

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

台灣東部沿海密毛龍蝦之性別-季節個體模式及資源評估 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2313-B-002-065-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學海洋研究所

計畫主持人：孫志陸

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：張以杰
協同研究人員：Dr. Yong Cheng、葉素然

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月31日

本研究已發表於國際期刊 **Marine Biology**：

Chang Y.J., C.L., Sun, Y. Chen, S.Z. Yeh and W.C. Chiang (2007). Reproductive biology of the spiny lobster (*Panulirus penicillatus*) in Southeastern Coastal water off Taiwan. *Marine Biology*, 151: 553-564.

精簡報告內容

一、前言

密毛龍蝦分布範圍在印度-西太平洋海域，自非洲東岸、紅海、澳洲、日本至加拉巴哥群島都有其分布(Galapagos Islands) (Holthuis, 1991; George, 1968; Fischer and Bianchi, 1984)，是龍蝦屬中分布最廣的一種，也是唯一分布範圍橫跨太平洋的龍蝦種類(Briggs, 1974; Vermeij, 1980)。密毛龍蝦棲息於迎風面受浪花打擊的珊瑚礁區，棲習深度為4 - 5公尺(George, 1974)；夜間則往較淺的地方移動(MacDonald, 1971; George, 1972)在低潮時甚至可用手捕獲。在台灣東部沿海密毛龍蝦全年皆可捕獲，以沿岸漁業為主，漁獲方式主要是夜間潛水所捕獲及刺網所捕獲(陳, 1992)，為台灣產龍蝦屬中產量較多的種類，尤其在東部海域最為常見，為一相當重要的漁業資源。野生小龍蝦及抱卵的雌蝦常見於魚市場中販售，因此對台灣龍蝦資源需要進一步掌握及管理。

二、文獻探討

在密毛龍蝦生殖生物學方面，有早期關於雄蝦生殖器官及雌蝦精英(Spermatophoric mass)之研究(Matthews, 1951)，以及在夏威夷(Morris, 1968; McGinnis, 1972; MacDonald, 1979)、帛琉(MacDonald, 1988)之研究，但這些研究僅侷限於解剖學的方法，利用外部形態特徵來描述卵巢的成熟度和生殖特徵，並無明確的判斷卵巢之發育狀況和準確的估計性成熟大小。Juinio(1987)在菲律賓利用組織學的方法研究密毛龍蝦的卵細胞發育過程以及Plaut(1993)利用外部的生殖特徵(有無抱卵或有無精英)與步足異速成長的特徵來估計雌性密毛龍蝦性成熟大小，藉以判斷密毛龍蝦的生殖季節，估計孕卵數等研究。在國內有關龍蝦屬的研究，有分類及分布研究(陳, 1992)，生物學研究(何, 1986; 黃等, 1988; 黃, 1998)，然而並無有關密毛龍蝦的研究

三、研究目的

在國內外關於密毛龍蝦的生殖生物學研究資料仍不完整，例如無法準確的估計其性成熟頭胸甲長。野生龍蝦為高經濟價值的漁獲物，且在生態上扮演著重要的角色。有鑑於此，本研究針對台東沿海密毛龍蝦之生殖生物學加以探討，利用

解剖學及組織學的方法，配合影像分析技術，來探討密毛龍蝦之性比、生殖腺發育狀態、生殖季節、50%性成熟頭胸甲長、單次抱卵數及相對生殖潛能。其目的在瞭解台東沿海密毛龍蝦族群生物學的相關特性，並提供有關密毛龍蝦生殖生物學之重要生物參數，做為日後密毛龍蝦資源評估及管理時之依據，以期能達到保護及永續經營該資源的目標。

四、研究方法

(一) 樣本採集

本研究選定台東縣成功鎮附近海域為研究採樣地點。自2003年9月至2004年12月，按月至成功鎮量測漁民潛水及刺網所捕獲的龍蝦(記錄其頭胸甲長; Carapace length [mm]及體重[g])，共連續採樣16個月。並於2004年1月至2004年12月按月採集生殖腺。總計測量得密毛龍蝦樣本2,068尾，其中雌蝦1,037尾，頭胸甲長範圍在35.3 - 115.6 mm；雄蝦1,031尾，頭胸甲長範圍為34.3 - 131.6 mm。雌蝦有採集生殖腺組織者共157尾。

(二) 性比分析

以卡方檢定(Chi-square test)探討密毛龍蝦月份間及體長間性比變化。

(三) 卵細胞及卵巢發育過程

由卵巢組織切片觀察卵細胞生成過程(Oogenesis)，並配合卵巢外部形態特徵，參考Juinio(1987)和Minagawa and Sano(1997)對於卵巢成熟階段之定義，將卵巢成熟情形區分為五個階段：(1)未成熟期(Immature stage)；(2)發育及再發育期(Developing / re-developing stage)；(3)成熟及再成熟期(Ripe / re-ripe stage)；(4)產完卵期(Spent stage)；(5)恢復期(Recovery stage)。

(四) 估計產卵季節

本研究利用三種方法，(1)月份別卵巢成熟度變化，(2)月份別生殖腺成熟指數變化，(3)月份別抱卵率變化來判斷台灣東部沿海密毛龍蝦之產卵季節。

(五) 性成熟體估計

本研究分別以卵巢發育階段及抱卵情形來判斷成熟度，估計密毛龍蝦兩種性成熟時頭胸甲長，即生理上性成熟之頭胸甲長(Size at physiological maturity, SAPM)及功能上性成熟之頭胸甲長(Size at functional maturity, SAFM) (Evans et al., 1995)。由於本研究未採集雄蝦生殖腺樣本，因此參考George and Morgan (1979)之方法，根據龍蝦步足異速成長(Allometric growth)之特徵估計雄蝦功能上性成熟頭胸甲長。

(六) 單次抱卵數估計

本研究隨機選取有抱卵的雌蝦，涵蓋其頭胸甲長分布範圍(Juinio, 1987)，估計密毛龍蝦的單次抱卵數(Brood size)。

(七) 相對生殖潛能

為了探討族群卵生產量與漁獲體長組成的關係，本研究利用雌性密毛龍蝦之

頭胸甲長頻度資料、每一個頭胸甲長間距之抱卵比率以及每一個頭胸甲長間距之平均單次抱卵數，估計密毛龍蝦之相對生殖潛能(Relative Reproductive Potential)。

五、結果與討論

本研究發現密毛龍蝦各月間性比有顯著差異($p < 0.01$)，然而總性比無顯著差異($p > 0.05$)，在體長別性比方面，在頭胸甲長介於60 - 70 mm的樣本，雌蝦所佔的比率較高；頭胸甲長大於80 mm的樣本，則雄蝦所佔的比率顯著較高。本研究之龍蝦為漁民潛水捕獲及刺網所捕獲，比其他研究只用籠具或刺網方法誤差小，因此龍蝦總性比不是1：1(Skewed sex ratio)可能是因為雌雄棲息環境的不同或漁法的差異(Hogarth and Barratt, 1996; Ebert and Ford, 1986)，George(1957)也指出在沒有遷移行為的龍蝦族群，其性比大約為1：1。

本研究依據組織切片觀察卵巢最成熟階段卵細胞發育情形及卵巢外部形態特徵，將卵巢成熟階段劃分為五期，各期之特徵描述如**Figure 1**所示。本研究發現利用組織學方法可以提供詳細描述(Juinio, 1987)，但是利用GSI值亦能區分出密毛龍蝦不同發育階段的卵巢。本研究所估計雌蝦的50%功能性及生理上性成熟頭胸甲長分別為66.63及56.46 mm CL (**Fig. 2**)，與其它學者研究相比較，發現性成熟體長在空間上有很大的變異。在雄蝦方面，以其右側第二及第三步足長度與頭長之關係所估計得生理上性成熟頭胸甲長分別為72.21及74.43 mm CL (**Fig. 3**)。本研究也分析雌蝦右側第二步足長節長度與頭胸甲長之關係，但並沒有觀察到有異速成長之現象，與Juinio(1987)利用雌蝦第三對步足以及Plaut (1993)利用雌蝦第一對、第五對步足長度與頭胸甲長之關係所得結果一樣，並沒有觀察到有異速成長之現象。本研究發現，不論以GSI值、抱卵率、成熟階段來分析，各月份均有成熟的密毛龍蝦出現，5 - 9月為主要的高峰期，因此推測台東沿海密毛龍蝦整年均有生殖活動，以5月至9月間為主要產卵期。在其它密毛龍蝦的研究也指出，密毛龍蝦全年皆可產卵，而主要的生殖高峰在夏季(Morris, 1968; MacDonald, 1979, 1988; Ebert and Ford, 1986; Juinio, 1987)，Plaut(1993)則指出在紅海Gulf of Eilat密毛龍蝦生殖季節為2-10月，在冬季水溫較低時未觀察到有生殖活動的龍蝦，夏季生殖活動力的提高主要是與水溫的上升有關。此外，觀察密毛龍蝦月份別之頭胸甲長別抱卵率(**Fig. 4**)，發現體型較大密毛龍蝦(> 60 mm CL)有先熟的現象(1-3月)，而新成熟的雌蝦(< 60 mm CL)則在4 - 9月成熟，此外在4-7月，大部份的雌蝦皆在此期間生殖，之後的月份龍蝦的抱卵比例又隨之下降，Goñi et al.(2003)研究地中海的*Palinurus elephas*龍蝦以及Briones-Fourzán and Lozano-Alvarez(1992)研究墨西哥沿海的*P. inflatus*及*P. gracilis*龍蝦也發現體型較小的龍蝦生殖期較短，且其生殖季節較晚開始。台灣東部沿海密毛龍蝦單次抱卵數(Y_{BS})與CL (mm)之關係為： $Y_{BS} = 2.4 \times 10^{-3} CL^{4.13}$ ($r^2 = 0.902$, $n = 12$)，本研究結果與不同區域之關係比較如**Figure 5**所示，雖然本研究缺乏體型較大的雌蝦估計單次

抱卵數，但就本研究密毛龍蝦頭胸甲長範圍內所估計的頭胸甲長與單次抱卵數之結果與不同地區所作的研究非常接近，Plaut(1993)也指出在不同海域密毛龍蝦頭胸甲長與單次抱卵數關係應為一個常數。許多研究也指出龍蝦頭胸甲長與單次抱卵數關係不會隨地理上的不同有差異(Morgan, 1972; Lipcius et al., 1997)。在分析族群卵生產量與漁獲體型組成方面，假設密毛龍蝦一年只卵產一次時，則不同體型大小之雌性密毛龍蝦相對生殖潛能如Figure 6所示，頭胸甲長範圍為60-80 mm之龍蝦相對生殖潛能為最高(62.44%)，體型較小或較大的雌蝦相對生殖潛能較低，然而在頭胸甲長為95-100 mm的雌蝦其生產力(Productivity)最高(20.35)。頭胸甲長小於60 mm的龍蝦捕獲數量佔全部雌蝦數量的50%以上，然而其對整個族群全部卵的貢獻比率卻只有7.93%，可知在被捕獲的龍蝦中，體型小且對族群卵貢獻量比率低的小龍蝦佔很大部份，因此亟需注意此漁業現況。本研究觀察所採集樣本中有再發育及再成熟卵巢的龍蝦平均頭胸甲長為70.4 mm，並且已經知道密毛龍蝦一年中可多次產卵，體型較大的龍蝦所產的卵數較多，並且頭胸甲長為95 - 100 mm的龍蝦生殖力(Productivity)為最高(20.35)，因此體型較大的龍蝦(> 80 mm CL)實際上對於族群卵的貢獻量可能比本研究所估計的要高。因此，在日後的管理上，需要進一步估計不同體型大小龍蝦產卵的次數，方能真正了解整個族群卵貢獻量的比率。Jamieson(1993)指出最小合法捕捉體型(Minimum legal size, MLS)的訂立標準，為確保族群中每一個個體在加入漁業之前，最少能生殖一次。本研究估計台東沿海密毛龍蝦50% SAPM為56.5 mm，其年齡約為3歲(陳, 2005)，本研究結果顯示，頭胸甲長大於60 mm之雌蝦一年至少產卵三次，若MLS定立為65 mm (4歲)，則可保證密毛龍蝦在被漁獲前至少可產卵一次，並保護族群23.68%的卵生產量。考慮最大合法捕捉體型(Maximum legal size, MALS)也是保護資源量一種可行有效的辦法，因為體型較大的雌蝦對於族群加入量的貢獻相對也較高，而體型較大的雄蝦則有利於交配的成功(Bertelsen and Cox, 2001)。此外，MacDiarmid and Butler (1999)研究*P. argus*龍蝦及*J. edwardsii*龍蝦發現，雌蝦之單次抱卵數會受雄蝦精莖的面積大小所影響，因此體型較大的龍蝦也應受到保護。如果MALS訂立為90 mm，雖然此頭胸甲長範圍之龍蝦只佔全部樣本之0.68%，卻可保護族群全部卵貢獻量的12.59%，然而，此一方法並不是完全有益的，MALS的限制會導致剩下可捕捉之龍蝦(Legal-sized)大量被捕捉，如果捕捉過度，則會減少龍蝦達到MALS的數目(Hobday and Ryan, 1997)。若同時考慮MLS 65 mm以及MALS 90 mm則可保護族群36.27%的卵生產量，因此體型較大及較小的龍蝦皆需要被保護。

六、參考文獻

- Bertelsen R. D. and C. Cox (2001). Sanctuary roles in population and reproductive dynamics of Caribbean spiny lobster. In: Spatial processes and management of marine populations (Kruse G. H., N. Bez, A. Booth, M. A. Dorn, and 6 others, eds.), pp. 591-605. University of Alaska Sea Grant College

- Program, AK-SG-01-02, Fairbanks, AK.
- Briggs, J. C. (1974). Marine zoogeography. McGraw-Hill, New York. 475 pp.
- Briones-Fourzán, P. and E. Lozano-Alvarez (1992). Aspects of the reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *P. gracilis* Streets (Decapoda: Palinuridae) from the Pacific coast of Mexico. J. Crust. Biol., **12**: 41–50.
- Ebert, T. A. and R. F. Ford (1986) Population ecology and fishery potential of the spiny lobster *Panulirus penicillatus* at Enewetak Atoll, Marshall Islands. Bull. Mar. Sci., **38**: 56-67.
- Evans, C. R., A. P. M. Lockwood, A. J. Evans, and E. Free (1995). Field studies of the reproductive biology of the spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille) and *P. guttatus* (Latreille) at Bermuda. J. Shellfish Res., **14**: 371–81.
- Fischer, W. and G. Bianchi (1984). FAO species identification sheets for fishery purposes, Western Indian Ocean. FAO, Rome.
- George, R. W. (1957). Continuous crayfishing tests Pelsart group Houtman Abrolhos Western Australia. Aust. J. Mar. Freshwater Res., **8**: 476-490.
- George, R. W. (1968). Tropical spiny lobster, *Panulirus spp.* of Western Australia (and the Indo West Pacific). J. R. Soc. W. Aust., **51**: 33-38.
- George, R. W. (1972). South Pacific Islands - Rock Lobster Resources. Rep. S. Pac. Is. Fish. Dev. Ag. Rome. UN / FAO. 42 pp.
- George, R. W. (1974). Coral reefs and rock lobster ecology in the Indo–West Pacific region. Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium, Great Barrier Reef Committee Brisbane, pp. 321–325.
- George, R. W. and G. R. Morgan (1979). Linear growth stages in the rock lobster *Panulirus versicolor* as a method for determining size at first physical maturity. Rapp. P. –V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. **175**: 182-185.
- Goñi, R., A. Quetglas, and O. Reñones (2003). Size at maturity, fecundity and reproductive potential of a protected population of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from the western Mediterranean. Mar. Biol., **143**: 583-592.
- Hobday, D. K. and T. J. Ryan (1997). Contrasting size at sexual maturity of southern rock lobster *Jasus edwardsii* in the two Victorian fishing zone implication for total egg production and management. Aust. J. Mar. Freshwater Res., **48**: 1009-1014.
- Hogarth, P. J. and L. A. Barratt (1996). Size distribution, maturity and fecundity of the spiny lobster *Panulirus penicillatus* (Olivier 1791) in the Red Sea, Tropical Zoology, **9(2)**: 399-408.

- Holthuis, L. B. (1991). FAO species catalogue. Marine lobsters of the world. FAO *Fisheries Synopsis*, Vol. 13, No. 125, 292 pp. FAO, Rome, Italy.
- Jamieson, G. S. (1993). Marine invertebrate conservation: evaluation of fisheries over-exploitation concerns. *Am. Zool.*, **33**: 551–567.
- Juinio, MAR. (1987). Some aspects of the reproduction of *Panulirus penicillatus* (Decapoda: palinuridae). *Bull. Mar. Sci.*, **41**: 242–252.
- Lipcius, R. N., W. T. Stockhausen, D. B. Eggleston, L. S. Marshall Jr., and B. Hickey (1997). Hydrodynamic decoupling of recruitment, habitat quality and adult abundance in the Caribbean spiny lobster: source-sink dynamics. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **48**: 807-15.
- MacDiarmid, A. B. and M. J. Butler (1999). Sperm economy and limitation in spiny lobsters. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **46**: 14–24.
- MacDonald, C. D. (1988). Fecundity and reproductive rates in Indo-West Pacific spiny lobsters. *Micronesica* **21**: 103-14.
- MacDonald, C. D. (1971). Final report and recommendations to the U.S. Trust Territory Government on the spiny lobster resources of Micronesia. Tech. Rep. Mar. Res. Div. Hdq., Koror, Palau, W. Caroline Islands. 82 pp.
- MacDonald, C. D. (1979). Management aspect of the biology of the spiny lobsters, *P. marginatus*, *P. penicillatus*, *P. versicolor* and *P. longipes femoristriga* in Hawaii and the Western Pacific. Final Report to the Western Pacific Regional Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii. 46 pp.
- Matthews, J. P. (1951). The origin, development and nature of the spermatophoric mass of the spiny lobster, *Panulirus penicillatus* (Oliver). *Pac. Sci.*, **5(4)**: 359-371.
- McGinnis, F. (1972). Management investigation of two species of spiny lobster, *Panulirus japonicus* and *Panulirus penicillatus*. Report of Hawaii Division of Fish and Game, Honolulu, 51 pp.
- Minagawa, M. and M. Sano (1997). Oogenesis and ovarian development cycle of the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **48**: 875–87.
- Morgan, G. R. (1972). Fecundity in the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* (George) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **23**: 133–41.
- Morris, D. E. (1968). Some aspects of the commercial fishery and biology of two species of the spiny lobster, *Panulirus japonicus* (De Siebold) and *Panulirus penicillatus* (Oliver), in Hawaii, M.S. Thesis, University of Hawaii, Honolulu, 82 pp.
- Plaut, I. (1993). Sexual maturity, reproductive season, and fecundity of the spiny

lobster *Panulirus penicillatus* from the Gulf of Eilat (Aqaba), Red Sea. Aust. J. Mar. Freshwater Res., **44**: 527–535.

Vermeij, G. J. (1980). Biogeography and Adaptation, Patterns of Marine Life. Harvard University Press: Boston, MA. 322 pp.

何平合，1986。臺灣北部沿海日本龍蝦生物學之研究。國立台灣海洋大學漁業科學研究所碩士論文。

陳天任，1992。台灣產龍蝦類之分類及分佈研究。國立台灣海洋大學漁業研究所博士論文。

陳郁凱，2005。以台東沿海密毛龍蝦之體長資料估計其年齡、成長與死亡率以及單位加入生產量分析。國立台灣大學海洋研究所碩士論文。

黃之暘，1998。日本龍蝦在不同溫度與鹽度下離子調節、氮排泄、酸鹼平衡及暴露在空氣中血淋巴化學組成之研究。國立台灣海洋大學水產養殖學研究所碩士論文。

黃榮富、陳永樹、翁焱、何平合、游祥平，1988。台灣北部沿海長腳龍蝦之生物學研究。台灣水產學會刊，**15(1)**：1-10。

七、附圖

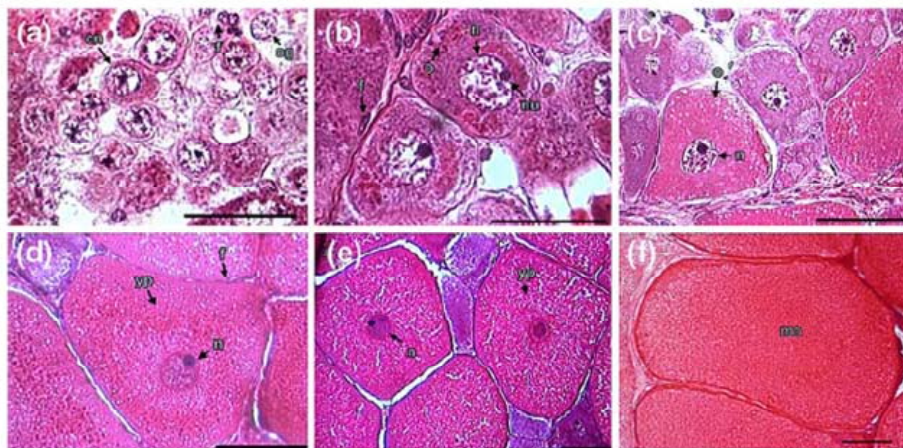


Fig. 1 Histological section illustrating oocytes at different maturity stages of the spiny lobster *Panulirus penicillatus*: **a** Oogonia and chromatin nucleolus stage, with a large central nucleus (Scale bar = 50 μm); **b** Oil globule stage, with one or two large oil globules appearing near the nucleolus; **c** Pre-yolk platelet stage, globules diffuse peripherally; **d** Yolk platelet

stage, the nucleus diameter reaches its maximum; **e** Pre-mature stage, the nucleus becomes shrunk; **f** Maturation stage, the oocyte diameter reaches maximum and follicle cells are hardly visible. (Scale bar = 100 μm , *og* oogonia, *cn* oocyte at the chromatin nucleolus stage, *f* follicle cell, *o* oil globule, *n* nucleus, *nu* nucleolus, *yp* yolk platelet, *mo* mature oocyte)

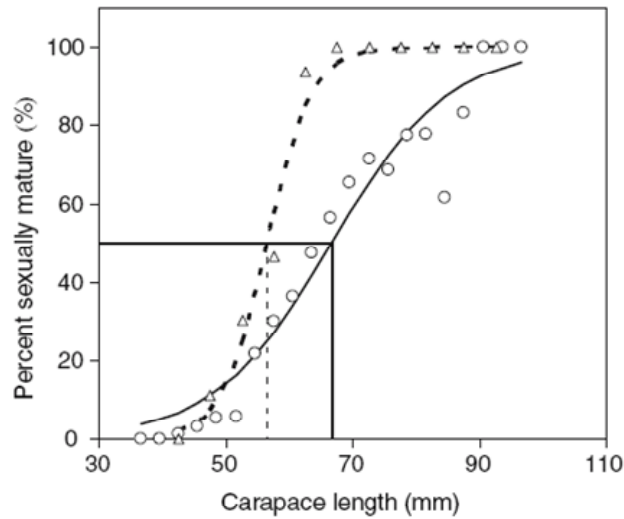


Fig. 2 Scatter plots and fitted curves for the relationship between body size (carapace length) and percent sexual maturity based on functional maturity gauged by presence-absence of sperm mass or berried condition (*dark-line curve*), and based on physiological maturity by microscopic examination of ovaries (*dotted curve*), and analogous perpendicular lines are median size (CL_{50}) at functional and physiological maturity, respectively

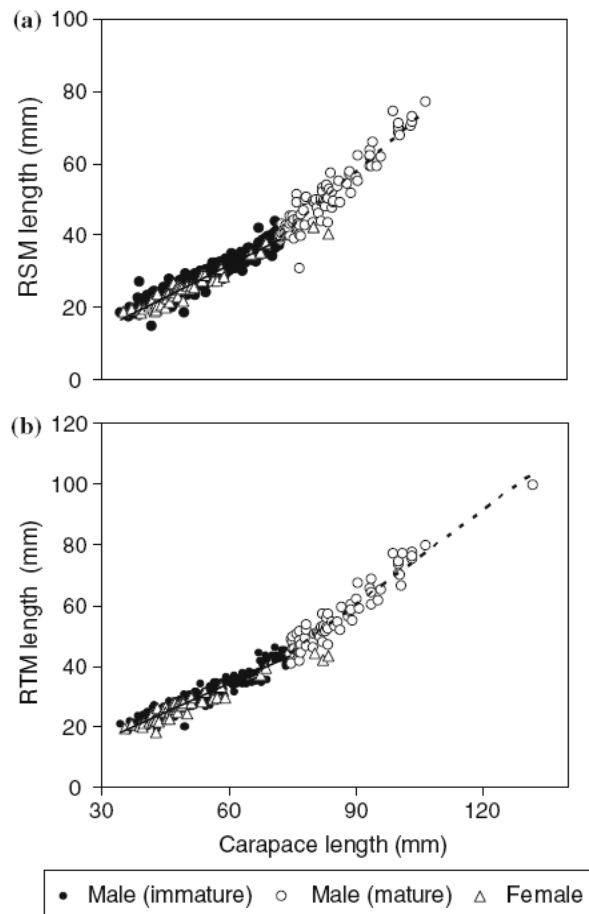


Fig. 3 Scatter plots of the relationship between **a** right second meropodite (RSM) length and **b** right third meropodite (RTM) length and carapace length for the spiny lobster *Panulirus penicillatus*

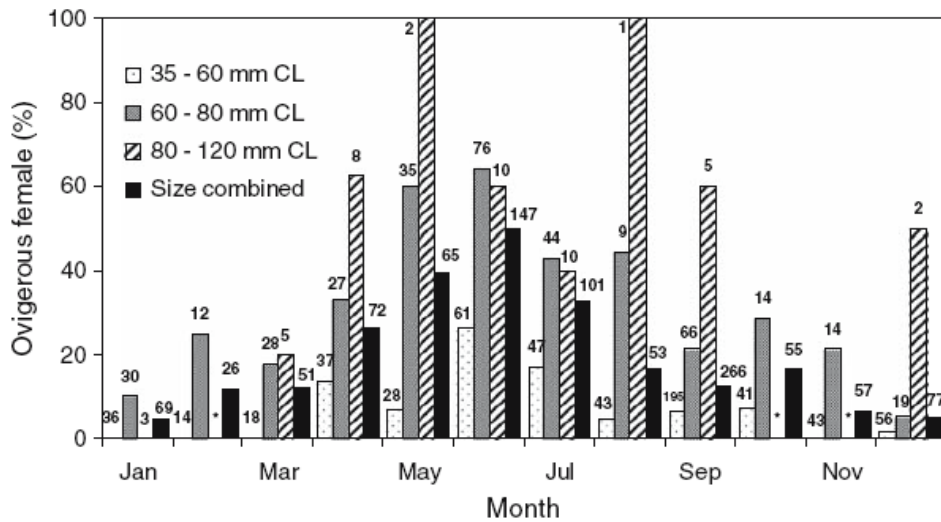


Fig. 4 Monthly presence of egg-bearing *Panulirus penicillatus* by size class pooled from September 2003 to December 2004. Number of bars show the number of individuals. Asterisks denote no data

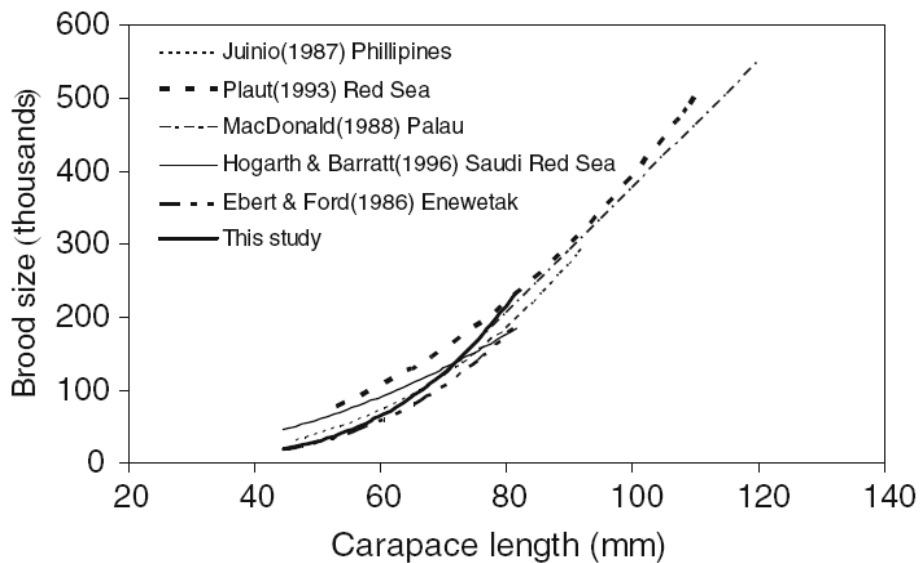


Fig. 5 Comparison of the relationships between carapace length and brood size of *Panulirus penicillatus* among various studies

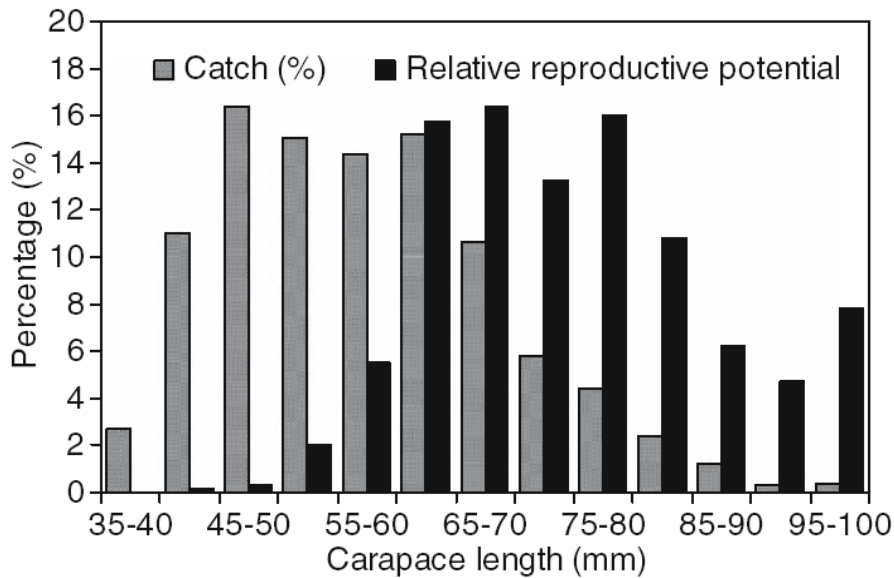


Fig. 6 Relative reproductive potential and the corresponding percentage of the commercial catch in Taitung, by 5-mm size class

計畫成果自評

本研究已按原計畫內容順利達成預定目標，並已將成果發表於國際期刊 *Marine Biology*: Chang Y.J., C.L., Sun, Y. Chen, S.Z. Yeh and W.C. Chiang (2007). *Reproductive biology of the spiny lobster (*Panulirus penecillatus*) in Southeastern Coastal water off Taiwan. *Marine Biology*, 151: 553-564.*

目前台灣有最小合法捕抓體長的限制，然而實際上卻未嚴格執行，從本研究的分析結果可知在保護體型較小及較大的龍蝦是很重要的。本研究瞭解了台灣東部沿海密毛龍蝦的生殖動態，其結果可做為未來資源評估模式的輸入參數，此外其他龍蝦生活史的參數(例如：成長，死亡率等)亦相當重要，是未來的研究重點。本計畫未來將發展一族群動態模式模擬漁業開發與族群生物量變動之關係，並提供漁業管理上的建言，以達到資源保育及永續利用的目的。