

천해어장에서 인위적 환경훼손에 의한 어업생산 감소량 추정방법

박주석 · 강용주^{1*} · 장창익²

부산시 수협, ¹부경대학교 자원생물학과, ²부경대학교 해양생산관리학과

A Quantitative Method for Estimating Damages in Fishery Production due to Artificial Environmental Deterioration in the Tidal Flat Fishing Grounds

Joo Seok PARK, Yong Joo KANG^{1*} and Chang Ik ZHANG²

Busan Fisheries Cooperative, Busan 602-020, Korea

¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

A quantitative method was suggested for estimating damages in fishery production due to the diffusion and deposition of suspended silt and clay by various construction processes in tidal flat fishing grounds. Marine populations are maintained through the process of spawning, growth, recruitment, natural death and death by fishing each year. All of the year classes of the population in a fishery ground could be affected when damages occur by human activities such as land filling or reclamation. The propose of this study is to calculate damages in terms of fishery production using a quantitative population dynamic method. If the maximum age in the population is x_λ , the starting year of damage is t_s , and the ending year of damage is t_e , the number of year classes damaged is $t_s - n_\lambda - t_e$. Many year classes present in the year t_s , and so if damages occur, they influence all the year classes which are present in the population. Damaged year classes in year t_e would still be in the population until the year $t_e + n_\lambda$, where n_λ is the oldest age class. If the expected yield of a year class is constant, the total yield from year classes in the fishing ground during the construction periods can be calculated as follows: $Y_\phi = [(t_e - t_s + 1) + n_c] \cdot Y_E + \sum_{i=1}^{n_c - n_\lambda} \sum_{j=i}^{n_c - n_\lambda} Y_{n_c + j}$. This method was applied for damage estimation in the production of *Ruditapes philippinarum* in a tidal flat fishing ground.

Key words: *Ruditapes philippinarum*, Population dynamics, Year class, Production, Damage estimation.

서 론

우리나라는 1970년 이후 산업화가 진행되면서 항만, 공단, 주거 및 농업 용도의 토지수요가 급증하자 연안의 해면매립에 의한 토지조성으로 이 수요에 부응하여 왔다. 해면 매립에 따른 대규모 토목사업은 사업해역에 다량의 부니를 발생시켜 인근어장에 피해를 입혀 왔다. 이러한 간척사업 등의 환경파괴는 홍수로 인한 급격한 혼탁하천수의 유입, 태풍으로 인한 해안지대의 파괴와 이로 인한 해수의 오타화 등 환경파괴와 함께 부니를 퇴적시켜 천해어장에 피해를 입히게 되었다. 이로 인해 발생하는 어업생산 손실은 막대하여 전국 각지에서 수산업계를 중심으로 지역사회의 중요한 문제가 되고 있다.

자연산 수산생물은 매년 산란기가 되면 다량의 신생개체를 출산하는데 매년 출산한 신생개체를 출생연도로 구분하여 동일발생 연급군(cohort)이라 한다. 한 연급군은 출생 후 어장에 분포하여 나이를 먹음에 따라 질병, 피식, 해황 악화 등의 자연요인에 의해 사망함으로써 생존개체수가 감소하게 된다. 한편, 살아남는 개체는 성장을 계속하여 상품가치를 가지는 크기가 되면 어민들에 의해 어획되기 시작한다. 이들이 성장하

여 어민들이 어획하는 크기가 됨으로써 어획대상이 되는 과정을 가입이라 한다. 가입 후, 연급군은 자연사망 과정 뿐만 아니라 어민들에 의해 어획되는 과정을 겪으므로 그 생존수는 가입직전에 비해 급격하게 감소하고, 최고연령에 달하면서 마지막 개체가 사망함으로써 어장에서 소멸된다.

따라서, 천해어장에는 그 해에 출생한 0세의 연령군에서 최고연령군에 이르기까지 출생년도가 다른 여러 연급군이 혼재하고 있으므로 공공사업으로 발생하는 부니의 영향을 받으면 이 모든 연급군이 동시에 피해를 입게 된다. 그러므로, 부니를 발생시키는 토목공사가 종료되었다고 하더라도 공사 중 발생부니에 노출된 피해연급군이 최고연령에 달해 어장에서 사라질 때까지는 피해가 계속된다고 할 수 있다.

간척사업이나 홍수, 태풍, 황토살포와 같은 급격한 환경변화가 자연산 수산생물에 피해를 끼치는 요인은 직접적으로는 어장이 매립되어 서식지가 없어지는 경우와 간접적으로는 인근지역으로의 부니의 확산과 퇴적이다. 부니는 수산동물의 아가미 표면에 침착되어 먹이의 섭취를 방해하거나 호흡을 어렵게 하고, 퇴적이 되면 간극수의 산소용존량을 감소시켜 매몰성 저서동물이 산소결핍으로 폐사하게 된다 (Chang et

*Corresponding author: yjkang@pknu.ac.kr

al., 1976; Chang and Chin, 1978).

현재 간척사업에 의한 환경 영향에 관한 연구로는 Choi (2002), Hwang (2000), Kim (1984), Koo et al. (1998), Park and Park (1996), Shin et al. (1997) 등의 물리환경적 연구, Choung and Kim (1989, 1991), Kim et al. (1996), Kim et al. (2001) 등의 해조류에 대한 영향, Jung et al. (1997)의 다모류군집에 대한 연구, Kang et al. (1997)의 경영학적 연구, Kim et al. (2002)의 물리화학적 연구, Lee et al. (1999)의 해양조류(birds)에 대한 연구, Min (1990)과 Min and Kim (2000)의 해산식물에 대한 연구, Chang et al. (1976), Chang and Chin (1978)의 패류에 대한 부니의 생리학적 연구가 있으며, Yoo and Shin (1996)의 수산자원에 대한 연구, Yoo and Kim (1998)의 동물성 부유생물에 대한 영향연구 등이 있으며, 개체군에 대한 역학적 접근 방법에 관한 연구는 많지 않은 실정이다.

본 연구에서는 인위적인 환경훼손 시 발생하는 여러 가지 피해요인 중 부니로 인한 피해가 부니 발생 당시에만 있지 않고 부니피해를 입은 연급군이 수명을 다하여 어장에서 사라질 때까지 피해가 계속되고 있음을 보이면서, 부니가 천해어장 어업생물 중 바지락에 미치는 피해를 정량적으로 평가하는 방법을 제시하고자 한다.

자료 및 방법

추정이론

해면에서의 간척사업은 막대한 부니를 발생시킨다. 그러므로, 사업장 인근에 위치하는 어장의 수산생물은 간척사업으로 발생한 부니에 노출되며, 발생부니에 노출되는 기간은 공사기간에 한정된다. 그러나, 부니에 노출된 생물은 공사가 종료된 이후에도 여러 해에 걸쳐 생존하므로 부니영향이 죽을 때까지 계속된다.

어장에 분포하는 연급군에는 나이가 어리고 어체가 작아 아직 어획대상이 되지 않은 연령에 해당하는 그룹과 어체가 자라서 어획대상이 되는 연령 이상의 그룹이 있다. 여기에서는 전자를 가입전연급군 (Pre-exploited cohort), 후자를 가입후연급군 (Exploited cohort)이라 정의한다. 공사기간 중에 발생하는 부니에 노출됨으로써 피해를 입는 가입전연급군과 가입후연급군을 각각 가입전피해연급군과 가입후피해연급군이라 부

르기로 한다. 그리고, 공사기간 중 어장에 분포하는 연급군은 서로 출생연도가 다른 만큼 나이를 달리한다. 연급군을 출생연도를 기준하지 않고 출생 후 경과년수를 기준하여 연령군으로 지칭할 수가 있다. 이 경우 출생 후 1년 미만의 개체들은 0세군, 출생 후 1년 이상 2년 미만의 개체들은 1세군, 출생 후 n년 이상 n+1년 미만의 개체들은 n세군이라 부르기로 한다. 따라서, 가입연령인 x_c 세는 소수점 이상의 수치에 의거해 연령군을 확인하여 가입전연급군수인 n_c 로 정의한다.

자연산 수산생물의 가입연령, 최고연령, 공사개시년도 및 공사종료년도를 각각 x_c 세, x_λ 세, t_s 년도 및 t_e 년도이라 하면, 부니에 노출된 피해연급군은 공사가 종료된 후에도 공사종료 년도의 출생연급군 (공사종료시점 현재로 가장 나이 어린 가입전피해연급군)에 속하는 개체가 어장에서 완전히 소멸되는 t_{e+n_λ} 년도까지 어장에 존재하기 때문에 (Table 1), 공사종료 후 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 공사개시년도 이전에 출생한 연급군 중 공사개시년도에 가입연령에 도달하지 않은 연급군으로서 n_c 개 존재한다. 따라서, 피해기간 동안의 가입전연급군의 총수는 $t_e - t_s + n_c$ 개이다.

가입후연급군은 공공사업 개시년도 이전에 가입하여 사업착수 당시의 어장에 분포하는 어획대상 연급군 만을 포함한다. 따라서, 가입후피해연급군의 총수는 $n_\lambda - n_c + 1$ 개가 된다.

공공사업이 시행되지 않을 경우 t년도에 어장에 분포하는 한 연급군으로부터 여생동안 올리는 어획량을 여생어획량 (Y)이라 하면,

$$Y = \int_{x_c}^{x_\lambda} F N_x W_x dx \dots\dots\dots (1)$$

이다.

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

Table 1. Year classes and damaged year classes of fisheries populations due to silt and clay. Year classes in italic type are year classes denoting those damaged by silt and clay. t_s : starting year of construction, t_e : ending year of construction, x_λ : oldest age, n_λ : oldest age class. $P_{x,y}$ indicates a population in the year class x at age y

Age	Year							
	t_s	t_{s+1}	t_{s+2}	...	t_{e+1}	t_{e+2}	...	t_{e+n_λ}
0	$P_{t_s,0}$	$P_{t_{s+1},0}$	$P_{t_{s+2},0}$		$P_{t_{e+1},0}$	$P_{t_{e+2},0}$		$P_{t_{e+n_\lambda},0}$
1	$P_{t_{s+1},1}$	$P_{t_{s+2},1}$	$P_{t_{s+3},1}$		$P_{t_{e+2},1}$	$P_{t_{e+3},1}$		$P_{t_{e+n_\lambda},1}$
2	$P_{t_{s+2},2}$	$P_{t_{s+3},2}$	$P_{t_{s+4},2}$		$P_{t_{e+3},2}$	$P_{t_{e+4},2}$		$P_{t_{e+n_\lambda},2}$
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮		⋮
x_λ	$P_{t_{s+n_\lambda},x_\lambda}$	$P_{t_{s+n_\lambda+1},x_\lambda}$	$P_{t_{s+n_\lambda+2},x_\lambda}$		$P_{t_{e+n_\lambda},x_\lambda}$	$P_{t_{e+n_\lambda+1},x_\lambda}$		$P_{t_{e+n_\lambda},x_\lambda}$

이다.

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

Y_E : 연평형어획량 F : 순간어획사망계수
 x_c : 가입연령 N_x : 연령 x 세의 마리수
 x_λ : 최고연령 W_x : 연령 x 세의 평균체중

따라서, 공사기간 동안 부니에 노출된 모든 연급군으로부터의 총어획량 (Y_ϕ)은

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

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. 최고연령은 사망률이 높고 생존수가 극히 적으며 성장은 거의 멈춘 상태이므로 최고연령으로부터 기대되는 어획량은 거의 미미한 정도이며 최고연령을 ∞ 로 처리하여 발생하는 어획량 추정오차는 무시해도 문제가 되지 않는다.

연평형어획량이 Y_E 로서 매년 일정하다면, 공사기간 동안 어장에 분포하여 부니에 노출된 수산생물의 총어획량은

$$Y_\phi = [(t_e - t_s + 1) + n_c] \cdot Y_E + \sum_{i=1}^{n_2 - n_c} \sum_{j=i}^{n_2 - n_c} Y_{n_c+j} \dots\dots (4)$$

이다.

따라서, 부니에 노출되는 연급군의 공사착공이전 정상상태와 공사착공이후 부니발생상태에서의 각 연령 (x)별 연평형어획량을 각각 Y_x 및 Y'_x 라 하면, 연령별 생산감소율 (θ_x)은

$$\theta_x = 1 - \frac{Y'_x}{Y_x} \dots\dots\dots (5)$$

로 정의된다. 그러므로, 공사기간 동안 부니에 노출된 각 연령별 생산감소량 ($Y_x(D)$)은

$$Y_x(D) = \theta_x \cdot Y_x \cdot \tau_x \dots\dots\dots (6)$$

로 추정할 수 있다. 여기서 τ_x 는 노출연령군 수를 가리킨다. 따라서, 전체생산감소량은 연령별 생산감소량의 합이 된다. 즉,

만약 연령별 연평형어획량에 관한 정보가 없고 대신 정상상태와 부니발생상태에서의 생산량의 비를 알 수 있을 경우, 이들 생산량을 각각 Y 와 Y' 라 하면 부니에 의한 생산감소율 (θ)은

$$\theta = 1 - \frac{Y'}{Y} \dots\dots\dots (7)$$

로서도 추정할 수 있다. 따라서, 전체생산감소량 ($Y(D)$)은

$$Y(D) = \theta \cdot Y_\phi \dots\dots\dots (8)$$

로 계산이 가능하다.

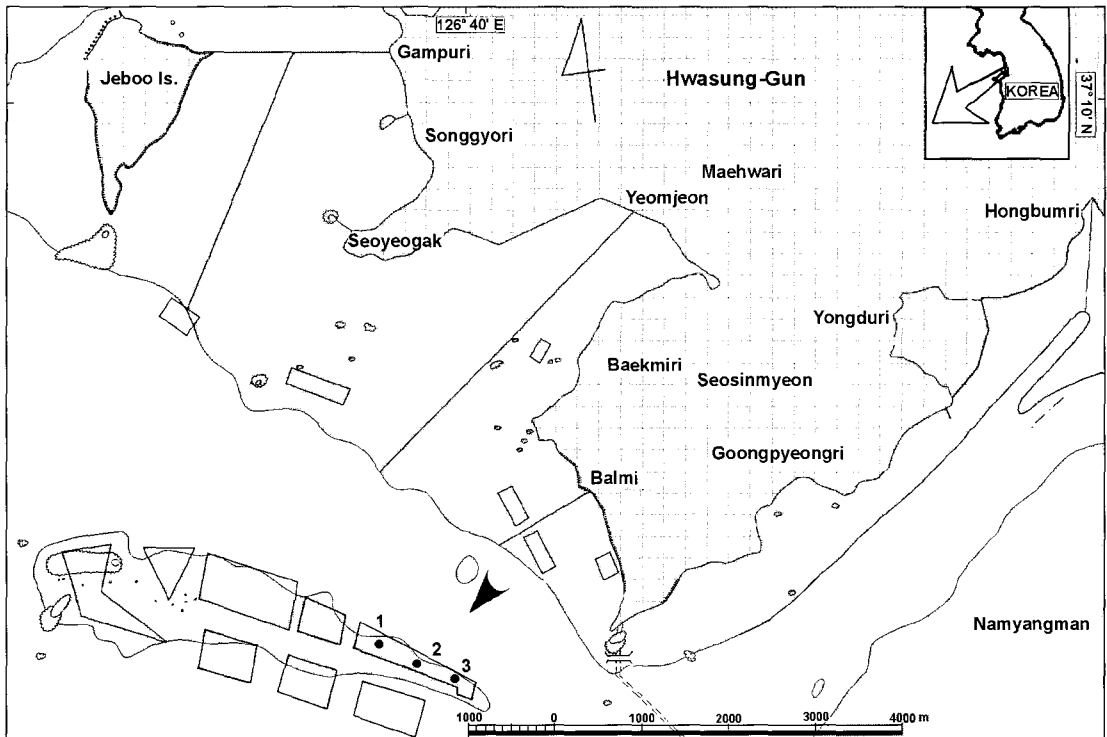


Fig. 1. A map showing the study area. Arabic numbers denote sampling stations.

조사지역 및 대상생물

경기도 화성군 서신면 도리도에 위치하는 경기 1종 공동어장 (46.1325 ha)을 연구 대상으로 하였다 (Fig. 1). 이 일대 해역은 광활한 간석지가 펼쳐져 있어 서해안의 특성을 잘 나타내는 지역이라 할 수 있으며, 이 어장에서 2-3 km 떨어진 지역에는 현재 농어촌진흥공사에서 간척사업을 행하고 있다.

어장에 분포하는 수산생물은 바지락, 굴, 동죽, 가무락 등으로 모두가 조간대에 서식하는 생물들이다. 본 연구에서는 이 중에서 간척사업 이전에 널리 분포했으며 생산량이 가장 많았던 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)을 연구대상 생물로 선정하였다.

연평형어획량 및 여생어획량추정

공사이전 정상상태의 연평형어획량은 본 연구지역에 대해 KACC (1993)와 KORDI (1993)가 간척사업과 관련해서 평가한 보고서의 값을 평균하여 산정하였다.

공사이후 부니발생상태의 피해연급군에 대한 연평형어획량은 현장채집에 의한 현존량조사 자료와 경일감정평가법인의 자원생태학적 특성치를 이용하여 추정하였다. 현존량은 어장에 조사정점을 설정하고, 방형구법으로 3회 (1998년 4월, 6월 및 10월)에 걸쳐 조사하였다. 채취한 생물은 현장에서 각 정점별로 생물종을 동정하고 밀도와 분포중량을 확인한 후 실험실로 운반하여 각장은 mm, 전중은 g 단위로 계측하였다.

결 과

입력자료

농어촌진흥공사가 경기도 화성군 서신면 일대에서 실시한 간척사업은 1992년에 착공하여 2001년에 완공된 대규모 간척사업이다. 정상상태에서 연급군의 연평형어획량과 여생어획량은 공사가 이미 상당히 진척되어 현장보존이 되어 있지 않았으며, 어업자들이 이미 어업을 포기한 상태에 있으므로 현재 시점에서는 추정이 불가능하였다.

공사이후 부니노출 상태에서 피해연급군의 연평형어획량과 여생어획량은 현장조사를 통하여 추정하여야 하지만, 현장조사 결과 바지락의 현존량은 극히 미량으로 채집되었고 Table 2), 연령사정과 자원생태학적 특성치들을 구하기 위한 충분한 시료채취가 불가능하기 때문에 이 특성치 등은 기존의 보고서 (KACC, 1993)의 값들을 사용하였고 현존량은 실제 현장조사 자료를 그대로 사용하였다 (Table 3).

부니노출 피해연급군

부니의 노출로 인한 바지락의 피해연급군과 피해기간을 살펴보면, 피해연급군은 1985 연급군에서 2001 연급군까지 17개이며, 2001년에 마지막으로 부니에 노출되어 피해를 입은 연급군 ($P_{01,0}$)은 2008년까지 $P_{01,7}$ 로 잔존하는 것을 알 수 있다 (Table 4).

따라서, 완전히 가입된 가입연령 (n_c)을 2세로 보면, 공사

Table 2. Density and number of recruits of *Ruditapes philippinarum* exposed to silt and clay in the fishing ground

Age	Station No.			Mean
	1	2	3	
0	Number of individuals	4	2	3.00
	Weight (g)	17.5	6.3	7.93
1	Number of individuals	1	3	1.67
	Weight (g)	9.1	24.4	13.87
2	Number of individuals	1		0.33
	Weight (g)	12.0		4.00

Table 3. Population parameters for estimating annual equilibrium yield of the Beverton and Holt's yield per recruit model. Data from KACC (1993). x_c : age at first capture, x_λ : oldest age, K : growth coefficient, W_∞ : asymptotic weight, x_0 : age at zero length, M : instantaneous rate of natural mortality, F : instantaneous rate of fishing mortality, Z : instantaneous rate of total mortality.

Parameter	Unit	Value
x_c	yr	1.59
x_λ	yr	7
K	yr ⁻¹	0.462
W_∞	g	35.76
x_0	yr ⁻¹	0.427
M	yr ⁻¹	0.573
F	yr ⁻¹	0.566
Z	yr ⁻¹	1.139

개시년도 (t_s)가 1992년이며 공사종료년도 (t_e)가 2001년이므로 가입전피해연급군은 1991 연급군에서 2001 연급군까지 11개 ($t_e - t_s + n_c$)이며, 피해존속기간이 7년이므로 가입후피해연급군은 1985 연급군에서 1990 연급군까지 6개 ($n_\lambda - n_c + 1$)이다.

연평형어획량 및 여생어획량

공사이전 정상상태 연평형어획량 및 여생어획량은 KACC (1993)와 KORDI (1993)가 추정된 값의 평균값으로 산정하였으며, 부니노출 상태의 피해연급군의 연평형어획량 및 여생어획량은 현장채집에 의한 현존량조사 자료와 KACC (1993)의 자원생태학적 특성치를 이용하여 추정하였다. 계산된 결과는 Table 5와 같다.

고 찰

천해어장에 분포하는 수산생물은 여러 연급군이 혼재하고 있으나 간척 등의 피해에 의한 어업생산 손실평가는 최근 3개년간의 평균어획량을 기준으로 하므로 일반적으로 조사시

Table 4. Year classes of *Ruditapes philippinarum* during the reclamation period and expected damage period due to silt and clay. $P_{x,y}$ is population number of year class x at age y . Year classes of bold type denote year classes exposed to silt and clay.

Age	Year																
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	$P_{92,0}$	$P_{93,0}$	$P_{94,0}$	$P_{95,0}$	$P_{96,0}$	$P_{97,0}$	$P_{98,0}$	$P_{99,0}$	$P_{00,0}$	$P_{01,0}$	$P_{02,0}$	$P_{03,0}$	$P_{04,0}$	$P_{05,0}$	$P_{06,0}$	$P_{07,0}$	$P_{08,0}$
1	$P_{91,1}$	$P_{92,1}$	$P_{93,1}$	$P_{94,1}$	$P_{95,1}$	$P_{96,1}$	$P_{97,1}$	$P_{98,1}$	$P_{99,1}$	$P_{00,1}$	$P_{01,1}$	$P_{02,1}$	$P_{03,1}$	$P_{04,1}$	$P_{05,1}$	$P_{06,1}$	$P_{07,1}$
2	$P_{90,2}$	$P_{91,2}$	$P_{92,2}$	$P_{93,2}$	$P_{94,2}$	$P_{95,2}$	$P_{96,2}$	$P_{97,2}$	$P_{98,2}$	$P_{99,2}$	$P_{00,2}$	$P_{01,2}$	$P_{02,2}$	$P_{03,2}$	$P_{04,2}$	$P_{05,2}$	$P_{06,2}$
3	$P_{89,3}$	$P_{90,3}$	$P_{91,3}$	$P_{92,3}$	$P_{93,3}$	$P_{94,3}$	$P_{95,3}$	$P_{96,3}$	$P_{97,3}$	$P_{98,3}$	$P_{99,3}$	$P_{00,3}$	$P_{01,3}$	$P_{02,3}$	$P_{03,3}$	$P_{04,3}$	$P_{05,3}$
4	$P_{88,4}$	$P_{89,4}$	$P_{90,4}$	$P_{91,4}$	$P_{92,4}$	$P_{93,4}$	$P_{94,4}$	$P_{95,4}$	$P_{96,4}$	$P_{97,4}$	$P_{98,4}$	$P_{99,4}$	$P_{00,4}$	$P_{01,4}$	$P_{02,4}$	$P_{03,4}$	$P_{04,4}$
5	$P_{87,5}$	$P_{88,5}$	$P_{89,5}$	$P_{90,5}$	$P_{91,5}$	$P_{92,5}$	$P_{93,5}$	$P_{94,5}$	$P_{95,5}$	$P_{96,5}$	$P_{97,5}$	$P_{98,5}$	$P_{99,5}$	$P_{00,5}$	$P_{01,5}$	$P_{02,5}$	$P_{03,5}$
6	$P_{86,6}$	$P_{87,6}$	$P_{88,6}$	$P_{89,6}$	$P_{90,6}$	$P_{91,6}$	$P_{92,6}$	$P_{93,6}$	$P_{94,6}$	$P_{95,6}$	$P_{96,6}$	$P_{97,6}$	$P_{98,6}$	$P_{99,6}$	$P_{00,6}$	$P_{01,6}$	$P_{02,6}$
7	$P_{85,7}$	$P_{86,7}$	$P_{87,7}$	$P_{88,7}$	$P_{89,7}$	$P_{90,7}$	$P_{91,7}$	$P_{92,7}$	$P_{93,7}$	$P_{94,7}$	$P_{95,7}$	$P_{96,7}$	$P_{97,7}$	$P_{98,7}$	$P_{99,7}$	$P_{00,7}$	$P_{01,7}$

Table 5. Equilibrium yields of *Ruditapes philippinarum* at the normal state and the damaged state with silt and clay. Data for estimating normal equilibrium yield are from KACC (1993) and KORDI (1993).

	Age class						Combined
	2	3	4	5	6	7	
Normal equilibrium yield (Y_x) (g/m ²)	263.50	113.93	43.82	15.57	5.33	1.78	
Damaged equilibrium yield (Y_x') (g/m ²)	4.92	2.13	0.82	0.30	0.10	0.03	
Damage rate (%)	98.13	98.13	98.12	98.07	98.12	98.31	98.15
Number of damaged age class (τ_x)	12	13	14	15	16	17	
Total damaged yield ($Y(D)$) (g/m ²)	3,103.0	1,453.4	601.9	229.0	83.7	29.7	5,500.7

집에 분포하는 우점연령의 3개 연급군을 대상으로 연평형어획량을 산정하고 있다. 그러나, 본 논문에서 확인한 결과로는 부니피해의 경우 간척공사동안에 피해를 입는 것은 물론이고 피해요인이 없어지는 공사종료시점 이후 년도에도 그 후유증이 잔존하고 있는 것을 알 수 있었다. 이 현상은 유류유출은 물론 다른 여러 가지 요인으로 수산생물에 피해를 입힌 경우에도 동일하게 적용될 것이다.

피해가 발생할 경우 손실평가를 위해서는 먼저 피해기간이 정해져야 하는데, 간척사업에서 부니는 방조제 물막이 공사 동안에 주로 발생하므로 피해발생기간은 방조제 물막이 공사 기간에 상당한다. 피해기간은 두 가지 요인에 의해 결정되는데 하나는, 어업피해의 주된 원인으로 생각되는 부니의 발생기간이고, 나머지 하나는 피해를 입은 수산생물의 최고연령과 관련되는 것이다. 부니의 발생기간에 의해서 피해를 입는 연급군이 정해지고, 최고연령에 의해서 부니발생이 종료된 후의 어업피해 후유증이 잔존하는 기간이 결정된다.

피해기간을 결정함은 피해연급군을 결정하는 것인데, 친해어장에서 간척사업이 행해지는 동안 부니발생은 불가피하므로 부니발생기간 동안에 피해를 입는 것은 당연하다. 그러나, 간척사업이 완료되어 부니발생이 종료되었다고는

하지만 해양환경의 변화가 완전히 회복되지 않아 피해를 받지 않는다고는 할 수 없다. 예를 들면, 해수유동의 변화로 어장이 침식 또는 퇴적되거나 부니의 간접 피해요인으로서 먹이생물의 부족 등 환경요인이 있을 수 있다. 그러나, 간접적인 요인들은 서로 복잡하게 얽혀 있어 피해원인의 구명이 어렵고 일반화된 이론이 정립되어 있지 않으므로 본 연구에서는 부니발생기간동안 직접적으로 부니에 노출되어 피해를 입는 연급군을 대상으로 하였다. 따라서, 간척사업으로 인한 실제피해는 부니 만에 의한 생산감소량 (Y_D) 이상일 것이므로 본 연구에서 추정된 Y_D 는 부니를 포함한 다른 요인들에 의해 발생할 수 있는 감소량의 최소값이라 할 수 있다. 피해기간이 1년 미만일 경우와 유류유출과 같은 단기간의 피해를 입힌 경우도 본 연구방법으로 피해량 추정이 가능하다. 공사 기간 중 전량 폐사한 경우는 생산량이 전혀 없으므로 생산감소율 (θ)은 1로서 피해량은 간단하게 산정된다.

연평형어획량인 Y_E 에 대한 x_c 세 이상의 현존량 비를 생산력지수 (α)라 한다. 전국 각 연안을 단위해구로 분할하여 중요 수산생물의 생산력지수를 구해 두면, 피해가 발생할 경우

피해를 입은 현재 시점의 x_c 세 이상의 현존량조사 결과와 피해기간 및 생산력지수를 이용하여 복잡한 계산 없이 생산감소량이 쉽게 산출될 수 있으므로 많은 경비와 시간을 절약할 수 있다.

그러나, 본 논문에서 제시한 방법은 많은 가정을 바탕으로 하고 있기 때문에 상당한 오차를 수반할 수 있다. 예로, 공사기간 중에 매년 부니에 노출되는 연급군과 부분적으로 부니에 노출되었던 공사종료 후의 연급군 간에는 피해의 정도가 다를 수 있다. 또한, 부니에 노출되어 피해를 입는 개체들은 연령별로 피해의 정도가 다를 수 있다. 따라서, 생리학적인 실험을 바탕으로 이러한 가정들은 검증되어야 하며, 이러한 가정을 보완할 수 있는 연구가 앞으로 지속적으로 수행되어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery investigations, Series II, Marine Fisheries, Great Britain Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 19, 533 pp.
- Chang S.D. and P. Chin. 1978. Effect of suspended silt and clay on the mortality of some species of bivalves. Bull. Kor. Fish. Soc., 11(4), 227-231. (in Korean)
- Chang S.D., P. Chin and B.O. Sung. 1976. Effect of silt and salinity on the mortality of *Meretrix lusoria* (Röding). Bull. Kor. Fish. Soc., 9(1), 69-73. (in Korean)
- Choi, M.H. 2002. Integration of the feasibility assessment procedure and EIA of the big public investment project: in the case of the Saemangeum reclamation project. J. Kor. Soc. Environ. Impact, 11(2), 93-107. (in Korean)
- Choung, Y.S. and J.H. Kim. 1989. Clonal growth and shoot modules dynamics of *Phragmites longivalvis* in a reclaimed land. Kor. J. Ecol., 12(3), 171-182. (in Korean)
- Choung, Y.S. and J.H. Kim. 1991. Studies on the population biology of some clonal plants in a coastal reclaimed land. I. Rhizome architecture, patch formation and growth of *Calamagrostis epigeios* plants. Kor. J. Ecol., 14(3), 327-343. (in Korean)
- Hwang, M.I. 2000. Reclamation of tidal flats and environmental issues along western coast of Korea. J. Geo. Edu., 43, 61-67. (in Korean)
- Jung, R.H., J.S. Hong and J.H. Lee. 1997. Spatial and seasonal patterns of polychaete community during the reclamation and dredging activities for the construction of the Pohang Steel Mill Company in Kwangyang Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 30(5), 730 -743. (in Korean)
- Kang, Y.J., K.S. Kim and K.L. Ha. 1997. A study on the estimation method of compensation for restriction in licensed fisheries caused by a large scale coastal reclamation. J. Fish. Busin. Admin., 27(1), 71-83. (in Korean)
- Kim, D.H. 1984. A study on economic feasibility of tidal land development and financing measures. Agri. Econ. Res., 25, 105-126. (in Korean)
- Kim, G.H., S.R. Cho and H.T. Mun. 1996. Bloom-forming blue-green alga, *Microcystis flosaquae*, in the lake around reclaimed area of Seosan. Algae (Kor. J. Phycol.), 11(2), 239-242. (in Korean)
- Kim, J.A., K.H. Cho and H.H.M. Lee. 2001. Vegetation structure of the Kungae reclaimed wetland in a coastal lagoon of East Sea, Korea. Kor. J. Ecol., 24(1), 27-34. (in Korean)
- Kim, J.Y., J.G. Son, J.W. Koo and J.K. Choi. 2002. Changes of physico-chemical properties in the reclaimed tidal land soils by precipitation. Agr. Pl., 8(1), 3-14. (in Korean)
- Koo, J.W., J.K. Choi and J.G. Son. 1998. Soil properties of reclaimed tidal lands of western sea coast in Korea. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert., 31(2), 120-127. (in Korean)
- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 1993. Revised report on the fishery damage assessment due to land reclamations in Hwaong area. Korea Ocean Research and Development institute, 447 pp. (in Korean)
- KACC (Kyungil Appraisal & Consulting Co.). 1993. Report on the fishery damage evaluation due to land filling project of Hwaong area, 306 pp. (in Korean)
- Lee, K.S., J.Y. Park, J.B. Lee and J.C. Yoo. 1999. Wintering status of waterbirds in three reclaimed areas of the west coast of Korea. Bull. Kor. Inst. Ornithol., 7(1), 1-11. (in Korean)
- Min, B.M. 1990. On the accumulation of minerals with the plant species in a reclaimed land. Kor. J. Ecol., 13(1), 9-18. (in Korean)
- Min, B.M. and J.H. Kim. 2000. Plant succession and interaction between soil and plants after land reclamation on the west coast of Korea. J. Plant Biol., 43(1), 41-47.
- Park, S.S. and J.W. Park. 1996. Prediction of tidal flow changes caused by coastal reclamation in harbor system. J. Kor. Soc. Environ. Impact, 5(1), 31-45. (in Korean)
- Shin, M.S., Y. Yanagi and C.H. Kweon. 1997. Mitigation in reclamation area of Saemangeum by tidal residual

flow. Kor. J. Civil Eng., 17(II-5), 461-468. (in Korean)
Yoo S.J. and K.S. Shin. 1996. Oilspill damage assessment
of natural fisheries resources by ecological models.
J. Kor. Fish. Soc., 29(2), 174-190. (in Korean)
Yoo, H.B. and K.S. Kim. 1998. A comparative study of
zooplankton communities in the inning reservoir

groups. Wonkwang J. Environ. Sci., 7, 49-64. (in
Korean)

2002년 12월 23일 접수

2003년 8월 23일 수리