

窒素安定同位体比法を用いた多摩川の 窒素汚染と浄化作用に関する研究

1997年

研究代表者

熊澤喜久雄

東京農業大学総合研究所教授

調査・研究の課題

窒素安定同位体比法を用いた多摩川の窒素汚染と浄化作用に関する研究

調査・研究の目的

多摩川流域における活発な人間活動の結果として、多摩川水系には多量の汚染物質が流入している。本研究ではこれらの汚染物質のうち、とくに河川湖沼内海の富栄養化の主要原因の一つとなっている窒素に着目し、その起源、変化、消長などについて研究をするものである。

河川水の窒素汚染は流域の農耕地で多量に施用される化学肥料、堆厩肥などからの地下浸透水からもたらされるし、また畜産廃棄物、尿尿処理排水、下水処理排水、家庭生活排水、あるいは工場排水などの直接的流入などによってもたらされる。これらの有機、無機の窒素化合物は河川流下中に様々な形態変化を遂げ、ある場合には脱窒作用によって系外に除去される。

本研究はまず水系中の種々の窒素化合物について、それらの濃度及び重窒素 (^{15}N) 自然存在比の測定等により、窒素汚染源を究明し、また河川流下にとまなう脱窒などによる窒素浄化の程度を推定し、多摩川流域の窒素汚染の全貌を明らかにし、その軽減に対する効果的な対策の樹立に寄与することを目的とする。

調査・研究の内容

第1年度(1994年)においては、多摩川本流を中心に、第2年度(1995年)は野川、仙川、日原川についての調査をした。第3年度(1996年)は浅川、秋川流域を中心に調査・研究を行なった。すなわち、これらの川について、上流より多摩川本流に合流するまでの間の支流および本流についての採水し、その溶存している各種の陽イオン、陰イオンの濃度、溶存酸素濃度、CODなどを調べ、また窒素(主として硝酸態窒素)の安定同位体自然存在比 $\delta^{15}\text{N}$ 値(‰)を求めた。

また流域における農業経営の状況、特に畜産、果樹、野菜経営などの状況と畜産廃棄物、化学肥料施用量、さらに下水処理場排水、尿尿処理場排水などの調査も行ない、山林、農地などから発生する窒素汚染と生活関連排水由来の窒素汚染などの寄与について推定した。

研究体制

研究代表者	熊澤 喜久雄	東京農業大学農学部総合研究所教授
共同研究者	山本 洋司	東京大学大学院農学生命科学研究科
同上	加藤 茂	元・東京農業大学農学部総合研究所教授
同上	朴 光来	東京農業大学農学部
同上	田村 幸美	東京農業大学農学部

研究の場所

東京農業大学農学部総合研究所

調査研究期間

1994（平成6）年4月～1997（平成9）年3月

研究発表等

1. 朴・山本・加藤・熊澤（1995）：窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）法を用いた多摩川の窒素汚染に関する研究；第32回理工学における同位元素研究発表会要旨集，**32**，P.94
2. 山本・朴・田村・吉羽・熊澤（1995）： $\delta^{15}\text{N}$ 法を用いた多摩川水系野川の窒素汚染に関する研究；日本土肥学会関東支部大会要旨集，P.37
3. 山本・田村・朴・曾原・熊澤（1996）：窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）法を用いた多摩川流域 野川・仙川の窒素汚染に関する研究；第33回理工学における同位元素研究発表会要旨集，**33**，P.137
4. 山本・田村・熊澤（1996）： $\delta^{15}\text{N}$ 法を用いた多摩川水系秋川流域の窒素汚染に関する研究；日本土肥学会関東支部大会要旨集，P.43
5. 山本・田村・曾原・熊澤（1997）： $\delta^{15}\text{N}$ 法を用いた多摩川水系浅川流域の窒素汚染に関する研究；日本土壌学会静岡大会講演要旨集，**43**，P.209
6. 山本・朴・加藤・熊澤（1998）： $\delta^{15}\text{N}$ 法による多摩川の窒素汚染に関する研究；地下水・土壌汚染に関する研究集会，第6回講演集，**6**，P.251～254
7. 「環境科学」誌等へ投稿準備中

目 次

はじめに	1
I 研究方法の部	4
1) 湧水及び河川水の採取法	4
2) 試料水のイオン分析法	4
3) 試料水の濃縮法	4
4) 試料水の水蒸気蒸留法	4
5) 蒸留留出液の濃縮法	6
6) リッテンベルグ法による $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液からの N_2 ガス精製法	6
7) 質量分析計による $\delta^{15}\text{N}$ 値の測定	7
II 調査結果の部	9
1章 多摩川本流	9
1) 採水期日及び採水調査地点の概要	9
2) 結果及び考察	9
3) 要 約	23
2章 日原川	24
1) 概 況	24
2) 採水期日及び採水調査地点の概要	24
3) 結果及び考察	24
4) 要 約	26
3章 野 川	29
1) 概 況	29
2) 採水期日及び採水調査地点の概要	34
3) 結果及び考察	38
4) 要 約	42

4章 仙川・玉川用水	45
1) 概況	45
2) 採水期日及び採水調査地点の概要	46
3) 結果及び考察	47
4) 要約	52
5章 秋川・平井川	54
1) 概況	54
2) 採水期日及び採水調査地点の概要	56
3) 結果及び考察	61
4) 要約	66
6章 浅川	69
1) 概況	69
2) 採水期日及び採水調査地点の概要	71
3) 結果及び考察	74
4) 要約	79
Ⅲ 総合考察	80
〔謝辞〕	86
文献	87

窒素安定同位体比法を用いた多摩川の窒素汚染と浄化作用に関する研究

はじめに

多摩川は山梨県の笠取山（標高 1,953m）に源を発し、東京都内を西北から東南方向に向かって流れ、神奈川県と東京都との境界をつくりつつ東京湾に注いでいる全長約 138km、流域面積1,240km²の河川である。流域面積では日本の49番目の小さな河川であるが、江戸時代以降日本の河川としては最も利用されてきた。その上流部には奥多摩湖（小河内ダム）を擁し、羽村取水堰から玉川用水を通して東京都民の貴重な水道水源の一つになっている。その流域には東京都の水源地等の山林や多くの農耕地があり、わさび、鱒の養殖もされ、活発に農林水産業が営まれている。また下流域には多くの都市部を擁し、各種の産業活動が営まれ、また住宅地としての発展も著しい。図0-1に多摩川水系及び主要河川を示した。

多摩川水系には、流域における活発な人間活動の結果として、多量の汚染物質が流入している。本研究ではこれらの汚染物質のうち、とくに河川湖沼内海の富栄養化の主要原因の一つになっている窒素に着目し、その起源、変化、消長などについて研究をしようとしたものである。

多摩川の浄化に対しては、過去においてさまざまな対策がなされている。

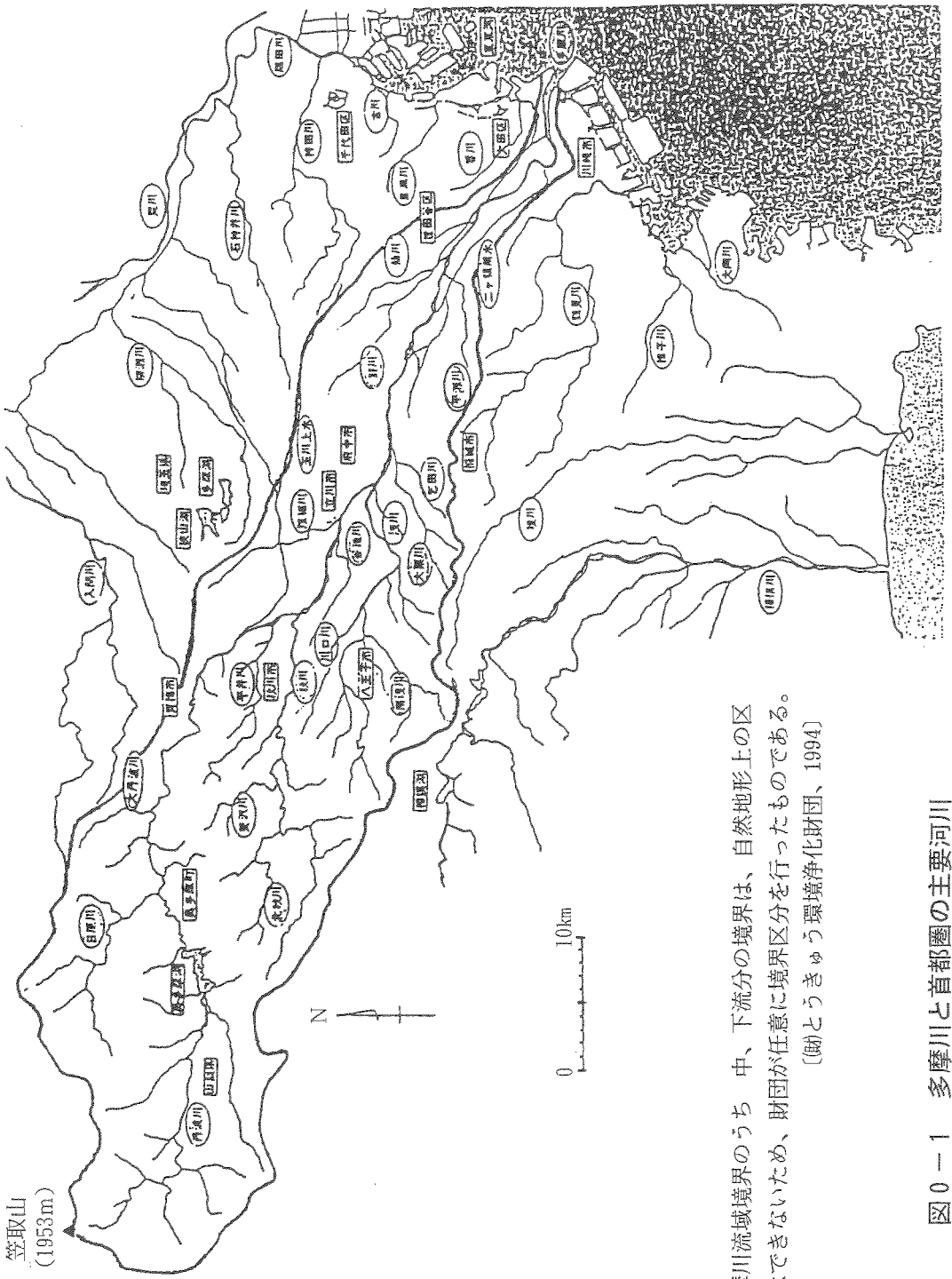
1982年4月21日の産経新聞によると、東京都は水ガメの小河内貯水池の水質を守るため、二年余り話し合いを続けた都と山梨県小菅丹波山両村が合意に達し、20日、「水質保全協定書」に調印した。内容は「1）両村の無燐酸洗剤の使用、2）下水道設置に関する協力などで、都は両村に対して出している交付金を増額する」となっている。

多摩川20年の系譜によると、昭和58年：野川礫間浄化施設完成、昭和59年：奥多摩湖にアオコ大発生、昭和61年：平瀬川礫間浄化施設完成、平成2年：流域下水道北多摩2号処理場稼働、平成3年：多摩川の水質が初めて環境基準をクリアー、平成4年：羽村堰からの通年放流開始、などのような対策が実行されている。

東京都がまとめたBOD（75%水質値）（東京都環境科学研究所、1955）によると、羽村堰までは、良好な水質となっているものの、中流部の日野橋から調布堰までは著しい改善となっていない。恐らく生活排水や下水処理排水の流入とともに光合成による二次汚濁がその原因と考えられる（西条・奥田1996）。

なお、河口から約13kmほど遡った東急東横線多摩川園駅近くの丸子橋上流に調布取水堰があり、海水はこの堰まで遡上している。この取水堰は1936年2月に竣工した。玉川浄水場で浄化された水道水も1970年に水道悪化のために配水停止となった。現在は日に6,000 tから10,000 tの工業用水を配水している。この取水堰のすぐ上流にある砧上

笠取山
(1953m)



*多摩川流域境界のうち 中、下流分の境界は、自然地形上の区分はできなため、財団が任意に境界区分を行ったものである。
 (財団とうきゅう環境浄化財団、1994)

図 0 - 1 多摩川と首都圏の主要河川

および砧下浄水場は伏流水を取水しており、現在も緩速濾過法で浄化して水道水を供給している（西条・奥田1996）。

多摩川が直接入るのは東京湾の海域Ⅳに属するが、この海域は「東京湾及び大阪湾の全窒素及び全燐に係る環境基準の水域類型の指定」（平成7年2月28日付け告示）（環境庁）により全窒素 1.40mg L^{-1} 、全燐 0.095mg L^{-1} に指定されており、「段階的に暫定目標を達成しつつ、環境基準の可及的速やかな達成に努める」とされている。

すなわち、CODなどの有機物汚濁は著しく改善されているが、今後は最終的に東京湾に流入する無機態の窒素やリンの濃度を低下させる必要がある。

河川水の窒素汚染源としては、農耕地で使用される化学肥料や堆厩肥、また尿尿処理排水、下水処理排水、生活排水、あるいは工場排水などが考えられる。これらに含まれる有機、無機の窒素化合物は土壤中、地下水への移動中、伏流水、湧水、河川水としての流にさまざまな形態変化をし、高等植物や藻類などによる吸収、アンモニア揮散、脱窒作用などによって系外に除去される。

最近世界的に問題になっている窒素化合物による水質汚染の解決を目指し、欧米を中心に窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）測定法が活発に利用されている。日本国内においてはまだ十分な研究が行われていないが、並木ら（1989）により地下水中の硝酸塩の起源を同定する研究や上田ら（1991）によって地下水中の N_2O の起源を調べた研究がある。また新井ら（1992）は安定同位体を利用し河川の浄化機能を調べ報告している。

山本ら（1995）は、沖縄県宮古島の地下水汚染について、主に硝酸態窒素濃度とその $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係を研究し、地下水中の硝酸態窒素の起源を、「堆厩肥等畜産廃棄物」・「尿尿等生活排水」・「化学肥料」及び「土壌有機物」に由来する複合的汚染であることを報告している。

すでに多摩川水域における有機物汚染については多くの研究がある。また無機物質などの消長についての報告も多い。とくに小倉（1981）は流域における土地利用が河川水、地下水質に及ぼす影響について詳細に研究している。

さらに松尾（1983）は地下水の消長について同位体水文学的研究をし、田瀬（1992）は窒素同位体法により玉川上水における窒素の消長を研究している。しかし、いずれの研究も多摩川水系における部分的な調査であり、水系全体における汚染状況を把握するには至らなかった。

本研究ではまず多摩川水系に属する本流および主要な支流について、その代表的な地点において採取した試料水について、無機イオン濃度、各種窒素化合物濃度及び窒素安定同位体自然存在比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）等を測定することにより、窒素汚染状況と汚染源についての全貌を把握しようとした。

I 研究方法の部

1) 湧水及び河川水の採取法

多摩川本流、支流について、その水質を判定するのに適当と考えられる地点を選び採水した。同一の流域系については、1日あるいは連続した2日間以内に採水するようにし、上流部、下流部の比較が容易なようにした。ただし、採水時間は異なっているので、とくに生活排水のような日変化が予想されるものの影響までを正確に反映するには至らなかった。

試料水は各採水地点で500ml容のポリビンに空気が入らないように採取した。

採水した現場において、気温・水温および簡易測定器によるpH・DO・NO₃⁻等を測定し、採水量は窒素量として最低でも2～3mgN以上となるように試料を採取した。

採取した試料は速やかに実験室に搬送し、各種イオン分析をするまで、3～5℃の冷蔵庫に保存した。

2) 試料水のイオン分析法

採取後、冷蔵保存した試料水は、イオンクロマトグラフィー法で陰イオン、陽イオンの分析を行なった。

3) 試料水の濃縮法

試料水のイオン分析の結果、窒素量が硝酸態窒素(NO₃-N)として1～3mgN以下の場合には1～3mgN量を含む試料水を採取し、約pH2になるように硫酸で予め調整してから、以下の方法で濃縮し、約100mlの試料液量とした。

① ホットプレートで濃縮する方法

三角フラスコに濃縮する試料水を入れ、液温が約70～80℃になるようにホットプレートの温度を調節して徐々に濃縮した。

濃縮するときは、周囲からの窒素汚染に注意する。

② ロータリーエバポレーターでの濃縮法

専用のロータリーエバポレーターを用い、ウォーターバスの温度を約60℃に設定して濃縮した。この方法は、試料水の窒素濃度が低い場合には便利であるが、濃度の高いものはホットプレート上での濃縮の方が速く行なえる。

4) 試料水の水蒸気蒸留法

改良型セミ・マイクロ蒸留装置(図0-2)を用いて、試料水中のNO₃-Nを硫酸溶液へ硫酸アンモニウム{(NH₄)₂SO₄}の形で捕集する。蒸留はゆっくり行ない、液量が約300ml留出するまで行なう。

イオンクロマトグラフィー法で、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 以外にアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) および亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の有無を調べ、試料水中にそれらが存在する場合は以下の方法で行なう。

① 試料水中に $\text{NH}_4\text{-N}$ が存在する場合

100~200mlの試料水にアルカリ剤として、飽和NaOH溶液10mlを加え、先ず発生する $\text{NH}_4\text{-N}$ を0.1N H_2SO_4 溶液に捕集した後、還元剤としてデバルタ合金3gを添加して、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を NH_3 に還元させ、0.1N H_2SO_4 溶液10mlに $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の形で留出液が約300mlになるまで捕集する。

② 試料水中に $\text{NO}_3\text{-N}$ のみが存在する場合

試料水100~200mlに、アルカリ剤として700°Cで2時間焼成した酸化マグネシウム (MgO) 3gと、還元剤のデバルダ合金粉末3gを添加し、捕集液として0.1N H_2SO_4 溶液10mlに留出液が約300mlになるまで捕集する。

なお、デバルダ合金による NO_3^- から NH_3 への還元反応は次式のようになる。

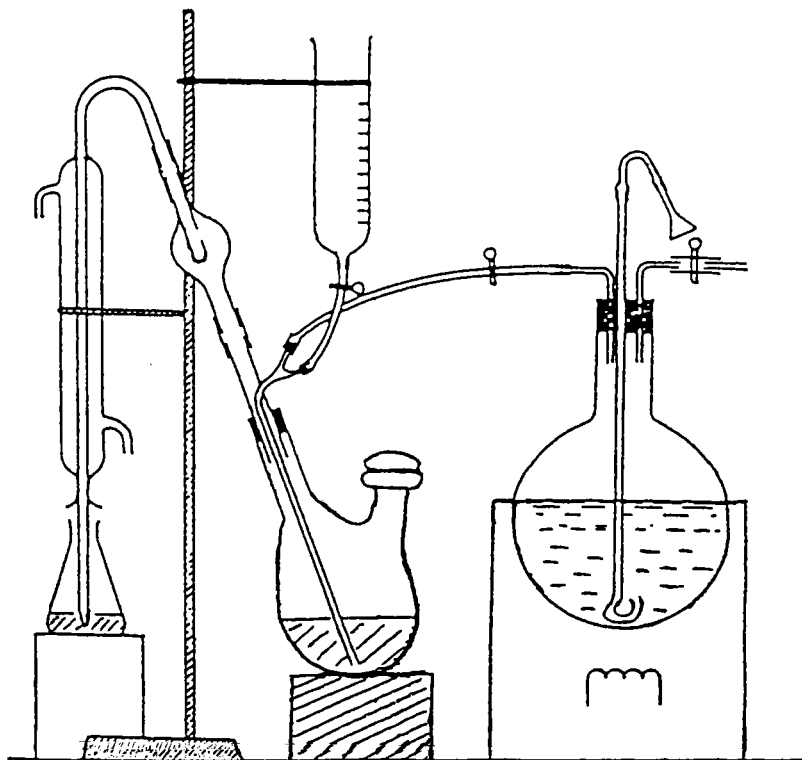
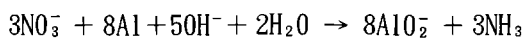


図0-2 改良型セミ・マイクロ蒸留装置

また、蒸留装置の窒素によるクロスコンタミネーションの可能性については、Mulvaney (1986) によれば、装置をアルコールによる洗浄の前に少量のギ酸で蒸留すると効果的であることが報告されているが、本研究ではエタノール及びイオン交換水で空蒸留をしてから、次の試料の蒸留を行なった。

なお、試料水中の窒素量は1～3 mgである。また改良型セミマイクロ蒸留装置は、塩入・奥田式水蒸気蒸留装置とプレムナー式蒸留装置から、図0-2のように著者らが一部改良考案したものである。

5) 蒸留留出液の濃縮法

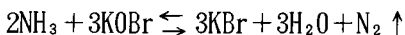
0.1N H₂SO₄溶液10mlの捕集液へ捕集した(NH₄)₂SO₄の留出液約300mlは、三角フラスコ中でホットプレートにより70～80℃で、液量が3～5 mlになるまでゆっくりと濃縮した。

6) リッテンベルグ法による(NH₄)₂SO₄溶液からのN₂ガス精製法

図0-3に示したN₂ガス分離精製装置(昭光通商製)で(NH₄)₂SO₄溶液にした試料を純粋なN₂ガスとして捕集し窒素安定同位体比(δ¹⁵N)測定用の試料ガスとした。

N₂ガス精製法は、窒素量として1～2 mgを含むように濃縮した(NH₄)₂SO₄溶液を約1 mlパスツールピペットで、リッテンベルグ管の一室に採取する。別の室には、試料と亜臭素酸カリウム(KOBr)の割合が1:2になるように、KOBr溶液をパスツールピペットで両室の液が混じらないように慎重に入れる。

試料とKOBrの反応は次式のようになる。



N₂ガス精製のための真空装置は、 1×10^{-3} Torrの真空度を保つように、2台の真空ポンプとHg真空装置(テプラーポンプ)により成っており、液体窒素トラップや酸化炉(CuO-Pt:700℃)、還元炉(Cu:400℃)等の装置で、H₂O、O₂、CO₂、CO、NO_x等の不純物を除去して純粋なN₂ガスになるように装置内を循環させてサンプルチューブに捕集した。

なお、KOBr溶液の調整法は以下のとおりである。

10N KOH溶液160mlをビーカー中で十分に氷水で冷却しておき、攪拌しながら、臭素(Br₂) 25 gを徐々に加えて調整する。

この時の作業はドラフト中に行ない、手や目等に付着しないように注意する。また、発生するガスも吸引しないように細心の注意を要する。

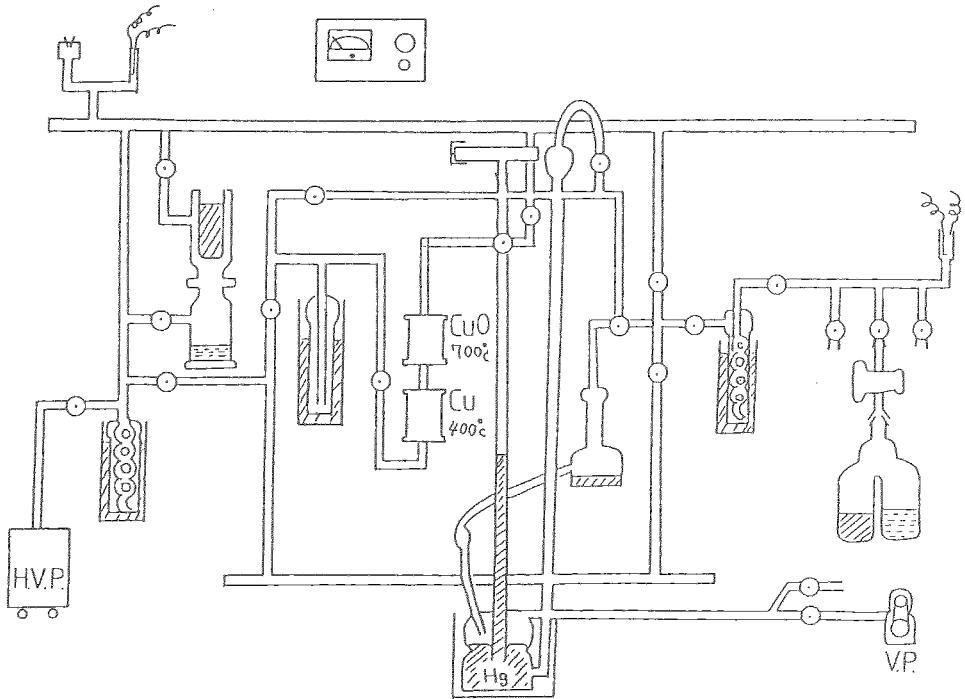


図 0 - 3 N₂ガス精製装置

7) 質量分析計による $\delta^{15}\text{N}$ 値の測定法

純粋なN₂ガスに精製したサンプルガスは、ダブルインレットシステムを持つ図0-4に示した安定同位体比測定用質量分析計 (Finnigan MAT 252) を用いて $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

この分析計は、 1×10^{-3} Torrの真空度を保ち、スタンダードガスとサンプルガスを交互に8回繰り返し測定し、その平均値から試料の $\delta^{15}\text{N}$ 値を決定した。

なお、実際の測定に入る前に標準物質として (NH₄)₂SO₄ ($\delta^{15}\text{N}$ 値 : -10.1‰) を同様の方法で測定し、標準誤差が0.1‰以下の範囲に安定してから試料の測定を行った。

$\delta^{15}\text{N}$ 値は次式で求められパーミル (‰) 単位で表される。

$$\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = \frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{試料}} - (^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{空気}}}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{空気}}} \times 1,000$$

δ 値 (‰) がプラス (+) であることは標準試料より同位体含有量が高く、マイナス (-) はそれが低いことを意味している。窒素の場合は大気中の窒素が標準試料として選ばれるので、大気窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は0‰となる。

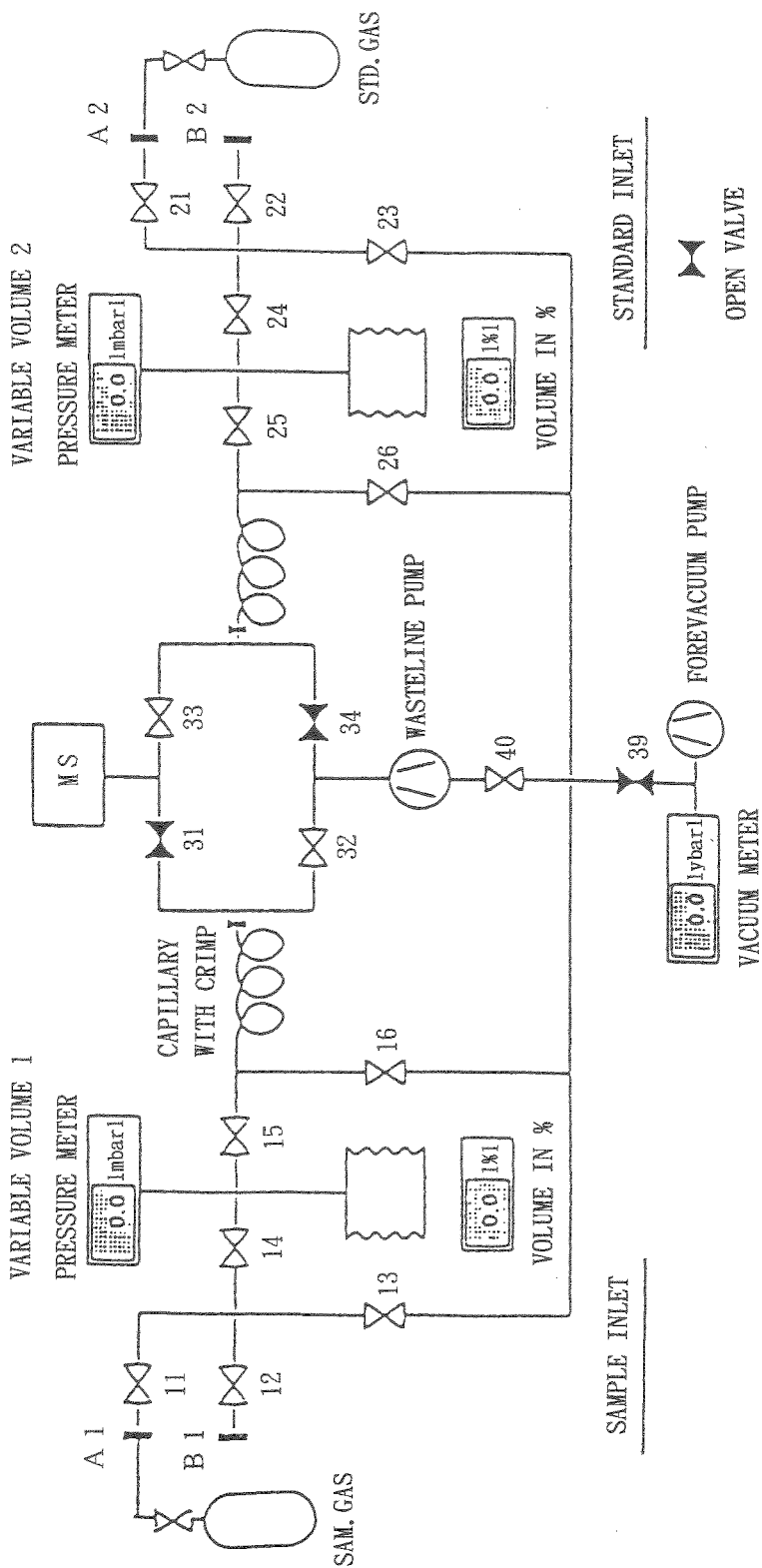


図0-4 ダブルインレットシステム型 質量分析計
(Finnigan MAT 252)

Ⅱ 調査結果の部

1 章 多摩川本流

1) 採水期日及び採水調査地点の概要

多摩川の窒素汚染状況の概略を知るために、多摩川の源流に近い地点（笠取山麓）から、本流の末端に近い地点（丸子橋）に至る間の本流の河川水を、主な支流すなわち、丹波川、日原川、平井川、秋川、浅川、大栗川、野川、平瀬川などの合流地点前後において採水した。またそれらの支流の水については、本流への流入直前の地点でも採水した。合計の採水地点は23カ所である。

採水は (a) 1994年4月26日、(b) 8月9日、(c) 12月24日の三回に分けて行った。採水地点は表1-1及び図1-1に示してある。図1-2には採水時における気温と河川水の温度及びpHを示した。

表1-1(a)、(b)、(c)には採水の場所の状況についても付記した。概して言えば、羽村取水堰で玉川用水として分水される前の地点(7)迄とそれ以後では河川の管理状況が異なっているようである。すなわち地点(7)以前は上水道としての利用を考慮して周到な水質管理がされているが、羽村堰下流では、やがて下水処理水や家庭排水の流入量が多くなり次第に河川全体が再利用を考慮しない排水路として機能しているかのような様相を呈するようになる。東京都の上水を取水している羽村堰は平井川合流点より上流にある。平井川流域は農村的環境にあり流入水は見かけ上清冽であり、また秋川も外見上の汚染は認められなかった。しかし秋川の合流点の近傍に尿尿処理場よりの排水が放流されており、さらに今回は採水をしなかったが、汚染の著しい残堀川が合流するため、浅川合流後も多摩川本流である関戸橋(13)より下流は外見上も富栄養化の進行を窺わせるものがある。

すなわち秋川合流以前の多摩川は概して良好な水質を維持していたが、それより下流へ流下するに従い、次第に川底の藻類が増加し、粘着性のある汚泥風の沈殿物が目立つようになり、最も下流においては若干の汚水的臭気も感じられる程であった。

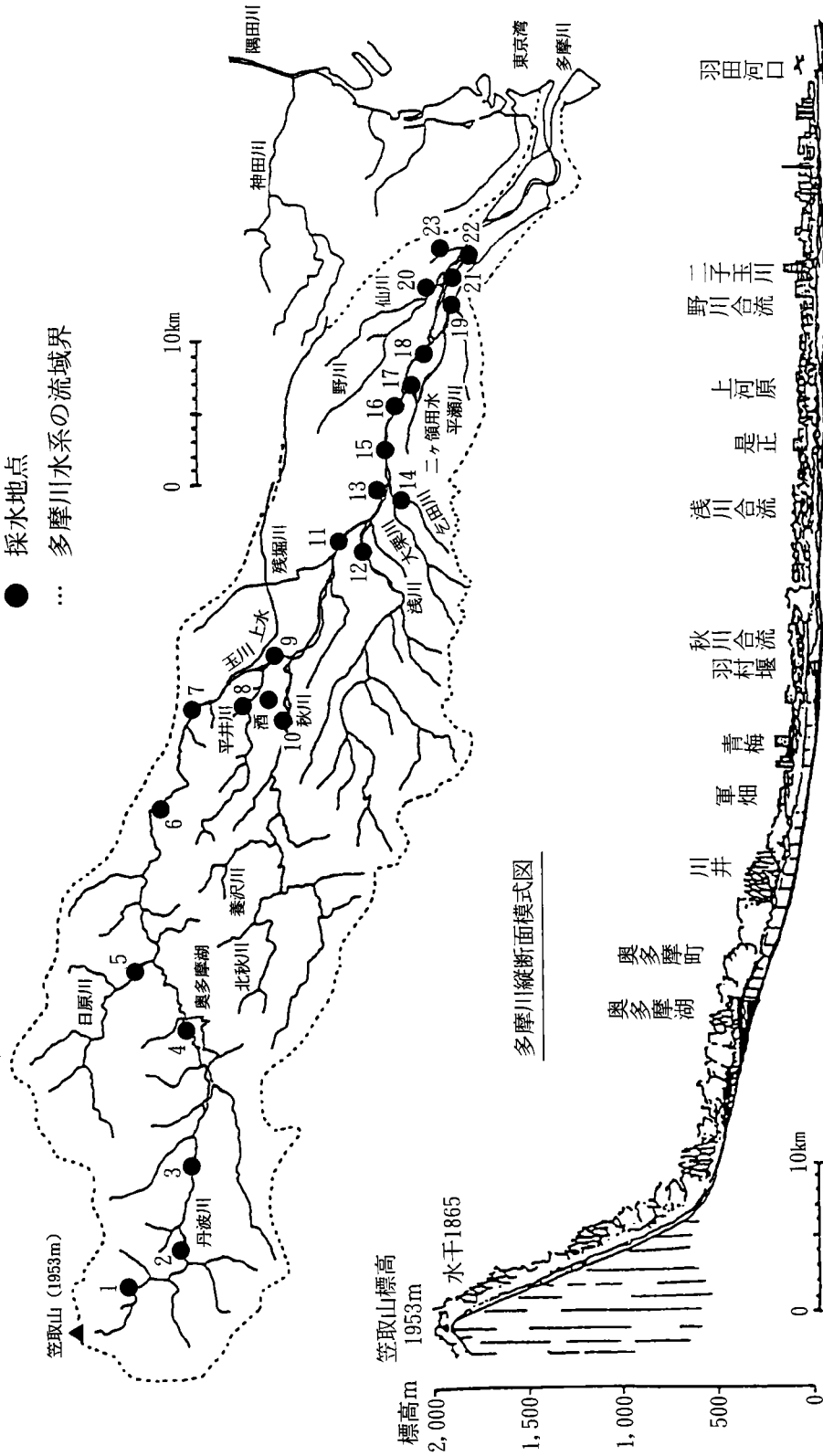
2) 結果及び考察

試料水の分析結果は表1-2に示してある。表1-3には硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値を示した。但し窒素を殆ど検出しなかった最上流部の採水地点Na.1については $\delta^{15}\text{N}$ 値の測定は行わず、窒素含量が少なかったNa.2とNa.3については一緒にして $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

表1-1 多摩川水系での採水地点と概況

No.	採水地点	場 所	周 辺 の 概 況
1	紅葉橋	山梨県塩山市二之瀬	丹波川の上流、一之瀬川へ流入する溪流
②	三条橋	山梨県丹波山村	一之瀬川と柳沢川が合流し丹波川となる。都水道水源林
③	丹波川	山梨県丹波山村保之瀬	丹波山村の中心集落がある
④	奥多摩湖	奥多摩町水根	奥多摩湖尻の小河内ダム内で採水
5	日原川	奥多摩町南水川	多摩川へ流入する直前のマス釣場前、石灰工場
⑥	都発電所	青梅市御岳一丁目	御岳山に集水する発電所排水口
⑦	多摩川橋	青梅市友田町	青梅市と羽村市を結ぶ橋右岸、下流に羽村堰がある
8	平井川	秋川市瀬戸岡	多摩川合流点より上流3kmの菅瀬橋上流、水田あり
酒	酒造会社	秋川市牛沼	酒の博物館（中村酒造）秋川・平井川間
⑨	睦橋	福生市南田園	秋川合流直前の福生南公園の左岸
10	秋川	五日市町上代継	多摩川合流点より上流3kmの秋川橋上
⑪	日野橋	日野市日野	秋川、谷地川、残堀川合流後の本流右岸、屎尿処理場
12	浅川	日野市高幡	多摩川合流点より2km上流の高幡橋下
⑬	関戸橋	稲城市関戸	浅川合流後の多摩川本流右岸
14	大栗・乞田川	稲城市連光寺	大栗・乞田川合流点、多摩川本流500m上流
⑮	是政橋	稲城市大丸	多摩川本流是政橋右岸
⑯	多摩川原橋	稲城市稲田堤	京王線相模原線下流、多摩川右岸
17	新三沢川	川崎市布田	布田堰下で、本流へ合流する直前の新三沢川
⑱	多摩川水道橋	川崎市宿河原	多摩川本流右岸、平瀬川合流前、小田急鉄橋下
19	平瀬川	川崎市高津区久地	新二子橋上流右岸、合流点前の平瀬川
20	野川	世田谷区玉川	多摩川本流の合流500m上流の野川
⑳	新多摩川大橋	世田谷区野毛	多摩川左岸、新多摩川大橋下流
㉑	丸子橋	大田区田園調布	多摩川左岸、丸子橋下流、東急線鉄橋下
23	丸子川	大田区尾山台	多摩川本流の合流前2km上流の八幡橋

○ : 多摩川本流



(制とうきゅう環境浄化財団：「多摩川の概要」(1994年)、P2-3：より引用)

図1-1 多摩川水系と採水地点

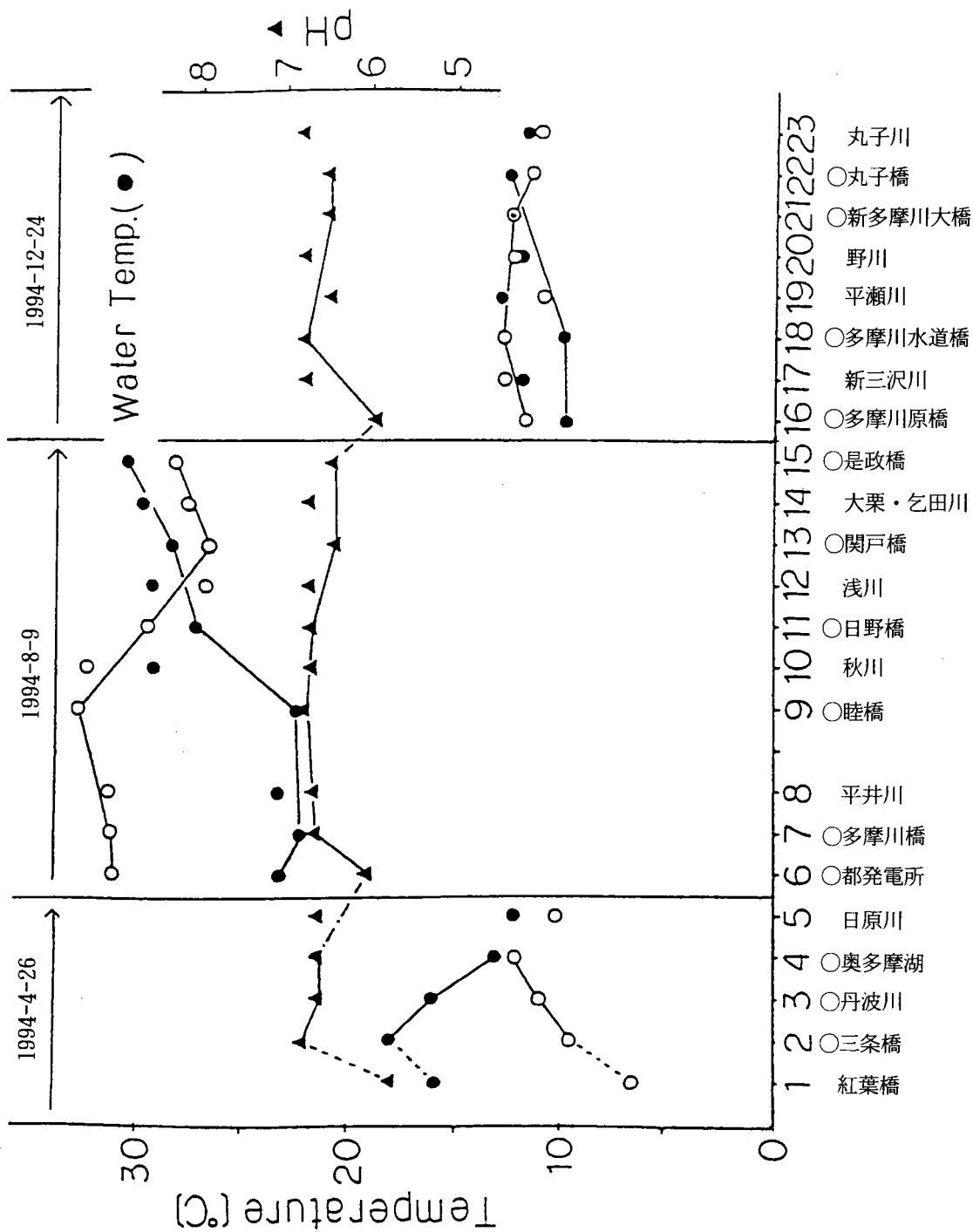


図1-2 多摩川の採水時の気温、水温及びpH

表 1 - 1 (a) 多摩川流域の採水地点の状況 (1994 / 4 / 26採水)

地点番号	地点名	場 所	周 辺 の 概 況
No. 1	紅葉橋 (笠取山麓)	山梨県塩山市二之瀬	丹波川の上流の一之瀬川を遡上した地点で二之瀬集落の下流で、一之瀬川に合流する藤尾山に発する溪流にかかっている石橋。この溪流は水量もあり、自然林に覆われている藤尾山の影響から考え、多摩川の源流の水質と大差はないと思われる。なお一之瀬川の上流には二之瀬、二之瀬、三の瀬の小集落がある。
No. 2	三条橋	山梨県丹波山村	一之瀬川と柳沢川が合流し丹波川となるが、丹波村の中心集落に流入する前の地点にかかっている橋。橋のもとには東京都水源林の標識がある。上流の集落の影響はわずかであると考えられる。
No. 3	丹波川	山梨県丹波山村保之瀬	丹波川と丹波山村の中心集落の最下部を過ぎた地点にかかる保之瀬橋で採水。これより奥多摩湖までは後山川を含め大小の溪流があるが、水質に対する大きな影響がないと考えられる。
No. 4	奥多摩湖	奥多摩町水根	奥多摩湖の下流端の小河内ダム内で採水。奥多摩湖にはそれぞれ上流に多くの集落を有する丹波川、小管川、嶺谷川が流入し、また湖畔の人口の影響もあり、人為的汚染は漸次進行していると推定される。
No. 5	日原川	奥多摩町南氷川	日原川が多摩川本流に合流する前の橋のもと。氷川国際マス釣り場の近所。日原川の上流は石灰岩地帯で、採水点近くに奥多摩工業の石灰工場がある。なお上流には、日原鍾乳洞がある。

表 1 - 1 (b) 多摩川流域の採水地点の状況 (1994 / 8 / 9 採水)

地点番号	地点名	場 所	周 辺 の 概 況
No. 6	東京都発電所	青梅市御岳一丁目	御岳山に集水する発電所で御岳神社関係集落の影響を受けていると思われる。多摩川が大都市青梅市中心部に接し始めた地点で合流。
No. 7	多摩川橋	秋川市友田町	羽村と秋川市を結ぶ多摩川橋の下流地点で河川敷ゴルフ場の上流。平井川合流前の多摩川右岸で採水。この下流で平井川合流前の地点に羽村堰があり、玉川上水として分流されている。
No. 8	平井川	秋川市瀬戸岡	平井川の多摩川との合流点より約 2 km 上流の管瀬橋の上流側。周辺には水田、畑地、果樹園が存在する。
No. 9	陸橋	福生市南田園	陸橋下流にある福生南公園端よりの多摩川左岸で採水。平井川合流後、秋川合流前の地点。
No.10	秋川	五日市町上代継	秋川の多摩川の合流点より約 3 km 上流にある秋留橋の上流側で採水。付近に遊園地などがある。
No.11	日野橋	日野市日野	秋川、谷地川、残堀川合流後の多摩川本流で日の橋の直下の右岸で採水。秋川の多摩川合流点には屎尿処理場が存在する。
No.12	浅川	日野市高幡	浅川の多摩川との合流点の約 2 km 上流にある高幡橋の下側で採水。
No.13	関戸橋	稲城市関戸	浅川合流後の多摩川本流。関戸橋下岸で採水。
No.14	大栗・乞田川	稲城市連光寺	大栗川と乞田川が合流した直後の多摩川合流点の約 500m 前の地点大栗橋下で採水。
No.15	是政橋	稲城市大丸	多摩川本流是政橋の下、右岸で採水。

表 1 - 1 (c) 多摩川流域の採水地点の状況 (1994/12/24採水)

地点番号	地点名	場 所	周 辺 の 概 況
No.16	多摩川原橋	稲城市稲田堤	京王線相模原線の下流、多摩川右岸で採水。
No.17	三 沢 川	川崎市布田	布田堰下流で合流する三沢川の合流直前の地点で採水。
No.18	玉水道橋	川崎市宿河原	多摩川本流右岸。小田急線鉄橋の下流の宿河原堤。平瀬川合流前。
No.19	平 瀬 川	川崎市高津区久地	新二子橋上流の平瀬川と多摩川本流の合流点。
No.20	野 川	世田谷区玉川	新二子橋下流で多摩川本流と合流する約 500 m 前。
No.21	新多摩川大橋	世田谷区野毛	多摩川左岸、新多摩川大橋の下流で採水。
No.22	丸 子 橋	大田区田園調布	多摩川左岸、丸子橋下流、東急線鉄橋下で採水。
No.23	丸 子 川	大田区尾山台	丸子川が多摩川に合流する約 2 km 上流の八幡橋下で採水。

また、硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化についての本流と支流との関係がわかり易いように示したのが図1-2及び図1-3である。

以下採水期日毎にA、B、Cの三グループに分けて結果の考察をする。

(A) 多摩川上流部（採水地点No.1～5）

1994年4月26日に採取した多摩川上流部についてみると、全体的にアンモニウムイオンおよび亜硝酸イオンは認められなかった。また採水地点(1)は丹波川の上流部の紅葉橋下であるが、それは丹波川に注ぐ支流にかかる橋の下に流れ込んでいる谷川であり、地形的にみて山の上は山林で覆われ、人畜の影響はないと推定した。硝酸態窒素濃度は 0.02mg L^{-1} 以下であった。

地点(2)の三条橋は丹波川にかかる橋であり、その上流部の人家の影響がわずかながらあると思われる地点であり、硝酸態窒素が検出可能な 0.1mg L^{-1} 程度に増大してきた。

地点(3)は丹波村の村落の下流部で人的影響が大きいと思われる地点であり、硝酸態窒素濃度は 0.18mg L^{-1} と漸増が認められ $\delta^{15}\text{N}$ 値は 1.05‰ を示した。後述の日原川の $\delta^{15}\text{N}$ 値が 0.35‰ 程度であることを考慮すると、既に若干の人為的影響が反映しているものとみてよい。

地点(4)の奥多摩湖はすでにその周辺部でのリゾート施設の影響もあり、硝酸態窒素濃度が 0.35mg L^{-1} に達した。塩素をはじめ各種塩類濃度も増加している。ここでは汚染程度を反映し、 $\delta^{15}\text{N}$ はその上流より若干増加し 1.14‰ を示している。

地点(5)は奥多摩湖下流で多摩川に合流している日原川の下流部であり、鱒の養殖なども行われる地点である。この河川は石灰岩地帯を流下しているため、カルシウムイオン濃度が高く、また上流部の農業の影響のため、硝酸イオン濃度も奥多摩湖より若干高く硝酸態窒素濃度で 0.47mg L^{-1} を示しているが $\delta^{15}\text{N}$ 値は 0.35‰ になっている。このことは、恐らくは生物的窒素固定作用により供給されている土壌由来の窒素と雨水由来の窒素が影響していると考えられるが、硝酸態窒素濃度が奥多摩湖より高いことを考えると、さらに化学肥料由来の窒素が混入しているとみるのが妥当である。

(B) 多摩川中流部（採水地点No.6～15）

1994年8月9日に採水した多摩川中流部については、さらに玉川用水に取水している羽村堰上流の地点(7)までとそれ以下に分けて考えた。

地点(6)、(7)においてはアンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素は認められず硝酸態

窒素濃度の上昇も顕著ではない。

地点(6)は東京都発電所の用水が多摩川に合流してくる地点で、水は上の貯水池からくるものであるが、硝酸態窒素濃度は日原川と同程度の 0.44mg L^{-1} であるが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は 2.4‰ とより高い値を示している。これは、恐らく小河内ダム周辺あるいは上流地域における人為的廃水などの影響が現れているのではないかと推察される。

地点(7)は多摩川橋の下流地点で、平井川合流以前の多摩川本流である。ここでは水量も豊富になり、硝酸態窒素濃度も 0.36mg L^{-1} と奥多摩湖と大差なく、周辺から流入する谷川の水質も良好であることを示している。 $\delta^{15}\text{N}$ は 1.6‰ で奥多摩湖より若干の増大がみられた程度である。

地点(8)は奥多摩湖以後、多摩川に合流する最初の大きな支流である平井川の多摩川本流と合流する直前の地点である。平井川は硝酸態窒素濃度も 1.61mg L^{-1} と高くなり $\delta^{15}\text{N}$ 値も 8.2‰ と大きい値を示し、周辺の生活排水あるいは畜産廃水の影響が強いことを示している。

地点(9)の睦橋は平井川合流後の多摩川本流であるが、平井川の影響で硝酸態窒素濃度が 0.58mg L^{-1} とその上流部より高くなり、また $\delta^{15}\text{N}$ 値も 7.0‰ と一段と高まっていることは、平井川の影響が強いことを示している。

地点(10)の秋川は多摩川との合流点より 3 km 程度上流の秋留橋で採水したものであるが、秋川流域（特に下流の秋留台地）周辺での開発のため、硝酸態窒素濃度が 1.07mg L^{-1} と高く、またそれが主として生活排水由来のものであることを示すように $\delta^{15}\text{N}$ 値も 5.2‰ となっている。

地点(11)の日野橋は残堀川を合流した後の多摩川本流である。この地点においては硝酸態窒素濃度の急激な上昇が認められ 2.96mg L^{-1} となっているが、同時に $\delta^{15}\text{N}$ 値も 15.2‰ と 2 桁台に急上昇している。これは残堀川流域に大きな畜産廃棄物汚染源が存在するか、下水もしくは尿尿処理廃水の大量混入を示すものである。

地点(12)の浅川は多摩川合流前の高幡橋の直下である。硝酸態窒素濃度も 4.19mg L^{-1} と高く、かつ $\delta^{15}\text{N}$ 値も 15.9‰ と高いことは、上記の残堀川流域と同様な畜産廃棄物汚染源、下水処理排水、尿尿処理排水の大量混入を考えざるを得ない。

地点(13)の関戸橋は浅川合流後の多摩川本流を示すが、水量の増大に伴い硝酸態窒素濃度は 2.79mg L^{-1} と若干低下するが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は 17.8‰ になり、有機性廃棄物、排水処理系統からの排水の流入の影響が強くなっていることを示している。

地点(14)は大栗川及び乞田川の合流点で多摩川合流以前での採水点であるが、硝

酸態窒素濃度は 0.60mg L^{-1} と多摩川上流部と同程度であり、流域住居環境の良好であることを示している。しかし $\delta^{15}\text{N}$ 値が 9.2‰ であることは、生活排水あるいは浄化槽排水の流入影響を示すものであろう。

地点(15)は多摩川中流部の末端的な位置になる多摩川本流を示す。ここでは既に若干のアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素も検出され、また硝酸態窒素も上流部を反映して 3.55mg L^{-1} と高い値を示し、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も 14.6‰ を示し、人為的汚染が進行していることが推定できる。

(C) 多摩川下流部（採水地点No.16～23）

地点(16)は稲城市の多摩川原橋付近であるが、この地点においては硝酸態窒素濃度も 7.30mg L^{-1} と一段と高くなり同時に塩素イオン濃度も高くなり生活排水の影響が強まったことが示される。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は地点(15)とほぼ同じで 14.1‰ を保っている。

地点(17)の三沢川は川崎市の側からの流入河川であるが、多摩川中流部と同程度の汚染を示している。硝酸態窒素濃度は 3.42mg L^{-1} であるが、アンモニア態窒素が認められてるのも、浄化槽排水などの影響もあるのではないかと推定させる。また、アンモニアの硝酸化成が完全には行われていないことを反映して硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が少し低く 10.1‰ となっている。

地点(18)は多摩川水道橋下流の川崎市宿河原付近の多摩川本流である。ここでは支流から流入した河川水中のアンモニアも完全に硝酸化しており、硝酸態窒素濃度は 6.30mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は 15.0‰ で本調査地点中での最高値を示している。

地点(19)の平瀬川は川崎市側の河川であるが、窒素汚染が認められ、アンモニアが痕跡程度存在し、硝酸態窒素濃度は 4.71mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は 12.7‰ を示している。

地点(20)は野川であるが、塩素イオン濃度は極めて高くなっていることと、アンモニア態窒素が顕著に認められることが、他の地点とは異なっている。野川の沿線は下水道がよく発達し、尿尿や家庭排水で下水道に入ったものは別系統の導水路に導かれ野川には入らないので、ここにはそれ以外の汚染水が影響することになる。またアンモニアの硝酸化成が進行していないことが特徴的である。そのためアンモニア態窒素も亜硝酸態窒素も比較的高濃度に存在している。アンモニアの硝酸化成過程においては、始めの頃は生成硝酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値は低く、完全に硝酸化成が終了すると、生成する硝酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値は出発点のアンモニアと同じ値になると考えられる。野川の硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が 0.94‰ と極めて低いのは恐ら

くその為であると推定される。

地点①は新多摩川大橋の下流の地点である。ここではアンモニアは完全に硝酸化しており、硝酸態窒素濃度は 7.69mg L^{-1} で、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は13.2‰を示し、上流の地点⑱よりは若干低下している。

地点②は丸子橋下であるが、水質は殆ど地点①と同様であり、硝酸態窒素濃度は 7.01mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は13.4‰を示している。

地点③は丸子川であるが、住宅地域の小河川の特徴を持ち、硝酸態窒素濃度は 3.20mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は12.1‰を示していた。この河川は流量は少ないが、透明度は高いので、恐らく家庭排水や合併浄化槽排水などの影響を示していると思われる。

以上のように多摩川は東京都の水道水源保全林などに守られた清澄な源流が、次第に農業や生活排水による窒素により汚染されてくるが、特に中流、下流で合流してくる支流はその流域における都市開発の影響を強く受けた、都市型排水に由来する窒素を高濃度に含んでいるので、その影響を強く受けるようになっていることが判明した。

表1-2 多摩川水系の採水地別のイオン濃度 (mg L⁻¹)

採水地点										
		Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
1	紅葉橋	1.40	0	0.43	3.60	0.63	0.80	0	0.07	20.7
②	三条橋	1.45	0	0.80	7.30	0.85	0.65	0	0.45	1.70
③	丹波川	1.60	0	0.70	8.25	0.80	1.05	0	0.80	3.00
④	奥多摩湖	1.63	0	0.63	12.8	1.23	1.57	0.02	1.57	6.47
5	日原川	1.95	0	0.35	22.6	1.35	1.35	0	1.10	6.70
⑥	都発電所	2.33	0.02	0.65	17.7	1.40	1.70	0	1.93	7.13
⑦	多摩川橋	2.77	0	0.73	15.0	1.20	2.53	0	1.60	7.37
8	平井川	9.93	0	2.05	62.9	5.15	8.45	0	7.13	38.7
酒	酒造会社	23.6	0.40	2.80	13.4	2.40	30.0	0	1.80	6.80
⑨	睦橋	4.40	0	1.10	25.5	1.85	3.95	0	2.55	10.3
10	秋川	4.23	0	1.13	24.9	2.77	3.80	0	4.73	14.2
⑪	日野橋	23.7	0	5.45	55.0	3.40	25.2	0	13.1	22.3
12	浅川	27.2	0	5.60	50.0	5.60	25.4	0	18.6	34.7
⑬	関戸橋	24.9	0	5.60	43.7	4.15	29.7	0	12.4	27.1
14	大栗・乞田川	24.2	0	4.30	64.1	15.5	39.1	0	2.67	33.4
⑮	是政橋	23.9	0.65	6.30	49.6	8.25	27.5	0.45	15.7	24.8
⑯	多摩川原橋	29.3	0	6.90	30.8	4.95	41.5	0	32.3	33.0
17	新三沢川	24.1	2.80	5.85	33.1	6.25	32.8	0	15.2	41.2
⑰	多摩川水道橋	24.4	0	5.75	28.2	4.85	29.0	0	27.9	31.0
19	平瀬川	24.6	0.10	6.05	39.3	6.95	30.2	0	20.9	45.7
20	野川	53.1	16.7	7.50	35.3	10.1	55.0	8.65	29.4	55.1
⑳	新多摩川大橋	30.1	0	6.75	34.1	6.30	32.3	0.45	34.0	51.0
㉑	丸子橋	31.1	0	6.85	36.0	5.70	33.1	1.30	31.1	37.0
23	丸子川	90.1	0	91.5	96.1	7.47	278	0	14.2	162

○印：多摩川本流

表1-3 多摩川水系の採水地別のNO₃-N濃度とδ¹⁵N値

No.	採水地点	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	δ ¹⁵ N (‰)	採水月日
1	紅葉橋	0.015	—	1994-4-26
2	○三条橋	0.10	1.05	
3	○丹波川	0.18	1.05	
4	○奥多摩湖	0.35	1.14	
5	日原川	0.47	0.35	
6	○都発電所	0.44	2.4	1994-8-9
7	○多摩川橋	0.36	1.6	
8	平井川	1.61	8.2	
酒	酒造会社	0.41	12.9	
9	○睦橋	0.58	7.0	
10	秋川	1.07	5.2	
11	○日野橋	2.96	15.2	
12	浅川	4.19	15.9	
13	○関戸橋	2.79	17.8	
14	大栗・乞田川	0.60	9.2	
15	○是政橋	3.55	14.6	
16	○多摩川原橋	7.30	14.1	1994-12-24
17	新三沢川	3.42	10.1	
18	○多摩川水道橋	6.30	15.0	
19	平瀬川	4.71	12.7	
20	野川	6.64	0.94	
21	○新多摩川大橋	7.67	13.2	
22	○丸子橋	7.01	13.4	
23	丸子川	3.20	12.1	

○印：多摩川本流

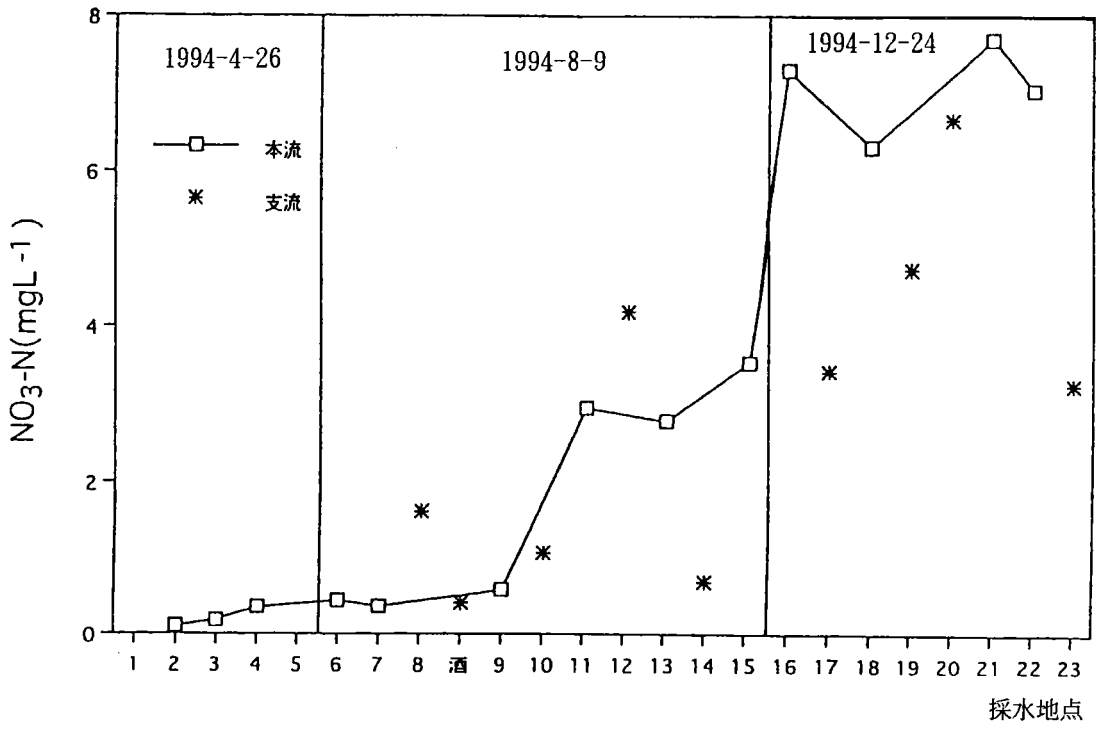


図1-2 多摩川水系のNO₃-N濃度

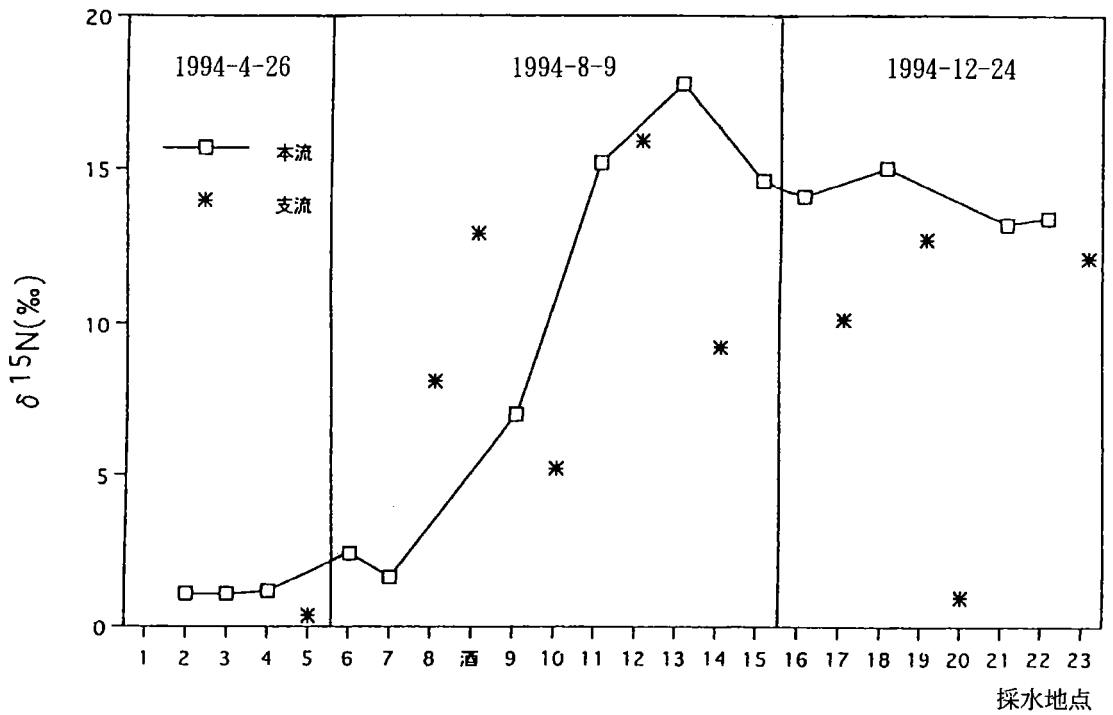


図1-3 多摩川水系のNO₃-Nの $\delta^{15}\text{N}$ 値

3) 要 約

- (1) 多摩川の本流及び主な支流について、無機イオン濃度及び $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した結果、窒素汚染の進行とともにそれらの値が増大して行くことがわかった。汚染の主要なものは尿尿処理場排水や生活排水であるが浄化槽排水ではないかと推定されるものもあった。
- (2) 多摩川本流の水質は途中の多摩川橋下流にある、玉川用水として大部分を取水している羽村堰を境にして大きく分けられた。この多摩川橋より上流では硝酸態窒素濃度が $0.015\sim 1.61\text{mg L}^{-1}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $0.35\sim 2.4\%$ であるのに対して、これより下流では硝酸態窒素濃度が $0.58\sim 7.67\text{mg L}^{-1}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $7.0\sim 17.8\%$ を示していたことから明らかである。
- (3) 源流部の硝酸態窒素濃度は 0.02mg L^{-1} 程度であるが、人為的影響が加わり始め、上流部では水道水源の奥多摩湖に至る間に $0.10\sim 0.35\text{mg L}^{-1}$ に増加した。それに伴い、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も $1.05\sim 1.14\%$ 程度であったが、水質は良好に保たれていた。
- (4) 中流部では支流から流入する窒素が次第に増加し硝酸態窒素濃度は、浅川を除いて $0.44\sim 1.61\text{mg L}^{-1}$ 程度を示した。中には農業由来と推定される $\delta^{15}\text{N}$ 値が 2.4% 程度のものであるが、その大部分は $\delta^{15}\text{N}$ 値が $5.2\sim 9.2\%$ を示し、家庭排水、浄化槽排水等の影響を示していた。とくに、支流の浅川下流は硝酸態窒素濃度が 4.19mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は 15.9% と著しい人為的汚染度を示していた。
- (5) 下流部でも流入する支流の窒素汚染度は大きく、野川を除いて硝酸態窒素濃度は $3.20\sim 4.71\text{mg L}^{-1}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $10.1\sim 12.7\%$ 程度の値を示していた。
又、野川は硝酸態窒素濃度 6.64mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値 0.94% を示し、アンモニア態窒素の硝酸態窒素への硝酸化成過程の移行途中であることが推察された。
- (6) 結果として、多摩川本流は奥多摩湖あるいは、平井川の合流以前の多摩川橋までは、比較的窒素汚染の少ない、僅かに生活由来、農業由来の窒素の混入を認める程度であり、清澄性を保っているが、玉川上水の取水堰（羽村堰）より下流では、浄化槽処理排水、下水処理排水等の影響を強く反映した人為的汚染の大きな支流の流入につれて硝酸態窒素濃度が徐々に高くなり、 7mg L^{-1} 程度の濃度で東京湾に流入している。

2 章 日 原 川

1) 概 況

日原川は多摩川の上流の左岸に位置し、流域面積約90.8km²で多摩川の流域面積の約7.3%を占め、流域面積では秋川(約168.8km²)、浅川(約156.1km²)について第3位の規模を持っている。

多摩川の源流域を流下する丹波川及び小菅川の水は、すべて小河内ダム(奥多摩湖)に貯水されるが、ここで貯水された水は取水管を通り、発電に利用された後、送水管で奥多摩町梅沢まで送られ、貯水された後、再び発電に利用される。このため、小河内ダムから氷川まで流れる水は大部分が中小の支流から供給されたものである。角田(1985)の調査によると、1965年から1984年での20年間における小河内ダムからの放流日数は多い年では50日間もあるが、約半分の年では放流日数は0であった。このため小河内ダムより下流の流量は非常に少なくなっており、氷川から梅沢発電所までの多摩川を流れる水のほとんどは日原川によって供給されている。従って日原川は人為的汚染の比較的少ない流域を流下していると考えられるが、その含有する窒素の状況を調査した。

2) 採水期日及び採水調査地点の概要

日原川における採水調査は1995年10月28日に行った。

採水地点は図2-1に示してある。

日原川は奥多摩の緑豊かな山中を流れており、上流の流れは豊富で、青く澄んだ渓流水であった。

その個別的概況は表2-1に纏めてある。

採水当日は晴天であったが、採水地の気温、水温は表2-2に示してある。

採取した水は前章と同様に処理し、各種の分析に供した。

3) 結果及び考察

採取した試料水の各種イオン濃度及び硝酸態・亜硝酸態を含む窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は表2-3に示してある。

表2-3の結果をみると日原川は上流部と小川谷流域にある日原鍾乳洞などの影響すなわち石灰岩地帯の影響を受けた支流の流入後の下流部とで、イオン組成に大差があることがわかる。

特に上流部は硫酸イオン濃度が高く、また亜硝酸態窒素が検出されている。下流部においては当然のことながらカルシウム濃度が高くなっている。

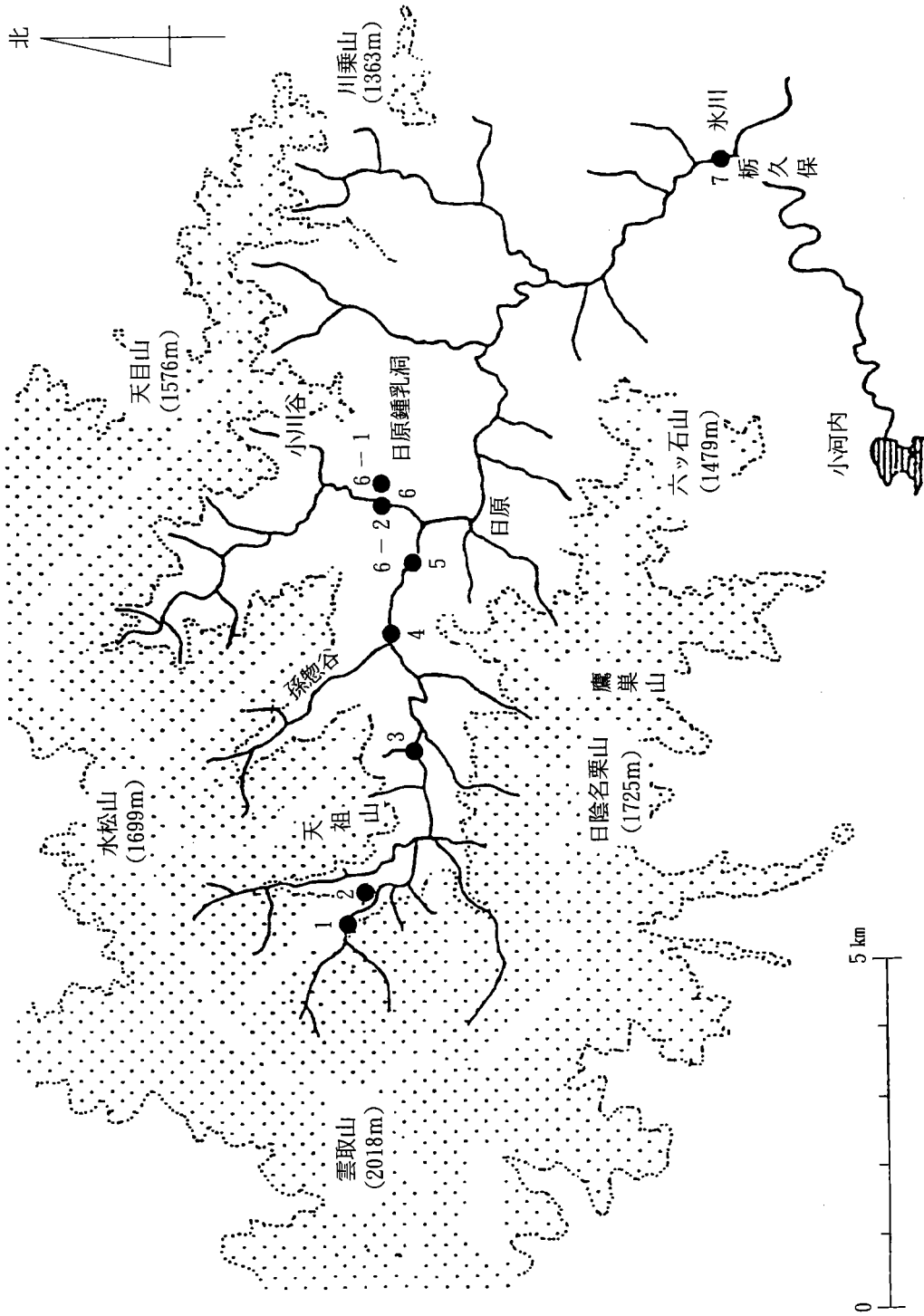


図 2-1 日原川流域における採水地点

アンモニア態窒素は検出されていないが、上流部では硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が下流部より高くなっているが、これは上流部では降雨などに含まれるアンモニアの植物や土壌による除去作用が、下流部の流域に比べて弱いことを示していると推定される。採水地点1～3の上流部の硝酸態窒素濃度は $0.27\sim 0.28\text{mg L}^{-1}$ を示しているが、これは雨水中含量として通常測定される範囲の濃度である。

$\delta^{15}\text{N}$ 値は採水地点1の長沢谷（日原林道終点）で 1.92‰ を示す。これが雨水や生物的窒素固定由来、あるいは土壌有機物の分解に由来する窒素とみなされるか、または何らかの人為的窒素汚染に基づくものであるかは不明である。恐らくは、豊かな腐植土中の有機物が徐々に合成分解の平衡過程で放出されているものではなかろうか。これに対して、その下流の名栗橋では -0.69‰ と雨水あるいは生物的窒素固定作用由来と推定される値を示している。日原渓流釣り場では硝酸態窒素濃度は低く止どまっているが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は 3.92‰ と高くなっており、ここでのマス養殖及びキャンプ等の人為的な影響が明らかに現れている。

多摩川との合流前の奥水川神社では $\delta^{15}\text{N}$ 値は、再び 0.88‰ まで下がっているが、硝酸態窒素濃度は 0.52mg L^{-1} で汚染が進行している。

前年の調査によると日原川の $\delta^{15}\text{N}$ 値は 0.4‰ 、丹波川上流部における硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は 1.05‰ であることを示したが、日原川の調査結果と合わせると、人為的汚染の少ない河川の $\delta^{15}\text{N}$ 値は $-1\sim +2\text{‰}$ 程度の値を示しているとみてよいことが確認された。

4) 要約

多摩川支流における人為的汚染のもっとも少ないと考えられる日原川において、その硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

その結果、森林の腐植などの分解によると考えられる窒素が低濃度ではあるが、上流部で検出された。一般に渓流水の硝酸態窒素は雨水に由来すると考えられ、その $\delta^{15}\text{N}$ 値はマイナスの値を示した。

マス養殖やバーベキュー・キャンプ場等による窒素汚染も明らかに検出されたが、濃度的には問題にするほどのものではなかった。

これらのことより、人為的汚染の少ない河川・渓流水の $\delta^{15}\text{N}$ 値は $-1\sim +2\text{‰}$ 程度の値を示しているとみてよいことが確認された。

表2-1 日原川採水地点の概況

採水地点	概況
1 長沢谷（日原林道終点）	林道終点地の真下の長沢谷へと続く渓流水を採水。流れは清澄で豊富。水深は浅い。
2 尾 根 水	林道の天祖山の山側の排水管からの流水を採水。これが何処から来ているかは不明。
3 名 栗 橋	日原川に流れ込んでいる橋の近くの沢水を採水。流れはきれいだが、若干のゴミが放棄されていた。
4 八 丁 橋 下	孫惣谷が合流した直後の日原川の上流部の岩の多い所で採水。川沿いには木が繁り、流量も多く、澄んでいた。
5 日原溪流マス釣り場	日原川に飼育された魚を放流している釣り場で採水。川沿いに養殖場があり、キャンプ場やバーベキュー場などにもなっている。
6 日 原 鍾 乳 洞	日原鍾乳洞は日原川に合流する小川谷の左岸にある。鍾乳洞の内部と外部で採水。
6-1 鍾 乳 洞 内	鍾乳洞の内部に引いてある細い管からの流出水を採水。流量は少ないが清澄。
6-2 鍾 乳 洞 外	鍾乳洞入り口の小川谷の水を採水。流量は豊富で清澄。
7 奥 氷 川 神 社 下	奥氷川神社は奥多摩駅近くにあり、氷川溪谷釣り橋下、水根沢との合流直前で採水。流量は多い。（多摩川合流直前）

表2-2 採水地点の採水時の気温と水温

採水地点	気温(℃)	水温(℃)
1 長沢谷（日原林道終点）	9.5	7.0
2 尾 根 水	15.0	9.0
3 名 栗 橋	13.5	10.0
4 八 丁 橋	9.5	7.5
5 日原溪流マス釣り場	13.0	8.0
6-1 鍾 乳 洞 内	11.0	7.5
6-2 鍾 乳 洞 外	15.0	8.5
7 奥 氷 川 神 社 下	13.0	11.0

表2-3 日原川におけるイオン濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値

採水場所 : [mg L ⁻¹]	NO ₃ -N	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
1 長沢谷 (日原林道終点)	0.27	0.18	4.16	0.05	1.18	0.28	0.27	0.38	10.44	1.92
2 尾根水	0.28	0.30	4.42	0.21	1.51	0.42	0.41	0.66	9.66	—
3 名栗橋	0.28	0.05	4.58	0.32	2.20	0.39	0.41	0.53	12.68	-0.69
4 八丁橋下	0.16	0.02	2.53	0.12	1.09	0.27	0.27	0.62	12.79	—
5 日原溪流マス釣り場	0.19	ND	2.76	0.15	0.76	0.27	0.15	0.66	15.67	3.92
6-1 日原鍾乳洞内	0.16	ND	2.21	0.16	0.48	0.09	0.20	0.09	47.49	—
6-2 鍾乳洞外溪流	0.18	ND	2.30	0.17	0.35	0.40	0.41	1.90	32.41	—
7 奥水川神社下	0.52	0.07	7.04	—	1.45	0.39	0.36	1.07	20.98	0.88

3 章 野 川

1) 概 況

野川は多摩川の支流の一つであるが、国分寺市付近における湧水に源を発し、武蔵野台地のいわゆる国分寺崖線より発する多くの湧水を集めて、小金井市、狛江市、世田谷区などの住宅密集地帯を流下して二子橋と新多摩川大橋の間において多摩川に流入している延長20.2km、流域面積69.6km²の一級河川である（図3-1）。

位置図

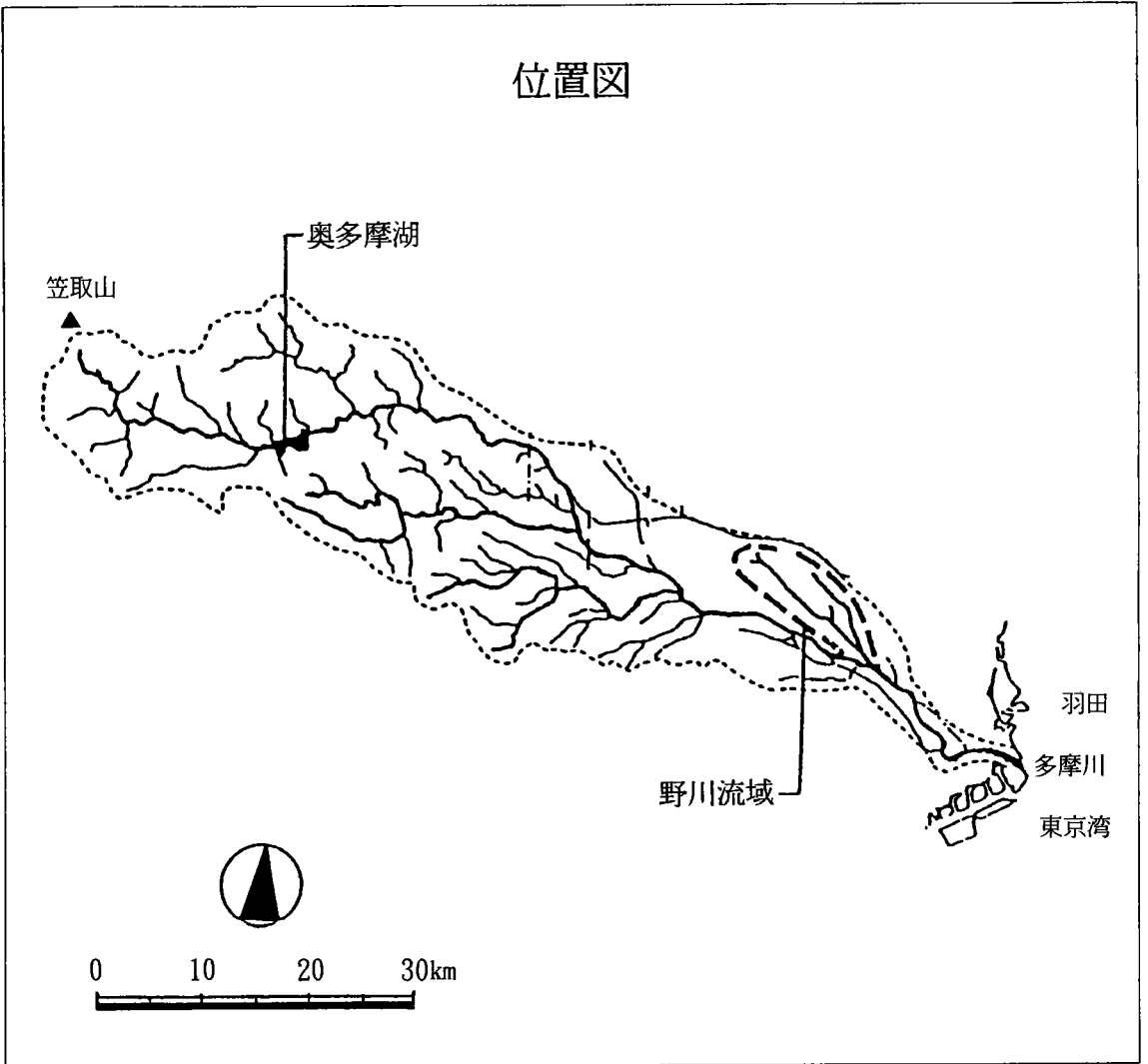


図3-1 野川流域

鈴木は1977年における調査においてその概況について次のように述べている。
 「流量は最上流で1,000ton/dayであったものが、流下するに従って湧水および生活排水を集めて漸次増加し、仙川との合流直前では67,000ton/dayとなり、これに仙川との流量38,000ton/dayが加わり、多摩川との合流点直前では約11万ton/dayとなっていた。野川は全流域にわたり住宅密集地域を流下し、河幅は数mでその水深は0.1~0.2mであり、また底面、側面共にコンクリートで護岸されている部分が多く、底には上流域でスライム (*Shaeerotilus*)、中下流域では褐色の藻が多数附着していた。」(鈴木、1979) この研究で野川の窒素、リン酸の汚染について表3-1を与えている。

表3-1 1970年代における野川の調査結果(鈴木、1979)

	DO mg L ⁻¹	pH	NH ₄ mg L ⁻¹	NO ₂ mg L ⁻¹	NO ₃ mg L ⁻¹	PO ₄ mg L ⁻¹
国分寺	5.6	7.4	5.4	0.3	0.8	1.02
小金井		7.3	13.2	0.5	t r	1.02
天文台	3.0	8.0	6.2	0.3	0.9	2.76
野川橋		7.8	11.4	0.7	1.0	0.64
合流点		7.9	7.2	0.3	0.3	3.08

表3-1の結果をみると、少なくとも1977年頃は野川の自然環境浄化機能は高くなく、流入したアンモニアの硝酸化成は殆ど行われていないことがわかる。

松尾(1981)によると、野川の水は湧水、生活排水、工場排水よりなるが、水素、酸素安定同位体比から求めたそれぞれの比率は1980年3月において9:65:26、同年5月において8:71:21であった。

野川水系の湧水に対しては武蔵野台地への降水のみではなく、生活排水の地下処理由来の水の寄与率も大きいとみられている(吉田・小倉、1978)。多摩川流域の西国分寺付近の浅層地下水の約半分は生活排水由来のものであるという(松尾1983)。

最近においても、青山(1995)は「多摩川の支流の野川を歩いてみましたが、多摩川との合流地点は本当に汚く、淀んでいました。野川を遡って歩いていくと、その辺は東京の真ん中なんですね。したがって当然下水道が完備していると思ったら、生活排水が川にそのまま流されているようなところもあって驚きました。」と書いている。

本文第1章において述べたように野川の「塩素イオン濃度は極めて高くなっていることと、アンモニア態窒素が顕著に認められることが、他の地点とは異なっている。野川の沿線は下水道がよく発達し、尿尿や家庭排水で下水道に入ったものは別系統の導水路に導かれ野川には入らないので、ここにはそれ以外の汚染水が影響することになる。またアンモニアの硝酸化成が不十分に行われていることが特徴的である。そのために亜硝酸態窒素も比較的高濃度に存在している。アンモニアの硝酸化成過程においては、始めの頃は生成硝酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値は低く、完全に硝酸化成が終了すると、生成硝酸の $\delta^{15}\text{N}$ 値は出発点のアンモニアと同じになると考えられる。野川の硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が0.94‰と極めて低いのは恐らくその為であると推定される。」(本文1章)。

1994年のこの調査においては、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の濃度はそれぞれ、13.0、2.6、6.6 mg L^{-1} であったので、1977年における鈴木の野川橋での調査と比べて、無機態窒素総量の流入は2.4倍になり、アンモニアの硝酸化成はより進行している。

野川の水源は湧水である。すなわち、「古多摩川がつくった河岸段丘崖に沿って、いくつもの泉が湧き、清らかなせせらぎは寄り集まって小川をつくり、野の川となった。河岸段丘崖は、国分寺崖線(「はけ」ともいう)と呼ばれ、高さ10~15mの段丘崖が国分寺市から小金井市、三鷹市、調布市、世田谷区、大田区へと連なり、崖下からは清らかな湧水が湧き出している。」(鏑山・若林1991)、(図3-2)。

主な湧水として挙げられているものは、国分寺市東恋ヶ窪にある日立中央研究所の大池、武蔵国分寺の湧泉、真姿の池、元町用水(はけ下にある数カ所の湧泉からの湧水) - お鷹の道沿い -、殿ヶ谷戸庭園の次郎弁天の池(中央線国分寺駅前)、東京経済大学の新次郎池(国分寺市)、貫井神社の湧泉、滄浪泉園の池(小金井市)、谷口家の湧泉(小金井市)、中村研一記念美術館中庭の湧泉、野川公園わき水広場、大沢、出山下の湧泉(三鷹市)、湿性花園、三鷹市ほたるの里、深大寺の湧泉、都立農業高校神代農場の湧泉(調布市)、神明の森みつ池の湧泉(世田谷区)、喜多見不動堂の湧泉(世田谷区)、林野庁宿舎の湧泉(世田谷区)等である(鏑山・若林1991)、(図3-3)。

この野川も「現在では下水道の普及で家庭排水も少なくなり、わき水由来の自流量だけになった。昨年の夏は下流で500mにわたり川が干上がってしまい、コイ、ナマズなどを多摩川に移すという事態を生じた」(土屋1995) こともあるように近年は水量が少なく不安定になっている。一方で地下水涵養の努力はなされており、「国分寺市では1990年から3年間かけて都と市が折半で費用負担をする湧水保全事

業とし、2018基で年間約12万1千リットルの雨水が涵養されることになる。」（池田1955）1993年度の湧水量は豊水期（秋）で1,100リットル/min. 渇水期（冬）で170リットル/min. であった（都環境保全局湧水調査報告書）。しかし「野川流域においては昭和31年頃大腸菌汚染が発見され、井戸水は使えなくなった所が大部分」（水みち研究会1992）とも言われている。

野川・仙川流域は下水道普及率は高く、森ヶ崎処理区に入り下水道幹線により完全に運ばれている。谷川、下野毛、等々力、調布等の雨水幹線は野川合流点下流より直接多摩川に放流されている。

本章においては、野川の自然浄化機構をアンモニアの硝酸化成作用あるいは脱窒作用としてとらえ、 $\delta^{15}\text{N}$ の変化として把握できるのではないかと考えて調査研究をした。

今回調査した野川は国分寺市の恋ヶ窪を水源として、「はげ」と呼ばれる武蔵野台地の端にある国分寺崖線の湧水を集め、途中入間川、仙川を合流し二子玉川で多摩川へ合流する河川で下流には「野川浄化施設」がある。野川の採水は、もう一カ所の湧水源の「真姿の池」から「新多摩川大橋」までの15地点で行い、各種イオン濃度及び硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を分析検討した。

2) 採水期日及び採水調査地点の概要

野川とその主な支流と採水地点は図3-4に示してある。地点1~10は1995年6月19日に、地点11~15は同年6月21日に採水し。両日とも天候は良好であった。

(1) 真姿の池（国分寺市西元町一丁目）

野川の水源としては、国分寺市の榎日立の中央研究所内にある恋ヶ窪池と同市内の武蔵国分寺境内の隣にある真姿の池があるが、前者は研究所内で立ち入りが困難であったため、後者から採水した。採水したのは比較的豊富で清澄な湧水であるが、すでに飲用には適しないという掲示があり、近くの住民の野菜洗い等の場となっていた。同地点は森林に囲まれた断崖下であるがその断崖の上部は一般の住宅地になっている。

(2) 不動橋（国分寺市東元町二丁目）

不動橋は府中市より国分寺市に通づる国分寺街道の国分寺駅崖下であり、日立中研内の池からの湧水が真姿の池からの湧水と合流する前の野川の最上流部にかかる橋である。すでに周辺は住宅が密集しており、野川には鯉の遊泳やホタルの幼虫の放流も見られたが、家庭排水などの流入による水の汚染は進行しているように見受けられた。

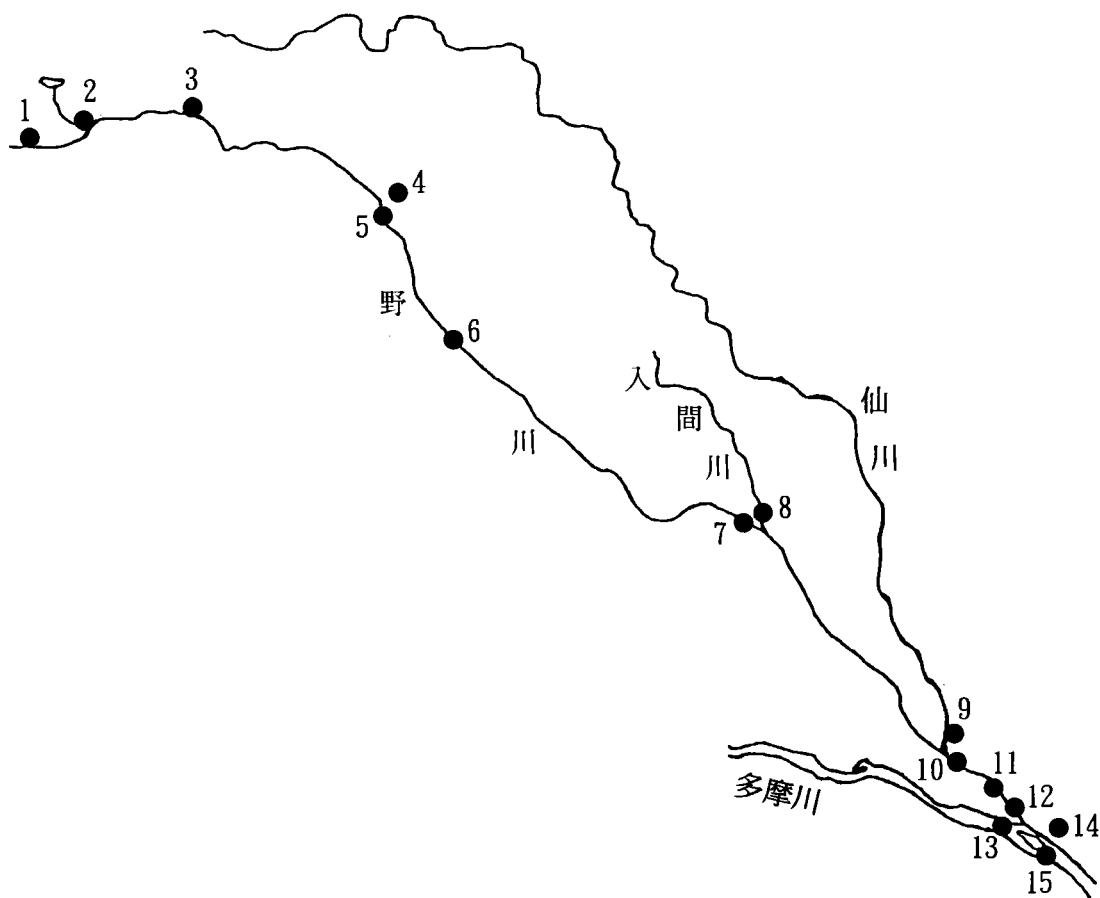


図 3 - 4 野川の採水地点

(3) 貫井神社（小金井市貫井南町）

貫井神社は国分寺市南町の東京経済大学の横の道路を隔てた高台の下に位置する神社であり、鬱蒼とした森林に囲まれているがその境内の崖下の洞穴から湧水が流出している。水は清澄のように見られるが崖上には住宅が広がり人間生活の影響が及んでいることが窺えた。

(4) 野川公園

野川公園は府中市、小金井市、調布市にかけて流れる野川を取り込んでいる公園であり、以前はゴルフ場であった所で、その上部の山林側からは湧水が流出している。公園案内によると「野川公園は、武蔵野段丘の南縁にあたる国分寺崖線に接し、「ハケ」と呼ばれているところからは、湧水がわきだしています。さらに、この国分寺崖線に沿って野川が流れ、自然が大変に豊かなところですよ。」とある。

(4-1、2)は野川公園内のわき水広場の大(亀石湧水)、小の2カ所の湧水流出口において採水したものである。ともに山林の麓下であり、ゆるやかに芝草内の人工の水路を流下して野川に流入しているが、自然林を交えた比較的農地の多い地帯からの湧水であることが推定された。

(4-3)は(4-1、2)が合流し野川に流入している地点の河川水である。

(5) 櫟橋

野川公園内の一の橋南口の野川本流の流れる櫟橋下で採水した。この地点では川底の石は藻で覆われるようになっていた。

(6) 大沢橋(小金井市大沢一丁目)

大沢橋は野川が野川公園を流下し東京天文台下を通り、調布市の武蔵境通下を通る所にかかる橋である。そこでの野川はすでに川石は褐色の藻類、水草に覆われ、殆ど見えなかったが水は透明度が高かった。

(7) 野川大橋(狛江市野川三丁目)

入間川と合流前の野川にかかる橋であるが、川底の石は良く見え、浮いている藻などは見当たらない。透明度は良い。ここでは見かけ上の水質は野川公園下流部の水より清くみられた。

(8) 入間川(狛江市野川三丁目)

野川に合流する前の明神橋上で採水した。鉄骨の柵が巡らしてある深い溝状に流れている流量の少ない川であり、周囲の家庭台所排水などが入っているようであるが、極めて透明であった。

(9) 仙川(世田谷区岡本四丁目)

野川合流前の仙川下流の飯田橋下で採水した。場所的には多摩堤通りとの交差点にあたる。仙川には一面に長い水草が繁茂し、川底は全く見えなかった。水の透明度は比較的良かったが、どぶ臭がした。流量は野川本流に比べて圧倒的に多いと推定された。

(10) 野川水道橋(世田谷区喜多見八丁目)

仙川と野川の合流後の野川本流であるが、その周辺の排水孔からは相当量の水が排出されていた。これらは仙川の用水路的な迂回路である。これらの合流した後の水を採水したが、野川本流との混合程度については十分に確かめられなかった。

(11) 野川浄化施設

図3-5に野川浄化施設を示した。

野川浄化施設は多摩川浄化に関する新しい試みとして、建設省関東地方建設局

野川の浄化施設平面図

〔礫間接触酸化方式〕

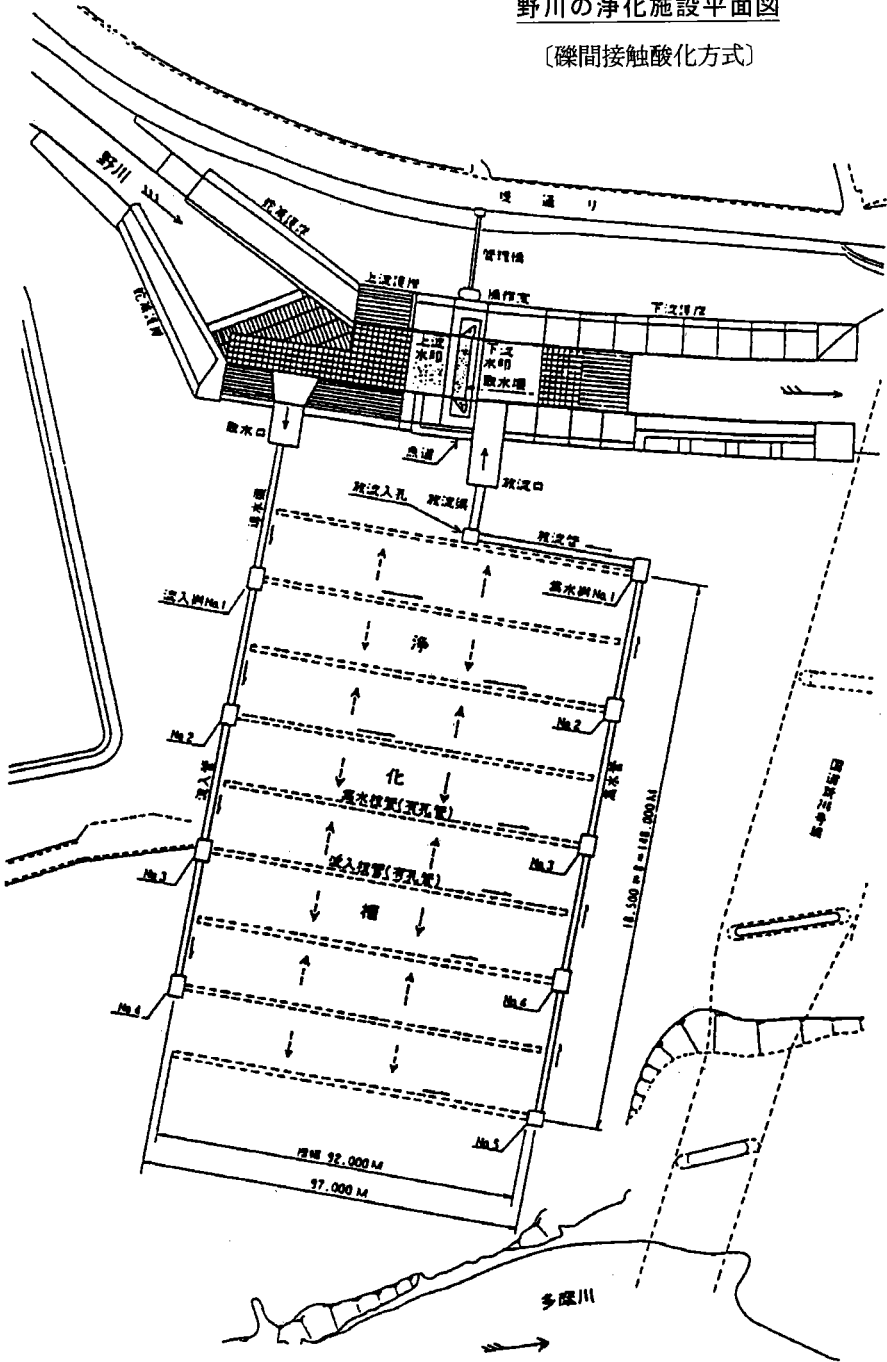


図 3 - 5 野川の浄化施設平面図

〔礫間接触酸化方式〕

により昭和56年11月着工し、昭和58年7月に完成したものである。多摩川本流と合流する直前の二子橋上流において、野川をこの浄化施設により、浄化させ、下流の水質を改善しようとするものである。

浄化方式は礫間接触酸化方式であり、計画水量は $1.15\text{m}^3/\text{sec}$ （野川低水流量）でその内、浄化流量 $1.00\text{m}^3/\text{sec}$ 、魚道流量 $0.15\text{m}^3/\text{sec}$ となっている。この間において、流入水質は $\text{BOD}13\text{mg L}^{-1}$ 、 $\text{SS}16\text{mg L}^{-1}$ から放流水が $\text{BOD}3.75\text{mg L}^{-1}$ 、 $\text{SS}2.4\text{mg L}^{-1}$ まで改善されることになっている。ここでの改善目標はBODに置かれているのであるが、脱窒作用の存在もあると考えられる。

(11-1) は浄化施設の入り口である。本年は水量が多く、オーバーフロー水や魚道水など浄化施設に入らない水も明らかに認められた。

(11-2) は浄化施設の出口である。

(12) 兵庫橋（世田谷区玉川三丁目）

新二子橋の下流に位置する橋であるが、この下流で野川が多摩川本流と合流する。ここでは明らかに透明度は増加し、魚影をみることが出来たが、流れはゆっくりとしていた。

(13) 二子橋（世田谷区玉川三丁目）

東急田園都市線の二子玉川園駅付近の鉄橋の上流の多摩川左岸本流で採水した。雨期のため水量が多かった。

(14) 井戸水

多摩川左岸の堤防上の茶店で使用している井戸水であるが、昔から水質が良かったとのことであった。

(15) 新多摩川大橋（世田谷区野毛）

野川合流後の多摩川左岸本流について採水した。

3) 結果及び考察

表3-2に野川及びその湧水のDOと各種イオン分析の測定結果を示した。

DOは有機物汚染の指標でもあり、CODと密接な関係があり、野川流域の下水道普及率の高さを反映して、野川本流では比較的高い値を示すが、仙川および仙川合流後の野川本流は低い値を示し、有機物汚染が大きいことを示している。またこれは多摩川本流と合流することにより改善されている（二子橋）が、対岸の川崎側の汚水の流入により再び低下するようである。

各イオンとも同様な傾向を示し、下流部で高くなっているが、特にNa、Clのような人為的汚染と関係の深いイオン濃度が仙川で高いのが目立っている。

表3-2 野川及びその流域における湧水のDOと各種無機イオン含量

No.	採水地名	DO mg L ⁻¹	Na ⁺ mg L ⁻¹	K ⁺ mg L ⁻¹	Ca ²⁺ mg L ⁻¹	Mg ²⁺ mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹
1	☆ 真姿の池	5.75	7.84	0.35	8.01	5.54	16.9	7.70
2	○ 不動橋	5.81	8.83	1.22	12.4	6.54	18.9	15.2
3	☆ 貫井神社	5.59	9.42	0.51	11.1	6.59	18.5	15.4
4-1	☆ 野川公園湧水(大)	5.53	8.23	0.46	7.53	5.07	15.5	10.1
4-2	☆ 野川公園湧水(小)	5.81	8.05	0.44	6.85	4.66	15.8	8.53
4-3	△ 湧水公園	6.31	8.22	0.47	7.27	4.93	15.8	8.50
5	○ 櫟橋	6.38	8.66	0.68	10.6	5.46	18.1	13.8
6	○ 大沢橋	5.81	8.67	3.44	12.1	6.12	17.0	13.9
7	○ 野川大橋	5.33	8.92	1.07	13.7	6.47	18.9	16.6
8	△ 入間川	4.97	11.7	2.29	31.9	10.6	26.5	38.9
9	△ 仙川	3.95	25.9	5.24	16.6	7.54	61.1	31.2
10	○ 野川水道橋	5.56	26.3	5.39	17.4	7.82	61.5	31.4
11-1	○ 浄化入口	3.32	27.2	5.31	26.0	9.67	28.9	30.2
11-2	○ 浄化出口	3.31	27.6	5.47	25.8	9.53	32.9	32.6
12	○ 兵庫橋	3.55	27.5	5.24	25.3	9.51	34.2	34.0
13	◎ 二子橋	5.34	15.9	3.52	29.8	6.73	15.9	24.5
14	井戸水	4.12	20.1	4.54	23.4	6.79	23.8	42.2
15	◎ 新多摩川大橋	4.60	18.1	11.0	30.3	9.84	24.9	31.0

pHはいずれも中性(5.8~6.3)であった。

☆：湧水、○：野川本流、△：野川支流、◎：多摩川本流

表3-3には無機窒素化合物とその $\delta^{15}\text{N}$ 値が示してある。

表3-3でわかるように、野川の源泉となっている湧水は貫井神社を除いて、硝酸態窒素 $4.50\sim 6.48\text{mg L}^{-1}$ で $\delta^{15}\text{N}$ 値は $4.67\sim 5.34\%$ の範囲にあるとみることが出来る。これが武蔵野台地よりの湧水、すなわち土壌窒素に由来する硝酸態窒素の標準的な性質ではないかと推定してもよいであろう。貫井神社境内よりの湧水は、恐らくその影響範囲に吸い込み処理式の浄化処理などがあるのではないだろうか。そのため硝酸態窒素濃度が 8.32mg L^{-1} と高い値を示し、また $\delta^{15}\text{N}$ 値も 6.42% と高くなっている。

不動橋付近で人家の影響により一時汚染度を高めた野川は野川公園内を流下している間に湧水により流量を増すと同時に脱窒を伴う浄化作用を受けて、清浄化されつつ公園外に流出している。これは不動橋から野川大橋に至る間における硝酸態窒素濃度の減少($6.02\rightarrow 4.03\text{mg L}^{-1}$)と、 $\delta^{15}\text{N}$ 値の増大($5.69\rightarrow 8.16\%$)として現れている。

人間川は汚染度も低くまた流量も少ないので野川本流には殆ど影響していないのではないと思われるが、仙川下流では汚染度も高く流量も多いので、仙川合流後の野川は極めて汚染された川になっている。仙川下流での測定値はアンモニア態窒素濃度 5.18mg L^{-1} 、硝酸態窒素濃度 10.6mg L^{-1} で $\delta^{15}\text{N}$ 値は 9.55% であったが、これらの値は合流後の野川水道橋でも殆ど同じ値を示している。

野川水道橋より下流に野川浄化設備が設置されている。この間に於ける自然浄化作用については調査日が異なっているので、直接の比較は差し控えたいが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が若干低下しているところから推定すると、流量の増加や汚染度の低い水の合流などが起きているのではないかと推定される。

浄化設備の前後において、アンモニア態窒素濃度は $4.88\rightarrow 5.07\text{mg L}^{-1}$ とわずかな変化の変化だが、硝酸態窒素濃度は $6.40\rightarrow 5.27\text{mg L}^{-1}$ の変化を示し、脱窒作用が起きていることが推定される。このことは $\delta^{15}\text{N}$ 値が $8.67\rightarrow 12.0\%$ と大きく増加していることにも反映している。

もし $\delta^{15}\text{N}$ 値が 3% 増加しているとする、脱窒作用による硝酸態窒素の減少は 30% 以上にも及ぶと推定されるのであるが、実際には濃度の変化は 18% 程度に止まっている。このことは有機物の分解浄化に伴い生成するアンモニアから硝酸が絶えず供給されているとも推定される。

多摩川本流に合流する以前の野川は、兵庫橋でアンモニア態窒素 4.33mg L^{-1} 、硝酸態窒素濃度 7.98mg L^{-1} および $\delta^{15}\text{N}$ 値 11.2% で依然として高度に窒素汚染をしている状況である。

表3-3 野川及びその流域における湧水の
無機窒素化合物濃度及びその $\delta^{15}\text{N}$ 値

No.	採水地名	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg L^{-1}	$\text{NO}_2\text{-N}$ mg L^{-1}	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg L^{-1}	$\delta^{15}\text{N}$ ‰
1	☆ 真姿の池	0.82	ND	6.48	4.67
2	○ 不動橋	0.27	ND	6.02	5.69
3	☆ 貫井神社	0.02	ND	8.32	6.42
4-1	☆ 野川公園湧水(大)	0.02	ND	5.46	5.34
4-2	☆ 野川公園湧水(小)	0.005	ND	4.50	5.15
4-3	△ 湧水公園	0.01	ND	5.04	5.17
5	○ 櫟橋	0.02	ND	4.80	7.62
6	○ 大沢橋	0.37	ND	4.42	7.47
7	○ 野川大橋	0.08	ND	4.03	8.16
8	△ 入間川	0.07	ND	2.00	—
9	△ 仙川	5.18	ND	10.6	9.55
10	○ 野川水道橋	5.19	ND	10.6	10.5
11-1	○ 浄化入口	4.88	ND	6.40	8.67
11-2	○ 浄化出口	5.07	ND	5.27	12.0
12	○ 兵庫橋	4.33	ND	7.98	11.2
13	◎ 二子橋	0.03	ND	4.92	10.6
14	井戸水	3.02	ND	7.56	10.3
15	◎ 新多摩川大橋	2.48	ND	6.40	11.7

多摩川合流後の二子橋付近ではアンモニアは殆ど検出されなくなり、硝酸態窒素も 4.92mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も10.6%と低下するが、新多摩川大橋付近迄至ると再びアンモニア態窒素濃度 2.48mg L^{-1} 、硝酸態窒素濃度 6.40mg L^{-1} 及び $\delta^{15}\text{N}$ 値11.7%に増大してくる。これらの増加が生活排水特に浄化槽や尿尿処理場排水の影響であることは $\delta^{15}\text{N}$ 値の増大によっても察することが出来る。

以上の結果のうち、硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係を野川上流から下流に向けて図示したのが、図3-6及び図3-7である。

ここで分かるように野川の源泉となる湧水中の硝酸態窒素濃度は $4.5\sim 6.5\text{mg L}^{-1}$ であるが、野川を流下するに従い、仙川合流前までは、脱窒などの自然浄化作用を受けて次第に低下している。これが脱窒作用によるものであることは、湧水の $\delta^{15}\text{N}$ 値に比べて流水の $\delta^{15}\text{N}$ 値が次第に高くなって行くことにより明らかである。

仙川が野川へ合流することにより硝酸態窒素濃度は急激に増大するが、それは浄化施設を通過することにより低下し、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は次第に増大している。なお多摩川の堤上にある茶店の井戸水は硝酸態窒素濃度や $\delta^{15}\text{N}$ 値が、多摩川本流の影響を受けているものと推定される。

4) 要 約

多摩川の支流である野川について、窒素汚染特に、硝酸態窒素汚染の状況を調査した。

- (1) 野川は国分寺崖線の「はけ」からの湧水を主要な水源としているが、これらは一部を除き、硝酸態窒素濃度は $4.50\sim 6.48\text{mg L}^{-1}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は4.67~5.34%の範囲にあった。これは長年に渡り化学肥料等の影響を受けつつ、集積してきた土壌表層の有機物の分解に由来する窒素であると推定される。
- (2) 一部の湧水は硝酸態窒素濃度が高く $\delta^{15}\text{N}$ 値も高くなっていたが、家庭排水の浸透処理の影響ではないかと推定された。
- (3) 野川は流下するに従い、次第に河川自体の浄化作用や脱窒作用により硝酸態窒素濃度を減少させ、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を増大させた。
- (4) 仙川の窒素的汚染は著しく、仙川合流により野川の水質は悪化した。浄化施設等により改善され、多摩川本流と合流している。

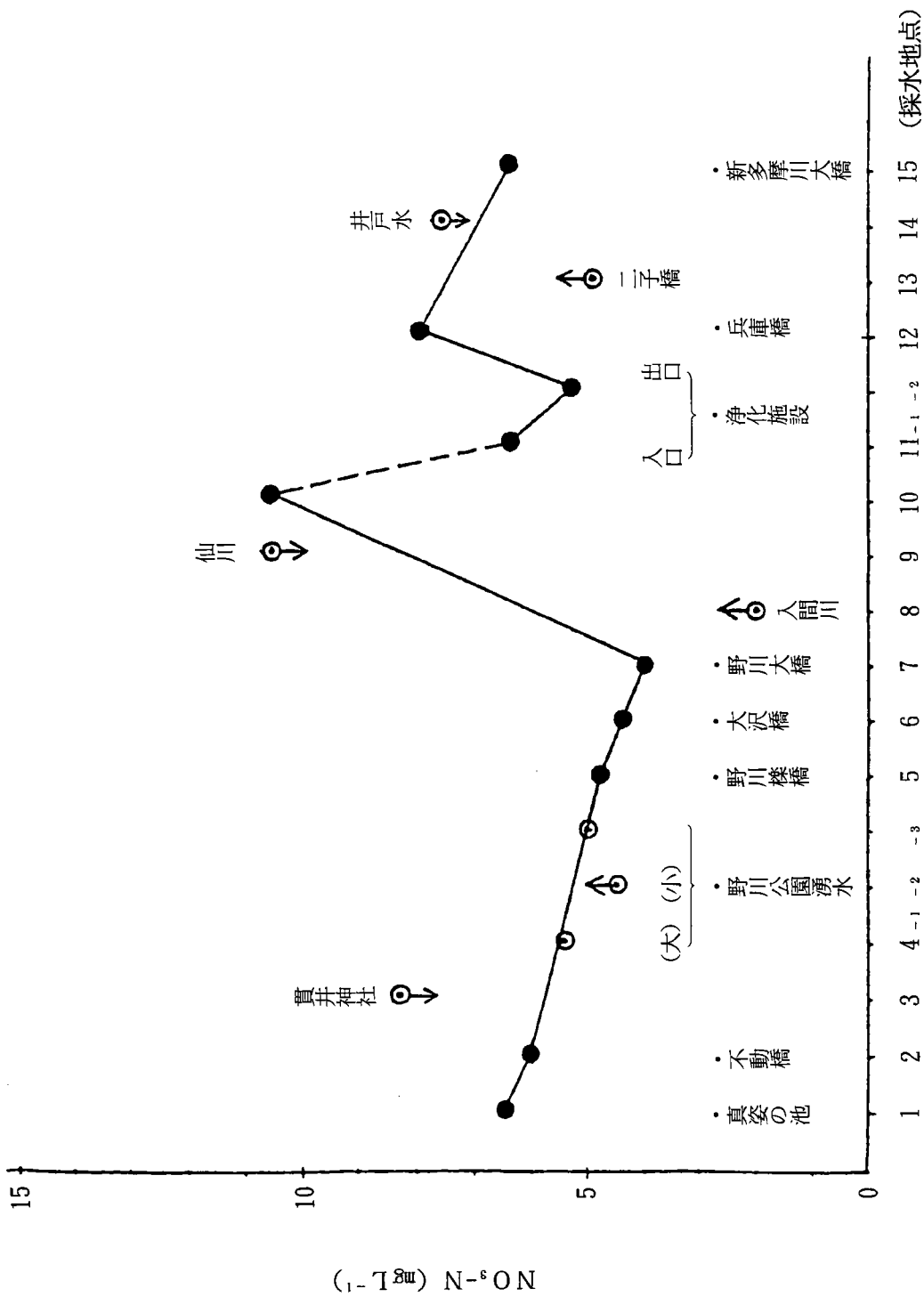


図 3-6 野川の採水地点の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

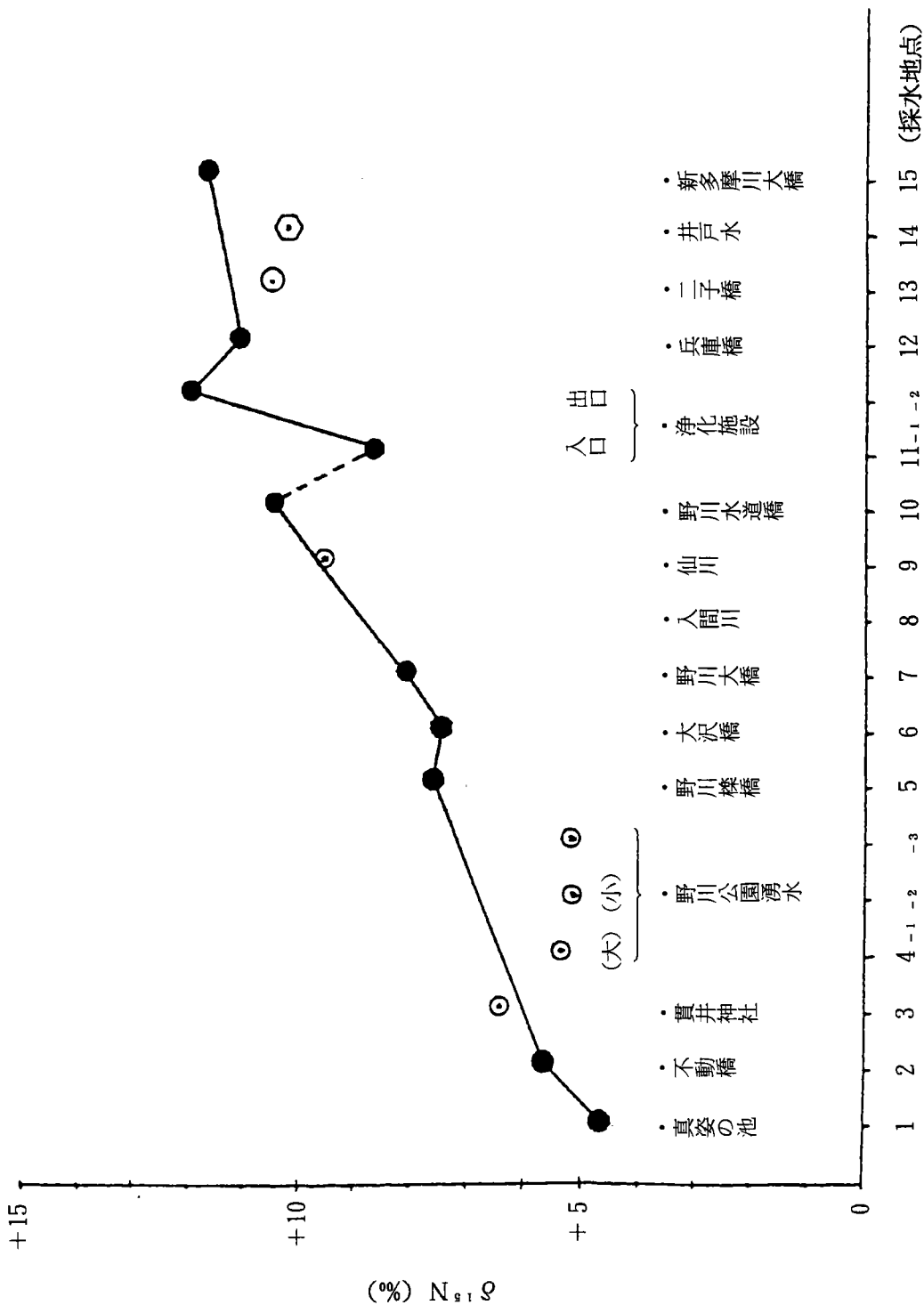


図3-7 野川の採水地点のδ¹⁵N値

4 章 仙川・玉川用水

1) 概 況

仙川は小平市、小金井市、三鷹市、武蔵野市、調布市、世田谷区を流れる河川であるが、上流部はコンクリートで固めた水路となり、雨水のみを流しているので、通常は水が全くない。1996（平成8）年2月1日の調査によると、東京都の「仙川」の標識は小金井市貫井北町2丁目と3丁目の境より見受けられるが、本町3丁目、境4丁目の「かれはな公園」付近など流水はなく、ところどころ溜まり水がある程度であった。仙川が川の体裁を整えるのは、武蔵野市野川宿橋より下流である。

仙川流域には、勝淵神社周辺より下流に豊富な湧水群があるが、この湧水を水循環施設によって「仙川樋口取水場」より野川宿橋の下にポンプで約1.6km逆送し、「湧水」として仙川に供給し、水の少ない仙川上流部の清流復活に役立てようとしている。

仙川は野川宿橋より下流に行くにつれて次第に流量を増すが、途中で三鷹市東部下水道処理場の処理排水を加え野川に合流している。

仙川の野川合流前の新打越橋と水川橋間に、東京都建設局では、うるおいのある川づくりをめざす「清流復活事業」の一環として、等々力溪谷の自然環境の回復を図るため、「仙川浄化施設」を造った。

この施設は、比較的水量の豊富な仙川に浄化施設を設けて、川の水をきれいにしてから、地下に埋められた導水管を通して、約2.2km離れた谷沢川の最上流部に流すものである。

この施設は

- 1 ゴム堰でせき止め、取水口から取り入れる。
- 2 ばっき槽で水に空気をいれる。
- 3 （地下）流入管を使って水を流し、放水管から放出する。
- 4 礫間浄化施設により水を浄化する。
- 5 集水管で取り入れて、流出管を通して放流槽へ送る。
- 6 放流槽で再度水に空気をいれる。
- 7 導水ポンプでくみあげ、導水管を通して谷沢川に放出する。

以上の過程から出来ているが、この施設の完成により、谷沢川の水量は3倍近く増え、水質も約40%改善されたとされている。

谷沢川の吐出口には小さな児童公園がつくられ、ここで、放出される水は直接河川に流されるものと、公園で使用する噴水や、川をまたぐアーチをってから河川

に流れるものに分かれている（東京都建設局、1994）。（但し、1996年2月1日における現地調査の際には、この浄化施設は使用されていなかった。）

玉川用水は、1653年（承応3年）玉川庄右衛門、清右衛門兄弟によって完成された。その兄弟の功績を称える像と碑が多摩川左岸の羽村堰の近くに建っている。その後1971年に村山貯水池に水を流すようになり、小平から下流は水が断たれたが、住民の運動が実って1986年、多摩川上流下水処理場の処理水を流すことで、流れが復活したものである。

2) 採水期日及び採水調査地点の概要

採水は1996年2月1日に行った。この頃は殆ど降雨がなかったので、仙川への供給水は「人工的湧水」と下水処理水が主要なものと推定される。

採水地点は図4-1に示した。

採水地点の概要は表4-1(1)、(2)に示してある。

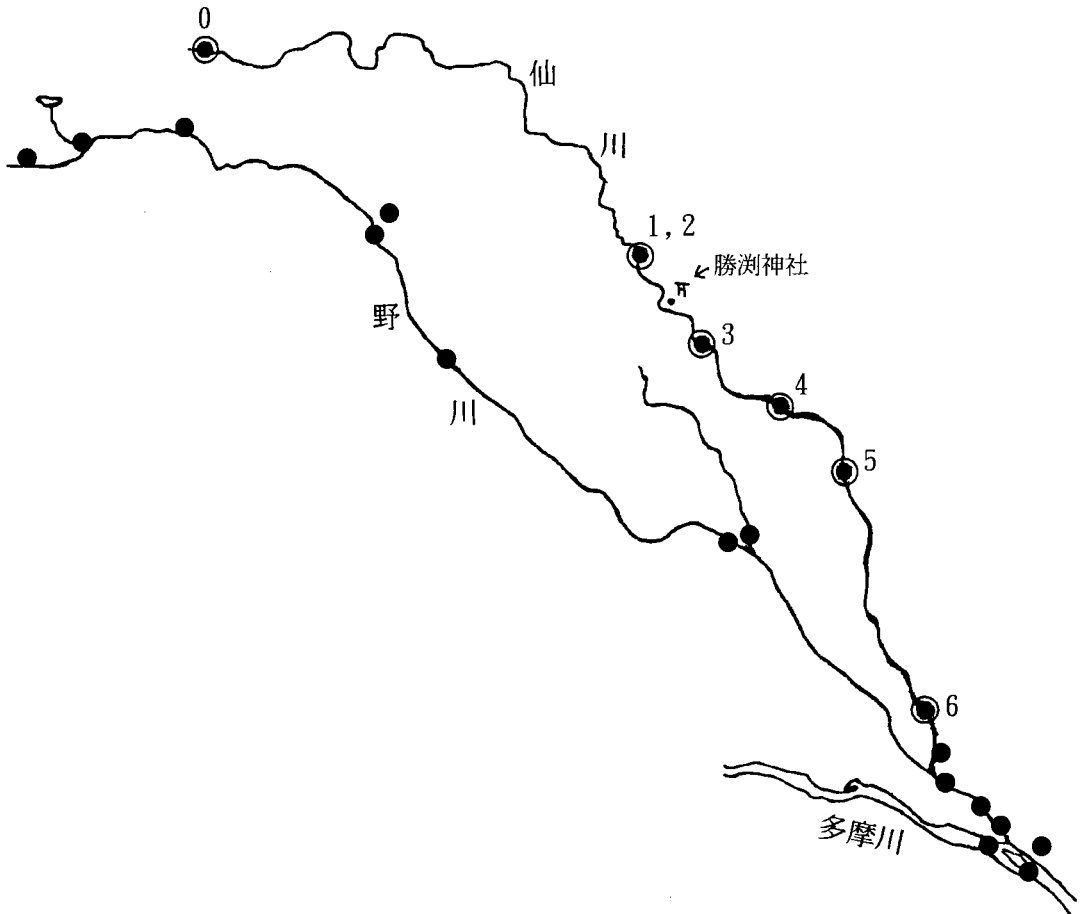


図4-1 仙川流域の採水地点

表 4 - 1 (1) 仙川の採水調査地点の概要

採水地点名	場 所	概 況
(1) 野川宿橋湧水	三鷹市新川6丁目	下流部の勝淵神社付近より水循環施設により供給されている人工的湧水。
(2) 野川宿橋下	三鷹市新川6丁目	上流部の僅かな水に人工湧水を加えている。
(3) 東一之橋下	調布市緑が丘1丁目	緑が丘団地を過ぎ三鷹市東部下水処理場排水の流入前。鯉がいるが、汚染感あり。
(4) 大川橋下	世田谷区給田3丁目	三鷹市東部下水処理場排水の流入後。汚染感がひどくなる。微悪臭を伴う。
(5) 宮下橋下	世田谷区上祖師谷3丁目と4丁目の境	駒沢大学グランド横。神明社下。汚染感あり。
(6) 氷川橋下	世田谷区大蔵6丁目	仙川浄化施設所在地。汚染感著しい。

表 4 - 1 (2) 玉川用水の採水地点の概要

採水地点名	場 所	概 況
玉川上水1 (喜平橋)	小平市小平農協前	桜堤の始点。
玉川上水2 (樺橋)	三鷹市上連雀1丁目	清流、川端に草あり。

3) 結果及び考察

表 4 - 2 に採水当日 (1996年 2月 1日) の現地での簡易調査結果を示してある。これにより概観できるように、仙川は上流部がコンクリートで固められた人工的川床となり僅かな付近の住宅よりの排水以外は流入する水がなく通常は流水は認められない。

野川宿橋の下に湧水があるが、これは下流部の勝淵神社付近より水循環施設により人工的に供給されているものである。この湧水に若干の流水を加えつつ流下している仙川は東一之橋まではほぼ同様な水質である。その下流で三鷹市の下水処理場

表 4 - 2 (1) 仙川の採水当日 (1996年 2月 1日) における現地での測定結果

地 点	気 温 (°C)	水 温 (°C)	p H	溶存酸素 D O	NO ₃ p p m #
(1) 野川宿橋湧水	7.0	11.8	6.5	12.8	23
(2) 野川宿橋下	7.0	10.2	6.5	8.1	20
(3) 東一之橋下	8.5	11.3	6.5	9.2	23
(4) 大川橋下	7.5	13.0	6.5	8.0	8
(5) 宮下橋下	7.0	11.4	6.3	7.6	11
(6) 氷川橋下	6.5	9.0	6.3	9.5	9

#簡易分析による

表 4 - 2 (2) 玉川用水の採水当日の調査結果

地 点	気 温 °C	水 温 °C	p H	溶存酸素 D O	NO ₃ p p m #
1 喜平橋	7.0	15.3	6.5	5.7	36
2 櫛橋	7.0	10.4	6.5	13.8	30

#簡易分析による

からの排水が流入しているために、大川橋より下流では硝酸態窒素濃度が減少し悪臭があり汚染感があるようになる。それより下流にかけては次第に汚染が増大し、仙川浄化施設のある氷川橋では汚染感が著しくなっている。

仙川についての無機イオン濃度は表 4 - 3 に示してある。また硝酸、亜硝酸及びアンモニア態窒素濃度とそれらの $\delta^{15}\text{N}$ 値については、表 4 - 4 及び図 4 - 2 に示した。

表 4 - 3 で明らかなように仙川の水質は、三鷹市の下水処理場排水が流入する前と後では一変していることが分かる。すなわち、流入後においては硫酸、塩素、ナトリウム、アンモニウムの各イオン濃度などが顕著に増えている。これらは明らかに下水処理場排水の影響を示しているものである。それに対して上流部では硝酸態窒素が多いが、特にリン酸イオンが地点(1)(2)において $5.15 \sim 5.63 \text{ mg L}^{-1}$ の高濃度に検出されている。これらの水は仙川上流部というよりは下流部の勝渕神社付近より水循環施設により供給されている人工的湧水であるので、この水の中に恐らくは家庭洗剤由来のリン酸イオンが含まれているのではないかと推定される。しかしこのリン酸イオンは流下中に間もなく吸収除去 (浄化) されている。

表4-3 仙川の各種イオン濃度

地 点	イ オ ン 濃 度 (mg L ⁻¹)										
	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Br	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄ -N
(1) 野川宿橋湧水	9.24	ND	ND	18.6	20.7	5.63	ND	12.2	5.09	13.0	ND
(2) 野川宿橋下	7.30	ND	ND	18.3	17.7	5.15	ND	11.6	4.74	13.6	ND
(3) 東一之橋下	9.42	ND	ND	16.4	17.7	ND	ND	13.5	4.00	12.3	ND
(4) 大川橋下	2.21	0.62	ND	37.4	64.2	ND	4.69	42.2	3.27	12.0	10.1
(5) 宮下橋下	2.10	0.48	ND	35.1	64.5	ND	2.22	46.0	0.56	7.70	8.89
(6) 氷川橋下	3.98	0.11	ND	40.8	72.0	ND	ND	39.6	ND	4.49	4.49

表4-4 仙川の窒素濃度とδ¹⁵N値

地 点	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)			δ ¹⁵ N (‰)		
	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NH ₄ -N
(1) 野川宿橋湧水	9.24	ND	ND	6.62	-	-
(2) 野川宿橋下	7.30	ND	ND	6.84	-	-
(3) 東一之橋下	9.42	ND	ND	6.70	-	-
(4) 大川橋下	2.21	0.62	10.1	2.43	8.48	8.48
(5) 宮下橋下	2.10	0.48	8.89	2.06	8.83	8.83
(6) 氷川橋下	3.98	0.11	4.49	1.67	9.74	9.74

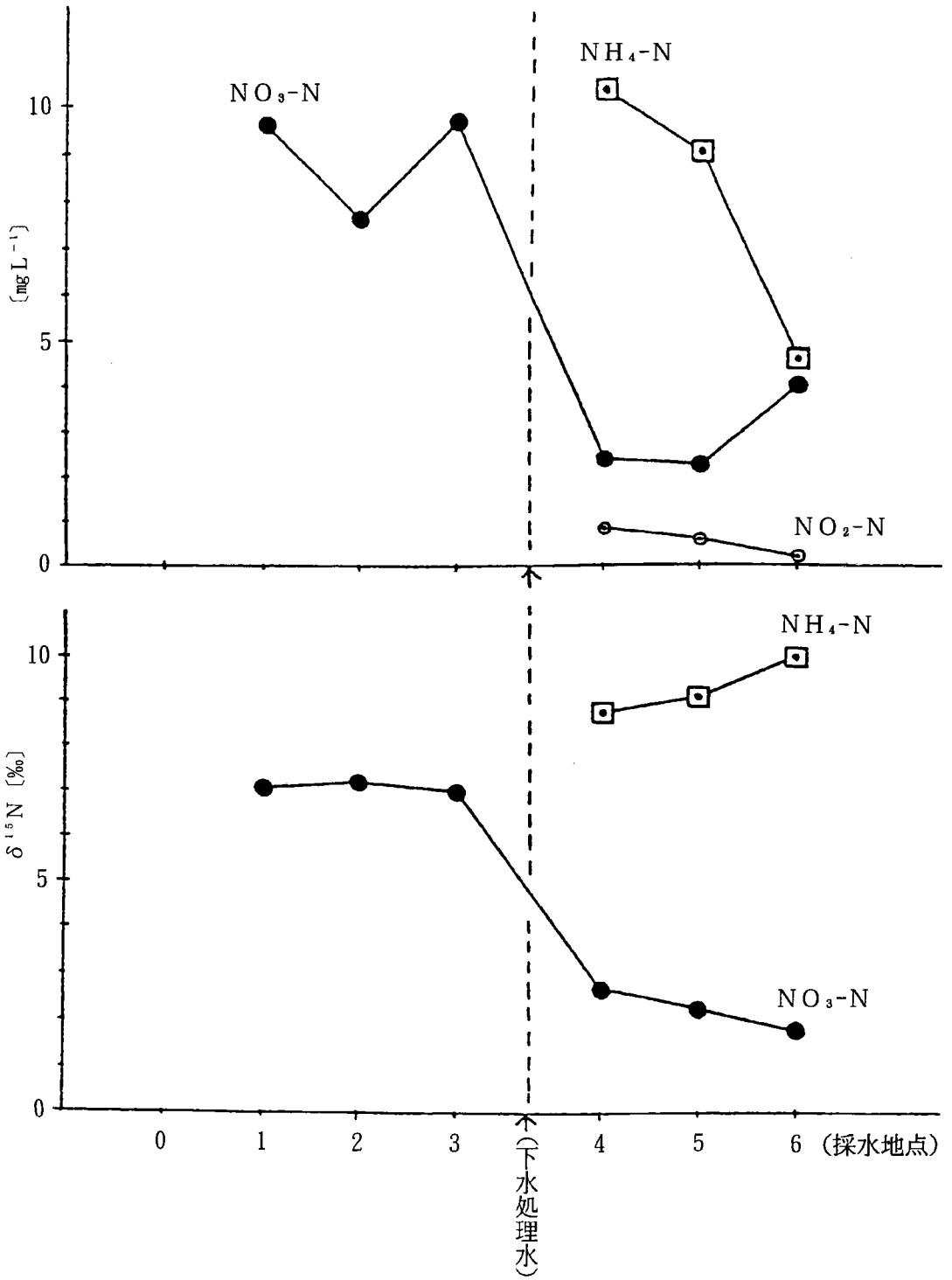


図 4 - 2 仙川の窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値

仙川上流部の硝酸態窒素もリン酸イオンと同じく家庭排水の影響もあり7.30～9.42mg L⁻¹と著しく高濃度をしめしている。

表4-4で分かるように、三鷹市下水道処理場の処理排水の流入以前における硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は6.6～6.8‰の範囲にあり、別の調査(第3章)で明らかにした野川の湧水のそれが4.7～5.3‰であるのと比較して高く、家庭処理排水の影響が推定されている貫井神社湧水の $\delta^{15}\text{N}$ 値の6.4‰より高い値であることから、この地帯での家庭排水処理法の影響を現しているものと推定出来る。

下水処理排水の流入後においては、アンモニア態窒素と硝酸態窒素が共存しているが、流入地点から遠ざかるにつれて、硝酸化成作用の進行に伴いアンモニア態窒素濃度が減少し、硝酸態窒素濃度が増大している。アンモニア態窒素が残存しているときの硝酸化成に伴う硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は極めて低い値をとることが知られている。流入初期のアンモニア態窒素濃度は10.1mg L⁻¹より2.21mg L⁻¹、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は6.70‰から2.43‰に低下している。最下流においてもアンモニア態窒素濃度は4.49mg L⁻¹存在し、硝酸態窒素濃度は3.98mg L⁻¹に増加していた。その間 $\delta^{15}\text{N}$ 値はアンモニア態窒素で9.74‰へと増大し、硝酸態窒素は1.67‰と減少している。

仙川下流における水量変化が著しくないことを考えると、アンモニアの硝酸化成作用とともに硝酸の脱窒作用も同時に進行し、硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は前者では低下傾向に後者では増大傾向に作用し、結果として減少傾向を示している。この間のアンモニア態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が増大することは硝酸化成作用の進行を示しているものである。

また仙川下流において、亜硝酸態窒素が検出されることも、汚染水での浄化作用が徐々に進行していることを物語っている。

全体として仙川は人工的湧水、下水処理水の影響下にある河川で、家庭排水以外は、農業排水、産業排水などの影響は極めて少ない河川であると言える。

(玉川用水)

表4-5は玉川用水について、その上流と下流の2カ所で採水した結果を示した。この表で分かるように、玉川用水は下水処理水の影響を受けて、塩素、リン酸、ナトリウムの各イオン濃度の高いのが特徴である。

玉川用水に入っている下水処理水の初期の値が得られていないが、玉川用水を流下している間の浄化作用は極めて顕著なものがあることが推定される。

すなわち調査地点1の喜平橋では微量に認められたアンモニア態窒素が調査地点2の櫻橋では認められなくなっている。下水処理水のアンモニア態窒素濃度は

表4-5 玉川用水の各種イオン濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値

地 点	SO_4 (mg L^{-1})	Cl (mg L^{-1})	PO_3 (mg L^{-1})	K (mg L^{-1})	Na (mg L^{-1})	Mg (mg L^{-1})	Ca (mg L^{-1})
1 喜平橋	0.69	50.5	12.7	14.9	65.0	3.01	22.2
2 樺橋	ND	79.0	11.9	9.53	57.7	1.46	46.6

地 点	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg L^{-1})	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg L^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg L^{-1})	合 計 (mg L^{-1})	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$ $\text{NH}_4\text{-N}$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$ $\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{NO}_2\text{-N}$
	1 喜平橋	1.31	0.47	12.2	13.9	42.5
2 樺橋	ND	ND	12.5	12.5	-	15.9

10 mg L^{-1} 程度ではないかと推定されるが、喜平橋に到着するまでに硝酸化成作用により硝酸態窒素に大部分がなっていると思われる。それはアンモニア態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が著しく高く42.5‰に達していることから推察出来る。

喜平橋より樺橋の区間でアンモニア態窒素の硝酸化成は完了しているが、硝酸の脱窒作用は進行していない。そのため、窒素は殆ど硝酸として残り、その $\delta^{15}\text{N}$ 値も11.2‰から15.9‰と高くなっている。この $\delta^{15}\text{N}$ 値の増加はアンモニアの影響が大部分で、若干の硝酸の脱窒の影響があると推定される。

アンモニアが完全に硝酸になり、脱窒が起きていないときの硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は $(12.67 \times 11.2 + 1.31 \times 42.5) / 13.98 = 14.13(\text{‰})$ であり、それが $(14.0 - 12.5) / 14.0 = 0.106$ すなわち10%程度脱窒作用により失われたとした時に、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が $(15.9 - 14.2) = 1.7\text{‰}$ 増大をしたと考えることも出来る。ちなみに朴ら(1994)の研究によると脱窒作用による硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化1.5‰に対しては硝酸態窒素約20%の脱窒率を示している。

4) 要 約

仙川と玉川用水についての窒素汚染状況を明らかにした。

- (1) 仙川は源流部からの水は全くなく、降雨時の表面水がコンクリート製の排水溝を流去するのと同様な状況である。中流で下流部からの水を供給して水流を復活しているが、三鷹市の下水処理水が流入している下流はその影響を強く受けるようになる。

- (2) $\delta^{15}\text{N}$ の分析結果は、中流部へ供給されている湧水は家庭排水の浸透処理の影響も受けている湧水と推定され、下流部ではアンモニアの硝酸化成作用を伴いながら下水処理水由来の窒素が流下していることが分かった。
- (3) 玉川用水は下水処理水の性質をそのまま反映して流れており、流下中での脱窒作用による窒素浄化作用は10%程度の量であることが明らかになった。

5 章 秋川・平井川

1) 概況

秋川は東京西部山岳地帯の三頭山（1,527.5m）に源を発し、五日市で平坦部に出て、南岸を加住丘陵、北岸を秋留台地に接して東流し、八王子市高月町地先で多摩川に合流する一級河川であり、流路長は42km、流域面積は167.3km²に及んでいる（図5-1）。

平井川は水源を日の出山（902.3m）に発し、南東へ流下し、秋留台地の北側を東流し、あきる野市二宮地先で多摩川に合流する流路延長18km、流域面積35.1km²の小河川である。

秋川、平井川に南北を仕切られるような形で秋留台地が存在する（図5-2）。

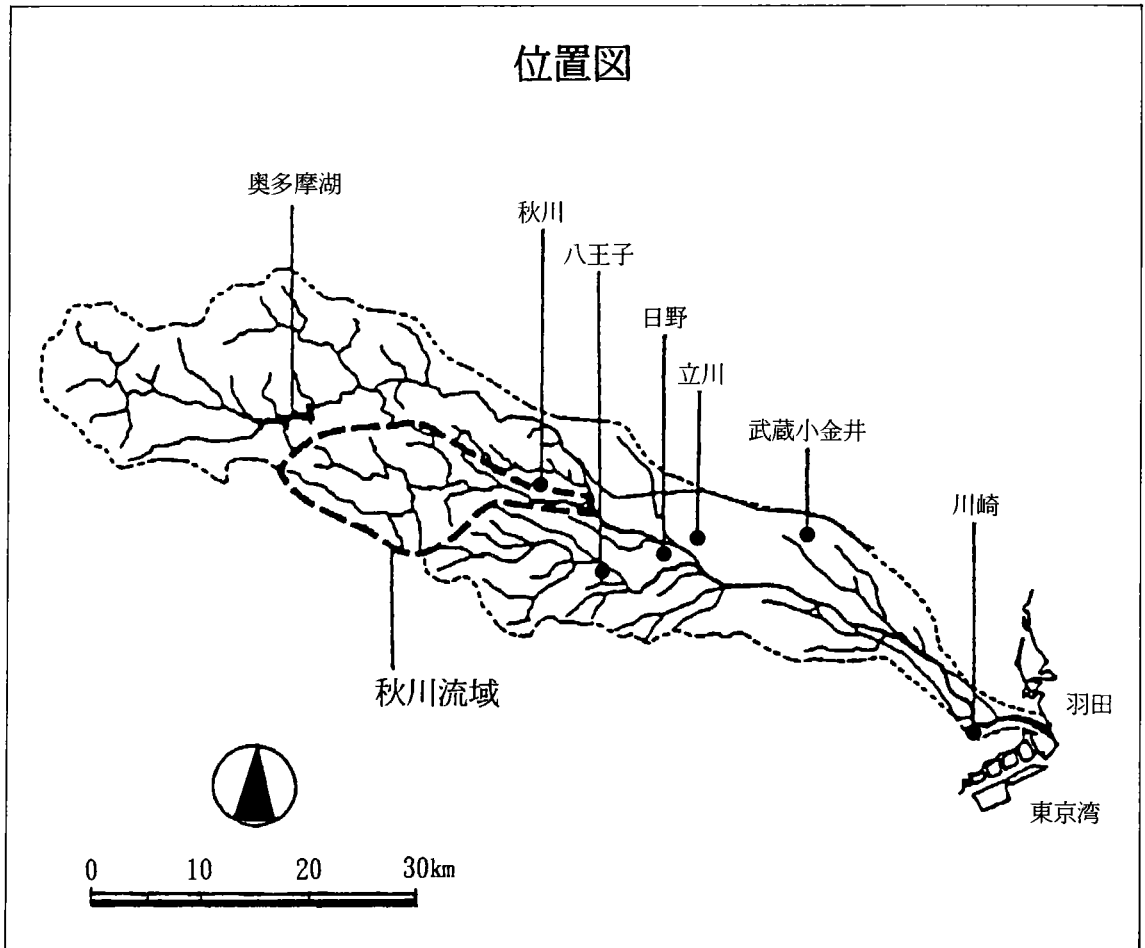


図5-1 秋川流域

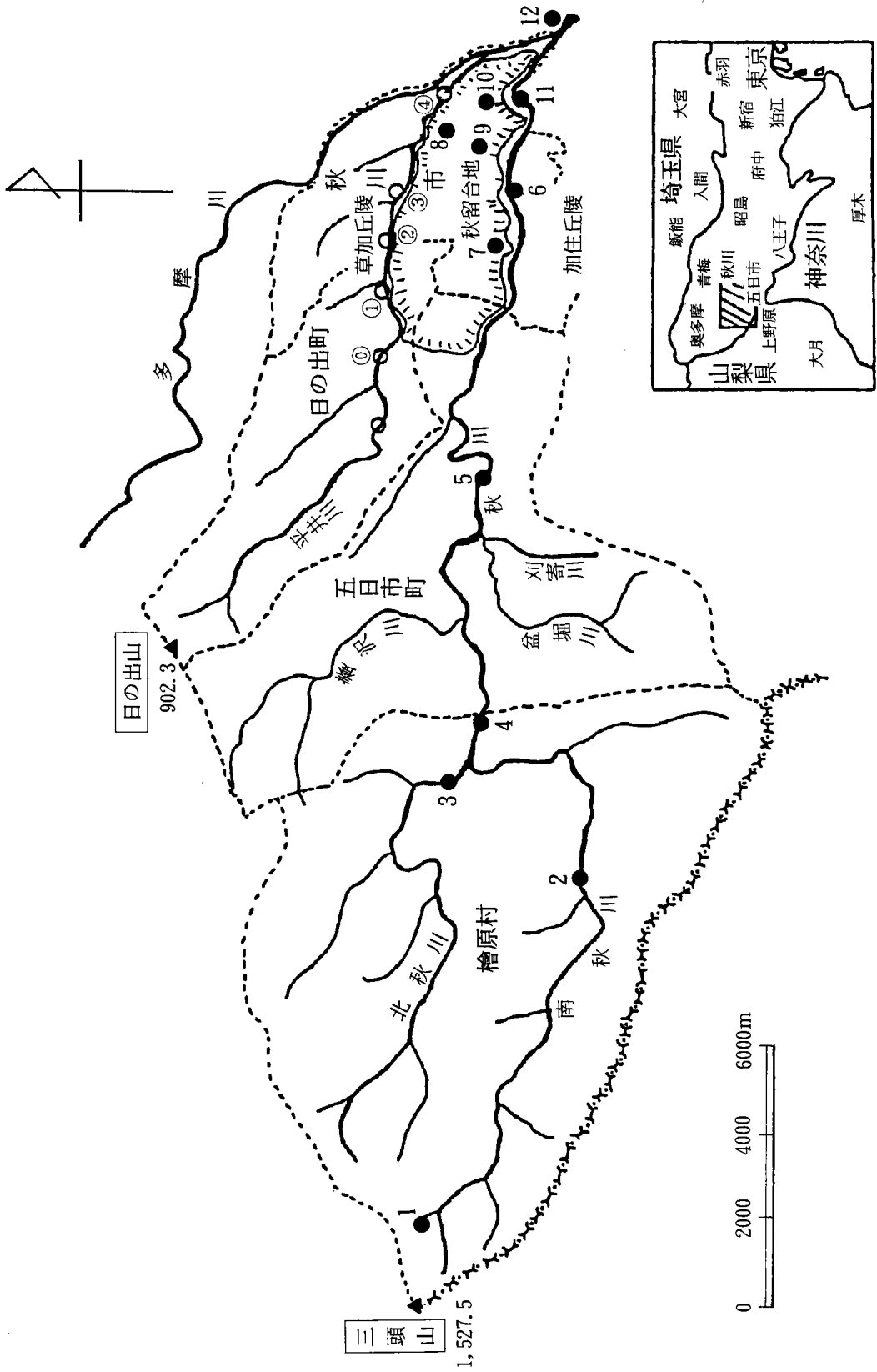


図5-2 秋川流域（秋川・平井川）と採水地点

秋川流域の人間活動は主としてその下流部の秋留台地において行われている。

秋留台地は洪積台地である青柳段丘面に相当し、北側を平井川、南側を秋川、東側を多摩川に挟まれた島状の台地である。秋留台地は行政的には東京都西部のあきる野市（旧秋川市、旧五日市市）、日の出町にまたがり、広さは東西約7km、南北約2.5km、面積12.5km²である。

最上部の高位段丘面では、関東ローム（青柳ローム）層が厚さ2～3mが堆積し（図5-3）、その下は段丘礫層となっている。中位段丘面が砂がち地層となっており、青柳ローム層が厚さ1m程度堆積し、その下は礫層となっている。低位段丘面やそれより下位の沖積段丘面は砂がち地層であり礫を含む黒ボク土が地表部に堆積し、それより下層は礫がち堆積物で厚さ5m程度とされている（図5-4）。このように段丘面を構成している地層は、いずれも非常に透水性が良好で間隙に富む地層であるため、豊富な地下水の容器になっている。図5-5に示すように湧出量の多い湧泉は東部に限られ、河岸段丘の崖下部からのものが多く存在している。湧出量は2～3月が最小、7月が最大になる（駒村、1982）。

秋留台地においては宅地、工業商業地が広がりつつあるが、しかし農業用地も相当程度あり、農業が活発に営まれている。図5-6は秋留台地の土地利用図を示している。台地の属するあきる野市（旧秋川市・五日市市）の総土地面積7,334haの内、農地は8%に相当する590haである。1995（平成7）年において、市街化区域内農地が165ha、市街化調整区域内農地425haである。調整区域内農地のうち農業振興地域内農地は、336.8haであり、この内農振農用地は、農地総面積の46.2%にあたる271.8haとなっている。1990（平成2）年における農業粗生産額12億9千万円のうち、野菜が5億4千万円と42.2%を、乳牛が3億円と23.2%をしめている。また、畜産が36%を占めるがその約8割は秋川地区である（あきる野市、1996）。

1982年当時における調査によると、秋留台地周辺市町において、公共下水道が普及していない状況では家庭雑排水および雨水は、そのまま水路または吸い込み式で土中へ浸透し、尿尿処理は汲み取り（秋川市では85%）または浄化水槽（同15%）によるのが殆どであった（駒村、1982）。

本研究においては、秋川、平井川について、秋留台地の湧水も含めた河川水の窒素汚染の調査解析を行った。

2) 採水期日及び採水調査地点の概要

1996年5月18日～19日に秋川の源流部から多摩川合流点まで、及び平井川の下流

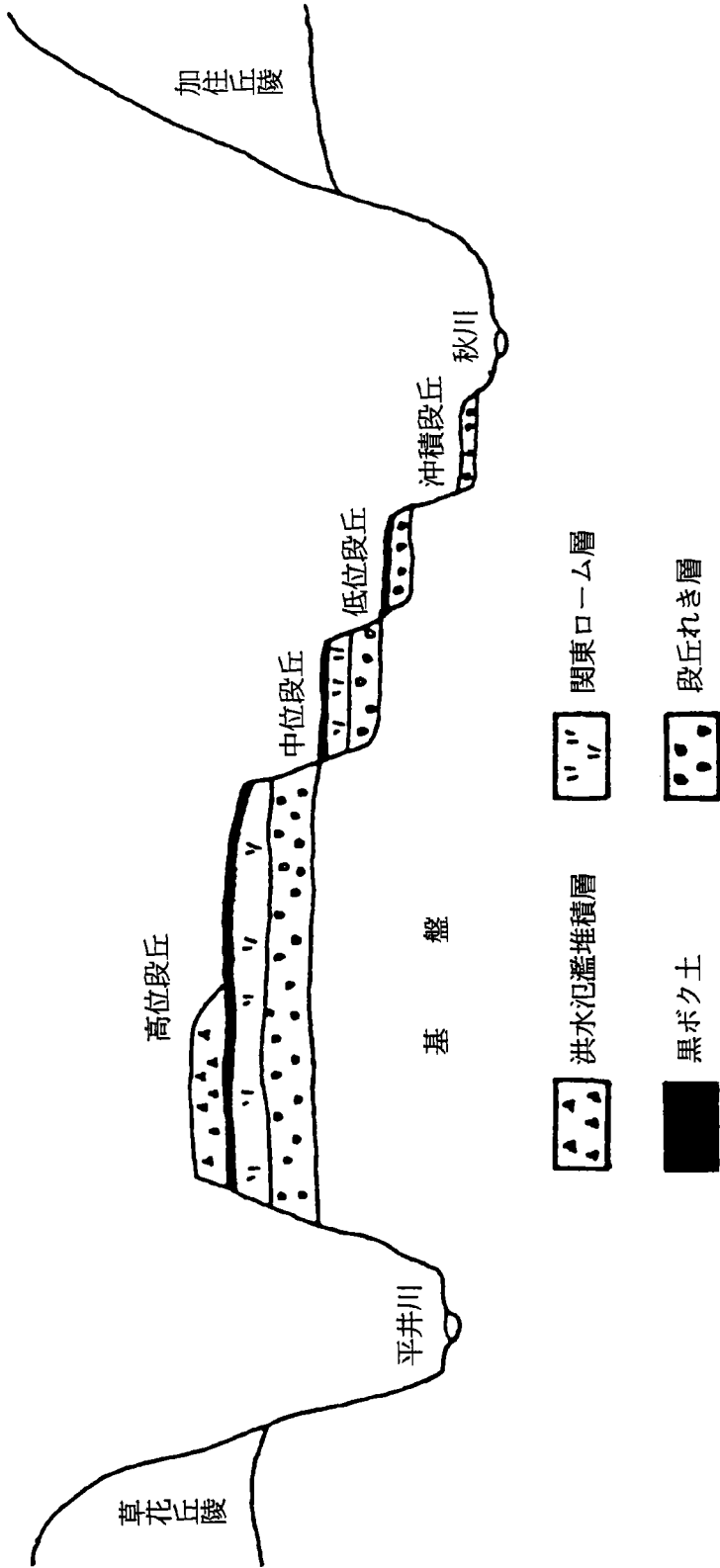
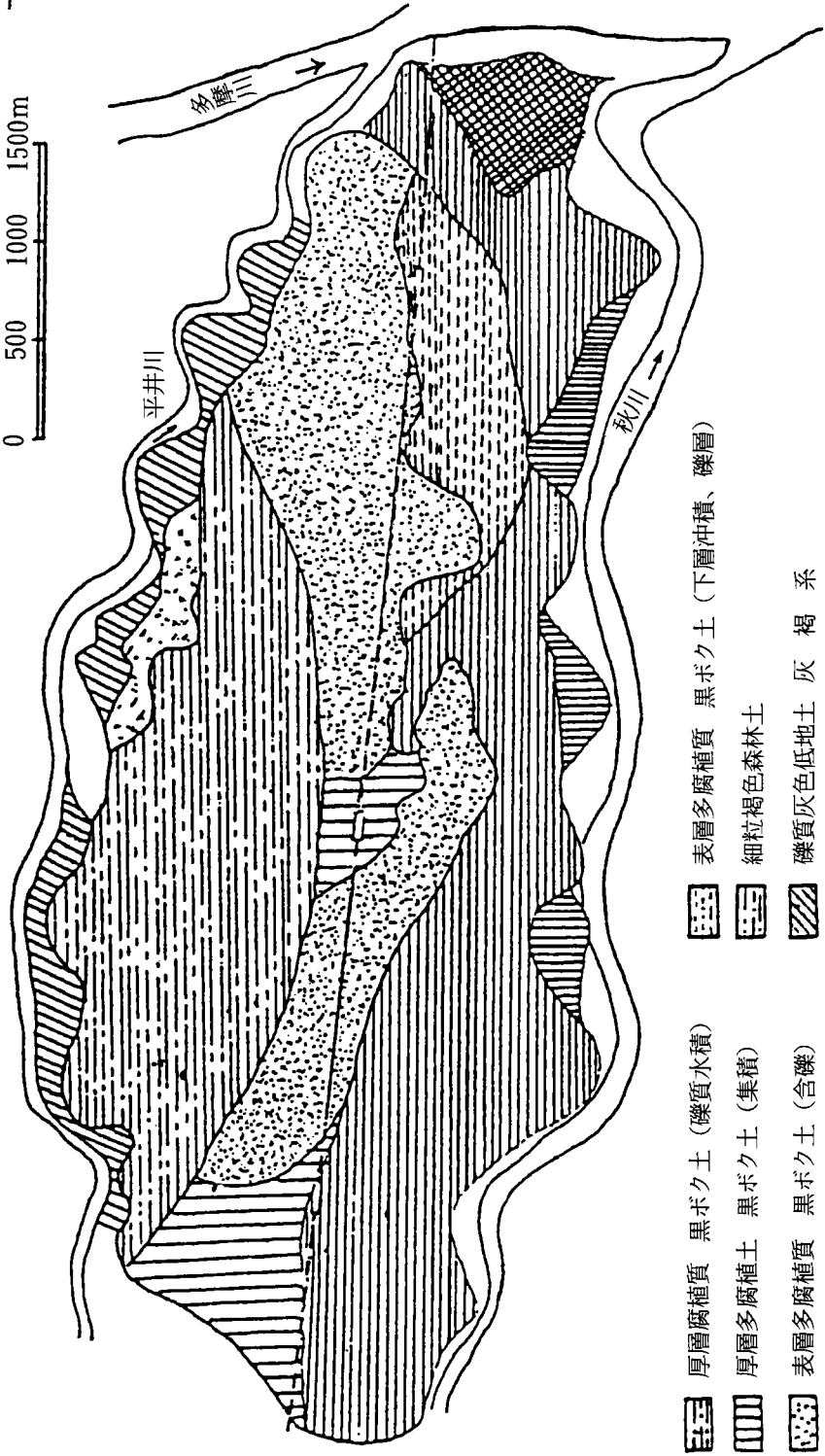


図 5 - 3 秋留台地の地形地質模式断面図 (南北方向) [1982、駒村]

↑

0 500 1000 1500m












- | | | | |
|---|-------------------|---|-----------------------|
|  | 厚層腐植質 黒ボク土 (礫質水積) |  | 表層多腐植質 黒ボク土 (下層沖積、礫層) |
|  | 厚層多腐植土 黒ボク土 (集積) |  | 細粒褐色森林土 |
|  | 表層多腐植質 黒ボク土 (含礫) |  | 礫質灰色低地土 灰 褐色 |
|  | 礫質灰色低地土 灰色 系 |  | 礫質褐色森林土 |
|  | 厚層腐植質 多質黒ボク土 | | |

図 5 - 4 秋留台地周辺の土壌区分図 (東京都耕地土壌図)

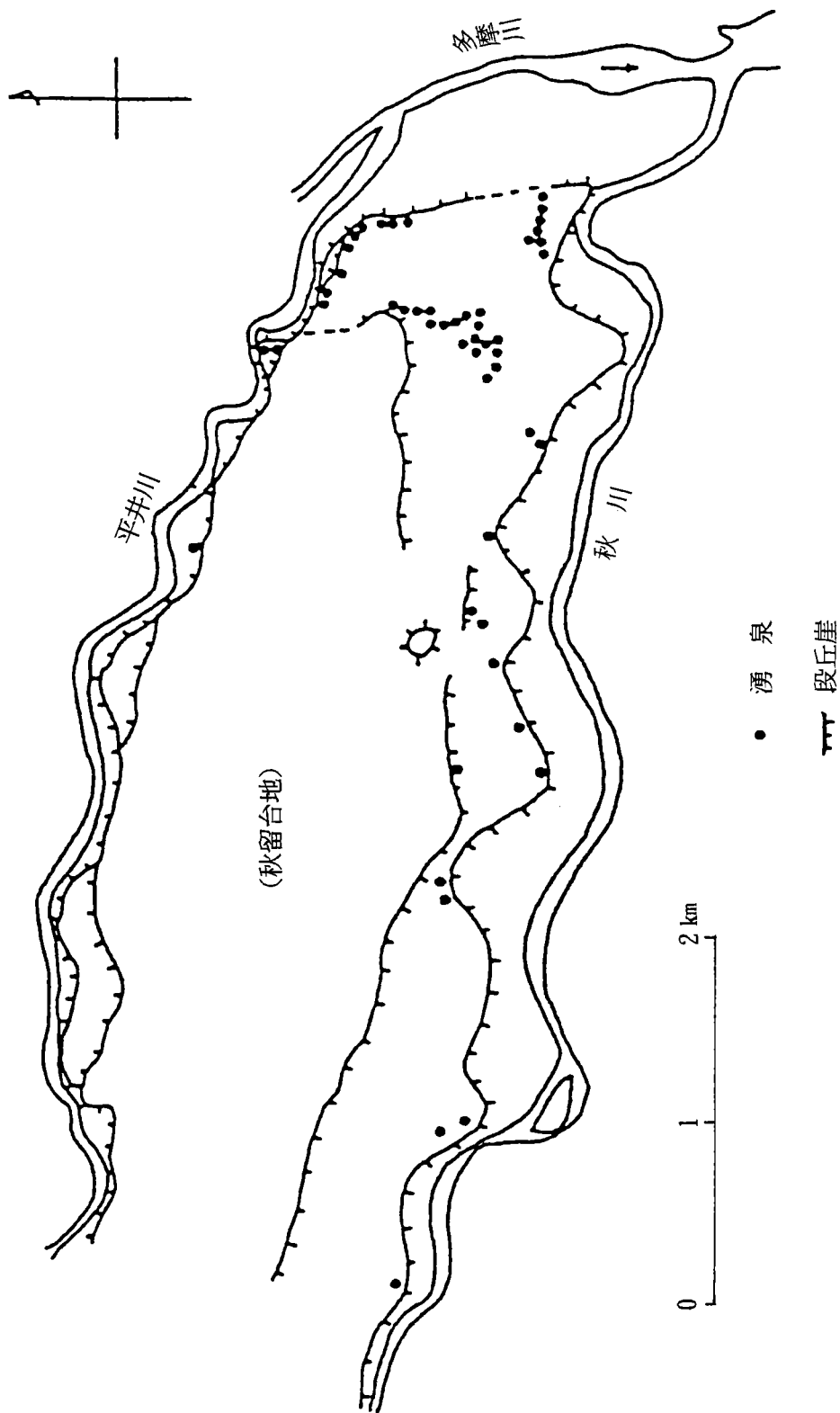


図5-5 湧水の分布図 (秋留台地) [(1982、駒村)]

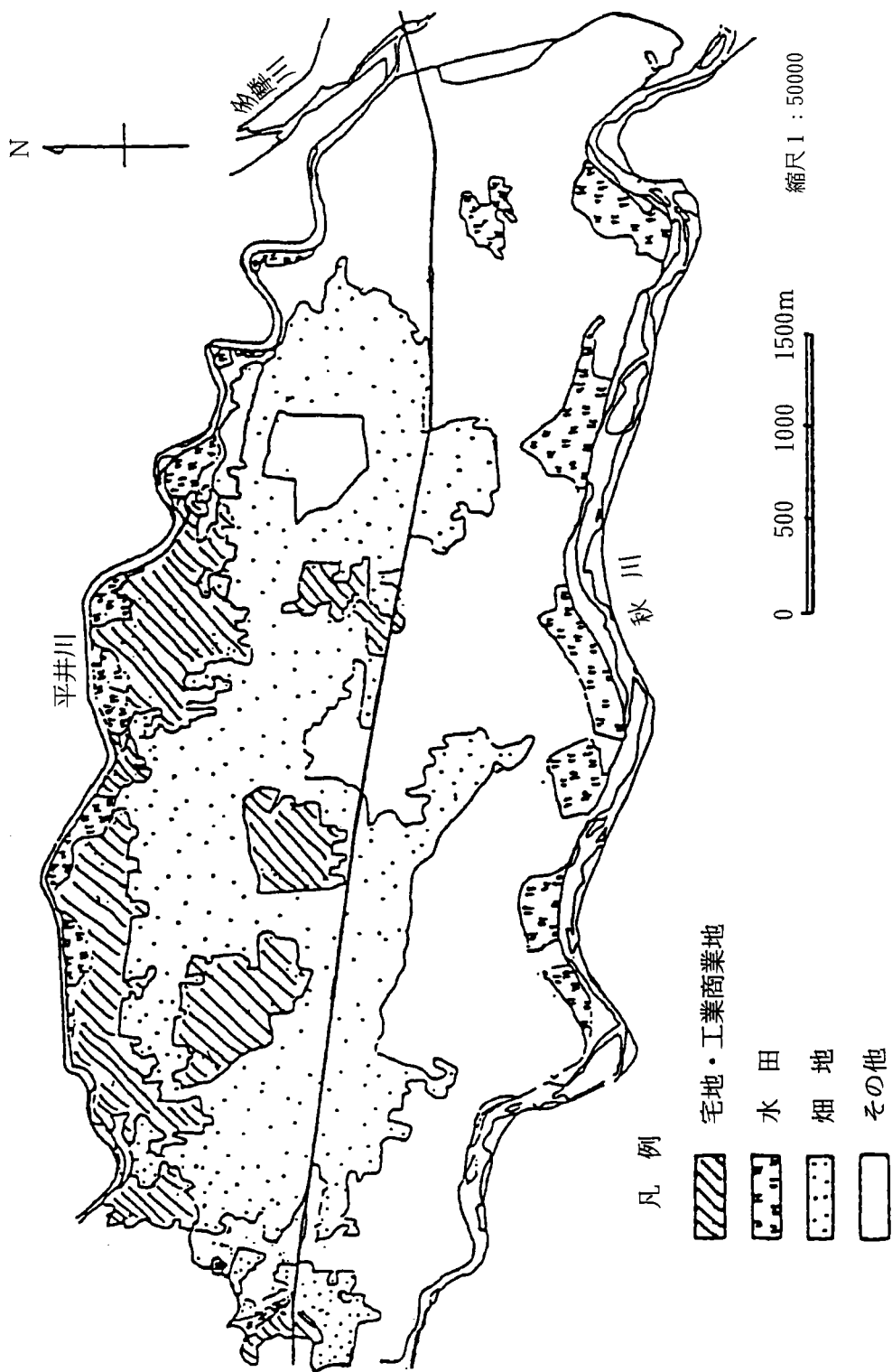


図 5 - 6 土地利用図 (秋留台地) [1982、駒村]

部についての採水調査を行った。

採水地点は図5-2に示してある。

採水地点の概況は表5-1(a)、(b)に示してある。

秋川の源流として、南秋川の上流部の三頭山より発する溪流を選んだ。これより上流は森林で覆われており、人間活動の影響は極めて少ないと推定した。南秋川は北秋川と合流するまでは、極めて清澄であったが、キャンプ、ハイキングなどの好適コースになっており、多数の民宿などもある。湧水は比較的豊富で秋川下流部に流入している。

平井川は上流部には全く水がなかった。

採水点において、採水試料についてのpH、D₀、水温を測定した。各試料は実験室において、各種イオン分析および $\delta^{15}\text{N}$ の分析に供した。

3) 結果及び考察

採水試料のpH、D₀、水温の測定結果は表5-2(a)、(b)に示してある。

pHは、秋川については一般に7.7~8.1前後の弱アルカリ性を呈していたが、採水試料番号の(8)、(9)の秋留台地下の湧水は6.0の微酸性を呈していた。これは湧水の起源が化学肥料による酸性化をもたらす農業由来のものであることを示唆するものである。D₀も二宮湧水が若干低い以外は大差がなかった。

平井川のpHは8.7~9.6であり、上流部の石灰岩地帯の影響が及んでいると推定された。D₀については傾向的变化は認められない。

表5-3(a)、(b)には無機イオン濃度及び $\delta^{15}\text{N}$ 値が示してある。秋川・平井川では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び PO_4^{3-} はいずれも検出されなかった。また表5-4(a)、(b)には硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値を対応させて示してある。

秋川については、表5-3(a)、表5-4(a)に示すように源流部の硝酸態窒素濃度は 0.61mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は -0.20‰ であり、雨水中の窒素含量と同程度であるが、流下するにつれて次第にその濃度を増加し、下流部での湧水が合流する前すなわち地点6までには硝酸態窒素濃度は 1.38mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も次第に増加し、地点5で 3.22‰ 、地点6で 5.44‰ に達していた。これは下流の流域に存在している畑地からの化学肥料由来の硝酸態窒素の影響が反映しているのではないかと推定される。地点6においてはさらに生活排水などに由来する硝酸態窒素流入の影響が現れている。

秋川下流部に流入する二宮、八雲の両湧水は秋留台地上の人間活動を強く反映していると考えられるが、その硝酸態窒素濃度は $8.98\sim 9.28\text{mg L}^{-1}$ と極めて高く、またClイオン濃度が高く、八雲湧水はNaイオン濃度も高いことと同時に、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も

表 5 - 1 (a) 採水調査地点の概況(秋川)

採水日：1996年5月18日(土)曇

試料番号	採水地点	概況
1	数馬第一駐車場	南秋川源流となっている三頭山より発する溪流 (この地点のみは5月19日に採水)
2	大 向 橋	檜原村南郷、南秋川中流
3	北 秋 川 橋	檜原村本宿、北秋川下流
4	和 田 橋	檜原村下元郷、南北秋川合流後の秋川
5	小 和 田 橋	あきる野市小和田
6	秋 留 橋	あきる野市上代継
7	秋留橋側農業用水	秋留橋上流部より採水され左岸の水田の灌漑用に使 用されているが、現在は殆ど休耕
8	二 宮 湧 水	あきる野市二宮、二宮神社お池。秋留台地東部崖下の湧水。睦橋 下で直接に多摩川に流入
9	八 雲 湧 水	あきる野市小川、八雲神社神池。秋留台地東部崖下の代表的湧水
10	舞 知 川	八雲湧水の秋川流入前。あきる野市小川
11	東 秋 川 橋	秋川の多摩川合流直前の橋
12	睦 橋	多摩川本流、秋川合流前。あきる野市-福生市

表 5 - 1 (b) 採水調査地点の概況(平井川)

採水日：1996年5月19日(日)曇

試料番号	採水地点	概況
①	鹿 の 湯 橋	日の出町、上流に日本セメントの工場がある
②	東 平 井 橋	日の出橋の隣の橋、川底のよごれが目立つ
③	南 小 宮 橋	草花公園脇、公園内の湧水合流後
④	多 西 橋	平井川の多摩川合流直前

備考：平井川上流部の大久野橋、西平井橋は河川工事中であり、水量はゼロ。

表 5 - 2 (a) 秋川流域の河川水・湧水の水温、DO、pH

試料番号	採水地点	水 温 (°C)	DO (O ₂ mgL ⁻¹)	pH
1	数馬第一駐車場	7.7	9.09	7.68
2	大 向 橋	11.0	7.45	7.75
3	北 秋 川 橋	11.6	5.70	8.04
4	和 田 橋	11.8	7.00	7.94
5	小 和 田 橋	13.0	7.02	7.98
6	秋 留 橋	13.8	5.22	7.93
7	秋留橋側農業用水	13.7	9.17	8.07
8	二 宮 湧 水	16.6	3.28	5.96
9	八 雲 湧 水	15.5	5.18	6.01
10	舞 知 川	14.7	6.55	6.69
11	東 秋 川 橋	14.4	6.13	7.89
12	睦 橋	14.2	6.33	7.05

表 5 - 2 (b) 平井川の水温、DO、pH

試料番号	採水地点	水 温 (°C)	DO (O ₂ mgL ⁻¹)	pH
①	鹿 の 湯 橋	20.3	5.25	9.40
②	東 平 井 橋	20.0	7.09	9.35
③	南 小 宮 橋	18.5	5.67	8.66
④	多 西 橋	19.9	6.11	9.57

表 5 - 3 (a) 秋川調査結果

採水日 : 1996/5/18、19

	濃 度 (mg L ⁻¹)											δ ¹⁵ N (‰)
	NO ₃ -N	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ -N		
1	0.61	ND	7.33	1.21	ND	ND	3.31	7.66	1.30	ND	-0.20	
2	1.09	ND	16.3	3.08	ND	1.76	9.75	27.7	3.92	ND	2.18	
3	1.11	ND	13.1	3.05	ND	2.38	13.7	47.1	7.43	ND	2.35	
4	0.91	ND	11.9	2.44	ND	2.56	14.9	38.5	6.97	ND	2.25	
5	1.19	ND	13.4	3.20	ND	2.11	12.1	37.9	5.74	ND	3.22	
6	1.38	ND	17.0	3.25	ND	1.65	9.44	27.0	4.22	ND	5.44	
7	1.37	ND	16.8	4.37	ND	3.25	17.6	48.9	8.53	ND	—	
8	9.28	ND	26.6	14.8	ND	1.18	15.0	24.8	9.24	ND	8.75	
9	8.98	ND	26.3	16.9	ND	3.84	50.2	75.4	27.6	ND	7.95	
10	8.60	ND	27.6	15.3	ND	4.74	55.0	90.1	34.3	ND	9.64	
11	1.99	ND	18.2	6.93	ND	3.37	19.1	36.0	7.75	ND	6.72	
12	1.13	ND	15.8	5.82	ND	3.42	27.1	40.9	761	ND	7.17	

表 5 - 3 (b) 平井川調査結果

採水日 : 1996/5/18、19

	濃 度 (mg L ⁻¹)											δ ¹⁵ N (‰)
	NO ₃ -N	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ -N		
①	2.26	ND	53.2	8.44	ND	2.37	12.8	41.7	7.12	ND	8.73	
②	3.85	ND	100	14.8	ND	3.27	18.2	50.5	10.5	ND	9.31	
③	10.3	ND	135	35.6	ND	3.37	26.4	45.9	11.3	ND	10.7	
④	4.35	ND	44.4	14.2	ND	3.19	23.6	32.3	9.56	ND	10.6	

表 5 - 4 (a) 秋川流域の河川水・湧水のNO₃-N濃度及びδ¹⁵N値

試料番号	採水地点	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	δ ¹⁵ N (‰)
1	数馬	0.61	-0.20
2	大向橋	1.09	2.18
3	北秋川橋	1.11	2.35
4	和田橋	0.91	2.25
5	小和田橋	1.19	3.22
6	秋留橋	1.38	5.44
7	農業用水	1.37	—
8	二宮湧水	9.28	8.75
9	八雲湧水	8.98	7.95
10	舞知川	8.60	9.64
11	東秋川橋	1.99	6.72
12	睦橋	1.13	7.17

表 5 - 4 (b) 平井川のNO₃-N濃度及びδ¹⁵N値

試料番号	採水地点	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	δ ¹⁵ N (‰)
①	鹿の湯橋	2.26	8.73
②	東平井橋	3.85	9.31
③	南小宮橋	10.3	10.7
④	多西橋	4.35	10.6

7.95～9.65%と高い値を示すことなどより、台地上で営まれている畜産業の廃棄物に由来する硝酸態窒素が湧出しているものと推定される。

ちなみに、1996年1月1日現在において、あきの野市における牛の飼育頭数は810頭、豚の飼育頭数は221頭、養鶏数は26,357羽であった（あきる野市、1996）。

このように秋川下流では主として秋留台地における農業起源の硝酸態窒素を流入させつつ、多摩川に合流する。

八雲湧水流入後の秋川（東秋川橋）の硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値はそれぞれ 1.99mg L^{-1} と6.72%であり、二宮湧水と平井川が流入した、秋川流入以前の多摩川（睦橋）は硝酸態窒素濃度 1.13mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値7.17%となっている。

平井川についての分析結果は表5-3(b)、表5-4(b)に示すようである。

平井川の下流部について調査地点1、2、4と下流に行くにつれて硝酸態窒素濃度は 2.26mg L^{-1} から 4.35mg L^{-1} まで上昇し、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は8.73～10.6%と漸増している。これらは何れも家庭排水の影響を示すものである。地点3は草花公園からの流入水であるが、硝酸態窒素は 10.3mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は10.7%を示している。 $\delta^{15}\text{N}$ 値がその流入前後で殆ど同じであることは、平井川に流入する硝酸態窒素の起源は、同一の性質のもの、すなわち流域の住民の生活廃棄物、排水などであることを強く示唆するものである。

なお、以上の述べた硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化を見やすく示したものが図5-6及び図5-7である。

4) 要約

秋川及び平井川について窒素汚染の現状について調査した。

- (1) 秋川の源流部での水の硝酸態窒素濃度は低く、雨水に由来するものと推定された。
- (2) 秋川は次第に流域の農業活動の影響を受け、化学肥料由来の硝酸態窒素を流入させながら流下する。下流部においては、生活排水の影響も現れてくる。
- (3) 秋留台地の崖下に湧出する湧水は台地上の農業とくに畜産業の影響を強く受け、その硝酸態窒素濃度は $8.98\sim 9.28\text{mg L}^{-1}$ と極めて高く、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も7.95～8.75%と高い値を示している。
- (4) 平井川は流域の開発の影響を受け、生活廃棄物、排水の影響を受けて、硝酸態窒素濃度を増加させている。

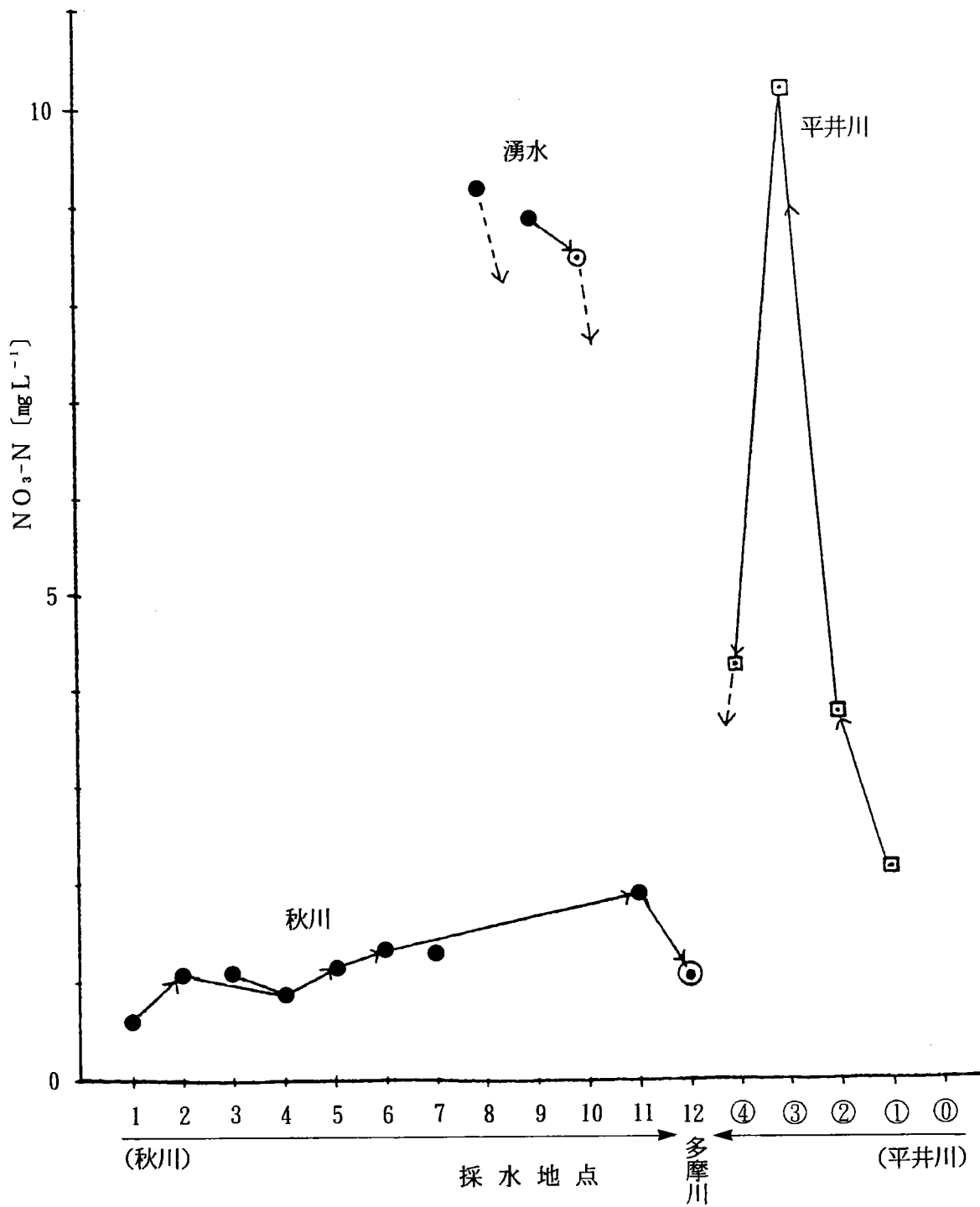


図5-6 秋川、平井川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 値

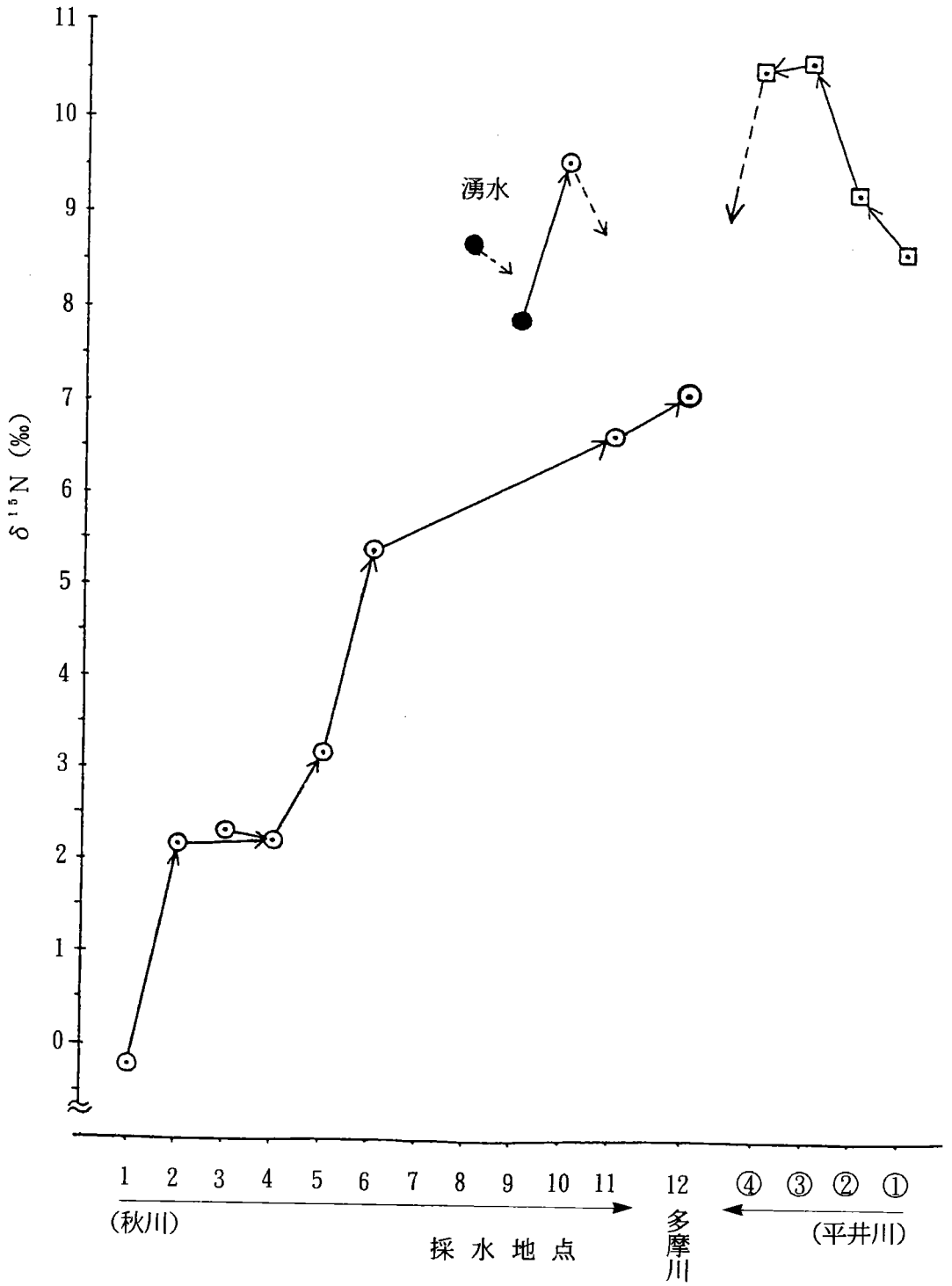


図5-7 秋川、平井川の $\delta^{15}\text{N}$ 値

6章 浅川

1) 概況

浅川は多摩川に流入する支流のうち秋川に次ぐ156.1km²の流域を持つ一級河川である。それは八王子市と神奈川県境の陣馬山(857m)に水源を發し、案下川として流下し醍醐川を合流し北浅川となり、更に山入川、小津川、大沢川、城山川等を合流し、鶴巻橋上流で高尾山(599m)及び小仏峠付近を源とする南浅川が合流し、以後浅川として八王子市街を西から東へと流下し、川口川、山田川、湯殿川等を合流し、日野市百草で多摩川本流に注ぐ全長35.6kmの一級河川である(図6-1)。

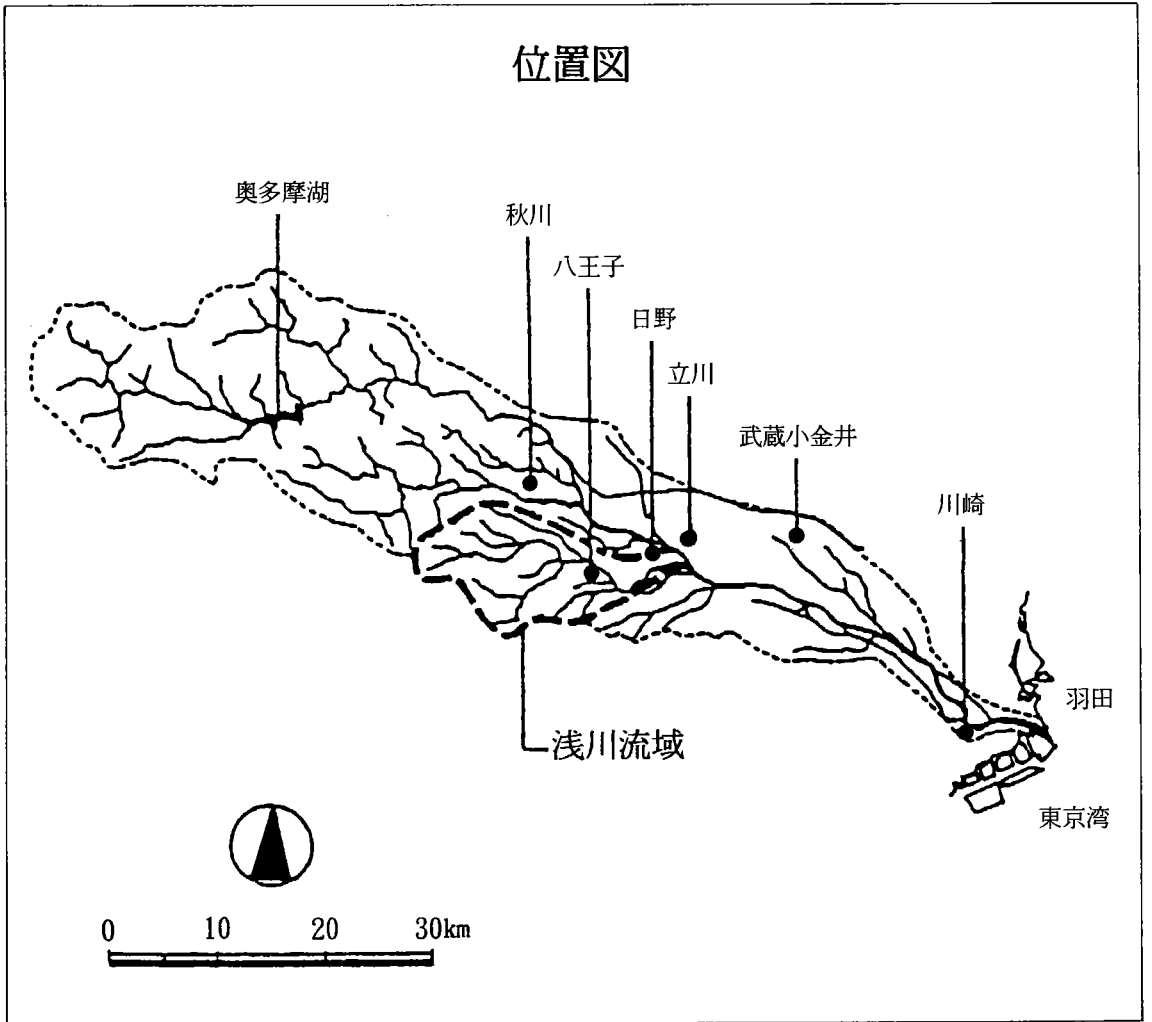


図6-1 浅川流域

北浅川の上流は森林に覆われた自然や古い歴史を持つ地域であるが、特に南浅川を中心に、都心から八王子市への大学移転やニュータウン開発が急速に進み、浅川の支流も河川開発が進み、典型的な都市型河川である。

浅川下流に位置する日野市は農業用水路が発達し、左岸側には日野用水、豊田用水、右岸側には平山用水、向島用水等があり、多摩川合流地域の沖積地には稲作を中心とした農業が発達してきた。近年、この用水路を生かした新しい街づくりが進められている。

浅川流域はこのような急激な都市化の影響で下水処理施設などの不完備などもあり、水質の悪化が問題になっていた。

1984（昭和59）年11月20日の調査によると、この浅川源流域においては、トイレは汲み取り式61%、浄化槽38.0%、不明1.0%となっており、下水道の普及が待たれていた。1985年における調査によると、表6-1のような値が示されている（加藤・小倉1990）。

南浅川は小仏川と案内川を合流しさらに初澤川を加えて北浅川と合流しているが、その南浅川流域での家庭排水などの流入による汚染が著しく、その浄化対策として、木炭浄化法が市民運動的に行われてきた。結果として臭気が少なくなりアンモニアの減少も認められたという（加藤・小倉、1990）。

表6-1 1985年における浅川上流域の水質調査の一例

〔加藤・小倉、1990〕

流 域	E S μ S	亜硝酸 ppm	アンモニア ppm	COD ppm	流域人口 人
小 仏 川	109	0.02	0.5	3	1,520
案 内 川	94	0.05	0.6	3	1,830
花 屋 横	200	0.18	2.4	7	945
初 沢 川	139	0.52	1.4	4	3,988
南 浅 川	153	0.34	1.7	4	5,802

備考：小仏川流域は、小仏側溝、小仏合流点、摺指、老人ホーム、荒井天神、駒木野病院前
案内川流域は、高雄山口祈禱殿、氷川神社前、落合橋下（合流点）
花屋横流域は、花屋敷下水口、大島椿
初沢川流域は、初沢川（合流前2カ所）
南浅川流域は、甘里会館裏、熊野神社合流点、多摩御殿橋下
で採水している。

岸本（1996）も八王子市浅川地区の主婦団体の水質浄化運動を紹介し、次のように述べている。「昭和60年、関東地域に風雪害が発生し、その雪折れ木材を炭材として、東京都八王子浅川地区の主婦団体が地元の国立林業試験場木炭技術研究室長杉浦技官の指導で、伏焼炭を焼き、浅川に沿う幅2m程度の小川に木炭20kgを布袋に入れ、その12袋を小川の底に敷き並べた。すると家庭排水で汚染され、臭くて魚もいない小川が1カ月半後、臭気は無くなり、魚もみられ、夏にはホタルも舞う小川になった。」

南浅川は特に水質が悪化している。ある記事によると（とうきゅう環境財団：多摩川、1996年12号）「今年9月の東京都環境保全局の発表によると、南浅川の下流端に近い八王子市の横川橋付近のBODは基準値の4倍もあり、都内のワースト1位となった。原因は下水道の普及率の低さと生活雑排水の混入によるものとされている。浅川の鶴巻橋を300メートルほど遡ると南浅川の合流点になる。水無瀬橋を過ぎ、南浅川は市街地のなかをゆっくりと流れて行く。生活雑排水の影響もあり、川底は見えるのであるが、泥に覆われており、近づくとかなり臭う。」とある。

本節においては、北浅川を中心に浅川流域における窒素汚染状況を調査解析した。

2) 採水期日及び採水調査地点の概要

1996年11月5日、北浅川の源流に近い和田峠から南浅川合流後の浅川中流域までの12カ所において採水した。採水地点は図6-2に示すとおりである。

採水地点の概況は表6-2に示してある。

採水開始地点(1)は、陣馬山近くの和田峠から陣馬街道を約1km下がった左側の上恩方町の杉の山林下のヒューム管から流出している山水を採取した。なお和田峠は浅川（北浅川）の源流の一つである案下川の発する陣馬山下の峠であり、付近に熊野神社があり、古来から八王子方面と神奈川県津久井方面を結ぶ交通路となっていた。近年はハイキングの適地となっている。峠には茶屋があるが、飲料水は峠下の排水管から運んでくる。

採水地点(2)は、支流の案下川上流にある南郷林道工事入口の沢水を採取した。この沢は草木で覆われた幅50cm位の清流である（和田峠から3.3km位のところ）。

地点(3)は、陣馬街道沿いに下り、案下川と醍醐川の合流地点の落合橋が架かる関場の醍醐川下流で採水した。醍醐川はコンクリートの堰から案下川の方へ流下している。この上流の陣馬高原下には民家が数10軒存在していた。

地点(4)は関場の落合橋上流の醍醐川と合流直前の案下川下流で採水した。川には藻類が多く、川の両岸は雑木で囲まれた谷川であり、水は清澄であった。

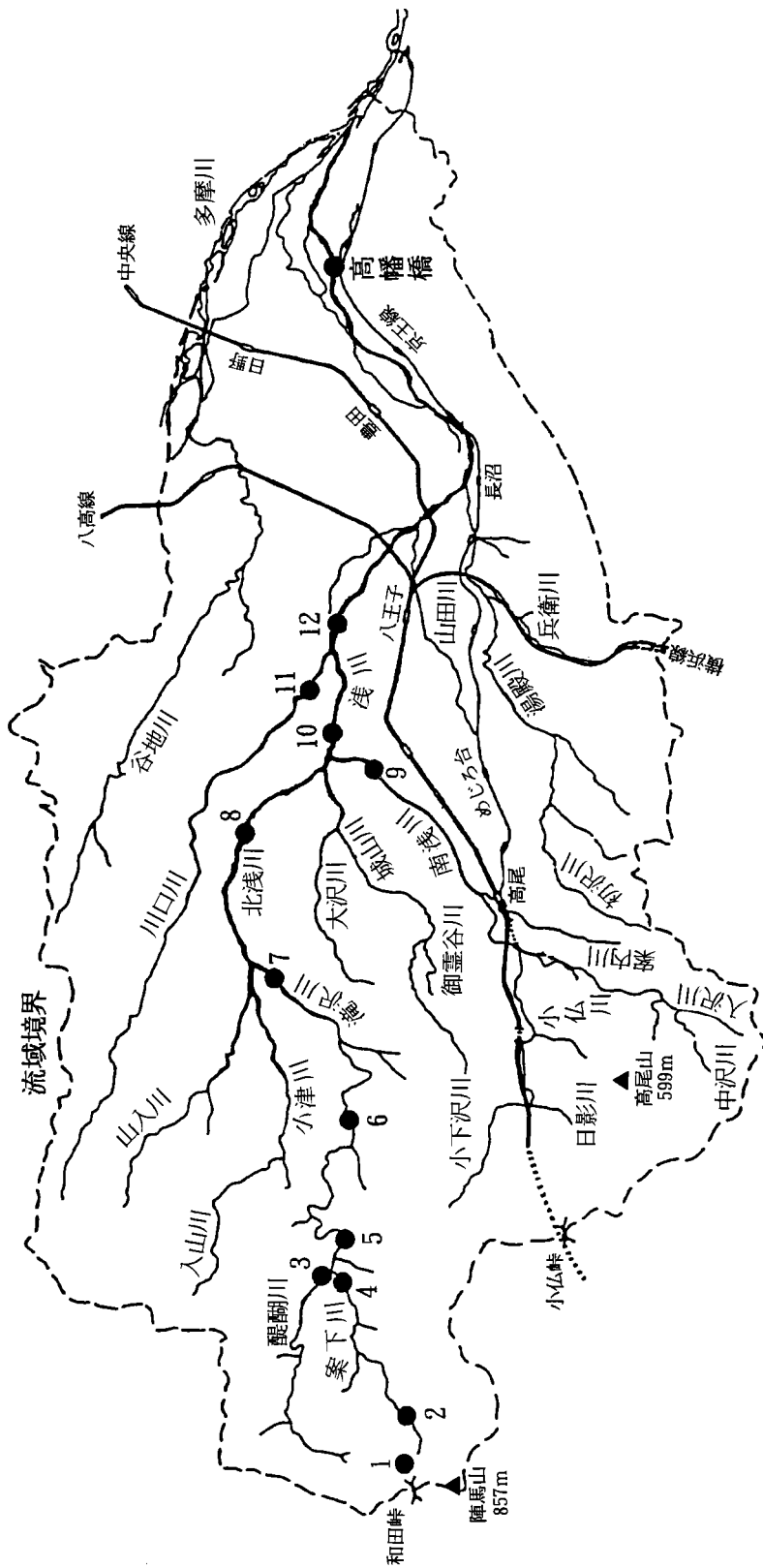


図6-2 浅川流域の採水地点

表6-2 浅川流域での採水地点と概況

番号	地点名	概況
1	和田峠下	杉林からの湧水。杉林内には残枯れ枝などが多い。
2	南郷林道入口	案下川上流。人家はないが上流にはキャンプ場がある。
3	落合橋	醍醐川下流。
4	関場	案下川下流。上流に上案下、下案下、川井集落がある。
5	高留橋	北浅川上流。案下川と醍醐川の合流点。水量は豊富で、付近に「夕やけ小やけの碑」がある。
6	佐戸橋	山合いには畑があり、川辺に草が多い。
7	元木橋	清澄だが、川底に藻類が観察され始める。
8	松枝橋	南浅川合流前。川底の藻類が濃くなる。
9	水無瀬橋	南浅川。浅川合流前。鯉が遊泳しているが、水質汚染は著しく、川底には污泥が沈着している。
10	鶴巻橋	南浅川合流後。八王子市役所裏。下水処理水の流入後で、水量は多くなるが汚染感は強まり、下水処理場臭がする。
11	山王橋	川口川。浅川合流前。汚染感著しく、流量は多いが、透明度は低い。
12	暁橋	浅川。川口川合流後、多摩川合流前。水量は多いが、焦臭気あり。

地点(5)は、醍醐川と案下川が合流した地点から約200m下流の高留橋上流で採水した。この近くの宮尾神社には、中村雨紅の夕焼け小焼けの歌碑が建っている。

地点(6)は平坦になってきた陣馬街道を下った佐戸橋下で採水した。ここまで来ると、北浅川の川幅は10~15m程度で、流れもゆるやかであり、両岸は、コンクリートブロックになっている。近くには農家もあり、野菜畑が見られ、佐戸橋真上左岸にはゴミの焼却跡があり、民家からの汚水が流入していた。

地点(7)は、支流の山入川、小津川の合流前の元木橋で採水した。ここまで来ると、河川幅は広く、住宅の数も多くなっている。河川はブロックに囲まれ、流水の横は雑草で覆われていた。

元木橋の北西約500m先で、支流の山入川と小津川の合流直後の所に紙谷橋がある。この両支流は流れが極めて少なく、溜まり水のようにあり、水質は汚染しているようであった。この一帯の川は一面に雑草や、水草で覆われ、富栄養化の進行を示していた。特に上流を見ると、山入川の方が水草や雑草で全く覆われていた。両岸は雑木林である。

地点(8)は、元木橋から約4km下流の松枝橋の右岸下流で採水した。ここは広大な駐車場の空き地の横に不法耕作地の続く河川敷がある所で、川幅もかなり広がっている。

地点(9)は南浅川下流の陣馬街道と南浅川が交差する水無瀬橋で採水した。両岸はコンクリートブロックで民家も多く、またゴミ投棄も多かった。

地点(10)は、南浅川が合流した直後の八王子市役所横の鶴巻橋下流の浅川右岸で採水した。この付近の浅川は川幅も広く、河川敷の河岸段丘には芝が植えられて管理させている。コンクリートブロックにより2段になった都市型河川である。中洲もあり、玉砂利も多いが、下水臭がし、空気も汚染感を含んでいた。

地点(11)は、浅川合流前の支流の川口川の下流の山王橋下で採水した。

地点(12)は、川口川が合流した後の浅川の睦橋で採水した。両岸は高いコンクリートブロックで、河川中にも大きなブロックがあり、川幅も広がっている。流れは緩やかになっている。

浅川はさらに浅川大橋、大和田橋、新浅川橋、高幡橋、新井橋等を経て、日野市百草で多摩川本流へと注いでいる。

各採水地点において採取した水は、現地においてpH、D₀、水温、気温を測定した後、実験室で無機イオン濃度を分析し、また硝酸態窒素、アンモニア態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

3) 結果及び考察

採水地点で測定したpH、D₀、水温、気温の測定結果は表6-3に示すようである。

表6-3で分かるように、各河川ともにpHは中性~弱アルカリ性であり、D₀は八王子市街地近傍になると次第に低下している。とくに上流部では気温よりは水温が低く清冽感であったが、南浅川との合流点付近から下流にかけては(試料水8~12)気温よりも水温が高くなっていることが分かる。このことは、これらの地点におい

表6-3 浅川のpH、DO、水温、気温

番号	地点名	pH	DO (O ₂ mg L ⁻¹)	水温 (°C)	気温 (°C)
1	和田峠下	7.03	5.71	13.2	16.5
2	南郷林道入口	7.27	6.47	12.9	18.3
3	落合橋	7.29	6.29	13.5	16.9
4	関場	7.52	6.35	13.3	16.9
5	高留橋	7.62	7.93	13.1	14.0
6	佐戸橋	7.46	7.15	13.5	15.2
7	元木橋	7.37	6.51	14.8	15.4
8	松枝橋	7.25	5.88	15.6	15.4
9	水無瀬橋	7.33	4.92	15.8	15.2
10	鶴巻橋	7.40	5.21	15.7	14.7
11	山王橋	7.31	5.52	16.3	14.8
12	暁橋	7.42	5.03	16.2	15.2

ては、家庭雑排水などの影響が強く出ていることを示唆するものである。

表6-4には浅川及び流域河川の無機イオン濃度が示してある。また先年(1994年8月)調査した高幡橋下の水についての結果も参考に附記してある。

図6-3に浅川の各採水地点における窒素濃度を図示した。

表6-4で分かるように、採水地点(1)の源流部から北浅川上流の採水地点(6)の佐戸橋までは、硝酸態窒素濃度は1.16mg L⁻¹から1.52mg L⁻¹まで漸増している。これは雨水及び土壌有機物の分解に由来する窒素に対し、徐々に周辺農業の影響が現れ、また生活排水などの混入も始まっていることを示すものである。とくに採水地点(7)の元木橋から採水地点(8)の松枝橋までの間において硝酸態窒素濃度が増大し2.89mg L⁻¹に達している。また微量のアンモニア態窒素が出現したことは、人家の増加を反映し、生活排水由来の窒素の流入が増加していることを示す。

南浅川の汚染は著しい。各種イオン濃度も北浅川と比べて著しく高く、とくに硝酸態窒素濃度は49.3mg L⁻¹にも達し、また72.6mg L⁻¹もの高濃度のアンモニア態窒素が検出された。これらのことは、南浅川に対しては、多量の生活排水、尿尿処理水、あるいは浄化槽排水等を含む生活排水の流入があることを示している。pHが7.33であることは、このアンモニアが川の表面から揮散していることを示すもので

表6-4 浅川及び流域河川の各種イオン濃度

番号	地点名	イオン濃度 (mg L ⁻¹)									
		NO ₃ -N	NO ₂ -N	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ -N	
1	和田峠下	1.16	ND	3.16	3.01	0.84	7.91	14.0	5.33	ND	
2	南郷林道入口	1.32	ND	6.83	3.70	1.59	13.4	28.9	6.05	ND	
3	落合橋	1.30	ND	8.74	3.30	ND	3.72	8.27	1.43	ND	
4	関場	1.45	ND	7.94	3.45	ND	2.96	6.62	1.14	ND	
5	高留橋	1.30	ND	7.85	3.16	1.82	14.5	29.4	6.71	ND	
6	佐戸橋	1.52	ND	8.59	3.63	3.51	25.1	54.9	12.2	ND	
7	元木橋	2.23	ND	10.1	6.79	2.55	18.5	29.2	7.18	0.28	
8	松枝橋	2.89	ND	23.7	8.53	4.39	31.1	55.6	15.7	0.38	
9	水無瀬橋	49.3	ND	111.7	39.1	10.6	69.4	85.3	23.5	72.6	
10	鶴巻橋	4.42	0.08	38.8	13.1	5.35	41.4	38.6	9.52	3.16	
11	山王橋	3.13	0.08	22.5	22.0	4.66	26.5	30.7	10.2	1.41	
12	晧橋	3.57	0.08	42.8	17.9	2.79	24.3	17.7	4.34	0.70	
参考	高幡橋	4.19	—	34.7	26.4	5.6	27.2	50	ND	—	

(浅川下流、多摩川合流直前、1994/8/9)

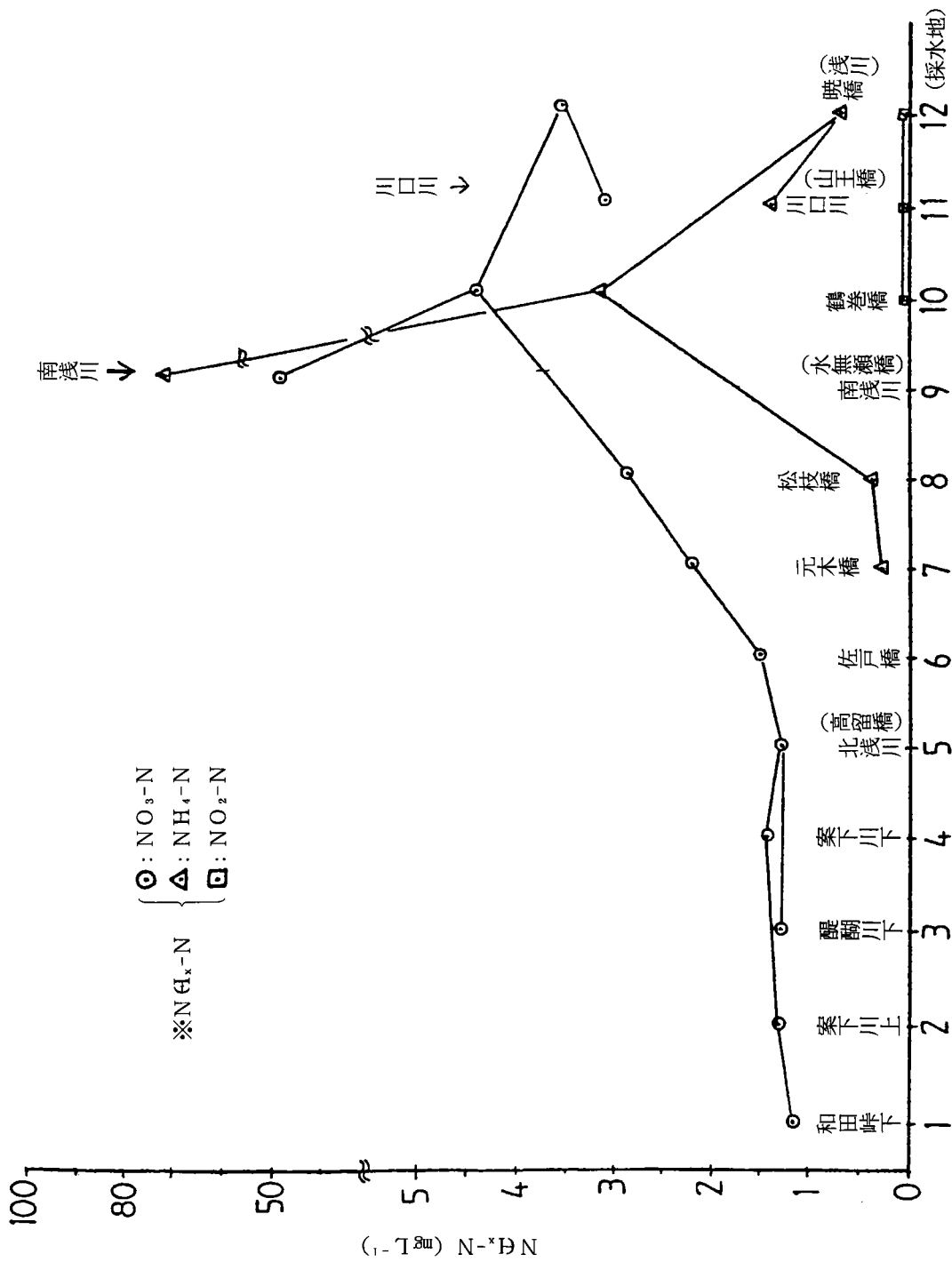


図 6-3 浅川の窒素濃度

あり、周辺地域に漂う臭気の根源となっている。

浅川の硝酸態窒素濃度は南浅川の合流により著しく高まり採水地点(10)の鶴巻橋で 4.42mg L^{-1} に達した後、同程度の硝酸態窒素濃度 (3.13mg L^{-1}) を持つ川口川 (採水地点11、山王橋) を合わせて流下する。下流の暁橋 (採水地点12) での硝酸態窒素濃度は 3.57mg L^{-1} である。

南北浅川の合流後の浅川はアンモニア態窒素濃度を次第に下げながら流下するが、pHは7.3~7.4に保たれ、硝酸態窒素は 4.42mg L^{-1} から 3.57mg L^{-1} に低下する一方で、アンモニア態窒素濃度も 3.16mg L^{-1} から 0.70mg L^{-1} に低下している。このことは、この間においてはアンモニアの硝酸化成作用よりはアンモニア揮散による窒素濃度の低下が起きているのではないかと推定される。川原に生育している植物、川底の藻類などによる窒素の吸収除去作用などもあると考えられるが、その程度は僅かではなかろうか。

硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は佐戸橋 (地点6) 以後次第に大きくなり、生活排水の流入の増大を示しながら、元木橋で5.07‰、松枝橋では8.29‰に達している。硝酸態窒素濃度も 2.89mg L^{-1} に増加している。

採水地点(9)の水無橋は南浅川の下流部であるが、硝酸態窒素濃度も高く 49.3mg L^{-1} であったが、とくにアンモニア態窒素が 72.6mg L^{-1} の高濃度に検出された。この硝酸態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は4.15‰であるので恐らく北浅川の元木橋、松枝橋 (地点7、8) と同様な流域の状況であると考えられたが、アンモニア態窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値は-1.91‰を示した。この値からみると、このアンモニアの汚染源は化学合成によるアンモニアであることを示している。しかも調査地点の近くで河川に流入していると考えられる。表6-4のイオン分析の結果は地点(9)においては硫酸イオン濃度が他の地点と比べて極めて大きな値を示している。すなわち、硫酸アンモニアの流入が推測されるのである。

地点(9)の近傍で流入したアンモニアは次第に硝酸に変化しながら浅川を流下している。南浅川下流及び合流後の浅川は明らかな悪臭が感じられたことから水面からのアンモニア揮散も起きていると推定された。そのため地点(10)の鶴巻橋では $\delta^{15}\text{N}$ 値が8.62‰と高くなり、さらに地点(11)の山王橋ではアンモニア態窒素濃度は 1.41mg L^{-1} に低下するが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は28.6‰と高くなっている。アンモニア揮散による $\delta^{15}\text{N}$ 値の増大部分も多いと推定される。

この間硝酸態窒素濃度は水量の増加の影響もあり $3.42\sim 3.13\text{mg L}^{-1}$ 程度に止まるが、 $\delta^{15}\text{N}$ 値はアンモニアの硝酸化成による供給の影響もあり10‰に迄上昇している。

1994年8月の多摩川本流を中心にした調査時において、浅川では、下流の高幡橋で採水調査したが、その時の硝酸態窒素濃度は 4.19mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は15.9‰であった。この浅川が合流する直前の多摩川本流の日野橋で、硝酸態窒素濃度 2.96mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値15.2‰であったことから、浅川特に南浅川の流入が多摩川の窒素汚染に大きく関与していることが明らかになった。

1994年8月の調査時（本文1章）における多摩川本流を中心にした調査時において、浅川では、下流の高幡橋で採水調査したが、その時の硝酸態窒素濃度は 4.19mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は15.9‰であった。この浅川が合流する直前の多摩川本流の日野橋で、硝酸態窒素濃度 2.96mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値15.2‰であったことから、浅川特に南浅川の流入が多摩川の窒素汚染に大きく関与していることが明らかになった。

4) 要 約

北浅川の源流から多摩川本流へ合流するまでの区間における浅川流域の河川についての窒素汚染の状況を調査解析した。

- (1) 浅川源流の陣馬山麓の水は硝酸態窒素濃度 1.16mg L^{-1} の清澄さを保ち、次第に農業由来の窒素を加えて流下するが、上流部では硝酸態窒素濃度は 1.52mg L^{-1} 以下の値を保っていた。
- (2) 浅川中流部の南浅川合流前においては、生活排水の影響により、硝酸態窒素濃度は 2.89mg L^{-1} 程度までに高まった。
- (3) 南浅川は極度に尿尿処理排水・生活雑排水の影響により汚染され、硝酸態窒素濃度 49.3mg L^{-1} 、アンモニア態窒素濃度 72.6mg L^{-1} の高濃度を示した。川面から周辺環境への多量のアンモニアの揮散があると推定される。
- (4) 南浅川合流後の浅川は同程度の汚染をしている川口川を合流させて、硝酸態窒素濃度 3.57mg L^{-1} 程度で多摩川と合流しているが、それまでにアンモニア態窒素は揮散等により 0.70mg L^{-1} 以下に減少している。

Ⅲ 総合考察

多摩川は山梨県笠取山(1,953m)に源を發し、東京都と神奈川県との行政境を形成しながら東京湾に注ぐ一級河川で、関東地方の代表的な都市河川でもある。

多摩川水系には大小の多くの支流がある。その主なものは、源流近くの丹波川から始まり、日原川、秋川、浅川、野川等であり、またその支流の各々流域界を形成している。

今回の調査対象地は、1)多摩川の源流近くの沢水から奥多摩湖を経て中下流の丸子橋までの多摩川本流、2)日原川流域、3)野川流域、4)仙川・玉川用水流域、5)秋川・平井川流域、6)浅川流域である。

本研究では、窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$)法を用いて、多摩川水系の河川水等の窒素汚染源を明らかにし、多摩川の窒素汚染源の浄化と除去対策の確立を目指した。

1) 多摩川本流

多摩川本流は、1994年4月に源流近くの沢水から日原川下流の5地点、1994年8月に都発電所から是政橋までの10地点及び1994年12月に、多摩川原橋から中下流の丸子橋までの8地点の合計23地点で採水調査した。

- (1) 多摩川の本流及び主な支流について、無機イオン濃度及び $\delta^{15}\text{N}$ 値等を測定した結果、河川の流下に伴い、窒素汚染が進行し、それらの値も増大していくことが明らかになった。
- (2) 多摩川本流の水質は、多摩川橋から睦橋へ流下する間に硝酸態窒素濃度及び $\delta^{15}\text{N}$ 値等が急増していることから明らかなように、この間に玉川用水として大部分の水を取水している羽村堰を境にして大きく分けられた。
- (3) 源流近くの沢水は 0.02mg L^{-1} 程度であるが、流下するに従って人為的影響が加わって、上流部では水道水源の奥多摩湖に至る間に、 $0.10\sim 0.35\text{mg L}^{-1}$ に増加した。

それに従い、 $\delta^{15}\text{N}$ 値も $+1.05\sim +1.14\%$ に微増したが、まだこの流域付近では、東京都の水道水源林などになっていることから、水質は良好に保たれていた。

- (4) 中流部では支流から流入する汚染物質が次第に増加し、硝酸態窒素濃度は $0.44\sim 1.61\text{mg L}^{-1}$ を示した。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、大部分が $+5.2\sim +9.2\%$ を示し、家庭排水、浄化槽排水等の影響を推定したが、中には $+2.4\%$ と農業由来と推定される低い値を示す地点もあった。

特に、浅川下流では硝酸態窒素濃度が 4.19mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $+15.9\%$ と著し

い窒素の人為的汚染度を示している。

- (5) 下流部でも流入する支流の窒素汚染度は大きく、硝酸態窒素濃度は $3.42\sim 6.64\text{ mg L}^{-1}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $+10.1\sim +12.7\text{‰}$ の高い値を示した。
- (6) 結果として、多摩川本流は奥多摩湖又は、平井川の合流以前の多摩川橋までは、比較的窒素汚染の少ない、僅かに生活由来、農業由来の窒素の混入を認める程度であり、水質は清澄性を保っている。しかし、玉川取水堰より下流では、水質は徐々に浄化槽処理排水、下水処理排水の影響を強く反映し、人為的汚染の大きな支流の流入につれて硝酸態窒素濃度は高くなり、 7 mg L^{-1} 程度の濃度で東京湾へ流入している。
- (7) 多摩川は東京都の水道水源保全林等に守られた清澄な源流が、次第に生活排水や農業による窒素により汚染されてくるが、特に中流、下流で合流してくる支流は、その流域における都市開発の影響を強く受けた、都市排水に由来する窒素を高濃度に含有しているため、徐々にその影響を増し、汚染度が増大してくる。

2) 日原川

多摩川の支流中で人為的汚染の最も少ない河川の一つと考えられる日原川について、1995年10月に上流から下流の水川までの7地点8カ所で採水調査し、その硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

- (1) 日原川は、森林の有機物分解によると考えられる窒素が低濃度ではあるが、上流部で検出された。
一般に、渓流水の硝酸態窒素は雨水に由来すると考えられ、その $\delta^{15}\text{N}$ 値はマイナスの値を示した。
- (2) マスの養殖やバーベキュー・キャンプ場等による窒素汚染も明らかに検出されたが、濃度的には大きな影響は与えていなかった。
- (3) 日原川のような人為的汚染の少ない河川の渓流水の $\delta^{15}\text{N}$ 値は $-1\sim +2\text{‰}$ 程度の値を示していると見て良いことが明らかになった。

3) 野川

野川は国分寺市の恋ヶ窪を水源として「はけ」と呼ばれる武蔵野台地の端にある国分寺崖線の湧水を集め、途中入間川、仙川等を合流し二子玉川で多摩川へ合流する都市郊外型河川で、下流には「野川浄化施設」がある。

今回の野川の採水は、もう一カ所の湧水源である武蔵国分寺近くの「真姿の池」から「新多摩川大橋」までの15地点で湧水、河川水を採取し、その各種イオン分析

及び $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定分析し検討した。

採水は1995年6月19日及び1995年6月21日に行った。

- (1) 野川は国分寺崖線の「はげ」からの湧水を主要な水源としているが、これらは一部を除き、硝酸態窒素濃度は $4.50\sim 6.48\text{mg L}^{-1}$ で、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は $+4.67\sim +5.34\text{‰}$ の範囲にあった。

これは、この流域が長年に渡り化学肥料等の影響を受けつつ集積してきた土壌表層の有機物の分解に由来する窒素であると推定される。

- (2) 一部の湧水は硝酸態窒素濃度が高く $\delta^{15}\text{N}$ 値も高くなっていたが、周辺からの家庭排水の浸透処理の影響ではないかと推定された。
- (3) 野川は流下するに従い、次第に河川自体の浄化作用や、脱窒作用により硝酸態窒素濃度を減少させ、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を増大させた。
- (4) 仙川下流の窒素の汚染は著しく、仙川合流により野川の水質は悪化したが、「野川浄化施設」等により、水質は改善され、多摩川本流へと合流している。
- (5) 「野川浄化施設」は「礫間接触酸化方式」の浄化施設で、脱窒作用が起きていることが確認された。

4) 仙川・玉川用水

仙川は小平市と小金井市境付近を源として、上流部はコンクリートの水路で本来の河川らしさは三鷹市の野川宿橋より下流である。

仙川流域には、下流の勝淵神社周辺に豊富な湧水源がある。この湧水を「水循環施設」のポンプにより「人工湧水」として、仙川は逆送して、仙川の清流復活を試みている。

また、野川への合流直前には「仙川浄化施設」があり、等々力溪谷の自然環境回復を図る「清流復活事業」を東京都は行っている。

仙川の採水調査は、1996年2月に採水可能な野川宿橋より下流の5カ所で行った。玉川用水は、喜平橋と櫻橋の2カ所で採水した。

- (1) 仙川は源流部のコンクリート製のU字溝には水は全く無く、溜り水が所々で凍っていた。
- (2) 中流部から「人工的湧水」を逆送して水流を復活しているが、硝酸態窒素濃度は $7.30\sim 9.42\text{mg L}^{-1}$ と高く、途中で三鷹市の下水処理排水が流入してくると、アンモニア態窒素と亜硝酸態窒素も検出されるようになった。
- (3) $\delta^{15}\text{N}$ 値の分析結果から、中流部へ供給されている「人工的湧水」は家庭排水の浸透処理の影響を受けている湧水と推定され、下流部ではアンモニアの硝酸化

成作用を伴いながら下水処理水由来の窒素が流下していることが分かった。

- (4) 玉川用水は、下水処理水の性質をそのまま反映して流れており、流下中での脱窒作用による窒素浄化作用は10%程度の僅かな量であることが明らかになった。

5) 秋川・平井川

秋川は多摩川水系最大の支流で、東京西多摩の山岳地帯の三頭山麓に源を発し、南秋川として檜原街道沿いに流下し、途中檜原村本宿で北秋川を合流し、あきる野市五日市で平坦部に出て、秋留台地の南側に接して東流し、八王子市高月町地先で多摩川に合流している一級河川である。

上流の秋川渓谷は、清流や森林の自然の景観が残っている。

下流の秋留台地は秋川と平井川とに囲まれた透水性の良い島状の洪積台地で、数多くの湧水群が存在し、古来から人間活動の中心となっていて、遺跡も多い。

土地利用状況は、以前は農業中心であったが、近年住宅や工場の進出による都市化が進み、混在した形態になっている。

本研究では、1996年5月秋川源流近くの溪流の数馬から南北秋川及び秋留台地の湧水のうち二宮神社、八雲神社両境内からの湧水を含めて、多摩川へ流入するまでの12カ所で採水調査した。

平井川は、中上流の西平井橋では河川工事中で、表流水が全くなかったため、その下流の鹿の湯橋から草花公園を経て、下流の多西橋までの4カ所で採水調査をした。

- (1) 秋川は、いずれの地点でも、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素及びリン酸イオンは検出されなかった。硝酸態窒素濃度は源流近くから武蔵五日市駅近くの小和田橋までの秋川渓谷では $0.61\sim 1.19\text{mg L}^{-1}$ と低い値を示した。しかし、市街地を流下するに従って微増した。
- (2) 秋留台地の2カ所の湧水の硝酸態窒素濃度は $9.28、8.98\text{mg L}^{-1}$ と高い値を示し、この台地での人間活動の影響を窺わせ、秋川の清流及び多摩川本流の水質汚染源となっている。
- (3) 平井川も、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素及びリン酸イオンは検出されなかったが、この河川も秋留台地の影響を受けて、硝酸態窒素濃度及び $\delta^{15}\text{N}$ 値が高くなっている。

特に、南小宮橋での採水は、すぐ上流部に草花公園からの排水が流入していることから硝酸態窒素濃度 10.3mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値 $+10.7\text{‰}$ と著しく高くなっている。

6) 浅川

浅川は多摩川水系中、秋川に次ぐ大きな支流で、八王子市と神奈川県境の陣馬山麓に源を発し、案下川を流下し、醍醐川を合流して北浅川となる。更に、山入川、小津川等を合流し鶴巻橋上流で小仏峠付近と高尾山周辺を源とする南浅川を合流した浅川は八王子市街を流下し川口川等を合流し、日野市百草で多摩川に注ぐ一級河川である。

北浅川上流は森林に覆われた自然や古い歴史を持つ山村地域であるが、南浅川流域は都心からの大学移転やニュータウン開発が急激に進んだ典型的な都市河川である。

本研究では、1996年11月、源流近くの和田峠の山水から北浅川の松枝橋、浅川の睦橋までと、その支流及び南浅川下流の水無瀬橋の12カ所で採水調査をした。

- (1) 源流近くの山水から北浅川の佐戸橋までの山村地帯での硝酸態窒素濃度は $1.16 \sim 1.52 \text{ mg L}^{-1}$ であり、水質は良好であった。
- (2) 民家が多くなった元木橋では 2.23 mg L^{-1} と増加し、アンモニア態窒素も検出されるようになった。
- (3) 支流の山入川及び小津川は溜り水で流水は殆ど無く、川面一面に水草や雑草が繁茂しており、富栄養化が進んでいることを示していた。

又、この両支流が合流した後の松枝橋下流では 2.89 mg L^{-1} と増加し、他のイオンも増加した。

- (4) 南浅川では唯一の調査地点である下流の水無瀬橋での硝酸態窒素濃度は 49.3 mg L^{-1} 、アンモニア態窒素濃度は 72.6 mg L^{-1} であり、他のイオンも他の調査地点に比べて桁違いの高い値を示した。

この南浅川は、1994年8月の多摩川本流の調査でも、浅川下流の高幡橋で硝酸態窒素濃度 4.19 mg L^{-1} 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値 $+15.9\%$ の高い値を示し、多摩川本流の汚染に関与していることを指摘している。

また、南浅川は、近年、市民グループ等の水質調査でも、水質汚染が進んでいることを指摘されていた河川である。

- (5) 南浅川合流後の八王子市役所横の鶴巻橋下では亜硝酸態窒素も検出されるようになった。
- (6) 中下流の睦橋まで来ると、アンモニア態窒素濃度は減少した。
- (7) 以上から、特に南浅川の窒素汚染は桁違いの値を示したが、東京都下水道局(1994)によると、八王子市の下水道普及率は53%、下流の日野市で56%(平成5年度)であり、この南浅川流域では、下水道施設が完備していないことが原因

と思われる。

7) 窒素汚染の状況からみて多摩川の現況は次のようである。

- (1) 多摩川本流は、源流近くから、奥多摩湖までは飲料水源（水道水源林）として厳密に水質が管理されている。
- (2) 玉川取水堰（羽村堰）を境に多摩川の水質は二分され、これより下流では、他の汚染された支流の排水路の役割としての河川となってしまっている。
- (3) 丹波川、日原川、南秋川上流、北浅川上流域の水質はだ良好で、特に日原川上流は渓流水と言える。
- (4) 野川の「ゆるやかな」流れは、脱窒作用等の自然浄化作用を持った河川であることが分かった。
- (5) 湧水は硝酸態窒素濃度が高いものが多くあり、必ずしも「清らかな水」ではないことが分かった。これは周辺の家排水や農業による地下水汚染が原因ではないかと思われる。又これは、周辺の土地利用状況を反映していた。
- (6) 仙川、南浅川等は、多摩川本流の水質を汚染している河川であり、特に南浅川はアンモニア揮散もあり、今後、下水道施設等の完備が重要な課題となっている。
- (7) 日原川のような人為的に影響の少ない渓流水の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、雨水に由来するため、 $-1\sim+2\%$ 程度の値を示していた。
- (8) 玉川用水での流下中での脱窒作用による窒素浄化作用は10%程度であった。
- (9) 野川の「礫間接触酸化方式」の「野川浄化施設」では脱窒作用がおきていることが確認された。

〔謝 辞〕

本研究を遂行するにあたり、多くの方の協力がありました。

東京農業大学農学部 of 学生、新城元嗣さん、砂川隆浩さん、曾原美千代さん、大島直子さん、友利美津子さん、そして大学院生のFelix M. B. SALASさんたちには、現地での試料採取調査などに協力していただきました。

又、東京農業大学の多くの皆様方にも大変お世話になりました。ここに心より感謝致します。

現地での試料採取調査には、いろいろな思い出が数多くありました。

日原川の調査では、徒歩で林道の終点の道のない所まで行き採水し、日原鍾乳洞へも足を運び、最後は真暗な中を採水して帰ったことや、秋川へは、檜原村数馬の兜造の民家に合宿しての採水調査となりました。

多摩川の源流への調査は、笠取山の下の水干まで行き採水し、その後、雁峠から雁坂峠へと登り始めるや一転、今まで良かった天気が俄に暗雲漂い、大きな稲光が轟くや否や大つぶの雷雨となり、一同尾根横の笹葉の中に身を鎮め、幾度となく近くへ落ちる稲妻に「雷様とは、友達にならぬことを祈りつつ」雨が小止みになるのを待つことになりました。

このため、すでに薄暗くなった雁坂小屋では、到着の遅い、ずぶ濡の我々を心配して待ち、迎えてくれました。夕食のインスタントカレーのおいしかったことが印象的でした。

尾根の秩父側には、大きな倒木が何本も苔生し、緑のジュウタンを敷いたようで、自然がまだかなり残っていることはうれしいことでした。雁坂小屋近くの沢水量が最近、減少していることは、「雁坂トンネル」工事の影響ではないかと思われました。

翌日、道端にはウスユキソウが可憐な花を咲かせ、雁坂峠からは、遙か彼方に富士山の雄姿を見ることが出来ました。

広瀬湖への下山途中の沢水は、冷たく清涼で喉を潤すのには最高でした。麓の温泉で汗を流して、帰路につきました。(1998・師走：山本)

最後に、本報告書の作成にあたり、(財)とうきゅう環境浄化財団及び(株)雄文社の皆様にも大変お世話になりました。ここにお礼申し上げます。

文 献

(ABC順)

- Amberger, A. Und Schmidt, H. L. (1987): Natürliche Isotopengehalte von Nitrat als Indikatoren für dessen Herkunft. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **51**, 2699~2705
- 青山 佳世 (1995) : 親を見て子は育つ、子を見て大人たちも、かんきょう、1995年4月号
- あきる野市 (1996) : あきる野市の農業形態
- 新井秀子・田瀬則雄 (1992) : 安定同位体を利用した河川浄化機能の評価、環境科学会誌、**5**、249~258
- 尾藤 朋子 (1987) : 多摩川流域における水質汚濁指標に関する研究—ふん便汚染指標細菌と汚濁物質との関連、とうきゅう環境浄化財団一般研究助成報告
- Bogardi, I. And Kuzelka, R. D., ed. (1992) : Nitrate contamination exposure, consequence, and control, Springer-Verlag, New York, U. S. A.
- Burt, T. Pl, Heathwaite, A. L. And Trudgill, S. T. (1993): Nitrate, processes, patterns and management, Wiley, New York, U. S. A.
- D' Itri, F. M. And Wolfson, L. G. (1987) : Rural groundwater contamination, Lewis Publishers, Inc. Chelsea, U. S. A.
- 土壌養分測定法委員会 (1991) : 土壌養分分析法 (第12版) p.171~200、養賢堂、東京
- Eric R. Wells and Noel C. Krothe (1989) : Seasonal fluctuation in $\delta^{15}\text{N}$ of groundwater nitrate in a mantled karst aquifer due to macropore transport of fertilizer-derived nitrate. *J. Hydrology*, **112**, 119~201
- Filpse, W. J., Jr. And Bonner, F. T. (1985) : Nitrogen-isotope ratios of nitrate in ground water under fertilized fields, Long Island, New York. *Ground Water*, **23**, 59~67
- Follett, R. F. (1989): nitrogen management and groundwater protection, Elsevier Amsterdam, Ned.
- Freney, J. R. And Black, A. S. (1987) : Importance of ammonia volatilization as a loss process; *Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems*, ed. J. R. Wilson, p.156~173, C. a. B. International, Wallingford, U. K.
- 半谷 高久 (1977) : 多摩川水系における有機物の存在形態とその起源に関する研究—主として微量有害未確認有機物の同定について—、とうきゅう浄化財団 (一般) 研究助成報告

- 原田 靖生 (1990) : 畜産廃棄物の投与と土壤生態系、環境インパクトと農林生態系 (農環研編) p.158~160、養賢堂、東京
- Heaton, T. H. E. (1986) : Isotopic studies of nitrogen pollution in the hydrosphere and atmosphere, a review. *Ghem. Geol.*, **59**, 87~102
- Heaton, T. H. E., Talma, A. S. And Vogel, J. C. (1983) : origin and history of nitrate in confined groundwater in the western Khashgari. *J. Hydrol.*, **62**, 243~262
- Hubbard, R. K., Amussen, L. E. And Alison, H. D. (1984) : Shallow ground water quality beneath an intensive multiple-cropping system using center pivot irrigation. *J. Environ. Qual.*, **13**, 156~161
- 一國 雅巳 (1987) : 多摩川の水質に及ぼす人類起源の物質の影響、とうきゅう環境浄化財団、一般研究助成報告
- 池田あつ子 (1996) : 雨水を自然の水循環に返す努力を一野川源流域の地下水涵養、A T T研究情報第9号 (1996. 5. 15)
- 加藤文江、小倉紀雄 (1990) : 浅川周辺住民による手づくりの河川浄化-木炭による浄化の試み-、とうきゅう環境財団試験研究報告書
- 環境庁水質保全局水質管理課監修 (1993) : 硝酸性窒素による地下水汚染対策ハンドブック、公害研究対策センター、東京
- 川西琢也・木方展治・尾崎保夫・米山忠克 (1991) : カラムによる脱窒過程 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 分別係数の測定、土肥誌、**62**、424~426
- 岸本 定吉 (1996) : 水質浄化への木炭の活用の現状と今後の課題 耕 Na68、45~52、山崎農業研究所
- Kreitler, C. W. (1979) : Nitrogen-isotope ratio studies of silts and groundwater nitrate from alluvial fan aquifers in Texas. *J. Hydrol.*, **42**, 147~170
- Kreitler, C. W. And Jones, D. C. (1975) : Natural soil nitrate: The cause of the nitrate contamination of ground water in Runnels county, Texas. *Ground Water*, **13**, 53~61
- Kreitler, C. W., Ragone, S. E. And Katz, B. G. (1978) : $\text{N}^{15}/\text{N}^{14}$ ratios of ground-water nitrate, Long Island, New York. *Ground water*, **16**, 404~409
- 駒村 正治 (1982) : 多摩川水系秋川流域の農住混在地域における適正な土地利用・水利用のあり方に関する研究、とうきゅう環境浄化財団
- 小山雄生・須藤まどか・米山忠克 (1985) : 家畜における窒素同位体 (^{15}N) の分別、日本畜産学会報、**56**、361~363
- 熊澤喜久雄 (1975) : 窒素による環境汚染源推定のための各種窒素化合物の ^{15}N 天然濃度の変動に関する研究、(文献トピックス) *Radioisotopes*, **24**, 93

- 国包昌一・真柄泰基（1984）：地下水の窒素汚染とその原因に関する基礎的考察、衛生工学研究論文集、20、121～130
- Ludwick A. E., Reuss J. O., and Langin E. J. (1976) : Soil nitrates following continuous corn and as surveyed in irrigated farm fields of central and eastern colorado. J. Environ. Qual., 5, 82～86
- 増島 博・山本寅吉（1986）：水質入門、農業土木学会編、p.129
- 松尾 禎士（1981）：野川に関する水収支および水溶存物質のかん涵養源の研究－安定同位体比測定法の導入－、とうきゅう環境浄化財団、一般研究助成報告（1981）
- 松尾 禎士（1983）：多摩川流域の都市河川の地下水流出の涵養源に関する同位体水文学的研究、とうきゅう環境財団、一般研究助成報告
- Mdison, R. J. And Brunett J. O. (1985) : Overview of the occurrence of nitrate in ground water in the United States. In:U. S. G. S. Nat' l Water Summary 1984. In:U. S. Geiol. Surv. Water-supplying Paper 2275, pp93 ～105. Cited from Follett(ed.)1989. Nitrogen management and ground water pollution P. 38
- 三島 昌夫（1980）：多摩川の水質評価とその将来予測に関する研究、とうきゅう環境浄化財団、一般研究助成報告
- 水みち研究会編（1992）：水みちを探る－井戸と湧泉と地下水の保全のために－、けやきブックレット5、けやき出版
- 並木則和・田瀬則雄・米山忠克・榎根 勇・古藤田一雄（1989）： ^{15}N による地下水中の硝酸塩の起源の同定について－沼田段丘の事例－、筑波大水利実験センター報告、No.13、77～80
- 小倉 雅雄（1980）：多摩川およびその流域における栄養塩・有機物の生物地球科学的研究－南浅川における物質循環－、とうきゅう環境浄化財団、一般研究助成報告
- 朴 光来・山本洋司・中西康博・熊澤喜久雄（1994）：土壌よりのアンモニア揮散と $\delta^{15}\text{N}$ 値（その1）、土肥講演要旨集、40、306
- 西条八束・奥田節夫編（1996）：河川感潮域－その自然と変貌－、名古屋大学出版会 第8章下流域の変遷、pp211～230 多摩川河口域（小椋和子執筆）
- Spalding, R. F., Exner, M. E., Lidau, C. W. And Eaton, D. W. (1982) : Investigation of sources of groundwater nitrate contamination in the Burbank-Wallua area of Washington, U. S. A. J. Hydrol., 58, 307～324
- 鈴木 基之（1979）：野川・仙川の浄化処理のための調査実験研究、(助)とうきゅう環境浄化財団研究助成、No.19
- 鈴木 基之（1982）：多摩川水系における窒素の負荷解析－多摩川の栄養塩に対する環境容量把握のために－、とうきゅう環境浄化財団、一般研究助成報告

- 田瀬 則雄 (1992) : 安定同位体を利用した玉川上水における浸透量と脱窒量の評価、
とうきゅう環境浄化財団、一般研究助成報告
- 東京都建設局ニュース (1994) : 30号、特集、谷沢川・仙川浄化施設について
- 鏑山英次・若林高子 (1991) : 写真譜 生きている野川 けやき出版
- 土屋 十圀 (1995) : 多摩川ルネッサンスで「野川における水循環」について報告
(1995-11-18)
- 角田 清美 (1985) : 多摩川上流・日原川流域の陸水学的研究、とうきゅう環境財団試
験研究報告書
- 鶴巻 道二 (1995) : 浅層地下水の硝酸態窒素、地下水学会誌、34、153~162
- 上田真悟・小倉雅夫・和田英太郎 (1991) : 「地球環境および地球環境と化学」窒素同
位体から見た地下水中の N_2O の起源、日本化学会誌、448~453
- 和田英太郎 (1993) : 安定同位体は何を語るか、遺伝、47、10~14
- Weil R. R., Weismiller R. A. And Turner R. S. (1990) : Nitrate contamination of
ground water under irrigated coastal plain soils. J. Environ. Qual., 19,
441~448
- Wells, E. R. And Krothe, N. C. (1989) : Seasonal fluctuation in $\delta^{15}N$ of ground-
water nitrate in a mantled karst aquifer due to macropore transport of
fertilizer-derived nitrate. J. Hydrol., 112, 191~201
- William J. Flipse, Jr., and Francis T. Bonner (1985) : Nitrogen isotope ratio of
nitrate in ground water under fertilized, Long Island, New York. Ground-
water, 23, 59~69
- 山本洋司・朴 光来・中西康博・加藤 茂・熊澤喜久雄 (1995) : 宮古島の地下水中の
硝酸態窒素濃度と $\delta^{15}N$ 値、土肥誌、66(1)、18~26
- 米山 忠克 (1987) : 土壌-植物系における炭素、窒素、酸素、水素、イオウの安定同
位体自然存在比：変異、意味、利用、土肥誌、58、252~268
- Yoneyama, T., Kouno, K. And Yazaki, J. (1990) : Variation of natural ^{15}N
abundance of crops and soils in Japan with special reference to the effect
of soil conditions and fertilizer application. Soil Sci. Plant Nutr.,
36, 667~675
- 米山忠克・笹川英夫 (1994) : 土壌-植物系における炭素、窒素、酸素、水素、イオウ
の安定同位体自然存在比：1987年以降の研究の進歩、土肥誌、65、585~59
- 吉田和宏・小倉紀雄 (1978) : 野川湧水中の硝酸塩濃度とその起源、地球化学、12、41
~51

「窒素安定同位体比法を用いた多摩川の窒素汚染と
浄化作用に関する研究」 (研究助成・A類 No. 188)

著者 代表 熊澤喜久雄
発行日 1998年3月31日
発行 財団法人とうきゅう環境浄化財団
〒150-0002 渋谷区渋谷1-16-14
(渋谷地下鉄ビル内)
TEL (03)3400-9142
FAX (03)3400-9141
