

## 富士北麓、山中湖における水中光量と消散係数

芹澤如比古・上嶋崇嗣・芹澤（松山）和世

(2015年10月31日受付 2016年2月15日受理)

Underwater Light Intensity and Extinction Coefficient  
in Lake Yamanaka,  
at the Northern Foot of Mt. FujiYukihiko SERISAWA, Takatsugu UEJIMA,  
Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA

## 要 旨

沈水植物や大型藻において水中光量はそれらの垂直分布を規定する重要な環境要因である。しかし、山中湖の水中光量については限られた時期に断片的な記述があるのみで情報が不足している。そこで本研究では、山中湖で周年を通して水中光量を測定し、本湖の水中光量と消散係数を明らかにすることを目的とした。光量の測定は結氷期の1～2月を除いた2008年7月～2009年10月までに月1回、手漕ぎボートを用いて行った。沈水植物の現存量が大きい山中湖北東端の入り江、平野ワンドに湾奥部より湾口部にかけて5定点を設け、2008年11月からは湖心にも新たに1定点を加え、光量子計2組を用いて水面上と同時に水深毎に湖底付近まで光量子束密度の測定を行い、各水深で相対光量を求め、指数回帰して消散係数を算出した。湖心における11～10月までの水深別の年平均相対光量は水深10cmで85.9%、1mで47.5%、2mで28.7%、3mで17.7%、4mで11.1%、5mで6.9%、6mで4.5%、7mで2.9%、8mで1.8%、9mで1.1%、10mで0.7%であり、年消散係数は湖心では0.533、平野ワンドの湾口部から湾奥部にかけて0.663、0.707、0.695、0.801、0.884であり、湾奥部にかけて増大する傾向が見られた。なお、平野ワンドでは湾央の定点で湾口に近い定点より消散係数が低かったが、それは湾央の定点で湧水が多いためと考えられた。山中湖では沈水植物と大型藻の分布限界水深は約5mであるので、湖心の相対光量を基準に考えると水深5mでは水面上の光量の約7%となる環境が本湖における水生植物の補償相対光量であると推定された。

キーワード：富士五湖、湖水環境、分布下限水深、淡水藻、水草

Key Words : Fuji Five Lakes, water environment, distribution lower limit depth, freshwater algae, aquatic plants

## I 緒言

富士北麓に位置する山中湖は山梨県の重要な観光資源となっており、2011年には国の名勝に指定され、2013年には「富士山—信仰の対象と芸術の源泉」の構成資産として世界文化遺産に登録された。しかし、近年、山中湖では水質の悪化傾向が伝えられており(有泉・吉澤 2002)、そこを生育の場としている沈水植物や大型藻への影響が懸念されている(吉澤ほか 2005; 芹澤(松山)ほか 2009a, b; 芹澤ほ

か 2014)。

水中に生育する沈水植物や大型藻において、水中の光環境はそれらの垂直分布を規定する重要な環境要因の1つである。山中湖の水中光量については、1935年8月に水深11m以上の地点で(菊池 1935)、1969年7月に湖北東端の入り江(平野ワンド)で(岩田・生嶋 1971)、1993年10月に湖北部のママの森地先で(若菜ほか 1994)、著者らにより2007年8月に湖北東端の入り江、平野ワンド

山梨大学教育人間科学部

Corresponding author: Yukihiko SERISAWA E-mail: yserisawa@yamanashi.ac.jp

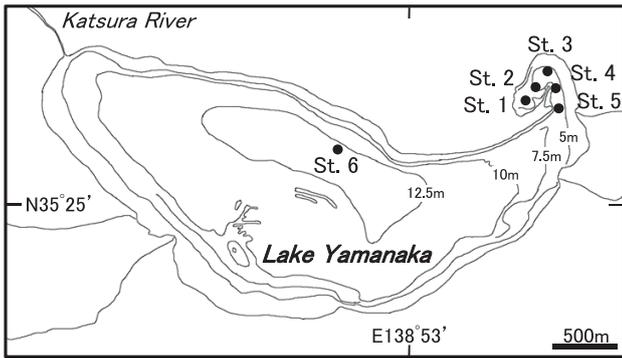


図1 山中湖における調査定点

St. 1～5は湖の北東端の入り江、平野ワンドの湾奥部から湾口部にかけて、St. 6は湖心

などで（芹澤（松山）ほか 2009b）測定されているものの、それらは限られた時期の断片的な記述であった。山中湖では透明度や懸濁物質量などが季節により変動することから（長谷川・吉澤 2012；中村ほか 2016）、水中の光量についても季節的に変動していることが予想される。山中湖に生育する沈水植物の繁茂期は夏季であるが（芹澤ほか 2013）、発芽、生長、成熟、休眠する時期を考慮すると、沈水植物や大型藻の生育には繁茂期以外の環境も影響していると考えられる。そこで本研究では山中湖の水中光量と消散係数を明らかにすることを目的に、周年を通じた調査を行った。

## II 方法

調査は山梨県南都留郡山中湖村に位置する山中湖で2008年7～2009年10月まで月1回、手漕ぎボートを用いて行った。調査日は2008年7月18日、8月21日、9月12日、10月29日、11月30日、12月25日、2009年3月12日、4月7日、5月15日、6月25日、7月14日、8月27日、9月25日、10月29日であり、2009年1～2月は結氷のため測定を行えなかった。

沈水植物の現存量が大きい山中湖北東端の入り江、平野ワンドに湾奥部より湾口部にかけてSt. 1～5までの5定点を設け、2008年11月からは湖心にも新たに1定点（St. 6）を加え（図1）、光合成有効波長域の光量子束密度を測定するLi-Cor社製ライトメーターLi-250と水中光量子センサーを2組用いた水中と水面上（船上）の光量の同時測定を行うとともに、セッキー透明度板を用いた透明度を測定した。光量の測定は平野ワンドでは水面上と同時に水深約10cmおよび水深1mから湖底付近まで1m間隔で（時に水深0.5mから0.5m間隔で）、湖

心では水面上と同時に水深約10cm（風波がある場合は20cm）および水深1～10mまで1m間隔で行った。なお、各定点での水深はワンド奥部ほど浅くなっており、また水位によっても変化したため、St. 1では1.9～2.9m、St. 2では2.7～3.9m、St. 3では4.1～5.0m、St. 4では5.3～5.9m、St. 5では5.2～6.1m、湖心で10.5～12.2mであった。また、測定は午前9時から午後2時半までの日が高い間に行った。

相対光量は、水中光量/水面上の光量×100により算出した。また、定点毎に各月の消散係数kをBeer-Lambertの公式、 $I_d = I_0 \exp^{-kd}$ により求めた。なお、 $I_d$ は水深dmの光量、 $I_0$ は水深0mでの光量を示している。陸上の光量は水面で約7%反射されることから（駒澤ほか 2013）、 $I_0$ を93として、マイクロソフト社製の表計算ソフトであるエクセルを使用してX軸に水深、Y軸に対数メモリで相対光量を取り、切片を93とした $I_d = 93 \exp^{-kd}$ で指数回帰して消散係数を計算した。また、定点毎に2008年11月～2009年10月までの1年間の各水深における相対光量を全てプロットし、上記と同様に指数回帰して年消散係数を求めるとともに、年平均相対光量についても定点毎に各水深で同期間の相対光量を平均して算出した。

## III 結果

各定点での調査期間中の水深別の相対光量の範囲と平均値を表1に、各定点の年平均相対光量-水深曲線を図2に示した。相対光量は水深の増加に従って減少し、調査期間中の相対光量の平均値と年平均値は水深1mではSt. 1で40.0%と40.8%、St. 2で39.8%と40.2%、St. 3で44.0%と45.1%、St. 4で47.0%と46.7%、St. 5で46.2%と45.7%、湖心で47.5%であり、水深2mではSt. 1で18.6%と18.6%、St. 2で19.9%と19.8%、St. 3で24.4%と24.0%、St. 4で24.6%と23.9%、St. 5で26.5%と25.5%、湖心で28.7%であった。水深3mではSt. 2で8.5%と8.2%、St. 3で13.3%と12.6%、St. 4で13.2%と12.1%、St. 5で14.7%と13.3%、湖心で17.7%であり、水深4mではSt. 3で7.3%と6.7%、St. 4で6.9%と6.5%、St. 5で8.2%と7.1%、湖心で11.1%であった。水深5mでは湖心の年平均値では6.9%、St. 4とSt. 5の調査期間平均値、年平均値は3.6、3.3%と4.5、3.8%であり、3地点の年平均値および調査期間平均値はともに4.8%であった。年平均相対光量-水深曲線は平野ワンドでは湾

山中湖の水中光量と消散係数

表1 山中湖の各定点における調査期間中（2008年7月～2009年10月）の各水深での相対光量の範囲と平均値  
上段は最小値－(平均値)－最大値、下段は最小値および最大値が確認された年月

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
0.1m	71.0-(83.8)-94.1 2009.9-2009.3	76.1-(86.0)-96.1 2009.10-2008.9	74.1-(85.4)-95.9 2009.6-2008.9	76.0-(87.5)-94.6 2009.6-2009.3	71.2-(87.4)-95.5 2009.6-2008.8	70.0-(85.9)-95.0 2009.10-2009.4
1m	25.6-(40.0)-52.4 2008.7-2009.3	25.5-(39.8)-50.2 2009.10-2009.3	26.1-(44.0)-56.9 2008.7-2009.3	34.7-(47.0)-59.0 2008.12-2009.5	35.7-(46.2)-58.8 2008.12-2009.3	28.6-(47.5)-59.0 2009.10-2009.8
2m	12.2-(18.6)-23.9 2009.10-2009.3	12.1-(19.9)-25.0 2009.9-2009.7	14.0-(24.4)-33.2 2008.12-2009.5	12.4-(24.6)-36.8 2008.12-2009.5	15.9-(26.5)-35.9 2008.12-2009.5	15.5-(28.7)-37.5 2009.10-2009.8
3m		5.0-(8.5)-11.1 2009.9-2008.10	6.3-(13.3)-19.3 2008.12-2009.5	4.6-(13.2)-19.4 2008.12-2009.5	7.8-(14.7)-23.1 2008.12-2008.8	8.0-(17.7)-23.4 2009.10-2009.3
4m			2.7-(7.3)-11.6 2008.12-2009.3	2.1-(6.9)-11.0 2008.12-2009.3	2.4-(8.2)-15.3 2009.6-2008.8	4.4-(11.1)-16.2 2009.10-2009.8
5m				0.9-(3.6)-6.6 2008.12-2009.3	1.7-(4.5)-8.1 2009.10-2008.8	2.3-(6.9)-11.5 2009.10-2009.8
6m						1.2-(4.5)-7.8 2009.10-2009.6
7m						0.6-(2.9)-5.3 2009.10-2009.6
8m						0.3-(1.8)-3.8 2009.10-2009.6
9m						0.1-(1.1)-2.6 2009.10-2009.6
10m						0.1-(0.7)-1.8 2009.10-2009.6

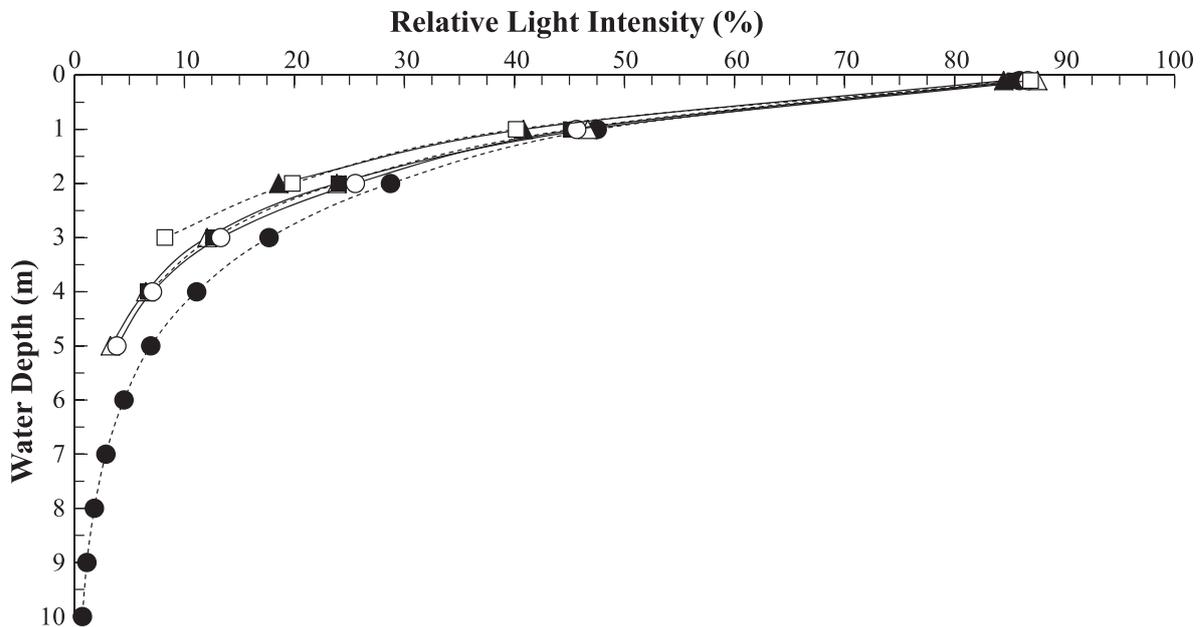


図2 山中湖の各定点における水深別の年平均相対光量（2008年11月～2009年10月）

St. 1：実線・黒三角、St. 2：破線・白四角、St. 3：破線・黒四角、St. 4：実線・白三角、St. 5：実線・白丸、St. 6：破線・黒丸

奥部の St. 1 と St. 2 では重なっている部分が認められ、湾央部から湾口部の St. 3～5 では近かったが、湖心では水深に従った相対光量の減衰は水深 2m 以深で顕著に緩やかであった（図 2）。また、同一水深

における相対光量は水深 0.1 m を除き湖心で最も高く、平野ワンド内では湾奥部ほど低い傾向が認められた。

調査期間中の相対光量の最小値は 2008 年 7 月

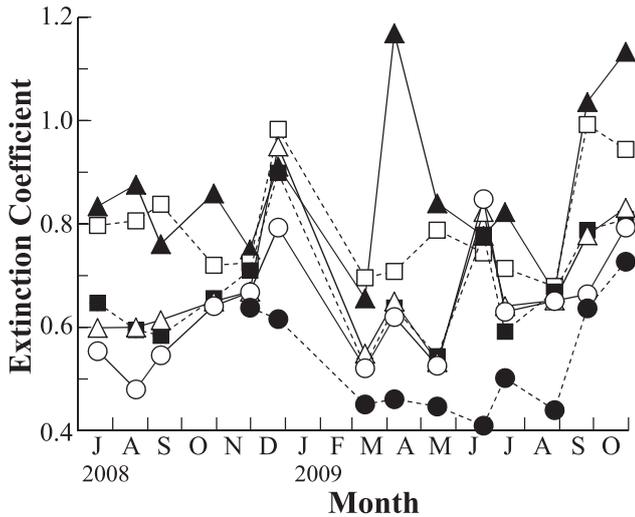


図3 山中湖の各定点における調査期間中（2008年7月～2009年10月）の消散係数の変動  
 St. 1: 実線・黒三角, St. 2: 破線・白四角, St. 3: 破線・黒四角, St. 4: 実線・白三角, St. 5: 実線・白丸, St. 6: 破線・黒丸

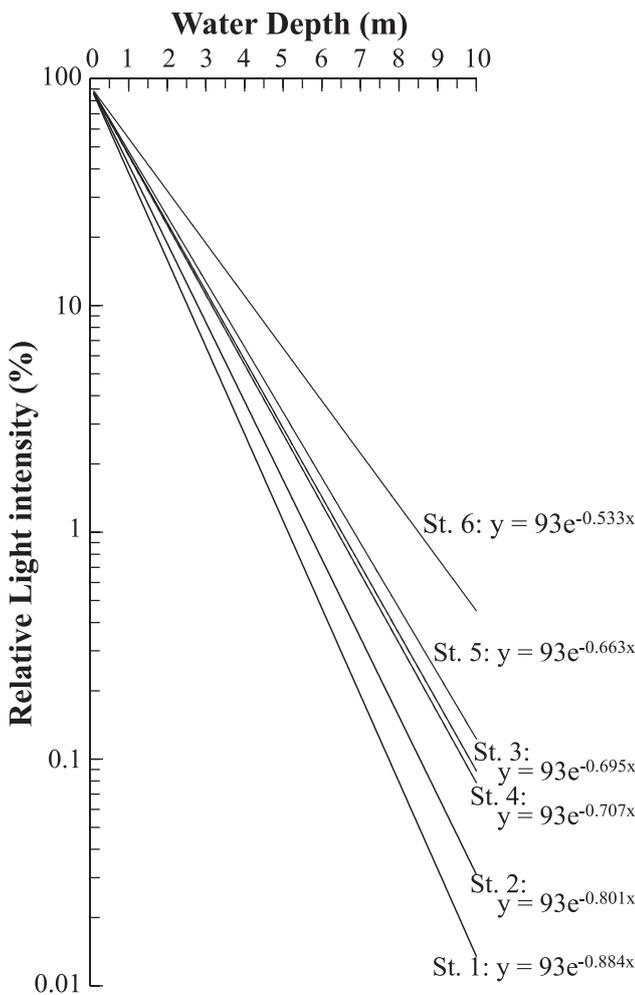


図4 山中湖の各定点における1年間（2008年11月～2009年10月）の水深別の相対光量値を指数回帰した直線とその数式  
 上付きの数値は年消散係数

に St. 1 と St. 3 の 1m で、2008 年 12 月に St. 3 の 2～4m、St. 4 の 1～5m、St. 5 の 1～3m で、2009 年 6 月に St. 3～5 の 0.1m と St. 5 の 4m で、9 月に St. 1 の 0.1m と St. 2 の 2～3m、10 月に湖心の全ての水深と、St. 1 の 2m、St. 2 の 0.1～1m、St. 5 の 5m で認められ、2009 年 10 月に最小を示した定点と水深が多かった。一方、最大値は 2008 年 8 月に St. 5 の 0.1m と 3～5m、9 月に St. 2 と St. 3 の 0.1m、10 月に St. 2 の 3m、2009 年 3 月に St. 1 の 0.1～2m、St. 2 の 1m、St. 3 の 1m と 4m、St. 4 の 0.1m と 4～5m、St. 5 の 1m、湖心の 3m、4 月に湖心の 0.1m、5 月に St. 3 の 2～3m、St. 4 の 1～3m、St. 5 の 2m、6 月に湖心の 6～10m、7 月に St. 2 の 2m、8 月に湖心の 1～2m と 4～5m で認められ、3 月に最大を示した定点と水深が多かった。相対光量の季節変化は定点や水深により異なっており、明確な傾向は認められなかったが、いずれの定点でも水深が深くなるに従い季節的な変動幅は小さくなる傾向が見られた。

山中湖における沈水植物と大型藻の分布下限水深である 5m での光量の実測値(最小－(平均)－最大)は湖心、St. 5、St. 4 で 8－(87)－152、3－(61)－153、9－(49)－101  $\mu\text{mol photon/m}^2/\text{s}$  であり、平均値は St. 4 にかけて減少していた。

各定点での調査期間中の消散係数の変化を図 3 に、年消散係数を図 4 に示した。調査期間中の各定点の消散係数は St. 1 で 0.66～1.17、St. 2 で 0.68～0.99、St. 3 で 0.53～0.90、St. 4 で 0.53～0.95、St. 5 で 0.48～0.85、湖心で 0.41～0.73 の範囲を変動し、変動幅は St. 1 で最も大きく、St. 2 と湖心で小さかった(図 3)。調査期間中の消散係数の最大値は St. 1 で 2009 年 4 月、St. 2 で 2009 年 9 月、St. 3 と St. 4 で 2008 年 12 月、St. 5 で 2009 年 6 月、湖心で 2009 年 10 月に認められ、最小値は St. 1～3 で 2009 年 3 月、St. 4 で 2009 年 5 月、St. 5 で 2008 年 8 月、湖心で 2009 年 6 月に認められた。定点により最大値や最小値を示す月は様々であったが、春季にやや低い傾向が見られた。また、2008 年 11 月から 2009 年 10 月までの 1 年間で算出した年消散係数は St. 1 が 0.884 と最も高く、次いで St. 2 で 0.801、St. 4 で 0.707、St. 3 で 0.695、St. 5 で 0.663 であり、湖心で 0.533 と最も小さかった(図 4)。

調査期間中の透明度を平均値とともに表 2 に示した。透明度は水深の浅い St. 1 でしばしば全透となったが、全透になった月を除くと 1.6～2.5m、St. 2

山中湖の水中光量と消散係数

表2 山中湖の各定点における調査期間中（2008年7月～2009年10月）の定点別の透明度  
括弧内は全透、Av. 1は全調査期間の平均値±標準偏差、Av. 2は1年間（2008年11月～2009年10月）の平均  
値±標準偏差、単位は m

	2008						2009						Av. 1	Av. 2		
	7.18	8.21	9.12	10.29	11.30	12.25	3.12	4.07	5.15	6.25	7.14	8.27			9.25	10.29
St. 1	2.5	2.0	(2.4)	(2.1)	(2.3)	1.9	(2.0)	1.6	1.9	(2.2)	(2.0)	2.0	(1.7)	(2.3)	2.0±0.3	1.9±0.2
St. 2	2.6	2.2	2.3	2.9	2.8	1.9	2.7	2.3	1.9	2.7	2.5	2.4	2.0	2.3	2.4±0.3	2.4±0.3
St. 3	3.0	3.0	3.3	3.0	2.8	1.9	2.8	2.4	3.0	2.7	2.7	2.8	2.8	2.4	2.8±0.3	2.6±0.3
St. 4	3.0	3.0	3.1	3.1	2.8	1.8	2.8	2.5	3.1	2.9	2.8	2.8	2.9	2.5	2.8±0.3	2.7±0.4
St. 5	3.5	4.1	3.5	2.9	3.0	2.5	2.9	2.6	3.2	3.0	2.8	3.0	3.4	2.4	3.1±0.5	2.9±0.3
St. 6					3.7	3.5	3.9	3.5	4.0	5.6	3.6	5.2	3.6	2.7		3.9±0.9

で1.9～2.9m、St. 3で1.9～3.3m、St. 4で1.8～3.1m、St. 5で2.4～4.1m、湖心で2.7～5.6mの範囲を変動し、年平均透明度はSt. 1で1.9±0.2m、St. 2で2.4±0.3m、St. 3で2.6±0.3m、St. 4で2.7±0.4m、St. 5で2.9±0.3m、湖心で3.9±0.9mであり、平野ワンドの湾奥部のSt. 1から湾口部のSt. 5にかけて徐々に大きくなり、湖心で最も大きかった。調査期間中の透明度の平均値も同様の傾向を示したが、St. 3とSt. 4では値が2.8±0.3mで一致していた。

調査期間中の透明度の最小値はSt. 1で4月、St. 2で5月、St. 3とSt. 4で12月、St. 5と湖心で2009年10月に認められ、最大値はSt. 1で2008年7月、St. 2で10月、St. 3で9月、St. 4で9～10月、St. 5で8月と、湖心で2009年6月に認められた。また、St. 1～5の透明度は2009年より2008年の夏季の方が高かった。

IV 考察

本研究により山中湖では定点により光環境に違いが見られ、平野ワンドでは湾口部にかけて透明度は上昇、消散係数は低下する傾向が認められ、湖心で最も透明度は高く、消散係数は低く、水深に従った光量の減衰は緩やかとなることがわかった（表1～2、図1～4）。これは平野ワンドでは湾奥部ほど水深が浅くなることにより風波による底泥の巻き上げが大きくなり（芹澤（松山）ほか2009b）、また水の入替わりも少ないためと推察された。一方、St. 2は湾奥部に位置するにも関わらず、消散係数の変動幅が湖心と同様に小さかったが、これは消散係数の変動幅が大きいSt. 1では風波の影響で時に激しく濁るのに対し、St. 2では風波の影響は限定的で、St. 3

～5に比べ水の入替わりも少ないので、比較的安定して濁った状態が維持されているためと考えられた。また、年消散係数は平野ワンドの湾奥部から湾口部にかけて概ね小さくなり、湖心で最小となったが、湾央のSt. 3と湾口部に近いSt. 4では逆転が生じていた。調査期間中の透明度の平均についてもSt. 3とSt. 4は一致しており（表2）、St. 3周辺では湧水が多い（芹澤（松山）ほか2009a）影響と考えられた。

近年、山中湖における沈水植物と大型藻の分布下限水深は5mであることが報告されている（芹澤（松山）ほか2009b；芹澤ほか2014）。本研究で明らかとなった水深5mでの相対光量の結果から、湖心を基準とした沈水植物と大型藻の補償相対光量は約7%、平野ワンドの湾口部のSt. 4～5の水深5m付近には沈水植物と大型藻が生育していない（芹澤ほか2014）ものの、それらの定点と湖心を含めた3定点の平均を基準とすると約5%であることがわかった（表1、図2）。北岸や南岸に比べて平野ワンドでは沈水植物と大型藻の生物量が非常に大きいことが知られている（吉澤ほか2005；芹澤ほか2013, 2014）。これは平野ワンドでは湖底に泥が堆積して栄養が豊富なだけでなく（芹澤（松山）ほか2009b）、相対光量が7%を超える水深帯が多いためと推察された（図2）。海産種子植物であるアマモの補償相対光量は5.7%（Abe et al. 2003）、コアマモの補償相対光量は10～25℃で9.3～13.6%であることが見積もられている（Abe et al. 2010）。本研究において見積もられた湖心を基準とした沈水植物と大型藻の補償相対光量はアマモよりやや高く、コアマモよりやや低い値であることが判明した。

Schwarz et al. (2000) は ニュージーランドの

63 湖の解析から、沈水植物と車軸藻類の分布下限水深は全ての湖では 3.6 / 消散係数、緯度の高い北島では 3.1 / 消散係数、緯度の低い南島では 4.0 / 消散係数の数式から導かれる値とよく適合することを示している。本研究において湖心の年消散係数は 0.533 であったので（図 4）、この 3 つの数式を使って分布下限水深を導き出すと 6.8m、5.8m、7.5m となり、山中湖の分布下限水深 5m（芹澤（松山）ほか 2009b; 芹澤ほか 2014）よりやや深い値となった。Schwarz et al. (2000) は緯度や標高によっても数式は変わりうることを示しており、標高の高い山中湖ではこの数式が当てはまらない可能性がある。そこで、山中湖の湖心を基準とした年消散係数から分布下限水深を導く数式を算出すると 2.67 / 年消散係数となった。これを年消散係数が明らかにされている精進湖 (0.716) や西湖 (0.330) に応用すると（芹澤ほか 2016）、分布下限水深は精進湖で 3.7m、西湖で 8.1m と見積もられた。精進湖では分布下限水深についての見解がないが、西湖ではカタシャジクモと偶発的に確認されたコカナダモを除く水草・車軸藻類の分布下限水深は 8m であることが示されており（西湖フジマリモ調査会 1995）、これは本研究から推定された値と同等の値であった。

菊池（1935）は富士五湖、仁科三湖、琵琶湖で 1935 年 8 月にマツダセレンウム光電池による電流の測定による光度とセッキー透明度を測定し、相対光度 12.5 ~ 18.5%、平均 14.5% となる深度が透明度と一致すること報告しており、山中湖の透明度 5.5m での相対光度が 16% 程度であったことを示している。本研究において 8 月の全定点の透明度（表 2）の水深における光量を水面上の光量の 93% で除した相対光量の換算値は 11.5 ~ 25.3%、平均 17.3% であり、これらの値は菊池（1935）の値より若干高い定点もあったもののほぼ同等と考えられた。また、菊池（1935）が示した山中湖の水深別の相対光度は本研究の 8 月の湖心での水深別の相対光量の換算値に比べいずれの水深でも高く、1.2 倍（水深 1m）~ 2.5 倍（水深 10m）で、水深に従って増加する傾向が見られた。さらに、菊池（1935）が示した山中湖の消散係数（水深 5m までは 0.32、水深 6 ~ 11m では 0.41）は本研究の湖心の 8 月の消散係数 0.44（図 3）および年消散係数 0.533（図 4）を下回っていたことが判明した。したがって、測定器や方法の違いはあるものの、本湖では 73 年前は光環境が現在よりも良好であったものと推察された。

岩田・生嶋（1971）は平野ワンドの 3 箇所の水草群落で 1969 年 7 月に照度を測定し、2 箇所で群落より上部の相対照度から消散係数を 0.52 と 0.69 と算出している。本研究における 7 月の平野ワンドの定点での消散係数は 0.55 ~ 0.83（図 3）、年消散係数は 0.663 ~ 0.884（図 4）であり、測定器等の違いはあるものの、1969 年の値（岩田・生嶋 1971）は本研究の値を若干下回っていることが判明した。平野ワンドにおける水草の分布下限水深は 1970 年には約 8m であったが（延原ほか 1971）、2008 年の調査では 3m であり（芹澤ほか 2014）、38 年間で 5m 浅くなっていた。平野ワンドでは浮泥の堆積が顕著であり（芹澤（松山）ほか 2009b）、水位変動や浮泥の堆積量の変化などの影響も大きいと考えられるが、光環境の悪化も分布下限水深が上昇した一因であると推察された。

若菜ほか（1994）は 1993 年 10 月にフジマリモの生育する山中湖北岸の湖底で水中光量（光量子束密度）を測定し、水面上の光量を基準とした相対光量から山中湖の湖底の消散係数を 0.9 ~ 1.7 と報告している。これは本研究の調査期間中の全ての定点の消散係数の値（0.41 ~ 1.17、図 3）より大きかった。本研究では湖底付近だけでなく各定点の各水深で光量測定を行って消散係数を求めたが、若菜ほか（1994）は湖底の水深別の水中光量を測定しており、湖底付近は底泥の巻き上げによる混濁が起りやすいため値が高くなったと考えられた。

本研究により山中湖の相対光量の変動は定点や水深、年によっても異なることが明らかとなったが、最大値や最小値を示す時期は場所や水深で一致している部分もあり（表 1）、湖内の水質は様々な大きさの水塊ごとに変化していると推察された。また、山中湖では定点により消散係数も異なり（図 3、4）、本湖の沈水植物と大型藻の分布下限水深の光量を正しく見積もるためには、今後、水草帯の内部やその縁辺の水中光量の実測や、光合成光曲線を得るための実験を種類別に行うことが必要となろう。

## V 謝辞

本研究の消散係数の算出方法についてアドバイスをいただいた山梨県富士山科学研究所の中野隆志、安田泰輔の両博士に深謝する。

## VI 引用文献

Abe M, Hashimoto N, Kurashima A, Maegawa

- M (2003) Estimation of light requirement for the growth of *Zostera marina* in central Japan. *Fisheries Science* 69: 890-895
- Abe M, Yokota K, Kurashima A, Maegawa M (2010) Estimation of light requirement for growth of *Zostera japonica* cultured seedlings based on photosynthetic properties. *Fisheries Science* 76: 235-242
- 有泉和紀, 吉澤一家 (2002) 富士五湖の水質. 山梨衛公研年報 46: 32-41
- 富士北麓生態系調査会 (2007) 富士北麓水域の生態系の特徴と保全のための課題. 富士北麓水域(富士五湖)における生態系多様性に関する調査報告書. 富士北麓生態系調査会, pp. 157-177
- 長谷川裕弥, 吉澤一家 (2011) 富士五湖の水質環境の変化. 山梨衛環研年報 55: 80-85
- 岩田好宏, 生嶋功 (1971) 山中湖入江の水草群落の概観とその環境. 富士山総合学術調査報告. 富士急行株式会社, pp. 578-585
- 菊池健三 (1935) 湖水の水中光度と透明度との関係. 陸水学雑誌 5: 121-124
- 駒澤一郎, 安藤和人, 滝尾健二, 川辺勝俊, 坂西芳彦 (2013) 水中の光環境の季節変動が褐藻アントクメの純生産量に与える影響. 藻類 61: 81-86
- 中村誠司, 上嶋崇嗣, 渡邊広樹, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古 (2016) 富士五湖における水質の周年変化と長期的変動. 富士山研究 10: 31-40
- 延原肇, 岩田好宏, 生嶋功 (1971) 富士五湖の水草の分布. 富士山総合学術調査報告. 富士急行株式会社, pp. 559-577
- 太田道人 (1995) 第9節 生物相(2) 大型水生植物(沈水植物). 山梨県指定天然記念物「フジマリモ及び生息地」調査事業報告書. 山梨県足和田村, 山梨, pp. 87-94
- Schwarz AM, Howard-Williams C, Clayton J (2000) Analysis of relationships between maximum depth limits of aquatic plants and underwater light in 63 New Zealand lakes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 34: 157-174
- 芹澤(松山)和世, 安田泰輔, 中野隆志, 芹澤如比古 (2009a) 山中湖におけるフジマリモの再発見. 富士山研究 3: 13-17
- 芹澤(松山)和世, 吉澤一家, 高橋一孝, 中野隆志, 安田泰輔, 芹澤如比古 (2009b) 山中湖における水草・大型藻類—2007年—. 水草研究会誌 92: 1-9
- 芹澤如比古, 佐藤裕一, 深代牧子, 土屋佳奈, 芹澤(松山)和世 (2013) 富士北麓, 山中湖に生育する水生植物の種組成と現存量の周年変化及び年変化—2008～2010—. 水草研究会誌 100: 61-71
- 芹澤如比古, 吉澤一家, 高橋一孝, 加藤将, 野崎久義, 芹澤(松山)和世 (2014) 富士北麓, 山中湖に生育する水生植物の水平・垂直分布—2008年—. 富士山研究 8: 7-14
- 芹澤如比古, 上嶋崇嗣, 中村誠司, 渡邊広樹, 白澤直敏, 芹澤(松山)和世 (2016) 富士北麓, 西湖と精進湖の水草・大型藻類と光環境. 山梨大教育人間科学部紀要 17: 201-210
- 若菜勇, 佐野修, 新井章吾, 綿貫哲, 荻野洗太郎, 平田徹, 御園生拓, 大石豊, 横浜康継 (1994) 富士山北麓の湖沼群におけるフジマリモの生育状況と生育環境特性. マリモ研究 3: 31-50
- 吉澤一家, 有泉和紀, 永坂正夫 (2005) 山中湖の最近の水草. 日本陸水学会甲信越支部会報 31: 81-89