

豪雨によるため池被害のリスク評価 Risk Assessment of Failure of Farm Pond due to Downpour

小林 晃*, 岡 敬人*, 青山咸康*, 井上敬資**
Akira Kobayashi, Takahito Oka, Shigeyasu Aoyama and Keisuke Inoue

1. はじめに

近年、豪雨によって灌漑用のため池に被害が多発している。貯水量 1,000m³ 以上のため池だけでも全国に約 10 万箇所あり、古くから使われてきたものも多いため、今後ますます適切な管理が求められていくと考えられる。一般に、ため池を管理する事業者は、その管轄内に多くのため池を管理しているため、どのため池から補強工事を実施するかを判定する必要がある。そこで本研究では、ため池の補強工事の優先順位を決定する際に役立たせるため、破壊のリスクという指標で評価する手法を提案する。

本研究では、農業工学研究所のため池防災データベースと、淡路島で平成 16 年にもたらされた台風 23 号によるため池被害のデータを用いて決壊確率や損失を統計的に予測する式を求め、その式からある特定の範囲内のため池の評価を行うこととする。

2. リスクの定義

工学分野でのリスクとは、被害が想定される事象に対して、その事象が発生する頻度（あるいは可能性）とその際の損失のレベルとを掛け合わせた損失期待値（Expected Loss）として定義されることが一般的である。

$$R = \sum_{i=1}^J P_i \times C_i \quad (1)$$

ここで、 R は損失期待値(¥)、 P_i は事象 i が発生する確率、 C_i は事象 i が発生する場合の損失(¥)を表す。本研究では、事象としてはため池の決壊であり、損失は農業生産に関わるコストと構造物の復旧に関わるコストの 2 種類を対象とした。

3. ため池決壊確率

本研究では、ため池の決壊の有無に対して判別分析を行い、決壊確率は、マハラノビスの距離を変数としたときの生起確率が正規分布に従うと仮定し、事後確率を用いる。

① データ

分析に使ったため池数：2116 個

目的変数：決壊の有無

説明変数：天端幅(m)、堤高(m)、堤頂長(m)、上流斜面勾配、下流斜面勾配、総貯水量(m³)、流域面積(km²)、満水面積(km²)、かんがい受益地(ha)、洪水吐形式、洪水吐材料、取水施設形式、取水施設材料、地形、表層地質

② 結果と考察

分析を行った結果、説明変数としては前述の中から

天端幅(m)、堤頂長(m)、流域面積(km²)、満水面積(km²)、洪水吐形式、取水施設形式、取水施設材料、地形(砂礫台地・段丘)、表層地質(半固結-固結堆積物(砂岩、頁岩などの互層)、岩類(花崗岩質岩石))

を用いると的中率が 72.56% で最も高くなった。つまり、堤高(m)、上流斜面勾配、下流斜面勾配、総貯水量(m³)、かんがい受益地(ha) の 5 つの変数を用いない方が精度が高くなる結果となった。すなわち、ため池の形状は決壊確率にあまり影響を持たないと言える。

4. コストの算出法

① 農業生産に与える被害額、 C_1

淡路島にもたらされた農業生産における被害の大部分が米の生産に関してであったため、米が 1 年間生産できないものとして計算する。

$$C_1 = \text{受益地の面積} \times \text{米の単収} \times \text{米の単価} \quad (2)$$

*京都大学(Kyoto university), *(独)農業工学研究所(NIRE), ため池, 決壊, リスク

米の単収については、平成 12～16 年の淡路島の平均より求め、単価については、平成 7～16 年度の全国平均より求めた。

受益面積に関してはため池防災データベースのデータを用いる。淡路島のため池は、1 つの土地が複数のため池の受益地となっていることがしばしばあるが、重複している受益面積は影響度が 0.5 倍と仮定して計算した。

②復旧にかかる費用、 C_2

C_2 に関しては、まず、平成 16 年の台風 23 号で受けた被害から復旧するのにかかる費用を目的変数としてそれぞれのため池のデータから重回帰分析を行い、その回帰式から対象となるため池の C_2 を予測することとする。

i) データ

分析に使ったため池数は 54、目的変数は査定額（千円）であり、説明変数は決壊確率を求める際に用いたものと同じである。

ii) 結果と考察

分析を行った結果、説明変数としては、

表層地質（半固結-固結堆積物（砂・泥・礫）、岩類（花崗岩質岩石）、洪水吐材料（場所打ちコンクリート）、取水施設形式（斜樋、サイフォン）、取水施設材料（場所打ちコンクリート）、総貯水量(m^3)、満水面積(km^2)、堤高(m)

を用いると、あてはまりの良さを示す自由度調整済寄与率が 0.799 と最も高くなった。天端幅(m)、堤高(m)、堤頂長(m)、上流斜面勾配、下流斜面勾配、流域面積(km^2)、かんがい受益地(ha)、洪水吐形式、地形の 10 個の変数はいらない方が精度が良かった。すなわち、堤体の形状がここでも影響を持たない結果となった。

5. リスク評価の適用

以上のようにして求められた式によりリスクによる評価を図 1 の範囲で行った。これは淡路島の洲本市、五色町、緑町をまたぐ 5km 四方であり、この中のため池 161 個（うち決壊 23 個）を用いて評価を行った。

本研究では、以下の 3 ケースのリスクを求める。

- ① C_1 , C_2 の両者とも考慮したリスク R_1
- ② C_1 だけを考慮したリスク R_2
- ③ C_2 だけを考慮したリスク R_3

それぞれの上位 3 つを表 1 に示す。このため池のうち、実際に決壊したのは大財上池、風呂ノ谷下池であった。以上の結果から、農業生産に与える被害額と復旧にかかる費用の重要度を同程度に考えている場合、または農業生産に与える被害額の重要度を大きく考える場合

には、大財上池を最も優先して補強する必要があることがわかる。また、復旧にかかる費用を重要視している場合には、中ノ池を最も優先して補強する必要があることがわかる。



図 1 評価範囲

表 1 リスク評価結果

Case	順位	ため池名	C_1 (¥)	C_2 (¥)	決壊確率	R (¥)
①	1	大財上池	37,433,592	12,229,641	0.842044	41,818,624
	2	深山池	13,211,856	44,815,859	0.572798	33,238,156
	3	中ノ池	550,494	35,875,864	0.849914	30,959,268
②	1	大財上池	37,433,592	12,229,641	0.842044	31,520,729
	2	滝ヶ谷池	29,359,680	7,614,359	0.650525	19,099,216
	3	中池	16,074,425	18,217,742	0.825635	13,271,603
③	1	中ノ池	550,494	35,875,864	0.849914	30,491,395
	2	深山池	13,211,856	44,815,859	0.572798	25,670,432
	3	風呂ノ谷下池	1,981,778	24,716,344	0.941601	23,272,936