

未攪乱閉鎖性山岳池「夜叉ヶ池」水質の7年間の変動について

岩 本 多 實*・木 村 満喜夫*・安 藤 憲 治*

On the Fluctuation of Water Properties of the Undisturbed Isolated Mountain-Pond "Yasha-ga-Ike" during Seven Years

Kazumi Iwamoto, Makio Kimura and Kenji Ando

Abstract

The "Yasha-ga-Ike" is a small non-volcanic isolated pond with an area of about 42 acres and with the maximum depth of 7.5m, located at an elevation of 1099m near the ridge of mountain in Imajyo, Fukui Prefecture. Properties of pond water such as temperature, turbidity, pH, electric conductivity and dissolved oxygen content have been measured ten times at several points from the surface up to 7.5m deep in the pond for these seven years since 1998. All the data obtained are given in the figures, and the fluctuation of the properties is discussed.

1. はじめに

福井県南条郡今庄町の南東部にある「夜叉ヶ池」は、福井、岐阜、滋賀の県境近くの山地の稜線のすぐ西側のチャート地層に出来た標高 1099m、周囲約 230m、水深最大 7.5m、面積約 42a の非火山性の小さな池であり¹⁾、流域面積は湖面積の 10 倍程度と狭く、池はブナの原生林に囲まれ、出入りする川はなく、古くから水涸れの無いことで知られた未攪乱で閉鎖性の池である。この池に関する報告は少なく、水深分布が測定されているほか¹⁾、水面 3ヶ所の pH、導電率、アルカリ度、数種の元素、陰イオン濃度などについての報告が見られる²⁾程度である。

しかしながら、池に対する外部からの物質移入は狭い流域からのもの以外には雨水、風、降下物によるものしかなく、かつ自然が未攪乱の状態に保存されていることから、池の環境動態の調査研究は閉鎖性水域内の微量成分物質の移行挙動等の解明に寄与するものと考えられる。このため筆者らは、夜叉ヶ池を対象として水環境を中心に池底堆積物、¹³⁷Cs 放射能挙動などに関する研究を実施して来た^{3), 4), 5)}。水質について池全体についての報告は見当たらないので、前報³⁾では、より広いデータを入手することを目的に、平成 10 年度と 11 年度に 2 回にわたって池面の各所で pH、導電率等の水深による変化を測定し、さらに水中に含まれるいくつかの元素の濃度を予備的に調べた結果について報告した。本報告では、その後も継続して平成 16 年度までに実施した水質測定について、その結果をデータ集として図で表わすとともに経年変動の観点からまとめた結果について述べる。

2. 測定方法

2.1 水質の現地測定

夜叉ヶ池へは福井県側の登山道を通して毎年 2 ～ 3 回行き、堆積物や水についての調査研究を行って来ており、第 1 回調査に A の記号を付し、以後、回を重ねるとともに B、C、… とし、平成 16 年 11 月現在、22 回目の V となっている。夜叉ヶ池は図 1 に示すように中央部に泥が堆積しており、周辺部、特に池への登山道付近には砂浜があり、池中にも粒子が堆積している。現地での水質測定では、ボートに乗り込み、池の中央部での測定点を明確にするため、10m 毎に標示を付けた 60m のロープを張り、これを基準にして 1W、2W、MW、5W、3W の測定位置を決め、さらに 6W、7W、8W を加えて測定する。測定では、水温、pH、導電率、溶存酸素(DO)、濁度を 0.5m 毎に測定器が底につくまで、最深部では 7.5m 付近まで、センサーを降下させて測定する。1998 年から 2004 年までに表 1 に示すように C、E、H、J、K、N、O、P、S、V の計 10

* 環境・生命未来工学科

回測定した。その測定日、並びに基準ロープの位置と測定場所は図1に示されている。なお、水試料も深さ1m毎に採取し、元素分析をしているが、これについての報告は別途行うことにする。

2.2 水温、pH、導電率、溶存酸素及び濁度の測定

水質の測定に際しては、ボートを水面に浮かべ、携帯型で延長コードを有する以下の2種類の測定器を使用した。CW、EW、HWの測定では、最長5mのコードを持つ携帯型投げ込み式のpH/ORP計（シバタ POT-300M型）と導電率計（シバタ ECT-200型）を用い、水深5mまで測定した。JWからVWまでの7回は、最長10mの延長コードを持つ携帯型投げ込み式の水質チェッカー（東亜電波㈱、WQC-22A）を用いた。いずれの場合も0.5m毎に、池底にセンサー部がつくまで測定した。水質チェッカーでは、温度（℃）を白金測温抵抗体式により、溶存酸素（mg/l）を隔膜型ガルバニ電池式（自動温度補償5～40℃）により、pHをガラス電極式（自動温度補償0～50℃）により、電気伝導率（mS/m）を4電極式（自動

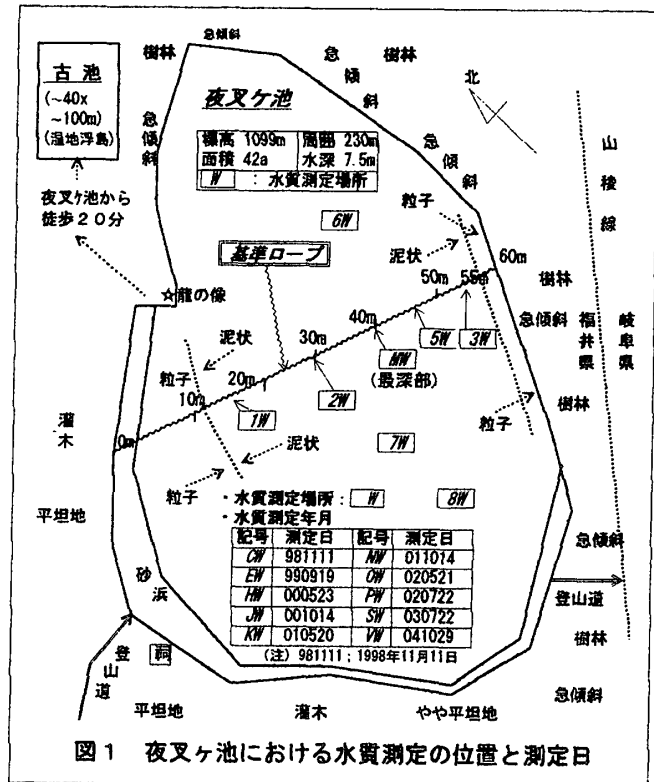


表1 水質測定日と記号

測定年月日	同左記号	水記号	濁度 ^{*1)}	測定年月日	同左記号	水記号	濁度 ^{*1)}
1998.11.11	9811	CW	—	2001.10.14	0110	NW	3.7
1999.09.19	9909	EW	—	2002.05.21	0205	OW	2.0
2000.05.23	0005	HW	—	2002.07.22	0207	PW	0.6
2000.10.14	0010	JW	2.0	2003.07.22	0307	SW	1.6
2001.05.20	0105	KW	3.7 ^{*2)}	2004.10.29	0410	VW	1.0

*1) 濁度(mg/l)

*2) 雨上がりで表面: 1、深さ6m: 5

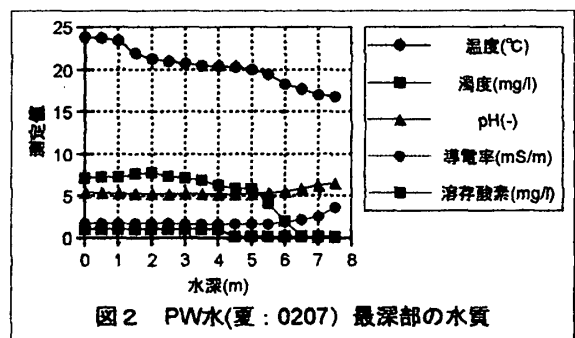
温度補償0～50℃)により、濁度(mg/l)を90度散乱光測定式により、それぞれ測定する。

測定位置は図1に示した通りであるが、毎回全部の場所で測定したわけではなく、最深部MW、5Wを含む数カ所であり、後述するように測定ヶ所を含めた全データを付録に掲載している。なお、基準ロープから離れた6W、7W、8Wの位置はボートの揺れなどで確定的ではなく、おおよその目安である。

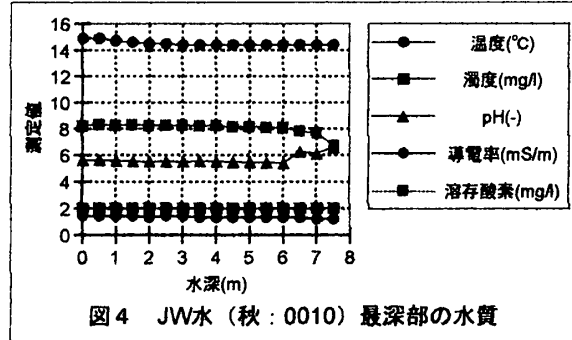
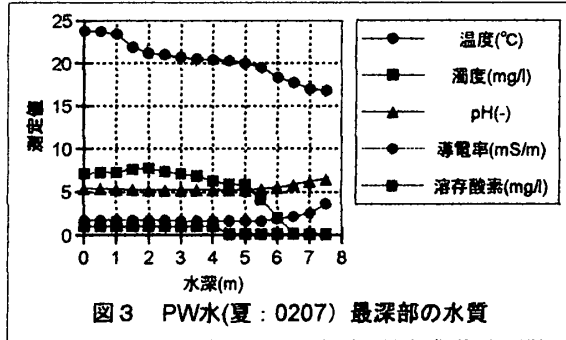
3. 測定結果と考察

3.1 測定結果の概要

10回の測定で得た全ての測定値について、pHを付録1に、導電率を付録2に、溶存酸素を付録3に示している。これらの図では横軸に水深、縦軸に測定値を測定位置ごとに示している。一般的には位置による影響は少ないが、池底近くなると変動していることが判る。特に、pHの場



合、池底近くなるとどの位置においても pH は大きくなっているほか、HW、KW、SW については深くなくても位置による変動が大きい。特に PW については、後述するように pH、導電率、溶存酸素に特異な挙動が見られる。1 回の測定では、温度、濁度、pH、導電率、溶存酸素を 0.5m ずつ測定センサーが池底につくまで測定している。測定時期は 5 月 3 回、7 月 2 回、9 月 1 回、10 月 3 回、11 月 1 回の合計 10 回である。これらの内、春 5 月の測定例として KW 水 (0105 : 2001

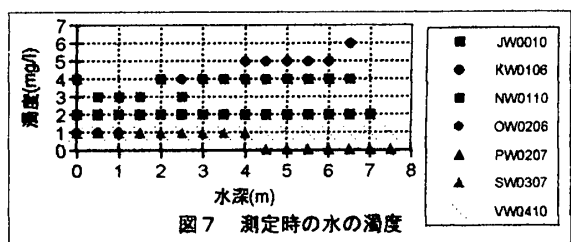
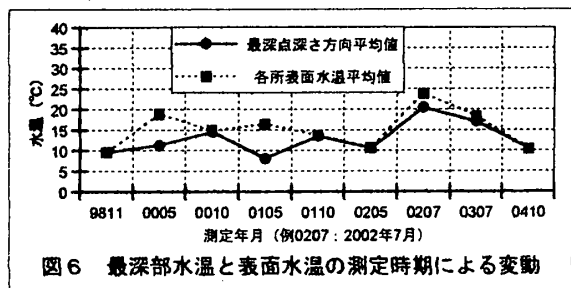
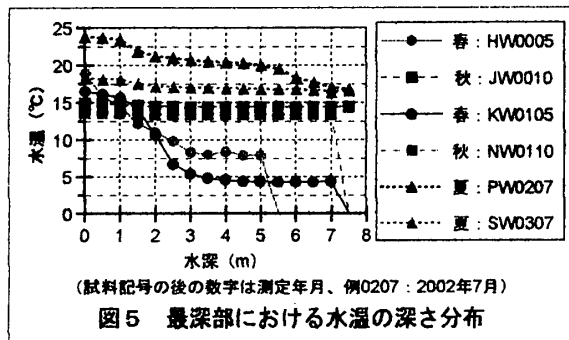


年 5 月 20 日)、夏 7 月の例として PW 水 (0207 : 2002 年 7 月 22 日)、秋 10 月の例として JW 水 (01010 : 2001 年 10 月 14 日) に対する最深部での測定結果を、それぞれ図 2、図 3、図 4 に示す。図 2 の春の場合、水温は表面の 16.5 °C から最深部の 4.3 °C と深部の水温はまだ上昇していないが、図 4 の秋の場合には表面 23.6 °C、最深部で 16.8 °C と高くなっている。濁度は測定前の気候に左右され、雨の後だと濁っている。pH は後述するが池底近くなると上昇する傾向にある。導電率は測定時期による差が大きい、溶存酸素はあまり変化が無い。ただし PW の場合、5m 以深で全ての項目が変化していることが特徴的である。仄聞したところでは測定日の何日か前にある宗教団体の祭事で生卵の放棄があり、回収されたそうであるが、これが原因かどうかはわからない。

以下においては水温、濁度、pH、導電率、溶存酸素について、池全体の代表的な値を示していると見なされる中央の最深部での測定値をとりあげ、測定順に比較して経年変動を追跡する。

3.2 水温について

測定は春から秋にかけて行っている、代表的なものとして、春の HW (0005)、KW (0105)、夏の PW (0207)、SW (0307)、秋の JW (0010)、NW (0110) について、最深部における深さ方向の水温分布を図 5 に示す。当然のことながら、5 月では表面の温度に比べて深部は低く、夏では表面温度が高く、秋では深度方向の温度差が少ない。夏の SW の場合では温度は徐々に低下しているのに対し、PW の場合に 5m 以深で急に温度が低下しているが、その原因はわからない。最深部の平均水温と測定ヶ所全部の平均水温との関係を図 6 に測定時期に対して示す。大方の目安であるが、春と秋は 10 °C 前後、夏は 19 °C 前後であり、春には表面と深部との温度差は大きい。



3.3 濁度について

濁度は、全測定結果を図 7 に示しているが測定日の前の天候に左右される。KW (0105) は台風通過後であったため、表面は濁度 1 (mg/l) であったが深くなるにつれて 6 (mg/l) と大きくなった。また、濁度の程度を示すため、最深部の平均濁度と測定全ヶ所の表面水濁度を測定試料別に図 8 に示す。濁度は、きれいな水の場合で 1 (mg/l) 程度、濁っている時で 4 (mg/l) 程度であった。

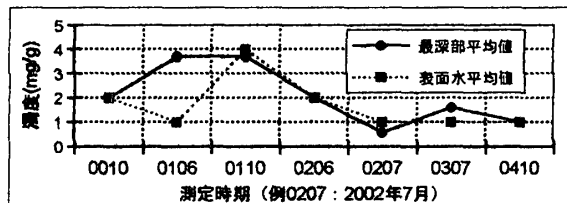


図 8 測定池水の濁度：表面水と深さ平均の比較

3.4 pH について

最深部における pH 測定値の全てを図 9 に示す。測定時期によって多少の変動があるが、深さとともに少しずつ減少することがわかる。PW については 5m 以深で急上昇し、6.5 に達している。最深部以外の位置での測定結果は付録 1 に示されているが JW、NW、OW、PW、VW に見られるようにどの測定位置でも、pH 値は表面水が高く、深くなるとともに徐々に減少し、さらに池底近くになると pH 値は上昇していることがわかる、具体的には、最深部の測定からは表面水 5.45 が深さ 5m で 5.23 まで減少し、それ以深で上昇して 7.5m で 6.32 に達している。池底近くで上昇する原因については現在のところ不明である。

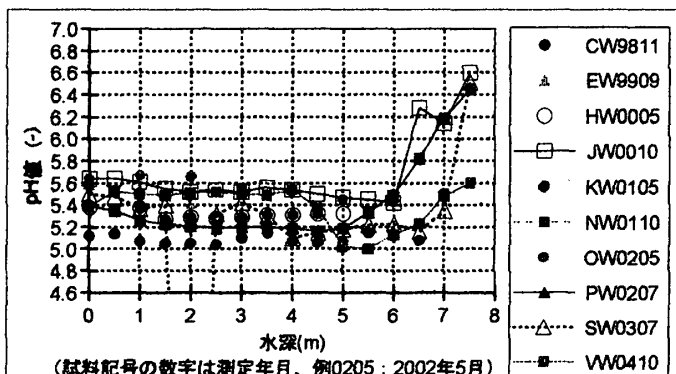


図 9 最深部 pH の測定時期と水深による変動

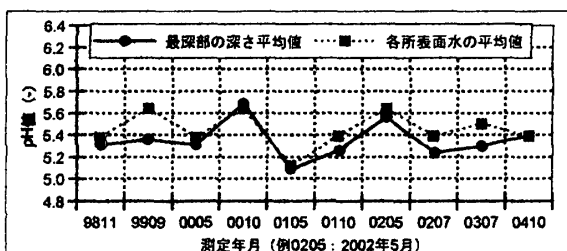


図 10 最深部における pH の変動

pH 値の経年変動を見るため、測定ごとの最深部の平均値と全表面水の平均値との測定時期による変動を図 10 に示す。10 回にわたる最深部の pH の全測定値の平均値は 5.36 で、表面水のそれは 5.45 である。ともに、測定ごとの変動が大きく、時間の経過に伴う系統的な兆候は認められない。この点では、表面水の pH 値は 4.72 から 5.82 であり、春先に低く、夏から秋にかけて高いとの報告³⁾を確認することは出来なかった。また、pH 値は深さとともに徐々に低下し、池底近くで上昇するが、その深さ平均値は表面水の pH より小さいことがわかる。

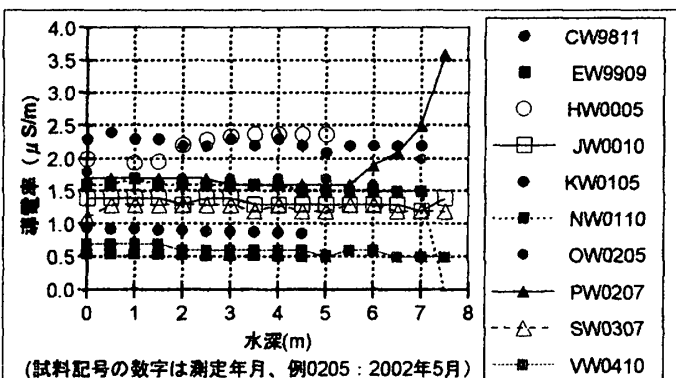


図 11 最深部導電率の測定時期と水深による変動

3.5 導電率について

最深部における導電率測定値の全てを図 11 に示す。測定時期によって 0.5 から 2.5 mS/m まで変化しており、深さとともに若干ではあるが小さくなっている。ただし、PW については 5m 以深で接地していなくとも大きくなっており、異

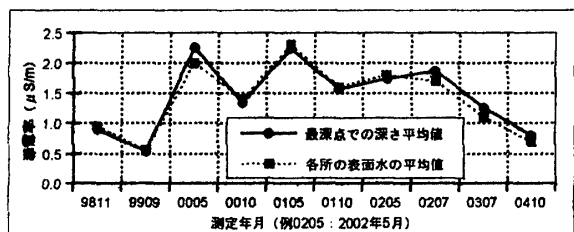


図 12 導電率の経年変動

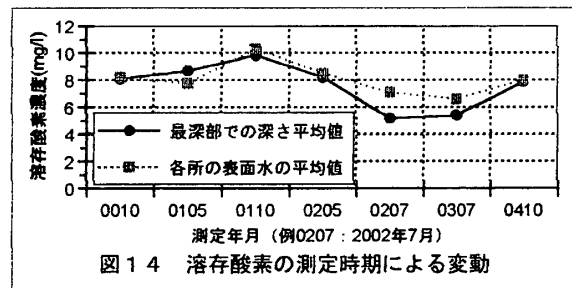
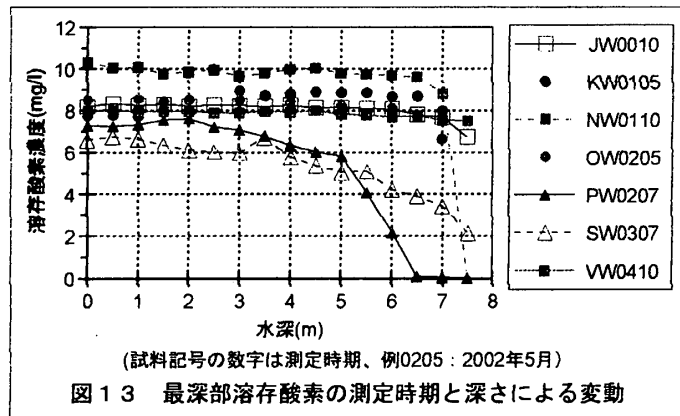
常な挙動を示している。

導電率値の経年変動を見るため、測定ごとの最深部の平均値と全表面水の平均値との測定時期による変動を図 12 に示す。両平均値はともに 0.5 から 2.4mS/m の間にあり、ほぼ一致しているが、ともに測定ごとの変動が大きく、時間の経過に伴う系統的な兆候は認められない。

3.6 溶存酸素について

最深部における溶存酸素測定値の全てを図 13 に示す。測定時期によって大きな変動を示している。夏の測定である PW と SW は表面付近の 7mg/l 程度から深くなるにつれて減少し、PW では池底近くで 0 になっている。一方、春と秋の測定値は 7 から 10mg/l 程度で水深による変化は小さい。

溶存酸素濃度値の経年変動を見るため、測定ごとの最深部の平均値と全表面水の平均値との測定時期による変動を図 14 に示す。両平均値はともに 5 から 10mg/l の間にあり、夏の測定を除いてほぼ一致しているが、ともに測定ごとの変動が大きく、時間の経過に伴う系統的な兆候は認められない。



4. 終わりに

未攪乱閉鎖性の山頂池である「夜叉ヶ池」を対象に7年、10回にわたり、水温、濁度、pH、導電率、溶存酸素などの水質調査を行い、そのデータを付録として集録するとともに、経年変動について検討した。その結果、pH、導電率、溶存酸素などの水質は、測定する時の池の条件によって変動するので、経年変動を追跡するには7年、10回程度ではデータ不足であり、種々の条件下で、さらに根気良く測定を続ける必要があることが判明した。

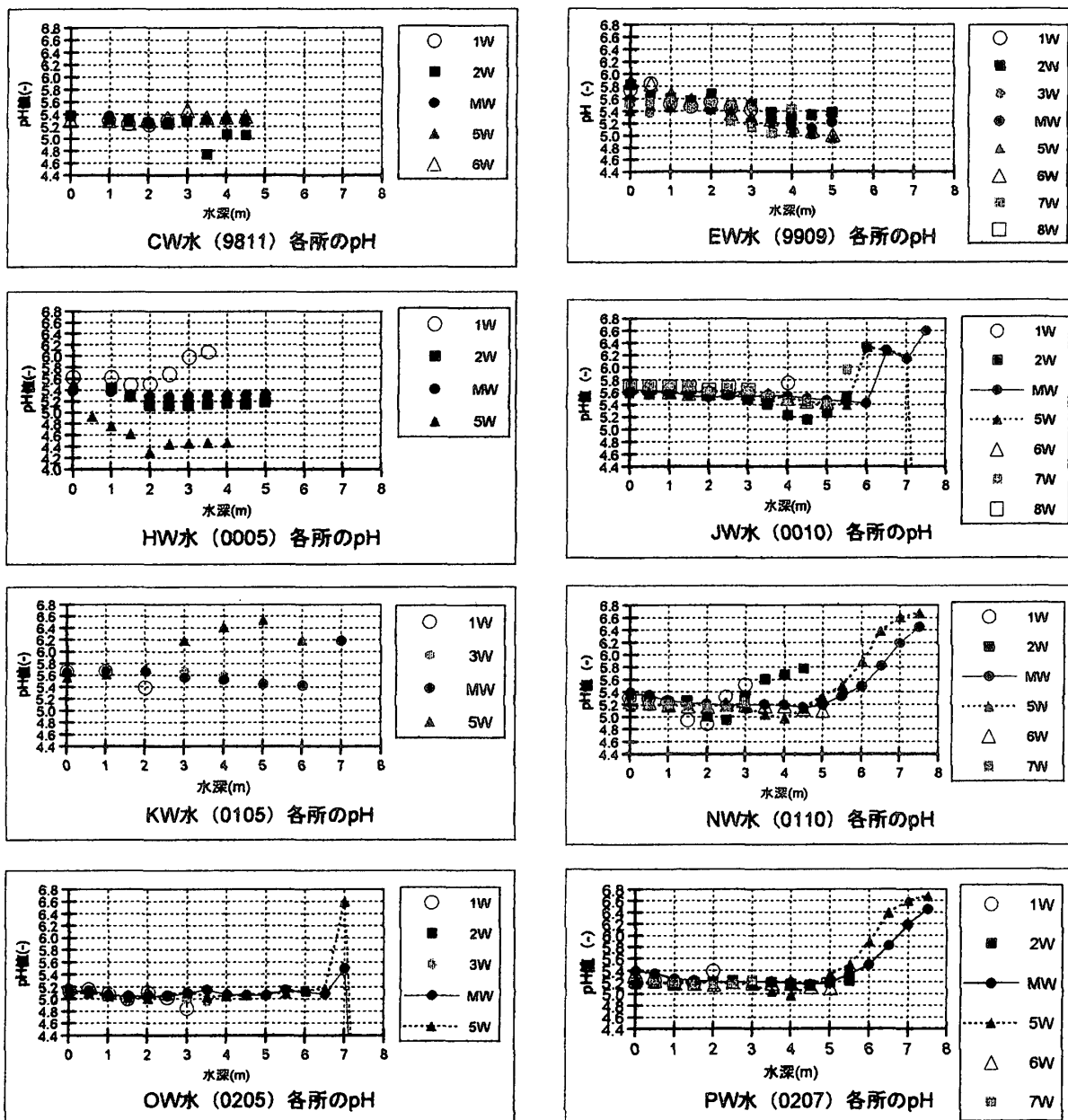
しかしながら、一般的な傾向として同時に測定したデータでは、池底近くを除いて位置による影響は少なく、深さが同じであれば、ほぼ同じ値を示すことが判った。pHについては多くの場合、表面水の値が水深とともに徐々に小さくなり、さらに池底近くで上昇しているが、位置による影響の少ない場合と多い場合が見られた。例えば、位置の影響が少ない場合の最深部の測定では表面水 5.45 が深さ 5m で 5.23 まで減少し、それ以深で上昇して 7.5m で 6.32 に達している。導電率と溶存酸素濃度は測定ごとの変動が大きいこと、ともに深さとともに若干ではあるが小さくなること、並びに溶存酸素の場合、夏には値が小さく、かつ深さとともに大幅に減少すること等が判った。なお、夏の透明度の良い水の測定例である PW (2002年7月22日測定) の場合、温度、pH、導電率、溶存酸素などで 5m 以深で他の測定には見られない異常が見られたが原因は不明である。

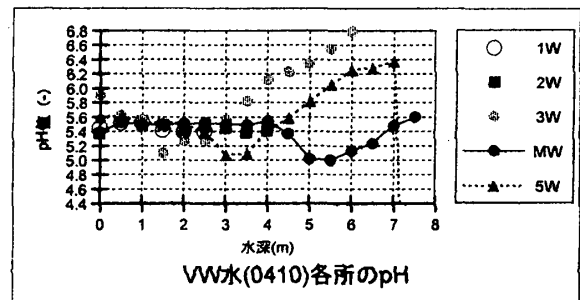
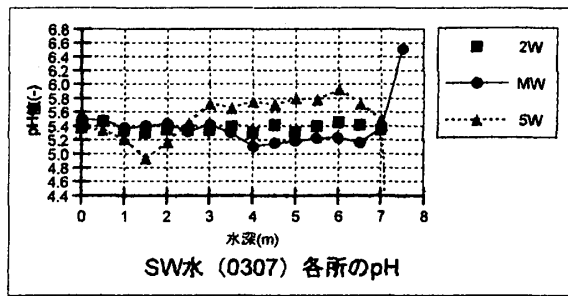
参考文献

- 1) 福井県今庄町: 福井県今庄町誌 p. 3-30 (昭和54年)
- 2) 坊 英二ほか: 福井県環境科学センター年報 24 巻 112-116(1994)
- 3) 岩本多實、西田常夫、木村満喜夫、安藤憲治、"未攪乱閉鎖性山頂池「夜叉ヶ池」の水質について", 福井工業大学紀要 第30号 271-260 頁 (2002)
- 4) K. Iwamoto, M. Kimura, K. Andou & H. Amano, "The Behavior of Radioactive ^{137}Cs and Stable Cs at the

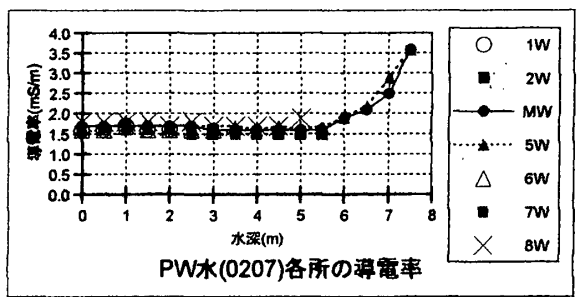
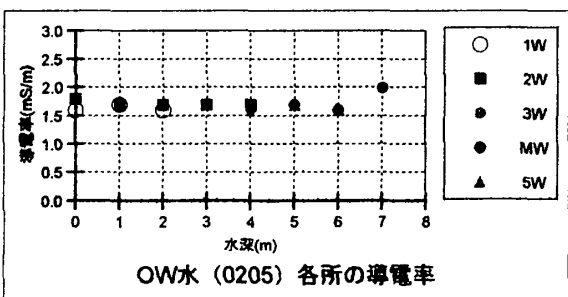
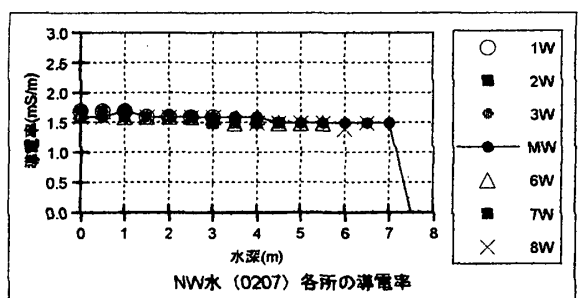
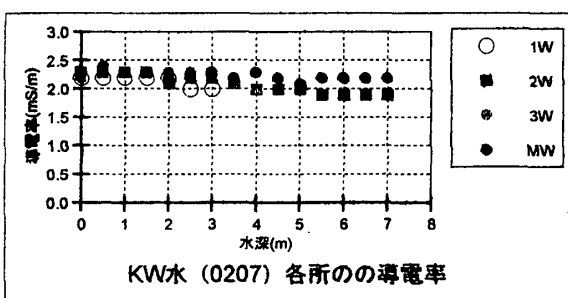
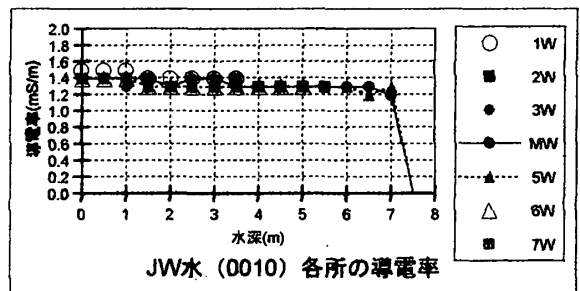
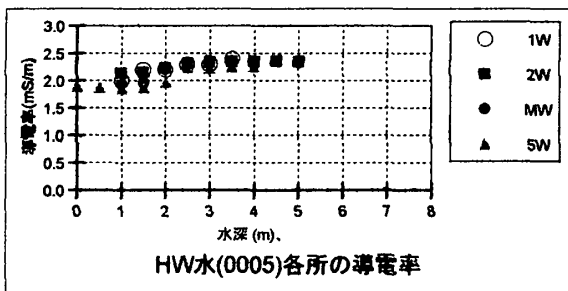
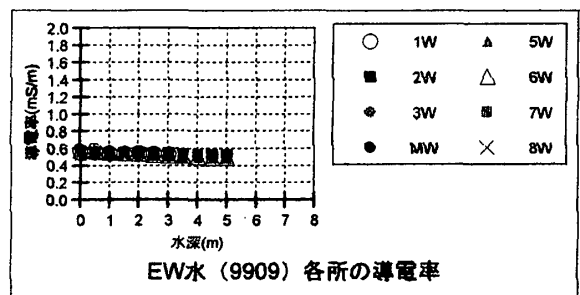
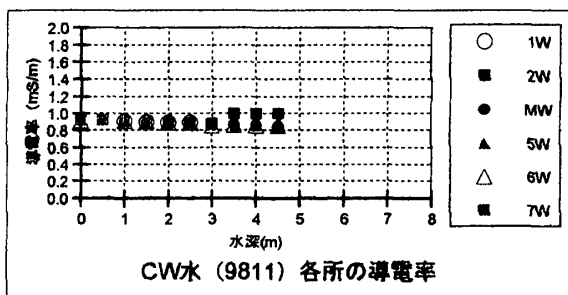
- Isolated Undisturbed Mountain Pond in Fukui, Japan", Proc.of the Int. Symp.: Transfer of Radionuclides in Biosphere-Prediction and Assessment-Mito, Dec.18-19, 2002, JAERI-Conf 2003-010, p.251-257 (2003)
- 5) K. Iwamoto, M. Kimura, K. Andou et al. "Further Studies on the Adsorptive Behavior of Trace Elements onto the Sedimentary Grains in the Isolated Mountain Pond "Yasha-ga-Ike", Memoira of Fukui University of Technology, Vol.33, Part 1, p.267-260 (2003)

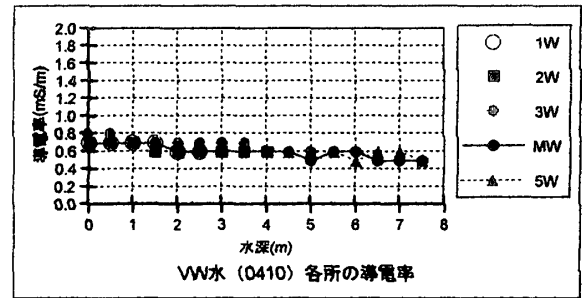
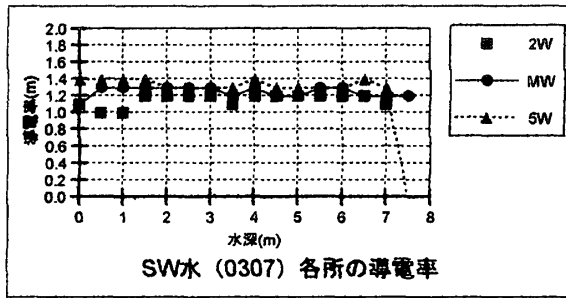
付録 1. 現地調査ごとの池水の pH 測定結果 (水記号の後の数字は測定年月、例 0207 : 2002 年 7 月)



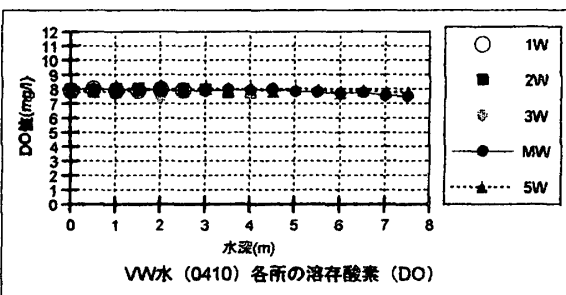
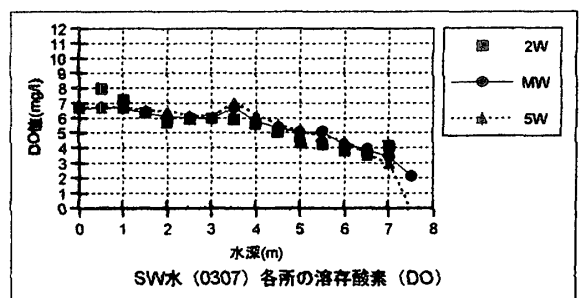
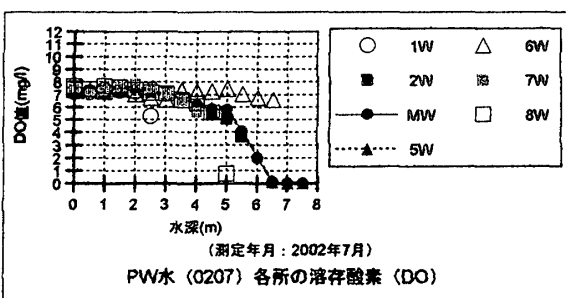
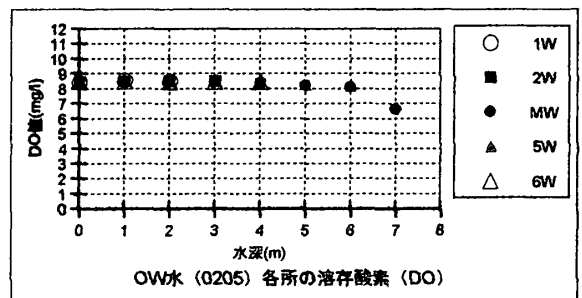
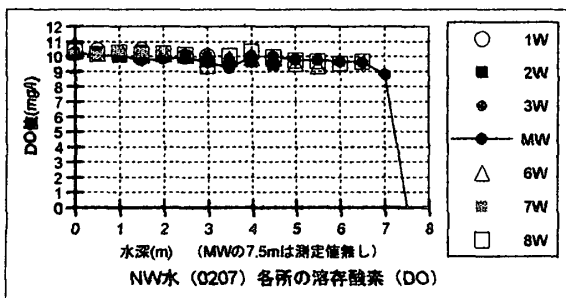
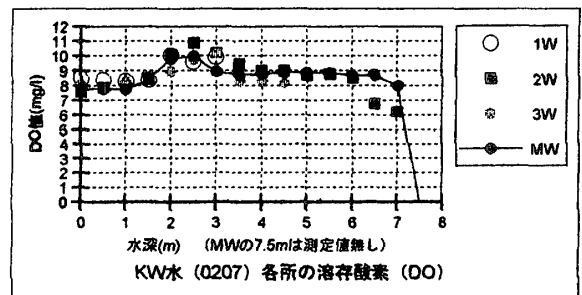
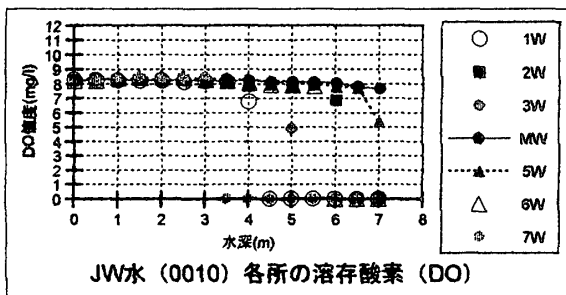


付録 2. 現地調査ごとの池水の導電率測定結果 (水記号の後の数字は測定年月、例 0207 : 2002 年 7 月)





付録3. 現地調査ごとの池水の溶存酸素測定結果 (水記号の後の数字は測定年月、例 0207: 2002年7月)



(平成16年12月7日受理)