TGPS 부이를 이용한 온배수 확산과 흐름 특성

박일흠* · 이연규* · 최정민*

*여수대학교

Thermal Effluent Diffusion and Flow Characteristics using the TGPS Buoy

Il Heum Park* · Yeon-Gyu Lee* · Jeong-Min Choi*

*Yosu National University

E-mail : ihpark@yosu.ac.kr · lyg6342@yosu.ac.kr

요 약

영광 원자력발전소 온배수의 최대영향범위를 Lagrange 방법으로 파악하기 위하여 대조기에 TGPS Buoy의 궤적 및 이에 따른 표층수온의 측정을 년 4회 실시하였다. TGPS Bouy의 추적결과, 온배수는 낙조시 남서·서남서방향으로 플륨의 형태로 배수구로부터 약 12km 정도를 이동하며, 낙조류가 우세한 이 해역의 특성으로 3~4회에 걸친 거듭된 낙조류에 따라 칠산도까지 도달할 수 있었다. 그리고 온배수는 배수구로부터 춘·추계에 약 5km, 하계는 약 10km 떨어진 지점에서 수온급강하가 나타나고, 동계에는 차가운 대기에 의하여 지속적인 Cooling이 발생하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

To get the maximum diffusion boundary of thermal effluent of Youngkwang Nuclear Power Plant, paths of TGPS Buoy and temperatures of surface water are obtained to 4 times at spring tide during 1 year. According to the paths of TGPS Buoy, the flumes of thermal effluent are moved about 12km from outlet to SW or WSW direction. After 3~4 times of tidal period the waters are reached to Chilsan Island because the ebb flow is more predominant than the flood flow in this area. At the spring and fall season, a sudden drop of surface water temperature is detected around 5km radius from the outlet. At the summer season, it is measured about 10km. On the other hand the flumes are continuously cooled down by the atmosphere condition at winter season.

Ⅰ. 서 론

흐름의 측정은 Euler 방법과 Lagrange 방법의 두 가지로 대별된다. Euler 방법은 고정점에서 유속계 등을 이용하여 유향과 유속의 시간변화를 기술하는 방법이며, Lagrange 방법은 부표·염료와 같은 표식자를 투입한 후 흐름을 따라 이동하는 표식자의 위치변화로서 흐름을 기술하는 방법이다. 이 두 가지 방법은 각각 장단점이 있으며, 일반적으로 Euler 방법은 장기간의 측류에 유용한 반면, Lagrange 방법은 해상상태 및 표식자의 위치를 결정하는 방법 등의 문제점으로 인하여 단기간의 측류에 유용하게 사용되고 있다. Lagrange 방법에서 표식자의 위치는 선박을 이용하여 표식자를 추적하면서 일정시간 간격으로 GPS를 이용한 측위값을 기록하거나, 레이다를 사용하여 비교적 먼 곳에서 표식자의 위치를 결정하는 방법 등이 있으나, 전자의 경우 선박이 출항할 수 있는 해상상태에서만 측위·측류가 가능하며, 후자의 경우 레이다는 GPS보다 측위오차가 아주 크게 나타나 자료의 신뢰도가 떨어지며 연안과 같이 장애물이 많은 경우에는 측위자체가 어려운 경우도 있다.

따라서, 본 연구에서는 표류시킨 부표에 GPS 수신장치를 장착하여 표류위치를 위성으로부터 수신과 동시에 재송신하여 Base Station에서 부표의 표류위치 및 표층수온자료를 실시간으로 획득할 수 있는 TGPS(Telemetric of Global

Positioning System) Buoy [1]를 사용하여, 지금까지 Lagrange 방법의 단점으로 지적된 단기관측의 한계를 극복한 자료획득을 시도하여 조사해역의 유황을 기술하고자 한다.

II. 조사해역의 개관

대상해역은 창조시에 북동류가 우세하며 낙조시에는 남서류가 우세하게 흐른다. 유속의 크기는 조시와 위치에 따라 큰 차이가 있지만 배수구와 취수구 전면해역에서 최강유속은 각각 80cm/s 및 60cm/s 정도로 관측되었다 [2]. 그리고, 배수구 남측의 칠산도(126°16.65′ E, 35°19.27′N)와 북측의 미여도(126°26.13′E, 35°32.60′N)에서 조석관측한 결과 [2]에 의하면, M_2, S_2, O_1, K_1 및 N_2 분조가 우세하게 나타났으며, 대조시 평균조차는 5.43m, 소조시 평균조차는 2.20m 정도로 나타났다. 그리고, M_2 분조에 있어서 칠산도의 진폭은 1.845m 미여도의 진폭은 1.967m 그리고 두 지점의 위상차는 6°(12.5분) 정도로 관측되었다. 또한, 배수구 서측 약 6km 지점(126°22.00′E, 35°26.60′N)에서 파향·파고를 관측한 결과 [2]에 따르면, 파향의 경우 하계에는 W계의 파랑이 18% 정도로 우세하지만 두드러질 정도는 아니며 동계에는 계절풍의 영향으로 WNW계의 빈도율이 61%로 현저하게 나타났으며, 하계에는 유의파고 0.8m 이상의 파가 약 2%에 불과하지만 동계에는 약 31%로 증가하는 경향을 보였다.

한편, 배수구 전면의 한 정점(126°25.060′E, 35°25.495′N)에서 Euler 방법으로 관측된 조류 [3]는 창조시 북동류 그리고 낙조시 남서류가 우세하게 나타났으며, 최대유속은 대조기에 50cm/s 정도이며 조류의 회전방향은 시계방향으로 나타났다. 그리고 간·만조의 전류시 서남서류가 탁월하게 나타나고 있는데 이것은 온배수 플룸에 의한 것으로 판단된다. 항류성분은 전기간에 걸쳐 서향류가 탁월하게 나타났으며 항류의 평균유속은 7.4cm/s이며, 대조기에는 5~6cm/s 그리고 소조기에는 14cm/s 정도로서 항류는 대부분 온배수 플룸일 것으로 판단되었다. 또한, 대조기 및 소조기의 조류를 조화분석한 결과, 대조기의 경우 반일주조류 주축의 최대값은 40.0cm/s, 일주조류 주축의 최대값은 0.4cm/s 그리고 항류값은 7.8cm/s로서 일주조류의 영향은 거의 나타나지 않으며 반일주조류가 흐름을 지배하고 있음을 알 수 있었으며, 소조기의 경우 반일주조류 주축의 최대값은 6.4cm/s, 일주조류 주축의 최대값은 5.5cm/s 그리고 항류값은 19.9cm/s로서 반일주조류 및 일주조류가 미약하여 온배수 플룸인 항류가 소조기에는 흐름을 지배하고 있음을 알 수 있었다. 또한, 수온값 [3]의 경우 관측기간 중 최대값은 14.9℃, 최소값은 1.9℃, 그리고 평균값은 6.5℃이었다. 수온시계열은 창조류시 수온은 하강하고 낙조류시 수온이 상승하는 온배수 특성을 나타내었으며, 창·낙조시의 수온의 변동폭이 약 10℃ 정도로서 큰 값을 보였다. 그리고 수온의 변동은 간·만조시와 같은 전류시에 갑작스럽게 나타났는데, 이것은 배수구에서 유출된 온배수 플룸의 주류가 대개 서향류를 보이지만 그 방향이 일정하지 않고 조류에 따라 수시로 그 방향을 바꾸는 것으로 이해할 수 있었다.

따라서, 본 해역은 해수유동에 있어서 조석·조류의 영향이 가장 크게 나타나며, 동계에는 계절풍에 의한 약 61%의 빈도율을 가지는 WNW계 파랑의 영향을 무시할 수 없으며, 부분적으로는 배수구에서 온배수 플룸에 의하여 이 해역의 해수유동이 지배될 것으로 판단된다.

III. 조사방법 및 내용

본 조사에서 사용된 시스템의 구성은 크게 송신부와 수신부 및 소프트웨어의 세 부분으로 구분된다. 그림 1과 같이 위성수신 모듈, 송신 RF 모뎀 및 송신기로 구성된 이동송신부가 있고, 이들 이동송신부로부터 신호를 받는 수신기와 수신 RF 모뎀이 있으며, 이 신호를 수집·처리하는 소프트웨어로 구성되어 있다. 조사에 사용된 TGPS Buoy 시스템의 전체적인 규격은 표 1과 같다.

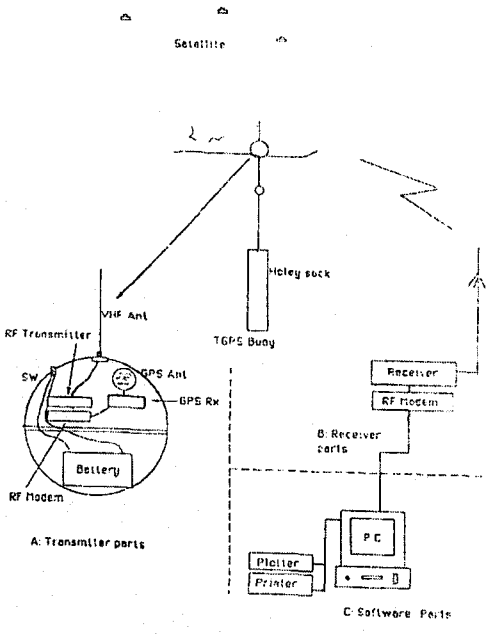

그림 1. TGPS Buoy 운용과 구성 [1].

이러한 TGPS Buoy를 이용하여 영광 원자력발전소 온배수의 최대영향범위를 Lagrange 방법으

로 파악하기 위하여 흐름의 세기 및 조차가 가장 크게 나타나는 대조기에 TGPS Buoy의 궤적 및 이에 따른 표층수온의 측정을 봄, 여름, 가을 및 겨울에 걸쳐 년 4회 실시하였다. TGPS Buoy 자료의 수신을 위한 Base Station은 칠산도 정상에 설치하였으며, 조사해역에서 팔랑개비 그물과 같은 장애물에 의하여 정상적인 자료획득이 어려운 경우를 대비하여 선박을 사용하여 TGPS Buoy를 추적하는 보조적인 조치도 시행하였다. TGPS Buoy의 위치 및 수온자료는 1분 간격으로 수신되도록 하였으며, 표층의 흐름을 따라서 Buoy가 표류하도록 1m 길이의 저항판을 표층에서 수심 1m 사이에 위치하도록 하였다.

표 1. TGPS Buoy 시스템의 규격 [1]

(1) Transmitter	
· Power Supply	DC 12V
· Frequency Band	155Mhz
· Channel	2 (Option)
· Modulation	FSK
· Ant	Whip 50Ohm
· Range	Over the 30km
· Transmitting Time	Variable (Option)
· Power SW	External On/Off
· RF Power	5W
(2) Receiver	
· Power Supply	AC 110/220 or DC 12V
· Channel	2 (Option)
· Ant Type	155Mhz Band 3 Stage GP Type
· Data Out	Serial Output for PC
· Sensitivity	Less than 0.3μV/20dB
· External Audio SP	
· Portable/Easy Installation	
(3) Monitoring Program	
· TGPS Buoy Location	Latitude, Longitude and UTM X, Y
· Time	GMT and Local Time
· Buoy Speed	knots
· Direction	degree
· Surface Water Temperature	℃ (Option)
· Buoy ID No.	mmmmm.m m
· Range (from RX to TGPS)	
· Available Calling each Buoy	
· Variable Changing Scale	
· Available Port Selection	

IV. 조사결과

봄철 이 해역의 창·낙조류는 동북동-서남서방향의 왕복류가 탁월하게 나타나며, 배수구에서 유출된 온배수 플룸은 낙조시에 서남서방향의 칠산도 북측해역으로 이동함을 알 수 있다. 낙조시 조류의 행정거리는 약 12.0~14.5km 그리고 평균유속 약 56~58cm/s로 나타났으며 연안보다 외해에서 조류가 약간 강하게 나타났다. 그리고 수온은 Buoy가 배수구에서 직선거리로 약 4.8~5.7km 지점을 벗어나면서 약 4.0 ~4.5℃의 급강하가 발생하였다. 그리고 Buoy가 장애물에 걸렸을 경우 그 지점에서 수온특성은 외해수가 유입하는 창조류에 의하여 수온이 감소하고 온배수의 영향이 포함된 낙조류 시기에서는 수온이 상승하는 전형적인 온배수 영향범위권의 수온특성을 보여주었다.

여름철 이 해역의 창·낙조류는 봄철과 같이 동북동-서남서방향의 왕복류가 탁월하게 나타났으며, 보다 심해역에서는 북동-남서방향의 왕복류가 우세함을 알 수 있었다. Buoy의 낙조시 행정거리는 약 13km, 평균유속은 약 55cm/s 그리고 창조시 행정거리는 약 12.5km, 평균유속은 약 58cm/s 정도이며 조석잔차류는 배수구 전면해상에서 서향류 그리고 칠산도 북쪽해역에서는 서북서류를 보였다. 그리고 배수구에서 서남서방향으로 직선거리 약 7.4~12.5km를 벗어난 지점은 수온급강하가 일어나는 온배수 플룸세력의 약화지점임을 알 수 있었다. 이러한 수온급강하영역 및 Buoy의 이동경로로부터 여름철 온배수 플룸의 주류는 봄철보다 외해쪽으로 향하는 것으로 판단된다. 그리고 여름철에는 대기의 온도가 높아 수온변화량의 폭이 4.5℃ 정도로서 봄철의 약 9~10℃의 변화폭보다 절반에 못미치는 값을 나타내었다.

가을철 이 해역의 창·낙조류는 북동-남서방향의 왕복류가 탁월하게 나타났으며, 조석잔차류는 남류가 탁월하게 나타났다. 낙조시 행정거리는 약 12km, 평균유속은 약 51cm/s 그리고 창조시 행정거리는 약 10km, 평균유속은 약 44cm/s 정도로서 창조류보다 낙조류의 유속이 크며 지속시간도 길게 나타났다. 그리고 Buoy가 백수조간대 북측에서 환류의 형태로 이동하였으며, 취수구 전면해상에서 낙조류를 타고 이동한 Buoy는 낙조류의 1주기 지속시간 동안 칠산도 동북동측 약 3.0km 전면해역에 도착하였다. 수온의 특징은 낙조류시 서남서진하면서 수온이 일반적으로 하강하고, 창조류시에는 동북동진하면서 수온이 상승하는 결과를 보였다. 그리고 낙조류시 수온급강하가 발생한 위치는 각각 배수구에서 직선거리 4.2km, 4.8km 및 7.5km 떨어진 위치이며, 약 12.5시간의 주기를 가지는 다음 낙조류까지 약 0.9℃의 수온강하가 발생함을 보여주었다.

겨울철 이 해역의 창·낙조류는 동북동-서남서방향의 왕복류가 탁월하게 나타났으며, 조석잔차

류는 남류 및 서류가 탁월하게 나타났다. 낙조시 행정거리는 약 8.5 ~12.0km, 평균유속은 약 36~56cm/s 그리고 창조시 행정거리는 약 5.8~9.5km, 평균유속은 약 28~32cm/s 정도로서 창조류보다 낙조류의 유속이 크며 지속시간도 길게 나타났다. 그리고 법성포만을 경계로 북측해역에서는 조류가 강하며 남측해역에서는 북측보다 약한 것으로 나타났다. 또한, 배수구에서 투하된 Buoy가 약 42시간만에 칠산도에 도달하였는데, 이것으로부터 겨울철에는 배수구에서 유출된 온배수가 단 한 번의 낙조류에 의하여 칠산도에는 도달하지 않지만 3~4번의 낙조류에 의하여 칠산도에 도달할 수 있다는 것을 보여주었다. 수온의 경우, 배수구에서 투하된 Buoy가 낙조류를 타고 남서진하면서 수온이 최초 낙조류 4시간동안 약 2.2℃ 정도 급강하 하였다가 이후부터 Buoy의 추적이 끝날 때까지 수온은 5.4±0.2℃의 좁은 범위에서 변동하였다. 계속하여 2번째 낙조류 시작시점인 12월 27일 06:00 이후에는 낙조시 수온이 약간 하강하고 창조시 수온이 약간 상승하는 결과를 나타내었다. 이것은 봄철 및 여름철과는 다르게 배수구에서 유출된 온배수 플룸은 차가운 대기온도에 의하여 쉽게 Cooling되어 단 한 번의 낙조류에 의하여 주변의 차가운 해수에 쉽게 동화되며, 그 이후에는 따뜻한 외해수에 의하여 창조시 온도가 상승하고 낙조시에는 해안쪽의 차가운 해수에 의하여 온도가 하강하는 특성을 보이는 것으로 판단되지만 상승·하강의 수온변화량이 극히 미소하여 앞으로 장기적인 관찰이 요구된다고 하겠다.

V. 요약 및 결론

TGPS Bouy의 추적결과, 온배수는 낙조시 남서·서남서방향으로 플룸의 형태로 배수구로부터 약 12km 정도를 이동하며, 3~4회에 걸친 거듭된 낙조류에 따라 칠산도까지 도달할 수 있었다. 그리고 온배수는 배수구로부터 춘·추계에 약 5km, 하계는 약 10km 떨어진 지점에서 수온급강하가 나타나고, 동계에는 차가운 대기에 의하여 지속적인 Cooling이 발생하는 것으로 보인다. 이것은 배수구에서 방류된 온배수가 칠산도에 도달할 때, 온배수 온도는 계절적으로 상당한 차이를 보일 수 있는 것을 시사하고 있다. 이상과 같이 영광원전 배수구에서 방류된 온배수는 칠산도 주변해역까지 영향을 미치고 있으며 매회 낙조시 남하하는 것으로 판단된다.

참고문헌

[1[과학기술처, 1995. 광역 표층해류 관측을 위한 TGPS Buoy 제작연구(중소기업 기술 무상양허 사업), 연구기관 : 한국해양연구소·용한통신, BSPN 00265-809-7, pp.54.

[2] 한국전력공사, 1994. 원자력발전소의 온배수 영향 저감방안 연구 - 제1차 중간보고서(영광원전).

[3] 영광군 수산업협동조합, 2000. 영광원전 4개 호기 가동시 온배수 방류에 따른 칠산도 김 양식장 영향조사 보고서.