

工場の緑地敷地を利用した洪水による浸水深を軽減するための方法の提案

日本大学大学院 学生会員〇戸塚 夏萌・日本大学理工学部 正会員 後藤 浩

1. はじめに 近年、地球規模の気候変動に伴い、わが国では、毎年、夏季には豪雨災害が起きている¹⁾。特に、都市部では人工被覆面の面積拡大により、雨水が地中に浸透する土地の面積が減少したことによって、浸水が激しくなっている。平成25年より行政で提唱されているグリーンインフラは、主に公共空間で導入され、その試みの一つとして浸水防止対策にも適用されている²⁾。しかしながら、この試みは、行政が管理する河川などの公共空間に適用されるものであるが、大規模な民地も対象となれば、その効果は大きくなるものと考えられる。この考えに基づき、最近、著者ら³⁾は、河川の沿川にある工場の緑地を利用し洪水対策として貯留機能を付加した場合の効果について検討した。本報では、工場緑地の貯留機能に加え浸透機能を付加した場合の効果について検討した。

2. 研究方法 検討対象の地域（横浜市戸塚区柏尾川沿川）を図1に示す⁴⁾。この地域の浸水想定は、最大3m以上の浸水が想定されている（表-1参照）⁵⁾。まず、掘り下げの対象となる大規模工場の建設に関わる工場立地法について、特に、緑地設置に関わる内容を整理した。次に、当該地域でハザードマップにより浸水予測エリアの工場を抽出し、工場面積を企業のHP^{6)~9)}から入手した。なお、HPに記載がない場合はGoogle Earth Proを用いて求めた。そして、工場立地法に基づく指針である「緑地面積20%」より、緑地部分を掘り下げた場合の貯留量を推算した³⁾。また、雨水の浸透量は、ホートン式¹⁰⁾、東京都雨水貯留・浸透施設技術基準¹¹⁾を用いて試算した。さらに、浸透ますの設置方法を提案し、その効果について検討した。

3. 研究結果 研究結果について以下に整理して簡潔に示す。

工場立地法の概要 工場立地法は、工場立地の段階から周辺の生活環境との調和を保つ基盤を整備し、公害の発生を防ぐ体制を整えさせることにより、早期に生活環境の保全を図ることを目的としている。工場立地法の対象となる業種は、製造業、電気供給業、ガス供給業および熱供給業である。規模としては敷地面積9,000m²以上、または建築面積3,000m²以上の工場に適用される。工場の構成施設としては、生産施設と環境施設、その他（駐車場、事務所）となっている。環境施設の中に緑地が含まれ、その割合は国が定める値としては、環境施設が25%以上でその中に緑地の20%以上が含まれることが定められている。なお、地域の状況に合わせて、市区町村では、この割合は異なる値で定められる¹²⁾が、ここでは国準則の20%の値を用いた。

各工場の緑地面積の調査と貯留量の推算 この地域には対象となる大規模工場は図1に示すように8つあった。表1には、各工場の敷地面積から推算緑地面積を求めた結果を示した。図2は、8つの工場緑地の掘り下げ深さの変化による貯留量の変化の推算結果である。図2中には、隣接する同市港南区に整備済みの平戸永谷川遊水地（37,900m³）と市鶴見川沿川に整備されている川和遊水地（120,000m³）¹³⁾との比較を行ったものである。図2のように、既設遊水地に劣らない貯留能力を有することが理解される。図3は、50cm掘り下げた場合の効果について、降雨波形で検証したものである。この降雨波形は、横浜市が提示している5年確率の降雨強度式¹⁴⁾から求めたもので、24時間連続降雨の中央集中型波形のピーク値をどのくらい低減させることができるかで表現した（流域面積は、ここでは、工場がある秋葉町、上柏尾町、柏尾町、吉田町、戸塚町、上倉田町、下倉田町の7カ所の町の合計面積9.101km²と仮定した）。図3のように、ピーク時の降雨量を14%減少させることができると推算できた。

浸透を付加した場合の効果 緑地を掘り下げたのちに、貯留ばかりでなく浸透能力を発揮する仕組みを付加した場合の効果について推算した。浸透量計算の工夫として、土が乾燥している状態（未飽和状態）の緑地に水が



図1 平戸永谷川から柏尾川沿川の工場立地⁴⁾

表1 緑地と貯留量の推算結果

工場名	想定浸水深(m)	敷地面積(m ²)	推算緑地面積(m ²)
紀文食品 横浜工場	0.5~3.0	10,543	2,109
山崎製パン横浜第一工場	0.5~3.0	15,750	3,150
森紙業(株)	0.5~3.0	18,630	3,726
●プリヂストーン 横浜工場	3.0~5.0	159,000	31,800
日立製作所	3.0~5.0	132,710	26,542
●メディセオ神奈川ALC	3.0~5.0	17,290	3,458
●中外製薬ライフサイエンスパーク横浜	0.5~5.0	158,589	31,717
●BASF ジャパン株式会社	3.0~5.0	104,000	20,800

※●印は会社HPから敷地面積情報を入手した。

これ以外は、著者らが独自にgoogle earth pro用いて計測した。

キーワード：治水対策 工場緑地 遊水地 グリーンインフラ

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 TEL：03-3259-0554 E-mail：csna21811@g.nihon-u.ac.jp

流入する場合と土が湿潤している状態（飽和状態）で緑地に水が流入する場合に分けて計算した。前者の場合、未飽和状態の時間においては、ホートン式 (1) 式を用いて、飽和状態の時間においては、東京都雨水貯留・浸透施設技術基準が示す算出方法（正方形の底面のみからの流出するケースとし、正方形の大きさが 1m×1m の浸透ますの場合の設計式を使用）を用いて計算を行った。

$$f = f_0 + (f_i - f_0) \exp(-\alpha t) \cdots (1)$$
ここに、 f_0 : 初期浸透能 (mm/hr), f_i : 最終浸透能 (mm/hr), α : 減衰係数 (hr⁻¹), t : 時間 (hr) である。なお、計算に用いた f_0 , f_i , α の値は、既往研究^{15)~17)}を参考に、 $f_0=500$ (mm/hr), $f_i=20$ (mm/hr), $\alpha=6.7$ (1/hr) と設定した。また、飽和透水係数は、関東ローム層の値¹¹⁾として 0.14 (m/hr) を用いた。図 4 に、1m×1m の正方形浸透ますを 1 つ設置した場合の計算結果を示す。図 4 のように、未飽和状態の場合は、初期の浸透量が多いため、飽和状態の場合に比べ浸透量が多くなる。しかし、4 分程度で飽和状態となり、15 分経過時点で、おおよそ浸透量 0.08m³ (8cm・m²) の効果となる。このことから 1 時間経過では、0.3m³/hr 程度の浸透による貯留量の増加が期待される。緑地の整備は、工場外周が多いことから、工場外周部に地面を掘り下げた緑地を整備し、1m おきに正方形浸透ますが設置されることがよいと考え、どの程度の効果があるか試算した。計算上、簡便のために、8 か所の工場敷地を正方形と単純化して、表 1 に示した敷地面積から敷地外周を推算した結果を表 2 に示した。さらに、表 2 には、その長さを基に、設置可能な浸透ますの個数と、それに伴う浸透量を示してある。表 2 に示した個数の雨水ますを設置すると、合計では、15 分経過時点で、合計 330~350m³ の浸透量を得られるものと推算できた。なお、この量を雨量に換算し低減割合の一部を図 3 内に併記した。図 3 のように、各時間 0.4~5.1% 程度の降雨量削減効果をもたらす可能性がある試算できた。

4. まとめ 工場における緑地を利用し、土地を掘り下げることで洪水を貯留し、さらに浸透させて地域の浸水被害を低減することを提案した。浸水エリアかつ大規模工場群が立地する戸塚区の柏尾川沿川を対象に、本提案を検証した結果、近隣、遊水地に匹敵する貯留能力となり、計画降雨量のピーク値を 14% 削減する可能性を示した。また、浸透機能を付加させると各時間の降雨量を、見かけ上 0.4%~5.1% 低減できることを示した。

参考文献: 1) 東京都都市整備局: 東京都豪雨対策基本方針, <https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp> (2023.3.21 閲覧), 2) 国土交通省: グリーンインフラポータルサイト, <https://www.mlit.go.jp> (2023.3.21 閲覧), 3) 戸塚夏萌, 後藤浩: 低地帯の都市部における工場緑地を利用した浸水レベル軽減方法の提案, 第 50 回土木学会関東支部技術研究発表会, 土木学会, IV-50, 2023, 4) 国土地理院: 白地図, <https://www.gsi.go.jp/> (2023.3.21 閲覧), 5) 横浜市: 浸水ハザードマップ (洪水・内水・高潮), <https://www.city.yokohama.lg.jp> (2023.3.21 閲覧), 6) 中外製薬株式会社: 建設計画地のイメージ, <https://www.chugai-pharm.co.jp/yokohama/index.html> (2023.3.23 参照), 7) ブリヂストン: 国内工場紹介, <https://www.bridgestone.co.jp> (2023.3.23 閲覧), 8) GKK 近代建築研究所: 事例集, <http://gkkae.com> (2023.3.23 閲覧), 9) BASF ジャパン株式会社: 製造・戸塚工場, <https://www.basf.com/jp> (2023.3.23 閲覧), 10) 水村正: 水文学の基礎, 東京電機大学出版会, 11) 東京都総合治水協議会: 東京都雨水貯留・浸透施設技術基準, <http://www.tokyo-sougou-chisui.jp> (2023.3.17 閲覧), 12) 経済産業省: 工場立地法の概要, <https://www.meti.go.jp> (2023.3.21 閲覧), 13) 横浜市: 横浜市の総合治水対策, <https://www.city.yokohama.lg.jp> (2023.3.21 閲覧), 14) 横浜市: 横浜市下水道計画指針-2010 年版- 第 6 章 雨水管理計画, <https://www.city.yokohama.lg.jp/>, (2023.3.21 閲覧), 15) 天口秀雄, 河村明: 都市流出モデルに及ぼす土地利用データの影響について, 水工学論文集, 土木学会, 第 50 巻, pp.301-306, 2006, 16) 安藤義久, 菅明芳, 岡本哲夫, 浅羽晴夫: 関東ローム丘陵・台地における土地利用別の浸透能, 水利科学, 森林科学研究所, 第 26 巻, 第 5 号, pp.1-23, 1982, 17) 竹下伸一, 高瀬恵次, 井原克明: 浸入能方程式を導入した長期間流出モデルの開発, 農業土木学会論文集, 農業土木学会, No.212, pp.71-77, 2001.

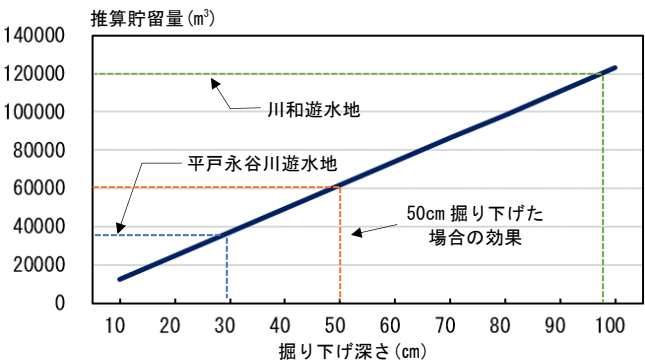


図 2 掘り下げ深さと貯留量との関係

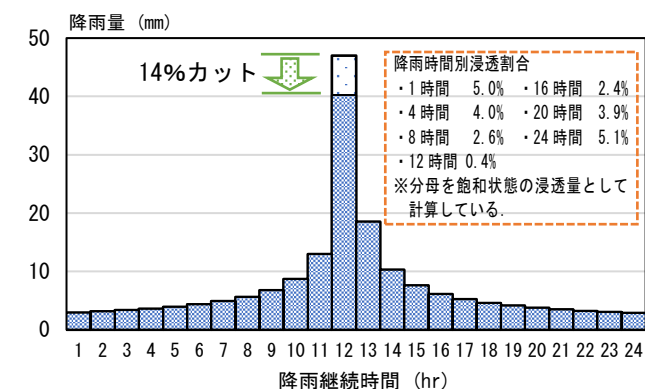


図 3 掘り下げによるピーク時の降雨強度の低減効果

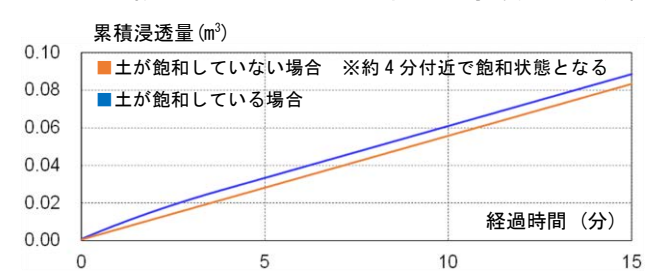


図 4 1m×1m の正方形浸透ますの浸透量

表 2 浸透量の推算結果 (15 分経過時点)

工場名	敷地面積 (m²)	外周長 (正方形の一边の長さ) (m)	1m×1m の浸透ますの設置個数 (個)	未飽和状態の場合の浸透量 (m³)	飽和状態の場合の浸透量 (m³)
紀文食品 横浜工場	10,543	410.4 (102.6)	205	18.18	17.11
山崎製パン 横浜第一工場	15,750	501.6 (125.4)	250	22.22	20.91
森紙業 (株)	18,630	545.6 (136.4)	272	24.16	22.75
ブリヂストン 横浜工場	159,000	1594.8 (398.7)	797	70.63	66.48
日立製作所	132,710	1456.8 (364.2)	728	64.52	60.73
メディセオ 神奈川 ALC	17,290	525.6 (131.4)	262	23.28	21.91
中外製薬ライフ サイエンスパーク横浜	158,589	1592.8 (398.2)	796	70.54	66.40
BASF ジャパン 株式会社	104,000	1289.6 (322.4)	644	57.11	53.76
合計			3958	350.64	330.05