

プレキャスト式 雨水地下貯留施設の 多目的利用に関する共同研究

1. 共同研究目的

プレキャスト式雨水地下貯留施設は、施工工期の短縮、作業環境の改善および周辺環境に与える影響（騒音、振動）の緩和といった環境面、あるいは、耐震性に対する信頼性の高さといった品質面、更に、製品の規格化などがもたらしたコストダウンによる経済性などから、都市部の雨水流出抑制施設として着実にその使用実績を伸ばしている。

また、貯留施設は公園下や学校校庭下への敷設が多く、工事期間中は上部施設の使用に制約を与える。このため、市民や学童などの利用者に与える影響が大きく、上部施設を早期に解放できるプレキャスト式貯留施設の適用は、現場打ちに比べ利点が大きいとされる。

一方、都市部では、慢性的な水不足を補うための利用水、災害時における緊急用水および水環境の創出に向けた水源などの確保が求められている。

本研究では、プレキャスト式貯留施設に貯留した雨水を多目的に利用できる多目的雨水地下貯留施設のシステムを提案するものである。

2. 多目的雨水地下貯留施設のニーズ

多目的雨水地下貯留施設に関するニーズを、自治体へのアンケートおよびヒヤリング調査で確認した。

その結果、多目的利用の必要性があると考えている自治体が多いことが確認された。また、雨水の多目的利用用途として以下のことがあげられた。

- ①散水用水 ②災害時用水
- ③防火用水 ④修景・親水用水

しかし、雨水の水質・水量確保の方法や、利用用途と水質・水量の関係がどのようなものかなどが問題として指摘された。

これらの調査結果を踏まえ、多目的雨水地下貯留施設の貯留雨水の利用用途や、水質・水量の関係について整理し、利用用途に応じた貯留雨水の水質・水量の設定およびそれらを満たす集水方法や貯留方法について検討を行った。

利用用途と施設仕様の決定の検討フローを図-1に示す。

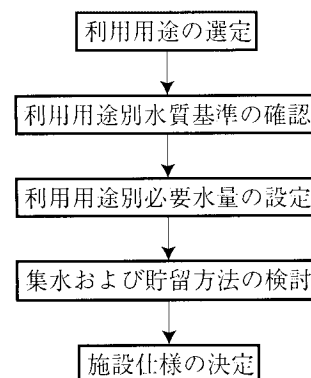


図-1 施設仕様の決定の検討フロー

3. 利用用途の水質基準の確認

(1) 利用用途別の水質基準

雨水を多目的に使用する場合の基準がないため、ここでは下水処理水を再利用する場合の水質基準を整理した。

下水処理水の用途別の水質基準を表-1に示す。

表-1 下水処理水の用途別の水質基準

項目	用途	散水用水	水洗用水	修景用水	親水用水
大腸菌数	検出されないこと	10個/m以下	10個/m以下	検出されないこと	1,000個/100m以下*1
残留塩素(結合)	0.4mg/ℓ以上	保持すること	保持すること	—	—
外観	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと	—
臭気	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと	不快でないこと
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
濁度	—	—	10度以下	10度以下	5度以下
色度	—	—	—	40度以下	10度以下
BOD	—	—	(注)	10mg/ℓ以下	3mg/ℓ以下
出典	A	A B D	A	C	C

(出典)
 A 建設省 「下水処理水循環利用技術指針(案)」(昭和56年3月)
 B 建設省住宅局建築指導課長通達 「排水再利用の配管設備の取り扱いについて」(昭和56年4月27日)
 C 建設省、高度処理会議 「下水処理水の修景・親水利用水質検討マニュアル(案)」(平成2年3月)
 D 厚生省環境衛生局長通達 「再利用水を原水とする雑用水道の水洗便所用水の暫定水質基準などの設定について」(昭和56年4月3日)
 (注) 処理装置が生物処理方式の場合にあっては、BODが10mg/ℓ以下、膜処理方式の場合にあっては、CODが30mg/ℓ以下
 *1 大腸菌群メンブレンフィルター法(下水試験方法第2編第1章第8節)による。

その他の利用用途として消防用水があるが、消防用水については特に水質基準は定められていない。

(2) 流入雨水の水質の把握

流入雨水の水質は、降雨・集水過程の違いによって汚濁の程度が異なる。雨水流出の水質例を表-2に示す。ここでは、降雨による流出雨水の水質は、降り始めほど汚濁の度合いが大きいことが確認できる。

比較的水質の良い屋根からの雨水を集水し、初期降雨を取り込んだ施設の雨水水質を表-3に示す。

表-2 流出雨水の水質例

分散排水 [mm]	pH [-]	濁度 [度]	導電率 [$\mu S/mm$]	KMnO ₄ 消費量 [mg/ℓ]	補酸性消費 [mg/ℓ]	全硬度 [mg/ℓ]
0~0.5	7.20	22	463	9.46	6.0	191.2
0.5~1.0	7.45	7	111	2.58	1.7	37.4
1.0~1.5	7.59	8	112	3.16	1.7	41.4
1.5~2.0	7.78	2	29	0.00	0.3	19.4
2.0~2.5	7.51	2	22	0.00	0.2	7.4
2.5~3.0	7.35	1	19	0.50	0.2	5.4

(注) 1) 採水1956年9月20日 2) 継続時間: 261時間
 出典: 建設大臣官房庁: 排水再利用・排水利用システム設計処理・回解説

表-3 初期降雨を取り込んだ施設の雨水水質

項目		A施設	B施設
pH	(-)	7.3~8.3	6.1~7.1
濁度	(度)	0~1	0.2~2.8
色度	(度)	5~13	0~5
KMnO ₄ 消費量	(mg/ml)	2.0~5.8	3.1~6.6
大腸菌群	(個/ml)	3~29	0~1
電気伝導率	($\mu S/cm$)	—	67~95

(注) 本表は、雨水貯留槽での雨水水質を示す
 (処理方法は、A施設:沈殿+砂石ろ過、B施設:貯留のみ)
 出典: 建設大臣官房庁官庁営繕部監修 営繕協会編「排水再利用・雨水利用システム設計基準・回解説」 財団法人建設研修センター

利用用途に応じた雨水の集水場所を設定すれば、ある程度の水質が確保されるので、集水場所の状況確認などの事前調査が必要である。

4. 利用用途別の水量の設定

(1) 利用用途別の水量の設定

1) 散水用水

散水用水の利用水量は、植栽・校庭などの対象物、地域、季節によって異なる。表-4に神戸市と福岡市の水量原単位を示す。

表-4 散水用水の原単位設定例

都市名	最大原単位
神戸市	対象面積に対して4mm/日
福岡市	植栽面積に対して4ℓ/m ² /日

(注) 福岡市では一日の利用時間を8時間、時間最大原単位は12ℓ/m²/日としている。
 出典: 「下水道ハンドブック」

2) 災害時(緊急)用水

災害時(緊急)用水の利用用途としては、水洗用水や洗濯などの生活用水への利用が考えられる。利用水量については、実際の避難場所における対象地域の人口などに基き設定する必要がある。

H自治体における生活用水の目的別構成比を表-5に、各都市の使用目的別基礎水量を表-6に、世帯目的別基礎水量を表-7に示す。

表-5 H自治体における生活用水の目的別構成比

台所					その他	
28	24	23	16	5	4	
洗濯	風呂	水洗便所	手洗洗面			

(注) H自治体統計による。(調査年度1978~1982年)

表-6 使用目的別基礎水量

目的 都市	個人目的			世帯目的	
	入浴	水洗便所	手洗・洗面	風呂	洗濯
川崎市	52ℓ/人・回	33ℓ/人・日	27ℓ/人・日	129ℓ/世・回	224ℓ/世・回
横浜市	31ℓ/人・日	57ℓ/人・日	12ℓ/人・日	152ℓ/世・回	235ℓ/世・日
広島市	53ℓ/人・回	30ℓ/人・日	9ℓ/人・日	130ℓ/世・回	153ℓ/世・回
熊本市	22ℓ/人・日	40ℓ/人・日	19ℓ/人・日	150ℓ/世・回	144ℓ/世・回

表-7 世帯目的別基礎水量

目的 都市	世帯目的			備考
	台所ℓ/世・日	飲食ℓ/世・日	その他ℓ/世・日	
川崎市	129ℓ/世・日	15ℓ/世・日	32ℓ/世・日	1982年度
横浜市	162ℓ/世・日	38ℓ/世・日	6ℓ/世・日	1978～1982 年度平均
広島市	163ℓ/世・回	18ℓ/世・回	43ℓ/世・回	1985年度
熊本市	136ℓ/世・日	13ℓ/世・日	31ℓ/世・日	1977年度

注) 横浜市のその他の6ℓ/世・日は掃除を含まない。
出典: 「下水道ハンドブック」

3) 防火用水

「消防施設強化促進法」に基づく消防用水専用のもので、水槽容量として40m³以上が規定されている。

4) 修景・親水用水

修景用水は、景観に取り入れることで人にやすらぎを与えるはたらきを持つ水のこと、特に人との接触が多いものではない。一方、親水用水は、親水域において人が触れ親しむことをねらった水である。したがって、表-1に示すように求められる水質も異なる。

また、修景・親水用水に供給する水量は、計画される施設の規模によって異なる。ここでは修景・親水用水の実施事例を表-8に示す。

表-8 修景・親水用水実施事例

利用用途	実施都市	供給水量 m ³ /日
修景用水	東京都多摩地域における野火止用水、玉川、上川、千川上水	38,000
修景用水	愛知県岡崎市「下水道散策路はやかわ」	1,300
親水用水	愛知県名古屋市長城公園	200
親水用水	神戸市垂水区平磯芝生公園	50

出典: 下水道最先端 (下水道多目的活用研究会編)

実施事例では、修景用水は必要水量が多く、流出抑制に付随した利用槽の容量では供給する水量の確保が難しい。親水用水については、比較的必要水量が少なく、循環利用する施設などの場合は供給する水量の確保が可能となるが、求められる水質基準が高いため貯留雨水をそのまま使用することは出来な

い。

(2) 流入雨水の水量の把握

1) 雨水集水量

地表に降った雨水のうち利用可能な雨水集水量は、降水量と雨水の流出係数によって次式により算定される。

雨水集水量算定式

$$\text{雨水集水量(m}^3\text{)} = \text{集水面積(m}^2\text{)} \times \text{降水量(m/時)} \times \text{流出係数}$$

流出係数は降水量のうち表面流出する割合であり、地表の状況によって異なり、3mm/時以上の降雨強度の場合に適用される。

工種別基礎流出係数の標準値を表-9に示す。

表-9 工種別基礎流出係数の標準値

工種別	流出係数	工種別	流出係数
屋根	0.85～0.95	間地	0.10～0.30
道路	0.80～0.90	芝・樹木の多い公園	0.05～0.25
その他の不透水面	0.75～0.85	勾配の緩い山地	0.20～0.40
水面	1.00	勾配の急な山地	0.40～0.60

出典: 「下水道施設設計指針と解説」

以上のように利用用途別に求められる水質・水量があることが確認できた。したがって、利用用途別に要求される水質や水量を満足する集水および貯留方法を検討する必要がある。

5. 利用用途別の集水および貯留方法の検討

利用用途別の集水および貯留方法は、現場の様々な条件から一概に利用用途によって決定できるものではない。ここでは、利用用途別の集水および貯留方法を検討するにあたっての留意すべき点を整理した。

利用用途別の集水および貯留方法の検討にあたっての留意事項を表-10に示す。

表-10 利用用途別の集水および貯留方法の検討にあたっての留意事項

利用用途	水質基準	必要量	留意事項
散水用水	下水処理水の用途別水質基準の散水に準じる。(表-1参照)	対象面積に対して4mm/日	<集水> ・大腸菌群が無いこと残留塩素が0.4mg/ℓ以上確保されること ・植物に有害な物質が含まれないこと <貯留> ・大腸菌群が含まれていないことが確認できること ・大腸菌群が含まれていた場合に対応できる構造であること ・残留塩素が0.4mg/ℓ以上に確保されること確認できること ・残留塩素が0.4mg/ℓ未満であった場合に対応できる構造であること ・植物に有害な物質が含まれないことが確認できること ・植物に有害な物質が含まれていた場合に対応できる構造であること
水洗用水	下水処理水の用途別水質基準の水洗に準じる。(表-1参照)	常時のデータ表-6使用目的別基礎水量の各都市平均から約40ℓ/人・日となる。	<集水> ・大腸菌群が10個/mg以下であること ・残留塩素が保持できること ・外観・臭気が不快でないこと <貯留> ・大腸菌群が10個/mℓ以下であることが確認できること ・大腸菌群が10個/mℓより多く含まれていた場合に対応できる構造であること ・残留塩素が確保されることが確認できること ・残留塩素が保持されていない場合に対応できる構造であること ・外観・臭気が不快でないことが確認できる構造であること ・外観・臭気が不快であった場合に対応できる構造であること
防火用水	特に基準はないが、大量の汚泥含有・腐敗水等消火活動に支障をきたすものについては使用不可	40m以上	<集水> ・大量の汚泥・腐敗水が含まれないこと <貯留> ・臭気が不快でないことが確認できる構造であること ・臭気が不快であった場合に対応できる構造であること
親水用水	下水処理水の用途別水質基準の親水に準じる。(表-1参照)	計画される施設の規模により異なる。計画実施例では50m ³ /日が最小規模になる。	<集水> ・大腸菌群が50個/100mℓ以下であること ・臭気が不快でないこと <貯留> ・大腸菌群が50個/100mℓ以下であることが確認できること ・大腸菌群が50個/100mℓより多く含まれていた場合に対応できる構造であること ・臭気が不快でないことが確認できる構造であること ・臭気が不快であった場合に対応できる構造であること
修景用水	下水処理水の用途別水質基準の修景に準じる。(表-1参照)	計画される施設の規模により異なる。計画実施例では1,000m ³ /日の施設が多い。	<集水> ・大腸菌群が1,000個/100mℓ以下であること ・臭気が不快でないこと <貯留> ・大腸菌群が1,000個/100mℓ以下であることが確認できること ・大腸菌群が1,000個/100mℓより多く含まれていた場合に対応できる構造であること ・臭気が不快でないことが確認できる構造であること ・臭気が不快であった場合に対応できる構造であること

6. 多目的利用に向けた施設の構造提案

利用用途別に水質、水量などについて検討を行った結果、汚濁物の多い初期雨水の排除、集水場所の限定など、その集水方法を工夫することにより、比較的良質の雨水を貯留できることがわかった。

ここでは、集水方法の違いによる3種類の雨水多目的貯留施設の提案を行う。

(1) 屋根雨水の簡易ろ過貯留

屋根雨水の簡易ろ過貯留施設の構造概要

- ・施設は治水槽と利水槽(図-2 施設平面図ハッチング部分)に区別している。
- ・屋根からの雨水は、碎石などが詰められた簡易ろ過部分(図-2 A-A断面図, 図-3)を経て利水槽に流入させる。利水槽への流入水は屋根からの雨水のみとしている。

- ・屋根から流入した雨水はそのまま利水槽に溜められる。利水槽内には貯留水が滞留しないよう水循環用の壁(図-2 A-A断面図)を設置している。
 - ・利水槽と治水槽の境の壁には、排水ゲート(図-2 B-B断面図, 図-3)が何ヶ所か設けてあり、治水槽の掃除などに利水槽の貯留雨水が使用できるよう、貯留雨水を排出できる構造としている。
- 屋根雨水の簡易ろ過貯留施設の構造概要図を図-2、取水部構造図を図-3に示す。

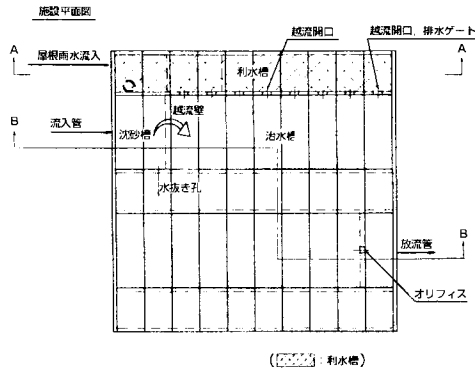


図-2 屋根雨水の簡易ろ過貯留施設の構造概要図

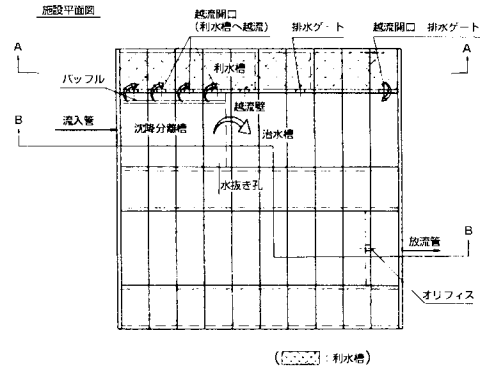


図-4 分離雨水の沈降分離型貯留施設の構造概要図

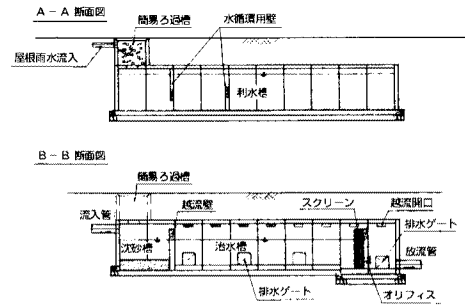


図-3 取水部構造図

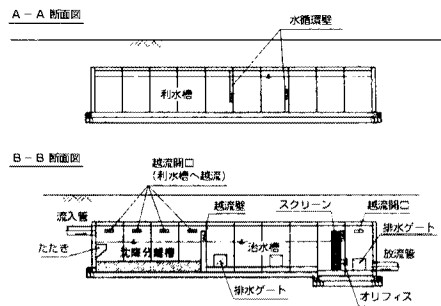


図-5 取水部構造図

(2) 分流雨水の沈降分離貯留

分流雨水の沈降分離貯留施設の構造概要

- ・施設は治水槽と利水槽 (図-4 施設平面図ハッチング部分) に区別している。
- ・分流雨水は、治水槽の沈降分離槽 (図-4 B-B断面図) へ流入させ利水槽への直接流入はしない。
- ・利水槽への越流開口 (図-4 B-B断面図, 図-5) は、治水槽の越流壁 (図-4 B-B断面図) の高さより低く設けてあるため、沈降分離槽の水位が上がると、上澄水が越流開口から利水槽へ流入する構造としている。
- ・流入した雨水はそのまま利水槽に溜められる。利水槽内には貯留水が滞留しないよう水循環用の壁 (図-4 A-A断面図) を設置している。

分流雨水の沈降分離貯留施設の構造概要図を 図-4、取水部構造図を 図-5 に示す。

(3) 分流雨水の簡易ろ過貯留

分流雨水の簡易ろ過貯留施設の構造概要

- ・施設は治水槽と利水槽 (図-6 施設平面図ハッチング部分) に区別している。
- ・施設上部に雨水路 (図-6 施設平面図) を設け、降雨による水路の水位上昇に応じて利水槽および治水槽へ雨水を取込む構造としている。
- ・水路の雨水は、砕石などが詰められた簡易ろ過部分 (図-6 B-B断面図, 図-7) を経て利水槽に流入する。
- ・流入した雨水はそのまま利水槽に溜められる。利水槽内には水循環用 (図-6 A-A断面図, 図-7) の壁を設置し、貯留水が滞留しない構造としている。
- ・利水槽と治水槽の境の壁には、排水ゲート (図-6 B-B断面図, 図-7) が何ヶ所か設けてあり、治水槽の掃除などに利水槽の貯留雨水が使用できるよう、貯留雨水を排出できる構造としている。

分流雨水の簡易ろ過貯留施設の構造概要図を 図-6、取水部構造図を 図-7 に示す。

7. 多目的プレキャスト式 雨水地下貯留施設の今後の課題

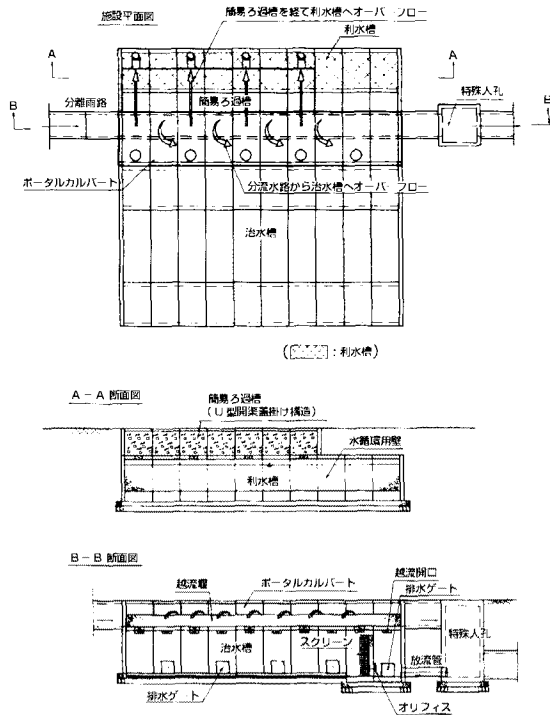


図-6 分流雨水の簡易ろ過貯留施設の構造概要図

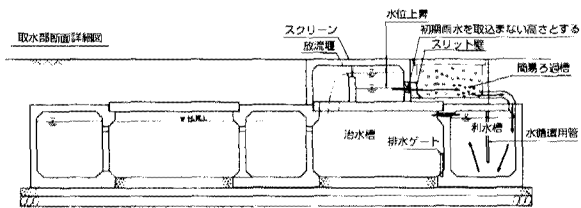


図-7 取水部構造図

1) 利用用途を広げるための課題

より高い水質を必要とする利用用途に利水する場合の貯留水の滅菌・浄化処理方法の検討が必要である。

修景用水などの一定の継続的需要に対しての供給方法の検討が必要である。

2) 貯留槽の構造に関する課題

貯水規模、設置面積、処理設備などを考慮し、効率かつ経済的な貯水槽の構造形式について検討する必要がある。また、施工面からの検討も必要である。

3) 維持管理に関する課題

雨水貯留施設の維持管理を行う際に、ヒアリングなどから、雨水中の汚濁物を施設中に取り入れないことが重要であることが分かった。

そこで多目的利用に向けた雨水貯留施設の取水部の構造を検討する必要がある。また、どうしても入ってしまう汚濁物を効率的に除去できる施設の内部構造についても検討が必要である。

4) 公共下水道との関わりについての課題

本研究で検討を行った多目的雨水貯留施設を、単に、屋根からの雨水を取り入れて、利用する施設とすると、利用用途も限定されたものになる。そこで、今後は下水処理場から下水の高度処理水を補給水として活用するなどの検討も必要である。

●この研究に関する問い合わせは

研究第二部長
研究第二部主任研究員
研究第二部研究員
研究第二部研究員

篠田 康弘
佐伯 守久
中西 康博
久保 善央