

(81) 京都盆地水系における地下水水質の空間特性と 経年変化の解析

バトル アブドレイム^{1*}・城戸由能²・栗津進吾¹・中北英一²

¹京都大学大学院工学研究科 (〒615-8530 京都市西京区京都在学桂)

²京都大学防災研究所 (〒601-0011 宇治市五ヶ庄)

* E-mail: batur@hmd.dpri.kyoto-u.ac.jp

京都盆地水系における将来的な水資源の利用可能性や水環境保全等の対策を検討する上では、表流水のみならず地下水の水量・水質特性を明らかにすることが必要であり、そのためには地下水の現状から将来に向けての利用状況やこれまでの汚染源を把握することが重要となる。本研究では11年間の地下水水質観測データをもとにヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラムを用いた観測各地点の溶存イオン特性による水質類型の判定を行い、次いで他の水質項目を加えて主成分分析およびクラスター分析を行った。その結果、地下水水質特性を形成する要因として、盆地中央平地面部では河川表流水の影響を強く受け、盆地周辺丘陵部では段丘堆積物や洪積世堆積層等の地層・地質特性の影響が強いという地下水水質特性が明らかとなった。

Key Words : Kyoto basin, groundwater quality, spatial and temporal distribution characteristics

1. はじめに

京都盆地は南北約30km、東西約15kmの広さで、周辺山地は主に砂岩・泥岩・チャート・緑色岩などの丹波帯中・古生層と盆地北東方に分布する北白川花崗岩からなる。盆地縁の丘陵地は主に大阪層群からなり、東部の深草地域と西部の西山地域に分布する¹⁾。基盤構造調査によると、京都盆地の地下水帯は盆地南部の巨椋池干拓地以南で最大深度となり、盆地南西部の大山崎・男山付近で帯水層基盤深度が30～50m程度と浅く、この部分がダム堤体のような構造となっているため²⁾、盆地内部の地下水は停滞性が強く、一旦汚染された地下水は容易には流出せず、水質回復には非常に時間を要する。

本研究では、京都盆地水系において重要な水源である地下水の将来的な水質保全策および地下水利用可能性を検討するための基本的な情報を得ることを最終的な目標と位置づけ、その第一段階として過去の観測データの水質解析を行い、京都盆地の地下水水質の時間・空間分布特性を明らかにするとともに、水量・水質の涵養特性と地形・地質等の流域特性との関係性を考察することで、水質特性の要因を明らかにする。

2. 研究の背景と既往調査研究の概要

我が国の地下水年間使用量は全国で約124億m³、都市用水および農業用水全体の約13%を占めている³⁾。多量の揚水の影響は顕在化しにくいことも考慮すると、地下水の水量面での問題も考える必要がある。

一方、水質保全の観点から1989年より水質汚濁防止法に基づき地下水水質汚染状況を常時監視するようになり、環境基準超過検体数などが公表されている。環境省の平成20年度調査では地下水調査総事例5,890件、そのうちVOC汚染事例では2,146件中超過件数1,030件、重金属等汚染調査事例では1,331件中超過件数881件、硝酸・亜硝酸窒素汚染調査事例では2,306件中超過事例1,553件であった⁴⁾。VOC汚染については汚染源の特定と曝気処理等の対策が進められ改善が比較的進んでおり、硝酸・亜硝酸窒素汚染については農地および公園・ゴルフ場等で使用された農薬による硝酸性窒素による汚染についても使用農薬の質と量の制御が進められているが水質汚染の改善が進んでいないことが報告されている⁴⁾。つまり、多くの汚染土壌・地下水が未発見のまま放置されている可能性が高いといえる。ただし、地下水の汚染源は主に

地表から混入する人間活動由来のものに加えて、地表あるいは地層土壌や火山活動などの自然由来のものもあり、その汚染対策を考える上では制御可能な人為影響による汚染を時空間的に把握する必要がある。

地下水水質の空間分布に関する既往研究としては、主に塩水や温泉水の侵入、河川水との交流現象の解析を目的とし、地下水の基本的な水質特性を示す溶存イオン成分を用いた解析がおこなわれている。藤原ら⁵⁾は2年間4回の観測データを対象とした多変量解析を行い、地下水が海水侵入や施肥の影響を受けていることを明らかにした。栃本ら⁶⁾も伊豆大島を対象として同様の手法を用いて海水侵入と火山活動の影響を強く受けていることを明らかにした。これらの研究では空間的に高密度の観測を長期間実施するのが困難なため、1~2年間に数回実施された観測データに基づいた解析にとどまっている。

研究対象領域である京都盆地では、清浄かつ豊富な地下水が古くから醸造業・染色業等の産業や茶道・華道などの文化を支える重要な水資源として利用されてきた。そのため、名水・名井として有名な井戸・湧水が存在したが、近代以降枯渇や水質悪化のために地下水利用を中止して水道水へ転換せざるを得ない場合もあった⁷⁾。1980年代には大山崎町が管理する水源井戸の一部から水銀が検出されたため、その対策として大山崎町全域および長岡京市の一部を対象にした地下水水質についての調査が実施され、汚染源は過去の水銀含有の農薬であることが示唆されたが明確化されず、汚染井戸の採水深度の改良工事による対処療法的対策が実施された⁸⁾。平成19年度の水質調査においても砒素・水銀・窒素等の環境基準を超過している地点が存在している(表-1)⁹⁾。

斉藤ら¹⁰⁾は桂川右岸域を対象とした1991年と2004年の2回の水質調査に基づき、電導度・陰イオン性界面活性濃度等の主として生活排水に関係する水質項目に関しては小畑川流域の地下水水質および小畑川の河川水質が改善していること、2回の観測期間の間に水質分布が大きく変化していることを明らかにした。さらに黒田ら¹¹⁾は京都盆地中央部の地下水位とCaイオン、NP比等に基づいた水質の経年変化を解析している。向井ら¹²⁾は京都盆地中央部で一般に水利用が公開されている井戸の1回の採水試料の化学分析を行い、溶存化学成分の構成比率の特性について解析を行っている。

3. 解析対象データと解析手法

京都盆地内には、国土交通省による地下水観測が行われており、時間水位および年数回の採水水質分析が行われている(図-1)。観測井戸の地表からの深度は3.4~65.3mと幅が広い(表-2)。このうち1992~2002年の水質デ

表-1 京都盆地内の地下水水質環境基準超過確認地点

汚染物質	地点数
砒素	京都市:3地点
水銀	宇治市、八幡市:各1地点
テトラクロロエチレン	京都市:3地点、宇治市:3地点、長岡京市:1地点
硝酸性・亜硝酸性窒素	京都市:6地点、宇治市:1地点
ぼう素	八幡市の1地点

表-2 地下水観測井戸の基準高・井戸深度・ストレーナ位置

観測地点名	地盤高 [T.P. +m]	井戸 深度 [G.L.-m]	ストレーナ 深度 [G.L.-m]	観測地点名	地盤高 [T.P. +m]	井戸 深度 [G.L.-m]	ストレーナ 深度 [G.L.-m]
花園	43.0	22.2	1.5-21.2	下鴨	69.2	15.1	3.6-15.1
醍醐	27.1	12.2	8.2-12.2	御所	45.6	15.1	3.6-15.1
上柳野	15.9	12.2	6.9-11.9	上鳥羽	16.9	58.0	45.7-57.7
日吉	73.5	16.1	0.0-16.1	淀	13.1	15.2	6.2-15.2
桃山	12.5	3.4	0.0-3.4	岩田	15.3	59.0	32.7-47.7
巨椋池	10.3	36.4	10.3-36.3	久御山	13.0	30.2	10.7-28.2
小倉	10.6	11.2	5.9-11.2	八幡南	14.6	30.0	10.7-29.7
御幸橋	16.9	30.0	22.0-30.0	下鳥羽	31.4	49.2	37.2-49.2
大山崎	14.3	22.0	15.5-21.0	深草	32.7	19.2	8.7-19.2
八幡	15.1	40.0	52.0-65.0	東寺	27.2	65.3	53.3-65.3
桂	23.3	15.0	4.0-15.0	東一口	12.2	50.2	37.2-50.2

表-3 主要水質項目の最高・最低・平均濃度(単位: mg/L)

項目	最高値	最低値	平均値
T-N	3.67	0.09	1.05
T-P	3.32	0.02	0.29
K	11.20	1.34	3.07
EC	77.63	7.67	23.68
COD	5.99	0.51	2.31

ータについて解析を行った¹³⁾。観測は年4回(2・5・8・11月)、毎年8月に主要な溶存イオン類を含む26項目、他の3回は電気伝導度等の17項目の水質分析に限定されているため、今回の分析には8月期のみを用い、欠測等により22地点に限定されるが、他研究と比較して時空間密度が高いことが本解析の特徴のひとつである。主要な水質項目の最高・最低・平均濃度を表-3に示す。

まず、各地点の8月の全観測期間平均値を用いて、地下水水質特性を解析する基本的な手法であるヘキサダイアグラム・トリリニアダイアグラムによる水質空間分布特性を解析した。同期間の河川水の溶存イオン分析データが得られなかったため、観測期間が異なるが現在我々が実施している観測データを用いて同様の解析を行った結果をあわせて示す。次に、溶存イオン成分に全窒素・全リン等の他の水質データを加えた期間平均値に対して主成分分析を行い、得られた主成分得点を対象としたクラスター分析結果から水質特性が類似する観測地点の空間分布を解析した。これらの結果をもとに、地層・地質特性との関係性について検討した。さらに各年度の観測値について、ヘキサダイアグラム・トリリニアダイアグラムによる水質類型の経年変化について考察した。

4. 解析結果

(1) ヘキサダイアグラム分析結果

ヘキサダイアグラムは陽・陰イオンの当量濃度(meq/L)

のバランスから水質特性を分類する方法である。分類結果を表4に示す。全22地点中11地点が NaHCO_3 型、5地点が CaHCO_3 型に分類され、多くが盆地中央部の沖積層堆積地域に存在する。観測期間は異なるが対象領域内の河川水質の多くは CaHCO_3 型に分類されていることを踏まえて、この領域の地下水は河川からの涵養の影響が強い地下水特性を表していると推定した。

盆地周辺丘陵部に位置する日吉・上植野・深草等の地点では、河川水と丘陵部浸透水の影響が混在する。盆地中央部に位置する地点の地下水でも沖積層堆積物と丘陵部の洪積層堆積物の影響も混在する。盆地南部の醍醐・巨椋池・小倉の3地点は CaSO_4 型を示しており、表層地質図からこの付近には丘陵部や宇治川断層付近の粘土・砂層が堆積していることが確認できたので、非炭酸型に分類された地点では地質の影響を示していると推定した。

(2) トリリニアダイアグラム分析

トリリニアダイアグラムもヘキサダイアグラムと同様に主要な陽・陰イオンの当量濃度バランスに基づきキーダイアグラムと呼ばれる菱形グラフのプロット位置から

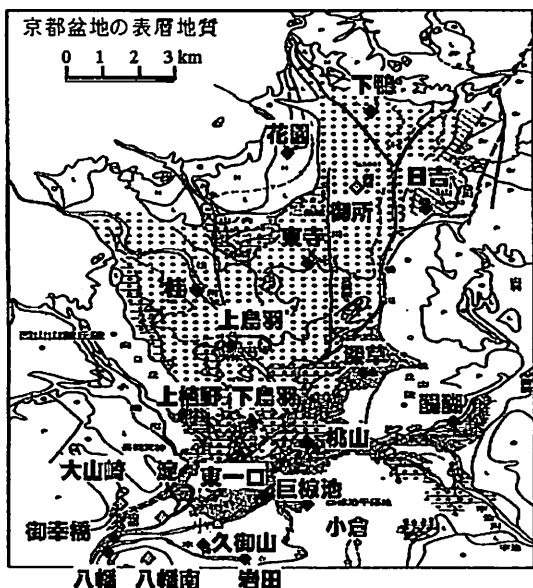


図-1 解析対象とした地下水観測井戸地点¹⁾

水質特性を分類する方法である。 $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{NO}_3^-$ の8つのイオン成分を用いてトリリニアダイアグラムを作成し(図-2), 基本的な5つの類型に分類した。

NaHCO_3 型(重炭酸ナトリウム型; III型)は、日本の循環性地下水の大半がこの型に属し、特に石灰岩地域の地下水は典型的にこの型を示すといわれているが、対象領域ではストレーナー深度が深い八幡のみがこの型に属している。 CaHCO_3 型(重炭酸カルシウム型; II型)は浅層地下水の特徴を示し、盆地中央部の11地点(桃山・大山崎・御所・上鳥羽・淀・岩田・八幡南・下鳥羽・東寺・東一口・桂)がこの型に属する。 CaSO_4 あるいは CaCl_2 型(非重炭酸カルシウム型; I型)は停滞的な環境にある地下水、特に温泉水・鉱泉水および化石塩水等がこの型に属する。一般的な河川水・地下水ではまれで、工業排水等の混入も考えられる。観測地点でこれに属するものは見られなかった。IV型は NaSO_4 あるいは NaCl 型(非重炭酸ナトリウム型)で、海水および海水が混入した地下水・温泉水等がこの型に属する。地形的に東山山麓部に位置する日吉・深草地点がこの型に属し、この2地点を結ぶように花折断層・桃山断層が通り、深層地下水あるいは温泉水の影響を受けている可能性がある。V

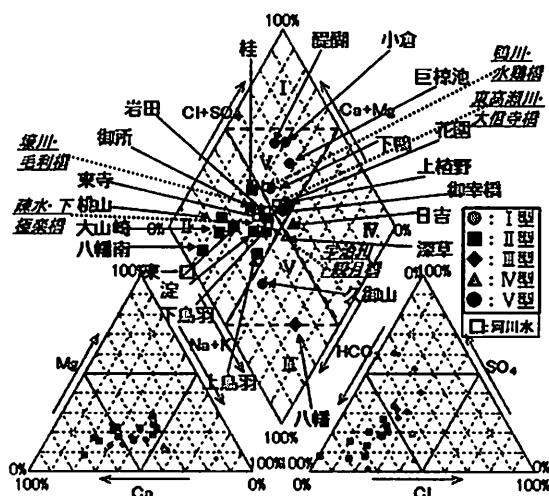


図-2 トリリニアダイアグラム分析の結果

表4 ヘキサダイアグラムによる分類結果

類型	CaHCO_3 型	NaHCO_3 型	CaSO_4 型	中間型
代表地点のダイアグラム形状				
分類地点	淀, 大山崎, 八幡南, 御所, 東一口 (宇治川・観月橋, 塚川・毛利橋, 陣水・下鶴薬橋)	上鳥羽, 下鳥羽, 東寺, 岩田, 八幡, 日吉, 深草, 花園, 上植野, 久御山, 御幸橋	醍醐, 小倉, 巨椋池	桂, 桃山, 下鴨 (鶴川・水鶴橋, 東高瀬川・大仏寺橋)

型はⅠ～Ⅳの中間的な型で、河川水・伏流水および循環性地下水の多くがこの型に属する。8地点がこの型に属するが、久御山のみがⅢ型に近く、醍醐・小倉・巨椋池はⅠ型、下鴨・上植野・御幸橋・花園はⅡ型とⅣ型の中間に位置する。時期は異なる河川水の分析結果から、河川水はⅡ型およびⅢ型に近いⅤ型の領域にプロットされており、これらの解析結果からも盆地中央部の地下水水質は河川水の影響を強く受け、周辺丘陵部の地点では地層や地質等の影響を受けて、多様な水質特性を示していることが推定できる。

(3) 多変量解析を用いた水質特性の分析

多変量解析の手法のうち主成分分析とクラスター分析は水質特性を解析するために用いられることが多い。主成分分析とは多数の変数を少数の情報（主成分）に要約する分析手法であり、多種多様な水質指標で表される水質特性を集約し、主成分を総合指標あるいは合成指標として用いることで水質特性を明らかにできる。さらに、各地点の主成分得点に対してクラスター分析を行うことで、水質特性が類似する地点を階層的に分類できる。

本研究で分析に用いた水質項目は、上記の溶存イオンにpH・電気伝導度・溶存酸素量・COD・総窒素・総リンを加えた13項目、11年間の8月期観測データ平均値を対象として主成分分析を行った。巨椋池地点はデータの欠測により分析から除外している。第4主成分までの累積寄与率は84.4%であり、京都盆地の地下水水質はこれらの主成分でその特性を集約できることが明らかになった。第1・第2主成分の主成分負荷量を図3に示す。第1主成分はDO以外の水質項目の全てが正の負荷量となることから水質汚染の程度を示す主成分と解釈した。第2主成分は2価のイオンが負の負荷量、リン・窒素等の地表負荷となる肥料成分や表流水の影響を特徴付ける炭酸イオンが正の負荷量を示しているの、正は肥料等表面負荷を負は停滞性の強い地下水の影響の強さを示していると解釈した。第3・第4主成分については明確な意味を解釈するのは困難であった。

第4主成分までの主成分得点を対象としたクラスター分析を行った結果を図4に示す。図は第1・第2主成分得点を両軸に配置したプロット図であり、おおおよそ上位2つの主成分軸で水質特性が分類されている。クラスターBについては第3・第4主成分が反映されて、図では入り組んだグループとなっている。なお、醍醐と八幡については主成分得点が極端に大きく、図の範囲外にあり、それぞれ独立したクラスター（E・F）として分類された。クラスターAは盆地北部の丘陵地に近い平地に位置し、扇状地形上に位置しているのが特徴である。クラスターCは桃山丘陵部付近から南西の大山崎までほぼ直線

上に並んでいる。多くの地点が属するクラスターBは盆地中央部から宇治川を越えて南部域まで広がっている。

(4) 地下水水質の空間分布特性の考察

以上、3つの解析方法で分類された結果を、ヘキサダイアグラム・トリリニアダイアグラムによる分類の順番で整理し表5にまとめる。当然ではあるが、分析データや分析の視点が共通する両ダイアグラムの分類結果は同じ組み合わせになる地点が多い。ヘキサダイアグラムで炭酸型、トリリニアダイアグラムでⅡ型に分類された地点は盆地中央部に位置し、基本的に河川と類似した水質特性を示すタイプに分類されている。しかし、ヘキサダイアグラムでNaHCO₃型に分類された観測地点のうちトリリニアダイアグラムでは河川水に近いと分類されたⅡ型（上鳥羽・下鳥羽・東寺・岩田）や停滞的な地下水であるⅢ型（八幡）、温泉水や海水などに近いと分類されたⅣ型（日吉・深草）も存在する。

主成分分析＋クラスター分析ではイオン項目以外の水質項目も加えているのでさらに細かい分類となる。この結果では下鳥羽地点が丘陵部の深草や盆地南西部の大山崎等と同じクラスターに分類されている。下鳥羽の観測

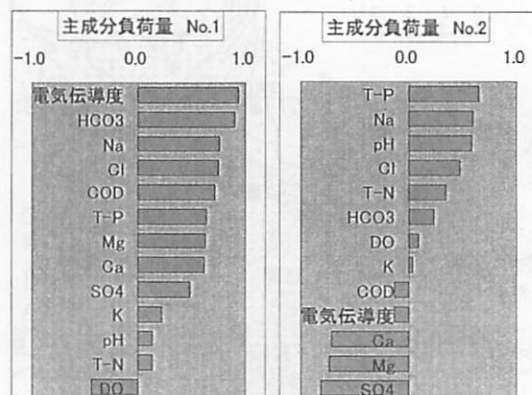


図3 主成分負荷量算定結果

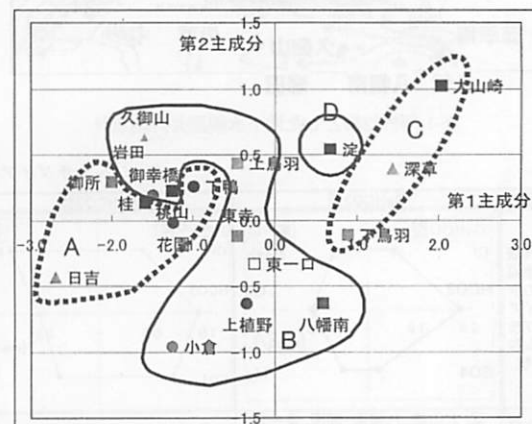


図4 クラスター分析結果

表-5 3つの解析方法による分類結果

地点名	ヘキサダイアグラム	トリリニダイアグラム	多変量解析
上鳥羽	NaHCO ₃ 型	II	B
岩田	NaHCO ₃ 型	II	B
東寺	NaHCO ₃ 型	II	B
下鳥羽	NaHCO ₃ 型	II	C
八幡	NaHCO ₃ 型	III	F
日吉	NaHCO ₃ 型	IV	A
深草	NaHCO ₃ 型	IV	C
花園	NaHCO ₃ 型	V	A
上植野	NaHCO ₃ 型	V	B
御幸橋	NaHCO ₃ 型	V	B
久御山	NaHCO ₃ 型	V	B
桂	中間型	II	A
桃山	中間型	II	B
下鴨	中間型	V	A
御所	CaHCO ₃ 型	II	A
八幡南	CaHCO ₃ 型	II	B
東一口	CaHCO ₃ 型	II	B
大山崎	CaHCO ₃ 型	II	C
淀	CaHCO ₃ 型	II	D
小倉	CaSO ₄ 型	V	B
醍醐	CaSO ₄ 型	V	E
巨椋池	CaSO ₄ 型	V	

井戸のストレーナー深度は地表から約 50m と深く、この付近のボーリングデータでは地表から約 60m 以深に洪積世の火山灰層と粘土層が堆積しているおり¹⁾、その影響で溶存イオン類以外の水質指標を加えた主成分分析では、丘陵部の河岸段丘や大阪層群の地質の影響が強く表れている深草などと類似した水質特性を示している。同様に八幡地点（クラスターF）は表-2 に示したとおり比較的深い地下水を採水しているので周囲の地層・地質の影響が強いと考えられるが、ヘキサダイアグラム・トリリニダイアグラムの結果からは河川水の影響も強いことが示されており、地質図・ボーリングデータを確認すると、表層から鉛直方向に連続した帯水層が存在する可能性があることが明らかとなった。

3つの解析手法の結果と地質図やボーリングデータを複合して考察することで、帯水層の構造や負荷源となりうる地層・地質などを推定することが可能である。

(5) 各地点のイオン濃度の経年変化の特徴

観測データの経年変化を分析すると、特定の水質項目が変化する地点が見られたが、その空間分布や時間的変動傾向は明らかにできず、対象領域の地下水水質特性の時間変動特性を説明することは困難であった。そこで、まず毎年の8月期データについてヘキサダイアグラムを

用いた類型分類を行ってその経年変化を確認した。盆地中央部の地点は全期間を通じてほぼ NaHCO₃ 型と CaHCO₃ 型に属して経年変化は見られず、盆地周辺丘陵部で期間内に類型が変化する醍醐・日吉・深草・上植野等の地点が見られた。これらの地点と比較するためにトリリニダイアグラム分析で全期間同一類型と判定された淀地点を加えた各年の8月期データのトリリニダイアグラムにもとづく水質類型を確認した（表-6）。

醍醐地点は山科盆地に属し、京都盆地中央部とは地形・地質的に異なる特性を持つ。1994 年まではII型と CaHCO₃ 型に分類されるが、1996～1997 年にはIV型や NaSO₄・MgSO₄ という類型が見られ、その後はI型と CaSO₄ 型で安定している。これらの結果から時間の経過とともに河川水影響から停滞性地下水あるいは土壌土質の影響が強くなったことが推定される。1996～1997 年には醍醐付近では地下鉄工事が行われており、その影響で水質特性が一時的に攪乱された可能性が高い。

日吉・深草・上植野は盆地周辺丘陵部に位置し、河川水と丘陵部浸透水が涵養源であり、盆地中央の沖積層堆積物と丘陵部の洪積層堆積物の影響が混在すると考えられる。日吉は全期間中でV型に属する年が多く、NaHCO₃ 型と CaHCO₃ 型で、基本的には河川水の影響が強いと考えられるが、I・II・IV型や MgCl 型など海水由来が推定できる類型も現れる。日吉観測井戸の深度は地表から約 16m とそれほど深い井戸ではないが、地層・地質データから洪積世海成堆積層が地表付近に存在しており、これが塩分供給源となっている可能性が高い。深草地点はヘキサダイアグラムによる分類では主にIV型が現れ、1995～1999 年の間に1年おきにV型に分類される。トリリニダイアグラムでは1998 年まではNaCl 型が現れる年もあるが、多くの年でNaHCO₃ 型に分類される。丘陵部の海生堆積層の影響と河川水の影響が数年間隔で変動していることが考えられる。上植野地点は中間型のV型から地下水の特性を表すIV型へ、河川影響を示すNaHCO₃ 型からNaSO₄ 型へ経年的に移行しており、河川の影響が経年的に小さくなっている可能性がある。

淀地点は11年の全期間でトリリニダイアグラムのII型に属しており、河川水の影響を強く受け、水質の経年的変化は小さい。淀地点と同様に桃山・桂・御所・下

表-6 各観測地点のダイアグラム分類結果の経年変化

各年観測値に基づくダイアグラム分類の経年変化（上段：トリリニダイアグラム、下段：ヘキサダイアグラム）											
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
日吉	V	V	II	IV	V	V	II	II	V	V	I
	ND	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	MgCl
深草	IV	IV	IV	V	IV	V	IV	V	IV	IV	IV
	NaCl	NaHCO ₃ 型	NaCl	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaCl	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	ND
上植野	V	V	V	V	V	IV	V	V	IV	V	V
	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaSO ₄	NaSO ₄	NaSO ₄	NaHCO ₃ 型	NaSO ₄	NaHCO ₃ 型	ND
淀	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	NaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	CaHCO ₃ 型	ND
醍醐	II	I	II	I	IV	I	I	V	V	I	I
	CaHCO ₃ 型	CaSO ₄ 型	CaHCO ₃ 型	CaSO ₄ 型	NaSO ₄	MgSO ₄	CaSO ₄ 型	CaSO ₄ 型	CaSO ₄ 型	ND	CaSO ₄ 型

鳥羽・八幡南・上鳥羽・岩田・東一口・東寺の9地点でも全期間を通して8年以上Ⅱ型と分類された。

5. 結論

京都盆地水系の地下水水質観測データを用いて、ヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラム、および多変量解析を用いた水質特性の類型分類をおこない、その時空間分布特性と地層・地質等の要因との関係について考察を行った。その結果、盆地中央部の平地部の地下水帯は河川表流水の影響を強く受けており、また深度の深い井戸においても河川水の影響がみられ、帯水層が表層から比較的深い層まで連続している可能性が明らかとなった。また、盆地周辺の丘陵部では、段丘堆積物や洪積層堆積層の影響を受け、温泉水や停滞性の強い地下水の特性が見られた。さらに、10年程度の観測期間内では多くの観測地点の水質特性はほぼ同類型であるが、地下構造物建設等により一時的に水質特性が変動する可能性も明らかとなった。以上の解析結果をもとに、水質特性から見た地下水帯水層の構造をモデル化し、涵養源・汚染源を特定するなどを利用して、地下水の持続的な利用可能性や汚染対策を検討・評価するための地下水水質モデル解析を行う上で、涵養源や負荷源のパラメータを時空間的に与えるための有効な情報となりうる。

参考文献

- 1) 関西地盤情報活用協議会：新関西地盤—京都盆地，2007。
- 2) 楠見晴重：城陽市の地質と地下水流動特性について，第6回城陽市環境フォーラム講演資料，2007。
- 3) 国土交通省：平成20年度水資源白書，<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mitsui/hakusyo/H20/index.html>，2008(参照2010/05/15)。
- 4) 環境省：平成20年度地下水質測定結果，env.go.jp/water/report/h21-03，2001(参照2010/08/15)。
- 5) 藤原拓・大年邦雄・唐心強・山辺敬介：沿岸施設園芸地帯における地下水水質の多変量解析による類型化に関する研究、水環境学会誌、Vol.24, No.11, pp.724-732, 2001。
- 6) 榎本博・関山登・矢口久美子・瀬戸博：多変量解析による伊豆大島水源地下水の水質特性の解明、水環境学会誌、Vol.28, No.12, pp.759-767, 2005。
- 7) 総合研究開発機構：地下水管理における「京都方式」の研究、(独)システム科学研究所報告書，1986。
- 8) 大山崎町：地下水汚染に関する調査委託報告書，1982。
- 9) 環境省：中央環境審議会総合政策部会公害防止計画小委員会第18回会合，環境省中央環境審議会，<https://www.env.go.jp/council/02policy/022-18a.html> (参照2010/02/15)，2008。
- 10) 斉藤卓弥・米田稔・森澤真輔：桂川右岸地下水の水質分布変化に関する研究、環境工学研究論文集、Vol.42, pp.81-90, 2005。
- 11) 黒田和男：地下水位・地下水水質年表から見る地下水動態の変遷と課題—京都盆地中央部の事例、地下水技術、Vol.50, No.10, pp.9-22, 2008。
- 12) 向井浩・治田隆宏・田中里志：井水の化学成分に基づく京都盆地北部市街域の地下水系の解析、地球化学、Vol.43, pp.45-57, 2009。
- 13) 国土交通省河川局監修：地下水年表，地下水技術協会，1994～2004。

(2010.5.21 受付)

Analysis of Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Groundwater Quality in Kyoto Basin

Batuer Abudoureyimu¹, Yoshinobu KIDO², Shingo AWADSU¹ and Eiichi NAKAKITA²

¹Graduate school of Engineering, Kyoto University

²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

It is important to investigate and analyze the water budget and the material balance in comprehensive basin-wide for conservation and utilization of the water resources. Especially, it refers to water resource management for the future and emergency water supply, too. In this study, groundwater quality in Kyoto basin is analyzed in order to classify water quality characteristics with concentration of some anion, cation and other pollutants. Results of these statistical water quality analyses with geological information and boring data in study area show that groundwater quality is estimated to be mainly affected by surface water quality in central area of basin and by geological strata and soil characteristics in area around basin. And they can be used for identification of aquifer and calibration and verification of hydrodynamics of groundwater flow model and water quality model in Kyoto Basin.