

단보

국내담수지역 인체위해성기반 준거치 산정에 활용되는 어류섭취량인자 타당성 평가

안윤주[†] · 남선화

건국대학교 환경과학과

Adequacy Evaluation of Fish Intake Parameter used for Human Health Risk Assessment to Derive Freshwater Quality Criteria in Korea

Youn-Joo An[†] · Sun-Hwa Nam

Department of Environmental Science, Konkuk University

(Received 5 January 2011, Revised 26 March 2011, Accepted 28 March 2011)

Abstract

Water quality criteria for human health protection are derived based on the human health risk assessment. Water quality criteria in Korean freshwater bodies have been derived according to the equations developed by the US Environmental Protection Agency. The equations include the fish intake parameter, which is very important factor that significantly influences on the criteria derivation. So far, several fish intake values were used in human health risk assessment for water quality standards and effluent standards. However, these values are not consistent and they refer to various sources. Therefore, there is a need to suggest the most appropriate value of fish intake parameter to derive freshwater quality criteria in Korea. In this study, national and international fish intake values were widely collected and evaluated to select the adequate value of fish intake parameter that can be applied in Korea. The USEPA presented fish intake parameter as the 17.5 g/day for general adults and sport fishers and 142.4 g/day for subsistence fishers. In Korean reports, wide range values of 2 to 67.7 g/day were suggested as fish intake value. These values included finfish and shellfish intakes in common but had various habits. This study found that the 52.4 g/day suggested in Korean Exposure Factors Handbook published by the Ministry of Environment in 2007 seemed to be the suitable fish intake parameter to derive the freshwater quality criteria in Korea. The value is based on water corrected intakes of finfish and shellfish present in freshwater and coastal areas. We expect that this report can be useful to select suitable fish intake value in human health risk assessment for establishing freshwater quality standard in Korea.

keywords : Criteria, Fish intake, Freshwater, Human health risk assessment

1. 서론

인체 건강 보호를 위한 수질 준거치(Criteria)는 인체 건강에 무해하여 완전하게 안전한 수질 상태를 보장할 수 있는 수준으로(환경부·국립환경과학원, 2006), 국내 수질환경기준 설정 기반으로 주로 이용되고 있는 인체위해성평가 시 활용된다(국립환경과학원, 2007, 2008, 2009a, 2009b; 영산강·섬진강수계관리위원회(2009); 환경부·국립환경과학원, 2006). 특히 국내 인체위해성평가 시 주로 활용되는 준거치 산출 수식은 미국환경보호청(United States Environmental Protection Agency, USEPA)의 발암 영향 수식 ‘발암 준거치 = 발암 위해 특성적 용량 × [체중/(음용수 섭취량 + 어류 섭취량 × 생물농축계수)]’ 과 비발암 영향 수식 ‘비발암 준거치 = 비발암참고치 × 상대근원기여도 × [체중/(음용수 섭취량 + 어류섭취량 × 생물농축계수)]’ 으로(USEPA, 2000a), 그

중 유기체 섭취로 인한 생물 확대(Biomagnification)를 고려하기 위해 어류 섭취량 자료가 적용된다. 어류 섭취량 자료는 준거치 산출 수식의 분모에 해당하는 인자로, 어류 섭취량과 준거치는 반비례 관계에 있다. 그러므로 준거치와 노출 평가 결과치의 비율인 위해성평가가치가 1보다 클 경우 인체위해우려로 평가하는 인체위해성평가 시 어류 섭취량에 따른 준거치 변화는 위해성평가 결과에 상당한 영향을 미치게 된다. 따라서 인체위해성평가 결과의 신뢰성을 향상시키기 위해 어류 섭취량 자료에 대한 정확성이 요구되며, 특히 수질 매체의 특성을 반영할 수 있도록 담수 지역에 서식하는 어류에 대한 한국인 1인 1일 섭취량 자료가 필요하다.

현재까지 국내에서 어류 섭취량 자료를 활용하여 준거치를 산정한 사례는 사람의 건강보호를 위한 수질환경기준, 배출허용기준 등의 수질 기준 개정 기반 연구가 있으며(국립환경과학원, 2007, 2008, 2009a, 2009b; 환경부·국립환경과학원, 2006), 수계별 잠정관리 유해물질 실태조사 후 인

[†] To whom correspondence should be addressed.
anyjoo@konkuk.ac.kr

체위해우려여부 판정 시 어류 섭취량 자료가 활용된 바 있다(영산강·섬진강수계관리위원회, 2009). 그러나 각 연구마다 활용된 어류 섭취량 수치 및 그 자료원이 다양하여, 동일한 노출 자료를 활용하더라도 인체위해성평가 결과가 상이해지므로 인체위해성평가에 적합한 어류 섭취량을 선정하여 해당 수치를 공통적으로 적용하여 연구 사업을 진행할 필요가 있다.

본 연구에서는 기존에 제안된 바 있는 국내외 어류 섭취량 적용 사례를 심층적으로 비교 분석하여, 인체위해성평가를 통한 국내 수질 준거치 설정 시 가장 적합하다고 판단되는 어류 섭취량을 제안하였다.

2. 연구방법

기존 어류 섭취량의 적용 사례를 분석하기 위해 미국(USEPA, 2000a), 캐나다(CCME, 1999), 호주/뉴질랜드(ANZECC and ARMCANZ, 2000) 등 해외 수질 준거치 산출 시 활용된 어류 섭취량 자료를 조사하였고, 국내 인체위해성평가 시 제안된 바 있는 어류 섭취량 적용 사례와 그 수치의 자료원[예. 국민건강영양조사(보건복지부, 2000, 2002, 2006), 한국노출계수핸드북(환경부, 2007a, 2007b), 통계청(2005, 2008)]을 분석하였으며, 이를 바탕으로 국내 수질기준 설정 기반 인체위해성평가 시 적합한 어류 섭취량을 제안하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 인체위해성평가 시 활용된 어류 섭취량 사례 분석

3.1.1. 미국 - United States Environmental Protection Agency (USEPA)

USEPA는 미국 50개 주를 대상으로 1994년부터 1996년까지 조사한 CSFII (Continuing Survey of Food Intakes by Individuals) 자료를 활용하여 어류 섭취량을 제시하고 있다. 특히 국가 수질 권고치를 산출하는데 적용되는 어류 섭취량은 일반 성인 개체군 및 낚시꾼의 경우 17.5 g/day, 어부의 경우 142.4 g/day이다. 담수 및 기수 어류 섭취량은 평균 7.5 g/day, 50% 백분위수 0 g/day, 90% 백분위수 17.53 g/day, 95% 백분위수 49.59 g/day, 99% 백분위수 142.41 g/day이며(Table 1), 이 중 90% 백분위수 17.53 g/day는 18

세 이상 성인 기준 영양 단계(Trophic Level, TL)(예, 저서성 어류, 피식어류, 포식어류)별 어류섭취량 TL2 = 3.8 g/day, TL3 = 8.0 g/day, TL4 = 5.7 g/day를 종합한 수치이다(USEPA, 2000a, 2000b).

3.1.2. 캐나다 - Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)

CCME는 인체 건강을 위한 수질 준거치를 따로 제시하지 않고, 수서생물을 소비하는 모든 생물을 보호하기 위한 조직 잔류 준거치를 제시하고 있다. 이 때 어류 섭취량 대신 식품 섭취량을 적용하고 있으며, 생물 분류에 따라 조류(Avian)와 포유류(Mammalian)로 나뉘어 각각 식 (1)과 식 (2)에 따라 Table 2와 같이 제시하고 있다(CCME, 1999).

$$\text{식품 섭취량}_{\text{조류}} (kg\ w\ w\ d^{-1}) = (0.0582 \times \text{체중}(kg))^{0.651} \times 5 \tag{1}$$

$$\text{식품 섭취량}_{\text{포유류}} (kg\ w\ w\ d^{-1}) = (0.0687 \times \text{체중}(kg))^{0.822} \times 5 \tag{2}$$

3.1.3. 호주/뉴질랜드 - Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ANZECC and ARMCANZ)

ANZECC and ARMCANZ는 CCME와 마찬가지로 인체 건강을 위한 수질 준거치를 따로 제시하지 않고, 식품표준 코드(Food Standards code)와 연계하여 Australia New Zealand Food Authority (ANZFA)에 의해 제정하여 수서 식품을 섭취한 인체를 보호하기 위한 식품 중 화학물질 기준이 제정되어 있다(ANZECC and ARMCANZ, 2000).

3.1.4. 한국 - 보건복지부의 국민건강영양조사

‘국민건강영양조사’는 국민건강증진법에 의해 3년마다 실시되는 정부조사사업으로, 우리 국민의 건강상태, 식품 및 영양섭취실태에 관한 전국 규모의 조사를 통해 대표성과 신뢰성이 확보된 국가통계자료를 산출하고 국가 보건정책을 계획 및 실천하는데 필요한 기초 자료를 제공한다. 보건복지부(2000, 2002, 2006)의 연구에 따르면 전국 어패류 1인 1일 평균 섭취량은 1998년 66.3 g/day, 2001년 64.1 g/day, 2005년 67.7 g/day이며, 이러한 수치에 포함된 어패

Table 1. Uncooked finfish and shellfish consumption estimates - individuals of age 18 and older

Habitat	Statistic	Estimate* (g/person/day)	90% interval (g/person/day)	
			Lower bound	Upper bound
Freshwater/Estuarine	Mean	7.50	6.73	8.27
	50th %	0.00	0.00	0.00
	90th %	17.53	14.46	21.68
	95th %	49.59	46.87	55.30
	99th %	142.41	124.95	156.84

* Amount of consumed fish recorded by survey respondents was converted to uncooked fish quantities using data from the recipe file of the USDA's Nutrient Data Base for Individual Food Intake Surveys.
Source: USEPA (2000a)

Table 2. List of food ingestion values of avian and mammalian species that consume aquatic biota

Avian species	Daily food ingestion (kg/day)	Mammalian species	Daily food ingestion (kg/day)
Anseriformes		Mustelidae	
Bufflehead (<i>Bucephala albeola</i>)	M 0.17/F 0.14	Seaotter (<i>Enhydra lutris</i>)	M 6.3/F 3.9
Common goldeneye (<i>Bucephala clangula</i>)	M 0.29/F 0.25	Americanmink (<i>Mustela vison</i>)	F 0.143
Mallard (<i>Anas platyrhynchos</i>)	0.25	Riverotter (<i>Lutracanadensis</i>)	0.8
Oldsquaw (<i>Clangula hyemalis</i>)	M 0.27/F 0.25	Pinnipedia Harbour seal (<i>Phoca vitulina</i>)	M 11.6/F 9.7
Wood duck (<i>Aix sponsa</i>)	M 0.23/F 0.22	Northernfurseal (<i>Callorhinus ursinus</i>)	M 25.9/F 7.5
American wigeon (<i>Anas americana</i>)	M 0.25/F 0.23	Northernelephantseal (<i>Mirounga angustirostris</i>)	M 289.8/F 92.7
Lesser scaup (<i>Aythya affinis</i>)	M 0.26/F 0.25	Northernsea-lion (<i>Eumetopias jubata</i>)	M 100.4/F 39.4
Common merganser (<i>Mergus merganser</i>)	M 0.41/F 0.33	Walrus (<i>Odobenus rosmarus</i>), easternArcticrace	M 80.2/F 63.3
Red-breasted merganser (<i>Mergus serrator</i>)	0.235	Walrus (<i>Odobenus rosmarus</i>), Pacific Ocean race	M 122.1/F 87.9
Falconiformes		Ursidae	
Baldeagle (<i>Haliaeetus leucocephalus</i>)	0.5	Polarbear (<i>Ursus maritimus</i>)	M 53.1
Osprey (<i>Pandion haliaetus</i>)	0.3		
Coraciiformes			
Beltedkingfisher (<i>Ceryle alcyon</i>)	0.075		
Gaviiformes			
Commonloon (<i>Gavia immer</i>)	0.73		
Charadriiformes			
Commontern (<i>Sterna hirundo</i>)	0.073		
Herringgull (<i>Larus argentatus</i>)	M 0.34/F 0.3		
Ring-billedgull (<i>Larus delawarensis</i>)	0.095		
Black-legged kittiwake (<i>Rissa tridactyla</i>)	0.158		
Razorbill (<i>Alca torda</i>)	0.23		
Commonmurre (<i>Uria aalge</i>)	M 0.29/F 0.29		
Thick-billedmurre (<i>Uria lomvia</i>)	0.29		
Blackguillemot (<i>Cephus grylle</i>)	0.16		
Atlanticpuffin (<i>Fratercula arctica</i>)	0.15		
Tuftedpuffin (<i>Fratercula cirrhata</i>)	0.25		
Ciconiiformes			
Greatblueheron (<i>Ardea herodias</i>)	M 0.54/F 0.49		
Green-backedheron (<i>Butorides striatus</i>)	0.05		
Procellariiformes			
Wilson'sstorm-petrel (<i>Oceanites oceanicus</i>)	0.03		
Fork-tailedstorm-petrel (<i>Oceanodroma furcata</i>)	0.04		
Northernfulmar (<i>Fulmarus glacialis</i>)	M 0.21/F 0.18		

Source: CCME (1999)

류는 Table 3과 같이 담수어 뿐 아니라 해수어도 포함되어 있다. 한편 환경부·국립환경과학원(2006) 국립환경과학원(2007, 2009b)의 연구에서 인체위해성평가 시 어류 섭취량 인자로서 2001년 국민건강영양조사 자료를 바탕으로 64.1 g/day을 적용한 바 있다.

3.1.5. 한국 - 환경부의 한국노출계수해드북

‘한국노출계수해드북’은 환경부(2007a)에서 발행한 ‘위해성평가 관리·요소 기술 - 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축 연구’의 산출물이다. 우리나라에서 노출 변수별로 기존의 연구 결과들을 조사, 분석, 평가하여 노출 계수를 개발할 수 있는 토대가 있는 변수의 경우에는 대표 권고값을 산출하였으며, 그렇지 아니한 변수의 경우에는 권고값 산출에 필요한 실측 연구를 수행하여 그 결과를 토대로 권고값

을 산출하였다. 이에 따르면 어패류 섭취량은 원재료를 기준으로 섭취량을 제시하였으며, 우리나라의 경우 건조된 어패류 섭취량이 다른 나라에 비해 많은 편이므로 식(3)에 의한 수분보정을 통해 해당 원재료 중량으로 전환하여 해당 식품 섭취량을 산출하였다. 국민 1인당 어패류 1일 평균 섭취량은 79.6 g/day이며, Table 4와 같이 민물, 연안, 원양 등에 서식하는 어류 및 패류를 모두 포함한 수치이다. 서식지별로 분류하여 어패류 섭취량을 살펴보면 민물 및 연안 52.4 g/day, 원양 19.8 g/day 이며, 민물 생물종에는 논우렁이, 메기, 미꾸리, 민물장어, 붕어, 송어, 소가리, 잉어가 포함된다. 연안 생물종에는 가다랭이/다랑어, 가리비, 가오리, 가자미, 갈치, 개불, 개랑조개, 게, 고둥, 고등어, 굴, 까나리, 꼬막, 꼴뚜기, 콩치, 낙지, 넙치(광어), 노래미, 놀래기, 농어, 눈통멸, 다금바리, 대구, 도다리, 도루묵, 돔,

Table 3. List of finfish and shellfish intake values presented by national health and nutrition survey in 2006

Finfish/shellfish	Value (g/day)	Finfish/shellfish	Value (g/day)	Finfish/shellfish	Value (g/day)
Fried fish and shellfish	0.1	Ray	0.1	Flounder	0.9
Horse mackerel	0.0	Cutlassfish	2.2	Salted fish	0.3
Korean bluefish	0.0	Mackerel	5.8	Dried mackerel	1.7
Saury	1.2	Fish and shellfish egg	0.1	Flatfish	2.1
Perch	0.0	Bonito/Tuna	1.2	Dried bonito/tuna	0.0
Canned tuna	2.0	Cod	0.4	Dried cod	0.0
Salted fish and shellfish byproduct	0.1	Sole	0.2	Sailfin sandfish	0.0
Rabbitfish	0.0	Snapper	0.4	Catfish	0.1
Anchovy	0.1	Boiled and dried anchovy	3.8	Fish and shellfish sauce	0.1
Pollack/frozen pollack	3.3	Dried pollack	1.3	Salted roe of a pollack	0.2
Loach	1.0	Mirror dory	0.1	Sciaenoid fish	0.0
Tonque sole	0.0	Dried whitebait	0.0	Pomfret	0.2
Blowfish	0.2	Temperate bass	0.0	Rockfish	0.9
Goldeye rockfish	0.0	Carp	0.1	Smelt	0.0
Japanese Spanish mackerel	0.6	Shark	0.0	Red tonque sole	0.1
Trout	0.1	Flathead mullet	0.2	Mandarin fish	0.0
Monkfish	1.0	Dried sand eel	0.0	Indian flathead	0.0
Salmon	0.4	Atka-fish	0.8	Carp	0.1
Eel	0.6	Gizzard shad	0.0	Dotted grouper	0.1
Sardine	0.0	Croaker	3.5	Salt-dried croaker	1.3
Dried filefish	0.3	Herring	0.1	Skate ray	0.6
Fish paste	8.9	Scallop	0.1	Whelk	0.5
Hen clam	0.0	Oyster	0.8	Salted shellfish egg	1.1
Ark shell	0.2	River snail/Snail	0.0	Meat inside a razor clam	0.1
Solen	0.0	Manila clam	2.3	Clam	0.2
Cockle	0.0	Dried cockle	0.0	Conch	0.1
Apple snail	0.1	Soft clam	0.0	Corbicula	0.4
Ear shell	0.1	Pink butterfly shell	0.0	Pearl oyster	0.0
Comb pen shell	0.0	Dobugai	0.0	Red shell	0.1
Mussel	0.3	Boiled and dried mussel	0.0	Crayfish	0.0
Squid	4.3	Dried squid	1.4	Gae-bull	0.0
Crab	2.1	Boiled and dried crab meat	0.0	Baby octopus	0.1
Sea squirt	0.1	Small octopus	1.4	Octopus	0.3
Dried octopus	0.0	Warty sea squirt	0.2	Salted fish and shellfish egg	0.1
Shrimp	0.8	Boiled and dried shrimp	0.1	Webfoot octopus	0.4
Sea cucumber	0.1	Jellyfish	0.1		
Total (g/day)			67.7		

Source: Ministry of Health and Welfare (2006)

Table 4. List of finfish and shellfish intake values suggested by the Korean exposure factors handbook

Finfish/shellfish	Value (g/day)	Finfish/shellfish	Value (g/day)	Finfish/shellfish	Value (g/day)
Bonito/Tuna	2.94	Cutlassfish	2.52	Crab	1.98
Mackerel	5.48	Oyster	1.11	Other fish	13.11
Baby octopus	0.11	Saury	0.97	Small octopus	1.21
Anchovy	8.74	Pollack	9.71	Octopus	0.15
Loach	0.96	Manila clam	1.98	Shrimp	1.68
Fish paste	7.35	Mixed fish and shellfish	0.03	Squid	9.05
Croaker	9.05	Filefish	1.05	Mussel	0.38
Total (g/day)			79.6 (Freshwater/costal 52.4 g/day, deep-sea 19.8 g/day)		

Source: Ministry of Environment (2007b)

동족, 맛조개, 맛살, 멧게, 멸치, 문어, 문질망둑, 물떼기, 미더덕, 민어, 바지락조개, 박대, 방어, 백합, 밴댕이, 뱀어, 병어, 복어, 볼락, 삼치, 상어, 새조개, 새우, 서대, 성게, 소라, 송어, 아귀, 양미리, 양태, 연어, 오징어, 우럭조개, 용어/황새치, 임연수어, 장어, 재첩, 전갱이, 전어, 전복, 절줄우럭, 정어리, 조기, 주꾸미, 쥐치, 청어, 피조개, 학꽂치, 해삼, 해파리, 홍어, 홍합이 포함되며, 원양 생물종에는 가다랭이/다랑어, 가오리, 갈치, 꽂치, 대구, 돔, 민어, 방어, 삼치, 상어, 서대, 오징어, 조기가 포함된다. 한편 국립환경과학원(2008, 2009a)의 연구에서 인체위해성평가 시 어류 섭취량 인자로서 2007년 한국노출계수핸드북 자료를 바탕으로 민물 및 연안 52.4 g/day을 적용한 바 있다.

$$\text{원재료 섭취 중량} = \text{건조식품 섭취 중량} \times \left(\frac{100 - \text{건조식품 수분함량}}{100 - \text{원재료 수분함량}} \right) \quad (3)$$

3.1.6. 한국 - 통계청

영산강·섬진강수계관리위원회(2009)의 연구에 따르면 통계청의 어패류 섭취량, 인구통계, 어업생산량을 활용하여 2 가지 어류 섭취량 인자를 2 g/day와 0.012 g/day를 이용하여 인체위해성평가를 수행한 바 있다. 먼저 2008년 어업생산량 중 내수면어업 생산량, 2005년 인구수를 근거로 365일로 환산하여 2 g/day를 사용하였다. 통계청의 어업생산량은 해면어업(연근해) 1,285,775 kg, 천해양식 1,382,257 kg, 원양어업 665,452 kg, 내수면어업 29,178 kg으로 분류되나, 해면어업과 천해양식의 기수역 해당 여부 판단 불가로 이 중 내수면어업 29,178,000 kg의 어업 생산량만을 활용하였다. 또한 어류 섭취 인구를 반영하기 위해 전체 인구수 47,041,434명을 활용하였다. 이 때 식 (4)와 같이 일일 섭취량으로 환산하기 위해 365일로 나누어 1인 1일 평균 어류 섭취량 2 g/day을 산출하였다. 다음으로 2001년 연령별 어패류 섭취량, 2005년 연령별 인구수를 근거로 0.012 g/day를 사용하였다. 어류 섭취 인구를 반영하기 위해 연령별 인구수 2,382,350~16,233,007명을 활용하였으며, 어패류 섭취량 중 담수 및 기수역에서 생산된 연령별 어패류 섭취량 2.2~17.6 g을 활용하였다(Table 5). 이 때 식 (5)와 같이 연령별 전체 섭취량을 전체 인구수로 나누어 1인 1일 평균 어류 섭취량 0.012 g/day를 산출하였다.

$$\frac{\text{내수면어업생산량}}{\text{섭취기간} \times \text{인구수}} = \frac{29,178,000 \text{ kg/year}}{365 \text{ days/year} \times 47,041,434 \text{ person}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 2 \text{ g/day-person} \quad (4)$$

$$\frac{\text{전체 인구 어류 섭취량}}{\text{전체 인구수}} = \frac{559,058,522 \text{ g/day}}{47,041,434 \text{ person}} = 0.012 \text{ g/day-person} \quad (5)$$

3.2. 국내 인체위해성평가 시 적합한 어류 섭취량 제안

국내 인체위해성평가 시 적합한 어류 섭취량을 제안하기 위해 국내외 어류 섭취량의 적용 사례를 심층적으로 분석하였다. 먼저 미국, 캐나다, 호주/뉴질랜드 등 국의 수질 준거치 산출 시 활용된 어류 섭취량 자료를 우선적으로 검토하였으며, 국내 인체위해성평가 시 제안된 바 있는 어류 섭취량 적용 사례와 그 수치의 자료원(예. 국민건강영양조사, 한국노출계수핸드북, 통계청)에 대해 조사하였다. 캐나다, 호주/뉴질랜드의 경우 인체 건강을 위한 수질 준거치를 따로 제시하지 않았고, 캐나다의 경우 식품 섭취량이 생물종별 제시되었으나 식품의 범위가 다양하고 인체에 해당되는 직접적인 비교 수치를 제시하고 있지 않으므로 참고용으로만 활용하였다. 사례별 적용된 어류 섭취량을 분석한 결과 공통적으로 어류뿐만 아니라 패류 자료도 함께 적용하였으며, 담수 특성을 반영할 수 있도록 해당 지역 또는 근접 지역에 서식하는 어패류 자료를 활용하고자 하였다(Table 6). USEPA의 일반인을 대상으로 한 17.5 g/day (2000년 기준)와 어부를 대상으로 한 142.4 g/day (2000년 기준)는 각각 담수 및 기수 지역에 서식하는 어패류 자료의 90분위수, 99분위수를 활용하였다, 국민건강영양조사의 64.1 g/day (2001년 기준) 및 67.7 g/day (2006년 기준)는 담수뿐만 아니라 해수 지역에 서식하는 어패류 자료도 포함되어 있어 담수 수질 준거치 산정 시 과다 산정될 가능성이 높음에도 불구하고 가용한 자료의 제한성으로 인해 환경부·국립환경과학원(2006), 국립환경과학원(2007)의 연구에서 64.1 g/day가 적용되었다. 통계청의 2008년 내수면어업생산량과 2005년 인구수를 활용하여 1인 1일 어류 섭취량으로 환산한 2 g/day는 국내 어가를 중심으로 조사된 생산량 자료로 어패류의 수입량 및 수출량으로 인한 가감

Table 5. Population and fish intake values according to age groups

Age	Population (person)	Fish intake (g/person)	Total fish intake (g)
0-4	2,382,350	2.2	5,241,170
5-9	3,168,887	2.9	9,189,772
10-14	3,434,891	5.5	18,891,901
15-19	3,100,523	7.5	23,253,923
20-29	7,333,970	12.9	94,608,213
30-49	16,233,007	17.6	285,700,923
50-64	7,022,588	12.3	86,377,832
More than 65	4,365,218	8.2	35,794,788
Total	47,041,434	69.1	559,058,522

Source: Youngsan river-Sumgin river Watershed Management Committee (2009)

Table 6. List of fish intake values available for human health risk assessment

Fish intake (g/day)	Calculated method	Applied instance	Reference
17.5	Uncooked finfish and shellfish consumption estimates (90th %, general adult and sport fishers)	USEPA (2000a)	USEPA (2000a)
142.4	Uncooked finfish and shellfish consumption estimates (99th %, subsistence fishers)	USEPA (2000a)	USEPA (2000a)
Various fish ingestion*		CCME (1999)	CCME (1999)
-	-	-	ANZECC and ARMCANZ (2000)
64.1	Finfish and shellfish intake	Ministry of Environment·National Institute of Environmental Research(2006); National Institute of Environmental Research(2007)	Ministry of Health and Welfare (2000)
67.7	Finfish and shellfish intake	-	Ministry of Health and Welfare (2006)
52.4**	Water content corrected finfish and shellfish intake	National Institute of Environmental Research (2008, 2009a)	Ministry of Environment (2007a, 2007b)
2	Production of inland waters fishery divided by intake duration and population	Youngsan river-Sumgin river Watershed Management Committee (2009)	Statistics Korea (2005, 2008)
12	Total intake divided by population	Youngsan river-Sumgin river Watershed Management Committee (2009)	Statistics Korea (2005, 2008)

* Refer to table 2 presented in this study

** Final fish intake value that is available for human health risk assessment presented in this study

을 반영할 수 없으므로 과소산정 또는 과다 산정되었을 가능성이 있으나 영산강·섬진강수계관리위원회(2009)의 연구에서 적용되었다. 통계청의 2001년 담수 및 기수역 서식 어패류 섭취량 자료와 2005년 인구수를 연령별로 활용하여 1인 1일 어류 섭취량으로 환산한 12 g/day는 2001년 인구수를 고려하여 산정된 담수 및 기수역 서식 어패류 섭취량 자료이므로 2005년 인구수를 적용할 경우 과소 산정되었을 가능성이 있으나 영산강·섬진강수계관리위원회(2009)의 연구에서 활용되었다. 한국노출계수핸드북의 민물 및 연안 지역에 서식하는 어패류 섭취량 52.4 g/day는 2001년 국민건강영양조사의 어패류 원재료를 활용하였으며, 특히 건조된 어패류의 경우 수분 보정을 통해 원재료 중량으로 전환하여 국내 어패류 섭취 형태를 반영하였다.

기존 국내 수질기준 설정 기반 인체위해성평가 시 제안되어 온 어류 섭취량은 국민건강영양조사를 기초로 통계청의 인구 수, 어업생산량, 한국노출계수핸드북의 수분 보정 등의 측면을 고려하여 개별 연구자들에 의해 2~67.7 g/day로 제시되었다. 국민건강영양조사 자료 자체는 국가적으로 실시하는 조사 자료로 신뢰성은 높으나, 식품 섭취 실태 조사 측면이 강하고 담수어 뿐 아니라 해수어 자료도 포함하고 있으므로 과다 산정될 가능성이 높다. 통계청의 인구 수, 어업생산량, 어패류 섭취량을 활용하여 2가지로 제시된 수치 역시 접근법 자체는 기존 수치와 차별성이 있으나 어패류의 생산량으로부터 수입·수출로 인한 실질적인 가감을 고려하지 못했고, 어패류 섭취량 및 인구 수 간의 시기적 불일치를 간과하였으므로 과소산정 또는 과다 산정될 가능성이 높다. 반면 한국노출계수핸드북에서 제시한 어패류 섭취량은 한국인의 식습관을 고려하여 원재료로의 수분 보정 등의 방법을 통해 노출 상황을 충분히 반영하고자 하였으

며, 담수 수질 준거치를 산출하는 인자로 적용 가능하도록 민물 및 연안 지역에 서식하는 어패류 자료에 한해 섭취량을 산출한 것이므로 현재까지 가용한 자료 중 가장 적합할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 국립환경과학원(2008, 2009)의 연구에서 적용된 바 있는 한국노출계수핸드북의 민물 및 연안 지역에 서식하는 어패류 평균 섭취량 52.4 g/day를 현시점에서 국내 인체위해성평가 시 적합한 어류 섭취량으로 제안하는 바이다. 그러나 이 수치는 현재 가용한 자료를 토대로 지금 가장 적합한 수치로 판단되지만, 장래에 가용한 자료가 생산될 경우 변동될 개연성이 존재한다.

4. 결론

본 연구에서는 국내 인체위해성평가 시 적합한 어류 섭취량을 제안하기 위해 미국, 캐나다, 호주/뉴질랜드 등 국외 수질 준거치 산출 시 활용된 어류 섭취량 자료, 국내 인체위해성평가 시 적용된 어류 섭취량 적용 사례와 그 수치의 자료원(예. 국민건강영양조사, 한국노출계수핸드북, 통계청)을 분석하였다. 그 결과 어류와 함께 패류 자료도 공통적으로 활용하였으며, 담수 특성을 최대한 반영할 수 있도록 해당 지역(예. 담수, 민물, 내수면 등) 또는 근접 지역(예. 기수, 연안 등)에 서식하는 어패류 자료를 활용한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 한국인의 식습관을 고려하여 원재료로의 수분 보정 등의 방법을 통해 노출 상황을 충분히 반영하고, 담수 수질 준거치를 산출하는 인자로 적용 가능하도록 민물 및 연안 지역에 서식하는 어패류 자료에 한해 섭취량을 산출한 2007년 한국노출계수핸드북에 제시된 민물/연안 어패류 섭취량 52.4 g/day를 현시점에서 국내

인체위해성평가 시 적합한 어류 섭취량으로 제안하였으며, 이는 국내 하천 및 호소지역에서 사람의 건강보호항목 설정을 위한 인체위해성평가 시 적용 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국립환경과학원(National Institute of Environmental Research) (2007). *사람의 건강보호항목 확대를 위한 유해물질 조사 및 관리방안 도출*.
- 국립환경과학원(National Institute of Environmental Research) (2008). *사람의 건강보호항목 확대를 위한 유해물질 조사 및 관리방안 도출(II)*.
- 국립환경과학원(National Institute of Environmental Research) (2009a). *사람의 건강보호항목 확대를 위한 유해물질 조사 및 관리방안 도출(III)*.
- 국립환경과학원(National Institute of Environmental Research) (2009b). *수질유해물질 적정관리를 위한 배출허용기준 설정 연구(8차년도)*.
- 보건복지부(Ministry of Health and Welfare) (2000). *1998년도 국민건강·영양조사 심층·연계분석(I) (영양조사부문)*.
- 보건복지부(Ministry of Health and Welfare) (2002). *2001년도 국민건강·영양조사 - 영양조사부문(I)*.
- 보건복지부(Ministry of Health and Welfare) (2006). *국민건강 영양조사 제3기(2005) - 영양조사(I)*.
- 영산강·섬진강수계관리위원회(Youngsan river-Sumgin river Watershed Management Committee) (2009). *수계별 잠정관리 유해물질 실태조사 및 예측시스템 개발(III)*.
- 통계청(Statistics Korea) (2005). *식품별 1인 1일 평균 섭취량*.
- 통계청(Statistics Korea) (2008). *식품별 1인 1일 평균 섭취량*.
- 환경부(Ministry of Environment) (2007a). *위해성 평가 관리·요소 기술 - 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축 연구*.
- 환경부(Ministry of Environment) (2007b). *한국형 노출 계수 핸드북*.
- 환경부·국립환경과학원 (Ministry of Environment·National Institute of Environmental Research) (2006). *물환경종합평가방법 개발 조사연구(III) - 인체 및 수생태계 위해성 평가체계 구축*.
- ANZECC and ARMCANZ (2000). *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Volume 1. The Guidelines (Chapters 1-7)*. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand.
- CCME (1999). *Canadian Environmental Quality Guidelines - Protocol for the Derivation of Canadian Tissue Residue Guidelines for the Protection of Wildlife that Consume Aquatic Biota*. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- USEPA (2000a). *Estimated per Capita Fish Consumption in the United States*. W-99-24 # 076, Office of Water, Office of Science and Technology, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- USEPA (2000b). *Methodology for Deriving Ambient Water Quality Criteria for the Protection of Human Health*. EPA-822-B-00-004, Office of Science and Technology, Office of Water, US Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460.