

水道施設の自然災害対策

危機耐性を考慮した被災シナリオの作成支援

背景と目的

近年の自然災害はますます大きく複雑化し、想定外の事象が多発することで、災害のたびに新たな水道施設の被害が確認されることが多く、長期間の供給停止等、甚大な被害も生じています。現状の自然災害の想定は、必ずしも十分なものでなく、また災害発生時の対応が整理されている危機管理計画、事業継続計画等は具体性に乏しく、実際に使えるものは多くないと考えられます。

そこで、水道事業の強靱化、危機耐性向上、事業継続を目指すためには、自然災害が発生した際の「災害シナリオ」、「被害シナリオ」、「復旧・復興シナリオ」で構成されるより具体的な水道事業の「被災シナリオ」が不可欠です。

危機耐性の考え方

甚大化・複雑化する危機事象に追従して個別の対策を拡大することは、構造的合理性・経済的合理性を失う場合があります。そのため、従来のように定量的な被害想定に対して安全性を確保するのではなく、**どのような危機事象が発生した場合でも壊滅的な状況を回避するための方策の組合せ**が有効となり、水道システムとしてこの性能を確保することが「危機耐性」であると考えました。つまり、**危機耐性の検討には、設計者等が壊滅的な状況を想像**する必要があるということです。

【河川の堤防についての事例】

- 「河川管理施設等構造令」により、堤防は「土堤」であることを原則としていますが、土構造物はコンクリート構造物や鋼構造物に比べて確実性に劣る構造物であると言えます。
- 堤防が決壊する原因はいくつかありますが、浸透による堤防決壊は、その原因としては少ないものの、洪水継続時間が長い大河川の中下流部ほど浸透の影響を受けやすいため、万が一破堤した場合の影響が大きく、洪水の規模に関係なく発生する可能性があることに注意が必要であると言えます。

以上の事例から水道技術者は、「堤防があるから大丈夫」という考えを改める必要があると言えます。

自然災害と水道施設の被害

【自然災害やそれによる被害】

自然災害は、「誘因」が「素因」に作用することによって生じます。「誘因」は災害を引き起こす引き金となる自然力のことをいい、大雨、強風、地震、火山噴火、異常気候等があります。「素因」には地形・地盤条件等、地球表面の性質に関わる自然素因と、人口・建物・施設等の人間・社会に関わる社会素因とがあります。これらの誘因と素因の組合せと相互作用の状態に応じて、様々な災害が発生し、様々な種類の被害が引き起こされることになります。

【災害や被害の発生過程】

図1に示すとおり、生じた誘因が自然素因に作用して（**自然力の作用**）、災害事象が起こります（災害事象の発生）。これらの災害事象が直接的な加害力として作用し（**加害力の作用**）、社会素因の抵抗力が下回ると被害が生じ（一次的被害の発生）、これが波及・拡大して社会的・経済的影響が生じる（災害の波及、二次的被害の発生）という因果連鎖の関係となっています。

これまで、加害力（災害事象）が社会素因である水道施設に作用するところからの検討（耐震診断等）が中心でしたが、**水道施設のある場所では、自然力がどのように作用して、どのような災害事象が発生するのかに着目**する必要があります。

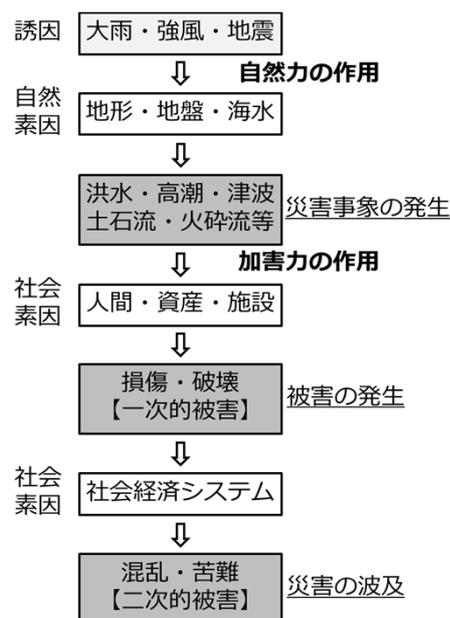


図1 災害・被害の発生のイメージ

被災シナリオによる水道施設への影響の想定

自然災害の発生～水道システムへの被害・影響～被害からの復旧・復興までの一連の流れを「**災害シナリオ**」「**被害シナリオ**」「**復旧・復興シナリオ**」で構成される「**被災シナリオ**」として、自然災害の発生メカニズム(素因と誘因、因果連鎖構造、被害連鎖構造)を踏まえて、発生するイベントの因果関係や時系列を考慮したツリー状に整理しました。

被災シナリオの作成に当たっては、過去の災害事例や最新の研究等の文献からの情報収集を行うとともに、水道施設の被災に関する知見や経験を持つ者、災害に関する知見を持つ者によるワークショップを実施し、イベントの抽出～因果関係を踏まえた整理を行いました。現時点では、「**突発型(短時間で被害に至る)**」として**大規模地震**、「**進行型(時間をかけて被害に至る:被害や復旧等に備える時間的余裕あり)**」として**ゲリラ豪雨**を対象としています。

図2は、突発型の被災シナリオ(抜粋版)を示しています。実際に作成した被災シナリオは、考えられる災害等を網羅するように作成しています。

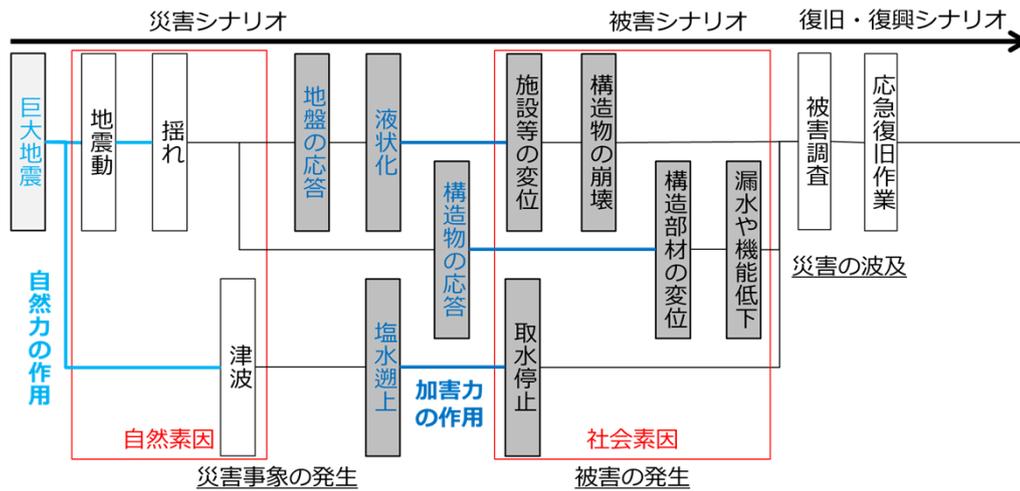


図2 突発型の被災シナリオ(抜粋版)

地震によって揺れや津波が引き起こされ、揺れにより地盤の応答・液状化や構造物の応答、津波による塩水遡上等が発生します(災害事象の発生)。これは施設のある場所の地盤条件や位置関係等の自然素因によって規模等が変わる、つまり、**自然素因を見極めることができれば、災害事象の回避や自然力の作用を抑えることも可能**であると考えます。これらの加害力に対して、水道施設の耐震性能等の社会素因により、施設等の被害や取水停止が引き起こされます。

地震により想定される災害は、他にも火災、火山噴火等もあります。また、被害連鎖構造として、**サプライチェーンへの影響**(停電、通信網や交通網への影響)、**職員等への影響**(経営リソース「ヒト」の不足)により、直接的な被害はなくとも事業運営に影響を及ぼす可能性もあります。

また、ここでは示していませんが、進行型の被災シナリオ(豪雨等)では、時間をかけてイベントが発生することから、災害シナリオに基づいて、大雨予報とゲリラ豪雨発生までの対応、自然力が作用してから災害が発生するまでの対応を実施することが可能であり、被害レベルを下げることや災害の波及を抑えることが期待できます。例えば、止水壁等の設置、巡視点検の強化、資機材の事前確保、人員体制(応援等)、連絡体制等の確立といった対応が考えられます。

日水コンからのご提案

以下のように「被災シナリオ」を用いた活用を提案します。

- 各水道事業や地域における、あらゆる災害対策を目的とした計画(危機耐性への対応や危機管理計画、事業継続計画の作成等)から設計(耐震化工事や浸水対策工事等)において、適切に被災シナリオを想定することが可能になります。また、技術者等関係者の想像力を補完することができます。
- 被災シナリオに基づいたより実践的な訓練(ロールプレイ方式)が可能となり、人材育成にも寄与することができます。
- 被災経験者等のノウハウ(暗黙知)を被災シナリオに取り込むことで、形式知化することができ、技術継承に寄与することができます。

