

第4章 熊本地域の地下水

1 地質と地下水

(1)地下水を育む地質

熊本地域には、数十万年前から数万年前にかけて盛んに活動した阿蘇山の噴火活動に伴い生じた火砕流堆積物が幾重にも堆積しており、地質学では古い順に、Aso-1、Aso-2、Aso-3、Aso-4 という記号で区分されている。

特に Aso-3 と Aso-4 は、阿蘇外輪山西麓から熊本平野に至る地域に、厚いところでは 60 ~ 70mの厚さで堆積しており、径 30cm 以下の軽石状のものからなる透水性の高い地質を形成している。

また、熊本地域南東部の地下では、Aso-1 と Aso-2 の間に砥川溶岩と呼ばれる多孔質で割れ目が多く極めて水を透しやすい溶岩が分布し、一部では地表面に露出している。[図 4-1]

この特有の地質は、豊富な地下水を蓄える巨大な地下水プールと、熊本平野方面へ水を運ぶ地下水パイプの役割を果たしており、非常に巧みに造り上げられた自然の恵みであるといえる。

(2)地下水質の保全の観点から見た地質の特性

地下水を育む阿蘇火砕流堆積物は浸透性の高い地質であり、有害物質等も浸入しやすい地質となっている。特に、地下水プールに当たる白川中流域は、浅い帯水層と深層の帯水層を隔てる粘土層が欠如若しくは非常に薄い場所が分布しており、地表に降った雨水は直接深層の帯水層まで浸透する反面、負荷された汚染物質は容易に深層に達する恐れもある。

また、益城台地から嘉島町、熊本市東部に分布する砥川溶岩も多孔質で極めて透水性が高いため、汚染が短期間で広範囲に拡大する恐れをはらんでいる。

2 水循環と地下水

(1)自然の水循環

熊本地域は、熊本地方気象台の観測によると、降雨量の平年値は、年間 1,992.7mm であり、1,043km²の面積を擁していることから、年間約 20 億 7 千万m³の雨水が降ってくる。このうち約 7 億m³は大気中に蒸発し、7 億 7 千万m³が地域内に流れる白川、緑川、坪井川、加勢川、井芹川等を経て有明海に注いでいる。水収支的には、残りの約 6 億m³が森林や草地、水田、畑地等で地下水をかん養している。

(2)人為的な水循環

白川や緑川の水は、農業用水として取水され、地域の農地を潤している。特に白川については、地域内の最上流部で取水された水は、中流域の大津町、菊陽町の水田等に引かれ、かんがい用水として活用されており、その内の約 1 億m³が地下水をかん養しており、森林と並んで地域の地下水の大きなかん養源となっている。

また、地域内の生活や都市活動及び工業で使用された水は、下水道等で処理され、又は単独で処理された後、河川に放流される。

3 地下水かん養量

平成 11 年度熊本地域における水循環検討調査報告書では、1998 年における年間かん養量は、台地部で 574.0 百万 m^3 、山地・丘陵部で 88.0 百万 m^3 、計 662.0 百万 m^3 と推計されている。土地利用項目別には、水田でのかん養量が 296.1 百万 m^3 となっており、台地部のかん養量の半分以上を占めると考えられる。

地域別には、熊本市北東部から大津町南部、菊陽町にかけての白川中流域におけるかん養量が大きく、4,000 千 m^3/km^2 ・年以上の水が、地下水をかん養すると考えられる。また、その他の台地部のかん養も概ね、1,000 千 m^3/km^2 ・年以上である。

現在、土地利用の変化に伴い熊本市周辺での市街地化及び白川中流域での宅地化や水田の減少の影響によるかん養域の減少が見られ、一方、非かん養域が集中する地区ではかん養量は一段と小さくなっており、熊本市市街地では、ほぼ0となっている。

4 地下水流動

(1)帯水層の区分

熊本地域では、水理基盤をなしている変成岩、中・古生層及び先阿蘇火山岩類を覆って分布する第四紀の地層が、帯水層の主体をなしており、主なものは阿蘇火砕流堆積物と各火砕流間の堆積物である。熊本地域における帯水層は、第一帯水層、第二帯水層及び第三帯水層の3つに区分される。

(2)地下水流動

平成 6 年度熊本地域地下水総合調査の結果、地下水位の分布状況から熊本地域の第一帯水層及び第二帯水層の地下水は、類似した地下水流動を示すことが分かっている。

まず、分水界及び阿蘇外輪山西麓の山地・丘陵部でかん養された地下水は、菊陽町を中心に広がる地下水位分布の極めて平坦な地域である「地下水プール」に流入する。地下水プールからの水は、主に戸島山と木山川の間を通り、江津湖方面に流れるほか、白川沿いに立田山と小山山との間を託麻方面へと流れる。一方、植木台地周辺の山地・丘陵部でかん養された地下水は、主として坪井川に沿って流れる。熊本平野部に達したこれらの地下水は、東から西へ有明海に向かって緩やかに流れる。また、こうした北側から南に向かう流れの他に、南部の山地・丘陵から北側（平野）へ向かう流れもある。[図 4-2]

これら第 1 及び第二帯水層の地下水に対して、第三帯水層の地下水は、植木町から熊本市にかけての金峰山周辺地域で確認されているものの、地下水位の分布状況は確認できていない。

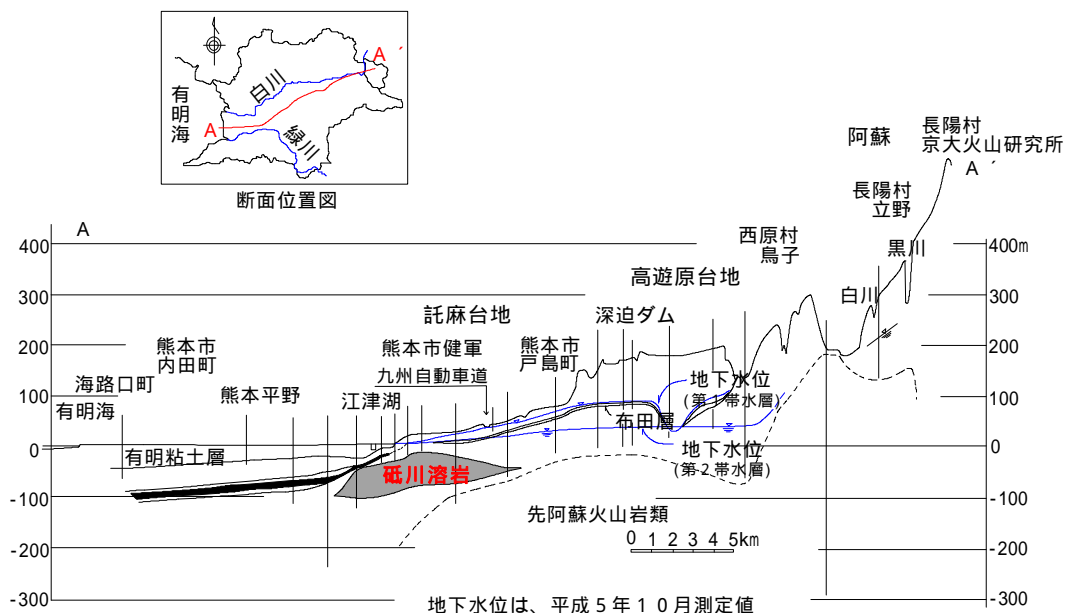


図 4-1 熊本地域の地下水位断面図

5 地下水の利用

自然の水循環及び人為的な水循環の中でかん養された地下水は、第一帯水層及び第二帯水層等に貯えられ、火砕流堆積物や砥川溶岩の中を流下し、その途中で上水道用水や農業用水、また、工業用水として汲み上げられる。

平成9年度は、地域全体で 22,556 万 m^3 の地下水が汲み上げられ、そのうちの半分に当たる 11,579 万 m^3 (全体の 51.3%) が上水道用水として県民の生活に利用されており、8.1%に当たるビル等で使用される都市活動用水 1,824 万 m^3 と合わせると、60%弱が生活用水として利用されている。

次いで、22.2%の 5,015 万 m^3 が農業用水に、10.8%に当たる 2,441 万 m^3 が工業用水に、5.6%に当たる 1,267 万 m^3 が水産養殖用水に、1.9%に当たる 429 万 m^3 が家庭用等その他の用途に使用されている。

地下水は、また、江津湖や浮島等で湧出して河川に流れ出るもの(約 355 百万 m^3)のほか、有明海に湧出するもの(21 百万 m^3)、菊池川流域へ流出するもの(108 百万 m^3)などがある。

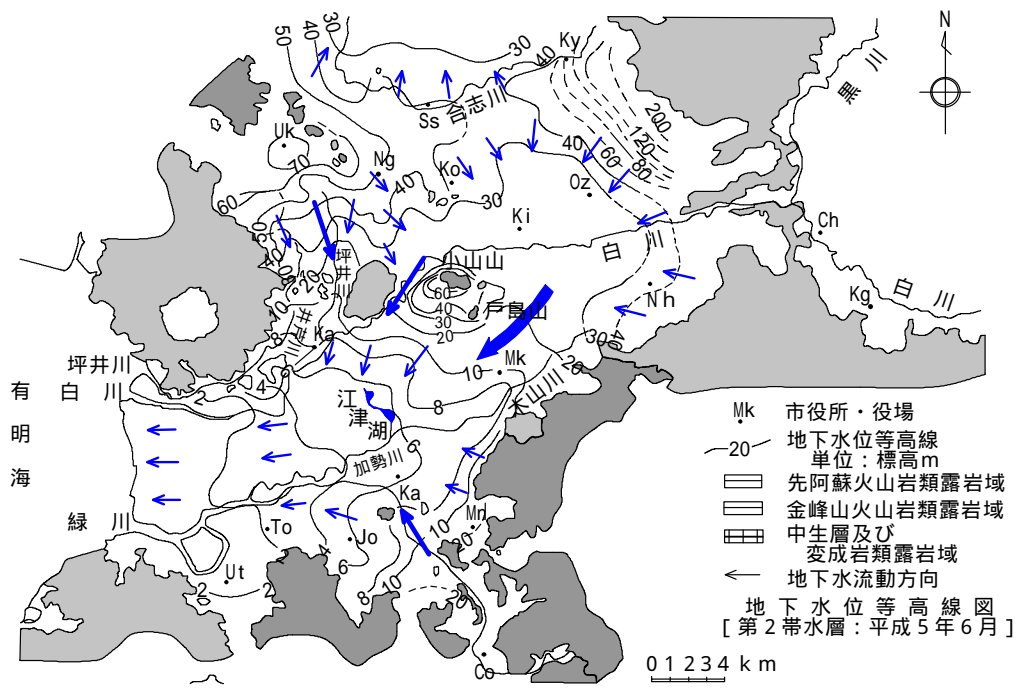


図 4-2 熊本地域の地下水流動模式図

第5章 硝酸性窒素の物性

1 窒素の循環

窒素は、動植物にとって必要不可欠な元素の一つであり、形態を変えながら自然界を循環している[図 5-1]。

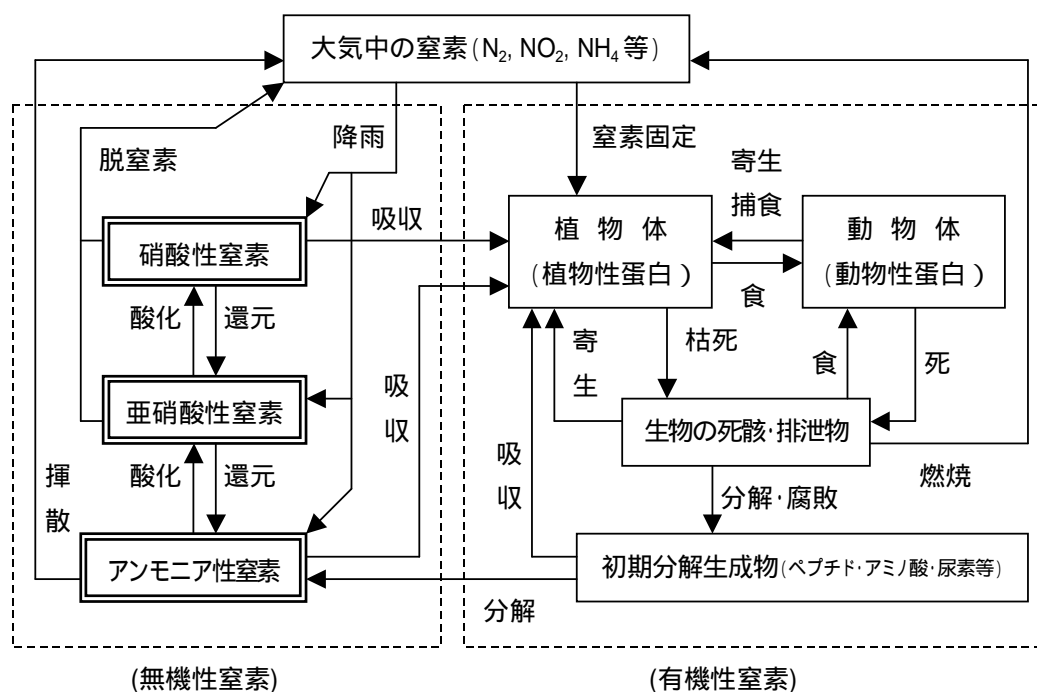


図 5-1 自然界における窒素循環

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は、自然界における窒素循環の中の一化学形態であり、一方の形態から他方の形態へと容易に変化する。しかも、健康影響は、硝酸性窒素が体内で急速に亜硝酸性窒素へと還元され、その結果として現れるものであるため、一体として考えることができる。また、各化合物の量的関係を把握しやすくするため、イオン濃度で表示するのではなく、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素というように、窒素量で表示する。

硝酸性窒素は、あらゆる場所の土壌、水、野菜を含む植物中に広く存在しており、また、亜硝酸性窒素についても、硝酸性窒素より一般に非常に低濃度であるものの、かなり広く分布している。

水中の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の由来は、無機肥料の使用、腐敗した動植物、生活排水、下水汚泥の陸上処分、工場排水、塵芥の残渣等である。これらに含まれる窒素化合物は、水や土壌で化学的・微生物学的に酸化及び還元を受け、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素となる。

飲料水中の硝酸性窒素は種々の窒素化合物が酸化を受けて生じた最終化合物であり、通常

の水処理や塩素処理では取り除くことができない。

2 健康影響

硝酸性窒素が多く含まれている水を摂取すると、その一部は消化器系内の微生物により還元されて亜硝酸塩となって吸収され、血中の赤血球のヘモグロビンと結合してメトヘモグロビンとなる。このメトヘモグロビンは、ヘモグロビン中の2価鉄イオンが酸化され3価鉄イオンになったものであり、酸素の運搬能がない。

そのため、血中のメトヘモグロビン量が総ヘモグロビン量に対し10%以上になると、酸素供給が不十分となり、チアノーゼ症状を呈するメトヘモグロビン血症となる。さらに、メトヘモグロビン量が20~50%では呼吸困難、頻脈、頭痛などの症状を示し、60~70%以上では昏睡、最悪の場合、死に至る。

通常は、ヘモグロビンの一部が酸化作用を受けてメトヘモグロビンになったとしても、還元作用を受けて元に戻る。特に、健康人の場合、この酸化還元が平衡状態となって、メトヘモグロビンは血中のヘモグロビン総量の1%以下に保たれている。

しかし、乳児やある種の胃腸病患者等は、メトヘモグロビン血症になりやすいことが分かっている。これは、消化器系内における硝酸性窒素の還元が、胃の酸性度に大きく関係していることによる。硝酸性窒素還元微生物が増殖できない酸性条件下の胃では還元反応は起こりにくい、酸性度が低い乳児やある種の胃腸病患者の胃では、硝酸性窒素還元微生物が増殖しやすい環境となり、還元反応が起こりやすく、メトヘモグロビン血症になりやすい。

これまで、欧米だけではなく、我が国でも、メトヘモグロビン血症の発症例に関する報告がなされている[田中淳子(筑波大学付属病院 小児科)ほか、小児科臨床 1996-7,49,p1663]。

また、この他、硝酸性窒素については、胃の中で二級及び三級アミン等と反応して、動物に対して発ガン性を有するN-ニトロソ化合物を生成することが知られている。しかしながら、このN-ニトロソ化合物がヒトに対しても発ガン性を有するという証拠はまだ認められていない。

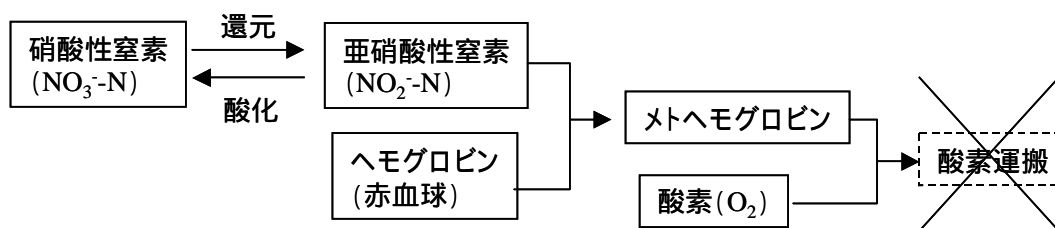


図 5-2 硝酸性窒素の変化

3 環境基準

環境基準とは、環境基本法第16条に基づき、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として定められたものであり、行政上の政策目標である。これは、人の健康等を維持するための最低限度としてではなく、より積極的に維持されること

が望ましい目標として、その確保を図っていかうとするものである。また、汚染が現在進行していない地域については、少なくとも現状より悪化することとならないようにこれを維持していくことが望ましいとされるものである。

また、環境基準は、現に得られる限りの科学的知見を基礎として定められているものであり、常に新しい科学的知見の収集に努め、適切な科学的判断が加えられていかなければならないものでもある。

環境基準は、現在、大気、水、土壌、騒音について定められており、地下水については、平成9年3月環境庁告示第10号により「地下水の水質汚濁に係る環境基準」として定められた。

「地下水の水質汚濁に係る環境基準」には、平成16年度現在、カドミウム等26項目が設定されており、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素については、平成11年2月環境庁告示第16号により、それまでの要監視項目から環境基準項目へ移行されている。基準値は、平成5年1月国の中央公害対策審議会の答申により要監視項目の一つに設定された当時から、「10mg/L以下であること」となっている。

参考

環境基本法（平成5年2月19日法律第91号）

第2章 環境の保全に関する基本的施策

第3節 環境基準

第16条 政府は、大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準を定めるものとする。

2 前項の基準が、二以上の類型を設け、かつ、それぞれの類型を当てはめる地域又は水域を指定すべきものとして定められる場合には、政府は、政令で定めるところにより、その地域又は水域の指定の権限を都道府県知事に委任することができる。

3 第一項の基準については、常に適切な科学的判断が加えられ、必要な改定がなされなければならない。

4 政府は、この章に定める施策であって公害の防止に係るもの（以下「公害の防止に関する施策」という。）を総合的かつ有効適切に講ずることにより、第一項の基準が確保されるように努めなければならない。

4 水道法に基づく水質基準

水道法に基づく水質基準は、水道法第4条に基づき、上水道に供給される水が備えるべき要件であり、水質基準に関する省令（平成15年厚生労働省令第101号）により定められている。

上水道により供給される水は、この基準に適合するものでなければならず、平成 16 年現在、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素を含めて 50 項目が設定されている。

平成 16 年現在の水道水質基準では、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の基準は、「10mg/L 以下であること」が採用されている。

メトヘモグロビン血症を起こす硝酸性窒素濃度については多くの研究があるが、確かな数値はない。しかしながら、飲料水の硝酸性窒素濃度が 10mg/L 以下の地域では、乳児のメトヘモグロビン血症の発症例は報告されていない。WHO では、高濃度の硝酸性窒素（22mg/L 以上）を含む上水道水を乳児用に使用すべきでないと勧告している。

第6章 硝酸性窒素による地下水汚染の現状と将来

1 熊本県の現状

熊本県では、全国に先駆けて、平成元年度から硝酸性窒素を参考調査項目として地下水質調査を実施し、県下の地下水の状況を注視してきた。平成4年度から、地下水質測定計画で有害物質等の調査を毎年同じ地点（井戸）で実施している。定点監視調査井戸について硝酸性窒素濃度の調査を継続している。

平成6～15年度に実施した定点監視調査結果のうち硝酸性窒素濃度についてまとめたところ、硝酸性窒素濃度の平均値は、横ばい傾向にあることが伺える[表6-1、図6-1]。

表6-1 地下水質測定計画に基づく定点監視地下水質調査結果（硝酸性窒素濃度）

	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
調査地点数	159	159	159	161	159	159	159	173	171	173
検出地点数	144	130	135	138	136	135	142	146	145	145
検出率(%)	90.6	81.8	84.9	85.7	85.5	84.9	54.8	84.4	84.8	83.8
平均値(mg/l)	2.32	2.83	2.62	2.55	2.50	2.41	2.50	2.43	2.43	2.64
最高検出値(mg/l)	40	31	23	18	17	18	16	20	15	21
基準超過地点数	2	6	5	3	4	5	5	2	3	3
超過率(%)	1.26	3.77	3.14	1.86	2.52	3.14	3.14	1.16	1.75	1.84

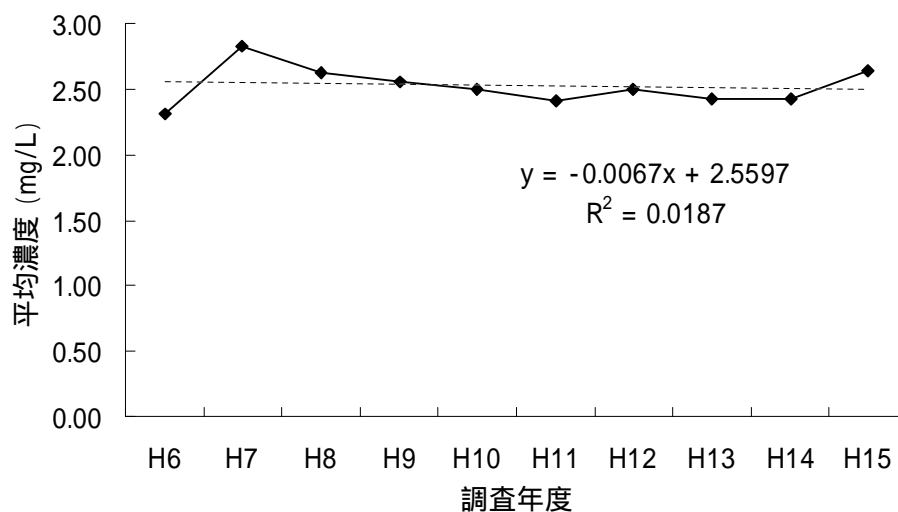


図6-1 定点監視調査地点の硝酸性窒素濃度平均値の変化

なお、平成15年度現在、県下87市町村のうち、その約半数に当たる43市町村で環境基準超過井戸が確認されている。また、地域別に見た場合、汚染地区の少ない地域もあるものの、県下全域に汚染地区が分布していることが明らかとなっている。

2 熊本地域の現状

(1) 上水道水源井の硝酸性窒素濃度

熊本地域における上水道の水源井のほとんどが 100m 以深の深井戸である。

熊本地域の北部地域や一部南部地域に高い硝酸性窒素濃度が検出される井戸が見られており、一部では水道法に基づく水質基準を超過したため使用を中止した井戸も見られる。

(2) 硝酸性窒素濃度の分布状況

これまで、熊本地域において実施された地下水質測定計画に基づく地下水質調査（硝酸性窒素濃度）は、以下の 2 調査である。

熊本県水質測定計画に基づく地下水質調査 - 水質汚濁防止法に基づく地下水質の常時監視

熊本県地下水質詳細調査 - 硝酸性窒素が高濃度（概ね 8 mg/L 以上）に検出された井戸の周辺井戸についての調査。平成 7 及び 12 年度実施。

これまで、熊本地域において実施された地下水質測定計画に基づく地下水質調査（硝酸性窒素濃度）結果を 1 km メッシュごとに分類し、各メッシュ内の最高濃度を濃度別に表示したところ、以下の 3 地域について硝酸性窒素濃度の高い井戸のあるメッシュが集中することがわかり、その特徴は以下のとおりであった。[図 6-2]

熊本市北西部（金峰山周辺）：比較的狭い範囲に基準超過井戸が集中しており、硝酸性窒素濃度も高い。

熊本市北部・植木町・西合志町・合志町・菊池市（旧泗水町及び旧旭志村西部）にかけた地域：広範な範囲に基準超過井戸が集中しており、硝酸性窒素濃度も高い。

城南町南部・甲佐町北部・御船町西部の一部にかけた地域：比較的狭い範囲に基準超過井戸が点在しており、硝酸性窒素濃度は環境基準をわずかに超える程度。城南町では、平成 14 年度に町内の上水道未整備区域の井戸 500 本を町独自に調査を行ったところ、台地部の井戸を中心に 108 本（21.6%）から基準値を超える硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が検出された。

一方、熊本市南部から宇土市・富合町・嘉島町・益城町・西原村・大津町にかけての熊本地域中央部には基準超過井戸が少なく、検出される濃度も非常に低いという傾向がある。

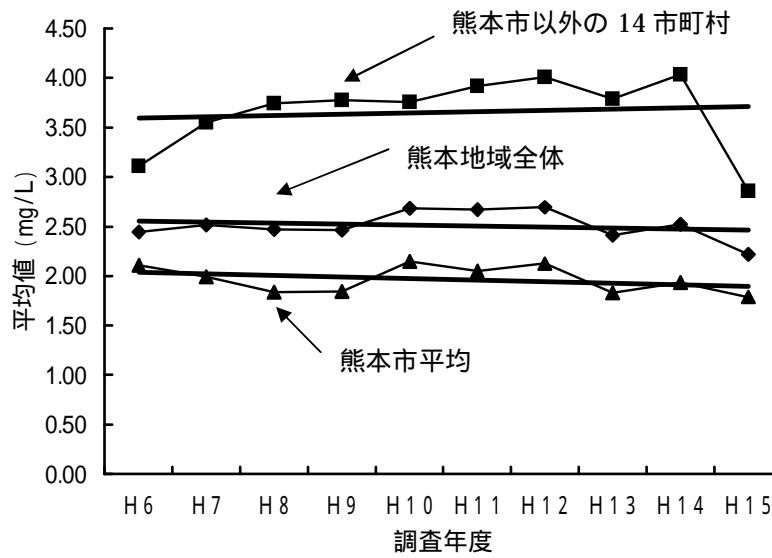


図 6-3 熊本地域における硝酸性窒素濃度平均値