



Title	レーダ雨量情報システムの標準化
Author(s)	赤石, 進
Description	第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木） 北海道大学学術交流会館） . 4 計測手法 . 4-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 143-146
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7438
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-4-6_p143-146.pdf



4 - 6

レーダ雨量情報システムの標準化

財団法人 下水道新技術推進機構 赤石 進

1. はじめに

我が国の都市域では、近年の人口・資産の集中による急激な都市化の結果、緑農地の宅地開発化、土地の高度利用化による雨水浸透域の減少や、地球温暖化や森林面積の減少、海岸埋め立て等による降雨特性の変化に伴う、降雨量の変化に対応した雨水排除機能の整備に遅れが目立っており、都市型浸水の被害が頻繁に発生している。

本年8月末に関東地方を襲い、JR線、地下鉄線など首都圏の交通網に多大な影響を与え、通勤客の足をストップさせた台風11号による浸水被害は、雨量の大きさも然る事ながら、都市化による雨水浸透域の減少が、被害区域の拡大を助長したものとされている。

これら都市化に対応した雨水排除機能の充実のため、管きょ、ポンプ場等の整備と並んで、レーダ雨量計と最新の流出解析技術を応用したレーダ雨量情報システムが、一部の自治体で構築されつつある。既に、東京、川崎、横浜、大阪等では細密レーダが導入され、ポンプ場の運転管理や防災対策に使用されている。レーダ雨量情報システムは観測範囲全域の雨の状況とその強さを面的に、リアルタイムにかつ、連続して把握できる特徴を持つため、雨水排除施設の適正な運転管理に極めて有効な支援システムである。

2. システムの導入

これまで、各自治体では降雨を出来るだけ迅速に、下水道を經由して河海に排除することを力点において下水道の整備を進めてきた。即ち、ある降雨強度で計算した雨水量を排除するための管きょ・ポンプ場等の整備を行ってきた。これら降雨のデータは各地方の気象台の地上雨量計で測定されたものが用いられているが、これが必ずしもその都市全体の平均値とは限らず、測定位置、風や乱気流の影響によってかなり変化があることが確認されている。また、近年の都市型雷雨性の集中豪雨では、同じ町の中でも激しく雨が降っている場所と、まったく降らない場所があるというように、雨の降り方は場所によって著しく異なることが多い。

下水道整備の対象となる雨水量は、特定の地点の雨量ではなく、集水面積全体に降る面的な雨量である。しかし、点観測である地上雨量計では、面的な雨量は測定出来ない。これを改善するためには、雨量計の数を増やして密に、風等の影響のない適正な場所に配置することが必要になるが、現実には困難である。情報の伝達スピードについても、運転管理に必要な部署に到達するまでには、リアルタイムとはほど遠い状況にある。

さらに、地上雨量計では全体的な降雨の状況や動きを把握することが出来ないため、降雨の予測を行うことができず、ポンプ場の運転も、水位の情報だけで行わざるを得ない。

降雨の正確な予測が可能になれば、浸水の災害防除に有効な手段が取れるようになる。即ち、降雨に備えて雨水ポンプの先行待機、ポンプ井や幹線管きょの水位低下、滞水池・調整池や貯留型幹線内の下水の排水、各施設におけるゲートの点検など施設の運転管理に、また、各施設や事務所で事前の職員配備に効力を発揮する。将来的には、親水を目的とした雨水利用施設などの水循環システムにも利用が考えられる。

レーダ雨量情報システムは、このような問題に答えるものとして、従来の地上雨量計に変わり、導入されたものである。地上雨量計では実現できない面的な雨量の計測と、降雨の正確な予測、また、

これらから解析した雨水流出予測が、より早く、より正確に、運転管理部署への伝達が可能となる。

3. レーダ雨量計の原理

レーダのアンテナから発射された電波は雨滴に当たって散乱し、一部が再びアンテナに戻ってきて受信される。受信された電力強度（受信電力強度）は、送信電力、波長、アンテナの大きさ、距離、雨滴の大きさ等によって決まり、受信電力強度と降雨強度の間には一つの関係式が成り立つ。これをレーダ方程式と呼び、次式で表される。

$$P_r = \frac{C \cdot F \cdot B \cdot R^\beta}{r^2} \times 10^{-2 \int_0^r (k_a + k_r \cdot R^\alpha) dr}$$

- ここで
- P_r : 受信電力強度 (mW)
 - R : 降雨強度 (mm/h)
 - F : レーダ装置に係わる定数 (dB)
 - B, β : 雨滴の状態 (大きさ、個数、落下速度) によって決まる定数
 - K_a : 途中の大気ガスによる減衰係数 (dB/Km)
 - K_r, α : 途中の降雨による減衰係数 (dB/Km)
 - C : レーダ定数
 - r : 距離 (Km)

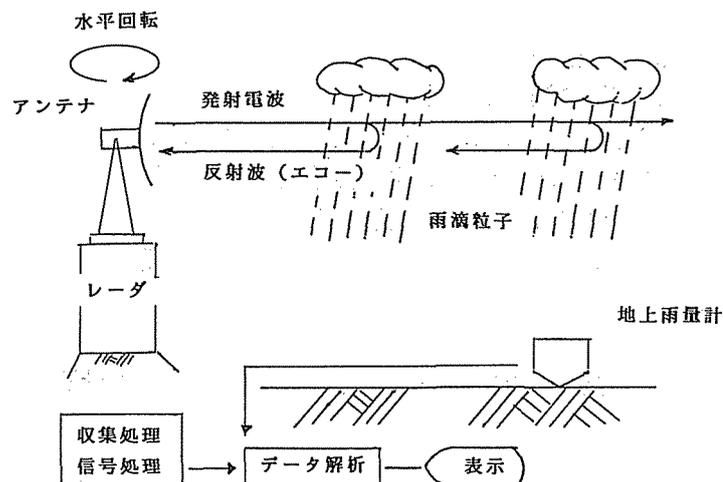
但し、このレーダ方程式は、以下のいくつかの仮定や近似の上に成立している。

- ① レーダの電波ビーム形状損失、レーダドーム (アンテナ保護用) の損失、送受信用の導波管などの損失は無視する。
- ② 雨滴は完全に球形であり、直径Dはレーダ送信波長に比して充分小さくレイリー近似が成り立つ。
- ③ 雨滴はレーダビーム内にランダムに配置され、ビーム内に充満している。
- ④ ビームの水平、垂直面は対称である。

以上の原理に基づき、観測・測定された受信電力から雨量強度を算出し、広い範囲の降雨量を時々刻々観測することができる。

レーダを都市内の見通しの良い位置に設置し、アンテナを水平回転させ、波長数cmの大電力マイクロ波をパルス状に発射して、レーダ設置位置を中心とする一定半径の区域の反射波の平面分布を得る。これを適切な小区分 (メッシュ) 単位で一定時間毎に平均化し、平均的、時間的に連続した降雨状況及び降雨強度を把握する。

降雨位置の把握は、反射波の時間遅れを計測してレーダからの距離を測定し、水平回転の回転角から方向を測定する。次に概念図を示す。



4. システムの標準化

現在、多くの自治体では河川情報センターのレーダ情報や日本気象協会の気象情報を利用して雨量データを得ているが、これらは広域利用を目的とした仕様であることや、生データによる迅速な加工や配信が出来ないなど、下水道での利用には限界があるため、下水道独自のレーダ雨量計の設置を検討し、一部で細密レーダの設置を実現させてきた。

しかし、細密レーダは、各自治体ごとに設置しているため、配置が分散してしまったり、データの互換性がない等の問題を生じ、全国規模から見ると断片的な情報となっている。

これからの雨水排水整備を考えると、降雨データは質・量の充実が必要であり、広域的にかつ詳細に、リアルタイムでとらえる必要がある。そのため、都市間の降雨情報の相互融通が重要な問題となってくるであろうし、また、レーダを持たない近隣の都市に対しても、通信技術を利用して迅速にデータを配信することも考えられる。このほか、広域的な下水道降雨情報ネットワークシステムを構築していくことは、建設費や維持管理費の低減を図ることにもつながる。

次に各都市のレーダ設備の比較表を示す。

表一 1 レーダ雨量設備比較表

	東京都	横浜市	川崎市	大阪市	
愛称	東京アマッシュ500	レインアイ横浜	レインネット川崎	ASAアイズ	
基地局	2局(港・稲城)	1局(保土ヶ谷区西谷)	1局(麻生)	1局(港区オーク1番街)	
伝達方法	NTT	NTT	光ケーブル(基地局~中央管理局) NTT(中央管理局~本庁)	NTT	
レ ー ダ 元 緒	観測範囲	半径40km	半径50km	半径40km・半径80km	
	ビーム幅	1.4度以下	1.4度以下	1.6度以下	
	観測メッシュ	500m	250m(半径20km) 500m(半径40km) 1000m(半径50km)	1000m	250m(半径20km) 500m(半径40km) 1000m(半径80km)
	観測周期	2.5分	2.5分	2.5分	2.5分
	送信周波数	9285MHz(港) 9260MHz(稲城)	9750MHz	9770MHz	9770MHz
	送信尖頭出力	70Kw	70Kw	70Kw	70Kw

広域的なシステムの採用を実現しようとする、下水道情報用レーダ技術や通信技術、また、雨水流出解析手法の仕様の統一・標準化を図ることが必要となる。これらのシステムの仕様を標準化することによって、①近隣自治体との相互情報が確保され、遮蔽部などの相互補完が可能となる。②将来的には事業母体を一本化して、電波の割り当て、各種申請・手続き・認可も省力化が図れる。③レーダ・サイトの低価格化、高機能化、ソフトのバージョンアップ、I/Fの統一化、保守管理費の低減化が図れる。

5. 標準化のための観測技術の検討

標準化を達成するためには、以下の技術的検討を行い、可能な限り統一化を進める必要がある。

(一) 主要緒元の検討

これらには、降雨の移動予測を可能とする十分な観測半径の検討、きめ細かいメッシュサイズの検討、降雨減少を正確に観測するための観測高度の検討、雷雨等の発生から消滅までの短時間の現象も観測する観測周期の検討等がある。

(二) レーダ方程式の係数の検討

受信電力強度を降雨強度に変換するためのパラメータの取扱いについての検討を行う。

(三) キャリブレーション方式の検討

レーダによる雨量の計算過程には種々の仮定・近似に基づく誤差要因が含まれているため、精度向上のためには、地上雨量計と組み合わせて補正（キャリブレーション）を行う必要がある。キャリブレーションのための補正係数の決定要素として、空間的な対応及び時間的な対応があり、これらの方式の比較検討を行う。

(四) 雨量データ合成方法の検討

本システムでは、平面的に数多くのレーダを設置する必要があるが、隣接相互の重複部の雨量データの取扱い、観測メッシュと地図との座標軸の統一方法等についての検討を行う。

6. システムの全体構成

システムの全体構成は以下の三つのシステムをイメージ（例）する。

(一) 観測基地であるレーダ・サイトシステム

小型レーダにより、半径50km、500/250mメッシュの観測単位とする。設置は大都市周辺から始め、ポンプ排水地区を中心に、順次全国的に広げる。

(二) 観測基地からのデータを収集・管理・配信するセンターシステム

観測データの収集、データベース化、配信及び各サイトデータの整合、補完を行う。また、座標の統一、共通のメッシュデータを作成する。

(三) センターからの情報を端末により入手できるユーザシステム

各自治体を対象に、端末と標準I/Fにより結束する。他自治体データも入手可能とし、利用アプリケーションも標準的に用意する。

7. おわりに

下水道事業用雨量レーダ情報システムは、一部の大都市で導入が開始され、キャリブレーション技術その他、精度の向上を図りつつ実施として利用されている。

しかし、現在のところ、各都市でのハード、ソフトとも仕様が異なり、必ずしも互換性があるわけではない。これからは、雨水排水整備は下水道の基本であり、国民のくらしを守るシビルミニマムであるという共通の認識を持って、これらを標準化し、全国の自治体で広く利用が出来るようになるのが望ましい。