

災害に対して無防備化する日本の都市と地域 ～明日への投資を怠るなかれ～

Cities and areas becoming naked to disasters in Japan
～ Don't neglect to make an investment for future safety ～

小 松 利 光
Toshimitsu KOMATSU

1. はじめに

近年大きな災害が我が国だけでなく、世界中を襲っている。元々我が国は災害多発の国である。世界の大規模地震の22%が我が国で発生するという地震国である。更に台風、豪雪、急峻な地形、軟弱な沖積平野に立地する大都市など、多くの災害要因を抱えている。そのため我が国は世界の0.3%の国土であるにもかかわらず、災害被害額の17%が集中する世界でも希有な災害多発国である。

加えて近年は地球温暖化によると思われる豪雨、干ばつ、台風の強大化等の災害外力の増大が実感されるようになってきた。それに対し、我が国の社会基盤・防災基盤は高度成長期に整備されたものが多く、その大部分は老朽化しつつあるが、公共事業費の削減等でその更新すらままならない状況となっている。特に、減少する建設投資のために、建設就業者数は1997年の685万人をピークにその後は減少し続け、98年以降の8年間で117万人(17.1%)も減少した。

公共事業費の減少は、即「防災力の減少」、「地域の復興力の減少」につながる。災害の特徴は「災害は弱者を襲う」、「災害は都市や地域の弱点を一撃する」、「一瞬の大きな災害外力が大災害を引き起こす」ことにある。災害を極力防いで被害を最小にすることはもちろん大事であるが、災害からの早急な復興もまたきわめて重要である。しかるに、災害からの緊急な復旧・復興はその土地の中小の建設業に依存しているのが実情である。特に中小都市や中山間地域で災害が起ると、地場の建設会社が昼夜を問わず大奮闘して献身的にその復旧に貢献している。

しかしながら近年の建設業の衰退や建設就業人口の減少は、即「地域の復興力の減少」につながり、「地域の衰退」につながる。食糧・エネルギーを考えるまでもなく、我が国は大都市だけで生き残れるものではない。災害外力のレベルが従来通りの一定の水準を保っているのであれば、我が国のインフラもかなり整備できたからという理由で、公共事業費をある程度削減していくのもやむを得ないのかもしれないが、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第4次報告に依るまでもなく、地球温暖化による今後の災害外力の強大化はほぼ確実となっている。これらの状況を考慮すると、今こそ将来の防災基盤の整備のために思い切った手を打たねばならない。明日への投資を怠っているときではないのである。将来十分予測される大災害を「想定外だった」ではすまされないのである。「誰がどう想定した」結果の想定外だったのか？ 誰が責任を負うのか？ しかしそのときになってはもはや誰も責任をとることは出来ないのである。

この地球温暖化は「環境問題」にその源を置く。「環境」と「防災」に真正面から向き合う我々土木分野の人間は、将来良きにつけ悪きにつけ「大きな役割と責任」を果たさなければならない。これからはまさに「土木の時代」なのである。

2. 増大し牙を剥く災害外力

2.1 予兆が見え始めた温暖化

著者は、2002年のヨーロッパ水害から、北海道日高・胆振地方水害、スリランカ水害、新潟・福井水害、2004年台風23号水害、2005年台風14号水害、2006年7月の梅雨前線性豪雨水害の7つの土木学会緊急災害調査団のメンバーもしくは団長として、主として洪水調査に関わってきた。これらの調査を通じて痛感するのは、(1)災害は悲惨、(2)災害外力の上昇、(3)災害に対する都市・地域の無防備化(免疫のない状態への移行)、である。

2007年2月にIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の4次報告の内容が明らかとなり(図-1)、今世紀末までに「気温は1.8~4℃上昇」、「海面は最大で59cm上昇(但しグリーンランド・南極の氷の融解は考慮していない)」、「温暖化は高い可能性で人為的である」ことが報告された。

現在温帯に属する我が国は将来亜熱帯化し(図-2)、熱波、渇水、感染症、食糧不足、土砂災害・洪水・高潮災害の多発が危惧されている。図-2に日本の3都市ならびに台湾の台北市の年平均気温と年平均降水量が示されているが、我が国とその周辺地域では北に行くほど降水量が少なくなっている。

2005年にハリケーン・カトリーナが米国南部を襲い大きな被害をもたらしたが、カトリーナはカテゴリー5に属し、最大風速82m/s、高潮による最高潮位差は8.5mにも達した。米国ジョージア工科大学のチームは、「ハリケーンがカテゴリー4~5に発達する割合が過去30年で1.5倍以上に高まった」と報告している。最近の我が国の降雨強度の増加傾向もデータに現われ始めており、1時間に100mm以上の集中豪雨の発生回数が1976~1995年の20年間の平均は2.2回/年だったのが、最近の1996~2005年の10年間の平均は4.7回/年と2倍以上に増えている。また、1995年~2004年の10年間の東京都の水害による被害額1082億円の内94%の1018億円が内水被害によるものである。東京都の下水網は時間雨量50mmに対して設計されているが、近年の降水強度の増加に対してこの設計基準では対応できなくなっていることを示している。

九州地方の最近の水害では2005年の台風14号は宮崎県に大雨をもたらし、場所によっては3日間の降雨が1900mmに達した。更に2006年7月の梅雨前線性の豪雨では、6日間で1200mmに達し、鹿児島県川内川流域に大きな被害をもたらしている。このように、最近の九州は1000mm以上の豪雨と闘うことを余儀なくされて



図-1 IPCC 4次報告の新聞報道



図-2 亜熱帯化する日本

おり、この災害外力の上昇が我が国の亜熱帯化とともに北上して行くことになるのであろうか？

2.2 2005 年台風 14 号による耳川流域の災害

2.2.1 本災害の特徴

全国的に大雨、強風、高潮等を引き起こした 2005 年の台風 14 号は、宮崎・鹿児島・大分・山口の 4 県に甚大な被害をもたらした。特に宮崎県の耳川流域では被害が著しく、多くの家屋とともに流木に起因して複数の橋梁が流出し、また貴重な人命が失われている。

耳川の上流域では九州電力㈱による水力発電が盛んで、本川だけでも 6 つの発電用のダム（上流側から、上椎葉ダム、岩屋戸ダム、塚原ダム、山須原ダム、西郷ダム、大内原ダム）を有する。台風 14 号災害時には流木を主とした大量の塵芥がこれらのダムには捕捉されていた（写真-1、2 参照）。これらの発電ダムは洪水時には流木・塵芥を捕捉せずに速やかに流そうとするため、洪水吐きからは極めて大量の流木・塵芥が流下して行ったものと思われる。また今回の台風による大量の降雨に起因して耳川流域でも各地で斜面崩壊が発生している。河道に沿った比較的大きな崩壊箇所としては、塚原ダムの上流約 5km 右岸側、塚原ダム下流約 0.5km 右岸側（3 箇所）、山須原ダム上流約 1km 右岸側、山須原ダム下流約 1.5km 右岸側（2 箇所）等が挙げられる。中でも塚原ダムの僅かに下流で起きた崩壊は大規模かつ特徴的であり、今後の対策に向けて多くの喫緊の課題を投げかけている。

2.2.2 塚原ダムの下流側で発生した斜面崩壊

塚原ダム下流 500m の地点では、ほぼ連続した 3 箇所で計約 1km に渡って斜面が崩壊し（写真-3 参照）、大量の樹木を含む土砂が河道に流出した（推定崩壊土量¹⁾は 325 万 m^3 ）。この崩壊土砂により天然ダムが形成された。この地点の上下流にある塚原ダム（写真-4 参照）と山須原ダムの流入量の時間的変化から、この天然ダムは 9 月 6 日の 22 時過ぎに形成され、背後の水位は 62m 程上昇して約 350 万 m^3 を湛水し、23 時過ぎに決壊したと推定されている²⁾。

今回の天然ダムの形成地点は塚原ダムの直下流であったため、塚原ダムの堤体に遮られて湛水量がそれ程大きくはならず、極めて幸運であったといえる。

しかし塚原ダム堤体下流側も 62m 程水位が上昇したため、ダム堤体には想定外の浮力が働くことになった。この場合の安全性については再検討が必要である。天然ダムの形成・崩壊に関する事例のデータは多くはないようであるが、過去の資料等から推定された同規模と思われる 1892 年の四国那賀川水系の斜面崩壊(300～430 万

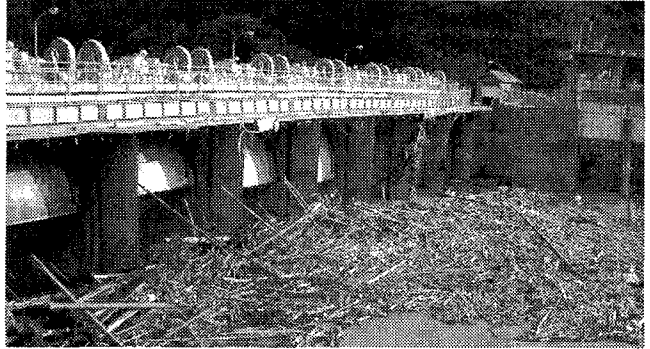


写真-1 山須原ダムの洪水吐き前面に集積した大量の流木（九州電力㈱提供）



写真-2 大内原ダムの洪水吐き前面に集積した大量の流木（右岸側から堤体側を撮影）

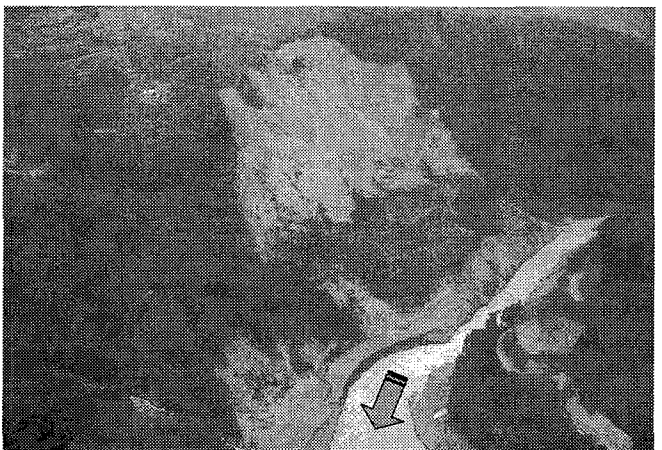


写真-3 塚原ダム下流側の山腹崩壊箇所（宮崎県日向土木事務所提供）

m³)では、7250 万 m³ もの湛水量となり、その決壊時には段波が下流域を襲い、60 名以上の人命が失われたことが報告されている³⁾。因みに今回の台風 14 号では、宮崎県の小丸川流域の渡場瀬においても崩壊土砂による天然ダムが一時形成されたことが報告されている⁴⁾。ここで今回の事例について幾つかのシナリオに基づき、被害の発生・拡大について考えることとする。

(1) もしも、現在の場所に塚原ダムが無かったら？

この場合、天然ダムから上流へ向かう貯水区間が今回の僅か 500m から大幅に伸びるため、その貯水量が非常に大きくなる。更に、天然ダムの決壊が急激に起きたとすれば、高さ数十メートルに及ぶ洪水波（段波）により下流に壊滅的な大被害が生じた可能性がある（図-3 参照）。なおこのケースについては、里深ら⁵⁾がシミュレーションにより評価を行っている。

(2) もしも、斜面崩壊箇所が塚原ダムの上流側だったら？

これも崩壊箇所が僅かに 500m 程度、上流にずれていればの話である。斜面崩壊が起きるときダムの上流側で起こるか下流側で起こるかは降雨次第であることから、それ程飛躍した稀な話ではない。この場合、大量の崩壊土砂と樹木がダム貯水池内に突如降り注ぐことになるので、今回のように危険水位を超えた満水位状態のダムの状況ではダムの堤体を越水するようになり、越流水による洪水波が下流を襲うことになる（図-4 参照）。最悪の場合にはイタリアのバイオントダム事故（1963 年、約 2600 名死亡）のような大事故につながる可能性も否定できない。その際の下流の被害は想像を絶するものとなる。今回も小規模ではあるが、ダム上流部での山腹崩壊もいくつか起こっている。また洪水時でなくても大型地震による山腹崩壊で土砂がダム湖に突入した場合にも同じような状況となる。

(3) もしも、（斜面崩壊がなくても）更にもう少しダムの水位が上昇していれば？

降水量が仮にもう少し多ければ、もしくは今回も見られたがダムの洪水吐きにおける流木や塵芥による閉塞がもっと顕著であったならば、というシナリオである。この場合ダム堤体からの顕著な越水が生じるが、越流水によりダムの堤体が被災するため、最悪の場合、ダムの決壊が生じて貯水量分の大規模洪水波が下流を襲う大災害となる（図-5 参照）。実際、塚原ダムを含めて耳川流域の発電ダムでは、設計洪水量を大きく上回るダムへの流入が生じていた。例えば、塚原ダムでは設計洪水量 2650m³/s に対し、実測最大流入量は 3040m³/s、山須原ダムでは設計洪水量 3387m³/s に対し、実測最大流入量は 4110m³/s であった⁷⁾。それによりいくつかのダムでは実際に堤体を越えて越流が生じていた。

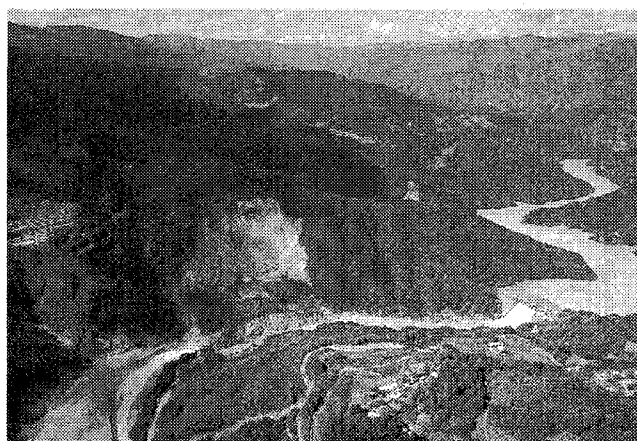


写真-4 塚原ダムと山腹崩壊箇所（宮崎県土木部提供）

① もしも、現在の場所に塚原ダムが無かったら・・・!?

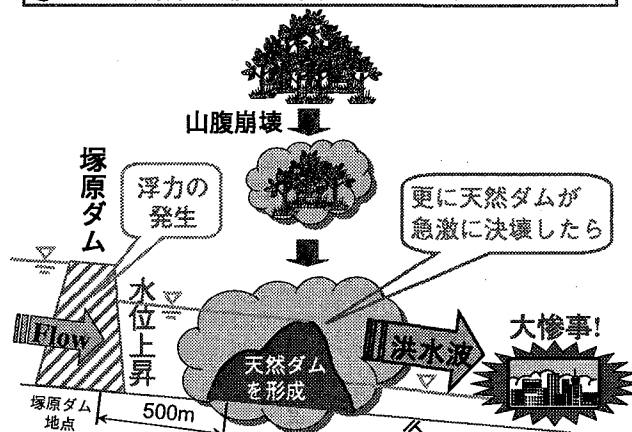


図-3 被害が甚大となった可能性が高いシナリオ 1

② もしも、崩壊箇所が塚原ダムの上流側だったら・・・!?

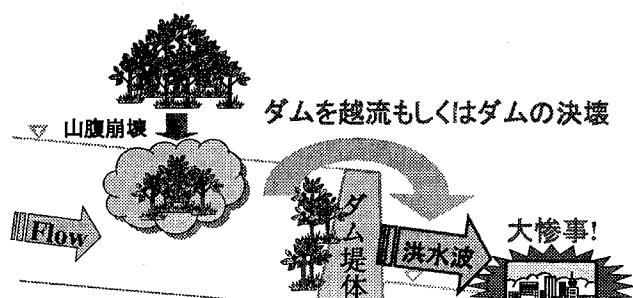


図-4 被害が甚大となった可能性が高いシナリオ2

③ もしも、もう少し水位が上昇していれば・・・!?



図-5 被害が甚大となった可能性が高いシナリオ3



写真-5 海岸に打ち上げられた大量の流木・塵芥 (宮崎県日向土木事務所提供)

2.2.3 発電ダムが果たした役割と問題点

耳川本川の九州電力の6つのダムの流木の捕捉により、人々の生活圏である中・下流域の被害は少なからず軽減されたものと考えられる。しかしながら、流木等に起因した洪水吐きの部分閉塞により、ダム水位も危険水位を越えて上昇していた(写真-1, 2参照)。今後更に強い降雨があると、前述のように、ダム本体を越流し最悪の場合にはダムの決壊などという不測の大惨事につながる可能性も否定できない。

上記6つのダムは発電に特化されたものであり、基本的に洪水調節の機能はない。これらのダムでは、今回も含めて洪水時にはゲートを全開にする。また、発電用のダムの洪水吐きにはアバは設置されていないのが一般的である。発電ダムでは、流木・塵芥等は下流にそのまま流すことが前提となっている。これは、ダムに捕捉された流木等の処理が全て設置管理者である電力会社の負担となることに関係している。一般に発電ダムは上流域に造られるため、最優先されるべき下流の人々の生命・財産を守る上では、むしろダムの流木・塵芥の捕捉機能を積極的かつ最大限に活用すべきものと考えられる。即ち、少なくともダム洪水吐きには流木によって壊れない程度の丈夫なアバの設置が必要である。そのために、洪水後ダムに溜った流木の撤去・処理は行政が負担するなど、ダムにおける流木の捕捉機能を最大限に活用するための法整備や行政の指導等が喫緊の要事と言える。

また、河川を流下した流木は海まで流出し、近隣の海岸に大量に打ち上げられる(写真-5, 6参照)。また最近では高速船などとの衝突も懸念されている。これらの流木の処理も沿岸の漁業者や行政の大きな負担となっており、海岸の砂浜などでの流木の埋設処理を可能とするなどの流木処理のための法的整備を含む抜本的対策が早急に必要となっている。

2.2.4 耳川流域の橋梁被害と流木対策の必要性

耳川本川の上流域において3本の道路橋(上流側から尾佐渡橋、小布所橋、小原橋)が流出しているが、これ

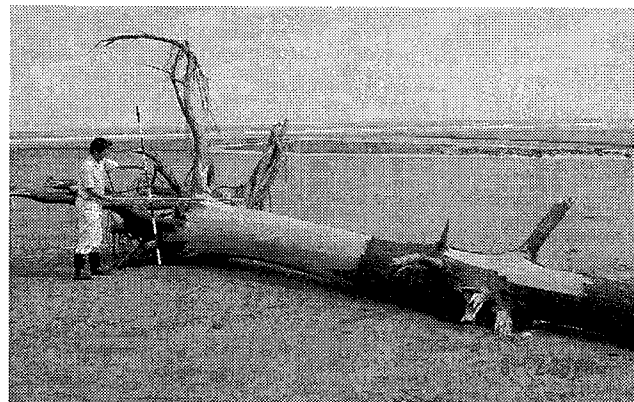


写真-6 海岸に打ち上げられた大きな流木 (宮崎県日向土木事務所提供)

らは流木の引っかかり易いトラス橋または桁橋であった。トラス構造には流木が引っかかり易いため、流木が橋桁・欄干等に集積したことで流体抵抗が増加して支えきれなくなり流出したものと推察される。

このように流水断面積の表層部分だけが流木により閉塞される場合は橋梁の被害だけに留まることが多いが（写真-7 参照）、一方中小の河川では橋梁下に流木が集積して全面閉塞に至る場合が多い（写真-8 参照）。このように橋梁部で流木が捕捉されて河道が全面閉塞されると大被害につながる。というのも、その場合には川の両サイドで破堤して溢れるか（外水氾濫）、橋梁が壊れて流失するか、橋台の背後がえぐられて水が抜ける（写真-9 参照）かしかないからである。因みに橋梁の流失は経済的な損失ばかりでなく、人的被害を招く場合も多い。2003 年の北海道豪雨災害時には、夜間に橋梁の流失もしくは橋台背後の侵食が頻発し、それを知らずに橋に進入した車両が落下して死者が出るケースが発生している。また 2004 年の東予地方の水害では急流河川の橋梁部が流木により全面閉塞したため、跳水が生じて水が跳ね上がり、その水が両サイドの民家を襲ったため人命が失われた。

流木の発生ならびにその挙動の多くが未だ不明であることから、現状での河川計画は、流木を一切考慮せずに立てられている。このことは、近年の雨の降り方の激化による流木の大量発生により、従来の河川計画そのものが成り立たない状況に陥っていることを意味している。すなわち、本来十分流せる程度の洪水でも流木による橋梁部の閉塞により氾濫して橋台背後部や堤防が破壊され、これが大災害につながる危険を常に孕んでいることとなる。従って、災害外力が上昇しつつある現今、防災上流木に関する研究の推進と対策が喫緊の重要課題となっている。

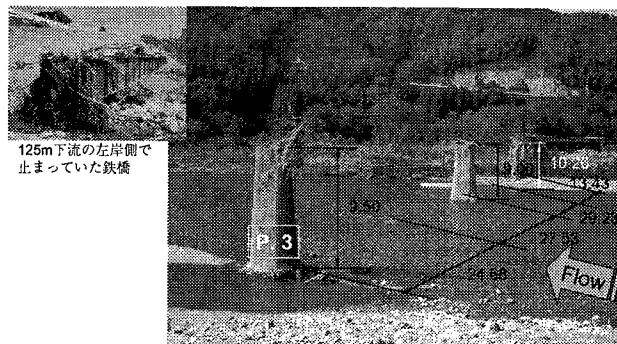


写真-7 流出した高千穂鉄道第一鉄橋（五ヶ瀬川・桁下約 10m、大成建設(株)石野和男氏提供）



写真-8 大量の流木・塵芥で閉塞した橋梁（宮崎県日向土木事務所提供）



写真-9 流木による河道閉塞のため橋台背後が侵食された例（北海道居辺川居辺橋、2003 年の北海道水害時）

3. 災害に対して無防備化（無免疫化）する日

本の都市と地域

3.1 平衡状態から非平衡状態へ

我が国の気候は変動を繰り返しながら、永い年月をかけて温帯に属する我が国の国土を作り上げてきた。人間社会を襲う自然災害に対しては江戸時代以前は人間の力は微々たるものであったが、明治以降の近代科学の発達・導入により営々として防災施設を築き、防災力を高めてきた。近年に至っては、もちろん災害外力には変動があり、時として大きなピークがくると大きな災害が発生していたが、それでもかなりの程度まで災害を

抑えられるようになってきていた。つまり、(自然界の災害耐力+防災基盤)と災害外力がほぼ平衡状態を保つようになってきていた(図-6 参照)。しかしながら最近の災害外力の増大によりこのバランスが崩れ、新たな非平衡状態が現れ始めている。防災力は以下の3つの要因に分けられるものと思われる。①自然界の災害耐力、②ヒトの防災意識、③社会防災基盤である。

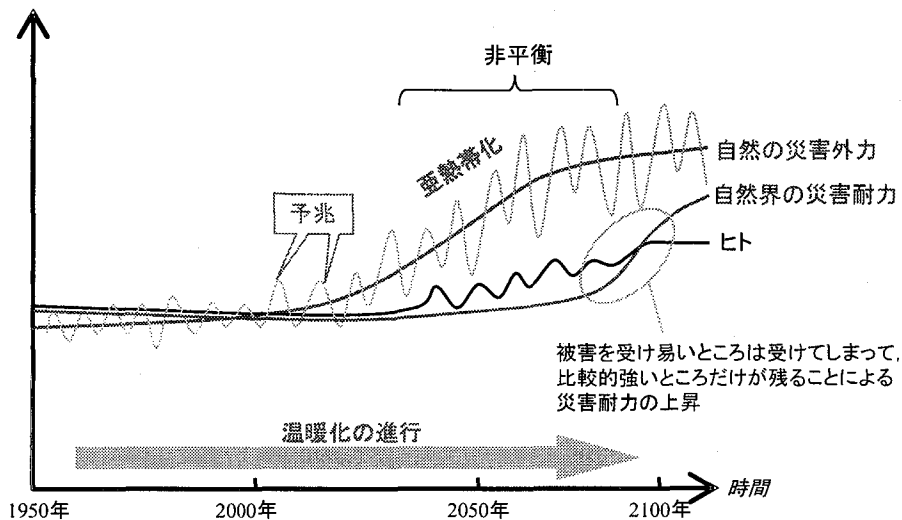


図-6 無免疫状態発生メカニズム

(1) 自然界の災害耐力

自然界も生物と同様厳しい風雨に晒されていると抵抗力が付いてくる。例えば土砂災害でいえば崩れるところは既に崩れてしまっ崩れにくいところだけが残ることによる抵抗力の増加という側面もある。2003年台風10号により北海道沙流川・厚別川流域に24時間雨量で約300mmの降雨があったが、至る所で多数の斜面崩壊を生じ、それが多くの流木を発生させ、橋梁の流出などの大被害の原因となった(図-7 参照)。元々風が強く雨の多い九州では300mm程度の降雨ではこれほどの被害は生じない。また2004年の台風18号では、札幌で最大瞬間風速50m/sを記録したが、札幌市内の街路樹の大樹や北大のポプラ並木が倒れた。もし、台風銀座の沖縄だったらこれだけ多くの樹木の倒壊はなかったであろう。

したがって、災害外力が増加すると、最初は免疫のない状態であるが、災害の洗礼を受けて図-6に示すように自然界の耐力も上昇してくる。しかしながらそこには大きな時間遅れが生じることになる。

(2) ヒトの防災意識

災害外力の増大とともにヒトも大きな被害を経験することになるため、ヒトの防災意識も動揺しながら上がっていくが、これまでに経験したことのない災害に遭遇するため、判断能力を失ってパニックになるなど大きな人的・資産的犠牲を払うことになる。

(3) 社会防災基盤

2003年8月ヨーロッパを熱波が襲った。パリでは38℃以上の日が10日以上も続き、フランスで15,000人、ヨーロッパ全体で30,000人の脱水症状による死者が出た。通常夏の涼しいフランスでは冷房を持たない家庭が多く、熱波に対応できなかったためである。これが通常夏が暑い冷房の完備した都市であれば異なった結果になっていたと思われる。

しかしながら、防災基盤の整備には長い時間と多額の費用が必要のため早急な対応は不可能である。

3.2 免疫力のなさによるギャップの怖さ

以上のように防災力を構成する3つの要素を向上させるには長い時間と多額の経費と多くの犠牲が必

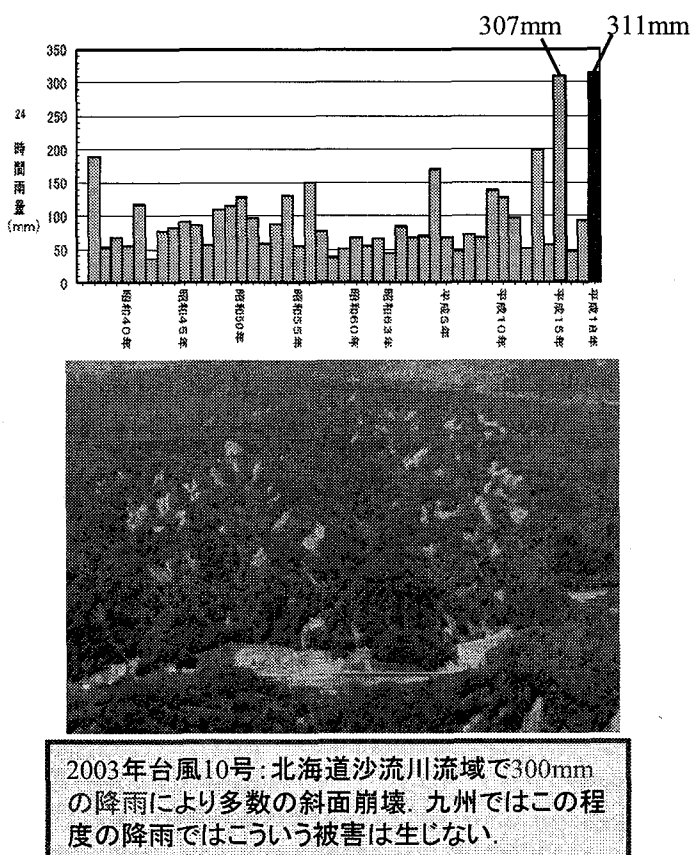


図-7 北海道沙流川流域

要となる。つまり、災害外力の増大に対し、防災力の向上が追いつかず両者の間に大きなギャップが生じ非平衡状態となる。

この非平衡状態の下では我々は想定外の災害に見舞われる可能性が高い。地球温暖化の議論をするとき、温暖化が進んだ後のことが話題になることが多い。例えば、将来東北地方でリンゴが獲れなくなり代わりにミカンが栽培され、リンゴは北海道で獲れるようになるなどである。確かに温暖化後の新たな平衡状態になったときはそういう議論も出来るであろうが、それまでには永い年月が必要であり、その移行の間の非平衡状態の怖さがほとんど認識されていない。

では、どういう災害が考えられるであろうか？ 文字通り想定外なのでなかなか予測し難いが、大洪水、大規模土砂災害、天然ダムの崩壊、既存のダムの事故、高潮、新幹線事故(図-8)、大熱波、台風の強大化による風災害・・・。

今後我が国は、少子化・高齢化により国力・経済力は低下する。限られた事業費のもとで、大規模災害だけは何とか防ぎ、安全・安心を一定レベルに保つために、我々土木技術者の努力と知恵が求められている。

4. 大規模災害だけは絶対に防がねば！

4.1 ではどうしたら良いのか？

天然ダムや既存のダムの崩壊等による大災害は絶対に避けねばならないが、2005年の台風14号の大量降雨に引き続き、2006年の梅雨前線の活動により鹿児島県川内川流域では6日間で1200mm以上の降雨を記録するなど、近年では1000mm以上の降雨も稀ではない。それに伴って今後発生が危惧される大災害に対して、我々はどういう対策を取り得るであろうか？

4.2 天然ダム崩壊等のダム災害への対策

4.2.1 天然ダムの崩壊対策

想定外の異常降雨時に山腹崩壊等による河道閉塞で天然ダムが作られる可能性が考えられる峡谷部に、一定間隔で(大水深まで測定可能な)大容量水位計を設置し、そのデータを電波で飛ばして河川事務所等でリアルタイムで取得・管理する。通常洪水時はほぼ一様に水位が上昇するが、崩壊土砂により河道閉塞が起こると、天然ダムの上流側では水位が急上昇し、下流では急降下するので、夜間などで目撃者がいなくても異常が容易に発見できる(図-9参照)。

天然ダムの崩壊までは少なくとも2~3時間の余裕があると思われるので、緊急避難警報を発して、とにかく下流住民を緊急避難させる。この対策はそれほど大きなコストを要しない。

4.2.2 治水専用穴あきダムの推奨

近年、治水専用穴あきダムの機能が見直され、各地で計画されて、既にいくつか施工されるようになってきた。従来より農地防災ダムとしては例があったが、本格的な治水専用ダムとして注目されてきたのは最近になってからである。治水専用穴あきダムは以下の特徴(図-10参照)を有する。



図-8 新幹線事故(2006年7月7日、朝日新聞)

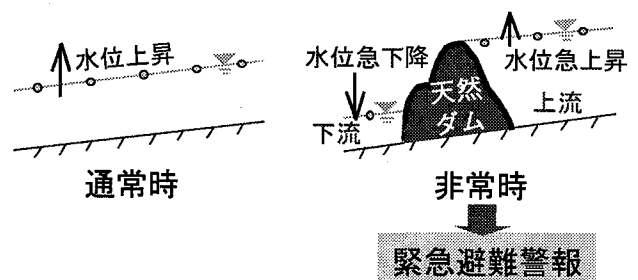


図-9 天然ダムの崩壊対策(水位計の設置)

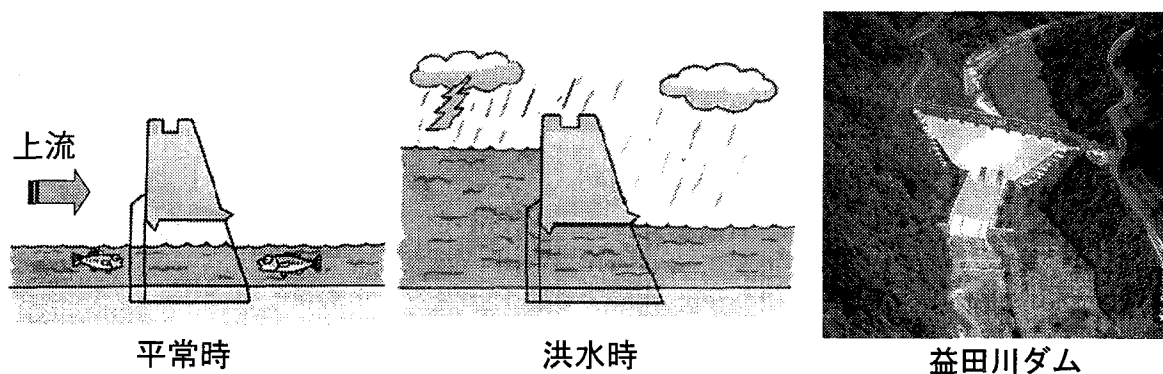


図-10 天然ダム・既存ダムの崩壊対策（穴あきダムの建設⁷⁾）

- a) 河床とほぼ同じ高さに設置された穴を通して水は常時流れるため、通常は水は貯まらない。従って土砂や魚類も通過する。通常はダムがないのと同じ状態なので環境への負荷が少ない。
 - b) 安全のための治水専用ダムなので住民の合意が得られ易い。
- 著者らは更に以下の理由から比較的下流部に治水専用穴あきダムの積極的建設を提案する。
- c) 洪水自然調節方式のダムなので管理の必要がなく、人為的なダム操作が入らない。人為的ダム操作が「ダムが洪水の原因」という誤解を下流住民に与える原因となっており、この誤解を回避できる。
 - d) 天然ダムや上流の既存ダムが万が一崩壊した場合、また大量の降雨や地震などで大量の土砂がダム湖内に崩落してダムサイトを越水した場合などに生じる段波を、下流にある穴あきダムが一旦受け止めて、下流側の被害を軽減してくれる。
 - e) 人口減少・高齢化による将来の国力の低下、ならびに地球温暖化の進行による農業用水・飲料水の不足など将来水資源問題が深刻化したとき、住民の合意のもとで、治水専用穴あきダムを低コスト・短期間で容易に貯水ダムに転換できる。⇒水資源の問題解決に大きく貢献

4.3 ダム操作の見直しについて

2006年7月の梅雨前線による南九州の集中豪雨は鹿児島県川内川流域に大きな被害をもたらしたが、中流域に位置する鶴田ダムにも大量の洪水が押し寄せたため、但し書き操作（最近では、“計画規模を越える洪水時の操作”と呼ばれることもあるが、ここでは従来の表現を用いた）に移行し、計画放水量 $2400\text{m}^3/\text{s}$ のところ最大放水量 $3572\text{m}^3/\text{s}$ を流さざるを得ない状況に追い込まれた。ダムの治水容量が元々有限であるため、想定以上の降雨に対してはダムの洪水調節能力に限界が出てくるのは仕方のないことであるが、近年の災害外力の増加により、今後全国のダムで但し書き操作に移行せざるを得ない状況が増えてくることが予想される。このような状況のもと鶴田ダムでは下流域住民の強い要望により、ダム操作手法の見直しのための検討委員会が設置され、5回の委員会の開催と3回の技術検討WGの作業を経て鶴田ダムのダム操作の見直しが決定され、2007年の洪

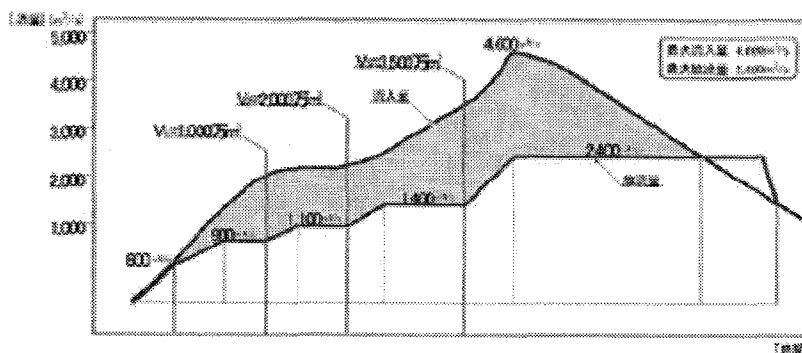


図-11 鶴田ダムの計画降雨に対する洪水調節

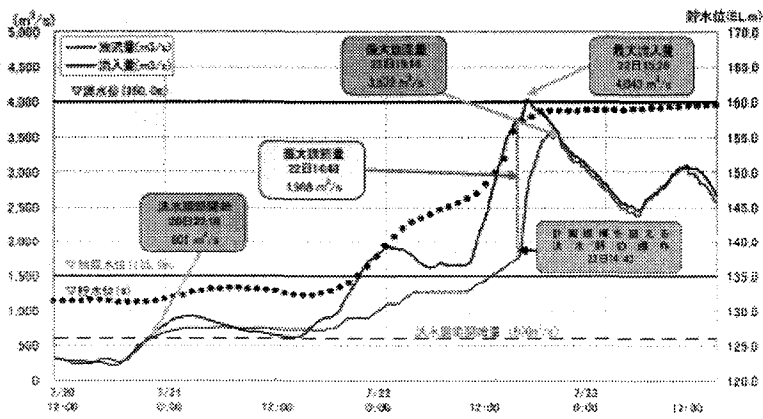


図-12 平成 18 年 7 月の洪水調節

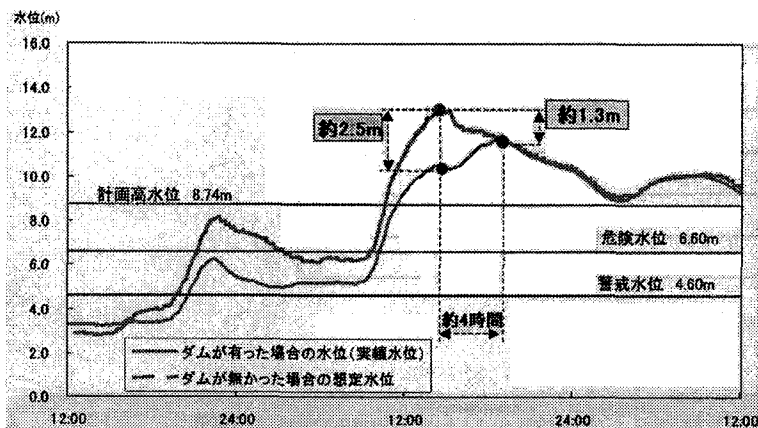


図-13 鶴田ダムの洪水調節効果（宮之城地点の水位状況）

水期から実行に移されることとなった。

4.3.1 鶴田ダムの洪水調節

鶴田ダムは計画洪水に対しては図-11 のように洪水調節が実施される。2006 年 7 月洪水に対しては、図-12 のように洪水調節を実施し、22 日午後 2 時 40 分に但し書き操作へと移行した。またその際の洪水調節効果を図-13 に示す。洪水調節効果により、下流宮之城地点の水位を約 1.3m 低下させ、水位が最高となる時間を 4 時間程度遅らせることができたとしている。

4.3.2 鶴田ダムの洪水調節手法に対する指摘

今回の鶴田ダムの洪水調節に対し、専門家や地域住民から以下の点が指摘された。

(1) 下流に被害が出始めるとされる $600\text{m}^3/\text{s}$ の流入量で操作を開始してダムへの貯水を始めるが、早過ぎるのではないかと。そのため後で大きな洪水が来たときにダムの貯水容量がもうあまり残っていないという結果になる。

(2) 今回の操作では、洪水時には常にダムからの放流量はダムへの流入量と同じかもしくは下回っており、ダムが洪水被害を助長したということは全くないが、但し書き操作に移行した直後の放流量の増加の勾配がダムへの流入量の増加の勾配よりも大きくなっている。これによりダム下流域の水位の上昇速度がダムがない場合よりも早くなったため、被害を受けた下流住民に一層の恐怖心とダムに対する誤解・不信を生じさせる結果となった。

(3) (1) の指摘に対しては、限られたダムの治水容量を頻度の高い中小洪水制御に用いるか、それとも中小洪水により生じる被害には目をつむって、大洪水に対して備えるかでダムの貯留開始の流入量が異なってくる。しかしながら一方のみに特化するのは難しい。前者に特化すると、大洪水のときには治水容量を既に使い切ってしまうとダムはほとんど機能しない可能性があり、一方後者に特化すると場合によってはダムは空っぽなのに中小洪水すら防げないということにもなりかねない。現在の降雨予測の精度では、今後の洪水予測から臨機

応変に両者を使い分けるということも不可能である。

(4) 現在はダム貯水容量の8割が貯まった時点で気象情報により今後の流入量を予測しながら但し書き操作に移行するが、想定以上の大洪水が来た場合残りの2割では吸収できず流入量のピークの到来以前にダムが満杯になるとピークカットが全く不可能となる。またその場合は、ピークカットが全くできないだけでなく放流量の不連続的な増加につながるため、ダムにとっては極めて厳しい状況となる。これを避けるためにも但し書き操作に移行する時点を早める必要があると思われる。

4.3.3 検討とその結果

多くの時間をかけて技術的な可能性を追求した結果、以下のことが有効と判断され決定されて実行されることとなった。

(1) 予備放流基準の見直し

これまでは制限水位が標高131.4mまでで、特に図-14の基準を満たした場合のみ水位130mまで下げることができたが、この基準のハードルが高過ぎて、2006年7月の豪雨さえも該当しなかった。したがって、図-14の見直し欄のように基準を緩め予備放流がし易くなるように改訂した。また更に利水者(発電利水のJパワー)の了解を得て130m以下まで下げられることとなった。但し、排水ゲートの位置の関係で水位が低下すると排水能力が極端に低下するため、現状では水位の大幅な低下は困難となっている。

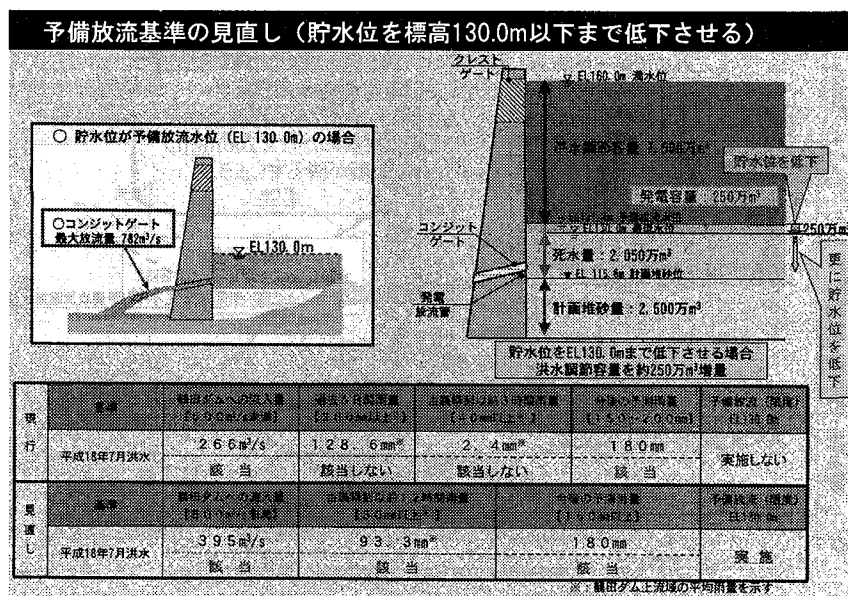


図-14 予備放流基準の見直し

(2) ただし書き操作時の操作方法の見直し

1) ただし書き操作開始水位の見直し

超過洪水に対し、余裕を持たせるため、またただし書き操作移行後の放流水の急激な増加を抑えるため、従来の8割容量水位から7割容量水位に変更する(図-15)。ただし、7割容量水位に至ったら自動的にただし書き操作に移行する訳ではなく、今後の降雨予測等を参考にしながら慎重に判断する。

2) ただし書き操作開始後の操作手法の見直し

従来は図-16の左図のようにただし書き操作移行後は貯水位と放流量の関係は固定的でサーチャージ水位で計画放流量が目標放流量となるように設定し、2次曲線を当てはめて操作していた。しかし、このような固定的な操作手法では時々刻々に変化する流入量に対し貯水容量を最大限に有効に活用するという訳にはいかず、ダムに余裕があっても必要以上に過大に放流するなどの事態が起こり得ることとなる。

そこで図-16の右図のようにダムへの流入量がピークを過ぎたら一時間毎に放流量曲線の見直しを行うこととする。すなわち、その時点の流入量が最悪の場合でそのまま継続すると仮定して、サーチャージ水位においてその時点の流入量を目標流入量に設定して2次曲線を作り、その時点から新たな放流曲線に沿って放流量を

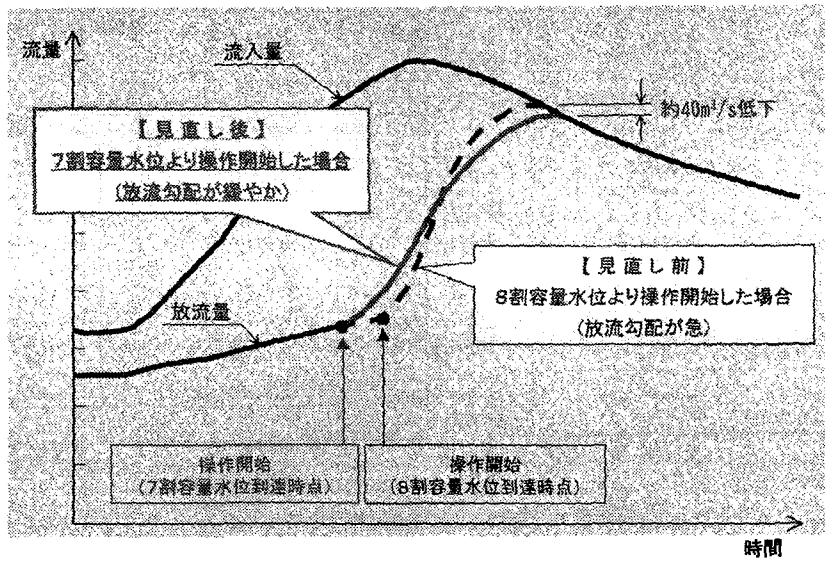


図-15 操作開始水位の見直し

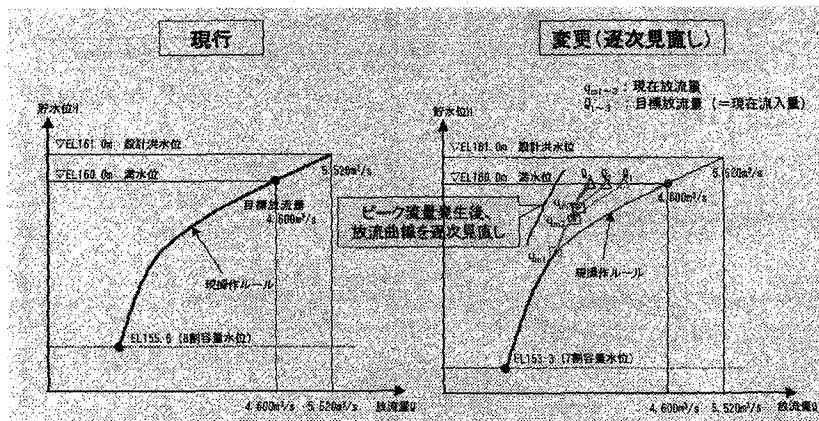


図-16 貯水位と放流量の曲線

- ① 最大放流量 (H18.7洪水) : 約170m³/s低下 (7割容量水位とした効果も含む)
- ② 放流量勾配 : ダム放流量の増加勾配を緩やかにする

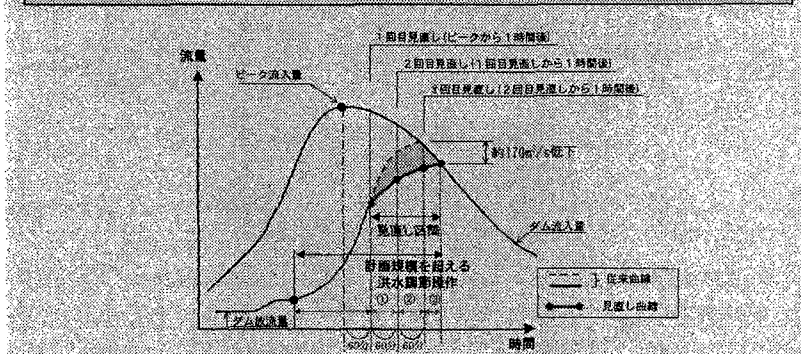


図-17 放流曲線の見直しの概念図

決定する。この操作を一時間毎に見直して順次新しい放流量曲線に従って放流量を決定していく。その結果、ただし書き操作に移行した後もダムへの流入量に応じて放流量の決定が柔軟に対応できるため（図-17）、残りの貯水容量をフル活用することによって可能な限り放流量を抑えることが可能となってくる。

4.3.4 ダム操作見直しのまとめ

鶴田ダム洪水調節検討委員会ならびに技術検討WGの検討の結果、以下の結論が得られた。

（１）計画規模を超える大規模洪水が予想される場合は、新たな基準に基づいて予備放流により貯水位を131.4mから下げ、場合によっては130m以下まで低下させる。

（２）計画規模を超える洪水に対するただし書き操作においては、開始容量水位を7割とし、ダムへの流入量がピークを打った後は一時間毎に目標放流量の見直しを行い、新たな放流量～容量水位曲線を設定する。

これらの改善によりダム操作の柔軟性が増加し、2006年7月洪水に対して最大放流量を約210m³/s低下させ、また放流量の上昇時の勾配も現行操作より緩やかにすることが可能となった。なお、この新たな設定によりダム操作の開始流量はそのままで中小洪水に対しても機能させ、また想定以上の大洪水に対してもダムの洪水調節機能を最大限に発揮できることが期待できる。この新たな操作手法は2007年6月の出水期から実行に移されている。このような形でダムの洪水調節手法が見直されるのは全国でも初めてと思われる。

5. むすび

近年の九州における洪水災害は場所によっては3日間で1900mmを超える累加雨量の地点が見られるなど、基本的には想定外の大量の降雨がもたらしたものである。また近年の降雨の特徴としては、小流域に集中して大きな降水を記録することが挙げられる。即ち、近年は従来よりも災害外力が増加してきていることが実感として捉えられるようになってきた。これまでは従来の（今よりやや少ない）災害外力に応じて、永い年月をかけて山などの自然物も防災構造物もそれなりのレベルに出来上がっていたので、いわば平衡状態に近い状況にあったと言えよう（勿論、時には防災力や平衡状態をある程度越える瞬間的な災害外力により被害も生じていた）。しかしながら、近年は災害外力が更に大きくなりつつあるため、自然物も構造物もその災害外力に全く追従しておらず、言わば免疫のない非平衡状態になっている。このような状況下では、どんな想定外の災害が生じるか皆目分らない。従って、防災力が災害外力の増大に追いつきそして追い越さない限り、災害を完全に無くすことは最終的には不可能と認識した上での新たな“防災の概念”の構築が迫られている。想定外力を超えた場合の災害をある程度イメージし、それに対して通用するソフト対策も含めた減災策を講じていくこと、ならびに地球温暖化に伴う異常気象そのものの進行の阻止に向けて最大限の努力をしていくことが我々に残された道であると思われる。これからは「防災は教育と感性である」といえよう。

近年の九州における洪水災害から得られた貴重な知見と教訓から以下の提言を行いたい。

1) ダムは流木および塵芥の捕捉に極めて有効であり（2003年北海道水害での二風谷ダムの例・・・）、市民が数多く生活する下流域での橋梁閉塞等による洪水被害を防止もしくは軽減できる。したがって、ダムの流木捕捉機能を最大限に活用すべきである。

2) 古い利水ダム等の中には設計洪水量の小さなものも見受けられる。近年の強い降雨に耐えられないので、ダム決壊などの大災害を避けるためにも早急な対応策が必要である。

3) 2005年の耳川流域では大規模な斜面崩壊により天然ダムが形成されるという事態が発生した。このような斜面崩壊、崖崩れは一步間違えば天然ダムの崩壊や既存のダムの決壊等にもつながりかねない為、洪水対策は流域全体の森林等の保全も念頭において計画されなければならない。すなわち、治山治水が一体となった総合的な防災事業を推進していくことが不可欠となっている。しかしそれでもなお降雨強度が増大すれば土砂災害は免れない。急峻な地形を持つ我が国の宿命とも言える。したがって、ダム崩壊等の大災害に備えるため、また地球温暖化の進行後の水資源問題に備えるためにも、山地下流部に治水専用穴あきダムの積極的な建設を推奨したい。

- 4) 河道閉塞（天然ダム）対策として、リスクが高いと思われる峡谷部に一定間隔で大容量水位計を設置し、リアルタイムでデータを取得して崩壊に備える。
- 5) 流木が橋梁に引っかかって河道を閉塞すると、本来十分流せる程度の洪水でも氾濫することになる。すなわちこれまでの河川計画そのものが成り立たなくなる。近年の災害外力の増加により流木も急増しており、早急な流木研究の進展と流木対策の具体化が望まれる。

以上述べてきたように、近年の災害外力の上昇はもはや否定できない段階にきており、特に九州では1000mmの豪雨と闘わざるを得ない状況が生まれている。災害は一瞬の外力によって引き起こされるため、免疫のない状態で想定以上の災害外力に襲われることも十分考慮して備えておくことが必要である。今後地球温暖化が進行すると、現在の、そしてこれからの九州の状況が北上して全国に波及していくと思われる。本論で述べた提言の速やかな実行が必要である。

また2006年7月の川内川水害を踏まえ、鶴田ダムの洪水調節手法について具体的な見直しと改善が行われ、実行に移されることになった。これは全国的にも初めての例と思われる。検討委員会の構成員14名の内訳は学識経験者3名（土木2名、経済1名）、マスコミ関係1名、行政（国、県各1名）2名で、残り8名は地元の首長2名、住民代表6名であった。実に14名の内8名が地元代表である。もちろんこの検討委員会は多数決で事を決するような性質の委員会ではないが、地元代表が過半数を占めることにより、地元住民に安心感を与えることとなった。行政に対する当初の不信感から少しずつ行政と住民の間の信頼関係が築かれていったように思われる。今後は、地域住民の協力無しには治水行政は実施できないことから、本検討委員会のあり方は新しい時代を先取りしているのではないかと思われる。今後全国の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 九州電力㈱：耳川水系現地調査資料（9月20日～9月24日現地調査） 斜面関係、写真集、2005年10月6日。
- 2) NPO法人 砂防広報センター：平成17年9月 台風14号豪雨により各地で発生した土砂災害、2005年10月17日。
- 3) 井上公夫，森俊勇，伊藤達平，我部山佳：1892年に四国東部で発生した高磯山と保勢の天然ダムの決壊と災害，砂防学会誌，Vol.58，No.4，pp.3-12，2005。
- 4) 谷口義信，内田太郎，大村寛，落合博貴，海堀正博，久保田哲也，笹原克夫，地頭蘭隆，清水收，下川悦郎，寺田秀樹，寺本行芳，日浦啓全，吉田真也：2005年9月台風14号による土砂災害，砂防学会誌，Vol.58，No.4，pp.46-53，2005。
- 5) 里深好文，吉野弘祐，水山高久，小川紀一郎，内川龍男，森俊勇：天然ダムの決壊に伴う洪水流出の予測手法に関する研究，水工学論文集，第51巻，pp.901-906，2007。
- 6) 九州電力㈱：耳川水系ダム最大流入量及び最大放流量一覧，2006，私信。
- 7) <http://www.pref.shimane.jp/section/mizube/dam/masudagawa-dam.htm>