

OBT Concentrations of Marine Organisms around Wolsung Nuclear Power Plants

Do-Sung Kim · Gyujun Park* · Xiu-Jing Lin* · Wan Kim* ·
Hee-Dong Kang* · Sih-Hong Doh[†] and Chang-Kyu Kim[†]

Division of Science Education, Daegu University

*Department of Physics, Kyungpook National University

[†]Department of Physics, Pukyong National University

[†]Korea Institute of Nuclear Safety

월성 원자력발전소 주변 해양생물중의 조직결합 삼중수소 농도

김도성 · 박규준* · 임수경* · 김완* · 강희동* · 도시홍[†] · 김창규[†]

대구대학교 과학교육학부, *경북대학교 물리학과

[†]부경대학교 물리학과, [†]한국원자력안전기술원

(2002년 9월 25일 접수, 2003년 2월 4일 채택)

Abstract - The organically bound tritium(OBT) concentrations of the marine organisms(seaweed and shellfish) around Wolsung nuclear power plants were measured. The OBT concentrations of seaweeds were in the range of 0.372~2.72 Bq/kg-fresh. The OBT concentrations of shellfish were in the range of 0.239~2.02 Bq/kg-fresh. The internal dose due to the OBT concentration of seaweed was estimated as 3.4×10^{-7} mSv/year.

Key words : Tritium, OBT, marine organism, Wolsung Nuclear Power Plants

요약 - 월성 원자력발전소 주변의 해양생물(해조류와 패류) 시료를 채취하여 조직결합 삼중수소(OBT) 방사능농도를 측정·분석하였다. 해조류의 OBT 방사능농도는 0.372~2.72 Bq/kg-fresh의 범위였으며, 패류의 OBT 방사능농도는 0.239~2.02 Bq/kg-fresh의 범위였다. 그리고 해조류의 OBT에 의한 내부피폭선량은 3.4×10^{-7} mSv/year로 평가되었다.

중심어 : 삼중수소, 조직결합 삼중수소, 해양생물, 월성 원자력발전소

서 론

생물체내의 삼중수소는 생물체의 세포에 결합된 조직결합 삼중수소(Organically Bound Tritium, OBT)와 세포내의 수분중에 존재하는 조직자유수 삼중수소(Tissue Free Water Tritium, TFWT)의 형태로 존재하며, 농산물이나 해양생물중의 OBT는 TFWT보다 인체조직에 흡수될 확률이 높다[1]. 따라서 생물중의 TFWT와 OBT는 환경중의 삼중수소의 거동 연구와 환경방사능 평가에 매우 중요하다.

국내에서 생물 시료중의 삼중수소를 조사한

연구는 매우 드물다. 김 등[2]에 의해 쌀, 배추, 솔잎의 삼중수소를 측정할 결과가 보고되어 있으며, 최근 월성 원자력발전소 주변의 가금류와 배추, 쌀, 보리, 감, 우유 등의 시료에 대한 삼중수소 측정결과[3, 4]가 보고되고 있으나, 국내에서 해양생물중의 삼중수소에 대한 조사는 거의 이루어지고 있지 않다.

월성 원자력발전소는 중수로형 발전소이므로 상대적으로 많은 양의 삼중수소가 발생되며, 2000년에는 106.0 TBq, 1999년에는 128.3 TBq, 1998년에는 103.5 TBq의 삼중수소가 액체방사성폐기물로 방출되었다[5-7]. 따라서 월성 원자력발전소에

서 방출된 삼중수소가 해양환경 매체에 미치는 영향을 평가하고, 환경방사능 평가의 기초자료를 확보하기 위하여 월성 원자력발전소 주변의 해양생물중의 삼중수소 방사능농도를 측정하고 평가할 필요가 있다.

본 연구에서는 월성 원자력발전소 배수구를 중심으로 반경 10 km 이내의 주변해역에서 해양생물(해조류와 패류)를 채취하였다. 해조류나 패류와 같은 해양생물은 물로 세척한 후 식용으로 사용하거나, 적절히 건조하여 보관한 후 사용하므로 시료중의 TFWT는 세척수에 의해 희석되거나, 조직자유의 건조에 의해 그 양이 급격히 줄어들어 정확한 방사능 농도를 평가할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 채취한 해양생물의 OBТ 방사능농도만을 측정하였으며, 해조류의 경우 섭취에 따른 주민피폭선량을 평가하여 월성 원자력발전소 주변의 환경방사능 평가를 위한 기초자료를 확보하고자 한다.

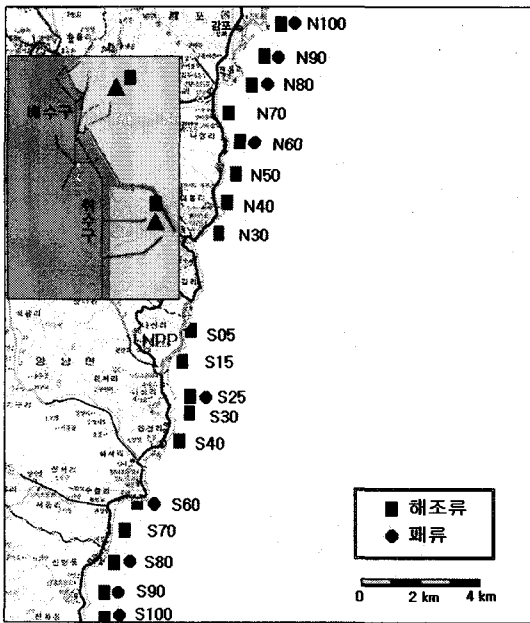


Fig. 1. Sampling locations near Wolsung Nuclear Power Plants.

시료채취 및 방법

시료채취

경상북도 경주시 양남면 나아리에 위치한 월성 원자력발전소 배수구를 중심으로 한 반경 10 km 이내의 주변 해역에서 시료를 채취하였다. 해

양생물시료로서 해조류(미역)와 패류(담치)를 그림 1과 같이 월성 원자력발전소의 취·배수구를 포함한 20개 정점에서 31개 시료를 2000년 11월 9일부터 11월 24일 사이에 잠수부를 동원하여 채취하였다. 그리고 월성 원자력발전소로부터 20 km 이상 떨어진 구룡포와 울산 앞바다에서 해조류를 채취하여 대조군 시료로 사용하였다.

전처리 및 측정

채취한 해조류(미역)는 간단히 세척하여 소금기를 제거하고, 패류(담치)는 식용이 가능한 살만 취하여 시료로 사용하였다. 해양생물의 OBТ 측정을 위한 조직결합수는 동결건조된 시료를 고압연소하여 물형태로 추출하였으며, 그 전처리 방법은 다음과 같다[2].

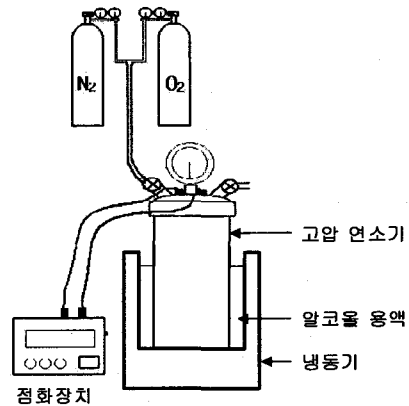


Fig. 2. High pressure combustion equipment.

생체시료 약 500 g을 잘게 자른 후 건조 셀에 넣고 중량을 재고 냉동시킨 후 -40 °C 이하로 유지한 동결건조장치에서 조직자유수가 완전히 건조될 때 까지 10~15일간 동결건조시켰다. 그리고 동결건조시료 약 50 g을 분취하여 펠렛형태로 제작한 후 그림 2와 같은 고압연소장치에 넣어 고압연소하여 조직에 결합된 삼중수소를 산소와 결합시켜 물형태로 추출하였다. 고압연소장치의 냉동기를 가동하여 약 -30 °C까지 냉동시킨 후 고압연소기(Model 1120, Parr Instrument Co.)내의 연소컵에 펠렛형태의 시료를 담고 연소기 내부를 산소로 수분간 퍼징한 후 고압연소기 내부를 300 psi(약 20 기압)정도의 산소분위기로 만들고 고압연소기를 냉동기에 넣은 후 순간적으로 연소시켰다. 연소시 고압연소기 내부 압력은 약 900 psi이

므로 고압연소기 내부의 압력이 300 psi로 떨어질 때까지 기다린 후 냉동기에서 고압연소기를 꺼내었다. 고압연소기 밑부분에 모인 조직결합수는 파스퇴르 피펫을 이용하여 플라스틱 병에 옮겨 담았으며, 4회 이상 고압연소를 실시하여 20 ml 이상의 조직결합수를 추출하여 증류한 후, 20 ml 테프론 vial에 조직결합수 증류액 8 ml와 liquid scintillator (HiSafe 3, PerkinElmer Life Sciences) 12 ml를 넣고 충분히 혼합시켜 OBТ 계측용 시료를 만들고 극저준위 액체섬광계수기 (QUANTULUS 1220, PerkinElmer Life Sciences)를 사용하여 300분간 계측하여 삼중수소 농도를 측정하였다.

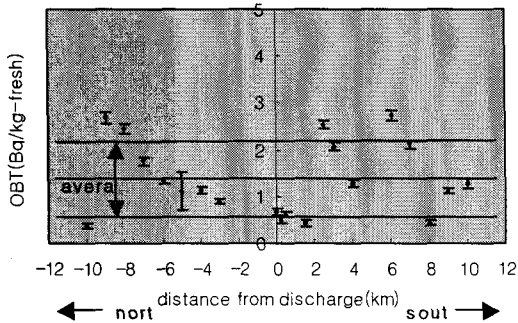


Fig. 3. Distribution of OBТ concentrations in seaweeds

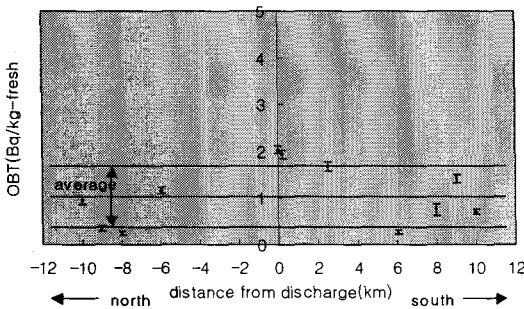


Fig. 4 Distribution of OBТ concentrations in shellfish

결과 및 고찰

해양생물의 OBТ 방사능농도 분포

해양생물 시료의 OBТ 방사능농도 측정결과는 표 1과 같다. 해조류의 OBТ 방사능농도는 0.37~2.72 Bq/kg-fresh의 범위였다. 그림 3 월성 원

자력발전소 배수구로부터의 거리에 따른 해조류의 OBТ 방사능농도 분포를 나타낸 것이다. 해조류의 평균 OBТ 방사능농도는 1.37 ± 0.80 Bq/kg-fresh로서 원전배수구의 북쪽방향이나 남쪽방향의 거리에 따른 경향성을 나타내지 않았다. 또한 배수구로부터 20 km 이상 떨어진 구룡포와 울산에서 채취한 해조류의 OBТ 방사능 농도와 거의 동일한 수준이었다. 따라서 원전 주변에서 채취한 해조류에서 검출된 OBТ 방사능농도는 월성 원자력발전소의 액체방사성폐기물중의 삼중수소에 기인하는 것이라기보다는 해수중에 자연적으로 존재하는 삼중수소에 기인하는 것으로 판단된다.

한편, 패류의 OBТ 방사능농도(표1)는 $0.239 \sim 2.02$ Bq/kg-fresh범위였다. 그림 4는 패류의 OBТ 방사능 농도의 분포 특성을 나타낸 것으로 해조

Table 1. The concentrations of OBТ of marine organisms.

Location	OBТ Concentrationm(Bq/kg-fresh)	
	Seaweed	Shellfish
N100	0.372 ± 0.052	0.956 ± 0.071
N90	2.68 ± 0.12	0.344 ± 0.054
N80	2.44 ± 0.11	0.239 ± 0.045
N70	1.76 ± 0.10	-
N60	1.33 ± 0.07	1.16 ± 0.07
N50	1.11 ± 0.40	-
N40	1.12 ± 0.07	-
N30	0.894 ± 0.056	-
N20	-	-
disch.	0.668 ± 0.064	2.02 ± 0.08
inlet	0.497 ± 0.060	1.92 ± 0.09
S05	0.615 ± 0.064	-
S15	0.431 ± 0.064	-
S20	-	-
S25	2.53 ± 0.10	1.67 ± 0.10
S30	2.06 ± 0.09	-
S40	1.28 ± 0.06	-
S60	2.72 ± 0.11	0.263 ± 0.043
S70	2.11 ± 0.10	-
S80	0.432 ± 0.047	0.752 ± 0.120
S90	1.11 ± 0.05	1.41 ± 0.09
S100	1.28 ± 0.11	0.699 ± 0.056
구룡포	0.527 ± 0.035	-
울산	1.25 ± 0.06	-

류와 마찬가지로 월성 원자력발전소의 배수구로부터의 북쪽방향이나 남쪽방향 모두 거리에 관계없이 평균 OBT 방사능농도(1.04 ± 0.65 Bq/kg-fresh)의 오차 범위내에서 특별한 경향성을 나타내지 않고 분포하였다. 패류의 경우 대조군 시료가 없어 직접 비교할 수는 없지만 원전 배수구로부터의 거리에 따른 패류중의 OBT 방사능농도 분포 경향을 볼 때 원전 주변에서 채취한 패류에서 검출된 OBT 방사능농도도 해조류와 마찬가지로 원자력발전소에 기인하는 것이라기보다는 해수중에 자연적으로 존재하는 삼중수소에 기인하는 것으로 추정된다. 한편, 동해에서의 해양생물중의 OBT 방사능농도에 대해 발표된 자료가 거의 없으므로 본 조사의 결과를 직접 비교할 수는 없었다.

한편, 해양생물의 연간섭취량과 방사능농도 및 선량환산인자로부터 해양생물의 섭취에 따른 피폭선량을 추정할 수 있다. 해조류의 경우 주민 1인당 평균 섭취량[8]은 약 5.84 kg/year로 알려져 있으며, 삼중수소에 대한 선량환산인자[9]는 OBT의 경우 4.2×10^{-8} mSv/Bq로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서 조사한 해조류중 삼중수소의 평균 방사능농도로부터 평가하면, 주민이 해조류 섭취로 OBT에 의해 받게 되는 내부피폭선량은 약 3.4×10^{-7} mSv/year이며, 이는 ICRP-60에서 제시하는 일반인에 대한 연간 한도선량인 1 mSv에 비해 거의 무시할 수 있는 수준이었다.

결 론

월성 원자력발전소 배수구를 중심으로 반경 10 km 이내 주변 해역의 20개 시료채취 정점에서 해양생물(해조류, 패류) 시료 31개를 채취하여 고압연소법을 사용하여 조직결합 삼중수소(OBT)를 추출하여 그 방사능농도를 측정·분석하였다. 해조류의 OBT 방사능농도는 $0.372 \sim 2.72$ Bq/kg-fresh의 범위였으며, 원전 배수구의 북쪽방향이나 남쪽방향 모두 거리에 관계없이 대부분의 측정값이 평균 OBT 방사능농도(1.37 ± 0.80 Bq/kg-fresh)의 오차 범위내에 분포하며 특별한 경향성을 나타내지 않았다. 패류의 OBT 방사능농도는 $0.239 \sim 2.02$ Bq/kg-fresh의 범위였으며, 해조류와 마찬가지로 원전 배수구로부터의 북쪽방향이나 남쪽방향 모두 거리에 관계없이 평균 OBT 방사능농도(1.04 ± 0.65 Bq/kg-fresh)의 오차 범위내에서 특별한 경향성을 나타내지 않고 분포하였다. 그리고 해조류의 섭취에 의해 주민들이

받게 되는 내부피폭선량은 약 3.4×10^{-7} mSv/year로 평가되었다.

참고문헌

1. Y. Belot, "Tritium in Plants : A Review", Radiat. Protec. Dosim., Vol. 16, 101-105 (1986).
2. 김창규, 조용우, 한만중, 박찬걸, "국내 환경시료(쌀, 채소, 솔잎) 중 삼중수소의 분포", 방사선방어학회지, 17(2), 25-35(1992).
3. 강희동 외, "월성원전 부지외부 환경방사능 조사", 경북대학교 방사선과학연구소(2001).
4. Chang-Kyu Kim and Man-Jung Han, "Dose Assessment and Behavior of Tritium in Environmental Samples around Wolsung Nuclear Power Plant", Appl. Radiat. Isotopes, 50, 783-791(1999).
5. 한국전력공사, "원자력발전소 주변 환경방사선 조사보고서(2000년도)"(2001. 3).
6. 한국전력공사, "원자력발전소 주변 환경방사선 조사보고서(1999년도)"(2000. 3).
7. 한국전력공사, "원자력발전소 주변 환경방사선 조사보고서(1998년도)"(1999. 3).
8. 한국전력공사, "원자력발전소 환경방사능 감시 지침", pp. 145(1998).
9. IAEA, "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources", IAEA Safety Series No. 115(1996).