

出國報告（出國類別：其他）

「台日秋刀魚漁業資源研究與漁業合作 交流計畫」報告

服務機關：國立東華大學
姓名職稱：黃文彬副教授
派赴國家：日本（新瀉縣和青森縣）
出國期間：97年9月8日至9月12日
報告日期：97年10月24日

「台日秋刀魚漁業資源研究與漁業合作交流計畫」報告

摘 要

日本為西北太平洋秋刀魚之最大漁業國與消費國，而我國為最大秋刀魚遠洋漁業國，產量位居全球第三。為建立我國與日本兩國在秋刀魚漁業資源研究與管理上之聯繫管道，以加強台日雙邊漁業合作，本計畫赴日拜訪專責秋刀魚資源評估之東北區水產研究所及日本海區水產研究所，進行學術交流並瞭解目前日本秋刀魚漁業資源之評估方法、管理措施及對未來區域性管理組織建立之構想。在本報告中，針對（1）日本秋刀魚資源評估之中水層拖網法與結果，（2）日本秋刀魚漁業現況與發展趨勢，（3）日本秋刀魚漁獲物在魚市場之分級與售魚，（4）日俄漁業專家與科學家會議，（5）日本秋刀魚漁業生物學研究現況，（6）秋刀魚研究環境資料網站與研究文獻，（7）日本水產研究所組織編制與國際漁業研究合作，及（8）日本漁產品生態標章認證制度等八項重要議題或事件，進行說明並提出相關建議供參。

「台日秋刀魚漁業資源研究與漁業合作交流計畫」報告

目 次

壹、前言	1
一、緣起.....	1
二、目的.....	2
貳、過程和重要資訊	2
一、過程.....	2
二、重要資訊.....	6
1. 日本秋刀魚資源評估之中水層拖網法與結果.....	6
2. 日本秋刀魚漁業現況與發展趨勢.....	6
3. 日本秋刀魚漁獲物在魚市場之分級與售魚.....	7
4. 日俄漁業專家與科學家會議.....	8
5. 日本秋刀魚漁業生物學研究現況.....	9
6. 秋刀魚研究環境資料網站與研究文獻.....	9
7. 日本水產研究所組織編制與國際漁業研究合作.....	10
8. 日本漁產品生態標章認證制度.....	10
參、心得與建議	11-14

附件目次

附件一、DR. UENO 來台訪問行程表 (JUNE 18-21, 2008)	15
附件二、DR. Y. TIAN 在秋刀魚漁業資源研究上之著作	16
附件三、黃文彬副教授在秋刀魚漁業資源研究上之著作.....	16
附件四、黃文彬副教授訪日行程表 (SEPTEMBER 8-12, 2008)	17
附件五、日本海區水產研究所交流與演講照片.....	18
附件六、東北區水產研究所八戶支所交流與演講照片.....	19
附件七、日本秋刀魚魚體測量與性別辨認操作之SOP流程	20
附件八、日本魷類胴體測量與性腺測量操作之SOP流程	21
附件九、宮古市漁港與魚市場參訪照片.....	22
附件十、日本秋刀魚漁船卸魚與魚貨分級之過程.....	23

攜回資料：平成19年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価

「台日秋刀魚漁業資源研究與漁業合作交流計畫」報告

壹、前言

一、緣起

日本為西北太平洋秋刀魚之最大漁業國（年產量約 25-30 萬公噸）與消費國，我國與俄羅斯產量相近（約 5-10 萬公噸），分列為第三及第二大秋刀魚漁業國。日本秋刀魚漁業起源於 300 多年前，目前為其主要沿岸漁業之一，並且已經實行漁業永續利用之管理措施－總容許捕獲量（Total Allowable Catch, TAC）。為使西北太平洋秋刀魚漁業資源能更準確地被評估及制定 TAC，日本專責秋刀魚資源評估之東北區水產研究所八戶支所 Dr. Y. Uneo（上野康弘博士），接受我國學者黃文彬副教授之邀請，於本（2008）年 6 月 18-21 日自費來台訪問，已在各非正式性會議中（附件一），與我國產、官、學三界有初步性之認識與漁業資訊交換，有助於台日兩國雙邊漁業合作之加強。

Dr. Y. Uneo 來台訪問時表示，日本漁業科學家已於去（2007）年開始與俄羅斯進行秋刀魚資源評估相關資訊之交流，並在去年底召開之日、俄兩國漁業研究學者及專家會議中，首次進行有關秋刀魚資源評估與管理議題之討論。Dr. Y. Uneo 認為身為全球第三大秋刀魚漁業國之台灣，未來亦應出席該項會議，以共同進行秋刀魚漁業資訊之交換及未來區域性管理組織之建立。Dr. Y. Uneo 亦表示，在我國同意之前提下，願意先向俄國表達我國參與該年會之意願，以利該年會進行我國未來之參與和邀請出席等相關議題之討論。

除了秋刀魚漁產量之外，日本亦執全球秋刀魚漁業資源評估研究與管理之牛耳。日本擁有 50 年以上完整的秋刀魚漁獲資料（我國約 15 年），其資源評估研究結果在國際漁業學術期刊上亦有良好的發表，同時也是全球首位在國內實行秋刀魚 TAC 之漁業國。Dr. Y. Tian（田永軍博士）為近年來日本從事秋刀魚資源研究發表於國際知名期刊上最多的科學家（附件二），目前服務於日本海區水產研究所；東北區水產研究所八戶支所之 Dr. Y. Uneo，為日本每年評估秋刀魚漁業系群來游（資源）

量之負責人，並將其評估結果上報水產廳，以作為日本政府決定當年度秋刀魚 TAC 之科學依據。

國立東華大學黃文彬副教授接受漁業署補助秋刀魚資源評估研究計畫，本年度已進入第五年之時程，目前其研究結果已發表於國內外知名期刊共三篇（附件三）。在去年底計畫結案及今年初計畫提案審查時，均有審查委員提議黃副教授應加強與日本秋刀魚研究相關學術界聯繫並研提合作計畫。因此，黃副教授積極與日本聯繫，並促成 Dr. Y. Uneo 來台訪問之事件。Dr. Y. Uneo 來台時表示，非常歡迎黃副教授訪問其研究所，以增進兩國在秋刀魚漁業研究上的學術交流與合作。

二、目的

為建立我國與日本兩國在秋刀魚漁業資源研究與管理上之聯繫管道，並瞭解日本在秋刀魚漁業資源評估最新研究情形，以利加強台日雙邊漁業合作，並維護我國漁民在西北太平洋捕捉秋刀魚作業之權益，黃副教授於本（2008）年 9 月 8 日至 12 日（行程如附件四），赴日本拜訪專責秋刀魚資源評估之東北區水產研究所 Dr. Y. Ueno 及日本海區水產研究所 Dr. Y. Tian，以瞭解目前日本秋刀魚漁業資源之評估研究方法、管理措施及對未來區域性管理秋刀魚資源之想法。

貳、過程和重要資訊

一、過程

九月八日：起程

上午 6:15 黃文彬副教授由花蓮出發，赴桃園國際機場搭機至日本名古屋機場後轉至新瀉機場。日本海區水產研究所主任研究員 Dr. Y. Tian 親赴機場接機，接機後一同用晚餐並經初步交流與討論後，約 21:30 送黃副教授至飯店休息。

九月九日：日本海區水產研究所交流

上午黃副教授由 Dr. Y. Tian 接送至日本海區水產研究所，先與其資源評估研究室同仁進行漁業資源評估研究與合作之交流。該研究室室長木下貴裕博士與上田祐司博士目前負責日本海區之蟹類研究，Dr. Y. Tian 負責 yellow tail 研究，而木所英昭博士負責魷類研究。在引見後，黃副教授與 Dr. Y. Tian 就目前日本在秋刀魚漁業資源上之研究評估方法、管理措施及對未來秋刀魚資源區域性管理組織建立之想法與時程，進行較為深入之資訊、意見交流及文獻蒐集。同時，黃副教授亦向 Dr. Y. Tian 請教漁業資源長期變動研究的要領及環境資料網站之蒐集。最後，Dr. Y. Tian 將其所有與秋刀魚相關而蒐集的科學文獻，大方地交給黃副教授查閱，並告知在其秋刀魚相關研究中使用之環境資料下載網站與網址。

下午該研究所業務推進課課長鵜沼辰哉博士，向黃副教授簡介其研究所組織及任務，並帶領黃副教授去拜訪其業務推進部部長松尾豐博士、日本海漁業資源部部長岸田達博士、日本海海洋環境部部長飯泉仁博士，以及所長白石學博士。對於黃副教授之造訪，所長白石學博士表示非常歡迎，並說明目前我駐日代表處副組長郭慶老博士為其在東京大學時代的舊識，黃副教授也向他說明郭慶老博士為其昔日在漁業署工作時之長官及求學時之老師。在該研究所尚有一海區水產業研究部，但該部部長及室長均出差不在所內，故未能引見。下午 16:00，該所安排黃副教授對全所員工進行公開演講，題目為：Fisheries development and researches of the Pacific saury in Taiwan (附件五)。出席聆聽演講的人員，除該所同仁外，青森縣縣立水產研究所亦有派人與會。演講後之討論，與會人員提問踴躍，充分表現對台灣秋刀魚漁業發展與相關研究之興趣。所長白石學博士全程參與黃副教授的演講與討論，並於會後表示希望未來黃副教授能再赴該研究所演說黃副教授的另一項研究—蓋斑鬥魚的生殖行為。

九月十日：東北區水產研究所八戶支所交流

早上 Dr. Y. Tian 陪同黃副教授搭新幹線自新瀉站至八戶站，東北區水產研究所

八戶支所資源生態研究室室長 Dr. Y. Ueno 親自至車站接送我們到其支所。在支所內，由 Dr. Y. Ueno 引見其室內同仁主任研究員巢山哲博士、中神正康博士及納谷美也子小姐，之後再引見該支所資源評價研究室室長伊藤正木博士、主任研究員服部努、成松庸二博士及奧田武弘博士。在八戶支所中，Dr. Y. Ueno 主持之資源生態研究室，主要負責秋刀魚及魷類等浮魚資源之研究；而伊藤正木博士主持之資源評價研究室，則主要負責蟹類及鰈類等底魚資源之研究。八戶支所支所長水戶啓一博士因赴東京出差未在所內，故未能引見。

下午 14:00 開始，八戶支所安排了四場演講，在 Dr. Y. Ueno 致簡單歡迎詞後，由黃副教授先開始演講，題目為：Fisheries development and researches of the Pacific saury in Taiwan (附件六)。第二場演講者為巢山哲博士，題目為：Age structure of Pacific saury *Cololabis saira* based on observations of the hyaline zones in the otolith and length frequency distributions。第三場演講者為中神正康博士，題目為：New frame net for sampling young fish stage Pacific saury *Cololabis saira*。第四場演講者為由納谷美也子小姐，題目為：A Side-scan sonar study of Pacific saury in shallow water : Comparison of abundance estimates obtained by high-frequency side-scan sonar and mid-water trawl。在最後之綜合討論，黃副教授先與 Dr. Y. Ueno 及相關與會人員相互贈送所著之秋刀魚相關研究文獻，之後進行相互提問，並針對目前日本在秋刀魚漁業資源上之研究評估方法、管理措施及對未來秋刀魚資源區域性管理組織建立之想法與時程等議題，進行資訊與意見之交流。最後，Dr. Y. Ueno 贈送該研究所今(2008)年最新出版之「平成 19 年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価」報告乙本。

九月十一日：秋刀魚漁業生物學研究交流

早上由 Dr. Y. Ueno 帶領 Dr. Y. Tian 與黃副教授，赴八戶市魚市場參訪。該魚市之主要漁獲物為鮭、鯖、狹鱈及魷類，秋刀魚則僅有少量已分級裝箱之漁獲物進行標售。參訪魚市場後回到八戶支所，由巢山哲博士引領黃副教授參觀該支所各實驗室及設備，並親自示範教學，教導如何備製秋刀魚耳石樣本和性腺組織切片，並展示相關研究成果。中神正康博士與納谷美也子小姐也展示其秋刀魚魚體測量及性別

辨認之操作標準作業流程 (SOP) (附件七)。在解剖室內，恰好魷類解剖工作亦同時進行著，讓黃副教授意外見到並記錄下日本從事魷類研究之魚體測量、性別辨認與性腺測量及記錄等 SOP 流程 (附件八)。

下午 Marine Stewardship Council (MSC) 執行長 Mr. Rupert Howes 恰巧來到八戶支所進行訪問，Dr. Y. Ueno 邀請我一同會見 Mr. Howes。MSC 是一個促進責任漁業行為 (responsible fishing practices) 之獨立非盈利性組織，其總部設於英國。MSC 會根據漁民之請求，檢視漁民在捕魚時如果有考慮到魚類資源的永續利用時，MSC 會給他們認證書。Mr. R. Howes 強調，最近在西歐的主要魚產品推銷買家，例如大型連鎖超市，在買魚時會要求漁民有 MSC 認證。Dr. Y. Ueno 認為這個 MSC 認證制度會漸漸擴展至全世界，而日本的秋刀魚漁業是日本推行 MSC 認證最佳的第一選擇。Mr. R. Howes 指出，特別對先進的國家而言，MSC 之認證可促進日本秋刀魚之出口，並且意味著秋刀魚價格的提高。

傍晚 17:30 左右，由 Dr. Y. Ueno 駕駛，帶領 Dr. Y. Tian 與黃副教授，至秋刀魚在日本本州島五大卸魚漁港之一的宮古市，俾利明日一早宮古魚市場之參訪。

九月十二日：宮古魚市場參訪

早上 6:00，由 Dr. Y. Ueno 帶領 Dr. Y. Tian 與黃副教授，至宮古市漁港及魚市場參訪，該魚市場具有 HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) 認證 (附件九)，場中非常乾淨，在場人員均穿著長統膠鞋，出入魚市場均有專用通道及消毒水盆，在場內禁止抽煙，並有消毒海水供用，漁貨全用保麗龍、PVC 或 FRP 箱裝冰供售，漁貨物不會直接與地面接觸 (大型旗魚類除外)。在卸魚港口，共遇到兩艘約 150 噸之秋刀魚船先後卸魚，同日尚另有兩艘秋刀魚漁船排定時間入港卸魚。日本秋刀魚漁船全為水冰船，其中小於 20 噸小型漁船及 100-200 噸大型漁船數量均約 100 艘上下，惟小型船比大型船多一些，2008 年全日本秋刀魚漁船總量約 230 艘。在現場，Dr. Y. Ueno 與黃副教授均是第一次親身經歷與親眼見識，日本秋刀魚漁船卸魚與魚貨分級之過程 (附件十)。

早上 8:30，由 Dr. Y. Ueno 開車送黃副教授至盛岡市，搭 11:41 新幹線至仙台國際機場，轉搭 16:35 班機返台。黃副教授在盛岡市新幹線車站中，與 Dr. Y. Ueno 和 Dr. Y. Tian 道別並感謝他們在日本的熱情接待與資訊交流，同時向他們表達歡迎再次至台灣訪問之邀請，Dr. Y. Ueno 與 Dr. Y. Tian 回應表示，如有機會非常願意至台灣進行演講或出席研討會，以說明日本秋刀魚或小型浮游魚類資源之最新研究現況。

二、重要資訊

1. 日本秋刀魚資源評估之中水層拖網法與結果

在 1998 年，日本政府欲將 TAC 制度引入日本秋刀魚漁業，要求其漁業科學研究人員進行秋刀魚漁業生物容許捕獲量（allowable biological catch, ABC）之估計。因此，東北區水產研究所 Dr. Ueno 因其具中水層拖網（mid-water trawl）評估鮭類資源的經驗，試驗發展出一套秋刀魚資源評估之中水層拖網法。該評估法使用掃海的方法來估計秋刀魚資源量，並在秋刀魚漁季前的 6 月開始進行勘測，勘測區域之範圍從日本沿岸水域到西經 165 度之中途島的北部，每年約進行 150 個拖網採樣站次。本（97）年之勘測日期自 6 月 2 日開始至 9 月 30 日為止。

Dr. Ueno 之評估研究指出，從 2003 年到 2007 年，在西北太平洋中的秋刀魚資源量均超過 400 萬噸，每年四大秋刀魚漁業國（日、俄、台、韓）的總漁獲量約在 40 到 50 萬噸之間，因此每年商業捕獲的比例約佔秋刀魚系群總資源量之 10%。Dr. Ueno 強調，相較於其他重要的小型浮游魚類（例如鯖和沙丁魚）而言，秋刀魚 10% 之捕獲比例是非常低的，並且有超過 50% 的秋刀魚資源量分佈在尚未被商業漁業所開發利用的東經 162 度以東的海域中。

2. 日本秋刀魚漁業現況與發展趨勢

自 2000 年以來，日本之秋刀魚漁產量約在 20-30 萬噸間，去（2007）年之產量為 29.6 萬噸。今（2008）年，日本政府因境內其他小型浮游魚類（如沙丁魚、鯖、鰹等）產量之減少，爲了飼料市場需求與漁民生計考量，已將 2008 年秋刀魚 TAC

提高至 45 萬 5 千噸，並鼓勵日本漁民至公海水域捕捉資源量目前無慮的秋刀魚，但嚴格限制公海區捕捉的秋刀魚漁獲必需輸出海外或作為非食用魚，以免衝擊到現在已飽和的國內秋刀魚生鮮市場。

在 2004 年的記錄中，日本全國的秋刀魚漁船約有 191 艘，其中小於 20 噸之小型秋刀魚漁船有 109 艘，而 100-200 噸之大型秋刀魚漁船有 82 艘。在 2008 年日本全國秋刀魚漁船則約有 230 艘。大型秋刀魚漁船之漁獲量，約佔日本秋刀魚總漁獲量的 60%。日本太平洋秋刀魚捕獲後暫存在冰和海水混合液中。日本大型秋刀魚漁船實際作業時間僅三個月左右，以往大多數的秋刀魚棒受網漁船還會在春季兼營近海鮭類流網、大目鮪流網、鮪延繩釣等漁業，但近年來這些兼營漁業漁況不佳，造成日本秋刀魚漁船漁業之經營陷入困境。

3. 日本秋刀魚漁獲物在魚市場之分級與售魚

秋刀魚漁船返回港口卸魚，靠岸時先隨機取出一部分的漁獲物放入冰水箱中送到魚市場，市場人員再從該漁獲箱中隨機取出部分漁獲，進行逐尾稱重，以大於 160 克、120-160 克及小於 120 克等三種體型規格，區分成大型魚、中型魚及小型魚三堆後再稱重，並以此三堆魚之重量算出這三種體型規格之比例，而為該漁船今日全船卸魚漁獲物之全體體型比例，並依此比例進行秋刀魚漁獲物之拍賣（附件十）。秋刀魚由買家標得後，由船上直接卸魚至買家運魚專用貨車上運回，並在買家工廠中透過體型自動選別機進行大型魚、中型魚及小型魚等三體型規格之分級與裝箱作業，俾利準備到其他魚市場販賣。

在日本魚市場，秋刀魚漁貨現場喊價之價格，會因月份及近日漁貨是否集中卸魚，再加上該批漁貨之體型組成而定。在宮古魚市場，大、中和小型魚比例 47:43:10 之現場喊價價格在 70-100 日圓/公斤間（附件十）。在 2006 年，日本秋刀魚售價平均 70 日圓/公斤，2007 年平均 74 日圓/公斤。在漁季中期之秋刀魚價格較佳，約 100 日圓/公斤，而在漁季末期會下跌至 30 日圓/公斤。基本上，秋刀魚魚價 200 日圓/公斤以上為高價，並多為北海道地區所產之秋刀魚漁貨。日本秋刀魚漁貨物中，生

鮮食用之比例約佔 35%，加工用約 65%（含約 35%冷凍）。日本秋刀魚冷凍出口，2008 年約有 5 萬噸，平均價格約 87 日圓/公斤；2007 年則為 3 萬多噸，平均價格約 113 日圓/公斤。

日本全國有八個秋刀魚之主要卸魚漁港，在北海道的三大秋刀魚卸魚漁港，分別為：花咲（Hanasaki）、釧路（Kushiro）和厚岸（Akkeshi）；而在本州島有五大秋刀魚卸魚漁港，分別為：岩手縣之宮古（Miyako）和大船渡（Ohfunato）、宮城縣之氣仙沼（Kesenuma）和女川（Onagawa）、千葉縣之銚子（Choshi）。其中以北海道的花咲為全日本第一大卸魚漁港，在 2007 年約有 5.5 萬噸之卸魚量，而本州島最大的卸魚漁港為女川（全日本第二大），離東京最近的銚子為全日本第三大。宮古港 2007 年約有 2 萬噸之卸魚量，在這八大卸魚港中排名最末。

4. 日俄漁業專家與科學家會議

日本所蒐集之俄國秋刀魚漁業資訊，是由俄國位於海參崴(Vladivostok)之太平洋科學研究漁業中心（Pacific Scientific Research Fisheries Centre, TINRO-Centre）科學家在日本-俄國漁業專家和科學家年度會議（annual meeting of the Japan-Russia fisheries specialists and scientists）上所提供的。該年會每年訂於 11 月由日本或俄國負責召開，在會議上兩國代表就商業重要漁業魚種（例如：秋刀魚、鯖、沙丁魚、鮭、狹鱈等）進行漁業相關資訊的交換與討論。並且，為了後續將召開的日俄兩國秋刀魚入漁配額談判會議，在該科學家年會上，兩國科學家們會依據秋刀魚系群的狀態，共同合寫一本資源評估報告。原則上，俄國在其專屬經濟海域執行他們的漁業，主要漁區位於北海道和千島群島之間的水域。漁業在 8 月上旬開始於擇捉島（Iturup Island）沿岸水域，並維持到九月中旬，之後漁區域逐漸往南方移動，最後在 12 月抵達公海水域作業。日本秋刀魚漁船因互換漁獲配額而可進入俄國 EEZ（專屬經濟海域）捕捉秋刀魚。

5. 日本秋刀魚漁業生物學研究現況

東北區水產研究所 Dr. Suyama 利用耳石進行秋刀魚年齡的判定，其結果指出秋刀魚的年齡結構主要由 0+和 1+等兩個年級群所組成，而其耳石之透明帶是在夏季到初冬間形成的，並且認為中水層拖網的評估方法低估 0 歲齡魚的數量。因此，為避免低估小型魚之資源量，東北區水產研究所目前現在正研發小型表層拖網來進行秋刀魚稚魚之資源評估。

東北區水產研究所自北太平洋東西兩岸之 5 個地點收集秋刀魚魚體樣本，藉由其粒線體 DNA 序列（DNA 控制區域(355-361bp)）之分析，進行秋刀魚系群結構研究。研究結果顯示，這 5 個樣本點秋刀魚粒線體 DNA 序列之單型變異次數無顯著差異性，顯示在這 5 點地點的秋刀魚屬於單一系群，亦即秋刀魚在北太平洋區僅有一個系群存在。

北海道區水產研究所研究員 Mr. Morioka 已可在人工環境條件下，從秋刀魚卵、仔稚魚、成魚至產卵，進行全生活史之秋刀魚完全養殖。在 20°C 之恆溫水池中，秋刀魚當體長長至 25 公分時會開始產卵；如果秋刀魚是養在冷水中，之後將水溫提升至 17°C 時會開始成熟。秋刀魚為分批產卵型魚類，一尾秋刀魚的產卵期可持續約四個月。

6. 秋刀魚研究環境資料網站與研究文獻

Dr. Y. Tian 告訴黃副教授，在其科學研究論文中的環境因子－南方振盪指數（Southern Oscillation Index, SOI）可在 <http://www.dar.csiro.au/nino/SOItable.html> 及 <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi.htm> 網站下載；而 SST 和其他大氣環境指數，則係由日本氣象局（Japan Meteorological Agency, JMA）、日本海洋資料中心（Japan Oceanographic Data Centre, JODC）及美國 NOAA 國家氣象預測中心（National Climatic Predictive Center of the NOAA, <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>）所提供或至其網站下載。至於 Dr. Y. Tian 所蒐集之秋刀魚相關研究文獻，黃副教授在檢閱後提供列表清單，委請 Dr. Y. Tian 先查清是否有著作權之問題後，再行複印寄送台灣供參。

另外，Dr. Y. Ueno 贈送黃副教授之「平成 19 年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価」報告書電子檔之下載網站為 <http://abchan.job.affrc.go.jp/digests19/index.html>。

7. 日本水產研究所組織編制與國際漁業研究合作

就日本的日本海區與東北區兩個水產研究所之組織結構來看，均為 1 個行政部加 3 個研究部所組成，而研究部之名稱與研究目標，則以該區水域之特別色來命名，如日本海區水產研究所的日本海漁業資源部及東北區水產研究所的八戶支所（專司資源評估與生態研究）。兩所之員工分別均約有 50-60 人（含船員），其中的研究人員約有 20-30 人左右，約佔 1/2。據日本海區水產研究所主任研究員田永軍博士告知，日本水產研究所，除中央水產研究所較大而有水產經濟部、利用加工部及內水面研究部等三特別部門之外，其餘海區水產研究所大多也是以 1 個行政部加 3 個研究部所組成，而研究員人數也差不多 20-30 人。日本的水產研究所在週六會開放給一般民眾參觀，所內人員並會提供民眾有關其水產研究之資訊與科普教育。該週六輪值人員可在週一至週五間，擇日補休一天。

因日本海是一個半封閉式之海域，近年來由於全球氣候變遷和沿近海水域污染嚴重等因素，引起該海域或其他水域發生超大型水母（越前水母）大量增生之事層出不窮，因此水產廳補助大量研究經費予日本海區研究所，俾進行相關性之研究，該所海洋環境部部長飯泉博士告知，其研究所非常樂意尋求有關水母異常增生之國際合作研究。

8. 日本漁產品生態標章認證制度

海洋管理工作委員會（Marine Stewardship Council, MSC）是一個促進責任漁業行為（responsible fishing practices）之獨立非盈利性組織，其總部設於英國。MSC 會根據漁民之請求，檢視漁民在進行他們的漁業行為時，是否有維持該漁業系群之永續狀態。當 MSC 認定漁民從事漁業行為時能維持該漁業系群之永續，MSC 會給他們認證證明書。最近，在西歐的主要魚產品推銷買家，例如大型連鎖超市，在買

魚時會要求漁民有 MSC 認證。如果漁民沒有他們想要出售魚種之認證，買家不會向該漁民買魚。Dr. Ueno 認為水產品認證之趨勢將會擴展至全世界，並強調 MSC 之認證可促進日本秋刀魚對先進國家消費之出口量，亦意味著秋刀魚價格的提高。

大日本水產會爲了讓水產資源能永續利用及進行生態保全的管理活動，認為應該對生產者的水產品給予特別的認證，因而推行「日本海洋生態標章（Marine Eco-Label Japan, MEL-Japan）」制度。MEL-Japan 是參考 FAO 在 2005 年 4 月在羅馬所決議的「生態標章指導方針」所制定的，並以漁業的永續做基礎。MEL-Japan 不是單純的只是在水產製品上貼標籤而已，漁業者諸多努力之行爲和生產成果，都將一一登錄在相關網站上，便於取魚者瀏覽與瞭解，並發出心聲或意見。簡言之，就是消費者主宰生產的時代即將來臨，而 MEL-Japan 則爲消費者（取魚者）與生產者（漁業者）間的溝通橋樑與界面。

參、心得與建議

一、 Dr. Ueno 強調，目前西北太平洋秋刀魚僅 10% 之捕獲比例是非常低的，並且有超過 50% 的秋刀魚資源量分佈在尚未被商業漁業所開發利用的東經 162 度以東水域。這論點與日本政府想解決其國內小型浮游魚類產量下降及漁民生計等問題，而提高秋刀魚 TAC 至 45.5 萬公噸並鼓勵日本漁民朝公海發展捕魚之政策，不謀而合，可見日本官、學兩界對秋刀魚之漁業管理已有良好的默契存在，現在只等日本大型秋刀魚船上設備研發改良後，就可進軍公海大量捕捉秋刀魚。

建議：如果日本真的赴公海捕捉秋刀魚，即使是在資源量無虞之前提下，國際間冷凍秋刀魚售魚的競爭問題，不久定會跟隨著浮上檯面，我國政府與民間業者應及早研擬因應對策。

二、日本秋刀魚冷凍出口量，2008 年約有 5 萬噸，平均價格約 87 日圓/公斤；2007 年的 3 萬多噸，平均價格約 113 日圓/公斤。以 1 日圓換新台幣 0.31 元來計算，日本秋刀魚冷凍魚貨售價相當於新台幣 27-35 元 /公斤，這個價格遠比我國售魚之

平均價格約在新台幣 14-20 元 /公斤，多出近一倍左右。

建議：如果能深入瞭解日本秋刀魚冷凍漁貨售魚價格高於我國漁貨價格之緣由與優勢所在，對我國秋刀魚出口價格之提升，應有所幫助。

三、每年 11 月所召開的日俄漁業專家與科學家會議，針對秋刀魚資源評估之情形，日俄兩國代表將會在會議中提出報告，並依此做為後續日俄兩國相互入漁談判之依據。據瞭解，在該會議上日俄兩國均會派遣專門翻譯人員，為兩國科學家與專家做日俄兩語言間之翻譯。因此，我國即使在被同意可以出席該會議聆聽（觀察員）之前提下，我國代表在非英語之會議中可能會有語言溝通上的問題。

建議：對於此會議之關注，可透過我駐日代表處，委請日本將會議記錄或相關重要消息告知我國，而我國如有秋刀魚相關議題擬在該會議中陳述，在經我國產、官、學三界慎重考慮與討論後，再請日本代為表達即可，目前暫時應無立即參與該會議之急迫性。

四、在東北區水產研究所，黃副教授學習了巢山哲博士針對秋刀魚研究所發展的耳石年齡與性腺發育階段判定之技術要點，另外中神正康博士與納谷美也子小姐也分別向黃副教授，介紹該所正研發中的秋刀魚稚魚資源拖網評估法與側聲納（Side-scan sonar）資源量評估法，完全傾囊相授，可見日本水產研究所之誠意。

建議：未來可與日本之東北區水產研究所，共同合作進行秋刀魚或其他重要商業魚種（魷類）漁業之資源評估研究。

五、日本的水產研究所在週六會開放給一般民眾參觀，並且所內人員會提供民眾水產研究之資訊與科普教育。該週六輪值人員可在週一至週五間，擇日補休一天。此舉有眾多之優點：（1）一般民眾與小孩週六多了一個地方可去參觀，並有科學學習之效果；（2）可充分利用公立研究所內設備與人力，讓大眾瞭解其繳稅之用

處；(3) 可以激起在校學生之科學興趣，培養未來水產研究人才；及(4) 所內同仁有多一天之連續休假日可排用，可提高其生活休閒品質與辦公效率。在美國的漁業科學研究中心，亦有類似開放民眾參觀及科普推廣的對民服務工作；我國總統府也有安排某特定週末假日開放參觀之為民服務。

建議：台灣的公立研究所及大專院校應效法和研擬推行這類型「與民有約」之科普推廣及科學學習服務。

六、關於漁產品生態標章之認證，在日本，不論是針對全日本水產品的海洋生態標章 (MEL-Japan)，或是 Dr. Ueno 擬對秋刀魚推行的 MSC，在在均顯示水產品優質認證必要之趨勢。我國亦有與水產品認證相關的「海晏」標章，但普及性不如 GMP 食品之認證。同時，卸魚市場之管理如果能有 HACCP 認證，就可符合歐盟 EU 之水產品進口要求，有利該市場水產品之出口。在台灣，部分漁港之卸魚市場 (如屏東東港或台東成功) 已經非常注重清潔與衛生，如果能再更進一步地加強教育及輔導，即可能很容易就可以符合 HACCP 認證之要求。

建議：我國政府或水產業界應參考日本 MEL-Japan 制度，積極研擬與推行國際優質水產品之認證制度，以符合衛生、安全食用水產品及漁業永續利用之基本要求，進而提高我國水產品之品質及出口之競爭力。

七、在北太平洋的公海水域，日本、俄國、臺灣、韓國是目前秋刀魚主要的四大漁業國，但除了日、俄間有年度會議外，在其他漁業國間沒有與秋刀魚漁業和資源相關之諮商或管理會議。因此，Dr. Ueno 認為目前秋刀魚的四大漁業國家最好能建立一個由專家和管理者參與之國際性區域組織 (或會議)，來進行秋刀魚系群和漁業相關議題之討論與管理，以加速太平洋秋刀魚的漁業合作、系群管理及資源量變動預測。雖然，立即為秋刀魚系群資源管理建立一個國際性區域組織，目前是困難而暫時不可行，但是秋刀魚漁獲量北太平洋區 TAC 制度全面性的實行與區域性組織之成立，是未來秋刀魚漁業永續利用與管理的趨勢。

建議：為保障我遠洋漁業漁船在北太平洋捕捉秋刀魚之權益，我國政府應對秋刀魚漁業資源之國際共管趨勢，及早研擬因應對策。

攜回資料：

東北區水產研究所 2008 年出版之「平成 19 年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価」報告乙本。

附件一、Dr. Ueno 來台訪問行程表 (June 18-21, 2008)

Date Time	Contents	Memo.
18	Arrival Kaohsiung Airport at 21:25 (JL 657)	Hotel Kingdom
19	10:00 Saury meeting at Fishery Agency <ul style="list-style-type: none"> ◆ Recent activity for stock assessment of saury in Japan ◆ Recent progress in ecology of saury in Japan ◆ Some information on Russian saury fisheries ◆ Studies of ecology and stock assessment in Taiwan ◆ An informal discussion 14:00 Visit Taiwan Squid (Saury) Fishery Association <ul style="list-style-type: none"> ◆ Video show of the Taiwan saury fishery ◆ An informal discussion with owners and fishermen of saury fisheries 16:00 Visit Kaohsiung Fishing Port	9:30 in the lobby
20	9:30 Reserve time for meeting if necessary	Hotel Kingdom 9:00 in the lobby
	13:00 Visit fish market in Tung-Kung	
	15:00 Travel to Taipei <ul style="list-style-type: none"> ◆ Kaohsiung MRT, Taiwan High Speed Rail & MRT 	Howard International House
21	Visit fish market	
	4:40 ◆ Taipei Fish Market	4:40 in the lobby
	10:00 ◆ Chu-Wei Fish Market	10:00 in the lobby
	12:00 Depart Taiwan from CKS Airport at 14:30 (JL 648)	

Hotel Kingdom (<http://www.hotelkingdom.com.tw/japan/main-01.htm>)

42, Wu-Fu 4th Rd., Kaohsiung City, Taiwan. Tel: 886(7) 551-1515

Howard International House (<http://intl-house.jp.howard-hotels.com/?Lsn=3>)

30, Xin Sheng South Road Sec. 3, Taipei City, Taiwan. Tel: 886(2)8369-1155

附件二、Dr. Y. Tian 在秋刀魚漁業資源研究上之著作

- Tian, Y.**, T. Akamine, and M. Suda. 2000. Long-term variability in the abundance of Pacific saury in the northwestern Pacific ocean and climate changes during the last century. Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. 66:16–25 (in Japanese).
- Tian Y.**, Y. Ueno, M. Suda, T. Akamine. 2002. Climate ocean variability and the response of Pacific saury (*Cololabis saira*) in the northwestern Pacific during the last half century. Fish. Sci. 68(Supplement 1): 158-161.
- Tian Y.**, T. Akamine, and M. Suda. 2003. Variations in the abundance of Pacific saury (*Cololabis saira*) from the northwestern Pacific in relation to oceanic-climate changes. Fish. Res. 60: 439-454.
- Tian Y.**, T. Akamine, and M. Suda. 2004. Modeling the influence of oceanic-climatic changes on the dynamics of Pacific saury in the northwestern Pacific using a life-cycle model. Fish. Oceanogr. 13(Supplement 1): 125-137.
- Tian Y.**, Y. Ueno, M. Suda, and T. Akamine. 2004. Decadal variability in the abundance of Pacific saury and its response to climatic/oceanic regime shifts in the northwestern subtropical Pacific during the last half century. Journal of Marine Systems, 52, 235-257.

附件三、黃文彬副教授在秋刀魚漁業資源研究上之著作

- Huang, Wen-Bin** (2007) Body length, weight, and condition factor of Pacific saury (*Cololabis saira*) from the landed size-classes of Taiwanese catch in comparison with Japanese statistics. Journal of the Fisheries Society of Taiwan 34(4): 361-368.
- Huang, Wen-Bin**, Nancy C.H. Lo, Tai-Sheng Chiu & Chih-Shin Chen (2007) Geographical distribution and abundance of Pacific saury fishing stock in the Northwestern Pacific in relation to sea temperature. Zoological Studies 46(6): 705-716. (SCI)
- 黃文彬** (2006) 台灣秋刀魚漁業的發展與資源研究現況。台灣水產月刊 642: 43-54。

附件四、黃文彬副教授訪日行程表（September 8-12, 2008）

Schedule of visit Japan at 8-12 September

Date Time	Contents	Memo.
8	Arrival at Nagoya Airport at 17:20 (NH 1088) Transit to Japanese domestic air line to Niigata at 20:00 (NH 1813)	Niigata staying
9	Visit Dr. Yongjun Tian in the Japan Sea National Fisheries Research Institute Subject: Effects of environmental factors on saury abundance Subject: Collection of saury references	Niigata staying
10	Moving from Niigata to Hachinohe Visit Dr. Yasuhiro Ueno in the Hachinohe Station, Tohoku National Fisheries Research Institute Subject: Methods of saury abundance estimation Subject: Collection of saury references	Hachinohe staying
11	Continue visit the Hachinohe Station Subject: Methods of fishery biology on saury Subject: Meeting with MSC Moving from Hachinohe to Hiyako city in the evening	Hiyako staying
12	Visit Port Hiyako & fish market in the morning Moving from Hiyako city to Sendai at noon Depart Japan from Sendai Airport at 16:35 (NH 5817)	

附件五、日本海區水產研究所交流與演講照片



(A) 日本海區水產研究所



(B) 日本海區水產研究所大樓



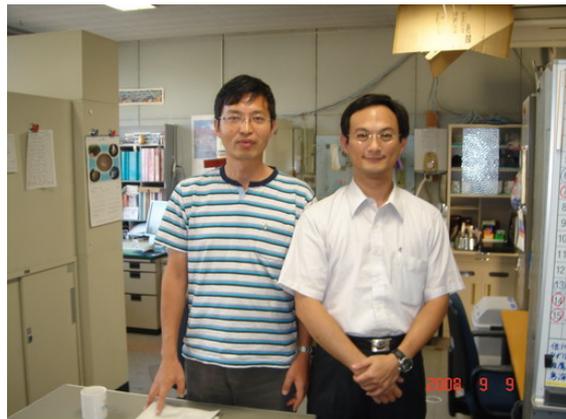
(C) 所長白石學博士致詞



(D) 黃副教授專題演講



(E) 所內研究人員出席聆聽演講



(F) 與 Dr. Y. Tian 合照

附件六、東北區水產研究所八戶支所交流與演講照片



(A) 東北區水產研究所八戶支所



(B) Dr. Y. Ueno 致詞



(C) 黃副教授專題演講



(D) 所內研究人員出席聆聽演講



(E) 與 Dr. Ueno 和 Dr. Suyama 合照



(F) 研發中的秋刀魚幼魚網

附件八、日本魷類胴體測量與性腺測量操作之 SOP 流程



(A) 魷魚和秋刀魚魚體測量與記錄



(B) 魷魚頭套長測量



(C) 魷魚解剖與性腺測量



(D) 魷魚交配印痕

いかり魚種特定結果表		*必須記入項目		※入り尾数銘柄は箱内尾数へ記入し、銘柄名は空欄		数量		品質					
利用数量(箱)	水産	魚種名(コト)	銘柄名(コト)	標本番号	測定機関(コト)	漁獲年月日	漁獲種類(コト)	漁獲名(コト)	漁獲尾数				
39	2	200/170	611		3000	08/19/10	200P	200P	40				
測定位置	測定・精度(度、分)	終了位置	測定・精度(度、分)	開始時刻~終了時刻(時:分)	漁獲量(kg)	漁獲尾数							
40	50	141	39										
標本番号(コト)	卸場名(コト)	船名(船番号)	船名	測定年月日	測定時刻	網目	目数	反数	反産				
				08/18	25:27				08/19/11				
標本状態	箱内尾数(銘柄)	箱規格(コト)	約換台数	手抄台数	換算時間	標本抽出法	入平方法	標本区分					
	20												
大海区・島林地区													
尾標種名(コト)	尾標率%	水深	水温	測定者	測定者所属名	備考(7桁名)	尾(個)	背内容物種類	判定(個/箱)				
番号	*外長背長(mm)	体重(g)	*性別	成熟度	交配	有無	生体重量(g)	精子重量(g)	卵重量(g)	精巣重量(g)	精巣管重量(g)	背内容物重量(g)	判定(個/箱)
1	201	145.2	♂	/	/	0.4	25	0.1			0	なし	
2	199	152.6	♂	/	/	0.5	24	0.1			0	なし	
3	182	145.1	♂	/	/	0.2	27	0.1			0	なし	
4	197	150.7	♂	/	/	0.3	24	0.1			0	なし	
5	207	156.0	♂	/	/	0.4	25	0.1			1/2	消化不明	
6	205	172.7	♂	/	/	0.5	22	0.1			0	なし	
7	199	155.0	♂	/	/	0.5	24	0.1			0	なし	
8	211	174.0	♂	/	/	0.5	24	0.1			0	なし	
9	201	133.1	♂	/	/	0.4	27	0.1			0	なし	
10	201	149.3	♂	/	/	0.8	26	0.4			0	なし	
11	195	148.7	/	/	/		0.2				0.2	0.4	消化不明
12	194	151.7	/	/	/		0.3				0.2	0	なし
13	201	151.3	/	/	/		0.2				0.2	0	なし
14	188	150.3	♂	/	/	0.3	29	0.1			0	なし	
15	203	162.5	♂	/	/	0.2	24	0.1			0	なし	
16	203	158.4	♂	/	/		0.2				0	なし	
17	192	152.4	♂	/	/		0.1				0	なし	
18	206	138.4	♂	/	/		0.1				0	なし	
19	200	190.7	♂	/	/	0.4	0.7				0.2	0.7	消化不明
20	198	144.4	♂	/	/						0	なし	

(E) 魷魚漁業生物記録表

200P P.11 採集15日	
船名	18 IC 信丸
採集期間	20年9月10日から 9月10日迄
漁場	N 40 50, 40/3P
水深	180 m
銘柄別	2LX1P
漁業種類	小型底引 刺し網 沖合底引 定置網 旋網 小型旋網
箱数	1. 型 (1箱/1)
記録	200P P.11 200P P.11 (1) 10/1 15x5 10x1 20x9 20x1 25x17 22x1 30x13 30x1 34%

(F) 採樣漁船作業記録表

附件九、宮古市漁港與魚市場參訪照片



(A) 宮古市魚市場 HACCP 管理



(B) 宮古市魚市場一角



(C) 宮古市魚市場一角



(D) 宮古市魚市場一角



(E) 魚市場拍賣成交公告板



(F) 魚市場出入口消毒水盆

附件十、日本秋刀魚漁船卸魚與魚貨分級之過程



(A) 日本秋刀魚漁船



(B) 日本秋刀魚漁船



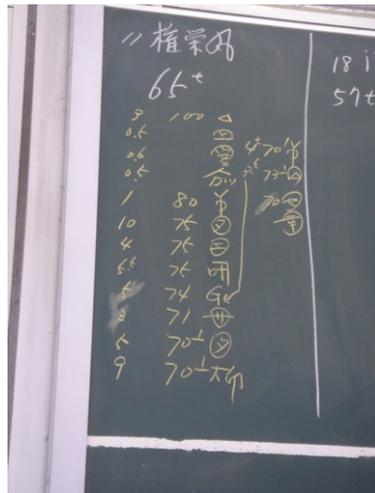
(C) 秋刀魚漁船卸魚(體型組成採樣)



(D) 秋刀魚大小分級現場



(E) 秋刀魚體型組成分級與比例



(F) 秋刀魚拍賣價格

平成19年度サンマ太平洋北西部系群の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（上野康弘・巢山 哲・中神正康・伊藤正木）

参画機関：中央水産研究所、北海道区水産研究所、北海道立釧路水産試験場、北海道立網走水産試験場、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、漁業情報サービスセンター

要 約

2007年サンマ漁期前調査によれば、西経165度から日本の沿岸にいたる海域に分布しているサンマの資源量は、約4,400千トンで、豊漁であった2005、2006年と同程度である。漁獲割合は2002年以降11%以下の低水準で推移している。また、近年のサンマの0歳魚加入尾数は安定しており、歴史的にみてCPUEも高水準にある。これらのことから、サンマ太平洋北西部系群は、未利用資源を多く残した余裕のある状態であると判断し、資源水準は高位で動向は横ばいとした。

漁期前調査および漁況調査により推定された体長別分布尾数および漁獲尾数と採集されたサンマの耳石透明帯による年齢査定結果から年級別の資源および漁獲尾数を推定した。年級別資源尾数と漁獲尾数から2002年級以降の各年級について、年齢別の漁獲係数と自然死亡係数の推定を行った。

2008年の年齢別資源尾数の予測については、2007年の漁期前調査によって把握された0歳魚資源尾数をもとに調査での把握割合、自然死亡係数、漁獲係数から2008年の1歳魚資源尾数を推定し、0歳魚については、過去（2004～2007年級）の平均的な加入があるとして求めた。

0歳魚の中で生まれ月の早いものと全部の1歳魚が産卵するとして親魚量を算出し、加入尾数との関係（再生産関係）を求めた。親魚量と加入尾数との関係は4例しかないため、再生産曲線をあてはめることはできないと判断した。このため、「ABCの算定のための基本規則1-3」に基づき、 $F_{limit}=F70\%SPR$ 、 $F_{target}=F_{limit}\times 0.8$ としてABCを算出した。なお、F70%SPRの選定にあたっては、親魚量と加入尾数との関係図上にF30%SPRからF100%SPRに該当するRPSの線（加入当たり親魚量をX軸とY軸を逆にして表示した直線）を描いて、過去の本関係の事例と対比したところ、最も加入がよかった事例でおよそ60%SPR程度であった。さらにトロールの採集効率の不確実性など安全を見込んでより慎重な基準であるF70%SPRを選んだ。また、再生産関係を確定できなかったため、漁獲に対する資源の応答については、検討できなかった。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2008年漁獲量 (千トン)		F値	漁獲割合 (%)	評価		
		全漁業国	日本該当分			A(%)	B (千トン)	C (千トン)
ABClimit (F70%SPR)	これまでの加入量を大きく下回らない親魚量を確保	1,892	1,040	0.372	26%	-	-	-
ABCtarget (0.8F70%SPR)	資源量推定誤差などを考慮	1,559	857	0.298	22%	-	-	-
現状の漁獲圧維持 (Fcurrent)	現状(2002~2005年級1歳魚にかかった漁獲係数の平均を維持する	571	314	0.101	8%	-	-	-

評価欄:

F値: Fは1歳魚にかかる漁獲係数(F_1)とした。0歳魚にかかる F_0 は、 $F_0=0.438F_1$ とした。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合
2005	4,299	469	0.113	11%
2006	4,469	392	0.099	9%
2007	4,400			

	指標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	不明	-
2006年	親魚量	4271千トン	

水準: 高位 動向: 横ばい

1. まえがき

サンマ (*Cololabis saira*) はダツ目サンマ科に属する沖合性の表層魚で、寒帯域および熱帯域を除く北太平洋とその沿海の全域にわたってほぼ連続的に分布している。サンマは、主に棒受網漁業により漁獲されており、近年では棒受網漁業の漁獲量は、サンマの全漁獲量の95%以上を占めている。棒受網漁業はオホーツク海を含む千島列島の周辺海域、北海道東部沖合域、東北地方の太平洋側沖合域で展開されており、サンマは東北・北海道の漁業関係者にとっては秋季の最も重要な漁獲対象魚種の一つとなっている。

サンマを漁獲しているのは、近年まで主に日本、韓国、ロシア、台湾の4カ国であったが、2004年頃から中国船も参入し始めた模様である。サンマの漁獲量は長期的な変動を示し、非常に少なくなったこともあった(1969年約5万トンなど)。

サンマの資源量については、2001年から、漁期前(6~7月)に中層トロールによる分布調査を実施し、掃海面積法により推定している。この調査により主に東経155度以東の海域に、年によって異なるが、300~800万トンにおよぶ膨大な資源

量があることが分かった。

サンマは近年、寿命が最長 2 年程度であることが分かり、さらに 2003 年以降年級豊度のデータが蓄積されているので、今後は、再生産関係に基づく資源評価を目指す。2007 年度は資源量予測値と一定の漁獲率から生物学的許容漁獲量 ABC を算定する。

2. 生態

(1) 分布・回遊

過去には系群の存在が示唆されたこともあったが（小達 1977）、近年の東北水研によるサンマ漁期前調査におけるトロール調査結果によれば、特定海域に偏った分布はみられず、北西～中央北太平洋に分布するものは一つの集団であると考えられる。

サンマは日本海・オホーツク海、北太平洋の亜熱帯水域から亜寒帯水域にかけての非常に広い海域に分布している（Parin 1970； 図 1）。棲息水温は、7～24 に及ぶが、10～20 の水温域に多い（堀田 1964）。また、夏季には亜寒帯水域へ回遊するため棲息水温は低くなり（概ね 15 以下）、冬季には混合水域以南へ回遊するため棲息水温は若干高くなる。近年行われた中層トロール調査の結果によれば、北西・中央太平洋では、初夏には東経 155～180 度付近の沖合域に分布が多く、日本近海には少ないようである。北西太平洋においては、大きな反時計回りの回遊パターンをとっていると考えられる。

秋から春季にかけて発生した仔稚魚は黒潮や黒潮続流によって東へ輸送されながら、春季の表面水温の上昇とともに親潮水域へ向けて成長しながら北上する。一方、秋季になると親潮水域の表面水温の低下とともに南下を開始し、冬季には主産卵場である黒潮水域に達する。この時は親潮に沿って南西方向に回遊するため、北海道・東北の太平洋側沿岸に回遊経路ができ、漁場が形成される（小坂 2000）。

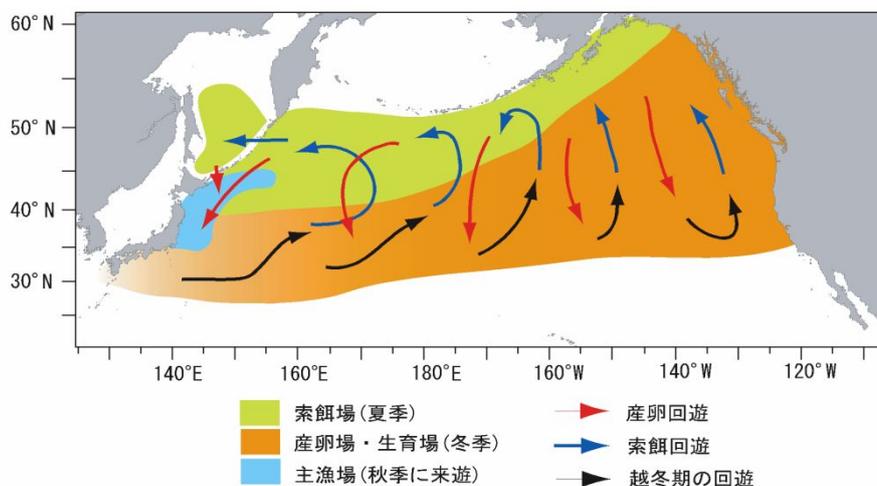


図 1 サンマの生活史と回遊

秋から春にかけて産まれた仔稚魚は、秋季には体長 20~28 cm に成長し、その一部は中型・小型魚（当歳魚）として千島列島中部～本州房総半島の沿岸～沖合域で漁獲対象となる（小坂 2000；福島 1979）。その後黒潮域で越冬し、一部は産卵に加わる。これらの当歳魚は春季には 1 歳魚となって再び北上回遊を行い、大型魚となって親潮域に達し、秋季には再び南下途上で漁獲対象となると推測されている。

(2) 年齢・成長

卵は水温 10~25 の範囲でふ化することが確認されており、この範囲では水温が高いほどふ化日数が短い。20 では 10 日前後である（堀田 1964）。飼育実験では、仔稚魚の成長は水温が高い場合に良好であると報告されている（Oozeki et al. 2000）。ふ化直後の仔魚の全長は 6.22~6.74mm 程度で、体は円柱状で細長く、背部は濃青色、腹部は青白色である。全長 23.0mm 前後（稚魚期）で各鰭の鰭条や基本的な体形が完成する（陳 1988）。

成長は耳石日周輪の解析から、ふ化後 6~7 ヶ月で体長（肉体長；下顎先端から尾柄肉質部末端まで）20cm に達することが知られている（Watanabe et al. 1989）。その後の成長速度は鈍化するようであるが、成長するに従って耳石日周輪の計数が困難になるため明確な結論がでていない。しかし、漁期中に漁獲される大型魚（体長 29cm 以上）の耳石には透明帯があることが確認され、これは越冬期前に形成されることから、大型魚の年齢は 1 歳以上、中型魚（29cm 未満）より小さい個体の年齢は 0 歳であると推測されている。また、透明帯が 2 本以上ある個体が少ないことなどから、寿命は概ね 2 年程度と考えられている（Suyama et al. 2006）。体長は通常 32~34cm 程度までであるが、まれに 40cm を超える個体が漁獲されることもある。

ここでは、耳石日周輪の観察と 1 歳魚の月別の体長の変化などから推定された成長曲線を示した（図 2）。サンマの体重は季節的に変化する餌条件などによって増減することが知られており、ここに示した成長曲線は暫定的なものである。

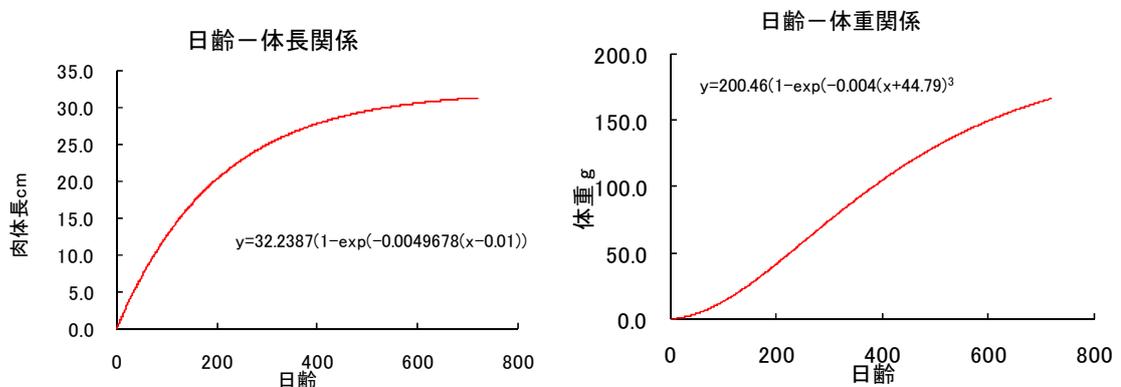


図 2 暫定的なサンマの成長曲線

(3) 成熟・産卵

北西太平洋沖合域における調査結果からは、実質的に産卵に参加するのは 25cm 以上の中型魚からであろうと推測されているが、日本海や駿河湾などでは体長 21cm 程度で成熟した卵巣を持つ個体が報告されている（堀田 1964）。飼育実験では孵化後 6 ヶ月程度で産卵した例があり、最小成熟年齢は 0.5 年程度と考えられる（津崎 2001）。

北西太平洋においては、産卵は夏季を除いてほぼ 1 年を通じて行われており（Watanabe and Lo 1989）、主産卵期は冬季と推定されている（栗田ら 2002）。産卵場は黒潮域から黒潮続流域が中心と考えられているが、秋季や春季には黒潮北側の混合域でも広く産卵がみられる（Watanabe et al. 1997）。また、産卵場は沿岸域に限定されている訳ではなく沖合にも広がっており、北米西岸までほぼ連続しているが、その実態ははっきりしない。日本海や東部北太平洋では、産卵期は春季～初夏であると報告されている（川口 1963； Hughes 1974）。このように産卵期が長期間にわたり、また海域によって盛期が大きく異なることから、成熟の開始や進行を制御する条件についてはよく分かっていない。飼育実験などによれば、水温 15 以上で性成熟が進み、産卵を行う（津崎 2001）。

産卵は多回産卵で、大型魚の 1 回当たりの産卵数は平均 1,000～3,500 粒で、3～6 日おきに産卵を繰り返し、産卵期通算では概ね 30 回前後の産卵を行うと考えられている（栗田 2002；小坂 2000）。大型魚の卵巣重量は、未熟な時には 0.4～0.6g 程度であるが、産卵盛期には 10g 以上に達する（堀田 1964）。北西太平洋では、南下回遊の開始（初秋）から成熟が徐々に進行し、大型魚から先に成熟する。冬季には中型魚（当歳魚）もかなりの部分が成熟するものと想定されるが、北上期（春季）に入ると生殖腺は徐々に退縮し、親潮域（夏季）では未熟な状態に戻ると考えられている（栗田 2002；小坂 2000）。

卵はやや楕円形で、纏絡糸（てんらくし）で流れ藻などの浮遊物に巻きつき、多数の卵が絡み合って葡萄状をなす典型的な付着卵である。卵の長径は 1.7～2.2mm、短径は 1.5～2.0mm である（堀田 1964）。産卵行動については、確かな報告はないが、水槽での観察などによると、産卵直後に付随してきた雄による放精が行われ、受精すると考えられる。なお、浮遊物のほとんどない海域でもふ化直後の仔魚がみられるが、このような海域では卵がどのように産み出され、ふ化しているのかは不明である。

今回の資源解析では、近年の飼育試験で得られた知見なども参考にして、肉体長 25cm 以上に達したものが産卵に参加すると仮定した。

(4) 被捕食関係

仔稚魚は、コペポーダのノープリウス幼生など微少な動物プランクトンを捕食し、成長とともにしだいに大型の動物プランクトンを捕食するようになる。成魚は、

Neocalanus plumchrus など大型コペポータやツノナシオキアミを捕食し、餌生物も多様となる（小達 1977；高ら 1980；高ら 1982）。主な索餌時間帯は、成魚の場合で日没から数時間程度とされている。

春季に北上を開始すると、動物プランクトンの濃密な混合域・親潮域に向かって回遊し、親潮域内でもプランクトンの濃密な海域に多く分布する傾向がある（Fukushima et al. 1976）。産卵に向かう南下期には北上期とは逆に動物プランクトンの分布密度の低い黒潮域へ回遊を行う。

摂餌量は春から夏にかけて増加するが、南下期（秋季）は減少し、冬季は再びやや多くなる。体内に蓄積される脂肪の量は摂餌量の最も多い夏季（親潮域）に最も多く、南下期にはしだいに減少して、産卵盛期である冬季に最も少なくなる（栗田 2002）。冬季は環境中の動物プランクトン量が少ないにもかかわらず比較的多くの餌をとる傾向があり、これは産卵に要するエネルギーを確保するために活発な摂餌活動を行うためであると推測されている（栗田 2002）。冬季には、体内に蓄積されている脂肪の量が既に少なくなっているため、餌環境が卵の質に大きく影響を与える可能性が示唆されている。

サンマを捕食する動物は、サバ類、さけます類などの食物段階が中位の捕食者からサメ類・鯨類などの高位の捕食者にまで及んでおり（高橋 1991； Tamura and Fujise 2002）、海鳥も盛んにサンマを捕食することが知られている（Ostrom and Walker 2000）。

3. 漁業の状況

(1) 極東のサンマ漁業と漁獲量

サンマ太平洋北西部系群を漁獲している国は、日本、ロシア、台湾、韓国である。中国も最近サンマ漁業を行っているようであるが、その実態ははっきりしない。各国の水揚量を示したが、近年、ロシアと台湾の漁獲量の伸びが著しい（図 3、付表 1）。最近 3 カ年間に於ける日本のシェアの平均は 55.0%であった。

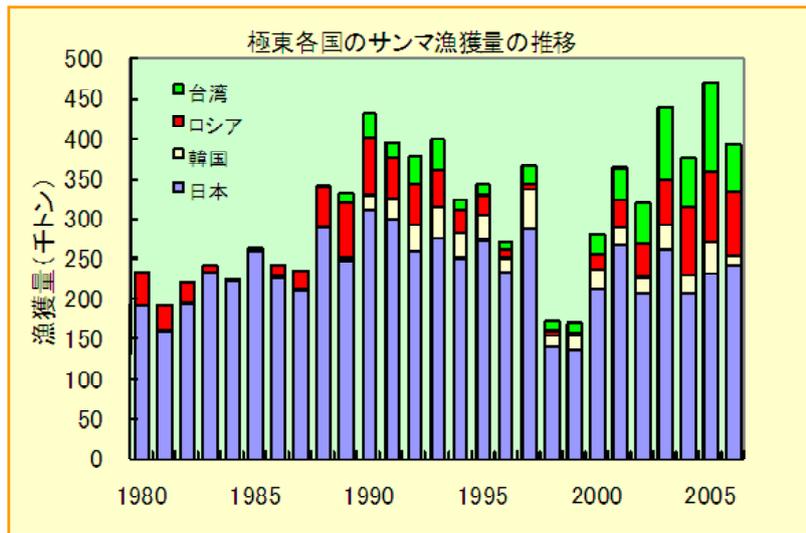


図3 極東各国のサンマの漁獲量

各国の漁場と漁期を模式的に図4に示した。台湾は6月から500総トン以上の大型漁船を出漁させ、11月頃まで東経150～160度のロシア200海里線の外側を漁場として棒受網によりサンマ漁業を営んでいる模様である。台湾漁船は遠洋いか釣り漁業と兼業している場合が多いようであり、着業隻数は100隻近くに達するものと推定される。韓国も同様の形態の漁業を行っている模様であるが、その隻数は20隻内外であると推定される。

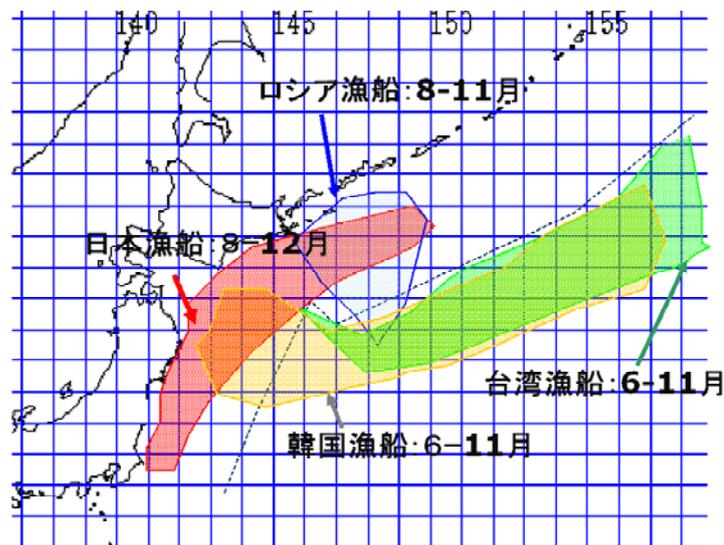


図4 各国の漁場と漁期

ロシアは日本と同様に8～12月にかけてサンマ漁業を行っている。主に漁場となっているのは、北方四島の太平洋側200海里内であり、漁期終わり近くには、この海域の南東側の公海域でも操業を行っている。ロシア漁船はトロール漁業を兼業し

ている模様である。ロシア漁船の漁法も棒受網が多いが、集魚灯を利用したトロール方式の漁業も一部では行われている。

日本以外の国々のサンマ漁業では、漁獲物は通常冷凍あるいは缶詰などにされて水揚げされている。

(2) 日本のサンマ漁業

1) 概況および漁獲量

サンマは、日本周辺漁場で漁獲される代表的な多獲性小型浮魚類の一つであり、平成 17 年においては日本の海面漁業水揚げ量の約 5.3% (約 23.4 万トン)¹、金額の約 1.5% (約 157 億円) を占めている (農林水産省統計による)。総トン数 10 トン以上の漁船の行う棒受網漁業は、農林水産大臣の許可により操業しているが、道県知事の許可による 10 トン未満の棒受網漁船もある。また、棒受網漁業の他に大型・小型定置網漁業や流し網漁業でも若干量が漁獲されている。サンマの漁獲の主体を占める棒受網漁業は、主に北海道、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県、富山県に所属する漁船により行われている。

棒受網によるサンマの漁獲は 1950 年代から多くなり、1960 年代後半から 1970 年代にかけてやや不振であった。その後、1980～1990 年にかけて回復し、1991～1997 年は高水準で推移した。1998、1999 年はやや不振となったが、その後、回復し、近年は再び高水準の漁獲を上げている (図 5)。

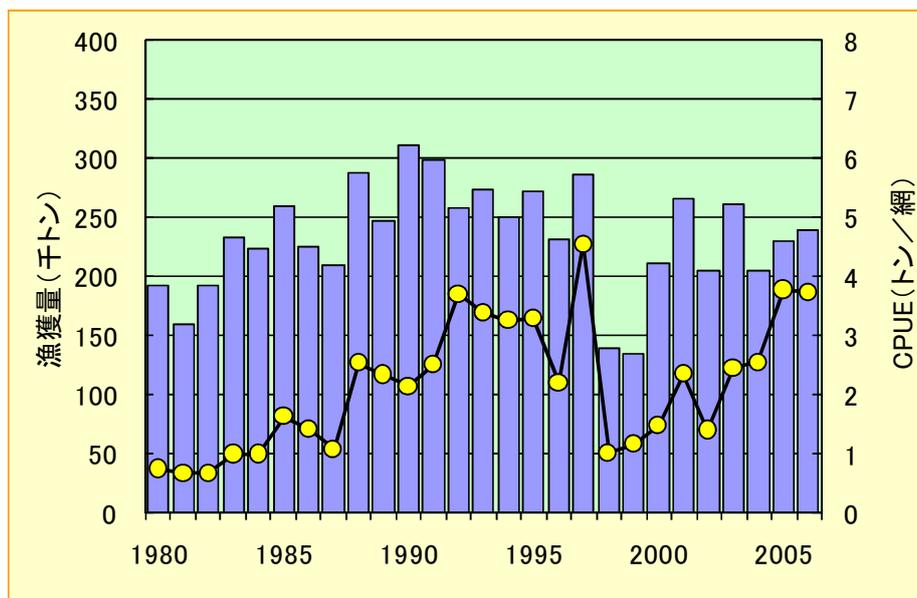


図 5 日本のサンマ漁獲量と 1 操業当たりの漁獲量の推移

¹ <http://www.maff.go.jp/www/info/bunrui/bun06.html#nen2> による。棒受網以外の水揚げも含まれている。

2) さんま棒受網漁船と漁業経営状況

さんま棒受網漁船は、1955年以降、大型化が急速に進み、50～200トンの漁船が急増した。漁船の大型化は1975年頃まで続いたが、200海里時代の到来とともに100トン以上の大型船と20トン未満の小型船に2極分化した。2006年のさんま棒受網漁業の大臣許可隻数は181隻で、前年と比較して30隻減少した。トン数階層別では10～20トンが14隻、100トン以上が10隻減少した。この原因は周年操業体制の崩壊などによる経営不振が原因であると思われた。

さんま棒受網漁業の漁獲の主体は、100トン以上の大型船であるが、さんま棒受網の漁期が8月から12月までに限られているため、これらの漁船はサンマの漁期以外は、鮭・鱒流し網、鮪延縄、大目流し網などの漁業に従事していた。しかし、サンマ以外の漁業の収益が非常に悪いため、経営状態は極めて悪くなってきている。特に最近では、さんま棒受網漁業以外の時期は、休漁してしまう漁船が多くなってきており、これらの漁船の経営は見通しがつかない状況となっている。

日本のさんま棒受網漁業では、漁獲量が多くなると、魚価が急激に低下する傾向が強く、これも漁業経営を強く圧迫している。この豊漁貧乏の原因は、水揚形態が生鮮に限られており、大量に水揚があった場合に水揚港における処理が追いつかないことが一因である。

3) 漁期・漁場

サンマ漁業は、例年、小型の漁船から大型の漁船へと操業が解禁される。10トン以上の大臣許可漁船に関しては、「指定漁業の許可および取り締まり等に関する省令」によって漁期は8月1日から12月31日と定められているが、漁業者団体などの申し合わせにより、この省令の範囲内で出漁日が設定されている。2006年漁期のサンマ漁況の特徴は以下のとおりであった。

カタクチイワシ分離機が搭載禁止となったため、分離、投棄はなくなった。

2006年サンマ漁の解禁は流し網が7月9日、棒受網（知事許可5t未満）が7月24日であった。7月の漁獲量は2005年と同程度であった。8月上中旬の漁獲量は2,550トンであり、2005年（17,039トン）を大きく下回った。8月下旬、51トン以上の大型船出漁開始当初の漁況は良くなかったものの、9月以降漁況は好調に推移した。11月下旬には漁獲割当量に達したので、大臣許可の10トン以上の漁船による漁業は終了した。水揚量は約24.0万トンで、前年（約23.0万トン）をやや上回った。

総水揚げ金額は、前年をやや上回り約168億円であった。魚体の組成は大型主体に中小型魚が混じっており、2005年に比べ大型に偏ってはいなかったため、加工など多くの用途に利用可能であったと考えられた。しかし平均単価は699円/10kgであり2005年（647円/10kg）に比べて大きく上昇しなかった。近年は

8月下旬～9月上旬の大量水揚げ後に魚価が下がるとそのまま推移してしまう傾向が続いている。

漁場は例年どおり、8月には道東から択捉島南方にかけての海域に広く形成され、9月以後、次第に南下したが、2006年も襟裳岬南東にあった暖水域がサンマの南下を阻んだため、三陸沿岸への南下は例年より遅れて10月上旬以降に三陸沖に漁場が形成された。また、暖水塊の東側に魚群が回ったために、9月上旬から10月上旬にかけて親潮第二分枝海域にも漁場が形成された。10月下旬には漁場は常磐沖に達した。

(3) 漁獲努力量

さんま棒受網の漁獲努力量は、操業回数で表現している。各魚市場に入港する棒受網漁船から聞き取り調査を行い、漁獲量・操業回数などを調査し(調査率10%強)全体に引き延ばして算出した。1980年以降、年間70,000操業から260,000操業程度で、資源量が豊富で漁獲量が伸びた年には小さく、資源量が小さくて漁獲量が伸びない年には大きい傾向がある。これは、漁獲量が伸びた年には漁船が魚価の低下を恐れて早めに切り上げたり、休漁したりするためである。2005年漁期は大型魚主体で1網当たりの漁獲量も大きかったため、操業回数は過去最低の水準に低下した(図6)。

外国の漁獲努力量については、よく分かっていないが、日本より漁船の規模が大きく、冷凍箱詰めの際に小型魚を投棄していることなどが考えられるので、その実態は複雑だと推察される。

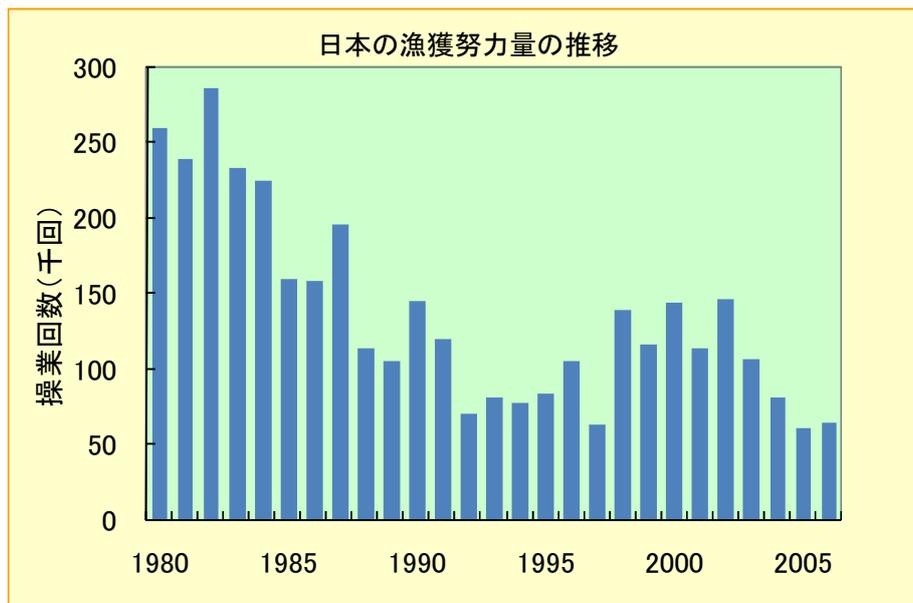


図6 漁獲努力量(操業回数)の推移

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源評価は、次の手順で行った。

6～7月に北西・中央北太平洋において中層トロール調査を行い(漁期前調査)掃海面積法(Mackett 1973)により資源量・体長別資源尾数を求めた。

漁期(8～12月)に主要水揚港においてサンマ棒受網入港船の漁況聞き取り調査と漁獲物の買い上げ測定、旬別水揚量調査を行い(漁況調査)体長別漁獲尾数を推定した。

漁期前調査と漁況調査で採集されたサンマから耳石を摘出し、透明帯を観察することにより年齢査定を行い、体長-年齢関係(Length-age key)を時期別に算出した。これから年齢別資源尾数と漁獲尾数を計算した。

年齢別の資源尾数と漁獲尾数から自然死亡係数²と年齢別の漁獲係数を計算した。

年齢別の資源尾数と自然死亡係数、漁獲係数から12月末に産卵すると仮定して、親魚尾数を計算した。このとき、1歳魚については、全部が産卵し、当歳魚については、生まれ月が早く漁期前調査時に体長が大きくなっているもの³が産卵に参加するとした。年齢別親魚尾数に年齢別の平均体重⁴をかけて親魚量SSBを計算した。

SSBと加入尾数(当歳魚資源尾数)の関係図を作成して、本関係を検討した。SSBと加入尾数との関係が4例しかないので、再生産関係を用いた「ABC算定規則1-1」に則ってSSB_{limit}⁵を推定することはできなかった。そこで、「ABC算定のための基本規則1-3」を適用して、F_{limit}については、適当な基準値を用いることとした。

適当な基準値を求めるために、再生産関係図の上に30%～100%SPRに該当する親魚量当たりの加入尾数(RPS:加入尾数当たりの親魚量を計算し、X軸とY軸を転換した。)の線を描いて、これと過去の再生産のプロットとを対比して、資源管理基準とするF%SPR値の妥当性を検討した。さらに、中層トロールの採集効率の不確実性も考慮してF_{limit}を選定した。また、F_{limit}×0.8をF_{target}とした。

2008年の資源量については、0歳魚は過去の平均的な加入量⁶、1歳魚については、2007年資源量推定に基づく0歳魚資源尾数に平均的な漁獲係数(F_{current})

² 年齢にかかわらず一定とした。

³ 成長速度と産卵を開始する体長などを考慮してこの割合を決めた。詳細については、後述した。平均して約69%となった。

⁴ 体重は成長曲線の式から求めたが、0歳の6月の体重は漁期前調査で漁獲された0歳魚の平均体重を用いた。また、1歳魚は10月以後、成長しないものとした。

⁵ 加入尾数が急減し始めるSSBの域値

⁶ 中層トロールで評価できる0歳魚の量は平均で全加入尾数の69%(捕捉率)と評価されるので、2007年の中層トロールにおける直接的な推定値を捕捉率で補正して算出した。

と自然死亡係数による減少率をかけて翌年の1歳魚資源尾数とした。これらから求めた年齢別資源尾数予測値に年齢別の平均体重をかけて求めた。

求めた2008年の年齢別資源尾数に F_{limit} および F_{target} をかけて ABC_{limit} および ABC_{target} を推定した。

参考のため、便宜的に再生産曲線を仮定した計算を補足資料1に示した。ここでは、親魚量は、漁業がない場合の半分になる点で加入量が急減するという仮定を設けて、4例の再生産関係からシミュレーションを行い、 SSB_{limit} を維持する F を求めた。また、再生産関係について、原点を通る直線で近似した計算例も示した。さらに、従来行ってきたプロダクションモデルによる解析結果も補足資料2で示した。

(2) 資源量および資源量指標値の推移

2003年以降、漁期直前の資源量を推定するため、調査船により6～7月の昼間、北太平洋西部と中央部海域においてニチモウ製NST-99型中層トロールを5ノット、60分間表層で曳網して調査を行っている。資源量推定にあたっては、表面水温および東西方向(経度)で調査海域を6海区⁷に分割し層化無作為抽出法により資源量およびその変動係数の推定を行った(図7、表1)。漁獲効率は、14.4%とした(上野ら2003)。また、2007年については、北海道実習船管理局所属北鳳丸と山口県立水産高校所属青海丸を用船して調査を行い、得られた漁獲分布、表面水温分布、資源量計算の層化に用いた海区、体長別資源尾数(体長組成)を示した(図8)。

これらによれば、2004～2006年では、資源量は400万トン強で安定しており、2007年漁期も440万トンで前年並みであった。体長範囲は18～31cmにわたっており、明瞭なモードがみられなかったが、例年と比較して中小型の割合が高かった。2007年の漁獲分布は2海区(東経162度～西経177度)に集中していた。

表1 漁期前調査による資源量の推移

	1海区(162E 以西)	2海区 (162E～ 177W)	3海区 (177W～ 165W)	合計	変動係数
2001	894	-	-	894 *	18.4%
2002	1,252	1,589	-	2,841 **	10.9%
2003	1,640	5,557	799	7,996	8.6%
2004	2,469	943	1,250	4,662	10.2%
2005	1,557	2,066	676	4,299	18.0%
2006	1,530	2,632	307	4,469	22.7%
2007	270	3,314	816	4,400	18.6%

*1海区のみ、**1海区と2海区の合計

⁷ 東西方向に3つ、水温で2つに分割して6海区とした。区分は東西方向には、東経162度と西経177度で区切り、南北方向には水温15℃を境にした。

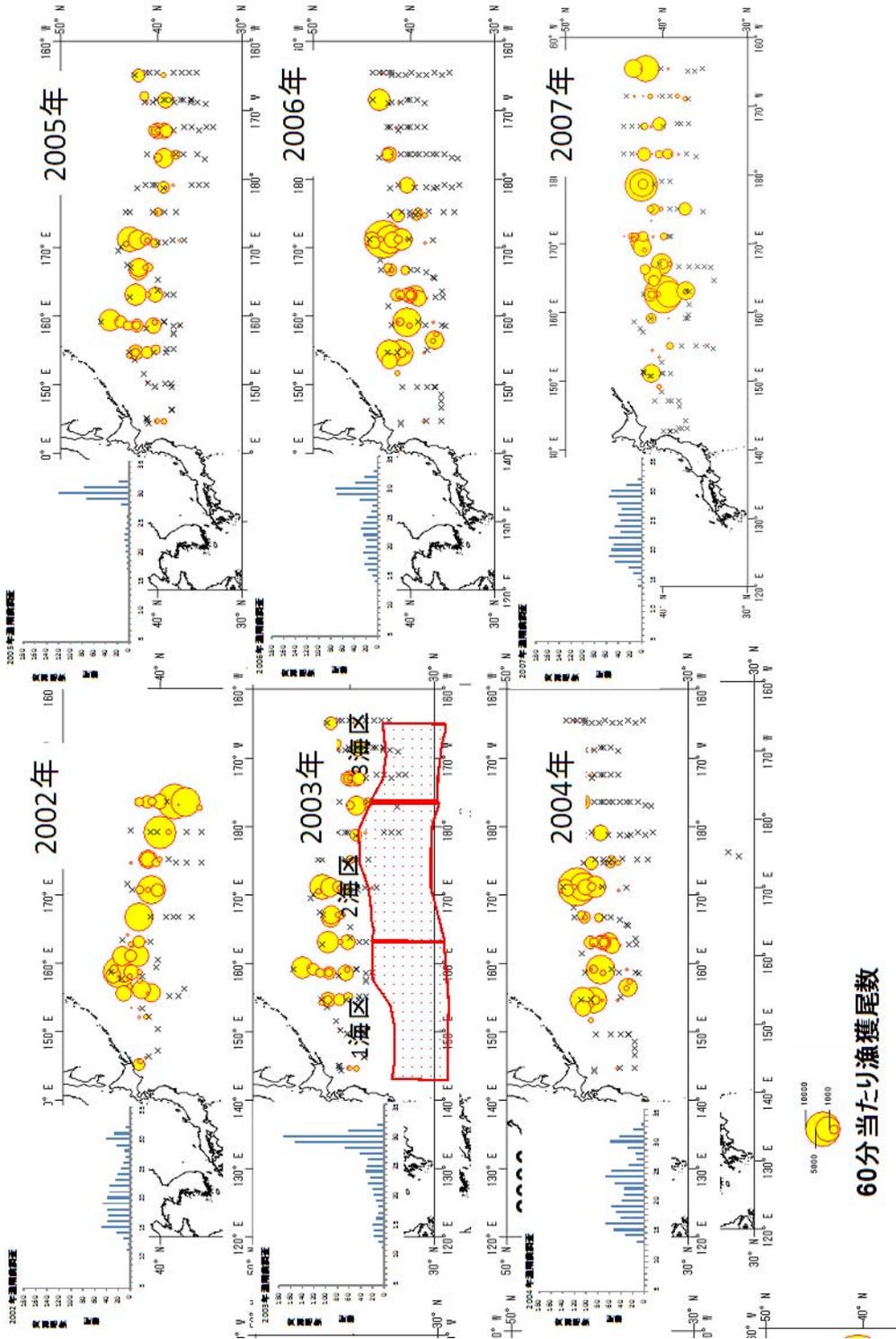


図7 2002～2007年漁期前調査（6～7月）での漁獲分布（60分曳網当たり）と体長別資源尾数

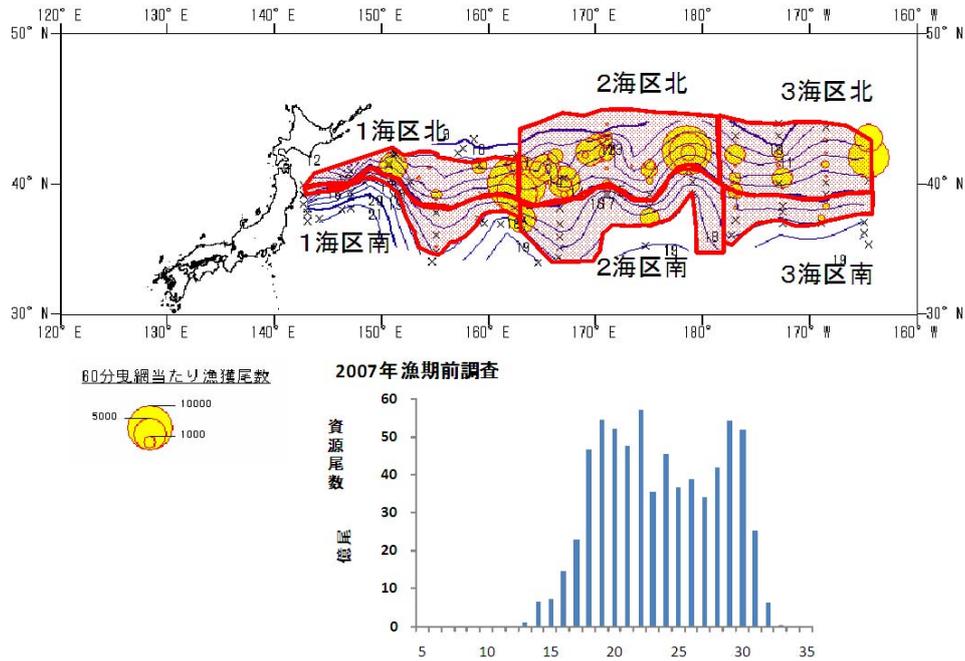


図8 2007年6～7月の漁期前調査で得られた漁獲分布と体長別資源尾数

サンマの資源量は、中層トロール・掃海面積法による推定値が2003年以降蓄積されているが、長期的な資源動向を示す指標としては、従来から1操業当たり漁獲量（CPUE）がよく用いられてきた（図5）。2002～2005年間でみると中層トロールにより掃海面積法で推定された資源量とCPUEの間に相関関係は認められない。漁獲量については、90年代の生産調整や近年のTACによる制限などで資源量との直接的な関係は低い。

ここでは、参考までに1980年以降のCPUEの変化と漁期前調査による資源量推定値の変化を示した（図9）。これから、資源動向についてはっきりしたことは言えないが、CPUEが長期的な資源動向をある程度反映しているとするならば、近年では1998、1999年は資源量が少なかったようである。

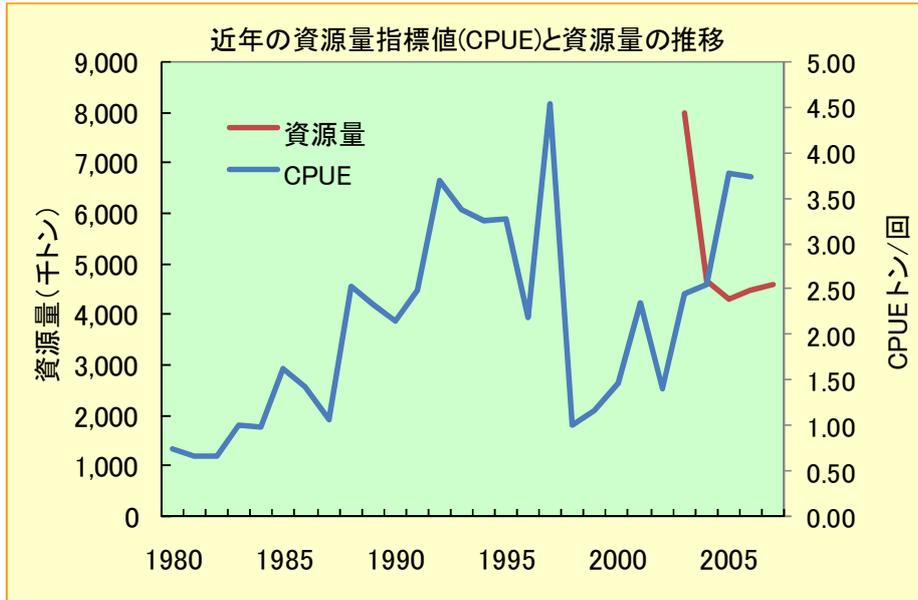


図 9 近年の資源量指標値と資源量の推移

(3) 資源および漁獲物の年齢組成

2002～2006年の漁期前調査および2005、2006年の漁期の調査で採集されたサンマの耳石透明帯の観察によりサンマの年齢査定を行い、年ごとに漁期前と漁期に分けて体長-年齢 key を作成した(図10)。漁獲物の抽出測定と漁船の聞き取り調査結果に基づいて「サンマ集計システム」⁸により計算された体長別漁獲尾数に体長-年齢 key を適用することにより各年の年齢別の漁獲尾数を計算した(図11)。

サンマは1歳魚(大型魚)の水揚げ価格が高いため、漁獲努力が1歳魚に集中しやすい。その上、2005年以前には魚体分離器によって中小型魚(0歳魚)が投棄されていたため漁獲物の半分以上が1歳魚である年が多かった。2006年漁期には、魚体分離器の使用が全面的に禁止されたため中小型魚(0歳魚)の漁獲が急増した。

漁期前調査で採集されたサンマについても、掃海面積法で算出された体長別資源尾数と体長-年齢 key から年齢別の資源尾数が算出された(図12)。2007年の年齢別資源尾数を求めるにあたっては、2003～2006年の平均体長-年齢 key を計算して適用した。

⁸ 2000年日立情報システム(株)作成。フレスコシステムの一環として導入された。漁況聞き取り調査、水揚量調査、魚体測定結果などから体長別、海域別の漁獲尾数などを計算するシステム。

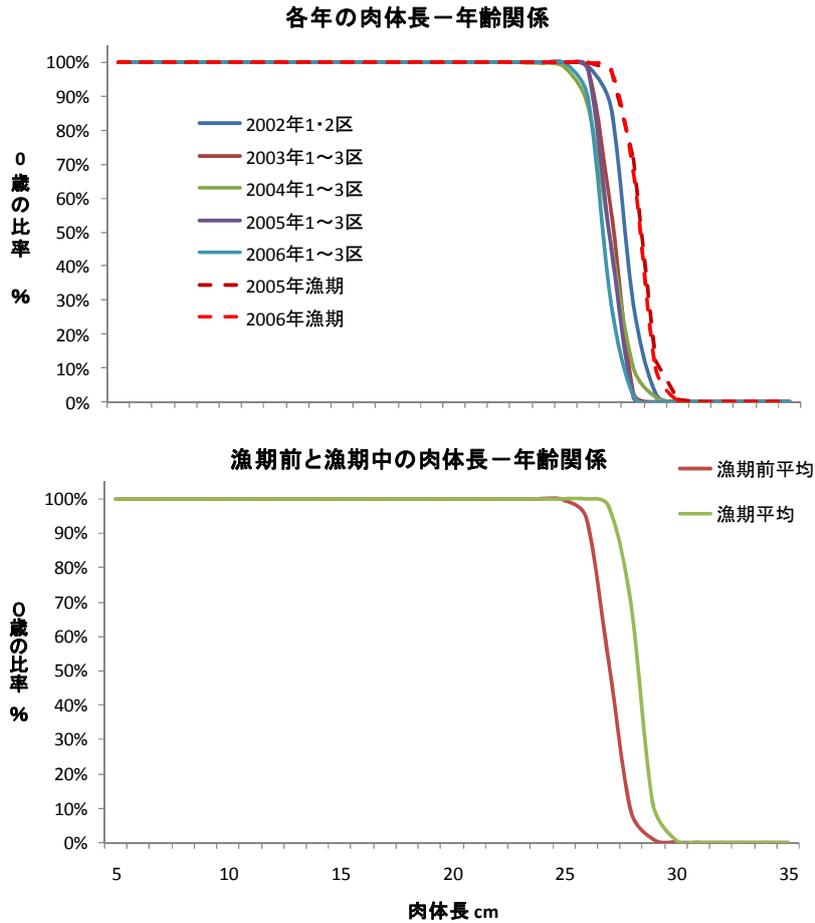


図 10 年別・漁期別の体長 年齢関係

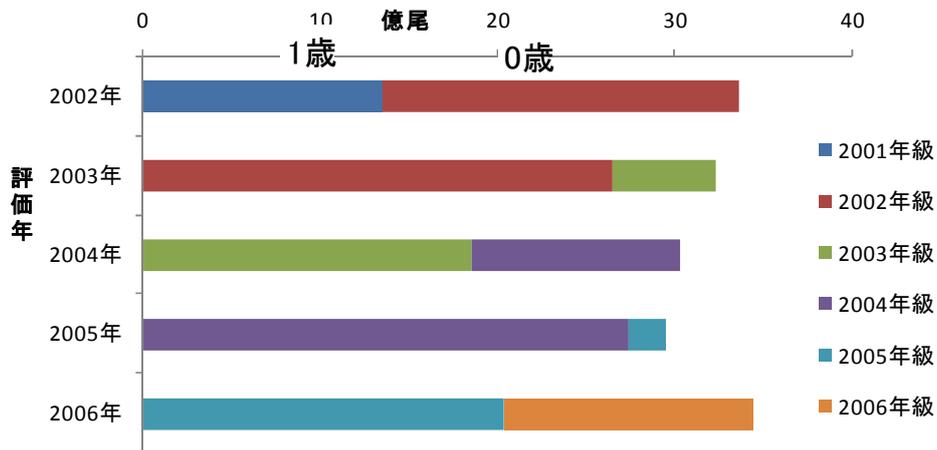


図 11 漁獲物の年齢組成

これによれば、過去においては 2002 年級から 2007 年級まで 2005 年級を除いて順調に 0 歳魚の加入があったことが分かった。2005 年の漁期前調査では、2005 年級の豊度が著しく低く、翌 2006 年には 1 歳魚の資源水準は低いものと評価さ

れていた。しかしながら、2006年漁期前調査においては、1歳魚（2005年級）がかなり多くみられ、加入の翌年に加入尾数の5倍近い1歳魚が出現した。結果的には、2005年漁期前調査における0歳魚の資源量推定値は極端な過小推定であったことになる。2005年級の場合は、主に生き残ったサンマのふ化時期が遅かったことが⁹、0歳魚の資源評価が著しい過小推定になっていた原因と判断された。このことから、2005年級についても一定の加入量があったことになる。

2007年においては、大量の0歳魚の分布が確認されており、加入は順調である。これらのことからサンマにおいては、2002年級から2007年級まで6年連続して順調な当歳魚の加入があったことになる。

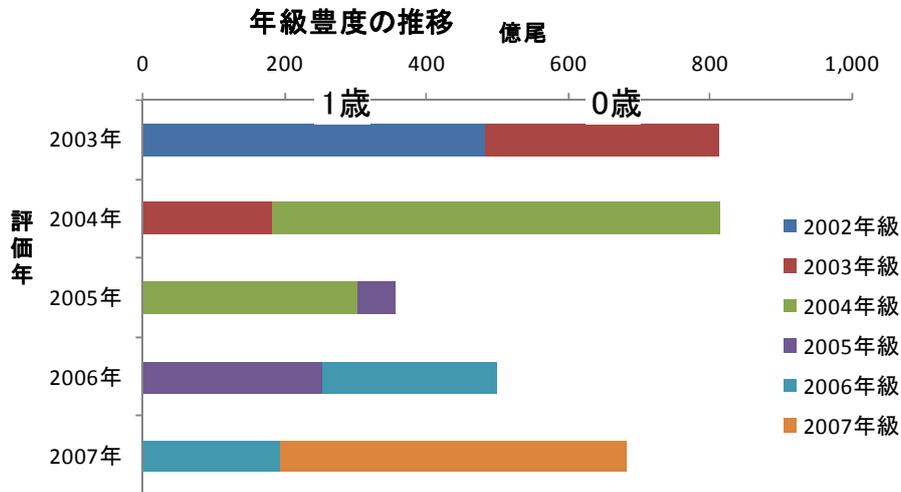


図 12 資源の年齢組成

(4) 漁獲の影響の評価

2003～2007年の漁期前資源量に対する全漁業国の合計漁獲量の割合（漁獲割合）を示した（図 13）。これによれば、この期間内では、漁獲割合は最高 10.9%、平均 8.3%で比較的良かった。

⁹ ふ化時期が遅いと漁期前調査時（6・7月）に体長が小さすぎて中層トロールで漁獲できない。また、調査が及んでいない3海区より東の海域に分布していた可能性も否定できない。

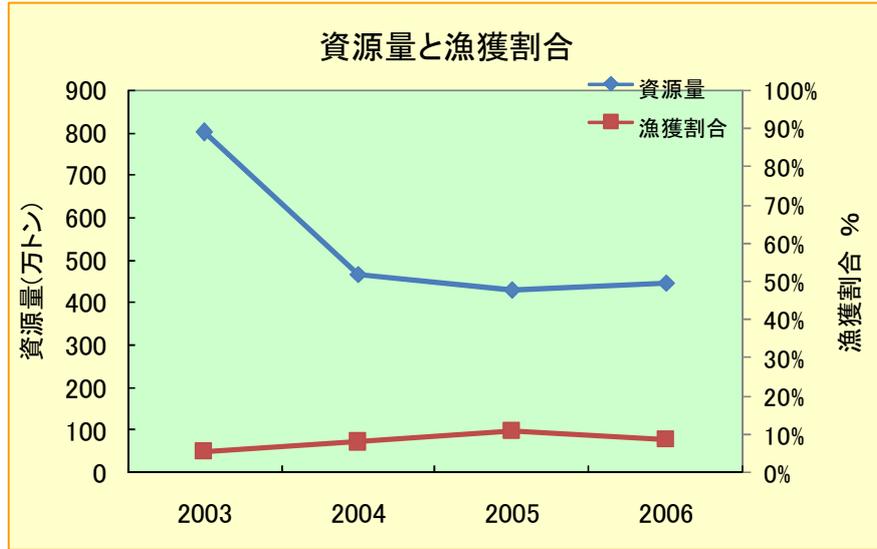


図 13 近年の資源量と漁獲割合の変動

年齢別の漁期前資源尾数と漁獲尾数から漁獲死亡率と自然死亡率を推定した（表 2）。これから導かれた 0 歳から 1 歳までの自然死亡率は、2003、2004 年級については、それぞれ 43.0、50.1%と妥当な値であったが、2005、2006 年級については、自然死亡率が負になったり（2005 年級）、低すぎたり（2006 年級）していた。これは、前述したとおりふ化時期が遅すぎて漁期前調査（中層トロール）で漁獲できないことが主な原因であると推測される。そこで、2003、2004 年級については、漁期前調査で全部の 0 歳魚資源を把握できたと仮定して、漁獲方程式（1）～（3）によりこの期間の月当たり自然死亡係数 M （年齢によらず一定とした）、0 歳魚にかかる月当たり漁獲係数 F_0 、および 1 歳魚にかかる月当たり漁獲係数 F_1 を推定した¹⁰。 N_0 は 6 月末（漁期前調査時）における 0 歳魚加入尾数、 N_1 は同じく 1 歳魚資源尾数、 C_0 は 0 歳魚漁獲尾数、 C_1 は同じく 1 歳魚漁獲尾数である。2003、2004 年級については、 N_0 、 N_1 、 C_0 、 C_1 が分かっているので、（1）、（2）によりエクセルのソルバーを用いて最適化法により M と F_0 を推定できる。ここで求めた M を用いて同様にソルバーを用いて（3）式から F_1 を推定した（表 3）。

$$C_0 = \frac{6F_0}{6F_0 + 6M} N_0 (1 - \exp(-6(F_0 + M))) \quad (1)$$

$$N_1 = N_0 \exp(-(6F_0 + 12M)) \quad (2)$$

¹⁰ 計算過程で漁業は 7 月～12 月まで同様の規模で行われると仮定した。他の期間は漁獲が無いと考えた。

$$C_1 = \frac{6F_1}{6F_1 + 6M} N_1 (1 - \exp(-6(F_1 + M))) \quad (3)$$

他の年級については、漁期前調査による加入尾数 N_0 の推定が著しく過小であるため、直接、推定した自然死亡係数 M も過小であると思われたので、自然死亡係数 M については、2003、2004年級の平均値をとると仮定して、ソルバーを用いて、 N_0 、 F_0 、および F_1 を推定した（表3）。

漁期前調査により直接推定された0歳魚資源尾数とここでの計算により、 N_1 から求められた資源尾数 N_0 とを比較すると2005年は11%、2006年は65%しか漁期前調査で評価されていなかったことになる。そこで、2003～2006年までの漁期前調査で評価できた比率の平均（69%：捕捉率）を2007年の漁期前調査から推定された0歳魚資源尾数に適用すると2007年級0歳魚の資源尾数は、約682億尾と推測された。

表2 2003～2007年の漁期前調査および漁況調査で得られた年級別資源尾数、漁獲尾数と死亡率

加入(0歳魚)資源尾数(億尾)	0歳魚漁獲死亡尾数(億尾)	1歳魚資源尾数(億尾)	1歳魚漁獲死亡尾数(億尾)	0歳の漁獲死亡率	1歳の漁獲死亡率	0歳から1歳までの自然死亡率	備考
2002年級	20	485	26		5.5%		
2003年級	329	6	182	1.8%	10.2%	43.0%	計算の基準とした。
2004年級	631	12	303	1.9%	9.0%	50.1%	計算の基準とした。
2005年級	53	2	252	4.0%	8.1%	-380.6%	
2006年級	247	14	192	5.7%		16.7%	
2007年級	470						

この推定の結果、2002～2007年に順調な加入があったこと、0歳魚に対する漁獲率は1歳魚に対する漁獲率の半分以下であること、漁獲係数が全般に低いことなどが明らかになった。ここで、 F_0 は、2005年以前で低く、2006年に急に高くなっていった（0.0073）。これは、2006年漁期に行われた魚体分離器の撤去を反映したものであると思われた。従って、2002～2005年の F_0 は過小推定であり、実際の F_0 は2006年級の0歳魚にかかった月当たり0.0073程度であるものと推測された。そこで、 F_0 の値として、2006年級の値を用いることにした。 F_1 の値は（月当たり平均0.0168、年当たり0.101）、他の多獲性浮魚類にかかっている F の値と比較して年換算でかなり低いものと思われた。¹¹近年の漁獲

¹¹ F の値は、例えば2005年のマイワシ太平洋系群で0.31、マサバ太平洋系群で0.56、マジ対馬暖流系群で0.57である。

割合は低く、低い漁獲係数を考え合わせると、資源に対する漁獲の影響は小さいものと推察された。

表 3 2003～2007年の漁期前調査および漁況調査で得られた年級別月当たり漁獲係数と自然死亡係数

	加入(0歳魚)資源尾数(億尾) N_0	0歳魚に対する漁獲係数 F_0	1歳魚に対する漁獲係数 F_1	自然死亡係数 M
2002年級	945	0.0042	0.0110	0.0535
2003年級	329	0.0034	0.0207	0.0477
2004年級	631	0.0037	0.0189	0.0593
2005年級	481	0.0009	0.0165	0.0535
2006年級	381	0.0073		0.0535
2007年級	682			0.0535
平均	553	0.0039	0.0168	0.0535

(5) 資源の水準・動向

2002年以降加入尾数は安定しているもので、動向は横ばいであるが、資源量が明らかになっているのは、2003年以降なので、現在の資源水準が高いか低いか資源量だけからは判然としない。1980年から2006年にかけてのCPUEで検討すると、平均値2.15、標準偏差1.1で、2006年は、3.74であり平均値と標準偏差を合計したよりも大きかったので、資源水準としては高位とした。

水準：高位 動向：横ばい

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

現在の体制の漁期前中層トロール調査は2003年度から実施されており、親魚量と加入尾数の関係が4例利用できる。加入尾数は「4(4) 漁獲の影響の評価」ですでに推定した(表3)。親魚量については過去の生態的知見から下記のように推定した。

1歳魚については全部が産卵する。

0歳魚については、12月末に体長25cmに達したものが成熟して産卵に参加すると仮定した。成長曲線から12月末に25cmになるサンマの6月末(漁期前)での体長を逆算すると、14.5cmとなった。これは、中層トロールが効率よく漁獲できる最小の体長(約15cm)とほぼ同じであった。そこで、中層トロールにより把握された漁期前調査の0歳魚資源尾数を M と F_0 で減少させ、12月末の生残尾数を出し、それを0歳魚の親魚数とし

た。また、これにより各年の成熟率を算出した。
各年齢の親魚数に体重をかけて親魚量 SSB とした。

上記により求められた親魚量と加入尾数の関係を示した(図 14)。これによれば、年ごとの親魚量は、380 万トンから 810 万トンの範囲で変動しており、加入尾数も 380 億尾から 682 億尾の範囲でかなり大きい変動を示した。漁獲圧が低いことを考え合わせると、この変動は環境変動によるものと考えられる。サンマの場合、2 年級構成であることで環境によるバイオマスの変動が見かけ上緩和されている傾向が見られる。

事例が少ないので、再生産曲線を推定することは難しかった。親魚量と加入尾数の図上(図 14)に%SPR の水準に合わせた再生産成功率 RPS の線をプロットすると、F の値が得られている再生産関係とどのような関係にあるのかを見ることができる。もっとも再生産成功率のよかった点(2007 年級)は、概ね 60%SPR の線と一致した。他の点は 80%SPR の線の右側にあった。すなわち、サンマはほとんど未利用資源の状態であり、資源が減少した場合の再生産成功率が高くなるかどうか不明である。従って、現時点では親魚量を維持するためには少なくとも F60%SPR より安全な基準を前提とする必要性があるものと判断された。

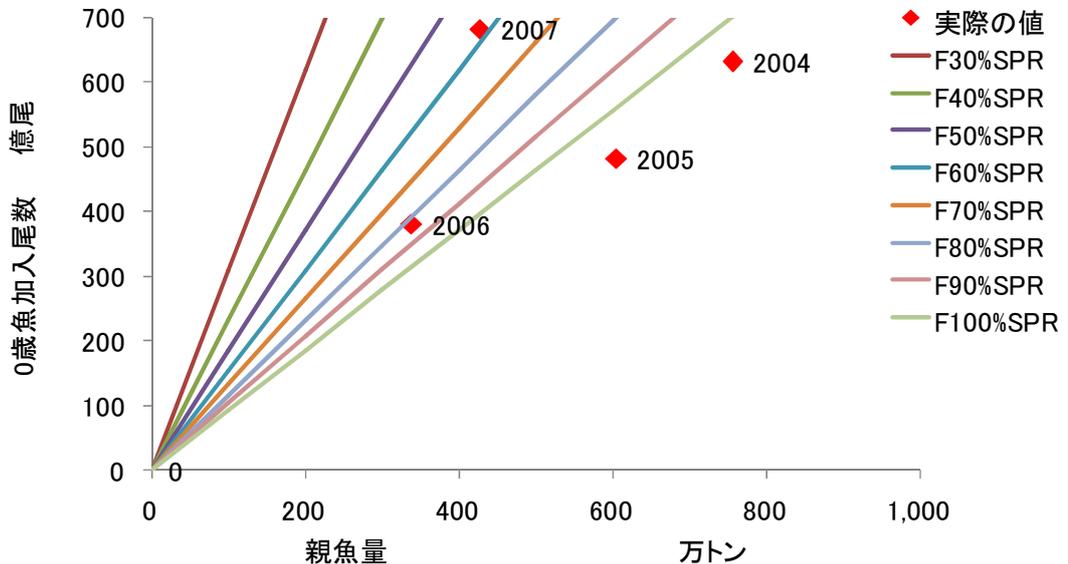


図 14 親魚量と加入尾数の関係

また、事例が少なすぎて、通常用いられる再生産曲線の適用は難しかったが、直線近似による簡単な再生産関係を仮定した資源変動のシミュレーションを補足資料 1 に示した。

(2) 今後の加入量の見積もり

近年の再生産成功率 RPS (加入尾数 ÷ 親魚量) を図 15 に示した。4 組しか事例がないが、横ばいあるいはわずかに上昇傾向にあった。ごく短期間の事例しかないので、これから将来の動向を予測することは難しい。

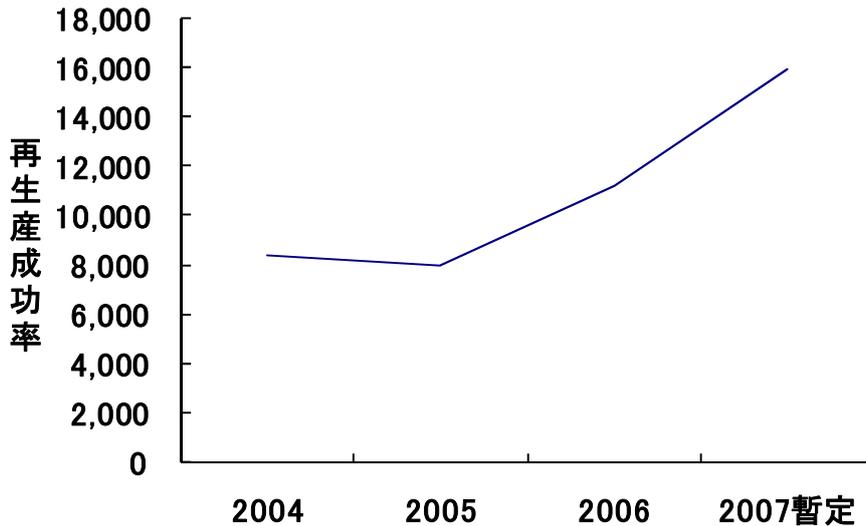


図 15 近年の再生産成功率 RPS の推移

(3) 加入量あたり漁獲量および産卵量あたり加入量からみた資源状況

近年分かってきたサンマの成長速度を基に加入量あたり漁獲量 (YPR) と産卵量あたり加入量 (SPR) の計算を行った (図 16、表 4)。ここでは、寿命は、1 月 1 日に生まれて、翌々年の 1 月 30 日に死亡するとして、2 年 1 ヶ月と仮定した。また、月別体重は、東北区水産研究所に蓄積された耳石日周輪の読輪記録を基に von Bertalanffy の成長式に当てはめて求めた暫定的な成長曲線を基に推定した (図 2: 11 ページの脚注 4 を参照)。漁期は 7 月から 12 月までとし、自然死亡係数は前段で求めた 2003 年級と 2004 年級が当歳魚から 1 歳魚になる際の自然死亡係数の平均 0.0535 (月当たり) を用いた。漁獲割合は、漁期前調査時の資源量 (6 月末) に対する漁獲物の重量比とした。漁獲係数 F は、 $F=F_1$ とし、 F_0 は 2006 年級の推定値 0.0073 と 2003~2005 年級の F_1 の平均 0.0168 の比 ($s=0.438$) をとり、 $F_0=sF_1$ として計算した。ここで F_0 は 0 歳魚にかかる F 、 F_1 は 1 歳魚にかかる F である。

%SPR の計算にあたっては、年齢別の成熟率が必要となる。ここでは、加入尾数の推定値 N_0 と漁期前調査で把握された当歳魚資源尾数との比 (平均で 69%) をとって、これを平均的な当歳魚の成熟率とした。これは全加入尾数の中で 12

月末に体長 25cm に達するものの割合とも考えることができる。1 歳魚については、全部が成熟するものとした。産卵は 0 歳魚、1 歳魚とも 12 月末におこなうものとした。

F と YPR および漁獲割合の関係をみると、YPR が最高となる F (Fmax) の値は 0.418 であるが、この F では漁獲割合は 84.8% となる。また YPR 曲線の傾きが、原点の傾きの 10 分の 1 になる F (F0.1) の値は 0.241 であるが、この場合も漁獲割合は 65.9% と高い値をとる結果となった。

通常、親魚量を確保するための基準とされる 30%SPR や 40%SPR を達成する漁獲割合も非常に高かった(それぞれ 66.0%、54.7%)。これは、寿命が短いこと、成長が早いこと、特に基準とした 6 月下旬以後の成長による生物量の増加が効いている。

サンマは過去に過度な漁獲圧力がかかったことがないため、親魚の減少が加入に与える影響がよくわかっていない。そのため、他の魚種で用いられている基準をそのまま適用しないで、より慎重な基準で管理を進める必要があると考えられる。

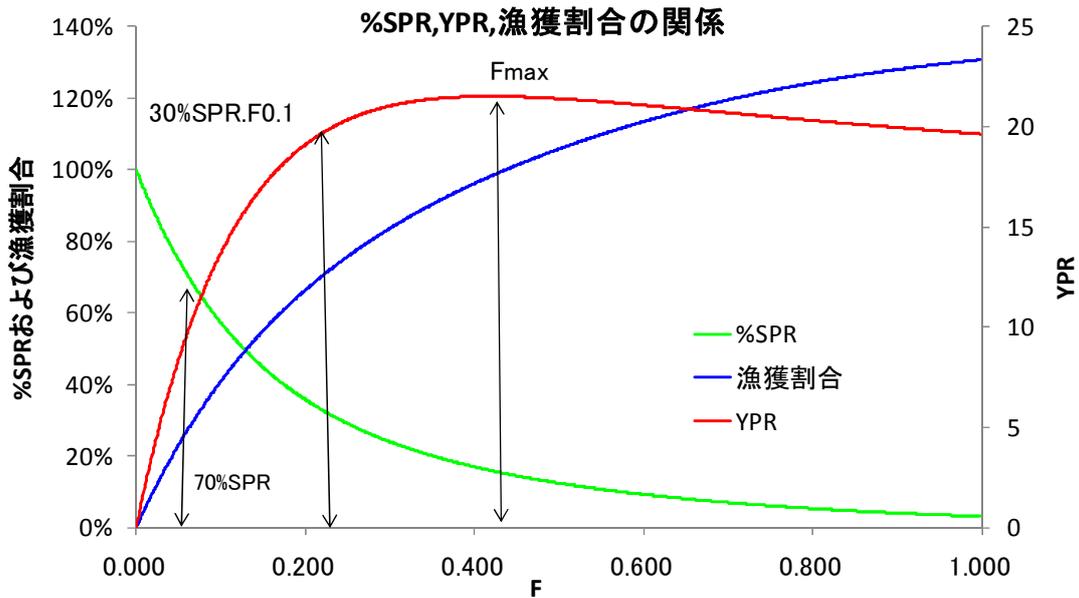


図 16 サンマの YPR、%SPR、および漁獲割合。F は月当たり。

表 4 各%SPR に対する F (月当たり) および漁期前の資源量に対する漁獲割合

%SPR	F	漁獲割合
90%SPR	0.018	8.2%
80%SPR	0.038	16.5%
70%SPR	0.062	25.2%
60%SPR	0.091	34.5%
50%SPR	0.127	44.2%
40%SPR	0.175	54.7%
30%SPR	0.242	66.0%

(4) 漁獲圧と資源動向

漁獲圧に対する資源の応答を調べるためには、再生産関係を明らかにする必要があるが、現在得られている親魚量と加入尾数の関係は 4 例のみであり、再生産関係を見いだすには不足している。そのため、漁獲圧と資源動向については、この報告書では検討しない。参考のため、再生産関係を仮定して検討した例を補足資料 1 に示した。

(5) 不確実性を考慮した検討

現時点では、再生産関係が確定できないので、再生産関係のバラツキに由来する不確実性については検討できなかった。今回の解析の中で色々な資源特性値の推定に最も大きな影響を与えている要因は中層トロールの採集効率である。今回は 14.4%を用いたが、これが 20%であった場合と、10%であった場合について、資源量の予測や漁獲係数などを推定した(表 5)。これによれば、わずかな採集効率の違いが推定値に大きな影響を与えることが明らかになった。今後、採集効率の精度を向上させる必要がある。

表 5 中層トロールの採集効率の違いによる推定値の差

トロールの採集効率	2007年資源量	2008年資源量 予測値	F _{current}	F _{70%SPR}	F _{70%SPR} の時の 漁獲量
10.0%	6,336,000	9,741,000	0.0115	0.0620	2,741,000
14.4%	4,400,000	7,178,000	0.0168	0.0620	1,892,000
20.0%	3,168,000	5,146,000	0.0237	0.0620	1,352,000

(6) 漁獲制御方法の提案

一般に SPR の経験的な目標値は、漁獲がない場合 (F=0) の 30% (Mace and Sissenwine 1993) とされることが多いが、再生産関係が把握されていないものについてはこれより高い 40% (Mace 1994; Clark 2002)、さらには 55%~60% (Dorn 2002) を推奨する報告もある。また、F_{msy} の代替値として 30~40%SPR を与え

る F を推奨している報告もある (Rosenberg et al. 1994)。これらの報告では、再生産関係が利用できる魚種で基準を決定しているものが多いが、サンマの場合は事例が少なすぎてどの程度の基準で管理すれば安全か現在のところよくわからない。

%SPR や YPR の計算で、30%SPR の時の漁期前資源量に対する漁獲割合は、66.0% と高い。これは漁期前の体重に対する漁獲割合をとっているためで、漁獲時に体重がかなり増加しているためである。しかしながら、このように高い漁獲割合を提案するためには確実な証拠や事例が必要である。サンマは他の多獲性浮魚類と比較して産卵数が少なく、高い漁獲圧にさらされた時の反応もよくわかっていない。

親魚量と加入尾数の関係のプロットからは (図 14)、最も再生産成功率が良好な場合におおむね 60%SPR を示す直線上にあった。また、3 点は 80%SPR の線よりかなり右側であった。これらのプロットは、漁獲圧が低いので、漁獲が強かかった場合の親魚量と加入尾数の関係のプロットとは異なり、処女資源に近く余剰生産も低い状態を反映しているものと思われる。しかしながら、現時点では、漁獲が強かかった場合の再生産関係の分布は分からないので、安全に親魚資源を維持することを考えて、現在の再生産関係の中で最も RPS が良好であったときに資源が維持できる $F (=F_{60\%SPR})$ を参考とし、トロールの採集効率の不確実性などを考慮して安全を見込んで¹²、管理目標を設定することが適当であると判断した。そこで、19 年度の資源評価においては、60%SPR より厳しい 70%SPR ($F=0.062$ 、年当たり 0.372) を基準とした資源管理を提案する。

この基準は、従来管理基準として用いられてきた 30%SPR や $F_{0.1}$ より厳しい基準である。サンマにはかつて強い漁獲圧がかかったことがなく、漁獲に対する資源の応答がはっきりしないので、現時点では、管理基準も慎重なものを適用することが好ましいと考えた。

6. 2008 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2007 年漁期前調査の中層トロール調査によれば、西経 165 度から日本の沿岸にいたる海域に分布している資源量は、約 4,400 千トンで、豊漁であった 2005、2006 年と同程度であるが、0 歳魚 (中小型魚) の比率が高かった。また、近年のサンマの 0 歳魚加入量は安定しており、歴史的にみて CPUE も高水準にある。

¹² トロールの採集効率を 20%とした場合に $F_{60\%SPR}$ で漁獲すると、 $ABC_{limit}=1,958$ 千トンとなり、採集効率 14.4%の $F_{70\%SPR}$ の時の $ABC_{limit}=1,891$ 千トンより大きくなる。よって後者の方がより安全である。

漁獲割合は漁獲量が増加してきた近年においても 5.5～10.9%程度で低く、現状の年当たりの漁獲係数 F_{current} (0.101) は年当たりの自然死亡係数 (0.642) に比べて低い値であった。従って、資源量には余裕があり、さらに開発できる部分が多いと結論した。

(2) ABC と参考値の算定、管理の考え方と許容漁獲量

2003～2007 年の漁期前調査から得られた 4 組の再生産関係を検討した結果、最も再生産成功率が高い時に資源が維持できる F は概ね $F_{60\%SPR}$ に該当していた。これを参考にして、余裕を持って親魚を残すため、中層トロールの採集効率の不確実性を考慮に入れて $F_{60\%SPR}$ より一段厳しい基準である $F_{70\%SPR}$ での管理を提案した。実際の許容漁獲量の算定に当たっては、2008 年の年齢別資源尾数を予測し、これに $F_{70\%SPR}$ に該当する F による漁獲割合と平均体重をかけて算出した (表 6)。2008 年の年齢別資源尾数については、0 歳魚については、2004～2007 年の平均 0 歳魚加入尾数をあて、1 歳魚については、2007 年 0 歳魚資源尾数¹³に F と M による生残率をかけて求めた¹⁴。

事例数が足りないため再生産関係を確定するには至らなかったため、漁獲が資源に与える影響については、検討できなかった。

参考値としては、 F_{current} を示した。 F_{current} は 2002～2005 年級の 1 歳魚にかかった漁獲係数の平均をとった。また、サンマ太平洋北西部系群は、ロシア、韓国、台湾などの漁獲が多いので、許容漁獲量も漁業国全体で算出し、かつこ内に最近 3 カ年間の日本の漁獲シェア (55.0%) をかけた値を示した。

¹³中層トロールによる 0 歳魚資源尾数推定値を中層トロールで把握できる平均的な 0 歳魚資源尾数の割合 (69%) で除した値。

¹⁴表 4 では、 $F_{70\%SPR}$ での漁獲割合は約 25%になっているが、表 6 での ABC_{limit} は漁獲割合 26%となっている。これは、表 4 では各年の加入量は同じとして計算しているのに対し、 ABC_{limit} の実際の計算 (表 6) では 0 歳魚と 1 歳魚の実際の資源 (加入) 尾数を基に $F_{70\%SPR}$ (年齢別の月当たり $F_0=0.027$ 、 $F_1=0.062$) における漁獲割合をかけて計算しているためである。

表 6 許容漁獲量 (ABC) および参考値 (日本該当分) の一覧

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2008年漁獲量 (千トン)		F値	漁獲割合 (%)	評 価		
		全漁業国	日本該当分			A(%)	B (千トン)	C (千トン)
ABClimit (F70%SPR)	これまでの加入量を大きく下回らない親魚量を確保	1,892	1,040	0.372	26%	-	-	-
ABCtarget (0.8F70%SPR)	資源量推定誤差などを考慮	1,559	857	0.298	22%	-	-	-
現状の漁獲圧維持 (Fcurrent)	現状(2002~2005年級1歳魚にかかった漁獲係数の平均を維持する)	571	314	0.101	8%	-	-	-

評価欄:

F値: Fは1歳魚にかかる漁獲係数(F_1)とした。0歳魚にかかる F_0 は、 $F_0=0.438F_1$ とした。

(3) ABC の再評価

一昨年と昨年の提示結果と今年の基準による昨年の再評価結果については、以下のとおりである(表7)。年度により管理基準が異なっているが、いずれの場合も、資源に強い漁獲がかかった場合の資源の応答が分からないことから、慎重な基準となっており、今年もそれを踏襲している。

表 7 2006、2007年のABCとその再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2006年(当初)	Fmsy(プロダクションモデル)	1,533*	492	394	-
2006年(2006年再評価)	F60%SPR	4,469	1,165	949	-
2006年(2007年再評価)	F70%SPR	4,469	1,178	1,021	392
2007年(当初)	F60%SPR	3,099	808	658	-
2007年(2007年再評価)	F70%SPR	4,400	1,160	956	-

* 1海区と2海区のみの値

7. ABC 以外の管理方策の提言

(1) 沖合のサンマ資源の利用について

サンマ資源は、最近6年間ほど安定した状態が続いている。また、資源水準も高い。慎重な管理基準を適用しても平均的に漁期前の資源量に対して25%前後の漁獲利用が可能であると推測される。現在のところ、諸外国を含めても利用のレベルは40万トン程度であり、未利用部分が多くある。日本のサンマ漁業

の主力である棒受網漁業（特に大型船）は、サンマの資源状態が良好であるにもかかわらず、兼業している鮭鱒流し網漁業やマグロ延縄漁業の不振から採算をとることが困難になってきており、今後の漁業の継続については、見通しが立たなくなっている。

台湾など諸外国では、沖合のサンマ資源の開発に力を入れてきており、日本でも漁期・漁場等の条件を緩和して大型漁船による沖合資源の利用とこれによる漁業経営の立て直しを検討するべき時期に入っていると思われる。諸外国のサンマ漁船の多くはイカ釣り漁業との兼業で経営を行っており、日本でも鮭鱒流し網漁業やマグロ延縄漁業に代わる有力な兼業漁業種目として、イカ釣り漁業などとの兼業が真剣に検討されるべきであろう。

諸外国における沖合サンマ資源の利用は、従来の日本のサンマ漁業と大きく異なり冷凍品の生産が主体で、サンマは、国際的に広く販売されるようになってきている。近年は、世界的な水産物需要の増大で、水産物需要が逼迫してきており、輸入による確保が困難になってきている¹⁵。日本でも、大型棒受網漁船による沖合サンマ対象の操業などが検討されるべきである。沖合で生産されるサンマは冷凍品が主体となるため、生鮮物と異なり大量水揚で処理できずに魚価が低下することが少ないと期待される。

(2) サンマ資源管理のための国際的な取り組み

サンマ資源は、現在のところ日本、ロシア、韓国、台湾が主に利用している。また、最近では中国の参入もある模様であり、今後、急速に漁獲努力量が増大する可能性がある。にもかかわらず、国際的な管理の枠組みとしては、日口間に日口漁業条約に基づく日口漁業委員会の下で行われる日口漁業専門家・科学者会議があり、資源評価に関する検討を行っているが、本格的なサンマ資源の評価や管理方策の検討は行われていない。

サンマ資源は北太平洋の中緯度海域全域に分布するもので、マグロ類のような高度回遊性魚類やストラドリングストックの性格を有している。現在、極東各国で盛んに開発・利用されているが、資源管理についての話し合いは日口間を除いて全くなく、各国でどのような漁業が行われているかについての情報も少ない。北太平洋公海上に膨大な未利用資源があることが分かってきており、今後極東各国により開発が進む可能性もある。このような情勢に鑑み、サンマ資源の効果的な管理・開発のため国際的な枠組みを新たに構築する必要があると考える。各国の担当者レベルの話し合いによる漁業情報の交換を行うよう

¹⁵ たとえば、2006年7月6日付け日刊水産経済新聞1面「日本の買い負け」裏づけ」、2006年7月21日付け日刊水産経済新聞1面「どうなる？食魚が海外で買えない」など

早急に検討する必要がある。

8. 引用文献

- 陳 春暉 (1988) サンマ. 日本産稚魚図鑑 (沖山宗雄編). 263P.
- Clark, W.G. (2002) F35% Revisited Ten Years Later. *North Am. J. Fish. Manage.*, 22, 251-257.
- Dorn, M.W. (2002) Advice on West Coast Rockfish Harvest Rates from Bayesian Meta-Analysis of Stock-Recruit Relationships. *North Am. J. Fish. Manage.*, 22, 280-300.
- Fukushima, S., Odate, K., Takahashi, S. (1976) Relationship in the distribution between zooplankton as prey organisms and Pacific saury in the feeding area of the northwestern North Pacific. *Bull. Tohoku. Reg. Fish. Lab.* 36: 1-8.
- 福島信一 (1979) 北西太平洋系サンマの回遊機構の総観的解析. 東北水研研報 41、1-70.
- 堀田秀之 (1964) サンマ資源. 水産研究叢書 4: 96P.
- Hughes, S.E. (1974) Stock composition, growth, mortality, and availability of Pacific saury, *Cololais saira*, of the Northeastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 72: 121-131.
- 川口哲夫 (1963) 日本海北上サンマの成熟について. 日本海サンマ共同調査報告書 (日本海区水産研究所): 105-112.
- 小坂 淳 (2000) 西太平洋におけるサンマの生活史とそれに基づく資源変動の考察. 東北水研研報 63: 1-96.
- 高 幸子・北片正章・和田時夫 (1980) 千島列島南東水域における7月のサンマ餌料生物と動物プランクトンの鉛直分布について. 北水研報告 45.15-41.
- 高 幸子・北片正章・和田時夫 (1982) 千島列島南東水域における夏季のサンマと餌料生物、特に *Calanus plumchrus* との関係について. 北水研報告 47. 41-55.
- 栗田 豊・巢山 哲・上野康弘 (2002) 環境変動に対するサンマの繁殖特性の応答. 農林水産技術会議研究成果 402: 60-63.
- Mace, P.M., Sissenwine, M.P. (1993) How much spawning per recruit is enough?. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 120, 101-118.
- Mace, P.M. (1994) Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management

- strategies. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science
51:110-122
- Mackett D. J. (1973) Manual of methods for fisheries resources survey and appraisal part 3. Standard methods and techniques for demersal fisheries resource surveys. FAO Fish. Tech. Paper. No.124. 39p.
- 小達和子 (1977) サンマの食性について. 東北水研研報 38 : 75-88.
- 小達 繁 (1977) 北太平洋におけるサンマの分布. 北大水産北洋研究業績集特別号 : 353-381.
- Oozeki, Y., Watanabe, Y. (2000) Comparison of somatic growth and otolith increment growth in laboratory-reared larvae of Pacific saury, *Cololabis saira*, under different temperature conditions. Marine Biology. 136: 349-359.
- Ostrom, P., Walker P. (2000) Trophic Relationships, and Migration of Sooty and Short-Tailed Shearwaters Associated with Squid and Large-Mesh Driftnet Fisheries in the North Pacific Ocean. Waterbirds. 23(2):165-186
- Parin, N.V. (1970) Ichthyologia of the epipelagic zone. Keter Press, Jerusalem: 206P.
- Rosenberg, A., Mace P., Darcy, G., Clark W., Collie, J., Gabriel W., MacCall, A., Methot, R., Powers, J., Restrepo V., Wainwright, T., Botsford, L., Hoening, J., Stokes, K. (1994) Scientific review of definitions of overfishing in U.S. Fishery Management Plans. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-17, 205pp.
- Suyama, S., Kurita, Y., Ueno, Y. (2006) Age structure of Pacific saury *Cololabis saira* based on observations of the hyaline zones in the otolith and length frequency distributions. Fisheries Science. 72: 742-749.
- 高橋章策 (1991) 1988 年北上期のサンマその他の浮魚類の被食状況. サンマ研究討論会報告 .39 : 144-166
- Tamura, T., Fujise, Y. (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. ICES J. of Marine Sci. 59: 516-528.
- 津崎 順 (2001) サンマの飼育と展示. AMF NEWS (ふくしま海洋科学館、いわき市) .3 (1) : 1-2
- 上野康弘・巢山 哲・栗田 豊 (2003) 中層トロールによるサンマの資源量

推定.第 51 回サンマ資源研究会議報告.東北区水産研究所八戸支所.八戸市.262-272.

Ueno, Y., Suyama, S., Kurita Y., Kumazawa, T. (2004) Design and operation methods of a mid-water trawl for quantitative sampling of a surface pelagic fish, pacific saury (*Cololabis saira*). Fisheries Research 66: 3-17.

Watanabe, Y., Lo, N.C.H. (1989) Larval production and mortality of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the Northwestern Pacific Ocean. Fish. Bull 87: 601-613.

Watanabe, Y., Oozeki, Y., Kitagawa, D. (1997) Laval parameters determining preschooling juvenile production of Pacific saury (*Cololabis saira*) in the northwestern Pacific. Can. J. Aquat. Sci.54: 1067-1076.

補足資料 1 再生産関係を仮定した場合の ABC の算定

1. 目的

本文では、親魚量と加入尾数の関係の事例が 4 例しか無かったので、特定の再生産曲線を仮定した解析は行わなかった。調査事例が増えるにつれて、再生産関係もしだいに明確になり、再生産関係を利用した資源動態のシミュレーションが可能になってくると思われる。ここでは、4 点を用いて、簡単な再生産曲線を設定して、資源動態のシミュレーションを行った例を示した。

2. 方法と結果

(1) 一定の親魚量 SSB の維持を目標とした再生産関係を仮定した場合

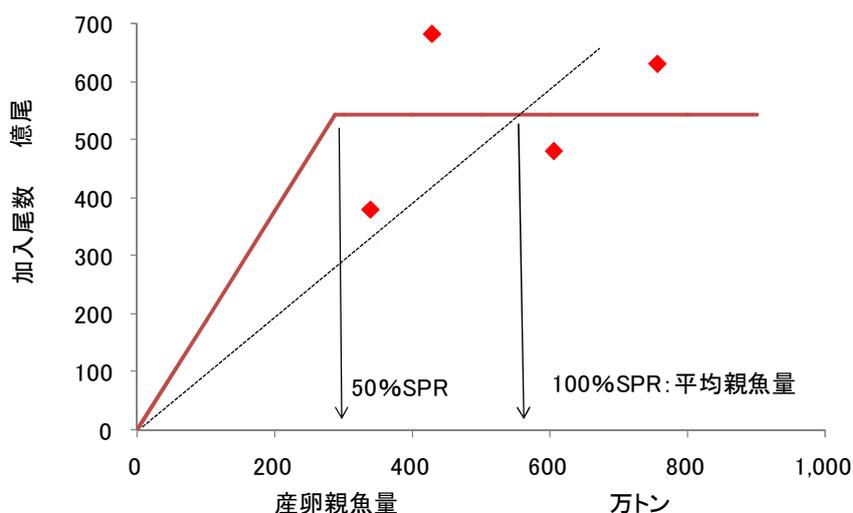
1) 考え方

SSB_{limit}¹⁶および再生産曲線の設定は下記に従うこととした。加入尾数と SSB の関係が分かっている 4 カ年について、6 月末（漁期前調査時）の資源尾数について、漁獲が無い場合を想定し、自然死亡係数だけをかけて 12 月末の資源尾数を算出し、年齢別に平均体重をかけて重量を算出した（SSB_{NF}とする）。これは、漁業が無い場合に達成される SSB に該当する。0 歳魚で産卵に参加しないものの体重は軽いので資源量は小さいとするとこの時の親魚量は漁獲がないときの資源量 K （環境収容力）に近い。余剰生産モデルに従えば、環境収容力の半分の資源量 $2/K$ が MSY を与える資源量（ B_{msy} ）である。そこで、各年の S_{NF} の平均値をとり、この 50% を SSB_{limit} とし、SSB がこれを下回ると加入尾数が減少すると考えた。これは、 B_{msy} に近く、産卵量が半分になるところでもあるので、50%SPR とも考えることができる。

2) 再生産曲線の設定

SSB_{limit} を中心として、SSB が SSB_{limit} 以下の場合は、親魚量の増加に従って直線的に加入量が増加し、産卵量が SSB_{limit} を超えると過去 4 年の加入量の平均値（約 544 億尾）が加入するとした。これを補足図 1 に示した。

¹⁶ これより産卵（親魚）量が減少すると加入量が急減するとされる産卵（親魚）量の閾値。



補足図 1 再生産曲線の仮定

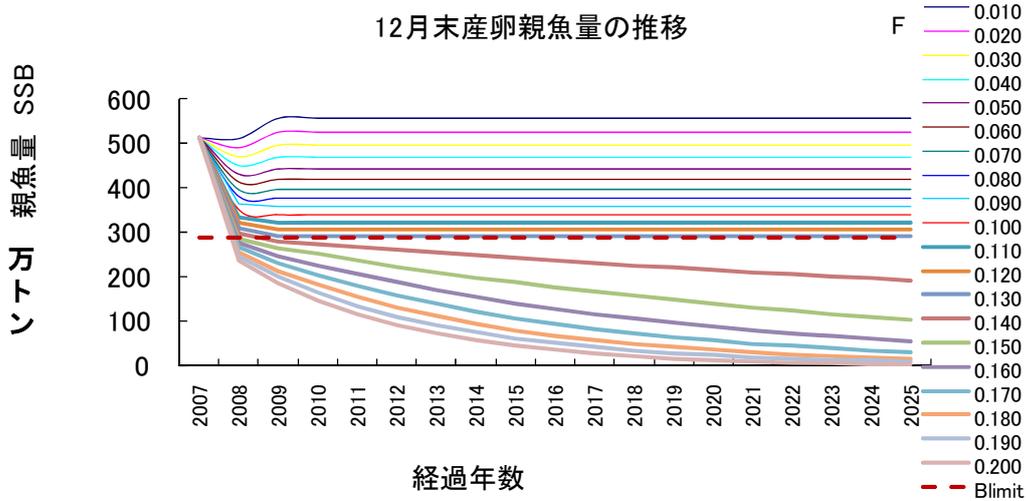
3) 資源動態のシミュレーション

漁獲圧に対する加入尾数、資源量、親魚量の変化などを見積もるために 2007 年漁期前調査で得られた年齢別資源尾数、2003、2004 年級における月当たり平均自然死亡係数 0.0535 を用いて F を変えてシミュレーションを行った。ここで、加入尾数は補足図 1 で示された再生産関係に従うことと仮定し、0 歳魚の成熟率は本文中で示したように 69% とした。漁獲係数(月当たり)については、 $F=F_1$ とし、 $F_0=0.438F_1$ とした。また、2007 年については、2003~2005 年級の 1 歳魚にかかった月当り漁獲係数の平均値である 0.0168 (= $F_{current}$) がかったとした。シミュレーションの結果を補足図 2、3 に示した。これによれば、 $F=0.130$ を超えると急速に資源量、親魚量ともに減少することが分かった。Blimit を維持する F は以下の式からも計算可能である。

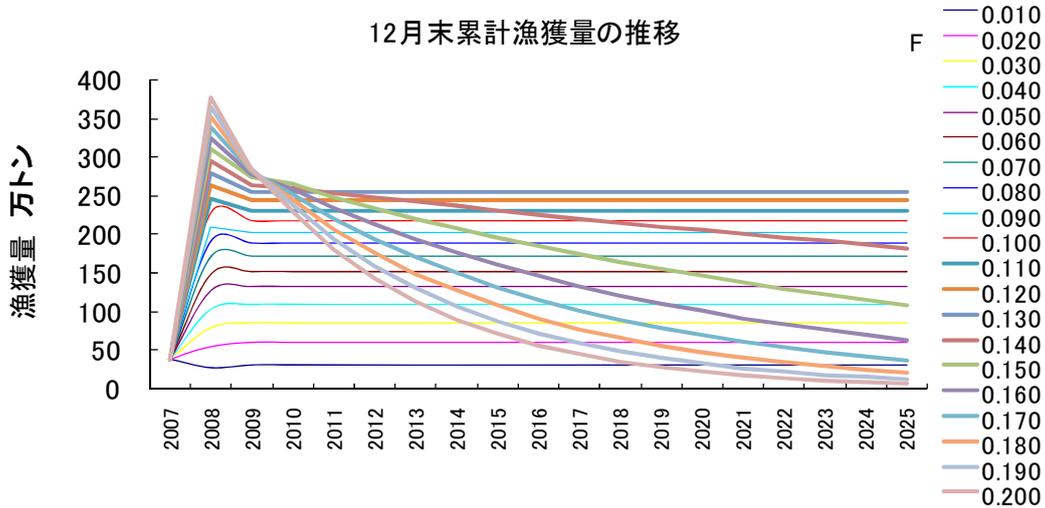
ここで、 S_0 、 Rn_0 は SSBlimit のときの親魚量とそれに対応する n 歳魚の 0 歳のときの加入尾数、 w_{12} と w_{24} は 0 歳と 1 歳の 12 月末の体重、 m は 0 歳魚の成熟率である。

$$S_0 = w_{12} m R_{00} \exp(-6(sF + M)) + w_{24} R_{10} \exp(-(6sF + 12M) - 6(F + M)) \quad (4)$$

これを満たす F をエクセルのソルバーにより求めると、 $F_{limit}=0.133$ を得た。補足図 2 の F に対する SSB の変動の動向からも F_{limit} は 0.13 と 0.14 の間にあることが明らかである。



補足図2 F (0.01 ~ 0.20) により変化する親魚量



補足図3 F (0.01 ~ 0.20) により変化する漁獲量

4) 不確実性の検討

前段で一定の加入尾数を維持する親魚量 (SSBlimit) を達成する F の閾値として $F_{limit}=0.133$ が算出された。しかしながら、一般に各年の再生産は再生産曲線からずれるものである。また、0 歳魚 (加入尾数) の成熟率も年によって大きく変動する (補足表 1、2)。

これらの要素が変動する原因はおそらく環境要因であると思われる。ここでは、4 カ年間にみられた加入尾数の平均値からのずれをランダムサンプリングして、計算の中に入れることにより加入尾数変動による影響を検討した。具体的には、再生産にふくまれる不確実性については、親魚量から加入尾数を計算するとき、再生産曲線から算出された加入尾数にランダムサンプリングした

2004～2007年の加入尾数の再生産曲線からのズレを比率として求め、これに乗じるようにした。また、0歳魚成熟率¹⁷の年変動については、2003～2006年の0歳魚の成熟率をランダムサンプリングして、シミュレーション中の12月の0歳魚生残尾数に乗じて、0歳魚の中で産卵に参加するものの尾数を算出するようにした。

補足表1 実際の加入尾数の再生産曲線からのずれとその平均加入尾数に対する比率

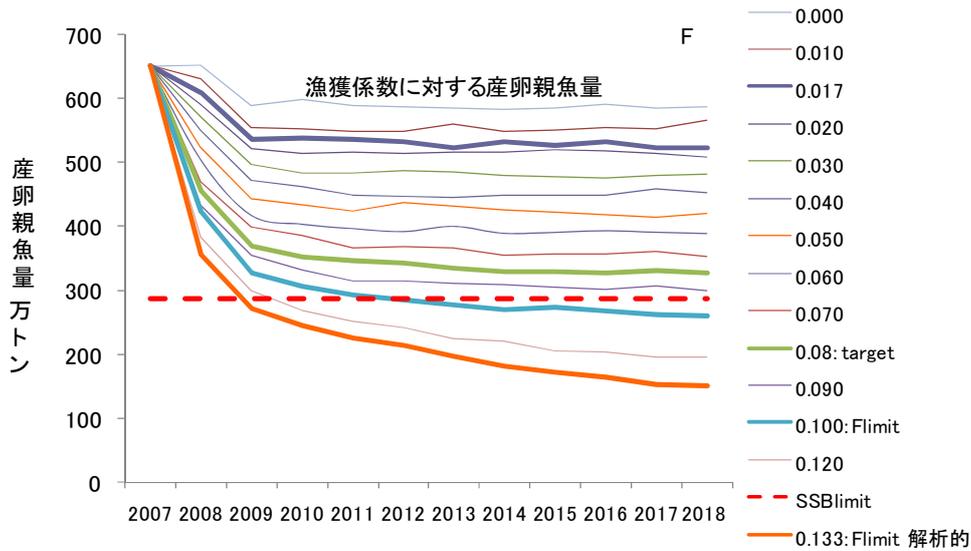
加入した年級	産卵親魚量	再生産曲線から算出した加入尾数	実際の加入尾数	再生産曲線からのずれ	平均値からのずれの平均加入尾数に対する比率
	万トン	億尾	億尾	億尾	
2004年級	810.0	543.7	631.0	87.3	1.161
2005年級	643.0	543.7	481.1	-62.6	0.885
2006年級	382.0	543.7	380.7	-163.0	0.700
2007年級	463.0	543.7	682.0	138.3	1.254

補足表2 0歳魚の中で産卵に参加したもの（ N_1 から推定された0歳魚加入尾数に対する漁期前調査で把握された資源尾数）の比率（成熟率）

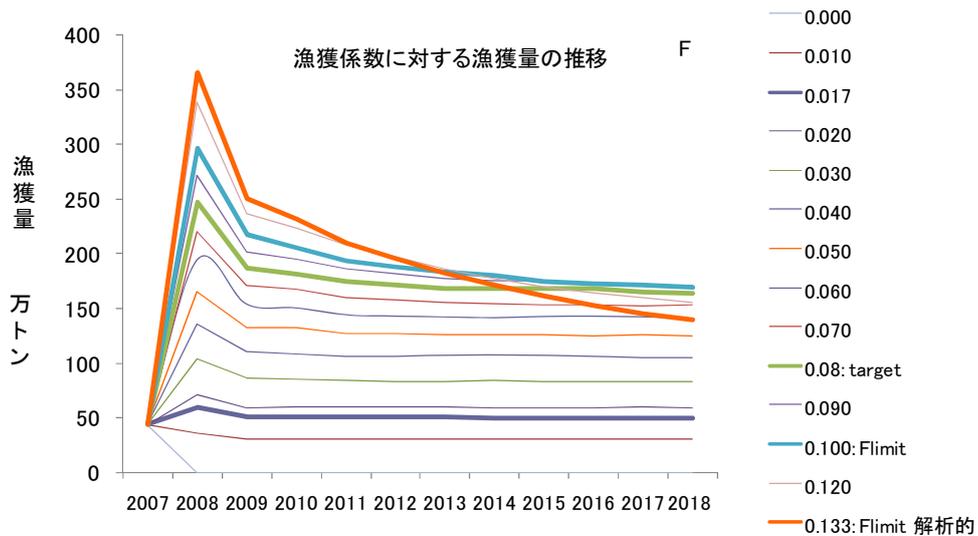
	0歳魚加入尾数	産卵親魚尾数	比率
2003年級	328.8	328.8	100.0%
2004年級	631.0	631.0	100.0%
2005年級	481.1	52.8	11.0%
2006年級	380.7	247.1	64.9%

これらの不確実な要素をシミュレーションに組み込んだ上で、Fを変化させて親魚数を計算した結果を補足図4、5に示した。また、このシミュレーションで算出された2016年までのSSB、漁期前資源量、および漁獲量を付表2に示した。これによれば、不確実な要素を含まないで推定した $F_{limit}=0.133$ で漁獲した場合には将来急速に親魚数が B_{limit} を割り込む可能性が高いことが明らかになった。従って、不確実性を考慮した場合には、一回り低いFで管理を行う必要がある。この理由は、再生産曲線において、親魚量が減少して SSB_{limit} を割り込んだ場合には、直線的に加入尾数が減少するのに対し、逆に親魚量が SSB_{limit} を超えた場合は、加入尾数が一定となるためではないかと思われた。

¹⁷再生産関係および%SPRの計算と同様に漁期前調査で評価された0歳魚の資源尾数をその年に成熟（産卵に参加する）するものの尾数と考えた。全部の加入尾数は翌年に評価された1歳魚の資源尾数からFとMで逆算して求め、その比をとった。



補足図 4 再生産曲線からのずれおよび 0 歳魚の産卵割合を変動させた場合の月当たりの F に対する親魚量の変化



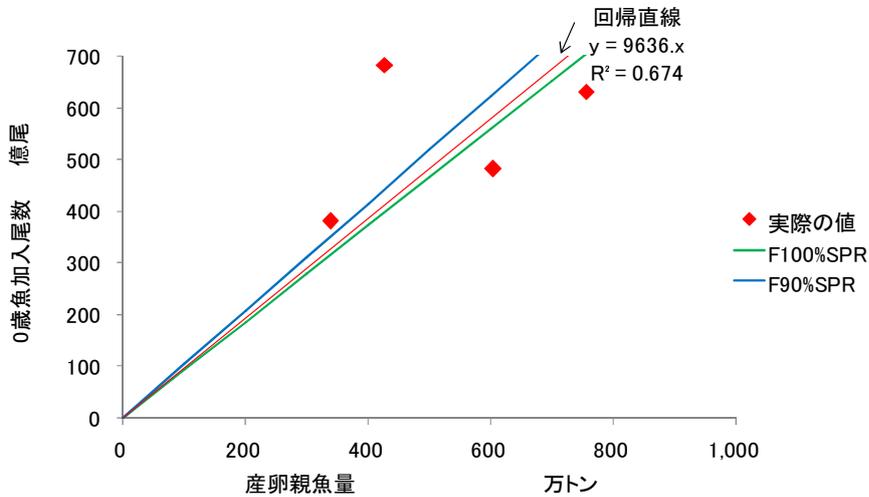
補足図 5 再生産曲線からのずれおよび 0 歳魚の産卵割合を変動させた場合の月当たりの F に対する漁獲量の変化

再生産関係を求めるときに設定した SSBlimit は、漁業が無い場合の親魚量の 50%であった。管理基準はこの SSBlimit の設定によってほぼ決定される。これは、50%SPR に近いし、Bmsy にも近いと考えられる。これは通常用いられる 30 ~ 40% SPR よりは厳しい基準であるが、サンマの場合、高い漁獲圧力がかかったことがなく、資源の漁獲に対する弾力性も分からないので、現在のところは、余裕を持って資源管理基準を設定するべきであると思われる。

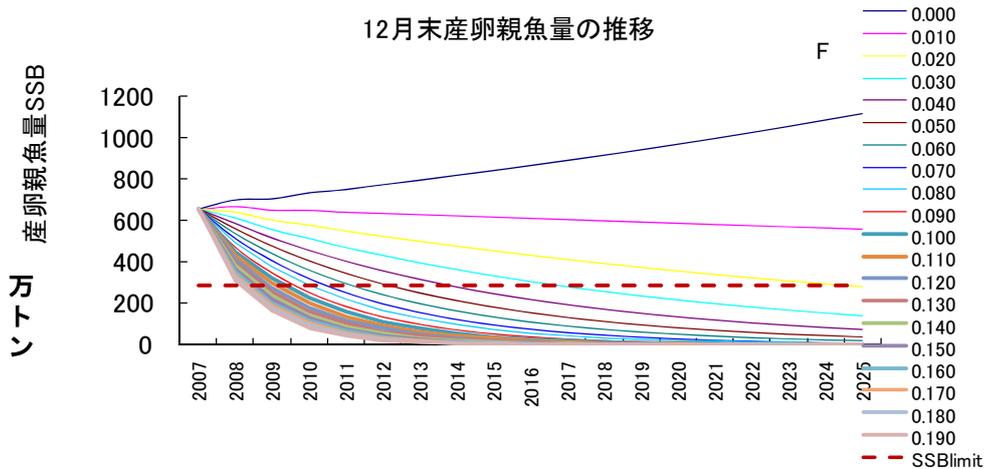
補足図 4 から、SSBlimit を維持できる最大の F は概ね 0.100 程度であり、これを Flimit とした場合には、補足図 5 から最大で毎年 200 万トン弱程度の漁獲利用が可能であると推測された。

(2) 再生産関係について原点を通る直線で近似した場合

再生産の 4 事例について、原点を通る回帰直線を引いた場合の再生産関係を示した（補足図 6）。この図上に F100%SPR と F90%SPR に当たる RPS の線を描いた。これによれば、得られた再生産直線は F100%SPR の RPS の線に近く、この回帰直線に従って再生産と漁獲を考えるとほとんど漁獲することができないことが予想される。



補足図 6 再生産関係の事例に対し直線回帰させた再生産直線



補足図 7 直線回帰により得た再生産直線で行った漁獲係数の変化に対する親魚量 SSB の推移

実際に資源動態をシミュレーションした例を示した（補足図 7）。これによれ

ば、 $F_{90\%SPR}$ (月当たり $F=0.018$) でもしだいに親魚量を下回る傾向にあることが分かる。サンマは、現時点では開発が進んでおらず漁獲割合が低いので、直線回帰した再生産関係は、資源量が環境収容力 K に近い水準で維持されているため余剰生産が小さい状態の事例をプロットしたものであると解釈できる。従って、現時点では、直線回帰した再生産関係により漁獲に対する資源動態を検討することは不適當であると思われた。

補足資料 2

非平衡プロダクションモデルによる許容漁獲量の推定

1. 目的

平成 18 年度以前のサンマの資源評価は環境要因をパラメータに組み込んだプロダクションモデルを用いて行われてきた。19 年度はプロダクションモデルを資源解析に用いなかったが、参考までに 18 年度に用いたプロダクションモデルを基本として 19 年度の資源状態を解析した例を示した。

2. 方法

非平衡プロダクションモデルによりサンマの資源動態を解析した。下記のような前提条件の下に解析を行った。

(1) 前提条件

漁期前調査の行われている日本の太平洋側沿岸から西経 165 度にいたる海域を、日本を初めとする極東各国が漁獲しているサンマの主な回遊範囲と考え、プロダクションモデルを当てはめた。

漁獲量は、全漁業国（日本、ロシア、韓国、台湾）の漁獲量を用い、漁獲努力量は日本漁船の CPUE で全漁獲量を割って算出する。基礎データは付表 1 に示されている（ただし使用したデータは 1991～2006 年）。

非平衡プロダクションモデルでは、CPUE の標準化を行うことが好ましいとされている。さんま棒受網漁船の CPUE の標準化に関する予備的な解析によれば、1980 年代初めから 1990 年ごろにかけての漁獲性能の向上と漁船の大型化が CPUE に大きく影響していることが分かっている。そこで、これらの影響が比較的少ないとされる 1991 年以降のデータのみを使用して解析を行った。

(2) 基本的なパラメータ推定

パラメータの推定は以下の手順で行った。プロダクションモデルの基本式から

$$B_{t+1} = B_t + rB_t(1 - B_t/K) - Y_t \quad (1)$$

ただし、 B_t : t 年の資源量、 r : 内的増加率、 K : 環境収容力 (ton)、 q : 漁具能率、 X_t : t 年の漁獲努力量、 Y_t : t 年の漁獲量、である。(1)において CPUE を U_t とすると、

$U_t = Y_t / X_t$ と書けるが、同時に (1) のモデルの計算上では $U_t = qB_t$ となるはずであるから、パラメータ推定にあたっては、実際の CPUE (対数) と (1) のモデル上の CPUE (対数) の差の二乗の合計 (SSQ1) を、

$$SSQ1 = (\ln(qB_t) - \ln(Y_t/X_t))^2 \quad (2)$$

とした。

次に、漁期前調査による 1~3 海区の t 年における資源量推定値を E_t とすると、これとプロダクションモデルから算出される資源量推定値 B_t は、対応するので

$$SSQ2 = (\ln(E_t) - \ln(B_t))^2 \quad (3)$$

とした。

(2)、(3) 式の値をととも小さくするパラメータの適合度が高いと考えられるので、

$$SSQ = SSQ1 + 4 \times SSQ2 \quad (4)$$

とし、SSQ を最小にするパラメータの組み合わせをエクセルのソルバーで探索的に推定することにした。SSQ2 に 4 をかけたのは、資源量推定値によるチューニングに重きを置くためである。

(3) 環境条件の導入

モデルの適合度を上げるため、 K と r が環境で変化すると考え、環境変動の指標として北西太平洋の季節別緯度経度 1 度升目の表面水温データベースを用いた。18 年度と同様にサンマの資源量と相関の高い春季 (4 - 6 月) の亜寒帯水域 (北緯 40 度、東経 161 度) の水温を環境の代表値と考え、 K と r をこの水域の水温 1 次関数と仮定して、下記のパラメータ推定において係数と切片を推定した。

3 . 結果

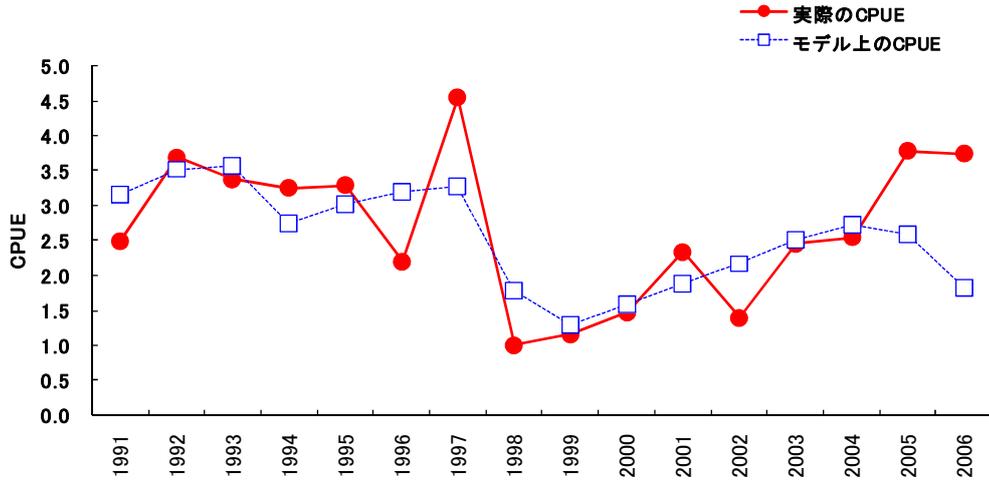
推定にあたっては、漁具能率 q については、各年の漁獲量、漁獲努力量、推定された資源量から各年の q を求めることができるから、各年の q の平均値とした (Haddon, 2001)。また、推定するパラメータの初期値によって、収束値が大きく変化する恐れがあるため、初期値はあり得る範囲でランダムに発生させ、収束状態の良好なパラメータの組み合わせを探索した。初期値と推定されたパラメータの一覧を補足表 3 に、推定されたモデルにおける CPUE と資源量の適合状況を補足図 8、9 に、計算の結果求められた各年の資源量、漁獲量などを補足表 4 に示した。また、計算の途中経過を付表 3 に示した。

これによれば、 F_{msy} で与えられる 2008 年の ABC limit は 1,569 千トンとなった。漁獲割合は約 22% で、本文で採用した $F_{70\%SPR}$ での漁獲割合と比較的近い値となった。また、長期的には MSY レベルで年間 800 ~ 1,000 千トンの漁獲が可能であるとの評価になった。

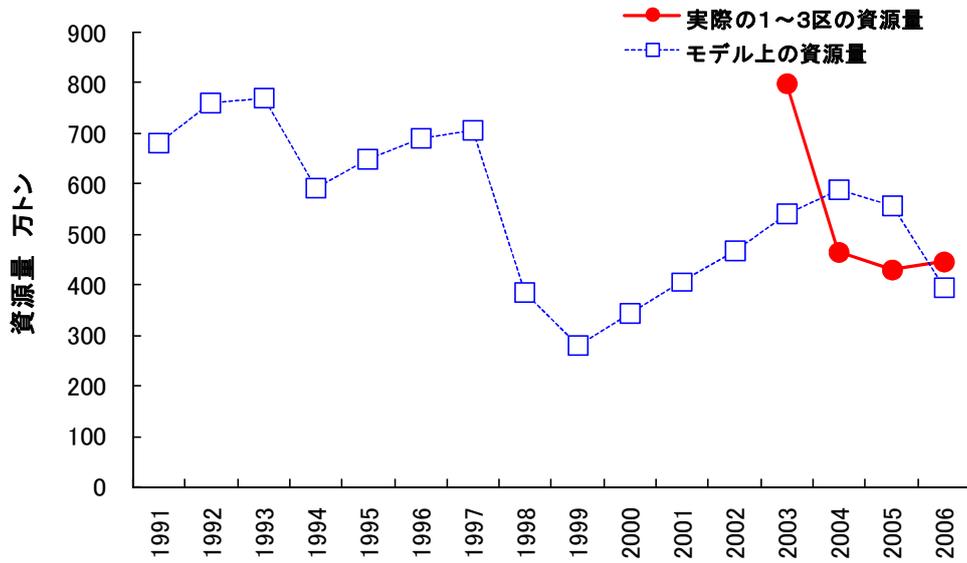
これは、サンマ資源に大きな漁獲がかかったことが無いため、漁獲に対する資源の応答が過小に評価された結果であると思われたが、資源の保全を重視して管理を行う場合には参考になると思われた。また、サンマ資源の場合、棒受網の CPUE と資源量の関係があまり強くないため、CPUE を基にしたプロダクションモデルの適用には限界があるものと思われた。

補足表 3 プロダクションモデルの初期値の設定と求められたパラメータ

初期条件	
初期資源量 B_0	50万トンから400万トンの範囲でランダムに与えた。
環境収容力の係数 K_a	0から500万の範囲でランダムに与えた。
環境収容力の切片 K_b	100万 ~ -100万の範囲でランダムに与えた。
内的増加率の係数 R_a	0 ~ 5.0の範囲でランダムに与えた。
内的増加率の切片 R_b	1 ~ -1の範囲でランダムに与えた。
推定されたパラメータ	
初期資源量 B_0	6,816,211 トン
漁具能率 q	0.00000046
環境収容力の係数 K_a	4,173,288
環境収容力の切片 K_b	8,184,693
内的自然増加率の係数 R_a	-0.067
内的自然増加率の切片 R_b	0.437
平均的なMSY	894,473
平均的なXMSY	471,093 回
平均的なK	8,184,693 トン
平均的な r	0.437
平均的なMSYを与える漁獲率	21.9% %
B_{msy}	4,092,346 トン



補足図 8 プロダクションモデルの CPUE と実際の CPUE の適合度



補足図 9 プロダクションモデルの資源量と実際の資源量の適合度

補足表 4 プロダクションモデルによる MSY レベルで漁獲した場合のシミュレーションの結果

2007 年以降の値はシミュレーションによる。また、下線部は 2008 年 ABClimit を示す。

年	漁獲量	漁獲努力量	CPUE	資源量	漁獲率
	ton	回数	ton/回	ton	%
1991	397,385	158,590	2.5	6,816,211	5.83
1992	377,277	102,078	3.7	7,607,226	4.96
1993	399,171	117,986	3.4	7,713,600	5.17
1994	324,721	99,863	3.3	5,927,644	5.48
1995	349,678	106,312	3.3	6,512,511	5.37
1996	278,122	126,289	2.2	6,915,529	4.02
1997	383,269	84,291	4.5	7,084,196	5.41
1998	176,100	173,823	1.0	3,840,329	4.59
1999	181,824	156,442	1.2	2,796,755	6.50
2000	301,481	204,110	1.5	3,436,594	8.77
2001	372,720	158,666	2.3	4,057,962	9.18
2002	335,459	238,352	1.4	4,683,171	7.16
2003	441,720	179,591	2.5	5,419,354	8.15
2004	373,035	146,279	2.6	5,885,386	6.34
2005	469,479	124,130	3.8	5,576,431	8.42
2006	392,148	104,843	3.7	3,934,229	9.97
2007	323,867	158,639	2.0	4,400,162	7.36
2008	<u>1,568,850</u>	471,093	3.3	7,177,720	21.86
2009	1,287,954	471,093	2.7	5,910,489	21.79
2010	1,130,835	471,093	2.4	5,173,739	21.86
2011	1,031,587	471,093	2.2	4,719,665	21.86
2012	952,491	471,093	2.0	4,357,787	21.86
2013	912,799	471,093	1.9	4,176,193	21.86
2014	879,026	471,093	1.9	4,021,675	21.86
2015	840,532	471,093	1.8	3,845,557	21.86
2016	812,168	471,093	1.7	3,715,791	21.86

7. 参考文献

Haddon, M. (2001) Modeling and quantitative methods in fisheries. Chapman and Hall/CRC. CRC Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431. 406P.

付表 1 極東各国のサンマの漁獲量と日本のシェア

年	日本	韓国	ロシア	台湾	合計	日本の シェア
1980	192,449	0	38,715	0	231,164	83.3%
1981	159,304	0	31,576	0	190,880	83.5%
1982	192,883	0	26,174	0	219,057	88.1%
1983	232,560	0	7,692	0	240,252	96.8%
1984	223,769	0	10	0	223,779	100.0%
1985	259,247	1,050	2,185	0	262,482	98.8%
1986	225,718	2,305	11,757	0	239,780	94.1%
1987	210,249	1,016	22,733	0	233,998	89.9%
1988	287,927	1,960	50,830	0	340,717	84.5%
1989	246,713	3,236	68,420	12,036	330,405	74.7%
1990	310,592	17,612	71,586	31,877	431,667	72.0%
1991	298,941	25,135	50,336	19,473	393,885	75.9%
1992	258,717	33,708	50,220	34,235	376,880	68.6%
1993	273,702	40,154	47,536	36,435	397,827	68.8%
1994	250,704	32,280	26,343	12,550	321,877	77.9%
1995	272,901	30,996	24,762	13,772	342,431	79.7%
1996	231,238	18,729	10,919	8,236	269,122	85.9%
1997	285,438	50,227	6,627	21,887	364,179	78.4%
1998	140,110	13,926	4,862	12,794	171,692	81.6%
1999	134,944	18,036	5,050	12,541	170,571	79.1%
2000	211,883	24,803	16,355	27,868	280,909	75.4%
2001	266,344	20,869	35,522	39,750	362,485	73.5%
2002	205,268	20,345	41,600	51,283	318,496	64.4%
2003	260,459	31,219	55,803	91,515	438,996	59.3%
2004	205,046	22,943	85,295	60,832	374,116	54.8%
2005	229,679	40,509	87,779	111,491	469,458	48.9%
2006	239,979	12,009	79,511	60,649	392,148	61.2%

1. 日本の漁獲量は全国さんま漁業協会の集計を採用
2. 韓国の漁獲量は遠洋漁業分のみで沿岸漁業での漁獲は除いた。
3. 台湾の漁獲量 1980～2005年までは政府のHPから入手

<http://www.fa.gov.tw/eng/statistics/yearbooks/2005ybe.php>)

付表2 漁獲係数を変えた場合の将来の資源量、漁獲量(全体)、親魚量の予測(千トン)

注: 2007年はFcurrentで漁獲するとした。

漁獲量(千トン)		基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
F:月当たり	F:年当たり								
0.010	0.060		439	363	311	310	308	310	312
0.017	0.101	Fcurrent	439	600	509	503	503	509	503
0.020	0.120		439	707	593	595	596	597	596
0.030	0.180		439	1,038	860	855	843	836	833
0.040	0.240		439	1,356	1,107	1,083	1,061	1,065	1,070
0.050	0.300		439	1,651	1,328	1,323	1,269	1,265	1,263
0.060	0.360		439	1,944	1,543	1,508	1,445	1,433	1,424
0.070	0.420		439	2,206	1,707	1,677	1,597	1,583	1,562
0.080	0.480		439	2,468	1,867	1,812	1,743	1,714	1,683
0.090	0.540		439	2,713	2,016	1,948	1,857	1,817	1,770
0.100	0.600	Fsim,Flimit	439	2,958	2,166	2,052	1,929	1,878	1,830
0.110	0.660		439	3,183	2,264	2,120	1,998	1,903	1,832
0.120	0.720		439	3,385	2,372	2,236	2,080	1,970	1,861

資源量(千トン)		基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
F:月当たり	F:年当たり								
0.010	0.060		4,400	7,191	6,288	6,209	6,206	6,245	6,235
0.017	0.101	Fcurrent	4,400	7,155	6,208	6,211	6,137	6,170	6,190
0.020	0.120		4,400	7,199	6,197	6,139	6,131	6,132	6,141
0.030	0.180		4,400	7,171	6,127	6,090	5,977	5,998	5,953
0.040	0.240		4,400	7,163	5,948	5,898	5,849	5,819	5,823
0.050	0.300		4,400	7,177	5,907	5,832	5,739	5,719	5,666
0.060	0.360		4,400	7,186	5,853	5,722	5,518	5,466	5,428
0.070	0.420		4,400	7,182	5,794	5,654	5,374	5,340	5,313
0.080	0.480		4,400	7,155	5,610	5,442	5,212	5,127	5,037
0.090	0.540		4,400	7,167	5,491	5,214	4,941	4,898	4,852
0.100	0.600	Fsim,Flimit	4,400	7,184	5,428	5,140	4,844	4,746	4,658
0.110	0.660		4,400	7,188	5,331	4,984	4,663	4,524	4,336
0.120	0.720		4,400	7,195	5,210	4,781	4,404	4,193	4,002

産卵親魚量(千トン)		基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
F:月当たり	F:年当たり								
0.010	0.060		6,517	6,302	5,555	5,538	5,498	5,499	5,607
0.017	0.101	Fcurrent	6,517	6,092	5,368	5,381	5,358	5,318	5,229
0.020	0.120		6,517	5,916	5,221	5,141	5,159	5,152	5,159
0.030	0.180		6,517	5,715	4,966	4,840	4,833	4,873	4,846
0.040	0.240		6,517	5,506	4,719	4,626	4,501	4,471	4,462
0.050	0.300		6,517	5,231	4,438	4,338	4,244	4,369	4,316
0.060	0.360		6,517	5,048	4,178	4,039	3,970	3,923	4,004
0.070	0.420		6,517	4,693	4,001	3,861	3,675	3,684	3,666
0.080	0.480		6,517	4,561	3,711	3,539	3,472	3,432	3,354
0.090	0.540		6,517	4,325	3,541	3,329	3,157	3,141	3,108
0.100	0.600	Fsim,Flimit	6,517	4,247	3,276	3,075	2,928	2,851	2,792
0.110	0.660		6,517	3,982	3,122	2,903	2,739	2,648	2,532
0.120	0.720		6,517	3,839	2,987	2,700	2,521	2,421	2,243

付表3 非平衡プロダクションモデルの途中経過

年	実際の漁獲量 ton	実際の漁獲努力量 回数	実際のCPUE ton/回	実際のCPUEの二乗	モデル上のCPUE ton/回	CPUEの差の二乗(対数)	実際の1~3区の資源量 ton	モデル上の資源量 ton	資源量の差の二乗(対数)	LN(q)	モデル上の漁獲量 ton	漁獲率 %
1991	397,385	158,590	2.5	6.3	3.2	0.05		6,816,211		-14.82	501,541	5.8%
1992	377,277	102,078	3.7	13.7	3.5	0.00		7,607,226		-14.54	360,286	5.0%
1993	399,171	117,986	3.4	11.4	3.6	0.00		7,713,600		-14.64	422,255	5.2%
1994	324,721	99,863	3.3	10.6	2.8	0.03		5,927,644		-14.42	274,646	5.5%
1995	349,678	106,312	3.3	10.8	3.0	0.01		6,512,511		-14.50	321,234	5.4%
1996	278,122	126,289	2.2	4.8	3.2	0.14		6,915,529		-14.96	405,209	4.0%
1997	383,269	84,291	4.5	20.7	3.3	0.11		7,084,196		-14.26	277,051	5.4%
1998	176,100	173,823	1.0	1.0	1.8	0.32		3,840,329		-15.15	309,717	4.6%
1999	181,824	156,442	1.2	1.4	1.3	0.01		2,796,755		-14.69	202,999	6.5%
2000	301,481	204,110	1.5	2.2	1.6	0.01		3,436,594		-14.66	325,447	8.8%
2001	372,720	158,666	2.3	5.5	1.9	0.05		4,057,962		-14.36	298,731	9.2%
2002	335,459	238,352	1.4	2.0	2.2	0.19		4,683,171		-15.02	517,901	7.2%
2003	441,720	179,591	2.5	6.0	2.5	0.00	7,996,000	5,419,354	0.15	-14.61	451,565	5.5%
2004	373,035	146,279	2.6	6.5	2.7	0.00	4,662,000	5,885,386	0.05	-14.65	399,433	8.0%
2005	469,479	124,130	3.8	14.3	2.6	0.14	4,299,000	5,576,431	0.07	-14.20	321,160	10.92%
2006	392,148	104,843	3.7	14.0	1.8	0.51	4,468,000	3,934,229	0.02	-13.87	191,377	4.9%
2007					2.1		4,400,162	4,511,936	0.00			