

河川の被災状況および復旧状況

国土交通省水管理・国土保全局治水課

1. はじめに

2011年3月11日、14時46分に三陸沖を震源として発生したマグニチュード9.0の地震（東北地方太平洋沖地震）では、宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度6強を観測するなど、強い揺れを観測し、この地震により東北地方の北上川、鳴瀬川、阿武隈川、関東地方の利根川、那珂川、久慈川の各水系を中心に河川堤防等で広範囲に渡り大規模な被災が発生した。



写真一 被災状況（江合川）



写真二 被災状況（江戸川）

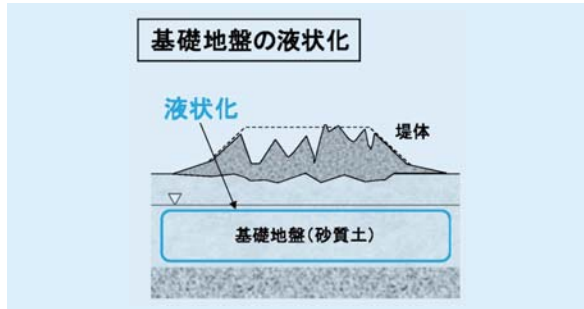
本稿では、この地震により被災した河川堤防等について、被災状況、現在までの復旧状況および今後の復旧等について報告する。

2. 被災状況

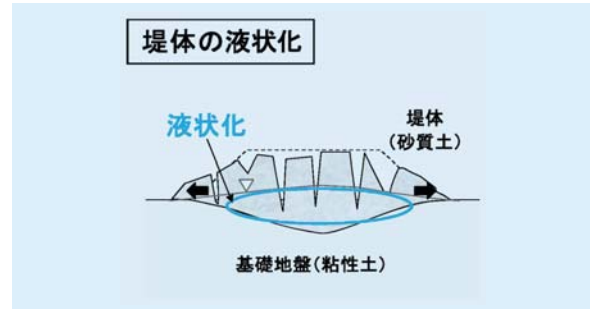
東北地方、関東地方の直轄管理区間の河川堤防等において、地震動の継続時間の長さや、余震による繰り返し回数の多さに起因して、広範囲で堤防の被災が生じた。関東の利根川や東北の鳴瀬川等では、地盤等の液状化による堤防のすべりや沈下などが発生しているほか、東北地方の北上川、阿武隈川等の河口部において、津波の遡上、越水

表一 各河川の被災・緊急復旧実施箇所数

地整名	水系名	被災箇所数	緊急復旧箇所数
東北	馬淵川	13	0
	北上川	646	14
	鳴瀬川	364	9
	名取川	35	0
	阿武隈川	137	6
	合計	1,195	29
関東	久慈川	110	2
	那珂川	129	2
	利根川	659	20
	荒川	22	0
	合計	920	24
合計		2,115	53



写真一3 利根川下流（千葉県印旛郡栄町）の被災状況



写真一4 阿武隈川下流（宮城県角田市）の被災状況

による被災が発生し、東北地方1,195カ所、関東地方920カ所の計2,115カ所で被災を確認した。

(1) 堤防被災の特徴

被災した堤防の沈下量は3mを超える箇所もあったが、このような大規模な沈下、法崩れ、亀裂等の原因は基礎地盤の液状化に加え、堤体の液状化によるものと考えている。

① 基礎地盤の液状化（写真一3）

基礎地盤の液状化による堤防の被災が発生するプロセスは、基礎地盤の緩い飽和砂質土層が地震動により液状化し、その剛性・強度が低下することで、堤防の自重により水平方向の伸張を伴って鉛直方向に圧縮し、堤体のすべりや天端の亀裂・陥没等の変状が生じるものである。

② 堤体の液状化（写真一4）

堤体の液状化による堤防の被災が発生するプロセスは、軟弱粘性土層上に築堤した場合、堤体下部の軟弱地盤層の上面が圧密沈下により凹状となり、その凹部の堤体材料が砂質土の場合には降雨等の浸透水が滞留し、飽和した堤体領域が形成され、この領域が地震動によって液状化することにより、堤体のすべりや天端の亀裂・陥没等の変状が生じるものと推定しているところである。

3. 復旧の方針

(1) 第1ステップ：震災から梅雨期までに二次災害の発生を防ぐべく堤防の形状を確保する。

(2) 第2ステップ：台風期明けから本格復旧に着手し、2012年の梅雨期までの液状化対策や沈下対策を含めた、被災前の堤防機能を確保する。

(3) 第3ステップ：東北地方の北上川や鳴瀬川、阿武隈川等の河口部においては、地域の復旧・復興計画を踏まえた今回の津波へ対応できる対策を実施する。

(1) 第1ステップ

1) 直轄河川緊急復旧事業による復旧

被災した堤防のうち、特に大規模に沈下、崩壊し機能を著しく失っている堤防については、融雪出水等の比較的規模の小さい出水においても決壊等甚大な被害が発生する恐れがあることから、緊急復旧事業による復旧工事を実施した。

緊急復旧事業による復旧工事は、①堤防機能を著しく喪失している箇所、②堤防等の被災により周辺に影響が及ぶ箇所について実施した。

① 東北地方

出水期までに鋼矢板二重式工法による仮堤防が施工可能な場合は鋼矢板二重式仮締切を施工し、施工できない場合は応急盛土を行い、連節ブロック敷設する工法により実施することとし、7月11日までに全箇所（29カ所）で緊急復旧事業による復旧工事を完了した。



写真一五 阿武隈川下流（宮城県角田市）の被災状況と鋼矢板二重締切による復旧状況

② 関東地方

関東地方における被災はH.W.L以下に損傷があるものの、堤防全断面を失うような壊滅的被災はなかったため、切返しにより堤防断面の復旧による堤防機能の確保を基本とし、4月22日までに全



写真一六 小貝川（茨城県取手市）の被災状況と堤防切り返しによる復旧状況

箇所（24カ所）の復旧を完了させている（堤防の天端等に、地域交通・生活道路として重要な主要地方道等の通行箇所が多く、周辺への影響が大きいことから堤防断面の早期復旧を実施）。

2) 応急復旧工事

直轄河川における被災箇所（2,115カ所）のうち、北上川河口部を除く全箇所において、各河川の出水期までに応急復旧を完了している（うち、1,726カ所については本復旧まで完了）。

応急復旧のみの実施箇所については各河川の非出水期以降に速やかに本復旧に着手し、2012年の出水期までの完成（第2ステップ）を図る予定としている。

表一 各河川の本復旧完了箇所数

地整名	水系名	被災箇所数	本復旧まで完了	応急復旧まで完了
東北	馬淵川	13	9	4
	北上川	646	551	95
	鳴瀬川	364	295	69
	名取川	35	29	6
	阿武隈川	137	109	28
	合計	1,195	993	202
関東	久慈川	110	85	25
	那珂川	129	104	25
	利根川	659	522	137
	荒川	22	22	0
	合計	920	733	187
合計		2,115	1,726	389

① 応急復旧工事により復旧完了（写真一七）

被災が比較的軽微な箇所については、堤防亀裂箇所土砂充填等により復旧を完了している。

② 応急復旧工事を実施後本復旧まで完了（写真一八）

堤防亀裂箇所において切返し盛土および天端舗装を施工し復旧を完了している。

③ 応急復旧工事のみ実施し、出水期明けに本格復旧を実施（写真一九）

本格復旧に時間を要する箇所については、二次災害発生を防ぐべく、盛土による堤防の高さと幅の確保を行うとともに、雨水浸透防止のためシート張等による応急復旧工事を実施している。



写真一七 復旧状況【渡良瀬川（栃木県佐野市）】



写真一八 復旧状況【阿武隈川下流（宮城県角田市）】



写真一九 復旧状況【江合川（宮城県美里町）】

(2) 第2ステップ

第2ステップとして、2012年の梅雨期までに液状化対策や地盤沈下対策を含めた被災前の堤防機能を確保することとしている。

今回の河川堤防の被災はこれまでの地震による河川堤防の被災と比較しても、大規模な被災が広範囲にわたっており、復旧に当たっては、被災メカニズムを明確にするとともに、被災した堤防の評価・検討を行う必要がある。

そのため、表一3、4の示すとおり、東北・関東両地方整備局において委員会を設置し、河川堤防の被災の原因・メカニズムの解明、被災箇所の復旧工法の基本的な考え方のほか、出水期を迎え

表一3 北上川等堤防復旧技術検討会（東北地整）

◆検討項目

- ・河川堤防の被災の原因，メカニズムの解明
- ・被災箇所の復旧工法の基本的な考え方
- ・堤防復旧中である今年度出水期の対応

◆メンバー（敬称略・順不同）

- ◎佐々木 康（広島大学 名誉教授）
- ・岡村 未対（愛媛大学大学院 教授）
- ・風間 基樹（東北大学大学院 教授）
- ・田中 仁（東北大学大学院 教授）
- ・真野 明（東北大学大学院 教授）
- ・服部 敦（国土技術政策総合研究所河川研究部 河川研究室長）
- ・田村 敬一（土木研究所 耐震総括研究監）
- ・佐々木哲也（土木研究所 材料地盤研究グループ 土質・振動チーム 上席研究員）
- ・田上 澄雄（東北地方整備局 河川部長）
- ・宮本 健也（水管理・国土保全局治水課 企画専門官）

表—4 関東地方河川堤防復旧等技術検討会（関東地整）

<p>◆検討項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川堤防の被災の原因，メカニズムの解明 ・被災箇所への復旧工法の基本的な考え方 ・堤防復旧中である今年度出水期の対応
<p>◆メンバー（敬称略・順不同）</p> <ul style="list-style-type: none"> ◎東畑 郁生（東京大学 教授） ・京藤 敏達（筑波大学 教授） ・高橋 章浩（東京工業大学 准教授） ・安田 進（東京電機大学 教授） ・服部 敦（国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室長） ・佐々木哲也（土木研究所 地質・地盤研究グループ 土質・振動チーム 上席研究員） ・山田 邦博（関東地方整備局 河川部長） ・宮本 健也（水管理・国土保全局治水課 企画専門官）

るに当たって、被災した堤防の点検上の留意点や堤防被災を考慮した洪水予報基準のあり方についても助言・指導をいただいたところである。

1) 東北地方整備局管内河川の復旧の考え方

本復旧に当たっては、被災の程度に応じて堤防の一部あるいは全断面の切返しを行うとともに、液状化の発生抑制のため、液状化層の密度増加または固化を行うこととしている。

① 浅層地盤改良のイメージ（図—1）

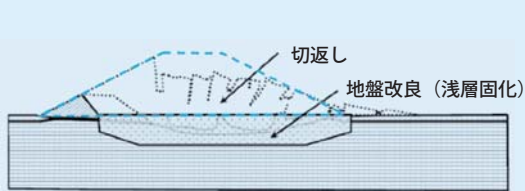
被災箇所の大多数は堤防の液状化が原因。浅い

ところにある堤体下部の土層の液状化を防止した上で、堤体を再構築する必要があり、基盤部分となる層を改良する。

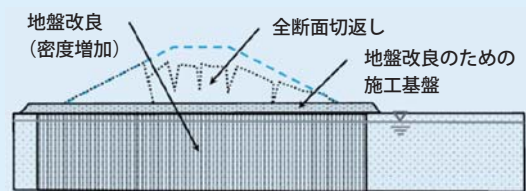
② 深層地盤改良のイメージ（図—2）

基礎地盤の液状化層が深くまで及ぶ場合には、締め固め工法もしくは固化工法（セメント改良）により液状化層の密度を増加させる改良を行う。

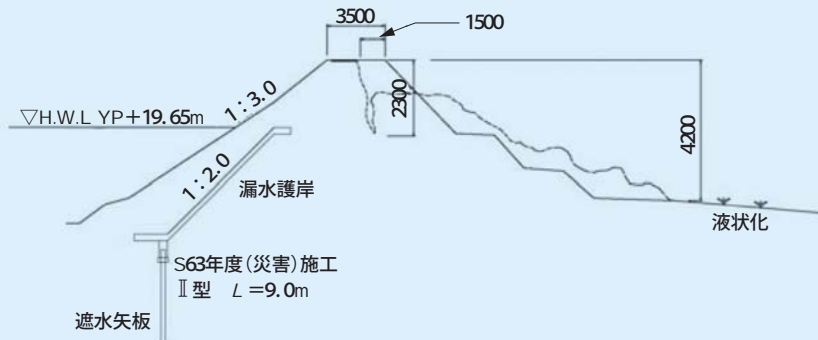
液状化対策工法の選定については、上記の考え方を十分踏まえながら、被災形態ならびに被災の規模（亀裂幅や亀裂深さ等）に応じて適切に工法を選定し復旧を行う予定としている。



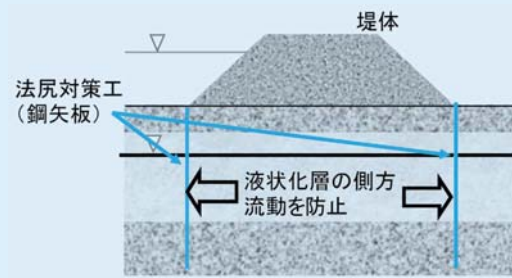
図—1 浅層改良のイメージ



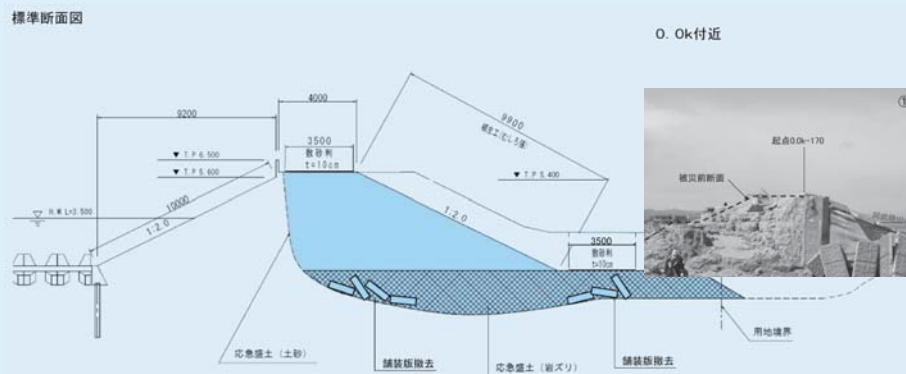
図—2 やや深い地盤の改良イメージ



図—3 小貝川（下妻市鯨地先）における被災状況



図—4 液状化対策のイメージ



図—5 阿武隈川河口部における復旧状況

2) 関東地方整備局管内河川の復旧の考え方

液状化対策工を検討するに当たっては、今回の地震で被災を受けなかった既往対策工の検証を行いながら工法の選定を行っている。

前述のとおり過去の改修事業において漏水矢板を設置した箇所は大きな変状が見られず、被災軽減の効果が確認されていることから、矢板工が有効な対策工になり得ると判断している (図—3)。

また、関東管内では堤防断面を壊滅的に失った箇所はなく、応急復旧において堤防復旧を完了していることなども踏まえ、大規模な堤防開削を伴わない矢板工法による復旧を考えているが、今後、ボーリング調査や詳細設計を行い、具体的な復旧工法を決定する予定としている (図—4)。

現在、復旧工法について前述する復旧の考え方に基づき検討を進めているが、台風期明けから着手し、2012年の出水期前までに本格復旧を完了させる予定としている。

(3) 第3ステップ

東北地方の北上川等の河口部においては、第2ステップまでの復旧を進めたのち、地域の復興計画との連携や接続する海岸堤防の復旧状況との調整を十分に図りながら、復旧を進めていく予定としている (図—5)。現在、関係機関等との調整を進めながら検討を行っているところである。

4. おわりに

今後、各河川の非出水期を迎え、本復旧を進めていく予定としている。

地域の本格的な復興に向けても、引き続き関係機関等と連携、調整を図り、抜本的な治水対策についても検討を進めていく予定としている。

東日本大震災における緊急排水

国土交通省水管理・国土保全局河川計画課河川情報企画室

1. はじめに

平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖を震源とする地震は、強い揺れと地震による津波が、東北地方をはじめとする太平洋沿岸に甚大な被害をもたらした。津波による浸水は広範囲にわたり、沿岸部の防潮堤を全半壊させたのはじめ、多くの建物や構造物、車などありとあらゆるものを押し流すとともに、津波が引いた沿岸域に広範囲にわたり湛水地域を生じさせることとなった。

国土交通省では、このような津波による湛水が、仙台空港等の重要インフラ施設の復旧や行方不明者の捜索等に大きな支障となっていたため、全国から排水ポンプ車を集結させて緊急排水を行った。本稿では、国土交通省が行った緊急排水対策について報告する。

2. 地震の発生と浸水被害

(1) 地震と津波の概要

今回の東北地方太平洋沖地震はマグニチュード9.0の巨大地震で、宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度6強など広い

範囲で強い揺れが観測された。同地震では、震度5弱以上の揺れを観測する余震が、8月31日までに42回観測されており、本震のみならず余震による被害が数多く発生している¹⁾。

また、この地震に伴い、太平洋沿岸を中心に高い津波が発生し、特に東北地方から関東地方の太平洋沿岸では大きな被害が発生した。東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループが実施した調査によれば、津波の痕跡高は、岩手県普代村の普代海岸では20m以上、宮古市、釜石市、陸前高田市で15m以上、宮城県気仙沼市、石巻市、仙台市、名取市、福島県相馬市等においても10~20mに達しており、北上川では河口から49km上流に位置する大泉においても津波の遡上が観測された。

この津波により、太平洋沿岸の低平地は広範囲で浸水し、国土地理院の調査によれば、青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉における最大浸水面積は561km²にも及んでいる²⁾。

(2) 地盤の沈下

国土地理院の調査によれば、東北地方太平洋沖地震により、宮城県石巻市の牡鹿半島において、地盤が東南東方向へ約5.3m動き、約1.2m沈下するなど、北海道から近畿地方にかけて地殻変動が観測され、特に、太平洋沿岸部では広範囲に地盤沈下が発生している³⁾。

この結果、国土交通省と宮城県の調査では、宮

城県沿岸域における海拔0m以下の地域の面積は地震前に比べて3.4倍の56km²に拡大し、大潮の満潮位以下の面積は1.9倍の129km²となった(図-1)⁴⁾。

(3) 堤防等の状況

東北地方太平洋沖地震やそれに伴う津波、さらに余震により、河川堤防、海岸堤防、水門、排水機場等が大きな被害を受けた。

河川については、東北、関東地方の国が管理する9水系において、被災箇所は計2,115カ所にものぼった。また、海岸堤防については、特に甚大な被害を受けた岩手県、宮城県、福島県について航空写真等により判読した結果、海岸堤防約300kmのうち約190kmの堤防が全壊・半壊した。さらに、宮城県沿岸域に設置されていた農業用や雨

水用の排水機場90カ所のうち62カ所が被災し使用不能となった。

3. 緊急排水の実施

今回の津波による浸水は、地盤の沈下、排水機場の損壊、ガレキによる排水路の閉塞等により排水が困難になったことや、河川・海岸堤防の被災により、河川水や海水が逆流し浸入していたことなどから、湛水が広範囲に長期間継続することとなり、3月13日の時点で、湛水面積は170km²、湛水量は推定1億1,200万m³に及んだ。

これらの湛水は、国土交通省、県、市町村等の実施する空港、道路等の重要なインフラの復旧活動や、自衛隊、消防、警察等が実施する行方不明

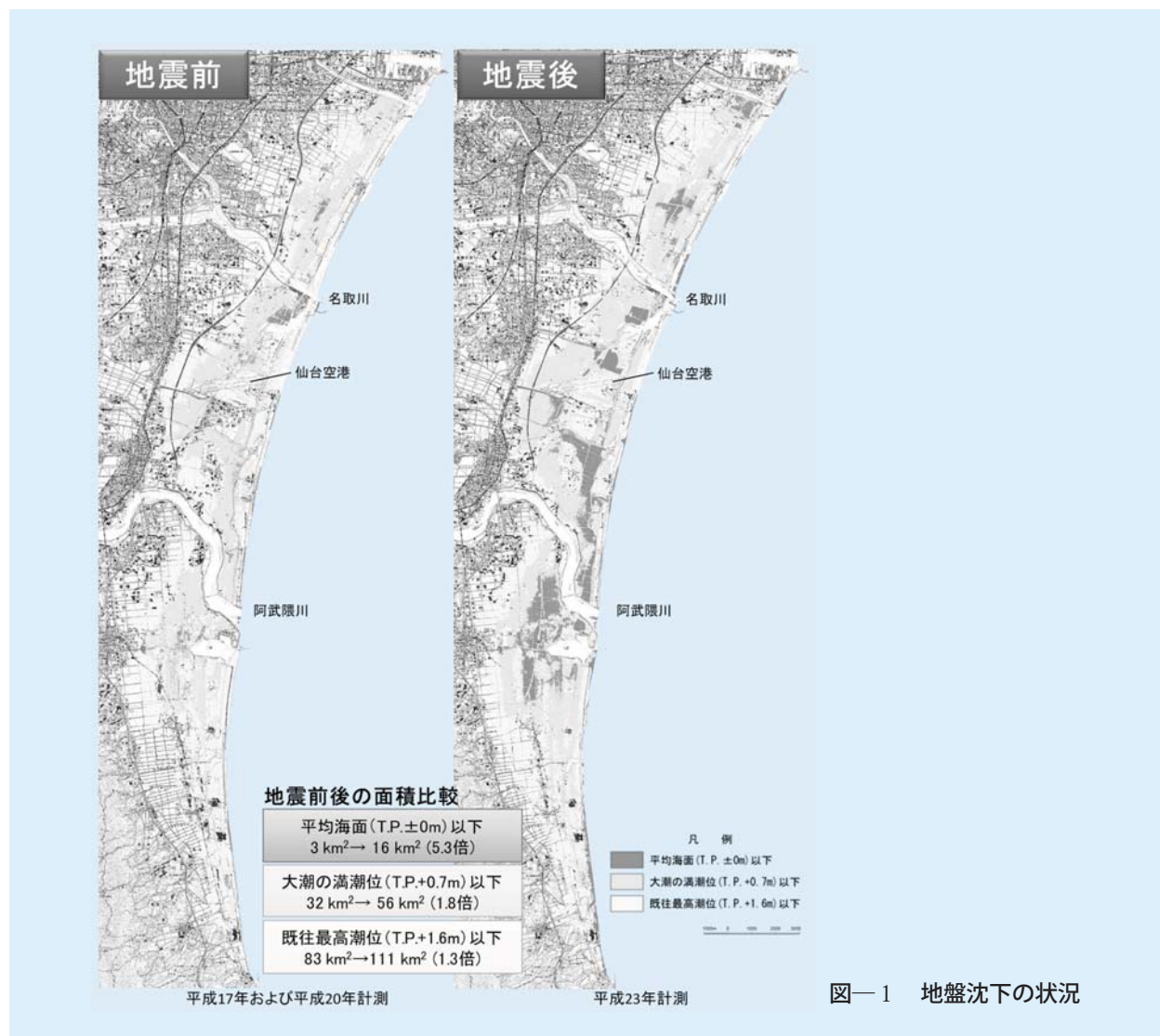


図-1 地盤沈下の状況

者の搜索活動の支障となっていたことから、地元自治体の要請を受け、国土交通省が全国の各地方整備局等で所有する排水ポンプ車のうち約120台を集結させて、排水を行った。

(1) 排水ポンプ車

国土交通省では、種々の排水ポンプ車を保有しているが、今回の排水作業では、主に30m³/minの排水ポンプ車(写真-1)により排水を行った。

ポンプ車の発動機から電力を供給される小型ポンプを水中に設置し、最大50mのホースで排水を行うものである。代表的なポンプ車では、7.5m³/minの小型ポンプを4台稼働させ、計30m³/minの排水を行うことができるようになっている。

(2) 排水作業の内容

3月12日の石巻市を最初に、道路等の公共施設の復旧や行方不明者の搜索のために、岩手県、宮城県、福島県の10市6町の66地区に、全国から延べ約4,000台・日の排水ポンプ車を投入し、24時間体制で排水を実施した(図-2, 写真-2)。

特に初期の排水作業においては、仙台空港周辺の排水を重点的に実施した。仙台空港は、仙台平野の低平地に位置し、東北地方太平洋沖地震により、周辺地域が広範囲に浸水したが、被災地への救援物資の輸送等に欠かせない施設であり、排水路等を埋塞していたガレキ等の除去による自然排水の促進を図るとともに、排水ポンプ車による排水を行った。3月13日より着手した排水作業は、3月20日に本格化し、最大25台の排水ポンプ車を投入して行った。3月13日時点では、湛水してい



写真-1 排水ポンプ車

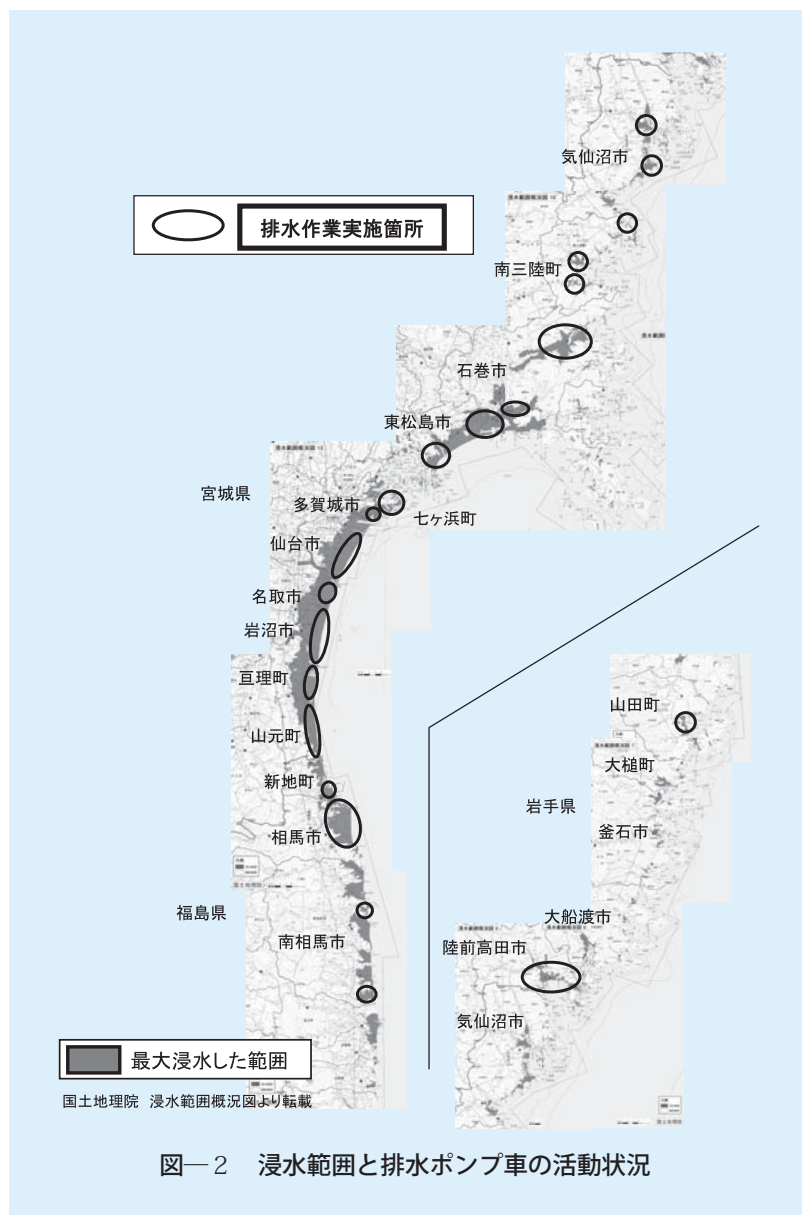


図-2 浸水範囲と排水ポンプ車の活動状況

た空港周辺地区が、3月27日時点では、道路やアクセス鉄道のトンネル部が露出するまでになった(写真-3)。排水作業は4月2日に完了し、4月



写真一 2 ポンプ車による排水状況



3月27日

写真一 3 仙台空港周辺の排水状況
(3月13日と27日の比較)

13日からの仙台空港の旅客便の就航再開に寄与した。

(3) 排水作業の状況

今回の排水作業は、地震、津波により甚大な被害を受けた地域における排水であり、従来の降雨等による内水排除作業と比べ、多くの困難に直面することとなった。

① 排水ポンプ車の設置

特に被災の大きい地域では、湛水や堤防等の損壊により、排水ポンプ車の設置ができない状況があり、土のうや盛土による河川の仮締切を実施し



写真一 4 湛水の状況（釜谷地区）

た上で、排水を行った（写真一 4）。

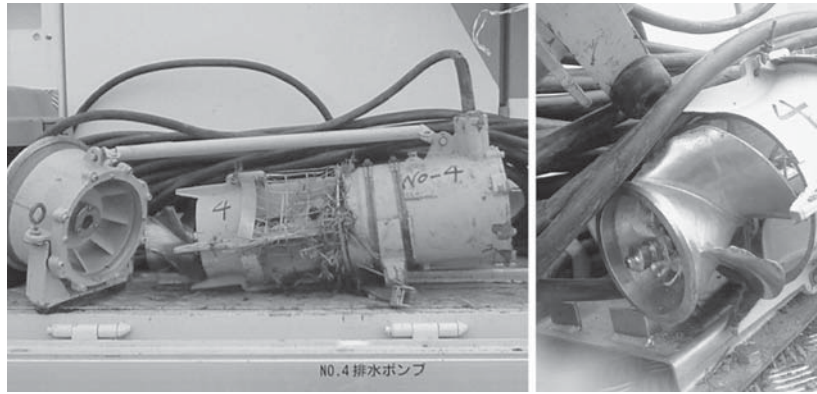
排水を急ぐことにより、道路等の冠水が解消しポンプ車の設置可能箇所が生じて、排水ポンプ車のさらなる設置により排水作業の促進を図ることができるため、場所によっては、積み上がったガレキも利用しながら排水ポンプを設置するなど、劣悪な環境の中で早期の排水に取り組んだ。

② 余震の発生

今回の地震では比較的規模の大きい余震が続いたため、堤防のさらなる被災や仮締切の損傷により、排水作業がやり直しとなったり、排水ホースがガレキに埋もれ、排水ポンプの再設置が必要となったりするなど、余震が排水作業の効率を低下させる要因となったほか、余震に伴う津波警報・注意報の発令時には、作業員が避難する必要が生じ、現地災害対策本部でも作業員の安全確保に追われることとなった。

③ 排水ポンプ車の損耗

さらに、今回排水を行った湛水には津波に呑み込まれた建物や構造物、車、樹木などさまざまな



写真一5 故障した排水ポンプ

ものが含まれており、ポンプにスクリーンが取り付けられているものの、多くの異物を吸い込む結果となり、24時間稼働という過酷な条件と併せて、破損・故障するポンプが続出することとなった（写真一5）。

(4) 排水体制

国土交通省では、大規模自然災害における被災状況の迅速な把握や被災地の早期復旧のために、地方自治体等に対して技術的支援を円滑かつ迅速に実施する緊急災害派遣隊（TEC-FORCE）を被災地に派遣している。

東日本大震災においては、国土交通大臣の指示のもと、発災直後から全国の災害対応を通じて蓄積された専門知識を有する人員や災害対策用資機材の広域運用を行い、被災状況の把握、途絶した通信機能の確保、地元自治体への助言や技術的支援、災害復旧のための調査等を行った。

今回の排水ポンプ車による緊急排水についても、この一環として、被災地を所管する東北地方整備局以外に、北海道開発局から九州地方整備局までの8地方支分局から計84台の排水ポンプ車が東北地方に派遣された。また、現地で即時に排水活動を展開できるよう、ポンプ配置等を指揮する職員、実際にポンプ車を稼働させる協力業者のオペレータを併せて派遣するとともに、現場の指示拠点となる対策本部車や、休憩施設となる待機支援車も送り込んでいる。

4. 今後の内水対策について

津波で湛水した箇所の緊急排水については終了し、排水ポンプ車についても一部を除き各地方整備局等に帰還している。一方、被災した地域では、復旧が進められつつあるが、堤防、排水機場の損壊や、地盤沈下により、浸水リスクが高まっており、台風2号から変化した温帯低気圧のもたらした降雨により、5月30日には石巻市、仙台市などで浸水被害が発生している。

こうした内水被害に対しては、現地の関係機関が協力し、堤防の応急復旧、排水機場の復旧などのハード面の対策を進めるとともに、洪水予警報の発表基準の見直し、浸水リスクマップの公表、浸水センサーによる浸水情報提供を行うなどのソフト面の対策も進めており、その一環として、緊急排水で役立った排水ポンプ車33台を被災地周辺に配備し、地方自治体の要請に応じて、機動的に浸水被害への対応を行うこととしている。

【参考文献】

- 1) 気象庁「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震震度4以上の最大震度別地震回数表（本震を含む）」
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_to_hoku/yukankako.pdf
- 2) 国土地理院「津波による浸水範囲の面積（概略値）について（第5報）」平成23年4月18日
- 3) 国土地理院HP「GPS連続観測から得られた電子基準点の地殻変動」
- 4) 国土交通省「宮城県沿岸部における地震に伴う地盤沈下について」平成23年5月26日