

## 월성 1호기 배수구 주변 해양확산 특성 연구

이갑복 · 양양희 · 손순환  
한국전력공사 전력연구원  
E-mail: gblee@kepco.co.kr

중심어 : 액체 방사성 유출물, 해양확산, EFDC, 해수유동, 월성원전

### 서론

본 연구는 월성 1호기 주기적 안전성 평가 안전성 개선사항 이행조치의 일환으로 수행되었다. 교육과학기술부고시 2003-12호 “원자로서설부지 수문 및 해양 특성 조사·평가 기준”이 제정된 이후 원전으로부터 방출된 유출물의 해양확산 특성을 삼차원적으로 규명하는 연구가 이루어져 왔다[1]. 본 연구에서는 월성 1호기 배수구를 기준으로 삼차원 모델을 이용하여 인근 해역의 해수유동을 재현하고 모의하여 월성원전 주변 해역에서의 해양확산 특성을 분석하였다.

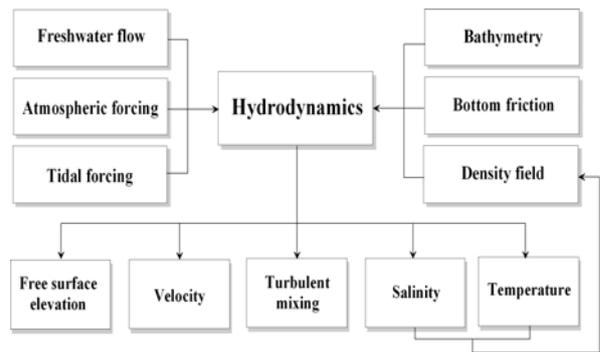
### 수치실험 체계

본 연구에서 수행한 수치모형실험 개요를 <표 1>에 제시하였다.

<표 1> 월성 원전 주변 해양확산 수치모형실험 개요

항 목	내 용
실험목적	- 월성 원자력발전소 인근해역 3차원 해수유동 재현 - 해양확산 평가 실험에 유동장 제공
사용모델	- 유동, 수온, 염분을 동시에 고려하는 3차원 EFDC 모델
격자구성	모델 범위 - 35 km × 14 km
	격자간격 - 최소 50 m 크기의 가변격자체계
	격자수 - 수평: 166 × 171, 수직: 10층

EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)는 3차원 수치모델로서 미국 VIMS(Virginia Institute of Marine Science)에서 개발되었으며, 미국 환경청의 공인 모델로 지정되어 있다. EFDC 모델의 개략적인 흐름도를 <그림 1>에 제시하였다.



<그림 1> EFDC Hydrodynamic model의 흐름도

EFDC 모델은 연속방정식, 운동방정식, 열염 보존방정식, 그리고 퇴적물을 포함한 물질 보존방정식들로 구성되어 있으며, 열염 보존방정식은 밀도차에 의한 경압력에 의하여 운동방정식과 연계되어 있다.

이 모델은 수직 방향으로  $\sigma$ 좌표계를 사용하고, 수평 방향으로는 직선 또는 직교곡선좌표계를 사용하고 있다. 수직 와동점성계수의 산정에는 Mellor and Yamada(1982)의 level 2.5 turbulence closure scheme을 사용하고, 수평와동 점성계수는 Smagorinsky type diffusivity를 사용한다. 또한 Mass conservation scheme을 사용한 조건대 처리가 가능하다.

## 수치실험 결과

해수유동 수치모델 결과의 평균 유속 <표 2>에 제시하였다. 이 값은 월성 1호기 배수구 기준으로 연안을 따라 각각 남쪽과 북쪽의 100m, 300m, 500m 지점에 대해 경도방향으로 10개의 정점에서 북향류와 남향류에 대해 평균한 값이다.

표층에서는 남향류 보다 북향류의 크기가 크게 나타나며, 저층에서는 남향류가 더 크게 나타난다. 월성원전 북측에서 3 ~ 4 cm/s의 북향류가 우세하고, 남측은 2 ~ 3 cm/s 정도의 남향류가 우세하게 나타난다. 보정 및 검증이 완료된 해수유동 모델은 방사성물질 해양확산 평가시 해수유동장을 제공하는데 활용된다.

<표 2> 연안을 따른 유동수치모델 결과의 평균유속

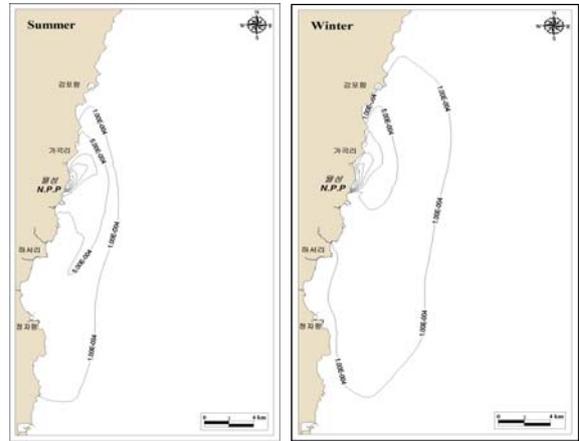
구분	겨울	
	남향류	북향류
표층	7.10	8.94
저층	1.84	1.49

평형상태에 도달되었을 때의 계절별 평균 해양확산장을 계산하여, 여름철과 겨울철의 분포를 <그림 2>에, 부지 반경 10km 까지의 해양희석인자와를 <표 3>에 제시하였다. 월성 1호기 배수구로 부터 1km 떨어진 지점의 해양희석인자는 북쪽이 약 2.5, 남쪽이 9.8로 계산되었다. 북쪽 방향의 희석인자가 남쪽 방향의 희석인자 보다 더 크게 나타났는데 이는 배수구 인근의 해류가 북향류가 더 우세한 것을 반영하는 것으로 볼 수 있다.

## 결론

해양관측자료를 이용하여 삼차원 해양확산 모델링한 결과 월성원전 부지경계 해역에서 현재 사용하고 있는 해양희석인자 값 13.0은 보수성 측면에서 다소 미흡한 것으로 분석되었다. 따라서 일정 주기로 당시의 해황을 반영하여 해양희석인자를 변경하는 체계가 구축되

어야할 것으로 판단된다.



<그림 2> 월성원전 주변 여름철 및 겨울철 해양확산장(해양희석인자 역수) 모델 결과

<표 3> 계절별 해양희석인자 모델 결과

지점 (km)	봄	여름	가을	겨울	연평균	
	북	10.0	7.55E+01	1.16E+03		8.08E+02
	5.0	1.49E+01	2.38E+02	2.24E+02	2.67E+01	1.26E+02
	4.0	6.37E+00	6.37E+01	1.41E+02	1.11E+01	5.56E+01
	3.0	4.37E+00	2.21E+01	3.47E+01	6.37E+00	1.69E+01
	2.0	3.84E+00	9.10E+00	1.19E+01	4.82E+00	7.41E+00
	1.0	2.18E+00	2.62E+00	2.84E+00	2.29E+00	<b>2.48E+00</b>
	0.5	1.97E+00	1.94E+00	1.97E+00	1.88E+00	1.94E+00
	0.1	1.31E+00	1.31E+00	1.32E+00	1.24E+00	1.30E+00
남	0.1	2.38E+00	1.84E+00	1.76E+00	1.98E+00	1.99E+00
	0.5	4.78E+00	3.43E+00	3.10E+00	3.87E+00	3.80E+00
	1.0	1.43E+01	7.96E+00	7.92E+00	9.06E+00	<b>9.82E+00</b>
	2.0	4.02E+01	1.15E+01	1.16E+01	1.58E+01	1.98E+01
	3.0	1.06E+02	1.21E+01	1.14E+01	1.98E+01	3.73E+01
	4.0	1.88E+02	1.56E+01	1.47E+01	2.56E+01	6.09E+01
	5.0	2.73E+02	1.87E+01	1.74E+01	3.14E+01	8.50E+01
	10.0	7.18E+02	8.45E+01	9.63E+01	1.69E+02	2.67E+02

## 참고문헌

1. 지식경제부, “원전 액체 방사성 유출물 해양확산 평가기술 개발 과제 최종보고서,” 한국전력공사 전력연구원, 2006.