

하천 측정을 위한 이동식 초분광 영상 촬영 및 제어 기술 개발

이윤호*

*(주)하이드로셈 과장

e-mail:lyh4118@gmail.com

Development of a Portable Hyperspectral Imaging and Control System for River Monitoring

Yun-Ho Lee*

*HydroSEM Inc.

요약

본 연구에서는 하천 현장에서 연속적으로 무인 운용이 가능한 이동식 초분광 촬영 및 제어 기술을 개발하였다. 장치는 바닥부, 기둥부, 카메라 설치부, 제어부로 구성되며, 분해조립이 용이한 구조와 카메라 발열을 억제할 수 있는 냉각 장치를 포함하였다. 또한 조도 변화에 대응하는 자동 제어형 광원과 자동 촬영, 상태 감시, 데이터 전송 및 정리 기능을 수행하는 제어 프로그램을 개발하여 무인 환경에서 안정적인 영상 획득이 가능하도록 하였다. 김천교에서 수행한 2일간의 현장 테스트 결과, 본 기술은 발열, 저장, 전송 문제 없이 안정적으로 운용되었으며, 향후 홍수기나 야간 등 다양한 환경에서 비접촉식 하천 모니터링 기술에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 기후 변화로 인한 집중호우와 홍수 빈도의 증가로 인해 전 세계적으로 하천의 부유사 및 퇴적물 유입량, 수질 등이 변화하고 있다(Syvitski et al., 2022; Liu et al., 2024). 이러한 변화는 수질 관리와 하천 생태계 보전에 중요한 영향을 미치므로, 하천의 유량·퇴적물·부유사·오염물 등을 모니터링하는 것은 수문·환경 분야에서 필수적인 과제로 인식되고 있다.

현재까지 하천의 부유사나 오염물 측정은 주로 하천수를 직접 채취하여 분석하거나 센서봉을 이용한 직접 계측 방식에 의존해 왔다. 그러나 이러한 방법은 샘플링 및 장비 설치 과정에서 인력과 시간이 많이 소요되며(Kwon et al., 2022), 홍수기나 급류 환경에서는 장비 손상 위험이 크고 측정자가 위험에 노출되는 문제가 있다. 이에 따라 최근에는 장비 손상 위험이 없고 보다 안전한 비접촉식 분석 방법의 필요성이 점차 커지고 있다.

대표적인 비접촉식 분석 방법은 카메라를 이용한 분석이지만, 하천에서 부유사나 오염물과 같은 물질을 분석할 때 일반적인 RGB 카메라만으로는 정밀한 분석이 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 초분광 영상 활용으로 부유사를 측정하거나(Jung et al., 2024), 수체 오염도를 분류하는(Leung et al., 2024) 등 넓은 파장대를 세밀하게 촬영할 수 있는 초분광 카메라를 활용한

연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 현장에서 초분광 카메라와 분석 장비를 직접 설치하는 것은 많은 시간이 소요되고, 원하는 시점이나 장소에서 측정을 수행하기 어렵다는 문제가 있다. 또한 대부분의 초분광 카메라는 수동 조작 방식으로 운영되기 때문에 측정을 시도할 때마다 계측자가 직접 장비를 다루어야 한다.

이에 본 연구에서는 조립가능한 이동형 초분광 촬영 장치를 제작하여 현장에서 빠르게 조립·설치 후 초분광 영상 촬영이 가능하도록 하였다. 더불어 조도 변화에 따라 자동으로 제어되는 할로겐 램프를 도입하여 야간이나 악천후 등 광량이 부족한 환경에서도 촬영이 가능하도록 하였고, 영상 촬영을 자동으로 시작·종료할 수 있는 프로그램을 개발하여 연속적으로 안정적인 운용이 가능하도록 하였다.

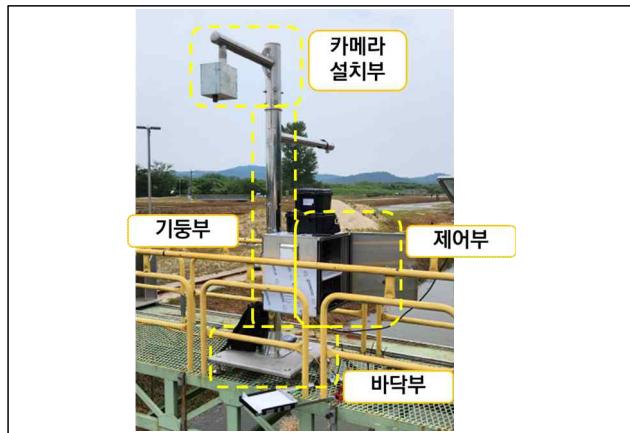
2. 이동식 초분광 촬영 시스템 개발

2.1 장치 설계 및 구성

본 연구에서 개발한 이동식 초분광 촬영 장치는 현장에서 신속하게 조립·설치가 가능하도록 설계하였다. 장치는 [그림 1]과 같이 주요 기능에 따라 바닥부, 기둥부, 카메라 설치부, 제어부로 구분된다.

바닥부는 철제 베이스 플레이트로 제작되어 장치 전체의 하중

을 지지하며, 현장 노면 상태에 따라 안정성을 확보할 수 있도록 높이 조절 장치를 포함하였다. 기둥부는 바닥부와 볼트·너트 체결 방식으로 연결되어 반복적인 분해·조립이 가능하다. 또한 다양한 높이의 기둥을 선택적으로 사용할 수 있으며, 회전식 구조로 조립되어 현장 상황에 따라 높이와 각도를 조정할 수 있다.



[그림 1] 이동식 초분광 촬영 장치 구성

카메라 설치부는 초분광 카메라와 할로겐 램프를 장착하는 부분으로, 기둥부에 볼트·너트로 체결된다. 이 부분은 길이 조절이 가능하도록 설계되어 베이스 플레이트와 일정 거리를 두고도 촬영이 가능하며, 조도 조건에 따라 자동으로 작동하는 할로겐 램프를 부착하여 야간 촬영을 지원한다. 또한 초분광 카메라는 연속 운용 시 발열로 인한 성능 저하가 우려되므로, 별도의 공랭식 케이스를 제작하여 카메라의 온도를 일정하게 유지하도록 하였다. 마지막으로 제어부는 기둥부에 조인트 형식으로 체결 가능한 제어함체로 구성되며, 분해 시 운반에 용이하도록 제작하였다. 제어함체 내부에는 초분광 카메라를 제어할 수 있는 전용 PC와 모니터, 입력 장치를 탑재하였으며, 전력 공급이 어려운 환경에서도 제한적으로 구동이 가능하도록 무정전 전원공급장치(UPS)를 배치하였다.

2.2 제어 프로그램 개발

본 연구에서는 무인 환경에서도 연속적이고 안정적으로 초분광 영상을 촬영할 수 있도록 초분광 카메라의 제어와 데이터 관리가 가능한 프로그램을 개발하여 제어 PC에 설치하였다. 해당 프로그램은 연구에 사용된 초분광 카메라인 MicroHSI 410(Corning)의 특성에 맞추어 제작되었으며, 자동 촬영, 상태 감시, 데이터 전송 및 정리 기능을 포함한다.

자동 촬영 기능은 UDP 기반 통신을 통해 카메라에 촬영 시작 및 종료 명령을 주기적으로 전송하며, 촬영 간격·촬영 횟수 및 촬영 시간 등 주요 변수는 별도의 설정 파일에서 관리된다. 상태 감

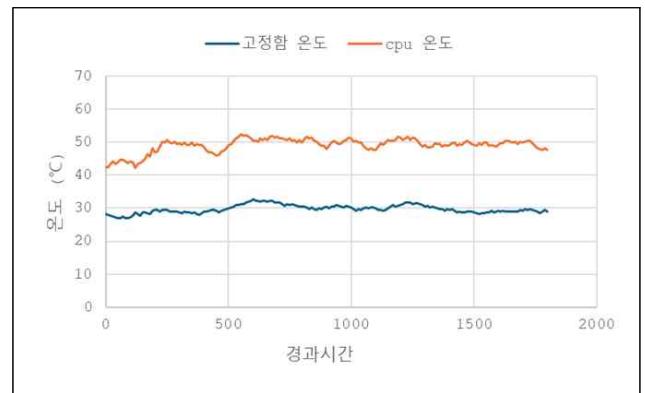
시 기능은 일정 주기로 카메라의 응답을 확인하여 장비의 정상 동작 여부를 점검하며, 이상이 감지될 경우 프로그램을 자동으로 재시작하여 촬영이 중단되지 않도록 하였다.

데이터 전송 및 정리 기능은 촬영 종료 시 카메라에 저장된 초분광 데이터를 제어 PC로 자동 전송하고, 전송이 완료되면 원본 데이터를 삭제하여 저장 용량 부족으로 인한 촬영 중단을 방지한다.

3. 현장 테스트 결과

개발된 이동식 초분광 촬영 장치의 현장 적용성을 검증하기 위하여, 김천시에 위치한 김천교에서 2일간 현장 테스트를 수행하였다. 시험 조건은 10분 간격으로 1분씩 영상을 촬영하는 것으로 설정하였으며, 운용 기간 동안 장치는 별도의 조작 없이 자동으로 구동하였다.

운용 과정에서 장치의 주요 부품(초분광 카메라, 제어부, 광원)의 동작 상태와 제어 프로그램의 자동화 기능을 점검하였다. 특히 [그림 2]와 같이 연속 촬영 시 발생할 수 있는 발열 문제를 점검하기 위해 카메라 내부 온도를 주기적으로 기록하였으며, 2 일간의 운용 기간 동안 온도 상승에 따른 이상 현상은 나타나지 않았다.



[그림 2] 연속 구동에 따른 초분광 카메라 온도

또한 촬영 장치와 제어 프로그램 모두 정상적으로 동작하였으며, 데이터 저장 및 전송 과정도 오류 없이 안정적으로 동작하여 본 장치가 연속적으로 무인 운용이 가능한 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 하천 현장에서 안정적이고 효율적인 초분광 영상 촬영을 위해 이동식 초분광 촬영 장치와 초분광 카메라 제어 프로그램을 개발하였다. 개발된 장치는 현장에서 신속하게 조립·

설치할 수 있는 구조적 특징과 더불어, 자동화된 제어 프로그램을 통해 무인 환경에서도 연속적이고 안정적인 촬영이 가능하도록 설계되었다.

김천시에 위치한 김천교에서 수행한 2일간의 현장 테스트 결과, 장치는 10분 간격으로 1분씩 영상을 촬영하는 조건에서 발열, 데이터 저장, 전송 과정 모두에서 안정적으로 동작하였다. 특히 연속 운용 시 발생할 수 있는 온도 상승이나 데이터 전송 오류 등의 문제가 발생하지 않았으며, 무인 환경에서 연속적으로 운용이 가능함을 확인하였다.

향후 다양한 조건에서 본 연구 결과를 적용하여 추가 테스트를 수행한다면, 홍수기나 야간과 같은 환경에서도 부유사 및 오염물 분석 등 비접촉식 하천 모니터링에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 미래변화 대응 수자원 안정성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다.(RS-2024-00397970).

참고문헌

- [1] J. P. M. Syvitski 외, “Global sediment fluxes to the coastal ocean: Trends and drivers,” Earth–Science Reviews, 제 226권, pp. 103954, 2022년.
- [2] X. Liu 외, “Global increase in suspended sediment concentration and river plume area in deltas,” Nature Communications, 제 15권, pp. 47598, 2024년.
- [3] S. Kwon, I. W. Seo, H. Noh 외, “Measurement of suspended sediment concentration in open channel flows based on hyperspectral imagery from UAVs,” Remote Sensing, 제 14권, 제 3호, pp. 1–20, 2022년.
- [4] S. H. Jung, H. Kim, I. Park, “Comparison between hyperspectral and multispectral remote sensing for suspended sediment concentration in shallow rivers,” Water, 제 16권, 제 9호, pp. 1275, 2024년.
- [5] J. H. Leung, K. Liu, P. Wong, “Water pollution classification and detection by hyperspectral imaging,” Optics Express, 제 32권, 제 14호, pp. 23956–23972, 2024년.