

大規模土砂災害に対する危機管理手法の高度化 に向けた研究

石塚 忠範¹・越智 英人²

¹土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²水管理・国土保全局砂防部砂防計画課地震・火山砂防室 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

改正土砂災害防止法が平成23年5月1日に施行され、国土交通省は土石流や河道閉塞による湛水等の自然現象による土砂災害に関して土砂災害緊急情報を通知及び周知することとなった。土砂災害緊急調査の手引き等が通知され、その運用が始まり、併せて訓練も実施されてきている。その訓練の中で、手引きに示された手順に沿って解析を行う際に留意すべき事項等が明らかになってきた。そこで、土砂災害緊急調査を効率的に実施するために、手引きを運用する際の留意点をとりまとめる必要がでてきた。本指定課題では、効率的な土砂災害緊急調査の実施による危機管理技術の向上を図ることを目標として、平成23年度から2年間にわたり、訓練を通じて実施上の留意点を抽出し、その改善方法を取りまとめる。

キーワード 改正土砂災害防止法, 土砂災害緊急調査, 手引き

1. はじめに

「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律の一部を改正する法律」(2010年11月25日。以下、「改正土砂災害防止法」)が平成23年5月1日より施行された。これに伴い同法律施行令の一部を改正する政令(2011年1月28日。以下、「改正施行令」)と土砂災害防止対策基本指針(2011年4月28日)も施行された。

改正土砂災害防止法の詳細は官報等に掲載されているがその主な改正点を要約すると、緊急調査を行うことと、その結果に基づく土砂災害緊急情報を立退きの勧告又は指示の判断に資するため都道府県知事及び市町村長に通知するとともに一般に周知することとなる。

緊急調査は土石流、地滑り又は河道閉塞による湛水を発生原因とする重大な土砂災害の急迫した危険が予想されるときに行う。その結果に基づき、重大な土砂災害が想定される土地の区域及び時期(以下、それぞれ「重大な土砂災害の想定区域」、「重大な土砂災害の想定時期」と略称する場合がある)を取りまとめて、土砂災害緊急情報は作成される。特に、改正土砂災害防止法第二十七条に基づき、高度な専門的知識及び技術を要する場合には国土交通大臣が緊急調査を行う。この緊急調査に関する手引き等が改正土砂災害防止法の施行をうけ、国土交通省北海道開発局、内閣府沖縄総合事務所および国土交通省各地方整備局(以下「各地方整備局等」)に通知された。あわせて、手引きに基づく運用の訓練も実施されてきている。その訓練の中で、手引きに示された手

順に沿って解析を行う際に留意すべき事項等が明らかになってきた。そこで、緊急調査を効率的に実施するために、手引きを運用する際の留意点をとりまとめる必要がでてきた。

そこで本指定課題では、各地方整備局等で実施している訓練等を通じて、手引きを運用する際の留意点をとりまとめるとともに、手引きに沿った解析をより効率的に実施できる手順を検討し、迅速かつ適切な緊急情報の発表につなげることを目的とする。なお、本指定課題では、噴火による降灰等の堆積後の降水および河道閉塞を発生原因とする土石流等を対象とする。

土木研究所及び国土交通省国土技術政策総合研究所(以下「国総研」)が各地方整備局等の実施する緊急調査訓練に参加し、手引きの手順に沿った解析を行う上での留意点を収集する。2011年の1月の霧島山(新燃岳)噴火に伴い、施行前ではあったが、改正土砂災害防止法に準じて緊急調査を実施し緊急情報を発表したほか、9月には台風12号による深層崩壊によって形成した5箇所(以下「5箇所」)の河道閉塞において緊急調査を実施するなど、当初計画していた訓練に加え、実際の対応を踏まえた留意点の収集が可能となった。そこで、土木研究所は、その留意点を整理し、手引きの手順をより効率的に実施できるよう改善すべき箇所の有無を分析する。改善すべき箇所があれば、より効率的な手順を検討する。

本指定課題は2011年度から2012年度までの2年間で予定しており、2011年度に緊急調査訓練の実施(各地方整備局等、土木研究所、国総研)、訓練や実際の対応を通じた運用上の留意点の収集・整理(土木研究所)、2012年

度に留意点のとりまとめ（土木研究所）、手順の効率化に関する検討・とりまとめ（土木研究所）を行う計画である。本稿においては、2011年度の実績に基づいた手引き運用時における留意点を整理するとともに、適切な土砂災害緊急情報発表のために改善した事項について、簡潔に取りまとめる。

2. 緊急調査に関わる実績

(1) 概要

2011年度から、国土交通大学校における「大規模土砂災害緊急調査研修」（以下、「緊急調査研修」と）、各地方整備局等における緊急調査実施訓練（以下、「地方整備局緊急調査訓練」）が実施されている。国総研や土木研究所は講師を派遣し、参加者に対して手引きの解説や実習の補助を行った。その過程で、参加者の疑問点や実施困難な点に関する留意事項について収集した。

一方、2つの災害事例で緊急調査を実施した。ひとつは、2011年1月に噴火した新燃岳の噴火である。もうひとつは、同年9月に台風12号により紀伊半島で発生した5箇所の河道閉塞である。

(2) 国土交通大学校における緊急調査研修の実施¹⁾

国土交通大学校において2011年5月（前期）と2012年2月（後期）の2回にわたり「平成23年度 専門課程 大規模土砂災害緊急調査研修」が行われた。改正土砂災害防止法に基づく緊急調査に関する初の全国研修である。

カリキュラムは、改正土砂災害防止法に関する基礎科目から緊急調査実施まで習得できるよう構成された。前期においては、基礎科目として、土砂災害防止法の改正を通じた現在の大規模土砂災害の課題、緊急情報伝達方法、警戒避難体制確保などの講義が行われた。一方、専門科目として、新潟県中越地震の対応および緊急調査の手引きの解説、安全管理、マスコミ対応に関する講義が行われた。これらの講義のほかに研修生は、手引きに沿って、ヘリコプタ内から手持ち型レーザ測距儀を用いて河道閉塞形状を計測する方法や、2万5千分の1以上の縮尺の地形図を用いて湛水域等の諸元を計測する方法、それらのデータを整理する専用プログラムの活用方法、河道閉塞の越流侵食や土石流の氾濫解析を行い重大な土砂災害の想定区域を推定する数値計算プログラムQUICK Analysis system of Debris flow induced by Landslide dam Ver.1.0 (QUAD-L_ver.1.0)（以下、噴火後の降灰等の堆積後の降水を原因とする重大な土砂災害の想定区域を推定する数値計算プログラムQUICK Analysis system of Debris flow induced by Volcanic ash fall Ver.1.0 (QUAD-V_ver.1.0)と併せて、「QUAD_ver.1.0」と総称する；4. 参照）の使用手順、土砂災害緊急情報発表資料の作成、といった緊急調査における一連の流れを実習した（写真-1）。これらの過程を通じて、それまで培ってきた砂防事業に関わる知見を応用しつつ、改正土砂災害防止法で新たに加わった

表-1 河道閉塞を対象にした地方整備局緊急調査訓練のカリキュラム例

	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	
1日目					オリゴシミュレーション	天然ダムに関するオリゴシミュレーションの目的	改正土砂災害防止法に準拠したシミュレーションプログラムの活用	国土交通省の緊急情報発表資料の作成	レーザ測距儀の使い方の実習	演習
2日目		ヘリコプタ内から手持ち型レーザ測距儀を用いて河道閉塞形状を計測する方法	地形図を用いて湛水域等の諸元を計測する方法	河道閉塞の越流侵食や土石流の氾濫解析	休憩	数値シミュレーションプログラムの活用	QUAD_ver.1.0による重大な土砂災害の想定区域及び時期の推定	土砂災害緊急情報発表資料の作成	河道閉塞の越流侵食や土石流の氾濫解析	演習



写真-1 国土交通大学校における緊急調査訓練における重大な土砂災害の想定区域の推定実習の様子

「重大な土砂災害」に必要な高度な専門技術を習得した。

緊急調査に関わる研修は階層的に構成されている。国土交通大学校で実施される緊急調査研修は、緊急調査実施時の中心メンバーとして活動する上級技術者や各地方整備局等の緊急調査訓練の講師として活躍する国土交通省職員を対象に実施されている。

(3) 地方整備局における緊急調査訓練

地方整備局緊急調査訓練は、緊急調査研修を受講した上級技術者をサポートする技術者の養成を目的として、各地方整備局等で実施されている。緊急調査研修と比較して、より実際的に緊急調査技術の習得に軸足を据えたカリキュラムが組まれる。2011年度はほぼすべての各地方整備局等で1回以上の地方整備局緊急調査訓練が実施された。

カリキュラムは多くの場合1日半で構成される。初日半日で緊急調査の一連の流れの把握と室内において現地計測機器の操作方法について学ぶ。2日目は、河道閉塞の諸元の情報収集手法の実習、QUAD_ver.1.0による重大な土砂災害の想定区域及び時期の推定、土砂災害緊急調査様式の作成、という緊急調査で実際に行う一連の作業を体験し、実戦的な知識と技術力の定着を図る。典型的なカリキュラムを表-1に示す²⁾。

(4) 実際の緊急調査対応

①霧島山（新燃岳）噴火への緊急調査³⁾

2011年1月26日から霧島山（新燃岳）の噴火活動が活発化し、広範囲で降灰が確認されたことから、翌27日から国土交通省九州地方整備局による現地調査を行い、新燃岳から南東方向に約20km、幅約3kmの帯状の範囲で、降灰厚が1cmを超えていることが明らかになった。現地調査で明らかになった降灰範囲と土石流危険渓流の分布を照合したところ、35渓流が改正施行令第8条に定める緊急調査の要件「降灰厚が1cmを超える範囲が10°以上の勾配の流域面積の5割以上を占めていると推定される」に該当していることが確認された。国土交通省は、改正土砂災害防止法の施行前ではあったが、各渓流に対して、改正土砂災害防止法第29条の土砂災害緊急情報で通知すべき、「噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする重大な土砂災害が想定される土地の区域及び時期」の調査（緊急調査）に着手した（図-1）。重大な土砂災害の想定区域は、噴火による降灰等の堆積によって流域内の降灰範囲で浸透能が極端に低下し、表面流が増加することによって土石流が発生し、扇状地で氾濫することを想定した数値シミュレーションにより明らかにした。また、重大な土砂災害の想定時期は、降雨の状況に大きく影響を受けることから、時間当たり雨量を明らかにすることとし、九州地方整備局や宮崎県が対象とする35渓流周辺で観測している雨量の実績値や、宮崎地方気象台等が発表する災害時支援情報等の気象情報を組み合わせて、各市町で避難勧告等の発令時期を決定した。なお、霧島山では降灰後の土石流と雨量の関係が明らかになっていなかったことから、1990-1995年雲仙普賢岳噴火や2000年三宅島噴火の後の降雨と土石流の発生状況を調査した。三宅島の土石流の発生状況から、当初は時間当たり雨量4mmを目安とすることとした。

重大な土砂災害の想定区域及び想定時期の情報は、調査開始から約9日後の2月4日には、35渓流に関係する宮崎県、都城市、高原市に説明を行うことができた。

その後、幾度かの降雨を経験しており、九州地方整備局及び宮崎県によって、雨量基準を上回る雨が観測される度に現地調査を実施しているが、山麓部での土石流による被害は、2012年9月1日時点までに確認されていない。このような調査結果を受け、適宜、想定時期に関する時間当たり雨量を見直しており、2012年9月1日時点では、4回にわたる見直しを経て、重大な土砂災害の想定時期の発表は、土砂災害警戒情報が発表された時、とされている。

②台風12号による河道閉塞への緊急調査⁴⁾

2011年9月に紀伊半島に豪雨をもたらした台風12号によって多数の土砂災害が発生した。近畿地方整備局は台風が通過した2011年9月5日にヘリコプタ調査を実施したところ、4箇所で大規模な河道閉塞を発見し、改正施行令第8条に定める緊急調査の要件「越流が開始されることが予想される地点において堆積した土石等の高さがおおむね20メートル以上であること」に該当していること

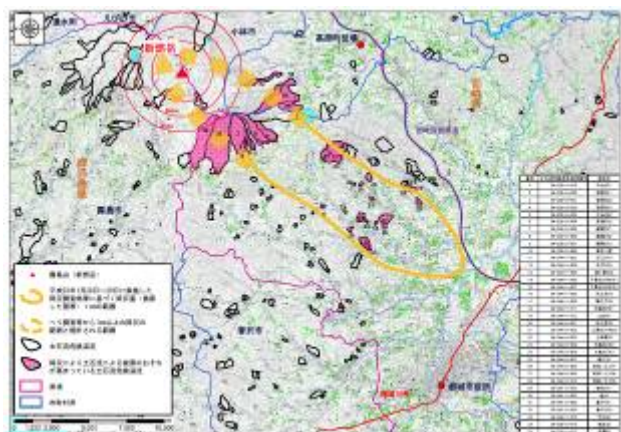
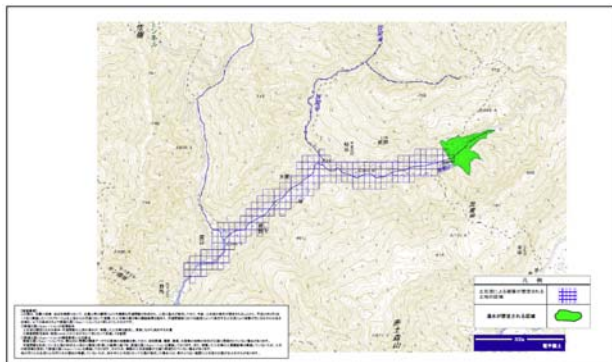
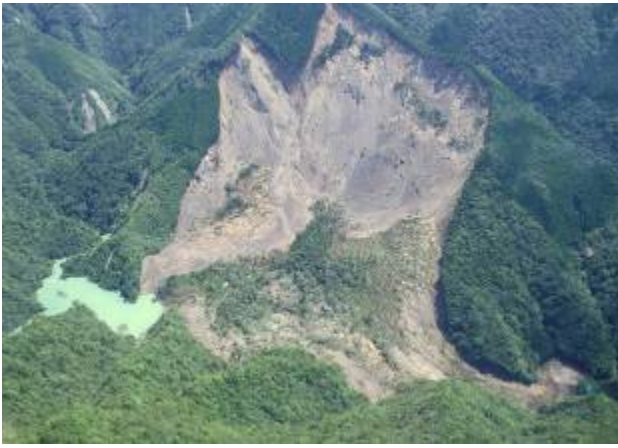


図-1 2011年1月27日の噴火後の降灰調査結果（上）、降灰域と緊急調査の対象となった溪流分布（中）、重大な土砂災害の想定区域（下）（2011年2月9日九州地方整備局河川計画課記者発表資料より抜粋）

が確認された。そのため、国土交通省は、9月6日に改正土砂災害防止法第29条の土砂災害緊急情報で通知すべき「河道閉塞による湛水を発生原因とする重大な土砂災害が想定される土地の区域及び時期」の調査（緊急調査）に着手した（図-2）。その後の調査により、新たに1箇所緊急調査の要件を満たすことが確認され、17箇所発生した河道閉塞のうち5箇所が緊急調査の対象になった。重大な土砂災害の想定区域は、湛水量が少しずつ増加して越流した水流が、河道閉塞の土石等を侵食しながら



図一 2011年台風12号により熊野地区で発生した河道閉塞（上：2011年9月6日土木研究所撮影）、ヘリコプタ内において手持ち型レーザ測距儀を用いた河道閉塞形状計測（中：2011年9月6日土木研究所撮影）、土砂災害緊急情報（下：2011年9月8日国土交通省記者発表資料より）

ら流下して下流域で氾濫することを想定した数値シミュレーションにより明らかにした。一方、重大な土砂災害の想定時期は、地震に起因した河道閉塞の場合は地震直後から湛水位計測時まで定常的な流量が流入すると仮定して越流開始までの残り時間を算出するが、豪雨に起因した河道閉塞であったため、湛水域の残容量に対して上流の流域面積の降水がすべて流入とした場合に満水させ得る時間当たり雨量を算出することにより明らかに

した。

緊急調査に基づく土砂災害緊急情報は、発災直後の情報が乏しい状況では、一定程度の精度を持つ情報を早急に発表し、その後の調査の進展に応じて段階的に情報を更新して精度を向上させる特徴がある。最初の土砂災害緊急情報は、緊急調査を開始して約2日後の9月8日に発表された。これは、ヘリコプタから手持ち型レーザ測距儀を用いて計測された河道閉塞の形状等に基づいた情報である。その後、国土地理院から航空写真図化による詳細な河道閉塞の形状に関する情報の提供をうけ、9月12日に土砂災害緊急情報を更新した。さらに11月2日には航空レーザ測量により河道閉塞と下流域の河床変動状況を計測した情報を用いて土砂災害緊急情報を再更新した。

3. 緊急調査に関わる課題・留意点

2011年度は、緊急調査研修および地方整備局緊急調査訓練および、新燃岳・紀伊半島において緊急調査が実施されたため、手引き実施の留意点が明らかになった。

台風12号直後から緊急調査等の対応を行っていた近畿地方整備局の河川調査官や河川計画課長は、経験に基づく現場力⁵⁾ および、対策を講じる場合に基本となるデータの取得に関する技術力の向上や技術開発の重要性⁶⁾ について指摘している。明らかになったいくつかの課題を挙げる。

(1) 土砂災害緊急情報発表までの時間短縮

重大な土砂災害の想定区域の作成には、情報の収集（現地調査、図面の判読）や数値計算を実施する必要がある。そのため、作業手順に習熟しなくては、時間的制約の中で土砂災害緊急情報を発表することができない。事前にそのような状況で用いることを想定して、手順を整理して手引きを作成し、関連する専用ツール群は開発されたものの、より情報収集手順の簡素化・迅速化および数値計算時間の短縮化などが求められた。

(2) 情報の精度確保・向上

重大な土砂災害の想定区域は、約50mメッシュで発表されるものの、家1軒が被害を受けるか否かの精度を求められたことから、数値計算プログラムの精度はもちろん、計算に必要な河道閉塞の越流開始地点の正確な計測など、土砂災害緊急情報の精度向上に向けた対応が必要であった。

(3) 緊急調査に係る技術力の維持・向上

地方整備局緊急調査訓練における受講生の意見やアンケート結果により、受講後の緊急調査に関する知識や技術力の定着、計測などの結果の解釈の仕方、作業時間の短縮、研修のための説明資料の質の向上など、緊急調査に係る総合的な技術力の維持・向上が課題として挙げられた。

(4) 土砂災害緊急情報の通知時における説明強化

緊急情報の内容を、都道府県や市町村等の担当者、報

道関係者等に説明する際に、より分かりやすく簡潔な説明が求められた。緊急情報が出される状況下においては大規模な土砂災害の危険性が急迫しつつあることから、時間的制約が強い。このため、説明は簡潔でなければならない。一方、河道閉塞に伴う重大な土砂災害や、噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする重大な土石流災害等は、その他の通常の土砂災害と比べて人々の認知度が低い災害である。また、その調査（緊急調査）には、高度な専門的技術が用いられることもあり、その内容の理解には相応の知識を要する。これらのことから、簡潔であるとともにより分かりやすい説明が必要とされる。

実際に避難勧告等を判断する自治体が土砂災害緊急情報の持つ意味を十分に認識して、必要な対応につなげることがこの取り組みの目的であることから、より分かりやすく簡潔に説明することが課題として挙げられる。

(5) 豪雨に起因する河道閉塞対応技術の検討

台風12号の緊急調査を通して豪雨に起因する河道閉塞の対応技術の整理をする必要が生じた。大規模な河道閉塞は発生頻度が低いため、詳細なデータを取得できるようになったのは近年の事である。これまで河道閉塞の検討に使用されてきたデータは、主として新潟県中越地震や岩手・宮城内陸地震など地震に起因して発生したものであった。そのため、2011年台風12号の対応において、河道閉塞の発生時刻の推定や水位予測手法など事前に定型的手法が決まっていなかった。当時は、現場で入手可能な情報に基づいて柔軟に対処した。

(6) 現地調査における安全確保

緊急調査については、迅速な対応と高度な技術が求められるため基本的に国土交通省の職員自ら現地調査を行うことになるが、大規模な崩壊地や噴火中の火山に接近して現地調査を行う必要があることから、安全対策を十分に講じる必要がある。たとえば、現地での行動は、複数人からなるパーティで行うことを原則とし、また直轄事業区域に関わらず対応することから、現地に詳しい地域のコンサルタント等に現地における留意点を確認する等現地状況を踏まえつつ行う必要がある。

4. 緊急調査に関わる対応・改善

(1) 数値計算プログラムの改良と配布

改正土砂災害防止法の施行に合わせ、緊急調査初動期において河道閉塞および噴火後の降灰等の堆積後の降水を原因とする重大な土砂災害の想定区域を推定する数値計算プログラムQUAD_ver.1.0をそれぞれ作成し、2011年4月22日に各地方整備局等に配布した（図-3上）。例えば、QUAD-L_ver.1.0は、ユーザーインターフェースなどの制御部分と河道閉塞の越流侵食計算や土石流氾濫計算の数値計算部分から構成される。前者を土木研究所が開発し、後者は砂防業務において実績が豊富な一般財団法人

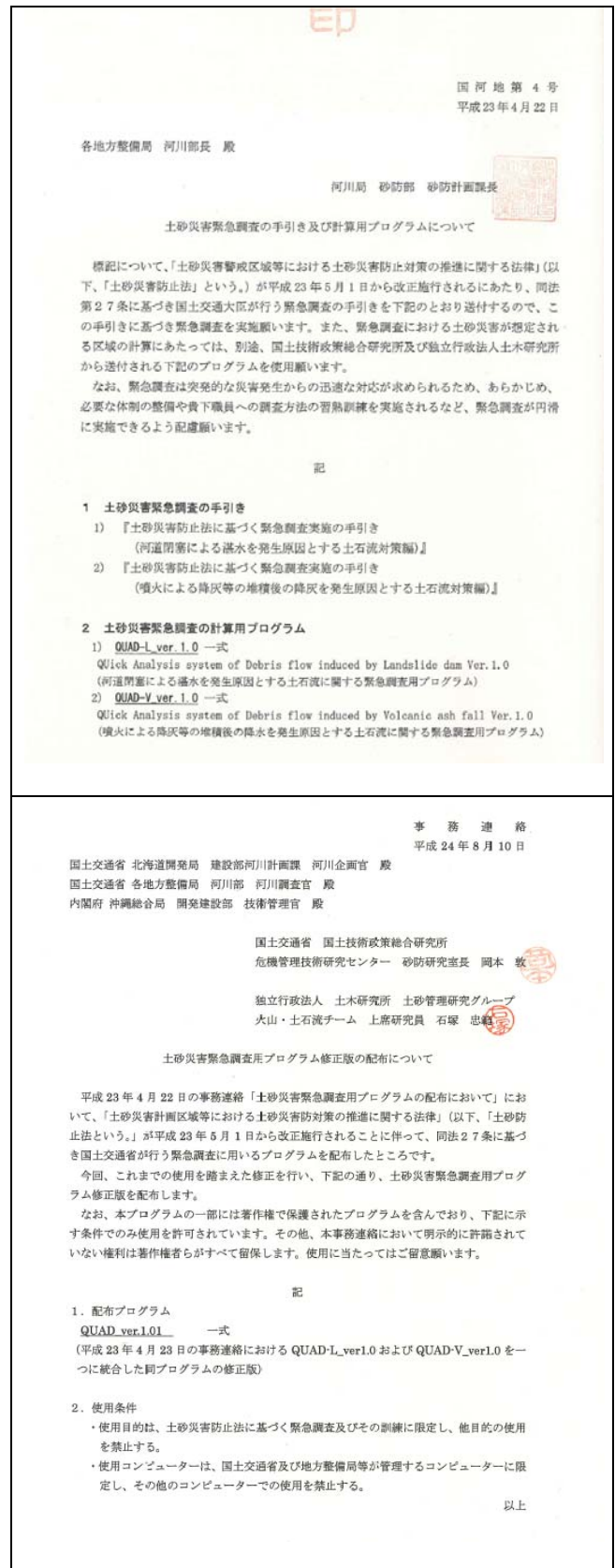


図-3 2011年4月22日に緊急調査の手引きおよびQUAD_ver.1.0の配布時に国土交通省本省より各地方整備局等へ発出された事務連絡（上）、2012年8月10日に国総研および土木研究所から各地方整備局等へ発出されたQUAD_ver.1.01の配布時に送付された事務連絡（下）

砂防フロンティア整備推進機構および一般財団法人砂防地すべり技術センターのプログラムをそれぞれ許可を得て使用している。

台風12号の緊急調査を経て明らかになった課題のうち、「(1) 土砂災害緊急情報発表までの時間短縮」を改善するため、プログラムの改良に着手した。いくつかのデータ処理過程の計算速度を向上させたほか、パラメータ入力を簡素化したQUAD_ver.1.01を2012年8月10日に各地方整備局等に配布した(図-3下)。

このほか、「(2) 情報の精度確保・向上」についても、現在のQUAD_ver.1.01では、計算速度の短縮を優先して、約50mメッシュで計算を実施しているが、より細かいメッシュでの計算を行うためのプログラム改良を検討している。

(2) QUAD_ver. 1.01と連動した調査結果の整理

河道閉塞形状や湛水域の形状等の諸元は、データ整理用の専用プログラムで整理する。QUAD_ver.1.0では、これらの整理された諸元を見ながら入力画面上で個別に手入力する仕組みであった。この作業をユーザが行うことによって、数値計算を実施前に入力値を確認できる利点があるものの、入力に時間を要するとともに転記に伴うケアレスミスが生じる可能性があった。そこで、QUAD_ver.1.01の配布に合わせて、データ整理用プログラムにQUAD_ver.1.01の入力形式ファイルが生成される機能を追加した。これにより、QUAD_ver.1.01の画面上で個々の諸元を入力する手間が省略可能になると同時に、転記ミス等のケアレスミスを減らすことが可能となる。国土交通省職員はより簡便かつ迅速に数値計算プログラムを扱うことが可能となったと考えている。

(3) 緊急調査研修、訓練による技術力の向上

改正土砂災害防止法が施行された2011年度は、土木研究所が説明の主体となって各地方整備局等での研修を進めていたが、2年目の2012年度からは各地方整備局等の緊急調査研修の受講生などが主体となって研修が実施されている。

このことにより、各地方整備局等で説明資料やシミュレーション事例の設定などの準備のほか、研修でもQUAD_ver.1.01や電子国土の説明などを主体的に行うことが必要となる。その過程で説明者はより詳細に緊急調査の知識・技術を習得することになるため、実際の場面における緊急調査の円滑な実施につながるものと考えている。

(4) 緊急調査、土砂災害緊急情報の説明用資料

緊急調査後に、都道府県や市町村に対して、緊急情報の精度やシミュレーション方法などをわかりやすく説明するための資料を事前に作成し、実際の対応で活用しようとしている。

また、緊急調査に関して、事前に都道府県や市町村に説明するなど、平常時から地方整備局や直轄事務所と関係自治体との情報共有体制を強化していくことも重要と

考えられる。

5. おわりに

国土交通大学校における緊急調査研修および地方整備局緊急調査訓練、台風12号の河道閉塞における緊急調査、新燃岳における降灰後の土石流に対する緊急調査を通じて、いくつかの課題が明らかになった。それに対して、2011年度は、主として国土交通省職員がより迅速かつ簡便に重大な土砂災害の想定区域を推定できるようにQUAD_ver.1.0の改良を行いQUAD_ver.1.01を配布したほか、実際の対応を踏まえた留意点などをとりまとめ、緊急調査研修等で配布するなど情報共有を行った。

これらの対応の効果として、例えば、QUAD_ver.1.01の改良によって、四国地方整備局の研修では、2011年度はQUAD_ver.1.0を用いて研修時間内に1事例しかシミュレーションできなかったものの、2012年度は余裕を持って2事例のシミュレーションが可能になったという報告もある。大幅な時間短縮が実現されるなど、着実に対応が進んでいる。

しかし、緊急情報の精度確保やさらなる迅速化、緊急調査を実施する職員の技術力の維持・向上について、今後検討すべき課題は山積しており、適時に適切な対応ができるよう、緊急調査研修や地方整備局緊急調査訓練のほか、関係機関と十分連携を図りながら、継続的に取り組んでいくことが重要である。

引用文献

- 1) 判田乾一：改正土砂災害防止法に基づく緊急調査に関する初の全国研修実施される！、砂防と治水、Vol. 44、No. 3、pp. 17-20、2011
- 2) 清水武志：河道閉塞を原因とする土石流による被害範囲推定のための緊急調査の訓練、土木技術資料、Vol. 54、No. 5、pp. 42-43、2012
- 3) 越智英人：改正土砂災害防止法に基づく火山噴火後の土石流調査について、砂防と治水、Vol. 44、No. 3、14-16、2011
- 4) 森山裕二、岡本敦、水野正樹、内田太郎、林真一郎、石塚忠範：2011年台風12号による紀伊半島における土砂災害の速報、土木技術資料、Vol. 53、No. 12、pp. 4-7、2011
- 5) 吉田一光：平成23年台風12号による河道閉塞への対応(緊急調査及び土砂災害緊急情報)一近畿地方整備局の取り組み一、砂防と治水、Vol. 44、No. 6、pp. 24-29、2012
- 6) 中込淳：平成23年台風12号による紀伊山地河道閉塞(土砂ダム)対応について、河川、No. 2、pp. 29-38、2012