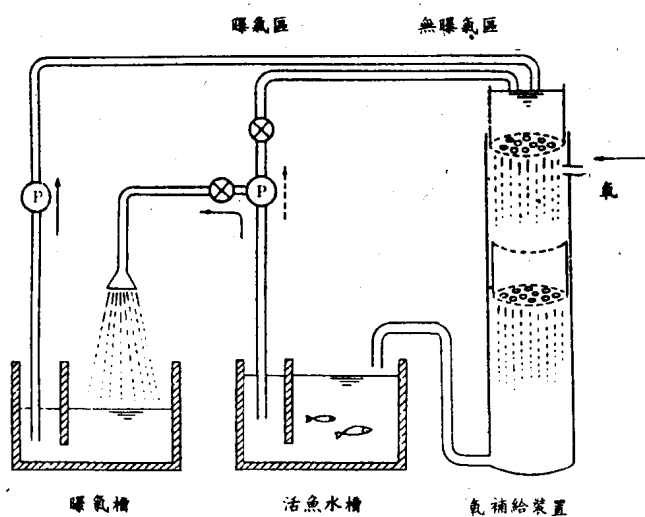


搬運魚活

恆泰孫



中華民國七十二年七月 日

搬 運 魚 活

中華民國七十二年七月修正再版

編 著：孫 泰 恒

發 行：孫 泰 恒

地 址：永和市秀朗路二段191巷14弄9號2樓

電 話：9272508

工本費：新台幣壹佰元正

郵政劃撥帳戶 511435 號

86 11 17

中西印製廠承印

電話：3035127

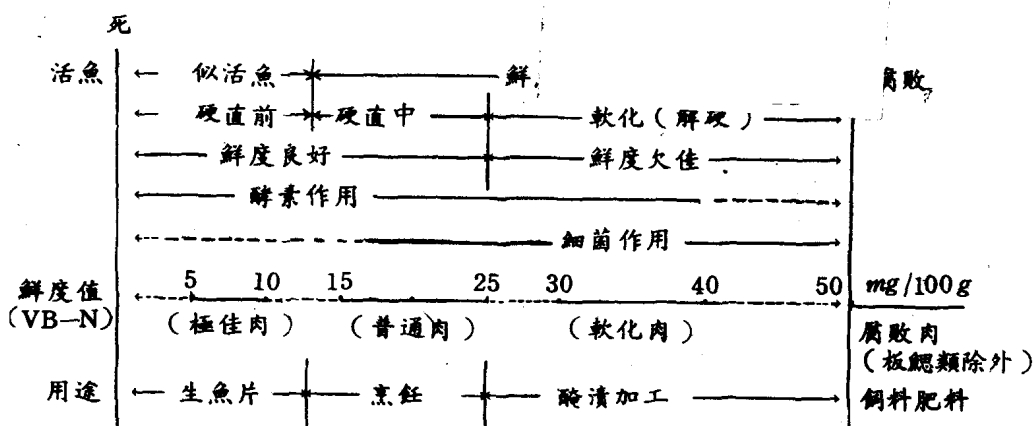
魚類消費形態與活魚運搬 (代序)

魚貝介類之美味，與萃取物 (Extract) 成分之呈味有關，所謂萃取物即將肌肉切細加水攪拌而溶出之各種成分，其中包括游離胺基酸、各種低分子氮化物、有機酸及低分子碳水化合物等。一般而論，魚類中含有 1~5%，軟體動物 7~10%，甲殼類 10~12%。以游離胺基酸為主體之含氮萃取物成分最多，成為魚介貝類較蔬菜、畜肉類易於腐敗之因素。

食品腐敗乃由於腐敗細菌般之微生物繁殖所致，水產物與陸上動物比較，組織軟弱容易受傷，又外皮較薄，魚鱗亦易脫落，細菌易於浸入。又魚體被覆粘質物，亦為細菌類良好之培養基。死後肌肉變化有關之各種酵素作用，魚貝類亦較畜肉活潑。

水產物之本體，不僅易於腐敗變質，漁獲物之靈活供應，也受阻碍。由於消費形態之改變，不只以保持鮮度為滿足，而以活魚般之生鮮狀態，來供應消費為標的。

茲歸納魚類生鮮狀態、死後變化與消費模式如下圖：



活魚或似活魚用為生魚片或天鰻羅、壽司等高級調理食品，售價較一般鮮魚為高，尤其高級魚貝介類，盡可能以活魚運銷最為有利。魚類死亡後，鮮度迅速下降。

至魚類之美味問題，一般均認為鮮度愈佳味愈美，也有部分人士例外，認為初期腐敗者味最佳，此點或與游離胺基酸等之增加有關。

魚類之美味，係因次黃嘌呤核苷酸 (Inosinic acid) 及游離胺基酸等呈味成分之含量所致。此外，尚有肉之硬度、光澤、香氣等種種複雜因素。就核苷酸含量而言，一般以硬直中者含量最高，解硬軟化後則迅速減少。故軟化或鮮度不良時，核苷酸含量極少，其味不佳。

另一方面，鯛、鰺、河豚等高級魚類，硬直前價格最昂，此與齒感、舌感有關。硬直中者肉質堅實，生成酸味，肉質不透明，呈粘着感。又極度新鮮者，最珍貴之原因，也有心理上之影響。

鰯或鰺等肉質比較堅實之魚肉，經低溫貯藏不久，使硬直中堅實之肉質稍微軟化，供為生魚片，其味最佳。

如前圖所示，活魚供為海鮮店等用為活魚二吃、活跳魚、三杯魚等調理食品之原料。硬直前者供為高級餐館用為生魚片、壽司、天鰻羅等原料。硬直中者供為食堂、家庭烹飪之用。軟化者則多供為醃漬或加工原料。腐敗者僅能供為飼料或肥料，其商品價值極低。故保持魚類鮮度，為生產、加工、運銷業者，共同追求之方向。

然而在臺灣之水產事業中，能作到「活魚進工廠」加工外銷者，僅有鰻魚一項，可稱為產製銷一元化，最成功、最進步之範例，頗值重視及宣導，並可供為一般水產事業檢討營運之參考。

水產事業之發展，必須擴大水產物之銷售面，以配合大眾消費需要。因之，縮短產銷距離，端賴水產物輸送方法之改進，即如何運用經濟有效之運輸器具來促進水產事業之發展。由於水產科技之進步與冷凍冷藏事業相結合，對於鮮度不易保持之水產物而言，確具有非常重要之義意。另一方面，生活水準逐年提高，對活魚消費方面，尤其高級魚貝介類，也有相對增加之趨勢。

我國以活魚貝介類供為生鮮烹飪食用之歷史相當久遠，過去因受包裝技術及運輸工具之限制，銷售面極其狹小，近十餘年間始有粗具規模並配合使用現代化設備之運搬方法。其銷售面，也不以本國國內為限。

在臺灣之活魚運搬種類甚多，海水方面計有紅鰻、虱目魚、石斑魚、銀紋笛鯛、七星斑、嘉臘及龍蝦、斑節蝦、草蝦、砂蝦、紅蟳以及九孔、牡蠣、文蛤等成魚及幼苗。淡水方面計有鰻魚、鱸魚、草魚、鯪魚、鱔魚、吳郭魚、塘虱魚、甲魚及長臂蝦以及蜆等成魚及幼苗。

活魚運搬除增加魚貝介類之經濟價值，供為遠地銷售食用外，尚有水產養殖需用之種苗生產、蓄養及公共投資之放流等用途。對於技術交流、品種改良以及水產事業之推廣，均有相當大之貢獻。

然而國內有關活魚輸送或運搬方法之文獻尚不多見，本文僅就現行活魚運搬方式以及部分國外資料彙集成冊，以供業者改進創新或試驗研究之參考。

筆者 孫泰恆 謹識

72年5月

活魚運搬目錄

一、活魚運搬之問題點	1
二、輸送中之生理狀況	3
(一)呼吸	3
1. 氧氣供應	3
2. 影響呼吸之因素	3
3. 二氧化碳	8
(二)排泄	9
1. 排泄物	10
2. 水中之微生物	15
3. 氮之毒性	16
4. 水中之氮量	17
三、麻醉之應用試驗	19
(一)麻醉及恢復手術	19
(二)麻醉及恢復過程之標準	19
(三)魚類麻醉之藥理作用	21
四、運搬方法	22
(一)陸上運搬	22
1. 淡水魚之活魚運搬	22
2. 活魚輸送實施要點	24
(二)海上運搬	27
1. 活魚運搬之發展	27
2. 活魚處理方法及其影響	28
3. 氧氣補給	28
4. 適當之收容量	30
5. 活魚槽內海水流動之控制	30
(三)空中運搬	32
1. 魚卵輸送	32
2. 幼稚魚之輸送	33
3. 成魚輸送	33
4. 輸送方法	34
5. 亞太地區空運水產物之規定	35
6. 進口活水產物之檢疫規定	38
五、臺灣地區活魚運搬現況	39
(一)常見各種活魚運搬舉例	41
(二)臺北縣活魚運搬現況	43

(三)宜蘭縣活魚運搬現況	43
(四)桃園縣活魚運搬現況	44
(五)新竹市活魚運搬現況	44
(六)新竹縣活魚運搬現況	44
(七)臺中縣活魚運搬現況	45
(八)南投縣活魚運搬現況	45
(九)彰化縣活魚運搬現況	45
(十)雲林縣活魚運搬現況	46
(十一)嘉義縣活魚運搬現況	47
(十二)臺南市活魚運搬現況	47
(十三)臺南縣活魚運搬現況	47
(十四)高雄縣活魚運搬現況	48
(十五)屏東縣活魚運搬現況	48
(十六)臺東縣活魚運搬現況	49
(十七)花蓮縣活魚運搬現況	49
(十八)澎湖縣活魚運搬現況	49
六、結語	51

壹、活魚運搬之問題點

傍海居民購入活魚極易，但生活於都市則否，非依賴運搬輸送不可。由於生活水準提高，活魚貝介類消費增加，故活魚運搬頻繁。而水產物之輸送，如種苗移植、成魚販賣均已盛行世界各地。

運搬時必須保持適宜之溫度與濕度，以能適應2~3天時間，達到安全運抵之目的。多種魚類在離水後，短時間內不致死亡，例如鯉魚在低溫時，以濕報紙或稻草等包妥，即可維持生活狀態運送，鯽魚等在低溫時，裝箱排妥，也可達到無水運送之目的。

活魚運送之要點有二，主要者在輸送途中不致死亡，其次為魚體不致軟弱或受傷，以免減低商品價值。即對魚類生理、輸送方法、設備、水質管理等，均須注意其確實性及安全性。

活魚運搬問題，儘可能減少水分運搬，故需種種技術配合，活魚運送之困難處為氧氣缺乏，碳酸瓦斯增加，pH變化，水溫變化，排洩物之累積，水之搖動，伴同粘膜剝落，體表損傷等等。

(一) 氧氣問題

水中所含氧氣，飽和時5~10ppm，每公斤動物所消耗之氧氣，相當於10~1,000 ml/hr。氧氣之存在為魚類生存之必須條件，海水魚對氧氣之攝取能力較淡水魚為弱，故溶存氧含量降低時易於死亡，須特別注意。

(二) 排洩物之累積

魚類蛋白質等氮系化合物之代謝，最終生產物為尿素、尿酸及大量阿摩尼亞等排洩物。阿摩尼亞易溶於水，僅以曝氣方法不能除去。排洩之尿或剝離之粘膜物等，使水懸濁，魚類呼吸困難，且為細菌繁殖區域。

(三) 魚體表之損傷

搬運魚類之方式不良時，使體表損傷促進魚類體質羸弱。即因磨擦粘膜或鱗片剝落，不能保護受傷處，易招致細菌繁殖，又受傷處之魚體組織及周圍與水直接接觸，無法保持一定之體液滲透壓，以致魚體羸弱。同時體表面受損，商品價值顯著降低。

綜上所述對魚類輸送應行採取之對策，說明如下：

1. 停餌

輸送前攝餌之魚類，輸送途中胃內食物吐出，不僅使水槽中水質受到污染，同時因攝餌而增加代謝作用亢進，消耗大量氧氣。如鯽魚攝餌後，經過48小時，氧氣消耗量減少10~15%。經過暫時絕食之魚類，對溫度變化或傷害之抵抗力也比較大。

魚類停餌後，對餌料之消化時間，如鯉魚在夏季時期需1~2天，秋季時期需2~3天。惟停餌時間過長，則魚體體重減輕很大必須注意。

2. 水溫

魚類之氧氣消耗量，在溫度上升10℃時，增加2~3倍。就此點而言，血液、水對氧素之溶解度，以低溫場合最大。細菌之繁殖，也以低溫時最不活潑。因此，活魚輸送，以低溫時最為理想。活魚輸送之活魚槽中，其收容量夏季與冬季不同，主因夏

季與冬季之氧氣消耗量不同。輸送用水之水温以低温最佳，但水温急速變化在 5℃ 以上，影響魚類之適應性則不妥當。

3. 氧氣之補充

活魚輸送途中，氧氣之補充極為重要。因此，最簡單之方法，即加水程度以達到魚類背鰭為準，因魚類之活動可使氧氣自然溶解，早年使用之鯉魚箱或金魚桶，即應用此種原理。另也有採用撒水曝氣法，一般均用在活魚船上。魚槽撒水，水在空氣中形成水滴分散時，表面積增多，增加氧氣之溶解速度及含氧量。此外，尚有使用純氧者，此種場合，以增加水及水界面積最佳，即使氧氣通過分散器，吹入細微之氣泡，增加溶解量。

（參考資料：New Food Industry 1982. 1 月號）

貳、輸送中之生理狀況

(一) 呼吸

活魚運輸途中，影響呼吸之重要因素，為氧氣補給、二氧化碳麻醉以及其他因素。

1. 氧氣供應

活魚輸送之一般方法，可分為無水運搬、水槽運搬以及塑膠袋運搬等三種，其氧氣供應方式各有不同。

1-1 無水運搬

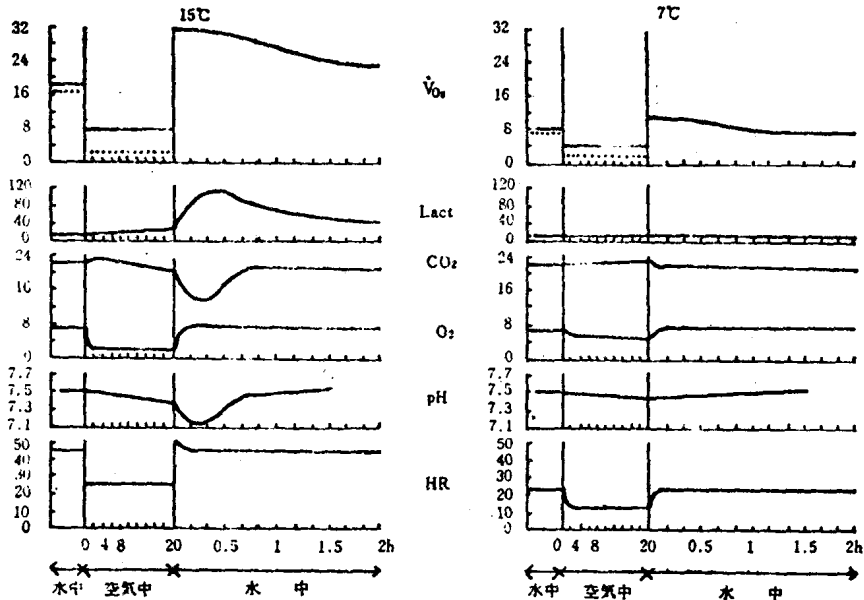
不用水而將魚類露出空氣中直接輸送之方法，如鯉、鯽、泥鰍、鰱、斑節蝦、龍蝦、蟬等，均可使用。

不用水不僅重量減輕，且搬運方便，用費亦少。在空氣中氧氣含量比水大 30 倍左右，故在封閉狀態，短時間內氧氣不致於耗盡。又在空氣中之氧氣擴散速度，約為水中之 30 萬倍，故未完全密封即不能限制氧氣之自然補給，凡此種種均可說明無水輸送之優點。

惟輸送對象為活魚，係以鰓呼吸者，因鰓在空氣中露出，不能得到水之支持，鰓片互相密着，有效氣體之交換面積銳減，故無水輸送對氧氣之利用方面仍屬不利。

鯉魚可耐長時間曝露於空氣中，惟 BERG and STEEN 氏等，以歐洲鯉試驗結果顯示，在空氣中呼吸較在水中生活時亦不合理，請參閱圖 1。

即於 15°C 時，曝露於空氣中較在水中生活比較，其氧氣攝取量減少 50 % 以下，此點反應動脈血液中氧之含量激減，約在 30 % 以下。其心跳次數，即心臟跳動頻率，也降低約 1/2，故輸往組織之氧素供應量，顯著減少。此點並非由於氧之



$\dot{V}O_2$: 氧之攝取量 (ml/hr)

Lact : 血液中乳酸濃度 (mg/dl)

CO_2 : 血液中二氧化碳含量 (ml/dl)

HR : 心跳數 (次/分)

※上述血液均指動脈而言。

O_2 : 血液中氧之含量 (ml/dl)

圖 1 : 歐洲鯉在水中生活時及露出空氣中時呼吸狀況之比較

需要降低，實因氧氣供應不均衡所致。在空氣中露出時血液中乳酸濃度逐漸增加達兩倍左右，再回至水中生活後，約 20 分鐘仍有激增現象，即回至水中後較露出空氣中之氧氣攝取量，其值激增約 1.7 倍，2 小時後仍高出 1.3 倍。即送至組織之氧氣供應不足，一部分行無氧呼吸，結果使乳酸積蓄，回至水中積蓄之乳酸再合成肝糖（Glycogen）仍需要氧氣，故較空氣中露出時攝取多量之氧，此種現象稱為氧之負債。

惟此種氧氣供需不均衡現象，在 7°C 時幾未發現，因在低溫情況下，氧氣攝取量減少至 60 % 以下，動脈血液中氧素含量維持在 80 %。動脈血液中氧素含量較 15°C 減少，似因氧氣攝取量減少，即低溫時魚體組織之氧素消費極少為重要因素。

心跳次數也較 15°C 降低 1/2，因動脈血液中氧素含量減少，故輸往組織之氧氣供給量也相對減少，由於組織中之氧需要量減少，氧之供需大致保持均衡，血液中乳酸積蓄或回至水中之氧氣攝取量增加，均甚輕微，故未發現氧之負債現象。

似此情形在低溫時，魚類運動或體內代謝活動均已降低，氧氣需要極少，故可保持氧氣供需均衡。在無水輸送方面，通常以冰塊來維持低溫，具有促進魚類安靜不易受傷等優點，就氧氣供需而言亦屬有效。

1—2 水槽運搬

在開放式止水槽內，水中溶氧量之吞吐，諸岡氏發表下述理論，設水中溶氧量之飽和度以 C 表示（飽和狀態為 1），經過時間以 t 表示，水中氧氣因魚類呼吸而減少，其減少速度以 K_f 表示，則水中氧氣消費速度如 1 式。

$$\frac{dC}{dt} = -K_f \quad \dots\dots\dots 1$$

另一方面，從空氣中之擴散或通氣等所致之氧氣曝氣係數，以 K 表示時，則因曝氣所致之水中氧氣供給速度如 2 式。

$$\frac{dC}{dt} = K(1 - C) \quad \dots\dots\dots 2$$

現將 $1 - C$ 作為氧氣未飽和尺度，以 D 表示時，則 C 與 D 相反，1 及 2 式可以改作 3 及 4 式。

$$\frac{dD}{dt} = K_f \quad \dots\dots\dots 3$$

$$\frac{dD}{dt} = -K \cdot D \quad \dots\dots\dots 4$$

在水槽中之氧氣消費（3 式）及氧氣供給（4 式）同時進行，故可合併為 5 式。

$$\frac{dD}{dt} = K_f - K \cdot D \quad \dots\dots\dots 5$$

5 式一般分解為 6 式（C 為定數）， $t = 0$ 時 D 值以 D_0 表示如 7 式，則 C 以 8 式所示。

$$D = C \cdot e^{-K \cdot t} + \frac{K_f}{K} \dots\dots\dots 6$$

$$D_a = C \cdot e^{-K \cdot 0} + \frac{K_f}{K} \dots\dots\dots 7$$

$$C = D_a - \frac{K_f}{K} \dots\dots\dots 8$$

8 式之 C 代入 6 式，則得 5 式之特殊分解如 9 式。

$$D_t = (D_a - \frac{K_f}{K}) e^{-K \cdot t} + \frac{K_f}{K} \dots\dots\dots 9$$

此處之 D_a 及 D_t 為某時點及其 t 時後之氧氣未飽合度。

將魚收容在水槽後，短時間氧氣消費亢進，惟經過一段時間後其氧氣消費量依時間經過而逐漸減少，不久即達一定值。諸岡氏算式中加入亢進之氧氣消費項目，但該項氧氣消費量達到一定值成為零，其式與 9 式一致。因此經過一段時間，氧氣之消費與供給均衡，水中之氧氣量也達一定值。此時 t 為無限大狀態，其時 9 式之第 1 項為零，水中氧氣之未飽和度 $D_{t\infty}$ 以 10 式表示。

$$D_{t\infty} = \frac{K_f}{K} \dots\dots\dots 10$$

為維持魚類健康，水中氧氣未飽和度 ($D_{t\infty}$) 自有其限度，為抑制 $D_{t\infty}$ 在限度內，氧氣消費 (K_f) 要小或氧氣供給 (K) 要大才行。如水槽中收容多量之魚類， K_f 要維持最小限度，須利用冰冷却或利用麻醉劑，來抑制魚類代謝，使氧氣消費量減至最低程度。另一方面，要使 K 維持最大值，須送入空氣或氧氣。如在航行中之船上，可利用唧筒，實施水槽內水之交換工作。

開放式止水活魚槽內通入氧氣時，送入氧氣量必須在維持魚類需要之程度，諸岡氏以 10 式為計算基礎。假定魚類之氧氣消費量為 200 ml/hr/Kg ，大致收容限量為 $150 \text{ Kg/水} 1 \text{ m}^3$ ，海水之飽和氧氣量為 5 ml/l 時，從純氧與平衡後海水中氧氣量約 25 ml/l 求得 K_f 如 11 式。

$$K_f = 200 \times 0.15 \div 25 = 1.2 \dots\dots\dots 11$$

假定魚類所必須最少氧氣濃度為 3 ml/l ，則 $D_{t\infty}$ 之必須抑制限度如 12 式。因此 K 值需要 1.36，如 13 式所示。

$$D_{t\infty} = 1 - 3/25 = 22/25 \dots\dots\dots 12$$

$$K = 1.2 \div 22/25 = 1.36 \dots\dots\dots 13$$

諸岡氏利用各種分散器實驗求得氧氣之送氣量與 K 值關係，其宗旨在計算魚類收容時所必須送氣量或氧氣之利用效率。

又山本氏等就體重 1 Kg 之鯽魚，在 19°C 時測定，安靜時氧氣消費量約為 100 ml/hr/Kg ，對氧氣需要之比較，大型魚活魚槽，在收容狀態時氧氣消費量，以 200 ml/hr/Kg 為適當值。另板澤氏從動脈血液中含氧量推斷水中氧氣飽和度之最

低必需值，虹鱒為 60%，鯉 50%，白鯉 30%。3 ml/l 之鹽素量 17.5%，在水溫 25°C 之海水，相當飽和度 60%，故在缺氧情況下，對體質較弱之魚類，必須有最低水中含氧量值較妥。

循環過濾式水槽或活魚運搬船之魚槽，收容魚類輸送時，也包括在廣義之水槽運搬範圍。使用循環過濾式活魚輸送，如美國加里福尼亞州釣魚狩獵部之活魚輸送車，其水槽為 5.7 m³，可容納鱒魚 430 公斤，以電動方式使水循環過濾，輸送距離為 800 公里。循環過濾式水槽之氧氣吞吐理論，並不只限於活魚輸送，就長時間之飼育養成方面亦可適用。

1—3 塑膠袋運搬

使用聚乙烯膜 (Polyethylene film) 所製之袋，盛裝魚及水，依賴殘存之氧氣或充入空氣密封，必要時應加碎冰，再裝入瓦楞紙箱輸送，乃為最簡單便利之方法，且應用亦最廣。聚乙烯膜之氧氣透過性為 $55 \times 10^{-10} \text{ cc} \cdot \text{mm} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{cmHg}$ ，透過性極低，除封入袋內之氧氣及水中溶存之氧氣外，別無氧氣供給來源，故就氧氣吞吐方面考慮，僅能適用於小規模之活魚輸送。且魚類維持安靜，受傷之危險性極少。氧氣吞吐在短時間輸送上問題不大，故為短程輸送最方便之搬運方法。

2 影響呼吸之因素

影響呼吸之因素，除氧氣補給外，尚有二氧化碳、PH、氨、懸濁物、溫度、興奮等項。

2—1 二氧化碳

魚類因呼吸而在水中排放二氧化碳，其中大部分變成 HCO_3^- 等游離氣體，在水中溶存之 CO_2 並不太多，因此其分壓 Pco_2 也不大上昇。又送入氧氣或空氣時，水中之 CO_2 因分壓差，即隨同氣泡擴散而排出。在活魚輸送船上，因常換新水，故 CO_2 極少，不易引起 CO_2 之積蓄。但在密閉式循環水槽中，板澤及瀧田 (TAKEDA) 氏，以鯉魚試驗，動脈血液中之 Pco_2 較正常時上昇約 1.5 倍，即 6 mmHg 左右。因活魚輸送，在限量之止水中，大量收容魚類時，則曝氣不充分，故魚類放出之 CO_2 使水中 Pco_2 上昇。在密閉容器中，妨碍魚類鰓孔向水中擴散 CO_2 ，使血液中 Pco_2 呈某種程度上昇。其次，魚類血液之氧素親和性，不僅只 Pco_2 上昇，如 PH 降低，也相當顯著 (即 BOHR 效果)，故水中 CO_2 積蓄，也妨碍魚類攝取氧氣。

除去水中 CO_2 積蓄之方法，中、山尾氏以微孔性之特殊半透膜，使水中 CO_2 通過，以氫氧化鈣吸收法除去。用此種方法輸送香魚之稚魚，其輸送量或輸送時間均可倍增。

2—2 PH

水中 CO_2 積蓄時 PH 相對降低，惟血液具有相當大之緩衝能，水中 PH 變化影響並不太大。板澤、杉浦等氏以鯉魚試驗，水中 PH 在 6.2~9.0 範圍內變動時，血液中 PH 在 7.7~8.2 範圍內。

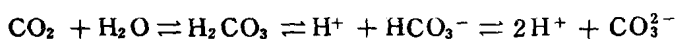
惟水中 PH 與水中之氨有關，對魚類之鰓透過性影響甚大，氨積蓄過多妨碍呼吸。板澤、杉浦等氏以鯉魚試驗，血液中氨濃度與 PH 7.8 之水中氨濃度相同。水中 PH 低於 7.8 時，水中氨濃度降低，高於 7.8 時，水中氨濃度顯著增加。此點可依

HENDERSON、HASSELBALCH 氏試驗式，當可理解。

$$\frac{C_b}{C_w} = \frac{1 + 10^{PK_a - PH_b}}{1 + 10^{PK_a - PH_w}}$$

上式 C_b 及 C_w 為血液及水中之弱電解質濃度， PK_a 為弱電解質之解離恒數，此試驗溫度為 $23^\circ C$ ，氨之 PK_a 為 9.3。 PH_b 及 PH_w 為血液及水中 PH，試驗用鯉之 PH_b 為 7.8。因此水中 PH 為 7.8 時，血液中氨濃度與水中氨濃度相同，水中 PH 低於 7.8 時，血液中氨濃度變小，高於 7.8 時，血液中氨濃度變大。故可說明氨之毒性，因水中 PH 變化而有顯著不同。

此種關係顯示，水中 PH 低者較妥，惟 PH 降低依次式可逆平衡向左移動，以致 CO_2 增加亦屬不妥。



為防止 PH 降低，MCFARLAND and NORRIS 等氏說明，在水中加緩衝劑 (Tris-hydroxymethyl-amino methane)，可有效維持水中之 PH。

2—3 氨

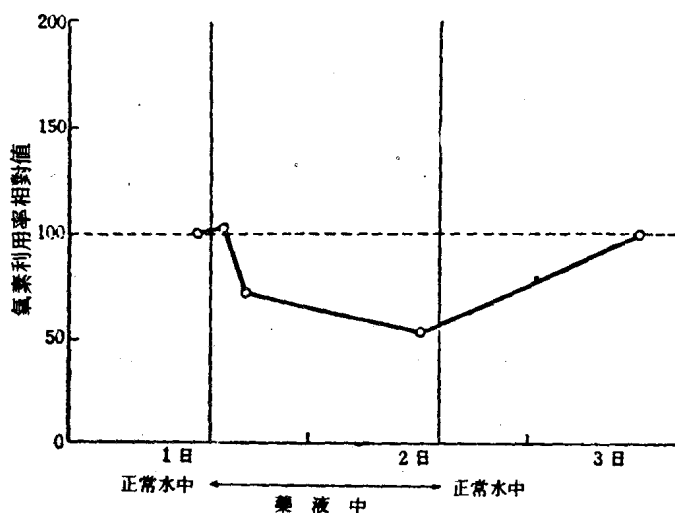
水中之氨，積蓄達相當程度以上時，則妨碍魚類呼吸。板澤氏等以鯉魚試驗，在水中 24 小時半致死濃度 (TLm)，約有 $\frac{1}{10}$ 濃度之氯化銨存在，如圖 2 所示，氧素利用率降低約 $\frac{1}{2}$ 。氧氣利用率係指，魚鰓在水中運搬氧氣時，血液中攝取氧氣之百分比。

板澤、篠原等氏認為鯉魚之含氧量降低，及 SMART 氏認為虹鱒之氧氣分壓降低，均受水中氨含量之影響，即因氧氣利用率降低，反應於動脈血液中之含氧量及氧氣分壓上。

除去水中氨之方法，中、岩崎氏等以沸石 (Zeolite) 或離子交換樹脂除去。

2—4 懸濁物

粘液、剝離之組織片、糞便等懸濁物，附着鰓孔時，其有效氣體交換面積變小，使水與血液間之距離變大，故妨碍氧氣之攝取。又此等有機物質之懸濁物，因細菌之分解，使水中之氧氣減少。



縱軸：以每天正常水之值為 100 之相對值。

橫軸：收容魚類在容器內，以 24 小時半致死濃度 (TLm) $\frac{1}{10}$ NH_4Cl 液與正常水交換之時間變化。

圖 2：氯化銨對鯉魚氧氣利用率之影響

除去懸獨物之方法，以過濾最為有效，此點對循環過濾式水槽，用為活魚輸送最宜。

2—5 溫度

低溫可以降低魚類氧氣之消費，並抑制二氧化碳、氨、乳酸等之生成。又因抑制魚類活動減少磨擦，且不易感染疾病。另由排洩物引起之水污染或細菌(*Bacteria*)引起之氧氣消耗，也因低溫而受抑制或減低。對活魚運搬而言，除少數魚種外均甚適合，故用冰冷却用水，早年業已廣泛使用。

2—6 魚類之興奮

魚類因興奮而激烈運動時，血液中之乳酸積蓄則顯著增加，此時肌肉肝醣(Glycogen)急速分解，生成多量之焦葡萄酸(Pyruvic acid)，其氧化分解必須氧氣，而使氧氣供應不足，則焦葡萄酸因無氧而生成乳酸。HAYASHI et al. 說明輸送中死因，以乳酸積蓄以致氧氣不足為重要因素。魚類運動中至運動後，血中乳酸顯著增加甚多，以致血液之酸、鹼基紊亂，形成輸送放養後遲發性死亡率(Post-planting delayed mortality)增加之原因。又由利尿試驗(Laboratory diuresis)得知，輸送後之尿量及尿濃度增加，尿中離子組成也起激烈變化，或為輸送後死亡原因之一，故此種狀態對呼吸方面並不相宜。

為減輕魚類興奮及運動，試用不經空中曝露之水移方式，又輸送容器完全充水，抑制水之搖動。

3. 二氧化碳

魚類之麻醉劑，FISH氏指示利用碳酸氫鈉與酸生成 CO_2 ，是為魚類安全並符合人類衛生之最佳方法，Post氏也強調此法。最近水野氏等提倡，以 CO_2 及 O_2 1:1混合送入，用為活魚輸送麻醉之需，特別值得注意。板澤氏等曾以此法供為活魚輸送之應用為基礎，研究 CO_2 麻醉或到達鎮靜狀態之魚類呼吸生理狀況，就最適之 Pco_2 進行若干檢討。

CO_2 及 O_2 以1:1混合送入水中， Pco_2 上升至160mmHg時，鯉魚之動脈血液中 Pco_2 也高達100 mmHg(圖3)。

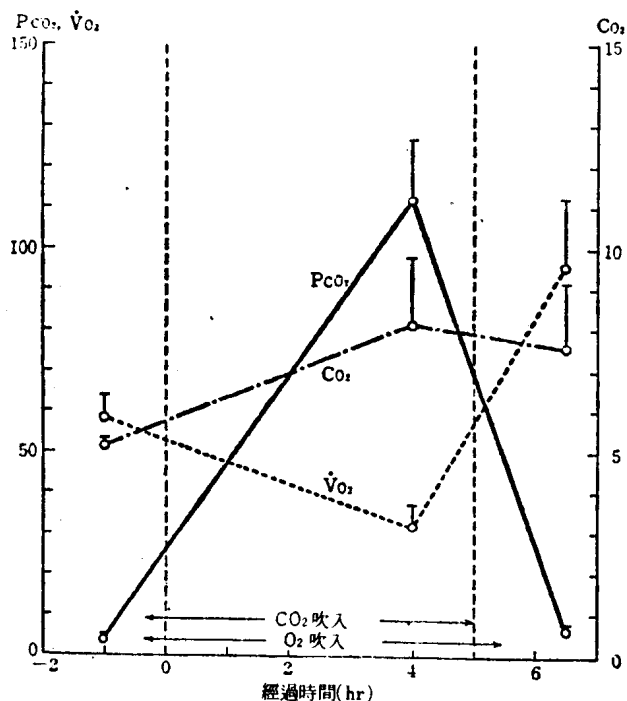


圖3：二氧化碳及氧混合送入時動脈血液中二氧化碳分壓(Pco_2 , mmHg)，動脈血液中氧含量(CO_2 , ml/dl)及氧消費量(Vo_2 , ml/hr/Kg)(板澤及竹田)以平均值及標準偏差(正側)表示

普通血液中 P_{CO_2} 稍高，則血液之氧結合力降低，惟此種場合顯示動脈血氧含量竟有增加之傾向。此為 CO_2 及 O_2 同時送入動脈血中， PO_2 顯著上升，加以血液中血紅蛋白 (Hemoglobin) 濃度也增大。此即動脈血中氧含量方面、飽和度方面為保持高水平 (Level)，氧消費量約減少一半。此因 CO_2 抑制魚類運動量及代謝至低水平之故。

就上述實驗而言，因 P_{CO_2} 稍嫌過高，茲再就最適 P_{CO_2} 加以檢討。即將 65 ~ 125 mmHg 分數階段之 P_{CO_2} 水中，每公升投入鯉魚 300 ~ 400 g，24 小時後之生存率及鎮靜狀態所需時間，來判斷最適之 P_{CO_2} 。其結果在 125 mmHg 區有 30 % 斃死，65 ~ 90 mmHg 區需要 4.5 ~ 6.5 小時才能鎮靜，故均不適當。惟在 95 ~ 115 mmHg 區 30 分鐘內即呈鎮靜狀態，24 小時後生存率仍為 100 %，然後移至普通水中亦無特殊異常狀態，故可判定此種場合以 95 ~ 115 mmHg 之 P_{CO_2} 為最適宜。但最適 P_{CO_2} 仍因種類或成長階段而異。然而在 100 mmHg 左右之高 P_{CO_2} 妨碍氧之攝取，需有高 PO_2 來配合，此種場合 PO_2 需 400 ~ 480 mmHg 左右。似此 P_{CO_2} 及 PO_2 之條件，為 13 ~ 15 % 之 CO_2 ，其餘為 O_2 ，其混合氣體以每分鐘 30 ~ 60 ml 送入即可。

利用 CO_2 供為活魚輸送，其 P_{CO_2} 最適範圍較狹，就簡便與經濟而言，較純氧送入為劣之問題須先解決。有關 Post 氏利用碳酸氫鈉及氧之方法，如可應用於活魚輸送，不失為解決之道。惟依竹田、板澤 (未發表) 氏之經驗， P_{CO_2} 因時間而減低，其減低情形在相當單位水量之魚收容量多時最甚，故可就短時間或小規模運輸場合之活魚輸送問題來考慮。

(參考資料：日本水產協會 1982.4.15 編活魚輸送 P. 9 ~ 19)

(二) 排 泄

魚類在生活狀態運送時，因屬水生動物，如與陸生動物比較極為不易。活魚輸送時，以與魚類棲息場所相同之環境，維持相近狀態為最高理想，故需用多量之水及較高經費與勞力。活魚輸送用水較少時，魚類排泄物質在水中積蓄，輸送水之水質，在短時間內迅速變化，對魚類有不良之影響。魚類排泄於水中之物質，大致由排泄器官，消化器官以及其他部分。魚類排泄器為代謝物質經由腎臟，即血液中過濾之最終產物，由尿液排至水中。此外魚類鰓蓋亦負擔排泄器官之任務，鰓薄片上有網狀分布毛細管中之血液，自水中吸收氧，吐出碳酸氣時，最終產物為氨等，不經過腎臟，直接排入水中。

腎臟及鰓排出之物質，有各種電解質及含氮性最終產物。含氮性最終產物，因各種動物不同而異，其主要產物為氨、尿素及尿酸。硬骨魚類含氮性最終產物以氨為主，軟骨魚類則為尿素。

魚類攝取之餌料物質，並非全部在消化管內消化吸收，餌料中所含之物質，有相當部分未消化未吸收，直接由糞便排泄於水中。除糞便中有未消化未吸收之飼料殘渣外，尚含有消化液、消化管上皮細胞及腸內細菌等之代謝性糞中排出物。此外尚有魚類體表上皮常常分泌粘液，及老化之上皮細胞剝離等。

以上為魚類生活期間之各種排泄至水中之物質，通常此等物質之排泄，對魚類幾乎無害，例如有害者也在水中迅速擴散至非常稀薄之濃度，成為無害狀態。然而在活魚輸送中，以少量水中收容多量魚類，水中排泄物質積蓄，如在其中長時間放置時，則對魚

類有強烈之影響。

1. 排泄物

1—1 尿

魚類之腎臟在體腔背側部，沿脊柱之左右延伸，並由多數腎單位（Nephron）所組成，腎單位為腎小體及細尿管構成。淡水魚之細尿管與海水魚不同，兩者比較時，海水魚已退化部分欠缺。

血液流入腎臟中，通過絲球體中之毛細血管內時，血液中之血球、蛋白質等大分子濾過，其他血漿成分在絲球體囊擴散。絲球體囊中排出血漿成分之液體，移向細尿管，成為尿而排泄。

1—2 尿量

就絲球體而言，過濾血液產生絲球囊液之量，稱為絲球體過濾值（Glomerular filtration rate, GFR），此液量在細尿管中極少再吸收，有時甚至分泌增加成為尿量。

GFR 依血壓或腎臟之血液量以及其他因素而變化，尿量與 GFR 有關，如美國鰻之尿量與 GFR 呈直線關係。

$$\text{尿量} = \frac{1}{1.30} (\text{GFR} - 2.91)$$

尿量用採尿器具蒐集，魚類處理方法，以壓迫（Stress）方式，故值變動很大，很難得到一定值。

一般魚類之尿量，以淡水魚較多，海水魚較少。淡水魚中虹鱒為 38.4 ~ 112.8 ml/Kg/day，鯉魚 26.4 ~ 259.2 ml/Kg/day，金魚 40 ~ 328.8 ml/Kg/day，*Anguilla vulgaris* 9.7 ~ 35.0 ml/Kg/day，美國鰻 22.5 ~ 28.6 ml/Kg/day，又海水魚之 *Platichthys flesus* 為 14.4 ~ 68.8 ml/Kg/day，*Lophius piscatorius* 3.3 ~ 54.4 ml/Kg/day。魚類在淡水或海水兩方面之耐性，在淡水中較海水中尿量多，虹鱒在淡水中為 38.4 ~ 112.8 ml/Kg/day，在海水中為 0.5 ~ 1.0 ml/Kg/day，白鰻在淡水中為 46.8 ~ 61.7 ml/Kg/day，在海水中為 7.0 ~ 11.5 ml/Kg/day，歐洲鰻在淡水中 12.6 ~ 84.0 ml/Kg/day，在海水中 6.0 ~ 25.5 ml/Kg/day，*Fundulus kansae* 在淡水中 200 ml/Kg/day，在海水中

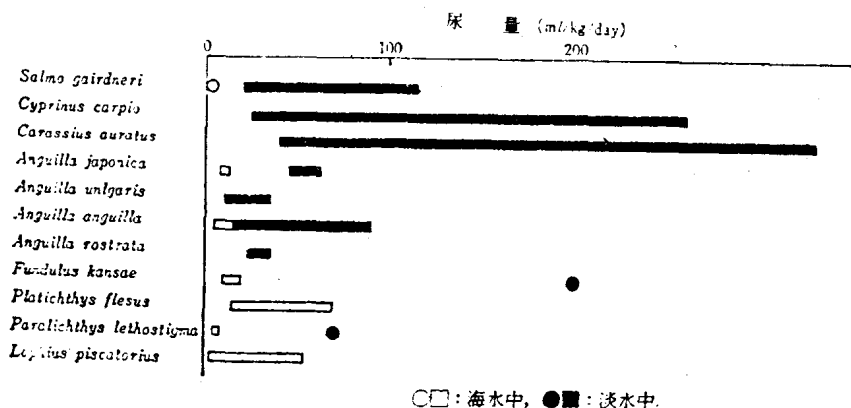


圖 4：魚類尿量之比較

為 $9 \sim 21 \text{ ml/Kg/day}$ ，*Paralichthys lethostigma* 在淡水中為 69.6 ml/Kg/day ，在海水中為 $5.3 \sim 8.6 \text{ ml/Kg/day}$ 。此等魚類之尿量比較如圖 4 所示，又其尿量依溫度而變化，一般溫度上昇尿量增加，詳如圖 5。

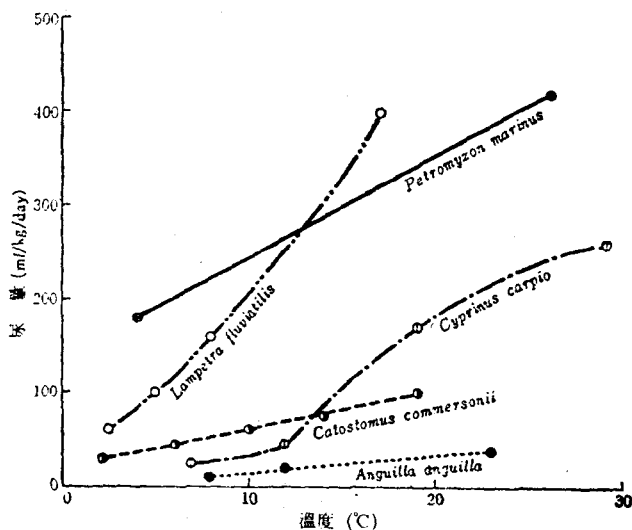


圖 5：魚類之尿量以及溫度之影響

1—3 尿中之電解質

尿中所含電解質，主要有鎂、鈣、鈉、鉀、氯、硫酸、磷酸等離子，詳如圖 6。

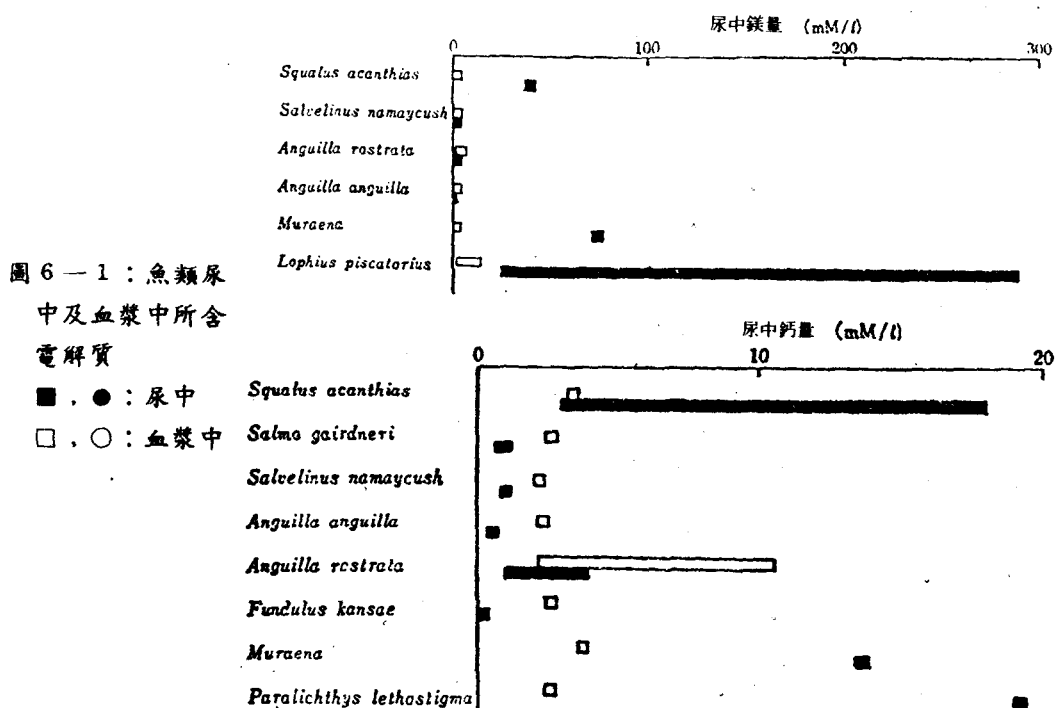


圖 6—1：魚類尿中及血漿中所含電解質

■, ●: 尿中
□, ○: 血漿中

Squalus acanthias
Salmo gairdneri
Salvelinus namaycush
Anguilla anguilla
Anguilla rostrata
Fundulus kansae
Muraena
Paralichthys lethostigma