

山中湖平野ワンドにおける 底質及び湖底直上水の栄養塩類水平分布特性

長谷川 裕弥

Horizontal Distribution Characteristics of Sediment Quality and Bottom Layer Water Quality
in the Cove of Lake Yamanakako

Yuya HASEGAWA

キーワード：山中湖、平野ワンド、底質、湖底直上水、窒素、リン、強熱減量、含水比

山梨県では水質汚濁防止法第 16 条に基づき、1973 年から公共用水域の水質モニタリングを実施している。2000 年以降、富士五湖の一つである山中湖の湖心表層水は、有機汚濁の指標となる化学的酸素要求量や富栄養化の指標となる全窒素及び全リンは横ばいで推移しており¹⁻²⁾、水質環境に大きな変化はみられていない。

一方、湖沼やダムなどの閉鎖性水域では、堆積した有機物が微生物に分解される過程で水中の溶存酸素を消費するため、湖底付近の底層水はしばしば貧酸素化する。底層水の貧酸素化により、底泥からは窒素やリンが溶出し³⁻⁴⁾、富栄養化の要因の一つとなっている。これらのことから、底質の有機物や栄養塩類に関する調査、底質と水質の相互作用に関する調査が必要とされている。

山中湖の北東部に位置する平野ワンドの湖底にはヘドロの堆積が確認されていること⁵⁾、湖底直上水のアンモニウムイオン濃度が高い傾向であること⁶⁾から、栄養塩類が底質から溶出し、底層の水質に影響を与えている可能性がある。しかし、平野ワンドでは詳細な底質調査や底層水の水質調査を実施した事例が少なく、現況を把握するにはデータが乏しかった。そこで、本研究では平野ワンドを対象水域として、底質の性状や栄養塩類の分布状況、湖底直上水の水質を調査し、その特徴を明らかにしたので報告する。

平野ワンドの概要

図 1 に示す平野ワンド(最大水深約 6.5 m、周囲約 1.5 km)は自然に囲まれたワンドを形成しており、湖流が比較的穏やかな水域である。この水域は水生植物種やその量が多いことで知られており、近年は沈水植物のホザキノフサモが優占種で、他にセキショウモやクロモなどが観察されている⁷⁾。また、水上レジャーや釣り場として、多くの観光客が訪れる観光地である。



図 1 山中湖の調査水域⁸⁾

調査方法

1 試料採取

調査は 2016 年 10 月 24 日に実施した。調査地点は図 2 に示す平野ワンド 17 地点とした。底質の採取には主に柱状採泥器を用いたが、底質の性状が軟弱のため柱状コアが採取できない場合は、離合舎製のエクマンバージ採泥器を用いた。底質は柱状コア(図 3)の表層 0~2 cm を混合して試料とし密閉容器で冷蔵保存(約 4℃)した。湖底直上水は、柱状コア採取時にコアの上にある湖水をサイフォンの原理でフラン瓶に分取して試料とし冷蔵保存(約 4℃)した。

2 底質及び湖底直上水の測定

底質の測定項目は含水比、強熱減量、全窒素(TN)、全リン(TP)とし、底質調査法⁹⁾に従って測定した。また、目視で底質の性状(砂、泥)を記録した。湖底直上水の測定項目は TN、溶存態全窒素(DTN)、硝酸性窒素(NO₃-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、アンモニア性窒素(NH₄-N)、TP、溶存態全リン(DTP)とし、JIS K 0102¹⁰⁾に従って測定した。一部の試料は、孔径 0.45 μm のメンブレンフィルタ

一 (ミリポア HAWP0045) でろ過後に測定した。また、懸濁態窒素 (PN) は TN と DTN の差から算出し、溶存態有機窒素 (DON) は DTN と NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N の差から算出した。懸濁態リン (PP) は TP と DTP の差から算出した。

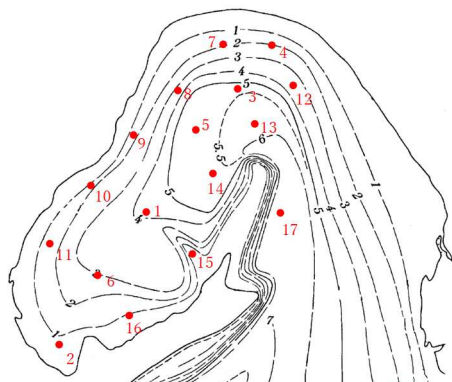


図2 平野ワンドの底質調査地点



図3 採取した柱状コア

り¹¹⁾、その結果を反映していると考えられた。

(2) 含水比と強熱減量

底質の含水比は 69~982%の範囲にあり、強熱減量は 1.1~23.5%の範囲にあった。含水比及び強熱減量は、底質の性状が「砂」であった地点で低く、「泥」であった地点で高くなる傾向がみられた。底質の性状が「泥」であった地点間の含水比及び強熱減量をワンド内のエリア毎に比較するとワンド奥>ワンド中央 (=ワンド外) >ワンド入口の順に高い傾向がみられ、ワンド奥ほど底質に含まれる有機物量が多かった。底質の有機物量がワンド奥で多くなった要因の一つに水生植物の影響が考えられた。平野ワンドではホザキノフサモや浮遊植物のヒシの群落が確認されており⁷⁾、枯死した水生植物が湖底に堆積し、有機物の主な供給源になっていると考えられた。また、図2で示したように地点14~15においては、湖底が急斜面になっており、ワンド奥に堆積物が貯まりやすい地形であると考えられた。

表1 各調査地点における底質測定結果

地点番号	採取方法	底質の性状	水深 (m)	含水比 (%)	強熱減量 (%)	TN (mg/g)	TP (mg/g)
1	柱状コア	泥	3.1	583	16.9	4.8	1.3
2	柱状コア	泥	1.1	728	22.7	11	1.5
3	柱状コア	泥	5.2	317	13.3	3.8	1.1
4	柱状コア	泥	2.4	174	11.6	3.0	0.72
5	柱状コア	泥	4.8	369	13.6	3.8	1.2
6	柱状コア	泥	2.9	662	20.0	7.6	1.6
7	柱状コア	泥	3.4	226	12.9	3.1	0.92
8	エクマン	砂	4.4	74	1.5	0.41	0.25
9	エクマン	砂	2.1	78	1.1	0.34	0.20
10	柱状コア	泥	1.6	623	19.3	7.5	1.5
11	柱状コア	泥	1.8	982	23.5	7.9	1.6
12	柱状コア	泥	3.8	106	5.6	1.6	0.54
13	柱状コア	泥	6.0	402	13.9	4.0	1.2
14	柱状コア	泥	4.7	474	15.5	5.0	1.3
15	柱状コア	泥	3.5	527	16.6	5.2	1.4
16	柱状コア	砂・泥	1.6	69	2.8	0.79	0.32
17	柱状コア	泥	6.2	394	14.2	4.3	1.3

結果と考察

1 底質の水平分布

表1に平野ワンドの17地点で採取した底質の含水比、強熱減量、TN及びTPの測定結果を示し、図4に水平分布図を示した。また、平野ワンドをワンド入口(地点3、4、7、8、12、13)、ワンド中央(地点1、5、9、10、14、15)、ワンド奥(地点2、6、11、16)、ワンド外(地点17)の四水域に区分した。なお、水質データを解析する際はワンド外の結果も併せて行った。

(1) 底質の性状

底質の性状は17地点中14地点で「泥」であった(図5)。一方、地点8、9の底質の性状は、水深が2m以上にも関わらず「砂」であった。平野ワンドには常時流入する河川がないため、この水域は湧水や湖流等の水流の環境因子により、泥が堆積しにくい可能性が考えられた。また、地点16の底質の性状は「砂・泥」であった。平野ワンドの浅瀬は礫質砂又は砂質礫が分布しているとの報告があ

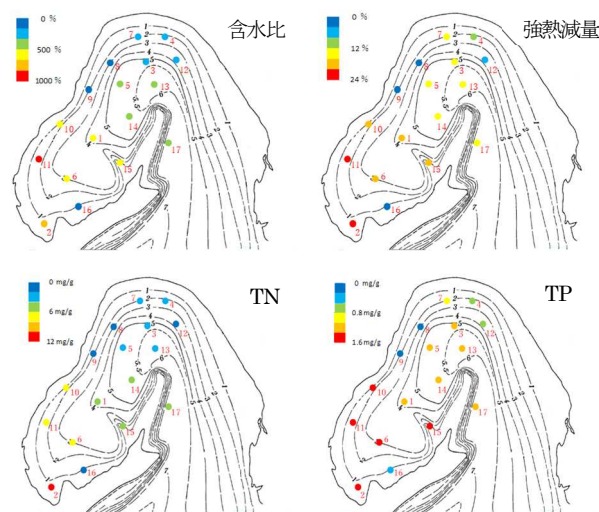


図4 各測定項目の水平分布図



図5 強熱後の底質試料

(3) 全窒素、全リン

底質のTNは0.34~11 mg/g (平均 4.4 ± 2.2 mg/g) の範囲にあった。特に地点2は全地点平均値の2.5倍の窒素が検出された。底質のTPは0.20~1.6 mg/g (平均 1.1 ± 0.5 mg/g) の範囲にあった。TNとTPの水平分布は、含水比及び強熱減量と同様の傾向がみられ、ワンド奥ほどその存在量が多い傾向にあった。

(4) 含水比と各因子の関係

含水比は底質の物理的な状態を示す指標であるため、底質の有機物などと密接な関係を持つことが知られている¹²⁾。そのため本研究では、含水比を共通因子として強熱減量、TN及びTPとの相関関係を検討した。その結果、含水比は強熱減量及びTN、TPとの間に高い正の相関関係が得られた($r=0.90\sim0.94$ 、図6~図8)。そのため、含水比は底質の汚濁状況を把握するためのパラメーターとして有効であると考えられた。

2 湖底直上水の水質

表2に湖底直上水の水質結果を示した。底質内の栄養塩類は間隙水に溶解し、湖水中へ拡散していくと言われている¹³⁾。そのため、湖底直上水の水質を測定することで、底質から回帰する栄養塩類の影響を明らかにした。なお、地点8及び9は柱状コアが採取できなかったため欠測とした。

TNは0.21~4.0 mg/Lの範囲にあり、TPは0.029~0.30 mg/Lの範囲にあった。地点2は他地点より高濃度のTN及びTPが検出されたが、DTN及びDTPは地点間に顕著な差はみられなかった。そのため、地点2の湖底直上水は底質の一部が混入した可能性が考えられた。また、底質から溶出する栄養塩類は溶存態で存在していると考えられるが、DTN及びDTPの水平分布に特徴はみられなかった。

次に窒素及びリンを形態別に見ると懸濁態(PN:74~100%、PP:83~98%)が7割以上を占めており、底質からの窒素及びリンの溶出は多くないと考えられた。さらに、溶存態窒素を形態別にみると主に $\text{NH}_4\text{-N}$ とDONで構成されており、湖底直上水はDONが $\text{NH}_4\text{-N}$ に分解(無機化)される途中であると考えられた。ただし、本調査は10

月下旬に実施しており、水温が高くより生物活性の高い夏季に同様の調査が必要であると考えられた。

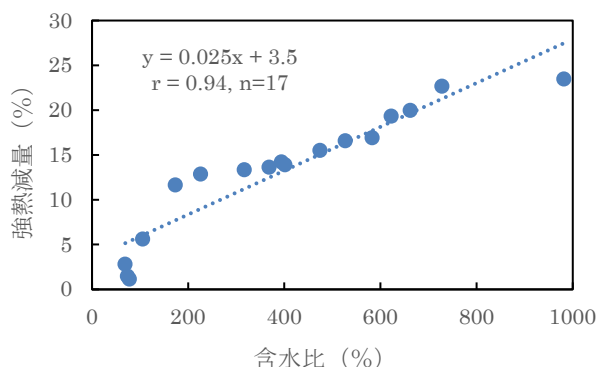


図6 含水比と強熱減量の関係

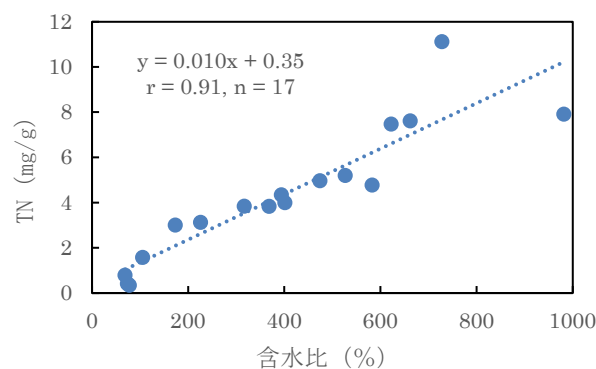


図7 含水比とTNの関係

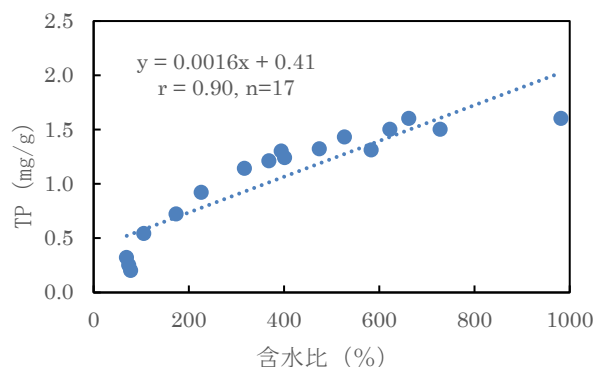


図8 含水比とTPの関係

まとめ

- 1) 平野ワンド底質の性状は、一部の水域を除いて一様に泥であった。
- 2) 底質の含水比、強熱減量、TN、TPの水平濃度分布は、ワンド奥>ワンド中央(=ワンド外)>ワンド入口の順に高くなる傾向がみられた。

表2 湖底直上水の水質結果 (単位: mg/L)

地点番号	TN	PN	DTN	DON	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	TP	PP	DTP
1	0.37	0.31	0.06	0.04	<0.01	<0.01	0.02	0.072	0.069	0.003
2	4.0	3.8	0.21	0.19	<0.01	<0.01	0.02	0.30	0.30	0.004
3	0.46	0.43	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	0.03	0.082	0.079	0.003
4	0.47	0.39	0.08	0.05	<0.01	<0.01	0.03	0.067	0.064	0.003
5	0.41	0.40	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	0.01	0.075	0.066	0.009
6	0.67	0.63	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	0.04	0.080	0.077	0.003
7	0.32	0.25	0.07	0.04	<0.01	<0.01	0.03	0.054	0.051	0.003
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0.54	0.40	0.14	0.11	<0.01	<0.01	0.03	0.072	0.072	<0.003
11	0.35	0.34	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	0.01	0.042	0.039	0.003
12	0.21	0.21	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.028	0.024	0.004
13	0.53	0.44	0.09	0.03	<0.01	0.04	0.02	0.073	0.067	0.006
14	0.48	0.37	0.11	0.10	<0.01	<0.01	0.01	0.069	0.066	0.003
15	0.39	0.34	0.05	0.03	<0.01	<0.01	0.02	0.068	0.068	<0.003
16	0.57	0.52	0.05	0.04	<0.01	0.01	<0.01	0.093	0.090	0.003
17	0.47	0.38	0.09	0.05	<0.01	0.03	0.01	0.062	0.056	0.006

- 3) 底質の有機物や窒素、リンは水生植物が主な供給源であると考えられた。
- 4) 底質の含水比は、強熱減量及びTN、TPとの間に高い正の相関関係が得られた ($r=0.90\sim0.94$)。そのため、含水比は底質の汚濁状況を把握するためのパラメーターとして有効であると考えられた。
- 5) 湖底直上水の窒素及びリンは7割以上が懸濁態で存在しており、底質からの栄養塩の溶出は多くないと考えられた。
- 6) 湖底直上水の溶存態窒素はNH₄-NとDONで構成しており、DONがNH₄-Nに分解される途中であると考えられた。
- 7) 長谷川裕弥, 吉澤一家: 山中湖平野ワンドにおける水生植物について, 山梨衛環研年報, **57**, 67-68(2013)
- 8) 地理院地図(国土地理院)を加工して作成
- 9) 環境省: 底質調査法(2012)
- 10) 日本工業規格: JIS K 0102 工場排水試験方法(2013)
- 11) 山梨県・山中湖村役場: 河川整備事業 山中湖土砂浚渫業務 報告書, p. 17(2003), (東電建設株式会社)
- 12) 服部啓太ら: 港湾における底質の平面分布特性に関する解析, 土木学会論文集, **72**, III_55-III_65(2016)
- 13) 青木豊明, 谷田一三, 竹門康弘: 底泥の間隙水のシリッジによる直接採水法, 環境技術, **27**, 658-660(1998)

参考文献

- 1) 長谷川裕弥, 吉澤一家: 富士五湖の水質環境の変化, 山梨衛環研年報, **55**, 80-85(2011)
- 2) 山梨県大気水質保全課: “平成28年度公共用水域及び地下水の水質測定結果”, 第一章, p. 46(2016), (山梨県)
- 3) 細見正明, 須藤隆一: 湖沼底泥からのリン溶出に関する研究, 水質汚濁研究, **2**, 157-162(1979)
- 4) 韓 銅珍, 中辻啓二, 西田修三: 閉鎖性内湾の底泥特性と水質・底質の相互作用について, 海岸工学論文集, **52**, 966-970(2005)
- 5) 新日本気象海洋株式会社: “昭和56年度山中湖水質汚濁機構解明調査報告書”, p. 53(1982), (山梨県)
- 6) 吉澤一家, 望月映希: 夏季の山中湖湖底直上水の水質, 山梨衛公研年報, **51**, 33-38(2007)