

西湖クニマス産卵場礫地に湧出する湧水の水質

とりまとめ：加地弘一

クニマスの産卵場は、これまでの調査で西湖北岸の西の越沖合水深約 30m の 1 箇所しかない事が分かっている¹⁹⁾。産卵場周辺の底質は主に深い泥であるが、スポット的に礫地が 8 か所確認されており、クニマスはその礫地を産卵場として利用している。礫地には湖底水温よりも礫内温度が高い場所があり、湧水がある事も分かっている。湧水は、産卵基質となる礫地の維持に役立っているだけでなく、産卵されたクニマス卵の生残にも重要な役割を果たしていると考えられるが、湧出量は少なく湧出面積も狭く湧水環境は脆弱である。西湖のクニマス個体群を保全するためにはこの湧水の保全が必須であるが、湧水の起源などに関する基礎的な情報はほとんど無い。そこで、今後の湧水の保全策を検討する基礎資料とするため、産卵場湧水と周辺の井水及び河川水の水質分析を行ったので、その結果を報告するとともに若干の考察を行った。

なお、本研究は山梨県総合理工学研究機構の「クニマスの保全並びに活用に関する研究」として実施した。

サンプルと分析方法

サンプルの採集は、西湖内のほか、桑留尾地区、桑留尾地区を流れる桑留尾川源頭部、および河口湖の大淵谷の各地域で、それぞれ 2 回実施した (図 1, 表 1)。サンプルの採水地点、採水日、採水方法を表 1 に示す。なお、産卵場湧水の採水は自作シーページメータ⁹⁾を用いて行った。また、湖水はダイバーが水深 30m の産卵礫地の直上でサンプル瓶に直接採水した。そのほかのサンプルは直接採水を行った。

サンプルの分析は (株) 山梨県環境化学検査センターに委託して行い、水の安定同位体比分析は近赤外線半導体レーザーを用いたキャビティリングダウン吸光分析法、硝酸イオンの同位体比の分析は脱窒菌法で行った。

表 1 分析に用いたサンプルの採水地点と採水日

採水地点とサンプル		採水日		備考
		第1回目	第2回目	
西湖	産卵場の湧水	H29. 12. 16	H30. 2. 14	シーページメータで採水
	湖水 (湖底30m)	H29. 12. 15	H30. 2. 14	ダイバーが湖底で直接採水
桑留尾地区	民間ホテル井水	H29. 12. 8	H30. 2. 14	
	試験井1の水	H29. 12. 15	H30. 2. 6	
	試験井2の水	H29. 12. 15	H30. 2. 6	
桑留尾川源頭	表流水	H30. 1. 11	H30. 2. 13	
	雪		H30. 2. 6	
大淵谷	表流水	H30. 1. 11		

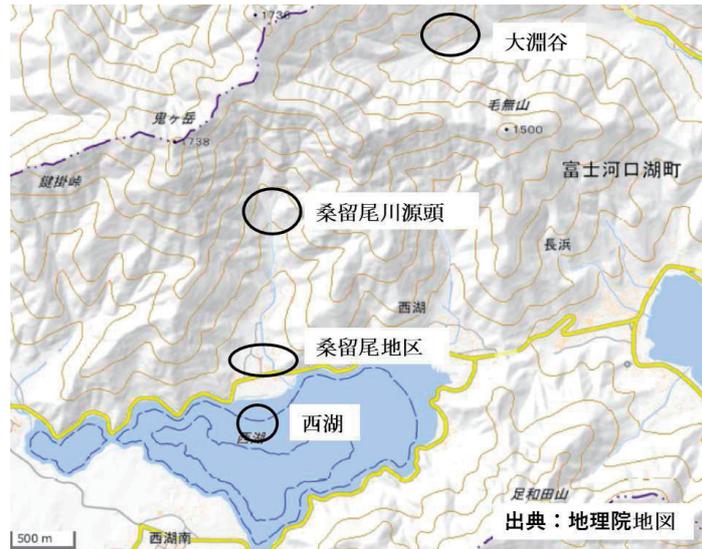


図1 採水地点の位置

全有機炭素量 (TOC)

各サンプルの全有機炭素量の測定結果を表2に示す。全有機炭素量が最も高かったのは西湖の湖水で0.8～1.1mg/Lであり、次いで西湖の産卵場湧水で0.7～0.9mg/Lであった。桑留尾地区、桑留尾川源頭部および大淵谷では、第1回目の試験井2のサンプルと第2回目の雪サンプルを除けば0.4mg/L以下と低い値を示した。

全有機炭素量 (TOC) は有機物指標の一つであり、BODやCODとともに水の汚れを示す指標である。桑留尾地区の井水や桑留尾川源頭部の水に比べて湖水のTOCが高かったのは、河川や雨水による陸域の有機物の流入やプランクトンなどによる有機物の負荷と考えられる。矢崎¹⁰⁾は富士五湖のTOCの経月変化を2年間にわたって測定しており、それによると西湖湖心部の冬季のTOCは1～1.5 mg/L程度であることを報告しており、今回の湖水のTOCも同程度の結果であった。一方、産卵場湧水のTOCは湖水に比べると若干低く湖水よりも清澄な水ととらえられるが、井水などと比べると高い値を示したため、サンプルへの湖水の混入が考えられた。このことについては、次項の水の安定同位体比でも若干記述した。

表2 全有機炭素量の測定結果

採水地点とサンプル		全有機炭素量 (mg/L)	
		第1回目	第2回目
西湖	産卵場の湧水	0.9	0.7
	湖水 (湖底30m)	1.1	0.8
桑留尾地区	民間ホテル井水	<0.3	0.4
	試験井1の水	0.3	0.4
	試験井2の水	0.8	0.3
桑留尾川源頭	表流水	<0.3	0.3
	雪		1
大淵谷	表流水	<0.3	

水の水素および酸素の安定同位体比

水の水素および酸素の安定同位体比の測定結果を表3に示す。TOCの測定結果同様、西湖とそれ以外の地域で異なる傾向を示した。すなわち、西湖の水素安定同位体比（以下、 δD ）は-59.7~-57.7‰、酸素安定同位体比（以下、 $\delta^{18}O$ ）は-8.6~-8.3‰であるのに対し、それ以外の地域では桑留尾川源頭で採集された雪を除き δD は-67.6~-66.2‰、 $\delta^{18}O$ は-10.4~-10.0‰といずれも西湖よりも低い値であった。

安原ら¹¹⁾は、富士山周辺の地下水の涵養プロセスを明らかにするために、富士山麓における降水の同位体組成分布を調査し、降水の δD と $\delta^{18}O$ は $\delta D = 8\delta^{18}O + 15.1$ の関係を持ち、両者には強い相関（ $R^2 = 0.994$ ）がある事を報告している。この相関は地域により異なり、いわゆるローカルな天水線と呼ばれている。今回のサンプルの測定値と、安原ら¹¹⁾が示したローカルな天水線を図2に示す。桑留尾地区の井戸水や桑留尾川源頭の同位体比は富士山地域のローカルな天水線上にプロットされており、これらの由来は降水が直接地下に浸透したものと考えられる。一方、西湖の同位体比は天水線から外れ、 δD 、 $\delta^{18}O$ ともにも天水線より下側にプロットされた。内山ら¹²⁾は、富士山周辺の湧水、河川水、湖水の同位体比が天水線より低い傾きを示しながら乖離する事を報告し、蒸発による影響を受けながら涵養されていることを考察している。今回の西湖湖水のサンプルも、湖水が蒸発の影響を受けながら涵養されたものと考えられた。産卵場湧水については、1回目サンプルの値は湖水とほぼ同じ値にプロットされたが、2回目のサンプルについては δD 、 $\delta^{18}O$ ともに湖水サンプルと天水線の間にプロットされていた。山本ら¹³⁾は河口湖の湖底湧水の δD 及び $\delta^{18}O$ 値が富士山地域の天水線と河口湖の湖水の同位体比の間にプロットされることを報告し、湧出する水は天水起源であるものの湧出が局所的であるために一部で湖水と混合が起こっていることや、採水器具の特性による影響などと考察している。産卵場湧水についても湖水サンプルと天水線の間にプロットされていたことから、天水起源の水と湖水が混合されている可能性が考えられた。サンプリングにシーページメータを使用し湧水のみが採集できるよう努めたが、サンプリング方法に問題があった可能性もあり、今後検証の必要があると考えられた。

表3 水の水素及び酸素の安定同位体の測定結果

採水地点とサンプル		第1回目		第2回目	
		δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
西湖	産卵場の湧水	-58.7	-8.6	-59.7	-8.8
	湖水（湖底30m）	-59	-8.5	-57.7	-8.3
桑留尾地区	民間ホテル井水	-66.2	-10	-66.2	-10
	試験井1の水	-66.9	-10.1	-66.6	-10
	試験井2の水	-66.6	-10.1	-67.2	-10.3
桑留尾川源頭	表流水	-67.6	-10.4	-67.4	-10.3
	雪			-90.8	-14.2
大淵谷	表流水	-66.7	-10.2		

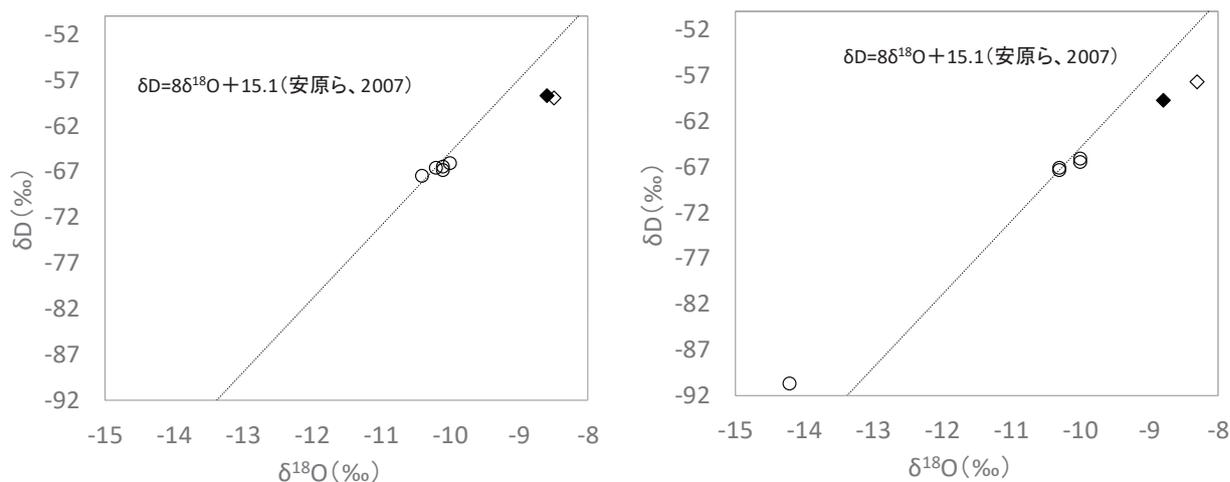


図2 各水サンプルの水素及び酸素の安定同位体比（左：第1回目，右：第2回目，直線：安原ら¹¹⁾による富士山地域の天水線，◆：西湖（産卵場湧水），◇：西湖（湖水），○：桑留尾地区（井水），桑留尾川源頭（表流水）

硝酸イオンの窒素および酸素の安定同位体比

硝酸イオンの窒素安定同位体比（以下， $\delta^{15}\text{N}$ ）および酸素同位体比（以下， $\delta^{18}\text{O}$ ）の測定結果を表4に， $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の関係を図3に示す。一般的に，硝酸イオンの安定同位体比は，環境水中の硝酸イオンの起源を推定するためのトレーサーとして用いられている¹⁴⁾。Kendallら¹⁵⁾は硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ ダイアグラムを作成しており，それによると大気由来の硝酸イオンの $\delta^{18}\text{O}$ の値は60～100‰と高いことがわかる。今回の雪を除くサンプルの $\delta^{18}\text{O}$ は-2.9～11.6‰とこれよりもはるかに低く，大気由来ではないと考えられた。一方，同ダイアグラムから，硝酸イオン中の $\delta^{15}\text{N}$ の値は，化学肥料や降水中で-10～5‰程度，自然土壌中由来が2.5～8‰程度，人畜由来のし尿から由来が0～25‰である¹⁵⁾。また，富士川流域の森林や農地から流出する硝酸イオンの安定同位体比を調査した中村ら¹⁶⁾によると，富士川流域の森林由来の $\delta^{15}\text{N}$ は-0.1～1.9‰，農地由来の $\delta^{15}\text{N}$ は5.4‰に近い事を報告している。今回のサンプルの $\delta^{15}\text{N}$ は-2.6～3.3‰であり，涵養域に農地や化学肥料の負荷源が無いことを考慮すると，降水または森林由来であると考えられた。以上のように，硝酸イオンの同位体比はすべてのサンプルで似た特徴を有する事から，湧水の起源を推定する指標にはならなかった。

表4 硝酸イオンの窒素の安定同位体比の測定結果

採水地点とサンプル		第1回目		第2回目	
		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
西湖	産卵場の湧水	2.3	1.1	1.2	-0.8
	湖水 (湖底30m)	3.3	-0.2	1.2	-0.3
桑留尾地区	民間ホテル井水	-2.6	1.7	-2	7.6
	試験井1の水	0.1	-2.9	-2.2	-2.1
	試験井2の水	-0.8	11.6	-1.8	2.7
桑留尾川源頭	表流水	-1.2	3.6	-1.5	9.4
	雪			0.1	68.1
大淵谷	表流水	-0.4	1.4		

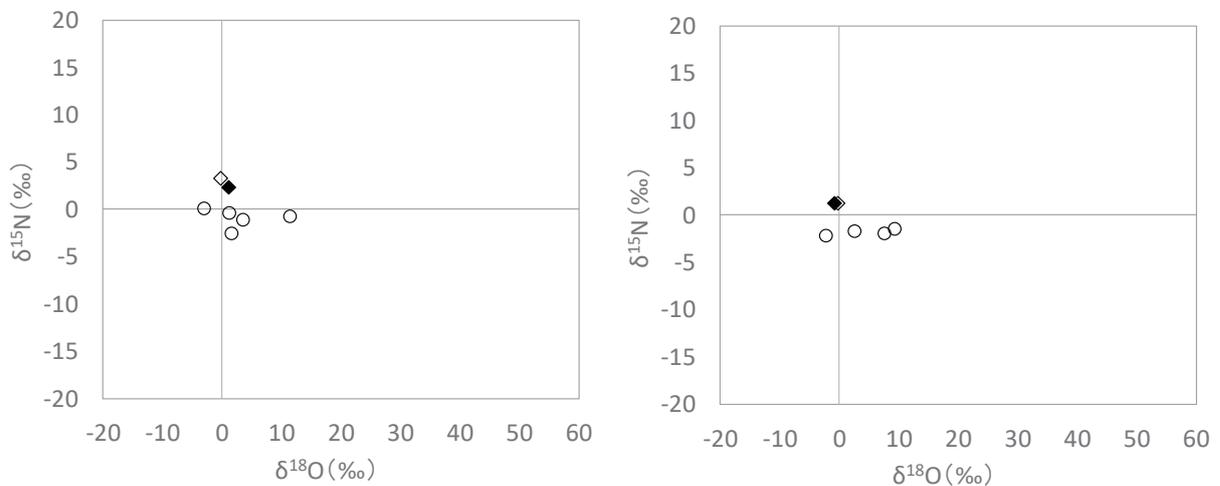


図3 各水サンプルの窒素及び酸素安定同位体比 (左: 第1回目, 右: 第2回目,

◆: 西湖 (産卵場湧水), ◇: 西湖 (湖水), ○: 桑留尾地区 (井水), 桑留尾川源頭 (表流水))

今回、産卵場湧水とその周辺のサンプルについて、全有機炭素量、水の同位体分析、硝酸イオンの同位体分析を行う事で、湧水の特徴を明らかにすることを試みた。その結果、湧水は地下に涵養された雨水が由来と考えられ、湖水とは特徴を異にすることを明らかにした。しかし、今回用いた水質項目ではその由来となる帯水層を明らかにできなかった。今後、今回の分析項目以外に、各種のイオン分析を行う事や、サンプリング地点を増やすなどして、湧水の由来となる帯水層を明らかにする必要がある。また、湧水のサンプリング精度の向上も課題である。

文献

- 1) 青柳敏裕・加地奈々・長谷川裕弥 (2013) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究. 山梨県理工学研究機構研究報告書, 8, 89-102.
- 2) 青柳敏裕・岡崎巧・加地奈々・大浜秀規・長谷川裕弥・勘坂弘治・市田健介・吉崎悟朗 (2014) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究 (第2報) . 山梨県理工学研究機構研究報告書, 9, 49-65.
- 3) 青柳敏裕・岡崎巧・大浜秀規・三浦正之・谷沢弘将・小澤涼・長谷川裕弥・吉澤一家・坪井潤一・勘坂弘治・

- 市田健介・Lee Seungki・吉崎悟朗・松石隆 (2015) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究 (第3報) . 山梨県理工学研究機構研究報告書, 10, 43-65.
- 4) 大浜秀規・青柳敏裕・谷沢弘将・長谷川裕弥 (2017) : 西湖におけるクニマスの産卵環境. 山梨県水産技術センター事業報告書, 44, 45-53.
 - 5) 大浜秀規・青柳敏裕・芦澤晃彦・長谷川裕弥 (2018) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—II. 山梨県水産技術センター事業報告書, 45, 13-22.
 - 6) 加地弘一・青柳敏裕・大浜秀規・塚本勝巳 (2019) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—III. 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 46-59.
 - 7) 加地弘一・青柳敏裕・大浜秀規 (2020) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—IV. 山梨県水産技術センター事業報告書, 47, 41-47.
 - 8) 大浜秀規・谷沢弘将・青柳敏裕 (2020) : 西湖におけるクニマス *Oncorhynchus kawamurae* の再生産 I. 産卵環境. 水生生物, 2020 巻, 1-9.
 - 9) 大浜秀規・加地弘一・青柳敏裕・塚本勝巳 (2020) : 西湖におけるクニマス *Oncorhynchus kawamurae* の再生産 II. 産卵と阻害要因. 水生生物, 2020 巻, 1-11.
 - 10) 矢崎英夫 (2011) : 富士五湖における TOC (全有機炭素) 経月変化調査について. 山梨衛環研年報, 55, 77-79.
 - 11) 安原正也・早風康平・丸井敦尚 (2007) : 富士山の地下水とその涵養プロセスについて. 荒牧重雄・藤井敏嗣・中田節也・宮地直道編, 富士火山. 山梨県環境科学研究所, 389-405.
 - 12) 内山高・小田切幸次・佐野哲也・小林浩・中村高志・長谷川達也・山本真也・村中康秀・神谷貴文・渡辺雅之・古屋洋一・吉沢一家・赤塚慎・内山恵美子 (2014) : 富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学的研究. 山梨県総合理工学研究機構報告書, 9, 67-85.
 - 13) 山本真也・中村高志・内山高 (2017) : 富士北麓, 河口湖で新たに見つかった湖底湧水. 日本水文学会誌, 47(2), 49-59.
 - 14) 中村高志・長谷川達也・山本真也・内山高・瀬古義幸・清水源治・米山由紀・風間ふたば (2017) : 富士山北麓の湧水と硝酸イオンの起源および桂川への窒素流出. 地学雑誌, 126(1), 73-88.
 - 15) Kendall, C., Elliot, E. M., Wankel, S. D. (2007) : Tracing anthropogenic inputs of nitrogen to ecosystem. In *Stable isotopes in Ecology and Environmental Science* edited by Michener, R. H. and Lajtha, K. Blackwell, Oxford, U.K., 375-449.
 - 16) 中村高志・尾坂兼一・平賀由紀・風間ふたば (2011) : 富士川流域における渓流水中の硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比. 日本水文学会誌, 41, 79-89.