

발전소 온배수에 의한 어업피해범위와 정도 및
어업처분을 결정하는 표준화 방안의 적용사례분석

김기수

부경대학교

발전소 온배수에 의한 어업피해범위와 정도 및 어업처분을 결정하는 표준화 방안의 적용사례분석

*The Case Study on the Application of the Standard Method for the Estimation
of Range and Degree of Fisheries Damages Caused by Warm Water Drained
by Generating Plants.*

강용주 *, 김기수 **

Kang, Yong-Joo and Kim, Ki-Soo

< 목 차 >

- I. 서론
- II. 추정적 이론적 기초
- III. 방법 적용의 예시
 - 3.1 온도환경
 - 3.2 온배수로 인한 온도상승 정도 및 피해범위
 - 3.3 어장
 - 3.4 피해여부
 - 3.5 연간생산감소율
 - 3.6 어업피해율
 - 3.7 어업처분
- IV. 요약 및 논의
- V. 요약 및 결론

※ 참고문헌

* 부경대학교 자원생물학과 교수

** 부경대학교 국제통상학부 교수

1. 서론

발전소의 온배수로 인해 발전소 인근해역에서 조업하는 어업은 피해를 입게 되며, 어업피해는 궁극적으로 어업수익의 감소라고 하는 현상으로 나타난다. 수산업법시행령 제62조에 의하면 공공사업으로 인한 어업피해에 대해 손실액은 평년수익액과 제한기간(즉, 피해기간)이나 제한정도(즉, 피해정도)등을 참작하여 산출하게 되어 있다. 동 시행령은 평년수익액의 산출에 관해서는 상세히 정하고 있으면서, 제한정도의 산출에 대해서는 방법을 명시하지 않고 있다.

제한정도란 발전소의 온배수가 발생되지 않는 것을 가정하였을 경우의 제한기간 동안의 평년수익액에 대한 온배수로 말미암은 평년수익액 減少分의 比로 정의할 수 있다. 수산업법시행령 제62조에 의하면 평년수익액이라 함은 평균연간어획량(양식어업의 경우, “평균연간생산량”이라 함)을 평균연간판매단가로 환산한 금액에서 평년어업경비를 공제한 금액을 가리킨다. 따라서, 평년수익액을 결정하는 요소는 평균연간어획량, 평균연간판매단가 및 어업경비이고, 어업피해는 평균연간어획량의 감소, 연간판매단가의 감소 및 어업경비의 증가라고 하는 세 가지의 요인에 근거하여 검토되어야 할 것이다. 하지만 본 논문에서는 논지의 명료화를 위해 온배수에 의한 평균연간어획량 감소라는 측면에 초점을 맞추어서 분석을 진행하고자 한다³⁾.

평균연간어획량의 감소는 어장이 발전소의 온배수로 피해영향을 받을 경우에 발생한다. 온도는 생물의 생존을 지배하는 요인 중에서 가장 중요한 요인이다. 발전소의 온배수는 발전소 인근해역으로 확산함으로써 수산생물의 생리에 영향을 미친다. 온배수로 수온이 증가하면 유용수산생물에게 직접적인 영향을 미치는 것은 물론이고 유용수산생물의 먹이생물·유용수산생물을 식해하는 포식생물에도 영향을 미쳐 결과적으로 유용수산생물에 간접적으로 영향을 미친다.

그동안 온배수의 피해정도를 나타내는 척도로서 어업생산감소율은 한국해양연구소(1992)가 인천국제공항건설에 따른 피해조사를 실시하면서 처음으로 제시되었다(표 1). 표 1은 온배수 피해조사에서 어업생산감소율을 분명하게 제시한 경우만을 예시한 것이다.

3) 발전소의 온배수가 확산되는 해역에서 생산되고 소비되는 수산물의 양은 우리나라 전국의 수산물 수급 물동량에 비해 무시해도 좋을 정도로 미미하다 할 것이다. 따라서, 발전소의 온배수로 인해 온배수구 인근해역에서의 어업생산량이 변동한다고 하더라도, 그것이 어업자가 생산물을 판매하는 지역의 수산물의 판매가를 좌우하지는 못할 것으로 판단된다.

표 1 온배수의 상승온도에 따른 어업생산감소율

환경요인	상승온도	어업생산 감소율 (%)	적용해역	관련공공사업	문헌
수온	1~2℃	정착 생물 30 유영 생물 20	충남 태안군	태안화전건설	한국해양연구소(1995)
	2℃ <	정착 생물 50 유영 생물 30			

그러나 종래의 발전소의 온배수에 의한 수온상승의 경우에 임계환경변화량은 1℃이지만 이에 관해 과학적 타당성이 입증된 연구가 없다. 그럼에도 불구하고 1℃를 적용하는 것은 사업시행자의 과업지시 때문이었다고 판단된다. 하지만 작금에 우려하고 있는 지구온난화는 1℃에 못미치는 온도상승을 문제로 삼고 있다. 수온상승이 인위적이고 지속적이라 한다면 1℃ 미만의 수온상승이 발전소주변의 어장생태계에 미치는 영향은 무시될 수 없는 것으로 판단된다.

따라서 강용주·김기수 등(2004)은 피해범위와 정도추정과 관련한 기존의 연구들의 비판적 고찰을 통해 환경변화에 따른 생물분포의 통계학적 이론에 근거한 기준과 방법을 이용하여 새로운 어업피해범위와 정도추정방안을 제시한 바 있다. 본 연구는 이러한 강용주·김기수 등(2004)의 이론을 현장에 접목시켜서 발전소 온배수로 인한 어업피해범위와 정도 및 처분결정에 이르기까지 어업피해조사의 전과정을 수미일관하게 도출함으로써 이론의 현실설명력을 검증하고자 시도되었다.

2. 추정의 이론적 기초⁴⁾

본 논문에서 적용하는 어업피해범위와 정도추정의 이론적 기초는 강용주·김기수 등(2004)에서 상세하게 언급하고 있지만 논지의 원활한 전개를 위해 간략히 요약제시하면 다음과 같다.

온배수로 인해 온도환경이 변화하면 수온 X 의 표본평균 \bar{X} 의 확률밀도함수의 위치가 $\mu + d$ 만큼 이동함에 따라 두 개의 확률밀도함수 $AN(\mu, \sigma^2/n)$ 과 $AN(\mu + d, \sigma^2/n)$ 를 생각할 수 있다(그림1). 여기서, 온배수 이전의 정규확률밀도함수 \bar{X} 의 $AN(\mu, \sigma^2/n)$ 에서 어업생산의 대부분을 차지하는 범위를 $\mu \pm k\sigma/\sqrt{n}$ 라 하면, 이 범위의 면적이 온배수 이후의 정규확률밀도

4) 구체적 내용은 강용주·김기수 등(2004)의 “공공사업으로 인한 어업피해범위와 피해정도추정의 새로운 통계학적 접근” 수산경영논집 제35권1호 pp117-132의 이론부분에 상술되어 있음.

함수 $AN(\mu+d, \sigma^2/n)$ 에서는 감소한다. 이 범위는 정규확률밀도함수 $AN(\mu+d, \sigma^2/n)$ 에서도 종전의 개체군이 적응하고 있었던 환경으로서 생물생산이 중단되지 않고 지속되는 어업생산 존속영역이다. 어업생산 존속영역은 수온변화량 d 가 증가함에 따라 감소한다. 해양생태계의 생물생산에 의존하는 어업의 연평형어획량감소율은 어업생산 존속영역의 면적에 근거하여 수온변화량 d 에 대응하는 어업생산감소율(δ_ε)를 산출한다.

여기서 어업생산 존속영역의 면적에 근거하여 환경변화량(d)에 대응하는 어업생산 감소율(δ_ε)를 다음과 같이 정의한다.

$$\delta_\varepsilon = \frac{\int_{-k}^k f(z)dz - \lambda_\varepsilon}{\int_{-k}^k f(z)dz} \quad \text{----- 식1}$$

그리고 환경변화량 d 에 따른 어업생산존속영역의 변화 (빗금부분)는 아래와 같이 나타낼 수 있다. 즉 $d = k\sigma/\sqrt{n}$ (즉, $\varepsilon=k$)의 경우

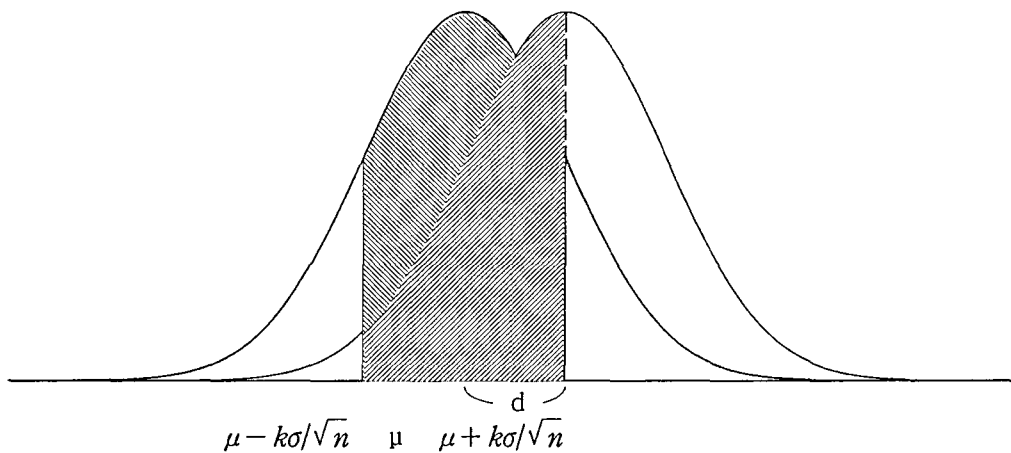


그림 1. 환경변화량 (d)에 따른 어업생산존속영역의 변화 (빗금부분)

연평형어획량감소율을 산출할 경우에 생각해보아야 할 것은 표본평균의 분포에서 전체어업 생산량을 평가하는 범위와 관련하여 k 를 결정하는 문제이다. 정규확률밀도함수는 변수의 변역은 $[-\infty \sim +\infty]$ 이다. $k=1$ 의 경우에는 경미한 수온변화에 대해 어업생산감소율이 높게 평가되고, $k=3$ 에서는 수온변화가 상당히 커야 어업생산감소율이 감지된다. $k=1$ 을 택하면 피해범위가 넓게 설정되고 어업생산감소율이 높게 평가되어 어업인에게 일방적으로 유리하다. $k=3$ 을 택하면 피해범위가 좁게 설정되고 어업생산감소율이 낮게 평가되어 발전소측에게 일방적으로 유리하다. 본 조사는 이해 당사자간에 형평성을 확보하는 데는 $k=2$ 가 적절한 것으로 판단한다. $AN(\mu, \sigma^2/n)$ 에서 $\mu \pm 2\sigma/\sqrt{n}$ 를 벗어나는 범위의 주변 환경은 비정상적이다. 그러므로, 이 범위에서의 생물생산은 안정적이고 지속적으로 유지되지 못하며, 전체생물생산에서 차지하는 비중은 무시하여도 무리가 없다고 사료된다.

3. 방법 적용의 예시

시범으로 정한 발전소로 00000발전소를 정하여 동 발전소의 온배수가 행해지는 수역의 온도환경을 파악하였다. 동 해역의 온도환경은 해양수산부 수산과학원이 우리나라 각 해역에 대해 해양환경조사를 하여 공표하는 자료에 의해 확인하기로 한다. 그리고, 시범어업은 연구자가 현행수산법규가 정하는 어업종류 중에서 해양생태계의 생물생산에 의존하는 어업을 선정하고 선정된 각 어업에 대해 어장의 범위와 위치를 임의로 설정하였다. 그리고, 임의로 설정한 어업에 대해 어업경비율 및 평년어업수익은 최근에 조사한 현장자료를 원용하였다.

3.1 온도환경

가. 00연안해역

00000발전소의 온배수구는 000도 00군 00읍 00리의 00도 서방에 위치한다. 00000발전소측은 온배수의 확산으로 인한 어업피해의 저감대책의 일환으로 온배수구에서 서북방향으로 방조제를 축조하였다. 방조제의 길이는 1,136m에 이른다. 온배수구는 이 방조제의 내측에 있다. 배수구를 떠난 냉각수는 이 방조제에 의해 바로 외해로 확산되지 않고 연안을 따라 북쪽으로 흐른다. 배수구를 떠난 냉각수는 00군 00면 00포에서 00군 00면 00리 000 입구에 이르는 연안을 따라 확산된다.

나. 온도환경

국립수산과학원(前身, 국립수산진흥원)은 00군의 연안해역을 따라 정점을 3~4개 설정하고, 표층 및 저층 수온을 매년 계절마다 1회씩 측정하여 한국해양조사연보를 발행하고 있다.

이 연보에 수록된 00연안의 표층 및 저층 수온 관측 결과를 정리하면 표 2에 제시하는 바와 같다.

표 2에 제시된 자료에 의해 00연안해역의 온도환경으로서 수온의 평균치와 수온의 분산을 계산하여 임계온도환경변화량과 임계온도환경변화율을 구하는 문제를 논의하기로 한다. 수온의 평균치와 분산을 구하는 데 산입하는 수온 관측치의 선택 기준은 여러 가지 조합이 가능하다. 먼저, 표본의 크기 90~200을 기준하면, ①최근 3개년(2001~2003년)의 표층 수온과 저층 수온을 산입하는 경우, ②최근 4개년(2000~2003년)의 표층 수온과 저층 수온을 산입하는 경우, ③최근 6개년(1998~2003년)의 표층 수온을 산입하는 경우, ④최근 6개년(1998~2003년)의 저층 수온을 산입하는 경우, 최근 6개년(1998~2003년)의 표층 수온과 저층 수온의 평균을 산입하는 경우, ⑤최근 6개년(1998~2003년)의 표층 수온과 저층 수온을 산입하는 경우의 5개 경우를 설정하고 수온의 평균치와 분산, 임계온도환경변화량을 계산하여 보기로 한다. 계산의 결과는 표 3에 제시하는 바와 같다.

표 2 00연안의 수온 분포

월	정점	1998		1999		2000		2001		2002		2003	
		표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
2	01	4.7	4.7	4.8	4.9	3.0	3.2	3.1	3.1	4.7	4.7	3.5	3.4
	02	4.8	4.5	5.3	5.4	4.0	3.5	3.1	3.2	5.2	5.2	3.4	3.1
	03	5.7	5.4	5.0	5.0	4.0	3.5	2.9	3.0	4.6	4.7	5.0	4.9
	04					3.5	3.1	2.6	2.7	4.6	4.6	3.4	3.1
5	01	13.8	13.8	16.7	16.6	14.0	14.0	14.9	14.9	14.4	14.0	14.4	13.9
	02	14.1	14.1	17.3	17.2	14.3	14.3	14.8	14.8	15.0	14.9	15.1	14.5
	03	17.8	17.2	18.5	18.5	14.8	14.8	19.7	17.8	15.8	15.8	16.8	16.2
	04					15.4	15.4	17.0	16.8	16.3	15.9	16.7	16.5
8	01	27.5	27.2	25.1	25.1	27.1	25.9	28.3	28.3	26.5	26.6	23.3	23.1
	02	26.9	27.3	25.8	25.5	28.2	28.1	29.2	29.2	26.1	25.9	23.8	23.7
	03	28.4	27.1	26.4	24.8	27.4	27.2	30.3	29.7	27.1	26.6	27.3	26.7
	04					24.5	23.3	30.0	29.7	25.9	25.9	26.1	25.8
11	01	15.8	15.8	15.1	15.1	15.9	15.9	15.8	15.9	11.9	11.94	15.2	15.2
	02	15.6	15.2	15.4	15.5	15.8	15.8	15.3	15.5	12.0	11.95	15.5	15.4
	03	15.3	14.8	15.6	15.6	15.9	15.7	15.7	16.2	12.5	12.42	15.6	15.3
	04					15.8	15.7	14.7	15.2	11.8	11.70	15.5	15.5

자 료 : 해양수산부 국립수산과학원 한국해양환경 조사연보 1999~2004

표 3 00연안해역의 온도 환경

수온 측정 자료			기본통계량			온도 환경 (°C)		임계온도환경 변화량 (°C)
년도	정점	수층	표본 크기 (n)	總合 ($\sum X$)	自乘合 ($\sum X^2$)	평균치 (\bar{X})	표준편차 (s)	
2001~2003	1~4	표층과 저층	96	1457.21	28744.8125	15.18	8.35	0.85
2000~2003	1~4	표층과 저층	128	1940.21	38179.9325	15.16	8.31	0.73
1998~2003	1~3, 1~4	표층	88	1357.4	26817.4	15.43	8.22	0.88
		저층	88	1340.81	26150.1325	15.24	8.11	0.86
		표·저층 평균	88	1350.9	26531.67	15.35	8.16	0.87
		표층과 저층	176	2698.21	52967.5325	15.33	8.14	0.61

표 3에서 알 수 있는 바와 같이 어느 경우에도 수온의 평균치와 표준편차는 각각 15.16~15.43°C와 8.11~8.35°C로 거의 차이가 없다. 이는 매우 인상적이다. 그러나, 수온의 표준오차에 해당하는 임계온도환경변화량은 0.61~0.88°C로 경우에 따라 차이가 있다. 표본의 크기가 커짐에 따라 수치가 작아진다. 1998~2003년의 6개년의 표층과 저층에서 측정된 수온 자료를 모두 산입하여 계산한 임계온도환경변화량 0.61°C는 지나치게 낮은 수치인 것으로 사료된다. 전반적으로 보았을 때 본 예시에서는 임계온도환경변화량을 0.8°C로 설정한다면 무난한 것으로 판단된다. 만약 이 기준의 근거가 확정적이지 못하여 불안하다면 표층과 저층, 4개 정점 및 최근의 3 또는 4개 년도의 측정 자료를 충실하게 구비하는 경우를 기준으로 하여 임계온도환경변화량을 0.73 또는 0.85°C로 정하고 그 밖의 경우에 대해서는 아예 처음부터 검토하지 않으면 될 것이다.

3.2 온배수로 인한 온도상승 정도 및 피해범위

임계온도환경변화량 $d_c = 0.8^\circ\text{C}$ 로 정하고 온배수의 거동에 대한 시뮬레이션의 결과, 온배수구로부터 배출된 냉각수가 확산 및 희석되면서 수온이 하강하여 0.8°C가 되는 등량선을 피해범위를 결정하는 경계선으로 할 때 피해범위가 그림 2와 같이 확정된 것으로 가정한다.

그리고, 그림 2가 나타내는 피해범위 내측 수역, 즉 $d_c = 0.8^\circ\text{C}$ 의 등량선에서 온배수구간의 수역에서는 온배수구에 접근할수록 온배수로 인한 온도상승이 증가한다. 그림 3은 피해범위 내측 수역에 있어서의 온배수로 인한 온도 증가를 온도환경변화율로 나타낸 것이다. 즉, 그림3에서 등량선 1은 온배수로 인한 온도증가량 $d_c = 0.8^\circ\text{C}$, 등량선 2는 온배수로 인한 온도증가량 $d = 1.6^\circ\text{C} = 2 \cdot d_c$, 등량선 3은 온배수로 인한 온도증가량 $d = 2.4^\circ\text{C} = 3 \cdot d_c$, 등량선 4는 온배수로 인한 온도증가량 $d = 3.2^\circ\text{C} = 4 \cdot d_c$, 등량선 5는 온배수로 인한 온도증가

량 $d = 4.0\text{ }^{\circ}\text{C} = 5 \cdot d_c$ 를 각각 가리킨다.

3.3 어장

조사대상어업 중에서 해양생태계의 생물생산에 의존하는 각종 어업의 어장을 조사한 결과, 그림 4~그림 6에 제시하는 바와 같다고 가정한다.

3.4 피해어부

그림 2의 피해범위와 그림 4~그림 6의 어장을 대조하여 어장의 일부가 피해범위 안에 존재하는 어업을 온배수로 인해 피해를 입는 것으로 판단한다면(그림 7~그림 9), 해양생태계의 생물생산에 의존하는 어업 중 온배수로 인해 피해를 입는 어업은 표 4에 제시하는 바와 같다.

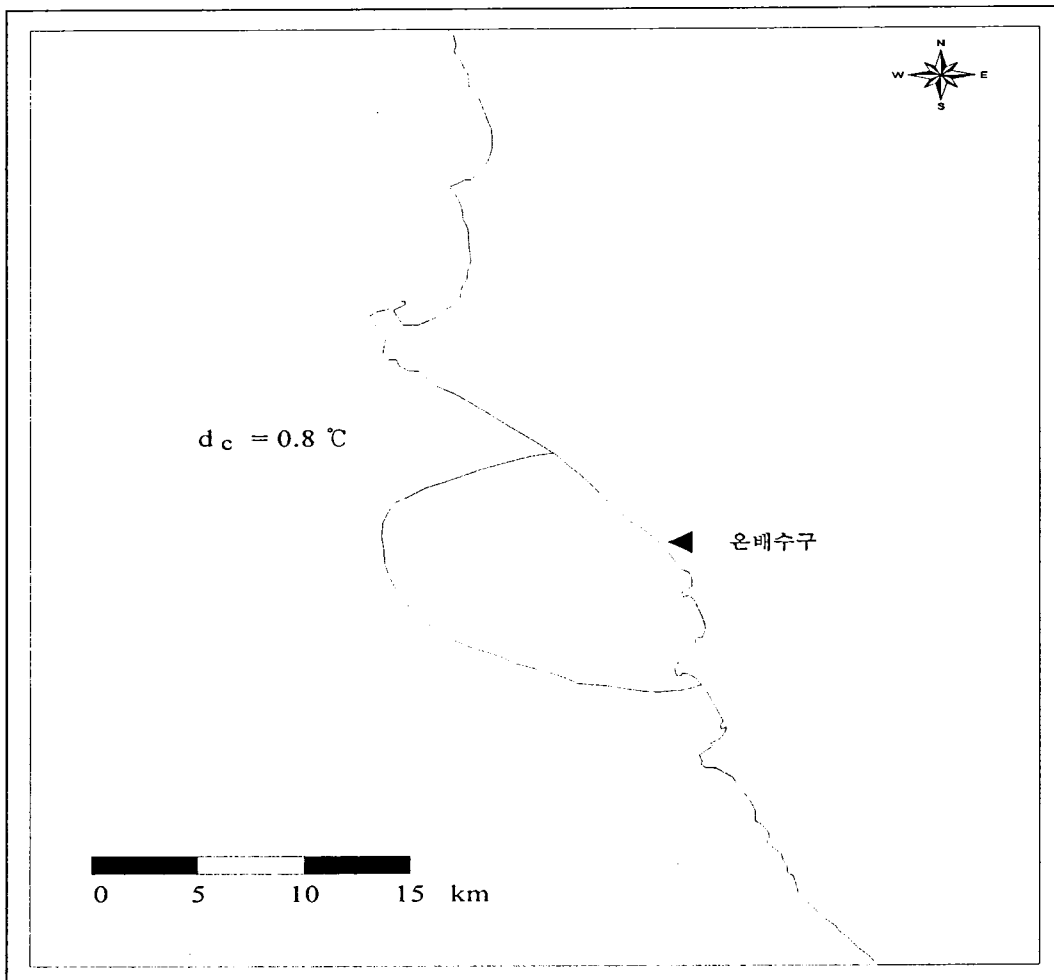


그림 2 발전소 온배수로 인한 어업피해 범위($d_c = 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$)

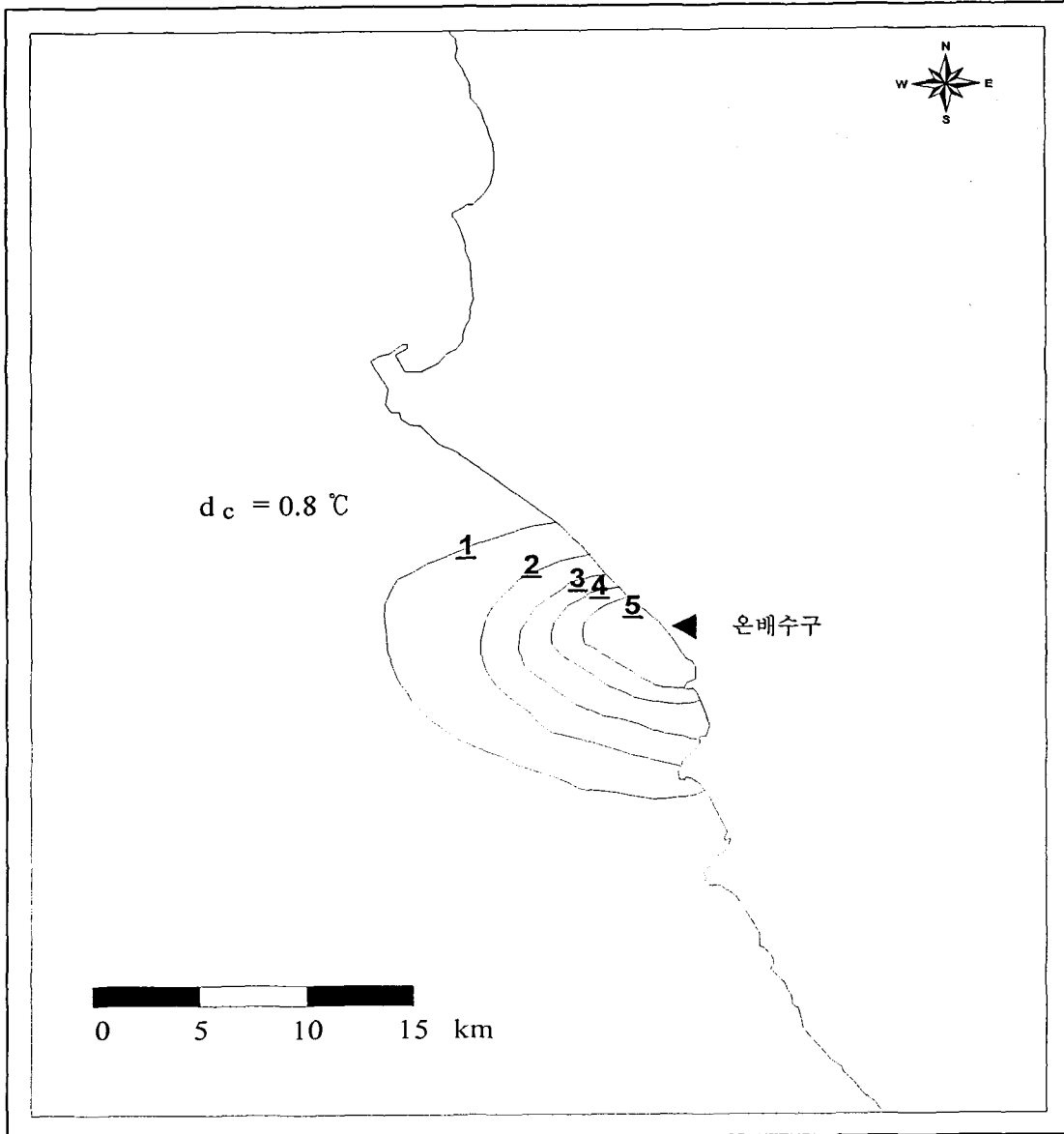


그림 3 발전소 온배수로 인한 온도상승

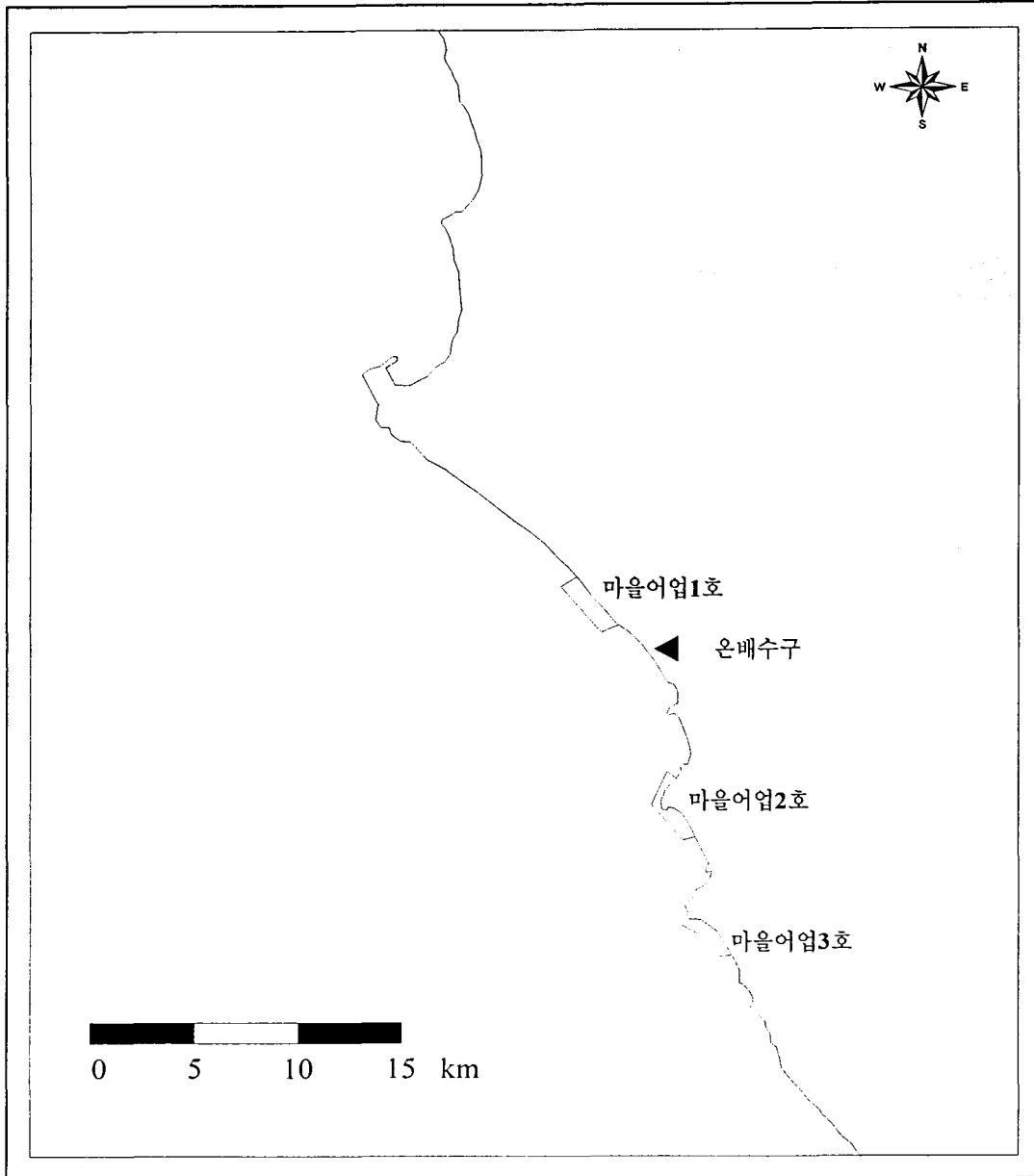


그림 4 마을어업의 어장

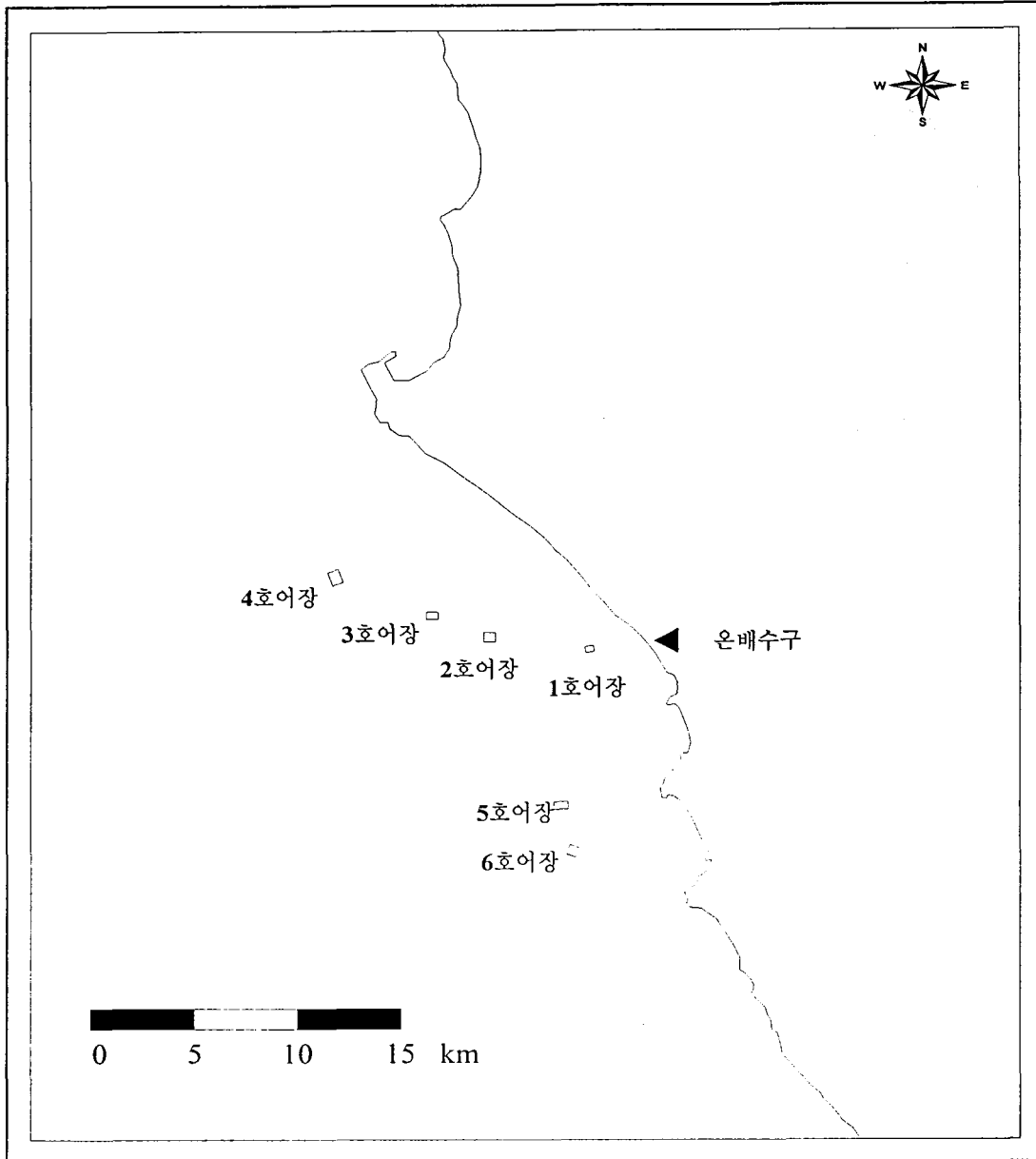


그림 5 정치망어업, 패류양식어업, 해조류양식어업, 정치성구획어업 및
해상종묘생산어업의 어장

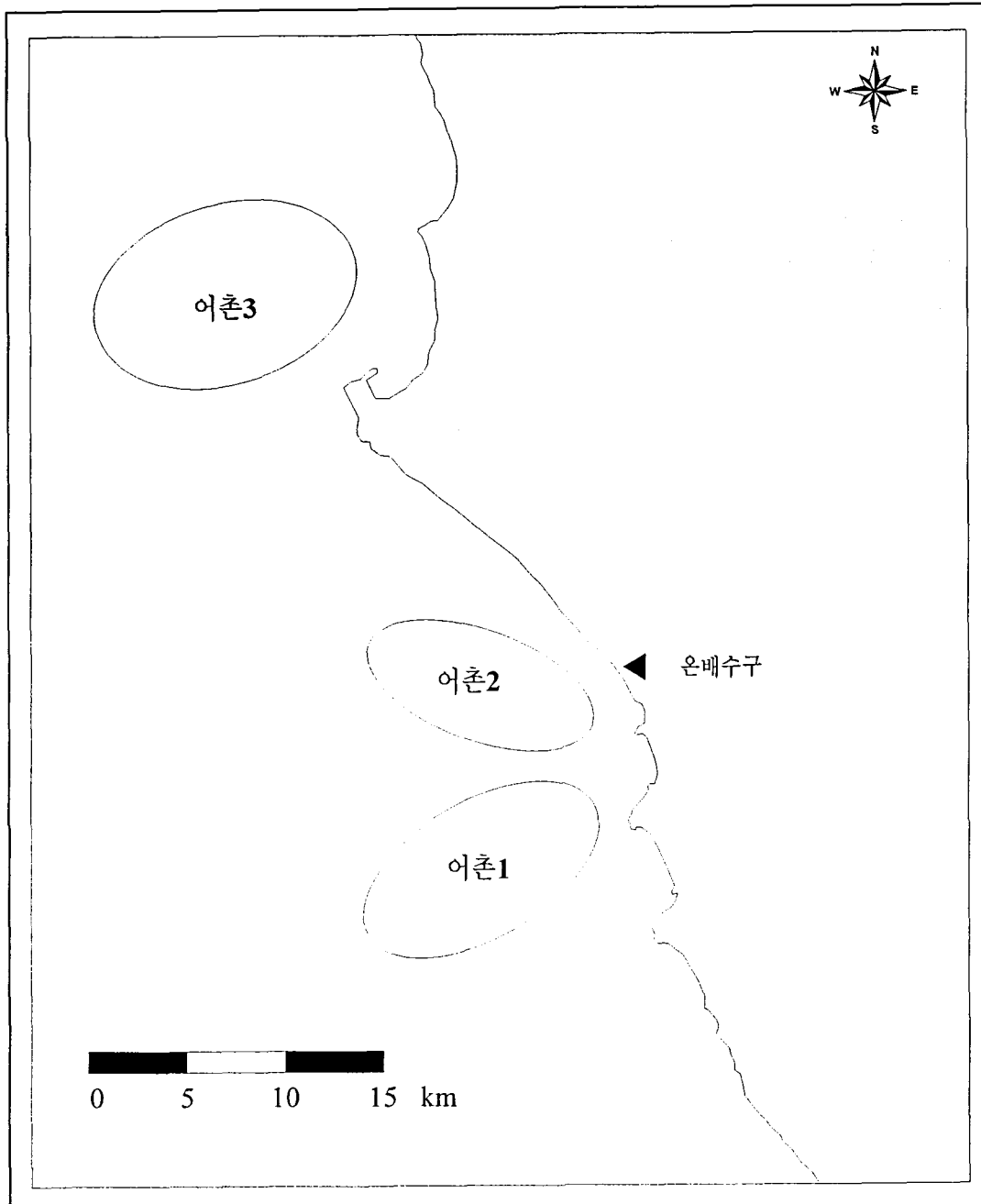


그림 6 연안어업의 어장

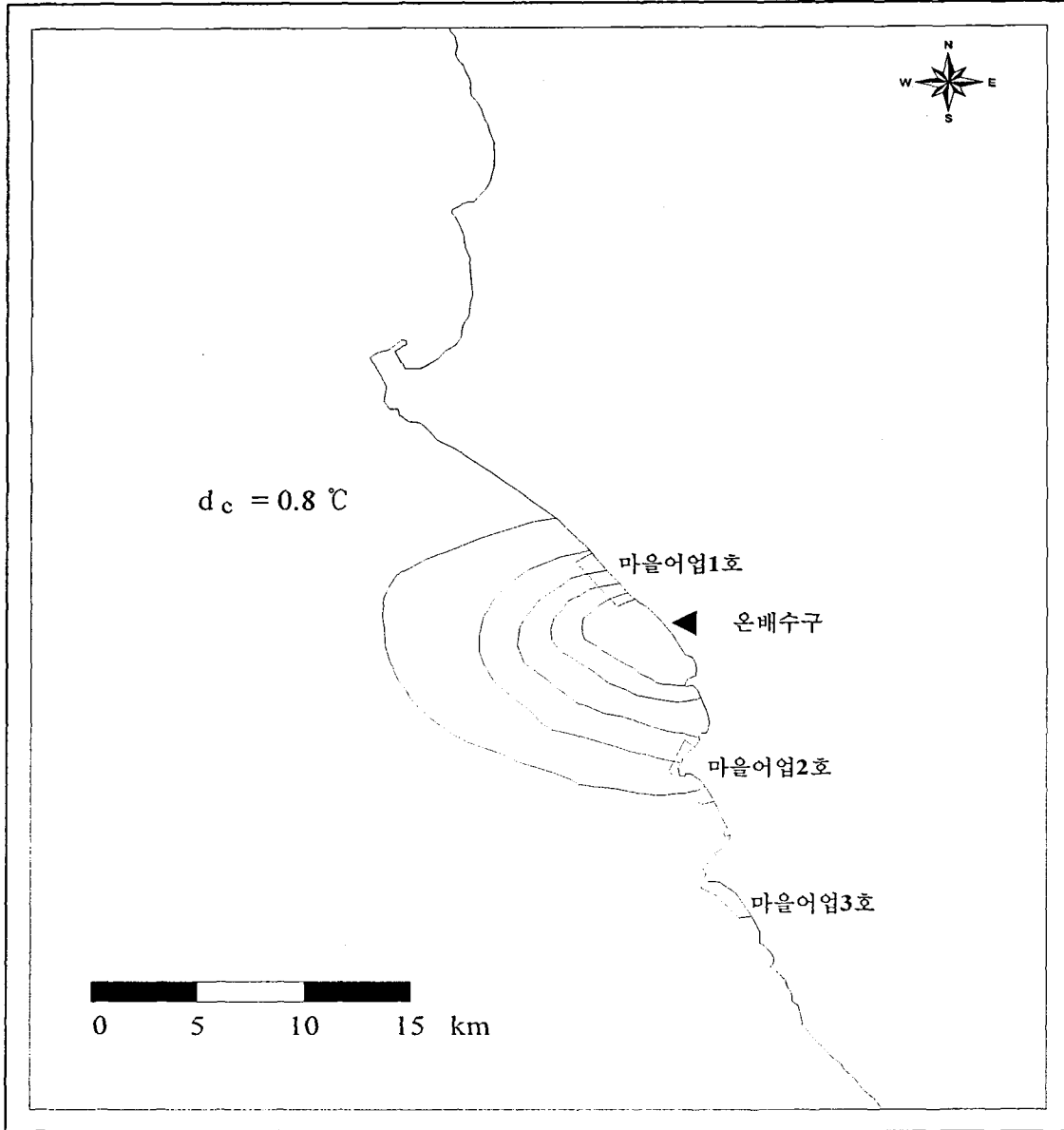


그림 7 마을어업의 피해정도

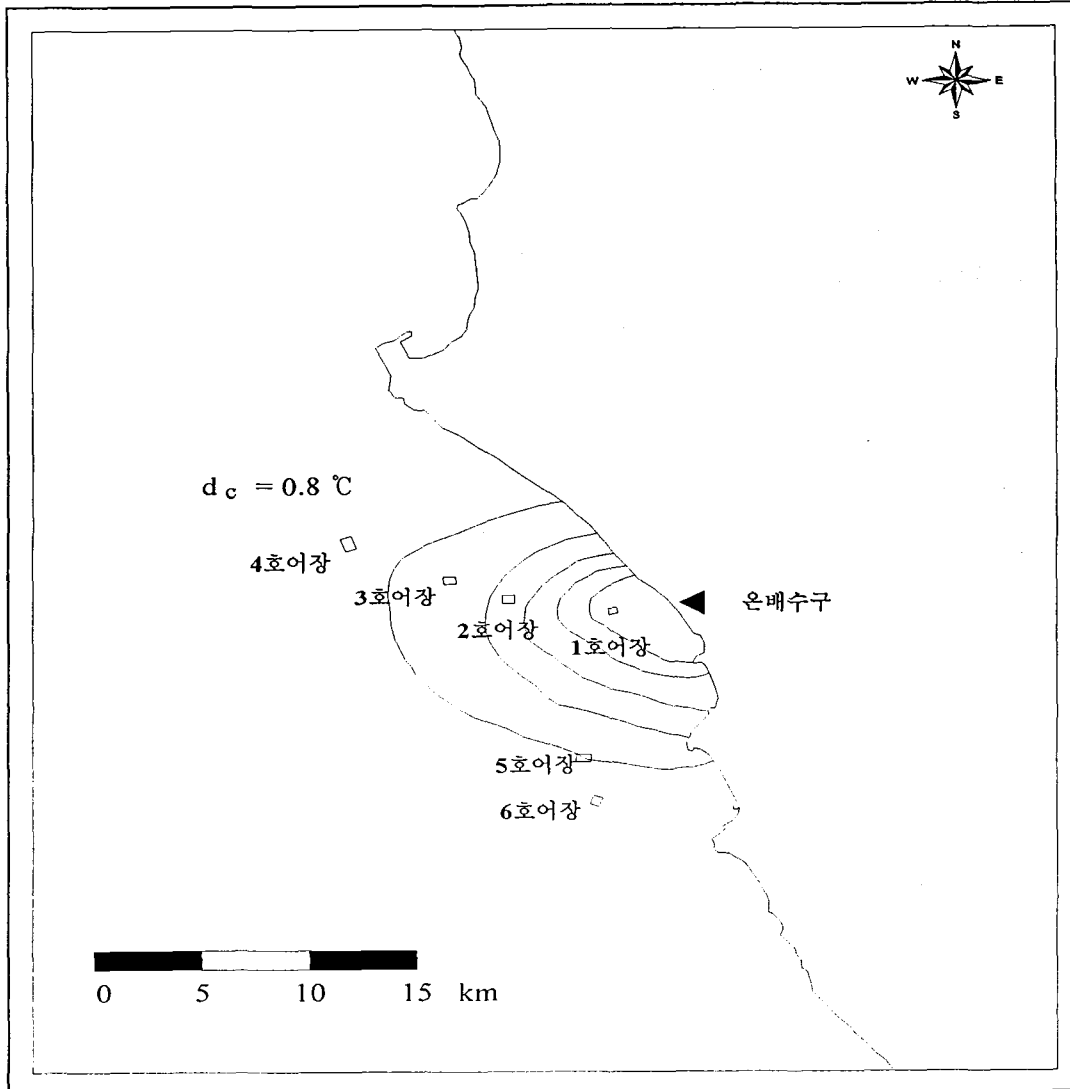


그림 8 정치망어업, 패류양식어업, 해조류양식어업 및 정치성구획어업의 피해정도

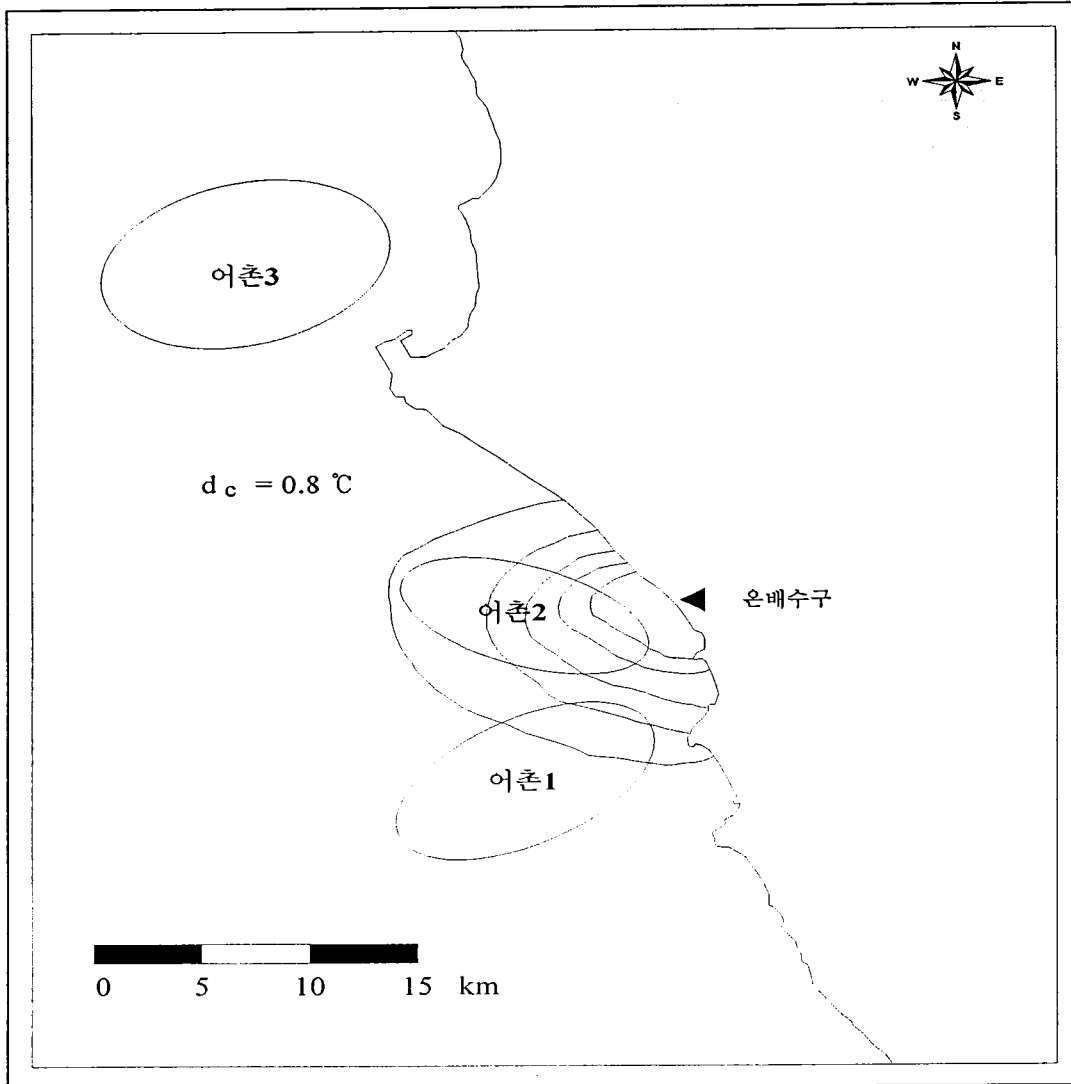


그림 9 연안어업의 피해정도

3.5 연간생산감소율

가. 어장면적

연간생산감소율을 계산하고자 한다면 이에 선행하여 어장제한율과 어장폐쇄조치율을 각각 구하여야 한다. 어장제한율은 전체어장 면적에 대한 피해어장 면적의 비이고, 어장폐쇄조치율은 전체어장 면적에 대한 폐쇄조치어장 면적의 비에 해당한다. 각 조사대상어업에 대해 전체어장, 피해어장 및 폐쇄조치어장의 면적을 구하면 표 5에 제시하는 바와 같다. 이 예시에서는 폐쇄조치어장은 없는 것으로 가정한 것이다. 그러나, 온배수구의 일정 수역에 온배수로 인해 발생하는 泡沬의 확산을 막기 위해 방지막을 설치하거나 관계자 외의 자가 온배수구를 통해 발전소에 침입하는 것을 막기 위해 보호망을 설치하는 경우에는 폐쇄조치어장을 설정하여야 한다.

표 5 조사대상어업의 어장 구분

조사대상어업		어장 면적 (ha)			비고
		전체어장 (A)	피해어장 (a _d)	폐쇄조치어장 (a _c)	
정치망어업 패류양식어업 해조류양식어업 정치성구획어업 해상종묘생산어업	1호	7	7.0	0	
	2호	18	18.0	0	
	3호	16	16.0	0	
	4호	28	0.0	0	
	5호	17	6.4	0	
	6호	18	0.0	0	
마을어업	1호	235	235.0	0	
	2호	179	119.3	0	
	3호	146	0.0	0	
연안어업 이동성구획어업	어촌 1	7,406	1,452.5	0	
	어촌 2	5,426	5,426.0	0	
	어촌 3	10,079	0.0	0	

나. 온도상승정도별 어장면적

어장 전체에 걸쳐서 또는 어장 일부에 온배수로 인해 피해를 입는 어업의 경우에 그림 6 ~ 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 어장에 따라 온도상승정도가 다르다. 정치망어업·패류양식어업·해조류양식어업·정치성구획어업 및 해상종묘생산어업은 어장이 특정의 극히 한정된 구역에 존재하므로 특정의 온도상승범위에서 온배수의 피해영향을 받지만 마을어업은 조업어장이 광범위한 해역에 걸쳐므로 어장의 위치에 따라 온배수로 인한 온도상승의 정도가 다르다. 이러한 점을 감안하면, 피해어업 물건별로 온배수로 인한 어업생산감소율을 산출하기 위해서는 어장단위면적당 연평형어획량감소율을 계산하여야 한다. 그러기 위해서는 어장을 온배수로 인한 온도상승의 정도에 따라 어장을 구분(*i*)하여 면적(*s_i*)을 구하여야 한다.

표 6는 피해어업의 피해어장을 온배수로 인한 온도상승정도에 따라 구분하여 면적을 구한 것이다. 예를 들면, 정치망 등 어업의 1호 물건은 전체어장의 면적이 7ha이고, 피해어장면적이 7ha이다. 즉, 1호 어업은 어장 전체가 피해범위 내에서 온배수로 인한 온도상승이 5ε_c 이상(즉, 4.0℃ 이상)의 구역에 위치함을 의미한다. 정치망 등 어업의 3호 물건은 전체어장이 모두 온배수로 인한 온도상승이 1 ~ 2ε_c, 즉 0.8~1.6℃의 구역에 위치한다. 5호 어업은 전체어장 17ha 중 6.4ha이 온배수로 인한 온도상승이 1 ~ 2ε_c, 즉 0.8~1.6℃의 구역에 위치한다.

다. 온도상승정도별 年平均漁獲量減少率

온도상승정도에 따라 온도상승률 ε에 대응하는 연평형어획량감소율 δ_ε을 k = 2를 적용하여 표준정규분포를 가지고 δ_ε를 구하면 표 7에 제시하는 바와 같다.

표 6 조사대상어업의 온도환경변화율별 어장 면적(s_i)

조사대상어업		어장 면적 (ha)			온도환경변화율별 어장 면적 (ha)					비고
		전체	피해	폐쇄조치	1~2 ϵ_c	2~3 ϵ_c	3~4 ϵ_c	4~5 ϵ_c	5 $\epsilon_c \leq$	
정치망어업	1호	7	7.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.0000	
	2호	18	18.0	0	0.0000	18.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
패류양식어업	3호	16	16.0	0	16.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	4호	28	0.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
정치성구획어업	5호	17	6.4	0	6.3750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
해상종묘생산어업	6호	18	0.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
마을어업	1호	235	235.0	0	0.0000	74.9459	68.5946	55.8919	35.5676	
	2호	179	119.3	0	89.9200	33.4133	0.0000	0.0000	0.0000	
	3호	146	0.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
연안어업	어촌 1	7,406	1,452.5	0	1,327.2	125.3	0.0	0.0	0.0	
	어촌 2	5,426	5,426.0	0	1,948.9	1,248.1	1,147.6	730.4	351.0	
이동성구획어업	어촌 3	10,079	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

라. 年平均漁獲量減少率별 피해어장면적

온배수로 인해 피해를 입는 어업의 경우에 그림 7~그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 어장에 따라 온도상승정도가 다르다. 그래서 어장을 온배수로 인한 온도상승의 정도에 따라 어장을 구분(i)하여 면적(s_i)을 구하였다(표 6). 그리고, 온도상승정도에 따라 온도상승률 ϵ 에 대응하는 年平均漁獲量減少率(δ_ϵ)을 구하였다(표 7). 이제 우리는 표 6와 표 7을 가지고 표 5에 제시한 바와 같이 온배수로 인한 온도상승정도에 따라 어장을 구분(i)하여 구한 어장의 온도상승정도별 면적(s_i)에 대해 온도상승정도에 따른 年平均漁獲量減少率($\delta_{\epsilon,i}$)를 구하면 표 8에 제시하는 바와 같다.

마. 年平均漁獲量減少率

표 8에 제시한 바와 같이 온배수로 인한 온도상승정도에 따라 어장을 구분(i)하여 구한 어장의 온도상승정도별 면적(s_i)에 대해 온도상승정도에 따른 年平均漁獲量減少率($\delta_{\epsilon,i}$)를 구한 것을 가지고 온배수로 인해 피해를 입은 어업의 漁場單位面積當 年平均漁獲量減少率(δ_ϵ)을 구하면 표 9에 제시하는 바와 같다.

표 7 발전소 온배수로 인한 溫度環境變化率(ϵ)과 年平衡漁獲量減少率(δ_ϵ)*

ϵ	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	ϵ
1.0	0.1200	0.1225	0.1250	0.1275	0.1301	0.1327	0.1354	0.1380	0.1407	0.1434	1.0
1.1	0.1462	0.1489	0.1517	0.1546	0.1574	0.1603	0.1632	0.1661	0.1690	0.1720	1.1
1.2	0.1750	0.1780	0.1811	0.1841	0.1872	0.1904	0.1935	0.1967	0.1999	0.2030	1.2
1.3	0.2063	0.2096	0.2129	0.2162	0.2195	0.2229	0.2263	0.2297	0.2331	0.2365	1.3
1.4	0.2400	0.2435	0.2470	0.2505	0.2541	0.2577	0.2613	0.2649	0.2685	0.2722	1.4
1.5	0.2758	0.2795	0.2832	0.2869	0.2907	0.2944	0.2982	0.3020	0.3058	0.3097	1.5
1.6	0.3135	0.3174	0.3212	0.3251	0.3290	0.3329	0.3369	0.3408	0.3448	0.3488	1.6
1.7	0.3528	0.3567	0.3608	0.3648	0.3688	0.3728	0.3769	0.3810	0.3850	0.3891	1.7
1.8	0.3932	0.3973	0.4014	0.4055	0.4096	0.4138	0.4179	0.4220	0.4262	0.4303	1.8
1.9	0.4345	0.4386	0.4428	0.4470	0.4511	0.4553	0.4595	0.4637	0.4678	0.4720	1.9
2.0	0.4762	0.4804	0.4846	0.4887	0.4929	0.4971	0.5012	0.5054	0.5096	0.5138	2.0
2.1	0.5179	0.5221	0.5262	0.5304	0.5345	0.5386	0.5428	0.5469	0.5510	0.5551	2.1
2.2	0.5592	0.5633	0.5674	0.5715	0.5755	0.5796	0.5836	0.5877	0.5917	0.5957	2.2
2.3	0.5997	0.6037	0.6077	0.6116	0.6156	0.6195	0.6235	0.6274	0.6313	0.6351	2.3
2.4	0.6390	0.6428	0.6467	0.6505	0.6543	0.6581	0.6619	0.6656	0.6693	0.6731	2.4
2.5	0.6768	0.6804	0.6841	0.6877	0.6914	0.6950	0.6985	0.7021	0.7056	0.7092	2.5
2.6	0.7127	0.7162	0.7196	0.7230	0.7265	0.7299	0.7332	0.7366	0.7399	0.7432	2.6
2.7	0.7465	0.7498	0.7530	0.7562	0.7594	0.7626	0.7657	0.7688	0.7719	0.7750	2.7
2.8	0.7780	0.7811	0.7841	0.7870	0.7900	0.7929	0.7958	0.7987	0.8015	0.8044	2.8
2.9	0.8072	0.8099	0.8127	0.8154	0.8181	0.8208	0.8234	0.8261	0.8287	0.8312	2.9
3.0	0.8338	0.8363	0.8388	0.8413	0.8437	0.8461	0.8485	0.8509	0.8533	0.8556	3.0
3.1	0.8579	0.8601	0.8624	0.8646	0.8669	0.8690	0.8711	0.8732	0.8753	0.8774	3.1
3.2	0.8794	0.8815	0.8835	0.8854	0.8874	0.8893	0.8912	0.8931	0.8950	0.8968	3.2
3.3	0.8986	0.9004	0.9021	0.9039	0.9056	0.9073	0.9089	0.9104	0.9122	0.9138	3.3
3.4	0.9154	0.9170	0.9185	0.9200	0.9215	0.9230	0.9244	0.9258	0.9272	0.9286	3.4
3.5	0.9300	0.9314	0.9327	0.9340	0.9353	0.9365	0.9378	0.9390	0.9402	0.9414	3.5
3.6	0.9426	0.9437	0.9449	0.9460	0.9471	0.9482	0.9492	0.9503	0.9513	0.9523	3.6
3.7	0.9533	0.9543	0.9552	0.9562	0.9572	0.9580	0.9589	0.9598	0.9607	0.9615	3.7
3.8	0.9624	0.9632	0.9640	0.9648	0.9656	0.9663	0.9671	0.9678	0.9685	0.9692	3.8
3.9	0.9699	0.9706	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	3.9
4.0	0.9762	0.9767	0.9773	0.9778	0.9783	0.9789	0.9794	0.9799	0.9803	0.9808	4.0
4.1	0.9813	0.9817	0.9822	0.9826	0.9830	0.9835	0.9839	0.9843	0.9847	0.9851	4.1
4.2	0.9854	0.9858	0.9862	0.9865	0.9869	0.9872	0.9875	0.9878	0.9882	0.9885	4.2
4.3	0.9888	0.9891	0.9893	0.9896	0.9899	0.9902	0.9904	0.9907	0.9909	0.9912	4.3
4.4	0.9914	0.9916	0.9916	0.9921	0.9923	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9933	4.4
4.5	0.9935	0.9937	0.9939	0.9940	0.9942	0.9944	0.9945	0.9947	0.9948	0.9950	4.5
4.6	0.9951	0.9953	0.9954	0.9955	0.9957	0.9958	0.9959	0.9960	0.9961	0.9963	4.6
4.7	0.9964	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9972	4.7
4.8	0.9973	0.9974	0.9975	0.9976	0.9976	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	4.8
4.9	0.9980	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	4.9
5.0	0.9986	0.9986	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9990	5.0
5.1	0.9990	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	5.1
5.2	0.9993	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	5.2
5.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	5.3
5.4	0.9996	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	5.4
5.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	5.5
5.6	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	5.6

* $k = 2$ 의 경우

바. 平均年間生産減少率

연간생산감소율을 산출하기 위해서는 어장제한율(α), 어장폐쇄조치율(ϕ) 및 漁場單位面積當年平衡漁獲量減少率(δ_e)을 먼저 구하여야 한다. 표 5에 제시한 전체어장면적, 피해어장면적 및 폐쇄조치어장면적에 의해 어장제한율(α)과 어장폐쇄조치율(ϕ)을 구하고, 표 9에 제시한 年平均漁獲量減少率(δ_e)을 적용하여 은배수 피해어업별로 年間生産減少率(δ)을 구하면 표 10에 제시하는 바와 같다.

표 8 조사대상어업의 年平均漁獲量減少率別($\delta_{e,i}$) 어장면적(s_i)

조사대상어업	번호	어장 면적 (ha)			年平均漁獲量減少率別 어장 면적 (ha)					비고
		전체	피해	폐쇄조치	28%	68%	93%	99%	100%	
정치망어업 패류양식어업 해조류양식어업 정치성구획어업 해상종묘생산어업	1호	7	7.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.0000	
	2호	18	18.0	0	0.0000	18.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	3호	16	16.0	0	16.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	4호	28	0.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	5호	17	6.4	0	6.3750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	6호	18	0.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
마을어업	1호	235	235.0	0	0.0000	74.9459	68.5946	55.8919	35.5676	
	2호	179	119.3	0	89.9200	33.4133	0.0000	0.0000	0.0000	
	3호	146	0.0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
연안어업 이동성구획어업	어촌 1	7,406	1,452.5	0	1,327.2	125.3	0.0	0.0	0.0	
	어촌 2	5,426	5,426.0	0	1,948.9	1,248.1	1,147.6	730.4	351.0	
	어촌 3	10,079	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

표 9 年平均漁獲量減少率 (δ_e)

조사대상어업	번호	어장 면적 (ha)			年平均漁獲量減少率 (δ_e)
		전체	피해	폐쇄조치	
정치망어업 패류양식어업 해조류양식어업 정치성구획어업 해상종묘생산어업	1호	7	7.0	0	1.0000
	2호	18	18.0	0	0.6800
	3호	16	16.0	0	0.2800
	4호	28	0.0	0	0.0000
	5호	17	6.4	0	0.1050
	6호	18	0.0	0	0.0000
마을어업	1호	235	235.0	0	0.8751
	2호	179	119.3	0	0.2613
	3호	146	0.0	0	0.0000
연안어업 이동성구획어업	어촌 1	7,406	1,452.5	0	0.0617
	어촌 2	5,426	5,426.0	0	0.6516
	어촌 3	10,079	0.0	0	0.0000

표 10 피해어장별 漁場制限率(α), 漁場閉鎖措置率(ϕ), 年平均漁獲量減少率(δ_e) 및 年間生産減少率(δ)

조사대상어업		漁場制限率 (α)	漁場閉鎖措置率 (ϕ)	年平均漁獲量 減少率 (δ_e)	年間 漁獲量減少率 (δ)	피해정도
정치망어업 패류양식어업 해조류양식어업 정치성구획어업 해상종묘생산어업	1호	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	심각
	2호	1.0000	0.0000	0.6800	0.6800	심각
	3호	1.0000	0.0000	0.2800	0.2800	경미
	4호	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	無被害
	5호	0.3750	0.0000	0.1050	0.0394	경미
	6호	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	無被害
마을어업	1호	1.0000	0.0000	0.8751	0.8751	심각
	2호	0.6667	0.0000	0.2613	0.1754	경미
	3호	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	無被害
연안어업 이동성구획어업	어촌 1	0.1961	0.0000	0.0617	0.0121	경미
	어촌 2	1.0000	0.0000	0.6516	0.6516	심각
	어촌 3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	無被害

3.6 어업피해율

현행 수산업법시행령 제 62조에서 어업손실보상의 기준을 평년수익액으로 하고 있으므로 어업피해율을 평균연간 어업수익감소율로 명명한다. 따라서 어업피해율(μ)은 식 2과 같이 규정된다.

$$\mu = \frac{\pi - \pi'}{\pi} \dots\dots\dots\text{식 2}$$

단 π' 는 어업피해발생 이후의 평년어업수익, π 는 어업피해발생 이후의 평년어업수익을 가리킨다. 이러한 어업피해율의 추정방식은 어업피해발생의 전후 어획물 가격의 변화유무에 따라 크게 2가지로 구분된다 할 것이다. 즉

(1) 가격의 변화가 없는 경우(식2과 동일)

$$\mu = \delta \left[m + \frac{1-m}{\theta} \right] \dots\dots\dots\text{식 2.1}$$

(단 δ 는 해당어업의 평균연간생산감소율, m 은 해당어업의 총경비 증 변동경비비중, θ 는 해당어업의 어업수익율)

(2) 가격의 변화가 있는 경우($k\%$ 의 가격하락의 경우)

$$\mu = \delta \left[m + \frac{1-m}{\theta} \right] + k(1-\delta) \left[m + \frac{1-m}{\theta} \right] = [\delta + k(1-\delta)] \left[m + \frac{1-m}{\theta} \right] \text{ ---- 식 2.2}$$

이상에서 발전소 온배수로 인하여 피해를 입은 어업의 어업피해율을 도출하기 위하여서는 앞서 표 10에서 추정 제시한 피해어업의 평균연간생산감소율(δ)과 감정평가사가 조사한 피해어업의 어업경영수지와 관련한 정보 즉 평균연간어업수익율(θ) 및 총어업경비중 생산량의 변화와 연동되는 변동경비비중(m)에 대한 자료가 요구된다 할 것이다.

이하에서 표 10에서 제시된 유형별 피해어업의 평균연간생산감소율(δ), 평균연간어업수익율(θ) 그리고 이들 어업의 변동경비비중(m)을 이용하여 식 2.1에 제시된 피해어업의 어업피해율을 추정한 결과는 표 11에서 보는 바와 같다.

표 11 피해어업의 어업피해율 추정치의 예시

피해어업		평균연간생산감소율 (δ)	어업수익율 (θ)	변동경비 비중 (m)	어업피해율* (μ)	비고
양식어업	1호	1.0000	0.4691	0.6732	1.3699	
	2호	0.6800			0.9315	
정치망어업	3호	0.2800	0.3994	0.6192	0.4404	
정치성구획어업	5호	0.0394	0.4950	0.5650	0.0569	
마을어업	1호	0.8751	0.5512	0.9280	0.9264	
	2호	0.1754			0.1857	
연안어업	어촌1	0.0121	0.3923	0.6898	0.0179	
	어촌2	0.6516			0.9647	

※ 어업피해율이 1 이상이라 함은 어업생산액이 어업경비를 상회할 수 없어 陰의 어업수익이 발생한 경우를 의미함

3.7 어업처분

가. 어업처분유형의 개념적 정의

어업처분유형을 결정하기 위해서는 우선 수산업법시행령 제62조에 규정된 어업처분유형의 개념적 정의가 필요하다고 사료된다. 본 연구자가 동규정의 어업처분유형을 자연과학 및 사회과학의 방법을 원용하여 개념적 정의를 시도하면 다음과 같다.

우선 취소처분의 경우는 공익사업시행으로 발생하는 어장생태계의 변화와 이에 따른

어업피해가 너무 클 뿐 아니라 장기간에 걸쳐 지속됨으로써 사업시행자나 어민의 어떠한 노력에도 어장생태계를 본래의 상태로 회복시킬 수 없게 되어 어업의 경제성이 소멸한 어업을 취소하도록 한다.

다음으로 제한처분의 경우는 공익사업의 시행으로 발생하는 어장생태계의 변화와 이에 따른 어업피해가 있기는 하지만 그 정도가 심하지 않아 처음 일정동안은 피해가 지속되지만 사업자의 조력과 어민의 노력으로 새롭게 조성되는 어업환경에 충분히 적응함으로써 어민이 생계를 유지할 수 있는 수준으로 어업수익을 도모할 수 있는 경우에는 어업을 제한하도록 한다.

마지막으로 정지처분의 경우는 공익사업의 시행으로 발생하는 어장생태계의 변화와 이에 따른 어업피해가 공사기간에만 발생하여 어업이 불가능하지만 공사기간이 지나면 어업생태계가 본래의 상태로 환원되어 어민이 정상조업을 재개할 수 있는 경우는 어업을 정지하도록 한다.

그런데 이상의 어업처분유형 중 발전소 온배수와 관련한 어업피해의 성격과 관련하여 보면 그 어업피해의 성격이 발전소가 계속 운영되고 있는 한 반영구적이므로 주로 어업제한과 어업취소처분이 고려대상임을 알 수 있을 것이다.

나. 어업처분유형의 결정

여기서 현행 수산업법시행령 제62조 별표4에서는 어업제한보상액을 어업제한정도와 제한기간을 참작하여 산정하도록 하고 있다. 즉 제한보상액은 피해어업의 평년수익액과 어업피해율 그리고 어업제한기간에 의해 결정된다 할 것이다. 하지만 이렇게 산정된 제한보상액이 취소보상액을 초과할 수 없도록 아울러 규정하고 있다. 따라서 이상의 규정을 원용하여 어업제한보상액과 어업취소보상액간의 대소를 비교하여 어업처분방식 결정할 수 있다. 즉, 두 보상액의 대소비교를 통해 제한처분과 취소처분을 결정짓는 임계어업피해율을 도출할 수 있고 식 2과 같이 추정된 피해어업의 피해율을 임계어업피해율과 비교하여 어업처분유형을 결정할 수 있을 것이다.

그리고 어업피해보상액이란 향후 어업피해존속기간 동안 예상되는 어업피해액을 어업처분시점에서 보상하는 것이므로 원칙적으로 어업피해존속기간동안의 총피해액을 현재 가치로 환산한 금액으로 산정하는 것이 타당하다고 사료된다. 이상의 상황을 고려한 어업처분유형을 제시하면 다음과 같다.

(1)허가 및 신고어업의 경우

① 피해기간이 한시적인 경우

$$D = \mu \cdot \pi \cdot \frac{[(1+r)^n - 1]}{r(1+r)^n} \geq 3\pi \rightarrow \text{취소} \dots \text{식 3}$$

$$D = \mu \cdot \pi \cdot \frac{[(1+r)^n - 1]}{r(1+r)^n} < 3\pi \rightarrow \text{제한} \dots \text{식 4}$$

② 피해기간이 영구적인 경우

$$D = \frac{\mu \cdot \pi}{r} \geq 3\pi \rightarrow \text{취소} \dots \text{식 5}$$

$$D = \frac{\mu \cdot \pi}{r} < 3\pi \rightarrow \text{제한} \dots \text{식 6}$$

표 12 허가어업의 임계어업피해율과 어업처분과의 관계

구 분	적정할인율	피해기간	어업처분
한시적 피해기간	0.12	10년	$\mu \geq 0.531$ - 어업취소 $\mu < 0.531$ - 어업제한
		15년	$\mu \geq 0.441$ - 어업취소 $\mu < 0.441$ - 어업제한
		20년	$\mu \geq 0.402$ - 어업취소 $\mu < 0.402$ - 어업제한
영구적 피해기간	0.12	무한대 (∞)	$\mu \geq 0.360$ - 어업취소 $\mu < 0.360$ - 어업제한

(2)면허어업의 경우(영구적 피해보상액과 취소보상액 동일)

$$D = \mu \cdot \pi \cdot \frac{[(1+r)^n - 1]}{r(1+r)^n} \geq \mu \cdot \frac{\pi}{r} \rightarrow \text{취소} \dots \text{식 7}$$

$$D = \mu \cdot \pi \cdot \frac{[(1+r)^n - 1]}{r(1+r)^n} < \mu \cdot \frac{\pi}{r} \rightarrow \text{제한} \dots \text{식 8}$$

표 13 먼허어업의 임계어업피해율과 어업처분과의 관계

구 분	적정할인율	피해기간	어업처분유형
한시적 피해기간	0.12	10년	$\mu \geq 1.475$ - 어업취소 $\mu < 1.475$ - 어업제한
		15년	$\mu \geq 1.224$ - 어업취소 $\mu < 1.224$ - 어업제한
		20년	$\mu \geq 1.116$ - 어업취소 $\mu < 1.116$ - 어업제한
영구적 피해기간	0.12	무한대(∞)	$\mu \geq 1$ - 어업취소 $\mu < 1$ - 어업제한

다. 어업처분결정의 예시

발전소 온배수에 의한 어업피해란 발전소가 가동되고 있는 한 지속될 수 밖에 없다. 따라서 발전소 온배수에 의한 어업피해기간은 반영구적이라고 간주하는 것이 타당할 것이다. 그러므로 표 11에서 제시된 피해어업의 어업피해율 추정치와 표 12 및 표 13에서 제시되고 있는 영구적 피해시의 어업유형별 임계어업피해율을 비교하여 이들 어업의 처분유형을 결정하도록 한다. 그리고 그 결과는 표 14에서 제시하는 바와 같다.

표 14 피해어업의 어업처분결정 예시

피해어업	어업유형	임계어업 피해율	추정어업 피해율	어업처분 결정	비고
양식어업	1호	면허	1.0000	1.3699	취소
	2호			0.9315	제한
정치망어업	3호	면허	1.0000	0.4404	제한
정치성구획어업	5호	허가	0.3600	0.0569	제한
마을어업	1호	면허	1.0000	0.9264	제한
	2호			0.1857	제한
연안어업	어촌1	허가	0.3600	0.0179	제한
	어촌2			0.9647	취소

4. 요약 및 논의

본 연구자는 생물분포의 통계적 방법론을 적용하여 공공사업으로 인한 어업피해범위와, 어업피해정도로써 연간어업생산감소를 추정하는 이론과 방법 및을 제안한 바 있다(강용주 · 김기수 등(2004)). 여기서 우리는 해양생태계의 생물생산에 의존하는 어업에 대해 이미 제안한 방법을 적용하여 어업피해여부에서 어업처분을 결정하는 일련의 과정을 시범적으로 제시하고자 하였다.

사례적용을 위해 00000발전소의 온배수가 행해지는 수역을 정하고 이 수역의 온도환경

을 해양수산부 수산과학원이 해양환경조사를 하여 공표하는 자료에 의해 파악하였다. 국립수산과학원(前身, 국립수산진흥원)은 00군의 연안해역을 따라 설정한 3~4개 정점에서 수온을 매년 계절마다 1회씩 측정하여 한국해양조사연보를 발행하고 있다. 이 연보에 수록된 00연안의 표층 및 저층 수온 관측 결과를 정리하면 표 2에 제시하는 바와 같다. 표 2에 제시된 자료에 의해 00연안해역의 온도환경으로서 수온의 평균치와 수온의 분산 및 임계온도환경변화량을 계산한 결과는 표 3에 제시하는 바와 같다. 전반적으로 보았을 때 본 예시에서는 임계온도환경변화량을 0.8°C 로 설정하기로 한다.

임계온도환경변화량 $d_c = 0.8^{\circ}\text{C}$ 로 정하고 온배수의 거동에 대한 시뮬레이션의 결과, 온배수구로부터 배출된 냉각수가 확산 및 희석되면서 수온이 하강하여 0.8°C 가 되는 등량선을 피해범위를 결정하는 경계선으로 할 때 피해범위가 그림 2와 같이 확정된 것으로 가정한다. 그리고, 그림 2가 나타내는 피해범위 내측 수역, 즉 $d_c = 0.8^{\circ}\text{C}$ 의 등량선에서 온배수구 간의 수역에서는 온배수구에 접근할수록 온배수로 인한 온도상승이 증가한다(그림 3).

한편, 어업피해범위를 확정하는 조사와는 독립적으로 조사대상어업의 어장을 조사한 결과, 그림 4~그림 6에 제시하는 바와 같다고 가정한다. 그림 2의 피해범위와 그림 4~그림 6의 어장을 대조하여 어장의 일부가 피해범위 안에 존재하는 어업을 온배수로 인해 피해를 입는 것으로 판단한다면(그림 7~그림 9), 온배수로 인해 피해를 입는 어업은 표 4에 제시하는 바와 같다.

연간생산감소율을 계산하고자 한다면 이에 선행하여 어장제한율과 어장폐쇄조치율을 각각 구하여야 한다. 이 예시에서는 폐쇄조치어장은 없는 것으로 가정한 것이다. 그러나, 온배수구의 일정 수역에 온배수로 인해 발생하는 泡沫의 확산을 막기 위해 방지막을 설치하거나 관계자 외의 자가 온배수구를 통해 발전소에 침입하는 것을 막기 위해 보호망을 설치하는 경우에는 폐쇄조치어장을 설정하여야 한다.

표 4에 제시한 바와 같이 온배수로 인해 피해를 입는 어업의 경우에 그림 7~그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 어장에 따라 그리고 같은 어장이라 하더라도 어장 내 위치에 따라 온도상승정도가 다르다. 이러한 점을 감안하면, 피해어업 물건별로 온배수로 인한 어업생산감소율을 산출하기 위해서는 어장단위면적당 연평형어획량감소율을 계산하여야 한다. 그러기 위해서는 어장을 온배수로 인한 온도상승의 정도에 따라 어장을 구분(i)하여 면적(s_i)을 구하여야 한다.

표 6은 피해어업의 피해어장을 온배수로 인한 온도상승정도에 따라 구분하여 면적을 구한 것이다. 온도상승정도에 따라 온도상승률 ϵ 에 대응하는 연평형어획량감소율 δ_{ϵ} 를 $k = 2$ 를 적용하여 구하면 표 7에 제시하는 바와 같다. 표 6와 표 7을 가지고 표 6에 제시한 바와 같이 온배수로 인한 온도상승정도에 따라 어장을 구분(i)하여 구한 어장의 온도상승정도별 면적 s_i 에 대해 온도상승정도에 따른 年平衡漁獲量減少率($\delta_{\epsilon,i}$)을 구하면 표 8에 제시하는 바와 같다.

표 8을 가지고 온배수로 인해 피해를 입은 어업의 漁場單位面積當年平衡漁獲量減少率(δ_e)을 구하면 표 9에 제시하는 바와 같다.

연간어획량감소율을 산출하기 위해서는 어장제한율(α), 어장폐쇄조치율(ϕ) 및 漁場單位面積當年平衡漁獲量減少率(δ_e)을 먼저 구하여야 한다. 표 5에 제시한 전체어장면적, 피해어장면적 및 폐쇄조치어장면적에 의해 어장제한율(α)과 어장폐쇄조치율(ϕ)을 구하고, 표 9에 제시한 年平均漁獲量減少率(δ_e)을 적용하여 온배수 피해어업별로 年間漁獲量減少率(δ)을 구하면 표 10에 제시하는 바와 같다.

그리고 본 장에서는 현행 수산업법시행령 제 62조에서 어업손실보상의 기준을 평년 수익액으로 하고 있으므로 어업피해율을 평균연간 어업수익감소율로 정의하고 어업피해율(μ)은 식 2 및 식 2.1과 같이 도출된다. 즉 발전소 온배수로 인하여 피해를 입은 어업의 어업피해율을 도출하기 위하여서는 앞서 표 10에서 도출한 피해어업의 평균연간생산감소율(δ)과 피해어업의 어업경영수지와 관련한 정보 즉 평균연간어업수익율(θ) 및 총어업경비중 생산량의 변화와 연동되는 변동경비비중(m)을 사용하여 추정하면 그 결과는 표 11에서 제시하고 있는 바와 같다.

마지막으로 어업처분유형을 결정하기 위하여서는 현행 수산업법시행령 제62조 별표4에서 규정된 어업제한보상액이 취소보상액을 초과할 수 없도록 한 규정을 원용하여 어업제한보상액과 어업취소보상액간의 대소를 비교하여 어업처분방식 결정한다. 즉 두 보상액의 대소비교를 통해 제한처분과 취소처분을 결정짓는 임계어업피해율을 도출할 수 있고 표 11에서 제시된 피해어업의 피해율을 이와 비교하여 어업처분유형을 결정한다.

그리고 어업피해보상액이란 향후 어업피해존속기간 동안 예상되는 어업피해액을 어업처분시점에서 보상하는 것이므로 원칙적으로 어업피해존속기간동안의 총피해액을 현재 가치로 환산한 금액으로 산정하는 것이 타당하다. 이상의 상황을 고려한 어업처분유형을 제시하면 허가 및 신고어업의 경우는 표 12에 그리고 면허어업의 경우는 표 13에서 제시하고 있는 바와 같다. 따라서 표 11에 제시된 피해어업의 어업피해율 추정치와 표 12 및 표 13에 의거 어업유형별 처분결정방식을 원용하여 피해어업의 어업처분유형 결과를 예시한 것이 표 12에서 제시하고 있다.

이상의 예시에서 살펴본 바와 같이 본 연구자가 제시하고 있는 방법은 분명 수미일관한 논리위에서 엄밀한 정량화가 가능하다는 측면에서 기존의 방법을 진일보시켰다고는 하나 몇 가지 한계를 가지고 있음을 언급하지 않을 수 없다. 우선 피해범위를 결정하기 위해서는 임계환경변화량이 도출되어야하는 데 이를 위해서는 피해해역부근의 제 환경요인에 대한 신뢰성을 갖춘 적절한 시계열 자료의 구축이 필수적이다. 따라서 어떤 기관이 어떤 방법으로 데이터베이스를 구축할 것인지 그리고 적용가능한 관찰치의 적정규모에 대한 충분한 논의와 광범위한 합의가 도출되어야 할 것이다.

그리고 본 연구는 피해요인이 온배수 뿐만 아니라 해면에서의 일반 공공사업의 경우
 에서와 같이 다양한 피해요인 즉, 유속의 변화, 부니토 확산, 해저지형의 침식, 염분감소, 비
 중감소 등의 경우에도 동일하게 적용이 가능하다. 하지만 이 경우 여러 피해요인들에 의한
 영향을 고려할 때 요인간의 상관관계 여부에 대한 엄밀한 검토 위에서 요인간의 중복효
 과를 적절히 제거하는 작업이 선행되어야 적절한 피해 정도가 도출될 수 있다 하겠다.

참고문헌

- 강용주 · 김기수 · 하강열, 대규모연안매립으로 인한 허가어업제한 보상액산출방식에
 관한 일고찰, 「수산경영논집」 제 28권 1호, 한국수산경영학회 1997. 6.
- 강용주 · 김기수, 연근해 어업구조조정사업에 따른 어업손실평가, 부경대학교 해양
 과학공동연구소 심포지움 발표논문, 1998. 5.
- 김기수 · 강용주, 어업제한으로 인한 허가어업 손실보상액 산출모형, 부경대학교 해
 양과학공동연구소 심포지움 발표 논문, 1998. 5.
- 김기수 · 강용주, 연안어선어업의 어업피해를 추정 및 어업처분결정 모형연구, 「수
 산경영논집」 31권 2호, 한국수산경영학회 2000. 12.,
- 김기수, 허가 및 신고어업의 어업피해추정과 어업처분결정, 「항만공사관련 어업
 피해조사표준기준제정을 위한 연구용역보고서」, 해양수산부, 2001. 1.
- 강용주 · 김기수 · 유명숙, 일정기간동안 누적된 어업피해의 사후적피해추정모형에
 관한 연구: 정착성어업을 중심으로, 「수산경영논집」 제 32권 2호, 한국
 수산경영학회 2001. 12.
- 김기수 · 강용주, 어장이용의 기회비용접근법에 의한 공동소유어업권의 손실보상금
 분배연구, 「수산경영논집」 34권 1호, 한국수산경영학회 2003. 6.
- 강용주 · 김기수 외, 공공사업으로 인한 어업피해범위와 피해정도추정의 새로운 통
 계학적 접근, 「수산경영논집」 제 35권 1호, 한국수산경영학회 2004. 6.
- 유동운 · 조용훈 · 김영훈 · 이광남, 「공유재산 관리의 이론과 실제」, 수협중앙회,
 수산경제연구원, 1997. 12.
- 이원갑, 우리 나라 어업손실보상제도에 대한 개선방안연구 - 법제도를 중심으로,
 「수산경영논집」, 제 25권 1호, 1994. 6.
- 정형찬, 면허어업의 어업피해추정과 어업처분결정, 「항만공사관련 어업피해조사
 표준기준제정을 위한 연구용역보고서」, 해양수산부, 2001. 1.
- 해양수산부 국립수산과학원. 한국해양환경조사연보 1998.
- 해양수산부 국립수산과학원. 한국해양환경조사연보 1999.
- 해양수산부 국립수산과학원.. 한국해양환경조사연보 2000.
- 해양수산부 국립수산과학원. . 한국해양환경조사연보 2001.
- 해양수산부 국립수산과학원. . 한국해양환경조사연보 2002.
- 해양수산부 국립수산과학원. 한국해양환경조사연보 2003.