

北海道における防災重点農業用ため池の類型化 区分と目指す姿の検討について-最終報

北海道空知総合振興局産業振興部東部耕地出張所	大熊 直生
〃	高島 優人
〃	金泉 友也
〃	古滝 広大
株式会社ルーラルエンジニア札幌支店	○今津 航輔
〃	綿谷 一樹

はじめに

北海道においては「決壊時に人的被害を与える可能性のある農業用ため池」120箇所を「特別措置法（令和2年法律第56号）第4条」に基づく「防災重点農業用ため池」として指定し、地震耐性、豪雨耐性の評価を行うとともに、対策事業の計画・実施に向けた取り組みを進めているところである。

令和4年度には、空知地域の防災重点農業用ため池36箇所を対象として、強震の発生確率と堤頂の余裕率を指標とした耐震・耐豪雨性リスク評価手法を提案している。

本報文は、北海道内77箇所の防災重点農業用ため池について、安全性とリスクに関わる下記の評価を行い、ため池の今後の運用や防災対策に向けた「類型化区分」を行ったものである。

- ・耐震性、耐豪雨性による安全性評価
- ・耐震リスク、耐豪雨リスク、地すべり地形、構造物健全度によるリスク評価
- ・リスク評価に基づく類型化区分

1. 北海道の防災重点農業用ため池の概要

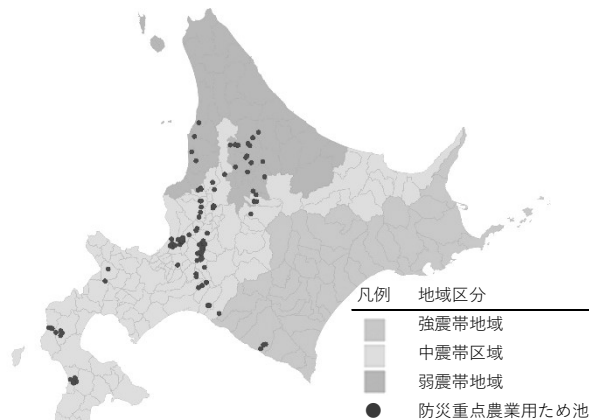


図-1 防災重点農業用ため池（北海道）

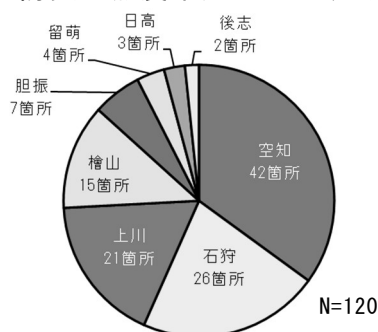


図-2 振興局別防災重点農業用ため池

北海道の防災重点農業用ため池は現在120箇所（図-1）あり、各自治体からはハザードマップなどの情報が地域に公表されている。振興局別では空知が最も多く、次いで石狩、上川の順である。（図-2）

堤高は $H=1.7\sim 26.5\text{m}$ の範囲にあり、平均値は 10.3m である。（図-3）

また、堤長は $L=8.0\sim 354.0\text{m}$ の範囲にあり、平均値は 127.5m である。（図-4、上川_東川第1遊水地を除く）

一部に傾斜遮水型及び中心遮水型の堤体も含まれるが、多くは均一型と考えられる。1920～1950年の間に築造されたものが多く、1980～1990年代にかさ上げを含めた改修が行われているが、水利施設の老朽化とともに耐震性、耐豪雨性に懸念を有するものが多い。

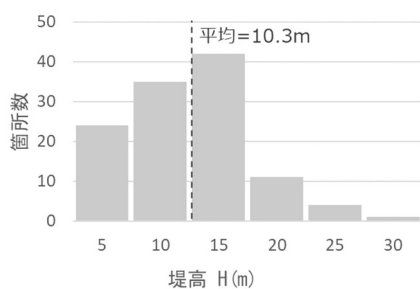


図-3 堤高の分布

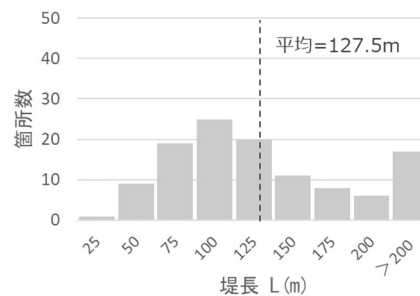


図-4 堤長の分布

2. ため池の安全性評価

2-1 耐震性評価

除外・廃止予定と個人管理のものを除いた 77 箇所の防災重点農業用ため池について耐震診断業務の中で安定計算が行われている。

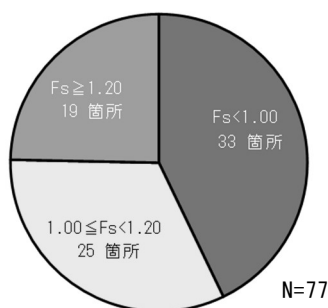


図-5 安全率 F_s (最小値) と箇所数

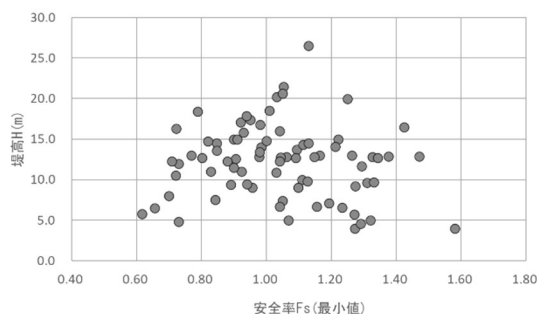


図-6 安全率 F_s (最小値) と堤高

2-2 耐豪雨性評価

廃止予定を除いた 117 箇所の防災重点農業用ため池について、設計洪水量流下時の洪水吐余裕高と堤頂余裕高の評価が行われている。

2-2.1 洪水吐余裕高の評価

洪水吐の流下断面に「必要余裕高」が確保されているかを確認し、図-7 に示した。

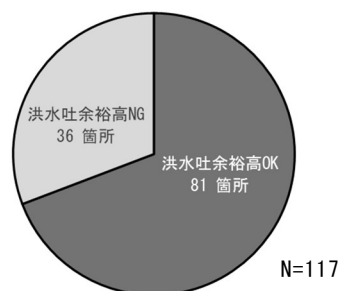


図-7 洪水吐余裕高の確認

報告されている地震時の安全率 F_s (最小値) 毎の箇所数を図-5 に示す。77 箇所のうち 58 箇所のため池で地震時の設計安全率 $F_s 1.20$ を満足しておらず、耐震対策が必要な状況である。

また、異なる貯水位条件(常時満水位、水位急降下、中間水位)で求めた安全率 F_s の比較では、常時満水位下流側の安全率 F_s が最も最小値を示す傾向にあり、次いで常時満水位上流側、水位急降下時の順であった。

安全率 F_s (最小値) と堤高についてプロットした図-6 からは、相関関係は低く、堤高が低いことをもって安全率が高いとはいえないことがわかる。

なお、洪水吐型式が「ため池整備」に示されていない、または、洪水吐が現況に無いため池 7 箇所については NG 扱いとしている。

図-7 に示したように、洪水吐余裕高は 117 箇所中 81 箇所で確保されており、残りの 36 箇所のため池については洪水吐の余裕高が確保されていない状態にあり、豪雨対策が必要である。

2-2.2 堤頂余裕高の評価

設計に必要な余裕高と現況の堤頂余裕高を図-8 に示した。

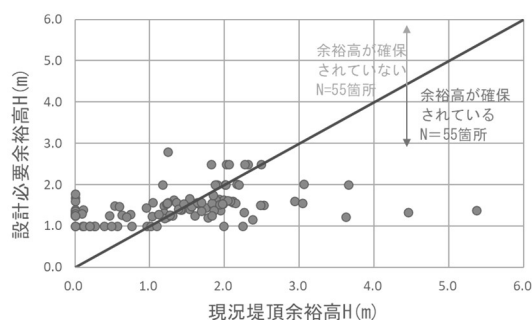


図-8 堤頂余裕高の確認

設計に必要な余裕高は、前項で NG とした 7 箇所除く 110 箇所中 55 箇所のため池で確保されており、残りの 55 箇所のため池については堤頂の余裕高が確保されていない状態にあり、豪雨対策が必要である。

3. 耐震性・耐豪雨評価による類型化区分

防災重点農業用ため池 77 箇所における防災対策(工事)の要否と優先度を相対的に検討するため、耐震性・耐豪雨性評価を類型化区分した。(図-9)

- ・耐震性評価(縦軸)：既往耐震診断業務における安全率 F_s (最小値)
- ・耐豪雨性評価(横軸)：堤頂の余裕高 (設計必要余裕高-現況堤頂余裕高)

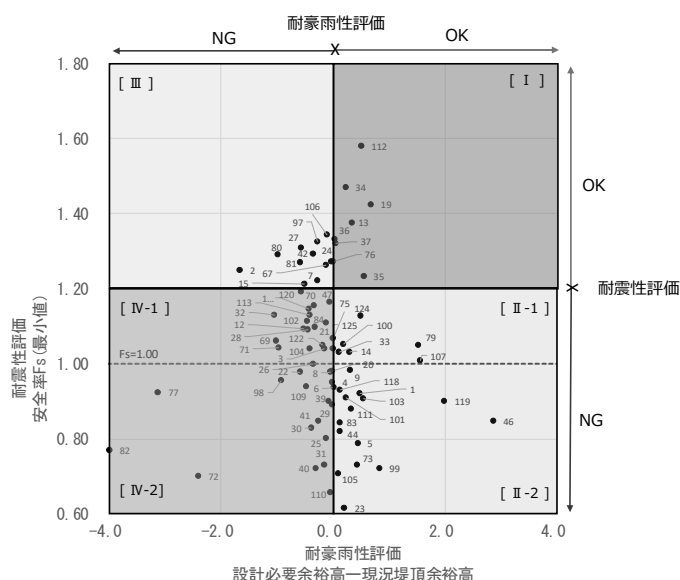


図-9 耐震性・耐豪雨性評価による類型化区分

洪水吐余裕高は、多くのため池で満足していることから、ここでは堤頂の余裕高を用いた。

耐震性評価(縦軸)は、設計安全率 $F_s 1.20$ を満足しているか否かで境界を設定した。(安全率 $F_s 1.20$ 未満は要耐震対策)なお、 $F_s 1.00$ の境界は、防災対策(工事)の要否と優先度を細分化する目的で設定した。

耐豪雨性評価(横軸)は、堤頂が必要余裕高を満足しているか否かで境界を設定した。(値が 0.0 未満は要耐豪雨対策)

区分した類型によるため池の防災対策(工事)の優先度は、表-1 にまとめられる。

表-1 ため池の安全性評価に基づく区分と対策一覧表

区分	耐震性評価	耐豪雨性評価	対策優先度	想定される対策工法
I	高	高	低	日常管理
II-1	中	高	中	堤体押え盛土、地盤改良
II-2	低	高	高	
III	高	低	中	堤体嵩上げ、緊急放流施設、洪水吐改修(切欠き等)、低水位管理、事前放流
IV-1	中	低	高	上記 II、III に対応する対策工法
IV-2	低	低	高	

4. ため池のリスク評価

防災対策(工事)の優先度を検討するため、農業用ため池に関わる耐震リスク、耐豪雨リスクについて定量的に検討した。

4-1 耐震リスク

農業用ため池の耐震に関わるリスク要因として以下の2点に着目した。

- ・地震の発生確率
- ・貯水位変動による堤体安全率の変化

4-1.1 地震の発生確率 Ps

近年頻発する地震災害によって多くの農業用ため池が被災している事例から、地震時における堤体の安全率だけではなく、地震の発生確率を考慮した。

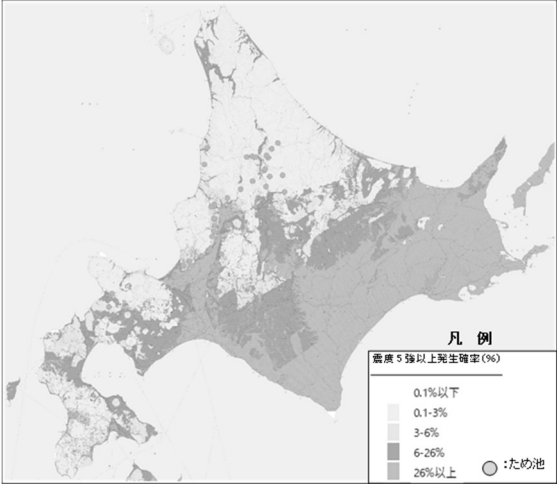


図-10 今後30年の地震発生確率(震度5強以上)

「地震ハザードステーション(J-SHIS)」で公表されている「今後30年で震度5強以上の揺れに見舞われる確率の分布図」から、防災重点農業用ため池77箇所における地震の発生確率Psを把握した。(図-10、表-2)

表-2 振興局別地震発生確率(Ps)一覧表

	震度5強以上の地震発生確率(T=30年)		
	平均	最小値	最大値
全体	10.6%	0.7%	62.7%
空知	9.1%	2.9%	19.0%
石狩	6.7%	2.2%	11.1%
後志	4.4%	3.1%	5.8%
胆振	29.0%	16.0%	42.1%
日高	54.5%	39.8%	62.7%
檜山	8.6%	5.2%	11.4%
上川	3.9%	0.7%	10.2%
留萌	3.9%	2.8%	5.0%

4-1.2 貯水位変動による堤体安全率の変化

地震は通年で発生する可能性のある自然災害であり、ため池についても満水位時だけでなく落水期間時に被災する可能性がある。一方、図-11に示すようにため池堤体の地震時の安全率は貯水位の変動に伴い変化する。

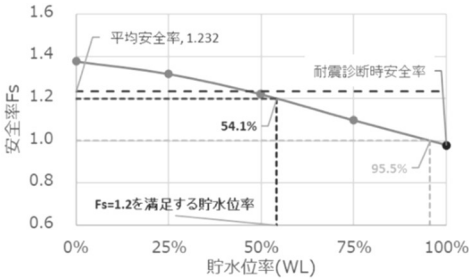


図-11 貯水位変動に伴う堤体安全率の変化(例)

通年での堤体の安全性を評価するため、貯水位変動に伴う堤体の安全率の変化を考慮した「年間平均安全率Fs'」を定義し、耐震リスク評価に用いることとした。

また併せて低水位管理の可能性を検証した。

① 年間平均安全率Fs'の算出

年間平均安全率Fs'は貯水位率(常時満水位を100%、管理上の最低水位を0%としたときにおける貯水位の割合)ごとの安全率に貯水期間を乗じ加重平均し求めた。(表-3)

表-3 年間平均安全率Fs'算出過程(例)

貯水位率(%)※1	貯水位(m)	貯水位率別安全率Fs1	貯水位率別日数T1※2	Fs1×T1	Σ	Σ/365年間平均安全率Fs'
100%	126.45	0.979	97日	95.0		
75%	123.71	1.097	42日	46.1		
50%	120.98	1.221	12日	14.6	449.8	1.232
25%	118.24	1.317	9日	11.9		
0%	115.50	1.377	205日	282.3		

※1: 貯水位率における100%は常時満水位(FWL)、0%は最低水位(LWL)。
※2: 貯水位の実測値を平均し算出。貯水位率別日数T1、期間の扱いは次の通り。75%<WL≤100%→貯水位率100%
50%<WL≤75%→貯水位率75%、25%<WL≤50%→貯水位率50%、0%<WL≤25%→貯水位率25%、WL≤0%→貯水位率0%

$$F_s' = \sum (F_{si} \times T_i) / 365$$

F_s' : 年間平均安全率

F_{si} : 貯水位率が 100%, 75%, 50%, 25%, 0% 時におけるそれぞれの安全率

T_i : 貯水位率が 100%, 75%, 50%, 25%, 0% 時におけるそれぞれの日数

② 低水位管理の可能性

施設の改修を伴わずに洪水調整機能を強化するため、非かんがい期間の完全落水や低水位管理など、適正な貯水管理を行うことが推奨されている。ここでは、かんがい期間中の防災重点農業用ため池 77 箇所について、低水位状態での地震時安全率を検証し、以下のランク付けを行った。

- ・ S: 常時満水位時上下流の安全率が「 $F_s \geq 1.20$ 」
- ・ A: 常時満水位時上下流の安全率が「 $F_s < 1.20$ 」、低水位管理によって「 $F_s \geq 1.20$ 」
- ・ B-1: 常時満水位時上下流の安全率が「 $1.00 \leq F_s < 1.20$ 」、かつ低水位管理を行っても「 $1.00 \leq F_s < 1.20$ 」
- ・ B-2: 常時満水位時上下流の安全率が「 $F_s < 1.00$ 」、低水位管理によって「 $1.00 \leq F_s < 1.20$ 」
- ・ C: 常時満水位時上下流の安全率が「 $F_s < 1.00$ 」、かつ低水位管理を行っても「 $F_s < 1.00$ 」

図-12 に各ランク区分に対応する箇所数を示す。

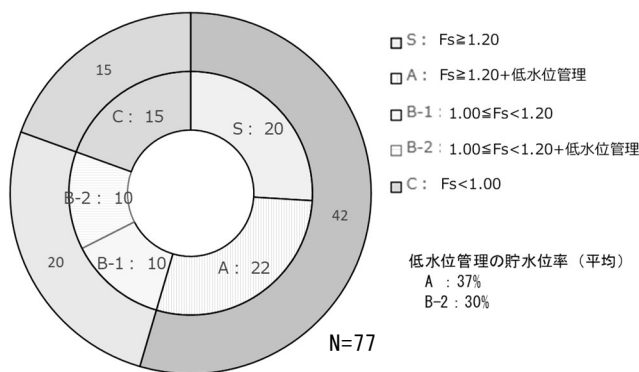


図-12 ランク区分とため池数

「A ランク」に区分される 22 箇所のため池については、平均して貯水位率を 37%未満まで下げることで安全率 F_s が 1.20 以上となり、「B-2 ランク」に区分される 10 箇所のため池については、平均して貯水位率を 30%未満まで下げることで安全率 F_s が 1.00 以上となった。ため池の低水位管理は、ハード対策を実施するまでの暫定的な対応策の一つとなる可能性があるといえる。

4-1.3 安全指数 St' の算出

農業用ため池の耐震に関わるリスクを総合的に評価するため、強震の発生確率 P_s と貯水位の変動を考慮した年間平均安全率 F_s' を用いて、耐震リスクの指標として「安全指数 St' 」を定義した。

$$St' = F_s' / P_s$$

St' : 貯水位変動に伴う堤体の安全率変化と地震発生確率を考慮した堤体の耐震リスクの指標 (=安全指数)

F_s' : 貯水位変動に伴う変化する堤体の安全率 (=年間平均安全率)

P_s : 今後 30 年間で震度 5 強以上の地震が発生する確率

4-2 耐豪雨リスク

農業用ため池の耐豪雨に関わるリスクについては、堤頂の余裕率を指標とした。

防災重点農業用ため池 77 箇所を対象に、現況余裕高と、設計計算で求める「必要余裕高 (Fb2)」と比較した充足率 (Fr2) を求め、図-13 に示した。

$$Fr2 = (H + H1 - Hd) / Fb2$$

Fr2：堤頂余裕高の充足率(%)

H：洪水吐の高さ(m)

H1：洪水吐天端と堤頂高の差(m)

Hd：設計洪水位(m)

Fb2：必要余裕高(m)

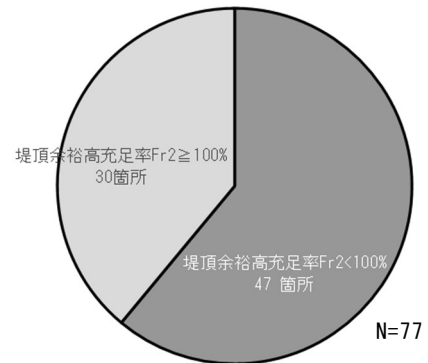


図-13 堤頂余裕高充足率 Fr2 の確認

5. その他のリスク評価

豪雨・地震災害における農業用ため池のその他のリスクについて以下の2点について着目した。

- ・ため池に隣接する地滑り地形の有無
- ・洪水吐、底樋の施設健全度

5-1 地すべり地形の把握

豪雨・地震災害に伴う地すべりの発生はよく知られた事象であり、堤体への直接的な影響の他、復旧作業に対するリスクも見込む必要がある。

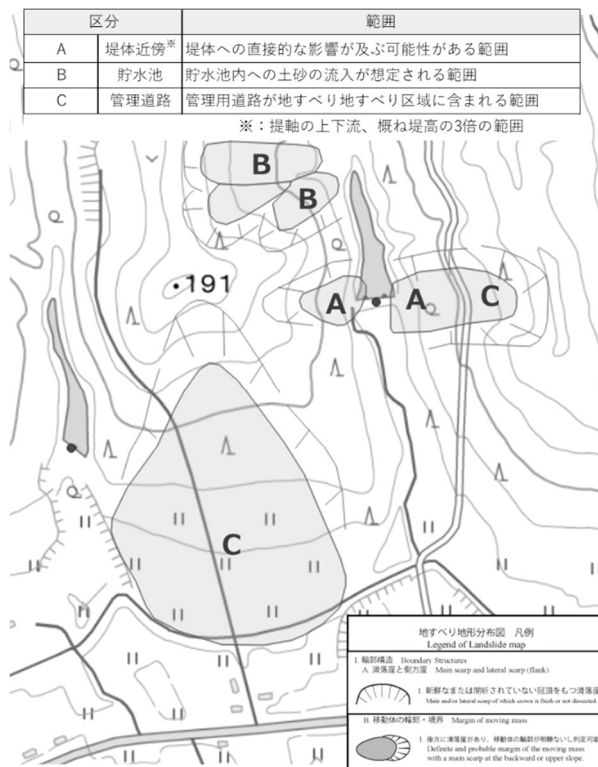


図-14 地すべり地形区分

「地震ハザードステーション」で公表・提供されている「地すべり地形分布図(J-SHIS)」から、防災重点ため池 77 箇所に影響を及ぼす可能性のある地すべり地形を図-14 に示した区分によって抽出した。地すべり地形区分と該当するため池数について図-15 に示す。(重複あり)

該当するため池は、空知、石狩、日高、上川、留萌で 16 箇所確認された。

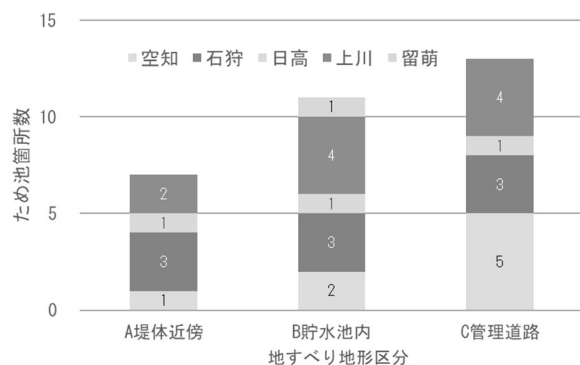
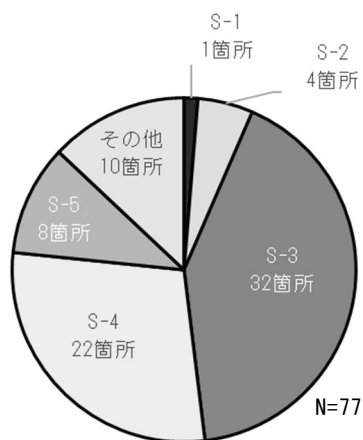


図-15 地すべり地形区分と箇所数

5-2 施設健全度の把握

施設の放流能力と併せて「構造物の健全度」を把握しておくこともリスク評価として必要である。



既往耐震診断報告書及び個別施設計画で評価にある「洪水吐」「底樋」の健全度評価(最低値)の結果と箇所数を図-16 に示す。

補強以上の対策が必要となる「S-2」以下の施設を有しているため池は 5 箇所であった。(図中の「その他」は、改修済、改修中、施設健全度評価未記載、のいずれか)

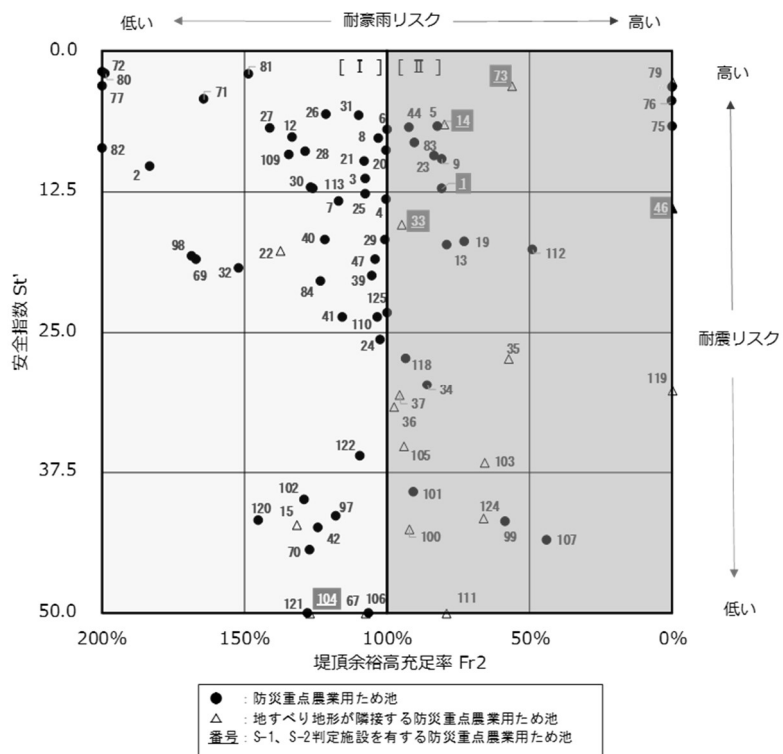
図-16 施設健全度評価(最低値)と箇所数

6. リスク評価に基づく類型化区分

防災重点農業用ため池 77 箇所について、以下に示すリスクに基づいて類型化区分した。(図-17)

- ・耐震リスク(縦軸):安全指数 St'
- ・耐豪雨リスク(横軸):堤頂余裕高充足率 $Fr2$

なお、図中の凡例で示すように、「地すべり地形」、「施設健全度 S-1, 2」のリスクを抱えるため池については、プロット形状、ため池番号を区別・強調した。



耐豪雨リスク(横軸)で $Fr2=100\%$ 以上は、堤頂の余裕高が必要高を満足している状態であり、100%未満は洪水位以上の堤頂高は有するものの必要な余裕高が確保されていない状態である。前者は全体の39%、後者は61%であった。

耐震リスク(縦軸)は数値が小さい方が、地震による被害を受けるリスク(確率)が高くなることを示しており、堤体の安全率のみならず地震の発生確率や貯水位の管理状況にも影響を受ける指標である。

図-17 リスクに基づく類型化区分

おわりに

北海道では 120 箇所の防災重点農業用ため池について、前記したリスク評価による類型化区分を含め、農業利用の現況、管理体制なども総合的に勘案して表-4 に示す 6 つの区分分けを行っている。

表-4 耐震・耐豪雨対策の類型化区分

区分	方向性		個所数
1	施設を維持する	●利用するため池は施設を維持する。(防災重点農業用ため池であるかの確認・除外検討を含む)	8
2	適正に管理する【目標】	●管理体制を強化する。(工事不要～劣化・豪雨・耐震評価を満足している) ●異常気象による被害の低減策等の強化をする。	8
3	防災機能を高める	●管理体制を強化する。 ●優先度の高い箇所からハード対策を推進する。 ●直ちにハード対策に着手しない箇所は、低水位管理等を実施する。 ●異常気象による被害の低減策を強化する。	5
4	利用・廃止を決める	●ため池の利用者の合意形成を基に、利用するため池は管理体制を確保するとともに利用しないため池は廃止を進める。 ●異常気象による被害の低減策を強化する。	63
		令和6年度_劣化・耐震・豪雨・調査	11
		令和7年度以降_劣化・耐震・豪雨・調査	15
5	貯水機能を廃止する	●貯水機能を廃止する。(落水)	0
6	施設を廃止する	●安全性を考慮した上で廃止工事を行う。 ●当面は貯水機能を廃止する(落水)。	1
		廃止計画・予定	2
		廃止希望・予定	7

防災重点農業用ため池の防災工事は、ため池工事特措法の期限である令和 12 年度までの期間で実施することとされており、各ため池が抱えるリスクを把握した上で統廃合を含めた対策を着実に進めていく必要がある。

本検討が、防災に関わる関係者の協議と合意形成、並びに防災工事を推進することの一助となれば幸いです。