

地下水 賦存 可能地域 抽出을 위한  
LANDSAT TM 資料와 GIS의 統合 ( I )  
- LANDSAT TM 資料에 의한 地下水 賦存 可能地域 抽出 -

智 光 薰  
韓國動力資源研究所 遠隔研究室  
(1991년 2월 1일 받음; 1991년 2월 10일 수리)

The Integration of GIS with LANDSAT TM Data  
for Ground Water Potential Area Mapping ( I )  
- Extraction of the Ground Water Potential Area using LANDSAT TM Data -

Kwang Hoon Chi  
Remote Sensing Division  
Korea Institute of Energy and Resources  
(Received Feb. 1, 1991; Accepted Feb. 10, 1991)

Abstract

The study was performed to extraction the ground water potential area using LANDSAT TM data.

The image processing techniques developed for the study are contrast transformation, differential filtering and pseudo stereoscopic image methods. These were examined for lineament extraction, lineament interpretation and the integration of vector data with LANDSAT data.

The differential filtering method is much usefull for lineament extraction, and all direction lineaments are clearly shown on the band 5 image of LANDSAT TM.

The pseudo stereoscopic images are made in which color differential method is adopted, the pair images are usefull for the lineament interpretation.

The results of the analysis are as follows.

- 1) there is a close correlation between lineament and cased well in the study area, because 33 wells of the developed 45 cased wells coincide with the lineaments.
- 2) 21 sites in the study area were selected for pumping test, and as a result 11 sites of them produced over than 200 ton/day.

## 第1章 序言

韓國은 1970年代부터 急激한 經濟成長, 生活水準의 高度化, 都市의 膨脹, 産業의 發展 等에 의해 各種 用水의 需要가 增加하고 있다. 이것을 充足시키기 위하여 댐, 堤防, 貯水地, 河口堰 等の 設置에 많은 時間, 人力 및 費用이 들고 短時日 內에 不足한 用水를 充足시키기가 어렵기 때문에 地下水를 利用할 必要가 있다.

地下水의 開發은 주로 水理地質調查, 電氣 比抵抗 探查, 彈性波 探查 等の 方法에 의해 調査하고 있지만, 이러한 方法도 많은 時間, 人力 및 費用이 必要하고 또한 探查 結果의 成敗에 의해 經濟性의 問題가 提起되고 있어, 廣域探查에 있어서 經濟的이면서도 信憑性 있는 새로운 方法을 開發할 必要性이 있다.

本 研究은 現地調査와 測量에 의해 收集된 各種 data를 數值資料 혹은 圖形資料의 形態로 만들어서 空間情報의 役割을 하고 있는 地理情報시스템(GIS; Geographic Information System)과, 地球資源 觀測衛星 資料처럼 넓은 地域에 대한 畫像情報를 提供받아 computer에 의해 處理, 分析을 하는 遠隔探查 技術을 使用하여 岩盤 地下水의 賦存可能 地域을 抽出하므로써, 地下水의 探查에 있어서 時間, 人力, 費用의 經濟的인 效果를 얻을 수 있는 새로운 方法을 開發하고자 하였다.

遠隔探查資料를 利用하여 地下水 賦存地域의 抽出에 관한 研究은 最近에 Mantry, Laghate (1990) 等에 의하여 遂行된 바 있다. 國內에서는 智(1988, 1989)에 의해 慶尙北道 地域을 對象으로 하여 LANDSAT TM 資料에 나타난 lineament(線構造線)와 地下水의 關係에 대한 研究을 報告한 바 있다.

그러나 地理情報 시스템에 의한 岩盤 地下水 賦存地域에 대한 suitability map 作成에 관한 研究은 지금까지 報告된 바가 없으며, 本 研究에 의해 最初로 遂行된 것이다.

## 第2章 研究地域의 環境과 地質

### 2.1 人文 및 自然環境

研究地域으로 있는 高敞 圖幅(縮尺 1:50,000) 地域은 Fig. 1에 표시된 것처럼 韓半島의 南西部에 位置한 全羅北道에 속하고 있으며, 地理的 座標는 東經  $126^{\circ}30' \sim 126^{\circ}45'$ , 北緯  $35^{\circ}15' \sim 35^{\circ}30'$ 이다.

本 地域의 東南部와 北部의 中央部에는 山岳地形이 分布하고 있고, 北東-南西方向에는 넓은

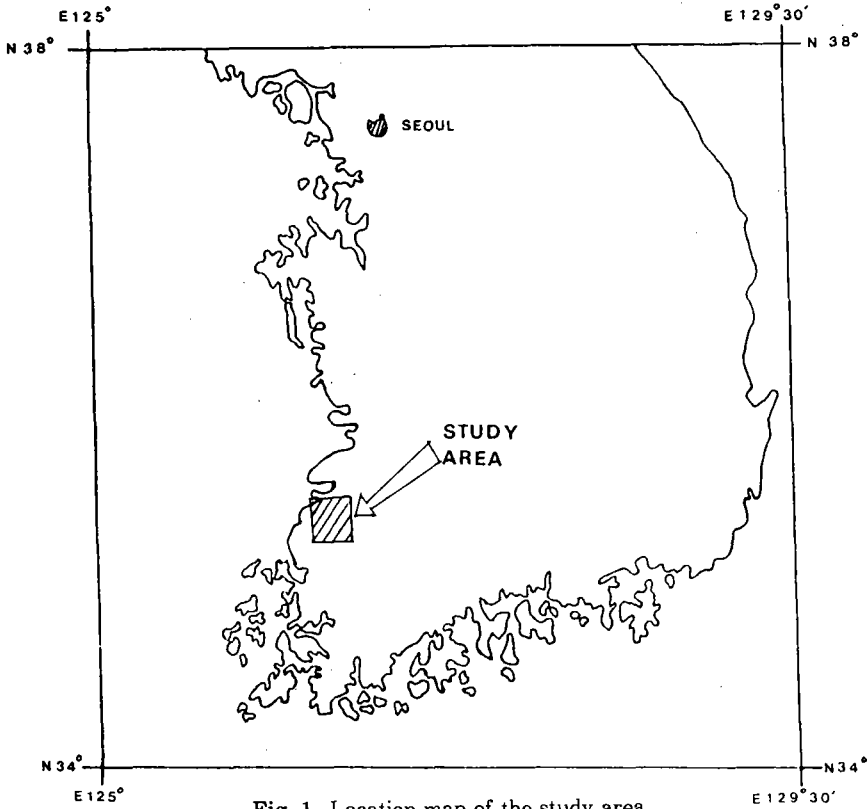


Fig. 1. Location map of the study area.

河床 冲積 平坦地의 農耕地가 있다. 西海 南部에 位置하고 있는 關係로 黃海의 暖流의 影響을 받아서 溫暖한 氣候條件으로 있으며, 降水量은 季節的인 差가 심하지만 年間 約 1,200mm 内外로 있다. 農作物은 주로 米麥, 豆類 등이 栽培되어지고 있고, 丘陵地의 開墾에 의해 各種 農作物의 生産이 增加되고 있는 추세이다.

## 2.2 地質概要

高敞地域의 主要 岩石은 小白山 片麻岩 複合體, 片麻狀 花崗岩, 片岩, 片狀 花崗岩, 花崗岩, 中性 火山岩 등으로 構成되어 있다.

東南部 地域의 山岳地에는 片麻狀 花崗岩, 片岩, 片狀 花崗岩 등이 分布되어 있고, 北部의 中央部와 北東部에는 中性 火山岩이 分布하고 있다. 또한, 西部와 東部에는 小白山 片麻岩 複合體가 넓게 分布하고 있으며, 北東-南西地域에 分布하고 있는 花崗岩은 大部分이 平野地帶

혹은 低丘陵地의 形態로 分布하고 있다.

本 地域에서는 斷層과 같은 大規模의 地質 構造線은 發達하고 있지 않다.

### 第3章 遠隔探查 資料의 畫像處理와 分析

#### 3.1 幾何學的 補正處理

本 研究에 使用한 LANDSAT畫像은 地球의 自轉에 의한 skew角, 三軸 기울기의 變動, 高度의 變動, 走査鏡의 不等速度 等과 같은 原因 때문에 幾何學的 歪曲을 갖고 있다. 本 研究에서는 lineament과 管井 位置와의 重疊, vector data와의 統合 때문에 精密補正을 할 必要가 있어 다음과 같이 補正을 行하였다.

幾何學的 歪曲을 갖고 있는 畫像 座標系 uv와 幾何學的 歪曲이 補正되어진 地圖 座標系 xy 사이의 座標 變換式은 投射 方式이나 投影面에 의해서 決定되어야 하지만 本 研究에서는 Table 1에 表示한 18개의 地上 基準點 座標를 測定하여 skew 角 補正과 線形 變換을 할 수

Table 1. GCP input/output coordinates and error pixels.

GCP INPUT/ OUTPUT COORDS & ERRORS(PIXEL)				
107	889	142	1150	0.172
72	1206	164	1458	0.782
83	1723	267	1948	0.654
700	6	551	208	0.516
759	492	693	660	0.340
828	1236	890	1356	0.422
764	1760	921	1865	0.482
1609	135	1439	173	0.373
1309	604	1236	671	0.408
1469	1269	1506	1276	0.715
1499	1732	1615	1712	0.771
2187	718	2091	628	0.902
2034	1291	2047	1200	0.243
2056	1791	2157	1672	0.651
2772	258	2568	90	0.567
2882	620	2736	415	0.156
2945	1222	2902	977	0.223
2963	1792	3020	1517	0.650
RMS ERROR=0.424				

있는 affine 變換을 座標 變換式으로 決定하였다.

$$\begin{aligned} \text{(Affine 變換)} \quad u &= ax + by + c \\ v &= dx + ey + f \end{aligned}$$

座標變換式의 係數는 最小二乘法에 의해 구하였는데, 本 研究에서 얻은 未知係數는,  $a=0.952$ ,  $b=0.176$ ,  $c=-116.4$ ,  $d=-0.173$ ,  $e=0.952$ ,  $f=322.606$ 로 있으며, 基準點 주위 殘差의 標準 偏差를 구하여 函數를 適用한 精度를 檢討한 結果, Table 1에 표시된 것처럼 RMS가 0.424로 있는데, 이것은 許容值로 있는 1-2 畫素보다 작기 때문에 精度에 있어서는 問題가 없다.

出力畫像 data 配列과 入力畫像 data 配列은 一般의으로 一致하고 있지 않기 때문에 근처의 入力畫像으로부터 어떠한 方法에 의해 그 點에 對應하는 畫像 data를 內插하여 再配列을 行하여야 하는데, 本 研究에서는 그 方法으로 原畫像 data를 깨트리지 않는 利點이 있는 nearest neighbor 方法을 使用하였다.

Fig. 2는 幾何學的 補正을 行한 후 研究地域의 地理的 位置와 一致하게끔 再配列한 畫像을 表示한 것이다.

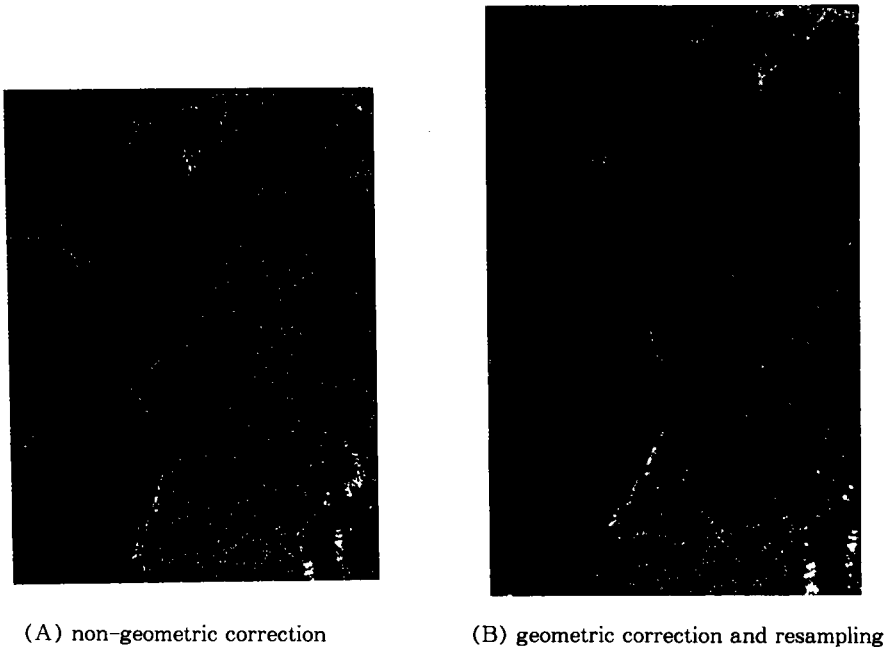


Fig. 2. Geometric corrected image of the study area.

### 3.2 強調 畫像處理

LANDSAT TM data는 하나의 畫素가 8bit인 digital word에 code化가 되어져, 0부터 255까지의 256段階의 濃度值가 表示되어 있고, 原畫像은 部分的인 濃度值만을 갖고 있다. 즉, 좁은 分布域에 畫素가 集中하고 있기 때문에 畫像內의 微細한 變化部分을 볼 수 없어 濃度變換의 必要性이 提起되어지며, 특히 本 研究의 主要 目的으로 있는 lineament는 digital的으로는 濃度가 급격히 變化하는 不連續의 edge로 表現되기 때문에 濃度 變換處理가 要求된다.

LANDSAT 畫像이 갖고 있는 濃度值의 分布에 대한 分析結果는 다음과 같다. Fig. 3의 (A), (B), (C)는 可視域의 波長帶로 있는 band 1, 2, 3의 濃度值 分布로써 全般的으로 赤外線의 波長帶域로 있는 Fig. 3의 (D), (E), (F), (G)보다 좁은 濃度分布域을 갖고 있다. band 1의 最小濃度值가 같은 可視域의 波長帶로 있는 (B), (C)보다 높게 나타나는 것은 band 1의 波長이 짧아 大氣의 散亂影響을 받기 쉽기 때문이다. (C)의 band 3는 可視域의 波長帶로 가장 分布域을 갖고 있다.

Fig. 3의 (D), (E), (F), (G)에서 나타난 것처럼 赤外線域의 濃度值 分布는 band 6을 제외하고는 可視域보다 낮은 最小濃度值를 갖고 있다. 이러한 특징은 赤外線은 水部에서 강한 吸收現象이 있기 때문이다. 反面에 植物域에서 높은 反射가 일어나기 때문에 最大濃度值가 可視光域에서 높은 反射가 일어나기 때문에 最大濃度值가 可視光域보다 높다.

本 研究에서는 濃度變換을 變換前의 濃度值가 histogram上에서 全 濃度值에 分布되어지는 變換을 하는 線形變換을 다음의 式을 利用하였다.

$$x = \frac{X_{full}}{X_{max} - X_{min}} (X - X_{min})$$

### 3.3 False color 畫像 作成과 分析

研究地域의 地質과 lineament의 判讀에 適合한 false color 畫像을 作成하기 위해 上記의 spectral band 分析 結果와 強調 畫像處理 結果에 의해서 Fig. 4와 같은 4種의 false color 畫像을 作成하였다. 이러한 4種의 false color 畫像은 다음과 같은 特徵이 있다.

#### (BAND 7+6+4)

3개의 赤外線 波長帶만을 使用하여 Fig. 4의 (A) 畫像을 作成하였다. 특히 熟赤外線으로 있는 band 6의 地上分解能이 120m로 있기 때문에 全般的으로 畫像의 質이 떨어진다. 靑色으로 表現되어지는 作物의 判讀에는 有效하나, 地質이나 lineament의 判讀에는 利用하기가 어

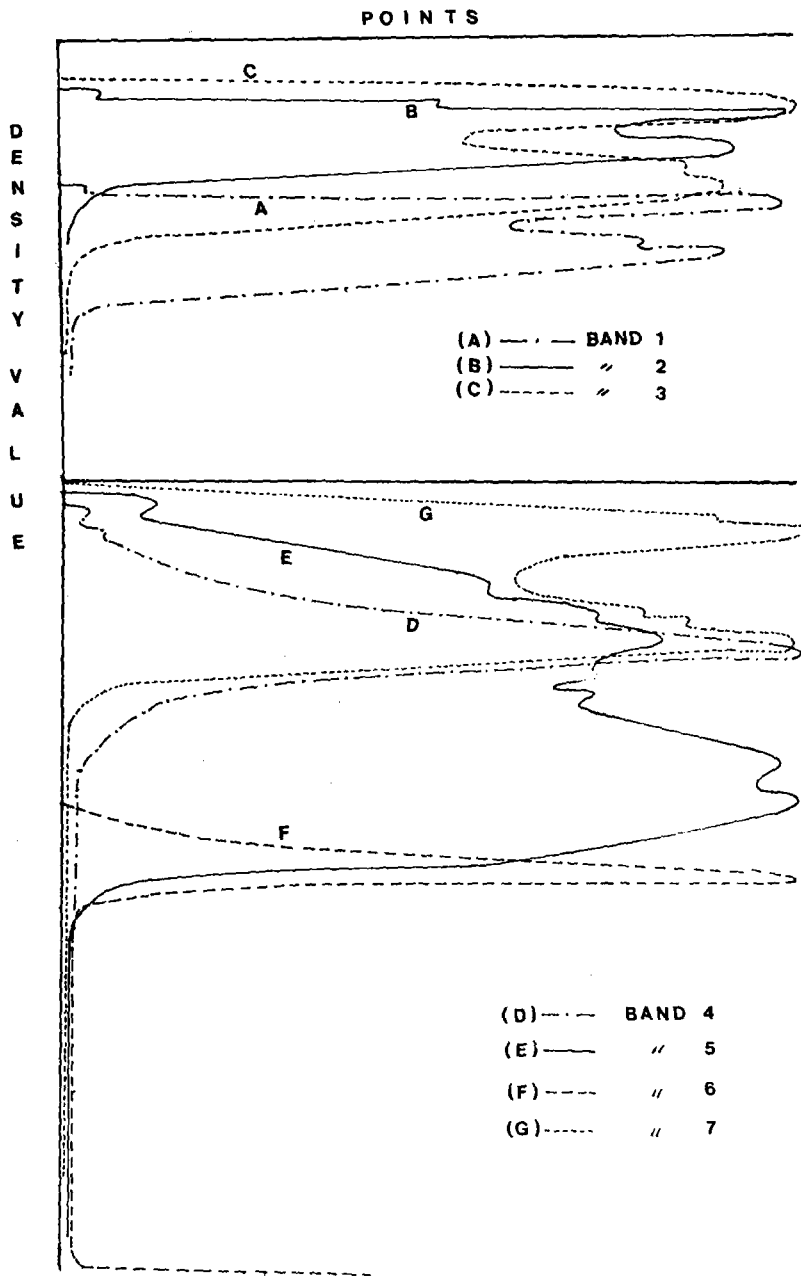


Fig. 3. Histogram of spectral bands of LANDSAT TM.

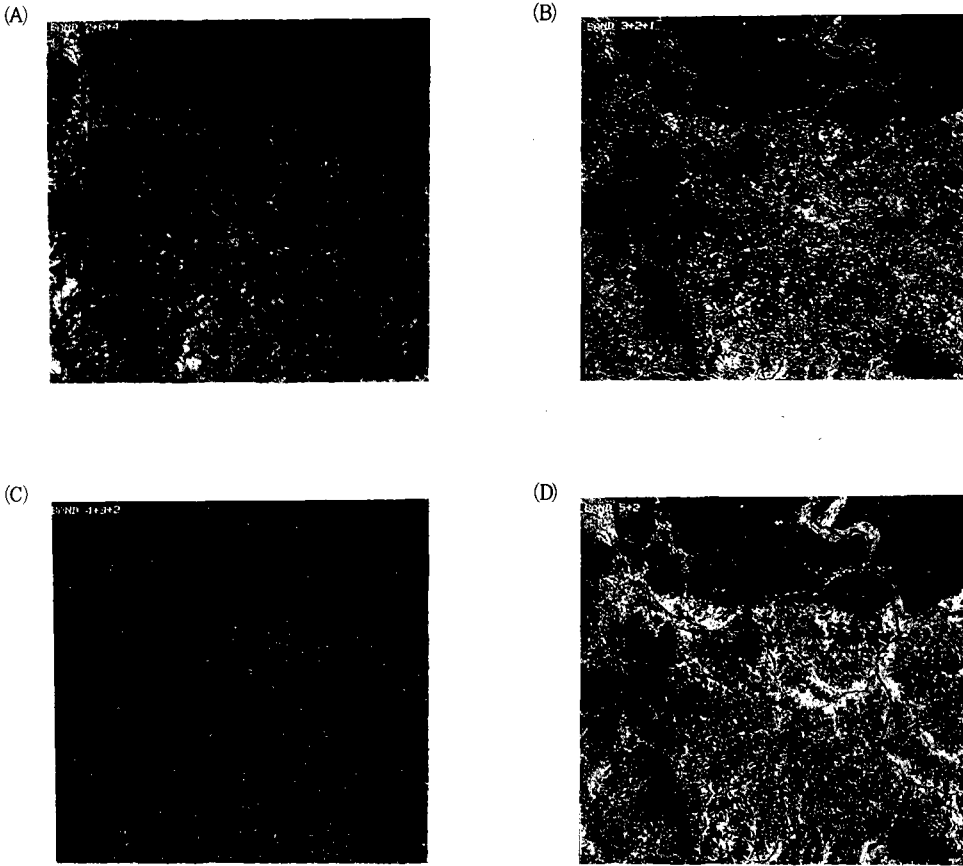


Fig. 4. False color imageries of the study area.

럽다. 大規模의 lineament 판독에는 利用할 수 있다.

(BAND 3+2+1)

Fig. 4의 (A) 畫像과는 反對로 3개의 可視光 波長帶만을 使用하였다. 研究地域의 北部와 東南部の 山岳地形에서는 texture를 明確히 判讀할 수 없으나, 中央部の 平原地域에 分布하고 있는 作物의 被覆現況을 把握하는 것에 有用하다. 全體적으로 texture가 發達하고 있지 않기 때문에 lineament의 判讀에는 適合하지 않다.



## (BAND 4+3+2)

Fig. 4의 (C) 畫像은 傳統的인 false color色으로 表現하고 있다. 한 개의 近赤外 波長帶와 두 개의 可視光 波長帶를 使用하였다. 本 畫像은 地形의 texture와 lineament의 判讀에 有效하며, texture에 의한 地質判讀에도 有效하기 때문에 本 研究에서는 地質判讀과 lineament의 判讀에 使用하였다.

## (BAND 5+2)

2 band false color는, 近赤外 波長帶로 있는 band 5와 可視光 波長帶 band 2만을 使用하였다. 그 結果는 Fig. 4의 (C)와 같이 地形의 texture와 lineament의 判讀에 있어서 거의 같으며, 또한 處理時間이 짧은 장점을 갖고 있다.

LANDSAT TM data 경우에는, 3 band false color 畫像은 8bit X 3band=24bit이고, 2 band false color 畫像은 8bit X 2band=16bit가 1 pixel에 해당되는 情報量을 갖고 있다. 이러한 事實은 專門家의 識別力이 1 pixel當 10~12bit로 있기 때문에 2 band false color 畫像이 3 band false color 畫像보다 色 判別力에 있어서 큰 差가 없다는 것을 證明하고 있다.

## 第4章 LINEAMENT의 畫像處理와 分析

### 4.1 Lineament의 地質學的 意味

lineament라는 述語는 研究者에 의해서 多少의 差異가 있지만, 本 研究에서는 다음의 O'Leary 定義에 따랐다.

“Mappable simple or composite linear feature of a surface whose parts are aligned in a rectilinear or slightly curvilinear relations and which differs distinctly from the patterns of adjacent features and presumably reflects a subsurface phenomenon.”

lineament은 一般的으로 斷層, 節理, 岩脈, 地層과의 境界線 등과 같은 地表面의 割目과 關係가 있는 弱線帶로 있기 때문에 地質構造 解析, 鑛物資源이나 地下水의 探查, 地震研究 등은 물론 岩盤 地下水의 通路 役割을 할 可能性이 있으므로 重要한 地質學的 要素로 있다.

### 4.2 Lineament의 畫像處理

LANDSAT처럼 多值畫像으로부터 어떤 特徵을 自動計測하기 위하여, 먼저 畫像上에 있는 對象物을 認識할 必要 때문에 畫像의 構造 解析的인 approach가 要求되는데, lineament의 構

造 解析處理를 위해서는 原 畫像의 畫素值의 不連續度의 크기로 있는 edge를 구하여야 한다.

本 研究에서는 lineament의 抽出 方法을 檢討하기 前에 LANDSAT data의 濃度值 分布의 分析과 false color 畫像 및 각 band의 spectral 특징을 分析한 結果에 의해서, band 5가 texture의 解析과 地形의 判讀에 有效한 것이 判明되어 lineament의 抽出에 band 5를 使用하였다.

Hunting과 Raiche 등의 研究에 의하면, 遠隔探査資料로부터 lineament를 抽出하는 경우, 研究者의 知識, 經驗 등에 의한 主觀的 判斷 때문에 lineament의 頻度數, 길이 등에서 差異가 있으며, 또한 研究地域의 地形이나 環境에 의해서도 差異가 있기 때문에 本 研究에서는 이러한 缺點을 補完하고, 研究地域의 地質, 地形에 適合한 다음과 같은 畫像處理 方法을 開發하였다.

本 研究地域의 地形은 南西-北東 方向을 軸으로 低地帶와 山岳地形으로 區分되어 있으며, 특히 低地帶는 논, 밭 및 저구릉 地帶로 構成되어 있어 雜音이 크므로 다음과 같은 式을 利用하였다.

$$g(x, y) = f(x, y) - C \cdot \nabla^2 f(x, y)$$

즉, Fig. 5에 表示된 것처럼 原畫像  $f(x, y)$ 로부터 laplacian  $C \cdot \nabla^2 f(x, y)$ 의 定倍數를 뺀 경우

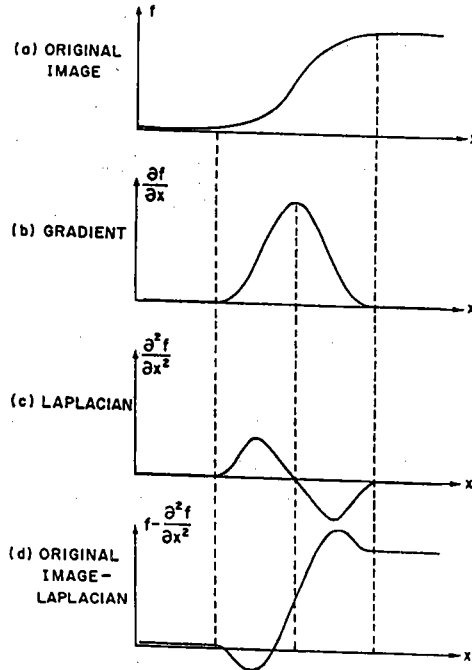


Fig. 5. Edge enhancement techniques.

edge 양쪽에 over shoulder가 생기므로써 lineament나 水系의 抽出이 可能한 畫像  $f(x, y)$ 을 生成한다. 여기에서 C의 값을 크게 하면 鮮銳化 정도는 增加하지만 雜音이 크기 때문에 C의 값을 정하는 데 많은 經驗的 要素가 必要하다.

이러한 方法에 의해서 作成한 lineament의 畫像을 Fig. 6에 表示하였다.

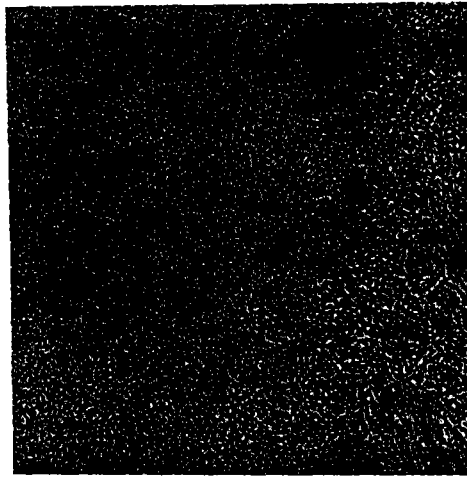


Fig. 6. Lineament image of the study area.

#### 4.3 Pseudo stereoscopic image 作成

本 研究地域에 使用되어진 LANDSAT 畫像은 side lap이 約 30%로 있고, 研究地域이 side lap 範疇 外에 있기 때문에 立體視가 될 수 없는 短點을 갖고 있다. 本 研究에서는 이러한 問題點을 解決할 수 있는 간단한 pseudo stereoscopic image를 作成할 수 있는 方法을 다음과 같이 開發하였다.

즉, 두 개의 각기 다른 false color 畫像의 色差를 利用하여 畫像을 立體視化하였다. 즉, band 4, 3, 2에 의해 合成한 false color 畫像(Fig. 4의 (C))과 band 5, 2에 의해 合成한 false color 畫像(Fig. 4의 (D))을 pseudo stereoscopic pair image로 作成하므로써 stereo scpoe를 통한 立體視 判讀을 하여 lineament를 抽出하였다. 이에 使用된 畫像들은 이미 위에서 digital的으로 立證된 것처럼 거의 同一한 情報를 갖고 있기 때문에 情報의 抽出에 어떠한 問題도 없다.

上記의 畫像을 利用하여 抽出된 lineament 判讀圖를 Fig. 7에 表示하였다.

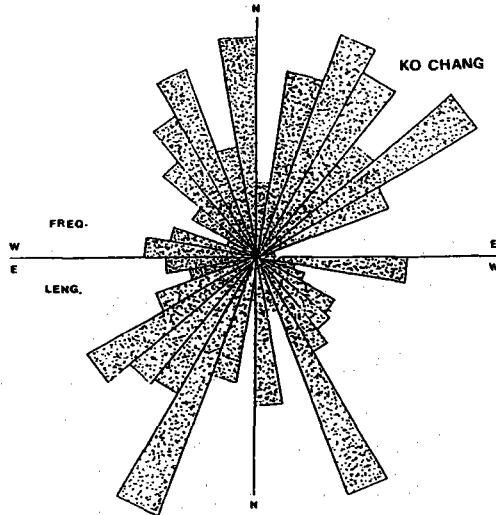


Fig. 7. Rose diagram of lineaments.

#### 4.4 Lineament의 統計 分析

上記의 lineament 判讀圖로부터 抽出된 lineament를 10度 階級 間隔의 走向 및 積算 길이로 區分하여 Fig. 8의 rose diagram으로 表示하였다. rose diagram의 上部가 頻度數의 分布, 아래가 積算 길이를 나타낸다. lineament의 頻度數와 길이 등에 관한 統計 分析을 행한 結果는 다음과 같다.

lineament 走向에 있어서, 北東-南西와 東北東-西南西, 두 개의 顯著한 卓越方向이 있음을 알 수 있으며, 특히 顯著한 卓越方向은 “N30°~40°E”와 “N50°~60°E”로서, 全 頻度數에 대해서 前者가 10.9%, 後者는 11.4%를 차지하고 있다. 반대로 가장 發達하지 않은 것은, “N70°~90°E”, “N60°~70°W”로 全 頻度數의 0.7%, 1.5%이다.

積算 길이에서 “N70°~80°W”가 작게 나타나는 것은 이 方向의 lineament가 짧기 때문이며, “N80°~90°W”의 lineament가 頻度數 當 單位길이가 긴 것은, 研究地域의 北部에 分布하고 있는 火山岩과 花崗岩의 地質 境界線이 lineament로 나타나기 때문이다.

#### 4.5 Lineament와 岩盤 管井과의 關係

Lineament은 弱線帶로 있기 때문에 岩盤 地下水의 通路 役割을 할 수 있다. 이러한 關聯性

高 敏

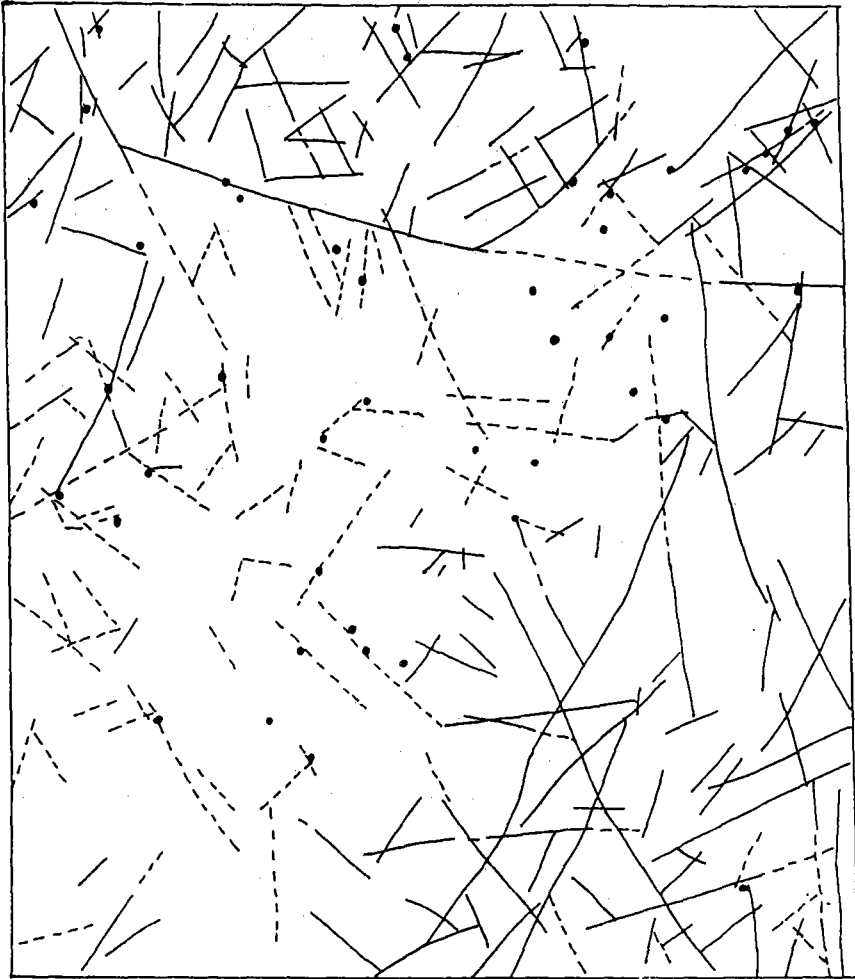


Fig. 8. lineament interpretation map and the location of cased well in the study area.

은 Fig. 7의 lineament 判讀圖에 既存에 開發되어진 岩盤 管井의 位置를 重疊해서 比較한 結果에서 說明되어지는데, 그 結果는 다음과 같다.

農漁村振興公社의 全羅北道 支社에서 開發한 45個 管井을 分析한 結果, lineament 判讀圖에 分布한 lineament의 位置와 完全 一致하고 있는 것이 33個 地點으로 있어 約 73%의 成功率를 確認하였고, lineament와 전혀 無關한 地點에 位置한 것은 9個 地點밖에 없다는 事實로

미루어, 岩盤 地下水와 lineament는 密接한 關聯이 있음을 알 수 있다.

## 第5章 試驗適用

岩盤 地下水의 賦存 可能域의 抽出은 Fig. 7의 lineament 判讀圖를 基礎로 하여 試驗試錐의 候補地를 다음과 같이 選定하였다.

- 1) lineament는 地表面의 割目과 關係가 있는 弱線帶이기 때문에 地下水의 通路일 可能性이 있다. 그래서 本 研究에서는 試驗試錐의 候補地로 Fig. 7의 lineament 判讀圖에 나타난 lineament와 lineament의 交叉點이나 lineament 線上 中에서 地下水 開發의 必要性이 있는 總 25個의 地點을 選擇하였다.
- 2) 候補地에 대해 다른 方法에 의한 異常帶 有無를 確認하기 위해 一般的인 地下水 探查 方法으로 있는 電氣探查를 行하였다. 電氣探查는 1個의 地點에서 地下深度에 따른 垂直方向의 比抵抗 變化를 探查하는 垂直探查法(sounding method)을 農振 地下水 調査팀에 의해 遂行한 結果, 總 25個 地點 中 21個 地點에서 異常帶가 나타났다.
- 3) lineament 判讀과 電氣探查 結果에 의해 異常帶로 나타난 21個 地點에 대해서 試驗試錐를 行한 結果, 200ton/day 以上の 揚水量을 보이는 地點은 11個 地點으로서 約 52.4%의 成功率를 보였다. 그러나 lineament와 전혀 無關한 地點은 6個 地點으로 28.6%를 占有하고 있을 뿐이다.

## 第6章 論議 및 結言

- 1) LANDSAT data를 利用하여 研究地域의 地形에 適合한 새로운 lineament 抽出 畫像處理 技法을 開發하였다. 즉, 原畫像으로부터 laplacian의 定倍數를 差分한 方法을 開發하므로써 平野地帶와 山岳地帶로 兩分되어 있는 研究地域의 地形에 適合한 抽出 技法을 開發하였다.
- 2) LANDSAT data는 立體視가 되지 않기 때문에 色差를 利用한 pseudo stereoscopic image를 作成하여 lineament 判독에 利用하였다.
- 3) lineament 判讀과 電氣探查 結果에 의해 異常帶로 나타난 21個 地點에 대해서 試驗試錐를 行한 結果, 200ton/day 以上の 揚水量을 보이는 地點은 11個 地點으로써 約 52.4%의 成功率를 보였고, 전혀 無關한 地點은 6個 地點으로 나타났다.
- 4) 上記의 結果는 選定되어진 試錐 地點이 地形條件이나 地域의 事情 等과 같은 諸般與件 때문에 lineament가 지나가는 地點에서 精確히 試錐를 할 수 없음을 감안하면 좀더 높은

成功率을 보일 수 있다.

- 5) lineament 判讀圖에 既存에 開發되어진 岩盤 管井의 位置를 重疊해서 比較한 結果, 45 個 管井 중에서 lineament의 位置와 完全 一致하고 있는 것이 33個 地點으로 있어 70%의 成功率을 確認하였고, 전혀 無關한 地點에 位置한 것은 4個 地點밖에 없다는 事實은 岩盤 地下水와 lineament는 密接한 關聯이 있음을 알 수 있다.

### 參考文獻

- 智光燾, 徐相鏞, 1990 : 遠隔探查 試驗研究(Ⅲ), p. 125, 農漁村振興公社.
- \_\_\_\_\_, 1989 : Geographic Information System 技術에 의한 Thematic Map 作成 研究( I ), p. 65, 科學技術處.
- \_\_\_\_\_, 1990 : Geographic Information System 技術에 의한 Thematic Map 作成 研究( II ), p. 81, 科學技術處.
- Benson, M. D. and Redwood W., 1990 : Application of remote sensing and GIS in limnology, *ACSM/ASPRS*, vol. 3, p. 193~201.
- ITC, 1988 : Special ILWIS issue, *ITC journal*, p.1~22.
- Vanderbrug, G. J., 1976 : Line detection in satellite imagery, *IEEE Trans. Geos. Electron., GE-14*, 1, p. 37~44.