

# エクセルとGISアプリケーションを用いたため池群の防災改修の最適優先順位付け手法

常住直人

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

## 1. はじめに

農業水利施設は大抵の場合、ダムー頭首工ー用排水路、、、というように施設系として機能する。これら施設系の維持管理では、施設系全体にかかるライフサイクルコスト（費用）を極力抑えつつ、施設“系”としての機能（効果）を高レベルに保つことが重要である。

施設系のライフサイクルコストは、比較的低廉な維持管理費・補修費など経常的費用と、多額で一時的に係る改修・更新費用に大別出来る。後者が多額になるのは、災害など異常時に備えて施設が強化されるからである。日本では豪

雨、地震の頻度が高いので、災害リスクに抗する巨額な改修費用（防災費用）を、各施設に如何に適切に配分するかが、施設系の機能を効率的かつ持続的に保つうえで重要となる。このためには、施設系の中で被災確率が高く、ボトルネックになるところ、すなわち被災時の系全体へのダメージが大きくなるどころで、かつ改修費用が小さいところ、つまり、防災改修の費用対効果が高いところから、それに応じたウェイトをかけた最適防災改修計画を立案することが重要と考えられる。

筆者らは、このような見地から、これまで、ため池群防災改修のための最適優先順位付け手法を開発した。

ため池は老朽化し、危険なものが多い反面、予算上の制約や所有形態（私有など）による改修要望の低さのため、改修がなかなか進んでない。したがって、要改修総数は依然多く、必ずしもネットワーク化した水利施設でないものの、改修の優先順位付けの必要性は高い。その際、改修の費用対効果が高く、かつそれが確実に見込まれるものから改修していけば（所有者の不同意により、改修に手間取る可能性が高いため池は、その分、費用を割り増す等により費用対効果を補正）、予算制約があっても、事業当初から確実に高い改修効果を維持出来る。本報文では、以上の方針により構築された優先順位付け手法につき、その具体的な活用法を提示する。

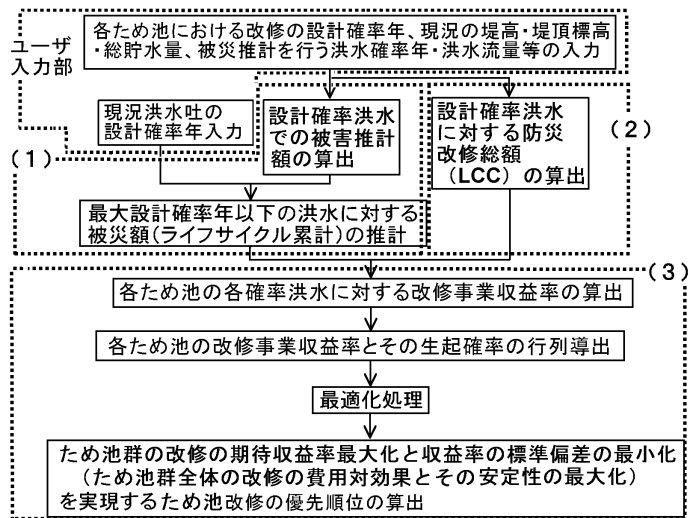


図1 最適優先順位付け手法の全体構成

## 2. 構成と概要

図1に、最適優先順位付け手法の全体構成を示す。本手法は、ユーザ入力部と、各ため

池の改修効果額の推計部（図 1 (1)）、各ため池の改修費用額の推計部（図 1 (2)）、そして、それら各ため池の費用対効果から改修優先順位を求める最適改修優先順位導出部（図 1 (3)）の 4 パーツから成る。

優先順位付けは個別ため池の詳細改修計画前に行うので、その時点では予算・労力・データに制約がある。また、多数のため池を一度に扱うのでそのままでは作業量が膨大になる。そこで、本手法では、優先順位に誤差を生じない範囲で、データの絞り込みや、処理の省力化・簡略化を図っている。

ここで、図 1 (1) の改修効果額とは、防災改修の場合、改修により被災を無くす効果を持つから、未改修でのため池決壊被災額と同一である。なお、図 1 では洪水被災についてのみ記しているが、地震被災についても全く同様に処理出来る。ただ、地震については、現況での堤体被災確率年や、現況、改修後の地震決壊確率年が明らかでないので、現状では本手法に組み込めない。

一方、図 1(2)の改修総額には、洪水吐の他、堤体の改修費、維持管理費等もライフサイクルコスト全般を含む。これは、洪水吐単独で改修されることがないからである。したがって、現状では、地震に対する防災改修効果が含まれないにも関わらず、堤体改修費用が見込まれるため、防災改修の費用対効果（事業収益率）は低めに算出されている。

また、図 1(3)の最適優先順位付けの規準は、1.に記したように、防災改修の事業収益率が高く、それがより確実に見込まれるものからだが、この場合の事業収益率は、現行の事業評価基準<sup>1)</sup>の総費用総便益比率と基本的に同義である。すなわち、総費用総便益比率を変形して得られる内部収益率であり、これは、つまり、ため池のライフサイクル期間に投じられる防災改修費用と、そこから得られる防災改修効果により、ライフサイクル期間を通じて見込まれる「事業の複利回り（物価上昇を差し引かない名目年利）」である。これは、費用、効果の中に防災関係以外のものを組み込んでも同様に求められるので、本手法には防災改修以外の改修、効果も組み込める。

さて、上記の事業収益率は、防災改修で対象としている災害が、必ず起こるわけではない確率的事象であることから、実際は不安定なものである。事業実施で必ず得られるわけではなく、その後の気象や震災次第である。したがって、その不安定性（標準偏差）が極力小さいもの、つまり、より確実に収益率が見込まれるものから改修していくのが望ましい。具体的には、 $(\text{事業収益率}) / (\text{事業収益率の標準偏差})$ が最大のため池のうち、最も事業収益率の高いため池から改修の優先順位付けをしていくことになる。現行の、改修設計確率年が一律（200 年確率災害を対象）なため池防災改修の場合、このような順位付けを行えば、 $(\text{ため池群全体の事業収益率}) / (\text{同 標準偏差})$ も高く保たれることが知られている<sup>2)</sup>。

なお、この優先順位は、各ため池下流域の利用状況やため池改修工法の変化など、中長期の状況変化により変わっていく。よって、5 ～ 10 年程度の一定期間毎に優先順位の見直しを行うほうが良い。

この他、優先順位に影響を及ぼす要因として、物価変動、所得変動、資産価格変動等がある。これらは概して都市近郊で大きく変動するから、いつ優先順位付けを行ったかが、優先順位に影響を及ぼす可能性がある。しかし、これらは変化率は異なるものの（一般に資産価格の変動率は大きい）、概ね連動して変化するうえ、景気変動に合わせて上下動する。したがって、それらの影響は、直近の景気中立的な時（潜在成長率に即した物価上昇率の時で、現状では物価上昇率 1 ～ 2 %の時）を基準に優先順位付けすることで、中長期的には相殺される。

### 3. 事前準備とデータ作成（ユーザ入力部）

入力データは、防災改修効果を推計するためのものと、防災改修費用を推計するためのものに分かれる。

#### (1) 被災推計アプリ等のインストール

本手法では、被災額を現行の事業評価基準に即して推計<sup>3)</sup>するが、より省力的に推計すべく、オリジナルの GIS アプリケーション (Java 版、独自 GIS エンジンで windowsXP 上で作動。以下、「被災推計アプリ」) を試作した。

被災推計アプリ導入のためのハードウェア条件は windowsXP、ArcView ver.9.2 に準拠しており、通常のノート PC の能力があれば十分である。被災推計アプリ導入のためには、事前に PC に Java 及びデータベースソフト PostgreSQL のインストールと、PostgreSQL への地図データベースの組み込みを行う必要がある。その後、アプリ本体をインストールする。これらの作業は、初回の優先順位付け時のみで済む。

#### (2) 防災改修効果推計のためのデータ入力

各ため池の被災推計用に、以下のため池データを、所定様式のエクセルシートに記して、被災推計アプリをインストールした PC に保存する。これらのデータのほとんどは、農村振興地理情報システム (農水省農村振興局) から引き出せるが、⑦、⑧については必要に応じ現地調査を行う。ただし、優先順位付けに用いるデータであるから、概略値で良い。これらデータ作成作業は、基本的に初回の優先順位付け時のみ行うが、⑧の修正は、2 回目以降の優先順位付け時にも必要に応じて行う。

- ①ため池 No.、ため池堤体・ため池の位置 (ため池堤体位置は堤体中央やや下流など決壊起点付近で貯水池に入らない地点の緯度経度。ため池位置はため池貯水池の中央付近の緯度経度)
- ②現況の堤高・堤頂標高・総貯水量
- ③現況確率年 (現況の洪水吐で堤体決壊を来さず放流可能な最大洪水の超過確率年)
- ④洪水流量 (被災推計する洪水の流量)
- ⑤洪水超過確率年 (被災推計する洪水の超過確率年)
- ⑥決壊有無 (上記洪水時の当該ダムの決壊有無。決壊有りて 1、決壊無しで 0。決壊無しでは決壊流量、決壊水量は発生せず、洪水流量しか流れない)
- ⑦当該ため池下流の決壊被災域での道路等による平均凸部高さ (0.5 ~ 2m) (ため池下流の決壊被災域の水田周囲道路等の田面からの高さの平均値。これは決壊氾濫の水田貯留時の平均貯水深さでもある。被災推計アプリではこのような水田もしくは凸部道路による貯水域や窪地域に氾濫水量が溜まりきること、氾濫終息としている。詳細は、文献 3)、p.306 を参照のこと)
- ⑧当該ため池に特異な定数データ (下記 (3) の定数データのうち、当該ため池下流域で、被災推計するため池群の平均値とかなりずれ、優先順位付けに影響しそうなものについては、ここで入力する。入力されていれば、当該ため池の被災推計については、ここでの入力データが優先使用され、そうでなければ、(3) のデフォルトデータが使用される)

上記のうち、④~⑥は、各ため池で被災額推計を行う災害ケースを設定するデータである (最大確率 200 年<sup>4)</sup>)。200 確率洪水を想定最大とする場合、洪水被災では、④~⑥に各ため池につき 2 ケースのみ設定すれば良い (洪水流量 0、洪水超過確率年 0、決壊有りと、洪水流量が 200 年確率洪水流量、洪水超過確率年 200、決壊有りの 2 ケース)。地震被災では、洪水がないので、④~⑥は洪水流量 0、洪水超過確率年 0、決壊有りとなり、

これは洪水被災の推計ケースと重複するので推計不要である。

### (3) 定数データの修正・更新

被災推計アプリには、被災推計のための定数データ<sup>3)</sup>がプロパティファイルとして組み込まれている。これらは、デフォルトでは、優先順位付けに影響しない範囲で処理を簡略化するため、全国平均値を設定しており、この値で一律に被災推計を行うこととしている。

これら定数データのデフォルト設定や改訂は、基本的には、システム提供側（担当行政部局を想定）で一括して行うことを想定している。

定数データには、被災最低水深 (m)、購入耕土単価 (千円/m<sup>3</sup>)、土砂搬出単価 (千円/m<sup>3</sup>)、公共建物平均価格 (円/戸)、農家納屋平均価格 (円/戸)、家屋平均単価 (円/m<sup>2</sup>)、事業所平均単価 (円/m<sup>2</sup>)、家屋平均床面積 (m<sup>2</sup>/戸)、事業所平均床面積 (m<sup>2</sup>/戸)、家財評価額 (円/世帯)、世帯労働単価 (円/戸/日)、農地内農家納屋密度 (戸/m<sup>2</sup>)、農漁家倉庫・納屋の償却資産評価額 (円/戸)、農漁家倉庫・納屋の在庫資産評価額 (円/戸)、事業所従業者数 1 人当たり償却資産評価額 (千円/人)、事業所従業者数 1 人当たり在庫資産評価額 (千円/人)、一事業所当たり平均従業者数 (人/箇所)、事業所従業者数 1 人一日当たり付加価値額 (千円/人/日)、公務評価額 (千円/人)、公共建物平均職員数 (人/箇所)、一家屋当たり人数、平均賃金 (千円。全年齢込み、男女込みの平均年収)、平均年齢、家庭の代替活動単価 (千円/戸) に関する支出済費用換算係数 (現時点換算係数)、事業所の応急対策費用 (浸水別支出負担単価 (千円/箇所)) に関する支出済費用換算係数 (現時点換算係数)、平均余命が含まれる。

上記定数データは、ユーザが扱うため池群によっては、全国平均よりもかなり外れた値となる場合もある。それが優先順位に影響し得るならば (人的被災額に係る部分は被災総額への影響が大きい)、該当する定数データをユーザ側で修正する必要がある。具体的には、被災推計アプリ添付のプロパティエディタを用いて、プロパティファイル内の定数データを修正する。事後、それらの定数データが大きく変動した場合も、各回の優先順位付け時にユーザ側で更新する必要がある。

### (4) GIS データの組み込み

被災推計を行うため池とその下流域 (広めに見込んだため池決壊時被災域) の標高、地目、公共施設位置の GIS データを PC に組み込む。使用 GIS データは表 1 に示すとおりである。いずれも基本的に数値地図を用いるが、数値地図がないエリアでは GISMAP を用いる。PC 内に両方が組み込まれている場合、被災推計アプリのデフォルトでは数値地図を優先使用するようになっている。

GIS データのうち、数値地図 2m メッシュ標高、GISMAP は PC 内の所定フォルダにコピーするだけで組み込み完了である。一方、数値地図 25000 (地名・公共施設)、数値地図 5000 (土地利用) は被災推計に使用しないデータも多く含んでいるため、必要データだけを抜き取

表 1 被災推計に用いる GIS データとその仕様

		メッシュ	フォーマット	測地系	座標系
地目	数値地図25000(地名・公共施設)	全国	CSV	世界測地系	経緯度
	①数値地図5000(土地利用)	首都圏・中京圏・近畿圏	XML	世界測地系	平面直角座標系
	②GISMAP Texture(地目GIS、北海道地図)	全国(二次メッシュ)	Shape	世界測地系	経緯度
標高	①数値地図2mメッシュ標高(中越)	中越地区	テキスト形式	世界測地系	平面直角座標系
	②GISMAP Terrain(標高GISデータ、北海道地図)	全国(二次メッシュ)	HGF	世界測地系	経緯度

り、データベースソフト（PostgreSQL）の地図データベースに組み込む。

上記のうち、標高データの組み込み作業は、基本的に初回の優先順位付け時のみで済む。一方、地目データの更新作業は、必要に応じ2回目以降の優先順位付け時にも行う。標高データも、地形の大きな変化があれば、2回目以降の優先順位付け時に適宜更新する。なお、システム提供側の作業になるが、表1で扱うデータは、より精細なものに適宜変更すべきである（特に GISMAP）。

#### （5）防災改修費用推計の為のデータ入力

防災改修費用推計はエクセルでの作業になる。各ため池につき、エクセルシートに次のデータを入力する—①現況の堤高、②現況の堤頂長さ、③改修の設計洪水流量、④改修時の仮排水流量、⑤改修後の計画取水量。

上記データのうち、①、③は、（2）の②、④と同一である。このデータ入力作業は、特段の変更がない限り、初回の優先順位付け時のみ行えば良い。

### 4. 被災額推計（改修効果推計）

被災額推計は、現行の事業評価基準<sup>3)</sup>に即した方法で行い、処理を省力化するため、被災推計アプリを用いることを想定している。被災額推計の手順は図2に示すとおりである。図2のうち、「各部の湛水位算出」より上が氾濫推計、それより下が推計湛水深に基づく被災額推計である。氾濫推計も事業評価基準<sup>3)</sup>に即し、マニング式により簡略に行う。すなわち、ため池下流にマニング式の計算測線を幾つか設定し、測線での湛水深が被災湛水深未満になったところ、もしくは氾濫水量が下流の水田・窪地など貯留域に溜まりきったところまでを湛水域として、測線間の内挿により各部の湛水深を求める。

この湛水深分布から、決壊による耕土流出域、土石埋没域、農地埋没域が求まり、土石埋没域と耕土流出量、堤体決壊体積から土砂堆積厚が求まる。次に、湛水深と土砂堆積厚の組み合わせより被災率を求めつつ、各被災率エリア（レイヤー）に入る各地目（農地域・宅地域・事業所域（商工業地）・公共建物）及び家屋内の人の被災規模（面積もしくは数）を特定する。以上より各地目の被災額は下式のようなになる。

$$(\text{被災額}) = (\text{被災率}) \times (\text{被災単価}) \times (\text{被災規模 (数もしくは面積)})$$

なお、人命の被災単価は、交通事故賠償額の算出式と同様、被災者の将来純所得総計の現在価値換算額に基づき算定している。これは、被害者と賠償受け取り者が異なるので、国際的には特異な賠償法である。また、天災による人的被害補償をどの程度すべきか、賠償責任があるかは、事故前の管理水準や判例の積み重ねにより変化しうる。本手法での人命被災額は概ねその最大相当を与えている。

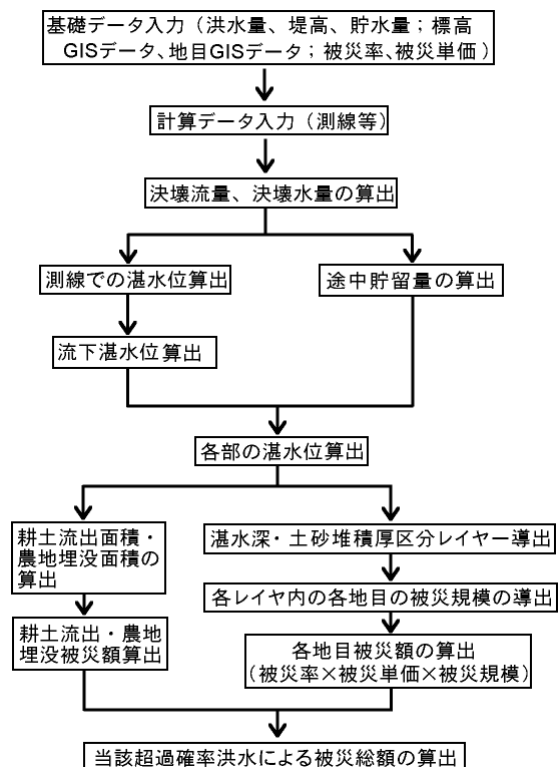


図2 被災額推計の流れ

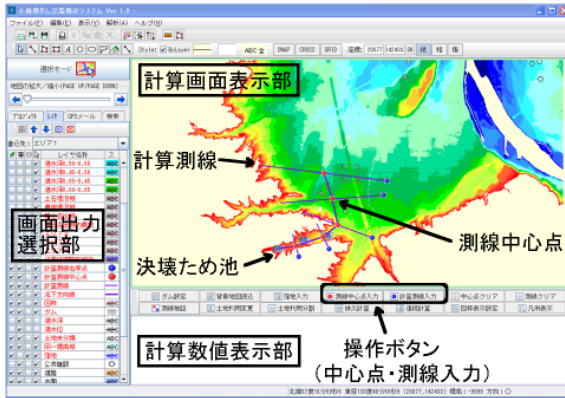


図3 計算測線等の入力

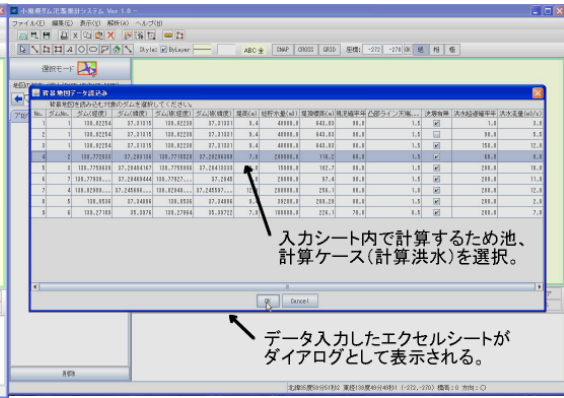


図4 データ読み込みと計算ケース選択

以上より各地目の被災額、人的被災額を合計し、農地被災額(耕土流出・農地埋没)、公共土木施設被災額を合わせると被災総額が求まる。すなわち、3.(2)④～⑥で設定した確率洪水での洪水被災額が求まる。この際、農地被災額(耕土流出・農地埋没)は耕土流出面積、農地埋没面積、土砂堆積厚等から求め、公共土木施設被災額は一般資産被害額(家屋・家財・事業資産等の被害額)から概算される。

なお、地震被災額は、洪水流量がゼロになる以外、上記と同様に推計出来る。これにより任意確率地震での地震決壊被災総額が求まる。

以下、被災推計アプリでの作業を順を追って説明する。

### (1) 準備作業

マニング計算の準備として、各ため池につき、窪地の入力、計算測線(横断面)の入力、地目の修正を行う。

氾濫推計では、氾濫は、水田等や窪地に氾濫水量が溜まりきることによって終息としている<sup>3)</sup>。しかし、窪地域は多重化している場合もあるなど、その自動探索、自動判別処理は難しい。したがって、本アプリでは、ユーザ(もしくはシステム提供側)が、最外周の窪地域を事前設定するようにしている。また、マニング計算では氾濫下流に所々、計算測線を設定するが、それもユーザが事前設定する必要がある。さらに、地目データとして、GISMAP Texture(表1)を用いた場合、宅地域と事業所域(商工業地)が未分離になるので、それをユーザ側(もしくはシステム提供側)で事前分類する作業も必要である。

以上の作業は、初回の優先順位付け時に行うが、地目に関しては必要に応じて2回目以降の優先順位付け時にも行う。これらの作業は、アプリ画面上で、窪地輪郭線の入力、測線中心点・端点の入力、(宅地域・事業所域未分離の)建物域への分割線入力・地目指定により、マウスで簡便に行える(図3)。

### (2) 氾濫推計と被災額推計

上記準備が整ったため池につき、氾濫推計と被災額推計の一連の処理を行う。

処理はまず、3.(2)でデータ入力したエクセルシートをアプリ上に読み込み、そのシー

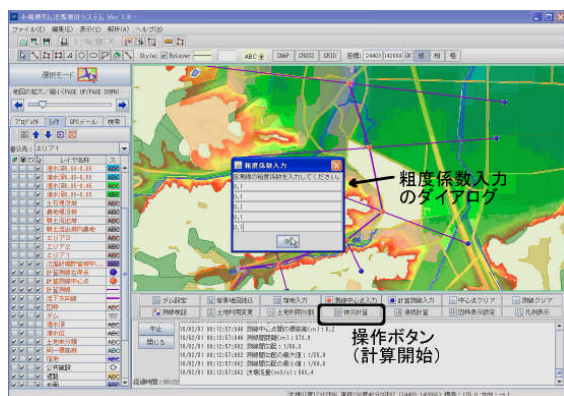
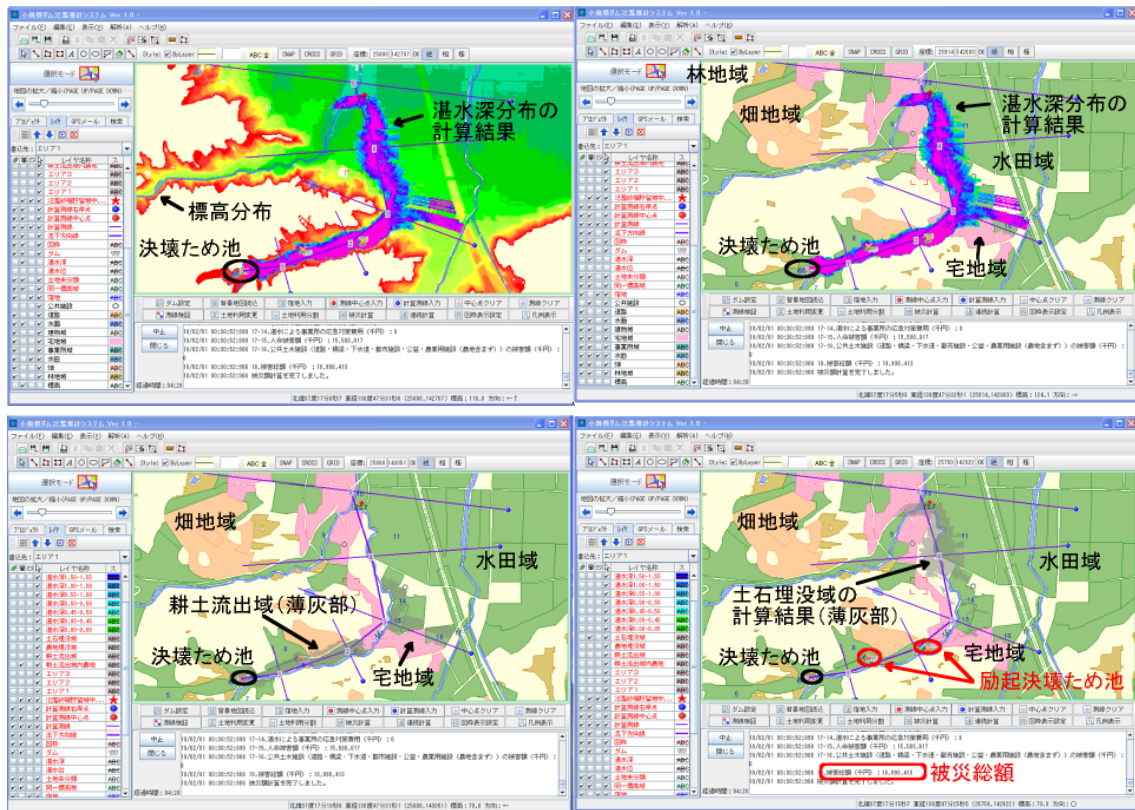


図5 計算開始と途中入力

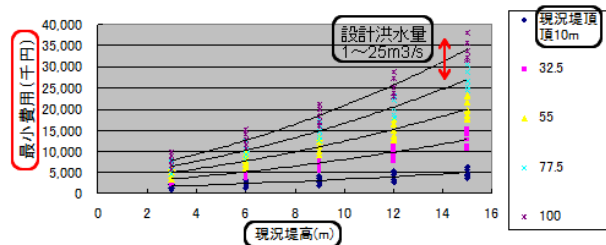


(左上：背景が標高の湛水深分布計算結果、右上：同左 背景は地目、左下：耕土流出域の計算結果、  
右下：土石埋没域の計算結果)

図6 処理結果の表示

ト上で、計算ため池、計算ケース（計算洪水流量、計算洪水確率年、決壊有無）の選択を行う（図4）。ついで、計算開始ボタンを押すと、選択したため池付近の背景地図が表示され、自動計算が始まる（図5）。その後、マンシング式による氾濫推計中に、計算測線間のマンシング粗度係数等を問うダイアログが幾つか立ち上がる（図5）。それらのダイアログに入力を行えば、被災額推計までの一連の作業が終了し、処理結果（図6）はアプリ上で画面出力、数値出力として、それぞれ計算画面表示部、計算数値表示部（図3）に表示される。同時に処理結果（被災総額、励起決壊ため池 No.）は入力エクセルシートが当該計算ケース行に追記される。なお、計算画面表示部の表示は、画面出力選択部（図3）で多様に切り替えられる（図6）。

## 5. 費用推計



現況堤頂長(m)	X: 現況堤高(m), Y: 最小費用(千円)
10	$y = 9.1429x^2 + 102.36x + 1401.2$
32.5	$y = 24.873x^2 + 327.55x + 2250$
55	$y = 38.984x^2 + 549.62x + 2974$
77.5	$y = 53.254x^2 + 760.83x + 3680$
100	$y = 68.968x^2 + 947.97x + 4389.6$

※上図は堤体、洪水吐部のみ

図7 ため池諸元と最小改修費用（上）  
および最小改修費用推計式（下）

改修費用に含まれるものは洪水吐、堤体、取水設備（仮排水工含む）、仮設工である。改修費用の推計はエクセル上での作業になる。具体的には、3.(5)の改修費用推計のためのデータを入力したエクセルシート上で、推計式により、各ため池の改修費用推計値を算出する。この推計式は基本的にシステム提供側から提示されるものである（図 7）。これにより、（200 年確率洪水流量に 1.2 倍した）ため池計画洪水量<sup>4)</sup>に対する改修費用を求める。

推計式は改修工法の変化、多様化や部材単価・工事単価のコスト変化に応じて適宜改訂していく必要がある。この際、コストについては景気変動で上下動しつつ、中長期的に右肩上がりになっていくので、直近の景気中立局面でのコストを基準に、景気循環の 1 サイクル期間程度（約 10 年）で改訂していけば良いだろう。これら改訂作業もシステム提供側で行うべきことである。

## 6. 改修の優先順位付け

筆者らの研究結果より、改修を 200 年確率洪水に対し行う場合、ため池群全体の改修事業収益率を（災害生起確率も考慮し）安定的に高く保つには、次のように改修の優先順位を付ければ良いことが分かっている<sup>4)</sup> - i)各ため池の改修事業収益率とその標準偏差を求める、ii)各ため池の改修事業のシャープレシオ（＝（収益率）÷（標準偏差））を算出する、iii)シャープレシオの大きい順に高位とする、iv)シャープレシオが同一なため池では事業収益率の大きいため池を高位とする。

以上の優先順位付け処理もエクセルシート上での作業になる。その際、各ため池の改修事業収益率と標準偏差、シャープレシオを求める手順は次のとおりである。

- a. 改修効果額  $B_j$  の算出： 4.で求めた洪水無しでの決壊被災額を 0 年確率洪水とし、それと 200 年確率洪水での決壊被災額より、各超過確率年洪水（ $j$  年確率）に対する決壊被災額を線形補間から求める。（改修効果額  $B_j$ ）＝（超過確率  $j$  年洪水に対する改修前被災額）－（超過確率  $j$  年洪水に対する改修後被災額）、なので、 $B_j$  は現況確率年以下や設計確率年超では 0 になり、現況確率年超～設計確率年（ここでは 200 年）では決壊被災額と同値になる（図 8）。

なお、現況での地震決壊確率が分かるならば、地震についても改修効果が算出でき、それと洪水に対する改修効果を足し合わせたものが  $B_j$  となる。

また、親子ため池等による励起決壊に対する  $B_j$  の算出は図 9 のように行う。

- b. 各超過確率年洪水（ $j$  年確率）に対する年当たり改修効果額  $Y_j$  の算出：  $Y_j = B_j \times F_j$

$F_j$  は各超過確率の生起確率換算値で、文献 3)、p.323 の簡便式から求まる値である。ここでは超過確率 200 年（現状の想定最大超過確率年）までの  $F_j$  総和が 1 になるように  $F_j$  を補正する。

- c. 改修費以外のコスト設定： 改修する堤体、洪水吐、取水設備に関する維持管理費、補修費、廃棄費の現時点推計値とそれらのコストがかかる年を設定する。

- d. ライフサイクル期間  $T$  内の各年  $i$  にかかる費用  $C_i$  の算出： ここでは洪水吐、

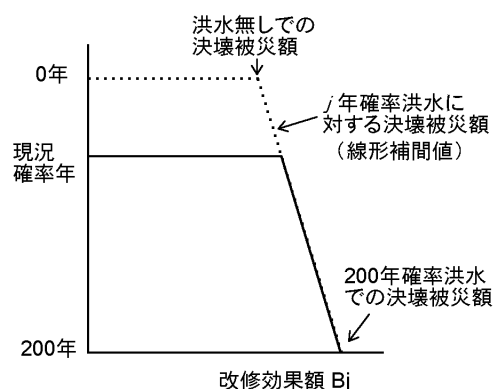


図 8 改修効果額  $B_j$  の算出



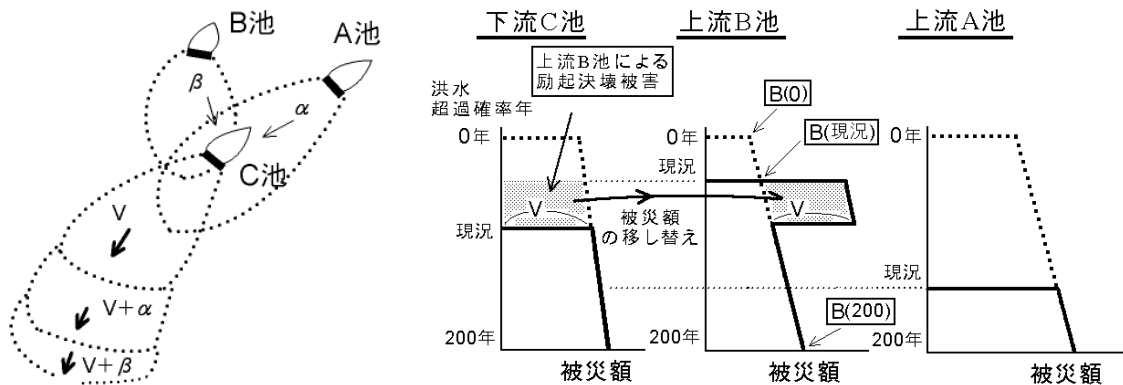


図9 励起決壊における被災額の処理

堤体、取水設備など改修工種の耐用年数のうち、最大の年数（ため池改修では堤体の80年が最大）をため池のライフサイクル期間  $T$  とする。上記 c. と 5. で求めた改修費用からため池のライフサイクル期間にかかる各年の費用  $C_i$  を求める（図10）。

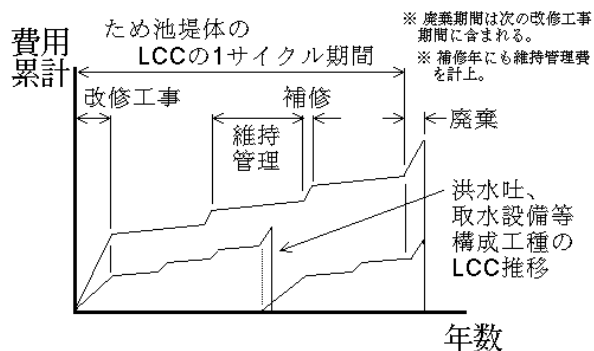


図10 ライフサイクル期間の費用例

- e. 各超過確率年洪水 ( $j$  年確率) に対する改修事業収益率  $R_j$  の算出：  
 $R_j$  は現行の土地改良事業

の効果算定に即した内部収益率（文献1）、p.17）として、下式の両辺が一致する値として算出される（ $Y_j$  が0の場合は  $R_j$  も0とする）。

$$\frac{Y_j \cdot (1 + R_j / 100)^{-t} \cdot \{1 - (1 + R_j / 100)^{-(T-t)}\}}{\{(1 + R_j / 100) - 1\}} = \frac{F_j}{K} \cdot \sum_{i=0}^{T-t} \frac{C_i}{(1 + R_j / 100)^i}$$

上式で、 $Y_j$ ：上記 b. で求めた各超過確率年洪水 ( $j$  年確率) に対する年当たり改修効果額、 $t$ ：当初の全面改修工事期間の年数（ため池では3年程度）、 $T$ ：ため池のLCCの1サイクル期間（80年）、 $F_j$ ：b. で求めた各超過確率の生起確率換算値、 $K$ ：現況確率年超～設計確率年以下における  $F_j$  の総和。

- f. 改修事業収益率  $E$  の算出： 下式より算出する。

$$E = \sum_{j=1}^{200} \frac{R_j}{M}$$

上式で、 $\sum R_j$ ：上記 e. で求めた  $R_j$  の1～200年（現状の想定最大超過確率年）までの全ての超過確率年洪水での総和、 $M$ ：200年（現状の想定最大超過確率年）。

- g. 改修事業収益率の標準偏差  $\sigma$  の算出： 下式より算出する。

$$\sigma = \left[ \frac{\sum_{j=1}^{200} (R_j - E)^2}{M-1} \right]^{0.5}$$

h. シャープレシオ  $E/\sigma$  の算出

## 7. おわりに

ため池群の防災改修を効果的、効率的に行うための最適優先順位付け手法について紹介した。この実用化には行政部局のデータが不可欠で、特に定数データは行政部局の協力無しには確定しえない。この点も含め、今後更なるブラッシュアップを行えばと思う。

### 参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局：新たな土地改良の効果算定マニュアル、大成出版社、pp. 17-18&29-77、2007
- 2) 常住直人・高木強治：小規模ダムの防災改修における MVM の適用性について、ダム工学 21(2)、117-121、2011
- 3) 農林水産省農村振興局：新たな土地改良の効果算定マニュアル、大成出版社、pp. 267-406、2007
- 4) 農林水産省農村振興局：土地改良事業設計指針「ため池整備」、農業土木学会、pp. 29-31、2006