

循環水工程

的關鍵技術



日本高密度水產養殖的淨水處理技術

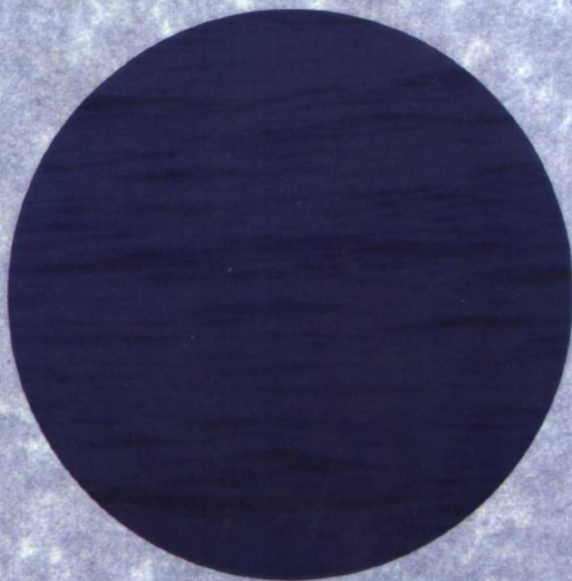
佐野和生／原著 上野洋一郎、秦宗顯／譯

ISBN 957-8596-42-1 NT\$500



9 789578 596429

封面設計：鄭義郎



水產出版社

· 在 · 水 · 與 · 生 · 產 · 間 · 我 · 們 · 思 · 維 ·

循環水工程的關鍵技術

日本高密度水產養殖的淨水處理技術

佐野和生 原著

上野洋一郎・秦宗顯譯



水產出版社

國家圖書館出版品預行編目資料

循環水工程的關鍵技術：日本高密度水產養殖
的淨水處理技術／上野和生原著；上野洋一郎、
秦宗顯譯

——初版 基隆市：水產1997〔民86〕

面； 公分

ISBN 957-8596-42-1(平裝)

1. 水產－養殖－技術 2. 水－淨化－技術
437.866 86010081

版權所有 翻印必究

循環水工程的關鍵技術

日本高密度水產養殖的淨水處理技術

原 著：佐野和生

譯 著：上野洋一郎・秦宗顯

責任編輯：洪聖宗

封面設計：鄭義郎

出版社：水產出版社

社 長：賴春福

發行人：楊益林

登記證：局版臺業字第4877號

地 址：台灣206基隆市七堵區永富路120號

電 話：886-2-4566505

傳 真：886-2-4565815

劃撥帳號：14756022 水產出版社

總經銷：農學有限公司

地 址：台北縣新店市寶橋路235巷6弄6號2樓

印 製：正陽彩色印刷有限公司

I S B N：957-8596-42-1 定價：500元

本書經日本サイエンティスト社授權中文版權

1997年(民國八十六年)9月初版一刷

序 言

目前水產生物的增、養殖漁業，從種苗生產的階段開始以人為管理育成，稱之為栽培漁業。各種水產生物，分為種苗生產，中間培育，養成及飼育階段，並在最適合的條件下進行飼育。

包括餌料在內的環境條件都係利用天然資源來生產，雖與以往的漁業大同小異，但若在單位面積或容量的密度很高的條件下進行飼育，則會發生與天然環境條件下不同的狀況。雖然最好人為地管理控制，但實際上是不簡單的。由管理成本的立場來說，利用自然條件的方法係最合乎經濟效率，但來自陸地的污染及因飼育水產生物的本身污染在環保管理上，其水域愈大，技術上及經濟上的困難度也愈大。今後在生產行為及所得到的經濟利益和維護這些所需經費，都成為重要問題。

現在人為飼育技術的尖端技術在於重覆利用養殖用水，進行環境管理循環飼育技術。重點在如何建立並保持飼育環境條件平衡的技術。當人為地進行水產生物飼育生產的方法和自然水域的漁業生產比較時，對於生產量，在漁業環境管理技術選擇上，前者可選擇的範圍往往比後者大得多。

有些地域，因陸地上社會因子導致的環境污染是免不了的。而這些環保有關的技術及社會問題的知識，從漁業環境的立場來說，沿岸漁業及栽培漁業都是相同的。著者出身水產業，一直參與和人類生活環境有關的公害對策研究，這本書就是根據這些經驗而撰寫的。誠然著者本身瞭解其中仍有許多問題，仍待解決，希望有機會能夠予以指教則幸甚。

目 錄

第一部 循環水處理·····	1
第一章 養魚與水處理·····	1
1. 養魚用水的污染·····	1
2. 污染負荷量的測量法·····	2
2.1 用水量的測定 ·····	2
2.2 水質的測定 ·····	3
2.3 依據魚體的攝餌量，估算污染負荷量 ·····	6
3. 水產用水之基準·····	10
3.1 水產用水之基準與養魚用水 ·····	10
3.2 養殖用水上重要的水質項目 ·····	14
(1)溫度 (2)溶氧量 (3)含氮化合物 (4)鹼度 (5)鹽度	
3.3 養魚上所需的水質管制及對策 ·····	15
(1)湖沼水質保全特別措置法 (2)今後的對策	
4. 廢排水的淨化·····	16
4.1 淨化機制 ·····	17
(1)物理性淨化 (2)生物性淨化 (3)供應氧氣	
4.2 在養殖飼育系統中進行淨化的淨化機制 ·····	17
4.3 飼育系統和淨化系統分開時的淨化機制 ·····	20
4.4 今後的方向 ·····	21
4.5 環境保護 ·····	22
第二章 水處理技術·····	25
1. 含在水中的物質之狀態·····	25
2. 水質的變化·····	26
3. 水處理的技術·····	26
4. 生物處理法之基本事項·····	27
4.1 B O D ·····	27
4.2 氧氣需求的理論值 ·····	29
4.3 細菌的能量代謝 ·····	29
4.4 有機物的分解及細菌體的合成 ·····	30
4.5 氧氣的代謝 ·····	31

2 第一部 循環水處理

第三章 水處理	35
1. 用水之處理	36
1.1 砂之除去	36
1.2 懸浮物質之除去	37
1.3 篩管	39
1.4 過濾設備	41
1.5 海水的過濾	48
(1) 逆向洗淨與泥塊 (2) 逆洗過的廢水之利用 (3) 過濾器的材質	
2. 井水的處理	49
2.1 脫氣	49
2.2 曝氣	49
3. 活魚運輸時的水處理	50
4. 水的循環利用	51
4.1 現有設備之問題	52
(1) 污染負荷量 (2) 微生物 (3) 濾材 (4) 多餘污泥之排除 (5) 問題之整理	
第四章 生物處理裝置	67
1. 有關的基理	67
1.1 淨化生物群的形成	67
1.2 活性污泥的化學組成與自家消化	69
1.3 水質處理的限度	70
1.4 生物膜處理法的種類	78
1.5 接觸過濾方式的試驗結果	79
1.6 以渣石為濾材的散水過濾方式	83
1.7 接觸過濾床之淨化作用的基本原理	86
1.8 淨化用微生物的增殖	92
1.9 氮化合物的動態	94
2. 有關淨化裝置的事項	99
2.1 利用懸浮微生物的淨化裝置	99
第五章 氧氣供應	105
1. 氧氣的分佈不均，水的流動性不良的情形	105
1.1 利用橫軸轉動器（水車型）的方式	105
1.2 使用低速螺旋攪拌器的方式	106
1.3 採用中，高速攪拌器的方式	109
2. 整個水域氧氣不足的情形	110

2.1 散氣曝氣方式	110
2.2 表面曝氣方式	112
(1)橫型通氣設備 (2)豎型通氣設備 (3)微細氣泡產生器	
2.3 選定通氣器時所需的修正	114
2.4 與起流裝置併用的方式	115
3. 水深與氧氣供應的關係	115
4. 氧氣供應上的能量消耗量及成本	116
第六章 過濾床式淨化裝置的設計	118
1. 過濾裝置的設計例	120
1.1 設計項目	120
1.2 處理水質	121
1.3 處理方式	121
1.4 規格的设计	121
(1)原水幫浦及原水抽水幫浦水槽 (2)水槽的有效容量為二分鐘以上	
(3)過濾床方面 (4)中和槽 (5)臭氧殺菌槽 (6)處理水槽	
(7)逆洗淨廢水的貯水槽	
2. 设计的背景	126
2.1 BOD、濾材表面積負荷	126
2.2 濾材表面積的氨態氮負	130
2.3 濾材	130
第七章 循環過濾中的氧氣平衡	131
第八章 剩餘污泥的生物處理	114
第九章 鮭鱒魚孵化槽中的氧氣濃度	140
第十章 水之循環利用及魚病對策	144
1. 使用氯劑的注意事項	144
2. 紫外線殺菌	146
3. 用臭氧的方法	146
第十一章 控溫裝置	149
第十二章 控溫裝置	153
第二部 人類的生活與漁業管理	157
第一章 下水末端處理水	158
1. 處理水中的溶氧量和殘留氯	158
2. 處理水對水產生物所致的影響	159
3. 廢棄物之掩埋處理	162

4 第一部 循環水處理

2. 處理水對水產生物所致的影響	159
3. 廢棄物之掩埋處理	162
4. 溫度與紫菜的食害	165
第二章 因開發而產生的泥土之影響	168
第三章 人類的生活與廢棄物	174
第四章 環境污染負荷源	179
1. 自然負荷	179
2. 人爲的負荷	179
第三部 環境改善	180
第一章 沿岸漁場的環境	180
1. 物理性變化及化學性變化	180
1.1 因開發行爲而造成的砂土流入	180
1.2 填平掩埋	180
1.3 港灣施工	180
1.4 流入河川的水庫及河口堰的設置	180
1.5 都市污水及產業廢水的流入	181
2. 生物學上的變化	181
2.1 水域的漁業利用及污染	181
2.2 堆積有機物質的嗜氧性分解	181
2.3 有機堆積物的厭氧性分解	182
2.4 隨著有機物質分解而產生的化學性環境	182
2.5 赤潮	182
3. 水質因素	183
4. 與底質及水質有關的共通因素	183
5. 水域的環境保護對策	184
第二章 改善環境的基本事項	185
1. 有機物質的氧氣消耗	185
2. 以往的具體對策	185
3. 爲了適用改善對策而實施的調查	186
(1) 氧氣的消耗量 (2) B O D (3) 底質的溶氧量(DO) (4) 底質的柱狀採樣	
(5) 生物調查 (6) 粒度組成 (7) 水塊的分析	
第三章 可預測的環境改善方法	200
1. 有關流動的方法	200

	5. 防止污染的擴散·····	206
第四章	底質改善·····	207
	1. 泥土·····	207
	2. 堆積物中有機物質之垂直分布·····	212
	3. 有機物質的分解·····	215
	4. 底泥的有機物質指標和耗氧物質指標·····	220
	5. 依據泥土的耗氧量測定所做的判斷·····	220
	6. 硫化物與營養鹽類·····	222
	6.1 硫化物 ·····	222
	6.2 營養鹽 ·····	223
	7. 包括水質在內之氮去除·····	226
	8. 底質改善之檢討·····	234
	9. 貝殼（廢棄物）的利用法·····	237
第五章	環境管理型養殖漁業的進展·····	239
	1. 養殖漁業的環境因素·····	239
	1.1 水之流動 ·····	239
	1.1 水質 ·····	239
	(1)地形 (2)氣象 (3)水的流動 (4)水塊	
	1.3 底質 ·····	240
	(1)粒度組成 (2)粒子組成 (3)化學組成	
	2. 以環境保護為前提的養魚法·····	241
	3. 淨化對策·····	241
第六章	有機性沈澱物及堆積物的處理·····	243
	1. 自家污染物質·····	243
	2. 有機物質處理方法的選擇·····	245
	3. 集泥·····	246
	4. 沈砂、過濾（篩選）·····	247
	5. 沈澱設備·····	248
	6. 生物處理·····	249
	7. 選用曝氣處理的通氣器·····	250
第七章	公園等封閉式水域的環境淨化·····	251
	1. 不愉快的實際情況及原因·····	251
	2. 氮及磷的平衡·····	252
	2.1 供應營養鹽者 ·····	252

6 第一部 循環水處理

1. 不愉快的實際情況及原因·····	251
2. 氮及磷的平衡·····	252
2.1 供應營養鹽者 ·····	252
2.2 消耗營養鹽者 ·····	252
2.3 收支狀態 ·····	252
3. 蓄積·····	252
4. 淨化對策·····	253
4.1 表層泥的清除 ·····	253
4.2 利用氮的日周期變化，除去的方法 ·····	254
4.3 總合性處理法 ·····	254
4.4 捕獲魚類 ·····	256
4.5 其他 ·····	256
索引·····	257
資料·····	261
廣告·····	267

第一章

養魚與水處理

養魚上，水的利用形態雖然各式各樣，但實際上可分為下面三種方式：

(1) 流水式，小分割箱網養魚

利用流動狀態的水，單純地讓飼養的魚得到所需要的氧氣，卻不排除養殖魚所產生的排泄物。

(2) 止水式

在水之流動及交換相當不良的水域，進行養魚的同時也對其排泄物做處理。

(3) 循環方式

循環方式介於流水式與止水式之間，即利用流動狀態的水進行養魚，然後將水中的排泄物在專用的淨化設備中加以處理，並用這種處理過的水來養魚。

流水式養魚的養殖密度相當高，其放養極限就視可維持魚類正常生長的溶氧量而定，此時雖談不上水的處理，但當水中供呼吸的氧氣不足時，使用機械設備供應氧氣。

止水式養魚的養殖密度較低，其放養量除了決定於可維持魚類正常生長的溶氧量範圍之外，尚需考慮排泄物引起的水質污染及水的淨化能力。若無法維持所需的溶氧量，則要實施注水或使用機械設備供應溶氧，不過並不特別進行水處理。

循環方式養魚本來就是有意要進行水處理來養魚，例如為了確保用水量而將水循環利用，或為了促進魚的生長而需調控水溫時，以節約能源為目的，將水循環利用等。於是將養魚的部份與水處理的部份分開，以提高水淨化處理的效率，所以目前養魚上的水處理，主要以循環方式為主。

1. 養魚用水的污染

人類日常生活的廢排水及工業廢水等流入乾淨的河川或地下水，甚至流入湖沼及海洋等水域的結果，污染了養魚用水。另外，由家畜排泄物所引起的污染及養殖業本身也同樣會造成養殖用水的污染。流水式的養殖，若在下游水域反覆利用在上游水域養過魚的水，則下游水域飼育池的生產效率就會降低。

魚體經由攝餌而生長，同時也產生排泄物而污染了養殖用水。若是流水式養殖，因水量較豐富，排泄物因此被稀釋，所以不像其他廢排水的污染那麼明顯。

水污染的程度，當然視放養量及養魚用水的多少而不同。此時，水量與餌料量間有直接的關係。養殖方法和污染程度可區分如下：

(1) 蓄養——不給餌料，或即使給予餌料也極少量，以免引起死亡。這種情形的排泄

2 第一部 循環水處理

物很少，污染程度相當低。

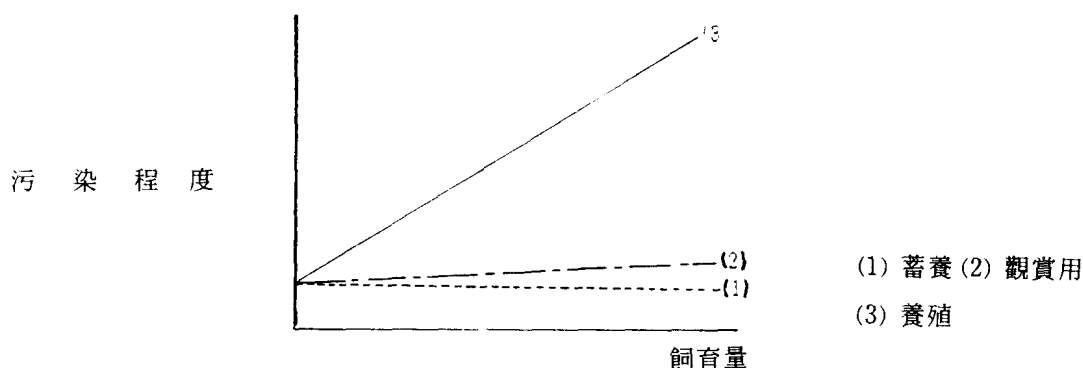
(2) 觀賞用——魚雖會生長，但因其放養密度低，故所給予的餌料也不多，其污染程度也相當低。

(3) 養殖——以魚體增重為目的，需供應足夠量的餌料，而且養殖密度相當高，所以排泄物也隨之增加，其污染度相當嚴重。

關於養殖用水之處理，因飼育目的的不同，在處理技術及裝置的選擇上也有相當大的差異。有關餌料引起的污染，將在後面有詳細說明。

圖 1-1 為水污染之模式圖。

圖 1-1 飼育方法與水污染程度



存魚類養殖期間中，隨著魚體生長，污染程度也跟著增大，所以其污染負荷量不像水族館中的水處理設備那樣固定，須視養殖場的情況來設置合適的處理設備。

2. 污染負荷量的測量法

當設計養魚廢排水處理設備時，先由水質和水量求出對象污染物質的污染負荷量，再選擇所需要的處理方法及淨化裝置的規模。

2.1 用水量的測定

若在注水用的水路中測定水量，應該設置四角形堰堤或三角形堰堤來測量才是正確的方法。關於利用堰堤測定水量的方法，可參閱本書後面的參考文獻。若由流速和橫切面之面積來計算水量，須考慮流速分佈的深度或位置，否則誤差會相當大；若用幫浦來供水，最好用流量計來測定，但養殖場通常無此設備，可用水桶等已知容量的容器來測量單位時

間的供水量。魚池的容量則可由面積和水深來計算，但是魚池的面積因水深的變動而變化，則必須實施測量以求得正確的面積。

2.2 水質的測定

先充分檢討後再設定所要測定的項目。爲了瞭解養殖用水之水質條件，通常要測定的項目是如下，不過，有些項目會隨著季節變化而改變，可視其必要性再進行測定。

1. 溫度 2. pH 值 3. 比重 4. 水色 5. SS (懸浮物質) 6. Na 7. Ca
8. Mg 9. Cl 10. SO_4 11. 蒸發殘留物 12. 鹼度 13. COD 14. BOD
15. DO 16. $\text{NH}_4\text{-N}$ 17. $\text{NO}_2\text{-N}$ 18. $\text{NO}_3\text{-N}$

若必要，再測定 n-Hex、抽取物、硫化物、ABS、磷及 Fe 等項目。

若是以污染物質爲測定主體，要測定上述項目中的溫度、pH 值、SS，COD、BOD、DO、總氮(T-N)、總磷(T-P)等。在此將以香魚爲例，說明 BOD 做爲污染指標的情形。關於其他魚種，測定過 BOD 的例子是三重縣水試所¹⁾所研究的鰻魚池的例子。另外，青甘鯨的養殖上，測定 COD 及有機氮(ON)而做爲污染指標。

表 1-1 中列出測定香魚養殖池排水水質的結果。此例中測定養殖用水和排水的目的是探討養殖池中兩者間之差異。

受測的香魚池，每天在早上、中午及傍晚給餌供三次，所以從分析標本所得到的資料，並不一定代表香魚排泄物污染的實際狀態。

爲了正確地掌握水質，定時採水後直接加以分析，或將不同時間採水後混合，當做代表標本。待分析的標本，必須保存在低溫下，否則水質發生變化，BOD 值等會下降，關於這點需要留意。表 1-2 爲香魚的循環飼育水的水質分析例子。

淨化處理用的過濾槽是生物處理設備，當魚攝食餌料而消化吸收時，經呼吸作用消耗氧氣，同樣的，細菌所進行淨化作用也將水中的排泄物由來的有機物質同化，同時將之分解而產生能源時，會消耗氧氣，所以測定流進過濾槽的水和由過濾槽流出去的水之間的 DO 差值，就可以推測細菌行淨化作用的狀態。表 1-2 中顯示循環過濾槽的 DO 變化情形。

如果污染物質是易分解性有機物質，就可由循環過濾槽的 DO 變化推算出污染負荷量，故相當方便。

表 1-1 水質分析結果

分析項目	採水名	採水日時	水 温		pH	R-pH	DO (mg/ℓ)	電 気 伝導度 (μS/cm)	ORP (mV)	COD (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Ca硬度 全硬度					酸 度					Fe (mg/ℓ)	遊離炭酸 (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	PO ₄ -P (mg/ℓ)	NH ₄ -N (mg/ℓ)	O ₂ -N (mg/ℓ)						
			CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)									CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)							CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)	CaO ₃ (mg/ℓ)			
A	井 水	7月7日	14.5	7.24	7.30	6.8	46	+160	0.7	0.4	3	40	8.9	15.2	10.2	13.0	13.0	13.0	13.0	0.007	9.0	0.13	0.08	0.16	0.64									
		10：30	17.5	7.02	7.15	8.4	52	+140	1.3	0.3	12	63	11.0	18.2	7.3	15.8	6.4	0.14	0.03	0.22	0.78													
	井 水	7月29日	18.8	6.81	7.05	8.2	62	+140	2.9	1.5	14	63	8.1	18.0	11.8	21.5	10.4	0.53	0.34	2.10	0.10													
		10：30	14.2	6.34	6.56	6.6	50	+130	0.1	0.6	ND	63	7.5	17.0	15.9	2.4	0.031	14.0	0.08	0.05	ND	0.80												
B	井 水	7月7日	15.0	7.20	7.04	6.9	46	+110	0.9	0.4	4	50	7.8	10.1	10.2	13.1	0.020	9.0	0.07	0.03	ND	1.60												
		14：00	19.0	6.73	6.64	8.3	55	+160	2.6	0.3	19	67	11.7	14.7	10.8	13.8	0.585	9.5	0.14	0.05	0.12	1.88												
	井 水	7月28日	19.2	6.12	6.92	8.8	54	+210	2.8	0.5	20	70	11.8	13.2	7.5	14.3	0.525	6.6	0.20	0.08	0.25	1.35												
		10：30	13.3	5.80	7.03	7.0	47	+220	0.4	1.0	ND	30	9.2	15.2	27.8	12.8	0.010	24.5	0.09	0.05	ND	0.80												
C	井 水	7月28日	20.7	5.84	6.95	8.2	64	+230	1.1	1.1	5	30	13.6	19.9	24.1	14.8	0.227	21.2	0.13	0.05	ND	0.60												
		10：30	20.9	6.94	7.20	7.3	68	+210	1.8	0.9	5	33	14.5	20.9	28.1	16.0	0.246	24.7	0.14	0.11	0.26	0.54												
	井 水	7月8日	14.0	6.74	6.96	9.4	50	+180	0.9	0.1	2	50	9.9	13.0	11.7	14.1	0.015	10.3	0.10	0.05	0.26	0.54												
		10：30	18.1	6.73	6.90	9.8	54	+170	2.2	0.5	21	53	10.7	10.7	10.0	14.3	0.585	8.8	0.20	0.09	0.32	1.48												
D	井 水	7月28日	16.2	6.91	7.02	8.95	54	+180	1.6	0.8	7	43	9.9	14.0	26.6	14.1	0.160	23.4	0.24	0.16	0.78	0.62												
		14：30	13.6	6.65	6.85	9.0	50	+220	0.2	0.7	ND	47	9.5	17.8	27.3	12.7	0.050	24.0	0.08	0.02	ND	0.60												
	井 水	7月31日	20.8	6.76	7.00	7.6	71	+190	1.6	1.4	6	120	14.0	20.8	30.8	15.9	0.230	27.1	0.27	0.16	0.37	1.03												
		9：00	18.1	6.84	7.08	5.7	72	+240	1.4	1.2	1	43	12.1	18.4	25.8	20.5	0.035	22.7	0.57	0.38	0.93	1.47												
E	井 水	7月8日	14.0	6.62	6.73	9.8	50	+230	0.3	0.4	1	40	9.9	16.4	10.3	13.3	0.038	9.1	0.11	0.01	1.90	1.47												
		14：00	21.2	6.63	6.85	7.8	75	+210	4.1	1.8	16	67	13.3	31.6	16.6	18.4	0.435	14.6	0.48	0.29	2.20	0.40												
	井 水	7月31日	18.2	6.83	7.12	7.4	78	+160	3.6	1.1	7	47	12.1	19.8	13.8	24.0	0.033	12.1	0.64	0.64	3.50	0.50												
		9：00	13.7	6.40	6.73	9.4	52	+220	0.3	0.8	ND	47	10.4	17.9	21.4	12.8	0.016	18.8	0.07	0.02	ND	ND												
F	井 水	7月31日	20.0	6.45	6.97	6.0	83	+170	3.3	2.5	22	67	16.8	24.5	28.1	20.6	0.406	24.7	0.45	0.25	0.70	0.50												
		9：00	15.5	6.61	6.89	6.0	67	+230	3.5	2.3	2	73	12.9	20.6	29.7	20.3	0.028	26.1	0.71	0.55	0.87	1.13												
	井 水	7月6日	15.2	6.44	7.30	7.8	60	+220	0.1	0.2	3	60	12.2	21.0	10.6	19.3	0.025	9.3	0.28	0.03	ND	1.20												
		14：00	18.1	6.50	7.20	6.4	64	+190	1.1	0.7	3	63	12.9	21.3	13.3	17.8	0.063	11.7	0.28	0.17	1.00	1.00												
F	井 水	7月27日	14.5	6.09	6.26	7.8	64	+240	0.4	0.3	ND	53	12.1	20.4	28.3	18.0	0.032	24.9	0.07	0.01	ND	1.00												
		16：00	18.2	6.33	6.44	8.2	74	+200	0.8	0.3	7	90	17.0	24.0	35.9	15.2	0.190	31.6	0.11	0.03	ND	0.60												
	井 水	7月9日	16.1	6.30	6.42	7.3	68	+240	1.0	1.2	ND	43	13.3	21.9	31.1	19.6	0.030	27.4	0.26	0.14	0.34	0.46												
		10：30	13.2	7.20	7.30	9.4	46	+200	0.5	0.4	3	7	8.1	16.0	8.8	13.7	0.035	7.7	0.10	0.07	ND	1.20												
F	井 水	7月9日	17.1	6.70	6.81	6.8	69	+180	3.3	1.9	8	47	13.4	29.9	17.4	15.1	0.155	15.3	0.39	0.26	0.03	1.97												
		10：30	16.5	6.61	6.80	6.0	72	+180	3.8	1.3	11	47	11.3	29.2	15.6	22.7	0.051	13.7	0.35	0.23	14.0	1.20												
	井 水	7月30日	12.5	7.00	7.01	8.9	46	+200	0.3	0.6	ND	53	7.9	17.1	41.6	13.5	0.039	36.6	0.09	0.03	ND	ND												
		10：00	17.7	6.20	6.76	6.2	75	+200	1.5	1.3	2	97	16.7	24.7	20.2	22.9	0.116	17.8	0.31	0.20	0.50	0.40												
井 水	7月30日	17.5	6.00	6.12	4.9	82	+220	1.7	1.3	ND	57	15.9	25.9	49.8	24.3	0.042	43.8	0.30	0.18	0.81	0.79													

表 1-2 香魚養殖之循環過濾槽水質分析的結果

。測定時間 1981 年 7 月 9 日 (11 時 20 分，給餌後 3 小時)

。測定場所 養魚 No.7 循環過濾池

分析項目	對象水	注 水	過 濾 槽 流 入 水	過 濾 槽 流 出 水
		(井 水)	(養 魚 池 排 水)	(過 濾 槽 處 理 水)
水溫	(°C)	14.5	17.0	17.0
pH		6.73	7.00	7.03
R-pH		6.90	7.32	7.36
ORP	(mV)	+120	+160	+140
導電度	(us/cm)	55	110	110
DO	(mg / ℓ)	9.6	6.7	6.3
COD	(mg / ℓ)	0.5	9.7	9.1
BOD	(mg / ℓ)	1.1	4.3	3.0
SS	(mg / ℓ)	7	10	17
全蒸發物	(mg / ℓ)	53	70	60
鹼度	(mg / ℓ)	14.7	42.3	42.2
酸度	(mg / ℓ)	13.9	15.8	14.9
Ca 硬度	(mg / ℓ)	11.8	20.7	20.9
Mg 硬度	(mg / ℓ)	8.5	9.4	9.7
全硬度	(mg / ℓ)	20.3	30.1	30.6
鐵	(mg / ℓ)	0.028	0.042	0.038
游離碳酸	(mg / ℓ)	13.9	15.8	14.9
PO ₄ -P	(mg / ℓ)	0.03	0.87	0.86
T-P	(mg / ℓ)	0.07	1.24	0.88
NH ₄ -N	(mg / ℓ)	ND	6.0	5.8
Org.-N	(mg / ℓ)	1.60	1.2	1.4
硫化物	(mg / ℓ)	ND	ND	ND
水量	(m ₃ /小時)	6.2	58.8	52.6

2.3 依據魚體的攝餌量，估算污染負荷量

從物質平衡的觀點來看，排泄物必須根據餌料及魚類對餌料的利用效率而求出。這方面的報告已相當多，本文即根據這些文獻加以檢討。

如果餌料完全被魚體攝取，經由消化被吸收到魚體內，沒有被吸收的部份就排泄為糞便。被吸收的餌料，一部份被同化而蓄積於魚體內，一部分則用於能量代謝上。如果不給予餌料或投餌不足，先前同化為魚體成分的部分，就被用在能量的代謝上。

餌料中被同化後使魚體生長的部分可表示為餌料效率，其餘未被同化的部分就被排泄出體外，或經由呼吸氧氣的作用轉換成運動及維持生命所需要的能量。

依據 Brett²⁾ 等的研究指出，對肉食性魚類給與足夠的餌料時，所攝食的總能量中，被消化吸收的可消化的能量佔 80 %，未利用狀態的能量佔 20 %，以糞便的形式排泄於體外。在被消化吸收的能量中，有 7% 的能量用於代謝而產生尿，並排出體外。由能量代謝的立場來說，這些會造成水污染。

所吸收的能量中，有 14% 用於消化吸收上，所以魚在攝餌後，呼吸的耗氧量會迅速增大，剩下的能量則用於生命維持、運動及生長上。魚體生長所消耗的能量佔 45 %，但是能量的攝取不足時，視不足的程度，可供生長的能量可能降至 0%。圖 1-2 中顯示魚類之能量分配情形。

