

鳥取平野の地下水の水質について（第1報）

【水環境室】

九鬼貴弘 初田亜紀子*1 若林健二
水・大気環境課 高田 功*2

(*1：現西部総合事務所生活環境局)

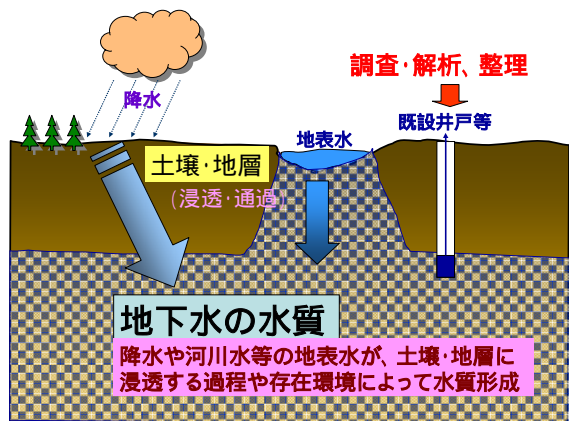
(*2：現東部総合事務所生活環境局)

1 はじめに

大山周辺地域に地下水利用を目的とした県外大企業の進出が相次いだことを契機に、県議会でも取り上げられる等、県内の地下水を資源として考え、その量や収支等についての関心が高まっている。

このことから、鳥取県では鳥取大学の地盤・地質、水理等関連分野の専門家とともに「地下水研究会」を設置し、議論の対象となった大山周辺地域、及び過去に地盤沈下の発生が見られた鳥取平野について、地盤・地質、水系（河川、地下水）の流量・水質等の調査や情報収集を共同で実施し、対象地域の地下水の水収支、水脈や流動機構等を把握したうえで、地下水利用に係る規制等の必要性やあり方を検討することとしている。

この共同研究の中で、当所は、地下水の水質形成（周辺地域の降水や河川水等の地表水が、土壌・地層に浸透する過程や存在環境によって地下水水質が形成）に着目し^{1) 2) 3)}、対象地域の湧水・地下水の水質（溶存イオン組成等）を調査・解析することによって、調査対象地域の地下水の水収支や流動等の把握に繋がる情報を得ることとしている（図1-1）。



同じ水脈の地下水は水質が類似

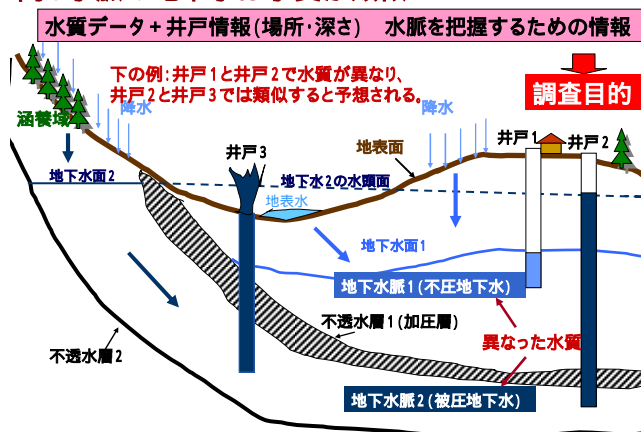


図1-1 地下水の水質形成と水脈について

大山南西麓の地下水は、基盤（岩盤）の上に、過去の火山活動による噴出物が堆積して形成された「堆積物層」に何層かに分かれて存在し、一部は露頭部分から湧水となって湧出し、日野川支流となる周辺河川を形成しているものと考えられるが、その実態を把握していくうえで、利用可能な既存のデータが不足しているため、「地下水研究会」で分担し、河川流量・水質、降水量（融雪水量）、地下水位、地盤、地質等の種々の調査を新たに実施している。このうち、当所は鳥取大学の流量調査チーム、水・大気環境課とともに、周辺河川や湧水の現地踏査を行い、調査地点を選定し、水質調査を開始したところである。

鳥取平野については、降水量、地盤・地質等の利用可能なデータが多く存在するため、それらを活用することとし、「地下水研究会」では、河川流量、地下水位、地下水使用量、地下水質の調査を実施している。このうち、当所は、水・大気環境課とともに、鳥取平野及び周辺の各事業所や家庭が所有する井戸や国土交通省が水位観測用に設置している井戸を利用した地下水の水質調査を実施している。

今回は、上記の目的で昨年度実施した鳥取平野の地下水の水質調査を通じて得られた知見について報告する。

2 方法等

1) 調査井戸：

昨年6月～9月にかけて、過去の地下水調査資料やアンケート調査結果を参考に、井戸を所有する事業所や家庭等を訪問し、協力が得られたところの井戸（73箇所）について、状況の確認・深さ等の情報聴き取り、水温・電

気伝導度等の簡易な水質測定を行った。そのうち、50箇所を調査に適するとして選定した。

選定基準は以下のとおり。

- (1) 井戸の深さやストレーナーの位置（採水深さ）が判っていること。
- (2) 井戸内に雨水や塵その他測定に影響を及ぼす汚染物質が混入しないような構造であること。
- (3) 塩素等の薬品処理を行わない新鮮な井戸水が得られること。
- (4) 採水や現地測定の作業が行いやすいこと。

上記のとおり選定した50箇所の井戸と、国土交通省が水位観測用に設置している井戸（12箇所）の計62箇所の井戸について、昨年11月から今年2月にかけて水質調査を行った（図2-1参照）。

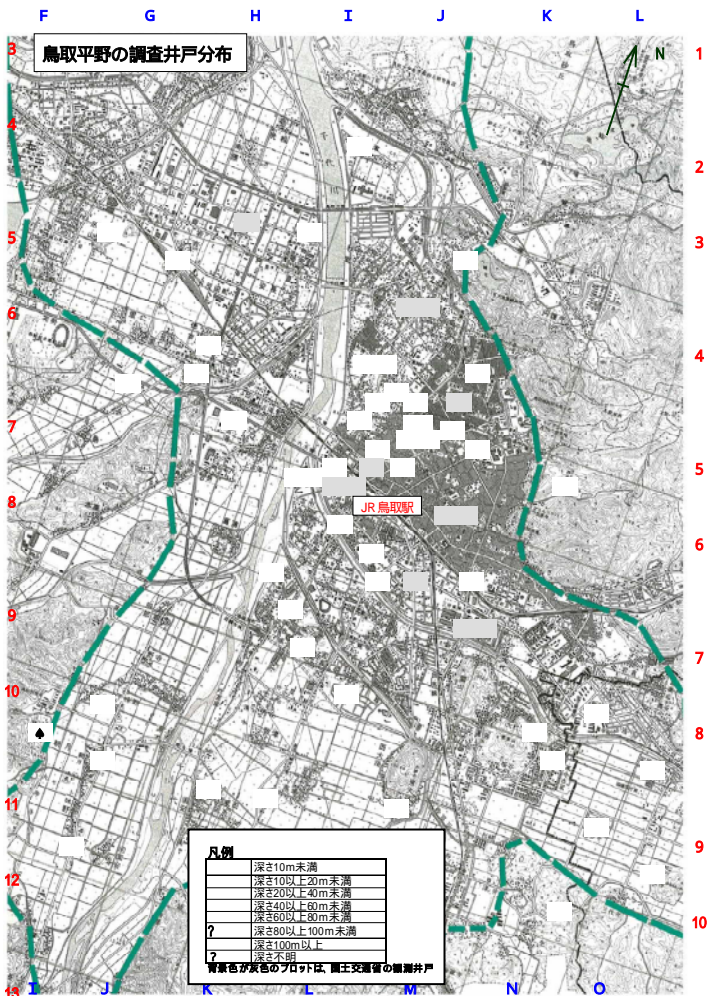


図2-1 鳥取平野の調査した井戸の分布

2) 測定項目・方法:

主要溶存成分（イオン）を以下のとおり測定した。

- (1) 陽イオン(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)、陰イオン(SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-): イオンクロマトグラフ法で測定。
- (2) Fe^{2+} : JISK0102 - 57.1 (フェナントロリン吸光光度法) で測定 (現地で発色操作、持ち帰って測定)。
- (3) HCO_3^- , CO_3^{2-} : 鉍泉試験方法 (0.1mol/L - HCl による分離滴定法) により現地測定。

3) 解析等:

一般的に、地下水は上記イオンによってイオンバランスがほぼ保たれているとされる。各成分の測定結果を井戸の所在場所・深さ毎に整理するとともに、イオン濃度・組成についての以下の2種類の指標図を作成し、解析した^{1) 2) 3)}。

(1)ヘキサダイアグラムによる解析

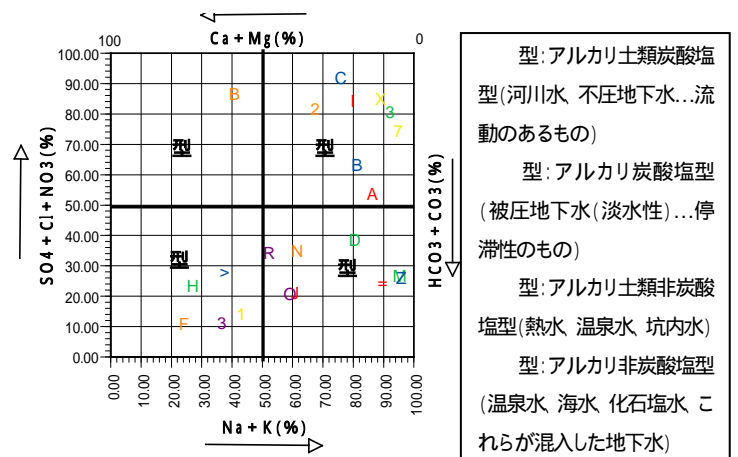
イオン濃度測定結果を、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} (+ Fe^{2+})、 K^+ + Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- (+ NO_3^-)、 HCO_3^- の6項目立てで各イオンを当量濃度 (meq/L) で図示し (6本の軸からなるレーダーグラフを作成) これを井戸の所在場所・深さ毎に整理し、グラフ形状・大きさ等を基に解析した。

(2)キーダイアグラムによる解析 (図2-2参照)

地下水の水質が、主成分である陽イオン2項目 (Na^+ + K^+ 、 Ca^{2+} + Mg^{2+})、及び陰イオン2項目 (CO_3^{2-} + HCO_3^- 、 Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-) で示されるとする。

水質測定結果を基に、の各項目について、当量濃度 (meq/L) ベースで、陽イオン、陰イオン毎に濃度の合計を100%として各項目の濃度の割合 (%) を算出してプロット。

のプロットの図中の位置を基に、各地下水を以下の4区分に分類・解析。



地下水水質キーダイアグラム例 (深さ20~40mの井戸)

図2-2 キーダイアグラムによる水質解析について

3 結果・考察

1)ヘキサダイアグラムによる解析結果

深さ別のヘキサダイアグラムの形状 (大きさ・形) に着目して水質の変化を見ると、全体的に、深さ10m台までの井戸と20~40m以深の井戸とで水質 (イオン濃度・組成) が異なっていた。隣接する深さの違う2つの井戸の調査結果 (水質が全く異なる) から、当該場所に深さ方向に2以上の異なる水脈があることが示唆された (図3-1参照)。

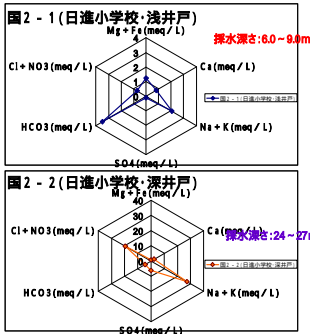


図3-1 隣接する浅井戸と深井戸のヘキサダイアグラム
(1事例:吉方温泉1丁目周辺、他にも事例有り)

一般的に、浅井戸ではイオン濃度が低くイオンの種類毎の濃度差は小さかったが、井戸が深くなるにつれて、地下水の溶存イオン濃度が高くなり、陽イオンではNa⁺の割合が高く、陰イオンではHCO₃⁻の割合が高い傾向であった(図3-2参照、塩化物イオン濃度の高い井戸を除く)。

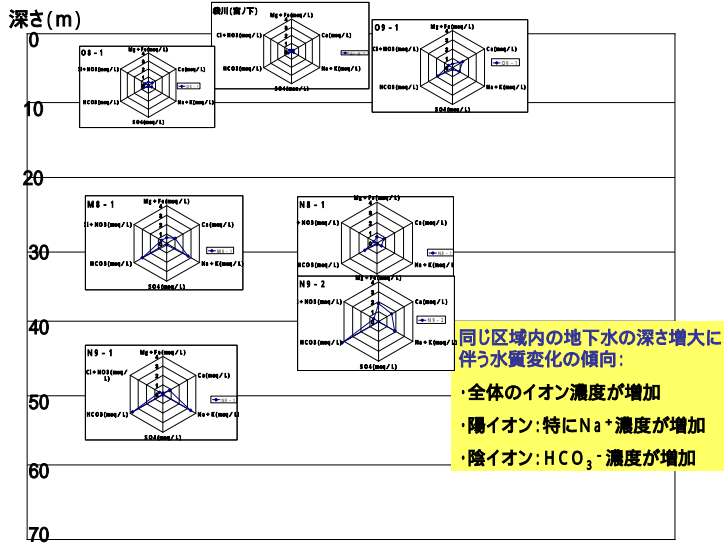


図3-2 地下水の深さによる水質変化...国府町宮ノ下周辺2km四方

陽イオンの傾向については、地下水が地層を流下していくときの一般的な水質変化として、地層(粘土・シルト等の微細な粒子で形成されている場合、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺等を吸着)中での陽イオン交換反応(2R⁻Na⁺+Ca²⁺→R₂Ca²⁺+2Na⁺等)によって、地下水中の2価の陽イオン(Ca²⁺、Mg²⁺等)が選択的に吸着されて、1価の陽イオンのNa⁺が溶出することによって考えられている^{1) 3)}。

袋川沿い(国府~吉方間)の深さ30m前後の地下水について、水平方向の水質組成の変化に着目したところ、同じ傾向が国府 吉方方向に認められた。この地下水が地層を流下していくときの一般的な水質変化」を基に考えた場合、深さ30m前後で、地下水がこの方向に流動していることが推定された(図3-3参照)。

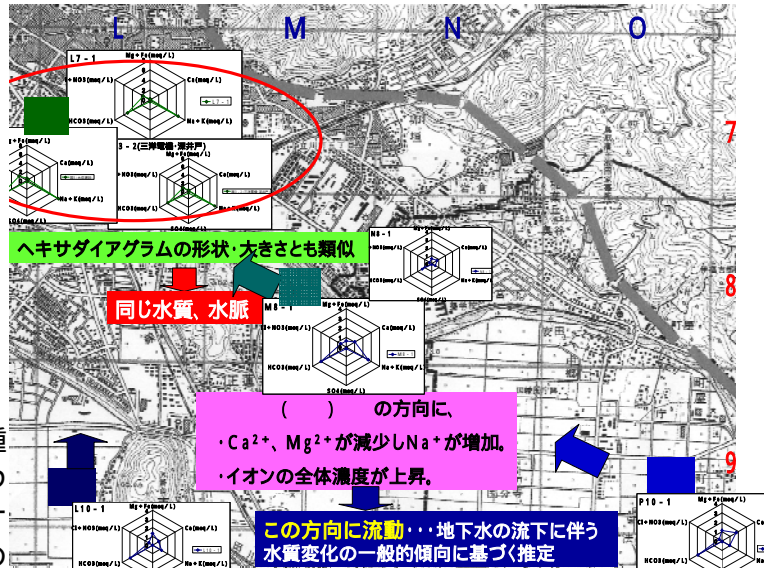


図3-3 ヘキサダイアグラム形状による流動方向の解析(平面方向)
国府~吉方間、深さ30m前後の地下水について

2) キーダイアグラムによる解析結果

各地下水の水質測定結果を基に、キーダイアグラムによる水質区分を行った結果を図3-4に示す。

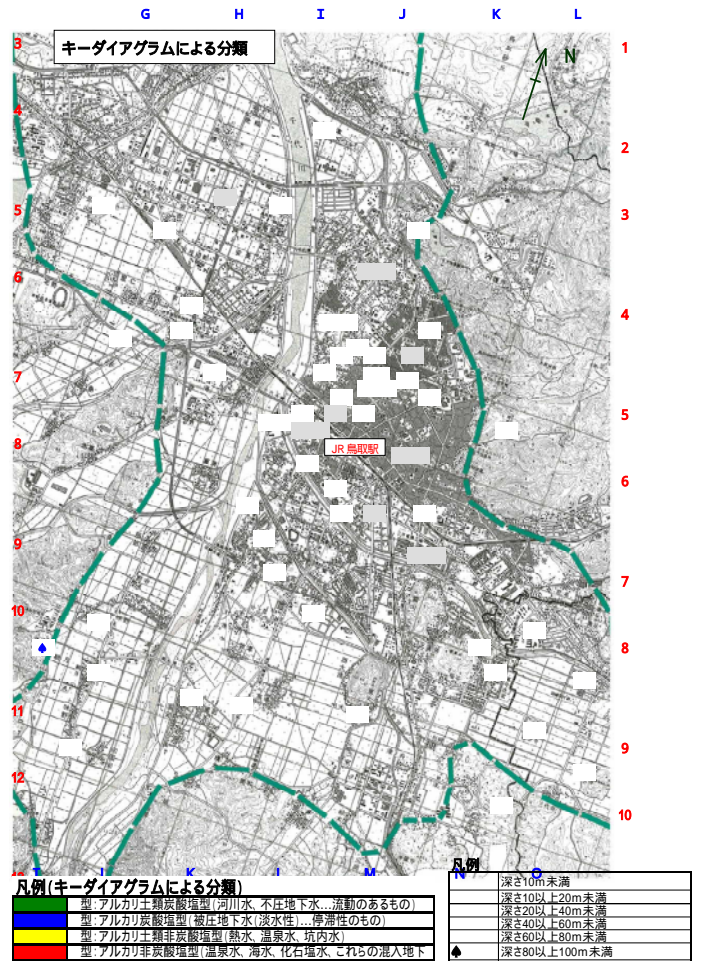


図3-4 キーダイアグラムによる水質分類結果 青緑色が灰色のブロックは、国土交通省の観測井戸を指す。

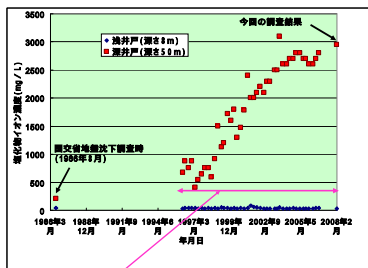
深さ20m未満の井戸では、基本的に 型のものが多かった。
深さ20m以上の井戸では 型の割合が多くなり、

市内中心部より北側を中心に存在する塩分濃度の高い井戸では、**型**或いは**型**となった。南部～東南部では、深さ 20m以上の井戸でも **型**となるものも少なくなく、比較的流動性があると考えられる。

とは逆に、市内中心部以北では深さ 20m未満の井戸でも **型**や **型**となるものがあり、流動性の低下や地表水の影響が示唆された。

3) 塩化物イオン濃度について

国土交通省田園町深井戸（深さ 50m）で、ここ 10年で大幅に塩化物イオン濃度が上昇していることが判った（図 3-5 参照）^{4) 5)}。



深井戸の塩分濃度が上昇(最近10年間) 塩水化の実態は？ (もう1つの目的)

図 3-5 国交省・田園町井戸の塩化物イオン濃度推移

これを受け、調査した井戸の塩化物イオン濃度分布を見ると、西南部～東南部（山側）では、浅井戸と深井戸とも低かったが、市内中心部以北の深さ 30m前後以上の井戸の複数箇所、高い濃度（500mg/L以上）となった。この傾向は千代川東岸で顕著であった。なお市内中心部は、高い塩化物イオン濃度を観測した井戸の近隣に低濃度の同様な深さの井戸が存在する等、様相が複雑であった（図 3-5 参照）。

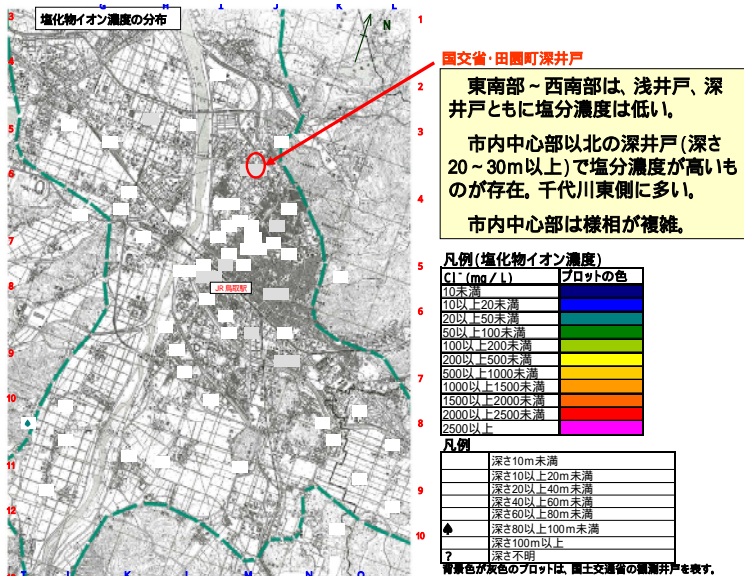


図 3-5 塩化物イオン濃度の分布

4 まとめ

鳥取平野の地下水の水脈や流動等の把握に繋がる情報

を得ることを目的とし、昨年 11 月～今年 2 月にかけて、既設井戸を利用して鳥取平野の地下水の水質調査（主要溶存イオン濃度測定・解析）を行い、以下のことが判った。

- 1) 「ヘキサダイアグラム」を作成し、その形状の類似性や変化の規則性を基に地下水の水脈の区分を行い、鳥取平野には深さ方向に 2 つ以上の異なる水脈があることが示唆された。また、「地下水が地層を流下していくときの一般的な水質変化の傾向」に基づき、国府～吉方間の深さ 30m前後における地下水の流動方向の一端を推定した。
- 2) キーダイアグラムによる区分・解析を行い、流動性や塩水混入の概況に係る情報が得られた。
- 3) 市内中心部以北の深さ 30m前後以上の複数の井戸で高い塩化物イオン濃度（500mg/L以上）が観測され、うち、1箇所の井戸（深さ 50m）では、ここ 10年で大幅に濃度が上昇しており、塩水化の傾向が見られた。

5 今後の予定

現在までの調査で、鳥取平野の一部について、地下水の水質区分や流動方向の推定を行うとともに、深井戸の一部で高い塩分濃度や塩水化の傾向が認められた。このことを踏まえ、以下のとおり作業を進める予定である。

- 1) このデータは昨年 11 月～今年 2 月にかけて実施した冬期のものである。地下水の水質の季節変動等の時間変動を考えないで議論したが、これを把握しておく必要があることから、別の時期（特に夏期等）に調査を行って変動を把握する。
- 2) 地下水の水質や水脈は、地質・地形によって決定される。得られた水質調査結果を「地下水研究会」の当該分野の専門家の調査等で得られる情報と合わせて解析し、水脈全体の把握とともに、水質を決定している要因の把握を検討する。
- 3) 一部の深井戸の地下水での高い塩化物イオン濃度や塩水化傾向について、鳥取平野には温泉も湧出し（塩化物イオン濃度が高いものも存在）縄文時代には海底にあった時期もあったことから、それが海水の浸入によるものなのか、地層に残留する塩分や温泉の影響によるものなのか区分することを検討するとともに、「地下水研究会」を通じ、地下で何が起きているのかを把握し、必要な対応を検討するための知見を得る。

6 参考文献等

- 1) 日本化学会編（1992）：「陸水の化学 - 季刊化学総説 No14」学会出版センター、p79～89
- 2) 日本地下水学会編（2000）「地下水水質の基礎 - 名水から地下水汚染まで」理工図書
- 3) 竹内睦雄、吉岡龍馬他（2003）「地球環境調査計測事典、第 2 巻（陸域編）」フジ・テクノシステム、p638～673

- 4) 建設省中国地方建設局鳥取工事事務所(1987)「昭和61年度地盤沈下調査業務報告書」
- 5) 国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所観測データ(1996~2007)