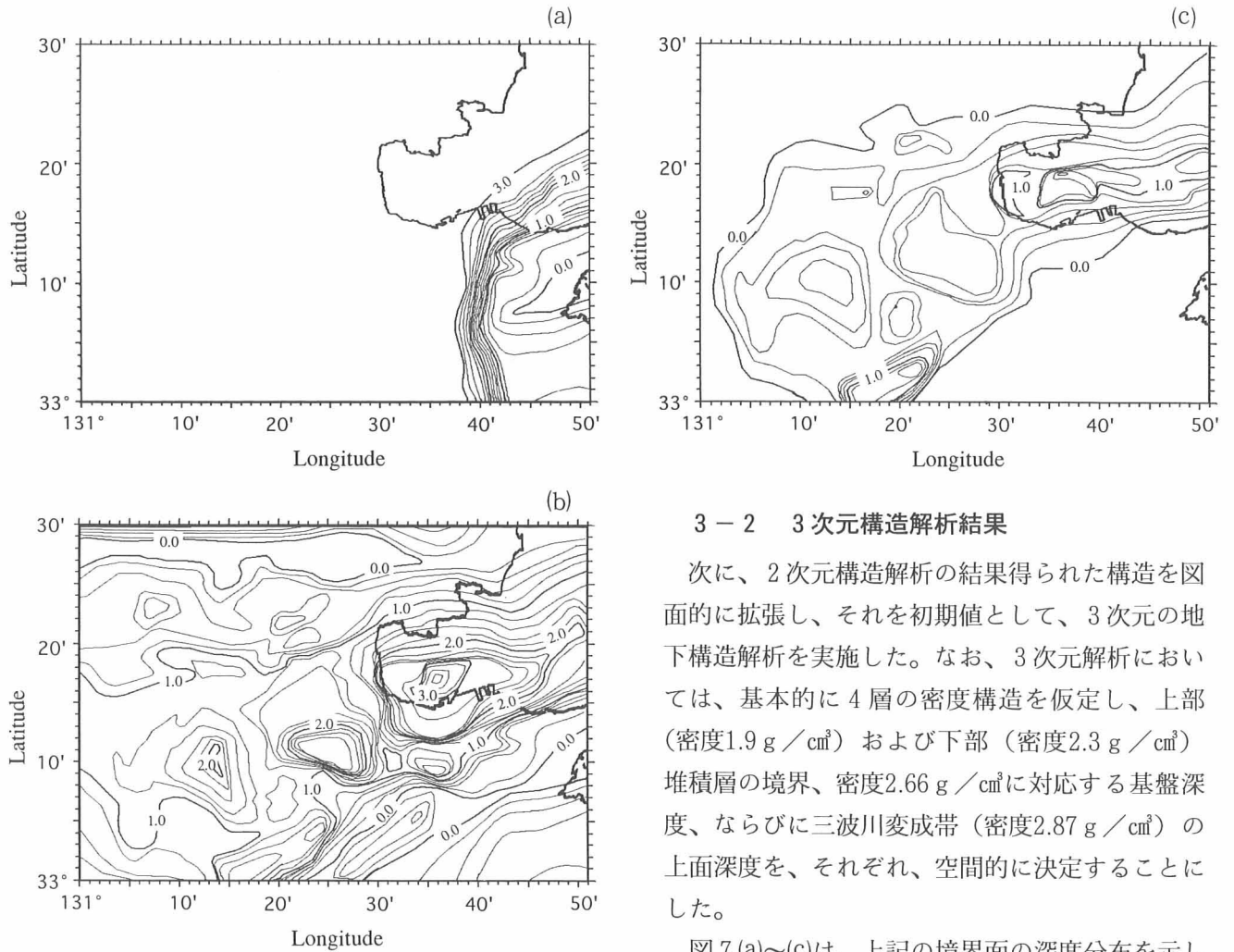


図7 3次元重力解析による地下密度構造図

- (a) 三波川帯の上面深度
 - (b) 基盤岩構造深度
 - (c) 上部 (1.9 g/cm^3) および下部 (2.3 g/cm^3) 堆積層の境界深度
- コンター間隔は何れも200m

3-2 3次元構造解析結果

次に、2次元構造解析の結果得られた構造を面的に拡張し、それを初期値として、3次元の地下構造解析を実施した。なお、3次元解析においては、基本的に4層の密度構造を仮定し、上部 (1.9 g/cm^3) および下部 (2.3 g/cm^3) 堆積層の境界、密度 2.66 g/cm^3 に対応する基盤深度、ならびに三波川変成帯 (2.87 g/cm^3) の上面深度を、それぞれ、空間的に決定することにした。

図7(a)~(c)は、上記の境界面の深度分布を示したものである。

このうち、図7(a)は、最下部の三波川変成帯の深度を示したものであるが、同図によると、三波川変成帯は、別府湾から西側で急に深度を増し、陸域側では、佐賀関半島を除いて、少なくとも3km以浅にその存在は認められなくなるようである。

図7(b)は、この地域における、いわゆる基盤構造深度を示した図であるが、これによると、この地域の平均的な基盤深度は、約1.2kmと地溝帯としてはかなり浅くなっていることが読みとれる。一方、別府湾をはじめ、大分-熊本構造線沿いには、深度2kmを越えるくぼ地状の構造が点在し、別府湾内では、その深さは3kmを越えている。このような陥没構造の存在は、この地域のテクトニクスを考える上で、極めて重要である。

なお、図8は、上記の構造のうち、特に、別

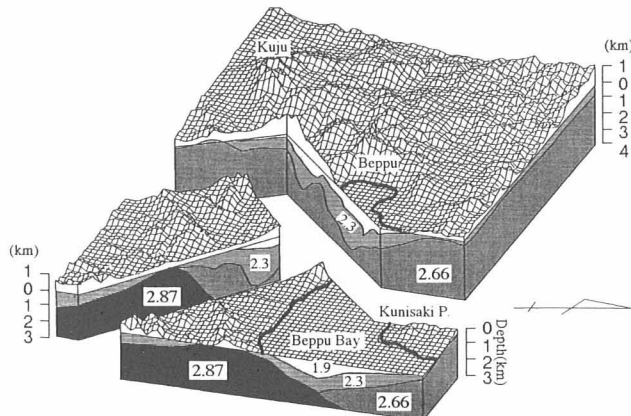


図8 別府湾周辺部の3次元密度構造断面図

府湾周辺部分について、3次元的な鳥瞰図の断面として表したものである。図8では、別府湾から佐賀関半島にかけて、三波川変成帯がどのような形状で分布するかが、より直感的に表現されている。

4 おわりに

今回得られた別府および周辺地域の地下密度構造に関する知見を整理すると、以下のとおりである。

- (1) 同地域の平均基盤深度は、約1.2kmと典型的な地溝と比較して浅い値を示す。
- (2) 別府湾や大分-熊本構造線沿いには、局所的に2kmより厚い堆積層を持つくぼ地が点在し、別府湾での最深部は4kmに達する。
- (3) 三波川変成帯は、別府湾内のA、B測線間、別府湾横断断層付近で消滅し、その陸域側では、すくなくとも3km以浅には存在が確認できない。

別府湾の形成については、海底地形の南北非対称性から、朝見川断層の活動によって生じた半地溝であるとの見解もあるが、今回の地下構造解析の結果を見ると、別府湾横断断層より東側では確かに三波川変成帯が領家変成帯の下位にあり、典型的な半地溝形状をなしているものの、別府湾横断断層の西部（陸側）では、朝見川断層、久留米-日出生線とその延長としての別府湾横断断層、大分-熊本構造線で囲まれたくぼ地状の構造を示しており、その成因については、これらの断層の横ズレ運動に関係しているように思われる。すなわち、本地域は、非常に強い引っ張りによって形成された地溝ではなく、互い違いの断層の相対運動によって形成された一種のPull-apart basinと考えるのが自然なように思われる。

本研究では、やや広域の重力異常データをもとに、別府および周辺地域の3次元地下密度構造を推定し、その特徴について言及した。これらの成因に関する部分は、何れも、現在認められる形状からのある種の推定であり、力学的な裏付けが得られているわけではない。この種の議論は、最終的には、力学的な成因を如何に考えるかが重要である。

今後、GPS観測や、微小地震観測のデータも採り入れ、力源としてのプレート運動との関連を踏まえた上で、同地域の力学的な形成過程についての研究を進めることは、別府および周辺地域における地熱温泉現象の根源を探る上でも、一つの重要な課題であろう。

最後に、地質調査所の駒沢正夫博士には、貴重な重力測定データを提供していただいた。また、名古屋大学理学部の志知龍一博士には重力データの地形補正計算でお手を煩わせた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) Briggs, I.C. (1974) : Machine contouring using minimum curvature, *Geophysics*, **39**, 39-48.
- 2) Fukuda, Y., Y.Yusa, K.Kitaoka, K.Takemura, S.Ohsawa, T.Hayama, T.Segi, T.Higashi and I.Nakagawa (1994) : Gravity survey at a tectonic singularity the Beppu Bay area, Northeast Kyushu, Japan, *Proc. the CRCM'93*, 65-69.
- 3) 福田洋一・瀬木 哲・馬渡秀夫・竹村恵二・由佐悠紀 (1994) : 別府地域の重力調査-由布院断層, 朝見川断層調査-, 大分県温泉調査会報告, **45**, 15-23.
- 4) 福田洋一・瀬木 哲・楠本成寿・馬渡秀夫・竹村恵二・由佐悠紀 (1994) : 別府地域の重力調査(2), 大分県温泉調査会報告, **46**, 19-28.
- 5) 萩原幸男 (1978) : 地球重力論, 共立全書, pp.242.
- 6) 久保寺 章・伊藤 潔・村上寛史・三浪俊夫 (1982) : 爆破地震動から求めた九重火山郡の深部構造, 火山第2集, **27**, 91-95.
- 7) 笹田政克 (1984) : 豊肥地域の基盤地質構造, 地熱, **21**, 1-11.
- 8) 新エネルギー・産業技術開発機構 (1990) : 広域熱水流動系調査, 鶴見岳地域, 地熱調査成果図集, 平

成元年度全国地熱資源総合調査 (第3次), pp.86.

- 9) Talwani, M., W.J.Lamar and M.Landisman (1959) : Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, *J. Geophys. Res.*, **64**, 49–59.
- 10) Talwani, M. and M.Ewing (1960) : Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape, *Geophysics*, **25**, 203–225.
- 11) 由佐悠紀・竹村恵二・北岡豪一・神山孝吉・堀江正治・中川一郎・小林芳正・久保寺章・須藤靖明・井川 猛・浅田正陽 : 反射法地震探査と重力測定による別府湾の地下構造, *地震*, **45**, 199–212, 1992.

大分平野の温泉水の起源について

京都大学理学部附属
地球物理学研究施設

大 沢 信 二

1 はじめに

これまでの数多くの研究から、大分平野の温泉水は水成堆積層の深部に古くから貯留される典型的な深層熱水^(注1)であり、温泉水の地下温度や水質の分布を規制する縦割りの構造が地層中に存在することが示された(例えば、北岡・川野, 1991)。大分平野における現在の温泉水の在り方については、それらの研究によりほぼ明らかにされたと言ってよいであろう。

一方、大分平野の温泉水の生成機構については、いくつかの報告がみられるものの(例えば、野田・北岡, 1997; 1981)、その温泉水がどのような地質の地層中に貯留され、いつごろ形成されたかについては未だ十分に議論がなされていない。そこで筆者は、既存の温泉水の化学分析値を用いた解析を行い、温泉貯留層の地質環境について考察を加えたので報告する。なお、温泉水の形成年代は非常に興味ある問題であり、それを解き明かす方法として温泉水の¹⁴C分析、温泉沈殿物中の²¹⁰Pb濃度測定、岩石-水相互作用に基づく物質収支計算などが挙げられる。しかし、これらはいずれも利用にあたっての詳細な検討や新たなデータ収集を行わなければならないため、今後の課題としたい。

本研究の議論に必要なデータは、大分県温泉調査研究会報告温泉分析書から引用した。また、大分平野の温泉に関する研究報告は、前述のように数多く見られるが、最近のものだけを掲載した。大多数の引用文献の掲載は、紙数の制約からやむなく割愛した。この点に関しては、先輩諸氏のご理解をいただければ幸いである。

注1) 深層熱水; 水成の堆積層や堆積岩が厚く発達した平地部で、その深層に貯留する温泉水。盆地性深層熱水、構造性深層熱水とも呼ばれている。共通した特徴は、①開発域が盆地性の平地であること、②地温が深さに対し、ほぼ直線的に増温していること、③地下水頭や温泉水頭が深さで余り変わらないこと、④かなり広い範囲にわたり、地温や地温勾配がほぼ一様で、また水頭の違いも小さいこと、⑤同じ地域の温泉でも泉質に極端な違いが見られ、塩化物イオン濃度約1,000ppm以上の食塩泉の地区と10ppm以下のアルカリ性単純泉などの地区が接していることが挙げられる(吉川・北岡, 1985)。

2 研究方法

私達が地表で採取する温泉水は、(1)温泉水が貯留される場所への起源水の供給、(2)貯留層となる地層中の岩石と起源水の相互作用(初期温泉水の形成)、(3)温泉水の貯留過程における鉱物の沈殿などによる溶存物質の除去、(4)貯留層から地表への温泉水の移動経路での沸騰・冷地下水の混入など、一連の複雑な過程を経た最終物質である。したがって、地表で採取した温泉水から、それが貯留されていた地層の地質環境を推定するには、途中の素過程を十分に理解しておくことがまず必要になる。特に温泉水中の反応性の高い成分(反応性成分と呼ばれる; 例えば、Na, Ca, Alや多くの微量重金属元素など大多数の元素)を利用して起源を論じる場合、その理解は非常に重要である。しかし現状では、どのような素過程が存在し、それぞれの過程で物質がどのように挙動するかを完全に理解していると断言できない。このため、反応性に富む成分から温泉水の起源を論じる場合、大きな見落としをしているという可能性を否定できない。

一方、反応性成分と対照的な性質をもつ元素が、温泉水中には存在する(Cl, B(ホウ素), Br(臭素)など極く少数の元素)。これらは可溶性成分あるいは非反応性成分と呼ばれ、通常の条件では岩石から温泉水中へ一方的に溶解していく成分であり、貯留過程や地表への移動経路で起こるさまざまな化学反応により温泉水から除去される機会の少ない元素である。最近、温泉水中に含まれる可溶性成分を利用して、温泉水の

貯留される地層の地質学的環境や温泉水の起源を推定する方法が提案された（例えば、Ellis and Mahon, 1977 ; 茂野, 1992）。

本研究では、その中から温泉水のClとB濃度を用いた解析法（以下では、B-Cl法と略記する）を利用した。この方法を温泉水に適用すれば、その温泉水が、(1)海域で形成された地層内で生成したもの、(2)火山岩類やその破砕物で構成される地層内で形成されたもの、(3)海水が変質したもの、のいずれであるかを判定できる（これ以降、(1)、(2)、(3)をそれぞれ海性堆積岩類由来の温泉水、火山岩類由来の温泉水、海水由来の温泉水と呼ぶ）。一方、この方法の欠点は、海性堆積岩類由来の温泉水と蒸気加熱型温泉水を明確に区別できないということである。しかし、大分平野の温泉水は、通常的地温勾配の地域に形成された深層熱水型温泉水であり（北岡・川野, 1981）、その形成に数百度に達する高温の蒸気が関与したとは考えにくいいため、その欠点は、大分平野の温泉にB-Cl法を適用する場合には、大きな障害にならないと思われる。

3 結果と考察

図1に温泉水の採取地点を、表1にはそれらのCl濃度、B濃度およびB/Cl比を示した。B-Cl法によれば、海性堆積岩類由来の温泉水、火山岩類由来の温泉水、海水由来の温泉水のB/Cl比は、それぞれ1~0.1, 0.1~0.01, 0.01以下であるとされている。表1の右端の欄

表1 大分平野の温泉水の化学分析データとB/Cl比による温泉水の分類

に示された区分は、B/Cl比に基づいた温泉水の分類結果を示し、欄内の略号SR, VR, SFは、それぞれ海性堆積岩類由来の温泉水、火山岩類由来の温泉水、海水由来の温泉水に対応する。また、図2は、温泉水のCl, Bデータを横軸がCl濃度、縦軸がB濃度のグラフ上にプロットしたものである。表1および図2から、まず、大分平野の温泉は、海性堆積岩類由来の温泉水、火山岩類由来の温泉水、海水由来の温泉水に相当する多様な温泉水が見られる地域であることが分かる。図2中のB/Cl比0.1および0.01の線と点線で囲まれる領域Aにプロットされる温泉水は、海性堆積岩類由来の温泉水と海水由来の温泉水の混合によって生成するものであり、一義的に火山岩類由来の温泉水であると決めることはできない。

試料番号	Cl(mmol/kg)	B(mmol/kg)	B/Cl	区分	試料番号	Cl(mmol/kg)	B(mmol/kg)	B/Cl	区分
1	0.16	0.03	0.21	SF	57	13.9	0.03	0.002	SR
4	0.14	0.04	0.30	SF	58	1.41	0.45	0.32	SF
5	1.47	0.18	0.12	SF	59	2.43	0.25	0.10	SF
7	1.22	0.17	0.14	SF	60	7.42	0.11	0.014	VR
8	0.29	0.06	0.20	SF	62	92.9	0.32	0.003	SR
10	0.50	0.03	0.054	VR	63	3.27	0.16	0.047	VR
12	0.89	0.04	0.041	VR	64	39.5	0.07	0.002	SR
13	0.37	0.01	0.036	VR	65	159	0.25	0.002	SR
14	0.73	0.19	0.26	SF	66	97.6	0.17	0.002	SR
15	23.8	0.13	0.005	SR	67	147	0.21	0.001	SR
16	221	0.12	0.001	SR	68	59.1	0.19	0.003	SR
18	0.53	0.11	0.20	SF	69	150	0.24	0.002	SR
19	0.64	0.06	0.092	VR	70	152	0.12	0.001	SR
20	0.55	0.14	0.26	SF	71	131	0.16	0.001	SR
21	5.33	0.26	0.049	VR	73	49.4	0.21	0.004	SR
22	3.24	0.17	0.051	VR	75	31.6	0.24	0.008	SR
23	3.95	0.32	0.081	VR	76	0.58	0.21	0.36	SF
24	0.51	0.06	0.11	SF	77	67.1	1.80	0.027	VR
26	0.42	0.25	0.61	SF	78	45.1	0.30	0.007	SR
27	5.81	0.31	0.053	VR	79	63.3	0.68	0.011	VR
28	4.94	0.31	0.063	VR	101	4.49	0.28	0.062	VR
30	2.46	0.29	0.12	SF	103	0.20	0.07	0.34	SF
31	9.75	0.20	0.021	VR	105	9.39	0.40	0.042	VR
32	4.57	0.10	0.022	VR	106	1.09	0.21	0.19	SF
33	33.6	0.29	0.009	SR	107	1.08	0.24	0.22	SF
34	29.3	0.19	0.007	SR	109	0.34	0.24	0.70	SF
37	5.42	0.16	0.030	VR	110	48.3	0.97	0.020	VR
39	19.2	0.69	0.036	VR	111	84.3	0.77	0.009	SR
40	17.3	0.03	0.002	SR	113	141	0.67	0.005	SR
41	25.0	0.26	0.010	VR	114	58.6	1.47	0.025	VR
42	85.4	1.14	0.013	VR	115	13.5	0.14	0.010	VR
43	20.0	0.10	0.005	SR	117	30.9	0.52	0.017	VR
44	0.90	0.05	0.056	VR	118	2.50	0.26	0.11	SF
46	97.8	1.25	0.013	VR	120	42.0	0.11	0.003	SR
47	12.3	0.16	0.013	VR	121	3.75	0.13	0.035	VR
48	78.2	1.21	0.015	VR	122	155	0.23	0.001	SR
49	18.6	0.32	0.017	VR	123	181	0.24	0.001	SR
50	21.9	0.32	0.015	VR	124	35.1	0.13	0.004	SR
51	23.4	0.36	0.015	VR	125	16.6	0.24	0.015	VR
52	5.25	0.47	0.090	VR	126	0.16	0.10	0.64	SF
53	26.6	0.44	0.017	VR	127	47.3	0.18	0.004	SR
54	21.4	0.32	0.015	VR	128	37.7	0.79	0.021	VR
55	0.30	0.22	0.72	SF	129	85.1	2.22	0.026	VR
56	0.39	0.11	0.29	SF	海水	546	0.41	0.0007	SW

SR ; 海性堆積岩類由来の温泉水, VR ; 火山岩類由来の温泉水, SF ; 海水由来の温泉水

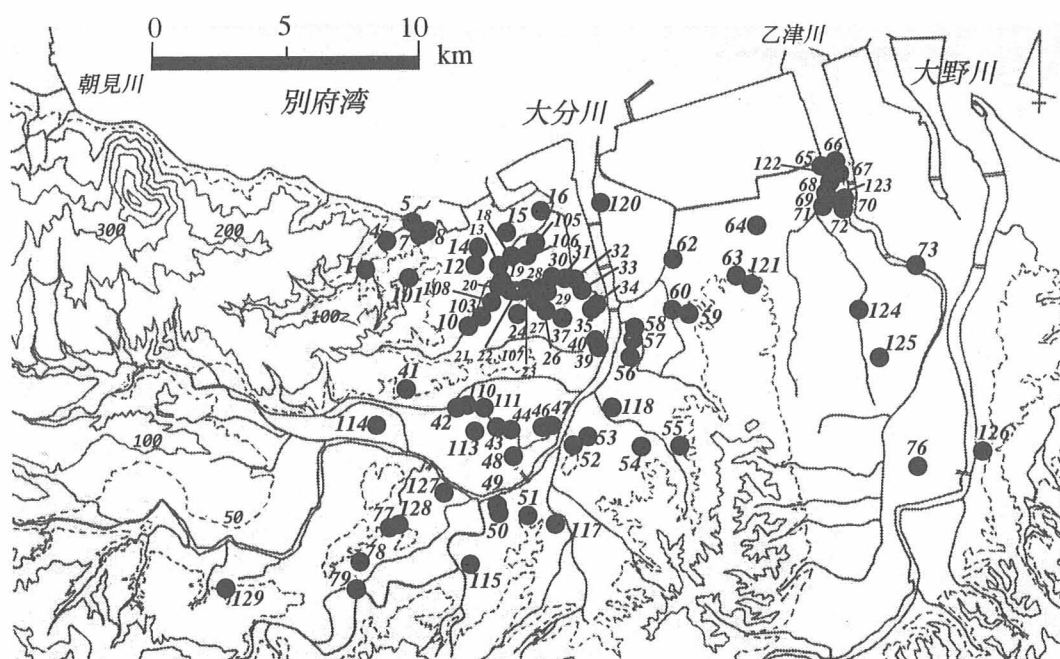


図1 地球化学的解析 (B-Cl法) に用いた温泉水の採取位置
(原図は、北岡 (1987) を用い、筆者が新たに手を加えた)

しかし、この領域に当てはまらない温泉水 (No.10, 42, 46, 48, 49, 77, 110, 114, 128, 129) は、火山岩類由来の温泉水であると判断して差しつかえないと思われる。火山岩類由来の温泉水であるか、あるいは海性堆積岩類由来の温泉水と海水由来の温泉水の混合型であるかについては、後であらためて議論する。

次に、分類された温泉の地理的分布を図3に示した。概観すると、海水由来の温泉水に分類されたものは、埋立地を含む海岸地域から得られ、それより内陸側に向かって海性堆積岩類由来の温泉水の採取される地域と火山岩類由来の温泉水の得られる地域が、この順に帯状に分布しているのが分かる。さらに細かく見ると、海水由来の温泉水の分布域が、現在の大分川に沿うように内陸側へ細長く伸びているのが分かる。おそらくここには埋没した深い谷地形が存在し、海水が内陸へ向かって浸入しやすい地下構造になっているものと考えられる。

先に述べたように、海性堆積岩類由来の温泉水と海水由来の温泉水の分布域に挟まれた地域で得られる温泉水は、 B/Cl 比が0.1~0.01の火山岩類由来の温泉水に対応する。しかし、これらの温泉水は、地理的な配置から、火山岩類由来の温泉水と見るよりは、海性堆積岩類由来の温泉水が分布する地域に海水由来の温泉水が浸入し、両者が混合して形成されたものとするのが適当であると考え。北岡・川野 (1991) は、海岸地帯のA型高塩分水 (今回分類された海水由来の温泉水に対応する) は内陸側へ移動できる水理的な状態におかれているとしており、筆者の考えと調和的である。かりに火山岩類由来の温泉水の分布域であるならば、火山岩類の地層の分布域内に極めて細長い海性の堆積盆地 (地向斜) を想定しなければならず不自然である^(注2)。このことから、海性堆積岩類由来の温泉水と海水由来の温泉水の混合型温泉水の分布域であるとするのは妥当であろう。

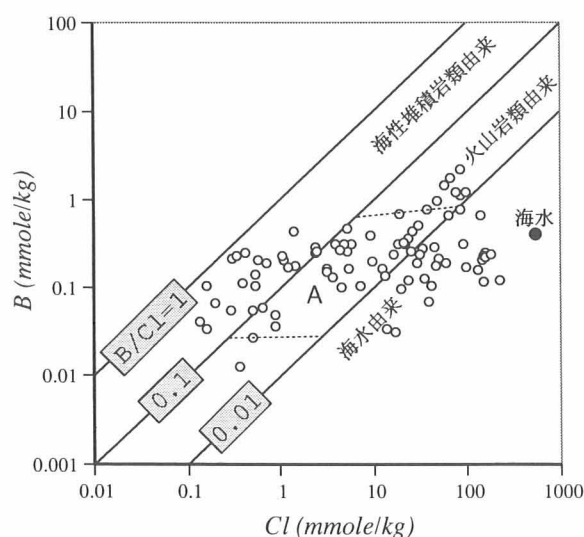


図2 温泉水の塩化物イオン濃度と
ホウ素濃度の関係

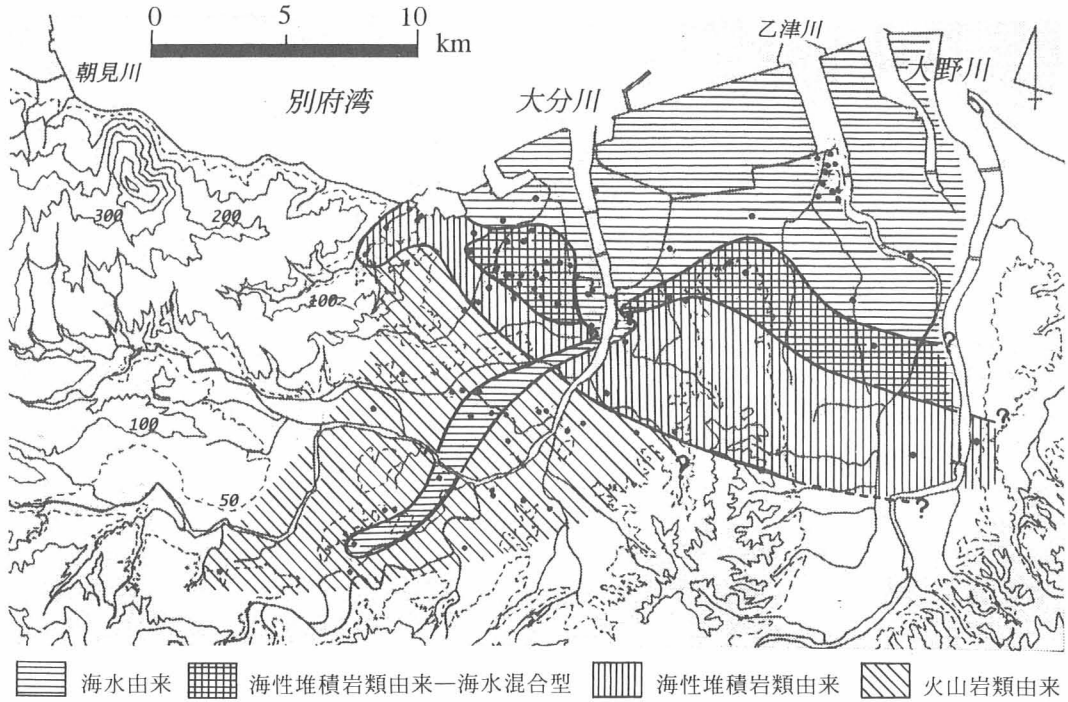


図3 温泉水のB/Ci比による分類に基づく温泉水の地理的分布

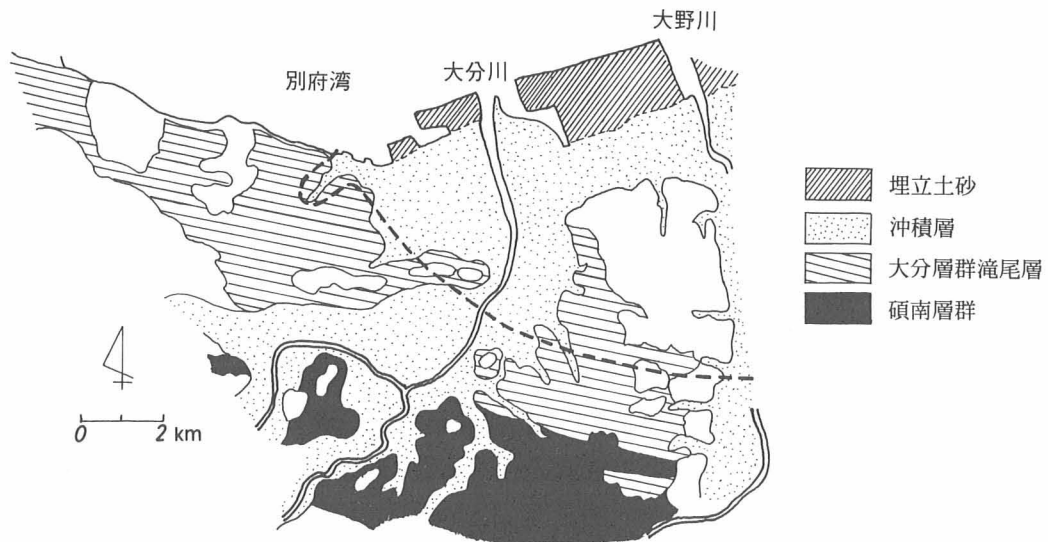


図4 大分平野の“温泉地質図”(森山・日高, 1986を改変)

破線は、海性堆積岩類由来の温泉水と火山岩類由来の温泉水の分布境界を示す。

最後に、温泉水の地球化学的解析から推定された温泉貯留層の地質環境を、実際の地質調査の結果と比較してみる。森山・日高(1986)によれば、大分市の温泉水は、碩南層群と大分層群滝尾層に貯留されているとされている。そこで森山・日高(1986)により示された地質図から碩南層群と大分層群滝尾層の分布域を抜き出し、これに沖積層と埋立土砂からなる地域を加えて、“温泉地質図”を作成した(図4)。この図には、海性堆積岩類由来の温泉水の得られる地域と火山岩類由来の温泉水の採取される地域の境界(破線)も合わせて示されている。碩南層群の時代(新第三紀後期)は、大分県中部に東西方向の沈降凹地帯が形成され、大分市から庄内町にかけての一带に淡水湖を生じた。碩南層群の堆積が行われている間に、庄内町南部

に斜方輝石安山岩溶岩の噴出、大分市南部に輝石安山岩質火砕流の噴出が起こった。碩南層群は鮮新世末に陸化し、かなりの浸食を受けたが、第四紀更新世初期に別府湾周縁から大分市北半にかけての広い範囲が沈降して大分層群が堆積した。大分層群滝尾層の堆積環境は、扇状地性三角州→内湾→淡水湖であった。滝尾層の堆積中には海面上昇期があり、現在の別府湾よりずっと広い内湾になったとされている（森山・日高, 1986）。図3と図4を比べてみると、海性堆積岩類由来の温泉水の採取される地域は、内湾の堆積環境にあった大分層群滝尾層の分布域に、火山岩類由来の温泉水が得られる地域は、活発な火山活動の影響を受ける淡水の堆積環境にあった碩南層群の分布域にほぼ対応付けられる。また海水由来の温泉水の分布域は、沖積層や埋立土砂よりなる地域に対比でき、空隙の多い沖積層や埋立土砂からなる地層に海側から海水が浸入し、これに熱が加わり海水由来の温泉水が貯留されたと推定される。なお、図4中に引かれた海性堆積岩類由来の温泉水の得られる地域と火山岩類由来の温泉水の採取される地域の境界（破線）と、大分層群滝尾層－碩南層群の境界が、南北に2kmほどずれているのがわかる。森山・日高（1986）によれば、大分層群は全般に北へゆるく傾く単斜構造をしており北へいくほど厚くなるとされている。碩南層群は大分層群滝尾層の下位に直接接していることから、大分層群滝尾層－碩南層群の境界もまた北へゆるく傾斜して存在すると考えられる。大分平野の温泉は、そのほとんどが700m前後の掘削井であることから、700m深での大分層群滝尾層－碩南層群の境界は、表層地質図上のそれよりも北へ移るはずであり、温泉水の地球化学的解析から推定された温泉貯留層の地質環境の境界（図4の破線）と実際の地質境界との間に大きな矛盾はないものと考えられる。

注2) 細長い海性堆積岩類のブロックを地向斜堆積物とせず、付加体であるとも考え、全く不自然であると断言はできない。しかし、この細長いブロックの長軸は、フィリピン海プレートのサブダクション軸や地質構造線（大分－熊本構造線、臼杵－八代構造線など）とは斜交することから、プレートの沈み込み運動にともなう海底堆積物の付加体である可能性は低いであろう。

4 おわりに

大分平野の温泉について、B/Cl比に基づく温泉水の分類を行った。その結果、大分平野に産出する温泉水は、(1)海水が変質したもの（海水由来の温泉水）、(2)海域で形成された地層内で生成したもの（海性堆積岩類由来の温泉水）、(3)火山岩類やその破砕物で構成される地層内で形成されたもの（火山岩類由来の温泉水）に分類された。

さらに地理的な分布を検討した結果、これらの温泉水は、海岸から順に帯状に配列することが分かった。また、海水由来の温泉水が、海性堆積岩類由来の温泉水の分布域に浸入している様子が示された。

既存の地質調査の結果と比較した結果、海性堆積岩類由来の温泉水、火山岩類由来の温泉水、海水由来の温泉水の分布域は、それぞれ海性の堆積環境にあった大分層群滝尾層、淡水性の堆積環境に置かれていた碩南層群、沖積層・埋立土砂の分布する地域に対比され、B/Cl比に基づく温泉貯留層の地質環境の推定が妥当であることが示された。

今後、大分県内各地の温泉水にB-Cl法を適用し、温泉水が形成される地質環境の推定を行ってみたい。

謝 辞

京都大学理学部附属地球物理学研究施設由佐悠紀教授には、内容について建設的な議論をしていただき、有益なコメントをいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Ellis, A.J. and Mahon, W.A.J. (1977) : Chemistry and Geothermal System, Academic Press, New York, 392p.

- 2) 北岡豪一 (1987) : 大分市における地温勾配と深層温泉源の分布, 大分県温泉調査研究会報告, 38, 7 – 22.
- 3) 北岡豪一・川野田実夫 (1991) : 大分市温泉の化学成分の分布とその変化, 大分県温泉調査研究会報告, 42, 1 – 10.
- 4) 吉川恭三・北岡豪一 (1985) : いわゆる深層熱水型温泉について, 大分県温泉調査研究会報告, 36, 1 – 12.
- 5) 森山善蔵・日高稔 (1986) : 大分市温泉の地質, 大分県温泉調査研究会報告, 37, 38 – 50.
- 6) 野田徹郎・北岡豪一 (1977) : 挾間町ならびにその周辺の温泉調査 (その2) 高塩分泉の化学成分, 大分県温泉調査研究会報告, 28, 31 – 41.
- 7) 野田徹郎・北岡豪一 (1981) : 大分川流域温泉の継続観測の総括, 大分県温泉調査研究会報告, 32, 43 – 55.
- 8) 茂野博 (1992) : 地熱系の深部環境を地球化学データから予測する, 地質ニュース, 457, 16 – 33.

高血圧症の温泉療法によるQOLの改善

九州大学生体防御医学研究所
気候内科

牧野直樹・松井寛輔
平山祐義・矢野健一
畑知二

高木病院

矢永尚士

1 はじめに

QOLとはQuality of lifeのことで“生活の質”あるいは“生命の質”と訳されている。慢性疾患については“生活の質”の意味で使われることが多い。その意味は身体的に活力があり、精神的に落ち着いており、社会的にも安定して、生きがいをもって生活していることを意味する。したがってQOLは時代、地域、文化、個人で異なってくる。

最近慢性疾患の治療にあたってはQOLの改善が得られるように治療すべきであると考えられている。QOLの改善は治療効果の判定基準の一つに入れられている。ところで高血圧は自覚症状に乏しく、治療にさいしては自覚症状に変化を起こさないよう注意が必要である。しかし降圧療法そのものがQOLに影響を与える点が多いのが問題である。

温泉療法は一般的に患者に負担を与えず、QOLの改善が期待される。荻原¹⁾は、老年高血圧患者のためにQOLの評価法を作成した。これは一般症状、労働意欲、身体症状、睡眠尺度、情緒状況、性的機能、生活満足度、自己調節、活力などの質問よりなっている。われわれはこの質問表を一部修正して使用させて頂き、高血圧症に対する温泉のQOL改善効果について検討した。

2 方法

対象は九州大学生体防御医学研究所気候内科を受診した患者（男54例、女55例、年齢40～80歳）であった。一般検査（血圧測定、検尿、採血検査）、および心電図、胸部X線写真、心エコー図、一部冠動脈造影を行い、高血圧の重症度、基礎疾患について検討した。さらに、高血圧群と非高血圧群の2群にわけて、質問紙法によりQOLの検討を行った。高血圧の判定基準は収縮期圧 ≥ 160 mmHg、拡張期圧 ≥ 95 mmHgの両方あるいはその何れかを満足するものとした。

昨年度の「心臓病患者さんへのアンケートのお願い」を一部修正して質問紙法を行った。これは荻原らの開発したものを修正したもので（表1）、一般症状8問、身体症状4問、睡眠尺度4問、情緒状況4問、知的状況2問、社会的関係1問、生活満足感2問よりなる。それぞれの質問についてQOLが良好なものを1点、そうでないものを0点とした。各症例について総計点を求め、ついで平均値を計算し、比較した。QOLに関する質問と別に、温泉使用の有無について解答を求め、温泉使用群と、温泉非使用群の2群に分類した。

3 成績および考察

(1) QOLに対する効果

最近、高血圧の治療は大きく進歩している。高血圧に対する一般の関心も高く、職場では定期健康診断により早期発見がなされ、かなりゆきとどいた血圧管理が行われるようになった。またCa拮抗薬、 β 遮断薬、 α 遮断薬、利尿薬、アンジオテンシン酵素阻害薬（ACE遮断薬）などの優れた降圧薬が開発され、

その使用法もうまくなり、普及しているのが現状である。

一方、高血圧の治療、管理の目的は、高血圧に基づく疾病の発症、死亡を防ぐことである。そのために最も簡便な方法で、長期に渡り血圧を調整・維持することが大切である。特に高齢者高血圧や軽症高血圧における降圧は、副作用なくQOLを改善するものでなければならない。

温泉療法は温浴による降圧のみならず、運動療法、食事療法を含めた総合治療法と解され、天然医療資源として研究・使用・発展させるべきと考えられる。

本研究では高血圧症において温泉使用群では非使用群に比し、QOLの改善傾向が認められたが、その他の項目については両群間に差はなかった（表2、表3）。その理由として症例の不均一性、症例数が少ないこと、入浴法が一定していなかったためと考えられる。今後、大集団について再検討の必要がある。

(2) 温泉は果たして有効か

われわれは10数年前に、温泉療法と薬物療法について比較研究を行った²⁾。温泉療法は別府市内の某温泉病院の入院患者41名、平均年齢72歳、薬物療法は当研究所の外来患者21名、平均年齢56歳であった。温泉療法では降圧剤は全く使用せず、薬物療法はレセルピン、アプレゾリン、Ca拮抗剤、フルイトランで何れの薬物を使用するかは医師の自由に任せた。

温泉浴は単純泉で温度39～42℃、入浴回数は1日1～2回、入浴時間は10分以内とした。2週間以内に収縮期圧が20mmHg以上低下したものを改善群、これ以外を非改善群とした。その結果、改善群の頻度は薬物療法で52.5%、温泉療法で83.9%であった。治療開始2週間後、4週間後をみると温泉療法の方が薬物療法に比し有意に低下した。非改善群については両者間に差はなかった。本研究の問題点としてはサラ湯と比較していないこと、十分な薬物療法が行われていないこと、年齢が薬物療法と温泉療法の間でマッチしていないことである。しかし少なくとも老人では温泉療法のみで症例によりかなりの降圧が得られることが確かめられた。

4 今後の問題

日本の温泉療法に関する施設はリハビリテーション施設に改組されつつある。温泉施設は減少し、研究する場にもことを欠く状態になりつつある。しかし、医療費高騰、超高齢社会における医療福祉を考えると、高血圧症の温泉療法は補助的ではあるものの、無視できない自然療法と考えられる。大分県はこの点に関して地の利を得ている。これから温泉療法医を中心に高度の“温泉気候物理医学センター”で温泉の有効性、メカニズム、注意点を明らかにし、温泉療法を実践することが望まれる。

(1) メディカル・チェックの必要性

温泉の効果は個人によって異なる。症例毎に温度の影響を検討する必要がある。

(2) 温泉療法の処方とその評価

泉質はこれまでの経験では炭酸泉、硫化水素泉、ヨード含有泉、重曹泉があげられる。

温度は37～38℃の微温泉、浴時間20～30分、一日回数1～2回、期間は1～3週とされている。頻回浴は湯あたりの危険がある。

入浴の仕方によっては凝固能亢進、線溶能低下により血栓症の危険がある。

その有効性の評価は2～3週後、一定のプロトコールによって行う必要がある。

(3) 温泉浴の作用機序

温浴は急性効果では血管拡張、降圧、心拍出量増大、血漿ノルアドレナリン増加を認める。連浴により運動と同じく心拍出量低下、血漿ノルアドレナリン低下、末梢血管抵抗低下が十分に期待される。温泉の急性作用で降圧が見られることは確かであるが、慢性作用による降圧についてはその機序はなお明らかでない。

今後近代的な設備、器械を以て温泉の効果を経験子レベル→蛋白レベル→細胞レベル→臓器レベル→全

体レベルから再検討すべきである。

(4) 温泉医学研究のためのデータベースの必要性

温泉医学に関するすべての文献、データを集積し、世界に向けての情報の発・受信の基地の建設が望まれる。

5 む す び

合併症を有しない老人の軽症高血圧には温泉療法の効果、QOLの改善が期待される。

今後、十分な症例をみつめ、先端的な手法を以てその科学性、有用性、経済性、倫理性を検討し、来るべき超高齢化社会の医療・福祉に活用することが望まれる。

参 考 文 献

- 1) 荻原俊男・三上洋・中丸光昭ほか：高齢者高血圧の変換酵素阻害薬による治療とquality of lifeに関する研究，老年医学26：291-299，1988.
- 2) 矢永尚士：循環器疾患の温泉療法「温泉医学」（日本温泉気候物理医学会編），日本温泉気候物理医学会，東京，1990.

表1 質 問 の 内 容

(1) 一般症状	
(a) 頭痛、頭重感	(e) しびれ感
(b) めまい、立ちくらみ	(f) むくみ
(c) 肩こり	(g) 息切れ
(d) 動悸	(h) 便秘
(2) 身体症状	
(a) 疲れやすいですか？	
(b) 食欲はありますか？	
(c) 食べ物はおいしいですか？	
(d) 朝起きたとき疲れが残っていますか？	
(3) 睡眠尺度	
(a) 寝つきはよろしいですか？	
(b) 夜間排尿（小便）に起きますか？	
(c) 寝てもすぐ目が覚めますか？	
(d) 悪い夢をよく見ますか？	
(4) 情緒状況	
(a) 気分はそう快ですか？	
(b) いらいらすることがありますか？	
(c) 何となく不安にかられる事がありますか？	
(d) 気分が沈むことがありますか？	
(5) 知的機能	
(a) 物忘れしやすいですか？	
(b) 道に迷ったりすることがありますか？	
(6) 社会的関係	
(a) まわりの人と談話の機会がありますか？	
(7) 生活満足感	
(a) 家族や周りの人とうまくいっていますか？	
(b) 生き甲斐を感じていますか？	

表2 高 血 圧 群

	男		女	
	温泉(+) (n=8)	温泉(-) (n=8)	温泉(+) (n=17)	温泉(-) (n=13)
一般症状	5.5	3.75	4.12	2.46
身体症状	2.3	2.5	4.58	2.3
睡眠尺度	1.5	1.75	1.52	1.3
情緒状況	2	1.87	1.29	1
知的機能	1.25	0.75	1.23	1
社会的関係	1	1	0.82	1
生活満足感	2	2	1.88	1.92

数字はよい（生活の質がよい）と答えた人数の平均値を示す。

表3 非高血圧群

	男		女	
	温泉(+) (n=13)	温泉(-) (n=25)	温泉(+) (n=5)	温泉(-) (n=20)
一般症状	4	3.8	1.8	2.6
身体症状	2.61	2.48	2.2	2.4
睡眠尺度	1.46	2.04	0.8	1.49
情緒状況	1.15	1.28	1.4	1.2
知的機能	1.07	1	1	1.05
社会的関係	0.8	0.88	1	0.9
生活満足感	2	1.92	2	2

数字はよい（生活の質がよい）と答えた人数の平均値を示す。

慢性関節リウマチのQOLに対する温泉浴の効果

－ II 運動浴および温泉浴の効果－

国立別府病院リウマチ膠原病内科
理学診療科

安田正之

1 はじめに

慢性関節リウマチ (RA) 患者の病状を含む総体としての状況は、Quality of life (QOL) として捉えられるように成りつつある¹⁾。昨年の報告書で、RA患者は病気や将来に対する不安や抑鬱的な漠たる不安感を持っていることを示した²⁾。自らの病気を受け入れるには、これらの不安感ややりたいことができないという不満を整理できることが大きな条件となっているようである。また、幸福感は、家計が苦しくなったとか支出が増えたなどの経済的状況や、病気や将来への不安、そして動けないことに対する不満など、RAの受容と共通した因子が気分の安寧を阻害していることが推察された。次に、温泉浴によるこれらの因子に対する改善効果を少数例ではあるが観察したところ、不安感に対し僅かながらも効果を示していたことは興味深かった。しかしながら、少数例であったことに加え、相反して悪化した因子も認めたので、本年はより多数例での観察を試みた。

2 方 法

QOL評価表は、平成3年度厚生省リウマチ調査研究事業研究報告書に準じ、平成7年度大分県温泉調査研究会報告書と同一の表によった(表1)^{2) 3)}。すなわち、項目1-20までの質問は4段階にその答えを用意した。1が最もQOLへの障害が少なく、4が最も重大となるよう配列した。また、項目21の病気の受容状況は4段階、項目22の幸福感は6段階とした(1:非常に幸せ、2:結構幸せ、3:まあまあ幸せ、4:やや不幸、5:かなり不幸、6:全く不幸)。アンケートは入院患者および外来通院中の患者に対して運動浴あるいは温泉浴の前後に回答を得た。

3 結 果

(1) 対 象

42名のRA患者より回答を得た。男性6名と女性36名よりなり、平均年齢60.2±8.5歳、平均罹病期間5.6±1.2年、入院患者27名、外来通院15名であった。入院患者は、自立出来ている患者であり、一人で運動浴・温泉浴を水治療として行える患者を選んだ。

(2) 患者QOLスコアの状況(表2)

患者は概して疼痛への治療効果を享受しており、日常動作は比較的保たれていた(No.1-5)。また、周囲の理解は良く(No.13)、近所付き合いには約80%の患者は影響されていないと答えている(No.16, No.17)。一方では、外出が思うに任せず(No.17)、仕事への障害は大きい(No.18)と答えている。また、病気や将来への不安(No.12, No.15)、家族への負担への心配(No.11)といった精神面の負担を感じる割合が高いことが示されている。

(3) 温泉浴によるQOLスコアの変化

QOL項目への障害の程度が1あるいは2と軽度であると答えた割合を表2で示す。運動浴あるいは温泉浴の後にそれぞれが10%程度(7%以上)上昇した項目は、表2に網をかけて示したが、No.6, 7, 12, 14, 15, 18であり、No.2, 10, 11も7.2%の上昇を認めた。悪化した項目は、No.4, 16, 19, 20(いずれも5%以下)であった。なお、No.21:受入れ状況やNo.22:幸福感は各々2.4%, 4.8%と上昇傾向を認めた。

表1 QOL評価のための項目

I 日常生活動作	
1	シャツのいちばん上のボタンをはめることができる
2	一人で立ったり座ったりすることができる
3	一人で入浴をすることができる
4	調理をすることができる
5	バスや電車などの交通機関を利用して外出できる
II 医療	
6	痛みにより夜間目が覚めることがある
7	痛みによりしばしば憂鬱になることがある
8	治療を受けているにもかかわらず、痛みなどの症状が改善しない
9	リウマチのために支出が増えたか、収入が減った
10	リウマチのために家計が苦しくなった
III 精神面	
11	家族の重荷になっていると感じることがある
12	昼間、家に一人でいると不安を感じるがある
13	病気について周囲の理解が得られない
14	自分のやりたいことが思うようにできない
15	自分が将来思うように動けなくなるような不安がある
IV 社会・文化面	
16	近所づきあいができない
17	外出する機会が減った
18	仕事や家事にほとんど影響がない
19	趣味が生かせる生活をしている
20	旅行に出かけられる状態である
V 総括質問	
21	あなたはリウマチという病気をどの程度受け入れるようになりましたか
22	あなたは今の生活や人生をどの程度幸せだと感じていますか。

表2 QOL評価項目への「変化無し・軽度の変化」が占める割合

項目	前 (%)	後 (%)	項目	前 (%)	後 (%)
1	81.0	85.7	12	59.5	69.0
2	78.6	85.7	13	90.5	90.5
3	78.6	78.6	14	61.9	73.8
4	69.0	64.3	15	21.4	33.3
5	69.0	71.4	16	81.0	78.6
6	59.5	78.6	17	26.2	31.0
7	54.8	69.0	18	23.8	38.1
8	73.8	71.4	19	42.9	38.1
9	69.0	69.0	20	50.0	45.2
10	71.4	78.6	21	85.7	88.1
11	47.6	54.8	22	76.2	81.0

4 考 察

昨年の報告では、RA患者が不安や抑鬱的な漠たる不安感を持つ傾向であることを示した²⁾。本年度は、患者背景が昨年の報告書と大きく異ならないよう、入院中の患者は自立出来る時期の患者を選んだが、昨年度に比べて年齢は有意差を持たなかったとは言え、より高齢で罹病期間の長い患者が対象となった。

表2に見られるように、運動浴・温泉浴は精神面でのプラス効果を示している。何故ならば、No.11, 12, 14, 15は改善していたからである。精神面を代表するNo.11-15のうち、No.13では変化を認めなかったが、前値が高く有意な変化をもたらさなかったのであろう。社会・文化面では、近所付き合い（No.16）を除けば不満の多い患者であった。これらの因子のうち、No.18のみ改善されたが、この因子が運動浴・温泉浴で実際に変化するとは考えられないので、これもやはり精神的な効果の一つと考えて良いであろう。No.6, 7も同様であろう。

一方、No.2の立ち居が良くなったのは、直接的効果と考えるべきであろう。なお、悪化したものは数%程度の変化であったので、無意味であるのかあるいは本当に悪化したと捉えるべきなのか判断し得ないが、いずれも軽度であったので、重大に捉えるまでもないと判断した。以上の様な変化の総体として、No.21, No.22は僅かな改善かあるいは不変であった。気分が良くなった結果として、また、有意な変化とは言い難いであろうが、前向きに評価しておきたい。

入浴や運動が気分の変化を誘ってプラス効果をもたらすことは、一般的に良く知られたことである。特に、疼痛はその良い研究対象とされてきた。興味深いのは、日本大学吉野教授は「落語」を聞くことによる疼痛の軽減効果を発表している。温泉も同様の効果を持っていてなんら不思議はない。大いに活用していくべきではなかろうか。

なお、検討した結果は単に運動浴・温泉浴のみの効果ではない。すべてPTやOTの指導の下に訓練を行ったので、相加相乗効果を見ているはずである。このことは、昨年度の報告と同様である²⁾。厳密には、プラセボ効果やバイアスとしてのリハビリ訓練を除いて行うべきであるが、成し得ていない。しかしながら、少なくとも温泉を手段として治療に利用する立場であれば、これでよいのではないだろうか。

参 考 文 献

- 1) Bombardier C, Ware J, Russel IJ, et al : Auranofin therapy and quality of life for patients with rheumatoid arthritis : results of a multicenter trial. Am J Med 81 : 565-578, 1986.
- 2) 安田正之ほか：慢性関節リウマチのQOLに対する温泉浴の効果，大分県温泉調査研究会報告46：47-50, 1995.
- 3) 水島 裕：QOLに関する研究，平成3年度厚生省リウマチ調査研究事業研究報告書：261-264, 1992.

温泉権紛争の調査と研究(VI)

—紛争事例の補充(補稿)—

(大分医科大)

大野 保治

本課題シリーズは平成3年度・会報第42号から5回にわたり、昨年度・第46号で一応終了した。しかし、その後、再度読みかえしてみても、未着手の領域についての事例も報告すべきだと思ひ、今回、本稿で改めて「補稿」として掲載する次第である。取り上げた事例は9例と少ないが、それは私事(眼疾手術入院)で時間的余裕がなかったからである。会員のご寛恕を願いたい。

〈事例26(14)〉 給湯事業の承継者(譲受人)が譲渡人の支配人に退職金として与えていた温泉権を認めようとしなないため訴訟となった損害賠償請求事件(別府)

(事実の概要)

別府温泉で戦前から戦後にかけて活躍した実業家Bは、源泉を持って給湯事業をはじめ、ホテル経営や観光事業を手広く営んでいた。その後、Bは、全財産とともに給湯事業(受湯者は120人余り、口数にして百数十口)の営業権もCに譲り渡した。これに先だってBは、その支配人Aに退職金の代わりに現物の温泉権(利用者の側からすれば「受湯権」、給湯契約に基づく温泉利用権)10口を与えていた。Aは、このうち1口については直ちに利用者を見つけ換価した。ところがその後、承継者Cがこの温泉権(9口分)を認めようとしなないことから、A(原告)がC(被告)に対して9口分に相当する金額の損害賠償の訴訟を起こしたのである(昭和37年(ワ)第115号損害賠償請求訴訟事件)。のち双方の弁護人の仲介でAC間に和解が成立し、当時の温泉権利金を基準に9口分に近い金額で賠償がなされた。

(評 釈)

本事例は、課題シリーズ(Ⅲ)(会報第44号〈事例14〉)ですでに報告したものであるが、今回は視点を交えて、再び取り上げることにした。それには、当該裁判で派生的に生じた問題として、給湯事業の譲渡時にどのような社会慣行があるかの「鑑定」問題があったからである。すなわち、別府温泉地方にあって、営業権の承継に際して譲渡人と譲受人(承継者)との間に、どのような社会的慣行なり慣習若しくは慣例が事実として存在するのかを調査・研究し、鑑定人(筆者)に「鑑定書」を提出せよ、との趣旨であった。

この裁判事例は、すでに30数年も前のものであるが、今回まで何回か訴訟関係者や温泉研究者から当該「鑑定」の内容(要旨)について聴かれたことがあるので、この機会に、その全文^{註(1)}を公開する次第である。

——現行民法では、温泉の権利・義務の実体について触れる条文は見出せず、入会権や水利権と同様に古来の慣習にゆだねる旨定められている(明治31年6月21日法律第10号『法例第2条(慣習法)』参照)。

現在、近現代法の発達の中で各分野で成文法主義が採られてきた結果、慣習法の成立は著しく狭くなってきており、成分法の発達が見られない領域—たとえば前掲の入会権や水利権、商慣習など—にしか残されていない。これらの領域では、古くからの「しきたり」が重んじられ、今日なお前近代性を遺す山漁村や一部農村の地域社会で僅かに息づいているに過ぎない(以上、『法学辞典』など)。鑑定人に選ばれた筆者の当時の感想では、——当事件の裁決に苦慮した大分地裁の担当裁判官が「鑑定事項」の結論にその裁決の途を模索しようとしたのも否定できないであろう。慣習法の成立(承認)は無理にしても「事実たる慣習」として、これに法的効果を付与し、成分法の欠缺に対して補充的効果を見出そうとしたのではないか、と思われた。

それはともかくとして、当該「鑑定書」に述べておいたように、この種の営業権承継時に起きる紛争は珍しい。その背景には、温泉権の取引が著名な温泉地では比較的多いのに、如上のごとき係争事例はきわめて少ないからである。

参考までに、「慣習」「慣行」「慣例」の区分概念に触れておく。まず「慣習」とは、ある社会の内部に歴史的に発生し、それが広く承認され、かつ継続・反復して行われる事実的行為をいう。法・道徳とともに社会規範の代表的なもの。「慣行」とは、慣習として行われている事項を規範ではなく行為の側面から見たものをいう。まだ慣習には至らないが、かつて何回か繰り返された事例をとくに「慣例」と呼ぶ。また、国家机关によって法として認められたもの、または法的確信を伴って強制力を有するときは「慣習法」ないしは「事実たる慣習」となる（『法学辞典』）。

〈事例27〉 現孔（原口）が不明のため掘削地点が特定できないことから生じた温泉訴訟事件（湯布院）
（事実の概要）

本事件の係争地は大分郡湯布院町（大字川上）である。この係争地は、終戦前年の昭和19年2月8日、当時別府市居住のHが自己の農地に掘削許可を受け湧出をみたため、鉱泉地として分筆登記したものである（同所2756番2、1坪）。ちなみに^{いによ}囿繞地の農地は、土地抄本によれば大正5年北由布町（当時）のKが所有していたが、同14年別府市のNに売られ、昭和17年Nの子が相続し、さらに同19年2月7日上掲のHに所有権が移転している。

戦後、この鉱泉地は、上述の囿繞地（2756番地2）とともに順次所有権が移り、また隣接農地と合筆・分筆を繰り返している（その詳細は略する）。当該紛争発生が決定的要因は、戦後Hの所在が全く不明であること、そのため該鉱泉地の権利変動に際しても真正の登記がなされないままに終始したという事実に基づく、と考えられる。

その経緯は——昭和61年に至って、国土法に拠る実地調査^{注2)}がなされ、公図変更手続きが採られることになった。ところがHが所在不明のため、同年4月21日の検分調査にHの立ち会いが得られず、調査員らも暫定措置として現況に合わせた新図面（とその地番）を作成する他なかった。その結果、当該鉱泉地には二重の変則登記簿が存在することになった。ちなみに旧図によれば、地番は同所2756番2、地目は鉱泉地、地積は3.30㎡であるのに対し、暫定新図のそれは同2756番11、地目は田、地積は4㎡となっている。このような事情があって、鉱泉地での掘削地点が容易に定まらず、紛争から訴訟へと発展したのであった。

その後の事情について、次に述べる。係争鉱泉地は平成2年5月2日、福岡市居住のIが売買により取得した。爾来、Iは同5年11月までに周辺の土地を買い広め、かつてのH名義の湯口を復旧して温泉旅館の経営を思い立ち、住所も福岡市から湯布院町の現住所に移している。その上で、Iは平成5年11月12日、県（大分保健所）に代替掘削の申請をしたが、上述のとおり現孔（原湯口）が特定できないことから、同年12月14日の温泉部会（第279回）で「継続審議」にされたのである。

これに先立って県では、担当者が幾度か現地調査をして申請人や関係者の証言、証拠物の収集・発見に努めたが、Iの主張する掘削地点での旧孔の痕跡や証言には信じがたいものがあり、また別の関係者の証言とも必ずしも一致せず、加えて新旧の公図にも符合しない点があった。正確・公正を期した県当局と温泉部会では、慎重審議した結論として、①Iの主張する申請地点は、確証を欠くことから代替掘削に該当せず認められないこと、②仮に新規掘削に変更するにしても、保護地域に当たり距離制限に抵触する（既設泉より100m）ため、これも認めがたいとの理由で、上述のとおり「継続審議」にされたのである。

この後、申請人Iは、紛争の解決が容易でないと考えたのか、大分家庭裁判所に不在者財産管理人選任の申立事件（平成6年（家）第170号）を起こした。その結果、平成6年3月22日付けで不在者Hの財産管理人として、湯布院町大字川南のFを選任する旨の「審判書」が下された。訴訟の相手方が決ったことから、IはHの財産管理人Fを被告に真正の登記に改めるよう大分地方裁判所に土地所有権移転登記手続請求訴訟（平成6年（ワ）第246号）を起こした。その結果、両者間に和解契約が成立し、Iの鉱泉地に対する所有権が「疎明」^{注3)}により真正なものとして改めて登記された。その後、Iの主張する地点での掘削申請が許可

(平成6年12月16日第283回温泉部会)され、湧出をみて現在Iは同所で旅館経営を続けている。

(評 釈)

本事例は現孔(原口)不明のために生じた掘削紛争(課題シリーズ(IV)「不明孔をめぐる紛争」の項参照)としては異例のものである。事実関係で述べたように紛争の真因はHの所在不明に拠るが、それだけに行政処分や決定は慎重でなければならず、また一面では、温泉権は「物権の一種」で財産権として憲法(第29条)上でも尊重されていること、また行政手続面でも欠疵がない以上、申請人Iの申請に対してこれを許可しない理由は見出せない。温泉行政を推進する県当局の今回の一連の措置は、如上の諸点においても適正かつ公正、妥当なものであったと考えられる。

なお、この事例と並行して別府温泉でも、同類型に属する掘削地点をめぐる紛争が見られた(諮問第13156号、代替掘削)。その概要は——戦前からの宅地所有者K(現在愛媛県居住)と戦後隣接地に旅館経営を始めたMとの境界近くで、源泉地の帰属をめぐる争われた。この温泉の利用集団は地区住民で構成するS温泉協同組合(69名)であり、源泉の再掘に当たり、K、Mがそれぞれ持つ2泉のいずれであるかで紛糾したものである。今年(平成8年6月)、Mがもつ旧孔を埋設することで解決をみた。K名義で代替掘削をした上で、現在も引き続きS組合が集団で利用している。自家源泉を持たず、永年にわたって(本事例の場合は戦前から)源泉権者の承認の下に温泉利用をしている場合、その利用団体によっては、その役員(組合長ら世話人)は源泉地盤の帰属や給湯料などの給湯条件の変更、源泉の枯渇時の対応などに日常的に留意するとともに議事録や契約文書などを厳正に保存し、事後の紛争を未然に防止するよう心がけることが何より肝要と考える。

<事例28> 地熱開発(発電)のための試掘段階で生じた掘削紛争(別府明礬温泉近郊)

(事実の概要)

この事例は、別府の西北部後背地で湯布院町境界に位置する伽藍岳(1,045m)中腹の国有地内で起きた。地熱発電の調査井掘削にのり出したD地熱開発会社(本社東京)が、周辺地域の温泉諸団体との間に起きた、いわゆる「温泉公害紛争」がこれである。昭和56年春、県に出された掘削(試掘)申請書によれば、その内容は深度2,500m、口径73mm、利用目的は地熱調査である。

その経緯は——既存の温泉場・明礬温泉より約1.5軒、同じく鉄輪温泉(ともに別府八湯の1つ)より約3.5軒離れた地点での当該掘削は、たとえ調査井にせよ、地下源泉(マグマ)に直ちに影響が出なくとも永年の経過の中で必ずや重大な影響を与えることが予測されるとして、県・別府市(ともに議会)をも巻き込み、両温泉場の諸団体(旅館組合・地獄組合・温泉共栄会・商工連合会・自治委員会など)との間で大紛争となり、県域はもちろん全国的にも大きな反響を招いた。陳情を受けた県温泉審議会(当時)でも、苦慮するとともに慎重を期するため、第226回審議会(昭和56年5月14日)につづき第227回でも異例の「継続審議」として、県知事への答申(許可)を見送った。結局、本紛争は、中央で政治問題化したため、県と中央機関の政治的判断で行政指導がなされた結果、申請人が申請を取り下げるという形で決着をみた。

(評 釈)

本事例は、地熱開発の試掘段階で起きた異例の類型(亜種ともいべきもの)に属するものであるが、これまでの掘削紛争・温泉権紛争に準拠して、ここで類似事例として取り上げることにした。地熱発電は、国策上、火山国日本の地下深層部のマグマを利用するユニークなものであり、当時、石油危機の時代には脚光を浴びていた。

しかし、地熱発電もその経済性や効率、立地条件等をめぐり問題が多いことから、今日では下火となり、原子力発電にその席を譲っていることも周知のことである。次に掲示する<事例29>とともに、地域住民紛争との、いわゆる「温泉公害紛争」のタイプに属するものと言えよう。本事例については、本誌・会報第34

号（昭和58年3月刊）の拙稿（「温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題」（中）」に資料を添えて詳しく報告しているの、それを参照されたい。

<事例29> 前事例に類似した温泉公害紛争（宮崎県えびの白鳥温泉）

（事実の概要）

平成5年秋、地熱開発調査のためのボーリング中、掘削機に使用していた油が混入した疑いが濃いとして、宮崎県えびの市の市営・白鳥温泉（市が森林組合に業務委託して第1・2の2つの公共温泉を運営させていた）に対して、その利用を一時停止させた。「温泉に石油の臭いがする」との利用客からの知らせに小林保健所では、直ちに立ち入り調査をするとともに県に報告した。宮崎県の工業試験場で分析した結果、同温泉から約1.5軒離れた地点で、新エネルギー開発機構（通称NEDO）が九州電力に依託して試掘中（1号井）、掘削機がトラブルを起こし、潤滑油として軽油17.6リットルを混入した事実が判明した。

（以上、『南日本新聞』平成5年10月26日号）

（評 釈）

本事例で取り上げるべき問題点はない。視角を変えて、国の環境影響評価（アセスメント）制度のあり方について一言しておきたい。

本誌で筆者は何回か、いわゆる「環境アセス」について、その法制化の必要性を説いた（会報第35号など参照）。環境庁は、かつて1981年（昭和56年）環境影響評価法案を国会に提出したが、産業界や開発官庁（建設、通産、農水省など）の抵抗に遭い、83年に廃案になっている。現行の評価制度は84年、閣議決定により実施要綱が決められ、特定の大規模事業について事業者が実施している。しかし、環境への影響が大きい巨大開発では、評価書の内容やその信頼性をめぐって、専門家や住民側から再三批判を浴びてきた。残念なことにOECD（経済協力開発機構）加盟27カ国のうち、法制度がないのは日本だけであること、都道府県・政令指定都市もほとんどが独自の条例や要綱を備えているが、国の制度が行政指導にとどまっているため、調整に統一的なルールがないなどの指摘が学界（学会）でもなされてきた。

最近、「環境影響評価制度総合研究会」（略称「アセスメント研究会」、加藤一郎会長）の報告書案がまとまったと新聞は報じている。それによると——行政指導による現行制度の限界や、先進国で法制度がないのは上述のごとく日本だけであること、を指摘し、事実上、法制化の方向を打ち出している。環境庁では、この報告書を受け、今年（平成8年）6月中に中央環境審議会に諮問、次期通常国会に法案を提出したい考えだと伝えている。

当該報告書（全文）をまだ入手していないので、現状のみをここに記し、関係者とともに今後のアセスメント法案の動向に注目したい。なお付記するなら、同法案の成立は厳しく容易でないことが予想される。日本の公害行政では経済界からの圧力が強く（いわゆる「官業のゆ着」）、また筆者の経験でも、そう簡単に成立をみるとは思えないからである^{注(4)}。

<事例30> 温泉と、いわゆる「抵当権」をめぐり生じた紛争（別府）

（事実の概要）

別府近郊の住宅地区で割烹と温泉旅館を営んでいたAは、自家使用後の余湯（余剰温泉）を近くに住むBとCに利用させていた。その後、Aは、宅地・建物とともに宅地内の鉱泉地を担保にD銀行から融資を受けていたが弁済できなくなり、強制執行されることになった。結局はAD間で協議が整い、Dが抵当物件を全て買い取ることで落着いた。所有権移転の登記終了後、DはBCに対して給湯を停止する旨通告するとともに、鉱泉地への立ち入り禁止をしたため、本紛争が発生したのである。

（評 釈）

まず問題となるのは、BCの温泉権がどのような性格のものであったか、である。それについては課題シ

リーズ（Ⅰ）（Ⅲ）で触れた（→〈事例11、12、13など〉参照）。また、AがDの融資を受けるに際して、B Cの温泉権についてどう協議し取り扱いを決めたかも問題であろう。本事例の発生は20数年も前のことで当事者・関係者の証言が得がたく、それにAとB C間との給湯契約書、A D間の不動産売買契約書などの証拠資料も入手できず、ただ事情を知る一部の人の情報しか得られなかった（そのため、以下の叙述は推論であることをお断わりしておく）。それによると、Bの温泉権は源泉共有権（若しくは分湯権）に近く、Cのそれは給湯契約による温泉利用権（受湯権）か、恩恵による余湯利用権（→〈事例21〉参照）ではなかったか、という。

——本事例で新しく取り上げる視点は、温泉とこれに関わる、いわゆる「抵当権」の問題である。D銀行の抵当権設定に対して、Aの源泉権（第一次温泉権）は論外として、B Cの上掲温泉権（同第二次）を担保にしたという事実は見受けられない。また、DのA財産取得に際して、B Cの温泉権につきどのような協議をしたかも定かでないが、Dにおいて幾何かの対価を支払って解決したらしい、という。

さて一般に、温泉権は、全国の温泉地では高い利用価値を有する結果、高い交換価値を有することも周知されている。こうして最近では、温泉のもつ経済的価値が高まるにつれ、また温泉を要素とする企業とりわけホテル・旅館など温泉観光業者がますます多額の資金を必要とするようになってきている今日、温泉を担保化する必要性も著しく増大してきている。しかし、本シリーズで度々縷言してきたように、温泉に対する権利（いわゆる「温泉権」）の現実の内容が明確化していない場合が多く、その結果、温泉の担保化は法上、難しい問題を孕んでいる。とくに担保を伴う債権関係は、最終的に温泉権訴訟に発展して裁判所に持ち込まれても、それがどのような法的保護を受けるのかも、これまた不透明である。そのため、温泉権の担保が著しく不安定になることも避けられないところである（以上、川島武宜著『温泉権』岩波書店、第三章）。

このような現状のもとで、別府温泉地方にあって、温泉権の担保が實際上どのように取り扱われているかの情報は、温泉法研究者の一人として興味を引くところである。市内の銀行実務担当者や幹部の語るところを総合すると、融資に際して不動産に併せて源泉地（若しくは源泉地盤）を担保にとり、湧出温泉そのものを担保の対象にすることはまず無いのではないかと、併せて実際面でも、温泉（権）は担保価値としての評価が難しい、とも指摘する。だが、この点、各温泉場で温泉権利金等の相場が定められていることを考慮すれば、必ずしも評価が困難とは言えないだろう。むしろ、源泉そのものが何時枯渇するか判らないという変動性の多い財産権という点にあるのではあるまいか。なお、考えられる点は、金融機関が温泉権を担保にとっても、担保権を実行して換価する場合に、温泉権のみが他の者の名義となれば、複雑な法律問題に発展することも問題であろう（事実、別府温泉でも、かかる事例が以前あったという）。

だが問題は、温泉権といわゆる「抵当権」をめぐる、如上のような常態でよいのか、である。本事例のごとき紛争は、将来とも起きることが予測されよう。現在、不動産登記法の上で、温泉権の登記が閉ざされている以上、解決への途が厳しいことも理解できる。だが実際には、温泉権には「抵当権」を設定する旨を表示する担保契約証書が作成されているようである。この方法以外にも、温泉に譲渡担保や質権の形態をとることも考えられなくもないが、いずれの方法をとるにせよ、担保権者の法律上の地位は曖昧であるため、銀行など金融機関は通常は温泉を担保にとらない（県下の温泉地で、温泉権を担保にとっている具体的事例の情報をお持ちの方は筆者に知らせて欲しい）。この他、温泉権の変動を第三者に対抗するための「公示方法」の問題²¹⁶⁾があり、上掲〈事例26〉の「鑑定書」の中でも触れておいたが、論述する紙幅がないので割愛することにする。

〈事例31〉 大型公共温泉施設へ給湯する「源泉」をめぐる生じた問題（別府）

（事実の概要）

本事例は、地域住民や温泉利用者と直接、掘削や温泉権で紛争に及んだものではない。問題の経緯は次のとおりである。——別府市では、市民の利用と観光客誘致の一環として大規模温泉施設の建設を企画した。

この通称「テルマス」施設は、平成6年7月に着工し、翌7年春に竣工、総事業費は約7億3,000万円（土地は市有地）で市内京町海岸、的カ浜公園北隣にある。営業に必要な湯量は毎分400リットルを予定しており、自家源泉は1孔で約50リットルしか確保できないため、残り350リットルは他の源泉に頼らざるを得ない状況にあった。

以上の源泉に最有望視されたのが扇山源泉（扇山ゴルフ場の北隣、内山溪谷寄りに所在）であったが、今年（平成8年）4月に入って噴気の勢いが10分の1に落ち、泉色も黒色に変じた。そのため原因を調査していた市議会の観光経済委員会調査会で調査の結果、その概要が判明した。それによると「既存の扇山源泉の修復は困難。暴発の危険もあり、廃孔せざるを得ないだろう」との結論に達したという。すでに引湯管の敷設工事に約3億円を投じており、当てにしていた当該源泉からの給湯が絶たれたことから、当初予定していた平成7年9月開館の予定がさらに大幅に遅れることになった（以上『大分合同新聞』平成8年6月4日号）。

（評 釈）

本事例は、市長選と政治が絡んで社会問題化し、別府市民の高い関心呼び議会でも紛糾した。このような公共温泉施設—大規模で多量の温泉を必要とする—にあっては、源泉の確保が難しい上に給湯に際しても安定的かつ継続的でなければならず、したがってその経営がきびしいことは類似施設の「温水プール」（ラクテンチ下）、「湯都ピア浜脇」問題で、すでに経験したところである。この種の大事業を成功させるためには、ここに論述するまでもないことながら、まず①源泉の確保、それも複数を予備として考慮しておくこと、②安定的継続的給湯がなされるかの予測（いわゆる「アセスメント」）、③源泉地からの引湯距離の問題（厳寒期の保温対策や引湯工事費など）、④引湯管敷設をめぐる通過地域でのトラブルなどの諸問題が考えられよう。

—近時“ふるさと創設基金”で全国的に温泉掘削の気運が高まり、湧出をみた市町村では、温泉休養施設の建設がブームとなっている。本事例のような大規模温泉事業の推進にあたっては、事前に地方議会だけで取り組むのではなく、広く住民参加の広がりのもとに公聴会や説明会を活用して住民の率直な声を聴くべきであろう。また住民の側においても、血税が投入されることを思えば無関心であってはならず、積極的に意見を述べるべきであろう。

〈事例32〉 温泉権の帰属と温泉権利金の支払いをめぐる別荘分譲地購入紛争（天カ瀬温泉郊外）

（事実の概要）

天瀬町近くの桜竹地区で温泉（権）付き別荘分譲地（約480区画）を購入した百数十人（主に福岡県と佐賀県の居住者、一部20人ほど日田市内外）に対して、源泉所有者と称するA社（本社熊本市）から「温泉の権利は当社にあるのに、開発したB社（同熊本市）が無断で温泉利用権を売買した」として、新たに1口に付き60万円支払うよう請求された。購入者たちは、土地代金と一緒に温泉権利金をすでに支払っていたことから、平成6年3月20日天カ瀬温泉に集まり、管理組合を結成するとともにA社と温泉権存在確認の交渉を始めることを申し合わせた。（以上『大分合同新聞』平成6年3月21日号）。

（評 釈）

本事例での論点は、温泉（利用）権がA B両者のいずれにあり、かつ、どのような性格のものか、である。両者が温泉利用をめぐる、どのような協議を進めていたかであるが、両者間に協議が整わない裡にB社が別荘地の分譲を開始したのではあるまいか。新聞報道から推測する限りでは、源泉権はA社に、温泉利用権はB社にあるように思われる（現在、調査中）。

別府温泉などで温泉（権）付き分譲地を企画する場合、多くは開発業者が何らかの方法で温泉（利用）を確保した上で開発に着手する。また購入者への給湯も①業者自身が当たる、②別に給（配）湯会社をつくり給湯する、③購入者たちに温泉組合を結成させ、源泉や諸施設の維持管理に当たらせる（→〈事例20〉）、④開発前に契約した温泉会社に給湯させるなどの方法が採られている。本事例では、分譲区画が約480と、

県内ではかつて見られなかったほど多かったこと、加えて分譲地域が温泉湧出量のさほど多くない地域であったことも、紛争に発展させる一因となったと考えられる。

〈事例33〉 源泉の分割譲渡をめぐる共有者の意見が整わなくて生じた紛争（別府）

（事実の概要）

別府市近郊の住宅地区で、ABC 3人はAの宅地内に共同で温泉を掘削し、それぞれ利用しあっていた（3人持ちの源泉）。数年後、近くに新築したDは、親しくなったCに対して何らかの温泉の利用を持ちかけた。Cは夫婦2人暮らしで湯量にも余裕があったことから、これに応じ、その持分権の半分を譲渡する代償に温泉権利金（120万円）の半額を負担するよう求めた。これに対してDは、できればABCと対等の権利（持分権1/4）が欲しい旨応えた。CはABと協議したが、いずれの案もABの容れるところにならず、Dの温泉利用は不成功に終わった。後日、Dは、この地区に配湯している某温泉会社の給湯（受湯権）を受けている。

（評 釈）

内容としては比較的単純であり、目新しいものはない。民法上の「共有物」の諸規定（第249条～）が参考となろう。本事例のように温泉（源泉）共有者が少数の場合は、温泉のもつ特性からして、各共有者の信頼関係が強くと要請されるため、分割に応じない事例が多い。この場合、分割禁止の特約（民256条「不分割契約」）をしていなかったのであろう。本事例のようなケースが将来起きることが予想されるから、源泉共有の場合、共有を開始する以前に分割の可否を特約しておくべきであろう。また温泉組合や配湯会社の場合、源泉の枯渇が当然予測されるのであるから、温泉組合では組合員に、配湯会社にあっては各受湯権者に再掘をどうするかも周知させておくべきである（→〈事例16〉〈事例20〉など）。源泉の変更（処分）には、権利者全員の同意を必要とする（民251条）ことからのトラブルも起きやすいので、常日頃検討しておき、紛争を事前に防止することが望まれる。

〈事例34〉 源泉権（湯口権）の差押をめぐる公示方法が問われた温泉権訴訟（長野県浅間温泉 大審院 昭和15年9月18日第三民事部判決）

（事実の概要）

源泉地と源泉権（湯口権）を所有するAは、Bから金を借りるに際して、その債権担保に源泉の全湧出量（1分間1石）の6分の2、すなわち2口分の湯口権に質権^{注(6)}を設定し、公正証書にしていた。その後、Aは×銀行に源泉地（所有権）と源泉権を譲り渡した。×は直ちに、源泉地については所有権の移転登記をなし、また源泉権（湯口権）については長野県鉱泉取締規則に拠り、その台帳名義をAから×に変更の届出をした（注一昭和15年当時、所轄は県警祭部鉱泉（温泉）担当課であった）。

こうしたことから、貸金債権者Bは×に対して、公正証書に基づき湯口権に対する差押を裁判所に申請し、その命令を得た。そこで×は、本件湯口権取得につき公示方法を備えたとして強制執行異議の申立を提起した。これに対して、Bは「源泉地取得の登記をしても、湯口権取得の公示とはならない（権利変動の対抗要件^{注(7)}を備えたことにはならない）」と主張した。

第1審は、湯口権は常に源泉地から独立して存在する「不動産所有権ニ類似スル物権的権利」であることを認めた上で、台帳名義を×にしている点、またAを×の管理者としている事実（注一売買登記後、×はAに源泉を賃貸して代理占有させていた）は「本件温泉使用权取得の対抗要件を備えたもの」と認めて×を勝たせた。

第2審は、第1審の判旨を継承して「湯口権ハ一種ノ物権的権利」として源泉地と独立して処分することが当地方の慣習法により明らかとした上で「（湯口権ニハ）第三者ニ対抗スルニ付キ公示方法ノ規定ナキヲ以テ、権利ノ変動ハソレ自体、何人ニ対シテモ之ニ対抗スルコトヲ得ベシ」として、再び×に勝訴を言い渡

した。これに対してBは、慣習法上の物権的権利を認定するからには、何らかの対抗要件（明認方法）を必要とすべきは当然であって、法規に規定がないからといって対抗要件不要と断定すべきではない、という理由で上告したのである。

大審院は、Bはこの主張を容れて、原判決を破棄した。その判旨によれば「然レドモ既ニ地方慣習法ニ依リ如上ノ排他的支配権ヲ肯認スル以上……第三者ヲシテ其ノ権利ノ変動ヲ明認セシムルニ足ルベキ特殊ノ公示方法ヲ講ズルニ非ザレバ、之ヲ以テ第三者ニ対抗シ得ザルモノト解スベキコトハ敢テ多言ヲ俟タザルガ故ニ……」として、明認方法には、例えば「温泉組合乃至ハ地方官庁ノ登録簿」や或いは「^{あえ}少クトモ立札其ノ他ノ標識」が必要であろうと結論づけられている。

（評 釈） — 省略 —

注(1) 「鑑定書」は縦書きであるが、そのまま横書きに改めて全文を以下に掲げる。

鑑 定 書

鑑定人 大野保治

貴庁昭和37年（ワ）第115号損害賠償請求事件の鑑定人として、本鑑定書を提出します。なお鑑定事項に関し別府地方を別府鉄輪地方に限定して調査したことを申し添えます。

1 鑑定事項に関する別府鉄輪地方の実態について

別府鉄輪温泉地方においては、鑑定事項のごとき内容の温泉源の譲渡の例はきわめて少ない（もっとも温泉源自体の譲渡や附属物として土地建物などとともに譲渡された例は散見される）。

ここにその少数の例につき、調査結果を述べると次のとおりである。

(1) ホテル〇〇と貸間△△荘の場合

鉄輪温泉所在の貸間△△荘は、もともと本係争の××の配湯を受けていたのであるが、ホテル「□□□」は昭和38年ホテル増改築に際し多量の泉液を必要としたので、隣接する△△荘内の土地が温泉湧出の可能性が高いこと（約十数メートルのところ北中組所有の自然湧出の部落湯があり、なお周辺にも多数の泉源あり）に着目して、その地の借用を申し出た。これに対し、△△荘側においても過去の××の温泉紛争に懲りており、何らかの温泉権の確保をとかねがね念じていたので、双方交渉の結果、△△荘側はホテル「□□□」に温泉掘さくのための土地使用をひとまず承諾し、湧出が実現したときは両者間の権利につき詳細を定めて契約文書を取りかわす、こととした。しかるに後日、予想外の大沸騰泉が噴出するや、ホテル側は△△荘自家用の必要量だけの全面的利用を許容するのみで（ホテル側も大浴場などの需要を満たした上、余湯は傍の谷川に捨てていた）、温泉権についての協議は整わないままで年月を経過し、ついに契約書作成に至らなかった。

昭和41年夏頃、ホテル「□□□」はホテル〇〇に温泉源を含む一切の物件を譲渡し、新所有者〇〇は△△荘に対し、一切の権利義務を承継した旨の通知を口頭でなした。これに対し△△荘は、この機を逃さず一挙に問題の解決を図ろうとして、(イ)文書による契約をしないかぎり土地使用貸借を解消したきこと、(ロ)幾ばくかの持分権を有する温泉権（湯口に対する支配権、湯口権）の取得を強く望むなどの条件で再度ならず交渉したが、当事者に合意が得られず、そのうちに当該泉源が固枯し、ついに話し合いは徒労に帰した。その後ホテル〇〇は、自家敷地内に新規掘さくの許可を得て掘さくし、温泉の湧出をみて今日に至っている。ちなみに①△△荘は現状回復のため、コンクリート造りの噴気塔並びに熱騰泉の貯湯槽などの施設物の撤去を請求したが、新旧源泉権者はともにその義務なしとして（新権者は次の理由で）これを拒否した。②新権者（譲受人）は譲り受け後、幾ばくもたたないで源泉が固枯したことを理由に、譲渡人に対し損害賠償を請求したところ、彼もこれを容れて、温泉源の対価に相当する金額を返済した由である。

(2) 「××」創設者より本件被告への譲渡の場合

「××」創設者より本件被告に昭和26年温泉源をも含め全物件が譲渡されたときの事情を粗述すれば、次のとおりである。

譲渡前（戦争中より昭和26年にかけて）に「××」の配湯口数はしだいに増加し、その数は約百7、80口にも達していたといわれる。その配湯区域は鉄輪温泉一帯はもちろん、その南に隣接する北中地区を経由し、約1キロ東南方に位置する新別府別荘地区（ここには大正以来海地獄温泉組合の配湯があり、その補強用として利用された）、その東方下の馬場部落、また鉄輪より東方海岸線に向い約2キロ余の上人・中須賀の両地区などかなりの無温泉地域におよび、相当の長距離にわたって引湯幹線を埋設し、旅館貸間はもとより別荘や保養所、部落の共同浴場、温泉組合の共浴場、さらに地元の有力者の自家用などに給湯していた。

しかるに戦後の経済変動、加うるに源泉加温貯湯の諸施設の改修、埋設土管の老朽化など経済的事情により経営主が交替するにいたり、新所有者（本件被告）は譲り受け後、直ちに全受湯者に(イ)名義変更の通知と契約文書の書き換え、(ロ)諸施設の維持費という名目で高額な金員の支出を要求し、(ハ)ロの請求に応じないときは給湯を停止するも止むをえない旨を通告した。温泉源所有者の突然の交替と再度の金員の支出要求（当時、受湯者のなかには権利金の二重取りではないかと怒りを憶えたと告白する者多し）とは全受湯者をいたく驚がくさせ、困惑させたことは多くの受湯者の語るところである。給湯の停止は入浴の利便を喪失させるばかりか、約半数を占める旅館貸間など接客観光業者にとっては生計を左右する死活の問題であるだけに、社会問題にまで発展した（ために若干の受湯者は訴訟で争った）。戦前もしくは戦後多額の権利金（時価にして百万から百数十万円に該当する）を支払って「温泉権」を購入し、温泉利用の権利の保全を確信していた多くの受湯者は、名目はともあれ、再度の権利金の請求を短期間のうちに（長期の者で約10年、なかには購入後2、3年の者もいた）受けようとは夢想だにしておらず、彼らの受湯権は永久のもの（契約文書のなかでうたっていた）、仮にそうでないとしても相当長い期間（ある人は2、30年、なかには数10年と答えし者あり）にわたるものと確信していたのであり、それにもかかわらず、温泉権者が温泉源を譲渡するにあたり、これら受湯権者に何らの相談もせず、しかも新所有者が彼等の受湯権を承認しないのは全く理不尽な所為だと憤激したのである。

その結果、全受湯者は結集して集団で新所有者と交渉するにいたった。結局、受湯者側は給湯業者に給湯停止の決定的権限を握られているという弱者意識から、不給湯は止むをえないこととして、新所有者の要求を認めて紛争は落ち着いたのであった。

2 鑑定事項に関する私見

以上の通り、鑑定事項に該当する具体的事例は2例しか見出せなかった。調査範囲を別府鉄輪温泉一帯に限定し、広く別府八湯にわたる調査の時間的余裕を持たなかったことを遺憾とする。しかし、かかる事例の有無につき、関係者に問いただしたのに対し、鉄輪以外の温泉場にもかかる事例は少ない旨一様に語ることをみれば、別府全域においても、その例は少ないであろうと推測される。

(1) 鑑定事項に関するかかる事例がこのように僅少である以上、これに関する慣習法を明確にすることはきわめて困難であると言わざるを得ない。

したがって、本件の問題については、直接にこれに関する慣習法を探求することをあきらめ、一般的な法理論に基いて解決することを試みるほかはない、と考える。

(2) そこで、まず本件の温泉利用権が「物権」であるか「債権」であるかを考察することとする。

××の受湯者が当時かかる温泉（権）を購入したという社会的事実、それが近代的制定法に構成するところの「物権」に近似のもの（もしくはその一種）であろうことを推認するに充分である。思うに、××創設当時締結せられた当事者間の契約内容は給湯者の変更とともに債権的色彩のものに書き換えられたとはいえ、(イ)権利金がかかなり高額であり、(ロ)電気や水道のごとく使用量の温泉に対価を支払うという意識が受湯者に薄く、(ハ)期間の定めもなく、また(ニ)給湯者が変更しても自己の温泉利用権になんら変りはないものと確信していることなどから、敢えて首肯できると思われる。

もっとも、かかる「温泉権」を「物権」として国家法の平面で承認すべき制定法上の根拠は必ずしも明確ではない。さればとて、××に関する貴庁昭和28年の訴訟（昭和28年（ワ）第203号温泉権確認請求事件）が判示したように、近代法の概念からただちに「債権」なりとした裁断にも一概に賛同し得ないのである。

しかしこのことは暫くおくとして、本引湯権を債権（的なもの）と解するにしても、それが公示方法を具えて

いる場合には、これを第三者に対抗し得るものと解すべきである。しからば本件引湯権については、何をもって「第三者に対する対抗要件としての公示方法」と解すべきであろうか。これが次に問題とすべき点である。

- (3) 温泉利用権は蜜柑や桑葉同様に土地の一部に対する権利であり、したがって蜜柑等に関する判例を類推して、「明認方法」をもってその公示の方法とするものと解すべきである。

この点に関し、貴庁昭和36年9月15日の判決（昭和34年（レ）第27号建物収去土地明渡請求控訴事件）に「大分県別府市地方において、温泉権施行手続第8条所定の温泉台帳に温泉権利者として登載を受けることによって、恰も物権につき登記をうけるのに類似した事実上の公示作用を営んでいる」旨の判示がある。もっともこの事件は、台帳が「公示方法」であるかどうかを争った事件ではないし、また事実上の公示作用というからには、法律上の公示方法とは認めないという趣旨かもしれぬが、いずれにしろわれわれの調査によれば、別府市地方における温泉の取引についてかかる事実は存しないがごとくである。ちなみに、ある人（××前受湯者、現個人有温泉権者、78歳、元大分県職員）は「……保健所に温泉台帳があることは知っている。しかし温泉の取引にそんなことを果たしてしていますかね」とこれを疑問視し、またある人（個人有温泉権者37歳、アパート経営）は「……保健所になにかそんなもの（台帳をさす）があるらしいですね」と私に言ったことは、このことを示すものである。

- (4) されば、第三者対抗要件として考えられるのは、前述のごとく「明認方法」である。周知のごとく判例は、土地と分離し独立して譲渡の目的となり得るものであって、その所有権の譲渡を第三者に対抗するには、第三者をして権利の譲渡を明認せしめるにたる行為をなすことを必要とする、としている。したがって譲受人は、その権利の取得につき明認方法なる公示方法を施したときは、第三者に対し絶対にその所有権を対抗することができるのである。

この判例を類推すれば、温泉に対する権利もまた現実に温泉を管理利用する人の承認を得て、現実の管理支配を譲り受けることによってのみ譲り受けられるのであり、そうしてそのような事実があるかぎり、そのような事実をもたない第三者の主張に対して、温泉を支配する権利を対抗することができるのを原則とする。温泉権を公示する特別の手段がない以上、温泉権は現実に温泉を管理支配している一とくにその物的施設一という社会的事実を立証しつつ、温泉権の譲渡について、現実の支配事実以外に対抗要件を必要としないと解すべきである。

本事例の場合も温泉源の譲渡にあたって、関係者の言を総合するに(イ)売主において譲渡のときまで現実の支配と利用をなし来たこと、(ロ)買主が現地におもむき給湯諸施設をはじめ現実の利用状況を確認していたこと、(ハ)その上で現地において引渡をなしたことが認められる。かかる取引方法が当鉄輪地方のみならず、別府地方一般の取引の実態であることを知り得るのである。（この点、別府地方のみならず、全国温泉地においても同態であるがごとく思えるが、確言は避けたい）

- (5) 以上のことから、一般に言えることは次のとおりである。

当事者が、その特定の給湯者のみに対して受湯者が権利を主張するものとする趣旨が明らかでないかぎり、受湯者の受湯権につき明認方法が具備されている場合には、その受湯者はその受湯権を譲受人に対抗し得る、と解すべきである。

3 結論として

総括的に結論として言えることは、前項2で論及したごとく、慣習法の調査は甚だ困難であり、これについては結論を出すことは不可能である。したがって私は、前述のごとく、本件の問題に関する一般的法理論を試みた次第である。

以上の通り鑑定致します。

昭和42年3月28日

右鑑定人 大野 保 治

大分地方裁判所 御中

注(2) 国土総合開発法第7条（全国総合開発計画）、第8条（地方総合開発計画）、第10条（特定地域総合開発計画）などによる「現地調査」かと考える。

注(3) 「疎明」とは、当事者がその主張事実について裁判官に一応確からしいとの意識を生じさせること、または、これがために当事者が証拠を提出すること。高度の心証である確信を生じさせる「証明」とは異なる。民事法上の「疎明」は、権利関係の終局的確定についてでなく、それ以前の一応の保全処分や訴訟上の申立について迅速（簡易）にその諾否を決定する必要があるときに許される（民訴法第267条他）。(『法学辞典』)

注(4) 筆者が新エネルギー財団「地熱開発アセスメント委員会」の委員をしていた当時、度々委員会で法案成立の必要性を力説したのであるが、官界の反応は薄かった。

注(5) 参考になるのは、『注釈民法（7）』「温泉権の処分」（P636～）、川島武宜著『温泉権』第3章「温泉権の変動と明認方法」（P125～）。難解な問題に対して、川島教授のユニークな法律論が展開されている。

注(6) 「質権」とは、債権者が債権の担保として、債権者から受け取った物（財産権）を留置して債権者の弁済を間接に強制し、弁済のない場合にはその物の価格により優先弁済を受ける権利のこと（民法第342条）。また、質権の設定は、質物が債権者に引き渡されることによりその効力を生じ（同344）、かつ質権者が質権設定者に質物の占有をなさしめる（代理占有させる）ことを禁じている（同345）点で、それは「抵当権」と異なる。

注(7) 「対抗要件」の本来の作用は、法律関係の変動を第三者に公示して取引の安全を期するにあり、主として当事者間で有効に成立した法律関係を第三者に主張する場合に問題となる。不動産物権の対抗要件は「登記」（民177）、動産物件は「引渡」（同178）である。なお、特殊な物の場合、慣習法上の公示方法として「明認方法」がある。

大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会は大分県温泉調査研究会（以下「会」という。）という。

第2条 会の事務所は大分県保健環境部環境企画課内に置き、調査研究の必要に応じて出張所を設けることができる。

第3条 会は大分県内における温泉の科学的調査研究をして公共の福祉増進に寄与することを目的とする。

第4条 会は前条の目的を達成するために下記の事業を行う。

- (1) 温泉脈及び温泉孔の分布状況調査
- (2) 噴気に関する研究調査
- (3) 温泉に対する影響圏の調査
- (4) 化学分析による温泉調査
- (5) 療養的価値よりみたる温泉の調査
- (6) 温泉に関する図書及び機関紙の発行
- (7) その他会の目的達成に必要な事業

第5条 会は下記の構成員をもって組織する。

学識経験者

県及び温泉所在地市町村の代表

関係行政庁の吏員

第6条 会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

会 長	1 名
副 会 長	2 名
常 務 理 事	1 名
理 事	若干名
監 事	2 名

2 役員任期は2年とする。ただし、役員に欠員を生じた場合の補欠役員任期は前任者の残存期間とする。

第7条 会長は会務を総理し、会議の議長となる。

2 会長に事故のあるときは副会長が、会長及び副会長に事故があるときは常務理事がその職務を代理する。

3 常務理事は会長を補佐して会の常務に従事する。ただし、会の出納事務は常務理事が処理するものとする。

4 理事は会務に従事する。

5 監事は会計及び会務を監査する。

第8条 会に顧問を置くことができる。

- (1) 顧問は役員会の承認を得て会長が委嘱する。この場合、総会に報告しなければならない。
- (2) 顧問は会の事業について会長の諮問に応ずるものとする。

第9条 役員は名誉職とする。ただし、常時会務に従事しておる者及び職員はこの限りでない。

第10条 会に下記の役員を置く。

- (1) 書記 若干名
- (2) 書記は会長が任命又は委嘱する。
- (3) 書記は上司の指揮を受け庶務に従事する。

第11条 会議は総会及び役員会とする。

第12条 総会は会長が招集する。

- 2 総会は通常総会及び臨時総会とし、通常総会は毎年4月、臨時総会は会長が必要と認めたとき、又は会員の5分の1の請求があったときに招集する。
- 3 総会の招集は開会の5日前までに会員に届くように会議に付議する事項、日時及び場所を通知しなければならない。

第13条 総会において下記の事項を議決する。

- (1) 会則の変更
- (2) 役員を選出
- (3) 予算及び事業計画
- (4) 解散
- (5) その他重要事項

第14条 総会は会員の過半数が出席しなければ議事を開き議決することはできない。

- 2 議事は出席会員の過半数で決し、可否同数のときは議長の決するところによる。
- 3 議事に関しては議事録を調整し、会長の指名した2名以上の者がこれに署名しなければならない。

第15条 下記の事項について会長は専決することができる。

- (1) 総会の議決事項であっても軽易な事項
- (2) 臨時急を要する事項
- (3) 会員の入会・退会

2 下記の事項については総会に報告し、承認を得なければならない。

- (1) 前項の専決事項
- (2) 前年度の事業及び決算

第16条 役員会は会長が招集する。

- 2 役員会は総会に付議する事項、顧問の推薦、その他会長が必要と認める事項を審議する。

第17条 第14条第1項及び第2項の規定は役員会に準用する。

第18条 会は議事遂行上必要がある場合は、専門委員を設けることができる。

- 2 前項の委員会に関する事項は総会で定める。

第19条 会の経費は負担金及び補助金、委託料、寄附金等その他の収入をもってこれにあてる。

第20条 会の会計年度は毎年4月1日から始まり翌年3月31日に終わる。

2 年度における余剰金は翌年度に繰越することができる。

附 則

前条の規定にかかわらず、昭和24年度の会計年度は6月1日から始めるものとする。

附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成2年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成7年5月1日から適用する。

大分県温泉調査研究会会員名簿 (順不同)

顧 問

大分県議会福祉生活
保健環境委員長 岩 尾 憲 雄
別府市議会議長 内 田 有 彦

職 名	氏 名	備 考
京都大学名誉教授	吉 川 恭 三	会 長
大分県保健環境部次長	釘 宮 勇	副 会 長
九州大学生体防御医学研究所教授	矢 永 尚 士	〃
大分県保健環境部環境企画課長	石 川 公 一	常 務 理 事
大分大学教育学部教授	川 野 田 実 夫	理 事
日本文理大学工学部教授	森 山 善 藏	〃
京都大学理学部教授	由 佐 悠 紀	〃
国立別府病院	安 田 正 之	〃
九州大学名誉教授	古 賀 昭 人	
〃 名誉教授	延 永 正	
大分大学名誉教授	志 賀 史 光	
〃 名誉教授	川 西 博	
前大分大学教育学部教授	大 野 保 治	
大分総合検診センター理事長	辻 秀 男	
大分県教育委員会教職員第二課長	日 高 稔	
京都大学理学部助教授	北 岡 豪 一	
〃 助教授	福 田 洋 一	
〃 助手	大 沢 信 二	
	大 内 太 門	
	大 石 郁 朗	
大 分 市 長	木 下 敬 之 助	理 事
別 府 市 長	井 上 信 幸	〃
臼 杵 市 長	芝 崎 敏 夫	
杵 築 市 長	石 田 徳	
真 玉 町 長	安 永 信 義	
国 見 町 長	金 山 尚 學	
挾 間 町 長	川 野 秀 夫	
庄 内 町 長	佐 藤 三 千 生	

職 名	氏 名	備 考
湯 布 院 町 長	佐 藤 雄 也	理 事
久 住 町 長	衛 藤 龍 天	〃
直 入 町 長	岩 屋 万 一	〃
九 重 町 長	坂 本 和 昭	〃
天 瀬 町 長	高 倉 柳 太	〃
本 耶 馬 溪 町 長	井 上 次 男	
玖 珠 町 長	濱 田 欣 次	
耶 馬 溪 町 長	平 田 宣 彦	
山 国 町 長	吉 峯 高 幸	
院 内 町 長	川 野 哲 也	
安 心 院 町 長	高 田 文 義	
大分県衛生環境研究センター所長	橋 宣 祥	理 事
別 府 保 健 所 長	渡 辺 英 介	監 事
別府市観光経済部長	小 林 健 三	
別 府 市 温 泉 課 長	須 田 一 弘	監 事
別府市温泉課課長補佐	梅 木 武	
大分県保健環境部環境企画課課長補佐	小 手 川 純 一	
別府保健所次長兼総務温泉課長	藤 内 誠 一	
大分県衛生環境研究センター化学部長	首 藤 武 巨	
〃 主幹研究員	久 枝 和 生	
〃 主幹研究員	恵 良 雅 彰	
〃 主任研究員	小 野 文 生	
大分県保健環境部環境企画課係長	後 藤 一 昭	書 記
〃 主任	三 好 一 夫	〃
〃 主事	和 田 広 路	〃

大分県温泉調査研究会報告 第47号

平成8年3月 印刷

平成8年3月 発行

発行者 大分県温泉調査研究会
大分市大手町3丁目1番1号
大分県保健環境部環境保全課内

印刷者 大分市新川町2-5-4
(有)大分プリント社
電話 32-3717