



# Research on water quality and flow rate measurement by applying GPS electronic Floater standard experimental method when water environmental chemical accidents occur

Lee, Chang Hyun<sup>a</sup> · Nam, Su Han<sup>b</sup> · Kim, Young Do<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup>Ph.D. Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Myongji University, Yongin, Korea

<sup>b</sup>Ph.D. Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Myongji University, Yongin, Korea

<sup>c</sup>Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Myongji University, Yongin, Korea

Paper number: 23-093

Received: 9 November 2023; Revised: 13 November 2023; Accepted: 15 November 2023

## Abstract

Recently, along with the increase in chemical accidents, the number of accidents-related disasters has been increasing continuously since 2012, and when looking at the hydrogen fluoride incident which is a representative example of domestic chemical incidents, there is insufficient technology applicable to the incident site. The result was that the damage spread. Therefore, in this paper, we will adapt the water pollution accident response system to a location-based approach, and introduce a measurement method for alternative index tracking using a GPS electronic floater of a location-based index measurement method for real-time response in the water environment when a chemical incident occurs. The research target area is Gumi City, which is the area where the hydrogen fluoride incident occurred, and Gamcheon is selected, and alternative tracking using GPS electronic floater is conducted in the corresponding target area through water quality and flow measurement. As a result, it is possible to measure water quality and flow at the same time in tracker experiments using GPS electronic floater based on the research results, it is believed that using GPS electronic floater will be of great help in disaster response systems for spill incidents in the river.

**Keywords:** GPS Floater, Indicator, Standard experimental method, Response Technology, Monitoring

## 수환경 화학사고 발생시 GPS 전자부자 표준실험법 적용을 통한 수질-수리 측정에 대한 연구

이창현<sup>a</sup> · 남수한<sup>b</sup> · 김영도<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup>명지대학교 토목환경공학과 박사과정, <sup>b</sup>명지대학교 토목환경공학과 박사과정, <sup>c</sup>명지대학교 토목환경공학과 교수

## 요 지

최근 화학사고 증가와 함께 사고로 인한 재해에 대한 건수가 2012년부터 계속적으로 증가하고 있으며 국내 화학물질 사고 대표 사례인 구미 불산 사고를 보았을 때, 사고현장에 적용 가능한 기술이 미흡하여 피해가 확산되었다는 결과가 발생하였다. 따라서 본 논문에서 수질오염사고 대응체계를 위치기반에 맞춰 화학사고 발생 시 수환경에서 실시간 대응을 위한 위치기반의 지표측정방식의 GPS전자부자를 이용한 대체지표 추적에 대한 측정방법과 그에 대한 연구결과를 소개하고자 한다. 연구대상지는 불산사고가 발생했었던 지역인 구미시를 대상으로 김천시와 구미시 등 2개 시로 이루어진 감천을 선정하였고 해당 대상지에 수질-수리 측정을 통해 GPS전자부자를 이용한 대체추적물질 추적에 대한 실험을 진행하였다. 이를 통해 GPS전자부자를 이용한 추적자실험에 있어 수질-수리 측정이 동시에 가능하며, 특히 해당 연구결과를 통해 GPS 전자부자를 활용한다면 하천 분야에서의 유출사고에 대한 재난대응체계에 상당히 도움이 될 것으로 사료된다.

**핵심용어:** GPS Floater, 지표, 표준실험법, 통신기술, 모니터링

\*Corresponding Author. Tel: +82-31-330-6407  
E-mail: ydkim@mju.ac.kr (Kim, Young Do)

## 1. 서론

최근 화학사고 증가와 함께 사고로 인한 재해에 대한 건수가 2012년부터 지속적으로 증가하고 있으며, 사고 후 피해복구에 대해서 정부에서도 예산을 증가추세에 맞게 예산을 증액하고 있는 추세이다. 특히 우리나라의 경우 특성상 산업시설들의 대형화, 집중화, 생활공간의 밀집화 등 수질오염사고가 발생하게 된다면 그에 대한 피해규모 증가, 사고발생 빈도 증가, 대책마련 등(Fig. 1) 경제적인 피해복구 비용뿐 아닌 사회적 비용도 같이 증가하게 될 것이다.

구미 불산사고 사례를 보았을 때, 사고현장에 적용 가능한 기술이 미흡하여 피해가 확대되었다는 결과가 발생하였고(Lee *et al.*, 2016), 특히 누출감지나 모니터링이 미흡하였다는 결과가 있었다. 그로 인해 불산으로 피해가 폐기물 발생, 오염가축 전량처분 등이 발생하게 되었다. 이로 인해 이런 화학사고 대응에 대한 한계점이 제시되었고 환경피해를 최소화하기 위한 사고발생 대응체계 마련, 원천적 사고예방 대비 등의 기술들의 발전이 야기되었다. 또한 다양한 경로로 환경으로 유입된 화학물질은 수중 생태계 혹은 주변 생태계에 의도치 않은 교란작용을 일으킨다(Kang *et al.*, 2019).

우리나라의 경우 그동안 환경부에서 추진한 R&D 사업도 주로 상시 환경오염에 대응하기 위한 기술개발 중심으로 추진되어왔고 우리나라 환경기술의 평균 기술수준이 최고기술보유국 대비 72% 수준인 점을 감안하면 타 기술 분야에 비해서도 낮은 실정이다. 하지만 현재 미래환경기술 예측 및 환경기술 수준분석(KEITI, 2021) 보고서에 따르면, 주요 5개국의 화학사고 분야 기술수준은 미국이 최고 기술을 보유하고 있으며 우리나라의 기술수준은 4위에 해당되었고, 국립환경과학원은 분산된 화학물질 정보를 통합하여 일반 국민에게 일원화된 정보를 제공하기 위해 2005년 화학물질정보시스템을 개발하여 2006년부터 서비스 개시하였고, 화학물질정보시스템은 화학물질 확인 증명, 신규화학물질 유해성 심사, 유독물 분류표시, 화학물질 배출량 조사 등 산업체의 유해화학물질관리법 이행을 지원하고 있다.



Fig. 1. Chemical accident case site

하천이나 저수지등 수환경에서 수질오염사고가 발생하였을 때, 원인을 정확하게 파악하지 못하고 수질오염의 원인별로 분류하여 분석한 사례는 극히 드물며, 화학물질이 흐르고 있는 상황에서 도섭이나 타 측정법으로 분석에 어려움이 있다. 따라서 수질오염사고나 화학사고 발생시 수리-수질의 측정방법에 대한 연구가 절실히 필요한 시점이다.

앞서 말했듯, 현재 대응기술에 적용에 대한 노력에도 불구하고 아직까지 대응기술의 적용이 잘되고 있다고 판단하기 어렵고, 적절한 대응이 이뤄지고 있다고 판단하기도 힘들다. 따라서 본 논문에서 수질오염사고 대응체계를 위치기반에 맞춰 화학사고 발생시 수환경에서 실시간 대응을 위한 위치기반의 지표측정방식의 GPS전자부자를 이용한 대체지표 추적에 대한 측정방법과 그에 대한 연구결과를 소개하고자 한다.

## 2. 대상지역 및 연구방법

### 2.1 수환경 화학사고 발생 표준시험법 적용

#### 2.1.1 연구대상지

연구대상지는 불산사고가 발생했었던 지역인 구미시를 대상으로 김천시와 구미시 등 2개 시로 이루어진 감천을 선정하였다. 감천은 낙동강의 제 1지류로서 낙동강 중류부 우안측으로 합류하는 하천으로 유로연장 69.0 km, 유역면적 999.5 km<sup>2</sup>, 낙동강 전 유역면적의 약 4.3%로 감천의 경우 공단이 많이 위치해 있고 유출사고가 여러번 일어난 지역으로 오염물질의 도달시간 및 확산 예측이 필요한 구간이자 수리-수질측정이 필수적으로 확인되는 곳이다. 또한 사주가 가장 적게 발달

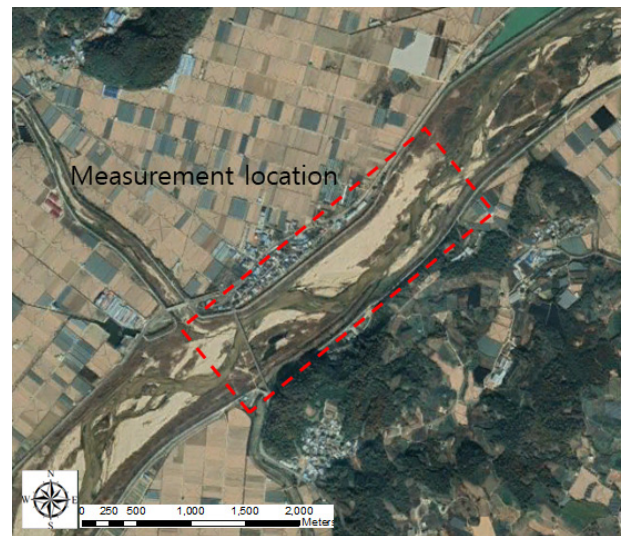


Fig. 2. Measurement location

되었고 적절한 유속과 실험 장비 설치 및 실험인원의 안정성 및 접근성이 확보되는 감포교(Fig. 2) 로 선정하였다.

2.1.2 측정 장비 및 한계점

연구측정 장비로는 앞서 언급했던 고성능GPS 전자부자를 이용하였다. GPS전자부자는 부력을 조절할 수 있으며(Fig. 3), 수면에 떈을 때 수평을 유지할 수 있도록 내부 바닥면에 질량이 집중되어 있고, 외부 볼트 조임을 위한 날개로 수평을 유지하게 제작되었다.

GPS전자부자를 사용한 사유로는 대상지의 하천단면이 모래하천으로 일정치 않고 구간마다 유속이 다르기 때문에, 유속을 측정하기 위한 국내에서 주로 사용하는 ADV, 음파수심기(이하 ADCP)의 장비들의 측정한계점이 존재하는 지역이다. 따라서, 흐름에 따른 Lagrangian Type의 측정을 수행할 수 있는 GSP 전자부자를 활용하기 적절한 구간으로 판단되었다. 또한 ADCP 같은 경우에는 수표면 이나 제방근처나 0.5 m 수심 이하 구간에 대해서는 미세측 영역이 발생한다(Lee *et al.*, 2005). ADCP로 유속을 측정하기 위해서는 반드시 음파 송수신기가 수면에 잠겨야하기 때문에 어느정도의 잠김 깊이만큼은 유속 측정이 어렵고, ADCP의 송수신기로 정상적인 신호를 받기 위해 음파 간섭 등의 효과를 차단하므로 이로 인해 송수신기로부터 어느 정도 수심까지는 유속 측정이 어렵게 된다(Kim *et al.*, 2015) 또한 중소하천에서 ADCP를 활용한 사례가 있었는지 확인해 보았을 때 중소하천에서 측정한 사례나 저수심, 저유속에서 측정한 사례가 미흡했다. 또한 저수심 저유속지점에서 ADCP를 활용했을 때 유량값 자체가 작기 때문에 약간의 유량편차는 상대오차로 판단할 때 크게 나타나며 측정 시 평균 유속보다 이하로 측정해야 되기 때문에 측정시간이 길어져 오차율이 커질 수 있을 뿐만 아니라 측정자에게도 상당한 부담이

된다(Ahn, 2017). 또한 ADV 장비들은 저유속 저수심에서의 측정에 대해 강점이 있으나 수심이 1 m를 넘어가거나 오염물질이 발생 했을 때 측정을 못하는 접근성에 대한 문제가 있다(Kim *et al.*, 2012). 또한 수질측정에 있어 화학사고 발생시 도섭에 대한 한계가 존재하기 때문에 수질측정에 대한 오염원을 추적하기 위해서 고성능 GPS 전자부자에 탑재된 수질측정 센서를 이용하여 추적하는 방법을 이용하였다.

2.1.3 연구 방법

화학사고 발생시 빠른 초기대응을 위한 수질과 수리량 값 산정에 대한 기술 필요하며, 기존 선행연구들의 GPS 전자부자의 경우 유속측정만 가능하다. 하지만 상황에 따라 수질-수질 측정이 동시측정을 진행하여야 오염원에 대한 추적이 가능하기

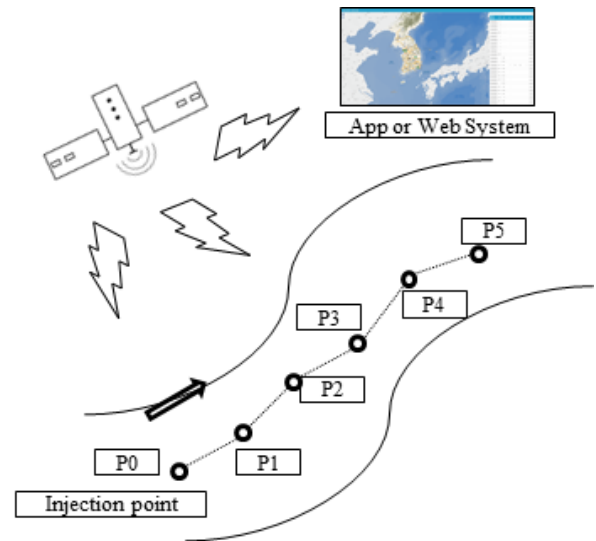


Fig. 4. Experiment method and configuration diagram

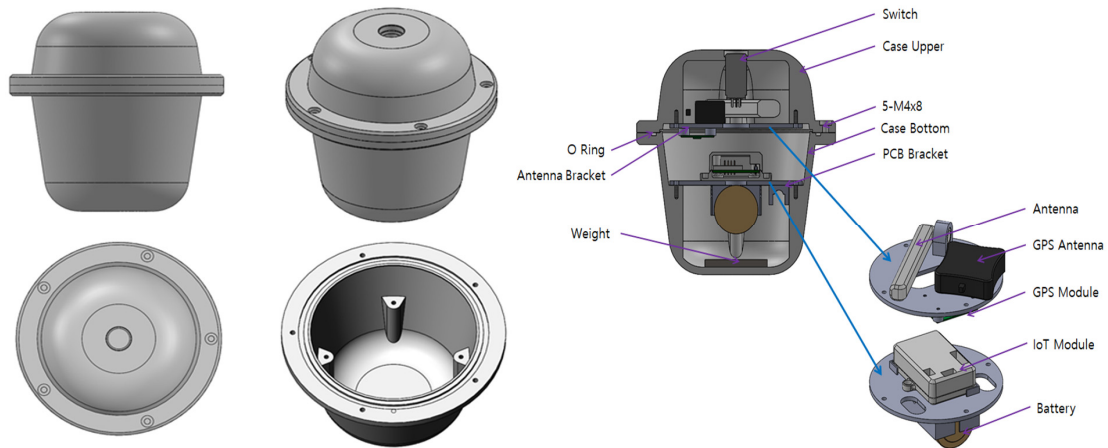


Fig. 3. GPS Floatter appearance and configuration diagram

때문에 다양한 조건으로 인해 접근이 용이하지 않는 하천에서 GPS 전자부자의 활용성은 매우 크며(Kabir *et al.*, 2018), 화학 사고 발생시 신속한 대응을 위해 GPS 전자부자가 위치정보 및 탑재 센서에서의 계측치를 실시간으로 전송하는 기술(Fig. 4)이 중요하였다. 이에 GPS 전자부자에 수질센서를 부착하여 화학사고 발생 초기대응을 위한 표준시험법을 연구하였다. 먼저 수질센서를 적용하여 대체추적자를 선정하였다. 대체추적자의 경우 직독식항목을 대상으로 화학물질을 분류할 수 있고, 항목간의 수질인자가 하천을 대표할 수 있는 물질로 선정하였다. 이때 EC가 대체추적자로 선정되었다. 그리고 그에 따라 수리 측정정에 필요한 유속, 수심에 대한 정보도 측정하였다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 수질센서를 이용한 오염추적 방법

먼저 GPS 전자부자에 탑재되어있는 전기전도도를 이용하였다. 현장적용에 앞서 사전 실험실기반 분석을 진행하였다. 측정 비교센서를 통상적으로 많이 사용되는 다항목수질계측기 기인 YSI사의 EXO를 이용하여 비교하였다. 각 항목에 대한 비교를 통해 센서의 정확도 평가를 진행하였다. 비교한 결과는 Table 1에 정리하여 나타내었다. 여기서 전기전도도를 사용한 이유로는 전기전도도는 하천의 특성을 대표할 수 있는 불변칙한 수질인자로 사용되고 있어 해당 수질인자를 사용하였다(Kong, 2019).

이에 따라 현장적용평가를 마치고 테스트구간인 감천에서의 현장 실험을 통해 농도추적 실험을 진행하였다.

수질농도 측정을 위한(Fig. 5)로다민WT+해수 대체추적자를 이용한 현장실험을 진행하였다. 정확한 시간별 측정값을 확인하기 위한 GPS 전자부자(EF-3000)을 사용하였고 Lola-망으로 구동되는 EF-3000으로 EC를 이용한 수질변동 자료를 취득하였다. 유해화학물질이 흐름에 따라 이동하는 경향, 구간파악을 위한 측선을 설치하여 농도 변화에 대한 자료 취득하였다. 측정구간을 감포교 상류방향으로 700 m 지점

에서 주입을 시작하여 고정식 GPS 전자부자(Fig. 6)로 대체추적자의 흐름파악 및 경향을 분석하였다.

대체추적자 유하시, 흐름에 따른 수질농도의 변화를 확인하기 위해 총 3개의 측선중 2번 측선과 3번 측선에 YSI 측정장비를 설치하여 전기전도도의 흐름을 파악하였다. 하지만 최초 실험계획이었던 대체추적자 주입 시, 수질농도변화가 미비하게 이루어져 총 8L 로다민WT+해수의 희석시킨 대체추

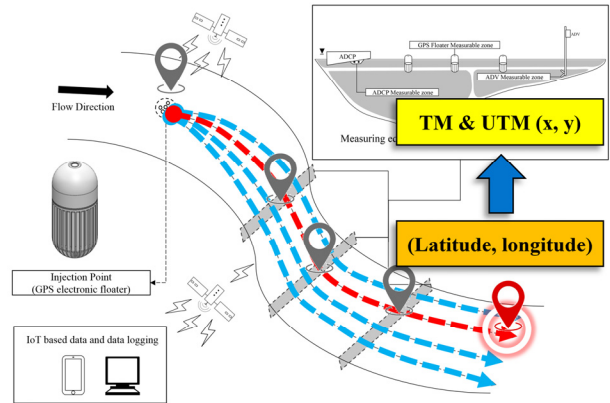


Fig. 5. Experimental method using GPS electronic floater and YSI

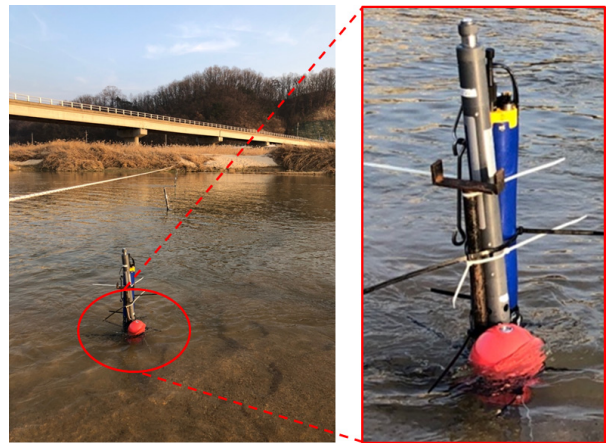


Fig. 6. Identify alternative tracker flow using GPS electronic floater and YSI

Table 1. EC test

Num	GPS electronic floater	YSI	Difference value	
1	11.682	11.688	-0.006	
2	11.69	11.688	0.002	
3	11.693	11.687	0.006	
4	11.684	11.687	-0.003	
5	11.688	11.687	0.001	
Average	11.687	11.687	Aver difference	0

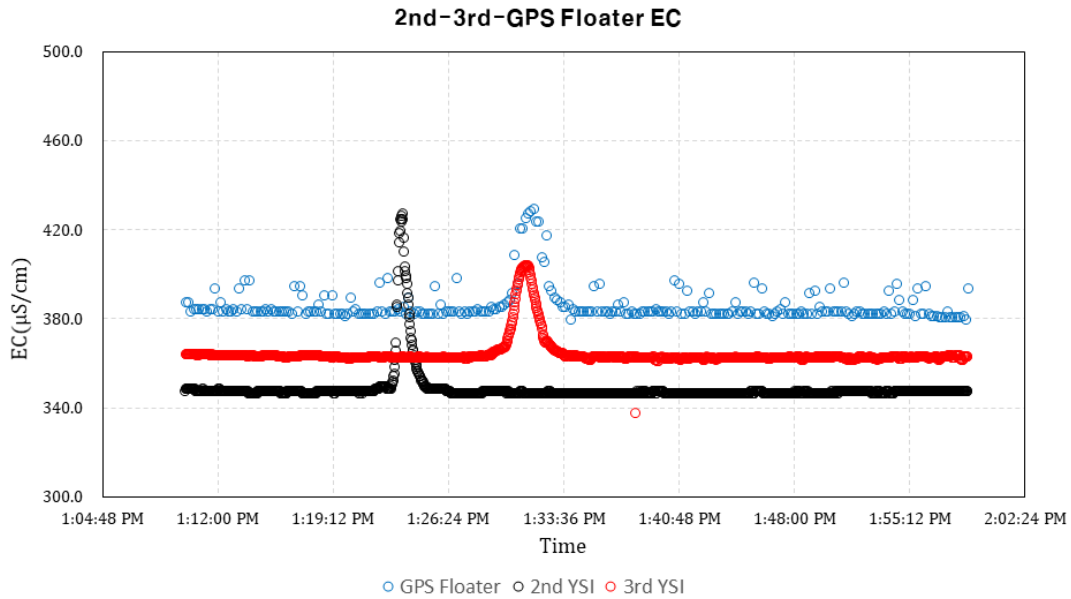


Fig. 7. Identify alternative tracker flow using GPS electronic floater and YSI

적자 양을 증가시켜 총 32L 로다민WT+해수를 이용하였다.

증가시킨 대체추적자를 이용한 2번째 실험에서 감천에서 측정된 기저값에 비해 흐름에 따라 수질농도 변화값을 측정할 수 있음을 파악하였다. 그에 대한 추적그래프는 다음과 같다. 해당방법과 같이 측정 이유로 대체추적자의 흐름을 정확하게 파악하기 위해서는 기저값과 추적자가 지나는 지표의 농도 값을 확인하고 수질센서의 적용성 검토를 하기 위해서 고정식 측정을 이용하였다.

2번측선과 3번측선에 설치한 YSI와 3번측선에 설치한 GPS전자부자의 데이터를 통해 대체추적자로 이용 가능한 전기전도도를 이용해 분석을 진행 해보았다. 해당 결과를 분석 해본결과 해수의 높은 전도도가 하천에 영향을 미치며 추적자를 따라 주입되는 것이 확인되며, GPS전자부자를 이용하여 추적하는 것이 가능하다는 결과를 나타내고 있다. 여기서 GPS전자부자를 이용하면 YSI를 이용한 결과처럼 시간에 따른 전기전도도의 변화를 잘 감지할 수 있는 것으로 보인다. 다만, 실험실기반 분석에서와 달리, YSI와 GPS전자부자 간 EC 값이  $20 \mu\text{S}/\text{cm}$  정도 차이가 나는데(Fig. 7) 이는 센서의 보정 시 약간의 오차가 발생한 것으로 보이지만 대체추적자로 이용했던 로다민WT+해수의 경향성은 뚜렷하게 나타남을 확인할 수 있다.

### 3.2 GPS전자부자를 이용한 수리량 분석

테스트베드구간인 감천에서 계측을 통해 실시간 데이터를 활용하여 GPS 전자부자로 측정된 유속·수심 데이터를 활용

하여 유량까지 산정해 Flowtracker 데이터와 비교 분석 후 성능을 검증하고자 하였다.

감천에서 위치한 감포교 상류 구간에서 진행하였으며, 하폭은 대략 40~42 m로 확인되었고 단면 수심이 약 0.1 m~0.6 m로 나타났다.

측선 1, 2 RTK-GPS를 활용한 하천 지형 측정 실시하였다. 측선 1과 측선 2의 간격은 50 m이며, 안정화구간은 30 m 이상 설정하여 총 6개의 고성능 GPS 전자부자를 선주입으로 진행하였다. 실험 계측 시작 시 첫 번째 주입에 대한 데이터는 확보가 되었으나, 위치정보가 상이하게 나타나는 것을 확인하였다. 따라서 2번째 주입된 자료를 이용하여 분석하였다. 또한 Fig. 8에서 5a9의 전자부자를 이용하여 측선을 따라 움직이면서 실제 위치좌표가 정확하게 들어오는지 움직이면서 측정값을 확인하였다.

GPS 전자부자의 유하 데이터를 확인하여 측선에서의 Flowtracker 데이터와 고성능 GPS 전자부자가 지나간 구간과의 유속·수심·유량 데이터를 비교분석을 실시 하였다. 측선 단면별로 수심이 낮은 부분에서의 고성능 GPS 전자부자의 하단부에 위치한 센서가 바닥에 닿거나 기울기의 편차가 심할 때 최대수심이 측정되는 부분을 확인하였고, 이러한 데이터는 제거를 하고 비교분석하고자 하였다.

주입에 대한 GPS 전자부자의 Tables 2 and 3을 보게되면 1번 측선과 2번 측선에서의 유속평균은 각각 0.626 m/s, 0.580 m/s로 나타났고, 평균수심은 각각 0.31 m, 0.25 m로 측정되었고, Flowtracker를 활용한 수리량 측정 데이터 중 1번 측선과

2번 측선의 유속평균은 각각 0.596 m/s, 0.545 m/s로 나타났고, 평균수심은 각각 0.29 m, 0.25 m로 측정 되었다.

감천 감포교 상류 고성능 GPS 전자부자의 계측에서 주입 데이터를 활용한 비교 분석을 실시하였고, 수리인자인 유속·수심을 활용한 유량 산정까지 하여(Fig. 9) 성능 검증을 실시하였다. 참값으로 가정하는 Flowtracker 계측 데이터 대비 고성능 GPS 전자부자의 수리량 오차율을 분석하기 위해 2번의

주입된 데이터들의 평균값을 적용하였고, 유속 오차율은 평균 4.1%, 수심 오차율은 평균 5.6%, 유량 평균 오차율은 9.5% (Table 4)로 나타났다.

고성능 GPS 전자부자의 측정 데이터와 Flowtracker 측정 데이터를 활용하여 정확도 분석을 위해 1:1 그래프를 확인해 본 결과 R<sup>2</sup> 값이 0.9528로 나타나(Fig. 10), 고성능 GPS 전자부자의 성능 신뢰성은 높게 나타나는 것을 확인하였다.

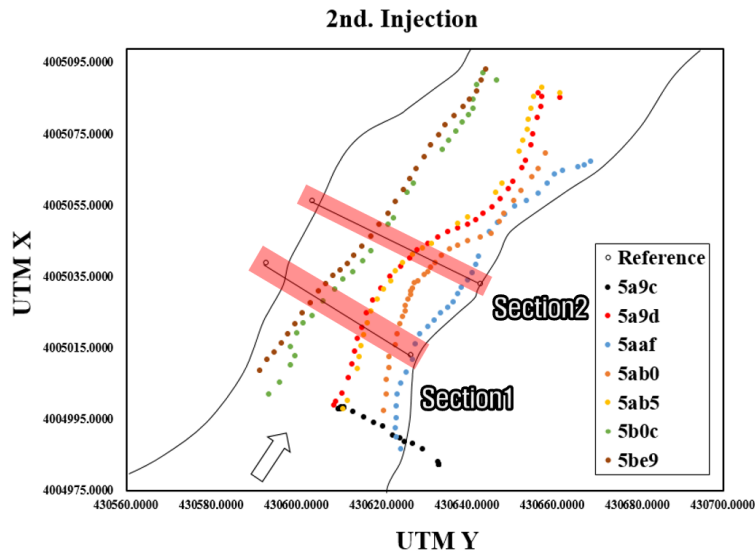


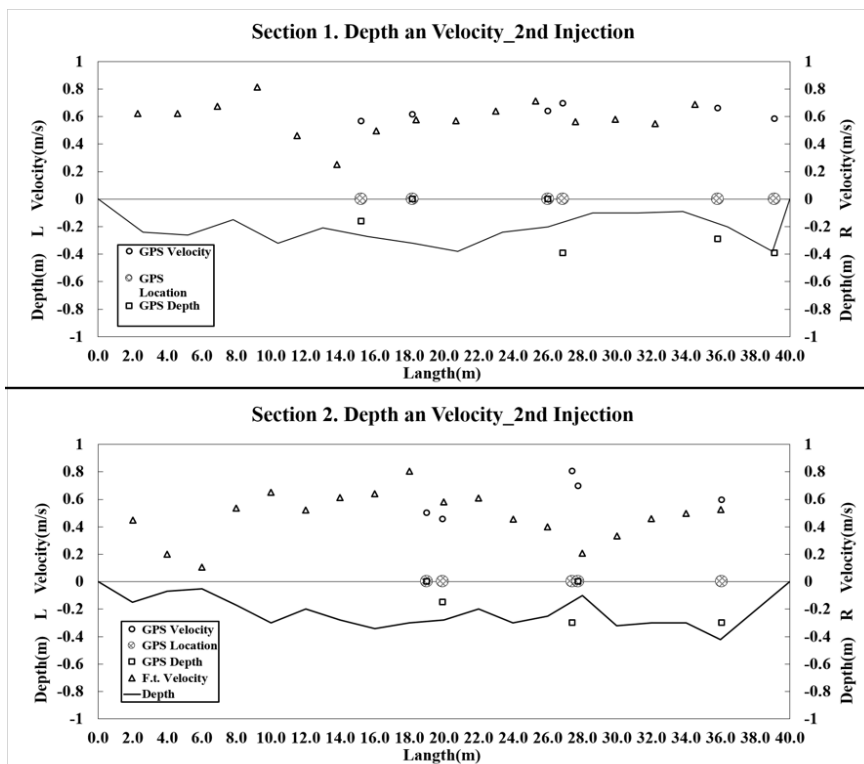
Fig. 8. GPS electronic floater flow path

Table 2. 1st. flow tracker test

Section 1			
Locating (m)	Depth (m)	Verocity (0.6D)	Flow rate
2.3	0.24	0.591	0.326
4.6	0.26	0.599	0.358
6.9	0.15	0.561	0.194
9.2	0.32	0.724	0.533
11.5	0.21	0.423	0.204
13.8	0.27	0.247	0.153
16.1	0.32	0.447	0.329
18.4	0.38	0.508	0.444
20.7	0.24	0.567	0.313
23.0	0.20	0.613	0.282
25.3	0.10	0.714	0.164
27.6	0.10	0.562	0.129
29.9	0.09	0.581	0.120
32.2	0.20	0.521	0.240
34.5	0.38	0.591	0.517
Average	0.23	0.550	Total-Flow rate 4.30

**Table 3.** 2nd. flow tracker test

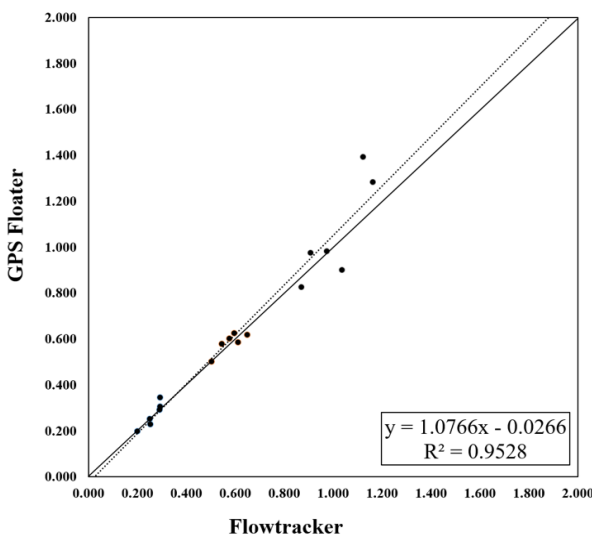
Section 2			
Locating (m)	Depth (m)	Verocity (0.6D)	Flow rate
2	0.15	0.444	0.133
4	0.07	0.201	0.028
6	0.05	0.107	0.011
8	0.17	0.536	0.182
10	0.30	0.678	0.407
12	0.20	0.477	0.191
14	0.28	0.583	0.326
16	0.34	0.628	0.427
18	0.30	0.767	0.460
20	0.28	0.547	0.306
22	0.20	0.607	0.243
24	0.30	0.445	0.267
26	0.25	0.389	0.195
28	0.10	0.207	0.041
30	0.32	0.205	0.131
32	0.30	0.447	0.268
34	0.30	0.477	0.286
36	0.42	0.482	0.405
Average	0.24	0.457	Total-Flow rate 4.30



**Fig. 9.** Comparison of GPS electronic floater and flow tracker

**Table 4.** Comparison of GPS electronic floater and flow tracker

GPS electronic floater			Flowtracker		
Verocity (m/s)	Depth (m)	Flow rate (m <sup>3</sup> /s)	Verocity (m/s)	Depth (m)	Flow rate (m <sup>3</sup> /s)
0.582	0.39	0.45	0.623	0.24	0.30
0.661	0.29	0.38	0.637	0.27	0.34
0.641	47.50	-	0.576	0.38	0.44
0.694	0.39	0.54	0.576	0.38	0.44
0.615	29.10	-	0.618	0.29	0.36
0.566	0.16	0.18	0.548	0.20	0.22
Verocity Error Rate	4.1%	Depth Error Rate	5.6%	Flow rate average Error Rate	9.5%



**Fig. 10.** Measurement data comparison and accuracy analysis

### 4. 결론

본 연구결과에서 제시되었듯, 수질과 수리에 대한 측정은 개발된 GPS 전자부자로 가능하며, 특히 위치기반의 데이터를 전송받음으로서 수환경 유출사고시 대응에 대한 한계점 보완이 가능하다는 것으로 판단되었다. 또한 GPS 전자부자는 하천에서의 유출사고가 발생 시 빠른 초기대응을 하기 위해 상당히 중요한 연구결과내용을 분석되었다. 현재 선행연구상 GPS 전자부자가 직접적으로 수심을 측정하여 유량을 산정하는 연구는 없었고, 이에 하폭을 산정한 뒤 GPS 전자부자로 측정된 전체 유속데이터의 평균과 수심데이터의 평균을 활용하여 유량을 산정해 보았다. 본 연구에서 GPS 전자부자를 활용하여 유량 산정은 화학사고 발생 시 빠른 초기대응을 위한 대략적인 유량 정보를 빠르게 전달해주기 위함이며, 향후 많은 계측과 데이터를 활용하여 정확도와 신뢰성을 높여

줄 필요가 있었다. GPS 전자부자에 부착된 수질센서를 활용하면 하천의 수질정보를 취득할 수 있으며, 측정된 수질센서 항목으로는 수온, pH, EC, DO를 측정할 수 있다. 하지만 본 논문에서는 대체추적자로서 EC만을 이용하였다. 그리고 GPS 전자부자를 활용한 수질측정은 2가지 방법으로 측정이 가능하다고 판단된다. 첫 번째는 고정식 측정법을 예들 들 수 있으며, 유해화학물질이 유출되었을 때 예상되는 위치에 고정식으로 설치하여 유해화학물질이 흘러감을 파악할 수 있고, 두 번째는 유하측정법으로 실제 유해화학물질이 유출될 때, 하천변이나 교량에서의 투척을 통해 흘러가는 화학물질과 같이 이동하며 농도값에 대한 정보를 취득할 수 있다.

수리량 및 식별 물질과 식별물질의 농도를 제공하여 발생한 지점이 어디인지의 추적과 유출사고의 진행 및 예측을 통해 화학사고 발생에 따른 빠른 초동대처를 할 수 있는 장점이 있으며, 이러한 GPS 전자부자를 활용한다면 하천 분야에서의 유출사고에 대한 재난대응체계에 상당히 도움이 될 것으로 사료된다.

GPS 전자부자에서 실시간으로 측정되는 자료를 IoT 기술과 연동하여 실시간으로 웹이나 모바일로 제공하는 연구를 진행하여, 화학사고에 대한 신속하고 효율적인 대응이 가능하고 사료된다. 특히 하천에서 사용되는 GPS 전자부자는 국외에서 기술을 선도하고 있지만, 본 연구를 통해 GPS 전자부자가 하천을 유하하면서 유량, 대체지표 측정 등의 정보를 실시간으로 제공할 수 있는 기술에 대한 적용가능성이 국내에서도 점차 확대 될 것이라 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 행정안전부 지능형 상황관리 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2021-MOIS37-003)(RS-2021-ND631021).



## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

- Ahn, M. (2017). *Evaluation of uncertainties in discharge measurements using floats with consideration of velocity coefficient*. Ph.D Dissertation, Myong Ji University, pp. 24-39.
- Kabir, A.S., Hang, W., Hubert C., Badin, G., and Richard J.B. (2018). "Response of GPS-Tracked drifters to wind and water currents in a tidal estuary." *Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 44, No. 4, pp. 1077-1089. doi: 10.1109/JOE.2018.2850538.
- Kang, D., Jeon, J., Song, M., and Ra, J. (2019). "Verification of automatic water sampling system for chemical spill events." *Journal of Environmental Analysis, Health and Toxicology*, Vol. 22, No. 3, pp. 126-134.
- Kim, D.H., Lee, C.S., and Kim, J.D. (2012). "A design and implementation of CDMA based electronic float flow pattern system." *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 16, No. 12, pp. 2619-2627. doi: 10.6109/jkiice.2012.16.12.2619.
- Kim, J.M., Kim, D.S., Son, G.S., and Kim, S.J. (2015). "Accuracy analysis of velocity and water depth measurement in the straight channel using ADCP." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 48, No. 5, pp. 367-377.
- Kong, D. (2019). "Evaluating effect of density flow from upstream on vertical distribution of water quality at the Paldang reservoir." *Journal of Korean Society on Water Environment*, Vol. 35, No. 6, pp. 557-566. doi: <https://doi.org/10.15681/KSWE.2019.35.6.557>.
- Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) (2021) *Analysis of chemical accident R&D business effects and research on ways to link R&D with social problem solving (I)*. Technical Report, The Ministry of Environment, pp. 21-68.
- Lee, C.J., Kim, W., Kim, C.Y., and Kim, D.G. (2005). "Velocity and discharge measurement using ADCP." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 38, No. 159, pp. 811-824. doi: 10.3741/JKWRA.2005.38.10.811.
- Lee, D., Lee, T., and Shin, C. (2016). "Study on improvement measures for prevention and countermeasure of chemical accident." *Journal of Fire Science and Engineering*, Vol. 30, No. 5, pp. 137-143. doi: 10.7731/KIFSE.2016.30.5.137.