

일정기간동안 누적된 어업피해의 사후적 피해율 추정모형에 관한 연구 : 정착성 어업을 중심으로

강용주* · 김기수** · 유명숙*

A Study on the Model of Measuring Expost Cumulative Fisheries Damages : Focused on the Sedentary Fisheries

Kang, Yong-Joo · Kim, Ki-Soo · Yoo, Myoung-Suk

< 목 차 >

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| I. 서론 및 문제제기 | V. 결론 및 논의 |
| II. 누적어업 피해율 추정의 제 요인 분석 | <부록> 피해잔존기간 추정의 실례 |
| III. 어업 피해율의 추정 | 참고문헌 |
| IV. 모형의 적용실례 : 마을어업의 경우 | Abstract |

I. 서론 및 문제제기

일반적으로 공익사업을 위한 대규모 공유수면의 매립·간척 등으로 인하여 어업피해가 발생한 경우 피해어업의 손실평가는 수산업법 시행령 제 62조 및 동법 시행령 별표4의 규정(이하 '동 규정'으로 명명)에 의해 산출하도록 하고 있다(공특법 시행규칙 제 23조). 또한 수산업법 제 81조 제 3항에서는 이러한 어업손실보상시기와 관련하여 선보상 후착공의 원칙으로 하되 예외로 보상을 청구할 수 있는 자의 동의를 얻은 때에 한하여서 선착공 후보상도 가능함을 명시하고 있다. 그런데 수산업법에 따른 어업손실보상의 경우 통상적으로 전문기관의 어업피해에 대한 조사가 먼저 이루어진 다음 피해정도에 따라 어업처분을 결정하고 이에 의거 적정보상액을 산정하여 피해어민들에게 지급해온 것이 그동안의 관례였다.

그리하여 종래의 대규모 공공사업의 경우 공사시행 전에 이루어지는 환경영향조사를 통해 피해조사 대상어민이 대략적으로 결정되고 이들과의 사전협의를 통해 공사 시작과 더불어 어업피해조사가 병행 실시되는 경우가 일반적이었다. 이 경우 동 규정에서 명시

접수 : 2001년 10월 8일, 게재확정 2001년 12월 3일

* 부경대학교 해양생물학과 교수

** 부경대학교 국제통상학부 교수

하고 있는 어업피해보상액 산정의 기초가 되는 평년수익액 결정의 가장 중요 요소인 평균연간생산량의 추정이 피해발생 이전 정상상태의 3년간의 어업생산량 자료를 통해 이루어 질 수 있게 된다. 그러므로 이런 경우에는 법의 정신에 입각하여 피해를 입은 어민들에게 정당한 보상을 실시하는데 별 어려움이 없다고 판단된다.

따라서 그동안 본인들의 어업피해를 추정과 관련한 일련의 연구들은¹⁾ 이상과 같은 상황에서 타당하고도 정량적인 어업피해 정도를 도출하는 방안들을 제시하고자 한 것들이었다. 즉 이들연구에서는 공공사업시행과 피해조사가 함께 병행 실시되는 상황에서 현재 산출된 정상상태의 평균연간생산량이 향후 발생한 피해영향인자로 말미암아 어떤 수준의 생산수준에 도달할 것인지를 과학적 추론과정을 통해 먼저 추정한다. 그 후 현재 산출량수준과 피해종료시점의 산출량수준을 비교하여 어업피해정도를 도출하는 방안 제시가 그 주요 내용이었다.

하지만 경우에 따라서는²⁾ 피해조사에 착수한 시점에서는 이미 피해가 현저하게 진행되어버려 부득이 현재시점의 생산량수준을 바탕으로 초기 피해발생시점의 생산수준을 역추정하여 피해정도를 조사할 수밖에 없는 경우가 있다. 더 나아가서 이 경우에는 동 규정에서 규정하고 있는 최근 3년간의 어획량은 보상의 원인이 되는 처분일이 속하는 연도의 전년도를 기준연도로 하여 소급기산한 3년간이라는 조문의 적용에 신중해야 할 필요가 있게된다. 왜냐하면 동 규정의 현재시점생산량 기준의 평년어업수익은 이미 피해가 현재화된 형태의 수익입으로 해서 정상상태보다 아주 낮은 수준이므로 만일 이것을 기초로 보상액을 산정 하게 된다면 피해정도가 높을수록 보상액은 더 적어지는 기현상이 발생하게 된다는 것이다³⁾. 따라서 이상과 같은 어업피해 상황 하에서의 어업피해를 추정 및 보상액 산정의 경우는 이전과는 다른 새로운 접근방식이 요구된다 할 것이다.

본 논문은 이상과 같은 문제인식 하에서 일정기간 누적된 어업피해의 피해를 추정을 위한 이론적 모형구축과 아울러 그 적용실례를 제시하고자 시도되었다. 본 논문은 모두 5장으로 구성되며 II장에서는 누적어업피해를 추정의 제 요인 분석을 III장에서는 어업피해율의 추정을 시도하고 있다. IV장에서는 모형의 적용실례(마을어업의 경우)를 그리고 마지막으로 V장에서는 결론 및 논의로 끝맺고 있다.

1) 강용주 등(1997), 강용주 등(1998), 김기수 등(1998), 김기수 등(2000)

2) 부경대학교 해양과학공동연구소가 수행한 ○○○화력발전소의 건설 및 가동에 따른 어업피해조사(1998~2001)의 경우 어업피해가 발생한 이후 상당기간이 경과한 뒤에 일부보상이 이루어졌을 뿐 아니라 다시 추가적인 어업피해요인으로 피해정도가 누적된 상황 하에서 어업피해정도를 추정해야 하는 경우가 있음.

3) 여기서 처분일을 통상 피해조사가 종료된 후 피해율에 따른 어업처분이 내려진 시점을 밝히지 않고 최초 어업피해발생시점을 의미한다면 이 문제는 해결될 수 있을 것이다.

II. 누적어업피해를 추정의 제 요인 분석

1. 피해시점 및 현재시점

대규모 해면 공공사업 시행으로 인한 최초의 피해발생은 공공사업의 시공 즉시 나타나 는 것으로 가정한다면, 생산감소의 정도를 밝히기 위해서는 공공사업시행 중에서 해양환경에 영향을 미치는 공공사업의 최초착공시점(t_s), 피해시점(t_0) 및 현재시점(t_p)을 명확히 정의 할 필요가 있다.

현재시점(t_p)은 조사대상어업을 현장 실사한 시점으로 정의한다면 쉽게 확정된다. 그러나 특정어업의 경우 공공사업 시행으로 발생한 부유토사의 확산과 침강, 해수유동변화, 해저지형 및 저질환경변화 등의 영향으로 인한 어업피해가 공사 중에는 물론, 공사 후에도 어느 기간 동안 있을 것을 감안하여 공공사업의 종료 후에도 공사기간 중에 피해를 입은 연급군이 생존하는 동안에 피해영향이 지속되는 피해잔존기간을 감안하여 현재시점을 정하기로 한다.

한편, 피해시점(t_0)은 두 가지 요인에 의해 결정된다. 하나는 공공사업시행기간이고 나머지 하나는 각 조사대상어업건의 최초어업개시시점이다. 공공사업이 착수되기 이전부터 조업을 하고 있는 어업건의 피해시점은 공공사업을 위한 해면공사의 최초착공시점(t_s)이 될 것이고, 공공사업시행 이후에 조업을 시작한 어업건은 최초로 어업면허, 허가 또는 신고에 의해 조업을 시작한 시점(즉, 최초어업개시시점)이 피해시점이 될 것이다.

2. 피해이전의 자원량

장기간 동안 피해가 진행되어온 경우, 피해어업의 현장이 보존되어 있지 않는 현재의 시점에서 어장실사에 의한 피해 이전의 자원량 평가는 불가능하다. 그러나 직접 현장 실사에 의해 확실한 조사가 가능한 현재시점의 자원량과 총순간자원량감소계수(γ_R)가 구해진다면, 각 어업권에 대해 현재시점(t_p)의 자원량(\bar{B}_p)으로부터 피해발생시점 즉, 피해시점(t_0)의 자원량(\bar{B}_0)을

$$\bar{B}_0 = \bar{B}_p \cdot e^{\gamma_R \cdot (t_p - t_0)} \dots\dots\dots \text{(식 1)}$$

에 의해 역추정할 수 있다.

여기서 현재시점의 자원량은 현장조사를 통해 추정이 가능하나 총순간자원량 감소계수의 추정은 간단하지가 않다. 해면에서 대규모 공공사업의 시행이후 현재에 이르기까지 공공사업의 영향 내에 있는 피해어장의 자원량이 감소되어 왔다면, 감소의 전부가 동 공공사업 때문이라고는 할 수 없는 것으로 사료된다. 1960년대 초 경제개발이 시작된 이래 우리나라는 농업국가에서 공업을 중심으로 하는 현대산업국가로 급격히 변화하여 왔는데, 이 과정에서 환경오염이 전 해역에 걸쳐 진행되어 왔을 뿐 아니라, 국민소득의 증가

로 동물성 단백질 식품에 대한 수요의 급증과 함께 연근해 어장에서 어획강도가 크게 증가함으로써 연근해 수산자원이 남획에 의한 감소현상을 보여 왔다. 따라서, 피해어업의 자원은 동 지역에서의 대규모 공공사업은 물론 해양오염 및 남획으로 인해 감소되어 왔다고 보는 것이 타당할 것이다.

대규모 공공사업의 시행에 따른 순간자원량 감소계수를 γ_d , 해양오염 및 남획으로 인한 순간자원량 감소계수를 γ_f 라 하면, 총순간자원량 감소계수 γ_g 는

$$\gamma_g = \gamma_d + \gamma_f \quad \dots\dots\dots (식 2)$$

이 된다.

(식 2)에서 γ_d 는 피해영향범위조사 및 생물검정에 의해 추정할 수 있다. 그리고 피해영향범위조사 및 생물검정의 결과를 종합하여 추정한 착공시점(t_s)에서 현재시점(t_p)까지의 평균연간생산량누적감소율을 δ 이라 하면,

$$\gamma_d = \frac{-\ln(1-\delta)}{t_p - t_s} \quad \dots\dots\dots (식 3)$$

에 의해 추정된다.

그리고, γ_f 는 우리나라 연근해어업통계에서 단위노력당어획량의 경년변화를 시계별 분석하여 추정할 수 있다. 즉, 각 년도(t)의 단위노력당어획량을 C_t 라 할 때

$$C_t = a \cdot e^{-r_f \cdot t} \quad \dots\dots\dots (식 4)$$

의 관계식을 最小自乘法에 의해 구함으로써 γ_f 를 추정할 수 있다.

3. 평균연간생산량 누적감소율

대규모 공공사업의 시행으로 인해 피해를 입을 것으로 예상되는 각종 어업의 전체어장을 피해어장과 무피해어장으로, 피해어장을 다시 폐쇄조치어장과 비폐쇄조치어장으로 각각 구분하기로 하고, 전체어장, 피해어장 및 폐쇄조치어장의 면적을 각각 A , a_1 및 a_2 라 하자. 그리고, 대규모 공공사업의 시행 이전과 이후에 있어서 어장단위면적당 연평형어획량을 각각 피해시점의 어장단위면적당 연평형어획량과 현재시점의 어장단위면적당 연평형어획량이라 하고 이를 각각 Y_E 와 Y_E' 이라 하자. 그리고, 해면공사 최초착공시점과 현재시점에 있어서의 평균연간어획량을 각각 Y 와 Y' 라 한다. 만약, 각 어업의 생산성이 어장 내에서 균일하다고 가정하면, 대규모 공공사업 시행 이후에 폐쇄조치어장에서의 어업생산은 없으므로

$$Y = (A - a_1)Y_E + a_2Y_E + (a_1 - a_2)Y_E \quad \dots\dots\dots (식 5)$$

$$Y' = (A - a_1)Y_E + (a_1 - a_2)Y_E' \quad \dots\dots\dots (식 6)$$

가 성립된다.

그리고, 어장제한율(α)과 어장폐쇄조치율(ϕ)을 다음과 같이 정의하자.

$$\alpha = \frac{a_1}{A} \dots\dots\dots (식 7)$$

$$\phi = \frac{a_2}{A} \dots\dots\dots (식 8)$$

또한, 대규모 공공사업의 시행으로 인한 평균연간생산누적감소량을 ΔY 라 하고, 평균연간생산량누적감소율(δ)을 다음과 같이 정의하자.

$$\delta = \frac{Y - Y'}{Y} = \frac{\Delta Y}{Y} \dots\dots\dots (식 9)$$

그리고, 대규모 공공사업의 시행 以前과 以後에 있어서 어장단위면적당 年平均漁獲量累積減少率을 δ_E 라 하면,

$$\delta_E = \frac{Y_E - Y'_E}{Y_E} = [1 - \frac{Y'_E}{Y_E}] \dots\dots\dots (식 10)$$

이 된다.

이상의 정의에 의하여

$$Y - Y' = a_2 Y_E + (a_1 - a_2)(Y_E - Y'_E)$$

$$Y - Y' = \frac{a_2}{A} Y + \frac{a_1 - a_2}{A} Y [1 - \frac{Y'_E}{Y_E}] \quad (\because Y_E = \frac{Y}{A})$$

$$\frac{Y - Y'}{Y} = \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{a_2}{A} + \frac{a_1 - a_2}{A} [1 - \frac{Y'_E}{Y_E}]$$

$$\therefore \delta = \phi + (\alpha - \phi) \cdot \delta_E \dots\dots\dots (식 11)$$

라고 할 수 있다.

1) 전체어장면적

전체어장면적은 대규모 공공사업의 시행으로 인해 피해가 예상되는 어업이 다양한 만큼, 어업종류별로 다르게 정의하였다. <표 1>에서 알 수 있는 바와 같이 허가어업에 속하는 연안어업(속칭, 어선어업)과 신고어업에 속하는 맨손 및 나잠어업을 제외한 모든 어업은 일정해면 또는 지면을 배타적으로 점유하여 조업하므로, 어업면허장·어업허가장 또는 어업신고서에 어장의 위치, 면적 및 시설규모 등이 명시되어 있다. 이러한 어업의 전체어장면적은 어업처분건별로 공부에 명시된 면허면적, 허가면적, 시설허가규모, 시설신고규모를 그대로 적용하면 된다.

〈표 1〉 어업종류별 전체어장면적의 정의와 산출단위

어업종류	정의	산출단위	
면허어업	정치망어업	어업면허면적	어업권별
	해조류양식어업	"	
	패류양식어업	"	
	어류등양식어업	"	"
	복합양식어업	"	"
	협동양식어업	"	"
	마을어업	"	"
허가어업	근해어업 ¹⁾	실제조업어장면적	수협별
	연안어업	"	수협별 또는 어촌계별
	해상종묘생산어업	시설허가규모	어업건별
	정치성구획어업	허가면적	"
	이동성구획어업	실제조업어장면적	수협별 또는 어촌계별
신고어업	맨손어업	관할어촌계 업무구역의 면적	어촌계별
	나잠어업 ¹⁾	"	"
	투망어업	"	"
	육상양식어업	시설신고규모	어업건별
	육상종묘생산어업	"	"

1) 근해어업자 중에서 잠수기어업자와 신고어업자 중에서 나잠어업자가 면허어업권자와 계약에 의해 면허어장에 입어하는 경우는 이들이 입어하는 면허어장의 면적도 이들의 조업하는 전체어장 면적에 포함

한편, 연안어업과 맨손 및 나잠신고어업은 어업자 개개인의 어업허가장 또는 어업신고 필증에 조업구역이 광역 또는 기초 지방자치단체의 관할구역의 연해로 명시되어 있다. 이와 같이 불특정의 광역해역이 조업구역으로 명시된 연안어업과 맨손 및 나잠 신고어업의 전체어장면적은, 연안어업의 경우는 실제조업범위의 면적을 전체어장면적으로 정의하고, 맨손 및 나잠신고어업의 경우는 수산업법 제2조 제7항의 규정에 근거하여 어업자 거주지 어촌계의 마을어장 면적으로 정의하며, 지선에 마을어업권이 설정된 적이 없는 어촌계의 경우는 관할수협의 어촌계별 업무구역의 면적으로 정의한다.

그런데, 근해어업자 중에서 잠수기어업자와 신고어업자 중에서 나잠어업자가 면허어업권자와 계약에 의해 면허어장에 입어하는 경우는 이들이 입어하는 면허어장의 면적도 이들의 조업어장의 면적에 포함한다.

2) 피해어장면적

피해어장면적이라 함은 전체어장 중에서 피해구역에 포함되는 어장의 면적을 가리킨다.

3) 폐쇄조치어장면적

폐쇄조치어장면적이라 함은 피해어장 중에서 대규모 공공사업 시행에 따른 공공시설물의 건설로 매립되거나, 매립되지 아니 하더라도 건설공사의 원활한 추진을 도모하기 위해서 또는 완공된 시설물의 효율적인 운영 및 관리를 위해서 적법한 절차에 의거하여 조업을 금지하는 조치를 취하거나 취할 것이 확실시되는 어장의 면적을 가리킨다.

4) 현재시점의 어장단위면적당 年平均漁獲量

현재시점의 어장단위면적당 年平均漁獲量은 각 어업별 현장실사를 통해 산출된 평균 연간 생산량에다 <표 1> 에서 산출된 각 어업별 어장면적을 적용하여 도출하게 된다.

5) 피해시점의 어장단위면적당 年平均漁獲量

(1) 순간어획량감소계수

대규모 공공 사업의 시행 이후 현재에 이르기까지 영향해역 내에서 각종어업의 평균연간어획량이 감소하여 왔다면, 감소의 전부가 동 공공사업의 건설때문이라고는 할 수 없는 것으로 사료된다. 따라서 대규모 공공사업의 시행에 따른 순간생산량감소계수를 ϕ_D , 해양오염 및 남획으로 인한 순간생산량감소계수를 ϕ_F , 총순간생산량감소계수를 ϕ_G 라 하면, 이는 앞서 언급한 $\gamma_g, \gamma_d, \gamma_f$ 와 대응하는 것으로

$$\gamma_g = \phi_G, \quad \gamma_d = \phi_D, \quad \gamma_f = \phi_F \quad \dots\dots\dots (식 12)$$

인 것으로 처리한다. (식 12)를 가정하는 것은 총어획량과 자원량은 모두 단위노력당어획량에 비례하는 값이기 때문이다. 따라서 피해시점(t_0)에서 현재시점(t_p)까지의 총순간생산량감소계수(ϕ_G)를 적용한다면, 현재시점의 어장단위면적당 연평형어획량(Y'_E)로부터 피해시점(즉, 피해발생직전시점)의 어장단위면적당 연평형어획량(Y_E)을

$$Y_E = Y'_E \cdot e^{\phi_G \cdot (t_p - t_0)} \quad \dots\dots\dots (식 13)$$

로 역추정할 수 있다.

수산업법 시행령 제62조에 규정된 평균연간어획량(양식어업에서는, 평균연간생산량)은 안정된 어장 생태계(즉, 해양 환경이 평균적으로 일정하고 어민의 조업 방식이 매년 크게 변동하지 않는 상태)에서 어업자가 올리는 어획량으로서 학술적으로는 연평형어획량을 가리키는 것으로 본다. 따라서, 피해시점의 어장단위면적당 평균연간어획량과 피해시점의 어장단위면적당 연평형어획량은 본 연구에서 동일한 것으로 판단하며, 이는 (식 5)에 의해서도 확인된다.

6) 어장단위면적당 年平衡漁獲量減少率(δ_E)

어장단위면적당 연평형어획량감소율(δ_E)은 (식 10)과 (식 13)에 의하면 $1 - e^{-\phi_c \cdot (t_p - t_0)}$ 가 된다. 그러나, 이 값은 대규모 공공사업의 시행으로 인한 생산감소 외에 해양오염 및 남획으로 인한 생산감소도 포함되어 있다. (식 10)의 어장단위면적당 연평형어획량누적감소율(δ_E)은 대규모 공공사업의 시행으로 인한 생산감소만을 고려하여야 하므로

$$\delta_E = \frac{\phi_D}{\phi_C} \cdot [1 - e^{-\phi_c \cdot (t_p - t_0)}] \dots\dots\dots (식 14)$$

가 된다.

어장단위면적당 연평형어획량누적감소율(δ_E)은 (식 10)에 의해 정의한 바와 같이 이전 어장단위면적당 연평형어획량에 대한 이후 어장단위면적당 연평형어획량의 비이지만, 이전 어장단위면적당 연평형어획량을 현재시점에서 평가하기가 어려우므로 대규모 공공사업의 시행으로 인한 해양환경변화 예측결과와 생물검정결과를 대조하여 추정한다.

그런데, 비폐쇄어장의 위치에 따라 어장단위면적당 연평형어획량감소율이 다를 수가 있었다. 이 경우에는 비폐쇄어장을 어장단위면적당 연평형어획량누적감소율에 의해 n개의 구역으로 구분하고 각 구역(i)의 면적과 어장단위면적당 연평형어획량누적감소율을 각각 s_i 와 $\delta_{E,i}$ 라 하면,

$$\delta_E = \frac{1}{\sum_{i=1}^n s_i} \sum_{i=1}^n s_i \delta_{E,i} \dots\dots\dots (식 15)$$

에 의해 추정한다.

4. 피해물량

피해물량은 피해시점(t_0)에서의 평균연간어획량(Y_0)과 현재시점(t_p)에서의 평균연간어획량(Y_p)을 비교하여 정의하기로 한다. 먼저, Y_0 를 Y_p 에 의해 구하면,

$$Y_0 = Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} \dots\dots\dots (식 16)$$

이다.

다음, 어장생태계가 피해시점(t_0)에서 현재시점(t_p)에 이르기까지 대규모 공공사업의 시행으로 인한 피해영향을 전혀 받지 않는 것은 물론이고, 해양오염 및 남획으로 인한 영향도 전혀 없이 안정된 어업생산성을 유지하여 왔다고 가정할 경우의 총기대어획량(Y_S)은

$$Y_S = (t_p - t_0) \cdot Y_0 \dots\dots\dots (식 17)$$

가 된다.

그리고, 피해시점(t_0)에서 현재시점(t_p)에 이르기까지 어민들이 실제 올린 어획량, 즉 총 실제어획량(Y_R)은

$$\begin{aligned}
 Y_R &= \sum_{t=t_0}^{t_p-1} Y_t = Y_0 + Y_{0+1} + Y_{0+2} + \dots + Y_{p-1} \\
 &= Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} + Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0 - 1)} + Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0 - 2)} + \dots \\
 &\quad \dots + Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0 - (t_p - t_0 - 1))} \\
 &= Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} \cdot (1 + e^{-\phi_c} + e^{-2\phi_c} + \dots + e^{-(t_p - t_0 - 1)\phi_c}) \\
 &= Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-\phi_c \cdot (t_p - t_0)}}{1 - e^{-\phi_c}} \dots \dots \dots \text{(식 18)}
 \end{aligned}$$

이 된다.

따라서, 피해시점(t_0)에서 현재시점(t_p)에 이르기까지 어민들이 어장생태계의 변화에 따른 어업생산성의 감소로 올리지 못한 총어획감소량(Y_G)은

$$\begin{aligned}
 Y_G &= Y_S - Y_R \\
 &= (t_p - t_0) \cdot Y_0 - Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-\phi_c \cdot (t_p - t_0)}}{1 - e^{-\phi_c}} \dots \dots \text{(식 19)}
 \end{aligned}$$

이다.

(식 19)에 제시된 총어획감소량(Y_G) 중에는 해양오염 및 남획으로 인한 총어획감소량(Y_F)과 대규모 공공 사업의 시행으로 인한 총어획감소량(Y_D)의 두 요소가 있다. 이 두 요소를 구하면,

$$\begin{aligned}
 Y_F &= \frac{\phi_F}{\phi_G} Y_G \\
 &= \frac{\phi_F}{\phi_G} \left\{ (t_p - t_0) \cdot Y_0 - Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-\phi_c \cdot (t_p - t_0)}}{1 - e^{-\phi_c}} \right\} \dots \text{(식 20)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_D &= \frac{\phi_D}{\phi_G} Y_G \\
 &= \frac{\phi_D}{\phi_G} \left\{ (t_p - t_0) \cdot Y_0 - Y_p \cdot e^{\phi_c \cdot (t_p - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-\phi_c \cdot (t_p - t_0)}}{1 - e^{-\phi_c}} \right\} \dots \text{(식 21)}
 \end{aligned}$$

이다.

따라서 피해물량이란 (식 19)의 총어획감소량(Y_G) 중에서 식 20의 해양오염 및 남획으로 인한 총어획감소량(Y_F)을 공제한 (식 21)의 대규모 공공사업의 시행으로 인한 총어획감소량(Y_D)을 가리키는 것으로 정의한다.

5. 피해잔존기간(τ_r)의 추정

어업피해기간을 대규모 공공사업의 시행으로 어업손실이 지속되는 기간이라고 정의한다면, 어업피해기간을 결정하는 데 기본적으로 고려해야할 사항이 두 가지 있다.

첫째는 공사기간은 어업피해기간으로 산입되는 것이 타당하다고 본다. 왜냐하면 공사기간동안은 지속적으로 어장환경에 변화가 가해지는 기간이므로 정도의 차이는 있지만 유형무형의 어업피해가 발생하고 있다고 생각할 수 있기 때문이다. 물론 공사기간동안 공사의 강도에 따라 어업피해가 서로 상이한 연도가 존재할 수 있다. 하지만 본 연구에서 어업피해율은 공사기간을 포함한 전체 어업피해기간 동안 발생하는 피해정도의 평균치를 적용한다.

둘째는 공사 종료후 일정기간 동안은 그 피해가 이어진다고 보아야 할 것이다. 왜냐하면, 수산자원은 출생년도를 각기 달리하는 여러 개의 연급군으로 구성되어 있고, 공사가 종료되더라도 공사기간 동안에 공사로 인한 피해 영향에 노출되었던 연급군들은 공사 종료 후에도 일정 기간 어장에 존재하기 때문이다. 따라서, 개체군생물학적 특성을 고려하여 공사 종료 후 일정기간은 피해기간에 포함하는 것이 합당할 것이며, 비록 공사가 종료되더라도 채포생물들의 성장저해에 따른 어업생산 피해잔존기간을 어업피해기간산정에서 고려하는 것이 타당하다. 피해잔존기간 추정은 다음과 같다.

공사로 인해 연안어선어업의 생산을 저해하는 피해기간은 공사기간 뿐만이 아니라 공사기간 중에 출생은 하였으나 가입이 되지 않은 연급군이 공사가 끝난 후에도 피해가 일정기간 존속하는 점을 감안해서 피해잔존기간을 추정하여야 한다.

예를 들면, 어업에 피해를 주는 공종의 착공연도와 공사종료 연도가 각각 1993년과 1997년이고, 대상생물종의 최고연령이 5세이며, 가입연령이 2세인 경우, <표 2>에 제시하는 바와 같이 공사종료 이전에 태어난 연급군으로부터 얻게 되는 생산량은 공사가 끝난 1997년 이후에도 나타난다. 공사기간 중에 피해를 입는 연급군(여기서 연급군이라 함은 동일년도에 출생한 개체군을 가리키는 것으로 출생년도로 표시한다. 즉, 1993연급군이라 함은 1993년도에 출생한 개체들로만 구성된 집단을 의미한다)은 1988연급군에서 1997연급군에 이르기까지 10개 연급군이다. 이 중에서 1988~1992연급군은 공사가 착수되기 이전에 출생한 연급군으로 1993년에 공사가 착공될 당시에 1988연급군은 5세이고, 1991연급군은 1세이었다. 한편, 1993~1997연급군은 공사기간 중에 출생한 연급군으로 1997년에 공사가 완료되지만 피해를 입는 최후의 연급군에 해당하는 1997연급군은 2002년도까지 잔존한다. 대규모 공공사업의 시행으로 피해를 입은 연급군이 어장에서 완전히 사라지고, 2003연도가 되어야 비로소 어장에 동 공사의 피해를 전혀 입지 않은 연급군만이 분포하게 된다.

공사가 시작된 1993년에 있어서 공사해역 일대의 어장에는 1993연급군(0세군), 1992연급군(1세군), 1991연급군(2세군), 1990연급군(3세군), 1989연급군(4세군), 1988연급군(5세군)의 6개 연급군이 분포하며, 그 중에서 1993연급군과 1992연급군은 아직 어리고 어민

들의 관심을 끝만큼 충분히 크지 않기 때문에 어획대상이 되지 않고 있다. 어획대상이 되는 것은 2세 이상의 것으로서 1991연급군, 1990연급군, 1989연급군, 1988연급군의 4개 연급군이 이에 해당한다. 그리고, 1993년에 1991연급군은 2세가 되면서 생후 처음으로 어획대상이 되며, 1988연급군은 1990년도부터 시작하여 3년간 어획대상이 되어온 때문에 생존수가 해를 거듭함에 따라 급격하게 감소하여 1993년도를 끝으로 어장에서 완전히 사라진다.

<표 2> 공공사업 시행으로 인해 피해를 입는 수산생물의 연급군의 보기*

연령	연 도										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0	$B_{1993,0}$	$B_{1994,0}$	$B_{1995,0}$	$B_{1996,0}$	$B_{1997,0}$	$B_{1998,0}$	$B_{1999,0}$	$B_{2000,0}$	$B_{2001,0}$	$B_{2002,0}$	$B_{2003,0}$
1	$B_{1992,1}$	$B_{1993,1}$	$B_{1994,1}$	$B_{1995,1}$	$B_{1996,1}$	$B_{1997,1}$	$B_{1998,1}$	$B_{1999,1}$	$B_{2000,1}$	$B_{2001,1}$	$B_{2002,1}$
2	$B_{1991,2}$	$B_{1992,2}$	$B_{1993,2}$	$B_{1994,2}$	$B_{1995,2}$	$B_{1996,2}$	$B_{1997,2}$	$B_{1998,2}$	$B_{1999,2}$	$B_{2000,2}$	$B_{2001,2}$
3	$B_{1990,3}$	$B_{1991,3}$	$B_{1992,3}$	$B_{1993,3}$	$B_{1994,3}$	$B_{1995,3}$	$B_{1996,3}$	$B_{1997,3}$	$B_{1998,3}$	$B_{1999,3}$	$B_{2000,3}$
4	$B_{1989,4}$	$B_{1990,4}$	$B_{1991,4}$	$B_{1992,4}$	$B_{1993,4}$	$B_{1994,4}$	$B_{1995,4}$	$B_{1996,4}$	$B_{1997,4}$	$B_{1998,4}$	$B_{1999,4}$
5	$B_{1988,5}$	$B_{1989,5}$	$B_{1990,5}$	$B_{1991,5}$	$B_{1992,5}$	$B_{1993,5}$	$B_{1994,5}$	$B_{1995,5}$	$B_{1996,5}$	$B_{1997,5}$	$B_{1998,5}$

* $B_{y,a}$ 에서 첨자 y와 a는 각각 출생년도와 연령을 가리키며, 음영으로 표시된 연급군은 대규모 공공사업으로 인해 피해를 입는 연급군을 나타낸 것임.

공사가 종료되는 1997년의 이듬해 1998년도에는 어장에 1998연급군(0세군), 1997연급군(1세군), 1996연급군(2세군), 1995연급군(3세군), 1994연급군(4세군), 1993연급군(5세군)의 6개 연급군이 분포하며, 이 중에서 1998연급군만이 공사의 영향을 받지 않은 것이고 나머지 5개 연급군은 공사기간 중에 출생한 것으로 공사로 인한 피해를 입은 연급군이다. 따라서, 공사가 끝난 익년도(1998년)에도 피해를 입은 수는 5개가 되고, 해가 거듭될수록 피해를 입은 연급군의 수가 하나씩 줄어든다⁴⁾.

III. 어업 피해율의 추정

1. 모형의 개요

본 연구에서 제시하고자 하는 어업피해율추정모형은 김기수·강용주 (2000)⁵⁾의 연구결과를 일정기간 누적된 어업피해상황에 그대로 적용한 것이다. 본장에서 인용하고 있는

- 4) 상술한 보기를 일반화시켜서 한 종에 대한 어업제한기간을 도출하는 방안을 부록에서 제시하고 있음.
 5) 김기수·강용주, “연안어선어업의 어업피해율추정 및 어업처분결정모형연구”, 수산경영론집 31권 2호. 한국수산경영학회 2000. 12.

김기수 · 강용주 (2000) 어업피해율추정모형의 중요 특징은 다음과 같다.

첫째, 김기수 · 강용주 (2000)은 그간 어업피해율을 단순히 공공사업시행 등으로 말미암아 해양생태계에 변화가 초래되어 발생한 어업생산감소율로 인식한 것을 진일보시켰다고 볼 수 있다. 즉 공공사업 시행으로 인한 해양생태계의 변화는 어업생산은 물론 어업경영의 전반적 상황에 영향을 끼치게 됨으로써 종국적으로 어업수익에 변화를 초래하게 된다. 따라서 어업피해율이란 결국 이러한 어업경영에 있어서 어업수익의 감소율로 정의하는 것이 타당하다는 것이다. 뿐만 아니라 동규정에서 규정하고 있는 어업피해보상산정방식의 기준이 피해어업의 평년수익액으로 되어 있으므로 해서 어업피해율을 어업수익감소율로 정의하는 것이 보다 논리적으로 일관성을 갖출 수 있다는 것이다.

둘째, 사실 동규정의 내용은 일단 어업처분이 결정된 이후 각각의 처분에 따른 보상액 산정방식을 규정한 것이다. 하지만 대규모 공공사업의 실시로 인한 어업피해발생의 경우 어업피해정도에 대한 조사결과가 수반되지 않으면 사전적으로 어업처분을 내릴 수 없다. 따라서 이 경우에는 어업피해율 추정이 선행되고 그 결과에 따라 어업처분이 결정되는 것이 온당하다. 김기수 · 강용주 (2000)은 동규정의 범위 내에서 최소보상액이 제한보상액을 초과할 수 없다는 규정을 적용하여 어업피해정도에 따라 어업처분유형결정방식을 제시하고 있다는 것이다. 따라서 그동안 불명확하게 규정되어 있는 어업피해 보상액 산정방식이 정형화되어 자의적 해석 및 임의적 적용가능성을 줄였다는 것이다.

셋째, 김기수 · 강용주 (2000)은 피해율추정모형설정에 있어서 단순화와 정량화가 가능할 수 있도록 투입변수를 가능한한 억제함으로써 사용자에게 편리하도록 했을 뿐 아니라 실제 제적용이 용이하도록 시도하였다는 것이다.

2. 어업피해율의 추정식

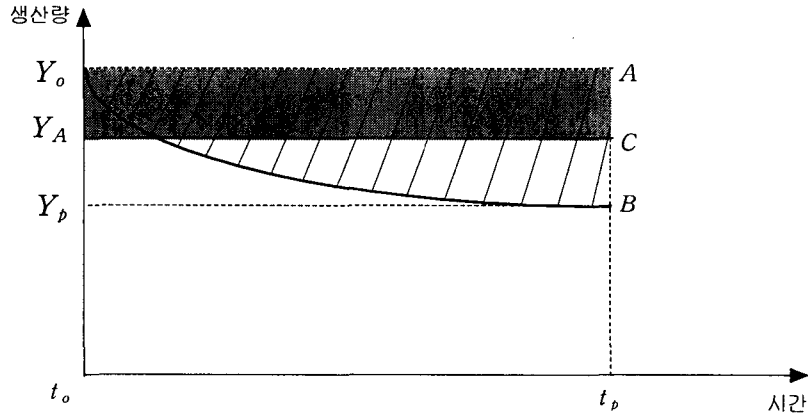
김기수 · 강용주 (2000)에서 제시하고 있는 어업피해율(μ) 추정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\pi - \pi'}{\pi} = \overline{\delta} \left[m + \frac{1-m}{\theta} \right] \\ &= \overline{\delta} \left[m + \frac{f}{\theta} \right] \dots\dots\dots (식 22)6 \end{aligned}$$

단 μ 는 어업피해율, $\overline{\delta}$ 는 평균연간생산감소율, m 은 변동경비비용, f 는 고정경비비용, θ 는 어업수익율을 나타낸다. 즉 (식 22)에서 어업피해율은 평균연간생산감소율과 변동경비비중 및 어업수익율에 의해 결정됨을 알 수 있다. 그런데 (식 22)에서 규정하고 있는 평균 연간 생산 감소율(μ)은 (식 14)에서 규정하고 있는 연평형 어획량 감소율(δ_E)를 그대로 적용해서는 아니되며 어업피해율의 추정식에 맞게 새롭게 정의될 필요가 있다. 이를 보다 상세히 그림으로 설명하면 다음과 같다.

6) 어업피해율의 추정식의 상세한 도출과정은 김기수 · 강용주(2000)을 참고하기 바람.

앞에서 수식으로 추정한 대규모 공공사업의 시행에 따른 피해물량 추정 및 피해를 산출과 관련하여 이해를 돕기 위하여 이를 그림으로 나타내면 <그림 1> 과 같다.



<그림 1> 피해물량 및 평균연간생산감소율의 추정

그림 1에서 t_0 는 각 어업건이 피해를 입기 시작한 시점을 말한다. 따라서 대규모 공공사업시행 이전부터 어업을 계속적으로 영위한 어업건의 경우는 대규모 공공사업시행 시작 시점이 될 것이고, 만일 사업시행 이후에 어업을 시작한 경우는 어업개시일이 될 것이다. 물론 t_b 는 현재시점이 될 것이다. 그리고 굵은 곡선 Y_0B 는 대규모 공공사업의 시행에 따라 매년 일정율로 지수함수적으로 감소하고 있는 연간생산량 추정곡선을 나타낸다. 따라서 Y_0 는 t_0 시점의 이 어업의 평균연간어획량을, Y_b 는 현재조사시점의 평균연간어획량을 나타낸다.

그렇다면 이들 어업이 대규모 공공사업의 시행으로 어업피해를 입기 시작하여 현재시점까지의 어업피해물량(Y_D)은 곡선 Y_0B 와 직선 Y_0A 및 직선 AB 로 싸인 빗금친 부분인 $\triangle Y_0AB$ 로 도출될 수 있고, $\square t_0 Y_0 A t_b$ 는 동기간동안의 이 어업의 총기대어획량(Y_S)이 될 것이다. 그런데 우리는 기하학적으로 피해물량을 나타내는 $\triangle Y_0AB$ 와 정확히 일치하는 음영으로 표시한 $\square Y_A Y_0 AC$ 를 도출할 수 있다. 그렇다면 피해물량을 나타내는 $\square Y_A Y_0 AC$ 가 함축하고 있는 의미는 자명하다. 즉 이 어업이 대규모 공공사업의 시행으로 인하여 피해기간동안 매년 평균적으로 $Y_0 - Y_A$ 만큼의 생산감소피해를 입었음을 나타낸다. 따라서 만일 대규모 공공사업의 시행에 따른 추가적인 어업피해가 향후 더 이상 존재하지 않는다고 가정하면 이 어업의 피해기간동안의 평균연간생산감소율은 $\frac{Y_0 - Y_A}{Y_0}$ 가 될 것이다. 이는 기하학적으로 피해물량

□ $Y_A Y_o A C$ 를 총기대어획량 □ $t_o Y_o A t_p$ 로 나눈 값과 정확히 일치한다. 즉 앞서 수식으로 추정된 대규모 공공사업의 시행에 따른 피해물량(Y_D)를 총 기대어획량(Y_S)로 나눈 값과 같다. 즉, 우리는 다음의 식에 제시하는 바와 같이 대규모 공공사업의 시행에 따른 피해물량(Y_D)를 총 기대어획량(Y_S)로 나눈 값을 평균연간생산감소율($\bar{\delta}$)로 정의하고, 이를 대규모 공공사업의 시행에 따른 평균연간생산감소율로 산정하기로 한다.

$$\bar{\delta} = \frac{Y_D}{Y_S} \dots\dots\dots (\text{식 } 23)$$

그리고 (식 22)에서 피해어업의 어업경영 현황을 나타내는 지표인 어업수익율(μ), 변동경비비중(m), 고정경비비용(f) 등은 현장조사 및 문헌조사를 통해 쉽게 도출될 수 있다.

Ⅵ. 모형의 적용사례 : 마을 어업을 중심으로

이상에서 제시한 일정기간 누적된 어업피해의 경우 피해율 추정 모형의 적용사례는 1998~2001년간 부경대학교 해양과학 공동연구소에서 수행한 ○○○ 화력발전소의 건설 및 가동에 따른 어업피해조사(이하 ‘동 조사’라 명명)가 하나의 예가 될 것이다. 동 조사가 이 경우에 가장 적절한 사례가 될 수 있는 것은 ○○○ 화력발전소 제 1~4호기 건설 및 가동에 따른 어업피해 보상을 1996년 1차 실시한 이후 제 5~6호기의 건설 및 가동에 따른 추가 피해를 보상받는 어업과 1~6호기의 누적된 어업피해에 대한 보상을 받는 어업의 경우를 함께 고려하여 어업피해정도를 밝혀야 하는 과업이기 때문이다. 또한 누적어업피해가 가장 현재화 될 수 있는 어업은 이동성 어업보다는 정착성 어업임으로써 먼허어업인 마을어업의 경우만 예를 들어 제시하고자 한다.

1. 마을어업의 피해시점(t_o)과 피해어장 및 폐쇄조치어장의 면적

각 마을어업권의 최초어업개시시점을 파악하고 이를 ○○○화력발전소의 건설기간과 대조하여 각 마을어업권의 피해시점(t_o)을 추정하면, <표 3>에 제시하는 바와 같다. 그리고 조사대상어업권의 전체어장, 피해어장 및 폐쇄조치어장의 면적 또한 <표 3>에서 제시하는 바와 같다.

〈표 3〉 마을어업의 최초어업개시시점과 피해시점 및 피해어장과 폐쇄조치어장의 면적

수협	어장연번	최초어업 개시시점	피해시점 ¹⁾	어장면적 (ha)		
				전체어장	피해어장	폐쇄조치어장
A 수 협	A1	1978. 02. 03	1979. 05. 02	67.00	67.00	0
	A2	1996. 06. 05 ²⁾	1996. 06. 05	36.80	0	0
	A3	1978. 01. 16	1979. 05. 02	43.00	36.00	0
	A4	1994. 03. 28	1994. 03. 28	21.40	21.40	0
	A5	1978. 02. 03	1979. 05. 02	24.60	24.60	0
	A6	1994. 03. 28	1994. 03. 28	23.60	23.60	0
	A7	1981. 02. 10	1981. 02. 10	38.00	38.00	0
	A8	1977. 10. 17	1979. 05. 02	16.70	16.70	0
	A9	1977. 11. 03	"	8.00	8.00	0
	A10	1978. 01. 16	"	16.50	16.50	0
	A11	1994. 03. 28	1994. 03. 28	6.30	6.30	0
	A12	"	"	14.00	14.00	0
	A13	1980. 02. 07	1980. 02. 07	26.00	26.00	0
	A14	1996. 06. 05 ²⁾	1996. 06. 05	39.20	0	0
	A15	1977. 10. 17	1979. 05. 02	12.80	0	0
	A16	1978. 01. 16	"	18.00	18.00	0
	A17	1977. 11. 03	"	42.30	42.30	0
	A18	1996. 06. 05 ²⁾	1996. 06. 05	63.68	63.68	0
	A19	1978. 01. 16	1979. 05. 02	31.80	31.80	0
	A20	1996. 06. 05 ²⁾	1996. 06. 05	27.00	27.00	0
	A21	1982. 02. 15	1982. 02. 15	10.00	10.00	0

1) 해면공사의 최초착공시점은 1979년 5월 2일.

2) 이전연고어업권 원부 미체출로 현재어업권의 어업권설정등록일자를 최초어업개시시점으로 정함.

2. 마을어업의 피해정도별 어장면적(s_i) 및 어장단위면적당 연평형어획량누적 감소율($\delta_{E,i}$)

조사대상어업건의 피해정도별 어장면적(s_i) 및 어장단위면적당 연평형어획량누적감소율($\delta_{E,i}$)을 구하고, (식 15)에 의해 어장단위면적당 연평형어획량누적감소율(δ_E)을 추정하면 <표 4>에 제시하는 바와 같다.

<표 4> 마을어업의 피해정도별 어장면적(S_i), 어장단위면적당 연평형어획량누적감소율($\delta_{E,i}$)

수협	어장연번	전체 어장면적 (ha)	생산감소율별 면적 (ha)					연평형어획량 누적감소율 (δ_E)(%)
			60 %	35 %	10 %	5 %	0 %	
A 수협	A1	67.00		34	33			22.6866
	A2	36.80					36.80	0.0000
	A3	43.00				36.00	7.00	4.1860
	A4	21.40			21.40			10.0000
	A5	24.60			24.60			10.0000
	A6	23.60			23.60			10.0000
	A7	38.00			38.00			10.0000
	A8	16.70			16.70			10.0000
	A9	8.00			8.00			10.0000
	A10	16.50			16.50			10.0000
	A11	6.30				6.30		5.0000
	A12	14.00				14.00		5.0000
	A13	26.00				26.00		5.0000
	A14	39.20					39.20	0.0000
	A15	12.80					12.80	0.0000
	A16	18.00			18.00			10.0000
	A17	42.30		20	22.30			21.8203
	A18	63.68			63.68			10.0000
	A19	31.80				31.80		5.0000
	A20	27.00			27.00			10.0000
	A21	10.00			10.00			10.0000

3. 마을어업의 어장제한율(α), 어장폐쇄조치율(ϕ) 및 평균연간생산량누적감소율(δ)

이상과 같이 구한 전체어장면적(A), 피해어장면적(a_1), 폐쇄조치어장면적(a_2) 및 어장단위면적당 연평균어획량누적감소율(δ_E)을 (식 7), (식 8) 및 (식 11)에 의하여 어장제한율(α), 어장폐쇄조치율(ϕ) 및 평균연간생산량누적감소율(δ)을 추정하면 <표 5>에 제시하는 바와 같다.

<표 5> 마을어업의 어장별 누적평균연간생산감소율(δ)

수 협	어장연번	어 장 제한율	어장폐쇄 조 치 율	어장단위면적당 연평균어획량 누 적 감 소 율 (δ_E)	평균연간생산량 누 적 감 소 율 (δ)
A 수 협	A1	1.000000	0	0.226866	0.226866
	A2	0.000000	0	0.000000	0.000000
	A3	0.837209	0	0.041860	0.035046
	A4	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A5	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A6	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A7	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A8	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A9	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A10	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A11	1.000000	0	0.050000	0.050000
	A12	1.000000	0	0.050000	0.050000
	A13	1.000000	0	0.050000	0.050000
	A14	0.000000	0	0.000000	0.000000
	A15	0.000000	0	0.000000	0.000000
	A16	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A17	1.000000	0	0.218203	0.218203
	A18	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A19	1.000000	0	0.050000	0.050000
	A20	1.000000	0	0.100000	0.100000
	A21	1.000000	0	0.100000	0.100000

4. ○○○ 발전소의 건설 및 가동으로 인한 순간자원량감소계수(γ_d) 및 순간생산량감소계수

해면공사의 최초착공시점(t_s) 1979년 5월 2일, 현재시점(t_p) 1999년 11월 13일 및 평균 연간생산량누적감소율(δ)을 식 3에 적용하여 ○○○ 발전소의 건설 및 가동으로 인한 순간자원량감소계수(γ_d)를 구하면 <표 6>에 제시하는 바와 같다. 그리고 순간생산량감소계수(ϕ_D)또한 (식 3) 및 (식 12)에 의해 구하면 <표 6>에 제시하는 바와 같다.

<표 6> 마을어업의 어장별 순간자원량감소계수 및 순간생산량감소계수

수 협	어 장 연 번	누 적 생 산 감 소 율 (δ)	○○○발전소의 건설 및 가동으로 인한 순간자원량감소계수 (γ_d)(yr^{-1})	총순간자원량 감소계수 (γ_g) (yr^{-1})	○○○발전소의 건설 및 가동으로 인한 순간생산량감소계수 (ϕ_D)(yr^{-1})	총순간생산량 감소계수 (ϕ_g) (yr^{-1})
A 수 협	A1	0.226866	0.012520822	0.031020822	0.012520822	0.031020822
	A2	0.000000	0.000000000	0.018500000	0.000000000	0.018500000
	A3	0.035046	0.001736002	0.020236002	0.001736002	0.020236002
	A4	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A5	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A6	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A7	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A8	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A9	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A10	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A11	0.050000	0.002496024	0.020996024	0.002496024	0.020996024
	A12	0.050000	0.002496024	0.020996024	0.002496024	0.020996024
	A13	0.050000	0.002496024	0.020996024	0.002496024	0.020996024
	A14	0.000000	0.000000000	0.018500000	0.000000000	0.018500000
	A15	0.000000	0.000000000	0.018500000	0.000000000	0.018500000
	A16	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A17	0.218203	0.011978597	0.030478597	0.011978597	0.030478597
	A18	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A19	0.050000	0.002496024	0.020996024	0.002496024	0.020996024
	A20	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032
	A21	0.100000	0.005127032	0.023627032	0.005127032	0.023627032

1) 해양오염 및 남획으로 인한 순간자원량감소계수(γ_f)는 0.0185/年임(그림 1).

1) 총순간자원량감소계수 (γ_g)

위에서 구한 ○○○ 발전소의 건설 및 가동으로 인한 순간자원량감소계수(γ_d)와 해양

오염 및 남획으로 인한 순간자원량감소계수($\gamma_f = 0.0185/\text{年}$)을 (식 2)에 적용하여 총순간자원량감소계수(γ_R)를 계산하면 <표 6>에 제시하는 바와 같다.

2) 총순간생산량감소계수(\emptyset_G)

위에서 구한 ○○○ 발전소의 건설 및 가동으로 인한 순간생산량감소계수(\emptyset_D)와 해양오염 및 남획으로 인한 순간생산량감소계수($\emptyset_F = 0.0185/\text{年}$)을 (식 2) 및 (식 12)에 적용하여 총순간생산량감소계수(\emptyset_G)를 계산하면 <표 6>에 제시하는 바와 같다.

5. 피해이전의 자원량

피해시점(t_0)의 자원량(B_0), <표 6>에 제시한 총순간자원양감소계수(γ_R), <표 3>에 제시한 피해시점(t_0) 및 현재시점(t_p) 1999년 11월 13일을 (식 1)에 적용하여 피해이전의 자원량, 즉 피해시점(t_0)의 자원량(B_0)을 추정하면 <표 7>에 제시하는 바와 같다.

<표 7> 마을어장의 현재시점과 피해시점의 자원량

수협	어장 연번	면허면적 (ha)	생물종	현재시점		피해시점	
				개체수 (inds./m ²)	중량 (g/m ²)	개체수 (inds./m ²)	중량 (g/m ²)
A	A1	67.00	반지락 외	1.30	20.21	2.46	38.23
	A2	36.80	반지락 외	1.02	21.11	1.49	30.87
	A3	43.00	반지락 외	0.64	22.55	0.97	34.18
	A4	21.40	반지락 외	0.77	15.31	1.25	24.88
	A5	24.60	반지락 외	1.01	18.51	1.64	30.08
	A6	23.60	반지락 외	1.18	22.02	1.92	35.78
	A7	38.00	반지락 외	2.01	31.44	3.27	51.09
	A8	16.70	반지락 외	1.66	38.37	2.70	62.35
	A9	8.00	전 복 외	1.12	79.81	1.82	129.69
	A10	16.50	반지락 외	1.31	35.95	2.13	58.42
수협	A11	6.30	반지락 외	1.03	17.61	1.59	27.11
	A12	14.00	반지락 외	0.65	12.08	1.00	18.60
	A13	26.00	반지락 외	0.64	9.45	0.99	14.55
	A14	39.20	반지락 외	0.92	14.90	1.35	21.79
	A15	12.80	반지락 외	0.78	20.02	1.14	29.28
	A16	18.00	반지락 외	0.90	23.09	1.46	37.52
	A17	42.30	반지락 외	0.54	16.00	1.01	29.93
	A18	63.68	반지락 외	1.95	58.19	3.17	94.56
	A19	31.80	반지락 외	1.05	20.47	1.62	31.51
	A20	27.00	반지락 외	0.59	13.32	0.96	21.65
	A21	10.00	반지락 외	3.91	83.51	6.35	135.71

6. 피해물량 및 평균연간생산감소율($\bar{\delta}$)

현지조사결과 밝혀진 현재시점(t_p)에서의 평균연간어획량(Y_p), <표 6>에 제시한 순간생산량감소계수(ϕ_D 및 ϕ_G), <표 3>에 제시한 피해시점(t_o) 및 현재시점(t_p) 1999년 11월 13일을 (식 16)에 적용하여 피해시점(t_o)에서의 평균연간어획량(Y_o)을 구하고, 이들을 다시 (식 17)~(식 21)에 적용하여, 총기대어획량(Y_S), 총실제어획량(Y_R), 해양오염과 남획으로 인한 피해물량(Y_F) 및 발전소로 인한 피해물량(Y_D)을 추정하면 <표 8>에 제시하는 바와 같다. 그리고 제시된 총기대어획량(Y_S)과 ○○○화력발전소 건설 및 가동에 따른 피해물량(Y_D)을 (식 23)에 적용하여 평균연간생산감소율($\bar{\delta}$)를 계산하면 <표 8>에 제시하는 바와 같다.

<표 8> 마을어업권의 발전소 건설 및 가동으로 인한 피해물량 및 평균연간 생산감소율

수 협	어장 연번	생물종	평균연간어획량 (kg/yr)		총기대 어획량 (kg)	총실제 어획량 (kg)	해양오염 및 남획으로 인한 피해물량(kg)	발전소로 인한 피해물량 (kg)	평균연간 생산감소율 ($\bar{\delta}$)
			현재시점	피해시점					
A 수 협	A1	반지락외	12,408	23,472	482,355	362,233	71,638	48,484	0.1005
	A2	반지락외	6,708	7,149	24,592	24,047	545	0	0.0000
	A3	반지락외	8,416	12,756	262,131	216,636	41,593	3,903	0.0149
	A4	반지락외	3,109	3,551	19,994	18,943	823	228	0.0114
	A5	반지락외	4,117	6,690	137,486	110,206	21,361	5,920	0.0431
	A6	반지락외	4,890	5,586	31,448	29,795	1,294	359	0.0114
	A7	반지락외	10,455	16,990	349,141	279,864	54,244	15,033	0.0431
	A8	반지락외	5,518	8,967	184,272	147,708	28,629	7,934	0.0431
	A9	반지락외	5,428	8,821	181,266	145,299	28,163	7,805	0.0431
	A10	반지락외	5,321	8,647	177,693	142,435	27,607	7,651	0.0431
	A11	반지락외	1,028	1,157	6,514	6,208	269	36	0.0056
	A12	반지락외	1,376	1,549	8,719	8,310	360	49	0.0056
	A13	반지락외	2,100	3,181	62,923	52,035	9,594	1,294	0.0206
	A14	반지락외	5,487	5,848	20,116	19,670	446	0	0.0000
	A15	반지락외	2,007	2,935	60,321	50,645	9,676	0	0.0000
	A16	반지락외	3,706	6,022	123,761	99,204	19,228	5,329	0.0431
	A17	반지락외	5,952	11,135	228,817	172,647	34,094	22,076	0.0965
	A18	반지락외	33,389	36,216	124,583	121,074	2,748	762	0.0061
	A19	반지락외	6,148	9,465	194,505	159,644	30,716	4,144	0.0213
	A20	반지락외	3,169	3,437	11,824	11,491	261	72	0.0061
	A21	반지락외	6,456	9,820	174,300	144,055	23,682	6,563	0.0377

7. 어업피해율(μ)

〈표 9〉에 제시된 평균연간 생산감소율($\bar{\delta}$)와 어업수익률(θ), 변동경비비중(m)을 어업피해율추정식인 (식 22)에 적용하여 마을어업피해율(μ)를 계산하면 〈표 9〉에서 제시하는 바와 같다.

〈표 9〉 마을어업의 어업피해율 추정

수 협	어 장 연 번	평 균 연 간 생산감소율 ($\bar{\delta}$)	어 업 수익률 (θ)	변동경비 비중 (m)	어업피해율 (μ)
A 수 협	A1	0.1005	0.4061	0.9746	0.1042
	A2	0.0000	0.3897	0.9593	0.0000
	A3	0.0149	0.4091	0.9698	0.0155
	A4	0.0114	0.3619	0.926	0.0129
	A5	0.0431	0.3871	0.9421	0.0470
	A6	0.0114	0.3968	0.9546	0.0122
	A7	0.0431	0.4105	0.9692	0.0450
	A8	0.0431	0.3789	0.9588	0.0460
	A9	0.0431	0.3899	0.9845	0.0441
	A10	0.0431	0.3815	0.9592	0.0459
	A11	0.0056	0.4029	0.931	0.0061
	A12	0.0056	0.415	0.9445	0.0060
	A13	0.0206	0.3934	0.8973	0.0238
	A14	0.0000	0.4246	0.9521	0.0000
	A15	0.0000	0.3977	0.9655	0.0000
	A16	0.0431	0.4098	0.9365	0.0470
	A17	0.0965	0.4044	0.9619	0.1019
	A18	0.0061	0.4177	0.9872	0.0062
	A19	0.0213	0.4032	0.9581	0.0226
	A20	0.0061	0.3628	0.9262	0.0069
	A21	0.0377	0.3774	0.9511	0.0407

V. 결론 및 논의

해면에서의 대규모 공공사업에 따른 어업피해조사 및 어업손실평가를 수산업법에서 규정하는 산출기준에 따르도록 하고 있는 이유는 어업손실평가의 난이성과 행정처분의 특성 때문이다. 즉 육상의 토지 평가의 경우 고정되어 있는 물권을 대상으로 하지만 어업피해조사는 항상 가변적인 바다를 대상으로 피해범위와 피해정도를 판단해야 하므로 해수유동, 생태계, 지질 및 퇴적물, 수질조사, 어업생산 조사 등 광범위한 분야의 전문적인 조사를 필요로 하기 때문이다. 그러나 보상의 기준과 범위를 명백히 규정하는 법률의 미비와 평가기관의 전문성 부족 및 평가기법의 표준화가 이루어지지 않으므로 해서 어업보상문제는 여전히 우리나라 수산업 발전에 아킬레스건으로 남을 가능성은 농후하다고 판단된다.

본 논문의 저자들은 그간의 일련의 연구를 통하여 현행 어업보상제도의 문제점을 지적하고 어업피해조사의 객관성, 타당성 및 신뢰성을 높일 수 있는 연구방안들을 제시하고 이를 통해 제도개선을 촉구해 왔으며 본 연구도 이 연장선상에서 이루어진 것이다. 서론에서 언급한 바와 같이 본 연구가 상정하고 있는 상황이란 공공사업과 어업피해조사의 병행실시라는 통상의 경우와는 달리 상당기간 어업피해가 진행된 이후 피해조사가 이루어질 경우 어업피해정도를 어떻게 판단할 수 있는가 하는 것이다.

이런 상황이 안고 있는 딜레마란 수산업법시행령 제 62조 별표 4에서 규정하는 현재시점 생산량을 기준으로 한 평년어업수익은 이미 피해가 현재화된 형태의 수익임으로 해서 정상상태보다 아주 낮은 수준이다. 그런데 동 규정에 따라 이를 기초로 보상액을 산정하게 된다면 피해정도가 높을수록 보상액은 더 적어지는 역설적 현상이 발생한다는 것이다. 물론 이 경우 앞서 서론에서 언급한바와 같이 동 규정의 처분일을 최초어업피해발생일로 정의한다면 이 문제는 해결될 수 있을 것이다. 하지만 현재까지 통상적으로 동 규정의 처분일을 어업피해조사 결과 피해율에 따라 어업처분이 종료된 시점이라면 문제는 피할 수 없게 된다. 따라서 본 연구에서는 조사를 통해 입수가 가능 현재시점의 생산량 자료를 기초로 여러 피해발생요인들을 고려하여 어업생산량 감소함수를 도출하고 이에 의거 피해발생시점의 생산량을 추정하여 피해물량 및 피해율을 추정하는 방안을 제시하였던 것이다.

이 경우 각 어업별 피해액은 피해물량을 피해기간으로 나누어 평균연간피해물량을 도출한 다음 여기에다 현재시점의 평균연간판매단가와 수익률 곱하면 현재가치로 평가한 평균연간피해금액이 산출될 수 있을 것이며 이를 기초로 피해기간을 고려한 총피해보상액도 물론 산출 할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 이 방법보다는 그동안 일관되게 견지해온 어업피해율을 어업수익감소율로 정의하고 이상의 총피해물량을 총기대어획량으로 나누어 평균연간생산감소율 변수를 이용하여 각 어업별 어업피해율을 제시하고 있다. 이 경우 이 피해율로 보상액을 산정할 경우 현재시점의 평균연간생산량을 기준으로 한 평년 수익액이 아닌 피해발생시점의 평균연간생산량을 기준으로 한 평년수익액을 적용해야 하

는 것은 물론이다.

끝으로 최근 어민들의 권익 신장 및 법의식이 크게 고취되어 기존의 어업손실평가에 대한 불복 소송이 계속 늘어나면서 법원에 의한 기 피해조사에 대한 새로운 어업피해 감정이 이루어지고 있는 경우가 종종 발생하고 있다. 이런 경우 대부분의 감정은 보상이 종료된 후 수년이 경과했거나 공사종료 후 상당기간이 경과한 시점에서 피해조사가 이루어져야 하므로 부득이하게 현재시점의 생산량 자료를 통해 피해발생시점의 생산수준을 역 추정 할 수밖에 없게 된다. 따라서 이런 피해조사의 경우 본 연구결과는 이들 평가자에게 중요한 참고자료가 될 것으로 확신한다.

〈부록〉 피해잔존기간 추정의 실례

어장에 분포하는 연급군에는 나이가 어리고 어체가 작아 아직 어획대상이 되지 않는 연급군과 어체가 어업자의 관심을 끌 정도로 자라서 어획대상이 되는 연급군이 있다. 전자를 가입전연급군 (Pre-exploited cohorts)이라 하고, 후자를 가입후연급군 (Exploited cohorts)이라 부르기로 한다. 공사기간 중에 발생하는 피해영향에 노출됨으로써 피해를 입는 가입전연급군과 가입후연급군을 각각 가입전피해연급군과 가입후피해연급군이라 부르기로 한다. 그리고, 공사기간 중에 어장에 분포하는 연급군은 서로 출생년도가 다른 만큼 나이를 달리한다. 연급군을 출생한 연도를 기준하지 않고 출생후 경과년수를 기준하여 연령군으로 지칭할 수가 있다. 이 경우 출생후 1년 미만의 개체들은 0세군, 출생후 1년 이상 2년 미만의 개체들은 1세군, 출생후 n 년 이상 $n+1$ 년 미만의 개체들은 n 세군이라 부르기로 한다. 따라서, x_c 세는 소수점이상의 수치에 의거해 연령군을 확인하여 n_c 세군으로 부르기로 한다.

자연산 수산생물의 가입년령, 최고년령, 공사개시년도 및 공사종료년도를 각각 x_c 세, x_λ 세, t_s 년도 및 t_e 년도이라 하면, 피해영향에 노출된 피해연급군은 공사가 종료되었다 하더라도 공사종료 년도의 출생연급군 (공사종료시점 현재로 가장 나이 어린 가입전피해연급군)에 속하는 개체가 어장에서 완전히 소멸되는 t_e+n_i 년도까지 어장에 존재한다. 따라서, 공사종료 후에도 피해는 존속하는데 피해존속기간은 n_λ 년이다.

가입전피해연급군은 공사기간 중에 출생하는 연급군은 물론이고 공공사업이 시작되는 연도에 어장에 분포하는 가입전연급군도 포함한다. 공사기간 중의 출생연급군은 t_e-t_s+1 개 있으며, 공사개시년도의 가입전연급군은 n_c 개 존재한다. 따라서, 공사기간 동안의 가입전연급군의 총수는 $t_e-t_s+1+n_c$ 개다.

가입후피해연급군은 공공사업 개시 연도 이전에 가입하여 사업착수 당시의 어장에 분포하는 어획대상 연급군 만을 포함한다. 따라서, 가입후피해연급군은 $n_\lambda-n_c$ 개 있다.

공공사업이 시행되지 않을 경우 t 년도에 어장에 분포하는 x 세군으로부터 餘生동안 올리는 어획량을 여생어획량 (Y_x)이라 하면,

$$Y_x = \int_x^{x_\lambda} F N_x W_x dx \quad \dots\dots\dots \text{(부록식 1)}$$

이다. 여기서, $x \leq x_c$ 이면 가입전연급군의 여생어획량이고, $x > x_c$ 이면 가입후연급군의 여생어획량에 해당한다.

〈부록표 1〉 공공사업을 위한 공사의 피해영향에 노출되는 수산생물의 연급군*

연령	연 도								
	t_s	t_s+1	t_s+2	...	t_e	t_e+1	t_e+2	...	t_e+n_λ
0	$B_{t_s,0}$	$B_{t_s+1,0}$	$B_{t_s+2,0}$	...	$B_{t_e,0}$	$B_{t_e+1,0}$	$B_{t_e+2,0}$	...	$B_{t_e+n_\lambda,0}$
1	$B_{t_s-1,1}$	$B_{t_s,1}$	$B_{t_s+1,1}$	...	$B_{t_e-1,1}$	$B_{t_e,1}$	$B_{t_e+1,1}$	...	$B_{t_e+n_\lambda-1,1}$
2	$B_{t_s-2,2}$	$B_{t_s-1,2}$	$B_{t_s,2}$	...	$B_{t_e-2,2}$	$B_{t_e-1,2}$	$B_{t_e,2}$	...	$B_{t_e+n_\lambda-2,2}$
...
x_λ	$B_{t_s-n_\lambda,x}$	$B_{t_s+1-n_\lambda,x}$	$B_{t_s+2-n_\lambda,x}$	...	$B_{t_e-n_\lambda,x}$	$B_{t_e+1-n_\lambda,x}$	$B_{t_e+2-n_\lambda,x}$	...	$B_{t_e,x}$

* t_s : 工事開始年度, t_e : 工事終了年度, x_λ : 最高年齡, n_λ : 最高年齡群
 ** $B_{x,y}$: x 年度에 출생한 年級群(즉, x 年級群)이 y 세가 되었을 때(즉, $X+Y$ 年度에 있어서)의 生存量
 *** 陰影으로 표시한 연급군은 공공사업을 위한 공사의 被害影響에 露出되는 年級群을 가리킴

수산생물이 x_c 세에 가입하여 여생동안 올리는 어획량은 Beverton and Holt (1957)의 이론에 의하면 연평형어획량 (Y_E)이다.

$$Y_E = Y_{x_c} = \int_{x_c}^{x_\lambda} F N_x W_x dx \dots\dots\dots (부록식 2)$$

따라서, 공사기간 동안 피해영향에 노출된 모든 연급군으로부터의 총여생어획량 (Y_θ)은

$$Y_\theta = [(t_e - t_s + 1) + n_c] \cdot \int_{x_c}^{\infty} F N_x W_x dx + \sum_{i=1}^{\infty} \int_{x_c+i}^{\infty} F N_x W_x dx \dots\dots (부록식 3)$$

이다. 여기서, x_λ 는 어민들의 어획물 중에서 가장 나이가 많은 개체의 연령으로 간주하지만, 최고연령군은 생존수가 매우 적어 실제 조사에서는 발견이 매우 어려움으로 최고연령을 ∞ 로 처리한다. 사망률이 높고 생존수가 극히 적으며 성장은 거의 멈춘 상태이므로 최고연령으로부터 기대되는 어획량은 거의 미미한 정도이며 최고연령을 ∞ 로 처리하여 발생하는 어획량 추정오차는 무시해도 좋을 것이다. 여생어획량이 Y_E 로서 매년 일정하다면, 공사기간 동안 어장에 분포하여 피해영향에 노출된 수산생물의 총여생어획량은

$$Y_\theta = [(t_e - t_s + 1) + n_c] \cdot Y_E + \sum_{i=1}^{n_\lambda - n_c} Y_{x_c+i} \dots\dots\dots (부록식 4)$$

이다. 부록식 4의 우변에서 $[(t_e - t_s + 1) + n_c] \cdot Y_E$ 는 가입전여생어획량이고,

$\sum_{i=1}^{n_i-n_c} Y_{x_c+i}$ 는 가입후여생어획량이다.

따라서, 연평형어획량에 대한 공사기간 중에 피해영향에 노출된 모든 연급군으로부터 기대되는 총여생어획량의 비가 연평형어획량을 기준으로 하는 어업피해기간이 된다. 어업피해기간을 τ 라 하면, τ 는 다음의 식과 같다.

$$\tau = \frac{Y_\phi}{Y_E} = t_e - t_s + 1 + n_c + \frac{\sum_{i=1}^{n_i-n_c} Y_{x_c+i}}{Y_E} \dots\dots\dots (\text{부록식 5})$$

(부록식 5)의 우변에서 $t_e - t_s + 1$ 는 공사기간이며, 나머지 항은 공사종료후에 피해의 후유증이 계속되는 피해잔존기간에 해당한다. 가입후여생어획량을 Y_r 로 나타내고, 피해잔존기간을 τ_r 이라 하면,

$$Y_r = \sum_{i=1}^{n_i-n_c} Y_{x_c+i} \dots\dots\dots (\text{부록식 6})$$

$$\tau_r = n_c + \frac{Y_r}{Y_E} \dots\dots\dots (\text{부록식 7})$$

이 된다.

(부록식 7)에 의해 피해잔존기간(τ_r)을 구하기 위해서는 연안어업생물에 대해 (부록식 2)의 연평형어획량 방정식을 알아야 한다.

참 고 문 헌

강용주 · 김기수 · 하강열, “대규모연안매립으로 인한 허가어업제한 보상액산출방식에 관한 일 고찰”, 수산경영론집, 제 28권 1호, 1997. 6.

강용주 · 김기수, “연근해 어업구조조정사업에 따른 어업손실평가”, 부경대학교 해양과학공동연구소 심포지움 발표논문, 1998. 5.

김기수 · 강용주, “어업제한으로 인한 허가어업 손실보상액 산출모형”, 부경대학교 해양과학공동연구소 심포지움 발표 논문, 1998. 5.

김기수 · 강용주, “연안어선어업의 어업피해를 추정 및 어업처분결정 모형연구”, 수산경영론집 제31권 2호, 2000. 12.

소안덕, 공유수면 매립사업과 어업피해손실 보상, 행법사, 1993.

이원갑, “우리 나라 어업손실보상제도에 대한 개선방안연구 - 법제도를 중심으로”, 수산경영론집, 제 25권 1호, 1994. 6.

- 표희동, “우리 나라 어업손실보상제도에 대한 개선방안 연구 - 경제적 접근방법을 중심으로”, 수산경영론집, 제 25권 1호, 1994. 6.
- 표희동, “한국과 일본의 어업손실보상제도의 비교 분석 및 개선방안연구”, 수협통계조사 월보, 수산업협동조합중앙회, 1995. 9~10.
- 한국토지개발공사, 어업보상의 이론과 실무, 1992. 12.
- 해양수산부, 항만공사관련 어업권 피해조사 표준기준 제정을 위한 연구, 2001. 1.
- Beverton and Holt, “On the Dynamics of Exploited Fish Population”, *Marine Fisheries*, Great Britain Ministry of Agriculture, 1957.

A Study on the Model of Measuring Expost Cumulative Fisheries Damages : Focused on the Sedentary Fisheries

Kang, Yong-Joo · Kim, Ki- Soo · Yoo, Myong-Suk

Abstracts

The study tries to suggest one kind of method for measuring expost cumulative fisheries damages caused by a large scale coastal reclamation. The situation of fisheries damages which the paper is considering is different from those of general cases:the latter is a priori investigation but the former is a posteriori one. Therefore we need a different approach for exact measurement of such kind of fisheries damages. The key contribution of the paper is to try to estimate a decreasing production function using the results of present investigation and several statistical data about our coastal fisheries productivity and environmental deterioration. Using the function, the paper tries to derive the expected catch amount and damage amount.

Key Words : Expost Cumulative Fisheries Damages, Coastal Reclamation, Sedentary Fisheries, Production Function.