

表層 放流된 溫排水의 鉛直分布

Vertical Distribution of Surface Discharged Heat Water

서승원¹⁾·김덕호²⁾

1. 서론

서해 연안에 위치한 임해발전소는 지형의 특성상 천해역으로 냉각수를 방출하는데 현재까지는 시공성과 유지관리측면에서 심층방류보다 유리한 표층방류를 대부분 택하고 있다. 본 연구에서는 점차 그 중요도가 증대되는 연안환경 보호측면에서 표층방류된 냉각수의 확산거동을 심도있는 실측을 통하여 살펴보고, 이러한 표층 부력젤의 거동을 전문가 해석 기법을 응용한 특성길이 혼합모형인 CORMIX3를 이용한 결과와 비교한다. 따라서 본 연구는 궁극적으로 상세한 해석이 절실히 요구되는 원자력발전소등의 3차원적인 온배수 확산거동에 앞서 근역과 중간역 및 원역에 있어서의 표층방류 특성을 특성길이 혼합모형과 2차원 수심적분모형을 이용하여 경제적으로 해석하므로써 비교우위를 평가하는데 주안점을 두고 실시되었다. 그러나 본고에서는 실측자료분석의 결과를 특성길이 혼합모형과 비교하는 내용이 중점적으로 수록되었다.

2. 표층방류된 온배수거동

천해역에 방류되는 온배수의 확산특성을 관측하기 위하여 선정된 발전소는 배출구 인근의 수심이 20m 내외로 거의 일정하고 발전소가 위치한 연안이 비교적 직선으로 CORMIX3를 이용하여 비교하기가 용이한 보령화력발전소를 택하였다. 보령화력발전소는 천수만에 위치하며, 현재 500MW 시설 용량의 발전기 6기가 가동되고 있다. 각 발전기별 냉각수 방출량의 설계치는 500MW당 13cms가 7°C의 초과온도를 가지고 방류되는 것으로 되어있으나 계절별로 운영단계에서는 다소의 차이가 있다.

본 연구에서는 계절별로 달라질 수 있는 확산의 특성을 살펴보기 위하여 겨울, 봄 및 여름의 3계절에 걸쳐 디지털 수심-수온 관측기를 이용하여 매우 정밀하게 온수의 거동을 살펴보았다. 그림1에 관측점의 위치가 도시되고 있는데 매회 관측에서 배출구를 중심으로 20여 정점에서 수심별로 수온의 확산범위가 관측되었다.

확산특성은 주변의 조류변화와 매우 밀접한 관계를 가지고 있는데 1995/2/27 겨울철과 1995/4/28의 봄철에는 창조시 방출구로부터 5Km 북측상류인 오천만까지 0.5°C의 초과상승온도가 감지되는 영역에 걸쳐 수심별 관측이 실시되었고, 주변유속이 상대적으로 작아지는 전류될때의 확산도 아울러 관측하였다. 여름철 조사로는 1995/07/06 낙조시에 조사가 이루어졌다.

1, 2차 조사의 관측성과를 도식화하여 그림2에 1차 조사시의 창조시와 고조후 낙조시의 평면적인 수온 분포를 표층(수표면하 1m)에 한하여 나타내었다. 그림3에는 2차 조사의 결과중 역시 표층에 한하여 창조와 낙조시의 결과가 도시되었다.

겨울철 관측성과를 분석하면 배경 수온은 4.9°C 정도이며, 방출구를 기점으로 표층 수온분포의 확산범위가 넓게 진행되는 것을 알 수 있다. 그러나 방출구 인근의 근역과 중간역의 범위인 300m 정도를 벗어나면, 표층방류에도 불구하고 전 수심에 걸쳐 수온의 연직구조가 일정하게 나타난다. 창조시의 확산범위는 0.5°C 상승역이 방출구로부터 약 5 Km 정도 떨어진 오천만 입구까지 분포됨을 알 수 있었다.

온배수가 방출구로부터 방류되어 주변 유동장과의 혼합 확산에 의하여 변화되는 과정을 유하 거

1 군산대학교 해양공학과 부교수

2 한국전력기술(주) 환경기술부 선임연구원

리별로 도시한 그림4를 참조하면 창조시에는 배출된 수온이 표층에서 100m 정도를 지나 11.5°C 에서 6.5°C로 급격히 감소되고, 이후에는 약 3Km 까지 6°C 에서 5°C 사이로 서서히 감소함을 알 수 있다. 중층에서는 배출구 인근에서 온배수의 부력에 기인되어 중층까지 영향을 받지 않아 주변해수 온도와 동일한 값을 보이며, 1Km 하류에서는 수심방향의 난류혼합에 기인되어 표층, 중층의 구분없이 전 수심에서 거의 동일한 수온 분포를 나타내고 있다.

2차 관측결과를 분석하면 오전의 창조시에 온배수방류의 영향을 받지 않는 배경 수온은 10.5°C 였는데 배출구 인근에서는 20.7°C 까지 관측되었다. 그러나 이러한 수온은 배출구로부터 거리가 멀어짐에 따라 급격히 감소되어 1차 조사시와 유사한 경향을 보이며 감소한다. (그림5 참조) 즉, 배출구로부터 500m 정도 하류에서는 12°C 까지 급격히 수온이 떨어지고 이 이후에는 전수심에 균등하게 혼합되어 3Km 까지는 약 11°C 정도로 서서히 감소된다.

이렇게 창조류시에 관측된 결과는 주변의 강한 조류속에 영향을 받아 표층방출된 젤이 편향된 결과를 보여준다. 그러나 전류시에 관측된 1차 낙조시에 관측한 오후 시간대의 그림 역시 배출구로부터의 거리에 따라 표층에서는 수온이 급격히 감소되고, 약 800m 를 유하한 후 부터는 수심에 따른 변화가 보이지 않는다. 3차 측정 결과는 그림6에 보는 바와 같이 둔화된 주변유속에 기인되어 젤형태 보다는 플룸의 성격을 띄고 방출구 인근에 비교적 넓게 퍼져 분포되고 있다. 즉, 시간과 공간적으로 자유젤과 플룸이 교대로 나타나고 있으며, 특히 근역에 있어서는 수심별 변화가 매우 심하게 나타남을 알 수 있다.

3. 특성길이모형에 의한 혼합확산

보령화력발전소의 온배수방류 영향을 관측한 기존 자료와 CORMIX3 모형을 이용하여 재현한 온배수 방류 패턴과 방출구로부터 연안을 따라 관측한 해수의 온도를 비교 하므로써 특성길이모형에 의한 천해역의 혼합확산 해석을 도모하였다.

본 연구에서는 앞서 기술한 바와 같이 1995년 2월 27일 09:00 ~ 16:00에 걸쳐 창조시 및 고·낙조시에 걸쳐 관측한 자료를 이용하였는데, 이 시간대에 기존 보령화력 발전소로부터 방류된 온배수는 73 cms의 양이 $\Delta T=12^{\circ}\text{C}$ 로 배출 되었다. 1995년 4월 28일 11:10 ~ 17:10에 걸쳐 창조시 및 고·낙조시에 걸쳐 관측한 자료도 이용되었는데 이 시간대에는 보령화력 발전소로부터 방류된 온배수는 65 cms의 양이 $\Delta T=14^{\circ}\text{C}$ 로 배출 되었다.

CORMIX3에 의한 온배수의 확산 분포장을 평면적으로 비교하여 도시한 것이 그림7에 수록 되었다. 이 그림을 1995년 2월과 4월 관측한 그림2와 비교하면 1°C 상승역이 대체로 잘 일치하나, 배출구 인근에서는 관측치의 온도가 다소 높게 표현 되었고, 관측치는 다소 외해로 수심 m 퍼져있는 것으로 나타났다. 그 이유는 관측한 온도에 대한 그림은 표층(수면하 1m)에 대한 자료이고, 계산결과는 젤 중심에서의 온도이므로 방류 초기에 부력에 의해 표층으로 퍼지는 효과를 반영하지 못한 것으로 인식되고, CORMIX3에 의한 결과는 주변수의 유속을 창·낙조시로 간주하여 계산하므로써 고조와 저조시의 플룸형태가 잘 재현되지 않은 것으로 판단된다.

또 다른 비교로써 온배수가 방류된 배출구로부터 하류 방향으로의 거리별 관측수온과 젤 중심선을 다른 비교를 하였는데, 그 결과가 그림8에 도시 되었다. 이를 분석하면 1차 관측시 방류초기에 배출구로부터 200m 이내에서 수온은 급격히 감소되고($12^{\circ}\text{C} \rightarrow 6.5^{\circ}\text{C}$), 그 이후로는 지수적인 감소를 보이며, 1Km 하류에서는 5.5°C, 3Km 하류에서는 5.2°C 정도로 기록된다. 2차 관측시도 방류초기에 21°C의 수온이 500m를 유하하면 12°C로 급격히 감소되고 이후 3Km 하류까지 거의 0.5°C 정도내의 변화만을 보이고 있다.

CORMIX3에 의한 결과와 실제 관측치가 대체로 잘 일치되고 있으나, 500m 이하 하류에서는 CORMIX3에 의한 결과가 다소 높게 나타남을 알 수 있다. 그 이유로는 CORMIX3의 결과가 플롯된 것은 젤 중심선을 따라서 나타난 결과인 것으로 판단된다.

이상의 평면적 비교 및 종적인 수온의 변화를 비교한 결과 CORMIX3 모형이 비교적 만족스럽게 표층방류된 온배수 확산을 모의 하는 것으로 판단된다.

4. 결론

심도있는 실측을 통하여 관측된 천해역에서의 표층온배수 특성은 주변조류속에 의해 지배되며 창낙조시에는 자유질형태, 고저조시는 플룸의 성향을 나타낸다. 초기 모멘텀이 지배하는 대체적인 근역의 경계는 배출구로부터 200 ~ 300m 정도이며 이 구간에서는 수온의 연직적인 구조가 확연히 나타나나 800m 유하된 이후에는 난류확산으로 연직변화가 거의 나타나지 않는다. 특성길이모형인 CORMIX3를 이용하여 실측자료와 비교한 결과 비교적 만족스러운 결과가 유도되었으며 특히 근역 및 중간역을 잘 재현할 수 있는 것으로 판단되었다.

따라서 향후의 연구는 2차원의 전역모형과 본 연구에서 얻어진 근역모형과의 결합을 통하여 천해역에서 경계적인 온배수 확산모형을 수립하는데 초점을 둔다. 그러므로써 수심 20 ~ 30m 정도인 서해연안에 위치한 임해발전소의 온배수 확산을 근역 및 중간역을 상세히 묘사하기 어려운 3차원의 모형을 이용하지 않더라도 효과적으로 예측할 수 있는 모형을 수립하고자 한다.

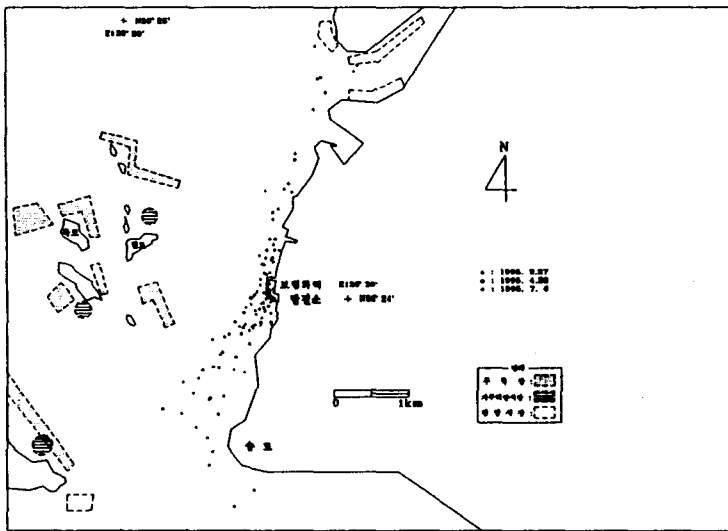
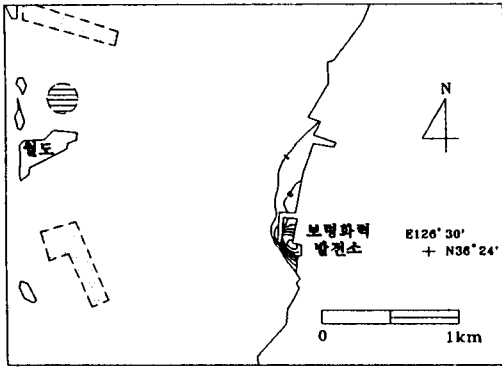
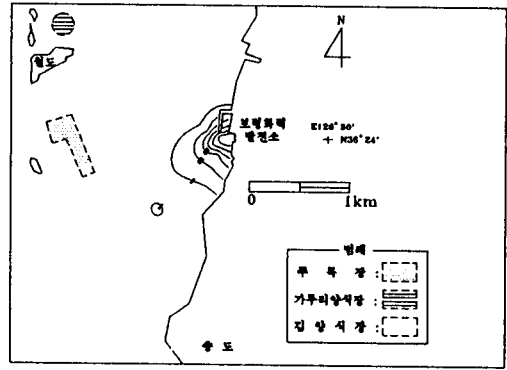


그림1. 임해발전소 배출구 주위의 수심-수온 관측점

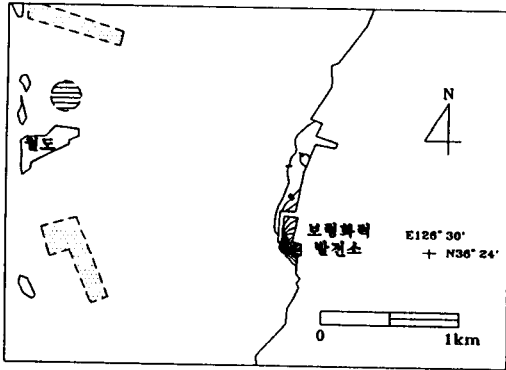


(a) 창조시

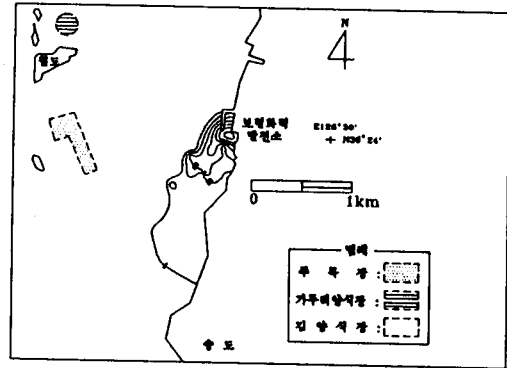


(b) 고조후 낙조시

그림2. 동절기 관측된 표층수온의 평면적 분포



(a) 창조시



(b) 낙조시

그림3. 춘계에 관측된 표층수온의 평면적 분포

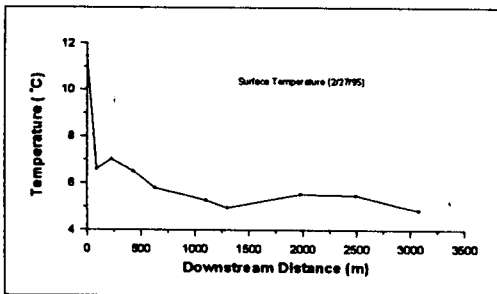


그림4. 동절기 관측된 유하거리에 따른 수온분포

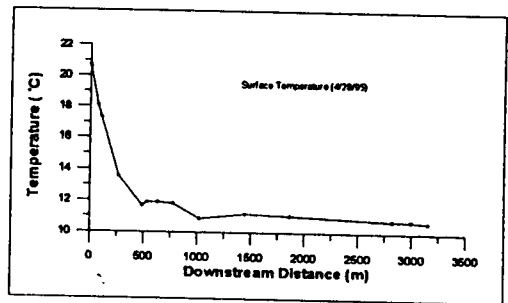


그림5. 춘계에 관측된 유하거리에 따른 수온분포

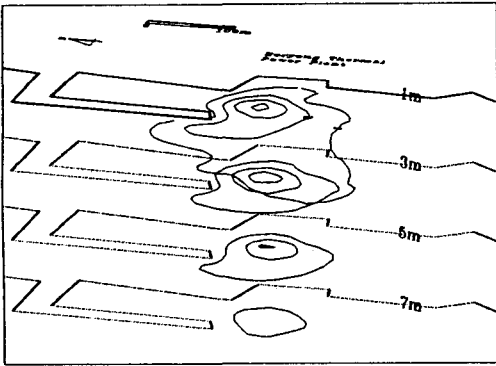


그림6. 하계에 측정된 수온의 연직구조

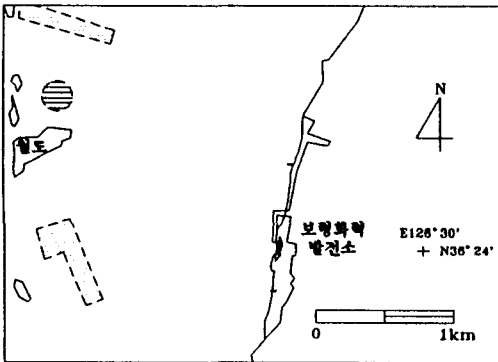


그림7. CORMIX3에 의한 유하거리별 수온구조

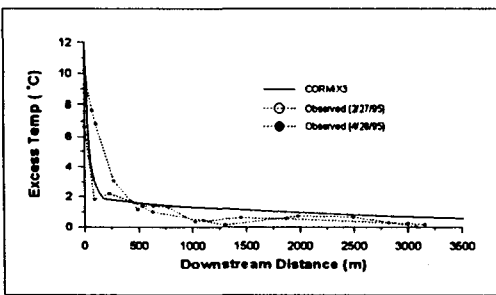


그림8. 관측치와 CORMIX3에 의한 수온비교