

水産水底質環境に関する研究 — II

円型池の水理について

箕田冠一・村長義雄・吉原利雄

I 緒 言

円型池は、流水式養魚池の一種で、その水理構造の特徴から、管理のし易さ、高生産性などの利点が注目されるに到り本県養魚界にも多くとり入れられる様になった。しかし乍ら、現段階ではこれらの利点、長所は、主に養魚家の経験的判断に基いており、その主な原因と見られる円型池の水理構造自体については、最も基本的な点さえ充分把握理解されているとはいい難い。従って現状では、円型池の評価については多くの混乱が見られ、又、既存の円型池の中にはその機能を充分発揮し得ないで不成績に終わっているものも見受けられる。

これらの点を考慮すると、今後効率的な養魚経営に円型池の優れた機能を生かして行く上で、その水理構造の特質を理解し応用して行くことが必要であると考えられる。本報では、この様な観点から、この問題に関連したいくつかの調査実験結果を一括して述べ参考に供することとしたい。なおこれらの結果は、昭和41年度徳島県で開催された第39回全国湖沼河川養殖研究会で一部口頭発表し、討議の資としたことを附記する。

II 円型池と方型池の水理模型実験結果

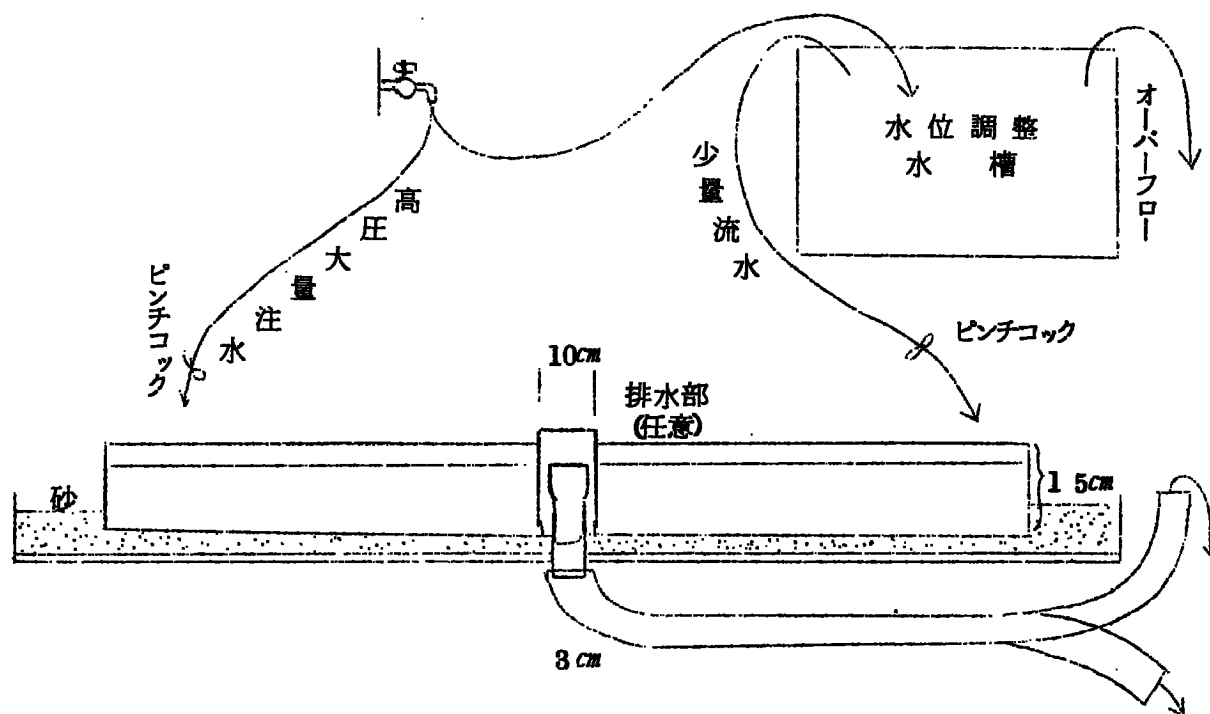
養殖池の水理を調べるのに、実物では、各種の不便があって、調査観察が行きとどきがたいうらみがある。そこで以下の如き模型池を製作して、各種の実験に供することとした。模型は、できるだけ忠実に実物を再現する様に努めたが、材料（亜鉛引鉄板を用いた）などの関係もあり、厳密な意味で完全に実物通りとはいい難い。この点これによる結果をすべて実物にあてはめるとはいい難いが、この程度の模型でも水理の大まかな傾向については実物をかなりよく再現し得る様に思われる。

この種の実験は、各種の条件をできるだけ実物通りにすればそれだけ、結果も実物に近づくと考えられるから、この点に留意すれば流水養魚池の水理という把握難い問題を調べる方法として、非常に有効なものと思われる。

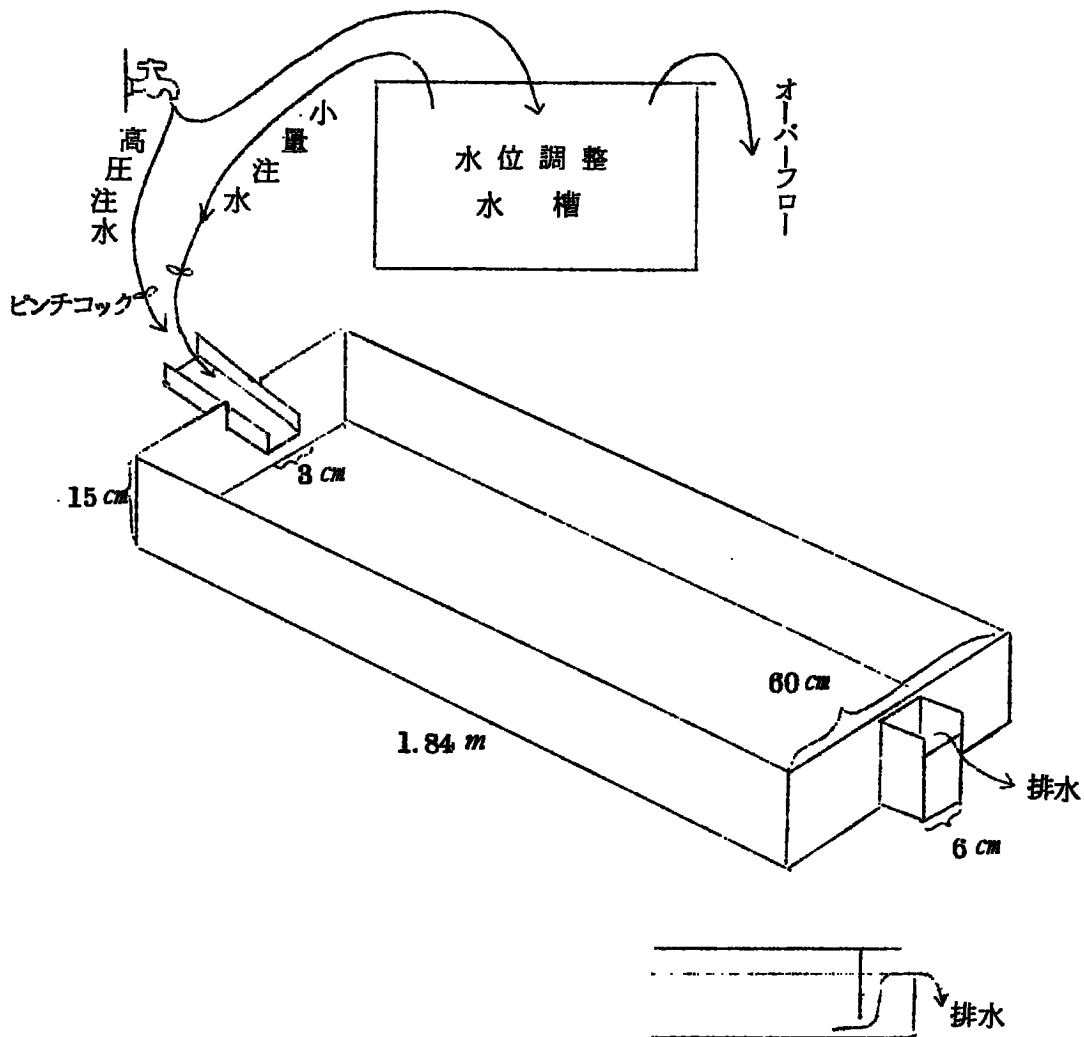
1、材 料 亜鉛引き鉄板

□、模型の規模 長さ $\frac{1}{10}$ 面積 $\frac{1}{100}$ 容積 $\frac{1}{1000}$

項目	池種類	円型模型	円型実物	方型模型	方型実物
直径or大きさ		1.2 m	12 m	1.84×0.6 m	18.4×6 m
面積		1.13 m ²	113.04 m ²	1.10 m ²	110.4 m ²
水深		0.1m ~ 任意	1.0 m	0.1 ~ 任意	1.0 m
容積		0.113 m ³ ~ 任意	113.04 m ³	0.110 m ³ ~ 任意	110.4 m ³
注水部		任意	3~4吋パイプ	樋型~任意	樋型
排水部		任意	円柱状径1m位	底層吸上型	底層吸上型
注水量		任意	種々	任意	種々
勾配		2/60	約2/60	僅	種々



円型模型略図



方型模型池略図

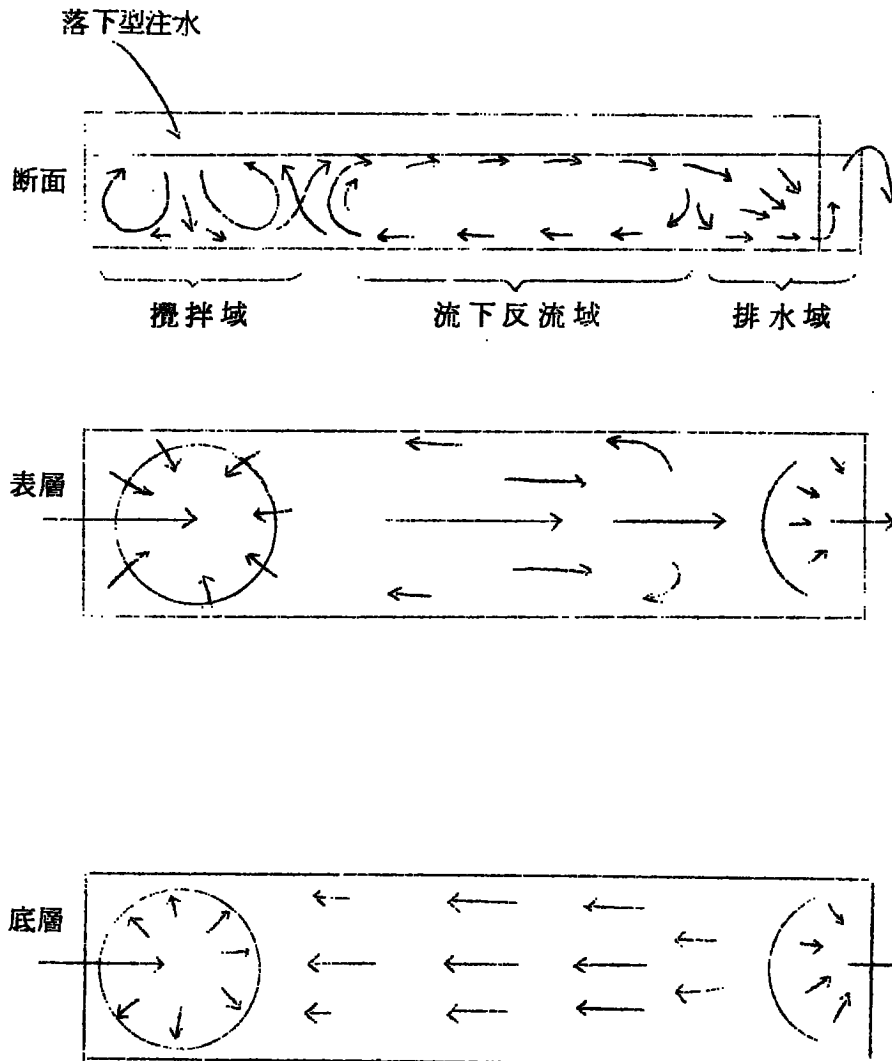
ハ、流れの状態

池水の動きの基本作用

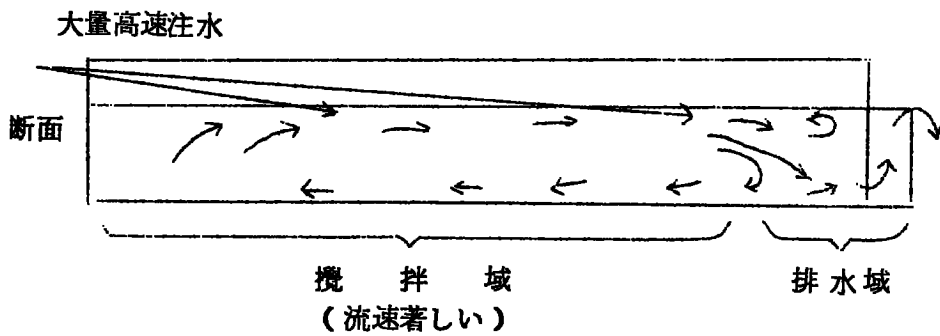
- 攪拌混合 注水のエネルギーの及ぶ範囲に起り、この部分は極めて速やかに攪拌混合（濃度の場合は希釈となる）して水は均一化する。これに係る因子は注水量、速度、方向、落ち口の池の性状などである。
- 流下 注水のエネルギーが及ばない範囲では、池水は自然の水位差によって流下交換される。これに係る因子は池の形、水断面積、流下水量、抵抗等である。
- 反流 自然の流下以外の力で池水が動けば、必ずそれと等しい量の水の反流が生ずる。
- 排水 池は一般に排水部は中央に比して著しく狭く設計されているので、この部分の水の流速は早くなり、排水部に近い或る範囲に定流を形成するのが普通である。

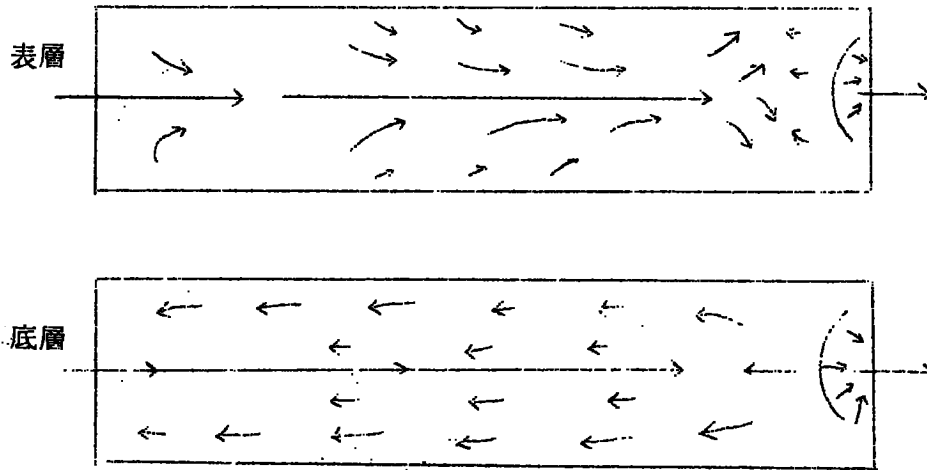
方形池の場合

○ 標準型

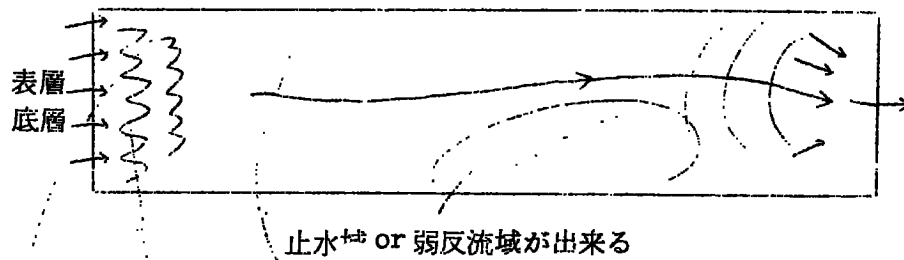
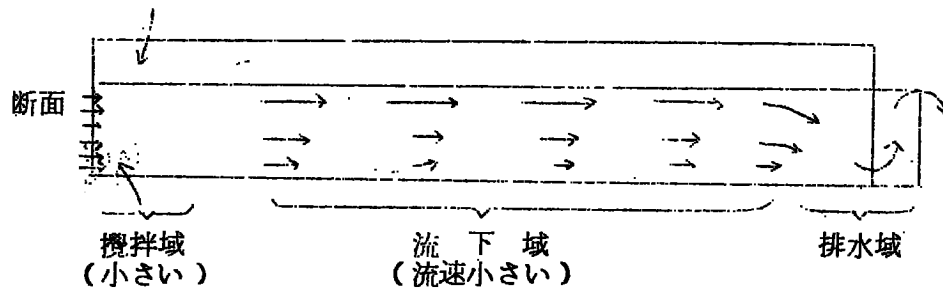


○ 攪拌型



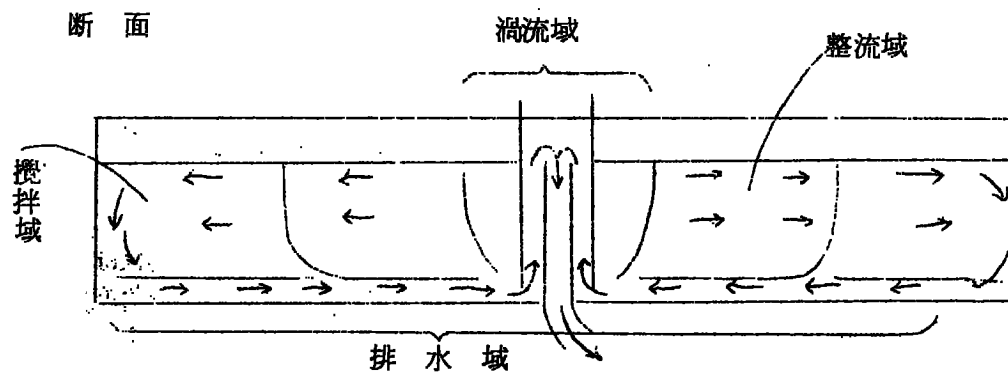


○ 流下換水型

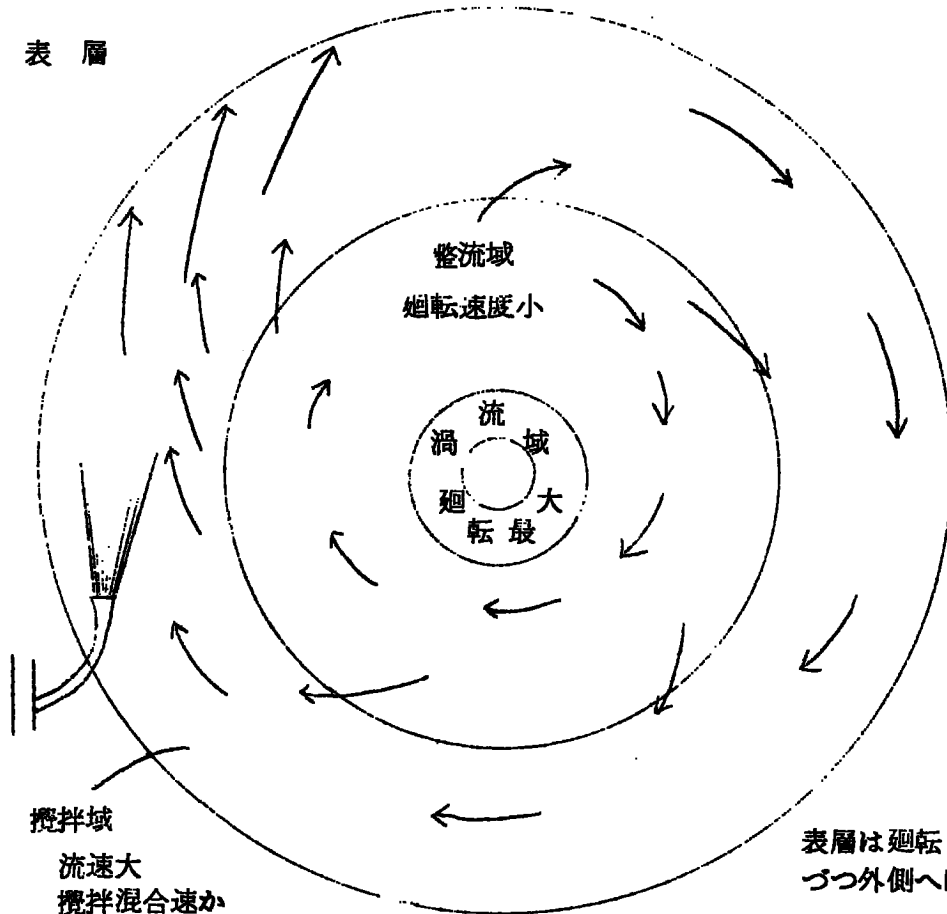


円型池の場合

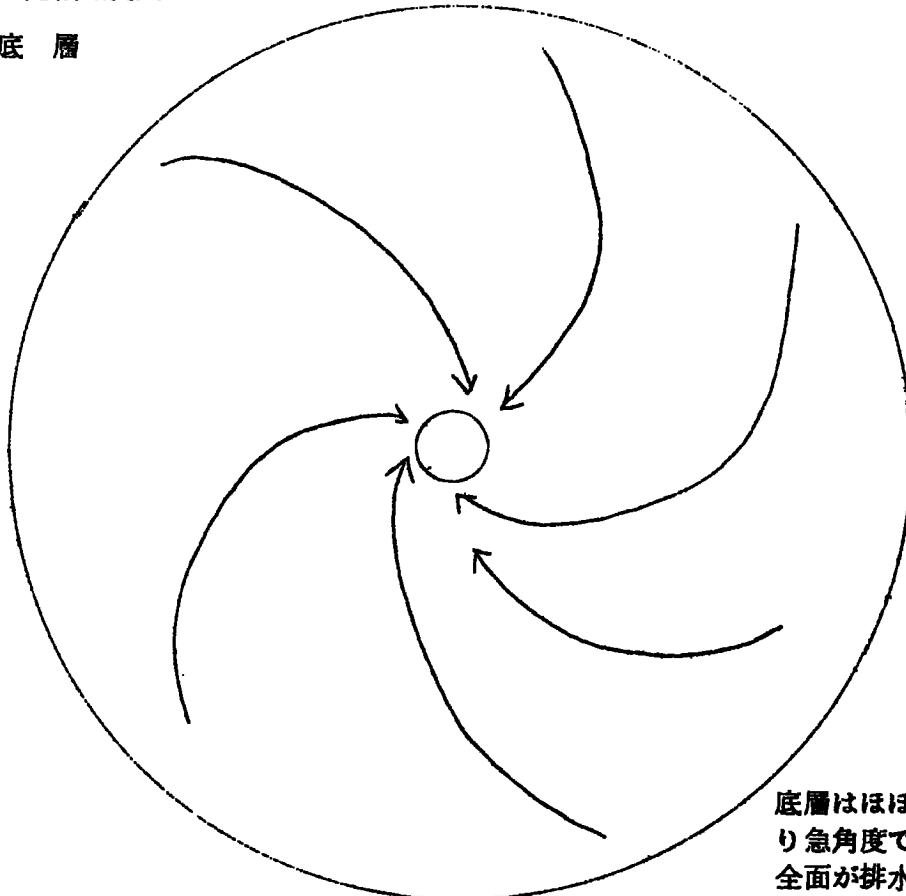
基本的な水理



表層



底層



これらの基本的な傾向は、注水量の増加、方向、速度、排水部の構造などにほとんど関係なく一定している様である。これらの条件を変えると、各域の大きさ、流速、攪拌の速度など部分的な点はかなり違って来る様である。

二、流下速度

或る時、注水された水が、その後、どの様な形で、排水に達するかは、池中の水理を調べるのに、流れの状態と共に重要な手懸りになると思われる。この意味において、模型池により、メチレンブルー溶液を指標として、実験を行った。

方法としては、メチレンブルー（ $10g/2l$ ）50~100 cc を注入水と共に流し、その後連続的に排水部から採水して、その光学的濃度を光電光度計（波長675 $m\mu$ ）で測定し、注入水の指標とした。

重 要 点

- 換水時間 = 池容積 / 注水量

これは注入水量に対する池の大きさを示す指標として重要なものである。注水量を重視すべきだとする観点から、注水量を分母にとっているが、勿論逆の割合としても良いと思う。

- 完全流下型

水路状の様に攪拌混合の少ない場合上記の方法で濃度を調べると、次図の実線の如くなる。

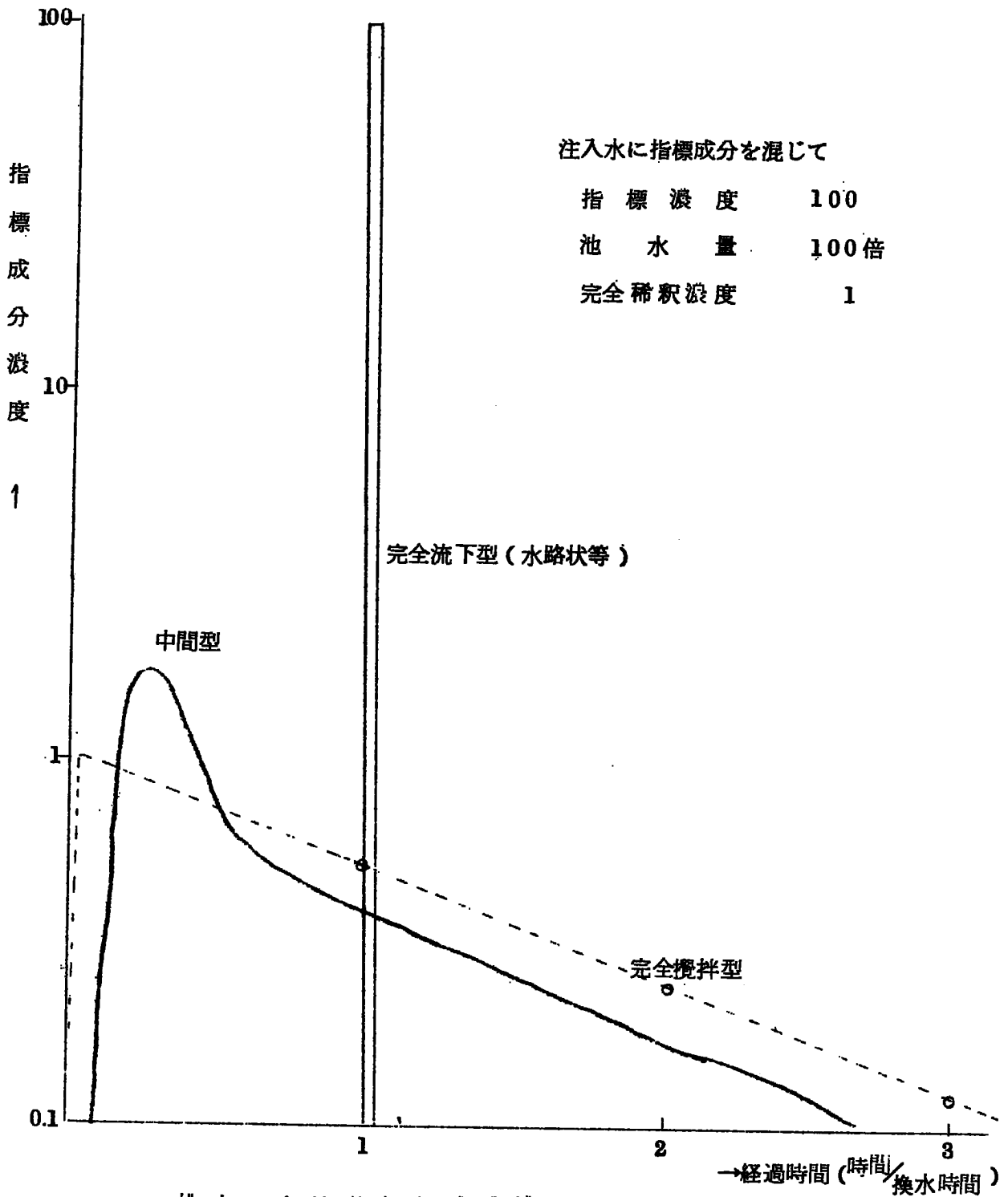
- 完全攪拌型

理論的に完全に攪拌されると、次図破線の如き濃度が表れる。

- 攪拌一流下型

実際の池ではすべて、この状態になっている。

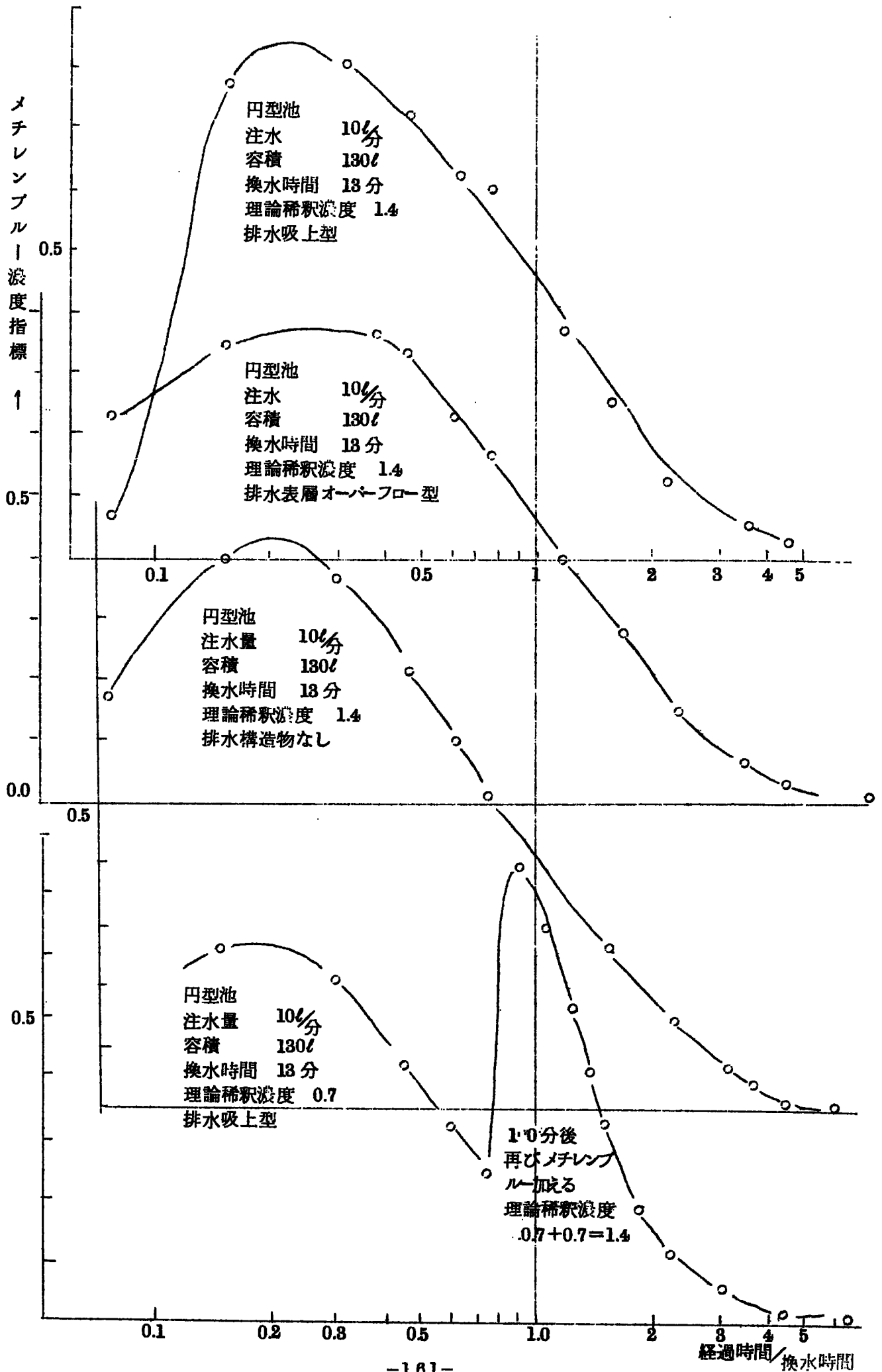
流下排水中の濃度としては、次図流下型と攪拌型の中間型として表われると思われる。（太線）

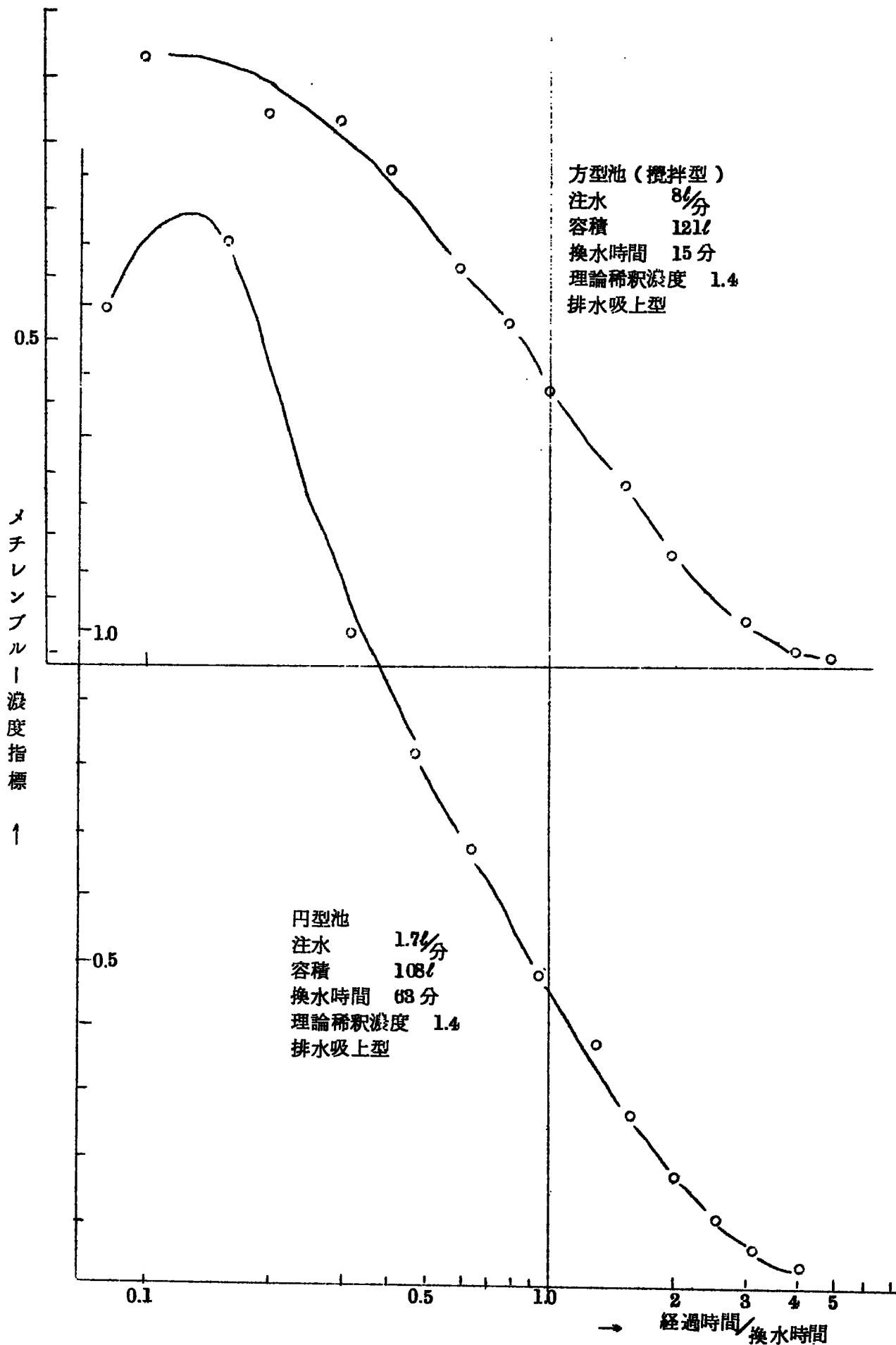


排水における指標成分濃度と時間との関係

この様な点を考え併せながら、模型池での実験結果を検討してみよう。

- 実際の値はすべて、攪拌一流下型をとる。
- その結果、注入された水は、非常な速さで排水部に達し、以後長時間を経て希釈排出される。
- 流下の終末は把え難い。混合希釈されるので極めて長時間かかる。





- 注入水が最も高い割合で排出される時間も、換水時間に比して著しく早い。しかしその時でも排水中の注入水の割合は極く僅である。
- 排水濃度と、注入時濃度との割合は稀釈状態等を知る重要な指標である。

$$\text{即ち} \quad \frac{\text{もとの濃度}}{\text{排水中の濃度}} = \text{稀釈倍率}$$

Ⅲ 既存の数ヶ円型池の実態調査結果

円型養魚池は既に本県下の養魚家の間にもかなり取り入れられて居る。そこでこれらの円型池の実態がどの様なものであるかをいくつかの実例によって見ると次表のとおりである。

名 称	谷口養魚場	水産センター	彦根養魚	井上養魚場	今井養魚場
場 所	滋賀県志賀町	大津市	彦根市	彦根市	近江八幡市
水 源	びわ湖水	瀬田川水 +地下水	地下水	地下水	地下水
池 形 体	純円型	純円型	純円型	八角型	純円型
大 き さ	径12m	10m	11m	10×10m	10.5m
面 積	118m ²	78.5m ²	95m ²	約95m ²	87m ²
水深 ^{3ヶ所} 平均	1.04m	0.76m	1.07m	0.71m	0.77m
池水容量	118m ³	59.5m ³	102m ³	67.5m ³	67m ³
注水量	30ℓ/s	5.5ℓ/s	18.5ℓ/s	5~7ℓ/s	11.8ℓ/s
換水時間	65分	180分	126分	225 ~160分	98.5
流速外側上	0.50m/s	0.42	0.28	0.10	0.47
下	0.49	0.37	0.30	0.08	0.46
中上	0.42	0.13	0.29	0.08	0.23
下	0.43	0.10	0.24	—	0.19
内側上	0.31	0.05	0.25	—	0.10
下	0.38	測定不能	0.22	—	0.08
放養アユ 現存量 Kg	80	200	300	300	200
尾 数	800	8700	8000	8000	3500
(きとり) 収容能力Kg	不明	350~400 算上げ	850 ~1000位	700位 まで	600位

(きとり) 成績	良	悪	良	悪	良
問題点	水温(高低) 総排水パイ プが小さい	水量不足 餌残が 堆積 水質悪化 斃死率高し	なし	バラス底 餌残渣 堆積	不明

流速はブライス伝音式流速計によった。

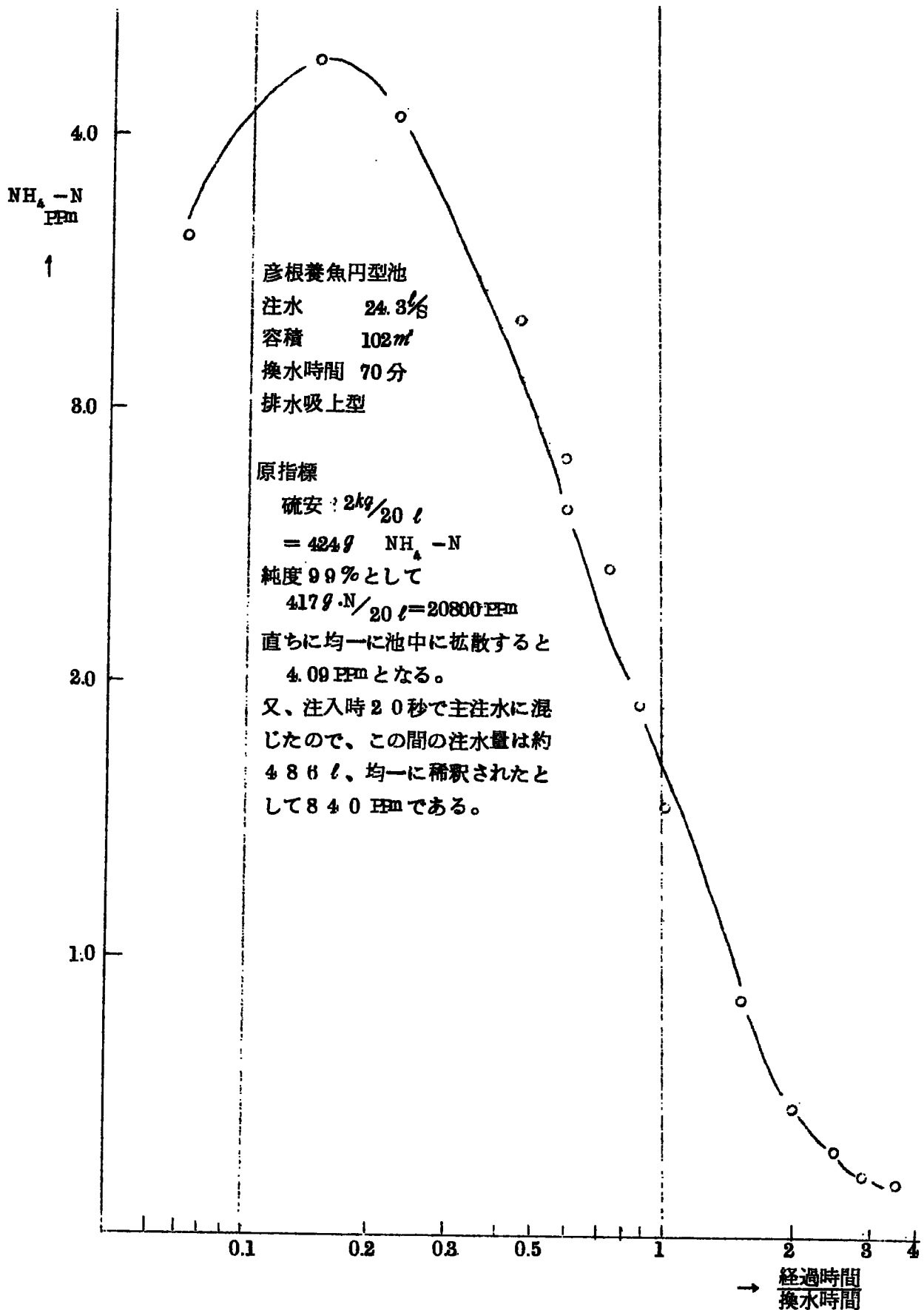
これらの調査結果の中で重要な点を2, 3指摘すると

- (1) 池の大きさ(面積、池水容積)に対する注入水量(換水時間)にかなり差がある。
- (2) 換水時間の大きい池では、池の中心部下層(排水の最重要部)の流速が著しく小さい。
- (3) このためこれらの池では円型池の最も重要な機能である残渣物の排泄作用が発揮されず、池の中心部に残渣物の堆積が起る。
- (4) 流水池の生産量が、主にその注入水量に支配されることは第I報に述べたが、円型池の場合は、更に、その機能を発揮させるためにも或る限度以上の注入水量が必要の様に思われる。

IV 円型池(実物)での注入水排出速度について

模型池で扱えられる水理が実際の池でどの様に表れるか知るため、彦根養魚円型池において注入水の流下速度等を調査した。

方法としては、模型池の場合と同様にしたが下流域への影響、費用、毒性などの点から、農業用の硫酸 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を指標とし、後、ネスラー法で発色させて比色した。



円型池（実物）での流下速度

- (1) この図は、先述の円型模型池の状態と一致して居り、就中、換水時間63分の例と酷似している。
- (2) 注入水の指標とした $\text{NH}_4 - \text{N}$ が、理論的に池水に均一に拡散希釈されれば、濃度は約4.09ppmになる筈である。実際には、換水時間0.15~0.2(約10分~14分)の後、略同様の(幾分高い)濃度が排水部に表れた。この時点で略完全に希釈混合されたものと考えられる。
- (3) それ以後は略規則正しく濃度が薄まって行く。その様相は先述の模型池の場合と異なる点がない。
- (4) これらの点から、実物の円型池における水理構造も、模型池に見出されたそれと、基本的には、同一のものであろうと推察される。
- (5) 円型池の池水は、混合攪拌の作用が強く、短時間で均質化する傾向が強い。

V 残渣物の沈澱堆積と流速の關係

養殖池においては、餌の残渣を始め、糞、死魚その他多くの固型沈澱物が池底に堆積し、甚しい時は、腐敗による水質の悪化等トラブルの原因になることが多い。円型池に於いては、その水理上の特質から、池底全域に排水部に向う水流が生じ、これらの堆積物を自動的に排出し得るのが大きな利点の一つとなっている。しかしながら円型池においても、無条件に堆積物が排出除去されるわけではなく、その機能が充分発揮されるか否かは、その池の池底の水流と堆積物自体の比重、大きさ、形などの因子との關係によって定まるものと思われる。そこで、特に餌残渣の堆積物を大量に生じ勝ちな、鮎養殖における鮮魚餌料を材料に、これらの点を若干検討することとした。

材 料

彦根市内養鮎業者使用のもの分譲をうけて供試

組 成

生アジ(15cm位のもの)	8.0 kg	} チョッパー仕上
日配末	4.8 kg	
仕上ヌカ	2.4 kg	
水	10.0 l	
計	25.2 kg	

分析結果

上記の餌の一定量を水に懸濁させ10cmの水柱を沈降する時間で分別し乾燥秤量した。

水分量 41.57% 乾物量 58.43%

1分以内 10cm 沈降	1~2分	2~4分	4~8分	8~15分	15 ~30分	30~ 60分	60分以上
%	%	%	%	%	%	%	%
25.80	2.32	1.88	0.55	1.98	3.02	0.68	63.77

実 験

上記の餌の残渣の内、4分以内沈降部分を集め、コンクリート水路に堆積させて、ここに水を任意の流速で流し、その流去の状況と流速の関係を見た。

流 速	流 去 状 況
2.5 cm/s	殆んど動かない。
5.5	極一部が流去する。こまかいもの。
9~10	かなり動く。繊維状のもの等かるいもの。
11~13	数10%程度流去する。
14~17	多くの部分が流去する。
18	大部分流去する。動きにくいもの目玉、骨など残る。
25~30	殆んど全部流去する。

- (1) この結果でみると、この種の餌は、水中で分解すると、約25%位は、数分内に池底に沈降する。
- (2) これらのものが、流去されるには、コンクリート池底でも20 cm/s前後以上の流速が必要の様に思われる。
- (3) 礫底などの場合、礫の間などは水流が弱まるので、上記の流速でも堆積物の生ずる可能性がある。
- (4) 一方、実際の池に於ては、大量の養殖魚自体が起す水の攪拌は無視し得ない力を持つ様に思われる。円型池に於ては、水流が若干不足でも、その働きにより沈降物の排出が補助されている様に思われる。

VI 摘 要

これら一連の調査実験結果の要点を略記すると次のとおりである。

- (1) 円型池では、池底全域に、急角度で中心部の排水に向う水流が生ずる。
- (2) 円型池では、池水の混合攪拌作用が著しく、池水は常に極めて短時間内に均質化されている。
- (3) これらのため、円型池では条件さえ整えば、沈降性の廃物はすべて自動的に排出除去され、又、池の各部分が水流、水質等すべて均質な条件となり池全体が同じ様に魚に利用され得る。
- (4) 排水部に向う底流の流速に主に関与するのは、注入水量で、注入水量が少いと沈澱物の自動的排出という円型池の優れた機能が失われる。
- (5) 円型池の実物とその $1/10$ 模型(長さ)で、ほぼ同様の水理状態が観測された。池水水理の詳細な検討に模型実験は極めて有効な手段になり得るものと思われる。
- (6) 堆積物の排出に必要な水流流速について検討した所では、コンクリート池底では、約 20 cm/秒 程度で、鮮魚餌料残渣の大部分が流去することが認められた。
- (7) 実際の養魚池では池底の状態(コンクリート、礫底等)大量の養殖魚自体の起す水流等が沈澱物の排出にかなり関与する様である。
- (8) 一方円型池で注入水量が過多で、水流特に池底部の流速が大きすぎることは、沈澱物の除去には良いが、飼育魚に常時相当の遊泳を強いる結果となる点、留意を要すると思われる。

VII 文 献

- (1) 箕田冠一外：水産水底質環境に関する研究—I 滋賀県水試研報 22. 1969
- (2) 滋賀県水試：円型池の水理と水質について、第89回全国湖沼河川養殖研究会
提出資料 1966