



PB-234 554

PRACTICES IN DETENTION OF URBAN STORM-
WATER RUNOFF

Herbert G. Poertner, Engineering and Research
Consultant

Herbert G. Poertner

アメリカにおける

都市域での雨水貯留の実状(訳)

Prepared for:

Office of Water Resources Research
American Public Works Association

June 1974

DISTRIBUTED BY:

NTIS

National Technical Information Service
U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE
(5285 Port Royal Road, Springfield Va. 22151)

昭和50年10月

建設省土木研究所 都市河川研究室

は　じ　め　に

本書は、アメリカでの都市域での雨水対策の1つの手法、“雨水現地貯留 (On-site Detention)”について種々の観点から調査したものをまとめたものである。現地貯留とは、雨が落ちたその場にためるということで、端的には、屋根上から始まり、その他駐車場、校庭等を含めた都市域での舗装面に一時的にためようというものであり、その着想が非常に面白いのと同時に、あの広大なアメリカでその必要があるのかと幾分奇異な感じを受ける。しかし、降ったところでなんとかして、下流に害を及ぼす^{まい}という発想は、十分評価すべきものであり、その意味で原点に立返っているといえよう。筆者もかねがね屋根に降った水は、直接下水管に排水せずに庭を通過させて滲透をはかるべきだとは思っていたが、このように組織だって調査が進んでいることには、少からず驚ろかされた。本来利用すべき土地の少ない日本において発展すべき手法であり、今後地域排水計画の一手法として組入れられ検討を加えることが望ましい。

もちろん上記のほかにも、中流部での池や低地を利用した遊水池計画の紹介も多く含まれており、また我が国の新規宅地開発等に伴う防災調整池と同様の趣旨のものも見受けられ、すべてが新しいものではなく、またすぐさま我が国に適用できないものもあるが、技術、経済、法制度、財源、管理上等多角的に整理が試みられているので、技術的な面のみならず行政的な面でも十分役に立つ参考資料であり多方面での活用を希望したい。

昭和50年10月

河川部長　土　屋　昭　彦

訳 出 に あ た っ て

アメリカの「都市域での現地貯留 (On-site Detention) 手法」に関するまとめの全訳が、土木研究所河川部有志により完成したので、ここに印刷し、関係機関に送付致します。

本手法は、通常いわれている地域洪水防御手法の分類：

- | | | |
|--------|---|-------------------------------------|
| 洪水への対応 | [| 1. 流域処理 (Watershed Treatment) |
| | | 2. 河川構造物 (River Protection Works) |
| 被害への対応 | [| 3. 予警報システム (Prediction and Warning) |
| | | 4. 土地利用調整 (Land Use Regulation)* |
| | | 5. 避難システム (Evacuation) |
| | | 6. 被害救済 (Disaster relief) |

のうちの1.流域処理に位置づけられるもので、降った雨水をその場 (On-site) にためて下流へ出さない、下流に負担をかけない、ひいては下流の排水施設を小規模なものですませようというものである。

このほかの目的に、汚濁流出の減少 (とくに合流式下水道)、土壌浸食の防止、雨水の利用および景観の向上などの側面も相当強調されている。

その種類の概要は、主なものを挙げると

- 1) 屋根上貯留
- 2) 舗装地域での貯留 (駐車場, 広場, 校庭)
- 3) 地表上貯留
- 4) 池や湖面上貯留
- 5) 地下貯留
- 6) 地下浸透手法

のようになり、厳密な意味での on-site から、遊水池的なものまで広範にわたっているが、その意味では広義の流域処理といえよう。

調査の内容は、1) 3回のシンポジウム、2) 文献調査、3) 行政機関およびコンサルタントに対するアンケート調査、4) 貯留施設の実施例調査等であり、この結果をもとにして

1. 技術面, 設計法
2. 法的, 行政的
3. 経済性, 効用
4. 財源措置
5. 維持管理

等多くの観点から、網羅的に実状, 問題点, 対策等の検討および実施例の紹介がなされている。

* これには、はんらん原管理などが含まれ、建築物の耐水化 (Flood-proofing) や洪水保険 (Flood insurance) などが併用される。

以上が簡単な概要であり、内容は読んでいただければよいので、多くは触れないが、本書の特徴は、決して技術的に高いなどというものではない。流出解析法の主体は合理式であり、ここに買うべきものはほとんどない（例えば3章）。やはり本書のよさは、前述のように非常に網羅的に、多くの側面での問題を検討していること、そしてそれを多くの実例によって説得性のあるものにしていることであろう。ものによっては、多少くどいと思われるところもあるが、多くの場合われわれの想像の翅をひろげてくれたり、またはわれわれの知識をふやしてくれるものなのである。本書の評価はこれにつきよう。

例えば、アメリカの駐車場は、一般に大きいが、これを利用して雨水貯留を行い、下流に必要な排水設備（下水道）の費用が大巾に縮小できたとある。これだけで面白いが、加えて、駐車場に高低をつけて湛水頻度を変えたり、浸透溝をつけたりして、工夫している。また第一下水管の径が小さくなるのが面白い。下水管が小さくなるということは、結果的に流出をしぼることになり、河川への負担も減少することになる（もちろん地形にもよるが）。これは学んでよいことではないだろうか。

このほか、貯留池によって景観が向上し、付近の地価が上った話、土砂流出防止のために等高線沿いに小堤を作って農耕するコンターフォーミングの話、そしてデンバーでの屋根上貯留の義務化に伴い、雨樋落下樋への流入口の流入制御装置が商品化されているのにも驚ろかされる。

おわりに、このような種々雑多な手法がアメリカに発展した理由であるが、1つの大きな要因は地方分権にあると思われるが、もう1つは、下水道の普及に伴う問題が顕在化したためと思われる。すなわちテーマが局地はらんや汚濁流出であることがこれを物語っている。

「地方分権」に関して少し付け加えると、御存知のようにアメリカでは、地方の権限が強いため各州や地方公共団体、そして公社等がそれぞれ条例を作っている。だからこの中に書いてあることが、そのままアメリカではという話にはならず、アメリカのどこそこではとなることを承知の上でお読みいただきたい。

なお原文の入手が業者の手落ちで200頁（原文）までで、付録Fの途中で終わっているのが残念なことを断っておきたい。

訳出については、毎度のことながら苦労は多かったが、これまでの経験と努力によってどうにか相応の日本語になったと思っている。ただ1つだけ、本書の根幹である“Detention”については、単に“貯留”ではあまりに一般的、包括的にすぎること、“抑止貯留”の方が適切なこと（または滞留）などが考えられたが、“滞留”は下水道の用語にすでにありこれでは、少し狭義にすぎること、“抑止貯留”を全文通じて使うのは、読みにくいなどもあって、結局平板に“貯留”とした。意のあるところをくみっていただきたい。

6年間都市河川を研究して来て、都市化に伴う流出増に頭を悩ませながら、常々雨水は個人のうちから出すべきでない、少なくとも最小限にとどめるべきだ、それは個人の責任なのだと思っていた。そして昔の防火用水の大マスを思い浮べ、小坂前都市河川対策室長のいう「各戸貯留槽」にも秘かに応援を送り、また「河川」にもその効果について書いたりもした。

しかし現実には、道路を歩けば屋根からの樋はそのほとんどが道路に直接出され、庭（浸透域）を

經由するものは、非常に少いのが実状である。そしていち早く整備された下水道に流入し、あっという間に河川に到達してしまう。これでは河川はたまったものではない。河川というにはあまりにも悲しいコンクリート大U字溝が都市の中に現出し、その中では魚さえなかなか住みつかない状態にある。加えて、これでも決して十分なものでなく、ちょっとした雨ではんらんをおこしてしまう。因みに現在東京内の小河川で、10年確率の降雨に耐える河川はないのである。

前置きが長くなったが、私は長い間このことに関するよい警告の方法はないかと考えて来た。そして6ヶ月前にこの本を入手したときの喜びは筆紙では伝えられない。

“あの広大なアメリカで、よもやこんなことが現実に……………”これほど適切な警句はないのである。よいものはすぐとりいれていくこのアメリカ人のものごとへの対応の仕方、これが私の本書紹介の大きな目的の1つであり、早い機会に日本でも応用されることを祈ってやまない。

49年当初から開始した洪水防御法研究の一環として、本書を訳出した。今後、実際に日本の都市排水計画にケース・スタディとして適用して、結果を発表していきたいと思っている。

最後に、本書の日本語訳出を快よく許可してくれた米国内務省水研究技術局長William S. Butcher氏(Office of Water Research and Technology of the U.S. Department of the Interior)に感謝の意を表したい。

なお本書の訳出は下記のものが行った。

河川部	都市河川研究室長	山	口	高	志
	“ “ 研究員	中	村	栄	一
	“ “ “	山	口		修
	河川研究室研究員	深	見	親	雄
	水文研究室 “	橋	本		健
	“ 技官	佐	々	木	健 一

また訳の修正、手なおしは筆者が行った。

昭和50年9月

都市河川研究室長

山 口 高 志

"Practices in Detention of Urban Stormwater Runoff"

Herbert G. Poertner, Engineering and Research Consultant

第1章 概 要 (Overview, Findings And Recommendations)	1
1-1 雨水管理上の問題 (Storm Water management Problems)	1
1-2 その他の代替案 (Alternative Solutions)	3
1-3 調 査 (The Study)	3
1-4 調査結果 (Findings)	4
1-5 結 論 (Conclusions)	6
1-6 提 案 (Recommendations)	7
第2章 意見, 評価 (Attitudes and Opinions)	8
2-1 APWAの調査 (APWA Survey)	8
2-2 地域としての評価 (A Regional Evaluation)	8
2-3 シンポジウム (Symposia)	8
2-4 技術的な調査 (Engineering Study)	9
2-5 議会および行政的必要性 (Legis Lation and Administrative Needs)	9
2-6 法的解釈 (Legal Aspect)	14
2-7 維持管理 (Operation and Maintenance)	17
2-8 建設費と財源措置 (Costs and Financing of Facilities)	19
2-9 経済性と技術的効用 (Economics and Engineering Effectiveness)	23
2-10 実施にあたっての問題点 (Problems of Implementation)	26
第3章 設計基準とその実施および手法 (Design Criteria, Procedures and Techniques)	29
3-1 設計の実例調査結果 (Results of Survey of Engineering Design Practices)	30
3-2 貯留方法 (Detention Method)	32
3-3 技術設計 (Engineering Design)	44
3-4 種々の設計例 (Examples of Various Design Methods)	49
3-5 公共機関によって許可指導または要請されている設計法 (Design Method Permitted, Suggested or Required by Public Agencies)	61
第4章 計画, 景観, 費用および応用 (Planning, Aesthetics, Costs and Applications)	65

4-1	計 画 (Planning)	65
4-1-1	ポイック川の事業 (The Pohick Creek Watershed Project)	65
4-2	景 観 (Aesthetics)	68
4-3	費 用 (Costs)	70
4-3-1	アース市とセントルイス郡 (ミズーリ州) の場合 (Earth City-St. Louis County, Missouri)	71
4-3-2	コンソリディティッド貨物運送会社のトラックターミナル (ミズーリ州 セントルイス) (Trucking Terminal, Consolidated Freightways, Inc., St. Louis, Missouri)	75
4-3-3	フォートキャンベル (ケンタッキー州) (Fort Campbell, Kentucky)	76
4-3-4	連鎖湖 (イリノイ州 Hoffman 不動産会社の分譲地) (Chain of Lakes, Village of Hoffman Estates, Illinois)	79
4-3-5	インディアン湖不動産 (イリノイ州ブルーミングデイル) (Indian Lakes Estates, Bloomingdale, Illinois)	84
4-4	本法の利用 (Applications)	86
第5章	はんらんの防除と減少 (Preventing and Reducing Flooding)	88
5-1	スカイライン都市再開発事業 (コロラド州デンバー) (Skyline Urban Renewal Project, Denver, Colorado)	88
5-2	カレッジビュー近隣都市開発事業 (デンバー) (College View Neigh- borhood Development Project-Denver)	91
5-3	デンバーのイーストハーバード・ガルチ事業 (Denver's East Harvard Gulch Project)	92
5-4	ボルダー (コロラド州) (Boulder, Colorado)	95
5-5	シカゴ大都市圏衛生公社 (Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago)	97
5-6	アーリントンハイツ (イリノイ州) (Arlington Heights, Illinois)	104
5-7	マウント・プロスペクト (イリノイ州) (Mount Prospect, Illinois)	106
第6章	浸蝕・堆積の防御 (Erosion and Siltation Control)	108
6-1	沈澱の理論 (Theory of Sedimentation)	110
6-2	沈砂池容量 (Sizes of Sediment Basins)	111
6-3	沈砂池の維持管理 (Maintenance of Sedimentation Ponds)	112
6-4	貯留池の堆砂容量 (Sediment Volumes in Detention Ponds)	113
6-5	地域土砂制御事業 (Areawide Programs of Sediment Control)	114
6-5-1	メリーランド州での事業 (Maryland's Program)	114

6-5-2	フェアファックス郡(ヴァージニア州)(Fairfax County, Virginia)	116
第7章	汚濁防止(Pollution Control)	118
7-1	ケーススタディ-合流式下水道の越流問題対策としての一時貯留 (Case Studies-Detention Storage as a Solution to Combined Sewer Overflow Problems)	118
7-1-1	ミネソタ州セントポール(St. Paul, Minnesota)	118
7-1-2	オンタリオ州スカボロー(Scaborough, Ontario)	123
7-2	屋根の雨樋の付替作業(Roof Drain Removal Programs)	125
7-2-1	イリノイ州スプリングフィールドの屋根の雨樋の撤去計画 (Springfield, Illinois, Roof Drain Disconnection Program)	125
7-2-2	屋根排水の浸透(Infiltration of Downspout Discharge)	134
第8章	水供給増加のための都市流出の利用(Use of Urban Runoff to Augment Water Supplies)	136
8-1	雨水流出の浸透(Infiltration of Stormwater Runoff)	136
8-1-1	ロスアンゼルス市の散水事業(The Los Angeles Water Spreading Program)	136
8-1-2	ニューヨーク(New York)	139
8-1-3	他の浸透計画(Other Infiltration Programs)	139
8-1-4	ニューメキシコ州アルバカーキ(Albuquerque, New Mexico)	140
8-2	雨水の取入(Stormwater Harvesting)	142
8-2-1	アリゾナ大学の実験(University of Arizona Experiments)	142
8-2-2	テキサスAアンドM大学(Texas A & M University)	143
第9章	雨水貯留の新手法(New Methods of Stormwater Detention)	145
9-1	浸透性舗装(Porous Pavement)	145
9-2	他の新しい水をためる方法(Other Nonconventional Methods of Ponding)	148
第10章	流出の現地貯留に関する法例, 条例, 建築規則ならびに規制 (Statutes, Ordinances, Building Codes and Regulations for On- Side Detention of Runoff)	155
10-1	建築規則(Building Codes)	155
10-2	建築許可および土地細分化認可(Building Permits and Subdivision Approval)	156
10-3	条例その他の立法(Ordinances and Other Legislation)	157

10 - 4	排水料 (Drainage Fees)	158
10 - 5	州 法 (State Laws)	159
10 - 6	維持と操作 (Maintenance and Operation)	160
第 1 1 章	実施指導および必要な研究 (Implementation Guide and Research Needs)	162
11 - 1	必要な研究 (Research Needs)	163
第 1 2 章	参考文献 (References)	165
附 録 A.	3 つ以上の現地貯留施設を報じて来た公共機関 (Public Agencies Reporting Three or More On-Side Detention Facilities)	165
B.	NIPC 会議 (NIPC Conference)	166
C.	地下貯留 (Underground Storage)	170
	シカゴトンネル計画 (The Chicago Tunnel Plan)	170
	ボストントンネル提案 (Boston Tunnel Proposal)	174
	カリフォルニア州サンフランシスコ (San Francisco, California)	176
D.	案内パンフレットーシカゴ大都市圏衛生公社 (Information Pamphletー Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago)	178
E.	必要貯留量および許容雨水放流量に関するグラフと算定要領 (Graphs and Instruction for Determining Required Storage Volume and Allowable Stormwater Release Rate)	182
F.	サンフランシスコのマスタープランの詳細ー雨天時下水の処理 (Detailed Description of San Francisco's Master Plan ーStormwater Management)	186
	最適処理能力と相対費用 (Optimum Treatment Capacity and Relative Costs)	
	マスタープランと貯留量の考え方 (The Master Plan and Storage Volume Concept)	
	貯留池の操作 (Operation of Storage)	
	自動中央制御システム (Automatic Central Control Systems)	
	雨天時対策費用 (Wet Weather Capital Costs)	
	財政計画 (Financing Program)	
	貯留池の効用 (Summary of Advantages of Detention Storage)	
G.	本調査中、構成員、コンサルタント、シンポジウム、参加者等によって作られた 未発表報文のリスト (Lists of Unpublished Reports Prepared in the Study by Team Members, Consultants and Symposium Participants) ...	
H.	参考文献 (Bibliography)	

第 1 章 概要，調査結果および提案

(Overview, Findings and Recommendations)

雨天時流出水対策には，種々の方法が用いられる。すなわちある都市では分流式を採用し，また，合流式下水道を採用している都市では，地下トンネルや地下貯水池を設けて，雨天時下水の貯留および処理を考えている。またいくつかの地方公共団体は，屋根からの流出水の影響を重視し，樋からの水を下水に直接つなげないように指導している。

また各都市では，流出による被害をなくすべく，努力している。例えば多くの都市では，開発業者に開発後のピーク流量を開発前のそれにおとす措置をとるよう命じている。

これに対して開発業者達は，下水につながっている屋根の排水については，屋根を水平にして，ピーク流量を最小にしようと試みている。最近，駐車場を工夫して，雨水をためるのが一番効率がよいことがわかって来た。しかもこれは，しばしばたった一つの実際的な方法である。とくに貯留池のスペースがないようなときにそうである。

1 戸建住宅や，アパートの建築業者の場合は，敷地内に貯留池を作るのが一般であり，ある地域では，これは土壌浸食や，それにとまなう河床の上昇の防止を意図したものになる。流出が出たところ (on the site) でとめるというこれらの方法に加えて，流出を処理，利用しようという新しい手法も開発されつつある。たとえば浸透性舗装，水利用を狙った雨水の貯留，屋根上の貯留などがそれである。

1-1 雨水管理上の問題 (Storm Water Management Problems)

都市域の雨水制御の問題は主に次の 3 つに分けられる。

- 1) 局地はんらん
- 2) 合流式下水道からの越流水，雨水管よりの流出，および土壌浸食等による汚染
- 3) 雨水の利用に関連する問題

[局地はんらん]：これによる被害に関する資料はあまりないが，APWA は，「都市排水の施工，手順，必要性」(1966) で，年額 10 億ドルと推定している。しかもこれは都市化の進行とともに増加すると思われる。主たる被害の内容としては，財産の損失，人畜の死傷，および自然河川や魚の生棲場所の破壊などがあげられよう。また，はんらんは，交通の阻害，不快，遅延等も生み出すし，健康上の害も及ぼす。

都市域での被害の例として，1972 年 8 月イリノイ州北東部をおそった豪雨によるはんらんの際のそれを示そう。これはシカゴの西の数郡をおそったものであるが，8 月 25 日 17 時から 26 日の朝 1 時までの総雨量は 6.88 インチ (178.4 mm，非公式)，公式なものとして，数マイルはなれたところで 2.49 インチ (63.2 mm) であった。被害額は，速報によれば，2300 万ドル，停電 40000 戸，電話の不通 45000 世帯，最大浸水深 11 フィートに達し，またいくつかの井戸が汚染されたのであった。

このようなはんなりの際に、上述のような現地貯留施設(on-site detention facilities)があると、雨水が、下水や河川に入るのがおくれ、非常にたすかるものと思われる。すなわち、雨水を貯留施設から長い期間をかけて流出させることによって、下水道への過剰流入や、溝渠や、河川の水位上昇に起因するはんなりを減殺、または除去できよう。たしかに余剰雨水すべてをためることはできないだろうが、広範な貯留システムによってピーク流量をへらし、下流への負担をへらすことができよう。

〔水質汚濁〕：雨水流出による水質汚濁は、以下の4つの汚濁源から来ている。

- 1) 合流式下水道内で、都市下水および工場排水との混合。
- 2) 駐車場、道路、路地等上のゴミ、汚物、化学物質。
- 3) 土壌浸食に起因するシルト。
- 4) 植物からの殺虫剤や肥料。

合流式下水道からの汚濁流出は、晴天時に堆積した汚濁物や晴天時汚水を雨天時雨水吐から河川等へ流し出す。

この越流問題は、連邦政府の援助のもとに研究が進められている。

路上からの汚濁流出についても明らかになって来つつある。F・J・コンドンはその著書「都市流出の処理」⁽¹⁾の中で、都市流出による汚濁と、二次処理場からの流出負荷とを比較している。彼はこの汚濁の影響とくに重金属のそれは、まだ十分には、はっきりしていないが、雨水が非常に汚れていることは確かだと述べている。またコンドンは、雨水の汚濁負荷に関する資料はしばしば矛盾が多いと指摘している。例えばある研究では、降雨の24時間前の先行降雨や道路面清掃は、水質になんの効果もないとし、ある調査によれば、前期10日以内の現象はすべて大きな影響があると報じていると。しかし、いずれにしてもなんらかの措置を講じて、路面からの汚濁を制御する必要がある。また将来には、湖や河川に分流式下水道からの雨水を未処理で流すことも不可能となろう。

土壌浸食は、雨水による汚濁の第三の分野である。これは既開発地域では小さいが、開発途上の地域からのそれは、開発前または後に比べて50～40000倍にも達する。これらは雨水の一時貯留によって、浸食を防止し、またそれにとまなう河床上昇を防ぐことができる。これについては6章で詳述する。

もう一つの雨天時の大きな汚染源としては、植生から流出する殺虫剤と肥料がある。

〔雨水の利用〕：土地の開発、人口増が進むにつれて、水資源の開発が必要になって来た。表流水も地下水も豊富な地域もあるが、ある地域では表流水も少く、地下水も急速に枯渇して来ているところがある。そういう場合雨水をこれに替えて利用することができる。雨水は集められ必要に応じて処理され、地下水に補給することもできるし、飲用以外の利用にあてることもできる。在来雨水は可能なかぎり早く流し去ってしまうべき悪と考えられて来たが、現在では、浪費すべきでない貴重な資源と考えられ出した。最近雨水は「場を得ない資源の一つ(a resources out of place)」⁽²⁾といわれはじめている。

雨水の利用は、かかって次の2つの要素、一いかに集水および貯留するかおよびこの汚染され

た雨水をいかに処理するかにかかっている。

1-2 その他の代替案 (Alternative Solutions)

以上の現地貯留に加えて、汚濁および局地はんらん防止のための他の代替的または補助的な手段として以下がある。

1. 合流式下水道の分離
2. バイパス (relief sewer) による疎通能力増強
3. 地下トンネルシステム内での一時貯留
4. 雨水処理施設の建設
5. 大流量までも処理するための現有処理施設の拡大
6. 雨水の地下水への浸透または注入
7. 洪水危険地域での開発を制限するはんらん原規制 (flood plain zoning)
8. 建造物の耐浸水化 (flood proofing)
9. 土壌浸食および堆積防止対策

これらは必ずしも雨水の貯留と背反するものではないし、また相互にもそうであるとは限らない。それどころか例えば雨水の処理と貯留とは相補なうものなのである。

これらの各手法の比較のために、本調査で調査検討した要素を挙げれば

1. システムの信頼度
2. 種々の降雨強度および継続時間の降雨に対する有効度
3. 雨水の処理または再利用に関して、将来とも有効であるような柔軟性 (flexisiblity)
4. 対策の長短の評価
5. その対策が本来もっている欠点やそれに必要な資源の寡多などによる、その実現の難易度
6. 当初の建設費
7. 運転維持費

また地方公共団体等が対策をえらぶにあたって考慮すべき他の要素としては、

1. 法的根拠
2. 地方または州の行政措置
3. 財政、建設、維持、管理
4. 同流域の他の機関の採用または計画している方法との関係
5. その対策に対する一般市民の反応

などである。

1-3 調査 (The Study)

本調査の目的とするところは、都市域での雨水流出を、それがでて来るところで、一時的に貯留する施設の設計、操作維持等について、最近の情報を調査提出することにある。すなわち、考え方、技術、応用、経費、問題点、行政措置、法的根拠、および評価などが第一の着眼点である。焦点は

いうまでもなく、雨水排水システムの運営および局地はらん、水質汚濁、土壌浸食および堆積等の制御にある。

本調査の第二の目的は、これらの各種貯留手法の有効度の評価である。

この他にこれらの雨水を、都市域のための上水、レクリエーションおよび環境の向上などに利用することも興味ある点である。

調査の対象としては、

1. 地表上一時貯留
2. 舗装地域での一時貯留
3. 屋根の上への一時貯留
4. 種々の余裕水深をもった永久貯水池での貯留
5. 浸透および貯留のための地下水面の処理
6. 浸透孔までの導水によって、地下水涵養および流出の減少をはかる。
7. 補助水源としての雨水収集
8. 土壌浸食および堆積を減少させるための流出量減少などがある。

[調査内容]：本調査へのインプットは、100人以上の人があるいはシンポジウム参加者として、あるいはコンサルタントとして、あるいは調査チームのメンバーとして、参加してくれた。活動内容としては、

1. シカゴ、デンバー、ヴァージニア州フェアファックス郡での3つのシンポジウム
2. 文献調査
3. 公的機関や建設会社の調査
4. 貯留池実施例の調査
5. 地下貯留の研究
6. 新手法の研究
7. 行政措置および法的観点の研究
8. 維持、管理、費用、財政、経済、技術的有効性、設計基準、実施上の欠陥、等に関連する要素の検討
9. 在来手法と異なる手法の検討
10. 屋根からの排水を污水管に接続しない方法の検討
11. 不浸透膜を利用して、水を集め利用する方法の研究などである。

1-4 調査結果 (Findings)

本調査の結果、判明したことは以下の通りである。

1. 流出の現地貯留 (on-site detention) は、雨水対策 (storm water management) として、効果的でしかも経済的な方法である。
2. 局地はらんの防止や、合流式下水道の越流対策ばかりでなく、水資源やその他の多目的な利用もはかることができる。また土壌浸食防止にもなる。

3. 本手法は、この15年位の間に広範に採用されるようになって来た。アメリカおよびカナダの500の地方公共機関に調査票を配布して調べた結果、100の機関が、1400の施設があることを報じて来た。
4. 本法のもつ問題点は、なんといっても施設の維持管理である。しかも問題は二重になっており、実際の維持管理の問題のほかに、管理責任を公共機関がもつか地主がもつかが問題になっている。
5. 地方都市の担当官の多くが、本法について知らない。
6. 調査票への回答者のほとんどが、本法の考え方に賛意を表している。
7. 洪水危険地域や、土壌浸食地域には、本法の採用がもっとも望ましいことがわかった。
8. 新しい貯留手法（例・浸透性舗装）やその他の流出をへらす方法も、気候、地形、土壌条件の適したところでは採用できると思われる。
9. 現地貯留に関する評判は一般によいようである。ただし開発業者は、地方または州機関が妥当な規定を作って、それが地域的に差がなく、しかも、弾力的に適用されることをねがっているようである。
10. 本法に関して行政機関がつくった基準には、詳しいものから全然ないものまでさまざまである。屋根上貯留を禁止した建築規則はみられなかった。また、現地貯留に関しての規定は、土地細分条例（subdivision regulation）、土地利用区分条例（zoning ordinance）、下水道許可条例、建築規則などに記載されているのが多かった。
11. 本手法の法的根拠は、少しくあいまいである。排水法（Drainage law）は州によって非常に異なり、この貯留の法的解釈も、種々まちまちである。例えば貯留地の安全度、義務化の根拠、必要貯留量、維持管理の責任、施設の費用、貯留と水利権法（water-right laws）の関係などすべて重要な問題である。
12. 貯留施設の費用も、そのタイプや地形等によって当然異なる。たとえば、シカゴ大都市圏衛生公社（Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago）の見積りでは、1エーカー・フィート（1233 m³）あたり5500ドル、またメリーランドの沈砂池の場合、平均的な宅地（1戸分）あたり30ドルであった。
13. 財政措置（費用の捻出）には2、3の方法がある。一般に新規開発の場合は、開発業者が下水道敷設費用同様、この施設の費用はすべてもっていることがわかった。既開発地域の場合、直接本施設の恩恵にあづかる地主がもつとは限らない。
14. 本手法は、それが新規開発、既成市街地の別に関係なく経済的のようであった。またこの貯留施設は過剰雨水の制御のみならず、地域の景観への寄与、レクリエーション機会の提供、また地形によっては地域の水道への補給などのメリットもある。
15. 本施設の設計は、種々の要素の影響を受けて複雑なものではある。すなわち現在そして将来の正確な流出量の決定法、適当なスペースの取得、下流疎通能力、加えて地域環境にマッチした施設のデザインなどなど。やはり屋根上貯留は、建築家やビル所有者等に反対を受けた。
16. 本施設の施工については、他の土木施設と同ようあまり問題はない。そのような場合、本施設の必要性、有用性を説明する啓蒙活動が有効であろう。

17. この雨水貯留システムを有効なものにするにあたって、最も大きな問題は、近隣の行政機関の協力を得ることである。というのも大洪水は、やはり上流からの流出に大きく左右されるので、上流で同ような事業をやってくれるかどうかが問題であり、しかもしばしば上流にとってはメリットが少いことが多いからである。
18. 「屋根の排水を下水道につながない」という方法も、下水道や処理場の負担をへらすのによく用いられる方法である。この屋根の排水をうまく処理できれば本手法は非常に有効で経済的な局地はらん防止および汚濁防止の手法たりえよう。
19. 雨水の貯留手法も決して完全な解決策ではない。多くの調査が、現有下水道の余裕としてこの手法を採用しているが、いくつかのところではバイパス管 (relief sewer) を採用するところもある。これらについても経済上の得失、予想される維持管理の問題等を考慮して、決定されねばならない。とくにバイパス管の場合、下流のはらんを助長しないかは十分注意する必要がある。
20. 本法のもう一つのメリットに、合流式下水道からの越流を防ぐこと、また処理できる降雨を多くする点も挙げられる。
21. 本手法はまだ新しい概念であるので、多くの改良すべき点をもっている。もっと技術的にも行政的にも改善されて、一層有効なものにしていかねばならない。
22. はらん原土地利用区分 (flood plain zoning) は、総合雨水排除計画達成に際して、本手法の有効な相棒になりうることがわかった。

1-5 結 論 (Conclusions)

雨水貯留施設の利用、その長短を調査して来て、次の結論を得た。

1. 都市流出水の現地貯留手法は、雨水対策として、十分有効な方法である。本法の立場は雨水を早急に排除さるべき廃棄物として処理するというのではなく、雨水を利用するというものであり、その中で経済性および雨水利用の機会をも与えてくれる。
2. 本法で都市域でのすべて雨水の制御をはかることはできないが、多くの場合、最適解の一部ではありうる。
3. 今後の調査研究により、ますます有効性および応用性は開発されると思われるが、やはりもっと力を入れなければならないことは、維持管理義務の遂行に関して、信頼できる方法の開発ということになる。
4. 本法の手法および効用に関する知識の一般化に伴い、本法の採用が増加と思われる。現在では、歓迎されているとはいいいながら、まだまだ本法の考え方技術などについて、一般には知られていない。
5. 雨水貯留の法的解決については、まだ明瞭でないところが多い。これを実際に利用するに当たって解かれねばならない疑問がたくさんある。
6. 本手法の財政措置は、いくつかあると思われるが、多目的事業でやるのがよからう。
7. 短期間のはらん、汚濁、土壌浸食防止効果は、ほぼ証明されたし、長期間のそれについても

おそらく大丈夫であろう。しかし、種々の方法が試みられ立証されねばなるまい。

8. 本法の設計については、土地の政治的な条件、気候、地形、土質、などによって影響を受けると思われるが、手法は確立されて来ているので、十分注意してやれば、通常の雨水貯留（屋上、広場、駐車場、空地の池や凹地など）の場合、満足のいくものが設計できよう。
9. 施工についても、物理条件さえよければ大きな問題はない。
10. 雨水対策を流域単位で解決するのが、最善または唯一の方法と考えられる。
11. 屋根の排水を污水管や合流式下水道に入れないようにすることは、はんらんおよび汚濁の面で、下水道への負荷をへらす効果的な方法であり、これがまた雨水貯留の評価をいやすことになる。
12. 都市からの流出は、例え分流式であっても、将来には処理が必要になるかも知れない。その時現地雨水貯留は、まずピーク流量をへらすのに効果があり、また経済的そして実際のな污水处理の実施を容易にしてくれるであろう。
13. 本法の単独採用は、他の手法の場合も同じだが、一般に十分とはいえない。やはり他の方法例えば家屋の耐浸水化や土地利用規制などと組合せられてより有効なものになる。

1-6 提 案 (Recommendations)

1. 雨水対策に責任のあるすべての公共機関は、洪水危険地域で、流域全体としての雨水貯留事業の実施を目標とし、都市流出地貯留の採用を考慮しはじめている。
2. 今後共、都市排水事業の発展、雨水管理手法の研究がなされねばならないが、その中には、雨水貯留の考え方や技術、そしてまた施工、維持、管理に関する財政的、行政的、技術的な問題も含まれる。
3. 施設を作るにあたって、行政機関は雨水の集水、貯留、そして処理それぞれのバランスに十分注意を払わねばならない。というのもこの三者は、いわば3脚の3本の足にもたとえられるほどそれぞれ重要だからである。この配慮は、将来すべての都市流出は、それが合流式で集められようと、分流式で集められようと、放流前になんらかの処理が必要になるという観点から非常に適切なこととなる。

第2章 各分野での意見および評価

(Attitudes and Opinions)

新しい手法の導入に対しては、程度こそちがえ種々の抵抗を受けるものである。雨水貯留は過去にそれほど採用されていないが、決して新しい方法ではない。15年来アメリカのどこかでは用いられて来ている。考え方こそ新しいが比較的広く用いられているのである。

この利用に関する意見賛否が公共機関や建設会社の調査や3つのシンポジウム（デンバー、シカゴ、フェアファックス）そして他の手法に関する技術調査などを通じて調べられた。

調査は、APWA (American Public Works Association) の研究基金によった。また質問表はアメリカおよびカナダの約500の公共機関、130の建設会社に送られた（質問表を付録Aに記す）。

2-1 APWAの調査 (APWA Survey)

APWAの調査によれば、この雨水の現地貯留についてはほとんどの地方自治体が考慮を払っていなかったことがはっきりしている。すなわち230の回答のうち、86が知らなかったと答え、知っていたのは71だけで、73が答えていない。

本手法の効果についての質問に対しては、118が検討する価値があるとし、24が意味なしとしている。また採用に関して、72が実施しており、65が検討しているが実施はしていないとしている。また実現性に関しては、42がとても遂行困難とし、69はそう思わない旨答えている。

本手法の主たる効果はやはり、景観の改善、レクリエーション機会と施設の提供であり、一方最大の欠点は藻の繁殖、蚊の発生および池が空のときの醜くさであり、それが人口密度の大きいときには尚更である。

建設会社に対する調査では、公共団体の場合ほどではなかったがマイナス面に関する質問は含めておいた。それによればやはり、維持管理が最大の問題であり、その他安全性や不快または行政面の問題を挙げていた。

2-2 地域としての評価 (A Regional Evaluation)

北東イリノイ計画委員会(NIPO)は1972年に、地域雨水対策問題を解決する手法について、調査および会議などをもった。付録Bにその会議で扱われた広範な調査計画の内容がまとめてある。その中で、現地貯留が広く採用されるべきことが、強力に提案されている。また雨水排除および洪水防御とどの公共機関が担当するべきかを、はっきり州の法制として法令化すべきことも提言している。同よう洪水被害減少のための補助の増額や、はんらん原に関する正確な情報の必要性なども高い優先度でリストアップされている。

2-3 シンポジウム (Symposia)

1972年には、この現地雨水貯留 (on-site stormwater detention) の問題に関して多くの

人々の経験、知識をまとめるために、3つのシンポジウム（シカゴ、デンバー、バージニア州フェアファックス）がもたれた。参加者は、すべてのレベルの公共機関、建設会社、土地開発業者、法律事務所、雨水管理に関係ある特定の公社などである。

参加者のほとんどが、雨水貯留施設に関してなんらかの係わりをもった人だったので、その意見も大体経験に基いたものであった。一般に本手法を都市流出対策として採用することに賛成であったが、土地開発業者およびその弁護士は態度の表明を保留した。彼らの反対の主たる理由は、地方条例に柔軟性がなく、たとえば他により良い代替案（方策）があっても、それを採用させてもらえない、指定された方法しか採用できないので、不利益をこうむることがあるということであった。またほかに個々の開発に対して、多くの小貯留施設を作るより統合された大きな施設を作る方を望むことも意見として出された。

長い目で見て有効性がどうか問題になった。つまり現在は確かに有用であるが、将来ともこのような大きな土地の占有が正当化できるだろうかということであった。

2-4 技術的な調査 (Engineering Study)

本報告の参考文献には、貯留方式を支持している技術的調査結果が多く載せてある。ある例では貯留方式によれば、排水を長期にわたって徐々に流せることから、下水管の規模ひいては経費を削減できるとして推奨しており、また別の例では貯留施設は景観の向上や多目的に使用できる広い空間を提供するということで支持されている。

もちろん支持されていない理由も多くある。必要な面積が確保できない場合もそうであるし、効用よりもあとの維持の管理の大変さが気にされることもある。たしかにこれは理のあるところで、下水管は見えないし、管理作業が少いのに対して、貯留施設の場合、一般の目に触れるし、その管理努力も相当のものになる。また下流に対してあまり洪水の問題がないところでも本手法はあまり好まれない。たとえば湖岸の町などはできるだけ早く湖に排水しようとする。

【まとめ】：この雨水の現地貯留方式は、この15年来利用されて来たが、まだ一般的ではない。しかし、都市化による流出増対策には、適切な方法と思われる。徐々に賛同を得つつある。また本法は、オープンスペースやレクリエーション施設を含めることによって、都市をよりよくしようという市民の要望とも合致できる。550人の役人や技術者が参加した1973年の会議（東部イリノイ）でも本法は、賛同を得ていた。

本法の考え方がより知られ、雨水管理に関する設計基準や環境インパクトの調査が雨水対策計画の重要部分になれば、本法の利用も増加すると思われる。

2-5 議会および行政的必要性 (Legislation and Administrative Needs)

“現地貯留”という言葉は、あまり議会（立法担当者）にも知られていない。一般市民でも、自分の土地の排水が悪いとか、洪水の危険にさらされている人以外はほとんど関心を示さない。結局この数年本法の採用を法制化する努力はあまり払われていない。

洪水防御は長年市民の関心事でありながら、米国では必ずしも政府の責任ではなかった。しかし、

最近種々の資料が整備され種々の法的、財政的、そして政治的な決定がなされて来るにつれ、洪水防御は為政者の関心を買うようになって来た。

やはり大洪水災害のあとで市民はその必要を厳しく知らされたのであった。とくにひどかったのは数州にまたがるはんらんをおこしたハリケーン・アグネスであった。

アグネスほどの洪水から資産を守るために貯留施設を作ることは、ほとんど実現不可能であろう。しかし、ほとんどの降雨に対しては種々の対策によって被害減少効果を挙げることができよう。地方自治体のやるべきことは第一に新規開発そして拡大を予定している既開発地域に対してピーク流量を制限する有効な立法そして、実施法を研究改良することであろう。

[なぜに立法するか?] : 常識的に洪水流量が減れば被害は減り、資源は保全される。共通の敵・概念 (Common Enemy Concept) により、土地所有者は、可能な限り戦って洪水を排除することができる。しかし、その結果下流の隣人は余分な被害を蒙ることになる。もしこの単純な場合を都市域での多くの資産家に適用してみれば、たちどころに都市雨水問題の概要と把握することができよう。またこの例によって為政者が本来いかに法に規定されていなくてもこの問題に熱を入れるかがわかってこよう。すなわち水を流域のどこかにためるということは、いまや過剰雨水の問題を解決するまたはその問題の一部を解決する方法となって来たのである。本手法は、在来下水道などに比して決してすべてではなくても多くの場合、より経済的である。それ故にこの法制化は、資産家または土地所有者にこの過剰雨水を無視せずに、処理することを要求する新しい哲学の問題となって来たのである。

さて、この法制化の必要な理由はいくつかある。

第1.に都市域での過剰雨水の問題を明確にする。

第2.に資産家に、自分の土地からの流出を制御する責任を明示する。

第3.に個々の土地所有者間の訴訟などでなく、法的に明確化することによって、一般的な解決策を与える。

などの必要性である。

公政策の立場から、法制化に際して少くとも三つの前提がある。それらは

1. 公共の健康、福祉および安全を守ること。
2. 過剰雨水を確保し、公共の有効な利用に供すること。
3. 便益を受けるものが、その便益に応じて支出するような最善の雨水防御施設および事業を決定、実現すること。

などである。

[立法例 (Legislative Experience)] : 立法化の動きは現地貯留の有用性を認めた地域に限られている。その形は問題への接近法によって種々の形をとる。またその法や条例も種々の行政体によって、すなわち、(1)地方公共団体、(2)排水または洪水防御公社、(3)州などによって制定される。

ミネソタ州では、雨水排水条例を州の建築規制にいれている。またメリーランド州は土地開発業者に土壌侵食および堆積を制御することを要求し、地方公共団体に貯留施設を含めた種々の方

法を要求する権限を与えている。

「都市排水および洪水防御公社も、州が規定してデンバー（コロラド）5郡を統括する権限をもっているし、シカゴ大都市圏衛生公社もイリノイ州から特別の権限を付与された機関の例である。また公社のようなものがない都市および郊外地域でも、市町村がその権限をもっているところが多くなりつつある。

〔立法の種類〕：雨水制御に関する条項は、市町村の法令の中にしばしば入られている。新土地開発や再開発計画に関して、雨水制御の法令には

1. 土地利用細分化条例 (subdivision regulation ordinances) 2. 区分条例 3. 建築条例 (zoning ordinances) 4. 上下水道条例 5. 水質汚濁防止条例 6. 洪水防御条例 7. 排水料評定条例（この中には、貯留施設を設けている場合、評定を減ずるものもある）。
などがある。

〔適用 (Application of legislation)〕：多くの地域では、これらを1つの条例ですましているが、イリノイ州のウィル郡のようなところでは、同時にいくつもの条例を利用している。この利点は、地域での防御が、流出制御施設の建設にあることを確信させる。たとえば雨水貯留施設が土地細分化条例にのみ規定されている場合、それより前に認可をとった開発業者はなんの影響も受けないが、建築規制または土地利用区分条例も、これを指定している場合は、通常開発業者は、細分化条例で認可されていたとしても、これを作らされる。

通常土地開発に関する法の内容は、検査、建築許可、および罰金または罰則の用意からなっている。たとえば細分化条例下では、雨水貯留施設がなければ承認されないし、下水道許可条例でも同よう作らないことには下水道への接続は許されない。そしていずれかの法に反すれば、罰はすぐ判定される。もちろんこれは、有効な方法の一つである。

メリーランド州の水質汚濁防止法では、シルトを汚濁物質と認め、土地開発（とくに建設中）による流出防止に貯留池を用いている。またバージニア州のように、洪水防御法ではらん防止に貯留池の利用を考慮するよう解説している。

コロラド州のアルバーダおよびボールダー市などでは、排水料をきめて、排水施設の資金にあてている。額は、面積や流出量によってきまるようにしている。アルバータでは、土地開発業者が積極的に水を出さないよう努力させるべく、貯留施設を作ればこの額を減ずるように規定している。

土地利用区分条例では、一般に最低の基準が示してある。たとえばはらん原近くの開発に対しては、100年降雨のための洪水防御施設かまたはそれに十分な貯留量、またはなれたところでは2年の下水道施設などが要求される。また、はらん原土地利用区分条例では本来の貯留をへらすようなはらん原内の永久開発は禁じているのもある。

市町村の建築規制では、一般に貯留施設を規定してはいない。例外もあり、デンバー都市再開発局では、屋根上貯留施設を設計に入れることを規定している。そのような都市では内容について種々定めている。すなわち屋上での最大水深、屋根勾配、樋 (roof drainage leader) の径、屋根面積当りの樋の数などを規定している。少くとも、ある全国的な建築規則 (Building

Officials and Code Administrators, International)では、屋根上の雨水貯留に関する基準を作っている。

貯留に関する法の執行権については、一般に市や郡のきまった機関がもっている。しかし排水問題とくに排水制限は、全流域をもとにやった方が行政境界等で限定される条例などよりは、もっと効果的と思われ、今後地域排水局 (authority) が一般的になろう。その場合、その創設や権限等については州による法制化が重要となろう。1966年のAPWAの調査によれば、アメリカの人口25万以上の都会の53%は排水公社を創設しており、のこりの47%の半分が局 (authority) をもっている。

〔調査結果〕 貯留施設の法制に関する調査は、全米およびカナダの500の行政機関および150の建設会社に対してなされ、それぞれ230および40の回答があった。そのうち積極的な法制化や行政措置を行っている行政機関が60あった (表-1)。前述のように1つ以上の措置を採用しているところも相当ある。

表 - 1

条 例	回 答 機 関 数			
	調査を行った		積極的に措置した	
	Yes	No	Yes	No
土地利用細分化条例 (Subdivision Regulations)	31	115	30	141
建築規則 (Building Code)	11	122	12	138
土地利用区分条例 (Zoning Ordinance)	12	121	9	133
他の条例 (Other Statutory Requirements)	18	117	18	131
行政措置 (Administrative Regulations)	36	106	43	132

APWAの調査 (1972) から

また施設の統制、監視 (Controls) については表-2~3のとおりである。

表 - 2

監 視 方 法	機 関 数	
	Yes	No
各種の監視 (Controls of Any Type)	89	109
許可制 (Permits)	62	75
地方条例 (Local Ordinances)	53	79
奨 励 (Incentives)	14	98
罰 則 (Penalties)	8	101

APWAの調査 (1972) から

表 - 3

監 視 責 任 の 所 在	機 関 数	
	Yes	No
市 土 木 課 (City Engineer's Office)	86	47
建 築 検 査 課 (Building Inspection Office)	51	56
はんらん原利用規制課 (Flood Plain Zoning Office)	34	59
下水道または水道部 (Sewer and/or Water Dept.)	26	65
厚 生 部 (Health Department)	22	66
規 制 実 施 課 (Zoning Enforcement Office)	18	68
郡 土 木 部 (County Public Works Dept.)	39	62
郡 道 路 課 (County Highway Engineer)	15	69
衛生または下水道公社 (Sanitary or Sewer District)	14	74
そ の 他 (Other Department)	20	61

APWAの調査(1975)から

また42の公共機関は、排水施設基準に雨水貯留の義務を明記している。

[モデル条例]：モデルとなるような条例が必要である。これまでにもよいものがあるが、やはりその著者は改訂が必要としている。

そのモデル条例案はコロラド州で、市町村のために作られたものである。これは100年洪水を対象とした洪水防御を根拠としている。本条例は、新規建築に関係し、過剰水の流集、貯留、および排水に関してなんらかの制御構造物を作って建築前の洪水ピークにおとすことを規定している。貯留施設の代りに、開発業者はこれまでより増加する雨水量に基いて関係官庁がきめる金額を支払うこともできる。この料金は過剰になった雨水のための施設に投入される。またこの料金は、適切な鑑定家によって評価され、大体30年にわたって支払われるようになっている。

[まとめ]：各地に現地貯留施設に関する、種々の形での法制があった。なかでも一番多いのは細分化条例であった。一部には建築規則や区分条例もみられた。またところによっては、貯留を条件とした条例がいくつもあるところもあった。

法制は、一般に特別な公社か、地域の委員会(authority)が制定している。都市域では排水施設およびその計画に関する条例や規制については、一般に地方公共団体があっているが、公社等の特別な組織がある地方都市では、高次の機関よりもきびしい条例、規制を制定すべきである。

いくつかの州では、州政府が現地貯留を規定している。メリーランドは土壌浸食および堆積防止を州法によって、またミネソタ州とニューヨーク州などでは、屋根上貯留を課した州の建築規則を採用している。

新規開発および既開発地域からのピーク流出を効果的に制御するには有効な法制を採用する必要がある。また市町村や地方機関を援助する意味でもモデル条例を作る必要がある。

(10章には個々の条項に関する詳しい説明がある)。

2-6 法的解釈 (Legal Aspects)

雨水流出の貯留の法的解釈には沢山の未解決な問題が残っている。大体排水に関する法律があまり明確でなく、全国を通じて著しく異なる。しかし雨水貯留の場合は、判例もないため、もっと明確さを欠いている。本節では、適当な法的な問題に答える努力はしないが、今後起るであろう問題に注意しながら、一般的な観察を行ってみたい。本節作成に当って、情報は、数人の弁護士および排水法に関する刊行物から集めた。

[適切な法的疑問の紹介]：本項では、貯留施設を要求する地方公共団体と、要求される土地開発業者が遭遇するであろう法的な問題点のいくつかを指摘したい。適切と思われるものを以下にあげ、次項での検討の参考にする。

公共機関代表の疑問

1. 地方機関や公社の権限の説明なしで、われわれは開発業者の私有地の一部を雨水貯留に使うことを法的には要求できるのか？その土地の有効利用の権利のはくだつにならないのか？
2. 施設を要求する際、われわれは建設費の全部または一部を払わなくてもよいのか？
3. 施設の設計（必要貯留量、最大許容放流量）に関して、どの程度強制力をもつのか？200年降雨の流出に対する貯留量を要求できるのか？最大放流量を、開発前の自然状態で流れていた量以下に制限できるのか？無放流を要求できるのか？そして、すべての雨水を地下水涵養にあてられるか？
4. 問題の土地以外からの流出もためることを要求できるのか？その土地の所有者は、建設費および維持管理費を分担すべきなのか？
5. 公共機関は、私有地に要求して作った施設の維持管理に関して暗黙の責任をもつのか？
6. 土地の開発、利用が終ったが、雨水貯留施設が残ったような場合（ビル、駐車場、ドライブ道路）には、その維持管理をどのようにやればよいのか？

民間開発業者の疑問

7. われわれが、公共機関の要求する貯留施設を作ることを拒絶した際に、公共機関が開発許可証を発行しなかったら、それは、合法的なのか？
8. われわれは、貯留施設の建設費と土地の価格の一部または全部について、地方公共機関に弁償をたのめないのか？
9. 一度われわれが、地方公共機関の要求と基準にしたがって、貯留施設を作ったあと、将来もときびしい基準ができれば、われわれは再びそれを法的に要求されるのか？
10. もし、この貯留施設によって、地下室の浸水のように、われわれの財産が被害を受けたら、公共機関はその損害に対して法的に責任があるのか？——というのも彼等がこれを要求したのだから。
11. われわれは、この施設を何年位維持管理しなければならないのか？
12. もしわれわれが、町のすべての永久施設（建築物、駐車場その他）を将来こわせば、この貯

留施設を撤去し、維持管理しなくてもよくなるのか？

これらのすべての法的疑問に答えるのは、1人の有能な弁護士でことたりるであろう。そして、うたがいなくそれは、各地の法のちがいから、ちがうものになるであろうし、各地での本施設の必要性の程度がこれを決めることになるだろう。その意味で、これに係わる人は、まず自分の弁護士のところにいけば一番適切といえるのではないだろうか。

〔法律の考察 (Legal consideration)〕：貯留施設の建設または管理に先立ってしておいた方がよいいくつかの問題は、

1. 排水法 (drainage law) の法的解釈
2. 施設を要求する公共機関の権限 (authority)—— および貯留および放流に関する詳しい条件。
3. 施設が、屋根であれ、駐車場、池かその他のものであれ、その維持に関する法的責任
4. 施設の操作または物理的な欠損による損害の法的責任
5. 将来本施設が撤去されたときの法的責任、もはや下流の地主の洪水被害は防げないから
6. 公私をとわず貯留施設から過剰な流量が出て、被害があった際の法的責任
7. 本施設のもたらす危険を少なくするための安全施設に関する責任、これは、子供が水辺を好むことが第一である。
8. 貯留された雨水の利用、消費に伴って、平常の流れが乱されるが、この利用権の問題などである。

〔排水法 (Drainage Laws)〕：米国では、次の3つが一般に排水法として認められている。

1. Common Enemy Rule
2. Civil Law (市民法)
3. Doctrine of Reasonableness

1番の Common Enemy Rule では、雨水を好ましからざる要素とみなし、地主は、下流で受ける側を気にせず、方法をとわず排水してよいことになっている。しかしあまり法廷は、この主義 (学説) にはしたがっていない。

一方、Civil Law では、他人の資産に害となる方法では流出を変えてはいけなく、通常の流れを不自然に変えてはならないとしている。これも判例では通常少くなっている。

合理学説 (reasonableness doctrine) は、この2つの両極の中間にあり、しばしば実際に用いられている法律である。前述の2法のどちらかが、個々の法にのせられているわけであるが、在来法廷では、それを努めて、平等の原理をもって解釈して来たわけである。こうしてこの合理学説のもとで、流出の貯留の法解釈が、その合理性によって試されることになる。もし本施設の操作によって下流の資産が被害を受けなければ、恐らく合理的ということになるだろう。この観点そしてこの貯留の目的が下流資産の保護にあることから、施設の操作から起る法的問題は排水法の観点からはないものと思われる。

〔雨水貯留を要求する権限 (authority)〕：市町村は都市排水の責を州に対しておわないし、排水の欠陥による被害の責もおわないのが通常とされている。しかし大ていの都市は排水施設を作っているし、開発業者にも新規開発に際しては、作ることを要求している。通常細分化条例に、

承認の条件として、排水施設整備があがっている。貯留施設整備の条件は、細分化条例、区分条例、建築規則、水質汚濁条例、上下水道条例など種々の地方条例の中に、政策の説明として入れられている。この種の条例の権限に関する判例はまだない。この法的権限に関する意見の大勢は、承認条件の妥当性、種々の立場に対するその条件の柔軟性にかかっているということのようである。

〔施設の維持管理〕：管理の法的責任はどこがもつか、はむづかしい問題である。とくにそれが大きな施設の場合はそうである。裁判例もまたもちろん判（決）例もない。しかしいくつかの都市では、公共の責任だとする法律家と合意に達しているように思われる。というのも、施設は公益のために作られているからである。しかし、いつもそうではなく、逆に民間に維持の責を負わせているところもある。少くとも一つの地方団体（イリノイ州パラティン）では、管理は民間の責としている。ただ地主ができないときは、料金を出させて市が管理している。

その責任は、施設の設計、建設または管理に欠陥があったのか、それとも、その雨が設計以上であったかによってきまる。そんな場合しばしば法廷では、排水施設によるはんらん量を調べる。つまり、問題の排水施設によって増加した被害にもとずいて判断されるのである。

〔安全性〕：貯留施設を意図する場合の大きな問題の一つに安全性がある。所有者は責任をもたねばならないし、また子供を守るためにも、公共機関の担当者は、フェンスをつけることを求めることになる。

このような個人的な事故に対する法的責任を支配する法律は、そのおかれた状況や、関係する公共団体によって大きく変る。例えば、イリノイ州クック郡での話であるが、衛生公社の弁護士の見解では、フェンスの利用は決して所有者の責任を減じてはいないとのことである。すなわち、貯留施設自体は、アメリカ各地の排水法によって“魅力ある危険”ではないということである。またそれ故に“attractive nuisance doctrine”は適用できないということである。*

〔上水道のため池（Water Impoundment）〕：乾燥地帯や灌漑を行う地方では、この貯留に関連して水利権が重要な問題となる。もし、上流の貯留施設の操作量が、蒸発や浸透による減水、または流域変更のために長い期間にわたって下流への水量をへらせば、下流の利用者は、前からの水利権（water rights）を主張して訴えるかもしれない。

この貯留と水利権の問題の例にニューメキシコ州アルバカーキに関する報告がある。本市は雨水をため、地下へそれを浸透させる施設を作ろうとした。しかしこれは、結果的にリオグランデ川への流量がへることになり、これは、リオグランデ水利条約に違反することになるのである。この条約は、1938年に結ばれたもので、米国とメキシコ間の国際的な分岐のとりきめでもある。どんな表流水でも無理に浸透させる場合は、約束によって、他の水源からもって来ねばならないのである。

〔まとめ〕：本節は4人の有能な弁護士から情報をえたが、弁護士によって書かれたものではない。さらにここでは、雨水貯留の法律的検討を意図したものではない。一般的な法律問題は、具体例

*ここらは少し不明である。

がないかぎりやらなかった。判例もあまりなかった。しかしあったとしても、地方によって法を異にすることは、わかっているのである。

問題に答を与えるかわりに、この施設を実施するに当って遭遇する法的問題点を指摘しておいた。もっとより多くの問題があろうが、現在結論できることは、法的解釈は、一般化するには困難で、意見や判断を徴するには、未発展で、しかし無視するにはあまりに重要ということであろう。

非常に不確実な問題を含んでいるので、開発業者は、建設前に有能な弁護士の助言や援助を求めるべきであるし、公共機関の担当官も、その権限を充分調査し、必要な法制の採用を検討しなければならない。

2-7 維持管理 (Operation and Maintenance)

この問題は、その効果そして、市民の受け容れやすさをきめるものであることから重要である。これをうまくやらないと、貯留の有効性を損なうのみならず、施設を不健全なもの、目ざわりなものにしてしまう。実際本法と他の洪水防御手法を比較して、一番むずかしい問題とされるのがこれであり、もっとも反対される要素なのである。

【調査結果】：公共機関および建設会社に関する調査によれば、やはりオペレーターの重要性和管理の困難さを指摘している。両調査とも、問題を構成するあらゆるすべての要素および欠点と思われることを回答者にのぞんだのであるが、表-4(a), (b)にそれがまとめてある。

表-4 現地貯留の欠点

(a) 公共機関の回答

要 素	回 答 数	
	Yes	No
からの貯水池の美観が悪い	101	61
蚊の発生がふえる	107	56
浅い池で藻が発生する	108	48
操作の困難性	81	69
子供に対する危険	92	54
その他の欠陥が予想される	18	5

(b) 建設会社の回答

要 素	回 答 数	
	Yes	No
維持・操作	31	2
土砂堆積	26	7
子供の安全性	23	8
ダムの欠損による危険と損害	21	10
蚊の発生	16	15
水生植物	14	16
その他	9	3

APWAの調査(1972)による

まず表-4 aからは、公共機関の回答者の54%が操作の問題を気にしており、また2/3が、景観、蚊の発生、藻の発生および安全性の問題を重要とみていることがわかる。一方多くの設計技術者は、第一に通常の維持管理をあげ、とくに子供の安全、ダムの欠陥による損害および堆砂を挙げている。また半分が蚊や藻をきづかっている。

このように、関係者は、維持管理の問題を挙げているが、必ずしもこれを致命的な欠陥とはしておらず、このために、この方法が都市域の洪水防御の一法として不採用になることはないようである。

〔維持管理の分類〕：

1. 藻類および水生植物のコントロール
2. 蚊のコントロール
3. 汚濁問題
4. ゴミ除去
5. 土砂除去
6. 安全対策
7. 水理構造物施設（パイプ、ゲイト、ポンプ、水路等）の維持
8. 一般維持

〔藻（Algae）および水生植物のコントロール〕：この問題は、施設が屋根上であれ、恒久的な池であれ、すべての貯留施設に関係がある。まず、通常水を入れない施設の場合なるべく早く排水するようにすべきである。駐車場などは、数週間で藻が発生して問題になる。大きな池は、小さな水たまりがどうしてもできるので土管などを入れるのがよいであろう。

恒久池では、もっと困難な問題となる。雨水は一般に栄養が豊富なので、汚濁物質の流入を少くするため、浸食防止や路面清掃によって、この問題を減少させる。殺藻剤もあるが、その残がい再び栄養補給になるので、あまりすすめられない。また池の場合、ガマ（cattail）その他の植物の生長の問題がある。水深を4フィート以上にすると、これを防ぐこともできる。

植物の生長をとめようとする目的は、景観のために有機物の腐敗を少くする、レクリエーションを容易にする。そして、排水口の目づまりを防ぐことなどである。とにかく適切に管理しても水生植物の発生はさけられない。しかし、少くすることはできる。

〔蚊の制御〕：これは、藻類の制御と同じであるが、これらは、4日もためるとすぐ蚊の発生をみるので注意が必要である。恒久池では、魚を入れてこれに食べさせることである。他に薬で殺す方法と、水を十分に流してボウフラを発生させないことであるが、後者はどうしても岸辺付近で不可能であり、なかなか成功しにくい。

〔汚濁問題〕：この問題は、水をたたえる施設に限定される。汚染は、主として路上の汚濁物質、自動車の油、肥料、殺虫剤など流出によってもたらされるもの、および池の利用者の廃棄物などに起因する。20エーカー程度の大きな池は、モーターボートが可能になるが、この場合、オイル Pollutionもおこる。どうしてもよごれざるをえないが、その汚濁源の確認は必要である。

この他、下流に対しては、自然浄化を含め、稀釈によってもよい効果をもたらす。

〔ゴミの除去〕：これも、すべてのタイプの貯留施設の排水口が詰まるのを防ぐのに必要である。ゴミ、刈芝、葉、木枝など施設それぞれに影響の差こそあれ、入っていくことができるので、町の中では、なるべく入らないように、また定期的な清掃が必要である。

大きな池は、流出によるばかりでなく、近くの地域からも入って来る。排水口入口のグレイティング（格子）の目づまり防止、またゴミよけを考慮する必要がある。

〔流入砂対策〕：雨天時、流入水の流速が急激におちるため、一緒に入って来た土砂が池内にためられる。すなわち貯留施設は、非常に効果的な土砂だめであると共に、維持管理上の重要問題でもある。土壤保全局の計算資料によれば、イリノイ州北東の80%が開発された地域では、1000エーカーの土地から3.5エーカー・フィートの土砂がでて来るとのことである。土砂だめの効率や、その除去法については、6章で詳しく触れる。

もう一つの流砂源は、施設の岸の浸食であるが、これは芝の植付けによって少くできる。

〔安全管理〕：この中には、フェンスや排水口の防御その他が入り、これらが一般人を危険から守る。これらは、管理者の責任を除去するものではないが、危険を最小にしてくれる。これらが十分チェックされるべきことは、いうまでもない。

〔施設の維持管理〕：これには、排水出入水路の清掃、パイプの破損、水もれの修復、またポンプ排水地域ではポンプの維持などがある。ポンプの使用は、維持管理にも非常に高くつくものである。またポンプを施設からの排水に用いているところでは、もっとも重要な施設となる。なぜなら、次の雨に備えて、確実に排水しておかねばならないからである。

〔一般管理〕：これには、効果的な操作および施設とその近隣の景観の保全に必要な項目すべてを含む。この中には高水位以上の芝刈り、ヤブの除去および必要な箇所のペンキぬりなどが入る。

〔まとめ〕：適切な管理が安全、十分かつ効率的な運用を可能にするが、その中の8つの項目について簡単に説明を加えた。なかでも重要なのが水理施設の管理と土砂のコントロールである。前者は、他の排水施設とかわりがない。また後者については6章で詳述する。この二つに加えて、本施設を地域の中で景観上素晴らしいものに管理することが大切である。

2-8 建設費と財源措置 (Costs and Financing of Facilities)

施設建設にあたって、財源の確保の手段が重要である。公共機関がつくる場合、費用の推定と財政支出の方法は、決して特別なものではないが、それにもかかわらず、この両者の検討は重要である。すなわち開発業者に課せられた義務も、その貯留の効用が一般大衆に及ぼすとき、複雑な問題となり、その費用分担についても広く議論を呼ぶところである。たとえば高地に土地をもつ地主は、単に低地に住む隣人のために自分が金を出すことには抵抗しよう。

〔公共機関の調査〕：230の公共機関に対する調査の内、貯留施設を命令された場合、だれが費用を分担するかの設問があった。表-5はそのコストアロケーションに関する回答が示してある。これによれば通常土地開発業者が主に負担し（59イエス）、たまに公共機関が出している（14イエス）こと、またジョイントの場合もあることがわかる（26イエス）。

表－５ 地方法制によって施設が要請された場合の費用分担

費 用 負 担 者	公共機関の回答数	
	Yes	No
開 発 業 者 (Land Developers)	59	6
公 共 機 関 (Public Agency)	14	30
両者の共同 (Jointly by Developer and Public Agency)	26	24
そ の 他 (Other)	3	10

APWAの調査(1972)による

[費用]：建設そして維持管理費用を算出することはなかなかむずかしい。施設の種類、必要貯留量、地理的地形的条件、労務費、資材そして設計費などが、地域条件、将来の賃金、初期および将来費用を含める必要性などによって、施設の費用を変化させる。たとえば貯留のための屋根の改装は、おそらく地価の高いところに同容量の池を作るのよりも、恐らく安いと思われる。しかしその事業の効用期間にわたっての維持費を考えると、これは逆にならう。また、土地の取得の難易および地価が重要な役割をもつと思われる。

その意味で費用を列挙するよりも、考慮すべき項目を挙げておくことが有効と思われる。

1. 貯留池の地価
2. 掘削および地均し費用
3. 貯留池および水路の浸食防止対策
4. フェンス等の安全対策
5. ポンプ施設および動力費（ポンプ併用型の場合、主費用となる）
6. 排水口、取水口、および池前後の下水道
7. 貯留地域の多目的利用を高めるための施設の費用
8. 近隣都市施設の関連整備費用（たとえば道路の再舗装や橋梁の設置など）
9. 流出を制御する水理構造物の費用
10. まれな豪雨をさばく余水吐の費用
11. 池の修景費用
12. 土木および美観のための建築
13. 維持、管理費用
14. 屋上、駐車場または広場の修正、改装の費用
15. 行政上の費用
16. 財政のための費用

このうちいくつかは、条件によって必要ないであろうし、またある種のものは、当初の土地開発計画に組み込めば安くすもう。屋根上貯留も建築前に計画した場合、建築後に新たにつける場合に比して、圧倒的に小さくできる。その他の種々の費用は、在来の手法で十分推定できる。

オープンスペースを用いての貯留池では、土地の費用がなんといっても大半をしめる。たとえば、イリノイ州北東部での例では、総費用210～250万ドルのうち180万ドルすなわち72%以上を占めた。またシカゴ大都市圏衛生公社では1エーカー・フィートあたり5500ドルかかるとしている。

イリノイ州のホフマン不動産会社の1戸建住宅開発の場合では、貯留池の建設費用は区画あたり100～300ドル（1区画は1/2エーカーまでである）であり、これを設けた排水システムは、これを設けない在来の下水道の敷設費用より相当安かったとのことである。この場合、住宅の価格にも当然反映されたであろう。またおまけにその池のレクリエーション利用や景観をよくするというメリットもある。

メリーランド州での住宅建設中での浸食防止用の池はロットあたり50～70ドルである。これらの池は、浸食およびそれにともなう堆積防止のためにつくられるものであるが、同時に恒久的に設置されれば、はんらん防止や汚濁防止にも寄与する。

しばしば土地やできた施設を開発業者から公共機関へ寄贈する調整がなされることがある。この方法によっても、建設費を大巾に減少させることができる。加えて資産の所有者は、その維持管理費の負担からのがれることができる。しかし、土地開発業者が当初の施設費を分担したところでは、実際の費用は、当然各区画の最終的な所有者の負担となる。もし、本施設がすべての上流からの流出をためなければならぬとすれば、同よう最終所有者に大層な費用の負担をかけることになる。

どこかで費用をかければ、それは貯留池費用の減少となる。たとえば屋根上貯留を行えば、屋根からの排水管を小さくできるし、すべてのタイプの雨水貯留は、下水管の必要管径を減少させるなど。この点については本章や4章でもっと詳しく触れる。

【財源措置】：これには、費用分担の方法によって種々の変化がある。たとえば、

1. 連邦の補助

a 住宅および都市開発省の資金

(1) オープンスペース事業

(2) 上下水道施設事業

b 土壌保全局流域計画資金

c 陸軍工兵隊、洪水防御事業

d 国立公園局、土地および水保全資金

e 内務省、戸外レクリエーション局事業

2. 州洪水防御資金、および公園資金

3. 排水公社資金

4. 衛生公社資金

5. 郡・森林保全公社資金

6. 一般公債 (general obligation bonds)

7. 一般改善公債 (general improvement bonds)

8. 特殊改善公債 (special improvement bonds)
9. 次にかかげるもの1種または組合せによる排水割当金 (会費)
- a 資産額
 - b 資産の大きさ (面積)
 - c 排出水量
 - d 家の道路に面した長さ
 - e 受ける利益
 - f 流出口または処理場からの距離
10. 下記各項のための地方自治体の基金
- a 洪水防御
 - b 下水道建設
 - c 公園および多目的プロジェクト
 - d 一般改善
11. 多目的プロジェクトの利用の際の利用料
12. 掘削土の売却
13. 土地開発業者の負担金
14. 下水道使用料
15. ガソリン税
16. 売買税

施設や場所にもよろうが、以上のリストは種々の代替案を提供する。しかし、新規開発に際して、資産所有者に対する初期そして毎年の費用の割当は、なかなかむずかしい。たとえば現在開発が進行中とかすでに広く開発がなされているところで、新しい開発が計画された場合、その結果、増加する雨水貯留量に対して分担する費用の決定の問題がおこる。他にもあろうが6つの費用割当の方法を以下に示す。

1. 流域の大きさによる方法 (Method of oversizing): この方法では、新規開発業者は彼の開発する面積にのみ比例して、負担するものである。そのためその土地利用のちがいによる流出の相異を考慮しないところが不十分といえる。
2. 流出寄与による方法 (Flow-contributed method): これは上と似ているが要は新規開発の土地利用によって流出係数 c を変えることである。それ故、料金評価額も流域総流出量との比によってなされる。この方法はコロラド州ボルダーで用いられている。
3. ピーク流量による方法 (Method of peak flows): 前法の変法である。負担は全体からのピーク流量に対する比によってきめる。
4. ピーク時刻変法 (Peak flow - time method): 本法は同よう前法の変法である。負担金は、ある時刻、すなわちピーク流量時刻の流量においてきめる。すなわち、もしある区画からのピーク流量が全体のピークとずれるようであれば、負担金は少くなるのである。すなわち、新規開発がピーク流量 15 立方フィート/秒 を出すとしても、全体のピーク (100 立方フィート/秒)

への寄与が5立方フィート/秒 なら5%しか分担しないというものである。

5. 節約比法 (Ratio of savings method) : この方法では、もし各開発者がそれぞれ雨水貯留施設を作ったらいくらかかるかを考え、これをもとに負担をきめる。つまり2つのダムが100万ドルおよび300万ドルかかるとして、まとめたものが240万ドルならそれを1:3にわけける。

6. 流出口からの距離による方法 (Distance from outlet) : この方法では、排水料金は、その地区までの下水管の長さによってきめられる。つまり1マイルの距離にある区画は2マイルの区画の $\frac{1}{2}$ でよいことになる。もちろん本法は、前記5法と組合せうる。

上記6つの方法は、国中で程度を異にして使用されている。たとえば、コロラド州ボールダーでは、ある区画からの流出量を標準区画と比較して決定される。標準区画の面積は9600立方フィートであり、流出係数は0.3で、これで月1ドルである。コロラド州アルバーダ (Arvada) では、区画の大きさと流域の特殊性に応じて1度限りの料金を払う。ヴァージニア州フェアファックス郡では、貯水施設の費用は開発者もちであり、その分担は開発区画の価格によっている。現地貯留施設の維持管理は、それが屋根上や駐車場またはその区画住民のためのレクリエーション施設として作られる場合は所有者の責任となるのが普通である。ときには施設は地方行政機関や公的な排水公社に譲渡される。このときにはやはり管理責任も、その費用ももつこととなる。

[まとめ] : 施設を作り、維持管理することも相当高くつこう。とくに種々の施設の個々のコストをあげることはしなかったが、その費用のリストはあげておいたので、役にたつであろう。施設の財政措置もいくつかの方法がある。要は、地主のためでなく下流の人のために誰が支出するのかである。その費用の分担法もまた問題である。これにもいくつかの方法があるが、公平を期して、あまりコメントはつけなかった。公共団体は、現実に即した方法をえらぶであろう。

2-9 経済性と技術的な効用 (Economics and Engineering Effectiveness)

都市域での本法実施の経験からいって、本法は雨水排水に関して、もっとも経済的な方法たりうることがわかって来た。この十年間での資料からみても有効なことがわかる。当初設計された貯留量が適切な維持と管理のもとに保持されるならば、長期にわたって本施設の効果が保証されることはいうまでもない。さらに、十分な維持管理は、当然計画面で始めから想定されねばならない。もし、それが果せないなら、そんな施設は作られないだろうし、作られても一時的なものとなろう。

[貯留の経済性 (Economics of Detention Storage)] : 本法は、当然他の流出対策手法と比較されるべきであり、そしてそれには、当初費用と維持管理費が入らねばならない。もちろんこれには施設の効果を基礎におくべきで、例えば10年洪水用の貯留施設と100年洪水用の対策の費用を比較しても意味がない。2種の排水施設の比較のための厳密な費用に関する資料は、それらが正確に同条件で運用されることはほぼ不可能な故に、えられるべくもない。事実、本施設は歴史がまだないために、維持管理費に関する正確な資料はない。建設費は比較可能であろうが、維持管理費は理論的な見地から検討される価値があろう。

第4章で詳しく述べられるが、地表面や舗装地域を貯留池に利用するのは、当初費用が著しく低くてすむからである。例えばコンソリデートド貨物輸送会社は、ミズーリ州セントルイスにトラックターミナルを作ったが、その際必要な在来の下水道を作れば15万ドルかかることを駐車場の上に貯留池を作れば、下水道の径を減少でき、3万5千ドルの支出減になることがわかった。

この場合、湛水は駐車場のあまりしばしばとは使われない部分でおこり、維持費用は、排水口と貯留部分からのゴミ清掃に限定される。しかし、これにしても、本来定期的な清掃費用はかかるのであり、そんなことを考えると、舗装地域の利用の場合は、ほとんど費用はかからないことになる。

もう一つの例は、現在セントルイスの近くのみズーリ川の河原に建設中のアースシティである。ここで計画した貯留池（フィンガーレイクス）システムは、在来の排水施設の費用を500万ドルから200万ドルと51エーカーの土地に変えた。すなわち貯留池の採用によって資金が少なくてすみ、加えてその岸沿いの資産や建築物の価値も増すであろう。

浸食および堆積の問題や、水草や藻の発生など湖として維持費は雨水管のそれに比べて大きいだろうが、この費用の一部は本来の湖の維持費からでもよう。

他の費用節減例は、イリノイ州ブルミングディルでのインディアン湖不動産会社の1戸建住宅開発の場合で、ここでは72インチの雨水管新設のかわりに現有の下水管の管内貯留を利用するものであるが、これによって60万ドルの費用から73万ドル節減できたのであった。またケンタッキー州のフォートキャンベルの場合は、同よう100万ドル以上という費用を55万ドルに節約できた。

屋根上貯留（Roof top Storage）の経済効果の推定はもっとむずかしい。まず雨水をためるための屋根の設計に余分にかかることは覚悟しなければならない。ために雨水から落下樋への流入を制御するための標準排水口は、製造業者から入手可能であり、またパイプの間隔や大きさについては、詳しい設計図がいくつかの製造業者から手に入る。また屋根上に雨水をためれば、樋（roof leaders）の大きさは小さくでき、ひいては費用もへらせるが、そのための屋根の耐水性（水密性）や、余分に構造的な強度をもたせるのに、よい職工の技能が必要となる。とはいえないところでは、屋根の活荷重として、6インチの雨水に耐えるよう設計されねばならないので、現在の建築規制にあった構造設計は満足するはずである（極西部と南部を除いては）。またつまったものの除去等の定期的な維持は行われねばならない。

屋根上貯留は、下水管内のピーク流量をへらすのに著しく経済的な方法と思われる。屋根上貯留は、多くの建築規則や製造業者の資料に規定されているように最高24時間に制限すべきであるが、想像できない事態によって長期に貯留する場合も、そしてそれにもなう漏水や家屋の欠損も起りえよう。長期の観察結果がないので詳しくは評価できないが、本法は経済的であり適切な設計と技術を得た場合に特にそうであることは明記しておくべきである。

屋根上貯留の真価は、他法と比較した場合に発揮される。すなわち完全に都市化したところで可能な、たった一つの方法であることである。というのも、オープンスペースも、とても手に入

らないし、ディープトンネルや地下貯水槽も、その初期および維持費用、地形条件または関係公共機関の規定条令等のため、あまり可能でないからである。

総じて、雨水の現地貯留の経済性はよいようである。とくに施設が多目的とくにレクリエーションに利用できる場合は、その経済性は増加する。費用の一部を他にも割当てられるからである。

しかし、本法もいつも経済的とは限らない。とくに維持管理の問題やそういう土地がないような場合は、他の方法が経済的に正当化される。たとえば本法はシカゴ圏の郊外で公共機関によって推進されているが、というのもシカゴの都心では、そんな土地もなかったし、また貯留可能な水平な屋根も十分になく、また加えて屋根と駐車場での貯留は、シカゴでは行政上からも可能でない。このためシカゴでは郊外で貯留を推進し、市内では地下貯留で行ったのである。

[技術的な特徴 (Engineering Effectiveness)] : 技術的な効果については、経験によってきまって来るので、歴史の浅い本法の場合まだ多くはいえない。しかし、2, 3の例ではその効用が実証されている。たとえば、ケンタッキー州、フォートキャンベルではもう10年間も成効裡に利用されている。その経済性については、先にも記したが、技術的にも今日までとくに大きな問題もなかった。イリノイ州のホフマン不動産会社の宅地開発も同よう15年間うまくいっている。この場合は本来の目的だけでなく、景観による寄与もしている。

メリーランド、ヴァージニア両州の一部では、高強度の降雨による流出のために、浸食堆積対策として本法が採用された。本施設はハリケーンアグネスで知られる1972年の豪雨でも有効に働いた。

大きな貯留池で、有効とわかった例はシカゴ大都市圏衛生公社の11.5エーカーのメルヴィナディッチ貯留池であり、その費用は、土地を除いて89万2千ドルで、土地は公共団体の供出によっている。ここではポンプを使ってたまった水を、下流の排水溝が許す範囲で排水している。なおこの貯留池は多目的利用に設計されている。建設以来上下流に浸水は見られず、また下流での必要な下水道施設との比較でも100万ドルも安く済んだとされている。

現地雨水貯留の根本的な哲学 — すなわち都市化によって増加したピーク流量を開発前のレベルに減少させることは、自然の水循環を人間が変えることを最小限にする試みである。流量の増大が問題になる地方都市では、本法の採用は生命、財産および天然資源をまもるべく、流出を開発前の状態にもどす手段として有効であることがわかって来ている。

しかし、そうでないところもある。例えば湖の岸近くで、排水施設に適した勾配の台地の上に位置するようなところでは、雨水はできるだけ早く湖に出した方が有利であろう。

都市流出水がしばしばひどく汚染され、将来なんらかの処理が必要になることが、最近理解されて来ている。とくに合流式下水道が敷設されている地域では、適当な貯留容量をもたない雨水と汚水の処理にピーク流量までも処理できる容量をもった処理場の建設が必要となろう。しかしこれは経済的には通常不可能である。また合流式の汚物の処理よりも、汚水と雨水と分離した処理が望ましいといわれている。この理由は、雨水中の汚濁物質は、晴天時汚水に比して種類が多く、それに応じて多様な処理が必要だからである。もし、都市排水施設に雨水貯留施設が組み入れられれば、将来必要となる処理施設の大きさは最小にとどめられよう。つまり、これによって

建設費をうかし、雨水処理過程を効果あるものにすることができるのである。

[まとめ]：現地貯留方式は、他の手法と同じよう、都市排水問題に関してあらゆる場合に最適解になるとは限らないが、ある地域では在来システムに比して、経済的にもまた技術的にも好ましいことが実証されつつある。今後新しい雨水貯留手法が生れ、水質汚濁に関する厳しい法律や、この手法を利用した水源増への欲求と結び付いて、その経済性や技術面での効果をのばしていくべきであろう。

2-10 実施にあたっての問題点 (Problems of Implementation)

計画および設計段階をすぎて実際に建設そして管理を行うことになる多くの実施上の問題点が出てくるし、またそのうちのいくつかは恐らく予測できないものもあろう。これらの問題について、それらの障害を指摘し、その解決法を検討することは、本法を採用しようという人の助けになろう。

問題には、

1. 法律上の問題——すなわち公共機関が、土地所有者や土地開発業者に雨水貯留池を用意させ、そして管理させる法的根拠についてである。
2. 政治上の問題——現存法、建設規制、土地利用区分条例、土地利用細分化条例などを改正して、現地貯留の条件を含めることによって、排水およびはんらんの問題を解決するべく、実際的で、有効な、そして政治家や関係公共機関の担当官に受け入れられるようにすること。
3. 行政上の問題——以上の法律や条例の執行に関係すること。
4. 一般の受け入れ——市民達に、彼らの社会にとって本手法が、実際的な最良の方法であることを理解させる問題
5. 建設の難易度——立地条件など建設に関する問題
6. 財政上の問題——施設の費用の分担および当初および維持管理費用のための財政補助の獲得の問題
7. 行政機関相互間の問題——他機関と一緒に仕事をして、あまり一般的でなく、しかも協力を要する問題を解決するに必要な問題

[法律上の問題 (Legal Problems)]：雨水貯留を義務付ける法的権限については、先に本章で議論した。基本的には、地方行政機関は法的にこれを要求することができると思われるが、二、三の問題は残っている。すなわち条件の厳しさ、法条例の種類、貯留池の設計に関して、局地的な処理にとどめるか、地域計画として対応するかなどが答えられねばならない。これらの法的な見方は、州によって異なるし、またそれ故に本施設を考慮・計画している開発業者も当然遭遇するこの法的問題をもっと知るべきであろう。

[政治的な問題 (Political Problems)]：権限の確立は、有効な事業を始めるにあたって必要な単なる第一歩にすぎず、第二歩は法制度の確立であり、これによって排水問題解決は容易になり、しかもこれは政治的には可能なことである。しかししばしば立法者によってなされる妥協と修正は、法の初期の目的が果せなくなるほどまでに法の意図を変更してしまうことがある。とく

にこの問題は、開発業者が課せられた貯留条件が厳しいと思っている地域では、むずかしい問題となる。それがその開発が土地の政治家や一般大衆によって歓迎されるものであるときは尚更である。

この対策としては、貯留推進機関による啓蒙活動が、有効な方法と思われる。すなわちこれを採用すれば、その便益は不利な面より大きく、住民の利益を増進し将来の開発計画とも両立するものであることを、政治家や開発業者に納得させることである。

〔行政上の問題 (Administration)〕：しかし、条例などの通過は必ずしも担当官がその法意図を遂行する保障にはならない。条例は、その適用に当って行政判断の入る余地を考慮して、柔軟なものでなければならないが、また同時に必須な行政監督を弱めるほどゆるいものでも困るのである。

APWA による公共機関に関する調査については一部先に触れたが、ここでは、その中から採用している法制の種類、行政および法の執行責任の所在について簡単にふれておこう。表-1は、貯留池を規定するために採用している法制度を示しているが、これによればほとんどの地方機関がそのような法制度をもたないこと、もっているところでは、土地利用細分化条例と行政細則が多く、地方建築規則や土地利用区分条例が少ないことがわかる。表-3によれば、貯留池を管理監督するところとしては、市土木部が一番多く、ついで順に建築監督署、はんらん原利用区分事務所 (flood plain zoning office) 水道部または下水道部、保健部および利用区分作業所 (zoning enforcement office) などである。同よう郡部でも郡土木部が主で、そのほか郡道路部もある。ほかに下水道公社や都市排水公社があるところでは、その機関がその権限をもち、地方行政機関と協力して行っている。

条例は、貯留に関する行政決定について地方裁判所の意向が反映されるように作られねばならない。また法律的に改善できるかどうか行政担当官が、法の精神を真に体して実施しているかどうか定期的に検討されねばなるまい。

〔一般住民の反応 (Public Acceptance)〕：一般住民が、その法をいわば承認しているのかを調べるのはむずかしい、とくにそれが公共建造物の場合は、とにかく住民というものは、洪水防御工作物が近くにできるまでは、そしてまたはそれが彼の生活を変えるまでは、あるいはそれが彼に不便を強要するようになるまでは、洪水防御事業を希求するものである。いわばこれは人間の常といえるであろう。すなわち、彼の近くに作られる雨水貯留池が彼等に益すること、或いは、商業ビルディングの駐車場や屋根を雨水貯留可能にすることが、決して顧客をへらすことにならないことを信じさせることは、なかなか困難なことである。その点、担当官が広報活動 (public relations programs) を行って、可能な代替案の説明や、もっとも好ましい洪水または汚濁防止対策として本法をえらんだ理由の説明をすることが必要である。

〔建設および設計上の問題点〕：この問題には施設の計画設計に当っての建築および土木工学的な問題が含まれる。これについては第3章で詳しく検討される。

屋根については、やはり効果を挙げるには、沢山の水をためたいので構造的には、しっかりしたものでなければならないが、望むべくは水平に近い方がよい。大きい方が好ましいことはいう

までもない。

駐車場や商業プラザの場合は、貯留と本来の目的の両者を考慮して、設計しなければならないが、利用者の不便についても設計を工夫すれば完全とはいかないまでも解決できよう。

地表の貯留池となるとなかなか簡単にはいかない。これには、(1)土地取得の難易度、(2)地価、(3)地形および、(4)地質・地理（とくに岩層やその他土の透水性、地下湧水などの問題）などがある。すなわち、大貯留池の場合50エーカーも必要となろうが、適切な場所でそれが手に入る保障はない。また費用がバカにならず、1エーカー2万5千ドル程度はするだろうから、50エーカーで125万ドルということになる。また地形によっては、大量な掘削が必要となり、コストもかかる。好ましい地形では、重力排水が可能だが、そうでない場合はポンプが必要となり、年間維持費もかさむことになる。最後に地質によっては建設を非常に困難なものにする。岩石は掘削費用がかさむし、逆に砂だと透水性が高くなり、恒常的な池にしたいときは、シールが必要となる。また湧泉にぶつかれば、分流しなければならない。

〔財政上の障害（Financial Impediments）〕：前項で挙げた問題の多くが、建設費または維持費の増加に関係していた。しかし初期の建設費や、その後の維持管理費を上げることは、財政上そして政治的にも困難となろう。すなわち政治的には、施設に資金を出す側や、あるいは公共資金を出す担当官に貯留の効果があまり明らかでない場合そうであるし、財政的にも公私の機関共その財政は火の車だからである。

〔公共団体間の問題〕：これは、施設の実施に影響を与える最も重要な問題であり、そしてもっとも解決の困難な問題かも知れない。われわれの多くの今日的な問題を解決するには、地域協力が必要であり、雨水排除の問題もその例外ではない。一般的に個々の自治体ではすべての問題を満足いくまでに処理することはできない。つまり、地域あるいは流域全体としてのアプローチが必要なのである。

例えばある町村のはんらん原が自分の町からの流出によってはんらんするのは、一般的でなく、通常流域の上流地域からの流出による。それ故、この問題を解決する決め手は、あくまで上流にある。しかし、公共団体間の洪水防御事業でもない限り、下流の資産のために中流の町村が貯留施設を作らないことは、ほばたしかである。このような際に公共団体間洪水防御事業が必要になるのである。この種の事業は、公共団体間の合意あるいは、地域排水公社または衛生公社のような執行機関の設立によって有効なものとなる。

〔まとめ〕：雨水の現地貯留を義務づける作業の遂行にあたって、しばしば障害や問題がおこる。その中には、法律上、政治上、行政上の問題、住民の受け容れ、建設上の困難、財源の問題そして、地方自治体間の関係などが挙げられる。実施に先立って、これらの障害をよく認識し、問題の解決に努力しておけば、実施にあたって最小の努力と遅延のみで、これらの障害を克服できるものである。

第3章 設計基準とその実施および手法

(Design Criteria, Procedures and Techniques)

この章の目的は現地貯留施設の設計法とその適用に関するものである。その中には屋上、駐車場、地域レクリエーション、広場等における貯留および造成地内における小調節池が考えられる。

一般に雨水の現地貯留は下水道が完備していない開発地において過剰な流出水を貯留し、ピーク流出の終わったあとで徐々に貯留水を流し出すためのものである。あるいは、雨水は最初貯留施設の近くに設けられた集水溝によって短距離を運ばれる場合もある。

現地貯留は普通、流域の上流境界付近にあることで、下流域貯留とは区別され、後者は大きなダムなどの貯留施設を有するのに対して、前者は小さな施設で貯留する。しかし両者の間に明確な区分はない。

貯留 (Detention) と貯水 (Retention) という2つの語はよく混同されるが、貯留は一般に雨水流出を一時的に貯留させて再び自然の水循環にもどすものをさす。一方、貯水の施設は景観上や農業用水等のためにある期間水を溜めておくものである。貯水池の水は植物消費や蒸発散あるいは地下浸透を除いては自然の水循環にはもどされない。

貯留施設の目的は雨水流出を調節し、下流域への影響を自然にまたは人工的にやわらげることである。それは全流出量を減少させるのではなく、単に流出量を時間的に再分配するだけである。しかし例外はある。つまり土壌流出を防止するために等高線耕作された (contour-plowed)* 地域での流出量の減少である。現地貯留にはそれに付随する多くの利点があるが、その主要な目的はピーク流量の軽減ということにある。

貯留施設をうまく運用して得られる主要な利益は、下流域の洪水を減少させ、対象降雨の流出を操作するのに必要な下流貯留施設の容量を軽減させることである。またピーク流量減少に伴う利点として土壌浸食で生じる濁水による汚染を少なくすることをあげることができる。貯留池のまわりをとり囲むように緑地が形成され、公園その他のスペースの一部を潤す。さらに流出量の減少は下流水路での浸蝕まで減らすことになる。合流式下水道で雨水を処理しているような地域では、貯留池は下水道へのピーク負荷を非常に軽減し、オーバーフローをなくし土地や道路あるいは水質の汚染を防ぐ。

貯留施設は、法令の指示に従って建設されることもあり、あるいは建設会社が費用の安さに基づき、自分の裁量で、この方法を選ぶこともある。いずれにしても対象流域からのピーク流出量をおさえる目的にかわりはない。

計画者、設計者はともに施設ができ上がった時に生じ得る種々の影響について十分考慮する必要がある。その影響とは、良いものであれ悪いものであれ、社会的、経済的、行政的そして自然的 (環境上あるいは生態学的) なものに大別される。計画設計者のこれらの影響に対する判断は設計段階での決定案や代替案の評価にかかっている。彼らは当然のことながら次のようなことがらについて特に注意をはらう。

* 等高線に沿ってあぜを作って、流出を抑制する農法

- a 人間と動物の安全
- b 固定資産と動物生息地の保護
- c 計画上の制約と地域の社会的目標の範囲内で施設年間維持費の最少化
- d 施設の多目的利用
- e 地域の景観向上
- f 流域の雨水排水と洪水調節をより効果的にするための近隣共同体間の協力

都市における雨水貯留施設の設計は多くの技術的・自然的問題によって複雑である。それらは、

1. 以下の理由により洪水のハイドログラフ予知が難しい
 - a 現在から将来に亘っての土壌の条件が完全にはわからない
 - b 降雨強度と時間との関係についての情報が不完全である
 - c 流出量計算の公式、モデル、技術の適用性が不十分である
2. 貯留施設の容量に対してスペースに限度がある。
3. 貯留施設からの流出量を受ける下流の河川および下水道等の水理容量による制約
4. 将来、多かれ少かれ厳しくなるであろう上流の流出に対する法律的、行政的規制、もちろんこれによって造成地域で調節すべき流量および総流出量も変ることになる。

雨水の現地貯留の効果が認識されたとしても施設の設計者や設計を評価する機関によって共通に使用できる標準設計は作られていない。さらに上記のような技術的複雑さと、地域の政策や基準のちがにより標準設計の開発がおくれていることもある。しかし、雨水貯留施設設計の経験のない技術者に有用な指針を与える一般的手法がいくつかある。

3-1. 設計の実例調査結果 (Results of Survey of Engineering Design Practices)

建設設計会社のアンケートに対する答は種々の型式の貯留施設に対して種々の設計法が用いられているということであった。この調査によれば合衆国とカナダの40の建設会社のうち34が表-6に示すような601の現地貯留池を設計していた。

〔計画〕：現地貯留施設計画はしばしば雨水排水システムの計画中にとり入れられている。貯留施設を排水計画にとり入れた建設会社は表-7に示すとおりである。

表-6 建設会社の設計貯留池数

型 式	個 数
屋 上	75
駐 車 場	184
公園・遊園地の池	120
住宅地等の貯留池	146
池又は学校の校庭	18
地下水槽	20
そ の 他	18
合 計	601

表-7 貯留をとり入れた排水システム計画

システムの型	会 社 数	
	採 用 数	非採用数
雨水排水システム	26	5
合流式下水道システム	11	14
総合都市排水計画	23	7
農村地域排水計画	12	11
そ の 他	4	8

(1972年 APWA の調査による)

現地貯留の計画は地方の管轄機関の奨励によるものがよくあって、その中にはそれらによる設計上の制約や要望が入っているものがあるのも当然のことである。たとえば、計画降雨確率は最もよく使われるのが10年で、次が15年、また2,3の例ではあるが10年以下あるいは100年以上というのもあった。しかし、多くの建設会社ではあるプロジェクトに対する計画降雨確率の選定は、きまって実権のある地方公共機関の要請によるものであると述べていた。

流出計算は、初めは単位図法と合理式とによっていた。これらの方法を使っていた会社数は表-8の通りである。

表-8 現地貯留施設の設計に使用する流出計算法

方 法		会 社 数	
		使用 する	使用 せず
ラショナル式		22	4
単位図法	記録データを使用	14	3
	合成法による	17	2
降雨流出シミュレーションモデル		7	8
そ の 他		2	4

(1972年APWAの調査による)

必要貯留量については雨水貯留施設の設計に対しての考慮が十分なされなければならない。貯留量を決めるには数種の方法があるが、建設会社で使われている最も一般的な方法は開発地域の流出量を開発前のものにおさえるのに必要な量を貯留量とする方法である。しかしながら、土地の利用性と地形が経済的観点とともに制約因子となることが多い。そしてどの場合でも貯留施設より下流の排水システムの水利容量が貯留施設の容量を決定する因子となる。

設計者のあるものは実際の貯留量というのは施設の多目的利用計画によって決められると理解している。たとえば駐車場は通常の使い方をするためには、8インチ水深分位の貯留量しか利用できないであろう。同様に公園の池の場合もその貯留量は、景観上、レクリエーション利用、魚類の環境維持等の為に制約を受ける。

ある建設会社ではピーク流量の何パーセントかを貯留するという設計を行っていたが、多くは貯留池の容量を地方行政機関の指示に基づいて決めている。たとえば、シカゴ大都市圏衛生公社では100年確率降雨を設計に使用し、それによって貯留量の計算を行っている。

アンケート結果によると、地域の環境の相異により種々の異った方法で貯留量を決めているということがわかる。貯留量に関する基本的な考え方は下流での洪水を起さないように流出量を調節し、最終的には実績ピーク流量以下の流出量にしようとするものである。しかし、土地利用や経済上の理由から妥協的な案におちつかざるを得なくなることが多い。

〔排水量制御機構〕：表-9は自然排水の制御法を示し、貯留水を排水する種々の装置をにかけている。それらにはよく知られたものから、せき、余水吐、オリフィス、水理的制御型排水口、排

水ゲートがあるが、排水ゲートは各降雨時間によって適切な制御が必要なのであまり一般的ではない。

貯留水の最大排水量を設計する際の基本的な因子は、下流の下水道や水路がどのくらいの水量を処理できるかということである。この排水量は、計画されている土地開発がなされた場合にそこからの予測流出量を考慮して決められることがよくある。あるいは、最大放水量は流域が開発される以前に下流の下水道あるいは水路が受けていた自然流量を越えないように決められることもある。多くの場合、排水量の限度は流域の氾濫被害の性格や経済状況に応じて決定される。どの場合も、最大排水量は下流で重大な問題を起さぬよう、また施設自体については貯留による障害が後まで長びかないように決められなければならない。たとえば使用頻度の高い駐車場での貯留の場合は公園の場合よりも早く排水しなければならない。

〔問題点〕：地域洪水防御法としての雨水貯留施設にも問題がないという訳ではない。最も顕著な問題点は表-10に示すような管理運営上のものである。また土砂沈殿の問題も重要なものである。蚊の発生と水藻の増殖による問題は回答数の約半分程度である。

これらの問題の特徴は貯留施設の型式によって異なる。たとえば駐車場を貯留池として使った場合、水藻や蚊の発生あるいは、土砂堆積といった問題はないが維持、管理は難しい。なかには12の公園貯留池を含む13の貯留池を造って大した問題を生じていないという会社も一社だけあったが、ほとんどの会社では貯留施設の利用に際してなんらかの問題が生じていることを認めている。しかし、それらの問題は何とかできるものとも考えている。

表-9 重力排水の制御法

方 法	会 社 数	
	使用する	使用せず
せき又は余水吐	30	0
オリフィス	23	4
水理制御型排水口	19	6
排水ゲート	15	12
そ の 他	1	4

(1972年APWAの調査による)

表-10 設計者から見た現地貯留施設の問題点

問 題 点	会 社 数	
	あ り	な し
維 持 管 理	31	2
土 砂 堆 積	26	7
公共機関の管理責任	23	8
子 供 の 安 全	23	8
ダムの破損による被害に 対する安全性・対応性	21	10
蚊 の 発 生	16	15
藻 類 の 発 生	14	16
そ の 他	3	3

(1972年APWAの調査による)

3-2 貯 留 方 法 (Detention Method)

未開発地域では等高線農耕が雨水管理と流出制御にとって最もよい方法のひとつである。過剰な雨水は斜面のあぜみぞの間に貯留され、その間に雨水は浸透する。この方法は耕地や自然レクリエーション地を失うことがない。等高線農耕は費用のかからない手法であり、このような地域からの流出量は少なく、完全でない場合もある。

開発された、あるいは開発されつつある市街地やその周辺では雨水流出の調節は他の方法によらなければならない。このような地域では通常、地表面、地上、地下での浸透性あるいは不浸透性面を利用した雨水貯留が考えられる。

貯留施設での雨水貯留上の方法、考慮事項および必要要件は次のような施設の種類の、すなわち、屋上、広場、駐車場、貯留池、池沼等によりいろいろ考えられる。

〔屋上〕：水平な屋上では多かれ少なかれ雨水貯留が可能である。また屋上貯留は人や車に障害とならない。屋上貯留施設は普通は見えない所なので外見上も気にならないし子供達の安全上も心配はない。しかし、屋上貯留には問題がない訳ではない。すなわち、漏水の問題、構造上の荷重の問題、ごみの除去、凍結、そして排水口の詰りによる強雨時の越水の問題などである。これらは貯留上の問題だけでなく、建物自体に悪影響を与え得る。

これらは適切な設計、つまり既設の建物に施設をつくるのではなく、初めから貯留用の設計をしておくことによって最少限の影響におさえることができるだろう。たとえば漏水の問題は屋根に防水処理をしたり、二重の層にしたりすることで解決できる。構造上の問題は北方性気候の地域では屋根は積雪にそなえて通常 30 ~ 40 ポンド/平方フィートに耐えるように造られているので考えなくてもよい。いま、水の重さを 62.4 ポンド/平方フィート とすると、普通の屋根の強度では水深 6 インチの水を貯留でき、雨水の現地貯留には十分な量である。

維持の問題になるともう少し難しくなる。屋上は定期的な点検が必要である。とくに秋の落葉の最中あるいは後はそうである。しかし都市域の屋根ではこのような問題はない。というのは、多くの場合、屋根は十分高いかあるいは維持が問題にならないような場所にあり、ごみは雨水排水管を詰らせるほどにはたまらない。

屋上に雨水が貯留されているときのオーバーフローの問題は、どんな場合でも考えられる。それについて建築法によって決められている方法は屋上排水口の約 4 インチ上方のパラペットに余水吐とか水落しを設ける方法である。結局、適切な維持と定期点検によってオーバーフローの問題は解決できるであろう。

合衆国における 25 の主要都市と国との建築規則作成機関を調査してみると、屋上を雨水貯留に使用してはならないという規定はない。建築規則で特別に貯留についてふれていたのはニューヨーク市、デトロイトとデンバーの都市再開発局であったが、一般には規則の中ではふれられていない。質問に対する答えのほとんどは、屋上貯留については構造上の強度が必要であるというもので、さらに詳しく解答したものも数例あった。

たとえば建築関係担当官および建築規則執行機関の国際組織 (The Building Officials and Code Administrators International, Inc.) では 25 年確率降雨の貯留水は 17 時間以内に排水し、最大貯留水深は 3 インチを越えてはならないと決めている。また、屋上の水落しはパラペットの屋根面から $3\frac{1}{2}$ インチ上の位置に設置し、屋根は 30 ポンド/平方フィートの活荷重に耐えられなければならない、排水口にはろ過網をつけて面積 10,000 ft² までは 2 つ以上、10,000 ft² 以上では 4 つ以上を設けなければならない。

工場相互研究所 (Factory Mutual Research, 工場と工場社屋に関する技術研究組織) では雨

水の貯留に屋上を利用する方法に関係することを扱っている。この組織によると屋根は水平で活荷重の設計値として35ポンド/立方フィートを設定し、降雨終了後24時間以内に排水するため屋根勾配は0.25インチ/フィートが良いとしている。

ニューヨークのある保険会社は、屋上貯留は十分な設計がなされていれば問題がないとしている。その場合、建物の保険料は変らない。

ミネソタ州では全州に対して最低建築規則による規定を設けているが、毎時4インチの降雨を水平な屋根の排水口寸法を決めるための設計基準としている。また、耐荷重は最低40ポンド/平方フィートとし、設計活荷重に対して安全率を2とし、余水落しは屋根面から数インチ上方につけなければならないとしている。

ミシガン州デトロイト市でも、藻類や蚊などの虫の発生に対する最小勾配を含めた屋上貯留上の考慮事項、屋上面積あたりの排水管数および排水量に関する設計基準を有している。

種々の型の屋上貯留型排水口(Roof Drain Detention Ring)が各所で作られ、また使われている。図-1a,b,cに示すのは雨水貯留用排水リング(Rainfall Detention Ponding Ring)*である。コロラド州デンバーのライトマクローリン社の技術者によって設計された貯留型排水口は、効果があり、デンバー市および郡の建築規則や国の配管基準にも抵触しないことがわかった。またどちらの規定でも排水口の縦横の寸法は排水される屋根の最大投影面積と関係づけられており、国の配管基準では必要な排水管の寸法は降雨量に応じて大きくするように決められている。おそらく、排水管の必要寸法は、その容量と降雨総量との関係から決められたものであろう。どちらにしても、この二つの規則によって決められた排水容量は屋根面積の関数であって、降雨頻度、降雨強度、降雨時間、降雨総量とは直接には結びつけていない。同様に、排水口の寸法と容量は屋上貯留を考慮せずに降雨をすぐに排水するように設計されている。その意味で、表-11の「流出量と排水容量」に示すスカイライン都市再開発事業を行うデンバー都市再開発局の排水基準や表-12の「屋上貯留型排水口の水利特性」およびそれらの表の説明とは一致しない。

表-11の排水容量の値は排水口を円形のせきとみなし、その越流係数に対して水頭と接近流速を考慮した計算によって求めた。また、排水口が水にもぐった場合にはオリフィスとして考えた。さらにゴミ除けのスクリーンの影響は無視し、水頭はクレスト上の水深をとった。

表-11から、4インチの水深では排水量は排水許容量を越えるということがわかり、水頭が1インチしかなければ、小面積の場合を除いて逆の現象となることがわかる。流入口での水深が水頭として有効であって、排水場所全体の水深ではないことに注意しなければならない。屋根の勾配と排水口の設置によって排水口での水深は、ふつう平均水深より数インチ大きくなる。このことから、デンバーの建築基準や国の配管基準による排水容量は、スカイライン都市再開発事業のために決められた規定によるものよりかなり大きな値となる。

流出量を効果的に調整するためには、排水口に流入する流量を制御することが非常に大切である。実際の排水口の縦方向の構造と水平方向の配置はデンバー建築基準によって設計されなければならない。そ

* 図に示した特許製品は単に例としてかかげたもので、この製品が特にすぐれていると保障するものではない。

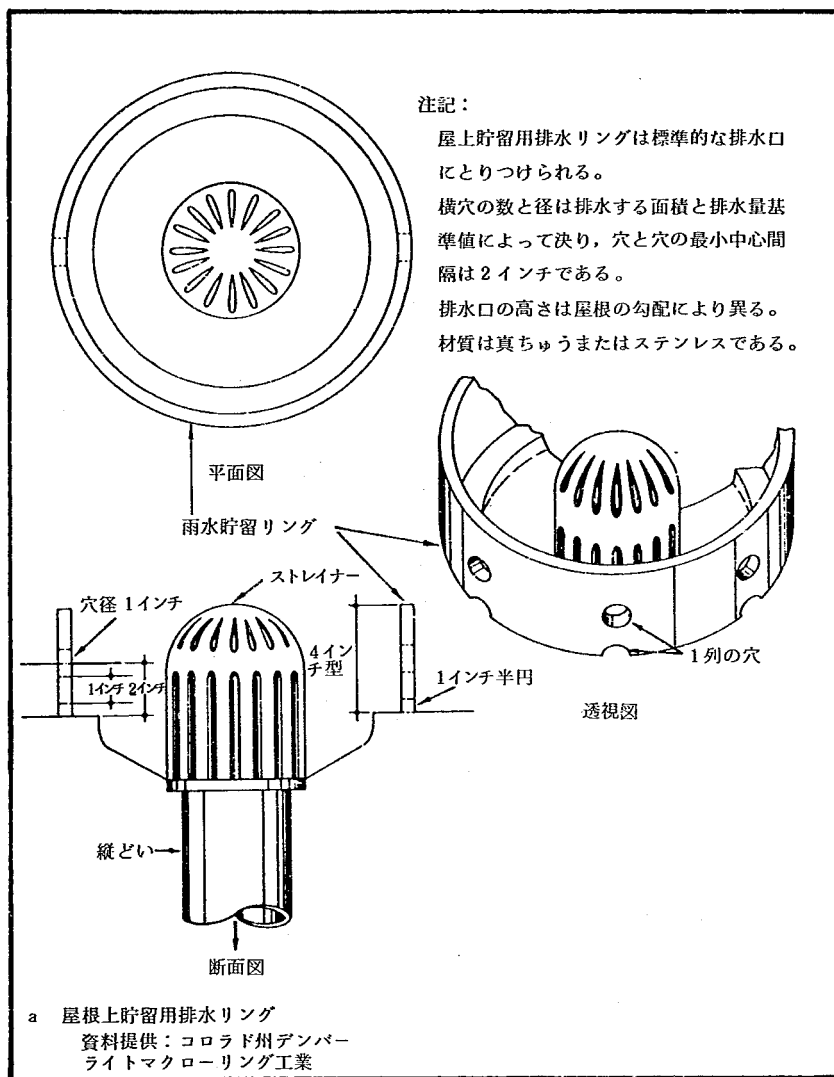


図-1 平面屋根上雨水貯留用排水リング

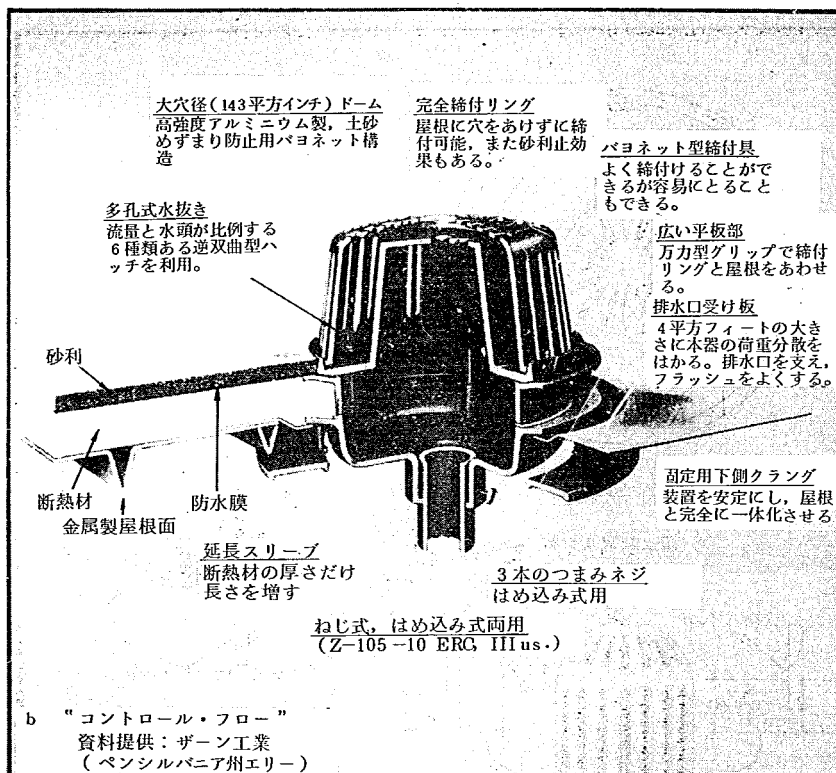
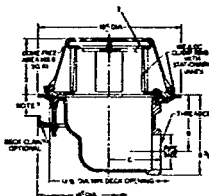


図-1 平面屋根上雨水貯留用排水リング

4300



横排水型

仕様：鋳鉄製屋上排水口——大型貯留部とフランジ、大型ドーム、調節翼付貯留リング、付。

WEJLOC——安定翼と砂利止は無孔式クランプ、付。

型番	管径	単位：インチ		重量(ポンド)
		B	C	
4303	3	6 1/2	5 1/2	66
4304	4	6	5 1/2	66
4305	5	5 1/2	5 3/8	68
4306	6	5	5 3/8	70

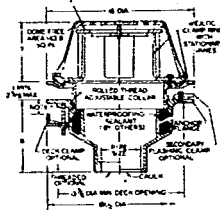
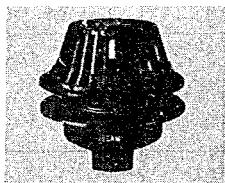
(GG) 電気メッキ

(D) デッキクランプ

(E) 延長リング

(N) 排水容器

4500



LEVELEZE

仕様：鋳鉄製 LEVELEZE 屋上排水口——大型貯留部とアンカーフランジ、ルーフランジ、断熱材用調節頂部、底部排水口、大型ドーム、調節翼付貯留リング、付。

WEJLOC——安定翼と砂利止付無孔式クランプ、付

型番	管径	重量(ポンド)
4503	3	108
4504	4	110
4505	5	112
4506	6	114

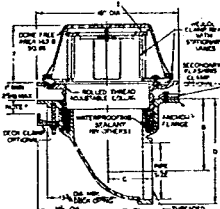
(GG) 電気メッキ

(C) 第二フラッシングクランプ

(D) デッキクランプ

(E) 延長リング (N) 排水容器

4510



LEVELEZE 横排水型

仕様：鋳鉄製 LEVELEZE 屋上排水口——大型貯留部とアンカーフランジ、ルーフランジ、断熱材用調節頂部、側部排水口、大型ドーム、調節翼付貯留リング、付。

WEJLOC——安定翼と砂利止付無孔式クランプ、付。

型番	管径	単位：インチ			重量(ポンド)
		B	C	D	
4513	3	6 3/4	4 3/4	8 3/4	112
4514	4	7 1/4	4 3/4	9 7/8	113
4515	5	7 3/4	4 7/8	11	115
4516	6	8 1/4	4 7/8	12 1/2	117

(C) 第二フラッシングクランプ

(D) デッキクランプ

(E) 延長リング (N) 排水容器 (GG) 電気メッキ

翼付リングによって6インチの水頭で1.5ガロン/分から420ガロン/分までの流量が得られる。これは仕様書にある流量と水頭である。排水はこれらの仕様に対して前もって与えられる。

C. 'フローセット' 屋根上排水口

資料提供：ジョサム工業 インディアナ州ミシガン市

図-1 平面屋根上雨水貯留用排水リング

表-11 流出量と排水容量

	屋上面積 (平方フィート)	排水管径 (インチ)	最大流出量 (スカイライン事業)		必要排水容量	
			1インチ/時間 (ガロン/分)	1/2インチ/時間 (ガロン/分)	1インチ水頭 (ガロン/分)	4インチ水頭 (ガロン/分)
デンバー 建築規則	720	2	8	4	10	27
	1,300	2.5	14	7	13	43
	2,200	3	23	12	15	61
	4,600	4	48	24	20	108
	8,650	5	90	45	25	200
	13,500	6	140	70	30	270
	29,000	8	300	150	40	370
国(2)イン チの建築基準	1,400	2	15	8	10	27
	2,600	2.25	27	14	13	43
	4,400	3	46	23	15	61
	9,200	4	96	48	20	108

表-12 屋根上貯留用排水リングの水利性状

貯留用排水リングの径に対する穴よりの排水量(ガロン/分)					
流入口水深 (インチ)	1列の穴による 排水量	6インチ 9列	9インチ 14列	12インチ 18列	15インチ 23列
1.5	1	9	14	18	23
2.0	2	18	28	36	46
2.5	5	45	70	90	115
3.0	6	54	84	108	138
3.5	7	63	98	126	161
4.0	8	72	112	144	184
貯留用排水リングの大きさに対する越流量(ガロン/分)					
排水口上端～水深 (インチ)	6インチ	9インチ	12インチ	15インチ	
1	35	55	70	90	
2	95	175	250	320	
3	130	300	445	610	
4	170	350	630	885	

- 注意： 1. 穴の数は排水リングの径に対して穴と穴との中心間隔を2インチとした場合の最大数を表わす。
2. 穴を通る流量は自然流入量である。
3. 1列の穴とは半円の穴とその上にある一つの穴との1組である。
4. この表はライト・マクローリン工業の貯留用排水リング(図-1)に関するものであり、この排水口は1970. 8. 10に出されたデンバー都市再開発局の雨水現地貯留に関する基準の中にとり上げられていたものである。

の理由は、目詰りや凍結によって影響されず、設置された装置が適切に働かねばならないからである。また、この装置では貯留リングの高さを調節することによって最大越流水深を変えることができる。図-1、aはその基本構造を示し、表-12は種々の寸法の排水口に対する基本的な水理機能を示す。

ここに紹介したデンバー都市再開発局の基準はデンバー市の担当官と関連会社とによって採用に先立って検討されたものである。この基準は適切なものと考えられるので建築家、建設業者や建物の所有者からあらためて訂正もないと思われる。

ライトマクロリン社の貯留型排水口は従来の屋上排水口をそのまま貯留型にすることができる。各社が貯留型排水口を開発し、固定型、可変型の種々の排水口が市場に出ており、それらの会社では屋根面積に対するドレーン数、受け口と水平管の寸法、降雨データ等についての技術的説明を行っている。

ジョサム工業では、同社発行のルイ・ブレンダーマンの雨水の屋上貯留システムという本のなかで、屋上貯留システムの設計とイリノイ州スプリングフィールドでの実例と概要を示している。国立スプリングフィールド気象台の技術資料№2にある降雨記録によると、100年確率の1時間降雨の最大は3.2インチ/時間である。これは言いかえると、水平な屋根の最大貯留水深が3inであるということになり、屋上1平方フィート当りのピーク流出量は0.0040ガロン/分となる。もし、10,000平方フィート当りに1個の排水口をつけるとピーク流量40ガロン/分の排水能力が必要となる。この流量によって排水口、導水管、水平排水管の寸法が決められる。

同じ本の中で、この他に傾斜屋根の排水法についてもふれられている。しかし、普通の建築規則では雨水の屋上貯留は水平な屋根だけについて考えられている。ジョサム工業の屋上排水口は維持の問題を小さくするように設計されており、砂止めは砂利の流入を防ぎ、くさび状のスロットを有する大きなドームは浮遊しているゴミをとめる役をする。

ペンシルバニア州エリーのザーン工業でも同じような屋上排水口を製作している。同社では詳細な設計法に関する技術文献を出しているが、水平および傾斜した屋根での雨水貯留設計法に関する文献のひとつには合衆国の数百の市における気象資料があげられている。またその文献では小口径水落しの有用性と雨水排水システムにおける流出量減少に対する屋上貯留の有効性について述べられている。

一方、貯留池を使わない貯留方法もある。合衆国陸軍工兵隊サクラメント支所の研究で、ペンシルバニア州立大学のガート・アーロン教授は特殊な貯留法の利用に関して研究している。彼の解析は第9章に詳しく書いてある通りであるが、基本的にはアーロン教授の提案している方法は、屋上に砂利のダムをつくるというものである。このダムは雨水を貯留して小流量ずつ排水するという働きをする。この砂利ダムの水理性状を調べるための実験的研究がなされて、200エーカーの流域に200,000平方フィートの水平な屋根があればピーク流出量を185立方フィート/秒から165立方フィート/秒へと11%減少させることがわかっている。

〔広場(Plaza)での貯留〕：商店や事業所のビル付近の舗装された広場を雨水貯留に利用する方法は、後に述べる駐車場利用の場合と同様であるが、両者は、流域、必要勾配、許容最大水深などが異なる。

〔駐車場での貯留〕：駐車場を一時的に雨水貯留に使用することは、流出量の下水道への負荷を

軽減するのに役立つもうひとつの利用法である。これについては第4章でふれられており、コンソリデテッド貨物輸送会社がミズリー州セントルイスのターミナルで駐車場と下水道とを結びつけた雨水貯留方法を採用しているというものである。建設された排水システムは、115,000ドルというコストであるが、雨水現地貯留についてなら準備していないシステムの150,000ドルよりも35,000ドルも安いものとなっている。

ショッピングセンター、オフィス街、アパート群そして工場に付属する駐車場は大きな面積を占め、雨水貯留にとって非常に重要である。図-2に示す駐車場貯留はコロラド州ボールダーのアパート地域とオフィス街の駐車場におけるものである。アパートの駐車場は雨水を貯留するための設計がなされ、草地もオフィス板によってしばられた排水口からゆるやかに流出するように皿状につくられている。このようにして、大量の雨水や融雪水は舗装地の特定の場所に溜めることができる。

駐車場の場合、屋根上貯留と異なり貯留水深に対する構造上の制約はなく、また貯留面は水平でなくてもよい。駐車場では点検が楽なので維持管理費は安く、路上清掃機などが簡単に使える。第9章で述べるが、将来考えられるある地理的条件のとのった地域での浸透性舗装の利用は、雨水を下水道に流入させるかわりに浸透させることになり、水の不足する地域では大きな効果がある。

雨水を駐車場に貯留する場合の問題点については、適切な計画と設計によってかなり小さくすることができる。駐車場貯留はその使用者にとっては車の出入などに対して好都合なことではない。たとえば図-2にあるオフィスビルの駐車場では小面積で大きな貯留量を得るために急勾配がつけられていて、歩くのに不便である。特に老人や身障者にとってはそうである。さらに水が貯留されている場合や水がはっている場合は歩行や車の出入には危険である。

駐車場貯留には二つの一般的な型がある。ひとつは排水口の部分に凹地をつくって雨水を貯留するもので、オフィス（板）のようなものによって下水道へゆっくりと雨水を流入させる方式である。この型のものは前述のコロラド州ボールダーのターミナルと駐車場に採用されている。また、たとえばショッピングセンターの駐車場では雨水の貯留は比較的使用頻度の低い部分で行い、全体に車が駐車している場合を除いて、客が自分の車まで歩いて行ける水のない場所を設けている。駐車場での貯留水の排水は利用者に不便をかけないようにかなり早く行われる。ほとんどの場合、雨水の貯留水深は12インチ以下までしかためられず、しかも降雨終了後30分以内に排水されるようである。駐車場での必要貯留容量の計算は貯留池設計の場合と同じで、大きな駐車場以外は修正ラショナル法（後述）を使うのがよいであろう。また、ほとんどの駐車場は一樣に不透水性なのでラショナル式でも十分である。

もうひとつの駐車場貯留の型は、舗装面に水路を設けて草地や砂利を敷きつめた浸透場所（Seepage pits）へ雨水を導く方式である。この場合、土壌の状態や浸透の際の目づまりの影響も考慮しなければならない。このガート・アーロン教授の開発した方法に関する解析は第9章に示すが、理論的には浸透域が50%有効である場合、6エーカーの舗装地で降雨ピーク流出量の最大10%が調節されることになる。

この貯留法の例は図-3に示すようなマイルス研究所の開発した方法で、雨水の排水に中央帯を



a. しほり形排水口により雨水貯留をするように設計されたアパート群の駐車場（コロラド州ボールダー）



b. 格子排水口で低地面に雨水を貯留するように造られた事務所用駐車場（コロラド州ボールダー）

図－2 駐車場貯留

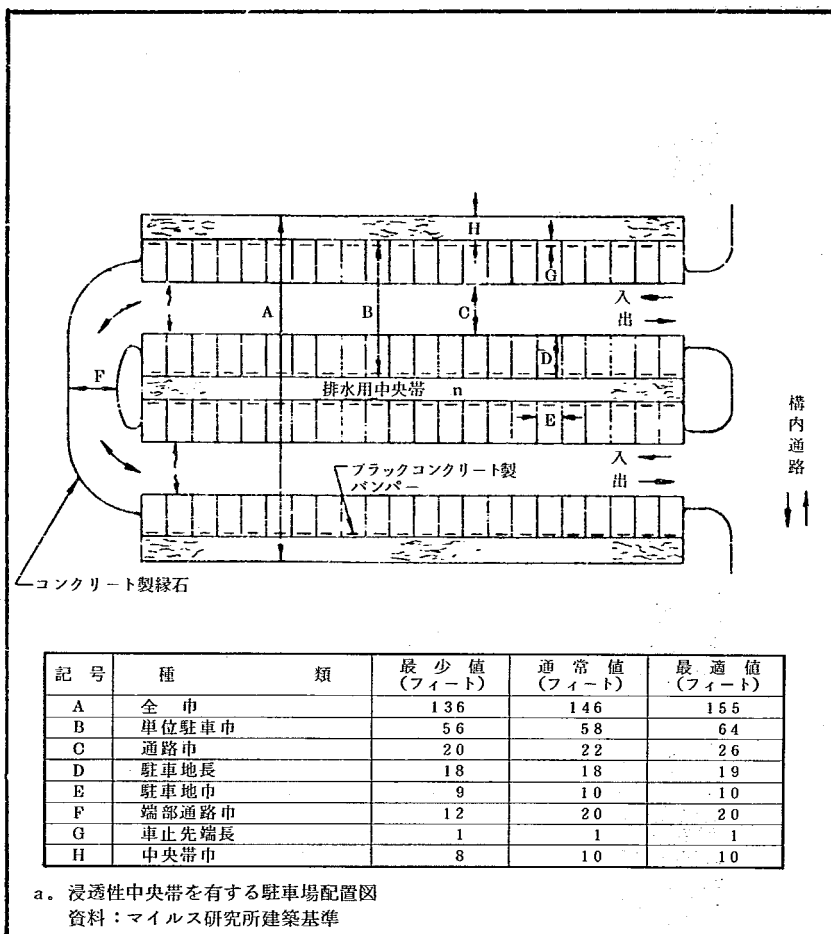


図-3 駐車場詳細

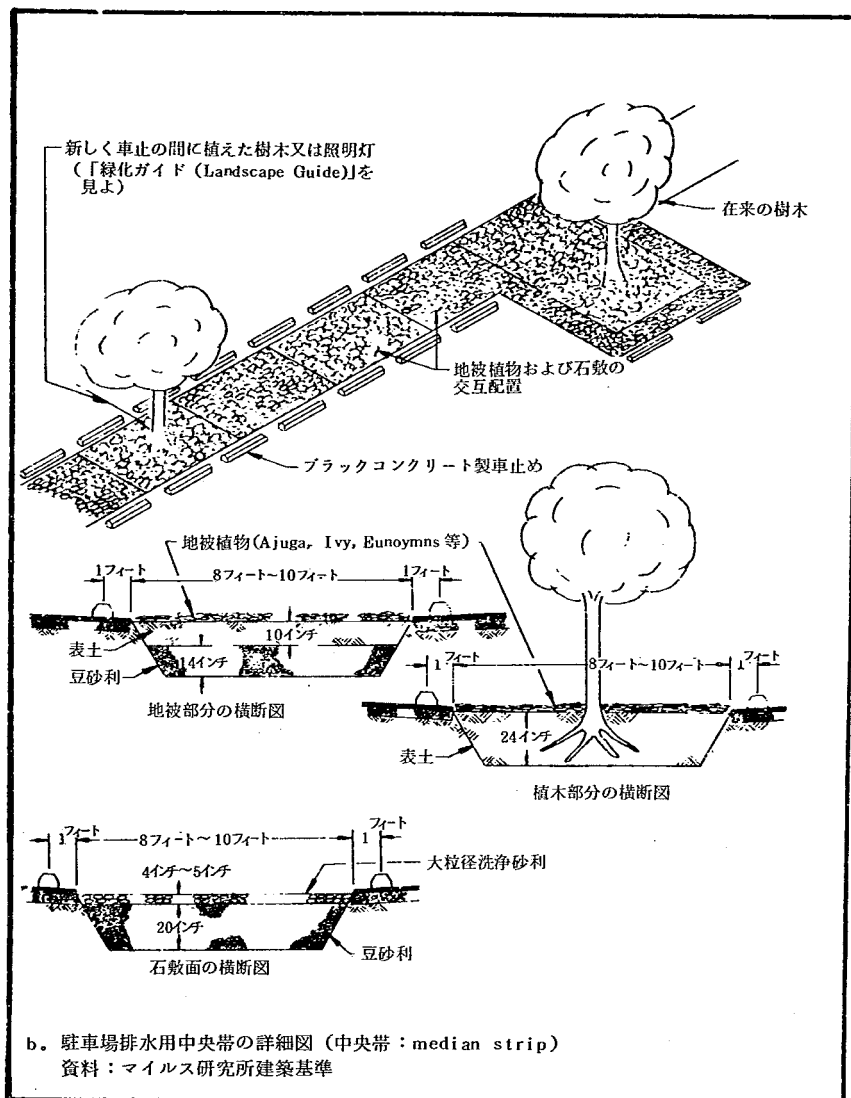


図-3 駐車場詳細図

利用するものである。この型式は小径の排水管で済むので工事費が安く、中央帯は景観上もよく、冬の除雪置場にも使用できる。なお、土の流出を防止する装置がない場合は排水の汚染に注意する必要がある。

貯留用の駐車場の勾配は最少 1/100 が好ましい。また最大勾配はタンクのガソリンの流出防止と凍結した場合の小型車の走行問題のために 4/100 を越えてはならない。

図-4 はデンバーの建設会社が仕様説明によく使っている流量制御流入口 (Controlled Rate Inlet) の詳細図で、駐車場のような舗装面をもつ貯留施設のための流入口の設計に用いられている。図はそれが円形マンホールや格子つき雨水マスと同時に使われている三つの例である。

〔池 (Surface Basins and Ponds)〕: 通常地表に掘られる貯留池は比較的大きく、その概観は小さな湖か公園等の池に近い。そのような施設の設計は地価、自然状況、空間の利用価値、景観、地形、気候、その他の地域特性によって当然変って来る。また、貯留池がレクリエーションのために多目的に利用されると、大きさ、形、水深、景観対策などに影響を与える。たとえば貯留池がボート遊びや釣りなどのレクリエーションに使えるよう設計される場合は、ただ雨水の貯留だけの池とはちがった設計基準が必要である。あるいは広いあき地があれば勾配のゆるい設計や広範な景観措置 (landscaping) が可能であるが、狭い場合は深さを大きくし、ポンプをつけ、勾配を急にし、子供の安全のためにフェンスを設けたりする必要がある。

設計のために必要な値は必要貯留量と許容最大排水量である。必要貯留量は流入開始時からの流入総量と流出総量の差の最大として与えられる。許容最大排水量は下流の下水や水路の最大流量あるいは地方行政機関が流量規制のために決めた規制値によって決まる。しかし、流入量とその体積の算出はえてして複雑な場合がある。

図-5 はコロラド州デンバーの建設会社の水平カルバート管にとりつけた流量制御装置 (controlled rate release structure) の標準設計である。普通はこの型の排水装置は貯留池を築堤によって造った場合に用いられる。この排水口の重要な部分は鉄製格子板で、排水口にゴミのたまるのを防ぐ。

3-3. 技術設計 (Engineering Design)

〔計画〕: 雨水現地貯留の目的のひとつは下流排水系統の容量を越えた流出を防止することである。本法による雨水の貯留はその配置はうまくなされなければ効果はあがらない。また勾配の急な場所で大量の貯留がむずかしい場合には不経済になり、緩勾配で雨水流出を受け入れるまでの距離が大きい場合には、貯留施設の運転が難しくなり、金もかかる。後者の場合の代りの方法は過剰な雨水を最も大切でない場所へ一時的にため込む方法である。また事情によっては、人工の貯留設備にたよるのも良い。たとえばサンフランシスコ市では一群の地下貯留槽とトンネルを建設する計画がある。

連続の式によって、雨水が洪水を起さずに流域を流下するような流量を求めることができる。そのような安全流量は設計に用いた確率降雨による流域からの予想流出量よりもかなり下まわるので、その差を貯留してやる必要がある。設計上の想定として、流域を分割する分水線になるべく近い場



- 45 -

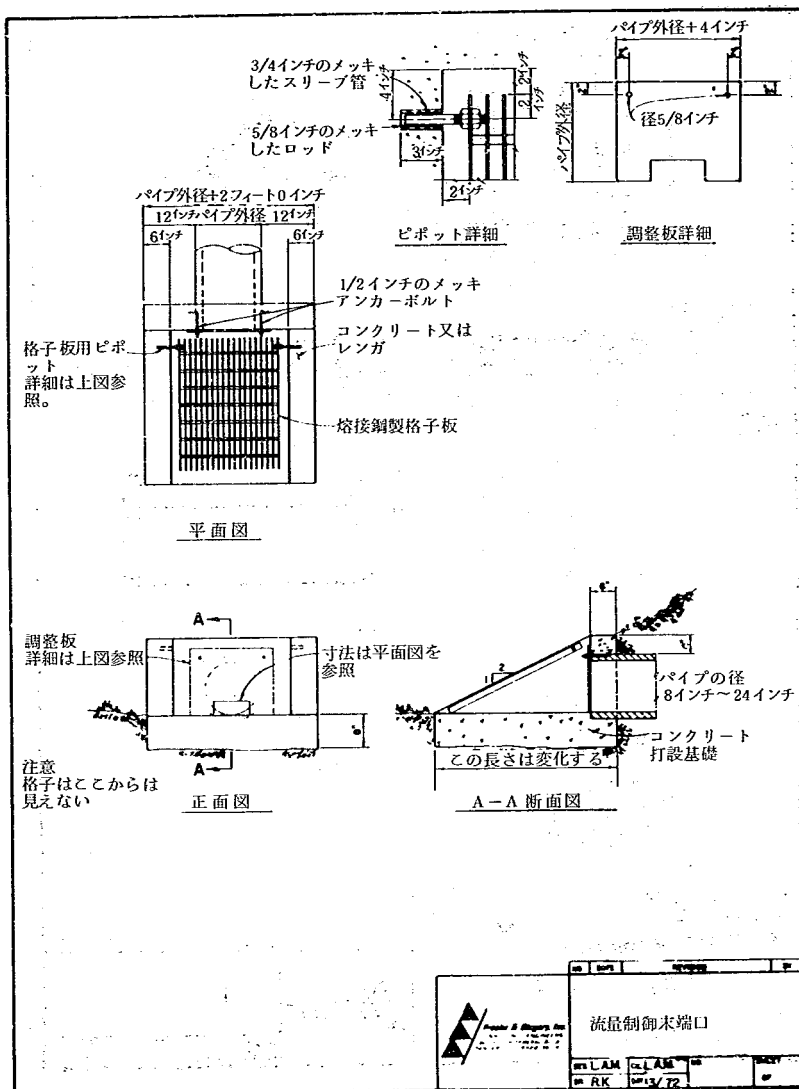


図-5 末端部流量制御装置

所で過剰流出量を溜めることから始める。

過剰流出量の一時貯留用の施設を準備できるかどうかを決めるための敷地の選定の際には、地形のコンターに注意し、これを排水計画に取入れることが望ましい。貯留は重力地表水を種々の地形、緑石、および壁などを使ってせきとめる形で行われる。

局地はらん被害を防ぐには、十分な貯留量が方々にあるものである。たとえば、北東イリノイでは、土地開発計画のタイプと不浸透面の増加の割合に応じて、流域からの $2\frac{1}{2}$ ～ 3 インチの流出量を溜める計画がなされている。この場合、貯留水深は浅くそして可能なかぎり広くするのがよい。

〔設計基準〕：貯留施設を作る際に考慮すべき点を次にあげる。

- 過剰雨水は計画された居住区以外で貯留する。
- 貯留容量を越えたときとか、排水システムがつまったときのために余水吐(positive outlet)を流入量に応じて設けるべきである。
- 貯留池の内面は降雨後に全部が流出するよう適切な勾配をもたせる（舗装面では1/100、舗装水路では4/1,000、草地では2/100）。
- 貯留池の最深部は、最も遠く、最も利用率の小さな場所とする。
- 過剰雨水がどこから流入するかということと同様、流入すると考えられるすべての流出量に着目するように特に留意する。
- 制御設備の設計は、水理勾配に基づき、貯留水深とは比較的關係なく排水量が一定となるようにする。
- 必要貯留量の計算に際しては安全主義をとること、そうすることによって、全体に貯留されないような小降雨ではその本来の使用を妨げることが少なくなる。
- 貯留池は過剰降雨の貯留専用ではなく、多目的に利用される。そうでないと地域住民の利益と対立することになりかねない。

〔設計要素〕：雨水貯留施設設計の際に考慮すべき技術的、自然的要素をあげておこう。

- 設計降雨の確率、強度、降雨継続時間
- 計画貯留施設に流入する流域の大きさと位置
- 流域の水文資料
- 施設へ流入するハイドログラフ
- 施設からの最大許容排水量（流出ハイドログラフ）
- 必要貯留量
- 貯留施設で処理しきれない流量を排水するための余水吐またはバイパス設備
- 雨水貯留が二次的問題を起さないための制限貯留時間
- 完全かつ時間通りの排水をするための底勾配、排水口がふさがった場合のポンプ施設とその他の代替手段
- 貯留施設の型式（屋上、駐車場、公園の池、その他）
- 安全措置

- 効果的な維持運営に関する要素、年間費用、施設の有効寿命
- 貯留施設の容量を越えた流出の洪水追跡

〔設計手順〕：技術設計を始めるに先だって、地方公共機関の貯留施設に関する必要事項や基準を調べ、まとめておかなければならない。以下に代表的な方法にしたがった現地貯留施設の設計手順の例を示す。

- 対象地域の敷地（property lines）を明確にする。
- 対象地域へ流入する流域の境界を決め、さらに高次流域との関係を求める。
- 詳細な地形図を用いて、その地点からの過剰雨水の流下経路を調べる。
- その地点から放流される雨水の経路を調べる。
- 下流の水路あるいは下水道の容量を調べ、その中の最小値をもって貯留施設からの最大排水量を定める。
- 最も信頼できる降雨記録を入手する。それには地方大学や気象局のものが最良である。降雨記録は1年確率から100年確率までの種々の確率降雨を含むこと。
- 現状を表わすパラメータを使って流入ハイドログラフを作製する。これには、いくつかの確率降雨についてハイドログラフを書き、それぞれのピーク流量、継続時間を調べる。
- 上記のようにして求めた過剰流出量を貯留施設で貯留した場合に起る状態について評価する。その時考慮すべき事柄は、(a)雨水を貯留することによって起こるすべての問題、(b)貯留施設の容量が満ばいになって、洪水が下流であふれた場合にそこで生じる問題——計画施設からの過剰排水による損害の経済評価と他の計画の場合との比較をする必要がある。
- 計画貯留施設の配置と排水制御方法の選定。すべての場合に最大排水量の計算は貯留池が最大容量で使われているときの水利勾配でなされねばならない。
- 上記の結果から施設の構造設計をする。特別な過剰流出を処理するための非常用余水吐きには特に注意を払う。

〔未開発地域での設計に関する考慮事項〕：土地利用や開発計画の変化が予想される未開発地域がある場合は、上述の設計法は多少、修正を要する。考慮すべき事項をあげると、

- 当初の設計基準を作るときは予測できなかった土地利用上の変化（区割整理（rezoning））によるものが多い。）
- 浸蝕による水路形状の変化。これは流路形が適切でなかったりすると増大する。
- 設計排水量を越えるといった将来雨水流出予想の失敗。
- 住民供給の必要性増大と無制限な過剰建設および洪水ルートとはんらん原の埋立て。
- 結果を十分予測しないで行われた排水システムの不適切な改変。たとえば、ある公共体が街路の湛水を防ぐため雨水処理下水道を建設することになったとすると、それによって下流域の有する容量以上の雨水が流下することになって、下流の公共体はそれに対処するための洪水処理施設を作らなければならない。そのため、地主の訴訟や裁判所の禁止命令あるいは抗議を受けることになる。

〔開発地域に対して特に必要な手続〕：すでに開発された地域については、さらに考慮を必要と

する事項がある。それらは、

- 水路の寸法と勾配およびマンホールや集水設備の敷高を詳しく知るための現存排水施設の詳細な地図を用意する。
- 対象地域とその流域の地形図（1フィートコンター）を用意する。
- 洪水問題に詳しい信頼できる筋から浸水常習地区（Flood-prone area）を決めるための資料を得る。葉書での調査は有効である。また役所関係には住民の苦情に関する記録がとってあるところもある。
- はんらんをおこす雨水流出源を判別、評定する。
- 下流の排水量を左右するような洪水を生ずる雨水流出量をもとに、現存の排水システム中の制約を考慮して貯留量を決める。詳細な地形図によって過大な貯留水深が生じたり、居住地区に洪水が起らないことを確認する。
- 洪水追跡法によって設計が設計基準に合うことを確かめ、雨水用下水道での流量制限が地域の排水やはんらんにおよぼす影響を求める。

未開発地域での設計基準の多くは開発後にも適用できる。両者の大きな違いは雨水流出の貯留施設をどこに作るかを定める難しさである。これまでに使われた場所は、たとえば、

- a. 駐車場
- b. 水平な建物の屋上
- c. 現存する専用道路（公有、私有）
- d. 公園、運動場
- e. 排水の容易なあき地
- f. 校庭
- g. ゴルフ場（公営、準私営）
- h. 湖沼

このような場所を雨水貯留に使うことは、法的、そして行政的な問題を含む。たとえば、過剰雨水を現地貯留するのを、その影響を受ける地方団体、地方公共機関に認めさせるには、排水水理に関する詳しい調査と解析が必要である。その他、広範な啓蒙活動によって地主や公共機関に現地貯留に関する理解を促すことが望ましい。

3-4 種々の設計例 (Examples of Various Design Methods)

どのような雨水排水システムの設計でも、中心となる問題は流出量（時刻とピーク流量を含む）の予測である。広く使われているラショナル式による単純化計算では、個人の判断によるところが非常に多く、流出量の正確な計算には十分でないことが多い。多くの建設会社は、ハイドログラフを使ってこそ適切な計算ができると考えている。しかし、実際の設計ではほとんどがラショナル式を用いており、またその適用を小流域にかぎっている。

この式は普通

$$Q = C i A$$

と表わされ、ここに

Q = 流量 (立方フィート/秒)

C = 流出係数 (仮定)

i = 降雨強度 (インチ/時間) (設定した確率と降雨継続時間での)

A = 流域面積 (エーカー)

である。考慮している流域の物理性状が設計降雨に対する流出量の計算値と実際値の差異を決める。またラショナル式中で流出係数はただひとつの操作可能な値である。この式に対して、多くの技術者、教育者、そして著者が否定的な態度をとっている。これに対して今後の研究によって設計技術は改良できるとみんな思っている。

この他に、もっとスマートな手法も開発されている。しかし、ほとんどは地理的に特定の地域に対して適用されるものである。たとえば、コロラド都市域ハイドログラフ法は、地域のデータに基づいて作られており、コロラド地域ではラショナル式よりも正確である。

イリノイ州ではイリノイ大学技術実験所のベン・テ・チョウ (Ven Te Chow) 博士によって計算方法が作られた。彼の方法はラショナル式の変形でイリノイ州について適用される。それは気候条件、土壌、先行降雨、そして地域降雨記録を結びつけて降雨と流出の関係を表わすモデルである。また、その他の地域においてもそれぞれ、その地域で作られた式はラショナル式より正確である。

ペンシルバニア州立大学のガート・アーロン博士によって作られた流出解析法は流域を帯状に分割して追跡する方法で、どの帯域が洪水に最も影響するかが求められる。流域を到達時間で区分したのが図-6である。この個々の区域のハイドログラフを、図-7に示すように重ねあわせて全体のハイドログラフを作ることができる。これによれば設計者はピーク流出量に対して支配的な区域のハイドログラフだけを選別することができる。

したがって図-8に示すように、洪水の起因となる区域を知ることができる。与えられた状態で雨水の貯留が必要かどうかという問題の他に、貯留施設を計画設計する場合に考えなければならない問題は、

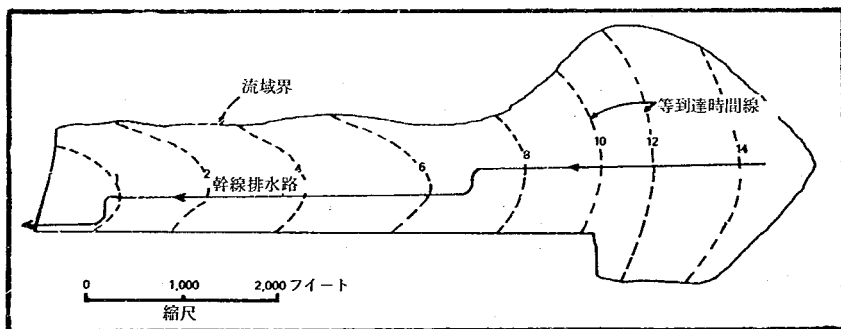


図-6 等到達時間域図

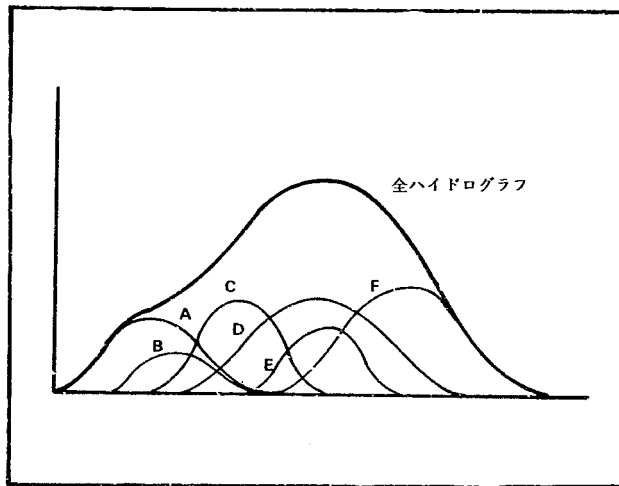


図-7 区分流域ハイドログラフの重ねあわせ

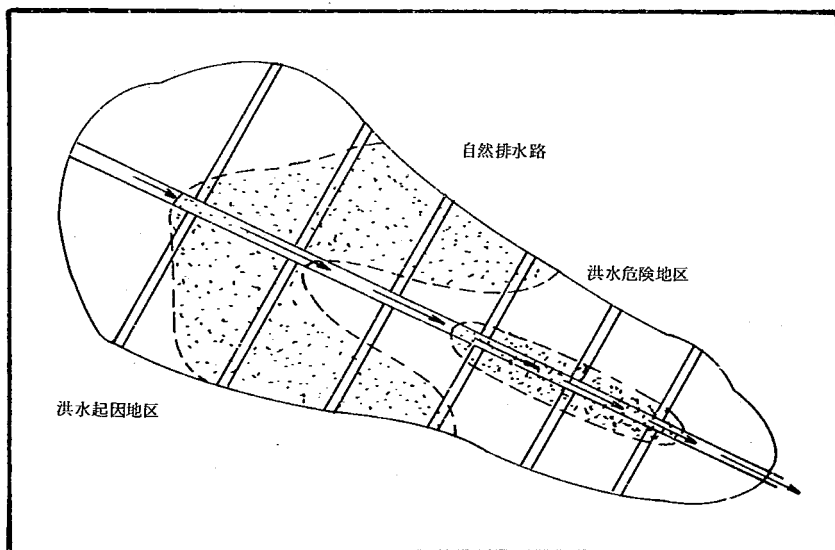


図-8 都市小流域における洪水起因地区と洪水危険地区

- 利用可能地と地形
- 次の a ~ d で制約される最大貯留水深
 - a. 法的制約
 - b. 安全配慮上
 - c. その水深以上の貯留では不便を生じる場合
 - d. その水深の貯留量を排水するのに要する時間
- 最大許容排水量
- 経済性
- 次のような貯留方法に関する法的制約
 - a. 特定の時間に対するピーク流出量の貯留
 - b. 過去の実績を越える流出量の貯留

雨水現地貯留施設の設計のための流出量計算法のいくつかを、次に説明する。これらの例の中には基本的なラショナル式を使うものもあるが、その式を推奨しようという訳ではなく、ここにあげた理由は、これらが全国の設計会社や公共機関の設計の代表例であるからである。

計算例は、修正ラショナル法（ウィスコンシン州マジソン、その他で使用）、ベン・テ・チョウによるイリノイ改良ラショナル法、そしてコロラド都市域ハイドログラフ法である。

〔修正ラショナル法解析〕：この方法は通常の到達時間よりも、長時間にわたる降雨はピーク流出量を減少させても流出量は多くなるということを考えに入れて普通のラショナル法を修正したものである。長時間降雨による大きな流出量は貯留施設の適切な大きさを決めるのにとり入れなければならない。

明らかにこの方法は小さな流域ほど有効で、モデル化ができるのは流域が小さい場合である。したがって、この方法は屋上や公園などの比較的小さな地域あるいは20エーカー以下の流域に限定される。また、こうすることによって、貯留施設の欠損や越水による被害を小さなものにするようになる。

図-9は理想的な流域での修正ラショナル式による流出量曲線群である。これらの曲線は基本的なラショナル式の一定の降雨強度（ i ）、最遠点からの到達時間（ T_c ）そして流出係数（ C ）という仮定で求められたものである。降雨継続時間が到達時間（ T_c ）に相当する場合のピーク流出量をもつ典型的なラショナル式のハイドログラフはまず、 $Q = CiA$ を用いて計算される。次に、それより長い降雨時間の降雨による一群のハイドログラフを計算する。ピーク流出量はそれぞれのハイドログラフについて CiA に等しい。この i は問題にしている降雨継続時間に相当する降雨強度である。また、どのハイドログラフも上昇部、下降部の時間は T_c に等しい。この方法の基本的な仮定は、台形のハイドログラフの面積は理論上の降雨の流出総量に等しいということであり、これはまた、ピーク流出量と降雨継続時間との積に等しい。

次の例は2エーカーの流域に対する計算例である。

例-1

既知量

面積：A = 2 エーカー

土地：営業用駐車場，完全舗装 C = 0.9

設計降雨確率：5年

降雨継続時間－強度－確率曲線：図-10の通り

到達時間：Tc = 8分

必要値

修正ラショナル法ハイドログラフを表わす降雨時間 8分，10分，15分，20分，30分，40分に対する曲線群を計算する。

降雨時間 (分)	降雨強度 (インチ/時間)	ピーク流出量 (立方フィート/秒)
8	4.3	7.74
10	3.9	7.02
15	3.2	5.76
20	2.7	4.86
30	2.0	3.60
40	1.7	3.06

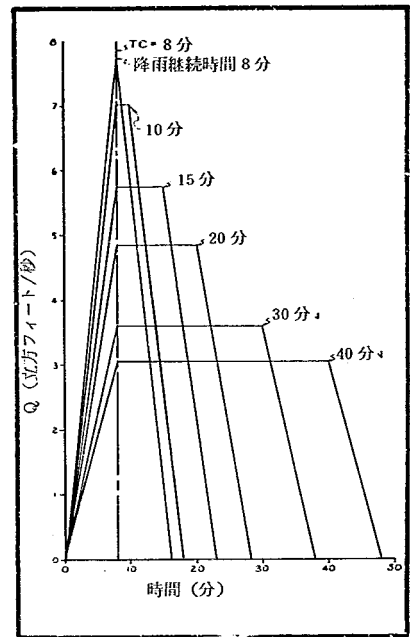


図-9 修正ラショナル法ハイドログラフ

答 求められたハイドログラフは図-9 に示してある通り。

25年以上の確率で起る主要な降雨に対しては，先行降雨の影響を表わす係数をラショナル式に加えることが望ましい。表-13はその係数の推奨値を表わす。

表-13 ラショナル式の先行降雨係数

確率年	Ca
2～10	1.0
25	1.1
50	1.2
100	1.25

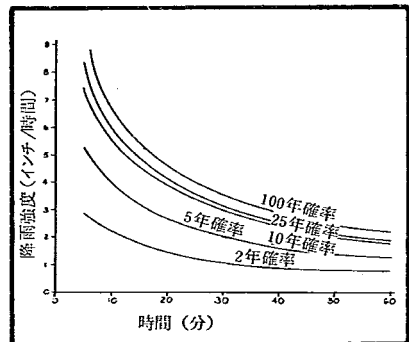


図-10 確率降雨強度継続時間曲線

これによるとラショナル式は， $Q = CCa i A$ となる。この方法はラショナル式による流出計算の難しさを完全に調整するものではないが，小確率年降雨による現実的なハイドログラフを予想するには有効である。

次に，必要貯留量の決定を行う。これには，

(1) 排水量を設定し、そのために必要な貯留量を決めること。

または、

(2) その場所で得られる雨水貯留総量を決め、その貯留量を越えないような最小排水量を決める。という二点があり、さきに排水量が選定されていれば、必要貯留量は初めから求められる。必要貯留量を決めるには、貯水池追跡法をそれぞれのハイドログラフについて行わなければならない。この場合、事業の重要性によって使用する追跡法が決まる。つまり、くり返し計算の必要な狭い場所、たとえば駐車場などでは排水量曲線は仮定すれば十分である。20エーカーの流域を有する小公園の池のような広い場所では簡単な貯水池追跡法が必要になる。

図-11は小流域貯留解析でフレイジャー&ジンジェリィ会社が実際に用いた方法を示す。

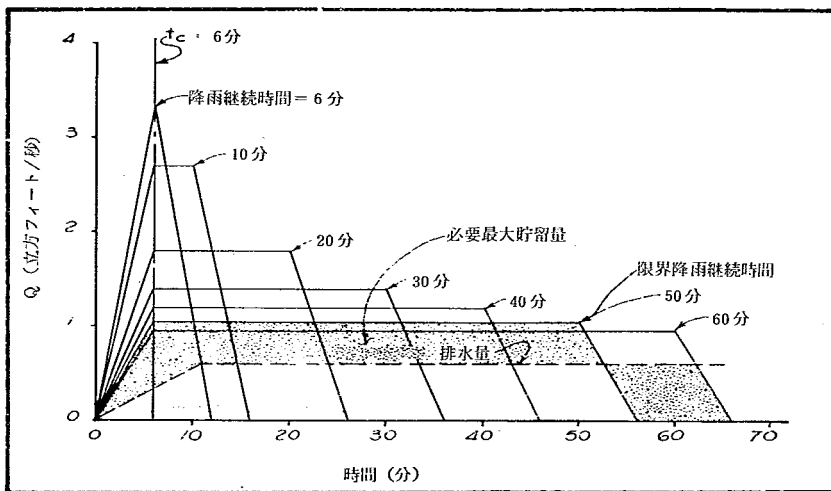


図-11 現地貯留のラショナル法解析例

排水量曲線の仮定値を求めるには、ラショナル式で降雨ハイドログラフを近似するのと同等の精度で、正式な貯水池追跡法により近似している。曲線は排水量が降雨初期には少ないことおよび貯留量が増すにしたがってそれが増加することを考慮に入れている。普通の洪水追跡では最大排水量は常に排出ハイドログラフが流入ハイドログラフのてい減曲線と交わる点で生じる。このことから設計排水量が流域の到達時間に等しい降雨継続時間を有する降雨によるハイドログラフの低下曲線上のその点と一致するように決めている。排水量はその点をすぎると一定である。また最大貯留容量は流入量と排出量のハイドログラフ間の面積を求めれば得られる。例2は例1にひきつづき必要貯留量を求めた例である。

3-4-2. 例2

既知量

例1で得られた流域その他に関する水理量

許容排水量 $Q = 2.5$ 立方フィート/秒

必要計算

最大貯留量の決定

降雨時間 (分)	流出量 (立方フィート)	排水量 (立方フィート)	必要貯留量 (立方フィート)
8	3,710	1,200	2,510
10	4,206	1,500	2,706
15	5,184	2,250	2,934
20	5,820	3,000	2,820
30	6,480	4,500	1,980
40	7,344	6,000	1,344

したがって最大貯留量は15分の降雨あるいは到達時間に対しては2,934立方フィートとなる。デンバー大都市圏の市や郡では、排水量はある確率降雨に対する過去の実績を越えないように決められている。このような状況では、排水量はラショナル式において未開発状態でのC値とこれまでの開発状態での流域の到達時間に相当する降雨継続時間でのiを用いて求められる。また開発後の流域は開発前の流出量算定に使う流域と異なることもある。

この方法はフレイジャー&ジンシェリイ会社が、10エーカーの土地に12ヶ以上の現地貯留施設の設計に用いた関係もあって、解析に必要なくり返し計算がIBM1130型電子計算機でプログラム化されている。これまで手間をかけていた計算は電子計算機を使って次のように簡単に出される。

HISTORIC	C = 0.00	COMPOSITE	C = 0.90
HISTORIC	TC = 0 Min.	DEVELOPED	TC = 8 Min.
ROOF AREA	= 0.00 AC.	ROOF REL. RATE	= 0.00 In/Hr
TOTAL AREA	= 200 AC.	STORM FREQ.	= 100 Year

DURATION (Min)	INTENSITY (In/Hr)	PEAK Q (CFS)	STORM VOL. (Cu Ft)	RELEASE VOL. (Cu Ft)	STORAGE (Cu Ft)
8	4.30	7.73	3.71549	1.20000	2.54515
10	3.90	7.01	4.21200	1.50000	2.71199
15	3.20	5.76	5.48400	2.25600	2.93399
20	2.70	4.23	5.83199	3.00000	2.83199

MAX STORAGE = 2.93399 Cu Ft

CRITICAL DURATION = 15 Min

RELEASE RATE = 2.50 CFS

この方法の欠点等は先に触れたとおりである。

〔ベン・テ・チョウによる方法〕：東北イリノイ州にある貯留池の設計をケーススタディとして、ベン・テ・チョウによる方法を説明する。この方法は1962年にイリノイ大学から出された「小流域における排水施設の設計に関する水路地域（Water way Areas）の水文計算法」（技術試験所報告No 462）に詳しく書かれている。この報告書では小さな農村流域からのピーク流出量を決めるための、科学的かつ単純な実用的方法が扱われている。この方法はカルバートや小さな橋梁のような小水利構造物の設計のために開発されたもので、実際の適用に関してはイリノイ州の気候的、地形的条件に対応する設計図表が報告No 462に示されている。この方法は単位図法概念を使って導かれている。詳しい適用例を知りたい場合は報告No 462を参照されたい。流域からの直接のピーク流出量を求めるチョウの公式は降雨の強度と単位図のピーク流量との積をピーク流出量として計算している。この公式はピーク流出量を Q として、 $Q = AXYZ$ と表わされる。ここに、

Q = ピーク流出量（立方フィート/秒）

A = 流域面積（エーカー）

X = 流出係数、（設計降雨時間、確率、土壌型、表面状態によって決る。詳しい値は報告No 462を見よ）

Y = 気候係数（降雨によって決り、イリノイ州の各地について与えられる。詳しい値は報告No 462を見よ）

Z = ピーク減少係数（設計降雨継続時間と遅れ時間（Lag time）との比によって決まる。ラグタイムは流水方向にはかった流域の長さとの平均勾配との関数である。詳しい値は報告No 462を見よ）

報告No 462にある X 、 Y 、 Z の値を表わす図表はイリノイ州の気候や自然条件に依存するが、イリノイ州以外の場所でもこれらの値を求めておくのは意味のあることである。前述のように、この方法は小さな農村流域についてつくられたものであるが、郊外や準農村地域のような異なった流域についても、チョウの方法による流出数（ N : Runoff Number）を正確に決めることによって適用可能である。この N は土壌型、地被、地表面状況によって決まる。たとえば、コンクリート舗装のような不浸透面では $N = 100$ である。屋根や道路では95、庭やパークウェイでは70、公園や広場では65が妥当な値である。報告No 462にあるように、流域内の各区域に関して重みをつけた流出数が計算され、それは、

$$N_c = \sum N_i A_i / A$$

という式で表わされる。ただし、 A_i = 同一区域の面積、 A = 流域全面積、 N_i = A_i 区域の流出数。

次の例はイリノイ州クック郡北西部の急激に都市化の進んでいる準農村地域にこの方法を適用したものである。流域は約40%が公園や農場で、30%が庭とパークウェイ、20%が屋根および道路、そして10%が不浸透性の商業地区である。このような配分で図-12に示す流出係数を求める。

この例では流域面積 A は1,700エーカーで気候係数 Y は1.09である。また水路長は17,000フィートで平均勾配は41/100、ラグタイムは1.7時間である。これらの値によって種々の降雨時間に対する低減係数 Z を報告No 462から求めて図-12に示す。計算はそれぞれの区域

- (1) 公園とあき地 (2) 庭とパークウェイ

Q = A x X x Y x Z												
時間 (時間)	t/tp	確率毎のX						確率毎のQ (立方フィート/秒)				
		5	10	25	50	100	Z	5	10	25	50	100
0.2	.12	0.06	0.12	0.34	0.56	0.76	0.08	9	18	50	83	112
0.5	.29	0.24	0.47	0.65	0.92	1.16	0.22	98	192	265	375	473
1.0	.59	0.27	0.38	0.55	0.72	0.86	0.45	225	317	458	600	717
1.5	.88	0.25	0.33	0.44	0.57	0.69	0.60	320	367	490	634	767
2.0	1.18	0.22	0.27	0.37	0.47	0.58	0.70	285	350	480	610	752
2.5	1.47	0.19	0.24	0.32	0.41	0.49	0.80	281	356	475	608	726
3.0	1.76	0.18	0.23	0.29	0.36	0.43	0.90	300	384	484	600	717
4.0	2.35	0.15	0.20	0.23	0.30	0.36	1.0	278	370	426	556	667
5.0	2.35	0.13	0.16	0.21	0.26	0.29	1.0	240	296	389	482	537
6.0	2.35	0.12	0.15	0.19	0.22	0.26	1.0	222	278	352	408	432
7.0	2.35	0.11	0.13	0.16	0.19	0.23	1.0	204	241	297	352	426
8.0	2.35	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	1.0	185	222	278	334	389

水文学的調査

型：貯留池

日付：1973

場所：イリノイ州クック郡

流域面積：1,700 エーカー

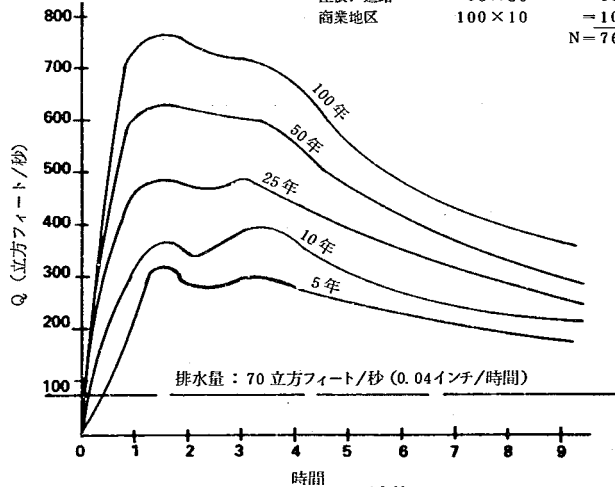
土壌型C：(報告№462による)

気候係数Y：1.09 (報告№462)

水路：17,000 フィート長, 0.41 勾配

ラグタイム tp：1.7 時間 (報告№462)

土地利用	N	利用率	値
公園, あき地	65	$40 + 100 = 26$	
庭, パークウェイ	70	30	$= 21$
屋根, 道路	95	20	$= 19$
商業地区	100	10	$= 10$
			$N = 76$



資料：イリノイ州ハインズデール リンドレイ&ソンス会社

図-12 流出量の計算

(3) 屋根と道路

(4) 商業地区

に分け、これらの地区の面積率を使って重みをつけた流出数Nはこの例の場合76と計算される。このNから種々の降雨継続時間および各確率降雨に対する流出係数Xの値が報告No 462の曲線を使って求まる。このXの値を表にし、 $Q = AXYZ$ の関係からQの値を計算した。

次に、流出量を降雨時間の関数と考え種々の設計降雨確率に対して、最大流出量のハイドログラフ群を作成する。これを図-12の一番下に示す。

各降雨に対する必要貯留量は排出ハイドログラフと流入ハイドログラフの間の全面積を求めれば決まる。許容排出量はここでは一定値0.04インチ/時間(70立方フィート/秒)と仮定する。

貯留量を求めるもうひとつの方法は表-14に示すような方法である。この表の第1列は0.1以下~5.0インチの種々の降雨量の範囲を示す。第2列は各降雨量に対する平均流出量の範囲(インチ)を示す。これらの値は、地域の条件によってきまるので、特定の地域性に応じて工学的に妥当な方法で求められねばならない。第3列は考えている地域での各降雨強度に対する平均降雨回数である。第4列は各降雨量の年間降雨回数のパーセンテージである。第5列は第1列に示された量以下の降雨量を有する全降雨の年間分布(%)である。第6列は第1列に示された各降雨量に対する平均降雨継続時間である。第7列は貯留時間中の平均排水量で、第6列の算定降雨時間に許容排水量(ここでは0.04インチ/時間)を掛ければ求まる。第8列は平均必要貯留量で、第2列の平均流出量と第7列の平均排水量との差である。そして第9列はインチで表示した平均必要貯留量を

表-14 必要貯留量の計算

1	2	3	4	5	6	7	8	9
降雨総量 (インチ)	平均流出量 (インチ)	年間 降雨回数	年間降雨分布(%)		平均算定 降雨時間	平均排水量 (インチ) @ 0.04 インチ/時間	平均必要貯留量	
			当該降雨	当該降雨 以下			(インチ)	(エーカー・ フィート)
0.0-0.1	0.04	57.30	47.00	47.0	0.5	0.02	0.02	3
0.1-0.2	0.07	20.40	17.00	64.0	1.0	0.04	0.03	4
0.2-0.4	0.15	19.70	16.00	80.0	1.5	0.06	0.09	13
0.4-0.6	0.25	9.60	8.00	88.0	2.0	0.08	0.17	24
0.6-0.8	0.35	5.10	4.00	92.0	2.5	0.10	0.25	35
0.8-1.0	0.45	3.20	2.50	94.5	3.0	0.12	0.33	47
1.0-1.5	0.63	4.26	3.50	98.0	3.5	0.14	0.49	70
1.5-2.0	0.88	1.50	1.30	(毎年)	4.0	0.16	0.72	102
2.0-3.0	1.25	0.80	0.61	(5-10年)	6.5	0.26	0.99	140
3.0-4.0	1.71	0.07	0.05	(20年)	9.0	0.36	1.35	191
4.0-5.0	2.32	0.05	0.03	(50年)	11.5	0.46	1.86	263
5.0以上	2.82	0.02	0.01	(100年)	14.0	0.56	2.26	320

年平均流出量 = 10.94 インチ 全降雨回数 = 122.00/年

1,700 エーカーの流域に対してエーカー・フィートに換算した値である。

最後に、貯留池の面積と水深に関する実際的な制約によって貯留域の形と大きさが決められ、過剰雨水の完全排水に必要な時間が計算される。

〔コロラド都市ハイドログラフ法〕：貯留量の設計に用いられるコロラド都市ハイドログラフ法（CUHP）は流域の下流地域での利用に、適切な方法である。下流地区においては、洪水被害が大きいのので、より信頼度の高い、直載なハイドログラフ法が有効である。また確かに実際問題へのハイドログラフ法の適用は、技術者の判断力に柔軟性を与えてくれる。

CUHPは都市雨水排水基準マニュアル「流出」の項に非常に詳しくあつかわれている。⁽⁴⁾ この方法は、1932年にシャーマンによって作られ、その後スナイダーとイーグルソンによって修正された総合単位図法に基づいている。このCUHPという名前はこの方法に用いる係数が最初にコロラド州デンバーで調査され、特に都市流域に対して改良されたためにつけられたものである。詳しくは上述のマニュアルを参照されたい。

ハイドログラフ法による貯留池の解析には簡単な貯水池追跡法が必要になる。この方法では、貯留池からの排水量はその水面高の関数である。そしてこのような貯留池は適切な維持制御を必要とする排水設備と余水吐を有する。貯留池の既知データとしては水位－貯留量と水位－流出量曲線が必要である。この方法の詳しい説明は、ほとんどの水文学関係の本にでているのでここではふれない。

下流域での貯留解析の説明は図－13に示す通りで、実線はCUHPで求めた流入ハイドログラフであり、破線は貯留池からの排水ハイドログラフである。排水ハイドログラフは排水設備の種々の水頭に対する排水量を表わす。その排水設備については余水吐をのぞいて、マニング式で求めた流量一定という仮定ではなく、流量制御を考慮して解析しなければならない。また前に述べたように、流量制御装置のない貯留池からのピーク排出量は、流入ハイドログラフ下降部の一点に一致しなければならない。その理由は排出ハイドログラフが流入ハイドログラフよりも早くピーク時刻に達しえないこと、また排出量が貯水面高の関数であるという理由から排出量と流入量のハイドログラフが交わって貯水面が減少を始めてからは排水量は増加しないということである。流入量と排出量の両曲線間の面積は貯留池の必要貯留量を表わす。

下流域における貯留池の設計は設計技師の多くの判断を必要とする。貯留量を有効に利用するための設計には種々の要素が関係する。設計者はそのなかでも特に制御面の設計変数を決めなければならない。普通、それは、下流の施設によって決まる排水量と、貯留池で起りうる制約を考慮した上での最大有効貯留量である。

このような貯留施設の設計基準は場所によって異なる。コロラド州では、貯留能力が1,000 エーカー・フィートを越えるか、10フィート以上のダムを有するか、あるいはまた高水位における水面積が20エーカーを越えるような貯留池は、州の技師によってチェックされなければならない。そして貯留施設は可能最大降雨（Probable Max Precipitation）からの流出に対して設計されなければならない。もちろんそれは通常の排水計画に用いられる100年確率降雨をずっと上まわるものであるが、その設計値は施設の上下流の水路には適用されない。

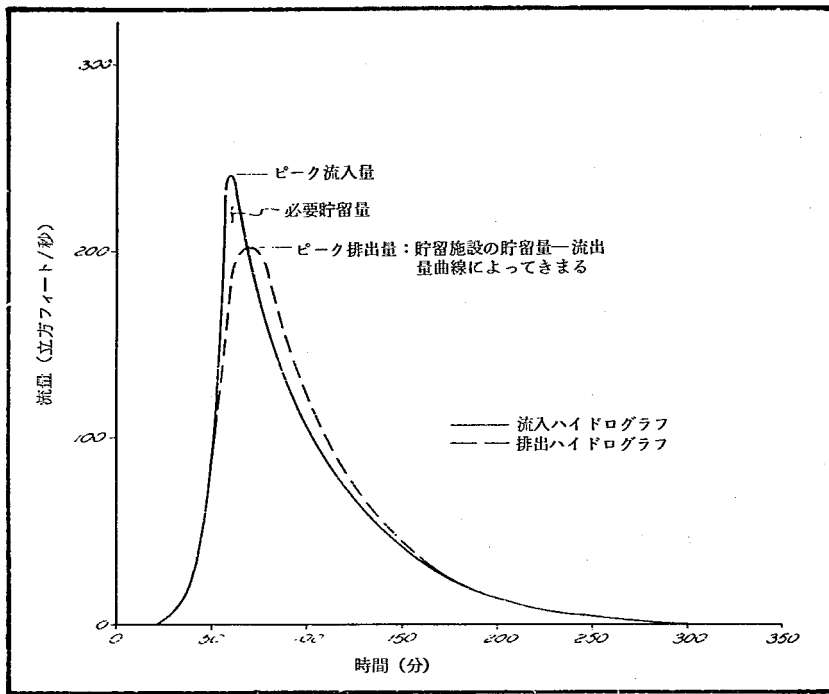


図-13 ハイドログラフ法による下流域での貯留解析

一方、貯留施設がこの範囲にない場合は、基準は地方行政体によって決められ、普通は100年降雨に対するものである。また基準があったとしても、設計者は「貯留池を設計している」という事実を十分考慮しなければならない。最近コロラド州では裁判所が貯留池の事故はそれが天災 (an Act of God type storm) であってもその設計者と所有者に責任があるという裁定を下している。

どんな設計基準によっても、貯留施設は降雨の大小にかかわらず、十分な働きをしなければならない。また、法的論理的観点から、下流域の貯留施設の利用はそれが無ければ存在しなかったと考えられる不必要な障害をもたらしてはならない。その場かぎりの貧弱な設計の施設は、そのような問題を起しやすいのである。CUHPと簡単な貯水池追跡法を組み合わせれば50エーカー以上の流域をもつどんなプロジェクトに対しても一般的な解析法となるが、最も正確な解析が行えるのは200エーカー以上の流域の場合であろう。

下流域の貯留施設についてまとめればCUHPあるいは他のハイドログラフ法は、施設の設計に関する基本的な設計法といえよう。一方、排水施設は流入口制御によるしる排水口制御によるしる実際の貯留量-流出量関係を用いて設計されなければならない。施設は100年確率の流出量を(大きな施設ではそれ以上の流出量を)安全に処理できなければならない。結局、新しい貯留施設はどれも適切な計画と設計によって、避けることの可能な障害をもたらしてはならないということになる。

3-5. 公共機関によって許可、指導、要請されている設計法

雨水処理関係の地方公共機関の中には貯留施設の設計指針を有するものもある。そのような指針をもたないその他の公共機関では、貯留施設に対する基準や規則に合致するような設計例集を出している。この節では合衆国の各地にある4つの公共機関について紹介する。

〔連邦航空局 (FAA)〕：連邦航空局では、空港の排水施設の貯留施設設計に関してひとつの考え方が使われている。このFAA法は流入量と排水量の累加量を時間の関数として表現する図解法である。両者の曲線に囲まれた面積は貯留池の必要貯留量となる。この方法で誤まりやすいのは、排水量を初めから一定であると仮定してしまうことである。このようなとり扱いによると排水量は排水口の大きさとマニング公式だけで求め、排水口での水頭と流量との関係を見落してしまう。その結果、貯水施設の容量を小さめに設計してしまうことになる。最近、フレイジャー & ジンジェリイ会社がこの方法で設計した例があるが、100年確率の予定であったものが実際は10年確率の容量しかなかった。つまり貯水池堤防高が低すぎて100年確率降雨では越水して破堤してしまう。

〔シカゴ大都市圏公社 (MSD)〕：地域によっては特定な行政機関が貯留施設設計法に関する詳しい法規定をもつところがある。たとえばシカゴ大都市圏衛生公社では前出の修正ラショナル式と基本的には同様の設計法概要を出している。このMSD法では次のような関係を使って種々の継続時間の降雨に対する必要貯留量を考察している。

$$\text{貯留量 } s = t d (C \times i_{100} - 0.15 \times i_3)$$

貯留量 s : 流域換算必要貯留水深インチ

$t d$: 到達時間 (訳者の推測、原文には説明がない)

C : 開発流域を代表するラショナル式の C 値

0.15 : 未開発流域に関するラショナル式の C 値

i_{100} : 各 $t d$ に対する 100 年確率降雨強度 (インチ/時間)

i_3 : 未開発流域の到達時間に対する 3 年確率降雨強度 (インチ/時間)

必要貯留量は貯留量 s の計算値に全貯留面積を乗じ、12で割ってエーカー・フィートに直した値として求まる。設計手順に関するパンフレットが衛生公社から出されており、この報告書の付録Dにも記載しておく。

この方法はシカゴ地区でしか適用されない係数を用いているが係数を変えることができるとすると、他の地域でも係数を求めることによって適用することができる。特に、大流域や上流に貯留地を有する流域での現地貯留に対して適用できないという限定はなされていない。しかし、普通は20エーカー以下の流域に適用するのが望ましく、また上流に貯留池がある場合は下流への流出量が低減されるので、この式を利用するにはこれら2点に留意しなければならない。

〔コロラド州ボルダー市〕：コロラド州ボルダーでは雨水貯留施設の設計法がつくられている。ここでは適用地域によって、降雨確率年をとくに指定している。排水許容量は開発前の流出量または開発後の土地利用に基いて決められ、たとえば開発後では次のような許容排水量が認められる。

土地利用状況	許容排水量
駐車場、道路、歩道	1.0 インチ/時間
屋 上	0.5 "
広 場	1.0 "
草 地	0.5 "

必要貯留量の計算は多数の三角ハイドログラフを使って計算される。すなわち、ある流入ハイドログラフと排水量との差がそれにあたり、その標準的な値は種々の条件に対する流出係数、地表面流下時間、適用する降雨強度—継続時間曲線（表—15、図—14、15を参照）について与えられている。

表—15 流出係数設計値（コロラド州ボルダー）

表 面 状 態		流出係数 C
アスファルト		0.9
コンクリート		0.9
屋根		0.9
芝地・未開発地・ 砂利混り土 （粘土分少 Very little clay）	平坦地勾配 2 %	0.1
	緩勾配 2 ~ 7 %	0.15
	急勾配 7 % ~	0.2
粘土 （砂利分少々有り considerable gravel）	平坦地勾配 2 %	0.2
	緩勾配 2 ~ 7 %	0.25
	急勾配 7 % ~	0.35

注：ボルダーではほとんど勾配が4%以下の砂利混り土なので
C = 0.2 が用いられる。

これを用いて、貯留池に入る流量 Q_n は種々の地域に対する到達時間に対して連続的に求める。それはしかも流入量が排水量とほぼ等しくなるまで（貯留池の水量の増加がなくなるまで）行なわなければならない。

使用する公式は

$$Q_n = CA \{ n i_n - (n-1)(i_{n-1}) \} + Q_c$$

ここに Q_c は屋根や駐車場等からの実流入量、 Q_n は n 番目に到達するハイドログラフの終地点における流入量。 i_n は図—15 より求めた降雨強度、 A は流域面積（エーカー）、 C は流出係数、 n は使用される三角ハイドログラフの番号である。

全容量 V_n （立方フィート）は

$$V_n = 60 \cdot C \cdot A \cdot n \cdot T_c \cdot i_n$$

で与えられ、 T_c は三角ハイドログラフ群の最初のピーク到達時間で、流量 Q_n が許容排水量に等しくなったときに最大貯留量が計算される。また全貯留容積 S （立方フィート）は

$$S = V_n - (\text{排水量})$$

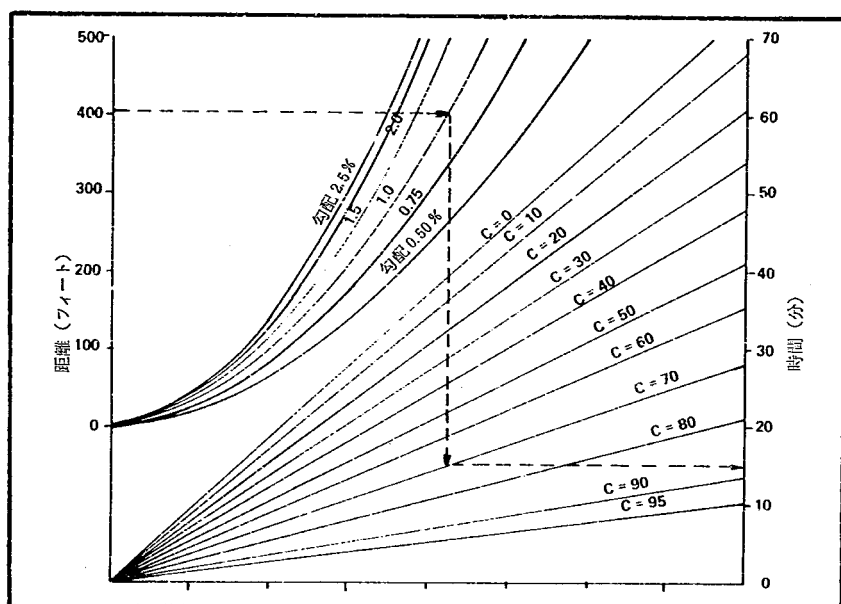


図-14 表面流下時間曲線

として計算される。排水量は図上の水平線以下の面積で表わされる。

ボールダー市では流入口、流出口でのロスやゴミによるせき、オフィスあるいはパイプ等のつまりで生じる排水量の減少を考慮するように注意をしている。そのようにすれば、許容排水量が確保され、また越流構造物や貯留施設の他の部分の維持労力が軽減される。すなわち格子付流入口ではゴミのつまりに対して50%くらいの実効面積増が示唆されている。

〔メリーランド州モンゴメリー郡〕：メリーランド州のモンゴメリー郡では、雨水の貯留施設に関して以上のものと異った方法をきめている。その方法はほとんど図解法で、関連する図と注意事項はこの報告書の付録Eに示しておく。

〔まとめ〕：現地貯留施設の利用は条例により指示される場合、あるいは排水施設のコストが小さく

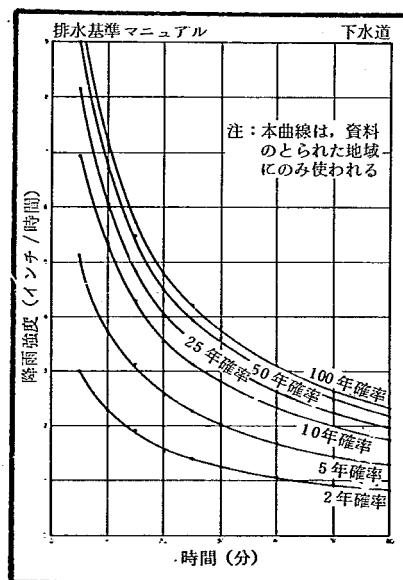


図-15 確率降雨強度継続時間曲線

なるように開発業者によって選択される場合がある。いずれにしても、ある降雨に対してその場所からの降雨流出のピーク量を減少させるというのが目的である。

貯留施設の技術設計はいくつかの因子の組み合わせによるため、複雑となる。それらには、流出ハイドログラフを正確に予測すること、貯留施設を造る用地の制約、貯留施設からの排水量に対する下流疎通能力、そして行政機関の将来の政策や行政上の要請の不確定性などが考えられる。

特に設計上重要な問題は、必要貯留量と許容排水量の決定である。これに関して二、三の地方では設計基準を公布しているが、多くはそのようなはっきりした基準を持たない。

雨水の現地貯留の利点はよく理解されてはいるが、設計を検討承認する公共機関や実際の設計者にひろく受け入れられるような標準設計法はまだなく、数種の実例があるだけである。

ラショナル法はピーク流出量の算定に広く用いられているが、その適用は小流域に限定される。しかし多くの技術者はこの方法を使わず、否定的でどちらかといえば修正ラショナル法というのを用いている。ただ、すくなくともひとつの会社では屋根、駐車場、あるいは20エーカー以下の流域を有する上流地域に限定してこれを使用している。なおより大きな流域に対しては都市域ハイドログラフ法と簡単な貯水池追跡法とがよく用いられる。1つはCUHPである。また各地域内で適用できる流出計算法が開発されており、その中でベン・テ・チョウにより、イリノイ州で作られたものを例として説明を加えた。その他の方法についても例示はした。

どの設計法を使用するかは別にして、設計者は効果的に貯留池を設計しているということをいつも念頭におかなければならず、細部の設計もこのことを忘れてはならない。最終計画では、工事中にも必要な貯留量が維持でき、適切な排水御制装置が設備されなければならない。そして工事終了後は、貯留施設と排水装置がゴミなどによる障害を生じず、定常的な施設の運転ができるように維持されなければならない。

1972年に行われた建設会社の調査によると、貯留池の最も多いタイプは地表面につくられた貯留池であり、その次が駐車場を利用するもので、次が屋上貯留であった。また、流域および対象地域における懸案の新規開発を含めて既開発地域の特性とその範囲は設計基準作成上の重要な要素である。

合衆国の25の大都市とすべての建築法作成機関の調査では、屋上の利用と雨水の貯留を禁止しているものはなかった。また数種類の屋上貯留用排水口が雨水の屋上貯留に利用され、その標準的なものは二、三の製作会社で製品化されている。

駐車場での雨水貯留には2つの一般的な方法がある。ひとつは凹地に貯留するもので、もうひとつは舗装部分を水路として雨水を草地や砂利地の浸透場所へ誘導するものである。その場合、舗装部分の最少勾配は1%くらいは必要であるが、車のガソリンがタンクから溢れないように、また凍結時の走行上の問題から4%を越えてはならない。

地表に直接造られる貯留池の設計法は、その土地の価格や取得の難易、自然的性状、景観、地形、気候、その他の地域因子によって異なる。また、設計法は計画する貯留池の多目的利用によっても影響されるのである。

第4章 計画，景観，費用および応用

(Planning, Aesthetics, Costs and Applications)

4-1. 計画 (Planning)

都市排水による汚濁対策や洪水防御は、概して、これらかなり進行した後に調査される。しかもこれらに対する解決法は、一般的には対症療法であり、地域社会の開発に即した総合的なものではない。しかしながら、計画が進行中の社会では建設に先立って対策を進めるチャンスがある。

バージニア州、フェアファックス郡のボーイッククリーク流域の計画の開発は、急激な都市化による都市流出の問題に、地方公共団体がいかにとり組むことができるかの一例である。

4-1-1. ボーイッククリーク流域事業

ボーイック・クリーク流域はワシントンP、Cより約17マイルバージニア州フェアファックス郡の北方にある。ほとんどが未開発地域で、面積22690エーカーのうち70%は森林であり、1965年の総人口は凡そ4800人で、一戸建住宅に住んでいた。その6%が都市域といえるが、主たる商工業の発展もない。

しかし、この状態は急激に変化すると予想される。すなわち、ワシントン地域での下水道の敷設および地価の高騰によって、当然この地域のドラマチックな変貌が予想されるのである。流域人口の推定によれば、1971年の14,300人が2000年には85,000~160,000以上に達し25年以内には森林地帯の凡そ85%は街区、ショッピングセンター、学校、その他として開発されよう。

これまでほとんど開発がされておらず、また予想される今後の急激な開発を考えても、1966年後期にこの地域の総合計画をたてる必要があった。フェアファックス郡の雨水対策、浸食防止の担当官の関心はこの地域計画に反映されることになる。

都市開発が進むと、掘削によって広大な面積の土壌が露出され、その結果表面 (sheet erosion) および溝浸食 (rill and gully erosion) が加速され、このまま何も対策がとられないと100年後にはボーイック川には720万トンの土砂が運ばれ、このうち430万トンの土砂がすでに河床上昇が起っているポトマック川に運ばれる。

また流域の都市化は地被の浸透性を減少させる結果、流出量の増大をもたらす。これはボーイック川の洪水特性を強くするばかりか、水路の特性まで変えてしまう。当然川を水路化して、水路の疎通能力もふやさねばならない。これが総合計画によって防除しなければならない問題なのである。

〔対策手法〕：第1回目の排水計画は、1967年1月に作られた。それは4つの方策からなり、その計画額は5,202,764ドル(1965年価格)であった。

1. はらん原地域制 (Flood Plain zoning) — 100年洪水の境界が地質調査所によって線引される筈であり、そこでの建築は禁止されることになろう。もっぱら、オープンスペースやレクリエーション利用にとっておかれる。

2. 洪水防御（調節）構造物 — 8つのダムが提案された。このダムによって、5年降雨程度におとし、また、土砂流出をおさえる。初期の想定通り土砂は取除かないが、100年たってやっと埋まる程度に設計されている。8つのダムの総貯水面積は220エーカーであり、最大洪水調節時には537エーカーまで増す。貯水池の一つは通常22エーカーの水面を有し、釣り、ボート、水泳などレクリエーション利用に開放される。

3. 水路の改修はその凡そ $6\frac{1}{4}$ マイルに対して提案された。このうち $2\frac{2}{3}$ マイルは灌木や流木の除去、 $3\frac{1}{2}$ マイルは水路化である。これによって疎通能力が増し、増大した水の処理が可能となる。

4. フェアファクス郡では長い間水源での浸食および流出制御が要望されてきた。

郡の浸食および土砂防御条令にしたがって、開発業者は、郡開発部の承認を得るべく保全計画を用意しなければならない。この流域処理には、一時的及び恒久的保全計画がある。この中には危険な建設期間中に浸食を最小限にとどめるようにするものもあり、又土地の保全により長く効果をもたらすようにするものもある。ボーイック川流域開発に当って採用された保全計画のいくつかを以下に示す。

- a 保全計画は街地および用地計画には、なくてはならないものとされる。これは開発の進行とともに継続的に適用される。
- b 用地は最小限度の地ならしや他の用地準備などを要求するというやり方で進められる。例えば、道路は可能な限り現地形の等高線に従って計画される。
- c はんらん原はできる限り自然のまま最大限に保全する。現在の郡の条令では、はんらん原での開発は許可されていない。
- d 急斜面上の植生は最大限に保全される。又、のぞましい木々、灌木その他の植生もできるだけ保全される。谷間の美的な緩和等によって、開発状況もかくすこともでき、また急斜面の浸食防止も可能となる。
- e 開発はいくつかの段階に分けて計画される。そのため土地の切り開きや地ならしなどは、わずかな区分毎に行なうことができる。このようにして土地に植生のない期間は、最小限にとどめられ、工事中の浸食による損害をおさえることができる。
- f 表層の土は蓄えておき、後に永久植生を植えるところに使う。
- g 60日以内に建設が行われず、加えてなんらかの構造物によって防御しないような土地の場合は、土砂流出の起りやすい場所には一時的に植生を使う。すなわち大雑把な地ならしの後にすぐ播種をする。
- h 一時的な土砂ダメを小排水路の下流部に沿って沢山作る。この設置場所は最終的な街区と用地計画が完成される時点で決定する。これらは工事中の土砂や岩屑などをためるのが目的であり、もっとも捕砂効率がよいように土砂揚げを行なう。
- i 恒久性の植物は、必要な場所に最終的な地ならしをして後にすみやかに定着させる。
- j 根おおい、一時的な分流、水平な溝付け、小段、遮集堤、その他の保全対策は浸食防御の必要な場所に行なわれる。
- k 雨水排水施設は、工事中出来るかぎり速かに完了し、稼働される。小さい泥よけや泥ダメを

作って工事中雨水排水口に土砂がたまるのを防ぐ。

l 道路、駐車場などは出来るかぎりすみやかに舗装する。

m 街区の設計、雨水排水、浸食および土砂制御などを含めて、郡の条例に違反がないことを確認する意味で、郡は開発業者に用地改修の条件を掲示するよう要求する。また、現金の保管という形で浸食および土砂制御に対して要求される、開発業者が条令に違反した場合には、郡がこのお金を緊急目的に使う。

この方法によると、洪水損失の98%、土砂流出による損失の68%は防げると概算される。耐久年限100年に亘ってその費用は年89,625ドルの利益に比して、一年65,750ドルと推算される。

〔勧告の分析〕：田園地域の完全都市流域への転換といった、本来の先駆者的な特性故に、計画が進むにつれて事業の評価が要望された。

計画に対するコメントが公共機関、土地開発業者、地主、関係市民などによって準備された。これらのコメントは編集され、1972年3月1日、北バージニア土壤および水保全公社から「環境評価、フェアファックス郡のポイック川流域計画」として出版される。

これらの初期の勧告文に対する主な反対は、河川改修案に対してであった。すなわち、改修は5年洪水流出を押えるには有効であるが、野生々物保護生息地である自然植生を破壊すると思われるというのである。

水路改修作業に対する反対の結果として、初期のプランは再検討され、計画の共同出費者である北バージニア土壤および水保全公社は、水路改修作業を削除するよう勧告した。たしかにこのためにはんらんは増加するが、それは未開発の地域で起り、その場合被害も少い。そして河を自然のままの生息地として保護する方が、洪水防御よりも重要であると考えられたのである。

他にも当初計画の湛水池（impoundments）の設計利用に対しても反対があった。湛水池自体はのぞましいと見られたが、単に1つの貯水池でなく、全部のそれを多目的に利用すべきであり、しかも堆砂の除去対策もなされるべきと思われるのである。その点、多目的利用に関しては、何のコメントもなかったが、堆砂除去については、計画の提案者は費用の上からとてつもなく高いものになると判断した。しかしながらこれまで郡は漠然と湖水容量を維持するために、貯水池の清掃方針を採ってきたのであった。

〔現地雨水貯留池の利用〕：1972年1月31日付のフェアファックス郡の計画評価の際に、現地貯留池利用が検討された。郡はメリーランド州モンゴメリー郡の実験を見て、貯留池に対する3つの避けられぬ限界があるのを知った。それに関する検討の内容を以下に示す。

1. 流水持続期間の増加 — 雨水貯留が流水ピークをおさえることは認められたが、それは流出の継続期間を増すことによってそうなるのである。この長期の雨水流出は、水路の自然の平衡状態をみだすが、これが貯留池がない場合に起る短期間の明確でない（記録できない）大きなピークの流出よりも、河にとってよいか悪いかを決定する調査が必要となろう。
2. 必要な土地 — 貯留池は水路上の8つの湛水池と同じ貯水量にする必要がある。しかし湛水池が比較的深いのに対して一般に貯水池は浅く、そのためより大きい土地が要求される。例えば、1つの湛水池でいえば、最高時30エーカーの池で貯水量は水面が8フィート上って151エーカ

ーフィートになるが、もし貯留池の場合平均水深1フィートであれば、実に151エーカーの土地が浸水するであろう。これは流域の土地の35%に相当するのである。

3. 汚染——流出水中の汚染物質（油、グリース、肥料、ゴミ、その他のぞましくない物質など）が深い湖などに運ばれずに、貯留地域に堆積してしまうことになる。

以上のほかの雨水貯留の便益に関する評価は、有利な点が不利な点より多いということを明らかにした。例えば1973年2月8日付のフェアファックス郡発行の新聞「ジャーナル」は次のように述べている。

「雨水貯留池はフェアファックスでの浸食対策実施およびポーイック、ヴァレーでの連邦補助による洪水防御計画の基本的な手法となった。またこれは郡の雨水排水のもっとも正規な方法と思われる」

〔まとめ〕：バージニア州、フェアファックス郡のポーイック川流域の開発は、田園流域から完全都市化流域への計画的な転換であるということに独特なものがある。雨水排水計画は洪水はらん、土砂浸蝕防止に備えて、地域の総合計画に含まれた。はらん原利用区分（zoning）、河川湛水池、浸食防止法、雨水貯留池などが利用されるべき方法である。現有の問題を解決するかわりに、開発に対して計画することによって、洪水被害ポテンシャルの98%および土砂堆積による被害ポテンシャルの68%が取り除かれたと推定されている。

4-2 景 観 (Aesthetics)

水路、貯留池、排水溝などに隣接する地域の美化は、雨水排水施設、洪水防御改修などの計画建設設計には欠くことのできない要素である。望ましい木々や他の植生などの植林および保護は、その改良計画の一要素である。

自然環境資源を保護することにより、新しい浸食と堆積の問題が回避され、また野生生物のためになる。また自然環境の美しさは、資産の価値をまし、この土地の生活の特質を向上させる要素である。

設備の外観を改善するには、造園工事が効果がある。雨水貯水池や排水溝の岸などは、可能な限り隣接した土地に、スムーズに変化させる。傾斜面もできるだけ平坦にする。急斜面は山腹工事により浸食から守る。またできるだけ自然状態を傷つけないよう蛇カゴ、石積、その他の保護の仕方を取り入れる。新しく行う植林は流水を妨げず、生存の最低条件は保てるよう高水位よりは高いところに植えるようにする。

土砂および閉塞などの対策も、もう一つの熟考を要する問題である。土砂の堆積および閉塞などによって、役に立たない土地も適切な設計、建設および管理によって利用できるようになる。土砂浸食を最小限にし、その結果もたらされる水面や土地の埋没を防ぐ技術については、各地の土壤保護局の事務所から情報や資料を入手できる。

雨水貯留池は前面に土砂ダメを作ることにより、過剰の土砂堆積から免がれ得る。雨水流出貯留に使われる舗装地域は、雨水を植生地を一度通過させるか、或いは特殊な設計によるフィルターで堆積を防ぐことができる。



a 貯留池(池)

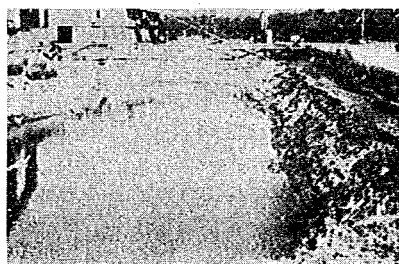
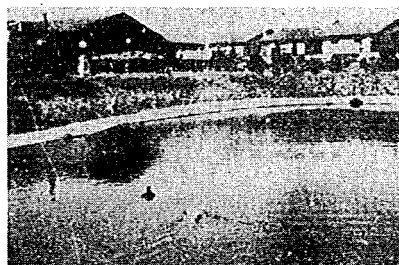
写真上：景観がよい。風力による曝気装置、フェンスがある。

写真下：あまりきれいでない。フェンスがこわれている。

b 貯留池(水なし)

写真上：キチンと地均しがしてある。芝生がある。レクリエーションに利用できる。

写真下：地均し悪くあまりきれいではない。不健康である。



c 貯留池(池)

写真上：景観がよい。フェンスがある。堤防は保護されている。野生生物がいる。

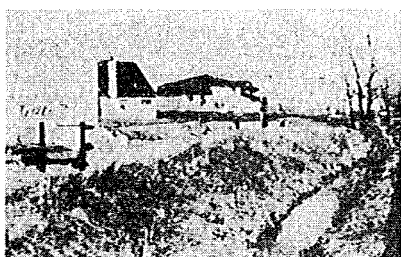
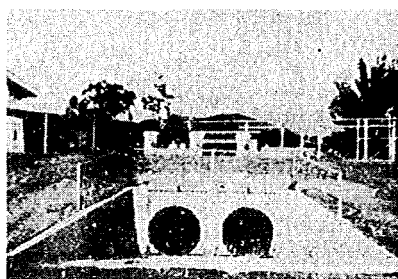
写真下：景観があまりよくない。堤防が浸食されている。維持がなされていない。

e 道路沿いの貯留域

写真上：きれいで景観がよい。常時水をたたえている。

写真下：景観があまりよくない。浸食され、泥がたまった水なし池である。

図-16. 貯留池とその周辺の外観



e 自然の排水路

写真上：きれいである。芝生がある。舗装された池底，なだらかな勾配である。維持が容易である。

写真下：雑草がはえており，舗装されていない。維持が困難である。

f 貯留池の入口

写真上：安全である。きれいである。土砂用の格子がある。芝生がある。長持ちがする。

写真下：危険である。見ぐるしい。一時的なものである。

図-16. 貯留池とその周辺の外観

貯留池周辺のはんらんは，貯留池に向って勾配をつけたりくぼ地を除去したり，湛水頻度や継続時間を少なくすることによって防ぐことができる。

図-16 は貯留池とその周辺の外観の例であるが，種々の景観上の配慮が，雨水貯留施設その他地表排水路の設計および建設の維持上重要なことを示している。すなわち，似通った2枚の施設の写真であるが，一枚は景観の上からもアピールするように考慮して計画し設置した施設の一例であり，もう一枚は景観上の基準をもたず，設計，建造した施設あるいは十分でない維持管理のために，非常に悪くなった例を示している。

4-3. 費用 (Costs)

数多くの雨水流出貯留施設が新しい都市開発と関連して建設されてきた。多くの例では，これらの設備は土地開発業者が行なってきた。それは現地貯留は雨水排水に管轄権をもつ地方公共機関が要求しているからである。しかしながら，開発者の殆んどは彼等の設計や建設に際して，本施設を織り込むことによって，相当に出費が省けることが分ってきた。合衆国の3地域で建設された種々の土地開発の5つの事例をこの章で紹介する。いずれも本施設を作ることによって，相当な建設費の節約が実現した例である。

一つはミズーリ州セントルイスの近く of ミズーリ河の低地に建設される新しい町である。工事費

の凡そ300万ドルの節約は湖を連結させる方法をとった雨水貯留池の利用によるものである。

ケンタッキー州フォード・キャンベルの排水計画も、貯留池を作って凡そ100万ドル節約した。

他の三つの例でも、都市開発の初期の計画および建設に、雨水貯留設備を組み入れることで、いかに工事費が効果的に節約されたかを示している。一つはミズーリ州セントルイスにある大規模な州間運送トラック・ターミナルであり、他の二つはシカゴ郊外の大規模な一戸建住宅開発である。

4-3-1. アースシティ (Earth City, ミズーリ州セントルイス郡)

ミズーリ州セントチャールズ市の対岸、セントルイス市の北西ミズーリ河東岸低地に、バランスのとれた都市が建設されている。1500エーカーのうち、建築家のマスタープランは、はじめ1313エーカーについて、工業地470エーカー、事務所と商業地274エーカー、住宅地213エーカー、そしてレクリエーション地を含めた2つの学校用地に356エーカーなどを予定している。

アースシティはミズーリ河はんらん原にあるため、当初考慮された二つの問題は、(1)はんらん原に対する十分な防護と、(2)内水排除に対する準備であった。

たまたまこの計画地域は西側は州間高速道路70号の土手と、北側はノーフォーク・ウェスタン鉄道の土手によって仕切られていて、夫々のミズーリ河の橋へとつながっている。図-17のアースシティの図で示されるように、これらの2つの東西につながる土手の特徴や高さからみても、これは側面堤防として使えそうである。この2つの間の正面堤は、最近陸軍工兵隊カンサスシティ管区土木事務所の最も高度な都市基準にしたがって、ミズーリ川の東の土手沿いに完成され

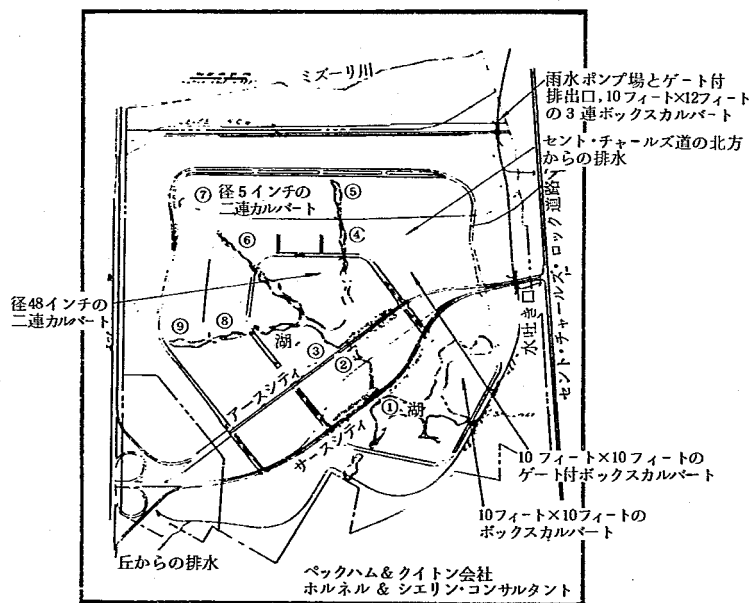


図-17. 雨水流出貯留湖と主排水路
ミズーリ州セントルイス郡アースシティ

た。内水排除施設の一部として、ポンプ場を堤防上に作られる。

いくつかの要因によって、この内水排除計画に貯留を組み込むことになった。用地計画者(Site planner)は1つの強力な計画の要因によって計画の重要部分をつなぎあわすことをのぞんだ。図-17で示されるように、指状の長い湖によって、都市中央広場と、周囲の開発地の間に、水の回廊や空地が通った風景ができるのである。湖や主水路の掘削により、土地の地ならしに必要な土が供給される。加えて、ボート遊び、釣りなどレクリエーション活動の発展が提案されている。美観を楽しむことも、住宅地、商工業地を通して湖の囲りに散歩道を作ることによって増進できよう。

技術的な見地からは、湖の開発を進めることは、水理的に2つの利点がある。第1に、通常の湖の高さ以上に、水量が獲得できればかなり小さい排水施設、例えば開水路、暗渠(地下水道)、ポンプ場を顕著に小さなものにすることができる。すなわち、瞬間最大流量が大きいと過大なパイプや排水路およびポンプ容量が必要となる。これはもちろん、大はんらん原のため勾配がないことにもよっている。第2に、この指状湖を連結したことによって、長い排水路によるよりも、指部の上端で最高計画水位を低く抑えることができる。これは重要なことで、郡の規定によってすべての建築物の一階床高は湖水位あるいは建築物横の排水路の計画最高水位より少くとも2フィート上でなければならないからである。つまり、建築費および用地開発工事費は床高をできるかぎり低くする方が安くあがるのである。

図-17に示されるように、この内水排除方式の概要は、本計画の南西部の丘からの排水路に始まって、東端に到り、そしてセントチャールスロック通りの南側にそって堤防まで達する排水路およびその地点のポンプ場の下ゲート付3つのボックスからなり、そこでは河川水位に応じて、自由流下もポンプ排水もできる。この湖は通常(メキシコ湾平均湖位上)433フィートに保たれ、その時の水面積51.4エーカー、周囲は凡そ6.1マイルとなる。湖は長さ50フィート巾、河床高433フィートの主排水路で連結されている。

水路位置は第一湖の中心部の北端であり、流水は水位差にしたがって水路と湖の間を往復する。

湖はすべて相互に連結される。北行および南行の高速のところでは、橋またはダブルのカルバートがつくられるが、これらの構造物は湖間の流れに対してほとんど抵抗とならない。この高速道路のところの主水路の10フィート×10フィート×2連のボックスカルバートの上流部および堤防部のポンプ場へ続く10フィート×12フィート×3連の水路の上流側に、リモートコントロール式のスライトゲートがつけられる。重力排水時および雨水流出時には、この雨水門は開放されるが、高速道路地下水路ゲートは湖の水位を433フィートに維持する際には閉じられる。雨水流出がない時はすべてゲートは閉じられる。河側のゲートはシルトを含んだ水の流入を防ぐのが目的なのである。

堤防のポンプ場の直上流のセントチャールス量水標の水位が195(標高433フィート)に達した時にゲートは両方とも閉じられる。雨水流出の際には、丘陵部や湖の流域からの流出水はすべて湖にためられる。計画地域からの流出がポンプ場の容量よりも小さい時には、高速道路地点カルバートの上流の貯水を流してポンプの容量を十分に利用する。設計洪水流出の時には、湖の水

位は439フィートまで上げることが許される。

〔排水施設の設計〕：次に示すような降雨が、この内水排除計画の設計に選ばれた。すなわち、

- 重力式排水 — 継続時間6時間、15年の降雨が、排水路、低平地、カルバートなどの設計に用いられた。これは郡が高い土地 (upland areas) に対して要求したものに匹敵する排水能力をもっている。
- 外水位が高い場合の排水 (Blocked drainage) — ゲートを閉じ、水位433フィートで30年の確率にあたる降雨によって湖とポンプ場の容量がきめられた。
- 重力式排水状況における排水路および湖の装置の操作や、もっと強烈で非常に稀な降雨の際の湛水の程度が100年確率6時間降雨に対して調査された。又30年確率12時間および24時間降雨から生ずる湖の最高水位などもチェックされた。

15年および100年確率降雨量は、気象局の技術報告 No 40 から、又30年確率6時間、12時間および24時間降雨量は、陸軍工兵隊の調査から得られた。

総合降雨波形は、15分間隔で作られ、浸透損失はこの時間間隔の降雨量によって計算された。これらの浸透損失量は降雨量から差引かれ、超過降雨量または浸透地域からの流出量とされた。合計流出量は降雨量を不浸透地域からの流出量とし、そして不浸透域の想定パーセントを用いてこの2つをたし合わせて計算した。

丘陵地からの流出ハイドログラフは、単位図を作って作成した。低地では三角波形を作って20エーカー平均の小流域に対し算出し、これを時間のずれと考慮してたしあわせた。計算はコンピューターでなされた。湖水の最高水位は次のようである。

- 重力排水、15年確率の設計降雨

インダストリアル湖 No 7 最高水位…………… 438.7 フィート

インダストリアル湖 No 1 “ “ …………… 436.9 フィート

- ブロック排水、30年確率の6時間の設計降雨

インダストリアル湖 No 7 …………… 438.9 フィート

他 の 湖 …………… 438.9 フィート

- 重力排水、100年確率の6時間の設計降雨

インダストリアル湖 No 7 …………… 440.7 フィート

レジデンシャル湖 No 1 …………… 437.8 フィート

30年確率の12時間と24時間降雨の影響は次のようである。

	6 時 間 降 雨		12 時 間 降 雨		24 時 間 降 雨	
	流 出 総 量 (エ-カ-・フィート)	湖 水 位 (平均海面上)	流 出 総 量 (エ-カ-・フィート)	湖 水 位 (平均海面上)	流 出 総 量 (エ-カ-・フィート)	湖 水 位 (平均海面上)
上流貯留域	515	438.8	575	439.5	670	440.3
下流貯留域	63	436.5	67	437.0	78	438.3

100年に基いたハイドログラフによる計算や2つの長い継続時間の30年降雨による計算からは最高水位439フィートを越すことが予想されるが、計算には多くの支川の低地や排水溝にある貯水容量も、またビルのまわりにある広大な地域の局地的な浅い貯水量が考慮されていない。又ポンプ場やゲートなども、より長期的な大洪水に対処して余分な貯水容量をうるべく、湖水位を下げるように操作できるようになっている。

〔排水施設の操作〕：ポンプ場やスライド式ゲートの操作は手動でも自動でもできる。表面流出の期間中、ポンプ場はたえずオペレーターに以下のような情報伝達が行なわれるよう人員を配置させる。

- a 河の水位
- b ポンプ場の上流水路の水位
- c 高速道路の “
- d 3連のボックスカルバートと高速道路地点の2連のボックスカルバートでのスライド式ゲートの開度

オペレーターは次の操作ができるようになっている。

- a 各ポンプのスケッチを入れたりとめたりする。
 - b 各ローラーゲートおよびスルースゲートの上下のスイッチの操作
 - c セントチャールス、ロックロードの北側395エーカーからの流入を制御するスイッチ操作
- 自動制御状態に対しては、故障のための警報回路が装備される。24時間監視が行なわれるような場所で鳴らされるようになっている。

〔湖の管理〕：湖の管理については、河川の低水時や乾期の湖水面の433フィートへの維持、つり魚の保持、沿岸浸食と最小にすること、マリーナの整備などが配慮される。先づ第一の問題に対しては、現にある河原のくぼみから湖へ水を注入することが提案される。また水底に漏水止め（シール）をすることが考えられたが、補助ポンプの導入で補充するよりのぞましいとは思われない。

〔費用〕：これらの内水排除施設は指状湖、主排水路、150立方フィート/秒のポンプ場などを含めて、凡そ200万ドルが見込まれる。しかし貯水池なしで堤防の上の大きなポンプ場と緊急流出用の施設総建設費は凡そ500万ドルと見積られた。このように貯水池の利用によって300万ドルの節約が可能となる。

〔結論〕：ミズーリ州低地に現在建設中の1500エーカーのアース・シティ開発に多目的雨水貯留池におこなったことによって、全体の景観を改善した。これも基本計画構想の段階で湖の有効利用をはかったからである。計画の景観を湖はレクリエーション機会や自由な歩道散策を提供した。更に「青と緑」の金額では評価できない価値に加えて、経済的にも著しい発展があった。

大河川の平坦な低地の充分妥当な洪水防御をもった土地開発は、内水排除施設によく設計された雨水貯留施設を含めたときにのみ経済上可能であるということが妥当で、しかも周知されるべきことのようなのである。

4-3-2 コンソリデートッド貨物運送会社のトラックターミナル（ミズーリ州セントルイス）

コンソリデートッド貨物運送会社は1968年、セントルイス市北東のミシシッピー川はんらん原の23.1エーカーの土地に州間トラックターミナルを建設した。セントルイスの河岸を防護する洪水防御施設を建設する前は、この地域はよく洪水になり、汚物の捨て場として使われていた。つまり著るしい高級な開発はなされていなかった。こんなこともあって、地上排水施設も建設されていなかった。有効な洪水防御工事が確実になって、開発も行われるようになり、トラックターミナルも建設された。開発業者らは分流式下水道を計画建設しなければならなかった。現有の合流式下水道はセントルイス大都市圏衛生公社の規定で行われたものであるが、15年確率降雨からの計画流出を処理するには不十分である。

洪水防御施設建設前も後も地表面水の排水は、堤防やその西側の鉄道に平行なミシシッピー川の自然のクリークや溝渠に入る。そして堤防や洪水壁（flood wall）の建設にしたがっていくつかの堤防上のポンプ場が、内水排除のために建設された。

この所有地は広大なコンクリート舗装面で囲まれた85,000平方フィートの事務所と倉庫およびコンクリート舗装面をもった20,000平方フィートの売店の建物として開発された。残った地域は基礎が砕石の舗装となった。所有地の東端は雇用者の駐車場として用いられる。

幸い隣接道路からの流出を除いて、コンソリデートッド用地以外からの雨水流出は起こらないので、用地が平坦であるという特性をあわせ、しかも用地の大半がトレーラー・トラックの駐車と操車に使われるだけということから、この大きなポケットを貯留に使うことが考えられた。

レイツ & ジェンスコンサルタントは、総面積3.5エーカーの3つの貯水地区を設計した。最大貯水深10.5インチで13.28エーカーの土地の排水および11.3エーカー・インチの流出を貯留できる。排水はNo 1, 14, 15, 19, 20, 22の6つの排水口を通してなされるが、池およびその排水口の位置とその凡その広さを図-18に示す。各貯留池に関する特性は次表のとおりである。

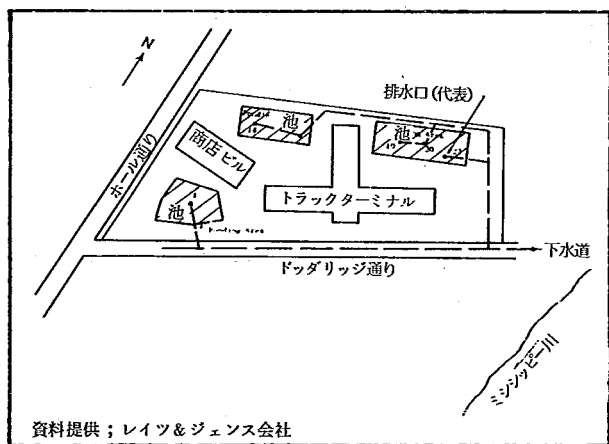


図-18 駐車場貯留，コンソリデートッド貨物輸送

排水口 No	排水面積 (エーカー)	貯留量 (エーカー・インチ)	面積 (エーカー)	最大水深 (インチ)
1	3.34	2.839	0.929	9.17
14	3.39	2.882	0.773	10.50
15	2.10	1.785	0.499	9.66
19	1.99	1.692	0.642	9.44
20	1.22	1.038	0.369	7.70
22	1.24	1.055	0.289	9.42
計	13.28	11.291	3.501	

セントルイス大都市圏衛生公社の雨水排水に対する必要要件は「合理式」を利用し、20年確率の降雨1時間4.84インチを最低20分の集中時間として用いることにしている。このトラックターミナルのように100%不浸透のような地域の場合、1エーカーあたり最大3.7立方フィート/秒流出をみることが要求される。

夫々の貯留地域は貯留地の周辺から最も低い排水口まで1パーセント傾斜しており、排水口には土砂ダメはなくコンクリート製の落ち口の中の鉄枠の上に溝のある格子がはめてある。管径は設計上適当なエネルギー勾配となるようにきめてある。

〔操作〕：水のためられる時間が30分をこえることはまれであり、計画貯水量は2年に一度の割で起ると予想される。客用の駐車場は用地端に沿ってあり、コンクリートの歩道は貯留池のない所を通して作ってある。

〔費用〕：手始めの設計はやはり在来の流出を出来るだけ早く排水する排水施設としてなされた。その設計は不浸透域100%、継続時間20分の20年確率の降雨を基にした。

この在来の排水施設の費用の概算は、総建設費15万ドルであったが、貯留池を利用すると施設のコストはこれよりも3万5千ドルひくかった。

〔結論〕：その後数年間の経験によって、このトラックターミナルの浅い雨水貯留地域の実用性が実証された。操作のむづかしさはなかった。またこのトラックターミナルに対する内部排水施設としての雨水貯留の経済性が判明した。

4-3-3. ケンタッキー州フォートキャンベル (Fort Campbell, Kentucky)

ケンタッキー州フォートキャンベルの雨水排水施設の現地貯留池は100万ドル以上も当初の建設費を節約し、1963年に稼動されて以来満足のゆく、そして環境上も魅力的なものであることがわかってきた。

フォートキャンベルはテネシー州ナッシュビルの北西凡そ50Kmのケンタッキー州とテネシー州境に位置する。町の総面積は凡そ6000エーカーで、地域はひどい空洞のある石灰岩層の上に厚い粘土をのせて、なだらかに起伏している。

当初2000エーカーに達するフォートキャンベルの拡張計画は、総額337万ドルの全重力排水による排水設計を必要とした。この施設は基礎の石灰石のすき間まで、直径6～8インチの金属製シャフトを粘土層を通して使って在来の一連の吸込み(sinks)を置きかえるものであった。これらは家族住宅を含めた既設地域に危険を起すので、流出処理としては信頼のおけるものとはいえなかった。

次の雨水排水施設の調査には、貯留池の利用が入れられた。この施設は暗渠の代りに何本かの開水路を併用して採用され、200万ドルで建設された。最終設計は工兵隊機動管区(Mobile District)が行った。

図-19に示されるような、一時的貯留池を利用することで、パイプの径を小さくすることが可能になった。

例えば、ある池への流入管径は84インチであるのに流出管径は30インチですむのである。

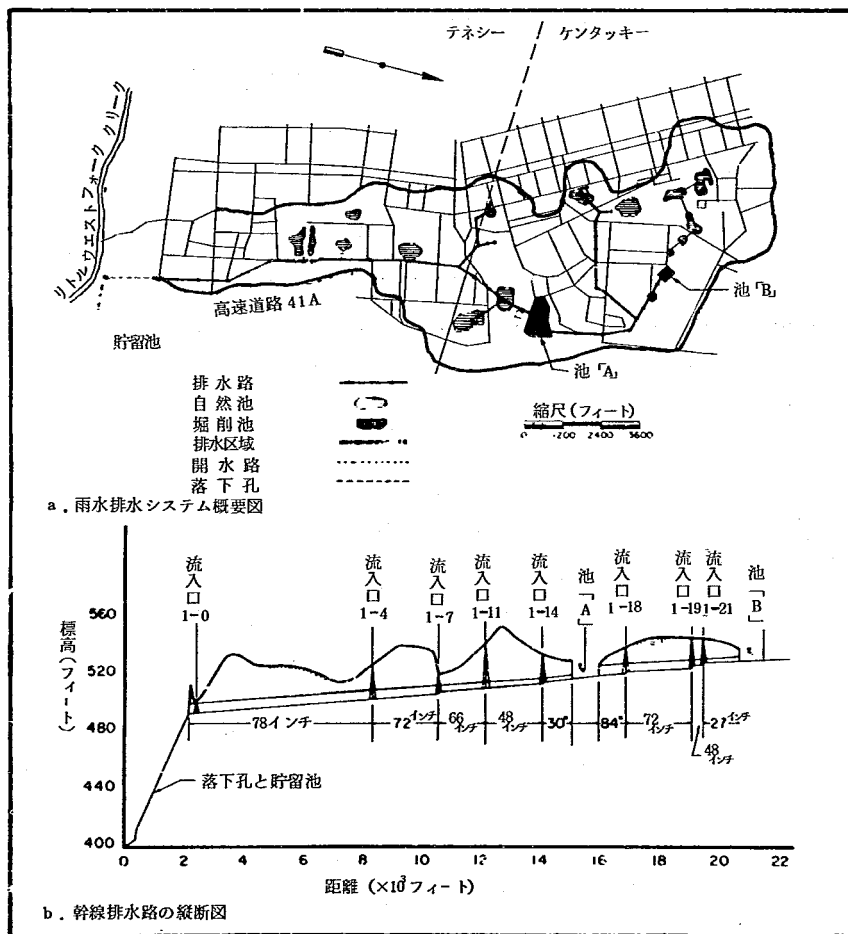


図-19. 幹線排水路の縦断図

もし貯留池が無ければ90インチ径の流出管が、そしてその下流の管すべてが必要なだけ太くしなければならなかったろう。この池からの流出管長は13,000フィートあり、このパイプラインの費用そして第2の池の上流のそれを含めて100万ドル以上が節約できた。

それぞれの池の総貯留量は約1,300エーカーフィートである。A池は長さが約1,200フィート、巾が400～800フィートであり、B池は面積では小さく600フィート×400フィートであるが平均水深は大きい。

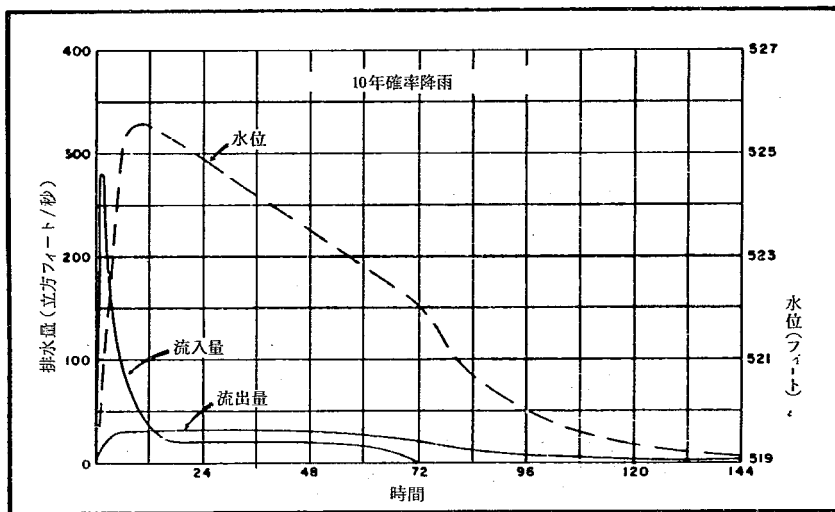


図-2.0 池Aの流入量—流出量 ハイドログラフ

図-2.0. にA池への流出入ハイドログラフが示してある。同ような図が他の池にも作られている。施設に入って来る流出量を制限するために、たいていの流入口には短い制御パイプがつけられている。流入口制御による限界状態 (critical flow) は、制御パイプが一部で満管になるときとした。このときの流量は、在来のオリフィス公式で計算された。AおよびB池からの長大流出管の能力は摩擦と流入口損失 ($0.1 \times \frac{v^2}{2g}$) によって求めた。

〔雨水追跡 (Routing)〕: 採用した排水システムの雨水流下特性は50年確率降雨を用いてチェックされた。その結果どこの施設でもはんらんはないことがわかった。また1年間の現象をすべて追跡してみて、より頻度の高い貯水深や期間が求められた。表-16には各地域での水理資料の値が、1年、10年および50年確率に対して与えてある。

陸軍工兵隊は空港およびヘリポートの排水に貯留池を利用する際の技術マニュアルを出している。そのナンバーはTM5-820-1となっているが、これは空軍のAFM88-5の1章にもなっている。このマニュアルでも貯留の利用は奨励されている。すなわち「効率上からも、また地均し上の要請からも目的に合致する」最大限の利用を、と一。

フォートキャンベルでの排水施設の水理設計の詳細は、工兵隊南大西洋部のリーチとキトルに

表-16. 種々の確率降雨による水理資料の比較

区域 番号	排 水 面 積 (エーカー)	1 年 確 率				10 年 確 率				50 年 確 率			
		最 高 流入量 (立方フ ィート/秒)	最 高 流出量 (立方フ ィート/秒)	最 高 池水位 (フィート)	貯 留 時 間 (時 間)	最 高 流入量 (立方フ ィート/秒)	最 高 流出量 (立方フ ィート/秒)	最 高 池水位 (フィート)	貯 留 時 間 (時 間)	最 高 流入量 (立方フ ィート/秒)	最 高 流出量 (立方フ ィート/秒)	最 高 池水位 (フィート)	貯 留 時 間 (時 間)
1	198.6	635	40.0	539.0	6.5	103.5	63.6	539.9	12.5	137.5	77.0	540.7	13.0
6a	372.0	165.0	18.7	536.4	30.0	270.0	22.3	538.9	72.0	347.0	23.8	540.0	96.0
7	38.4	29.3	16.0	541.8	4.5	31.0	18.4	642.9	8.0	38.9	19.6	543.5	10.5
8	31.9	15.3	6.1	539.2	6.0	25.2	12.1	539.8	10.0	31.6	14.8	540.2	12.0
9	44.3	17.4	7.4	543.2	6.0	28.6	8.2	544.2	12.5	36.4	8.6	544.6	42.0
10	61.5	40.2	26.7	539.2	4.5	64.2	32.9	540.0	9.0	79.8	34.8	540.5	10.0
11	39.9	25.0	7.0	537.9	6.5	40.2	7.8	538.7	12.0	49.8	8.0	539.1	18.5
12	47.9	30.4	12.7	529.8	6.0	49.1	18.3	531.0	10.5	61.3	20.0	532.0	11.5
13b	244.7	180.0	19.6	521.8	137.0	270.0	32.0	525.6	192.0	333.0	36.0	528.2	219.0
14	100.0	40.8	12.5	539.3	10.0	66.3	20.6	540.4	17.5	85.0	23.0	540.8	21.0
15	66.2	26.2	7.9	537.9	6.5	42.6	9.0	538.6	18.5	54.6	9.0	539.4	25.0
16c	19.3	14.2	14.2	—	—	22.9	22.9	—	—	28.6	28.6	—	—
17	87.2	58.4	50.0	531.2	4.5	93.5	60.0	534.7	10.0	116.2	68.0	535.1	10.0
18c	24.9	17.3	17.3	—	—	27.8	27.8	—	—	35.0	35.0	—	—
19	257.0	97.8	26.2	521.0	13.5	132.5	37.0	523.9	21.0	172.9	41.0	525.4	33.0
20	5.4	3.7	1.9	520.8	3.5	5.9	2.6	521.0	5.5	7.2	3.3	521.5	8.5
21b	32.0	14.6	11.7	516.9	5.0	22.7	17.4	517.8	9.0	29.8	18.4	519.0	10.0
22b	32.7	22.2	9.8	511.1	10.0	37.1	19.9	512.2	13.0	49.7	22.5	513.4	16.5
23	208.0	87.6	26.2	512.1	18.5	144.7	39.0	513.6	19.0	185.0	46.2	514.7	25.0
24	54.6	30.4	7.7	522.6	6.0	50.0	8.8	523.9	15.5	62.3	9.2	524.3	21.0
25c	23.3	10.0	10.0	—	—	16.5	16.5	—	—	20.8	20.8	—	—

よる同名の報告に記されている。本報は高速道路研究部 (Highway Research Record) の 1966 年の道路研究報告にも見られる。この報告のほとんどの部分がリーチとキトルの報告からとられている。

1971 年の質問表に対する回答によれば、本施設が作られて 8 年にもなるが、十分満足に作動していることを報じている。

4-3-4. [連鎖湖 (Chain of Lakes) — イリノイ州ホフマン不動産会社の分譲地]

シカゴ大都市圏のクック郡の一集落であるホフマン不動産では、およそ 15 年前に雨水貯留事業を開始した。本法の採用決定は、やはり経済面からのそれであった。というのも、本法によれば必要な種々の排水施設の規模を小さくできるからであった。現在 0.5~10 エーカーまでの大きさの永久貯留池 (permanent pools of water) が 17 個ある。貯留量は 3~80 エーカー・フィートであり、タイプも小さいものが多く、水なしのもの、駐車場を利用したもの、埋設カルバート

内の貯留などさまざまである。

この村の古い部分は、みんな Hofmann Rossner 会社によって開発された。700 エーカーの土地からの現存の排水施設は、有料道路の下で 30 インチの金属性コルゲートパイプとそばの 15 インチの土管であった。この排水は保全林 (forest preserve) をとおってソールトクリークの一支川に流れこんでいる。自然状態のこの農地の中には、いくつかの自然遊水池があり、ここに雨水はためられて湿地の状態となり、あふれてカルバートや農地排水路に流れ出ている。これらの農地内の池の多くは、後に貯留池となった。つまりこれらの湿地帯のほとんどが、厚い泥炭層であったため、建築にはむかず、結局このことがこの土地の最終的な利用法をきめたのであった。すなわち、レクリエーションと地域の環境保全としてのオープンスペースである。

Hofmann Rossner は決して 700 エーカーすべてを所有していたわけではないが、彼等はこの土地が最終的には開発されるべきであること、そして完全に開発されたときは、その開発者が誰であるかにはよらず、700 エーカー全部のための排水システムを作るべきだときめたのであった。しかしそれを在来の排水施設でやろうとすると、有料道路のところで 750 立方フィート/秒の流下能力が必要となり、そんな大きなボックスカルバートは非常に高くつくことになったろう。また交通量も妨げられたろうし、この種の構造物のスペースも確保できなかったろう。つまりこの有料道路の向う側は、非常に平坦で湿地状であるので 1 マイルまたはそれ以上の排水溝を掘る必要があったであろうから。

そのように、この雨水排水は高価なものにつく上に、またそんな大きな排水路に覆いをつけるのも、平坦地が続くだけに変なことと思われた。一方、貯留池がこれまでの自然の遊水池の位置にえらぶことができれば、池にするのに必要な掘削量も、ひいては費用自体も相当小さくできるので極く妥当なことと考えられた。また、その池が低水時でも苔やガマが生育できないほど十分深く掘られるなら、景観としてもたのしいものとなり、レクリエーションとしての価値も高くなろう。泥炭地域は遊水池に必要な地域より相当大きかったので、十分な隣接地が公園目的に入手可能であるし、この池もこの公園全体の必須部分たりうることになるのである。

このような調査結果をふまえて、Hofmann Rossner 建設会社は排水口が現有高速道路下の 30 インチのカルバートと 15 インチの土管ですむような一連の池の設計に着手した。開発地域の西ハイランド (Highlands West) の貯留湖とその個々の支流域を図-21 に示す。また流域面積および流量追跡結果を表-17 に、貯留容量、水深、水面積、水位排水口規模、および疎通能力、池の常時貯水の有無などが表-18 に示してある。

地域 B と C-2 が第一段階として開発されていた。ハイランド湖と近くの公園は広いピート層上にあり、その雨水は下水を通して現在ジョーンズ湖がある低地に排水され、この地点からその水は農場の土管をとって未開発地域の地上を流れ、有料道路の下で排水口にいたっていた。

次に A-1 地域が開発された。ここでは 10 エーカーの湖がほられ、廃棄物などと一緒に現在公園のある南西部低地の埋立に用いられた。この低地は、住宅建設の際の発生廃棄物の投棄にもつかわれた。地域一帯にミシン目状に地下排水管が敷設された。建設終了後、表土が全域におかれ、湖岸と公園には種が撒かれた。ハイポイント湖からの排水は 18 インチの下水管を通して、そ

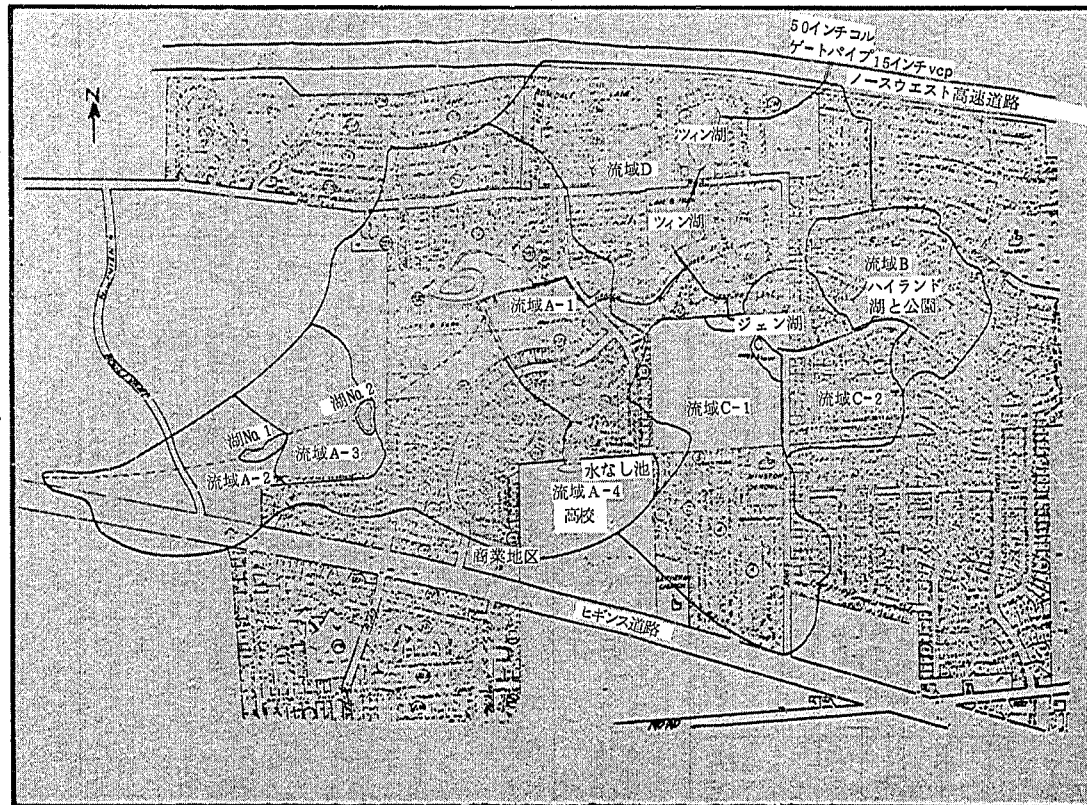


図-21. 西ハイランド分区 (Subdivision)
イリノイ州 Hoffman 不動産

表-17. 「西ハイランド」貯水池の流域面積
イリノイ州ホフマン不動産

区 域	排 水 面 積 (エーカー)	開発地域の流 出 係 数	区域内の流出を貯 留 する 池	流 出 が 通 過 する 湖
A-1	217	0.35	ハイポイント	ツイン湖
A-2	55	0.41	湖 (No 1)	湖 (No 1), ハイポイント, ツイン湖
A-3	35	0.41	湖 (No 2)	ハイポイント, ツイン湖
A-4	33	0.42	水なし (No 1)	ハイポイント, ツイン湖
B	50	0.35	ハイランド	ジョン湖 (低水位), ツイン湖
C-1	105	0.35	ジョン湖 (高水位)	ジョン湖 (低水位), ツイン湖
C-2	45	0.35	ジョン湖 (低水位)	ツイン湖
D	160	0.35	ツイン湖	な し

表-18. 「西ハイランド」貯水池設計の詳細
イリノイ州ホフマン不動産

池 名	池 の 種 類	当 初 最高水位(通常 の状態) (フィート)	流 域 面 積 (エーカー)	他地域 からの 流入量 (エーカー)	池 (通常の状態)		(洪水位)	(洪水時)	放 出 口		設計容量 (100年確率) (エーカー・フィート)
					面 積 (エーカー)	水 位 (フィート)	水 位 (フィート)	(エーカー・ フィート)	大 き さ (インチ)	容 量 (立方フィ ート/秒)	
ハイポイント	池	7	217	123	0.0	779.0	784.0	50.0	18 CP	3.5	50.5
湖 (No 1)	池	4	55	—	1.2	784.0	786.5	3.2	16 CP	3.0	
湖 (No 2)	池	4	35	55	1.0	774.0	783.5	5.1	27 CP	12.0	8.4
水なし (No 1)	水なし	0	33	—	0.2	812.0	817.0	1.5	12 VCP	6.5	
ハイランド	池	4	50	—	4.0	780.0	784.0	20.0	15 CP	5.0	1.5
ジョン湖 (高水位)	水なし	4	105	—	0.4	778.0	785.0	9.5	15 CP	5.0	5.0
ジョン湖 (低水位)	池	3	45	155	1.4	778.0	783.0	8.0	30 CMP	8.0	10.9
南ツイン湖	池	4	70	540	3.5	775.0	780.0	19.0	36 CMP	8.0	
北ツイン湖	池	4	90	610	4.0	775.0	780.0	22.0	27 CP	15.0	27.0

CMP: コルゲイトパイプ VCP: 不明 CP: コンクリートパイプ

の時開発された地域の東縁に達している。この地点で平時の流れは農場の土管を通して、結局有料道路下排水口に達する。一方、雨水は地表を流れ、未開発地域を通して同排水口に到る。

その後D地域が開発されたとき、ツイン湖がビート地域に作られた。そして雨水管が延長され、ハイポイント湖から南ツイン湖への排水口につながれた。また両湖をつなぐ平衡管も設置された。そしてツイン湖と27インチの排出口が、有料道路下の30インチ管の近くに水を運ぶべく作られたのであった。この地点で、常時の水は有料道路下の15インチの農場土管へ、雨水は30インチ管へつながれた。

要約して、最終的な設計は開発に先立つ形となった。一連の湖は在来の遊水地域に位置し、湖を含めその周辺の公園地域は住宅地域には好ましい施設となり、現在もレクリエーション施設として広範に利用されている。排出口を小さくして高速道路下の排水口への流出をへらすことによって在来の排水施設を用いた場合に比して、大巾に費用を削減できた。安全度を増すために各池は100年確率降雨からの流出水よりも最低1フィート余裕をとって設計しており、そうならないと家屋には浸水しない。その後本システムは設計者の予想通り満足に機能しており、この700エーカーの地域の流出を制御するもっともよい方法のようである。たった一つ問題になったのはC-1地域で、ここでは当初計画された貯留池は作られなかった。その池は現在建設中であるが、少し小さい。しかし、はんらんをいくらか緩和することはできよう。

これらの池と近くの公園地域は、レクリエーションに利用されている。いくつかには魚が入れられ、あるものにはアヒルを住みつかせている。そしてあるものにはゴルフコースの一部に、またあるものはビルの近くに位置してその美観を高めている。

最近の最大の問題は、土地開発業者が当初の計画をC-1地域でのようにゆがめることのないようにすることである。全流域に対して総合プランが作られたのであり、このプランを守ることによってのみ十分な排水が可能になるのである。シカゴ大都市圏衛生公社の統制によって将来とも本プランの遂行は助けられよう。

ここに維持管理の問題が徐々に発生してきた。池の排水口のところで遊ぶ子が棒やゴミを投げこんで管を塞ぎ流出量を減らした。池に投げこまれたものも同じような結果を招いた。その意味で管理人が容易に排水口に近づくようにし、またマンホールの清掃を容易にするように排水口の下流につけるべきである。冬から春にかけての下水管内の結氷も同様の措置で清掃できるようになる。またあまり排水がおそいと草や灌木をだめにすることになる。そのようなことのない設計が必要である。勾配が $1:3\frac{1}{2}$ より急な小さい池では維持が困難となり、またフェンスをしない限り池は子供たちにとって危険物(safety hazards)となってしまう。ゆるいスロープをもつ池にはこの種の問題はおきず、またフェンスもされない。

建設中の土砂の堆積もまた問題の一つであり、そのためには建設終了後の池の浚渫または浸食防止対策がとられるべきである。

施設の設計に関して開発業者のアドバイスの中には、(1)当初の貯留池設計が計画した地域には不浸透域の建設を制限すること、(2)異常流出を処理するために、道路やその他を通じて余水吐を作ること、(3)計算で必要となったよりも、大きな排出口を作り、必要なときは急激な排水を可能にしておくこと、(4)池の岸をゆるくし、安全を確保し、維持を容易にすること、(5)浸食、堆積防止策を講ずること、(6)排水口下流にマンホールを作り、ゴミ除去を簡単にすること、などがある。

結論的に Hoffman 不動産は、雨水貯留施設建設に関してとりたてて困難にはあわなかった。これらは雨水排水制御や、はんらん減少に非常に有効であり、レクリエーションや景観の向上に役立った。

本法の技術的な効用は、この地域から1972年8月23日45分雨量3.5インチの雨を受け、その2日後2時間6～7インチの大雨を受けたときはっきりした。土地開発業者(Hoffman ロスナ

一会社)の話によれば、はんらんに対する苦情は8,000戸の住宅から数戸、また最近の開発地からは0であった。

4-3-5. インディアン湖不動産(イリノイ州ブルーミングデイル)

これはイリノイ州デュベイジ郡北東部のブルーミングデイルにある1戸建住宅開発での例である。内容は0.5エーカーの住宅街区郡および18ホールのゴルフ場(クラブハウス)である。シカゴのパワー建設コンサルタントが設計した排水施設が1969年から稼働している。この流域は、ゆるやかにうねった400エーカーの土地で造成前は湿地帯であり、はっきりした自然の排水路は全くなかった。調査段階では2つの設計案の比較検討が行なわれた。

2つの対称的な設計案の検討が加えられた。その1つは、72インチの下水管を配して、表面流出をソールト・クリークに送ろうというものである。内容は7,000フィートのプレキャストのコンクリートパイプを農地を横切って敷設する。しかしその土地の所有者はこの敷設に反対していた。

もう一つの案は、用地内に小径の下水管を敷設し、これを農場内の既設の16インチ土管につなぐというものである。ただしこれは技術的調査計算によればあまりよい条件にはなく、疎通能力も0.01インチ/時間(0.25インチ/日)しかなく、これは先の対案に比して非常に小さい。この流量は将来雨水の処理が要求されるようになった場合処理可能な量であり、またソールト・クリークの水位の急上昇にも全然寄与しない。

両案の建設費を積算したところ、農場の排水管と現地貯留湖を作る案の方が37万ドルも安くできることがわかった。費用は表-19に示してある。

表-19. 費用比較 — インディアン湖不動産

工 事 名	72インチ下水道(ドル)	貯留湖+農場排水(ドル)	差(ドル)
配 管	500,000	40,000	460,000
ポンプ場	0	50,000	(50,000)
湖掘削	0	100,000	(100,000)
臨時費 (contingencies)	100,000	40,000	60,000
総 計	600,000	230,000	370,000

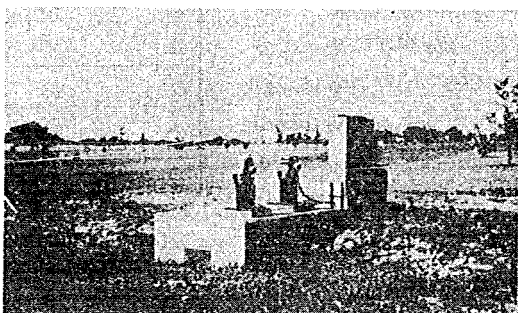
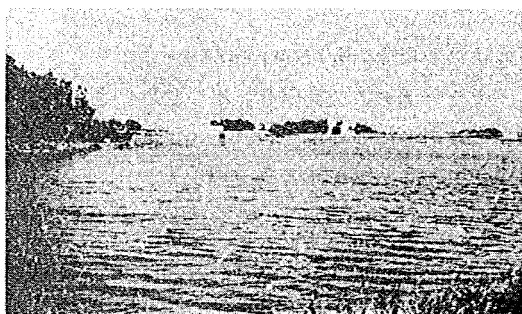
設計降雨としては、これまでシカゴでの最大記録のハイエトグラフ(降雨時間分布)を用いた。方法としては流出制御した場合と制御しない場合の容量曲線の差として必要貯留容量を求めた。結果は400エーカー全域に対して3インチの量、すなわち100エーカーフィートとなり、これは17エーカーの土地に6フィートの高さという量になる。

図-22の(a)はゴルフ場のある前からあった永久湖(水深可変)、(b)は低湿地に掘られた水位の低い時の新しい湖で、表面流を集め水面に5フィートの水量をためる。そして(c)は、掘削した低い湖から余剰水を上流湖に送るポンプ場である。18インチ径の可逆パイプが上流湖とポンプ



a ゴルフ場のある上流側貯留湖

b 湿地上に作られ、雨水を集める下流側湖，ピートで作られた堤防が中央遠くに、住宅地の一部が右上部にみえる。



c 浅い凹地に作られたポンプ場
水はこれより上流湖に送られる。
流出が湿地に掘られた低い湖を
うめつくし、排水口を越えると
この凹地にも水が入る。

図-22 インディアン湖不動産

場の間に作られ、そして12インチの現有下水管が低地域湖とポンプ場の間にある。小径の下水管は上下流湖からの過剰水を重力排水し、現存農地土管へと送る。

このほかに2つのつながれた小さい湖がゴルフ場のそばにあり過剰貯留水を上に述べたシステムとは別の下水道に排水している。

上流の湖には40エーカー・フィートの流出を、また下流の湖とポンプ用貯水池には60エーカー・フィートが貯められる。一度満杯になるとこの100エーカー・フィートを排水して、常時の平均

水深 5 フィートまで下げるのに 12 日を要する。つまり農場の排水施設の最大排水能力が、この流出を制御しているのであるが、これはいわばソルート・クリークの水位によってきまるのである。

結論として、このピート層の沼沢地にあった人工の集水湖の例は、一つの義務をある意味で一つの資産 (assets) にどのようにして変換させたかのよい例といえよう。この湖は単に雨水流出を処理する貯留システムの重要な要素であるばかりでなく、この住宅地域の景観を向上させているのである。これによって隣接する街区の売値は上ったのである。しかし最も重要なことは雨水を現地にためて、ソルートクリークへの流入量は極端に小さくなり、またクリーク沿いおよびその支川の地主をそうでなかったら襲ったであろう洪水からまもったことである。

本例では、現地貯留をこの地域の排水システムの設計に組みこむことによって 37 万ドルの建設費を節約できた。この額は実に総建設費の 160% にあたったのである。

4-4 本法の利用 (Applications)

アメリカとカナダの公共団体、衛生公社、都市排水および洪水防御公社そして建設コンサルタント等の主要技術者に対して、1972 年に調査がなされた。総計 230 の質問表が公共機関から、40 のそれがコンサルタントから返ってきた。

公共機関の 230 のうち 99 は自分の都市に貯留施設があること、109 はないことを報じて来た。22 は答えていない。

施設とその土地の所有については、58 が公共機関、66 が民間、そして 12 がその他となっていた。報告された 1,410 の貯留施設のうち 29% が駐車場、14% が公園内、7% が屋根上、2% が学校の校庭を利用した施設で、48% がその他と答えていた。おそらく回答者はこの欄に公園や学校以外の種々の開発の空間を利用した池や水ため (ponds and basins) などをあてたのであろう。それぞれの回答数を表 - 20 に示す。

ある公共機関は管轄区域内に 200 の現地貯留施設が建設されていることを報じて来た。貯留池を奨励したところではその種の施設が多い。またデンバー、シカゴ、メリーランド州モンゴメリ郡のような地域もそれぞれ 100 以上の施設の存在を報じている。貯留池をもつ地域には、ケンタッキー州ジェファーソン郡 (102) ニューヨーク州バッファロー (200) および同州サフォーク郡 (101) がある。これらの 6 ケ所で実に 710 の施設がある。残りの 700 が他の 93 機関ということになる。

コンサルタントについても調査が行われた。40 の解答のうち 34 が総計 602 の雨水貯留施設の設計を行っていた。ある会社は 120 について行い、そのうち 70 が駐車場であった。これは数の上でも 184 に達しており、もっとも一般的な施設といえる。表 - 21 に内訳を示す。

地理的にほとんどの貯留施設は、雨水排水に本施設の利用を促すよ

表-20. 貯留施設数

種 別	数
屋 根 上	100
駐 車 場	400
公 園	200
校 庭	30
そ の 他	680
総 計	1,410

表-21. 貯留施設の設計数

種 別	施設数
屋 根 上	95
駐 車 場	184
公 園・ 遊 園 地 内 の 池	120
校 庭 の 池	18
住宅地域の池	146
地 下 水 槽	20
そ の 他	18
総 計	601

うなところに立地していた。つまりコロラド州デンバー周辺の5つのコンサルタントが238の設計を、イリノイ州シカゴでの5つのコンサルタントが207の設計を行っていた。両者ともいずれも雨水貯留施設の利用を地域の行政機関から義務づけられたり、強く指導されているのである。

601の現地貯留施設のうち、実に556の施設が上記のように義務づけられたり指導されたりしたものであった。わずか45の施設が強制されていないところのものであった。

このように要請されたり、指導されたりしているところでは、本施設の利用がもっと広くいわたっているが、他でも徐々に利用されるようになってきた。事実、多くの都市域で湛水による(ponding)現地貯留が第一義的には、局所はんらん頻度と規模を小さくするために実施されていることがわかった。すなわち、およそ1,400の施設が実施されたり、または計画段階にあることが地方公共機関から報じられた。その中では空地での湛水貯留がもっとも一般的な形である。駐車場の利用は400例であり、また屋根上と公園での貯留は相対的には少いようである。また公共機関はしばしば土地と施設は所有しているが、施設の全費用を支出している例は少なかった。

貯留またはその他の雨水流出を制限する手段を要求する公共機関は比較的少なかった(ただし、屋根からの排水を污水管につなぐことを禁止しているところは除く)。またはんらんと汚濁問題の減少以外の最大の利点は、都市域の景観の改善といわれていた。

逆に予測される最大の環境問題は、蚊の発生、藻類の発生、および殺風景な空の貯留池の問題などであった。また維持管理の問題も明らかに公共機関の主たる関心事項であろうとされていた。

第5章 はんらの防除と減少

(Preventing and Reducing Flooding)

雨水の現地貯留は、下水道で受けられる程度までピーク流出量を減少させ、下水の逆流によって引き起されるはんらんを、減少することができる。さらに合流式下水道からの越流によって惹き起される汚染の頻度も減らすことができる。また現地貯留が広範に用いられた場合には主要排水システム（河川）のはんらんをも防止することができる。以上のことが、この章で述べるシステムの目的である。

雨水の現地貯留計画は、少くとも合衆国の2つの地域で力を入れられており、地方当局の指導によって推進されている。

デンバー地域では都市排水、洪水防衛公社は、現地貯留に対し義務付けはしていないが、その管轄区域内の地方公共体が現地貯留を採用することを指導している。

シカゴ大都市圏衛生公社は、1971年雨水の現地貯留条項を採用した。この条項は公社の下水道許可条例を改正してつくられた。公社は、その管理区域（クック郡）にあるすべての自治体に現地貯留条項に同意するよう要請し、さらに近隣市町村が雨水管理計画に同様な条項と手法を採用するようすすめている。

5-1. スカイライン都市再開発事業（コロラド州デンバー）(Skyline Urban Renewal Project)

一般的な条項と基準 — デンバーの下町での80エーカーのスカイライン都市再開発事業において、デンバー都市再開発団（DURA）は1970年に民間デベロッパーに対し、所有地内に降る雨水

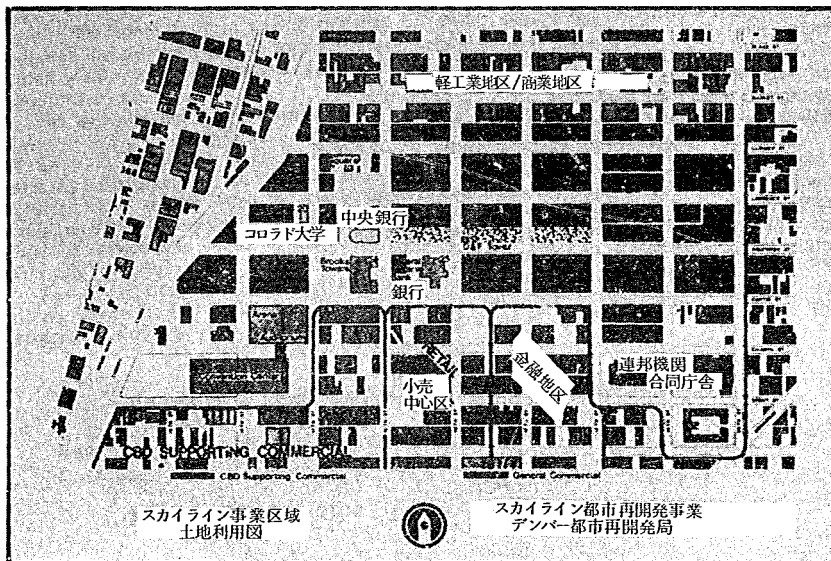


図-23. スカイライン都市再開発事業

を一時的に貯留（現地で）することを要請した。この目的は局地的な流出水を貯め、流域の排水が完了するまで下町の雨水排水システムがふくことを減少させることにあった。スカイライン都市再開発事業地域の土地利用図は図-23に示されているが、この条例を遂行するためにDURAは潜在的な再開発事業者に対し、雨水の現地貯留のための条件を概説した基準集を印刷配布した。基準には新規および改築の建物双方について雨水貯留の要件と手段をのせてある。一般に現地貯留には3つの型がある：屋根貯留、広場貯留、空地および緑地貯留である。

平らな屋根は明らかに交通や歩行者の妨げにならずに貯留場所となり、その費用や生ずる不便も最小限である。というのは、

- a デンバー地域の屋根は現在積雪荷重に対し設計されており、これは約6インチの水の荷重に相当する。
- b 平らな屋根は降雨中によく起る漏水に対し、これを防ぐよう防水がほどこされる必要がある。という理由があるからである。

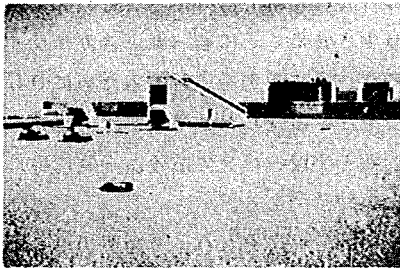
標準的な雨樋のまわりに設置する貯留囲いが設計され、この囲いは屋根の勾配、屋根の面積、最大降雨強度とその時間などの要因に対して設計され、100年確率の雨などのように大きな降雨強度をもつ大きな雨にも安全である、というのは雨はリングを越流して雨樋に流入し、危険な構造的荷重を小さくしているというわけである。

地表より高くなっている広場との駐車場は、オリフィスとか流量をしぼる工夫をした雨水マス設けることによって凹地貯留を行い、あらかじめ決められた量に流出量を制限することができる。歩行者への迷惑は歩道や排水装置を注意深く選定すれば最小限にすることができる。貯留水深は、排水面積、計画降雨特性、許容流出量によって決められる。

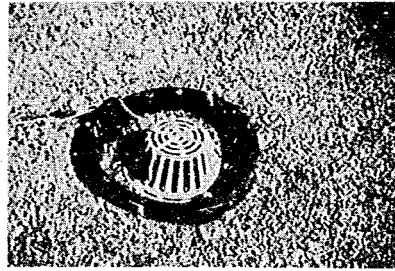
建物の屋根および広場からの排水はデンバー建築規則に従って設計されている：しかしながらピーク流出量はDURAの用地排水基準に従うよう指定されている。この基準は、貯留された雨水が雨水下水管に排水される場合、すべての建物の屋根からの流出量は0.5インチ/時間以下におさえるというものであり、これは直接的にガロン/分あるいは立方フィート/秒という形でも表現できる。雨樋につながる流入口は、100年確率降雨の際に屋根貯留を、流出点で3インチの水深最大流出量0.5インチ/時間となるよう設計されている。実際には、流入口での水深は屋根が雨樋に向かって比較的平らなので3インチをこすこともある。図-24はデンバーにある新ブルーデンシャル・オフィスピルの屋上に設置された貯留リングの写真である。

地表より高くなっている広場は広場全体に対し、1インチ/時間の流量で排水するよう設計される。広場からの排水は直接雨水管に排水することが好まれるが、屋根、広場、等々を含めて私有地からの排水は公道に出すことを禁じられている。もしも基準に合致している特別な開発であるため基準をまもることにに関して特異な問題がある場合には、条項に合理的な修正をほどこし、補充的な貯水地を現地のどこかに造るようにする。

基準は地域と用途に基づいて2つの典型的な型の貯留池に言及している。一つの型は、広場、歩道、アーケード、その他の付随的な平らな所、いわばちょっとした貯留ならば、それほど支障がないところの型の貯水である。これらの地域に対して設計は1インチ/時間の流出量を見込んでおり、



a 雨樋流入口に取り付けられた貯水リング



b 貯水リングと流入口の近接写真

図-24 屋根上貯留

10年確率の降雨に対しては最大水深0.75インチとなる。

もう一つの型は建物の屋根、建築物、駐車場、その他かなり湛水深があっても支障がない所での貯水である。これらの地域に対しては、設計は0.5インチ/時間の流出量を見込んでおり、10年確率の降雨に対しては最大湛水深は約1インチであり、100年確率降雨でも3インチは越えない。

許容流出量（基準で定められている）が表-22に種々の単位で示されているが、これは建築家やその他の人にとってわかりやすいであろう。さらに上記2種の流出量に対して起り得る最大水深が示されている。

表-22 最大許容流出量 流出量と貯水池水深

インチ/時間	立方フィート/秒/ エーカー	立方フィート/秒/ 1000平方フィート	ガロン/分/ 100平方フィート	10年降雨の累積水深
1	1	0.023	1.04	3/4 インチ
1/2	0.5	0.012	0.52	1 インチ

屋根の排水施設に上述の貯留を組み込むためには雨樋あるいは雨水マスへの流出量を制限する必要がある、それには雨樋への流入口にセキの形をした装置を設ければよい。図-1に屋根上貯留の装置が示されているが、3～4インチの水深で越流も可能となっている。舗装された広場では、雨水マスのふたの下にオリフィス板を設ければよい。このような装置は、設計降雨のピーク流量が過ぎるまで雨水流出を遅らせるばかりでなく、下水道システムの設計が一層経済的、現実的におこなえるようになる。

デンバー都市開発事業団（DURA）の屋根排水の基準とデンバー市および郡の建築規則の配管の基準とでは、後者は雨水の貯留が必要とされていない点で相異がある。雨樋の基準は両者とも同じであるのでDURAの基準で設計された雨樋の流下容量は、屋根貯留装置を越流した雨水でも流下できるほど十分である。

スカイライン地域の建設は急ピッチで進められ、主たる11の建物の建設が始められたが、1つは

1973年に完成する。これらの建物の屋根や広場はすでに述べた基準によって雨水貯留が行われるが、スカイライン事業の敷地内にある。たてよこがそれぞれ3ブロック、1.5ブロックという大きさの公園は、付近の路面より低く、直接公園に降る雨は貯留されるように設計されている。

〔まとめ〕：スカイライン都市再開発事業では、新しい建物、改築される建物は雨水貯留を行なうが、ほとんどが市内にあるので、この事業は大都市の中心ビジネス地域における雨水管理の問題を解決するよい手本である。さらに雨水貯留が再開発にも適用されて成功したということは、中心ビジネス地域でもデベロッパーや建築業者は雨水貯留に協力してくれるという証拠である。

5-2 カレッジビュー近隣都市開発事業—デンバー (College View Neighborhood Development Project)

カレッジビュー再建 (rehabilitation) 地域に必要な再開発事業の一部は、雨水排水システムの改良である。デンバーの南面に位置し、ほとんどが住居地域から成るこの579エーカーの地域には3つの排水路がある。雨水管理計画は、雨水貯留、はんらん原のゾーニング、排水区域の多目的利用からなっており、雨水排水システム、レクリエーション施設等が現在建設中である。

排水のコントロールに対しいくつかの主力方針がたてられた。その中ではカレッジビュー近隣都市再開発事業での排水はデンバーの他の地域の排水に影響を及ぼすことが確認された。しかし開発地域の地形のため、排水施設の建設は限られ、排水のコントロールは事業地域の内部で行わねばならなかった。カレッジビュー事業の中で、雨水排水事業の主たる方針は次のようなものである。

1. 設計流出量は同じ確率降雨に対し、開発前のものを上回ってはならない。
2. 市街化が進む以前の流出量に保つ努力がなされねばならない。
3. 排水路を公園として整備するというような多様な手段、多目的な考え方が便益を増加し、費用減少のためにとり入れられねばならぬ。
4. ピーク流量を減らし、水質を保全するために貯留池が使われねばならない。
5. 河道貯留も可能な限りとり入れる。
6. 排水設計には、可能であれば100年確率の降雨が使われねばならないが、そうでなければ建築の耐浸水化 (flood proofing) によって100年確率の流出から資産を守る用意がなされねばならない。
7. 固有流量 (base flow) が適度にある場合、公園およびレクリエーションのために池がつくられるべきである。
8. 排水路はすべて、はんらん原としてゾーニングされるべきである。

第4の方針は、現地貯留が好ましいことを示している。事業地域の排水路整備について、1971年に調査したところでは、ウェストエバンス川は雨水貯留が必要とされ、この手法は都市域での流出特性をかなり改善するだろうという結論を得た。報告書は5種類の貯留をあげている。

1. 屋根上貯留
2. 広場、駐車場での貯留
3. 空地、草地での貯留
4. レクリエーション用地での貯留

5. 他の貯留様式はデンバー地域評議会の都市域での雨水排水基準マニュアルと題した刊行物に述べられている。

雨水の様々な貯留法は、設計さえ正しければ実用的なものと考えられた。地表に小さな水たまりをつくって流出をおくらせるような草原や空地はレクリエーション区域の池と同様に評価された。

将来の土地利用計画に対する評価がおこなわれ、予測流出量および必要貯留量が決定された。4つの土地利用があり、各土地利用について土地開発量に制限がもうけられた。例えば商業地域では建物の床面積と同じ面積の空地が建物の外部になければならない、ということは開発地域の50%が貯留に供されうることになる。

ウエストエバンス川 (West Evans Ditch) の設計では、道路およびすでに開発された地域を除いた地域で貯留が必要とされているが、スペースの関係ではんらん原の貯留池は最小限となっている。常時水面をもつ貯留池が事業地域の最下流端に設けられているが、この池は流出量を再開発する以前におさえるために設計されている。

事業地域内のその他の川では、サイクリング、道路、遊び場、ピクニック広場などのレクリエーション施設も含んだ多目的な様相をもった整備が行なわれつつある。

〔まとめ〕：カレッジビュー事業は、都市再開発と雨水排水システムの改善を結びつけ、これが経済的に妥当で実用的であることを示している。この再開発事業の初期の計画では、雨水管理のための大部分の土地は、美観とレクリエーションを増大させることをうたっていた。以上述べた事業は、特に都市再開発にたずさわっている都市計画者にとってよい研究事例である。

5-3. デンバーのイーストハーバード・ガルチ事業 (Denver's East Harvard Gulch Project)

デンバー南東のイースト・ハーバード・ガルチ事業は、その地域の土地利用に適した美観に合う手法を用いて、はんらんおよび浸蝕問題を解決した。排水問題は長年の懸案であり、流域の都市化で1年確率の雨で、はんらんを引き起すまでになっていた。急勾配の地形は高い流出率と河道浸蝕を引き起していた。

はんらん原への都市の進出は、はんらん原を守る市のゾーニング法が施行される前に起っていた。河道に対する侵害が非常にはげしく、はっきりした河川区間はサウスプラット川から約4,000フィートでおわっていた。雨水は川に到達するまで主要なビジネス街を流下していた。近隣の市民グループの援助で230万ドルの起債が市民投票で可決され、全市の売り上げ税が財源に当てられた。

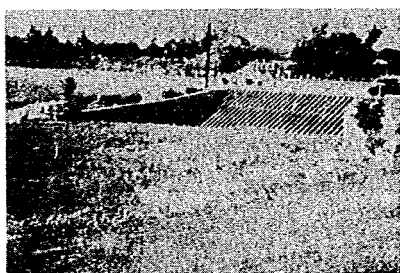
サウスプラット川から、コロラド大通りまで約3マイル、市街地の密集地を通して河川改修をすることが提案された。高度な水理的検討および設計が必要とされたが、美観に対する注意と地域の土地利用に適合することが、最大の便益を得るための重要な事項と考えられた。計画技術者には限られた基金で最大の便益があるようにとの指示がだされた。総合単位図法が設計洪水の決定に使われ、水理学的検討は25, 5, 10, 25, 50, 100年確率について行なわれ、最終的な選択は費用便益から25年がとり上げられた。しかしながら、それ以上の洪水も安全に流下できるよう余裕高が見てある。

この事業での基本的な5つの基準は以下のようなことである。

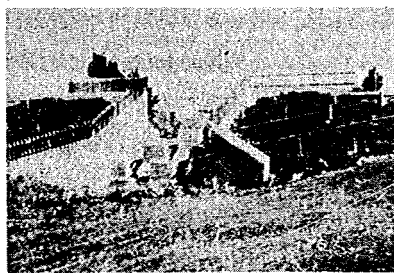
1. 高度に住居がはりついている地区での4,000フィートの水路は商業活動および将来の市の計画のさまたげとならないよう地下につくる。
2. 事業費は230万ドルの起債額を越えてはならない。
3. 水路に接している20エーカーの州有地上での新規工事は市民のため景観の良い公園および空地とする。
4. 水路の建設は、土地建物の取得のための追加費用およびその他問題が避けるため市道上で行う。
5. 新しい建築はすべてはんらんおよび侵蝕を軽減するばかりでなく、景観を引き立たせるために近隣の美観を増大させるものでなければならない。

この基準の結果、以下のような最終的な設計がおこなわれた。

1. 4,000フィートの地下水路は直径12フィートのコンクリートの暗渠のほかに、現場打ちのボックスカルバートと、プレストレスのボックスカルバートが比較案として設計され入札の結果、現場打ちのボックスカルバートが選ばれた。設計条件は、どんな流量でも開水路になって、自然の地形に従い河川に近づくにつれて勾配をきつくし、流速を加えていく。空気ぬきは約330フィート毎に設置され、流量が増加するときは空気ぬきを早め、減少するときは空気の吹き込みを早くし、さらに水路が満管になったときに路面に水を逃がす。その意味でやはり暗渠の容量を安全にする主装置は特別に設計された流入渠である。流入渠への流入、水理モデルがコロラド州立大学で調査研究され、最大流入量は2,100立方フィート/秒、最大管内流速は21フィート/秒とされた。
 2. 水路への流入渠は、流入量をしばるとともに、しかも加速させるように設計され、それ以上の雨水は道路を通過して川に送られる。
 3. この流入渠の上流の州有地に貯留池が設けられ、貯留池には側の低い水路を越流した高水が流入し、水位が減少したときに再び戻されるようにしてある。図-25にボックス・カルバートへの流入渠とエネルギー減殺装置が示されている。
- 貯留池は12エーカーフィートの雨水を貯留して、ピーク流量を1,970立方フィート/秒から1,600立方フィート/秒に下げるよう設計された。また雨水貯留のためだけでなく、レクリエー



a ボックスカルバートへの流入渠



b エネルギー減殺装置

図-25. イースト・ハーバード・ガルチ事業

ジョンおよび景観のための永久池もつくられた。

4. 貯留池の上流にはコンクリートの水叩きとエネルギー減殺装置が設置され、流入水のエネルギーを減少させ、下流側の水路勾配をゆるくできるようにしてある。このため、水路には芝付がされ、最大流速は7.5フィート/秒となるが、これは侵蝕の防止と景観の増進を図ったものである。図-25(b)にエネルギー減殺装置を示す。
5. 水叩きの上流は高流速用の0.5マイルのコンクリート水路が建設されたが、これは市の所有する公道が細く、せまくせざるを得なかった為である。
6. 水路の最終区間、すなわち高速用のコンクリート水路の上流は低流速の芝付された水路が設計されたが、この理由は芝付が付近の景観に適し、かつ安価であり、さらに流下時間を長くし、河道貯留によって下流のピーク流量をおさえるからである。
7. すべての橋（イースト・ハーバート・ガルチには21の橋がかかっている）ものがつかえた場合とか、設計流量以上の洪水が流下した場合の水理学的な力に対しても耐えられるよう設計された。このため水が流下せずに局地的なはんらんを引き起こし、下流の密集地域のはんらんを防ぐことになる。芝付された水路にかかる橋はフリーボートを最小限におさえ、これを全くつけなかったところもある。ここでの目的は、設計降雨以上の雨に対して橋の上流での貯留量を増大し、しかも橋の損失もないということであったのである。

さらに橋はゴミがかからないようすべて流線型につけられた。

8. 水路の末端およびコンクリート水路には、ものがつかえて予期せぬ局地的なはんらんが生じないように折りたたみ式のごみとり格子が取付けられた。

建設は3段階に渡って行なわれ、流量増の原因となる上流側の改修以前に先ず十分な容量をもたせるために、下流側から工事が行なわれた。ボックスカルバートの建設のために22フィートの深さの掘削が行なわれ、120,000立方ヤードの土砂は州有地、あるいは沿道の民地の埋め立てに使われたが、残りは将来の市の事業のために残された。他の市の事業から発生したコンクリート片が未経験の事業の期間中、侵蝕防止のために使われた。建設はデンバー史上最大の雨年だった1967年に間にあって完了した。

〔まとめ〕：デンバー南東のイースト・ハーバート・ガルチ洪水防御事業は、実験的ないくつかの技術を用いて、はんらんおよび侵蝕問題を解決し、1969年にはピーク流量2,000立方フィート/秒の洪水もさばいた。この事業は起債でまかなわれたため基金も限られたものであり、また住居のはんらん原への進出もかなりのものであったため、それにも制約を受けた。あるところでは、通常の水路にまで進出して路面を流下路として使わざるをえないところもあった。

この事業は、はんらんおよび侵蝕を防止するとともに景観にも注意を払わねばならなかったもので、可能な限り芝付した法のゆるやかな水路がつくられた。土地の高低差によって生ずる流水のエネルギーを減少させるためにパッフル付水叩きが用いられた。州有地には公園的な貯留池がつくられ、さらに25年確率以上の降雨に対しては、橋のせきあげによって局地的な貯留が行われるよう計画したし、また管路効率を最適にするために流入渠の機能についての水理実験も行われたのであった。

5-4 コロラド州ボルダー (Boulder, Colorad)

コロラド州ボルダー市の雨水問題は、丘の多い地形およびロッキー山脈の東の山ろくにあるという市の位置のために非常に特性づけられている。このため山地および市街地からの雨水は、高い流速と大きな流量をもち、被害を大きなものになっている。そこでボルダー市では雨水管理のため、他の手段と併用して現地貯留を採用することにした。

ボルダー市では排水系統は2つの部分から成り、一方は自然の水路、排水路、滝であり、他方は二次的な(集水)システムで小降雨水を集水し、(注)幹線水路がうけられるところまでしか排水しないものである。

市は2つの排水システムの洪水処理特性に関する設計基準を採択したが、これによれば主排水システムはすべて100年確率で、2次的なシステムはその土地利用あるいは資産に応じて設計されることになっている。高密度な土地利用で資産の多い地域は10年確率で、一戸建住宅地域は2年確率でその他の市内は5年確率で設計される。

貯留施設からの許容最大放流量は2つの方法で計算されている。1つの方法は開発前からの流出量が、許容最大量で、これには合理式が用いられ、 c と i は市によって図表として与えられている。もう一つの方法は開発計画のなかでの土地利用毎の面積率によって許容量を決めるもので、手法については第3章で述べた通りである。

必要貯留算定のための詳細な設計指針が市によって与えられている。現地貯留施設のためのいくつかの手法があるが、そのうち屋根上貯留は、建築設計がそれに適応できる場所では、最もよい方法の一つといえよう。このほか駐車場または景観地などの凹地や、耐水を地下に涵養する井戸などもある。

ボルダーの雨水管理施設例が図-26に示されている。図-26(a)は山地流出の流速を調整するため水路を横切って取付けられた一連のローダム群である。図-26(b)は、アパートの空地を利用した貯留池で、雨水流入マスは流入量を制限し、主として草地および駐車場の低い部分に取付けられている。

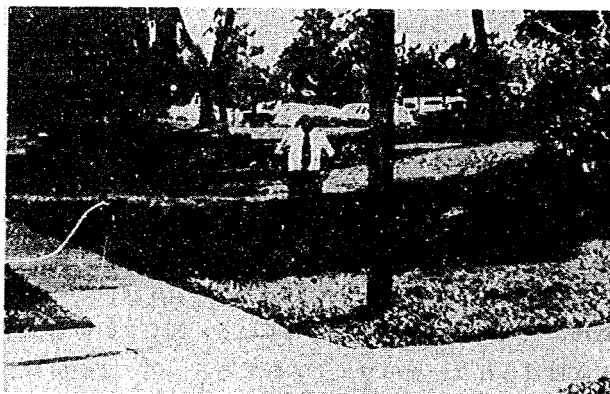
土地の細分割を必要とするような新規開発の許可は雨水貯留の施設があるかどうかで決まる。建築許可だけの場合には、デベロッパーは許可がおりる前に雨水貯留施設の計画をしておかねばならない。どんな場合でも資格ある技術者によって排水設計が行われ、さらに市の水理技術者の審査を受けねばならない。

一時貯留施設に対する反対が、デザインの制約に不満をもつ建築家および滞水池の計画には了承するものの、実際にはそういった施設をつくらない建築業者などからだされた。しかし現地貯留の効果を説明したPRを行い、建築家を説得し、また最終的な建築許可の前に建物の調査を実施したため建築業者との問題は解決した。

現地貯留に同意させるもう一つの方法は、公共の雨水排水施設を改善するため毎月各地所(lot)から料金を徴収することである。料金は各地所から排水システムに流入する雨水量で決められるが、年間料金を決めるには土地の面積と流出係数との2つの因子が用いられている。ボルダーでは第2章で述べられたような料金算出関数が決められており、多くの場合流出量を減らして料金を少な



a ロッキー山脈の山すその都市域を流れる小川のチェックダム



b 草地での雨水マスは流入量をおさえる

図-26. 貯留施設 — コロラド州ボルダー

くすることが土地所有者に有利である。

ボルダーでは、100年確率洪水の範囲のはんらん原で、建築物およびその他の永久的な構造物をつくることを禁止した、はんらん原ゾーニング条例を採択した。はんらん原の中で許されているのは、レクリエーション施設、野生生物の保護地域、農業、露天掘の鉱山、各種の導線導管、そして材料倉庫および鉄道用地などのようなある種の商工利用などである。

〔まとめ〕：雨水管理に現地貯留を使うというボルダーの初期の結果はすばらしいものであった。市の旧市街地で起る2～5年確率での浸水はかなり減少し、ちょっとした雨でも苦情がでていた地域もまた急速に減っている。

雨水管理のためのボルダーの事業を開始したとき、したがった5つの基本的なステップは次の通りである。

1. 施策、法律、設計面での基準を作成する。
2. すべての排水区に対して完全なマスター・プランをつくり、優先度の指定を適切に指示する。
3. 事業が完了するまで、はんらん原のゾーニング、管理、洪水保険などの必要な条例を採択し、施行する。
4. 事業を完成するため、財政計画をたてる。
5. 排水区域をオープンスペース、グリーンベルト、雨水貯留、レクリエーション、自転車道、馬乗、遊び場などにして多目的な利用を計る。

5-5 シカゴ大都市圏衛生公社 (MSD)

シカゴ大都市圏は平らな地形のため自然の排水は悪く、また急激な都市の成長は、これまでもあったはんらん問題を一層複雑にし、さらに自然の水路で処理せねばならぬ雨水の流量および総流出量を大きくしている。

シカゴ大都市圏のはんらん処理に対する関心は、1960年代当初にはじまり、このときにシカゴ川およびカルメット川の水をミシガン湖から逆流させた。はんらん処理に対する関心はなおもつづいて、シカゴ大都市圏衛生公社は建築業者およびデベロッパーに対し、駐車場、屋根、空地などに雨水の一時貯留を行うよう呼びかけるまでにいたった。この事業は、1967年頃にはじまり、その後の都市化による流出増を処理するにはほど遠い結果に終わった。もっと厳しい条例が必要とされ、クック郡全域の下水道システムの管理権をもっている公社 (MSD) が、雨水の効果的な管理を行うという事業を始めた。

公社の理事会の承認を受けた解決案の採択につづいて、公社の下水道条例に対する改正案が承認され、下水道に接続する許可を得るためには雨水貯留施設をつくらねばならないようにした。この条項は、公社の管理下にあって下水道が未整備の区域内あるいは分流式下水道区域内で新規の建設を行う場合に適用されるものであり、1972年1月1日に発効となった。この措置は、新しい土地開発の際に雨水貯留をしなければ、はんらん問題は一層悪化し、さらに新しいはんらん問題を引き起すであろうという事実に基づいてとられたものである。

基本的には、公社が採択したこの解決策は「はんらん処理の公約」であった。これにはイリノイ州知事が適当な州部局に以下のことを指示するよう要請している。

(1) 雨水はその流出源で貯留するという原則に基いた、州のはんらん処理事業を確立する。(2) 郡の行政界に許容最大流量を設け、一方の郡から他方の郡に流入する流量を調整制御する。(3) 州の土木建築局から流域内での開発または改良許可 (連邦政府、州、地方の道路整備も含む) を受けた者に対し、過去の最大の降雨にたえる雨水貯留施設の建設と管理を行わせ、雨水流出を調整制御する。

下水道許可条例の改正は、はんらん問題をすべて解決する意図があるわけではなく、改正案に基く種々の事業が他の事業、例えばはんらん原管理、減少した貯留量を補う貯水池の建設、既に開発されている所からの流出を貯める貯留池の建設などの事業と、歩調を合わせねばならないということである。公社は既開発区域のはんらんを軽減するため、貯水池を建設中である。

公社はまた合衆国土壌保全局と協同して計画を検討中であり、さらにそのなかにはシカゴ大都市

圏の洪水防御計画のための詳細な計画をたてる準備も含まれている。また隣接する郡および州もこの計画作業の中に組み入れられている。

下水道許可条例の改正案採択に先立ち、小委員会である特別ブルーリボン委員会は、提案された事業について検討したが、改正案の採択を承認するとともに、地域全域にわたるはんらん防止のための分担予算、政策を決めるはんらん防止総合委員会の設置を要請し、さらに個々の排水区域でははんらん防止施設の計画をつくる流域実行委員会の設置を勧告した。

委員会が指摘したことは、シカゴ地域の自然河川の容量に限られ、年平均洪水に対する疎通能力は約 0.02 立方フィート/秒/エーカーしかないということである。この容量に基いて、公社は詳細な改善案を用意した。貯留池をつくるため、2つの因子が必要であるが、これには合理式による計算が行なわれた。2つの因子とは、(1)貯留池からの「許容放流流量」と、(2)「貯留池の容量」である。

最大放流流量は、3年確率の降雨が未開発地域に降ったときの流出量に等しく、合理式のピーク流出係数は 0.15 である。降雨確率は（国家）気象局技術報告 No 40 に基づき、流達時間の指導要領は公社で作られた。一般にこれらの値は合衆国陸軍工兵隊の基準に適合している。

貯留池容量は、100年確率の設計降雨の際の完全都市域からの流出量に基き、これから許容放流量を減じて求められている。「生の貯留池容量」を計算する公式は改善案の中に含まれている。改善案は小面積の地域は除外している。— 5エーカー未満の商業開発地、10エーカー以下の住宅地域、さらに5エーカーから10エーカーの住居開発地域で不透透面積率が60%以下の地域。条例の内容を示すパンフレットが建築家、技術者等の用に供されるべく作成された。これは付録Dにのせられている。

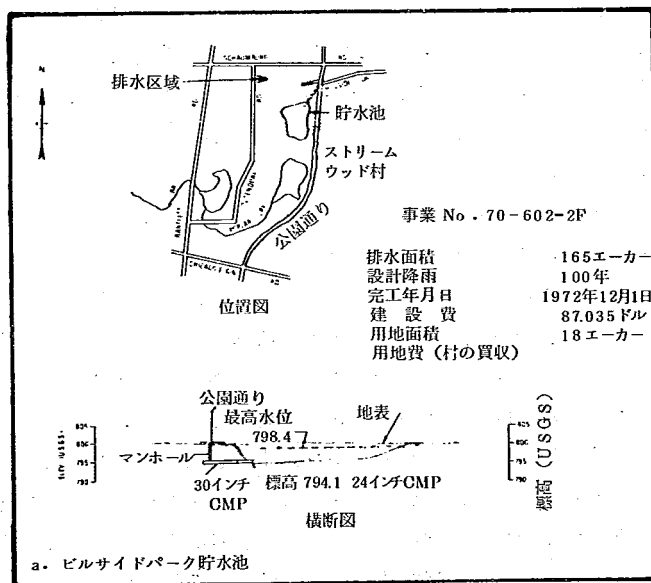


図-27. 貯留施設 — シカゴ大都市圏衛生公社

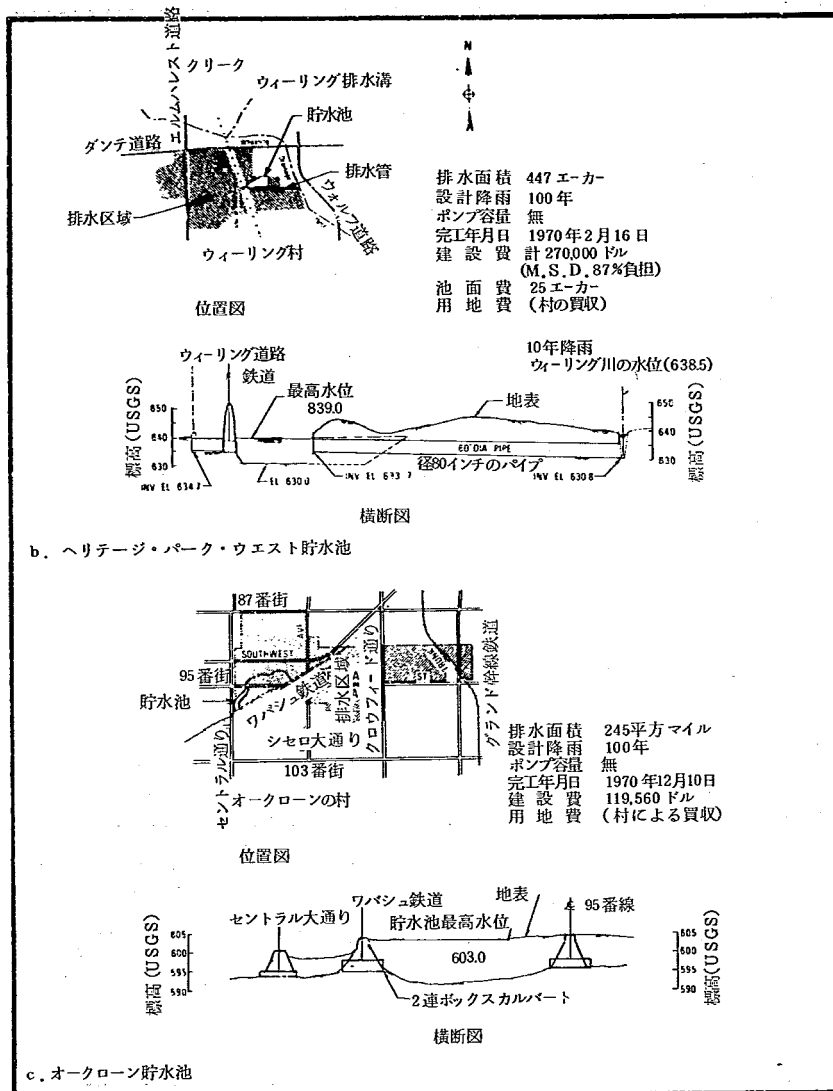
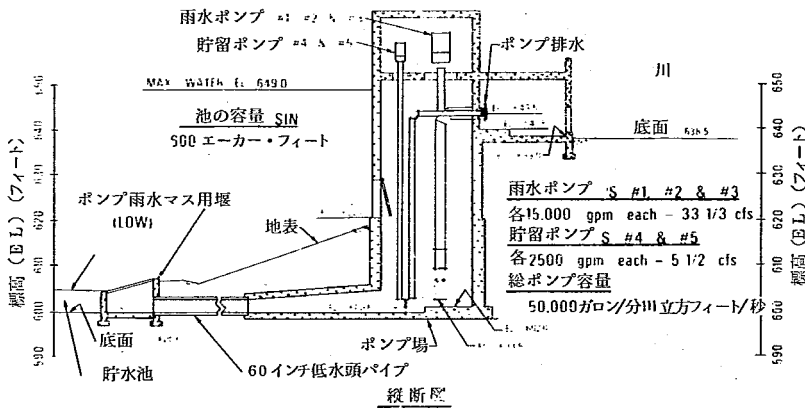
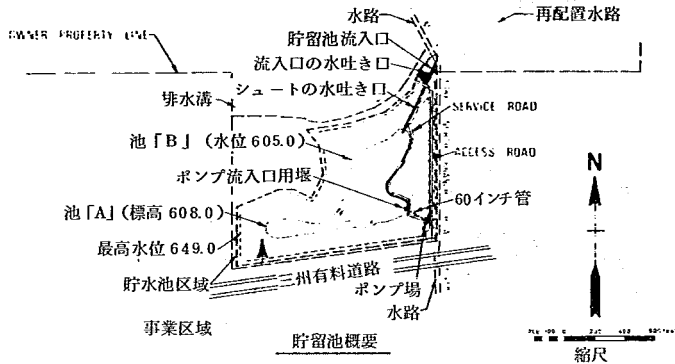


図-27. 貯留施設 — シカゴ大都市圏衛生公社

排水面積	207平方マイル
設計降雨	100年
ポンプ揚量	111.0 立方フィート/秒
完工年月日	1974年11月1日
建設費	2,900,000ドル
用地面積	22 エーカー
用地費	公社による買収)



d. シカゴ州ミドル・フォーク・ノース・ブランチ支川の貯留池

図-27. 貯留施設—シカゴ大都市圏衛生公社

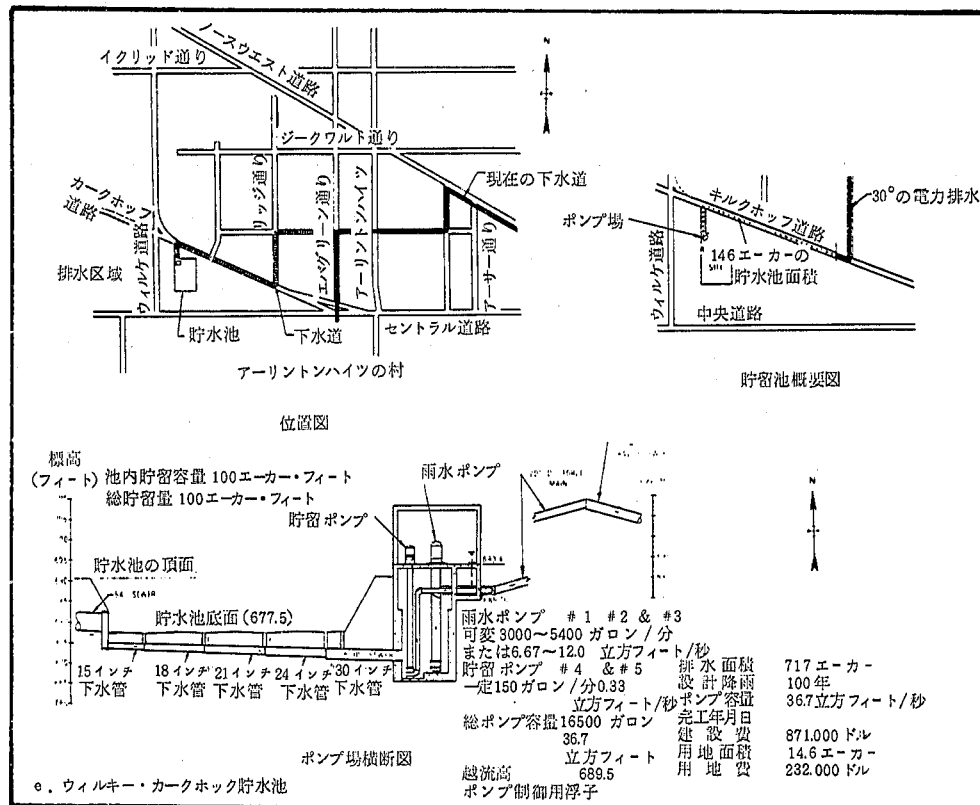


図-27. 貯留施設 — シカゴ大都市圏衛生公社

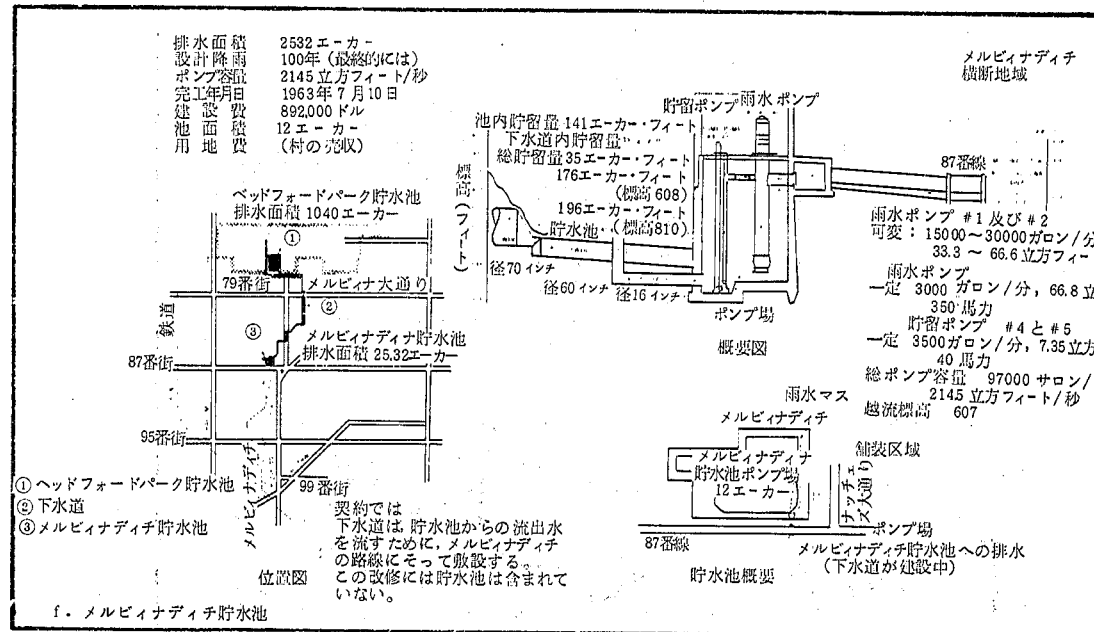


図 - 27. 貯留施設 - シカゴ大都市圏衛生公社

新規の開発には、貯留池をつくらねばならないことに加えてMSDは、はんらん問題のある現市街地で大貯水池をつくったり、財政援助を行ったりしている。このような施設の例が図-27に示されている。設計には100年確率降雨が用いられている。MSDは通常、建設費を出し土地はほとんどの場合地方公共団体が購入している。

〔メルビナ・ディッチ貯水池〕：大規模多目的貯留施設の例として、MSDによって造られたメルビナ・ディッチ貯水池があり、建設費は892,000ドルであった。この事業は貯水池の規模および多目的性だけでなく、貯水池からの流出は自然越流でなくポンプによるという点で独特のものである。池は水深21フィート、広さ115エーカーであり、貯水容量は165エーカーフィートである。住宅の多い排水区域の面積は4平方マイル、設計降雨は10年確率であるが、これは下流側の水路が100立方フィート/秒の容量しかなく、このために貯水池の洪水防御能力が決められるためである。下流の水路の改修が済んで上流にもう一つ貯水池が造られた場合には、100年降雨にも対応できるものとなる。池は粘土質の土壌を掘ってきたもので、粘土は丈夫な防水の役を果している。底は芝地であり、また法面は4:1の勾配で芝付され池のまわりは8フィートの鎖のフェンスが設けられている。池の一端にポンプ場があり、66立方フィート/秒のポンプ3基、7.5立方フィート/秒の水流量ポンプが2基ある。3基のポンプを全開運転すると12時間で池を空にすることができるが、下流側の水路の制約があるため、現在は24時間で空にするようにしている。ほとんどの降雨の場合は4~6時間で空になっている。

雨水は、下水道を経てポンプ場とははなれた池の一端の流入渠より池に入り射流水路を経て、池の底の浸蝕防止のために設けられた100フィート×200フィートのコンクリートの水たたきに導かれる。平時の流量については60インチの地下パイプを通して直接ポンプ場に導かれ、池をバイパスするので、その結果池には水がたまらず、多目的な利用ができる。池の底に凹型断面の道路が設置されており、流入渠からポンプ場までつづいている。この道路は管理道路としての役割ばかりでなく、小さな流量のときにポンプ場に直接送水する地下埋設管が、満管になって吹き出した場合の浸蝕防止の役割も果す。池が満杯になると、舗装されている所は完全に水没し、さらに水深が増すと流入渠も水没する。

池は初期のはんらん防止という機能に加えて、レクリエーション施設としての機能も果しており、池の底に降りられるようスロープには階段がつくられている。池の一角は池を掘った際の土で築山がきずかれており、冬にはそこでソリをしたりスキーをしたりすることができる。コンクリートで舗装されたところは、冬の間は水がたまっておりスケートリンクになるが、夏の間はバスケット・バレーなどのコートとなる。すべてのレクリエーション活動は、サウス・スティックニー公園公社と衛生公社との合意のもとに公園公社が管理を行っている。

地域の協同出資による排水改善事業の一環としてこの貯水池が建設されたが、この事業が完成すると、(1)450万ドルの費用で、サウス・スティックニー町道路公社により、貯水池の上流の雨水管が整備される；(2)190万ドルの費用で衛生公社により、メルビナ貯水池と下流の水路の改修が行われる；(3)50万ドルの費用で、オーク・ローン・ヴィレッジにより下流の水路の改修が行われる；ということになる。このような改修が行われないと、道路に緑石と側溝をつけ、路面の排水溝を撤

去する道路舗装もできないし、地域の地ならしもできないことになっている。

メルビナ貯水池が完成してからは、その上流も下流も一度もはんらんの被害が生じていないが、最近6時間もつづく10年確率の降雨があったが下流での被害はでなかった。貯水池の築造は下流2マイルの十分な排出口のところまで雨水下水管を敷設して吐き出させた場合に比べて、約100万ドルも安いと考えられている。

〔事業効果の分析〕：MSDの事業効果の分析が1972年1月衛生公社(MSD)のスタッフによって行われた。すなわち1972年1月1日下水道許可条例の改正案が有効となる日に先立って、貯留池の総容量の不足分は35,044エーカー・フィートで、これを補うために必要な費用は1エーカー・フィート当り5,500ドル、全体で192,742,000ドルであると見積られた。

貯留施設を義務づけるに先立って1969年から1971年の3年間に平均1181エーカー・フィートの容量を毎年付け加えていった。この間、他の土地開発(貯水池が建設されないところ)によって貯水池の必要容量が増加し、年間約6,500,000ドルがそのための必要改善費と見込まれた。

1972年の1月1日から6月28日まで、40,926人の人口をかかえた開発により、総数570の下水管が許可され、その結果1305エーカーの不浸透域がつくられたが、貯水池のほうは253エーカー・フィートの容量が補充され、わずか74エーカー・フィート、金額にして407,000ドルの不足分しか生じなかった。

この結果にまる一年間(1972年)に延長してみると、前期3年間に生じた容量不足分の年平均費用6,500,000ドルに比べ、わずか815,000ドルの改善費用にしかならない。これは結果的に都市開発によって生ずるはんらんの危険を減らすことについては非常に成功であることを示すものである。MSDは新規開発、不浸透面積、3インチの流出に必要な貯水池容量、実際貯水池容量などの正確な記録を保持している。なお公社の作業に係る9つの排水区各々について、このようなことが行われている。

〔結論〕：シカゴ大都市圏衛生公社(MSD)は1900年代初期に、はんらん防止に対して関心をもっていたが、1950年代には雨水管理の重要性を認識するようになった。MSDによって採択、計画された近代的な技術は大きな貯水池、ディープトンネルおよび各個人の開発地域での雨水貯留である。一定規模以上の新規開発の場合、下水道に接続する許可をうるには雨水を貯めることが必要である。

MSDは、既存市街地のはんらん軽減に貯留池を作っており、また公社の下水道許可条例の最近の改正案は非常に進歩的である。ほとんどの地に貯水池は多目的に設計されており、近隣地域にとって好ましく、受け入れられやすいものになっている。

5-6. イリノイ州アーリントン・ハイツ

アーリントン・ハイツは人口73,000人、イリノイ州クック郡にあり、全域がシカゴ大都市圏衛生公社(MSD)の管轄下にある。そのためMSDの下水道許可条例が適用されるのだが、さらにMSDは各町に新規の開発に対して貯水池を造らせるような地方条例を採択するようすすめており、アーリントン・ハイツでも雨水貯留条例が採用された。公社はまた、クック郡の市町村に対し、雨

水管理のマスター・プランをつくって MSD の承認を受けるよう要請している。

アーリントン・ハイツでは、土地の細分割 (subdivision) を行う所でも町の認可が得られるよう、貯水池は MSD の基準に適合することを義務づけている。この雨水貯留の義務づけは、MSD の承認を受けているはんらん原条例と結びついている。MSD の援助によって、この条例は満足のゆく役割を果たしており、さらに開発業者と町の技術部とが共同で貯水の細部まで計画することを許している。

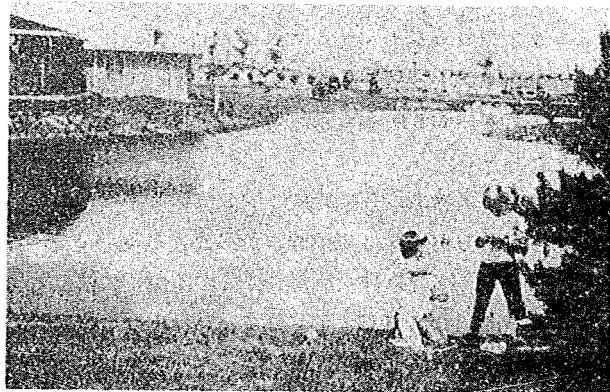
アーリントンには計画中から建設済みの貯水池まで含めて約 12 あり、一番大きな貯水池は費用 110 万ドル、100 エーカー・フィートの貯留量をもつウィルケ・カーコフ貯水池で、現在シカゴの MSD の協力で建設中である。この貯水池は 100 年確率降雨を対象として設計され、717 エーカーの排水面積を受けもつ。貯水池は 5,400 ガロン/分の容量をもつポンプ 3 基と、150 ガロン/分のポンプ 2 基で排水が行われる。

アーリントン・ハイツにある他の貯水池は、テニスコートに利用されたり、住居地にあって常時水のある池となっている。

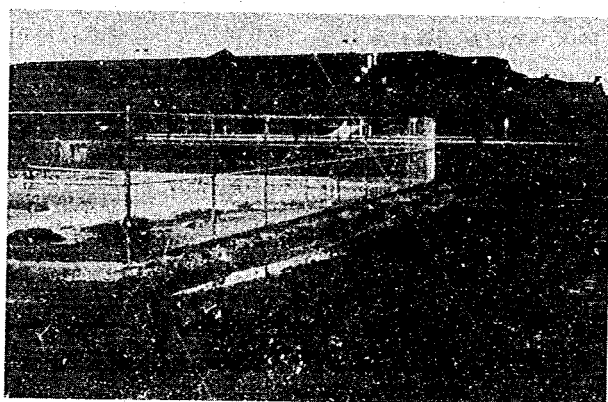
図-28 貯水池、アーリントン・ハイツには、アパート群の中にある池形式の貯留池の写真が示されている。子供たちが釣の用意をしているのを見てわかるように、多目的な貯水池である。テニスコートもアパート群の中にある。雨水の流入および排水口は池の底に見られる。テニスコートの側面にそって芝付されたスロープがあるが、これが貯留池の法面であり機械で芝刈りができるほど平坦である。

ハワイの住人達は、雨水貯留に永久池の利用を望んでいる。その美観故にであるが、そのため担当官も水無池よりも永久池の方が維持しやすいと思っている。

公共の貯水池としての町の管理責任は、その構造物の管理に



a 住居地域の貯留池



b 雨水はテニスコートにあつめられる

図-28. 貯留施設 — イリノイ州アーリントン・ハイツ

限られ、一方公園公社が芝刈りなどの管理を行なっている。常時水を貯めておく貯留池で独得なものがあり、そこでは風をつかったスターラーで水をかきまぜて曝気し、そう類の発生をおさえている。

〔まとめ〕：アーリントン・ハイツはクック郡にある大きな町で、シカゴのMSDの条例が適用される区域だが、町からの雨水流出によるはんらんを防止するため、はんらん原のゾーニングおよび雨水貯留に関する条例を採択した。雨水貯留条例は詳細にはふれず、融通のきく行政が行える。そのため町の技術部も民間のデベロッパーと協同して貯水池の計画、建設が出来るので非常にうまくいっている。

技術部が遭遇したただ一つの問題は、用いている流出公式の合理式で、これには強い降雨の際の浸透能の低下が見込まれていないことである。強い降雨期間中は合理式を用いて計算した流出量よりも、はるかに大きな流出がおきていよう。

5-7. イリノイ州マウント・プロスペクト

イリノイ州マウント・プロスペクトは人口50,000人でクック郡にあり、大シカゴ都市圏衛生公社の管轄下にある。MSDが雨水貯留条項を採択したのに応じて、村当局は1971年に雨水貯留条例を承認した。

この雨水の貯留条例は、一般的にはMSDの基準と同じであるが、面積にかかわらず商業地域でも工業地域でも、開発地域は現地貯留が必要である点でもっと厳しいものである。住居開発地域は、5エーカーを越える場合は貯水池が必要となるが、公社の条項では10エーカー以上となっている。貯水池の型は基本的な基準が満足されていればどうでもよい。

住居開発地域では、空地に常時水を貯めた池をつくり、雨水の一時貯留をはかるようにしてきたが、このような池はボート、釣り、水泳、アイススケート、などにも利用でき、さらに近隣の美観にもよい。

このような常時水を貯めた池の中で最大のものは、クリアーウォーターパークであり、178エーカー・フィートの貯留容量をもち、780エーカーの排水区域の流出水を調整する。この池は新しい住宅開発事業と合せて、マウント・プロスペクトの村当局、公園公社およびデベロッパーの協同で建設された。図-29にマウント・プロスペクトの池の一部が示されているが、池の水位は一定に保たれている。この美しい景観をもつ池は、3つの住居ブロックに隣接した掘りこみの池（もう一つの写真）に比べて対称的である。

マウント・プロスペクトでは合せて8つの貯留池が住居地域で建設あるいは計画中であり、公園公社に所有権が移管したものもあるが、残りはデベロッパーの責任で管理される。雑草などの手入れが不十分であれば、村当局がこれを管理し、所有者から料金を取ることにになっている。

商業および工業開発地域は、その形態および面積にかかわらず、ガソリンスタンド、ハンバーガー・スタンドから、もっと大きい商業開発に致るまで100年確率の降雨に対して貯留施設をつくらねばならない。大きな下水管内での貯留は行われていないが、これは高価でもあり、また路面に流水ができるのも許されていない。建築家は屋根貯留を懸念したので、商業地域では駐車場が雨水貯留に

使われた。

建築家から見ると屋根貯留は不利だということで、このような施設はほとんどつくられなかったが、村当局は屋根貯留を好ましい方法と考え、小さな雨樋を使った安全で安価な屋根貯留の方法を説明した公報を出している。これで節約した分は、屋根にもっとよい防水加工をほどこすために使うことができる。構造的な設計については、3インチの深さの水が、ほんの15ポンド/平方フィートにしかないので変更の必要はない。建築規則では、屋根は最小活荷重30ポイント/平方フィートに設計されていなければならないからである。

マウント・プロスペクトのはんらん問題は小河川の高い水位によって、下水管がふくために生じている。この問題を解決するため、イリノイ州水資源管理部は小河川

を浚渫して、河道容量を100%まで高めようとしている。シカゴのMSDは、はんらんおよび汚染問題を解決するため、合流式下水道の越流対策として、ディープ・トンネルおよびオハラ空港の近くに新しい下水処理場の建設を提案している。

〔まとめ〕：マウント・プロスペクトでは、美観的に好ましくないものが一つあるが、すでに完成した貯留施設は設計基準に合致してうまく作動している。住居開発地域では、空地にある常時水を貯めている池が雨水貯留に用いられている。駐車場は、商業および工業開発地域で雨水貯留のために使われている。屋根貯留については建築家の間ではまだ慎重だが、村当局はこの方法を進めている。



a クリアウォーター・パーク貯留池



b 3つの住居ブロックの貯留池

図-29. 貯留施設——イリノイ州マウント・プロスペクト

第 6 章 浸蝕・堆積の防御

(Erosion and Siltation Control)

アメリカの農村地域および都市域における土壌の浸蝕は深刻な問題である。土壌が多量に失われ、それを含む水は汚濁する。土粒子を含んだ流出水を貯留池に留めることは、汚濁の防止に役立つ。同時にそれは、雨水の流出を調整し、急激な流出による土壌浸蝕をも防止する。図-30は住宅建設中に用いられる暫定沈砂施設の例である。

一般に土壌浸蝕は流出水汚濁の最大の原因とされている。年間1億トン以上もの土壌が浸蝕され、流出土砂となっている。そしてこの量の約10%が造成中の土砂からのものである。

しかし、このパーセントそのままでは明確さを欠く。ワシントンD.C.のボトマック川では、全流出土砂の20%が、全土地の2%すなわち都市域から生じている。また、開発された土地では流出土砂の半分をそこから生産している。そのような土地の浸蝕量は未開発の農地や森の場合の50~500倍、またおそらく未開発地の20,000~40,000倍はあるだろう。見方を変えると、新しく郊外に住みついた人は、自分の体重の30倍量の土砂を河川に与えていることになる。

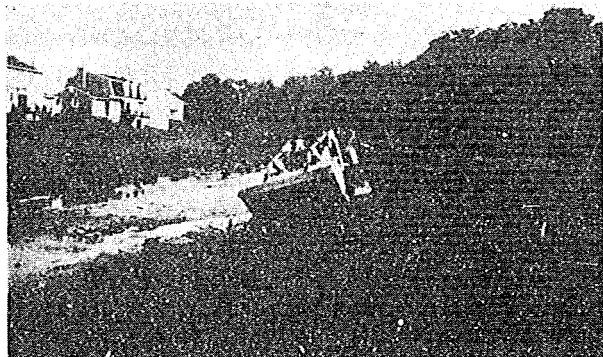
浸蝕、堆積による損害の実質額は年間5億ドルを越えると思われている。だがこのうちほとんどは回避可能で、その費用は1区画当たり50~70ドルと考えられる。

浸蝕と堆積の影響をいくつかあげてみると、

1. 有用な土壌の損失、とくに表土。
2. 泥土の堆積や浸蝕による溝掘れ等の家屋や庭地への害。
3. 水路を汚濁し、溶存酸素をうばい、太陽光線をさえぎり、産卵場所をおおい、河川や湖の水草を埋め、えらをふさぐ等によって水中生物を死滅させる。
4. 水源を汚濁し、従って飲料水と工業用水のためには、余分な処理



a 土砂溜め施設 — 1/4 エーカー以下



b 土砂溜め施設 — 掃除の必要な状態

図-30. 暫定沈砂池

が必要となる。

5. 水路の景観をそこねる。
6. 汚濁した水による洪水の場合、清水と比べて、洪水後の泥土堆積により被害が大きい。
7. 河床への堆積により、通水能力が減少して洪水が起りやすくなり、また貯留池での堆積はその容量を減少させる。
8. 堆積物による水質の富栄養化増大。
9. 下水道への流入口を塞ぐ。
10. 堆積物による河川や港湾の航路埋没。

合衆国環境庁（EPA）の研究および監視員に提出された出版物の中に 42 種の浸蝕堆積防止法が書かれている。それは次の 4 つに大別される。

1. 化学安定剤と敷わらによる土壌の処理
2. 浸蝕堆積防止施設の使用
3. 敷わらとネットの使用
4. その他の特殊な方法

化学安定剤は土粒子相互を結びつけたり、敷わらは土に固定する役割をする。種々のタイプのマット製品は浸蝕防止に有効である。繊維製品やネットを敷わらと同時に使用する方法は 3 番目にかがけた部類に入る。4 番目の特別な方法とは建設機械で地表を締め固めて浸蝕し難くしたり、等高線に沿って土をかき上げたり、地表土をおさえている植生を保護したりする方法である。さらに新しい技術によってこれらの方法は改善されるだろう。

土砂だめとして現地貯留の利用法は簡便法も含めて、土砂防止手法に関する EPA の報告書に書かれている。たとえば、簡便な防止法は排水溝に砂袋をおいて流速を弱め、水中の土砂の一部を沈殿させる方法である。同様に、下水の入口に大礫を置くとそこに雨水が溜って、下水溝の出口における洗堀が防げる。

造成中の暫定沈砂池の設計は、より正式なものになる。詳細な沈砂池設計の基準や示様はメリーランド州の合衆国土壤保全局（SCS）から出されており、貯留池（特に土砂流出防止用に設計されたもの）に適用される。

〔合衆国土壤保全局基準〕：SCS の基準によれば、雨水貯留は流域 1 エーカーからの最低 0.5 インチの流出量を貯留するように指示している。土砂捕捉効率の計算には、余水吐高以下の体積が用いられる。設計降雨は 10 年確率のものが使用され、流出量は沈砂池の耐用期間の間の水文条件に応じて決められる。

貯水池排水口での最大流速は 6.0 フィート/秒で、堤防と余水吐は植生を必要とする。堤防天端の最小幅は 8 フィートで、法面勾配は 2 割より急ではない。余水吐は乱れていない地盤（盛土上でない）に作り、洗堀を最小にしなければならない。

維持管理は重要な要素であり、SCS では各降雨毎に沈砂池の点検を指示している。沈殿土砂は流域 1 エーカー当りの貯留量が 0.2 インチ以下になってしまったらとり除かなければならない。また、その捨てる場合は下流へ流出されないように注意を要する。SCS の基準には土砂を溜める沈砂池の

規模は決められていない。すなわち沈砂池の大きさおよび形状と土砂収集能力の関係は与えられていない。

6-1. 沈殿の理論 (Theory of Sedimentation)

個々の粒子の理論上の沈降速度は、EPAの報告書⁽⁸⁾ 81ページにあるように、

$$V_s = \frac{2g}{C_D} \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \frac{V}{A_c}$$

ここに、 g = 重力加速度

C_D = ニュートンの抗力係数で、粒子形状、液体の特性、レイノルズ数の関数

ρ_s = 粒子密度

ρ = 液体の密度

V = 粒子体積

A_c = 粒子の投影面積

簡単のため理想的な沈殿池での上向流速を

$$V_0 = Q/A$$

Q = 池からの排水量、

A = 池面積

と表わすと、粒子はその沈降速度 V_s が上向流速 V_0 より大きい場合に沈殿することになる。 A が大きくなると V_0 が小さくなって粒子は沈殿しやすくなる。必要な面積 A は排水量と各粒子の沈降速度がわかれば計算できる。ヘーズン (Hazen) は粒子の沈降速度を表-23 のように与えている。

これらの値を使い、沈砂池の一樣上向流速 V_0 を仮定して、池面積と沈殿除去できる粒子との関係が表-24 のように計算できる。

排水速度が1立方フィート/秒でない場合は、必要池面積は表の値に排水速度を乗じた値である。粒径が60ミクロンの細砂の場合、排水量0.5立方フィート/秒に対して必要最小面積は40立方フィートとなり、排水量2.0立方フィート/秒に対しては160.0立方フィートとなる。表の値は理想的な場合であって、実際にはこれより大きな値となる。

表-23. 粒径別沈降速度 (ヘーズンによる)

種類	粒径 (ミクロン)	沈降速度 (センチメートル/秒)
粗砂	1,000	10.0
粗砂	200	2.1
細砂	100	0.8
細砂	60	0.38
細砂	40	0.21
シルト	10	0.015
粗粘土	1	0.00015
細粘土	0.1	0.000015

表-24. 粒径別必要最小池面積
(排水量 1立方フィート/秒)

種類	粒径 (ミクロン)	必要最小面積 (立方フィート)
粗砂	1,000	3.0
粗砂	200	14.5
細砂	100	38.2
細砂	60	80.0
細砂	40	145.0
シルト	10	2,030.0
粗粘土	1	20,300.0
細粘土	0.1	203,000.0

これらの数値を利用するには、粒子の粒径範囲を知る必要がある。典型的な沈殿物の分析例を表-25に示す。

沈砂池からの排水量が40立方フィート/秒の場合、10ミクロンの粒子を除去するには約81,200平方フィートの池面積が必要で、全浮遊砂の10%を残して沈殿させられる。40ミクロンの粒子では約5,800平方フィートの面積が必要で、全浮遊砂の12%を残して沈殿させられる。従って、さらに2%を沈殿させようとする、上記面積の差である75,400平方フィート、すなわちはじめの面積の13倍の面積が必要となる。なお、あくまでもこれらの値は理論上のものであり、通常の排水量は最大排水時の値より小さく、除去率は大きくなる。

表-25. 沈殿物分析例

粒 径 (ミクロン)	累加通過率 (パーセント)
250	99
150	95
100	91
40	12
8	7
3	6
1	2

6-2 沈砂池容量 (Sizes of Sediment Basins)

多くの降雨は設計確率降雨より弱いので、流出量も最大流量に達しない。このことにより最大排水量で計算した浮遊砂の除去率は過少評価ということになる。

50エーカーの流域に対して、SCS基準では25エーカー・インチ(2.1エーカー・フィート)の貯留量を指定している。水深が10フィートなら0.21エーカーの面積が必要である。この場合、10ミクロンの粒子を捕捉するには排水量が4.5立方フィート/秒、40ミクロンの粒子を捕捉するには排水量が6.0立方フィート/秒となる。一方、SCS基準では排水量の制限値が6.0立方フィート/秒なので、この例では40ミクロン粒子の除去が保障される。

しかし、水深が5.0フィートならば面積は0.42エーカーとなり、10ミクロンの粒子を除去する排水量の上限值は9.0立方フィート/秒となる。SCSでは6.0立方フィート/秒としているので十分、10ミクロンの粒子は除去される。

すなわち水深を大きくとっても除去率については効果がなく、除去率を高めるには面積を大きくしなければならない。しかし、水深を大きくすれば貯留量が増し、排水量が少なくても良いような貯留量が得られるだろうから、結果的に除去率が増すことになる。浅い池では最大許容排水量で排水し、場合によっては緊急用余水吐からも排水しなければならない。ところが深い池では排水量は少なくてすむ。

SCSの規定値6立方フィート/秒は、全面積で割って1エーカー当りのインチに換算すると、50エーカーの流域に対して0.12インチ/時間の流出量に相当する。上記の例の25エーカーインチという容量は池へ入る流出量が0.12インチ/時間を越えると池が満盃になるということであるのだから、容量に関するSCSの基準は最下限のものと見るべきである。従って、より大きな沈砂池をつくれば0.12インチ/時間を越える流出に対しても、池からの排水量が最大値を越えなくてすむ。

(訳者注：これらの沈殿理論は少々まゆつばである。1つの考え方と理解されたい)

6-3 沈砂池の維持管理 (Maintenance of Sedimentation Ponds)

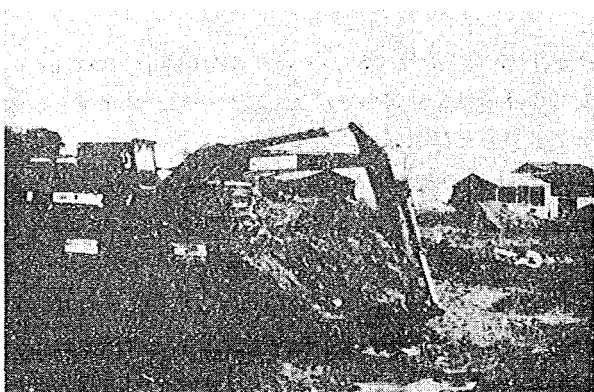
沈砂池として利用される貯留池にとって、維持管理上の問題点は堆砂の排出である。開発途中の土地からは8ないし80トン/エーカーという土砂が供給されるので、大工事の場合の土砂生産量はほう大なものになる。貯留池の設計にあたっては、この土砂の堆積とそれによる貯留池容量の減少および定期的な土砂の排出を考慮に入れる必要がある。容量の減少は土砂の排出をするまでの期間に留まる土砂量に関係する。また、土砂は池内に一様に堆積する訳ではない。大きな粒径のものは池の上流側に沈殿してしまい、そこでは最低池水面以下の貯留量はなくなる。

工事期間だけ用いられる小沈砂池では、土砂の排出には在来のドラグラインがよい。ドラグラインはブームが長く、6フィート位あるので、池の形にもよるが1/4～1エーカーの池の土砂排出に使用できる。排水した土砂は直接トラックに積むか、あるいは堤防上の置場で水を切る。水を含んだ土砂は、二度の手間と芝の再生が必要とはなるが、土砂置場に一度置くのが普通である。図-31aはこのようにして土砂を排出している池である。

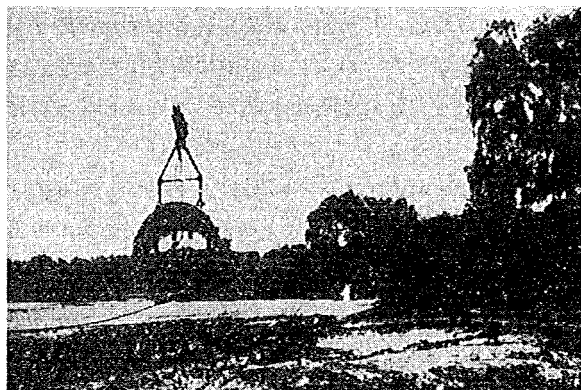
大きな貯留池では堤防の上から操作できるドラグラインなどは使えず、土砂の排除はもっと難しくなる。それぞれの池に応じていくつかの除去方法があるが、図-31bは水中ショベルを用いている例である。この方法では、対岸から操作されるケーブルによってショベルを引きよせ、次の掘さく位置へ移動させる。

もうひとつの排出方法は、池をつくる際、あらかじめ池内に通路を設けておき、排水後にその通路によってドラグラインやトラックを運転するものである。

図-31cは小さな貯留池や湿地用の新しい土砂排出装置である。この小型浚渫機械は幅が8フィートで、そのまま道路上を運搬が可能である。これは中央のポンプ吸入口管へ濃度の高い土砂を集めるた



a バッグホーによる排砂



b 対岸操作のケーブルによる水中ショベルの索引

図-31. 沈砂池の排砂

めの1対のらせん状カッティングヘッドが内蔵されている。水面に支持された軽量パイプは浚渫土砂を岸へ上げ、余分の水をもどすのに使われる。

〔前沈砂池の設置〕：図-31 d は池の土砂排出を容易にする方法の例である。池の入口が拡げられ、もぐり堰によって流入水は拡流される。そして沈殿池から前沈砂池が分けられる。重い土砂は前沈砂池で除去されて、そこからはドラグライン等の通常の機械によって土砂を排出することができる。このように排出の容易な場所に土砂の一部を沈殿させることによって主貯留池の浚渫回数を減らすことができる。

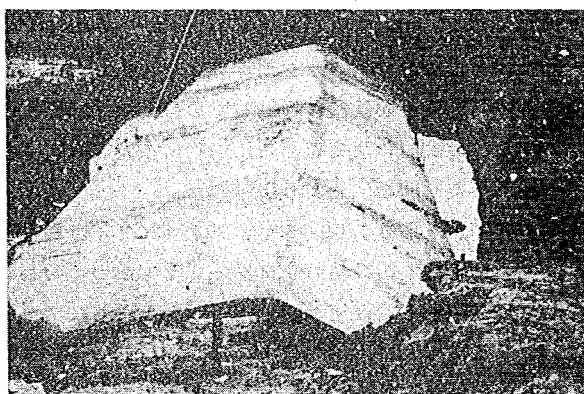
前沈砂池は主貯留池の土砂排出に利用することもできる。その場合、貯留池からの浚渫土砂を先ず前沈砂池に入れる。それによって堤防へ土砂を置く必要はなくなり、堤防の植生を植えなおすことはなくなる。このような低い場所での土砂排出作業はとくに都市域では好ましいことである。前沈砂池と主貯留池とを分けるもぐり堰はその上で水中ショベルを牽引できるようにゆるい勾配に設計しなければならない。図-31 e は堰上で水中ショベルを索引しているところである。

6-4 貯留池の堆砂容量 (Sediment Volumes in Detention Ponds)

土砂の重量は20立方フィートで約1トンになる。50 エーカーの土地を考えると、浸蝕量が8~80トン/



c 小型浚渫機



d もぐり堰 — 法面はドラグラインが走行可能



e 堰上を牽引される排砂ショベル

図-31. 沈砂池の排砂

エーカー/年 なら1年間に400～4,000トン、すなわち8,000～80,000立方フィートの土砂が供給される。もちろん、これは概算値であり土砂の供給源や単位体積重量によって異なる。

6-5. 地域土砂制御事業 (Areawide Programs of Sediment Control)

メリーランド州とバージニア州フェアファックス郡では、貯留池を利用した土砂制御事業がある。これらの地域の地形は急しゅんで、適切な対策をとらないと降雨流出はすぐに土砂の浸蝕堆積の問題を生じさせる。したがって、造成中ならびに開発後において貯留池が利用される。

6-5-1. メリーランド州での事業

メリーランド州での事業(a)は、1930年代に始まった。1935年には合衆国公法46で土壌浸蝕は国の脅威であり、この法の目的のひとつは河川や港湾の堆砂をふせぐためのものであるとしている。二年後、メリーランド州は土壌浸蝕防止地区法を制定し、州の土壌浸蝕防止の基盤をつくった。1940年にはポトマック川流域州際委員会が組織され、1943年に浮遊土砂は河川の三大汚染のひとつであるという考えを示した。そして1957年、ウォルマンとゲイヤーによる報告書では浮遊土砂はワシントン地区の人々にとってポトマック川の最悪の汚染物であると述べられている。このことが法的に扱われたのは1961年で、メリーランド州法務長官は浮遊土砂をメリーランド水質汚濁防止法で定める汚濁物に指定した。そして1965年になって知事は州の全機関に土砂制御事業を開始するよう指示した。

〔モンゴメリー郡〕：1965年、モンゴメリー郡議会は土砂制御政策を議決した。その一年後にロック川計画地域の最初のマスタープランがつくられた。これは各区画での洪水軽減施設による流出量調節をとまなう河谷の保護と開発とからなっている。

1967年には1965年の政策を変え、浸蝕防止をモンゴメリー土壌保全公社(SCD)に委任しており、開発業者はこのSCDの勧告に従って除去や地均しの許可を受け登記を行うことになった。メリーランド州の他の郡でもほぼ同じやり方をしている。

1970年モンゴメリーSCDは多くの有用な貯留池を使った雨水排水計画を奨励するという議決を行った。また同年、州はメリーランド土砂制御法を制定した。同法は1971年3月1日までに各郡がその法の施行することを要求している。

モンゴメリーSCDの土砂制御計画は2エーカー以下のものを除いたすべての宅地造成地と、その他すべての建設工事について適用される。1971年にモンゴメリーSCDは、まず5エーカーを越える宅地造成地と2エーカー以上のその他の開発に対して雨水の現地貯留が必要であるとした。この制限値を下まわる土地開発については、それが既開発の土地に囲まれており、既設の雨水排水施設で間に合う場合には雨水の処理計画は必要としない。このように、仮基準が制定され、土砂制御の達成値を設定し、制御手法の案が示されたが、この基準の最終目標は、2年確率降雨についてピーク流出量を開発前とほぼ同じにすることである。

種々の流出係数(ラショナル式のC)と必要貯留量との関係図が400エーカーまでの面積について作成され、また6種類の貯留方法が表-26にあるように、その適用法と管理責任の所在と

表-26. 現地貯留の管理方法

No	種 類	適 用	管 理 責 任
1.	地 下 貯 留 (パイプ、構造物等)	公道、私道 1戸建住宅、集合住宅、 商業関係	土 木 部 住民組織 (団体) 所 有 者
2.	屋 上 貯 留	工業関係、商業関係、集合 住宅、公共関係	所 有 者
3.	駐車場貯留 (貯留、流入制御、舗装面 下貯留等)	工業関係、商業関係、集合 住宅、公共関係	所 有 者
4.	レクリエーション施設共用 貯留池 (球技場等、降雨時 および降雨後の短時間貯留 用)	1戸建住宅、集合住宅、研 究開発施設、公共関係、そ の他	所有者 (または) 住民組織 (公園の場合、自 治体管理) 土木部 (寄進地や地役権の ある場合)
5.	プール、湖沼 (もともと観光やレクリエ ーション用であったもの)	1戸建住宅、集合住宅、研 究開発施設、公共関係、そ の他	所 有 者 住民組織 (公園の場合、自 治体管理)
6.	浸 透 溝 (土壌型が適当な場合用い られ、2年確率降雨程度を 調節する)	1戸建住宅、集合住宅、研 究開発施設、公共関係、そ の他	所 有 者

ともにあげられている。

現在、モンゴメリー郡には永久的な貯留池が175以上有る。これに対する不平や苦情は裁判に
 到るまではいかないが、この考え方がすでに受け入れられているとはいえない。そこには3つの
 主要な問題点があげられる。そのひとつは、貯留池の管理責任の所在がまだ論争されている最中
 であるということで、開発業者側ではただ委任されているだけなので管理責任を負いたがらない。
 また、管理責任は公共機関が受けもつべきであると考えているものもある。さらに、責任が個人
 にある場合、適切な管理ができるかどうか問題となる。もうひとつの障害は、雨水の現地貯留
 ということの有用性に関する知識が十分でないので、永い目で見た有効性より当面の不利益が問
 題にされることである。が、このような二面性があるということは、現地貯留法に関する有効性
 と長期的効果についてさらに研究が必要であるとも考えられる訳である。3つ目の障害は、法的
 な位置付けに関するもので、州およびモンゴメリー郡の法務担当官は法的な問題はないとしてい
 るが、裁判所によるそのような法的解釈がないので、実際はこの問題は解決していない。しかし
 ながら、雨水の現地貯留に対する不満も、まだ開発業者や地主をして裁判問題に持ち込まずま
 ではに到っていない。

6-5-2. バージニア州フェアファックス郡(10)

フェアファックス郡の状況はメリーランド州と同様である。1966年に郡は新しい土地開発に対しての土砂の浸蝕堆積防御の義務付けを採択した。土地が確保できる場所では貯留池は有用な方法であることがわかり、貯留池は工事中に必要な仮施設であると考えられた。1971年に、郡は土地開発に際して下流域が増大する流量を受け入れられない場合は暫定貯留池を要求するという政策をうち出した。したがって、開発業者は貯留池の管理費や下流施設への分担金を必要とするようになった。

そのような施設の例として、3つの異ったプロジェクトの開発業者達によって一緒に使用された貯留池がある。それらは、それぞれ広い面積を舗装してある。すなわちティソンのKマート、オクトンのショッピングセンター、およびサンセットヴィレッジである。それらの当初の機能は雨水のピーク流出量を許容できる値にまで低減させることであったが、土砂防御用としても役に立った。図-32はティソンのKマートである。この場所は上流側が平坦で貯留池がなく、排水管や水路による排水システムができると下流に洪水を起すことになる。貯留地があれば、それが0.4エーカー程度の小さなものでも、10年確率降雨なら開発後の流出量を開発前の量以下におさえることができる。Kマートではこのようなことから、現場が完成してからも、より恒久的な見ばえのよい貯留池を造りなおして、それがなくなるまで維持していくことにした。この目的のために池がつくられ、これは現在まで優れた働きをしている。この貯留池は各降雨毎に排水されて貯留の準備がなされ、ハリケーンアグネスの時も壊れなかった。

1972年9月18日、フェアファックス郡は同年10月15日以降に計画される雨水排水計画にはすべて雨水貯留施設を必要とするという決定を行った。利用される貯留方法には屋根上貯留、仮貯留池、公園の池、そして浸透性舗装などがある。また安全性を十分考慮する必要がある。さらに要求されるのは、総合的な計画で洪水調節と雨水処理をすることである。例えば、パーソンズ、ブリンカー、ホック、キュード、およびダグラス建設会社では、雨水は下流へ流す前に種々の利用ができる資源であるという大きな考えに基づいて調査をしようとしている。この調査は1977年完了の予定である。

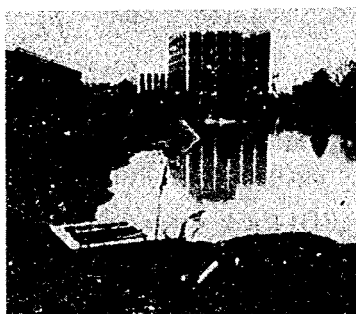
現在、フェアファックス郡には400以上もの貯留池があるが、メリーランド州と同様関連分野すべてからこの考え方が支持されているということではない。ヴァージニア州でもメリーランド州でも雨水貯留を支持する最大の力は保全主義者からでている。一方、メリーランド州に見られるような反対も問題を裁判所へ持ち込むほど深刻なものではない。

ヴァージニア州におけるいちばんの問題といえば、法文化された規則がないということである。現状では、雨水貯留に関する政策に関する法的うら付けはほとんどない。関係当局では、少なくとも可能である限り貯留は必要とするという政策をとっているが、それに関する条例はない。最近になって、そのような条例の調査がなされているようである。

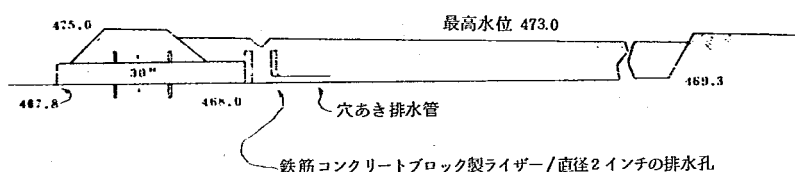
〔まとめ〕：メリーランド州とヴァージニア州では、新興開発都市域の雨水貯留が土砂の浸蝕堆積防止に広く用いられている。だが、長期的視野に立っての土砂浸蝕と汚濁の解決方法として効率がよいかどうかの問題は残されている。このことが、現地貯留ということに対する反対意見



a 洪水，土砂制御用の
暫定貯留池



b 暫定貯留池の流入口と
流出口の構造物



c 貯留池断面

設計降雨	10年
排水面積	11.2 エーカー
開発面積	11.2 "
建物面積	2.5 "
池面積	0.4 "
有効貯留量	2.4 エーカー・フィート
開発後の Q_{10} 貯留なし	59.5 立方フィート/秒
" Q_{10} 貯留あり	7.5 立方フィート/秒
" ピーク減少量	52.0
開発前の Q_{10}	24.0 立方フィート/秒

図-32 ヴァージニア州フェアファックス郡，ティソンKマートの貯留施設

となる訳であるが，短期的に見れば非常に効果のある方法である。雨水貯留施設は工事中の暫定施設として特によく知られているが，洪水防御と同様に土砂の浸蝕堆積防止の恒久的な方法としても有用である。

第7章 汚 濁 防 止

(Pollution Control)

合流式下水道からの越流対策として、多くの都市が地下貯留の研究を行っているが、3つの都市——シカゴ、ボストン、サンフランシスコ——で提案された計画の概要を付録Cに、さらにサンフランシスコ雨水管理計画を付録Eに載せておく。

地下貯留は必ずしも「現地」貯留ではないが、現地貯留と同じ2つの目的——貯留により洪水を減らすこと、および汚染を減らすこと——をもっている。地下貯留が現地貯留と異なる点は、現地貯留では、雨水が下水道システムに流入する時間を遅らせるが、他方地下貯留システムでは先ず雨水を下水管に集めるという点である。

7-1. ケース・スタディー——合流式下水道の越流問題対策としての一時貯留 (Case Studies)

都市域での雨水管理として、現地貯留方式は洪水、汚染、侵蝕、堆積を防止し、水資源を補充する点で有効な方法である。しかし、この方式が対案と比較して評価されると、いつもこの手法がえらばれると考えられがちだが、それは誤っている。ここでは2つのケース・スタディーで、洪水および汚染問題の解決について述べられており、合流式下水道からの越流水を減少させるための一つの対策として、現地貯留方式が考えられている。

ミネソタ州セントポールの、商業地域に隣接した住居地域での調査では、問題は主として道路の下土被りの浅い下水管から下水がふき出して起る局地的な浸水であった。

多くの対策案を検討した後、市は雨水用下水道建設および雨水の現地外（オフサイト）貯留を必要とする計画を採用した。このケーススタディの一部は本報告書の研究メンバーが当たった。

もう一つの調査は、オンタリオ州のトロント郊外、スカボローの住居地域を対象としたものである。この町での問題は、容量不足の下水管から生ずる浸水と、合流式下水道からの越流水による汚染である。現在実施されている対策は下水道の分流化である。町の担当官は、雨水そのものが汚染されており、将来雨水の処理が必要になるかも知れないと考えているが、分流化によって主な問題は解決されるであろう。ただし担当官は、雨水は汚水とは異った処理が必要であろうと考え、下水道の分流化もこの理由から正しいと考えている。

7-1-1. ミネソタ州セントポール

ミネソタ州セントポールの一地域が、浸水問題を解決するための雨水下水管の対案として、現地貯留を採用する場合のケース・スタディに選ばれた。いくつかの代替案が、セントポール市と地方の建設会社によって検討された。この報告書は、この2つのグループの研究をもとにして述べてある。この研究計画の参画者の一人であるウォーターメーション株式会社社長ジェイムス・J・アンダーソンが、この建設会社の職員とともにこの研究の大部分を実施し、本報告書もそれをもとにして書かれている。対象地域では1959年から1972年までの間に6回も大きな浸水があり、とくに1972年の浸水の後では99人の市民が98,000ドル以上の損害賠償を要求して市当局を訴

え、市当局はこの問題の解決を最優先することを住民に確約している。この地域は1926年に合流式下水道が敷設され、その後道路にそって家が建てられていった。1930年代にはさしたる住居地域の進展もなく、商業地域もあまり広がらなかった。また下水道の拡張も大して行われなかった。

第Ⅱ次大戦後、住宅ブームが起り、ほぼ一定の早さで住宅が建てられていった。新しい合流式下水道が既存の合流式下水道システムに接続され、中心商業地区の一部もこの地域につくられた。

1959年以降、下水道が拡張されて住居地域が広がった。1959年から1966年にかけて、一部アパートからもあるがほとんど商業地区から多くの下水道の接続がおこなわれた。

もっともはげしい浸水地域では、地下室への下水の逆流、道路の浸水に対する多くの不満の声があがった。これらの不満のほとんどは、もともと低い土地にある家からであるが、土被りの浅い下水管もあり、道路下の下水管頂からわずか0.31フィートしか高さが無い地下室もある。そのため、ちょっと下水がふいただけでも多くの地下室が浸水する。つまり浸水問題は下水管の容量不足と浅すぎる埋設位置が原因である。なお幹線の晴天時汚水量は6.5立方フィート/秒であり、下水幹線の容量は約240立方フィート/秒である。

セントポール市は3つの対策を考えた。(1)バイパス下水管をつくり、浸水地域より下流の下水管に雨水を分流する(2)雨水吐から河川等へ雨水を合流する(3)浸水地域外へ雨水を分流して一時貯留する。

第一の案は、浸水地域の雨水を下流の下水管に分流するものであるが、下流側の容量が限界に近いので実現できそうにない。第二の案は、雨水吐から分流するものであるが、雨水吐をミシッピー川あるいは近くの湖にもっゆいけば可能である。しかし川までは数マイルもあるので大へんな費用が必要となり、将来のために提案されたが、現在のところ実現できそうにない。

しかしながら、近くの湖へ放流するというのは財政的にみれば実現可能であり、市が以前から検討していた方式である。雨水は浸水地域とその周辺に敷設された新しい下水管によって集められ、大きな雨水放流管によってファーレン湖、フロースト湖、あるいはウェイクフィールド湖に運ばれる。このようなシステムには150~200万ドルが必要となるが、この案の最大の欠点は、雨水は路面のゴミや侵蝕物などの多量の汚染物質を含んでおり、湖の汚染問題を引きおこすことである。フロースト湖、ウェイクフィールド湖は小さいために深刻な汚染問題になることも考えられる。

第三の案は雨水の一時貯留で、いくつかの方法が研究された(1)ディープトンネル貯留、(2)開水路貯留、(3)地上の貯留池、などである。ディープトンネルシステムでは、ドロップシャフトを伝って雨水と汚水は最小900フィートの長さをもつ管径28フィートのトンネルに流入する。約550,000立方フィートの容量が必要であり、下水は浸水地域より下流の幹線にポンプで戻される。

建設費は比較的小さく、149万ドルぐらいだが、維持管理費が高く、とくにポンプのための電力費は高い。また市はこのようなシステムの管理には多くの不確定さがあることを感じている。

開水路の一時貯留には610,000立方フィートの容量が必要となるが、これには管径10フィ

ート管で8,000フィート、8フィート管で12,000フィートも必要となり、ともに215万ドルぐら
いかかる。このシステムの主な欠点は、建設の際に交通、商業活動、その他に及ぼす影響である。

市によって研究された一時貯留の第3の型は、地上の雨水貯水池を利用することであり、ファ
ーレン湖に分流する場合と同様の遮集システムを建設せねばならない。2つの貯水池の位置が検
討された。一つはファーレン湖のそばの市営公園、もう一つは空地である。貯留池の費用はファ
ーレン湖のそばに造った場合の方が高いが(約238万ドル)、浸水問題も解決し、湖の汚染とい
うこともない。欠点としては、子供の安全のためにフェンスが必要であり、大きな貯留池にする
ためには掘削をせねばならないし、また公園もなくなる。空地に造った場合には、土地が25,000
ドル(5エーカー)で入手できれば189万ドルの費用であるが、フェンスは同様に必要であり、
さらに貯留池が何の害も及ぼすものではなく、また目ざわりでもないことを住民に説得せねばな
らない。さらに付近の建物は漏水にそなえて耐水性にしなければならぬかも知れぬ。

貯留池(第3の案)が、市の技術部によって採択された計画であるが、セントポール市によっ
て検討された各種の対策案の長短は表-27対策案の比較にまとめられている。

表-27. 代替案の比較、セントポール市提案の代替案

		対 策 案 2		対 策 案 3			
基 準		ファーレン湖 へ 排 水	ウィークフィールド湖 フロスト湖へ排水	ディプトンネル	開水路貯留	下水管をへて貯留池へ 地 点 1 地 点 2	
費用(100万ドル)		2.0	1.5	1.49	2.15	2.38	1.59
どんなはんらんも 防ぐ		は い	いいえ	いいえ	いいえ	は い	いいえ
他の比較基準(凡例: +正の効果, -負の効果)							
レクリエーション 水面への排水	要 不 要	-	-	+	+	+	+
雨 水 処 理	要 不 要	-	-	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A
明らかな環境破壊 がある	は い いいえ	-	-	+	+	-	-
安全措置としての フェンス	要 不 要	+	+	+	+	-	-
放流水面の十分な 容量	要 不 要	+	-	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A
放流水面まで遠い	は い いいえ	-	+	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A
主要道路上的の建 設が主	要 不 要	+	+	+	-	+	+
現有施設への障害 となる	は い いいえ	-	+	+	-	+	+
下水道が深くなる	要 不 要	+	+	-	+	+	+
維持管理費が高い	要 不 要	+	+	-	+	+	+
技術が確立されて いる	は い いいえ	+	+	-	+	+	+
法 律 面 の 問 題	は い いいえ	+	-	+	+	-	+
土 地 入 手	要 不 要	+	+	+	+	+	-

市で定められた計画降雨 —10年確率, 2時間降雨— を使うと降雨量は 24 インチとなる。一つの商業地域には 25 のフラットな屋根と 19 の大きな駐車場があって, 総計 634,000 平方フィートであるから, 計画降雨量がすべて貯留されるとすると 127,000 平方フィートとなる。図-33 は降雨を屋根に一時貯留するための屋根貯留装置の概要図である。駐車場に雨水を貯留するために, 雨水マスのふたの下にオリフィス板をはりつけ, 流入量をしばればよい。このように貯留することにより, 図-34 に示されている流出量曲線のように浸水地域の流量が減少する。

図-34 の流出量曲線を見れば, 現地貯留だけでは浸水問題を解決するには十分でないことがわかる。さらに市営公園に地下貯水池を造ったとすると, 174,000 立方フィートの貯留が付け加わり, 図-34 のハイドロのようなになる。貯水池への流入と流出は自動調節装置でコントロールされる。このシステムの総費用を計算するには, 既存の施設の改築の費用と現地貯留をおこなうための表面工の改善費用について詳細な調査を行なわなければならない。

おおよその費用見積りをすると, 現地貯留の場合も地下貯留の場合も, 貯留装置を装備し, 駐車場のまわりを瀝青炭の縁石にするためには 495,000 ドルの費用を必要とする。駐車場を新たに地ならしを行って舗装するとすれが 150,000 ドル増加して 645,000 ドルとなる。もちろん, この費用はセントポール市が最小費用案のために見積った費用にくらべればかなり小さい。

地上の現地貯留の代替案として, 2つの地下貯水槽の調査が行われた。この結果浸水地域の流出量曲線は図-35 に示されている。総費用は 711,000 ドルと見積られるので, 駐車場および屋根での現地貯留システムは 2つの地下貯水池の場合にくらべて 66,000 ドルから 216,000 ドルも安上りと

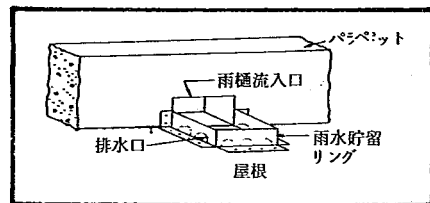


図-33 屋根上貯留装置

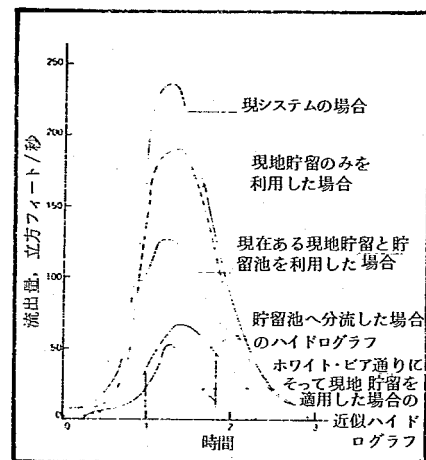


図-34 雨水の屋根及び駐車場貯留による流出量の減少

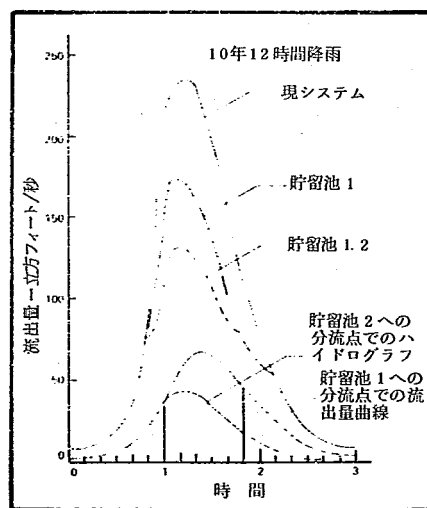


図-35 地下貯留池を用いた場合の流出量曲線

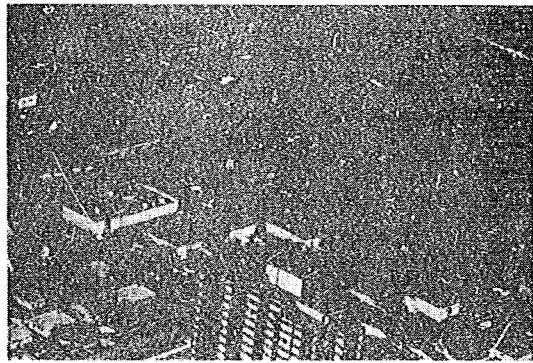
いうことになる。

しかしながら現地貯留も地下貯留も問題がないわけではない。現地貯留の場合には、屋根からの漏水問題と屋根に雨水を貯留した場合に建物の構造がそれを支えられるようになっているかという点である。構造については、セントポール市の一律建築規則は、屋根は1平方フィート当り40ポンドの積雪に耐える設計になっていなければならない、となっているので十分である。計画降雨量2.4インチの雨は1平方フィート当り12.5ポンドに相当する。また法的問題も考慮されねばならない。現地貯留をするために駐車場や屋根を改築させる市当局の権限が決定されねばならない。地域の一部の写真が図-36に見られる。

駐車場に雨水を貯留することによって生ずる不便は、駐車場の勾配を建物の近くが高く道路の近くが低くなるようにしてあるので、最小限におさえられる。さらに駐車場の貯留水を排水するには、ほんの短い時間で済み、多重降雨の場合にも最小限の不便で済む。

〔その他の対策案〕：セントポールの浸水問題では、雨水貯留によって浸水を減らす手法があると思われる。地域の80%は住居地域であり、住居地域からの流出を減少させる方法があれば、それは下水がふき出すのを減らす大きな効果をもたらすであろう。合流式下水道へ接続している雨樋を除去すれば、後で述べるように流出量を減らし、さらに住居地域から下水管に流入した雨水がピーク流量を形成する時間をおくらせることもできる。もう一つの案は、雨水マスに工夫をして、流入量を制限することである。そのために所によっては路面に水たまりができるが、下水がふいたり地下室に下水が逆流することも防げる。

現地貯留のその他の手段としては、雨水を集める大きな貯留池を設けるか、あるいは問題となっている地域の「内部」で土地を買収して、空地にいくつ



a アパート地域



b 商業地域

図-36. 調査区域、セントポール

かの貯留池をつくる — これは市が提案しているオフサイトの貯留池や、雨水下水管の代りとなる。このような雨水貯留池のオープンスペースは、見ばえがよければレクリエーションの場ともなり、地域的美観も増進させる。現地貯留方式によるほうが、安あがりであることを示したウォーターメーション株式会社の研究は、セントポール市での対策案の検討に拡張適用できる。雨水の貯留は、調査地域の浸水問題をすべて完全に解決するわけではないが、実用的な見地からは全解決策の一部として価値あるように思われる。

7-1-2 オンタリオ州スカボロー

スカボローの町は、オンタリオ州トロントの北東郊外、オンタリオ湖のそばにあって、70平方マイルの広さである。

2,800エーカーの土地の排水を受ける延長71.4マイルの合流式下水道からの越流水は、最終的に湖に流入する。

この越流水を減少する4つの方法が確認された：(1)合流式下水道の分流化、(2)公道上の雨水マスから流入する雨水だけを排水する路面排水用の下水管を新設する、(3)合流式下水道からの越流水を、一時貯留するディープトンネルを建設する、(4)合流式下水道からの越流水を貯留するため、道路下に一連の貯水池を設置する、というものである。

スカボローの合流式下水道からの越流水問題は、地域の浸水問題と放流水域の問題を含んでいる。当時市街地の合流式下水道からの越流水問題の改善策として、二つの対策案が確認され、1971年に町の技術部によって詳細に検討が行なわれた。すなわち、(1)「現在の施策」のもとで、設計された下水道システムを建設する、(2)既存の合流式下水道と、雨水および汚水の両方を貯留する地下貯水池を併用する、というものである。

「現在の施策」とは、新規の開発地域には雨水と汚水を分離した下水道を建設し、既存の市街地で越流が起こる地域には、すでにある雨水マスからの雨水のみを受ける、雨水下水管を新設するという折衷案である。この折衷案では、現在合流式下水道に接続されている屋根の排水管は、そのまま残ることになる。それでも合流式下水道の雨水分は、現在の100%に対し、ほんの20%が残るだけとなる。

代替案の地下貯水池は降雨期間中、既存の合流式下水道から自然流下で越流水を受け入れる一連のコンクリートの室を、十分深いところにつくるというもので、下水流量が小さくなったときに合流式下水道にポンプで戻される。

〔長所と短所〕：町の技術者によって行なわれた二つの対策案の評価をまとめると以下のようになる。

1. 「現在の施策」のもとで設計された雨水下水管

- 〔短所〕
- 初期の建設期間中に住民に与える不便が大きい。
 - 道路の補修が多くなり、交通の妨害も大きい。
 - 屋根の排水が接続されている場合は個人の所有地で作業をせねばならない。
- 〔長所〕
- 維持管理がほとんど不要

- 機械を必要としない。
- 短期的には汚染を減少し、中期的に事実上汚染を除去する（必要な場合には、将来雨水が処理される。）
- 土地を必要としない。
- 費用が安い。

2. 貯留池 (Holding Reservoirs)

〔短所〕 ○ 継続した維持管理が必要となる（主に清掃）。

- 機械設備が必要。
- 新たな土地が必要。
- 下水処理費用が大きくなる。
- 処理施設の容量が大きくなる。
- 費用大。

〔長所〕 ○ 道路管理が少なくてすむ。

- 建設期間中の住民への不便が少ない。

第一の対策案（現在の施策）では、雨水マスからの雨水は、既存の合流式下水道には接続されないで、下水がふくこともなく、屋根から排水された雨水を流下させる容量をもっている。

このような雨樋の接続をそのまま認めるとすれば、莫大な作業量を節減でき、さらに公道および私有地での作業および損傷がなくてすむ。しかしながら、新しい建物は屋根の排水が雨水管に接続できるようになったときは、そちらに接続しなければならない。

初期の建設費が、スカボローの二つの地域を対象に見積もられ、表-28に示されている。

第二案では、必要とされる280の滞水池の維持管理費用は、合流式下水道が敷設されている全地域を対象にすると、年間200,000ドルを越すと予測される。

さらに貯留された下水の処理費用は年間80,500ドルと見積られた。

現在の施策（第一案）では、合流式下水道の分流化を図るわけだが、この場合に、合流式下水道に接続している屋根の排水を新しい雨水管に付け替えるとなると、一軒当たり約1,200ドルを要し、この費用を誰が負担するかという問題がでてくる。このため、屋根の排水の接続を不可とする義務付けは行なわれない。

対策案を検討した結果、雨水管を分離するという現在の施策がスカボローの議会に採択された。議会はまた、現在の合流式下水道を取り除くために、1973年から1976年までに2,000,000ドルを要する事業計画を承認した。

基本的には経済的な理由から、スカボローでは雨水と汚水のための地下貯留池を建設する案ではなく、合流式を分流式に切り替える案を決定したわけで、建設費および維持管理費は、分流式

表 28. 貯留対分流化の建設費の比較

No.	シ ス テ ム	建設費(ドル/エーカー)	
		A 地域	C 地域
1	分流式下水道	6,100	10,150
2	合流式下水道 貯水池設置	6,450	14,400

の方が安いと見積られている。さらに、雨水を処理する施設が、将来必要となった場合に建設されることになっている。

本手法の主な欠点は、新しい下水道システムを整備することに伴う路面補修と交通妨害であるが、これらは一時的なもので、町当局者は分流式による長期の有利性の価値を認めている。

7-2 屋根の雨樋の撤去計画 (Roof Drain Removal Programs)

屋根の雨樋を直接下水管に接続すれば、短期間で大きな雨水量が下水管に到達することになる。例えば、最小許容勾配 0.4% で管径が 8 インチの下水管の場合、 0.37×10^6 ガロン/日の容量をもつが、汚水量が 100 ガロン/日/人、最大流量係数 n が 4 で一軒当たり平均 3.5 人の地域を想定すると、この下水管は 264 軒を受けもつことができる。しかし、平均の屋根の面積をたったの 900 平方フィート、降雨強度を 1 インチ/時間 (一軒当たり 13,500 ガロン/日に相当) としても、この下水管はたった 28 軒しか受けもつことができない。多くの場合、屋根の面積は 900 平方フィートより大きく、また短期の降雨強度が 1 インチ/時間 を越えるものもよくある。

屋根の雨樋が下水管でなく地表に排水されているとすれば、浸透、水たまりでの貯留、そして蒸発などがおこり、また雨水マスに流入する排水の一部は流入時間も遅れる。これらの要因によって多少とも下水管のピーク流量を減すことができるかもしれない。

まず、汚水管に接続している雨樋を撤去する計画が検討され、また屋根の雨樋の撤去事業の国による調査についても以下に触れる。そのあと事業の一例について詳しく触れよう。

屋根の雨樋を汚水管に接続することに関して、郵送による質問では多くの回答者が屋根の雨樋は汚水管に接続してはならないと答えているが、ほんの 10% 前後の回答者は接続を撤去する必要はなく、また、そのような事業を計画してもいいと答えている。この質問に対する全回答のまとめが表-29 に示されている。

汚水管から屋根の雨樋を撤去することについては、広範に行なわれていることで以下に事業の一例を示す。

表-29. 汚水管に接続する雨樋(地面の排水管を含む)の撤去計画

	Yes	No
雨樋は撤去すべきである	110	53
地面の排水管は撤去すべきである	76	71
撤去事業は行なわれていないし計画もない	29	68
撤去事業は行なわれていないが計画中である	27	65

出典: APWA 1972 年の調査による。

7-2-1. イリノイ州スプリングフィールドの屋根の雨樋の撤去計画

このスプリングフィールドでの事業は、1969 年 1 月号の米国水質汚濁制御連盟誌 (J. of W. P. C. F.) に、ジェラルド・L・ピーターと A・ポール・トレンパーによって「雨樋撤去による下水管の流量負荷の削減」と題して報告された。

スプリングフィールドの下水道システムの成長と発展は、同じような歴史をもつ同規模の他のほとんどの都市と類似している。最初の下水道 (100 年以上前) は、自然の排水路のふたかけ

(enclosure)から始まり、勾配は水路勾配で決定され、容量は水路の幅と深さで決まった。

下水道システムの計画はほとんどなかった、というのは、ほとんどの下水管が、単に雨水排水路として働いていただけだからである。水で輸送するという下水道システムは、当初使用されておらず、下水管は当時材料として使用できる唯一のものであったこの地域でとれるやわらかいレンガで造られていた。

汚物を水で輸送することが出現してから、下水管の問題が出始めた。下水がふくことは避けられぬことであり、下水の逆流は住家の地下室や商業建築物の浸水などの原因となっていた。下水管は広く使われていたので、この問題は非常に深刻なものとなった。下水がふくことにより他の問題を引き起した。満管時には下水管の圧力が増加し、下水管のクラウンのレンガがはずれてアーチのささえがくずれ、下水管が破壊される結果となった。

この問題は非常に深刻なものになったので、1948年までいくつかの建設会社が委託されて、この問題を研究、調査し対策案を提案した。この研究の結果、下水道計画が立てられ、スプリングフィールド市とスプリングフィールド衛生公社が共同して、これら過負荷の下水管を修理、改善することになった。

1948年の調査期間中に、スプリングフィールド市およびスプリングフィールド衛生公社が受けてもっている郊外の合流式下水道の状態に関する直接的な情報が、地域の水利用者全員に対するアンケート調査から得られた。調査票は29,000以上の家主に送られたが、約5,000の回答があった。

質問の一つは、屋根の雨樋が直接下水管に接続しているか否かというものであった。1948年の調査地域での結果と、1966年中の同じ地域での訪問調査との結果が比較できるようになっており、表-30にのせられている。

表-30. 郵送調査と訪問調査の比較

下 水 道 公 社	地域番号	1949年データ, 接続雨樋/郵送調査			1966年データ 接続雨樋(%) 訪 問 調 査
		Yes	No	% Yes	
ボンドとパトン (Bond and Patton)	12	33	30	52	47
オークリッジ (Oak Ridge)	15	106	83	56	59
リッジリパーク (Ridgely Park)	14,15,16	86	182	32	35
クックストリート (Cook Street)	7,11	126	211	37	40
タウンブランチ (Town Branch)	5,6,9,10,13	528	480	52	62
アモスブランチ (Amos Branch)	8	218	125	64	57
オーククノール (Oak Knolls)	4,5	415	152	73	68
ハーバードパーク (Harvard Park)	2,3,6	344	332	51	41
マゾンブランチ (Mason Branch)	3,7	78	167	32	21
平 均 — 全 地 域				52	45

出典: G.L.Peters and A.P.Troemper 「Reduction of Hydraulic Sewer Loading by Downspout Removal」 J of WPCF, January 1969

二つの調査にはかなり似かよった一致が見られる。それゆえ、このようなアンケート調査は各地の問題を大まかにとらえるには、容易で安上がりな手段であるという結論に達した。スプリングフィールドの経験から、調査票の回答者は自分の家の屋根の雨樋が下水道に接続しているか否かということを正直に回答していたことがわかる。

1948年、1949年に樹てられた下水道の概略計画は、1960年までにスプリングフィールドの衛生公社によってほとんどが完成した。しかしながら、下水がふく問題は依然残されていた。その結果、雨樋の撤去キャンペーンが実施された。

当時、下水道全体にわたる管理権は分割されていて、スプリングフィールド市はしゃ集管とポンプ場以外の市域内の下水管について完全な管理権を持っており、衛生公社は市域外の下水管に対しての完全な管理権およびしゃ集管とポンプ場については、それらの位置にかかわらず管理権があった。そして衛生公社の管轄下にある地域は、ほとんど分流式下水道であった。しかしながら、この地域の多くの箇所地下室の浸水が非常に顕著であった。これは不法な接続、貧弱な建設技術のために、予期せぬ量の表面流出水、あるいは地下水が下水管に流入するからであった。

この問題を解決すべく、公社は1960年から1961年にかけてその管轄下の地域で雨樋撤去キャンペーンを実施した。調査期間中、約7,200の建物が調査され、第一回の調査では18%の雨樋が下水管に接続されていた。そしてその下水管のほとんどが汚水管であった。この高い接続率を考えれば、問題の多くは不法な接続による下水管への表面流出水の流入によるものであった。1926年に施行された衛生公社の条例では、下水管への雨樋の接続を禁止しているのだが、不幸にもこの条例は運用されたことがなかったのである。

第一回の調査につづいて、条例に従っていない家主に書状が送付された。第一回の調査および書状送付に次いで第二回目の調査が行なわれ、第一回目の調査で違反していた建物を調査した。多くの建物が接続をやめていたが、これは家主の自発的意志によるものである。というのは、適当な期間内に接続をやめなければ、法的処置をとり得るということが彼らの雨樋撤去の動機に加わったためである。つまり二回目の調査では、一回目の調査の20%以下の建物しか接続していなかった。

第二回目の調査が完了した時点で、さらに書状が送付されたのだが、職員がまわせなくなってこの計画は続行されずに終了した。そのときには、雨樋の接続が2%以下なら問題はもはや深刻なものではないと考えられた。このキャンペーンの結果、多くの地下室の浸水がなくなったことが非常に目についた。

以前には地下室の浸水をなくせという不満の声が一日に300も公社にあったのだが、そのような不満はほとんどなくなったのである。この結果は印象的だが、地下室の浸水を減らした成功が全て雨樋撤去キャンペーンに帰するわけではなく、キャンペーンの期間中に公社は維持管理事業を実施して、公社の下水管は少なくとも5年に一度清掃が行なわれた。このことも不満の声が減った原因の一つである。

公社が不満の声を減らし、より効果的なサービスを行なったのに対し、スプリングフィールド市の管轄下にある地域では、不満は減らなかった。1964年市は問題に対処すべく下水管の清掃

事業に乗り出したが、それは不満を減らす助けにはなったが、完全な対策とはかけはなれたものであった。

スプリングフィールド市での問題の解決には、下水管に接続している雨樋を撤去する必要があるが、そのようなキャンペーンを市内で実施するには、非常に大きな現実的な問題が立ちはだかっていた。以前にも指摘したが、このような雨樋の撤去キャンペーンは非常に不評をかうむる冒険的事業なのであった。すなわち1963年にイリノイ州議会は衛生公社に関する法改正を行なって、下水道システムの維持管理は他の公共団体にまかせるが、このような問題についてはその管理権を公社に与えた。法改正の文を引用すると次のようになっている。「公社は、下水管が直接公社の管理権下にあるなしにかかわらず、いかなる個人、あるいは法人団体が衛生公社の下水道システムに排水を接続することに対して、それを修正、制限、拡張、禁止あるいは調整する権限をもつ」と。

地下室の浸水問題はおもに市の行政の支配および責任のもとにあると考えられていたが、他の諸々の要因によって、さらに一層衛生公社の利害とも関係するものとなった。

市の下水道システムから雨天時に公社の連集管に流入する大容量の下水は、しゃ集管では受けきらず、そのため合流式下水道の下水は地域の河川に放流される。この方式は何年にもわたって許されて来た。しかしながら最近になって、河川に高水準の水質が要求され、州の取締り機関が合流式下水道からの越流水に対し、何らかの改善策をとるよう、圧力をかけていた。そのため、公社はすべての下水道システムからの合流式下水道越流水に対して責任をとらねばならないので、この問題は公社にとって非常に重要なものとなった。

この問題を解決するため、市および公社の職員の間で一連の委員会が開かれ、1966年3月28日に、スプリングフィールド市と衛生公社との間で協約がかわされた。その結果、公社は「汚水下水管および合流式下水道の排水区から公社のしゃ集管流入する、すべての汚水管および合流式下水管への接続管に対して管理権をもち、さらにそのような接続管の許可証を発行し、そのための料金を徴収し、利用者との契約を認可し、そのような接続管を検査しなければならない。同様に、公社は雨樋の接続、基礎の排水、その他の地下水源となって公社のしゃ集管に流入するようなものに対して、すべての管理権をもち、さらに1966年4月1日から1968年4月1日まで、市内の不法な雨樋およびその他の接続に対して、撤去キャンペーンを実施しなければならない。」

この協約はさらに、公社が下水道料金を雨樋撤去キャンペーンの実施に使うことを認めた。下水道料金は、この例外を除けばすべて下水道建設のために使うことに限られていた。

1960年および61年におけるスプリングフィールド衛生公社の当初の雨樋撤去キャンペーンの成功によって、同様な計画がスプリングフィールドで実施されるべきことがわかった。検査、記録、データの整理とまとめ、および法に従っていない家主への通知などの方法は、最初の計画のときとほとんど同じである。ある程度改善方法あるいは建築についての知識をもっている、常時雇用の2人が第1回目の検査を行い、この2人に加えて6人の学生アルバイトを夏期2ヶ月間使った。2人の調査担当者には各々調査区域が割当てられ、その区域のすべての住居および商業建築物を調査してからつぎの調査区域にすすんだ。

最初の調査は純粹に視察であり、調査担当者は各家について屋根からの雨樋が地下にまでもぐっているかを調査した。時間がないので地下までもぐっている雨樋はすべて污水管あるいは合流式管渠に接続されていると見なされた。調査担当者は住所と一しょにこの情報（図-37に示されている）調査カードに記録した。

氏名 _____	住所 _____
雨樋を地下までもぐらせているか？	Yes _____ No _____
備考 _____	

日付 _____	調査者 _____
通知状 _____	

<u>再調査</u>	
日付 _____	調査者 _____
備考 _____	

図-37. 雨樋調査報告書様式

割当てられた区域のすべての建物を調査した後調査担当者は役所の職員にこのカードを渡し、新たな地域の割当てをうけた。このキャンペーンには、莫大な量のタイプと書状が必要となるので、常用のタイピストが必要であった。住民台帳に基き、タイピストは規則を遵守していないと思われる家主の名前を記録した。総調査数および規則を遵守していたカードは一覧表にされた。新しい地域で屋根の雨樋を污水管に接続しているものはほとんどなかったが、合流式下水道区域では、雨樋を接続している割合は75%にのぼり、市全体では10,290棟、総調査建物の40%にあっていた。

図-38に見られる、以前用いられたのと同様な正式の書状が雨樋を下水管から撤去しなければならぬ家主に送付された。この書状の中で公社の権限が条例を引用して述べられており、また雨樋を撤去する3つの方法が示されている。公社の技師の許可証をもっている者だけが撤去をまねがれたが、これは撤去が非常に困難である場合とか、撤去するのが何らかの物理的要因によって現実的でない場合であった。さらに書状には、30日以内にこれに従わなければ必要な法的措置がとられることを通告してあった。

第1回目の書状が送付されてから、1カ月程度の月日を経た後に家屋は再調査され、再度調査カードに情報が記録された。

第1回目の調査と同様に再調査はすべて区域単位で行われた。第2回目の調査では合流式下水道排水区で初め遵守していなかった人々の40~70%の人々が勧告に従った。市の新しい地域では割合はもっと高く——100%にもなる——、市全体では52%の撤去率が達成された。

勧告に従った家主には、キャンペーンへの協力を感謝する書状が送付され、従わない家主には、第2回目の書状送付が行われた。この書状は個々にタイプされ、公社にとって法に訴えることが

ロ - 殿

上記の住所にあるあなたの家を調査したところ、屋根からの雨樋が明らかに污水管に接続しており、スプリングフィールド衛生公社条例に違反しております。条例では「公社の技師の許可証がなければ、いかなる雨水排水も下水管に接続することは禁止する。また、雨水および排水を下水管に流入させるマスを作ることを禁止する」となっております。

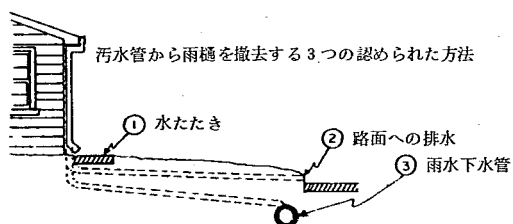
屋根からの雨樋の水を排水するには、下記の図のような方法を用いれば効果的です。わたくしどもは、あなたが污水管に接続している雨樋を撤去し、ただちにこの落ち口をふさぐことを希望します。と申しますのは、このような屋根の排水を污水管に接続しているため、あなたの区域の建物の地下室が浸水しているわけなのであります。

約 30 日後に、あなたの建物の調査をして条例に従っているか否かを調べますが、そのときに条例に違反している場合には必要な法的措置をとる所存であります。

敬 具

下水道部長

ジェラルド・L・ピーター



注：これは雨樋を撤去すべき人々に送付された最初の同文書状である。

図-38. 書 状 例

必ずしも必要なことではなく、自発的な協力を要請した。

第2回目の書状が送付されてから30～60日後に依然従っていない住居の、くり返し調査が行われた。このときは、調査した建物の45%が前回の調査後に従っていたことがわかった。

第3回目の書状が依然従っていない者個々に前回同様タイプされて送られたが、ある程度前回のものとは類似しているものの、法的措置はもっと強調された。この調査の段階では40%の撤去が達成され、第4回目のすなわち最終的な書状が第4回目の調査で従っていなかったものに送付された。

第5回目のすなわち最後の調査は、1968年4月1日に完了したが、第5回目の調査中、調査担当者は1日平均約15軒しか調査できなかった。これは主に家主の不满にいちいち答えていたためと、調査場所の間隔が広がったためである。因みに第1回目の調査では1日平均150軒の調

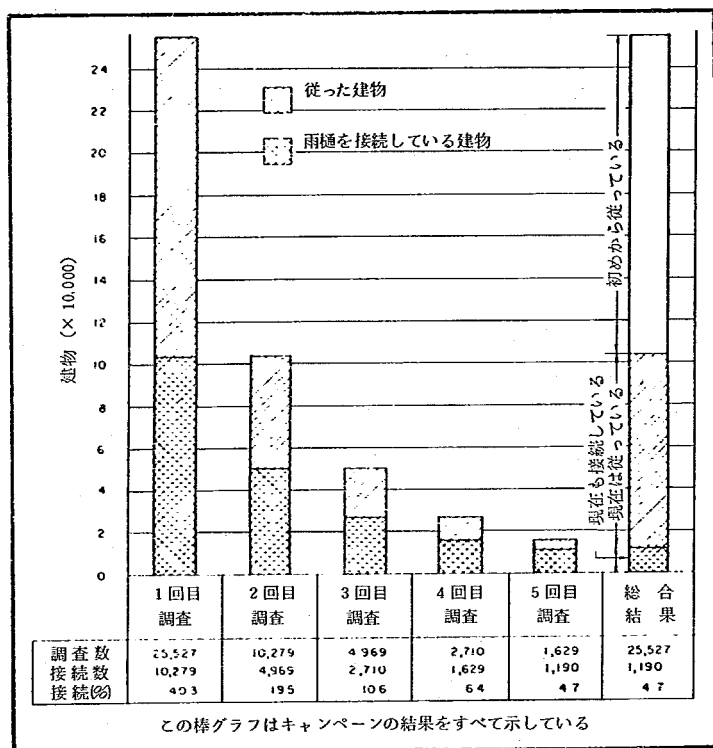


図-39. 雨樋撤去事業の累積結果

査をしていた。図-39に示されている累積集計結果を見ると、全部で25,527の調査箇所に対し、10,279が違反していた。第1回目の書状送付の後では全部で5,310の建物、すなわち51.7%の建物が公社の条例に合うような付け替えを行なった。第2回目では45.4%、2,259の建物が付け替えを行ない、第3回目のときは39.9%、1,081の建物が、第4回目では27.7%、439の建物が付け替えを行なった。最後の3つの書状は法的措置をうたっていた点で似かよったものであるが、順を追うにつれて、法的措置が強い調子で書かれていった。第4回目の書状は内容においてかなり異なっていた。最初の3つの書状では法的措置に重点がおかれていたのに対し、第4の書状では市民魂という大衆精神に訴えたわけである。

地域の利益が強調されれば多くの家主が同意するかどうかを調べるため、この種の書状を送付することが決定されたわけである。更に雨樋の接続違反を法廷で追求することは、時間の関係で困難で、かつ財政的に現実的でないことが明らかになった。この見地からすると、第4の書状は効果的であった。

このキャンペーン期間中に送付された書状は、すべて個人名がいれられたわけで、27,000通以上の書状を送付したので大変な仕事となった。しかしながら、公社と書状を受けとる家主との間で個人的な接触をもつことが必要であった。別の同様なキャンペーンが実施されるとしても、

送付する書状の型は基本的には同じものであったろう。もしもキャンペーンが単に自由意志的な立場でのみ実施されていたならば、法的制裁がなければ効果的ではなかったであろう。

調査した建物については、雨樋が接続されていたのは大部分合流式下水道区域であり、かなり良い撤去率が得られた。合流式の区域では88.1%、合流式と分流式の合併区域では90.4%、分流式の区域では89.5%の撤去率が得られた。

1960～61年のキャンペーンと今回のキャンペーンを比較すると、撤去率も今回の方が高く、これはほとんどの建物が分流式であり、さらにほとんどの建物が地下室の浸水を経験しているため、住民が協力的であったためである。

市の北部を調査した者は、少くとも1度住民と直接話をして、キャンペーンの目的および雨樋撤去の改善の方法を説明したのが、これにより同意した者の数が増えたと考えられた。しかしながら北部と南部の調査結果を比較すると、ほとんど差のないことがわかった。そのため家主との個人的な接触が必しも良い方法だということにはならなかった。

このキャンペーンの実施にはある程度の住民の反対があった。数百人の家主が署名した正式な請願書が公社に提出され、昔から屋根の雨樋を下水管に排水していたので、自分たちは接続を許されるべきだと要求して、このキャンペーンに反対した。この請願に対しては、書状でもって答え、建物を再調査してから許可するかどうか決めることが通知された。

現地の調査担当者に対して多くの不満がおつけられたが、それでも不満の大部分は電話あるいは手紙によるものだった。例えば、最初の3つの書状の調子に対して多くの反論があり、とくに彼らが条例に違反していて即座に条例に従わない場合には、法的措置がとられるという部分に対しての反論が多かった。ときにはまちがった人に書状を出す——家主ではなく借家人に書状が送られる——ということもあった。また家主の承諾を受けずに住居を調査するということに対しての反論もあった。

雨樋を撤去するには費用がかかるので、キャンペーンに不満をもつ者もいたし、また家が建ち、雨樋が下水管に接続した後に条例が制定されたので、この条例は法的に有効ではないと考えている者もいた。また自分の地域は汚水と雨水を一つの下水管で受け入れているので、キャンペーンには反対だという者もいた。さらに雨樋が地下にまでのびていれば必ず下水管に接続されているものだ、という公社の考え方に不満をもつ者もいたが、もしもこの考え方が事実でなかった場合には、家主は怒って第1回目の書状を受けとってすぐに反論するが多かった。これらの不満には、でき得る限り答えたり、許可を与える場合にも、余りに寛大過ぎるということではなかったが、自由に相手の立場に立って処置した。答えるのに最も困難だったのは、雨樋を撤去して道路に排水したとしても、雨水はもともと雨樋が接続していたのと同じ下水管に流入するので、これが何のためになるのか説明してくれという場合であった。その場合、雨水が途中で水たまりに貯ったり、地面に吸込まれたりして下水管に流入しないですむのだと答えていたが、雨樋の撤去をしる家主にとっては、この理由は納得のいくものではなかった。

雨樋撤去キャンペーンは、下水道料金を財源としていたので、事務用品とか給料などの費用は新たに本会計に課せられた。事務用品、備品などの費用は2798ドル、給料は42,212ドルで、

総費用 45,010 ドルであった。

家主が雨樋を改善する費用は決められてないが、最低で 5 ドル、側溝の勾配を変えねばならない時は 50～100 ドルまでになると見積られたが、多くの場合家主が 100 ドル以上支出することはないだろうと考えられた。

公社にとって総支出 45,010 ドルは高いように思えるが、「調査建物当り、撤去雨樋当り」の費用にすると、納得のいくものになる。例えば 25,527 の建物が第 1 回目に調査されたのが、これは平均 1.76 ドル/調査建物 であり、雨樋が接続していた建物だけで考えても、1 個の建物当り 2 個の雨樋がついているとして、撤去された雨樋 1 ケ当りの費用は 250 ドルであると云える。

地下室の浸水および合流式下水道からの越流という問題を改善するため、この計画が実施されたわけであるが、その他にも重要な経済的利点があった：例えば屋根からの雨水のポンプおよび処理費用である。900 平方フィートの屋根は、スプリングフィールドの年平均雨量 36 インチを降雨量とすると 1 年間で 2,700 立方フィートの雨水を下水管に流入させるが、公社が 2,700 立方フィートの水をポンプ・アップするのにかかる費用は 0.60 ドルであり、平均処理費用 66.50 ドル/10⁶ ガロンを用いると、この雨水の処理費用は 1.35 ドルとなるから、2,700 立方フィートの下水のポンプアップおよび処理にかかる費用は 1.95 ドルとなる。しかしながらこの数値は単に処理場およびポンプ場での維持管理費だけである。

屋根からの雨水を運び、ポンプアップし処理するために必要な建設費の年間費用を算出することは、多くの要因が含まれていて正確な値は出せないが、新たな施設をつくる場合には 1 人当り 100 ドルという値が用いられることがある。1 人当り 100 ガロン/日という設計値を用いると、年間では 36,500 ガロン/人となり、900 平方フィートの屋根からの排水量の約 1.8 倍となるので、雨水処理用の諸施設の建設費用は 55 ドルとなる。この費用が翌年から 30 年間で減価償却されるとすると、年間費用は 1.85 ドルとなる。この値は、このほかに必要となる下水管渠およびポンプ場施設の拡張費用は見込んでいないが、建設費が維持管理費と同程度あるいはそれ以上であることを示している。

上述した 900 平方フィートの屋根の建物の所有者に雨樋を撤去させるために、公社にとって 5 ドルの支出があるとすると、この額は翌年から 25 年間で公社に戻ってくることになる、というのは、維持管理費が減るからである。さらに建設費も考えるとこの 5 ドルは約 1.3 年で返済されることになる。これ以上何もないければ、この値は屋根の雨水を処理することが高くつくことを示しているのだから、下水管に流入していた外部からの雨水の量を減らすことにより、数年のうちに公社はかなりの節約ができるようになるにちがいない。さらに分流式の汚水管から雨樋を撤去したことによって不満が減り、管理費が減り、処理作業の向上がはかられるという好結果が得られるであろう。他方、このようなキャンペーンが最も効果的である合流式下水道では、上述の効果はそれほど顕著ではないであろう。このキャンペーンの 1 年後、市では雨天時の不満の電話が 40 % も減ったが、同様な結果をキャンペーンの全部について評価することは不可能である。

合流式下水道システムは非常に多くの分流 (diversion) 施設があるため、スプリングフィールド処理場への流入量は減少していない。しかしながら、大部分の雨水は処理場で処理されてい

るであろう。合流式下水道からの越流水を減少させた場合の評価方法はない、というのも非常に多くの分流施設で流量測定装置を使用することができないからである。とにかく越流水の減少は効果があると思われるが。

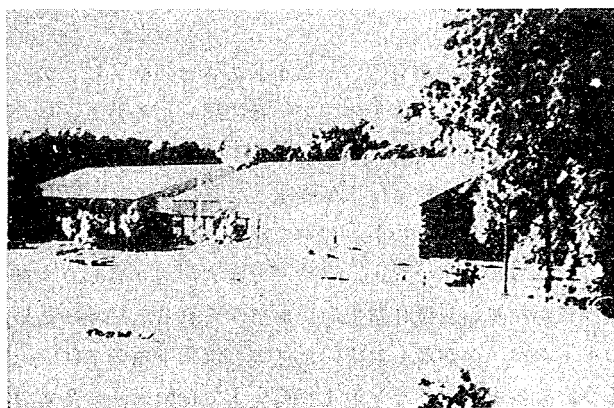
一層きびしい河川水質基準では、処理場での高次処理はおろか、合流式下水道からの越流水の減少あるいは適切な処理をうたっている。現時点では下水道の完全分流は経済的に実現性がないので越流水の処理が必要であろう。雨樋撤去によってこのような越流水の量を減らすということは、越流下水を処理するために必要な建設費管理費を削減するという形でけっこうな見かえりがあるのである。

7-2-2 屋根排水の浸透

屋根からの雨樋が直接下水管に接続していない場合、集められた雨水は草っ原、車道、歩道などを流れ、公道に到るわけだが、浸透しなかったり、あるいは水たまりに貯留されなかった雨水は、側溝マスや路面マスに流入して下水の一部となる。

この雨水は、ときには雨樋が以前接続していた下水管に流入することもあるが、もちろん大部分の場合、屋根の排水が下水管に到達する時間は大巾に遅れるし、また浸透域で吸収されてしまうものもある。このため、ピーク下水量を小さく出来る。すなわちこれが雨水貯留および下水管から雨樋を撤去した最終目的なのである。

雨樋から地表に排水される雨水および融雪水の浸透量を増大させる方法の一つとして、雨樋の口に浸透域あるいは溝をつくることがある。この方法の例としてメリーランド州ロックビルのキャビン・ジョン室内テニスクラブでつくられた雨水浸透方法があげられる。図-40に見られるこの建物は、壁に沿って約20フィート毎に雨樋が設けられている。ここからの排水は先ずコンクリートの水たたきに排水され、さらに道路と建物との間にある浸透域の溝をおおっている草む

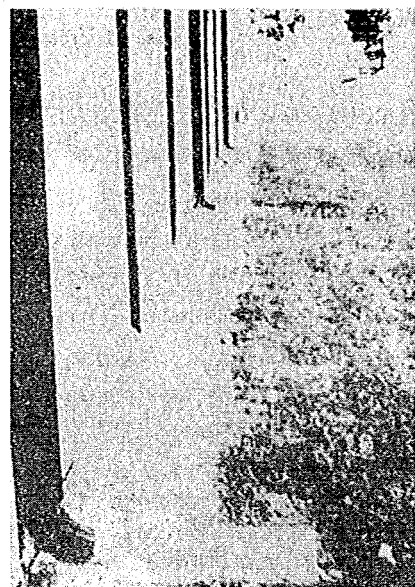


a キャビンジョン室内テニスクラブの建物
メリーランド州ロックビル

図-40. 屋根排水の浸透

らに流れていく。

この建物を建てた時には、溝は数フィートの巾で各排水口に対して掘られていたが、後になって大粒径の碎石でうめられ空隙を大きくしていた。そしてもっと細かい碎石をその上にひきつめ、さらに草が成長できる程度に浸透性の土をその上にかぶせた。地表は一段低くなるよう勾配が工夫されて、この溝は雨樋の排水を集水、貯留する手段となっている。そのために下水管および雨水が放流される自然の河川のピーク流量を最小にしているわけである。



b 建物の外側を壁面にそって見ると、雨樋、水たたき、および浸透性の溝を破った草地がわかる。

図-40. 屋根排水の浸透

第8章 水供給増加のための都市流出の利用

(Use of Urban Runoff to Augment Water Supplies)

合衆国は全体としては水の豊富な国であるが、局地的に不足が起ることはよく知られている。利用可能な水の供給を増す方法には、海水や、やや塩を含んだ水の脱塩、広域導水による水の移入、および最寄りの河川に流出を導くかわりに有用な目的のために都市流出を捕捉する方法などがある。

本章においては、流出を捕捉して有効利用するために行われている実用システムや実験の数例を述べる。これらの応用例のいくつかはロスアンゼルス郡であるが、ここでは1932年以来ロスアンゼルス郡治水公社 (Flood Control District) が撒水操作 (Spreading Operation) を用いている。これらの応用中の数例では、捕捉水の大部分が都市流出である。

都市流出浸透計画は、国の他の部分でも行われてきている——すなわちニューヨーク州：ニューヨーク州ロングアイランド：カルフォルニア州フレズノ：およびフロリダ州オーランドなどが含まれている。

ニューメキシコ州アルブカーキ市は、都市流出の浸透捕捉に関する詳細なフィージビリティ・スタディを行なったが、不採用を決定した。この決定は、浸透計画と流出処理のための排水路建設との経済比較に主として基いている。

8-1. 雨水流出の浸透 (Infiltration of Stormwater Runoff)

洪水や汚染に対する防御に供するほかに、雨水の保留は地下水のかん養に役立つ。とくに乾燥地帯や、過剰揚水を生じている地帯で役立つ。さらに、不浸透域上の建設によってくつがえされる自然の地下水条件を維持するに役立つ。しかしながら、雨水を浸透に用いることに関しては問題がある。その問題とは、地下水の汚染、散水池の美観、池の小児に対する安全性、運転費用、流出抑止による下流水路の流量減などを含む。

雨水の地下水かん養への利用は、全国的に研究されてきている。いくつかの例では、治水手法であると同様に有効な水利用であることがわかったのに対し、他の地域では便益より不利益がまさった。ここでは雨水流出の地下水かん養への利用例をいくつかあげる。すなわち成功した応用を述べるとともに、この方法を不適としたある研究をも論ずる。

8-1-1. ロスアンゼルス撒水計画

撒水は、1917年から1928年の間に、ロスアンゼルス郡の沿岸平野の4地点で私企業によって開始された。同郡の治水公社では1932年、パコマ撒水地で初めて撒水操作を始め、結果として洪水防御のために水路の改修と雨水排水路の建設を結合した大規模な水回収システムを建設した。

ロスアンゼルス郡の沿岸平野は北方を急峻なサン・カブリエル山地に画されており、大部の水保全システムは、山地からの流出を地下水の補充にふり向けるよう設計されていた。しかしながら都市流出のかなりの部分が5つの場所で撒水される。

それらは、(1) パコイマ散水池、(2) イートン散水池、(3) アーウィンデル散水池、(4) リオホンド沿岸散水池、および(5) サン・ガブリエル沿岸散水域である。

イートンとアーウィンデルの散水池には、浸透域のほかに深井戸がある。パコイマ散水池は浅い池から成っていて、その貯留は限られているし、また上流域における都市流出の制御はない。しかしながら、同一場所に散水される山池流出は制御されているのである。沿岸流域散水は浅い散水池とウィッターナ・ローズ貯水池下流の改修河道から成る。サン・カブリエルの同散水域に流れて来る、都市流出は制御されないが、山地流出の散水は維持に適した流量にされている。リオ・ボンダ沿岸散水池もウィッターナ・ローズ・ダムの下流である。しかし、この場合には都市流出、山地流出共に制御されている。表-31は5つの散水池の詳細である。

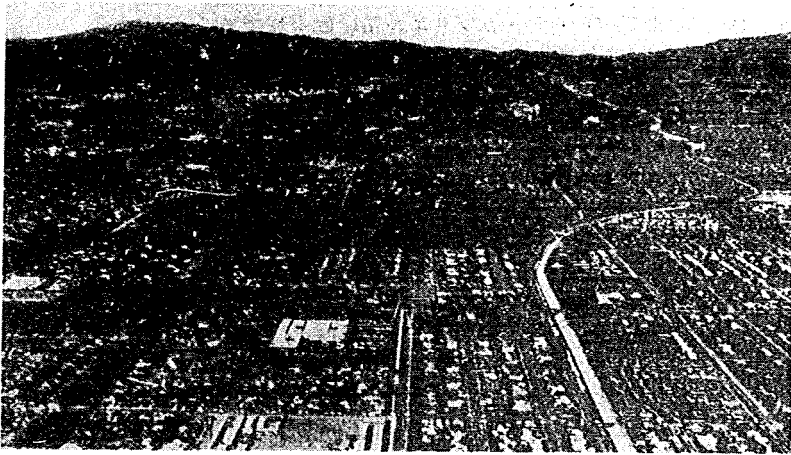
表-31. ロサンジェルス の 5 つ の 散 水 池 の 詳 細

	パコイマ	イートン	アーウィンデル	リオホンド	サン・ガブリエル
最 大 水 深 (フィート)	4	55	50	—	—
貯 留 量 (エーカー・フィート)	392	390	495	1,875	—
浸 透 容 量 (立方フィート/秒)	100	10	40	450	180
年間の散水量 (エーカー・フィート)	6,342	672	2,470	76,250	42,340
浸 透 費 用 (ドル/エーカー・フィート)	1220	2390	905	1460	380
完 工 年	1932	1956	1957	—	1937
池 の 型 式	浅い凹地	砂と 砂利の井戸	井 戸	浅い凹地	浅い凹地と 河 底

図-41は、ペユミアとアーウィンデルの散水域を示す。有効に運転を行なうためには、散水域の浸水速度を急速に落すような微細浮遊物の取り入りを、ある限度以下に抑えねばならない。各散水池について、操作手順が確立されてきたが、それには確保する、水の濁度の最大値も与えている。イートン散水池とサン・ガブリエル沿岸流域の散水域を除く上述の散水池は、濁度を許容できるレベルまで下げるための沈殿、沈砂の施設を保有している。

濁度をコントロールしたからといって、浸水速度を回復するための定期維持の必要がなくなるわけではない。けずりとったり、すいたり、ほぐしたりして、浸水速度を落とすような堆積物を除去ないしは破砕している。アーウィンデル散水池の浸水速度は、次のような方法で効果的に回復される。すなわち、まずグレイトオール (Gradeall®) により2:1の勾配にけずる。次いで池の底にたまった微細物質を全て取り除く。このタイプの維持は浅い散水池をすいたり、ほぐしたりするよりは、ずっと金がかかる。

高度に開発された市街地における散水池の運転は、公害が発生しないよう注意して行なわれなければならない。長期的な散水操作を行なうとすれば(特にあたたかい夏の間は)、水生昆虫の発生を阻止するために、池のローテーションを要する。すなわち、夏期には散水池は昆虫のはん



a パコマ散水池（カリフォルニア州ロサンジェルス）

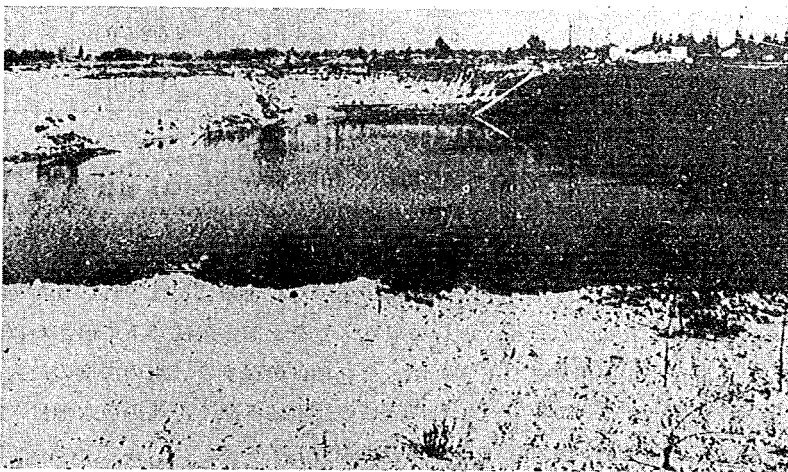


図-41. 散 水 地 域

殖を防ぐようなスケジュールに従って、交互乾湿をくりかえす。散水操作に起因する受け入れがたい条件の発生は、比較的寒い冬の月間には起こりにくい。昆虫制御のために化学処理が用いられてきているが、最後の方策としてのみである。長期にわたって湛水する散水池においては、生物コントロールのために魚類が飼われ、交互に乾湿をくりかえす池では池のローテーションによってコントロールがなされる。

南カリフォルニアの雨の90%以上が11月から4月までの6ヶ月に生ずる。都市流出のみが

散水されるのであれば、運転はこの期間のみに限られることになる。しかしながら、山地流出を制御管理放出することによりかなり雨の多い年には運転を盛夏まで延長することができる。地下水盆管理——それは揚水を制御し、リチャージのための補充水を準備するものであるが——は、広範に実施され、非常に有効であることが証明されつつある。たしかに都市開発は、大きな水需要を生んだが、ロスアンゼルス郡治水局の散水地は、この水需要のかかなりの部分に合致する地下水供給を支えている。

8-1-2 ニューヨーク

1930年代の頭初、当局はロングアイランドが将来深刻な地下水不足に当面することに気がついた。所要の地下水供給を助け、現状での供給に対する塩水侵入を防ぐため、2000をこえるリチャージ（涵養）のための池が建設された。池は10乃至20フィートの深さであり、1エーカー未満から30エーカーのものまでである。加えて1000以上のリチャージ（のための）井戸が掘られた。これら3000のうち約600はニューヨーク州による高速道路建設に併せて建設された。州は、ハイウェイからの雨水流出の処分的手段としての浸透池の利用について、つくこんだ研究を行なった。道路局にとっての最大の利得は、長大な雨水排水主管の建設が不要になることであった。かわって、ハイウェイ沿いに短い雨水排水システムが建設される。池の効率にとっての大きな要因は維持である。周辺斜面には重い芝（heavy turf）が植えられるが、池の底にはすべての植生が可能なようにしてある。堆砂も問題である。そのために土砂排除、池のすき起しおよび斜面の修復等の計画が作られる。

道路局は地表流出はしばしばひどく汚染され、この汚染が地下水の汚染や池の目づまりを招く可能性があることを知っていた。池の目づまりは一般的ではないというのも、池の建設に選ばれた地域は、最大の目づまり要素たる粘土がほとんど存在しないようなところだからである。万一粘土があった場合、浮遊粘土処理に勧められる方法は、自動散布機により凝結剤を加えることである。

8-1-3 他の浸透計画

他の地域にも雨水の地中処理に関する類似の計画がある。カルフォルニア州フレズノにおいては、たとえば数百の浸透井戸が側溝の雨水マスに作られた。径30インチの井戸が沖積層に達するまで30～40フィートにわたってはり抜かれ、径8インチのケーシングがまわりを礫でおさえながらセットされた。井戸は、少なくとも通常の地下水面の10フィート上で止め、汚染を防ぐようにされた。目づまりを最小にするために、金属性の穴あきバスケットを入れたフィルターが井戸の頭につけられ、ただちに掃除できるようにされた。井戸はきめられた予定にしたがって維持され、フレズノにおける深刻な局地的雨水排除の問題は解決された。

フロリダ州オーランドにも似たようなシステムがあるが、顕著な相異がある。井戸は石灰岩中を120から1000フィートの深さまで達し、70～400フィートの深さの径3～18インチのケーシングをもつ。地下水面は地表から30～50フィートである。そして、石灰岩はフィルター

の役目をしないから地下水汚染の恐れはある。かなりの岩屑が井戸に入ったが、頁岩の構造により目づまりは頻繁とは起らない。

8-1-4. ニューメキシコ州アルブカーキ

アルブカーキにおける状況は、前述の地域とは全く異なる。というのは、排水の比較調査の結果、貯留および浸透は使わない方がよいという答が出たのだから。にもかかわらず調査に先立って発せられたアルブカーキ計画局の政策声明 (policy statement) では、現地貯留 (on-site detention storage) や何らかの形の浸透法が、流出率を開発前のレベルに抑えるうえで好ましいとしていた。この政策は、後になってアルブカーキ・メーロポリタン・アロヨ治水公社 (Albuquerque Metropolitan Arroyo Flood Control Authority, AMAFCA) によって決議文中に取り入れられた。調査の結論では、この政策声明の意図をよしとしたが、一般には適当でないとした。しかしながら、アルブカーキ当局は不賛同を示し、政策声明の特別補足調査が行なわれた。ついで雨水排除政策の改良のための勧告がなされ、この調査にもとづく包括的決議文が1972年7月に採択された。

始めの調査では、東アルブカーキのサンディアフットヒルの中の5.5平方マイルのある区画における雨水流出に対する2つの対案が検討された。1案では、流出を水路でとらえそれを既設の排水施設に運ぶ。別案では、貯留池 (detention basin)、散水池、涵養井戸を用いた浸透法による流出の捕捉処理である。この第2案は、基本的にはアルブカーキ計画局が先に提出した政策である。

第1案のために報告書は雨水流出を捕捉し、それを既設の排水施設に運ぶ水路システムの調査を行なっている。主要な遮集管や集水管として開水路、暗渠が共に検討されている。評価基準には、技術、経済、環境に関して細かくきめられた。同一の基準が、貯留浸透法の第2案にも用いられた。

貯留法が排水施設の規模を小さくして費用を少なくすると考えられた。しかし、おそらく全調査対象域からの流出の約60%を占めるいくつかの排水区を除き、大きな流量を貯留することは、地域の地形からして实际的でない。結局貯留用の池は、建設期間中の暫定対策として勧められた。

浸透技術はさらに検討され、散水池や坑 (pits) や涵養が含まれた。100年確率15日降雨に合うような散水池は、すべての排水区で適切であることがわかった。最大水深は5フィートに制限された。この調査は、地域に充分な散水池の数や規模は示していない。

涵養坑は散水池と類似のものになるであろう。しかし12フィートに及ぶ水を含む。坑は、山地流域の渓谷の出口付近に位置し、調査対象域の17の流域のうち7つを除いて適切であろう。15日分の水を処理するには総計43の坑が必要であろうと評価された。

涵養井はさらに深く、しばしば300フィートの深さになる。重力のみもしくはポンピングのいずれかによって注水がなされるであろう。涵養井が適切な5つの流域では基準を満足するために約15~20の井戸が必要とされるであろう。

関係する全因子の分析において、この調査は、雨水排除における排水路の利用に比べた対案と

して雨水の貯留・浸透法が適していないと結論した。多くの理由がこの雨水処理技術の忌避のためであげられている。

流水を地下水の涵養に用いることに含まれる潜在的環境問題がいくつかある。たとえば、しばしば表面流出は土砂、溶存化学成分、病原体および細菌性汚物などできわめて汚染されている。この潜在的汚染問題の理解に立脚して、ニューメキシコ州は全ての都市域または潜在的開発域において、最初の 1/8～1/4 インチの流出は、地下水に入れてはならないとしている。この要求によって、すべての雨水流出の地上処理システムは、雨水のファースト・フラッシュからの流出が浸透しないという保障が必要なことから、明らかに複雑なものとなっている。

他には、美観保全や昆虫制御の問題がある。大きな池の中で 15 日にもおよんで存在する水というものは、適切な設計がなされていなければ、目に快いものではないし、昆虫の発生というのも悩みの種である。結局、満水であれ空であれ、池というものは幼い子供たちにとって安全上の障害である。

技術的には、提案された浸透法はこの地域において予測不可能な仕事で、この方法が適切な排水を保障はしないということをこの調査は結論づけている。経済的には、浸透法システムは代替案の排水路より高いコストのかかることがわかった。暗渠の 5,536,000 ドルや提案された開水路による排水システムの 3,677,300 ドルに比し、6,194,000 ドルと推定された。

雨水処理における法制上の諸問題も未解決である。リオ・グランド水協定 (Rio Grande Water Compact) においても、リオグランデの平水流量は変更してはいけいないとしてある。提案によって浸透させられた水はいずれも平常は、リオグランデに流れ込むべきものであり、協定の条項に抵触するであろう。

この調査は、したがって雨水流出による地下水の注入は採用可能な方法ではないと結論している。レポートは担当官に提出され、関係団体は結論について討論するために同会を開いた。その結果、もとの政策声明のさらに詳細な検討が必要であると結論された。政策声明の補足的詳細研究がなされた。補足レポートは排水用水路建設に関する頭初の提案が実施されるべきであるとの勧告を含んではいたが、政策声明のことは使いについて若干の変更が提案されただけであった。この勧告の主たる根拠となったのは経済的なものである。AMAFCA によって提案された制限によって排水用水路の建設コストは、3,677,300 ドルから 4,009,500 ドルに増加した。浸透法にもつづくシステムは用地費 600,000 ドルを含め 4,708,300 ドルであった。

このレポートに続き、AMAFCA は地域における将来の土地開発を扱った雨水処理に関する包括的決議を採択した。基本的にこの決議文は、将来の土地開発が自然状態、すなわち未開発状態で生ずるであろう流出流量より大きな流出を生ぜしめないという保障を要求している。また、流出量を増加させるような、排水路の自然流量に対するいかなる障害をも防除するための対策が現地開発において取られなければならない。全体的な排水計画は未だ作られていないが、この決議文が通過したということは、AMAFCA の哲学の健全性、すなわち浸透法と組み合わせた現地貯留法が、最終的に開発されるシステムにとって有益であるということを暗示する。

8-2 雨水の取り入れ (Stormwater Harvesting)

地方自治体は、季節的なり通年的に、現在ないしはさししまった水不足に直面することがしばしばである。これらの地域に水を追加、供給するために、いくつかの技術が試みられてきた。その中には、降雨を増加するために人工的に種まきを行なうことや、雨水を捕えて貯留利用することが含まれている。貯留再利用のために集める調査は、今まで広大な田園地域に限られてきたが、前述のように他の地域は都市からの雨水流出の収集も頼りにしてきた。都市化域にある大きな不浸透域は大きな流出を生じ、潜在的に利用可能な水の大きな源をもたらす。テキサス州とアリゾナ州における2つの調査研究での実験を次に紹介する。

8-2-1. アリゾナ大学の実験

アリゾナ大学の研究によって新水源の開発必要性が指摘された。たとえばタクソン (Tucson) 地域では推定で年に145,000 エーカー・フィートの不足を生じさせながら地下水が使われ、地下水面はある場所では年20フィートの速さで低下している。降雨は年平均11インチであり、夏の2つのはっきりした雨季に降る。「潜在的な水資源：都市流出」(Urban Runoff: A Potential Water Resource, by E.F.Mische and V.V.Dharmadhikari, 1970 Annual Convention of the Arizona Water and Pollution Control Association) という論文の中で都市流出の汚濁と処理の問題が論じられている。ある利用のためには、その高度の汚濁のために、広範な処理が必要になる。当刻論文中に述べられている都市流出の利用のための処理法が表-32にあげてある。

表-32 必要になるかもしれない処理

ユニット・プロセスのタイプ	上 水	工 水	農 水	レクリエーション	リチャージ
スクリーニング	×	×	×	×	×
藻類を抑制した貯留	×	×	×	×	×
沈 澱	×	×	×	×	×
凝 集 沈 澱	×	×			
砂 濾 過	×	×			
塩 素 殺 菌	×	×	×	×	
活 性 炭 濾 過	×				

別の研究「都市流出水水質に対する草と土の相乗効果について」(Effect of Mixed-Grass Cover and Native Soil Filter on Urban Runoff Quality, by B.P.Popkin, アリゾナ大学, 1973)の中で、都市流出を前処理するうえでの草フィルターと土壌フィルターの効果についての評価が行なわれている。かかるフィルターは、COD、大腸菌、濁度および土砂の濃度を抑えるのに役立つことがわかった。

取り入れ法による雨水利用の別の局面が「経済的水供給の開発、第2段階」(Development of Economic Water Supply, Phase 2 by C.B.Cluff et al, アリゾナ大学水資源研究所,

1972) という論の中に述べられている。扱われた方法というのは未開発の広大な地域から水を集めることを目指しているのだが、水を集めることについての基礎的概念は、都市域にも応用しうるものである。

実験者たちは、流出を獲得するのに2つの方法を用いた。ひとつはプラスチックのシートを用いるもので、これをうすい礫層で覆う。土壌をさらに不浸水性にするために塩化ナトリウムが散布された。

黒色の4ミリ厚ポリエチレンシートが用いられ、風や日光からプラスチックを保護するために0.375～0.75インチ径の礫が重しとしてのせられた。礫のカバーはそればかりでなく、自然の風景によくマッチする。礫の厚さは1.4～4インチの間で、平均2インチである。集められた水は100,000ガロンの貯水池に流入する。その貯水池は蒸発を減らすためにプラスチックの被覆で覆われている。水質は表-33に示す如く素晴らしいものであった。

表-33 礫被覆プラスチック斜面からの水の化学分析 (ppm)

TDS	Ca	Hg	Na	Cl	SO ₄	CO ₂	HCO ₃	Fl	NO ₃	N	B
138	13	1	27	8	40	0	44	—	5	3.1	—

9ヶ月間の降雨からの流出量は平均60%であった。そして、もし礫層の厚さが減らされ、プラスチックの敷設時に穴をあけないよう前もって注意が払われていたなら、もっと増えたはずである。

実験の別の部分では、地表下にある粘土を反応して不透水層を形成するように、塩化ナトリウムが土地に加えられた。塩を土壌に加えることによって流出率は増加したが、それによって土地の浸蝕が激化したり、ナトリウムが植生に与える影響も好ましいものではなかった。多年生の植物は影響されなかったが、一年生植物の数が減じた。

8-2-2 テキサス州A & M大学

テキサス州もまた水不足を経験しつつある。当州はすでにテキサス高地(ハイプレインズ)に対するカナディアン川の水利権をすでに開発してしまった。そして地下水位は低下しつつある。ひっ迫した水不足のために、高原における農業生産は1980年に26兆ドルでピークに達し、次いで減少し、2020年には16兆ドルに落ち込む見込みである(ドル価不変)。

ミシシッピ川の水の移入が考えられているが、法制、政策、経済的障害が存在する。アリゾナ州での研究に関する知識をもとに、テキサスA & M大学では、有効で費用のあまりかからない集水型流域につながる地表面処理と土地造成の組み合わせを研究した。

なめらかに固められた地表に、モルトン・サルファ(molten sulfur), 可塑剤, グラスファイバーの混合物を塗って準備されたいくつかの地表に、原油とセメントミルクのコーディングが散布された。種々の組合せが試みられたが、石油が最も低い価格で最もよい水密性を示した。しかしながら、水密の有効さはエーカー当り750ガロンを付け加えても間もなく失われた。

いくつかの異なる幅をもった斜面において、異なる勾配が試みられた。斜面勾配が増すに従って流出が増加し、斜面勾配の変化による流出の増加は、斜面の幅の減少に伴なって増加することがわかった。

表-34. テキサス A & M 大学の実験による
斜面からの水の分析 (ppm)

NO ₃ -N	Cl	Mg	NH ₃	SO ₄	Ca	Na	K
0	0	0	0	6	16	3	3

(注：沈澱物は降雨のあとすぐに 500 から 1,000 ppm に変化した)

他の集水法も考えられた。それには浸透坑の利用や間歇湖への集水が含まれている。斜面からの水の質は表-34 に示すように、相当によいことがわかった。

実験者たちは、この方法による集水は、他の水源が直ちに利用できない地域で経済的に適しており、1 エーカー・フィートあたり、そのコストは約 96 ドルであろうと結論している。

第9章 雨水貯留の新手法 (New Methods of Stormwater Detention)

雨水流出を貯留する方法で最も用いられ、一般に行われているものには、流出をくぼ地や池に集める方法、排水設備への流入を制限することによって屋根からの雨水の流出を遅らせる方法、表面に適当に勾配をつけ、排水設備の大きさを制限して駐車場に雨水を集める方法などがある。

下水管への雨水のピーク流入を減ずる他の方法としては、浸透性舗装の使用、屋根の上に砂利のせきを設けること、砂利で下水管の入口をふさぐこと、砂利で満たした浸透溝を駐車場の境界のまわりに作ること、流出速度を遅らせ、浸透と蒸発を増加させるための深い草やその他の植物の緑地帯を設けることなどがある。これらの代替案は、米国政府によって行われた三つの調査に述べられている。その研究はこの章に要約されている。

9-1. 浸透性舗装 (Porous Pavement)

雨水対策について都市域でおこった問題は、一つには浸透域から不浸透域への変化によるものである。従って、浸透性舗装の開発は、この傾向を逆に向けるためにも望ましいことである。これは雨水を下水道に流すよりも、地中に浸透させることを狙っている。

「都市流出抑制のための浸透性舗装に関する研究」と題された研究がフランクリン研究所で行われている。この研究は三つの段階から成っている。A段階はこのような舗装の工学的、経済的な可能性で研究は終って、アメリカ環境保護庁によってレポートは出版された。B段階ではこのような舗装で実際的な実験をやることになっており、C段階では試験舗装の性能と一般に用いられている舗装との比較が行われる。この節で述べられる全ての資料は、フランクリン研究所の研究の段階を網羅するEPAの刊行物に基いている。

その研究の目的は、次にかかげる方策として浸透性舗装を研究することである。

1. 降った雨をその場で吸収し、流出と合流式下水道のオーバーフローを防ぎ、雨水処理場の必要を省く。
2. 下水管の逆流を防ぐ。
3. 地中に雨水を浸透させ、利用のための水を貯める。
4. 水と土地を保全する。
5. 平地での水たまりを防ぎ、微高地や傾斜のない適切な排水整備を行う。
6. 滞水による障害を防ぐ。
7. 環境に対する被害を最小にする。
8. 満足な外観を提供する。
9. 建設目的で固形廃棄物の再利用をはかって、その処理方法を提供する。

もし、ある基準に合いさえすれば、浸透性舗装は実用になるだろう。例えば、

1. 損傷なく、荷量をささえる能力。
2. 凍結、融解サイクルや他の風化に耐える能力

3. 補修容易、かつ損傷に強いこと。
 4. 孔がつまったときの清掃設備によって、雨水を全てか、または大部分を吸収できること。
- などである。

いろいろなタイプの舗装がこの基準を満すために研究された。研究された舗装の一つのタイプは、砂利の路床の上に間隔を制御する突起または棒のついたレンガを敷くものである。

穴のあいたゴムシートも蜂の巣構造によって支持された形で研究された。しかし、これらも低コストで目の粗いアスファルト質のコンクリート（開粗度マスコン）が、たぶんに適しているであろうということがわかってのち細部にわたる研究からははずされた。

カルフォルニア州、英国、アスファルト協会のそれぞれの骨材仕様書に沿った三種のアスファルト・コンクリート舗装の研究が行なわれた。これらの舗装の浸透速度は、カルフォルニア州のアスファルトの2.5インチ/時以上からアスファルト協会の5インチ/時以下のものまでである。

工学的に、これらの舗装のタイプは実用的であるとわかった。これらは安定試験、耐久性試験、凍結融解試験に耐えた。この舗装は、現在あるアスファルトプラントで、生産過程を変化させることなく準備でき、アスファルトコンクリート舗装に使用される通常の機械で打設できる。

経済的には、これらの舗装はすべてのコストを考慮すれば普通の舗装と対等であるということがわかった。浸透性舗装とそうでない舗装のコストを比べる場合、舗装の排水施設のコストも含まなければならない。表-35「浸透性舗装と在来の舗装のコスト比較」は、全ての道路構造物において、在来の舗装の排水コストを考えた場合、浸透性舗装が安価であることを示す。

表-35. 浸透性舗装と一般の舗装のコスト比較

舗 装 の タ イ プ			不浸透性の一般 舗装* (ドル/平方ヤード)	浸 透 性 舗 装 (ドル/平方ヤード)
住 宅 区 域	設 計 水 準 ・ 低		7.20	6.35
	設 計 水 準 ・ 高		10.23	6.38
商 業 区 域	郊 外		8.40	6.38
	市 街		18.20	7.66
ハ イ ウ ェ イ	二 車 線		14.50	7.36
	四 車 線	表面 アスファルト	23.88	8.48
		表面 コンクリート	25.83	8.64
駐 車 場			4.73	6.36
遊 園 地			4.55	6.34

* 排水施設を含む。

アメリカ環境保護庁「都市流出制御のための浸透性舗装に関する研究」より引用

しかし、駐車場と遊園地については、浸透性舗装のコストは他の舗装のコストよりも上である。ただ条件によっては、浸透性舗装は価格差を償う以上の価値を持つことがある。たとえば、浸透性舗装があれば滞水は起らない。これは確かに駐車場と遊園地については経済的価値がある。さらに検

討を進めると、浸透性舗装の使用によって合流式下水道の降雨期間中の負荷を減らすことができる。合流式下水道のはけ口でのオーバーフローの軽減をコストで推算すると、分流式下水道では平均10,200ドル/エーカー、またはほかの方法での軽減では5,100ドルもかかる。浸透性舗装を利用して、他手法による雨水流出制御の必要性を省くことにより、エーカーあたり5,100ドルまたは平方ヤード当り1,05ドルの節約になる。また、雨水を地中に浸透させ、地下水補給を回復させたり、またはこの水を使うことにより新たな付加利益が得られる。このことから、浸透性舗装は自然土壌の透水性がよい区域では魅力的なものとなる。全ての場合について、路盤の設計では、調節されるべきものとしての湿潤条件を考慮に入れなければならない。

〔必要な今後の調査〕：たとえ浸透性舗装が工学的、経済的観点の両方から、全く実用可能であるということが示されてはいても、さらに検討が必要であり、一層の研究を行う価値がある。

次のような研究をする必要がある。

- 雨水が舗装を通して浸透した後の水質
- 天候、交通、除氷薬品に耐える能力
- 実際の状態での水を吸収する能力
- 舗装を通過する濁水の影響
- 舗装を清掃し、維持する能力、特に目づまりを防ぐ能力
- 心地よさ、感覚、静かさ、そして他の要素に対する大衆の反応
- 舗装の安全性
- 霧の形成における舗装の影響
- 目づまりや、凍結のような舗装が水を吸収しない場合におこる二次的な影響

〔可能な便益〕：浸透性舗装の設計と建設に関連して試験されるべき多くの問題がある。この舗装の主な目的は不透水性材料の代わりに浸透性材料を用いることにより、雨水流出の抑制を助けることにある。これを行うのに舗装と

路盤の両方は雨水をため、降雨が終った後雨水を土壌にあるいは下水道システムにゆっくり排水する。浸透性アスファルトコンクリートの道路の設計は主に路盤の耐荷能力、予想される交通量、表面と基層の貯水容量に依存することがわかった。

表-36「浸透性舗装の貯留容量」は浸透性アスファルト道路が貯えることのできる水の量を示している。これはCBR値が2、透水係数が0.042フィート/日を用いたアスファルト協会の仕様に基いている。

表-36 浸透性舗装の貯留容量

DTN* による交通量	表面の厚さ (インチ)	路盤の厚さ (インチ)	雨水貯留の容量 (インチ)**		
			表 面	路 盤	合 計
1	4	6	0.60	1.80	2.40
10	4	12	0.60	3.60	4.20
50	5	14	0.75	4.20	4.95
100	5	16	0.75	4.80	5.55
1,000	6	20	0.90	6.00	6.90
5,000	7	22	1.05	6.60	7.65

* DTNは計画交通合数 1～10交通量 小
10～100交通量 普通
100～5,000交通量 大

** 間隙15%の表層及び間隙30%の路盤とする。
アメリカ環境保護庁「都市流出制御のための浸透性に関する研究」より引用。

道路または駐車場は通常の使用の妨げにならずに、かなりの水を貯留でき、基盤厚を増せば安価に貯留量をより増やすことができる。この水はその後土壌の透水性により、自然に地中に排水される。またはもし集めれば他の所で使うか、下水道に流してやることのできる。ただどんな場合にも、適切な道路の支持力を確保するために基部の耐力を慎重に考慮しなければならない。

浸透性舗装を使用することによってハイウェイもまた安全になるであろう。なぜならば表面滞水が起らないためハイドロプレーニング現象が減るからである。また舗装表面（骨材）の凹凸は道路表面積を増加し、標識が見えやすくなり安全に寄与する。混合物に着色要素を加えることにより、交通管理もしやすくなる。最後に水の供給を助けて地下水の動きを自然の状態に戻すであろう。

要するに、浸透性舗装は特別な流出貯留に備えるのと同様、特殊な地表での現地貯留に対する必要性をある程度または全てを満たすことができる。雨水を屋根のような不浸透域から利用可能な貯留容量をもった浸透性舗装区域へまわすことも可能であろう。浸透性舗装を使用するあらゆる場合について、路盤設計に対しては、舗装荷重を十分支持できることが保証されるように注意深く配慮する必要がある。

9-2 他のあたらしい水をためる方法 (Other Nonconventional Methods of Ponding)

コロンビア州のヒットマン・アソシエイツとメリーランド州の水資源部は、アメリカ環境保護庁 (EPH) に「浸食と流送土砂抑制計画及び実施のための指針」¹³ というレポートを提出した。これには42の土砂対策に関する成果、実施法及び技術について述べられている。以下これについて述べる制御法には四つの大きな分類がある。

- 化学土壌安定剤、根覆い及び根覆いの留めくぎ
- 浸食及び土砂の制御構造物
- 繊維根覆い、根覆い用ブランケットやネット
- 特殊な浸食、土砂抑制法の実施

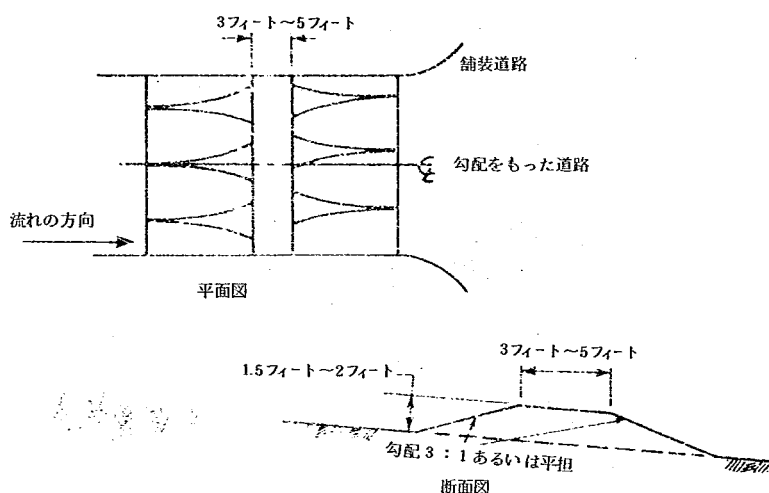
多くの項目が、まず浸食制御に関係して述べられているが、このような手段は又流出量の減少を促進し、雨水を保留する要素でもある。

化学安定剤、根覆い及び根覆いの留めくぎは土壌と根覆いを結合させる。ここには主に浸食防止の手法が挙げられているが、根覆いと一緒に用いられるとき、流出は根覆いによって邪魔され、地面への流出が遅れる。8つの異なる化学薬品がそのレポートで、商品名または化学薬品名で述べられている。以上は全て一時的な対策で、基礎土壌や植物が丁度足場を得始めた土壌の両方に用いられる。

二番目の分類、すなわち浸食、土砂の制御構造物にはせき止めダム (checkdams)、沈砂池、濾過堤 (filter berms) や流入口の前につけるフィルターなど150の異ったタイプがある。せき止めダムはコンクリート、ロック、木材、メタル、ラバーその他による構造物で新設の水路内や、新しい斜面上などに作られ、流出をとめるのに用いられる。

沈砂池は特に流出速度を遅らせ、土砂を沈殿させるために計画される貯留池である。これらに関する詳細は他に述べている。

濾過堤は勾配のついた道路を横切って造られた、一時的な砂利または碎石のうねである。それらは道路を通行させると同時に、流出を遅れさせ、濾過するように設計されている。それらはまた道路舗装及び永久的な地被が土になじむまでの前の一時的な手段として、排水溝の中で設けられても役に立つ。構造物のきまった設計法は要求されていないが、道路での使用に推奨されている。最低限度のものは図-42のように与えられ、下のように要約されている。



- 注 a 図は縮尺どおりではない。
 b 頂部の幅はもっと広げられ、勾配はもっと平坦にされるべきである。
 c 排出口は浸食を最小にするような機能をもつべきである。
 排出口を利用する場合は、建物の位置を考慮すべきである。
 排水口が危険区域に向いているときには、斜面を保護する一時的な構造物が必要である。

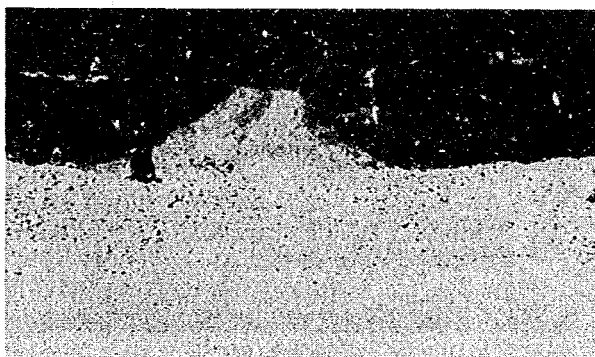
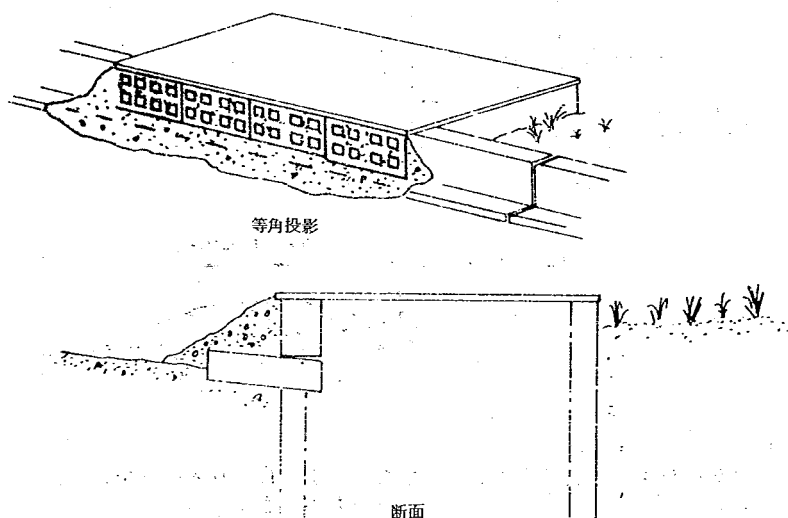
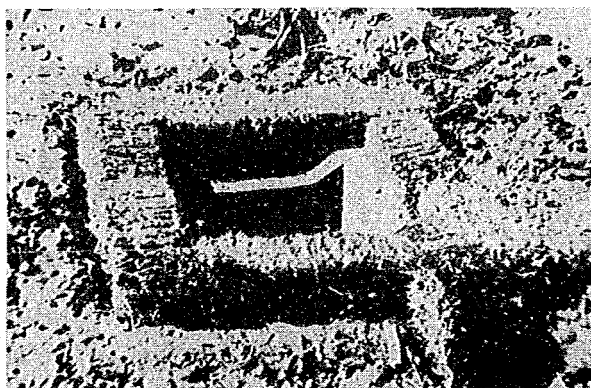


図-42 フィルターバーム (Filter Berm)

- 高 さ 1.5～2 フィート
- 頂 の 幅 3～5 フィート
- 勾 配 3：1 またはそれより平坦
- 設置間隔 200～300 フィート
- 材 料 粗い(0.75～3 インチ)よくふるい分けられた砂利か碎石。細い砂利は5%以下である。砂袋またはわら袋もまた用いられる。
- 維 持 流出があったたびごとの沈殿土砂の清掃



a フィルター雨水マス



b 雨水管入口のわら袋積み

図-4.3: フィルター雨水マス¹³

フィルター雨水マスは、雨水が下水道に入る前に流出を遅らせ、濾過する目的で、下水道に入る前の縁石雨水マスに造られる一時的な砂利または碎石のフィルターであると述べられている。図-43 a, b のフィルターインレットは二つのタイプを示している。図-43 a のインレットに推奨された構造材料はフィルターバームと同じである。雨水マスでフィルターを形成するために、砂利や砂の代わりにわら袋を用いたものが図-43 b である。

繊維根覆い、根覆いブランケットやネットの頃には 10 タイプの根覆いが挙げられている。木の切れはしや、わら、ジュート、ガラス繊維、プラスチックの網までにわたり、これらの工夫は雨水の衝撃を減らすことや、土壌表面の雨水流を遅らせることにより浸食を減少させる。

浸食と流出の制御のための九つの手法が、特殊施工の項に述べられている。流下方向に直角に斜面に等高のかき土(countour scarification)をすることによって、多くの小さな貯留池群ができて流出が遅れる。それにより斜面の浸食が減少する。自然植物の保護によっても、流出が遅れ、浸食が減少し、一方ピーク流量が減少する。雨水が小川や下水道その他に入る前にその上を流れるように置かれた植物濾過帯は、流出量を減らし、また土砂制御のための濾過作用もある。

他の調査では、一般に用いられていない都市流出のピークを減少させる手段が実験的に調査されている。ペンシルバニア州立大学のガード・アーロン及びチャールズ・E・ヨグボークによって著わされた「都市流出におけるピーク減少の実験的な可能性の研究」が陸軍工兵隊に提出され、その中ではピーク流出の減少に関する三つの方法が研究され、報告されている。

- 屋根の上に砂利の障壁を造る。
- 芝の濾過帯(grass filter strips)を使用する。
- 芝の濾過帯のあと、砂利の浸透溝を使用する。

これら三つの方法の実験的研究は、コンピューターによるシミュレーションによって行なわれた。砂利の障壁は三つの 5.5 フィート幅のものを 50 フィートの長さの勾配可変水路に造ってテスト

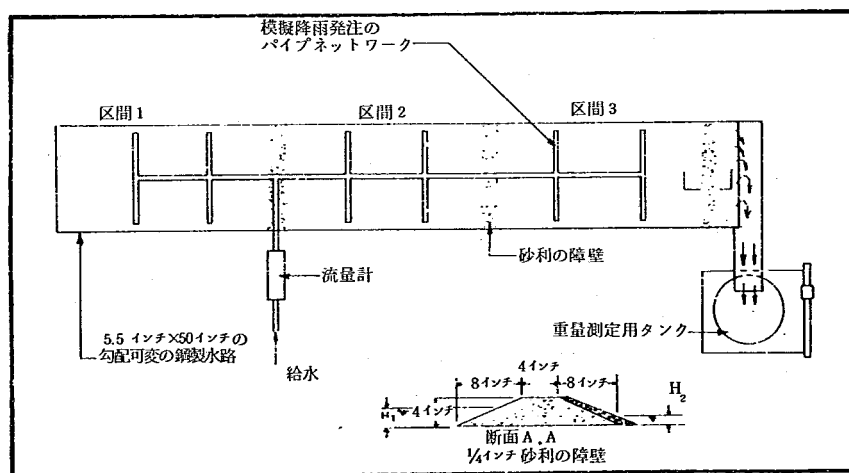


図-44 砂利の障壁 — 実験に用いられたフラットルーク¹⁴

された。障壁はそれぞれ4インチの高さで頂の幅が4インチ、そして法傾斜が2:1である。砂利の大きさは0.25インチである。降雨は図-44に示すように直径0.125の36個の穴のあるパイプネットワークによって降らせた。つまりそれぞれの障壁の後側に12個の穴が配置されたことになる。

降雨強度は供給側での流量計で、また流出側での重量測定タンクで測定された。流入及び流出または降雨及び流出量のハイドログラフは、このようにして決定され、図-45に示されるようにインチ/時間でプロットされる。図-45bに示されるように、流出の計算値は、流出ピークにおける2~3分の遅れを除けば測定結果と同じである。その遅れは自然状態に現われるものと同じである(図-45a)。自然状態に対するコンピューターによる研究のよい一致は、理論的研究のための砂利障壁の使用にコンピューターモデルを拡張することに対して研究者に自信を与えた。

このケース・スタディが大学の近くにある局地はんらんを受けやすい、開発された住宅地及び商業区域で行なわれた。その地域の流域は、はんらん地域までの流水集中時間に基いて、小区域に分割された。それぞれの区域に対してハイドログラフが決定され、洪水発生区域が明確にされた。等到達時間を計算するRRL法またはこの研究で用いた細片追跡法(strip routing method)を使って、分割区域のハイドログラフを重ね合せ、はんらん区域のトータルハイドログラフが得られた。するとピーク流量に対して最も寄与するハイドログラフが見分けられる。この結果、この分割流域に対して、はんらんをおこさないよう正しい措置が指示できる。

20分間の降雨に対しては、到達時間が10分から16分のコンターの間にある区域が危険であるということがわかった。この区域の中では、24の平屋根のビルがあり屋根の総面積は約200,000平方フィートであることがわかった。計算を簡単にするために、100×75フィートの大きさの6ビルディングのグループにしたものと等しいものとした。開発されたコンピューター解析は、それぞれの屋根に5つの障壁があるものとして適用された。トータルハイドログラフに対する障壁の影響は図-46に示されている。ピーク流量は約182立方フィート/秒から約167立方フィート/秒へ8パーセント減少している。計算では、より細かい砂利はピーク流出をさらに5立方フィート/秒3パーセント減少できることを示している。

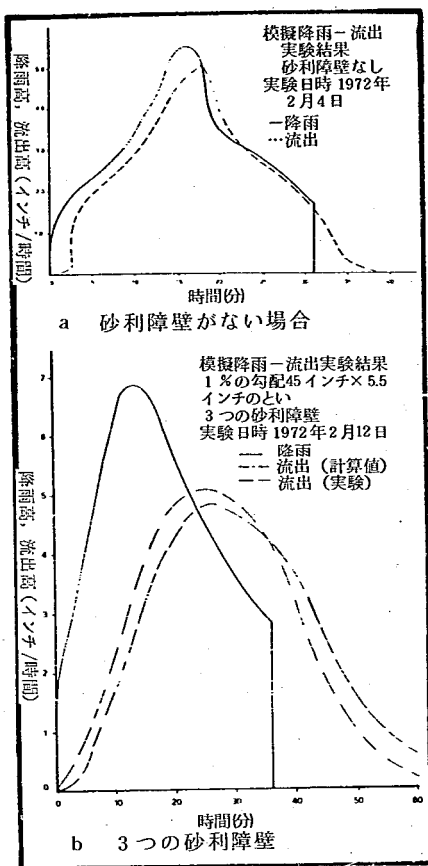


図-45. 流出シミュレーション結果

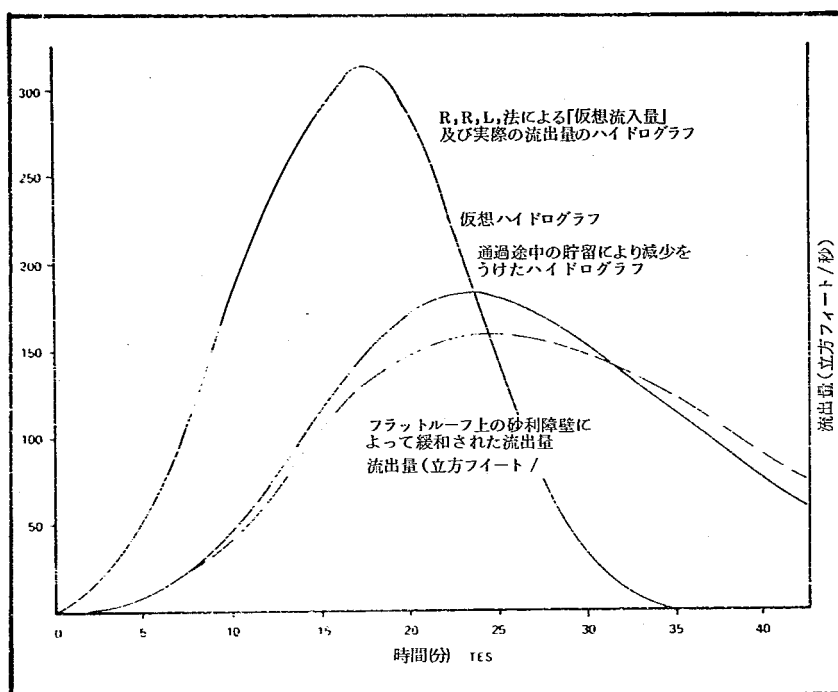


図-46. 仮想流入量及び実際の流出量のハイドログラフ

芝葺過帯及び砂利の浸透溝もまた研究された。その研究ではケーススタディ区域へのそれらの使用をどのようにするかをシミュレートするための野外テストもなされた。浸透溝が設置された幅10フィート、長さ50フィートの二つの駐車場に関する野外実験が図-47に示されている。

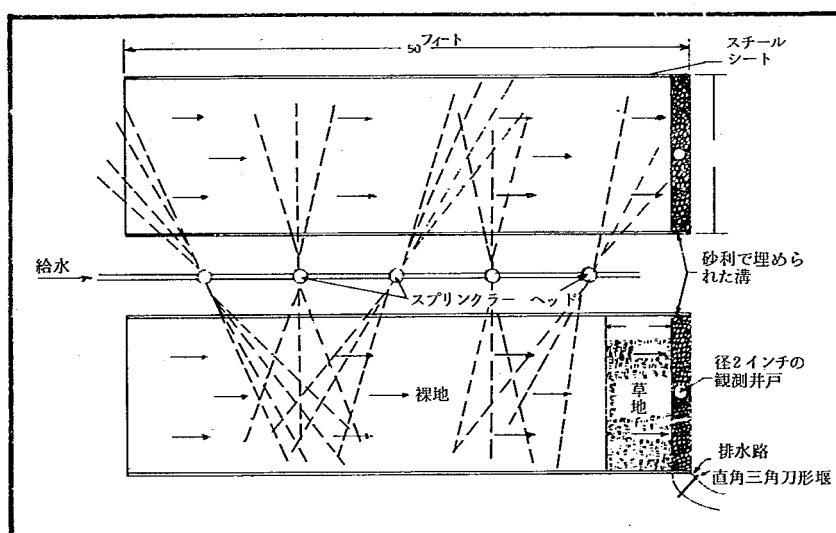


図-47. 駐車場の模擬流出¹⁴

二つの平行している駐車場の表面は、勾配、幅及び地被物などにおいて本質的に同一である。大きな違いは、駐車場Aでは最下流端に6×10フィートのケンタッキー・トール・フェスク芝のフィルター床があることである。中間ストリップに沿ったスプリンクラー・システムは3インチ/時の模擬降雨を供給する能力がある。流出サンプルは駐車場Aでは草の前後で収集され、Bでは浸透溝の前で収集された。そして三つのサンプルが研究室に持ち帰られ、浮遊固形物の解析が行なわれた。この解析では、二つの駐車場のシルト生産の比較及び带状の芝によるシルトの除去の測定が行なわれた。

浸透溝は、深さ5フィート幅6インチで直径1.5インチの砂利で埋められている。2インチの観測井戸がそれぞれの溝に半分の深さまで設置され、それぞれの溝からの浸透速度の指標として水位低下を測定し、通常の浸透状態のもとで目詰り速度を比較した。

フィルターとしての草の帯の機能は明確であったにもかかわらず、結果は案外つまらないものであったようである。土壌は極端に透過性であることがわかり、水が全て吸収されることに関してはなんの障害も起こらなかった。実際、実験が進行するにつれ、土壌の浸透能は草の帯のない浸透溝でも増加したけれども、ある方がより増加した。浸透能が増加するのは、下層の石灰岩にある亀裂から水が漏れるためと思われる。

実験結果はその後、ケーススタディ流域で理論的な研究に応用された。その分割流域にはほぼ6エーカーの駐車場があったので170×300フィートの駐車場として扱い、そこに総面積40×170フィートの草の帯を設置することに関して二つの方法が図-48に示されるように考えられた。それによる有効な駐車スペースの減少は、180台収容可能から160台となり約11%の減少になる。流出のコンピューターによる追跡によって流出量は5分間の降雨につき66%、10分間の降雨につき18%、15分間の降雨につき6%の減少が認められるということがわかった。浸透溝の効果を50%と仮定すれば、ピーク流出量の草の帯及び浸透溝の両方による減少は最大10%になる。

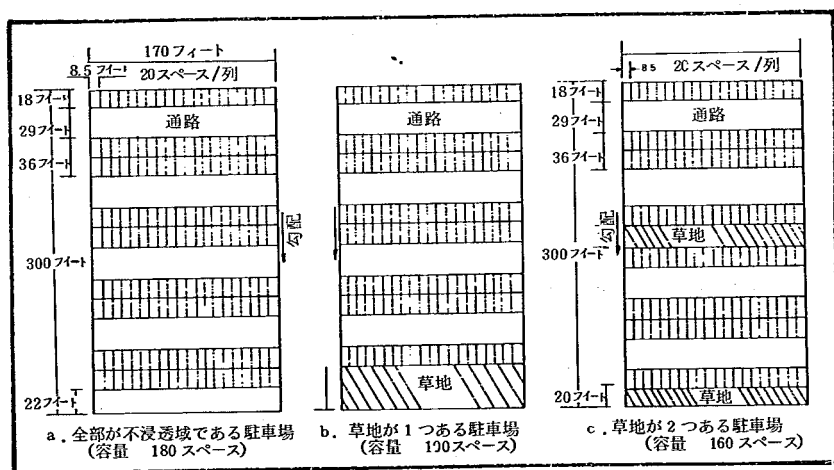


図-48. 駐車場貯留の代替案

第10章 流出の現地貯留に関する法例、条例、建築規則ならびに規制

(Statutes, Ordinances, Building Codes and Regulations for On-Side Detention of Runoff)

流出の現地貯留の操作や義務づけに関する種々の法的手段の規定は、規制の種類と規制を実施する機関の両者により変る。たとえば、ミネソタ州の建築規則の規定は、デンバーのそれと異なるし、デンバーのそれは、さらにメリーランド州の規定と異なる。これらの差異の主要理由のひとつは、各地域に存在する問題の大きさと、タイプの差異にある。ミネソタ州の規則では屋根上貯留を認めるが義務とはしない。というのはデンバー地方に比し、洪水がそれほど深刻な問題ではないからである。

デンバー地方では、洪水が深刻な問題なので屋根上貯留が義務付けられている。メリーランド州では問題は主として浸蝕である。そして貯留はこの問題のコントロールを目指している。

地方での規定が地方の特性に合うように調整される必要があることを理解すれば、貯留に係わる規定例を考察することは有用である。こうすることにより、現在用いられている多くの技術を洞察することができ、地方の問題への応用の構想を育てることができる。

いくつかの事例において、規定は設計技術や認可のための個々の手続きを説明するような形でよく定義されている。別のいくつかの事例においては、この貯留の目標は望ましい政策として述べられているだけで、実施の方法は述べられていない。

10-1. 建築規則 (Building Codes)

しばしば建築規則は、屋根での雨水貯留の問題に触れていない。話をきいた建築の担当官の大部分は、ためた雨水を支える適切な構造的強度を与えておく必要性を強調しているにもかかわらず、貯留に関しては何も触れていないと話していた。

ミネソタ州の建築規則は、貯留を目的とした条項が入っている。屋根は4インチ/時間の降雨強度、1平方フィート当り40ポンドの活荷重に対し設計され、屋根の面より少くとも4インチの高さにある排水孔を伴って、安全率が少くとも2、勾配は0でなければならない。

デトロイトでも、雨水貯留に対する条件には、屋根が勾配なしでなければならないという形で明記されている。また最小の止水壁高は、屋根の各排水孔に流入する最大の屋根面積に応じて明記されている。

南部建築基準会議は、洪水のピーク流出減少のための屋根上貯留に言及してはいないが、建物を冷却するために屋根上貯留として水を利用することを認めている。そのような貯留の設計にあたっては屋根面上通常最大6インチの高さに止水壁の排水孔を設置しなければならない。

国際建築担当官および規則担当行政官協会 (Building Officials and Code Administrators International BOCA) は中西部で広く用いられている建築規則を設定しているが、そこには屋根上雨水貯留の義務化について指導する部門をもっている。これによれば最大の深さは3インチを超えてはならないし、25年降雨は17時間内に排出されなければならない。屋根は止水壁の中に取り付けられた屋根の面から3.5インチの高さの排水孔を付け勾配は0でなければならない。導水管の大きさは、屋根の面積から決められている。そして10,000平方フィート以下の屋根には最小

2つ、10,000平方フィートを上回る屋根には最小4つの導水管が必要である。

FMR (Factory Mutual Research) もやはり最大水深は3インチで、屋根は35ポンド/平方フィートの活荷重に対して設計されるのが良いとしている。漏水の危険や、水が長く屋根にとどまることによって生じる亀裂(とくに結氷によるもの)のために、最大排水時間として24時間を設計に用い、1フィート当り0.25インチの勾配を付けることが勧められている。FMRは、雨水貯留を行なうことについては、何らの大きな問題点をあげていない。

しかし、これらの規則は貯留の利用を義務付けてはいない。かわりにそれらの利用の細目を指導している。これとは反対に、デンバー都市再開発局(Denver Urban Renewal Authority)は、F町地区の再開発において、屋根上貯留の使用を義務付けている。すべての新規建築物は、施設の中にそのような貯留を組み込まなければならないし、現在建築物は貯留を施設化するように改造しなければならない。最大流出量の1インチ/時間 という具体的限界もセットされた。

10-2. 建築許可ならびに土地細分化認可 (Building Permits And Subdivision Approval)

建築許可と土地細分化認可は、貯留の義務化にあたっての広く用いられている2つの手法である。条例は、各種の開発において準備されなければならない。貯留の量を規定しているが、用いられるべき貯留の型については規定していない。

たとえば、イリノイ州ネイパービルでは、2.5エーカー以上のすべての新規開発は水を制御して放流し、貯留することが条例で義務付けられている。許容放流量はネイパービル地域に寄与する排水区の流出と、地域内の放流水域の安全容量によって決定される。安全容量は、洪水はんらんを起すことなく処理可能な流量として定義される。これには0.15インチ/時間 という最大の限界がセットされた。貯留量の義務付けは、認知された機関により出版されたデータによって与えられるような、任意の継続時間に対する100年降雨からの流出をとどめるに充分な貯留を要求している。この認知された機関については、条例の中に規定されている。条例は異なるタイプの流域に対する設計手順を詳しく説明している。たとえば、通常乾燥している流域では4フィート以上の貯留は認められないし、100年降雨のあと72時間以内に排水されなければならない。非常時の余水吐のほか、最小と最大の法勾配が決められている。

湿潤な凹地、即ち通常水をたたえている池のようなものに対しては、魚などを飼う以外には4フィートが最小深さである。この場合、池の1/4は10フィート以上の深さがなければならない。池の浄化をはかるためには、重力排水のほか、エアレーション設備が設けられなければならない。さらに池がかんがい用水供給に用いられているときは、かんがい用水分を別として100年降雨からの流出をためよう建設されねばならない。

区画細分認可にもこれが必要であり、これの反則金は500ドルである。この条例はネイパービル市規則の一部であり、水資源局上下水道配管課の管轄下であり1972年12月11日から実施に移された。

イリノイ州ジョリエット市も同様の条例を提案した。この条例では地域からの流出量は3つの条件に合致しなければならない。すなわち、

- (1) 流出量は過去に記録されたものを上廻ってはならない。
- (2) 最大許容流出量は、排水施設の容量に対して割当てられる。
- (3) 下流の排水施設に余力がない場合には、流出量は2年降雨で流出率0.3を上廻ってはならない。

貯留容量は、気象局のデータに基いてすべての降雨継続時間の100年降雨に対処できる必要がある。この義務付けは10エーカーを上廻る宅地開発すべて、5エーカー以上の宅地以外の開発ならびに規模にかかわらず、60%以上の不浸透域を有するすべての開発行為に適用される。

施行命令は、建築許可の発行を通じて行なわれる。そして、大規模な公園内の池を利用した施設は、市にゆだねられ、同時に市が保守と操作の責に任ずる。

イリノイ州北部に位置するケイン郡では、雨水貯留条例が1973年5月8日に成立した。これはネイパービルの条例に非常に似ている。すなわち、25エーカーを上廻るすべての新規開発に対し、貯留が義務付けられ、放流量は下流施設の安全容量または0.20インチ/時を上廻ってはならない。貯留容量は、やはり100年降雨にもとづいて算出されている。水をためない池（すなわち、これらの池は通常乾いている）は、貯留に用いられていない時には、レクリエーション・スペースまたはオープン・スペースに利用される。常に水のある池では汀線浸蝕防止をほどこし、少なくとも4フィートの水深を保ち、そしてもし魚が飼われている場合には少なくとも1ヶ所以上で9フィート以上の深さがなければならない。区画細分の認可においては、排水に関する認可が必要とされる。

前述の例は、すべてイリノイ州北東部に属するが、シカゴ大都市圏衛生公社の努力により、似かよったものとなっている。この地域は地形が平坦で排水条件はよくない。その結果、多年にわたり当公社は貯留池の利用を奨励して来た。最近公社は、下水道の接続許可の発行に際し、雨水貯留を義務付け、所管の地域がその基本排水計画を策定するよう督励した。これによって、公社の所管でない地域でも基準を策定するようになって来た。詳細な設計法が公社によって決められている。

現地貯留は、5エーカーを超えるすべての商業開発について、なされなければならない。貯留容量は100年降雨に基き、許容放流量は未開発時の3年降雨からの流出に基く。大都市圏地域近傍の他の行政体も同様な条例または規制を提案ないし採用した。

イリノイ州北東部の洪水はんらんは、きびしい問題である。何故なら土地は平坦で、排水路は未発達で比較的不浸透の土壌のために流出率が高いからである。

10-3 条例ならびにその他の立法 (Ordinances and Other Legislation)

アルブーカーキ大都市圏洪水防御局は、1972年新規土地開発に対し、現地雨水貯留を義務化する決議文を採択した。この立法に先立つ準備として、アルブーカーキの一部の雨水排水コントロールの手法比較の研究および関係する個人・団体の意見聴取が行われた。コンサルティング・エンジニア、住宅業者、土地開発業者、市の土木技術者、および専門の工学会から技術的助言ならびに情報が与えられた。反対もかなりあったが、アルブーカーキにおける雨水排水問題を理解するに従い、これらのグループの注意は、立法化に集まった。

立法対象は2つあり、都市排水と開発、すなわち水路の整備と一般の開発に起因する流出増である。水路整備に対し条例は下流の雨水施設の容量を超えないか、もしくは100年確率の降雨からの

自然流出量を超えない範囲でしか開発による流出を認めないとしている。これは開発による流出についても同様である。

この条例の実施は、建築許可の承認もしくは治水当局による小区画の事業認可を通じてなされる。建築許可の承認は、水路内の全ての開発もしくは水路外で20エーカー以上の大規模開発に対して必要とされる。小区画の事業認可(plat approval)は、法により公聴会の義務がある全ての開発に対して求められる。さらに公聴会が必要でないところでも、この認可は土地のどの部分にも水路がないことを、市や郡の計画部局が確認しない限り必要とされる。

この条例下で、公害訴訟等による法的措置が可能になる。この条例に従わない開発による土地利用のすべては公害であると勧告され、司法権を有する治水局(Flood Control Authority)、市、郡もしくは治水局の司法管轄内に住むあらゆる個人によって訴訟を始めることができる。

「100年降雨」と「雨水排水施設の容量」という単語の定義を除くと、この条例は条例をじゅん守するために採られるべき標準について特別の記述をしていない。一般的な達成目標のみが示され、じゅん守すべき細部については治水局の技術行政官の認可によってなされる。技術行政官が認可を拒否した時には、局の技術基準委員会に対して抗議が行なえる。もし再び拒否されたならば、局の評議委員会に訴えられる。委員会は、このほかの評議委員会に対し、必要な条例の改正を勧告する義務を持っている。

〔その他の建築許可および区画細分条令〕：貯留に係わる法は、次のようなところで施行または準備されている。すなわちネバダ州レノ(Reno)、アリゾナ州フェニックス、ニューヨーク州ナッソウ、モンロー、およびサフォークの諸郡、およびスタニスロースの諸郡である。これらの法はいずれも特別な議論を正当化するものではない。しかしながら、興味あるものとしてミネソタ州ラムセイ郡の条例を以下に要約して示そう。

セントポール市を含むミネソタ州のラムセイ郡は、1頁に満たないという恐らく貯留に関しては最も簡潔な条例を持っている。開発によって自然状態よりも大きくなるような流出の増加が生じるという認識のもとに1972年6月21日に採択された決議文は次のように述べている。

『すべての地域においては、そこからの流出を増加させるような種類の土地開発にあたっては、汚濁除去の対策が講じられなければならない、さらに湖水、水路もしくは水流への流入流量が開発前を上廻らないような対策が講じられねばならない』

実施にあたっての罰則や適用限界は何も書かれない。

ヴァージニア州フェアファックス郡は、流出抑止のための公的な条例を確立していない。要求は開発業者に対して発行されるガイドラインに基づいてなされ、必要な時および特別な状況が起るときに改訂される。このことは開発業者が基準に対して提案する手法をきびしく、かつじゅん速に評価する仕組みはないが、ひとつの地域にとって最良であったことが必ずしも他の地域ではしっくりいかないということを認める柔軟性は、ある程度あるということである。

10-4. 排水料(Drainage Fees)

コロラド州デンバー大都市圏地域における排水システムの開発は、種々の点でユニークである。

この地域における排水問題は数年前に認識され、いくつかの代替案について詳細な調査がなされた。デンバーの都市排水および洪水防御公社が、この排水を取り扱うシステムを作るべく創設された。同公社は、すでに法令を提案してきたのであるが、未だ、これらの提案された対策に関する立法化の動きはなかった。しかしながら、この地域の各市は自分たちで行動を起こした。たとえばデンバー市では、100年降雨からのピーク流量を開発前の流出係数のもとで275年降雨のピーク流量に下げることが必要であるとした。しかしながら、デンバー大都市圏地域でとられたもっともユニークな対策は排水料である。これは少なくともアルバーダおよびボールダーの両方で用いられた。

コロラド州アルバーダでは、新規開発において既存の流出を上廻るものすべてに対し、貯留をはからなければならない。もし開発業者がそのような施設の建設を望まないようなら、当該地域における雨水排水のコストに、彼の開発行為が付加するコストを反映するような排水料が割当てられる。単価は法によって毎年2月、標準もしくは単位の区画(lot)について算定、改訂される。料金は、標準の区画と比較して、その区画からの流出に基づいて算出される。たとえば1972年改訂版では単価は54~4551ドル/エーカーであった。そしてそれは区画が位置する排水域によってきまる。この料金は当該流域において必要な排水施設の建設コストを反映している。もしデベロッパーが適切な貯留を行ない、既往の流量なみまたはそれ以下に流出をおさえるなら、彼には割当てられない。もしそのような施設を用意するにあたって、彼の費用が排水料を上廻るようなら、その余分の費用をアルバーダ市はデベロッパーに償還する。施設の操作と保守はアルバーダ市の責に帰する。

このような料金の割当ては、開発時に一度行なわれるだけであり、料金の納入は区画細分の認可に対し必要とされる。

コロラド州ボールダー市では、排水サービス料のシステムで行なっているが、この料金は継続的に割当てられ、毎月請求される。料金は所有地からの総流出に基づいて計算される。もしある区画からの流出が倍なら、排水料も倍になる。市によって標準の単位区画がきめられていて、ロットの面積と流出係数が規定されている。すべてのロットは標準ロットに従って比例配分されている。9,600平方フィートの標準ロットで流出係数が0.30のときには、サービス料は1.00ドル/月である。流出係数0.90で960,000平方フィート(約22エーカー)の地には300ドル/月が割当てられる。このことにより、割当てられたサービス料を下げるための貯留施設が奨励されるのみならず、排水施設の財政にも貢献する。

10-5. 州 法 (State Laws)

メリーランド州とくにモントゴメリー郡においては、シルトによって引き起こされる水質汚濁の防止に流出の貯留が用いられている。州の法務長官の法的見解によって、シルトは汚濁物として認められ、それにより、当局はピーク流量の低減のための貯留を含めて、この汚濁物制御対策をとることを認められた。現在では、5エーカー以上の住宅地域および2エーカー以上の公共施設地域においては、2年降雨に対する現地貯留が法によって義務付けられている。6つの貯留の選択肢が述べられている。

- (1) 屋根上 (2) 駐車場 (3) 地下貯留 (4) 水なし池 (dry basins)

(5) 湿潤池 (wet basins) (6) 浸透孔 (seepage pits)。

保守は、街路流出の公園の池での貯留を除いて、所有者の責任である。設計データは条例の中に含まれており、承認は建築許可の発行を通して行なわれる。

10-6. 維持と操作 (Maintenance and Operation)

現地貯留施設の保守、操作は、この施策に対する有責性の問題で複雑化されている。このような施設を強制的に義務化したのだから、これらの施設を保守する責任は地方自治体にあるとする議論がある。うたがいもなく有責性に関する論争は当面未解決で残るであろうし、地方の司法権は異なったやり方で問題に接近し、種々のタイプの貯留施設の保守と操作に対する異なった答を発見するであろう。

そのようなひとつの取りきめが、イリノイ州ジョリエットの条例案中にあげられている。公園内の池、貯留施設が成功裡に建設された後、施設は市に移管され、保守および操作の全ての責任は市にかかっている。

イリノイ州パラティン村は開発業者との合意書で、雨水の現地貯留の建設を認め、所有権、保守および操作の条件を明記している。村が所有者によってなされる保守が満足すべきものでないとすることがない限り、所有者が自分で保守することをこの契約は認めている。村当局は所有者に対し必要な保守を実施するように通達し、もし、所有者がこれをじゅん守しない場合は村長が保守を実施し、所有地に対しその費用をうめるだけの先取特権 (lien) を設定する。この合意が有効なのは土地開発の完成時までで、完成時には村は貯留施設の保守に対し完全に義務を負う。他の例においては、所有者は彼の後任者を含めて永久に保守することに合意し、村との契約に従う。

要するに、全国的に見ると種々のレベル、種々のタイプの義務化が雨水の現地貯留を規定するために、公共機関によって確立されてきている。ある法令は非常に一般的なもの、これには流出は制御されなければいけないとのみ規定している。また、ある種の法令は大変に規定的で、設計基準、すなわちどのように制御がなされなければならないか、何の公式を使うべきか必要貯留容量、許容最大放出量、必要な安全措置等を詳しく述べている。大部分の法では現地貯留をして、下水道や区画細分の建設工事に対する許可を得るための義務であるとしている。罰則規定や誘導規定のある法令はあまりない。わかっている限りでは2つの市のみが排水料システムを持っている。

通常は、流出量を開発前の状態、すなわち2ないし3年降雨の状態に抑えることが求められている。しばしば100年降雨の流出を貯留することが要求されている。

排水公社が設立されていなければ市町村条例を採用させるために州が強力な法規制力をもつ必要性は見出されなかった。しかしながら、現地貯留によって洪水問題の制御を行う公共機関の権能についていくつかの疑問が生じて来ている。

また、洪水防御ひいては貯留というものが、下水道雨水管の一部であり、また水質汚濁制御といった、他のいくつかの機能をもっていることが一般的に認識され始めている。

貯留施設の財政措置は、通常法制の責任範囲ではない。開発業者によって、一般には建設資金が準備されている。しかしながら、しばしば地方公共団体がそのような施設の保守と操作を行って

ることもある（施設が公機関に譲渡されている場合）。

洪水防御を目的とした現地雨水貯留条例の採用をはかった州の計画の例はなかった。たとえばシカゴ大都市圏衛生公社の計画のような、わずかの地域計画があるにすぎない。貯留施設への規定の適用は開発の面積と土地利用に基いている。通常商業地域に比し、洪水問題にあまり関与しない住宅地域が当面する義務は、それほどきびしくない。多くの法令の対象は新規の商業地開発、大規模宅地開発、ならびに大規模な不浸透域を生じる他の土地利用に集中しており、通常の住宅区画を除いている。しばしば種々のタイプの地被と降雨強度に対する流出係数の標準値が、その地方での規定に合致するように設計できるよう、地方条例の中で与えられている。

第11章 実施指導および必要な研究

(Implementation Guide and Research Needs)

以下に述べる提案は種々の雨水貯留施設とその計画、および一般の雨水対策と氾らん防御事業を実施する際に、公共機関の手引として役立つものである。

1. 排水やはんらん問題の範囲を決定すること。
2. 問題が将来広がる範囲を推定すること。
3. 現地の水文及び水理学的特性の決定、これには種々の確率年や記録的な河川流量をもたらした降雨強度及び降雨継続時間の決定を含む。
4. 現在及び将来の問題に応じた最終目標と目的の明確化。
5. 施策のためのマスタープランを策定すること。このプランでは、可能な雨水対策の代替案、管轄区域内（それに流域全体の）将来の都市膨張、それに雨水流出の現実的な将来利用と（あるいは）処理などを考えるべきである。
6. できる限り雨水の排水及びはんらん防御の問題に対する地域的なアプローチがとられなくてはならない。なぜなら、ある公共団体の実施した解決策は、他の公共団体、新たな問題となりうるからである。近隣地域が将来どの程度開発されるかということは、流出量ははんらん問題、及び処理施設の計画にあたって、特に重要な要因となる。

地域的に権限をもった機関を作るためにも、強力な州の法制が必要となるであろう。

7. マスタープラン作成と同時に、排水及びはんらん問題に対する種々の対策や設計基準も用意されねばならない。
8. 設計基準を用いて詳細計画を策定すること。
9. 解決策の最終目標を達成するため、設計基準を満足するため、それに詳細計画に適したものとす
るために、法令を制定すること。適切な条例には次のものがある。
 - はんらん原土地利用区分法案
 - はんらん原の建物の耐水化条例
 - 新しく建つ建物または現在の建物の屋根上、公園地区、それに新規開発地区のオープンペースに雨水貯留を義務づける法案
 - 屋根の排水管を公共下水道につなげないための法案
10. 財政上及び事業実施上の方策を策定すること。
11. 技術設計を行うこと。
12. 新たな解決策を提供あるいは必要とするような将来の開発を認めながら計画を実行すること。
13. 一定期間毎に、計画を新しくすること。
14. 市民に情報をたえず流すこと。たとえば計画の進行状況、雨水処理計画は地域の人々にとって役立つものであること、及び今後の計画などをよくPRする。

11-1. 必要な研究 (Research Needs)

地方計画や事業の策定の指導に利用されている実施指導や情報を再検討していると、もう少し研究や情報を追加したほうがよいと思われる地域が明らかになってくる。

次の11項目のリストは、考慮すべき主要な項目を網羅している。

- 法的見地：調査が必要な法的見地の問題としては、貯留池設置を要約する行政権限の問題、どうすれば厳密な土地規制が可能なのかという問題、排水法と貯留池の関係問題、それに、水利権 (water rights) と流出水貯留の両立性の問題、などがある。
- 費用割当て：貯留施設の建設費用と維持管理費は、必要であると認められた以上は、関係するすべての団体に公平であることが必要である。施設が共同または公共のものである場合には、費用割当て問題は最も重要であり、費用割当ての方法が公平を期すべく調査されるべきである。
- 維持管理：雨水貯留に関する重要な問題は、施設の維持と管理であるので、その地域においてこの問題に解決を与えることは、貯留施設の利用に対する主要な障害を除去したことになる。

維持管理を軽減するための設計手法は、個人あるいは地方公共機関にこの維持管理の責任を委任することが、最もよい方法であるのかということを判断するための調査と同様に必要である。維持管理が個人の責任でなされている場合には、その責任を公的機関に移すような準備を行なうべきである。また維持管理の最良システムの研究も行なわれるべきである。

- 行政：効果的かつ効率的な行政及び組織の体系を研究する必要がある。計画策定にあたって、利用される組織（たとえば、その地域の公共機関、市の土木部など）と法規の種類は種々の代替案及びその長所と欠点を示すために研究する必要がある。

雨水貯留の目的は、流出を自然の状態にもどすことにあるが（これが行政の最終目標であると思われる）、貯留池施設とその事業を実施及び管理する場合の行政上の問題によっては、この最終目標を達成する方法として、貯留がもっている望ましさを減少させることもあるかもしれない。従ってこのような問題を克服する方法についての調査が行なわれるべきであり、それに関する知識は大いに広める必要がある。

- 現在用いられている貯留の手法：現在用いられている雨水貯留手法はもっと研究される必要がある。たとえば、貯留池として平らな屋根を使用すれば、自動的に貯留を増やしていることになり、また人にも見えないし、加えて樋の費用を節約することにもなる。しかし、この方法には構造的に過負荷のために屋根の破損や水漏が生じないかという危惧がある。現代的設計や建築技術は十分にこれらの問題を処理できるはずである。屋根上貯留の効果に関する研究も、貯留を増やすためのよりよい設計及び建築技術と同様に調査されるべきである。その他、在来の貯留手法もまたその有用性を大きくする目的で研究されるべきである。
- 浸透性舗装：都市流出の問題の多くは、都市地域にみられる大きな不浸透に起因するものである。それで舗装地域からの流出量を軽減でき、その結果として流出量を小さくできる。浸透性舗装は都市流出の問題を軽減するのに大きく貢献するだろう。だが、この舗装によりすべての問題が解決できないのは明らかであるし、この舗装が広く利用されるのは何年も先のことである。しかしながら、この手法は将来にわたって有望であると考えられ、この継続的な研究が必要である。

- 貯留の新しい手法：貯留の新しい手法をもっと研究すると、貯留という考え方に何か新しい有用性がもたらされるとともに、貯留池を実施にうつすためのさらに進んだ手法が得られるだろう。
- 都市水文学：都市水文学の全体の分野にわたってさらに研究を行う必要がある。このような研究を行うことは、雨水対策の一般的な課題と同様に貯留の効果をも増大させることになるだろう。そして、都市からの流出量をもっと精度よく予測できるモデルがわかれば、貯留施設の位置と規模を決定する際に役立つだろう。しかし実際に、このようなモデルを設計に用いることができるのは、雨水流出特性に関する十分な時間的、空間的データがモデルの良好な検定値として利用できる場合のみであろう。
- 都市流出の汚染：都市からの流出が汚染されていることは十分に立証されている。従って、汚染を最小にできる方法の決定：下水処理場で行なわれている処理とは大分異なっているかもしれないが、汚染に対して処理を行うこと：都市雨水の汚染が放流水面に及ぼすいろいろな影響の決定：さらに、現在の都市流出の汚染調査にみられる矛盾をくつがえすだけの、都市流出汚染負荷を予測できる検定モデルを策定することなどのために研究が必要である。現在のところ、降雨、流出量それに流出水の水質を同時に得ているデータはあまりない。
- 雨水の利用：雨水を流出させずに貯留する、あるいは雨水流出を浸透させるなど、水資源を増大する目的で、雨水を利用することは地下や地表の水資源が、将来の需要によりひっばくするにつれてさらに普及することになるだろう。それ故に雨水の利用に関してもっと効果があり、効力のある方法の研究がすすめられる。現在必要な研究の多くは汚染問題を取り扱っているが、その他の研究としては次のようなものがあげられる。即ち、よりよい浸透手法、地下水が都市流出によってうける汚染の影響、それに利用できる体制が整うまで蒸発やしみ込みを減少させて、貯留水を保存する方法、等である。
- 流出と土地条件：土壌の種類、地被、地形と雨水流出の関連の研究は推せんできる。このような研究はいくつかの都市あるいは効外地域に存在する大きなオープンスペース地域からの流出を軽減する方法を提示するであろう。

以上のまとめとして、新しい都市水文学と貯留池の手法の研究は、都市流出によるはんらんと汚染の重要な問題を制御できる新しい解答を与えるだろう。雨水貯留のあらゆる側面が、技術的、法的、そして制度的問題を含めて、調査されるべきである。

付録A 続き

州名	地方公共団体 及び機関	人口	施設数				
			屋根上	駐車	地表貯水	池	その他
Maryland	Montgomery Cnty.		26	3	10		82
Michigan	Ann Arbor	100,000		1	3		
	Oakland Cnty.						
	Road Comm.	908,000		4			15
Minnesota	St. Paul	310,000	10				
	State Highway Div.	NA					3
Missouri	Lee's Summit	16,000					5
Nebraska	Grand Island	31,000		1	6		1
Nevada	Reno	73,000					6
New Jersey	Union Cnty.	543,000			4		2
New York	Buffalo Sewer						
	Authority	NA		100			100
	Suffolk Cnty.						101
Ohio	Butler Cnty.	226,000					5
	Toledo	384,000	1	4			1
S. Dakota	Rapid City	44,000					4
Tennessee	Memphis	624,000					4
	Nashville	448,000			8		4
	Selby Cnty.	722,000			1		4
Texas	Dallas	844,000	5				
Virginia	Fairfax Cnty.	455,000	1	1			3
	Henrico Cnty.	154,000		2	2		
Wisconsin	Kenosha	79,000			3		
Canada							
Alberta	Calgary	403,000	10	2	2		2
Manitoba	Winnipeg						
	Water Works &						
	Waste Disposal	NA					4
Nova Scotia	Halifax	122,000	17	5			
Ontario	Windsor	203,000	12	12			

CHAPTER 12 REFERENCES

1. *Treatment of Urban Runoff*, F.J. Condon. Paper presented at International Public Works Congress and Equipment Show, American Public Works Association, Minneapolis, Minnesota, September 21-27, 1972.
2. *Design of Stormwater Detention Facilities*, W. Lindley, Lindley & Sons, Incorporated, Hinsdale, Illinois, 1973. (Unpublished)
3. *Design Methods for the Design of Detention Facilities*, E.L. Claycomb, L.A. Muller, Fraiser & Gingery, Consulting Engineers, Englewood, Colorado, 1973. (Unpublished)
4. *Urban Storm Drainage Criteria Manual for Denver*, E.L. Claycomb, L.A. Muller, 2 volumes obtainable from Urban Drainage & Flood Control District, Denver, Colorado.
5. *Earth City, St. Louis County, Missouri, Stormwater Detention Storage*, project report, by S.W. Jens, Reitz & Jens Consulting Engineers, St. Louis, Missouri, 1972. (Unpublished)
6. *Trucking Terminal, Consolidated Freightways, Incorporated, St. Louis, Missouri*, S.W. Jens, Reitz & Jens Consulting Engineers, St. Louis, Missouri, 1972. (Unpublished)
7. *Fort Campbell, Kentucky, Detention Storage Storm Drainage System*, S.W. Jens, Reitz & Jens Consulting Engineers, St. Louis, Missouri, 1972. (Unpublished)
8. *Guidelines for Erosion and Sediment Control Planning and Implementation*, The Department of Water Resources, State of Maryland, and Hittman Associates Inc.; U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., August 1972, 228 p (pp 148-158).
9. *The Beneficial Use of Stormwater*, Hittman Associates, Inc., U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., January 1973, 266 p (pp 65-97).
10. *Use of the Universal Soil Loss Equation as a Design Standard*, Michael A. Ports, ASCE Water Resources Engineering Meeting, 1973, Hydraulic Division, Washington, D.C., February 1973, (pp 1-2).
11. *Reduction of Hydraulic Sewer Loading by Downspout Removal*, G.L. Peters and A.P. Tröemper, Journal of the Water Pollution Control Federation, January 1969.
12. *Investigation of Porous Pavements for Urban Runoff Control*, Franklin Institute Research Laboratories, report of Phase A of project, for U.S. Environmental Protection Agency.
13. *Guidelines for Erosion and Sediment Control Planning and Implementation*, Hittman Associates and the Department of Water Resources, State of Maryland, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., August 1972.
14. *A Practical Feasibility Study of Flood Peak Abatement in Urban Storm Runoff*, Gert Aron and Charles E. Egborge, The Pennsylvania State University Institute for Research on Land and Water Resources, March 1973.

第12章 参考文献 (References)

付 録 A

3 つ以上の現地貯留施設を報じてきた公共機関

州 名	地方公共団体または機関	人 口	施 設 数			
			屋根上	駐車場	地表貯水池	その他
ア リ ゾ ナ	メ サ (Mesa)	63,000				3
	アナハイム (Anaheim)	167,000		5		
	バーバンク (Burbank)	89,000				20
	フ レ ス ノ (Fresno)	166,000		1	12	7
	フレスノ郡 (Fresno Cnty.)	413,000		17		
	カーン郡 (Kern Cnty.)	329,000		2		32
	ロサンジェルス郡 (Los Angeles Cnty.)	7,032,000			2	1
	モ デ ス ト (Modesto)	62,000				10
	サンジュアキン郡 (San Joaquin Cnty.)	290,000				50
	サンタバーバラ郡はんらん防衛及び水保全公社 (Santa Barbara Cnty. Flood Cntrl. & Water Cons. District)	NA		5	2	10
	ソ ラ ノ 郡 (Solano Cnty.)	170,000				6
コ ロ ラ ド	トレア郡 (Tulare Cnty.)	138,000				45
	アルバーダ (Arvada)	47,000	2		4	
	アラパホ郡 (Arapahoe Cnty.)	162,000				3
	デ ン バ ー (Denver)	515,000		85	4	6
フ ロ リ ダ	フォートコリンズ (Ft. Collins)	43,000		3		
	ジャクソンビル (Jacksonville)	529,000			20	12
	オレンジ郡 (Orange Cnty.)	344,000		10		50
	タ ン パ (Tampa)	278,000				50
ジョージア	オルバニィ (Albany)	73,000				11
ハ ワ イ	ホノルル (Honolulu)	325,000			1	3
イ リ ノ イ	シ カ ゴ (Chicago)	3,367,000		100		1
	ホッフマンエステイス (Hoffman Estates)	22,000			17	
	マウントプロスペクト (Mount Prospect)	35,000	1	1	2	6
	ナパービル (Naperville)	24,000		10		3
	パラティン (Palatine)	26,000	4	9	3	4
	ウィル郡高速道路局 (Will Cnty. Dept. of Highways)	249,000			3	
インディアナ	エバンスビル (Evansville)	139,000				5
アイオア	エイムス (Ames)	40,000		2		2
カンザス	カンザスシティ (Kansas City)	168,000			2	1
ケンタッキー	ジェファーソン郡 (Jefferson Cnty.)				102	
	ルイスビルとジェファソン郡のMSD (MSD of Louisville & Jefferson Cnty.)	NA				6

付 録 B

NIPPC会議

イリノイ州北東地域は、長年にわたり雨水流出による大はんらんを経験してきた。そのため1972年、この地域に対して中小企業局 (Small Business Administration) が、21億ドル以上の洪水被害貸付金の認可あるいは検討を行った。

北東イリノイ計画委員会 (NIPPC) は、雨水対策計画策定を行なっているが、上述の貸付金は1974年の連邦会計年度まで利用できない。しかしながらはんらん問題と雨水排水問題に関する施策はその時まで待つことはできないので、委員会は計画の開始時期を早めようとした。この計画策定にあたっては地方公共団体、その他の援助をもとめることもふくまれている。

まず計画策定の第一段階として、会合が地域の洪水被害者の代表を交えてひらかれ、さらに雨水排除システムの専門家にインタビューすることにより、はんらんの性質や問題点に関するより多くの知識が得られた。これらの専門家や洪水被害者から得られた意見の概要が、3,500以上の地方公共団体へアンケート用紙を添えて送られた。その中でそれらの団体は、局地はんらんの問題とその解決策の障害を明確にすること、またどのような組織または機構が問題解決の責任をとるべきなのかについて意見をもとめられた。その後、これらのアンケートに対する解答は37の提案として同じ3,500の地方公共団体へ再び送られ、それぞれの提案に対して賛成か否かということ、それに実行されるべき、あるいは詳細に検討されるべき提案をあげることをもとめられた。そして、最も高い評価を得た提案が、NIPPCによって主催された1日会議での討論の基礎資料としてとりあげられた。その会議には地方及び国の役人、コンサルタントの技術者、その他の関係者が出席した。

この会議の参加者は、局地はんらんを防御するために提案された7つの主要な施策に順位をつけるようもとめられた。表-37はNIPPC調査の参加者の分類別順位表であり、会議で提出された412の順位表をまとめたものである。この表からわかるように7つの代替案には、以下のものがある。

- (a) 現地雨水貯留計画の実行
- (b) 排水路のシステムとしての欠陥の是正
- (c) 水路における障害物の除去
- (d) はんらん原の貯留能力の保存
- (e) はんらん原の土地利用区分の制限
- (f) 雨水対策の責任を明確にし、地方行政上の欠陥を是正するための州法制強化
- (g) 洪水防御のための州と（あるいは）連邦の貸付金の増額評価段階に参加した人々の分類、順位が5つの欄に示されている。

これらの5つの分類名とその人数のうちわけは州議員 (state legislator) 16, 選挙で選ばれた地方行政官 140, その他の地方役人 97, その他 97で全参加者は412人である。

雨水の現地貯留 (施策A) のための施設設置は明らかに優先順位を1位に推薦できるに値する方法として賛成をうけた。この方法は5つのうち4つの分類（ただし州議員の分類を除いて）で優先順位が一位であった。この州議員の人達は412名の評価者のなかのほんの4%を構成しているにすぎない。

表-37. 参加者分類別順位（地域豪雨および洪水対策計画会議 1973年3月10日）

部 類 別 参 加 者 数 局地はんらの解決と (あるいは) 縮小するための種々の可能な施策	16 州 議 員	140 選 挙 で 選ばれた 行 政 官	159 その他の 地 方 行 政 官	97 そ の 他	412 全参加者
A 雨水流出防御は、はんらんや雨水対策においては重要なことである。雨水は降ったところの近いところで、できるだけ長く貯留しなければならない。(訳者注：雨水現地貯留の趣旨)	4	1	1	1	1
B 排水問題は下水道雨水管や人工水路に欠陥があると、いっそう悪化する。これらの欠陥は直されなければならない。	6	5	6	6	6
C 流水路における自然や人工の障害物は、水の流れを妨げ、はんらんを大きくする。不法な障害物をなくし、水路の容量を保つために継続的な事業が必要である。	7	7	7	7	7
D 平らな地形のところでは、洪水は周期的にはんらん原をおそうに違いない。はんらん原の貯留容量は保全されねばならない。	5	6	3	2	5
E はんらん危険地域から、建物を締め出すことは、はんらん原と資産所有者の両方を保護するための手助けとなる。現在及び将来のはんらんについての正確な情報は資産所有者と雨水対策当局の利用に供されねばならない。	1	3	5	3	4
F 現在の雨水及びはんらん計画や施策に対する行政当局の責任が非常にバラバラである。行政当局の役割が明確を欠き、効果的な施策がさまたげられている。州の法制強化はこれらの組織的欠陥を正すのに必要である。	2	4	2	4	2
G 洪水防御は主要構造物改良はさておき、はんらん防御事業の策定や管理に対しても不十分である。はんらん危険減少のための資金は増加すべきである。	3	2	4	5	2

が、現地雨水貯留を4番目にランクし、優先順位のもっとも高いものとしてはんらん原から建物を締め出す施策(施策E)をえらんだ。ほとんどの分類によって推薦された他の施策としては、はんらんの危険縮小のための目的で、さらに資金を供給すること、公共機関が雨水やはんらん防御計画に対して責任をもつことを明確に定義することによって、組織的欠陥を除こうとする州法の制定、そしてはんらん原の明確化と保護がある。

州議員の採点を評価するにあたっては、イリノイ州議会が1971年に州内のすべてのはんらん原の認定と、はんらん原の利用制限を要求する法案を可決したことが指摘できよう。このことは、なぜ州議員が施策Eに対して優先順位の一位を与えたのかを、いくぶん説明するものである。

図-49は各グループの平均優先順位をグラフをまじえた表として、NIPCによって作成されたものである。5つの棒線が、それぞれの施策の反対側に示され、これらの棒線の長さは優先順位をあらわしている——棒線が長くなれば優先順位は高くなる。

施策Eに対する州議員の棒線を除いて、その他の分類の施策Aに関する棒線の長さは図中の他のあらゆる棒線より長い。このことは、412名の評価者の96%が流出の現地貯留に高い優先順位を与えて

局地はんらんの解決と（あるいは）
縮小するための種々の可能な施策

平均優先順位（参加者部類別）

- A 雨水流出防御は、はんらんや雨水対策においては重要なことである。雨水は降ったところの近いところで、できるだけ長く貯留しなければならない。（訳者注：雨水現地貯留の趣旨）
- B 排水問題は下水道雨水管や人口水路に欠陥があると、いっそう悪化する。これらの欠陥は直されなければならない。
- C 流水路における自然や人工の障害物は、水の流れを妨げ、はんらんを大きくする。不法な障害物をなくし、水路の容量を保つために継続的な事業が必要である。
- D 平らな地形のところでは、洪水は周期的にはんらん原をおそうに違いない。はんらん原の貯留容量は保全されねばならない。
- E はんらん危険地域から建物を締め出すことは、はんらん原と資産所有者の両方を保護するための手助けとなる。現在及び将来のはんらんについての正確な情報は資産所有者と雨水対策当局の利用に供されねばならない。
- F 現在の雨水及びはんらん計画や施策に対する行政当局の責任が非常にバラバラである。行政当局の役割が明確を欠き、効果的な施策がさまたげられている。洲の法制強化はこれらの組織的欠陥を正すのに必要である。
- G 洪水防御は主要構造物改良はさておき、はんらん防御事業の策定や管理に対しても不十分である。はんらん危険減少のための資金は増加すべきである。

州議員	
選挙で選ばれた地方行政官	
その他の地方行政官	
その他	
全参加者	
州議員	
選挙で選ばれた地方行政官	
その他の地方行政官	
その他	
全参加者	
州議員	
選挙で選ばれた地方行政官	
その他の地方行政官	
その他	
全参加者	
州議員	
選挙で選ばれた地方行政官	
その他の地方行政官	
その他	
全参加者	
州議員	
選挙で選ばれた地方行政官	
その他の地方行政官	
その他	
全参加者	

図-49. 会議参加者分類別のはんらん防御に対する提案の評価表
地域豪雨および洪水対策計画会議、1973年3月10日
北東イリノイ計画委員会

いることを示すものである。

30の特別提案が与えられ、参加者によって評価された。これらの提案は先に討論された基本的施策の1つ、あるいは多くのものと関連している。表-38は現地貯留に関する6つの提案に程度の差こそあれ賛成した参加者数を表にしたものである。この表の「非常に賛成」「賛成」「未決定」「反対」「非常に反対」という見出しの下には参加者が雨水現地貯留を地方議会の条例制定によって、強制的なものに採用しようという意図が明らかにみうけられる。もちろん条例は州政府の最低基準を満足するものにしてのことだが。

表－38. 特別提案（地域豪雨及び洪水対策計画会議，1973年3月10日）

	非常に賛成	賛成	未決定	反対	非常に反対
A-1：州によって制定された最低基準に従って，すべての新規開発に適用できるはんらん貯留条例を制定することを地方自治体へ要求すべきである。	258	154	27	20	9
A-2：地方自治体は，すべての新規開発に関して開発業者による現地貯留を要求する法律を州からの圧力をうけずに採用すべきである。	148	132	42	82	35
A-3：現地貯留は開発業者のイニシアチブにまかせるべきであり，税金や他の公的奨励策といった方法で促進されるべきである。	9	22	25	174	213
A-4：開発業者は，新規利用の結果として現地貯留の費用を払うべきである。	237	179	24	11	5
A-5：地方公園公社は，貯留施設を作るさいには，市行政機関の責任の一部を分担すべきである。	102	236	59	31	13
A-6：連邦と州は地方自治体の貯留施設財源を援助することが大切である。	197	186	33	23	3

会議参加者の意見では，開発業者は新規開発の場合には現地貯留施設の費用を負担すべきであるということであった。一方，連邦と州の援助は，開発地域での必要な貯留施設に対して融資することにより，地方自治体を助けるために必要と思われた。

地方公共団体の意向は，イリノイ新聞のクック郡版で，ソールト・クリーク流域実行委員会（洪水防御に関する地方委員会）の委員長が「最も重要なことは，正しい順序に優先順位をおくために州法の再編成を徹底させることである。換言すれば貯水を州の政策とすることである」とのべたと報道された記事にあらわれている。

明らかにイリノイ州北東地域の地方公共団体は，地方での雨水対策としての現地雨水貯留に賛成しているのである。

付 録 C

地 下 貯 留

シカゴトンネル計画

シカゴ地域洪水防御調整委員会は、1970年にシカゴ大都市地域の水質汚濁と洪水防御問題を解決するための計画策定を開始した。委員会は、かつてイリノイ州のクック郡で雨水対策に関して提出された計画案を再検討した。

イリノイ州、クック郡、シカゴ市、それにシカゴ大都市圏衛生公社の四者で構成された委員会は、調査を行ない「シカゴ地域の洪水と汚染の防止計画の策定（はんらん防御調整委員会、1972年）」と題した技術報告書を作成した。合流式下水道の越流水の問題を解決するのに、あらゆる周期の降雨を考慮した種々の代替案が考えられたが、この場合二つの基準がこの調査のために設定された。すなわち、

- (1) 既往のすべての降雨に対し、ミシガン湖への逆流を防ぐこと。
- (2) イリノイ州とシカゴ大都市圏衛生公社によって定められたすべてに適用可能な水路基準の達成。

シカゴ大都市地域の375平方マイル、5,000マイルの延長をもつ合流式下水道には640もの越流箇所（雨水吐）がある。これらの下水道の分流化には44.7億ドルの費用がかかるとみられる。また、分流化に伴って、深刻な交通遮断や他の不利益なことが生じることなどから、下水道の分流化ははんらん防御や汚染問題に対する効果的な方策とは思えない。そしてまた、分流式には全域にふる大雨によるはんらんや流出による汚濁が生じるという問題が残されている。したがって、もっと満足できる解決策が必要であった。

水質汚濁と洪水防御問題を解決するために、23の異なる計画が調査され、そのうち5つの計画案がピーク需要時間の発電のための揚水貯留という考え方を利用するものであった。委員会の最終目標を満足できる第一次承認をうけた計画案は、それぞれさらに4段階の貯留容量に照らして調査された。

これらの容量あるいは修正点としては、

- (1) 計画案自体から提案された貯留
 - (2) 既往最大降雨に対する貯留
 - (3) ミシガン湖への流入を防ぐのに十分な貯留
 - (4) 1年降雨に対する貯留
- である。

この最後の提案は、湖への流入を防ぐための排水路の改修を求めるものであるが、その他の提案はおのずからこの最終目的を満たすことができる。調査の結果、どの計画案も会議の最終目標を満足する貯留容量を与えなかった。換言すれば、どの計画案も段階(1)のもとでは水質基準あるいは湖への排水問題を解決するためには十分でなかったということである。

調査された23の提案はいろいろな制御法を網羅していた。たとえばある計画案はすべての現有下水処理場をなくすことを提案した。すなわち、あらゆる合流式下水をイリノイ州の中心部へポンプ揚水し、そこで好気性処理をおこなって、その後大地へかんがい水として散布する案である。しかし、この案は他の提案の拡張のようにみうけられるので採用されなかった。

もう一つの案は、水路改修計画案であり、ロックポートで30,000立方フィート/秒の流量をシカゴ汚水および航行用の運河を改修して高水位以内に流過させることであったが、この代替案は水質汚染防

止を考慮に入れてなかったので、委員会の第二の基準に適合できずに棄却された。

ほとんどの提案は、地下及び地表面での貯留という考え方をもっていた。たとえばハーザおよびバウアー両コンサルタントによって1968年3月提出されたディープトンネル計画案がある。これはシカゴ大都市圏衛生公社への報告書の中で提案されたのであるが、カルメット近くの単一の貯留地域に合流式下水道の越流水を運ぶトンネルの使用を提唱している。その提案では地表面貯留も設けられて、落下孔のタービン施設でエネルギーを生み出すために使われる。また越流水はカルメット下水処理場で処理されることになっている。その他の代替案でも、地表面と半地表面貯留の両方のシステムを計画しているが、これらの案の相異点は、貯留地域の数と位置においてである。上述の提案は貯留方式であるが真の意味での現地貯留ではない。というのは、現地貯留方式では、雨水は下水道の中へ入る前に貯留されるが、シカゴに対して提案された案では貯留は雨水が下水道であつめられた後に設けられているからである。現地貯留は地域の都市化によって発展したシカゴ大都市地域においては現実的な解決策とは思えない。

貯留池の建設のためには、利用できるようなオープンスペースはほとんどないし、屋根上の貯留もこの場合昔の家屋構造は雨水の貯留を許容するものでないので、現実的なものではない。しかしながら、現地貯留の基本的概念は、あらゆる貯留手法に用いられている。即ち、余剰流出（あるいは合流式下水）は、システムの過負荷を防ぎ、暗渠や水路の中でピーク流量を減少するために貯留される。貯留の大きな目的の一つは、合流式下水道の場合、流出が大きい時に下水処理場をバイパスさせる必要をなくすることなのである。

洪水防御調整委員会によって検討されたその他の提案は、過剰合流式下水を地下流下させる考えを含んでいた。最終的に委員会によって採用されたのは、4つの代替案の特徴をあわせ使う方法であった。この選択は費用、問題を解決するさいの効果度、電力、舟運、そして環境やシカゴ大都市圏に与える計画のインパクトなど、多くの要因にもとずいている。

それによると、約5,400エーカー・フィートの貯留が設けられることになっており、この貯留量はミシガン湖への逆流を防ぐのに十分なものである。この計画の総費用はすべての代替案の中でもっとも費用が低いもので、122億ドルと見積られる。他の計画案はその効果はほとんど変わらないが、13億ドル～48億ドルの費用がかかるとみられる。たとえば、この122億ドルで採用された計画は、オーバーフロー(spillage)するSSを99.7%程度まで減らし、その総水量を97%まで除去できる。また、現在の条件のもとでは調査した21年間の記録のうち、オーバーフローするのはほんの4つの降雨期間に関するもののみである。1つは90エーカー・フィートのオーバーフロー、あとの3つは33,000～68,000エーカー・フィートの範囲のオーバーフローである。既往最大洪水に対して、貯留を備えておくことは100%まで汚染を減少させることになる。しかし、それには最低20.8億ドルの費用を要する。また1年降雨に対する貯留は水路改修とあいまって、最低の貯留量ですむが、最大の汚染を生じる結果となる。それでもSSのオーバーフローは99.4%まで減らせ、BODは98.7%まで、総水量は90%まで減らせる。21年間の記録を解析したところでは、23の降雨がオーバーフローを起し、費用は最低1.8億ドルで、総計画コストとしては採用された貯留案に対するものより高くなった。

委員会によって採用され、提案された計画は、合流式下水道の越流水を主水路の下につくられたトンネルの中に運び込むための314もの落下孔で構成されている。トンネルは地表面下約300フィートのところのシルリア紀白雲石（ドロマイト）層の中に作られ、その大きさは直径13.5〜42フィートの予定である。貯留池は3地域できれば4地域で利用されることになるだろう。10,000エーカー・フィートより小さい貯留が、二つの貯留池として設けられ、第三の貯留池は流出が大きくてより大きな貯留を必要とするときにだけ使われることになるう。

流出がおさまるとすぐシステムからの排水が開始され、合流式下水の越流水はいくつかの処理場で処理される。トンネルは越流水の自然流下と補助としてのフラッシングによって清掃される。また貯留池は池内での嫌気性分解を防ぐための曝気施設を持っている。図-50は処理のフロー図で提案されたトータルシステムを示している。

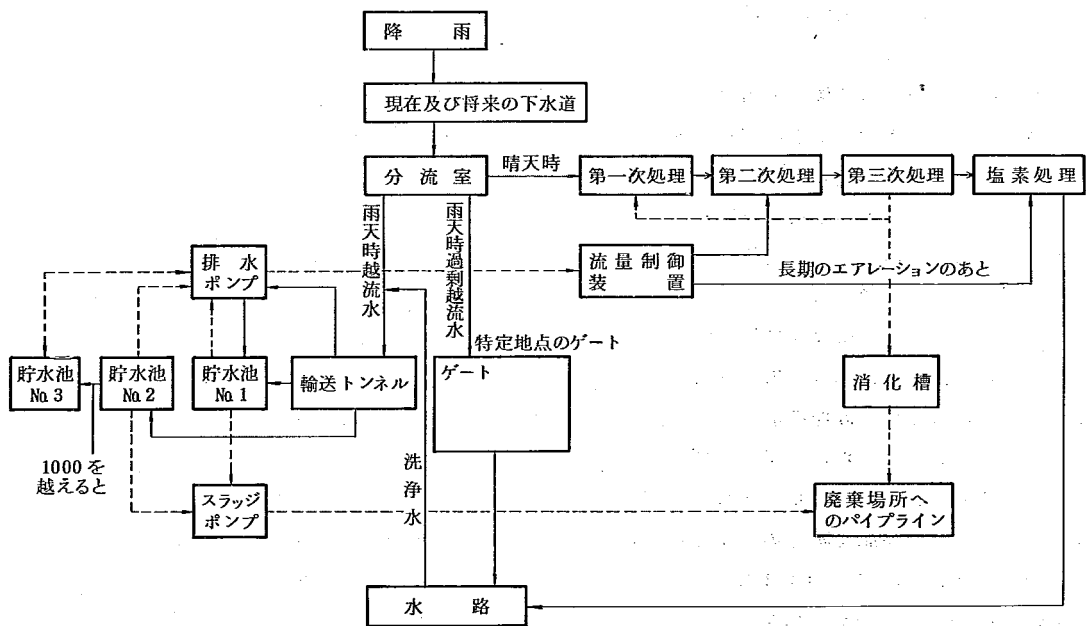


図-50 貯留した越流水の処理フロー図

全体システムは図-51 コンピュータによるモニターリングシステム図式に示されているように、実時間データ・ログシステムで監視され、降雨予測、雨量計の読み、落下孔操作、地下貯水池水位、滞水層のデータ、スラッジポンプ操作、ポンプ場データ、そしてスラッジ処理場データなどに関するものを含んでいる。提案されたシステムでは将来の計画として、合流式下水道からのはんらんや、汚染を防御するための方法を必要としている近隣地域へも提供されることが認められている。

気象予測	雨量	落下孔	コントロール データ	輸送 トンネル	貯留	ポンプ場	下 処 理 場	水 路	帯水層	その他
------	----	-----	---------------	------------	----	------	------------------	--------	-----	-----

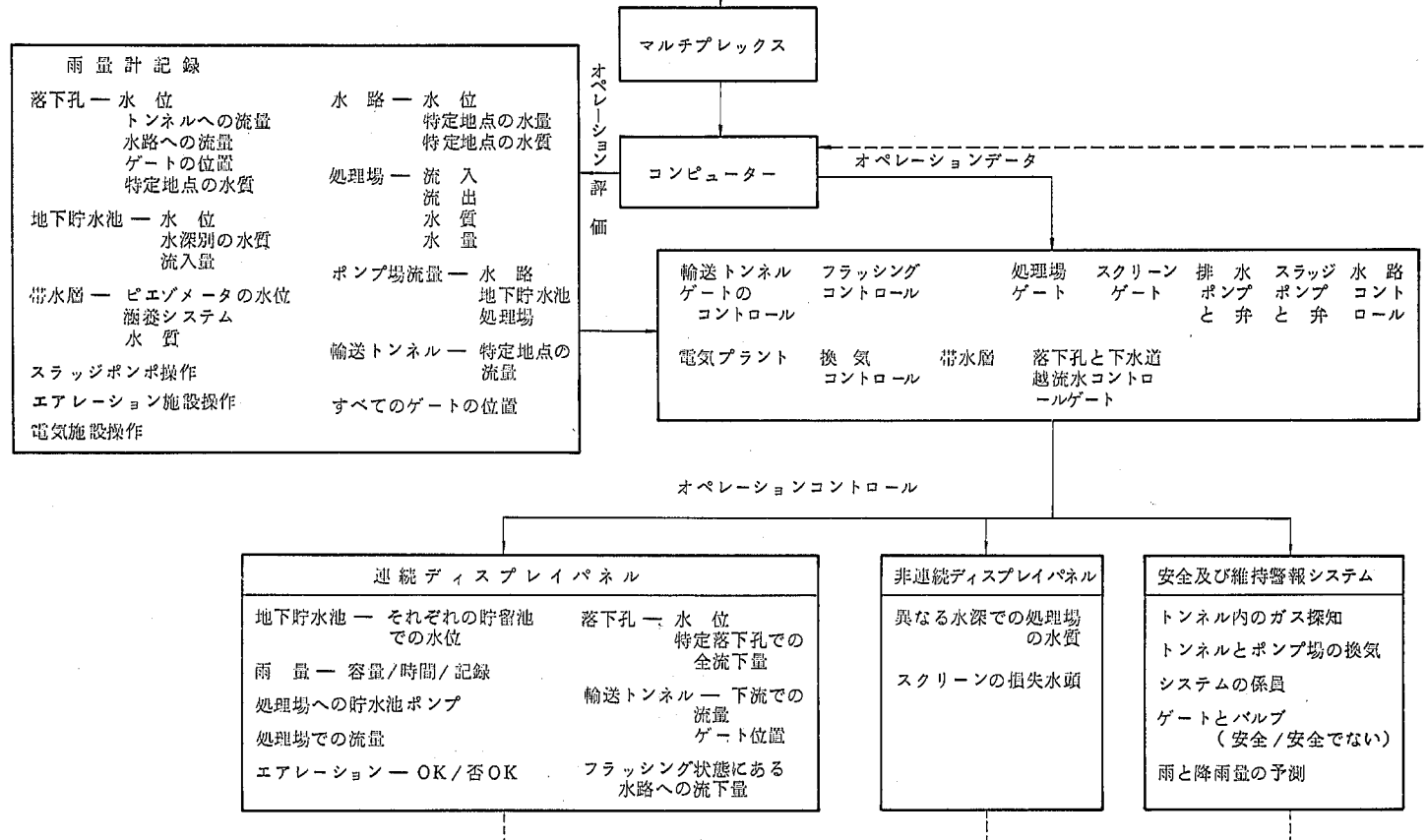


図-51. コンピューター監視システムのフロー図

ボストントンネル提案

マサチューセッツ州ボストンは、合流式下水道からの越流水を貯留するためにディープトンネルの使用を考えているもう一つの都市である。

この都市は、合流式下水道が整備されている7,000エーカーに加えて、合流式下水道に連結した分流式下水道が整備されている10,000エーカーがある。

ボストン主要排水システムの改善に関する報告書(1.2巻)(キャンプ, ドレッサー&マッキー会社, マサチューセッツ州ボストン 1967年9月)では、分流式下水道の地域では可能な限り雨水流出を分離して流すべきであり、これができない地域(3,300エーカーとみられる)は引き続き合流式下水道の中へ流入させるべきであると提案している。ディープトンネルは、ボストンの合流式下水道からの流出分に加えて、4つの近隣市町村の合流式下水道からの流出分に対して提案されている。

ディープトンネル計画に対する総流域は17,000エーカーである。トンネル計画案は3つ以上の代替案からえらばれた。建設費用は1967年価格にもとづいて表-39に示している。

表-39. ボストン代替案の見積高

方 法	見積高(単位 100万ドル, 1967年価格)		
	建設費用	維持費用	総費用
完 全 分 流 化	550	34	584
塩素添加用貯留タンク	400	133	533
ホールディングタンク	715	99	814
ディープトンネル案	430	66	496

提案されたディープトンネルの決定に関しては費用が重要な部分を占めているが、その他の要因として土地の必要度、苛酷な条件のもとで行なうシステムの妥当性などが含まれていた。

費用という観点からは、ディープトンネル計画は1967年よりも1974年の方が(比較の点で)より経済的であったと考えられている。ディープトンネル案はボストン市とマサチューセッツ州によって賛同をうけている。

ディープトンネル方式は、15年確率24時間降雨の5インチの降雨を処理でき、24時間降雨で8.4インチの降雨(ボストン市では既往最大降雨である)をトンネル内過負荷の状態でも処理可能である。また24時間内に8.4インチを超える降雨も当然ありうるが、ボストン市の下水道はこれ以上のものを流下させることができない。直径33フィート、17.2マイル延長をもつトンネルの建設および通常の状態でも2400立方フィート/秒、また過負荷の状態でも5200立方フィート/秒が処理可能なポンプシステムが提案されている(図-52)。後者は先にも触れた24時間8.4インチの防雨対策である。もし、バイパス管が利用できれば、これらのポンプは記録最大降雨よりもっと大きな降雨を処理することもまた可能である。

このバイパス管は海へ向う直径20フィートで延長45,000フィートの管であり、そこでは合流式下水や雨水は最低1/200の希釈度を与える分散管を通じて放出されることになる。これは十分水質基

準にあうものと思われる。

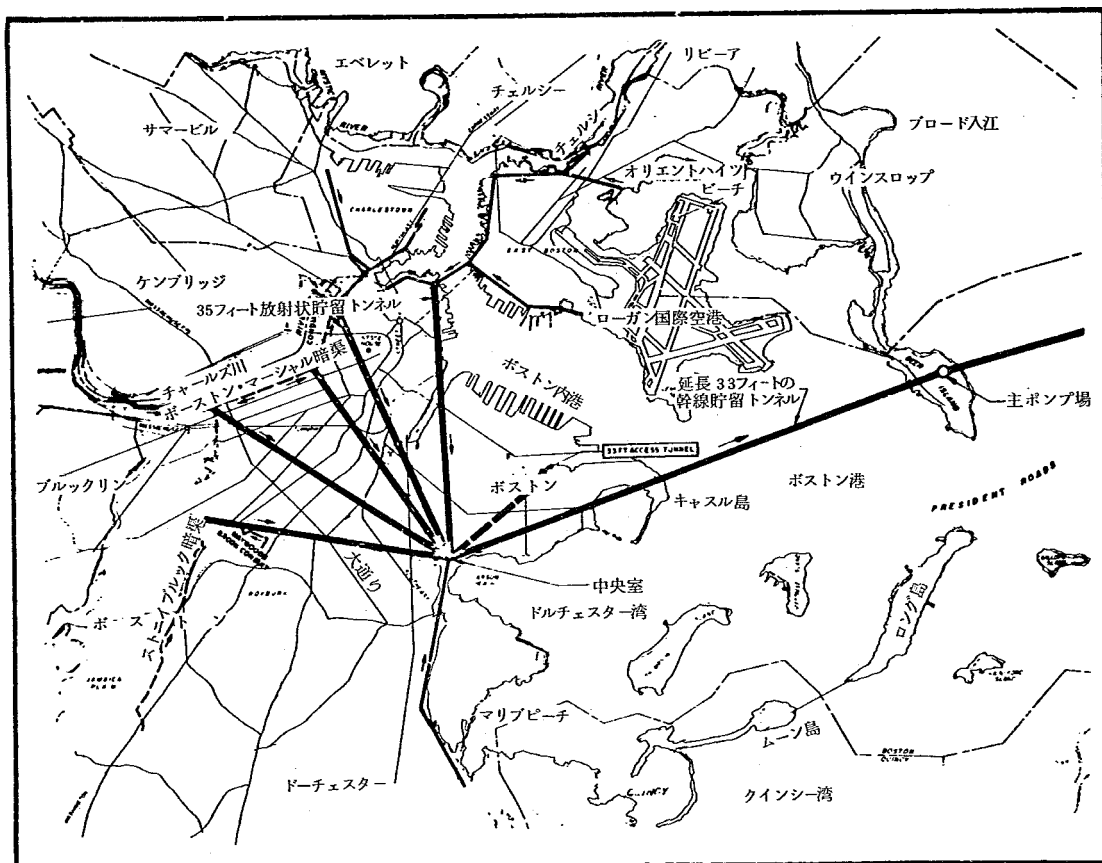


図-52 ボストンディープトンネル

カリフォルニア州サンフランシスコ

サンフランシスコ市及び郡の24,000エーカーの地域は合流式下水道となっており、しゃ集管により3つの下水処理場へ汚水をはこんでいる。

サンフランシスコ湾や太平洋へ排出される汚染物を制御するためのマスタープランが、何年かの調査をもとに市や郡で策定されてきた。付録Fにはその計画の詳細が示されている。マスタープランの目的は、湾および太平洋の水質の保全、向上およびあらゆる有効利用のために長期にわたって水を保全することにある。

現在の処理施設は、降雨強度にして0.02インチ/時間の降雨および1億ガロン/日の晴天時流量、あるいはわずか3.4億ガロン/日の処理容量しかない。しかし5年確率の降雨では、ピーク流量で130億ガロン/日の合流式下水を処理場へ送って来るのである。現在、年間では約46日の越流日があり、そのため60億ガロンの未処理下水が越流し、そのうち約40億ガロンが湾へ、約20億ガロンが太平洋へ放流されている。調査の結果では越流水が放流先へ及ぼす直接的なインパクトに関しては、越流頻度を1年に1回以下に減らしてもほとんど有益ではないということが明らかになった。

マスタープランでは、流送能力、貯留、それに処理を含めた全体としての最適計画を想定している。前述のように現在の合流式下水道システムでは、5年計画降雨による流出を処理することは不可能であるが、貯留施設の選定を適切に行なったり、バイパス管の配置換えあるいは設置により、流量の平均化を行うなど、このシステムの約1/3程度の改善を行なえば、その機能を向上させることができると思われた。それで、マスタープランでも合流式下水道はそのまま残してある。

計画では、貯留として海岸線や上流のため池およびトンネルを利用することになっている。ここでいうトンネルは地域によって雨の降り方が異なっている場合、降雨流出が生じている流域にある処理施設が、ほとんどあるいは全く流出がおこっていない流域界の施設に比べて過度に運転されていることから、その解決策として支流域間の流量の制御交換を行なったり、貯留を行う輸送施設として機能するように設けられるものである。

計画されている貯留量の範囲では、処理能力は0.1インチ/時と結論された。この結果マスタープランでは南西部で10億ガロン/日の処理場を1箇所設置し、処理水を太平洋へ放流することを狙っている。

また本マスタープランは計画実施の段階では相当な柔軟性をもっている。例えば雨天時制御計画は次の4つのもとで策定を行なった。即ち、A：1年に8回の越流、B：1年に4回の越流、C：1年に1回の越流、D：5年に1回の越流である。これらの代替案の推定費用は1974年価格でそれぞれ3.33億ドル、3.96億ドル、5.22億ドル、それに6.65億ドルであった。

また、晴天時処理計画と雨天時処理計画を組み合わせた3つの総合計画が、それぞれ3つの処理の程度及び3種の処理施設の異なる計画として策定された。これら3つの計画は順に先の雨天時処理の4つの条件のもとで、36項目主要費用マトリックスを用いて調査された。その結果それぞれの計画案は、処理程度が最も低いものとなるが計画1を条件Aのもとで策定した場合に要する費用3.75億ドルから、処理程度が最も高いものとなる計画3を条件Dのもとで策定した場合に要する費用8.48億ドルまでの費用範囲に入る。ここで上述の3つの計画について説明をすると、晴天時処理の計画である計

画1は最も経済的である(すなわち、雨天時雨水の処理の最適化をはかって、晴天時処理能力の無駄を最低にしている)。この計画はマース湖で新しい10億ガロン/日の処理場の設置を考えている。計画2は現在ある3つの晴天時処理場の能力を向上させ、雨天時処理場はまずマース湖に1ヶ所設置する。それから比較的近い将来にリッチモンドーサンセット及びサウスイースト両処理場からの処理水をマース湖へ放流するというものである。計画3は、計画2にノースポイント処理場の放流水を海へ放流するかわりにマース湖へ流すことを付け加えたものである。

貯留方式がマスタープランの中でもっている多くの利点や基本的な役割は付録Fで詳しく論じられている。流出水の収集、輸送、貯留、それに処理の計画策定を慎重に行うことの重要性はその議論の中で明らかである。この調査の中でとりあげられた種々の代替案は図や表とともに示してある。

付 録 D

案内パンフレット
(シカゴ大都市圏衛生公社 (MSDGC) による)
許容放流量と必要はんらん貯留量の決定の詳細過程

以下は、方法便覧の 6-4 項目の必要条件を満足する許容放流量と必要貯留容量の決定過程を詳細に示したものである。

計 画 名 _____
場 所 _____
計画担当技術者 _____

I 許容放流量の決定 — 未開発地域

1. 流域面積 _____ エーカー
2. 平均地形勾配 _____ フィート/フィート
3. 地表流延長 _____ フィート
4. 地表流集中時間(付表 3 使用) _____ 分
5. 水路流の平均勾配 (注意 a 参照) _____ フィート/フィート
6. 水路流延長 (注意 a 参照) _____ フィート
7. 水路流集中時間 (注意 a 参照) _____ 分
8. 総集中時間 (4 + 7) _____ 分
9. 3 年確率降雨の降雨強度 (8 に関する継続時間に対して添付 2 を使用) _____ インチ/時間
10. 流出係数 (最大 $C=0.15$ 使用, 便覧 6-4 b (2) の項参照)
11. 許容放流量 ($1 \times 9 \times 10$) $Q = CIA$ _____ 立方フィート/秒

(添付 1 の D 覧の計算に対しては、この放流量を使用)

注意 a : 形状が明確な水路における流れに対しては、流下距離、横断面、勾配から集中時間を決定し、必要な計算や図を添えること。

II 貯留量の決定 — 開発地域

12. 不浸透域面積 _____ エーカー
13. 浸透域面積 _____ エーカー
14. 合成流出係数
15. 貯留容量の決定, 添付詳細例参照
必要貯留容量 _____ エーカー・フィート

III 開発地域を通過して、上流域から許容されるバイパス量

A バイパス量の決定

16. 上流域総面積 _____ エーカー
17. 将来/現在の不浸透面積 (不適当なものを除外) _____ エーカー
18. 将来/現在の浸透面積 (不適当なものを除外) _____ エーカー

19. 合成流出係数 (MSDGC 平均の 0.35 より小さくしてはならない)

方法便覧項目 6-4 b (3)) _____

20. 上流域での設計降雨確率年 _____ 年

(設計降雨確率年は条例によって決定されるべきであるが、もしそのような条例がない場合は
5 年確率降雨を使用せよ)

21. 流入地点である上流域の集中時間 (上流地域は、未開発地域として考えられる)

(8 と同じ方法による) _____ 分

22. 上記の継続時間に対する設計降雨強度 _____ インチ/時間

23. 許容バイパス量 (16. × 19. × 22.) _____ 立方フィート/秒

B バイパスシステムの必要寸法の決定

24. バイパスシステムは、開水路/暗渠である

(不適当なものを除外)

25. 23. の放出量による横断面積 _____ 平方フィート

26. 25. の面積に対する潤辺 _____ フィート

27. 径深 (25. ÷ 26.) _____ フィート

28. 27. を 2/3 乗する _____

29. 勾配 _____ フィート/フィート

30. 29. を 1/2 乗する _____

31. マニングの粗度係数 (n) = を使用 _____

32. バイパス容量 [(1.49 × 25. × 28. × 30.) ÷ (31.)]

$$Q = \frac{1.49}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

主任技師 Forrest C. Neil

添 付

1. 計算の見本例
2. 降雨強度データ 3 年確率降雨と 100 年確率降雨
3. 地表流に対する集中時間曲線

必要貯留量の決定

サンプル例 (添付 1)

仮定値：流域面積 = 80 エーカー，

C (開発地域) = 0.75，

集中時間(未開発地域) = 75 分，

降雨強度 (tc = 75 分) = 1.52

in/hr (計算は示していない)

A		B	C	D	E
継続時間 (時間) (分)		100年確率降雨強度 (インチ/時間)	流入量 (I) × (I4) × B 欄 (立方フィート/秒)	貯留量 (C 欄 - (I1)) (立方フィート/秒)	貯留池容量 (A 欄 (時間) × D 欄 ÷ 12) エーカー・フィート
0.17	10	7.60	456	438	6.1
0.33	20	5.50	331	313	8.5
0.50	30	4.40	264	246	10.1
0.67	40	3.70	223	205	11.9
0.83	50	3.20	192	174	11.9
1.0	60	2.80	168	150	12.4
1.5	90	2.10	125	107	13.2
2.0	120	1.70	103	85	14.0 最大
3.0	180	1.20	72	56	13.8
4.0	240	1.00	60	42	13.7

降雨強度データ

合衆国気象庁技術報告書 No 40 (添付 - 2)

降雨継続時間 (分あるいは時間)	降雨強度 (インチ/時間)		降雨継続時間 (分あるいは時間)	降雨強度 (インチ/時間)	
	3 年 確 率	100 年 確 率		3 年 確 率	100 年 確 率
10 分	4.3	7.6	10 時間	0.27	0.49
20 "	3.0	5.5	11 "	0.25	0.46
30 "	2.45	4.40	12 "	0.23	0.43
40 "	2.15	3.70	13 "	0.22	0.40
50 "	1.85	3.20	14 "	0.20	0.38
1 時間	1.67	2.80	15 "	0.19	0.36
1.5 "	1.27	2.10	16 "	0.18	0.34
2 "	1.00	1.70	17 "	0.17	0.33
3 "	0.73	1.20	18 "	0.16	0.31
4 "	0.58	1.00	19 "	0.16	0.30
5 "	0.48	0.84	20 "	0.15	0.29
6 "	0.42	0.73	21 "	0.15	0.28
7 "	0.37	0.65	22 "	0.14	0.27
8 "	0.33	0.58	23 "	0.14	0.26
9 "	0.30	0.53	24 "	0.13	0.25

地表流の集中時間 (添付 3)

陸軍省 技術マニュアル T.M. 58201より

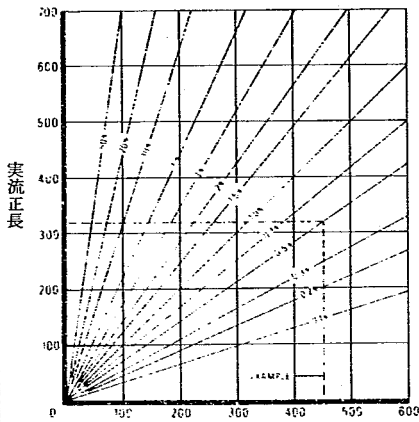


図-A 勾配1%に標準化された流下長

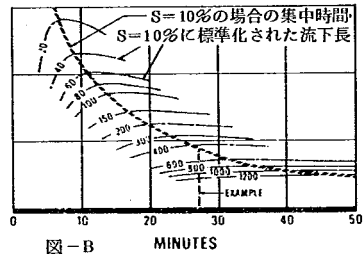


図-B MINUTES

例

勾配 $S=0.5\%$ で地表流下長
320フィート の場合、図-A
から450フィートがえられる。
次にこれを用いて図-Bより
27分が求まる。

MSDGC
技術部

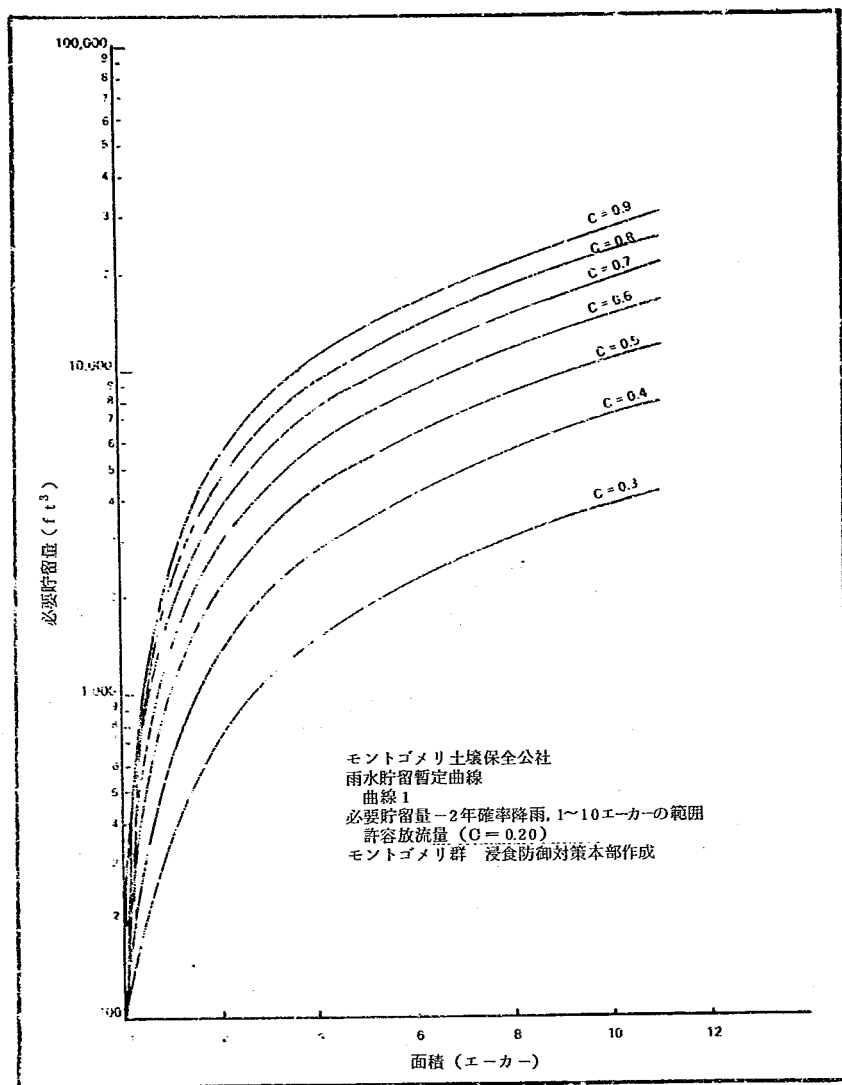
付 録 E

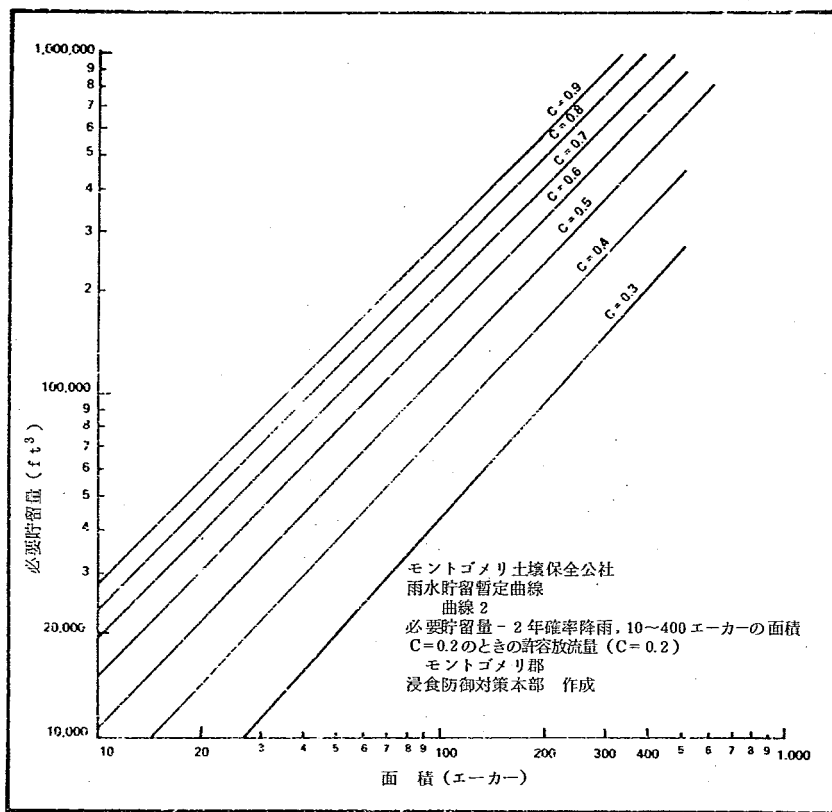
必要貯留および許容雨水放流量に関するグラフと算定要領*

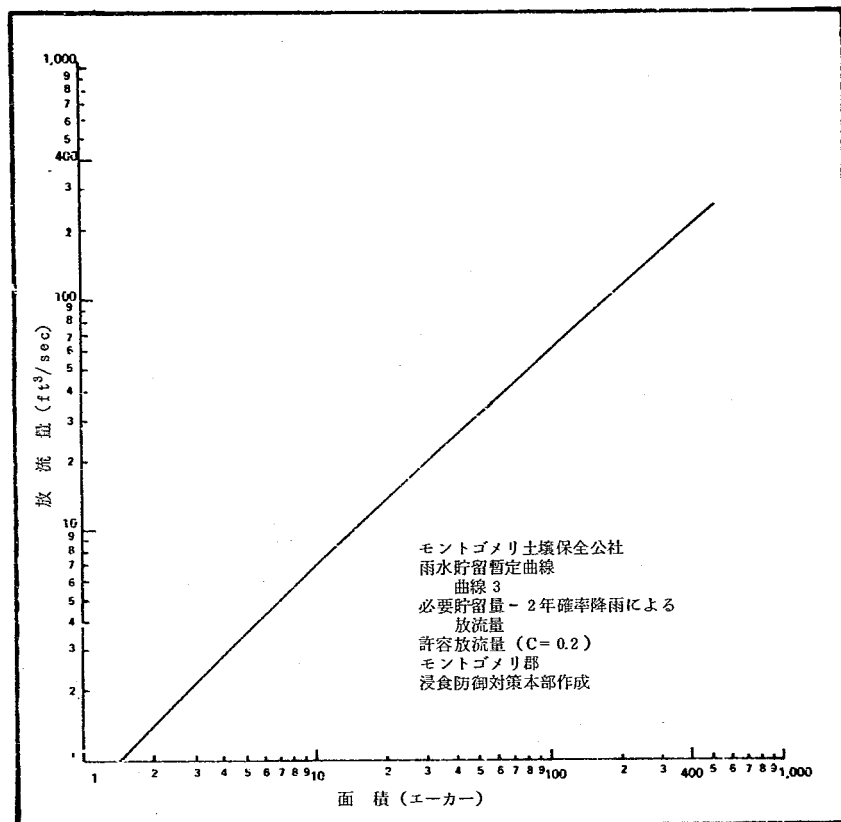
必要貯留量は曲線 1.2 から直接得られる。許容放流量は曲線 3 から読みとれる。これらの曲線は以下の要領によりえられたものである。

- (1) 合理式を用いる ($Q = CIA$)
- (2) 開発地域での流出係数は 1968 年 7 月 1 日付のモンゴメリー郡土木部雨水排除暫定基準からとった。自然地域での流出係数は勾配や地被を考慮せずに 0.20 と定めた。
- (3) 2 年確率降雨強度は、合衆国商務省、気象庁の技術報告書 No 25 およびモンゴメリー郡の基準からとった。
- (4) 集中時間の計算は次のように標準化した。
 - a 流域は、その巾の 1.5 倍に等しい長さをもっているものとする。
 - b 400 フィートあるいは 400 フィート未満の長さの流域に対して集中時間を 15 分とする。
 - c 長さが 400 フィートを越える流域に対しては、400 フィート以上の長さに対して、流速を 6 フィート/秒とする。
- (5) 許容放流量は開発前の 2 年確率降雨として 1~400 エーカーの面積について計算した。
- (6) 必要貯留量を計算するために、2 年確率降雨、24 時間継続降雨による流出分布は、図-1 の曲線 II (農林省土壤保全局技術報告書 No 149) に一致するものとした。
- (7) 2 年確率 24 時間降雨量 (単位インチ) は、技術報告書 No 40 (合衆国商務省、気象庁) のデータを用いた (モンゴメリー郡については 3.2 インチである)。
- (8) 上述(6)の曲線 II は、流出量が許容放流量を越えている間に累積した総流出量 (即ち貯留量) を決定するために、いろいろな大きさの排水面積について、上述(5)で算定した放流量を用いて図式的に求めた。
- (9) 貯留施設は許容放流量をこえる放流をすることなく、必要貯留量を達成できるように設計されなければならない。

* モンゴメリー郡、土壤保全公社雨水対策暫定基準 (メリーランド州ゲイターズバーグ, 1971. 6.24) より。







付 録 F

雨水対策を目的としたサンフランシスコのマスタートプランの詳細

1968年、サンフランシスコ市及び郡はサンフランシスコ湾域水質制御庁の要請により、市全域の下水道マスタートプラン策定の第一段階として広範囲な調査を開始した。マスタートプランの目的は、サンフランシスコ湾や太平洋へ市の合流式下水道からの汚水を流入させないために必要な施設、費用それに建設スケジュールを系統的に示すことにあった。即ち、サンフランシスコ湾及び太平洋の水質保全と水質向上それにあらゆる有効利用のために長期にわたって水を保全することがその目的であった。

現在、全流域 28,000 エーカーのうち約 24,000 エーカーでは、ほとんど5年確率降雨によって設計された、合流式下水道となっており、汚水はしゅ集管によってそれぞれ市の南東部、北部、最西部にある3つの既存の処理場へ送られている。処理施設は晴天時流量とともに0.02インチ/時間に相当する降雨量までを処理できるが、降雨時には流入量がしばらくの間処理可能容量を大きく越える。この過剰流量は直接放流先へバイパスさせられている。

この合流式下水道の設計基準である5年確率降雨では、ピーク流量で130億ガロン/日の合流式下水が処理場へはこばれるが、現実には処理場は3.4億ガロン/日だけの処理容量しかない。現在、平均年で46日の越流日があり、過剰流量は直接放流先へ放流されている。しかしながら、降雨時以外では、処理場の施設の大半が遊んでいる。このことを数字であらわせば、46日の越流日の間にサンフランシスコから湾や太平洋に放流される水量は132億ガロンであり、その間の総処理可能流量は156億ガロンということである。

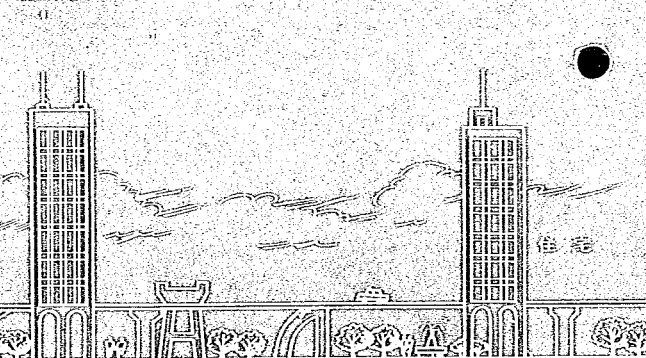
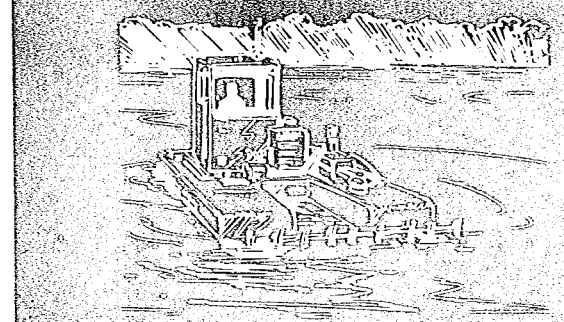
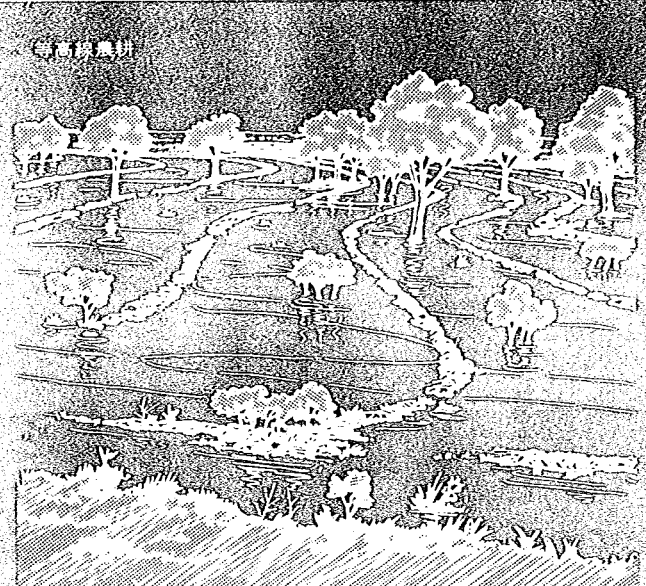
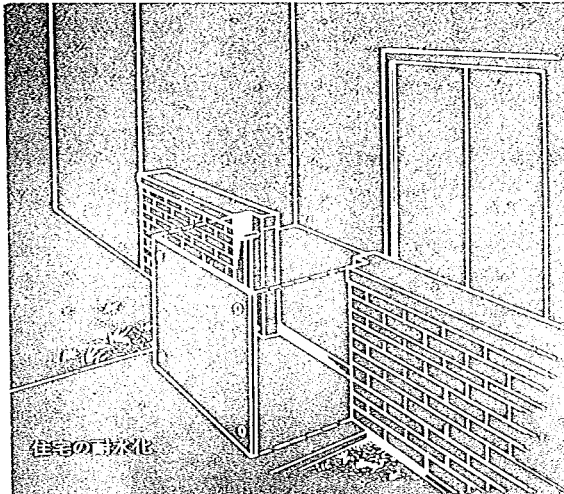
毎年、晴天時流量の360億ガロンに加えて、年平均雨水流出量のうち約28億ガロン(30%)をしゅ集管により処理場へ送っており、残る毎年の越流量60億ガロンのうち約40億ガロンが湾へ、約20億ガロンが太平洋へ放流されている。

それでこれらの問題の解決のために市の土木部は次の3つのことを考慮した代替案の調査を行なった。即ち、下水と雨水の完全な分流化を行うこと、貯留を行わずに全下水と雨水の完全処理を行うこと、完全貯留と現在程度の処理を行うこと、である。

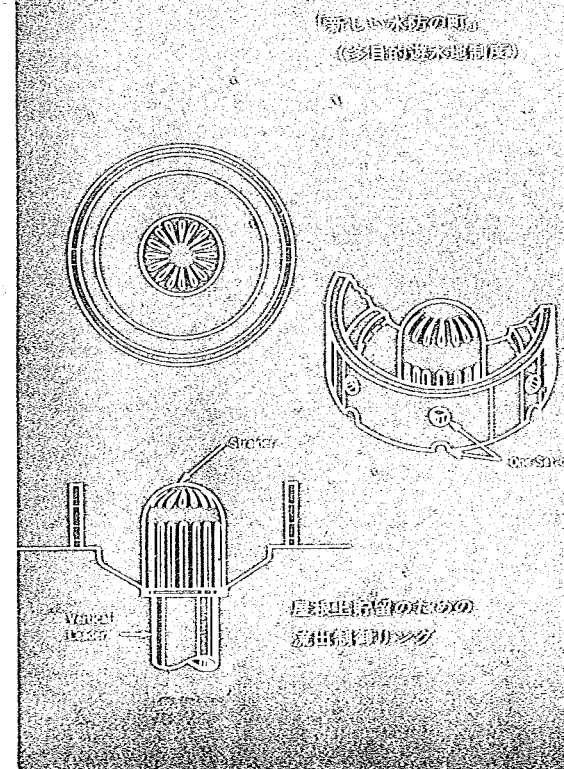
まず、分流化に関しては、個々の雨水流出を集めそれをはこんでも結局放流先へ放流する前には雨水処理が必要であるということを考えると、現在の合流式下水道の完全な分流化には、費用がかかり過ぎるということが明らかになった。

次に、雨水と下水の全処理計画について述べると、この計画では雨水のピーク流量をカットして、その後流量を制御しながら処理施設へ送る個々の貯留施設を考慮していないが、処理施設の基本設計においては、ピーク流量で操作は行えないにしても、流量の上昇期と下降期には処理場の容量を利用して操作を行うことが認められている。しかし、これには急激に流量が変化するような瞬間的な条件のもとで、処理施設が稼働できるのか、また操作できるのかという疑問もある。また、完全な分流化と同じく費用がかかり過ぎることが明らかになった。さらにこの計画には、この雨期処理施設の本質的な複雑さによるところが大きい、維持管理の問題がある。即ち、施設運転の開始と閉鎖の問題、年間の管理の問題、それにスラッジ処理問題などにより、この計画も現実的な解決策とはならなかった。

最後に、現在の処理容量を利用して最大限の貯留を行なおうとする案も調査されたが、不経済であることがわかった。それでさらに進んだ調査ではもっと大きい処理容量を考えている。



要防 川 堤防



中環道路 公園・緑地

