

底拖網之混獲防止技術及其評估方法

Trawls with Separator-panel for Bycatch Reduction and Evaluation Methodology of Their Selective Performance

東海 正¹

Tadashi Tokai

吳金鎮² 譯

Chin-Cheng Wu

前言

為減少拖網漁業的混獲與丟棄 (bycatch and discards)，已經做了相當多有關拖網漁具的選擇性研究，其中部份係針對囊網的網目選擇，以期減少混獲目標魚種之幼魚，特別是漁獲單一魚種的漁業 (mono-species fisheries) (Jean, 1963)；而為改進一些影響囊網網目選擇性能的因子，在 ICES 會員國中已做了部份研究如網目的伸張長度、囊網直徑 (Reeves et al., 1992)、網線直徑等。此外在多獲性魚種 (multi-species fisheries) 之拖網作業中，如何以網目選擇來降低商業魚種幼魚之混獲也相當重要。相關研究報告指出，熱帶、亞熱帶海域的蝦拖網漁業，是典型的多獲性魚種漁業，通常配有小網目之囊網以捕獲蝦類，也因此造成小於市場規格的魚類遭拋棄或被混獲。日本近年來已針對在內海作業的桁桿式蝦拖網作了相當多的網目選擇性研究 (Tokai and Kitahara, 1989, 1991 ; Tokai et al., 1990 ; Tokai and Sakaji, 1993 ; Tokai et al., 1994)。Tokai and Kitahara (1991) 指出，雖然增大蝦拖網網目能釋放小於市場上市規格之蝦類並可導致混獲的降低而不減少蝦類漁獲，但一些魚類仍然被留在囊網中，也解決不了魚獲丟棄

(discards) 的問題。

目前利用選擇性漁具，將目標魚種由混獲中分離的技術已經發展出來。如選擇性蝦拖網 (High et al., 1969 ; Siedel, 1975 ; Watson, J. W. and C. McVea, 1977)，上下兩層分離網 (two-level trawl) (Main and Sangster, 1985 ; Galbraith and Main, 1989)，海龜逃脫器 (TED net) (Watson et al., 1986)，方形網目窗板 (Square mesh window panel) (Robertson and Stewart, 1988 ; Glass and Wardle, 1995 ; Broadhurst et al., 1996)，硬式柵欄 (Nordmøre grid) (Isaksen et al., 1992) 以及 Sort-X (Larsen and Isaksen, 1993) 等都是。

從漁業管理的角度來看，由於吾人對此等漁具的選擇效益所知甚少，故對於此等新漁具的選擇績效 (或性能) 必需再作評估。這些選擇性漁具中大部份成功的案例都組合了分離板 (separator panel) 或柵欄 (grid) 的裝置。初始，這些平板大都由網片縫製而成，近年來則使用金屬棒作成分離柵欄 (separator grid)。Isaksen 等 (1992) 提出在挪威蝦拖網漁業中使用分離柵欄，其棒桿間隔大小就類似於囊網網目大小具有魚蝦分離的同有效果。Tokai 等 (1996) 模擬出柵欄分離裝置的選擇性可以魚體長度與棒桿間隔的函數來表示，並能以主要曲線分析方法

¹ 日本東京水產大學

Department of marine Science and Technology, Tokyo University of Marine

² 高雄海洋科技大學漁業系

Department of Fishery, National Kaohsiung Marine University

(master curve analysis method) 來分析網目的選擇性 (Tokai and Kitahara, 1989, 1991 ; Tokai et al., 1990 ; Tokai and Sakaji, 1993 ; Tokai et al., 1994)。Isaksen 等 (1992) 亦證明若柵欄分離裝置加裝導引漏斗 (guiding funnel) 將會更有效率 (圖 1)。究竟導引漏斗在魚蝦分離機制中扮演何種角色？另在拖網網具中加裝由網地製成的方形網目窗板或是分離板，也存在網目規格的选择性，本文即提出利用接觸機率 (encounter probability) 來評估方形網目窗板 (square mesh window) 的選擇性。

接觸機率模式 (Encounter probability model)

一般而言，所謂網目選擇性，可以說就是魚體有效接觸分離柵欄、方形網目等分離裝置的殘留率 (retention probability)。一些利用水中電視觀察的試驗顯示，圍繞在這些分離裝置附近的所

有魚類並不會全部接觸到它而試圖逃脫，這意謂著我們必須考慮魚類接觸到這些分離裝置的機率。本文利用接觸機率模式，在分離裝置上加裝覆蓋網的漁撈作業試驗中，所獲得的魚體接觸數據，將可用來評估這些分離裝置的接觸機率。

個案 1 硬式柵欄 (Nordmøre grid)

利用小型桁拖網漁船 (small beam trawls)，加裝柵欄式分離裝置，柵欄中之棒桿間距 (bar spacing) 分別是 8、10 及 15 mm，來探討 6 種蝦類逃脫至覆蓋網之柵欄規格選擇性。其中 5 種蝦類 (除灣角鷹爪對蝦 southern rough shrimp 外) 之殘留率依柵欄的棒桿間距，由 0 增到 1，但灣角鷹爪對蝦的殘留率並未趨近於 0 (表示未能全部逃脫)，此係因部份蝦體體寬大於棒桿間距而被留置網內。因此，Tokai 等 (1996) 表示，不能以對數型曲線來表示此種蝦類之柵欄選擇性曲線，而改以下列方式來描述：

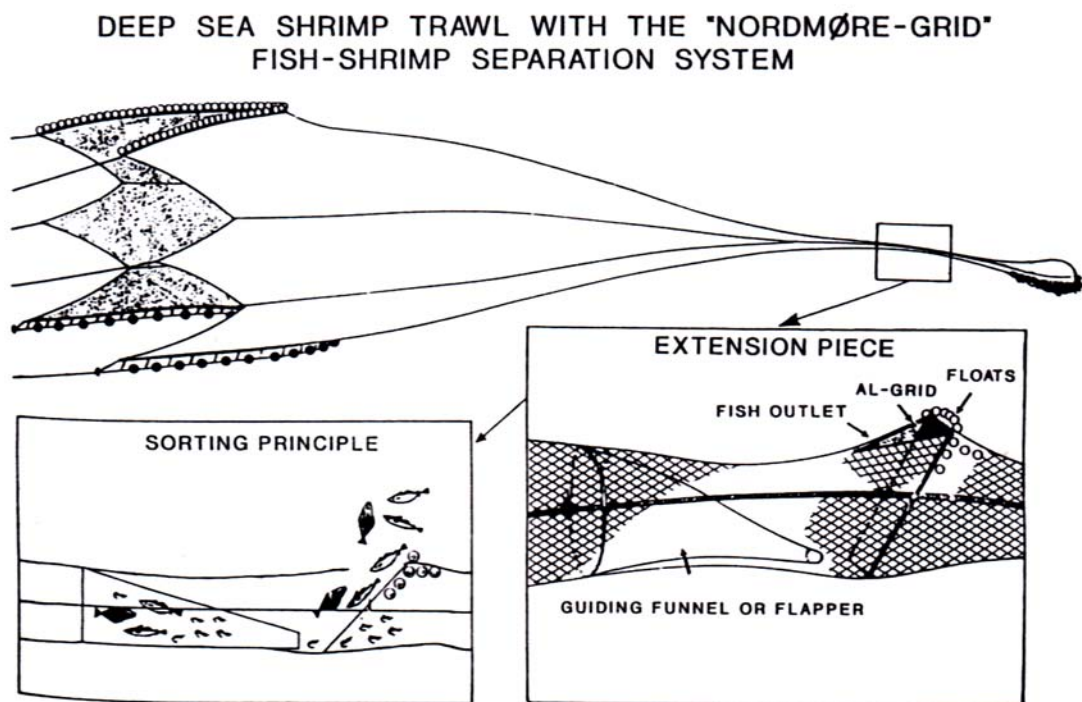


圖 1 Illustration of a three-bridle high-opening shrimp trawl with the “Nordmøre-grid” mounted in the aft belly. (Isaksen et al., 1992)

$$S(R) = P_g / [1 + \exp(\alpha - \beta R)] + 1 - P_g \text{-----}(1)$$

R : 蝦類體寬 (body width of shrimp) / 柵欄棒桿間距 (bar-spacing of the grid)

P_g : 接觸機率 (encounter probability)

上式中之參數 α 、 β 及 P_g 之估計值分別為 18.4, 17.0 及 0.848 (原作誤值為 0.152)。

(1) 式中包含接觸機率 P_g 及一個對數方程式 $1/\{1+\exp(\alpha-\beta R)\}$ ，經常被用來測試拖網網具中囊網的網目選擇性，相關機制詳如圖 2。

Tokai 等 (1996) 分別以 normal fish out-let 與 blocked fish out-let 作漁撈試驗，將各參數值代入對數方程中，確認了魚類接近柵欄式分離裝置時的殘留率 (retention probability)。

事實上，變數 $1-P_g$ 等於 0.152 的值顯著地大於 0。這表示，15.2% 蝦類將會逃脫。通常，一個 Nordmøre grid 分離裝置之系統包含一個柵欄、一個魚類逃脫口 (fish outlet)，還有一個導引漏斗可引導魚蝦類來正對柵欄。Isaksen 等 (1992) 之報告中指出，在作業試驗中若未加裝導引漏斗則會有相當高的蝦類逃脫率 (40%)；Renaud 等 (1993) 在以喬治亞海龜逃脫器 (Georgia TEDs) 之作業試驗中亦有類似結果，有加裝導引漏斗者與未裝者的蝦類逃脫率分別為 3.6% 與 13.6%。因此，以變數 P_g 來量度魚類接觸柵欄的比例，可以視為導引漏斗的有效量化指標。

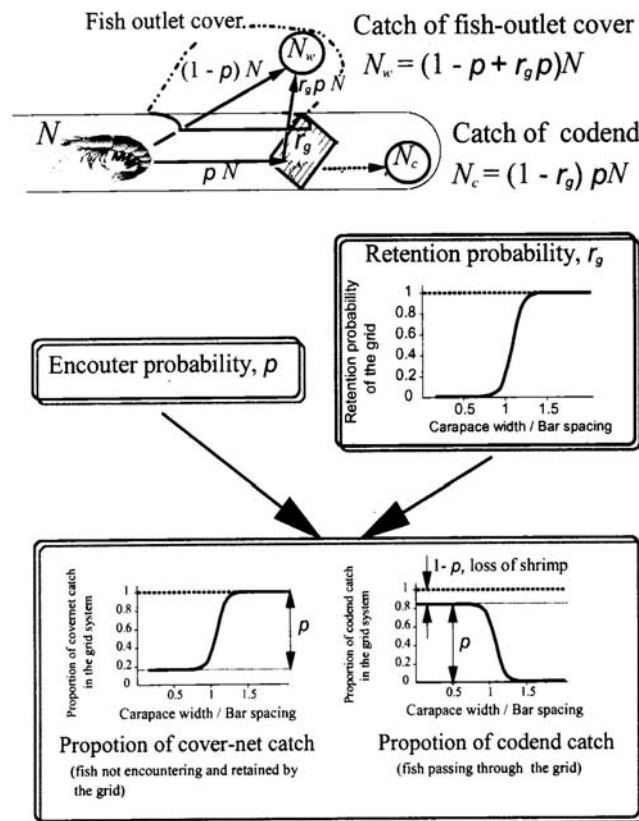


圖 2 Encounter probability model of grid separator for shrimp

P : Probabilith of fish encountering the grid

r_g : Retention probailith of the grid, when fish encounter it

個案 2 方形網目窗板 (square mesh window)

類似的模式與裝置 (圖 3), 可用來評估單獨使用方形網窗或全部囊網結合部份方形網窗的殘留率 (Tokai et al., 1996 ; Anon, 1996)。這類模式需要收集漁撈作業試驗中, 使用囊網與方形網目窗口覆蓋網的漁獲相關資料。

經由水下攝影機觀察魚類在窗口 (window) 附近徘徊的行為可發現並不是所有的魚類都會接觸到方形網目窗板, 魚類接觸到窗口的機率可以被描述為接觸機率, 以 P_w 表示。則方形網目窗板的殘留率 $r_w(\ell)$ 可以下式表示:

$$r_w(\ell) = [P_w N(\ell) - N_w(\ell)] / P_w N(\ell) \text{-----}(2)$$

式中, $N(\ell)$ 與 $N_w(\ell)$ 分別表示體長 ℓ 進入網

具的魚類尾數與從窗口逃出的魚類尾數。當然, 部份魚類會由囊網部逃脫, 而囊網則另有其網目選擇性。若囊網外覆蓋網的漁獲量設為 $r_c(\ell)$, 則全部的選擇性 (囊網與方形網目窗板) $r(\ell)$ 可以下式表示:

$$r(\ell) = [1 - P_w + P_w * r_w(\ell)] r_c(\ell) \text{-----}(3)$$

上式中, $r_c(\ell)$ 表示囊網的選擇性。式(3)實質上包含了囊網與方形網目窗板的選擇性, 亦即有二個殘留率與接觸機率。本文中, 我們所關注的是網窗 (window panel) 的選擇過程, 不論魚類是否被網窗所攔留或迴避網窗都被視為將進入囊網部。

利用 $r_w(\ell)$ 之對數模式, 魚體進入囊網對全部魚類的比例可以表示成:

$$N_w(\ell) / N(\ell) = P_w * r_w(\ell) + 1 - P_w$$

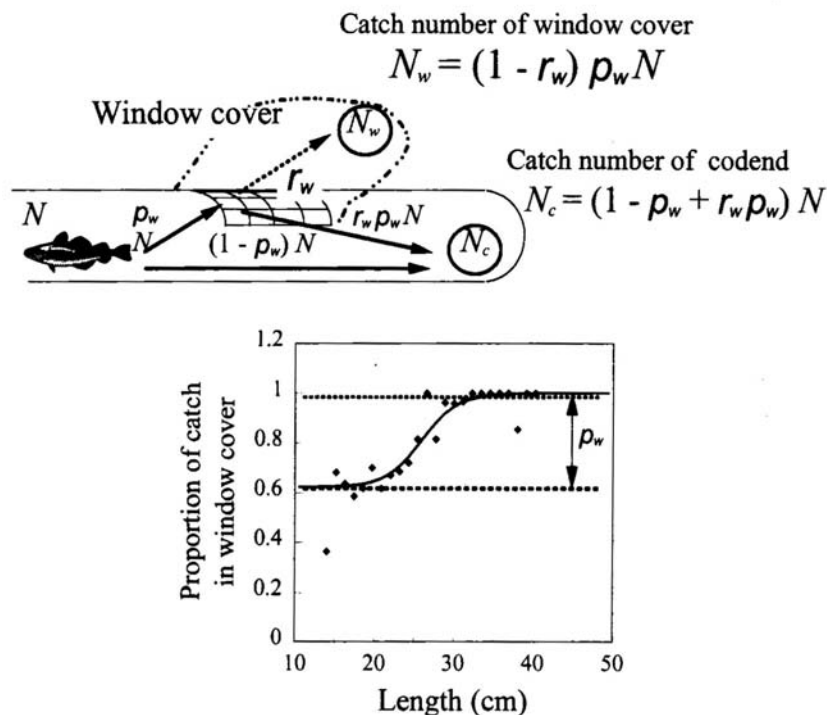


圖 3 encounter probability model of square mesh window

p_w : Probability of fish encountering the window

r_w : Retention probability of the window, when fish encounter it

Example from haul no. 4 in window cover experiments for haddock (Anon, 1996)

$$= P_w / [1 + \exp(\alpha_w - \beta_w \ell)] + 1 - P_w \text{ -----(4)}$$

(4)式與(1)式之形式雷同。

(4)式的代數方程式中的變數 α_w 、 β_w 與接觸機率 P_w 等由網窗和囊網覆蓋網之選擇性實驗之數據資料，引用自蘇格蘭 SOAFED 海洋實驗室 (Tokai et al., 1996 ; Anon, 1996)。其中黑帶紋鱈 (haddock) 之接觸機率的估計值為 0.26 – 0.76 (平均值為 0.49)，並沒有預期的高。更有趣的結果是黑帶紋鱈 (haddock) 與狹鱈 (whiting) 間之接觸機率的差異，前者的平均值是 0.49，後者則為 0.76。由水下攝影機觀察得知，狹鱈具有較強的活動力，可在囊網前的延伸部沿著網窗板面活動最後落入囊網中。

此外，在阿根廷的拖網作業試驗中加裝方形網窗並未能達到使無鬚鱈 (hake) 幼魚逃脫的顯著效果，推測可能是置於囊網前面的方形網窗的位置不佳所造成，或是在此海域作業時方形網窗應再加大，(Ehrhard et al., 1996)。因此，接觸機率將因魚種、網具結構的差異而不同。

本文中對接觸機率模式的文獻回顧，將有助於評估選擇性績效，以便在設計或修正網具加裝分離裝置時之參考。同時，模式中之變數，如無特殊的統計軟體如 S-plus，仍然可藉 maximum likelihood 分析法以 MS-Excel 之 SOLVER 軟體來估計出，如 Tokai (1997) 所作之網目選擇分析。此外，兩個魚種間的分離效率包含想要與不想要的魚類已被 Tokai 等 (1997) 所定義。

至於使用的分離器之規格選擇性 (size-selectivity)，係依網目大小，柵欄式則依其棒桿間距來決定；分離效率不僅取決於網目 (或棒桿間距) 之大小，亦取決於每一魚種種群的體長頻度。此適當的網目 (或棒距) 大小將能決定較佳的篩選機制而獲最大分離效率 (Omoto and Tokai, 未出版)。網目選擇的主要曲線分析法 (Tokai and Kitahara, 1989 ; Tokai et al., 1994) 與柵欄式分離裝置的選擇性 (Tokai et al., 1996)

亦有助於決定其適當的棒桿間距。

參考文獻

1. Anon (1996) Selectivity of square mesh windows in fish and nephrops trawls. EU STUDY CONTRACT 1994/084.
2. Broadhurst, M. K., S. J. Kennelly and G. O'Doherty (1996) Effects of square-mesh panels in codends and of haulback delay on bycatch reduction in the oceanic prawn-trawl fishery of New South Wales, Australia. Fish. Bull., 94: 412-422.
3. Ehrhard, N. M. Erocli, J. C. Garcia, J. D. Bartozzetti and A. Izzo (1996) Influencia de la cantidad de captura en la selectividad de mallas diamante y cuadrada in redes areratre la merluza cornun (*Merluccius hubbsi*) e implicancias sobreel potencial. Rev. Invest. De Pesq., 10: 31-43.
4. Galbraith, R. D. and J. Main (1989) Separator panels for dual purpose fish/prawn trawls. Scottish Fisheries Information Pamphlet, 16: 1-8.
5. Glass, C. W. and C. S. Wardle (1995) Studies on the use of visual stimuli to control fish escape from codends. II. The effect of a black tunnel on the reaction behaviour of fish in otte trawl. Fish. Res., 23: 165-174.
6. High, W. L., I. E. Ellis and L. D. Lusz (1969) A progress report on the development of shrimp trawl to separate shrimp from fish and bottom-dwelling animals. Commer. Fish. Rev., 31: 20-33.
7. Isaksen, B., J. W. Valdemarsen, R. B. Larsen and L. Karsen (1992) Reduction of by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. Fish. Res., 13: 335-352.
8. Jean, Y (1963) Discards of fish at sea by northern New Brunswick draggers. J. Fish. Res. Bd. Can., 20(2): 497-524.

9. Larsen, R. B. and B. Isaksen (1993) Size selectivity of rigid sorting grids in bottom trawls for Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). ICES mar. Sic. Symp., 196: 178-182.
10. Main, J. and G. I. Sangster (1985) Trawling experiments with a two-level net to minimise the undersized gadoid by-catch in a Nephrops fishery. Fish. Res., 3: 131-145.
11. Reeves, S. A., D. W. Armstrong, R. J. Fryer and K. A. Coull (1992) The effect of mesh size, cod-end extension length and cod-end diameter on the selectivity of Scottish trawls and seines. ICES J. Mar. Sic., 49: 279-288.
12. Renaud, M., G. Gitschlag, E. Klima, A. Shah, D. Koi and J. Nance (1993) Loss of shrimps by turtle excluder devices (TEDs) in coastal waters of the United States, North Carolina to Texas: March 1988-August 1990. Fish. Bull., U.S. 91: 129-137.
13. Robertson, J. H. B. and P. A. M. Stewart (1988) A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. J. Cons. Int. Explor. Mer., 44: 148-161.
14. Siedel, W. R. (1975) A shrimp separator trawl for the southeast fisheries. Proc. Gulf Calibb. Fish. Inst. 27th Ann. Sess., 66-76.
15. Tokai, T. (1997) Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel. Bull. Jap. Fish. Oceanogr., 61: 288-298 (In Japanese).
16. Tokai, T., G. Holtrop, J. H. B. Robertson, C. W. Glass and R. S. T. Ferro (1996) Model of selectivity of codend with square mesh window in the cod-extension. Abstracts for the Meeting of Japanese Society of Fisheries Scientific, April, 7 (In English).
17. Tokai, T., H. Ito, Y. Masaki, Y. Kamijyou, Y. Yokomatsu and K. Andou (1989) Mesh selectivities of shrimp trawinets to flatfish. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 22: 35-46 (In Japanese, with English abstract).
18. Tokai, T., H. Ito, Y. Masaki and T. Kitahara (1990) Mesh selectivity curves of a shrimp beam trawl for southern rough shrimp *Trachypenaeus curvirostris* and mantis shrimp *Oratosquilla oratoria*. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1231-1237.
19. Tokai, T. and T. Kitahara (1989) Methods of determining the mesh selectivity curve of trawinet. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 643-649.
20. Tokai, T. and T. Kitahara (1991) Fisheries management of a small shrimp trawl in the Inland Sea of Japan-Discarded fishes and mesh size regulation. Marine Pollution Bulletin, 23: 305-310.
21. Tokai, T., S. Ornoto and K. Matuda (1994) Mesh selectivity of unmarketable trash fish by a small fishery in the Seto Inland Sea. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1231-1237. (In Japanese)
22. Tokai, T., S. Ornoto, R. Sato and K. Matuda (1996) A method of determining selectivity curve of separate grid. Fish. Res., 27: 51-60.
23. Tokai, T., S. Ornoto, Y. Fujimori, H. Kanehiro and K. Matuda (1997) Species-separation efficiency of small beam trawl for mantis shrimp in Tokyo Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 63: 715-721. (In Japanese).
24. Watson, J. W. and C. McVea (1977) Development shrimp trawl for southeastern United States penaid shrimp fisheries. Mar. Fish. Rev., 39(10): 18-24.
25. Watson, J. W., J. F. Mitchell and A. K. Shah (1986) Trawling efficiency device: a new concept for selective shrimp trawling gear. Mar. Fish. Rev., 48: 1-9.