

関東平野中央部における被圧地下水の ^{14}C 濃度分布 —地質構造との関連性について—

安原正也¹⁾・高橋 浩¹⁾・稲村明彦¹⁾・高橋正明¹⁾・風早康平¹⁾
半田宙子¹⁾・林 武司²⁾・中村俊夫³⁾・太田友子³⁾

1) 産業技術総合研究所 2) 秋田大学 3) 名古屋大学年代測定総合研究センター

I. はじめに

利根川と荒川に挟まれた関東平野の中央部 (Fig. 1) を対象に, 被圧地下水システムの実態把握ならびに地質構造が平野の地下水流動系に及ぼす影響の解明を目的とした研究を実施中である. 大宮大地を中心とする同地域には, 綾瀬川断層と久喜断層 (想定) によって画された元荒川構造帯 (清水・堀口, 1981) が存在する. この北西-南東に延びる幅約 10km, 長さ約 35km の構造帯の内部の地下水は, その周辺地域の地下水と比べて高塩化物イオン (Cl^-) 濃度 (Fig. 2), 低酸素・水素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$, δD) (Fig. 3) など特異な地球化学的特性を呈することが従来から指摘されている (木野, 1970; 池田, 1984; 林, 2003; 安原ほか, 2005; Yasuhara *et al.*, 2007). さらに, 前報の安原ほか (2007) では, 元荒川構造帯内部の地下水の放射性炭素同位体 (^{14}C) 濃度が周辺地域と比較して著しく低いことを示し, その原因について予察的な考察を行なった. 今年度は, 関東平野中央部における ^{14}C 濃度の地域分布をより詳細に把握するために, 元荒川構造帯内外の 7 地点において新たに地下水試料の ^{14}C 濃度測定を実施した. これらの新しく得られた結果も踏まえて, 当該地域の地下水流動系と地質構造との関連性について検討を進めた.

II. 試料採取と測定手法

2003 年度と 2004 年度に, 関東平野中央部の合計 144 本の井戸から被圧地下水試料を採取した (Fig. 1). 今年度 ^{14}C 濃度を測定した 7 地点の試料 (吉川市, 蕨市, 杉戸町, 行田市, 桶川市, 大利根町, さいたま市) もこの時に採水したものである. 調査井の深度は概ね 150m 以上であり, 最も深いものは深度 430m であった. これらの深さは中・上部更新統の下総層群 (河川-浅海成層), あるいは鮮新世末期-更新世中期の上総層群 (深海-浅海成層) に相当する. また, 採水対象となった帯水層は, 木野 (1970) によると, 模試地である春日部市上水道水源第 4 号井の D 層 (深度 155-210m) ならびに F 層 (同 233.5m-287.5m) に相当する, いずれも広範囲にわたって連続性の良い帯水層であると考えられる.

溶存全炭酸の ^{14}C 濃度 (% modern carbon; pmc) は, NaOH 溶液を添加した試料を用い, 実験室内の CO_2 フリーのボックス内で SrCl_2 溶液を添加して得た SrCO_3 の沈殿をリン酸で反応させ, 真空ラインを用いて CO_2 精製とグラファイト化した後, 名古屋大学年代測定総合研究センターの加速器質量分析計にて測定を行った. また, $\delta^{13}\text{C}$ については, 試料採取の際に 0.01N の NaOH 溶液を 1/10 量加えた試料を用い, 実験室においてリン酸を添加して抽出した CO_2 を連続フロー型の質量分析計 (Gas Bench II & Delta-V) を用いて測定した. 添加した NaOH 溶液にはブランクとして少量の CO_2 が含まれているが, 測定値に対する影響は, ^{14}C においては本来 0pmc であった試料を仮定した場合でも, 測定結果が 0.1pmc となる程度であり, 一方 $\delta^{13}\text{C}$ においては分析精度より数桁小さく, 問題とならない.

III. 被圧地下水の ^{14}C 濃度分布

これまでに測定した 22 地点 (2006 年度 15 地点, 2007 年度 7 地点) における被圧地下水の ^{14}C 濃度 (pmc) を Fig. 4 に示す. ^{14}C 濃度の脇の括弧内には $\delta^{13}\text{C}$ 値 (‰) を参考のため

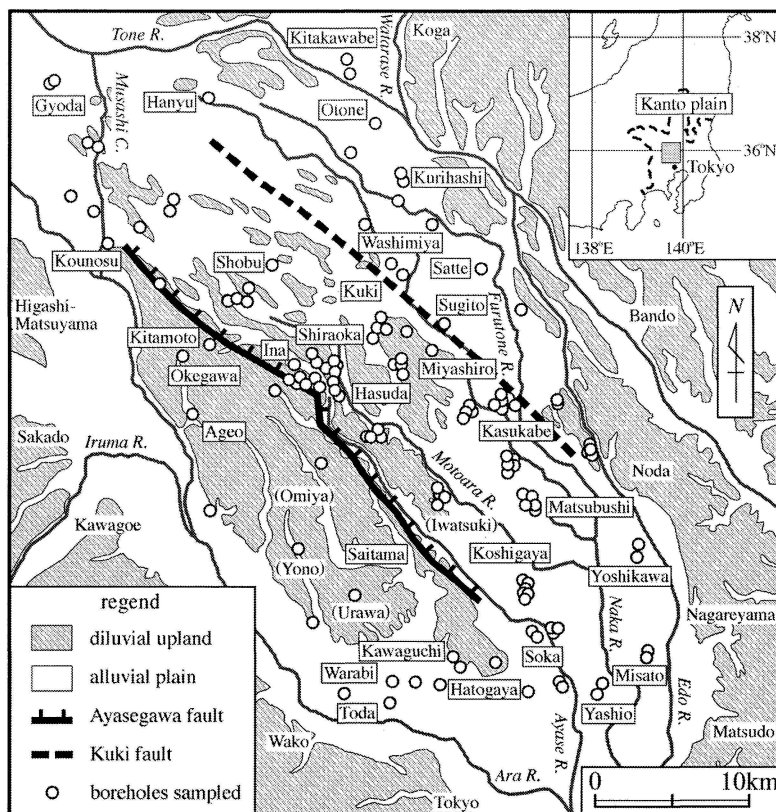


Fig.1 The study area and location of sampled boreholes.

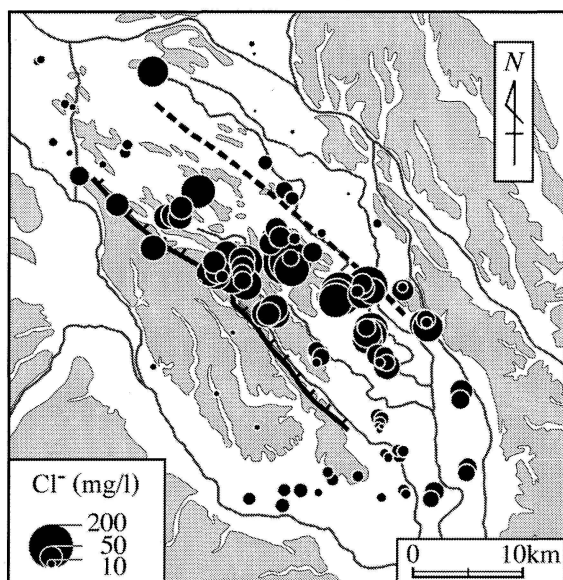


Fig.2 Spatial variation of Cl^- conc. (Yasuhara *et al.*, 2005).

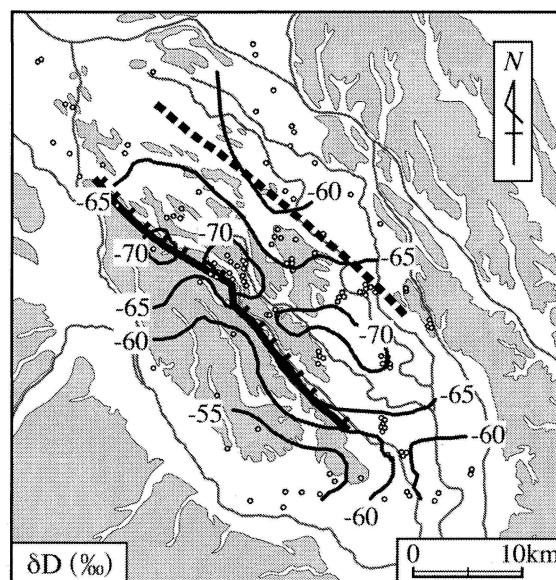


Fig.3 Spatial variation of δD values. (Yasuhara *et al.*, 2005).

に表した. 前報 (安原ほか, 2007) でも指摘した元荒川構造帯内外での ^{14}C 濃度の違いが, 今回, Fig. 4 ではさらに明瞭に認められる結果となった. 一部例外はあるが, 同図において, 構造帯内部の地下水が 2.4~5.3pmc と低い ^{14}C 濃度を有するのとは対照的に, その南西側では 21.4~65.8pmc, また北東側では 11.8pmc, 35.1pmc と構造帯の外部においては一桁高い ^{14}C 濃度を示している. ここで $\delta^{13}\text{C}$ 値をみると, 構造帯内部の 3 地点 (伊奈町, 蓮田市, 松伏町)

において $-8.6 \sim -7.5\text{‰}$ $\delta^{13}\text{C}$ 前後と大きいことを除けば、全域で $-17 \sim -13\text{‰}$ $\delta^{13}\text{C}$ と似通った値を呈する。すなわち、伊奈町、蓮田市、松伏町の3地点を除けば、他の地点では炭酸塩等の溶解による dead carbon の寄与はほぼ同程度と考えられる。したがって、第一次近似的には、同地域の ^{14}C 濃度の高低は水の滞留時間の長短を概ね代表しているとみなしてよからう。このことから、元荒川構造帯内部の地下水の滞留時間は、外部の地下水と比べて有意に長いものと判断される。

Fig. 4で認められた元荒川構造帯内外での地下水の滞留時間の顕著な違いは、Cl⁻濃度(Fig. 2)や酸素・水素安定同位体(Fig. 3)のそれらとも整合的である。この事実は、元荒川構造帯を画する綾瀬川断層と久喜断層が難透水性境界として働き、構造帯の内部と外部の地下水の交流を妨げていることを強く示唆している。すなわち、元荒川構造帯内部の地下水は水文地質学的に孤立しているものと見なすことができる。木野(1970)によれば、入間川より南方の埼玉県東部の台地・平野部には、「浦和流動地下水」と名付けられた循環性の地下水流動系が存在する。溶存酸素量等によって支持されたその循環性の高さ(滞留時間の短さ)は、さいたま市や蕨市域における地下水の ^{14}C 濃度の大きさ(Fig. 4; 21.4~65.8pmc)により今回の測定結果からも裏付けられる。狭山丘陵や武蔵野台地において涵養されたこの「浦和流動地下水」は、北東方向に流れた後、荒川本流付近で東南東に流れの向きを変える(木野ほか, 1959)。北東から東南東への流動方向の急変に、難透水性の綾瀬川断層の存在が関係している可能性が考えられる。一方、茨城県・栃木県側からは「古河流動地下水」(木野, 1970)という同じく循環性の地下水が南流してくるが、同流動系も利根川を越えた付近で南東へと流れの方向を転ずる(木野ほか, 1960)。これも、久喜断層によって流路を阻まれるためと解釈することができる。いずれにしても、元荒川構造帯内部の地下水は周辺域に卓越する循環性の広域地下水流動系から分断された環境下に置かれるため、内部の地下水は停滞性となり、また滞留時間は必然的に大きくなる。そして、地層との接触時間の長さ、さらに

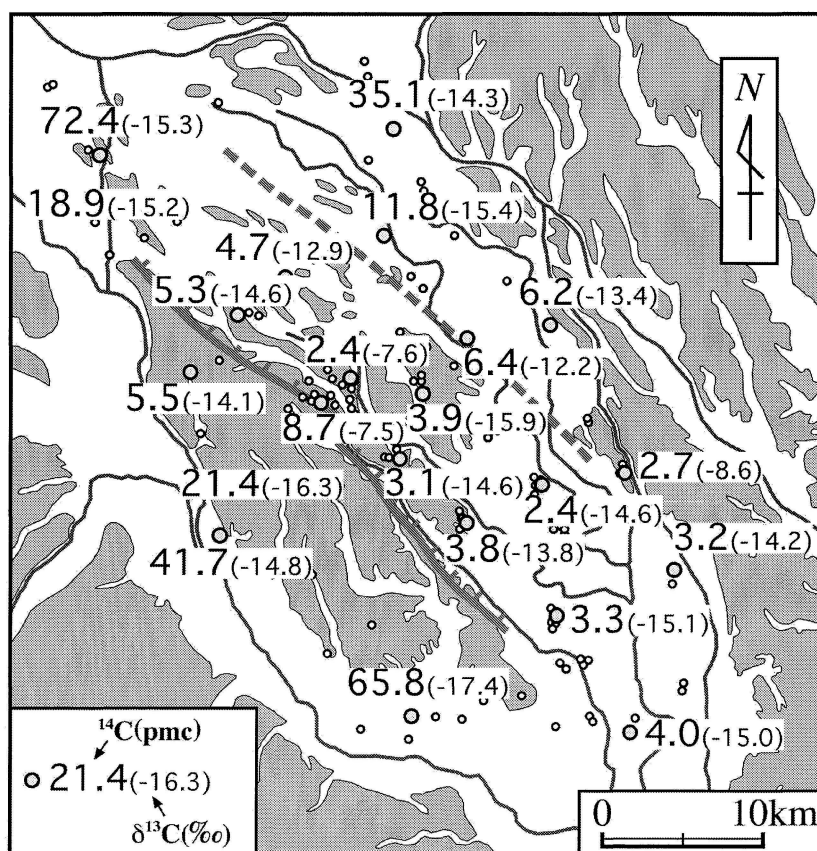


Fig. 4 Spatial variation of ^{14}C values (pmc) with $\delta^{13}\text{C}$ values (‰) in parentheses.

地層堆積時あるいは過去の海進時とその後の寒冷期に取り込まれた“化石水”のフラッシングが遅れた結果、構造帯内部の地下水は外部とは異なる特殊な水質・同位体的特性を有するようになったものと推定される。

Fig. 4において、行田市、鴻巣市、菖蒲町にかけての元荒川構造帯の上流端でも興味ある結果が得られている。すなわち、 ^{14}C 濃度が行田市の72.4pmc（構造帯外部）から鴻巣市の18.9pmc、さらに菖蒲町の4.7pmc、5.3pmc（以上、構造帯内部）へと水平距離でわずか10kmの間に1/15程度にまで低下している。構造帯の内外におけるこの ^{14}C 濃度の顕著な差から判断すると、行田市から鴻巣市付近には同構造帯と直交する北東-南西方向に未知の地質学的不連続線が存在し、北西方向から南東方向に向かう広域地下水流動を阻害している可能性が示唆される。上流側でのこのような難透水性境界（帯水層の不連続）の存在が、元荒川構造帯内部の地下水の停滞性をより一層助長し、滞留時間を長くしているとも考えられる。

IV. おわりに

本研究事例は、断層等の地質学的不連続線が、平野部における地下水の賦存状態や性状、広域地下水流動系のあり方に決定的な影響を及ぼしているケースである。来年度は荒川右岸と利根川周辺において引き続き ^{14}C 濃度測定を実施し、関東平野中央部における地下水流動系に及ぼす地質構造の影響についてさらに詳細な検討を進めてゆきたい。また、断層の両側で異なる地下水水質が報告されている大阪平野（鶴巻, 1966）や濃尾平野（杉崎・柴田, 1961）など、我が国の他の平野部における研究事例との比較検討も行う予定である。

引用文献

- 池田喜代治(1984): 関東構造盆地中央部の被圧地下水の水質. *ハイドロロジー*, No. 14, 36-49.
- 木野義人・高橋 稠・後藤隼次(1959): 荒川水系流域(埼玉県および一部東京都)工業用水源地域調査報告—関東西部地域調査 第9報—. *地調月報*, **10**, 351-388.
- 木野義人・高橋 稠・安藤 武(1960): 利根川中流域および江戸川流域工業用水源地域調査報告—関東東部地域調査 第2報—. *地調月報*, **11**, 89-100.
- 木野義人(1970): 関東平野中央部における被圧地下水の水理地質学的研究. *地質調査所報告*, No. 238, 1-39.
- 清水康守・堀口萬吉(1981): 大宮台地北東部における元荒川構造帯(新称)について. *地質学論集*, No. 20, 95-102.
- 杉崎隆一・柴田 賢(1961): 地下水の地球化学的研究(第2報)—濃尾平野における地下水と地質構造との関連性—. *地質学雑誌*, **67**, 427-439.
- 鶴巻道二(1966): 東大阪地域の地下水の水質(その2)塩素イオンの分布. *日本地下水学会誌*, No. 13, 11-23.
- 林 武司(2003): 関東平野中央部に見られる低酸素水素同位体比・高Cl⁻濃度地下水帯の三次元的分布と成因. *日本水文科学会誌*, **33**, 53-70.
- 安原正也・高橋正明・稲村明彦・林 武司・牧野雅彦・高橋 浩(2005): 関東平野中央部における高Cl⁻濃度地下水について. *日本水文科学会学術大会発表要旨集*, No. 20, 47-50.
- 安原正也・高橋 浩・稲村明彦・高橋正明・牧野雅彦・半田宙子・林 武司・中村俊夫・太田友子(2007): 関東平野中央部の高Cl⁻濃度地下水に関する同位体的研究. *名古屋大学加速器質量分析計業績報告書*, No. 18, 112-119.
- Yasuhara, M., Inamura, A., Takahashi, M., Hayashi, T., Takahashi, H. A., Makino, M., Handa, H., and Nakamura, T. (2007): Groundwater system compartmentalized by a tectonic zone in the Kanto plain, central Japan. *IAH Selected Papers*, **10**, 281-288.

Geologic constraints on the distribution of ^{14}C values of artesian groundwater in the central parts of the Kanto plain, Japan

Masaya YASUHARA¹⁾, Hiroshi A. TAKAHASHI¹⁾, Akihiko INAMURA¹⁾, Masaaki TAKAHASHI¹⁾, Kohei KAZAHAYA¹⁾, Hiroko HANDA¹⁾, Takeshi HAYASHI²⁾, Toshio NAKAMURA³⁾, and Tomoko OHTA³⁾

1) Geol. Surv. Japan, AIST, 2) Akita Univ., 3) Center for Chronological Research, Nagoya Univ.

Abstract

In the Kanto plain, the largest Quaternary groundwater basin in Japan, artesian groundwater samples were obtained from 144 boreholes to characterize the geologic constraints of the faults on regional groundwater system. The spatial variation in chloride (Cl^-) concentration shows that there exists groundwater with Cl^- concentrations of more than 100 mg/l (up to 216 mg/l) between 150 m and 430 m depth below ground surface. This 8 km wide, 35 km long Cl^- -rich area, spreading from the northwest to the southeast, corresponds with the so-called Motoarakawa tectonic zone bounded by the faults on its longer sides. We have found the Cl^- -rich groundwater is also characterized by the low δD and $\delta^{18}\text{O}$ values. In this study, twenty-two radiocarbon (^{14}C) and $\delta^{13}\text{C}$ data indicate that the retention time of groundwater in the Motoarakawa tectonic zone is much longer in comparison with that outside the tectonic zone. Both these chemical and isotopic evidences strongly suggest the Motoarakawa tectonic zone divides the regional groundwater system of the Kanto plain into three distinct hydrologic subareas. Two faults bordering the tectonic zone act as barriers to the southward and northeastward regional movements of groundwater in the Kanto plain. As a result, the Motoarakawa tectonic zone has been put under an isolated hydrologic environment for a long period of time with respect to the active regional groundwater system, resulting in the occurrence of groundwater with anomalous water chemistry and isotopic composition.

成果公表リスト

誌上発表

Yasuhara, M., Inamura, A., Takahashi, M., Hayashi, T., Takahashi, H. A., Makino, M., Handa, H., and Nakamura, T. (2007): Groundwater system compartmentalized by a tectonic zone in the Kanto plain, central Japan. *IAH Selected Papers*, **10**, 281-288.

学会発表

安原正也・稲村明彦・高橋正明・高橋 浩・林 武司・牧野雅彦・森川徳敏・風早康平・半田宙子・仲間純子・中村俊夫・太田友子 (2007): 関東平野中央部の地下水の地球化学的特性と断層との関係. 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, H126-0.

安原正也・稲村明彦・林 武司・森川徳敏・高橋 浩・高橋正明・半田宙子・仲間純子・中村俊夫・太田友子 (2007): 関東平野中央部の地下水にみられる水質・同位体的異常と断層の関係について. 日本地質学会関東支部第 1 回研究発表会「関東地方の地質」講演資料集, 78-79.

Yasuhara, M., Inamura, A., Takahashi, H. A., Takahashi, M., Makino, M., Handa, H., Hayashi, T., Nakamura, T., and Ohta, T. (2007): The Cl⁻-rich groundwater in the Kanto plain, central Japan: its isotopic characteristics and dating. IUGG XXIV General Assembly (Perugia, Italy), HW1001, P-4.