

# 活魚輸送に関する基礎的研究—I

麻酔剤と低温の魚類酸素消費量に及ぼす影響

田村 修・塩崎晴朗・藤原 清・平島 裕

## The Fundamental Experiments on the Transport of Live Fish— I The Effects of the Anesthetics and the Fall of Temperature on the Oxygen Consumption of Fish

Osamu TAMURA, Seiro SHIOZAKI, Kiyoshi FUJIWARA,  
and Hiroshi HIRASHIMA

Tests were performed for the effects of several kinds of anesthetics and the fall of temperature on the oxygen consumption of carp, gold fish and the others.

The duration of the anesthesia of fish by tertiary amyl-alcohol was relatively longer than by the other anesthetic reagents tested. By using diluted solution of anesthetics, the volume of water in the transport of live fish can be reduced remarkably. For the purpose of reducing water in the transport of live fish, MS222, tertiary amyl-alcohol, paraldehyde and quinaldine are remarkably effective, and the last three reagents are recommended from economical standpoint. The oxygen consumption of carp can be reduced to less than 40 percent by the joint use of anesthetics and the fall of temperature by 14°C.

### 緒 言

活魚輸送における収容尾数を増加するかまたは水量を節減するために、その基礎的実験としてまづ淡水魚を長時間各種の麻酔剤の各濃度に浸漬してその生残率を調べ、また温度低下と麻酔剤使用を併用して酸素消費量の低減効果を測定した。

CUERRIER<sup>1)</sup> (1953), WEBB (1958)<sup>2)</sup>, MEEHAN<sup>3)</sup> (1962) 等はウレタン・MS222を利用して水槽輸送や無水輸送—MARTIN<sup>4)</sup>等 (1959)—を試験して効果ありとしているが、ウレタンはがん発生の可能性<sup>1)5)</sup>があり、MS222が専ら使用されており、McFARLAND<sup>5)</sup> (1960) はMS222の他に第三級アミールアルコール・メチルパラフェーニル・抱水クロラールも効果的だとしている。

著者等は使用麻酔剤として尙パラアルデヒド・キナルデインを加え、MS222・第三級アミールアルコール・抱水クロラール・Hexobarbital sodium 等も使用して、主としてこれらの各濃度液中においてコイ・金魚が受ける長時間の影響、低温と麻酔剤の併用が魚の酸素消費量の低減に与える効果等を調べた。

### 実験材料及び方法

供試魚は養魚場より購入し数日循環水槽中に飼育したコイ 20 g~100 g 前後の当才魚、10 g 以下の金魚（和金）及び野母崎沿岸で釣獲した若干の海産魚を材料とした。麻酔剤はパラアルデヒド・キナルディン—10倍容のエチルアルコール又はプロピレングリコールに溶解—第三級アミールアルコール・MS222 (Tricaine methanesulfonate)・Hexobarbital sodium (オルトパンソード)・抱水クロラール・パラアルデヒドを用いた。

酸素消費量の測定は普通丸型水槽（開放型）10 l 容に魚を入れ、採水時は通気を中止して6回づつ採水し、ウィンクラー法で測定後、諸岡式算定法に依り算出した。温度調節は酸素測定時には氷及びヒーターにより、其他の低温作成時にはユニットクーラー・ショーカー等を用いた。7°~5°C 以内の温度差の温度馴化には、少くとも1日、長ければ3日間同一水温に維持した後に試験した。麻酔剤による生存時間測定には、その期間を短縮し比較を迅速にするため、麻酔液を入れたビーカーを粗封又は密封したが、前者はビーカーに円型紙の蓋を落し蓋式に挿入（水面より約1 cm 上位のビーカー内面に）したもので、後者は上記の如く挿入した紙蓋とビーカー内面の境面に流動パラフィンを注入したものである。

### 実験結果

#### I 各種麻酔剤による麻酔所要時間・麻酔中の時間・水中回復時間。

麻酔所要時間とは、魚を麻酔液に入れてから Stage III (McFARLAND<sup>6)</sup> (1960)) に麻酔されるまでの時間—A, 麻酔中の時間とは stage III から空中に放置されて自然に魚体が動き出すまでの時間—B, 水中回復時間とは空中で動き出した魚を通気中の水中に戻して Stage 0 に戻るまでの時間—Cである。

先づ予備実験として各魚種につき若干の麻酔剤の低濃度の影響について検査した。Table 1 中の MS222 の 100~250 ppm, キナルディン<sup>7)</sup> (Q.a., Q.p.) の 40~60 ppm, 第三級アミールアルコール (T.a.) の 3000~8000 ppm では、いずれも平衡損失は数分間以内であって、その回復時間は数分乃至数十分であったが、浸漬時間が20分以内では最も第三級アミールアルコールの回復時間が長かった。また Stage IV の個体も充分回復しうる事が明らかである。

Fig. 1 は MS222 による麻酔の各時間で、A は Stage III に麻酔されるまでの時間、B は Stage III 以後空中放置中に動き出すまでの時間、C は水中に戻し Stage 0—正位—に戻るまでの時間である。即ち麻酔中の時間は、麻酔剤の濃度が大きであってもせいぜい50分以内までである。

Fig. 2 は Hexobarbital sodium による麻酔の各時間で、麻酔中の時間は麻酔剤濃度が大きい時は4時間以上になり、これは長時間魚を平静にさせて手術等をする際には、適当な麻酔剤の一つと思われる。

Fig. 3 はキナルディン1容をエチルアルコール10容に溶かしたものの麻酔の各時間で、麻酔中の時間は前述の Hexobarbital sodium と同様に長時間である。

#### II, 麻酔剤と低温が金魚の酸素消費量におよぼす影響。

金魚50尾380 g を 6 l の水量に入れ、1~2日間無投餌の後温度をゆっくり変化させて

Table 1 Recovery from short-term effects of anesthesia.

Fish	Body-weight (g)	Conc. of reagent (ppm)	Loss of reflex			Exposure time	Recovery		Survival	Water temp. (C)	
			Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ		Stage	Time			
<i>Zacco platypus</i>	11.8	MS	250	0.9'		1.4'	0	1.5	9/9	20~24°	
<i>Pseudorasbora parva</i>	7.4	"	250	0.8'		4.6'	0	1.1	10/10	"	
<i>Plecoglossus altivelis</i>	38.7	"	167	0.5'		1.6'	0	4.3	8/8	"	
<i>Salmo irideus</i>	10.2	"	100	1.5'		2.6'	0	2.2	7/11	"	
<i>Cyprinus carpio</i>	ca.100	"	100	2.5'		12.0'	12.0'	0	4.5	2/2	14.5°
"	"	"	130	1.5'	6.0'		6.0'	0	4.7	2/2	"
"	"	Q.a.	50	1.4'	8.7'	14.0'	14.0'	0	9.8	2/2	"
"	"	Q.p.	40	2.0'		32.0'	32.0'	0	5.5	2/2	"
"	"	"	50	1.7'		16.0'	16.0'	0	13.3	3/3	"
"	"	"	50	1.0'	6.0'		6.0'	0	4.5	2/2	"
"	"	"	60	1.0'		10.5'	10.5'	0	9.5	2/2	14.3°
"	"	Q.a.	40	1.5'		9.5'	9.5'	0	13.0	2/2	14.5°
"	"	"	50	1.0'	6.0'	14.0'	14.0'	0	8.3	4/4	14.4°
"	"	"	60	0.7'		10.5'	10.5'	0	14.0	2/2	14.3°
"	"	T.a.	500~7000		5.0'		5.0'	0	8.7	3/3	14.5°
"	"	"	7000	5.1'		15.8'	15.8'	0	22.8	4/4	"
"	"	"	8000	2.5'		14.0'	14.0'	0	22.0	2/2	"
<i>Microcanthus strigatus</i>	"	"	1500~6500			59.0'	19.0'	0	62.0	1/1	24.8°
<i>Duymeria flagellifera</i>	"	"	3000				7.0'	0	40.0	5/5	"

MS...MS222; Q. a...Mixture of quinaldine and ethyl-alcohol in the ratio of 1 : 10 in volume; Q. p...mixture of quinaldine and propylene glycol in the ratio of 1 : 10 in volume; ppm...shown here as quinaldine; T. a...tertiary amyl-alcohol; '...minute.

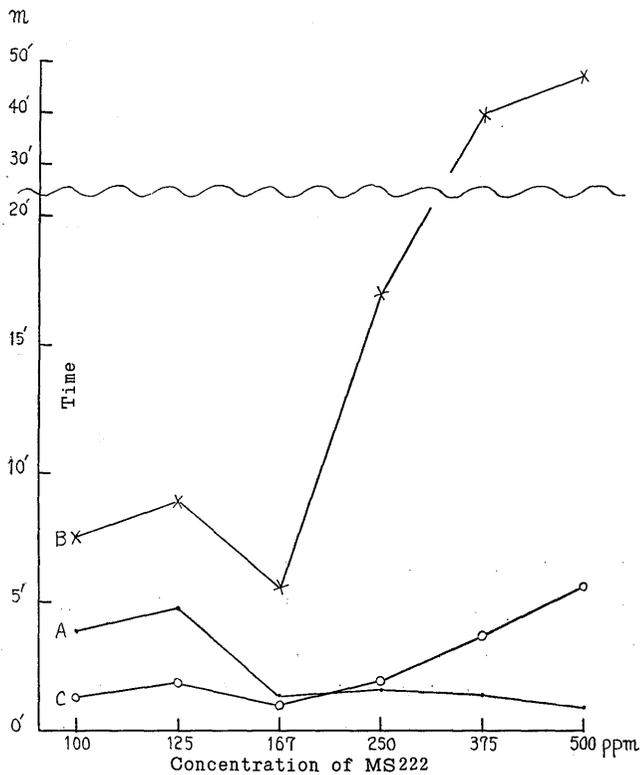


Fig. 1  
Time for anesthetization of carp by MS 222.  
A...Time required to attain anesthetic stage III; B...duration of narcotized stage; C...time required for recovery.

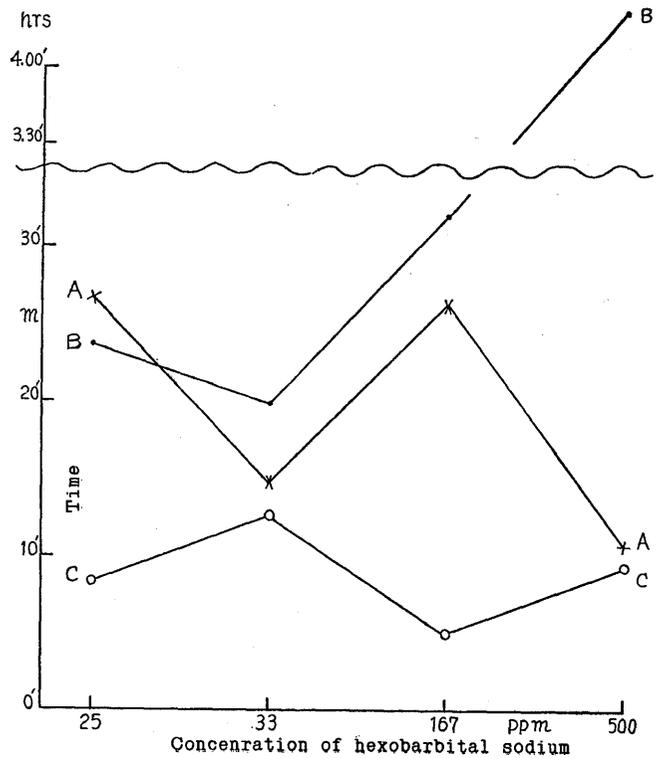


Fig. 2  
Time for anesthetization of carp by hexobarbital sodium. A...Time required to attain anesthetic stage III; B...duration of narcotized stage; C...time required for recovery.

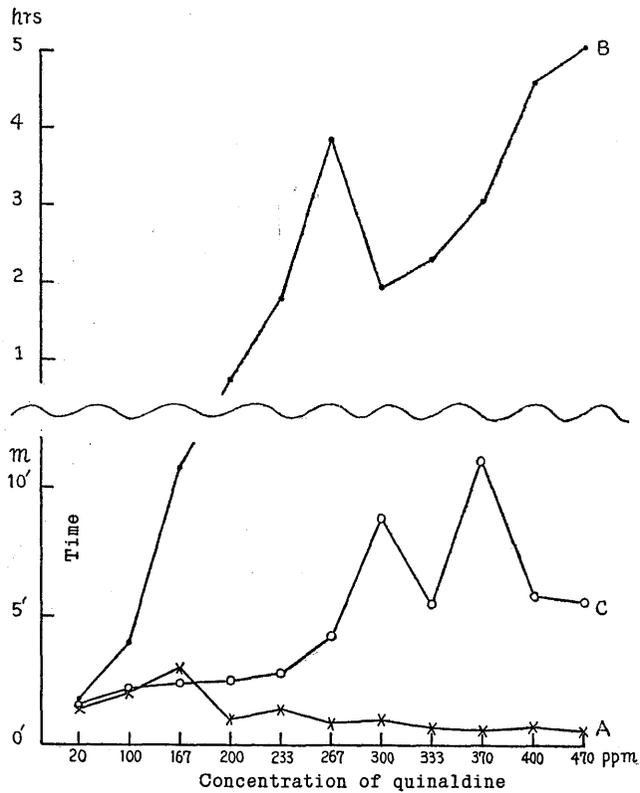


Fig. 3 Time for anesthetization of carp by quinaldine. A...Time required to attain anesthetic stage; B...duration of narcotized stage; C...time required for recovery.

22°, 17°, 12.5°, 8°Cにおいて酸素消費量を測定した。22°から8°への14°の温度降下による金魚の酸素消費量の低下の平均は、37.7%であった。(Fig. 4 参照)

さらにこれら各温度においてMS222の各濃度の液中に金魚を入れると、酸素消費量は22°・50ppmでは45%低下し、8°・50ppmでは48%低下し、これら各温度・50ppmでの酸素消費量の低下の平均は、41.5%であった(Fig. 5 参照)

また各温度におけるキナルデインの各濃度液中に金魚を入れると、酸素消費量は22°・15ppmでは35%低下し、8°・15ppmでは46%低下し、これら各温度・15ppmでの酸素消費量の低下の平均は、40.7%であった。(Fig. 6 参照)

### Ⅲ 低濃度の麻醉液中におけるコイの酸素消費量の低減と生存時間

Fig. 7 に示される様に、麻醉液中の時間と水中恢復時間との関係は、麻醉が低濃度では恢復時間は一般に短くて数分間であるが、同濃度でも浸漬時間が長ければ恢復時間も比較的長くなる。これは McFARLAND<sup>6)</sup>も示している。

Table 2 は低濃度の麻醉液中にコイを長時間浸漬した場合の生存時間を示すもので、2

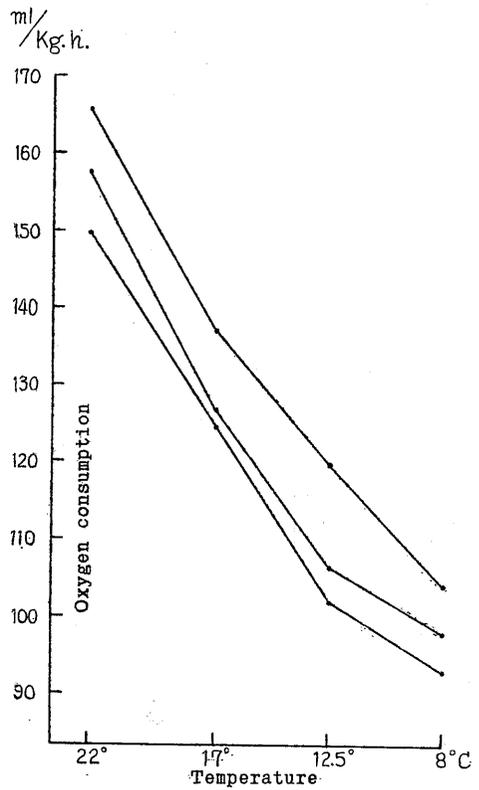


Fig. 4 Relation between temperature and oxygen consumption of gold fish.

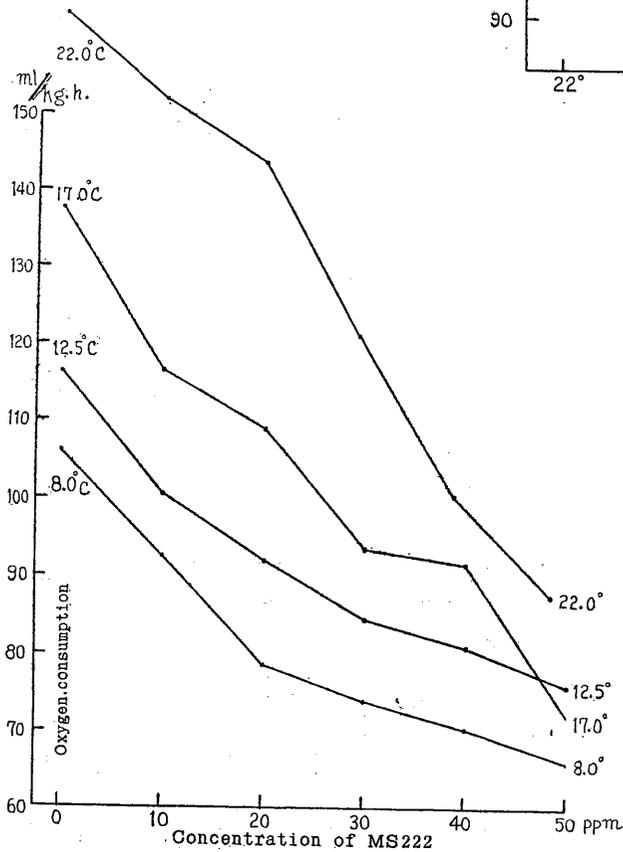


Fig. 5 Oxygen consumption of gold fish caused by low temperature and MS222.

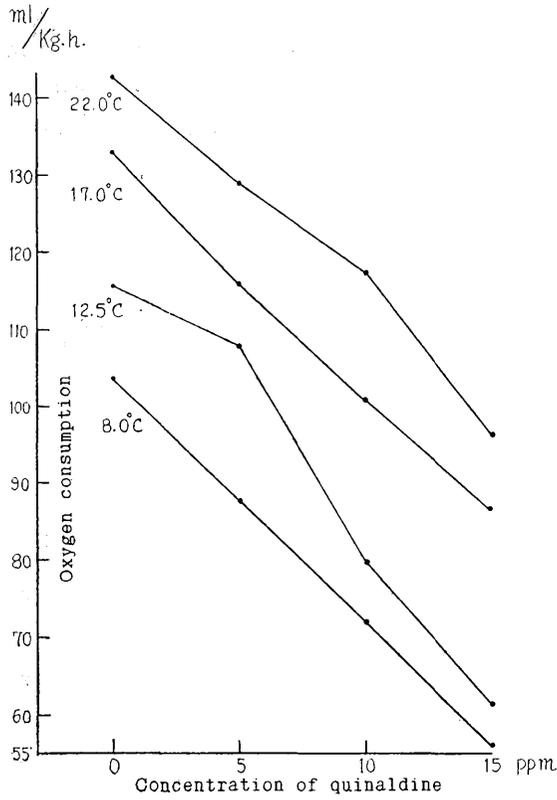


Fig. 6  
Oxygen consumption of gold fish caused by low temperature and quinaldine.

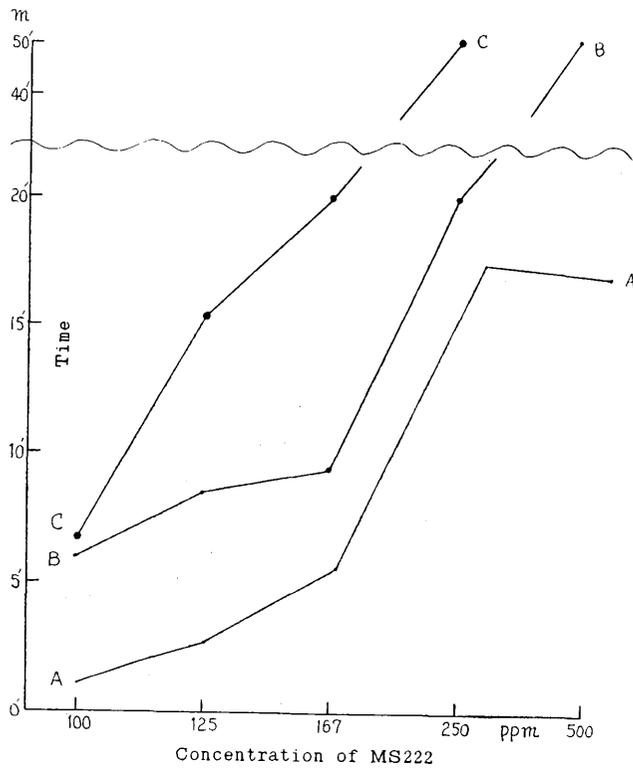


Fig. 7  
Recovery from anesthesia by MS 222 in carp. (Exposure time: A...10 minutes, B...30 minutes, C...60 minutes.)

1 の麻酔液中に魚を入れて通気した場合，第三級アミールアルコール 3000ppm では48時間生存し ( $\frac{1}{2}$ —2尾中2尾)，2 l 液中で無通気の場合，第三級アミールアルコール 3000ppm では半分が48時間生存し ( $\frac{1}{2}$ )，同3500ppm では全部が48時間生存出来なかった ( $\frac{1}{2}$ )。

Table 2 Recovery from long-term effects of anesthesia to carp.

Body-weight (g)	Anes.	1st conc. of reag. (ppm)	1st exp. time	Anes. Stage III	Anes. Stage IV	2nd conc. of reag.	2nd exp. time (hrs.)	Recovery Stage	Time	Survival	Water temp. (C)	Remarks
ca 100	T.a.	4000~8000	6.0'	7.0'		4000	2.0	0	48'	1/1	—	
〃	〃		6.0'	7.0'		4000	2.0	0	40'	1/1	—	
〃	Q.a.	60		11.0'		30	2.5	0	3,	2/2	—	
〃	T.a.	8000		7.0'		4000	20.0	0	—	0/2	—	2L-aer.
〃	〃	〃		14.0'		3000	18.7	0	9'	2/2	15.5°	〃
〃	〃	〃		11.5'		2000	18.7	0	0	2/2	〃	〃
〃	〃	〃		11.0'		1000	18.7	0	0	2/2	〃	〃
〃	〃	〃		11.5'		3000	48.0	0	2.5'	2/2	15.4°	〃
〃	〃	〃		11.0'		2500	48.0	0	0	2/2	〃	〃
〃	〃	〃		31.0'		3000	48.0	0	90'	1/2	6.2~7.1°	not aer.
〃	〃	〃		20.0'		3500	48.0	0	—	0/2	〃	〃

T.a....Tertiary amyl-alcohol; Q.a....mixture of quinaldine and ethyl-alcohol in the ratio of 1 : 10 in volume; ppm...shown here as quinaldine; 2 L-aer..... 2L of solution aerated.

Table 3は低濃度の麻酔液少量中にコイを長時間浸漬した場合の生存時間を示すもので麻酔剤キナルディン・パラアルデヒド・MS 222・抱水クロラール・第三級アミールアルコールの低濃度液中にコイを24時間浸漬した場合—無通気で水槽は開放型—，対照とMS 222とは同じく全尾生存し，48時間浸漬した場合はMS222の方が $\frac{4}{5}$ ， $\frac{4}{5}$ で対照 ( $\frac{3}{5}$ ， $\frac{3}{5}$ )よりも生残率が大きかった。また48時間浸漬では第三級アミールアルコールは $\frac{1}{5}$ ， $\frac{3}{5}$ で対照の結果に近く，パラアルデヒドは $\frac{3}{5}$ ， $\frac{1}{5}$ で対照の結果より悪かった。然しこれらの結果は試験尾数僅少のため，充分信頼される結果かどうか解らない。

Fig. 8は容器 (500cc, 1000cc ビーカー) を粗雑に封じたり密に封じたりした時の，低濃度の麻酔液少量中に長時間魚を浸漬した場合の生存時間である。図中のAは魚体重100に対し液量100の比で容器を外気と粗に封じた場合で—1000cc ビーカー内で空気は水面上約1 cmの高さにある—，12° C では対照は25時間で死亡し，MS222では38時間生存し，パラアルデヒド3000ppm・キナルディン 20ppm では32時間生存し，明らかに麻酔剤の効果が著るしく，これはMcFARLAND<sup>6)</sup>が推定しているようにおそらく酸素消費量が抑制され

Table 3 Survival and long-term effects of anesthesia to gold fish in small quantity of water (not aerated, anesthetic stage III).

B. W. (g)	Anes.	1st conc. (ppm)	2nd conc. (ppm)	2nd exp. time (hrs.)	Survival	3rd exp. time (hrs.)	Survival	Vol. of water (ml)	Water temp. (C)
5~7	Q.a.	25	5	24	2/3			150	12~28
5.8	ク	25	5	24	0/5			70	12~21
9.8	ク	15	5	24	4/5	48	2/5	50	12~18
4.6	ク	15	5	24	5/5	48	0/5	25	11~20
5.0	ク	20	15	14	3/4	25	2/4	16	10~14
5.7	P.	4000	2000	24	3/3			150	12~28
5.8	ク	4000	2000	24	4/5			70	12~21
5.2	ク	4000	2000	24	5/5	48	2/5	50	12~18
6.0	ク	4000	2000	20	5/5	48	1/5	25	11~20
7.5	ク	4000	2000	14	2/4	25	0/4	16	10~14
5~7	MS	100	30	24	3/3			150	12~28
6.2	ク	100	30	24	5/5			70	12~21
7.6	ク	100	30	24	5/5	48	4/5	50	12~18
8.4	ク	100	30	24	5/5	48	4/5	25	11~20
6.2	ク	100	30	14	4/4	25	4/4	16	10~14
5~7	Cl.	5000	2500	24	0/3			150	12~28
5.4	ク	3000	1500	24	0/5			70	12~21
8.0	ク	1500	1000	24	0/5	48	0/5	50	12~18
5~7	T.a.	3000	1500	24	3/3			150	12~28
5.5	ク	3000	1500	24	4/5			70	12~21
6.6	ク	5000	1500	24	4/5	48	1/5	50	12~18
6.0	ク	5000	1500	24	5/5	48	3/5	25	11~20
6.2	ク	5000	1500	14	2/4	25	2/4	16	10~14
5~7	Cont.	0	0	24	3/3			150	12~28
5.8	ク	0	0	24	5/5			70	12~21
7.0	ク	0	0	24	5/5	48	2/5	50	12~18
6.4	ク	0	0	24	5/5	48	3/5	25	11~20
3.0	ク	0	0	14	3/4	25	2/4	16	10~14

Q. a...Mixture of quinaldine and ethyl-alcohol in the ratio of 1 : 10 in volume ; ppm...shown here as quinaldine ; P. ....paraldehyde ; MS.....MS222 ; Cl.....chloral hydrate ; T. a...tertiary amyl-alcohol ; Cont....control.

た結果と思われる。 図中のBは魚体重100に対し液量70の比で容器を外気と密封した場合で—500cc ビーカー内で空気層は水面上約1cmの高さがある—、 23°Cでは各麻酔液は対照より生存時間が短いものが多く、 酸素消費量の抑制効果が見られなかった。 Cは同じく魚体重100に対し液量70の比で容器を外気と密封した場合で—空気層は前と同様—、 23.5°Cで MS222・30ppm では明らかに対照の約2倍の生存時間を示し、 MS222・20ppm 第三級アミールアルコール2000ppm・パラアルデヒド2000ppm・同1500ppm等は、 対照より少し長い生存時間を示した。 即ち酸素消費量の低減効果があったと見てよいであろう。 Dは同じく魚体重100に対し液量70の比で容器を外気と密封した場合で—空気層は前と同様—、 23.5°Cで MS222 30ppm・第三級アミールアルコール2000ppm・パラアルデヒド 2000ppm・キナルディン15ppmでは、 何れも対照の約2倍の生存時間を示した。

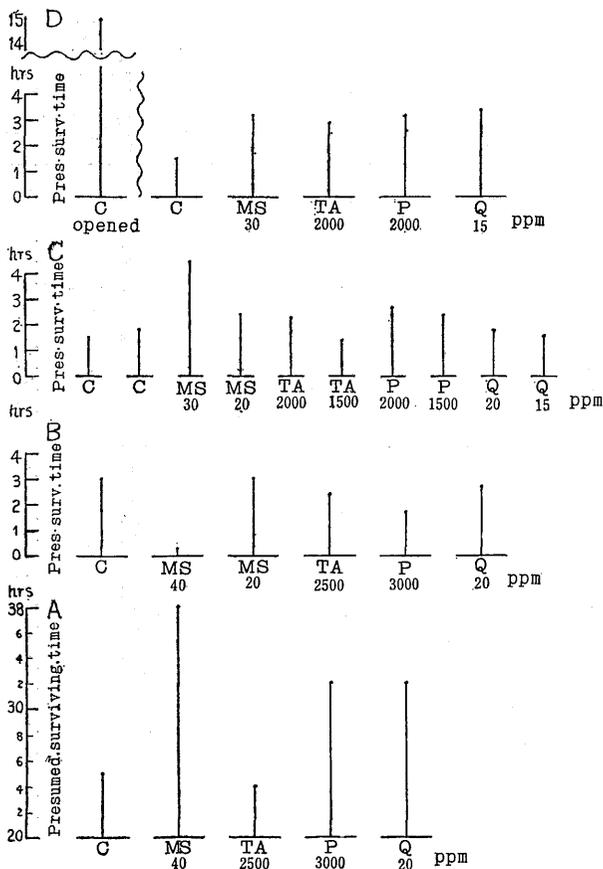


Fig. 8 Presumed surviving time of carp in anesthetic reagents.

A...Mean value of 3 individuals at temperature 12°C in the ratio of body weight and volume of water 100:100 in vessel loosely closed; TA...tertiary amyl-alcohol; MS...MS222; C...control.

B...Mean value of 3 individuals at temperature 23°C in the ratio of body weight and volume of water 100:70 in vessel tightly closed.

C...Mean value of 3 individuals at temperature 23.5°C in the ratio of body weight and volume of water 100:70 in vessel tightly closed.

D...Mean value of 3 individuals at temperature 23.5°C in the ratio of body weight and volume of water 100:70 in vessel tightly closed.

即ちこれら麻酔剤の低濃度液はコイの酸素消費量を低減する効果をもち、かつA図で示される様にその生存時間も温度を低下させることによって、さらに著るしく延長する事が出来る可能性が大である。

## 考 察

以上で若干の麻酔剤が魚類の酸素消費量を抑制し、また温度低下がこれと併用されれば、著るしくコイの酸素消費量を低減させることが明らかである。但し Fig. 8 Bにおける様な不一致は、平山<sup>9)</sup>等によるPHの差に基づく影響であろうと思われる。

LUMB<sup>5)</sup>はSodium amytal 125ppmにより水量を $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ に低減できるとし、Mc FARLAND<sup>6)</sup>は第三級アミールアルコール 390ppm・MS 222 250ppmにより *Girella nigricans* の半数致死所要時間を12~13%延長出来るとした。また彼は第三級アミールアルコール 500ppm・メチールパラフィノール 250~500 ppm・抱水クロラール約800 ppmにより Killifish 等を12時間以上輸送するのに効果的—深麻酔維持—であるとした。また Meehan<sup>3)</sup>は4 lのMS222・25ppm液中に100~200尾のsalmon幼魚を入れ、15.6°C及び11.1°Cで2時間後の溶存酸素量を測定し、対

照の約1倍半が残存すると報している

MS222による輸送液の最適濃度については、WEBB<sup>2)</sup>は bluegillの8~13時間の試験で25ppmとし、MARTIN<sup>4)</sup>等は trout をMS222の31~62ppmに8分浸漬した後無水輸送の試験をし、5°Cにおける生残率が4~4.5時間で44.9%であるとした。

本報告は比較的呼吸量の少ないコイ・金魚に関する少数尾の結果であり、活魚輸送に麻酔と低温を利用するためには、なお多種の多数尾の試験を必要とする。特に呼吸量の多い淡水魚や海産魚について充分検査されねばならない

又麻酔剤として Sodium amytal・ウレタン・メチルパラフィノール・バルビタール系等も試験すべきであろう。またこれら麻酔剤の長時間における魚体内蓄積効果の有無、揮発性剤の麻酔効果の持続性、淡水水溶解時の差違、魚体重及び温度と麻酔液濃度との関係、8°C以下における魚の温度馴化と酸素消費量の低減効果、さらに無水輸送の可能性の有無も是非検査される必要がある

### 摘 要

淡水魚のコイ・金魚等につき、麻酔剤の効果特に酸素消費量の低減効果につき試験した

- 1 調べた範囲の麻酔剤中、第三級アミールアルコールは麻酔中の時間か他より長い
2. 麻酔剤使用により活魚輸送に使用する水量を相当節減できる
- 3 輸送水量の節減には、MS222・第三級アミールアルコール・パラアルデヒド・キノルデインの低濃度か効果があるか、経済的には後の三者がよいと思われる
4. 麻酔剤と14°Cの温度低下を併用すれば、酸素消費量を初めの40%以下にまで低減できる

### 文 献

- 1) J P Cuerrier *Prog. Fish-Cult*, **15**, 42 (1953)
- 2) R T Webb *Ibid*, **20** (2), 69~72 (1958)
- 3) W R Meehan, L Revet *Ibid*, **24**, 185~187 (1962)
- 4) N V Martin, D C Scott *Ibid*, **21**, 183 (1959)
- 5) W V Lumb *Small Animal Anesthesia*, Lea and Febiger, Philadelphia, (1963) p 269~273
- 6) W N Mcfarland *California Fish and Game*, **46** (4), 407~431 (1960)
- 7) B Muench *Prog. Fish Cult*, **20** (1), 42~45 (1958)
- 8) 平山和次・塩見元晶・麓禎康 *日水誌*, **31** (7), 479~487 (1965)