

ため池の耐震改修における概算工事費算出手法の検討

北海道 農政部農村振興局 農村整備課

有澤 紀昭

//

○小林 義宗

日本工営株式会社 札幌支店

橋本 和明

I はじめに

水田を中心とする我が国の農業において、水源の確保は古くから重要な課題の一つとされてきたが、水源確保の最も確実な方法の一つとして農業用ため池が全国的に数多く築造されてきた。

農業用ため池は、西日本を中心に、令和4年6月末時点で日本全国に約15万4千か所存在しており¹⁾、我が国の水田農業の発展に大きく寄与してきただけでなく、洪水調節機能や多様な生態系の確保等、多面的な機能を有する重要な施設である。しかし、その内の大部分は江戸時代以前に築造されたもの、または築造年代が不明なものとしており(図-1)、それらは当時の経験的な技術をもとに試行錯誤を繰り返して築造されているため、漏水や変形の発生確率が高く、また豪雨や地震への耐性も十分ではないと推測されている。

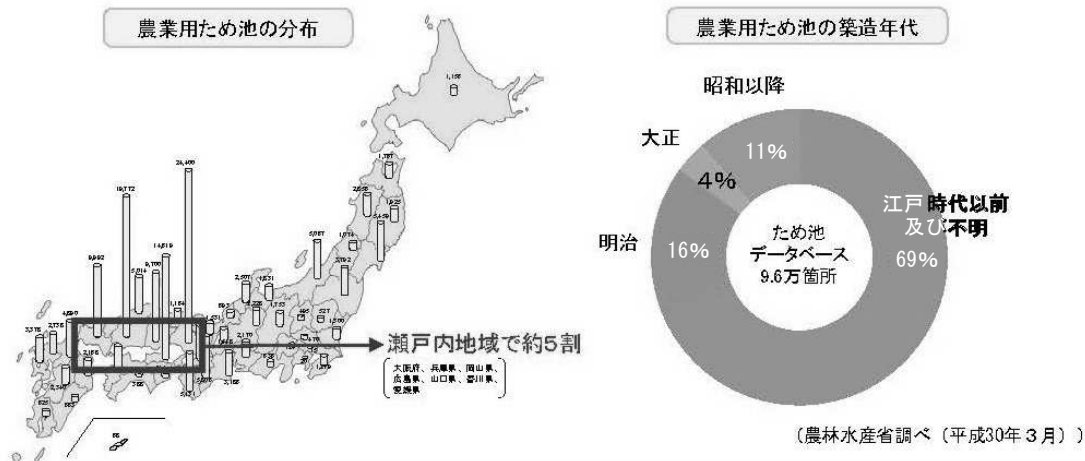


図-1 農業用ため池の現状²⁾

一方、近年の自然災害によるため池の被害を見ると、平成23年～令和2年度の10年間で、平成23年3月の東北地方太平洋沖地震や、平成30年8月豪雨をはじめ、豪雨による被害が約8,200か所、地震による被害が約2,200か所報告されており(図-2)、これは、築造から長い年月が経過し老朽化が進行していることや、地震及び豪雨が頻発していることが原因であると考えられる。万が一、自然災害などにより農業用ため池が決壊した場合には、下流域に多くの洪水被害を与え、尊い人命が失われるおそれもあることからその対策は急務であり、国では、令和元年に「農業用ため池の管理及び保全に関する法律」²⁾、令和2年に「防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法」³⁾の二つの法律を制定し、農業用ため池に対する防災減災対策の取組が進められている。

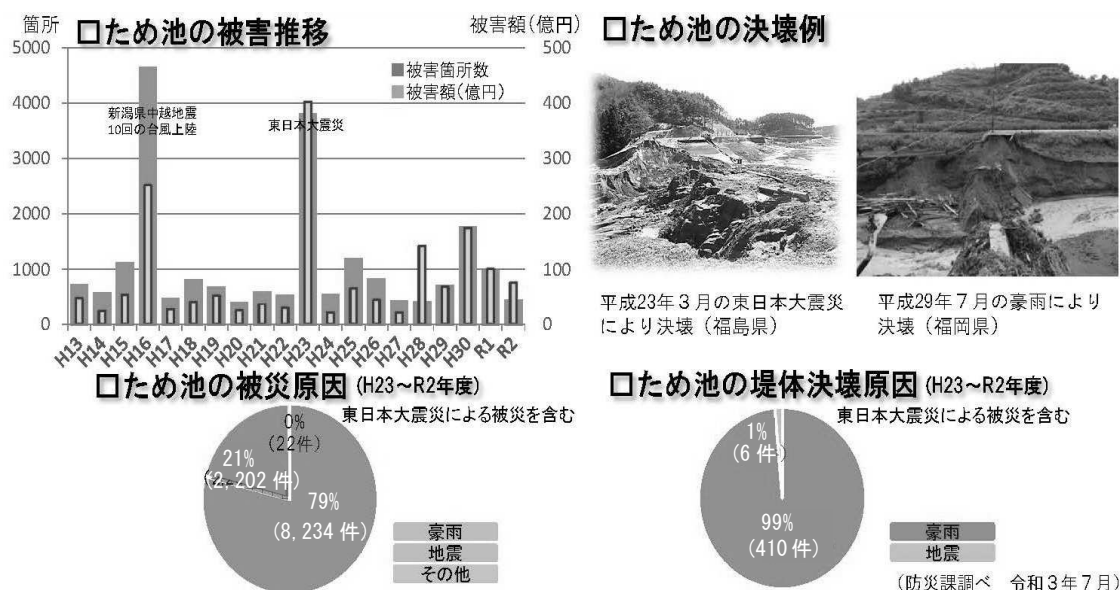


図-2 ため池の被災状況⁴⁾

北海道でもこれらの法律に基づき、決壊した場合に下流域に人的被害を与えるおそれのある農業用ため池126か所を「防災重点農業用ため池」として指定⁵⁾し、また、「防災重点農業用ため池に係る防災工事等推進計画」⁶⁾を策定して、必要な防災工事を計画的に推進することとしている。この計画に基づき、「防災重点農業用ため池」に対して地震耐性評価等を実施し、対策が必要と判断されたものについては、地元関係者と協議調整の上で防災工事の検討を行うこととなる。

しかし、地震耐性評価の結果、必要な安全性を有していないため耐震補強対策が必要であると判断された場合、ため池の耐震補強対策の工事費は、一般にため池の形態や規模、その他様々な現場条件により大きく異なるため、検討段階で概算の工事費を把握することが困難な状況であり、このことが地元関係者と防災工事の実施に向けた協議調整をする上で大きな支障となっている。

このような背景を踏まえ、耐震補強対策の対象となるため池で想定される概算工事費を、簡易な方法で算出する手法の検討を行った。

II 検討方法と検討結果

1 全国のため池の耐震対策事例収集

過去のため池の耐震対策事例から概算工事費を算出する手法を検討するため、事例の収集を行った。北海道内には、資料の残存するため池改修事例が少なかったことから、全国の府県にアンケートを依頼し、事例の収集を行った。

アンケートの内容は、耐震対策を行ったため池の諸元、対策工法の設計内容、対策に要した工事費、それらの内容が分かる図面及び関係資料について、提供を依頼した。具体的には、調査設計成果品、河川協議資料、外部委員会資料、工事数量調書、工事積算書、完了地区調書など、可能な範囲での協力を依頼した。

アンケートの結果、全国の14県から、49か所のため池の耐震対策事例を提供いただいた。(表-1、図-3)

表-1 耐震対策事例一覧

No.	都道府県	施設名	竣工年	No.	都道府県	施設名	竣工年		
1	宮城県	黒岩地区ため池	くろいわちくためいけ	2019年	28	岐阜県	伊自良地区ため池	いじらちくためいけ	2017年
2	高知県	溜井大池	ためいおおいけ	2018年	29	岐阜県	上原1号ため池	うえはらいちごうためいけ	2016年
3	高知県	布本城池	ぬのほんじょういけ	-	30	富山県	七里池	しちりいけ	2018年
4	高知県	宮ノ越池	みやのこしいけ	2017年	31	富山県	坪野長池	つぼのながいけ	2018年
5	高知県	竜王池	りゅうおういけ	-	32	富山県	七郎谷の池	しちろうだにのいけ	2020年
6	高知県	六丁池	ろくちょういけ	-	33	富山県	室住池	むろずみいけ	2020年
7	高知県	大峯池	おおみねいけ	-	34	富山県	伊次郎大池	いじろうおおいけ	2017年
8	高知県	三山池	みやまいけ	-	35	富山県	瀬戸前大池	せとまえおおいけ	2017年
9	高知県	黒谷池	くろたにいけ	-	36	富山県	野地ため池	のちためいけ	-
10	高知県	国和谷池	こっかんだにいけ	2019年	37	石川県	津幡大池	つはたおおいけ	-
11	高知県	黒茂谷池	くろもたにいけ	-	38	新潟県	一之沢堤地区ため池	いちのさわていちくためいけ	2020年
12	高知県	本谷池	ほんたにいけ	-	39	新潟県	松ヶ下堤地区ため池	まつがしもていちくためいけ	2019年
13	高知県	新畑2号池	しんばたにごういけ	2018年	40	新潟県	柿谷地区ため池	かきたにちくためいけ	2019年
14	高知県	上谷池	かみたにいけ	2018年	41	新潟県	末沢地区ため池	すえさわちくためいけ	2019年
15	高知県	松角池	まつかどいけ	2018年	42	山形県	大木沢ため池	おきさわためいけ	2019年
16	高知県	中谷池	なかたにいけ	2018年	43	岩手県	笹目地区ため池	ささめちくためいけ	2016年
17	高知県	悪坂池	わるさかいけ	-	44	岩手県	角屋地区ため池	かどやちくためいけ	-
18	徳島県	源太池	げんたいけ	-	45	岩手県	大堤地区ため池	おおつみちくためいけ	2016年
19	広島県	大池(観音寺下池)	おおいけ(かんのんじしもいけ)	2019年	46	岩手県	長堤地区ため池	ながつつみちくためいけ	2018年
20	広島県	光林寺池	こうりんじいけ	2019年	47	岩手県	岩崎農場ため池	いわさきのうじょうためいけ	-
21	兵庫県	道谷池	どうたにいけ	2018年	48	岩手県	峠森地区ため池	とうげもりちくためいけ	-
22	兵庫県	御所谷新池	ごしょだにしんいけ	2016年	49	秋田県	切畑地区ため池	きりばたちくためいけ	-
23	兵庫県	天神池	てんじんいけ	2016年	50	北海道	杵臼ダム	きなうすだむ	2009年
24	三重県	尾が峰上池	おがみねうわいけ	2018年	51	北海道	高富ダム	たかとみだむ	2003年
25	三重県	小古曾池	おごそいけ	2016年	52	北海道	六線沢ダム	ろくせんざだむ	2004年
26	愛知県	辰池	たついけ	2008年	53	北海道	継立ため池	つぎたためいけ	2022年
27	愛知県	大谷池	おおたにいけ	2018年	54	北海道	翠葉ため池	ねいらくためいけ	2008年

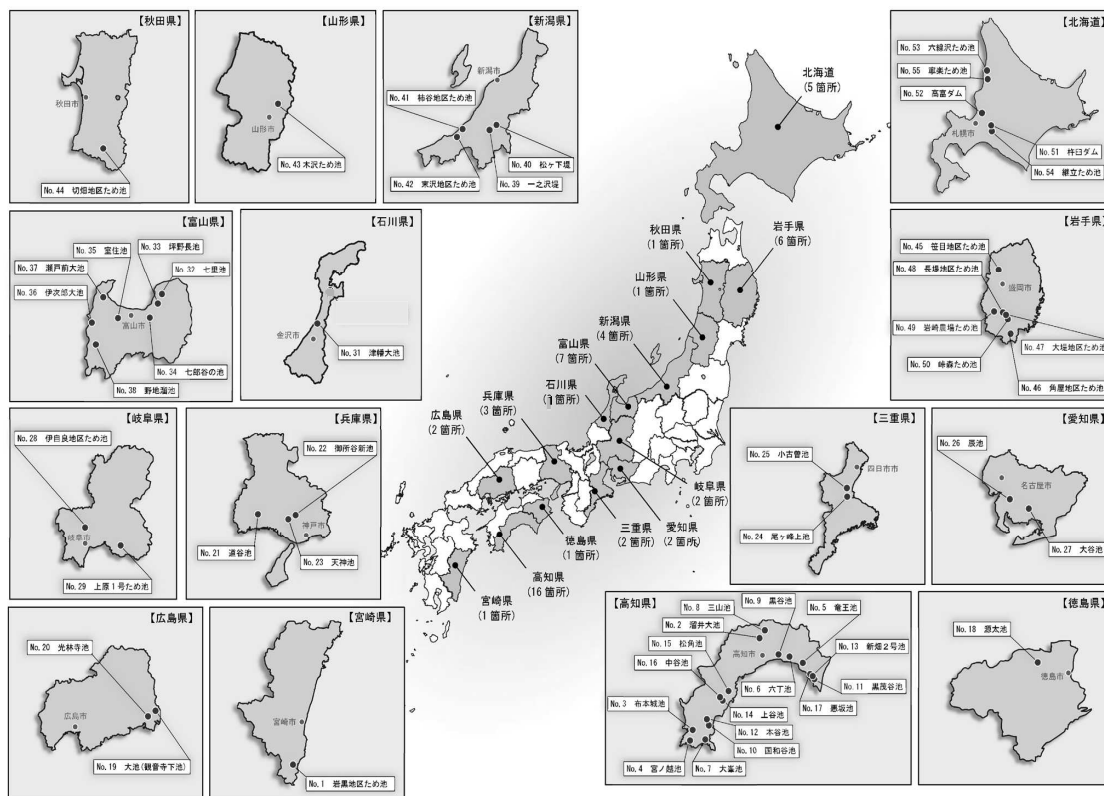


図-3 耐震対策事例位置図

収集した 49 か所の事例の施設規模を示すため、耐震対策後の堤高及び工事費の内訳を図-4(a)(b)に示す。堤高では、5m～10m が 22 か所、10m～15m が 18 か所であり、これらを合わせると全体の 82%である。

また、工事費では、0.5～1 億円が 14 か所、1～2 億円が 24 か所であり、これらを合わせると全体の 78%であった。

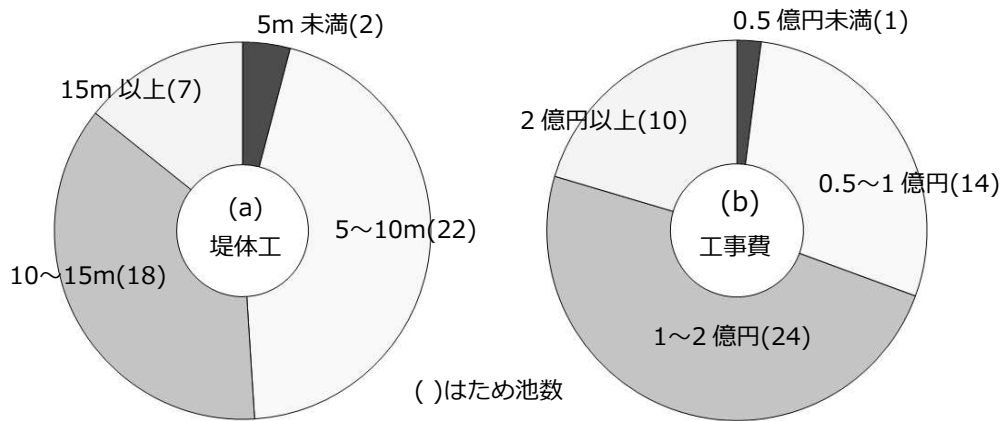


図-4 施設規模の内訳

2 施設規模、対策工法などの分別及び集約

収集した 49 か所の事例の工事費は、施設規模や改修工法等により内容が多岐にわたることが想定されたため、全体工事費だけに着目した分析では検討が不十分と考えられた。そのため、対策の内容を以下に示す主要な 4 つの工種にまとめ、それぞれについて工事費を取りまとめ、工種別に施設規模と工事費の関係を整理した。

- ① M₁ (堤体工)
- ② M₂ (洪水吐工)
- ③ M₃ (取水施設工)
- ④ M₄ (その他：撤去・復旧工、仮設工、その他雑工)

3 施設規模と概算工事費の算出式の作成

上記で整理した M₁ ～M₄ の 4 工種について、縦軸を工事費、横軸を施設規模とした関係図を作成し、相関の高い組合せを求め、施設規模から概算工事費を算出できるよう、算出式を作成した。

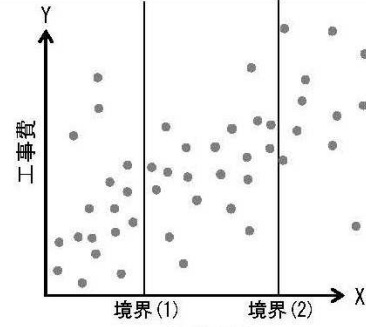
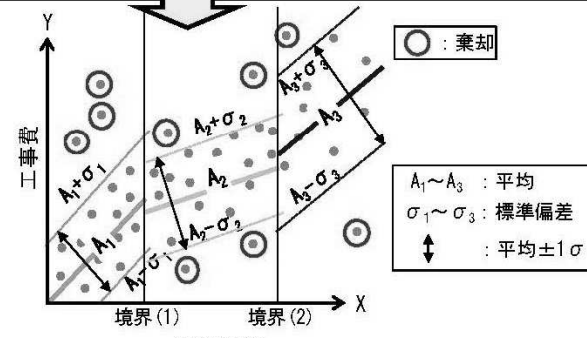
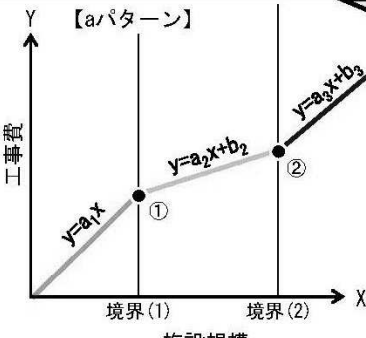
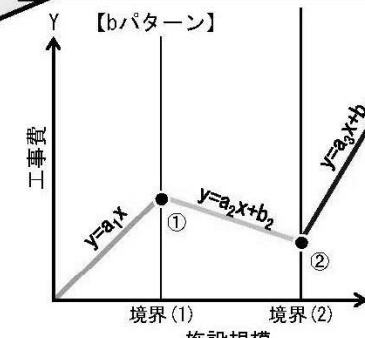
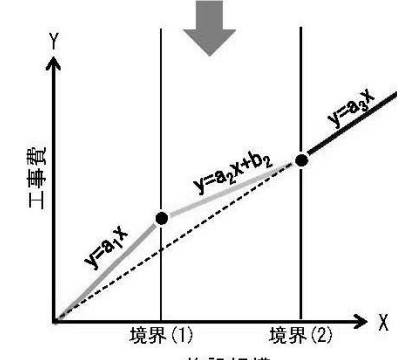
相関式の設定については、以下のとおり。(表-2)

①工種毎に、各ため池の施設規模と工事費のデータをプロットする。データのバラツキを確認し、必要に応じて横軸に境界点と境界数を設定する。

② 1 次相関式を求める。境界による区分毎に標準偏差を求め、平均±1σ を外れるデータを棄却。

③ 棄却後のデータで再度 1 次相関式を求める。

表-2 相関式の設定方法

<p>①施設規模(x)と工事費(y)のデータをプロット。</p> <ul style="list-style-type: none"> データのバラツキを確認し、境界点と境界数を設定。 	 <p style="text-align: center;">施設規模</p>
<p>②1次相関式を求める。</p> <ul style="list-style-type: none"> 区分毎に標準偏差(σ)を求める。 平均(A) $\pm 1\sigma$を外れるデータを棄却。 	 <p style="text-align: center;">施設規模</p>
<p>③棄却後のデータで再度1次相関式を求める。</p> <ul style="list-style-type: none"> 【aパターン】$y=a_1x$の端部(①点)を通るよう、次の1次相関式を求める($y=a_2x+b_2$)。同じく、$y=a_3x+b_3$を求める。 【bパターン】$y=a_2x+b_2$の勾配(a_2)がマイナスとなる(逆勾配)など実態と合わない場合、$y=a_1x$、$y=a_3x$を求め、これらの端部を結び $y=a_2x+b_2$を設定。 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>【aパターン】</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>【bパターン】</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>施設規模</p> </div> <p style="text-align: center;">施設規模</p>

【aパターンで算出】V、M2、M4

【bパターンで算出】M1、M3

以上により作成した、工種毎の算出式については、以下のとおり。

(1) M_1 (堤体工の工事費)

堤体工の工事費と相関が高いと考えられる施設規模としては、堤体盛土量が考えられたため、盛土量との関係を整理した。盛土量と工事費の関係には、右肩上がりの傾向は認められたものの、盛土量（横軸）の大小により傾向が異なることが確認された。このため、横軸の盛土量を $5,000\text{m}^3$ 未満、 $5,000\text{m}^3 \sim 10,000\text{m}^3$ 、 $10,000\text{m}^3$ 以上の3区分とし、それぞれについて算出式を求めた（表-3、図-5）。これらの区分数（3区分）と、区分した横軸の境界位置については、数パターンの試計算を行い、最も相関が高かったものを採用した。

表-3 概算工事費の算出式(M_1)

工種	適用範囲	工事費算出式(億円)
M_1 (堤体工)	$V < 5,000$	$1.88 \times 10^{-4} \times V$
	$5,000 \leq V < 10,000$	$6.59 \times 10^{-5} \times V + 0.609$
	$10,000 \leq V$	$1.27 \times 10^{-4} \times V$

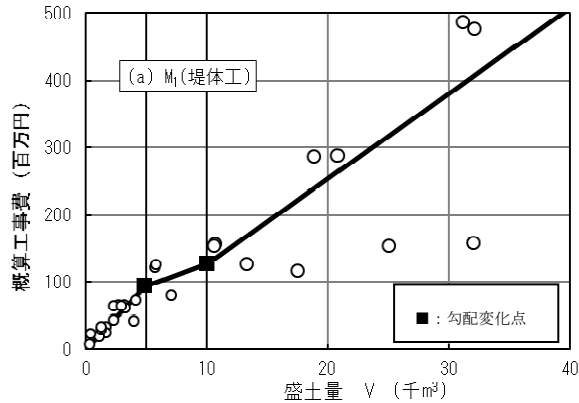


図-5 施設規模と工事費の相関 (M_1)

また、概算工事費を算出する際、盛土量が不明なため池が多いことが想定されたため、別途盛土量を推定する算出式を求めた。盛土量は、単に堤高だけでは相関が低かったため、堤体規模を表す指標として、「堤高 $H(\text{m}) \times$ 堤頂長 $L_1(\text{m})$ 」を横軸として整理した。その結果、盛土量と工事費の関係と同様に、「堤高 $H(\text{m}) \times$ 堤頂長 $L_1(\text{m})$ 」(横軸)の大小により傾向が異なることが確認されたため、 $H \times L_1 = 400$ 未満、 $H \times L_1 = 400 \sim 800$ 、 $H \times L_1 = 800$ 以上の3区分として、それぞれについて算出式を求めた。

以上から、改修対象ため池の堤高、堤頂長を入力条件とし、堤体工の概算工事費が求まる算出式を作成した。

(2) M_2 (洪水吐工の工事費)

洪水吐工の工事費と相関が高いと考えられる施設規模としては、洪水吐長が考えられたが、単に洪水吐長だけでは相関が低かったため、洪水吐規模を表す指標として、「設計洪水流量 $Q(\text{m}^3/\text{s}) \times$ 洪水吐長 $L_2(\text{m})$ 」を横軸として整理した。その結果、最も高い相関が得られたパターンは、横軸の「設計洪水流量 $Q(\text{m}^3/\text{s}) \times$ 洪水吐長 $L_2(\text{m})$ 」の区分境界位置を $1,000$ の1か所とした場合であったため、それぞれについて算出式を求めた（表-4、図-6）。

表-4 概算工事費の算出式(M_2)

工種	適用範囲	工事費算出式(億円)
M_2 (洪水吐工)	$Q \times L_2 < 1,000$	$7.89 \times 10^{-4} \times Q \times L_2$
	$1,000 \leq Q \times L_2$	$2.95 \times 10^{-4} \times Q \times L_2 + 0.494$

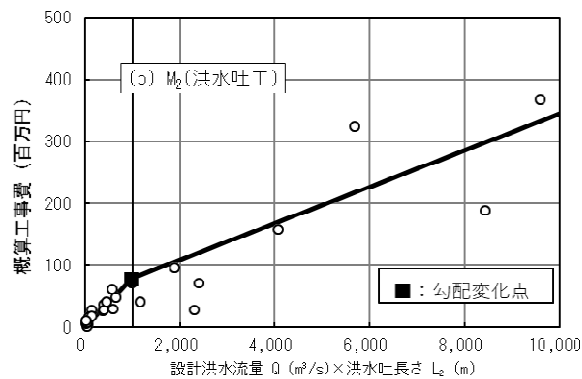


図-6 施設規模と工事費の相関 (M_2)

以上から、改修対象ため池の設計洪水流量、洪水吐長を入力条件とし、洪水吐工の概算工事費が求まる算出式を作成した。

(3) M₃ (取水施設工の工事費)

取水施設工の工事費と相関が高いと考えられる施設規模として、取水施設長を横軸として整理した。その結果、最も高い相関が得られたパターンは、横軸の取水施設長の区分境界位置を50m未滿、50m～100m、100m以上の3区分とした場合であったため、それぞれについて算出式を求めた(表-5、図-7)。

以上から、改修対象ため池の取水施設長を入力条件とし、取水施設工の概算工事費が求まる算出式を作成した。

表-5 概算工事費の算出式(M₃)

工種	適用範囲	工事費算出式(億円)
M ₃ (取水施設工)	$L_3 < 50$	$532.00 \times L_3$
	$50 \leq L_3 < 100$	$1,497.00 \times L_3 - 48,250$
	$100 \leq L_3$	$1,014.5 \times L_3$

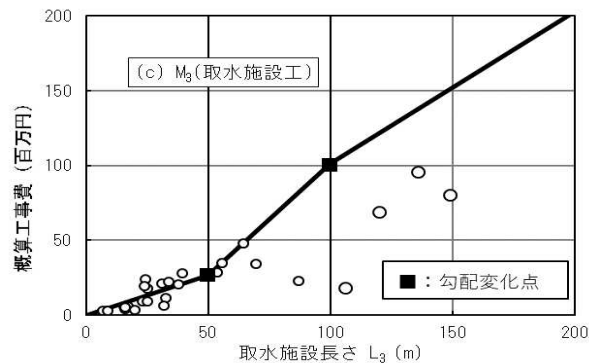


図-7 施設規模と工事費の相関(M₃)

(4) M₄ (その他の概算工事費：撤去・復旧工、仮設工、その他雑工)

その他の概算工事費については、その内容が現場条件により大きく異なるため、他の項目のように施設規模を設定出来ないことから、横軸を「M₁+M₂+M₃」の合計額として整理した。その結果、「M₁+M₂+M₃」の区分境界を2億円の1か所とした場合に高い相関が得られたため、それぞれについて算出式を求めた(表-6、図-8)。

以上から、M₁～M₃を算出することにより、その他の概算工事費が求まる算出式を作成した。

表-6 概算工事費の算出式(M₄)

工種	適用範囲	工事費算出式(億円)
M ₄ (その他)	$M_1 + M_2 + M_3 < 200$	$0.28 \times (M_1 + M_2 + M_3)$
	$200 \leq M_1 + M_2 + M_3$	$0.215 \times (M_1 + M_2 + M_3) + 13.07$

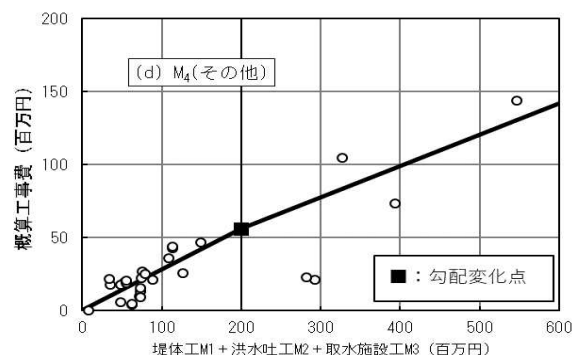


図-8 施設規模と工事費の相関(M₄)

III 算出式より求めた工事費の妥当性

工種毎に求めた算出式を用いて、北海道内で実際に耐震対策工事を実施したため池(A池、B池)の工事費を算出し、算出式の妥当性の検証を行った(表-7(a)(b))。

A池の実績工事費が19.47億円であったのに対し、算出式で求めた概算工事費は、18.64億円となり、その差額は、0.83億円であり、実用上問題ない精度で概算工事費を算出できることが確認された。

また、B池では実績工事費が4.94億円であったのに対し、算出式で求めた概算工事費は、2.96億円となり、その差額は、1.98億円となった。現場で不測の事態が生じ、対策を講じた結果、差額が大きくなったものと考えられる。

表-7 実績額と算出式で求めた額の比較

(a) 北海道内 A 池

項目	M ₁ 堤体工	M ₂ 洪水吐工	M ₃ 取水施設工	M ₄ その他	合計
①実績額	6.36	10.82	1.87	0.42	19.47
②算出式	4.22	10.75	0.26	3.41	18.64
①-②	2.14	0.07	1.61	-2.99	0.83

(b) 北海道内 B 池

項目	M ₁ 堤体工	M ₂ 洪水吐工	M ₃ 取水施設工	M ₄ その他	合計
①実績額	1.54	0.40	0.70	2.30	4.94
②算出式	1.14	0.36	0.83	0.63	2.96
①-②	0.4	0.04	-0.13	1.67	1.98

IV 概算工事費算定プログラムの作成

今回求めた算出式は、今後、地元自治体や改良区等での使用も可能であると考えられることから、入力が簡便なエクセルシートによるプログラムを作成した(図-9)。各工種毎に概算工事費を算出するための施設規模である堤高(m)、堤頂長(m)、洪水吐長(m)、設計洪水流量(m³/s)、取水施設長(m)の5項目を入力条件とし、工種毎の概算工事費が算出されるように作成した。また、参考資料として、ため池設計指針の抜粋を用いて5項目の解説を添付し、入力する際の参考にしてもらうよう配慮した。

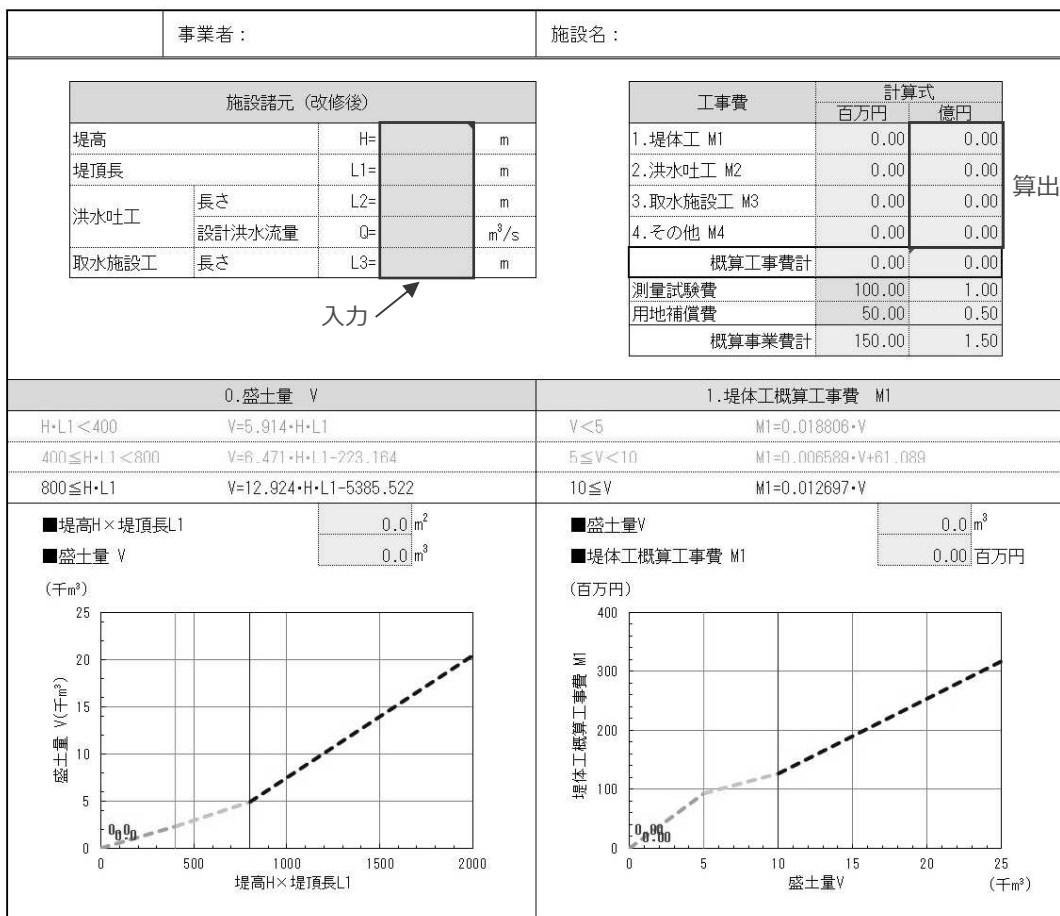


図-9 概算工事費算定プログラム

V おわりに

農業用ため池は、古くから農家の方々の懸命な努力によって築造、維持がなされ、今日の北海道農業の発展に大きく寄与してきたが、近年では、頻発、激甚化している自然災害の増加により、厄介ものとして見られることも少なくない。しかし、先人の絶え間ない努力により受け継がれてきた貴重な財産である農業用ため池が、単に危険の要因として扱われることは非常に残念であり、地域で大切に保全管理がなされるよう、施設の強靱化を図り、地域が安心して生活できる防災対策を計画的に進めることは、とても重要であると考えている。

農業用ため池の防災対策を進める上で、事業費の規模は、ため池管理者が最も危惧する問題の一つであると考え、概算工事費の把握について今回検討を行ったが、今回求めた算定式により算出されるのはあくまで概算の工事費であり、今後もデータを蓄積し、算出式の精度向上を図ることが必要であると考えている。

また、事業費の把握の他にも、農業用ため池に関する課題は数多くあることから、関係者の皆様には、引き続き農業用ため池の防災対策の推進について、御理解と御協力をお願いしたい。

本検討を行うにあたり、全国の府県の担当部署から貴重な資料を提供いただき、検討することができた。御協力いただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 農林水産省農村振興局整備部防災課：ため池管理保全法に基づく都道府県別の対応状況について（2022）
- 2) 農林水産省農村振興局整備部防災課：農業用ため池の管理及び保全に関する法律の概要（2019）
- 3) 農林水産省農村振興局整備部防災課：防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法の概要（2020）
- 4) 農林水産省農村振興局整備部防災課：ため池の被災状況（2021）
- 5) 北海道：防災重点農業用ため池指定一覧（2021）
- 6) 北海道：防災重点農業用ため池に係る防災工事等推進計画（2021）