

# 穴道湖におけるヤマトシジミ年間漁獲量と夏季の水温・塩分との関係

誌名	陸水學雜誌
ISSN	00215104
著者名	山室,真澄 神谷,宏
発行元	日本陸水學會
巻/号	77巻2号
掲載ページ	p. 175-181
発行年月	2016年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



短 報 [Note]

宍道湖におけるヤマトシジミ年間漁獲量と夏季の水温・塩分との関係

山室真澄<sup>1),\*</sup>・神谷 宏<sup>2)</sup>

**The effects of temperature and salinity during the summer months on the annual fisheries yield of *Corbicula japonica* at Lake Shinji**

Masumi YAMAMURO<sup>1)</sup>, Hiroshi KAMIYA<sup>2)</sup>

**Abstract**

To estimate the effect of water temperature and salinity on the biomass of *Corbicula japonica* at Lake Shinji, the correlation between average monthly temperature and salinity (electric conductivity) of surface waters and annual fisheries yield (one and two years following water monitoring) was examined. Temperature and salinity data from June, temperature and salinity from July, temperature from August, mean temperature from June and July, mean salinity from June and July, mean temperature from July and August, mean salinity from July and August, mean salinity between June and September, minimum salinity between June and September, and maximum salinity between June and September were investigated. To detect possible differences in monitoring position, we analyzed data obtained from three locations (near the freshwater entrance, center of the lake, near the saline water entrance) between 1985 and 2012. The strongest correlation was between the temperature from June and the annual fisheries yield for the following year. No differences in June temperatures were detected between monitoring positions. We then added the data from the surface water temperature at the center of the lake in June between 1972 and 1983 to analyze correlations with the annual fisheries yields from the following year, and obtained a significant positive correlation ( $r = 0.52$ ,  $p < 0.001$ ). This denotes that the biomass of *C. japonica* decreases as a result of low water temperature in June, possibly owing to decreased growth rate.

**Keywords** : low water temperature, growth rate, recruitment

**要 旨**

宍道湖のヤマトシジミ漁獲量が夏季の水温・塩分によってどのような影響を受けているかを推定するために、月毎の水温・塩分 (=電気伝導度) データと年間漁獲量 (翌年と2年後) との相関関係を検討した。検討した項目は6月の水温・塩分, 7月の水温・塩分, 8月の水温, 6・7月の平均水溫, 6・7月の平均塩分, 7・8月の平均水溫, 7・8月の平均塩分, 6~9月の平均塩分, 6~9月の最低塩分, 6~9月の最高塩分であ

<sup>1)</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 環境棟562 Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, 277-8563 Japan

<sup>2)</sup> 島根県保健環境科学研究所 〒690-0122 島根県松江市西浜佐陀町582-1 Shimane Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science, 582-1 Nishihamasada, Matsue, Shimane 690-0122, Japan

\* 連絡対応者: 山室真澄 (Masumi YAMAMURO) 電話: 04-7136-4770 Fax: 04-7136-4756 e-mail: yamamuro@k.u-tokyo.ac.jp

る。地点間で差異があるかを検討するために、淡水河川流入地付近、湖心、高塩分水流入地付近の3地点について、1984年から2012年までのデータを使用して解析を行った。その結果、6月の水温と翌年の漁獲量との間に、最も高い正の相関関係が認められた。また6月の水温の地点間の差は有意ではなかった。次に1972年～1983年6月の湖心部表層の水温データを加えて、翌年の漁獲量との相関関係を解析した結果、有意な正の相関が得られた ( $r = 0.52, p < 0.001$ )。宍道湖のヤマトシジミは、6月の水温が低いと成長速度が減少すると考えられた。

キーワード：低水温・成長速度・新規加入

2015年4月14日受付：2015年8月27日受理

## 1. はじめに

ヤマトシジミ (*Corbicula japonica* Prime) は日本の汽水域に広く分布する内在性二枚貝で、青森県の十三湖や茨城県の涸沼など、日本の多くの汽水湖沼で主要な漁獲対象となっている。宍道湖ではヤマトシジミが植物プランクトンを捕食し、漁獲となって湖内から除去されることで、夏季には流入する窒素負荷の15%が除去されていると推定されており (山室, 1994)、水質保全の観点からも重要種と言える。

宍道湖におけるヤマトシジミ漁獲量は、戦後から1950年代半ばまでは年間100トン台にとどまっていたが、富栄養化の進行とともに増加し、1960年代の漁獲量は5000トン前後で推移した (平塚ほか, 2006)。1971年には約4000トンだった漁獲量は、利根川や琵琶湖などの他のシジミ産地が衰退して需要が拡大したなどの背景により、1972年には16000トンと4倍に増加した (平塚ほか, 2006)。以降は1万トン台の漁獲量が続いたが、1988年に1万トン台を切り、2007年以降は5000トン台も割り込んでいる (宍道湖漁業協同組合, 2015年6月28日現在, [http://shinjiko.jp/publics/download/?file=/files/content\\_type/type019/9/20150604091741688.xls](http://shinjiko.jp/publics/download/?file=/files/content_type/type019/9/20150604091741688.xls))。

富栄養化湖沼における漁獲量の減少は宍道湖以外でも生じており、琵琶湖や諏訪湖ではその原因は富栄養化 (Nixon, 2009) により漁獲対象種の餌が減ったからとされている (例えば山本・花里, 2015)。これに対して宍道湖の水質は長期的にはおおむね横ばいで、近年はCODが高めで推移し、全窒素と全リンはやや上昇傾向であることから (島根県環境生活部環境政策課, 2014)、富栄養化による餌不足がヤマトシジミ漁獲量減少の原因ではない。

宍道湖では2003年と2006年の夏季にヤマトシジミの大量へい死が発生し、原因として比較的高い生息密度、

大雨による長期の低塩分と産卵ストレス、その後起こった高水温によるストレスなどが複合して起きたと推定されている (森脇ほか, 2009)。またPracoyoほか (2011) は青森県の十三湖において、水温が22℃以上かつ塩分が3.1PSUとなる日数の年間比率とヤマトシジミ稚貝生息数指標 (稚貝数密度÷成貝数密度) との間に  $r^2=0.91$  という高い相関があったと報告している。さらにOshima et al. (2004) は宍道湖のヤマトシジミの殻長からみた成長速度が春から初夏にかけて高く夏以降は低下すると報告し、その原因として放卵・放精と30℃以上の高温によるストレスを挙げている。一方で未成熟個体について田中 (1984) は、木曾三川河口域のヤマトシジミから実験的に発生させた殻長3～5 mmの稚貝について、殻長の増加速度は20, 25, 30℃条件下では15℃に比べて3倍以上大きいとの結果を得ている。

上記の既報より、宍道湖のヤマトシジミ資源量は、新規加入、成長、成貝の死亡などの様々なライフステージにおいて夏季の水温・塩分の影響を受けていると考えられる。しかし、たとえば高水温は成長の増加によって資源量の増加をもたらすのか、ストレスによって斃死をもたらす資源量を減少させるかなど、宍道湖の実環境でどのように影響しているかは未だ解明されていない。

宍道湖のヤマトシジミ資源量と生息密度については、1978年から1990年の間に断続的に測定されたデータと、1997年以降継続して年2～3回測定されたデータがある (斐伊川研究グループ, 2014)。これによると1978年から1990年の平均資源量は26755t、1997年から2012年の平均資源量は43817トンであり、1997年以降の平均資源量は1978年から1990年の平均資源量の約1.6倍であった。また1978年から1990年の平均生息密度の推移は資源量の推移と同様で、1978年から1990年の平均生息密度は1117 g m<sup>-2</sup>、1997年から2012年の平均生息密度は1827 g m<sup>-2</sup>で、1997年以降の平均生息密度は1978年から

1990年の平均生息密度の約1.6倍であった。これに対し年間漁獲量は1978年から1988年まで1万トンを上回っていたが、1990年から2006年までは9100～6950トン、2007年には5000トンを下回り2008～2010年は3000トン台と、資源量が少なかった1978年から1990年の漁獲量の方が、それ以降の漁獲量よりはるかに大きい。

宍道湖ではヤマトシジミの出荷対象サイズは殻長15.6 mm以上(高橋・森脇, 2009)もしくは17 mm以上(森脇ほか, 2009)であることから、漁獲量は資源量という調査時の現存量だけではなく、漁獲対象以上のサイズに年間でどれくらいが達することができるかという、成長速度の影響も大きい。実際、成長速度やサイズ分布を1980年代と2000年代とで比較した結果では、1980年代は2000年代の約2倍の成長速度であったと推定されている(斐伊川研究グループ, 2014)。即ち1980年代のシジミは、2000年代の2倍の速さでふ化後殻長17 mm以上の漁獲対象となっていたため、生息密度は低く資源量も小さくても、漁獲量が多かったと考えられる。

宍道湖でのヤマトシジミの漁獲量は、宍道湖漁協や宍道湖シジミ組合の操業規則などによって漁獲量などが規制されているため(高橋・森脇, 2009)、年間漁獲量には環境によるヤマトシジミ動態の変化だけでなく、人為的な規制の影響が大きい可能性もある。しかしこれらの規制の強化は漁業者自らの現場感覚により日々の漁獲量の減少を感じることで行われていると指摘されており(森脇ほか, 2009)、漁獲規制はむしろ人為的な乱獲による漁獲量の急減を防止することで、環境に応じたヤマトシジミ資源の増減速度の範囲に漁獲量を調整していると考えられる。

以上より本研究では、宍道湖のヤマトシジミ漁獲量を資源量や成長速度など環境に大きく支配される総合的な指標とみなし、その年間漁獲量が夏季の水温・塩分によってどのような影響を受けているかを推定することを目指した。

## 2. 方法

宍道湖におけるヤマトシジミの年間漁獲量は、宍道湖漁業協同組合がまとめているデータを使用した(2015年6月28日現在, [http://shinjiko.jp/publics/download/?file=/files/content\\_type/type019/9/20150604091741688.xls](http://shinjiko.jp/publics/download/?file=/files/content_type/type019/9/20150604091741688.xls))。水温度・塩分については、著者の一人が所属する島根県保健環境研究所が宍道湖内7地点で毎月行っている定期モニタリング調査のデータ(1984年～2011年)を用いた。

それ以前(1972年～1983年)の水温度・塩分については、出雲河川事務所が湖心部で毎月測定したデータを用いた。

宍道湖は西側に淡水流入量の7割を占める斐伊川が接続し、東側に中海からの高塩分水が流入する大橋川が接続するため、塩分や水温度に東西差が生じる可能性がある。そこで本研究ではまず、湖心と東西の3点(S1・S3・S6, Fig. 1)の月毎の水温度・塩分(=電気伝導度)データと漁獲量との関係(1985年～2012年)を検討し、東西差の影響を検討した。水温度については夏季(6～8月)を対象とした。塩分については台風による出水の可能性があるので、6～9月を対象とした。各月、もしくは複数月に渡る水温度・塩分の状況が影響する可能性を考え、6月の水温度・塩分、7月の水温度・塩分、8月の水温度、6・7月の平均水温度、6・7月の平均塩分、7・8月の平均水温度、7・8月の平均塩分、6～9月の平均塩分、6～9月の最低塩分、6～9月の最高塩分を検討対象とし、それぞれと漁獲量との相関を解析した。次に上記で相関が見られた項目について、1972年～1983年の湖心部でのデータを加えて、対応する漁獲量データとの相関を解析した。統計解析にはSAS Institute Inc.のStatViewを用いた。本研究では有意水準 $p < 0.05$ を有意とした。

宍道湖ではシジミを採取する鋤簾の目合いを漁業共同組合の操業規則で11 mmとしているが、2年で殻長約15 mmに成長することから(中村, 2000)、産卵・浮遊幼生の生残は2年後の漁獲量に影響すると考えられる。そこで本研究では、夏季の環境は翌年の漁獲量だけでなく2年後の漁獲量にも影響を与えると判断し、1年後の漁獲量と2年後の漁獲量の2通りの検討を行った。

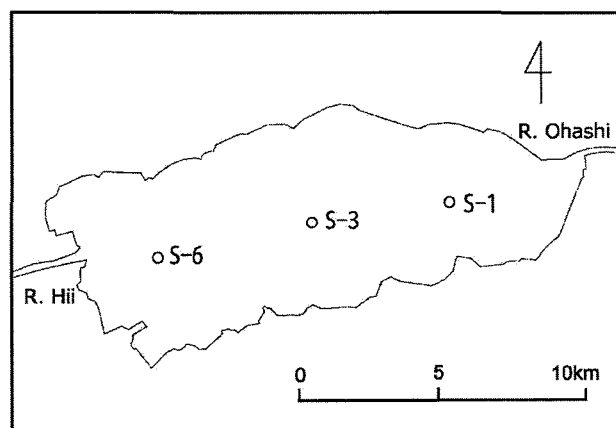


Fig. 1. Locations of temperature and salinity monitoring at Lake Shinji.

図1. 宍道湖における水質モニタリング地点。

## 3. 結果

1984年から2011年までの6月から9月の各地点における最高水温は地点間で顕著な違いはなかったが、最低水温は淡水河川流入位置に近いS6で16.8°C、湖心部のS3で17.4°C、高塩分水流入位置に近いS1で18.5°Cと、西から東に向かって若干の増加が見られた (Table 1)。期間・地点全体での水温範囲は16.8~31.5°Cだった。塩分 (電気伝導度) についても最低値において、S6で242  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 、S3で890  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 、S1で1080  $\mu\text{S cm}^{-1}$ と、西から東に向かって顕著に増加した (Table 1)。最高塩分は16300~16600  $\mu\text{S cm}^{-1}$ と、東西差はほとんど無かった。

Table 1. Range of water temperature and salinity (EC) at each monitoring position shown in Figure 1 from June to September in 1984–2011.

表1. 各地点における1984年から2011年までの6~9月の水温・塩分 (電気伝導度) の範囲。地点の位置はFig. 1に記載。

	Temperature(°C)	EC( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
S1	18.5 - 31.5	1080 - 16600
S3	17.4 - 31.1	890 - 16600
S6	16.8 - 31.5	242 - 16300

水温と翌年の年間漁獲量との相関 (Table 2(A)) については、8月の水温は有意ではなかったが、6月の水温、7月の水温、6・7月の平均水温、7・8月の平均水温は有意 ( $p < 0.05$ ) な正の相関がみられた。年間漁獲量との相関が最も高かったのは6月の水温だった。水温と2年

Table 2. Correlation coefficient ( $r$ ) and significance probability ( $p$ ) between the temperature and salinity of surface waters and the annual fisheries yield (A) one year after monitoring and (B) two years after monitoring. The locations of S1, S3, and S6 are shown in Figure 1.

表2. 表層水質と翌年の年間漁獲量 (A) もしくは2年後の年間漁獲量 (B) との相関係数 ( $r$ ) と有意確率 ( $p$ )。S1・S3・S6の位置はFig. 1に記載。

(A)

	S1		S3		S6	
	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$
Temperature						
June	0.75	< 0.0001	0.70	< 0.0001	0.63	< 0.0001
July	0.45	0.01	0.32	0.10	0.26	0.19
August	0.30	0.13	0.36	0.06	0.32	0.10
Average of June and July	0.74	< 0.0001	0.68	< 0.0001	0.59	0.00
Average of July and August	0.48	0.01	0.42	0.03	0.35	0.07
Salinity						
June	-0.21	0.30	-0.21	0.30	-0.19	0.35
July	-0.22	0.27	-0.25	0.20	-0.19	0.35
Average of June and July	-0.23	0.25	-0.24	0.22	-0.21	0.29
Average of July and August	-0.04	0.83	-0.09	0.67	-0.06	0.76
Average between June and September	-0.03	0.87	-0.05	0.79	-0.04	0.85
Minimum between June and September	-0.12	0.54	-0.08	0.68	-0.05	0.82
Maximum between June and September	0.03	0.88	0.05	0.81	0.03	0.89

(B)

	S1		S3		S6	
	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$
Temperature						
June	0.70	< 0.0001	0.64	0.00	0.55	0.00
July	0.46	0.02	0.37	0.06	0.29	0.14
August	0.30	0.13	0.34	0.08	0.30	0.13
Average of June and July	0.70	< 0.0001	0.64	0.00	0.54	0.00
Average of July and August	0.48	0.01	0.44	0.02	0.36	0.06
Salinity						
June	-0.37	0.06	-0.41	0.03	-0.40	0.04
July	-0.38	0.05	-0.38	0.05	-0.30	0.13
Average of June and July	-0.41	0.03	-0.42	0.03	-0.40	0.05
Average of July and August	-0.14	0.50	-0.17	0.41	-0.15	0.47
Average between June and September	-0.14	0.49	-0.16	0.42	-0.15	0.45
Minimum between June and September	-0.23	0.26	-0.21	0.30	-0.20	0.33
Maximum between June and September	-0.08	0.71	-0.06	0.78	-0.09	0.65

宍道湖におけるヤマトシジミ年間漁獲量と夏季の水溫・塩分との関係

Table 3. Correlation coefficient ( $r$ ) and significance probability ( $p$ ) between the salinity (EC) and water temperature of surface waters. The locations of S1, S3, and S6 are shown in Figure 1.

表3. 表層水の塩分 (EC) と水溫との相関係数 ( $r$ ) と有意確率 ( $p$ ). S1・S3・S6の位置はFig.1に記載.

	S1		S3		S6	
	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$
June	-0.19	0.25	-0.01	0.97	0.19	0.35
Average of June and July	-0.24	0.23	-0.08	0.69	0.19	0.33

後の年間漁獲量との相関 (Table 2(B)) は、翌年の漁獲量よりも相関関係が若干弱くなった。翌年の年間漁獲量同様、6月の水溫、もしくは6・7月の平均水溫との間に同等の高い正の相関関係が認められた。

塩分では全ての項目において、翌年の漁獲量との関係は  $p > 0.1$  で、有意な相関関係は認められなかった (Table 2(A))。2年後の漁獲量との関係では6月の塩分と、6・7月の平均塩分との間に  $p < 0.05$  の相関関係が認められたが、相関係数は全て負の値で、塩分が高くなるほど漁獲量が減少するとの結果になった (Table 2(B))。この原因として水溫と塩分の間には多重共線性がある可能性を検討するために、各地点において6月の塩分と水溫、6・7月の平均塩分と平均水溫との相関を解析したところ、塩分と水溫の間には有意な相関関係は認められなかった (Table 3)。

漁獲量と最も高い相関関係を示したのは6月の水溫と翌年の漁獲量だったが (Table 2)、最低水溫は淡水が

流入するS6から高塩分水が流入するS1に向かって高くなっていった (Table 1)。このため6月の水溫に地点間の差があるかを対応のある  $t$  検定で検討したところ、地点間のどの組み合わせでも  $p > 0.1$  で、有意差は認められなかった。このことから湖心部であるSt. 3の表層水で宍道湖全体の傾向を検討できると判断し、1972年から1983年の水溫データを加え、1972年から2011年までの6月の湖心部表層水溫と、翌年に当たる1973年から2012年までの年間漁獲量との関係 ( $n = 40$ ) を解析した。

過去40年間に渡る湖心部での6月の表層水溫は、漁獲量の推移と似た傾向を示した (Fig. 2)。年間漁獲量が8000t以上あった1970年代および1980年代は表層水溫が概ね23°C以上だった。年間漁獲量が8000 t未満になった1990年代後半以降は6月の湖心部表層水溫が23°C未満の年が多く、特に2009~2011年は19°C未満と低かった。6月の水溫と翌年の漁獲量との間には、有意な正の相関が認められた ( $r = 0.52, p < 0.001, \text{Fig. 3}$ )。

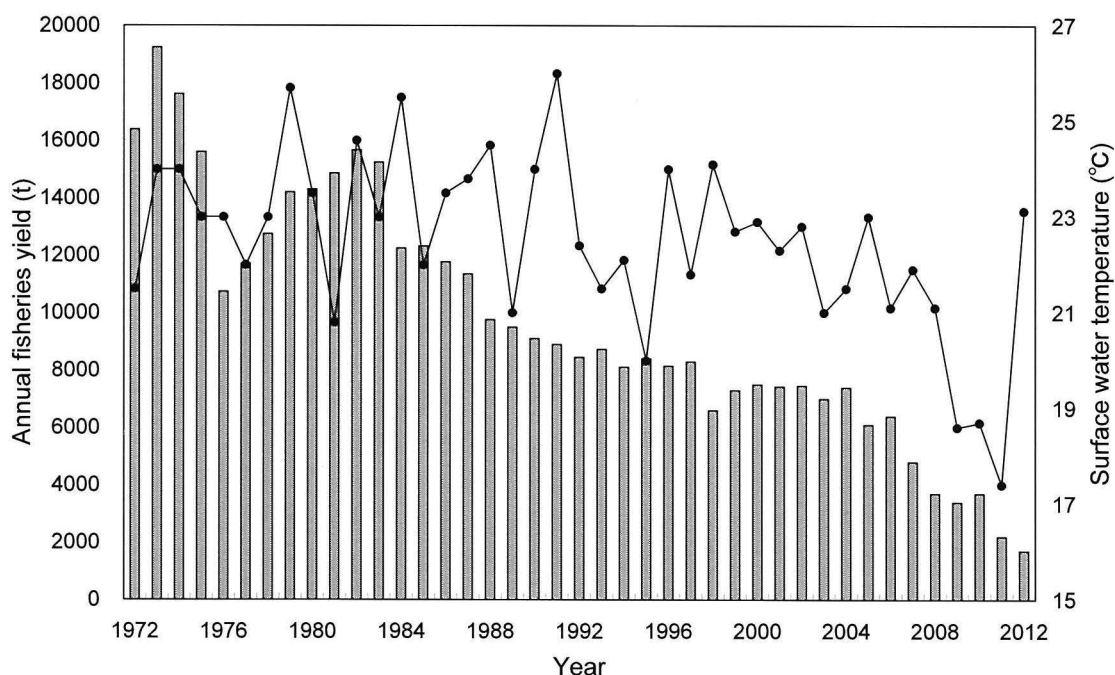


Fig. 2. Surface water temperature in June at the center of the lake (S3 in Figure 1) and annual fisheries yield at Lake Shinji.

図2. 宍道湖湖心 (Fig. 1のS3) 表層の6月の水溫 (折れ線グラフ) と年間漁獲量 (棒グラフ) の経年変化

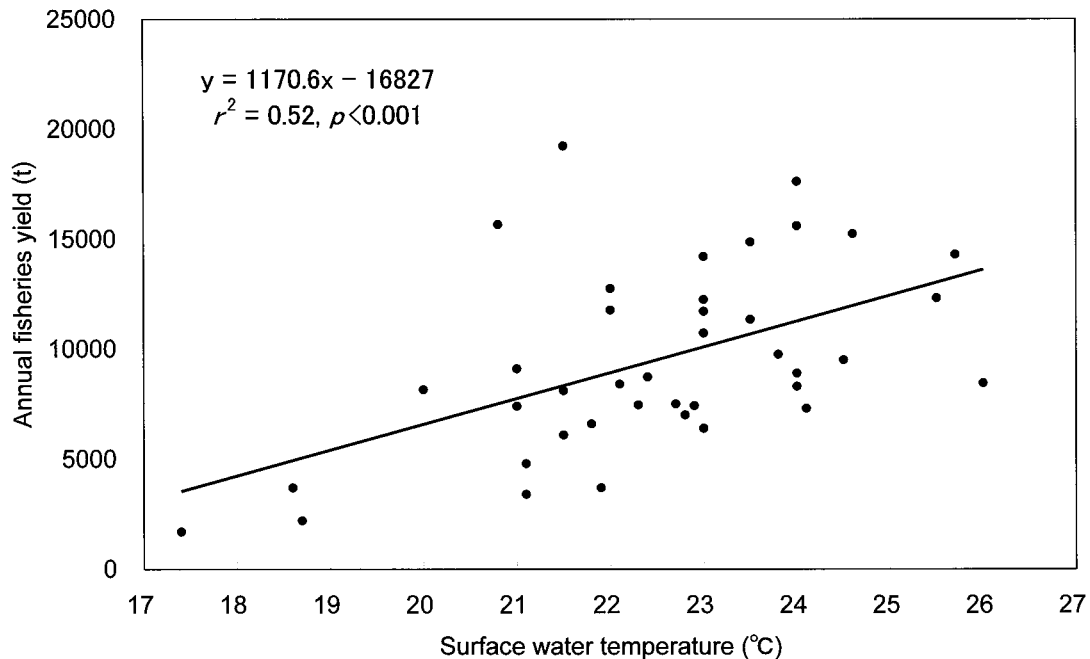


Fig. 3. Relationship between surface water temperature in June at the center of the lake (S3 in Figure 1) and annual fisheries yield at Lake Shinji.

図3. 宍道湖湖心 (Fig. 1 のS3) 表層の6月の水温と翌年の年間漁獲量との関係。

#### 4. 考 察

宍道湖のヤマトシジミ資源量の減少をもたらす環境要因として、これまでは生息密度、大雨による長期の低塩分化と放卵・放精ストレス、その後起こった高水温によるストレスなどが複合して起きたと推察されていた (森脇ほか, 2009)。また宍道湖では2010年から *Microcystis ichthyoblabe* Kütz. を主体とするアオコが発生するようになり (崎ほか, 2010)、餌となる植物プランクトンの質の低下も懸念されていた。宍道湖で大発生する藍藻類は淡水種なので、低塩分になるほど藍藻類が発生しやすくなり、シジミ資源の減少につながると考えられる。このように宍道湖では加入期から初期成長期における低塩分・高水温が資源量の減少につながると考えられてきたが、初夏の低水温が資源量の減少をもたらす可能性は認識されていなかった。

本研究の結果では、塩分と漁獲量の間には有意な正の相関関係は認められなかった。特に、最も淡水流入河川に近いS6においても塩分と漁獲量の相関係数が負の値であったことから (Table 2)、S6ほど低塩分域 (電気伝導度の最小値は  $242 \mu\text{S cm}^{-1}$ , Table 1) であっても、塩分が低いことが漁獲量の減少につながるとの傍証が得られなかった。

南部ほか (2006) は木曾三川感潮域における浮遊幼生と着底稚貝の密度を検討した結果、ヤマトシジミの着底稚貝の密度の変動は浮遊幼生の供給量によって決定されるのではなく、浮遊幼生の着底およびその直後の生残によって決定されるとしている。また浮遊幼生は塩分 3.1 PSU 以上で稚貝へと移行することができる (Babaら, 1999) と報告されている。水温  $20 \sim 25^\circ\text{C}$  では電気伝導度  $5000 \sim 6000 \mu\text{S cm}^{-1}$  が塩分約 3PSU にあたる。これを大幅に下回る状況が加入期に継続しない限りは、着底稚貝の生残率減少による影響は小さいと考えられる。

水温については、高水温の悪影響が懸念された8月においても漁獲量と水温との相関係数は正の値であり (Table 2)、高水温が漁獲量の減少につながっているとの傍証を得ることはできなかった。本研究の結果では逆に、6月の水温と翌年の漁獲量との間に有意な正の相関を得た (Fig. 3)。低水温は浮遊幼生や稚貝の生残率の減少と、稚貝・成貝の成長速度の減少の、大きく2つの方向からヤマトシジミ漁獲量を減少させると考えられる。このとき、浮遊幼生や稚貝の生残率の減少の影響の方が強ければ、その影響は漁獲サイズに達する2年後の漁獲量と高い相関を示すはずである。しかし今回の解析では2年後の漁獲量よりも、翌年の漁獲量の方が、相関係数が若干大きかった (Table 2)。このことから、1973年から2012

年までの年間漁獲量については、6月の水温が新規加入数に影響した可能性もあるものの、主にヤマトシジミの成長速度に影響を及ぼして漁獲量の増減につながったと考えられる。

Oshima et al. (2004)は宍道湖産ヤマトシジミの成長速度を北海道の網走湖や青森県の小河原湖のヤマトシジミと比較し、宍道湖産ヤマトシジミの成長速度が最も高いことを見いだした。その原因のひとつとしてOshima et al. (2004)は、宍道湖が他の2湖沼より低緯度にあり、水温が高めである為と推測している。このことから夏季の低水温はヤマトシジミの成長速度に負の影響を与え、漁獲量の減少をもたらすと推定できる。

本研究で使用した水温・塩分データは月1回の測定値であり、その月全体での水温の傾向を表しているとは限らない。また検討を行った期間で観測された塩分範囲(242  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ~ 16600  $\mu\text{S cm}^{-1}$ )では塩分の影響が認められなかったが、これを超える塩分範囲では、塩分や水温がヤマトシジミ漁獲量に与える影響が異なる可能性もある。今後は飼育実験などで水温と新規加入、成長などとの関係について、低塩分・高塩分の双方で確認する必要があると考える。

## 謝 辞

本研究は河川技術研究開発制度地域課題分野(河川生態)「人との相互作用によって持続する汽水湖生態系の構築」により行われた。国土交通省出雲河川事務所からは湖心部での観測データを提供いただいた。またデータ整理は廣中美里さんに手伝っていただいた。記して感謝いたします。

## 引用文献

Baba K., M. Tada, T. Kawajiri, Y. Kuwahara (1999): Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan, Marine Ecology Progress Series 108, pp. 213-221.

斐伊川研究グループ (2014) 人との相互作用によって持続する汽水湖生態系の構築, 河川技術研究開発制度地域課題分野(河川生態) 報告書, 64p.

平塚純一・山室真澄・森脇晋平・石飛裕 (2006): 大正末期から昭和初期に行われた大橋川拡幅以前の宍道湖の塩分. 水環境学会誌, 29, 541-546.

森脇晋平・若林英人・三浦常廣・山根恭道 (2009): 宍道湖におけるヤマトシジミの資源生物学的特性—資源管理に向けて—. 島根県水産技術センター研究報告第2号, 31-38.

中村幹雄 (1997): 宍道湖におけるヤマトシジミと環境の総合関係に関する生理学的研究, 北海道大学博士論文.

中村幹雄編著 (2000): 日本のシジミ漁業, たたら書房, 266p.

南部亮元・水野知巳・川上貴史・久保田薫・関口秀夫 (2006): 木曾三川感潮域における二枚貝浮遊幼生の着底場所および着底時期. 日本水産学会誌, 72, 681-694.

Nixon, S. W (2009): Eutrophication and the macroscope. *Hydrobiologia*, 629, 5-19.

Oshima, K., Suzuki, N., Nakamura, M., Sakuramoto, K. (2004) Shell growth and age determination of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in Lake Shinji, Japan. *Fisheries Science*, 70, 601-610.

Pracoyo A.・梅田信・田中仁・佐々木幹夫・長崎勝康 (2011): 十三湖におけるヤマトシジミ産卵期の塩分・水温と稚貝生息数に関する検討. 土木学会論文集B2(海岸工学), 67(2), I\_1001-I\_1005.

崎幸子・神門利之・大谷修司 (2010): 宍道湖・中海の植物プランクトン水質調査結果. 島根県保健環境科学研究所報, 第52号, 79-86.

島根県環境生活部環境政策課 (2014): 汽水湖汚濁メカニズム解明調査ワーキンググループ報告書, 59pp. [https://www.google.com/url?q=http://www.pref.shimane.lg.jp/shinjiko\\_nakaumi/mekanizumu-WG/mekanizumu\\_wg.data/WG\\_houkokusho.pdf&sa=U&ei=gr0gVdz7GMnHsAWCiIHIAg&ved=0CA0QFjAI&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNG-uAzNGlZmZpNprlhKKLG\\_4Fxmng](https://www.google.com/url?q=http://www.pref.shimane.lg.jp/shinjiko_nakaumi/mekanizumu-WG/mekanizumu_wg.data/WG_houkokusho.pdf&sa=U&ei=gr0gVdz7GMnHsAWCiIHIAg&ved=0CA0QFjAI&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNG-uAzNGlZmZpNprlhKKLG_4Fxmng)

高橋正治・森脇晋平 (2009): 宍道湖におけるシジミ漁業の漁業管理制度. 島根県水産技術センター研究報告第2号, 23-29.

田中彌太郎 (1984): ヤマトシジミ稚仔期の形態および生理的特性について. 養殖研究所研究報告, 第6号, 23-27.

山室真澄 (1994): 食物連鎖を利用した水質浄化技術. *化学工学*, 58, 217-220.

山本民次・花里孝幸 編著 (2015): 海と湖の貧栄養化問題. 地人書館, 東京.