

科學圖書大庫

漁業生物學

譯者 方新疇

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

# 漁業生物學

譯者 方新疇

徐氏基金會出版

## 譯 序

生物資源與礦物資源的分別之一就是前者有在短期內自我增長的能力。但是任何一種生物資源都不可能無限量的增加下去。漁業資源也是如此。由於海洋中的深度，溫度，海流及食物數量等種種限制，任何一種魚群的數量增加到某一限度即不能再行增大。對於一般低度開發的漁業資源而言，魚群可以經由繁殖及個體成長的方法補充本身因自然死亡及漁獲作用所造成的消失。但是由於世界人口增加及社會經濟發展的結果，人類對於蛋白質的需求愈來愈多。這種需求促使人類使用進步的科學技術以獲取更多的魚產量。在這種壓力之下，目前世界上大多數的漁業資源，特別是遠洋性的魚群如鯨、鮪等都已面臨過漁的危機。也就是說人類從水中捕獲魚類的速度，遠超過該種魚群自我增長的速度。其結果就是魚群逐漸萎縮，漁獲量減少。目前世界上大多數的海權國家的競相擴大經濟海域以保護其近海資源並開發公海漁場。這一種擴張性的措施不管如何有效，早晚會達到一成長的極限，因此如何有效地管制漁獲量使魚群的增長能力獲得最大及長期性的利用，就成為各國漁業生物學者的研究課題了。

由於魚群常因其種類與生態環境有不同的特性，導致各種不同的研究方法與結果。能夠把這門科學作有系統的介紹以供學者參考的書籍很少。英人葛生（D. H. Cushing）氏所著漁業生物學一書是其中之一。我國目前尚無一本中文的漁業生物學教科書。雖然有關方面的學者均能自英文或日文書籍中取材，但對於本科學生，總沒有中文書那樣來得明白方便。譯者有鑒於此，特於數年前抽空譯出，希望能夠對漁業生物的研究與教學有所幫助。原書中的許多例子，都是以英國北海一帶的漁業研究為例子，對於本國的需要未必適合。但作者在這本書裏非常清

楚地指出了單位魚群 ( unit stock ) 與洄游過程在近海漁業上的重要性，對於國內近海漁業的研究，可說是非常恰當的參考。此外如能藉翻譯此書引起國內學生對這門學科的興趣，就很滿足了。希望將來我們能讀到本國學者以我們自己的漁業研究為題材，寫出屬於我們自己的漁業生物學書籍。由於這是譯者的初次嘗試，錯漏之處，尚祈各位前輩先進不吝賜教，是所至盼。

**方新嘯 謹識**

68年12月18日於水產試驗所資源系

# 原 序

一十六三年春季，作者應美國威斯康辛大學海斯勒 ( A. D. Hasler ) 教授之邀。在該校動物系講授漁業生物學。本書便是以當時的講義為藍本寫成，希望能提供一種基礎，作為管理商用漁業及保護漁業資源的工作依據。

本書使用材料，主要是有關海洋漁業的，小部份是淡水漁業的，均係取自世界各地發表的漁業研究結果。唯本人在英國東部海岸工作，故引用的文獻大多與北歐漁業研究有關。主要的基本觀念，係取材自羅素 ( E. S. Russell ) 及葛蘭漢 ( Michael Graham ) 二氏。上兩位學者先後任職英國羅威斯特 ( Lowestoft ) 漁業研究所主管，與加拿大漁業研究委員會的李格 ( W. E. Ricker ) 先生。上述諸人的構想並由畢佛頓 ( R. J. H. Beverton ) 與何特 ( S. J. Holt ) 兩位予以解釋 ( 請參考 Beverton and Holt 1957 )，並配合實際資料計算成長與死亡率的年變化情形。

本書係專為大學學生，老師及漁業生物學者而寫，此外對於亟需此一方面知識的行政人員，亦可於處理國際性漁業事件時提供適當的參考。

由於世界各地之魚類分類學者寥寥可數而且工作繁重，到目前為止仍未見有一部完整的魚類分類書籍能夠涵蓋所有的種類。為了方便的緣故，本書作者使用的分類名稱係根據下列書籍而來：普里茅資海洋生物誌 ( Plymouth Marine Fauna, Marine Biological Ass. of the United Kingdom, Plymouth; 2nd ed, 1931, 3719 )，美加常見魚類通名及學名 ( A List of Common and Scientific Names of the Better Known Fishes of the United States and Canada,

Amer. Fish. Soc., Washington, D.C.; Spec. Pub. No. 1, 2nd ed., 1960; 102p), 尼可斯基著魚類學特論 (G.V. Nikolsky, Special Ichthyology, published for the National Science Foundation and the Smithsonian Institution by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1961; 538P.), 及國際海洋漁業雜誌 (Bulletin Stantistique des Peches Maritimes Cons. Perm. Intern. Explor. Mer, 49 (1966), p. 72—80)。又這裏使用的符號與畢佛頓, 何特二氏所用者相同, 係源自一九五七年在挪威貝根港國際海洋開發協會 (International Council for the Exploration of the Sea) 中通過的「魚群動力學使用標準詞彙與符號」(A standard Terminology and Notation for Fishery Dynamics, " by S.J. Holt, J.A. Gulland, C. Taylor, and S. Kurita (1959, J. Cons. Intern. Explor. Mer, 24: 239—42), 一書。

本人對於高林 (J.A. Gulland), 鍾士 (F.R. Harden Jones) 與巴特 (A.C. Burd) 三位同仁校閱本書原稿及建拿 (Harold Jenner) 先生繪製所用圖示至深感謝。此外羅威斯特漁業研究所所長高羅 (H.A. Cole) 先生批閱本書並准許本人赴美講學, 海斯勒教授之邀請及美國公共衛生署的支持使此次講學得以達成, 謹致衷心的謝意。

D. H. C.

一九六七年九月於英國修福郡羅威斯特市

# 目 錄

譯 序.....	I
原 序.....	IV
第一章 漁業生物學概況.....	1
第二章 洄 游.....	18
第三章 單位魚群的觀念.....	38
第四章 魚群數量推算.....	61
第五章 自然死亡率與漁獲死亡率之推算.....	78
第六章 漁獲控制理論.....	93
第七章 成長問題與漁業研究.....	109
第八章 魚群與補充量.....	127
第九章 海洋疆界.....	147
第十章 漁業研究的展望.....	162
附錄一 本書使用符號說明.....	174
附錄二 本書主要詞彙說明.....	178
參考文獻.....	181
借用圖說鳴謝.....	192

# 第一章 漁業生物學概況

過去十年來，全球各地鹹淡水魚產量總數比以前增加了一倍。1965年的統計為五千萬噸。一些魚群，如非洲沿岸的沙丁魚類，仍有待開發，大西洋東北及西北部的底棲魚類正以正常的速度被開發中；有一些魚群則已面臨被捕捉淨盡的危機了。南極洲的藍鯨（Blue Whales）就是一個著名的例子。目前這種漁業仍以每年一百萬噸的速度減產中，看起來即使再過許多年也不能恢復原狀的。為了改善上述的種種現象，這本書討論了許多漁業生物學的方法，希望藉適當的計算過程，達到保護及開發各種魚群的目的。

各國漁民對於公海的魚群均有捕捉的權利。但漁民們發現捕捉愈烈，收穫愈少。於是許多國家設立了研究機構，以科學方法研究魚群的生物現象，族群的動態及各國應如何分配其開採權利。大量資料收集的結果，一些魚群已是目前自然界中被研究得最為澈底的生物族群了。

漁業生物學大致可分為兩部份，其一著眼於生物學上的現象，所謂自然生活史便是，有關魚類產卵，生長及攝餌等問題。其基本目的，是決定魚群（stock）或單位族群（Unit population）的範疇。其二是研究魚群的動態（dynamics），即成長，死亡及繁殖的速率等。許多漁業生物學的研究常常注重後者而忽略前者，但事實上自然生活史的研究是一項很重要的工作，而且是族群動力學賴以建立的一個不可或缺的基礎。

## 魚群的研究

族群動力學研究的最簡單形式，便是以高齡魚的出現（圖1）表示該魚群並未受到很大的壓力。圖上的兩尾吳郭魚（*Tilapia escul-*



*lenta* Graham ) 由葛蘭漢在東非維多利亞 ( Victoria Nyanza ) 地方捕得 ( Grahaw, 1958 )。上面一尾是生長良好的中齡魚，下面一尾從堅硬的顎骨，鰓蓋骨及大型胸鰭可以看出是年已老邁的高齡魚。前者來自加凡朗都灣 ( Kavirondo Gulf )，當地有一個全面開發中的魚群，後者則來自依緬沙灣 ( Emin Pasha Gulf )，由於開發程度輕微，該處的吳郭魚都屬於此種高齡魚。

**魚市場資料統計**——學者現已發展出一種複雜的取樣系統，可由碼頭及魚市場中的漁獲物資料推算海中魚群的數量及重量。每一艘漁船的作業地點，作業時間及作業情形等均在靠岸後予以記錄。作業的時間長短就是所謂漁獲努力 ( fishing effort )。由此可得單位努力漁獲量 ( Catch per unit of effort 簡稱 C.P.U.E. ) ( 如拖網漁船每拖 100 小時所得漁獲物噸數，或每 100 支釣鈎可有幾條魚上鈎等 )，便是魚群數量的適當指標 ( Ricker, 1946; Beverton and Holt, 1957 )。最後，按月把各種魚類的這些資料記錄在漁區圖上，即可表示魚群分佈的密度及其變動情形。以英國地區為例，許多魚獲原產北海 ( North Sea )，法羅群島 ( Faeroe Islands )，冰島，巴倫支海 ( Barents Sea ) 及東格陵蘭，最近發現已經有一些移到紐芬蘭海岸的大淺堆 ( Grand Bank ) 去了。

市場中收集的資料除作業地點，時間，產量等外，魚體的長度也是收集的資料之一。工作人員逢機選擇一批漁獲物，測量整批的重量，魚體數目及體長，由此可得每地區，每天，每週或每月漁獲物的體長分佈情形，再轉變成前述的單位努力漁獲量或魚群密度 ( stock density )。例如我們可以說某年六月間在熊島 ( Bear Island ) 漁區每作業 100 小時可得 60 cm 體長的鱈魚 ( Cod ) ( *Gadus morhua*, Linnaeus ) 若干噸。1961 年間，英國各漁港共收集了 750,000 尾各種種類的魚體體長記錄 ( Great Britain……1962 Fish stock record, 1961 )。這些完整的記錄有助於估算漁獲物的體長分佈以及單位努力漁獲量，再進一步而推算魚群本身的情形。

**成長率與死亡率**——由鑑別個體魚的年齡，可以進而推算整個魚群的成長率及死亡率。多數年齡的鑑定都以耳石 ( otolith ) 為準，但

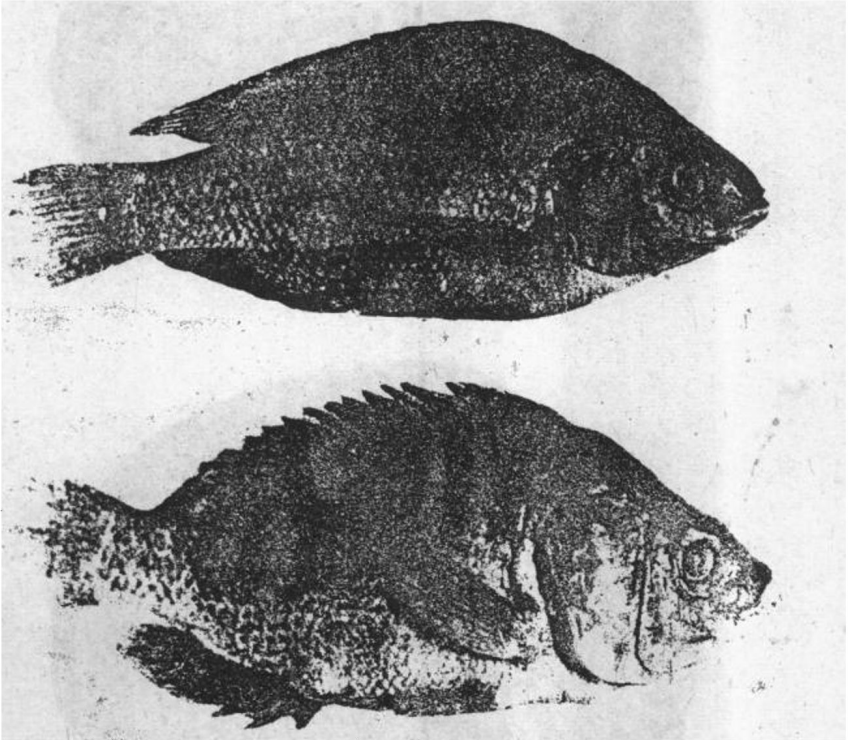


圖 1 族群分析的最簡單型式。圖上方為一中齡吳郭魚，產於維多利亞尼日薩。該處為一開發中之魚群。下方為一高齡魚，來自一幾乎沒有開發的魚群。高齡魚由於較易捕獲，很少在開發中的魚群內出現。又由於這種魚易於辨認，可用以作為漁獲程度輕微之證據。引自 Graham 1958。



圖2 鱖魚耳石切面（上圖）與鱖魚鱗片（下圖）之投影。從二者之年輪數目可以決定魚的年齡。

亦有以鱗片為準的，鯧魚 (*Clupea harengus Linnaeus*) 及鮭魚 (*Salmon, Oncorhynchus* sp. 及 *Salmo* sp.) 即為其例。圖 2 表示可以鱒魚 (*plaice, Pleuronectes platessa Linnaeus*) 耳石 (Hickling, 1931; Rollefson, 1934, ) 與鯧魚鱗片 (Dahl, 1907; Lea, 1929) 的年輪的鑑定魚齡。

利用少量樣品所得年齡與體長的關係，可以推算其它體長資料的年齡分佈情形 (Fridriksson, 1934)。舉例來說，東安吉利 (East Anglian) (在英格蘭東海岸) 鯧漁業的研究人員每週記錄了 400 尾鯧魚的年齡及一萬尾的體長資料。由此可以推算漁獲物及魚群兩者的年齡分佈情形，如每作業 100 小時可得若干噸的四歲魚等。魚類的年齡由於易於鑑定且能配合取樣系統的需要，魚群的年齡較之自然界中所有其它生物者都來得清楚。各年齡組 (Age class) 的體長資料，可年復一年與漁獲物的增長率比較。對一個完全補充 (fully recruited) 的年級組 (Year class) (同一年出生的所有魚) 而言，其每年的密度下降當係由於死亡率的作用，故不同年齡組的密度

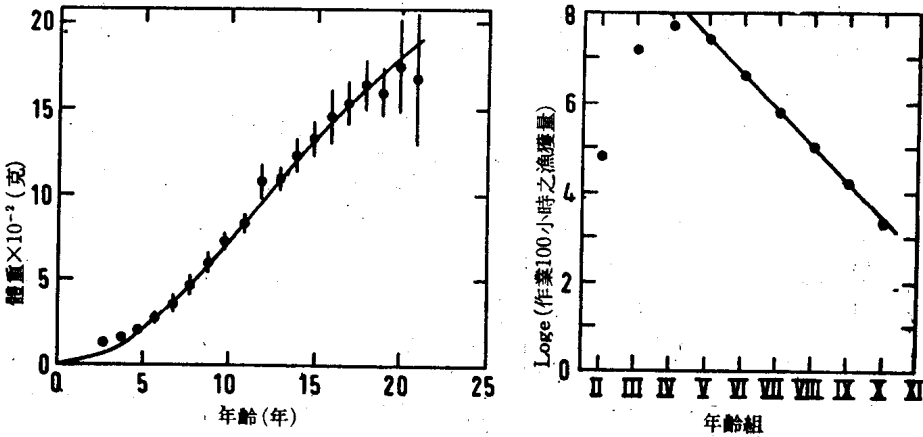


圖 3 (左圖) 鯧魚體重隨年齡而增加的情形。圖中黑點是 1929—38 年間在漁市場取樣所得的體重平均值。  
(右圖) 鯧魚在五歲到十歲間的死亡率。本圖資料是由 1929—38 年間收集年齡及單位努力漁獲量資料所得。兩圖均引自 Beverton and Holt, 1957。

比即可用以推測死亡率。圖三左圖是以魚市場所得資料顯示鱈魚體增長隨年齡增加而上升的趨勢，右圖表出某鱈魚群十年間的平均死亡率，上述的這些分析，都是漁業研究的基礎。

**魚群數量的獨立推算**——前述以相對的方法計算魚群密度常會產生偏差（見第四章）。我們在這裏討論一種以產卵數作獨立推算的方法。大多數在經濟價值的魚種所產均為中層浮性卵（鱈魚為一例外）。這種浮性卵很容易以絲或尼龍質的浮游生物採集網撈獲並計算其數目。以英倫海峽的沙丁魚（pilchard）（*Sandina pilchardus* [Walbaum]）卵的採集為例（圖4），1950年四月起至八月止每月均有一次採集的航次，其面積掃過了整個海峽（Cushing 1957）。整個海峽面積先被分成多個相等的矩形，每個矩形內又分為若干個採集站，於是在某一時間內（該航次的中點時間）所得卵數為

$$\Sigma(OAQ)$$

其中O是在矩形內平均1平方公尺（ $m^2$ ）所得發生早期的卵數。

A是該矩形的面積，以平方公尺（ $m^2$ ）表之。

Q是魚卵胚胎發生的溫度係數。

圖4曲線上每一點代表當時整個海峽中之卵數。曲線上各點之和便是整個產卵期中第一時期（以神經脊出現為準）的所有卵數。該種魚卵在海峽內孵化約需40至70個小時，視乎水溫而定。由於所需的時間甚短，溫度係數的偏差甚低，故不同航次間溫度的差異及溫度係數皆可忽略不計，此時某一航次測量所得卵數的標準偏差（Standard deviation）為

$$\bar{Q} \sqrt{\Sigma(O^2 A^2 \frac{s^2}{k})}$$

其中  $s^2$  為矩形內測量卵數的變方（variance）。

k為矩形內採集站的數目。

$\bar{Q}$ 為整個航次中的平均溫度係。

由此推算海峽內這種魚的成魚數量，可以總卵數除以母魚產卵數之兩倍，答案為  $10^{10} \times 2.2 \times 0.45$ 。差異的分析頗為複雜，取樣變異為一對數常態（log normal）分佈（變異的對數值依常態曲綫

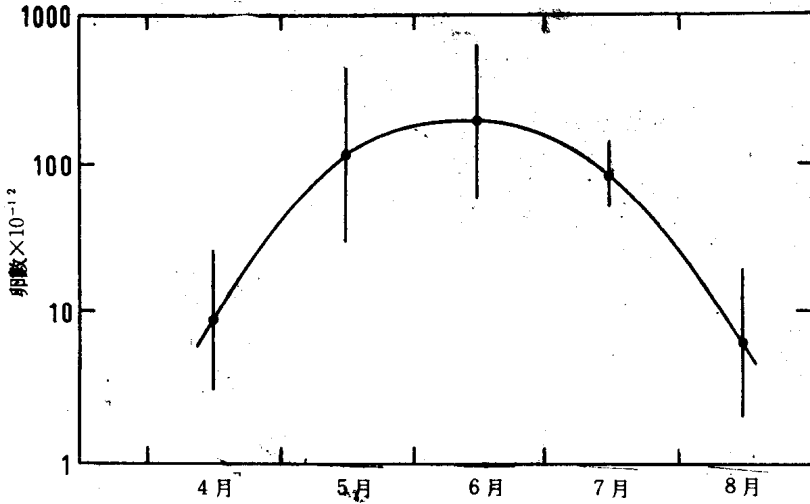


圖4 英倫海峽中沙丁魚的卵數變化情形。圖上豎直綫表示計算值之變異程度。引自Cushing 1957。

分佈)。英格列殊 (English 1964) 曾經指出各航次間的機差甚大，如欲減少偏差尚須十分龐大的經費。無論如何，這種方法至少可以用來與前述的方法互相對照的。

**漁業動力學的理论**——魚類群體動力學的第四種特徵，一如其它生物族群的研究，由一種數學理論導出一個模型。現代科學的許多分枝均同此理。設計一個數學模型等於是作一次觀念上的實驗，要把許多同時發生的因素從一種複雜的關係中整理出來，這可能是唯一的方法了。漁業上的這些理論由巴里諾夫 (Baranov, 1918)，畢佛頓與何特 (Beverton and Holt, 1957) 及李格 (Ricker, 1958) 等學者發展成功。後者並把諸人的理論予以歸納，相繼於1940到1958年間發表。但漁業模型的最簡單型式，應首推羅素 (Russell) 於1931年所發表者。其公式如下：

$$P_2 = P_1 + G + R + Z', \quad (1)$$

其中  $P_2$  爲  $t_2$  時間時之魚群數量，

$P_1$  爲  $t_1$  時間時之魚群數量，

$G$  爲  $t_1$  到  $t_2$  時間內魚群因個體成長而增加之量，

$R$  爲  $t_1$  到  $t_2$  時間內之魚群補充量，

$Z'$  爲  $t_1$  到  $t_2$  時間內之魚群死亡量。

假設魚群的數量一直維持在一個水平，則成長與補充量正好抵消了死亡的損失。

本公式的更詳細型式可分別以數量及重量單位表示。畢佛頓與何特 (Beverton and Holt 1957) 二氏並在數學上予以衍譯，又配合年齡資料以分析成長與死亡作用在公式上的意義。上兩位學者在這方面的成就較其它學者都要大。理論的內容將在本書第四章中討論之。

## 魚群生物學

儘管理論上有很好的分析方法，假如不能確知魚群存在的位置及範圍，上述方法仍無用武之地。有的魚群（如法羅群島的鱈魚）本身自成一獨立系統時，這些方法可以直接應用。有時候幾個魚群互相混合存在，這時候便需要生物上的資料以供參考了。下面的三種生物學上的現象，其形式常因魚群（或亞族群）而有不同。這些都是漁業生物學不可或缺的研究工作。即洄游，單位魚群 (Unit stock) 的鑑定，成長率與補充量的計算。祇有上述的這些現象被澄清以後，纔能決定魚群的所在與範圍。

**洄游 (Migration)** ——這是漁業研究的基本工作之一。魚類善於利用水流以達成產卵 (spawning)，攝食 (feeding) 及育兒場的定位 (Positions of Nurseries) 等目的 (Meek, 1916)。通常卵及幼蟲均藉水流的輸送從產卵場漂至育兒場，成魚則溯流游至產卵場，由此可知攝食場必定靠近育兒場的事實。

下面是鮪魚 (albacore) (*Thunnus alalunga* Bonnaterre) 洄游研究的一個例子。這種遠洋性魚類在美國加州海外放流後，再在日本附近的攝食場被捕回 (Otsu, 1960)。許多鮪魚洄游前後可長達一年之久。通常採用直綫是最短的路綫，但鮪魚利用北太平洋大旋

流 (North pacific gyre) 的推送可以更快到達目的地。由鮭魚在黑潮 (Kuroshio) 地區的產量每月北向及東向漸增的事實看來，這種魚類可能經年居住於北太平洋的旋流系統之中。

同樣地，挪威鯨魚亦有這種情形。在挪威貝根港 (Bergen) 附近產卵的鯨魚與夏季發現於央棉島 (Jan Mayer) 與冰島者相同，因此在整個挪威海循環系統內的鯨魚很可能是屬於同一個單位魚群的。

**成長與攝食**——北海鯨魚的生物特性與食物有很密切的關係。其成長常受橈腳類 (copepod) (*Calanus finmarchicus* Gunnerus) 數量的影響 (見第七章)，前者又影響了補充量的變動，最後可能帶動了整個漁業的趨勢。

哈地與其它學者 (Hardy et al, 1936) 訓練一些流網作業漁船辨別橈腳類，然後以小型浮游生物採集網拖在船尾由漁民代為收集樣品。某一年夏季的結果顯示鯨魚的產量與橈腳類的含量同時上昇 (圖 5)，特別是浮游生物集結成團時鯨魚的生長也最速。由此可知環境的變化可直接影響魚類的成長，由族群的觀點說來，這一事實是很重要的。以前的觀念認為族群量的變動只反映於補充量之上。但過去 10 年來，北海鯨魚群的總魚獲量的增加有百分之二十完全是由個體成長而來。

**產卵**——北海鯨魚共有下列兩組產卵場 (圖 6)：(1) 沙達灘 (Sandettie) 與白蘭尼岬 (Cap Blanc Nez)；(2) 埃里 (Ailly) 與聖尼可拉斯 (Creuz St. Nicolas)。上述的每一處地點都很狹窄，長約二至三公里，寬五百公尺左右。魚群每年都在同一地點產卵。這些產卵場及另外兩處的魚群集中區——海達 (Hinder) 與維高耶 (Vergoyer)，均由拖網魚船的聲納 (echo sounders) 探測而得。除了 1951 年有一次在比齊克 (Beachy Head) 西南方發現過小群的產卵群外，1950 至 1962 年間所有的拖網漁航都在上述的地點作業。每年產卵的時間也很準確。十一月上旬魚群便出現於沙達灘 (Ancellin and Nedelcc, 1959) 1962 年十一月至十二月間每天約有 150 艘大型漁航及 100 艘小型雙拖漁船在上述的產卵場作業。

漁業生物學的研究著眼於下列問題的答案：(1) 產卵的機制如何？為



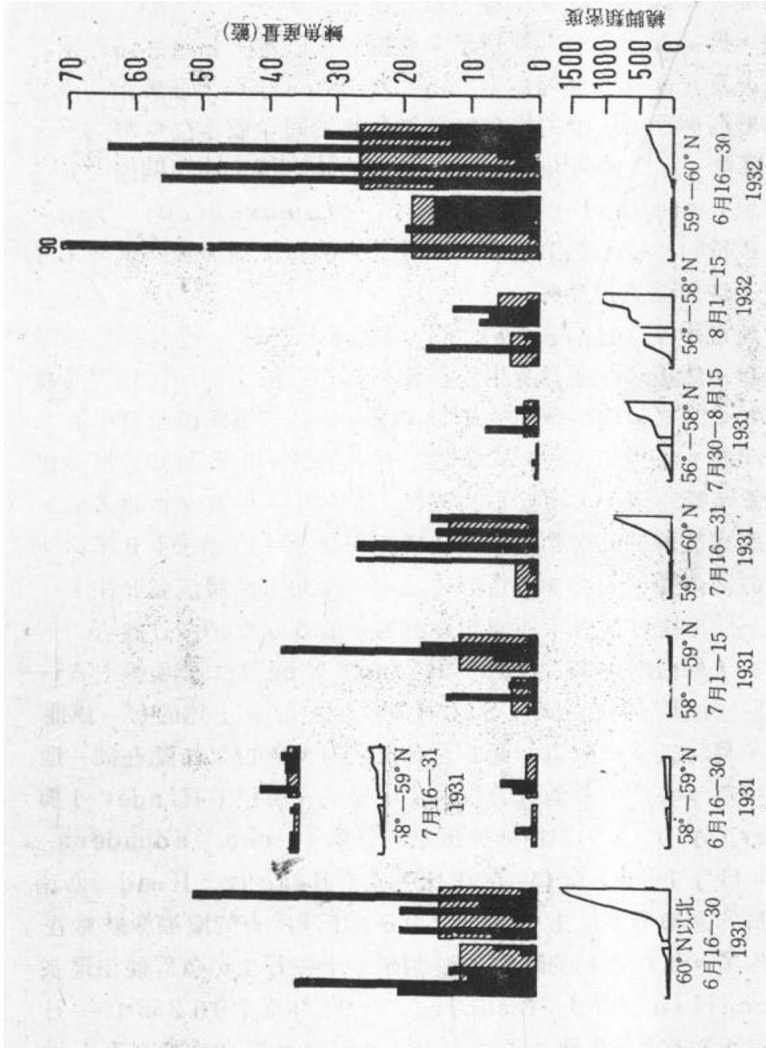


圖 5 鱈魚產量與其主要食物橈腳類 (Calanus) 之間的關係。上方矩形圖表示橈腳類的集結程度。重疊陰影地區為鱈魚平均產量 (以藍為單位, 5.5 藍相當於一公噸)。下方則為同一天晚間測量所得橈腳類的數量。中央缺口為橈腳類多與寡之分界所在。引自 Hardy et al., 1936。