

常呂川流域におけるアンモニア性窒素の汚濁源

Pollution Source of Ammonium Nitrogen in Tokoro River Basin

鈴木 智宏 高野 敬志 泉 敏彦 伊藤八十男

Tomohiro SUZUKI, Keishi TAKANO, Toshihiko IZUMI and Yasoo ITOH

In order to identify the source of the ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) pollution in Tokoro River basin, loading of $\text{NH}_4\text{-N}$ was surveyed in Ketonai River basin which is a tributary stream of Tokoro River. The loading of $\text{NH}_4\text{-N}$ at the point in a tributary stream of Ketonai River near a recreation park, was found to be largest among all points surveyed. Since livestock farms are dotted along the river upstream from the point, the drainage from these farms is liable to discharge into the river. The $\text{NH}_4\text{-N}$ loading at this point occupied *ca.* 60% of the total loading in Ketonai River basin and *ca.* 30 % of the total loading in Tokoro River basin. Therefore, it appears that the main source of the $\text{NH}_4\text{-N}$ pollution in Tokoro River basin would be the drainage from the area upstream from a recreation park in Kyosei River.

Key words : ammonium nitrogen (アンモニア性窒素); loading of ammonium nitrogen (アンモニア性窒素負荷量); Tokoro River (常呂川)

目 的

北海道の水道水源保全に対する施策として、北海道保健環境部環境室環境整備課(現、環境生活部環境室環境保全課)では平成7年度に水道水源汚濁源調査を実施し、その調査結果から試験項目の検査値が高い浄水場を中心に水質などの現地調査を実施することとした。

これまで、常呂川から水道原水を取水している北見市広郷浄水場では、毎年3～4月の融雪水流入時に、水道原水について異臭の原因物質であるアンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度の上昇や糞便汚染の指標菌である糞便性連鎖球菌等の増加等が認められている。そこで、水道水源保全対策の一環として、常呂川について $\text{NH}_4\text{-N}$ に係る負荷量の把握を目的とする水道水源水質負荷調査を1997年4月から1998年3月の間に3回実施した。

さらに、道は保全対策をよりいっそう推進させるため、1999年11月に常呂川を重点対策流域に指定し、汚濁原因解明のための負荷量把握に係る調査を継続することとした。

先の調査に引き続き、2000年3月に平成11年度重点対策流域保全調査として、改めて常呂川流域負荷量調査を実施した。これまでの調査結果から、畜産地域からの排水の影響が大きく、常呂川の支流であるケトナイ川流域には高濃度の汚濁源が存在することが示唆された^{1,2)}。

そこで、我々は今回、汚濁源を特定するために常呂川本流から支流ケトナイ川流域に至るまでの $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量調査を行った結果の概要について報告する。

方 法

1. 調査地点

常呂川流域の汚濁源を特定するため、これまでの調査結果に基づいて^{1,2)}、常呂川本流4地点及びその支流であるケトナイ川流域7地点の計11地点を設定した。調査地点の模式的な位置関係及びそれらの名称等をFig.1に示す。

2. 調査時期

本調査は2001年3月27日に実施した。

3. 調査項目

水質測定項目は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素($\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$)、全窒素(Total-N)、糞便性連鎖球菌、嫌気性芽胞菌、大腸菌、大腸菌群、塩素イオン(Cl^-)、過マンガン酸カリウム消費量(KMnO_4 消費量)、浮遊物質(SS)、pH値、臭気、色度、濁度の14項目であり、これに河川流量を加えた計15項目について調査を行った。

4. 調査方法

(1) 試料の採取と河川流量の測定：各調査地点における試料を採取し、河川幅を測定したのち、適当間隔毎に河川流速及び水深を測定した。流量はこれらの測定値を用いJIS K0094³⁾に基づいて算出した。なお、試料採取及び河川流速、水深などの測定は、当所のほか、環境生活部環境室環境保全課、北見保健所、網走支庁、常呂川水系環境保全対策協議会が共同して実施した。流量の算出は当所が行った。

(2) 水質分析：NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, Cl⁻, KMnO₄消費量，色度，濁度については，試料採取後速やかに北見市広郷浄水場検査室に持ち帰り分析を行った。糞便性連鎖球菌などの細菌類の試料は当所に搬送後，直ちに試験に供

した。なお，pH 値，臭気については，試料採取直後に現地にて測定・試験を行った。水質測定項目の分析・試験方法は，原則として上水試験方法1993年版（日本水道協会）⁴⁾に準じた。細菌類を除くその他の水質測定項目については，

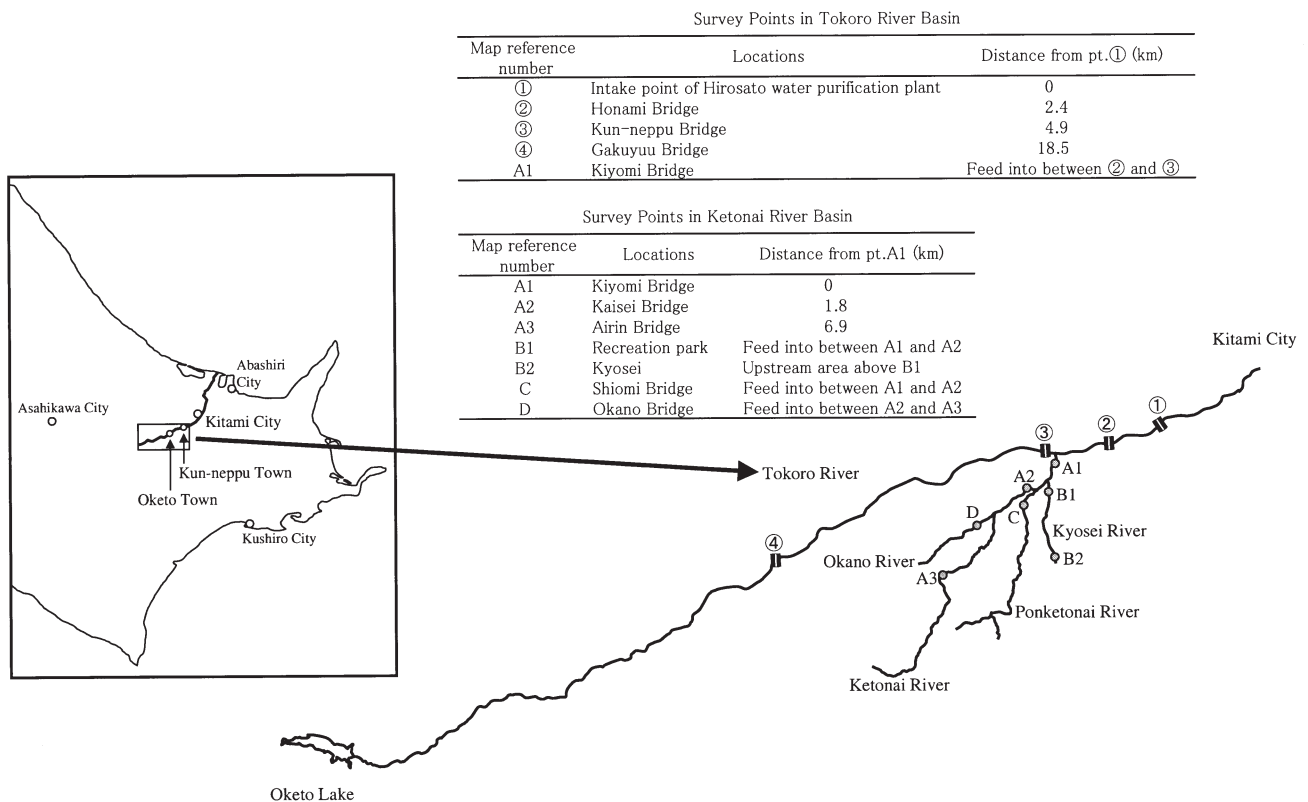


Fig. 1 Location of Survey Points

▮ : Tokoro river basin, ○ : Ketonai river basin

Table 1 Summary of Streamflows and Water Quality Analysis at Each Point of Tokoro and Ketonai River Basins

Map reference number (see Fig. 1)	Sampling point	Time	Weather	Air temp. (°C)	Water temp. (°C)	Streamflow (m ³ /s)	pH	Odor	Color (unit)	Turbidity (unit)	SS (mg/L)	KMnO ₄ consumption (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₂ -N, NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	Total-N (mg/L)
①	Intake point of Hirosato water purification plant	14 : 45	fine	5.0	5.3	12.6	7.2	odorless	19	21	25	18.9	6.5	4.92	0.31	5.58
②	Honami Bridge	14 : 05	fine	4.5	5.2	12.2	7.3	odorless	16	18	21	18.4	6.4	4.39	0.35	4.99
③	Kun-neppu Bridge	13 : 45	fine	5.0	4.9	10.2	7.2	odorless	17	20	25	17.2	5.6	3.41	0.22	4.01
④	Gakuyuu Bridge	13 : 00	fine	7.0	4.3	8.29	7.3	odorless	5.9	1.7	2	8.2	3.5	0.48	0.06	0.61
A1	Kiyomi Bridge	15 : 00	cloudy	5.0	3.9	1.84	7.6	odorless	36	50	67	43.5	9.4	8.17	1.19	9.83
A2	Kaisei Bridge	14 : 05	cloudy	7.0	4.6	0.57	7.5	odor	86	48	100	31.0	7.1	5.97	0.48	7.49
A3	Airin Bridge	12 : 50	fine	7.0	2.6	0.25	7.7	odorless	6.5	1.3	1	7.6	3.4	0.68	<0.05	0.70
B1	Recreation park	14 : 45	cloudy	5.0	1.9	0.30	7.3	odor	68	77	109	131.8	20.0	16.56	4.58	21.49
B2	Kyosei	14 : 30	cloudy	8.0	1.3	0.01	7.8	odorless	14	1.8	2	11.5	4.6	1.34	<0.05	1.48
C	Shiomi Bridge	13 : 55	cloudy	6.0	3.4	0.49	7.6	odorless	20	21	34	23.8	7.7	5.94	0.84	7.06
D	Okano Bridge	13 : 25	fine	8.0	4.0	0.30	7.6	odor	207	141	377	65.9	9.7	9.55	0.49	11.07

Table 2 Summary of Detected Microorganisms at Each Point of Tokoro and Ketonai River Basins

Map reference number (see Fig. 1)	Sampling point	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	Total coliforms (MPN/100 mL)	Fecal streptococci (MPN/100 mL)	Anaerobic sporeforming bacteria (MPN/100 mL)
①	Intake point of Hirosato water purification plant	23	4.6×10^3	150	93
②	Honami Bridge	28	2.4×10^3	43	240
③	Kun-neppu Bridge	21	460	43	150
④	Gakuyuu Bridge	43	460	93	23
A 1	Kiyomi Bridge	1.5×10^3	4.6×10^3	1.1×10^3	460
A 2	Kaisei Bridge	—	—	—	—
A 3	Airin Bridge	21	240	43	0
B 1	Recreation park	1.1×10^4	4.6×10^4	1.1×10^4	460
B 2	Kyosei	—	—	—	—
C	Shiomi Bridge	210	1.1×10^3	240	21
D	Okano Bridge	377	4.6×10^3	240	93

当所及び北見市広郷浄水場が共同で分析を行った。

結果及び考察

水質・流量調査結果を Table 1 及び 2 に示す。ケトナイ川の支流である B1レクリエーション公園では、調査地点の中でほとんどの水質測定項目について最も高い値を示した。以下に Table 1 の結果から算出した NH₄-N 負荷量等について概略を述べる。

1. 常呂川流域における河川流量及び NH₄-N 負荷量

流量については、調査対象区域最上流の④学友橋では、8.29 m³/sec、支流等の流入を受けた最下流①広郷浄水場取水点では12.6 m³/sec、支流 A 1 清実橋では1.84 m³/sec であった。本流各地点における流量の増加量は、②穂波橋～③訓子府大橋間で最大であった。

また、NH₄-N の負荷量 [負荷量 (g/sec) = 各調査地点の流量 (m³/sec) × NH₄-N の測定値 (mg/L)] については、最上流部の④学友橋では0.50 g/sec であったが、流下とともに負荷量は増加し、最下流①広郷浄水場取水点にお

ける負荷量は3.91 g/sec となり、増加量が大いなのは②穂波橋～③訓子府大橋の区間であった。

その他の成分の負荷量についても、NH₄-N と同様の傾向を示し、いずれも増加量が大いなのは②穂波橋～③訓子府大橋の間であった。

これまでの調査^{1,2)}でも明らかであるが、以上の結果より②穂波橋～③訓子府大橋の区間に流入するケトナイ川は常呂川本流に大きな影響を及ぼしていることが示された。

2. ケトナイ川流域における河川流量及び NH₄-N 負荷量とそれらの流達

各調査地点の河川流量及び NH₄-N 負荷量と流下距離の関係を Fig. 2 及び 3 に示す。

流量については、調査対象区域最上流の A 3 愛林橋では0.25 m³/sec、支流等の流入を受けた最下流 A 1 清実橋では1.84 m³/sec、支流 B 1 レクリエーション公園では0.30 m³/sec、支流 C しおみ橋では0.49 m³/sec そして支流 D おかの橋では0.30 m³/sec であった。ケトナイ川支流における流量の増加量は、A 2 開盛橋～A 3 愛林橋間より A 1 清実橋

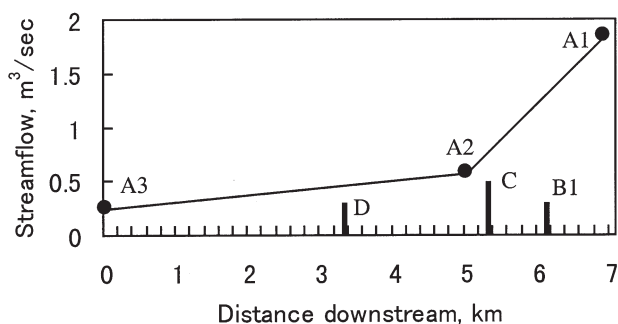


Fig. 2 Streamflow at Survey Points in Ketonai River Basin

● : main stream ; ■ : tributary

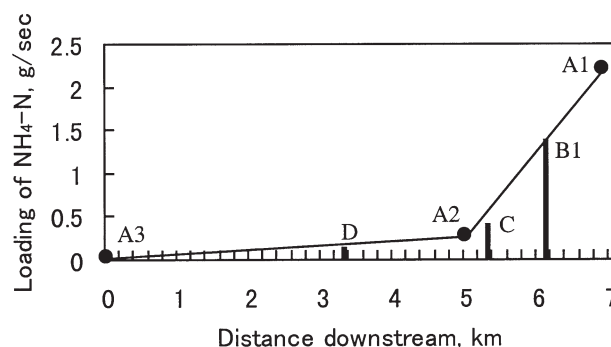


Fig. 3 Loading of NH₄-N at Survey Points in Ketonai River Basin

● : main stream ; ■ : tributary

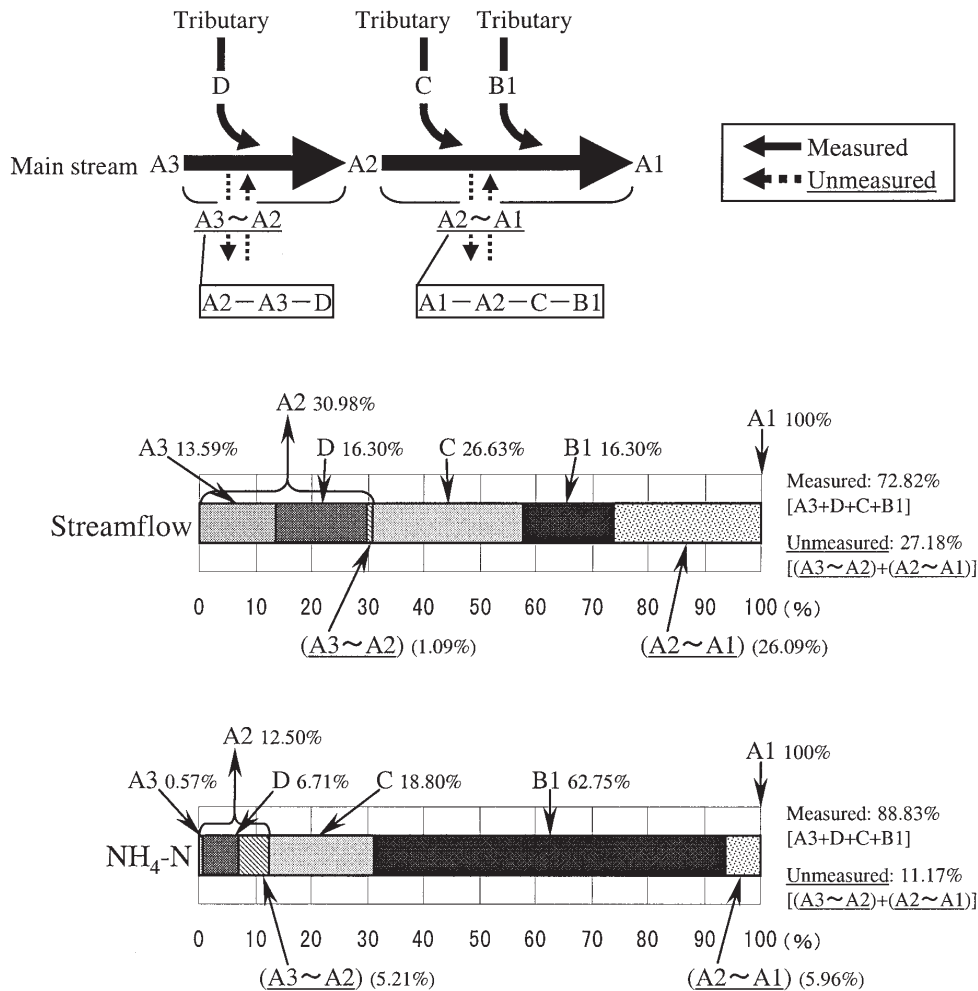


Fig. 4 Contribution Ratio at Each Survey Point and Section on Streamflow and Loading of $\text{NH}_4\text{-N}$ in Ketonai River Basin

starting point, A3; end point, A1; regard streamflow and loading of $\text{NH}_4\text{-N}$ at pt. A1 as 100%

～A 2 開盛橋間で大きく、調査したケトナイ川の支流の中では C しおみ橋の寄与が大きかった。

$\text{NH}_4\text{-N}$ の負荷量については、最上流部の A 3 愛林橋では 0.01 g/sec であったが、流下とともに負荷量は増加し、最下流 A 1 清実橋における負荷量は 2.19 g/sec となり、増加量が大いなのは A 1 清実橋～A 2 開盛橋間であった。支流の中では B 1 レクリエーション公園の負荷量が著しく大きく 1.37 g/sec であった。

その他の窒素化合物及び Cl⁻ の負荷量については、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様の傾向を示し、いずれも増加量が大いなのはケトナイ川本流 A 1 清実橋～A 2 開盛橋間であり、ケトナイ川の支流では B 1 レクリエーション公園が最大であった。

次に、河川流量及び $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量の各調査地点とそれら区間における流達への寄与の割合（寄与率）を Fig. 4 に示す。

流量については、A 1 清実橋における値を 100% とすると、全体の約 73% が実測できており、未実測（調査対象支流以外の寄与による流量に相当する）分では A 1 清実橋～

A 2 開盛橋間の寄与が大きかった。流量の寄与が最も大きかったのは支流 C しおみ橋で約 27% であった。

$\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量については、A 1 清実橋における値を 100% とすると、全体の約 89% が実測できた。未実測（調査対象支流以外の寄与による $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量に相当する）分では A 1 清実橋～A 2 開盛橋間の寄与が大きかったが、わずか 6% 程度にすぎなかった。これは、未実測分において最下流地点 A 1 の負荷量に影響を及ぼす流入・流出は非常に少なく、一方、負荷を与えるのはほとんど実測分の A 3、D、C 及び B 1 地点であることを示している。これらの調査地点の中でも、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量の寄与が最も大きかったのは支流 B 1 レクリエーション公園で約 63% であった。B 1 における流量の寄与は他に比べて約 16% と低いことから、この地点では高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ が流出していると考えられる。

その他の成分の負荷量についても、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様の傾向を示し、A 1 清実橋における値を 100% とすると、全体の約 73～91% が実測できた。未実測（調査対象支流以外の

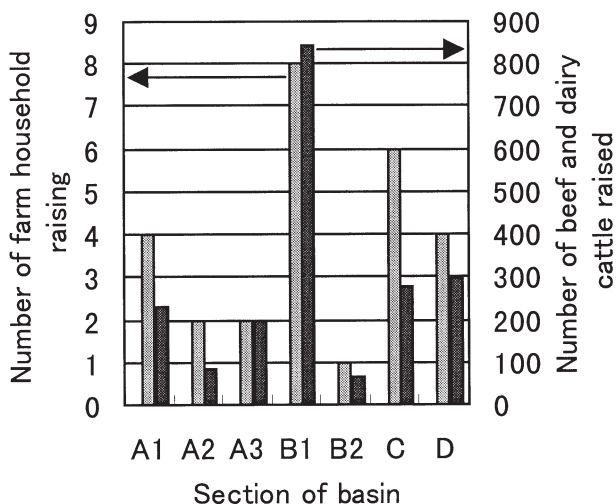


Fig. 5 Number of Farm Household Raising Beef and Dairy Cattle and That of Their Cattle Raised in Ketonai River Basin

寄与による各成分負荷量に相当する)分では、A 1 清実橋～A 2 開盛橋間の寄与が大きかった。また、寄与が大きいのはいずれも支流 B 1 レクリエーション公園であった。

3. NH₄-N 負荷量と概況調査

常呂川流域は畜産地帯であるが、土地利用状況から流域全体(約62,000 ha)の80%以上を森林が占め、畑は約11%、牧場・草地は約3%程度である。しかし、常呂川流域の調査対象地域には、畜産農家が117戸あり、牛が約1万頭ほど飼育されている。このうち、④学友橋上流及びA 1 清実橋上流では畜産農家数及び牛頭数が最も多く、約2000頭ほどの牛が飼育されている。調査した流域の中で最もNH₄-N負荷量が大きかった流域は、A 1 清実橋上流(2.19 g/sec)であり、畜産農家数及び牛頭数に対応する結果である。

一方、A 1 清実橋上流のケトナイ川流域では、流域 B 1 レクリエーション公園のNH₄-N負荷量が1.37 g/secと最も大きく、Fig. 5に示したように畜産農家数及び牛頭数も最も多い地域であり、畜産農家が8戸で牛850頭ほどが飼

育されている。さらに、この流域は畜産農家が協成川に沿って点在していることから、畜産系排水が川に流出しやすいと考えられる。

以上より、常呂川流域の汚濁源は二次支流である協成川のレクリエーション公園付近であることが判明した。この地域のNH₄-N負荷量は、ケトナイ川全体で60%、常呂川全体でも30%程度を占め、細菌数も調査した地点では最も大きな値を示した。

なお、北見市広郷浄水場では、数年前から異臭味対策として活性炭処理を導入した高度浄水処理を開始している。

要 約

常呂川流域におけるアンモニア性窒素(NH₄-N)の汚濁源を特定するため、常呂川の支流であるケトナイ川流域についてNH₄-N負荷量調査を行った。調査地点の中でNH₄-N負荷量が最も大きかったのは、ケトナイ川の支流のレクリエーション公園付近であり、畜産農家が河川に沿って点在しているため、畜産系排水が川に流出しやすい地域である。この地点のNH₄-N負荷量は、ケトナイ川全体の約60%、常呂川全体の約30%を占める大きな寄与を示した。これらの結果から、この地域が常呂川流域におけるNH₄-Nの主要な汚濁源であると考えられた。

終わりに、本調査に際し、流量調査にご協力いただいた北海道環境生活部環境室環境保全課、北見保健所、網走支庁及び常呂川水系環境保全対策協議会、また試験室等を借用させていただいた広郷浄水場の関係各位に深謝いたします。

文 献

- 1) 鈴木智宏, 高野敬志, 上田祥久, 宇野豊子, 内山康裕, 伊藤八十男: 道衛研所報, 49, 82 (1999)
- 2) 鈴木智宏, 高野敬志, 泉 敏彦, 宇野豊子, 伊藤八十男: 道衛研所報, 51, 48 (2001)
- 3) JIS K 0094 工業用水・工場排水の試料採取方法, 日本規格協会, 東京, 1993, p.23
- 4) 厚生省生活衛生局水道環境部監修: 上水試験方法1993年版, 日本水道協会, 東京, 1993