

## 2002年夏のヨーロッパでの水害 — エルベ川流域を中心として —

戸田圭一

### 要 旨

2002年夏、ヨーロッパではドイツ、チェコ、オーストリア、フランスと広い範囲にわたって大規模な洪水が発生し、各地で甚大な被害が発生した。本報では、現地で実施した水害調査結果を基に、チェコ、ドイツを流れるエルベ川流域の洪水災害を中心に、とくにチェコのプラハ市内、ドイツのドレスデン市内の被害および着目すべき現象について述べる。またチェコ、ドイツの治水対策についても得られた情報を要約して記す。また、今回の水害の特徴や治水対策について若干の考察を行う。

キーワード：エルベ川、豪雨、洪水氾濫、都市水害、治水対策

### 1. はじめに

2002年夏はヨーロッパ各地で大きな洪水が発生した。とくに8月中旬にはドイツ、チェコ、オーストリアで、9月初旬にはフランスで大規模な洪水災害に見舞われた。筆者は2002年11月に、土木学会のヨーロッパ水害調査団の一員としてチェコ、ドイツを流れるエルベ川流域の現地調査に参加する機会を得た。水害調査団は4班に分かれ、エルベ川流域の他、ドナウ川流域、ローヌ川流域の調査も同時に行われた。本報は、この調査団が実施した調査結果を基にして、エルベ川流域を中心に、今回の洪水の実態や発生メカニズム、行政機関などの河川管理体制や危機管理体制などを取りまとめたものである。

### 2. ヨーロッパ洪水概況

#### 2.1 エルベ川、ドナウ川の洪水概況

2002年8月1日から13日にかけて、ヨーロッパの広範な地域にもたらされた持続的な降雨により、北海に注ぐエルベ川、黒海に注ぐドナウ川のそれぞれ本川、支川で大規模な洪水災害が生じた。

エルベ川上流域のチェコでは、ブルタバ川（エルベ川の支川）がプラハ市内で溢水氾濫をおこした。チェコ国内では220,000人が避難し、15人が死亡、被

害額は約30億ユーロ（2003年4月末日時点で1ユーロ＝約132円）とされている。一方、ドイツ国内では流域の地形との関係で、2種類の洪水が発生した。まず先行する強雨により、支川の沿川各地で洪水・土砂氾濫が発生した。続いてエルベ川本川を洪水が流下してきた。エルベ川沿いのドレスデン市ではこれまでの最高水位を記録し、溢水氾濫が生じた。ドレスデン市では12,000人が避難し、事故などで4人が死亡している。そして洪水の流下に伴い、順次沿川各地で、破堤、溢水による洪水氾濫が生じた。ドイツ国内の被害額は約92億ユーロと見積もられている。なお、エルベ川の洪水氾濫事象については次章以降で詳しく述べる。

ドナウ川のドイツ、オーストリア流域では、主に強雨地域の支川で被害が生じた。前半には下オーストリア州カンブ川などで、後半にはイン川、ザルツアッハ川、エン川などで洪水被害が発生している。カンブ川流域のツベツトル市でのピーク流量460m<sup>3</sup>/sは1000～5000年確率に相当する流量と推定されている。各地で道路の決壊や河川構造物の被災が生じた。イン川沿川のザルツブルグでは、日雨量が100年確率の140mmを超え、沿川の住宅地が被災した。また油の流出事故も発生した。オーストリアでは8人が死亡し、経済損失は25～30億ユーロと見積もられている。

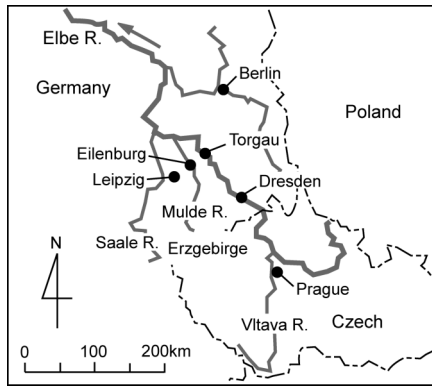


Fig.1 Elbe river basin

## 2.2 ローヌ川の洪水概況

2002年9月8日～9日にかけて、フランス南東部のガール、エロー、ヴォークリューズの3県を暴風雨とこれにより生じた洪水が襲い、死者24人、推定被害総額約11億ユーロの大規模な洪水災害が発生した。とくに、ローヌ川の右支川であるガール川の流域では、8日夜から9日の早朝にかけて激しい集中豪雨が起きた。ガール県アンデューズでは24時間雨量が687mmに達した。ガール川上流部に位置するアレス市や、ガール川、ローヌ川の合流点付近のアラモン市では、多数の車の流出や住宅の孤立、輪中堤の決壊など甚大な被害が生じた。

## 3. エルベ川の洪水氾濫と災害の実態

### 3.1 エルベ川流域

エルベ川は、チェコ、ドイツを流下し北海に注ぐ大陸河川であり、チェコを流れるブルタバ川（モルダウ川）を加えると、その全長は1,290km、流域面積は約158,000km<sup>2</sup>に及ぶ（Fig.1参照）。わが国の利根川の幹川流路延長、流域面積がそれぞれ322km、16,800km<sup>2</sup>であることからそのスケールの大きさが窺い知れよう。

2002年8月8日から13日にかけて、北海から移動してきた低気圧がサハラ～バルト諸国にかけて張り出していた高気圧によってブロックされ、オーストリアおよびチェコ上空に数日間停滞した。この低気圧の影響でエルベ川流域は広い範囲で降雨に見舞われ、大規模な洪水氾濫現象が発生した。以下に、現地調査結果をもとに、チェコのプラハ市内、ドイツのドレスデン市内の洪水氾濫を中心にその特徴をまとめてみることにする。

### 3.2 プラハ市内の洪水氾濫事象

2002年8月1日から10日にかけてエルベ川の中上流域の広い範囲で50mm以上の降雨が発生した。そ

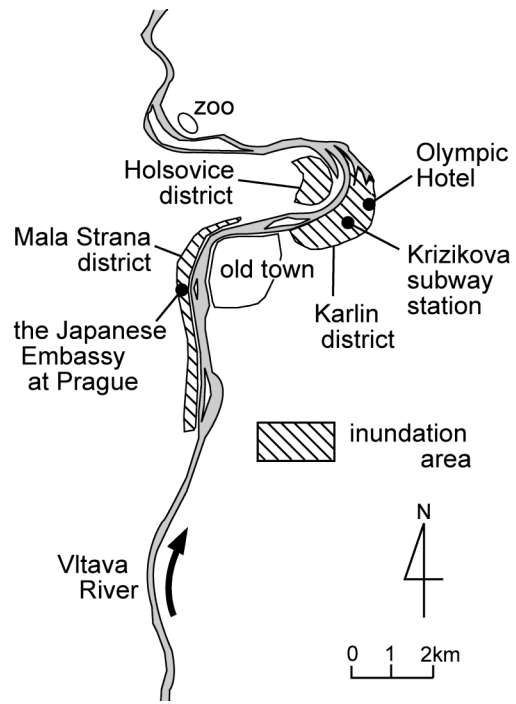


Fig.2 Inundation area in Prague

の後、11日から13日の3日間でエルベ川の中上流、とくにチェコ南部地域とチェコ、ドイツの山岳部で、100～200mm、所によっては200mmを超える豪雨が発生した。12日からプラハ市民はブルタバ川の洪水氾濫に備えて土嚢の準備などを進めていたが、13日から14日にかけてブルタバ川が市内で溢れ、洪水氾濫による被害が発生した。プラハ市内の流量は、14日にピーク値5,300m<sup>3</sup>/sと推定されており、100年確率の流量3,700m<sup>3</sup>/sをはるかに凌ぎ、その値は500年に一度の流量に匹敵するとも言われている。

被害が大きかった地域は、Fig.2に示すカルリン地区（ブルタバ川右岸）、ホルソビス地区（ブルタバ川左岸）、およびマラストラナ地区の河川沿いのエリア（ブルタバ川左岸）であった。その他、ブルタバ川右岸のプラハ動物園も浸水被害に見舞われている。

#### (1) カルリン (Karlin) 地区

地区中心部の住民からの聞き取り調査によれば、13日午前3時にラジオにより避難が指示され、警察が住民が避難しているかどうかチェックしてまわった。避難場所には学校が指定されたとのことである。13日午後0時頃から浸水が始まり、最大浸水深は約3m、ところによっては4mに達するところもあった。

石造り、レンガ造りの建物の壁は、浸水部分（1.5m～2.0m）が、カビがはえるのを防ぐためにはがされていた。建物の中には、元来、平屋であったものに2階以上を増設したが補強が十分でなく、1階部分の浸水により強度が低下して倒壊したものもあった（Photo



Photo 1 Building damaged by flood inundation

1)。またほとんどの建物には倉庫や物置として利用される地下室があり、その一部は道路沿いに開口部を有しているが、開口部からの氾濫水の流入により、地下室は全滅状態であった。地下鉄クリジコバ (Krizikova) 駅も浸水し、地下鉄ホームまで水が達し、2002年11月の時点でも運行停止のままであった。

また当地区東端のオリンピックホテルでもホテル従業員に聞き取り調査を実施した。このホテル周辺は地区内でも地盤高が低い場所であるが、13日から4日間浸水が継続した。これは外水だけでなく、下水の逆流の影響もあったようである。建物の中(1Fコーヒーショップ)でも70cmほどの浸水深に達した。ホテルは少し高いところに位置しているため、周辺の地盤高からみるとこのホテル付近の浸水深は約3.5m~4.0m程度であったと推測される。ホテルは2週間営業を停止し、予約客、滞在客を別のホテルに誘導したとのことである。

### (2) ホルソビス (Holsovice) 地区

地区住民から聞き取り調査を実施した。ここでは13日午後避難が行われ、地区の全員が避難した。13日の夜に浸水が発生したが、浸水深は最大でも50cm程度にとどまったとのことである。4日間浸水が継続し、また地下室にも氾濫水が流入した。水が引いた後は泥だけでなく、様々な異物、漂流物が残った。10日間で概ね復旧したが、電気・ガスは復旧にそれ以上の時間を要したとのことである。

### (3) マラストラナ (Mala-Strana) 地区

当地区はブルタバ川左岸の川沿いで、旧市街地に連なる観光スポットである。マーネス橋からカレル橋、カンパ島にかけて浸水したが、浸水深は痕跡から推定して1.5m~2.0mに達した模様である。浸水を受けた壁の多くははがされていた。またマーネス橋左岸のレストランの外壁および店内には浸水深の痕跡を示すプレートが設置してあったのが印象的であった。

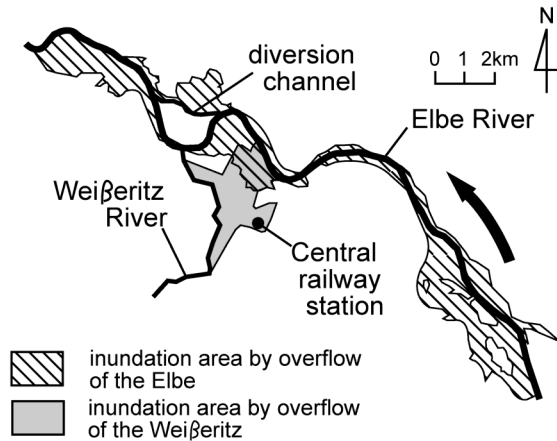


Fig.3 Inundation area in Dresden

## 3.3 ドレスデン市内の洪水氾濫事象

ドレスデン市内も今回大きな洪水被害を被った (Fig.3 参照)。1501年以來500年ぶりの洪水であり、5,000haが浸水したが、その原因は、(1)8月13日のバイサリッツ川 (エルベ川の左支川) の氾濫、(2)8月17日のエルベ川本川の氾濫、に分けられる。また洪水後、(3)地下水位の上昇、という問題も生じている。以下順を追ってそれぞれの原因による洪水被害の実態を記す。

### (1) バイサリッツ川の氾濫

ドレスデン南西部、エルツ山脈沿いのバイサリッツ川の流域周辺で12日の日雨量が180~200mmに達した。バイサリッツ川は平常時の流量が1m<sup>3</sup>/sオーダーの小河川であるが、豪雨の影響をうけて12日の深夜から13日にかけて推定500~600m<sup>3</sup>/sの流量が流下し、鉄道の軌道などに大きな損害をもたらした。バイサリッツ川はドレスデン市内でエルベ川に合流するが、市内でも激しい溢水氾濫が発生した。バイサリッツ川に近い鉄道中央駅などが浸水し、駅での浸水深は4mにも達した。また下水道の排水不良も氾濫の規模を大きくした模様である。

なお、バイサリッツ川の東を流れるミュークリッツ川は、同じくエルベ川の左支川でドレスデン市内より上流でエルベ川に合流するが、そこでは上流の小規模な調整池が決壊した模様で、下流の川沿いの街には洪水災害、土砂災害の痛々しい傷跡が残されていた。Photo 2は流出土砂により寸断された鉄道を示している。

### (2) エルベ川本川の氾濫

エルベ川の洪水が流下し、17日に洪水氾濫が発生した。河川からの溢水で、エルベ川沿いのツウインガー宮殿などが浸水した。エルベ川のピーク流量は5,600m<sup>3</sup>/s程度と推定されている。エルベ川のドレスデン市内域の上流部には遊水地があるが、遊水地

の貯留量を超えた洪水が流入したため遊水機能を果たさなくなりました。またエルベ川の市内下流部では、放水路をせき止めている施設が破壊された。

### (3) 地下水位の上昇

上記の洪水の影響により、洪水後に地下水位が上昇し、水害調査を行った2002年11月の時点でもなお高い状態が続いていた。地下水位の上昇は急激であり、1時間で最大8cmも地下水位が上昇した箇所もあった。2003年夏までは地下水位は下がらないとの見通しである。水害調査実施時点でも、ビルが浮かびあがるのを防ぐために地下室に土嚢を積むなどして対応しているとのことであった。

### 3.4 流域内のその他の洪水氾濫事象

ドイツ、ザクセン州を流れるエルベ川の左支川、ムルデ川流域も激しい集中豪雨に襲われ、ムルデ川の洪水氾濫が発生した。8月12日からの2日間雨量が380mmに達した地域が1,500km<sup>2</sup>にのぼり、また出水もきわめて急激であった。エルツ山脈北斜面のバイサリッツ川やミュークリッツ川流域と同様の集中豪雨がここでも起こった模様である。

ライプチヒの約20km東に位置する人口およそ20,000人のアイレンブルグ市はムルデ川沿いに位置し、かつて何度も洪水に遭遇しているが、今回も洪水被害を受けた。ムルデ川の洪水流量のピークは8月13日の深夜に発生しており、市中を流れるムル

デ川およびその支川で越水や破堤による氾濫が生じた。鉄道橋下で狭窄部となっている堤防箇所が被災したり、堤内地の内水により堤防が河川側に壊れたりもした。市域の約半分が浸水し、浸水深は0.5mから大きいところでは3.0mに達した。

アイレンブルグ市の北東30kmに位置するエルベ川沿いの街トルガウ市では、エルベ川の洪水流量のピークは8月18日に発生した。堤防の弱い箇所を土嚢で補強し、市内への洪水氾濫を防いだ。市内にはガラス工場があり、もしも浸水すればその被害は計り知れなかったとのことである。

最後に、エルベ川流域の洪水流出事象の時間変化をFig.4にまとめて示す。



Photo 2 Railway damaged by flood with sediment

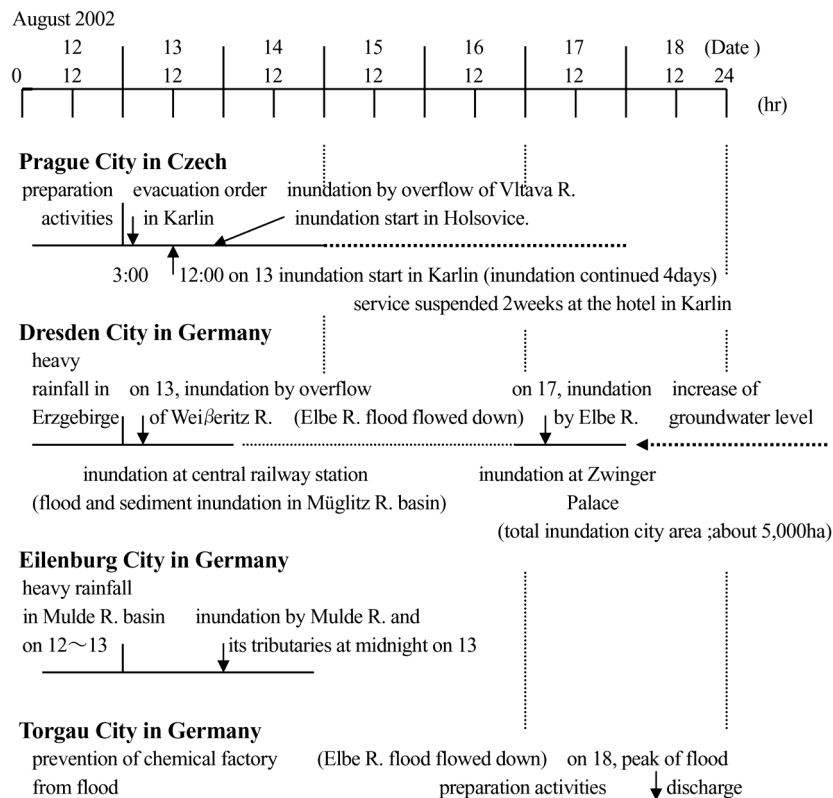


Fig.4 Time change of flood phenomena

## 4. ドイツ・チェコの治水対策

### 4.1 流域・河川管理

ドイツでは、連邦が管理する河航水路を除いて河川管理は基本的に各州が行っており、いわゆる水系一貫型の管理は実施されていない。治水の規模としては100年確率の洪水規模が想定され、河川施設が管理されているが、堤防の素材や形態などの管理水準が十分でなく、今回の洪水時に漏水や破堤の原因になったともいわれている。今回の災害後に策定された5大重点プロジェクトの一つには、国土全体（連邦、州政府で共通）の洪水防御計画が目指されることになっている。掘り込み式の河道が多いが、過去150年間で氾濫域が85%減少して土地利用形態が変化しており、沿川各地の破堤による氾濫の被害を助長する結果となった。このような状況に鑑みて、ザクセン州水管理局では、エルベ川支川のムルデ川に対し、河川が本来有する氾濫による遊水機能を活かし、農耕地はある程度、氾濫を許容し、人口密集地を堤防で防御するという考え方に基づいた治水計画を打ち出している。

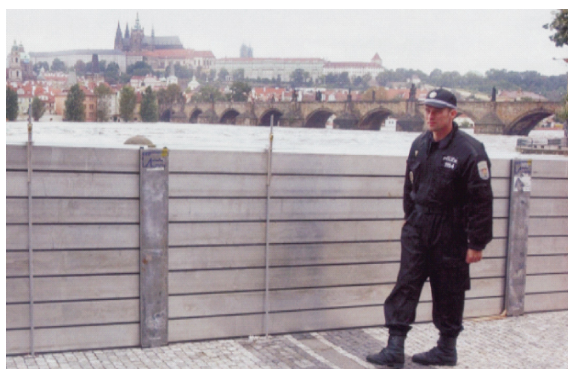
チェコのプラハ市内については、100年確率の洪水に対するブルタバ川の堤防の整備計画があるが、予算の制約や景観の保護などの観点から、現状の治水安全度は1/20程度とのことである。そのため、世界遺産に指定されている旧市街地などの重要な箇所については、**Photo 3**に示すような移動式の特設堤防（モバイル・レビーと称されていた）によって防御することになっており、今回の洪水においても消防隊員によりこの特殊堤防が設置され、旧市街地の浸水を防止した。

### 4.2 危機管理

ドイツ、チェコとも、災害対応は住民に最も身近な行政主体である市町村があたり、災害の規模が大きくなるに伴い、県、州、そして国が対応していく体制をとっている。

ドイツでは連邦制を敷いており、災害対応は州政府が行うのが基本であるが、今回の水害では、ザクセン州の要請に応じて連邦政府に災害対策本部が設置され、被災者支援などに迅速に対応した。これを契機に、州を越える広域的な災害などの場合には、連邦政府に中央司令部のような組織をおく必要性について議論が始められている。またチェコでは、首相が、閣僚により構成される危機管理スタッフとの会議を経て、非常事態宣言を発し、それに基づいて政府の災害対策本部が設置された。

今回の水害時にドイツでは、専門ボランティアで



**Photo 3** Mobile levee in Prague

ある「技術支援隊」が活躍した。この組織は連邦の機関であるが、志願して訓練を受けたボランティアが中心であり、専門技術も高く、出勤時には手当が公務員なみに支給されている。自然発生的なボランティアの貢献も大きかったが、技術と組織力を伴った技術支援隊のようなグループの活動は、水防活動や災害復旧活動においてきわめて有効であったとのことである。またドイツやチェコともに、災害によって住民が避難した際に、いち早く被災者やその関係者などに対してカウンセリング窓口が開設され、心のケアへの対応がなされていた。

### 4.3 被災者支援

水害保険は、ドイツ、チェコでは民間により運営されている。ドイツでは、全被害総額92億ユーロの約20%にあたる18億ユーロの保険金が支払われた。内訳は、半分が企業、半分が個人などに対する支払いであった。

今回の水害では、ドイツ、チェコとも住宅に被害が生じた被災者らに公的な給付が実施された。とくにドイツでは今回の洪水に限り、被災者の住宅などの被害については、保険加入の有無にかかわらず、ほぼ100%の支援がなされるということであった。このような特例措置は、今回の洪水がきわめて大規模であったこと、被災地が統一後の経済発展を目指す旧東独地域であったことなどの理由によることであった。

## 5. 今回の水害の特徴と教訓

今回のエルベ川流域の洪水災害調査から、筆者が感じたことを少しばかり書き記すこととする。

### 5.1 大河川の洪水と中小河川の洪水

エルベ川の洪水流下とそれに伴う溢水、破堤による洪水氾濫が発生したが、洪水規模に比べて被害、とくに人的被害は少数であった。当然のことではあ

るが、エルベ川のような大陸河川の洪水と、わが国の河川での洪水はその特性が著しく異なっており、エルベ川の流量や水位のハイドログラフの変化はわが国の河川のものに比べてきわめて緩慢である。Fig.5は、ドレスデンとその約100km下流のトルガウの水位ハイドログラフである。縦軸の水位は、2002年8月1日午前の各地点の水位を0mと設定し、それからの偏差で表したものである。

対象地点の上流で観測される流量や水位の情報が得られれば、近似式や経験式などで水位、流量は実用的な範囲内で十分予測可能であり、しかも観測地点との距離によれば、1~2日の時間的余裕もある。したがって、土嚢を積むなどの水防活動や避難活動などを、わが国の洪水時と比較すればかなり余裕をもって実践することができたのであろう。

これに対して、ドイツ、ザクセン州のムルデ川や、エルツ山脈を背後地にもつバイサリッツ川、ミュークリッツ川の洪水被害は、1日程度の集中豪雨により生じた中小河川の洪水氾濫によるものであった。洪水の流出が速く、堤防の決壊や構造物の破損をもたらし、流域の規模のわりには被害が大きかった。とくにミュークリッツ川では激しい土砂流出を伴っていた。これらの河川災害はわが国でみられる中小河川の洪水・土砂氾濫に類似のものであった。

## 5.2 都市型水害

チェコのプラハ市内ではブルタバ川の溢水により洪水氾濫が発生したが、カルリン地区では氾濫水が地下鉄駅に浸入した。1999年の福岡市、2001年の韓国ソウル市でも同様の地下鉄浸水が生じたが、プラハ市内の地下鉄は軌道が地下深部にあり（一説によるとシェルター機能を兼備しているとのこと）、福岡市やソウル市とは比較にならないほど長期の運休を余儀なくされた。またカルリン地区、ホルソビス地区では、住宅の地下室にも氾濫水が流入し、地下室はほぼ壊滅状態となった。

大都市が洪水に襲われると、直接被害に加えて間接被害が生じ、地方の洪水被害よりも格段と大きなものとなる。今回のプラハ市内の地下鉄浸水、ドレスデン市内の鉄道駅の浸水、両市の観光スポットの浸水は、大きな経済損失に繋がった模様である。

## 5.3 わが国の治水対策への教訓

エルベ川とわが国の河川では、たとえ一級河川であっても、その流域規模や河道特性が異なるために、エルベ川の洪水や河川管理の問題をわが国の河川にあてはめて考えるには難しい面がある。一方、中小河川の洪水災害や都市部での洪水災害は、それらの

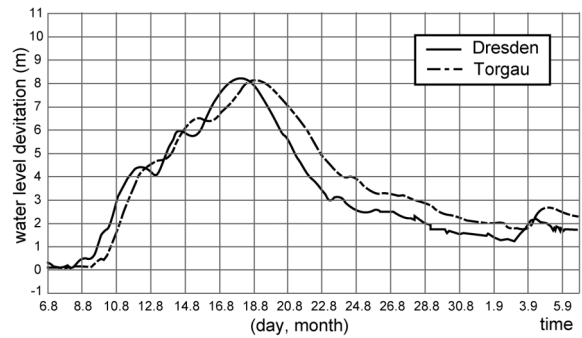


Fig.5 Water level hydrographs of Elbe river

特性がわが国のものと類似しており、これらも含めて考えれば今回の水害を教訓とすることは少なくない。

### (1) 中小河川の治水安全度の向上

ドイツ、ザクセン州の中小河川と同様に、わが国でも一級河川以外の中小河川の安全度には問題が多い（武藤ら 2000）。今回のミュークリッツ川の大規模な土砂流出は上流の小規模な調整池の決壊が原因と言われているが、山地河川の多いわが国でも土砂流出災害の危険性は高く、過去の水害実績やシミュレーション解析をとおして、災害を予測する必要がある。そして、ハードな対策の早期実現は困難であっても、土地利用規制や避難システムといったソフトの対策の整備を進め、災害を少しでも減じる手立てを講じることが重要である。

### (2) 都市耐水性の向上

プラハ市の場合、洪水氾濫予測図が作成されており、浸水域はある程度把握されていたようであるが、地下鉄浸水対策は盲点となっていたようである。またドレスデン市では、エルベ川に比べて支川のバイサリッツ川に対する警戒がおろそかであったような印象を受けた。都市特性の変化を考慮し、過去の水害実績に加えて、想定される様々な状況のもとでシミュレーション解析を実施し、都市の浸水で起こりうることをすべて洗い出し、その対策を講じておかなければならないのは、世界中どの都市でも同じであろう。

なお、プラハの旧市街を護った移動式の特設堤防は、土嚢に置きかわる程度のものであるが、溢水の危険箇所が把握され、しかもそこでの流れがさほど激しくないとの条件が満たされれば、日本でも適用される可能性はある。

### (3) 水防・災害復旧システムの整備

ドイツでは、連邦によって組織された、高い技術力を伴った技術支援隊が水防活動、復旧活動に大いに貢献した。今回の水害が広範な地域にわたったため、地先のボランティアや支援者だけでは対応できない活動も円滑に行われたようである。わが国にも

水防団組織があるが、団員は高齢化傾向にあり、また都市域では住民の地域に対する意識も低く、その活動体制は十分整備されているとは言い難い。水害の事前・事中・事後の活動を適切にサポートするこの種の組織はわが国でも導入を検討すべきであろう。

## 6. おわりに

今回のヨーロッパ水害では、プラハ市では地下鉄や地下室の浸水という都市型水害が起こっていること、ドレスデン市およびその周辺では時間変化の緩やかなエルベ川の洪水に加えて、中小河川の甚大な洪水・土砂氾濫が発生していることから、近年のわが国の水害との共通点が見出される。わが国の水災害を対象とした研究も、その多くが海外の水災害にも適用可能である。今後、海外の事例を扱うことが今まで以上に増えていくことであろう。

ドナウ川流域、ローヌ川流域を含む2002年のヨーロッパ水害全般に関しては、土木学会ヨーロッパ水害調査団のメンバーが分担して報告記事を詳しく記している(砂田ら, 2003)。関心のある方はそちらも

参考にされたい。

最後に、砂田憲吾山梨大学教授(団長)をはじめとする水害調査団の皆様には、様々な面でお世話になり、厚く御礼申し上げます。また筆者が水害調査団に参加するにあたり、便宜を図っていただいた京都大学防災研究所入倉孝次郎教授(前所長)に感謝いたします。さらに本報をまとめるにあたり、資料整理や図の作成などで協力いただいた京都大学大学院生、徳永智宏氏(現 ㈱建設技術研究所)、大八木亮氏に謝意を表します。

## 参考文献

砂田憲吾・中北英一・佐藤宏明・川本正之・長谷川新(2003): 欧州水害について, 河川, 2月号, pp.12-40.  
武藤裕則・中川一・戸田圭一・市川温(2000): 中小河川の洪水氾濫対策に関する研究 - 1998年8月新潟下越地方における豪雨災害を例として -, 自然災害科学, 19-2, pp.257-271.

## Flood Disaster in Europe in Summer 2002 - Focused on the Elbe River Basin -

Keiichi TODA

### Synopsis

In summer 2002, great floods occurred in Germany, Czech, Austria and France, and they caused heavy damages all over Europe. This paper reports the flood disasters in the river basin of the Elbe running Czech and Germany, especially the urban flood characteristics in Prague and Dresden based on the detailed field survey. Also, the flood countermeasures of Germany and Czech are studied. Through the findings, several lessons to flood countermeasures in Japan are proposed.

**Keywords :** the Elbe, heavy rainfall, flood inundation, urban flood, flood countermeasures