

## 螢光砂를 이용한 漂砂移動經路 追跡 實驗

### A Tracer Experiment of Sediment Transport Path Using Fluorescent-Tagged Sands

정 신 택\* / 조 흥 연\*\* / 오 영 민\*\*\* / 김 창 원\*\*\*\*

Jeong, Shin Taek / Cho, Hong Yeon / Oh, Young Min / Kim, Chang Wan

#### Abstract

The economical manufacturing process of fluorescent sediments (FS) which makes use of the understanding of coastal sediment path has been suggested with respect to the Lagrangian viewpoint. First, the fluorescent liquids were made by the mixing of the fluorescent materials, acetone, and xylene. Second, the sediments collected in Gamami beach were desalinized by the freshwater washing, dried indoors to protect the fine-sediment scattering, and classified by the sieve analysis. Finally, the FS which have seven different colors were manufactured by the mixing of fluorescent liquids and prepared sediments. The FS were used to figure out the major sediment supply routes of the intake channel in the YoungKwang nuclear power plant. From the field experiments, it was shown that the sediments were suspended and dispersed by the strong seasonal NW wind and the tide, and the sediments in suspension were flowing into the intake channel due to very strong suction speed. All the FS injected in stations were detected in the channel sampling points, thus we concluded that the sediments in suspension and dispersion were flowing into the intake channel from all directions in adjacent coastal zone.

*keywords:* fluorescent sediments, coastal sediment path, YoungKwang nuclear power plant

#### 요 지

연안표사이동경로를 Lagrangian 관점에서 파악하는데 이용되는 형광사를 저렴한 비용으로 제작하는 방법을 제안하였다. 형광도료는 형광안료, 아세톤, 크실렌 등을 배합하여 제작하였다. 모래는 가마미 해수욕장에서 채취한 후, 염분을 제거하기 위하여 담수로 세척하였으며, 미세입자의 비산을 방지하기 위하여 실내에서 건조하였다. 건조된 표사는 체분석하여 원하는 크기로 분류하여 준비된 형광도료와 배합하여 7가지 색상의 형광사를 제작하였다. 제작된 형광사는 영광 원자력발전소 취수로 내로 유입되는 표사공급경로를 파악하기 위하여 사용되었다. 형광사를 이용한 현장실험 결과, 강한 북서계절풍 및 조류에 의하여 부유·확산되고 있는 표사가 창조시 취수로의 강한 흡입유속에 의하여 취수로 내부로 유입되는 양상을 보였다. 또한, 모든 형광사 투입 지점에서 표사유입이 확인된 점으로 미루어 보아 표사가 취수로 내부로 인근해역의 모든 방향에서 공급되고 있는 것으로 파악되었다.

**핵심용어 :** 형광사, 연안표사 이동경로, 영광 원자력 발전소

\* 원광대학교 토목환경공학과 조교수

Assistant Prof., Dept. of Civil and Envir. Engrg., Wonkwang Univ., Iksan, Chonbuk 570-749, Korea

\*\* 한국해양연구소 연안·항만공학연구센터 선임연구원

Senior Researcher, Coastal and Harbor Engrg. Research Center, Korea Ocean Research and Development Inst., Ansan, Kyonggi 425-170, Korea

\*\*\* 한국해양연구소 연안·항만공학연구센터 선임연구원

Senior Researcher, Coastal and Harbor Engrg. Research Center, Korea Ocean Research and Development Inst., Ansan, Kyonggi 425-170, Korea

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원연구실 수석연구원

Principal Researcher, Water Resources Engrg. Div., Korea Inst. of Construction Technology, Koyang, Kyonggi 411-410, Korea

## 1. 서 론

연안해역에서 漂砂移動經路를 파악하기 위해서는 표사가 이동가능한 모든 지점에서 표사이동량 또는 조류(current) 및 농도를 측정하여야 한다. 표사이동량은 표사추적자(sand tracer), 초음파측정기(ultrasonic flux meter), 표사포획장치 등을 이용하여 측정할 수 있으며, 표사농도는 빛투과기, 표사채취기 등을 이용하여 측정할 수 있다(Horikawa, 1988; van Rijn, 1993). 따라서, 표사이동이 다방향으로 발생하는 해역에서의 표사이동경로 추적은 연구 및 과업의 목적, 비용, 노동력을 고려하여 효율적이고 적절한 관측방법을 우선적으로 선정하여야 한다. 해안구조물 특히 표사유입의 영향이 심각한 시설물이 위치한 지점으로 유입되는 표사의 기원을 파악하는 연구는 입자 하나 하나의 경로를 파악하여야 하므로 Eulerian 관점보다는 Lagrangian 관점에서 연구하는 방법이 타당할 것으로 사료된다(Okubo 등, 1982). Lagrangian 관점에서의 정성적·정량적인 표사이동경로 파악은 표시입자(marked grain)를 이용한 방법이 널리 사용되고 있다(Sherman 등, 1990; Kim, 1993). 즉 표사에 형광물질 또는 방사능물질로 염색한 표시입자를 연구대상 해역에 투입하여 이동경로를 추적하는 방법이 사용되고 있다. 그러나, 방사능물질은 취급에 제한이 따르고, 환경 위해성이 크기 때문에 주로 형광물질이 표시물질

로 이용되고 있다. 반면, 형광물질(형광도료)은 대부분 수입에 의존하고 있기 때문에 고가의 형광도료 수입비용으로 인하여 형광사를 이용한 추정방법은 기본적으로 많은 경비가 소요된다.

따라서, 본 연구에서는 수입 형광도료에 비하여 매우 저렴한 형광안료와 有機溶劑(solvent)를 직접 구입하여, 경제적으로 형광도료 및 형광사를 제작하는 과정을 제시하였다. 또한, 제작된 형광사를 영광원자력발전소 취수로(intake channel)로 유입되는 표사의 공급 경로를 파악하기 위한 추적자(tracer)로 활용하는 현장 실험을 수행하여, 본 연구에서 제작된 형광사의 현장 적용성 및 활용방안을 검토하였다.

## 2. 형광사 제작방법 및 경비

형광사 제작은 형광도료의 제작과정, 형광물질을 착색할 표사의 前處理 과정, 표사와 형광물질의 반죽(혼합)과정으로 구분할 수 있다(그림 1 참조). 형광도료를 직접 구입하여 형광사를 제작할 경우에는 형광도료 제작과정이 생략되지만, 형광도료 구입비용이 증가하는 단점이 있다. 본 연구에서 제시한 방법으로 형광사를 제작할 경우, 형광도료를 직접 수입하여 형광사를 제작하는 경우에 비하여 약 70% 정도의 경비절감효과를 기대할 수 있다.

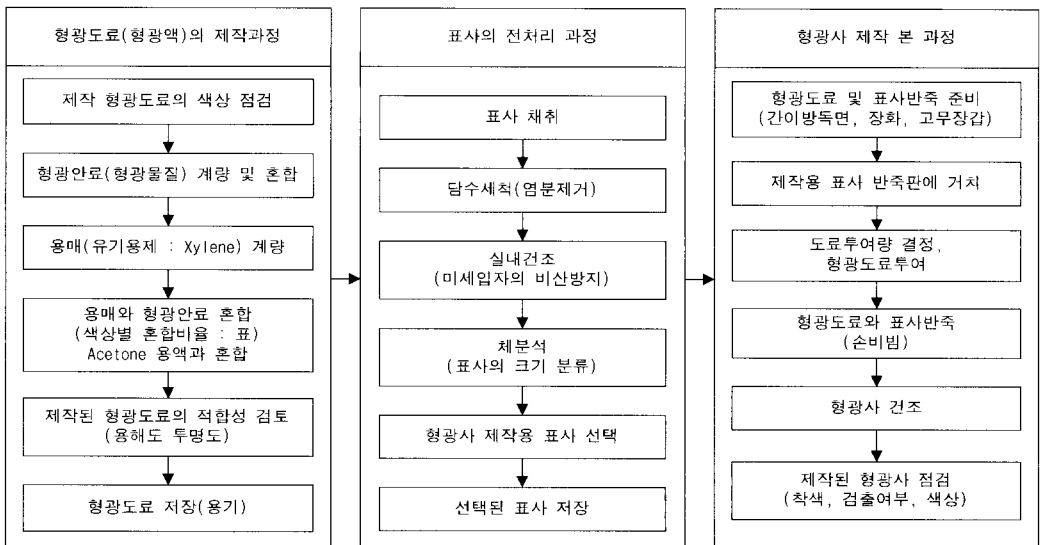


그림 1. 형광사 제작 과정 흐름도

## 2.1 형광도료의 제작과정

표사관측용으로 쓰이는 형광도료(액체)는 적색(red), 녹색(green), 황색(yellow), 청색(blue; 조개껍질과 구별이 곤란하여 형광사 색상으로 부적합(Horikawa, 1988)) 등의 색상이 일반적이며, 대부분 수입에 의존하고 있다. 그러나, 형광도료의 수입가격이 매우 비싸며, 유기용제가 포함되어 선박을 통한 배달만이 가능하기 때문에 구입기간이 상당히 소요된다. 따라서, 시간적·경제적인 여유가 부족한 경우에는 형광도료 수입에 의한 형광사 제작은 매우 곤란하다. 본 연구에서는 형광도료의 원료가 되는 형광안료(고체입자)를 영국에서 구입하여 형광도료를 직접 제작하였다. 수입한 안료는 장미색, 자홍색, 황색으로 형광도료에 비하여 매우 저렴하다. 형광도료는 형광안료, 아세톤(acetone), 크실렌(xylene) 등을 적절한 비율로 혼합하여 제작하였으며, 다양한 색상의 도료를 만들기 위하여 형광안료비율을 색상별로 조정하였다(표 1 참조). 또한, 오렌지-5, 오렌지-6색 제작시에는 퇴적물 시료에서의 검출을 용이하게 하기 위하여 형광물질의 휘도(輝度)를 증진시키는 螢光増白劑(brightener)를 첨가하였다.

## 2.2 표사의 전처리(pre-process) 과정

이동경로를 파악하고자하는 표사의 대표입경을 결정하여 현장에서 적절한 크기의 모래를 채취하거나 표준사(standard sediments)를 구입하여 형광사를 제작

할 표사를 준비한다. 본 연구에서는 영광 원자력발전소 도수로 입구에 위치한 가마미 해수욕장의 모래를 채취하여 시료로 사용하였다. 채취된 표사는 형광도료의 착색을 용이하게 하기 위하여 점토질 및 염분을 제거하여야 한다(Horikawa, 1988). 표사에 포함된 염분 및 점토질은 담수로 세척하여 제거하였으며, 세척한 표사는 실내에서 건조하였다. 본 연구를 수행한 겨울철에는 기온이 낮기 때문에 자연 건조할 경우에는 시간이 매우 많이 소요될 것으로 예상되어, 철판을 가열하여 건조하는 방법을 선택하였다. 또한 야외에서 건조할 경우, 飛散에 의한 미세입자의 이탈이 발생할 수 있기 때문에 야외건조는 바람이 없는 경우를 제외하고는 바람직하지 않다. 건조된 모래는 체분석(sieve analysis)을 실시하여 크기별로 구분하고, 원하는 입径의 표사를 선택하였다.

## 2.3 형광사 제작 과정

형광도료와 표사를 반죽할 때에는 주의할 사항이 있다. 소량의 형광사를 제작할 경우에는 문제가 되지 않을 수 있으나, 다량의 형광사를 제작할 경우에는 형광안료의 용매로 사용한 크실렌이 유독성 성분이기 때문에 반드시 간이 방독면을 착용하여야 한다. 크실렌 중독으로 인한 치명적인 해는 없지만 장기간 작업을 할 경우에는 현기증, 무기력증에 의한 마비증상이 수반될 수 있다(이수경과 하동명, 1997). 그리고, 확실하고 고른 착색을 위하여 손비빔 작업을 수행하여야 하며, 덩

표 1. 형광도료 제작을 위한 형광안료 및 용매의 비율

번호	형광도료색	형광안료량(%)	용매량(%)	비중	흡수율(%)
1	장미색	장미색 : 70	30	2.611	
2	자홍색	자홍색 : 70	30	2.615	
3	황 색	황 색 : 70	30	2.597	
4	녹 색	황 색 : 60 청 색 : 10	30	2.594	
5	오렌지-5	장미색 : 30 자홍색 : 20 황 색 : 20	30	2.611	
6	오렌지-6	장미색 : 20 자홍색 : 20 황 색 : 30	30	2.592	
7	청 색	청 색 : 70	30	2.594	
-	천연사	-	-	2.609	0.72
평균	-	-	-	2.604	

표 2. 형광사 제작비용 (제작량 1,000 kg 기준)

과 정	Case 1	Case 2	Case 3
<b>형광도료제작</b>			
형광도료 구입비	3,250,000	1,600,000	0
형광안료 구입비	0	0	420,000
Acetone 구입비	0	0	65,000
Xylene 구입비	0	0	5,000
인건비(1인1일)	0	0	50,000
<b>표사 전처리</b>			
인건비(2인3일)	300,000	300,000	300,000
연료비(건조비)	100,000	100,000	100,000
재료비(방독면, 장화)	50,000	50,000	50,000
<b>형광사 제작</b>			
인건비(2인3인)	300,000	300,000	300,000
제작비 총액(W)	4,000,000	2,350,000	1,290,000
참고사항	투명도료, 착색양호, 비중변화 無	불투명 도료, 착색불량, 비중 변화	투명도료, 착색양호, 비중변화 無

(註) 형광사 1,000 kg 제작에 필요한 형광도료량 : 80 kg, 인건비 1인1일 : 50,000원

Case 1 : 외국(일본)에서 형광도료를 구입하여 형광사를 제작하는 경우

Case 2 : 국내에서 형광도료를 구입하여 형광사를 제작하는 경우

Case 3 : 형광안료를 구입하여 형광도료 및 형광사를 제작하는 경우

어리진 형광사는 분쇄한 후, 체분석을 재실시하여 원하는 입경을 유지하여야 한다. 형광사 제작을 위한 형광도료의 투여량은 사전에 소량의 형광사 제작작업을 수행하여 결정하였다. 형광도료와 표사가 충분히 착색하도록 반죽하고, 반죽된 표사를 건조하면 형광사는 완성된다. 형광사 제작시 소요되는 총 경비는 각 안별로 비교하여 표 2에 제시하였다. 외국에서 도료를 수입하는 경우 국내에서 제작하는 경우보다 약 6배의 경비가 소요된다. 한편 국내에서 직접 제작한 도료를 사용하여 형광사를 제작하는 경우에는 제작비의 약 50%를 인건비가 차지하여, 제작비중에서 인건비 비중이 상당하다는 것을 알 수 있다. 국내에서 시판되는 형광도료는 불투명하고, 착색이 불량하며, 비중이 변하는 단점이 있다.

### 3. 형광사 투입에 의한 표사이동경로 추적

연안의 표사이동량 및 이동경로를 예측하기 위하여 표사추적자를 이용한 실험은 상당한 비용 및 노동(인건비), 전문적인 기술이 필요하기 때문에 실험실규모의 실험으로 제한되어 수행되는 경우가 많으며, 현장실험이 수행된 사례는 많지 않다(Horikawa, 1988; 유일

종합기술단, 1988; 한국건설기술연구원, 1997). 따라서, 보다 경제적이고 효율적·효과적인 형광사 현장실험에 대한 방안이 강구되어야 할 것으로 사료된다.

### 3.1 형광사 제작 및 준비

본 형광사 실험은 영광 원자력발전소 취수로내로 유입되는 표사의 공급경로를 조사하는 것이 목적이다. 따라서, 형광사 제작을 위한 모래는 영광 원자력발전소에 인접한 가마미 해수욕장의 모래를 사용하였다. 가마미 해수욕장의 모래를 80번체(0.18mm), 100번체(0.15mm)를 사용하여 체질을 한 후, 100번체에 남는 모래(대표입경 0.165mm)를 수집하여 실험을 수행하였다. 모래입자 165 $\mu$ m 크기의 침강속도(van Rijn, 1993)는 20 $^{\circ}$ C 조건에서 0.061m/s로 수심 10m 정도의 잔잔한 해역에서 약 3분 정도면 모두 침진된다고 볼 수 있다. 또한, 細砂에 형광도료를 착색할 경우 발생할 수 있는 비중의 변화를 점검하기 위하여 비중실험을 실시하였으나, 비중값의 변화는 무시할 만한 정도였다(한국건설기술연구원, 1997). 형광사는 색상별로 각 1톤씩, 총 7톤을 제작하였으며, 각각의 형광사는 현장 운반시 편의를 도모하기 위하여 40kg씩 나누어 비

닐과 마대를 이용하여 포장하였다.

### 3.2 형광사 투입 및 채취

제작된 형광사는 영광 원자력 발전소 취수로의 표사

유입경로를 파악하기 위하여 사용되었다. 일반적으로 형광사를 이용하여 표사이동 경로를 파악하기 위해서는 형광사 투입지점을 기준으로 16방위 방향에 대하여 일정한 간격으로 표사를 채취·분석하여야 한다. 그러

표 3. 형광사 투입지점의 좌표 및 채취시기

번호	투입지점 좌표		색 상	투입량(Ton)
	위 도(N)	경 도(E)		
1	35° 23' 49.44"	126° 24' 30.30"	장미색(rose)	1
2	35° 23' 50.70"	126° 24' 24.90"	자홍색(magenta)	1
3	35° 23' 55.99"	126° 24' 24.96"	오렌지5색(orange-5)	1
4	35° 23' 55.44"	126° 24' 02.58"	오렌지6색(orange 6)	1
5	35° 24' 08.04"	126° 24' 05.88"	황색(yellow)	1
6	35° 24' 17.16"	126° 24' 08.04"	녹색(green)	1
7	35° 24' 24.36"	126° 24' 21.36"	청색(blue)	1

형광사 채취시기

- 1차 채취 : 형광사 투입 후 1일째(1997년 2월 24일)
- 2차 채취 : 형광사 투입 후 7일째(1997년 3월 2일)
- 3차 채취 : 형광사 투입 후 12일째(1997년 3월 7일)
- 4차 채취 : 형광사 투입 후 28일째(1997년 3월 23일)

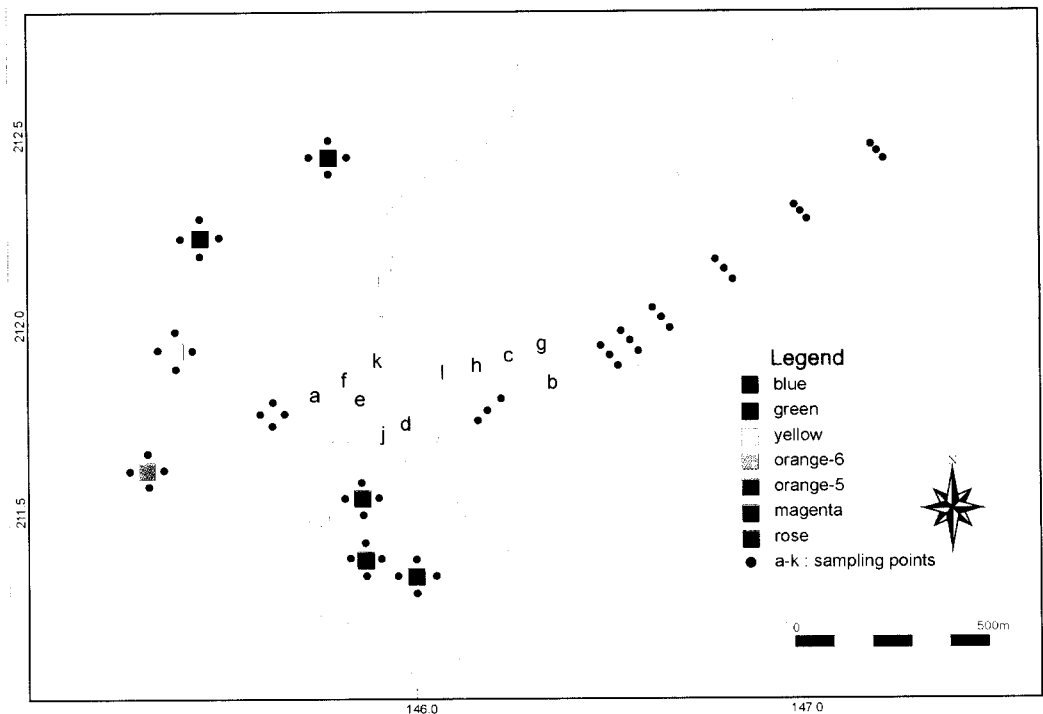


그림 2. 형광사 투입지점 및 채취지점

나, 본 연구에서는 원자력 발전소 취수로 내로 유입되는 표사의 이동경로 파악이 목적이므로 취수로 위치를 기준으로 외부해역에 형광사를 1톤씩 7개지점(표 3, 그림 2 참조)에 색상을 달리하여 투입하였다. 7개 투입지점의 수심은 모두 기본 수준면상 10m이하의 천해역에 해당된다. 형광사는 중력식 공급장치(gravity-fed tremie; 직경 20cm 크기의 원통형 비닐튜브)를 이용하여 해저에 직접 투입하였다. 투입시기의 해상은 매우 정온한 상태를 유지하고 있었으며, 취수로 입구의 최대유속은 0.4m/sec로 관측된 바 있다(한국전력공사와 한국해양연구소, 1994). 일정한 시간이 경과한 후 GPS를 이용하여 정확한 위치로 이동하여 취수로 인근 지점에서 Grab 채취기(bucket type)를 이용하여 4회에 걸쳐 표사를 채취하였다. 저질시료는 1회당 약 150~200g 정도를 채취하여 비닐봉지에 보관하였다.

총 4회에 걸쳐서 채취하여 비닐에 보관하였던 시료는 100g씩 물체질하여 펄을 제거하고, 건조로에서 건조하였다. 건조된 시료는 계수판에 얇게 편 후, 3600 Å 자외선 램프(ultraviolet lamp)에 비추어 색상별로 計數하였다. 색상별로 검출된 형광사량을 파악하여 취수로로 유입되는 표사의 주된 이동경로를 파악하였다. 7종류의 형광사를 제작하여 투하하였으나, 청색은 조개 껍질과 구별이 곤란하여 분석에서 제외하였다.

### 3.3 형광사 검출 및 이동경로 추정

#### 3.3.1 제1차 채취 및 형광사 검출결과

형광사 투입과정에서 부유된 약간의 형광사가 떠 다니는 상태의 시기로 부유사의 이동경로 파악에 도움이 될 것으로 사료되어 시료를 채취하였다. 검출지점은 취수로 내부 11개 지점, 취수로 외부 32개 지점이다. 취수로 외부의 지점은 형광사 투입지점인 7개 지점과 취수로 입구 전면 지점의 중앙점에서 각각 동서남북방향으로 50m 떨어진 총 32개 지점에 대하여 검출을 실시하였다. 투입직후로서, 방사상 형태의 검출보다는 투입지점을 중심으로 이동방향의 확인에 중점을 두어 투입지점 주변의 검출방식을 선택하였다.

검출된 형광사를 분석한 결과(한국건설기술연구원, 1997), 가마미 해수욕장 전면해역의 장미색과 자홍색 형광사 투입지점은 조류가 약하기 때문에 형광사가 주변으로 퍼지지 않은 반면 조류가 강한 녹색, 황색, 오렌지-5, 오렌지-6색 투입지점의 형광사는 고루 퍼져 있는 것으로 보아, 본 연구과업에서 사용한 크기의 형

광사에 해당하는 유사는 파랑과 같은 외력에 의하여 부유사의 형태로 널리 퍼질수 있음을 알 수 있었다. 또한, 오렌지-5, 오렌지-6색의 형광사가 청색투입지점까지 이동되고 있다는 것은 이 사실을 뒷받침하고 있다. 외해쪽에 투입된 형광사가 발견되는 지점은 대체적으로 북동 또는 남서방향으로 조류방향과 일치하고 있음을 알 수 있다.

한편, 강한 유속을 보이고 있는 취수로 내부에서는 투입된 형광사가 이동하고 있는 상태로 추정되며, 장미색과 자홍색 형광사는 전혀 검출되지 않았으며, 오렌지-5색과 황색 형광사 검출이 두드러졌다. 이는 투입 후 2조석 주기후의 결과임을 감안하면 장미색과 자홍색 형광사는 아직 취수로 내부까지 도달하지 않은 상태이고, 오렌지-6색 형광사는 이미 상당량 유입된 후라고 사료된다. 즉, 외해에서 유입되는 유사의 방향성은 특징적으로 나타나지 않는다. 그리고 북서계절풍에 의한 저면 토사의 부유(suspension)가 야기되며 조류에 의하여 유사의 이송 및 확산이 광범위하게 이루어져 취수로 인근을 통과하는 유사는 강한 유입유속에 의하여 취수로 내부로 유입되는 양상을 보이고 있다.

#### 3.3.2 제2차 채취 및 형광사 검출결과

형광사 투입 후 1주일이 경과하여 형광사가 대부분 가라앉은 상태로 부유 형광사의 농도는 미미한 상태이다. 검출지점은 제1차 채취지점과 동일하다. 검출된 형광사를 분석한 결과, 장미색 형광사는 전혀 검출되지 않았으며 녹색 형광사 투입지점을 제외하고는 투입지점 주변에서 투입된 형광사가 검출되는 양상을 보였다. 100개 이상의 형광사가 다량 검출되는 지점은 투입된 형광사가 그 방향으로 掃流(bed load)되고 있다고 판단되며, 이동방향은 조류방향과 일치하고 있음을 알 수 있다(자홍색 형광사 투입지점 : 북향, 오렌지-6색 형광사 투입지점 : 서남향, 황색 형광사 투입지점 : 동북향).

한편, 취수로 내부에서의 1차 채취시기의 형광사 검출량에 비하여 미량만이 검출된 점으로부터 투입시 부유상태로 있던 형광사 중 취수로 내로 유입된 소류사의 대부분이 이미 취수로 깊숙이 이동된 것으로 추측된다. 그러나, 제1차 검출시에는 보이지 않았던 자홍색 형광사가 검출된 점으로 보아 가마미 해수욕장으로부터의 형광사 유입이 확인되었다. 따라서, 북서계절풍이 약할 경우에는 형광사 크기의 유사는 주로 소류사의 형태로 이동될 것으로 판단된다.

### 3.3.3 제3차 채취 및 형광사 검출결과

강한 북서계절풍이 발생한 직후로서 해저의 토사입자가 상당량 부유된 시기로, 제1, 2차 채취에 중점을 두었던 외해쪽 유사이동양상에 대한 분석보다는 가마미 해수욕장 전면해역의 형광사 이동경로를 파악하기 위하여 채취지점을 추가 선택하였다. 즉, 7개 형광사 투입지점 중 가마미 해수욕장의 백사장에 해당하는 장미색 형광사 투입지점의 남북을 기준으로 서쪽은 30도 간격, 그리고 동쪽은 정동쪽 등 주위 8개 방향의 20m 지점과 40m 지점의 16개 지점을 선택하였고, 자홍색과 오렌지-5색 형광사가 투입된 해역, 즉 남쪽 방파제와 백사장 및 간출암으로 형성된 해수욕장 전면 해역에 10개 지점을 택하였으며, 간출암 외해쪽에 2개 지점을 선택하였다. 취수로 내부지점의 검출지점은 제1, 2차 검출지점과 동일하다.

검출된 형광사를 분석한 결과, 장미색 형광사가 남쪽에서 검출되는 것으로 보아 이 부근의 흐름은 남향인 것으로 사료된다. 자홍색과 오렌지 5색 투입지점에 해당하는 간출암과 해안사이에는 자홍색 형광사 위주

로 검출되는 것으로 보아 자홍색 투입지점의 주 흐름은 북향인 것으로 사료된다. 오렌지 5색 형광사가 자홍색 형광사 투입지점의 서남쪽에서 다량 검출되는 것으로 보아 오렌지-5색 형광사 투입지점의 주 흐름은 북향인 것으로 사료된다. 따라서, 가마미 해수욕장 전면 해역에서는 시계방향의 殘差流(residual current)가 형성되고 있다고 판단되며, 이를 근거로 해수욕장의 모래이동은 취수로로 직접 향하고 있지는 않다고 추정된다. 그러나, 제2차 검출까지의 결과와는 달리 해수욕장 전면 해역까지 외해의 유사가 유입된 것이 확인되었고, 이중 오렌지-6색 형광사가 가장 많이 검출되었다. 즉, 오렌지 6색 형광사 투입지점의 모래가 취수로 내부로 유입될 가능성이 가장 크다고 사료된다. 해수욕장 전면 해역의 경계지점인 간출암(出岩) 외해쪽에서는 형광사가 검출되지 않은 것으로 보아, 해수욕장 전면 해역의 유사가 간출암을 넘어서 외해로 유출되는 경우는 별로 없는 것으로 판단된다. 외해에서는 투입지점별로 해당 형광사 위주로 검출되었다. 투입 후 12일이 경과하여 투입형광사의 상당량이 소실된 상태라고 판단된다. 한편, 취수로 내부에서는 제2차 검출과 유사

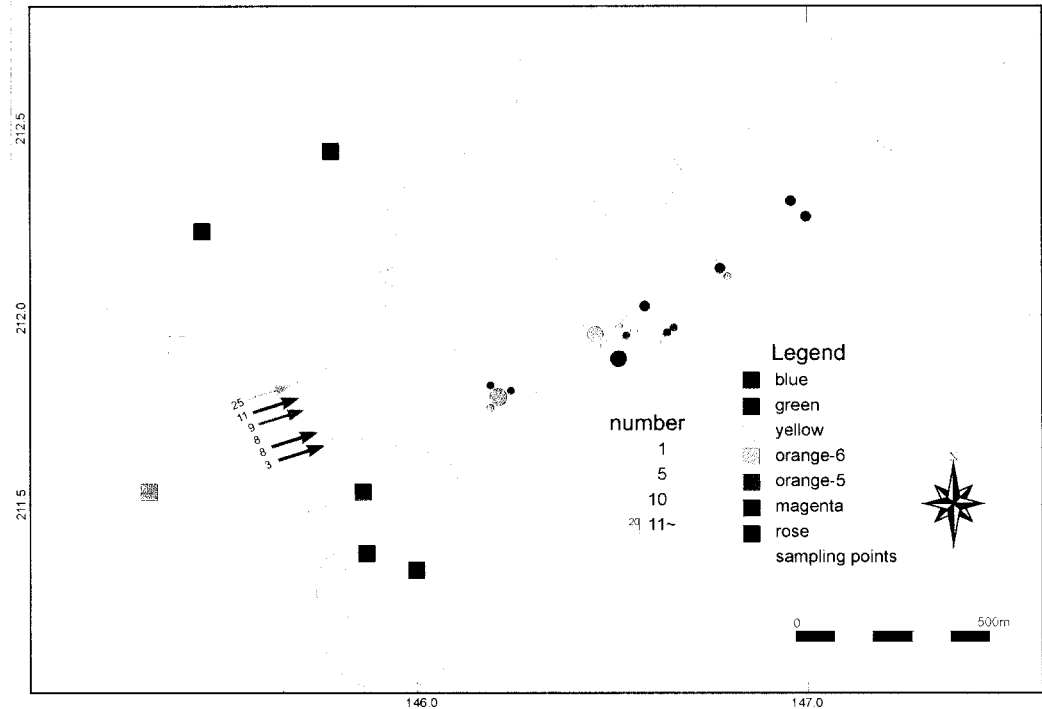


그림 3. 4차 형광사 검출결과

한 경향을 보이고 있다.

### 3.3.4 제4차 채취 및 형광사 검출결과

형광사 투입 후 23일이 경과하였기 때문에 취수로 내부로 유입된 형광사의 총량을 파악하기 위하여 이전까지 선박으로 접근이 불가능했던 지점을 소형보트로 접근하여 채취하였다. 취수로 입구에서는 대형선박의 접근이 불가능한 간출암 부근 3개지점에서 검출하였으며, 취수로 수로부에서는 교량 전·후 및 1~4호기 취수구 전면 등 6개 단면을 따라 취수구로부터 먼쪽에서 가까운 쪽으로 취수구 폭의 1/6, 3/6, 5/6되는 지점에서 검출하였다.

지점별로 검출된 형광사를 분석한 결과, 취수로 내부로 유입된 형광사의 총 개수와 발견된 지점의 개수 분포를 보면, 취수로 위치 반대방향(남쪽)의 이동양상을 보이는 장미색 형광사 투입지점의 형광사만 비교적 적은 양이 검출되었다. 모든 형광사 투입지점으로부터 형광사가 유입된 것으로 나타났으며, 특히 오렌지-6색 형광사의 유입이 두드러지는데 이는 형광사 투입시각이 창조시이기 때문에 창조류에 의하여 상당량이 유입된 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

연안해역에서의 표사이동경로를 파악하기 위하여 사용되는 형광사의 경제적인 제작과정을 제시하였으며, 제작된 형광사를 이용하여 원자력발전소 취수로로의 표사유입경로파악을 위한 현장실험을 수행하였다. 형광안료와 유기용제를 직접 배합하여 형광도료를 제작하고, 전처리과정을 통하여 준비된 표사와 혼합하여 형광사를 제작하는 일련의 과정을 제안하였다. 본 연구에서 제안된 방법에 의하면 기존의 방법에 비하여 약 70% 수준의 경비절감효과를 기대할 수 있다. 또한, 보다 다양한 색상의 형광도료를 제작할 수 있는 장점이 있는 것으로 파악되었다.

제작된 형광사를 영광 원자력발전소 취수로로 유입되는 표사의 공급원, 즉 연안표사의 이동양상을 파악하기 위하여 투입·채취하였다. 영광 해역은 북서계절풍이 강하게 불 때, 큰 천해파랑이 발생, 수입자의 운동에 의하여 저층토사가 浮遊되며, 조류 및 Wave induced current에 의하여 유사의 이송 및 확산이 광범위하게 이루어져 취수로 인근을 통과하는 유사는 강한 유입유속에 의하여 취수로 내부로 유입되는 양상을 보이고 있다. 북서계절풍이 약한 경우에는 형광사 크기

의 유사는 주로 소류사의 형태로 이동되는 것으로 파악되었으며, 그 양은 미약하다. 또한, 가마미 해수욕장에 투입된 형광사도 취수로로 유입되는 형상이 확인되었다.

그러나, 해수욕장 전면 해역의 경계지점인 간출암(日出岩) 외해쪽에서는 형광사가 검출되지 않은 것으로 보아, 해수욕장 전면 해역의 유사가 간출암을 넘어서 외해로 유출되는 경우는 별로 없는 것으로 판단된다. 그리고, 모든 형광사 투입지점으로부터 형광사가 유입된 것으로 나타나, 취수로로의 표사유입은 북서계절풍에 의한 표사의 부유·확산 → 조석에 의한 이동·확산 → 창조시 취수로로 유입되는 양상을 보이고 있으며, 인근 해역의 저층 표사가 모두 취수로로 유입되는 부유 표사의 공급원으로 파악되었다. 이러한 경향은 그림 3에 도시된 형광사 투입 이후 23일이 지난 4차 채취 결과를 보면 알 수 있다.

서해안과 같이 조석현상이 우세한 해역에서 형광사 실험을 실시하는 경우에는, 물리 해황을 사전에 파악하여 조사목적에 부합되는 潮時를 선정하여 형광사를 투입하여야 한다. 일반적으로는 고조와 저조시 2회 실시하는 것이 바람직하나, 이 경우 비용이 2배 이상 소요되고, 여러 색상의 형광사가 필요하다. 또한 첫 투하 후 2차 투하시까지는 많은 시간이 지나야 하므로 관측 기간이 길어진다라는 단점이 있다.

## 감사의 글

본 논문의 첫 번째 저자는 1998년도 원광대학교의 교비지원을 받았으며, 형광사 제작, 현장관측 및 분석을 위해서는 1997년도 한국전력공사의 연구비 지원을 받았습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 唯一綜合技術團(주) (1988). 竹邊港 埋沒防止對策 조사용역 보고서, 포항지방해운항만청, pp. 167-206.
- 이수경, 하동명 (1997). 안전공학과와 소방인을 위한 최신 일반화학과 유기물질론, 도서출판 의재.
- 한국건설기술연구원 (1997). 영광 원자력발전소 도수로 토사유입 저감방안 연구, 한국전력공사, pp. 39-65.
- 한국전력공사, 한국해양연구소(1994). 원자력발전소의 온배수 영향 저감방안 연구-제1차 중간보고서(영광원전)-, 한국전력공사, pp. 185-238.



- Horikawa, K. (1988). *Nearshore dynamics and coastal processes : Theory, measurement, and predictive models*, Univ. of Tokyo Press, pp. 433-457.
- Kim, H.S. (1993). *Three-Dimensional Sediment Transport Model*, Ph. D. Dissertation, University of Liverpool, Liverpool, UK, pp. 224-231.
- Okubo, A., Carter, H.K., Wilson, R.E., Sanderson, B.G., and Partch, E.N. (1982). *A lagrangian and eulerian diffusion study in the coastal surface layers*, DOE/EV 10250-1, Marine Science Research Center, State University of New York, Stony Brook, New York.
- Sherman, D.J., Bauer, B.O., Nordstrom, K.F., and Allen, J.R. (1990). "A tracer study of sediment study in the vicinity of a groin: New York, U.S.A." *Journal of Coastal Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 427-438.
- van Rijn, L.C. (1993). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*, AQUA Publications, pp. 13.1-13.80.

(논문번호:99-036/접수:1999.05.07/심사완료:1999.08.06)