

韓國 沿近海漁業의 合理的 管理를 위한 LP模型의 導入方案에 관한 研究

박 장 일*

A Study on the Introduction of Linear Programming Model into the Management of Korean Coastal and Offshore Fisheries

Park, Jang - Il

目 次

I. 序 論	3. 制約條件의 도출
II. LP模型의 適用可能性과 有用性	4. 모수의 추정
1. 適用可能性	5. 기본 LP模型의 구성
2. 適用의 有用性	6. 확장 LP模型의 구성
III. Schaefer模型을 이용한 LP의 기본모델 과 확장모델의 구성	IV. 結 論
1. 變數의 선정	參考文獻
2. 目的函數의 구성	Abstract

I. 序 論

현재 우리나라의 어업은 대내적으로는 資源의 枯渴과 어획노력의 過剩投資로 말미암아 漁業所得과 漁業從事人員의 감소라는 현상을 나타내고 있으며, 대외적으로 UR에 의한 수산물시장의 개방이라는 惡條件속에 처해 있다. 이러한 저소득과 경쟁력약화를 극복하여 한국의 수산업이 活性化되고 國際競爭力을 갖추기 위해서는 根源의이고 長期的인 관점에서 科學的인 漁業管理와 경영체계의 수립이 시급한 과제로 대두되고 있다.

이를 위하여 우리 정부는 현재 어업에 투자된 過多한 어획노력을 적절한 수준으로 감축하여 합리적 자원이용을 통한 어업자원의 보존과 관리를 충족시킴으로써 長期的이고 安定的인 어업발전을 도모하고자 그동안 많은 노력을 기울여 왔으며, 이를 뒷받침하기 위한 研究活動들이 활발하게 행해져 왔다.

沿近海漁業 자원의 효율적 이용이라는 문제는 다양한 이용자들의 이해가 尖銳하게 對立되는 문제

* 경영학 박사, 부산수산대학교 시간강사

이므로 그 절차는 특히 科學的이어야 한다. 그러나 현재까지의 국내 연구들은 이러한 방법적 요구를 충족시키지 못하고 있었다. 국내의 연구방법이 갖는 가장 큰 약점은, 1) 부수적 어획활동을 고려하지 않음으로써 어업별·어종별로 相互間에 미치는 影響力을 結合하여 同時에 고려하지 못하고 있다는 점과, 2) 어종별·어업별로 全體的이고 동시적인 고려를 가능케 하는 方法論이 도입되지 않고 있으며, 3) 이러한 방법론의 도입을 가능케 하는 통일된 生物學的이고 技術的인 基礎資料가 완비되지 않고 있다는 것이다. 따라서 본 연구는 한국의 어업중에서도 그 비중이 높은 沿近海漁業을 대상으로 하여 아직 국내의 경우에 도입되고 있지 않는 計量的인 方法論을 도입하며, 그 효과로서 어업대상 자원을 적절한 수준으로 유지케 하며, 동시에 어업별로 이에 대응되는 수준의 實行可能한 適正漁獲勞力을 제시하여 國家的次元에서 沿近海 魚資源의 效率的 이용을 가능케 하기 위한 것이다.

현재로서 유한한 자원의 효율적인 사회적 배분이라는 목적을 가능케 하는 최선의 계량적 접근방법으로서 Operations Research기법에 해당되는 線形計劃法이 추천된다.

線形計劃法을 도입하는 경우에는 이에 따른 필요한 자료가 수집될 수 있어야 하나 우리나라에서 이러한 연구방법의 도입은 한국 연근해 어업구조의 복잡성으로 인하여 과학적 기초자료의 뒷받침이 매우 어려운 실정에 있다. 따라서 본 연구의 目的은 어획량과 어획노력량이라는 제한된 자료를 이용하여 線形計劃모델(LP모델)을 도입할 수 있는 접근방법을 개발하는데 있다.

Ⅱ. LP모델의 적용가능성과 유용성

1. 適用可能性

LP기법은 어업관리에 적용되는 계량적 기법들 중에서 수리계획법에 해당되는 연구방법으로서 制限된 자원들을 共有하는 몇몇 활동들 사이에서 그 자원들을 최적의 방법으로 할당하는 體系的인 기법으로 간주될 수 있다(Taha, 1978). LP모델의 목적은 有限한 資源을 모든 관련 활동들에 割當하여 그 결합된 產出量을 最適化하는 각 활동들의 水準을 決定하는 것이다.

현재 한국의 沿近海漁業 構造調整문제의 해결을 위해서 당면하게 추구되는 바는 우선 枯渴된 자원을 一定水準이상으로 回復하는 문제와, 이를 위해서 過剩投資된 현재의 어선세력을 얼마만큼 어떻게 適正하게 減縮시키고 配分할 것인가 하는 문제이다.

이러한 두가지 당면한 문제의 해결을 위해서는 우선 다수어종·복수어업인 현재의 상황에서 발생될 수 있는 문제들을 고려하여 자원을 회복하기 위한 일정한 基準이 설정되어야 하며, 어선세력의 감축은 이 基準을 만족시키는 동시에 각 어종에 대한 最大의 經濟的 生産量을 가능한 한 만족시키는 水準에서 最小化되어야 한다. 이러한 문제들은 상호결합된 문제로서 독립적으로가 아니라 同時的으로 해결되어야 하는 문제이다.

일반적으로 漁獲死亡係數 F (fishing mortality)와 총어획노력량 f 사이의 함수관계를 알고 있다면 漁獲死亡係數는 통제될 수 있다. 여기서 F 는 순간어획사망계수로서 물고기의 총 사망계수를 자연사

망계수와 어획사망계수로 구분할 경우 후자에 해당된다. 이 계수는 순전히 생물적인 특성을 갖는 계수이다. 따라서 연구대상 어종별로 이 계수가 모두 조사되어 있지 않다면 이 계수를 이용한 어업관리는 불가능하다. 기존의 연구에서는 F값이 필수적으로 투입되는 Beverton & Holt 모델과 F값 대신에 CPUE를 이용하여 어획노력량(fishing effort)를 구하고 있는 Schaefer모델이 혼용되고 있다. 후자의 경우 어획강도는 F값과 그 성격이 완전히 다른 것이지만, 둘 다 자원관리적 측면의 어업관리에서 투하되는 어획노력량을 통제하는 지표로서 이용되고 있다. 본 연구에서는 어느 모델로든지 통일되어야만 LP모델이 적용될 수 있다. 현재 F값을 구한다는 것은 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 어획량과 어획노력량에 관한 자료만 있으면 구성될 수 있는 Schaefer모델로 통일하기로 하였다. 본 연구에서 Schaefer모델에 의한 표준어획노력량(standardized fishing effort)은 E로 표기한다.

여기서 f는 어업의 실질어업톤수를 나타낸다. 일반적으로 F와 f와의 사이에는 일정한 비례관계 q가 존재하며, 이를 漁獲能率(catchability coefficient)이라 한다. 이 관계는 Schaefer모델의 경우에도 성립되며 명목어획노력량 E와 실질어획노력량 f사이에 어떤 비례상수가 존재하게 된다. 이는 생물적 의미의 어획능률이 아니라 어업별 톤당의 기술계수를 의미한다. 이 계수는 본 연구에서 a로 표기한다.

이들 관계는 학자(Peterman & Steer, 1981)에 따라서는 대안적인 다른 형식들로 다양한 어종들에 대하여 제시되고 있지만, 가장 흔하게는 다음의 線形관계로 표시된다.

$$E=af \tag{2.1}$$

본 연구의 목적을 위해서 f와 E의 관계는 모든 고려되는 어종들에 대하여 線形으로 가정한다. 또한 더욱 정밀한 연구를 위해서는 어종들의 연령별 가입량에 따른 연령별 標準漁獲努力量을 설정하는 것이 바람직 하지만, 자료상의 한계로 본 연구에서는 모든 어종들의 연령은 고려하지 않는다.

위의 식 (2.1)은 단일한 어업을 가정하는 경우의 관계식이며 다수어종을 混獲하는 복수어업을 가정할 경우에는 특정어종의 標準漁獲努力量은 어업별로 상대적인 할당이 필요하다. 따라서 어종별 標準漁獲努力量은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$E_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot f_j \tag{2.2}$$

E_i = i 어종의 동시적 名目漁獲強度

f_j = j 어업의 漁獲強度

(여기서는 j어업의 실질톤수)

a_{ij} = i어종에 대한 j어업의 톤당기술계수

($i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$)

여기서 E_i 값은 i 어종을 어획하는 모든 어업의 漁獲努力量을 고려한 표준화된 標準漁獲努力量으로서 그 어종을 어획하는 모든 어업에 동시에 적용된다. 이는 어종별로 適正한 회복水準을 갖도록 하

는 制約條件이 된다. 그리고 f_j 는 j 어업의 실질총톤수이며, 위의 制約條件에 따라 최소화되어야 한다. a_{ij} 는 어업별 어종별로 그 값을 달리하는 技術係數로서 여기서는 j 어업의 1톤이 i 어종의 전체 標準 漁獲努力量에 미치는 기여율을 의미하며, 線形計劃法에서 技術係數에 해당된다.

이러한 관계를 행렬형식으로 표시하면 다음과 같다.

$$E' = Q' \cdot E$$

$$(n \cdot 1)(n \cdot m)(m \cdot 1) \tag{2.3}$$

여기서,

$$E' = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ E_n \end{bmatrix} \text{ 과 } Q' = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & a_{nm} \end{bmatrix} \text{ 와 } E = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ f_m \end{bmatrix}$$

이러한 문제에 LP모형을 적용시키기 위해서 그 적용가능성이 구체적으로 검토되어야 한다. 본 연구에서 적용되는 線形計劃모형을 一般化시키면 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} &\text{Maximize (or Minimize)} && Z = \sum c_j f_j \\ &\text{subject to} && \sum a_{ij} f_j \leq E_i \\ &\text{and} && f_j \geq 0 \\ &&& (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n) \end{aligned} \tag{2.4}$$

위의 구조조정에 대한 線形計劃모형을 구축하기 위해서는 문제의 성격상 약간씩 조정될 수는 있겠으나, 우선 線形計劃法이 내포하고 있는 가정들이 한국의 沿近海漁業構造調整 문제를 위해서 적용될 수 있는지를 확인하여야 한다. 線形計劃法의 가정들은 학자들마다 그 사용용어에 약간씩 차이가 있으나 본 연구에서는 Hillier & Liberman(1974)의 용어를 따르기로 한다

1) 比例性 (proportionality)

이 가정은 두가지의 의미를 지니는데 線形計劃法의 일반모형에서 (1) 효율성의 전체적 척도인 Z 는 본 연구에서 추구하는 解인 어업별 총톤수의 합이며, 변수 x_j 의 값에 따라서 수익성을 나타내는 모수 c_j 의 비율로 증감한다. (2) 制約條件인 E_i 의 값은 변수 f_j 의 값에 따라서 모수 a_{ij} 의 비율로 증감한다.

沿近海漁業의 문제에서 대상 주요 어자원의 資源制約條件은 여기서는 標準漁獲努力量 E_i 가 되며 Schaefer곡선에 의하여 추정되고, 각 어업별 실질총톤수에 따라서 어업별 어종별 톤당 技術係數(a_{ij})의 비율로 영향을 미친다.

2) 附加性 (additivity)

비례성의 가정은 目的函數와 制約條件函數가 線形이라는 것을 보장하기에는 부족하다. 여기에서 附加性의 가정이 필요하다. 즉, 각 어업의 漁獲努力은 자원제약수준이나 目的函數에 다른 어업들과 독립하여 합산된다는 것이다.

현재의 沿近海漁業에서 한 어업이 휴어기동안에 다른 어업의 漁獲活動에 전용되는 사례가 전무하지는 않을 것이나 이 효과는 무시할 수 있을 정도의 것이다.

3) 整除性 (divisibility)

線形計劃法의 변수값은 일반적으로 소수값을 가질 수 있다는 가정이다. 현실의 문제에서는 정수값을 요구하는 경우가 많을 것이나 그러한 경우는 정수線形計劃法(integer linear programming)에서 다루고 일반적으로는 소수값을 허용한다. 본 연구의 주제에서는 어업별 실질톤수값이 소수가 될 수 있음을 의미한다.

4) 確定性 (deterministic)

이 確定性의 假定은 모든 모수(a_{ij} , c_j)들이 불변으로 確定되어 있다고 가정한다는 것이다. 線形計劃法은 불변으로 가정되는 모수들에 기초하여 미래의 활동수준을 결정하고자 하는 것으로서 이러한 모수값이 바뀌면 그 해는 달라지게 된다.

본 연구에서는 전체적인 효율성척도인 실제 어업의 총톤수에 각 어업별톤수가 기여하는 經濟性지표인 c_j 는 모든 어업에서 동일하다고 간주한다. c_j 의 값은 어떤 經濟的인 이행척도로서 각 어업의 변동비나 총기대이익, 혹은 j 어업의 톤당 收益性을 나타내는 수치이다. 이러한 값들이 비용적 성격을 가질 때에는 目的函數는 최소화되어야 하며, 收益性을 나타낼 경우에는 최대화되어야 할 것이다. 본 연구에서는 처음에는 각 어업이 갖는 수익성지표로서 총자본이익율을 사용하여 목적함수의 계수인 c_j 로 두고자 하였다. 그러나 각 어업별 수익성계수의 연도별 相關關係를 回歸分析한 결과 그 유의성이 인정될 수 없을 정도로 가변성을 갖기 때문에 본 모델이 요구하는 계수의 확정성을 만족시키지 못하고 있다. 이는 모델의 예측력을 떨어뜨리는 것을 의미하며 각 어업의 수익성을 대표할 수 있는 더욱 불변적인 지표가 요구된다. 이러한 경우에 자원이용이라는 측면에서 경제적인 어획수준을 대신할 수 있는 생물學적인 모수인 순간어획사망계수 $F_{0.1}$ 의 기준이 이용되며, 본 연구에서는 $E_{0.1}$ 로 표기하며 Schaefer곡선상의 표준화된 漁獲努力量을 의미한다. 따라서 본 연구의 문제는 실질총톤수를 최소화하는 문제로서 c_j 값들은 모든 어업에서 1로서 동일하다고 간주한다.

a_{ij} 는 각 어업별 단위톤수(1톤)가 해당어종의 標準漁獲努力量에 미치는 영향을 나타내는 技術係數을 나타낸다. 이 係數는 어떤 어종의 總漁獲量에 대한 어업별 漁獲量비율에 따라서 변동될 수 있다. 이러한 변동을 고려하기 위하여 해를 발견한 후에는 目的函數의 係數, 右邊常數에 대하여 민감도분석을 행하게 된다. 技術係數의 변동에 의한 解의 安定性은 技術係數를 세가지 종류로 區分하여 適用함으로써 分析하고 있다.

2. 適用의 有用性

본 연구에서 도입되고 있는 연구방법과 기존의 연구방법과의 가장 큰 차이는 기존의 연구방법이 단일어종에 대한 단일어업의 어획활동을 고려하는 단순시스템인데 반하여, 새로운 방법은 다수어종에 대한 복수어업의 무작위적 어획활동을 고려하는 복합시스템이라는 점이다. 복합시스템은 따라서 어떤 어업에서 어획되는 주어종뿐만 아니라 부수적 어획(by catch)으로 통칭되는 모든 어종의 어획량을 고려할 수 있다.

따라서 부수적 어획의 문제를 고려하는 LP모형이 갖는 유용성은 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> LP모형의 유용성

비교基準	비교내용	기존의 방법	새로운 방법
효 율 성	자원보호	주어종에 대한 효과만 고려	어획하는 모든 어종에 대한 효과를 고려
	어획강도의 조정문제	각 어업별 통제 개별적 통제	모든 관련어업을 동시에 전체적으로 통제

1) 자원보호의 유용성

어획노력량을 구성하는 어선톤수의 실질적 할당 문제를 어종별로 적정한 어군의 크기를 유지시키면서 각 어업에 할당하는 문제는 그 어업이 관련되는 모든 관련 어종의 어군에 미치는 영향력을 고려해야 한다. LP모형은 이러한 복합시스템의 상호효과를 효율적으로 고려할 수 있다.

2) 어획노력량조정의 유용성

어선을 감축하는 문제는 종래의 연구에서는 어떤 어업에 대한 주어종의 자원크기만을 고려하는 방법이었다. 그러나 모든 어업이 의도적으로 혹은 비의도적으로 많은 다른 어종을 부수적으로 어획하고 있기 때문에 어떤 어업의 어선감축은 다른 어업의 어선감축에 간접적으로 영향을 미치고 있다. 이러한 효과가 최대의 효율성을 가지면서 고려될 수 있다는 점이 LP모형이 갖는 기본적 특성으로서 한국연근해어업의 최적어획노력량을 구하는 문제에서 요구되는 유용성이다.

Ⅲ. Schaefer모델을 이용한 LP의 基本모델과 擴張모델의 構成

1. 變數의 選定

본 연구는 한국의 沿近海漁業을 대상으로 近海의 11개의 주요어업(대형트롤, 동해구트롤, 대형기선저인망쌍끌이, 대형기선저인망외끌이, 중형기선저인망쌍끌이, 중형기선저인망외끌이, 근해안강망, 근해유자망, 기선권현망, 근해채낚기, 근해통발)과 3개의 주요 沿岸漁業(연안안강망, 연안유자망, 연안통발), 그리고 기타어업을 그 研究對象으로 하였으며, 어종별로는 漁獲高와 어업별 主漁種 등을 기준으로 하여 <표 2>에서 보는 바와 같이 12개 主要魚種(고등어, 정어리, 쥐치, 갈치, 참조기, 꽃게, 가자미, 강달이, 오징어, 붕장어, 멸치, 명태)과 기타어종을 研究對象으로 하였다. 또한 본 연구의 대상이 되는 어업들의 漁獲努力量을 나타내는 통일된 單位는 漁業別 實質톤수이다.

따라서 결정변수는 대상 沿近海漁業의 실질톤수가 되며, 본 연구는 研究對象이 되는 어종들의 標準漁獲努力量에 따라서 이들의 크기를 동시적으로 결정하는 문제가 된다.

研究對象 어업들에 관한 자료들은 주로 농림수산부의 농림수산통계연보 각 년도분을 주로 참고하였으며, 그 외에 수산청, 수산진흥원, 한국농촌경제연구소 등의 통계자료와 연구자료등을 참고로 하였다. 여기서 본 연구의 研究對象인 沿近海漁業의 어업별 主漁獲對象魚種을 살펴보면 다음의 <표 2>과 같다.

<표 2> 沿近海漁業의 어업별 主漁獲對象魚種

업 종		主漁獲對象魚種
대형선망		고등어, 정어리, 쥐치
대형저인망	대형기저쌍끌이	강달이, 참조기, 꽃게
	대형기저외끌이	가자미, 쥐치
	대형트롤	쥐치
중형저인망	동해구기저	명태, 가자미
	동해구트롤	명태
	중형기저쌍끌이	강달이, 봉장어
	중형기저외끌이	가자미, 명태, 오징어
근해안강망		갈치, 강달이, 참조기
근해통발		봉장어, 꽃게
기선권현망		멸치
근해유자망		멸치, 꽃게, 오징어
근해채낚기		오징어, 갈치
연안안강망		꽃게, 멸치
연안유자망		멸치, 꽃게, 오징어, 가자미
연안통발		봉장어, 꽃게

자료 : 農林水産部, 농림수산통계연보

2. 目的函數의 構成

본 연구의 目的函數는

$$\text{Minimize } Z = \sum_j X_j = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \\ + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16}$$

가 되며 制約條件에 따라서 이 값을 最小化하는 것이다. 여기서 目的函數의 係數인 C_j 값은 모두 1로 가정된다. 이 가정의 의미는 모형의 解가 되는 각 어업별 실질 톤수값은 그대로 전체 어선톤수에 反映됨을 의미하며, 그 값에는 收益性 혹은 經濟性에 관련되는 係數나 비용에 관련되는 係數가 고려되지 않는다는 것을 의미한다. 만약 收益性 혹은 經濟性을 나타내는 자료들이 본 目的函數의 係數로 투입된다면, 이 目的函數값은 最大化되어야 할 것이다. 반면에 비용에 관련되는 係數들이 투입된다면 目的函數값은 最小化되어야 할 것이다.

본 연구에서 c_j 값을 1로 두고 전체어업의 실질톤수값을 最小化함으로써 더욱 다양하고 복잡한 經

濟性函數들에 대한 代用函數의 역할을 하고 있다.

3. 制約條件의 도출

1) 漁獲努力量의 標準化

(1) 標準化的 필요성과 새로운 방법의 창안

본 연구의 制約條件으로서 선정되고 있는 어종들은 11가지 어종이다(<표 2>참조). 線形計劃模型에서 이 어종들에 대한 制約條件들을 構成하기 위해서는 모든 조건들에 공통적으로 적용될 수 있는 통일된 지표가 필요하다. 본 연구에서는 어종별로 하나의 지표에 의하여 통일된 방식으로 구해진 標準漁獲努力量 E 를 구하여야 하며, 어종별로 구해진 이들 값은 어종별 漁獲水準을 제약할 수 있는 선형계획법상의 우변상수로서 이용된다. 이러한 통일적인 하나의 지표를 구하기 위하여 기존의 연구에서 이용되고 있는 모델로는 加入當漁獲量 모델로서 *Beverton & Holt* 모델이 이용되고 있으며, 剩餘生産量 모델로는 *Schaefer* 모델이 이용되고 있다. *Murawski*(1985)의 경우에는 *Beverton & Holt* 모델을 이용하였으며 국내의 경우에는 두 모델이 혼용되고 있다. 따라서 국내의 연구에서는 어종별로 통일된 強度指標가 제시되고 있지 않으며, LP모형을 구축하는데 있어서 통일성있는 계수를 도출하는데 한계가 있다.

각 어업에서 사용하는 어구들의 종류가 서로 다르기 때문에 어떤 어종에 대하여 *Schaefer* 모델에서 요구하는 표준화된 漁獲努力量을 구하기 위해서는 그 어종에 미치는 모든 어업의 영향을 동시에 고려하여야 하며, 이들을 고려한 하나의 표준노력량을 구하여야 한다. 왜냐하면 *Schaefer* 곡선 자체는 단일어종·단일어업에 대한 자료들로 構成되는 것이기 때문이다. 만약 이러한 방법이 가능하다면 이는 *Schaefer* 곡선의 이용가능성을 기존의 단일어종·단일어업에서 복수어종·다수어업의 complex system으로 확대시키는 것이 된다.

기존의 방법에 의해서는 沿近海漁業 전체의 漁獲強度을 통일할 수 없으므로, 본 연구는 어구를 통한 어업별 漁獲努力量을 산출하는 것이 아니라 각 어업의 실질톤수를 통하여 CPUE를 산출하고, 다음으로 그 어업의 標準漁獲努力量을 구하여 대응계수를 이용하는 방법이다. 본 연구에서 제안된 대응계수와 관련하여 어업별 실질톤수당 CPUE값이라고 해서 본래의 CPUE가 갖고 있는 어업별 어구의 특성이 상실된다고 할 수는 없다. 오히려 그 어업의 混獲率을 고려해 줌으로써 漁具의 魚種選擇性을 그대로 보유하고 있다고 할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 標準漁獲努力量을 산출하는 절차는 다음과 같다.

- ① 각 어업별 실질톤수에 기초한 어업별·어종별 CPUE 산출한다.
 - ② 구해진 CPUE값에다 어종별로 (그 어업의 漁獲量/전체 漁獲量)값으로 가중치를 부여한다.
 - ③ 이러한 가중된 CPUE를 어종별로 합산하여 어종별 가중 CPUE를 구한다.
 - ④ 어종별로 전체 漁獲量을 가중 CPUE로 나누어 그 어종에 대한 전체적 標準漁獲努力量을 구한다.
- (2) 漁獲努力量 標準化를 위한 단위설정

이러한 漁獲努力量의 標準化를 위한 基準으로서 여러 종류가 있을 수 있으나 본 연구에서는 톤수

를 基準으로 하였다. 몇개의 어업이 그 어획대상으로 유사어종을 漁獲하는 경우 그 어구의 특성은 비슷하여 상호 비교하기가 용이하며, 그 漁獲努力量의 標準化는 동일종류의 어구를 基準으로 쉽게 이루어질 수 있다. 또한 한정된 지역에서 제한된 범위의 어업들에 대한 연구는 실제 어구별 성능을 토대로 基準 努力量 單位를 설정할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구의 경우 한국 沿近海漁業 전체를 대상으로 하기 때문에 특정 어구를 통하여 어업별 努力量標準化를 한다는 것은 불가능하다. 따라서 標準化를 위해서는 모든 어업에서 적용될 수 있는 새로운 單位가 설정되어야 한다.

모든 어업에서 공통적으로 통일될 수 있는 基準들로는 어선척수와 어선마력수 그리고 어선톤수 등을 들 수 있다. 어선의 척수는 어업별로 그 규모면에서 많은 차이가 있기 때문에 척수로서 어업별 어선세력을 나타내기는 어렵다. 다음에 마력수를 들 수 있는데, 무동력선의 경우는 마력수를 갖지 않으며, 연안어업의 경우 상당수의 무동력선이 존재하므로 마력수를 통일된 基準으로 하기는 어렵다. 따라서 기존의 자료에 의해서는 톤수를 基準으로 하는 것이 가장 합리적인 것으로 여겨진다.

(3) 어종별 가중CPUE(WCPUE)의 산출

주어진 어종에 대한 단일의 표준어획노력량을 구하기 위해서는 단일의 단위노력당 漁獲量(CPUE)을 구하여야 한다. 왜냐하면 주어진 어종의 總漁獲量을 그 어종의 CPUE로 나누면 그 어종에 투입된 總努力量을 산출할 수 있기 때문이다. 기존의 연구방법에서는 어업별·어종별로 相互關聯的인 연구방법이 아닌 相互獨立된 어업별 혹은 어종별연구였으며, 따라서 어떤 어종에 대한 단일의 CPUE는 그 어종을 주어획대상으로 하는 어업의 CPUE를 사용하였다. 이 경우의 CPUE는 각 어업별로 고유한 어구어법을 基準으로 한 것이었다. 따라서 타어업에 의한 부수적어획의 효과는 고려되지 못하였으며, 그 어종에 투입된 努力量의 크기가 정확히 反映될 수 없는 문제점이 있었다.

이러한 문제점을 없애고 어떤 어종의 漁獲量에 영향을 미치는 모든 관련 어업의 漁獲努力量의 합계를 구하기 위해서는 모든 어업의 漁獲努力量을 통일된 기준에 의하여 산출하여야 하는데, 이를 위한 첫 단계로서 그 어종에 대한 각 어업의 CPUE를 우선 산출한다. 각 어업의 어종별 CPUE는 다음 식으로서 구해진다.

$$CPUE_{ijt} = \frac{Y_{ijt}}{f_{jt}} \quad (3.1)$$

$CPUE_{ijt}$ = t년도 j어업의 i어종에 대한 CPUE

Y_{ijt} = t년도에 j어업에서 漁獲한 i어종의 漁獲量

f_{jt} = t년도에 j어업에 투입된 어선의 실질톤수

다음에 어종별로 통합된 하나의 CPUE 값은 각 어업별 CPUE 값에 당해어종의 總漁獲量에 대한 각 어업별 漁獲量의 加重值를 부여한 값들을 합산하여 산출된다(이하 WCPUE로 표기). 이 과정을 수식으로 표시하면 다음과 같다.

$$WCPUE_{it} = \sum_j \frac{Y_{ijt}}{f_{jt}} \times \frac{Y_{ijt}}{Y_{it}} \quad (3.2)$$

$WCPUE_{it}$ = t년도에 i어종에 대하여 漁獲量에 따라 加重值가 부여되어 합산된 CPUE

Y_{it} = t년도에 어획된 i어종의 總漁獲量(톤)

(4) 標準漁獲努力量의 산출

$WCPUE$ 값을 산출한 후 당해년도의 總漁獲量(Y_{it})을 $WCPUE$ 로 나누어서 어종별 연간 標準漁獲努力量 E 를 구한다. 그 과정을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$E_{it} = \frac{Y_{it}}{WCPUE_{it}} \quad (3.3)$$

E_{it} = t년도의 i어종에 대한 標準漁獲努力量

線形計劃法의 적용에 있어서는 어종별 標準漁獲努力量 制約條件들을 구하는 기초자료를 산출하기 위하여 Schaefer의 剩餘生産모델을 構成하여야 하는 데, 그 모델의 일반식은 식 (3.4)과 같다.

$$\begin{aligned} Y &= af - bf^2 \\ Y/f &= a - bf \end{aligned} \quad (3.4)$$

Y = 漁獲量(중량)

f = 실질漁獲強度(여기서는 실질톤수)

(a, b 는 상수)

Y/f = 單位努力當 漁獲量(Catch per Unit Effort : CPUE)

2) 最適管理基準의 산출

(1) F_{msy} 기준

자원관리의 基準으로서는 일반적으로 最大維持漁獲量(Maximum Sustainable Yield : MSY)이 그 基準이 되고 있다. 이 수준에 대응되는 漁獲係數(漁獲死亡率)는 일반적으로 F_{msy} 로 표기된다. 이水準에서는 어군의 재생산력이 최대에 달하며, 최대의 剩餘生産量을 漁獲할 수 있는 점이다. 위의 식 (3.4)에서 f 에 대하여 微分하여 最大值를 구하기 위해 0으로 두면,

$$\frac{dY}{df} = a - 2bf = 0 \quad (3.5)$$

그러므로,

$$f_{msy} = \frac{a}{2b}, \quad Y_{msy} = \frac{a^2}{4b}$$

그러나 MSY는 漁獲量의 측면에서 최대량을 산출하지만 어업의 수익과 비용을 고려할 경우에는 바람직한 基準이 되지 못한다. 또한 어군의 변동에 의하여 어떤 년도에 어군이 낮은 水準을 기록한 반면 漁獲努力은 이전의 MSY 水準을 유지한다면 어군의 再生産力을 최고수준보다 떨어뜨리게 될 것이며, 다음해에 어군이 일정水準 이상으로 증가되거나 또는 漁獲努力이 지난 해보다 일정수준 이하로 떨어지지 않는다면 그 어군은 점차 줄어들 것이다. 이러한 변동의 可能性은 항상 존재하게 될 것이며, 標準漁獲努力量을 설정함에 있어서는 이러한 변동분을 흡수하고 따라서 이러한 危險性을 피하며 어업의 순이익이 최고수준을 갖는 최대경제적 漁獲量을 산출하는 水準(F_{mey})을 설정하게 된다. 이에 관련되는 最適漁獲努力量의 基準으로서는 Schaefer곡선을 이용한 본 연구에서는 $E_{0.1}$ 의 標準漁獲努力量基準이 사용된다.

(2) $F_{0.1}$ 기준

이 基準은 어군이 이용되지 않은 시초의 어군증가율의 10%에 해당되는 점으로서 즉, Schaefer곡선의 경우 시초의 CPUE水準의 1/10에 해당되는 곳이며, MEY기준을 대신하는 관리기준으로 간주된다(Gulland & Boerema, 1973). 물론 어떤 어종에 대한 총수입과 비용에 대한 자료를 漁獲量과 漁獲努力에 따라 투입한다면 MEY값이 정확히 계산되어질 수 있다. 그러나 다수어종을 混獲하는 복수어업을 동시에 고려할 경우에는 이를 線形計劃모델로 전환하기 위해서는 어업별로 투입된 어로비용을 漁獲된 어종별로 구분하여 배분하여야 하는 문제가 발생한다. 왜냐하면 각 어종에 대하여 각 어업에서 투입된 비용이 합산되어야 그 어종의 F_{mey} 를 산출할 수 있기 때문이다. 따라서 이 경우에는 어업별 收益性자료에 의존하게 되나 어업별로 한정된 개별적 연구에 그치고 行렬식을 構成하는 線形計劃法의 적용은 어려울 것이다. 또한 MEY에 대한 標準漁獲努力量이 추정될 수 있다고 하더라도 그 係數는 높은 가변성을 가지기 때문에 確定性이 요구되는 線形計劃法에 적용되기에는 부적당하다.

Schaefer곡선을 기초로 하여 구해지는 E_{mey} 와 $E_{0.1}$, 그리고 현실적인 漁獲努力量을 나타내는 지표로서는 1991년도의 E값 $E_{(1991)}$ 과 1989-1991년 까지의 평균치에 의한 E값 $E_{(1989-1991)}$ 등을 이용하여 어종별 관리를 위한 標準漁獲努力量의 기준으로 삼는다. 이러한 각종의 E값들을 표시하면 <표 3>과 같다. 이 표에서는 Schaefer곡선을 構成하기 위한 WCPUE와 E값 사이의 회귀분석에서 그 상관관계가 희박한 것으로 드러난 참조기와 명태는 제외되었다.

<표 3> 어종별 E값의 비교

고 등 어		정 어 리	
1. $Y/X=4.00154 - 0.00003522X$		2. $Y/X=7.50950 - 0.0001002X$	
1 MSY	113644.481	1 MSY	140613.406
2 Emsy	56800.264	2 Emsy	37449.459
3 $E_{0.1}$	51120.238	3 $E_{0.1}$	33704.513
4 AVE 89 - 91	51820.000	4 AVE 89 - 91	54389.000
5 E_{1991}	57070.000	5 E_{1991}	57904.000
2/4(%)	1.096	2/4(%)	.688
3/4(%)	.986	3/4(%)	.619

수산경영론집

귀 치	값 치
3. $Y/X=8.56183 - 0.00006765X$	
1 MSY	270897.951
2 Emsy	63280.379
3 E0.1	56952.341
4 AVE 89 - 91	21680.000
5 E1991	17589.000
2/4(%)	2.918
3/4(%)	2.626
참 조 기	
5. $Y/X=0.06093 - 0.000001140X$	
1 MSY	- 813.742
2 Emsy	- 26706.545
3 E0.1	- 24035.891
4 AVE 89 - 91	112746.103
5 E1991	125268.000
2/4(%)	- .236
3/4(%)	- .213
가 자 미	
7. $Y/X=0.68183 - 0.000005759X$	
1 MSY	20046.029
2 Emsy	58800.474
3 E0.1	52920.426
4 AVE 89 - 91	81778.000
5 E1991	84451.000
2/4(%)	.719
3/4(%)	.647
봉 장 어	
9. $Y/X=0.53857 - 0.000003416X$	
1 MSY	21226.475
2 Emsy	78825.010
3 E0.1	70942.509
4 AVE 89 - 91	86228.000
5 E1991	106580.000
2/4(%)	.914
3/4(%)	.822
별 치	
11. $Y/X=5.64935 - 0.00004775X$	
1 MSY	167088.784
2 Emsy	59153.272
3 E0.1	53237.945
4 AVE 89 - 91	73603.000
5 E1991	83449.000
2/4(%)	.803
3/4(%)	.723
값 치	
4. $Y/X=2.54142 - 0.00001311X$	
1 MSY	123147.407
2 Emsy	96912.114
3 E0.1	87220.903
4 AVE 89 - 91	114223.000
5 E1991	112498.000
2/4(%)	.848
3/4(%)	.763
꽃 계	
6. $Y/X=0.32024 - 0.000001000X$	
1 MSY	25636.463
2 Emsy	160106.093
3 E0.1	144095.484
4 AVE 89 - 91	208307.000
5 E1991	252365.000
2/4(%)	.768
3/4(%)	.691
강 달 이	
8. $Y/X=0.73665 - 0.000002816X$	
1 MSY	48171.916
2 Emsy	130785.819
3 E0.1	117707.237
4 AVE 89 - 91	129380.000
5 E1991	137733.000
2/4(%)	1.010
3/4(%)	.909
오 정 어	
10. $Y/X=1.20097 - 0.000006018X$	
1 MSY	59912.165
2 Emsy	99772.895
3 E0.1	89795.605
4 AVE 89 - 91	118831.000
5 E1991	117197.000
2/4(%)	.839
3/4(%)	.755
명 태	
12. $Y/X=0.62870 - 0.000001710X$	
1 MSY	57762.549
2 Emsy	183750.590
3 E0.1	165375.531
4 AVE 89 - 91	35415.443
5 E1991	38638.000
2/4(%)	5.188
3/4(%)	4.669

기 타	
13. $Y/X=6.96399 - 0.00001922X$	
1 MSY	630680.488
2 Emsy	181126.002
3 E0.1	163013.402
4 AVE 89 - 91	245067.00
5 E1991	241328.000
2/4(%)	.739
3/4(%)	.665

4. 모수의 추정

어업별 · 어종별 技術係數를 구하기 위해서 어떤 어종에 대한 總標準漁獲努力量은 각 어업에서 漁獲한 그 어종의 漁獲量에 비례한다고 가정한다. 따라서 식 (3.3)에서 구해진 E_{it} 값으로부터 다음과 같은 식으로 쓰여진다.

$$\frac{E_{ijt}}{E_{it}} = \frac{Y_{ijt}}{Y_{it}} \quad (3.6)$$

따라서,

$$E_{ijt} = \frac{E_{it} \cdot Y_{ijt}}{Y_{it}} \quad (3.7)$$

여기서 E_{ijt} 는 i 어종에 대한 j 어업의 標準漁獲努力量이다.

따라서 위의 線形計劃法을 構成하기 위한 技術係數 a_{ij} 는 다음과 같이 구한다.

$$a_{ij} = \frac{E_{ijt}}{f_j} \quad (3.8)$$

이러한 技術係數를 추정하는데 있어서 세가지의 기준에 의하여 技術係數를 추정한다. 그 기준들은 첫째로 1980년부터 1991년까지의 평균적인 漁獲量과 漁獲努力量을 기준으로 한 技術係數 $a_{(1980-1991)}$, 두번째로 어획노력량의 투자가 가장 심하게 이루어진 최근 3년 동안에 해당되는 1989년에서 1991년까지의 평균적인 漁獲量과 漁獲努力量을 기준으로 한 技術係數 $a_{(1989-1991)}$, 세번째로 1991년도의 漁獲量과 漁獲努力量자료에 기초하는 技術係數 $a_{(1991)}$ 등이다. 이와같이 세가지로 技術係數를 구분하는 까닭은 어떤 어종에 대한 어획기술과 상대적어획비율이 변화함에 따라서 그 변화가 實行可能解에 어떤 영향을 주는가를 검토하고자 하는데 목적이 있으며, 最適解의 안정성을 동시에 고찰하고자 하는 것이다.

여기서 세 종류의 技術係數가 갖는 특성을 고찰하여야 할 것이다.

우선 a(1980-1991)에 관한 특성으로서 과거 12년간의 어선톤수와 漁獲量의 평균치에 의하여 산출되고 있기 때문에, 본 연구의 대상이 되는 주요어종들 중에서 많이 漁獲되는 어종들을 위주로 係數가 형성되며, 우발적으로 漁獲量이 기록되거나 많은 량이 어획되지 못하는 어종은 전체적으로 낮은 係數를 가질 것이다. 반면에 a(1991)은 1991년도의 어획량자료에 의거하기 때문에 당기의 漁獲量의 증감에 민감하게 반응한다. 이에 비하여 a(1989-1991)은 최근 3년간의 평균치에 의한 자료에 의하여 산출되기 때문에 다른 두 종류의 係數들에 비하여 漁獲量의 변동이나 어로기술의 발전에 대하여 비교적 중간값을 취하는 경향을 가질 것이다.

이러한 세가지의 係數들 중에서 어떤 係數를 기준으로 할 것인가 하는 문제는 어선 톤수의 감축기

<표 4> 기간별 기술계수
(a) 1991년 기준의 기술계수

어업별	고등어	정어리	쥐치	갈치	꽃게	가자미	강달이	붕장어	오징어	멸치	기타
DHTROL	0	0	1.2407	0.3172	0	0	0	0	1.2553	0	0.3112
DHKTRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0223
DHKJ2	0.015	0	0	0.1489	1.4029	0.3057	1.2487	0.3105	0.0416	0	0.5574
DHKJ1	0	0	0	0	0	1.2694	0.4365	0	0	0	0.5058
JHKJ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0822
JHKJ1	0	0	0	0	0	3.2019	0	1.0501	0.5771	0	2.5028
DHSM	1.1027	1.1092	0.0511	0.0966	0	0	0	0	0.0804	0	0.4517
KHAKM	0	0	0.0038	1.226	0.6853	0	0.9296	0	0.0208	0	0.4271
KHUJM	0	0	0	0	1.0326	0	0	0	0.0695	0.2369	0.1974
KSKHM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6488	0.015
KHCNK	0	0	0	0.0733	0	0	0	0	1.438	0	0.0608
KHTB	0	0	0	0	0	0	0	1.4754	0	0	0.4728
YAAKM	0	0	0	0	1.4764	0	0.7838	0	0	0.18	2.8001
YAUJM	0	0	0.0053	0	0.5837	0.6318	0.0853	0	0.0575	0.0385	0.3985
YATB	0	0	0	0	0	0	0	1.494	0	0	0.3345
OTHERS	0.0639	0.0793	0.0082	0.0725	0.9216	0.28	0.0356	0.3984	0.3636	0.3991	1.004

(b) 1989~1991년도 기준의 기술계수

어업별	고등어	정어리	쥐치	갈치	꽃게	가자미	강달이	붕장어	오징어	멸치	기타
DHTROL	0	0	1.3734	0.1916	0	0	0	0	0.8803	0	0.2984
DHKTRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9593
DHKJ2	0.0038	0	0	0.1593	1.6513	0.3689	1.3005	0.2657	0.1225	0	0.6009
DHKJ1	0	0	0	0	0	1.8808	0.3347	0	0.0254	0	0.4896
JHKJ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9288
JHKJ1	0	0	0	0	0.3606	2.8704	0	0.8147	0.3385	0	2.8667
DHSM	1.0533	1.0781	0.1133	0.1133	0	0	0	0	0.0523	0	0.4876
KHAKM	0	0	0.005	1.2322	0.5149	0	0.899	0	0.0431	0	0.3749
KHUJM	0.0033	0.0021	0	0.0148	0.5672	0	0	0	0.0681	0.237	0.1959
KSKHM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6201	0.0086
KHCNK	0	0	0	0.096	0	0	0	0	1.5345	0	0.0494
KHTB	0	0	0	0	0	0	0	1.5594	0	0	0.3127
YAAKM	0	0	0	0	1.8702	0	0.2988	0	0	0.1474	2.637
YAUJM	0	0.0049	0.0027	0	0.6137	0.5238	0.0493	0	0.0611	0.0659	0.4263
YATB	0	0	0	0	0	0	0	1.2297	0	0	0.3412
OTHERS	0.03	0.0474	0.0071	0.0669	0.5433	0.2533	0.0523	0.2353	0.3393	0.2672	1.0832

(c) 1980~1991년도 기준의 기술계수

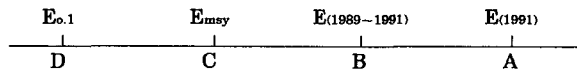
어업별	고등어	정어리	취치	갈치	꽃게	가자미	강달이	붕장어	오징어	멸치	기타
DHTROL	0	0	1.7484	0.038	0	0.0282	0	0	0.4806	0	0.2661
DHKTRO	0	0	0.0081	0	0	0	0	0	0	0	2.9226
DHKJ2	0.0009	0	0.0038	0.1846	1.5384	0.3468	1.4767	0.1771	0.0965	0	0.5325
DHKJ1	0	0.0061	0.0811	0	0	1.6967	0.2713	0	0.0349	0	0.4362
JHKJ2	0	0	0	0	0	0.1487	0	0	0	0	0.9609
JHKJ1	0	0	0	0	0.0716	2.6067	0	0.3352	0.093	0	3.0575
DHSM	1.0579	1.1004	0.3143	0.058	0	0	0	0.0073	0.0263	0	0.3955
KHAKM	0.001	0.0005	0.0326	1.1861	0.6707	0	0.4801	0.0046	0.0606	0.003	0.3808
KHUJM	0.0062	0.0068	0	0.0106	0.3084	0	0	0	0.0322	0.1758	0.2381
KSKHM	0	0.0119	0	0	0	0	0	0	0	1.5341	0.0235
KHCNK	0	0	0	0.0351	0	0	0	0	1.4326	0	0.018
KHTB	0	0	0	0	0	0	0	1.188	0	0	0.1309
YAAKM	0	0	0	0	1.33	0	0.1996	0	0	0.0723	1.3154
YAUJM	0.003	0.0103	0.0035	0	1.0576	0.2975	0.023	0	0.0237	0.0776	0.3957
YATB	0	0	0	0	0	0	0	1.815	0	0	0.2315
OTHERS	0.0283	0.0496	0.0391	0.094	0.2741	0.2457	0.0758	0.245	0.2366	0.1729	1.0991

간에 準據하여 장기적으로 적용하고자 할 경우에는 a(1980-1991)을 이용하게 될 것이며, 단기간의 구조 조정이라는 측면에서는 a(1991)을 이용하는 것이 타당할 것이다. 대개의 경우에는 중간값에 해당되는 a(1989-1991)의 係數를 이용하여 감톤에 관한 대강의 윤곽을 얻을 수 있을 것이다.

이러한 세가지 기준들에 의해서 구해진 技術係數를 <표 4>에서 보여주고 있다.

5. 基本LP모델의 構成

基本LP모델은 아래의 그림 3-1와 같이 制約條件들을 構成하는 標準漁獲努力量들은 각각 A : E(1991), B : E(1989-1991), C : E_{msy}, D : E_{0.1}이 된다. 본 모델은 이 수준들에 대응되는 最適漁獲努力水準을 구하는 문제로서 등식으로 이루어진다.



<그림 1> 基本LP모델의 名目漁獲強度 制約條件

이에 대하여 擴張모델은 制約條件에 區間이 주어지는 모델을 말한다. 擴張모델을 構成하는 이유는 基本모델로서 구하고자 하는 實行可能解를 만족스럽게 구하지 못하는 경우에 制約條件을 하나의 점에 고정시키지 않고 일정 區間을 줌으로서 實行可能解를 구할 可能性을 증대시키며, 適正標準漁獲努力量에 근접하는 實行可能解를 구하기 위하여 構成된다. 擴張 모델에 관하여는 다음 절에서 다룬다. 앞서 구해진 모수들로서 다음과 같은 基本LP모델을 構成한다.

目的函數 ; Minimize $Z = \sum f_j$

制約條件 ; subject to $\sum a_{ij} \cdot f_j = E_i$

$$f_i \geq 0, E_j > 0,$$

$$(i=11\text{개 어종}, j=16\text{개 어업}) \tag{3.9}$$

이와 같은 기본LP모델에다 구해진 실제 모수들을 대입하여 다음 <표 5>와 같은 線形計劃의 12가지의 적용을 위한 기본모형들이 構成되었다.

여기에 나타나 있는 모형들은 모두 주어진 制約條件인 標準漁獲努力量들에 대하여 등식으로 構成된다. 즉, 주어진 制約條件에 대응되는 最適의 어업별 어선톤수를 구하는 문제가 된다.

<표 5> 基本LP모델의 構成내용

구 분	E(1991)	E(1989-1991)	E _{msy}	E _{0.1}
a(1980-1991)	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
a(1989-1991)	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
a(1991)	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃

A1의 경우를 예시하면 다음과 같다.

目的函數 ;

$$\text{Minimize } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8$$

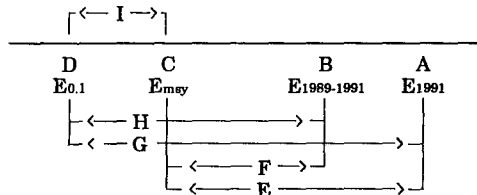
$$+ x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16}$$

制約條件 ;

1. 고등어 : $0.0009x_3 + 1.0579x_7 + 0.0009x_8 + 0.0061x_9 + 0.0030x_{14} + 0.0282x_{16} = 57,070$
2. 정어리 : $0.0060x_4 + 1.1004x_7 + 0.0005x_8 + 0.0068x_9 + 0.0118x_{10} + 0.0102x_{14} + 0.0495x_{16} = 57,904$
3. 쥐 치 : $1.7484x_1 + 0.0081x_2 + 0.0037x_3 + 0.0811x_4 + 0.3142x_7 + 0.0326x_8 + 0.0035x_{14} + 0.0391x_{16} = 17,589$
4. 갈 치 : $0.038x_1 + 0.1845x_3 + 0.0579x_7 + 1.186x_8 + 0.0106x_9 + 0.035x_{11} + 0.094x_{16} = 112,498$
5. 꽃 계 : $1.5384x_3 + 0.0716x_6 + 0.6707x_8 + 0.3083x_9 + 1.33x_{13} + 1.0576x_{14} + 0.2741x_{16} = 252,365$
6. 가자미 : $0.0281x_1 + 0.3467x_3 + 1.6967x_4 + 0.1486x_5 + 2.6066x_6 + 0.2975x_{14} + 0.2456x_{16} = 84,451$
7. 강달이 : $1.4766x_3 + 0.2712x_4 + 0.48x_8 + 0.1966x_{13} + 0.023x_{14} + 0.0758x_{16} = 137,733$
8. 봉장어 : $0.177x_3 + 0.3352x_6 + 0.0073x_7 + 0.0045x_8 + 1.188x_{12} + 1.8149x_{15} + 0.2449x_{16} = 106,580$
9. 오징어 : $0.4806x_1 + 0.0964x_3 + 0.0348x_4 + 0.093x_6 + 0.0262x_7 + 0.0605x_8 + 0.0322x_9$
 $+ 1.4325x_{11} + 0.0237x_{14} + 0.2365x_{16} = 117,197$
10. 멸 치 : $0.003x_8 + 0.1758x_9 + 1.534x_{10} + 0.0722x_{13} + 0.0775x_{14} + 0.1729x_{16} = 83,449$
11. 기 타 : $0.266x_1 + 2.9225x_2 + 0.5324x_3 + 0.4362x_4 + 0.9609x_5 + 3.0574x_6 + 0.3955x_7$
 $+ 0.3808x_8 + 0.238x_9 + 0.0235x_{10} + 0.0179x_{11} + 0.1308x_{12} + 1.3154x_{13} + 0.3956x_{14}$
 $+ 0.2315x_{15} + 1.099x_{16} = 241,328$

6. 擴張 LP模型의 構成

현재의 모델로서 適正漁獲努力量으로 간주되는 E_{msy} 나 $E_{0.1}$ 수준의 標準漁獲努力量 制約條件을 부가한 결과 실행불능인 해가 산출된다면, 이 경우에 이러한 標準漁獲努力量에 가능한 가까운 實行可能解를 구하기 위한 방안이 요구된다. 여기서 제시되는 방법이 適正한 區間을 설정하는 것이다. 制約條件을 일점에 고정시키지 않고 區間을 줌으로써 實行可能解를 구할 수 있는 가능성을 증대시키며 適正標準漁獲努力量에 가까운 解를 구하기 위함이다. 즉, 현재 혹은 최근수준으로부터 E_{msy} 나 $E_{0.1}$ 까지의 區間에서 實行可能解를 탐색하는 방법이다. 설정된 區間들은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 標準漁獲努力量 制約條件의 구분

그림에서와 같이 區間을 설정함으로써 實行可能解를 구할 수 있는 가능성은 증대된다. 또한 E-F-G-H-I의 순서로 標準漁獲努力量을 적용하여 그 解가 산출되는 경우에는 E_{msy} 와 $E_{0.1}$ 에 까지 어선세력을 단계적으로 감축해 나갈 수 있게 한다. 이들 區間에 대한 標準漁獲努力量은 下限값과 上限값들을 갖는 不等號形式으로 표시되며 세가지의 技術係數係數와 결합된다. 擴張된 모델이 앞서의 基本모델과는 달리 標準漁獲努力量이 일정한 수준에 고정되는 것이 아니라 下限값과 上限값으로서 범위가 주어진다는 것이며 <표 6>와 같이 構成된다.

<표 6> 擴張된 LP模型의 構成

구분	$E_{(1991)} - E_{msy}$	$E_{(1991)} - E_{0.1}$	$E_{(1989-1991)} - E_{msy}$	$E_{(1989-1991)} - E_{0.1}$	$E_{msy} - E_{0.1}$
a(1980-1991)	E ₁	F ₁	G ₁	H ₁	I ₁
a(1989-1991)	E ₂	F ₂	G ₂	H ₂	I ₂
a(1991)	E ₃	F ₃	G ₃	H ₃	I ₃

E₁의 경우를 예시하면 다음과 같다.

目的函數 ;

$$\text{Minimize } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8$$

$$+ x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16}$$

制約條件 ;

1. 고등어 : $0.0009x_3 + 1.0579x_7 + 0.0009x_8 + 0.0061x_9 + 0.0030x_{14} + 0.0282x_{16} \leq 57,070$

2. 정어리 : $0.0060x_4 + 1.1004x_7 + 0.0005x_8 + 0.0068x_9 + 0.0118x_{10} + 0.0102x_{14} + 0.0495x_{16} \leq 57,904$

수산경영론집

3. 쥐 치 : $1.7484x_1 + 0.0081x_2 + 0.0037x_3 + 0.0811x_4 + 0.3142x_7 + 0.0326x_8 + 0.0035x_{14} + 0.0391x_{16} \geq 17,589$
4. 갈 치 : $0.038x_1 + 0.1845x_3 + 0.0579x_7 + 1.186x_8 + 0.0106x_9 + 0.035x_{11} + 0.094x_{16} \leq 112,498$
5. 꽃 계 : $1.5384x_3 + 0.0716x_6 + 0.6707x_8 + 0.3083x_9 + 1.33x_{13} + 1.0576x_{14} + 0.2741x_{16} \leq 252,365$
6. 가자미 : $0.0281x_1 + 0.3467x_3 + 1.6967x_4 + 0.1486x_5 + 2.6066x_6 + 0.2975x_{14} + 0.2456x_{16} \leq 84,451$
7. 강달이 : $1.4766x_3 + 0.2712x_4 + 0.48x_8 + 0.1966x_{13} + 0.023x_{14} + 0.0758x_{16} \leq 137,733$
8. 봉장어 : $0.177x_3 + 0.3352x_6 + 0.0073x_7 + 0.0045x_8 + 1.188x_{12} + 1.8149x_{15} + 0.2449x_{16} \leq 106,580$
9. 오징어 : $0.4806x_1 + 0.0964x_3 + 0.0348x_4 + 0.093x_6 + 0.0262x_7 + 0.0605x_8 + 0.0322x_9 + 1.4325x_{11} + 0.0237x_{14} + 0.2365x_{16} \leq 117,197$
10. 멸 치 : $0.003x_8 + 0.1758x_9 + 1.534x_{10} + 0.0722x_{13} + 0.0775x_{14} + 0.1729x_{16} \leq 83,449$
11. 기 타 : $0.266x_1 + 2.9225x_2 + 0.5324x_3 + 0.4362x_4 + 0.9609x_5 + 3.0574x_6 + 0.3955x_7 + 0.3808x_8 + 0.238x_9 + 0.0235x_{10} + 0.0179x_{11} + 0.1308x_{12} + 1.3154x_{13} + 0.3956x_{14} + 0.2315x_{15} + 1.099x_{16} \leq 241,328$
12. 고등어 : $0.0009x_3 + 1.0579x_7 + 0.0009x_8 + 0.0061x_9 + 0.0030x_{14} + 0.0282x_{16} \geq 56,800$
13. 정어리 : $0.0060x_4 + 1.1004x_7 + 0.0005x_8 + 0.0068x_9 + 0.0118x_{10} + 0.0102x_{14} + 0.0495x_{16} \geq 37,449$
14. 쥐 치 : $1.7484x_1 + 0.0081x_2 + 0.0037x_3 + 0.0811x_4 + 0.3142x_7 + 0.0326x_8 + 0.0035x_{14} + 0.0391x_{16} \leq 63,280$
15. 갈 치 : $0.038x_1 + 0.1845x_3 + 0.0579x_7 + 1.186x_8 + 0.0106x_9 + 0.035x_{11} + 0.094x_{16} \geq 96,912$
16. 꽃 계 : $1.5384x_3 + 0.0716x_6 + 0.6707x_8 + 0.3083x_9 + 1.33x_{13} + 1.0576x_{14} + 0.2741x_{16} \geq 160,106$
17. 가자미 : $0.0281x_1 + 0.3467x_3 + 1.6967x_4 + 0.1486x_5 + 2.6066x_6 + 0.2975x_{14} + 0.2456x_{16} \geq 58,800$
18. 강달이 : $1.4766x_3 + 0.2712x_4 + 0.48x_8 + 0.1966x_{13} + 0.023x_{14} + 0.0758x_{16} \geq 130,785$
19. 봉장어 : $0.177x_3 + 0.3352x_6 + 0.0073x_7 + 0.0045x_8 + 1.188x_{12} + 1.8149x_{15} + 0.2449x_{16} \geq 78,825$
20. 오징어 : $0.4806x_1 + 0.0964x_3 + 0.0348x_4 + 0.093x_6 + 0.0262x_7 + 0.0605x_8 + 0.0322x_9 + 1.4325x_{11} + 0.0237x_{14} + 0.2365x_{16} \geq 99,772$
21. 멸 치 : $0.003x_8 + 0.1758x_9 + 1.534x_{10} + 0.0722x_{13} + 0.0775x_{14} + 0.1729x_{16} \geq 59,153$
22. 기 타 : $0.266x_1 + 2.9225x_2 + 0.5324x_3 + 0.4362x_4 + 0.9609x_5 + 3.0574x_6 + 0.3955x_7 + 0.3808x_8 + 0.238x_9 + 0.0235x_{10} + 0.0179x_{11} + 0.1308x_{12} + 1.3154x_{13} + 0.3956x_{14} + 0.2315x_{15} + 1.099x_{16} \geq 181,126$

IV. 結 論

沿近海漁業의 構造調整문제는 현재 한국의 어업에 있어서 당면한 문제가 되고 있는 현안으로서 沿近海漁業의 漁船勢力을 감축하는데 있어서, 어떤 기준에 의하여 얼마 만큼을 어떻게 감축할 것인가

가 가장 중요한 쟁점이 되고 있다. 국내에 있어서 이러한 문제를 해결하기 위한 몇차례의 연구가 이루어 졌으며, 국외에서도 이러한 내용의 연구들이 이루어 졌다.

국내에서 수행된 沿近海漁業의 構造調整에 관한 연구들은 比計量的研究들로서 주로 分析的 方法에 의존하고 있으며, 어종별로 또는 어업별로 독립적으로 이루어지고 있었다.

본 연구는 國內의 既存 研究方法이 갖는 限界를 克服하고 沿近海漁業자원의 效率의利用이라는 측면의 構造調整이라는 문제를 해결하기 위한 方案으로서 기존의 방법보다 合理的이고 效率的인 資源管理를 가능케하는 線形計劃法의 도입을 위한 방안을 논의하였으며, 그 결과에 대한 논의는 본 연구의 범위를 넘어서기 때문에 논외로 하였다.

한국 沿近海漁業의 適正規模를 合理的으로 산출하기 위한 문제에 접근하기 위하여는 生物的인 相互關係에 의한 접근방법보다는 技術的인 相互關係에 의한 접근방법이 합리적이다. 線形計劃法을 이용할 경우 이러한 相互關係는 技術係數로서 나타난다. 技術적 측면에서 이러한 相互關係를 나타내며, 연구대상어업과 어종에 관한 자료의 통일을 위한 기준으로서 본 연구는 어선톤수를 기초로하여 선형계획법의 기술계수에 해당하는 대응계수를 개발하였다.

본 연구에서 어종별 적정관리기준을 구성하는 標準漁獲努力量은 Schaefer모델을 이용하여 구하였으며, 기존 연구들에서 불가능하였던 특정 어종에 주어지는 모든 어업의 어획노력량의 결합이 따라서 가능하게 되었다.

본 연구의 線形計劃모델은 두가지로 구분된다. 하나는 그 制約條件이 각 어종별 標準漁獲努力量에 대하여 등식으로 구성되는 基本모델이며, 다른 하나는 基本모델이 實行可能解를 갖지 못할 경우 그 實行可能性을 높이며 적정標準漁獲努力量기준들에 최대한 가까운 최소의 實行可能解를 구하는 擴張모델이다.

본 연구에서 고려되고 있지 않는 요인들은,

(1) 不正漁業에 관한 사항이다. 不正漁業은 타어장의 侵犯, 해저의 正해진 층별(상층, 중층, 저층) 漁撈範圍를 違反한 漁撈行爲, 網目規制의 違反, 漁獲物의 秘密스런 양륙행위, 無動力船에의 動力裝着, 기타의 많은 행태가 있을 수 있을 것이다. 이러한 不正漁業에 관한 해당자료들은 露出되지 않을 뿐아니라 예측이 不可能하므로 그 效果는 본 연구에서 고려되지 않았다.

(2) 또한 본 연구에서는 실질적으로 정책에 활용되는 경우에 대비한 현실적 制約條件들은 본 모델에서는 制約條件으로 설정되지 않고 있다는 점이다. 실제로 漁業努力力의 移轉問題, 業態轉換의 問題, 漁業外收益 등의 변수들은 고려되지 않고 있다.

(3) 본 연구에서 통일적 자료를 산출하기 위한 基準으로 사용하고 있는 어선톤수는 통계자료상의 톤수와 실제로 操業에 參與하고 있는 톤수와는 차이가 있을 수 있다는 점이다. 이 경우에는 본 모델에 투입되고 있는 모수들의 정확성을 떨어뜨리게 하며 解의 信賴度를 감소시키는 요인이 될 것이다.

(4) 다음은 隣接國家와 共同的 資源을 이용하고 있는 경우에 대한 고려사항이다. 이 경우는 回遊性 魚種에 의한 資源의 移動이나 共同漁撈水域에서의 漁撈活動이 관련되며, 이 경우의 어종들에 대하여는 隣接國家의 자료들을 참고로 하여 資源變動의 예측자료로 活用하여야 할 것이다.

본 모델이 갖는 限界로는,

(1) 더욱 確定的인 模數의 개발이 요구된다는 것이다. 본 모델에 투입되고 있는 모수는 目的函數의 係數와 制約條件의 右邊常數 그리고 본 모델의 技術係數이다. 여기서는 연구의 성질상 技術係數가 가장 중요한 역할을 하고 있으며, 解를 變動시키는 가장 敏感한 要因으로 作用하고 있다. 線形計劃法은 이러한 모수들을 確定的(deterministic)으로 간주하고 있으며, 이러한 모수들을 바탕으로 하여 미래예측을 시도한다. 따라서 모수가 變動한다는 것은 實行可能解의 변화를 의미한다.

본 연구에서는 技術係數의 변화에 따른 解의 變動을 분석하기 위하여 세가지 기준에 의하여 技術係數를 산출하였다.

(2) 본 연구에서는 어종별 年齡을 고려하지 않고 있다. 본 연구에서 標準漁獲努力量에 관한 기초자료를 제공하고 있는 資源評價모델은 Schaefer모델을 이용하고 있다. Schaefer모델은 각 어종별 어군의 年齡을 一定한 것으로 前提하고 있다. 따라서 年齡構造를 나타낼 수 있는 Beverton & Holt모델을 사용하는 것이 바람직하다. 이 모델을 이용하기 위해서는 각 어종별로 투입할 生物的 資料가 요구되는데, 이에 관한 자료들이 아직 구비되지 않고 있다. 이러한 기초자료들이 완비되기를 바라며, 이에 따라 어종별·연령별 資源管理를 가능케하는 더욱 精密한 모델을 수립하는 일은 차후의 研究課題로 남겨둔다.

參考文獻

<국내문헌>

- 농림수산부, 농림수산물통계년보, 1980 - 1991.
 농림수산부, 어업생산량통계, 1980 - 1991.
 농림수산부, 어가경제통계.
 국립수산진흥원, 연근해 어업자원평가, 수산자원조사보고, 제10호, 1988.
 국립수산진흥원, 연근해어업자원의 적정어획강도, 수산자원조사보고, 제11호, 1990.
 국립수산진흥원, 연안어업자원조사, 사업보고, 1991.
 수산청, 수산업동향에 관한 년차보고서, 1992.
 수산업협동조합중앙회, 어업경영조사보고, 1980 - 1991.
 한국농촌경제연구원, 연근해어업 구조조정을 위한 조사연구, 1992.
 한국과학기술원 해양연구소, 해양수산자원평가의 이론과 실제, 1989.
 부산수산대학교 해양과학연구소, 어업별 어선의 선복량기준 개선에 관한 연구, 1990.
 이장욱, "한국 동해 명태어업의 적정어획노력량 추정", 수산경영론집, 제40호, 1991.
 김용문, "연근해어업자원의 동향과 문제점, 수산연구", 제2호, 1988.

<외국문헌>

- Clark, C. W. (1976), *Mathematical Bioeconomics*, John Wiley and Sons, New York.
 Clark, C. W. (1985), *Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*, John Wiley and Sons, New York.
 Clark, C. W., Conrad, J. M. (1987), *"Natural Resource Economics"*, Cambridge University Press 1987.

- Deriso, R. B. (1980), "Harvesting strategies and parameter estimation for an age structured model", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37, 268 - 282.
- Gulland, J. A.(1977), *Fish Population Dynamics*, Wiley - Interscience, London.
- Hiller, F, Gerald J. Libermann.(1974), *Operations Research*, Holden - Day, Inc.
- Murawski, S. and J. T. Finn.1986. Optimal effort allocation among competing mixed - species fisheries, subject to fishing mortality constraints. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43, p. 80.
- May, R. M., Beddington, J. R., Clark, C. W., Holt, S. J., and Laws, R. M.(1979), "Management of multispecies fisheries", *Science* 205, 267 - 277.
- Murawski, S. A.(1984), "Mixed - Species Yield - per - Recruitment Analyses Accounting for Technological Interaction", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, vol, 41.
- Pope, J. G.(1972), "An Investigation of the accuracy of virtual populations analysis using cohort analysis", *International Council for Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin* 9, 65 - 74.
- Schnute, J.(1985), "A General theory for the analysis of catch and effort data", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 414 - 429.
- Taha, H. A.(1978), *Linear programming*, p. 85 - 119.

A Study on the Introduction of Linear Programming Model into the Management of Korean Coastal and Offshore Fisheries

Park, Jang-II

Abstract

Many studies to cope with the present problems of Korean coastal and offshore fisheries has been performed, but these were done partly in necessities and general studies for Korean inshore and offshore fisheries are in early stage. Most of these studies adopted analytical way of approach for each fishery individually and they could not reflect the effect of correlated interaction among fisheries on the several common species/stocks, and thus optimal effort allocation was impossible.

To consider general fisheries and optimal effort allocation among competing mixed species, a linear programming (LP) approach is applied in this study and introduced into 16 important inshore and offshore fisheries with 13 constraining species which were chosen by annual yield order. This study is not based on the biological interaction among species (i.e., prey - predator system) but the technological interaction between species and fishing efforts.

For the application of LP model in these fisheries, the standardization of fishing efforts through different fishing gears could not be successful and a new way of effort standardization through CPUE for vessel tonnage was originated. Total standardized fishing effort on a particular species i , E_i , is computed as the linear summation of standardized fishing effort generated by each fishery j . That is,

$$E_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot f_j$$

where f_j is the total vessel tonnage of fishery j and a_{ij} is the coefficients contributing to the standardized fishing effort per ton for species i taken in fishery j . The total fishing effort level on species i due to both directed fishing and by-catch can thus be accounted in the a_{ij} 's. Optimal effort allocation among the j fisheries may be considered a minimizing problem (minimize $\sum f_j$), subject to the constraints that standardized fishing effort levels on particular species are maintained at, above, and below certain predefined levels.

Fishing effort goals for individual species can be based on various biological and/or economic criteria, i.e., fishing effort level generating maximum sustainable yield and/or maximum

economic yield. But in this study the $F_{0.1}$ criteria which was accepted as an approximate level for F_{mey} by Gulland and Boerema's (1973) study.

The findings of this study are, (1) LP model can be applied to the Korean inshore and offshore fisheries globally. (2) Through a new way of combining multiple different fisheries' efforts for a particular species together generating standardized fishing effort, Schaefer curve could be applied to the complex system successfully. (3) The results of this study for total reduction scale were mostly the same as those of prior studies, but different much from the individual scales of reduction.

This study showed the necessities for exploitation of more concrete parameters to put into consideration of profitability of fisheries and social factors, and this model can be modified according to the actual constraints. Also, considering the age structure of stocks, this model can be developed into better one for better fisheries management.