

## 허베이스피리트호 유류오염피해배상에서 수하식 및 가두리식 양식어업의 피해정도사정 사례<sup>†</sup>

강용주 · 김기수\*

부경대학교 자원생물학과, 부경대학교 국제통상학부

### **A Case Study of the Appropriate Measure of Herbei Spirit Oil Pollution Damages on the Hanging and Floating Netcage Aquaculture Fisheries**

Young-Joo Kang and Ki-Soo Kim<sup>1\*</sup>

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

<sup>1</sup>*Division of International Commerce, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea*

#### **Abstract**

Recently the Korean court accepts two types of fisheries damages caused by oil pollution.. One is the direct loss of fisheries production originated from pollution of oil spillover. The other is the indirect loss of fisheries production originated from governmental measure of restricting fishing activities because of safety of marine product of oil spillover areas.

The paper tries to suggest the appropriated measure of oil pollution damages of hanging and floating netcage aquaculture fisheries using the court judgement for responsibility restriction on Herbei Spirit Case. The paper tries to compare the damage estimation method of floating netcage aquaculture fisheries with that of natural aquaculture fisheries using conventional theory of the population biology of living resources characterized with age distribution.

Key words : Direct loss of fisheries production, Indirect loss of fisheries production, Hanging and floating netcage aquaculture fisheries, Population biology

접수 : 2013년 5월 2일    최종심사 : 2013년 6월 7일    게재확정 : 2013년 6월 10일

<sup>†</sup>본 논문은 부경대학교 경영대학 간접연구경비 2013년도 우수논문 지원 사업으로 수행된 연구임.

\*Corresponding author : 051-629-5757, kimks@pknu.ac.kr

## I. 서 론

지난 2007년 12월 7일 충남 태안 앞바다에서 삼성 예인선단(삼성 T-5호, 삼호 T-3호)에 의해 예인 중이던 크레인 부선(삼성1호, 12천톤)의 로프가 강풍에 절단되면서 대산항 입항을 위해 외해에 정박 중이던 유조선 허베이 스피리트호(146천톤)와 충돌하는 사고가 발생하였다. 이 충돌사고로 허베이 스피리트호에 실려 있던 원유 약 1만여톤이 바다로 유출되어 충남 태안 앞바다는 물론 서해안의 거의 모든 해역으로 확산되면서 바다를 삶의 터전으로 하는 바닷가 주민들에게 심각한 피해를 주었다.

국토해양부에서 발간한 유류오염사고 백서에 의하면 총 피해면적(주요 양식장 시설 피해기준)은 34,703.5ha(충남지역 25,104.5ha, 전남지역 6,049ha, 전북지역 3,550ha)에 이르며, 유류유출 사고에 의한 피해어장 비율은 전체어장 면적(257,432ha)의 약 13.5%로 나타났다. 그리고 해안가 및 해수욕장 피해현황을 살펴보면, 해안선은 375km(충남~전남, 도서 101개)가 오염되었고, 해수욕장은 충남 만리포 해수욕장 등 15개소에서 피해가 발생한 것으로 알려졌다.

이 사건과 관련하여 2008년 1월 15일 허베이 스피리트호 선주인 허베이스피리트 선박 주식회사가 대전지방법원 서산지원에 선주책임제한 절차개시결정을 신청한 바 있다. 원칙적으로 책임제한절차개시신청은 책임한도액을 초과하는 지급청구를 받은 경우에 그 날로부터 6월 이내에 신청할 수 있지만, 본 사건의 경우 피해보상액이 책임한도액을 초과할 것이 쉽게 예상됨에 따라 신속한 배상액 확정을 통한 조속한 피해보상의 필요성을 주장하며 지급 청구일로부터 6월이 지나지 않았음에도 미리 책임제한절차개시

를 신청한 것이었다.

이에 서산지원은 선주책임제한절차 개시결정과 관련하여 제1차 심리(2008.2.4) 및 제2차 심리(2008.8.20.)를 열었고, 2009년 2월 9일 허베이스피리트호 선주측의 책임제한절차개시를 결정하고 이를 공고한 바 있다. 그리하여 법원은 허베이 스피리트호의 선주책임제한절차에 따른 제한채권신고를 2009년 5월 8일에 종료하였으며, 2012년 8월 기준 서산지원의 제한채권 신고현황은 신고건수 총 127,483건, 신고금액은 4조 2,273억 원에 이른 바 있다.

그리고 서산지원은 2013년 1월 유류오염피해에 대한 사정재판을 열고 총 7,341억 원의 피해액을 인정한 바 있다. 이는 이상의 신고피해액 4조 2,273억 원의 약 17.4%에 달하는 금액이다. 이들 금액 중 수산부문관련 피해배상액을 살펴보면 면허어업이 약 1,000여억 원, 허가어업이 약 200억 원 신고어업이 약 2,400억 원 정도로 포함 3,600여억 원에 이르고 있다.

금번의 사정재판에서 법원이 인정한 유류오염에 의한 어업피해유형은 크게 2가지로 구분된다. 즉 유류 오염 피해와 유통·채취 금지 피해가 그것이다. 유류 오염 피해는 기름 자체가 수산생물의 생존·성장 등에 악영향을 미침으로써 발생하는 것이고, 유통·채취 금지 피해는 원유 유출 사고가 발생하자 대한민국 정부가 오염된 수산물 채취 및 유통을 통제하기 위하여 조업제한 조치를 취함에 따른 피해를 의미한다<sup>1)</sup>.

본 논문은 법원이 이상에서 인정한 유류오염에 따른 수산생물의 폐사를 비롯한 생리장애 등의 원인으로 인한 피해를 도출한 방안을 소개하고자 시도되었다. 즉 향후 이와 유사한 어업피해 발생시 적정한 어업피해를 도출할 수 있는 증거 자료를 제시하고자 시도된 것이다. 사실 저자들

1) 신청인/국제기금의 사정 보고서에 의해 확인된 바에 의하면 신청인/국제기금은 대한민국의 유통·채취 금지 피해와는 독립적으로 지역별로 어업별로 조업제한 기간을 설정하고, 이 기간 동안에는 조업이 이루어질 수 없음을 전제로 하여 피해 정도를 산출하고, 유류 오염에 따른 수산생물의 폐사를 비롯한 생리 장애 등의 원인으로 인한 피해는 전혀 인정하지 않고 있음.

은 이미 Kang and Kim(2011. 6)의 논문을 통해 투석식 양식어업의 있어서의 유류오염에 의한 어업피해산정과 관련한 기존방식에 대한 문제 제기를 통해 이상의 어업피해규명을 위한 이론적 기초를 제시한 바 있다. 하지만 기존의 저자들의 연구는 주로 투석식 굴양식어업과 같이 자연양식의 경우에 적용될 수 있는 방식을 제시한 것이므로 수하식 및 가두리식 양식과 같이 인공채묘를 하는 경우에는 이와 다른 접근이 필요하다 할 것이다. 더구나 가두리식 양식어업에 있어서는 생물에게 사료를 준다. 그러므로 수하식 양식어업 및 가두리식 양식어업은 살포식 및 투석식 양식어업과는 전혀 다른 어업경영방식을 취한다. 그러므로 굴 수하식 양식어업의 경우에 있어서는 투석식 굴양식어업을 두고 전개한 피해량 산출방법과 같을 수가 없다고 할 것이다. 따라서 본 논문은 수하식 및 가두리식 패류양식어업의 경우 유류오염에 따른 수산생물의 폐사를 비롯한 생리장애 등의 원인으로 인한 피해를 도출한 방안을 제시하고자 한다.

본 논문은 모두 5장으로 구성되며 II장에서는 수하식 및 가두리식 양식어업의 자원구조를 서술하였다. III장에서는 수하식 및 가두리식 양식어업의 정상상태의 어획량 및 유류오염상태의 어획량을 서술하였다. IV장에서는 이들어업의 자원특성치 및 피해량을 제시하고, V장에서는 요약 및 결론을 제시하였다.

## II. 수하식 및 가두리식 양식어업의 양식경영특성 및 자원구조<sup>2)</sup>

### 1. 양식경영특성

일반적으로 수하식 및 가두리식 양식어업은 살포식 및 투석식 양식어업과는 전혀 다른 어업경영방식을 취한다. 살포식 및 투석식 양식어업은 중

묘가 착생하여 수명을 다할 때까지 어장에서 사망과 성장 과정을 거치며 전 생활사를 보낸다. 전 생활사를 보내는 도중에 경제적 크기에 도달하면 어획되기 시작하고, 매년 어획에서 누락된 개체는 다음 해로 이월되면서 마지막 개체가 수명을 다하여 어장에서 사라질 때까지 어업을 지탱한다. 이에 비해 수하식 및 가두리식 양식어업은 생물을 인위적으로 일정 공간에 수하하거나 가두어 양성기간이 끝나면 일제히 전량을 수확한다.

해산동물은 육상동물에 비하면 구별되는 몇 가지 특징을 가지고 있다 할 것이다. 첫째, 생식력이 매우 높다. 예를 들어 전복의 경우 번식기에 산란수를 보면 1억에 가깝다. 이에 버금가는 육상동물은 없다고 할 것이다. 둘째, 사망률이 매우 높다. 전복의 산란수가 엄청나게 많다 하지만 성숙개체가 되기까지 생존하는 개체수는 두 마리에 전후에 불과하다. 만약 성숙 연령까지의 생존수가 이 수준을 넘어선다면 전복의 자원은 매년 증가할 것이다. 셋째, 성장률이 높다. 해산동물의 성장은 가축에 비교가 안될 만큼 빠르다고 할 수 있다. 어류의 예를 보면, 유체와 성체 간에 체중의 비가 대략 1:10<sup>6</sup>인데 비하여 육상 포유류의 경우는 1:10<sup>4</sup>에 지나지 않는다(인간의 예 - 신생아 3 kg, 산모 60 kg). 이상의 세 가지 특징으로 인해 어업생물은 자원량이 심하게 변동한다고 할 수 있다. 그런데 자원량은 어느 시점에서의 생존수×체중이므로 사망률과 성장률이 높으므로 자원량 변동이 심한 것은 당연한 결과이다. 인간에게 가장 바람직한 것은 사망률을 낮추어 생존수를 늘리고, 성장률을 높이어 체중을 늘리는 것이다.

수하식 및 가두리식 양식어업은 어업생물의 이러한 특징을 인간에게 유리한 방향으로 활용하는 방식을 취한다. 즉, 양식생물에 인위적인 서식 환경을 제공함으로써 사망을 줄이고 성장을 촉진시키고자 한다. 일반적으로 패류는 생활방식에 따라 매물성 패류, 고착성 패류 및 포복성 패류로 구

2) 이하에서 전개된 주요 내용은 대전지방법원 서산지원검증단의 검정서(2013.1) 제 9장에 수록된 내용의 일부를 논문 형식으로 수정정리한 것임.

분된다. 살포식 패류양식은 모두가 매몰성 패류를 대상으로 한다. 그런데 수하식 패류 양식어업의 양식 대상종인 굴과 홍합은 고착성 패류이다. 이들 패류는 자연에서는 하루에 두 번씩 조석으로 대기에 노출되며 노출되는 시간대에는 섭이 활동이 중단된다. 그러나 인위적으로 수중에 수하되면 조석과 관계없이 항상 섭이가 가능하므로 성장률이 자연산에 비해 현저하게 높게 된다.

한편, 가두리양식어업은 생물을 인위적으로 조성된 공간에 가둔다. 포복성 패류에 속하는 전복을 효율적으로 생산하는 것이 가두리식양식이다. 또한 어류와 새우류는 수중에서 유명한다. 따라서 이들 생물을 효율적으로 생산하기 위해서는 가두리식 양식이 적절하다. 가두리식 양식에서는 생물에게 사료를 준다. 전복에게는 미역 또는 다시마를 제공하고, 어류와 새우에게는 인공사료를 제공한다. 따라서 가두리식 및 축제식 양식에서 생물은 자연에서 서식할 때 비해 사망률은 매우 낮고 성장률은 매우 높다.

2. 자원구조

1) 수하식 굴양식어업

수하식 굴 양식어업에는 두 가지의 어업경영방식이 있다. 하나는 여름에 채묘된 치패를 바로 어장에 수하하고, 이듬해 생애 두 번째의 겨울을 맞이하면서 수확한다. 다른 하나는 여름에 채묘된 치패를 바로 어장에 수하하지 않고 자연산 굴이 분포하는 조건대에서 한 겨울을 보낸다. 이 과정을 단련(鍛鍊)이라 하며, 단련굴은 수하 후에 병충

해에 강하고 성장이 빠른 것이 일반적이다. 단련굴은 이듬해 봄에 단련장에서 양식장으로 옮겨 수하하여 본격적으로 양성되기 시작하여 여름을 거쳐 겨울이 되면서 수확을 한다. 따라서 단련과정을 거치지든 아니 거치든 수하식 굴양식어업에서 양식기간은 적어도 1.5년 전후가 된다. 그러므로 따라서, 유류사고 당시에 어장에 존재하는 굴은 유류 사고 당해 연도(즉, 2007년)에 출생한 2007연급군의 0(零)세군과 유류사고 직년연도(즉, 2006년)에 출생한 2006연급군의 1세군이 존재한다. 이를 그림으로 제시하면 Table 1에서 보는 바와 같다.

2) 가두리식 어류 · 전복 양식어업

가두리식 어류 · 전복 양식어업에서 양식 생물은 0~1세가 된 치패를 구입하여 양식장에 방양하며, 양식어업자마다 약간씩 차이가 있으나 대개 1~3년을 양성한 다음에 출하하는 것이 일반적이다. 그리고 가두리에는 1년씩의 시차를 두고 방양한 생물이 구분 수용된다. 따라서 수확은 매년 이루어지며, 수확으로 비게 되는 가두리에 다시 치패를 방양하게 되며 이로부터 기대되는 수확은 3년 후가 된다. 따라서 유류사고 당시에 가두리식 양식어장에서 아직 출하되지 않고 있는 어업생물이 있다면 1세의 2006연급군( $P^1_{2006}$ ), 2세의 2005연급군( $P^2_{2005}$ ), 3세의 2004연급군( $P^3_{2004}$ ) 및 4세의 2003연급군( $P^4_{2003}$ )의 네 연령군이 존재한다. 이 중에서 1세의 2006연급군( $P^1_{2006}$ )은 2007년에 방양된 것이고, 4세의 2003연급군( $P^4_{2003}$ )은 유류 사고 연도에 수확 중에 있었

Table 1. The population structure of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in the hanging culturing beds under the normal environment without oil pollution

year age	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	$P^0_{2002}$	$P^0_{2003}$	$P^0_{2004}$	$P^0_{2005}$	$P^0_{2006}$	$P^0_{2007}$	$P^0_{2008}$	$P^0_{2009}$	$P^0_{2010}$	$P^0_{2011}$	$P^0_{2012}$	$P^0_{2013}$	$P^0_{2014}$	$P^0_{2015}$	$P^0_{2016}$	$P^0_{2017}$
1	$P^1_{2001}$	$P^1_{2002}$	$P^1_{2003}$	$P^1_{2004}$	$P^1_{2005}$	$P^1_{2006}$	$P^1_{2007}$	$P^1_{2008}$	$P^1_{2009}$	$P^1_{2010}$	$P^1_{2011}$	$P^1_{2012}$	$P^1_{2013}$	$P^1_{2014}$	$P^1_{2015}$	$P^1_{2016}$

1.  $P^y_t$  is the population size in number of year class y at age a. For example,  $P^1_{2006}$  denotes the population size of age 1 which was born in the year of 2006.
2. Only two age classes of 0 and 1 were tabulated. It is because that in the oil-polluted region the culturing oysters were harvested all at age 1 during the winter season.
3. The yellow-colored populations indicate ones which were damaged by oil pollution in 2007.

Table 2. The population structure of the abalone, *Haliotis discus hannai*, in the floating netcage culturing beds under the normal environment without oil pollution

year age	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	$P_{2001}^1$	$P_{2002}^1$	$P_{2003}^1$	$P_{2004}^1$	$P_{2005}^1$	$P_{2006}^1$	$P_{2007}^1$	$P_{2008}^1$	$P_{2009}^1$	$P_{2010}^1$	$P_{2011}^1$	$P_{2012}^1$	$P_{2013}^1$	$P_{2014}^1$	$P_{2015}^1$	$P_{2016}^1$
2	$P_{2001}^2$	$P_{2001}^2$	$P_{2002}^2$	$P_{2003}^2$	$P_{2004}^2$	$P_{2005}^2$	$P_{2006}^2$	$P_{2007}^2$	$P_{2008}^2$	$P_{2009}^2$	$P_{2010}^2$	$P_{2011}^2$	$P_{2012}^2$	$P_{2013}^2$	$P_{2014}^2$	$P_{2015}^2$
3	$P_{1999}^3$	$P_{2000}^3$	$P_{2001}^3$	$P_{2002}^3$	$P_{2003}^3$	$P_{2004}^3$	$P_{2005}^3$	$P_{2006}^3$	$P_{2007}^3$	$P_{2008}^3$	$P_{2009}^3$	$P_{2010}^3$	$P_{2011}^3$	$P_{2012}^3$	$P_{2013}^3$	$P_{2014}^3$
4	$P_{1998}^4$	$P_{1999}^4$	$P_{2000}^4$	$P_{2001}^4$	$P_{2002}^4$	$P_{2003}^4$	$P_{2004}^4$	$P_{2005}^4$	$P_{2006}^4$	$P_{2007}^4$	$P_{2008}^4$	$P_{2009}^4$	$P_{2010}^4$	$P_{2011}^4$	$P_{2012}^4$	$P_{2013}^4$

- $P_y^a$  is the population size in number of year class  $y$  at age  $a$ . For example,  $P_{2004}^3$  denotes the population size of age 3 which was born in the year of 2004.
- Only four age classes of from 1 to four were tabulated. It is because that in the oil-polluted region the culturing abalone were spreaded at age 1 and harvested all at age 4.
- The yellow-colored populations indicate ones which were damaged by oil pollution in 2007.

을 가능성이 높다고 할 것이다. 이를 그림으로 제시하면 Table 2에서 보는 바와 같다.

### Ⅲ. 수하식 및 가두리식 양식어업의 정상 상태 및 유류오염상태의 어획량<sup>3)</sup>

#### 1. 정상상태의 어획량

수하식 및 가두리식 양식어업에서는 양성기간이 끝나면 양성생물을 일시에 전량 수확하므로, 이들 양식어업의 평균연간어획량 추정은 자연산 생물을 채포하는 어업의 평균연간어획량을 산출하는 다음의 식 (1)의 특수형에 해당한다. 이를 평균연간어획량 산출식의 자원특성치를 가지고 비교하면 Table 3에 제시하는 바와 같다.

Table 3. Comparison of parameters for measuring damage by oil pollution between the natural fishery and aquaculture fishery

	items	parameters	natural fishery	aquaculture fishery
parameters of biology	recruitment mortality	$R$ :	recruits into the fishing grounds	population size in number spreaded in the culturing grounds( $N_r$ )
	life cycle	$x_r$ :	age at recruiting into the fishing grounds	age at spreading into the culturing grounds
		$x_\lambda$ :	end of life span, when all surviving fish die. $x_\lambda - x_r$ =fishable life span	age at harvesting. $x_\lambda - x_r$ =culturing life span
	mortality	$M$ :	instantaneous natural mortality	instantaneous natural mortality
	growth	$x_0$ :	integration constant, defining age at which organism is of zero weight	integration constant, defining age at which organism is of zero weight
$W_\infty$ :		asymptotic weight	asymptotic weight	
$k$ :		instantaneous coefficient of growth	instantaneous coefficient of growth	
parameters of fishery management	age at first capture	$x_c$ :	age at which fish enter the exploited phase each year	age at harvesting
	fishing intensity	$F$ :	instantaneous fishing mortality	$\infty$
accident of oil pollution	mortality	$O$ :	instantaneous mortality resulting from oil pollution	instantaneous mortality resulting from oil pollution
	government restriction of fishery	$\tau$ :	restriction period	restriction period

3) 본 장의 이론적 기초는 Beverton & Holt(1957)에 근거하며 당해어업의 상황에 맞도록 필요한 파라미터를 조정할 것임.

$$\begin{aligned}
 Y &= \int_{x_c}^{x_r} FN_t W_t dt \\
 &= FR e - M(x_c - x_r) W_\infty \sum_{n=0}^3 \frac{\Omega_n e^{-nk(x_c - x_0)}}{F + M + nk} (1 - e^{-(F+M+nk)(x_r - x_c)})
 \end{aligned} \tag{1}$$

(단,  $\Omega_0 = +1, \Omega_1 = -3, \Omega_2 = +3, \Omega_3 = -1$ )

Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 자연산 채포 어업에서는 어업자가 의도대로 관리할 수 없었던 생물학적 속성이 이들 어업에서는 모두가 어업자의 관리의 대상이 된다. 말하자면 생물학적 속성 모두가 어업자의 어업경영방식에 따라 어느 정도 제어된다. 이러한 특수조건을 식 (1)에 적용하면, 종묘살포미수  $N_r$ 로부터의 평균생산량  $Y$ 는 다음의 식 (2)에 의해 산출된다.

$$\begin{aligned}
 Y &= N_r \cdot e^{-M(x_c - x_r)} \cdot W_\infty \cdot \sum_{n=0}^3 \Omega_n \cdot e^{-nk(x_c - x_r)} \\
 &\text{(단, } \Omega_0 = +1, \Omega_1 = -3, \Omega_2 = +3, \Omega_3 = -1)
 \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)는 오일러의 상수(e)와 총합기호( $\Sigma$ )가 있어서 일견 복잡하고 어쩌면 난해하게까지 보인다. 하지만  $e^{-M(x_c - x_r)}$ 는 사망과정을 나타내므로 이를 양성기간 동안의 생존율로 치환하고,  $W_\infty \cdot \sum_{n=0}^3 \Omega_n \cdot e^{-nk(x_c - x_0)}$ 는 수확생물체의 체중을 가리키므로 식 (2)는 다음과 같은 간단한 식 (3)으로 변형할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Y &= \text{종묘방양미수} \times \text{양성기간의 생존율} \\
 &\quad \times \text{수확생물체의 체중}
 \end{aligned} \tag{3}$$

즉 식 (3)은 종묘방양미수, 양성기간의 생존율과 수확생물체의 체중을 확인하면 평균어획량을 구할 수 있음을 보여 주고 있다 할 것이다.

## 2. 유류오염상태의 어획량

어장이 유류로 오염되면 정상적인 양식어업 경영에 두 가지의 변화가 야기될 것으로 사료된다. 첫째, 당국의 유통·채취금지조치로 수확기가 되어도 수확을 하지 못함으로써 타의에 의해 양성기간이 연장될 것이다. 또 하나는 어장에 표착된 유류로 유류오염사망계수가 정상상태의 자연사망계수에 추가될 것이다. 물론 유류오염

에 노출된 양성생물은 성장이 악화되는 것도 생각할 수 있지만 여기서는 상술한 바의 이유로 이 경우에도 성장 둔화는 고려하지 않기로 한다.

상술한 바와 같이 유류 오염으로 정상적인 양식어업 경영에 발생하는 두 가지의 변화를 감안하면 유류오염상태의 평균연간어획량은 다음의 식 (4)에 의해 산출될 수 있다.

$$Y' = N_r e^{-M(x_c - x_r + \tau)} \cdot e^{-O\Delta t} \cdot W_\infty \cdot \sum_{n=0}^3 \Omega_n \cdot e^{-nk(x_c - x_r + \tau)} \tag{4}$$

(단,  $\Omega_0 = +1, \Omega_1 = -3, \Omega_2 = +3, \Omega_3 = -1$ )

그리고 식 (4)에서  $\Delta t$ 는 유류오염 사망기간을 나타낸다.

어장에 따라서는 어장이 유류로 오염되지 않았지만 당국의 유통·채취금지조치로 수확을 정상적으로 이루지 못하였을 수가 있다. 이 경우에는 식 (4)에서  $O$ 를 0(零)으로 처리한다. 만약 당국의 유통·채취금지조치로 수확기를 놓치는 바람에 판로를 상실하여 양성생물을 전량 폐기할 수밖에 없었던 경우에는 식 (4)에서  $\tau$ 를  $\infty$ (무한대)로 처리하면 된다. 이 경우에  $Y'$ 는 당연히 0(零)으로 계산된다.

그런데 식 (4)에서 사망과정과 성장과정과 관련된 자원특성치를 파악할 수가 없었기 때문에 식 (4)를 적용하여  $Y'$ 를 산출하는 것이 현실적으로 무리일 수가 있다. 왜냐하면 이들 어업은 자연산 채포어업의 자원특성치 중 생물학적 속성을 모두 인간이 제어하므로 자연산 채포어업에서 확인된 자원특성치를 그대로 이 어업에 적용할 수 없기 때문이다. 따라서 이 경우에는 식 (2) 및 식 (4) 대신에 다른 방법을 모색하기로 한다.

시점  $x$ 에서 양성 중에 있는 생물의 생존수를  $N_x$ , 생물체의 체중을  $W_x$ 라 한다면, 자원량  $B_x$ 는 다음의 식 (5)와 같이 정의된다.

$$B_x = N_x \times W_x \tag{5}$$

식 (5)에서 양성이 진행되면  $N_x$ 는 감소하고,  $W_x$ 는 증가한다. 즉,  $N_x$ 는 사망과정을  $W_x$ 는 성장

과정을 나타낸다. 방양종묘의 미수와 체중을 각각  $N_r$ 와  $W_r$ , 수확시의 미수와 체중을 각각  $N_c$ 와  $W_c$ , 종묘방양중량과 수확중량을 각각  $B_r$ 과  $B_c$ 이라 하기로 한다. 단 여기서는 사망과정과 성장과정이 지수함수적으로 진행되는 것으로 가정한다. 이들 어업에서는 양성기간이 끝나면 일시에 전량을 수확한다는 점과 Table 3에 정의된 특성치를 감안하면 정상상태 및 유류오염상태의 평균연간어획량은 각각 다음의 식 (6) 및 식 (7)에 의해 산출된다.

$$Y = B_c = N_c W_c = N_r e^{-M(x_c - x_r)} \cdot W_r e^{G(x_c - x_r)} = B_r e^{(G-M)(x_c - x_r)} \quad (6)$$

$$Y' = B_c = N_c W_c = N_r e^{-M(x_c - x_r + \tau)} \cdot e^{-OAt} \cdot W_r e^{G(x_c - x_r + \tau)} = B_r e^{(G-M)(x_c - x_r + \tau)} \cdot e^{-OAt} \quad (7)$$

#### IV. 수하식 및 가두리식 양식어업의 자원 특성치의 추정 및 피해량 추정

##### 1. 자원특성치의 추정

식 (6)에서  $G$ 와  $M$ 을 제외한 모든 특성치는 어업실적에서 확인할 수 있다. 이 점을 확인하여 다음의 식 (8)에 의해 먼저  $G-M$ 을 구한다.

$$G - M = \frac{1}{x_c - x_r} \ln \frac{Y}{B_r} \quad (8)$$

식 (8)에서 우변은  $Y$ 를 제외하고는 모두 해당 어업실적 또는 관행을 근거로 하여 구할 수 있다.  $Y$ 는 다음과 같이 구한다. 즉, 단위면적당 평균연간어획량을  $y$ , 어장의 시설 면적(또는 규모)을  $A$ 라 하면,  $Y$ 는 다음의 식 (9)에 의해 산출된다.

$$Y = y \times A \quad (9)$$

식 (8)에 의해  $G-M$ 이 구해지면 다음의 식 (10) 또는 식 (11)에 의해  $G$ 와  $M$ 중 어느 하나를 구하면 나머지가 구해진다.

$$G = \frac{1}{x_c - x_r} \ln \frac{W_c}{W_r} \quad (10)$$

$$M = \frac{1}{x_c - x_r} \ln \frac{N_r}{N_c} \quad (11)$$

$G$ 와  $M$ 중 어느 것을 먼저 구할 것인가는 신뢰도 높은 자료의 확보 여부에 의해 결정한다. 만약 종묘방양체중과 수확체중에 관한 자료가 입수되고 신뢰도가 높다면  $G$ 를 먼저 구하고, 종묘방양미수와 수확미수에 관한 자료가 입수되고 신뢰도가 높다면  $M$ 을 먼저 구하도록 한다.

##### 2. 피해량의 추정

수하식 및 가두리식 양식어업의 경우 어기가 특정되어 있는데다가 일정한 공간에 시설을 하고 있어 유류사고로 인한 피해 유형이 여러 가지 있을 수 있다 할 것이다. 따라서 이들을 어업별로 그리고 피해유형별로 별도로 피해량 산출방식을 제시하면 다음과 같다.

피해량( $D_Y$ )을 구하는 기본식은 식 (6)과 식 (7)에 근거하여 다음의 식 (12)와 같다.

$$D_Y = Y - Y' \quad (12)$$

##### 1) 시설 폐기 처분의 경우

이 경우에 해당하는 어업으로 사고 해역에서 가장 성행하는 수하식 굴 양식어업을 보기로 하여 설명하기로 한다. 굴이 부착된 수하연은 조석간만에 따라 하루에 2회씩 대기에 노출된다. 수하시설은 어장에 표착한 유류로 시설은 물론이고 양성 중의 굴이 모두 오염된 바 있다. 이차오염을 막기 위해 예외없이 시설과 함께 양성 중의 굴이 어장으로부터 육지로 옮겨져 폐기처분되었다. 따라서 이 경우에는  $Y' = 0$ 이므로 피해량이 다음의 식과 같이 산출된다.

$$D_Y = nY - \Delta Y \quad (\text{단, } n=1, 2, 3) \quad (13)$$

식 (13)에서  $\Delta Y$ 는 2007년에 수확이 시작되어 유류 사고가 발생하기 직전까지 수확한 양을 가

리킨다. 그리고,  $n$ 는 피해의 범위와 관련된다. Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 유류 사고 당시 어장에는 2007연급군 0세군( $P_{2007}^0$ )과 2006연급군 1세군( $P_{2006}^1$ )의 적어도 어느 하나가 존재하고 있었을 가능성이 있다. 만약 한 연급군만 존재한다면  $n=1$ , 두 연급군 모두가 존재한다면  $n=2$ 가 된다.  $n \geq 3$ 은 어장에 대체시설을 하는 것이 지연되어 생산을 하지 못하게 된 어기를 생각하기 때문이다.

투석식 굴 양식어업에서 어장에 유입된 유류로 오염된 굴들이 이차오염을 방지하기 위하여 폐기 또는 방제작업으로 양성 굴이 전부 어장에서 제거된 경우가 있을 수 있다. 이러한 경우에도 피해량은 식 (13)에 의해 산출되어야 할 것이다.

2) 계속적인 양성 불가능의 경우

유류 오염으로 사고 이전부터 조업하여 왔던 대로 양성을 계속할 수 없는 경우를 전복 가두리식 양식어업을 보기로 들기로 한다. 유류가 유입되면서 어장이 오염되기는 하였으나 극히 일부 시설에 국한되거나 먹이가 되는 미역 또는 다시마를 확보할 수가 없었다. 먹이 확보가 불가능하였던 것은 본인 또는 인근 해조류 양식장의 유류 오염 및 당국의 수산물 유통·채취금지 조치 때문이었다고 볼 수 있을 것이다. 먹이 공급이 적시에 이루어지지 않으면 허약해진 전복은 셀타<sup>4)</sup>로부터 탈락한다. 셀타로부터 탈락한 전복은 조만 간에 사망한다.

이 경우의 피해량은 식 (12)에 의해 산출한다.

3) 유류오염이 우심하고 유통·채취금지 조치로 출하를 못하거나 지연된 경우

이 경우의 피해량( $D_Y$ )은 식 (7)에 근거하여 다음의 식 (14)에 의해 산출한다.

$$D_Y = Y - Y' = Y - B_r e^{(G-M)(x_c - x_r + t)} \cdot e^{-O_d t} \quad (14)$$

4) 유류오염은 경미하나 유통·채취금지 조치

로 출하를 못하거나 지연된 경우

유류오염 자체는 경미하여 이로 인한 피해는 무시하여도 좋으나 다만 유통·채취금지 조치로 출하를 못한 경우가 있을 수 있다. 이러한 경우에 피해량( $D_Y$ )은 식 (7)에 근거하여 다음의 식 (15)에 의해 산출한다.

$$D_Y = Y - Y' = Y - B_r e^{(G-M)(x_c - x_r + t)} \quad (15)$$

5) 양식주기가 교란된 경우

정상적인 양식주기가 교란되어 후속되는 다음의 양식을 시작하지 못한 경우가 있다. 이 경우의 피해량( $D_Y$ )은 식 (16)에 의해 산출한다.

$$D_Y = Y \quad (16)$$

그런데 식 (16)을 적용하는 경우에는 두 가지를 생각할 수 있다. 하나는 유통·채취금지 조치로 출하를 못하거나 지연되어 다음 주기의 양식을 시작하지 못한 경우이고, 나머지 하나는 유류 사고 이전에 수확을 하여 시설 내에 양성물이 없으나 유류 오염이 지속되어 다음 주기의 양식을 시작하지 못하는 경우이다. 전자의 경우에는 식 (14) 또는 식 (15)에 산출된 피해량에 더하여 식 (16)에 의한 피해량이 추가될 것이다.

6) 피해가 있을 수 없는 경우

어류 또는 새우를 가두리식 방법으로 양식하는 어업은 양성생물의 생식기인 봄에 종묘를 확보하여 양식을 시작하고, 수온이 하강하는 겨울철에는 양성생물의 성장 둔화 및 폐사 증가로 양성을 계속하지 못하고 출하하여 양식주기를 당년에 완결한다. 이러한 어업은 유류 사고 당시에 어장에 양성 생물이 이미 수확되어 없고, 이듬해 봄에 유류 오염이 제거되어 정상적으로 양성을 시작할 수가 있는 경우이다. 물론 이 경우에는 유류 오염으로 인한 피해가 있을 수 없다. 즉 피해량( $D_Y$ )은 다음의 식 (17)이다.

4) 셀타란 전복의 포복 습성을 활용하기 위한 장치를 가두리 내에 설치하는 장치를 의미한다.

$$D_Y=0 \quad (16)$$

## V. 결 론

생물의 서식처로서 바다는 물덩어리(수괴)와 이를 담고 있는 해저로 구분된다. 수괴에는 어류로 대표되는 유영동물과 부유생물이 생활하여 유영부라 하고 해저에는 저서생물이 생활하여 저서부라 한다. 유영부에서는 사고선박으로부터 유출된 기름이 확산·증발·침강 등의 과정을 거치며 단시간에 소멸되나, 저서부(특히 조간대의 저서부)에는 유입된 기름이 암반 또는 모래에 표착하여 상당기간 체류하면, 특히 모래도 둘러싸인 간극수에 갇힌 기름은 생물학적 분해에 의하지 않는 한 오래도록 체류한다. 따라서 유영부는 단시간 내에 유류오염으로부터 자유로울 수 있으나 조간대의 경우에는 생물이 생리적 장애를 받아 생존과 성장이 불량해지지 않을 수 없다.

일반적으로 어업생산은 어업자의 어업노력과 대상생물의 자원생물학적 특성(성장·사망·번식 등)에 의해 좌우된다. 금번의 허베이스피리트호 유류사고로 어업에 따라 조업을 하지 못하는 데에 따라 입는 피해와 유류오염으로 어업생물의 자원생물학적 특성이 악영향을 입는 피해가 있다. 물론이 경우에는 유통·채취금지기간 동안에도 유류영향이 없다하더라도 성장과 사망이 진행된다고 할 것이다. 전자에 속하는 어업의 경우, 어장은 부영부에 분포하는 어업생물이 자유롭게 어장 밖의 수역과 무단히 진출입이 이루어져 어장 내의 자원의 내용물이 항상 갱신되는 이른바 개방계이다. 이들 중에서 모든 어선어업(이에는 연안어업과 근해어업이 포함됨)과 구획어업이 이에 해당된다고 할 것이다. 이들 어업은 대상 생물이 모두 유영성 동물을 대상으로 조업한다. 후자에 속하는 어업의 경우, 어장은 저서부에 존재하면 폐쇄계로서 어업생물이

매물 또는 고착성 생물로서 외부와의 진출입이 불가능하다. 이들 어업으로서는 인공적으로 조성한 공간에 생물을 수용하는 모든 양식어업과 종묘생산어업, 정착성 생물을 대상으로 하는 마을어업·나잠어업·맨손어업이 이에 속한다. 연안어업 중에서 패류를 대상으로 하는 형망어업도 연안어업 중에서는 특이하게 이 경우에 해당한다.

이와 같은 마을어업·살포식 및 투석식 패류 양식어업·나잠어업·맨손어업은 지선의 어민에게 약최저간조선의 해안선을 따라 조간대 또는 수심 10m 이천의 조하대에서 쉽게 접근이 가능한 어장에서 특별한 기술을 요하지 아니하는 조업이 가능하고, 모두가 어장에 자연 착생하는 정착성 저서생물을 대상으로 영위되고, 어업생물이 생존에 필요한 먹이를 전적으로 자연산 먹이생물(부유생물 또는 해조류)에 의존하며 인공 사료를 투여하는 일이 전혀 없다는 공통성을 가진다. 그리고 이들 어업은 치패 이식, 환경개선 등의 자원증식을 도모하여 조업하고 어업방법이 어업 기술 중에서 가장 원시적인 형태를 가진다.

이와는 다르게 수하식 및 가두리식 양식어업은 살포식 및 투석식 양식어업과는 전혀 다른 어업경영방식을 취한다. 살포식 및 투석식 양식어업은 착생하여 수명을 다할 때까지 어장에서 사망과 성장 과정을 거치며 전 생활사를 보낸다. 전 생활사를 보내는 도중에 경제적 크기에 도달하면 어획되기 시작하고, 매년 어획에서 누락된 개체는 다음 해로 이월되면서 마지막 개체가 수명을 다하여 어장에서 사라질 때까지 어업을 지탱한다. 이에 비해 수하식 및 가두리식 양식어업은 생물을 인위적으로 일정 공간에 수하하거나 가두어 양성기간이 끝나면 일제히 전량을 수확한다. 따라서 상술한 바와 같이 수하식 및 가두리식 양식어업의 특성을 감안한다면 이들 어업에 대한 유류사고로 인한 피해량은 살포식 투석식 양식어업과 같은 자연양식의 경우와 같이 피해량 산출방법이 동일할 수가 없다.

REFERENCES

- Beverton, R. J. H. and S. J. Holt (1957), *On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations*, II, p.19.
- Fisheries Science Institute, Kunsan National University (1993), *Report on Fisheries Damages caused by Development of New Harbor at Kunsan-Janghang*.
- Institute of Fisheries Science, Pukyong National University (2004), *Report on Fisheries Damages Caused by Development of Harbor at Daesan Area*.
- Korea Ocean Research & Development Institute (2000), *Environmental Survey on Thermal Effect of Boryeong Thermoelectric Power Plant*.
- Korea Rural Community Coporation (1986), *Report on Fisheries Damages Caused by Land Reclamation Project at Shiwaha Area*.
- Kyungil Appraisal Cooperation LTD. (1993), *Report on Fisheries Damages Caused by Land Reclamation Project at Whaong Area*.
- Kyungil Appraisal Cooperation LTD. (1994), *Report on Fisheries Damages Caused by Development of New Harbor at Pyeongtaek*.
- Marine Development Research Center, Kunsan National University (1992), *Report on Fisheries Damages caused by Agriculatural Development at Hongbo Area*.
- Ocean Science Institute, National Fisheries University of Busan (1992), *Report on Fisheries Damages Caused by Development of Harbor at Pyeongtaek Area*.
- Ocean Science Institute, National Fisheries University of Busan (1995), *Report on Fisheries Damages Caused by Land Reclamation Project at Seokmun Area*.
- Ocean Science Institute, National Fisheries University of Busan (1996), *Report on Fisheries Damages Caused by Land Reclamation Project at Shiwaha Area*.
- Seosan District Court, (2013), *Verification Report on Oil Pollution Damages of Fisheries According to Resonsibility Restriction Case of Herbei Spirit*, 345 – 383.
- Kang, Y. J. and Kim, K. S. (2011), “A Study on the Appropriate Estimation Method of Oil Pollution Damage of Mariculture Fisheries,” *The Journal of Fisheries Business Administration*, 42 (1), 22 – 24.