

〈報 文〉

水資源 開發을 위한 遠隔探查技術 應用

UN/ESCAP Workshop 報告

朴 景 允*

이 Workshop 은 韓國建設技術研究院의 主管으로 UNDP(UN Development Programme)/ESCAP(Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)의 Regional Remote Sensing Programme 과 Natural Resources Division 의 지원으로 지난해 10月 29日~11月 3日에 걸쳐 서울 江南所在 建設會館에서 가졌던 것으로 ESCAP 會員 10個國 18名의 水資源專門家들이 參席했었다. 이 Workshop 內容을 간추려 소개하므로써 水資源開發에 새로운 遠隔探查方法이 어떻게 活用되고 있는지 알리는 계기로 삼고자 한다.

I. 강의내용

1. 地表水 : 流出모델에 遠隔探查 應用

河川의 流出量은 遠隔探查技術으로 直接 計量될 수 는 없으나 流出量 計算에 必要한 計算式의 계수와 model parameter 의 算出에 있어서 遠隔探查는 여러가지 基本資料를 취득하는 方法이 되고 있다. 일반적으로 두가지 遠隔探查 方法이 流出量 計算에 活用되고 있는데, 한가지는 일종의 경험적 피크 洪水位, 年流出量 또는 最底水位方程式의 入力資料를 導出하는 것이다. 卽 이 節次에서 遠隔探查技術은 航空測量에 依한 여러 地形資料의 導出이다. 두번째 경우는 土地利用狀況을 入力資料로 使用하는 流出 model을 digital 多重光影像의 分析結果를 使用할 수 있도록 變換하는 것이다.

2. 地下水

電磁波, 輻射는 波長에 따라 다르지만 대체로 地表 1m 미만의 얇은 층에서 反射하거나 放出하므로 이를 適切히 利用하는 遠隔探查技術으로 地下水 함유도양층을 찾아내고 그 규모를 推定하는데 쓰이고 있다. 地質 探查家들은 일방 航空 또는 人工衛星사진이나 RADAR 영상 資料를 分析하여 넓은 地域의 植物分布라든가 地殼의 구조를 調査하므로써 地表뿐아니라 땅속 깊이 있는 地下水 함유층까지도 찾아내는 것이 例事이다.

특히 熱線波帶의 遠隔探查方法으로는 地域間的 地表 溫度差가 季節에 따라 달라짐을 알아낼 수 있으므로 地表의 地下水와 湧水川의 分布가 調査된다.

地球資源探查衛星 Landsat 영상은 分析에 의해 얻어질 수 있는 地質 및 水文에 관한 情報를 내포하고 있는데 地下水 情報는 지각형태, 流域형태, 식물특성, 土地利用형태, 영상에의 tone 과 texture 등을 해석함으로써 통상 얻어진다. 사막地帶에서는 植物특성을 보고 water-table의 깊이와 地下水의 水質을 알아낼 수 있다.

Landsat 영상은 세계 도처에서 地下水探查에 이용되고 있으며 특히 地圖나 地質調査等의 資料가 없을 경우에는 唯一한 情報源이 되고 있다.

3. 雪(Snow) 水文學

航空사진이나 人工衛星영상에서는 積雪地域은 가장 쉽사리 區分해낼 수 있기 때문에 特定地域에 대하여 週期的으로 얻어지는 積雪情報는 融雪流出(Snowmelt Runoff) 豫報에 없어서는 안될 중요한 資料이다. 現在의 衛星 System 으로는 積雪地域의 面積을 計算하는 정도에 不過하지만 위성영상의 심층분석으로 여러 가지 關聯자료를 導出해낼 수 있다.

美國立海洋氣象廳(NOAA) 위성의 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 可視光線 channel 에서는 눈의 反射量이 다른 地表物보다 훨씬 크기 때문에 積雪은 잘 區分된다. 광범위한 地域의 積雪面積과 積雪量은 깊은 相關關係를 가지므로 遠隔探查에 의한 積雪面積의 보다 精確한 資料만으로도 融雪流出 model로부터 상당히 向上된 結果를 얻고 있다.

4. 貯水池

各種의 貯水池에 關한 調査·研究는 거의 대부분 詳細한 地形圖를 必要로 하는데 이러한 地形圖도 航空사진으로부터 얻어진다. 最近에는 航空사진뿐아니라 人

工衛星영상자료가 貯水池 또는 Dam 의 후보지 調査에서부터 設計 및 運營단계에 必要한 여러가지 情報源으로 活用되고 있다.

衛星영상사진 分析을 포함한 遠隔探査의 技術의 報給으로 저렴한 비용으로 Dam 후보지 調査가 可能해져서 前에는 非經濟性이었던 Dam 후보지가 새로운 각광받는 후보지로 전환되는 事例가 많아지고 있다.

航空사진은 후보지에 대한 詳細한 地形 情報를 얻는데 適格이지만 調査地域이 廣大할 경우 經費의 過多로 不適合하므로 이 경우에는 Landsat 영상을 使用하므로서 넓은 地域의 資料를 쉽게 얻고 있다. Landsat에서는 立體사진이 나오지 않은 것이 단점이었는데 最近에 發射될(今年 2月 23日 發射됨) SPOT 衛星은 立體영상을 촬영하고 地上표적물의 分解能도 사방 10m의 Panchromatic 영상과 사방 20m인 多重光(MSS) 영상을 촬영하여 배포하게 된다. 이것은 Landsat 위성의 80m 分解能인 MSS 나 30m 分解能의 TM 영상보다 훨씬 발전된 영상으로서 이들 세 위성 영상자료가 보급될 때에서 遠隔探査技法의 發展에 획기적인 변화가 있을 것이다.

NOAA 衛星도 개략적인 地形情報 導出이나 岩石의 分別에 자주 使用되고 있으며 AVHRR 의 영상은 1.1km의 地表物分解能을 지니고 있고 Landsat 이나 SPOT 보다 훨씬 자주 한 地域의 영상이 얻어지는 이점이 있다.

RADAR 영상은 日氣에 別다른 制限을 받지 않고 高度 分解能의 詳細地形圖를 얻는데 적합하나 촬영 가격이 비싸고 衛星에 의한 RADAR 영상은 아직 실험적인 단계에서 촬영되고 있다.

5. 水 質

可視光線과 赤外線帶의 사진이나 人工衛星영상은 地表水를 區分해거나 水質을 확인하는데 매우 유용하다. 可視光線은 물의 濁度에 따라 어느 정도 깊은 곳까지 침투되는 동안 부유물이나 물의 分子에 의해 散亂되어 나오며 그 散亂정도는 빛의 波長과 부유물의 종류에 따라 다르기 때문에 表層의 水質검사에 活用되고 있다. 赤外線은 熱線帶에서 水溫에 비례하는 輻射量이 나오므로 溫度分布의 變化에 따른 降質變化의 測定수단으로 쓰이고 있다. 短波線(Microwave)은 거의 물 表面層에서 흡수 또는 반사되기 때문에 表面層에 떠있는 기름덩이(Oil Slick)나 水面現狀의 調査에 자주 사용되고 있다.

遠隔探査方法으로 水質汚染을 調査할 경우 有意할 것은 波長에 따라 다르긴 하지만 反射光이나 輻射光 대부분이 水表面이나 表面層 가까이에서 나오는 것이므로 물 全體의 水質을 推定하는데는 여러가지 經驗式이 適用되어야 하는 點이다. 또한 水質을 나타내는 方法

에도 色, 濁度, Chlorophyll 농도, 부유물농도 등이 있는데 이들이 사진이나 영상에서 나타나는 關係式도 촬영 당시의 환경에 따라 달라지는 경우가 있는지를 잘 검토하여야 한다.

遠隔探査는 點源이 아닌 汚染物에 의한 水質汚染調査 및 水質管理에 유용한데, 이런 汚染源은 土地利用狀況에 밀접한 關係를 갖기 때문에 토양과 地形資料 및 이들의 원격탐사해석 결과를 함께 model에 적용하므로서 河川의 水質汚染보다 정확히 설명하고 豫測할 수 있다.

이처럼 遠隔探査技法은 現場 實測이나 見本資料에서 얻는 것과는 아주 다른 綜觀(Synoptic View)의인 情報를 환경과학자에게 제공하고 있다. 最近 이 方面의 技術開發이 눈부신 진전으로 광범위한 地域의 주기적인 Monitoring도 경제적으로 타당하게 되고 있다.

6. 洪 水

現 단계에서 遠隔探査가 洪水에 關聯되어 直接的으로 活用되는 예는 洪水浸水地域의 範圍를 推定하는 것이다. 主로 可視光線帶의 航空사진과 人工衛星영상 資料가 이 目的으로 쓰여지고 있는데 洪水 당시의 資料를 얻는 경우는 日氣 또는 다른 制限條件에 부딪쳐 거의 없으므로 과거의 浸水區域을 확인하는데는 여러 가지 推定方法을 쓴다.

反面에 RADAR 나 Microwave 영상자료는 구름이나 비 또는 植物에 의해 別 制限을 받지 않고 밤과 낮에 관계없이 촬영될 수 있으므로 洪水時 浸水地域 촬영 및 圖化에 가장 유용하다고 보는데 현재 항공기에 탑재하여 촬영하는 것은 경비가 過多하고 人工衛星에도 1988년 후반기 이후에나 사용될 것 같다. RADAR System에는 구름과 降雨強度의 分布가 잘 나타나므로 地上 System으로 설치하여 많이 사용되고 있으며, 地域의 洪水豫報 System에 活用될 전망이 밝다.

특히 洪水期에 구름이 長期間 덮고 있는 나라에서는 RADAR에 의한 遠隔探査方法만이 適切한 洪水 Monitoring을 實質的이고도 經濟的으로 수행할 수 있을 것이다.

人工衛星의 또다른 活用の 하나는 河川流域內 數百개의 水文觀測資料의 中繼이다. 美國에서는 정지궤도 환경위성(GOES: Geostationary Orbital Environmental Satellite)을 通하여 200餘곳의 觀測網을 運用하고 있다. 그 외에도 GOES의 영상은 降雨를 동반하는 구름의 움직임을 時間別로 Monitoring할 수 있으므로 장차 洪水豫報에도 크게 活用될 것이다.

7. 한발 Monitoring

수단과 에티오피아에서의 最近의 災殃은 國際機關으로 하여금 食糧難을 조기에 경보하는 System을 강구

하도록 촉구하고 있다. 遠隔探査를 有效하게 活用하면 기근의 구조期間을 短縮할 수 있다.

遠隔探査로 旱魃(早魃)을 豫報하지는 못하지만 旱魃에 의한 食糧難을 推定할 수 있다. 可視光線帶와 近赤外線帶의 波長의 빛은 旱魃을 計測할 수 있는 植物의 엽록소, 잎파리 및 水分함유량 등에 예민한 感應度를 갖고 있으므로 衛星영상 資料는 Biomass의 指數인 LAI(Leaf Area Index)를 나타내는 旱魃指數를 만들어 낼 수 있다. Landsat 과 SPOT의 MSS와 TM 資料에서 곡물수확량을 推定하는 遠隔探査方法으로부터 얻은 旱魃指數로서 가뭄의 정도를 判定하고 있기도 하고 또한 여러 다른 영상이나 사진資料를 利用해서도 유사한 목적으로 사용되기도 하는데 이러한 指數들은 토양수분 분포, 잡초의 성장도, 병충해, 불량한 비료의 적용 등 복잡한 주변 환경과 함께 고려하여 분석하여야 하는 문제도 항상 수반하고 있다.

특히 많은 경우에 경작지가 작은은 전로답 되어있을 때 NOAA 나 Landsat, 심지어 SPOT 위성의 영상도 地 表物分解能이 나빠 좋은 곡물 Monitoring 결과가 나오지 않은 것이 例事이며 이 地域에 끊이지 않고 구름이 끼는 것도 문제이다. 이런 장애점이 있는 지역에서는 超輕飛行機에 의한 遠隔探査만 경제적으로 타당할 것이다.

8. 土地利用 및 地表被履 Monitoring

水資源管理를 적절히 하기 위해 관할지역내의 土地利用과 地表被履 狀態를 파악하여 計量化하는 것이 必要하다. 이 狀況의 調査에는 必要한 時期에의 航空사진이나 위성영상자료들이 쓰이고 있는데, 使用된 Sensor

의 波長特性, 節期와 地域에 따른 特性들이 잘 考慮되어야 한다.

土地利用圖 作成은 곧 航空사진의 應用이다라고 할 만치 보편화되어 왔다. 그러나 지금엔 人工衛星의 資料가 더 넓은 地域의 情報를 용이하게 얻도록 해주고 있다.

아직 土地利用과 被履狀態를 分類하는 理想的인 方法은 없으며 앞으로 나올 것 같지도 않다. 遠隔探査技法의 發展으로 보다 客觀的인 方法은 考案되겠지만 경우에 따라 다른 觀點으로 分類되는 것은 不可避할 것이다.

II. 개도국에서 원격탐사 응용에 필요한 조건

개발도상국에서 원격탐사기술을 수자원 개발에 활용하는데 필요하다고 판단되는 원격탐사자료의 요건은 표 1에 제시된 바와 같다.

III. 문제점 및 전망

- 개도국에서는 인공위성자료 수집에 관심을 갖고 있으나 영상구입 단가 및 요원 훈련비가 비싸 원격탐사 기술을 응용하는데 어려움을 겪고 있음.

- 상기 난점에도 불구하고 개도국에서는 대부분 수자원문제 해결을 위한 자료의 유일한 근원이 원격탐사라고 믿고 있으며, 동 기술의 조기 도입이 장기적으로는 경제적인 것으로 전망.

- 몇몇 국가는 장비 미비, 요원부족, 인식부족 등으로

표 1. 수자원 개발에 적용하는데 선행되어야 할 원격탐사자료의 요건

No.	Area of Application	Remote Sensing Data Needs			Facilities required	Remarks
		Ground resolution	Spectral region	Periodicity		
1.	Mapping and monitoring of large surfaces	Coarse	Visible, near IR	Fifteen days	Visual aids	Currently being met by Landsat MSS
2.	Reservoir volume estimation for major reservoirs	Coarse	Visible, near IR	Fifteen days	Visual aids	Met by Landsat MSS. Supportive ground information or reservoir configuration needed
3.	Soil erosion and sedimentation in reservoirs	Medium	Visible, near IR	One month	Visual and computer aids	Met by Landsat TM. Research area. Primary input from remote sensing includes slope, soil type, agricultural practice, land use
4.	Location of storage sites	Medium and fine	Visible, near IR band 7, TM	Just one good date	Visual aids	Primary input is geology and structure and contour maps met by TA and SPOT

No.	Area of Application	Remote Sensing Data Needs			Facilities Remarks	Required
		Ground resolution	Spectral region	Periodicity		
5.	Snow-melt runoff	Coarse	Visible, near IR band 5 TM	One month and once during maximum snow cover	Visual aids	Met by NOAA and Landsat
6.	Mapping and monitoring irrigated areas	Medium and fine	Visible, near IR	One week	Visual and computer aids	Met by Landsat and SPOT
7.	Drainage mapping	Medium and fine	Visible, near IR	Just one good date	Visual aids	Met by SPOT and Landsat
8.	Hydrologic land-use and runoff models	Coarse and medium	Visible, near IR	Three or four times a year corresponding to different seasons	Visual and computer aids	Met by Landsat
9.	Soil moisture estimation	Medium and fine	L-band radar, thermal IR	Once in three days during the snow season	Visual and computer aids	Research area. Data needs not met by any satellite
10.	Inland navigation	Medium and fine	Visible, near IR	Fifteen days	Visual and computer aids	Research area; remote sensing provides morphology parameters
11.	Weather forecasting	Very coarse	Microwave thermal	Daily	Computer aids	Research area
12.	Flood plain mapping	Coarse and medium	Visible, near IR	One good date	Visual aids	Met by Landsat MSS and TM
13.	Flood forecasting for large river systems	Coarse	Visible, near IR, microwave	Daily	Visual and computer aids	The models use large amounts of ground data: NOAA, Landsat and SPOT (with off-nadir viewing these can meet part of the requirements)
14.	Flood inundation mapping	Coarse and medium	Visible near IR	Daily	Visual aids	Repetitivity not met
15.	Flood damage assessment	Coarse and medium	Visible, near IR	Seven days	Visual aids	Met by Landsat
16.	Drought monitoring	Coarse and very coarse	Visible, near IR	Fifteen days	Visual and computer aids	Met by NOAA and Landsat MSS
17.	Drought prediction	Coarse and very coarse	Visible, near IR	Fifteen days	Visual and computer aids	Research area. Linked with long-term weather
18.	Drought condition assessment	Very coarse	Visible, near IR, thermal IR	Fifteen days	Visual and computer aids	Met by Landsat and NOAA satellites
19.	Identification of potential groundwater zones	Medium and fine	Visible, near IR, TM band 7	One good date	Visual aids	Met by Landsat and SPOT

No.	Area of Application	Remote Sensing Data Needs			Facilities required	Remarks
		Ground resolution	Spectral region	Periodicity		
20.	Estimation of depth of water table	Medium and fine	Thermal IR, microwave	Twice a year	Visual and computer aids	Research area. Limited application only in shallow water table zones under specific conditions
21.	Detection and monitoring of groundwater systems under stress	Medium and fine	Visible, near IR, thermal IR	Twice a year	Visual aids	Research area
22.	Salinity and water-logging	Medium and fine	Visible, near IR	Once a month	Visual aids	Met by Landsat and SPOT
23.	Water pollution	Medium and fine	Visible, near IR, thermal IR	Once a month	Visual and computer aids	Pollution source identifiable. Quantifying of pollutants is in the research stage

IR—Infra-red MSS—Multi-Spectral Scanner TM—Thematic Mapper
 SPOT—Systeme Preliminaire pour Observation Terrestial
 NOAA—United States National Oceanographic and Atmospheric Administration.

로 동 기술 도입이 제한되어 있음.

정책결정자, 입안자들의 원격탐사에 대한 일반적인 인식부족은 동 기법을 이용한 사업의 결과가 나타나면 시 해결될 수 있고, 정기적인 세미나를 개최해서 해결할 수 있음.

IV. 결론 및 제안

동 워크숍 기간중 참가자들의 발표 및 토의, 강의 등을 통해 다음과 같은 결론 및 제안에 도달할 수 있었다.

1. 결 론

—기존 방법에 의한 기초 수문자료를 보완하는데 원격 탐사용용이 매우 효과적이며 강래 수자원 개발을 촉진시키는데 기여할 수 있다.

—원격탐사는 수자원 개발의 조사단계에서 제일 먼저 고려되어야 할 기법이나 여타 조사목적에도 이용될 수 있다.

—ESCAP 지역 개도국에서 수자원개발에 원격탐사가 이용되는 분야는 지표 수자원개발, 지하수탐사 및 홍

수, 한발관리 등이다.

—개도국에서 원격탐사의 중요성은 잘 인식되고 있으나 수자원분야 응용은 현재 상당히 제한된 상태이다.

그 이유로서는 훈련된 인력자원부족, 장비 및 원격 탐사자료부족, 원격탐사자료, 영상 및 장비를 구입할 자원부족 및 정책결정자 및 입안자들의 인식부족 등이 있다.

—개도국에서 동 기술을 촉진시키는데 있어 수자원 개발에 원격탐사를 응용하는 훈련이 가장 필수적인 요건이다.

2. 제 안

—국가적 차원에서의 제안사항

• 아직까지 원격탐사 기술을 수자원 개발에 응용하지 않고 있는 국가는 동 기법을 최대한 활용하기 위해 가능한 한 빨리 동 기술을 개발해야 한다.

• 위성자료 지상 수신소가 없는 나라는 실시간 및 지속적 자료획득을 위해 수신소 설치를 고려해야 할 것이며, 수신소가 설치된 국가는 새로운 위성자료를 받을 수 있도록 해야 한다.

• 가능하다면 수자원개발에 관계된 전 부서에 컴퓨터 장비를 포함한 육안판독장치가 구비되어야 한다.