

校庭を活用した流出抑制への取り組み ～武庫川での先導的事例～

矢尾 哲雄¹・首藤 充良²

¹兵庫県 阪神北県民局 宝塚土木事務所 武庫川対策室 河川砂防課（〒665-8567兵庫県宝塚市旭町2-4-15）

²兵庫県 県土整備部 土木局 総合治水課武庫川総合治水室（〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1）

本論文は、兵庫県における総合治水条例の制定を踏まえ、流域対策として先導的に整備した校庭貯留施設の2つの事例を通して得られた経験や知見について報告するとともに、貯留施設整備の課題とその解決策を提示し、今後の総合治水のあり方について考察するものである。

キーワード 総合治水，流出抑制，雨水貯留，流域対策，減災対策

1. はじめに

近年、都市化の進展に伴い、流域の保水機能が低下して雨水の流出形態が変化していることや、各地で頻発する記録的な豪雨などにより河川への負担が増大している。

河川管理者は、洪水から住民の生命と財産を守るため、洪水を河道内で安全に流下させることを目的として河川改修に取り組んできた。しかしながら、河床掘削では橋梁や井堰の改築に伴い多額の費用と時間を要して改修が進まないうえ、沿川には密集市街地が形成され河川の拡幅にも限界があること等から、河川対策だけで洪水に対応することは困難な状況となっている。

このような状況を踏まえ、兵庫県では2012年4月に「総合治水条例（以下、条例という）」を施行し、従来の「河川対策」に加え、河川区域外である校庭や公園等に一時的に雨水を貯留し河川への流出抑制を図る「流域対策」や、浸水被害が発生した場合でも被害を小さくする「減災対策」について、県民の総意のもと県下全域で

取り組むこととしている。兵庫県における総合治水のトップランナーである武庫川では、総合的な治水対策を河川整備基本方針や河川整備計画に位置づけ、流域内の市や県民との協働により、浸水被害の回避・軽減を図る具体的な取り組みを積極的に推進している。

本論文は、県施行の流域対策として先導的に整備した県立の宝塚東高校及び阪神昆陽（はんしんこや）高校の校庭貯留施設において、①整備[PDCAサイクルのPlan, Do段階]において得られた経験や知見を報告するとともに、②整備の成果及び今後の課題について整理し[Check段階]、③その解決策を提案する[Action段階]により、条例の制定を踏まえた今後の総合治水のあり方について考察するものである。

2. 整備概要

整備した両校の位置、施設概要、及び施設概略図面は、それぞれ図-1、表-1、図-2のとおりである。

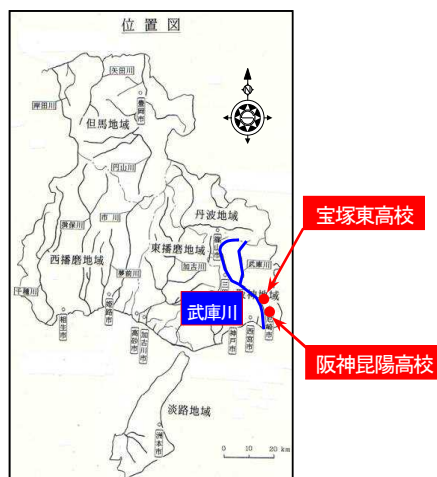


図-1 位置図

表-1 施設概要

項 目	宝塚東高校 (宝塚市中山五月台)	阪神昆陽高校 (伊丹市池尻)
工事概要	周囲堤:523m、水路:234m、 オリフィス:3箇所	周囲堤:294m、水路:190m、 オリフィス:1箇所
対象降雨	・1/30計画降雨 ・S36.6実績降雨(武庫川流域での戦後最大降雨)	
集水面積	約3.1ha 【オフサイト方式】	約1.1ha 【オンサイト方式】
貯留面積	約1.7ha	約1.1ha
最大貯留量	約2,270m ³ ※	約1,135m ³ ※
最大貯留水深	35cm ※	36cm ※
最大地先効果量 (m ³ /s)	約1.0(流入1.14、流出0.11) ※	約0.4(流入0.46、流出0.03) ※
最大湛水時間	約6時間 ※	約10時間 ※
事業年度	H21～H24年度	H23～H24年度

※ 1/30計画降雨時の数値

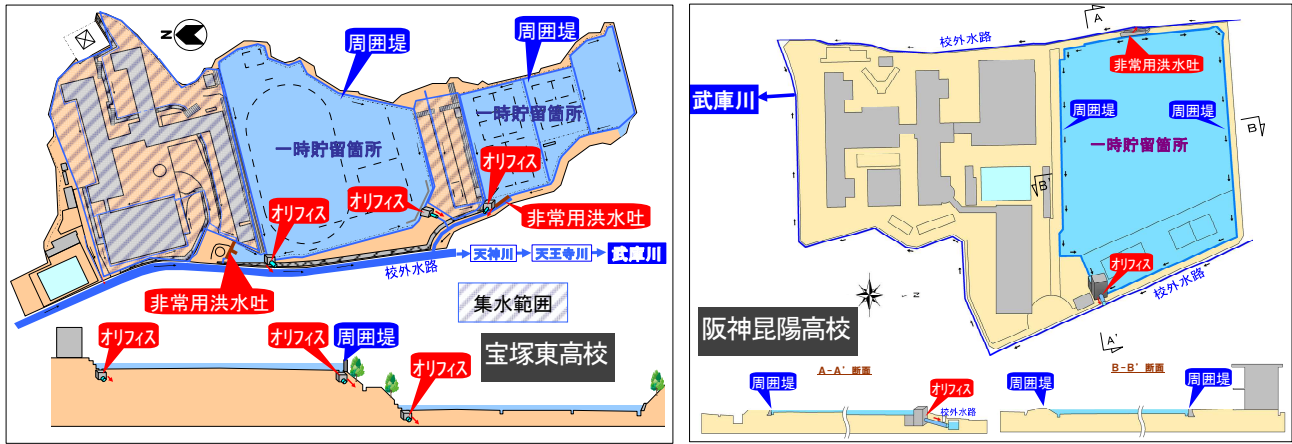


図-2 施設概略図

3. 整備を通して得られた知見 [Plan, Do段階]

本章では、両校での(1)事前協議、(2)設計、(3)施工、(4)施工後において得られた経験や知見について報告する。

(1) 事前協議

県下の県立施設では前例のない施設整備であったため、事業化に対する学校側の理解を取り付けることは相当困難であった。「河川管理者の責務を学校に押しつけることには納得できない」、「学校側のメリットが一つもなく迷惑施設でしかない」等の反対意見が噴出し、事業化を断念した高校が存在したことも事実である。

事業着手の理解を得るため、事業の目的や効果に加え、県外事例を参考にした整備イメージや予定する貯留規模等についても丁寧に説明して学校側の不安払拭に努めたところ、両校は総合治水の取り組みに共感し、事業着手の理解を得ることができた。

(2) 設計

a) オリフィス径の設定（湛水許容時間）

水文設計では、測量等により集水範囲を決定し、治水効果量（ピークカット量）、安全性、利用者への影響等を考慮してオリフィス径等を設定する（図-3）。

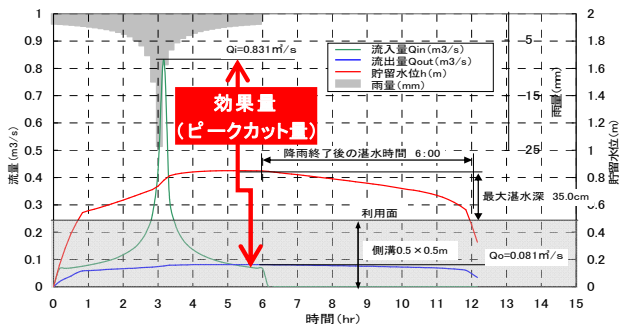


図-3 水文設計の例（宝塚東高校）

このうち、オリフィス径は以下の3要件を全て満足するように設定した。

- 要件①：最大湛水深 < 貯留限界水深
- 要件②：最大放流量 < 下流水路等の許容放流量
- 要件③：最大湛水時間 < 湛水許容時間

このうち、要件①は貯留限界水深が大きい（高校においては50cm）こと、要件②は流出抑制後の最大放流量は下流水路等の断面内で流すことができるためクリアされた。よって、要件③の湛水許容時間——すなわち、「降雨終了後にグラウンド使用ができない時間」を学校側がどこまで許容できるか——によって、オリフィス径及び我々が最大限確保したい治水効果量が定まることが判明した。

この湛水許容時間と治水効果量はトレードオフの関係にあり、宝塚東高校ではグラウンドの使用制限を最小化したい意向であったため、互いに合意できる妥結点を見出す必要が生じた。

そこで、施設整備がグラウンド使用に与える影響を学校側に的確に示すことが必要と考え、最大湛水深を10mメッシュで色分けした図面（図-4）や、湛水深の経時変化を表すグラフを用いて説明し、理解を求めた。

その結果、生徒が主に使用するグラウンド中央部への影響は限定的であることが理解され、湛水許容時間を6時間とすることで学校側と合意に至った。

このメッシュ図は、水文設計を実施するために作成していた貯留計算結果を活用すれば作成でき、学校側にも判りやすいと好評であったことから、合意形成を図る上での有効な資料になると考える。

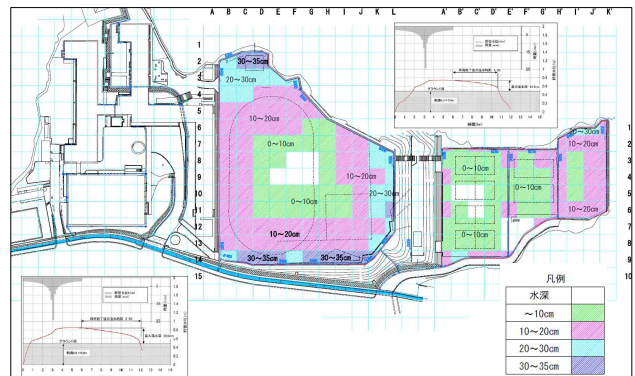


図-4 最大湛水深のメッシュ図（宝塚東高校）

b) 維持管理がしやすい構造

各施設の構造検討では、将来に渡って貯留機能を確保するため、オリフィスや側溝の清掃といった維持管理が容易な構造を採用することが求められた。

このため、①作業回数を減らす、②作業1回当たりの労力を減らす観点から検討した構造を学校側へ提案し、意見交換を重ねた結果、主に表-2のとおり工夫することとした。このような学校側との意思疎通を図る取り組みは、後述する維持管理体制の構築においても効果があつたと感じており、維持管理者側の立場に立った構造の検討・提示・意見交換は不可欠だと考えている。

表-2 構造面での工夫

作業回数を減らす	グレーチングの構造：落ち葉等の進入防止のため細目タイプを採用
作業1回当たりの労力を減らす	側溝蓋の選定：側溝への土砂流入が懸念される箇所では鋳鋼板(穴開け加工)を採用
	グレーチングの重量：1人でも持ち上げられる30(kg/枚)以下
	柵の寸法：深さが1m以上の柵は、柵内から土砂上げできるように空断面を拡大

(3) 施工

施工段階における大きな課題は、①教育活動(通常授業・体育の授業・クラブ活動)への影響の最小化、②生徒に対する安全確保の2点であった。このため、学校側と施工計画の入念な摺り合わせを実施した。

具体的には、施工範囲を小ブロックに分割した図面(図-5)、及びブロック番号を付した工程案を学校側に提示し、意見交換を行うことで、グラウンドの使用不能面積の縮小(例：ブロック⑩は2分割施工して影響範囲を縮減)と、施工手順のきめ細やかな組替え(例：騒音の大きい作業を行うブロックは休日に集約)を図った。これら一連の協議が、教育活動への影響の最小化、必要な安全対策の事前確認、工期の短縮等に大きく寄与した。



図-5 施工ブロック分割図(宝塚東高校)

(4) 施工後(維持管理)

a) 管理協定の締結

両校とも2012年7月に整備が完了し、施設の引き渡しに併せて学校側と管理協定を締結して、貯留機能を適切に維持していくこととした。協定内容の決定に当たって

は、以下に示す2点を踏まえ、本庁レベル(県土整備部と教育委員会事務局)の協議を経て管理にかかる役割分担の考え方を整理し、認識を共有することに注力した。

- ① 条例において、雨水貯留浸透機能を備え、維持することが「土地所有者の責務」として規定されたこと
- ② 今後、貯留施設の整備を全県展開していくこと

その結果、国の標準協定案に準拠しつつ、「貯留機能の維持保全は土地所有者が担う」という条例の思想を踏まえ、一部変更することとした(表-3)。学校側との適切な役割分担のあり方を検討する上で、条例は判断の拠り所として大きな役割を果たした。

表-3 協定内容の整理

項目	内 容		採用理由
	国の標準協定案	採 用 案	
維持管理	学校：通常の点検・清掃 土木：上記以外	学校	条例で規定された所有者の責務を考慮
修繕・改築	土木	土木	学校では実施困難だと考えられる為
機能の周知	学校：県と協力して周知に努める	学校：周知に努める 土木：学校の行う周知に協力する	役割分担をより明確にする為
施設の帰属	記載なし ※通知文書では学校	学校 ※協定書に明記	施設の所有者を明確にしておく為

なお、施工後の運用に際しては、以下b) c)のような課題も確認された。

b) オリフィスの閉塞(落葉・土砂等の流入)

宝塚東高校では、オリフィス前面に設置したスクリーンに流入物(落葉と土砂の混合物)が張り付いて目詰まりが発生し、排水できない事態が生じた。現地確認を行ったところ、この原因は以下に示す流入物の特性を十分に考慮したスクリーンの構造設定ができていなかったことにあると推定された。

- 特性①：グラウンドの土質は、比較的細粒分が多く高粘度である
- 特性②：グラウンド周囲に落葉樹が多く、落葉の流入量が多い

他方、阪神昆陽高校では、宝塚東高校と類似した条件下にあるものの、①柵に切っておいた溝にスクリーンを落とし込む構造としたため通水面積が大きく、②スクリーンの目を粗く設定したため、このような事態は生じていない。今後、スクリーンの設計においては、阪神昆陽高校で採用した構造(図-6)をベースに、グラウンドの土質や樹木の種類・量等の特性を勘案して目の細かさ等の仕様を設定する必要がある。

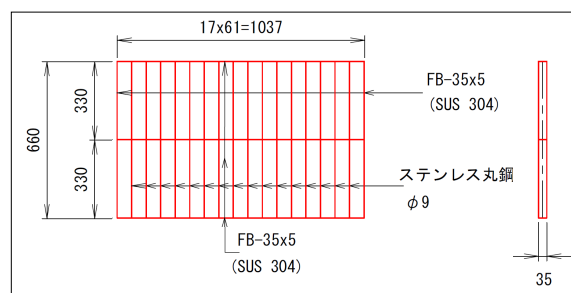


図-6 スクリーン構造図(阪神昆陽高校)

c) 側溝への土砂流入

既設側溝が埋塞により機能不全となっていたため、施設整備に併せて側溝清掃を実施した。しかし、降雨の度にグラウンドの土砂が大量に側溝へ流入し、再度埋塞するという事態が生じた。これに対し、図-7のように、グラウンドの勾配が側溝付近で急勾配となっている箇所の表土を鋤取ったところ、土砂の流入は大幅に減少し、その後埋塞は発生していない。

今後は、設計段階での踏査によりグラウンドの勾配が急な箇所を予め確認しておき、学校との協議を経て、施設整備時に鋤取っておくと効果的である。

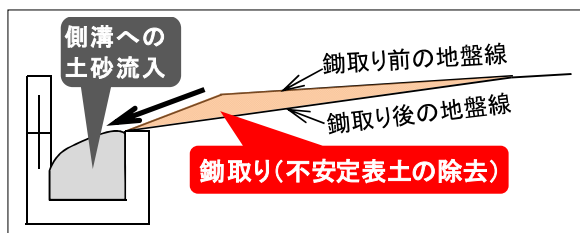


図-7 表土の鋤取り（模式横断面図）

4. 成果と課題【Check段階】

本章では、両校における整備の成果、及び今後の貯留施設整備を展開していく上での課題について整理する。

(1) 先導的整備としての成果

両校における整備は、以下 a)～d) に示す 4 つの観点から、県施行による先導的整備事例として一定の成果が得られたと言える。

a) 整備事例の早期提示

両校では、条例の制定前から学校側の理解を得て事業着手し、条例制定の 3 ヶ月後には整備を完了させた。その後、宝塚土木事務所の広報誌「MY TOWN」等を活用して広報に努めたところ、新聞記事にも掲載された（図-8）。

これらのことから、県民や施設所有者等に対してモデル的な整備事例をいち早く提示し、県が総合治水に率先して取り組む姿勢を示すことができたと言える。



図-8 新聞記事

b) 治水効果の発現

宝塚東高校では、2012 年 7 月 24 日に 34mm/hr（ピーク時 11mm/10min）の降雨をグラウンドで貯留し（写真-1）、

阪神昆陽高校でも湛水の痕跡が確認されたことから、両校とも設計上想定した流出抑制効果を発揮した。



写真-1 貯留状況（宝塚東高校）

c) 学校との協力体制の構築

施設の維持管理では、所有者が管理の責務を担うという条例の思想を踏まえた役割分担について協議した結果、国の標準案から一步踏み込んだ内容により協定を締結し、学校との協力体制を構築することができた。

d) 現地視察の受け入れとその効果

先導的整備事例として積極的な PR に努めた結果、県内外の自治体から視察や資料請求が相次いだ。視察の受け入れにあたっては、当該施設の特徴や工夫した点のみならず留意事項や改善すべきことなどの説明を心がけた。

視察を終えた一部の自治体では校庭貯留が事業化され、設計に着手しているとのことであり、両校の先行整備が他箇所での事業化に大きく貢献した。

(2) 今後の課題

a) 整備の必要性に対する理解の促進【課題①】

本県では、条例の施行を踏まえ、学校関係者等が総合治水の一翼を担っている施設の所有者であることを十分に理解した上で、積極的に貯留施設の「整備」や「維持」に取り組んでいくことが求められている。

しかしながら、現状では「学校は治水に無関係」であり、「治水事業は河川管理者が実施するもの」との認識が根底にあり、学校側の積極的な参画による事業展開には至っていない。

このようなギャップが生じる大きな要因として、総合治水の理念が学校関係者に十分に浸透していないことが挙げられる。このため、今後は条例の普及啓発をより効果的に展開し、貯留施設整備の必要性について理解を深めていく必要がある。

b) より管理しやすい施設の実現【課題②】

施設整備後は、施設を既存ストックとして活用していく段階へと移行することから、将来に渡って機能を維持させていくことが重要となる。

維持管理における最大のポイントは、大量に発生する落葉や土砂等への対応であるが、学校職員も減少傾向にある中、施設の機能を維持していくためには、学校側の負担軽減が不可欠である。このため、よりメンテナンスを要しない施設の実現に向け、更なる知見の蓄積と構造面での改良を重ねていく必要がある。

c) 事後評価と課題の再整理【課題③】

現時点では、評価データが少なく、評価手法も十分に確立されていないため、定量的・包括的・客観的な評価は困難である。

よって、必要なデータの選定・収集や評価手法の検討を行った上で、数年後に事後評価を実施するとともに、全県展開に向けた課題を整理する必要がある。

5. 課題に対する解決策 [Action段階]

本章では、前章で整理した今後の課題に対する解決策について論述する。各課題と各解決策の関係を図-9に示す。

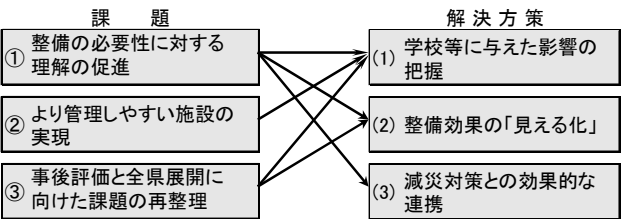


図-9 課題と解決策の関係

(1) 学校等に与えた影響の把握

課題①②③を解決する上では、施設整備が学校や地域住民に与えた影響を的確に把握することが不可欠であるため、表-4に示す内容等について、学校や地域住民へのヒアリングやアンケート調査を行う。

表-4 調査内容

調査内容	活用例
ア. 施工中・施工後に教育活動等へ与えた影響	設計や施工方法の評価・改善 事前協議での説明(不安払拭)
イ. 維持管理に関する学校の負担実態・改善すべき点	採用した構造の評価・改善 管理体制の改善
ウ. 総合治水に対する理解レベル	施設有無別の比較分析 経年変化分析

(2) 整備効果の「見える化」

課題①③の解決に向け、貯留施設の整備は、本川でのピークカット効果以外にも多面的な効果が期待できることを踏まえ、施設の直下流部（以下、地先という）での治水効果や減災対策への波及効果等についても、県民が直感的に分かりやすい指標等を用いて示す手法（効果の「見える化」）の検討を進め、整備効果を積極的に発信していく。

このような検討により得られた結果は、貯留施設に対する関係者の理解を深める上での有効なツールとなり、より円滑な事業推進を図ることができる。

また、流域対策はみんなで取り組むことで効果がさらに高まるという特徴を有しているため、施設整備と併せて検討結果を広く県民に発信していくことで、近隣の校庭・公園での貯留や各戸貯留等の取り組みを促し、地域における治水安全度の更なる向上につながっていくことが期待できる。

具体例として、地先での内水被害軽減効果を示すため、以下a) b)のような検討を進めている。

a) 内水被害発生エリアの縮小効果

施設整備により、地先における内水被害の発生エリアが縮小する効果を具体的な数値で示すために、武庫川流域で予定している平均的な施設を用いたケーススタディを実施した。

その結果、30年確率規模の降雨により浸水が発生する区域において校庭貯留施設を1箇所整備すれば、浸水エリアの縮小とともに施設の下流450mまでは内水被害が解消されるという検討結果が得られた（図-10）。

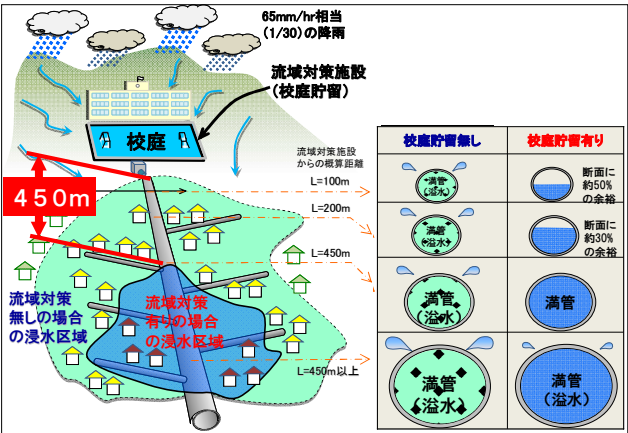


図-10 浸水エリアの縮小イメージ

b) 放流先下水道等の水位低下効果

校庭貯留では、ゲート操作を要しない自然流下方式を採用するため、設計段階で構築した貯留計算モデルを活用すれば、任意の降雨に対して貯留量やピークカット流量等が算出できる。

このことに着目し、雨量データを入力すれば、洪水調節量や放流先下水道等における水位低下量等をグラフや図を用いて視覚的に表現できるプログラムを作成した。例えば、阪神昆陽高校において100年確率規模の計画降雨を入力して計算すると、「25mプール約2.4杯分に相当する約1,353m³の洪水調節を行い、放流先下水道の水位低下により内水氾濫を防止する効果が発現」という結果が図-11(次項)のような表現で自動的に出力される。

今後、学校・地域住民へのPRや大規模降雨後における整備効果の速やかな発信など、このプログラムを様々な用途で活用していきたい。

(3) 減災対策との効果的な連携

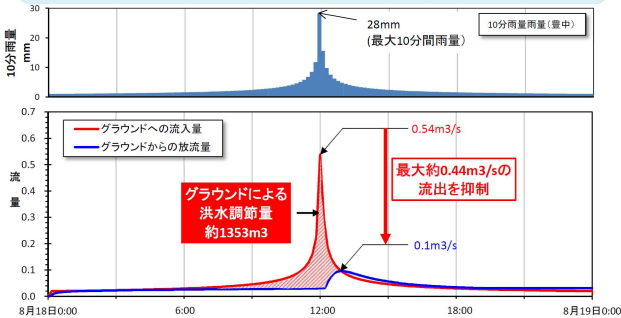
宝塚東高校では、貯留時にその状況を一目見ようとグラウンド周辺に生徒が集まって関心を寄せているなど、生徒にとって校庭貯留の必要性や役割について考える契機となった様子が見受けられた。このように、貯留施設の整備は、災害経験がなく、洪水被害を身近に感じられなくなった住民(例：武庫川下流部)に対しても、総合治水について考える機会を提供でき、減災対策への取り組みを促すという波及効果も期待できる。

このことを踏まえ、整備後の施設を効果的に活用しつつ、総合治水に関する知識の普及や学習の支援を積極的に推進するため、校内・外に啓発看板等を設置するとともに、学校での防災教育や生涯学習の機会を捉えて現地学習会や県政出前講座等の実施に取り組んでいく。

平成〇年〇月〇日降雨における雨水貯留施設の洪水調節効果(阪神昆陽高校)

1. 降雨と洪水調節効果

- ① 阪神昆陽高校付近では〇月〇日未明から雨が降り始め、最盛りの豊中観測所地点では、最大10分間雨量は28mmに達しました。
- ② 阪神昆陽高等学校では、洪水ピーク時に流入する雨水の約82%をグラウンドに一時貯留することにより、25mプール約2.4杯分に相当する約1353m³の洪水調節を実施しました。
【最大流入量約0.54m³/s → 最大放流量約0.1m³/s】



2. 放流先下水道の水位低下効果

- ① 放流先下水道の最高水位を38cm低下して、洪水を安全に流下せたと想定されます。
【施設なし1.25m → 施設あり0.87m】
- ② 雨水貯留施設がなかった場合、放流先下水道が満水となり内水による氾濫が生じていたと想定されます。

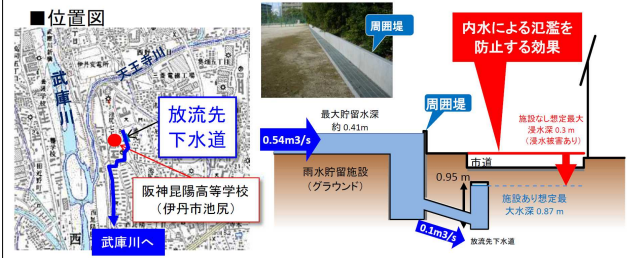


図-11 事業効果の出カイメージ (阪神昆陽高校)

6. おわりに (総合治水の全県展開に向けて)

本年4月には両校の同意を得て、条例に規定する「雨水貯留施設」の指定告示を行った。指定を受けた学校側には貯留機能を維持することについての義務が発生することから、永続的に貯留機能を確保できる仕組みが産声を上げて歩みを始めたと言える。

今後、校庭貯留を県下全域へ展開していくためには、①「学校は地域の浸水軽減に貢献している」ことを河川管理者からも積極的にPRすること、②貯留施設の維持に対する表彰、顕彰制度による学校側の意識高揚、③整備した貯留施設を防災教育の実践の場として有効活用するなど、学校側にもメリットが享受できる仕組みをつくり、河川管理者と学校側で「Win-Win」の関係を構築していくことが不可欠である。

本県では、2008年の都賀川における水難事故、2009年の佐用町の被害など、相次いで想定を超える降雨による被害を受けており、河川対策に加え、流域対策や減災対策を推進することは急務である。「総合治水」とは、河川管理者、施設所有者、地域住民が必要性と意義を共有し、「相」「互」に「知」恵を出し合って地域の「水」害を回避・軽減する仕組みであり、この仕組みの構築に向けた旗振り役・舵取り役は、我々河川管理者が遂行すべき使命である。

本論で述べた事例が参考となり、兵庫県が目指す「県民総意で取り組む総合治水」の実現に向けての一助になれば幸いである。