

고리 및 월성 주변해역에서 해수, 퇴적물 중 Sr-90의 농도분포특성

양한섭, 황동운*, 이행필, 김기현¹, 이동섭², 정양근³, 송영일³, 이갑복³

부경대학교 해양학과, ¹충남대학교 해양학과, ²부산대학교 해양학과, ³한전 전력연구원

1. 서론

Sr-90은 주로 과거 약 40년 동안 원폭실험으로 인한 대기로부터의 낙진과 핵폐기시설로부터의 방출에 의해 해양으로 유입된 것들이 대부분이다. 그리고 반감기(half-life)가 28.8년으로 비교적 길고, 해수중에서 주로 용존상태로 존재하기 때문에 해양환경에서 방사능오염의 지표가 될 뿐만 아니라 해수유동의 추적자(tracer)로도 널리 이용되어 왔다. 이런 이유로 Sr-90의 농도와 분포특성은 1954년 이후 많은 연구자들에 의해 폭넓게 조사 연구되어 왔다 (Miyake et al., 1962; Nagaya and Nakamura, 1970; 1981; Kasamatsu et al., 1994; Hirose et al., 1999). 따라서 본 연구에서는 고리 및 월성 주변해역에서 해수, 퇴적물 중 Sr-90의 농도와 그 분포특성에 대해 알아보았다.

2. 재료 및 실험 방법

해수시료는 Niskin sampler 및 rosette sampler를 사용하여 고리해역의 경우 1998년 11월 9~10일에 총 11개 정점에서 80ℓ 씩 채수하였다. 월성해역에서는 1999년 4월 30일~5월 1일에 총 24개 정점에서 채수하였다. 표층퇴적물시료는 고리해역에서 12개 정점, 월성해역에서 7개 정점에 대하여 채취하였다.

해수시료 약 80ℓ 에 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 용액을 첨가하여 $Sr(Ca)C_2O_4$ 침전을 만든 후 상등액(Na^+ , Cl^- , K^+ , Fe^{3+} 등 포함)을 제거하였다. 여기에 진한(70%) HNO_3 을 넣어 가열판 위에서 $Sr(Ca)C_2O_4$ 침전물을 녹인 다음 $Sr(NO_3)_2$ 침전이 생성될 때까지 계속 진한 HNO_3 을 첨가하면서 가열하였다(Ca^{2+} 제거). 원심분리한 $Sr(NO_3)_2$ 침전을 증류수로 용해시킨 후 Fe^{3+} carrier와 NH_4OH 를 첨가하여 $Fe(Y)(OH)_3$ 침전을 만든 다음 상등액을 취하였다(Y^{3+} 제거). 이 용액에 포화 Na_2CO_3 을 넣어 $SrCO_3$ 침전을 만든 후 원심분리하였으며, 이 시점을 Sr-90(어미핵종)으로부터 Y-90(딸핵종)의 생성시점으로 하였다. $SrCO_3$ 침전을 6N HNO_3 으로 녹인 다음 Y^{3+} carrier를 첨가하여 Sr-90과 Y-90의 방사평형이 이루어지도록 약 20일 동안 방치하였다. 20일 정도 방치한 시료에 NH_4OH 를 넣어 $Y(OH)_3$ 침전을 만들고 원심분리하였으며, 이 시점을 Y-90(딸핵종)의 생성마감시점으로 하였다. $Y(OH)_3$ 침전을 진한 HNO_3 으로 녹인 용액을 양이온교환수지에 통과시켜 Y를 흡착시킨 다음 0.5M Alpha Hiba 용액을 수지에 통과시켜 Y를 다시 탈착시켰다. 이 용액에 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 용액을 넣어 $Y_2(C_2O_4)_3$ 침전을 만들고 여과 후 건조하여 베타계측용 시료를 제조하여 Low background beta-spectrometer로 100분씩 약 1일 동안 반복측정하였다. 퇴적물 중 Sr-90의 분석은 전처리과정을 제외하고는 해수시료와 동일하게 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

해수중 Sr-90의 총 농도는 고리해역의 표층에서 1.3~1.9(평균 1.5 ± 0.2) mBq/l의 범위로 수평적으로 큰 차이를 보이지 않았다. 저층에서는 1.3~1.5(평균 1.4 ± 0.1) mBq/l 농도범위로 표층과 큰 차이는 없으나, 대체적으로 표층에 비해 낮은 경향을 보였다. 한편 총 농도와 용존농도 사이에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 월성해역의 표층에서는 0.9~1.5(평균 1.3 ± 0.1) mBq/l 범위로 수평적으로 농도차이가 그다지 크지 않았지만, 고리해역에 비해서는 다소 낮은 편이었다. 고리해역의 경우와 마찬가지로, 저층에서는 농도범위가 1.2~1.3(평균 1.2 ± 0.1) mBq/l로 표층에 비해 다소 낮은 양상을 나타내었으며, 표·저층간 농도차이도 크지 않았다. 또한 동해 외양역(Hirose et al., 1999)의 표·저층간 농도차이에 비해 그 차이값이 작기는 하나 수심이 깊어질수록 감소하는 경향이였다. 한편, 두 해역 모두 표층퇴적물중 Sr-90의 농도는 해수중 농도에 비해서 높았으며, 이는 퇴적물의 입도분포에 따라 좌우되는 것으로 생각된다.

4. 결론

고리 및 월성해역에서 해수중 Sr-90의 총 농도는 수평적으로 큰 차이를 보이지 않았으며, 총 농도와 용존농도 사이에도 차이가 작았다. 그리고 수심이 깊어질수록 대체적으로 감소하는 경향이였지만, 표·저층간 농도차이는 동해 외양역의 농도차이에 비하면 아주 작은 정도였다. 한편, 표층퇴적물중 Sr-90의 농도는 해수중 농도에 비해서 높았으며, 정점별 농도차이는 퇴적물의 입도분포에 따라 좌우되는 것으로 생각된다. 전체적으로 해수 및 퇴적물중 Sr-90의 농도는 한국원자력안전기술원(1997)의 결과와 비슷하거나 낮았으며, 세계 여러 해역의 측정치들(Kasamatsu et al., 1994)보다 낮았다.

참고문헌

- Hirose, K., H. Amano, M.S. Baxter, E. Chaykovskaya, V.B. Chumichev et al., 1999. Anthropogenic radionuclides in seawater in the East Sea/Japan Sea: Results of the first-stage Japanese-Korean-Russian expedition. *J. Environ. Radioact.*, 43: 1-13.
- Kasamatsu, F., Y. Ueda, T. Tomizawa, N. Nonaka and Y. Nagaya, 1994. Preliminary report of radionuclide concentrations in the bottom waters at the entrance of Wakasa Bay with special reference to the Japan Sea Proper Water. *J. of Oceanogr.*, 50: 589-598.
- Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, 1962. Penetration of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the deep layers of the Pacific and vertical diffusion rate of deeper water. *J. Radiat. Res.*, 3: 141-147.
- Nagaya, Y. and K. Nakamura, 1970. A study of the vertical transport of Sr-90 and Cs-137 in the surface waters of the seas around Japan. *J. Radiat. Res.*, 11: 32-42.
- 한국원자력안전기술원, 1997. 원자력시설 주변 환경조사 및 평가보고서, 140 pp.