

고리 원전주변 주민들의 섭취량을 이용한 해양식품의 허용농도 설정

이창민, 이원근

경희대학교

이창우

한국 원자력 연구소

요 약

최근 원자력발전소주변 환경방사선에 대한 국민적 관심이 고조되고 있으나 환경중 방사능 측정에 대한 허용기준치가 정립되어 있지 않아 효과적인 대 국민 홍보에 한계가 있다. 따라서 원전 주변 주민의 생활습관을 파악하여 섭취량을 품종별로 분류하여, 조사, 분석함으로써 환경시료중 방사능 허용농도를 설정함으로써 원자력발전소 주변 환경방사능 농도를 설정된 허용농도와 비교하여 원전의 안전성에 대한 대 국민 이해 및 신뢰 회복에 이바지 하고자 한다. 또한 최대허용농도를 기준으로 삼던 기존의 방식이 퇴색하고 ALI[1]를 이용한 국내 실정에 맞는 식품 중 허용농도 설정의 필요성이 대두되고 있는 현 실정을 감안하여 ALI를 이용하여 식품 중 최대허용농도를 설정하고자 한다.

1. 서론

연간 허용농도는 선량계산식의 역산으로서 구할 수가 있다.

이 식은 $H=C \times U \times D$ 로 표시되어 있는데, H는 선량을 C는 농도를 U는 섭취량을 D는 선량 전환인자를 나타낸다.

H를 연간허용선량한도 5mSv로 하면 섭취량과 선량전환인자를 이용하여 연간허용농도를 구할 수가 있다. 이러한 방법으로 섭취량을 조사함으로써 연간허용농도를 구하게 된다.

기존의 섭취량 조사[2]를 살펴보면, 결정지역에 대한 자료부분은, 현재까지 한전에서 사용해진 거리별(고리 원자력 발전소로부터 2, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 80 km)로 구분한 총 생산량 및 소비량 산출자료를 사용하였다. 그러나 이것은 결정지역 전체의 면적으로 거리별 지역의 면

적을 나누어 줌으로써 면적비를 구하였고, 이 비로써 총 생산량과 소비량을 산출하였다. 그러나 이 같은 결정방법은 우리 나라의 국토면적과 지역특성을 고려할 때 현실적으로 적절하지 못한 면이 있다.

따라서 본 연구에서는 고리 원자력 발전소로부터 위와 같이 '거리별'로 생산, 소비량을 고려하지 않고, 현실적으로 자료조사가 용이한 '지역 단위별'로 해산물의 총 생산량과 소비량을 산출하였다. 여기에서는 면 단위까지 고려하였는데 앞에서 설정한 결정집단 범위인 고리 발전소 반경 10 km 이내에 속하는 양산군과 울주군의 6개의 지역(기장, 일광, 장안, 강동, 온산, 서생)[3]의 생산량과 소비량을 산출하였다.

2. 결정집단 설정

결정집단(critical group)은 주어진 방사성 물질 방출에 대하여 동질(homogeneous)의 최대 피폭 피해를 받을 수 있는 대중의 한 집단을 의미한다. 이와 관련하여 ICRP(International Commission on Radiological Protection) 등에서 원전주변 80 km 내의 오염정도를 측정하여 피폭정도를 계산하도록 권고하고 있으나, 우리 나라 실정에는 적합하지 못한 면이 있다. 이는 미국이나 그 외의 나라 등지에서는 발전소 주변에 인접한 대도시가 없는데 반해서 우리나라에서는 고리 발전소 주변 80 km 이내에 부산시와 울산시 같은 대도시가 위치하고 있으며, 이 두 도시의 인구수만 대략 500만이 넘는다. 만일 이 모든 사람을 피폭대상자라고 고려한다면 고리 원자력 발전소에서 방출되어지는 방사능의 양에 비해 상당히 과대 평가된 양의 방사능을 피폭 받는다고 가정하게 되므로 공중피폭 평가시 과소 혹은 과대평가가 되지 않도록 권고하고 있는 ICRP의 의도에 위배될 뿐 아니라, 정확한 허용농도설정에도 차질이 생긴다. 또한 울산과 부산은 항구 도시로서, 원양어업 등으로 생산되는 해산물이 외부로부터 다량 유입되며, 주민들은 외부 유입 해산물을 섭취하는 측면이 있다. 부산이나 울산 지역에서 생산되어 지는 해산물이 지역주민들에게 직접 소비되는 양은 부산 및 울산시의 전체 생산량에 비하면 아주 작다. 따라서 고리 원자력 발전소 주변을 중심으로 반경 80 km 이내의 지역을 결정집단으로 설정한다는 것은 보수적인 값을 취한다는 측면에서 고려하여도 현실성이 결여된 값이라고 추정된다.

따라서 본 연구를 위하여 고리 발전소를 중심으로 부산과 울산은 제외한 주변 지역을 조사한 결과, 약 10 km 를 한계선으로 잡게 되었으며 이 지역내의 생산량과 소비량을 고려하여 핵종허용농도를 계산하고자 한다.

고리 원자력 발전소를 중심으로 반경 10 km 이내에는 온산, 서생, 기장, 장안, 일광의 5개

면이 속한다. 인접한 고려대상 지역인 강동면은 10km이내에 속하지 않으나, 강동면은 울주군내에서 일반 해면 어업이 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 이 지역은 인구수가 대략 2,000명 이내의 소 지역으로서 울산시의 주민들과는 달리 해산물의 외부유입율이 낮아서 자체에서 생산된 해산물 섭취율이 높기 때문에 이 지역을 결정집단 내에 함께 포함하였다.

3. 결정지역내 섭취량 조사

총 생산량에 대해 정부가 발표한 자료는 각 군별, 시별 자료가 최소단위의 집계역서면 단위까지의 총 생산량과 소비량을 구할 수 없으므로, 먼저 양산군과 울주군(후에 양산군으로 명칭 변경) 연보의 자료를 인용하여 각 군의 계통 출하량을 조사하였다. 이 양은 수협이 집계한 자료로서 수협이 어민들이 잡은 해산물을 사들이는 양을 집계한 것이다. 하지만 여기서는 총생산량은 정확히 알 수 없었다. 총 생산량이라고 집계한 자료가 있기는 하나 이 양이 계통 출하량과 혼용하여 쓰여져 있어서 이 값을 총 생산량으로 쓰기에는 적합하지 않았다. 따라서 먼저 농림부에서 발표한 비계통 출하량을 조사하였다. 여기서 비계통 출하량이란 계통출하를 하지 않고 어민들이 수협을 통하지 않고 자체적으로 판매하거나 소비하는 물량을 말한다.

비계통량을 추산한 방법은 아래의 식에 따랐다.

$$\text{비계통량} = \text{계통량} \times R \quad (1)$$

$$R = \text{비계통량의 비율} (\text{비계통량} / \text{계통량})$$

위 (1)식을 사용하여 구한 비계통 출하량에 계통출하량을 더하여, 울주군, 양산군의 해산물별 총 생산량을 구하였다. 이 총 생산량에 각 면별 어업종사자의 수를 나눔으로써 면별 생산량을 구하였다.

또한 자급용 생산량과 상업용 생산량에 대한 자료[4]를 이용하여 자급용 생산량의 비율을 총생산량에 곱하여 군내 소비를 위한 생산량을 구하고, 다시 이 양을 면별 총인구로 나누어 줌으로써 면내 1인당 소비하기 위한 생산량을 구하였다. 면내 인구의 생산량이 소비량과 같다고 가정하면 이 양을 면내 인구의 해산물 소비량이라고 할 수 있으며, 본 연구에서는 이 양을 1인당 소비량으로 사용할 것이다.

3.1 울주군 및 양산군 관련 부지 현황 조사

울주군 관련 수산물에 대한 계통 출하량, 면별 총인구수 및 어업종사자수 등에 대한 조사 결과는 아래와 같다.

표 1. 울주군 수산물 계통출하량(단위:ton)

년도	어류	갑각류	연체동물	해조류
1974	1382			
1975	1234		1.4	898
1976	1758			892
1977	1661		3	299
1978	664			3021
1979	369		11	2994
1980	1127		2972	
1981	914			46
1982	5051	375	185	389
1983	15520	611	804	398
1984	14920	197	1009	481
1988	7263	46	990	2287
1989	10427	140	710	519
1990	6328	73	2433	1220
1991	7031	122	5068	917
1992	5602	33	7127	
1993	3431	30	3963	3874
총합	84682	1627	25276.4	18226

표 1 과 지역별 계통, 비계통 출하량의 자료(95년 집계)중 경상남도에서의 비계통출하량의 분율,R(어류: 0.0265, 갑각류:0.412, 연체류:0.238, 해조류:4.963)[4]을 사용하여 식 (1)로서 비계통량을 구한다. 여기에서 계통량의 기준값은 추세선을 이용하여 증가하다 감소하는 경우는 추세선의 최대값을, 계속 증가하는 경우는 보수적인 값을 취한다는 의미에서 가장 최대값을, 계속 감소하는 경우는 중간값을 취하였다.

이렇게 구한 비계통량을 계통량과 합하여 총생산량을 구하고, 이 총생산량을 고리원전주변 피폭선량계산지침서의 자급용/상업용 비율(어류:17.235 연체,갑각류:10.009 해조류:9.988)를 이용하여 울주군의 자급용 생산량을 구할수 있다. 이 계산값들을 표2 에 나타내었다.

표 2. 울주군 현황조사량 (단위:ton)

	어류	갑각류	연체류	해조류
대표값	7563.52	180.78	3689.70	3874.00
비계통량	200.30	74.45	876.19	19226.78
총생산량	7763.82	255.2308	4565.89	23100.78
자급용생산량	872.27	25.55	457.00	2307.27

울주군에 있는 세 면의 인구수는 76년부터 93년까지의 자료를 이용하여 이를 평균으로서 각 면의 인구수를 정하였고(강동:1841명, 온산:4382, 서생:2467) 이 인구수에 우리나라의 성인, 십대, 소아 각각의 인구구성비(성인:59%, 십대:21%, 소아:20%)로서 각 연령별 인구수를 구

하였다. 어업종사자수(강동:405명, 온산:1017 서생:1234) 역시 76년부터 93년까지의 자료를 이용, 이를 평균하여 구하였다.

표 2의 자급용 생산량에 각지역의 어업종사자수의 분율을 곱하여 지역생산량(표3)을 구하였다. 이 때, 각 1인 어업종사자의 생산량을 같은 것으로 가정하였다. 여기서, 자급한 해산물은 모두 소비되는 것으로 가정하였다.

표 3. 울주군의 지역 생산량(단위:ton)

	어류	연체 및 갑각류	해조류
강동면	133.02	73.59	351.85
온산면	333.99	184.74	883.44
서생면	405.25	224.19	1017.942

양산군 관련 수산물에 대한 계통 출하량, 면별 총인구수 및 어업종사자수 등에 대한 조사도 위의 울주군과 같은 방식으로 수행하였고 동일한 방법으로 계산하였다.

이 지역생산량을 각 연령군 별 소비비를 이용하여 연령군별 소비량을 구하고 이것을 각 연령군 구성비를 곱한 각 연령군 별 인구수로 나누어 연령군별 1인당 소비량을 구하였다.

표 4. 단위면당 성인 1인 소비량(단위:kg)

	어류	연체 및 갑각류	해조류
강동	78.54	43.07	202.36
온산	83.35	45.7	214.71
서생	178.57	97.93	436.94
기장	41.55	6.20	266.67
일광	39.82	6.21	266.67
장안	39.82	6.34	270.68

표 4와 보건복지부의 1인 1년 소비량과 비교해 보면 표 4의 값 중 해조류의 소비량(15.41kg)[5]이 매우 큰 차이를 보이고 있다. 이는 주로 해조류가 건어물 상태로 유통되어 지기 때문에 소비하는 건어물의 양을 추정함으로 해서 오는 차이라고 보여진다. 수협이 전문가에 의하면 해조류에 있어서 건어물상태인 것은 그렇지 않은 것에 비해 약 90%정도의 무게감소가 이루어진다고 하므로 이 값을 적용하여 보정하고자 한다. 그리고 서생면에서의 어류생산량이 다른 지역에 비하여 매우 큰 것을 볼 수 있는데 이는 서생면의 멸치 생산량이 일반해면어업의 상당부분을 차지하고 있어서, 멸치는 건조시키는 것은 물론 국물을 우려내기 위해 사용하며, 또한 안주거리로도 많이 사용되므로 이를 감안하여 보정하고자 한다.

연체 갑각류의 경우에서도 울주군 소비량이 보건복지부의 양(17.593kg)과 많은 차이를 보이

고 있는데, 이도 역시 울주군의 경우 활오징어의 물량이 대부분을 차지하는데 오징어 역시 많은 물량이 건어물상태로 유통되어 진다. 이점을 감안하여 이 값을 보정하고자 한다.

4. ALI(Annual Limit Intake)

연간섭취한도(Annul Limit Intake, ALI)는 ICRP출판물 26에서 권고한 선량당량한도에 기초를 두고 1년간 방사성 물질의 섭취한도에 관해 ICRP 전문위원회가 산출한 것이다.

ALI는 보조한도로서 작업자의 체내피폭평가에 유용한 기준이 되며 개인모니터링에 의해 추정된 연간 섭취량이 ALI를 초과하지 않는한 선량당량한도를 초과하지 않는다고 볼수 있다.

ALI는 핵종, 흡입등급 및 확률적 영향한도와 비확률적 영향한도 및 섭취형태에 따라 다르며, 이 값들은 ICRP 30의 보조 간행물에 수록되어 있다.

단위는 Bq이고 흡입(Inhalation)과 섭취(ingestion)의 두 가지의 섭취형태로 분류되어 있다.

본 연구에서는 CANADA STANDARDS ASSOCIATION에서 제시한 일반공중에 대한 ALI[6]값을 가지고 일반인들의 섭취량을 조사하여 음식물의 연간 허용한도(Derived Food Concentration DFC)를 설정하려고 한다. 일반 공중에 대한 ALI값은 선량한도 5mSv를 가지고 설정된 값이다. 그러나 일반인들이 단지 음식물 하나의 경로로만 오염이 되는 것은 아니기 때문에 본 연구에서는 오염 경로 가중치로서 식물 : 물 : 공기의 비율 3 : 1 : 1로 주고 있는 일본 전력중앙연구소 보고[7]의 값을 이용하였는데, 일본인은 같은 동양계로서 한국인과 신체구조와 생활습관등이 비슷하고 기후등도 비슷하므로 다른 외국의 나라의 자료보다 우리나라 실정에 더 부합한다고 생각되어졌기 때문이다. 이에 따라 ALI의 값을 선량한도 3mSv를 가지고 다시 작성하였다.

이 DFC결정방법은 해산물의 연간섭취량을 조사하여 구할수 있다.

$$DFC(Bq/kg) = \frac{ALI(Bq)}{\text{연간섭취량}(kg)}$$

본 연구에서는 고리주변에서의 허용농도를 설정하는 것으로 한정하고 있으므로 이에 고리발전소에서 방출되어지는 액체상 방출물 속에 포함되어 있는 12가지 핵종[8]만을 고려하기로 하였다.

표 5. 연간 섭취 한도(단위:Ci),성인

핵종	ALI	ALI*0.6
Cr-51	5.10E-03	3.06E-03
Mn-54	4.10E-04	2.46E-04
Co-58	1.40E-04	8.40E-05
Co-60	1.10E-05	6.60E-06
Sr-89	5.10E-05	3.06E-05
Sr-90	3.40E-06	2.04E-06
Nb-95	1.90E-04	1.14E-04
Ru-103	3.30E-04	1.98E-04
Ru-106	1.80E-05	1.08E-05
I-131	2.80E-06	1.68E-06
Cs-134	7.80E-06	4.68E-06
Cs-137	1.10E-05	6.60E-06

5. 결론

위에서 조사한 데이터들을 이용하여 2개의 군에서의 6개지역에 대한 허용농도를 산출하였다. 이 중 가장 보수적인 값을 취하여 이를 게재하였다.

표 6. 최대허용농도(DFC)의 결정(Bq/Kg), 성인

핵종	어류	연체 및 갑각류	해조류
Cr-51	1.36E+06	4.98E+06	5.27E+06
Mn-54	1.09E+05	4.00E+05	4.24E+05
Co-58	3.73E+04	1.37E+05	1.45E+05
Co-60	2.93E+03	1.07E+04	1.14E+04
Sr-89	1.36E+04	4.98E+04	5.27E+04
Sr-90	9.06E+02	3.32E+03	3.52E+03
Nb-95	5.06E+04	1.85E+05	1.96E+05
Ru-103	8.79E+04	3.22E+05	3.41E+05
Ru-106	4.79E+03	1.76E+04	1.86E+04
I-131	7.46E+02	2.73E+03	2.90E+03
Cs-134	2.08E+03	7.61E+03	8.06E+03
Cs-137	2.93E+03	1.07E+04	1.14E+04

산출된 허용농도에 관해서는 해산식품만을 섭취한 경우이므로 이를 육상 식품의 섭취를 고려한 값으로서 다시 보정 되어져야 할 것이다.

6. 참고 문헌

[1] EPA(U.S. Environmental Protection Agency), Limiting Values of Radionuclide

Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation,
Submersion, and Ingestion, 1988

- [2] 고리원자력본부 제 1 발전소, 고리 원전 주변주민 피폭선량 계산지침서, 1992
- [3] 울주군, 양산군, 통계연보, 1974, 1980, 1984, 1988, 1992, 1994
- [4] 농림부, 농림수산 통계연보, 1996
- [5] 보건복지부, 보건복지부 통계연보, 1995
- [6] Canada Standards Association, Guidelines for Calculating Derived Release Limits for Radioactive Material in Airborn and Liquid Effluents for Normal Operation of Nuclear Facilities, 1987
- [7] 일본 전력중앙 연구소, 전력중앙연구소 보고, 1977
- [8] 한국전력공사, 원자력발전소 방사선관리연보, 1996