技術情報

ため池決壊時の簡易氾濫解析による被害範囲推定技術の開発

(独)農業・食品産業技術総合研究機構
Kawamoto Osamu 川本 治　Suzuki Hisato 鈴木 尚登　Yoshisako Hiroshi 吉迫 宏　Inoue Keisuke 井上 敬資

1．はじめに

東日本大震災によって数多くのため池が被災し、福島県ではため池決壊により死者・行方不明者8名の人的被害を含む甚大な被害が生じた。また、2012年8月29日に国の2つの有識者会議は、東海、東南海、南海地震などが同時発生するマグニチュード9級の「南海トラフ巨大地震」について、被害想定を公表している。これは2003年の三連動地震想定に比較して、たとえば震源域は2倍の予想となっており、減災・防災体制への関心は高まっている。1995年1月の阪神淡路大震災は社会的・国民的な観点から防災・減災対策からの重要性認識を強め、平成7年度から「ため池データベース整備事業」を通じて「ため池防災データベース」が整備されている。ため池には決壊した際、下流の家屋や公共施設等へ被害をもたらす恐れがあるものが数多く存在しているため、これらのデータベースを活用して防災・減災のためのハード対策だけでなくソフト対策を推進する必要がある。

ここでは、急務となっているため池防災・減災のソフト対策を推進するために実施している、平成24年農林水産省農林水産技術会議「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」（緊急対応研究課題）「ハザードマップ作成のためのため池決壊時の被害範囲推定技術開発」の現況について示す。

2．簡易氾濫解析の現状と改善を要する事項

地域住民が暮らす地域にため池が存在している場合、「ため池ハザードマップ」は、自然災害による被害軽減に向けた、避難計画の策定、防災教育、防災意識の啓発、防災を意識した農村地域づくり、及び行政と住民とのリスクコミュニケーション等のツールとして位置づけられ、自然災害に対するソフト面での対策のうち、最も重要となる情報提供手段である。

ため池ハザードマップを作成する際の被害範囲（浸水範囲）を推定する手法としては、（1）ため池等整備事業が実施されている地区では事業計画時に、想定被害区域における、堤体決壊時の流積（流下断面積）、流出洪水量、総流出量を想定し、想定被害区域の等水深図を作成しており、これらの過去のデータを活用してハザードマップを作成できる。

また、（2）過去の氾濫実績に基づく浸水範囲をもって浸水想定範囲とする方法があり、この手法は、過去の災害に関する資料収集や体験者ヒアリングから氾濫状況や浸水範囲の推定を行ってハザードマップ作成を行う手法であり、数値計算等を必要としないため簡便ではあるが、過去の実績を上回る規模の災害には対応できない。また、浸水の痕跡だけでは、浸水範囲を面的に評価できる精度を有しない場合もある。

（3）数値シミュレーションに基づいて最大水深・浸水時間・氾濫水の到達時刻を予測して

ハザードマップ作成に活用する手法のうち、簡易氾濫解析手法（谷・井上、２０１２）を活用した「ため池データベースハザードマップシステム」により、従来の詳細な氾濫解析手法に比較して大幅に簡易的な氾濫解析が可能である。

また、各地域で整備されてきた、水土里情報システムのＧＩＳデータと結合することにより、ハザードマップを低コストで作成することも可能であるが、現行のシステムでは考慮できない諸因子があり、これまでに開発されてきた簡易氾濫解析手法とデータベースが必ずしも十分に活用されているとは言えないのが現状である。

そこで、従来の簡易氾濫解析手法では考慮していなかった諸因子を考慮してシステムプロトタイプを開発・検証（㈱ジー・アンド・エスが担当）するとともに、簡易氾濫解析の改善効果の検討（㈱農研機構が担当）を行うこととした（図―１）。これまでの取り組みと現時点での結果の概要を以下に示す。

開発したソフトウェアともに得られた知見を周知させることによりため池の防災・減災対策の推進と地域住民の防災意識の高揚の一助となることを願うものである。

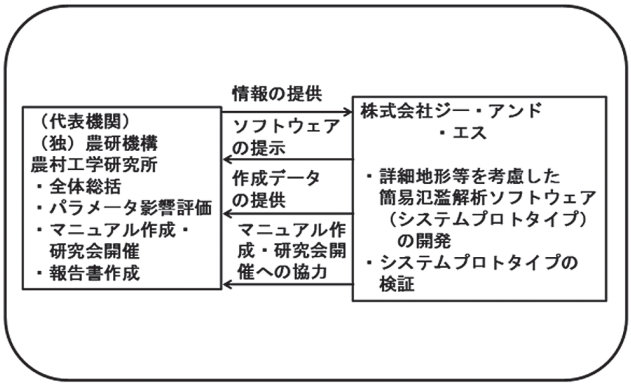
３．システムプロトタイプの改善点

（１）詳細地形の考慮

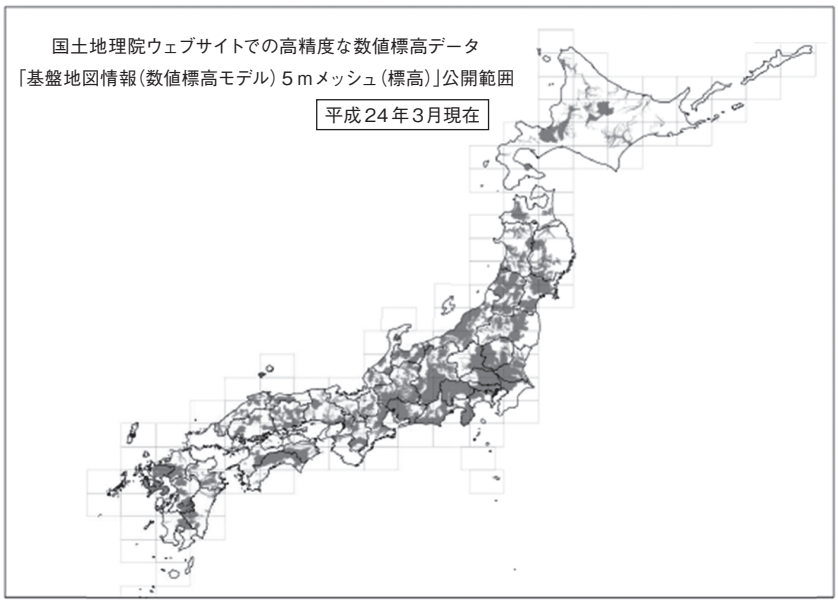
詳細地形を考慮するためには、現行の10ｍメッシュよりも詳細なメッシュデータの入力と処理を可能にする必要がある。現在、国土地理院の基盤地図情報（JPGIS2.x 形式、または、JPGIS2.x（ＧＭＬ）形式）は現行の10ｍメッシュが全国をカバーした後に５ｍメッシュデータの作成が開始され、一部の地域では使用が可能となっている（図―２）。したがって、５ｍＤＥＭ（標高データ）によるシミュレーションにより、氾濫域シミュレーション（最大水深、最大流速、到達時間の推定）を行うことを可能とした。５ｍＤＥＭには３つの種類があり、３種類の情報が重複している地域は、測量精度の高いものを優先して採用することとし、下記の優先度をつけて採用した。

航空測量＞公共測量＞写真測量

航空レーザ測量では正確に水面の高さを測ることが難しいことから（国土地理院ＨＰ）、水系情報は、10ｍＤＥＭ（メッシュ標高データ）を４分割した５ｍメッシュを割りあてている。また、５ｍＤＥＭのリリースされていない地域は、10ｍＤＥＭを４分割した５ｍメッシュを割



図―１　実用技術開発事業（緊急対応研究課題）で取り組むハザードマップ作成のためのため池決壊時の被害範囲推定技術



図―２　５mDEM の全国リリース状況（国土地理院による）

りあてており、10mDEM、5mDEMでの境界部では氾濫解析に誤差が含まれるので注意が必要である。

(2) 決壊条件の改善

簡易氾濫解析は浅水方程式（連続式、運動方程式）を数値的に解いて各メッシュ点、各時刻での水深、流速等を推定するものであり、初期条件・境界条件として流入境界における流量時刻歴と方向を指定する必要があるが、特に破堤位置の指定やハイドログラフ（破堤地点からの流入量時刻歴）は氾濫域シミュレーション結果に影響を及ぼす可能性があるため、改善を行った。

破堤点の指定に関しては、従来のシステムで池の登録位置からシステムが自動的に破堤点を決めて解析を行っていたため、現地の状況に十分に対応できない場合があった。したがって堤体下流側の適切な破堤点を任意の位置を指定できるように改善を行った（図―3）。

従来は、破堤点におけるピーク流出流量はコスタの経験式で評価される値に固定していたが、多様な形式に対応できることとし、コスタの経験式と任意のハイドログラフのテーブルを選択できるように改善した。

経過時間（秒）、流出量（m^3／秒）を列にした任意のテーブルを作成し、ファイル（CSVファイル形式）に保存した後に、解析操作時に、このファイルを指定することにより、任意のハイドログラフによる解析が可能である。

(3) 粗度係数の改善

簡易氾濫解析を行う際には、マニング則により流路底面流速を求めることから、流路の地目に応じて粗度係数が変化した場合には結果が変化する可能性がある。全域で粗度係数が均一（0・04）に固定されていた従来の方法を改善して、解析領域の平均値としてふさわしい任意値の入力を可能にした（図―4）。

4. システムプロトタイプの改善効果

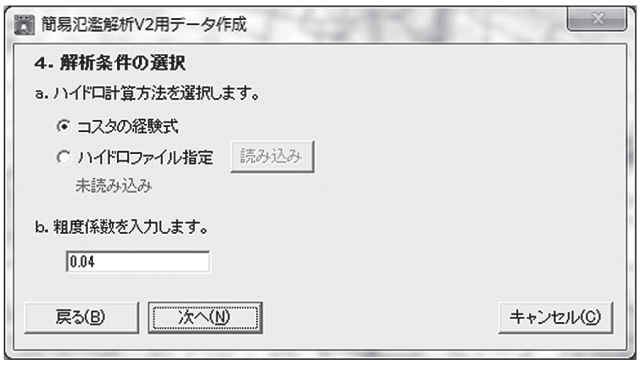
開発したシステムプロトタイプの改善効果を明らかにするため、ため池のタイプとして、(a)皿池、(b)谷池（下流部が狭小な平野ある場合を含む）、(c)下流部に中規模以上の平野がある谷池、の典型的な事例を選定し、それぞれのタイプにおける改善効果を検討した。

(1) 詳細地形の考慮

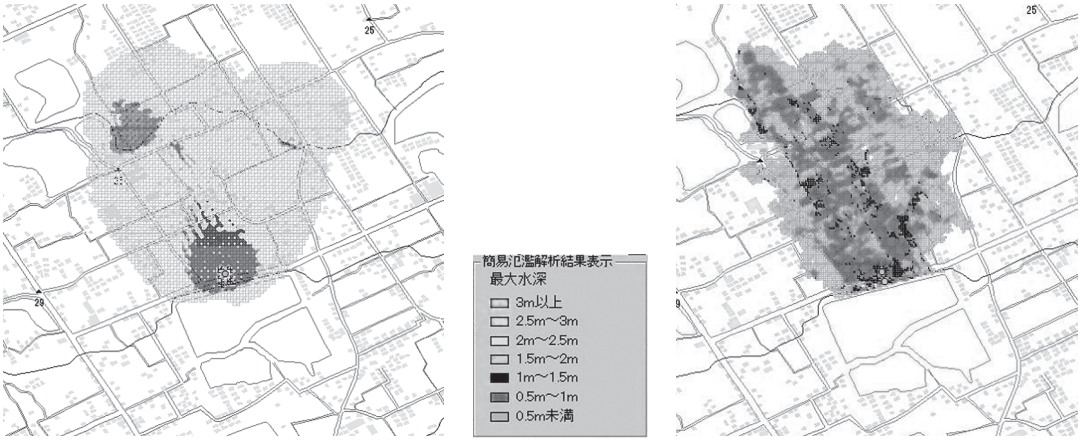
10mメッシュに替えて5mメッシュ地形データを用いた場合の改善効果を図―5～7に示す。

これらの中ではタイプ(c)（下流部に中規模以上の平野部を有する谷池）での改善が顕著であり、図―7で地形の変換点である山間部から平野部への出口以降、5mメッシュによる解析結果が実情を反映した結果を与えていると考えられた。タイプ(a)（皿池）においても10mメッシュ

図―3　破堤点の指定

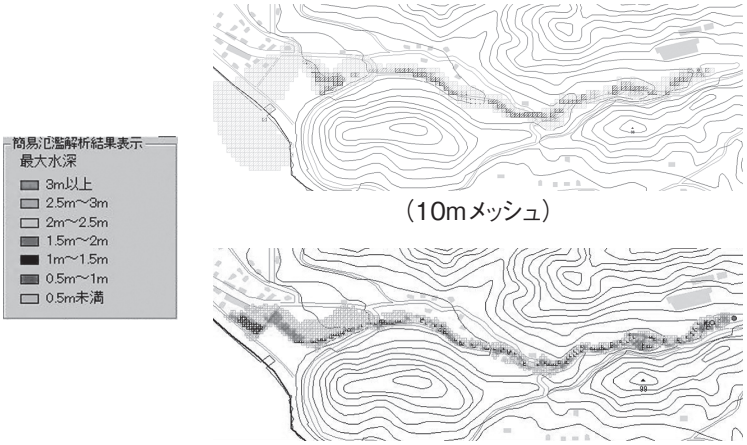


図―4　任意の粗度係数入力
（上段でハイドログラフを指定）



（10mメッシュ）　　（5mメッシュ）

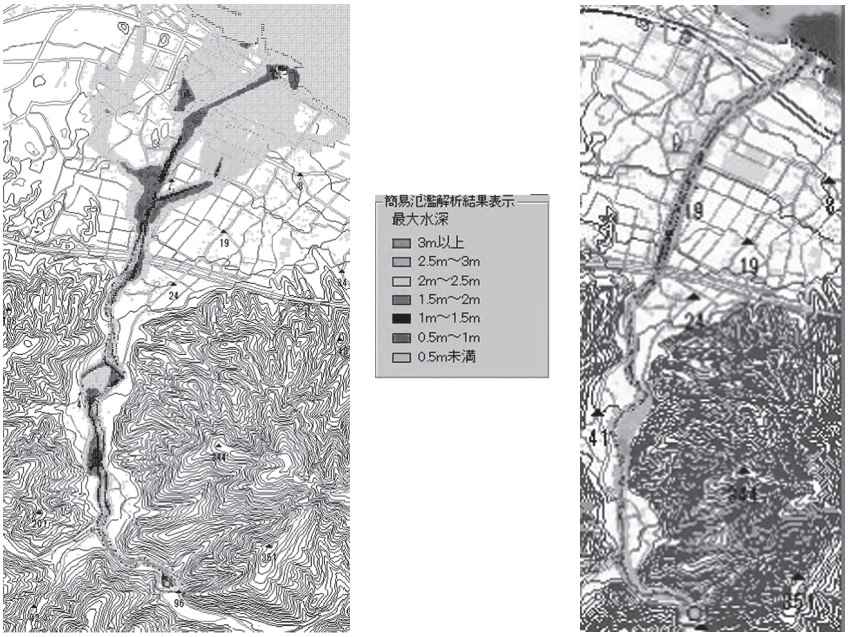
図―５　詳細地形の考慮による改善効果（皿池）



（10mメッシュ）

（5mメッシュ）

図―６　詳細地形の考慮による改善効果（谷池）



（10mメッシュ）　　（5mメッシュ）

図―７　詳細地形の考慮による改善効果
（下流部に中規模以上の平野がある谷池）

の結果は流下域で拡散する傾向があり、詳細地形に追従した解が得られる5mメッシュにより良好な結果を与えていると判断された（図―5）。タイプ(b)（谷池）で、下流部の平野が狭小な場合は10m標高データを用いても良好な結果が得られている（図―6）。

(2) 決壊条件の改善

決壊条件の改善効果として、決壊地点を指定することによる改善効果を図―8～10に示す。

タイプ(a)（皿池）の一部で改良が顕著だった（図―8）。図示したため池では主たる流下方向（堤体北側）の西側側方を決壊地点とした場合と東側を決壊地点とした場合に流下方向が異なる場合にこれらが簡易氾濫解析の結果上にも反映されている。解析対象とした平野部では河川流路の他に多様な流水経路があり、例えば出水と呼ばれる湧水の流出点は線状に連なって、河川流路とは異なる微地形（低平地）を構成している。複数の流下経路の分岐点にあたっている皿池では特に現地の状況に留意し、決壊地点の選定を適切に行う必要がある。

タイプ(b)（谷池）（図―9）、タイプ(c)（谷池＋下流部に中規模以上の平野）（図―10）では決壊地点を考慮しても浸水範囲に大きな差異はなかった。

5．簡易氾濫解析結果を用いたハザードマップの作成と住民の防災意識の喚起

河川堤防の防災・減災対策を目的として開発され、用いられてきた氾濫解析では各種条件設定を詳細に行い、専門の技術者による現地調査及び詳細解析が行われてきた。

これに対し、全国約20万カ所に及ぶ農業用ため池のすべてで高精度の詳細解析を行なって氾濫域を予測することは困難であることから、簡易氾濫解析手法を用いた低コストのハザードマップ作成の必要性が高い。

これまでに各都道府県で整備されてきたため池を含むデータベース（水土里）情報を用いて土地改良技術者が、簡易氾濫解析の結果を活用する際に留意すべき事項は、ハザードマップは地域住民の防災意識を喚起するためのツールであり、簡易氾濫解析の結果を鵜呑みにすることなく、住民とのコミュニケーションを十分に行って、住民に受け入れられる防災計画を検討することである。

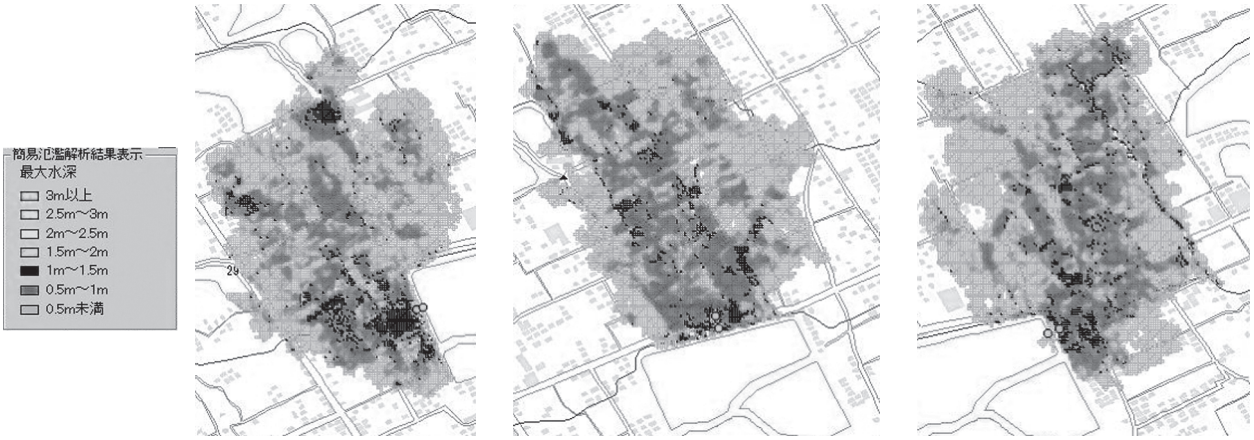
レーザースキャナ等の航空測量による高精度データから構成される5mメッシュデータは、写真測量結果を補間して作成された10mメッシュデータに比べて、大幅な精度向上が得られる可能性があり、各種要因を改善することによって、簡易氾濫解析の精度が大幅に向上する可能性は高い。

ただし、これらの改善要因を考慮しても、依然として残る簡易氾濫解析結果が実状とは異なる要因（たとえば見落としていた地形の欠損部、伏在する流水経路等）を住民とのコミュニケーション等により実情に即して把握し、防災計画を改善し、住民の防災意識の高揚に繋げることが重要である。

簡易氾濫解析を適切に実施し実効あるものとするためには、住民とのコミュニケーション等を通じて、地域の実情を的確に把握し、必要に応じた簡易氾濫解析結果の補正を行った上でハザードマップの改良と活用を行う心構えと技量を地域の農業土木技術者が有することが必要と考える。

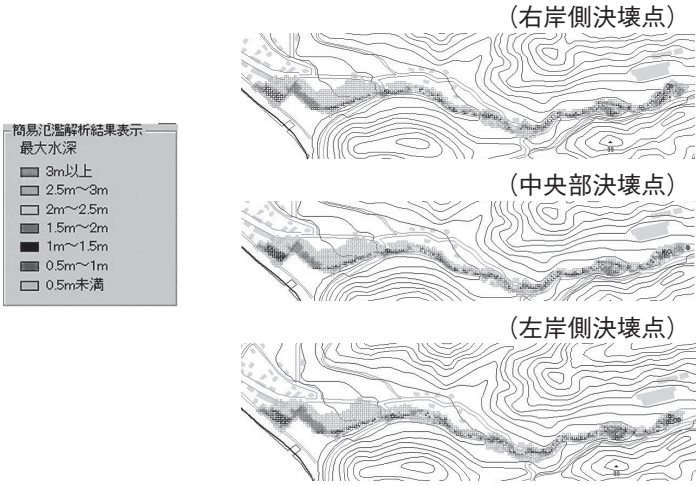
以上のことから、今回の実用技術開発事業の一環として、簡易氾濫解析結果が得られた後に、如何にして実効あるハザードマップづくり・活用を行っていくかについても情報交換することも目的の一つとして、2月26日に農村工学研究所において「ため池ハザードマップに関する研究会」を開催し、簡易氾濫解析手法の改善にかかわる取組みの状況について広報するとともに、簡易氾濫解析手法を用いてハザードマップ作成を先進的に行っている県から取り組み事例についての報告を受け、情報交流を行った。（表―1）

簡易氾濫解析結果は、各都道府県で整備されているGISシステムでインポートし、既に整備されたデータベース（水土里情報システム）

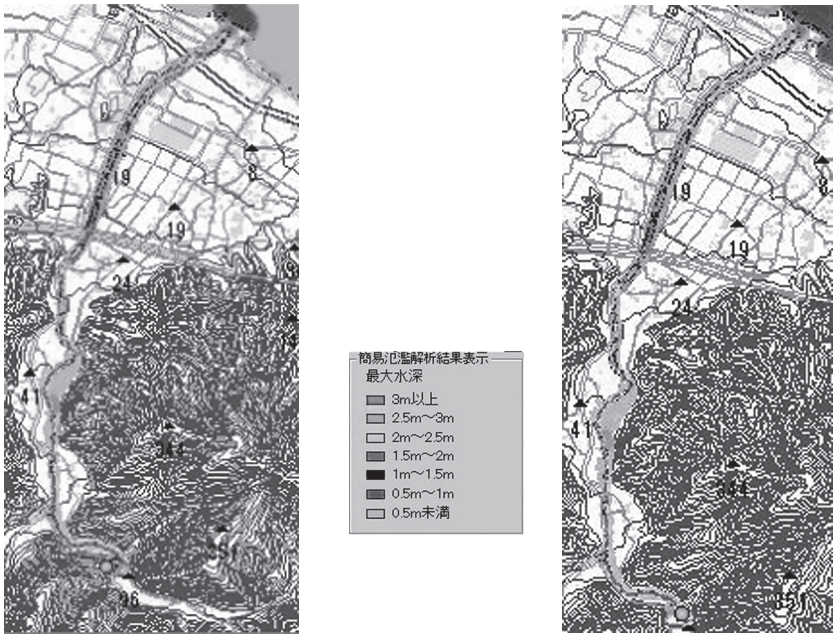


（西側決壊点）　（中央部決壊点）　（東側決壊点）

図―8　決壊地点の考慮による改善効果（皿池）



図―9　決壊地点の考慮による改善効果（谷池）



（左岸側決壊点）　（中央部決壊点）

図―10　決壊地点の考慮による改善効果
（下流部に中規模以上の平野がある谷池）

と重ね合わせて簡易ハザードマップ作成することが可能である。

島根県の事例（水土里ネット島根）では簡易氾濫解析結果（シェイプファイル）を島根県土連で使用しているＧＩＳシステム（ＰＣＭＡＰＩＮＧ）でインポートした後に、２５００地形図及びオルソ画像と重ね合わせて、氾濫域の土地利用状況の把握や氾濫域の再検討が可能になることが示されている。氾濫域に影響があると考えられる大型の水路や河川、高盛り土の道路や鉄道の位置を把握した後に現地調査の結果や地元住民の意見を反映してデータ修正を行う手順も示されている。

大型水路や河川等が影響し氾濫域を縮小する場合は、ＧＩＳの画面上で氾濫域のメッシュを削除し、水田などの平地部分の氾濫域を拡大させたい場合は、氾濫メッシュを新たに作成する手順が具体的に示されている。

この修正を行った後に、避難場所となる施設をＧＩＳ上でオルソ画像で確認してポイントとして登録し、避難経路となる道をオルソ画像で確認して経路となる線を作画してハザードマップを作成した事例等が示されている。

表―１　「ため池ハザードマップに関する研究会」の概要

「ため池ハザードマップに関する研究会」議事次第　平成25年2月26日　主催：（独）農研機構農村工学研究所

1. 開会挨拶　農村工学研究所　高橋 順二 所長	13:00-13:05
2. ため池の災害と地域減災の方向について　ー広域多所災害に対する取り組みー 農村工学研究所施設工学研究領域　毛利 栄征 領域長	13:05-13:20
3. ため池簡易氾濫解析の改善に向けた要望 農村振興局整備部防災課　北田 裕道 課長補佐	13:20-13:30
4. ため池ハザードマップ作成のための簡易氾濫解析の今後の方向 農村工学研究所施設工学研究領域広域防災担当　川本 治 上席研究員	13:30-13:40
5. 簡易ため池氾濫解析システムの改良について （株）ジー・アンド・エス　福原 正斗 顧問	13:40-14:00
6. ため池ハザードマップ作成に関する各地の取り組み　（各県15分） 兵庫県農政環境部農林水産局農村環境室　谷口 和行 主査 岡山県土地改良事業団体連合会総務部水土里情報課　原 聡 主任 島根県土地改良事業団体連合会水土里情報センター　経種 一郎 サブリーダー 山口県農林水産部農村整備課　脇屋 和久 主査 山口県土地改良事業団体連合会事業部　柴崎 一良 課長補佐 香川県土地改良事業団体連合会事務局　高尾 武司 次長 （休 憩）	14:00-15:15 15:15-15:25
7. 農村自主防災計画策定のためのWS展開プログラム-住民手作り防災マップ策定手法- 農村工学研究所農村基盤研究領域資源情報担当　重岡 徹 主任研究員	15:25-15:45
8. ため池氾濫解析システムの実演 （株）ジー・アンド・エス	15:45-16:40
9. 総合討論（司会：鈴木 尚登 防災研究調整役）	16:40-17:15
10. 閉会（全体司会：吉迫　宏 主任研究員）	17:15

農村工学研究所の簡易氾濫解析システムでは、今回の機能改善に先立って平面直交座標系標高の取り込み機能が追加されており、この機能を活用することにより、実際には盛土により滞留するはずの氾濫流水が計算上は越流する場合などに、メッシュ標高値を補正することにより簡易氾濫解析結果を補正した事例（水土里ネット岡山）も示されている。

簡易氾濫解析結果をＧＩＳシステム上で直接編集（たとえば堤防を不自然に越流する浸水域の大幅な消去等）を行った場合には簡易氾濫解析結果が誤差を含む可能性もあるため、ここで報告があった手法が有効と考える。

岡山県では水土里情報はSIS 6.2 Active X Modeller またはSIS 6.2 Map Modellerを用いてＧＩＳデータの編集が行なわれており、このシステム上で国土地理院の基盤地図情報からダウンロードされた標高メッシュデータと併せて盛土や堤防に相当する高標高の連続壁のデータを作成しておき、この両者の平面位置における標高値を重ね合わせてメッシュ標高データを補正し、簡易氾濫解析による浸水域が適正な範囲に補正できた事例が示されている。

簡易氾濫解析結果がＧＩＳシステム上で、水土里情報活用推進事業で整備された各種のデータと重ね合わせられることを利用して、ため池氾濫時の浸水農地等の表示・集計例も示されている。

山口県からはため池耐震性予備診断についての報告を受けた後に、山口県土地改良事業団体連合会から農工研簡易解析プログラムの活用についての報告を受けた。この事例では、県内２９４６箇所のため池を注目度別に仕分けすることを目的として、行われたため池耐震一次診断の被災影響度を判定するために、従来の簡易氾濫解析プログラムの結果を用い、農業土木技術者が地形や既存構造物の情報を現地調査して修正することで解析評価を行った事例が報告された。

現地調査で確認すべき事項としては地形条件と既設構造物に大別される各要因で調査内容や補正方法が具体的に示されている。例えば、地形条件の一つとして水田の現地標高を確認した上で、氾濫区域の水田に隣接して同等標高の水田が認められた場合にその一筆全体を氾濫区域に補正した事例が示されている。

また、既設構造物の一つとしては、氾濫流水を堰き止めると判断される道路・鉄道を縦断する水路の有無とその断面（幅・深さ）を調査し、浸水深と比べて水路が深い場合は、洪水はその地点で流れると判断して堰き止めがない状態での浸水域のままとし、浸水深と比べて水路が浅い場合は、水路底から水深高さ分まで浸水区域を広げる事例が示されている。

香川県土地改良事業団体連合会からは、簡易氾濫解析が用いられている事例と併せて水土里ネット香川ため池氾濫解析支援システムによるため池氾濫解析の現状について報告があった。さらに、兵庫県からは県下のため池に関する防災・減災の取り組みについての報告があった。各県においてそれぞれの方式で構築されてきた水土里情報システムを用いて特徴あるハザードマップ作成が行われており、これらの情報が交換されるとともに、本研究会からは全国から67名の参加者があり、ハザードマップ作成技術の向上を図る上で有用な研究会になったと考える。

これらの研究会で各県から報告を受けた農工研の簡易氾濫解析手法を用いたハザードマップ作成事例も含めて、今回の実用技術開発事業（緊急対応研究課題）の一環として、改善された簡易氾濫解析手法を用いたハザードマップ作成マニュアルを作成・配布を行う予定であり、現在、最終案の作成に向けて取り組んでいる。

6．おわりに

急務となっているため池減災・防災のソフト対策を推進するために実施している、平成24年農林水産省農林水産技術会議「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」（緊急対応研究課題）「ハザードマップ作成のためのため池決壊時の被害範囲推定技術開発」の現況について示した。

現在、最終的なとりまとめを行なっているところであり、最終結果を盛り込んだ内容について後日、稿を改めていずれかの形で明らかにする予定である。本稿を作成するにあたっては、農林水産省防災課、多数の県、県土連からご協力を賜った。関係者各位に深く感謝の意を表する。

（参考文献・資料）
・農村工学研究所、㈱ジー・アンド・エス：平成24年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「ため池決壊時の簡易氾濫解析による被害範囲推定技術の開発」（２４０３５）研究全体実施計画書（２０１２）
・谷茂、井上敬資：氾濫解析を用いたため池決壊に伴う下流域の被害算定法、農工研技報２１０、１３７～１４４（２００９）
・農林水産省農村振興局防災課：ハザードマップ作成の基本的な考え方（２０１２）
・農村工学研究所：「ため池ハザードマップに関する研究会」配布資料（２０１３）