

近年増加する水害に対する対策

Countermeasures for Increasing Floodings in Recent Years

高井 剛 近藤 宏二 岩前 伸幸 野中 沙樹 山田 順之 大久保敏宏 山口 毅志 寺田 裕佳
Tsuyoshi Takai, Koji Kondo, Nobuyuki Iwamae, Saki Nonaka, Yoriyuki Yamada, Toshihiro Okubo,
Tsuyoshi Yamaguchi and Yuka Terada

I. はじめに

世界的な気候変動に伴い、日本でも毎年のように激甚災害に見舞われている。Fig.1 は 1976 年から 2024 年までの間に、1 時間に 50mm 以上の雨が 1 年間に何回降ったかを示したグラフである。最初の 10 年間の平均値は 1 年間に 226 回であるが、最近 10 年の平均値は 1 年間に 334 回と 1.5 倍近くとなっており、明らかに豪雨の回数が増えていることが分かる。

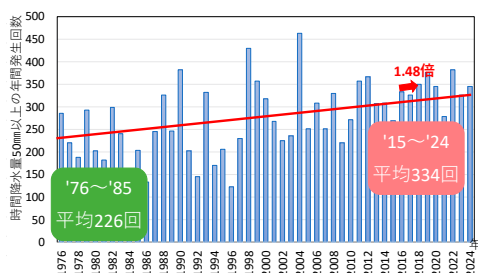


Fig.1 降水量 50mm/h 以上の発生回数(気象庁より)
(Number of Times Precipitation Exceeds 50mm/h from JMA)

水害についてどう備えていくかについて、当社の取り組みを二つ紹介する。一つは個々の建築物をどのようにして守るかという「水災害トータルエンジニアリングサービス」についてであり、もう一つは、流域治水に関するもので、森林にどれ位水を貯められるかを計測する技術についてである。

II. 水災害トータルエンジニアリングサービス

1. 水害に関する建物の基準

Table1 に示すように、日本の建築物には、地震や風、火災に対しては安全基準が定められているが、水害に対しては基準が定められていない。

Table 1 建築物の建築基準法単体規定
(Individual Provisions in Building Standards)

災害	建築基準法 単体規定
地震	地震荷重
風	風荷重
雪	積雪荷重
火災	耐火性能
水害	無し

このため、企業においては、公的な浸水想定や周辺状況、建物用途を考慮した上で、自主的に水害対策を検討する必要がある。このような環境の中でどのように対策を立てて行くべきか、その考え方を紹介する。

2. 水災害トータルエンジニアリングサービス概要

本サービスは、Fig.2 に示す「リスク評価」、「対策立案」、「対策工事」及び「運用支援」の 4 つのフェーズから構成されている。

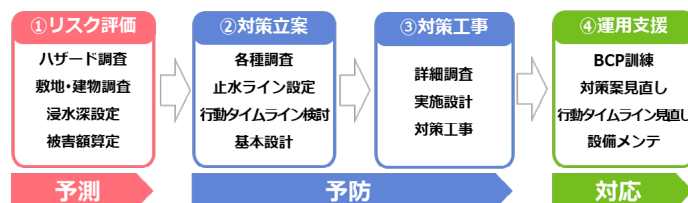


Fig.2 水災害トータルエンジニアリングサービスフロー
(Flow in Total Engineering Services for Water Disasters)

(1) リスク評価

(a) 立地特性調査

計画地における浸水深をハザードマップで確認し、加えて、地形特性や対象となる建物の止水性、保有資産の状況などを調査・評価する。

(b) 浸水深の設定

浸水の要因には、河川の水が堤防から溢れたり、堤防の決壊箇所から流出したりすることで生じる外水氾濫と、河川水位の上昇や急激な降雨により河川外に降った雨を排水できないことで生じる内水氾濫がある。これらの浸水深の評価には、自治体が公表している浸水想定区域図を用いる方法と氾濫解析によって浸水深を評価する方法がある。氾濫解析による方法では、施設の重要度に応じて、近年の降雨量の増大や気候変動による将来の降雨量の増大、高潮を考慮して浸水リスクを評価することも可能である。

(2) 対策立案

(a) 止水ラインの検討

洪水による浸水を防ぐ止水ラインを設定する。Fig.3 にその概念を示す。i)重要機器のみ上階などへ移設する方法、ii)建物 1 棟を守る方法、iii)敷地全体を守る方法、iv)盛り土をして建物を守る方法など、施設の機能や特性を勘案して止水ラインを設定する。

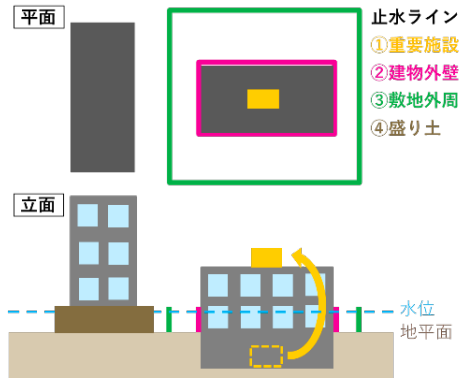


Fig.3 止水ラインの考え方
(Concept of Cater Stop Line)

(b) 行動タイムラインの検討

浸水を防ぐために行うべき土のう作製や止水板設置、バルブの閉鎖などや災害後の設置設備の撤去までを時系列上にプロットする (Fig.4)。配置できる人員を勘案のうえ実行可能かを検討し、災害時に有効な行動タイムラインを考案する。

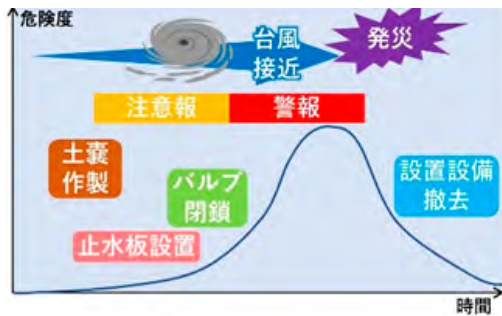


Fig.4 行動タイムラインの考え方
(The Concept of a Behavioral Timeline)

(3) 対策工事

止水対策の実施設計は、敷地の測量、排水設備などの詳細な調査を行った上で、最大限の止水効果を発揮するように、工期とコストを勘案の上、実施する。工事は安全に、騒音を低減させて行うなど近隣へ配慮して進める。なお、地中障害など工事中には予期しないことが多々生じるため、設計変更など、柔軟に対応していくことも重要である。

(4) 運用支援

対策工事完了後は、計画立案の際に検討した行動タイムラインを、BCP 訓練で定期的に見直すことでスパイラルアップさせる。また、台風接近時にも実施・検証・見直しを行い、より実効性の高いものにする。

3. 実施例

実施例として、当社技術研究所西調布実験場の水害対策を示す。

(1) リスク評価

(a) 立地特性調査

西調布実験場付近の洪水浸水想定区域図を Fig.5 に示す。国土交通省「浸水ナビ」では、計画規模降雨時の最大浸水深が 49cm と推定されており、浸水リスクの高いエリアである。

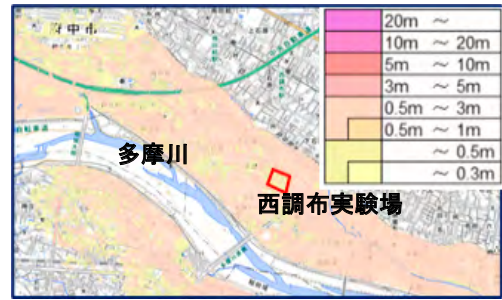


Fig.5 洪水浸水想定区域図
(Flood Inundation Predicted Areas Map)

(b) 浸水深の設定

近年の降雨の激甚化や気候変動による将来的な降雨量の増大も勘案した洪水氾濫解析¹⁾ (Fig.6) により浸水深を想定した。解析結果を踏まえ、近隣の景観にも配慮し、設計浸水深を約 1.5m に設定した。



Fig.6 洪水氾濫解析結果
(Flood Inundation Predicted Areas)

(2) 対策立案

(a) 止水ラインと行動タイムラインの検討

止水ラインによって設置する水防設備が異なるため、それぞれの行動タイムラインを検討する必要がある。Fig.7 は止水ラインを建物ごと、敷地外周とした場合の行動タイムラインである。西調布実験場の場合は敷地内に複数棟が存在し、いずれの棟にも大型で高額な実験機器があり、操作性を勘案して敷地外周を止水ラインとした。

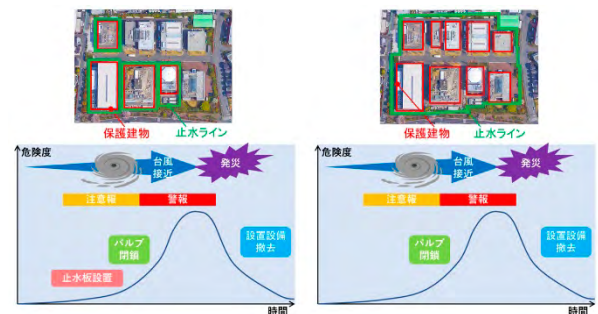


Fig.7 行動タイムラインの検討
(Analysis of Action Timeline)

(3) 対策工事

Fig.8 に特徴的な水防設備を示す。東西出入口には浮力起伏式止水板を設置し、止水板が作動後も敷地の出入りができるように浸水時避難口 (特許出願中) を配している。また、近隣住宅地に面した部分には、工事時の騒音低減が見込め、さらに、CO₂ 低減にも寄与できる CO₂-SUICOM^{®2)} 製のプレキ

ャスト止水壁を利用するほか、圧迫感を低減できるガラススクリーン止水壁を採用している。さらに、急な出水にも対応できるように二重逆流防止弁（特許出願中）も設置した。



Fig.8 特徴的な水防設備
(Distinctive Flood Prevention Facilities)

4. 運用支援

今後、水害対策は運用のフェーズに移行するが、BCP 訓練などで適宜、行動タイムラインを見直しスパイラルアップさせながら、より柔軟で確実な対策を実行できるように備え、そこで得られた知見を活かし、水災害トータルエンジニアリングサービスのさらなる普及展開を図る。

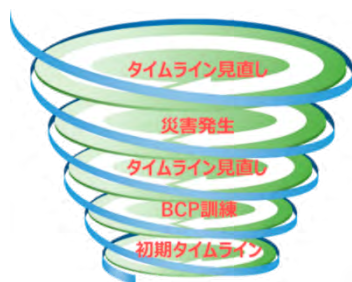


Fig.9 初期行動タイムラインのスパイラルアップ
(Spiral Up of the Initial Action Timeline)

Ⅲ. 森林の防災・減災機能評価と経営計画策定支援

1. 現在の森林の状況

我が国は森林が約 2500 万 ha と国土の約 7 割を占めている。この森林は、江戸時代には建築材や土木資材、薪炭需要などに伴う過度な森林伐採によるはげ山の増加と、それに伴う洪水や土砂災害が頻発化し、各藩によって森林の伐採規制や造林が推進されてきた。その後、戦中には軍事費により疲弊した国家経済の木材への依存、戦後には復興のための木材需要を背景に森林の伐採が更に進んだ結果、昭和 20 年代から 30 年代にかけて死亡者数が千人を超える洪水や土砂災害

が立て続けに発生した。そのため、政府は 1950 年代から年間 40 万 ha もの造林を行う拡大造林事業を積極的に推進するなどの対策を行ってきた。地形が急勾配で降水量が多い我が国において森林が発揮する多面的機能が国土保全上重要な役割を担っていると言える。例えば、間伐などの施業により森林土壌の保水容量が増加し河川のピーク流出量が減少する効果や森林整備により下層植生を繁茂させ土壌流出を抑制する効果が知られている。しかし近年、木材価格の低迷や担い手不足などにより十分に管理されない森林が全国で拡大している。さらに、気候変動に伴う豪雨の増加などもあり、森林管理の在り方が流域全体の防災・減災の大きな課題となっている。そこで本報では、東京都や熊本県などの森林を対象として当社が実施している森林計測、評価、計画支援に関する取り組みを防災機能に焦点をあて紹介する。

2. 森林の計測

(1) 林分構造データの取得

森林の防災・減災機能を検討するためには、一定面積内の樹木本数を示す立木密度、地面から 1.2m または 1.3m の高さの幹の太さを示す胸高直径、樹高など森林の構造的特徴に関するデータ（林分構造データ）を取得する必要がある。しかし、従来の計測では作業者が直接測定する方法が用いられ、森林内の全木を測定するには多大な労力と時間を要するのが課題となっている。最近では衛星や航空測量、UAV を用いて森林上空からデータを取得し立木密度や樹高を効率よく取得する方法も導入されているが、上空から直下にレーザー光を照射するなどの特性上、胸高直径を直接計測することが困難であり、推測に伴う誤差があるとされている。そこで、3 次元点群計測機器である LiDAR (Light Detection And Ranging) センサを利用しデータ取得の効率化を試みている。LiDAR による 3 次元計測ではレーザー光を対象物に照射して反射光を検知することで、対象物までの距離や形状を測定できる。本研究では地形や下層植生の状況などに応じて、林内自律飛行が可能なドローンに搭載可能なものと、小型バックパック式のもの 2 種類を使い分け森林内部の計測を実施している。取得した 3 次元点群データは、胸高直径や樹高だけでなく、樹木の曲がりや枝のつき方、樹洞の有無なども把握できるため、倒木リスクの検討にも利用可能である (Photo 1)。

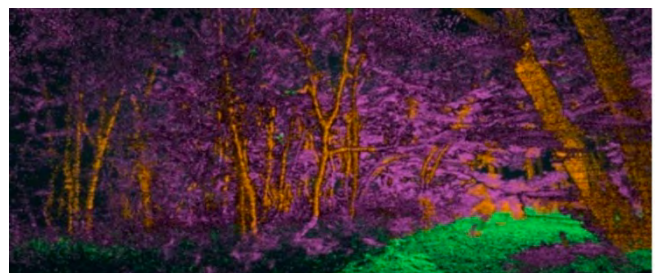


Photo 1 森林のデジタルツイン
(Digital Twin of Forests)

(2) 森林の水源涵養機能の計測

森林の水源涵養機能とは、森林が雨水の流れや地下水の補給を調整し水資源を安定的に供給する働きのことを指す。このメカニズムを解明するため、北海道、関東、九州地域の特徴の異なる森林において計測機器を設置し、降水量、林内雨量、樹幹流量、土壌水分量、照度、風速、湿度などのモニタリング調査を継続して実施している（Photo 2）。

各地域のモニタリングでは、まず、直径 10m 程度の調査プロットを設定し、3 次元点群計測機器によりプロット内の立木密度、胸高直径、樹高など林分構造データを取得している。次に、近隣の開空地に気象センサを設置するとともに、調査プロット内で林内雨量、樹幹流量、林床面蒸発を計測している。現地調査において取得することが困難な立木蒸散量については温帯・亜寒帯林の蒸散データから樹種別で樹高をパラメータとして構築された蒸散モデルを用いて対象プロットの蒸散量を推定している。



Photo 2 計測機器の設置状況
(Installation Status of Measuring Equipment)

3. 森林の評価及び計画策定

九州地域の調査対象の森林において 2 月から 6 月の間に取得した総降水量、及び降水量から蒸発散によって失われる水量を引いた水賦存量を示す（Fig.10）。限られた期間のデータであり、間伐などの効果の持続などに留意が必要ではあるが、間伐の実施による立木密度のコントロールが、水賦存量を増加させていることが理解できる。一方、間伐による水源涵養機能への影響は、対象地域の気候だけでなく樹種や樹高など実施前の林分状況により異なる可能性も高いため、調査対象地域でのモニタリングを継続する予定である。

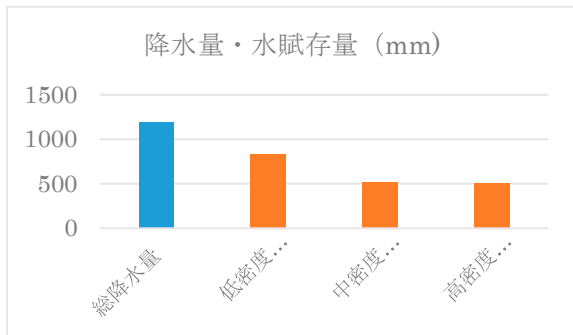


Fig.10 森林内の水賦存量計算結果例(2~6月)
(Example of Water Storage Capacity Assessment Results in Forests (February to June))

このような状況下において、森林の保有する様々な多面的機能をどのようにバランスさせるのか計画面での課題は多い。例えば、防災の側面からは伐採が望ましい枯死木が、生物多様性の観点からは野鳥の棲み処となるため保全が求められるケースなどが生じている。地域ごとに森林に求める機能や許容できるリスクが異なるため、一律の判断基準の設定は困難である。よって、地域における森林経営計画検討の一つのアプローチとして、複雑な森林の働きを可視化し共有する方法が考えられる。

東京都内における取り組みでは可視化した森林データを活用し住民参加型のワークショップを実施し、防災に加え、環境や景観など多面的な視点から議論を行った（Photo 3）。アクセス手段が限られ人が立ち入ることの少ない森林は、状況把握が困難なため関心が薄れ管理放棄されてしまう側面が否定できない。よって、地域ごとに異なる森林の現状のデータを可視化することは、森林の課題を共有しその将来像を議論する一助となると考えられる。



Photo 3 森林の在り方を議論する市民ワークショップ
(Workshop to Discuss the Future of Forests)

4. 今後の展望

本報では森林の水源涵養機能を中心にその計測評価方法と計画策定に向けたアプローチを紹介した。本研究分野は、まだ研究実績が十分でなく、今後洪水緩和と水源涵養機能のバランスのとり方など、各地域における社会実装を重ねながら検討を進める予定である。また、森林管理と防災の観点からは、昭和 30 年代の拡大造林の際に植樹された森林が高齢林となっているにもかかわらず、特に、民有林では未間伐林が増加している。これにより根張りが不十分で形状比の高い樹林が拡大していると推定され、防災面から今後さらにリスクが高まると考えられる。加えて、高度成長期に整備された都市緑地も大径化や損傷、腐朽が進み倒木などによる交通インフラなどへの被害が増加しており、景観や環境保全と災害リスク対策の両面から森林管理の在り方に関心が集まっている。本研究で開発している森林のデジタルツイン技術は上記のような新たな防災リスク対策に展開可能であり、今後中長期的な視点で検討を進めていく。

IV. まとめ

気候変動により、水害対策が重要となってきた。建物に関しては基準となる規定が無い中、水災害トータルエンジニアリングサービスにより水害対策を実施した実例を示した。また、流域治水を考える上では、森林の水源涵養機能の把握が重要となるが、その計測方法とデジタル化したデータを活用した森林管理の重要性が浮き彫りとなった。さらに、地域特性を考慮した計画策定や住民参加型の取り組みを通じて、持続可能な防災・減災の努力も必要であることを示した。

参考文献

- 1) Saki Nonaka, Kazuki Suzuki, Nobuyuki Iwamae, Daisuke Nohara and Yoriyuki Yamada ; Investment decision support for business sustainability improvement based on flood inundation simulations with a variety of extreme rainfall scenarios, Proc. IAHS, 386, 165-172, 2024.
- 2) 笠井浩, 巴史郎, 阿部達也; CO₂ 吸収コンクリートを用いたプレキャスト L 型止水壁の, 日本建築学会大会(九州), 707-708, 2025.
- 3) 取達剛, 山野泰明, 関健吾, 青木圭 ; CO₂ 吸収コンクリート製埋設型枠を用いた構造物における CO₂ 収支ならびに耐久性評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告, 24 巻, 2024.