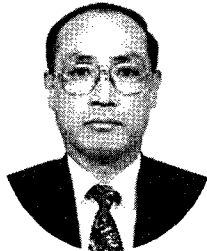


# 옛 蘇聯의 東海投棄 放射性廢棄物의 影響調查



하 정 우  
한국원자력안전기술원 방사선환경부장

러시아가 1959년도부터 1992년 도까지 동해의 공해상에 투기한 방사성폐기물로 인한 우리나라의 해양환경영향(방사성오염)을 조사하기 위해 동해 연근해 및 오호츠크해의 각종 해양환경시료 중 방사능을 조사한 결과 러시아 방사성 폐기물에 의한 영향은 전혀 없는 것으로 나타났다.

조사는 과학기술처의 주관하에 한국원자력안전기술원이 조사계획의 수립과 시료 중의 방사능측정 및 평가업무를 담당하고 수산청, 기상청, 해군이 환경시료 채취업무를 지원하였다. 또한 한국전력공사는 동해안에 위치한 원자력시설 주변 해양방사능 감시활동을 강화하였다. 조사는 1993년 4월13일에 착수하여 4월28일에 완료하였다.

방사능오염 조사분석은 러시아

방사성폐기물 투기지점을 고려하여 동해 연근해 방사능영향 예상지역을 선정하여 해수, 해저토, 어류 등 18종의 해양시료를 채취하여 감마선방출 방사능핵종과 삼중수소의 방사능을 조사하였다.

채취된 해양시료의 방사능분석 결과 동해 전역에서 인공 방사성핵종인 방사성세슘(Cs137)이 극미량 검출되었으나 이것은 1970년대 미국, 옛 소련 등 핵보유국가들의 지상핵실험으로 인해 북위 30°에서 60°에 집중 분포되어 있는 방사성 낙진의 잔존물이었다.

이번 조사에서 측정된 해수 중의 방사성세슘 농도는  $3.01 \times 10^{-3}$  Bq/l 내지  $4.96 \times 10^{-3}$  Bq/l이었으며 어류 중에서는 1.10Bq/l 내지 1.29Bq/l이었다. 이 측정값은 日本 연근해에서 조사된 결과와 비슷하

였다.

日本 연근해의 해수 특성은 남태평양으로부터 유입되는 해수와 동해 북부의 해수인 러시아의 방사성 폐기물 투기지역을 통과하여 동해로 유입되는 북한한류로 구성되어 있는데 두 해수가 다르다는 것을 감안하면 측정된 방사성세슘은 과거 핵실험의 낙진으로 확인되었다.

이번 조사의 결론으로서 러시아 방사성폐기물에 의한 우리나라의 해양환경오염은 발생하지 않았음이 확인되었으며 앞으로 러시아가 동해 공해상 방사성폐기물의 투기행위를 계속할 것에 대비하여 해양환경 방사능오염에 대한 감시활동을 계속할 계획이다.

## 목 적

러시아 방사성폐기물의 동해 공해상 해양투기에 의한 우리나라 해양환경영향을 조사하여 국민보건 및 환경보전을 확보하는데 필요한 단기 및 중장기대책을 수립하는데 있다.

## 현 황

### 1. 러시아의 동해 방사성폐기물 투기 현황

러시아 정부의 방사성폐기물 백서에 따르면 러시아는 1959년도부터 1992년도까지 북극해와 극동해에 방사성 액체 및 고체폐기물을 해양 투기해 왔다. 투기한 방사성 폐기물의 방사능은 북극해에 방사성 액체폐기물 약  $7.6 \times 10^2$  TBq(20,600Ci), 방사성 고체폐기물 85.1P

Bq( $2.3 \times 10^6$ Ci), 극동지역에는 동해, 오희츠크해, 태평양의 10개 지역에 액체폐기물  $4.55 \times 10^2$ TBq ( $12.3 \times 10^3$ Ci), 고체폐기물  $2.3 \times 10^2$ TBq( $6.2 \times 10^3$ Ci) 등이다. 동해 6개 지역(수심 1,100~3,700m)에 투기된 방사성폐기물 중에는 납용기로 포장된 원자력잠수함용 원자로 2기가 포함되어 있다.

## 2. 동해의 해상

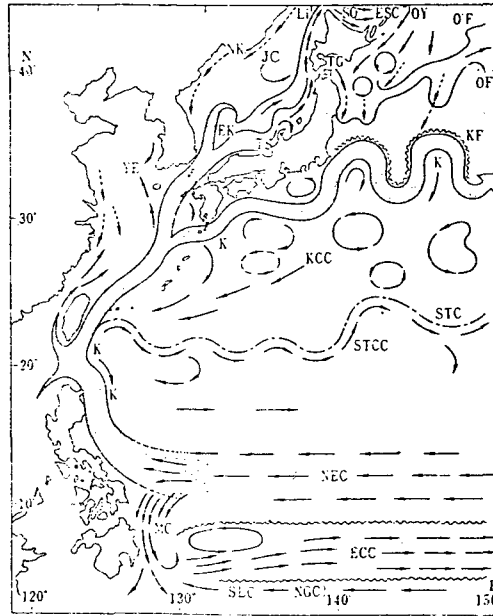
### (1) 지형

동해는 서태평양의 서쪽에 위치하며 한국, 日本, 옛 소련과 인접한다. 동해는 북쪽의 타르타르해협 및 소야해협으로 오희츠크해와 연결되고 쓰가루해협으로 북서태평양과 연결되며 남쪽의 대한해협을 통해 남해(남지나해)의 해수가 유입된다. 인접 해와는 비교적 얕은 해협(수심 130m 이하)을 통해 연결되므로 다분히 고립된 호수의 성격을 띠고 있다. 동해의 면적은 1,007,600km<sup>2</sup>, 용적은 1,698,300km<sup>3</sup>, 평균 수심은 1,684m이다.

### (2) 해류

대마난류는 <그림 1>에서와 같이 동해에 유입되는 유일한 해류이며 북태평양의 서부를 따라 북상하는 쿠루시오해류로부터 분리되어 대한해협을 통과하여 동해로 유입된다. 그 두께는 200~300m이며 유속은 0.5~1.0노트이다. 유입된 대마난류는 쓰가루해협 및 소야해협을 통해 북서태평양으로 유출된다.

동한난류는 대마난류의 지류로 동해안을 따라 북상하여 죽변 근해에서 남하하는 한류와 혼합되면서



TS(대마난류) YE(황해난류) EK(동한난류) NK(북한난류)

OY(오야시오한류)  
OF(오야시오전선)  
ESC(동사할린한류)  
O'F(천도전선)  
SO(종곡난류)  
TG(진경난류)  
Li(리만난류) K  
JC(동해중앙한류)  
KF(쿠로시오전선)  
K(쿠로시오)  
KCC(쿠로시오반류)  
STC(아열대수렴)  
STCC(아열대반류)  
NEC(북적도해류)  
MC(민다나오해류)  
ECC(적도반류)  
NGC(뉴기니아해류)  
SEC(남적도해류)

<그림 1> 쿠로시오해류도(1965~66 CSK 성과에 의함)

동방으로 전향하여 대부분 대마난류와 합류한다. 동해 북부에 있는 해수는 겨울에 수온이 저하되어 리만해류를 형성하고 연해주 부근에서는 연해주해류, 북한 근해에서는 북한한류를 형성한다. 북한한류는 함경남북도에서 남하하여 남부 해안까지 남류한다.

동해 중층수와 심층수의 근원은 냉각된 동해 북부 표층수의 침강에 의한 것으로 알려져 있다. 수심 200m보다 깊은 심층수(동해 고유수)는 저온(수온 0.0~1.0°C), 저염(염분 34.0~34.1ppt), 고산소(용존산소 230 $\mu$ mol/kg) 등의 특징을 지니고 있다.

해수의 순환특성으로 해수 수직혼합은 태평양에서보다도 활발하며 지역적으로 표층수는 30년이 경과

하면 수심 2,000m까지 도달할 수 있다. 심층수 수직혼합시간은 100~500년(추정치)이며 심층수 평균 체류시간은 600~1,300년(추정치)이다.

심층(1,000m 이하) 해류에 대해서는 유속 관측이 없으나 울릉분지 내 폭 7km, 깊이 35m의 수로가 존재하는 것으로 미루어 강한 저층해류가 존재할 것으로 추정된다.

## 3. 연근해어업 현황

### (1) 명태

동해산 명태는 한류성 어종으로 12~3월 강원도 및 함경북도 연안(원산 앞바다)에서 주로 산란, 서식하며 산란수온은 1~3°C이다. 1991년도의 경우 동해에서 잡힌 명태는 약 7,000톤이며 이 중 일부는

냉동 명태 혹은 명란으로 수출됐다.

## (2) 오징어

오징어는 동지나해, 황해 및 동해 전역에서 서식, 분포하며 산란 시기는 1~3월, 6~8월, 9~11월로서 세 차례에 걸쳐 동지나해 및 동해 중부지역에서 산란한다. 서식수온은 4~27°C로서 주간에는 수심이 깊은 100~200m에서 서식하고 야간에는 2~50m 내외의 얇은 곳에서 서식한다. 건재, 염장, 냉동, 조미하여 수출하며 동해의 경우 오징어는 울릉도 부근 및 대화퇴(Yamato 해분)해에서 주로 6~12월에 주로 조업한다. 1991년도 어획량은 약 6만8천톤이었다.

## (3) 정어리

정어리는 남해, 동해, 日本 연안에 분포하여 서식한다. 산란시기는 12~6월이며 남해 및 日本 연안에서 산란한다. 서식수온은 8~27°C로서 20~70m 수심에서 서식한다. 4~6월에 주로 어획하며 1991년도 어획량은 약 3천톤 정도이었다.

## (4) 전갱이

전갱이는 난류성 어종으로 우리나라 남해 및 동해 남부, 황해, 동지나해, 日本 중부 이남지역에서 분포, 서식하며 산란은 3~6월, 1~3월, 11~1월의 세 차례에 걸쳐 제주도 이남, 동지나해 중부, 남부해역에서 산란장을 형성한다. 서식수온은 15~18°C, 수심은 10~120m, 5~8월에 주로 어획하며 1991년도 어획량은 약 400톤 정도이었다.

## (5) 원양어업

우리나라는 북태평양(베링해, 오

호츠크해)에서 1985년부터 한, 미 공동어업사업을 추진하는 동시에 1989년부터 한, 소 공동어업사업도 병행하였다.

그러나 1990년까지는 미국 수역인 베링해에서 조업하였으나 쿼터량 종식으로 1991년부터는 오호츠크해에서만 조업을 하고 있다. 주요 어종인 명태는 국내에 전량 반입되며 오호츠크해에서 본격적으로 조업한 1991년도에 어획한 명태는 약 14만톤이었다.

## 동해 환경방사능 조사

### 1. 조사 개요

러시아가 공해상에 투기한 방사성폐기물로 인해 우리나라에 영향이 우려되는 사항에 대해 단기적으로 조사계획을 수립하여 조사를 수행하였다.

조사내용은 동해 폐기물 투기지역 근처에서 죽변까지 흐를 것으로 예상되는 해수, 동해 연안의 해저토 그리고 동해안의 주요 어장에서 잡힌 생선 및 감차카반도 근처의 원양어선에 의하여 국내에 반입되는 생선들을 대상으로 하였다.

측정대상의 방사능은 일반적으로 방사성폐기물에 공통적으로 포함되어 있는 방사성동위원소의 대부분이 감마선을 방출하기 때문에 감마방사능 측정을 위주로 하여 해수에 대해서는 감마방출핵종 및 삼중수소, 기타 시료에 대해서는 감마방출핵종의 방사능만을 측정하였다.

방사능 측정은 최소한 과거 고시 85-5호(원자력발전소환경조사지침)에서 지정한 검출하한치(MD

A)를 만족하도록 하였으며 측정결과에 대한 평가는 외국의 자료와 비교하여 방사성폐기물의 영향 여부를 평가하였다.

### 2. 조사 참여기관

4월7일 과학기술처에서 소집한 「러시아 방사성폐기물 대책회의」에서 합의한 바에 따라 각 기관은 다음과 같이 업무분장하여 조사를 실시하였다.

#### (1) 과학기술처

조사업무의 총괄 및 참여 조사기관간 업무협조

#### (2) 한국원자력안전기술원

조사계획의 수립 및 채취시료에 대한 방사능 측정, 평가

#### (3) 수산청

동해 및 오호츠크해의 명태, 오징어 등 시료채취

#### (4) 기상청

울릉도 부근 해수 및 해저토 시료채취

#### (5) 해 군

강릉~울릉도간 해수채취

#### (6) 한국전력공사

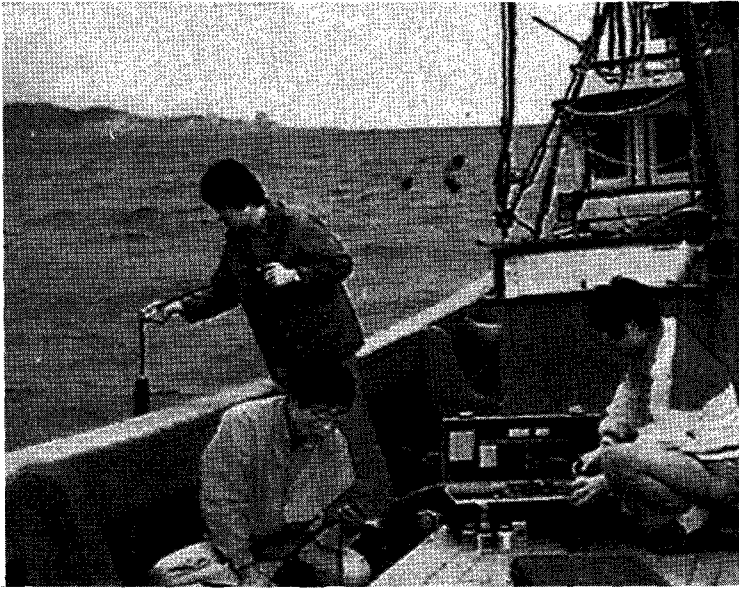
원자력시설 주변해양 방사능 감시범위 확장 및 감시주기 단축

### 3. 시료 채취방법

러시아에서 방사성폐기물을 처분한 지점을 고려하여 우리나라에 영향을 미칠 것으로 예상되는 4개 지점을 선정하여 해수, 해저토 및 명태, 오징어, 임연수 등의 어류를 채취하였다. 시료 채취지점은 <표 1>과 같다.

#### (1) 해 수

해수 채취지점에서 표층수 50/를



〈표 1〉 동해안 해상시료 채취지점 및 일시

시료명	채취일자	위 치	채취량(kg)	비 고
해 수 A	93. 4. 14	37° 42:40" N 129° 25:00" E	40	
해 수 B	93. 4. 13	37° 39:00" N 129° 52:00" E	40	
해 수 C	93. 4. 13	37° 35:20" N 130° 20:00" E	40	
해 수 D	93. 4. 13	울릉도 기상대	40	
해저토 A	93. 4. 20	포 향	3	
해저토 B	93. 4. 20	영 덕	3	
해저토 C	93. 4. 20	망 상	3	
해저토 D	93. 4. 21	속 초	3	
해저토 E	93. 4. 21	주문진	3	
해저토 F	93. 4. 21	거 진	3	
해저토 G	93. 4. 21	울릉도	3	
오징어 A	92. 11. 19	속 초	10	
명 태 A	93. 4. 15	37° 25:00" N 133° 75:00" E	10	
오징어 B	92. 12. 20	주문진	10	
명 태 B	93. 3. 15	37° 75:00" N 129° 25:00" E	10	
오징어 C	92. 10. 2	울릉도	10	
임연수 C	92. 10. 2	37° 25:00" N 132° 25:00" E 오호츠크해	10	
명 태 D	93. 3. 26	54° 12:00" N 153° 20:00" E	10	

채취하고 채취시료는 플라스틱통에 담아 질산 100m/를 채취시료와 혼합하였다.

(2) 해저토

해저면에서 5cm 깊이까지의 토사를 채취하였으며 채취량은 채취지점당 3kg 이상이었다.

(3) 오징어

각 지역별로 어획시기가 확실한 오징어 5kg씩을 조사시료로 하였다.

(4) 명 태

각 지역별로 어획시기가 확실한 명태 5kg씩을 조사시료로 하였다.

4. 시료의 전처리

(1) 감마방출핵종 분석을 위한 시료전처리

① 어류(명태, 오징어, 임연수)

시료채취후 회화용기에 시료 3kg을 넣고 110°C의 전기오븐에서 완전히 건조시킨 다음 전기로에 넣고 온도를 450°C까지 서서히 증가시킨 후 약 24시간 회화시켰다. 회화시료를 냉각시켜 회화 정도를 확인한 후 측정용기에 충전하여  $\gamma$ -Spectrometer를 이용하여 시료중 감마방출핵종의 방사능을 측정하였다.

② 해 수

해수 30l를 대형 용기에 취한 후 염산을 시료 1l당 1ml의 비율로 첨가하여 산성이 되도록 한 다음 AMP(Ammonium Phosphomolybdate)를 시료 1l당 0.5g의 비율로 첨가하여 30분 동안 저어준 다음 하루 동안 방치하여 시료 중 방사성 세슘을 공침시켰다. 그후 상층액을 다른 용기에 옮기고 MnO<sub>2</sub>를 시료



1/당 2g의 비율로 첨가한 다음 약 2시간 동안 저어준 후 하루밤 방치하여 Cs137 이외의 다른 방사성핵종을 공침시켰다. 공침된 AMP와 MnO<sub>2</sub>를 회수하여 건조시킨 후 측정용기에 충전하여  $\gamma$ -Spectrometer로 시료 중 감마방출핵종의 방사능을 측정하였다.

### ③ 해저토

시료 3kg을 110°C의 전기오븐에서 완전히 건조시킨 후 2mm Mesh의 채로 쳐서 굵은 자갈과 모래를 걸러낸 다음 분쇄기를 이용하여 잘게 분쇄시키고 균일하게 혼합하여 측정용기에 넣어 감마방출핵종의 방사능을 측정하였다.

(2) 삼중수소 분석을 위한 시료 전처리

해수 100l를 증류용기에 넣고 유기물 분해를 위하여 KMnO<sub>4</sub>와 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 소량 첨가하고 증류한 다음 측정용기에 증류한 시료수 8ml와 Scintillator 12ml를 넣고 잘 혼합한 후 약 80°C에서 물중탕하여 냉암소에서 하루 밤 방치하였다. 다

음 Liquid Scintillation Counter(액체섬광계수기)를 이용하여 시료 중 삼중수소의 방사능을 측정하였다.

## 5. 조사결과 및 평가

### (1) 감마방출핵종의 방사능

동해안에서 채취한 해수, 해저토 및 어류 등 총 18개 시료에 함유되어 있는 감마방출핵종의 방사능을 측정된 결과는 <표 2>와 같다. 표에서 보는 바와 같이 인공 방사성 동위원소는 Cs137만이 검출되었다. 해수에서의 Cs137의 방사능 측정 결과는  $3.01 \times 10^{-3} \text{Bq/l} \sim 4.96 \times 10^{-3} \text{Bq/l}$ 의 분포특성을 가지고 있다. 한편 1974년부터 1989년까지의 日本 전 지역에 대한 日本의 환경감시결과에 의하면 해수 중 Cs137의 방사능은 매년 조금씩 감소하여 최대치  $32.2 \times 10^{-3} \text{Bq/l}$ (1974년도)에서 최소치  $1.85 \times 10^{-3} \text{Bq/l}$ 까지의 분포를 나타내고 있으며 연평균치의 변동범위는  $3.7 \times 10^{-3} \sim 8.6 \times 10^{-3} \text{Bq/l}$ 로서 이번에 조사한 동해안 지역 해수 중 Cs137의 방

사능은 日本의 연평균치와 비슷한 수준이었다.

해저토의 경우 Cs137의 방사능은 영덕과 망상에서 각각 1.10Bq/kg-dry, 1.29Bq/kg-dry이었다. 日本의 경우 해저토 중 Cs137의 방사능은 1974~1989년까지의 日本 전 지역에 대한 환경감시결과를 최대치 16.3Bq/kg-dry(1974년도)에서 최소치 0.19Bq/kg-dry 사이에 분포되어 있으며 연평균치의 변동범위는 2.41~5.63Bq/kg-dry이다. 이번에 조사한 동해안 지역의 해저토 중 Cs137의 방사능도 日本의 연평균치와 유사한 값을 나타내었다.

명태와 임연수 중의 Cs137 방사능은 0.117~0.220Bq/kg-fresh 범위에 있으며 명태와 임연수의 방사능은 거의 비슷하였다. Cs137의 방사능은 조사한 지역 중 오후츠크 지역의 명태에서 다소 낮은 값을 나타내었다. 1974년부터 1989년까지의 日本 전 지역에 대한 환경감시결과에서 어류 중 Cs137의 방사능은 1979년도에 최대측정치 0.93Bq/kg-fresh를 나타냈고 최소치는 1982년도의 0.004Bq/kg-fresh(1982년도)로서 연평균치의 변동범위는 0.163~0.351Bq/kg-fresh이다. 이번에 조사한 동해의 명태 및 임연수 중 Cs137의 방사능은 日本의 연평균치의 변동범위에 포함되는 값이다.

한편 오징어의 경우는 Cs137의 방사능이 명태나 임연수에 비해 1/4 정도 낮은 0.049~0.053Bq/kg-fresh의 측정값들을 나타내었고 日本의 경우에도 오징어와 같이 뼈

〈표 2〉 동해안 해상시료 중 감마선방출 방사성핵종의 방사능

시료명	계측시간(초)	채취장소	시료처리량	방사능농도	
				Cs137	MDA
해수 (Bq/l)	80,000				
A		37° 42:40" N 129° 25:00" E	30l	3.01E-3±9.1E-4	0.90±0.02
B		37° 39:00" N 129° 52:00" E	-	4.96E-3±1.17E-3	0.79±0.05
C		37° 35:20" N 130° 20:00" E	-	3.61E-3±1.03E-3	0.71±0.02
D		울릉도 기상대	-	3.55E-3±9.2E-4	0.79±0.02
해저토 (Bq/kg-dry)	80,000				
A		포항	200g	ND	863±10
B		영덕	-	1.10±0.26	478±13
C		망상	-	1.29±0.32	668±10
D		속초	-	ND	422±13
E		주문진	-	ND	994±10
F		거진	-	ND	420±8
G		울릉도	-	ND	1,020±11
어류 (Bq/kg-fresh)	80,000				
오징어 A		속초 37° 25:00" N	3kg	0.053±0.014	112.0±0.8
명태 A		133° 75:00" E 주문진	-	0.192±0.020	90.0±0.7
오징어 B		37° 75:00" N	-	0.052±0.014	119.0±0.8
명태 B		129° 25:00" E	-	0.220±0.015	64.9±1.0
오징어 C		울릉도 37° 25:00" N	-	0.049±0.014	111±1.0
임연수 C		132° 25:00" E 오호츠크해	-	0.214±0.017	103.0±0.9
명태 D		54° 12:00" N 153° 20:00" E	-	0.117±0.016	79.8±0.8

〈표 3〉 동해지역 해수 중 삼중수소의 방사능

시료명	계측시간(초)	채취장소	시료처리량	H3 농도 (Bq/l)	MDA값 (Bq/l)
해수					
A	500	37° 42:40" N 129° 25:00" E	100ml	ND	1.75
B	"	37° 39:00" N 129° 52:00" E	"	"	"
C	"	37° 35:20" N 130° 20:00" E	"	"	"
D	"	울릉도 기상대	"	"	"

가 없는 어류는 뼈가 있는 어류에 비해 1/3~1/4 정도 낮은 값을 나타내었다.

지금까지의 조사결과에서 본 바와 같이 동해에서 채취한 여러 시료에서 인공 방사성동위원소인 Cs137이 극미량 검출되고 있다. 측정된 해수 중의 Cs137 방사능 (3.01~4.96)×10<sup>-3</sup>Bq/l와 어류 중의 Cs137 방사능 (1.10~1.29)Bq/l는 日本 연근해에서 조사된 결과와 비슷한 수준이다. 日本 연근해의 해수는 남태평양으로부터 유입되는 해수인데 반해 동해 북부의 해수는 북한한류로 두 해수가 다르다는 것을 감안하면 측정된 Cs137 방사능은 과거 핵실험의 잔재인 것이 명백하다.

Cs137은 반감기가 30년인 방사성동위원소로 과거 지상 핵실험의 영향으로 북위 30°~60° 사이에 집중 분포되어 있는 인공 방사성동위원소이다. 참고로 해수 중의 Cs137 방사능은 과거 고시 제90-11호에서 정한 일반 수중에 대한 Cs137의 최대허용농도 1.48×10<sup>3</sup>Bq/l의 0.0004% 이하이며 사람에게 미치는 방사선 영향은 전혀 없는 수준이다.

(2) 삼중수소의 방사능

조사된 해수 중 삼중수소의 방사능 측정결과는 〈표 3〉과 같다. 삼중수소는 측정시료 8ml, 측정시간 500분의 조건에서 MDA(최소검출하한치)값이 1.75Bq/l로서 해수중 삼중수소의 방사능은 4개 시료 모두 MDA값 이하의 값으로 검출되지 않았다.■