

中禅寺湖産ヒメマスの再生産関係

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	吉原, 喜好 北村, 章二 生田, 和正
巻/号	47巻2号
掲載ページ	p. 229-234
発行年月	1999年6月

中禅寺湖産ヒメマスの再生産関係

吉原喜好・北村章二・生田和正・神山公行

(1999年5月17日受理)

On the Reproduction Relation of Kokanee, *Oncorhynchus nerka*, at Lake Chuzenji

Kiyoshi YOSHIHARA^{*1}, Shouji KITAMURA^{*2},
Kazumasa IKUTA^{*2}, and Kimiyuki KAMIYAMA^{*3}

Abstract: The relationship between the stocked juvenile and returning adult kokanee, *Oncorhynchus nerka*, in Lake Chuzenji was examined using the statistical data collected from 1968 to 1998 by Lake Chuzenji Fisheries Co-operative Association. According to the Ricker's reproduction model, approximately 6,000 adult fishes were expected to be caught after 2 years if 1.0 to 1.2 million juvenile kokanees were stocked initially. The annual amount of the influent to the lake and the number of the adult fish caught 2 years after stocking were positively correlated; two regression lines with different slopes were obtained. The result suggested the presence of two possible groups.

Key words: Kokanee; Stocking of juvenile; Lake Chuzenji; Reproduction curve

中禅寺湖におけるヒメマス, *Oncorhynchus nerka* の放流事業は1906年に支笏湖から35万尾が移植されたことから始まった。放流事業は第2次大戦前は帝室林野局が主体となって実施していたが、戦後は前橋営林署→水産庁と何度かその主務官庁の変更があり、1963年に新しい制度で発足した中禅寺湖漁業協同組合に事業は引き継がれて現在に至っており、その歴史は90年以上の長きにわたっている。この間の魚類の放流記録は田中¹⁾、奥本ら²⁾によって詳細に記録されている。

一方、中禅寺湖は古くから遊漁が盛んに行われており、その遊漁料収入が放流事業を行う上での大きな資金源となっている。すなわち内水面における増殖事業と遊漁とは密接な関係にあり、このような水域では多くの遊漁者の来訪が必須条件となっている。そのため湖の中の釣対象魚の資源水準を常に一定に維持する努力を続け、料金に見合った釣果を挙げさせることが増殖事業の、強いては事業主体である組合安定化戦略につながるものと考えられる。

現在のところ中禅寺湖におけるヒメマスをはじめとする魚類資源は組合の努力によって十分維持されていると見なされているが、今後永続的に資源の維持を図るためには、放流後の湖の中での動態を明らかにする必要がある。

中禅寺湖漁業共同組合へ所管変えとなってからは放流尾数と産卵時期における捕獲尾数の記録が正確に残されており、これらの資料を解析することは、次の段階の資源管理方策を立てる上にも重要な事と考えられる。

そこで著者らはこの資料の中に記載されている放流および捕獲実績からヒメマスの再生産関係について検討した。

方 法

中禅寺湖の概要 中禅寺湖は日光国立公園の中に位置し、標高1,271 m, 周囲24 km, 面積11.2 km², 最大水深172 mの堰止め湖である。Fig. 1に示したよう

^{*1} 日本大学生物資源科学部 (College of Bioresource Sciences, Nihon University, Kameino 1866, Fujisawa, Kanagawa 252-8510, Japan).

^{*2} 水産庁養殖研究所日光市所 (Nikko Branch of National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Agency, Chuguiji, Nikko, Tochigi 321-1664, Japan).

^{*3} 中禅寺湖漁業協同組合 (Lake Chuzenji Fisheries Co-operative Association, Chuguiji, Nikko, Tochigi 321-1664, Japan).

に流入河川は千手ヶ浜に外山沢川, 柳沢川, 清水, 観音水など, そして菖蒲ヶ浜には地獄川および養殖研究

所日光支所内から流入する人工河川がある。流出は大谷川が唯一であり, 落差 100 m の華厳の滝によって下流域からの魚類の遡上が妨げられている。

資料 ヒメマスの放流は1906年から記録されているが, ここで用いた資料は事業主体が中禅寺湖漁業協同組合に移管された1968年度から1998年度までの31年間における春季の稚魚放流尾数と秋季における秋マス捕獲尾数であり, これらは中禅寺湖漁業協同組合の通常総会資料の事業報告^{*4}に記載されている。稚魚放流数を親世代数, 捕獲尾数を子世代数としてリッカー型再生産曲線を求めた。

さらに, 建設省河川局監修の多目的ダム管理年報^{*5}から中禅寺湖へ流入する水量と2年後の回帰尾数との関係を求めた。

結 果

放流・捕獲実績 1968年から1997年までの放流実績と漁獲実績を Table 1 に示した。未記載の年もあるが, ほとんどの資料には放流期間, 放流時の体重範囲が記載されている。1975年は IHN 症が発生し, 全て殺処分したため放流は行われていない。

放流尾数は前年度の産卵親魚の捕獲数とその種苗生産量に大きく依存しており, 1968年の事業開始以来放流尾数は年々増加し, 1984年には350万尾を超えているが, その後は年による変動があるもののほぼ100万尾前後である。

放流は大部分が5月から7月までの間に行われてい

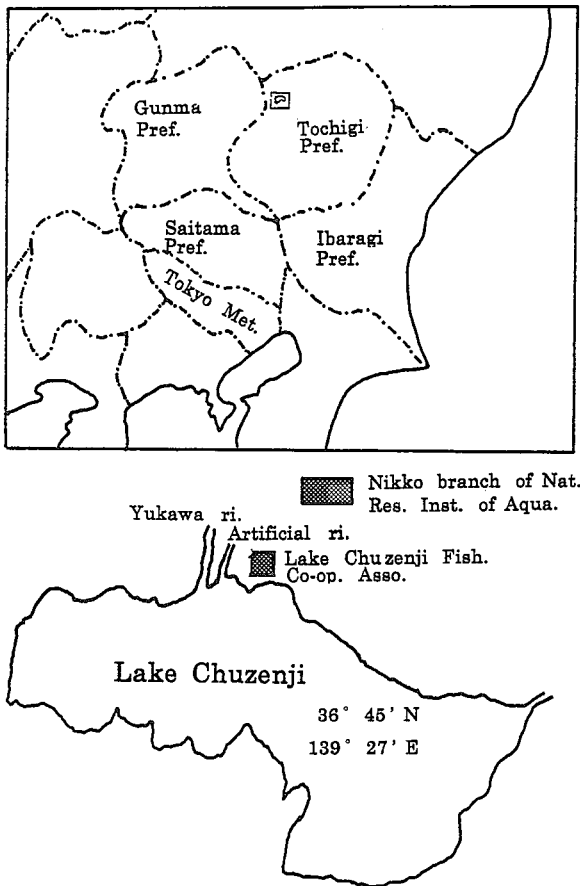


Fig. 1. Location of Lake Chuzenji.

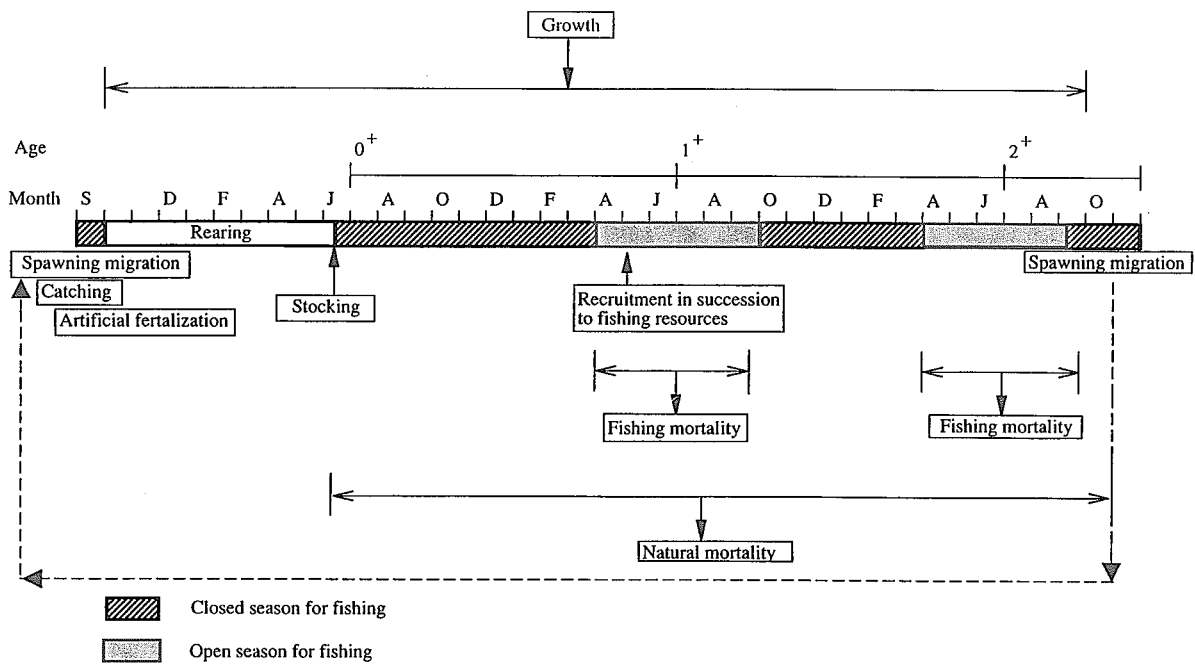


Fig. 2. A schematic view of the life cycle of kokanee in Lake Chuzenji.

*4 第5回(1968年)~第35回(1998年)中禅寺湖漁業協同組合通常総会資料。

*5 昭和44(1969)~平成3年度(1991)多目的ダム管理年報(建設省河川局開発課監修), 中国建設弘済会(広島)。

Table 1. Records of stocking of juvenile and capture of migrated kokanee at Lake Chuzenji by the Lake Chuzenji Fisheries Co-operative Association

Year	Stocking			No. of capture		
	Period	No. of fish ($\times 10^3$)	Range of weight (g)	Male	Female	Total
1968	May 10 - Aug. 4	394	0.6			4,768
1969	Jul. 7 - Nov. 10	398	1.7 - 140.0			973
1970	Jul. 15 - Dec. 1	299	2.0 - 13.0			1,857
1971	No data	401	0.9 - 2.2			2,115
1972	Jul. 10	110	3.6			1,306
1973	Jun. 21 - Jul. 1	352	3.6			3,682
1974	May 14 - Jun. 21	579	1.7			5,948
1975		0				1,012
1976	Jun. 1 - Aug. 13	310	2.0 - 17.2			2,680
1977	May 14 - Sep. 17	968	1.9 - 9.9	1,008	891	1,899
1978	May 12 - Aug. 23	540	2.2 - 3.2	2,778	1,827	4,605
1979	Jun. 12 - Jun. 26	1,239	2.0 - 2.9	3,943	1,605	5,548
1980	No data	1,458	1.5 - 2.1	884	2,429	3,313
1981	Jun. 16 - Jul. 11	1,350	1.5 - 2.1	1,975	2,764	4,739
1982	Jun. 26 - Jul. 9	1,222	1.3 - 3.3	4,562	6,332	10,914
1983	Apr. 5 - Nov. 16	2,740	0.8 - 3.9	5,286	8,090	13,376
1984	May 30 - Jun. 29	3,551	0.7 - 1.1	1,066	1,869	2,935
1985	Jun. 25 - Aug. 23	733	2.2 - 5.2	1,013	2,060	3,076
1986	Jun. 6 - Sep. 16	995	2.0 - 6.3	500	704	1,204
1987	Mar. 10 - Oct. 29	355	0.4 - 18.3	2,627	2,981	5,608
1988	May 9 - Nov. 17	1,110	1.4 - 31.2	2,095	3,128	5,223
1989	Jun. 9 - Jul. 7	1,008	3.8 - 4.8	2,724	4,053	6,777
1990	May 9 - Jun. 28	1,565	2.2 - 3.3	4,851	5,567	10,418
1991	Jun. 24 - Oct. 25	1,500	1.5 - 13.9	2,672	3,870	6,542
1992	Jun. 18 - Jun. 29	1,203	2.1 - 3.6	282	463	745
1993	May 26 - Jun. 12	383	3.8 - 7.0	3,220	4,469	7,689
1994	Jun. 24 - Jul. 12	1,064	2.5 - 5.7	1,349	1,218	2,567
1995	Jun. 15 - Jul. 14	463	3.1 - 5.0	620	1,304	1,924
1996	Jun. 22 - Jun. 28	445	4.0 - 7.1	519	874	1,393
1997	Jun. 17 - Jun. 23	906	3.9 - 8.9	1,735	1,568	3,303

るが、年によっては数回にわたって実施されており、当然遅い時期ほど大型の魚体が放流されていることになる。

放流されたヒメマスの湖の中での動態については十分に解明されているとはいえないが、一般的な事柄について、その様相を Fig. 2 に模式的に示した。すなわち産卵のため沿岸に来遊あるいは放流河川に回帰したヒメマス親魚を地曳網や笠によって漁獲し、採卵・人工授精に供する。孵化した稚魚は約 6 ヶ月間飼育後、翌年 6 月頃放流された稚魚は自然死亡によってその数を減じながら成長する。Yoshihara *et al.*³⁾は試験釣によって漁獲したヒメマスの体長組成の月変化から、放流 1 年目の春、体長が 18~19 cm に成長した魚から逐次釣資源に加入し、その盛期は 7 月と推察している。釣資源に加入した後、禁漁時においては自然死亡で、また解禁時には自然死亡と共に漁獲死亡も加わってさらにその数を減少させつつ成長し、3 年目の秋 (2⁺)

に産卵親魚となって回帰することが報告されている³⁾。

再生産関係 田中⁴⁾は放流記録と共に漁獲量も記録しているが、これは産卵のため回帰した魚の数か漁業者の漁獲記録かの記述はなく、回帰の実態を知るのは 1973 年から記録されている漁業組合の秋ます漁獲資料のみである。Fig. 3 に放流尾数と 3 年目で回帰したヒメマスの関係を示してある。捕獲尾数の年変動が大きかったが、放流尾数を親世代の数 (E)、2 年後の捕獲尾数を子世代の数 (R) としてリッカー型再生産曲線を求めると $R=0.0141E \cdot \exp(-8.64 \cdot 10^{-7} \cdot E)$ となり、100 万から 120 万尾の放流で最大の回帰尾数が期待できることになる。

放流時の流入量と回帰量の関係 回帰尾数の年変動には多くの要因が関与しているが、その中で放流直後の生残率とその後の資源量、強いては 2 年後の回帰尾数に大きく関わってくるものと考えられる。生残率を左右するものとして生物学的あるいは物理的環境要因が

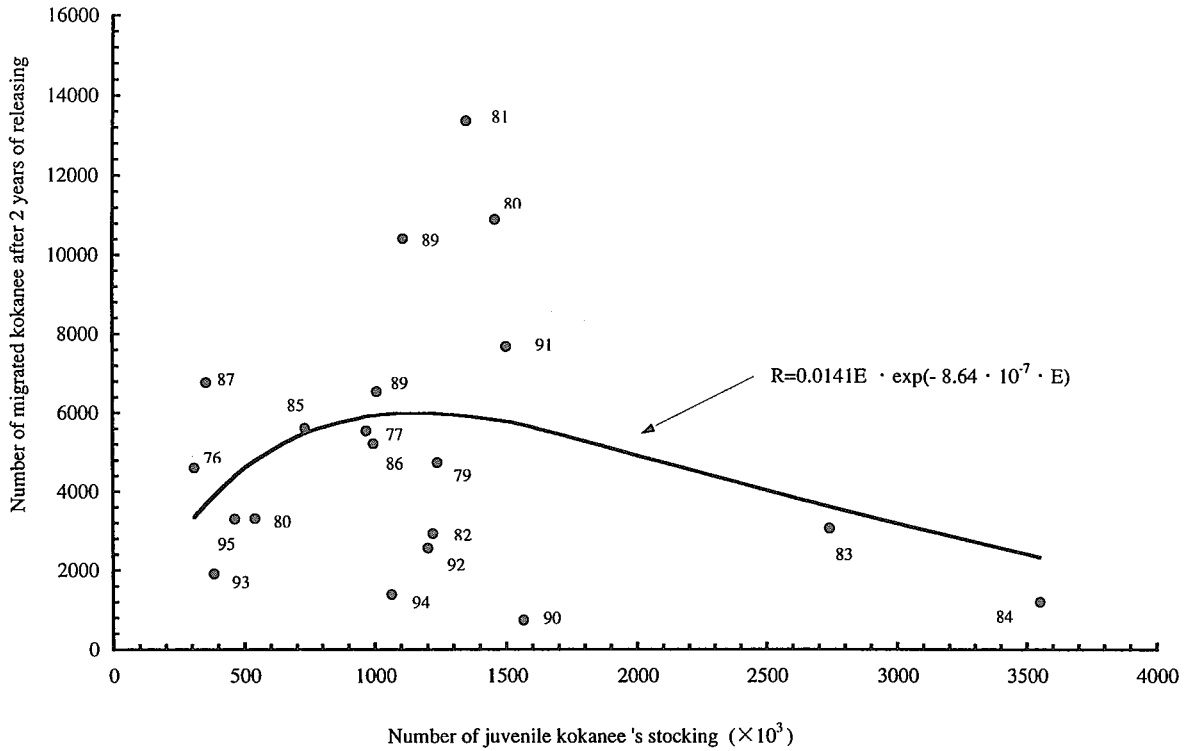


Fig. 3. The relationship of the number of between stocking of juvenile kokanee and catch of adult kokanee after 2 years. • Numerous in a figure show the stocking years.

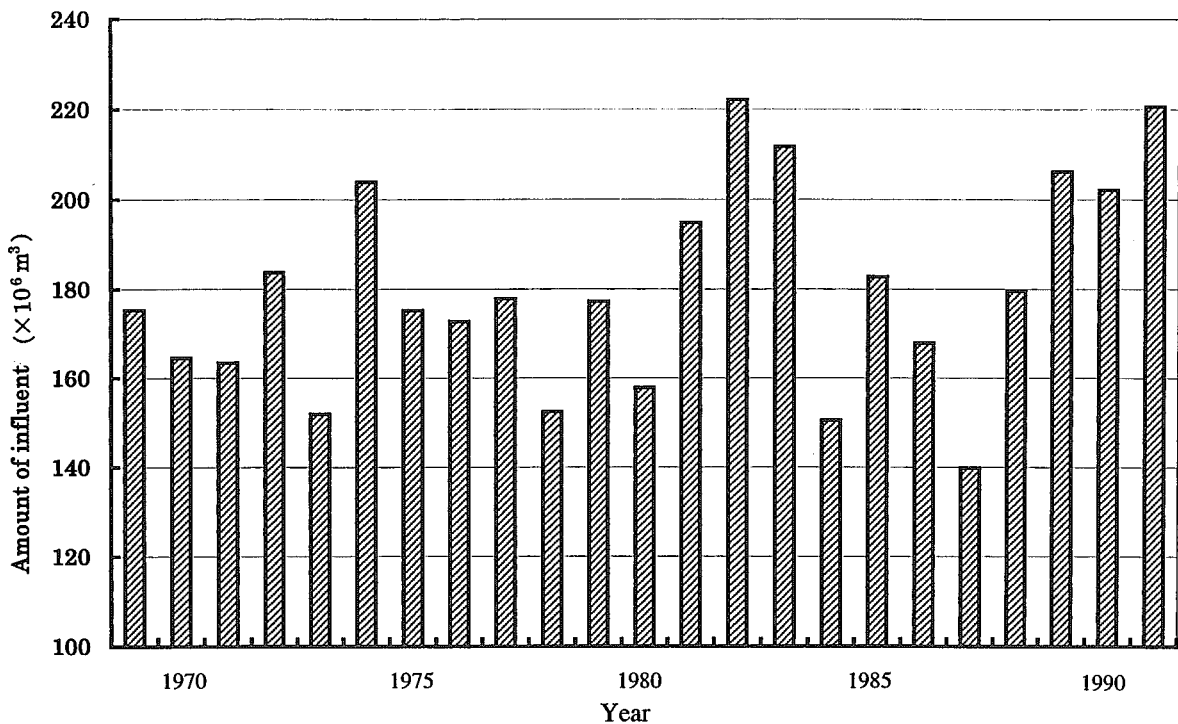


Fig. 4. Annual changes of influent (10^6 m^3) to Lake Chuzenji in the period from 1969 to 1991.

あげられるが、ここでは物理的環境要因として放流直後の湖の水量に着目し、放流年の総流入量と2年後の回帰尾数との相関を求めた。ただし流入量の記録は1991年度までしか公表されていないため、1969年から1991年までの資料を用いた。Fig. 4に湖への年間総流入量を示した。5年から6年周期で流入量が増大する

傾向が認められた。ヒメマスが放流された年の年間総流入量と2年後のヒメマス親魚の捕獲量を Fig. 5 に示した。1980年、1987年および1988年の放流群を除くと放流年の総流入量と2年後の捕獲量は正の相関が認められたが、回帰直線の傾きから2つのグループに分けることができた。

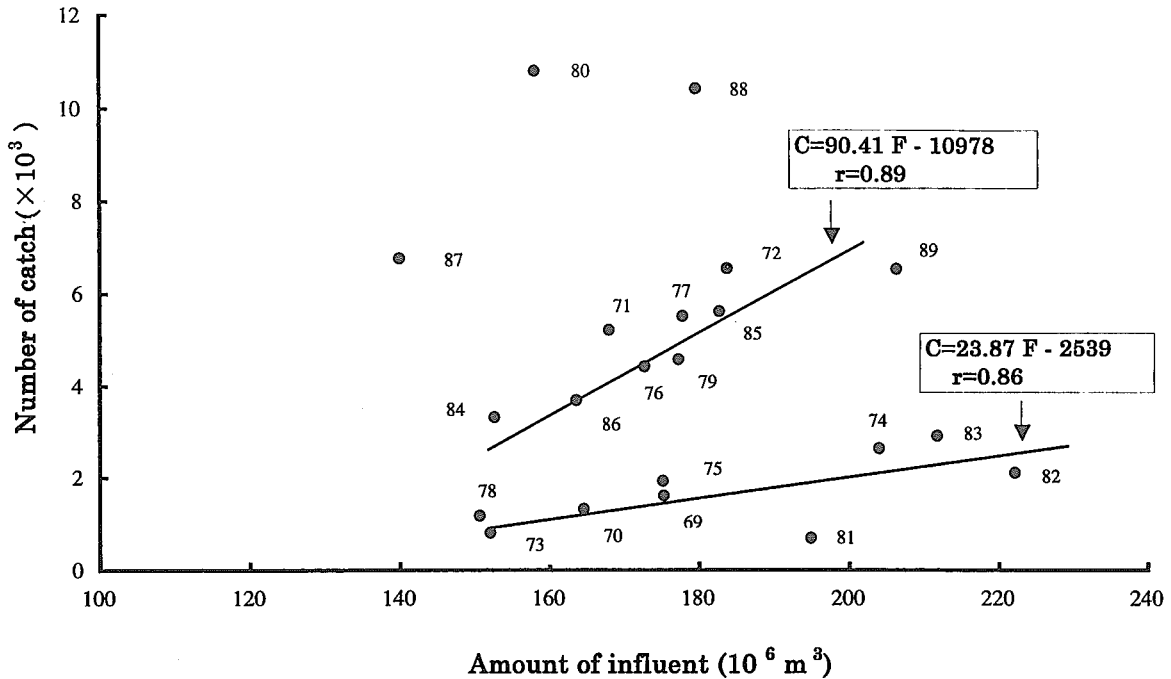


Fig. 5. The relationship between the annual influent (10^6 m^3) when juvenile kokanee were stocked, and the number of catch of adult kokanee after 2 years of release. Numerous in a figure show the stocking years.

考 察

1968年から1997年までの30年間にわたる中禅寺湖へのヒメマスの放流および産卵親魚の捕獲実績からヒメマスの再生産関係について検討した。中禅寺湖のヒメマスは標識放流調査の結果などから大部分は放流してから3年目の秋すなわち2⁺で成熟して、産卵のため河川への遡上行動をおこすとみなされているため、ある年に放流された稚仔魚と2年後に捕獲された親魚とは同一年級群と考え、リッカー型再生産関係を求めた。その結果、100万から120万尾を放流して2年後に6,000尾の回帰が期待できる結果を得た。中禅寺湖のヒメマスの再生産関係については石島・加賀⁴⁾、吉原・神山⁵⁾が論じており、いずれも今回の結果と似たような関係式を得ている。Fig. 2に示したように、湖に放流されたヒメマス稚魚はほぼ1年間、自然死亡によってその数を減らしながら成長し、釣資源に加入してからは解禁期間中は自然死亡と漁獲死亡、禁漁期間中は自然死亡によって数を減らしつつ成長し、成熟するわけであるが、前述の再生産関係では放流されてからの湖の中での個体数変動機構が考慮されていない。したがってこれらの変動機構をいかに取り込むかが、今後の課題となるであろう。

個体数の変動要因として、湖でのヒメマスの生残過程が大きく関わってくるであろうことは前述したが、釣資源に加入してからは自然死亡よりも漁獲死亡の方が大きいと推察される。しかし量的変動にはむしろ放

流直後の稚仔魚の自然死亡の大きが大きく関わっているものと考えられる。

田中・白石⁶⁾は湯ノ湖に放流したヒメマスの生残についての実験的な研究から、放流直後から指数関数的に個体数が減少し、生残率は0才魚で0.092、1才魚で0.139および2才魚で0.0517と推察している。すなわち放流した年の終わりには90%以上が死亡してしまうことになる。自然死亡の要因として食害、疾病などが挙げられるが、中禅寺湖の場合には遊泳力の弱い時期に華厳の滝から下流の大谷川へ降下する量もかなりあるのではないかと考えられる。

中禅寺湖には24種の魚の生息が確認されており²⁾、これらのうちブラウンマス、*Salmo trutta*、ホンマス(中禅寺湖産ヒメマス、*Oncorhynchus rhodurus*とサクラマス、*O. masou*の交配種)、カワマス、*Salvelinus pluvius*、レークトラウト、*S. namaycusho*およびニジマス、*O. gairdneri*などの魚種がヒメマス稚魚に食害を与えると考えられる。放流直後のヒメマスが他の魚にどの程度食害を受けるかを検討した報告はないが、Ginetz and Larkin⁷⁾はブリテイッシュコロビアのフルトン川に設けた実験水路において降下回遊するヒメマス稚魚のニジマスによる捕食圧を濁度や照度などの物理環境から論じており、白石・田中⁸⁾は食性調査でブラウンマスが魚食性の強い種であると述べ、白石・高木⁹⁾は湯ノ湖におけるマス類の食性調査で、カワマスの胃からワカサギ、*Hypomesus olidus*が検出されたと報告している。また魚類ではないが Gowing and

Momot¹⁰⁾はカワマスのザリガニ, *Orconectes virilis* に対する捕食について検討し, カワマスの資源密度が低い時でザリガニ個体群の1~2%, 資源密度が高い時には40%も捕食していると報告している。また最近コクチバス, *Micropterus dolomieu* の中禅寺湖への不法放流が行われていることが判明し, 捕獲されたコクチバスの胃内からヒメマス稚魚が検出されている⁵⁾。これらのことから放流された100万尾にもおよぶヒメマス稚魚は魚食性の強い魚種の餌対象生物となりうるということが推察される。

自然死亡のもう一つの重要な要因である滝からの降下については田中・白石⁶⁾が中禅寺湖の上流にある湯ノ湖にヒメマスを放流し, 放流からの経過日数や放流魚の大きさなどから湯ノ湖への降下量について検討しているが^{6,11)}, 放流直後に放流尾数の約1%が降下し, 特により小型のヒメマスの降下量が多かったと報告している。湯ノ湖と中禅寺湖でその大きさや放流地点から滝までの距離が異なり, 一概に比較はできないが, 中禅寺湖の場合もかなりの量であることは否定できないであろう。

降下の量は水の勢い, すなわち湖の水量にも関係してくるであろうから, 水量が多い年は降下量も多いと考えられるが, むしろ水量が多いと基礎生産力の高い浅い水域が広がるため稚魚の生き残りには有利に働くとの仮定から, 稚魚が放流された年の湖への流入量と2年後の捕獲量の関係を求めたところ, その結果, 例外の年もあるが, 流入量の多い年ほど2年後の捕獲量が多い傾向が認められた (Fig. 5)。しかし回帰係数が高い年級群と低い年級群との2つに分かれてしまい, おそらく水量以外の何らかの要因が働いているものと考えられるが, その点については今後の検討が必要である。

今回の再生産関係の検討においては, 放流後2年で成熟して回帰するとの前提のもとで考察したが, 1975年に飼育段階でIHN症が発生し, 全て殺処分し, 放流を行わなかったのにもかかわらず, 2年後には約1,900尾の捕獲があったことや, 北海道の渡島地方において魚類が生息していない沼にヒメマスを放流したところ放流1年目で早熟雄が出現したのに対し, 6年経過して成熟に十分な体型を有しているにもかかわらず卵が未熟の個体も存在していたとの報告¹²⁾もあることから, 中禅寺湖においても大部分は2⁺で回帰するものの, それ以上の年級群も湖に存在するものと推察される。魚体内あるいは環境中でどのような機構が働いて2⁺で回帰する個体とそうでない個体に分かれるのかについては今後詳細な検討が必要である。

要 約

中禅寺湖漁業協同組合が実施しているヒメマス稚魚の中禅寺湖への放流ならびに産卵回帰群の捕獲に関する1968年から1998年までの資料を用いて, ヒメマスの再生産関係について検討した。リッカー型再生産モデルでは100万から120万尾の放流に対して, 2年後に最大6,000尾の回帰が期待できる結果を得た。

さらに, 放流した年の湖への流入量と2年後の回帰量の間には正の相関が認められたが, 回帰直線の傾きから, 2つのグループに分かれることが認められた。

文 献

- 1) 田中甲子郎 (1967): 奥日光の水産事業. 淡水区水研資料, Bシリーズ2, 10, 156p.
- 2) 奥本直人・鹿間俊夫・織田三郎・丸山為蔵・佐藤達朗・合摩 明・室根昭洋・室井克己・山崎 充・赤坂毅・神山公行 (1989): 中禅寺湖産ヒメマス資源管理のための漁業と増養殖に関する考察. 中禅寺湖資源調査研究会中間報告書, 養殖研資料, 6, 49-65.
- 3) Yoshihara, K., N. Okumoto, T. Shikama, S. Oda, H. Ishijima, T. Shibuya, K. Kamiyama, and S. Soeda (1991): Body length composition and recruitment time of hime salmon *Onchorhynchus nerka* in Lake Chuzeiji judged by experimental fishing, *Nipponn Suisangakkaishi*, 54(8), 1427-1435.
- 4) 石島久男・加賀豊仁 (1989): 中禅寺湖産ヒメマスの再生産関係と持続生産量 (抄録). 栃木県水試研報, 10, 28-35.
- 5) 吉原喜好・神山公行 (1998): 中禅寺湖におけるヒメマス資源. 水産資源・技術の管理 技術 (北原 武編), 106-117, 恒星社厚生閣, 東京.
- 6) 田中 実・白石芳一 (1970): 湯ノ湖に放流したヒメマスの生残について. 淡水研報, 20(2), 83-91.
- 7) Ginetz, R. M. and P. A. Larkin (1974): Factors affecting rainbow trout (*Salmo gairdneri*) predation on migrate fry sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*), *J. Fish. Res. Board Canada*, 33(1), 19-24.
- 8) 白石芳一・田中 実 (1967): 中禅寺湖におけるブラウンマスの食性について. 淡水研報, 17(2), 87-95.
- 9) 白石芳一・高木正浩 (1955): 日光湯ノ湖産マス類の食性よりみたる生態と形態の関係について. 淡水研報, 5(1), 11-30.
- 10) Gowing, H. and W. T. Momo (1979): Impact of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) predation on the crayfish, *Orconectes virilis*, in three Michigan Lakes. *J. Fish. Res. Board Canada*, 36, 1191-1197.
- 11) 田中 実 (1972): ヒメマスの降下魚と降下の要因. 淡水研報, 22(1), 13-24.
- 12) 吉原喜好・大井信夫 (1998): 岡沼に放流したヒメマスの成長. 水産増殖, 46(1), 47-56.