

28. 阿蘇山麓

28-1. 阿蘇カルデラ

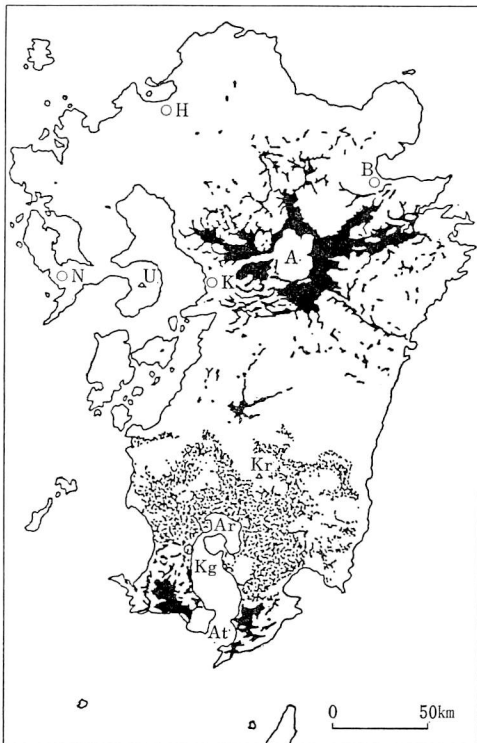
(1) 地形・地質

阿蘇山は東西 17 km, 南北 25 km, 広さ 379 km² の世界的な規模のカルデラをもつ活火山である。カルデラの形成に密接な関連した火山噴出物である火砕流堆積物は、カルデラ壁から 100 km 以上も離れたところまで達しており (図 2-9-113), 火砕流の放出に伴う火山灰は本州各地をはじめ北海道東部でも認められ、第四紀後期の編年に重要な知見をもたらしている⁽⁹⁾。

カルデラ壁の高さは 300~700 m であり、カルデラ底はほぼ平坦で、その海拔高度は 500 m である。カルデラ外側の斜面は約 1/40 の勾配で緩斜し、西斜面は熊本平野に連なっている。

巨大なカルデラのほぼ中央には、12 以上の中央火口丘群があり、このうち、主要な 5 峯は阿蘇五岳と呼ばれている。中央火口丘群の北側の火口原は阿蘇谷と呼ばれ、黒川が西流し、南側の火口原 (南郷谷) を流れる白川と戸下で合流し、火口瀬を形成して、さらに西流して有明海にそそいでいる。

阿蘇およびその周辺地域の地質とその構造は図 2-9-114 に示すとおりである。水文地質的な層序とその対比は表 2-9-26 ようにまとめることができる。



A: 阿蘇カルデラ, U: 雲仙火山, H: 博多, K: 熊本, Ar: 始良カルデラ, Kr: 霧島火山, B: 別府, N: 長崎, Kg: 鹿児島島, At: 阿多カルデラ

図 2-9-113 阿蘇火山および九州地方の火砕流堆積物の分布⁽²⁾

阿蘇の地質に関しては、松本唯一 (1933, 1943, 1952), 松本幡郎 (1963), 小野晃司 (1965), 渡辺一徳ほか (1969), 本間・迎 (1939) などの論文が発表されている。最近、熊本大学と地質調査所で「阿蘇溶岩」の分化と総合に関する研究が精力的に進められている。図 2-9-114 はこれらの成果を編集したものである。

外輪山を構成する火山岩は、すべて阿蘇火山の噴出物あるいはその寄生火山と考えられていたが、松本唯一の研究によって、カルデラ形成に関与する噴出物である「阿蘇溶岩」はカルデラ壁の最上部を被覆するにすぎず、カルデラ壁の大半を構成するものは古期安山岩 (鮮新世から更新世) であることがわかった。古い火山体の存在する場所に、阿蘇火山の活動が開始され、大量の溶岩が流出した結果、火山体の重力均衡がやぶれ、中心部が陥没したため、基盤岩体を切ってカルデラが形成されたと解釈されている。カルデラ底における深層ボーリングでは、約 500 m で花崗岩に到達し、この間に古期安山岩や阿蘇溶岩がなく、九重火砕流堆積物が 2 枚存在することが確認され⁽⁸⁾、論議をかもししている。

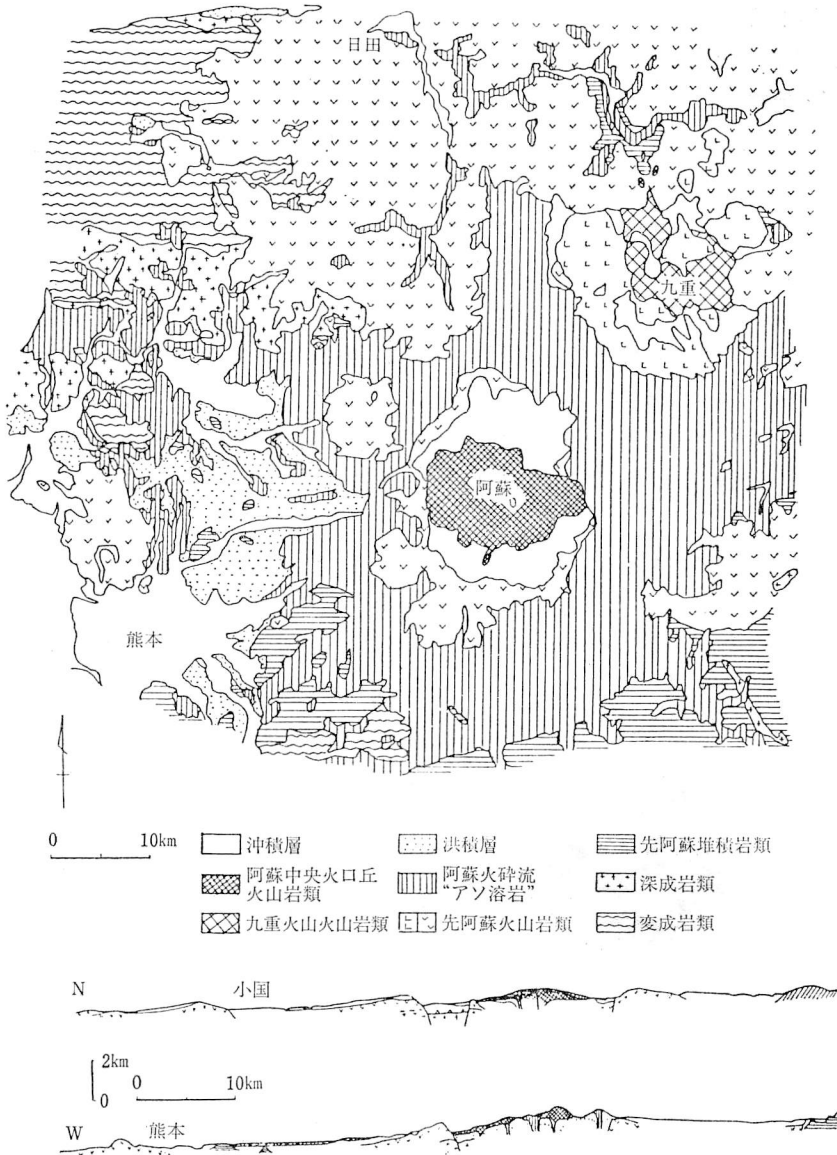
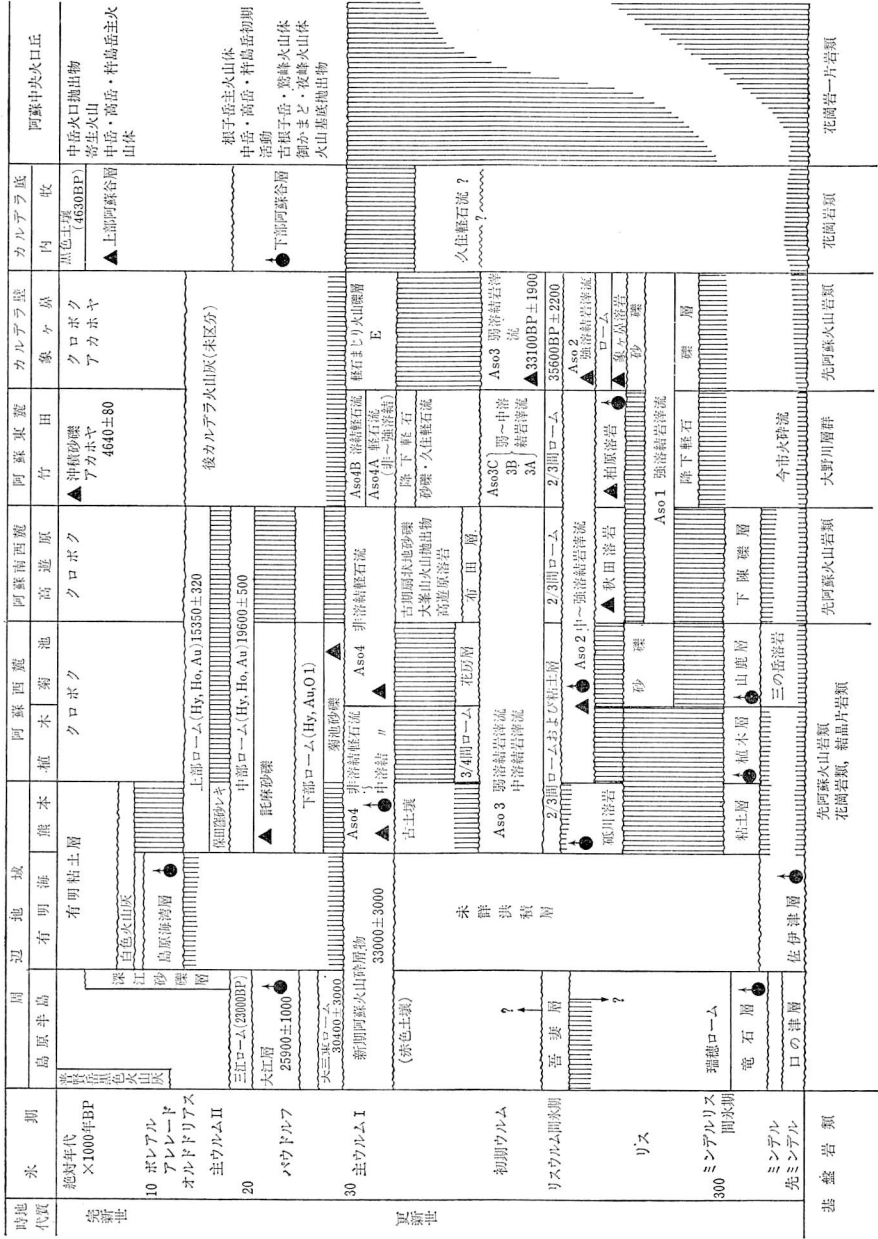


図 2-9-114 阿蘇火山およびその周辺の地質と構造

阿蘇火山の基盤岩類は結晶片岩，白亜紀層，花崗岩，第三紀安山岩類からなり，火山山麓，カルデラ壁，カルデラ深層部に分布している。これらの基盤岩類はいずれも水文地質的には不透水性基盤の役割を果たしている。

カルデラ形成以後の火山活動はカルデラ中央部に起り，12以上の成層火山を形成している。これらの火山岩は主として含かんらん石，紫そ輝石，普通輝石安山岩からなっている。角閃石を含む溶岩は根子岳にみられるだけである。根古岳はカルデラ底の東寄りにそびえる開析の進んだ火山で，カルデラ形成後に噴出した中央火口丘の1つと考えられてきたが，阿蘇火砕流堆積物のAso-3（表2-9-27参照）に覆われていることや年代測定結果が15万年前を示すことなどから，古

表 2-9-26 阿蘇および周辺地域の水文地質層序対比表



Hy: 紫蘇輝石 Ho: 角閃石
Au: 普通輝石 OI: かんらん石
▲ 不旺地下水 ● 被圧地下水

期火山群の仲間であることが明らかになってきた⁽¹⁰⁾。松本幡郎によれば、中央火口丘の活動は769年以降90回の噴火が記録されており、これらはいずれも中岳からの噴き上げた溶岩破片と岩滓からなっている。

火口原の地質は上位から下位へ黒色土壌、上部阿蘇谷層、下部阿蘇谷層および九重火砕流堆積物などからなる。カルデラ底のボーリングでは、深度500mで花崗岩を確認している。阿蘇谷層は火山灰まじりの砂礫、粘土、シルトからなり、一部に中央火口丘からの溶岩流を挟在している。また、カルデラ壁に近い部分では、泥炭を挟在している。上部層の粘土は軟質であるが、下部層のそれは過圧密をうけている。砂礫層、溶岩流が有能な帯水層を形成している。

(2) 地下水

中央火口丘の北麓、阿蘇谷には海拔約500mの低平な4,000haに及ぶ水田が発達している。水田地帯の南は火山扇状地を形成し、火口丘に連なっている。南麓は火山扇状地が広く発達し、畑地帯が多い。

阿蘇火山体および扇状地の部分では流水はみられず、降雨は地下浸透し、扇状地末端部で被圧地下水に転化している。被圧地下水の帯水層は上部阿蘇谷層中に挟在する溶岩流と砂礫層の部分である。地下水の流動は地下の溶岩流に左右されている。

中央火口丘山麓部の代表的な深井戸柱状図を図2-9-115に示し、水文地質を図2-9-116に示す。地下水の水比抵抗は扇状地部で高く5,000Ωcmを示し、低地部で次第に低くなり、阿蘇中央部の成川および黒川付近ではとくに低い(350~1,700Ωcm)。等水比抵抗線は溶岩流に沿う部分で高

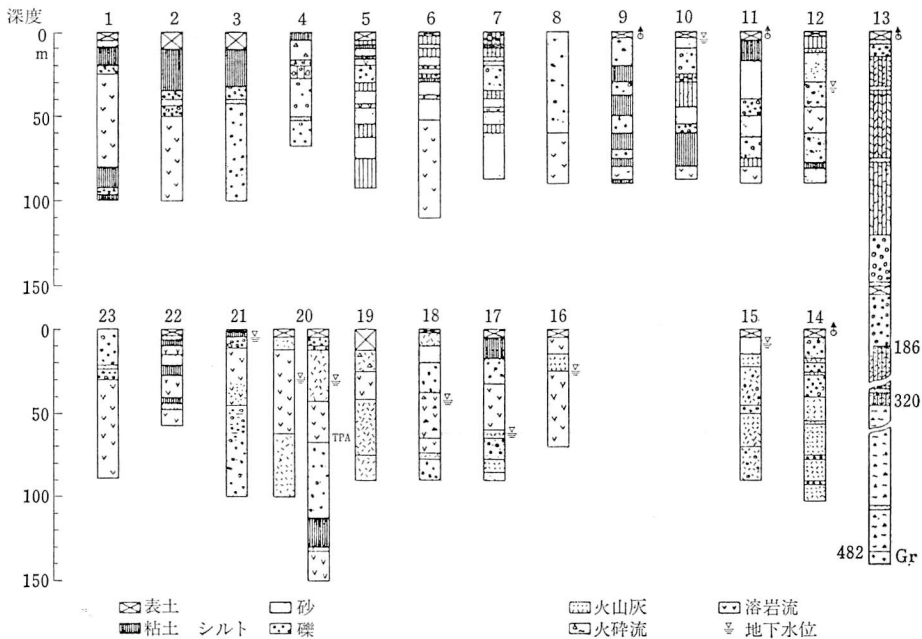


図 2-9-115 阿蘇カルデラ底における深井戸柱状図

(九州農政局計画部, 1972)

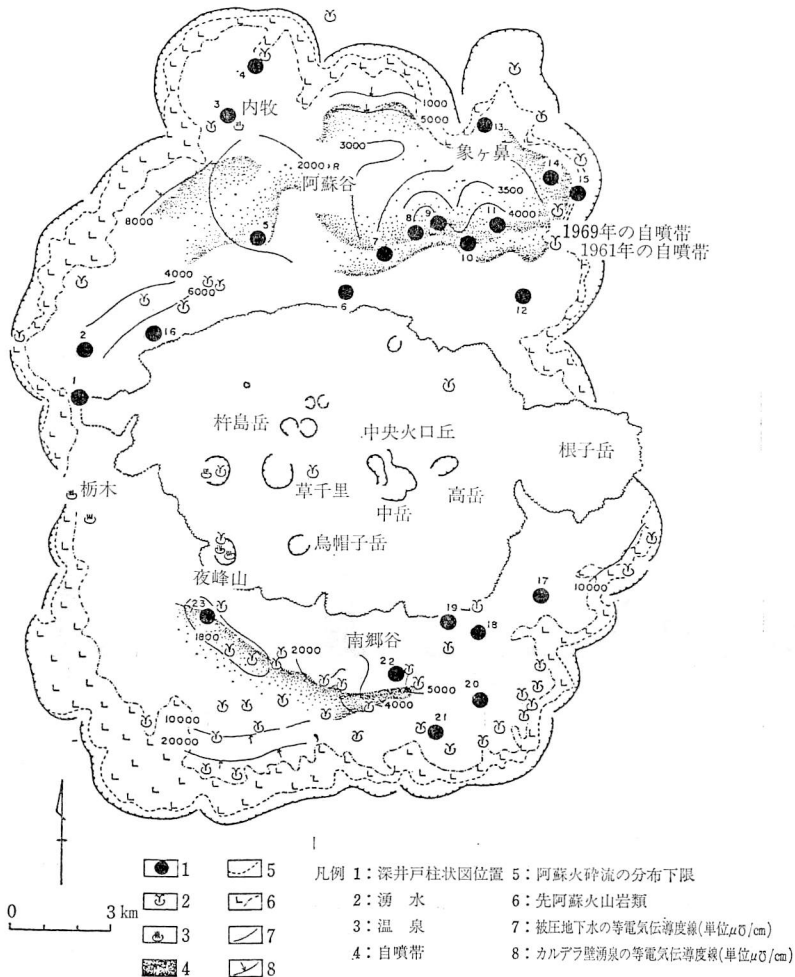


図2-9-116 阿蘇谷南郷谷の水文地質図

く、浸透流動の早いことを示している。南郷谷におけるトリチウム分析の結果では、扇中央部の深層地下水、扇端湧水、自噴水ともに 20TU 以上であり、水循環が早いことを証明している。また、溶岩流に沿う部分の深井戸は比湧出量大きい。

自噴被圧地下水の温度は 14~16°C であり、扇端湧水は 14°C 前後で年間較差が認められない。温泉は中央火口丘群の中の旧火口における噴気（垂玉地獄・湯の谷）とカルデラ北壁の近く（内の牧）にある。内の牧温泉の作井は深度 200 m 前後であり、温度は 35~52°C である。温泉ボーリングの数は 80 本余りに達しており、深度 250 m 前後で花崗岩に達する。温泉の水位は夏期に低下している。

自噴被圧水頭および扇中央部の深層の地下水位変化は図 2-9-117 に示すとおりである。水位は秋から冬にかけて高く、冬から春にかけて漸次降下し、初夏に最低となるサイクルを繰り返している。変動の幅は年間降水量と水田かんがい用の揚水量に関係している。深井戸の増加に伴って、自噴帯が漸次縮小しており、阿蘇谷東部における被圧水頭は 1961 年秋から 1969 年春までに 14

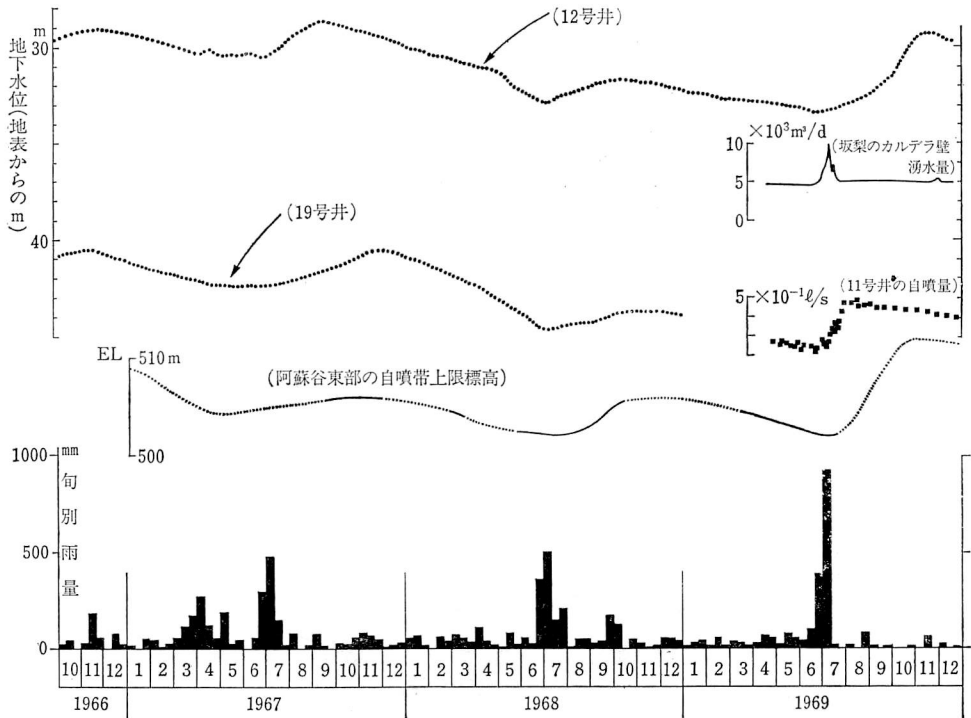


図 2-9-117 カルデラ底における地下水位、湧水量の季節的変化と降水量の関係 (一部下津による)

m 以上も低下した。しかし、1969 年初夏の週 1,000 mm の降雨で、秋には 10 m も回復している。阿蘇谷東部における被圧帯水層の水力常数は、透水量係数が $2 \sim 10 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ であり、貯留係数は $1 \sim 5 \times 10^{-3}$ である。阿蘇谷の東部では、自噴帯の縮小によって、小口径の自噴井はポンプ揚水を余儀なくされ、相互干渉などのトラブルが発生している。4,000 ha に及ぶ阿蘇谷の水田のは場整備事業が 1971 年から着手され、井戸の統合と地下水位の監視がなされるようになった。

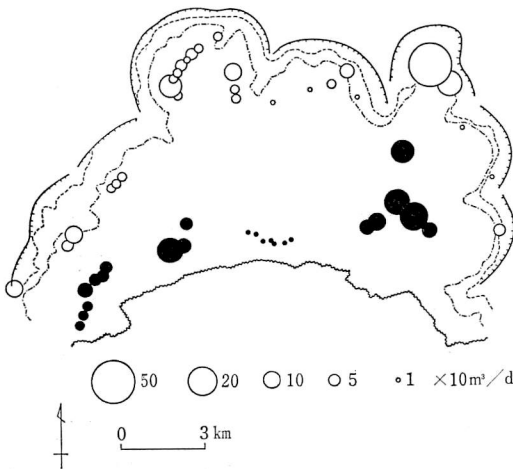


図 2-9-118 阿蘇カルデラ北部における湧泉分布と日湧水量 (黒丸：中央火口丘からの湧泉 白丸：カルデラ壁からの湧泉)

カルデラ壁の中腹以下には多数の湧水がみられ、100 ヶ所以上のものが利用されている。その取水量は日量 10 万 m^3 を下らない。湧水量は降雨によって若干増減しているが、一般に基底流量は大きい。湧水地点はその大半が先阿蘇火山岩類とその境界に近い阿蘇火砕流の強溶結相 Aso2 あるいは Aso3 の開口亀裂の発達部分にある。また、あるものは火砕流の溶結相から流出して、内壁斜面の崖錐部

を伏流し、下端で湧水を形成している。これらの湧水は溶存成分に乏しく、水比抵抗は高い(20,000 Ωcm)。図2-9-118はカルデラ北壁における湧水地点の地表水流域100 km²当りの湧水量が1 m³/s以上のものについて、その分布を示した。カルデラ北壁東部の手野は、地表水流域が4 km²であるが、この地点の湧水量は0.7 m³/s (50,000 m³/d)である。これは阿蘇地域の河川の湧水比流量の7倍に当たっている。この湧水地点は、阿蘇火砕流堆積物の下面標高がカルデラ壁の中で最低であり、地下水の分水界は地表水の分水界よりもさらに広くカルデラの北東麓へ及んでいるものと推定される。

ほかの主要湧水地点も基盤安山岩の凹地形を埋積したAso1もしくはAso2火砕流の強溶結相の部分にあり、カルデラ壁の外側の斜面における地下水探査に有力な手がかりを提供している。

(靱倉克幹)

参 考 文 献

- (1) MATSUMOTO T. (1943): The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. Jap. Jour. Geol. Geogra. Vol.19 特別号
- (2) MATSUMOTO H. (1963): Petrological study on rocks from Aso Volcano. 熊本大学地学研究報告 5. (2)
- (3) 松本幡郎・藤本義男(1969): 阿蘇カルデラ北東部における注目すべきボーリング結果, 火山(第2集), 14 (1) pp. 1~7
- (4) MOMIKURA Y. (1971): Geology and Ground water in the Aso Volcano, Guide book for Kyushu & Kansai Tour. IAHG. '71 Asian Regional Conference
- (5) 靱倉克幹(1972, 1975 一部改訂): 阿蘇カルデラ火山の地質と地下水, 33 p, 九州農政局計画部
- (6) 靱倉克幹(1972): 九州農業における地下水利用の現状と将来, 農政九州(3), 九州農政局
- (7) 九州農政局計画部(1972): 昭和50~52年度地下水利用実態調査報告書, 1~23 p
- (8) 下津昌司(1978): 阿蘇カルデラ内における水収支について, 日本地下水学会誌, 18, (2), pp 41~49
- (9) 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢(1985): 阿蘇火山灰分布の広域性と後期更新世示標層としての意義, 火山, 第2集, 30, (2)
- (10) 小野晃司・渡辺一徳(1985): 5万分の1阿蘇火山地質図, 地質調査所

28-2. 阿蘇西麓

(1) 地形・地質

阿蘇火山の外輪山の径は25 kmにも及んでいるが、その外側の斜面は約1/40の勾配で周りに緩斜しており、西斜面は標高200~40 mの60,000 haに達する平坦な台地をへて、熊本平野へ連なっている。これらの平坦な台地は白川、菊池川などによって開析され、菊池台地、託麻台地、植木台地などに分かれている。いずれも河川との比高が数十mもしくはこれを越す台地であるため、かつては生産性の低い無水畑地帯として有名であった。この地域の管井による地下水開発は第二次大戦後であり、農林水産省による組織的な地下水調査を契機として急速に進んだ。ポンプ技術の進歩と低利融資による開田ブームによって著しく助長されたものである。西麓台地全体で3,000本以上の深井戸が掘削され、ピーク時の日揚水量は200万m³以上に及んでいる。かつての無水地帯がいまでは装置化農業の最先端をいく西瓜やメロン畑に、さらにはバイオテクノロジーを導入した工場地帯へと変身してきている。

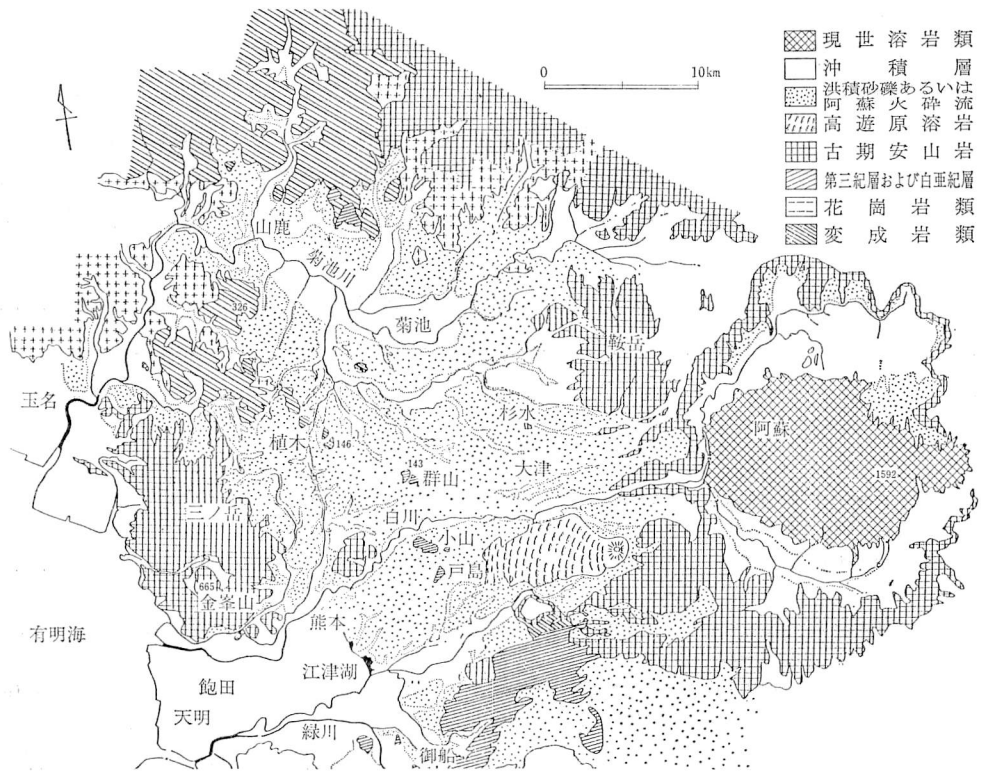


図 2-9-119 阿蘇西麓台地地質概要図 (九州農政局, 1977)

しかし、一方では、地下水の過剰開発による障害が一部に出てきており、広域地下水収支のシミュレーションモデルによる解析が試みられ、地下水保全を前提とした広域地下水管理が熊本市水道局を中心に行われている。

阿蘇西麓の地形、地質は図 2-9-119 に示すとおりである。

本地域の基盤岩は変成岩類、花崗岩類および白亜紀層からなっており、いずれも水文地質的には不透水層の役割を果たしている。これらの基盤岩類の大部分は阿蘇火砕流堆積物や沖積層などに覆われ、現在、地表ではその中のごく一部しかみることができない。

北西縁の植木町から山鹿市に至る山地では、木葉^{このは}変成岩類とこれ^{このは}を貫ぬく花崗岩類を、地域のほぼ中央を北西から南東に走る九州縦貫高速道路に沿って点在する孤立丘では、木葉変成岩類と白亜紀の姫浦層群の礫岩、砂岩をみる^{このは}ことができる。また、地域の南東縁を東北東から西南西に走る大分一熊本構造線沿いの山地は、木山^{このは}変成岩類と白亜紀の御船層群の砂岩、頁岩からなっている。

先阿蘇火山岩類およびこれに付随する湖成堆積物：阿蘇火砕流堆積物の放出前にすでにあった火山岩類を先阿蘇火山岩類と呼んでいる。先阿蘇火山岩類は下位から豊肥安山岩類、下梨流紋岩類および権現山玄武岩類に細分できる。豊肥安山岩類は、阿蘇カルデラの南壁の大部分、東壁の最下部、北壁および西壁の中下部を構成し、さらに、西外輪、鞍岳、俵山、船野山の各山塊、熊本市西方の金峰山の主体を構成している。

下陣礫層、合志層、植木層と呼ばれる地層は砂礫層、シルト層、火山灰まじり砂層などの互層からなっている。これらはいずれも阿蘇火砕流堆積物の放出以前の水域に堆積したものである。下陣礫層は豊肥火山岩類を不整合に覆っており、その地表露頭が地域東南部にある。しかし、合志層、植木層は、試錐コアでだけ認められる地層であるが、本地域の阿蘇火砕流堆積物の下位に広く分布するものと考えられる。これらの地層の対比は明らかでないが、産出するヨシヤヒシの化石、挟在する火山層の共通性からみて、先阿蘇湖成層として一括できる。

下梨流紋岩類は阿蘇カルデラ東北壁の国鉄豊肥線より南側の崖にみられる。この岩層は豊肥安山岩類を不整合に覆い、砂礫および阿蘇火砕流堆積物に覆われている。下梨流紋岩類は扁平につぶれた黒曜石を多量に含み葉理構造のよく発達した流紋岩～石英安山岩質火砕流堆積物からなり、万年山溶岩に対比されている。

権現山玄武岩類は地域南東方山地にドームをなして分布するが、分布範囲も狭く、水文地質的役割は小さい。

阿蘇火砕流堆積物および火砕流放出間隙挟在層：阿蘇火砕流堆積物は挟在する降下火山灰、水

表 2-9-27 阿蘇火砕流堆積物の分類

Aso-5 火砕流堆積物 (鳥栖ローム層)	新 期 ↓ 後 期
Aso-4 火砕流堆積物 (八女粘土層)	
Aso-4/3 間挟在層 (高遊原溶岩, 花房層)	
Aso-3 火砕流堆積物	
Aso-3/2 間挟在層 (ロームと砂礫)	
Aso-2 火砕流堆積物	
Aso-2/1 間挟在層 (砥川・秋田溶岩)	
Aso-1 火砕流堆積物	

成堆積物、古土壌などから表 2-9-27 のように分類することができる。

阿蘇火砕流堆積物 Aso1 (以下 Aso 1 火砕流堆積物を略称する) は全般的に溶結度が強く、割目、節理が発達した石英安山岩質の火砕流で、基盤の低所を埋めて堆積している。層厚の薄い部分でも結晶化して硬く、地下水面下では亀裂性の有能な帯水層を形成している。

Aso 1 火砕流放出後、Aso 2 火砕流放出までの間の堆積層 (以下 Aso 2/1 間挟在層と略称する) として降下火砕物、湖成堆積物および溶岩流があげられる。とくに、熊本市の東部には、砥川、秋田溶岩が広く分布し有能な帯水層として知られている。

Aso 2, Aso 3 火砕流堆積物は火山灰などの降下火砕物を伴い、一部に河成堆積物を挟む。一般に、表層部の土壌化が著しい。

Aso 4/3 間挟在層の 1 つである高遊原溶岩^{たかゆうばる}は、大津町、西原町、菊陽町および益城町に広がる輝石安山岩の溶岩である。厚さ 150 m を超えるこの溶岩は熊本空港の位置する台地を構成し、白水台地と呼ばれている。高遊原溶岩は亀裂が多く、透水性は大きい、地下水面が低すぎて地下水の開発は困難である。Aso 4/3 間のもう 1 つの挟在層である花房層^{はなぼうぎ}は同地域の北東部に広く分布するロームおよび粘土質の不透水性堆積物である。菊池台地では、この花房層の分布が盆状構造をなし、その上位の Aso 4 火砕流堆積物と段丘砂礫層が共通の帯水層を構成し、大規模な宙水を形成している。しかし、花房層が連続しない区域では、宙水は消滅し、裂か性の被圧地下水も不圧化している。

Aso 4 火砕流堆積物は広範にわたって厚く (数十 m 以上) 堆積した軽石流である。台地の西部およびその西方域では、Aso 4 火砕流堆積物は風化変質し、さらに密度が増して難透水層化し、

いわゆる八女粘土層と層相を同じくしている。このため、下位の砥川、秋田溶岩中に含まれる地下水は被圧化され、これより上位の段丘砂礫層に含まれる地下水は不圧化している。

Aso 5 火砕流堆積物は鳥栖ロームに対比できる黄橙色のおがくず状の岩滓流で、分布は広いが、層厚が 1 m を超えることがないため帯水層を形成していない。

段丘砂礫層、後阿蘇カルデラ噴出物および沖積層：熊本市の東、北部には、標高 20 m から 200 m 程度の低い洪積台地が広がる。これらは地形的に高い方から、菊池面、託麻面、保田窪面の 3 段の地形面に区分されている。それぞれの段丘堆積物は Aso 4 火砕流堆積物の風化粘土を不透水性地盤として、不圧地下水の帯水層を形成している。

国道 57 号線沿いの大津街道杉並木付近より北側の海拔 80 m から 180 m の一番高い台地が菊池面（黒石原台地）と呼ばれており、菊池砂礫層およびローム層からなっている。

大津街道並木付近から南側の海拔 30 m から 60 m の台地が託麻面（託麻台地）で、巨大な安山岩の円礫を含む託麻砂礫層およびローム層からなっている。この託麻砂礫層は竜田口駅付近の白川右岸および清水町松崎付近でも確認されている。

保田窪面は、託麻面につづく海拔 20 m 前後の平坦面で、保田窪砂礫層とローム層からなっている。なお、この層は保田窪および熊本商科大学付近でよくみかけられるが、白川より北側では

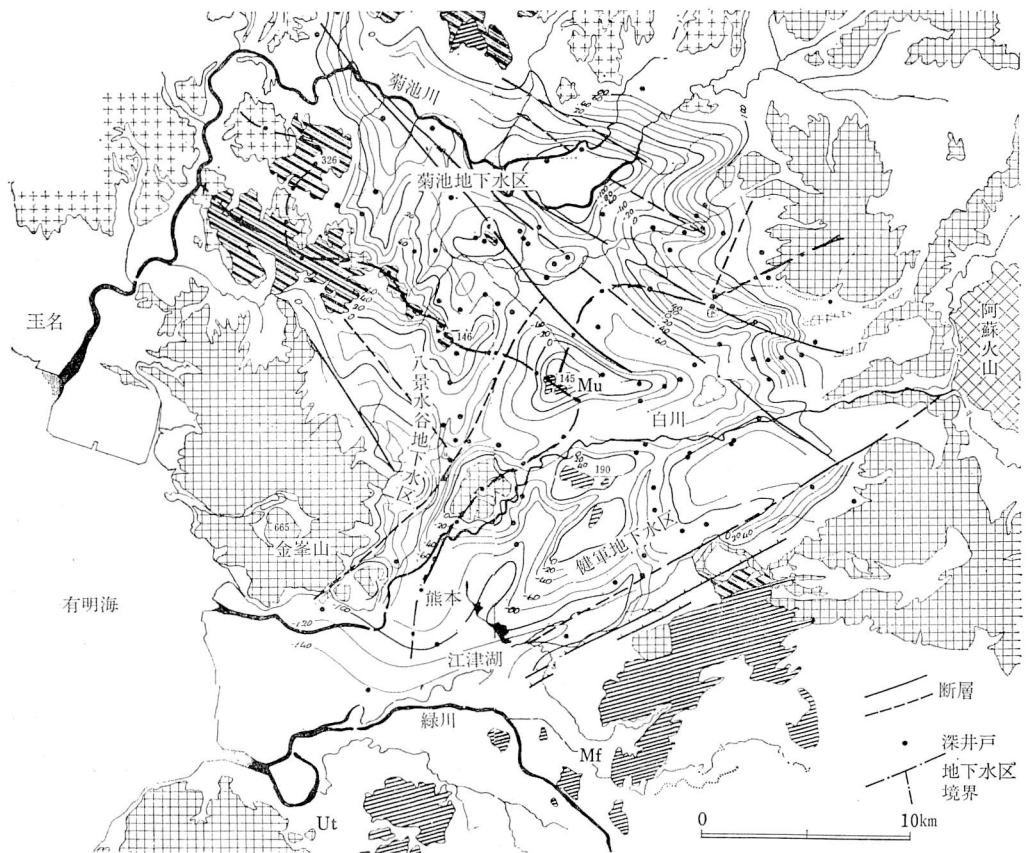


図 2-9-120 不透水性基盤の上面等高線と地下水区分図（地質凡例は図 2-9-119 参照）

発達はよくない。この層は託麻砂礫層のような大きな礫は含まない。

阿蘇西麓地域の地質構造は最近のボーリングや物理探査によってかなり明らかになってきている(図2-9-120)。これらの資料によれば、古加勢川流域は基盤岩類によって囲まれた盆状構造を形成しており、流域内には、北東～南西方向およびこれに直交する北西～南東方向の断層が10条以上も存在し、同流域はいくつかの地塊に分割されている。

現在の河川流域とほぼ直交する埋没谷が北から南へ走り、さらに菊池市の南および大津町の西の盆状構造をした基盤の凹部には、天然の地下プールの存在も考えられ、このプールをあふれた地下水が南と西へ流下しているものと考えられる。地域内には、山鹿一大津、植木一八景水谷、木山一熊本一字土などの地溝がその代表的なものとしてあげられる。山鹿一菊池断層と山鹿一合志断層の間、木山断層とその南側を走る断層の間、日奈久断層とその北側を走る断層の間および熊本市を北西から南東に遮断する水前寺一画図断層の西側はそれぞれ落ちこんでいる。これらの断層群は阿蘇火山の活動開始前から動いていたと考えられ、阿蘇火砕流の堆積後も断層運動が続いているとみられる(渡辺・榎倉・鶴田 1979)⁽¹⁹⁾。

同地域には、山鹿、菊池、菊南および戸下などの温泉群と、八景水谷、水前寺、江津、木柑子、浮島および潮井^{しおい}などの湧泉群が断層線上に並んで分布しており、これらの温泉や湧水は断層線に沿う亀裂を通して下方から供給されているものと考えられる。

(2) 地下水

阿蘇西麓の地下水は、域内に降り込んだ降雨やカルデラから白川を流下する河川水が浸透し、阿蘇火砕流堆積物のうち非溶結相の未風化帯および強溶結相ならびに火砕流放出間隙に堆積した溶岩流、砂礫層などの帯水層を満たして、流動している水である。

900km²に及ぶ阿蘇西麓の地下水盆は、図2-9-120の基盤上面等高線図に示すとおり、菊池、健軍、八景水谷、熊本西部の4つの地下水区に区分できる。熊本西部地下水区は健軍地下水区、八景水谷地下水区の下流部にあり、帯水層や水文地質構造はこれらと共通するが、ここでは切り離して「熊本平野」の項を参照されたい。

菊池地下水区：阿蘇外輪の西斜面から、菊池、山鹿低地に及ぶ約250km²の地域である。この地下水区の南西縁は、弁天山一群山と九州縦貫高速道に並んで連なる弧立丘列で限られており、山鹿一合志断層と、山鹿一菊池断層に挟まれた南東から北西に伸びる細長い盆状構造をもっている。豊水期には、地下水はこの盆の中を満たし、地下水面は南東から北西に緩斜し、北西縁部では自噴帯を形成している。したがって、この地下水区の西北部では、地下水は地表水に転化し、菊池川はいきおいを増し峡谷を形成して玉名へと流下している。この地下水区の地下水は、南東側では健軍地下水区に連なっており、豊水期には、古加勢川と呼ばれる地下川を通じて、健軍地下水区へと流出している。しかし、渇水期には、北西部の自噴帯は縮小し、健軍地下水区への供給は減少する。ただし、健軍地下水区から供給をうけることは地下谷の形からみても、水質的側面からみても考えにくい。

なお、この地下水区には、花房層に支えられた大規模な宙水が存在し、菊池川左岸の段丘崖中腹にその湧水露頭がある。この段丘は山鹿一合志断層の断層崖を伴っていて、この崖下には、花房層下位の Aso 1, Aso 2 などの有能な帯水層から断層亀裂に沿って漏曳してくる被圧地下水起

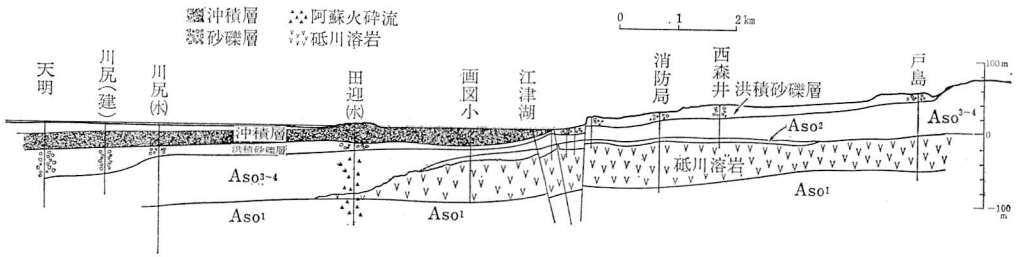


図 2-9-121 阿蘇西麓台地から熊本平野にいたる水文地質断面図 (榎倉, 1976. 1979 改)

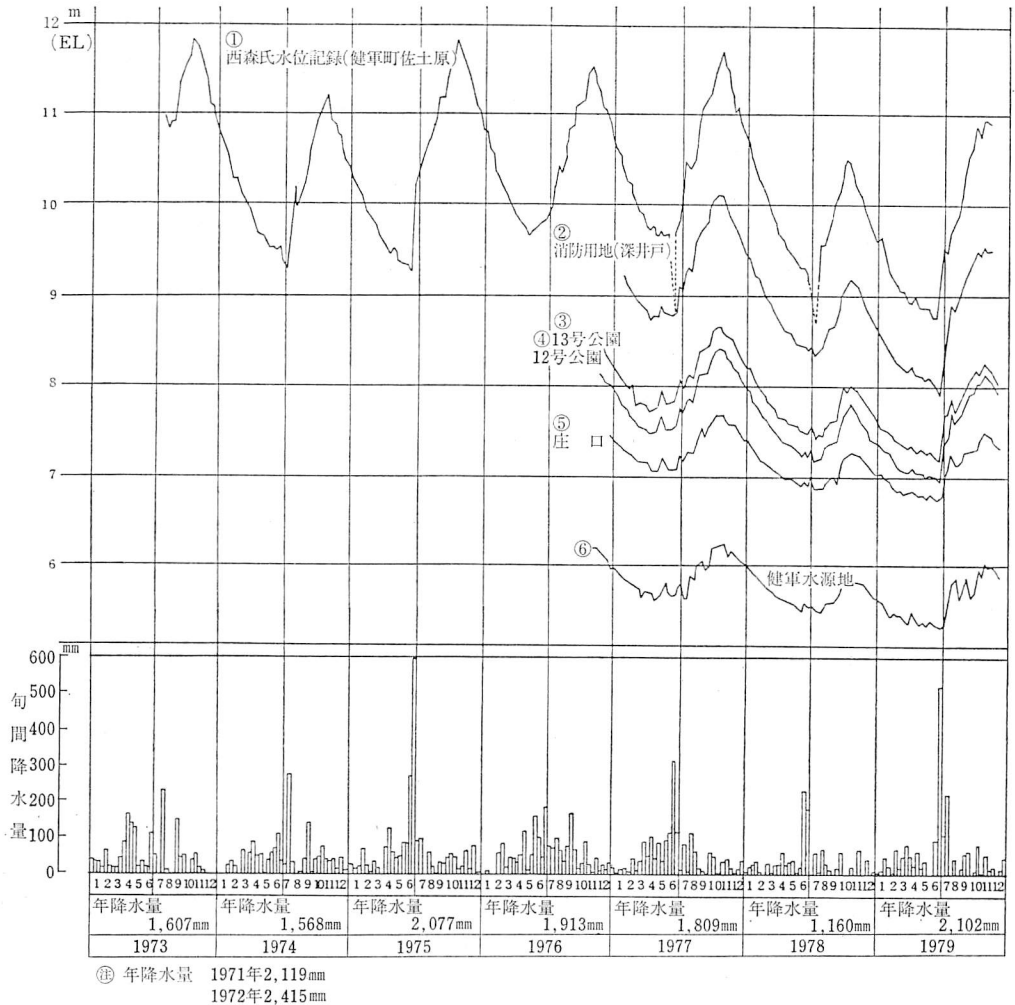


図 2-9-122 健軍水源地周辺の地下水位変化

源の湧水がある。

健軍地下水区：水前寺、江津湖付近一帯の湧泉群を流出域とし、小山、戸島山、群山を西限に、合志川、矢護川を北限にし、東限は阿蘇カルデラにいたる範囲を涵養域とした面積約 303 km²

の地域である。健軍地下水区の地下水は全体に不圧条件下にあり、かんがい用水の浸透水、降水および河川水によって涵養されているが、中でも、かんがい浸透水の占める比率の高いのが本地下水区の特徴である。

八景水谷地下水区：八景水谷湧泉群を流出域とし、立田山以西の植木台地を涵養域とする面積約118 km²の地域である。八景水谷地下水区は阿蘇火砕流堆積物中に含まれており、上位にある半不透水性堆積物によって半被圧の条件下にある。

阿蘇西麓の主要帯水層は、阿蘇火山噴出物を構成する4層の火砕流堆積物 (Aso 1～Aso 4) と段丘砂礫層および島原海湾層であり、これに火砕流放出間隙挟在層のうち、溶岩流などが加わっている。

阿蘇火砕流堆積物は、水文地質的に不透水層である花房層の存在によって、Aso 1 から Aso 3 火砕流堆積物 (旧期阿蘇火山噴出物) までの下部層と、Aso 4 から Aso 5 火砕流堆積物 (新期阿蘇火山噴出物) からなる上部の2部層に区分できる。

Aso 1～Aso 3 火砕流堆積物はいずれも亀裂のよく発達した中、強溶結の岩滓流堆積物で、基盤の低所を埋めて堆積している。これらの間には、厚くかつ連続した不透水層を挟まないことから、地下水学上、1つの帯水層単元とみなすことができる。これは、地質学的に異なる地層である Aso 2 と Aso 3 火砕流堆積物の間を地下水が連続して移動し、共通した地下水面をもっていることにも示されている。

溶結凝灰岩の亀裂を満たす裂か水は、一般には、不圧地下水として存在するが、上部に花房層などの不透水層がある場合には、これが加圧層として作用し、地下水は被圧される場合が多い。

Aso 4 火砕流堆積物はほとんどが軽石流堆積物であるため、一般に透水性が大きい。花房層が分布する区域 (菊池台地西部域) では、花房層を不透水層として、Aso 4 火砕流堆積物が不圧地下水を含む。Aso 4 の溶結相はカルデラ壁から隔たった峡谷部と噴出に伴う吹付効果の期待できる斜面 (たとえば金峰山塊東斜面) で観察でき、植木付近では良好な裂か性の帯水層を形成している。

Aso 4 火砕流堆積物は、時に風化していわゆる八女粘土に変質するが、この風化層は透水性が概して低く、むしろ下位溶結部などに含まれる地下水に対して加圧層の役割を果たしている。

花房層を下位に伴う非溶結の Aso 4 火砕流堆積物は大規模な宙水状の地下水を含むことがあるが、花房層が分布しない地域では、本層は地下水をもたない場合が多い。

段丘堆積物は、いずれも Aso 4 火砕流堆積物の風化粘土部を不透水性地盤として、不圧地下水の帯水層を形成している。これらの段丘堆積物はそれぞれ下位層を浸食して堆積しており、その浸食の程度は段丘により場所によって異なっている。中でも、託麻砂礫層は下位層が大規模に浸食された上に堆積しており、時には、Aso 4 火砕流堆積物の表層風化帯が形成する不透水部を浸食しつつくしていることもあり、このような場合、託麻砂礫層は地下水を含まない。

熊本市東部の地下には、砥川溶岩と呼ばれる多孔質溶岩流が広く分布し、Aso 4 火砕流堆積物の粘土化によって非常に有能な被圧帯水層となっている。この溶岩流は益城町の砥川部落に露出していることから砥川溶岩と呼ばれている。市水道局の健軍、沼山津水源地では、この砥川溶岩から採水している。砥川溶岩の層位学的位置は Aso 1 火砕流堆積物と Aso 2 火砕流堆積物の間

にほぼ同定でき、その分布は託麻台地の西半分から熊本市街地をへて、熊本低地の東部にいたり、その先は急激に層厚を減じている。砥川溶岩の上部10~15mは多孔質であるが、下部は塊状であり、地下水が大量に含まれるのは上部の多孔質の部分である。砥川溶岩の層厚分布の傾向は深井戸の比湧出量にも明瞭に反映され、溶岩流の厚い健軍地区で最も比湧出量が大きく1,000~10,000 m³/d/mを示す。沼山津地区では300~1,000 m³/d/mとなり、溶岩層が薄くなるほど比湧出量は減じている。

なお、託麻台地のさらに東側には、砥川溶岩と同様の輝石安山岩からの秋田溶岩が分布し、裂か性の不圧地下水を含んでいるが、その分布範囲などについてはまだ明らかにされていない。

健軍地下水区における深層地下水の時系列の水位変化は図2-9-122でもわかるとおり、毎年初夏に最低水位、晩秋に最高水位という変化パターンを繰り返している。この地下水水位の変化は303 km²にも及ぶ健軍地下水区への降雨と、託麻台地に広がる水田および河床などからの地下浸透量の影響をうけるために発生するもので、中でもかんがい用水の影響は大きい。地下水水位は初夏の託麻台地の水田域の湛水化とともに上昇線をえがき始め、晩秋の湛水停止前に最高水位を記録し、湛水停止とほぼ期を同じくして下降を始める。

一方、年間の最低水位を支える涵養源は、主として降雨と河床からの浸透水で、これは図の下端に示した半年から1年前の降水量にほぼ対応している。

このように、地下水水位は長期的には、前述の水田、河川および降雨などの影響をうけながら変化し、短期的には集中豪雨や気圧変化の影響を大なり小なり断続的にうけ、一時的な水位の急昇降を繰り返しながら、例年、一定の変化パターンを繰り返している。

阿蘇西麓およびその隣接13市町における深井戸の施設総数は2,688本(表2-9-28)で、そのうち、41%に当る1,103本が熊本市に、上流域の8町には46%に当る1,238本が、下流域の4町に13%に当る347が、それぞれ設置されている。

これを用途別にみると、農業用が2,398本(89.2%)を占め、ついで、工業用112本(4.2%)、水道用92本(3.4%)、その他用86本(3.2%)となっている。

13市町全域での深井戸による地下水利用量は1億4,673万m³/年(40万m³/d)と積算されるが、これを地域別にみると、熊本市が全体の65.4%に当る9,571万m³/年を、上流域の8町で29.7%(4,351万m³/年)、下流域の4町で4.9%(715万m³/年)が、それぞれ利用されている。用途別にみると、全体の40.8%(5,974万m³/年)が水道用に利用されており、以下、工業用に18.8%(2,755万m³/年)、その他用に15.2%(2,214万m³/年)がそれぞれ利用されており、農業用は25.2%(3,693万m³/年)の利用にとどまっている。

農業用は施設の数が多いのに比べ、年間の総揚水量は全体の25.2%にすぎず、これは、農業の水利用が夏季の一時期に集中し、実揚水日数が年間60~90日程度であることによると考えられる。農業の地下水利用はその83%強が熊本市の上流側8町に集中し、熊本市を加えると99.4%に達する。

なお、最大の利用者である熊本市の利用量を用途別にみると、水道が56.7%、ついで工業21.9%、その他15.2%、農業用6.2%の順となり、他と比べて農業用以外の占める比率が高い。

東側の台地およびこれに隣接する平野部では、現在のところ、大量の地下水揚水にもかかわらず

表 2-9-28 深層地下水の利用量

区域	水 道		農 業		工 業		そ の 他		合 計		土地利用 ha 当り 利用量 m ³ /年/ha	人口1人 当り 利用量 m ³ /年/人					
	施設数	施設能力 千m ³ /日	取水量 千m ³ /年	施設数	施設能力 千m ³ /日	取水量 千m ³ /年	施設数	施設能力 千m ³ /日	取水量 千m ³ /年	施設数			施設能力 千m ³ /日	取水量 千m ³ /年			
熊本市	46	197	54,300	971	216	5,908	55	72	20,920	31	50	14,582	1,103	538	95,710	6,236	196
上流域	26	16	4,846	1,139	1,141	30,802	54	23	6,580	19	4	1,281	1,238	1,184	43,509	1,599	362
下流域	20	215	59,743	288	8	221	3	1	51	36	22	6,282	347	33	7,151	1,108	205
合 計	92	215	59,743	2,398	1,368	36,931	112	96	27,551	86	76	22,145	2,688	1,755	146,370	2,986	228

資料：水道統計（日本水道協会 昭和52年3月）

熊本の水道（熊本県環境整備課 昭和52年3月）

地下水利用状況市町村別一覧表（九州農政局 昭和50年3月）

(注) ・土地利用 ha 当り利用量＝深層地下水利用量÷(土地利用面積－森林・原野面積)

・人口1人当り利用量＝利用量÷人口

上流域：北部，植木，西合志，合志，泗水，大津，菊陽，益城の8町

下流域：嘉島，富合，天明，飽田の4町

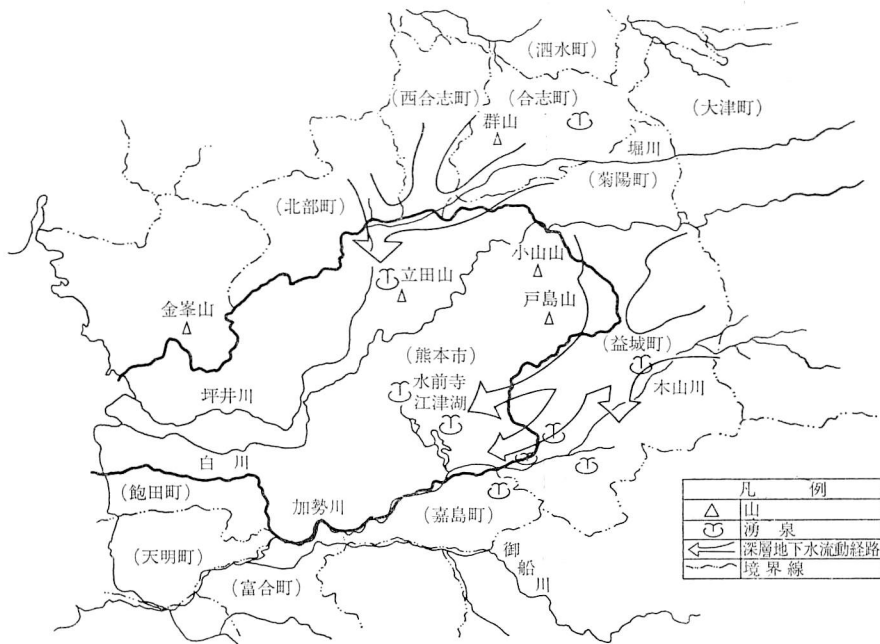


図 2-9-123 深層地下水流動経路と湧水の分布図

ずとくに目立った地下水障害は確認されていない。熊本市地下水保全条例に基づく農業用井戸の実態調査（1978年5月）では、熊本市内に425本の農業用自噴井が存在し、そのほとんどが江津湖周辺の水田地帯に集中し、中には自噴高が水田面から2mを超えるものも確認されている。これら自噴井の調査時点での自噴量は日量5万2,000m³を超えるものと推計されている。また、1978年の異常少雨時でも、江津湖の湧水量は少なく見積っても日量40万m³を下まわっていない。

一方、八景水谷、水前寺、江津、浮島を結ぶ線の西側の熊本平野の低地帯は、有明海の濁土と同じ軟弱な地層から成り立っているため、地下水汲み上げに伴う地盤沈下を起しやすく、これまでの地下水開発ですでに地盤沈下が顕在化している。また、軟弱層の下にある地下水層が海底に露出していることから、わずかな帯水層の圧力低下によって海水を引き込む危険性が大きく、すでに海岸から相当内陸に入ったところまで塩水化の影響が認められる（熊本平野参照）。

(3) 湧水とその湧出機構

熊本市およびその周辺には、八景水谷、水前寺、江津湖などをはじめとする多くの湧水があり、古くから地下水の豊富な地域として知られている（図2-9-123）。これらの湧水は、いずれも阿蘇外輪山の西側に広がる広大な火砕流台地の末端に位置し、台地の下にはぐくまれた地下水によって涵養されている。

水前寺、江津湧水群の湧水は直接流域の十数倍の広がりをもつ古加勢川流域からもたらされていることが順次解明されてきた。ここでいう古加勢川流域とは図2-9-123に示すとおり、現在の加勢川流域はもちろん、大津町から立野までの間の白川、合志川流域の大半、さらに菊池川流域の一部を含む実に広大な地域である。この古加勢川は数十万年前の阿蘇カルデラ形成前の古い河

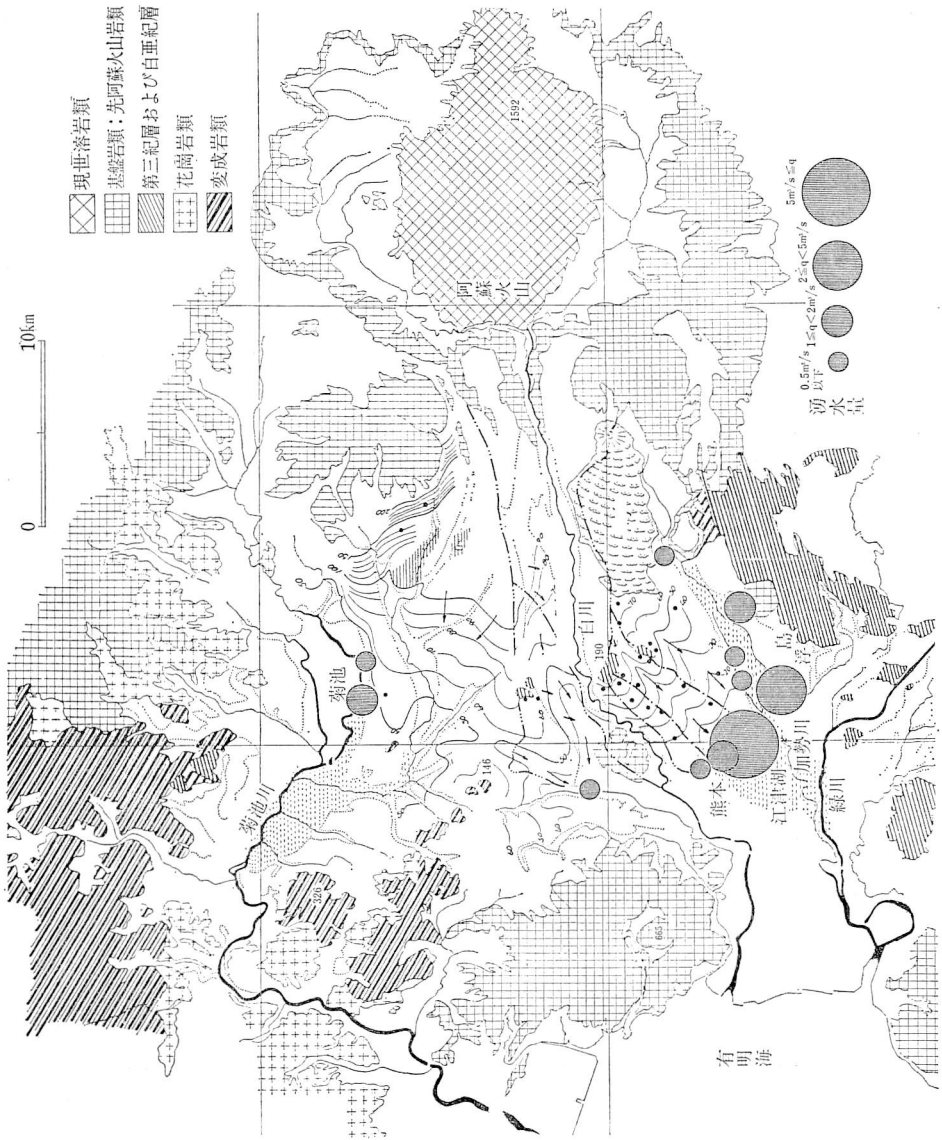


図 2-9-124 浅層地下水の水位等高線と湧水

川であり、現在はその後の火山活動などによって埋め立てられ、地下で地下川や地下ダムを形成しているものと考えられる。熊本にやってくる地下水の涵養域は、この古加勢川流域の南半分の図2-9-120の鞍岳-杉水-群山を結ぶ線の南側に相当する。

地下水面図(図2-9-124)からも明らかなように、水前寺、江津の湧水をもたらす地下水の流動経路は、直接の背後台地だけでなく、白川北岸の合志川流域の台地に浸透した降雨とかんがい用水を集め、西流する白川の地下数十mをあたかも立体交叉するように南へくぐりぬけ、高遊原台地の西縁を南下し、ここで東側からやってくる地下水を合わせて、木山と水前寺の間に湧出する経路をたどっている。

この流路はさきに述べた古加勢川の流路をそのまま再現したもので、その流域の浸透水を集めた大きな地下水流動系を構成している。

託麻台地上(大津・菊陽町周辺)に広がる水田のかんがい用水は白川に設けられたいくつかの農業用取水堰によってもたらされている。これらの取水堰の大部分は、肥後国主の加藤、細川両氏の時代に、治水と利水をかねて築造、改築されたものである。この白川沿いの農業用取水堰により導水されたかんがい水は、水田面から大量に地下へ浸透し、地下水となって前述の古加勢川に沿って南下し、水前寺、江津湧水群の一大涵養源としての役割を果たしている。

上井手は大津町上井手土地改良区が管理する425haの水田をうるおすかんがい用水路である。現在、かんがい用水として常時 $8\text{ m}^3/\text{s}$ 、最大 $14\text{ m}^3/\text{s}$ 、日量にして約70~120万 m^3 を白川から取水している。この取水量は、一般的な水田の日減水深20~30mmと比較した場合、きわめて過大な量であり、取水量をかんがい面積で割った同水田の日減深は165~285mmにも達する莫大な量になる。この理由は、水田の位置する託麻台地がきわめて大きな透水性に富む託麻砂礫層によって形成されているため、大量の農業用水が地下へ浸透し、普通の水田と比べるとはるかに多量のかんがい用水を必要とするからである。

このことは、白川から最大 $14\text{ m}^3/\text{s}$ の取水をしている上井手の流量が八景水谷北方の坪井川に流入する寸前には $1\text{ m}^3/\text{s}$ 程度に減少してしまう事実からも裏付けられる。

これらの取水堰(馬場楠井手、津久礼井手、迫井手、玉岡井手、上井手、下井手および畑井手)全体を合計して考えた場合、これらの堰によってうるおされる約1,600haの水田に $28\text{ m}^3/\text{s}$ から $39\text{ m}^3/\text{s}$ (日量240~330万 m^3)もの河川水が導水されている勘定になる。仮に、水田面からの蒸発散あるいは地表流出による損失量を半分とすれば、実に日量100万 m^3 を越えるかんがい用水が地下水に転化していることになる。

以上述べたように、かんがい期における水前寺、江津湧水群の最大の涵養源は、白川に設けられたいくつかの農業用取水堰によって導水された託麻台地上の水田であると結論できる。

(梶倉克幹)

参 考 文 献

- (1) 松本唯一(1943): The four gigantic caldera volcanoes of kyushu Japan. Jour. Geol. Geogra. 19, Special number
- (2) 小野晃司(1969): 阿蘇カルデラ東部の地質, 地質雑, 71, (842) pp. 541~553
- (3) 渡辺一徳・小野晃司(1969): 阿蘇カルデラ西側, 大峰付近の地質, 地質雑, 75, (7) pp. 365~374
- (4) 宮本 昇・柴崎達雄・高橋 一・畠山 昭・山本荘毅(1962): 阿蘇火山西麓台地の水理地質, 地質

- 雑, 68, (800), pp 282~292
- (5) 熊本農地事務局 (1961): 阿蘇西麓地区畑地帯地下水調査報告
 - (6) 靱倉克幹 (1972, 1975 一部改): 阿蘇カルデラ火山の地質と地下水, 33 p. 九州農政局
 - (7) 熊本日日新聞 (1977): 熊本の自然, 熊本の風土とところシリーズ 3
 - (8) 靱倉克幹 (1976): 阿蘇西麓の地下水について, 日本応用地質学会 昭和 51 年度発表会演旨
 - (9) 渡辺一徳・靱倉克幹・鶴田孝三 (1979): 阿蘇カルデラ西麓の活断層群と側火口の位置, 第四紀研究 18, (2), pp. 89~101
 - (10) 靱倉克幹 (1979): 北九州の干ばつ, 農政九州(3), 九州農政局
 - (11) 靱倉克幹・柴崎達雄・神沢藤樹・有田雅典・中原謙吉 (1980): 熊本市およびその周辺の地下水について, 58 p, 熊本市水道局
 - (12) 靱倉克幹・猿山光男 (1979): 縮尺 5 万分の 1 熊本市周辺地域地下水図, 九州農政局
 - (13) 尾崎次男・菅野敏夫・後藤隼次・村上 篁 (1964): 熊本平野および周辺地域の工業用水源, 地調月報 15 (3), pp. 135~165
 - (14) 永井 茂・石井武政・黒田和男 (1983): 熊本平野の水化学的研究, 工業用水, 296 号, pp. 27~43
 - (15) 靱倉克幹 (1982): 流域をまたがる広域涵養帯の保全の必要性, 第 2 回水資源に関するシンポジウム前刷集, pp. 435~441
 - (16) 靱倉克幹 (1981): 阿蘇火砕流放出当時とその後の熊本平野の古地理, 日本地質学会 1981 年大会要旨集, p. 90

28-3. 南関台地

(1) 地形・地質

小岱山(標高 501 m) の北麓から東麓につづく南関台地は玉名平野と阿蘇西麓の境界付近に位置している。この台地の基盤は主として中生代に侵入した花崗岩類からなり、部分的に三郡変成岩が分布している。この上位に阿蘇 4 火砕流堆積物がのっており、80~100 m の台地を形成している。また、部分的に洪積段丘砂礫層がみられる(図 2-9-125)。同様の地質条件を有する台地は、

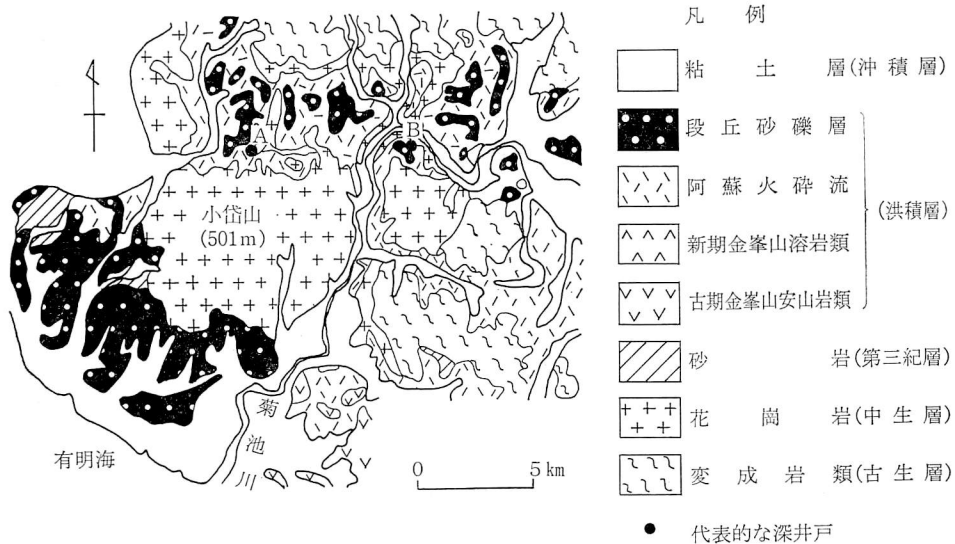


図 2-9-125 南関台地周辺地質図
(経済企画庁総合開発局⁽¹⁾による)

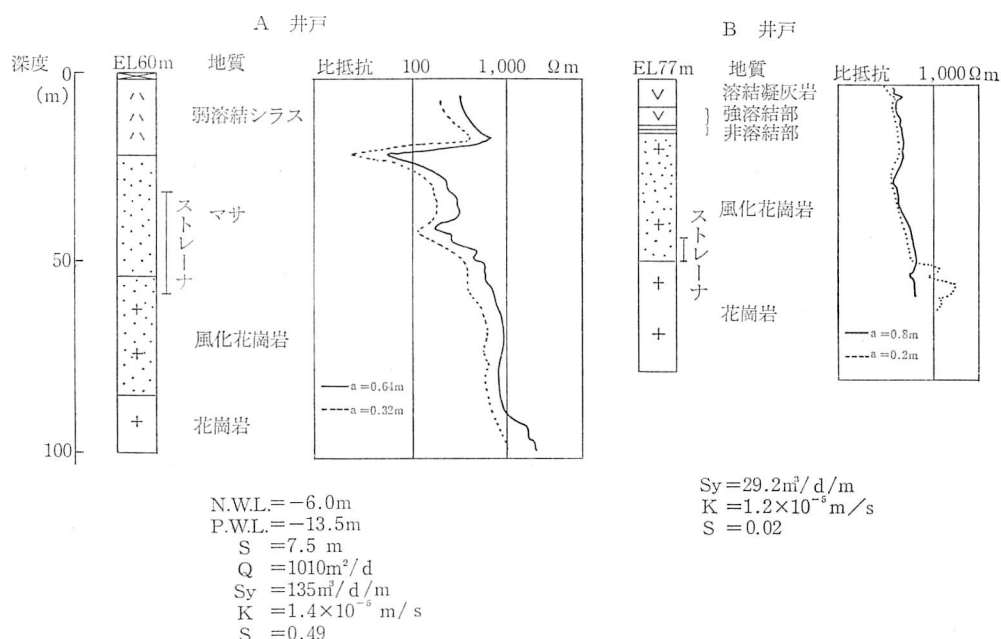


図 2-9-126 代表的な深井戸地質柱状図

阿蘇西麓の北縁部に当る山鹿市から鹿本町にかけても発達している。

(2) 地下水

この付近での地下水開発は、阿蘇火砕流堆積物の層厚が 20m 以下と一般に薄いことから、花崗岩類中に求めざるを得ない。ストレーナは花崗岩体の表層部にあるまさ層と新鮮岩部に挟まれた風化花崗岩に設けられることが多い。比湧出量は 30~80 m³/d/m のものが知られている。透水係数は 10⁻⁵ m/s、貯留係数は 10⁻¹~10⁻² である。比抵抗値はまさ部で 400 Ω-m 以下、半風化花崗岩で 400~2,000 Ω-m 程度、新鮮花崗岩で 2,000 Ω-m 以上である。代表的な柱状図を図 2-9-126 に示した。

旧期砂礫層の層厚が厚い部分は比湧出量が 100~300 m³/d/m、透水係数 10⁻⁴~10⁻⁵ m/s を示し、良好な帯水層となっている。

本地域は、まさ地帯のうちでは、比較的地下水に恵まれているといえる。これは上位に阿蘇火砕流堆積物をのせているためであると思われる。まさ層ないし花崗岩が直接露出する地域においては、地下水の貯留能力は低く、取水量も少なくなるようである。

(猿山光男)

参考文献

- (1) 経済企画庁総合開発局 (1973): 土地分類図 (熊本県)