

## 水產資源 管理의 生物 經濟學的 研究

明太資源을 中心으로

朴 星 快

首席研究員, Ph. D. (農業經濟學), 水產經濟室

玉 永 秀

研究員, 水產經濟室

- I. 序論
- II. 理論的 考察
- III. 明太 生態 및 統計資料
- IV. 推定方法 및 結果
- V. 結論

### I. 序論

우리 선조들이 掠奪과 狩獵 중심의 생활을 끝내고 農耕과 牧畜을 시작한 것이 지상 최초의 사회변혁의 물결이었다고 한다면, 현재 우리는 바다에 관하여 똑같은 국면에 처해 있다고 할 것이다(Alvin Toffler, 1980). 사실 오늘날 水產資源에 대한 관심은 領海를 가진 선진국들의 水產政策에서 뚜렷하게 나타나고 있으며, 또한 水產資源의 보호, 관리 및 연구에 많은 노력과 연구비를 투입하고 있다. 이는 海洋農業을 잘 가꾸어 나간다면, 생물환경을 파괴하지 않고, 해양으로부터 양질의 수산동물성 단백질 식품을 지속적으로 공급받을 수 있다는 사실을 의미한다.

水產資源, 특히 自律更生的 生物資源(self-renewable living resources)의 중요한 특징 중의 하나는 모든 어종에 대하여 生存可能母集團水準(viable population level)[이] 존재한다는 것이다. 따라서 과잉 어획노력의 투입이나 공해물질의 방출이 지속적으로 이루어질 때, 이러한 인위적인 충격에 민감한 魚資源은 첨사리 멸종단계에 이를 수 있는 것이다.

최근 우리 나라 주요 沿近海 水產資源의 單位努力當生產量이 감소하는 현상은 어획노력에 과잉투입에 부분적으로 기인되고 있는 것으로 인식되고 있으며, 이는 沿近海 水產資源管理政策이 시급히, 효과적으로 이루어져야 함을 시사하고 있다고 하겠다. 水產資源管理가 다른 自然資源管理보다 훨씬 어려움을 더 갖는 이유는 각 어종에 대한 生物學的 파라메타 추정에 많은 시간과 노력과 비용이 수반되고 아직도 과학적 지식의 한계를 넘어서는 미지의 해양물리, 생물, 화학적 요인이 너무 많이 존재하기 때문이다.

이러한 어려움에도 불구하고 많은 해양 생물

학자들은 주어진 몇 가지의 데이터를 가지고 스톡(Stock) 수준 및 生物學的 파라메타 추정을 시도하였다.

魚資源의 스톡 수준을 추정하기 위한 수학적 도구로서 微分方程式 형태의 Lotkavolferra 母集團 方程式이 사용되어 왔다. 그레이엄(Graham 1935)이 북해의 魚資源스톡으로부터 잠정적 생산량을 추정하는데 이 방정식을 최초로 사용하였으며, 본질적인 개발은 쉐퍼(Schaefer 1954, 1957)에 의하여 이루어졌다. 특히 쉐퍼는 單位努力當生産量과 漁獲努力量의 線型函數關係式을 추정하여 얻은 파라메타 추정치를 이용 漁獲能率係數(catchability coefficient)를 계산해낼 수 있는 공식을 유도해 냈으므로써, 중요한 생물학적 파라메타를 추정할 수 있게 하였다.

쉐퍼가 生物學的 모델 개발에 공헌한 반면 고든(Gordon 1954)은 경제이론을 최초로 수산자원 연구에 도입함으로써, 經濟的 適正스톡水率 및 漁獲努力을 결정할 수 있는 生物經濟學理論(bioeconomic theory)을 제공하였다. 최근 Adu-Asamoah 와 Cornard(1982)는 고든 모델을 송어 자원 관리연구에 응용함으로써 실증적인 경제학적 연구를 시도하였다.

本研究는 쉐퍼의 生物學的 모델과 고든의 經濟學的 모델을 이용하여 한정된 데이터를 활용 할수 있는 모델로 유도하고, 유도된 모델을 명태資源管理問題에 응용함으로써 명태의 生物學的 파라메타와, 經濟的 適正 스톡水準, 漁獲量, 漁獲努力量을 추정하는데 그 목적을 두었다.

## II. 理論的 考察

### 1. 生物學的 모델

更生生物資源의 스톡수준변화는 다음과 같은 간단한 微分方程式으로 나타낼 수 있다(Clark 1976).

$$(1) \frac{dX_t}{dt} = \dot{X}_t = F(X_t) - Y_t$$

$t$ : 시간

$X_t$ :  $t$  시기의 스톡 수준

$F(X_t)$ : 自然成長率(natural growth rate)

$Y_t$ : 漁獲率(catch rate per unit time period)

式(1)은 漁獲率이 自然成長率보다 높으면, 스톡 수준은 점차 감소하고 ( $\frac{dX}{dt} < 0$ ), 반대로 漁獲率이 自然成長率보다 낮으면, 스톡수준은 점차 증가한다( $\frac{dX}{dt} > 0$ )는 기본적인 생물학적 현상을 설명하고 있다. 또 漁獲率과 自然成長率이 같으면 ( $Y_t = F(X_t)$ ) 스톡 수준은 일정한 수준을 유지하게 된다. 왜냐하면 持續的 生產量(sustainable yield)이 自然成長率과 같기 때문이다.

한편 스톡 수준에 따라 持續的 生產量의 크기가 달라지게 되고, 이로 인해 자원관리의 기본 원리가 배태되므로 漁獲率과 自然成長率이 같지 않을 경우 ( $Y_t \neq F(X_t)$ ) 불균형 상태가 초래된다 는 것은 현실적으로 매우 중요한 의미를 갖게 된다. 특히 漁獲率이 自然成長率보다 클 ( $Y_t > F(X_t)$ ) 경우 발생하는 자원 스톡 수준의 감소현상은 오늘날 중요한 관리문제를 야기시키고 있다.

水產資源의 生物學的 모델을 보다 명확하게 이해하기 위해서 단일어종을 가정하고 편의상 自然成長率만 고려한다면 式(1)은,

$$(2) \frac{dX_t}{dt} = \dot{X} = rX_t = F(X_t)$$

로 나타낼수 있다. 이때  $r$ 은 스톡의 純比例自然成長率(net proportional growth rate)을 나타내며, 孵化率과 死亡率을 각각  $b$ ,  $m$ 이라고 하면  $r$ 은  $b-m$ 이 된다.

微分方程式 (2)에 대한 解는,  $X_t = X_0 e^{rt}$  인데, 이때,

$r > 0$ 이면,  $X_0 e^{rt} \rightarrow +\infty$  이고,

$r < 0$ 이면,  $X_0 e^{rt} \rightarrow 0$  이 된다.

여기서 純比例自然成長率  $r$ 은 스톡수준  $X_t$ 의 함수이기 때문에,  $r(X) = r\left(1 - \frac{X}{K}\right)$ 이라면 微分方程式(2)는 로지스틱方程式 형태로 다시 쓸 수 있다.

$$(3) \dot{X} = rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) = F(X)$$

$r$  : 常數

$K$  : 環境이 扶養할 수 있는 最大資源量

이 로지스틱方程式(3)은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 두 개의 解( $X^* = 0$  와  $X^* = K$ )를 갖게 되는데,  $X$ 가  $K$ 보다 작으면  $\dot{X}$ 은 증가하고, 반면에  $X$ 가  $K$ 보다 크면  $\dot{X}$ 은 감소하게 된다. 이런 현상이 지속적으로 일어나게 될 때, 스톡량은 漸近的 安定均衡 스톡水準 (asymptotically stable

그림 1 로지스틱 成長函數

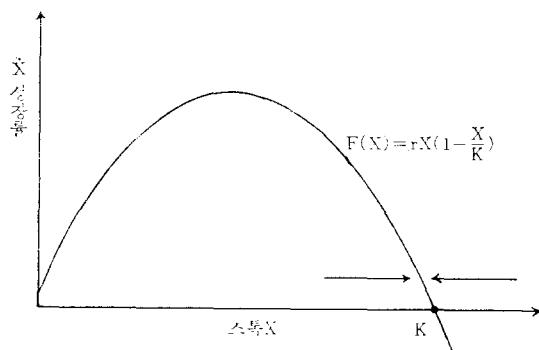
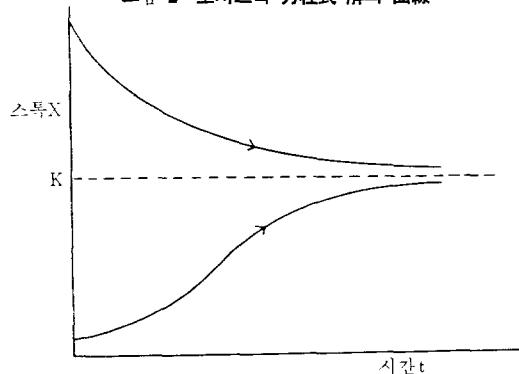


그림 2 로지스틱 方程式 解의 曲線



equilibrium)이 되어  $K$ 에 접근해 가게 된다. 즉

$$\lim_{t \rightarrow \infty} X_t = K (\text{단, } X_0 > 0)$$

이 되는데, 이를 좀더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.  $Y_t = 0$ 이면 스톡 수준이 環境扶養能力  $K$ 를 초과할 때 영양부족 등과 같은 자연적 제약 때문에 자동적으로 스톡이 감소하여 점차  $K$ 에 가까워지고, 반대로 스톡이  $K$ 보다 작으면 해양환경이 스톡 증가에 유리하게 작용하여 스톡수준이 점차  $K$ 에 접근하게 된다(그림 2).

그러나 이와 같은 과정은 漁獲이 전혀 이루어지지 않은 상태에서의 단순하고 기본적인 생태학적 균형만을 설명한 것이기 때문에 漁獲을 고려한 실질적인 生物學의 파라메타 측정이 가능한 모델을 설정하기 위해서는 微分方程式(2)에 生產函數가 추가되어야 한다. 즉 쉐퍼의 가정에 따라 生產이 漁獲努力에 비례한다고 가정하면, 漁獲量  $Y_t$ 는

$$(4) Y_t = qE_t X_t$$

$q$  : 漁獲能率係數

$E_t$  : 漁獲努力力量

$X_t$  : 스톡 수준

의 관계를 가지며 이를 微分方程式(1)에 대입하면,

$$(5) \quad \begin{aligned} \frac{dX_t}{dt} &= \dot{X} = F(X_t) - qE_t X_t \\ &= rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) - qE_t X_t \end{aligned}$$

가 된다.

한편 균형상태에서  $\frac{dX}{dt} = \dot{X} = 0$  이기 때문에  $r$  보다 작은 모든  $qE_t$  값에 대하여 方程式(5)는 陽의 균형값  $X_t = K \left(1 - \frac{qE_t}{r}\right)$  을 갖는다. 이때 균형스톡은 항상 漸近的으로 안정상태에 있고,  $E$ 에 상응하는 均衡漁獲率  $Y$ 는 持續的 生產量이기 때문에  $Y_t$ 를 다시 쓰면,

$$(6) \quad Y_t = qE_t X_t = qKE_t \left(1 - \frac{qE_t}{r}\right)$$

로 나타낼수 있다. 式(6)을 單位漁獲努力當 漁獲量(catch per unit effort : CPUE)과 漁獲努力量의 관계로 표시하면, 式(7)이 된다.

$$(7) \quad U_t = \alpha - \beta E_t$$

$$\alpha : qK$$

$$\beta : \frac{q^2 K}{r}$$

$$U_t : t \text{ 시기에 있어서 CPUE}$$

폭스(Fox 1975)는 주어진 데이타와 추정된 파라메타를 이용하여 漁獲能率係數 ( $q$ )를 추정하는 다음과 같은 방법을 제시하였다.

$$(8) \quad \hat{q} = \sum_{t=2}^{n-1} \left[ \left( \left| \frac{\Delta U_t}{U_t} \right| \right) / \left( \left| \frac{U_t}{\hat{\beta}} - \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} - E_t \right| \right) \right] / (n-2)$$

단,  $n$  : 최종 데이타포인트

$$\Delta U_t = (U_t - U_{t-1})/2$$

이 式에 의해  $q$  가 정해지면 나머지 두 파라메타  $K, r$  은 식(7)의  $\hat{\alpha}$  와  $\hat{\beta}$ 로부터 구할 수 있으며<sup>1</sup> 또한 추정된  $\alpha, \beta$  및 生物學的 파라메타를

<sup>1</sup> 여기서  $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{K}$  는 분석기간중 큰 해양변화가 없다는 가정하에 일어진 평균치이다.

이 용하여 最大持續生產量(maximum sustainable yield : MSY)와 이에 따른 最大持續漁獲努力量(maximum sustainable effort : MSE), 最大持續斯톡水準(maximum sustainable stock : MSS)가 다음과 같은 공식에 의하여 얻어진다.<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \hat{K} &= \hat{\alpha}/\hat{\beta} \\ \hat{r} &= \hat{q}^2 \hat{K}/\hat{\beta} \\ \text{MSY} &= \hat{\alpha}^2/4\hat{\beta} \\ \text{MSE} &= \hat{\alpha}/2\hat{\beta} \\ \text{MSS} &= \hat{K}/2 \end{aligned}$$

이 상에서 살펴본 모델은 生物學的 變數만을 고려하여 유도된 것이기 때문에, 經濟的 變數가 漁業 및 資源分配에 중요하게 작용하고 있는 현실을 감안하면, 現실적인 資源管理研究에 많은 제약을 가진다.

## 2. 生物經濟學的 모델

水產業은 海洋生物學的 要因에 의하여 크게 영향을 받는 산업이며, 또한 생산의 주된 목적이 상품생산에 있기 때문에 양육된 생산물의 시장가격과 생산비 등의 經濟的 要因에 의해서도 많은 영향을 받는다. 사실상 자원에 대한 제반 문제는 근본적으로 生物學的 要因과 經濟的 要因의 복합적인 작용에 의하여 일어나기 때문에 수산자원 관리당국이 자원의 남용이나 고갈을 막고 어장의 생산력을 제고시키기 위한 정책을 수립할 때 무엇보다도 필요한 것은 生物 經濟學的 파라메타에 대한 정확한 정보이다. 어업활동의 목적이 현재와 미래에 어획되는 생산물의 시장판매로부터 얻어지는 모든 이윤의 할인된 現在價值(discounted present value of profit)  $\pi$  를

<sup>2</sup> MSY는 式(6)에  $q, K, r$  추정치를 대입한 뒤  $E_t$ 에 대하여 1차 미분여 0으로 놓은 다음, 式(6)을 극대화하는 값  $E_t^*$ 를 式(6)에 다시 대입하여 구한  $Y_t$ 의 극대값임.

극대화한다고 가정하면 利潤極大化 問題는

$$(8) \quad \max \hat{\pi} = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} \pi(X_t, Y_t) dt$$

$$= \int_0^{\infty} e^{-\delta t} \{P - C(X_t)\} Y_t dt$$

(s.t.  $Y_t = F(X_t)$ ,  $X_t \geq 0$ ,  $Y_t \geq 0$ )

$\delta$  : 長期割引率  
 $p$  : 單位生産物價格  
 $c$  : 單位生産費用

으로 쓸 수 있다.

이 극대화문제를 풀기 위하여 式(8)과 그 制約條件을 해밀튼(Hamilton)의 函數式  $H_t$ 로 나타내면

$$(9) \quad H_t = \pi(X_t, Y_t) + \mu_t \{F(X_t) - Y_t\}$$

이 된다. 여기서  $\mu_t$ 는 자원의 自然成長率 限界變化에 대한 潛在價格의 現在價值(current value shadow price)이며,  $H_t$ 에 대한 第1極大化條件은,  $H_t$ 를  $X_t$ ,  $Y_t$ , 그리고  $\mu_t$ 에 대하여 각각 편미분함으로써, 다음과 같은 式(10)~(12)가 얻어진다:

$$(10) \quad \frac{\partial H_t}{\partial Y_t} = \frac{\partial \pi(\cdot)}{\partial Y_t} - \mu_t = 0$$

$$(11) \quad \dot{\mu}_t = \frac{\partial \mu_t}{\partial t} = -\frac{\partial \pi(\cdot)}{\partial X_t} + \mu_t \{\delta - F'(\cdot)\}$$

$$(12) \quad \dot{X}_t = F(\cdot) - Y_t$$

한편 長期均衡狀態에서는  $\dot{\mu}_t = \dot{X}_t = 0$ 이기 때문에, 式 (10)과 (11)은

$$(13) \quad F'(\cdot) + \frac{\partial \pi(\cdot)/\partial X_t}{\partial \pi(\cdot)/\partial Y_t} = \delta$$

로 쓸 수 있다. 式(13)은 자원에 대한 경제학적 모형의 기본적인 중요한 方程式인데,  $F'(\cdot)$ 와  $\frac{\partial \pi(\cdot)}{\partial X_t} / \frac{\partial \pi(\cdot)}{\partial Y_t}$ 은 각각 스톡의 純成長變化率과 限界스톡效果(marginal stock effect)로 정의된

다. 이 두 項의 합을 자원의 自體收益率(own rate of return)이라 하는데, 自體收益率과 社會的割引率(social discount rate :  $\delta$ )이 같아지는 점에서 適正均衡斯托水準이 결정된다. 고든-체퍼 모형으로부터,  $\dot{X}_t$ 과  $\pi_t$ 의 함수형태에 대한 가정을 도입하면,  $\dot{X}_t$ 과  $\pi_t$ 는 각각

$$(14) \quad \dot{X}_t = rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) - Y_t$$

$$(15) \quad \dot{\pi}_t = \left(p - \frac{c}{qX_t}\right) Y_t$$

$$\text{단, } c : \text{單位努力當費用} \left(c(X_t) = \frac{c}{qX_t}\right)$$

로 표기될 수 있다. 式(14)는 로지스틱函數이고 式(15)는 持續的 經濟利潤을 나타낸다. 式(14)와 (15)를 이용하여 式(13)을  $X$ 에 대하여 풀면

$$(16) \quad X^* = \frac{K}{4} \left[ \left( \frac{c}{pqK} + 1 - \frac{\delta}{r} \right) \right. \\ \left. + \sqrt{\left( \frac{c}{pqK} + 1 - \frac{\delta}{r} \right)^2 - \frac{8c\delta}{pqKr}} \right]$$

이 되며, 이 式(16)은 중요한 生物經濟學의 파라메타인 環境最大扶養能力係數( $K$ ), 漁獲能率係數( $q$ ), 純自然成長率( $r$ ), 生產物 市場價格( $p$ ), 單位努力當費用( $c$ ), 割引率( $\delta$ )을 포함하고 있다.

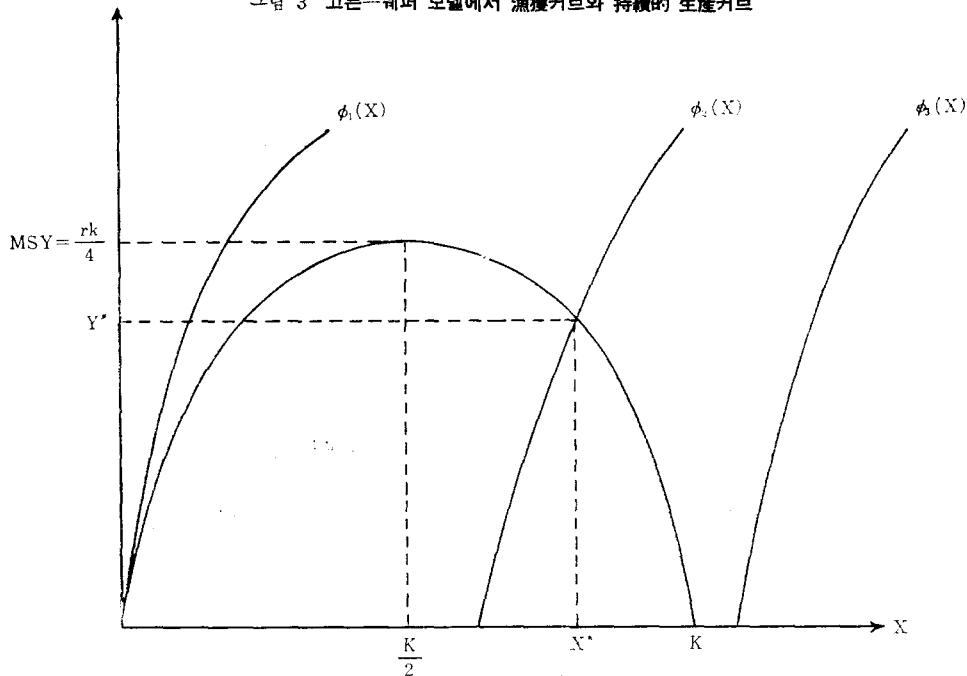
여기서  $X^*$ 는 또한 다음과 같은 두 개의 方程式,

$$(17) \quad Y_t = \Phi(X) = \left[ \delta - r \left(1 - \frac{2X_t}{K}\right) \right] \\ \left[ X_t \left( \frac{qpX_t}{c} - 1 \right) \right]$$

$$(18) \quad Y_t = rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right)$$

을 聯立方程式 체계로 풀어서 구할 수도 있다. 式(17)은 漁獲 커브(catch locus)인 반면, 式(18)은 生產量과 로지스틱成長函數를 等式으로 놓았

그림 3 고든-쉐퍼 모델에서 漁獲커브와 持續的 生產커브



을 때 얻어지는 持續的 生產函數이다. 일단 經濟的 適正스톡(bioeconomic stock : BES)  $X^*$ 가 정해지면 이에 따른 適正 漁獲量(Bioeconomic yield : BEY)과 適正漁獲努力量(bioeconomic effort : BEE)가 다음 공식에 의해 추정될 수 있다.

$$BEY = rX^* \left(1 - \frac{X^*}{K}\right)$$

$$BEE = BEY/qX^*$$

<그림 3>에서 보듯이  $\Phi_1(X)$ 으로 표시되어 있는 漁獲函數는 높은 割引率, 낮은 生產費用, 높은 生產物價格의 복합적 작용에 의한 결과를 반영한다. 이러한 경제적 호조건이 계속되면(현실적으로 가능성은 희박하지만), 어획은 자원이 멸종하는 단계에까지 계속될 것이다. 한편,  $\Phi_2(X)$ 는 限界스톡效果가 割引率보다 높은 경우이며, 스톡수준을 더욱 높게 유지함으로써 費用을 절감할 수 있기 때문에 경제적 측면에서 볼 때 適

正 스톡水準  $X^*$ 는 最大持續生産스톡水準보다 높게 유지되어야 한다(로지스틱 成長函數에서  $X^* > \frac{K}{2}$ ).

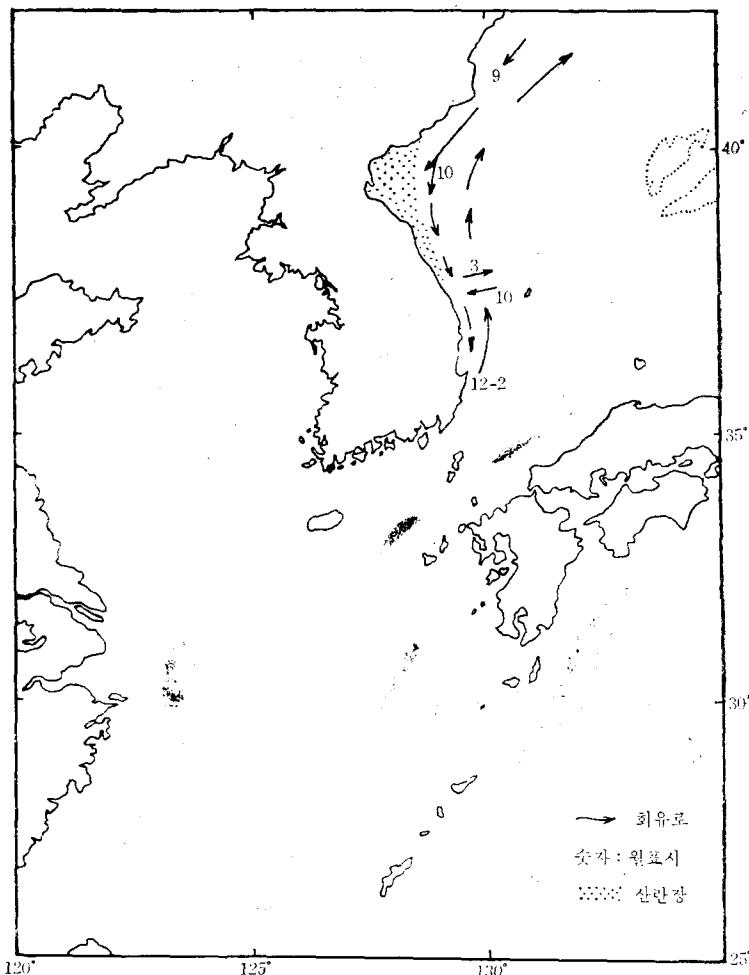
마지막으로 生產費用이 매우 높아서 生產活動에 따른 이윤발생이 전혀 없을 경우 생산활동은 0에 가까워져  $\Phi(X)$ 는  $\Phi_3(X)$ 에 위치하게 되고, 스톡수준  $X^*$ 는  $K$ 에 접근하게 된다( $\lim_{Y \rightarrow 0} X^* = K$ )

### III. 明太 生態 및 統計資料

#### 1. 生 態

명태는 수온이  $1^{\circ}\text{C}$ 에서  $10^{\circ}\text{C}$  까지의 찬바다에서 서식하는 寒流性魚種으로 북태평양의 북부 배령해를 비롯하여 오헤츠크해와 한반도 동해에 많이 서식하고 있다. 동해안에 회유해 오는 명태

그림 4 명태의 回游經路



의 回游經路는 <그림 4>에서 보는 바와 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 우선 한류세력이 남하하기 시작하는 가을철에 북태평양으로부터 이 한류를 따라 남하하기 시작하여 9~10月頃에 함경도 연안, 11~12月頃에 강원도 연안 및 경북연안까지 이르러 産卵한 다음 이듬해 2月 이후 수온이 상승함에 따라 다시 북상하는 코스가 그 첫째이다. 다음은 여름철에 동해의 중부 이북해역의 수심이 깊은 곳에 머물렀다가 연안 수온이 하강함에 따라 11~12月에 연안으로 접근하여 産卵을 마치고 수온이 상승하는 2月이

후 다시 동해의 섬충부로 이동하는 코스이다. 서로 다른 回游經路를 가진 이 두 魚群은 生態區分이 분명치 않아 계통이 같은 것인지 아닌지는 아직 불확실하다.

명태는 回游經路에서 보는 바와 같이 冷水魚族으로서 저층에 떼를 지어 다니는 底棲群集性을 가지고 있으며, 産卵期에는 연안으로 접근했다가 산란후 외해로 이동하는 산란습성을 지니고 있다. 産卵期는 12~4月頃이며, 主産卵期는 12~1月頃이므로 북쪽으로 갈수록 산란기가 길고 늦어지는 경향이 있음을 알 수 있다. 산란시

의 수온 범위는  $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 로서 강원도 연안의 12~2月頃의 저층 수온에 해당한다. 食性은 동물성 부유생물을 비롯하여 어류의 치어, 새우류, 어란 등을 주된 먹이로 한다.

漁期는 產卵期와 일치하기 때문에 10~4月頃이며, 主漁期는 12~1月頃이 된다. 어장형성은 강원도 삼척 이북의 巨岸 30마일 이내 해역에서 主漁場을 이루며 근년에 와서는 기선저인망에 의하여 거의 周年에 걸쳐 동해의 심층부에서 성장하는 명태의 미성숙어(일명 노가리)가 어획되고 있다.

## 2. 統計資料

분석에 사용된 統計資料는 水產振興院, 漁業經營調查報告書, 韓國銀行 調查統計月報, 水產物系統販賣高統計年報에서 얻어졌고, 모델에 이용된 주요 變數는 單位努力當漁獲量(CPUE), 漁獲努力量, 單位努力力量 當生產費, 生產物價格, 長期割引率이다. 이중 CPUE 와 漁獲努力力量은 1974~84년의 11個年 資料가 사용되었고, 경제 변수인 單位努力當生產費, 명태委販價格, 割引率은 데이타 사정으로 1979~84년의 6個年 資料가 이용되었다. 이를 변수에 대한 平均值 및 標準偏差는 다음 <表1>에 요약되었다.

表 1 資 料 要 約

	總漁獲量 (%)	漁獲努力 量(引網回數)	單位漁獲 努力當漁 獲量(%)	單位漁獲 努力當生 產費(원)	生產物 價 格 (원/kg)	割引率 (%)
平 均	101,089	179,490	0.6410	60,157	186	11
標準偏差	31,549	71,831	0.2838	9,458	60.8	—

### 가. 單位努力當漁獲量(CPUE)

스톡수준을 정확하게 측정하기란 힘든 일이므로 스톡의 정도를 간접적으로 파악하기 위해 쓰이는 방법 중의 하나가 單位努力當漁獲量이다.

본 데이타는 水產振興院에서 東海區機船底引網에 대해 매년 實測調査한 것을 토대로 하였는데, 實測調査된 데이타가 명태와 노가리를 합하여 집계되었기 때문에 總漁獲量데이타도 명태와 노가리를 합산하였다.

### 나. 漁獲努力力量

漁獲努力力量의 측정은 농업에서 자본재나 농기구의 씨비스 측정보다 훨씬 어려움이 많다. 우선 어떤 요소를 어획노력으로 봐야할 것인가라는 문제로 부터, 측정단위의 선택에 이르기까지 어획노력을 정확하게 측정할 수 있는 이론적, 실질적기법이 전혀 개발되어 있지 않은 상태에 있다. 본 연구에 사용된 데이타는 東海區機船底引網에서 측정된 CPUE로서 환산한 것이다.

### 다. 單位努力當生產費

單位努力當生產費는 直接生產原價만을 고려하여 산정되었다. 直接生產原價는 材料費, 勞務費, 其他漁撈經費을 포함한 生產費이다. 본 연구에 사용된 데이타는 東海區트롤과 東海區機船底引網에 대한 명태, 노가리의 單位生產原價를 단순 평균한 다음, 이 값에 CPUE를 곱하여 얻어졌다.

### 라. 生產物價格

生產物價格은 명태와 노가리 委販價格 平均值로 사용하였는데, 각각의 委販量과 委販價格을 가중평균하여 生產物格價이 계산되었다.

### 마. 割引率(discount rate)

割引率은 경제적 차원을 이용하는 데 있어서 현재와 미래를 연결시켜 줄 수 있는 중요한 經濟變數이다. 長期割引率이 높으면 차원은 현시점에

서 더 많이 이용될 것이고, 반대로 낮을 경우 자원이용을 미래의 어느 시점까지 지연시킴으로써 경제적 추가이익을 얻을 수 있다. 그러나 水產業에 있어서는 생산위험이나 不確實性이 매우 높기 때문에, 어업종사자들은 현시점에서 가능한 한 많은 어획을 하려 한다. 이는 높은 割引率이 자원이용에 적용되는 경우와 같은 의미를 갖는다. 본 연구에서는 정부장기채권의 複合利子率(11%)이 長期割引率로 사용되었다.

#### IV. 推定方法 및 結果

먼저 생물학적인 파라메타를 추정하기 위하여 單位努力當生產量( $U_t$ )과 漁獲努力力量( $E_t$ )간의 線型函數式(7), 즉  $U_t = \alpha - \beta E_t$ 에 普通最小自乘法이 사용되었다. 추정된 파라메타  $\hat{\alpha}$ 와  $\hat{\beta}$ 은 그 자체로서 어떤 의미를 갖는다기보다는 두 가지 이상의 생물학적 파라메타로 구성되어 있기 때문에 주요 생물학적 파라메타에 대한 정보를 얻어낼 수 있는데 중요한 의미가 있다. 즉  $\alpha = qK$ 이고,  $\beta = q^2 Kr$ 이기 때문에  $qKr$ 중 어느 하나만 식별(identify)되면, 나머지 두 파라메타는 쉽게 결정되어 진다. 다행히  $q$ 가 폭스의 공식(式 8)에 의하여 구해질 수 있기 때문에  $K$ 와  $r$ 은 용이하게 얻어진다. 따라서 이론적설명에서 보듯이 MSY, MSE, MSS는 이상에서 얻어지는 생물학적 파라메타만을 사용하여 구해지는 반면, 生產物價格과 單位努力當生產費用, 割引率에 대한 정보를 추가함으로써 式(16)과 (19)에 의하여 BEY, BEE, BES가 얻어지게 된다.

回歸方程式(7)을 추정한 결과 <表 2>에서 보듯이  $R^2$ 는 0.5693으로 비교적 낮게 나타났고,  $\hat{\alpha}$ 와  $\hat{\beta}$ 推定值는 통상의 모든 有意水準에서 有

表 2 推定結果

$U_t = 1.1758^* - 0.2978 \times 10^{-5} E_t : R^2 = 0.5693$	
(7.0845) (-3.4490)	
단, ( )내 : t 값	
* : 1% 臨界水準에서 有意性을 가짐	
$K = 376,965\%$	
$q = 0.3117 \times 10^{-5}$	
$\hat{r} = 1.2295$	
MSY(%) = 115,875	BEY(%) = 113,515
MSE(引網回數) = 197,234	BEE(引網回數) = 169,090
MSS(%) = 188,485	BES(%) = 278,151
CPUE 彈性值 = $\hat{\beta} \times \frac{\bar{E}}{\bar{U}} = 0.8329$	

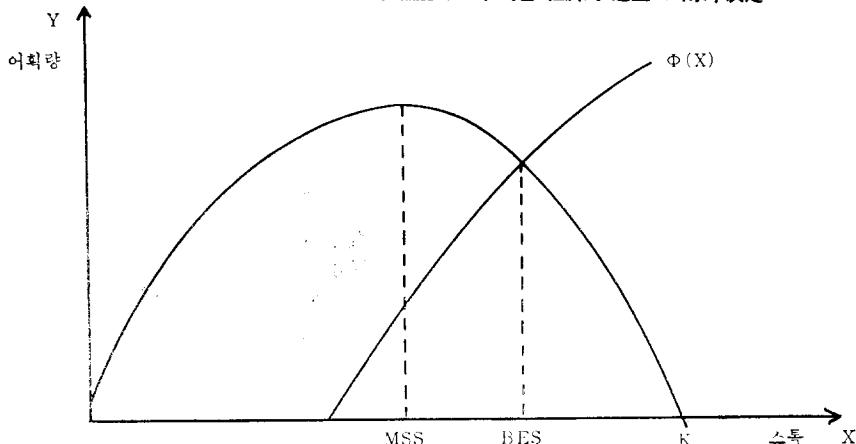
意性을 보였다.

분석기간중 명태의 漁獲量은 다소 증감을 보였다. 漁獲努力力量은 1974년 대비 1984년에 약 5.4배 증가한 반면 單位努力當漁獲量(CPUE)은 동기간에 약 3.3배 감소하였으며, 漁獲努力 1% 증가에 대한 CPUE 감소율은 0.8329%로 나타났다.

推定結果에서 중요한 정보는 最大持續生產量(MSY)와 經濟的 適正生産量(BEY)에 상응하는 漁獲努力力量 MSE 와 BEE이다. 여기서 最大持續生產量에 대한 漁獲努力이 經濟的 適正生産에 필요한 漁獲努力보다 크게 나타난 것은 명태자원에 있어서 포지티브 스톡效果(positive stock effect)가 있음을 시사한다. 즉 경제적인 여건을 고려할 때, 漁獲努力 169,090(引網回數)에서, 스톡 수준을 215,377(%)으로 유지함으로써 할인된 이윤의 現在價值를 극대화할 수 있음을 의미한다.

분석기간 중 年平均 漁獲努力力量(AAE)는 179,532(引網回數)로 MSE 보다 크고 BEE 보다는 작다. 이는 명태자원에 있어서 經濟的 濫獲(economic overexploitation)이 일어나고 있음을 의미하는 것으로, 스톡수준을 경제적 적정스톡 수준인 215,377(%)으로 가져가기 위해서는 漁獲努力을 10,442(引網回數)만큼 감소시켜야 함을 뜻

그림 5 持續生產 커브와 漁獲커브에 의한 經濟的 適正스톡水準決定



한다.

## V. 結論

위의 <그림 5>에서처럼 명태의 經濟的 適正스톡水準(BES)이 生物學的 適正스톡水準(MSS)의 오른쪽에 위치하고 있고 분석기간중 年平均 漁獲努力量(AAE)이 MSE 와 BEE 사이에 있기 때문에 經濟的 濫獲이 이루어지고 있는 것으로 판단되고, 특히 최근 5년 동안의 漁獲努力이 MSE 와 BEE를 크게 상회하고 있는 것으로 봐서 經濟的 濫獲은 물론 生物學的 濫獲 위협이 증대되고 있음을 알 수 있다.

이러한 水產資源管理에 있어서 무엇보다 중요하게 요청되는 것은, 첫째, 資源의 다이나믹(dynamic) 현상 및 이에 따른 자원의 상태변화를 모니터링(monitoring)할 수 있는 生物學的 파라메타에 대한 資料累積이고, 둘째로, 기존의 資源管理프로그램과 가능하게 채택될 수 있는 프로그램을 비교연구하여 효율적인 관리방안을 개발하는 것이라 하겠다.

## 參考文獻

- Adu-Asamoah, Richard and Jon M. Conrad. "Fishery Management : The Case of Tuna in the Eastern Tropical Atlantic." Cornell University Agricultural Experiment Station, Staff Paper No. 82. 15, 1982.
- Clark, Colin W. *Mathematical Bioeconomics : The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons. 1976.
- Fox, W.W. "Fitting the Generalized Production Model by Least-Squares and Equilibrium Approximation." *Fishery Bulletin*. 73(1974) : 23~37.
- Gordon, H.S. "The Economic Theory of a Common Property Resources : The Fishery." in *Economics of Environment*, ed. by R. Dorfman and N.S. Dorfman, W.W. Norton & Company, 1977.
- Graham, M. "Modern Theory of Exploiting a Fishery and Application to North Sea Trawling." *J. Cons.* 10(1935) : 264~274.
- Schaffer, M. B. "Some Aspects of the Dynamics of Populations Important to the Management of Commercial Marine Fisheries." *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.* 1(1954) : 25~56.
- . "A Study of the Dynamics of the Fishery for Yellowfin Tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean." *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.* 2(1957) : 245~285.
- Toffler, Alvin, *The Third Wave*, Norrow. 1980.