

水文環境図「熊本地域」

井川怜欧¹⁾

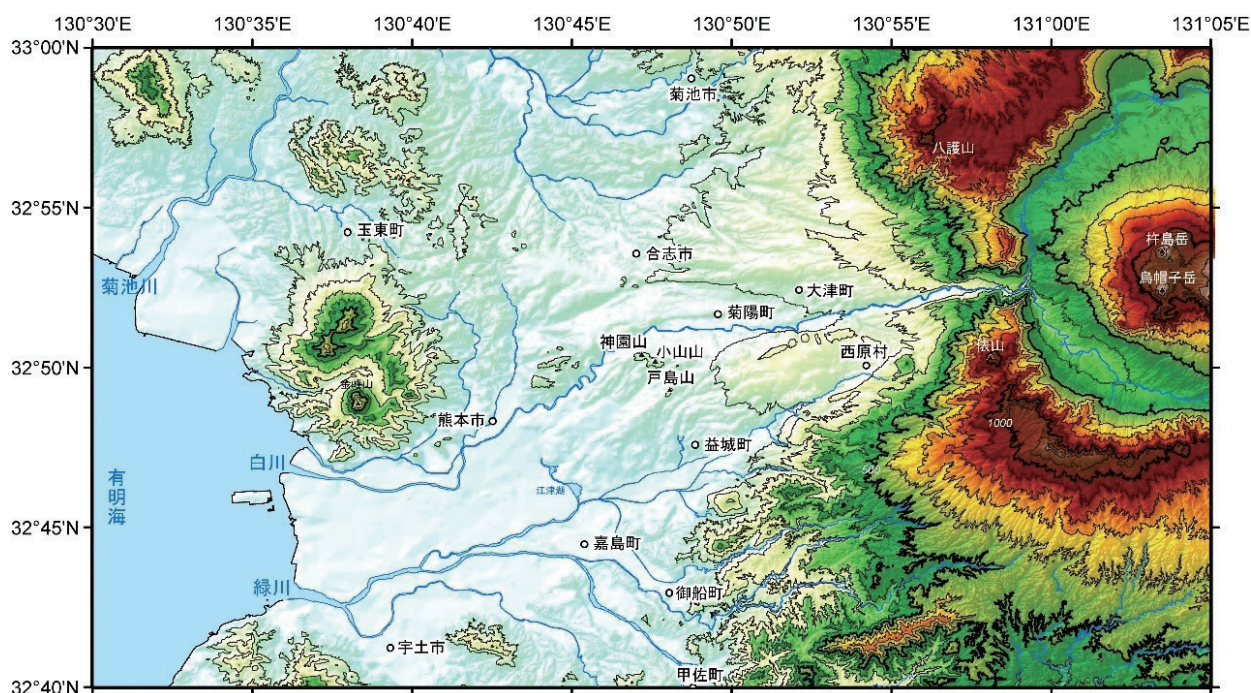
1. はじめに

2014年3月、「水循環基本法」が議員立法として可決された。このことは日本の水資源管理における大きな分岐点である。この法律の制定により、これまで個々に管理されていた地表水と地下水が総括的に管理されるようになったことは日本の水資源管理における大転換である。またこの法律により、これまで民法上において個人の財産とされてきた地下水が“公的”財産とみなされることとなり、自治体などの公的機関では水資源管理における流域単位での地下水情報の把握は必要不可欠となる。現在、国連では“国境を越えて存在する帯水層（越境帯水層）の管理「Transboundary aquifer management」”が大きなテーマとなっており、関係国共通の公的資源である地下水の管理における難しさが大きな課題となっている。この越境地下水保全活動において、今回の水文環境図の対象地域である熊本地域の取り組みは、国連の2013年最優秀賞を受賞し、世界的に認められている（田中，2014）。

熊本地域（第1図）は11市町村からなり、生活用水のほぼ100%を地下水に依存する全国でも稀有な地域である。本地域では全国に先駆けて同じ地下水盆地を共有する自治体が地下水を“公的資源”，すなわち“公共水（public water）”として取り扱い，2008年に策定された越境帯水層管理にもとづく「地下水保全条例」をもとに県と協力して流域単位での地下水管理を実行している。水文環境図は過去の水文地質図ではなされていなかった平野や盆地といった流域単位で地下水データを編集しており，さらに電子媒体のため過去の水質や水理水頭のデータ等を現在のものと容易に比較できる利点がある（町田ほか，2010）。本稿では収録データの一部を用いて熊本地域の地下水特性を紹介する。

2. 水文地質環境

熊本地域は，阿蘇外輪山西麓から熊本平野およびその周囲の台地の総称であり，総面積は1,041 km²である。本地



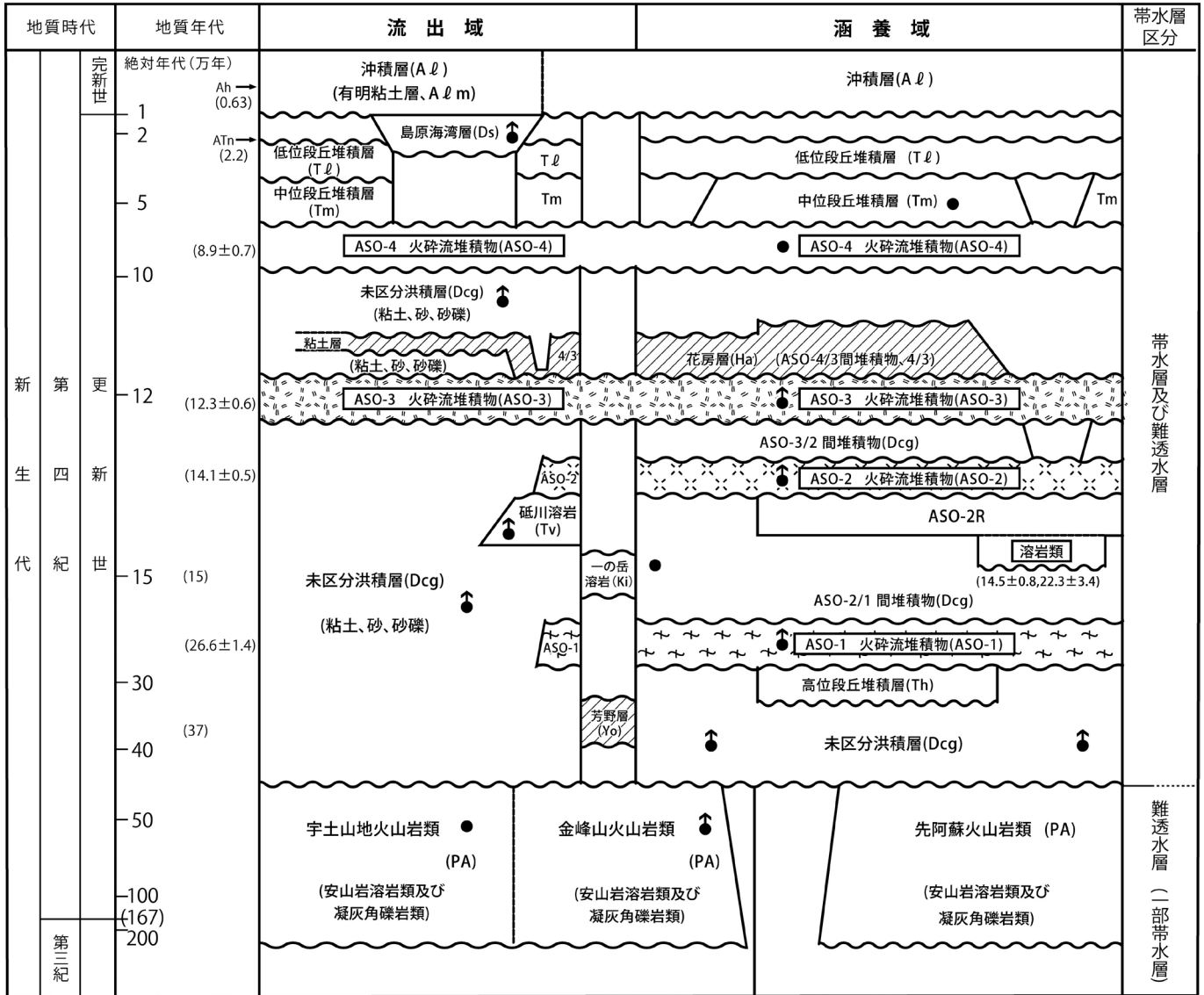
第1図 熊本地域の全景（国土地理院 基盤地図情報データより作成 世界測地系 平面直角座標Ⅱ系）。

1) 産総研 地図資源環境研究部門

キーワード：水循環，地下水流動，地下水管理，地下水保全，地下水汚染

第1表 熊本地域の地質層序表（熊本県・熊本市（1995）を一部修正）。

熊本地域地質層序総括表



域は、周辺を阿蘇外輪山西麓^{みふね}、御船山地、木原山、宇土半島^{きんぼうざん}、金峰山の山塊が基盤岩として取り囲み、600 km²におよぶ巨大な地下水盆を形成している。本地域の降水量は日本の全国平均（1717.5 mm/年）と比較して高く、熊本市で1985.8 mm、阿蘇市で3206.2 mmである（いずれも平年値：1981～2010年、気象庁データ）。熊本県ほか（2008）によると、熊本地域に降る雨の1/3に当たる約6億4000万m³/年が地下水として涵養されている。熊本・阿蘇ともに降水量の約40%が6月・7月にもたらされ、これが内陸性気候の要因となっていると考えられる。熊本地域では北西～西部および南東部には変成岩類が、南部には中・古生代の堆積岩が主に第四紀層の基盤岩として分布し、山地・

丘陵地を形成している。一方で阿蘇外輪山、金峰山および宇土山地などでは、新生代になって噴出した安山岩質の溶岩や凝灰角礫岩からなる火山岩類が分布している。外輪山の主体をなす火山岩類は、阿蘇カルデラ形成以前の活動のもので、総称して先阿蘇火山岩類と呼ばれる。その後の阿蘇カルデラの形成に関与した噴出物は「阿蘇火砕流堆積物」と呼ばれる（熊本県地質調査業協会、2003）。

第四紀層の主な構成地層となっている阿蘇火砕流堆積物は、噴出時期の違いにより大きく4つに区分され、堆積時期の古いものから順にAso-1、Aso-2、Aso-3、Aso-4と称されている（第1表）。これらの地層は、熊本地域における有力な帯水層を構成している。第一帯水層は、花房層や

布田層等のAso-4/3間堆積物を不透水基盤として存在している基盤より上位のAso-4や段丘堆積層等で構成されている。第二帯水層は、変成岩類、中・古生層、金峰山火山岩類および先阿蘇火山岩類を不透水基盤として存在している。本帯水層は、Aso-1, Aso-2, Aso-3の阿蘇火砕流堆積物と、砥川溶岩^{とがわ}に代表される各火砕流間の溶岩類で構成され、熊本地域の主要な帯水層となっており、江津湖に代表される湧水群へ地下水を供給するほか、水道用水源の主な取水対象層となっている。

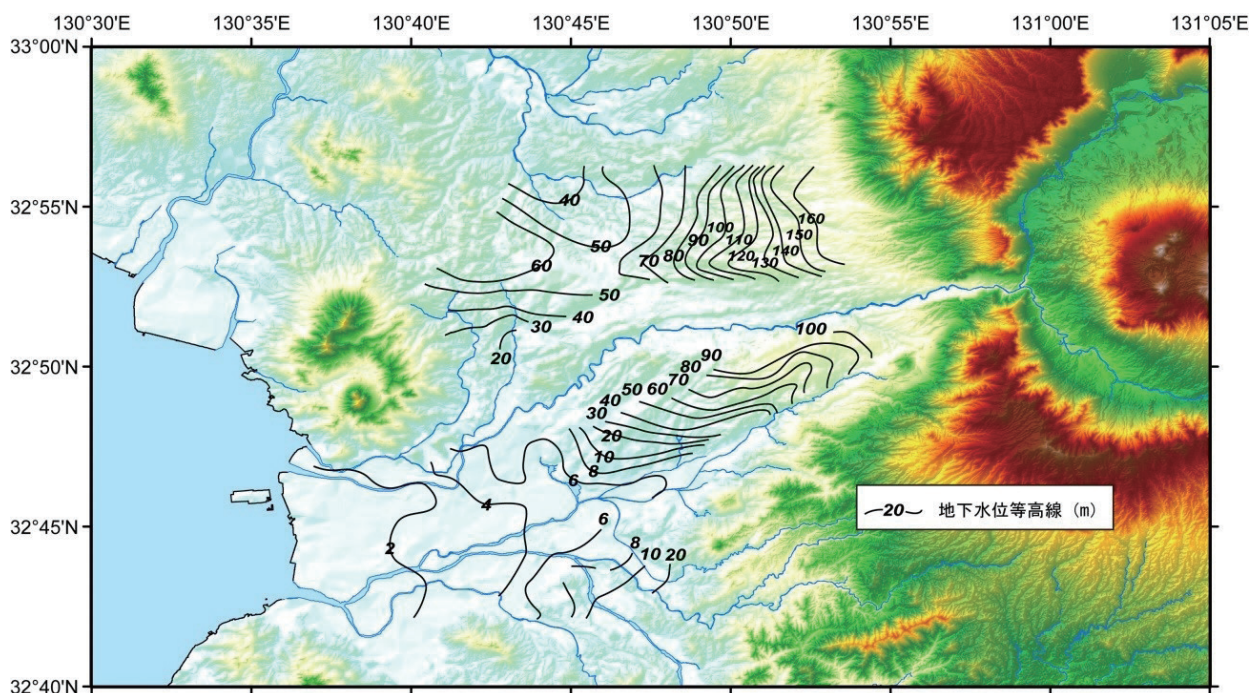
3. 構成および作成手法

水文環境図の構成内容は「水文環境図の編集指針：町田ほか、2010」に基づき決定されている。熊本地域では表層地質図や土地利用図などの基図のほかに、地下水調査地点ならびに各種水文データの空間分布図が収録されている。本図では、過去から現在に至る複数の年代の水文地質データを収録しており、それらのデータを最大で5つまで重ね合わせることが可能である。現在のデータについては、2009年～2011年の間に産総研と熊本大学が共同で集めたものが掲載されている。また今回は、熊本県からの要望に応える形で、熱交換量分布図を新たに加えた。井戸の情報ならびに分析項目については、本図に収録されている「井戸情報・水質データ一覧」を参照いただきたい。

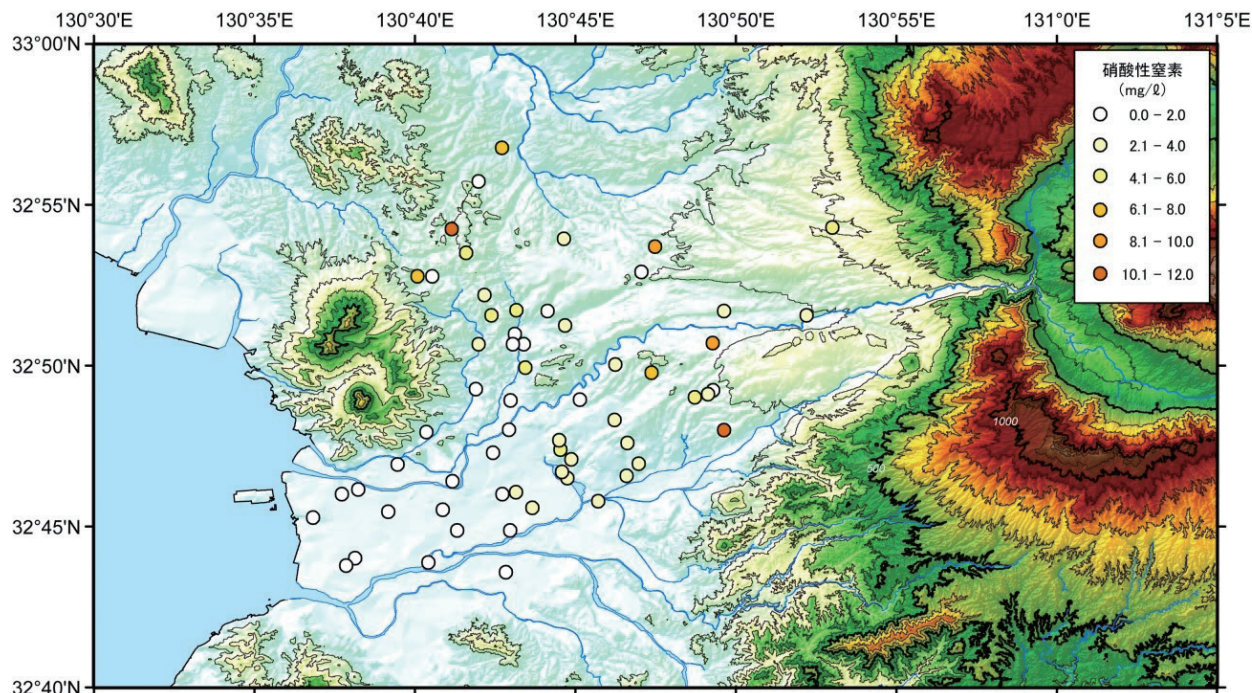
4. 熊本地域における地下水特性

4.1 地下水面

熊本地域では水田灌漑が始まる前の最も地下水位が低下する5月～6月を渇水期、水田灌漑や夏期の降水の浸透により最も水位が上昇する10月を豊水期と定義し、2つの時期で地下水調査が行われてきた(熊本県・熊本市, 1986;熊本県・熊本市, 1995)。過去の調査においては、地下水の流動方向に関しては季節による違いは見られず、豊水期には渇水期と比較して平野部で数十cm、植木台地や菊池台地で1～2m程度地下水位の上昇が見られた。また、地下水位は季節に係らず阿蘇外輪山の西側の白川の両岸で最も高く、白川右岸で地下水は東から西に向かって流動し、植木台地部で南と北に向かう流動に分かれる。白川左岸では、地下水は東から西、あるいは北東より南西に向かって流動し、江津湖周辺で、緑川水系で涵養された地下水と合流し、熊本平野を東から西に向かって流れる(第2図参照)。第二帯水層も第一帯水層と同様に地下水の流動方向に関しては季節による違いは見られないが、地下水位は全流域で豊水期に上昇する。白川中流域において地下水位コンターの間隔が広がる地域、通称“地下水プール”においては両季節間で10m程度の水位変動が確認された。産総研と熊本大学が行った地下水調査においても、過去の調査結果と大きな違いは見られず、白川中流域における地下水プールから大きく南西に向かう地下水流動の存在が確認された。



第2図 1993年6月の第一帯水層の地下水位等高線図。



第3図 現況の第二帯水層地下水の硝酸性窒素の平面分布図 (単位: mg/L)。

4. 2 硝酸性窒素

硝酸性窒素は、主に畑への施肥や家畜のし尿などから地下水中に付加されるため、おもに農耕地で大きな値を示す傾向がある。また、一定以上に摂取した場合、主に乳児を中心として血液の酸素運搬能力が失われ酸欠になる「メトヘモグロビン血症」を引き起こすことが明らかになっており、WHOや厚生労働省により引用基準が設けられている。地下水涵養域に農耕地をもち、生活用水のほぼ全てを地下水に依存している熊本地域では、硝酸性窒素について特に注意を払っている。川越ほか(2009)は熊本市内21カ所の水道水源井(計81本)から採取した飲用水の水質分析結果をクラスター分析することにより11のグループに分類し、水源井の位置と地下水流動系の関係を示した。その中で一部の地域に見られる高い NO_3^- 濃度の存在を指摘している。富家ほか(2011)は、熊本市と市への主な地下水流入域である旧植木町、合志市、大津町、菊陽町、益城町を対象に採水を行い、 NO_3^- -N汚染の実態把握と、窒素安定同位体比分析およびGIS解析を用いた窒素の負荷要因の特性を行った。その結果、熊本都市域で見られる高い NO_3^- -Nの要因は、菊陽町から合志市における家畜排泄物や施肥などの有機態窒素であると結論付けている。

本図における硝酸性窒素の濃度分布(第3図)では、過去の研究と同様に、旧植木町(現熊本市北区)や益城町の一部で引用基準(10 mg/L)以上の地下水が見られ、相対的に地下水涵養域である熊本市市街地周辺と熊本地域北部

で高い傾向が見られた。これらの地域の高い硝酸性窒素の要因は、廣畑ほか(1999)や富家ほか(2011)において言及されているハウスおよび露地畑への施肥や家畜排泄物であると考えられる。一方で硝酸性窒素濃度は、流動方向へ向かい減少する。これは流動に伴う濃度希釈と脱窒作用の両方が働いている結果と考えられる。

5. おわりに

本稿では、水文環境図「熊本地域」(産業術総合研究所地質調査総合センター, 2014)の掲載内容の一部を紹介した。上述したように、現在、国内外の地下水をめぐる情勢は大きく変化してきている。今回、地下水管理において世界的にも最先端の取り組みを行っている熊本地域を対象に水文環境図を作成したことは、熊本地域のみならず、他の地域や国の地下水保全および地下水管理に対する将来的方針にも基盤情報として大いに資する成果であったといえる。またこれらの地球化学図の在り方においても重要な意味を持つと考える。

文 献

廣畑昌章・小笹康人・松崎達哉・藤田一城・松岡良三・渡部征紀(1999)熊本県U町の硝酸性窒素による地下水汚染機構. 地下水学会誌, 41, 291-306.

- 川越保徳・岩佐康弘・湯之上勉・前田香織・富家和男・柿本竜治（2009）熊本市飲用地下水水質の特徴とおいしい水としての評価に関する考察. 水環境学会誌, 32, no. 7, 383-388.
- 熊本県・熊本市（1986）熊本地域地下水調査報告書. 90p.
- 熊本県・熊本市（1995）熊本地域地下水総合調査報告書. 127p.
- 熊本県・熊本市・菊池市・宇土市・合志市・城南町・富合町・植木町・大津町・菊陽町・西原村・御船町・嘉島町・益城町・甲佐町（2008）熊本地域地下水総合保全管理計画. 5p.
- 熊本県地質調査業協会（2003）熊本市周辺地盤図. 社団法人熊本県地質調査業協会 地盤図編纂委員会編, 143-158.
- 町田 功・伊藤成輝・内田洋平・井川怜欧・丸井敦尚・田口雄作（2010）水文環境図の編集指針—ユーザーが求める情報を提供するために—. 地質調査研究報告, 61, nos. 1-2, 75-83.
- 産業術総合研究所地質調査総合センター（2014）水文環境図No. 7熊本地域. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 田中 正（2014）これからの地下水ガバナンス. セミナー「なぜ, 水循環基本法なのか」講演要旨集, 11-16.
- 富家和男・糸満尚貴・松山賢司・柿本竜治・川越保徳（2011）熊本都市域における地下水中硝酸性窒素濃度の現状と地理情報システムおよび窒素安定同位体比分析による窒素不可要因の解明. 水環境学会誌, 34, no. 1, no. 1-9.
-
- IKAWA Reo（2015）Water Environment Map "Kumamoto area".
-

（受付：2014年10月17日）