

(73) 大間々扇状地地下水の高い窒素濃度の現状と その由来についての検討

Research on present state of nitrate-nitrogen pollution and the source of Omama alluvial fan ground water

○岩田浩二*、斉藤達之**、青井透*、大塚富男*
Koji IWATA*, Tatsuyuki SAITO**, Toru AOI*, Tomio OTSUKA*

Abstract: Many individual supply wells in the Town of Nitta, located on the edge of Omama alluvial fan, have been analyzed to make clear the contamination degree of NO_x-N and Coliform group. The Omama alluvial fan which is located on the southern foot of Mt. Akagi is a representative alluvial fan made by the ancient Watarase river. On the alluvial fan region, the cultivation of fresh vegetables and pulses, the breeding of beef cattle & pig and dairy are very popular.

In the 123 shallow well water quality examination, only 12 samples satisfied the drinking water regulation(<10mgN/l), but 112 samples exceeded the reference value, and 56 samples exceeded that of the confirm group(non-detective). Then the geological investigation and land use investigation was carried out in order to clarify the derivation of the high nitrogen concentration.

Keywords: Omama alluvial fan, groundwater, nitrogen pollution, fertilizer, livestock waste

1. はじめに

首都圏最大の水がめである利根川は、群馬県面積の99%以上がその流域に入っており、利根大堰・武蔵水路を経由するか、江戸川から首都圏に取水されるかのルートで、首都圏人口の8割以上が飲料水に依存している最重要河川である¹⁾。ところが群馬県は首都圏の水源地であると同時に、全国有数の農畜産地帯でもあり、地下水の硝酸態窒素(NO₃-N:厳密にはNO₂-N+NO₃-N=NO_x-N)による汚染が進行していることは、あまり知られていない。

例えば群馬県の環境白書では、地下水の硝酸態窒素汚染についての具体的な報告は、平成14年度版²⁾が初めてであるが、14年度版の報告では調査井戸151本中、39本が硝酸態窒素の地下水環境基準(<10mgN/l)を超過したと報告され、15年度版³⁾の報告では151本中、42本が環境基準超過とされている。これらの数値は、環境省が公表した平成13年度の、全国地下水硝酸態窒素環境基準不適合率5.8%に対して、著しく高い値であることが分かる。同時に測定されたフッ素およびトリクロロエチレンの環境基準値超過井戸は、14年度版の報告では2本、15年度版ではヒ素1本・ジクロロエタンやトリクロロエチレン等が3本報告されているのみであり、群馬県における地下水汚染の殆どは硝酸態窒素汚染であると思われる。

硝酸態窒素(NO₃-N)及び亜硝酸態窒素(NO₂-N)は、通常の浄水処理では除去できない厄介な物質であり、人体に取り込まれるとメトヘモグロビン血症を招いて、乳幼児には重大な健康障害をもたらすとされている。ところが地下水の硝酸態窒素の起源は、施肥、畜産廃棄物の農地還元や浸透、生活排水の地下浸透など多岐にわたり、定量的に汚染原因を明確にできないことが、硝酸態窒素汚染問題を複雑にしている。

群馬県の環境白書^{2,3)}によれば、地下水の硝酸態窒素汚染は、赤城山南麓の大間々扇状地と、これに接続する群馬県東部で特に著しいが、赤城山南麓は県内最大の農業畜産振興地域でもあるので、地下水汚染の現状の確認と対策が必要とされているが、現在得られる情報はあまりにも少ない。

そこで本研究では、大間々扇状地扇端の湧水地域に立地する新田町(殆どの家に井戸があるが、飲料不適となったので、水道が敷設された)の協力により、地下水汚染の現状把握とその由来を明確にすることを目的として、広範囲な実態調査と地質データの解析を行い、同時に扇状地を縦断して流れる早川の河川水調査も実施したので、その結果を報告する。

*群馬工業高等専門学校・専攻科環境工学専攻(Advanced Environmental Eng. Course, Gunma College of Tech.)

**群馬大学建設工学科学生(Department of Civil Engineering, Gunma University)

2 調査地域と調査方法

2.1 調査対象地域の特徴 大間々扇状地と、利根川および渡良瀬川の位置関係を図1に示した。また大間々扇状地と畑作及び畜産が盛んな赤城山南麓火山灰地帯及び新田町の位置関係も図1に示した。大間々扇状地は5万年以上前に古渡良瀬川の氾濫によって形成され、その後の氾濫、侵食、変流がくり返し行われた結果、現在の地形となった⁴⁾といわれている、関東地方有数の扇状地とされている⁵⁾。本扇状地は、標高200mの大間々町付近を扇頂とし、標高50m付近の太田市西部、新田町、伊勢崎市東部を結ぶ線を扇端とし南北約16km、扇端の幅は約13kmである⁴⁾。

我が国における扇状地規模のランキングは不明であるが、著名な扇状地を調査してみると、富山県砺波平野の庄川扇状地が南北32km、東西20km、面積470km²であり、岩手県北上盆地の胆沢扇状地が扇長20km、面積200km²と報告されている。次に富山県の黒部川扇状地は半径13.5km、同じく富山県の手取川扇状地は、半径12kmであるので、大間々扇状地の規模は、全国5番以内に位置する位に大規模なものと思われる。

新田町の位置する扇状地の扇端部(標高50m～60m)は地下水位と地表面にほとんど差がなく、多数の自然湧水が存在している。扇状地の地質はほとんど砂礫とロームで構成されており、その他に火山堆積物をわずかに含む程度である。

本研究では、調査対象地域を地下水が採取しやすく、浅井戸の水質が硝酸態窒素で10mgN/lを超過する(10mgN/lは水道水質基準値および地下水環境基準値)ことが多いとされる新田町に選定した。新田町は古来から多数の湧水群を有し、多くの住民が自家井戸を保有しているが、水質悪化により水道が整備された経緯がある。当初町の水道水源は深井戸(簡易水道)であったが、平成2年から渡良瀬川表流水を水源とする県営新田山田水道に切り替えを開始し、平成6年からは全面供給を受けているので、水源深井戸は休止している。

2.2 調査方法

(1) 新田町浅井戸地下水調査 調査対象は、新田町のほぼ全域に分布する114世帯123の井戸とした。井戸水(地下水)の測定項目はTw(水温)、EC(電気伝導度)、pH、Cl⁻(塩素イオン濃度)、E260(有機物)、NH₄-N(アンモニア態窒素)、NO₂-N(亜硝酸態窒素)、NO_x-N(酸化態窒素(NO₃-N+NO₂-N))、Inorg-N(無機態窒素)、T-N(全窒素)、PO₄-P(リン酸態リン)、T-P(全リン)、大腸菌群、糞便性大腸菌とした。大腸菌群(糞便性含む)は特定酵素基質培地法⁶⁾で測定(100mlの滅菌ビンに採水し、持ち帰り後直に測定)し、また各態窒素リンについてはオートアナライザーACCS2、その他の項目は専用の携帯用計器で測定した。なお、測定項目は水道水質基準の全46項目ではなく、畜産、農業など群馬県で盛んな一次産業に由来すると思われる項目についてのみ測定した。また調査時に井戸使用者に対してアンケート調査も実施した。質問項目は、使用年数、使用頻度、用途などである。

(2) 早川河川水質調査 本研究では、地下水が河川へ流出していることを予想し、地下水調査と同時期に大間々扇状地を流れる早川の水質調査も行った。早川は扇状地内を縦断して流れる最大の河川である。河川の水の測定項目はTw、EC、pH、Cl⁻、NH₄-N、NO₂-N、NO_x-N、Inorg-N、T-N、PO₄-P、T-Pである。

(3) 大間々扇状地周辺部・上流部の水質調査 大間々扇状地は、上端部で赤城山南麓の火山灰地に接続しているので、火山灰地の地下水の影響を調べるために、火山灰地の湧水についても水質調査を実施した。

(4) 大間々扇状地地質調査 地質調査は、地下水の流れや供給源、汚染形態を知るために、各町村誌⁴⁵⁾

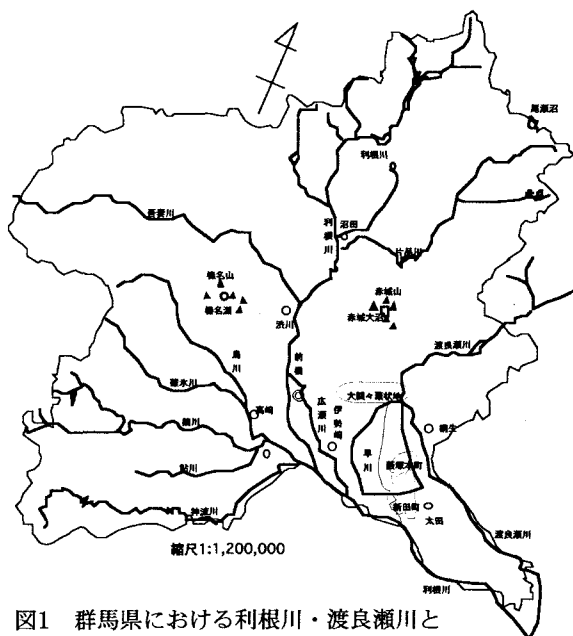


図1 群馬県における利根川・渡良瀬川と赤城山南麓・大間々扇状地の位置関係

や各種出版物⁷⁾⁸⁾や井戸ボーリングデータ⁹⁾等を基にして行った。

3. 調査結果

3.1 浅井戸地下水調査結果 浅井戸地下水の水質調査は、平成15年12月5,6日に一斉に実施した。対象井戸は、予め町から各区域の衛生支部長を経由して希望調査を行い、希望者全員を対象とした。各戸の浅井戸は、殆どが井戸ポンプで蛇口までの配管がなされているが、使用頻度はまちまちなので、蛇口の水を容器に受け、水温が一定になるまで掛け流してから採水し、採水時に水温とECを測定した。大腸菌群の試料は、水質分析用試料を採取した後に、滅菌ビンの蓋を開け速やかに直接採水した。

表1に地下水水質調査結果の一例を示す。この表にはNO_x-N濃度が高い試料、平均的な試料(中央値)、低濃度試料をそれぞれ5試料ずつ示した。また、対照として新田町の水道水水質を加えた。図2には全ての調査対象井戸の分布図と、それぞれのNO_x-N濃度、大腸菌群・糞便性大腸菌の有無を示した。

ほぼ半数(123件中68件)の地下水中NO_x-N濃度は20~30mg/lであり、37件は20mg/l未満、また18件は31mg/l以上の濃度であった。最も高いNO_x-N濃度は68.2mg/l、最も低い濃度は0.2mg/lであった。水道水のNO_x-N濃度が1.8mg/lであった。また、NO_x-N濃度が著しく低い地下水は、色度や濁度、NH₄-Nが他の地下水に比べて高く出ている試料があり、これらの影響は今後の検討材料としたい。Cl⁻濃度とNO_x-N濃度の間には、関連性は見られなかった。PO₄-Pは、家屋の近くに畜舎があるような井戸で検出される場合が多く、大腸菌群にも同様の傾向が見られた。

地下水の主要分析項目と各水道水質基準値、基準値超過件数等を表2に示した。NO_x-Nの濃度は水道水質基準では10mg/l以下と定められているが、地下水の90%以上がこの数値を超過していた。それらの測定濃度は基準値の2~3倍であり、6倍以上の濃度を示したものもみられた。

大腸菌群および糞便性大腸菌は、水道水質基準で検出されないことと定められているが、123件中56件から大腸菌群が検出され、そのうち5件から糞便性大腸菌が検出された。地下水が基準値を超過した主な項目は、NO_x-N(亜硝酸・硝酸態窒素)と大腸菌群および糞便性大腸菌であり、調査した123件の地下水のうち、この三つの項目で共に基準値以下となった試料は、わずか7件であり、率としては5.7%であった。

試料の中には色度で280度、濁度で21.5度という高い数値を示した地下水があったが、これらの地下水のほとんどはNO_x-N濃度も10mg/lを超過しており、色度あるいは濁度のみが基準値を超過している地下水は3件であった。pH、Cl⁻については、全ての地下水が水道水質基準値内であったが、Cl⁻の平均濃度は、県内の上水道原水の濃度(1~20mg/l)に比べて、高い値を示した。家畜糞尿、生活排水や化学肥料などに含まれ、富栄養化の一因であるPO₄-Pは全ての地下水について低濃度であった。

表1 新田町浅井戸地下水水質調査結果の一例(2003年12月調査)

サンプル No.	EC	Cl ⁻	濁度	色度	E260	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO _x -N	Inorg-N	PO ₄ -P	大腸菌群	糞便性 大腸菌
NO_x-N高濃度試料群												
B-20	8.8	77	0.0	1.5	0.08	0.01	0.00	68.2	68.2	0.01	-	-
D-21	62.0	26	0.0	0.0	0.01	0.02	0.00	47.8	47.8	0.01	+	-
D-11	57.0	15	0.0	0.0	0.01	0.05	0.01	47.5	47.6	0.01	-	-
A-19	60.6	41	0.0	0.0	0.01	0.01	0.00	42.0	42.0	0.01	+	-
D-14	73.5	31	0.0	0.0	0.01	0.03	0.00	38.1	38.1	0.01	-	-
NO_x-N中濃度試料群												
B-2	18.3	34	0.0	1.5	0.03	0.01	0.01	25.5	25.5	0.00	+	-
E-9	60.6	35	0.0	0.0	0.00	0.03	0.00	25.3	25.3	0.01	+	-
E-6	58.6	35	0.0	0.0	0.00	0.02	0.00	25.3	25.3	0.01	-	-
A-21	64.9	76	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00	25.2	25.2	0.01	+	-
B-1	18.5	35	0.0	0.0	0.01	0.01	0.00	25.2	25.2	0.01	-	-
NO_x-N低濃度試料群												
C-18	36.8	14	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00	3.7	3.7	0.01	-	-
E-7		48	4.9	93.8	0.22	2.75	0.01	0.4	3.2	0.00	-	-
A-26	12.1	11	0.0	0.0	0.00	0.02	0.00	2.2	2.2	0.01	-	-
D-13	72.1	46	5.4	80.8	0.11	0.53	0.00	0.5	1.0	0.00	-	-
D-9	29.5	54	0.0	6.2	0.13	0.21	0.00	0.2	0.4	0.40	+	+
水道水(県営新田山田水道・水源は渡良瀬川)												
C-15-2	12.6	34	0.0	0.0	0	0.01	0.00	1.8	1.8	0.01	-	-

注記:単位はEC(mS/m)、濁度・色度(度)、その他の水質項目は(mg/l)。Inorg-N=NH₄-N+NO_x-N、E260は5cmセル使用

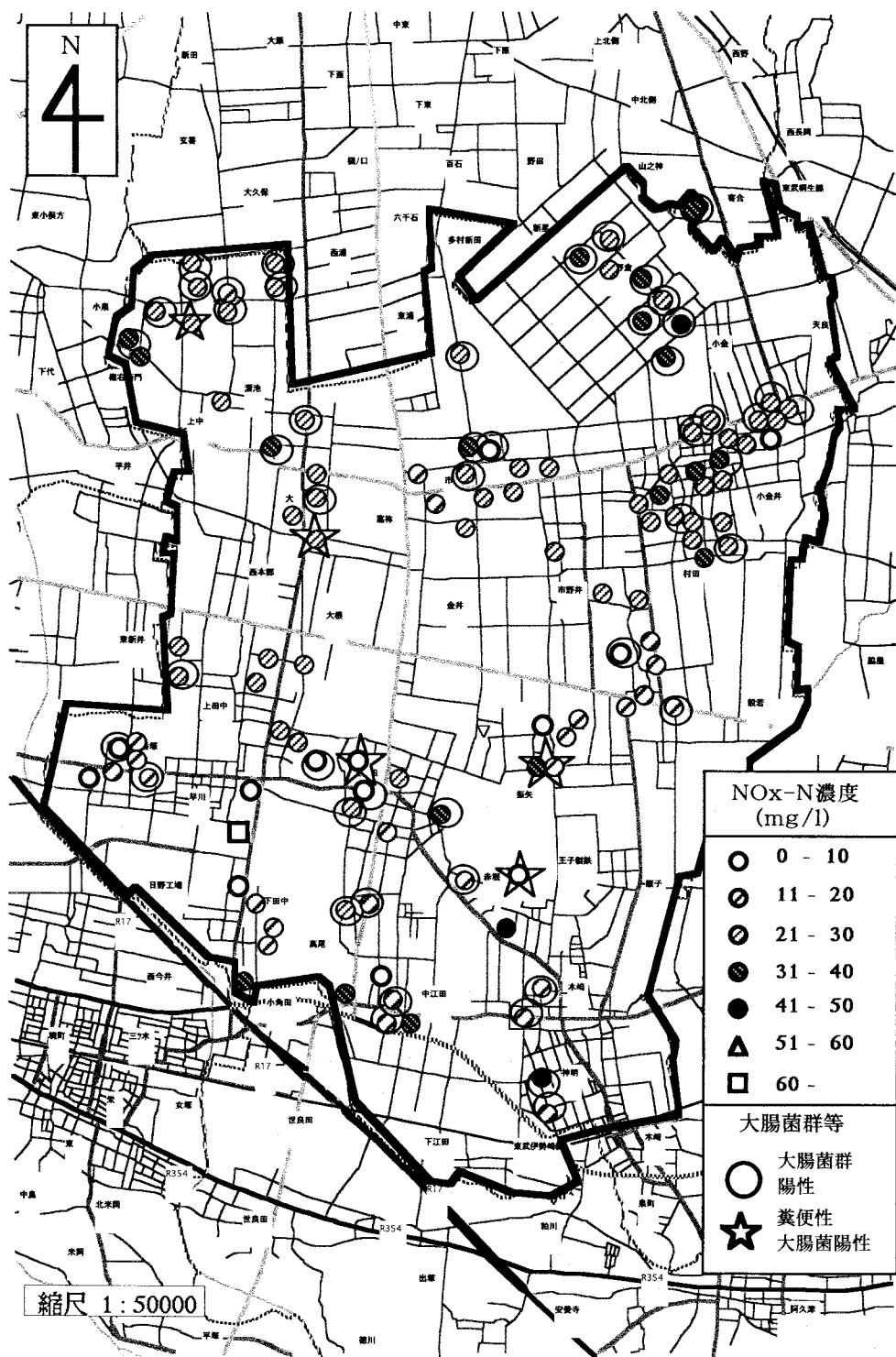


図2 調査時の新田町各測定浅井戸NOx-N濃度および大腸菌群・糞便性大腸菌分布図(2003-12/6)

採水時に実施した聞き取り調査により、新田町の住民が使用している井戸は全て浅井戸であり、その水面深さは、新田町北部でGL-3～5m(標高65m前後)、南部では10～15m(標高30～35m)程度であった。調査対象のほとんどは井戸水(地下水)を飲料以外の用途に使用しているが、飲料に用いられている井戸は114世帯中15世帯であった。

表2 新田町地下水の水質調査結果のまとめ(2003年12月調査)

水質項目	基準値超過件数 (123件中)	割合 (%)	平均値	最高値	水道水質基準
NO _x -N(mg/l)	111	90.2	23.3	68.2	<10
NO ₂ -N(mg/l)	1	0.8	<0.05	0.09	<0.05
大腸菌群	56	45.5	-	-	検出されないこと
糞便性大腸菌	5	4.1	-	-	検出されないこと
Cl ⁻ (mg/l)	0	0	39.4	98	<200
濁度(度)	5	4.1	<2	21.5	<2
色度(度)	11	8.9	<5	280	<5

また井戸の使用年数は30～60年程度で、長期間使用されているものが多く、新しい井戸はパイプを帯水層に打ち込むタイプが多かった。

3.2 早川河川水質の調査結果 早川は大間々扇状地を縦断する最大河川である。大間々扇状地と早川の位置を図3に、また地下水調査と同時期に行った早川の水質分析結果を表3に示した。早川は農業用水の水源としても利用されており、季節により流量が異なるが、調査を実施した12月は農業用水は利用されておらず、流量が少なく水温が低いので、水温の変化から湧水の影響を把握することができる。

表3 早川水質調査結果の一例(2003年12月20日)

No.	採水地点名	流下距離 (Km)	標高 (海拔m)	TW (℃)	EC (mS/m)	Cl ⁻ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	Nox-N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
1	早川貯水地	0	245	6.4	13.0	8	0.26	2.3	0.10
2	香林(新東橋)	2.7	180	5.7	16.6	10	0.99	3.0	0.16
3	湧水下(早川)	2.8	175	7.0	19.8	12	0.77	4.7	0.11
4	西の原橋	4.1	140	7.7	27.5	12	0.59	7.2	0.33
5	早川合流前	5.2	130	7.0	22.8	13	0.40	5.6	0.29
6	鹿島橋(合流後)	5.9	123	7.2	24.3	16	0.45	6.2	0.12
7	固定橋	8.4	100	7.1	25.1	18	0.75	6.4	0.13
8	陸屋橋	12.1	66	8.3	35.5	34	0.80	8.8	0.21
9	早川橋	13.4	60	8.6	39.8	39	0.87	10.3	0.19
10	新洲名橋	14.4	50	8.9	42.4	41	0.56	12.1	0.19
11	早川大橋	16.6	45	8.6	43.9	44	0.77	12.0	0.31
12	三ッ木橋	18.7	40	8.6	47.7	43	0.84	9.3	0.27

流下距離と濃度の関係を図4に示したが、各測定値は上流部の標高140m

付近と下流部の標高50～70m付近で上昇している。この二つの測定点では、EC、Cl⁻、NO_x-Nの上昇に加えて水温が上昇していること、測定点前後に生活雑排水の大量流入がないこと、測定点付近に湧水群があることから、これらの濃度上昇の原因として早川への地下水流入が考えられる。特に標高50～70m地点の測定値上昇については、その付近が昔からの湧水地帯であることから、地下水の流入を考えるのが自然である。

そこで図2に示した新田町北西部(標高70m地点)の地下水水質の平均値を算出し、表3ではほぼ同一標高の採水点(No.8,9,10)の水質から、比例計算で地下水と河川水の流入率を各項目について求めたところ、Cl⁻、EC以外の項目で約30%という一定の比率が求められた。

扇状地の南には利根川が東流している。図4に示すように、窒素濃度が上昇した早川の河川水は、利根川に合流して利根川の窒素濃度を引き上げているが、湧水地点通過後の扇状地地下水は、利根川により形成された河川堆積地層に流れ込んでいるため、表流水と同様に利根川に流出し、その水質に影響を与えているこ

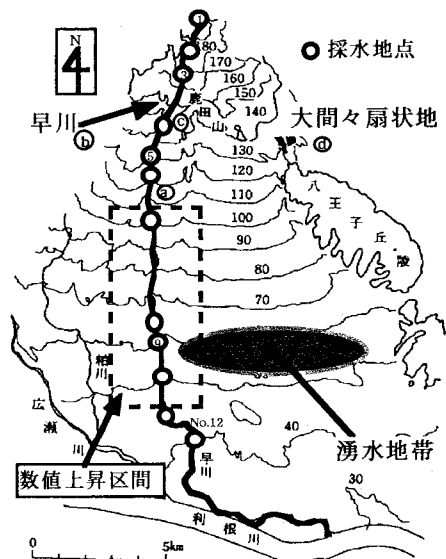


図3 大間々扇状地と早川及び湧水地帯の位置関係

とが考えられる。本扇状地を流れる河川は、最終的に全て利根川と合流するため、地下水の利根川への影響は無視できないと思われる。

3.3 大間々扇状地周辺部・上流部の水質調査

浅井戸の一斉調査を実施した新田町は、図1に示すように大間々扇状地の扇端部に位置するが、大間々扇状地扇頂部及び上流側で、接続する赤城山南麓火山灰地の湧水水質についても調査を実施した。採水調査は

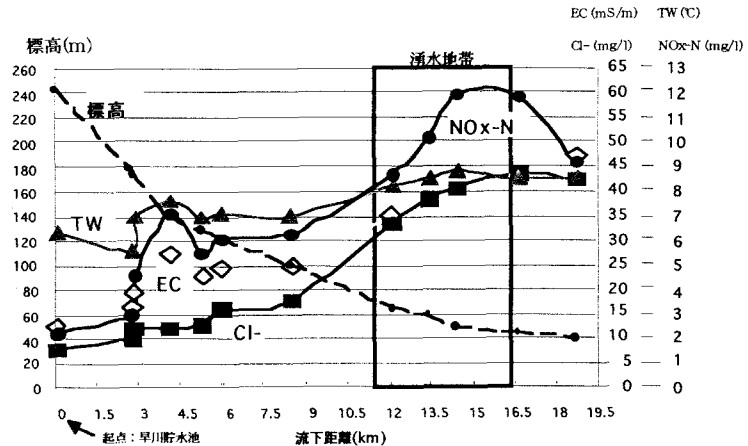


図4 早川各水質流下方向の濃度変化と湧水の影響(2003年12月)

表4 大間々扇状地周辺部・上流部の湧水水質調査結果(2004.4.30)

No.	採水地点名	標高 (海拔m)	TW (°C)	EC (mS/m)	Cl- (mg/l)	NH4-N (mg/l)	Nox-N (mg/l)	PO4-P (mg/l)	地質
a	東村天ヶ池	110	19.2	55.4	45	0.05	29.4	0.09	大間々扇状地桐原面
b	赤堀町今井	120	17	47.5	40	0.04	27.3	0.11	山麓堆積物/礫砂
c	新里村東部	140	15.9	40	31	0.01	19.9	0.05	大間々扇状地桐原面
d	桐生市白滝神社	120	17	42.2	28	0.00	15.9	0.05	梨木泥流堆積物

備考: 試料1,3は大間々扇状地内であるが上流部、2,4は扇状地を外れた周辺の火山灰地である

平成16年4月末に実施したが、この季節はまだ農業用水の取水が開始されておらず、農業用水による希釈はされていない。

表4には水質調査結果と各測定点の地質について示し、図3に各測定点の位置を示した。測定点aは扇状地上部(標高110m)に位置する古い湧水池であり、測定点cは扇頂部(標高140m)の水田地帯にある昔からの湧水である。また扇状地周辺の火山灰地域に位置する、測定点b及びdは山麓堆積物(梨木泥流⁷⁾¹⁶⁾による)からの湧水である。

扇状地外の測定点b,dでもNOx-Nはそれぞれ27,16mg/lの高い値であり、扇状地内の測定点a,cでもNOx-Nはそれぞれ29,20mg/lであり、NOx-N濃度は、大間々扇状地扇端部だけではなく、扇状地扇頂部および周辺部でも高いことが確認された。

3.4 大間々扇状地地質の検討結果

(1) 地下水の流れる地層の概要 大間々扇状地の地質構造は、基本的に透水層(ローム層下の砂礫層、厚さは扇頂部で20m、扇端部で5m)、その下に不完全な粘土層を挟んだ透水層よりは透水係数の小さい帯水層(生品砂礫層、20~30m層厚)、さらにその下に不透水層である強戸砂礫層(鮮新統、非常に締まった地層であり、火山灰によって膠結されていたり、上部に粘土層があるために不透水層)が分布¹⁰⁾している。地下150m以下では、不透水層である第三紀層(中新統)に到達する。このように大間々扇状地の地層構成は透水層、帯水層、不透水層が明確になっていると考えられる。これらを模式化して整理したものを図5に示した。図5は昭和33年に実施された新田地区地下水調査断面図¹⁰⁾に、各資料のデータを含めて纏めたものであるが、扇状地上部には秩父系不透水層があり、生品砂礫層はここより下流に形成されているので、扇状地上部は赤城山噴出物に直接接している

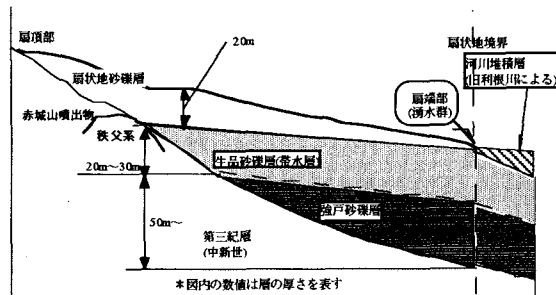


図5 大間々扇状地全体の地層断面概要図(青井原図)

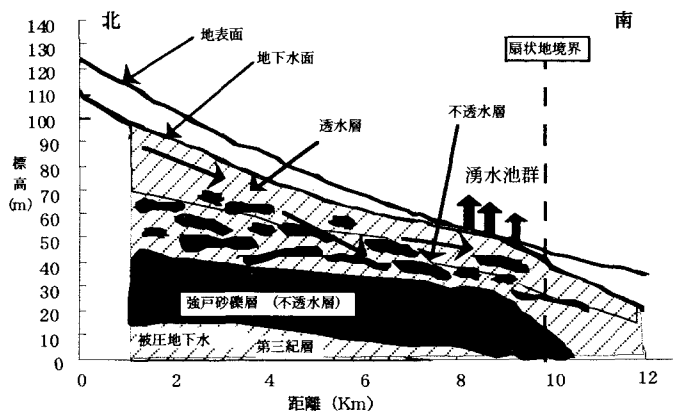


図6 大間々扇状地の断面図と透水路分布から想定される地下水の流れ

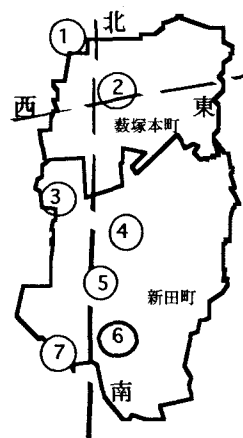


図7 藪塚本町・新田町深井戸
ボーリングデータ位置図

と思われる。

調査対象である新田町は、大間々扇状地の扇端部に位置し、藪塚本町が新田町の北側(扇状地上流部)に位置している。そこで両町に関連する深井戸の柱状図⁹⁾を収集して、扇端部の地下構造を検討し纏めた地下水の流れを図6に示した。図6作成にあたり使用した深井戸の位置を図7に、また流下方向に並べたボーリングデータを図8に示した。

扇状地砂礫層に挟まれて、不透水層が存在するが、これは扇状地が形成される途中で積もった火山堆積物や、河川の侵食によって運搬された粘土などであるので、砂礫層中の不透水層の連続性は不良であり、地下水の垂直方向の流通は可能と考えられる。

(2) 地下水供給源の検討 大間々扇状地の東西横断面図⁸⁾を図9に示した。扇状地は古渡良瀬川によって形成されたものだが、侵食の結果現在の渡良瀬川は扇状地よりも標高の低い、異なる地層上を流れている。また渡良瀬川と扇状地の間には不透水層が存在していることから、渡良瀬川伏流水と扇状地地下水は独立であり、扇状地地下水は扇状地への降雨に加えて、赤城山南麓火山灰地へ浸透した地下水も、受け入れているものと思われる。地下水の主な供給源が降雨であることは、酒井¹¹⁾によって降雨量と地下水位の相関関係が確認されていることから裏付けられている。

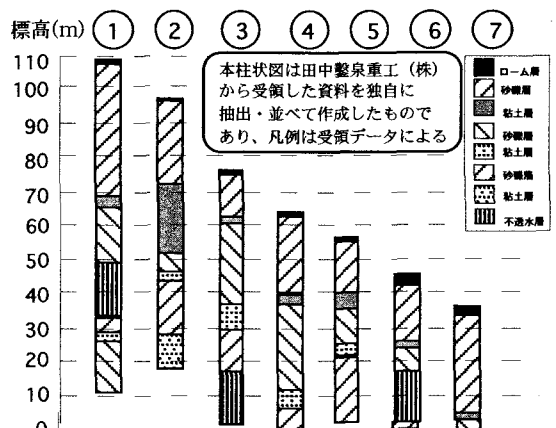


図8 縦断面図面作製に使用したボーリングデータ(柱状図)

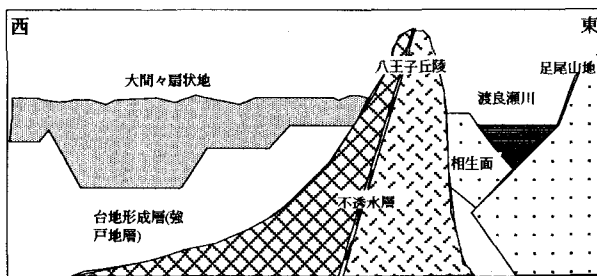


図9 大間々扇状地・東西方向横断概略図

4. 考察

4.1 高い $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の由来 $\text{NO}_x\text{-N}$ が新

田町全域の地下水で高濃度となった主な原因としては、畜産から発生する糞尿、農業で使用される肥料、生活雑排水等の人為的汚染が考えられる。表5に赤城山南麓地域における主要な農畜産物の生産量を示した。%数値は群馬県内で本地域が占める割合である。群馬県は、豚の生産量が全国3位、乳牛で5

表5 赤城山南麓地域の農畜生産量と国内順位

区分	畜産				農業								
	乳用牛 %	肉牛 %	豚 %	鶏卵 %	ブロッコリー %	枝豆 %	ねぎ %	ほうれんそう %	なす %	きゅうり %	生シイタケ %	コーン %	まゆ %
赤城南麓地域	43 (22440頭)	47 (32280頭)	52 (332830頭)	39 (2803千羽)	51 (2213t)	25 (840t)	13 (3276t)	30 (7440t)	25 (6600t)	18 (13374t)	2 (285t)	12 (1584t)	13 (68t)
新田町	2 (840頭)	10 (6600頭)	3 (19200頭)	6 (435千羽)	7 (303.8t)	12 (775t)	7 (1764t)	7 (1736t)	5 (1320t)				
富士見・前橋抜き	28 (14470頭)	36 (24770頭)	36 (229530頭)	16 (1125千羽)	21 (1259t)	12 (775t)	7 (1764t)	14 (3472t)	25 (6600t)	10 (7430t)		12 (1584t)	5 (26t)
群馬県全国順位	5	11	3	8	4	3	5	3	4	1	1	5	1

注記:畜産データはH15年度、農業のデータはH12年度である

表6 藪塚本町の水源井改修箇所と水質改善に関するデータの一例

井戸名	工事期間	NO _x -N濃度(mg/l)		ストレーナー位置(m)	閉鎖したストレーナー位置(m)
		改修前	改修後		
第7水源井	S55.10/12~10/25	22.3	7.0	19~29、40~62、69~74	19~30
第6水源井	S56.3/2~3/31	20.8	7.6	14~38、44~56	14~38
第3水源井	S55.7/11~8/31	21.6	6.0	19~36、42~61	19~36

*ただし、改修後の昭和58~60年の時点で水道水質基準(NO_x-N10mg/l)を超過するようになった。

位、その他の畜生産量は10位以内、表中の農作物の生産量はどれも全国5位以内の生産量である。なお、表5は関東農政局前橋統計・情報センターのデータを参照として作成した¹²⁾。

田中ら¹³⁾は、原単位法による検討を行い、県内の発生窒素負荷量はその約50%を畜産廃棄物が占め、一日あたりの最大発生窒素負荷量が100t-Nにも達すると報告している。また面積当りの窒素負荷量は赤城山南麓では100kgN/km²/日以上に達するとしており、いずれにしても群馬県内の窒素発生負荷が過大であることは確実である。

実際の地下水調査と並行して、近隣自治体の水道関係機関に、聞き取り調査を実施したが、新田町よりも標高が高い扇状地北部や北西部の町村で、昭和40年代から硝酸態窒素濃度が10mgN/lを超過する地下水が顕在化し、水源の変更等数々の対策を講じている¹⁴⁾¹⁵⁾ことがわかった。また昭和40年代は畜産農業への転換と規模拡大が進んだ時期でもある。これらと今回の調査結果を合わせて考えると、地下水の高いNO_x-N濃度の主な原因は、畜産廃棄物と畑地に投入された肥料であると推定される。

4.2 赤城山南麓火山灰地と大間々扇状地の地下水の連続性

表2に示したように、新田町の浅井戸は全域で高い硝酸態窒素濃度を示しているが、表4に示したように、扇状地に隣接する赤城山南麓火山灰地でも、湧水中に高い硝酸態窒素濃度が測定されること、また図5でわかるように、大間々扇状地の扇頂部分では、扇状地砂礫層が赤城山噴出物(共に透水係数が高い)と接続していることを考慮すると、新田町で観察された地下水中の高い窒素濃度は、自区内からの負荷よりも、赤城山南麓地域全体の負荷のほうが卓越していると思われる。

4.3 地下水汚染の進行状況 扇状地中部、新田町の北部に位置する、藪塚本町の過去の井戸水質データ¹⁵⁾から、窒素汚染の進行状況を把握することができる。資料によれば、藪塚本町の扇状地地下水による飲料水供給が開始されたのは約30年前の昭和48年頃で、10の井戸が稼動していたが、約10年後の昭和55年頃、いくつかの井戸でNO_x-N濃度が水道水質基準を超過するようになったため、地下水の取水口である井戸内のストレーナーの位置を下げたり、浅層地下水(地下15~40m)に位置するストレーナーの閉鎖といった処置が行われている。資料¹⁵⁾から抜粋した水源井戸の改修と水質改善の一例を表6に示した。処置ができない井戸はこの時閉鎖されたようである。この時の処置によってNO_x-N濃度が10~20mg/lから基準値以下に改善したという報告から、扇状地下を流れる浅層地下水は、約20年前すでに汚染がかなり進行していたことがわかる。それから更に5年後の平成4年前後、渡良瀬川を水源による水道供給への変更と合わせて、全ての井戸が閉鎖されていることから、地下水汚染は更に進行し、深刻化したものと考えられる。

新田町の水道水源井のデータはほとんどないが、新田町の水道水源井は地下70m以下の被圧地下水(強戸層以下)を使用していたため、硝酸態窒素濃度は<0.02mg/lと浅井戸と比較して著しく低かったことがわかっていて。新田町の水道は、別の理由により平成2年から、渡良瀬川表流水に水源変更を開始し、平成6年には切り替えが完了して、水源井の使用は停止したが、水質検査だけは継続された。その結果を見ると、少なくとも平成8年(1996年)までは窒素汚染の影響は出ておらず、このことから強戸地盤中、またはそれ以下の地層に存在する被圧地下水には、当面汚染の影響は出ていないと考えられる。

5. まとめ

新田町の地下水調査については、年間変動を把握するために対象を絞り、現在継続して調査を続行しているが、本調査により以下のことが明らかになった。

- 1.平成15年12月に実施した新田町浅井戸一斉調査での硝酸態窒素濃度は、平均値23.3mgN/l、最高濃度68.2mgN/l、最低濃度0.2mgN/lであった。また10mgN/l以下の検体数は12、全体での比率は9.8%であり、硝酸態窒素による地下水汚染が進んでいることがわかった。
- 2.大腸菌群では、大腸菌群不検出の検体数は67検体、全体での比率は55.3%であった。また大腸菌は123件中5件から検出された。硝酸態窒素濃度が10mgN/l以下で、大腸菌群不検出の検体は7検体と少なかった。
- 3.非灌漑期の平成15年12月に調査した早川水質では、扇状地湧水地帯の海拔40～70m地点で、水温・NOx-N・Cl濃度・ECの急激な上昇が観察されたが、これは河川水に濃度の高い湧水が混入することに原因すると考えられた。また扇状地周辺の赤城山南麓火山灰地の湧水を平成16年4月に調査した結果、扇状地内と同様な高いNOx-N濃度が検出された。
- 4.地質学的な検討から、大間々扇状地砂礫層と、上流側の赤城山南麓火山灰地は、透水層が接続していると思わせるので、大間々扇状地湧水地帯に位置する新田町浅井戸の高い硝酸態窒素濃度は、地質的な構造から自区内のみでなく、広く赤城山南麓全体から由来していると思われる。
- 5.大間々扇状地地下水の窒素汚染は、上流部の畜産畑作が主たる要因と想定すれば、汚染はさらに進行すると予測されるが、この過剰硝酸態窒素は最終的に利根川に流入し、首都圏の水源地をより汚濁する方向に働くので、種々の対策が必要と思われる。特に赤城山南麓火山灰地及び大間々扇状地においては、総合的な施肥管理、畜産排水対策、生活排水対策を早急に遂行する必要性に迫られていると思われる。

謝辞

本研究での井戸水採取については、新田町役場の方々や各区長・衛生支部長をはじめとする多くの町民の皆様に、大変御世話になった。群馬県内の地下水の現状については、群馬県環境保全課および衛生環境研究所に御指導頂いた。また水道の給水状況については、新田町の外に赤堀町・佐波東村各水道課、群馬県企業局新田山田水道事務所、渡良瀬水道企業団等に御指導を頂いた。地質については、田中鑿泉重工(株)・(株)地下開発コンサルタントに貴重な資料の提供を受けた。井戸水の採水では、本研究室の5年生および専攻科学生の協力を頂いた。さらに膨大な数の窒素・リンの水質分析は、岸分析主任に実施頂いた。協力頂いた全ての方々に厚く感謝申し上げる。

参考文献

- 1)森邦広、青井透、阿部聡、池田正芳(2002)谷川岳を含む利根川最上流から利根大堰までの栄養塩濃度の推移と流出源の検討、土木学会環境工学研究論文集、Vol.39,pp235-246
- 2)群馬県(2002)環境白書、pp69-71
- 3)群馬県(2003)環境白書、pp46-47
- 4)新田町(1984)新田町町誌、pp3-20,pp35-45
- 5)敷塚本町(1991)敷塚本町町誌、pp5-36,pp147-171
- 6)田中祐介、青井透(2004.7.29)X-GAL特定酵素基質培養法による高専浄化槽膜分離処理水の大腸菌群定期調査、第41回下水道研究発表会講演集、pp528-530
- 7)竹本弘幸、久保誠二(1995)群馬の火山灰、みやま文庫、pp144-148
- 8)日本の地質「関東地方」編集委員会編(1986)日本の地質3「関東地方」、p335、共立出版
- 9)田中鑿泉重工(株)深井戸資料
- 10)財団法人深田地質研究所、(1968)「群馬県新田群新田地区地下水調査報告」pp5～11
- 11)新田町(1991)新田町誌、基礎資料第8号「村々の沿革と絵図」pp195～211、酒井謙二「特論・大間々扇状地扇端水の変遷について」
- 12)関東農政局前橋統計・情報センターホームページ(<http://www.gunma.info.maff.go.jp/>)
- 13)田中恒夫、川島博之、岡本勝男、黒田正和(1998)利根川中流域における発生窒素負荷量の増加とその原因解明、環境科学会誌、Vol.11, No.4, pp373-pp380
- 14)新田町環境対策課(1982)「データに見る水質汚濁の実態と対策」pp20～23
- 15)渡良瀬水道企業団保存資料
- 16)群馬県地質図作成委員会、新井房夫監修(1999)群馬県10万分の1地質図、内外地図株式会社