

비디오 원격탐사를 이용한 하천오염 확산추세 평가¹⁾

엄 정 섭

경북대학교 지리학과 전임강사

1. 연구배경

하천수질에 대한 정확한 모니터링 및 평가는 수질보전 대책에 있어서 무엇보다도 중요하기 때문에 여러 가지의 모니터링 기술이 개발 적용되고 있다. 하천의 수질관리를 위해서 각국정부에서는 상시 측정망을 설치하여 주기적으로 오염도를 감시하고 있다. 이와 같은 상시 측정은 조사지점을 선정하여 채수에 의한 이화학적인 분석방법에 의한다. 조사지점을 선정하는 과정에 있어서 지역의 대표성을 고려하여 선정해야 한다고 이론상으로는 명시되어 있지만, 실무에서는 채수방법의 편리성 등으로 인해 교각에서 채수하는 경우가 대부분이다. 교각은 인공지형지물에 의해 유속, 수심의 변화 등 여러 가지 주변 특성으로 인해 지역의 수질을 대표하기가 어려운 경우가 많다. 대표성을 확보하기 위해서는 채수지점을 변경하고 채수지점 수도 많게 해야하나 이는 인력과 경비측면에서 쉽지 않다. 또한 공공수역에 있어서 수질의 변화는 시간적으로, 공간적으로 변화가 심하기 때문에 이화학적인 방법에 의한 수질평가의 의미는 상당히 제한적이라고 할 수 있다. 이와같이 현장조사에 의존한 현행 모니터링 방식은 조사지점만의 단편적인 시료채취 수준에 머물러 있어 많은 인력과 재원이 투자되면서도 오염 물질의 이동확산 등 수질환경의 광역적인 변화 추이에 대한 시각적인 정보를 입수하는 데 상당한 한계가 있다. 이와 같은 현장조사에 의거한 수질모니터링의 관행이 광역공간정보의 활용이 필수적인 수질보전 관련업무를 추진하는데 많은 한계점을 노출하고 있는 것이 사실이다(엄정섭, 1999).

광역수질정보를 확보하기 위해 원격탐사의 관점에서는 통상 인공위성영상이나 항공사진을 이용하여 왔다. 인공위성 사진을 이용할 경우 해상도가 떨어져 정밀한 수질 데이터를 확보하는데 한계가 있다. 더구나 1m의 고해상도 위성영상을 이용하더라도 하천 등 선형 지형·지물을 감시하는 데는 상당한 한계가 있는 것으로 나타나고 있다 (Um, 2001). 또한 항공사진을 이용할 경우 촬영과정, 현상과정에서 고가의 경비가 소요되고, 디지털 영상처리 기법을 적용할 경우에는 하드카피 이미지를 스캔해야하는 등 기술적, 경제적인 측면에서의 한계가 발생한다.

이러한 문제 때문에 최근의 디지털기술의 발전 (디지털 비디오 카메라에 의한 개선된 화질, 전산처리능력의 향상)에 따라 비디오를 이용한 환경 모니터링 방식에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다(Um and Wright, 1999a). 비디오는 테이프 한장에 항공사진 수만장에 해당하는 영상정보를 저장할수 있어 하천과 같이 폭이 좁고 장거리에 걸쳐 있는 지형지물을 감시하는 데 최적의 원격탐사도구로 알려져 있다. 비디오는, 현상과정을 거치지 않고 촬영과 동시에 Real time 영상이미지를 제공해주며, 항공사진보다 나은

1) 이 논문은 1999년 환경부에서 의뢰한 기술용역 연구내용 중 일부임

센서의 Sensitivity 때문에 항공사진촬영에 부적합한 기상조건하에서 촬영이 가능하다는 장점을 지닌다(Um and Wright, 1999b; Um and Wright, 2000).

이화학적 수질조사가 이미 전세계적으로 정착된 방식이기는 하나 현장시료 채취조사 방식에 의거 하천오염물질의 확산실태를 분석하는 것은 소규모의 지역에 국한될 경우에는 가능하다. 그러나 장거리에 걸쳐 여러 가지 다른 자연지형조건을 가지고 흐르고 있는 강은 오염물질이 불규칙하게 유입되기 때문에 하천의 수량 및 수질변화가 매우 크게 나타나고 있다. 이와같이 광대한 지역을 현장조사에 의거 오염의 실태나 그 원인에 따라 구분하여 수질보전 정책을 수립한다는 것은 이론적으로 상당한 한계를 내포하고 있는 것으로 사료된다. 본 연구에서는 선형지형지물에 대한 항공비디오의 장점에 의거하여 비디오 영상을 분석하여 하천오염 확산 실태의 평가 가능성을 검토하고자 한다.

2. 연구방법

낙동강 중·하류유역과 금호강 중·하류를 대상으로 항공비디오를 촬영하였으며, 비디오의 분석은 금호강 중·하류 유역과 금호강과 낙동강이 합류하는 지점 등에 주안점을 두고 진행되었다. 금호강 주변유역에 연구의 중심을 두고 있는 것은 낙동강의 오염이 매우 심각한 상태이고, 금호강 주변에는 낙동강 수계의 가장 큰 오염원인 인구가 밀집되어 있고 산업체들이 많이 입주해있어 낙동강 수질오염에 크게 기여하고 있는 지천의 하나가 금호강이기 때문이다.

연구의 효율성 측면에서도 낙동강 전체를 대상으로 하는 비디오 원격조사 이전에 자료의 분석에 소요되는 작업시간 등을 감안하여 규모가 작은 특정지역에 대한 집중적인 연구를 수행하는 것이 타당한 접근이라고 사료되었다. 이 지역의 생활하수와 산업폐수 등에 의한 수질오염실태에 대한 광역모니터링의 결과가 낙동강수계 전체 또는 한강, 영산강 등 여타 지역에서 비디오를 이용한 수질감시를 수행하기 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

비디오 촬영을 위해 항공기는 4인승 Cessna Caravan C-208을 사용하였다. 비행노선은 조종간에 비디오 카메라와 연결된 모니터를 설치하고 조종사가 실제 촬영되는 지형지물을 직접 관찰하면서 확보하였다. 항공비디오의 촬영과정에서 가장 어려운 점은 일정 계획이었다. 촬영은 기상조건에 상당히 민감하기 때문에 열린 구름이나 안개에도 많은 영향을 받는다. 특히 하천지역의 경우에는 습기가 많아 Haze가 자주 발생하여 많은 주의가 필요하였다.

비디오 촬영을 위해 항측용 항공기를 사용하였기 때문에 항측용 카메라를 제거하고 확보된 공간을 이용하여 비디오 카메라를 설치하였다. 세대의 비디오 카메라를 장착하기 위해 소형의 카메라 고정장치를 자체 제작하였으며 비디오 카메라는 지표면에 수직으로 향하도록 항공기에 장착하였다. 또한 비디오 카메라를 항공기 바닥의 구멍에 직접 장착함으로써 항공기 내부에서 카메라의 초점, 셔터속도, 밝기를 직접 조절하였다. 비행고도는 1,500m와 2,000m 사이에서, 비행속도는 200km/hour로 유지되었다. 이렇게 3대의 디지털 비디오 카메라로 한곳의 Target을 서로 다른 focal length로 동시에 촬영함으로써

동일 target에 대한 다양한 Swath를 가진 데이터의 비교 및 분석을 가능하게 하였다.

디지털 비디오 카메라에 의해 수집된 영상은 동영상 및 still 이미지를 추출과정을 거쳐 640 x 480픽셀의 이미지로 저장하였다. 물론 이때 custom 모드를 통하여 640 x 480의 크기뿐 만 아니라 다양한 크기로도 저장할 수 있다. 또한 영상을 저장할 때는 한 프레임씩 저장할 수도 있고, 여러 장의 영상으로 저장할 수도 있다. 영상은 AVI, TIFF, GIF, JPG 등 다양한 그래픽 파일포맷으로 저장할 수 있다. 연속적인 여러 장의 영상으로 저장할 경우, 그 시간 간격은 프레임 수와 비행기의 비행속도에 따라 결정된다. 1초에 50개가 생성되는 비디오 프레임을 0.3초당 1 frame의 정지영상 avi 포맷 파일로 추출하였다. frame interval을 이와 같이 설정한 것은 항공사진의 모자이크과정에서 기하학적 신뢰도를 확보하기 위해 사용하고 있는 endlap 60%를 확보하기 위한 것이었다 (Um and Wright, 1999c). 동영상을 정지영상으로 추출하기 위해 Premiere 5.1과 Adobe Photoshop 5.0을 이용하여 tiff 포맷파일로 변환하였다.

원격탐사 작업을 수행하는 경우 자료의 수집 과정에서 여러 가지 요인에 의해 자료의 훼손, 왜곡 등이 발생하게 된다. 이러한 왜곡은 수집된 자료의 처리나 분석 시에 여러 가지 오차 요인으로 작용하기 때문에 사전에 반드시 보정을 통한 자료의 수정 작업이 필요하며, 이러한 보정 과정을 영상 자료의 전처리 과정(Preprocessing)이라고 한다. 자료의 기하학적 휘어짐, 대기의 효과 등이 일반적으로 전처리의 대상이 되는 중요한 요소로 나타난다.

이와 같이 영상의 해상도를 저하시키는 잡음을 제거하거나 영상에서 특정한 형상을 강조하기 위해 radiometric enhancement과정을 수행한다. 그러나 이와 같은 과정은 원래의 영상이미지의 해상도를 개선하는 과정에서 원래 이미지가 가지고 있던 영상정보를 왜곡시킬 수 있는 바, 본 연구에서는 Brightness와 contrast를 조절하여 수질 및 수변에 관한 정보를 육안으로 판독 가능한 수준으로 향상시키는 최소한의 radiometric enhancement과정을 수행하였다.

원격탐사에 의해 획득된 영상 자료는 항공기의 흔들림, 비디오 카메라의 흔들림, 렌즈의 왜곡 등 여러 가지 요인들에 의해 영상에 나타나는 각 점의 위치와 실제지상에 존재하는 지형지물과의 상대적인 위치가 왜곡되어서 나타나게 된다. 영상 자료의 절대위치를 실제 지형과 같은 크기와 투영값을 갖도록 변환해 주는 과정을 기하학적 보정(Geometric Correction)이라고 한다. 본 연구에서는 수질오염이라는 특정주제에 대한 조사가 핵심적인 사항이고 영상자료의 위치정확도는 절차적인 문제로 사료되었기 때문에 각각의 프레임이 나타난 GCP 를 사용해서 모자이크된 이미지 전체를 기하학적 보정(Geometric Correction)하는 수준에서 영상전처리절차를 마쳤다.

3. 오염확산추세평가

Permanent Record로서 보존된 비디오를 주요 측정지점별로 샘플링하여 수백km의 낙동강수계와 주요지천의 오염기여도를 탐지하고자 하였다. 금호강의 안심교, 신천/무태교, 달서천, 강정취수보, 고령교, 황강, 적포교, 남강지역, 남지지역, 물금등 낙동강 주요

지점의 비디오영상을 통하여 오염 부하량 변동에 대한 낙동강 수계의 광학적 수질변화를 조사하였다.

3.1 안심교에서 달서천 유입전

금호강의 중류부라고 할 수 있는 안심교에서 신천교까지는 비교적 유량이 적었으며 하상에 수초대가 잘 발달하고 있었다. 안심교는 비교적 맑은 것으로 나타났으나 상류로부터의 유입된 오염물질로 인해 다소 짙은 녹색을 나타내고 있었으며 남천이 합류하면서 색도는 더욱 짙어지고 있었다. 이 지역 하상의 다소 높은 부분(고위면)에 발달되어 있는 수초대는 유로가 강바닥의 비교적 낮은 부분으로 형성이 되어 있어 수질정화에 거의 기여를 못하는 것으로 나타났다. 이후 대구부근을 지나면서 소규모의 오염원들이 유입되고 있는 것이 확인 되었으며 신천의 유입과 신천하수처리장의 방류수가 유입되면서 수질은 더욱 탁하게 변하고 있었으나 색도는 다소 검은색을 띠고 있었다.

3.2 달서천 유입부터 합류지점까지

달서천은 달서천 하수처리장의 방류수와 북부하수처리장의 방류수가 유입되는 하천이다. 달서천 하수처리장에는 대구염색공단폐수와 대구3공단 및 생활오수가 유입되어 처리가 되며, 북부하수처리장은 팔거천 폐수와 서대구공단의 폐수가 유입되어 처리된다. 달서천이 금호강으로 유입되는 지점은 염색공단의 오염정도를 심각하게 보여준다(하수처리장 방류수 하얀색 물결과 거의 흑색의 폐수). 염색폐수의 비율이 높은 관계로 달서천의 색도는 검은 모습을 나타내고 있었으며 달서천이 유입된 금호강은 낙동강 본류에 유입될 때까지 검은색을 그대로 유지하고 있었다. 성서공단천은 금호강이 낙동강에 유입되기 직전에 금호강에 유입되어 합류지점의 색조가 검은 색을 계속 유지하게 하는데 상당한 영향을 미치고 있었다.

3.3 사문진교부터 고령교까지.

낙동강은 성주대교로부터 강정취수보까지는 연한 녹색을 띠며 비교적 맑은 상태를 유지하다가 사문진교에서 금호강이 유입됨으로써 색도변화가 심하게 나타난다. 금호강은 낙동강 좌안(상류쪽에서 바라보았을 때)을 통하여 본류에 유입되기 시작하며, 초기에는 비교적 좁은 띠를 형성하면서 흐르나 유로가 변경되기 시작하면서 혼합속도가 빨라지고 사문진교 약 10km 지점에서 혼합이 거의 완료 되어 이 지점부터 고령교 합류지점에서 하천유로 연장 20Km지점)까지는 거의 유사한 색도(짙은 녹색조를 머금은 청색)의 분포가 비디오에 반영되고 있다.

3.4 고령교부터 황강 합류전

오염물질의 확산현상에 의한 수질오염의 일정한 패턴은 낙동강의 사문진교를 중심으로 이루어지는 합류지점에서 뿐만 아니라, 낙동강의 하류지역으로 내려가면서 계속 나타난다. 그리고 고령교를 거친 낙동강 본류는 황강이 유입되면서 시각적으로 황강은 옅은 녹색을 띠고 낙동강 본류는 짙은 녹색을 나타냄으로써 뚜렷한 시각적 구분이 가능하

다. 고령교부근에서 금호강과 본류가 완전히 섞인 것으로 관찰되었는데 여기에서 물의 색깔이 다시 짙은 녹색으로 나타나는 것은 이곳에서 퇴적된 모래가 육안으로 관찰된 정도로 본류의 수심이 얕아지고 유량이 적어 과거에 장기간에 걸쳐 하상에 퇴적된 오염물질이 비디오 영상의 색조에 영향을 미치고 있다고 사료된다. 황강부근에서 낙동강은 주변에 뚜렷한 오염원이 존재하지 않으며, 유로의 굴곡이 심하고, 하상과 하천주변에 모래가 많이 분포하여 합류지점과 비교하여 자연정화작용의 영향을 상당히 받는 것으로 판단된다. 이와같은 이유 때문에 수심이 깊은 적포교 부근에 이르러서는 본류는 옅은 녹색을 다시 보여준다.

3.5 황강합류지점부터 남강합류지점

남강 유입지점의 경우도 황강유입부와 마찬가지로 하천퇴적물과 수심이 비디오영상의 색조에 크게 영향을 미쳐 본류가 짙은 녹색으로 나타난 것으로 사료된다. 그러나 남강의 합류는 황강에서와는 달리 (수심이 깊어지는, 적포교 부근에서 짙은 녹색이 옅은 녹색으로 변함) 수심이 깊어지는 남지교 부근에 이르러서도 짙은 녹색을 나타내고 있어 하상에 퇴적된 오염물질이 영상의 색조에 영향을 계속 미친다고 보기는 곤란하다. 남강 주변에 진주공단이 분포하는 등 오염부하량이 황강과 비교하여 큰 점으로 미루어 남강으로부터의 유입수가 낙동강오염에 기여하는 것으로 사료된다. 보다 구체적인 기여의 범위 및 정도에 대해서는 정밀한 조사가 필요한 것으로 사료된다.

3.6 남강 합류지점 이후부터 물금까지

물금은 낙동강이 남지지역을 거쳐 흘러오면서 어느 정도 자정능력(남지교 주변의 모래퇴적물)에 의해 정화된 것으로 판단되며, 남지와 비교하여 옅은 녹색을 나타낸다. 하지만, 남강이 유입되기 전의 적포교와 비교하여 색깔이 약간 짙은 것은 물금 지역의 수심이 깊어서 나타나는 현상으로 판단된다.

4. 결 론

항공비디오를 이용하여 낙동강과 금호강의 지천별 수질변화양상을 확인할 수 있으며, 비디오영상은 황강과 남강이라는 지천으로부터 유입수가 고령교 이후 낙동강의 수질변화의 주요원인이라는 가시적으로 보여주고 있으며 하천퇴적물, 수심등 자연지형요인이 수질의 자연정화에 상당한 영향을 미치고 있다는 객관적인 자료를 제공하고 있다. 비디오를 이용한 수질평가는 수질환경에 대한 전문적인 지식이 없는 사람들도 낙동강 수계의 전반적인 오염실태를 파악할 수 있게 하며, 현지를 방문하여 수평관찰(horizontal point of view)이나 이화학적 샘플링조사에서 얻을 수 없었던 데이터를 수직관찰(vertical vantage point)의 video 샘플조사를 통해 현장조사의 한계점을 상당히 극복할 수 있을 것으로 보인다.

한편 본 연구는 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 경비의 제약 때문에 최저가의 플랫폼

폼과 센서가 사용되었기 때문에 연구결과가 항공비디오의 성능을 제대로 분석하여 제시하지 못하였으나 적어도 가능성을 타진하였다는데 의의를 둘 수 있을 것으로 사료된다. 또한 시간의 제약 때문에 낙동강, 금호강 합류지점을 중심으로 사례지역을 선정하여 연구를 진행하였으나 이와 같이 국한된 지역에 의거한 연구만으로 항공비디오 기법의 전체를 평가하는 것은 무리이다.

참 고 문 헌

1. 엄정섭 1999 원격동영상을 이용한 하천 수질 평가기법 개발, 환경부(낙동강 수질 검사소), 97pages
2. Um, J. S. and Wright, R., 1999a The analogue to digital transition and implications for operational use of airborne videography, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Vol. 65, No3(March), pp. 269-275
3. Um, J. S. and Wright, R., 1999b Video Strip Mapping (VSM) as a tool for time-sequential monitoring of revegetation of a pipeline route, *Geocarto International*, Vol. 14, No.1 March, pp. 23-34
4. Um, J. S. and Wright, R., 1999c Video strip mosaicking: a two-dimensional approach by convergent image bridging, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No. 10, 10th July, pp. 2015-2032
5. Um, J. S. and Wright, R., 2000, Effect of angular field-of-view of a video sensor on the information requirement in a strip target, *International Journal of Remote Sensing* Volume 21, No. 4 pp. 723-734.
6. Um, J. S. 2001 A comparative evaluation of airborne video and high resolution satellite image in monitoring corridor targets, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* (in preparation)