

宮川下流域周辺地下水の養魚用水としての適性について

誌名	養殖研究所研究報告 = Bulletin of National Research Institute of Aquaculture
ISSN	03895858
著者	杉山, 元彦 藤井, 一則 前田, 弘也 丸山, 為蔵 熊田, 弘
巻/号	15号
掲載ページ	p. 29-36
発行年月	1989年3月

宮川下流域周辺地下水の養魚用水としての適性について

杉山元彦・藤井一則・前田弘也・丸山為蔵・熊田 弘

(1988年12月10日受理)

Quality of the Ground Water Around the Lower Reaches of the Miya River

Motohiko Sugiyama^{*1}, Kazunori Fujii^{*2}, Hiroya Maeda^{*2},
Tamezo Maruyama^{*3}, and Hiroshi Kumada^{*1}

Since the establishment of Inland station (Tamaki campus) of National Research Institute of Aquaculture in 1979, the rearing water for experimental fishes has been supplied by four artesian wells in the campus. Prior to the establishment of the campus, assessment of the qualities of ground water around the campus had been done in 1973 and 1974. The qualities of the artesian well waters were reassessed in March of 1987, in order to examine changes in the qualities with the passage of years.

The levels of ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, hydrogen sulfide and manganese which are toxic to fish were below the respective detection limits in artesian well water in Tamaki campus. Silica in each well water was below the level that is detrimental to fish health. The levels of total iron in the well waters in 1987 were slightly higher than those in 1974. The increase in iron levels may be caused by rust release from a pumping equipment submerged in each well.

The present results indicate that, in spite of the increase in pumping-up volume of ground water around Tamaki campus, qualities of artesian well waters in the campus almost unchanged compared with those in 1974, and that the water is suitable for fish culture.

Key words: artesian well · Tamaki campus · water quality

1979年3月に三重県玉城町昼田の宮川旧河川敷に養殖研究所玉城庁舎(当時、本所)が開設されて以来、10年近い年月が経過した。この間、当庁舎では実験用魚介類のための飼育用水として、構内の4本の井戸から供給される日量2,000~6,000m³の宮川伏流水と考えられる地下水を利用してきた。

この飼育用水については、庁舎建設前の1973年から1974年にかけて、当時試掘された2本の井戸水について水質調査が行われており、その時点では魚類の飼育実験用水としての適性に問題のなかったことが明らかにされている(熊田ら 1978)。しかし、実際に使用されてきた井戸は前回、熊田らが調査した試掘井戸とは地理的な位置、あるいは取水深度等が異なる。また、1976年には庁

*1) 養殖研究所 (National Research Institute of Aquaculture, Nansei, Mie 516-01, Japan)

*2) 養殖研究所玉城庁舎 (Inland Station, National Research Institute of Aquaculture, Tamaki, Mie 519-04, Japan)

*3) 養殖研究所日光支所 (Nikko branch, National Research Institute of Aquaculture, Nikko, Tochigi 321-16, Japan)

舎の西側約 500 m の地点で玉城町が、また、1977年には庁舎の東側 500 m 付近で伊勢市が上水道用の取水施設を建設しそれぞれ日量 4,000~8,000 m³、及び 17,000~18,000 m³ もの揚水を開始するなど、玉城庁舎付近の地下水の揚水量は熊田らの調査時点に比べてかなり増加している。比較的水質が安定していると考えられている深層地下水でも、長期間大量の揚水を行った場合、その水質が変化する可能性は否定できず (熊田ら 1978)、養魚用水としての適性は定期的に調査する必要がある。

そこで、今回あらためて玉城庁舎養魚用水の水質を調査したので、その結果をここに報告する。

調査を進めるにあたり、現地での聞き取り調査に便宜を図っていただいた玉城町水道課、及び伊勢市水道課の職員各位に厚く御礼申しあげる。

材料および方法

水質調査は1987年3月12日に、玉城庁舎の構内にある No. 1 から No. 4 までの4本の養魚用水用井戸の水と、庁舎の北西約 600 m の小社曽根集落内にある民家の井戸水、およびこの付近の地下水の主要なかん養源と考えられる宮川の河川水について行った。その調査地点を Fig. 1 に、また、玉城庁舎構内の4本の井戸の取水深度、及び付近の地質断面の概略を Fig. 2 に示した。また、民家の井戸は取水深度 7~8 m の浅井戸 (自由面地下水) である。

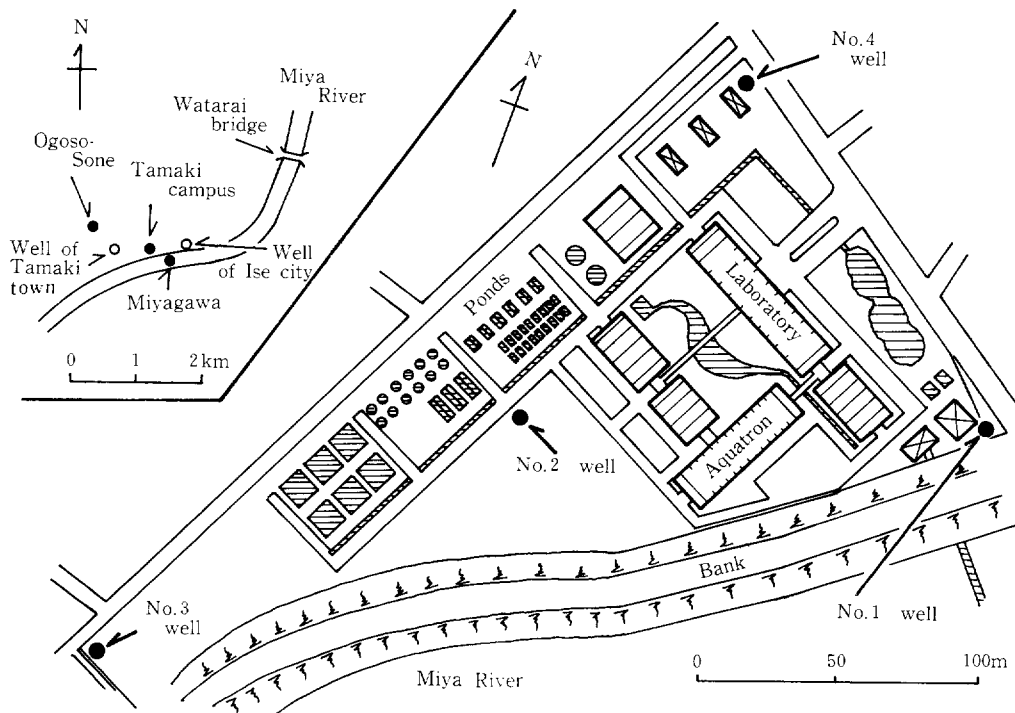


Fig. 1 Sampling sites (●) of ground waters and river water, and layout of Inland Station (Tamaki campus) of National Research Institute of Aquaculture.

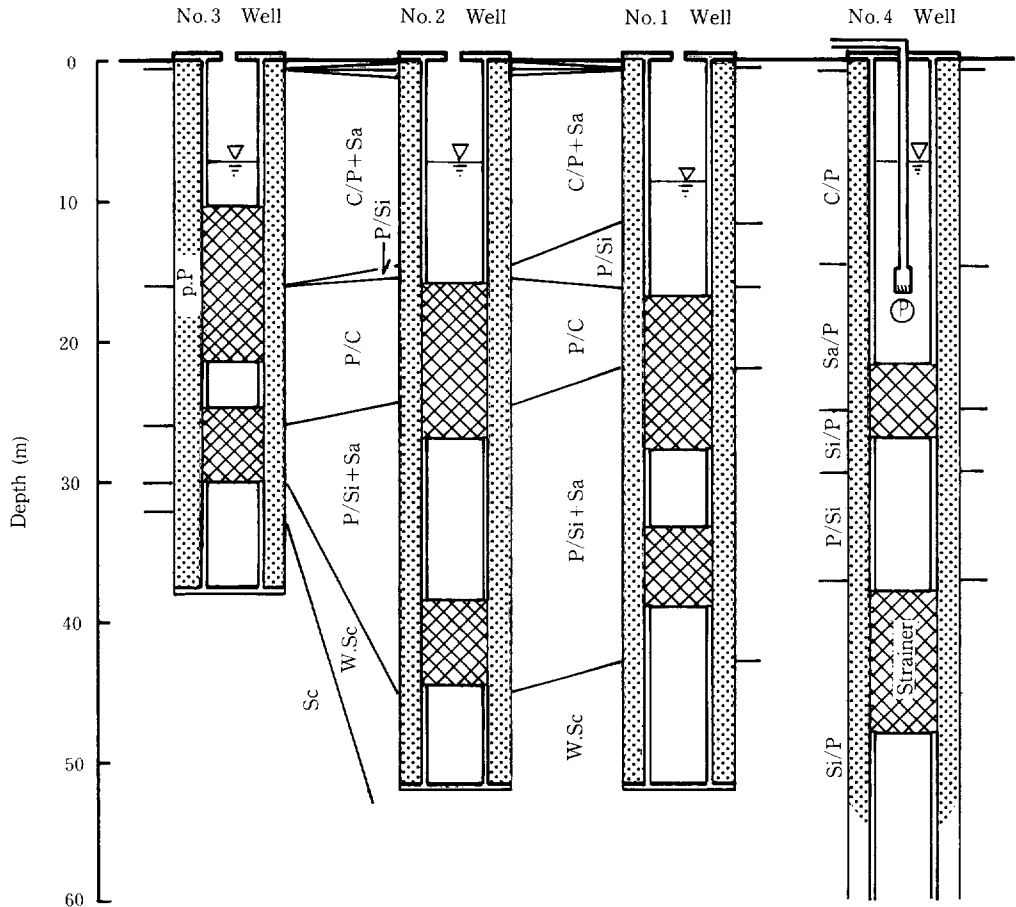


Fig. 2 The profile of artesian wells dug at Tamaki campus (inland station) of National Research Institute of Aquaculture.

※※; strainer, ⊕; electric pump, ⊞(p.P); pebbles packed artificially, C/P; pebbles containing cobbles, C/P+Sa; mixture of pebbles and sand containing cobbles, P/C; cobbles containing pebbles, P/Si; silt containing pebbles, P/Si+Sa; mixture of silt and sand containing pebbles, Sa/P; pebbles containing sand, Sc; schist, Si/P; pebbles containing silt, W.Sc; weathered schist.

測定・分析項目、及びその方法は以下の通りである。

水温 (WT)：水銀棒状温度計を用いて測定した。

溶存酸素 (DO)：溶存酸素計 (YSI社製 57型) を用いて測定した。

pH：比色系列 (鈴研製) を用いて測定した。

アルカリ度：Matida (1953) の方法により測定した。

アンモニア態窒素 (NH₄-N)：窒素分析計 (セントラル科学社製 HC-707N型) を用いて分析した。

亜硝酸態窒素 (NO₂-N)：グリース・ロミン法 (Bendschneider and Robinson 1952) により分析した。

硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$): 窒素分析計 (セントラル科学社製 HC-707N型) を用いて分析した。

りん酸態りん ($\text{PO}_4\text{-P}$): モリブデン青法 (Strickland and Parsons 1972) により分析した。

けい酸イオン (SiO_2): モリブデン黄法 (小林・森井 1969) により分析した。

ナトリウム (Na)・カリウム (K) イオン: 原子吸光分光分析装置 (ジャーレル・アッシュ社製, AA-781型) を用いた炎光光度分析法により分析した。

カルシウム (Ca)・マグネシウム (Mg)・マンガン (Mn) イオン: 原子吸光分光分析装置 (ジャーレル・アッシュ社製, AA-781型) を用いた原子吸光分光分析法により分析した。

全鉄 (Fe): O-フェナントロリン法 (小林・森井 1969) により分析した。

塩素 (Cl) イオン: 硝酸銀滴定法 (三宅 1947) により分析した。

硫酸 (SO_4) イオン: 比濁法 (富山・細川 1950) により分析した。

硫化水素 (H_2S): アミン硫酸法 (松江 1969) により分析した。

化学的酸素要求量 (COD): アルカリ過マンガン酸カリ法 (日本海洋学会 1979) により分析した。

なお、水温、溶存酸素、pH 及びアルカリ度の測定は現場で行った。また、亜硝酸態窒素、及び硫化水素については現場で試薬を加えて発色させた後、実験室に持ち帰り比色定量を行った。その他の栄養塩類の分析用試水には採水後直ちに飽和塩化第二水銀 (HgCl_2 , 試薬特級, 和光純薬) 水溶液を加え、分析に供するまで 5°C 以下で保存した。金属分析用の試水には採水直後に塩酸 (HCl, 試薬特級, 和光純薬) を加え、冷蔵保存した。

結果及び考察

玉城庁舎では実験飼育用水を No. 1 から No. 4 までの 4 本の井戸から取水している。No. 1 井戸の井水は水温制御棟内の水槽に、また、No. 2 井戸は屋外飼育池に供給している。No. 3, 及び No. 4 井戸は1か月交代で稼働 (調査時点では No. 3 井戸が稼働) し、その井水を No. 2 の水と共に屋外飼育池の用水として使用している。

今回の測定・分析結果を Table 1 に示した。なお、現在使用中の玉城庁舎構内の 4 本の井戸のうち No. 4 井戸は熊田らの調査した No. 2 試掘井戸をそのまま利用していることから、その調査結果 (熊田ら 1978) を参考のため Table 1 に併記した。

玉城庁舎構内の 4 本の井戸の水温は $14.4\sim 16.4^\circ\text{C}$ であった。また、民家の浅井戸は 12.2°C と今回調査したなかでは最も低く、宮川の河川水は 16.0°C であった。

新聞らが1983年から1984年にかけて測定した結果 (新聞ら 1987) によれば玉城庁舎の流水式屋外飼育池の水温は6月～7月に最低 ($12.1\sim 13.2^\circ\text{C}$) となり、12月に最高 ($16.4\sim 16.8^\circ\text{C}$) となっている。この測定値はある程度気温の影響を受けた池水温度であるため、井戸水の水温変動幅はさらに大きかったものと思われるが、いずれにしても玉城庁舎の井戸水の水温は夏季に低く、冬季に高いという周年変化をしており、このような飼育用水を使用した場合、アユの生育やニジマス卵巣の最終成熟に対して影響すると言われている (丸山ら 1968, 新聞ら 1987)。

構内井戸掘削時に(株)日さくが作成した工事報告書*によれば、Fig. 2 に示したように玉城庁舎付近の地下15m付近には砂利混じりではあるが粘土層があり、これが砂利や砂と混じった玉石の層

* 株式会社 日さく 1977 (昭和52年8月). 51-淡水研さく井工事報告書

Table 1. Qualities of the artesian well waters and river water of Miyagawa around the Inland Station (Tamaki campus) of National Research Institute of Aquaculture

Sampling site		Artesian wells in Tamaki campus					Artesian well in Ogoso-Sone* ²	river water of Miyagawa
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 4 well in 1974* ¹		
WT	°C	15.3	16.4	14.4	14.8	13.8	12.2	16.0
DO	mg/l	8.2	9.6	10.1	8.7	8.2	7.0	12.4
pH		6.8	6.8	6.8	6.8	7.0-7.1	6.2	7.8
Alkalinity	meq/l	0.47	0.47	0.44	0.49	0.45-0.46	0.40	0.50
NH ₄ -N	mg/l	ND* ³	ND	ND	ND	ND	ND	0.03
NO ₂ -N	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003
NO ₃ -N	mg/l	0.77	0.63	0.71	0.67	0.6-1.7	1.41	0.78
PO ₄ -P	mg/l	0.003	0.006	0.003	0.012	0.03	0.006	0.025
SiO ₂	mg/l	5.1	4.0	3.7	5.1	11-12	5.6	3.7
Ca	mg/l	8.0	7.0	7.6	6.4	5.4-8.8	7.4	7.2
Na	mg/l	6.9	5.4	4.9	6.2	—* ⁴	4.2	5.4
K	mg/l	1.1	1.1	1.1	1.0	—	0.7	1.0
Cl	mg/l	8.7	8.7	8.8	8.8	8.6-9.1	8.9	7.0
Mg	mg/l	2.0	1.6	1.7	2.3	2.5-2.7	2.0	1.7
Mn	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	mg/l	0.02	0.18	0.28	0.50	0.02-0.03	0.12	0.09
SO ₄	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	5	ND
H ₂ S-S	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
COD	mgO ₂ /l	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2-0.4	0.2	0.6

*¹ The data were cited from Kumada *et al.* (1978).

*² The artesian well was constructed for private use in Ogoso-Sone area, and the depth is about 8 m from ground level.

*³ "ND" means "Not detectable".

*⁴ "—" means "Not determined".

に挟まれている。一方、著者らの聞き取り調査によれば、地下 10 m 余りのところから日量 17,000 m³ から 18,000 m³ の地下水を汲み上げている伊勢市の取水場の井水温度は年間を通じて 15~17°C であるという。これらのことから玉城庁舎付近、とくにその東側では比較的水温の安定した水脈の下に水温の季節変化の大きい水脈が存在するという構造になっている可能性がある。また、Fig. 2 に示したように構内のいずれの井戸にもストレーナーが地下 10 m から 28 m の間、及び 24 m から 48 m の間の上下 2ヶ所に設置されているが、その位置は井戸によって浅深がある。このため、水温の異なる層からの採水比率が違い、このことが井戸ごとに水温が異なる原因と考えられる。

溶存酸素量は構内の No. 1 井戸が 8.2 ppm (飽和度, 81%) と 4 本の井戸のなかでは最も少なく、No. 3 井戸が 10.1 ppm (飽和度, 98%) と最も多かった。しかし、1974年に行われた前回の調査(熊田ら 1978)でも溶存酸素は 8.2 ppm となっており、この13年間でほとんど変化していない。ただ、いずれも飽和値を下回っており、今回測定しなかった炭酸ガスや窒素ガスが過剰に含まれている可能性もあり、実験用養魚用水としてこれらの井戸水を使用する際には曝気をほどこした方が安全であると考えられる。

構内の井戸の pH は 4 本とも 6.8 であり、前回の調査結果 (熊田ら 1978) の 6.9~7.1 に比べてやや低くなっているものの、河川・湖沼の水産環境水質基準値 (6.7~7.5) (日本水産資源保護協会 1972) の範囲内に入っている。なお、民家の浅井戸では、pH が 6.2 と低かった。また、宮川の河川水は 7.8 と高かったが、これは溶存酸素量が多かったことなどから、観測時点で微細藻類による光合成が活発に行われていたことによるものと考えられる。

アルカリ度は構内の井戸では 0.44~0.49 meq/l であり、前回の調査時点の値 (0.45~0.46 meq/l) とほとんど同じであった。飼育水に石灰を加え、アルカリ度を大きくすることによって、魚類に対する溶存亜鉛の影響を軽減することができ (Affleck 1952)、また、その値が大きいほど魚類の成長に対して優れていると考えられている (里見 1955)。今回の測定値は琵琶湖周辺の深井戸や東京都日野市周辺の浅井戸 (丸山ら 1968) にくらべて 1/2 程度と低く、したがって、玉城庁舎の水槽では飼育魚類が亜鉛等の金属の悪影響を比較的受けやすい状態にあることが考えられる。

魚魚類に対して、その濃度によっては毒性をもつアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、及び亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) は前回同様、構内のいずれの井戸水からも検出されなかった。これらの井戸水のかん養源と考えられる宮川河川水ではアンモニア態窒素が 0.03 mg/l、亜硝酸態窒素が 0.003 mg/l 検出された。硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度は構内の井戸水で 0.63~0.77 mg/l と前回に比べてやや低下している。民家の浅井戸でも前回より濃度は低下しているが、今回調査したなかでは、1.41 mg/l と最も高く、地表からの窒素の供給を受けている可能性が考えられる。

りん酸態りん ($\text{PO}_4\text{-P}$) については、構内 4 本の井戸間では No. 4 井戸が 0.012 mg/l と最も高い値となったが、それでも前回 (0.02~0.03 mg/l) に比べるとその濃度は低下している。

ニジマスの稚魚を用いたへい死強度を調べた結果 (小島・富山 1949) によるとけい酸 (SiO_2) が 30 ppm 以上の場合にはへい死強度はけい酸のみに支配され、30 ppm 以下の場合にはカルシウム (Ca) の濃度に反比例する。また、けい酸とカルシウムの比 (SiO_2/Ca) はへい死強度と正の相関関係がある (里見 1955)。今回調べた構内 4 本の井戸水ではけい酸の濃度は 3.7~5.1 mg/l と前回 (8.9~12 mg/l) に比べて低くなっており、また、カルシウムの濃度は 6.4~8.0 mg/l の範囲内であり、前回 (5.4~8.8 mg/l) とほぼ同様の値であった。したがって、けい酸の濃度やカルシウムとの当量比から見るかぎり、玉城庁舎の井戸水は養鱒用水としての適性を維持していると言える。

ナトリウム (Na) イオンの濃度は構内の井戸では 4.9~6.9 mg/l であり、また、塩素 (Cl) イオン濃度は 8.7~8.8 mg/l であった。これらの値は宮川の河川水よりやや高い。ただ、前回の調査でも 7.3~9.1 mg/l の塩素イオンが検出されている。玉城庁舎は海岸から約 9 km の標高 10 m 前後の地点に位置しているが、これらのナトリウムイオンや塩素イオンはおそらく付近の地質に由来するものであり、カリウム (K) イオンの濃度が 1.0~1.1 mg/l と宮川河川水の値と差がないことから考えても、取水量の増加による地下水への海水の混入などは考えにくい。

マグネシウム (Mg) イオンの濃度も構内の井戸では 1.6~2.3 mg/l の範囲内であり、宮川河川水の値に比べてやや高いが、前回 (2.5~2.7 mg/l) とほぼ同様であった。

マンガン (Mn) イオンは前回同様、いずれの試水でも検出限界以下であった。しかし、鉄 (Fe) イオン濃度は No. 1 井戸で 0.02 mg/l と前回 (0.02~0.06 mg/l) と変わらなかったが、No. 2 井戸では 0.18 mg/l、No. 3 井戸では 0.28 mg/l、No. 4 井戸では 0.50 mg/l と高かった。ただ、この値はポンプの稼働率の低い井戸ほど高い傾向にあることから、取水管の鉄錆等の影響とも考えられ、必ずしも地下水の水質を反映していない可能性が高い。いずれにしても魚類の飼育にはあまり影響

のない濃度（熊田ら 1978）と考えられる。

硫酸（ SO_4 ）イオンや硫化水素（ H_2S ）も前回同様、構内のどの井戸水からも検出されなかった。

化学的酸素要求量（COD）はいずれの井戸水も $0.2\text{mgO}_2/\text{l}$ 以下であり、前回よりもやや低かった。また、宮川の河川水の値は前回の調査時点よりもやや高かった。

以上のように養殖研究所玉城庁舎において養魚用水として使用している地下水は10年余りにわたる大量の揚水が続けられているにもかかわらず、ほぼ安定した水質を維持しており、水温の周年変化が気温の変化とほぼ逆になっていることとアルカリ度がやや低い点を除けば、淡水魚介類の飼育に対して特に支障を来す要因は見あたらなかった。

また、玉城庁舎付近の地下水のかん養源と考えられている宮川の河川水の栄養塩濃度や化学的酸素要求量が前回よりやや高い値となっているが、これは今回の調査時点では宮川が渇水状態にあったためと考えられるが、いずれにしても宮川河川水の富栄養化は13年前からそれほど進行していないものと考えられる。

要 約

養殖研究所玉城庁舎の養魚用水としての地下水の水質調査は1973年から1974年にかけて当時の試験井戸について行われたのみで、以後調査されていない。そこで、その水質がどの様に変化したかを調べる目的で1987年3月に再調査を行った。調査項目はナトリウム、及びカリウムイオンを加えた他は前回のとおりとした。

その結果、少なくとも今回調査した項目の範囲内では玉城庁舎の4本の井戸から供給される地下水の水質は付近の揚水量が大幅に増加したにもかかわらず、魚類の生残、成長等に障害を与える溶存成分の濃度がきわめて低いままでこの13年間安定していることが明らかとなった。ただ、アルカリ度が他地域の井戸水に比べてやや低く、なんらかの原因で金属イオンが混入した場合、飼育魚介類がその影響を比較的受けやすい水質と考えられる。

文 献

- Affleck, R. J. 1952. Zinc poisoning in a trout hatchery. *Australian J. Mar. Freshw. Res.* 3: 142-169.
- Bendschneider, K. and R. J. Robinson 1952. A spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11: 67-79.
- 小林 純・森井ふじ 1969. 水質の化学分析法 pp. 475-489, 陸水生物生産研究法（陸水生物生産測定方法論研究会編）. 講談社, 東京.
- 小島良夫・富山哲夫 1949. 水の生産力を支配する要因に関する研究 III ニジマス稚魚の斃死に及ぼす水質の影響. *日水誌* 15: 277-282.
- 熊田 弘・木村関男・丸山為蔵 1978. 三重県玉城町周辺の地下水および宮川の水質. *淡水研報* 28: 275-279.
- 丸山為蔵・木村関男・熊田 弘 1968. 東京都日野市周辺における養魚用地下水源について（続報）. *淡水研資料* No. 52 Bシリーズ No. 11: 1-17.
- Matida, Y. 1952. Some notes on the method of alkalinity determination. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 19: 703-709, 709.
- 松江吉行 1969. 底質分析法 pp. 167-197, 水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣, 東京.
- 三宅泰雄 1949. 塩素 pp. 69-86, 水質分析. 小山書店, 東京.
- 日本海洋学会 1979. 化学調査 pp. 158-307, 海洋環境調査法. 恒星社厚生閣, 東京.

- 日本水産資源保護協会 1972. 水産環境水質基準 p. 87, 日本水産資源保護協会, 東京.
- 里見至弘 1955. 東京都日野市周辺における養鱒用地下水の水質調査. 淡水研報 5: 31-38.
- 新聞脩子・木島利通・前田弘也 1987. 夏期12°C, 冬期17°Cの屋外池で飼育したニジマス1年魚の生殖腺の発達. 養殖研報 12: 9-16.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada 125 (2nd ed.): 49-52.
- 富山哲夫・細川栄三郎 1950. 水の微量分析法に関する研究 第11報 硫酸塩の比濁定量法. 日水誌 15: 582-585.