

不同體型之日本鰻的滲透壓調節

陳冠如¹、蕭玉晨¹、葉怡均¹、楊順德¹、劉富光²

¹水產試驗所淡水繁養殖研究中心、²水產試驗所



前言

鰻魚為重要之經濟養殖魚種，養殖所需之鰻苗皆靠天然捕獲，鰻苗資源與鰻魚產業息息相關，但是天然鰻苗資源豐歉不一，影響鰻魚產業的永續發展，所以許多國家積極進行鰻魚人工繁殖研究，期能建立鰻魚完全養殖。目前對於誘導種鰻成熟產卵之技術已較能掌握，但孵化出之鰻苗卻僅能短暫存活，日本研究團隊雖於 2010 年成功達到鰻魚完全養殖，但至今仍無法穩定量產，關鍵點之一在於孵化後鰻苗飼育條件與環境設施不盡理想 (Okamura et al., 2014)，因此探討其對環境條件之需求與生理變化，有助於量產技術之建立。

日本鰻 (*Anguilla japonica*) 為一降海洄游 (catadromous) 魚類，成熟時降海到北太平洋馬里亞納群島以西的海域產卵，孵化後之柳葉鰻 (leptocephali) 會隨著表層溫暖的北赤道洋流及黑潮往東北亞大陸棚移動 (Tsukamoto, 1992, 2006)。柳葉鰻具有透明的葉片狀外觀，使其能隨著洋流飄流數個月直到變態成流線型且透明的玻璃鰻 (glass eel)，進入東亞沿海地區 (Tsukamoto, 1992; Schmidt, 1922; Kimura et al., 1994) 並向沿岸河口聚集。當玻璃鰻身上出現黑色素後稱為

鰻線 (elver)，溯河至河川或是在河口域棲息、成長期間，身體變為黃綠色則稱為黃鰻 (yellow eel)。黃鰻經過數年成長後，變態為銀鰻 (silver eel)，此時其性腺逐漸發育、眼睛比例變大，腹部轉變為銀白色，胸鰭變黑，消化道逐漸萎縮、減少甚至不再進食，並往河口方向遷徙，開始進行降海洄游產卵，繁衍下一代，完成其生活史 (Tesch, 1977; Tsukamoto, 1992)。鰻魚之生活周期環境水體變異甚大，其中又以柳葉鰻、玻璃鰻至鰻線之過程為現今亟欲突破之瓶頸，每個階段的生活環境有所不同，水域鹽度的差異為其中要項。

一般而言，水生動物在面臨周遭水域鹽度變化時，生理機制會產生不同之調適 (Gaumet et al., 1995; Vonckt et al., 1998; Hansen et al., 1999)。依照對鹽度變動的適應程度，可概分為廣鹽性 (euryhaline) 和狹鹽性 (stenohaline) 生物，但生物也有可能受到其他因素影響而改變原來之屬性，而依照水生動物對鹽度變動的調適方式則可分為滲透壓順成者 (osmoconformer) 及滲透壓調節者 (osmoregulator)。滲透壓順成者體液之滲透壓隨著外界環境鹽度變化而改變；而滲透壓調節者則指當外界環境鹽度變化時，可維持體液之滲透壓的恒定。但是滲透壓調節是需要

能量的，在等滲壓條件下，生物體較不需耗費能量來調節滲透壓。鰻魚在柳葉鰻時期因其外觀為葉片狀，相較下比一般海水魚苗需耗費較多能量來調節滲透壓。研究指出，日本柳葉鰻之體內滲透壓介於 360 – 540 mOsm/kg H₂O，比海水滲透壓 (1,050 mOsm/kg H₂O) 低，因此將日本柳葉鰻飼養於稀釋海水 (17.5 psu) 中，可減少調節滲透壓之耗能，可提高活存率及促進成長 (Okamura et al., 2009; Lee et al., 2013)。本研究探討不同體型的鰻魚對環境鹽度之滲透壓調適，以作為鰻魚人工繁殖育苗環境條件之參考。

材料與方法

一、鰻線

鰻線 1,000 尾，購自鹿港當地採捕業者，平均體長為 53.7 ± 1.6 mm，體重為 0.13 ± 0.01 g。運送時水體之鹽度為 17 psu，故先均分至預先注滿水體鹽度為 17 psu 之 500 L 塑膠圓形養殖槽，再以漸進方式 (約 1–2 psu/day) 調整水體鹽度分別為 0、18 及 26 psu，飼料方面則先以紅筋蟲飼育數天後再酌量以幼鰻粉料添加調成練餌餵食。

二、鰻魚體液及血液滲透壓分析

鰻線時期，自各試驗組逢機撈取鰻線 8 尾，拭乾後分別置於 1.5 ml 之錐形離心管內，經 -20℃ 凍結後，再以研磨棒均質後，以 12,000 rpm 離心 5 分鐘後，抽取上清液進行滲透壓分析。將鰻線分別蓄養於水體鹽度分別為 0、18、26 psu 之水槽至可以抽取血液後，各組依照體重分為 < 50 g、50–100 g 及

> 100 g 三種體型，自尾柄抽取血液，以 4,500 rpm 離心 5 分鐘後取血漿分析滲透壓，滲透壓分析儀採沸點上升之原理測定 (vapor pressure osmometer, WESCOR Inc, USA)。

結果與討論

剛購入之鰻線即進行第一次採樣分析，其體液滲透壓值為 480 mOsm/kg H₂O；接著分別蓄養於水體鹽度 0、18 及 26 psu 之環境下，其水體滲透壓值分別為 102、607 及 845 mOsm/kg H₂O。第二次採樣時鰻魚平均體重為 0.42 g，三組試驗魚之體液滲透壓值為 410.7 ± 63.0 、 488.0 ± 12.2 及 542.4 ± 31.7 mOsm/kg H₂O。若以鰻魚體液滲透壓值 (Y) 與環境水體之滲透壓值 (X) 作線性迴歸，二者具極明顯相關性，直線迴歸式為 $Y = 390.49 + 0.17X$ ； $r = 0.99$ ，說明在此時期，鰻線之體液滲透壓與水體滲透壓變化較偏向滲透壓順成者，上述迴歸線與等滲透壓線 (isosmotic line) 交叉之滲透壓點為 472.4 mOsm/kg H₂O (圖 1)。

將鰻線分別蓄養於鹽度分別為 0、18、26 psu 之水體環境至可以抽取血液後，各組依照體重分為 < 50 g、50–100 g 及 > 100 g 三種體型，分別採樣 5 尾分析血漿滲透壓值。比較各試驗組不同體型鰻魚之滲透壓值，體重小於 50 g 者，蓄養於上述不同鹽度環境之滲透壓值分別為 318.8、359.2 及 346.4 mOsm/kg H₂O，若作環境水體與鰻魚血液二者間滲透壓相關性之迴歸式為 $Y = 318.759 + 0.0438X$ ； $r = 0.8055$ ，推知其等滲透壓點為 333.36 mOsm/kg H₂O (圖 2)。體重 50–100 g

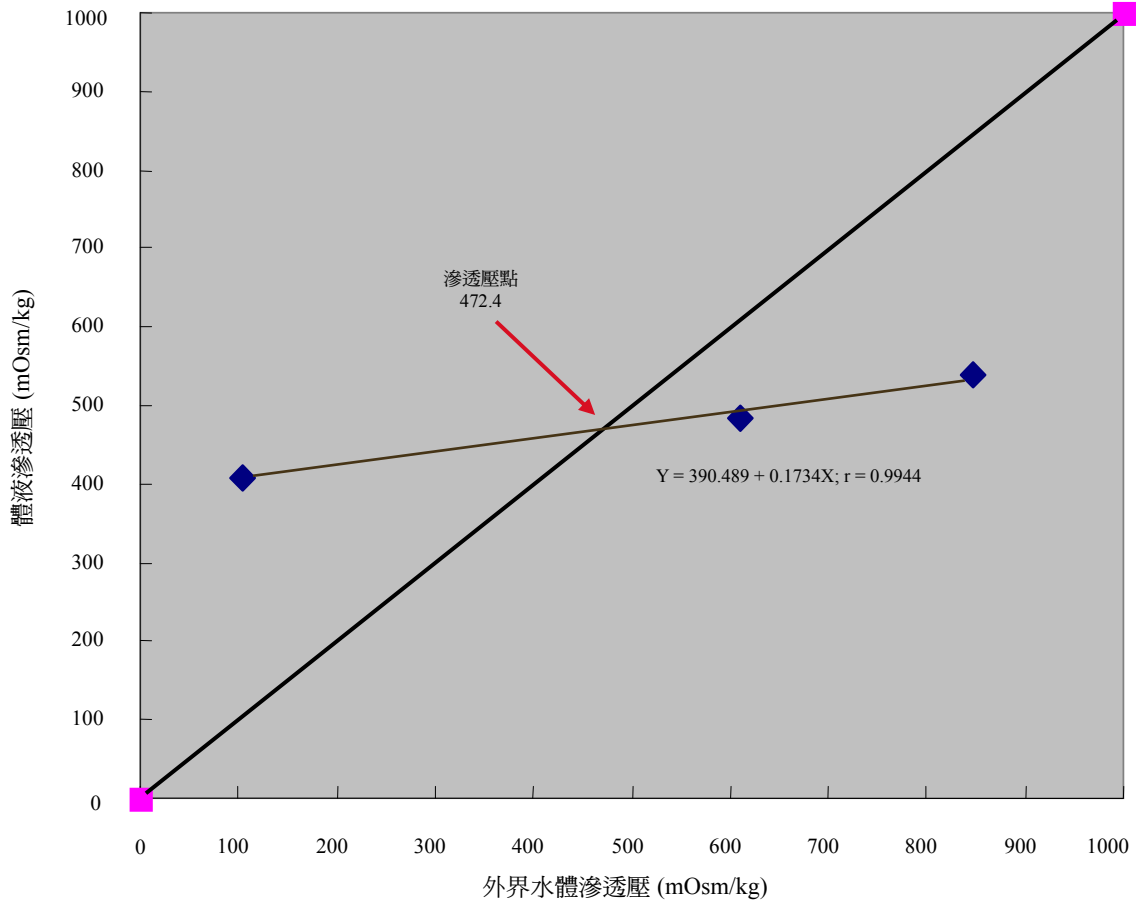


圖 1 飼養在不同鹽度下，鰻線之體液滲透壓與外界水體滲透壓之關係 (平均體重 0.42 g)

之鰻魚在三種環境下，滲透壓值分別為 314.6 (0 psu)、334.0 (18 psu) 及 358.0 (26 psu) mOsm/kg H₂O，其環境水域與鰻魚血液二者間直線迴歸式為 $Y = 306.895 + 0.05525X$; $r = 0.9645$ ，等滲透壓點為 324.84 mOsm/kg H₂O (圖 3)。體重在 100 g 以上之鰻魚蓄養於不同鹽度環境之滲透壓值分別為 318.8、323.2 及 348.0 mOsm/kg H₂O，其環境水域與鰻魚血液二者間直線迴歸式為 $Y = 312.128 + 0.03448X$; $r = 0.8312$ ，推測其等滲透壓點為 323.27 mOsm/kg H₂O (圖 4)。此外，如不考

量鰻魚體型，則蓄養於 0、18 及 26 psu 水體環境下的平均滲透壓值分別為 317.4、338.8 及 350.8 mOsm/kg H₂O。

以鰻魚體重與等滲透壓值作圖 (平均體重/滲透壓值分別為 0.423 g/472.4 mOsm/kg H₂O、24.5 g/333.36 mOsm/kg H₂O、56.8 g/324.84 mOsm/kg H₂O 及 144.6 g/323.27 mOsm/kg H₂O)，可得直線迴歸式為 $Y = 404.719 - 0.7291X$; $r = -0.6319$ ，說明不同成長時期或不同體型大小之鰻魚，對環境鹽度滲透壓調節之恆定點不同且與體重呈負相

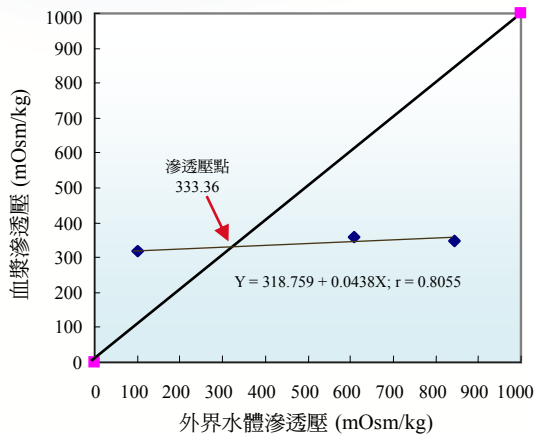


圖 2 飼養在不同鹽度下，幼鰻之血漿滲透壓與外界水體滲透壓之關係 (平均體重 24.5 g)

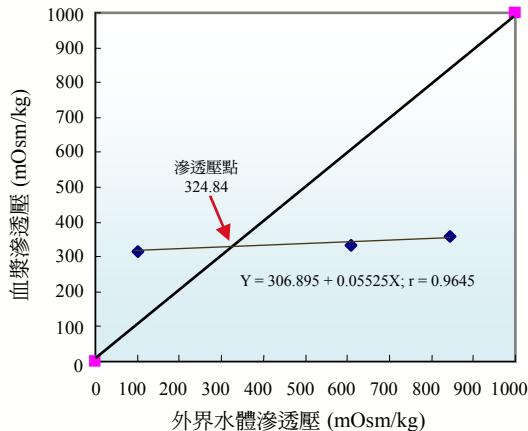


圖 3 飼養在不同鹽度下，幼鰻之血漿滲透壓與外界水體滲透壓之關係 (平均體重 56.8 g)

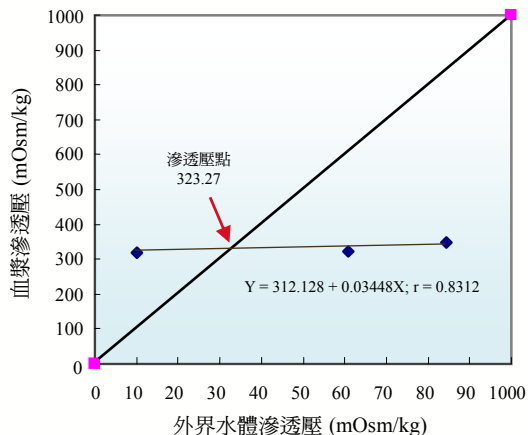


圖 4 飼養在不同鹽度下，鰻魚之血漿滲透壓與外界水體滲透壓之關係 (平均體重 144.6 g)

關。Hulet and Robinson (1989) 採集糯鰻科 (Congridae)、鰻科 (Muraenidae)、蛇鰻科 (ophichthidae)、海鰻科 (Muraenesocidae)、擬鰻科 (Chlopsidae)、長頸鰻科 (Derichthyidae) 和鋸齒鰻科 (Nettastomatidae) 之柳葉鰻樣本，分析後顯示其血液滲透壓介於 518–1057 mOsm/kg H₂O，且隨著體長增加其血液滲透壓逐漸降低。Lee et al. (2013) 比較日本柳葉鰻 (飼養於海水)、玻璃鰻 (飼養於海水)、成鰻 (分別飼養於海水及淡水) 之體液滲透壓，分別為 430、410、310 及 290 mOsm/kg H₂O，此研究結果顯示，在海水養殖的條件下，鰻魚滲透壓調節均高於淡水環境，且隨著成長階段不同，鰻魚體液滲透壓值有降低的趨勢。推測原因可能是在柳葉鰻階段，其鰓尚未發育完全，主要藉著體表的粒線體豐富細胞 (mitochondrion-rich cell) 進行滲透壓調節，並將多餘的 Na⁺ 和 Cl⁻ 釋放出體外，當變態至玻璃鰻時，滲透壓調節開始從體表轉移至鰓上皮細胞 (Sasai et al., 2007)，鰓部功能漸趨完整，在調節滲透壓方面也能漸趨穩定 (Lee et al., 2013)。

由本試驗結果可推論：(1)不同成長時期或不同體型大小之鰻魚，對環境水域鹽度的調節能力不同，幼鰻時期或體型較小者較易受環境水體鹽度之影響；(2)不同成長時期或不同體型大小之鰻魚，對環境鹽度滲透壓調節之恆定點不同且與體重呈負相關；(3)日本鰻各體型與等滲透壓值之間，可得直線迴歸式為 $Y = 404.719 - 0.7291X$ ； $r = -0.6319$ ，當鰻苗體重 (X 值) 極小時，滲透壓值 (Y 值) 約為 400 mOsm/kg，但此是否為剛孵化鰻苗較適合的培育鹽度則有待進一步的探討。