

雨天時汚濁負荷量流出モデル 比較検討調査

研究報告

'94 下水道新技術研究所年報ダイジェスト 1994 No.17



財団法人 下水道新技術推進機構

序 文

本機構は下水道事業がかかえている多様な課題を解決するため、下水道に係わる新技術の研究及び開発を行い、下水道事業への導入を促進し、下水道事業の効率的かつ円滑な推進を図ることを目的に、平成4年9月28日設立以来、新しい技術の研究・開発に取り組んでまいりました。

平成6年度は、継続課題を含めて、公的機関から新技術活用モデル事業である「造粒調質濃縮技術の実用化研究」他37課題、民間企業から「真空式下水道システムに関する共同研究」他13課題、審査証明5課題の合計57課題の調査研究及び審査証明を実施しました。

本書は、建設省土木研究所より委託された『雨天時汚濁負荷量流出モデル比較検討調査』についてその概要を報告するものであります。

この報告書が実務の中で積極的に活用されることを願う次第です。

財団法人 下水道新技術推進機構

理事長 遠 山 啓

雨天時汚濁負荷量流出モデル 比較検討調査

はじめに

我が国における雨水の流出解析手法としては、従来より、合理式、単位図法、貯留関数法、タンクモデル法、等価粗度法、準線形貯留モデル、修正RRL法、メッシュ法などがあり、その都度、種々の手法が用いられてきた。最近では、流量計算には修正RRL法あるいは合理式が、汚濁負荷量計算には土木研究所モデルが多く用いられるようになっている。

一方、海外では近年のコンピュータ技術の進歩とあいまって、様々な新しいモデルが各国で開発され実用化されてきている。特に表面流出モデルや水理モデルには、水理学の知識を幅広く取り込んだ解析手法が用いられており、地表流出や複雑な管きょ流れ等を取り扱えるようになっている。

これらのモデルの性能を調査・検討・評価

することは、今後の我が国の汚濁負荷量解析技術の発展、ひいては雨水排除対策、公共水域の汚濁負荷削減対策など、下水道事業の発展に非常に有用であるといえる。

このような背景を踏まえ、本調査は①海外で使用されているソフトウェアの特徴・適用条件の把握②評価すべきモデルの選定③モデルの入手④モデルの試験運用と性能把握⑤日本の流域への適用性検討—を目的に実施する。

なお、本調査は建設省土木研究所より受託して実施したものである。

調査内容

本調査は以下の研究計画に基づいて実施するものである。

平成6年度 文献調査（モデルに関する文献収集、文献内容の整理）、
検討対象モデルの選択、選択

モデルの試運転準備（1モデル入手）
 平成7年度 選択モデルの入手、試運転、日本の実流域への適用
 平成8年度 課題の整理、総合検討、最終報告

査対象モデルとしては以下のものを選定した。
 HYDROWORKS England ウォーリングフォード水理研究所
 MOUSE Denmark ダニッシュ水理研究所
 HYSTEM-EXTRAN Germany ハノーバー大学
 LHU France L H F
 SWMM U. S. A E P A など

調査結果

【モデルの実態調査】

文献調査では①背水影響の水利計算ができること②ループ状管網の水利計算ができること③汚濁負荷量計算ができること④実用化されており、一般に入手できること—を条件に検討対象モデルを抽出した。検討の結果、調

選定したソフトウェアは、それぞれの内部に、1)降雨モデル、2)流出モデル、3)水理モデル、4)リアルタイムコントロール機能を持っている。

【ソフトウェアの機能と概要】

収集したソフトウェアに関する資料から、その開発経緯、モデル基本式と備えている性能、適用範囲、操作性などの特徴を抽出・整

表-1 ソフトウェア別機能比較表

用途	HYDROWORKS	HYSTEM-EXTRAN	MOUSE	SWMM	LHU	
開発者	Wallingford Hydraulic Institute	University of Hannover	Danish Hydraulic Institute	EPA他	Laboratoire d'Hydraulique d'France	
モデルの開発経緯	1975年 研究開発着手 1987年 流出モデル ~1988年 SPIDA開発 1993年 汚濁負荷モデル MOSQUITO開発 1994年 統合モデル HYDROWORKS 開発	1982年 ハノーバー大学 で開発に着手 1985年 解析モデル 利用	1980年代 研究開発に 着手 1986年 初期モデル 発表 ~1987年 1987年 商品化	1969年 EPAにて ~1971年 開発 1976年 EXTRAN 開発 1994年 Ver.4.2 発表	1970年代半ば CARELAS開発 1993年 CARELAS CEDRE統合 1995年 LHU開発	
基本事項	1) 流出機構	・改良降雨損失モデル	・降雨損失モデル ・時間積法 ・非線形貯留法 ・水文学的モデル	・降雨損失モデル ・非線形貯留法	・水文学的モデル ・マスキングモデル ・貯留法 ・単位図法	
	2) 水理モデルと解法	・サンヴナン式 ・プラスマン4点法 ・陰解法	・サンヴナン式 ・修正オイラー法 ・陽解法	・サンヴナン式 ・修正オイラー法 ・陽解法 ・運動波モデル ・線形貯留法	・サンヴナン式 ・プラスマン4点法 ・陰解法	
	3) 汚濁負荷量モデル	・地表面流出モデル ・堆積物輸送モデル ・水質5項目 ・ユーザー定義項目	・詳細は不明	・地表面流出モデル ・堆積物輸送モデル ・水質7項目 ・ユーザー定義項目	・地表面流出モデル ・堆積物輸送モデル ・水質10項目	・詳細は不明
	4) リアルタイムコントロール機能	有り	有り	有り	有り	なし
データ項目	・流域データ ・降雨データ ・流出データ ・管渠データ 堰等の制御データ ・結節部データ					
出力項目	・テキスト報告 結果のまとめ 浸水の確率解析等 ・グラフ表示 管渠平面、縦断表示 水深、流量、流速等 結果の表示 ・AutoCADへの接続	・テキスト報告 結果のまとめ ・グラフ表示 管渠平面表示、水深 流量等結果の表示 ・AutoCADへの接続	・テキスト報告 結果のまとめ、 浸水の報告、水位等 結果表 ・グラフ表示 管渠表示、水深流量 等結果の表示 ・外部・内部装置 ・AutoCAD、GISとの接続	・テキスト報告 結果のまとめ 浸水の確率解析等 ・グラフ表示 管渠平面、縦断表示 水深、流量、流速等 結果の表示 ・AutoCADへの接続	・テキスト報告 ・グラフ表示 管渠平面、縦断表示 結果の表示 ・AutoCAD、GISへの接続	
適用範囲	・管渠ネットワークの 調査・管理 ・リアルタイム制御 ・負荷量計算	・管渠ネットワークの 調査・管理 ・リアルタイム制御	・管渠ネットワークの 調査・管理 ・リアルタイム制御 ・負荷量計算	・管渠ネットワークの 調査・管理 ・リアルタイム制御 ・負荷量計算	・管渠ネットワークの 調査・管理	
仕様	1) 使い易さ	・ウィンドウ環境 ・データ入力機能 ・グラフ機能 ・時間経過の表示 ・再生画像が可能	・ウィンドウ環境 ・データ入力機能 ・グラフ機能 ・時間経過の表示	・ウィンドウ環境 ・データ入力機能 ・エラーチェックあり ・グラフ機能 ・時間経過の表示 ・再生画像が可能	XP-SWMMの場合 ・XPインターフェイスあり ・グラフ機能 ・時間経過の表示 ・再生画像が可能	・ウィンドウ環境 ・データ入力機能 ・グラフ機能 ・時間経過の表示 ・再生画像が可能
	2) 支援	・オンライン支援 ・教育モジュール	・オンライン支援 ・教育モジュール	・オンライン支援	・XP-SWMMの オンライン支援	

理して表-1に示した。

この他の雨水流出負荷量モデルに特徴的な事項をまとめると、以下の点が挙げられる。

- 歴史の古いソフトウェアでもまだ、開発から10年程度しか経っていない。
- 汚濁負荷量解析モデルの開発はまだ歴史が浅く、モデルの妥当性の指標となる実証データが少ない。
- 最近では流出モデル、水理モデル、汚濁負荷量モデルなどの個々のモデルの使用を側面から援助し、ヒューマンエラーを極力排除するような統合環境の構築を目指している。

[重要モデルの選定]

選定したソフトウェアは大きく米国系(SWMM、HYSTEM-EXTRAN)と欧州系(HYDROWORKS、LHU、MOUSE)とに分類される。

これらのソフトウェアにはモデル別に次の傾向が見られる。

1) 降雨モデル

降雨は統計現象であり、モデルの開発された国や場所の降雨現象を反映しており、モデル毎に異なる。

2) 地表面流出モデル

モデルに使用している基本的理論や考え方は類似している。しかし、流出係数など水文定数は当然のことながらモデル開発国の水文研究の歴史を反映しており、その国特有の部分が多い。

3) 水理モデル

すべてサンヴナン式を解いている点では変わらないが、その時間微分の解法は、陰解法と陽解法に分かれる。陰解法は数学的には必ず解が集束する利点がある。一方、陽解法は必ずしも解が集束するとは限らな

いが、条件によっては計算時間が短くなる。また、背水の影響などを解く方法に違いがある。米国系はすべてSWMMのEXTRANモジュールを流用しているといえる。一方ヨーロッパ系はすべて独自に開発されたものであり検討に値する。

4) 汚濁負荷量モデル

汚濁負荷量モデルは流出モデルや水理モデルのように広く使われている基礎理論がまだない。

以上のことから現時点で各ソフトウェアの違いを特徴づけているのは水理モデルの解法にあることがわかる。これにLHUが汚濁負荷モデルをまだ開発中であること、まだ一般に販売されていないことを考慮し、最終的に、HYDROWORKS、MOUSE、SWMM(XP-SWMM)の3モデルが詳細検討に値すると判断した。

[試運転調査の準備]

試運転準備の対象モデルとして、HYDROWORKSを選定・入手し、試運転項目を設定した。現時点では水質モジュールがバグ固定中のため、既存の排水システムの流下能力把握を目的とした利用を想定し、降雨モデル、流出モデル、水理モデルの各試運転項目を設定した。

今後の課題

平成7年度は、汚濁負荷解析モデルに関する情報をさらに収集するとともに、汚濁負荷量解析モジュールを含めた選定3モデルを入手し、水文学的事項および水理学的な基本性能等のチェックを行い、日本の実流域への適用性を評価する予定である。

• この研究に関する問い合わせは

建設省土木研究所下水道部

下水道研究室長

田 中 修 司

主任研究員

榊 原 隆

(財)下水道新技術推進機構

研究第二部長

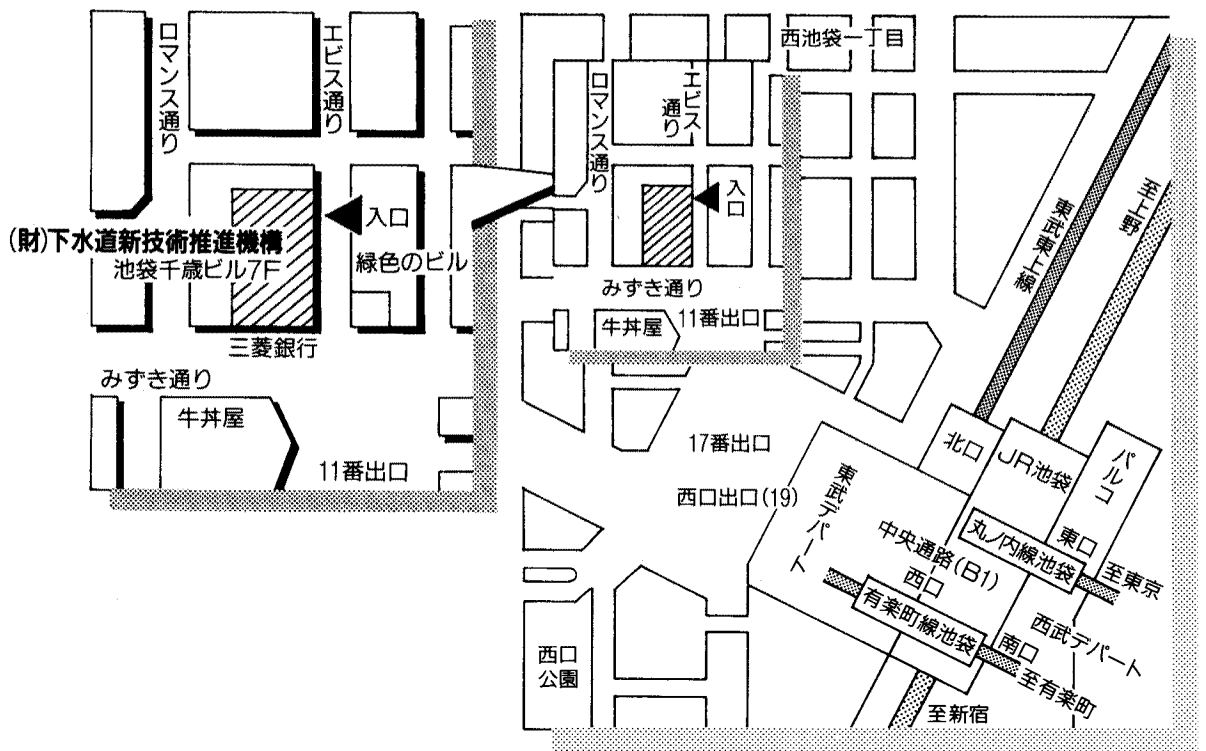
藤 田 昌 一

技術第二部
主任研究員

田 中 一 朗

技術部研究員

古 北 克



財団法人 下水道新技術推進機構

〒171 東京都豊島区西池袋1丁目22番8号 池袋千歳ビル7階
 TEL 03-5951-1331 FAX 03-5951-1333