

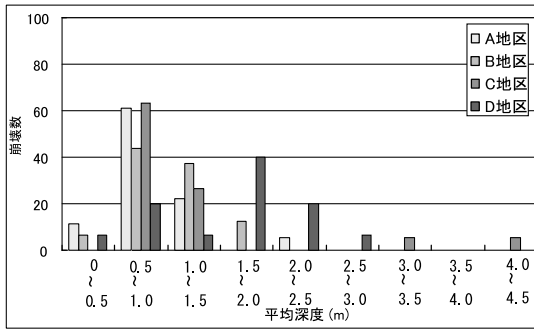


図28 崩壊の平均深度
(さぬき市大川町森行)

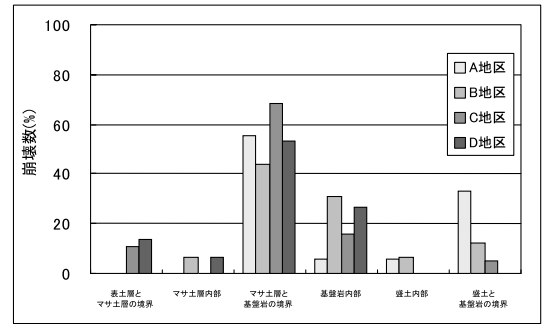


図29 崩壊の発生位置
(さぬき市大川町森行)

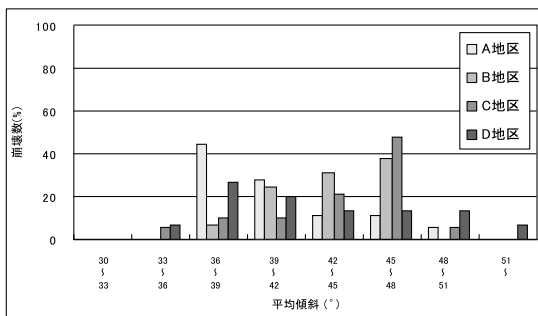


図30 斜面傾斜と崩壊の関係
(さぬき市大川町森行)

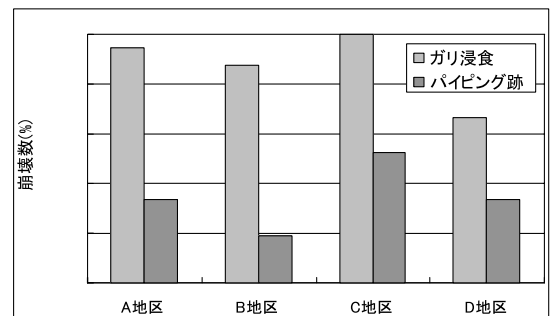


図31 崩壊斜面の出水状況
(さぬき市大川町森行)

6.4 被災要因

当地区の崩壊の大部分は、記録的な降雨が原因となり、地表水が集中する谷地形（谷頭部）において、表層のまさ土と岩盤の境界がすべり面となって発生している。香川県丘陵を構成する花崗岩類が風化して形成されたまさ土は、降雨によって表層崩壊が発生しやすい地盤である。崩壊は、植生状態にかかわらず発生しており、またある植生の斜面が一面に崩壊しているのではないので、植生が主たる要因ではない。しかし、皆伐に近い斜面や作業道などの切土・盛土箇所では、崩壊発生密度が高くなっている。したがって、森林管理の状態によっては、崩壊や土石流の発生しやすい地区がある。

7. さぬき市門入ダム上流の河道閉塞型大規模土石流

7.1 崩壊の概要

門入地区の土石流は、下流に大量の土砂を流出、堆積させた大規模なものであった。土石流の先端からおよそ1.8km上流には、梅檀川に天然ダムを形成した崩壊が存在する（図13、14）。崩壊の規模は、幅約40m、斜面長約50mであり、調査時に湧水やパイピング跡を確認できたことから、崩壊時は多量の出水が発生したものと考えられる。また、対岸には、崩壊土砂と推測される高さ20～30cmの土砂が河床から比高3mの所まで堆積している。

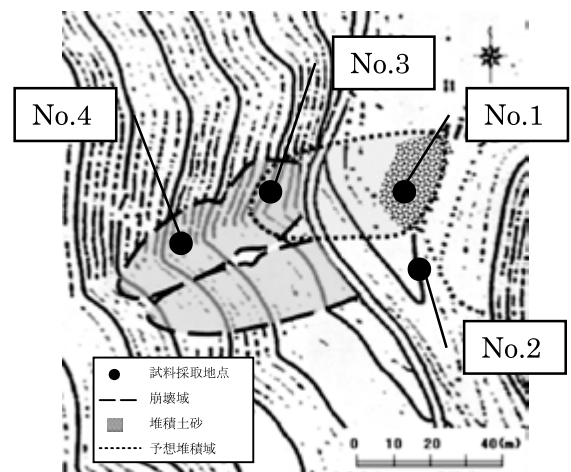


図32 崩壊位置図（さぬき市寒川町門入）

7.2 調査方法

当地域では、まず事前調査として、航空写真判読により土石流の分布を調べ、周辺住民への聞き込みを行い、土石流が降雨量のピークに対して時間遅れを伴っていることを確認した。また現地調査では、崩壊が本流を閉塞することにより天然ダムの形成に至る規模であったかについて、簡易測量と粒度試験によって土砂堆積域の調査を行った。崩壊に関しては、すべり面における土の強度および透水性評価のために、一面せん断試験と透水試験を実施して崩壊の形態を調べた。

7.3 調査結果

天然ダムの形成を検討するため、崩壊土砂の堆積域を調べる目的で、対岸の堆積土砂（No.1）と上流側の堆積土砂（No.2）、崩壊土砂（No.3）に対して粒度試験を行った。試験結果より、崩壊地の土砂と対岸の土砂における粒度分布がほぼ一致しており、No.2の試料は、崩壊地上流から流されてきた土砂と考えられる（図32）。従って、崩壊土砂が対岸にまで達していることが確認でき、天然ダムが形成された可能性が極めて高い。

また、崩壊特性の調査として、すべり面の物性値と透水性を評価するために、攪乱試料（No.4）による一面せん断試験と透水試験を行った。すべり面の強度定数は、 $\phi d = 40^\circ$ 、 $Cd = 37\text{kN/m}^2$ 、透水係数は、 $2.8 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ という結果を示した（図33）。すべり面の強度が大きく安定した地山で崩壊が発生していることから、豪雨による地下水位の急激な上昇に伴い、飽和状態となったまさ土層内部の土砂が浸透破壊したことによって崩壊に至ったと推測される。

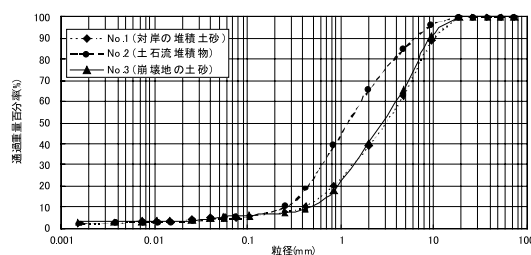


図32 崩壊土砂の粒度分布
(さぬき市寒川町門入)

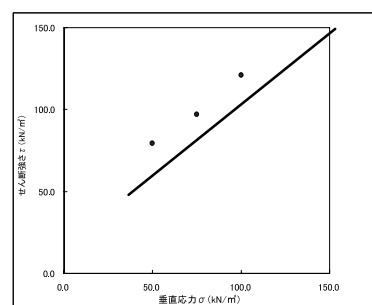


図33 一面せん断試験結果
(さぬき市大川町森行)

8. まとめと今後の課題

8.1 土石流の特徴

- (1) 全調査対象地の土石流は、山腹崩壊によるせき止め決壊型もあるが、大半の土石流は谷地形で発生した谷頭崩壊型の土石流である。
- (2) 豊浜町・大野原町で発生した斜面傾斜角は $35 \sim 45^\circ$ に集中している。また、さぬき市大川森行地区では、B、C地区のようなヒノキの人工林が植林されている斜面において、 45° をピークとして傾斜が大きくなるにつれ崩壊数も増加しているのに対し、伐採後間もない斜面であるA地区では 40° 未満の比較的緩斜面で崩壊が多く発生している。
- (3) 今回発生した崩壊は平均深度 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ の表層崩壊が多く、すべり面の大部分は基盤岩（豊浜・大野原：和泉層群砂岩優勢砂岩頁岩互層、さぬき市森行：花崗岩）と風化土（まさ土）との境界とほぼ一致している。
- (5) 崩壊地では、調査時において湧水やガリ浸食の形跡が確認できたことから、崩壊発生時には大量の出水があったと推察される。

8.2 土石流の発生要因

- (1) 土石流の発生源となった崩壊は地表水が集中する谷地形で多く発生している。また、豊浜町・大野原町の土石流は雨量強度が最大の時間帯に発生していることから、降雨による地下水位の上昇が土石流発生を引き金になったと推察される。
- (2) 豊浜・大野原町の崩壊した風化土および本流を閉塞した門入崩壊における土の強度は、 $Cd = 15.3\text{kN/m}^2$ 、 $\phi d = 31.6^\circ$ （豊浜・大野原）と $Cd = 37\text{kN/m}^2$ 、 $\phi d = 40^\circ$ （門入）となり、一般的な値を示している。これはある程度の雨量ではどの溪流からも土石流が発生する可能性があることを示している。
- (3) 豊浜・大野原町では、土石流は植生の違いに関係なく発生している。ただし、大野原町において果樹園の造成地で崩壊が集中しているのは、作業道の切土と盛土が発生源となっているためである。また、さぬき市森行では、皆伐跡の造林地で地表面が浸食されて崩壊に至るなど、植生が崩壊の分布密度および崩壊の発生しやすさと関係していると思われる。

8.3 台風災害の教訓と対策

香川県では、1976年の台風17号による豪雨災害以降これほど大きな自然災害に見舞われたことがない。台風災害への危機意識が希薄になっていたことも甚大な被害の一因と考えられる。今回の一連の台風災害によって得られた教訓をまとめる。

(1) 早期の復旧工事と応急災害対策工事

国民の生活と経済活動を守るため、迅速な対応によって、早期の復旧と被害の拡大防止が必要である。二次災害を防ぐためにも国による積極的な財政支援が望まれる。災害対策は、財政規模の小さい地方自治体ではなく、国が責任を持って行う事業である。

(2) ハザードマップの整備と活用

災害は多様で、複合的である。行政も住民も地域でどのような災害が発生するリスクがあるのか知って、行動する必要がある。「敵を知り、己を知る」のが、防災・減災への第一歩。ハザードマップによって、住居、勤務先、道路、避難所の災害リスクを認識することから、具体的な対策が始まる。

(3) 土砂災害危険箇所は氾濫範囲を表示

平成16年の台風によって発生した土石流の多くは、土石流危険溪流で発生した。しかし、砂防施設などのハード対策の多くは整備途中である。一方、土石流の襲来する可能性のある溪流の出口や土石流扇状地に多くの人家がある。土石流危険箇所に住む住民に対しては、土石流の危険性を表示した看板やパンフレットの配布が行われているものの、人命を保護するためには、今後土砂災害防止法の適用によって、土砂災害危険箇所における避難体制の確立や開発規制などによるソフト対策が進むことを期待する。

(4) ハード対策箇所の選定

谷の出口は土石流の来襲地なので、主要道路、重要施設や人家の密集地には砂防施設が必要である。避難できないような急な集中豪雨に対応するためにもハード対策の整備が望まれる。なお、土石流災害のハード対策の重点は、今回の被災箇所に集中しがちである。しかし今後検証の必要はあるものの、今回の台風によって土石流災害の集中した地域では、不安定な崩壊予備物質が除去され、土石流発生溪流における土石流発生危険度は低下しているところが多い可能性も考えられる。むしろ砂防施設の必要な溪流は、今回雨量が少なく、結果的に土石流が発生しなかった地域と考え

られる。

(5) 安全な避難場所と避難ルートの確保

ハード対策は、時間と金がかかるため、整備されるまでに次の災害が発生する可能性がある。このため、的確に避難できる体制の整備が急務である。これには、避難が必要な災害危険情報の高度化と伝達方法の改善が必要である。また、避難所も遠くの公共施設、被災の可能性のある公共施設ではなく、近くより安全な民間施設、民家も選択肢に加えるべきであろう。

(6) 的確な避難時間

多くの土砂災害は、大雨洪水警報の発令から2－3時間後に発生している。したがって、安全に避難するためには、大雨洪水警報発令時が避難勧告の発令時期と考えられる。ただし、場所によっては、大雨洪水警報発令前に土砂災害が発生する場合もあるので、避難勧告を待つのではなく、住民の自主的な判断が重要と思われる。

(7) 孤立しないために

斜面上方から道路への崩土は除去することによって早期に復旧することが可能である。しかし、早急に復旧することが困難な斜面上の盛土の崩壊は、長期間の通行止めとなる。したがって、孤立状態を、早期に回避するための幹線道路の盛土部の防災点検と補強が重要である。

謝辞：本調査にあたり、ご協力いただいた香川県土木部河川砂防課、森林環境部みどり整備課、大野原町役場、さぬき市役所、四航コンサルタントなど関係各位ならびに西野勝弘君、榊田淳史君を始め香川大学工学部安全システム建設工学科の院生、学生諸君に感謝申し上げます。

参考文献：

- 1) 香川県土木部河川砂防課：8月17日豪雨について（速報）、（H16.8.25）第2報、2004.

7. 平成16年の台風による緑化樹および森林の被害について

緑地班：増田 拓朗（工学部安全システム建設工学科）
守屋 均（工学部安全システム建設工学科）

1. はじめに

香川県では、平成16年夏から秋にかけて相次いで来襲した台風によって多くの災害が発生したが、緑地・緑化樹もまた被害を受けた。その全体像を把握することはできていないが、緑地班では、高潮による街路樹の被害および豪雨による森林土砂災害について調査を行い、被害の発生状況および発生原因についていくつかの知見を得ることができた。以下、その概略について報告する。

2. 高潮による街路樹の被害

台風16号による高潮で海水が冠水した地域では、多くの樹木が落葉あるいは枯死するなどの被害を受けた。海水の塩分濃度が高いために、根が水分を吸収することができず、生育障害（生理的乾燥・脱水症状）を起したことによるものである。緑地班では2004年10月に被害発生状況について調査を行った。本報では、図1に示す3ヶ所の調査結果について報告する。

2.1 街路樹の被害状況

海水が冠水した箇所では、多くの街路樹が落葉したり、葉が褐変したりする被害を受けた。一方、根元が冠水しなかった個体はまったく被害が発生しておらず、塩分は鉛直下方に移動して植物に影響を与えたことが推察される。また、冠水時間が長かった所ほど被害は大きいように思われるが、その被害の程度は樹種および個体の活力度によっても異なることが確認された。以下、調査地ごとに被害の状況をまとめる。

2.1.1 中央通り

中央通りはサンポート高松から兵庫町付近まで冠水しており、街路樹に被害が発生している。

まず、高木についてみると、中央分離帯に植栽されているクスノキは一部の個体に被害がみられるが、多くの個体にはとくに被害は出ていない。被害が出ているのはもともと生育不良であった個体であり、9月には全面的に落葉したが、10月に入って新葉を展開しており、枯死には至っていない（写真1参照）。ただし、移植直後の個体は枯死した（写真2参照）。移植直後は根を切断されて水分吸収能力が低下しているため、通常でも枯死する危険性が高いが、根系が十分に回復していない時期に海水に浸かり、大きなダメージを受けたものと考えられる。

歩道に植栽されているヨウコウザクラ、ハナミズキはほとんどすべて落葉しており、クスノキに比べると著しく被害が大きい。低木も同様であるが、樹種による耐塩性の違いが認められる。

低木についてみると、サツキ、オオムラサキなどのツツジ類、アベリア、ボックスウッドはかなり被害が大きかったが、ハマヒサカキ、シャリンバイはほとんど被害が見られなかった（写真3参照）。ハマヒサカキ、シャリンバイは海岸性の樹種であり、耐塩性が強いといえる。

玉藻公園前のサツキの植込み（地盤はわずかに傾斜している）では、根元の地表面が冠水した個体は全面的に葉が褐変したが、冠水を免れた個体はまったく被害が出なかった（写真4参照）。耐塩性の弱いサツキでも根元の地表面が冠水しなければ被害は出ないということである。

2.1.2 高松市役所～高松市立図書館にかけての街路

高松市役所から高松市立図書館にかけての街路はケヤキ並木になっているが、ここも海水の冠水状況に応じて街路樹の被害が発生した。高松市役所から高松高校付近はまったく冠水しておらず、街路樹の被害もまったくみられないが（写真5参照）、香川大学教育学部付近から高松市立図書館にかけてはかなり冠水しており、高木のケヤキも多くの個体が被害を受けており、低木のサツキ、アベリアは全面的な被害を受けている（写真6参照）。

ただし、ケヤキの被害木の多くが10月に入って新葉を展開しており、かなり回復が見込められると思われる。サツキ、アベリアも一部の個体で新葉の展開が見られるが、枝が完全に乾燥しきって枯死している個体もあり、どこまで回復するかは春の新葉の展開状況をみないと判断できない。

2.1.3 浜街道（福岡町・朝日町付近）

福岡町、朝日町一帯は海水の冠水が最も長時間にわたった地域であり、街路樹の被害も大きい。浜街道に植栽されているモミジバフウは、この地域ではほぼ全ての個体が落葉しているが、一部、新葉を展開している個体もみられた（写真7、8参照）。

低木では明らかな樹種特性がみられた。アベリアは壊滅状態であるが、ハマヒサカキはまったく被害を受けていない（写真9参照）。また、香川県自治会館前のサツキの植込みでは、一部分だけが緑葉を着けていた（写真10参照）。この理由はよくわからないが、ちょうどこの部分の上が傾斜した屋根の軒先にあたっており、雨水が集中して落下し、塩分を流し去った可能性も考えられる。

2.2 被害軽減のための対応策

海水の冠水にあった場合の被害を軽減するために、以下のような対策が考えられる。

①塩水が引いた後で、真水を灌水して塩分を洗い流すことが望ましい。

海水の冠水による被害は土壌溶液中の塩分濃度が上昇することによって引き起されるが、真水で速かに流し去ることができる。冠水後に十分な降雨があれば、真水で洗い流す必要がないかもしれない。EC（電気伝導度）を測定して対処するとよい。

②通気透水性のよい、根系発達に適した生育基盤を整備することが望ましい。

脱塩が速やかに進むためには土壌の透水性がよいことが望ましい。今回の被害状況をみると、同樹種・同樹齢の個体であっても活力度の高い個体の方が、生育不良木よりも抵抗力が大きいことが認められた。良好な生育基盤を整備して、日頃から健全な生育を図っておくことが望ましい。

③植込みの縁石を高くするなどして高植えすることも効果がある。

根元の土壌が冠水しなければ被害はない。植込みの縁石を高くすることも効果的である。

④頻繁に塩害を被る可能性の高い所では耐塩性の強い樹種を使うことも考慮する。

明らかに樹種によって耐塩性の違いがある。緑化樹の植栽目的は多様であり、樹種選定は耐塩性の強弱だけで行うべきではないが、頻繁に塩害を被る可能性の高い所では耐塩性の強い樹種を使うことを考慮することも必要である。

⑤被害木の処理は回復の可能性を考慮して行うとよい。

葉が褐変し、落葉したからといって、直ぐに伐倒処分する必要はない。後から新葉を展開してくる個体もある。明らかに枯死した枝は切除することが望ましいが、生きている枝があれば翌春の新葉の展開まで待つとよい。枝に弾力があり、枝の切口が水分を含んでいれば生きており、新葉を展開して回復する可能性がある。

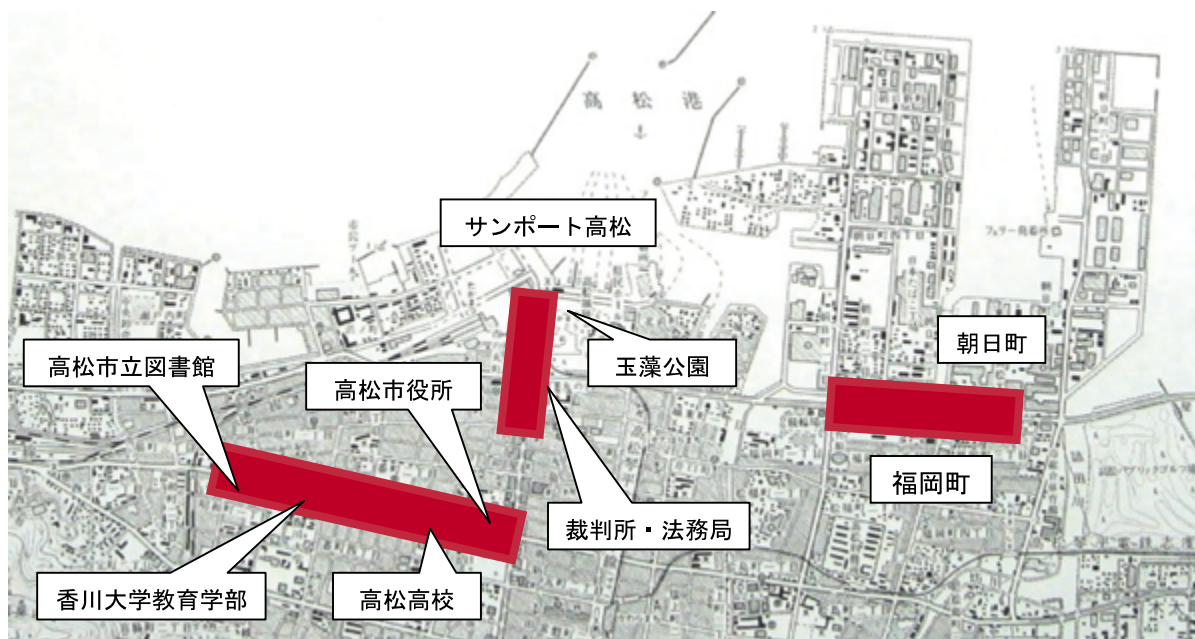


図1 高潮冠水による街路樹被害調査箇所（赤線枠内）



写真1 中央通りJR高松駅前付近のクスノキ
クスノキは耐塩性が強いが、もともと生育不良であった個体は落葉した。枯死までは至っていない。



写真2 中央通り裁判所前のクスノキ
移植直後の個体（右）は枯死したが、3年前に移植された個体（左）は被害を受けていない。



写真3 法務局前の低木の植込み
ハマヒサカキ、シャリンバイは被害を受けていないが、オオムラサキは葉が褐変している。



写真4 玉藻公園前のサツキの植込み
どこまで塩水が冠水したかが明らかにわかる。根元の地表面が冠水しなければ被害はない。



写真5 高松高校北側の街路樹

ここは海水が冠水しておらず、高木のケヤキも低木のサツキ、アベリアもまったく被害を受けていない。



写真6 高松市立図書館前の街路樹

高木のケヤキも低木のサツキ、アベリアもすべて被害が発生した。ケヤキは10月には新葉を展開した。



写真7 浜街道のモミジバフウ（朝日町）

朝日町、福岡町付近は海水の冠水が最も酷かった地域であり、街路樹の被害も著しい。



写真8 浜街道のモミジバフウ、新葉展開

完全に落葉したモミジバフウであるが、一部の個体は10月には新葉を展開した。



写真9 浜街道の低木（朝日町）

上の写真7と同じ場所の低木植樹帯。アベリアはほぼ全滅状態であるが、ハマヒサカキは被害なし。



写真10 香川県自治会館前のサツキ植込み

中央部だけ緑葉が残る。ここは上の軒先から雨水が集中して落下し、塩分を流し去った可能性が高い。

3. 森林植生と土砂災害

3.1 土砂災害発生状況

土砂災害班の報告にもあるように、台風15号によって大野原町、豊浜町を中心にした県西部で大規模な土石流災害が発生した。また、台風23号では東かがわ市、さぬき市を中心にした県東部で同様に大規模な土砂災害が発生した。緑地班では、さぬき市および豊浜町において、土砂災害発生状況と森林植生の関係について調査を行った。以下、調査結果の概略を記す。

3.1.1 さぬき市における土砂災害発生状況

写真11にさぬき市田面付近の空中写真を示した。土壤浸食、土砂崩れが頻発している箇所もあれば、ほとんど発生していない箇所もある。

土壤浸食、土砂崩れが頻発している箇所は、多くが写真12に示すように、森林が皆伐された後、ヒノキの植林が行われたが、生育不良で樹木の密度の低い斜面である。高木層、中木層による降雨の遮断がなく、地表面が直接、雨滴の衝撃を受けること、伐採及び植林作業によって地表面が荒れていることなど、土壤浸食を起しやすい条件になっていることが指摘される。

一方、生育良好なヒノキ林では、写真13に示すように、外部からは土壤浸食、土砂崩れの跡はほとんど確認できない。これらの生育良好なヒノキ林は間伐等の管理が行われており、写真14に示すように林床は植生で覆われており、傾斜角40°～45°という急斜面でも土壤浸食は発生していない。

ただし、これらの林内でも、谷筋では土壤浸食、土石流の発生がみられた。しかし、あれだけの豪雨に見舞われたことを考えると、谷筋に雨水が集中し、土砂流出が発生することは自然現象といった方がよいと考えられる。これは豊浜町でも同様であった。

ヒノキ不成績造林地に次いで土壤浸食および土砂崩れの発生が目立つのは、林道や作業道の肩部である（写真15参照）。斜面を横断して林道や作業道をつける場合、切り取った土砂の搬出をできる限り抑制するために現地で処理する片切・片盛（切土・捨土）、すなわち「山側から切り取った土砂を谷側に捨てる」ということが過去にはよく行われた。これは土砂災害につながるということで、現在では単に捨土するのではなくて、しっかり土留め措置を講じることが求められているのであるが、実行されていないケースも多い。これらの捨土が土砂崩れの発生源になっている可能性が高い。

また、急勾配のり面で土壤浸食、土砂崩れが頻発している。とくに、ヘアピンカーブの両側面で土砂崩れを起している箇所が多い（写真16参照）。急勾配であり、土壤浸食を受けやすいこと、背後の森林からの雨水の地表流が尾根で振り分けられてのり面に集中することが原因と思われる。

3.1.2 豊浜町における土砂災害発生状況

豊浜町の森林における土砂浸食、土砂崩れの発生状況もさぬき市とほぼ同様であり、写真17に示すように、被害の頻発している箇所とほとんど発生していない箇所がある。さぬき市の項でも述べたように谷筋の土砂流出は自然現象といった方がよい（写真18参照）。

ただし、管理放棄されたヒノキ林では、モヤシのように細って密生したヒノキの倒木がみられ、また、林床植生もないため土壤浸食が発生している（写真19、20参照）。このような土壤浸食が谷筋の土石流をより大規模なものにしていることは否定できない。

さぬき市の森林のケースと同様、間伐等の管理が適切に行われているヒノキ林では、急勾配斜面であっても土壤浸食は発生していない（写真21、22参照）。

3.2 被害軽減のための対応策

森林における土砂災害を軽減・防止するために、以下のような対策を提言したい。

①皆伐を避け、複層林の形成を図ることが望ましい。

皆伐後の高木層、中木層のない林地で地表面の土壌浸食が多発している。高木層、中木層の樹冠による降雨の遮断がなく地表面が雨滴の衝撃を直接受けること、伐採によって地表面がかく乱されていることなど、土壌浸食が発生しやすい条件が重なっている。高木層、中木層、低木層、林床植生が揃った複層林を形成することが望ましい。

森林伐採を行う場合にも、なるべく皆伐を避けることが望ましい。やむを得ず皆伐を行う場合には、後の林床処理をしっかりと行うことが必要である。すなわち、地表面の植生被覆を早急に回復する措置をとること、地拵えをしっかりと行うなどして、雨滴の衝撃を緩和し、表面流の勢いを弱め、土壌浸食を防止する対策をとることが必要である。

②人工林においては、間伐等の管理をしっかりと行うことが望ましい。

手入れの悪い人工林（間伐遅れ、林床植生なし。今回の調査地ではヒノキ林が多かった）では、土壌浸食、倒木、土砂崩れが頻発している。一方、間伐等の手入れの行き届いた人工林ではそのような被害はほとんど発生していない。高木層・中木層の樹冠による降雨の遮断、林床植生による地表面被覆、森林土壌のもつ良好な透水性・保水性といった要因が土壌浸食を防ぎ、地表流の発生を抑制している。

なお、これらの森林でも谷筋では土砂が挟り取られて土石流が発生しているが、短時間の間に数百ミリという豪雨があったことを考えれば自然現象といえる。これに山腹斜面からの土壌浸食、土砂崩れが重なると大規模な土石流になる。山腹斜面からの土壌浸食、土砂崩れを防ぐことが重要である。

③地形改変、斜面勾配の急激な変化をできる限り避けることが望ましい。

道路工事、のり面造成を行う場合には、路肩・のり肩の土砂崩落を防ぐ措置をしっかりとることが必要である。林道や作業道の路肩部からの土砂崩落が多くみられた。また、急勾配のり面で土壌浸食、土砂崩れが多発している。とくに、ヘアピンカーブの両側面で土砂崩れを起している箇所が多い。急勾配であること、背後の森林からの雨水の地表流が振り分けられてのり面に集中することが原因である。のり面でも小段肩部からの土砂崩落が多い。切土・盛土部の土壌浸食防止措置および土留め措置、のり肩部のラウンディングなどをしっかりと行うことが必要である。

④裸地斜面の浸食防止措置も怠りなく行うことが必要である。

のり面、裸地斜面の速やかな植生回復を図ること、あるいは人工資材を用いた浸食防止措置をとることが求められる。

⑤氾濫原および河畔林の再評価が望まれる。

地球温暖化で異常気象が頻発することが予測されており、今後も昨秋並みの集中豪雨に見舞われる可能性は高い。その場合、河川の増水、土石流の発生は避けられない。これを自然現象で済ませるか、災害とするかは流域の土地利用と密接に関連している。香川の現状をみると、上流の渓谷の規模に比べて下流の河川数あるいは流路幅があまりにも狭い河川が多い。農地や人家、道路への被害を防ぐためには、砂防ダムの増設や河川堤防の嵩上げだけで対応できるとは思われない。土地利用のあり方を見直すべき時にきていると考える。氾濫原や河畔林のもつ意味を改めて考えてみる必要があると考える。

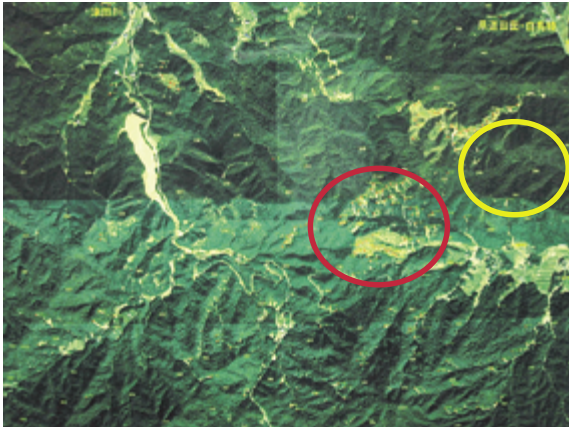


写真11 さぬき市田面付近の空中写真
山地のすべてで土砂崩れが発生したわけではなく、土砂崩れが頻発している所もあれば、ほとんど発生していない所もある。(写真：四航コンサルタント提供)



写真12 ヒノキの不成績造林地
土壌浸食、土砂崩れが頻発しているヒノキの不成績造林地。高木層、中木層による降雨の遮断がなく、地表が雨滴の衝撃を直接受ける(写真11の赤線区域)。



写真13 生育良好なヒノキ林
外見上、土壌浸食、土砂崩れがまったく見えない生育良好なヒノキ林(写真11の黄線区域)。



写真14 生育良好なヒノキ林の林内
間伐が行われており、林床も植生で被覆されている。これだけの急勾配でも、土壌浸食はまったくない。



写真15 作業道の路肩から土砂崩れ発生
作業道開設時に片切り・片盛り(切土・捨土)が行われるが、地形改変を行った箇所では土砂崩れの危険性がきわめて高くなる。土砂崩れ防止対策をしっかりとっておく必要がある(写真11の赤線区域内)。



写真16 のり面における土壌浸食
急勾配長大のり面も土壌浸食の危険性が高い。とくにヘアピンカーブでは多発している。のり面緑化およびのり肩部の浸食防止措置をしっかりとっておく必要がある(写真11の赤線区域内)。

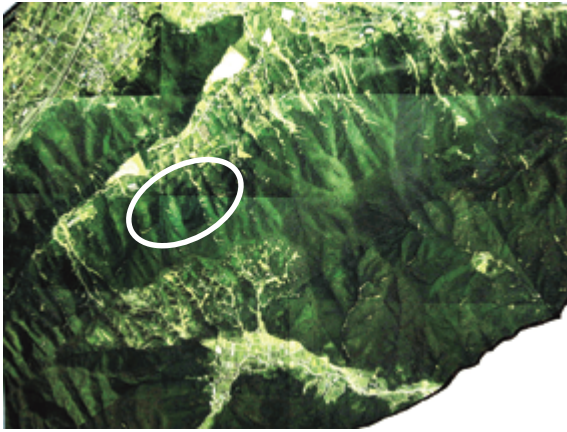


写真17 豊浜町、大野原町森林部の空中写真調査は白線内の森林で行った。山腹斜面の土壌浸食はほとんど発生していないが、谷筋で土石流が発生している。(写真：四航コンサルタント提供)



写真18 谷筋の土石流跡
短時間の間に200～300mmという豪雨があれば、谷筋で土石流が発生するのは自然現象である。



写真19 管理放棄ヒノキ林における倒木
間伐等の管理が行われず、やせ細ったヒノキが密生しているヒノキ林では、このようなヒノキの倒木や幹折れが発生している。



写真20 管理放棄ヒノキ林における土壌浸食
管理放棄されたヒノキ林では、写真19に示すように林床植生がなく、また倒木もあり、土壌浸食が発生している。



写真21 生育良好なヒノキ林の林内①
間伐、枝打ちなどの管理が行われているヒノキ林。低木及び林床林植生があり、土壌浸食はまったく発生していない。



写真22 生育良好なヒノキ林の林内②
間伐、枝打ちなどの管理が行われているヒノキ林。林床はシダで覆われている。写真21の箇所と同様、ここでも土壌浸食はまったく発生していない。

8. 平成16年台風第16号によるライフラインの被害と対策

ライフライン班：野田 茂（工学部安全システム建設工学科）

1. はじめに

この1年を振り返ると、香川県内では、平成16年台風第6号（6月21日）、平成16年7月25日の大雨、平成16年台風第10号（7月31日～8月2日）、平成16年台風第11号（8月4日～5日）、平成16年台風第15号（8月17日～18日）、平成16年8月23日の大雨、平成16年台風第16号（8月30日～31日）、平成16年台風第18号（9月7日）、平成16年台風第21号（9月29日～30日）、平成16年台風第23号（10月19日～10月21日）のように水害が多く発生した。

台風は毎年日本に来襲するため、国民はある程度のリスクを認容している。こうした中、平成16年台風第16号では高潮浸水被害を伴い、想像以上の自然外力に対する地域の脆弱性を露呈した。香川県では降雨量が少ない巨大災害の渇水被害をこれまで何回も受けてきたものの、暴風雨が強く複合的な災害の様相を呈す巨大災害の経験がなかった。防災観の低さと過信が今回の複合災害に結びついたといっても過言ではない。防災対策に当たってはその基本姿勢を明確にした上で、従前のような個別要素技術の開発志向、ハード面の対策重視を脱却することがより重要である。安全な技術文明の確立に向けた根本的な変革が求められる。

台風第16号は、8月30日朝、大型で強い勢力（30日9時30分、中心気圧950hpa、最大風速40m/s）で鹿児島県に上陸した後、ゆっくりとした速度で九州、中国地方を縦断し、30日夜に日本海に達して北東に進んだ。この台風により、香川県では初めて高潮浸水被害を受けた。そこで本章では、高潮浸水被害を与えた平成16年台風第16号を対象に、ライフラインの被害と対応を詳細に調べるとともに、防災・軽減対策を行う上で何をすべきか、災害対策に向けた提言を示す。

2. ライフラインの特徴

ライフラインは都市機能と都市生活を維持するために不可欠なシステム群であり、広義には、エネルギー供給施設（電力、都市ガス）、水供給施設（上水道、下水道）、情報通信施設（電話、コンピュータ通信）、交通施設（道路、鉄道）を含む社会基盤施設よりなる。

ライフラインの特徴は、1）広範囲にわたって線的・面的に構築されたネットワーク形状をしていること、2）多数・多種類の構造物が有機的につながって1つのシステムを形成していること、3）構造的・物理的な被害のみならず、機能的な被害が問題となってくること、4）ライフライン系はお互いに密接な関係を持っていること、5）一般住民の生活に直接的に深くかかわっていることにある。ライフラインは災害時に最も壊れやすいので、その影響は大きい。外力がライフライン施設全体に作用して同時発生した物理的被害が、面的な広がりを持つネットワークシステムの特性によって広域的な機能的被害へと発展し、さらに高次的被害へと波及・拡大して、多様な損害を都市にもたらす。

ライフラインの被害がクローズアップされたのは1971年サンフェルドナンド地震である。日本では1978年宮城県沖地震を契機として注目された。1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）はライフラインに壊滅的な被害を与え、都市の骨格・動脈・静脈・神経系の機能を破壊した。交通の大動脈である高速道路も崩壊した。ビルや家屋などの骨格が壊れれば、動脈・静脈・神経系も深い傷を負う。神経系である情報網や電力・ガス・水道といったライフラインの寸断・途絶も痛い。特に大都市であればあるほど、その影響は強く響く。

戦後最大の災害となった阪神・淡路大震災の教訓は、「安全にはお金がかかる」ということを知らしめたことである。都市に住むということはある程度のリスクを受容しなければならないが、社会やライフスタイルの質の変化に応じて、利便性、快適性、効率性、文化性など、安全よりも経済効率を重視した悪しき戦後思想の反映がそこにはあった。安全都市・住環境の建設に当たってはリスクを鍵とした社会的合意形成が必要である。

災害に強い都市づくりには、都市施設、橋梁など、構造施設のハード面における耐災技術強化のみを考えるのではなく、災害後の対応を円滑に進めるなど、ソフト面の技術も不可欠である。ライフラインの寸断に伴う都市・構造機能の強化に備え、写真1に示すように、ローカルなバックアップシステム、自立型システムの導入などを考慮しておく必要がある。ライフラインの耐災化における重要度も導入しなければならない。そのためには社会基盤施設整備を総合的に検討することが重要である。



写真1 ライフラインのバックアップ

ライフライン施設は相互に関連しているので、ある施設の機能停止は他のライフラインに影響する。例えば、停電は都市ガスの製造プラント機能停止・圧送機能停止などに、上水道の浄水場機能停止・配水ポンプ機能停止などに、下水道の処理プラント機能停止などに、電話の交換施設電源喪失・PBX電源喪失などに、交通の信号停止・管制システム機能停止などに結びつく。電力・ガス・上水道の供給不能、電話回線の不通・混乱は病院の診療機能を著しく低下させる。重要施設には非常用電源があるが、容量が充分ではなく、非常時にトラブルをよく起こす。

停電はその他の都市機能へも影響する。例えば、工場ではプラント停止、空調停止、照明喪失などの、オフィスでは空調停止、照明喪失、エレベーター停止、コンピュータ停止などの、サービス業では空調停止、照明喪失、冷蔵庫電源喪失などの、病院では医療機器（人工透析、ICU、未熟児対策施設）電源喪失などの、マンションでは照明、電気製品、エレベーター停止、高架水槽への揚水停

止などの影響を受ける。電力シフトが進む現代都市では、停電が全ての都市生活に影響を及ぼす。

一方、断水も都市機能に影響する。消防用水は消火活動において、飲料水、生活用水は家庭や事業所において、冷却水は空調機器、発電機、発動機、コンピュータなどに、工業用水は電子機器、薬品、食品・飲料、紙・パルプなどに、サービス用水はホテル、レストラン、クリーニング店、病院、老人ホームなどにおいて使用される。断水は全ての都市機能に波及する。その断水は停電によって生じる。

災害時には、まず、電力、交通と水の確保が必要である。

3. ライフライン被害と対応

道路交通施設の被災はそれ自体が多大な損失であると同時に人的被害に結びつく。また、交通システムの機能低下が災害直後における消防車、救急車、災害復旧車などの緊急活動を妨げ、二次被害を大きくするのみだけでなく、災害後長期にわたって日常生活ならびに産業活動に支配的な影響を及ぼす。このことは過去の災害事例からも明らかである。特に自動車交通への依存度が高い都市域においては、道路交通への円滑な機能を保持することが防災上の重要課題となる。平成16年台風第16号では、写真2に見られるように、道路が冠水してライフラインの復旧活動などに悪影響を与えた。



写真2 冠水した道路(福岡町一丁目, 8月31日10時41分)

3.1 電力の状況

平成16年台風第16号の来襲は、次に示すように、四国全域に影響を与えた。

- 1) 四国全域で停電が発生し、停電戸数は8月30日21時時点で最大約208千戸であった。高知・中村・宇和島支店を中心に、延べ約455千戸(停電率約21%)が停電した。被害が広範囲に及んだこと、樹木倒壊による通行止め、道路損壊による進入規制により、復旧作業は思うように進まず、最長で4日と8時間13分(高知県本川村、大川村)を要した。
- 2) 台風通過後の塩害により、高知県、愛媛県では、カットアウト破損などの配電線事故、引込線発火による不点が多数発生した。
- 3) 香川県高松市、愛媛県大洲市では、記録的な高潮などにより、床上・床下浸水が発生した。このため、高松支店管内では延べ約21.11千戸、松山支店大洲営業所では約1.4千戸の家屋の漏電調査が電工組、保安協会、関係会社などの協力を得て実施された。

香川県(高松支店管内)における停電状況とその対策は次の通りである。

- 1) 図1の高松支店管内では、図2に示すように8月30日14時頃から停電が発生した。停電戸数は8月31日0時時点で最大13,488戸、復電するまで延べ約28千戸（停電率約5.7%）であった。高松支店のある営業地域内では延べ約2千戸が停電した。なお、この停電戸数は供給支障に伴うもので、需要家側の事情に伴う停電状況を表すものではない。需要家設備の被害（例えば地下変圧器への浸水）に伴う停電を含めれば、停電戸数は実際にはもっと多いものと考えられる。

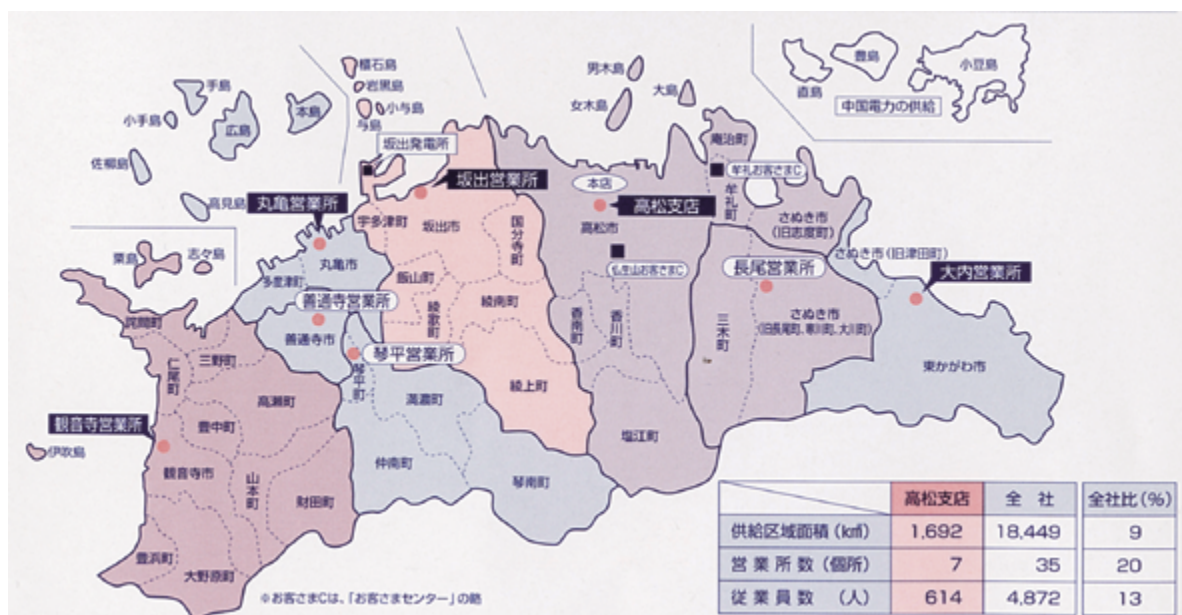


図1 高松支店管内における営業所単位の電力供給エリア

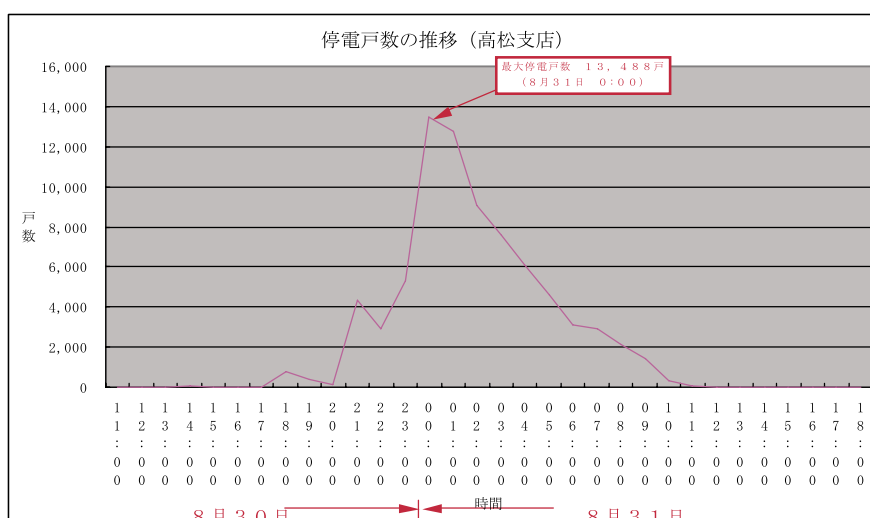


図2 高松支店管内における停電戸数の時系列変化

- 2) 高潮の影響により、沿岸地域において床上浸水が発生した。需要家の屋内配線の修理は、電気工事業者が有料で行うものであるが、今回は非常事態であったので、漏電による感電や火災を未然に防ぐことを目的に、四国電力において漏電調査が無料で実施された。
- 3) 9月1日から5日にかけて、高松支店ほか、香川県電気工事業工業組合高松支部などのボランティアも含めた延べ約200名が、高松市内で浸水被害を受けた約21.11千戸を訪問して漏電調査を実施した。具体的には、床上浸水被害、漏電ブレーカーの未設置などを目視で確認した上、漏電

の可能性がある需要家を中心に、絶縁抵抗測定器を使った漏電調査が実施された。

3.2 都市ガスの状況

四国ガス高松支店では、2箇所（朝日町、檀紙町）の工場から中圧・低圧幹線網によってガスを供給している。80箇所のガバナーのバルブは手動式である。地震計が3箇所（高松支店事務所ビルと工場）に設置されている。マイコンメータの設置率は99%を超える。都市ガス供給地域内の都市ガス使用率は7割、プロパンガス使用率は3割である。

平成16年台風第16号による被害状況とその対応をまとめれば、表1のようになる。

表1 四国ガス高松支店の被害状況とその対応

日時		状況	対応
8月30日	22:30	宿直者が市内道路の冠水を確認	職員全員に非常召集
	23:00	非常災害対策本部設置	社内設備巡視点検
	23:40	事務所停電に備え発電機始動	事務所排水作業
	23:55	事務所内浸水開始	
8月31日	0:30	電話交換機不通	非常用回線に切替
	3:30	OA電源停止	
	6:00		
	8:00	事務所内浸水解消	仮設電話にて代表回線復旧
	21:00	パソコン一部復旧 (OAオンラインは停止)	需要家への対応は支店バックアップ データにて実施
		需要家からの器具故障等受付	ガバナーほか社内設備巡視点検 受付用件処理対応
		大口需要家状況確認、浸水地区の非 マイコンメータ顧客点検	
		OAオンライン復旧、全パソコン復旧	
9月1日 ・ ・ ・ ・			ガバナー点検
			浸水地区の水取器点検
			故障修理対応
			浸水地区需要家訪問巡回（他支店か らの応援者による）
	9月8日	17:00	非常災害対策本部解散

今回の災害では、工場など都市ガスの供給設備に異常はなく、停電の影響もなかった。床上浸水に伴い、高松支店の事務所ビルでは電話交換機不通、床下配線のOA電源停止の事態に至った。需要家の据置式ガス設備、ビルの地下式ガス設備、ガスメータに浸水被害が生じたので、ガス器具故障などの用件受付が約530件あった。これに伴い、ガスの供給支障が16戸あったが、8月31日14時には全て復旧した。9月1日以降は浸水地区需要家器具の不具合への対応が主であった。

3.3 上水道の状況

水源から取水した水は、図3に示すように、取水所、導水管、浄水場（図の沈砂池、着水井、薬品混和池、フロック形成池、ろ過池、塩素注入、浄水池）、送水管、配水池、配水管、給水管によって市民に届けられる。マンションやビルなどでは受水槽、高架水槽が設置されている。

図4に高松市の給水エリアを示す。水道施設は、自己水源である3浄水場（御殿浄水場、浅野浄水場、川添浄水場）と香川県営広域水道から受水するための3配水池（岡本配水池、御厩配水池、植田配水池）ならびに17箇所の高地区給水所からなる。一部地域には川添浄水場、浅野浄水場、香川県営広域水道が混在した混合水が給水されている。女木島、男木島には海底送水管が敷設され、安定した水供給が図られている。浄水場・配水池、高地区給水所、16箇所のバルブ制御所、22箇所の圧力・流量監視所からなる配水コントロールシステムが稼動している。

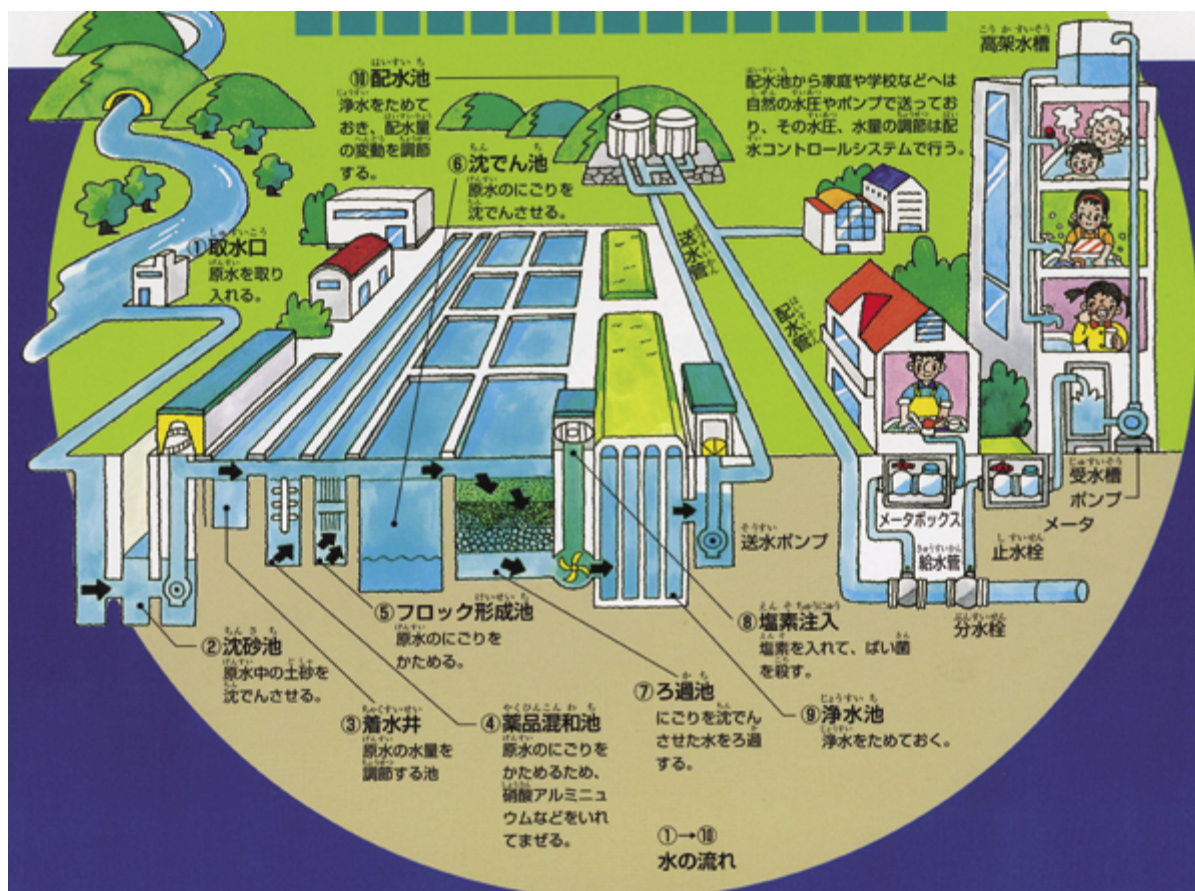


図3 水道システム



図4 高松市の給水エリア

水道システムの末端である需要家にはマンションやビルの住人を含む。これら施設には図3に示すように、給水管・分水栓から止水栓、メータ、受水槽、受水槽ポンプ、高架水槽を経て給水される。浸水被害を受け、需要家のこれら電力設備に被害が生じた結果、ライフラインの機能停止に至ることになったのが今回の災害の特徴である。

高松市水道局の対応を詳しく示すと、次のようになる。

1) 受水槽ポンプについて

- ・冠水によりマンションなどの受水槽ポンプが故障、コンセントがショートして停電に至り、揚水できずに断水になったケースが目立った。この原因は地下式ポンプが多かったことによる。
- ・高潮浸水地域の受水槽設置件数3,257のうち、通報のあった147件のポンプ（地下式ポンプが多い）が交換された（高潮浸水地域の受水槽設置件数3,257、受水槽容量17,719.6m³、平均容量の高い町名は朝日町1丁目、寿町2丁目、サンポート、玉藻町、朝日町5丁目、常磐町1丁目）。
- ・その間、給水車、ポリタンクによる応急給水が実施され、1週間で完了した。
- ・道路の冠水により給水車が近づけない場合には、排水完了後に給水された。

- ・臨時給水栓設置（応急給水の代替措置）のため、メータを取り外し、受水槽手前の直圧部に臨時給水栓を設置して仮給水も行われた（図5参照）。
- ・被災施設の水質検査が迅速かつ適切に実施された。

2) 女木・男木ポンプ所について

島内の受水施設が故障したが、応急修理が施された。ポリタンクによる応急給水、自衛隊による消毒用希釈水の給水作業が実施された。

先に述べたように、高潮による冠水に伴い、受水槽方式による給水装置は、電気・ポンプ計装の故障により断水した。特に地下に設置された受水槽は、受水槽内に塩水などが流入し、清掃しなければ使用できない状態になるなど、多くの被害を受けた。このため、次のような改善策を講じる必要があった。

- ・受水槽方式の給水装置には直圧部の使用可能な位置に応急給水栓を設置する（図5参照）。
- ・受水槽は地上に設置する。電気計装の設置高さは津波浸水ハザードマップなどを参考に決定する。
- ・地下に設置された既存受水槽については、給水装置を浸水しない地上式に改善する。

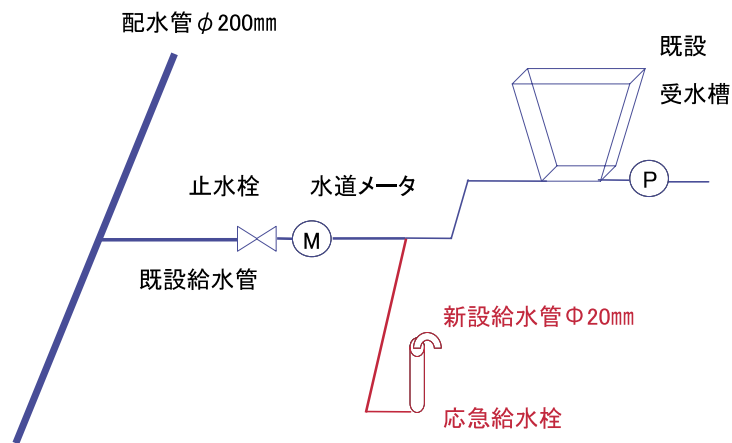


図5 応急給水栓設置工事例

3.4 下水道の状況

高松市では、市街化区域全域および市街化が予想される市街化調整区域について、下水道の全体計画区域を決定しており、東部処理区（全体計画区域3,348ha、認可事業計画区域3,241ha）と西部処理区（全体計画区域2,124ha、認可事業計画区域1,500ha）にわけて下水道が整備される。西部処理区は、香川県が事業主体となる香東川流域下水道の関連公共下水道として整備される。

ポンプ施設は28あり、このうち7施設は汚水ポンプ場である。雨水ポンプ場の位置を示すと、図6のようになる。他のライフラインと同様に、平成16年台風第16号によって設置基準を上回る潮位が下水道施設に被害をもたらした。

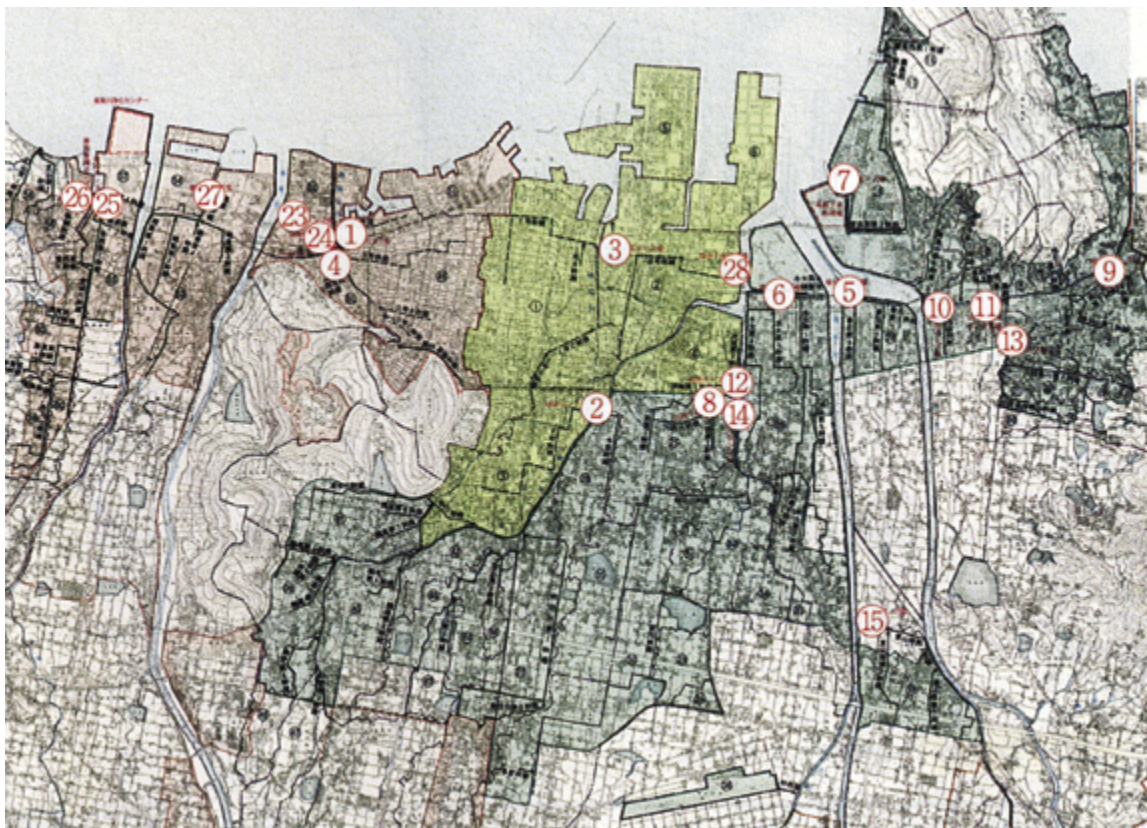


図6 雨水ポンプ場の位置

香西ポンプ場（図6の25番）では、写真3に示すように、約190cmの浸水位に達した。このため写真4の配電盤が冠水して通電できなくなり、3台のポンプが停止する事態となった。配電盤嵩上げ対策がとられた。



写真3 香西ポンプ場の浸水深



写真4 香西ポンプ場のポンプ操作盤

福岡ポンプ場（図6の28番）では、全ポンプを運転して排水を行ったが、排水能力を超えた多量の水が流入したため、排水が追いつかなくなり、場内が冠水して沈砂池周辺が約2m水没した（写真5、

写真6参照)。これにより、除塵機の電気が止まり、塵を掻き揚げるが出来なくなった。浸水が解除されるまで、ポンプをフル運転して排水に努めた。対応状況は下記の通りである。

- ・台風の接近により大雨洪水警報が発令されたので、雨水による浸水防除を図るため、降雨状況に応じたポンプの運転を開始した。
- ・8月30日午後10時頃高潮による海水などが道路に溢れ出したため、電気施設とポンプ施設の浸水対策を行った。
- ・この時点で、全ポンプ8台（排水能力 $540.8\text{m}^3/\text{分}$ ）を運転して排水を行ったが、排水能力を超えた多量の水が流入したため、排水が追いつかなくなり、場内が冠水して沈砂池周辺が約2m水没した。これにより、除塵機の電気が止まり、塵を掻き揚げるが出来なくなった。
- ・ポンプ施設の運転操作は確保できていたので、浸水が解除されるまでの間、ポンプ8台をフル運転して排水に努めた。
- ・早期浸水解消を図るため、国土交通省に応援要請を行い、8月31日午後1時頃から水中ポンプ（排水能力 $30\text{m}^3/\text{分}$ ）で排水を行った結果、同日午後9時半頃、周辺の道路冠水は解消した。



写真5 福岡ポンプ場の流入ゲート付近



写真6 福岡ポンプ場の沈砂搬出機・洗浄器付近

3.5 情報通信の状況

NTTでは、高松市の一部交換所が冠水により、8月30日23時40分から9月1日16時00分まで約300加入が電話を使えなかった。対策としては嵩上げの実施が挙げられる。NTTビルでは7箇所では停電が発生した。対策としては予備電源（発動発電機、バッテリー）の確保が挙げられる。今回の災害で輻輳は発生しなかった。なお、輻輳が発生した場合または恐れがある場合には、災害用伝言ダイヤル（171）の運用が検討される。

携帯電話の停波状況は表2の通りである。携帯電話基地局6局では通信ケーブル断、停電後バッテリー放電により障害が生じた。通信ケーブル張替えと停電復旧によって対応された。PHS基地局20局では通信ケーブル断によって、CATV2箇所では停電と分配線断によって停波した。予備電源の確保が重要なことを示している。他に、暴風によってCATVの電柱が1箇所では倒壊したが、ケーブルは新電柱へ乗せ換えられた。なお、香川県の契約数と人口普及率（平成16年9月21日総務省四国総合通信局発表）は携帯電話で629,500（61.7%）、PHSで42,400（4.2%）である。

表2 香川県における情報通信施設の停波状況

情報通信施設	障害数	障害原因	障害の発生と復旧時刻 (障害時間)	対応状況
携帯電話基地局	6局	通信ケーブル断	8月31日8時30分～31日13時36分 (10時間6分)	通信ケーブル 張替え
		停電後バッテリー 放電により断	8月30日22時18分～31日3時08分 (4時間50分)	停電復旧
		停電後バッテリー 放電により断	8月30日22時48分～31日8時06分 (9時間18分)	停電復旧
		停電後バッテリー 放電により断	8月31日0時14分～31日8時00分 (7時間46分)	停電復旧
		停電後バッテリー 放電により断	8月31日0時43分～31日11時54分 (11時間11分)	停電復旧
		停電後バッテリー 放電により断	8月31日1時33分～31日3時08分 (1時間35分)	停電復旧
P H S 基地局	20局	通信ケーブル断	8月30日18時00分～31日21時20分 (27時間20分)	通信ケーブル 張替え
C A T V	2箇所	停電	8月31日5時33分～31日10時32分 (4時間59分)	停電復旧
		分配線断	8月30日23時30分～31日7時00分 (7時間30分)	補修

4. 防災情報を活かすための提言

どのような被害がどこで起こっているのかを把握し、復旧過程においてどのような対策が進められ、どのような進捗状況にあるのかを知ることが大切であるが、今回の災害では、災害のリアルタイム把握・対応、情報の発信・伝達・受信・共有化が課題になったと言える。電力施設・情報通信施設が水没した結果、役割を十分に果たせなかった場合もある。命を守るためにはまずは構造物の耐災化が必要であるが、次にはライフラインが途絶えることを覚悟して生活を守るための事前の備えが求められる。

ライフラインのうち、情報通信システムにおける防災緊急情報に注目し、将来発生すると予測される災害の軽減に向け、特に以下の提言を行う。

提言1：図7に示すように、ネットワークの特性を利用した災害対応をとること。ループ化、多ルート化、ブロック化、バックアップの施策をより一層進め、信頼性を高めること。

提言2：事前・事後の緊急対応行動がとれるように、GIS（地理情報システム）を用いた対話型更新危機管理（リスクマネジメント、クライシスマネジメント）システムを構築すること。時々刻々変化する状況を地図上で視覚的にわかりやすく表示できるようにすること。

提言3：災害時には電力と交通の確保が特に重要であるが、まずは電力と水の確保を最優先すること、次に交通・通信の混乱を防ぐこと。停電・断水に伴う自家発電機・バッテリーが機能障害あるいは水没に至らないような対策を施すこと。

提言4：施設の日常的な維持管理がいざと言うときに役立つことを認識すること。

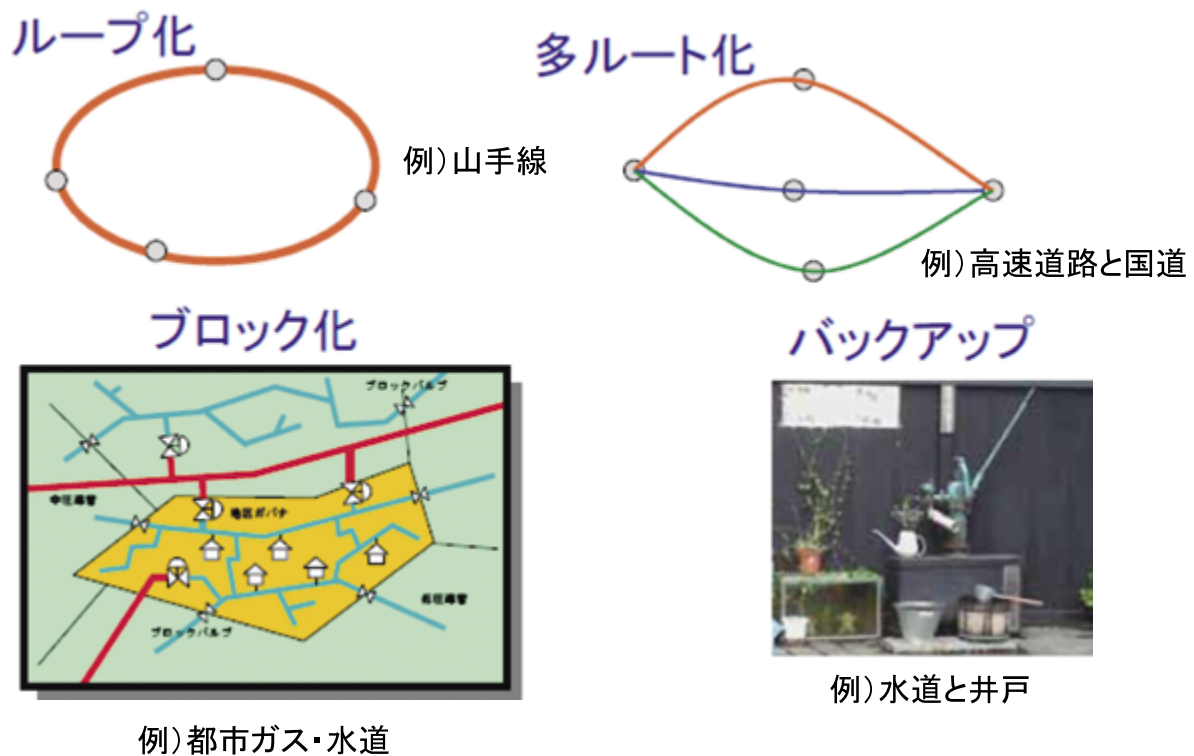


図7 ネットワークの特性を活かした災害対応

- 提言5：情報収集に当っては行政のみに依存するのではなく、防災機関、マスメディア、住民を始めとしたあらゆるセンサーを活用できるようなコミュニケーションチャンネルを整備して共有化を図ること。
- 提言6：防災問題は結局人間の問題であるという認識を持つこと。情報ネットワークがうまく作動したとしても、情報が迅速かつ確実に伝達・理解され、有効活用されなければ意味のないこと。
- 提言7：停電時にはラジオが有効であるが、放送（テレビ・ラジオ）だけでなく、インターネット・携帯電話など多様な通信手段を活用して情報を発信し、使いやすさに配慮すること。
- 提言8：住民判断のトリガーとするためには情報内容の分かりやすさ・利用のしやすさが求められること。情報は単なる数字を表すものではない。数字の意味が受信側に伝わって行動と知恵に結びつくようなインテリジェンスを情報に含んでいること。
- 提言9：情報の意味を住民に理解してもらうためには平常時からの取り組みが重要であること。生命に係る危険性を認識できるような情報の内容と伝達の工夫、平常時からの防災教育が必要であること。
- 提言10：地域の特性を踏まえつつ、情報伝達しやすい地域単位を選択すること。
- 提言11：地域のリーダーを介して、高齢者や障害者など災害弱者にも情報が確実に伝わるようにすること。
- 提言12：防災情報伝達・共有化システム構築のために協議機関を設けること。

5. おわりに

人口の増加、都市化の進展、経済活動の拡大、科学技術の発達などに伴い、事故、災害は多様化・多発化・深刻化の道をたどってきた。現代の社会と生活はあらゆる分野で危険な落とし穴を抱えてお

り、絶対安全などという保証はない。この落とし穴は平常時には水面下に隠れていて、そんな欠陥があるとは予想もされていない。しかし、一旦事故、災害が発生すると、落とし穴は表面化する。この落とし穴を事前に発見して埋めておくことの難しさは最近の災害でも明らかである。この落とし穴を見出す目を養うことが我々技術者に求められている。

よく「日本ほど安全な国はない」とか「安全はただで買える」といった話を聞く。しかし、最近の事故、災害のニュースに接すると、このような安全観が大きな節目を迎えているのではないかと考えられる。安全とは「人間の命・身体・財産・安寧というものが脅かされる危険が少ない」ことと定義できよう。しかし、安全の尺度は客観的なものではなく、安心の度合いと組み合わせられているものである。これまでの安全確保の努力は、主に技術面からだけ検討されてきた。数字で示された安全性がどんなに保障されていても、安心がなければ意味がない。そのためには、安全はどのようにしたら得られるのか、逆に言えば不安はどうしたら取り除かれるのかを真剣に考えることが必要である。

科学技術がいくら進んでも、被害をゼロにすることはできない。それはある意味で仕方のないことだが、人間は不完全な中でも最善の努力をすることが重要である。つまり、「被害は起こらない」などという安全神話にすがりつくことをやめ、「被害は起こる」ということを前提にした対策をとることである。何故ならば、エネルギー供給システム（電気、ガスなど）、水供給処理システム（上水道、下水道）、情報システム、交通ネットワーク（道路、鉄道網など）のようなライフラインの末端施設、一般道路の被害を完全になくすことは不可能だからである。ライフラインの構造系のどこかが破壊しても止むを得ないと言う設計哲学を持つことが肝要である。ただしこの場合には、被害状況を早期に把握し、緊急対応や迅速な復旧に結びつけるシステムを構築しておくことが重要となる。

高度経済成長に伴う都市化の期間において我が国の自然・社会環境は大きく変化した。その中で、技術者に問われているのは社会にどのように貢献できるのかという内容である。これまでは物を造るというハードな技術論が先行してきたが、今後はソフト技術がより一層重要になろう。ソフトとは、結局は知恵をどのように絞り、それをどのように形成していくかと言うことに他ならない。

平成16年台風第16号は、香川県民が予想していなかった高潮災害を引き起こし、それまで抱いていた災害のイメージを変えるとともに、防災意識の低かった県民に衝撃を与えた。この災害は多くの問題を我々に残した。今後、社会全体で継続的に問題点を掘り起こし、現状の認識やそれらの解決策について協議し、検討を深めなければならない。

災害が起これば、地盤や構造物の耐災性を考えるだけでは都市の安全性は守れない。香川県の防災・減災対策を考える上で、研究者・技術者はそのあるべき姿を見つめなおさなければならない。災害の教訓を十分に学び取り、安全な都市形成に向けて努力していく、安全な技術文明への真摯な取り組みこそ、研究者・技術者に求められていることである。

謝辞

本調査を進めるに当たり、四国電力高松支店、四国ガス高松支店、高松市水道局、高松市土木部、総務省四国総合通信局、NTT西日本愛媛支店にお世話になった。ここに深甚なる謝意を表する。

9. 台風災害の道路交通網への影響分析のための交通シミュレーション

交通班：土井健司（工学部安全システム建設工学科）

1. はじめに

台風災害をはじめとする自然災害の発生時には、利用可能な経路が制約されるとともに、情報の不足から運転者の合理的な判断、意思決定が損なわれる可能性が高い。こうした非常時の非合理的な交通行動は、予期せぬボトルネックを生じ速やかな避難の妨げとなる。加えて、リスクテイキングな経路選択の結果、走行不能に陥る車両も多く、それらが道路上に放置された場合はますます道路の容量を低下させることとなる。

図1は、平成16年度の高潮・洪水被害時の人々の状況認識をアンケート調査によって把握したものである。これを見ると、最も多い回答は「避難勧告・命令などの情報発信が不適切」であり、これに次いで「避難場所や避難経路が十分確保されていない」との回答が多い。両者の合計割合は全回答の45%に及び、時間（避難のタイミング）・空間（避難の経路・目的地）に関する適切な情報提供の重要性が読み取れる。

高潮や洪水に対する治水上の安全性

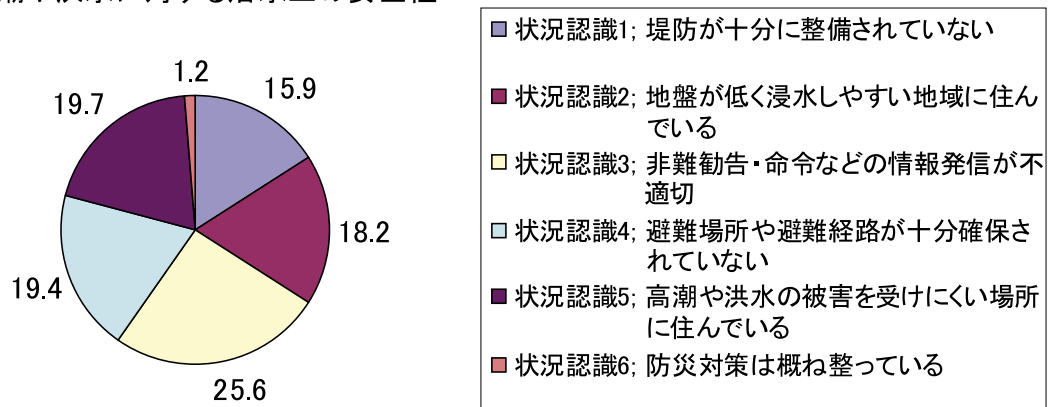


図1 平成16年度の高潮・洪水被害に関する状況認識

災害時の交通の流れを予測するために、個々のドライバーの運転特性、認知特性を精緻に再現しうるシミュレーション・システムが必要となる。交通班では、本年度の課題として、1) ミクロな交通挙動を捉えうる交通流シミュレーション・システムの開発と、それに基づく既存の道路網の災害時でのパフォーマンスの評価を目的とした。

2. ミクロ交通シミュレータの概要

本調査では、ドライバーの運転挙動の再現に優れたミクロ交通シミュレータParamicsを活用して高松都心部の交通シミュレーション・システムの開発を行うこととした。Paramicsは、個々人の運転挙動に加えて、実際の交通現象において無視できない地形・信号制御・車種・時間帯等の要因による影響を精緻に取り扱うために開発されたシミュレータであり、従来のミクロシミュレータの対象範囲よりもはるかに広域なネットワークに対応しうるシステムである。Paramicsを用いたシミュレーションのアウトラインを図2に示す。

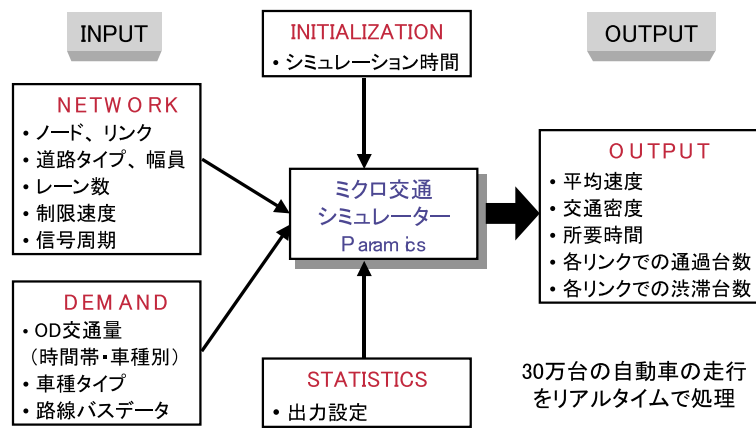


図2 Paramicsシミュレーションのアウトライン

3. 分析用ネットワークの構築

3.1 道路ネットワークの作成

道路ネットワークについては、実際の主要幹線道路・幹線道路・補助幹線道路・区画道路を基に作成した。ネットワークに含まれるノード数は1922、リンク数は5982である。

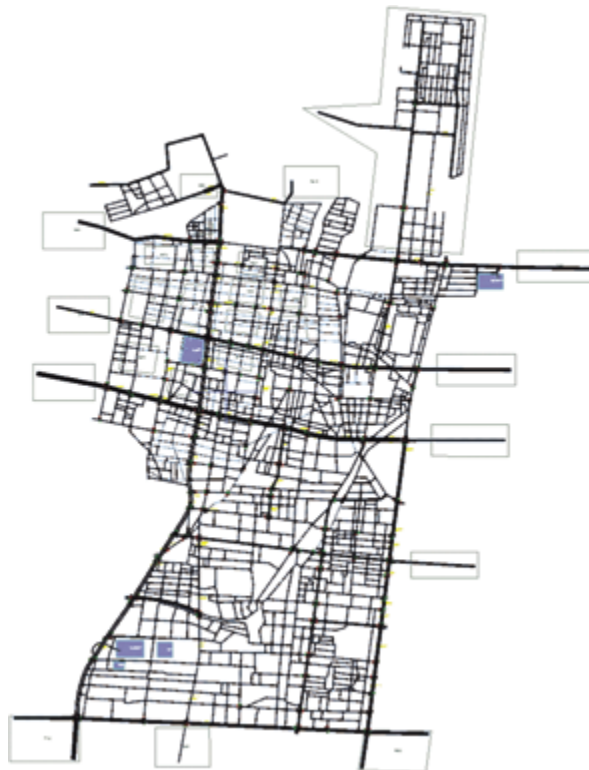


図3 シミュレーションに用いた高松都心部の道路ネットワーク

a) 信号表示の設定

本研究では、対象地域で補助幹線道路以上の階級の信号交差点について観測を行った。その観測概要は以下の通りである。

- ・観測対象：本研究で対象とする地域内に存在する信号交差点のうち、国道・県道・市道以上の階級の道路同士が交差する交差点の信号

- ・観測内容：信号周期（各フェーズの青、黄、赤、矢印信号時間）、車線数、右折レーン数
- ・観測地点数：99箇所

その他の細街路を含んだ交差点信号に関しては、代表的な信号周期を設定した。ネットワーク上には計123箇所の信号を設定した。

b) OD交通量の入力

OD表の作成に際して、まずゾーンの設定を行った。本研究では国道11号、県道33号、高松東港線（さぬき浜街道）、牟礼中新線（観光通り）、高松志度線、レインボー通り、高松香川線（塩江街道）とネットワークの境界線上に、車両をネットワーク外に流入出させる境界ゾーンを10箇所、サンポート高松、宇高国道フェリー乗り場に2箇所、対象地域内に存在する15の域内ゾーンと合わせて計27ゾーンを設けた。

また、OD表作成に関して本研究で利用したデータは、平成14年7月22日路線交通量日報、平成11年度高松都市圏交通実態調査（新都市OD調査）である。路線交通量日報のデータは観測地点毎での1時間単位の交通量であるが、高松都市圏交通実態調査（新都市OD調査）は高松市20ゾーン間の1日OD交通量であり、時間単位のOD表は存在しない。そのため、路線交通量日報からゾーニングされた地域での1時間単位での発生・集中交通量を求め、高松都市圏交通実態調査（新都市OD調査）を参考に起点となるゾーンから終点となる各ゾーンへの交通量の割合を求め、車種別（乗用車・小型貨物車・普通貨物車）時間帯別OD交通量（平日7:00～19:00）を作成した。その作成手順を図4に示す。

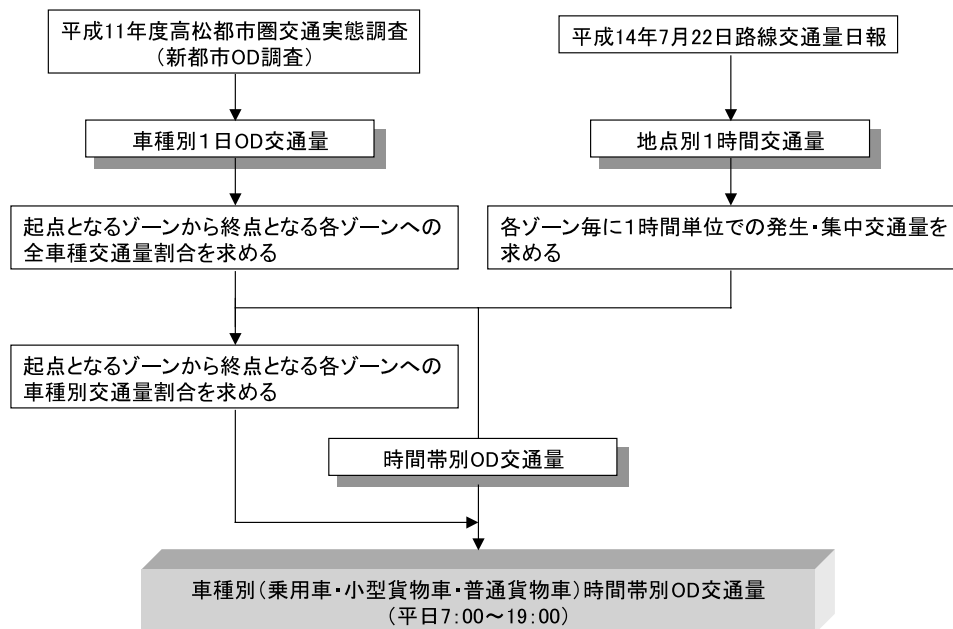


図4 車種別時間帯別OD表の作成フロー

c) 路線バスのデータ入力

Paramicsにおいては、路線バスの固定需要データをOD交通量とは別途設定する必要がある。本研究では、対象地域内に走行する路線バスとして、琴電バスのバス路線図及び時刻表を用いてバスルートを入力した。また、現在試験運転中の市内循環ショッピングバス、レインボー循環バス、市民病院

ループバスも今回バス路線として入力した。

3.2 車両挙動の設定

乗用車を4種類、小型貨物車を2種類、普通貨物車を2種類とコーチ（高速バス）に分け、土地感の有無や経路選択のばらつきなどの要素を変えることで、経路選択の多様性を表現した。設定した車両条件を表1に、車種の構成を表2に、ドライバーの行動特性を表3に示す。

表1 車両条件

Type	Length (m)	Height (m)	Width (m)	Weight (tonne)	Top Speed (km/h)	Acceleration (m/s ²)	Deceleration (m/s ²)
Car	4	1.5	1.6	0.8	158.4	2.5	4.5
Lgv	6	2.6	2.3	2.5	126	1.8	3.9
Ogv 1	8	3.6	2.4	15	104.4	1.1	3.2
Ogv 2	11	4	2.5	38	118.8	1.4	3.7
Coach	10	3	2.5	12	126	1.2	3.7
Minibus	6	4	2.5	8	61.2	1.1	3.2
Bus	10	4	2.5	12	61.2	0.9	3.2

表2 車種構成

Type	Matrix	Proportion (%)	Perturbation (%)	Familiarity (%)
Car 1	1	40	20	80
Car 2	1	30	15	100
Car 3	1	20	10	50
Car 4	1	10	5	30
Lgv 1	2	50	10	60
Lgv 2	2	50	5	40
Ogv 1	3	45	5	50
Ogv 2	3	50	5	50
Coach	3	5	0	50

表3 ドライバーの行動特性

parameter	0	1	2	3	4	5	6	7	8
aggression (%)	10	10	10	11	12	13	12	11	11
awareness (%)	0	0	0	5	5	5	10	15	60

なお、本調査では、交通量の配分方法として確率的配分法を用いた。この際のリンクコスト関数については次式を用いた。

$$\text{Cost} = aT + bD + cP$$

a：時間係数 b：距離係数（分/km） c：一時的コストの係数（分/円）

T：自由走行時の旅行時間 D：リンク長 P：一時的コスト（料金所での料金）

4. 道路網のパフォーマンス評価と災害の影響分析の枠組み

4.1 被害状況の想定

ここでは仮想的な状況設定ではあるが、災害時の道路網の通行可能性について以下のような車線単位でのシナリオを考える。

（例）片側3車線道路の場合

2 L：2車線が通行可能。1車線が通行不能。

1 L：1車線が通行可能。2車線が通行不能。

0 L：全車線が通行不能。

以下では、上記の状況設定の下で既存の道路網のパフォーマンスを評価するものとする。

また、通行可能な車線数の削減により、周辺道路へ迂回交通が発生し渋滞を招くことが予想される。これを緩和するために、交差点部における信号周期の変更や交通需要マネジメント施策（情報提供により日常での利用経路とは異なった経路を選択させる）についても検討を行う。

4.2 シミュレーションの設定条件

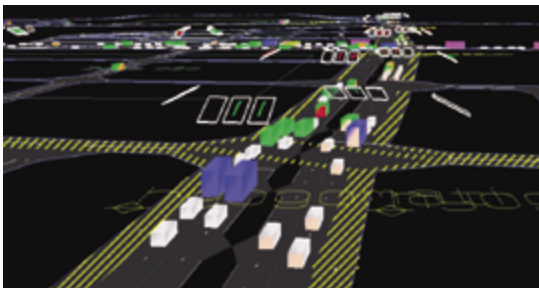


図5 2Lのシミュレーション画像

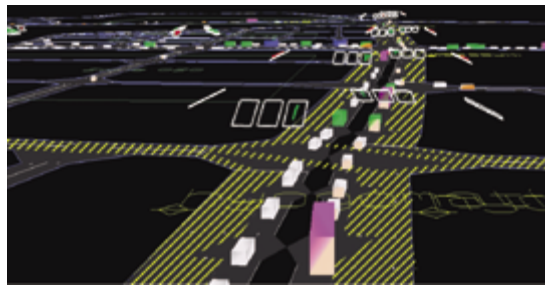


図6 1Lのシミュレーション画像

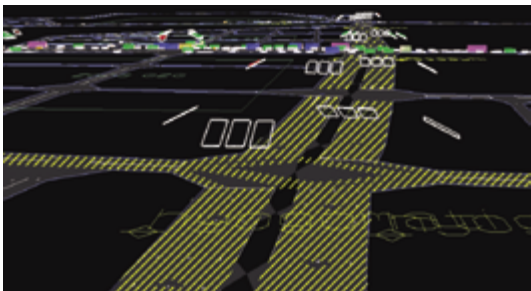


図7 全車線通行不能時のシミュレーション画像

図5から図7は、自動車走行車線の削減に関わるそれぞれのシミュレーション画像を示している。なお、いずれのケースにおいても、中央通りを東西に横断する交通に関しては、直進のみ可能とした。

a) 信号制御の適正化〔非常時用の制御〕

ここでは、番町交差点、中新町交差点の2ヶ所で信号周期の制御を組み合わせた政策について分析を行った。番町交差点、中新町交差点の2ヶ所の交差点を選んだ理由として、高松都心部の交差点の中で特に交通量が多く、この2ヶ所の交差点の働きが交通流に大きな影響を与えると考えたためである。2ヶ所とも現状のサイクル長は140秒であるので、2ヶ所同時にサイクル長を変更した。サイク

ル長は15秒間隔で短くした。以下に変更した4パターンのサイクル長を示す。

- ・パターン1 サイクル長:120秒、 ・パターン2 サイクル長:105秒
- ・パターン3 サイクル長:90秒、 ・パターン4 サイクル長:75秒

4.1の3つのシナリオと信号周期の変更の4パターンを組み合わせ、計12ケースのシミュレーションを行った。

5. パフォーマンス評価の結果

5.1 評価の指標

高松市街地における現状の道路網のパフォーマンスを評価するために、ここでは、ネットワーク全体の平均速度、全トリップの平均所要時間、中心市街地に終点を持つトリップの平均所要時間、交差点飽和度の4つを評価指標として取り上げる。ネットワーク全体の平均速度、全トリップの平均所要時間はマクロな観点、中心市街地に終点を持つトリップの平均所要時間、交差点飽和度はミクロな観点での評価指標である。

ネットワーク全体の平均速度、全トリップの平均所要時間、中心市街地に終点を持つトリップの平均所要時間に関しては、10分単位の出力データを用いて評価を行う。交差点飽和度に関しては、番町交差点、中新町交差点の2ヶ所で1時間単位の出力データを用いる。

5.2 評価分析の結果

シミュレーションから、これらの政策案実施による影響をネットワーク全体の平均速度、全トリップの平均所要時間、中心市街地に終点を持つトリップの平均所要時間、交差点飽和度の4つの指標を用いて分析した。そして以下の結果が得られた。

a) 主要道路が部分的に通行不能となった場合

ここでは、片側3車線の道路において1車線が通行不能となった場合の影響を示す。図8に示すように、ドライバーへの適切な経路情報が与えられた場合（2L）には、いずれの評価指標を見ても、現状との間に大きな変化は見られず、外部道路網への交通負荷は小さいと考えられる。

さらに、2車線が通行不能となった場合（1L）では、中心市街地に終点を持つトリップの平均所要時間の増加や番町交差点で交差点飽和度の増加が見られ、中心市街地周辺で交通負荷が大きくなっていることが読み取れる。これに対しては、信号周期の適正化が必要となる。分析の結果、信号のサイクル長を現状の140秒から75秒程度に短縮させた場合には、大きな渋滞を発生させることなく処理可能であることが示された。

b) 主要道路が全面的に走行不能となった場合

一部の主要道路が全面的に走行不能となった場合（0L）では、いずれの指標を見ても外部交通負荷が顕著であった。すなわち、周辺の道路網において顕著な渋滞が予測された。これに対して、信号周期の適正化や交通需要マネジメント施策を組み合わせたが、外部交通負荷を十分に軽減することはできなかった。さらに外部交通負荷を軽減させるためには、より一層の需要管理、または代替道路の確保が必要であると考えられる。

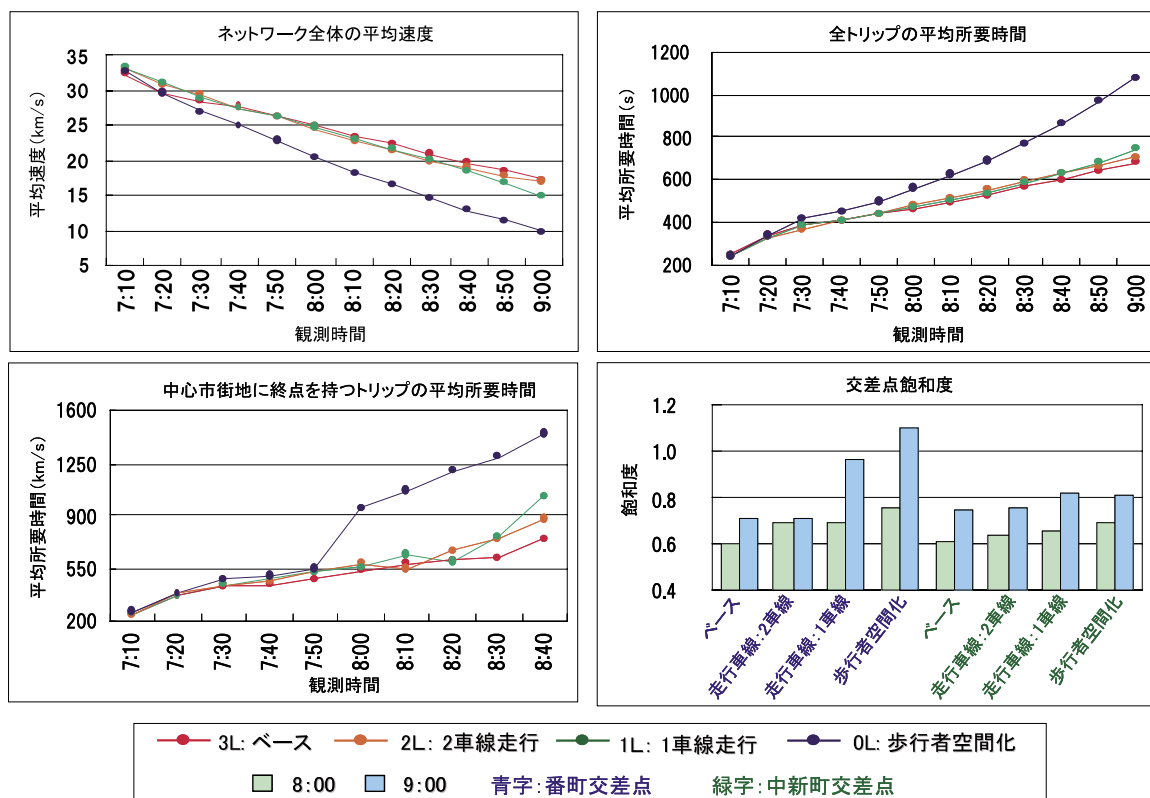


図8 シミュレーション結果

6. おわりに

本年度の調査においては、道路網への災害の影響分析を見るためのシミュレーションシステムの開発と、現状の道路網のパフォーマンス評価にとどまった。今後は、こうしたシステムに基づき、災害時の交通面での被害損失（時間と費用）の算出、および適切な交通運用や情報提供の方法についても検討を実施する予定である。

10. 平成16年台風による香川県内のため池の被災と検討課題

ため池班：森下 一男（工学部安全システム建設工学科）
 新見 治（教育学部地理学教室）
 角道 弘文（工学部安全システム建設工学科）
 山中 稔（工学部安全システム建設工学科）

1. はじめに

平成16年に香川県を襲った一連の台風により、県内各地の農地・農業用施設において甚大な被害が発生した。豪雨による農地の流出や埋没、河川の氾濫による農地への土砂の流入、土石流によるため池の決壊や埋没等、これまで営々と築かれてきた農地・農業用施設が壊滅的な被害を受けた。

著者らは、香川県内の農地・農業用施設被害のうち、特に灌漑用ため池の被害について現地調査及び聞き取り調査を実施した。本論文は、ため池被害の概要を示すと共に、ため池本堤の被災事例と対応策、ため池の砂防機能やため池の被災と避難の事例を述べ、さらに、洪水調整機能の地域的検討や洪水軽減のための検討課題及び農地・農業用施設の復旧と中山間地域の保全の重要性等について言及するものである。

2. ため池被害の概要

ため池は農業用施設に含まれるが、香川県土地改良課によると、平成16年の台風災害による農地・農業用施設被害額の主なものは、農地86億円、ため池45億円、水路33億円、農道39億円となっており、これらの合計203億円は、農地・農業用施設の被害総額約220億円の92%と大半を占めている。

図1に、平成16年度の台風災害における香川県各土地改良事務所管内別のため池被害件数を示す。ため池の被災では、台風15号と21号が西讃地域に大きな被害をもたらし、台風23号では中讃及び東讃地域の被害が大きかった。中讃及び東讃地域とも被災ため池総数は300カ所を越える。被害の大きかった主な市町は、さぬき市、東かがわ市、三木町、綾上町、満濃町、大野原町、豊浜町である。また、図中には被災ため池の割合（＝被災ため池数÷ため池数¹⁾）を併記している。中讃地域が最も被災割合が大きく8.2%にも及んでいる。被災ため池数と被災割合ともに中讃地区が最も大きいことから、被災箇所数から見る限り、中讃地区が最もため池の被害が大きかったと考えられる。

図2に、香川県土地改良課の資料によるため池被害カ所の割合を示す。ため池の被害を、A：本堤に関わる被害（堤体（裏法）・取水施設・洪水吐の被災）、B：決壊、C：その他（土砂流入・渚護岸

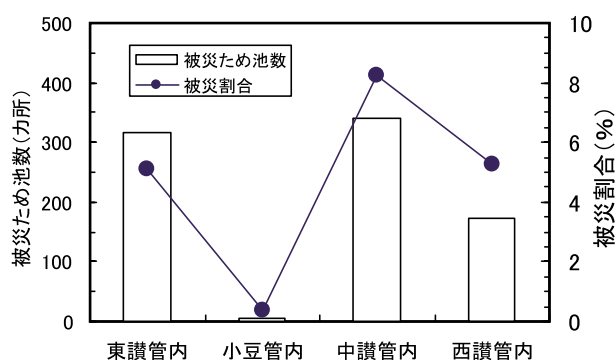


図1 管内別ため池被害件数と被災割合

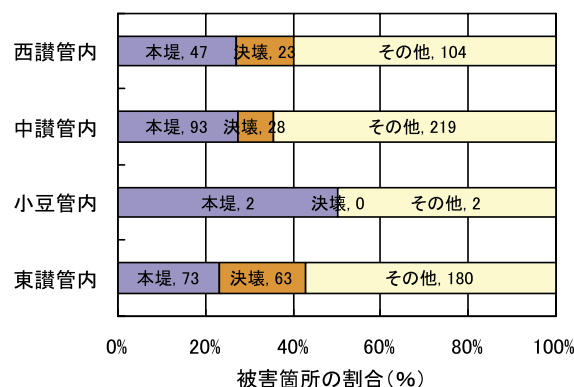


図2 ため池被害箇所の割合

崩落)で分類している。また、図中の数値は被災ため池カ所数である。総被害件数834件のうち、C:その他505件(60.5%)、A:本堤被害215件(25.8%)、B:決壊114件(13.7%)の順となっており、C:その他505件の約36%は東讃地域、43%は中讃地域の件数である。またB:決壊ため池が全地域合計で114件あるが、小規模な山池である千トン前後の小規模ため池の決壊が特徴である。

写真1に、小規模ため池決壊の一例を示す。山間部の棚田に配水するよう設けられたため池である。たとえ小規模であっても、ため池の決壊は、直ぐさま次期の稲作の可否に直結する。農業の先行き不安、後継者難などにより復旧費の負担が出来ないために復旧されないため池も散見される。ため池が復旧されないと、たとえ小規模ため池といえども、貯留機能を失う。水田の復旧をしないために湛水機能が失われることと似ている。水田やため池が復旧されない場合にも貯留機能を残すような工法を施すべきであると考えられる。



写真1 小規模ため池決壊の一例

写真2に、農地被害の一例を示す。前述のように、農地関係被害額は約220億円に及び、香川県の平成15年農業産出額862億円²⁾の26%に達している。特に、山間部の農地被害は深刻である。今後、復旧においては、農地・農業用施設を一体として復旧することが重要である。ため池、農地、水路等は、単独では農業生産基盤として機能しない。維持できないからといって切り捨てるのではなく、農業や地域や生命を長期にわたって支えるもう一つのライフラインと捉え、今後も継続して守っていく必要があると考えられる。



写真2 山間部の農地被害の一例

3. ため池本堤の被災と対策

ため池の本堤の被災形態として、決壊、裏法滑落、前法滑落、渚護岸崩落、堤体陥没、洪水吐(余水吐)崩壊、等がある。その被災原因として、まず、短時間の記録的な豪雨により多量の雨水が流木を含んだ土砂流となってため池に流入したことが大きい。もちろん、同じ降雨状態であっても被害のないため池が多くあることから、ため池が位置する地形・地質条件や、上流部の植生・樹林化の程度、ため池規模・構造、ため池管理者による放水管理等の有無等によって、被害の発生の有無や程度が大きく異なっている。ただし、ため池被災状況を調査したなかで、今後のため池本堤の構造上の対策として、いくつかの知見が得られた。

3.1 裏法滑落への対策

ため池本堤を越流していなくとも裏法が幅広く滑落している被害が多く見られた。用いた土質材料による適切な締固めが実施されておれば滑落を防げたと考えられる。一方、ため池堤頂部を道路に利用している場合、周囲の雨水が集水しやすくなるため、本堤に周囲からの雨水が流入しないような排水施設が必要である。

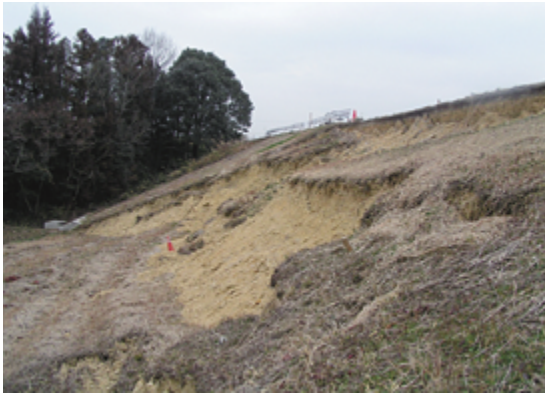


写真3 裏法滑落の事例



写真4 流木による洪水吐の閉塞

3.2 洪水吐周囲の浸食対策

ため池本堤の決壊場所として、洪水吐周囲である事例が多く見られた。洪水吐の排水流量以上の流入水が集中した結果、あるいは、流木が洪水吐に詰まり排水能力を著しく低下させた結果、洪水吐の両脇から越水し、本堤の土砂を浸食して決壊に繋がった事例が多い。洪水吐の両脇の浸食防止策を検討する必要がある。



写真5 本堤決壊の事例

3.3 設計洪水流量の再検討

記録的豪雨であったとはいえ、想定以上の洪水ピーク流量が発生している。一連の降雨状況と出水量の相関を検討し、設計洪水流量の算定における各種係数の選定においては、地域の地形・地質や樹林化の現状に応じたきめ細かい対応を行う必要があると考えられる。

4. 台風災害時におけるため池の砂防機能

満濃町長尾の馬河池（堤高5.4m、貯水量2.2千 m^3 ）では台風23号により、流域に土石流が発生し、砂防堰堤の機能を発揮し、土石流を押しとどめた（写真6、7参照）。決壊しなかったのは平成14年にため池改修を終えていたためであると云われている。同じ、満濃町長尾の蘭東上池（堤高4.2m、貯水量1.8千 m^3 ）は未改修ため池であるが、流木・土石流を押しとどめた（写真8参照）。しかし、重ね池である蘭東下池（堤高4.7m、貯水量3.7千 m^3 ）はその余波で決壊した（写真9参照）。



写真6 馬河池上流域の崩壊



写真7 砂防堰堤の役割をした馬河池



写真8 流木・土砂を止めた蘭東上池

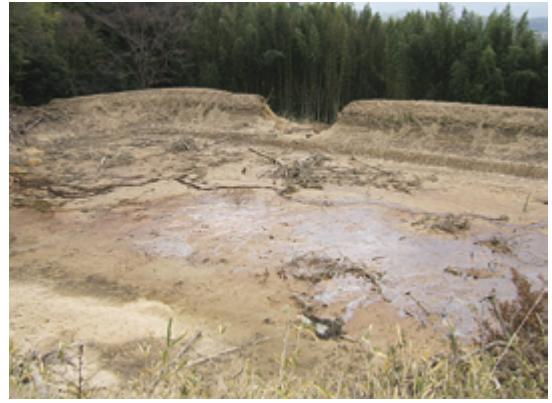


写真9 蘭東下池の決壊

一方、三木町の立石山の西に位置する風呂谷にある風呂谷池（堤高5.5m、貯水量1千 m^3 ）も上流からの土砂を押しとどめた。平成11年に浚渫工を行い、昭和60年に改修を済ませている（写真4参照）。

たとえ小規模とはいえ、災害時には砂防機能を発揮し、下流の災害発生を防止している。こうした防災機能を積極的に評価すべきであり、小規模ため池だからといって安易に廃止することは慎むべきである。ため池が流域全体に及ぼす影響や機能を評価する方法の確立が望まれる。

5. ため池決壊の恐れにより避難勧告が発令された事例（高瀬町大正池）

平成16年の台風災害では、規模の大きいため池の決壊は無かったが、高瀬町の南端に位置し琴平カントリーの中にある大正池（堤高12.5m、堤長69m、貯水量65千 m^3 ）は8月17日の大雨により、裏法が幅15m、高さ10m滑り、決壊の恐れがあったため、住民に避難勧告が発令された。

表1に、大正池の決壊を防ぐための各機関の対応を時系列に示す。また、写真10に、大正池堤体の被害状況を示す。

図3に、この8月17日から18日にかけての降雨状況を示す。時間雨量が25mmを越えるほど降雨が激しくなった8月17日16:30頃、大正池裏法が約15mの幅で滑落し始めている。その際の見撃者の話では、ため池堤体を越水したのではなく、高くなっている周囲から雨水が堤体に集まり、堤体が排水路のようになっていたとのことである。

水防本部設置は8月17日14:20、解散は18日0:30である。大正池の場合、池樋からの排水が出来なかったため、消防団による可搬ポンプにより排水作業を実施した。17日17:45頃、消防団より堤防決壊の恐れがあると無線連絡があり、水防本部にて協議、17:58大正池下流域4自治会に対して避難勧告を発令した。高瀬町の場合、防災行政無線の受信機が約7割の家庭にあるため、避難勧告発令の伝達には混乱がなかった。もちろん、無線の他に対象自治会長宅への電話連絡、町広報車による避難広報を実施した。避難勧告は17日22:20に解除された。



写真10 大正池（8月20日撮影）

ため池は灌漑用のみならず多様な機能を有している。防災機能も大きな機能の一つである。ため池

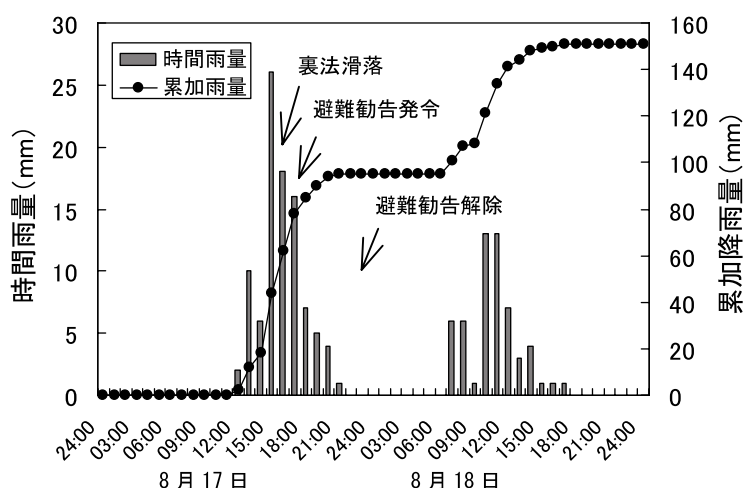


図3 降雨状況（高瀬雨量観測データ）

は、雨水の貯水により下流への出水量を低減させる。しかし、今回の事例では、上流域にあるため池の存在と下流域に住む住民との関係、つまり、ため池を介して上流域と下流域が連携する課題を浮き彫りにした。この大正池下流域4自治会に避難勧告が発令され、勧告対象人数341人に対し実避難人数は70人であった。都市部での避難勧告発令の場合と比べて高い避難割合であると思われる。「家屋が高台にあり、ため池が決壊してもここまでは水が来

ないから大丈夫」と自己判断で避難しなかった人も多くいたと云われている。この地域の住民は、上流のため池の存在と周辺地形を熟知し、避難の判断が可能となっている。しかし、急速な宅地化が進む市街地ではどうだろうか。ため池の存在すら知らない住民が増えている気がする。

大正池では、ため池堤体の決壊による下流域の被害を防ぐために、豪雨の中であっても懸命な決壊防止作業が行われた。しかし、一般にはこのような下流域を守る攻防については知られていない。役場職員やため池管理者をはじめとした関係者の努力を、もっと下流域住民は知るべきではないだろうか。

また、このような事態は今後とも予想される。台風時には、災害が一斉に発生するため、非常時には、役場職員が全てには対応できかねている。農村地域でも自主防災組織の形成は課題である。さらに、決壊の恐れ判断基準などが今後明確化される必要があるといえる。

表1 大正池における本堤決壊防止対応

日付	時間	決壊を防止するための各機関の対応
8月17日	14:20	水防本部設置
	16:30頃	裏法が滑り始める（幅15m程）
	17:45頃	消防団より堤防決壊の恐れありの無線連絡
	17:58	大正池下流域4自治会に避難勧告発令
	19:00頃	幅30m、高さ3m程。危なくて近づけない
	20:00	決壊の恐れあり。裏法滑落（幅15m、高さ10m）。ブルーシートで保護、見張り設置。樋管を抜いて水位低下の情報。
	22:20	避難勧告解除
	22:30	消防車のポンプφ65mm 2台で排水
8月18日	0:00	町経済課解散
	0:30	水防本部解散、可搬ポンプ 2台は作業中止 可搬ポンプ 2台は作業中止。消防第4分団が監視を続ける
	9:30	消防車のポンプφ65mm 2台で排水
	10:30	水位：満水位より10cm下がり。上樋出口の土砂を除く作業を検討中
	11:30	消防車ポンプφ65mm 2台で排水。流入量増で満水。
	17:00頃	土砂を除き上樋より排水開始（宮川へ）
8月19日	9:00	水位：満水

6. ため池の持つ洪水調節機能の地域的特色

6.1 洪水調節機能

ため池は、大雨時に降水の一部を貯留することによって流出を抑制する機能を持つ。これがため池の洪水調節機能であり、ため池が満水位に近い状態にある時には殆ど働かないが、水位が低下し貯水率が少ない時には有効に働く。ため池が水田灌漑水源として利用される日本の場合、ため池の水位は夏の灌漑期とこれに先行する春の貯水期には高位に保たれるため洪水調節機能は小さいが、秋から冬の非灌漑期には水位は低下し洪水調節機能は大きくなる。

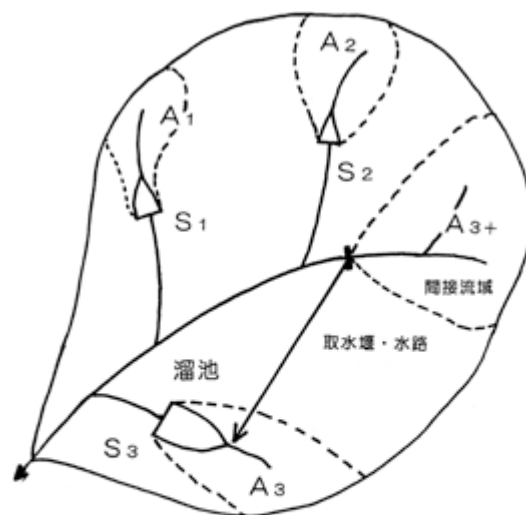
図4は、河川流域に複数のため池が存在する状況を模式的に表したものである。あるため池（ i ）の貯水量（満水時）を S_i 、その集水面積を A_i とすれば、集水域への降水のうち何mmをため池に貯留可能かという値（相当雨量）は水高 $[S_i/A_i]$ で表される。と同時に、この値はそのため池が持つ最大洪水調節機能でもある。降水時の貯水率を R （ $0 \leq R \leq 1$ ）とすれば、その時点における洪水調節機能は $[S_i/A_i] \times (1 - R)$ となる。

$$0 \leq [S_i/A_i] \times (1 - R) \leq [S_i/A_i]$$

一般に、小河川を堰き止めた麓池や平地池（ため池1、2）の場合は、貯水量、集水面積ともに小さいので、洪水調節機能は大きいものとはならない。これに比べて、隣接する河川から取水する台地池（ため池3）のように貯水量 S_3 が大きい場合には、本来の集水面積 A_3 は小さいので洪水調節機能（ S_3/A_3 ）はかなり大きなものとなる。今回の台風災害においても、大規模な台地池は洪水調節機能を有効に機能させ、下流での洪水被害発生の軽減に貢献したことが指摘されている。

香川県下にある約14600を数える全てのため池について、集水面積を正確に計測し洪水調節機能を明らかにすることは困難であるため、ここでは各市町（2000年当時の43市町）の面積（ A ）とため池の総貯水量（ S ）をデータとして、暫定的値（ S/A ）を求めてみる。

図5は、各市町の面積（ A ；横軸）とため池の総貯水量（ S ；縦軸）の関係を、両対数グラフ上に表したものである。この図には水高（ S/A ）も表されている。水高（ S/A ）は香川県平均では77.9mmであるが、旧43市町別にみれば、最小は琴平町の1.3mmから最大は満濃町の337.8mmと極めて大きなバラツキが存在する。これを地域的にみれば、東讃・島嶼・山地・臨海で50mm以下と小さく、高松から三豊にかけては100mm以上を超える大きな値となる（図6）。この値は、満濃池、三郎池、奈良須池、小田池などの大規模なため池の分布を反映したものであり、ため池の持つ洪水調節機能を概括的に評価し、ため池災害の発生機構を考察する上での基礎的情報の一つとなりうる。



S_i : 貯水量 A_i : 集水面積

6.2 国分寺町における台風23号による洪水とため池災害

国分寺町の面積は26.25km²、253のため池の総貯水量は2860.3×103m³で、水高（最大洪水調節機能）

溜池の総貯水量： $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots$
総集水面積 $A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots$ （流域面積）

図4 河川流域に複数のため池が存在する状況

は109mmである。貯水量1000m³以上のため池が137で、10万m³以上のため池も橘池、関ノ池、神崎池、新居大池、新居宮池、新居新池、羽間上池の7つを数える。本津川は、香南町由佐付近の洪積台地に源を発し、国分寺町を南から北に貫流し高松市西部の本津を経て瀬戸内海に注いでいる。河川流長は20.7km、流域面積は51.1km²の2級河川である。途中で、野間川、田宮川、前川、坂川などの支流を合わせて流下するが、その河岸に高い堤防はなく、河道は低地を深く刻んでいる。

図7は台風23号による降水の時間変化と、本津川の水位変化（国分寺と下流の本津川橋）を表したものである。10月19日には82mmの降水があったが、約10時間の無降水期間を挟んで、10月20日6時～18時には211mmもの大雨が発生した。特に、12時～15時には時間降水量30～40mmにも達する豪雨が3時間ほど継続した。この期間の河川水位の変化をみれば、10月19日には82mmの降水があったにもかかわらず、大きな水位上昇はなかった。この理由としては、降雨強度が10mm/時程度と小さかったことのほかに、無降水期間が先行したため池・水田・森林等の持つ洪水調節機能が働いたことが挙げられる。しかし、10月20日の豪雨においては、前日の大雨のため流域の持つ洪水調節機能が働く余地がなく、河川水位は著しく上昇したと考えられる。このため本津川沿いの低地に浸水地域が広がり、住宅の一部損壊、床上・床下浸水あわせて約940戸をはじめ、橋の破壊、耕地の陥没など深刻な被害が発生した。

台風23号は山地で小規模な斜面崩壊が生じさせたほか、約30のため池でも被害が発生させた。ため池被害の実態は十分把握できていないが、法面崩壊や土砂流入が主で、洪水吐崩壊や堤体決壊も一部で発生した。洪水吐崩壊や堤体決壊が発生したのは、いずれも山地の小谷にある小さなため池であった。貯水量10万m³以上の大規模なため池のうち、国分台南麓に位置する神崎池、新居大池、新居新池では土砂流入による被害が発生したが、これらは麓池に分類される。台地池の羽間上池・橘池、平地池の関ノ池・宮池では堤体には被害が発生しなかったが、神崎池や関ノ池の直上では野間川が氾濫し浸水地域が出現した。

国分寺町の台風23号の大雨については、10月19日にはため池など流域の洪水調整機能が働いたが、

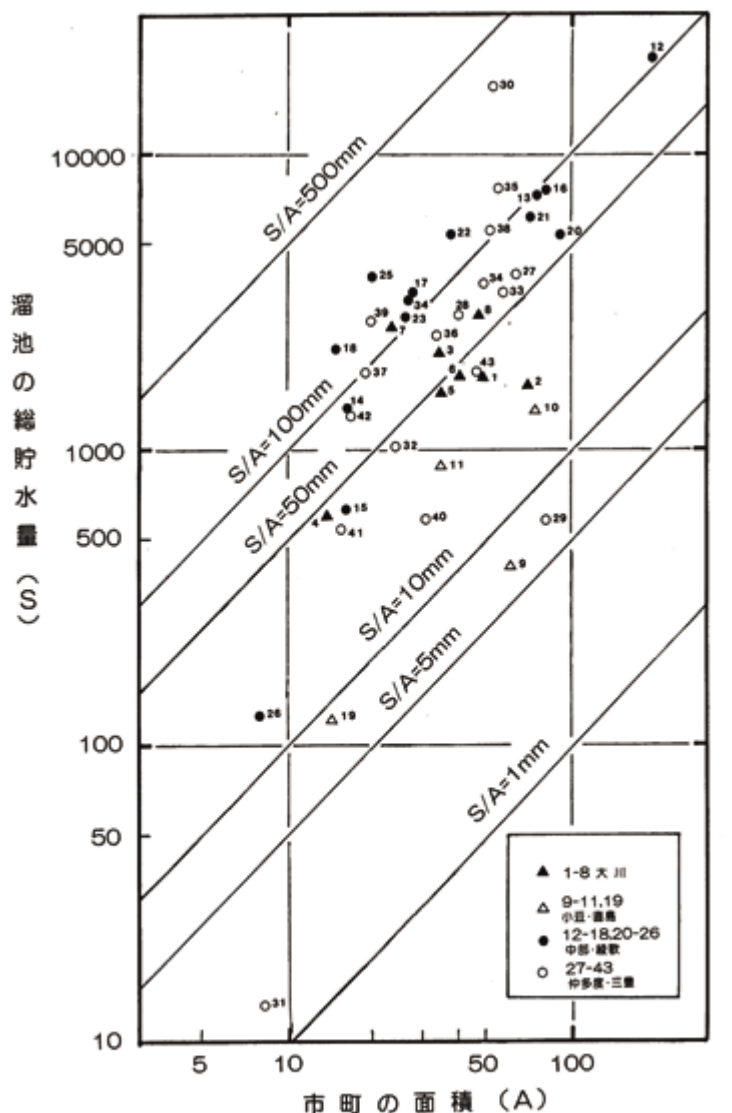


図5 各市町の面積(A)とため池の総貯水量(S)の関係

1 引田 2 白南 3 大内 4 津田 5 大川 6 志度 7 香川 8 長尾 9 内海 10 土庄
11 池田 12 高松 13 三木 14 牟礼 15 周池 16 塩江 17 香川 18 香南 19 直島
20 坂出 21 綾上 22 綾南 23 国分寺 24 綾歌 25 飯山 26 宇多津 27 丸亀
28 善通寺 29 琴南 30 周濃 31 琴平 32 多度津 33 仲南 34 観音寺 35 高瀬
36 山本 37 三野 38 大野原 39 豊中 40 詫間 41 仁尾 42 豊浜 43 財田

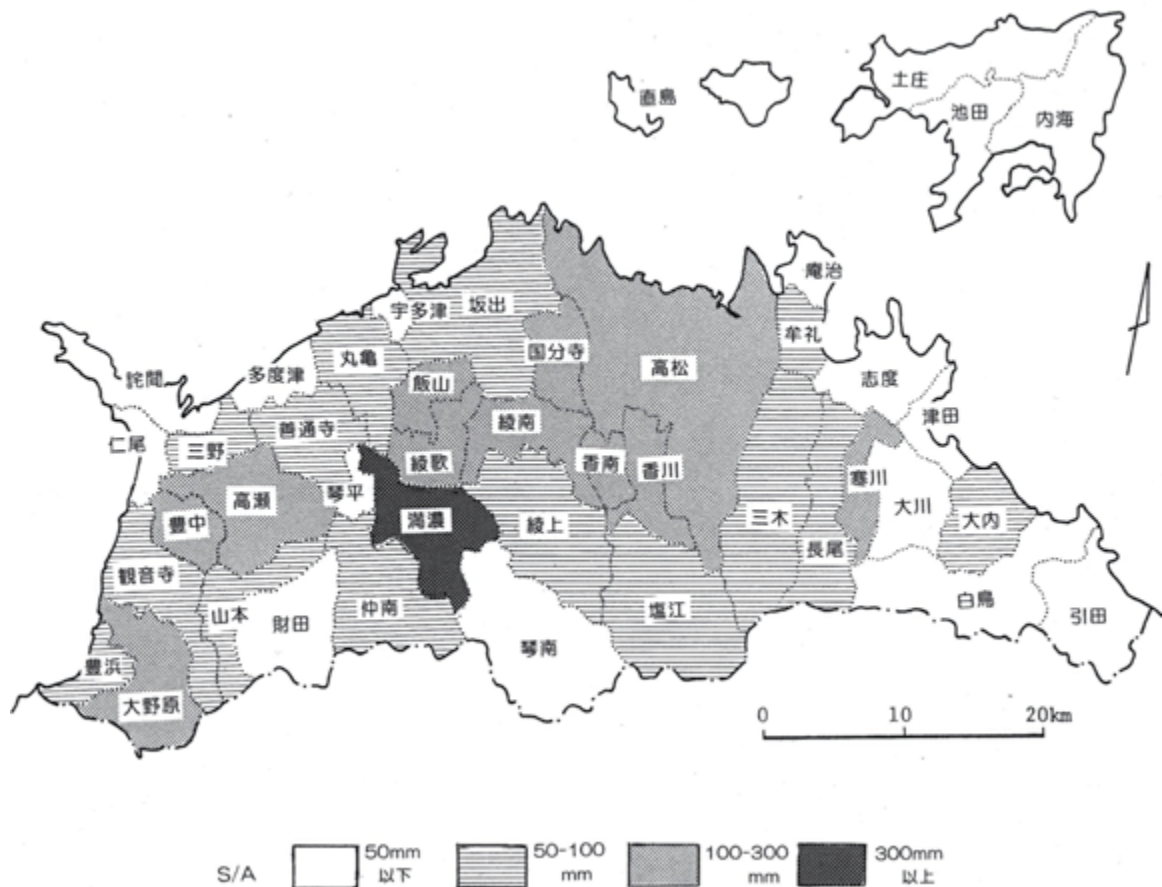


図6 ため池の持つ洪水調節機能の地域的差異

記録的な豪雨のあった10月20日には洪水調整機能は殆ど果たせず、大きな浸水被害を発生させた。ため池災害についてみれば、地形的には麓池で被害が顕著であったが、台地池や低地池では顕著ではなかった。降水・流出過程、特にため池の持つ洪水調節機能の評価については、フィールドでの精査が今後必要とされる。ただ、幸いなことに人的被害はなかった。国分寺町では、10月20日9時49分の大雨洪水警報発令とともに水防本部を設置した。13時40分には災害対策本部を設置し避難所を開設し、13時50分には全町に避難勧告を発令した。水防本部からの広報や避難勧告などは、町の防災行政無線を通じて住民に伝えられ、災害の軽減化に寄与したといえよう。

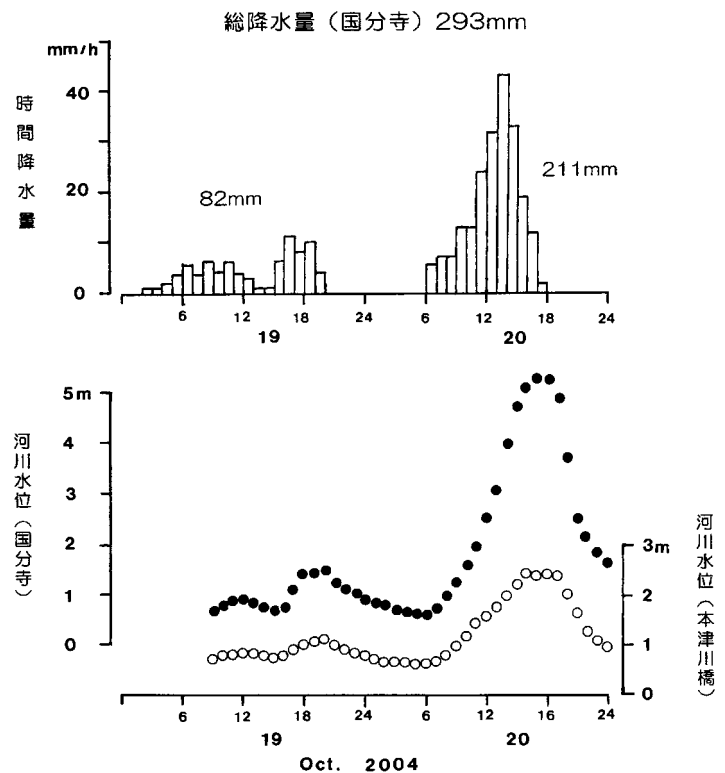


図7 台風23号による降水の時間変化と本津川の水位変化(2004年10月19～20日)

7. ため池の貯水機能を活かした洪水軽減にかかる検討

7.1 現存のため池による一時貯留の可能性

台風23号は、高松平野の春日川において越流を生じさせ、流域内の家屋に深刻な被害をもたらした。このなかで、河川での治水対策と農業用ため池の貯水管理による連携により、洪水被害を軽減できるのではないかと指摘がある。

ここでは、現存のため池の貯水機能が流出の抑制にどの程度寄与しうるかについて、簡単な試算を行う。試算にあたって、新川・春日川水系を代表する大規模ため池であるS池（高松市三谷町）とH池（高松市仏生山町）を取り上げる。両池の諸元を表2に示す。

表2 ため池の緒元

	所在地	有効貯水容量 千 m ³	満水面積 km ²	集水面積 km ²
S 池	高松市三谷町	1768.0	0.42	5.30
H 池	高松市仏生山町	1349.0	0.35	4.00

第一に、両ため池の有効貯水容量により、どの程度の流出抑制機能があるのかを調べるために、両ため池の充填降雨高（mm）を求めることとする。充填降雨高は、空の状態にある貯留施設を満水にまで回復させるために必要な集水域における降雨高である。通常は有効貯水容量（千m³）を集水域の面積（km²）で除すことによりmm単位で表示される。本来は、貯水回復の信頼性を評価するために用いられる指標であり、充填降雨高が小さい貯留施設であるほど貯水の回復が速く、水源としては信頼性が高いと判断される。

本節では、ため池の有効貯水容量によってどれくらいの降雨が一時的に貯留されうるかを調べるため、ため池の池面に対して生じる降雨についても考慮することとする。すなわち、両ため池の有効貯水容量を集水面積・満水面積の和で除すことで充填降雨高を求めると、S池で309mm、H池で310mmとなる。しかし、集水域における降雨については樹木・枝葉による降雨の遮断、地下浸透などのため、すべての降雨がため池に流入するわけではない。そこで、集水域における流出率を70%と仮定し、これを考慮して充填降雨高を算出すると、S池で429mm、H池で428mmとなる。このことより、両ため池においては、降雨をもたらす台風の直前に空であったと仮定すれば、降り始めからの積算降雨が約430mmに至るまではため池により一時貯留される。

ところで、台風によって降雨がもたらされる直前にため池の貯水が、都合よく空の状態であること、あるいは、空の状態にしておくといった貯水管理が行われることは非現実的と言わざるを得ない。そこで、仮にS池、H池の貯水率がそれぞれ70%であった際に、どの程度の降雨が一時的に貯留されることになるかについて調べる。代掻き・田植え期など時期によっては、貯水がさらに低下することもありうるが、普通期または非かんがい期における貯水率の推移としては、70%という数値は妥当であると考えられる。有効貯水容量の空き容量（貯水率30%相当分）を集水面積・満水面積の和で除すことで求めると（上述のとおり、集水域における流出率を70%と仮定する）、両池ともに129mmとなる。これが、県下においても大規模なため池に該当するS池、H池において、現実的に一時貯留可能な降雨と考えられる。

台風23号による高松市公淵地区（S池、H池に最も近傍の観測局）における雨量を図8に示す。こ

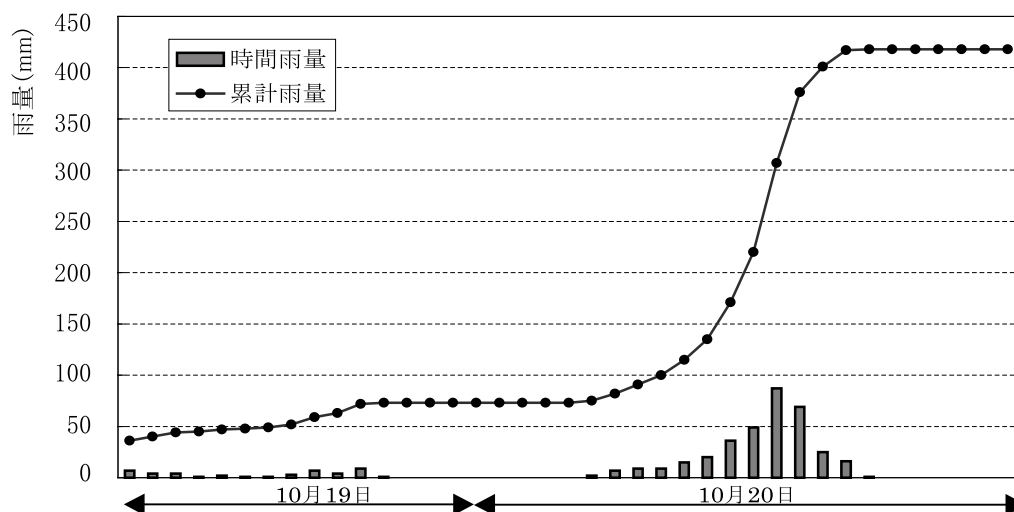


図8 台風23号による公淵地区における雨量

の台風では、とくに10月20日の13～14時において87mm/hrという時間雨量を記録しており、累計雨量は10月20日の午前8時より急激に上昇していることがわかる。

先述のように、本台風前の両ため池の貯水率が70%であったとすれば、S池、H池のような規模の大きいため池では概ね130mmの降雨を一時貯留できる。図8によれば、累計雨量が130mmに達するのは10月20日午前10時頃であり、記録的な時間雨量が発生した13～14時の段階においては、両ため池はすでに満水であったと推測され、ため池集水域からの流出成分は全く貯留されることなく、余水吐よりそのまま放流されたものと考えられる。

一方、台風15号による高松市公淵地区における雨量を図9に示す。この台風による累計雨量は48mmであり、8月17日午後5～6時に18mm/hr、18日正午～午後1時に16mm/hrを記録している程度であった。同様に、本台風前の両ため池の貯水率が70%であったとすれば、この一連の降雨はすべて一時貯留できたと考えられる。

このように、流出の一時的な貯留機能が現存のため池にあるとするならば、空き容量が満水になるまでの限られた時間内で発生した降雨に対してのみである。台風15号のような降雨パターンであれば、一時貯留が可能となったが、台風23号がもたらした降雨パターンの場合では、ピーク時の流出カットには寄与できていないことがわかる。したがって、現存のため池が河川の洪水軽減にどの程度

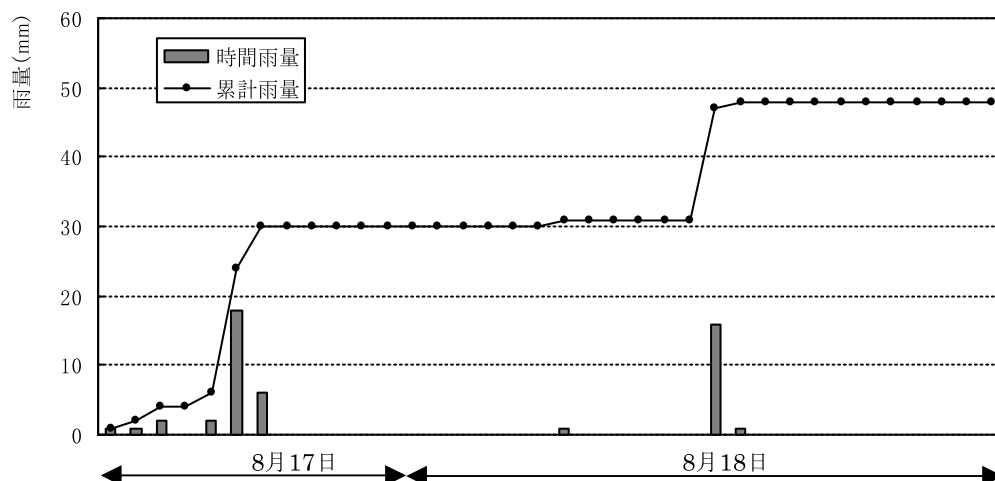


図9 台風15号による公淵地区における雨量

寄与するかについては、台風による降雨パターンに強く依存していると推察される。

7.2 河道外ため池の防災機能

ため池は多面的な機能を有し、その一つに防災機能があることが指摘されている。しかし、前節のような試算に従う限り、現存のため池には流出を抑制し洪水を軽減するといった側面での防災機能は果たし得ないといえる。前述した馬河池（満濃町長尾）のように、砂防堰堤のような機能を発揮して土石流を堰止め、下流への被害を軽減した事例がある。これは、ため池が果たしうる防災機能の好例であろう。

ところで、香川県におけるため池の特徴は、河道外に設置されたため池が各地に見られることである（図10）。河道外に設置されていることによって、河川の増水による負荷を受けないため、ため池が決壊するといった危険性は、河道内に設置されたため池よりも低いことが挙げられる。すなわち、河道外ため池は自己集水域を持たないか、自己集水域が極めて小さいため、貯水を溜め込むために、導水路によって河川表流水を取り入れる操作が不可欠であるが、増水時・洪水時には導水路を閉めることが可能である。また、当然ながら、導水路の施設容量以上の流量はため池に輸送されない。

ため池が決壊したことにより、下流の農地・宅地等に甚大な被害を及ぼした例が各地で見られたが、河道外ため池については、河道内ため池に比べて防災のポテンシャルが高いと考えられる。河道外ため池は、河道内ため池とは別の尺度で今後のため池の保全対策を講じる必要があるように考えられる。

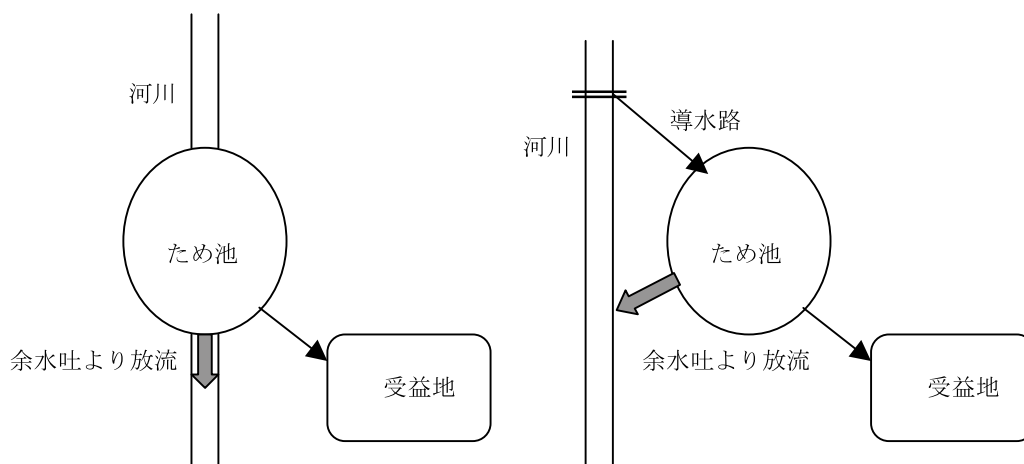


図10 河道内のため池（左図）と河道外ため池（右図）の模式図

7.3 ため池に洪水軽減の機能を付与する際の検討課題

現存のため池では、河川での治水対策とため池の貯水管理による連携を図り、ため池に洪水軽減の機能を付与することは不可能である。なぜなら、第一に、ため池に余水吐が備えられていても、余水吐はため池構造そのものを保持する目的であって、洪水調節を行うものではないからである。第二に、人為的に水位を大幅に調整しうるようなゲートを有しておらず、洪水調整容量を有していないからである。人為的に水位を調整するためには、洪水に比べるとわずかな流量を放流するために設けられたユルの操作により行わざるを得ない。第三に、ため池の管理は土地改良区、水利組合により行われている場合が多く、その実務は水配係など一部の管理者に限定して行われているのが実態である。その管理者は当然受益農家より選出されるのであり、貯水管理の専門技術者ではなく、関係農家の水

利用にかかる意向をもとに配水管理を行うといった地域の調整役であるといつてよい。

河川の治水対策とため池の貯水管理による連携を図り、ため池に洪水軽減の機能を付与するならば、とくに以下のことを十分検討する必要がある。したがって、相当の公的な支援が求められよう。

- ・対象とするため池を十分吟味して選定すること（上記の3つの要因をすべて解決しうるため池は極めて限られるであろう。また、河川での治水対策と併せて効果的な洪水軽減となるような配置・立地条件、現存のため池の規模等を勘案する必要がある）。

- ・当該ため池を、洪水調整を機能として組み入れた多目的の貯留施設として明確に位置づけること（ため池の嵩上げ、洪水調整ゲートの設置などのハード整備のほか、洪水調整のための運用規則について整備する必要がある）。

- ・ため池には専任の管理技術者およびデータ送受信等を可能とする事務所を配置すること（既存の土地改良区、水利組合で対応することは不可能であり、専門の管理技術者が要求される）。

8. 農地・農業用施設の復旧と中山間地域の保全

台風23号により被災した農地が放置される事例を紹介する。菅谷地区は、さぬき市長尾町の88番札所大窪寺の南側、峰を越えた南側に位置している。谷筋が細長く開け、耕作放棄田もない美しい田園景観がある。その谷筋を遡ると西谷奥池のある小さな枝谷がある。台風23号により西谷奥池上流の斜面が崩壊し、その土石流により、ため池は跡形もなく流され、枝谷の農地は土砂で埋没した（図11及び写真11参照）。その枝谷には2軒の農家があるが、高齢者世帯であるため、家の周囲の農地しか復旧しない。大部分はそのまま放置される。下流側に位置している菅谷は、上流の枝谷である西谷が耕作されていたからこそ美しい田園景観も保全されていたことが分かる（写真12参照）。西谷が放置されることによって下流側の災害が危惧される。台風災害が中山間地域荒廃化の引き金になりかねないのである。流出を抑制する手立てを早急に講じる必要がある。



図11 菅谷地区上流の被災平面図

9. おわりに

ため池班の調査は事例的調査が主であり、深く掘り下げた調査研究はこれからの課題として残っている。平成16年の一連の台風災害によって、香川県内のため池は、至る所で大きな被害を受けた。被害があったものの、農業の先行き不透明感や農家の高齢化・後継者不足等の理由によって、復旧を断念するため池が出ていることも今回の調査により判明した。ため池をはじめとした農地・農業用施設を、いかにして後世へ維持・保全させていくかを、県民・国民が議論をする時期に来ていると言って



写真11 土砂により埋没した水田



写真12 下流側の菅谷の景観

も過言ではない。

なお、本稿は1章～5章、8章、9章を森下・山中が、6章を新見が、7章を角道が各々分担執筆した。最後に、ため池班の現地調査や資料提供について、災害査定業務で公務ご多忙の中、香川県土地改良課はじめ、西讃・中讃・東讃各土地改良事務所、高瀬町、山本町の関係各位に惜しみないご協力をいただいた。記して厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 香川県農政水産部：香川県老朽ため池整備促進計画第8次5か年計画, 2003.6.
- 2) 農林水産省大臣官房統計部：農林水産統計平成15年農業産出額（市町村別推計値）, 2004.11.2.
- 3) 香川県企画部統計調査課：香川県統計要覧2000, 183p, 2000.
- 4) 讃岐のため池誌編さん委員会：讃岐のため池誌 資料編, 558p, 2000.
- 5) 内田和子：日本のため池誌 防災と環境保全, 海青社, 270p, 2003.

11. 農業における被害状況

農業班：楠谷 彰人（農学部生物生産学科）
豊田 正範（農学部生物生産学科）
奥田 延幸（農学部生物生産学科）
片岡 郁雄（農学部生物生産学科）
深井 誠一（農学部生物生産学科）
松村 伸二（農学部生物生産学科）
山内 高円（農学部生物生産学科）
鈴木 晴雄（農学部生物生産学科）

1.1 被害の概要

平成16年度に襲来した一連の台風により、農業関係の被害は農林水産施設等で、約206億円、農産物への被害は約20億円にも及んだ。農水産施設の被害は、農地や農道・ため池の損壊を中心に、漁港施設、園芸施設、畜産施設、水産施設の広範囲に渡った。農産物の被害は、野菜で最も大きく、接いで果樹、水稻、花卉、特用作物、家畜がこれに次いだ。各台風別では、農水産施設等では台風23号でとくに大きく、農水産物については、16号、23号で大きく、21号、18号が次いで大きかった。農作物の種類別の被害状況についてみると、16号では野菜で大きく、水稻、果樹でも大きかった。21号では果樹の被害が特に大きく、23号では野菜に甚大な被害があった。

1.2 作物の被害

香川県農政水産部農業生産流通課が作成した資料および中国四国農政局高松統計・情報センター発行の統計情報などにに基づき、被害の大きかった水稻を中心に、農作物の被害状況について分析した。

1.2.1 水稻

香川県における平成16年の水稻の栽培面積は15300haであるが、その10 a 当たり平均収量は462kg、作況指数は93で、収量、作況指数とも平成6年以降最低となった。この原因について、高松統計・情報センターでは出穂期後の日照不足に加え、相次ぎ襲来した台風により穂ずれや倒伏が多発したため、と報告している。表1に、台風による水稻の被害状況を示したが、総被害面積は9387ha（栽培面積全体の61%）、推定被害金額は2億7160万円であった。特徴的なことは、これらのうち被害面積の80%、被害金額の82%が台風16号によって生じていることである。すなわち、水稻の被害は台風16号に集中していたが、これは香川県における水稻栽培の品種構成と移植時期の特殊性によると考えられる。

香川県における水稻品種の作付面積割合は、中生のヒノヒカリが40%、早生のコシヒカリが37%で、この2品種で全水田面積の3/4以上を占めている。また、コシヒカリは5月上旬に移植される早期栽培がほとんどで、ヒノヒカリでは6月中旬に移植される普通期栽培が行われている。さらに、ヒノヒカリは中西讃部での栽培が多く、東讃部はコシヒカリの栽培が多いという地域的特性もみられる。このため、台風の被害は品種や地域によって大きく異なっていた。そこで、その原因を、台風16号による被害を中心に、品種生態と収量構成要素の面から解析した。

台風などによる風害が水稻に与える影響は、物理的損傷と生理的損傷とに大別される。物理的損傷

には、葉の裂傷、倒伏、籾ずれ、脱粒などがあるが、これらの中では倒伏による被害が最も大きい。すなわち、倒伏による草姿の崩壊は、光合成を阻害するばかりでなく同化産物の子実への移行をさまたげる。また、風害がもたらす生理的損傷で最も影響が大きいのは、蒸発散が強制されるために起こる体内水分の不均衡とそれに伴って生じる光合成や呼吸などの生理機能の異常である。これらの物理的損傷や生理的損傷が収量構成要素に及ぼす影響についてみると、穂数と1穂籾数は出穂期前に決定される要素なので、出穂期後の強風による籾数の被害は少ない。一方、千粒重と登熟歩合は主に出穂期後の光合成によって規制されるため、出穂期を過ぎてからの強風の影響が特に大きい。ただし、千粒重は登熟した籾についてのみ測定されるので、風による変動は概して少ない。したがって、出穂期前後の強風の被害は、収量構成要素の中では登熟歩合に最も強く現れる。すなわち、葉の裂傷や倒伏、体内水分の不均衡などによる光合成の抑制は、登熟歩合を低下させ、収量に決定的な影響を及ぼすと考えられる。表2は平成16年と平年（平成6年からの10年間平均値）の収量構成要素を示したものである。穂数は平成16年の方がわずかに多かったが、1穂籾数が少なかったため、総籾数も減少した。玄米千粒重も平年より軽かった。すなわち、籾数、千粒重とも平年を下回っていたが、その差は小さく、平年に対する減少率は2%未満であった。一方、登熟歩合は平年より3.8%低く、対平年比は95.3%であった。これらより、平成16年の台風による水稻の減収には、登熟歩合が最も強く関与していることが確認された。

表1 平成16年度の台風による水稻の被害状況

	4号	6号	10号	11号	15号	16号	18号	21号	23号	合計
被害面積 (ha)			130	32	27	7,495	526	1,177		9,387
推定被害金額 (千円)			10,100	5,800	3,000	223,700	24,800	4,200		271,600

表2 平成16年と平年の収量構成要素の比較

	穂数 (本/ m ²)	1穂籾数 (粒/穂)	総籾数 (粒/ m ²)	玄米千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
平成16年	405	71.6	29000	20.9	77.6
平年値	399	74	29500	21.2	81.4

平年値：平成6年からの10年間平均値。

さらにこれらの関係を、ヒノヒカリとコシヒカリに分けて検討した。平成16年の作況指数が93であったことは先にも述べたが、品種別にみるとヒノヒカリが89であったのに対し、コシヒカリは100であった。すなわち、コシヒカリの収量は平年と変わらなかったが、ヒノヒカリは平年より10ポイント以上も低かった。これは、両品種の生態的特徴と栽培時期の違いによると推察される。コシヒカリは早生種であることに加え、早期栽培が主体であるために、台風16号が襲来した8月30日には既に出穂は終了し、刈り取りに入る時期であった。このため、風害による登熟阻害が回避されたと判断される。一方、中生のヒノヒカリは出穂期が丁度この時期に合致していた。さらに、ヒノヒカリは出穂が遅い分だけ籾数が多く、平年でも早生品種より登熟が向上しづらいという特徴をもっている。したがって、これらの品種的特徴が出穂期の風害による登熟阻害を一層助長したと思われる。なお、両品種における被害の差は地域別にも強く現れていた。表3は、台風16号による被害を地域ごとに集計したものである。倒伏、穂ずれ、葉ずれなどの被害は中讃から西讃部での発生が多く、東讃部の発生が少なかった。これは、風雨の強さが地域によって違っていたためとも考えられるが、ヒノヒカリの作付

比率が中西讃部で高く、東讃部で低いことが主な原因であると推測される。

以上のように、今回の台風による水稻の被害はヒノヒカリに集中していた。すなわち、ヒノヒカリとコシヒカリの品種的な特徴の違い、栽培時期および栽培地域の違いが組み合わされて、水稻全体の被害の様相が決定されたと判断される。

1.2.2 その他の作物

表4に水稻以外の作物についての被害状況を示した。表中の特用作物とは、大豆、ソバ、オリーブなどを含むものである。特用作物の被害面積は296ha、推定被害金額は6269万円であり、飼料作物はそれぞれ78ha、332万円であった。大豆の被害は主に落莢と枝裂け、ソバの被害は落花によるものであった。

なお、今回の台風は麦類には直接被害を及ぼさなかったが、台風23号による浸水により、水はけの悪い圃場では播種期が遅れるなどの影響がみられた。

表3 台風16号による地域ごとの水稻の被害状況

センター名	被害状況 (ha)							合計
	全倒伏	半倒伏	穂ずれ	葉ずれ	浸水	冠水	潮風害	
東讃	38.5	91.5		700	10.6	20		860.6
小豆	3.1	6.2		35	3	6		53.3
中讃	139	340.5	1,128.00	1,128.00	16.8	9.5		2,761.80
西讃	14.8	127.7	2,227.90	1,446.50			2.4	3,819.30
合計	195.4	565.9	3,355.90	3,309.50	30.4	35.5	2.4	7,495.00

表4 平成16年度の台風による特用作物、飼料作物の被害状況

	4号	6号	10号	11号	15号	16号	18号	21号	23号	合計
被害面積 (ha) 特作		48	36			37	6	46	123	296
飼料		4	42			4	6	21	1	78
推定被害 特作		35,172	1,530			4,800	291	2,380	18,514	62,687
金額 (千円) 飼料		187	1,197			187	1,078	646	24	3,319

1.3 野菜の被害

1.3.1 調査方法

農業班の野菜分野では、平成16年10月15日に香川県農政水産部農業生産流通課において、県内野菜生産の台風被害状況について聞き取り調査を行った。さらにその後、香川県農政水産部から適宜最新の情報を収集した。また、同21日には高松市（北部および西部）、善通寺市、丸亀市、坂出市、観音寺市、三木町、大野原町、豊浜町、仁尾町、三野町、高瀬町および多度津町の5市6町、同22日には高松市（南部および東部）、さぬき市、東かがわ市および三木町の3市1町の現地被害調査を行った。

1.3.2 調査結果

平成16年に我が国に接近・上陸し、特に香川県の農産物に被害をもたらした台風について、香川県産野菜の被害面積および推定被害金額を表5に示した。この中で、特に16号、21号および23号の被害

が大きくなり、その被害状況を表6にまとめた。

表5 野菜の被害状況

野菜被害	6号	10号	15号	16号	18号	21号	23号
被害面積 (ha)	14	11	12	138	30	202	516
推定被害額 (千円)	6,543	5,483	9,127	468,456	35,914	61,733	510,702

表6 主な被害品目、被害状況、被害面積並びに被害地域など

	主な被害品目	主な被害状況	被害面積 (ha)	主な被害地域
16号	金時ニンジン	冠水 (海水)	40	坂出市
	ネギ	冠水 (海水)、倒伏	30	大野原町、豊浜町
	キュウリ	倒伏、葉・果実の損傷	18	高瀬町、観音寺市
	カンショ	冠水 (海水)	17	土庄町、坂出市
	アスパラガス	茎・葉の損傷	14	善通寺市、丸亀市
21号	ブロッコリー	冠水、葉茎の傷み	106	満濃町、観音寺市、豊中町 他
	レタス	葉の損傷	43	豊浜町、大野原町、観音寺市 他
	ネギ	倒伏・葉折れ	28	善通寺市、西讃全域 他
	キャベツ	茎葉の損傷	14	東かがわ市、綾南町 他
	キュウリ	葉・果実損傷	2	豊浜町、財田町 他
23号	レタス	冠水、茎葉の損傷	185	観音寺市、大野原町 他
	ブロッコリー	冠水、茎葉の損傷	131	高松市、さぬき市 他
	キャベツ	冠水、葉の損傷	62	高瀬町、さぬき市 他
	ナバナ	冠水、倒伏	30	高松市、さぬき市 他
	イチゴ	冠水	9	三木町 他

台風16号の被害の特徴は、主に瀬戸内海に面した市・町において、圃場への海水の流入にともなう土壤中の塩類濃度上昇による塩害であった。塩類濃度の上昇は土壤水分の浸透圧を高めて、野菜の養水分の吸収を阻害する。この時期には、秋・冬野菜の播種や圃場の植え付け準備などが行われているため、播種直後における金時ニンジン苗の生育などに大きな被害が認められた (写真1、2)。台風21号および23号は、それぞれ県西部および東部において激しい風雨をもたらし、浸水・冠水などによる野菜の茎葉損傷あるいは根の障害を引き起こして、中でもレタスやブロッコリー、キャベツ、ナバナなどの冬野菜の多くに著しい被害をもたらした (写真3、4)。これは、ブロッコリーやキャベツなどの根は多くの酸素を要求するが、浸水・冠水によって土壤中の酸素不足が発生し、根の呼吸障害があったものと考えられる。根の呼吸障害は水分や無機養分の吸収を抑制するため、台風通過後の高温・強日射条件により茎葉の萎れが助長され、その後の生育阻害と収量低下の原因になったものと考えられる。

1.3.3 今後の対策について

平成16年に香川県の野菜生産に大きな被害をもたらしたのは海水の流入並びに大雨による浸水であった。これら甚大な台風被害に対する今後の対策として、まず農地およびその周辺の治水・排水対策がさらに必要であると思われる。また、台風の事前・事後対策については、香川県普及情報農業者ネットワーク (アグリネット : <http://www.ei-net.ne.jp/menu/kagawaall/openmenu/>) から情報発

信されており、本年の台風被害においても作目別対策や、海水流入による塩害の除去対策法などについて迅速な情報発信がされていたが、今後の野菜生産被害の未然防止と事後対策の強化のためには、本ネットワークシステムの充実と、県農業改良普及センターや農業試験場をはじめ地域の農業関係機関がいっそう連携して、情報の収集と地域に密着した情報の提供が必要であると思われる。



写真1 海水の流入により水没したハウス（観音寺市、16号、県撮影）



写真2 海水の流入により水没したハウス（坂出市、16号、県撮影）



写真3 冠水した後、萎れているブロッコリー（多度津町、23号）



写真4 冠水した後、萎れているナバナ（さぬき市、23号）

1.4 果樹の被害

1.4.1 はじめに

平成16年の度重なる台風の襲来により、県内の果樹作物における被害は、延べ面積3,426ha、総額4億7千万円にも及んだ。被害は主要な果樹作目全般にわたり、落果、枝葉や果実の損傷、潮風害、塩水害など作物への直接的被害に加え、園地への土砂の流入や表土の流亡など農地の損失、またビニールハウスや棚など栽培施設の損壊など広範に及んだ。特に県西部のナシ主産地では土石流により棚の崩壊と樹体の流失が発生し、甚大な被害がもたらされた。ここでは、一連の台風被害の状況を取りまとめるとともに、果樹作物の特性からみた被害の把握とその対策について述べる。

1.4.2 被害の概要

台風15号（8月17日）では、県西部に集中豪雨があり、ナシ（豊浜町）、ミカン（大野原町）で園地の崩壊により樹体が流出した他、一部果樹棚の倒壊が発生した。

台風16号（8月30-31日）では、県内全域でミカンの果実傷害が発生した他、ミカンの塩害（仁尾

町) ナシ(豊浜町)、モモ(飯山町、高瀬町、財田町)、ブドウ(多度津町、高松市)などで枝折れ・落果が多数発生した。また、カキ(香南町、綾南町、財田町)、イチジク(満濃町、高松市、坂出市)で果実傷害、落果、キウイフルーツで葉ずれ・落果(善通寺市、高瀬町)がみられた。さらに、ビニールハウスの倒壊やビニールの破損が県内全域にわたって起こった。



写真5 海水の流入によるミカンの落葉・落果(仁尾町)



写真6 潮風害による落葉とそれに伴う新葉の発生(仁尾町)

台風18号(9月8日)では、ミカン、カキ、イチジク、ブドウなどで枝折れ、葉や果実の傷害が発生し、ブドウやイチジクのビニールハウスが損壊した。

台風21号(9月29日)では、県西部が豪雨に見舞われ、大規模な土石流によるナシ園地の棚施設の崩壊と樹体の流出(豊浜、大野原)が発生し、甚大な被害が発生した。ミカン、カキ、イチジクなどでは、枝折れ、果実の傷害が生じ、キウイフルーツでは落果や落葉がみられた。ビニールハウスの損壊が県内全域で発生した。

台風23号(10月19-20日)では、県東部が豪雨に見舞われた。県内全域でミカンの落果、果実の傷害が発生した他、カキでは果実の傷害、落果、キウイフルーツでは果実の傷害、落果、一部モモ園地では表土が流亡した。

これらの台風による被害のうち、台風16号、18号、21号による被害がとくに大きく、度重なる降雨により被害は累積的に拡大した。



写真7 ナシ園内への土石流の流入(豊浜町)



写真8 土石流によるナシ栽培棚の損壊(豊浜町)



写真9 ミカン園への土砂の流入と落果（豊浜町）



写真10 強風によるキウイフルーツの落葉（善通寺市）



写真11 強風によるブドウの落葉（多度津町）

1.4.3 果樹作物の特性からみた被害の把握と対策

本年の台風被害が拡大した理由の一つは、異例の6月下旬に襲来した6号をはじめ、8月中旬、8月下旬、9月上旬、9月下旬、10月下旬と、夏から秋にかけて果実が発育し成熟する多くの種類の果樹の生育期間全体にわたって豪雨と強風、土砂流入などの累積的な影響を受けたためである。樹上の果実の損傷や落果は、収穫量の減少とともに外観的な果実の品質低下、さらには貯蔵性を劣化させた。また、強風や潮風による枝葉の損失や損傷は、成熟期を迎えた果実への光合成産物の転流に大幅な減少をもたらし、このため果実の糖度不足など食味品質の低下を招いた。また、土砂の流入や長期間にわたる土壌の過湿、海水の流入などは、細根の生理活性低下あるいは枯死に至らしめ、養水分の供給を強く抑制し、樹全体の衰弱を引き起こしたものとみられる。

このような当年の果実や樹体への直接的な被害に加えて、永年作物である果樹では、翌年、場合によっては数年間にわたり、台風害の二次的影響を被ることが懸念される。一般に果樹は秋季、落葉までの期間、翌年の花や果実、樹の発育に必要な炭水化物を蓄える。台風による枝葉の損失は、この貯蔵養分の蓄積量を減少させ、翌年の生産力を低下させる。また、カンキツや一部の落葉果樹では、台風による早期落葉にともなう夏秋期の発芽がみられたが、この時期に発生した新梢は耐寒性がなく越冬は困難であり、樹からの養分損失を招くのみである。また、多くの落葉果樹では夏から秋にかけて、花芽が既に分化・発達しつつあり、葉や根からの養分供給の減少は花芽の充実を妨げ、翌年の収量に影響を及ぼす可能性がある。著しく衰弱した樹では、この影響はさらに長期間にわたる場合もある。

園地そのものの崩壊をもたらすような異常なレベルの降雨や強風、土砂災害に対しては、構造的な対策が必要であるが、果樹の特性からみると、局地的な環境条件を考慮した園地選択および防風、排水施設の整備・点検が被害軽減には重要である。また、被害発生後の対策としては、可能な限り迅速に樹勢を回復させるためのせん定および着果量の調節、葉面散布を含めた施肥設計などが必要と考えられる。

1.4.4 果樹農業の現状からみた復旧支援対策

本県の果樹農業はその大半が比較的高年齢の生産者により営まれているのが現状であり、就業者の減少にともなって栽培面積・生産量の減少が進行しつつある。本年の広範かつ甚大な台風被害により、農業者の生産意欲が減退し、果樹農業全体の衰退を招くことが懸念される。苗木の植え付け後、収益を得るまでに相当な年数を必要とする果樹農業では、被害状況によっては園地の放棄を余儀なくされ、産地としての存続にも影響が及ぶ恐れがある。意欲的な農業者に対する生産復旧と被害軽減対策に向けた迅速で長期的な支援施策を講じる必要がある。

1.5 花きの被害

1.5.1 概況

香川県下の花き関連では、台風15号で豊浜町のキク0.1ha、台風16号で池田町、詫間町、綾歌町のキク10ha、詫間町のマーガレット4ha、台風18号で大野原のキク2ha、台風21号で池田町、香川町、詫間町のキク1haの被害が報告されている。

被害は、高潮による海水の冠水による塩害、風による海水飛散による塩害、河川等の氾濫による冠水被害、風による葉ずれ、倒伏に大別できる。平成16年の台風被害は、これまでに経験のない高潮、河川等の氾濫による被害が大きかったのが特徴である。以下個別に短期的、長期的被害状況を述べ、最後に今回の被害から導かれた教訓、今後の対策を述べる。

1.5.2 キクおよびマーガレットにおける短期的被害の特徴

(1) キク

これまで塩害の経験が十分蓄積されていなかったが、塩水が引いた後の迅速な対応・処理がその後



写真12 冠水したキクハウス



写真13 冠水直後のキク苗

の被害の大きさを左右した。すなわち、日が上がる前に動力噴霧器等で池の水を十分に掛け流し、植物に付着した塩分を洗い流した圃場では被害は軽微であったが、そのような対策を取らなかったところでは、キクの生長点部が被害を受け、ひどい圃場では葉が黒くなり枯死する場合も見られた(写真12、13)。

海水が入った後のハウス内土壌の塩分調査(小豆農業改良センター)によれば、表土はある程度の塩分を含んでいた(図1)が、耕土の中はそれほど塩分が侵入していないことが明かとなった。海水冠水後の対処方法の違いが被害の程度を左右したと上に述べたが、土壌の残留塩分の様子から、植物体に残存付着した塩分が主たる被害の原因であったことと考えられた。

(2) マーガレット

マーガレットはキクと同様、高潮による被害が出た。またマーガレットはキクに比べて塩分に敏感であり、冠水していないところでも潮風によって海岸沿いの畑で葉が黒変する被害が発生した。

(3) その他の草花

冠水後遅滞なく排水処理を施した箇所と1日湛水させたところで被害の差は著しく大きかった。また河川の氾濫により冠水した場合も上述の塩害同様、水が引いた後に植物体を良く洗ったところではその後の生育障害も少なかった。

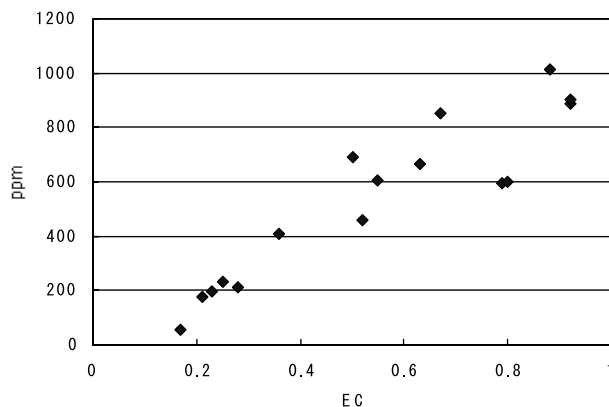


図1 表土のECと塩濃度

1.5.3 キクおよびマーガレットにおける長期的被害の特徴

キクでは枯死した圃場でも、塩類のチェック後改植した圃場で特に大きな問題は起きていない。一方、マーガレットではその後も一部で枯死株の発生が見られ、10月改植のため早出しの出荷量が激減することとなった。

1.5.4 その他の草花の事例

その他の草花においては、ハウス内の冠水等により土壌水分が過剰となり、湿害の出やすいラークスパーなどでは、徐々に株枯れが発生した(写真14)。またハウス内の湿度の上昇による灰色かび等の2次的被害が一部で報告された。



写真14 湿害で枯死株が出たラークスパー

1.5.5 今回の経験から導かれる教訓、今後の対策

高潮、河川の氾濫の抜本的対策は別項で指摘されるが、実際に冠水被害等に直面した際、何をなすべきか、今回の経験から導かれた教訓を列挙する。被害

の軽減とその後の経営回復のためには、1.可能なかぎり迅速に圃場、ハウスからの排水処理を行うこと、2.水が引いた時点での真水による植物体の洗浄を行うこと、3.改植に際して適切な残留塩濃度の評価を行うことが、重要であった。

1.6 園芸施設の被害

1.6.1 被害の概要

香川県に来襲した9個の台風により250億円を超える農林水産被害があり、そのうち農水産施設被害額は155億円程度にのぼり（農地・ため池等の被害を含む）、河川の氾濫やがけ崩れ等による農地の流失が相次いだ。園芸施設被害については、平成16年11月4日現在で2億8千万円を超える甚大なものとなった。通常ハウス等の園芸施設被害は強風害によるものがほとんどであるのに対し、台風15号や21号の際に豊浜町周辺で発生した果樹棚倒壊の原因となった土石流による被害も顕著であったことは今回の施設被害の大きな特徴である。このような樹体および果樹栽培施設の埋没という被害形態は、復旧に長期間を要し、しかも膨大な経費が必要となるため、農業経営の存続自体が危ぶまれる（写真15、16）。



写真15 パイプハウスの埋没（大野原町）



写真16 果樹棚の崩壊・埋没（豊浜町）

表7は平成16年8月中旬以降に県内に被害をもたらした台風について香川県がまとめた園芸施設被害の概要である。その台風を直接的な要因と特定できる施設被害もあるが、本年の台風は連続して襲来しているため、度重なる台風による累積的な要因の結果として現れた被害も多く、個々の台風被害として分類しにくいものもあるが、ここでは香川県の行った調査結果を利用した。

1.6.2 台風の特徴と被害

各台風の特徴について簡単に述べると、台風15号の特徴は激しい豪雨を伴っていたことであり、高気圧の縁をまわった暖かく湿った空気がこの台風の影響を受けて収束して雨雲が発達し、西日本特に四国山地や瀬戸内沿岸に猛烈な降水をもたらした。台風16号と18号は強い勢力で瀬戸内海を暴風域に巻き込んで日本海に達したもので、県内に強風が吹き荒れ、台風の接近と大潮期間の満潮が重なったため高い潮位が観測された。台風21号と23号は本州付近に停滞する前線とともに西日本に豪雨をもたらしたもので、県内も強風域や暴風域に入ったためかなりの強風を伴うものであった。

県内に被害をもたらした台風はそれぞれ独自の特性を持っており、園芸施設被害にもその特徴がよく表れている。台風15号では、財田アメダスの時間雨量で40mmを超える豪雨があり、激しい土石流

によって豊浜町の果樹棚の多くが全壊している。台風16号は平成16年に来襲した台風の中では最大の風速を記録しており（高松地方气象台）、400棟を超えるビニールハウスが強風被害を受け、被害面積とも最大であった。この台風により香川県沿岸部に甚大な高潮被害が発生したが、高潮の主因となる強風は園芸施設にも大きな被害をもたらした。台風18号も同様に強風による被害が発生しているが、先行した16号から間もないため被害面積・被害額とも少ない。台風21号は再び豪雨となったため、豊浜町で果樹棚の全壊被害が発生しているが、強風も伴っていたためビニールハウスにも被害が多発している。また、台風23号は県内を暴風域に巻き込んだため、県全域でビニールハウス等に強風被害が発生し、特に東讃地域では豪雨も伴ったためハウスの全壊が非常に多く、農地にも甚大な被害を与えた。

表7 各台風による園芸施設被害の概要

（平成16年11月4日現在）

台風	種類・品目	施設	被害量		被害程度（㎡）			被害棟数	被害面積	推定被害額 （千円）	主な被害状況	主な被害市町
			棟数	面積(㎡)	全壊	半壊	軽微					
15号	果樹関係	果樹棚 (なし)	5	5,000	5,000			5	5,000	2,140	果樹棚の全壊	豊浜町
16号	野菜関係	ビニールハウス他	206	257,920	2,780	4,660	248,880	426	450,450	118,922	パイプ破損、 ビニール破損	観音寺市、綾南町、丸亀市、土庄町、 豊浜町、大野原町
	果樹関係	ビニールハウス他	193	183,400	1,000	500	180,820				パイプ破損、 ビニール破損	高瀬町、豊中町、観音寺市、坂出市、 満濃町、土庄町、善通寺市、多度津 町
	花き関係	ビニールハウス他	27	9,130	0	2,100	7,030				パイプ破損、 ビニール破損	大野原町、詫間町
18号	野菜関係	ビニールハウス他	72	36,850	2,400	11,900	22,550	153	64,800	31,290	ビニール破 損、パイプの 曲がり、全 壊、半壊	香川町、香南町、善通寺市、綾南町、 綾歌町、丸亀市、多度津町、琴南町、 仲南町、大野原町、観音寺市、財田 町、豊浜町
	果樹関係	ビニールハウス他	10	7,450		1,950	5,500				ビニール破 損、パイプの 曲がり、半壊	高松市、香南町、国分寺町、坂出市、 綾南町、満濃町、観音寺市、豊浜町
	花き関係	ビニールハウス他	71	20,500	480	5,770	14,250				ビニール破 損、パイプの 曲がり、全 壊、半壊	綾歌町、仲南町、満濃町、飯山町、 綾上町、琴南町、善通寺市、坂出市、 丸亀市、詫間町、仁尾町、大野原町
21号	野菜関係	ビニールハウス他	19	7,190	240	480	6,470	37	178,490	76,679	ビニール破 損、パイプの 曲がり、ハウ ス倒壊等	土庄町、三木町、高松市、綾南町、 綾歌町、坂出市
	果樹関係	果樹棚	12	170,000	170,000						果樹棚の倒 壊、損傷	豊浜町、大野原町
	花き関係	ビニールハウス	6	1,300	0	400	900				ビニール破 損、パイプの 曲がり	東かがわ市、詫間町、仁尾町
23号	野菜関係	ビニールハウス他	63	36,010	9,100	12,900	14,010	138	60,010	52,735	全壊、半壊、 パイプの曲が り、ビニール 破損等	さぬき市、東かがわ市、庵治町、牟 礼町、土庄町、高松市、三木町、飯 山町、綾上町、綾南町、観音寺市、 大野原町
	果樹関係	ビニールハウス	1	200	200						全壊	高松市
	花き関係	ビニールハウス他	74	23,800	2,550	3,500	17,750				全壊、半壊、 パイプの曲が り、ビニール 破損等	さぬき市、東かがわ市、高松市、池 田町、内海町、坂出市、綾歌町、仲 南町、三野町、仁尾町、詫間町
計			759	758,750	193,750	44,160	518,160	759	758,750	281,766		

園芸施設の被害は、そのほとんどがパイプハウス、APハウスの機械的損傷とその稼動システムの故障である。機械的な損傷は、ビニールやガラスの破損、さらにパイプの曲がりやハウスの倒壊と軽微なものから甚大なものまで含まれている。稼動システムの故障には、冠水による電磁弁やポンプの故障、炭酸ガス発生装置の故障など内部施設の被害が含まれる。

1.6.3 園芸施設被害の対策

強風による園芸施設被害としては、数的には機械的な損傷が圧倒的に多かったが、ハウスは採光と経済性の面から構造材は最小限に設計されているため、部材強度増加対策にはどうしても限界がある。地域の詳細な風速分布は台風の内部構造によって異なるが、台風経路によって大まかな予測が可能であることから、被害の応急対策としてそれらの予測値を考慮した上で減風のための防風ネットを設置することが効果的である。また、強風によるフィルム破損の対策としては、被覆材の剥離防止のための取り付け金具の緊張、押さえ紐の固定等があげられるが、換気扇が設置されている場合には密閉状態にして換気扇を稼働させて、施設内部を負圧に保つことも効果的である。かなりの強風が予想される場合には、倒壊防止対策として事前にフィルムを撤去して風がハウス内を速やかに抜けるようにすることが重要であるが、その判断基準としてハウスの形状・大きさに見合う具体的指針を個々の農家に示す必要がある。恒久的な対策としては、台風の常習性が高い場合や設置場所に余裕がある場合には、安定的な防風施設の設置が望ましい。防風林の場合は、常緑樹で根が深く倒伏しにくいことや病虫害に強いこと、周辺の果樹等に影響がないことなどの樹種条件も考慮しなければならないため注意が必要である。また、施設栽培の導入の際にはその立地条件を考慮して設置を行うことも事前対策として重要である。被害の発生状況と風速についての過去の事例解析により局地的な強風発生が斜面の向きや山地形状等の地理的要素によって大きく影響されることが明らかになっており、周囲に風を遮る地形的要素がない場所におけるハウスの設置を回避することが必要である。

強風被害以外では、冠水による被害がハウスの内部施設に発生しており、浸水の恐れがある場合にはその対策を早急に講ずる必要がある。先に述べたように、台風にはそれぞれの顔があり、その性質・特徴の情報を的確に収集し、施設の防災に対応することが重要である。豊浜町や大野原町で発生したような園芸施設の土石流対策については、土砂災害班の報告にゆずるが、新たに農地造成をする場合には、可能であれば地形条件として急激な土砂流出の危険を回避できるような場所を選定することが必要である。

1.7 畜産の被害

平成16年8～9月にかけての台風15、16、21号による豪雨と高潮による香川県における災害について、香川県の作成した資料を参考にして農林水産施設等のうち畜産に関係する被害について記載する。

1.7.1 台風6号による被害

今回の報告とは直接の関係はないが、連続した一連の台風のさきがけとなった台風6号についても若干の被害報告が報じられている。すなわち、6月21日に四国東部を通過した風6号では、三木町で倒木により牛舎1棟約130m²が倒壊し、乳牛2頭が死亡し、畜舎や堆肥化施設が破損した。

1.7.2 台風15号による被害

8月17日の昼から18日にかけての西讃地域への局地的な大雨により、小規模なため池の決壊等が生じた台風15号による被害として、8月20日15時では3棟の畜産施設の被害、96,300千円の推定被害金額であった。その被害状況としては、鶏舎の倒壊が2棟、1000m²で堆肥舎の倒壊が1棟、300m²として報告されている（観音寺市）。これらの鶏舎の倒壊によって、採卵鶏の圧死や浸水による斃死や流出が山本町や高瀬町でも生じ、合計16千羽の鶏の被害、6,750千円の推定被害金額であった。

9月13日12時での総括被害としては、4棟の畜産施設の被害、97,100千円の推定被害金額が報告された。これらの被害状況としては、鶏舎の倒壊が2棟、881m²で堆肥舎の倒壊が1棟、472m²（観音寺市）であり、その他でも鶏舎、飼料タンクの破損、土砂流入1棟、300m²が最終報告された。これらの鶏舎の倒壊によって、採卵鶏の圧死や浸水による斃死や流出が山本町や高瀬町でも生じ、合計27千羽の鶏の被害、7,271千円の推定被害金額であった。なお、飼料作物の被害はなかった。

1.7.3 台風16号による被害

8月30日～31日の台風16号による9月13日12時段階での被害報告としては、家畜の斃死はみられなかったが、土庄町で牛舎や堆肥舎の屋根の損傷等、3棟、200千円の被害が報告された。また、10キロの購入飼料が高潮によって被害を受け、2054kgの牛乳が停電によって破棄された。さらに、飼料作物については、土庄町、仲南町、善通寺市においてソルゴーが倒伏や高潮によって被害を受けており、仲南町、善通寺市ではトウモロコシの倒伏が報告されており、栽培面積5haの飼料作物のうち、4haの飼料作物が被害を受け、83%の被害率（推定被害金額：187千円）であった。

10月1日13時30分段階での被害報告としては、牛舎、豚舎、鶏舎ならびに簡易哺乳施設の損傷や流出が大野原町等で生じ、11棟の畜産関係施設（推定被害金額：28,240千円）に被害があった。家畜の被害としては、豚の斃死等の480頭の被害（推定被害金額：6,100千円）があった。飼料作物については、東かがわ市、牟礼町、香川町、土庄町においてソルゴー、トウモロコシ、スーダングラス、エンバクが倒伏し、栽培面積86haの飼料作物のうち、21haの飼料作物が被害を受け、24%の被害率（推定被害金額：646千円）であった。

1.7.4 台風18号による被害

9月7日の台風18号による9月8日15時現在での被害情報としては、財田町、綾上町、仲南町などで牛舎や堆肥舎の屋根の損傷があり、11棟の畜産施設の被害、推定被害額9,218千円があったが、家畜の被害はなかった。また、飼料作物の被害としては、観音寺市、さぬき市、東かがわ市でソルゴー、トウモロコシ、スーダングラスが倒伏し、栽培面積134haの飼料作物のうち、6haの飼料作物が被害を受け、5%の被害率（推定被害金額：1,078千円）であった。

1.7.5 台風21号による被害

9月29日の台風21号による10月1日13時30分現在での被害情報としては、大野原で牛舎、豚舎、鶏舎、簡易哺乳施設の損傷や流出などの損傷があり、11棟の畜産施設の被害、推定被害額28,240千円があった。家畜への被害としては、豚の斃死など480頭（推定被害額6100千円）の被害が調べられている。また、飼料作物の被害としては、東かがわ市、牟礼町、香川町、土庄町でソルゴー、トウモロコシ、スーダングラス、エンバクが倒伏し、栽培面積86haの飼料作物のうち、21haの飼料作物が被害を受け、24%の被害率（推定被害金額：646千円）であった。

10月4日15時現在での被害情報としては、大野原などで牛舎、豚舎、鶏舎、簡易哺乳施設、堆肥舎の損傷や流出などの損傷があり、15棟の畜産施設の被害、推定被害額75,240千円があった。家畜への被害としては、豚の斃死など580頭（推定被害額10,100千円）の被害が調べられている。また、飼料作物の被害としては、東かがわ市、牟礼町、香川町、土庄町でソルゴー、トウモロコシ、スーダングラス、エンバクが倒伏し、栽培面積86haの飼料作物のうち、21haの飼料作物が被害を受け、24%の被害率（推定被害金額：646千円）であった。

10月7日現在での被害状況では、15棟の畜産施設の被害（推定被害額75,240千円）、580頭の家畜斃死（推定被害額10,100千円）、被害面積21haの飼料作物災害（推定被害額646千円）が報告された。

1.7.6 台風22号による被害

台風22号による畜産関係の被害は特に見られなかった。

1.7.7 台風23号による被害

10月20日の台風23号による11月4日16時現在での被害情報としては、東かがわ市、牟礼町、三木町、綾上町、綾南町、さぬき市で牛舎、等の損壊があり、25棟の畜産施設の被害、90,990千円の推定被害額があった。家畜への被害としては、さぬき市、仲南町、綾南町、三木町、内海町で乳牛や肉用牛20頭および鶏15300羽の斃死が報告され、20,675千円の推定被害金額にのぼった。また、飼料作物の被害としては、坂出市、善通寺市、満濃町、仲南町でイタリアンライグラス、エンバク、スーダングラスの一時冠水があり、栽培面積2haの飼料作物のうち、1.3haの被害面積にのぼり、被害率は65%に達した。その推定被害金額は24千円であった。

1.8 今後の対策

1.8.1 農作物の被害回避への技術的対策

水稻における最も大きな被害は倒伏によるものである。すなわち、倒伏は登熟を阻害し、収量と品質を大きく低下させる。したがって、台風による被害を軽減するためには倒伏に強い作物栽培を確立することが肝要である。そのためには、窒素の施用量を減らすとともに、有機物（堆肥など）を圃場に投入して根系の発達を促すことが必要である。窒素肥料を減らすことは、通常年でも水稻では食味向上に効果がある。

野菜や花卉においては、実際に冠水被害等に直面した際、何をなすべきか、今回の経験から導かれた教訓を列挙すると、1）可能なかぎり迅速に圃場、ハウスからの排水処理を行うこと、2）水が引いた時点での真水による植物体の洗浄を行うこと、3）改植に際して適切な残留塩濃度の評価を行うことが、被害の軽減とその後の経営回復のために重要であった。

果樹ではその特性からみると、局地的な環境条件を考慮した園地選択および防風、排水施設の整備・点検が被害軽減には重要である。また、被害発生後の対策としては、可能な限り迅速に樹勢を回復させるためのせん定および着果量の調節、葉面散布を含めた施肥設計などが必要と考えられた。

1.8.2 農地・施設の基盤整備と構造改善

砂防や中小河川、排水溝、農道の改修整備など基盤の整備・保全は不可欠である。施設では県下全域で園芸施設の強風による被害として、パイプハウスの倒壊、曲がりやフィルムの破損が多数発生した。ハウスは採光と経済性の面から構造材は最小限に設計されているため、部材強度増加対策には限界がある。風速分布は台風の内部構造によって異なるが、台風経路によってほぼ予測が可能であることから、応急対策としてそれらの予測値を考慮した上で、減風のための防風ネットを設置することが効果的である。また、強風によるフィルム破損の対策としては、被覆材の剥離防止のための取り付け金具の緊張、押さえ紐の固定等があげられるが、換気扇が設置されている場合には密閉状態にして換気扇を稼働させて、施設内部を負圧に保つことも効果的である。かなりの強風が予想される場合に

は、倒壊防止対策として事前にフィルムを撤去することが重要である。

1.8.3 関係情報の提供システムの整備・充実

被害発生の回避あるいは被害を受けた農作物への処置に関する迅速な情報提供システムの整備が必要である。地域の農業気象情報や各作物の被害を最小限に止めるための緊急措置と長期的対応についての情報配信が望まれる。

1.8.4 産地の維持、生産確保に向けた長期的視点での再生支援

本県の農業はその大半が高年齢の生産者により営まれているのが現状であり、就業者の減少にともなって栽培面積・生産量の減少が進行しつつある。本年の広範かつ甚大な台風被害により、農業者の生産意欲が減退し、農業全体の衰退を招くことが懸念される。特に苗木の植え付け後、収益を得るまでに相当な年数を必要とする果樹農業では、被害状況によっては園地の放棄を余儀なくされ、産地としての存続にも影響が及ぶ恐れがある。意欲的な農業者に対する生産復旧と被害軽減対策に向けた迅速で長期的な支援施策を講じる必要がある。

参 考 文 献

- 1) 香川県農政水産部：平成16年台風被害一覧,2004.
- 2) 大阪管区气象台：平成16年台風第15号に伴う 8 月17日から20日にかけての大雨と暴風、災害時自然現象報告書、No.2,2004.
- 3) 気象庁：平成16年台風第16号による 8 月27日から31日にかけての大雨、暴風等、災害時自然現象報告書、No.2,2004.
- 4) 気象庁：平成16年台風第18号による 9 月 4 日から 8 日にかけての暴風と大雨、災害時自然現象報告書、No.3,2004.
- 5) 気象庁：平成16年台風第21号による 9 月25日から30日にかけての大雨と暴風、災害時自然現象報告書、No.5,2004.
- 6) 気象庁：平成16年台風第23号及び前線による10月18日から21日にかけての大雨と暴風、災害時自然現象報告書、No.6,2004.