

## 〈特 輯〉 水文氣象과 防災

## Radar에 依한 雨量觀測

朴 永 一\*

## I. 背 景

Radar (Radio Detection and Ranging)는 그 語源이 보여주는 바와 같이 物體를 檢出하며 그 位置를 正確히 決定하기 爲하여 使用되는 것이다. 視界가 좋은 때라도 肉眼으로 보는 것보다 Radar로 보는 것이 檢出하는 距離도 크거나와 位置의 測定精度도 훨씬 優秀하다. 物體에 電波가 닿으면 빛과 같이 反射한다는 것은 1886年 Hertz에 依하여 電波의 發見과 거의 同時에 알려졌으며 1925年 美國의 Breit와 Tuve가 pulse 電波를 利用하여 電離層의 높이를 檢出하여 Radar로서 的 應用이 진지하게 研究되어 1935年에 美國, 英國, 獨逸 및 프랑스 등 各國에서 거의 同時에 연구의 完성을 보게 되었다. 이때가 Radar 歷史의 始作이라 할 수 있다.

美國에서는 1936年 海軍研究所에서 B12폭격기를 37km의 距離에서 探知하는데 成功하였고 1938年 美國 海軍은 구축함 Really號, 순양함 New York號에 海軍 함정으로서는 最初로 Radar를 裝備하여 놀라운 性能이 認定받게 되었다. 또한 英國에서는 1938年 波長 6~13m, peak出力 100kw程度로서 有効距離 100~200km의 地上局이 海岸에 沿하여 20個所 以上 설치되었으며 日本에서는 1936年경부터 持續電波를 使用한 Doppler式 Radar가 研究되어 1941年 8月以後에 이 方式의 것이 防空用으로서 各地에 設置되어 實用化되었다. 그後 二次世界大戰이 勃發함과 同時에 Radar工業時代에 들어가 美國에서만도 1945년까지 軍用으로 生産된 Radar는 金額으로 따져서 270億弗에 달했다고 한다. Radar는 그 種類도 극히 많아 地上 및 함정용으로 對空警戒 Radar·射擊 Radar, 함정용으로 航法 Radar, 飛行機 탐제용으로 航法 Radar, 射擊 Radar 등이 있으며 二次世界大戰後에는 民間用으로 가장 널리 實用化된 것은 船舶用 Radar이며 世界各國에서는 거의 모든 船種에 Radar를 갖추고있는 實情이다.

降雨現象을 Radar에 依하여 觀測하는 것이 實驗的의

로 確認된 것은 1941年 英國이었으며, 世界大戰이 끝난 후, 이에 對한 技術이 急速히 發展하여 지금은 美國 71臺, 日本 20臺, 英國 12臺 등 各國이 Radar에 依한 氣象觀測 體制를 具備해, 氣象 Radar가 颱風이나 降雨豫報의 現業에 不可缺의 役割을 擔當하고 있다. 우리 나라에서는 1969年 11月 中央氣象臺에서 冠岳山에 最大半徑 400km의 氣象 Radar를 設置한 以來 現在까지 氣象豫報 및 降雨狀況에 對한 資料를 取得利用하고 있다.

## II. Radar雨量計의 概要

Radar는 通常 發振 Magnetron을 利用하여 發生시킨 一定波長의 Pulse狀의 電波를 Parabolla Antenna 등에 依據 指向性을 가지도록 送信하여 이것이 目標物에 닿아 散亂하는 電波中의 一部를 다시 Antenna로 受信하여 그 時間差·強度 등에 依하여 目標物까지의 距離·目標物의 크기·種類 등을 區分하는 것으로서 送信 電波는 그 波長에 따라 몇개로 나누어 진다. 波長이 짧은 것부터 K-band, X-band, C-band, S-band가 Radar에 利用되나 雨量觀測用으로는 C-band(中心波長 5.7 cm)가 使用되고 있다. C-band를 使用하는 理由는 對象物의 크기와 減衰特性 등의 다른 것으로 英國, 獨逸 등에서 이 band를 使用하고 있다. 受信된 電波는 C.R.T(Cathode Ray Tube)라고 불리는 Brown管에 表示되며 觀測方式으로서는 P.P.I. (Plan position Indicator)方式과 R.H.I. (Range height Indicator)方式 등 두가지이다. PPI方式은 Antenna의 beam高度를 固定시켜 水平으로 Antenna가 回轉하도록 하여 方位와 距離를 CRT上에 極座標을 取하여 平面的으로 表示하는 方式이며 RHI方式은 Antenna의 水平方位角을 固定하고 垂直角을 變化시켜 그 方向의 斷面 狀況을 表示하도록 하므로써 어떤 方向에 있는 積亂雲의 構造 등을 아는데 有効하게 쓰이는데 一般的으로 使用되는 것은 PPI.方式이다.

Radar에 들어오는 資料는 반드시 빗방울만 들어 오

\* 建設部 漢江洪水統制所 調査課長

#### 4 韓國水文學會誌

는 것은 아니고 눈·우박은 물론 곤충 鳥類 空氣의 密度差 等도 反射受信되며 가장 強하게 受信되는 것은 각각 ground clutter, sea clutter로 불리는 땅이나 海面으로부터의 反射이다. 그런데 되돌아 오는 反射波가 各 各 區分되어 들어오는 것이 아니므로 어느것이 빗방울에 의한 反射인지 區別하지 않으면 雨量計로서의 機能을 가질수 없으므로 이를 區分하여야할 必要가 있다. 이러한 ground clutter나 sea clutter를 除去하는 方法으로서  $p_0$ 方式, MTI(Moving Target Indicator)方式 또는 ground clutter가 큰 地域은 아예 觀測 不可能地域으로 定해 버리는 方法 등이 있다. 이 方法中  $p_0$ 方式을 간단히 소개하면 맑은날씨의 反射波의 세기를  $p_0$ 라고 하고 雨天時의 세기를  $p_r$ 라고 하면  $p_r - p_0$ 가 降雨에 의한 것으로 보는데 誤差가 包含되는 것은 避할 수 없다. Radar에 의한 雨量  $R_r$ 는

$$R_r = \left[ \frac{\gamma_0^2 \cdot (p_r - p_0)}{F \cdot C \cdot B} \right]^{1/2}$$

여기에서  $R_r$  = Radar 雨量

$\gamma_0$  = Radar로부터의 거리

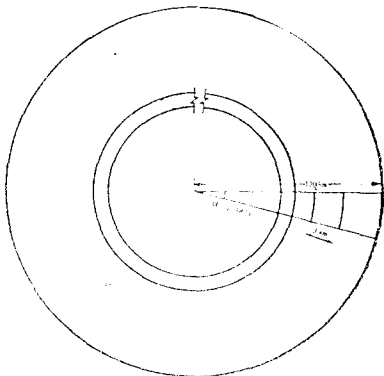
$F$  = 校正係數

$C$  = Radar裝置에 따른 常數

$B$  = 常數

$\beta$  = 常數

PPI方式에 의한 雨量觀測은 圖 1과 같이 mesh를 構成하여 各 mesh에 對한 降雨量을 觀測하여 Computer에 記錄하며 1年間に 10回 廻轉시켜 5年間을 平均하여 降雨量을 觀測한다. 따라서 半徑 120km內에서의 mesh數는  $360^\circ / 2.8125^\circ \times 120\text{km} / 3\text{km} = 5120$ 個로서 約5,000個의 雨量觀測所를 가지는 셈이되는 것이다. 여기에서  $\theta$ 를  $2.8125^\circ$ 로 取한것은 Computer의 記憶容量과 處理에 따른 I/O 등을 效率化하기 爲한 것이다.



#### III. Radar 雨量計의 特徵

가. 現在의 雨量 觀測 方法과 그 限界

降雨時에 Dam이나 河川 等に 流入되는 流水의 量을 正確하게 判斷하기 爲해서는 무엇보다도 먼저 그 流域全體에 내리고 있는 雨量의 總量을 正確히 알아야함은 두말할 나위가 없다. 우리나라에서 觀測에 쓰이는 雨量計는 直徑 20cm의 受水口를 가진 容器를 設備하여 여기에 모인 水量을 측정하여 降雨量을 把握하고 있으므로 雨量計가 設置되어 있는 地點에 있어서는 正確한 觀測이 可能하다. 엄밀히 말하면 地上에서 受水口까지의 높이, 設置場所에 따른 바람과 上昇氣流 雨量計 設置地點 부근의 觀測에 支障을 주는 樹木·建物 等の 影響을 받으므로 多少의 誤差를 隨伴하게 된다. 더우기 우리나라와 같이 降雨가 地形의 影響을 많이 받고있는 나라에서는 降雨의 分布가 場所에 따라 顯著한 差異를 나타내고 있음은 잘알려져 있는 事實이다. 따라서 河川 流域內의 正確한 降雨總量을 알기 爲해서는 無數히 많은 雨量計를 設置하여야 하며, 이를 管理運用하는 것은 事實上의 不可能에 가깝다. 더우기 近年들어 降雨의 地域分布가 集中豪雨現象을 많이 보이는 現實에서 몇개 地點의 雨量觀測으로 流域의 總降雨量을 測定한다는 것은 그 誤差가 상당히 클것으로 짐작된다.

#### 나. Radar雨量觀測의 特徵

Radar雨量觀測은 아래와 같은 特長을 가지고 있다.

- ① 降雨 狀況을 即時 한눈으로 알 수 있다.
- ② 降雨을 面으로(地上雨量計는 點)把握할 수 있다.
- ③ 降雨을 廣範圍하게 定量的으로 觀測할 수 있다.
- ④ 降雨의 豫測을 할 수 있다.

局地的인 豪雨등은 地上雨量計 間에 通過하는 降雨帶를 把握할 수 있으며 더우기 radar雨量計의 system은 5分間隔의 빠른 週期로서 Data가 更新된다. 따라서 現時點의 雨量이나 降雨地域의 狀況을 迅速하고도 正確히 觀測할 수 있다. 觀測範圍는 Radar를 中心으로 半徑 200km以內에서는 定性的인 降雨狀況을 把握할 수 있고 半徑 120km以內에서는 定量的인 降雨量을 觀測範圍로 하는 것이 普通이나 觀測所의 標高, 電波의 強弱에 따라 多少의 差異는 있다. 定性的인 觀測範圍內에서는 降雨地域의 넓이, 降雨地域의 移動方向 移動速度 強弱을 한눈에 알수 있으므로 넓은 地域에 對한 降雨狀況을 定性的으로 迅速正確히 把握하는 데 利用되고 있다. 定量的인 觀測範圍內에서는 5,000個 以上の mesh로 細分化하여 各 mesh마다 降雨量이 定量的으로

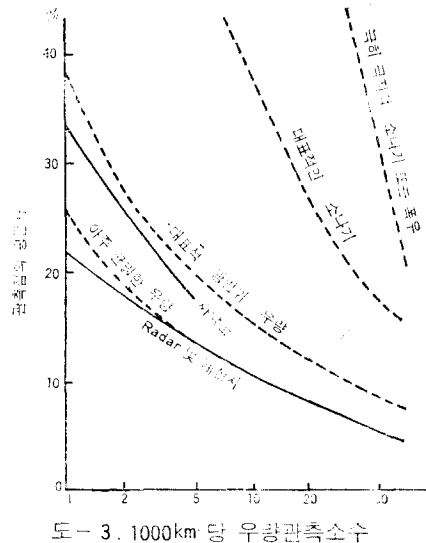
로 求해지므로 이것에 의거해 流域雨量, 路線雨量等을 求할 수 있으므로 Dam河川 또는 道路情報 等に 定量的인 管理資料로서 利用되고 있다. 위에서 말한 바와 같이 降雨地域, 移動方向, 移動速度等을 事前に 豫測할 수 있으므로 dam이나 河川등의 流出量을 豫測하는 경우에는 相當한 利點이 있다.

IV. Radar 雨量計의 精度

雨量計의 精度를 檢討하는 것은 極히 어려운 일이다. 一般的으로 地上雨量計로서 觀測한 값을 眞值로 보고 對比하나 前述한 바와같이 地上雨量計도 流域의 眞值雨量으로 보기는 어렵다. 이에 反하여 Radar雨量計는 現在 내리고 있는 降雨의 資料를 面으로 蒐集하므로 이에 對한 利點은 있으나 이도 또한 降雨의 原因이 되는 구름의 높이나 빗방울은 山頂에 떨어지는 데 Radar의 Beam이 山中部를 向하고 있을때 等 여러가지 要因에 依據 眞值의 降雨量과 相當한 差異를 보이는 경우가 많다. 前述한 Radar雨量 R,式에서 B,β는 빗방울의 精度分布 및 落下速度에 依하여 變하는 常數이므로 몇 개의 降雨에 對하여 Radar 降雨計와 地上雨量計의 記錄을 對應시켜 F, B, β를 定하고, 같은 F, B, β를 利用하여 자기 다른 降雨의 雨量을 求하여 地上雨量과 比較하면 相當히 合致한다. 아래 圖-2는 日本 建設省이 刊根川 Dam統管에서 行한 Radar 雨量計와 地上雨量計와의 對比 例이다 부분적으로 잘 合致되는 境遇도 있고 合致되지 않는 境遇도 있다. 그러나 어느것이 眞值인가는 確집어 말하기는 곤란하다.

總雨量, 面積雨量에 對하여는 英國 Meteorological office와 Royal Radar Establishment가 North Wales의 Dee江流域에서 行한 實驗値가 相當히 興味있는 結果를 보여주고 있다. 精度의 檢討는 어느 것이 옳은 것인가를 假定하지 않고, 우선 1,000km<sup>2</sup>內에 76개소의 地上雨量計를 設置하고 그 觀測値에 依據 等雨量線을 그

려 求한 雨量을 眞值로 한다. 다음에 Radar 雨量은 parameter를 一定한 값으로 놓지 않고 地上雨量計와 맞도록 調整한다. 따라서 76個全地點에 對하여 調整하면 Radar雨量은 地上雨量과 一致할 수 밖에 없다. 圖-3은 眞值의 雨量과 76個地上雨量과의 誤差 關係를 보이는 것으로 Radar 雨量計는 調整用的 地上雨量計가 小數 있으면 眞值에 극히가까운 값을 보이나 地上雨量計만으로 같은 精度를 얻으려면 아주 많은 雨量計를 配置하지 않으면 안된다는 것을 알 수 있다.



V. Radar雨量計의 問題點

Radar雨量計의 設置運營에 對한 問題點으로서는 大略 다음의 것들이 있으며 3,4,5項의 問題點은 技術의 進歩와 함께 解決해야할 課題이다.

1. 施設의 設置에 必要한 費用

Radar雨量計의 施設에는 觀測局과 管理局에 對한 通信裝備 및 Data處理裝備에 莫大한 費用이든다.

2. 維持管理費

電氣料, 部品交換費 補修人件費 等이 所要된다.

3. 維持管理를 爲한 技術者의 確保

電氣通信專門技術者, Service Engineer, 定期點檢等에 要하는 技術者와 要員確保問題이다.

4. 實用化에 따른 Data 解析問題

地域實情에 맞는 B,β의 算出및 이에 따른 program의 作成과 Ground Echo의 消去等の 分析作業

5. 他國生産品의 우리나라의 氣象特性適合여부에 관한 問題 등이다.

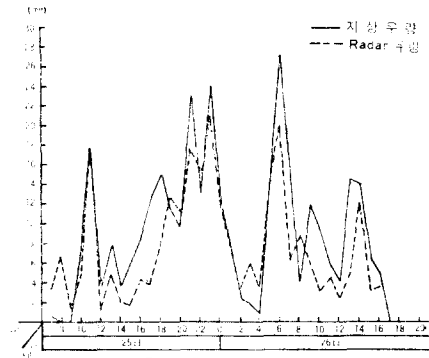


圖-2. Radar 우량과 지상우량의 비교