

## 충격소음으로 인한 양식어류 피해기준 제안

최태홍, 김정한, 송하림, 고진석\*

## Suggestion of Safety Level in Fish Farming by Impulsive Sound

Tae Hong Choi, Jung Han Kim, Ha Lim Song, Chin Surk Ko\*

**Abstract** As for noise and vibration occurring due to construction near fish farms, engineering and the technical opinions of experts in different areas were excluded in calculating any damage. The victims tend to present only biological consulting-based opinions while construction companies tend to present information on general construction noise and vibration as they have little biological knowledge on fish. So, the National Environmental Dispute Medication Commission presented specific damage standard in 2009 through studies on standard in calculating compensation and damage assessment of farm-raised fish that were affected by noise and vibration. Currently, 140 dB re 1  $\mu$ Pa is accepted as damage standard of underwater noise in the country. This standard is the RMS value of continuous sounds for more than a second, not the impulsive sounds. To look up the data on existing studies, fish showed different reactions to underwater sounds according to the different kinds of fish such as ostariophysan or non-ostariophysan, and pinnipeds or non-pinnipeds. So, this study will present damage standards for impulsive sounds in consideration of the differences in the characteristics of the impulsive and continuous sounds.

**Key words** Underwater noise, Blasting, Fish farming, Impulsive sound

**초 록** 어류 양식장 인근에서 건설공사로 인하여 발생하는 소음·진동의 경우 피해 금액과 산정방식 선정은 건설공사에 대한 공중별 전문가의 공학적, 기술적 의견이 배제된 상태에서 이루어지고 있다. 피해자 측이 일방적으로 어류 전문가들의 생물학적 자문 위주의 논리만 주장하는 반면, 어류에 대한 생물학적 전문지식이 부족한 건설사 측은 일반적인 건설소음·진동에 관한 논리를 전개하는 경우가 대부분이다. 그래서 중앙 환경 분쟁 조정 위원회에서는 2009년 소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구를 통해 구체적인 피해기준을 제시하였다. 국내의 경우 수중소음 피해인정 기준을 140 dB re 1  $\mu$ Pa을 인정하고 있다. 이 기준은 충격음이 아닌 1초 이상의 연속음의 RMS 값이다. 또한, 기존 연구 자료들을 보면 어류는 골표류와 비골표류, 기각류와 비기각류 등 어종에 따라서 수중소음에 대한 반응이 많은 차이가 있는 것으로 보인다. 그래서 본 연구는 충격음과 연속음의 특성 차이를 고려하여 충격음의 피해기준을 제시하려 한다.

**핵심어** 수중소음, 발파, 양식장, 충격소음

## 1. 서 론

주택과 빌딩 및 각종 시설물 등이 밀집된 도심지에서

의 발파공사는 주거지역까지 소음·진동을 전파해 민원을 많이 발생시키고, 제주 해군기지 건설공사 사례에서 보는 것처럼 자연보호와 국가시설 건설의 상호 충돌이라는 사회문제를 낳기도 한다.

이와 같이 오늘날 우리 사회는 산업화 과정을 통하여 고도의 성장을 지속해오는 동안에 등한시되었던 환경문제, 특히 건설 분야에서는 소음·진동 문제가 최근에 급속히 부상되고 있다. 국민의 쾌적한 환경에 대한 요구수준이 높아지고 있으며, 이는 양적인 성장에서 질적인 성장으로 변화를 대변한다. 또한, 정부 차원에서도

**Received:** Mar.18, 2015

**Revised:** Apr. 1, 2015

**Accepted:** Apr. 13, 2015

**\*Corresponding Author:** Chin Surk, Ko

(Tel) +82622307118, (Fax) +82622325240

E-Mail) jsgo@chosun.ac.kr

309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju, Korea 501-759

이와 같은 현실을 고려하여 환경피해의 구제를 위한 수단으로 환경분쟁조정위원회를 상설기구로 발족시켜 운영하고 있다. 이에 따라 건설 분야에서 발생하는 소음·진동은 더욱 엄격한 규제를 받고 있는 추세이다.

어류 양식장 인근에서 건설공사로 인하여 발생하는 소음·진동의 경우 피해 금액과 산정방식 선정은 건설공사에 대한 공중별 전문가의 공학적, 기술적 의견이 배제된 상태에서 이루어지고 있다. 피해자 측이 일반적으로 어류 전문가들의 생물학적 전문 위주의 논리만 주장하는 반면, 어류에 대한 생물학적 전문지식이 부족한 건설사 측은 일반적인 건설소음·진동에 관한 논리를 전개하는 경우가 대부분이다.

이와 같이 보다 객관적이고 형평성에 적합한, 공학적, 기술적 접근방법이 사실상 전무한 상태로서 피해 당사자 간의 절충 방안을 모색하기도 어려운 경우가 대부분이다. 따라서 중앙환경분쟁조정위원회(2009a)는 소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구에서 육상 양식어류 배상기준(안)을 평가방법으로 수중소음도는 최고소음도( $L_{Amax}$ )를 채택하고 피해 인정기준으로는 수중소음 140 dB/ $\mu$ Pa, 배경소음과 차는 20 dB/ $\mu$ Pa인 평가 안을 제시하였다. 이 기준은 충격음이 아닌 1초 이상의 연속음의 RMS 값이다. 그리고 기존 연구 자료들을 보면 어류는 골표류와 비골표류, 기각류와 비기각류 등 어종에 따라서 수중소음에 대한 반응이 많은 차이가 있는 것으로 보인다. 그래서 본 연구는 충격음과 연속음의 특성 차이를 고려하여 충격음의 피해기준을 제시하려 한다.

## 2. 선행 연구와 피해기준

### 2.1 선행 연구의 특징

이 절에서는 발파 기술자의 관점에서 기존 연구들의 특징을 살펴보고자 한다. 발파기술자가 계측 자료를 분석할 때 기본적으로 필요한 자료는 지발당 장약량, 거리(발파지점과 계측점과의 사거리), 진동·소음 데이터이다. 지질적 특성, 총 화약량, 천공장 등은 회귀분석에 필요하지는 않지만, 발파 상황을 파악하는 데 필요하다. 그리고 계측 자료에서 발파는 충격 진동·소음으로 간주해서 대체로 peak치를 이용한다. 그러나 다른 분야(어류전문가, 수중음향)의 경우 별다른 언급이 없으면 RMS (Root Mean Squares)로 간주해야 할 것이다.

안과 노(1994)는 바다에서 TNT 30 kg과 50 kg을 사용하여 수중발파를 하였을 때, 250 m 이격된 위치에서 수중소음을 계측했다. 결과는 30 kg일 때, 208 dB(re 1  $\mu$ Pa), 50 kg에서는 214.6 dB(re 1  $\mu$ Pa)로 계측되었다.

250 m에서 수중소음이 214.6 dB(re 1  $\mu$ Pa)일 때는 자주복(Takifugu rubripes) 치어에 영향이 없었다. 그러나 이 연구에서 적용한 발파 조건이 천공발파인지 혹은 부착발파인지가 분명하지 않다.

윤종락 외(2006)는 20개의 발파공에 공당 7 kg에서 8 kg의 장약으로 25 ms의 지발발파를 실시한 경우 부산항 준설공사 시에 측정된 최대 음원준위는 234 dB/1  $\mu$ Pa이므로 이 경우의 영향범위는 약 260 m이다라고 했다. 그리고 수중발파에서 어류에 영향을 주는 한계치는 205 dB/1  $\mu$ Pa이라고 했다. 또한, 연구와 관련한 자료를 요약하면 연속음인 경우 어류가 구집반응을 보이는 음은 100 Hz에서 500 Hz 주파수 범위에서 130 dB/1  $\mu$ Pa에서 160 dB/1  $\mu$ Pa이기 때문에 구집반응의 반응역치는 일반적인 해양배경소음 환경에서 약 60 dB로 추정된다고 했다. 논문은 Hydrophone에 대한 설명이 그림에 조금 있고, 측정은 발파지점으로부터 약 200 m에서 수행되었다고 언급하고 있으나 계측자료가(234 dB/1  $\mu$ Pa) 측정점에서 계측자료인지 아니면 음원레벨(Source Level)인가 불분명하다. 이는 최대 음원준위로 추정된다.

박연수 외(2006)는 BlastMate series의 Hydrophone (714A5001)을 사용하여 수중 발파공사가 시행되는 5개월 동안 수중소음도를 측정하였다. 가물치는 수중소음도의 경우 126 dB(A)에서 148 dB(A), 육상소음의 경우는 최대 86.8 dB(A), 그리고 지반진동의 경우 0.07 cm/s에서 0.244 cm/s에 노출되었으나 피해가 발생하지 않고 있음을 밝히고, 이와 같은 자료를 토대로 하여  $V_{50\%} = 1.507SD^{-0.536}$ ,  $V_{95\%} = 2.171SD^{-0.536}$ 의 발파진동 추정식과  $SL = 293.2SD^{-0.164}$ 의 수중소음 추정식을 제시하였다. 이 연구에 이용한 Hydrophone의 계측자료는 kPa(1  $\mu$ Pa) 단위로 계측된다. 그러나 kPa을 수중소음도 dB(A)로 어떻게 변환했는가에 대한 내용이 없다. 본 연구자가 사용해본 위 Hydrophone은 Lpeak로 변환하면 최저 트리거레벨은 0.16 kPa(164 dB)이고 Histogram 기능으로 계측 시 최저 측정값은 0.02 kPa(146 dB)로 계측된다. 이 연구의 특징은 국내 자료 중에 유일하게 수중소음도를 SL(dB(A))로 표현했다는 점이다.

이송 외(2006)는 양만장의 발파 진동소음 현장측정과 수치해석을 통한 영향검토 및 합리적인 발파설계 연구에서 시추공 시험발파 자료를 가지고 허용치 설정을 다음과 같이 했다. 진동레벨은 40 dB(V) 이하, 진동속도는 0.0028 cm/s 이하, 소음은 60 dB(A) 이하로 설정하였다. 이 연구의 특징은 양만장의 피해기준을 수중소음이 아닌 진동레벨, 진동속도, 공중소음(Air)으로 설정하였다는 것이다.

배중우 외(2009)는 수변공사 중에 수반되는 수중발파

및 연안 육상발파, 파일 항타 및 쇄암봉 항타에 의해 발생하는 충격음을 해석하여 미국 캘리포니아 교통국의 어업수중음향연구회에서 제안한 기준치와 비교하여 어류에 미치는 피해영향을 추정하였다. 소음폭로레벨(SEL, Sound exposure level)을 기준으로 한 수중 천공발파 충격음의 직접적인 피해범위는 0.5 g 이하의 치어의 경우 영향범위가 약 300 m까지이고, 100 g의 성어의 경우 영향범위는 약 15 m라는 결론을 얻었다. 또한, 육상 천공발파의 경우 최대 피해거리는 약 120 m, 파일 항타의 최대 피해거리는 약 150 m, 쇄암봉의 최대 피해거리의 약 7 m이며, 충격파의 최대 음압준위를 기준으로 한 피해거리는 SEL을 기준으로 한 피해범위의 약 1/3로 해석된다고 결론지었다. 이 연구의 특징은 수중소음에 대한 피해영향거리 추정을 SEL로 적용하였다는 것이다.

서울대학교 환경소음진동연구센터(2010)는 시추공 시험발파 소음·진동에 의한 어류 영향 평가 감정보고서에서 어류에 대한 영향 평가는  $L_{peak}$ ,  $L_{max}$  및 SEL 값을 평가 기준으로 한다고 했고,  $L_{peak}$  값은 폐사나 청각기관 손실 등의 심각한 영향을 미치는 수준을 190 dB 이상, 어류의 생리, 생태에 영향을 주어 성장 지연이나 먹이섭취의 감소 등을 일으키고, 어류의 행동에 영향을 주는 위헤투레벨로  $L_{peak}$  값을 140 dB에서 160 dB을 제시하고 있다.  $L_{max}$  값은 피해발생을 140 dB 이상, 소음도 증가량(배경소음에 대한  $L_{max}$  증가량)은 20 dB로 하였다. SEL 값은 어류의 폐사 등의 심각한 손상을 초래할 수 있는 수중 소음도를 190 dB로 제시했다. 그리고 어류 종류가 550종 이상이 있어 종별 피해를 정확히 예측하는 것은 불가능하며, 양식어류에 대한 피해 발생 예측률을 일괄적으로 적용하기는 힘들으나 개연성은 있다고 언급하였다. 이 연구는 어류에 대한 영향 평가를  $L_{peak}$ ,  $L_{max}$  및 SEL로 구분을 했다.

하정민 외(2012)는 어류에 대한 최대피해영향 범위는 기준 음압이 140 dB일 경우 최대 반경 4.92 km 이내에서 발파작업에 의해 피해를 받을 수 있을 것으로 예측된다. 이 연구에서는 hydrophone으로 B&K 8105를 사용하였고, 측정결과를 보면 천공장 5 m, 폭약량 50 kg, 이격거리 580 m에서 140 dB, 천공장 6 m, 폭약량 195 kg, 이격거리 570 m에서 140 dB, 천공장 8 m, 폭약량 395 kg, 이격거리 570 m에서 137 dB, 천공장 9 m, 폭약량 1575 kg, 거리 190 m에서 143 dB, 천공장 11 m, 폭약량 950 kg, 이격거리 570 m에서 141 dB, 천공장 12 m, 폭약량 813 kg, 이격거리 50 m에서 157 dB로 예측되었다. 이 연구에 따르면 발파기술자의 경험적 관점에서 볼 때, 만약에 거리가 1 km이격된 지점에서 계

측을 했다면 계측자료의 100 %가 140 dB미만으로 예측되었을 것으로 예측된다. 그런데 하정민(2012) 등은 기준 음압이 140 dB일 경우 최대 반경 4.92 km 이내에서 어류에 대한 피해가 발생하는 것으로 예측하고 있으나 이는 계산상의 오류로 추정된다.

전남대학교 수산과학연구소(2012)는 국도 77호선 완도 강독지구 위험도로 개수공사 어업피해영향조사에서 공기 중보다 밀도가 높은 수중에서는 소음·진동의 전파속도가 빠르고, 공기 중 보다는 감쇠가 적어 크고 멀리 전파된다고 언급하였다. 따라서 수중에 서식하는 수생생물을 대상으로 한 소음·진동 기준치를 공중소음(dB(A))은 50 dB에서 60 dB 이하, 평상시와 차는 15 dB에서 20 dB, 진동(dB(V))은 55 dB에서 60 dB 이하, 평상시와 차는 15 dB에서 20 dB, 수중소음(dB re 1  $\mu$  Pa)은 140 dB, 평상시와 차는 15 dB에서 20 dB로 제시했다. 이 보고서의 특징은 공중소음, 진동(dB(V))을 평상시와 차가 15 dB에서 20 dB이면 피해를 인정하는 것이다.

선효성(2014)은 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰에서 미국수산청의 자료를 인용하였다. 여기서 Level A harassment는 해양포유동물이나 그 서식지에 피해를 줄 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위를 의미한다. 이러한 Level A harassment와 관련한 한계값으로 고래류의 경우 180 dB/ $\mu$ Pa, 물개류의 경우 190 dB/ $\mu$ Pa 정도를 제안하고 있다. Level B harassment는 해양포유동물에 대한 직접적인 피해가 아니라 이동, 호흡, 양육, 번식, 먹이, 차폐 등을 포함한 행동적 변화를 일으킬 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위를 의미한다. 이러한 Level B harassment 관련한 수중소음 한계값으로 충격소음의 경우 160 dB/ $\mu$ Pa, 연속소음의 경우 120 dB/ $\mu$ Pa 정도를 고려하고 있다고 소개했다. 이 연구의 특징은 Level A harassment와 Level B harassment로 나누고, Level B harassment에서는 충격소음과 연속소음을 분리해서 한계값을 제안했다는 것이다.

## 2.2 국내외 연구 사례와 피해기준

### 2.2.1 일본

국내에서 수중소음이 어류에 미치는 영향을 판단할 때 일본 연구자의 자료를 많이 인용한다. 畠山良己(1996a)에 따르면, 일본 혼슈·시코쿠 연락 대교의 건설공사와 라이시마 해협의 발파공사에 의한 어업 영향평가를 위한 기초 실험을 행한 경과를 보고한 내용 중에서, 1톤의 수중 공타 발파에 따른 어종별 안전범위를 예측한 결과를 보고한 바 있다. 이 연구에서는 해산어의 청각역치(聽覺閾值)를 90 dB/ $\mu$ Pa에서 110 dB/ $\mu$ Pa, 유

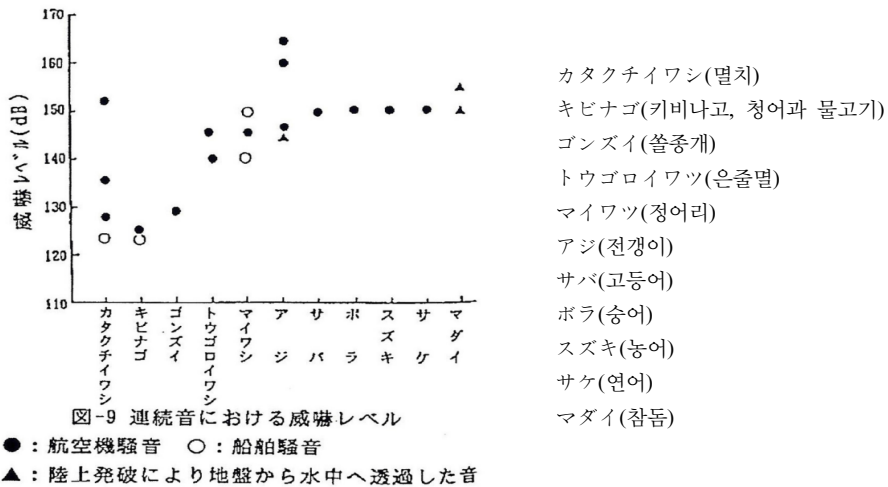


Fig. 1. Intimidation level of continuous sound for various kinds of fishes (畠山良己, 1996b)

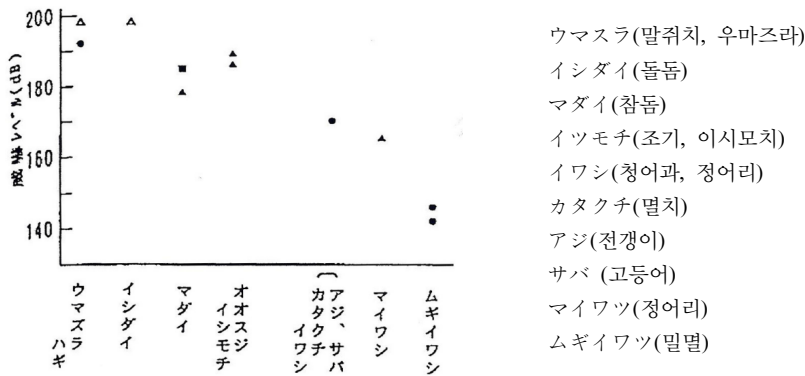


Fig. 2. Intimidation level of pulse sound for various kinds of fishes (畠山良己, 1996b)

치레벨을 110 dB/μPa에서 130 dB/μPa, 어류의 행동에 영향을 주는 위협레벨은 140 dB/μPa에서 160 dB/μPa, 내장이나 부레의 파열 등이 일어나는 손상레벨은 220 dB/μPa이라고 보고하였다.

위협(威嚇)레벨에 대해서는 다리, 터널, 공항 등을 건설하는 국가적 대형 프로젝트에서 공사기계나 항공기가 발생하는 음, 진동이 어업에 미치는 영향이 걱정되어 그 영향을 평가하기 위한 기초자료를 얻음 목적으로 위협방성(威嚇放聲, 위협음의 방출) 실험이 진행되고 있다. 1초 이상의 연속음에 대해서 어류가 도피 반응을 일으키기 시작한 음압레벨(위협레벨)을 Fig. 1에 나타내었다.

멸치의 민감한 2종류, 기비나고, 쓸종개를 제외하면 140 dB에서 160 dB 범위에 있다. 쓸종개는 해산어로서

는 진귀한 골표류로 소리에 민감하다. 일반적으로 수중 음이 어업에 미치는 영향을 예측 평가할 때는 낮은 쪽 (보수적인) 140 dB을 사용하고 있다.

물고기의 청각에도 에너지 적분기능이 있어 지속시간이 짧은 펄스음에 대해서는 반응이 둔하게 된다. 질소 가스에 의한 수중 발음통에서는 수 ms 이하의 펄스음으로, 그것을 사용한 위협 실험결과를 Fig. 2에 나타내었다. 연속음에 비해 참돔은 약 30 dB, 전갱이, 고등어, 정어리는 약 20 dB, 감도가 좋지 않다고 되어있다.

### 2.2.2 미국과 캐나다

우리나라와는 달리 미국과 캐나다에서는 연방 및 자치정부에서 해양이나 강 등과 인접한 수변구역에서 공사 시 어류 보호를 목적으로 폭약을 이용한 발파에 대

**Table 1.** Underwater noise measurement methods and safe criteria (Park, 2011)

Foreign			
1. Alaska department of fish and game, 1991	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceptance criteria of impact water pressure change that occurs in a moment about fish with a swim bladder : 2.7 psi (205.4 dB re 1 <math>\mu</math>Pa)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The maximum vibration velocity in place scattering in the initial incubation step after spawning : 0.5 inch/s (1.27 cm/s)</li> </ul>		
2. Fisheries law of Canadian confederation Maritime Affairs and Fisheries	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criteria of underwater pressure in spawning site : 100 KPa (220 dB re 1 <math>\mu</math>Pa)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criteria of ground vibration in spawning ground : 1.3 cm/s (Jesen, 2003)</li> </ul>		
3. FHWG agreement in principle technical/policy meeting Vancouver, WA (Payne et al. 2008)	Interim criteria for injury	Agreement in principle	
	Peak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 206 dB - for all size of fish</li> </ul>	
	Cumulative, SEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 187 dB - for fish size of two grams or greater.</li> <li>• 183 dB - for fish size of less than two grams.</li> </ul>	
4. Oregon LNG terminal and Oregon pipeline project-underwater noise propagation monitoring and Mitigation (Bastasch et al., 2008)	Species	Injury threshold	Harassment
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinnipedia (Seal etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 190 dB rms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 180 dB rms</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mammal (Whale etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 180 dB rms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 160 dB rms</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fish of 2 g and over</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 206 dB peak, 187 SEL(Cumulative)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 dB rms</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fish of 2 g and less</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 206 dB peak, 183 SEL(Cumulative)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 dB rms</li> </ul>	

Note) dB : deciBel, rms : root mean square, SEL : Sound Exposure Level

하여 관련 연구사례들을 토대로 관리기준을 제시하고 있다. Table 1은 미국과 캐나다의 관리기준을 제시한 것이다.

**2.2.3 국내 연구 사례와 피해기준**

수중소음에 대한 선행 연구에서 국내 어류전문가의 자료와 일본, 미국, 그리고 캐나다의 어류에 대한 피해 기준 자료를 보면 발파기술자로서 이해가 잘 되지 않는 부분이 있다. 배중우 외(2009)는 “국내의 자료에서 수중소음에 대한 국내의 피해 영향거리 추정은 각 연구자의 독립적 연구결과에 따라 결정되고 있다. 친환경 정책을 기조로 하고 있는 현재의 국가발전 목표에 부응하기 위해서는 이 연구에서 인용한 국외의 충격파 영향범위 기준의 타당성, 다양한 충격파 음원의 발생기, 전파특성 및 평가척도에 대한 연구가 수행되어 국내의 평가기준 수립이 필요하다고 판단된다” 라고 말하고 있다.

국내 연구자들의 피해기준 자료를 육상과 해상 구분 없이 비교해 보면 안과 노(1994), 윤종락 외(2006), 박연수 외(2006), 배중우 외(2009) 등의 기준보다 이송 외(2006), 서울대학교 환경소음진동연구센터(2010), 하정

민 외(2012), 전남대학교 수산과학연구소(2012) 등의 기준이 보수적이다. 이것은 미국과 캐나다의 자료를 참고한 연구보다 일본 자료를 참고한 연구가 굉장히 보수적인 것으로 판단된다. 왜냐하면 미국과 캐나다의 연구 자료는 연속음과 충격음(펄스음, Impulse)을 구분하고 일본 자료는 연속음을 기준으로 했기 때문이다.

수중발파에서 안과 노(1994)는 50 kg의 TNT를 사용 시 250 m 이격거리에서 안전하다고 했고, 윤종락 외(2006)는 공당 7 kg에서 8 kg의 폭약을 사용 시 260 m 이격거리에서 안전하다고 했다. 그러나 전남대학교 수산과학연구소(2012)는 2 kg의 폭약을 사용 시 500 m 이상에서 안전하다고 했고, 하정민 외(2012)는 천공장 5 m에서 12 m까지, 4.92 km 이상에서 안전하다고 했다. 앞의 두 자료와 뒤 두 자료에 많은 차이가 있다. 발파기술자의 경험적 관점에서 이는 어딘가에 문제가 있음을 암시한다.

**3. 어류 피해기준에 대한 분석 및 고찰**

육상 동물에 대한 피해는 어느 정도 타당성 있는 역

**Table 2.** An example of safety level adopted by National Environmental Dispute Mediation Commission (2009b)

Category	Air sound (dB(A))	Vibration level (dB(V))	Underwater sound (dB/ $\mu$ Pa)
Regulation standard	50 to 60 and less	55 to 60 and less	140 and less
Difference in ambient level	15 to 20	15 to 20	15 to 20

**Table 3.** An example of safety level adopted by National Environmental Dispute Mediation Commission (2009a)

Damage states of farming fish	Assessment method	Criteria of damage recognition
Die, growth delay, decreased egg production, decreased hatchability	$L_{Amax}$	- Underwater sound : 140 dB/ $\mu$ Pa - Difference in ambient sound level : 20 dB/ $\mu$ Pa

학조사가 이루어져 관리기준이 설정되어 있고, 공사현장의 실정에 적합한 보안대책을 강구하여 공사를 진행하고 있으며, 관리(허용)기준을 상회하는 경우 보상이 이루어지기도 한다.

그러나 어류 양식장 인근에서 건설공사로 인하여 발생하는 소음·진동에 의한 피해 기준과 피해 금액 산정 방식은 건설공사에 대한 공중별 전문가의 공학적, 기술적 의견이 배제된 상태에서 피해자 측이 일방적으로 어류 전문가들의 생물학적 자문 위주의 논리만 주장하고 있는 반면, 건설사 측은 어패류 피해에 대한 생물학적 전문지식이 부족한 상황에서 일반적인 건설소음·진동을 위주로 논리를 전개하는 경우가 대부분이다.

이와 같이 보다 객관적이고 형평성에 적합한, 공학적, 기술적 접근방법이 사실상 전무한 상태에서 피해 당사자 간의 절충 방안을 모색하기도 어려운 경우가 대부분이다. 그래서 중앙환경분쟁조정위원회(2009a)에서는 소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정에 관한 연구를 통해 구체적인 피해기준을 제시하였다.

국내의 소음·진동으로 인한 양식어류 피해 평가 기준을 중앙환경분쟁조정위원회의 기준으로 살펴보면 Table 2에 나타난 중앙환경분쟁조정위원회(2009b) 환경분쟁조정 사례에서 볼 수 있듯이 공중소음은 50 dB(A)에서 60 dB(A) 이하, 진동레벨은 55 dB(V)에서 60 dB(V) 이하, 수중소음은 140 dB/ $\mu$ Pa 이하로, 배경소음과의 차(정상시와의 차)는 세 항목 모두 15 dB에서 20 dB의 차를 적용하였다. 또한, 전남대학교 수산과학연구소(2012)에서도 위와 같은 피해기준을 제시했다.

Table 3은 중앙환경분쟁조정위원회(2009a)의 육상 양식어류 배상기준(안) 수중소음의 피해기준으로 140

dB/ $\mu$ Pa, 배경소음과의 차는 20 dB 초과값을 적용하였다. 그리고 양식장 환경, 수중소음의 특성, 배경소음 등에 대한 신중한 검토를 거쳐 피해 발생 여부를 평가하여야 한다고 했다.

### 3.1 수중소음의 기준

중앙환경분쟁조정위원회와 어류전문가들은 수중소음의 피해인정기준을 일반적으로 140 dB re 1  $\mu$ Pa을 기준으로 삼고 있다. 이 기준은 일본의 자료(畠山良己, 1996b)를 인용한 것이다. 물고기가 놀라서 깊이 잠긴다든가, 음원에서 반응을 보인 음압레벨로 그 범위는 140 dB re 1  $\mu$ Pa에서 160 dB re 1  $\mu$ Pa이다. 이를 위협(威嚇, 혀를 혀으로 잘못 표기)레벨이라 한다. 일반적으로 수중음이 어업에 미치는 영향을 예측 평가할 때는 낮은 쪽의 140 dB re 1  $\mu$ Pa을 사용하고 있다고 언급되어 있다. 위의 기준은 Fig. 1의 연속음에 대한 위협레벨에 나타나 있다. 위의 기준은 충격음이 아닌 1초 이상의 연속음에 대해서 어류가 도피 반응을 일으키기 시작한 음압레벨(위협레벨)을 나타내는 것이다. 충격음에 대한 자료는 Fig. 2 펄스음에 대한 위협레벨로 설명되어 있다. Fig. 2를 보면 일부 어종은 음압레벨이 200 dB re 1  $\mu$ Pa 근처에서도 무반응이다. 충격음의 경우 연속음에 비해 참돔은 약 30 dB re 1  $\mu$ Pa, 정어리는 약 20 dB re 1  $\mu$ Pa정도 높은 음에서 반응을 한다. 그러므로 충격음의 위협레벨은 최소 160 dB re 1  $\mu$ Pa에서 190 dB re 1  $\mu$ Pa이 되는 것이다. 그리고 연속음의 음압레벨은  $L_{water\ peak}$ 가 아닌 RMS 값이다. 다시 말하면 국내에서 적용하는 수중소음 기준은 연속음의 RMS 값을 적용하고 있는 것이다. 건설 현장의 공사가 일부는 사기업도 있지만 대부분 국가의 인프라 건설이 많다. 잘못된 기준의 적

용으로 국민의 세금을 낭비하는 현상이 일어나고 있다.

### 3.2 수중 배경음과의 차

수중 배경음과의 차가 어류에 미치는 기준은 중앙환경분쟁조정위원회(2009b)와 전남대학교 수산연구소(2012)에서 15 dB re 1  $\mu$ Pa에서 20 dB re 1  $\mu$ Pa, 중앙환경분쟁조정위원회(2009a)에서는 20 dB re 1  $\mu$ Pa 미만으로 규정하고 있다. 조민기(2013)는 “수중소음도가 진동에 의해 하루 9시간씩 35일 동안 20 dB re 1  $\mu$ Pa 정도 증가하였음에도 붕어의 생존율에는 영향을 미치지 않았고, 오히려 붕어의 생육을 촉진하는 것으로 확인되었다”라고 언급하였다. 국외에서도 배경소음도에 대한 소음도 증가량에 관한 연구가 이루어졌는데 Legadere(1982)에 의하면 배경소음보다 큰 30 dB re 1  $\mu$ Pa 위의 소음에 3달간 노출된 sand shrimp가 성장률과 번식률이 감소했다고 언급했다. 위의 두 연구자가 연구했던 방법은 배경음과의 차가 충격음이 아닌 연속음이다. 연속음의 기준 잣대를 충격음에 적용해서는 안 될 것이다. 그래서 본 연구자는 대안으로 선행효(2014)이 제시한 기준인 Level B harassment와 관련한 수중소음 한계값으로 충격소음의 경우 160 dB re 1  $\mu$ Pa, 연속음의 경우 120 dB re 1  $\mu$ Pa 정도를 기준으로 정했는데 이때 충격음과 연속음의 차가 40 dB re 1  $\mu$ Pa이 생긴다. 이것을 수중 배경소음의 차 기준으로 설정하는 것이 적절하다고 판단된다.

## 4. 결론

현재 국내에서는 양식어류에 대한 피해 기준을 잘못 적용함으로써 국가 기간산업인 사회간접시설 공사의 지연과 세금의 낭비를 초래하고 있다. 국내의 경우 수중소음 피해 인정기준을 140 dB re 1  $\mu$ Pa을 인정하고 있다. 이 기준은 충격음이 아닌 1초 이상의 연속음의 RMS 값이다. 본 연구에서는 충격음과 연속음의 기존 연구 자료를 확인하여 연속음의 피해기준을 충격음의 피해기준으로 대체하는 방안을 제안하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 국내에서 통상 적용하고 있는 어류에 대한 수중소음 피해 인정기준은 140 dB re 1  $\mu$ Pa로서 이는 1초 이상의 연속음에 대해 어류가 도피 반응을 일으키기 시작하는 음압레벨이다. 그러나 발파작업에 의한 충격음에 대해서는 어중에 따라 20 dB re 1  $\mu$ Pa에서 30 dB re 1  $\mu$ Pa 정도 높은 수준에서 반응하므로, 충격음에 대한 피해 인정기준은 최소 20 dB re 1  $\mu$ Pa

이상 상향 조정하는 것이 적절하다고 판단된다.

2. 수중 배경음과의 차가 어류에 미치는 기준은 20 dB re 1  $\mu$ Pa 미만으로 규정하고 있으나, 이는 연속음에 대한 것으로서 발파작업에 대한 평가로서는 적합하지 않다. 따라서 충격음과 연속음의 특성 차이를 고려하여 충격음의 경우, 40 re 1  $\mu$ Pa을 수중 배경음과의 차에 대한 기준으로 설정하는 것이 적절하다고 판단된다.
3. 일반적으로 발파 분야에서는 소음이나 진동치는 peak치를 사용하고, 장약량은 지발당 장약량을 이용하여 분석한다. 타 분야에서는 진동이나 소음을 주로 RMS 값을 이용하여 분석하고, 지발당 장약량과 총 장약량을 혼용하여 사용한다. 그러므로 연구자료에 명확하게 표시를 해주어야 이런 오류가 생기지 않을 것이다. 그리고 자연 현상과 계속기는 있는 그대로만 보여줄 뿐인데, 그 자료를 바라보는 우리가 (발파전문가, 어류전문가) 임의로 해석하지 말고 어류의 관점에서 수중소음을 바라보아야 한다.

## References

1. Ahn, J.Y and S. Rho, 1994, Relation between Explosion Sound Level and the Amount of the TNT Explosive and Responses of the Young Puffer, Takifugu rubripes, against the Explosion Sound Under the Water, Jeju National University Journal, Vol. 39, pp. 55-60.
2. Alaska department of fish and game, 1991, Blasting standards for the protection of fish, pp. 1.
3. Bae, J.W., J.H. Park and J.R. Yoon, 2009, Characteristics of Impulsive Noise of Waterfront Construction Site and Its Effects on Fishes, Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 10, No. 9, pp. 928-934.
4. Bastasch, M., M. Fernandez-Diaz, J. Lorenz and B. Eillis, 2008, Appendix 8, Technical Memorandum: Oregon LNG Terminal and Oregon Pipeline Project-Underwater Noise Propagation, Monitoring, and Mitigation, pp. 1-2.
5. Cho, M.K., 2013, Physiological Effects of Construction Noise on Freshwater Fish Farming, PhD dissertation, Chungbuk National University, Korea, pp. 88-89.
6. Chonnam National University, The Fisheries Science Institute, 2012, 국도 77호선 완도 강독지구 위험도로 개수 공사 어업피해영향조사, pp. 54-55, pp. 65.
7. Ha, J.M, J.M. Lee, J.H. Lee, D.S. Gu and B.K. Choi, Prediction of Effect Zone for Marine Organisms Using Distance Attenuation Equations for Oceanic Noise, 2012, The Korean Society of Oceanography, Vol. 26, No. 2, pp. 14-19.
8. Jesen., 2003, New Mechanical Shock Sensitivity Units in Support of Criteria for Protection of Salmonid Eggs From Blasting or Seismic Disturbance, pp. 2-4.

9. Lee, S., S.K. Kim and Y.H. Rhee, 2006, Study of Blast Ground Vibration & Noise Measurements In-situ and Effect Analysis for Numerical Analysis, Rational Blasting Design at an Eel Farm, Journal of Korean Society for Rock Mechanics, Vol. 16, No. 2, pp.179-188.
10. National Environmental Dispute Mediation Commission, 2009a, 소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구, pp. 113, pp. 117.
11. National Environmental Dispute Mediation Commission, 2009b, 환경분쟁조정사례집, Vol. 18, pp. 223-236.
12. Park, J.B., 2011, A Study on the Correlation between Underwater Noise and Ground Vibration, PhD dissertation, Chosun University, Gwangju, Korea, pp. 35.
13. Park, Y.S., S.J. Park, S.H. Kang, Y.B. Jeon and G.J. Gong, 2006, An Experimental Study on Ground Vibration Equations by Underwater Blasting at Construction Site, Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 7, pp. 777-783.
14. Payne C., Andrews L, Fancey D, and Christian J, 2008, Agreement in principle for interim criteria for injury to fish from pile driving activities, pp. 1-4.
15. Seoul National University, Center for Environmental Noise & Vibration Research, 2010, 시추공 시험발파 소음·진동에 의한 어류 영향 평가 감정보고서, pp. 54-56.
16. Sun, H.S., 2014, 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, Korea Environment Institute, Environment Forum, Vol. 18, No. 2.
17. Yoon, J.R., S.W. Lee, S.Y. Ahn, J.H. Park, J.W. Bae and M.S. Ahn, 2006, Effects of Underwater Noise on Fishes, Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering, 추계학술대회 논문집.
18. 畠山良己, 1996a, 海洋音響学会誌, Vol. 23, No. 3, 魚の聴覚能力と水中音に対する反応(I), pp. 73-80.
19. 畠山良己, 1996b, 海洋音響学会誌, Vol. 23, No. 3, 魚の聴覚能力と水中音に対する反応(II), pp. 132-139.

---

### 최태홍



1995년 조선대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1997년 조선대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
2015년 조선대학교 대학원 에너지자원  
공학과 공학박사

Tel: 062-603-0717  
E-mail: dolblaster@daum.net  
현재 도올발파기술사사무소 대표

---

### 김정환

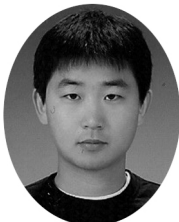


1992년 조선대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1994년 조선대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
2014년 조선대학교 대학원 에너지자원  
공학과 박사과정 수료

Tel: 062-230-7117  
E-mail: kjhhan0422@naver.com  
현재 (주)효원이엔씨 대표이사

---

### 송하림



2009년 조선대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
2011년 조선대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
2014년 조선대학교 대학원 에너지자원  
공학과 박사과정 수료

Tel: 062-230-7877  
E-mail: ever0620@nate.com  
현재 케이피에코이엔씨 부장

---

### 고진석



1979년 조선대학교 공과대학 자원공학과  
공학사  
1981년 조선대학교 대학원 자원공학과  
공학석사  
1994년 한양대학교 대학원 자원공학과  
공학박사

Tel: 062-230-7118  
E-mail: jsgo@chosun.ac.kr  
현재 조선대학교 에너지자원공학과  
교수

---