

# ダム流入河川水質調査結果からみた 大気由来窒素の影響について

## EFFECT OF ATMOSPHERIC NITROGEN DEPOSITION TO WATER QUALITY OF DAM RESERVOIRS AND INFLOW RIVERS

久保田一<sup>1</sup>・酒井憲司<sup>2</sup>・石井宏和<sup>3</sup>・中村彰吾<sup>4</sup>・渡辺拓<sup>5</sup>

Hajime KUBOTA, Kenjii SAKAI, Hirokazu ISHII, Shogo NAKAMURA, Taku WATANABE

<sup>1</sup>正会員 国土交通省青森河川国道事務所長(〒030-0822 青森市中央3丁目20-38)

<sup>2</sup>正会員 (財)河川環境管理財団 技術参与(〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)

<sup>3</sup> (財)河川環境管理財団 研究第二部 次長(〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)

<sup>4</sup>正会員 (財)河川環境管理財団 研究第二部 主任研究員(〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)

<sup>5</sup>正会員 (株)日水コン事業統括本部事業企画部担当課長(〒163-1122 東京都新宿区西新宿6-22-1)

Using water quality data of dam reservoirs and their inflow rivers in the whole country, we compared the T-N and T-P concentration of them. The results show that the T-N level of some dam reservoirs, which seem to have few contaminations by human and livestock, is high and nitrate concentration in their inflow rivers is also high. This result suggests that some dam reservoirs undergo influence of atmospheric nitrogen deposition.

**Key Words :** T-N, T-P, water quality, inflow river, dam reservoir, atmospheric nitrogen deposition

### 1. はじめに

河川の窒素濃度は生活排水やその処理水、農地・畜産施設からの流出水などにより、下流に行くほど高くなるのが一般的といわれている。ところが、利根川上流部流域では、人為的な影響がほとんどないと考えられる流域においても渓流水の窒素濃度が高いことが報告<sup>1)</sup>されており、大気由来の負荷による影響が想定される。そこで、全国のダム及びそれらの中で人為的影響が小さいと判断されるダムに着目し、その貯水池や流入河川の水質から大気由来窒素の影響について考察を行った。

### 2. 使用データ

遊水池や河口堰貯水池を除くダム貯水池の水質データはダム諸量データベースを利用した。ダム諸量データベースは国土交通省河川局が所管する国及び(独)水資源機構が管理しているダム・堰・湖沼の水文水質観測データの統計値が公開されている<sup>2) 3)</sup>。

また、国や水資源機構による管理段階のダムにおいては、フォローアップ制度に基づき定期報告書が作成・公開されている。これらの公開データから、ダム貯水池の水質とダム貯水池への流入河川水質の両方が得られるダムを関東・近畿のダムを中心に30箇所選定し、T-N、T-Pのデータを収集整理した。

また、ダムフォローアップ定期報告書の記載内容において、流域に人為的汚染源がほとんどないと記載されている4ダムを選定し、水質データの比較を行った。

尚、4ダムの中で真名川ダムについては「流域のほとんどは山林であり、定住集落は無く、耕作地も少なく、人為的な負荷源は少ない」と記載されているため、流域に人為的汚染源がほとんどないダムのグループに入れた。

水質データはダム貯水池と流入河川の測定期間をそろえるため、平成17年度の平均値でまとめた。また、出水等による濁水流入の影響を取り除くため、SSが40mg/L以上の場合のデータは平均値算出の対象から除外した。

ダム貯水池への流入河川が複数ある場合には、その平均値を流入河川のデータとして計算した。

### 3. 結果と考察

選定した30ダムの名称と貯水池及び流入河川のT-N、T-Pの年間平均値を表-1に示す。

#### (1) ダム貯水池の水質

ダム貯水池のT-NとT-Pとの関係を図-1に示す。

貯水池水質の濃度レベルを湖沼の環境基準の各類型の値と対比してみると、T-Pに比べT-Nが高い類型に属するダムが多いことが分かる。人為的汚濁源がほとんどない

4 ダムでは、T-Pは0.005～0.01mg/L程度でⅠ～Ⅱ類型の範囲に分布するが、T-Nについては0.2～0.4mg/L程度、Ⅲ～Ⅳ類型の範囲に分布しており、真名川ダムの値が0.4mg/Lと他3ダムに比べ高くなっている。

表-1 対象としたダム流入河川データ<sup>2)～14)</sup>

|    | 地方  | 水系   | 河川     | ダム名    | H17平均値(mg/l) |       |           |       |       |
|----|-----|------|--------|--------|--------------|-------|-----------|-------|-------|
|    |     |      |        |        | ダム貯水池        |       | ダム貯水池流入河川 |       |       |
|    |     |      |        |        | T-N          | T-P   | T-N       | T-P   |       |
| 1  | 関東  | 荒川   | 浦山川    | 浦山ダム   | 0.891        | 0.009 | 0.696     | 0.014 |       |
| 2  |     | 利根川  | 片品川    | 蕨原ダム   | 0.792        | 0.015 | 0.731     | 0.011 |       |
| 3  |     | 利根川  | 神流川    | 下久保ダム  | 1.188        | 0.015 | 0.992     | 0.015 |       |
| 4  |     | 利根川  | 男鹿川    | 五十里ダム  | 0.403        | 0.008 | 0.336     | 0.006 |       |
| 5  |     | 利根川  | 鬼怒川    | 川治ダム   | 0.418        | 0.007 | 0.334     | 0.007 |       |
| 6  |     | 利根川  | 鬼怒川    | 川俣ダム   | 0.288        | 0.005 | 0.177     | 0.006 |       |
| 7  |     | 利根川  | 赤谷川    | 相俣ダム   | 0.643        | 0.01  | 0.493     | 0.005 |       |
| 8  |     | 利根川  | 渡良瀬川   | 草木ダム   | 0.782        | 0.012 | 0.734     | 0.015 |       |
| 9  |     | 利根川  | 利根川    | 藤原ダム   | 0.413        | 0.01  | 0.311     | 0.009 |       |
| 10 |     | 利根川  | 碓氷川    | ※奈良俣ダム | 0.291        | 0.004 | 0.164     | 0.008 |       |
| 11 |     |      | 荒川     | 荒川     | 二瀬ダム         | 0.529 | 0.014     | 0.508 | 0.009 |
| 12 |     |      | 利根川    | 利根川    | ※矢木沢ダム       | 0.218 | 0.01      | 0.156 | 0.008 |
| 13 | 中部  | 木曽川  | 阿木川    | 阿木川ダム  | 0.753        | 0.026 | 0.788     | 0.049 |       |
| 14 |     | 木曽川  | 馬瀬川    | 岩屋ダム   | 0.324        | 0.009 | 0.253     | 0.008 |       |
| 15 |     | 木曽川  | 木曽川    | ※味噌川ダム | 0.171        | 0.006 | 0.116     | 0.006 |       |
| 16 | 近畿  | 淀川   | 猪名川    | 一庫ダム   | 0.793        | 0.027 | 0.705     | 0.054 |       |
| 17 |     | 新宮川  | 野川(新宮) | 猿谷ダム   | 0.349        | 0.006 | 0.275     | 0.007 |       |
| 18 |     | 九頭竜川 | 九頭竜川   | 九頭竜ダム  | 0.267        | 0.005 | 0.298     | 0.007 |       |
| 19 |     | 淀川   | 名張川    | 高山ダム   | 1.501        | 0.047 | 1.321     | 0.074 |       |
| 20 |     | 淀川水系 | 宇陀川    | 室生ダム   | 0.853        | 0.021 | 0.977     | 0.036 |       |
| 21 |     | 九頭竜川 | 真名川    | ※真名川ダム | 0.452        | 0.009 | 0.416     | 0.013 |       |
| 22 |     | 淀川   | 青蓮寺川   | 青蓮寺ダム  | 0.887        | 0.012 | 0.601     | 0.019 |       |
| 23 |     | 淀川   | 桂川     | 日吉ダム   | 0.413        | 0.014 | 0.439     | 0.018 |       |
| 24 |     | 淀川   | 名張川    | 比奈知ダム  | 0.64         | 0.012 | 0.652     | 0.014 |       |
| 25 |     | 淀川   | 布目川    | 布目ダム   | 1.186        | 0.03  | 1.248     | 0.045 |       |
| 26 |     | 四国   | 吉野川    | 銅山川    | 新宮ダム         | 0.54  | 0.08      | 0.495 | 0.005 |
| 27 | 吉野川 |      | 吉野川    | 早明浦ダム  | 0.303        | 0.014 | 0.257     | 0.007 |       |
| 28 | 吉野川 |      | 吉野川    | 池田ダム   | 0.398        | 0.009 | 0.342     | 0.010 |       |
| 29 | 吉野川 |      | 銅山川    | 富郷ダム   | 0.486        | 0.01  | 0.483     | 0.009 |       |
| 30 | 九州  | 筑後川  | 佐田川    | 寺内ダム   | 1.358        | 0.023 | 1.200     | 0.029 |       |

※：人為的な汚染がほとんど無いと判断されるダム貯水池

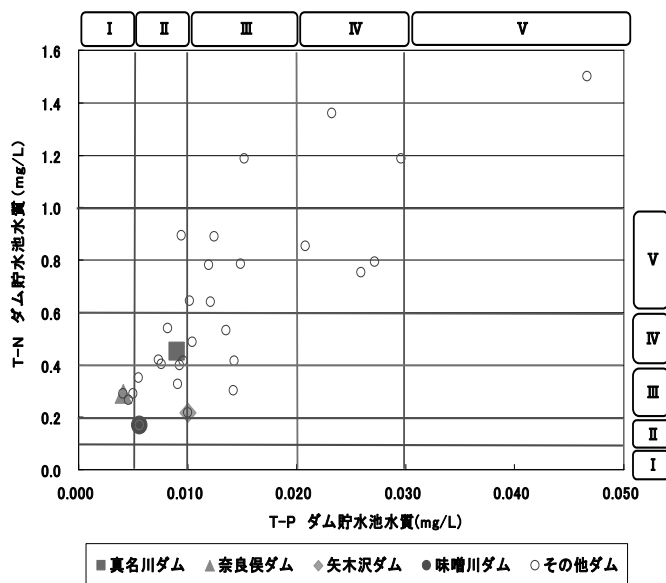


図-1 ダム貯水池のT-NとT-Pの関係 (H17の平均値 I～Vは湖沼環境基準の類型)

## (2) ダム流入河川の水質

ダム流入河川におけるT-NとT-Pの関係を図-1と同様に湖沼の環境基準の各類型の値と合わせて図-2に示す。

ダム貯水池の場合と同様、T-Pに比べT-Nが高い類型に属する流入河川が多いことが分かる。流入河川のT-Nは0.1mg/L～0.40mg/Lと幅があり、真名川ダムの流入河川水質がやや高いことがわかる。

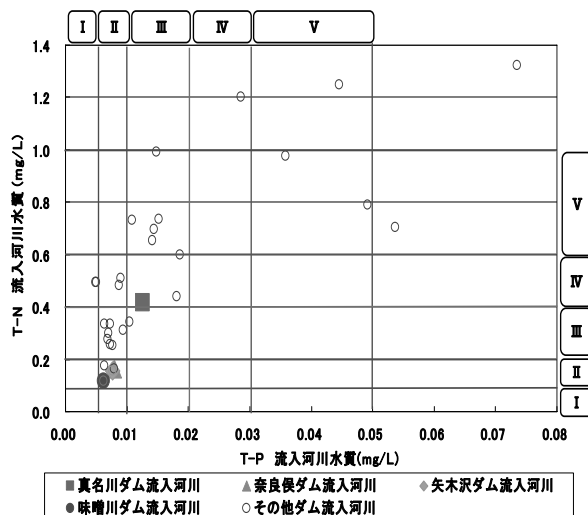


図-2 ダム流入河川のT-NとT-Pの関係 (H17平均値)

流入河川のT-PとT-N/T-P比 (以下NP比という) の関係を図-3に示す。T-P濃度の低い領域で、NP比の分布幅が大きくなっている。人為的汚濁源がないとされる4ダム流入河川の内、真名川ダムについては33、残りの3ダムでは20程度となっている。3ダムのNP比はT-P<0.01mg/Lで最小である。

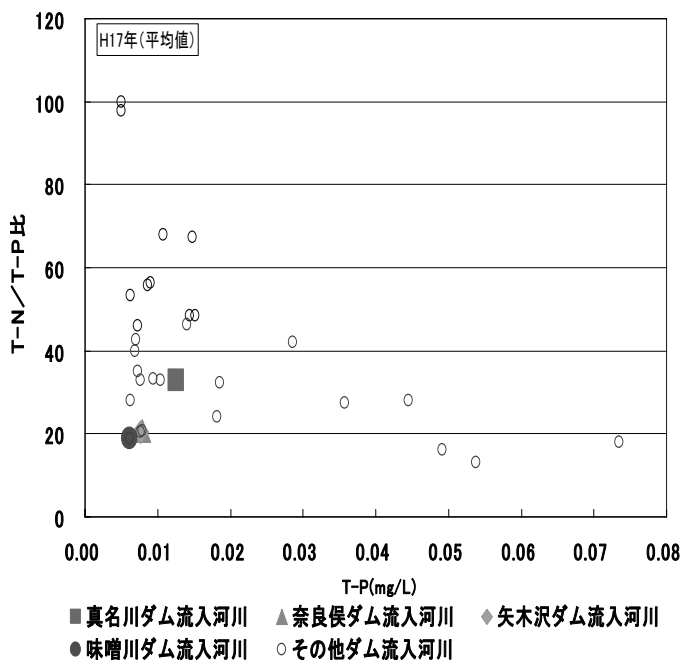


図-3 ダム流入河川のTPとN/P比の関係 (H17平均値)

### (3) 貯水池と流入河川の水質の関係

T-NとT-Pについて、ダム貯水池と流入河川水質の関係を図-4と図-5に示す。

T-Nについてみると、両者はほぼ1:1の関係にあり、極めて良い相関が見られる。細かく見ると、ダム貯水池の水質の方が若干高い値になっている。

一方、T-Pについては、T-Nのようなきれいな直線関係は見られない。流入河川の濃度が低い範囲では貯水池の水質の方が若干高い値になっているが、流入河川の濃度が高くなると貯水池の水質の方が低い値となっている。

懸濁体のT-Pの値が影響している可能性があると考えられる。

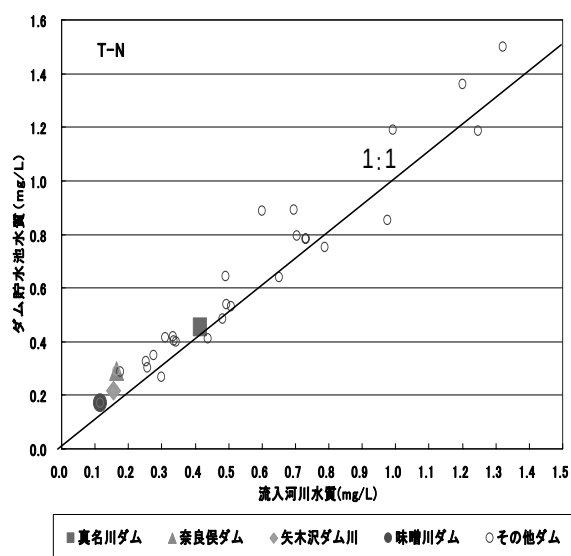


図-4 ダム貯水池水質と流入河川水質の関係 (T-N)

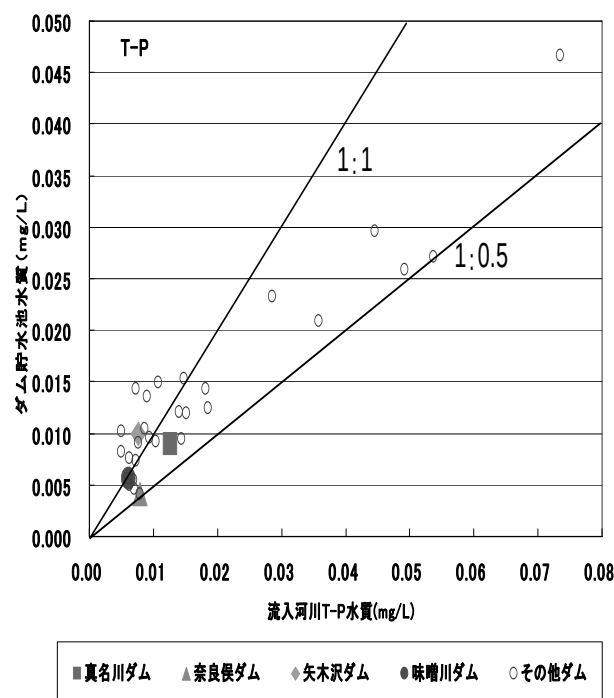


図-5 ダム貯水池水質と流入河川水質の関係 (T-P)

### (4) 長期的な経年変化

図-6に人為的汚濁がほとんどないと記載された4ダム貯水池の5年間(H14年～H18年)のT-Nの変化を示す。尚、矢木沢ダムや奈良俣ダムでは冬季湖面の結氷のため水質データが欠損となっている他、降雨などによる濁水流入の影響を取り除くためSSが40mg/L以上の場合のデータは除いている。

真名川ダムを除く3ダムではT-N濃度は0.1～0.3mg/L程度で推移しているが、真名川ダムでは0.3～0.5mg/L程度と高めに推移している。

人為的汚濁源がほとんどないと判断される溪流において高濃度の窒素が検出される事例は我が国においては決して少ないものではなく、その原因の1つとして森林の窒素飽和の可能性が指摘されている<sup>15)</sup>。その場合の窒素の供給源としては大気からの降下量が考えられる<sup>16)</sup>。

大気降下量の全国分布の例として図-7に全国74地点で測定されたI-N ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ )の湿性降下量(降水に含まれて地上にもたらされる物質質量)の単位面積当たりの年間降下量の分布を示す。群馬県内(前橋・安中・中之条)と北陸地方(福井・金沢・長岡・小杉)において年間窒素降下量が多い。真名川ダムは図-7の測定地点にはなっていないが近隣の福井では全国的に高い値となっており、流入河川の窒素濃度が他の3ダムに比べて高いのは湿性降下物中の影響も考えられる。

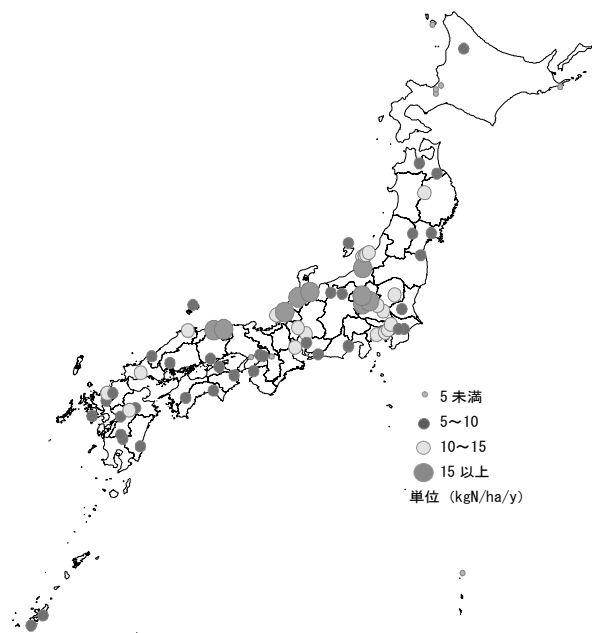


図-7 I-Nの湿性降下物量の分布<sup>16)</sup>

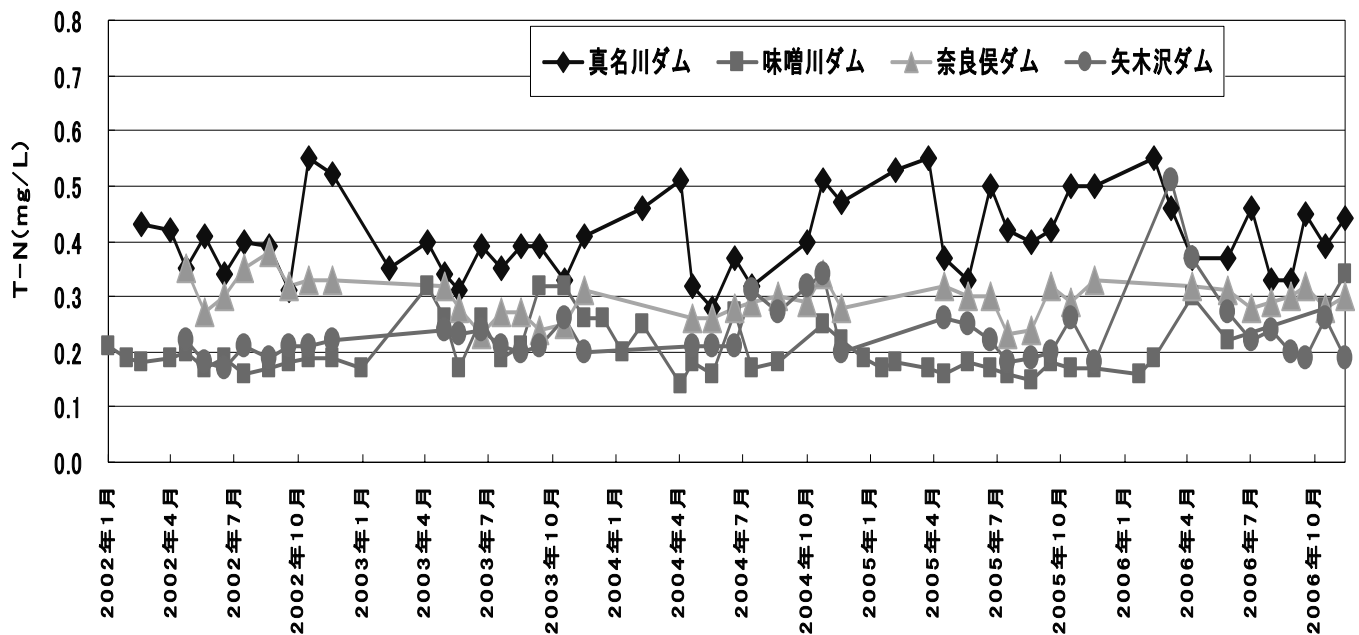


図-6 真名川ダム、味噌川ダム、奈良俣ダム、矢木沢ダムの流入河川における硝酸態窒素濃度の経時変化<sup>2) 3)</sup>

#### 4. おわりに

国土交通省が直轄管理するダム及び水資源機構管理ダムの中から選定された30ダムについて、ダム貯水池及び流入河川のT-N、T-Pの測定結果から以下のことが明らかになった。

- 1) 湖沼の環境基準の類型を基に貯水池及び流入河川のT-N、T-Pを区分すると、T-Pに比べT-Nの濃度が類型に属するものが多い。
- 2) 人為的影響の有無にかかわらず、貯水池と流入河川の水質の相関を見ると、T-Nではほぼ1:1と極めて良い相関が見られるが、T-Pでは良い相関は見られない。
- 3) 人為的汚染源がほとんど無いとされる4ダムにおいて、貯水池のT-Nの経年変化からはほぼ横ばいで推移していることがうかがえる。

今回の結果からは大気由来窒素の影響について判断することは難しいと考えられるが、流域の立地等によっては今後影響が顕著になることも想定される。河川水質管理においては、大気由来窒素降下量や森林の窒素飽和現象に着目した監視が必要になると思われる。

**謝辞：**本研究は「大気由来窒素に着目した流域の窒素収支に関する研究会（座長：古米弘明 東京大学大学院教授）」の一部として実施された。研究をまとめるに当たり、指導・助言をいただいた研究会の委員皆様に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 青井透(2003)：利根川上流域の高い窒素濃度と首都圏より飛来する大気汚染物質との関係1，月刊「水」pp. 26-33，2003年6月号

- 2) 国土交通省：ダム諸量データベース，国土交通省ホームページ
- 3) 独立行政法人水資源機構：水質年報，水資源機構ホームページ
- 4) 国土交通省関東地方整備局独立行政法人水資源機構：第11回 関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 利根川上流ダム群定期報告書 平成16年6月21日
- 5) 独立行政法人水資源機構：第13回 関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 下久保ダム定期報告書 平成17年12月13日
- 6) 国土交通省関東地方整備局：第13回 関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 鬼怒川上流ダム群(五十里ダム・川俣ダム・川治ダム)定期報告書 平成17年12月13日
- 7) 国土交通省関東地方整備局：二瀬ダム定期報告書 平成18年12月8日
- 8) 独立行政法人 水資源機構：第17回 関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 浦山ダム定期報告書 平成20年11月18日
- 9) 独立行政法人水資源機構中部支社：平成18年度 中部地方ダム等管理フォローアップ定期報告書「味噌川ダム」 平成18年12月
- 10) 独立行政法人水資源機構関西支社：平成19年度 布目ダム定期報告書
- 11) 独立行政法人水資源機構関西支社：平成20年度 比奈知ダム定期報告書(案)
- 12) 独立行政法人水資源機構関西支社：平成19年度 猿谷ダム定期報告書
- 13) 国土交通省近畿地方整備局：平成19年度 真名川ダム定期報告書(案) 平成20年3月
- 14) 国土交通省近畿地方整備局：平成20年度 九頭竜ダム定期報告書(案)
- 15) 安富六郎ら，身近な水の環境科学，pp. 22-29，2004，特定非営利活動法人 環境修復保全機構
- 16) 財団法人 河川環境管理財団 大気由来の窒素に着目した流域の窒素収支に関する研究，平成21年11月(2010.4.8受付)