

アユ人工種苗生産における経費節減の検討

誌名	事業報告書
ISSN	02862166
著者名	桐生,透
発行元	[山梨県魚苗センター]
巻/号	10号
掲載ページ	p. 15-26
発行年月	1983年3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



アユ人工種苗生産における経費節減の検討*

桐 生 透

1 種苗生産の現状

本県では人工汽水による循環ろ過方式を行っているので、アユ飼育水および餌料培養水をA重油使用のボイラーで加温し、飼育水を15℃、培養水を26℃に保っている。循環は5.5KW 1台(砂による急速ろ過)、0.03KWと0.4KWそれぞれ3台(碎石ろ過)のポンプで行っている。人工汽水是粉碎塩と工業用あるいは食添の硫酸マグネシウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、塩化カリウム、重曹を用いて比重1.003程度に調製している。餌料はシオミズツボワムシ(以下ワムシという)、ブラインシュリンプ、BP(あるいは鶏卵黄)、配合飼料を投与しており、ワムシの培養はイースト+クロレラで行っている。

職員の人件費、施設・設備の維持費等を除くアユ人工種苗生産に要する経費の、昭和50年度から56年度までの構成比を示したのが図1である。これによると燃料費(A重油)の占める割合は年々増加しており、56年度には34.4%にも達している。電気料は逆に減少傾向がみられるが、それでも56年度で28.9%を占めている。燃料費と電気料を合わせたいわゆる光熱水費は、最低の53

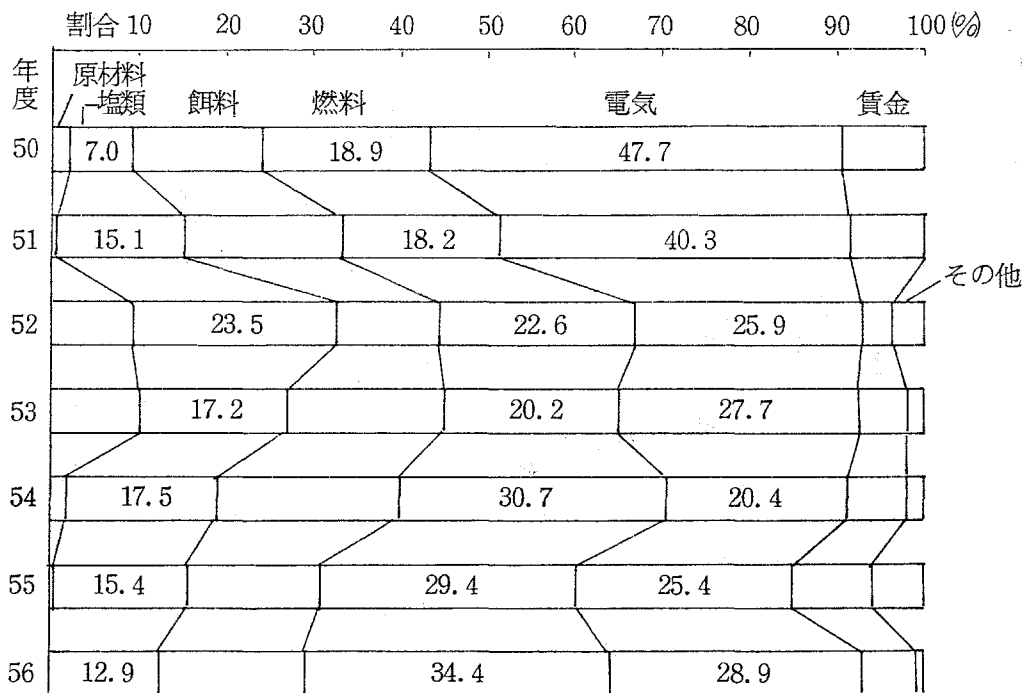


図1 アユ人工種苗生産における経費の構成比の推移

*全国湖沼河川養殖研究会第55回大会, シンポジウム提出資料

年度でも47.9%を占め、56年度は63.3%に達している。したがって経費の節減を図るには、光熱費特に燃料費の節約が主要なものとなる。また、人工汽水に要する塩類の使用量についても、飼育環境の改善により節減の余地がある。しかし、餌料費については初期にワムシを必要とし、生残率や異型魚の出現率が栄養的なものに影響されるといわれている現時点では、餌料費の節約は期待できない。そこで、燃料費・電気料・塩類について経費節減の効果と可能性を検討した結果を以下に述べる。

2 燃料費（A重油）

(1) 現状と問題点

昭和47～56年度のA重油の使用量・単価・金額を図2に示した。47年度を100とすると、56年度の使用量は145.6、単価は599.2、金額は872.9で、燃料費の増加は単価の上昇によるものであることがわかる。単価の大幅な上昇は48年と54年の2回あり、それぞれ前年の3倍と2.2倍であった。また、使用量は52年度の飼育棟増設に伴う増加だけで、ほぼ一定している。このように飼育池等に増減がなければ、A重油の使用量は天候に影響を受けるだけで、今後大幅な増加は考えられない。

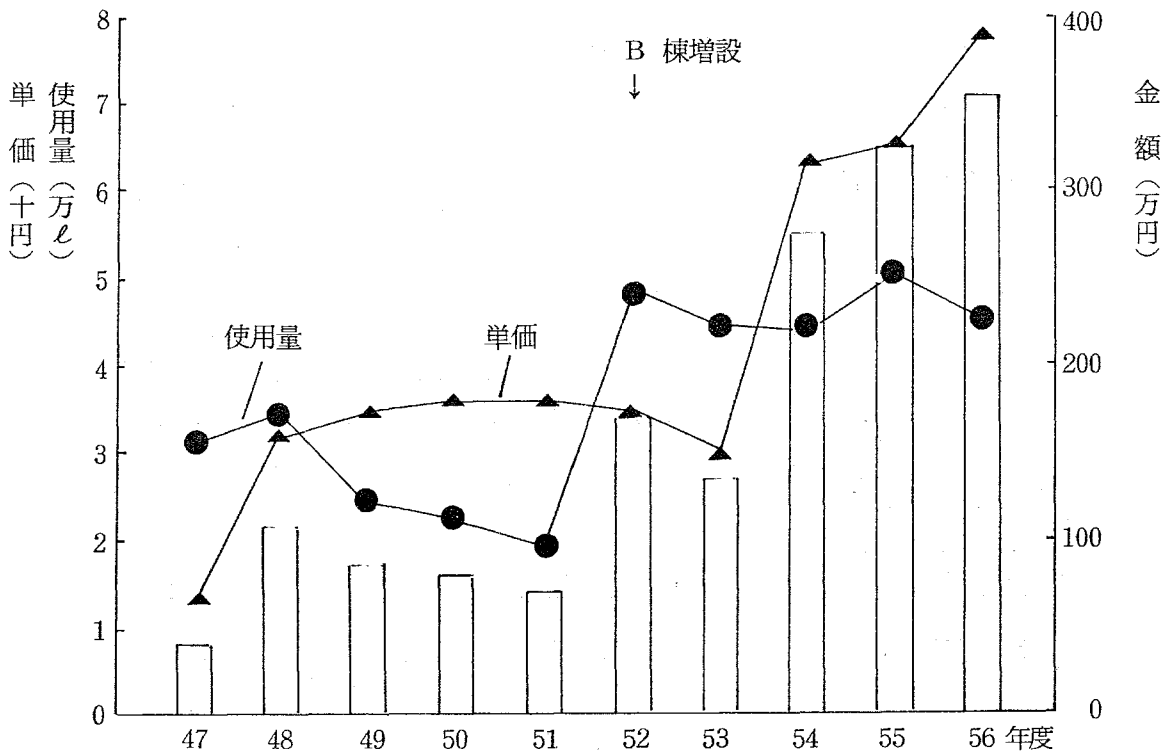


図2 A重油の使用量・単価・金額の推移

(2) 節減の検討

(ア) 代替エネルギー

A重油等石油エネルギーに代わるエネルギー利用の可能性を検討するため、昭和55・56年度に本県が行った「山梨県地域エネルギー開発利用事業化可能性調査」の対象に当所がなり、アユ人工種苗生産における太陽熱利用の検討結果が報告されているので、以下これにもとづいて述べる。

まず、太陽熱の利用形態として4つを想定し、それぞれの太陽熱依存率と石油代替量（A重油換算、ℓ/年）を計算すると表1のようになり、11,160～28,900 ℓ/年のA重油が節約できる。これを56年度の単価で金額に換算すると、869,360～2,251,310円で、56年度燃料費の24.6～63.6%に当る。

表1 太陽熱利用形態別の太陽熱依存率および石油代替量

	利 用 形 態	総エネルギー 需 要 量 ($\times 10^6$ kcal/年)	太 陽 熱 依 存 率 (%)	石油代替量 (A重油換算) (ℓ/年)
a	既設設備での鮎養殖への太陽熱利用	148.0	57.6	14,400
b	既設設備での鮎養殖およびワムシ年間培養への太陽熱利用。	204.9	69.4	24,000
c	新設設備でのワムシ年間培養への太陽熱利用。	131.5	50.3	11,160
d	鮎養殖およびワムシ年間培養への太陽熱利用および地下帯水層蓄熱併用の場合	204.9	83.6	28,900

次に、太陽熱利用設備、断熱・保温設備、地下帯水層蓄熱設備を建設する費用およびそれらの年間経費を考慮して経済性を評価したのが表2である。aの場合は経済性からみて必ずしも十分ではない。bでは夏期の余剰有効集熱の利用法としてワムシの年間培養を行うことにより、aに比較して経済性の向上がみられる。cの場合はエネルギー需要量が大幅に少なくなり、a・bより経済的に有利である。dの場合はエネルギー利用率が向上するので初期投資額回収年数は若干短縮されるが、年間経費および年間経費累計の逆転期は遅れる。したがって、地下帯水層蓄熱が実現可能となったとしても、経済的にはそれ程大きな効果はなく、経済性の向上を図るためには蓄熱のための設備費が大幅に低下される必要があることを示している。

表2 太陽熱利用形態別の経済性評価

エネルギー価格上昇率(%)		0	5	10	15
a	年間経費の逆転期	16年	16年	13.8年	9.4年
	年間経費累計の逆転期	20年以上	20年以上	19.0年	15.1年
	初期投資額回収年数	20年以上	20年以上	17.4年	14.3年
b	年間経費の逆転期	16年	14.3年	6.7年	4.9年
	年間経費累計の逆転期	20年以上	17.8年	11.6年	8.0年
	初期投資額回収年数	20年以上	16.8年	13.2年	11.3年
c	初期投資額回収年数	10.6年	8.8年	7.6年	6.9年
d	年間経費の逆転期	16年	16年	7.6年	5.5年
	年間経費累計の逆転期	20年以上	16.5年	12.7年	8.6年
	初期投資額回収年数	20年以上	18.8年	13.1年	11.2年

以上のように太陽熱利用において最も経済性が高いのは、ワムシ培養池を新設し年間培養を行った場合である。しかし、現時点では夏期にワムシを培養することの有効性は低く、実際にはこの期間の有効利用が問題となる。

(イ) 温度レベルの低下

前項の調査報告書によると、本県のアユ種苗生産におけるエネルギー需要量は 148×10^6 Kcal/年であり、そのうちの65% (95.8×10^6) は温度レベル26℃のワムシ培養で 35% (52.2×10^6) は15℃のアユ飼育である。

○ アユ飼育水温

現在人工汽水の循環ろ過期間中の水温は約15℃であるが、これを10℃に下げた場合はエネルギー需要量は約50%少なくなることが見込まれる。すなわち、 26.1×10^6 Kcal/年、A重油にして4,408ℓ、56年度単価で343,380円(56年度全経費の3.3%)の節約となる。

山口県栽培漁業センター(1973, 74)によると、海水による無加温飼育を行ったところ9月末にふ化した場合は期間中の水温23～7.5℃の範囲で、生残・成長とも加温区と大差なく、ふ化後120日で全長54mmとなった。ふ化が10月末の場合は水温18.8～5.5℃で、生残には差がなかったが成長は悪くふ化後200日でも全長43mmであったという。

また、この報告の図から水温が10℃以下となる時期を読みとると、ふ化が9月末の場合はふ化後65日目であるが10月末の場合はふ化後約40日目と25日程早くなり、その頃から加温区との成長の差が出てくることが伺われる。当所で行った低水温飼育でも、水温が10℃

以下になると摂餌が不活発となった。これらのことから早期に採卵し、飼育水温が10℃であれば成長や生残に影響なく飼育できると思われるので、アユ飼育水温レベルの低下による経費節減の効果は期待できる。

○ ワムシ培養水温

当所のワムシはS型で水温26℃で培養しているが、この温度を下げる事ができればアユ飼育水と同様節減効果があるものと考えられる。たとえばL型ワムシの適温はS型より低く22～23℃といわれており、L型ワムシにすれば節減が期待できる。しかし、S型にくらべて増殖率が低いので、現状ではL型ワムシの低温培養による経費節減よりもワムシの大量確保の方が重要なので具体的な検討は考えていない。

3 電 気 料

(1) 現状と問題点

昭和50～56年度の電力の使用量・単価（10月～3月の平均）・金額を図3に示した。50～54年度には使用量が大きく変化しているが、これは使用水が地下水のポンプアップのためアユの生産状況により、用水の使用量が大きく変わるためである。54年度以降は安定して16～17kWであるが、A重油同様単価の上昇によって金額が増えている。

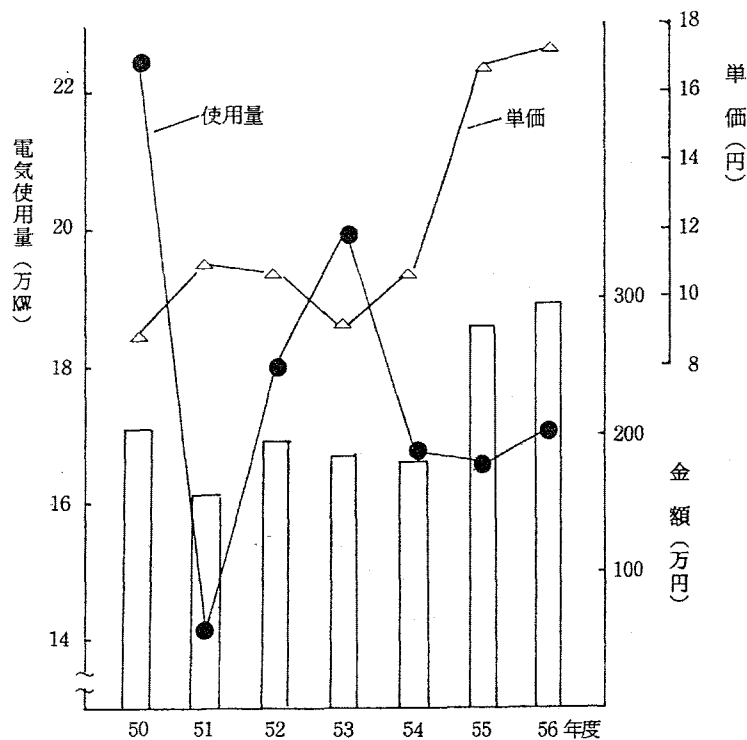


図3 電力の使用量・単価・金額の推移

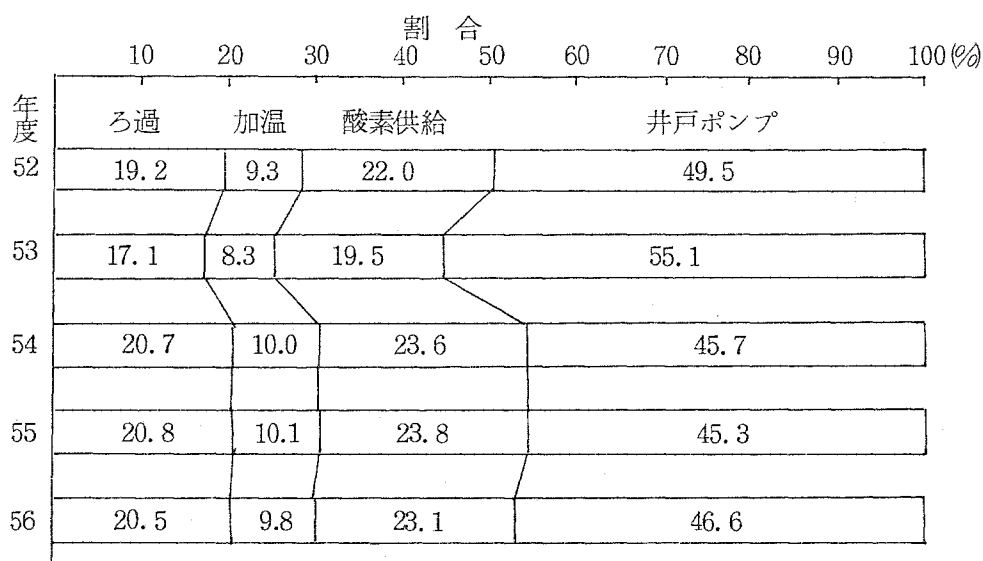


図4 電気料の構成比の推移

アユ種苗生産に要する電気関係設備は、循環ろ過ポンプ、加温装置、酸素供給装置および用水の井戸ポンプで、それらの電気料の占める割合を図4に示した。井戸ポンプが約1/2を占めているが、飼育水・培養水の用水、循環ろ過期間中の換水用水、淡水流水時の用水として使用している現状ではこれの節約は困難である。酸素供給のプロワーも同様にアユ、ワムシ共に不可欠であるので節約はできない。しかし、加温装置と循環ろ過ポンプは飼育方式の変更によって節約の可能性はある。

(2) 節減の検討

(ア) 止水飼育

人工汽水を用いて種苗生産を行っている所では循環ろ過方式をとっている。この方式は砕石や砂などによって窒素を除去するので、ろ過槽やポンプなどの施設・設備が必要である。一方、植物プランクトンの窒素除去能力を利用して水質を安定させる方法があり、施肥によって植物プランクトンの発生をコントロールすることが出来れば、アユの止水飼育も可能である。止水飼育方式ではろ過ポンプが不要なので電気料として34,629 kW, 56年度単価で 600, 810 円 (56年度全経費の 5.8%) の節約ができることになる。

(イ) 無加温飼育

燃料費の節減と関係しているが、無加温あるいは低温度飼育によって加温設備の電気料を節約できる。前述のように早期に採卵することによって全期間無加温にした場合、16,760 kW 56年度単価で 290,780 円であるが、このうちの35%がアユ飼育に使用されているとして、5, 866 kW, 101,775 円 (56年度全経費の 1.0%) が節約できる。また、温度レベルを10℃にした場合、加温設備の使用期間の短縮が可能であるが、この節約量はごく少ない。このよう

に加温設備に関する電気料の節約量は少ないが、燃料費と合わせて考えると無加温あるいは低温度飼育による節減の効果は大きい。

4 塩 類

(1) 現状と問題点

昭和47～56年度の人工汽水1 ton当りの単価および金額を図5に示した。飼育水の比重が年により違うので、54年度以降の比重1.003に換算した1 ton当りの単価で見ると、53年度以降はほぼ一定で207～233円となっている。47～49年度には飼育水の比重を下げて塩類の節約を図ったが、単価の上昇で相殺されあまり効果はなかった。49～51年度には単価は下降しているにもかかわらず金額が伸びているが、これは50、51年度に大量へい死が多く発生し使用量が増加したためである。また、52年度にはB棟を増設したため金額が大きく伸びた。

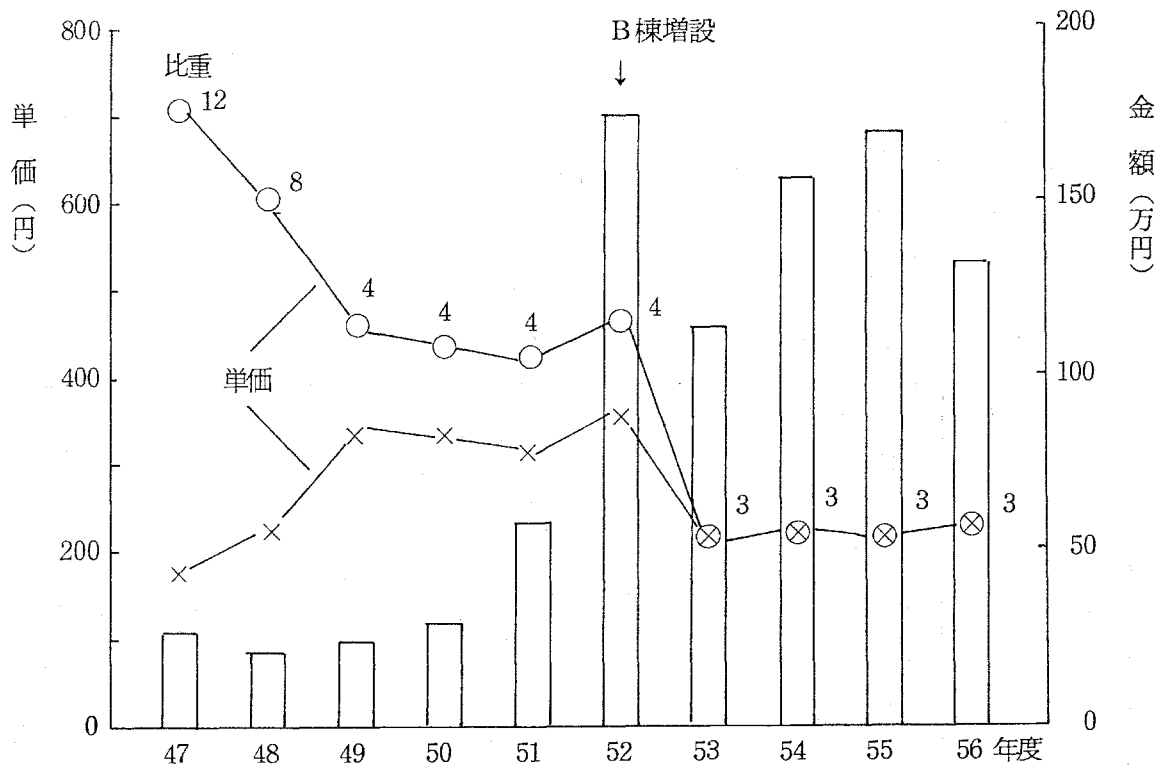


図5 人工汽水用塩類の単価・金額の推移
 -×-は比重を1.003に換算した場合の値。
 図中の数字は比重を示す。

54～56年度のアユ飼育水とワムシ培養水の使用量およびその比率を表3に示したが、ワムシ培養水(0.7～1%NaCl+MgSO₄+MgCl₂)は4.3～5.9%にすぎず、塩類の節約にはアユ飼育水の方がより効果を期待できる。

表3 アユ飼育水とワムシ培養水の使用量

年 度	アユ飼育水		ワムシ培養水		合 計
	ton	%	ton	%	ton
5 4	6,306	94.1	393	5.9	6,699
5 5	7,337	95.7	332	4.3	7,669
5 6	5,222	94.9	278	5.1	5,500

(2) 節減の検討

(ア) 止水飼育

循環ろ過期間中は毎日、飼育水量の約10%の新水を注水しているが、止水飼育によって新水の注水期間の短縮が期待できる。54～56年度における循環ろ過方式と止水方式の人工汽水の実際の使用量を表4に示した。循環ろ過方式では当初飼育池の他にろ過槽等にも汽水が必要で、新水注水量を毎日飼育10%とし、140日間注水すると1,120 tonとなる。一方、止水方式では比重を高くしないと植物プランクトンが発生しないので、当初は循環ろ過方式の2.5倍の塩類が必要である。注水期間は54年度ふ化後49日～146日(97日間)、55年度63日～93日(30日間)、56年度60～95日(35日間)であった。55・56年度の実績でみると、循環ろ過方式に比べ約63%の塩類節約が見込まれ、56年度にあてはめた場合766,600円(全経費の7.4%)の節約になる。

表4 循環ろ過方式と止水方式の塩類経費の比較

飼育方式	循環ろ過方式		止水方式	
	飼育池	80	飼育池	80
	ろ過槽等	40	塩分濃度	× 2.5
	計	120	計	200
水量 (ton)	新 水	80 ton × 0.1 × 140 日	5 4年度	682.7
		1,120	5 5	232.6
			5 6	284.2
	合 計	1,240	5 4年度	882.7
			5 5	432.6
			5 6	484.2
経 費 (円)	5 4年度	281,480	200,370	
	5 5	267,840	93,440	
	5 6	288,920	112,820	
節 約 量	5 4年度	81,110 円	28.8%	
	5 5	174,400	65.1	
	5 6	176,100	61.0	

5 節減の総合的検討

本県におけるアユ人工種苗生産の現有施設で、生残・成長共に低下させることなく経費節減が可能な飼育方式について検討した。

(1) 早期採卵

4月から6月(夏至)までの約60日間、夜間に電照することで約1か月早く採卵が可能になり、その分だけワムシの培養に要する加温期間が短縮されて燃料費が節減できる。例えば、ワムシ培養期間を2か月(12月, 1月)短縮できるとすれば、A重油が7,617ℓ, 56年度単価で593,600円の節約になる。これから電照(400W水銀灯3灯)に要する電気料720kW12,490円を差し引いた581,110円(56年度全経費の5.6%)が実際に節約できる額となる。

(2) 無加温(低温度)飼育

ふ化が早い時期であれば無加温飼育でも生残・成長は加温飼育と大差ないという山口県の例からみて、早期に採卵して無加温飼育をすればアユ飼育に要する重油量8,816ℓ, 56年度単価で686,760円(56年度全経費の6.7%)が、さらに加温設備に要する電気料の35%, 5,866kW101,775円(56年度全経費の1.0%)が節約され、合計788,535円(56年度全経費の7.7%)となる。また、温度レベルを10℃にした場合は重油が4,408ℓ, 343,380円, 電気料が25,440円で合計368,820円(56年度全経費の3.6%)となる。

(3) 止水飼育

ろ過ポンプに要する電気料34,629kW, 600,810円(56年度全経費の5.8%)が、また換水に要する人工汽水用塩類766,600円(56年度全経費の7.4%)が節約でき、合わせて1,367,410円(56年度全経費の13.2%)となる。

以上の3点を組み合わせた飼育方式をとった場合の節約量は表5のようになり、全体として22.4%あるいは26.5%の節約が見込まれる。

表5 節約量の試算(単位:円)

()内数字は56年度全経費に対する割合%

区 分	早期採卵	無加温飼育	止水飼育	合 計
		低温度飼育		
A 重油	593,600	686,760 (6.7)		1,280,360 (12.5)
	(5.8)	343,380 (3.3)		936,980 (9.1)
電 気 料	- 12,490	101,775 (1.0)	600,810	690,095 (6.6)
	(-0.2)	25,440 (0.3)	(5.8)	613,760 (5.9)
塩 類			766,600	766,600
			(7.4)	(7.4)
合 計	581,110	788,535 (7.7)	1,367,410	2,737,055 (26.5)
	(5.6)	368,820 (3.6)	(13.2)	2,317,340 (22.4)

6 止水・低温度の飼育例

昭和54～56年度に止水・低温度飼育を試みた。屋内コンクリート池(80m², 80m³)に化学肥料(クミアイジシアン複合リン加安286)5Kgを投入し、植物プランクトンを発生させた。発生したプランクトンは飼育水が褐色の時は *Cyclotella* sp. で、緑色の時は *Chlorella* sp. であった。ボイラーなどによる加温はせず18℃の井水による間接加温とした。56年度に使用した加温管は径25mmのステンレス製で延長約76mである。飼育結果を図6に示した。

飼育期間中の水温は54年度19.5～9.0℃、55年度19.0～10.0℃、56年度20.8～10.2℃であった。同じ屋内の同型池の自然水温(56年11月26日～57年1月12日測定)が12.2～5.0℃の時、飼育池では13.2～10.2℃であり、その差は1.0～6.2℃、平均で4.4℃であった。したがって18℃の井水による間接加温でも10℃以上に保温できる効果が認められた。

pHは施肥後20～35日目に9以上となったので、リン酸第一カリウムとリン酸第二カリウムの混合液を注水して調整した。飼育水の水色は施肥後9日頃に緑色、15日頃に褐色、pH調整によって白濁あるいは透明になった後、緑色あるいは褐色に変化した。

ふ化後90日目の推定生残率は54年度16.5%、55年度1.0%、56年度23.3%であった。54年度はふ化後90日目頃と130日目頃から、55年度は80日目頃からへい死が見られた。へい死が発生する10～30日程前にNO₂⁻-Nの上昇が見られたことから、へい死の原因は水質の悪化と考えられた。

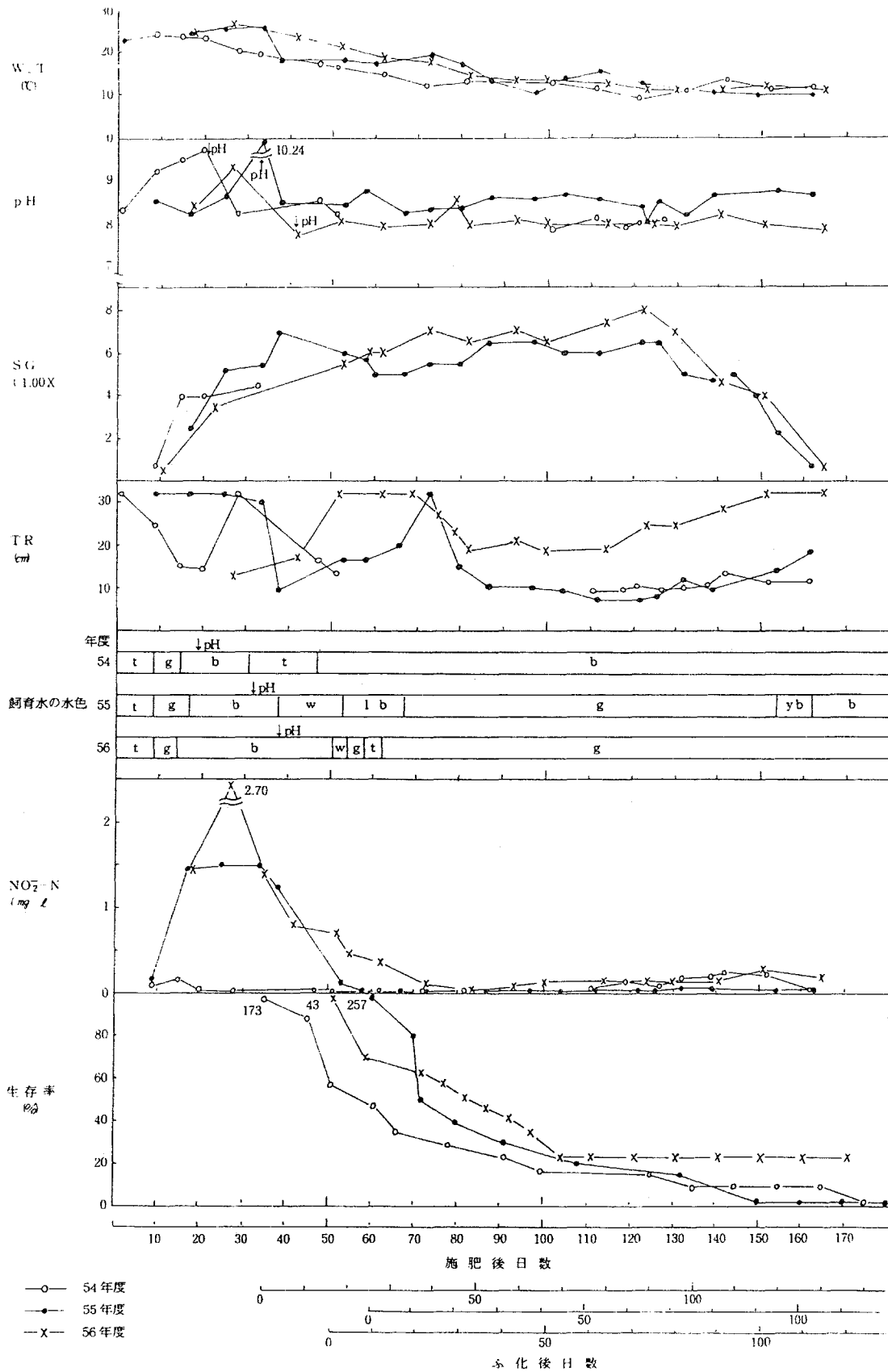


図6 止水・低温度飼育結果

しかし、56年度はふ化後30日目以降に $\text{NO}_2\text{-N}$ の上昇があったにもかかわらず、へい死は発生しなかった(図7)。

成長は循環ろ過方式とくらべて54年度はやゝ劣ったが、55・56年度は大差なかった。

このように止水・低温度飼育は、循環ろ過・加温飼育と比較して少なくともふ化後90日目までは大差ない結果が得られたことから、初期収容密度など今後検討すべき点もあるが、既設設備を使用して経費の節減を図るには有効な一方法と考えられる。