

海洋深層水を用いたサツキマス陸上養殖において 種苗サイズが成長と成熟に及ぼす影響

野田浩之*¹・岡本一利*²・岡田裕史*³

導入する種苗の大きさを変えて海洋深層水（以下深層水）を用いたサツキマスの陸上養殖試験を実施し、大型魚の育成を試みた。種苗には淡水で当歳の8月まで育成した平均魚体重9gのパーもしくは銀化パーと、1歳の3月まで飼育した群の中から小型魚を選別した平均魚体重80gのスマルトを供した。9gの試験は水温13℃の深層水（9g13℃区）で、80gの試験は水温10℃の深層水（80g10℃区）と13℃の深層水（80g13℃区）で飼育した。9g13℃区は、1歳の10月に平均魚体重が838gになったが、その後成熟魚の死亡がみられた。80g10℃区と80g13℃区は、1歳の10月における平均魚体重がそれぞれ284g、394gであり9g13℃区と比べて小さかったが、成熟して死亡する個体が少なく、満2年の12月の生残率は51%及び37%であった。80g10℃区は2歳の4月に平均魚体重が770gに、80g13℃区は2歳の8月に平均魚体重が1,759gに達した。体重9gの非スマルト魚でも海水養殖の種苗に用いることができること、また種苗サイズのコントロールにより成熟を遅らせることで、さらに大型のサツキマス養殖が可能であることが確かめられた。

キーワード：サツキマス, *Onchorhynchus masou ishikawae*, 海洋深層水, 陸上養殖, 種苗サイズ, 生残, 成長

サツキマス*Oncorhynchus masou ishikawae*は、伊豆半島以西の本州太平洋側、四国及び瀬戸内海側の九州の河川及びそれらの沿岸海域に分布する¹⁾。河川の上流域には同種の河川残留型であるアマゴが生息し、水温の低い大量の湧水や河川水が利用できる山間部を中心に養殖が行われている。しかし、各地で河川構造物の建設による生息環境の悪化によってサツキマスの資源は減少している^{2,3)}。海に降下したサツキマスは河川残留型に比べ大型化することが知られており⁴⁾、これまでに本種の海面養殖試験も多く試みられてきた⁵⁻⁹⁾。しかし、飼育期間が冬季の低水温期に限られるため十分な成長が見込めないことや⁹⁾、細菌性疾病等による減耗対策⁸⁾が技術的課題とされている。

海洋深層水（以下、深層水とする）は、低温安定で清浄性が高く有機物の分解産物が溜まるため富栄養という性質を有する¹⁰⁾。深層水を用いたサケ科魚類の飼育事

例としてはニジマス*Oncorhynchus mykiss*¹¹⁻¹³⁾、ギンザケ*Oncorhynchus kistsh*、マスノスケ*Oncorhynchus tshawytscha*、ベニザケ*Oncorhynchus nerka*及びサクラマス*Oncorhynchus masou*¹⁰⁾があり、成長や親魚養成に対する深層水利用の有効性が報告されている。サツキマスにおいても深層水を用いることで海水での周年飼育が可能となり、大型魚の生産が期待される。

通常サケ科魚類を海水で養殖する際の種苗には、海水適応が完了したスマルトが用いられる。サツキマスがスマルト化するのは0歳の秋期からで、スマルトの出現サイズは系統によっても変わるが20~25g以上とされている¹⁴⁾。冬期に限定される海面養殖でサツキマスの大型魚を養殖するためには、可能な限り大型の種苗を導入する必要があるが、深層水を用いた陸上養殖では周年飼育が可能なため、より小型の種苗を導入できる可能性がある。さらに、スマルト化前の小型魚を種苗に使用できれば種苗導

2020年2月28日受理

静岡県水産技術研究所(本所)業績第1175号

*¹静岡県水産技術研究所深層水科

*²静岡県水産技術研究所深層水科・現水産技術研究所

*³静岡県水産技術研究所富士養鱒場・現静岡県環境衛生科学研究所

入時期の自由度が高まり、種苗価格や輸送費にもメリットがあると考えられる。

そこで、本試験では平均魚体重9gのスマルト化前の種苗と平均魚体重80gのスマルト化した種苗を用いて深層水による陸上養殖を試み、成長と成熟の状況から大型魚を育成できる条件を検討した。

材料と方法

供試魚

試験には、静岡県水産技術研究所富士養鱒場において、2006年10月30日に採卵・授精し、水温10℃の淡水中で育成されたサツキマスを提供した。

体重9gからの養成試験（以下9g試験とする）では、2007年8月9日に320尾を同研究所駿河湾深層水水産利用施設（以下深層水利用施設とする）に搬入した。搬入時の尾叉長及び体重（平均±標準偏差）はそれぞれ9.4±1.5cm及び9.2±4.7gであった。パー・スマルト変態段階を藤岡⁵⁾に従って相区分すると、73%がパー、27%が銀化パーであった。

体重80gからの養成試験（以下80g試験とする）では、2008年3月6日に選別機を用いて大小に選別した小型群192尾を3月10日に深層水利用施設に搬入した。選別前の平均魚体重は132gであり、深層水利用施設搬入時の尾叉長及び体重（平均±標準偏差）はそれぞれ19.7±2.4cm及び79.8±29.8gであった。相区分は全てスマルトであった。

海水馴致

9g試験では、供試魚を2日間汲み置きした水道水を張った容量0.5m³のポリカーボネート製円形水槽に收容し、海水への馴致を開始した。馴致中の飼育水は汲み置きした水道水と、駿河湾の水深397mから取水した深層水を混合して作成し、毎日全水量の80%を交換した。飼育水温はウォーターバス方式によって11℃前後を維持した。飼育水の塩分は飼育開始1日目に9、4日目に11、7日目に17、11日目に26、16日目に30とし、21日目から深層水のための流水飼育に移行した。

80g試験では、飼育容器に容量10m³のFRP製円形水槽を用い、飼育水は9g試験と同様とした。飼育水の塩分は馴致開始2日目に11、3日目に19、5日目に24、6日目に29、7日目に32、8日目に33とし、9日目から深層水のための流水飼育に移行した。收容翌日から、市販の鱒用配合飼料を1日当たり魚体重の1%を給餌した。

飼育方法

9g試験、80g試験ともに流水飼育移行後の飼育容器には、容量5m³もしくは10m³の円形FRP製水槽を使用した。

9g試験の飼育水温は13℃（9g13℃区）に設定し、2008年12月16日まで飼育した。

80g試験では、2008年3月31日（流水飼育開始12日後）に生残魚を89尾と88尾に分け、飼育水温を10℃（80g10℃区）と13℃（80g13℃区）に設定した2水槽に收容し、80g10℃区は2009年4月8日まで、80g13℃区は2009年11月10日まで飼育した。80g10℃区には水温無調整の深層水を注水した。9g13℃区及び80g13℃区は、表層海水とボイラー加温水との熱交換によって15℃まで加温した深層水と水温無調整の深層水を混合し、13℃前後に調整した深層水を注水した。注水量は、9g試験では開始時に毎分15Lとし、毎分55Lまで調整した。80g試験では開始時に毎分12Lとし、80g10℃区で毎分24L、80g13℃区で毎分34Lまで調整した。給餌は2009年9月まではライトリッツの給餌率表¹⁰⁾を参考に、週6日、1日1～4回に分けて与え、それ以降は週3日とし、供試魚の摂餌状況に応じて給餌量を調整した。

魚体測定

9g試験では、2007年9月10日に30尾をサンプリングし、尾叉長と体重の測定を行った。2008年3月11日には、腹部が異常に膨張した個体（腹部膨張魚）又は排精若しくは排卵が確認された個体（成熟魚）が観察されたため、通常魚22尾、腹部膨張魚12尾、成熟魚1尾の計35尾をサンプリングして個体別の体重を測定し、腹部膨張魚については開腹して胃内容物を採集し、検鏡観察を実施した。その後2008年8月にかけては、月1回、総重量と生残尾数を測定し平均魚体重を計算した。2008年9月以降は月1回、個体別の体重を全数測定した。

80g試験では、2009年4月までは月1回総重量と生残尾数を測定した。80g13℃区は2009年4月8日に腹部膨張魚を5尾サンプリングして残りを再收容し、以降は月1回個体別の体重を全数測定した。

9g試験、80g試験ともに飼育途中で供試魚のサンプリングを実施したため、生残率の計算は以下の式にしたがって求めた。サンプリングした成熟魚は死亡魚として扱った。

生残率 (%) = (生残尾数 / (開始時尾数 - サンプリング尾数)) × 100

結 果

9g試験

測定結果を表1に示した。海水馴致を開始した2007年8月9日から2007年9月10日の生残率は78%であった。その後、生残率は2008年3月11日で38%、8月11日に19%に低下したが、この間の死亡魚は体色が黒化し痩せた個体がほとんどであり、体表の発赤やスレなど細菌性疾患やウィルス性疾患が疑われる魚は無かった。その後、10月16日以降は成熟魚の死亡が増加し、12月16日の生残率は5%となった。平均魚体重は開始時9gであったが、2008年10月16日には838gとなり、最大個体は1,353gに達した。しかし、その後は大型魚への死により平均魚体重が減少に転じ、12月16日には678gとなった。2008年3月11日の測定時に、腹部膨張魚が34尾（31%）出現した。これらを解剖したところ、胃の中に大量の水分が含まれており、この水の一部をシャーレにとって検鏡した結果、

酵母の大量繁殖が確認された。

80g試験

2008年3月31日から2009年4月8日までの測定結果を表2に示した。海水馴致を開始した2008年3月10日から3月31日までの生残率は92%であった。2008年9月30日には80g10℃区70%、80g13℃区50%になったが、9g試験同様、細菌性疾患やウィルス性疾患が疑われる死亡魚は無かった。両試験区ともに2008年11月から2009年3月の測定時に成熟魚が出現し、2008年11月25日が80g10℃区13尾（22%）、80g13℃区9尾（24%）と最も多くなった。腹部膨張魚は両試験区ともに2008年4月29日には出現し、一部をサンプリングしたが以降も数が増え、2008年11月5日に80g10℃区で17尾（27%）、80g13℃区で15尾（38%）に達した。2009年4月8日の平均魚体重は80g10℃区の770gに対し、80g13℃区は931gと大きく分散分析の結果、両者に有意な差（ $p<0.05$ ）が認められた。しかし、生残率は80g10℃区の41%に対し、80g13℃区は

表1 測定結果（体重9gからの養成試験）

年月日	2007						2008						
	8/9	9/10	3/11	4/7	5/7	6/10	7/7	8/11	9/17	10/16	11/17	12/16	
尾数	通常未成熟魚	320	221	74	—	—	—	—	34	23	9	6	
	成熟魚	0	0	1	—	—	—	—	0	3	5	4	
	腹部膨張魚	0	0	34	—	—	—	—	9	4	2	1	
	計	320	251	109	73	61	53	49	45	43	30	16	11
サンプリング数	30		35 ^{*1}	9 ^{*2}	5 ^{*2}	0	0	0	0	2 ^{*3}	1 ^{*3}	—	
生残率 ^{*4} (%)	78		38	29	25	22	20	19	18	12	7	5	
体重 (g)	全体	平均	9	12	191	235	297	407	616	751	838	724	678
		最大	13	24	245	—	—	—	—	1,202	1,353	1,052	1,093
		最小	6	4	127	—	—	—	—	408	376	456	478
	通常未成熟魚	平均	9	12	185	—	—	—	—	760	823	627	625
	成熟魚	平均	—	—	230	—	—	—	—	—	1,167	889	757
腹部膨張魚	—	—	209	—	—	—	—	—	716	674	749	441	

* 1通常魚22尾、腹部膨張魚12尾、成熟魚1尾

* 2腹部膨張魚

* 3成熟魚

* 4生残率(%)=(生残尾数/(開始時尾数-飼育期間中の通常魚と腹部膨張魚サンプリング尾数))×100

表2 測定結果（体重80gからの養成試験 2009/4/8まで）

年月日	2008										2009			
	3/31	4/29	5/31	7/4	8/1	9/1	9/30	11/5	11/25	12/31	2/2	3/3	4/8	
10℃区	通常未成熟魚	89	81	80	67	60	58	52	39	36	31	32	31	28
	成熟魚	0	0	0	0	0	0	0	8	13	9	4	3	0
	腹部膨張魚	0	3	0	3	7	9	13	17	9	8	9	6	10
	計	89	84	80	70	67	67	65	64	58	48	45	40	38
	サンプリング数	3 ^{*1}		0	0	0	0	0	0	6 ^{*2}	2 ^{*2}	0	0	—
生残率 ^{*3} (%)	92	87	86	75	72	72	70	69	62	51	48	43	41	
平均体重 (g)	全体	79	101	110	153	187	230	284	342	383	465	553	666	770
	通常未成熟魚	79	104	110	153	181	219	277	318	395	491	570	653	809
	成熟魚	—	—	—	—	—	—	—	389	350	374	498	625	—
	腹部膨張魚	—	111	—	160	241	303	314	375	380	470	515	751	660
	13℃区	通常未成熟魚	88	78	66	52	48	45	32	17	19	17	15	19
成熟魚	0	0	0	0	0	0	0	7	9	6	4	1	0	
腹部膨張魚	0	8	5	8	8	7	13	15	10	10	11	5	5	
計	88	86	71	60	56	52	45	39	38	33	30	25	21	
サンプリング数	5 ^{*1}		0	0	0	0	0	0	3 ^{*2}	3 ^{*2}	1 ^{*2}	0	—	
生残率 ^{*3} (%)	92	90	79	67	62	58	50	43	42	37	33	28	23	
平均体重 (g)	全体平均	87	111	140	189	250	317	394	499	534	592	674	790	931
	通常未成熟魚	87	111	137	187	246	314	399	506	553	625	756	859	1,042
	成熟魚	—	—	—	—	—	—	—	542	584	612	757	793	—
腹部膨張魚	—	107	182	201	275	334	382	472	454	522	532	530	575	

* 1腹部膨張魚

* 2成熟魚

* 3生残率(%)=(生残尾数/(開始時尾数-通常魚と腹部膨張魚のサンプリング尾数))×100

23%と低くなった。

2009年4月8日以降の80g13°C区の測定結果を表3に示した。2009年4月8日に1,042gであった平均魚体重は2009年8月10日に1,731gに達したが、その後は死亡魚の増加によって減少した。飼育期間中の最大魚は2,670gであった。

考 察

海水馴致

丹下¹⁷⁾は、体重1~36gのアマゴを用いて1, 3, 5日間で海水に馴致した結果、体重20g以下の魚で海水移行後10日目に生残した個体がなかったことを報告している。本研究では非スマルトの魚を用いた9g試験の海水移行後10日目の生残率は83%と高く、これは馴致期間を30日と長くとした効果と考えられた。しかし、海水飼育半年後の生残率は、スマルトを使用した80g10°C区の70%、80g13°C区の50%に対し、9g13°C区では38%と低くなった。この間の死亡魚は海水馴致のストレスによって摂餌しなくなっ

たことによる衰弱が死亡原因と考えられた。非スマルトではスマルトよりも海水環境への移行によるストレスが大きく、さらにスマルトでも高温環境下では、より絶食の影響が大きく生残率が低下したと考えられた。今回、スマルト化前の小型魚でも海水養殖の種苗に用いることができることが判明したが、今後海水飼育初期の生残率を向上させるためには馴致期間の更なる延長などの改良が必要と考えられた。

成長と成熟

サケ科魚類では、成熟によって死亡したり、成長の一時停滞や身質の低下など養殖に大きな影響を及ぼすことが知られている。成熟と魚の大きさには密接な関係がみられる例が多く知られ¹⁸⁻²⁰⁾、アマゴの雄には、満1年で成熟するものと満2年以上で成熟するものがあり、雄が満1年で成熟するか否かは7月下旬から8月上旬にかけて、体重15~20gを超えるか超えないかによって分かれるといわれている²⁰⁾。本研究においても9g試験に用いた当歳種苗の8月上旬の体重は最大でも13gであり、満1年で成熟した個体は1尾のみであった(表1)。

表3 測定結果 (体重80gからの養成試験 2009/4/8~2009/11/10)

年月日	2009								
	4/8	5/11	6/8	7/8	8/10	9/7	10/5	11/10	
通常未成熟魚	16	16	16	15	10	8	7	0	
成熟魚	0	0	0	0	0	0	0	4	
腹部膨張魚	0	0	0	1	0	0	0	0	
尾数	16	16	16	16	10	8	7	4	
体重 (g)	平均	1,042	1,217	1,388	1,550	1,759	1,648	1,731	1,665
	最大	1,436	1,718	1,905	2,180	2,320	2,548	2,670	2,543
	最小	610	668	735	755	1,053	1,042	1,149	890
生残率*1 (%)	19	19	19	19	12	9	8	5	

*1生残率(%)=(生残尾数/(開始時尾数-飼育期間中の通常魚と腹部膨張魚サンプリング尾数))×100
2008年3月10日を100%とする。

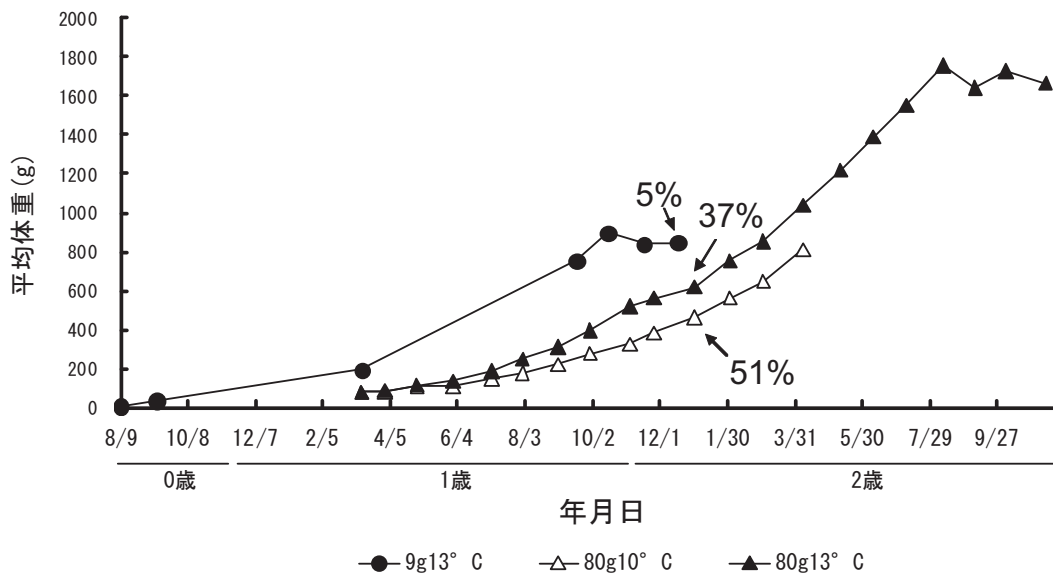


図1 深層水飼育開始サイズと飼育水温の異なる飼育群の平均体重の推移
図中の数値は生残率を示す

9g13℃区と80g10℃区及び80g13℃区の腹部膨張魚を除いた平均体重の推移を図1に示した。全試験区で1歳の10～11月から成熟魚が出現した。2008年10月における平均魚体重は9g13℃区823gに対し、80g10℃区と80g13℃区はそれぞれ277g、399gと小さかった。しかし9g13℃区はその後成熟した大型魚の死亡によって平均魚体重が減少し、2歳の12月における生残率は5%に低下した。一方、80g10℃区と80g13℃区は同時期の生残率がそれぞれ51%、37%と高く、満2年経過後も平均魚体重が増加し、2歳の4月における平均魚体重はそれぞれ809g、1,042gで、80g13℃区は2歳の10月における平均魚体重が1,731gで最大魚は2,670gに達した。

本試験の供試魚は全て同一日に採卵された魚で、淡水飼育期間中の飼育水温は約10℃であった。9g13℃区は当歳の9月から水温13℃の深層水で飼育したため、満2年までの成長が早く、結果的に成熟魚が増えてそれらの死亡により2歳になる割合が低下したと考えられる。一方、80g10℃区と80g13℃区は1歳の3月まで水温10℃の飼育環境におかれた魚の中から小型魚を選別したものであり、9g13℃区に比べ満2年までの体重が少なかったため、成熟せずに2歳になる割合が高くなったと考えられる。

腹部膨張魚

今回、細菌性やウイルス性の疾病は発症しなかったが、腹部膨張魚が飼育期間を通じて確認され、これらの個体は胃内に酵母が大量に繁殖していたことから、胃鼓張症²¹⁾と推察された。胃鼓張症はサケ科魚類の疾病で、致死率は低いが、食欲不振による成長阻害を招き^{21,22)}、胃内容物からはカンジダ属に属する*Candida sake*が分離される²³⁾。淡水で飼育中のアマゴのほか^{21,23)}、海面飼育においても同様の症状の病魚が確認されているが⁵⁾、酵母の人為感染で症状が再現されないため発症機構は不明とされている²⁴⁾。本試験では、病魚を取り除かずに飼育したが、現状では治療法も確立されておらず商品価値も無くなることから、発症魚を発見した際には飼育池から取り除いた方が良く考えられた。

種苗の大きさによる育成サイズ

海面養殖試験での育成サイズは、1歳の4月で215g⁹⁾、393g⁶⁾、5月で116～248g⁵⁾、600～800g⁷⁾と報告されており、本試験の供試魚は同時期に101～297gと小さかったが、最終的には海面養殖でのサイズを大幅に上回る大型魚の生産ができた。

また、加藤⁴⁾によれば長良川における遡上期のサツキマスの体長は24～34cmであり、同報告の換算式によって体重に換算すると247～886gである。また養殖魚のスマル

トを河川下流部に標識放流した試験において、遡河期における採捕魚の体重は1.5kgに及ぶ個体があるものの平均魚体重はおおむね600～700gとされている²⁾。養殖サツキマスの出荷サイズは、養殖コストと市場性との兼ね合いで決まると考えられるが、今回の結果からスマルト化前の小型種苗を用いた養殖方法により満2年で800g程度まで養成できることを示した。さらに、スマルト化した魚から小型魚を選別し、満2年までの成長を抑え、成熟を回避することで、最終的に2kg近くにまで育てられることが判明した。天然魚においても1kgを超えるものが少ない中で、2kg以上の大型魚が養殖できれば希少性から高値がつくことが期待される。

今回、深層水を用いたサツキマスの周年海水飼育により、最大で体重2,670gの大型魚の生産ができた。満2年の成熟を左右する時期と体重については不明であるが、その分岐点を明らかにできれば、その時期までは小型魚の選別や低水温飼育等によって成長を抑制し、その後水温を上げることで更に効率的な大型魚の生産が可能になると期待される。

文 献

- 1) 加藤文男(2002)：日本産サケ属(*Oncorhynchus*)魚類の形態と分布。福井市自然史博物館研究報告, 49, 53～77.
- 2) 日本水産資源保護協会(1985)：降海性アマゴの増殖, 水産増養殖叢書, 34, 101pp.
- 3) 辻野耕寛・大道斉・阪上雄康・亀井誠・内藤肇・上原一彦(2000)：大阪湾におけるサツキマス(降海型アマゴ)の生態について。大阪府水産試験場研究報告, 11, 17～25.
- 4) 加藤文男(1973)：伊勢湾へ降海するアマゴ(*Oncorhynchus rhodurus*)の生態について。魚類学雑誌, 20, 225～234.
- 5) 丹下勝義(1973)：アマゴの海水養殖に関する研究-II 陸上池での飼育。兵庫県水産試験場試験報告, 13, 45～49.
- 6) 上松和夫・荒木育生・紀有文・本荘鉄夫(1973)：アマゴの海水飼育について。水産増殖, 21, 100～104.
- 7) 藤田眞吾・和田不二雄・吉田弘(1980)：マス類の海面養殖における成長と歩留まり。京都府立海洋センター研究報告, 4, 22～27.
- 8) 藤田眞吾(1980)：海水で飼育したマス類の病気に

- ついて.京都府立海洋センター研究報告, 4, 32~38.
- 9) 花田博・上村信夫・吉田正勝(1988): アマゴおよびドナルドソン系ニジマスの海水での飼育. 昭和62年度静岡県栽培漁業センター事業報告, 67~70.
 - 10) 高橋正征(2006): 海洋深層水利用学—基礎から応用・実践まで—(藤田大介・高橋正征編著), 成山堂書店, 東京, 209pp.
 - 11) 野田浩之・岡本一利・岡田裕史・高木毅(2010): 海洋深層水と表層海水で飼育されたニジマス *Oncorhynchus mykiss* の生残と成長および成熟. 海洋深層水研究, 11, 1~11.
 - 12) 岡本一利・高瀬進(2006): 海洋深層水で飼育されたニジマス *Oncorhynchus mykiss* の生残および成長. 海洋深層水研究, 7, 1~6.
 - 13) Katase S. A., Fast A. W., Barclay D. K. (1998): Induced maturation, ovulation, and spawning of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, in an OTEC seawater system. *OTEC Aquaculture in Hawaii*, 132~142.
 - 14) 後藤功一(1995): アマゴの育種に関する研究—II 河川残留型及び降海型アマゴの相分化における系統特性について—2. 岐阜県水産試験場研究報告, 40, 11~18.
 - 15) 藤岡康弘(1987): ビワマスのパー・スマルト変態. 日本水産学会誌, 53, 253~260.
 - 16) Leitritz E. (1959): Trout and Salmon Culture. *Fish Bulletin*, 107, 1~169.
 - 17) 丹下勝義(1973): アマゴの海水養殖に関する研究—I 海水馴致について. 兵庫県水産試験場試験報告, 13, 39~44.
 - 18) 山本喜一郎・太田勲・高野和則・石川徹二(1965): ニジマスの成熟に関する研究—I 1年魚の卵巣の発達について. 日本水産学会誌, 31, 123~132.
 - 19) 加藤禎一(1975): ニジマスの成長と再生産諸形質の関係. 淡水区水産研究所研究報告, 25, 83~115.
 - 20) 立川互・熊崎隆夫(1975): アマゴの増殖に関する研究—XX アマゴ0年魚の体重組成にみられる成熟雄魚の特異な成長. 岐阜県水産試験場研究報告, 21, 41~49.
 - 21) 畑井喜司雄(2006): 新魚病図鑑(小川和夫・畑井喜司雄編), 緑書房, 東京, 32.
 - 22) 栗倉輝彦・木村喬久(1972): 池中養殖ヤマベに発生した胃拡張症について. 魚病研究, 6(2), 121~124.
 - 23) 畑井喜司雄・中島健次・西出一彦・鎌田淡紅朗・江草周三(1974): 養殖マス類の鼓張症に対する有効薬物の予検討. 魚病研究, 8, 171~174.
 - 24) Hatai K., Egusa S. (1975): Candida sake from Gastro-tympanites of Amago, *Oncorhynchus rhodurus*. *Fish. Sci.*, 41, 993.

The influence the fish seed size on the growth and maturity of Red spotted masu salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* in onshore aquaculture using deep seawater

Hiroyuki Noda, Kazutoshi Okamoto and Hiroshi Okada

Abstract Onshore aquaculture using deep seawater was performed to change the size of the seeds used to produce large red spotted masu salmon (*Oncorhynchus masou ishikawae*). This study used non-smolt fishes at age 0 (mean body weight (BW) = 9 g) and small smolt fishes selected from fish at age 1 (mean BW = 80 g). The non-smolt group (G1) was reared in deep seawater heated to 13°C (13°C DSW). The smolt group was reared in non-thermo controlled conditions (10°C; G2) and 13°C DSW (G3). In G1, the mean BW reached 838 g in October at the age of one year, after which mature fish died. In G2 and G3, the mean BW in October at the age of one year was 284 g and 394 g, respectively. However, the average BW of G2 reached 770 g in April at the age of two years, and G3 reached 1,759 g in August at the age of two years, due to the smaller number of mature fish at the age of one year. It was confirmed that a BW of 9 g non-smolt fishes can be used as seeds for aquaculture in seawater, and that larger-sized red spotted masu salmon can be reared by delaying maturation by controlling seed size.

Key words: Red spotted masu salmon, *Oncorhynchus masou ishikawae*, Deep seawater, Onshore aquaculture, Survival, Growth