

大和川流域整備計画の見直しにおける検討 (中間報告)

有本 浩太郎¹・川内 嘉起²

¹近畿地方整備局 大和川河川事務所 調査課 (〒583-0001 大阪府藤井寺市川北3-8-33)

²近畿地方整備局 河川部 河川環境課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

大和川の総合治水対策は、大和川流域整備計画策定後30年以上が経過し、一定の事業は進んでいるものの、社会状況が変化していることから、現計画の見直しが必要な状況となっている。そこで、現在検討している大和川流域整備計画の見直しに関して、分布型流出解析モデルを用いた流域対策の目標設定および今後の貯める対策の方向性等、大和川流域総合治水対策協議会において議論している内容について報告する。

キーワード 総合治水対策, 流域対策, 分布型流出解析モデル

1. はじめに

(1) 地形・治水の特徴

大和川の上流部に位置する奈良盆地は、四方を山地に囲まれ平野部が窪地になっている典型的な低平地である(図-1)。このため、ひとたび雨が降ると放射状に広がった支川から本川に一気に雨水が集まる。また、奈良盆地は京阪神地区に隣接し、交通の利便性も高いことから、昭和30年代後半から人口が増加し、地域開発が急速に進展した。結果、流域がもつべき保水・遊水機能が低下した。このため、河川改修などの「治水対策」だけでは洪水を防ぐことが困難となっている。

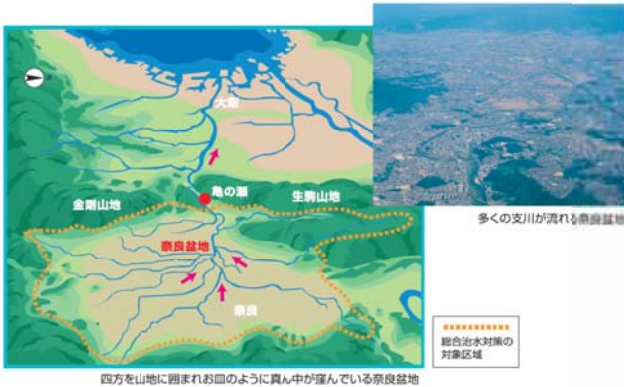


図-1 奈良盆地における支川の状況

(2) 計画の変遷

大和川の「総合治水対策」に関する計画としては、昭

和57年に大和川北部7河川が総合治水対策特定河川に指定されたことを契機に、関係25市町村(当時)、奈良県および近畿地方建設局(現;近畿地方整備局)の合意のもとに、「大和川流域総合治水対策協議会」を昭和58年2月に組織し、総合的な治水対策を講ずるための検討を進め、昭和60年7月に、流域で取り組む具体的な計画として、大和川流域整備計画を策定した。

その後、関連する計画として、大和川水系河川整備基本方針が平成21年3月に、大和川水系河川整備計画(国管理区間)が平成25年11月とそれぞれ策定している。

2. 総合治水対策の概要

大和川流域整備計画では、「治水対策」とあわせて、雨水の本川流出を抑えることを柱とした「流域対策」を実施することによる『総合治水対策』を推進することとしている(図-2)。

大和川流域における流域対策としては、「開発に伴う防災調整池」および「ため池治水利用施設」、「ため池の保全」、「雨水貯留浸透施設」の4種類ある(図-3)。そのうち、「ため池治水利用施設」および「雨水貯留浸透施設」については大和川流域総合治水対策協議会において、大和川については昭和57年8月洪水、支川については概ね10年に1回程度の降雨を対象として目標を設定している。



図-2 総合治水対策のイメージ

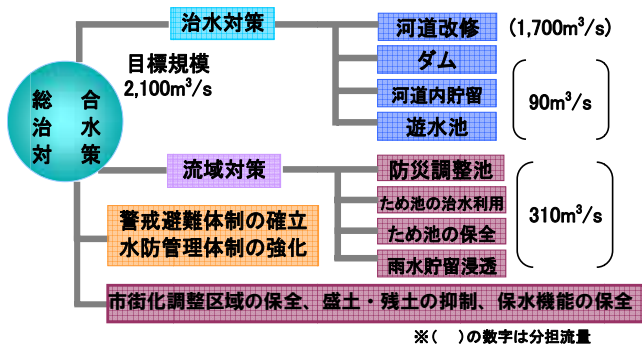


図-3 大和川流域整備計画の概念図

3. 大和川流域整備計画の現状と課題

(1) 計画策定時からの社会状況の変化について

流域を取り巻く環境が変化したことにより、計画策定時の予測と現状との差異が生じてきている。

1) 市街地面積の伸びの低下

計画時の予測では、市街化率が1993年時点で32%と予想していたが、2006年時点においては市街化率は27%に留まっている。それに伴い開発指導要綱等で民間に指導している『防災調整池』についても想定していた対策量が確保できておらず、現時点で計画予定の39%程度の進捗となっている。

2) 従前ため池の減少

条例での制限により、昔からあるため池（従前ため池）は保全される予定であった。しかし、実際には流域の開発等の進行とともにその数は減少しており、計画策定時の1981年には約6300箇所あったため池が、2009年時点で約3800個にまでその数は減少している。それに伴い『ため池の保全』として従前ため池で見込んでいた貯留量も減少している。

3) 治水計画（法定計画）の変更

現行計画では大和川工事実施基本計画（昭和52年1月）

が治水対策の基本方針の長期的な計画として位置付けられている。しかし、時間の経過と共に、大和川水系河川整備基本方針が平成21年3月に、大和川水系河川整備計画（国管理区間）が平成25年11月にそれぞれ策定され、大和川沿いにおける新規の遊水地整備といった内容が治水対策として付加されており、総合治水対策の一翼を担う治水対策についてもその計画が変化している。

4) 浸水被害の頻発

総合治水対策の進捗と共に、浸水の規模は年々小さくなってきているものの、奈良盆地では近年においても浸水被害が頻発している（図-4）。

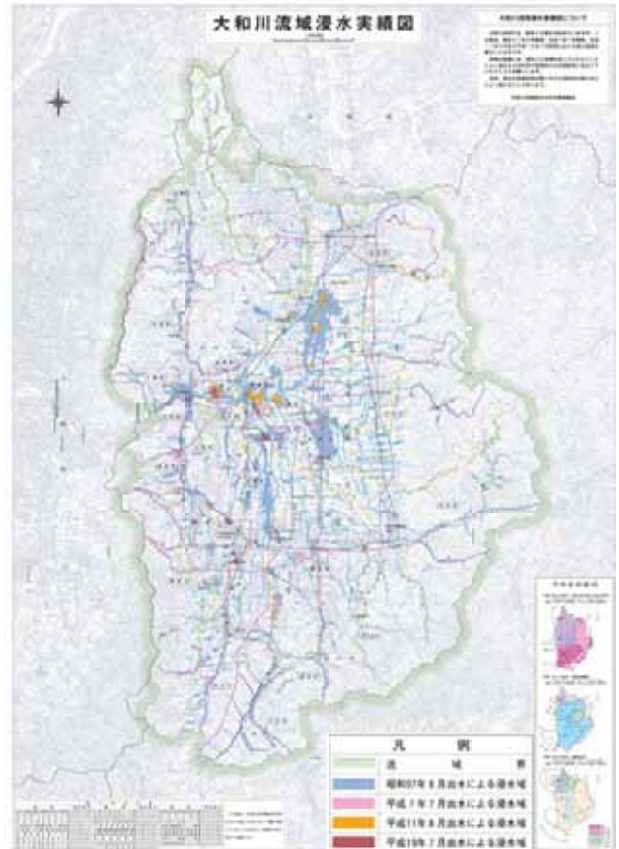


図-4 奈良盆地における大和川流域浸水実績図

(2) 流域対策に関する課題

流域整備計画策定時に設定されている目標対策量（最小必要量）に対して、現時点（平成26年3月）においても77%程度の進捗しか図れておらず、さらに近年においては、その進捗は伸び悩み、横ばいの状態が続いている（図-5）。

1) 画一的な目標設定

現行計画における目標対策量は、ため池治水利用施設では0.2ha以上の流域の流域を持つため池の数、雨水貯留浸透施設では校庭貯留の場となる公立学校の数をもとに目標設定を行っている。しかし、この目標対策量は画一的に設定されており、地域特性等を考慮していないことから、対策進捗率の向上の弊害となっている。

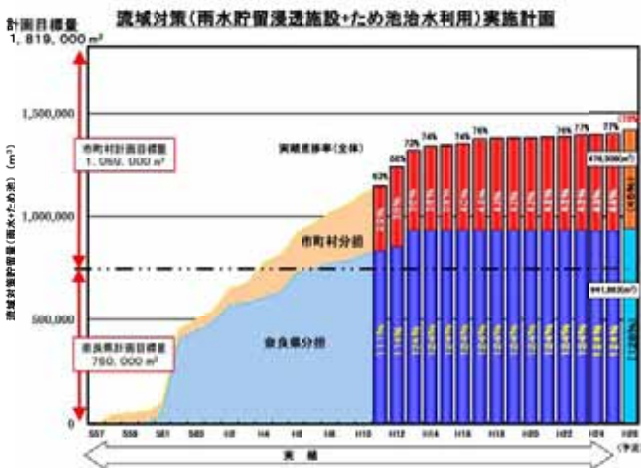


図-5 流域対策の進捗状況

【ため池治水利用施設】：水害の発生や水不足の歴史を持つ奈良盆地では、ため池の治水利用において利水権者との合意が困難なケースや浸水地域の上流に位置していないため池が多くあり、ため池治水利用施設の有効性や実現性などが目標設定には考慮されていない。そのため、進捗は74%程度に留まっている。

【雨水貯留浸透施設】：対策施設としては、校庭貯留以外に、透水性舗装や公園貯留などの対策についても、設置基準を作成し対策を実施してきており、目標の設定が現状に即していない状況にある。そのため、進捗は約120%にも及んでいる。浸水被害は頻発し、流域対策全体の目標を達成していない状況にありながら、目標対策量を超過しているために、更なる対策実施の必要性が説明しにくい状況にある。

2) 流域対策の必要性の不明確さ

流域対策の推進には、利水権者との合意や道路の舗装を透水性にするといった地元や事業者の理解が不可欠な部分もあり、その必要性を示す必要がある。しかし、現行計画の効果量については、流域対策施設ではなく、大和川本川の藤井地点のみで評価を実施しているために、地元や事業者に対して流域対策の必要性を分かりやすく説明することが非常に難しい状況にある。

4. 現時点における見直しの検討状況

(1) 見直しに向けた基本方針

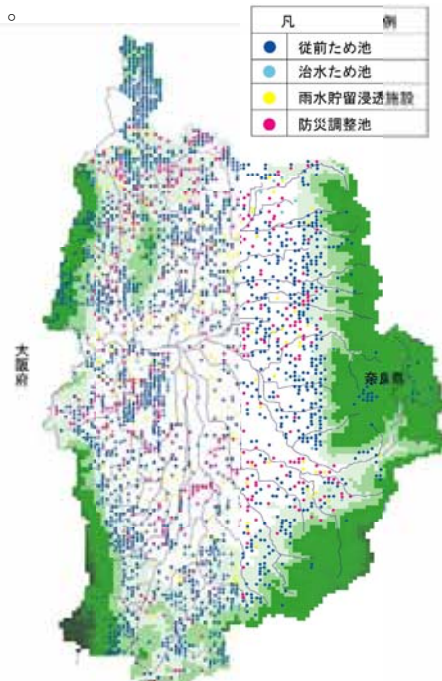
上述したような現状・課題を受け、大和川流域総合治水対策協議会では、計画見直しの必要性について合意し、大和川流域整備計画を以下の流れで見直していくことになった。

1) 現状の把握

現行計画策定時から大和川流域を取り巻く環境は大き

く変化しており、最新のデータをもとに、計画見直しに向けた基礎資料を収集する必要がある。

そこで、土地利用状況等を反映すると共に、多数存在する流域対策施設（従前ため池、雨水貯留浸透施設、ため池治水利用施設、開発に伴う防災調整池）について調査・整理を行い、流域自治体への照会を踏まえた上で、流域対策施設に関するデータベースの構築を行っている（図-6）。



流域対策施設の整理(位置図)

図-6 計画立案に向けた基本条件の整理

2) 「今後はより貯めること」を基本方針

流域対策の進捗は伸び悩んでいる状況ではあるが、浸水被害の頻発や地球温暖化の影響による局地的豪雨の激甚化・頻発化に対する浸水被害解消（減少）に向けた対策を行っていくことが必要な状況にある。

そのような状況を踏まえると、小規模かつ河川から離れた上流域で発生する浸水被害に対して、効果的・効率的であると考えられる流域対策の対策量は、大和川流域ではまだまだ不足している。

そこで、現計画において定めている目標対策量（最小必要量）にとらわれるのではなく、浸水被害解消（減少）に向けて、「より貯める」を基本方針に総合治水対策を推進していくこととしている。

また、浸水はその場所だけの問題ではなく、その上流域の水が影響していることを考慮し、行政区（市町村界）を超えた、上下流一体となった対策の実施が必要となっている（図-7）。

3) 地域特性・実情の反映

各市町村において地域の実情や特性は様々であり、流域全体で様に流域対策を推進することは不可能である。

そこで、各市町村の地域特性を考慮した目標を設定するとともに、その実現に向けた方策に地域の創意工夫を

活かしていくことが必要となっている。

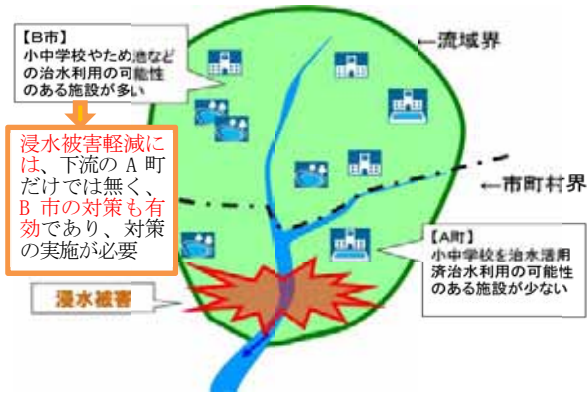


図-7 上下流一体となった流域対策の必要性イメージ

4) 効果の見える化（情報共有化）

大和川本川の藤井地点での効果量に加え、局所的豪雨への対応も明確となるよう支川流域単位等での効果量についても検討する。

また、上記を実施するにあたっては、流出解析を準線形貯留型流出モデルから流域対策の効果を細かく算定できる分布型流出モデルに変更し、流域全体における再現性を向上させる。

(2) 見直しに向けた新たな解析手法

1) 分布型流出モデルの特性

従来の準線形貯留型流出モデルでは、流域ブロック単位で集約化して評価しているのに対し、流域を250mメッシュに分割した分布型流出モデルでは、施設の実分布に応じて施設を配置しており、流域の表現性が高い。また、個々に施設の調節状況の評価も可能であり、有効活用に資する施設の抽出も可能である。

2) 治水・流域対策施設のモデル化

治水・流域対策施設は、施設台帳および地形図より位置を特定し、分布型流出モデル上に配置した。

流域対策施設の放流量については、個々の施設において洪水調節計算を実施して算定する（図-8）。

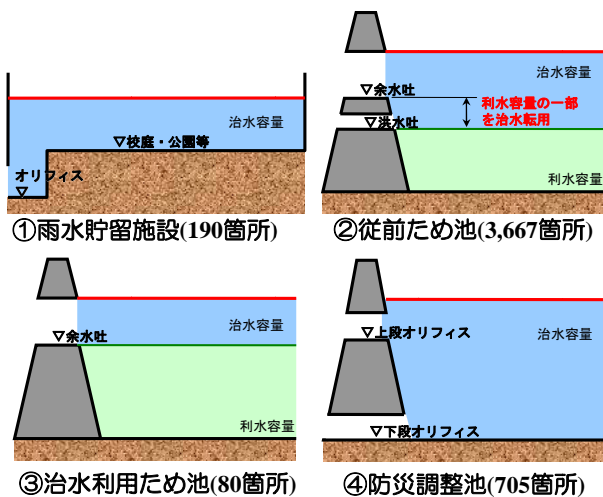


図-8 流域対策施設のモデル

(3) 見直しに向けた当面の進め方

上記の方針に従い、今後、見直しに向け、以下のように進めていく。

1) 現状の計画への反映

作成したデータベース等の最新のデータを基に、土地利用状況や流域対策、洪水調節施設等の情報を、計画立案の基本条件とする。

2) ワーキンググループ等による意見交換・情報共有

行政界を超えた流域対策を実施していくためには、各市町村が浸水地域の情報や浸水の原因といった情報を共有し、その対策に向けた意見交換が不可欠である。

しかし、大和川流域総合治水対策協議会では、流域市町村が集まるような枠組みしか存在せず、きめ細やかに浸水地域に関する議論を行うことは困難である。

そのため、一次支川の流域毎などを単位として、ワーキンググループ（以下、WG）等を設置し、きめ細やかな浸水地域に対する議論・流域整備計画の目標設定等を行っていくこととした。

3) 流域対策の方策を幅広く把握

個々の地域の実情を計画に反映させるために、WG等を活用し集めた情報をもとに、各市町村における地域の実状も考慮し、今後の流域対策の方策を幅広く検討し、把握する必要がある。例えば、地域の実情に合わせて、個々の流域対策で目標設定するのではなく、流域対策全体の総和で考えていく。

また、水田貯留といった新たな流域対策についての要望も挙がってきていることから、流域対策の追加も視野に入れた計画を作成していく必要がある。

4) 十分かつ公平な対策量の設定

目標対策量の設定については、流域対策の効果量を分布型流出解析モデルを用いて、きめ細やかに算定し、治水上十分であり、かつ各市町村において公平な対策量が確認を行うものとする。

効果量算定および確認の際には、大和川本川の藤井地点での効果量に加え、局所的な集中豪雨への対応も明確となるよう支川流域や市町村境など、各市町村内での効果量についても検討を行っていく（図-9）。

5. 今後の展開に向けた展望

今後、大和川総合治水協議会やWG等において円滑に見直し協議を進めるためには、きめ細やかに算出した効果量をもとに、下記のような点に留意していく必要があると考える。

(1) 効果の見える化の継続

流域整備計画見直し協議の円滑な推進や流域対策施設整備の促進のためには、その必要性（効果）を関係機関や住民に示していく必要がある。

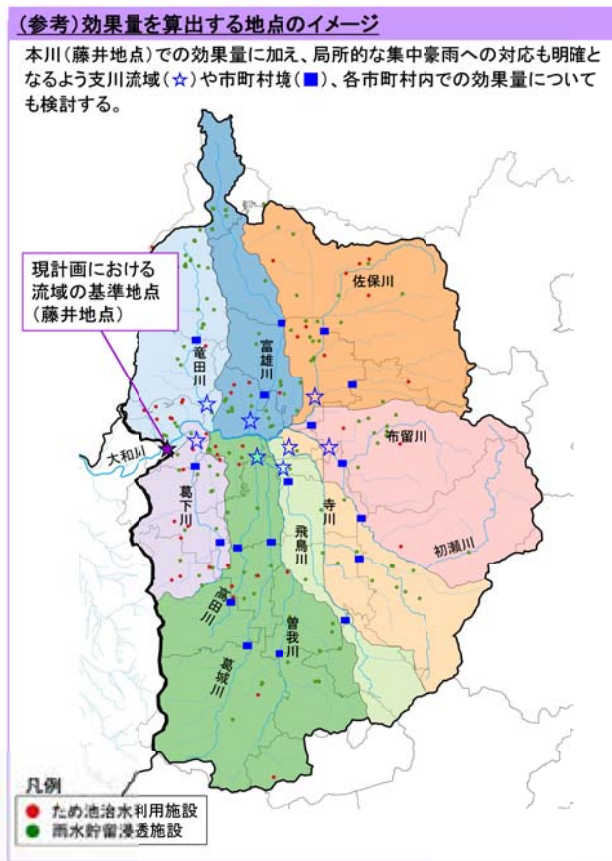


図-9 分布型流出解析モデルを用いたきめ細やかな効果量算定地点のイメージ

(2)地域ニーズに合致した十分かつ公平な対策量の設定

治水上必要となる対策量を確保しつつ、地域の実情やニーズに合致し、十分かつ公平な対策量を設定することが必要であり、それが流域市町村の進捗に資することになると考えている。

6. おわりに

近年、総合治水対策は、兵庫県において平成24年1月に総合治水の推進に関する条例が制定されるなど、大きくクローズアップされている。

そうした中で、約30年にわたり流域対策を実施している大和川流域は総合治水対策の先進的な事例であり、見本となるべき事業であると考えられる。

しかし、現状では進捗が滞るなどといった課題があり、これらを解決していくことで、総合治水対策全体の底上げにつながるのではないかと考えている。

大和川流域整備計画の見直しにおける検討は、現時点では途中段階ではあるものの、分布型流出解析による計画策定や目標対策量にとらわれない対策の推進といった考え方は、総合治水対策の発展に向けた一助となると考えている。

大迫ダム細粒土砂の植栽表土転用に関する検討

村尾 弘道¹

¹近畿農政局 第二十津川紀の川農業水利事業建設所 工事課
(〒638-0041奈良県吉野郡下市町下市798)

国営第二十津川紀の川農業水利事業では、奈良県川上村に位置する大迫ダム貯水池を対象に施設機械設備の改修と併せて堆砂対策を実施しており、その一環として撤去した砂礫を近傍の土捨場に盛土している。造成後は表面緑化のため一部植栽を検討中であるが、砂礫主体の盛土材では植物の正常生育に支障があり、また植栽表土を大量に購入・運搬することは経済性に問題がある。一方、ダム貯水池内下流側では広範に細粒土砂が堆積しており、これを植栽表土として転用できれば経済的、かつ下流の水質改善につながる等の利点が大いと考えた。したがって、ダム貯水池内細粒土砂の概略調査を実施し、植栽表土転用の可否について検討した。

キーワード ダム貯水池、植栽表土、堆砂対策、細粒土砂、土壌分析

1. 大迫ダム堆砂対策

奈良県の主要河川である吉野川紀の川上流に建設された大迫ダム貯水池では、昭和49年の運用開始以降、経年的に貯水池内や上流河川に土砂が堆積したことから、洪水に伴う道路の浸水被害や有効貯水量の低下が懸念されている。このため、第二十津川紀の川農業水利事業において、平成18年より貯水池上流域を対象として堆砂対策工事を実施し、撤去した土砂を近傍の桂谷に捨土しているところである。写真-1に桂谷土捨場の全景と盛土材を示す。

桂谷への捨土は平成25年度で終了し、その後は一定面積を植栽し、林地に戻す条件となっている。しかしながら、貯水池より撤去・捨土した土砂は大部分が礫質土であり、植生表土としては不適切である。また、大量に植栽表土を購入し長距離を運搬することは不経済であり、より低コストで植栽表土を確保することが課題となっている。



写真-1 桂谷土捨場の全景と盛土材

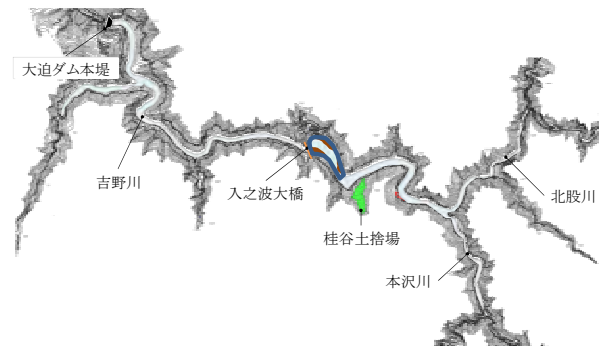


図-1 大迫ダム貯水池全体図

2. 入之波大橋上流付近での堆砂と検討目的

大迫ダム貯水池では、下流ほど小粒径の土砂が堆積している。特に、図-1の大迫ダム貯水池全体図に示す入之波大橋上流付近(囲い部)は、写真-2の入之波大橋上流の堆積状況に示すように、広域かつ大量に細粒土砂が堆積していることが確認されている。さらに、この堆砂はダム水位低下時の濁水発生要因の一つである可能性も指摘されている。



写真-2 入之波大橋上流の堆積状況

以上より、この堆砂を桂谷土捨場における植栽表土として転用できれば、材料及び運搬コストの低減、並びにダム水質改善においてメリットが大きいと考えられる。

したがって、現地調査の他、サンプリングによる土壌分析を実施し、植栽表土としての利用の可能性について検討した。

3. 現地調査

図-2 の入之波大橋上流付近拡大図に示すように、細粒土砂は、土捨場下流河川湾曲部の右岸側（以下、「堆積土①」と呼ぶ）、入之波大橋上流の右岸側（以下、「堆積土②」と呼ぶ）、同左岸側（以下、「堆積土③」と呼ぶ）で確認され、これらを総称して細粒堆積土と呼ぶ。これらが顕著に集積した理由として、堆積土①は河川湾曲部内側で水勢が弱いこと、堆積土②及び③は、川幅拡大による河川全体の水勢減少と下流の急縮により流水が滞留しやすいこと、加えて堆積土③は流路の内側に位置していることが指摘できる。細粒堆積土の厚さは、場所により異なるが概ね 2m~7m である。

写真-3 に細粒堆積土の代表的な表出面を示す。写真-3 の左に示す土壌（以下、「土壌Ⅰ」と呼ぶ。）は、表面がザラザラしており、孔隙が多く、握ると弱く固まり、湿り気が感じられた。右に示す土壌（以下、「土壌Ⅱ」と呼ぶ。）は、土壌Ⅰと比較して表面がツルツルしており、密着性が高く、握ると形になり、手の平に湿りが残った。細粒堆積土の大部分がこの土壌Ⅰ及び土壌Ⅱで構成され、互層状に堆積していた。また、土壌Ⅰは上層部で多く確認され、色は薄い灰色か褐色であり、土壌Ⅱは下層部で多く確認され、色は鮮明な灰色であった。土壌Ⅱは、その色からグライ土であると判断でき、還元的な環境であることがわかる。褐色部も一部に見られたが、これは還元鉄が部分的に酸化されたものと考えられる。

堆積土②は、堆積土①及び③と比較して土壌Ⅱの割合が高く堆積量も多く、堆積土①及び③は土壌Ⅰの層が比較的厚く、木の枝等の有機物層も確認された。さらに堆積土②は背面の温泉施設からの排水に曝されることが確認された。一般的に湖、沼等の底のような還元的条件の土壌では、硫化水素や硫化鉄等が生成され蓄積すると、酸化された時に硫酸を生成し強酸性を示すことがあるが、この温泉の泉質は炭酸系であり硫化物イオンは排出されておらず、堆積土に硫化物が蓄積している可能性が低いと考えられた。

最後に、細粒堆積土区域における掘削運搬等の重機作業について調査した。細粒堆積土を運搬するためには、河川内進入路（図-2 を参照）を利用することが想定される。写真-4 の河床露出部に示すように、この河川内進入路から対象地までの区間（図-2 に示す点線部

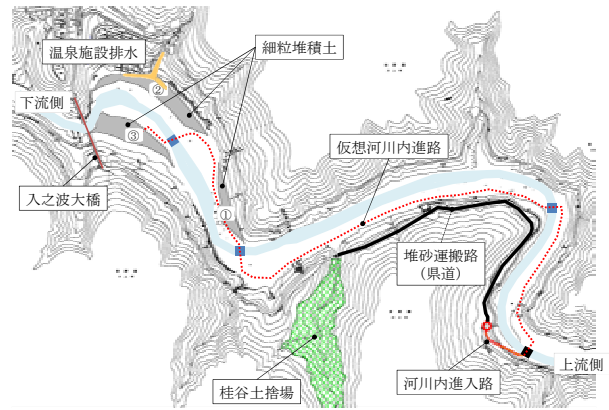


図-2 入之波大橋上流付近拡大図



写真-3 細粒堆積土の代表的な表出面
(左・土壌Ⅰ、右・土壌Ⅱ)



写真-4 河床露出部

で約 1.5km) は、比較的フラットであり、表層数 cm が細粒土砂に覆われるものの、ほとんどが礫質土である。またダム水位の低下時において河床が連続的に露出することから、図-2 の点線に示すルートに従って、不陸箇所は礫等の敷き均しによる調整で走行可能と考えられる。さらに河床のコーン指数は、1400kN/m²以上を示し、不整地運搬車両等の走行に必要な地耐力も期待できる。

4. 土壌分析

対象堆積土における土壌Ⅰ及び土壌Ⅱより試料を採取し、pH試験、電気伝導率試験、塩基置換容量試験による化学的分析、土壌の粒度試験による物理的分析を実施した。なお、

表-1 化学的分析結果と評価分級

項目		試験結果		評価分級			
		土壌Ⅰ (壤質砂土)	土壌Ⅱ (壤土)	優	良	不良	極不良
pH		6.6	6.8	5.6~6.8	4.5~5.6 6.8~8.0	3.5~4.5 8.0~9.5	3.5>, 9.5<
電気伝導度	dS/m	0.21	0.27	0.1~0.2	0.2~0.5	0.5~1.5	1.5<, 0.2>
塩基置換容量	me/100g	6.6	7.7	20<	20~6	6>	—

電気伝導度は土壌中の塩類の濃度を、塩基置換容量は土壌の養分の保持力を示す。

表-1に化学的分析結果と評価分級を示す。評価分級は、日本造園学会の評価基準³⁾に基づいており、優~極不良の評価を実施した。

土壌Ⅰは、pHが6.6、電気伝導度0.21dS/m、塩基置換容量が6.6me/100g、土壌Ⅱは、pHが6.8、電気伝導度が0.27dS/m、塩基置換容量が7.7me/100gであり、評価分級において全ての項目で「良」以上の評価を得た。これは対象堆積土が植栽基盤としての酸度、土壌中の栄養塩類、土壌の保肥力が良好であると評価することができる。

表-2に粒度試験結果を示す。土壌Ⅰは、砂分が86%と大部分を構成しており、一方、土壌Ⅱはシルト分が40%、砂分が55%とシルト分と砂分で大部分が構成されていることがわかる。これらの土壌は、国際土壌学会法による土性の分類では、図-4の土性三角図表により、土壌Ⅰは「壤質砂土」、土壌Ⅱは「壤土」と分類される。一般的に植栽基盤として、「壤質砂土」は大部分を砂分で構成されるため比較的乾燥しやすいのに対し、「壤土」はシルト分、砂分を適度に含むことから、保水性が良好とされる。

5. 土壌Ⅱの適用と改良点

現地踏査に基づき、水位低下時において、細粒堆積土までの重機搬入及び作業が可能であり、また土壌分析により、「壤土」である土壌Ⅱは化学的及び物理的性質において植栽基盤として使用可能であることが示唆された。採取箇所としては、大部分が土壌Ⅱで構成され、堆積量も多い堆積土②が、施工性が高く有効であると考えられる。ただし、植物の正常生育には適度な通気性や透水性が必要となるが、土壌Ⅱは現地において水分を多く含み圧密により非常に密実な状態で堆積しているため、現状のまま転用した場合、適切な通気性や透水性を満足できない可能性がある。したがって、転用に当たっては、土壌を良く乾燥・耕耘させることで間隙を増加させる必要がある。さらに、「壤質砂土」である土壌Ⅰを混合させることも方法として考えられ、資源の有効利用にもつながる。

しかし、上記の施工方法により調整した土壌は、通気性や

表-2 粒度試験結果

	粘土 (%)	シルト (%)	砂 (%)	礫 (%)
土壌Ⅰ	2	8	86	4
土壌Ⅱ	5	40	55	0

※粘土 0.002mm以下、シルト 0.002~0.02mm、砂 0.02~2mm、礫 2mm以上

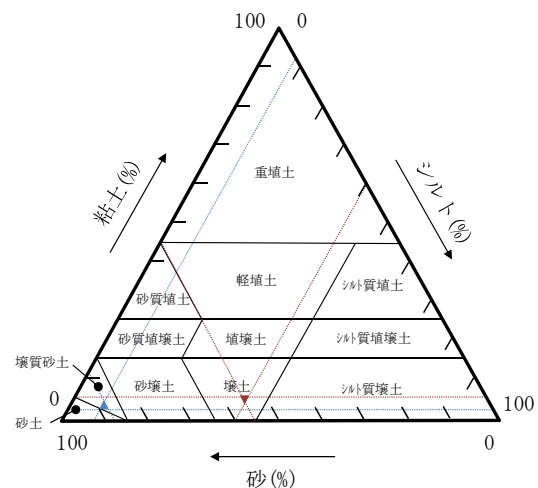


図-4 土性三角図表

透水性が一定程度改善されるものの、対象堆積土の土粒子がそれぞれ独立して集積した単粒構造であり、間隙がさほど発達せず、目詰まりを起こしやすいため、大きな改善効果は望めない。また、土壌の結合が弱いため雨水による浸食を受けやすく土壌流亡も懸念される。

したがって、土壌環境をより向上させるためには土壌を団粒化させることが望ましい。団粒化は、土粒子が相互に接合し団粒を形成することであり、団粒の内部で保水・保肥し、外部にできた団粒同士の大きな間隙で通気性・透水性を向上させることができる。団粒は微生物が有機物を分解する際に分泌する粘着質の物質により形成されるため、植物質系堆肥の施肥が有効である。

以上より、土壌Ⅱは植栽基盤としてのポテンシャルがあるものの、植物の正常生育を期待するならば、乾燥・耕転した後、有機物を多く含む植物質系堆肥を施肥する調整がより効果的である。

6. 現地発生材の基盤材としての活用検討

大迫ダム貯水池における別途課題として、経年的に発生する流木の処理問題がある。かつて、大迫ダム堤体左岸法面植生工事において、現地発生材を土壌改良材として使用した厚層基材吹付を施工した実績がある。そこで本工事においても、この流木を木質系堆肥の材料として使用できれば有効性が高いと考え、これについても活用を検討した。

対象は「膨軟化チップ吹付工法」であり、回収した流木をチップ化し、さらに加圧・加温・爆砕により開繊処理し腐植化を促進させ、植生基材として利用するものである。一般的に、一次破砕した木質チップを堆肥化する場合、長期の堆肥生成期間、また広域の作業ヤードが必要となる。膨軟化チップ吹付工法は、木質材料を通常の木質チップよりも柔らかくかつ細かくするため早期に堆肥化でき、直ちに基材として使用できるため、広域の堆肥生成作業ヤードを必要としない。桂谷土捨場は、山間地で広域の作業ヤードを確保することは難しいため、地形条件的にも適している。

一方、木質チップ等を施肥する場合は、微生物が木粉を分解するために足りない窒素分を周囲から取り込むため窒素飢餓が危惧される。しかし、膨軟化チップは、繊維が破砕されていることから分解が早期に起こり、窒素飢餓が発生しにくいという利点がある。

さらに、写真-5の平成17年度大迫ダム法面植生工事に示すように、施工後17ヶ月目には植生調査区域において、ほぼ100%の被覆が確認されており、同工法における発芽状況は良好である。

したがって、膨軟化チップ吹付工法等により、流木が植栽基盤として利用できれば、施工性、環境配慮等の点で有効性が高いといえる。

7. まとめ

大迫ダム桂谷土捨場の植栽表土材料として、ダム貯水



写真-5 平成17年度大迫ダム法面植生工事
(左・施工後2ヶ月、右・施工後17ヶ月)

池内の細粒堆積土に着目し、現地踏査、土壌分析を実施した。現地踏査の結果、細粒堆積土は概ね2種類の土壌に分類され、また細粒堆積土から桂谷土捨場までの河川内の運搬経路とその地耐力は確保でき、施工は可能と判断した。土壌分析の結果、pH、塩基置換容量、電気伝導度は、植栽基盤材料として適切であり、土性の区分では壤質砂土及び壤土に分類されることがわかった。そして保水性が良好である壤土を基盤材料として採用することが望ましいと判断した。

しかし、壤土は密実な状態で堆積しており、現状のまま使用することは適切な透水性を得られず、また土壌流失も懸念される。

したがって、土壌を乾燥・耕転することで間隙を増やし、植物質系堆肥を施肥することで団粒化を促進することが必要である。

さらに、植物質系堆肥として、膨軟化チップ吹付工法による現地発生材の活用を図ることが化学的性質、施工性、環境配慮の点で優れている。

今後は、土壌の詳細な化学分析等の調査と詳細設計を実施し、現地施工につなげていくこととしたい。

謝辞：本検討を進めるに当たり、第二十津川紀の川農業水利事業建設所職員、現場技術員の方々からご指導、ご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

1) (社)日本造園学会: 日本造園学会誌ランドケープ検討 VOL.63 No.3, pp.232, 2000

「粒子追跡システム」の構築とその活用について

宇城 真

近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 調査課（〒651-0082 神戸市中央区小野浜町7番30号）

大阪湾では、海洋環境整備船「Dr.海洋」，「海和歌丸」，「クリーンはりま」を運航し、水質悪化の原因や航行船舶の障害となる浮遊ゴミや油の回収を行っている。この度、既に陸上に配備している海洋レーダ及び海上に配備している大阪湾水質定点自動観測機器で得られたデータを利用して、浮遊ゴミ・油の挙動や集積位置を予測することにより、海洋環境整備船での浮遊ゴミ・油回収作業の効率化を図るシステムを構築したので紹介する。

キーワード 浮遊ゴミ，流動シミュレーション，海洋レーダ，モニタリングポスト，海域環境

1. はじめに

河川等から流れ込んだゴミは、海面を浮遊し海の景観を損ねるだけではなく、水質悪化の原因や、航行船舶の障害となり海上交通の安全に悪影響を与えている。また、船舶やコンビナートなどの施設の事故により油が流出した場合、海洋環境および経済活動に甚大な被害を与える。そのため、大阪湾では、海洋環境整備船「Dr.海洋」，「海和歌丸」，「クリーンはりま」を運航し、日々、浮遊ゴミの回収を行うとともに浮遊油回収に備えて訓練を行っているところである。

更に、「大阪湾再生行動計画（第二期）」（大阪湾再生推進会議：2014年5月22日策定）では、目標として“美しい「魚庭（なにわ）の海」”が掲げられており、大阪湾再生に係る具体的な施策の一つとして「浮遊ごみ、漂着ごみ、河川ごみ等の削減」に向けた様々な取り組みが行われている。

浮遊ゴミ・浮遊油による影響を最小限に抑えるためには、的確かつ効率的に回収する必要がある。そのために、湾内に浮遊するゴミを粒子として捉え、流況によって粒子がどのように移動するかを解析し表示する「粒子追跡システム」を構築した。本稿では、「粒子追跡システム」の概要、現地調査結果との比較による精度検証、及び将来的な利活用方策等について報告する。

2. 「粒子追跡システム」構築

(1) システム構成

海面の流況を計測している海洋レーダの観測値と、大

阪湾内13地点に設置した水質定点自動観測機器による連続観測値を有効活用し、粒子追跡システムを構築した。図-1にシステム構成図を示す。

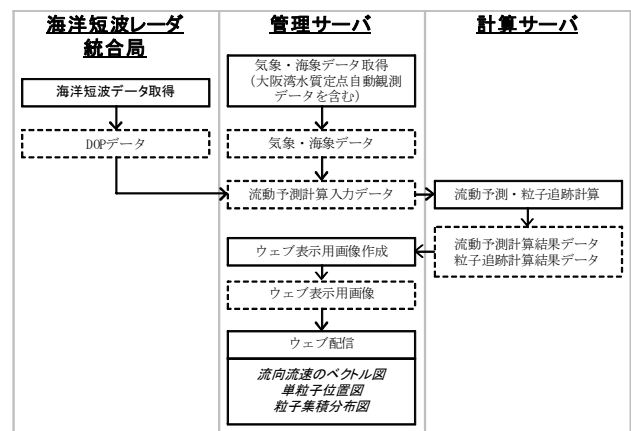


図-1 粒子追跡システム構成図

(2) システムで活用している主な観測データについて

a) 海洋レーダで得た流況データ

大阪湾では、2006年より垂水、堺（2008年に淡路より移設）に海洋レーダ局を設置し、流況観測を行っている。図-2に流況観測範囲を示す。

海洋レーダーとは、短波帯の電波を用いて遠隔地より海表面の流れや波を観測するリモートセンシングの機器であり、その原理は、海面の動き（波の移送速度）をドップラーシフトの原理で計測するものである。「粒子追跡システム」では、海洋レーダシステムで得られた流況データを同化処理し、予測結果の精度向上を図っている。

b) 水質定点自動観測機器で得られたデータ

大阪湾では、2010年より湾内13地点に水質定点自動観測機器を設置し、水質観測を行っている(図-3、表-1)。「粒子追跡システム」では、明石海峡航路東方灯浮標及び洲本沖灯浮標の2カ所の観測データ(水温・塩分)を大阪湾内の密度流予測の境界条件として活用している。(システムの精度検証後(本稿3.(4)参照)、淀川河口、阪南沖窪地、関空MT局の3カ所の観測データ(風向・風速)も活用することとした。)

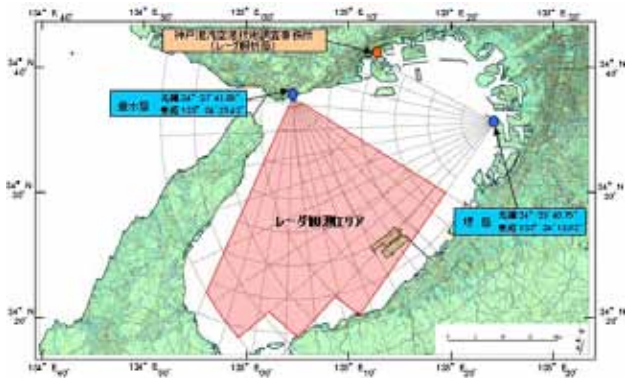


図-2 海洋レーダ観測範囲



図-3 水質定点自動観測機器の配置図

表-1 水質定点自動観測機器の観測内容

No.	モニタリングポスト	水温	塩分	DO	chl.a	濁度	光量子	流況	風況	観測方式
①	明石海峡航路東方灯浮標	○	○							固定式(1層)
②	洲本沖灯浮標	○	○							固定式(1層)
③	関空MT局	○	○	○	○	○	○	○	○	自動昇降式
④	神戸港波浪観測塔	○	○	○	○	○	○	○	○	自動昇降式
⑤	淀川河口	○	○	○	○	○	○	○	○	固定式(3層)
⑥	阪南沖窪地	○	○	○	○	○	○	○	○	自動昇降式
⑦	堺浜	○	○	○	○	○	○	○	○	自動昇降式
⑧	神戸六甲アイランド東水路中央第三号灯標	○								固定式(18層)
⑨	浜寺航路第十号灯標	○								固定式(18層)
⑩	淡路交流の黄港	○	○							固定式(2層)
⑪	須磨海づり公園	○	○							固定式(2層)
⑫	大阪港波浪観測塔	○	○	○	○	○	○	○	○	自動昇降式
⑬	岸和田沖	○	○	○	○	○	○	○	○	自動昇降式

c) その他のデータ

気象データ(気象庁HP)、水文データ(国土交通省HP)、潮位データ(海上保安庁HP)を利用している。

(3) 粒子追跡システムについて

a) システム設計について

本システムは、予測精度向上のため、リアルタイムデータを用いて、流動予測計算を行うことが大きな特徴である。リアルタイムデータを取得して利用する毎に流動予測計算を実行するシステムとした場合、結果表示までに時間がかかる。そこで迅速に表示するため、粒子の初期配置等の計算条件をパターン化して、予め6時間毎に計算・処理しておき、利用者は、その結果を確認するシステムとした。

入力データに用いる気象予報値が27時間先まで公表されているため、現時刻の27時間後までの計算を行うことができる(表示は24時間後までとしている)。また、計算開始時刻を過去にさかのぼった場合は、最大71時間後(3日分)まで追跡結果を表示することとした。

計算を行う際の課題として、気象・海象データが取得できていない、または異常値が混入している場合に、計算が発散し結果を表示できない可能性が生じる。また気象・海象データが原因でない場合でも計算が発散する可能性がある。これらの対策として、気象・海象データの補完と計算方法の変更により発散に伴うシステム停止を防止する機能を付加した。各データの補完方法を表-2に示す。

発散が気象・海象データが原因でない場合は、流況計算が発散した場合に、初期条件の流速を減衰させて発散しなくなるまで再計算を行う対策と、通常計算のバックグラウンドで平年計算(外力条件・開境界条件に平年値のデータを用いた流況計算)を並行して行い、通常計算が発散しても平年計算結果を採用する対策を組み合わせることでシステム停止を防止することとした。

上記の条件で計算した結果の表示方法は、「流動予測計算結果」、「単粒子追跡計算結果」、「粒子集積分布計算結果」の3種類とした。次の2.(3)b)-d)でそれぞれの目的と表示例を示す。

表-2 各データの補完方法

項目	基本的特徴	代替方法
水温	日単位での変化が小さい	前日の同時間のデータ
塩分	日単位での変化が小さい	前日の同時間のデータ
風	短期的な傾向が強い	直前のデータを一定値とする
河川流量	傾向がある程度続く	直前のデータを一定値とする
気温	一日周期で変化、日単位での変化量が小さい	前日の同時間のデータ
気圧	一日周期で変化、日単位での変化量が小さい	前日の同時間のデータ
湿度	一日周期で変化、日単位での変化量が小さい	前日の同時間のデータ
雲量	周期性がない	月平均値で置き換え
短波放射量	一日周期で変化、月単位で変化する	月平均された1時間単位のデータ
雨量	一日周期で変化、月単位で変化する	月平均された1時間単位のデータ
レーダによる表面流速	周期性がない	ナッジングがされないように設定

b) 流動予測計算結果について

「流動予測計算結果」は、流向流速ベクトルの水平分布で流動予測計算の結果を表示する。指定した日時にお

ける流況を確認する事を目的としている。流動予測計算結果の表示例を図-4に示す。

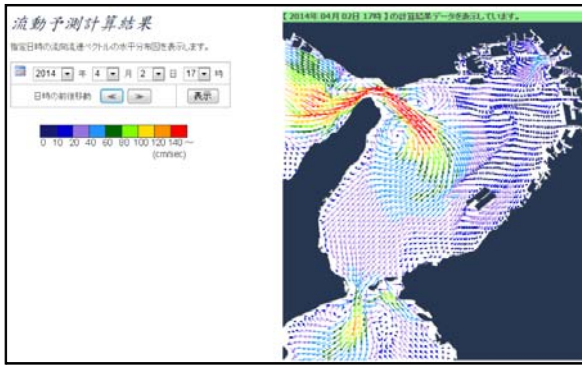


図-4 流動予測計算結果の表示例

c) 単粒子追跡計算結果について

「単粒子追跡計算結果」は、浮遊ゴミに見立てた粒子が、時間の経過と共にどのように移動するか確認する事を目的としている。

大阪湾内に流入するゴミの漂流状況は、流入時刻と流入場所によって異なるが、計算機への負担等の観点から、計算ケース数に制約があるため、粒子追跡計算の計算開始時刻（粒子の投入時刻）を6時間間隔とし、単粒子追跡計算の初期配置箇所を10地点とした。単粒子追跡計算の初期配置は図-5に示すとおり、ゴミの流入が想定される淀川・神崎川河口・神戸港沖・尼崎西宮芦屋港沖・大阪港沖・堺泉北港沖（大和川河口）・大津川河口・樫井川河口の他、湾中央及び外海からの流入を想定した明石海峡と紀淡海峡の合計10地点とした。単粒子追跡計算結果の表示例を図-6.1~3に示す。



図-5 単粒子追跡計算における粒子の初期配置

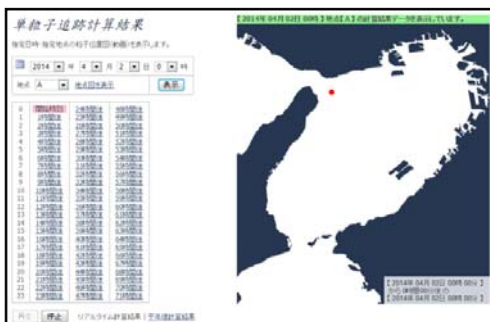


図-6.1 初期配置

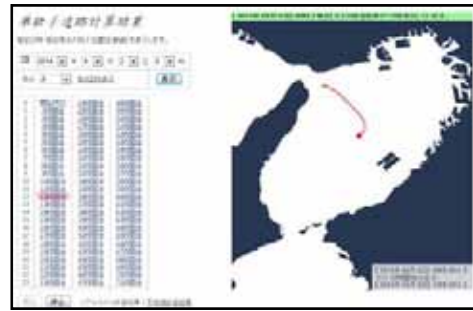


図-6.2 12時間後

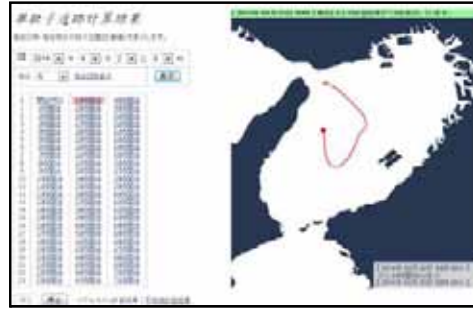


図-6.3 24時間後

d) 粒子集積分布計算結果について

「粒子集積分布計算結果」は、時間の経過と共に湾全体に配置した粒子がどのように移動して、どこに集積するか確認する事を目的としている。

粒子集積分布計算の初期配置エリアについても前述の計算ケース数の制約から 4エリアを設定した。粒子集積分布計算の表示例を図-7.1~3に示す。

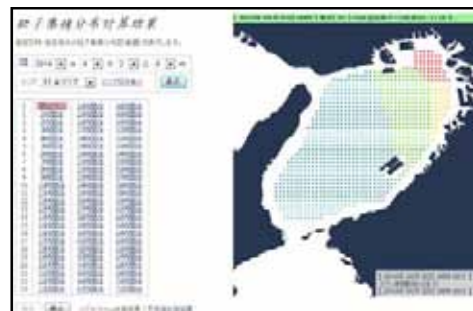


図-7.1 初期配置

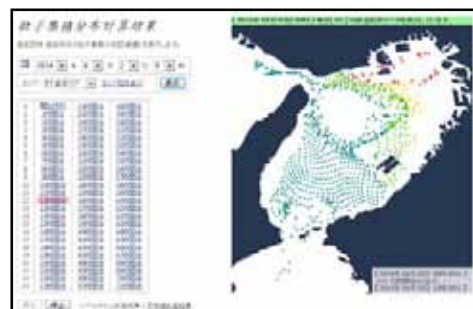


図-7.2 12時間後

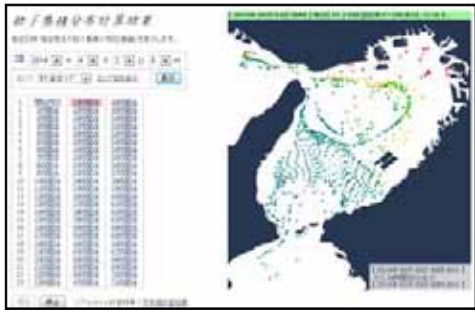


図-7.3 24時間後

3. 「粒子追跡システム」の検証

(1) 現地調査

「粒子追跡システム」における予測計算精度の検証を行うため、平水時（10月18日）及び出水時（10月27日）にGPSを搭載したブイを投入し、これを浮遊ゴミに見立て、その追跡調査を行った。現地調査の概要を表-3、図-8に示す。

表-3 現地調査条件

項目	内容
調査項目	ブイの漂流軌跡
調査位置（ブイ投入位置）	大阪湾内の3点
調査深度	表層
調査時期	平水時：平成25年10月18日（金）
	出水時：平成25年10月27日（日）
使用機器	GPSブイ
調査方法	調査位置にブイを投入し、ブイの漂流位置を10分毎に観測した。

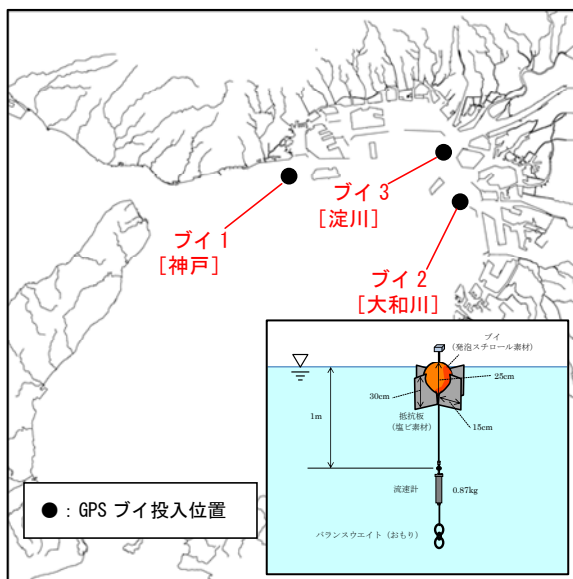


図-8 GPSブイと初期配置

(2) 現地調査結果

現地調査結果を図-9に示す。平水時（10月18日）は、神戸のブイは午前中には西方向に、沖側に移して観測した午後には南方向に漂流した。大和川、淀川のブイは南西方向に漂流した。出水時（10月27日）では、神戸のブイは午前中には北東方向に緩やかに漂流し、さらに西側に移して観測した午後には南西方向に漂流した。大和川、淀川のブイは18日よりも南方向に漂流し、特に大和川のブイはほぼ真南方向に漂流した。

次節3. (3)システムの精度検証では、神戸のブイについては障害物回避等のために途中で回収し別の場所で再投入しているため対象外とし、淀川と大和川の2ケースで検証を行った。

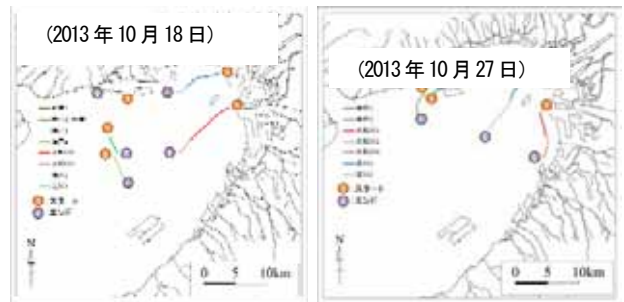


図-9 現地調査結果

(3) システムの精度検証

現地調査結果とシステムによる予測結果を図-10に示す。結果を比較したところ、平水時（10月18日）における観測ブイと計算粒子の漂流軌跡は、淀川では漂流の方向に、大和川では漂流距離に差異がみられた。

出水時（10月27日）においては、淀川、大和川ともに観測ブイと計算粒子の漂流軌跡の差異は小さく、再現性が高いことが確認された。

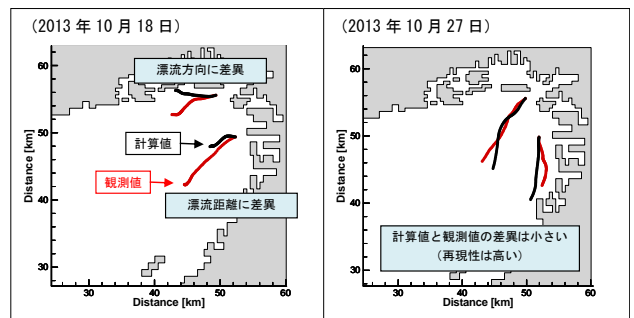


図-10 現行システムの検証結果

(4) システムの調整・更新

精度検証結果を踏まえ、精度向上のため、海上風の設定方法の調整を行った。これまでは陸上気象観測の陸上風データを海上風に推算していたが、大阪湾水質定点自動観測ポストによる風のデータも用いて海上風を推算し、流動計算を行った結果、平水時（10月18日）において粒

子追跡計算の大幅な精度向上がみられた (図-11)。

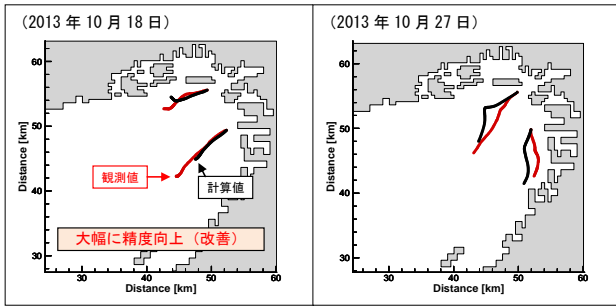


図-11 海上風の設定方法を更新後の結果



図-13 流木を回収する海洋環境整備船

(5) 今後の課題

海上風の観測地点が湾東部に偏っているため、風向等によって風場の推定精度が異なると考えられ、また海域による精度の差異も生じると考えられる。湾西部での海上風データが取得できれば、より一層精度の高い粒子追跡計算が可能になると考えられる。

また、気象データについても、海上でのデータが取得できれば精度向上につながると考えられる。

4. システムの活用方策

(1) 浮遊ゴミ・浮遊油回収作業への活用

「粒子追跡システム」を用いて浮遊ゴミの集まる場所を予測することにより、ゴミ回収の効率化を目指している。また、浮遊ゴミに関する通報を受けた場合でも、これまでは、現場に到着する頃には、ゴミが移動して見当たらないことが多かったが、本システムを用いて、移動先を予測することによって、浮遊ゴミを発見・回収することが出来ると考える。

浮遊油についても、「単粒子追跡計算結果」を用いて、移動先を予測できると考えている。しかし、浮遊油は、それ自体が薄まりながら拡散する性質があり、油種や温度によってその程度も様々である。現システムでは、浮遊油が広がりながら移動する分布範囲を表示することまではできない。浮遊油の分布範囲の予測を行うためには、別途システムが必要になり、今後の検討課題である。



図-12 潮目に集積する浮遊ゴミ



図-14 浮遊油を放水拡散する海洋環境整備船

(2) 今後の活用方策

「粒子追跡システム」は、浮遊ゴミ・浮遊油の探査・回収に利用するだけでなく、大阪湾の汚濁機構解明にも活用することが出来ると考えている。気象・海象データや計算結果を経年的に蓄積しているため、大阪湾の流動状況の分析が可能となる。例えば、大阪湾の環境に大きな影響を及ぼす出水時や台風通過時の面的な流れの特性把握や、青潮等発生時の情報(日時・場所)との照らし合わせによる発生条件の解析等が考えられる。

また、現システムは、計算結果の表示画面上は、表層の流動の表示のみであるが、実際には3次元的な流動シミュレーションを行っている。今後、溶存酸素量など他の水質データをシステムに取り入れることにより、大阪湾の水質シミュレーションも可能であり、空間的な水質分布の把握により、大阪湾の汚濁機構解明に大きく寄与するものと考えられる。

5. おわりに

本論文では「粒子追跡システム」の構築と、その活用方法について報告した。粒子追跡、ゴミ集積箇所の予測については精度向上の余地があると考えられる。今後、利用結果を確認しながら、より実用的なシステムになるよう検討を行うとともに、大阪湾汚濁機構解明に向けて、システムの有用性・改良方法を検討していきたい。

近畿技術事務所における土質に関する 技術支援について

足立 哲也¹

¹近畿地方整備局 近畿技術事務所 品質調査課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1)

近畿技術事務所では、近畿地方整備局管内の国道及び河川事務所等より工事施工時や管理時において発生した土質・コンクリート・アスファルトに関する諸問題について、現場や事務所に設けられた試験室等において各種調査を実施し、原因究明及び対策案を立案の上発生した事務所に報告を行う技術支援を実施している。また、技術系職員の技術力向上のため、研修、講習を行っている。本論文は、特に土質に関した取組状況及び今後の展望について記述したものである。

キーワード 土質, 調査, 技術支援

1. はじめに

近畿技術事務所では、近畿地方整備局管内にある河川、ダム、国道、砂防及び公園に関する26事務所において実施される事業のための「建設技術支援」「防災技術支援」「新技術活用支援」及び「人材育成」「技術情報管理」を行っている。(図-1)

本論文においては、建設事業を行う上で必ず関係する「土質」に特化して、建設技術支援及び人材育成の観点から、近畿技術事務所での取り組み状況と課題及び今後の展望について記述する。



図-1 近畿技術事務所の取り組み

2. 近畿技術事務所での土質に関する取組状況

(1) 建設技術支援にかかる土質に関する取組

近畿技術事務所においては、近畿地方整備局管内各事務所からの土質にかかる技術的課題に迅速に対応するため、庁内に室内試験ができる試験室を設置している。

当該試験室では以下の内容について、建設技術支援を行っている。

a)河川堤防開削土質調査

河川堤防に樋門等の構造物を設置する際には、堤防開削を伴うことが多く、その機会を利用し、堤防の維持管理及び浸透性能・耐震性能の検討やその対策を検討するための資料収集を目的として、堤防開削断面の現地調査などを実施している。(写真-1、図-2)

なお、調査にあたっては、「河川堤防開削時の調査マニュアル(平成23年3月国土交通省河川局治水課)」、「河川堤防の土質特性に関する調査要領(昭和56年度修正版)(昭和56年6月建設省土木研究所)」に基づき実施している。



写真-1 堤防開削状況

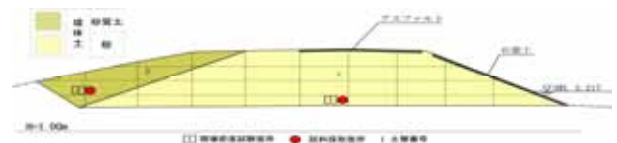


図-2 開削土質断面図

b)各事務所からの依頼調査

近畿技術事務所では、近畿地方整備局の河川、ダム、国道、砂防及び公園の管理等を実施している事務所において、工事施工時や管理時に発生した土質に関する諸問題（損傷・不具合等）について、発生した事務所からの依頼を受け現地調査等を実施し、原因追及及び対策案の検討を行っている。

近畿技術事務所内に設けられている試験室においては、土粒子の密度試験他12項目の試験が可能であり、現地調査時に採取した試料の試験を速やかにを行い、上述の原因追及及び対策案の検討結果を問題が発生した事務所に報告を行っている。

最近5か年においては、のべ12事務所、33案件の依頼調査を受け対応を行った。依頼調査の内容を「空洞確認」「地質確認」「品質確認」及び「その他」に分類し各年度毎に発生件数を整理したものを表-1及び図-3に示す。

近年、公共構造物の維持管理が重視されてきていることを受け、近畿技術事務所への依頼調査件数も増加傾向を示すことが推測される。

上述した依頼調査の一例を以下に述べる。

当該案件は、2013年11月21日に近畿地方整備局管内の事務所より河川敷にて陥没穴の発生を受け、河川敷内での地盤状況（空洞、異物の有無）について確認等を行ったものである。実施した調査及びその結果、調査状況を示す。（表-2、写真-2、3、図-4）

調査の結果、空洞に関しては確認がされなかったが、陥没穴が発生した付近の地盤には、コンクリート片等の異物が確認され、河川敷造成にあたりゴミ等の異物を除去されることなく盛土を行ったことにより、土の締固めが困難な状況であったこと、また、異物の混入により異物間に隙間が生じ、降雨等の浸水で緩んだ状態の土層が水締めされ、異物間の隙間へ土砂が落ち込む等により、徐々にではあるが沈下や陥没穴が形成されたと思われる報告を行った。



写真-2 陥没穴状況



写真-3 地中レーダー探査状況

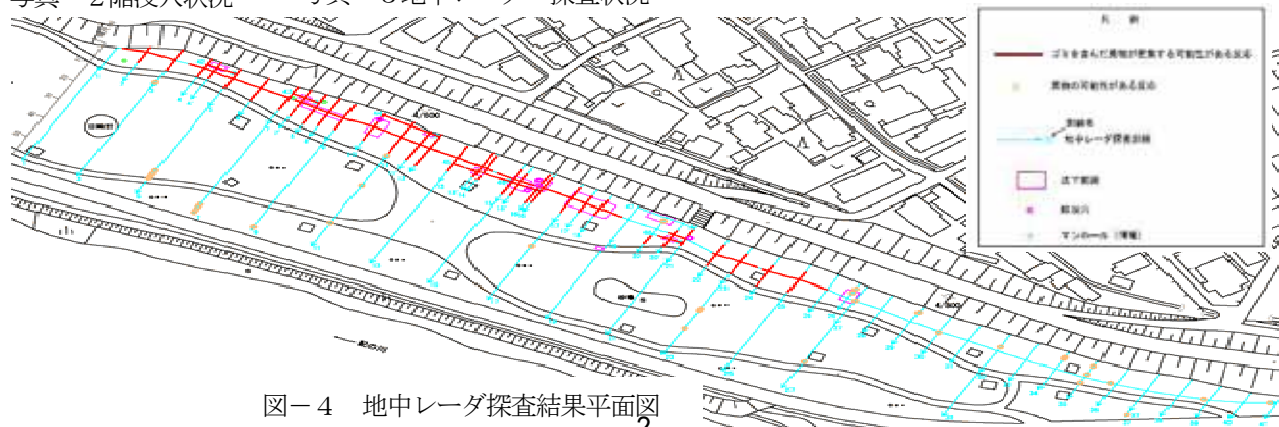


図-4 地中レーダー探査結果平面図

表-1 依頼調査件数の推移

	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度
空洞確認	1	1	1	7	10
地質確認	0	1	1	2	2
品質確認	2	1	0	0	2
その他	0	0	0	0	2
合計	3	3	2	9	16

単位:件

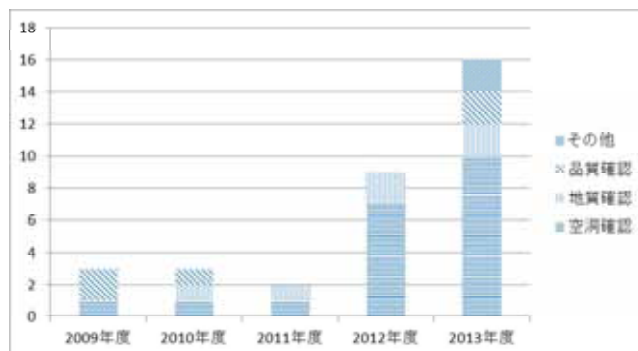


図-3 各項目毎の依頼調査件数の推移

表-2 実施した調査及びその結果

河川敷地盤の変状(陥没穴、沈下)状況	<ul style="list-style-type: none"> ・陥没穴を5箇所確認。(0.3×0.8mの穴が1箇所、φ0.1~0.4mの穴が4箇所) ・沈下は13箇所確認される。(最大で30cm程度の沈下)
沈下箇所での掘削調査結果	<ul style="list-style-type: none"> ・沈下箇所でレーダ探査を実施した所、異常反応を確認。 ・異常反応箇所を掘削すると、深度1.10mから深度1.75mまでコンクリート塊、レンガ片、木片、鉄パイプ等のゴミを含んだ異物が密集する土層が確認された。 ・深度1.75m以深は異物の混在しない、砂質土地盤となる。砂質土地盤で空洞は確認されなかった。
石灰水投入調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 最も大きかった陥没穴に石灰水を投入。 ・石灰水は滞留することなく、下方へすみやかに浸透する状況であった。 ・石灰水投入後に掘削を行った結果、石灰水は陥没穴の直下1.0mの砂礫地盤に浸透していることが分かった。浸透先の砂礫地盤に空洞は確認されなかった。
地中レーダ探査結果	<ul style="list-style-type: none"> ・公園敷地内で堤防横断方向と縦断方向でレーダ探査を実施。 ・堤内法尻付近の地盤内にゴミを含んだ異物が密集する反応を多く確認する。

(2)人材育成にかかる土質に関する取組

近畿技術事務所は、近畿地方整備局において研修施設を備える唯一の機関でもあり、事務系、技術系を問わず様々な研修を行っている。

土質関係についても、近畿地方整備局技術系職員のみならず府県、市町村の技術系職員も対象として、土質に関する各種原位置試験・室内試験の知識を習得していただき、技術者の資質向上及び業務遂行の円滑化を目的に土質試験技術講習会を実施している。

土質試験技術講習会では、道路盛土工事や河川堤防盛土工事で実施される試験項目について実習形式で実施している。また、施工時の基礎地盤に関するトラブルについて、土の基本的な挙動・性質を模型により説明し、その性質を設計・施工に反映させるために必要な土質試験の項目についても説明を行っている。

本講習会は、1回につき6名程度の人数で3日間のカリキュラムで年間5回実施している。(写真-4~8、図-5)



写真-4 粒度試験



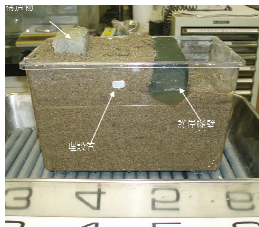
写真-5 締固め試験



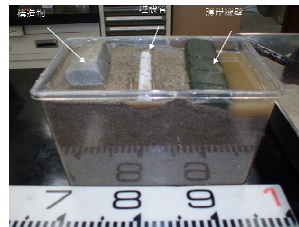
写真-6 スウェーデン式サウンディング試験



写真-7 砂置換法による土の密度試験



試験前



液状化後



ドレーン材を設置した模型

写真-8 模型による液状化実験

	9	9	10	10	11	11	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	
	00	30	00	30	00	30	00	00	30	00	30	00	30	00	30	00	
1 日 目	受 付		【道路盛土、河川堤防盛土の施工に関わる土質試験の実習】 盛土材料の特性を把握するための試験を実習 ・土粒子密度試験 ・含水比試験 ・粒度試験 (試料調整)				【道路盛土、河川堤防盛土の施工に関わる土質試験の実習】 盛土材料の特性を把握するための試験を実習 ・土粒子の密度試験 (データ整理) ・粒度試験 (沈降分析、水洗い) ・液性塑性限界試験										
2 日 目	【道路盛土、河川堤防盛土の施工に関わる土質試験の実習】 盛土材料の特性を把握するための試験を実習 ・含水比試験 (データ整理) ・液性塑性限界試験 (データ整理) ・粒度試験 (ふるい分析、データ整理)																
3 日 目	サウンディング試験の実習 ・スウェーデン式 サウンディング試験		【道路盛土、河川堤防盛土の施工に関わる土質試験の実習】 盛土材料の特性を把握するための試験の実習 ・締固め試験 (データ整理) ・土の三軸圧縮試験 ・土の透水試験				【道路盛土、河川堤防盛土の施工に関わる土質試験の実習】 盛土材料の特性を把握するための試験の実習 ・一軸圧縮試験 建設発生土の分類 ・土のコーン指数試験										
							【施工時の基礎地盤に関するトラブルと土質試験】 模型実験を交えた講義 ・予定していた支持層が出ない ・掘削法面に変状が出ている ・盛土と周辺に変状が出ている ・土留め壁が変形してきた ・掘削底面の地盤に変状が出ている ・地下水位を下げると周辺地盤が沈下する ・トンネル掘削により地表面が沈下する ・地盤が湧水とともに流れて崩れる ・表流水による表層の侵食が著しい ・凍上により地盤表層が不安定になる 補足、浸透水対策の重要性										

図-5 講習会カリキュラム

3. 現状の課題及び今後の展望

(1)建設技術支援について

前述のとおり、土質にかかる建設技術支援については、河川堤防開削土質調査や近畿地方整備局管内各事務所より工事や管理時点で発生した諸問題に対する依頼調査を行っているところである。

しかしながら、依頼調査により対応した諸問題については、発生原因及びその対策案、その後の対策結果については、その問題が発生した事務所内のみで情報が完結される事例が多かった。

上記を受け、特に土質にかかる依頼調査については河川関係の事案が多いこと、また近年、全国的に河川の維持管理の効率化等を踏まえたシステム「河川維持管理データベースシステム」(以下、「RMD I S」とする。)の開発がなされていることを鑑み、近畿地方整備局が管理する河川での現場で生じた不具合等の内容やその調査・対策結果を現場の知見・経験則として近畿地方整備局の知的財産として共有することで、業務の省力化や職員の技術継承及び向上を図ることを目的に「損傷・不具合事象情報共有システム」(以下、「ナレッジDB」とする。)の構築の検討を行うこととした。

ナレッジDB構築の検討にあたっては、損傷・不具合等の事象を分析する方法として、安全性・信頼性解析手法の1つであるFTA(フォールトツリー解析)を採用し、発生要因や対策に関する分析を行い各事象毎に事象分析表にとりまとめることとした。(図-6)

また、ナレッジDBは、継続的に損傷・不具合等の事象に関する分析結果が登録されることでより有効なシステムとなるため、各システム利用者(職員)とナレッジDBとの位置づけや役割を明確にするとともに、発生した損傷・不具合等の事象がナレッジDBに登録すべき内容かの判断を行い自律的にデータの蓄積ができるよう運用ルール(手順)を作成した。(図-7)

利活用の観点からも、ナレッジDBについては、事務所名、出張所等による条件検索や損傷・不具合等が発生した地点より検索できるようになっており、また、RMD I Sとも連携させ、RMD I Sに登録された情報との関連付けを行える機能を備えることとした。

なお、前述の損傷・不具合等の事象分析表のナレッジDBへの登録が容易にできるよう、ウィザード形式で確認しながら登録できるようにシステムを構築している。今後、近畿地方整備局関係事務所へ操作説明等を行い、積極的に活用していくことにより、各損傷・不具合等に対する対応についてはもとより、河川の維持管理全般についても効率的に業務の遂行がなされるとともに、職員の技術力向上が図れればと考えている。

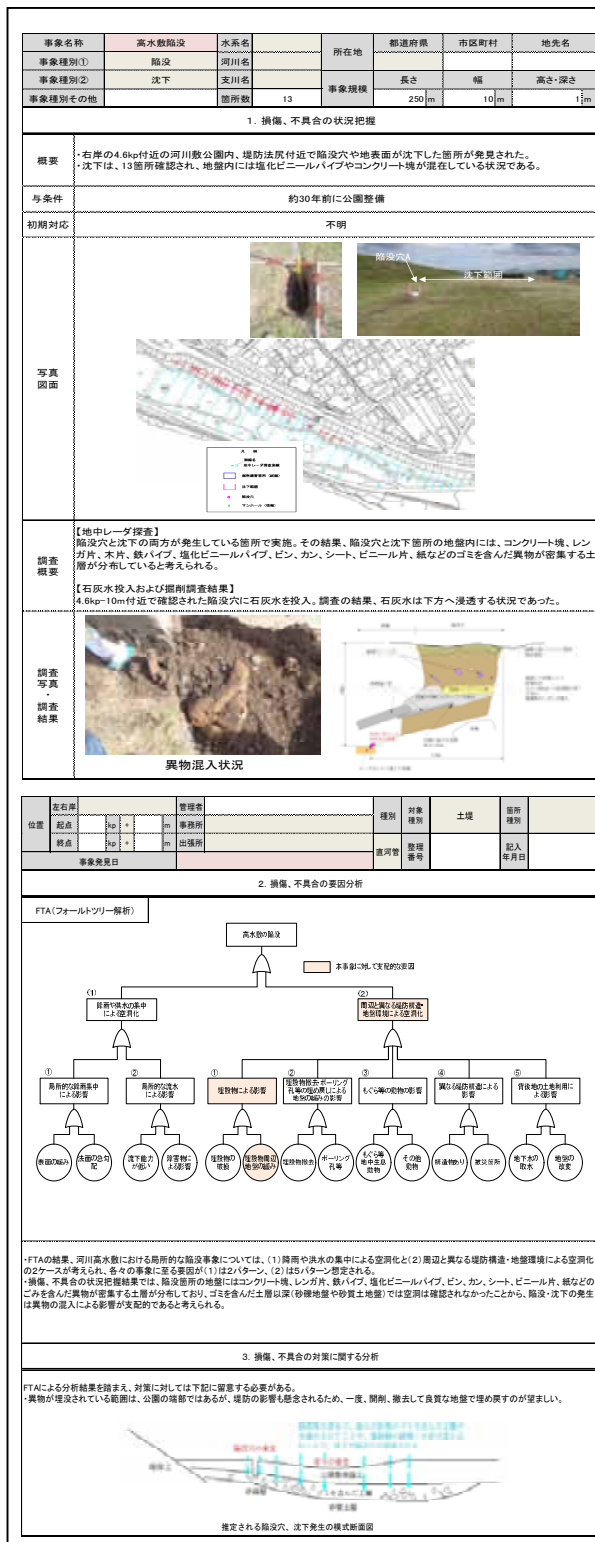


図-6 損傷・不具合等の事象分析表

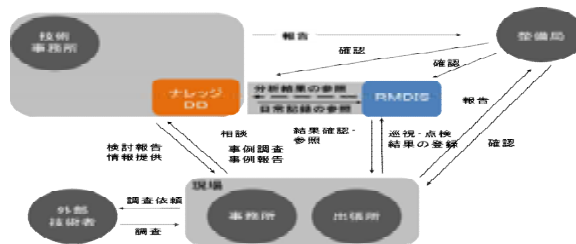


図-7 利用者と各システムの関係

(2)人材育成について

土質試験講習会については、参加者全員にアンケートを実施し講習会全般について意見を伺っているが概ね有意義であった旨の回答を得ている。

しかしながら、災害の発生等により講習会募集人員を満たずに終了した年度もあり、今後、本講習会の実施にあたり近畿技術事務所にて実施している他の研修の実施状況も踏まえ実施時期の工夫が求められる。

4. まとめ

近年、近畿地方整備局における業務も多岐にわたり、技術系職員に求められる資質も複雑かつ高度な内容となりつつある。

近畿技術事務所では、そのような状況下で業務を遂行する職員に対し、近畿地方整備局及び関係事務所と連携を図り技術力の向上に今後も努めていく。

アセットマネジメントによる 健全な下水道経営を目指して

天白 龍昇¹

¹奈良県 県土マネジメント部 下水道課 (〒630-8501奈良県奈良市登大路町30)

公共用水域の水質汚濁を防止し、快適な生活環境を確保するため、下水道の整備や高度処理化の推進が必要となる一方、本県で最も古い下水処理場は、供用開始後、約40年を経過している。このため、今後は老朽化に伴う施設の大規模修繕や大量更新が想定される。限られた予算の中で下水道サービスを継続的に提供していくため、本県ではアセットマネジメントの導入に取り組んでおり、今回はその内容について紹介する。

キーワード 下水道, アセットマネジメント, 老朽化対策, 長寿命化

1. はじめに

奈良県では、1970年に流域下水道事業に着手しており、下水道の普及や高度処理の推進に伴って、河川水質が大きく改善されてきた。一方、早期に整備を開始した下水道施設は、供用開始から約40年が経過し、今後、老朽化に伴う施設や設備の大規模修繕や大量更新が想定される。このため、適切な修繕や更新を行わなければ、管路の老朽化に起因する道路陥没や処理場機能の停止による社会活動等への影響が懸念される。また、人口減少や節水思考の高まりなど、社会情勢やライフスタイルが大きく変化しているなかで、処理量に見合わない過大な施設の増設や過度な維持管理及び更新（供用年数による更新時期の判断等）は、下水道経営の悪化につながる。

よって、社会情勢の変化等を考慮して将来必要な施設規模を正確に予測し、施設の状態に応じた適切な管理運営を実施することで、持続的かつ安定的な下水道サービスを低コストで実現することが重要である。

そこで、県では持続可能な下水道を実現するための健全な下水道経営を目指して、平成22年度からアセットマネジメント（以下、「AM」という）手法の導入に着手しており、昨年度AMによる下水道施設計画を策定した。本論文では、本県におけるAMの取り組み状況について紹介する。

2. 施設規模の検討

県では図-1に示す4つの流域下水道終末処理場（浄化センター、第二浄化センター、宇陀川浄化センター、吉

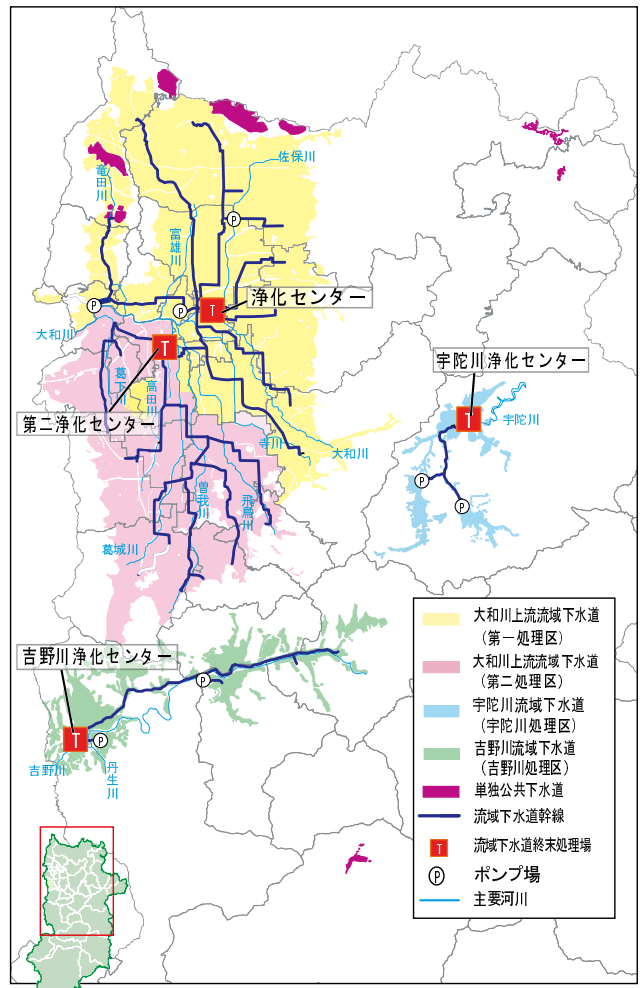


図-1 奈良県流域下水道終末処理場の位置図

野川浄化センター)を有しており、各々の処理場について将来必要な施設規模を検討するため、流入汚水量の予測を行った。流入汚水量の予測は毎年実施しており、下水道整備人口と下水道接続人口について、実績値と5年先までの予測値を調査票形式で関連市町村に確認している。しかし、最近の著しい人口減少や世帯当たり人口の変化を予測にどう反映するかは、市町村によって考え方にばらつきがでる可能性がある。そこで今回は、全ての関連市町村に対してヒアリングを実施し、実績値及び予測値の算出方法や根拠の確認、下水道整備に対する市町村の方針等を確認した。また、今後のために各市町村の下水道整備人口および接続人口の実績値把握や予測の方法を市町村へフィードバックした。

市町村へのヒアリング結果と最新の将来推計人口¹⁾等から予測した、処理場毎の流入汚水量予測結果を図-2から図-5に示す。4つの処理場のうち3つの処理場では、将来必要な施設能力が現状維持となり、宇陀川浄化センターについては将来縮小となることが分かった。

3. 下水道施設計画の検討

将来の流入汚水量予測結果にもとづいて、今後30年間の下水道施設の更新および長寿命化に関する検討を行った。

(1) データベース化

下水道施設計画の検討を進めるにあたり、県の下水道施設における機器(約1万点)の仕様や修繕・更新履歴等についてデータベース化を行った。データベース化は、情報共有の円滑化を図るため、スタンドアロンのシステムではなく、インターネットを介してデータの閲覧や入出力が可能な「AMDB」(日本下水道事業団が開発)を採用した。これによって、本庁と現場および現場相互でのデータ確認や、具職員と運転管理者(現場維持管理業者)双方のデータ利用が可能となった。

(2) 評価基準の作成

データベース化に続いて、各機器の保全分類の設定や健全度(劣化の度合い)等の評価基準を作成した。保全分類は、予備機の有無や機器の特性によって、状態監視保全、時間計画保全、事後保全の3つに分類した。健全度の判定基準は、動作不良や錆・腐食、摩耗等の調査項目ごとに設定し、感覚や測定装置によって判定基準との比較を行うことで評価するものとした。

(3) 健全度調査

健全度調査は、これまで長寿命化計画策定時に機器毎に実施していたが、2013年度から運転管理者による全ての機器の点検と点検結果のAMDBへの入力を義務化し

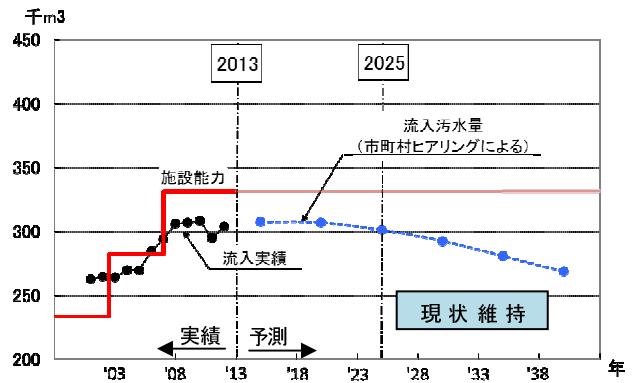


図-2 流入汚水量予測結果(浄化センター)

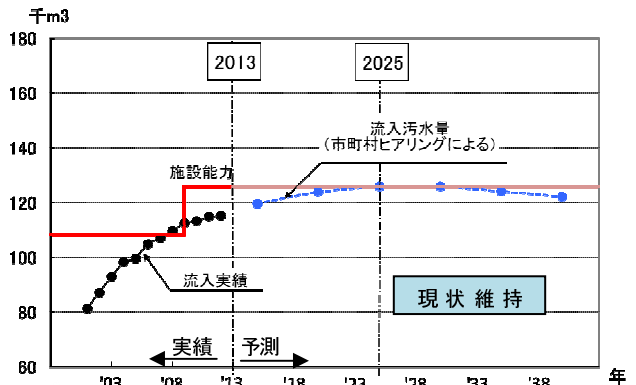


図-3 流入汚水量予測結果(第二浄化センター)

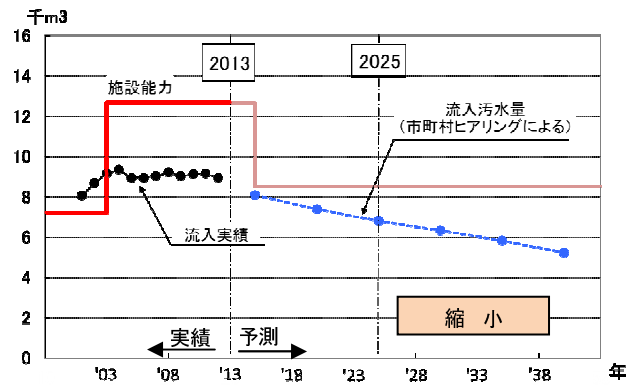


図-4 流入汚水量予測結果(宇陀川浄化センター)

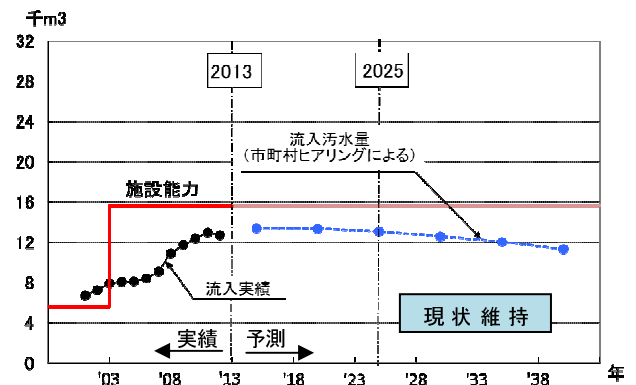


図-5 流入汚水量予測結果(吉野川浄化センター)

た. 処理場の運転管理上必要な点検は, 運転管理者(現場維持管理者)によって実施されているため, これらの点検を数値としてデータ化することで健全度調査の効率化を図った. なお, 点検者によって判断基準に乖離が出やすい項目(感覚による判断が必要になるケース)については, 目安となる判断基準に加えて表-1に示すような凡例写真を設けた. また, 点検結果の確認や今後の調査に活用するため, 健全度調査結果と合わせて点検時の写真を残すようにルール化を行った.





健全度判定の結果は, 点検結果をもとにAMDBを介してJSから提供されるため, 毎年, 最新の健全度把握が可能となった. 例として, 浄化センターの健全度調査結果を図-6に示す. 本結果は, 機器の健全度を施設単位で平均して施設平面図に示したものである.

(4) 更新・長寿命化対策の検討

健全度調査結果から将来的な健全度を予測することで, 対策が必要となる時期を設定する. その際, 実態に即した計画となるように, 対象となる機器の対策に合わせて同時に対策が必要となる機器や, 同時期に工事を行うものについて関連付けを行い, 対策時期を設定した. 対策方法は更新と長寿命化対策で, ライフサイクルコストを比較して決定するものとした.

将来的な健全度の予測については, 現在1回分の健全度調査結果しかないため, 直線式での予測としているが, 今後, 健全度調査結果を蓄積していくことで, 予測精度の向上を図る.

表-1 健全度評価の例(錆・腐食)

運転状態	判定基準	健全度	健全度評価写真例
機能上の問題無 劣化無	設置当初の状態	5.0	
機能上の問題無 劣化の兆候有	点錆	4.0	
機能上の問題無 劣化が進行	表面錆	3.0	
機能上の問題有 機能回復困難	腐食	2.0	

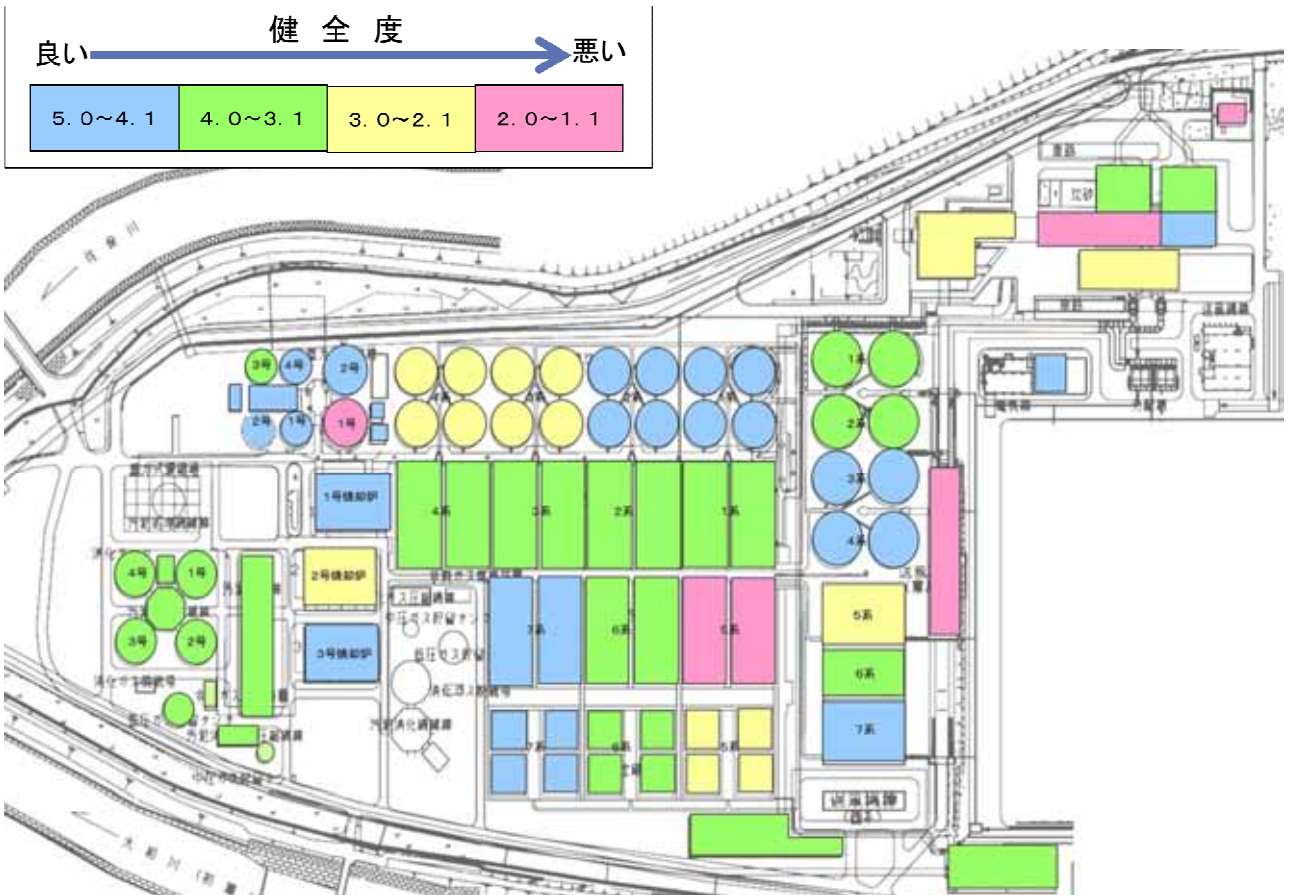


図-6 健全度調査結果(奈良県浄化センター)

(5)保有施設の最適化

更新・長寿命化対策の検討と合わせて、将来の流入汚水量予測にもとづいた、施設の統合や廃止等についても検討を行った。将来の流入汚水量に合わせて、機器の台数や能力を見直し、保有施設の最適化を図ることで施設の稼働率が向上し、コストダウンにも繋がる。

具体的には、将来的に廃止する機器の抽出、更新時の能力ダウン、更新時の能力アップによる機器の統合、代替施設の建設等について検討を実施した。

(6)事業平準化

ここまでの検討結果をもとに、当該年度に対策を実行しなければならぬ機器の対策費用を積み上げ、健全度が低い機器を優先するものとして、実績ベースの事業費を参考に平準化処理を行った。

また、将来的な健全度の予測とライフサイクルコスト分析による対策方法（更新又は長寿命化対策）の検討を行い、今後、中長期的に発生する費用のシミュレーション及び平準化を行うシステムを昨年度作成し、作業の効率化を図った。

4. 下水道施設計画の検討結果

下水道施設計画について、目標耐用年数をもとにした従来の考え方における年度別事業費の推移を図-7に、AM手法を導入した後の年度別事業費の推移を図-8に示す。

目標耐用年数をもとにした従来の考え方では、年度によって事業費に大きなばらつきがあり、計画として現実的ではないといえる。一方でAM手法導入後の年度別事業費では、長寿命化や機器の廃止によるコストの削減が図られ、事業の平準化によって、年度による事業費のばらつきが小さくなったことで現実的な計画となった。

5. おわりに

これまで、県独自で実績をもとにした目標耐用年数を設定し、施設の更新計画を策定していたが、全ての機器について健全度調査を実施したことによって、機器の状態に応じた適切な更新や長寿命化対策が可能となった。これにより、予防保全型の管理体制が可能となり、処理場機能停止によるリスクの低減等を図ることが可能となった。また、実態に即した将来流入汚水量予測にもとづいた機器の更新や長寿命化、能力変更や統合及び廃止を検討することで、事業費の削減につながった。

今後も下水道の普及が見込まれる一方、社会情勢の変化等によって、流入汚水量の予測値は変化していくと考えられる。効率的な下水道施設の管理運営のためには、

定期的な流入汚水量予測および施設計画の見直しが不可欠である。AM手法の導入にあたり、将来にわたって継続的に見直しを実施されるよう、役割分担を明確にするとともに、作業のルーチンワーク化、システム化など、円滑に調査及びデータの更新が継続されるな仕組み作りを踏まえて検討を行ってきた。今後は、実際に計画の見直しを行っていくうえでの改良や、人およびカネのマネジメントに関してても検討を進め、健全な下水道経営を実現していく。

参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口（平成25（2013）年3月推計）

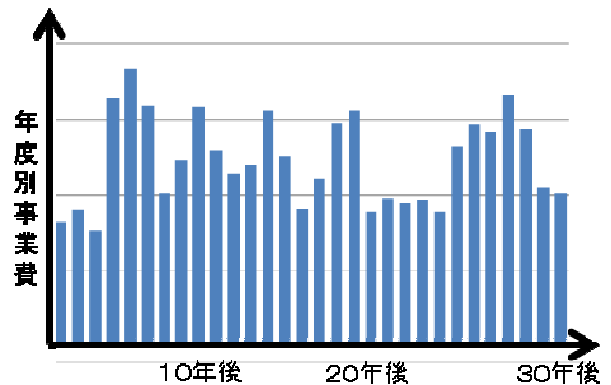


図-7 年度別事業費の推移（従来）

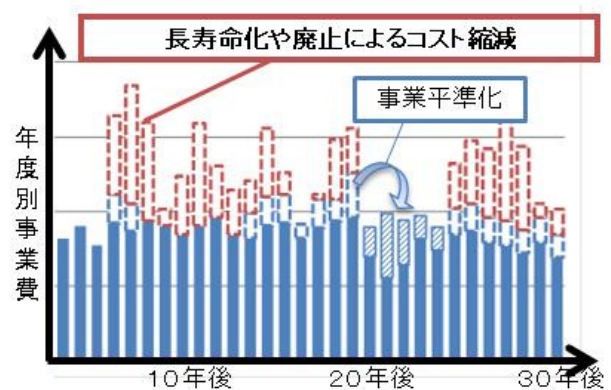


図-8 年度別事業費の推移（AM手法導入後）

—天ヶ瀬ダムにおける外来種対策の取り組み—

三井 貴志

近畿地方整備局 淀川ダム統合管理事務所 広域水管理課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町10-5)

全国的に問題となっている動植物における「外来種」に関して、天ヶ瀬ダム管内でも外来種の発生・発見が確認されている。外来種の発生・確認は、在来種の生存への影響及び周辺の変化をもたらす危険性がある。

天ヶ瀬ダムでは2008年度から、ダムにおける外来種の状況を調査すると共に、外来種に対する防御及び駆除に向けて、現場において監視・対策の取り組みを行っている。

今回、天ヶ瀬ダム管内で取り組まれている、外来種対策について報告を行うものである。

キーワード 外来種の生存, 環境への影響, 改善への監視・対策, 住民等との協働

1. はじめに

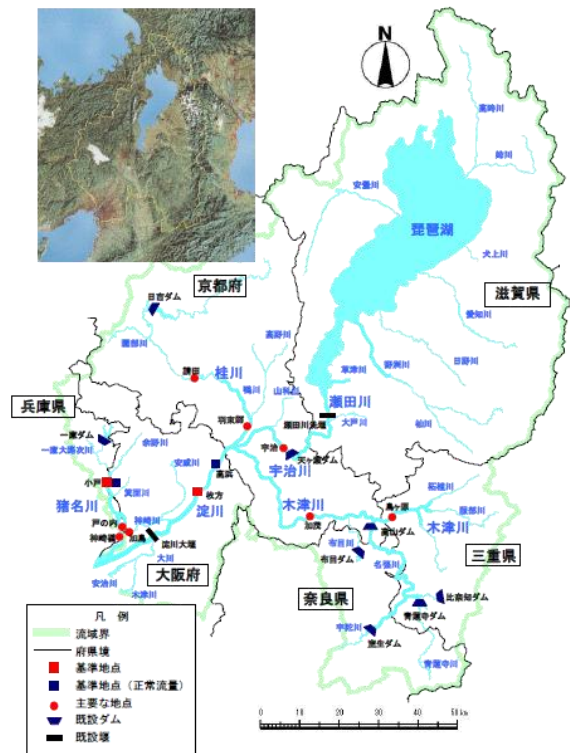
全国的に問題となっている動植物における「外来種」に関して、淀川水系でも問題化している中、当事務所が管理している天ヶ瀬ダム管内においても、外来種の発生・発見が確認されている。外来種の発生・確認は、在来種の生存への影響及び周辺の変化をもたらす危険性がある。

ダム下流では、淀川本川において自然界で生息していた、天然記念物のイタセンパラの生存が懸念されており、現在、イタセンパラの再生に向けた取り組みが行われている。また、ダム上流に位置する琵琶湖においても、在来種の保護・保全を目的に、外来種に対する様々な対策が進められている。

近年、天ヶ瀬ダム湖周辺でも外来種の増殖が確認されている。現在のところ、ダム運用に際しての問題点、生態系、漁業への大きな影響は確認されていないが、外来種の繁殖による影響を未然に防止し、在来種の生育環境を保全していく必要があると考えられる。また、関係機関や住民・住民団体と連携しながら駆除等の対策を推進していくことが、「淀川河川整備計画」でも示されている。

よって、2008年度から天ヶ瀬ダムにおける外来種の状況を調査すると共に、外来種に対する防御及び駆除に向けて、現場において監視・対策の取り組みを行っている。

本論文は、天ヶ瀬ダム管内で取り組まれている、外来種対策について報告を行うものである。



図一 1 淀川流域図

2. 天ヶ瀬ダム湖周辺の現状

天ヶ瀬ダムは1964年、淀川水系で最初の多目的ダムとして宇治川に建設された。ダム堤体には魚道が設置されていないため、ダムの下流と上流を分断させた形態を呈

しており、魚類の遡上を阻んだ形となっている。

しかし淀川水系の上流には、琵琶湖を抱えており、湖における国民の利用は、多様に利用されており、湖の下流である天ヶ瀬ダム湖も、渓谷の中に存在するが、ダム湖周辺の環境も、周辺からの影響もたらせられてきていると考えられる。

2008年度に取りまとめた中で、過去に天ヶ瀬ダム周辺において実施された「水辺の国勢調査 (H19魚類、H15底生動物、H18鳥類、H17爬虫類・哺乳類、H16陸上昆虫類、H14植物)」によれば、国や自治体が生態系に悪影響を及ぼす可能性がある外来種について、約50種類もの種が確認されている。特に主なものとして、魚類では「オオクチバス、ブルーギル」、底生動物では「カワヒバリガイ」、爬虫類・哺乳類では「ミシシippアカミガメ、ヌートリア」、植物では「オオフサモ、アレチウリ群落」などの外来種類が見られた。

写真-1 主な外来種



3. 環境への影響

魚類においては、ダム湖内での漁業が行われていないため大きな影響はないが、琵琶湖から流下してきた魚類が、ダムからの放流水により、ダム下流への移動が可能となっている。よって、淀川本川の在来魚への生態に悪影響を及ぼすことも考えられる。底生動物では、直接的な影響は報告されていないようだが、2000年に宇治川においてオイカワ・コウライモロコの大量衰弱事例が発生している。原因として、カワヒバリガイを宿主とする寄生虫「メタセルカリア」の大量寄生によるものであった。

その他の外来生物におけるダム湖内での影響は、現状では特に見受けられないが、ダム管理支所では、定期的な巡視を実施し状況の確認を行っている。

4. 改善への対策

外来魚対策のダム湖における実施事例として、2012年度水辺の国勢調査（魚類）の実施の際に、主なものとしては「釣り、刺し網、地引き網、投網」を実施した。また、産卵適地と考えられる場所に、人工産卵床を設置し、卵の時期に除去する方法も用いた。

天ヶ瀬ダム湖において、外来種の対策を実施していく上で、漁協及び有識者のヒアリングを行った。漁協からは、①「オオクチバス、ブルーギル、カワヒバリガイ」が多く生息している ②2000年に「カワヒバリガイ」を介した寄生虫によるオイカワの大量死が発生した ③外来魚の対策として、釣り大会の開催を行っている ④広いダム湖内での対策は難しいのではないか、との意見をいただいた。（※①②③とも、ダム下流の宇治川での状況）有識者からは、①早急な駆除対策として、「オオクチバス、ブルーギル、カワヒバリガイ」が良いと考える ②植物については、乾湿に強い特定外来生物もあり、現段階では群生していないがダムでも可能性を念頭に置いておくこと ③魚類の駆除対策として、人工産卵床の設置が考えられる。カワヒバリガイは、現状では難しいと考えている ④外来種の利活用を含めて検討することで、地元の協力などが得られると考えられる、との意見をいただいた。

以上より、天ヶ瀬ダムにおいては、外来種の対策として、外来魚である「オオクチバス、ブルーギル」をターゲットとして選定した。

取り組み

(1) 人工産卵床対策

オオクチバス、ブルーギルについて、全国の事例の中で受精卵の駆除手法として、最も効率的に駆除できる取り組みられている手法を、天ヶ瀬ダムでも試みた。構造はいたって簡単なものであり、下記のようなものを産卵時期である5月から7月頃に合わせ、貯水池内5ヶ所に、「固定式9基」、「浮き式37基」を設置した。その結果、産卵個体数は、ダムサイト及び大峰橋付近で、全体で約3,900個を確認した。

写真-2 人工産卵床



固定式 (9基)

浮き式 (37基)

写真-3 産卵状況



(2) 捕獲カゴ

人工産卵床と併せて直接捕獲する捕獲カゴを、ダム湖巡視時に設置し、定期的に引き上げを行った。最近での捕獲数は、ブラックバス及びブルーギルで約190匹を捕獲し、駆除をした。

写真-4 捕獲カゴ及び捕獲状況



(3) モニタリング調査

適切な駆除を実施するためには、外来種の生息状況を継続的に把握する必要がある。河川水辺の国勢調査に加えて、ダム管理者による定期的な外来種生息状況のモニタリングの実施が望ましいと考えた。その上で、現場でダム湖巡視時に状況把握を行うために、巡視員が効果的に外来種をみつけられるよう、巡回の時期ごとに、着目すべき対策対象種や場所を示したモニタリング調査票「外来種カレンダーマップ」を作成し、定期的な状況調査し監視に努めた。

例：「外来種カレンダーマップ」(非出水期)



(4) 関係機関等との連携

外来種対策は、継続実施が最も有効であり、そのためには持続可能な仕組みづくりが必要と考えられる。ダム管理者だけでは限度があり、周辺地域の学校、住民及び漁協との連携が考えられる。なお、連携していく上では、対策手法の効果を検証する必要がある。当面、ダム管理者でできる対策を継続的に実施していくこととした。

ダム湖内における魚類相の経年変化

過年度の水辺の国勢調査結果(ダム湖内)における調査結果は以下の通りであった。

特徴としては、

- ① オオクチバス、ブルーギルが増加傾向である。
- ② 在来種の、フナ類、コウライモロコ、ビワヒガイが減少傾向であり、特にコウライモロコが、大幅に減少した。

表-1 過年度魚類層経年変化(主な魚類抜粋)

No.	目名	科名	種名	ダム湖											
				H2		H6		H8		H13		H19		H24	
				秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季
1	コイ	コイ	コイ	1	1	1	1	1	4	1	3	1	★	1	
2			ゲンゴロウフナ			3									
3			ギンブナ		19	30	29	11	11		27	7	31	15	
4			フナ属		25				1		13				
5			ビワヒガイ		49	146	55	35	14	27	34	6	11	3	
6			ヒガイ属		7							★			
7			タモロコ												
8			ホシモロコ			16									
9			コウライニゴイ	5	57	85	27	71	39	47	20	13	7	8	
10			ニゴイ属					7		37	54	22	19		
11			デモロコ			3									
12			スゴモロコ		23										
13			コウライモロコ		321	68	263	44	293	18	5		2	17	
14			スゴモロコ属											17	
15			コイ科											11	

No.	目名	科名	種名	ダム湖											
				H2		H6		H8		H13		H19		H24	
				秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季
1	スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル	2	13	7	19	15	7	21	74	49	185	186	
2			オオクチバス	1	4	10	3	14	22	67	737	69	17	39	

※1 種名・配列は、「河川水辺の国勢調査のための生物リスト(平成24年、国土交通省)」に準拠した。
 ※2 ★は目視による確認のため、個体数は計上していない。

在来魚類の減少に対して、外来魚類が増加傾向であり、その要因として、在来魚類の卵や稚魚、未成魚などを外来魚類が捕食している可能性が考えられる。

なお、在来魚類が減少することは、これまでの貯水池内における生態系のバランスが崩れることが考えられる。そのため、生態系の保全と在来種の保護という両面を考えていく必要がある。

5. 天ヶ瀬ダム湖での取り組み対策

前述したように、天ヶ瀬ダムではターゲットとして、ダム湖貯水池内の巡視時に、魚類では「オオクチバス・ブルーギル」は状況監視、捕獲及び駆除、爬虫類・哺乳類では「ミシシippiacamimigame, ヌートリア」の状況監視、植物では「オオフサモ, アレチウリ」の状況監視及び維持作業において除草を実施してきた。

状況監視については、作成されたフォーマットをもとに、記録を取っていった。魚類においては、関係府県から「特別採捕許可」をいただき、水辺の国勢調査時には、人工産卵床を網場に設置、もんどり網は主に溜まりとなる位置9地点を重点に実施した。

ヌートリアは、基本的にダム堤体から上流に遡上しないよう対策を講じた。ダム湖内での巡視時には、ヌートリアの確認ができていないが、2013年大津市曾束地区で目撃され、捕獲器を設置したところ、1匹捕獲がなされた。どこから進入してきたかは定かではないが、貯水池内でのヌートリアの生息が確認された。幸いにして、それ以降での生息の確認は見受けられていない。また、2011年度には、ダムサイト下流において、ヌートリアの生息を確認している。よって、ダムから上流への進入を防ぐために、簡易ではあるが、ダム下流減勢地付近を重点に、進入防止の対応を図った。

図-2 ヌートリア目撃情報



図-3 ダム堤体下流ヌートリア進入防止策



また一般住民から、ヌートリアの目撃情報の提供をいただき、事務所HPへ掲載し、住民等への情報提供を行うほか、関係自治体とも情報交換をする体制を執っている。以下は、HPの掲載情報の一部である。



<ホームページのURL>

<http://www.kkr.mlit.go.jp/yodoto/nutria.html>

6. 今後の課題

(1) 現在の活動への限度

現在は、職員自らが天ヶ瀬ダム湖内を中心に、「カレンダーマップ」の活用や直接捕獲を行う、「監視・駆除」を実施しており、マンパワー的に限られた範囲内での活動になっている。

現在のところ、ダムの管理上での大きな被害は発生していないが、ダム湖内の自然環境への影響が、今後、どのように発生してくるか解らない。

よって、在来種の保存を基本に、管理者だけでなく、一般住民との協働による、管理・監視体制が必要と考えられる。そのためには、お互いの認識の共有が不可欠と考えられる。

(2) 関係行政・専門団体との連携

管理者及び一般住民の外来種に対する専門的な認識には、非常に限られている状況と考えられる。一歩でも認

識の共有を図るためには、環境の行政部門、生物の専門家による情報の提供も重要と考えられる。

よって、自然環境に対する認識の環境の向上が必要であり、関係行政・専門団体との連携が、不可欠と考えられる。

7. まとめ

これまでに述べているように、管理者による監視・駆除体制を実施している状況であり、また、活動範囲も広大なことも有り、活動にも限度を生じているのが現状である。

よって、管理者だけでなく、関係機関や住民・住民団体と連携しながら駆除等の対策を推進していくことが、「淀川河川整備計画」でも示されるように、住民及び行政・専門分野の活動家との協働が重要・強化であり、それに携わる方々との役割分担を図る「仕組みづくり」が必要と考えられる。

今後は、関係者との協働の構築に、努めて参りたい。

河川改修計画の無い河川における 橋梁設計と河川協議での留意点

井上 卓

近畿地方整備局 足羽川ダム工事事務所 工務課 (〒918-8239 福井県福井市成和1-2111) .

足羽川ダム建設事業に伴う付替県道の1号橋は、足羽川ダム直下流の部子川に架かる予定の橋梁で、部子川の県管理区間に架かる橋梁である。部子川の当該区間は河川管理者の福井県による河川改修計画が存在していない。そのため、橋梁設計及び仮締切設計に必要な指標である計画高水流量、計画高水位及び計画河床高が定められておらず、ダム放流計画及び現況河川の状況よりそれらの指標を仮定し、設計を行った。また、河川管理者に上記の設計の考え方を説明し河川協議を行い合意を得た。本件は、上記の橋梁設計における対応と河川協議における留意点について報告するものである。

キーワード ダム付替道路、河川橋、河川改修計画、河川協議

1. 足羽川ダム建設事業の概要

足羽川ダム建設事業（以下「本件ダム事業」という）は、足羽川、日野川及び九頭竜川の下流域における洪水被害の軽減を目的として、九頭竜川水系河川整備基本方針に定められた天神橋地点の基本高水のピーク流量2,600 m^3/s に対し、800 m^3/s の洪水調節を行うため、洪水調節専用（流水型）ダムと併せて、他の4河川（水海川、足羽川、割谷川、赤谷川）の洪水を導水するための分水施設（分水堰と導水トンネル）を整備するものである。



図-1 足羽川ダムの位置図

本件ダム事業は、河川整備計画対応のⅠ期工事と、基本方針対応のⅡ期工事に分けられる。そのうち、2014年に着工したⅠ期工事は、堤高96.0mの重力式コンクリートダムの足羽川ダム本体、付替道路（主要地方道福井県道34号松ヶ谷宝慶寺大野線、町道広瀬・千代谷線及び町

道下荒谷線）（以後、それぞれ「付替県道」及び「付替町道」という）及び水海川からの分水堰及び導水トンネルを建設する。

本件で扱う付替県道工事は、下流の福井県今立郡池田町小畑地先から、水没地上流端の延長約6.2kmを付替える。

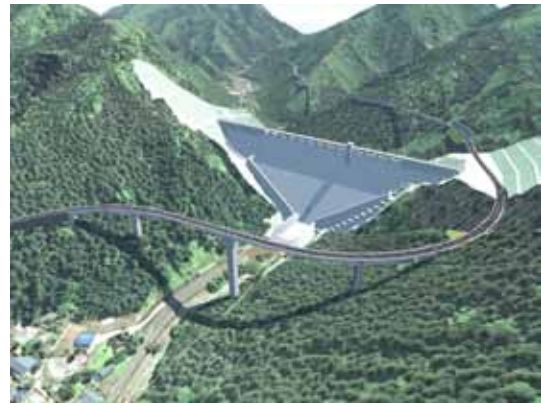


図-2 足羽川ダム完成イメージ図

2. 付替県道1号橋と設計上の問題点

(1)付替県道1号橋について

付替県道1号橋（仮称）は、付替県道の最も起点側に計画されている、延長 $L=29.8\text{m}$ 、有効幅員7.0mのPC単純コンボ橋である。特徴としては、堀込河道に架かる、斜橋（斜角 47° ）である。

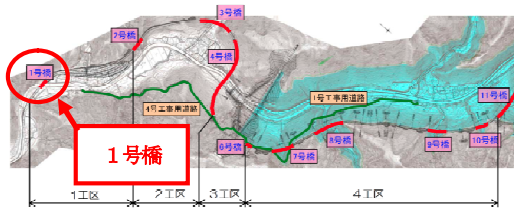


図-3 付替県道1号橋(仮称)位置図

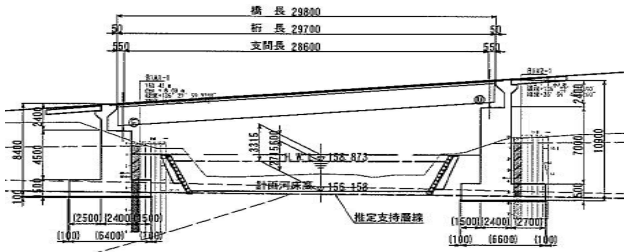


図-4 付替県道1号橋(仮称)側面図

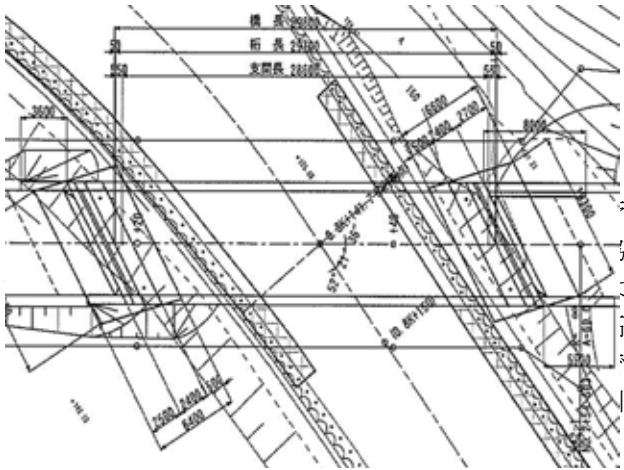


図-5 付替県道1号橋(仮称)平面図

3 橋梁設計に必要な河川条件と河川改修計画

この章では、本設計において橋梁設計に必要な河川条件のうち、河川改修計画がないことによって起こる問題を述べる。

(1) 橋梁設計における課題

河川改修計画が無いことにより、橋梁設計において問題となる点は、下記の2点である。

一つは、桁下余裕高さは計画高水位に計画高水流量に応じた余裕高さを加えたものである。したがって、計画高水位が設定されていないため桁下余裕高さの設定ができないことである。

二つ目は、条件護岸の根入れ深さを決定できないことである。将来河川改修を行うときに、再度護岸を改修することの無いようにするためには計画河床高さが必要に

なるが、本設計では、計画河床高が設定されていない。

(2) 仮設計における課題

事業工程上、下部工(橋台2基)を1年で施工する必要があるため、半川締め切りによる通年施工をする必要があった。

出水期での通年施工となるため、河川協議で計画高水流量、計画高水位が設定されていない中で、現況流下能力をどのように評価するかが課題となる。

4. 橋梁設計における河川条件の整理

この章では、本設計で行った、河川条件の整理の方法について述べる。

(1) 計画高水流量とダム放流量

足羽川ダムの洪水調節は、分水開始流量の発生頻度である5年に1回発生する流量で開始するとされており、導水トンネルからの導水後の部子川における洪水調節開始流量は、180m³/sとしている。

本設計では計画のダム放流量であるこの流量を、計画高水流量とみなして設計を行った。

(2) 計画高水位と部子川河道改修計画

現在は、部子川の当該箇所での河川改修計画は存在しないが、Ⅱ期工事完成後において洪水時のダム放流量である180m³/sを安全に流下させることが求められる。

足羽川ダムの建設計画では、当該区間が掘込河道であるため、「資産の浸水を基準にした評価」高さから余裕高さ(0.6m)を差し引いた高さを現況流下能力の評価高さとし、流下能力が180m³/sを満たさない箇所については、河床掘削を実施することとしている。

本設計においては、橋梁上部区間で護岸天端を越水した場合、橋梁下部工が洗掘される危険があるため、「資産の浸水を基準にした評価」＝護岸高さとし、護岸高さから余裕高さ(0.6m)を引いた高さを流下能力の評価高さとし、計画高水位と仮定した(以後、「計画高水位」という)。そして、架橋地点が現況の流下能力が180m³/sを下回る場合は、河床掘削によって対応したとしても満足する構造を目指すこととした。

(3) 現況流下能力検討条件

直近(2010年)に行われた河川横断測量の成果では、部子川の最深河床縦断勾配は1/60であることから、連続射流が発生する急流河川と判断されるため、水理計算は等流計算とした。

断面計算においては上述の直近の測量成果を用い、河床勾配については、上述のとおり1/60、粗度係数については河川砂防技術基準 調査編に基づきn=0.040を採用して計算を行った。

(4)架橋地点の現況流下能力

本設計において、(1)～(3)の条件で計算を行った結果、当該箇所の流下能力は図-6のとおり、61.1m³/sとなった。

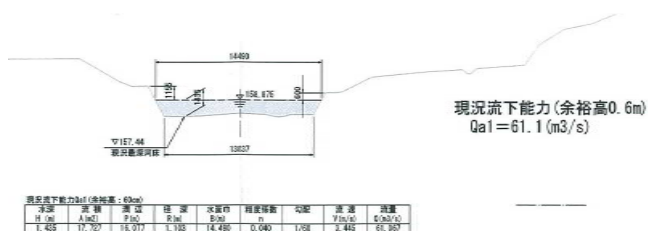


図-6 0.8K+141.7m地点の現況流下能力

(5)架橋地点における計画河床高

(4)で述べたとおり、架橋地点では流下能力がⅡ期工事完成後のダム放流量を下回るため、河床掘削による河川改修が必要となる。

架橋地点にて流下能力180m³/sを満足するためには、現況河床から128cmの河床掘削が必要となった。このときの河床高は156.158mであり、これを架橋地点における計画河床高さ(以後、「計画河床高」という。)として橋梁の設計を行った。

5. 仮設計における河川条件の整理

(1)付替県道1号橋の施工工程

付替県道1号橋の施工においては、下部工の橋台の施工に1基当たり約6ヶ月かかるため、非出水期(4/1～6/15=2.5ヶ月、10/16～3/31=5.5ヶ月)のみの工事では施工不可能となる。そのため、出水期内に半川締切りによる施工が発生する。

また、事業工程上下部工2基を1年で完成させる必要があるため、通年施工が必要となった。

(2)仮締切における基本条件

架橋地点には玉石が多く存在するため、止水性のある鋼矢板打設は困難であるため、大型土のうによる仮締切を採用した。また、架橋地点は図-7に示すとおり、計画堤防高にあたる計画高水位に余裕高を足した高さよりも堤内地盤高が高く、完全掘込河道にあたるため、堤防開削は伴わない。

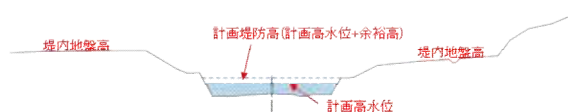


図-7 架橋地点の断面図

出水期も施工を行い、かつ堤防開削を行わないため、仮締め切り設置後の断面で現況流下能力を確保することとした。

(3)確保すべき現況流下能力の設定

第4章第(4)節でのべたとおり、架橋地点現況流下能力は61.1m³/sであり、この流量を確保する仮締切計画を立案する必要がある。

また、現況流下能力以上の出水(以後、「異常出水」という。)が起きた場合については、余裕高さを考慮せず、護岸天端高さまで水位が上がったときの流量(113.8m³/s)を確保することとした。

したがって、現況流下能力と同等の出水(以後、「通常出水」という。)時には61.1m³/sを確保し、異常出水時は113.8m³/sを確保することとした。

(4)仮締切計画

第(3)節に基づき設計した結果、仮締め切り計画は下記のようになった。

a)通常出水の場合

通常出水の場合は、図-8,9に示すとおり、ほぼ現況河床で左岸施工時で61.4m³/s、右岸施工時で61.5m³/sとなり、河床掘削なしで現況流下能力61.1m³/sを確保できる。

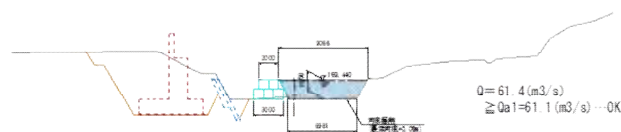


図-8 通常出水時の仮締切計画(左岸施工時)

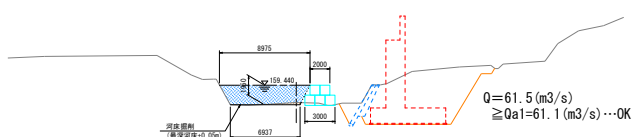


図-9 通常出水時の仮締切計画(右岸施工時)

b)異常出水時の場合

異常出水の場合は、施工者の安全については事前に避難することとし、周辺への被害を防ぐことを第一とした。そのため、仮締切の上流端を事前に撤去し、下流部は盛土構造にし、流水によりフラッシュさせ、締切内部を通水させ、その結果の水位が堤内地盤高さより低ければ安全が確保されているとした。

上記の要領で設計した結果、図-10,11に示すとおりとなり、仮締切後の断面においての流下能力は、左岸施工時(116.6m³/s)、右岸施工時(115.5m³/s)共に113.8m³/sを満たした。

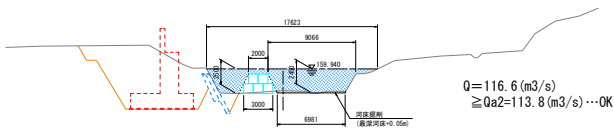


図-10 異常出水時の仮縮切計画(右岸施工時)

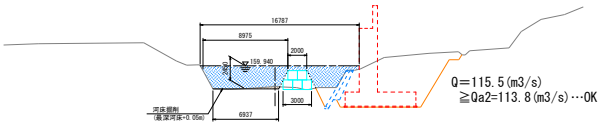


図-11 異常出水時の仮縮切計画(左岸施工時)

6. 河川協議時の留意点

これまで述べてきたとおり、河川改修計画が無いことによりダム放流量と計画高水流量、護岸天端高さから余裕高さを引いた高さを計画高水位とみなし、設計をしているため、河川管理者との協議を手戻りの無いものにするには、これらの点においても合意を取る必要あると考えられた。

今回は、事業工程上2013年度中に予備、詳細設計共に完了させ、2014年度に下部工の施工に着手する必要もあったため、予備設計の段階から河川法95条に基づく河

川協議を行った。

その結果、上記の方針を理解頂き、工事着手までに河川協議の同意を得ることができた。

7. まとめ

河川改修計画の無い河川での橋梁設計では、橋梁設計に必要な河川条件が定められていないため、橋梁設計に当たって何らかの形で設定することが必要となる。

本件では、当該区間がダム直下流であることから、最終的なダム放流量を計画高水流量とみなし、計画高水位については、掘込河道であることから、現況の護岸高さから余裕高さを控除して計画高水位とみなした。そのほかの指標についても、計画高水位と現況の状態から設定して設計を行って設計に必要な条件を整理することができた。

また、予備設計の段階から河川協議を始めたことにより、手戻りの無い設計と河川協議を行うことができた。

今後は、河川改修計画の無い河川において架橋する場合で河川協議が必要な場合は、予備設計の段階から、橋梁設計の前提となる河川条件の設定について合意を得ておくことが重要となると考えられる。

台風第18号災害に学ぶ

川口 修治¹・清水 司²

¹滋賀県南部土木事務所 道路計画課 (〒525-8525滋賀県草津市草津三丁目14番75号)

²滋賀県長浜土木事務所木之本支所 河川砂防課. (〒529-0426滋賀県長浜市木之本町黒田1234)

平成25年(2013年)9月15日夜から16日早朝にかけて台風第18号が近畿地方に接近し、滋賀県、京都府、福井県に大雨特別警報が発令されるなど、各地で過去に経験したことのないような大雨となった。滋賀県大津土木事務所管内(滋賀県大津市)においても、河川の氾濫や土砂崩れによる道路の寸断など多くの被害が発生した。

今回、このような大雨による各地の被災状況と、特に大津の市街地を流れる河川が氾濫したことによる被害およびその社会的影響について報告するとともに、被災直後からの初動対応などを通じて浮かび上がってきた課題について報告する。

キーワード 台風第18号, 大雨, 災害, 市街地を流れる河川の氾濫, 初動対応

1. はじめに

平成25年(2013年)9月15日(日)夜から16日(月)早朝にかけて、大型の台風第18号が図-1の経路で日本の南海上を北上、愛知県豊橋市付近に上陸し、近畿、東海地方を中心に大雨をもたらした。

気象庁は滋賀県、京都府、福井県に、数十年に一度の大災害が起こると予想される場合に出される「特別警報」を発表して最大限の警戒を呼びかけるとともに、滋賀県においても9月16日7時17分に災害対策本部が設置された。

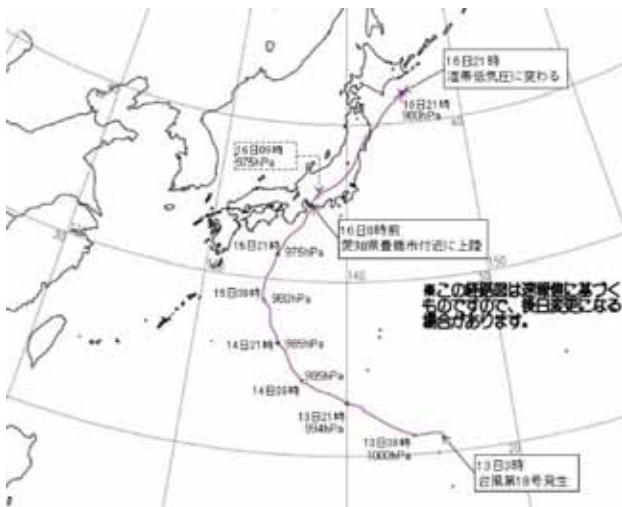


図-1 台風第18号経路図¹⁾

2. 気象状況

(1) 降雨の状況

滋賀県では9月15日から16日にかけて、大津市や東近江市で最大累計雨量600mmを超えるような猛烈な雨が降ったほか、各地で200mm~300mmを超える大雨を記録した(図-2)。

総雨量 9月15日00:00~9月16日24:00

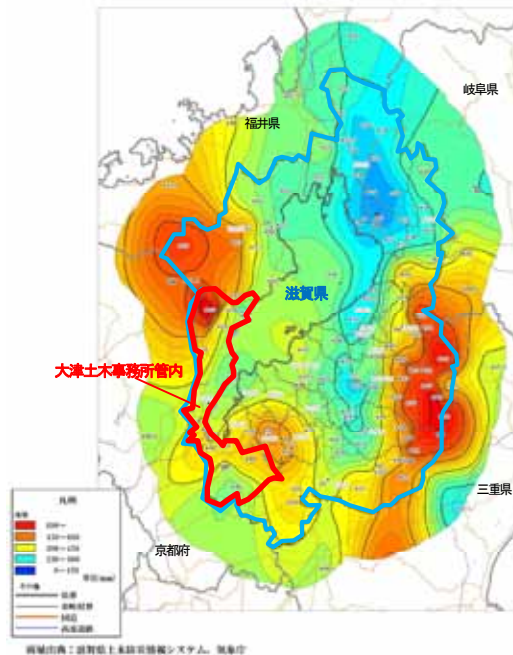


図-2 滋賀県内の総雨量²⁾

大津土木事務所管内（大津市）では、葛川の最大累計雨量635mmをはじめ、各地で250mmを超える大雨を記録した（表-1）。

表-1 各観測地点の雨量 9月15日0:00～16日24:00
(単位: mm)

観測地点	累計雨量	時間最大雨量
葛川	635	67
坂本	265	24
大津	263	29
上田上	355	50
大鳥居 (国)	378	42

(2) 注意報、警報、特別警報の発表

9月15日から16日にかけて滋賀県全域に注意報、警報および特別警報がそれぞれ発表された。

特別警報については、平成25年（2013年）8月30日から運用が開始され、今回全国で初めての発表となった。

なお、特別警報とは、これまでの警報の発表基準をはるかに超える豪雨や大津波等が予想され、重大な災害の危険性が著しく高まっている場合に発表され、最大限の警戒を呼び掛けるものである。

<大津市域に発表された注意報、警報、特別警報>

- 9月15日 13:54 大雨注意報
- 18:48 大雨警報、洪水注意報
- 21:13 大雨、洪水警報
- 9月16日 05:05 大雨特別警報
- (11:30 大雨特別警報解除)
- (16:13 大雨、洪水警報解除、大雨洪水注意報に切替え)

(3) 水防体制

15日18:48の大雨警報を受けて、大津土木事務所では水防第一配備第2号体制（水防2班体制）をとり、現場のパトロールや情報収集、道路の規制雨量による事前通行止めへの対応にあたった。

16日5:00頃には事態が重大であることより、事務所全職員に招集の連絡をし、交通網が麻痺している中で順次職員が登庁してそれぞれ対応にあたった。

滋賀県では15日23:15災害警戒本部設置、16日7:17災害対策本部が設置された。災害対策本部の設置は、昭和59年（1984年）2月の豪雪、いわゆる「59豪雪」以来29年ぶりであり、風水害による災害では、昭和50年（1975年）8月の台風6号以来、38年ぶりとなった。

また、大津市では1,773世帯（4,492人）に避難勧告が、1,846世帯（4,779人）に避難指示が出された。

これらのことから、当時大津市をはじめ県内全域にわたって非常事態であったことがうかがえる。

3. 災害の概要

(1) 一般被害の概要

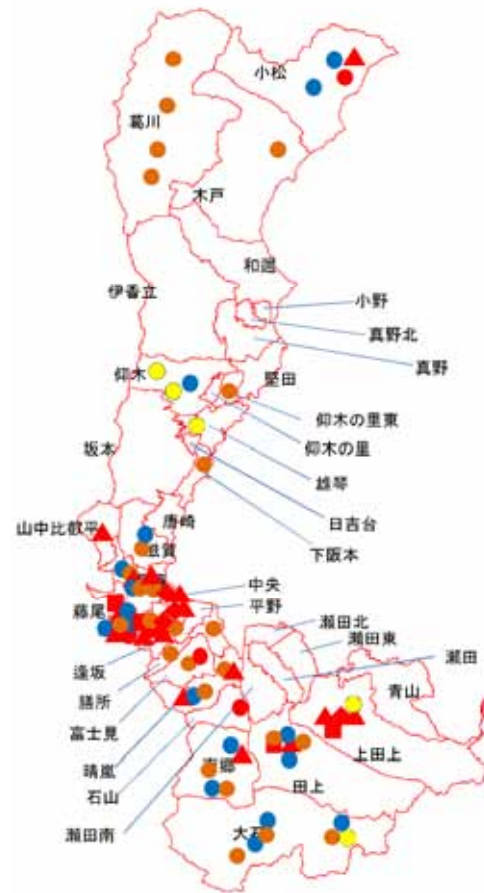
大津市内の人的・物的被害状況は表-2および図-3に示すとおりである。表-2からは、市内全域にわたり住家被害が合計302棟と非常に多く発生したことが分かる。

なお、河川の氾濫等による床上、床下浸水は、それぞれ72棟、192棟の合計264棟であったが、集計上は表-2の住家被害半壊および一部損壊の中に含まれている。

また、図-3からは被害は大津市全域に及んでいるが、その中でも特に市中心部および南部の田上地域での住家被害が多く発生したことが分かる。

表-2 人的・物的被害の状況³⁾ (H25.11.19現在)

人的被害(名)		住家被害(棟)			
重傷	軽傷	全壊	半壊	一部損壊	合計
1	2	3	77	222	302



No.	被害種別	マーク
①	家屋（全壊）	●
②	家屋（大規模半壊）	■
③	家屋（半壊）	◆
④	家屋（一部損壊）	▲
⑤	道路	●
⑥	河川	●
⑦	農用地	●

図-3 大津市内の被害状況図⁴⁾

(2) 交通被害の概要

県管理道路7路線で規制雨量を超過したほか、崩土や擁壁倒壊により合計8路線9区間を通行止めとした。

名神高速道路、京滋バイパスおよび国道1号も規制雨量や土砂崩れなどで通行止めとなり、また公共交通機関のJR琵琶湖線、京阪電鉄京津線も運休となった。

大津と京都を結ぶ道路としては、国道367号（伊香立途中ー京都）、国道161号西大津バイパス（湖西道路）および宇治田原大石東線のみが通行できる状態であった。

このことは、大津と京都を結ぶ主要交通網がほぼ寸断され、一時京阪神から滋賀県が孤立した状態であったと言える（図-4）。

なお、各道路およびJR琵琶湖線については、それぞれ復旧作業が完了次第、順次通行止の解除または運行を再開したが、京阪電鉄京津線については、軌道敷に大量の土砂が堆積し、それを撤去するのに日時を要したため、約2週間後の9月29日17:00からの運行再開となった。

(3) 道路被害の概要

各地で土砂崩れや土砂流出が相次いだ。道路の被害としては大津市南部地域に特に多く発生した。大津信楽線（上田上牧地先）をはじめ、合計8路線94箇所が被災した（表-3、図-4、図-5、図-6）。

表-3 道路の被災箇所数

路線名	被災箇所数	主な被害
国道367号	6	土砂流出
伊香立浜大津線	3	法面崩壊
下鴨大津線	1	路肩欠損
千町石山寺辺線	1	擁壁倒壊
国道422号	3	土砂流出
大津南郷宇治線	16	法面崩壊
栗東信楽線	34	路肩欠損
大津信楽線	30	道路破損
合計 8路線	94	



図-4 主要道路の通行止（大津土木事務所管内）および県管理道路の被災箇所



図-5 大津信楽線 道路損壊 大津市上田上牧地先



図-6 大津信楽線 落石 大津市上田上大鳥居地先

(4) 河川被害の概要

県が管理している一級河川や砂防河川についても、管内全域にわたる39河川175箇所が被災した(図-7)。

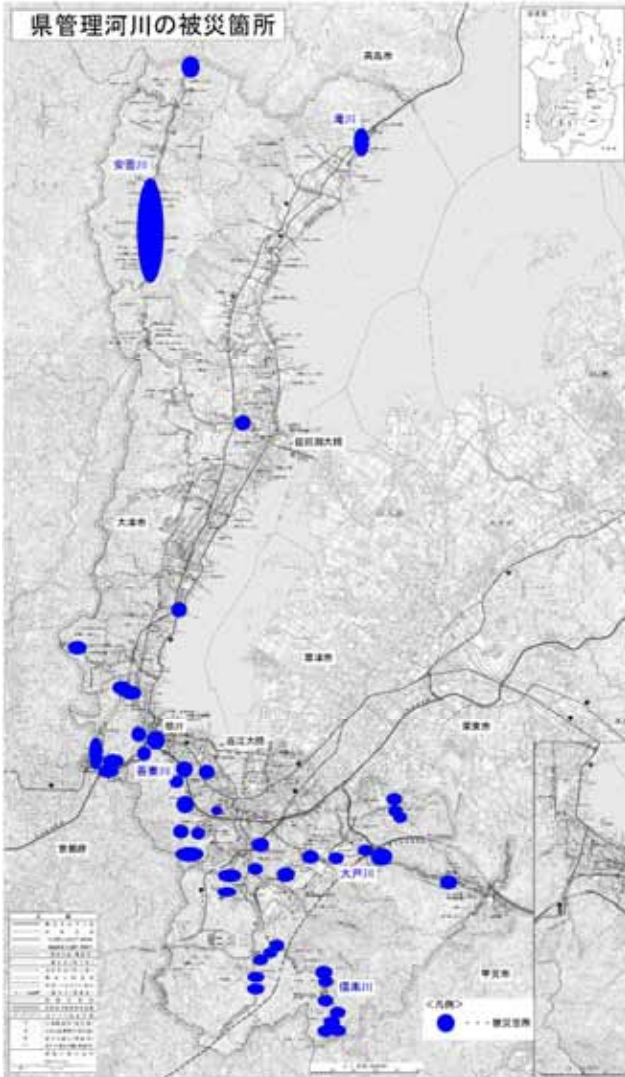


図-7 河川の被災箇所

北部地域では、滝川(北小松地先)で大規模な土石流が発生し、河道が閉塞して下流の住宅地や田畑、国道161号に土砂が流れ込んだ他、安曇川で護岸欠損などの被害が多く発生した(図-7、図-8)。

市内中心部では、市街地を流れる河川が土砂流出による河道閉塞が主要因となり氾濫したほか、護岸欠損など多数の被害が確認された。

特に大津中心部を流れる吾妻川(逢坂~中央地先)では、源流域の山地部が崩壊し、河道が閉塞され行き場を失った濁流が市街地を襲った。これにより、京阪電鉄京津線やJR東海道線の軌道敷に土砂や濁流が流れ込み一時運休となったほか、国道161号や県庁周辺の市街地にも濁流が押し寄せ、市街地の住宅地などでは床上、床下浸水の被害が多数発生した(図-7、詳細は次節(5)参照)。

南部地域では、大戸川や信楽川で多くの被害があった。特に大戸川では、石居地先や堂地先などで氾濫し、広い範囲にわたり田畑の冠水、住宅などの床上、床下浸水の被害が発生した。大戸川流域の浸水エリアは合計14箇所、122.6haに及んだ(図-7、図-9)。



図-8 滝川 土石流 大津市北小松地先



図-9 大戸川 浸水エリア 大津市石居地先~上田上牧地先

(5) 今回の災害の特徴

～市街地を流れる河川 吾妻川の氾濫～

台風第18号による大津土木事務所管内での被災をとりまとめると、大津の市街地を流れる河川の氾濫が社会的に及ぼした影響が非常に大きかったと言える。特に今回氾濫した吾妻川は一部暗渠化されているところもある比較的小規模な都市型河川であるが、その氾濫により住家被害が多数発生するとともに、JRや京阪電鉄の公共交通機関が一時ストップするなど社会的にも影響が広がった。

以下にその特徴をまとめる。

a) 大津の市街地の特徴

大津市域は、地形的には南北約46km、東西は狭いところで約3kmと南北に細長く、特に大津の中心部は山と湖に挟まれた狭い所に古くからの市街地が形成されている。また、県庁などの公共施設をはじめ、JR琵琶湖線や京阪電鉄などの公共交通機関、名神高速や国道1号などの主要幹線道路、病院などの医療機関、商業地や住宅地などが集積しているところである。

b) 吾妻川の特徴

吾妻川は、大津市逢坂地先を起点として大津の中心市街地を縫うように走り、琵琶湖に流れ込む延長2.25km、流域面積3.4km²、河川断面は狭いところではA=2.0m²未満のところもある比較的小規模な都市型の一級河川である。また、大津特有の山と湖に挟まれた地形条件より、原

流域の山と市街地を非常に短い距離で結んでいる河川でもある。

c) 吾妻川の氾濫

今回の吾妻川の氾濫の大きな要因の一つに、吾妻川の源流部である山地の崩壊および上流部の護岸洗掘が上げられる。その崩壊した土砂が吾妻川および下流域に流れ込み河道が閉塞し、京阪電鉄京津線と平行する区間で土砂もろとも溢れ出した。

これにより、京阪電鉄の軌道敷や国道161号をはじめ県庁周辺の道路に濁流が押し寄せ、そこからJR軌道敷をはじめ商業地および住宅地に流れ込み被害が発生した。

被害は市街地の床上、床下浸水をはじめ、水道、下水道、ガスなどのライフラインが一部破損した。

また、京阪電鉄では軌道敷に約4,000m³の土砂が堆積し、それを撤去するまで約2週間の運休を余儀なくされ、鉄道運休の間は地域交通を確保するために、代行バスの運転が実施されるなど社会的影響が広がった(図-10)。

吾妻川の土砂撤去などの応急復旧作業にあたっては、重機が入るスペースがない所があるなど市街地特有の条件も重なり、作業は困難を極めた。

大津の市街地を水害から守るには、河川整備、都市防災に加えて、山からの影響が市街地に直結する場合もあることも加味するような、多面的な見方も必要なのではないかと思われた。



図-10 吾妻川および被災箇所 大津市逢坂～中央地先

4. 初動対応とそこから見えてくる課題

(1) 初動対応

各雨量観測地点で道路の通行規制雨量を超過し、15日21:00の国道367号をはじめ、翌16日2:00までに対象7路線全てを通行止めとした。

河川パトロールからは、16日1:15に吾妻川溢水の報告をはじめとして、16日6:00までに少なくとも10河川の溢水の報告が入った。

発災直後の人手が足りず混乱を極めていた中でも、事前通行規制などをしっかり行ったことにより、土砂崩れに車が巻き込まれるような二次的災害は発生しなかった。

17日(火)からは、毎朝全職員による全体朝礼を実施し、これまでの被災状況や道路の通行規制情報、当日の行動予定などを中心に事務所全体で情報を共有し、所長、次長の指示のもとそれぞれの職務にあたった。

(2) 課題

今回のことを通じて非常に多岐にわたる課題があったが、その中の一部を下記に報告する。

a) 初動活動要員の不足

16日5:00頃には全員を招集したが、交通機関がストップしたこともあり、初動活動要員が大きく不足していた。また、図-11のように本県土木交通部職員数は年々減少し、H15からH25までの10年間では100名以上減少していた。今後はこのことを踏まえた危機管理体制を検討していく必要があると考えられる。

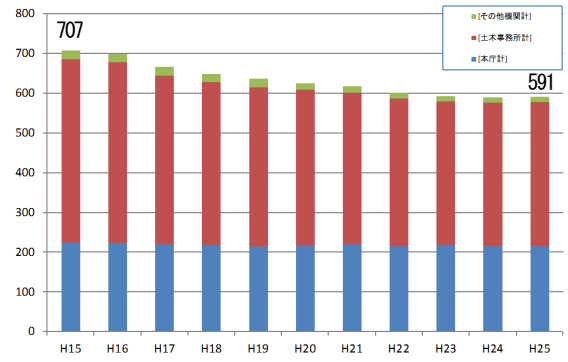


図-11 滋賀県土木交通部職員数の推移

b) 応急復旧業者の不足

今回の災害では、滋賀県建設業協会との応援協定に基づく大津支部からの応援だけでは対応不可能となったが、建設業協会においては他支部へ応援要請ができる仕組みにはなっていなかった。

また、図-11からは建設業協会会員数がここ10年間

で768社から411社と約半数に減少していることが分かる。このことから、建設業協会支部における管外支部との相互補完体制について、平時より検討していく必要があると思われる。

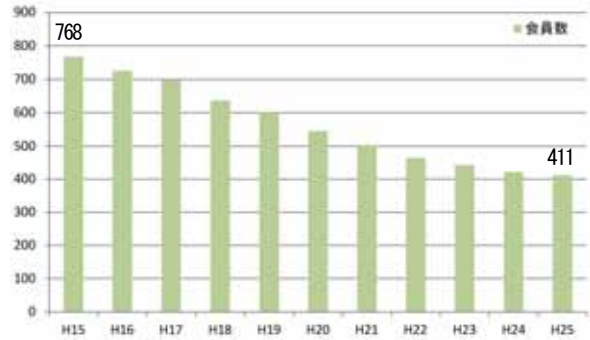


図-12 滋賀県建設業協会の会員数の推移⁵⁾

c) 初期情報の収集

発災直後は、被災状況をいち早く把握する必要がある。限られた人員体制の中で、正確な情報をより早く把握するために、今後は市や建設業協会などの関係機と初期情報を共有する枠組みを順次整えていく必要があると思われる。



図-13 9月16日朝 大津土木事務所での災害対応状況

5. おわりに

台風第18号は、滋賀県に戦後最大級と言われる豪雨をもたらした。本論文では、その災害のごく一部分を記したが、今回の災害を教訓に今後の行政を進めていくうえでの記録の一つとして残れば幸いである。

最後に、被災直後から災害復旧の本格的な応援に至るまで、各方面からご支援いただきました皆様方に深く感謝申し上げます。

本論文は平成25年度に所属していた滋賀県大津土木事務所での災害対応の記録を記したものです。

参考文献

- 1) 気象庁「台風第18号による大雨」
- 2) 滋賀県「台風18号による災害対策に関する情報」
- 3) 大津市危機・防災対策課提供
- 4) 大津市「台風18号被害記録」
- 5) 一般社団法人滋賀県建設業協会提供

水海川導水施設の設計について

林 尚典

近畿地方整備局 福井河川国道事務所 計画課 (〒918-8015 福井県福井市花堂南2-14-7) .

河川整備計画において、九頭竜川水系足羽川の支川部子川に洪水調節専用のダムと併せて、他流域の1河川(水海川)の洪水を導水するための導水施設(分水施設・導水路)を整備する。この水海川導水施設の水利設計について、導水トンネルの流れを常流から射流にすること等の視点によりコスト縮減に取り組んだので、報告する。

キーワード 洪水調節専用ダム, 導水施設, 水利設計, コスト縮減

1. 足羽川ダムの概要

足羽川ダム計画は、足羽川、日野川、九頭竜川の下流地域における洪水被害の軽減を目的として、九頭竜川水系足羽川の支川部子川(福井県今立郡池田町小畑地先)に洪水調節専用のダム(以下、流水型ダム)と併せて、対流域の4河川(水海川、足羽川、割谷川、赤谷川)の洪水を導水するための導水施設(分水施設・導水路)を整備するものである。そのうち、河川整備計画においては、ダム本体及び水海川導水施設を整備することとなっている。



図-1 足羽川ダム計画平面図

表-1 足羽川ダムの諸元

目的	洪水調節専用
ダム形式	重力式コンクリートダム
規模	ダム高: 約96m、堤頂長: 約460m、貯水面積: 約94ha
	導水施設: 1期工事(水海川・径約10m)[全体計画: 4川導水]

2. 導水施設の概要

水海川導水施設(分水施設・導水路)については、足羽川の支川水海川(流域面積C=約20.7km²)からの導水を受け持つ施設である。当初概略設計において、トンネル延長約4.5km、延長計画導水流量164m³/s、設計対象流量220m³/s(計画導水流量の130%流量)、勾配1/600の円形断面(内径10m)の導水トンネル(常流)として設計されている。

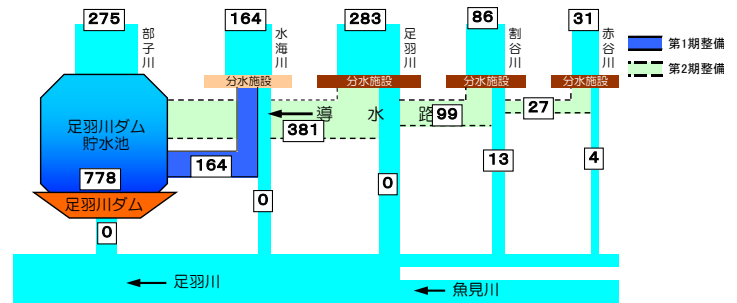


図-2 導水トンネル流量配分図

3. コスト縮減の視点

足羽川ダムにおいては、河川整備計画で整備する施設(以下、第1期整備施設)の事業費約960億円を厳守することが命題となっており、コストを縮減することが重要課題の1つとなっている状況である。

そこで、コスト縮減が可能かどうかの水海川導水施設全体の概略修正設計を実施した。その検討の中で、最も効果があったと思われる導水トンネルに対する水利設計について説明する。

(1) 視点1: トンネル構造

水海川導水施設については、山間部を通過するため、

開水路構造ではなく、トンネル構造となっている。導水トンネル部分が約4.5kmと長く、トンネル施工費の縮減を図るのが、効率的で、水理的安定性を図った上で、トンネル延長のみでなくトンネル断面径の縮小を図ること（掘削費の縮減）が、コスト縮減に有効である。

(2)視点2：設計条件の再確認

視点1を踏まえて、導水トンネルの設計条件（断面形状、平面線形、縦断線形、呑口部、吐口部、設計流量、設計速度とフルード数、粗度係数等）を整理し、設計条件の変更が、コスト縮減に資する可能性があるかを確認する。なお、「改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）設計編（I）第1章河川構造物の設計第10節トンネル構造による河川（以下、河川砂防技術基準）」の適用を除外する必要がある設計条件については、その除外理由についても整理することとし、水理設計面からのコスト縮減を試みた。

4. 導水トンネルの水理設計

(1)常流トンネルと射流トンネル

当初設計においては、河川砂防技術基準に基づき、「トンネルの設計流量は、原則として計画で配分される計画高水流量の130%流量以上とするものとする。」、「トンネル内の設計流速は、トンネル本体の維持上安全な流速とするものとする（一般的には、トンネル内の設計流速は、7m/s以下（粗度係数 $n=0.015$ ）にとる場合が多い）。」、「フルード数0.8以下という条件で設計することが望ましいと考える。」といった基準を準拠するようにトンネル構造の河川（常流）として設計している。

水海川導水施設については、ダム管理施設であり、純粹なトンネル河川とは違うのではないかと発想に立ち、他事例の情報収集を実施した。そこで参考にしたのが、貯留型ダムで実施されている土砂バイパスである。2005年に完成した美和ダム再開発バイパストンネルや2013年に完成した小渋ダム土砂バイパストンネルである。この二つの事例は、中部地方整備局所管ダムであり、足羽川ダムにおいても参考になる部分があった。この2事例については、常流ではなく射流として設計されている。

こういった事例があることが判明したため、足羽川ダムにおいても「常流トンネルから射流トンネルへ」設計思想を変更し、トンネル断面径の縮小を図ることによるコスト縮減を検討することとした。

(2)検討内容

水理面、地形地質条件、周辺環境への影響、経済性の面からトンネル平面線形（吐口位置）を見直し、射流トンネルの適用を各課題事項に対して水理的工夫を実施し、「断面径の縮小」を図った。

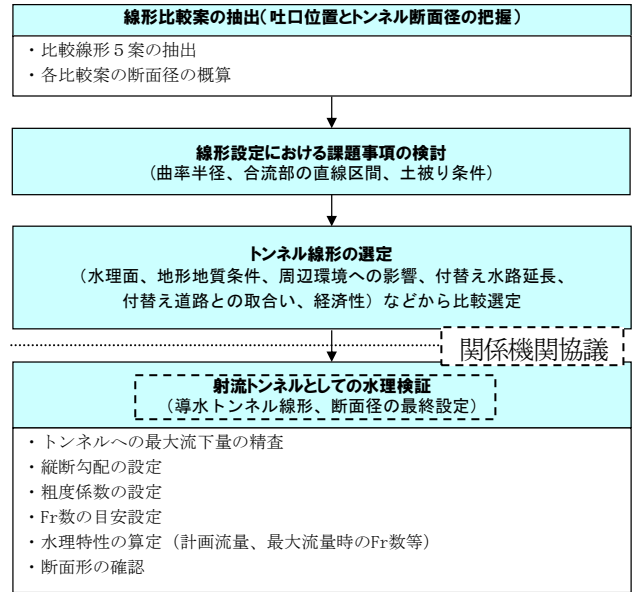


図-3 検討手順

a)線形比較案の抽出（吐口位置とトンネル断面径の把握）

下記の点を踏まえ、線形比較案として5案抽出するとともに、各案の流下特性（常流トンネルor射流トンネル）を踏まえた上で、吐口位置（標高）に応じたトンネル断面径を算定した。

- 射流トンネルの実績を踏まえ、「フルード数0.8以下」及び「流速7m/s以下」の制約条件を緩和する。
- 呑口標高については、必要導水量確保の観点から決定（標高295.50m）。
- 吐口標高については、ダム本体のSWL265.7m以上の標高において選定をおこなった。導水時に吐口位置が水面下とならないようにするため。

b)線形設定における課題事項の検討

平面曲率半径、屈曲部後の直線区間長、土被りについて、線形設定において課題となるため下記を踏まえて、検討を実施した。

- 平面曲率半径：水面上昇量は平面曲率半径が水路幅の30倍で急激に大きくなる傾向を示し、70倍程度以下では、一定量となる傾向。
- 屈曲部後の直線区間長：「改訂版砂防設計公式集」によると、一般に水路幅の6倍程度以上確保することが目安。
- 土被り：「トンネル標準示方書 山岳工法・同解説（2006制定）」の相互に近接するトンネルの設計時に留意すべき影響範囲の目安3Dを確保。

c)トンネル線形の選定

当初計画ルートに、「直線案」、「下流ルート案」を加えて、トンネル線形計画を見直し、水理面、地形地質条件、周辺環境への影響、経済性を面から比較検討した。検討の結果、「下流ルート案」が有力となることを確認した。



図4 ルート比較図

(2) 関係機関協議

これまでの検討内容（上記）について、水理設計的に成立する可能性があるかどうか関係機関（土木研究所、国土技術政策総合研究所）協議を実施した。

以下に、土木研究所及び国土技術政策総合研究所（以下、土木研究所等）との確認事項を示す。

a)断面設計条件の緩和

- 導水トンネルの設計については、トンネル河川の基準を準用しているという考え方であり、水理模型実験で確認する必要があるが、「流速7m/s以下に抑える」や「フルード数0.8程度以下に抑える」といった条件は、絶対条件ではない。射流にするのであれば、限界流付近にならないように注意すべきである。

b)トンネル平面の曲率半径

- 射流で設計を行う場合には、常流状態よりも湾曲部での這い上がりが大きくなり、また、円形断面の場合には、馬蹄形等に比べその傾向は大きくなると考えられるため、射流トンネルの事例も参考に、平面曲率半径を出来るだけ大きく設定することが重要である。

c)トンネル吐口位置

- 設計洪水水位（EL. 268. 20m）までは導水施設の機能を確実に担保出来る構造（吐口部の閉塞抑制等）となるべく設計上留意して設定する。

d)導水トンネルの水理設計について

- 射流トンネルとして設計する場合には、構造上トンネル内を流下する可能性がある流量に対して全て射流となるよう設計を行う。この条件が厳しい場合は常流トンネルの適用を検討すべきである。
- トンネルに流下する最大流量は、必ずしもトンネル河川の基準にある計画流量の1.3倍とする必要はなく、構造上トンネルに流下する可能性がある最大流量が良い。
- 供用後に想定される粗度係数の範囲は、トンネルの覆工構造や管理方法などを考慮して設定する。

(3) 射流トンネルとしての水理検証

河川砂防技術基準及び手引きや関係機関協議を踏まえ、射流トンネルの適用を視野に入れた上で、下記のとおり水理検証（導水トンネル線形と導水施設諸元の確認と最終設定）を行った。

a)設計の考え（設計条件）

河川砂防技術基準及び手引きなどの一般のトンネル河川における断面設定の「設計流量は1.3×計画流量、粗度係数 $n=0.023$ 時に空隙率15%以上」という基準は、将来の計画変更や閉塞リスク等を考慮したものであり、最終的に水理模型実験で確認する必要があるが、本導水トンネルでは将来的な計画変更はないこと、呑口部にて閉塞対策を行うことから必ずしも絶対条件にはならないと考えられる。

一方で、本導水トンネルは、射流トンネルとして考えていること、さらに平面曲率部（70D程度）を有することから、トンネル内流況の安定性を図るため限界流付近（一般に $Fr=0.8\sim 1.1$ 以下）にならないよう留意が必要であり、構造上トンネル内を流下する可能性がある流量に対して全て射流となるよう水理設計を行う必要がある。このため、本水理検証では、「トンネルに流下する最大流量」ならびに「供用後の粗度係数」を検証（設定）の上、本導水トンネルを射流トンネルとして扱うための水理設計を行った。

b)設計結果

選定ルート上の可能な縦断勾配（1/170）において、最大流量 170 m^3/s 、供用後の粗度係数を 0.019（一般的なコンクリートライニングにおける経年後の粗度係数を参考に安全サイドに設定）時に、 $Fr=1.1$ 以上、かつ十分な空隙（15%以上）を確保できる断面径 8.5m に設定した。

表-2 設計条件の変更点

施設	設計条件の対象	当初計画	[変更内容]
導水トンネル	流下方法	常流トンネル	射流トンネル
	断面径	10.5m	8.5m
	曲率半径	10D	70D
	縦断線形	1/600	1/170
	設計流量	計画流量×1.3	トンネル内最大流量
	流速	7m/s以下	7m/s以下
	フルード数	0.8以下	1.1以上
	粗度係数	0.015、0.023	0.015、0.019
	空隙率	15%以上	15%以上
	吐口位置	延長約4.480mの位置	延長約4.710mの位置

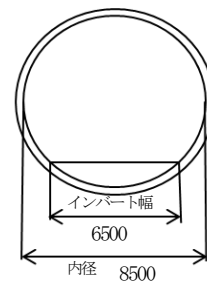


図-5 標準断面図

5. コスト縮減効果

トンネル延長は、当初計画より230m程度長くなったものの、常流トンネルから射流トンネルにすることによってトンネル断面径が10.5mから8.5mと2m縮小された。概略のコスト比較においては、延長が伸びることよりも断面縮小による掘削費の縮減効果が大きい結果となった。

断面縮小により、約30億円のコスト縮減が見込まれる。

6. 今後の課題

今回の検討において、射流トンネルを適用し、トンネル断面の縮小を行い、現状にて最適と考えられる「導水路」の基本設計を立案したが、今後（実施設計の前段階にて）、水理模型実験やトンネルや吐口部の地質情報の追加を踏まえ、修正設計が必要と考えられる。

2014年度には、今回の検討を実施した設計での水理模型実験が予定されていることを申し添える。

謝辞

水海川導水施設の設計検討にあたり、ご指導及びご助言を頂きました国土技術総合政策研究所及び土木研究所の研究員皆様に、心より感謝致します。

なお、本報告は、足羽川ダム工事事務所の導水施設他設計に関する成果の一部であり、著者が現所属の福井河川国道事務所に異動する前の足羽川ダム工事事務所での成果を取りまとめたものである。

フラッシュ放流等による河川環境改善の効果検証 ～一庫ダムにおける物理的・生物学的調査と分析～

藤津 亜弥子¹

¹水資源機構一庫ダム管理所 (〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松 4-1)

一庫ダムは2013年4月に管理開始30年を迎えた。一般にダムができると、下流河川の河床の粗粒化が生じると言われている。一庫ダムでも河床材料の粗粒化の傾向が確認され、2002年よりフラッシュ放流等の河川環境改善の取り組みを地元漁業協同組合と協働で実施してきており、魚類の生息数の増加等が確認されてきている。今回、フラッシュ放流及び土砂還元の効果検証として、河床の粗粒化の改善及び付着藻類の剥離・更新に関する物理的・生物学的な調査を行い、取り組みの効果を定量的に評価した。

キーワード：フラッシュ放流、土砂還元、河床材料、付着藻類

1. はじめに

一庫ダムは、淀川水系猪名川の左支川一庫大路次川に建設された重力式コンクリートダムで、洪水調節、水道用水の供給、流水の正常な機能の維持を目的とした多目的ダムである。

猪名川は以前はアユの友釣り場として賑わっていたが、管理開始20年頃にはアユ釣りをしている人もアユの姿も見かけることが少なくなった。この要因として、①河川流量の平滑化により、ヨシが繁茂し水際域の減少による魚類・底生動物の産卵場の減少、②付着藻類の更新の減少による魚類の餌環境の変化、③土砂供給の減少による魚類・底生動物の産卵場、隠れ場所の減少、が考えられた。そのため、ダム下流において、2002年にヨシの除去、玉石の投入を、2003年から土砂投入とフラッシュ放流を実施しており、実施状況を表-1に示す。

フラッシュ放流等の取り組みは、国、水資源機構等の多くのダムで実施されているが、その効果検証に関する実施事例は少なく、検証も定性的な評価に留まっていることが多い。今回、一庫ダム下流において表層河床材料調査等の物理的調査や、付着藻類の剥離・更新効果等の生物学的調査を行い、効果検証を定量的に行った。

2. 効果検証の着眼点

今回、以下の視点で河川環境改善の効果検証を行った。

- ・フラッシュ放流等により河床の粗粒化が改善しているのか。
- ・フラッシュ放流等による藻類の剥離量を把握し、フラッシュ放流等がどの程度藻類の剥離に寄与しているのか。
- ・剥離後、どの種の藻類がどの程度増えたのか。
- ・フラッシュ放流時、藻類の剥離により水質はどう変化したのか。また、還元土砂の粒度分布の違いによる水質への影響はあるのか。

表-1 土砂還元実績

年	2003	2004	2005	2006	2007
最大放流量(m ³ /s)	20	-	16.5	20	11
継続時間(H)	2	-	7	2	6
土砂量(m ³)	300	600	600	1,000	2,000
年	2008	2009	2010	2011	2012
最大放流量(m ³ /s)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
流継続時間(H)	7	5	8	6.5	5
土砂量(m ³)	2,100	1,200	1,000	500	600

3. 2012年（平成24年）度調査概要

(1) フラッシュ放流・出水の概要

2012年のフラッシュ放流は、5月18日、6月12日の2回実施した。また、6月12日のフラッシュ放流以降、6月中旬から8月中旬にかけて自然出水が数回発生した。フラッシュ放流と自然出水の発生状況を表-2、図-1に示す。

(2) 調査の概要

現地調査の概要と調査地点を表-3、図-2に示す。

表-2 フラッシュ放流・出水の概要

月日	5/18	6/12	6/16	6/19	6/22	7/1
最大放流量(m ³ /s)	12.5	12.5	20.6	48.8	66.6	13.2
月日	7/3	7/7	7/12	7/15	7/20	8/18
最大放流量(m ³ /s)	20.5	49.9	41.2	40.2	23.9	12.0

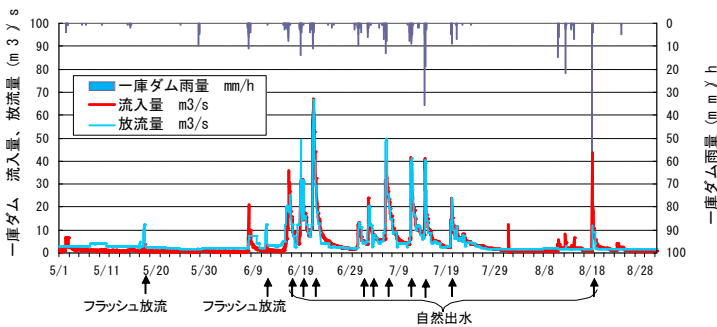


図-1 雨量と放流量

表-3 現地調査の概要

調査項目	目的	地点	調査時期
表層河床材料調査	表層河床材料の粗粒化の改善効果の確認	直下～合流点まで約1k間隔	放流前後 出水後 非洪水期
付着藻類調査	付着藻類の剥離・更新効果の確認	直上、直下、3.6k地点	放流前後 出水前後
藻類回復状況調査	付着藻類の更新効果の確認	直上、直下、3.6k地点	放流後 出水前後
水質調査	フラッシュ放流中の水質変化の確認	直下	フラッシュ放流中
還元土砂粒度分析	還元土砂の粒度分布の確認	還元地点	フラッシュ放流前

※直上：土砂還元地点直上流、直下：土砂還元地点直下流、還元地点：土砂還元地点、合流点：猪名川合流点

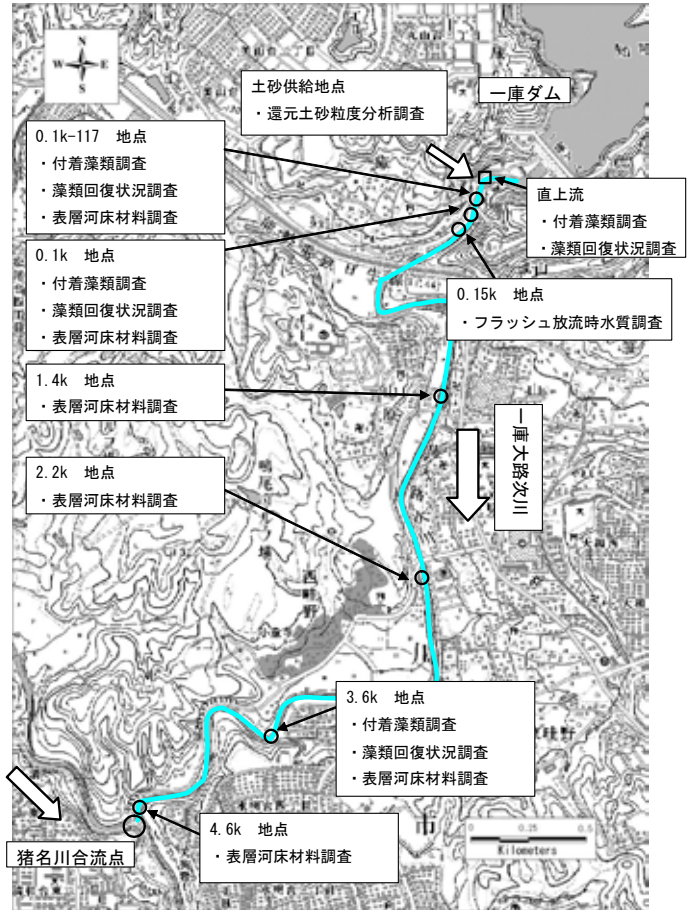


図-2 調査地点図

4. 調査結果

(1) 表層河床材料調査

面積格子法により各地点において流心及び左右岸の3箇所まで調査し、0.1k地点の調査結果を図-3に示す。6月12日の2回目のフラッシュ放流後、砂（粒径2mm以下）や細礫（粒径2mm～20mm）が増加しており、特に左岸はフラッシュ放流前には岩盤が優占したが、フラッシュ放流以降は、砂など細かい土砂の割合が高くなった。

(2) 付着藻類調査、藻類回復状況調査

調査はフラッシュ放流等で流出しない自然石を各調査地点で選定し、放流前後における付着藻類の量、優占種を測定した。なお、土砂還元の影響を比較するため、コントロール地点として土砂還元地点直上流地点を設けた。

フラッシュ放流による付着藻類の剥離・回復状況を写真-1に、クロロフィルa、フェオフィチン、強熱減量、藻類の細胞数の時系列調査結果を図-4に、調査結果の概要を表-4に示す。なお、クロロフィルaは藻類の現存量を、フェオフィチンは死滅した藻類量を、強熱減量は有

機物量を示す指標である。調査結果(図-4、表-4)より得られた事象は下記のとおり。

- ・クロロフィル a、フェオフィチン、強熱減量、細胞数は放流前に比べ放流後は減少し、出水のない6月下旬～7月上旬は増加していた。
- ・調査地点別では、土砂還元直下地点は他地点と比べ、フラッシュ放流時のクロロフィル a、フェオフィチン、強熱減量の減少率が10～20%高かった。
- ・フラッシュ放流と最大放流量約20m³/sの自然出水とのクロロフィル a等の減少率の差は大きくなかった。
- ・土砂還元地点より下流の各調査地点で藍藻が優占し、水温が20℃より高くなる6月中旬から細胞数が増加した。また、フラッシュ放流により減少した細胞数が10日前後で出水前の状態にほぼ回復した。
- ・藍藻を餌とするアユのハミ跡は、藍藻の量(細胞数)が多い3.6k地点で広範囲に確認され、特に糸状藻類が繁茂していない河床材料の表面に多く確認された。

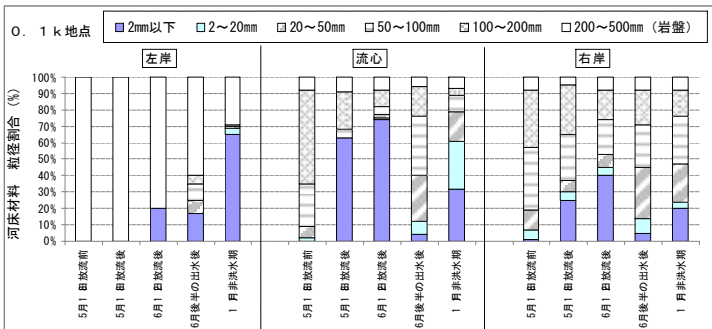


図-3 放流前後の表層河床材料の粒径割合

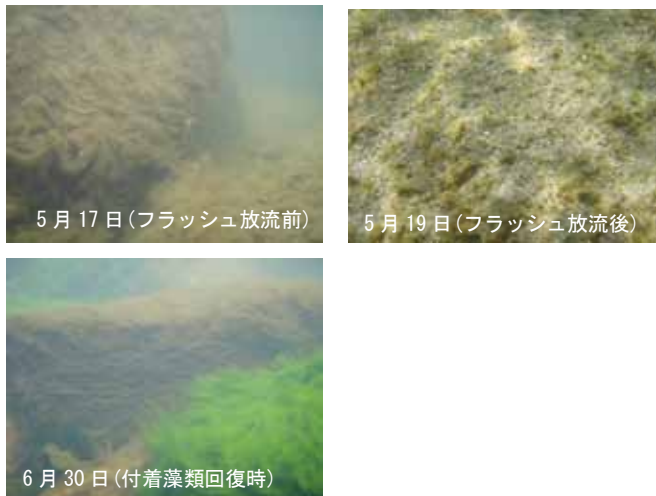


写真-1 付着藻類の剥離・回復状況(いずれも同地点)

表-4 付着藻類調査結果概要

	地点	剥離・回復効果	
		フラッシュ放流(5/18)前後	自然出水(7/3)前後
クロロフィル a	直上	12%減↓	—
	直下	50%減↓	43%減↓
	3.6k	30%減↓	30%減↓
フェオフィチン	直上	1%増↑	—
	直下	55%減↓	44%減↓
	3.6k	13%減↓	10%増↑
強熱減量	直上	14%増↑	—
	直下	28%減↓	82%減↓
	3.6k	10%減↓	1%増↑
細胞数	直上	59%減↓	—
	直下	13%減↓	13%増↑
	3.6k	23%増↑	62%減↓

※直上：土砂還元地点直上流、直下：土砂還元地点直下流

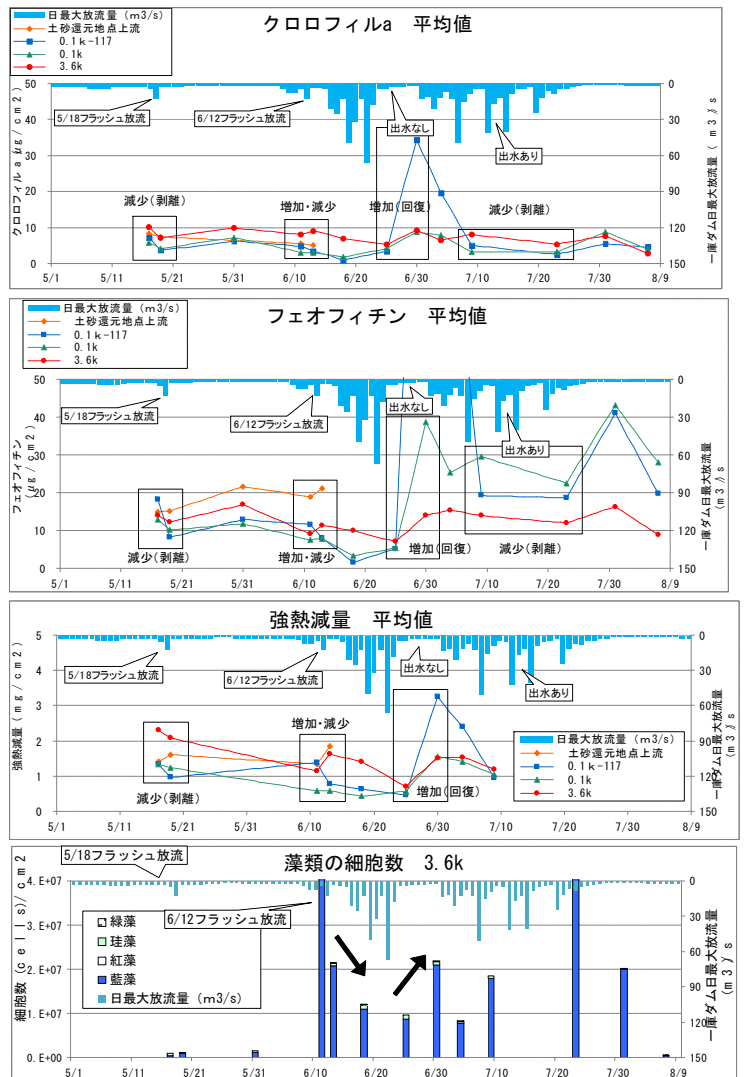


図-4 付着藻類調査結果

(3) 水質調査

1回目(5月18日)のフラッシュ放流における土砂投入時の水質の変化を図-5に示す。なお、土砂投入は9時に投入を開始し、12時に一度休止、13時より再開、17時に終了した。

クロロフィル a、フェオフィチンについては、一庫ダムからの放流量が増加し、ピーク放流量に到達した時刻付近で最大値を示した。ピーク流量に到達後は、その数値も徐々に低下し、土砂還元地点上流の水質自動観測地点における数値に近づく傾向が確認された。

濁度は、土砂投入開始～休止までの間で急上昇し、投入作業休止の間で一時的に低下し、投入作業再開で再び上昇した。土砂還元中に280度の高濁度を記録した。なお、6月12日の濁度最高値は550度、2011年(平成23年)フラッシュ放流時の濁度最高値は750度であった。

(4) 還元土砂粒度分析調査

フラッシュ放流時に使用する土砂は近隣の工事現場からの発生土等を使用しており、年により粒度特性が異なっている。図-6に示すとおり、2012年(平成24年)度の細粒分(粒径0.075mm以下)の割合は約17%で、2011年(平成23年)度の約12%、2005年(平成17年)度の約5%より多かった。

5. 到達点と課題

(1) 到達点

一庫ダムでは2003年からフラッシュ放流(土砂還元)を継続して実施し、河川環境改善の取り組みの到達点と課題について取りまとめた。

表層河床材料調査より、岩盤が優占し粗粒化の傾向が見られた地点において、継続的な土砂還元の実施により細かな粒径の割合が多くなっており、一庫大路次川の河床材料の粗粒化は改善傾向にあることが確認された。

付着藻類調査、藻類回復状況調査により、藻類の現存量を示すクロロフィル a、藻類の細胞数等が放流前に比べ放流後に減少し、その後増加しており、フラッシュ放流により藻類の剥離・更新が確認された。また、その効果は土砂還元地点の直下流地点が最大であり、土砂還元による促進効果が大きいことが考えられる。

今回の6月～7月の調査結果では、フラッシュ放流により減少した細胞数が10日前後でほぼ回復するため、この時期のフラッシュ放流の頻度は1回/1～2週間が目安となると考えられる。

(2) 課題

フラッシュ放流時の濁度は、細粒分(粒径0.075mm以下)の割合に大きく依存していると言われている¹⁾。従って、還元土砂を採取する際は予め粒度分析を行い、細粒分(粒径0.075mm以下)が5%以下程度の土砂を用いるよう努める。

付着藻類調査、藻類回復状況調査は、定期的に行われ、その傾向を把握することが望ましい。特に回復した藻類がアユの好む種かどうか、既に報告されているアユの胃の内容物の分析報告等と照らし合わせて確認することが望ましい。

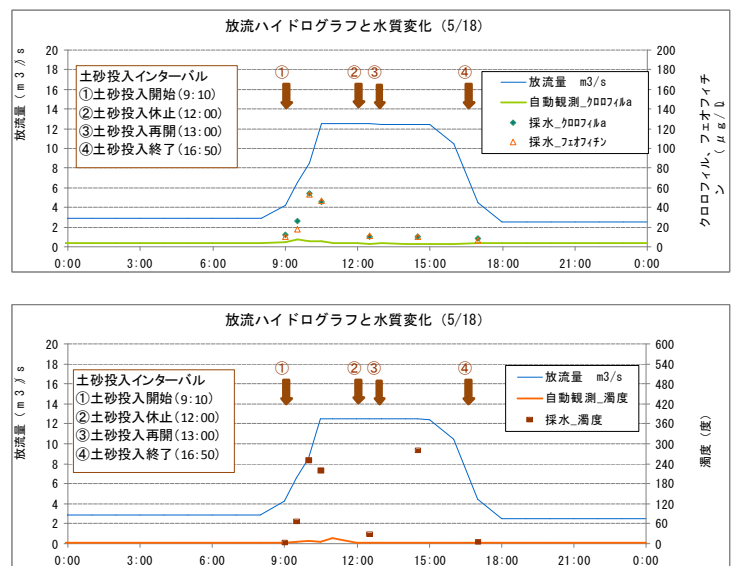


図-5 フラッシュ放流時水質変化

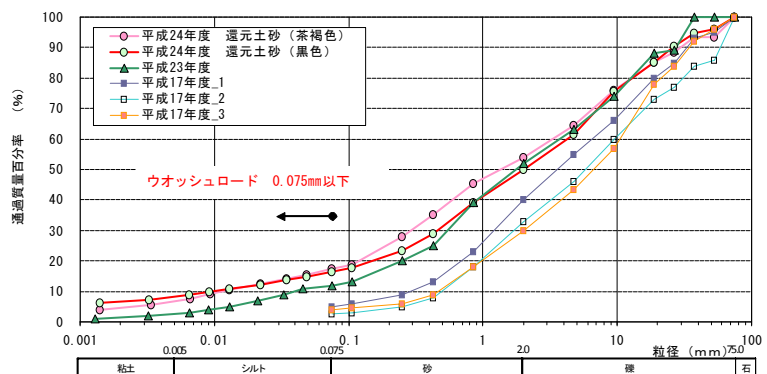


図-6 還元土砂粒度分布

6. おわりに

一庫ダムにおける河川環境改善の効果については、これまで在来魚の数の増加や藻類の写真から推測されてきたが、今回、付着藻類の剥離・更新を主としたより定量的な確認を行うことができた。

河川環境の改善は今後とも継続した取り組みが求められるとともに、定期的な効果検証が必要と考える。

参考文献

- 1) 角哲也、久保田明、三反田勇、吉越一郎、番場則之.
ダム堆砂の河川還元利用における簡易処理手法に関する検討(その4). 土木学会第64回年次学術講演会. 2009

紀南地域の越波多発箇所における 対策と課題について

山下 尚志

近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 調査第二課 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

紀南地域は毎年台風時の暴風により越波が発生している。大部分が海岸に接している国道42号では、通行車両など第三者への被害を防ぐために、通行規制の実施を余儀なくされており、その対策が喫緊の課題となっている。しかし、越波対策は考慮すべき条件が多く、対策の選定手法が確立されていない。本稿では、紀南河川国道事務所管内の国道42号の被害状況と越波対策の取り組みを示し、今後の課題を提示する。

キーワード 越波 海岸施設 道路管理 台風

1. はじめに

越波とは、暴風時に海岸に打ち寄せた波により海水が海岸施設を超えて堤内に流入する現象のことである。和歌山県南部である紀南地域の海岸では、毎年のように台風時等の暴風により越波が発生している。

海岸に接する道路では、越波により運転者の視界障害が生じる可能性がある他、打ち寄せた波に乗って石や砂利が打ちあがることもあるため、歩行者や通行中の車に直接被害が生じる危険性がある。紀南地域沿岸部の唯一の幹線道路である国道42号は、その大部分が海岸に接しているため、越波発生により通行規制を余儀なくされている。

通行者の安全を守るとともに、幹線道路の寸断を防ぐために、越波の対策を行うことが今後の紀南地域の国道の管理において重要な課題であると言える。



図-1 越波被害の様子

2. 紀南河川国道管内における近年の被害状況

越波の発生は、地形や気象状況の条件によるものであるため、管内の全域の越波発生の可能性を精査することはできない。したがって、過去の越波発生箇所を対策必要箇所として、対策工を検討することになる。過去5年間(2009~2013年)の紀南河川国道事務所管内での越波による交通規制は49回であった。同一地区において同日に数回の通行規制を行う場合があるが、本稿では1回と計上している。これを地区毎に集計すると、主に6カ所の越波多発地区(串本町姫、串本町西向、すさみ町江住、すさみ町和深川、すさみ町口和深、みなべ町埴田・北道)が存在することが分かる(図-2)。各越波多発箇所に必要な対策を講じることで、国道42号における越波による被害と交通規制を減少させることが可能となると考えられる。



図-2 過去5年間の紀南管内の通行規制回数

3. 越波量算定方法

(1) 必要天端高算定のフロー

対策を検討するためには、地区ごとの波高を算定し、海岸施設の必要天端高を算定する必要がある。以下に必要天端高の算定のフローを示す。

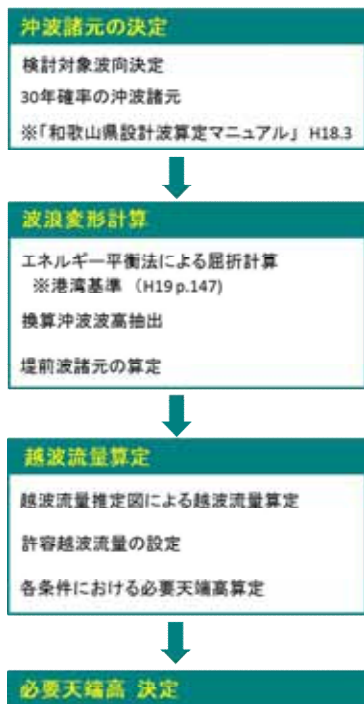


図-3 必要天端高算定のフロー

(2) 沖波諸元の決定

和歌山県設計波算定マニュアル¹⁾では、和歌山県内の漁港毎に算定地点を設定の上、その地点における波浪推算結果を用いて、確率波諸元が設定されている。確率波諸元とは、各漁港について波向別の波高 $H_0(m)$ 及び周期 $T_0(s)$ を再現期間(1年, 5年, 10年, 20年, 30年, 50年)毎に確率統計処理したものである。各越波多発箇所の必要天端高の設定にあたり、最も近い漁港のデータを参照した。設計地区の地形を考慮して検討する波の向きを設定し、確率は30年確率波を用いた。漁港海岸では、設計波として30年確率波を採用する例が多く、その基準に準拠している。

漁港名	種別	波向	波高 $H_0(m)$	周期 $T_0(s)$	1年	5年	10年	20年	30年	50年
1号 瀬田港	沖波	北	12.9	11.9	12.4	14.0	15.7	17.7	19.7	21.7
		南	12.6	11.6	12.1	13.7	15.4	17.4	19.4	21.4
	内波	北	11.4	11.4	11.9	13.2	15.1	17.1	19.1	21.1
		南	10.7	10.7	11.4	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5
	5	北	10.9	10.9	11.4	12.9	14.9	16.9	18.9	20.9
		南	10.9	10.9	11.4	12.9	14.9	16.9	18.9	20.9
10	北	9.9	9.9	10.6	11.4	13.4	15.4	17.4	19.4	
	南	10.1	10.1	10.7	11.7	13.7	15.7	17.7	19.7	
5	北	8.9	8.9	8.6	10.2	11.5	13.5	15.5	17.5	
	南	14.2	14.2	14.1	14.4	14.3	14.3	14.3	14.3	
1	北	5.7	6.3	6.7	6.7	7.2	6.5	6.5	6.5	
	南	11.9	12.3	12.5	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	

図-4 参考漁港の沖波データ

(3) エネルギー平衡法による波浪変形計算

次に、エネルギー平衡方程式に基づく波浪解析ソフト

²⁾を用いて、波浪解析を行い、各波向における汀線付近における換算沖波波高 $H'_0(m)$ と波高 $\alpha(1^\circ)$ を求める。設計地区内で数箇所について、解析を行ったうえで、換算沖波波高 H'_0 は解析箇所の最大値をとり、波高 α は解析箇所の平均を採用する。解析に必要な海底地形は、日本水路協会が発行するデジタル海底地形データ³⁾を用いた。

沖波波向	換算沖波諸元	1	2	3	4	5	設計値	備考
SE	波向 $\alpha(1^\circ)$	214.7	217.9	207.5	201.3	206.7	209.6	平均値
	換算沖波波高 $H'_0(m)$	2.50	0.99	0.57	1.86	2.11	2.50	最大値
SSE	波向 $\alpha(1^\circ)$	214.5	217.6	207.0	201.1	206.5	209.3	平均値
	換算沖波波高 $H'_0(m)$	2.18	0.86	0.50	1.62	1.82	2.18	最大値
S	波向 $\alpha(1^\circ)$	214.3	217.5	206.7	201.0	206.5	209.2	平均値
	換算沖波波高 $H'_0(m)$	1.67	0.66	0.38	1.24	1.39	1.67	最大値
SWW	波向 $\alpha(1^\circ)$	213.9	217.1	205.6	200.8	206.2	208.7	平均値
	換算沖波波高 $H'_0(m)$	1.15	0.45	0.26	0.86	0.95	1.15	最大値

図-5 換算沖波諸元

(4) 許容越波流量による必要天端高の検討

算定した堤前波諸元(換算沖波波高)をもとに、許容越波流量を設定し、必要天端高を算定する。越波流量の算定は、港湾基準⁴⁾p167~170に示される越波流量推定図を用いる。その際、消波ブロックの有無と海底勾配(1/10,1/30)ごとに推定図が異なるため、事前に深淺測量を実施し、海底勾配を算定しておく。

許容越波流量は、護岸背後の利用状況および重要度等を考慮して設定する必要がある。港湾基準p.171「背後地の重要度からみた許容越波流量」における「その他の重要な地区」として設定し、許容越波流量は $2 \times 10^2(m^3/m/s)$ とした。以上により、必要天端高が算定される。

表 2.3.6.2 背後地の重要度からみた許容越波流量($m^3/m/s$)¹²⁾

背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぼき等の侵入により重大な被害が予想される地区	0.01程度
その他の重要な地区	0.02程度
その他の地区	0.02~0.06

図-6 背後地の重要度からみた許容越波流量

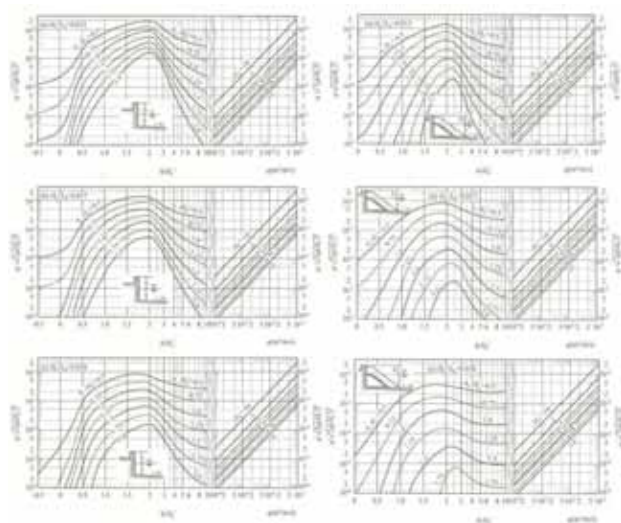


図-7 越波流量の推定図

4. 越波対策工の種類とその特徴

越波多発箇所においては、当該箇所の必要天端高と施工条件を考慮して、対策工が検討される。また、紀南地域の海岸の一部の区域が吉野熊野国立公園に指定されており、その景観や眺望を阻害しない工夫が必要となる。ここでは紀南河川国道事務所管内における、主な対策工の種類とその特徴について述べる。

(1) 越波防止柵

擁壁上部に設置する鋼製やアルミ製の直立柵。必要天端高に応じた設計が可能である。ただし、必要天端高に設定した場合、景観・眺望が阻害され、視距（図-9）が不足する場合がある。また、計算される波圧に対して、基礎部が耐力不足となる場合がある。



図-8 越波防止柵に波が打ち寄せる様子

100	100
90	110
80	75
50	55
40	40
30	30
20	20

図-9 視距に関する規定⁵⁾

(2) 擁壁嵩上げ

既設の海岸擁壁にさらにコンクリートを増し打ちし、擁壁を嵩上げする方法。越波防止柵に比べ、施工できる高さが限られているが、擁壁の形状により波を海側に返す機能を加えることができる。施工時に長期にわたり交通規制を行う必要がある場合があるため、施工性に劣る。

(3) 波返しパネル

擁壁天端に設置することができるアルミ製パネル。視許阻害や景観・眺望の阻害とならず施工性もよいが、十分な越波対策とならない場合が多い。なお、越波防止効果の評価においては、波返しパネルは1mの越波柵と同

程度という実験結果⁹⁾を参考にしている。



図-10 波返しパネルに波が打ち寄せる様子

(4) 消波工

3.(4)に示す通り消波工によって越波流量が減少することが分かっている。視距や景観・眺望の阻害がないが、海岸施設内の管渠部に設置することができない。また、設置から時間が経過すると消波ブロックの隙間に砂や砂利が詰まり、消波機能が失われる可能性があるという欠点がある。



図-11 隙間に砂利が詰まった消波ブロック

5. ポリカーボネート製越波防止柵の被災事例

本項では、2013年度に施工されたポリカーボネート製透光越波防止柵の設置と被災の経緯について述べる。



図-12 ポリカーボネート製透光越波防止柵

(1) 設置経緯

図-2に示すとおり、国道42号すさみ町江住地先は越波多発地域であり、通行障害を防止するための越波対策が必要とされる地区である。一方、当該地区は沿岸部に集落があり、海への眺望が阻害されないことが要望されていた。したがって、必要天端高が確保され、海への眺望を

阻害しないポリカーボネート製の透光越波防止柵が採用された。

(2) 設計条件

沖波の設定を漁港の施設基準である確率年30年で波高 ($H_0=12.7\text{m}$) を想定した。設計条件では、柵にあたる波高は5.4mであり、柵にかかるエネルギーは、 5.98kN/m^2 となる。これは、設置された柵の半分程度の高さに相当する。設置された柵の設計限度荷重は 10kN/m^2 であった。

(3) 被災経緯

平成 25 年 9 月 15 日～16 日にかけて来襲した台風 18 号による波浪によって、江住地区に設置済みであった透光越波防止柵が多数損傷を受け、全 80 スパン中 25 スパンが損傷した。波圧によって防波板が道路側に湾曲したり、裂傷を受けるなどしていた。また、支柱取り付け部が破断し、パネルが外れている部分もあった。砂利や石の衝突による影響もあるが、主たる原因は波圧そのものによるとみられる。地元ヒアリングの結果より、当日は柵の高さ 2m を越える波が来襲したとみられ、そこから推察されるエネルギーは 16.98kN/m^2 であり、設計荷重を越えていた。

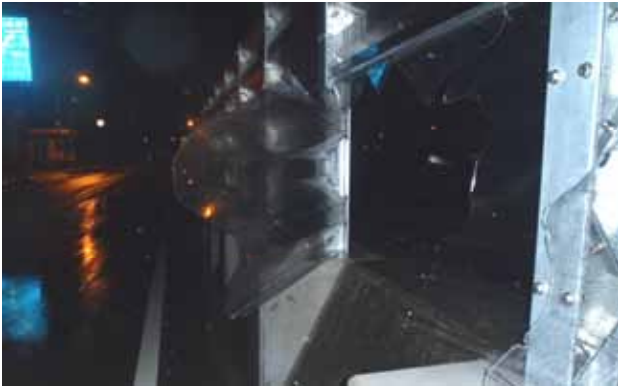


図-13 透光越波柵の破損状況

(4) 考察

想定していた30年確率以上の大規模な波が発生したため、設計条件を越える波圧がかかったものと考えられる。また、擁壁前部に設置されていた消波工の内部に砂利がたまっていたことも、想定を越える波圧がかかった要因であると推察される。

7. まとめ

紀南河川国道事務所管内の国道42号は、越波の多発地区を通行者への被害を防ぎ、通行障害を極力減らすためには、越波対策が喫緊の課題となっている。本稿で示した通り、越波対策には、まず当該地区の地形データと既往の波データにより、必要天端高を算定し、対策工を設計する必要があるが、実際には眺望や視距、施工性、工事費等の問題があり、対策工の検討は単純ではない。また、想定以上の波が来襲する場合もあり、越波の評価方法も十分に確立されたとは言えない。

したがって、まず越波流量や波力に対する評価方法を再生さす必要がある。また、眺望の問題に対して透光パネルがあるように、視距阻害を回避しながら十分な越波対策を図ることのできる対策工や、工期や工事費を抑えた施工性のよい越波対策工などの充実が求められる。

参考文献

- 1) 『設計波算出マニュアル』平成 18 年 3 月 和歌山県
- 2) EGWAVE (株) 水域ネットワーク
- 3) 海底地形デジタルデータ (財) 日本水路協会
- 4) 『港湾の施設の技術上の基準・同解説』平成 19 年 7 月 (社) 日本港湾協会
- 5) 『道路構造令の解説と運用』平成 25 年 3 月 日本道路協会
- 6) 『波返し工による護岸の越波低減効果の検討』2004 年 (独) 寒地土木研究所

足羽川ダムにおける横坑調査について

石飛 隆司

近畿地方整備局 足羽川ダム工事事務所 工事課 (〒918-8239福井県福井市成和1-2111) .

足羽川ダムでは、ダム本体の設計に向け地質調査を実施しており、2013年度にはダムサイトの左右岸の低標高部で調査横坑の掘削を行った。近年、近畿地方整備局管内でも横坑掘削の事例は少ないため、本論文にて報告するものである。本論文では、横坑掘削及び横坑内の調査について事例紹介するものである。

キーワード ダム地質調査、横坑掘削、開口割れ目

1. はじめに

足羽川ダムは、足羽川、日野川、九頭竜川の下流域における洪水被害の軽減を目的として、九頭竜川水系足羽川の支川部子川（福井県今立郡池田町小畑地先）に建設する高さ約96mの洪水調節専用の重力式コンクリートダムである（図-1）。



図-1 足羽川ダム位置図

足羽川ダム建設事業は、この重力式コンクリートダムと併せて、図-2のように他流域の4河川（水海川、足羽川、割谷川、赤谷川）の洪水を導水するための分水施設（堰・導水路）を整備するものである。現在、早期の完成に向けて、工事用の道路、付替道路等が着工され、また用地買収のための地元交渉、地質調査や構造物の設計を鋭意進めているところである。本論文では、その中で、ダム本体の地質調査等について述べるものである。



図-2 足羽川ダム計画平面図

2. 足羽川ダムの地質状況

(1) 足羽川ダムサイトの地質概要

ダムサイトに分布する地質は、基礎岩盤として中生代ジュラ紀の船津花崗岩（中粒花崗岩）及びこれを不整合で覆う新第三紀中新世糸生累層（火山砕屑岩）からなる。また、基礎岩盤となる花崗岩中には、安山岩質岩脈が頻繁に貫入している。河川に面した斜面や河床には、未固結の段丘堆積物、崖錐堆積物が分布する（図-3）。

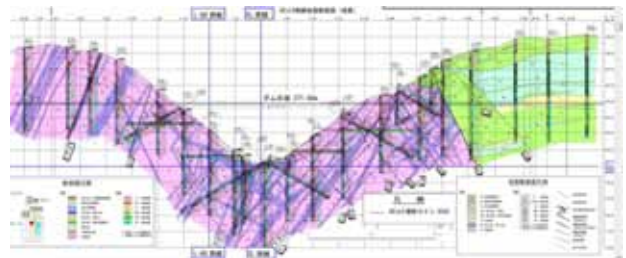


図-3 足羽川ダム地質断面図

代表的な花崗岩、安山岩岩脈は写真-1、2のとおりである。



写真-1 花崗岩 (足羽川ダムボーリングコア)



写真-2 安山岩岩脈 (足羽川ダムボーリングコア)

(2) 足羽川ダムの地質調査

一般的にダムの地質調査については、まずダムサイトの候補地の周辺で既存の文献調査を行い、ダムサイト候補地点として基礎岩盤の生成年代や岩種を調べ、現地踏査等を行って断層や崖錐、地すべりなどの有無を調査し、活断層等がないかなどを確認する。その後、ボーリング調査、弾性波探査、透水試験（ルジオン試験）等を行って、ダム基礎岩盤としての性状を強度、止水性等から問題が無いか把握していく。そして、その調査の中に、調査横坑がある。

なお、現在までに足羽川ダムで行われている地質関係の調査は下記のとおり行っている。

- 弾性波探査 8測線 4,180m
- ボーリング調査 75本 8,139m
- ルジオン試験 1,376回
- 調査横坑 6坑 555m

その他 現地踏査、岩盤せん断試験、ボアホールテレビによる観察、コアの室内試験 等

(3) 横坑調査

地質調査については、ボーリングが主体であり主な調査手法として、非常に重要な調査となる。しかし、基礎地盤の状況は、直接確認出来れば確実性が増す。そのために、地山に横坑という地質調査専用のトンネルを掘削し（図4）、中から直接岩盤の状況を観察する。

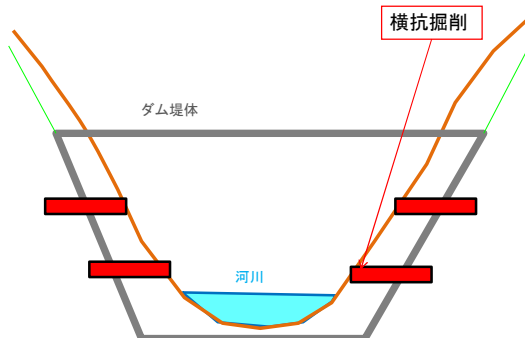


図4 ダムサイトの横坑イメージ図

横坑の大きさは任意ではあるが、掘削作業や観察しやすさ、経済性等を考慮し、足羽川ダムでは高さ1.8m、幅1.2m程度の断面としている。岩盤の観察が主目的のため、素掘りが最も望ましいが、風化やゆるみ、変質等により劣化している箇所もあるため、安全性を確保するために支保工を設置した。掘削が終われば、側壁及び天井を水洗いし、観察が行える状態にする。一人が入れる大きさであるため、削孔、発破、ズリ出し、支保工建込、水洗いなどを人力で行うことが一般的であり、近年、横坑掘削を行う作業員の確保が難しくなっていると筆者は感じている。



写真-3 横坑掘削状況（発破完了時）

横坑においては、ハンマーで打診しながらの観察などを行うのだが、まずは横坑の展開図を作成する。側壁や天井をスケッチし、地質、断層、地質、割れ目の走行傾斜などを記録し、ボーリングコアの結果と合わせて岩盤状況を判定して岩級区分を行う。

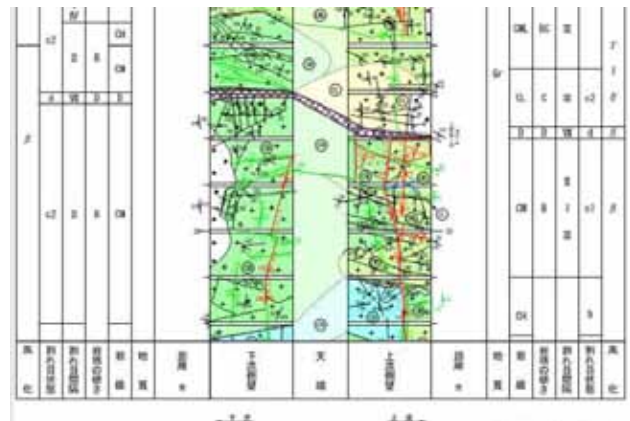


図5 横坑展開図

(4) 足羽川ダムの地質状況

このような調査を行い、地質図(図-3)、岩級区分図を作成する。ダムの基礎岩盤は一般的に岩塊の硬さ、割れ目間隔、風化や変質の状況を組み合わせて評価する。足羽川ダムの岩級区分では、岩盤状況の良好なものから順にCH級、CM級、CML級、CL級、D級の5区分とされているが、ダム毎に岩級の区分をしていることが多い。ボーリングコアや横坑を観察して出来たボーリング柱状図、横坑展開図を基に、この区分された岩級を用いて岩級区分図を作成する。足羽川ダムの岩級区分図は図-6のとおりである。その他、地質と共に透水性の確認を行うルジオンテストというものがあり、ルジオンテストの結果から、ルジオンマップ等の作成も行うが今回は省略する。

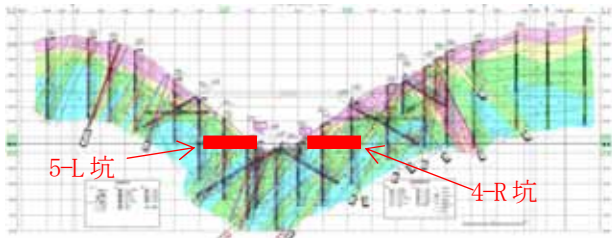


図-6 岩級区分図(足羽川ダムサイトDC±0測線)

(5) 横坑内の試験

このようにして、岩級区分図等を作成して、基礎掘削線やダムの形状を決定していく基礎資料として設計へ進んでいく。コンクリートダムのような大規模構造物の設計を行う際、断層や破砕帯等の特別な箇所やアーチダムの場合を除いて、普通の岩盤基礎であれば、圧縮強度や変形性が問題となることは少なく、一般的に岩盤のせん断強度が問題となる。せん断強度を確認するためには、横坑内でせん断試験を行う必要があり、ブロックせん断試験とロックせん断試験の二通りがあるが、一般にはブロックせん断試験が用いられる。

ブロックせん断試験は、横坑底面を浮き石等を除去しながら清掃した上で岩盤を整形しコンクリートブロックを打設する。このブロックを1つの岩級毎に4ブロック程度作り、異なる鉛直圧でせん断し、その際の変位を計測し、破断面の観察等を行いながら、せん断強度を設定していく。

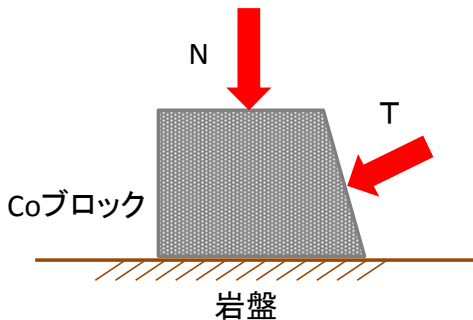


図-7 せん断試験のイメージ



写真-4 ブロックせん断試験状況(試験中)



写真-5 ブロックせん断試験状況(試験後)

3. 2013年度の足羽川ダムサイト横坑掘削

(1) 横坑掘削

以上のように、地質調査を行っていく中で、2013年度に当事務所ではダムサイトの低標高部の左右岸で横坑掘削を行った。右岸(4-R坑)は標高約197mに延長80m、左岸(5-L坑)は標高約190mに延長90m、途中で枝分かれする枝坑25mの合計195mを掘進した(図-6)。

掘進時には、横坑の中心線がちょうど花崗岩と安山岩の境目にあるため切羽が不安定になることや、低標高部であるため地下水の湧水が発生するなどの問題が生じたが、特に事故もなく完了した。



写真-6 掘進状況

(2) 横坑内の開口割れ目観察の目的

近年、全国的にダムサイトでゆるみ岩盤の対応が課題となることがある。ゆるみ岩盤とは、応力解放や風化作用などで開口亀裂が発達して岩盤が変形しやすくなっている状態の岩盤である。基本的にはゆるみ岩盤の箇所については、掘削除去する方法が一般的であるため、ゆるみの範囲を確定させる必要がある。このゆるみ範囲を確認することなどを目的に、横坑内で開口割れ目観察を行った。

(3) 開口割れ目観察の方法

割れ目状況については、横坑展開図を作成する際に、地質分布、岩級区分図を作成すると共に、割れ目の状況（挟在物、開口幅、割れ目の走向・傾斜、開口割れ目の形状等）を把握するために両側壁において長さ500mm以上の割れ目をスケッチした横坑割れ目観察図を作成する。この観察結果より、割れ目がゆるみと関係する可能性のある開口割れ目と、熱水変質等による劣化を原因とする割れ目、密着した割れ目に区分し、開口割れ目には番号を付け、現地でわかるように標記した。また、開口割れ目状況の割れ目一覧表を作成すると共に、地山のゆるみ領域について把握するために、横坑の側壁の高さ1.0m付近に水系を張り、これと交差する開口割れ目の開口量を計測し、開口割れ目と深度の関係についての累積開口量曲線図を作成し、ゆるみ領域についての評価を行った。

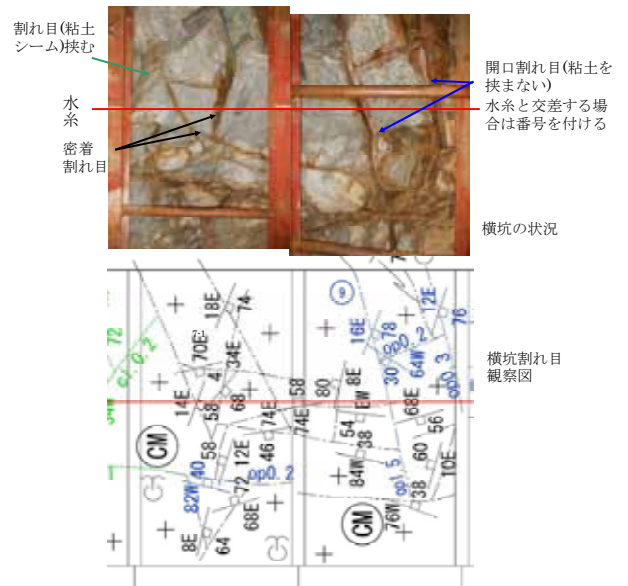


図-8 開口割れ目観察例

(4) 開口割れ目観察の結果

a) 右岸(4-R坑)

右岸4-R坑の開口割れ目観察の結果は、図-9のとおりである。坑口から約40~45mにある安山岩岩脈の周辺に、流入粘土を挟む割れ目が多く分布する。また、花崗岩中には5m程度連続する流入粘土を挟む低角度の割れ目の分布が認められる(写真-7)。流入粘土は高角度傾斜で貫入

した安山岩岩脈と同方向に発達した高角度傾斜の割れ目から流入粘土が表層部より地下水と一緒に浸透し、低角度の割れ目沿いにも浸透したものと考えられる。開口割れ目の開口量が小さく、周囲の岩盤に変状も認められないことから、開口割れ目の形成は岩盤の変形に伴うゆるみではなく、通常の風化によるものと考えられる。

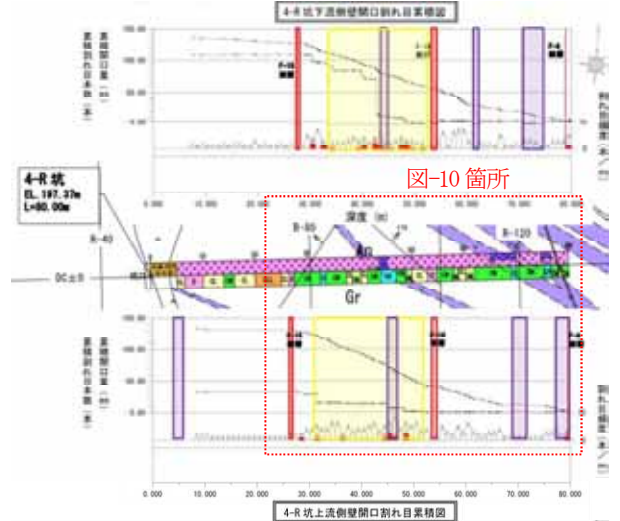


図-9 4-R坑累積開口量曲線図

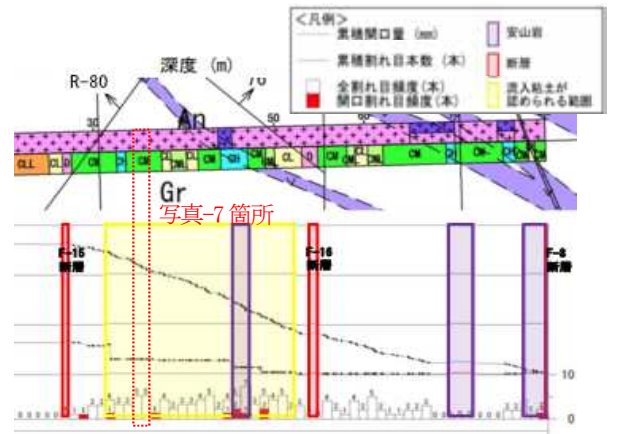


図-10 図-9の拡大(4-R坑口から30m上流側)



写真-7 4-R坑口から34~35m 上流側側壁状況

b) 左岸 (5-L坑)

左岸5-L坑の開口割れ目観察の結果は、図-11のとおりである。

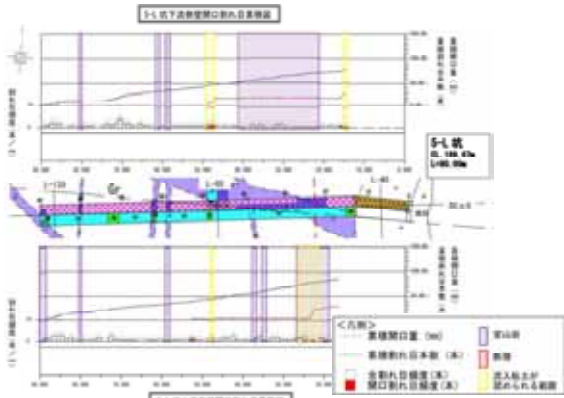


図-11 5-L坑累積開口量曲線図

坑口から約20~40m間に分布する安山岩岩脈と花崗岩の境界面付近で流入粘土を挟む割れ目が確認されるが、分布範囲が限られており左岸全体の岩盤強度に影響を与えるものではないと考えられる。

(5) 開口割れ目観察のまとめ

(4)から、右岸については、ゆるみ岩盤ではないが風化の影響を受け岩盤の劣化が進んでいることを考慮する必要があり、左岸については、ゆるみの観点からは問題の無いことが分かった。図-12に右岸低標高部の岩級区分図を示すが、現在想定している基礎掘削線と風化の影響を受け岩盤の劣化が進んでいる範囲がほぼ同じとなっているため、現在の検討の掘削線には大きく影響しないといえるが、今後岩級区分図の精度を高めダム本体の設計を行う際には注意していきたい。



図-12 右岸低標高部岩級区分図

4. 今後の課題

現在足羽川ダムでは、図-6のように、岩級区分について評価をしているところであるが、岩盤の劣化要因についての把握はまだ不完全であるため、今後は調査・解析を進め、ダム本体の設計を行うための精度を向上させる必要がある。

5. 最後に

ダムの地質調査は、難解で専門的な知識と経験が必要である。ボーリングのコアや物理試験結果、透水試験の結果などを並べただけではダムの設計に必要な地質情報は得られない。それぞれの点のデータをつなぎ合わせて図面として完成させる作業が必要であり、地質技術者の知識、経験などが大切であり、設計者と地質技術者が連携、協力して調査を進めていく必要がある。足羽川ダム工事事務所では過去に数回、近畿地方整備局管内を対象に横坑の観察会等を開催しており、知識と経験の向上に努めている。今後も引き続き技術力向上に努めていきたい。

最後に、事業により移転を余儀なくされた地元関係者の方々の生活再建を第一に、足羽川、日野川及び九頭竜川の下流域の治水安全度の向上に向け、一日も早いダムの完成を目指すと共に、より安全なダムとなるよう地質調査や設計等を確実に進めていきたい。

特別天然記念物オオサンショウウオ生息地内における砂防事業について

下山 友希

滋賀県 長浜土木事務所木之本支所 河川砂防課

砂防事業対象河川である大谷川では、過去の現地環境調査から特別天然記念物オオサンショウウオの生息地であることが判明しており、オオサンショウウオに配慮した設計、施工が必要であった。本稿は、当該事業の中で実施したオオサンショウウオの保護、生息環境の保全および再生等への取り組みについて紹介するものである。

キーワード オオサンショウウオ、砂防堰堤改修、特別天然記念物、生物環境アドバイザー

1. はじめに

滋賀県長浜市木之本町古橋地先を流れる大谷川（図-1）は、流域が急峻で、溪流部の地質は粘板岩、砂岩、頁岩で形成されており、溪岸斜面の一部には崩積跡がみられる。また、下流域には人家、小学校および神社仏閣等の保全対象物が位置していることから、1996年に砂防基本計画を策定し、北谷、中谷、南谷に各1基の透過型堰堤を整備する全体計画として事業を開始した。当該事業は北谷の堰堤完成後に一旦休止状態となったが、2007年に計画の見直しを行い、中流域の既設不透過型堰堤を透過型に改修する計画として再開した。

しかしながら、砂防事業区間には国の特別天然記念物であるオオサンショウウオが生息しており、事業の実施にあたっては、オオサンショウウオの保護、生息環境の保全および再生を念頭に置いた設計、施工が必要であった。

本稿では、大谷川におけるオオサンショウウオの生息実態の把握から保全対策の検討、工事施工マニュアルの作成を経て堰堤本体工事完了に至るまでを紹介するとともに、工事完了後の追跡調査結果について報告する。

2. オオサンショウウオの生態

(1) 一般的な生態

オオサンショウウオ（大山椒魚、学名：Andrias japonicus、英名：Japanese giant salamander）は、全長60～120cm程度で、体色は茶褐色、暗褐色の不規則な斑紋がある。現生する世界最大級の両生類であり、両生類とし



図-1 大谷川位置図

ては唯一、国の特別天然記念物に指定されている他、環境省レッドリスト（2012年、環境省）では絶滅危惧Ⅱ類（VU）に指定されている。また、生涯を水中で生活する日本唯一の両生類であり、国内では岐阜県以西の本州、四国、九州各地の河川上流域に分布している。生息地の河川の状況は様々で、川幅、流速、水深など必ずしも一定していない。また、山間溪流部に限られることなく、人家近くの用水路や小川にも見られ、環境の適応性は意外に広い。しかし、本種の多産する地域の環境を見ると、やはり一定の条件が要求される。特に繁殖地として利用される地域は、より上流部に限定され、支流の水源地や水流のゆるやかな川の蛇行部、支流に通ずる溝渠など、一般の生息地に比し厳しい条件が必要とされている¹⁾。

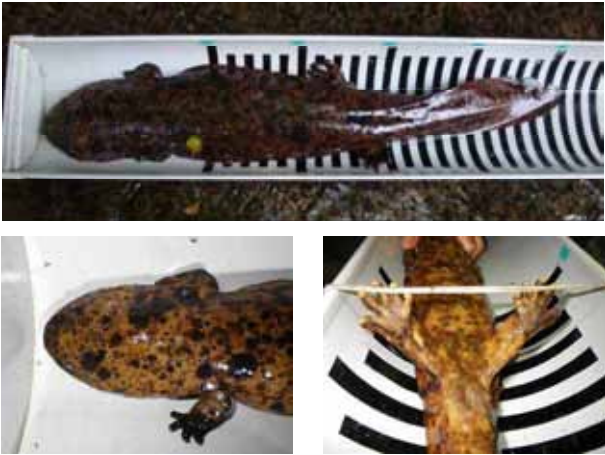


図-2 オオサンショウウオの特徴

(2) 滋賀県内における生息状況

滋賀県下では、これまでに彦根市、大津市、野洲市、高島市、日野町、栗東市、甲賀市などで発見されているが、多くは人為分布の疑いがあり、他府県に比べて生息密度はかなり低い。また、「ふるさと滋賀の野生動植物との共生に関する条例」により滋賀県版レッドリストの絶滅危惧種に選定されているほか、近年、河川改修工事や圃場整備事業等で棲みかが壊され、堰等で繁殖のための移動が困難となっている状況である²⁾。

3. 大谷川における生息実態の把握

大谷川水域では、2002年に地元住民によりオオサンショウウオが発見されたことから、砂防事業による影響の有無を検討すべく、オオサンショウウオの生息状況の調査を開始した。発見当初は、持込み個体である可能性も疑われたが、2002年から2005年にかけて行った生物環境調査結果から、当該河川でオオサンショウウオが継続的に繁殖していることが明らかとなり、自然分布の

可能性も高いといえる。自然分布でないとしても、様々な成長過程の個体が確認されており、当該河川はオオサンショウウオの生息環境として重要であるといえる。ここで、図-3に2002年から2012年までに確認された個体の位置を示す。調査は、大谷川本川と高時川合流地点から砂防堰堤工事区域上流端までの区間を対象として行った。調査区間は、河川環境の違いにより4区間に区分し、さらに落差工等の構造物でSec.1からSec.7までの7区間に分けている。2章第1節で述べたように、オオサンショウウオの環境適応性は意外に広く、図-3を見ると各区間で多くの個体が確認されており、当該河川においてもオオサンショウウオが広範囲に生息していることが分かる。しかしながら、幼生が確認されたのは、河川未改修の縦断勾配が比較的緩やかな区間Sec.3～Sec.6のみである。また、Sec.3～Sec.6では、過去に繁殖巣穴、卵塊が発見されていることから、当該河川におけるオオサンショウウオ生息の中心はSec.3～Sec.6であるといえる。一方、Sec.1～Sec.2は、両岸が護岸整備され、河床に巨礫等も存在せず、隠れ場所等が比較的少ない。このような区間は、オオサンショウウオの生息に適しているとは考えにくい。また、Sec.7は、砂防堰堤上流部の区間であり、堰堤改修前はオオサンショウウオの生息域外であったが、改修により堰堤がスリット化されたこと、堰堤上流部の堆砂除去後に人工的に組まれた積み石、置き石等により個体の隠れ場所として利用できる空間が多く存在することから、今後、生息域が拡大していくことが期待できる区間である。

4. 「滋賀県生物環境アドバイザー制度」の適用

滋賀県では、「人と自然にやさしい建設工事」を実現する施策として、1994年に「滋賀県生物環境アドバイザー制度」を設け、生物環境などの専門家の指導助言を受けながら公共施設の計画策定や工事を実施している。

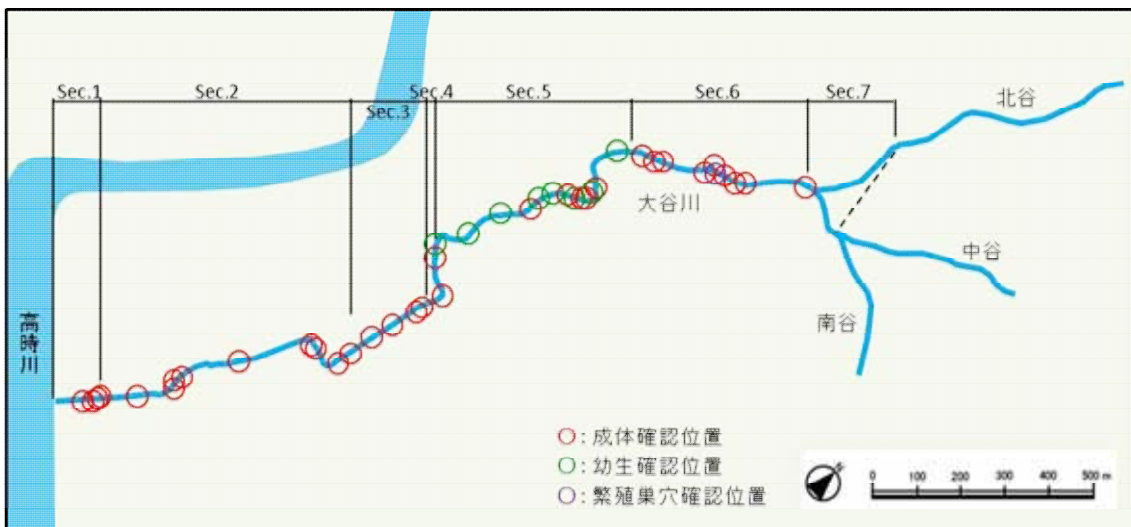


図-3 オオサンショウウオ確認位置

表-1 アドバイザー指導経過

年度	事業内容	主な指導内容
2002	◎オオサンショウウオが住民により発見される(8月) ・生物環境調査(11月)	—
2003	・生物環境調査	・モニタリング調査を継続すること
2004	・生物環境調査	・モニタリング調査を継続すること ・工事マニュアルを作成すること
2005	・生物環境調査	・モニタリング調査を継続すること
2006	—	—
2007	・堰堤概略設計(9月～3月)	—
2008	・堰堤予備設計(9月～2月)	・工事マニュアルを作成すること
2009	・堰堤詳細設計(8月～3月) ・生物環境調査(9月,2月)	・工事中および工事完了後の生息状況の把握と評価を行うこと
2010	・用地買収 ◎工事施工マニュアルの作成 ・堰堤本体工事(2月～)	・工事施工マニュアル作成に関する助言
2011	・堰堤本体工事 ・生物環境調査(9月,2月)	・モニタリング調査を継続すること
2012	・堰堤本体工事(～12月) ・生物環境調査(9月,2月)	・工事に関する指導 ・現地視察(2月)
2013	・生物環境調査(7～9月,2月)	・工事後の確認調査 ・現地視察(11月)

当該事業においても、本制度の適用を受け、設計・施工計画等について指導助言を得るとともに、工事中にはアドバイザーによる現地視察を行い、オオサンショウウオの保全対策について意見交換を行った。表-1にアドバイザーからの指導経過を示す。

指導事項としては、モニタリング調査結果に対するもの、工法・施工計画に関するものが主であったが、これら指導を生かすための手段として、工事施工業者を含む工事関係者全てが情報を共有することの重要性を指摘された。そこで本事業では、オオサンショウウオの生態や工事施工業者がオオサンショウウオを発見した場合の対応(個体の取り扱い、連絡体制)等を取りまとめた工事施工マニュアルを作成している。次章では、作成したマニュアルの具体的な内容について記述する。

5. 工事施工マニュアルの作成

前章での記述のとおり、本事業では、工事施工マニュアルを作成し、工事施工業者にオオサンショウウオの情報を提供している。これにより、施工業者がオオサンショウウオの基礎知識を得るとともに、当該河川における工事が一般的な堰堤工事とは異なるという認識を持つことができる。

マニュアルの作成にあたっては、まず県において原案を作成し、生物環境アドバイザー制度地区別連絡会において、アドバイザーに指導を仰いだ。前出の会議での指導内容を踏まえ、2010年12月、施工業者が当該河川で工事を行うにあたって実施すべき内容を具体的に定めた「大谷川砂防堰堤工事施工に伴うオオサンショウウオ対応マニュアル(案)」を策定した。

本マニュアルは、「生態編」と「現場対応編」の2編で構成される。以下に、具体的な内容を示す。

(1) 第1編「オオサンショウウオの生態概要」(生態編)

第1編は、施工業者がオオサンショウウオに関する基礎知識を得るとともに、マニュアル厳守の重要性を認識することを目的として編纂している。具体的には、オオサンショウウオの一般的生態、関連する法令、過去の環境調査により大谷川で確認された個体の場所や数など大谷川における生息状況についてとりまとめている。

(2) 第2編「現場での対応」(現場対応編)

第2編では、現場での具体的な対応についてとりまとめている。現場作業員等工事関係者全てに対して、社員教育を行うことを義務付けたり、工事区間内において施工業者がオオサンショウウオを発見した場合に、施工業者だけで対応を行うことのないよう、連絡系統を明確化し、専門家を交えた報告会を開くよう定めるなど、施工業者がオオサンショウウオを発見した場合の連絡体制等を具体的に記載している。

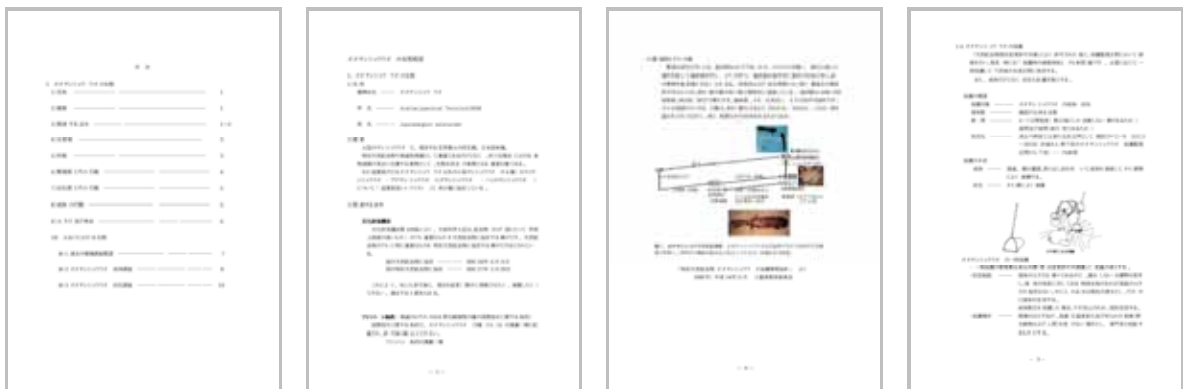


図-4 「大谷川砂防堰堤工事施工に伴うオオサンショウウオ対応マニュアル」抜粋

6. 保全対策の実施

オオサンショウウオに配慮した事業の実施事例は少なく、また、オオサンショウウオの生息実態についてもあまり知られていないのが現状である。

大谷川における砂防事業では、オオサンショウウオの生息実態を調査するとともに、アドバイザーからの提言を受け、オオサンショウウオへの影響を極力小さくするよう配慮した。

工事の主要工種は、堰堤上流側の除石、堰堤のスリット化、堰堤の補強の3つに大別される。これらの中で、オオサンショウウオへの影響が最も大きいと考えられるのは、ひとつめに挙げた堰堤上流側の除石の際に発生する濁水である。そのため、当該工事では、大型土のうによる仮締切り、高密度ポリエチレン管などによる仮排水路により、既設堰堤に転流工を施工し、除石範囲からの濁水を浄化する沈澱池、浄化施設により濁水の発生を最小限に抑えた。

また、堰堤上流側の除石工事後の護岸整備については、自然環境および生態系に配慮し、自然石を不定形に配置した多自然型の護岸を採用している。人工的に組まれた積み石や置き石により、オオサンショウウオの隠れ場所、魚の避難場所等となる空間が確保できる。図-5に堰堤上流側の整備前と整備後の状況を示す。

7. 工事完了後の追跡調査

堰堤本体の改修および堰堤上流側の除石工事は2012年度末に完成し、完成後の2013年（平成25年）に工事の影響を評価する追跡調査を行った。

調査は、成体モニタリングをオオサンショウウオの繁殖期（8月下旬～9月上旬）を中心とした夏季に、3回（1回の調査につき3日間（昼・夜））実施した。調査結果を表-2.1～2.3と図-6に示す。これらの調査結果より、本事業がオオサンショウウオ等周辺自然環境に与えた影響について考察した。

(1) 工事の施工による影響

本事業による影響として、工事により発生する濁水が考えられるが、工事着手前や工事施工中に実施した調査での確認個体数と比して大きな増減はなく、工事中の濁水がオオサンショウウオの生息に大きく影響した痕跡は確認されなかった。また、体長30cm～60cm程度の比較的若い個体も多く確認されており、当該河川が変わらずオオサンショウウオの良好な生息地としての役割を果たしていることが確認できる。



図-5 堰堤上流側の整備前（上）と整備後（下）

調査・計画・設計部門: No.13

表-2.1 成体モニタリング調査確認個体一覧（第1回調査，平成25年7月24日～28日実施）

N0	チップID	登録番号	雌雄	確認日	確認Sec	時刻	全長(mm)	体重(g)	備考
1	39214500029255	H23_02	♂	H23.8.30	Sec.5	22:20	505	1000	捕獲・計測
				H25.7.25	Sec.5	0:15	529	1150	
2	392145000044113	H23_04	不明	H23.8.31	Sec.2	20:35	370	380	捕獲・計測
				H25.7.24	Sec.2	20:20	450	810	
3	392145000040996	H24_01	不明	H24.8.28	Sec.2	20:08	540	930	
				H25.7.24	Sec.2	20:40	570	1060	
4	392145000097436	H24_03	♂	H24.9.11	Sec.5	15:04	595	1340	
				H25.7.27	Sec.6	22:40	600	1350	
5	392145000094482	H24_08	不明	H24.9.13	Sec.2	13:55	610	1950	
				H25.7.24	Sec.2	21:30	628	2160	
6	0001267FFO	H25_01	不明	H25.7.24	Sec.2	21:50	650	1510	新規
7	000125AC56	H25_02	♂	H25.7.24	Sec.3	22:30	875	3630	新規
8	0001263CD5	H25_03	不明	H25.7.24	Sec.4	23:22	600	1650	新規
9	000126A041	H25_04	不明	H25.7.24	Sec.5	23:55	515	1140	新規
10	000125A69C	H25_05	不明	H25.7.25	Sec.5	0:30	325	310	新規
11	0001263BCC	H25_06	不明	H25.7.25	Sec.5	0:50	390	462	新規
12	0001DFBABC	H25_07	不明	H25.7.25	Sec.5	1:10	310	260	新規
13	000125AB0C	H25_08	不明	H25.7.25	Sec.5	1:37	572	1510	新規
14	0001BF6288	H25_09	不明	H25.7.25	Sec.5	21:40	440	620	新規
15	000125B567	H25_10	♂	H25.7.27	Sec.5	21:20	525	1050	新規

表-2.2 成体モニタリング調査確認個体一覧（第2回調査，平成25年8月26日～28日実施）

N0	チップID	登録番号	雌雄	確認日	確認Sec	時刻	全長(mm)	体重(g)	備考
1	392145000094482	H24_08	不明	H24.9.13	Sec.2	13:55	610	1950	
				H25.7.24	Sec.2	21:30	628	2160	
				H25.8.28	Sec.2	20:00	625	1750	
2	0001263FB7	H25_11	不明	H25.8.26	Sec.5	19:27	415	520	新規
3	0001E05EDF	H25_12	不明	H25.8.26	Sec.7	20:55	870	4900	新規
4	0001E06837	H25_13	不明	H25.8.28	Sec.7	19:58	220	71	新規

表-2.3 成体モニタリング調査確認個体一覧（第3回調査，平成25年9月24日～27日実施）

N0	チップID	登録番号	雌雄	確認日	確認Sec	時刻	全長(mm)	体重(g)	備考
1	0001263CD5	H25_03	不明	H25.7.24	Sec.4	23:22	600	1650	
				H25.9.24	Sec.5	19:13	605	1460	
2	000126933A	H25_14	不明	H25.9.24	Sec.5	19:36	530	1160	新規
3	0001263C9E	H25_15	不明	H25.9.24	Sec.6	20:04	445	610	新規
4	000125B4DD	H25_16	不明	H25.9.25	Sec.4	20:00	775	3090	新規



図-6 確認個体位置図（第1回～第3回調査）



図-7 大谷川砂防堰堤完成写真
(左) 右岸側林道より (右) 堰堤正面より

(2) 透過型堰堤への改修による影響

2013年8月に行われた2回目のモニタリング調査において、2002年の調査開始から初めて、堰堤上流側（Sec.7）で新規に3個体（うち1個体は目視による確認）が確認された。これまで、堰堤により遡上を阻害され、オオサンショウウオの生息域は堰堤下流側に限定されていたが、今回、不透過型堰堤をスリット化したことにより、オオサンショウウオの生息域が堰堤上流側へと拡大したものと考えられる。また、堰堤上流部には個体の隠れ場所として利用できる空間が多く存在し、オオサンショウウオの餌となるサワガニも確認されていることから、今後の繁殖場所としても十分期待できる。

堰堤改修により、生息域が拡大するメリットがある一方で、下流側への流出土砂量の増加による生息環境の変化が懸念される。当該河川では、本年7月末の大規模な出水や9月に発生した台風18号により下流域の地形が変化しており、調査結果をみても、7月の第1回調査に比べ、8月と9月に行った第2回調査、第3回調査では、確認個体数が減少している。しかし、これは繁殖期に入り個体が巣穴に隠れている可能性も考えられ、今後、どのような影響が現れるかは経過を観察する必要があると思われる。

8. おわりに

土石流から人々の命を守るために、砂防堰堤はなくてはならないものであり、自然災害が頻発する昨今にあってその整備は急がれる。しかしながら、施設の整備においては、生物環境の保護、保全、再生等も重要な課題であるといえる。

本稿では、国の特別天然記念物に指定されているオオサンショウウオが生息する河川における砂防事業での取り組みについて紹介をしてきたが、本事業での取り組みは、オオサンショウウオの保護に対して一定の成果を上げたと考えられる。

2002年に地元住民によりオオサンショウウオが発

見されてから、専門家も交えた調査、計画、施工が行われてきたが、オオサンショウウオの生息環境に重大な悪影響を及ぼした事実は確認されておらず、むしろ工事がオオサンショウウオの新たな生息域の確保につながっており、今後の保護活動がますます重要なものとなっている。

これまで、当該河川におけるオオサンショウウオの生息については、違法捕獲等を避けるため、その情報が積極的に公開されることはなかった。しかし、オオサンショウウオの保護には地域住民が積極的に関わることが大切である。最近では用水路でオオサンショウウオが発見されたニュースが新聞等で報じられるなど、県民に知られる機会も増えているが、このように地域住民に対して必要な情報を発信することは、オオサンショウウオの保護の意義を広く普及し、地域住民の意識を高めることにつながる。本年度末の事業完了をもって県としての取り組みは終了するが、これら地域での取り組みの強化が今後のオオサンショウウオの保全には重要になるのではないかと考える。

また、日本には、固有種他に、外来種のチュウゴクオオサンショウウオや固有種と外来種が交雑した交雑種が存在するが、大谷川のオオサンショウウオは、未だ同定がなされていない。そのため、DNA解析による種の解明が今後の課題として残る。

謝辞：本事業の完成には、事業開始当初から17年もの間、オオサンショウウオをはじめとする周辺自然環境の保護に尽力いただいた生物環境アドバイザーの存在が不可欠なものであり、ご指導いただいたアドバイザーの先生方に深く感謝いたします。そして、本事業に関わったすべての人に心から感謝いたします。

参考文献

- 1)環境庁：日本の重要な両生類・は虫類の分布 全国版
- 2)滋賀県：滋賀県で大切にすべき野生生物
- 滋賀県レッドデータブック 2005年版 -

北近畿豊岡自動車道建設に伴う 貴重植物保全対策の取り組みについて

沼 勝雄

近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 建設専門官 (〒668-0025兵庫県豊岡市幸町10-3)

環境影響評価書において、計画路線が生息地を改変するため保全措置を講ずることとされた貴重植物であるエビネ属（エビネ・ナツエビネ）及びオグルマの移植等の保全対策について取り組み事例を紹介する。

キーワード 貴重植物、移植、保全対策

1. はじめに

豊岡河川国道事務所では、豊岡市を起点とし丹波市に至る延長約70kmの高規格幹線道路である北近畿豊岡自動車道の整備を進めており、これまでに八鹿氷ノ山IC～春日JCT・IC間の約50kmが暫定供用し、豊岡南IC(仮称)～八鹿氷ノ山IC間の約15.8kmを整備中である。

今回、上記整備中区間の環境影響評価書において、事業実施にあたり移植を含めた保全の検討を行うとした、エビネ属（エビネ、ナツエビネ）及びオグルマの貴重植物の保全対策の取り組みについて紹介する。

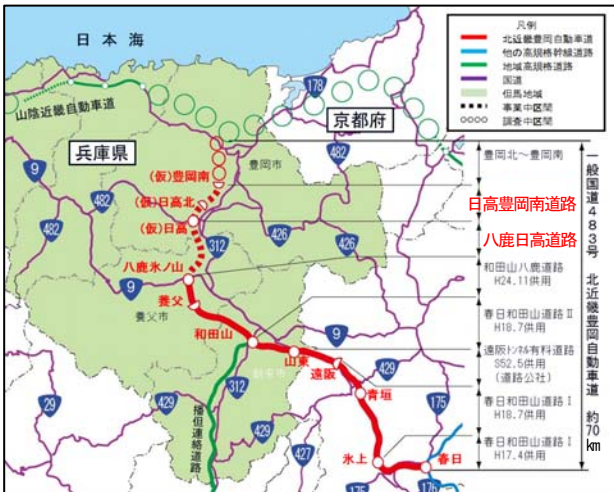


図-1 北近畿豊岡自動車道位置図

今回保全対策を行うこととした貴重植物は、兵庫県版レッドデータブックにおいて、ナツエビネは絶滅危惧Ⅱ類、エビネ及びオグルマは準絶滅危惧に位置づけられており、それぞれ、絶滅の危険が増大している種、存続基盤が脆弱な種とされている。

環境影響評価書では、これら貴重植物の環境保全措置として『移植する場合には、事業用地内に生育に適した環境を確保すること』、事後調査として『移植前及び移植完了後に現地調査を行うこと』とされており、事業実施にあたり、生育に適した移植地確保までの間、事業用地内に仮移植先を確保し一時保管を行うと共に、モニタリング調査を実施してきた。

2. 保全対策の経緯

オグルマは、平成19年度に生育環境に適した事業用地内へ最初の移植を実施したが、その移植地では他植物の繁茂により生育状況が悪化したため、平成21年度に事業用地内に仮移植地として圃場を整備し、再移植・モニタリング調査を実施してきた。

また、平成22年度には新たな移植先の一つとして近隣の道の駅に設置された花壇へ移植を実施している。

エビネ属は平成24年度の工事着手前に改変区域において生育が確認された株について、事業用地内に設置した仮移植小屋へ仮移植を行ったが、一部の株で感染症が発症するなど、生育が良好でない状態が確認された。この要因は夏の高湿多湿により、仮移植小屋内において、良好な生育環境を維持することが困難となっていることが想定された。

平成25年度は、これまでの経緯を踏まえ、エビネ属及びオグルマのモニタリング調査を行いながら、移植地の選定を行い移植を実施した。

年度	エビネ属	オグルマ
H19		・移植実施 モニタリング
H20		
H21		・事業用地内に圃場を整備し再移植
H22		・道の駅の花壇に一部を移植
H23	モニタリング	
H24	・事業用地内に仮移植	
H25	・事業用地内へ移植 ・ジーンファームへ一時保管	・事業用地内へ一部を移植 ・小学校へ一部を寄贈 ・コウトリの郷公園へ一部を移植

図-2 保全対策の経緯

博物館の『ジーンファーム』にご協力を頂き、仮移植小屋から搬出し、移植地確保までの間、一時保管を行うこととした。

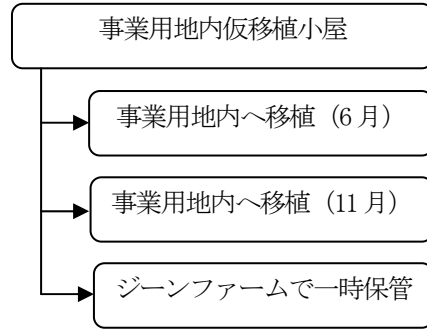


図-4 エビネ属移植先

3. 保全対策の検討

(1)仮移植

事業用地内の仮移植小屋や圃場において、移植地が確保されるまでの間、移植株の一時保管を行ってきた。

その結果、エビネ属・オグルマ共に多年草であることから春に新しい芽を出し、仮移植先での良好な管理もあって、株数が増加したことにより、移植方法等の選択枝が広がることとなった。

移植方法や移植地については、専門家に助言を頂きながら検討を行った。



図-3 仮移植先の状況



図-5 エビネ属の事業用地内移植状況

(3)オグルマの移植

オグルマは、日当たりの良い湿った草地に生育し、水田の畦のような、定期的に草刈り管理される環境に多く見られる種であることから、周辺植生等の生物的環境、土質や日照等の物理的環境、シカの食害影響について検討し、これらの条件を満足する移植候補地を事業用地内で2地点選定した。

移植時期は開花時期が8月であるため、開花前の6月に移植を行った。



図-6 オグルマの事業用地内移植状況

(2)エビネ属の移植

エビネ属は、樹林の林床に生育する多年草であり、落葉広葉樹林や林縁環境等の比較的明るい樹林を生育環境とすることから、周辺植生等の生物的環境、土質や日照等の物理的環境、シカの食害影響について検討し、これらの条件を満足する移植候補地を事業用地内で2地点選定した。

移植適期は晩秋期であるが、移植のリスク分散のため、6月と11月の2回に分けて移植を行った。

6月に移植する株は、開花により疲弊していない未開花株を選定した。

事業用地内へ移植を行わなかった株は、感染症防止のため、エビネ属の栽培実績がある兵庫県立『人と自然の

(4)オグルマの事業用地外への移植

平成22年度に道の駅の花壇に移植を行ったオグルマは、その後のモニタリング調査の結果、移植株以外にも新た

に出芽している株が見られるなど、良好な生育状況が確認できたため、追加移植を行った。



図-7 道の駅への移植状況

また、環境教育の教材として役立てて貰うため、地域の小学校へオグルマの寄贈を行った。

寄贈を行った苗は、4~6年生の高学年で構成される飼育栽培委員の委員会活動として、11月に児童たちの手で学校内の花壇へ移植が行われた。



図-9 児童による花壇への移植状況

事業用地外の新たな移植先として、兵庫県立コウノトリの郷公園にご協力を頂き、公園内に移植地を提供して頂いた。

コウノトリの郷公園では草刈り等の管理が実施されていること、コウノトリが入るケージが存在することから、オグルマの移植にあたっては公園内に条件の異なる区画を用意し移植を行った。

設定した条件は以下のとおり。

- ・ケージの柵の内側と外側に移植を行い、シカによる食害の受け方を比較する。
- ・草刈機による草刈りが実施されている区画と草刈りを行わない区画に移植を行い、草刈りによる耐性を確認する。

移植後は各区画毎に生育状況のモニタリング調査を実施し、今後の移植適地検討のための基礎資料とすることとした。

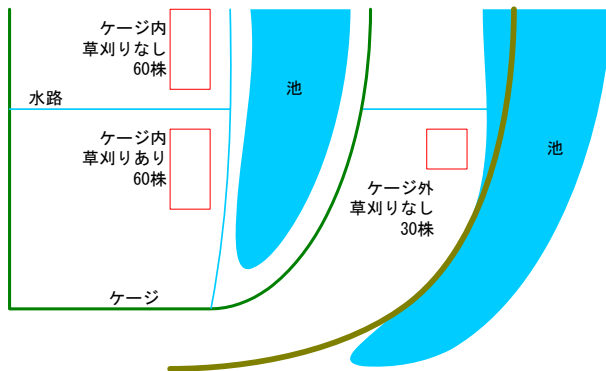


図-8 移植区画の配置 (コウノトリの郷公園)

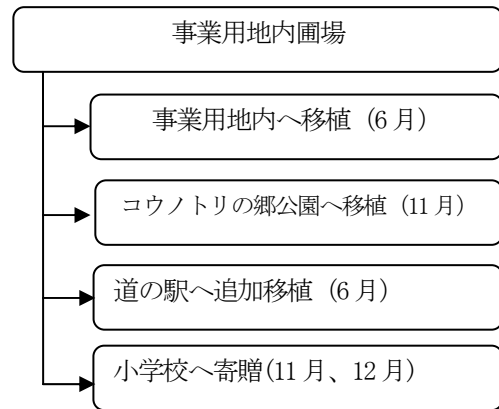


図-10 オグルマ移植先

4. モニタリング調査

仮移植地及び各移植先でのエビネ属及びオグルマの生育状況を確認するため、引き続きモニタリング調査を実施した。

調査時期は移植前の5月と移植後の6月、7月、8月及び11月、12月の計6回とした。モニタリング調査は平成26年度以降も引き続き実施する予定である。

(1)エビネ属

移植前の事業用地内仮移植小屋での株数は177株で平成24年度と比較して倍以上に増加していた。一部の感染症が確認された株は移植を行わず、仮移植小屋で引き続き保管しているが、その後の生育状況は概ね良好であった。

事業用地内に移植した株は、概ね良好に生育しているが、一部で葉の変色が確認されたため、変色した葉

の除去を行った。

ジーンファームに一時保管した株は、生育状況は良好で、新たな出芽を多く確認しており、今後の株数増加が期待できる。



表-1 エビネ属の株数推移

(2)オグルマ

移植前の事業用地内圃場での株数は2,225株で平成24年度と比較して約4倍に増加していた。

道の駅の花壇に移植した株は、花壇管理として水やりや施肥、草刈り等良好な管理が行われており、草丈が1mを越え、多数が開花するなど良好な生育状況が確認された。

事業用地内に移植した株は、平均草丈が30cm程度で、やや小さいものの、開花も確認され、株数も維持されており、良好な生育が確認された。



表-2 オグルマの株数推移

5. まとめ

これまでのモニタリング調査結果では、移植を実施した貴重植物は概ね良好な生育状況が確認されていることから、以下に示すこれまでの取り組みは有効であったと推察される。

- ・事業用地内に直接移植を行わず、仮移植地で一時保管を行ったことにより株数が増加し、移植方法等の選択枝が広がった。
- ・移植時期を複数回に分けることにより、移植に伴うリスクを分散させた。
- ・事業用地内での移植先の選定にあたっては、土質や日当たり等、自生地と同様の環境が確保でき、他植生の繁茂の影響を受けない移植先を選定した。

また、小学校への苗の寄贈や道の駅への移植を行う等、事業用地外への移植を行うことで、道路事業に伴う自然環境保全に対する取り組みを広めることができた。

今後は、移植地における生育状況のモニタリング調査結果やコウノリの郷公園における複数条件下での試験的な移植のモニタリング結果を踏まえ、良好な生育環境を確保できる移植地を選定し、事業完了までに移植を完了させるよう検討していくこととしている。

謝辞：本検討を遂行するにあたり、貴重な御意見・御示唆を頂いた兵庫県立大学客員教授 服部保先生に深く感謝いたします。

また移植先の提供等に御尽力いただいた、兵庫県立人と自然の博物館の皆様、兵庫県立コウノリの郷公園の皆様にも深く感謝いたします。

守山市ラウンドアバウト社会実験に関する調査研究

川端 和行¹

¹守山市 都市経済部 都市活性化局 都市計画・地域交通課（〒524-8585滋賀県守山市吉身二丁目5-22）

守山市の立田町交差点は昼間の交通量が少なく近隣高校の通学路であるものの、朝夕には幹線道路の渋滞を避けて抜け道として利用する車両が多くなる。交差点形状は4枝の無信号交差点であり、出合頭事故の危険性が高い（過去5年間で出合頭の人身事故：9件発生）。そこで、2014年1月から当該交差点の安全性を高めるため、立田町の無信号交差点をラウンドアバウトに改良して社会実験を実施した。本報告ではこの社会実験の概要と実験中に取得した各種データ結果をもとに、ラウンドアバウトの改良に伴う安全性と円滑性と自動車交通の走行特性そして交通ルールの遵守状況を検証し、結果を報告する。

キーワード ラウンドアバウト，社会実験，走行特性，交通ルール

1. はじめに

実験地である滋賀県守山市の立田町交差点は、集落が点在する市街化調整区域で周辺には畑地や田園が広がっている。当該交差点は4枝の無信号交差点であり、出合頭事故の危険性が高く、過去5年間（2009年～2013年）で出合頭の人身事故が9件発生し、その内2件で重傷者が出ていることから、地元から信号設置の検討を含めた交通安全対策の要望が出ていた。

守山市では路面標示などにより交差点内の交通安全対策を行ってきたが、効果があまり認められないため、今回、無信号でも安全かつ円滑な交差点運用が期待できるラウンドアバウトへ変更し、本格導入に向けての検証を行った。

本稿では、2013年度に実施したラウンドアバウトの社会実験について、実験の概要と実験中に取得した各種データ結果をもとにラウンドアバウトへの変更に伴う安全性と円滑性と自動車交通の走行特性そして交通ルールの遵守状況を検証し、結果を報告する。

2. 立田町交差点の道路交通の特性

(1) 立田町交差点の構造特性

図-1は立田町交差点の構造特性を示したものである。当該交差点は主道路の市道笠原立田線と従道路の浜街道立田線が交差する4枝の無信号交差点であり、従道路側が一時停止となっている。総道路幅員は市道笠原立田線が14.00mで、市道浜街道立田線が7.0mである。

◆市道笠原立田線（主道路）

道路の規格：第3種第3級

幅員構成：総道路幅員 14.00m

自歩道+路肩+車道+中央帯+車道+路肩

3.5+0.75+3.0+3.0+3.0+0.75

◆市道浜街道立田線（従道路）

道路の規格：第3種第4級

幅員構成：総道路幅員 7.0m

路肩+車道+車道+路肩

0.5+3.0+3.0+0.5

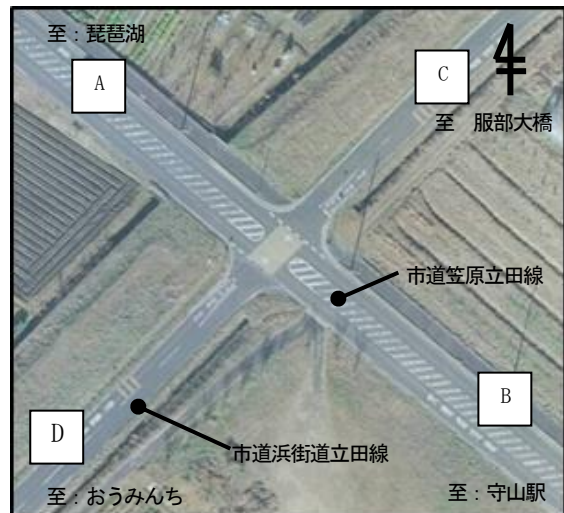


図-1 立田町交差点の道路構造

(2) 立田町交差点の交通特性

立田町交差点の利用交通は、普通車、軽自動車の通行が多く、大型車、大型特殊車両の通行はほとんどない状況であった。また、バス路線にもなっていない。2013

年8月29日(木)の7:30~8:30に実施したピーク時の交通量調査は表-1、表-2のとおりである。主道路の市道笠原立田線、従道路の市道浜街道立田線とも大半が直進交通であり、市道浜街道立田線のおうみんち側からの右折交通が約3割を占める状況であった。

この交通状況下で、従道路の車両が、主道路の走行速度が高い車両の短い間隙を縫って、無理をして交差点に進入するため、出合頭事故の危険性が高い状況にあった。

表-1 市道笠原立田線の通過交通量

進行方向	通過数(台)	構成比(%)	進行方向	通過数(台)	構成比(%)
A→B	325	92.1	B→A	128	94.1
A→C	26	7.4	B→C	0	0.0
A→D	6	0.5	B→D	8	5.9
計	353	—	計	136	—

表-2 市道浜街道立田線の通過交通量

進行方向	通過数(台)	構成比(%)	進行方向	通過数(台)	構成比(%)
C→D	56	80.0	D→C	76	71.0
C→A	8	11.4	D→A	2	1.9
C→B	6	8.6	D→B	29	27.1
計	70	—	計	107	—

3. 社会実験の概要

(1) 幾何構造と交通運用

本社会実験の特徴は、時期を分けて、図-2に示す2パターンのラウンドアバウトの構造(CASE 1、CASE 2)により実施し、中央島の直径、環道・エプロンの幅員による走行特性への影響を把握することとした。表-3は、本社会実験でのラウンドアバウトの幾何構造の主要諸元と交通運用を整理したものである。

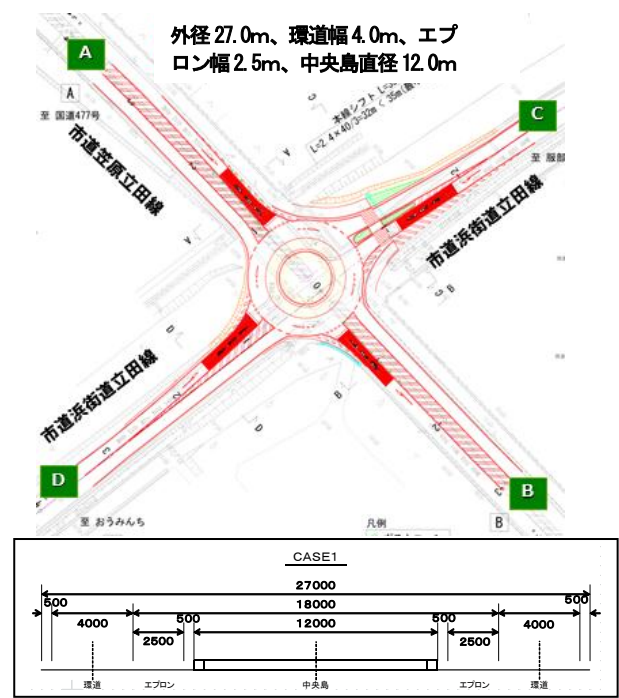
表-3 幾何構造の主要諸元と交通運用

実験期間区分	幾何構造の主要諸元	交通運用等の留意事項
CASE 1	<ul style="list-style-type: none"> 環道外径 D=27.0m 左側路肩幅 W=0.5m 環道幅 W=4.0m エプロン幅 W=2.5m 中央島側施設帯 W=0.5m 中央島直径 D=12.0m 	<ul style="list-style-type: none"> 4方向とも一時停止 流入時・流出時ともに左ウインカーを点灯 環道の方向指定(時計回り一方通行) 法定外の白色矢羽根を設置 市道浜街道立田線に分離島を設置
CASE 2	<ul style="list-style-type: none"> 環道外径 D=27.0m 左側路肩幅 W=0.5m 環道幅 W=5.0m エプロン幅 W=3.0m 中央島側施設帯 W=0.5m 中央島直径 D=9.0m 	<ul style="list-style-type: none"> 市道笠原立田線方向に横断歩道を設置 法定外看板の設置(中央島)→「環道優先」看板の設置 視線誘導標の設置(流入部4箇所)

※CASE1: 2014年1月15日(水)~2014年2月25日(火)

CASE2: 2014年2月26日(水)~2014年3月20日(木)

■CASE 1 (2014. 1. 15~2014. 2. 25)



■CASE 2 (2014. 2. 26~2014. 3. 20)

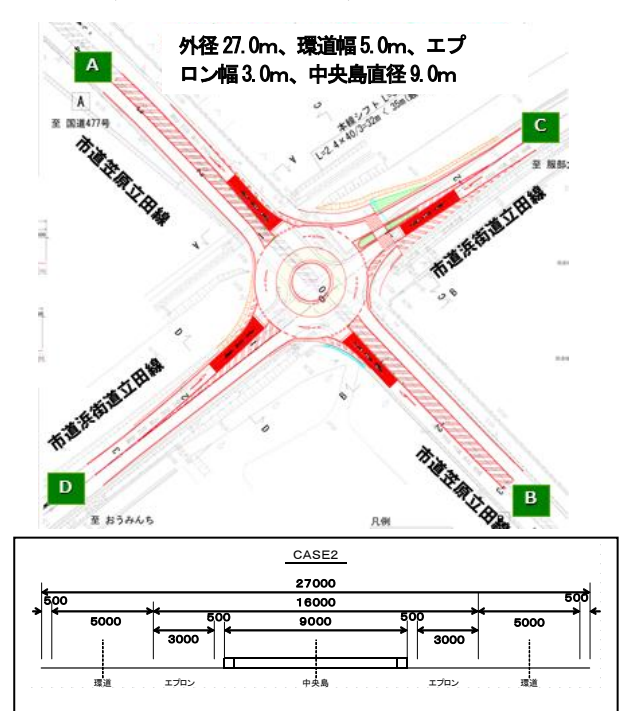


図-2 ラウンドアバウトの設計概要

(2) 社会実験の周知・広報活動

ラウンドアバウトの周知方法としては、守山市の広報「広報もりやま」により社会実験の説明を3回掲載したほか、立田自治会で地元説明会を1回実施した。

また、ラウンドアバウトのとおり方を周知するため、供用初日の2014年1月15日に市内26,000世帯を対象にリーフレットを広報の折り込みで配布したほか、警察指導のもと一時停車する車両に直接配布した。

4. 社会実験の結果

(1) 検証内容の概要

社会実験の効果を検証するために、実験前と実験中においてビデオ調査、走行調査を実施するとともに、住民や守山北高校の生徒等を対象としてアンケート調査を実施した。これらの調査結果から、ラウンドアバウトによる自動車・自転車・歩行者の安全性、円滑性、利便性の向上と自動車の走行特性の観点から検証を行った。

本稿では、ビデオ調査、走行調査の結果から得られた自動車・歩行者の安全性の向上と4枝の無信号交差点を信号制御したケースとラウンドアバウトにしたケースとの平均遅れ時間の比較、そして自動車の走行特性の検証結果を報告する。表-4はビデオ調査、走行調査による調査概要を示したものである。

(2) ラウンドアバウトの安全性

a) 車両走行速度の変化

図3は走行調査解析の結果から実験前とCASE1・CASE2の「B→A」方向の走行速度の変化を示したものである。

実験前は流入時、交差点内の速度に大きな変化はなかったが、CASE1・CASE2では流入部で減速して環

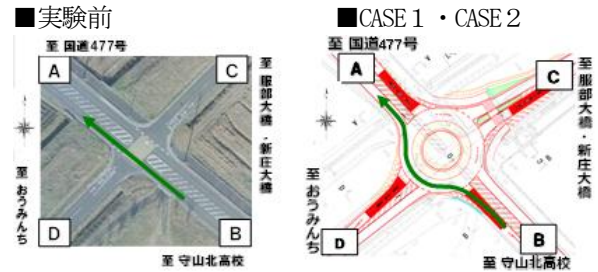
表-4 ビデオ調査・走行調査の概要

項目	調査		内容	
	実験前	実験中		
		CASE1		CASE2
ビデオ調査	○	○	○	沿道の高所にビデオ設置し、立田町交差点の交通状況（流入部、交差点内）を撮影する。
断面交通量速度調査	○	○	○	市道笠原立田線のアプローチ部（交差点流入部から約40m手前）にモバイルトランを設置し、断面を通過する車両の交通量・走行速度を計測する。
走行調査	○	○	○	調査車両（一般車両）にドライブレコーダーを搭載し、各流入部から各流出部を走行し、走行速度の計測、前方画像を撮影する。
アンケート調査	—	○	—	沿道住民等にアンケート調査を実施し、ラウンドアバウトへの改良による安全意識・行動、利便性の変化を把握する。

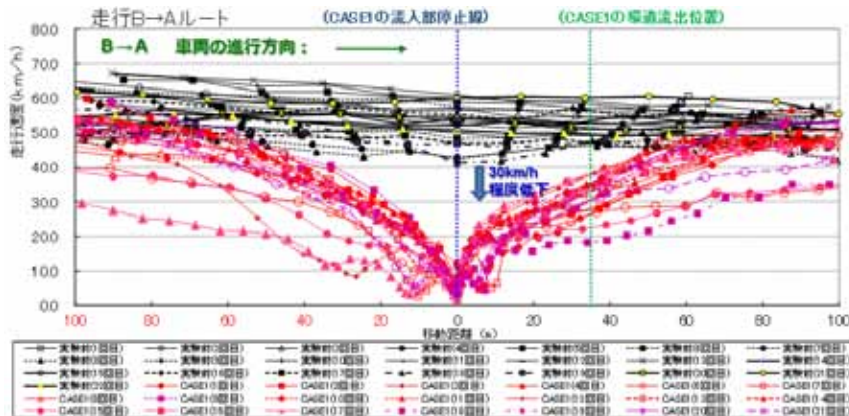
※CASE1の調査日時：2014.1.23（木）、24（金） 7:00～18:00

CASE2の調査日時：2014.3.3（月）、4（火） 7:00～18:00

道へ進入した。CASE1・CASE2の環道内速度は、実験前の交差点内速度に比べ30km/h程度の低速となった。



■CASE1（進行方向B→A）



■CASE2（進行方向B→A）

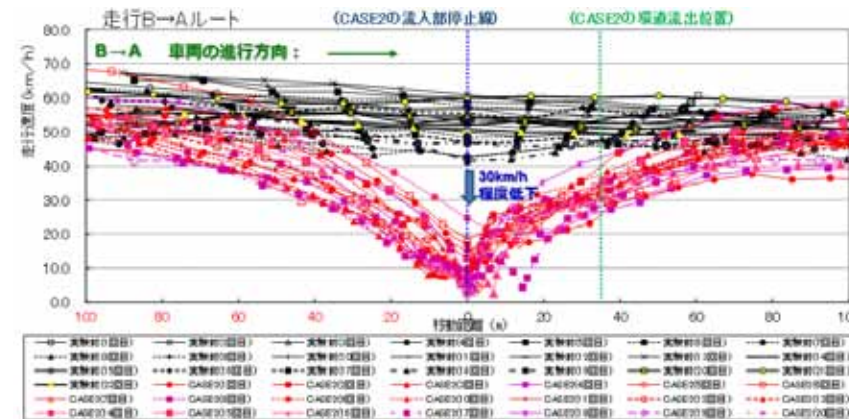


図-3 「B→A」方向の車両速度の変化

b) 流入速度分布の変化

図-4はビデオ調査解析の結果から実験前とCASE1の「A」流入部の流入速度分布の変化を示したものである。

CASE1は実験前に比べ低速で流入する車両の割合が大幅に増加した。

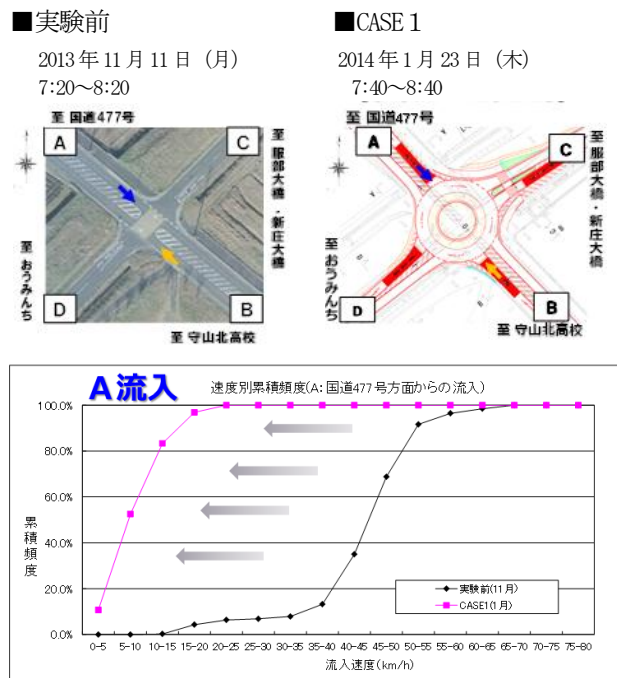


図-4 流入速度分布の変化

c) 交差点内速度の変化

図5はビデオ調査解析の結果から実験前とCASE1の「B→A」方向の交差点内の速度分布の変化を示したものである。

CASE1の環道走行速度は、実験前の同方向の交差点内速度に比べ、低速車両の割合が大幅に増加した。

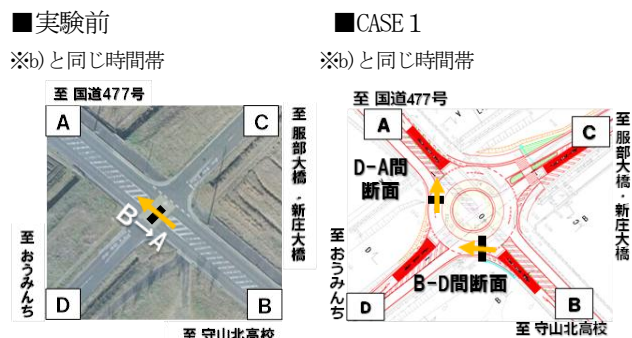


図-5 交差点内速度の変化

d) まとめ

以上より、CASE1・CASE2は実験前に比べ流入速度、環道走行速度が低下し、ラウンドアバウトにより安全性が向上したと考えられる。

(3) 平均遅れ時間の比較

図-6はラウンドアバウトの円滑性を確認するため、進入方向における平均遅れ時間を示したものである。4枝の無信号交差点を信号制御にしたケースとラウンドアバウトにしたケースの平均遅れ時間を比較すると各流入方向ともラウンドアバウトの平均遅れ時間は信号制御に比べ大幅に減少する結果となった。

※1) 信号制御の条件

守山北高校の直近交差点「笠原交差点」と同じサイクル長(C)

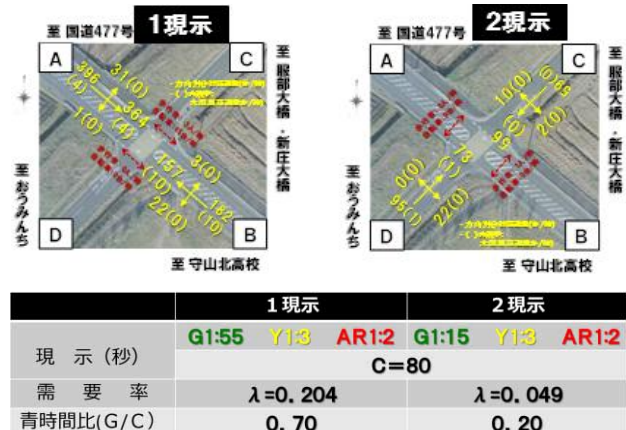
※2) 方向別交通量

実験中 2014.1.23(木) 7:40~8:20のピーク1時間交通量

※3) 横断歩行者・自転車

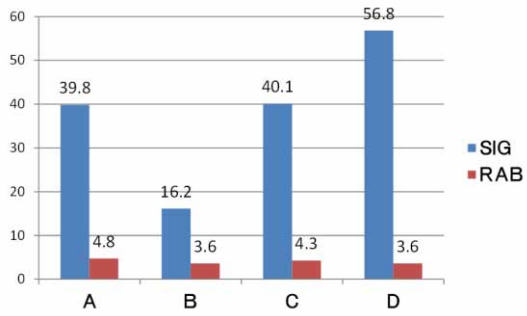
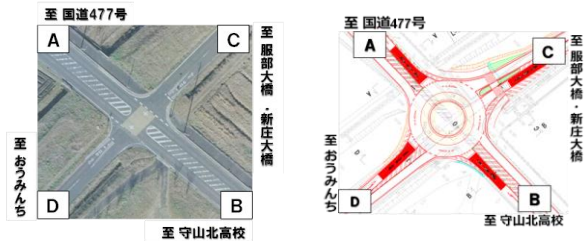
実験中 2014.1.23(木) 7:40~8:20のピーク1時間歩行者数、自転車数

■ 信号制御条件と方向別交通量



■信号制御とラウンドアバウトの平均遅れ時間の比較

○実験前：4枝の信号交差点(SIG) ○CASE 1：4枝のラウンドアバウト(RAB)



※1)信号交差点の平均遅れ時間の推定式 (Webster)

$$\bar{d}_i = \frac{(1-g_i)^2}{2(1-\lambda_i)} C + \frac{X_i^2}{2q_i(1-X_i)} - 0.65 \left(\frac{C}{q_i}\right)^{1/3} X_i^{(2+5p_i)} C_i^{(2+5p_i)}$$

\bar{d}_i : 流入部の車両1台当たりの平均遅れ時間[秒]
 C_i : サイクル長[秒]
 g_i : 流入部の流量交通量[台/時]
 q_i : 流入部のスプリット[G/C]
 X_i : 流入部の占有率($= g_i / (g_i + s_i)$)
 s_i : 流出部の流量[台/時]
 C : サイクル長[秒]
 C_i : サイクル長[秒]
 p_i : 流入部の占有率($= g_i / (g_i + s_i)$)
 T : 分析時間

※2)ラウンドアバウトの平均遅れ時間の指定式 (FHWA)

$$d_{a,i} = \frac{3600}{c_i} + 900T \cdot \left[X_i - 1 + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{(3600/c_i) \cdot X_i}{4507}} \right]$$

$d_{a,i}$: 平均遅れ時間[秒]
 c_i : 流入部の交通流量[台/時]
 X_i : 流入部の占有率($= g_i / c_i$)
 T : 分析時間

図-6 平均遅れ時間の比較

(4) 走行特性と交通ルールの遵守状況

a) 環道内走行位置の分布・速度の比較

図-7 はビデオ調査解析の結果から CASE 1・CASE 2 の環道走行位置の分布を示したものである。

B→A方向のCASE 1 とCASE 2 の走行位置分布を比較すると中央島直径を短くしたCASE 2 (D=9.0m) の走行位置はCASE 1 (D=12.0m) に比べ、中央島の内側を直線的に走行する割合が増加した。これより、環道内の走行速度も同様にCASE 2はCASE 1 に比べ、高速車両の割合が増加する結果となった。

b) 環道中心の偏心による走行位置の分布の比較

図-8 はビデオ調査解析の結果から CASE 1・CASE 2 の環道走行位置の分布を示したものである。

環道中心は、交差点中心より北西に 0.7m偏心しており、従道路の C→D 方向、D→C 方向の流入部から流出部の見通しが異なるため、直進交通の環道内走行位置に影響を与えることが予想された。

この偏心の影響を環道内走行位置でみると、流入部から流出部の見通しがよい C→D 方向の走行位置が D→C 方向に比べ中央島側 (内側) を走行する車両の割合が増加した。すなわち、C→D 方向の車両は D→C 方向に比べより直線的に走行していることが伺え、しかもCASE 2の方はCASE 1に比べ中央島が小さいため、よりエプロン側を走行する結果となった。

■CASE 1 : 2014. 1. 23

■CASE 2 : 2014. 3. 4

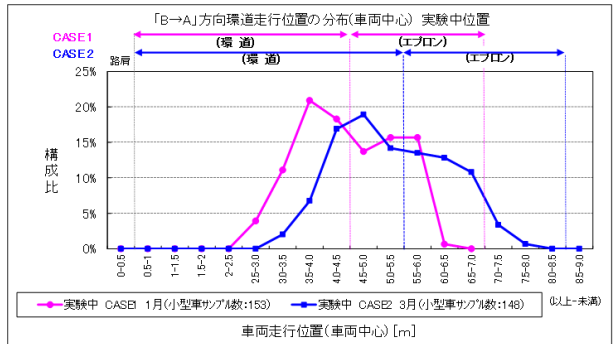
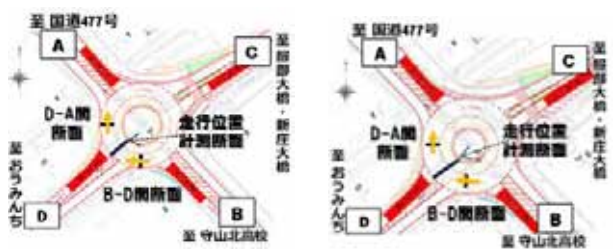
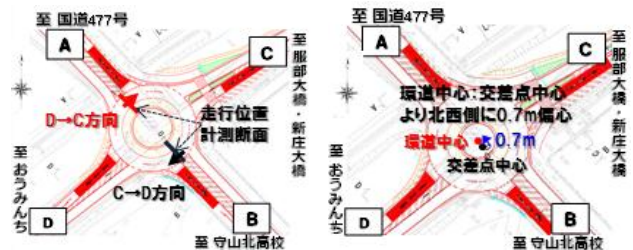


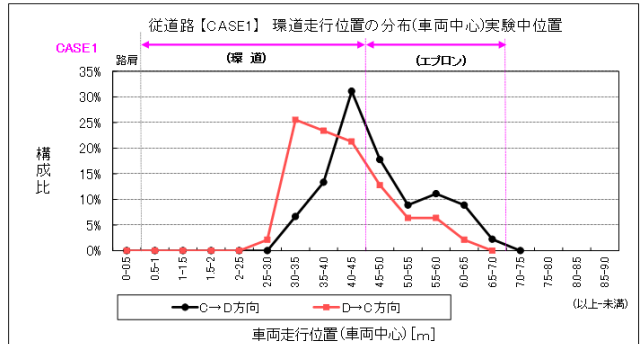
図-7 「B→A」方向の環道内走行位置・速度の比較 (CASE 1⇔CASE 2)

○計測断面

○環道中心の偏心



○CASE 1 の走行位置分布の比較



○CASE 2 の走行位置分布の比較

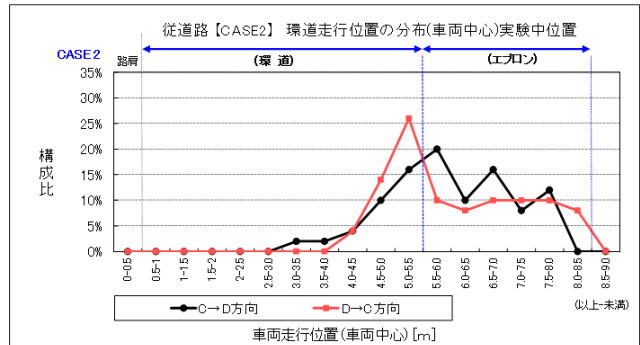


図-8 「C→D・D→C」方向の環道内走行位置分布の比較 (CASE 1・CASE 2)

c) 流入車の流入時における一時停止状況

図-9は流入車の流入時の一時停止・徐行構成比を示したものである。

一時停止・徐行割合については、主道路のA流入車、B流入車は約7割以上が「徐行」で環道へ進入し、特にB流入車の徐行割合が9割程度と高くなった。一方、従道路のC流入車、D流入車は5割程度が「停止（一時停止）」して環道へ進入する結果となった。

■CASE 1 : 2014. 1. 23

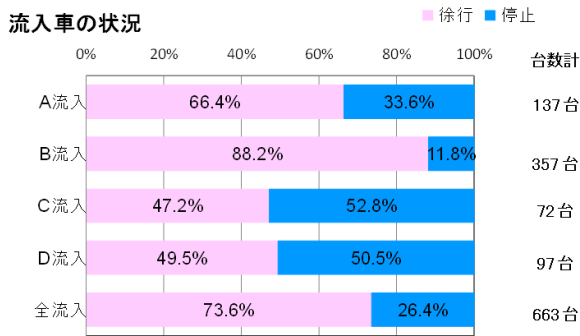


図-9 流入車の流入時の一時停止・徐行構成比

d) 流出時の左ウィンカー点灯状況

図-10は流出時の左ウィンカー点灯状況を示したものである。

主道路のA流出車、B流出車は9割程度が「左ウィンカー点灯なし」で環道から流出している。従道路のC流出車、D流出車は主道路より「左ウィンカー点灯（4割程度）」の割合が増加するが、6割程度が「左ウィンカー点灯なし」で環道から流出する結果となった。

■CASE 1 : 2014. 1. 23

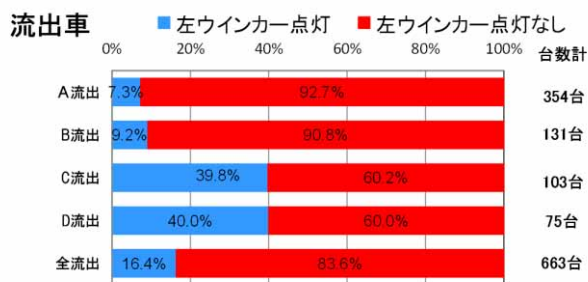


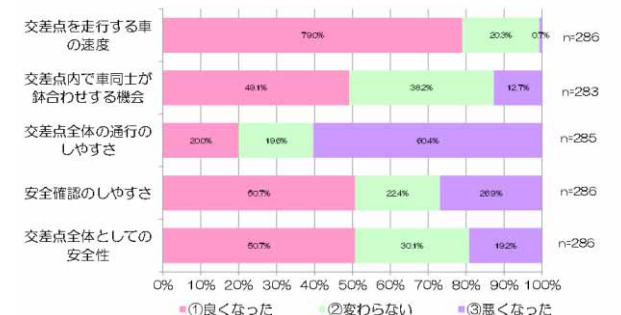
図-10 流出時の左ウィンカー点灯状況 (CASE 1)

e) アンケート調査の結果

図-11は回答者の視点から見た安全性・通行のしやすさの変化を示したものである。

回答者の約8割が「交差点を走行する速度が遅くなった」と感じ、回答者の約5割が「交差点内で鉢合わせする機会が少なくなった」、「安全確認がしやすくなった」と感じ、これらより回答者の約5割が交差点全体として安全になったと感じている結果となった。一方で

「通行のしやすさ」については回答者の約6割が「通行しにくくなった」と感じている結果となった。これについて、この回答の主な理由を自由回答欄の意見（45件）からみると、4割が「交通ルールが守られていない」に関する回答であった。従って、交通ルールの周知・徹底により利用者に通行しやすい交差点になると考えられる。



項目	属性	回答数	割合
①年齢	70歳以上12.8%、60歳代27.1%	18	40.0%
	50歳代13.1%、40歳代19.4%		
	30歳代12.3%、20歳代4.0%		
	20歳未満11.4%		
②通行頻度	・ほとんど毎日32%	7	15.6%
	・月2~3回26%		
	・週2~3回19%		
	・ほとんど利用しない		
③通行目的	・家事・買い物54%、・通勤26%	3	6.7%
	・業務12%、・その他8%		
④交通手段	・自動車81%、・自転車15%	3	6.7%
	・二輪車2%、・その他2%		
合計		45	100.0%

	交差点を走行する車の速度	交差点内で車同士が鉢合わせする機会	交差点全体の通行のしやすさ	安全確認のしやすさ	交差点全体としての安全性
「良くなった」の解釈	遅くなった	少なくなった	通行しやすくなった	安全確認しやすくなった	安全になった
「悪くなった」の解釈	早くなった	多くなった	通行しにくくなった	安全確認しにくくなった	危険になった

図-11 アンケート調査結果

5. おわりに

今後の課題としては本格導入に向けて、より安全性を高める幾何構造（中央島直径、エプロン部の段差、環道中心の位置、横断歩道の設置個所）を検討することが望まれるほか、今後の道交法の改正を踏まえ、利用者への交通ルールの周知・徹底を図っていくことも望まれる。

6. 謝辞

ラウンドアバウト社会実験の協議会においては、滋賀県警察本部交通規制課、守山警察署、立田町自治会、立命館大学理工学部の塩見康博先生、近畿地方整備局滋賀国道事務所、滋賀県道路課そして滋賀県南部土木事務所の皆様方に参加いただき、貴重なご意見を賜ったほか、社会実験の全般について、名古屋大学大学院・中村英樹教授、日本大学・森田紳之客員教授にご指導を賜り、皆様方と先生方に感謝申し上げます。

参考文献

1) (社)交通工学研究会：ラウンドアバウトの計画・設計ガイド(案)Ver1. 1, 2009

河川工事における特別天然記念物 オオサンショウウオの保護について

浅井 健太

奈良県 県土マネジメント部 宇陀土木事務所 復旧復興課 (〒633-2166 奈良県宇陀市大宇陀迫間 90-1)

平成 23 年 9 月に発生した台風 12 号の紀伊半島大水害により、宇陀土木事務所管内の河川が被害を受けた。災害復旧工事を進める上で、特別天然記念物オオサンショウウオ保護及び生息環境への配慮が課題となった。

キーワード 河川工事, 特別天然記念物オオサンショウウオ, 災害復旧

1. はじめに

特別天然記念物オオサンショウウオ(写真-1)とは、日本特産かつ世界最大級の両生類で、全長が1.0m以上に成長する個体もまれでなく、最大1.5mにも成長する。その形態が約3千万年前からほとんど変化していないことから“生きた化石“とも呼ばれている。

昭和27年には国の「特別天然記念物」に指定され、環境省レッドリストでは絶滅危惧種Ⅱ類(VU)に分類されている。(図-1) また、奈良県では、注目種として選定している。

平成24年3月に三重県教育委員会と奈良県教育委員会が「特別天然物オオサンショウウオ保護管理指針2012」(以下、「保護指針」)を共同策定した。

管内でこの「保護指針」の対象となるのは、宇陀市・曾爾村・御杖村で、河川工事を行う際は、オオサンショウウオの生息調査及び保護調査等を実施し、生息環境に配慮する必要がある。(図-2)



写真-1 オオサンショウウオ

絶滅 (EX)	我が国ではすでに絶滅したと考えられる種
野生絶滅 (EW)	飼育・栽培下あるいは自然分布域の明らかに外側で野生化した状態でのみ存続している種
絶滅危惧Ⅰ類 (CR+EN)	絶滅の危機に瀕している種
絶滅危惧ⅠA類 (CR)	ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの
絶滅危惧ⅠB類 (EN)	【A類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの】
絶滅危惧Ⅱ類 (VU)	絶滅の危険が増大している種

図-1 環境省レッドリストのランク



図-2 オオサンショウウオ地域区分図

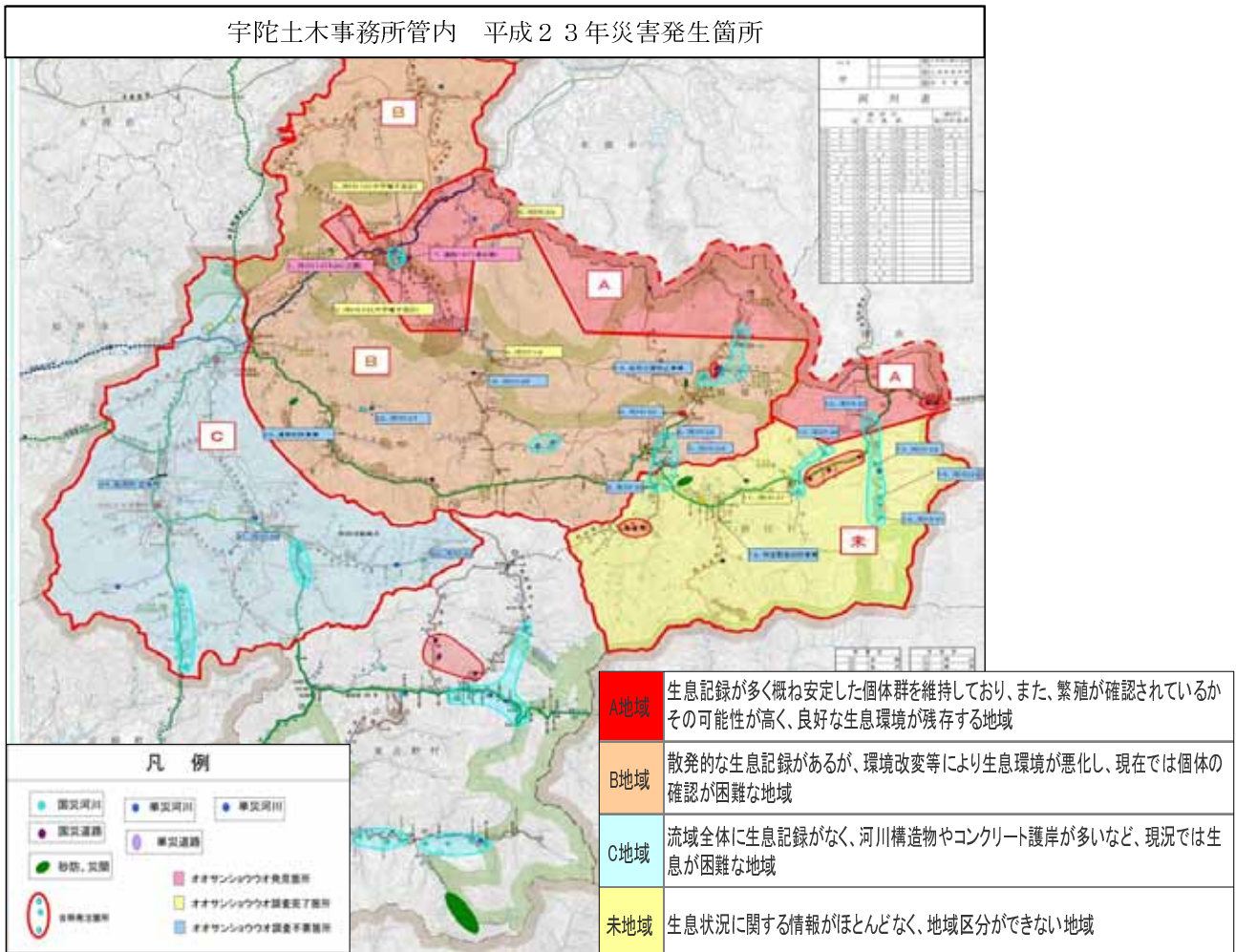


図-3 宇陀土木事務所管内災害箇所図

2. 紀伊半島大水害の被害状況

平成23年の紀伊半島大水害により、管内では68箇所（内道路20箇所、河川44箇所、砂防4箇所）で災害が発生した。（図-3）

河川では護岸や落差工及び水叩き等が倒壊、流出等の損傷を受け（図-4, 5）、管内のオオサンショウウオ保護指定区域内での河川被災箇所は22箇所となった。



図-4 落差工、水叩き損傷状況写真



図-5 護岸損傷状況写真

3. 「保護指針」について

災害復旧工事を進めるにあたって、平成23年10月～12月に災害査定を実施し、その後、平成24年2月に奈良県教育委員会文化財保存課から「特別天然記念物オオサンショウウオ保護指針」（案）を策定する旨の説明があった。平成24年3月に「保護指針」が策定され、保護調査

及び現状変更許可申請書の手続きについて関係機関と協議を行った。また、埋蔵文化財等の事前協議に特別天然記念物オオサンショウウオに関する事項が追加された。

平成 24 年度は、災害復旧を進める必要があり、保護調整会議を開催して、保護対象工事箇所を決定するという手順を踏めなかった。

平成 25 年度は、「保護指針」の事前協議フロー(図-6)に基づき、奈良県で初めて保護調整会議を開催した。

平成 26 年度も引き続き同会議を開催し、生息調査及び保護調査を実施し、オオサンショウウオの保護対策に努めている。

める為、保護調整会議を開催せず写真、図面、施工方法等の説明資料に基づき、文化財保存課及び有識者と協議の上で保護調査実施予定箇所(10 箇所)を選定した。後日、保護調査実施予定箇所について、文化財保存課及び有識者と現地で確認を実施した結果、保護調査実施箇所 7 箇所(室生川、菅野川、阿清水川)を選定した。「保護指針」に基づき、工事着手時における水替え、瀬替えの施工に合わせて保護調査を行った結果(図-8)、室生川において、オオサンショウウオが 19 匹(内、幼体5匹)発見された。(図-9)

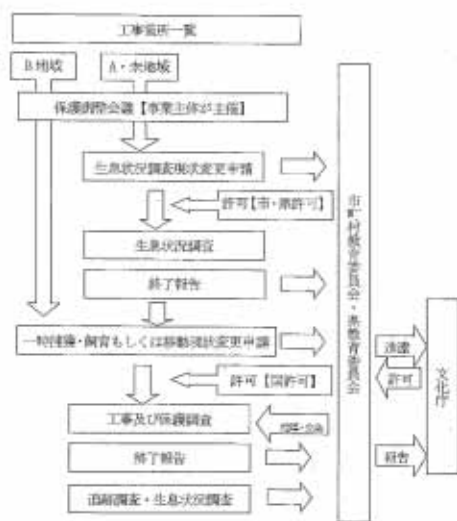


図-6 事前協議フロー図



図-7 平成 25 年度 保護調整会議

4. 現地調査について

平成 24 年度、河川の災害復旧箇所22箇所(A 地域:6 箇所、B 地域:7 箇所、C 地域:2箇所、未地域:7 箇所)については、災害復旧工事着手に向け早急に手続きを進



図-8 工事着手時の保護調査状況



図-9 保護調査で発見された個体(成体、幼体)

5. 保護調査

平成 24 年度の災害復旧箇所において、工事着手時の保護調査でオオサンショウウオの幼体(生後5年以内で体長 8.8~13.2cm、体重 4.1~18.0g)が発見されたので、生息環境として良好な環境で繁殖している事が、奈良県において初めて確認された。幼体が発見された室生川付近は、繁殖環境として良好であり産卵巣穴があると考えられる。発見されたオオサンショウウオについては、一時保護して個体の計測、識別用のマイクロチップを埋込、組織の一部を採取し DNA 分析を行い、観察後に有識者の指示のもと上流へ放逐した。



図-10 計測機 一式

6. 個体の保護について

保護調査の結果を踏まえて、落差工にオオサンショウウオが自然に上流下流へ移動ができるように寄石(約 100 個の石積重ねたスロープ、高さ 0.9m、幅 5.6m)の設置(図-11, 12,13,14)や、オオサンショウウオが身を隠せ、繁殖ができる人工巣穴(ヒューム管、直径 20cm 長さ 2.0m)の設置等(図-15, 16)を行い生息環境の保護に努めた。



図-14 設置したスロープを遡上する状況

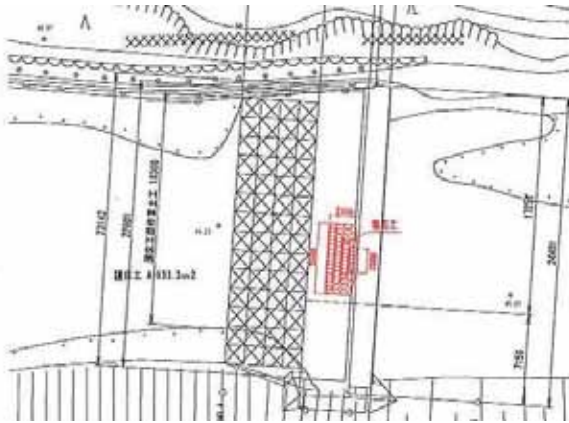


図-11 平面図(スロープ)

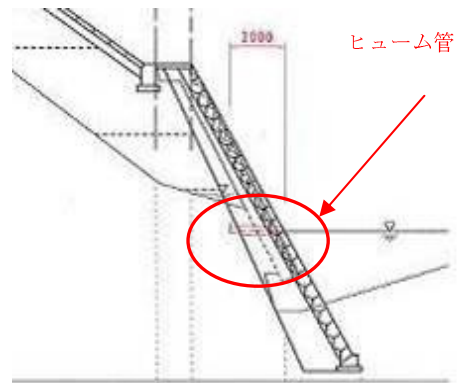


図-15 断面図(人工巣穴)

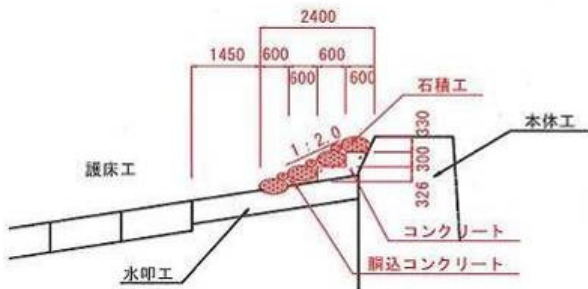


図-12 断面図(スロープ)



図-16 人工巣穴完成写真



図-13 寄石(スロープ)完成写真

7. 今後の課題

今後、「保護指針」が対象としている生息地域内の河川工事を行う際は、保護調査を行ってオオサンショウウオが継続して繁殖出来る自然豊かな川を残していく必要がある。また、今回設置した人工巣穴やスロープ等のメンテナンスや、今後、保護対策を行う際、設置する構造・設置箇所の検討が必要である。(図-17, 18)

これからは、行政と有識者の一部だけではなく、地域住民等も含めた関係者全員にオオサンショウウオのPRを行

い、保護に対する意識向上を図っていく必要がある。

チュウゴクオオサンショウウオが、食用やペットとして輸入され野外に放逐、逃亡し、特定の区間では、現在、ほとんどの個体が交雑個体に置き換わっている。本来生息していたはずの日本固有の特別天然記念物オオサンショウウオが消滅する恐れがあることから問題となっており、保護調査時のDNA鑑定で在来種、外来種及び交雑種であるか判定してから放逐し、在来種の保護に努めている。

今後、保護対策を実施する為の予算確保や、外来種(交雑種)の対応について課題となる。



図-17 他の事例(大型ブロック)



図-18 他の事例(スロープ)

8. まとめ

オオサンショウウオを取り巻く環境は、河川工事や道路改良工事に伴う川岸のコンクリート化や、生息環境の悪化、また外来種の問題等あり大変厳しいものである。

今後も、「特別天然記念物オオサンショウウオ保護管理指針 2012」に基づき、河川工事に先立ち保護調査の実施と保護対策が必要な箇所については、専門家とも相談しながら保護対策工事の積極的な実施に努めていきたい。

同一流域の三重県は、災害査定時にオオサンショウウオの生息・産卵場所を確保するブロックや人口巣穴等の保護対策を当初から盛り込んで査定を受けている。

今後、奈良県も三重県と情報交換等を行い、災害査定時からオオサンショウウオの保護に努め、この先もオオサンショウウオが生息・繁殖できる自然豊かな川を残していく必要がある。

PR用パンフレット

大和川河口域の河道安定管理に向けた 土砂動態調査報告

宮田 大悟¹

¹大和川河川事務所 工務課 (〒583-0001大阪府藤井寺市川北3丁目8番33号)

大和川は河口域の流下能力確保策として河道掘削を展開してきた。掘削後に起こりうる応答性による河床変動を注視し、中長期視点での持続的な流下能力管理を行っていく必要がある。ライフサイクルコストに優れた効率的河道管理立案のために、まず河床変動の実態と特性を解明し、施策評価として再現精度の高い水系土砂移動モデルを構築する。今回はモデルパラメータ設定及び精度検証においての基礎となる現地の連続観測データについて、約3年にわたり調査を実施した手法と結果について中間報告を行う。

キーワード 河床変動調査 土砂移動 洪水時流砂量調査 河積管理

1. 大和川の概要

大和川の下流域（大阪府域）では、1704年の付替えによって築造されたいわゆる人工河川であり、河床勾配、河川幅等も人為的に定められたものを起源に形成されている。古くから河口域の土砂堆積は顕著であったと記されているが、昭和初期からしばらくは埋立土砂確保、航路確保のための浚渫等により、塩害防止の潮止め堰、河床低下防止として帯工が設置されたほど河床高は大幅に低下した経緯がある。しかし浚渫が終了するとともに再び河口部は堆積傾向に転じた。その後昭和57年8月洪水を受け、治水に対する気運が高まったことを受け、以降は主に河川事業として河道掘削が展開されている。

2. 本調査の背景、経緯

大和川は2013年11月に策定した河川整備計画に必要とされる流下能力を確保した後は、それを維持するために河道を安定的に管理する段階にシフトすることとなる。流下能力の維持にあたっては、ライフサイクルコスト、河川環境への影響に配慮した施策の立案・展開が求められる。

その検討ツールとして、大和川の河床変動の特徴を的確に捉えた将来再現性の高い土砂移動モデルを構築し、様々な施策をシミュレートし、施策評価することが必要である。モデルパラメータ設定、モデル検証には長期の実測データ蓄積が不可欠であることから、大和川の河口域を中心に土砂移動に関する各種連続データ観測、さらに土砂移動の支配的要素である洪水時の流砂観測についてモニタリング調査を行い、本報告とした(図1)。



図1: 全体検討プロセス

3. 調査範囲、調査項目

モニタリング調査の区間は、過去より掘削工事を展開している河口域からおおよそ4kmとした。図2に調査範囲と観測機器設置位置を示す。感潮区間かつ塩分濃度が変化する汽水環境であることから、土砂堆積や水環境にも影響を及ぼしていると想定される。堆積土砂の動態、上流からの土砂供給、塩水遡上等の水質・流動特性及び洪水時の河床変動特性を把握するため、2010年12月より(1)河床材料調査、(2)水位・水質調査、(3)河床高の現地観測(4)洪水時流砂観測を実施している。



図2: 調査範囲 観測機器設置

(1) 河床材料調査

最初に河口域の河床材料・土砂堆積状況を把握するため、河床材料調査、ボーリングによる堆積厚等の調査を実施した

(2) 水位・水質調査

平常時及び洪水時の流動および水質特性を把握するため、水位・水質(水温、塩分、溶存酸素)の連続観測を実施している。なお、水質観測では、底層

(河床上30cm)に測定機器を設置し連続観測を実施した。また海域から上流4.0kの範囲にて水質の鉛直分布について大潮の上潮から満潮にかけて縦断的に計測した。(2011年に2回実施)

(3) 河床高の現地観測

河床変動の一般的な調査手法としてリング法があるが最大洗掘深と堆積厚しか把握できない。一方で河道に大がかりな観測機器を設置すると、漁業、航行への影響や、観測機器周辺の流況影響が発生することから、今回はリング法をベースに圧力式水位計を組み合わせた河床高計測機器を考案した(図3,4)。これにより洪水初期～ピーク流量にかけての河床低下、洪水後期の再堆積の挙動を時系列変化で捉えることができ、より詳細に河床変動特性を把握できる。

観測にあたっては河床上に設置した河床高計測機器とその上部に固定した水位計で観測される水深差を求め、上部水位計の設置標高から河床高を推定した。なお、再堆積後の河床高を把握するため、出水が発生した場合は直ちに河床高計測機器の埋没深を測定している。

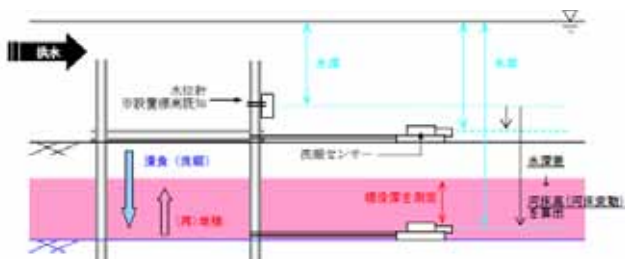
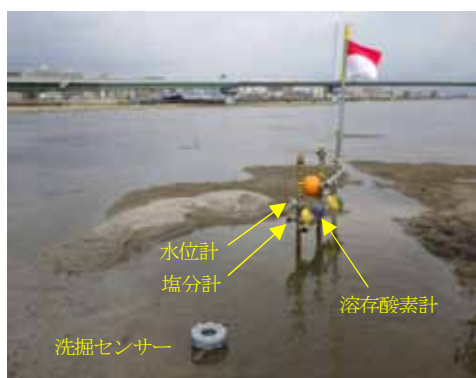


図3(上) : 設置機器

図4(下) : 河床高計測機器による観測方法

(4) 洪水時流砂観測

洪水時に流下する土砂の物性および供給量は水系の土砂移動特性の中でも重要な要素といえる。推定式でも算出は可能であるが、水系ごとに特徴がある場合が多いことから、実測データによる確認が望ましく、今回洪水時の土砂供給について現地観測を行った。(2012、2013年)

観測方法については2012年は橋梁等からバケツや、ウエイトをつけたホースを投下してサンプル採取し

ていたが、早い流れや流下物の影響が大きく、一般的に流砂量の大きい中～低層部(河床付近)のサンプルを得るのに苦慮した。2013年は観測手法を改良し、流量観測用のH鋼に小型ポンプを設置する採水方式を考案し、また水質自動観測装置の採水機能も利用することで安定的に中層及び下層部分の3層採水が可能となった。観測位置は基準点である柏原観測所(大和川17k)と主要支川である石川の合流点付近(大和川18.4k)、大和川本川の藤井観測所(大和川25.4k)の3地点で行った(図5,6)。



図5(左) : 洪水時流砂観測位置

図6(右) : 洪水時流砂観測機器

4. 観測調査結果 (2010年12月～)

得られた過年度の観測データを踏まえ、大和川下流部の水位、水質(溶存酸素、塩分)および河床変動の特徴についてとりまとめる。平常時と洪水時に局面を分類して述べる。

(1) 平常時

1) 水位、水質(溶存酸素、塩分)

- ・潮位変動は約3.0kまで伝搬している(図7)。
- ・横断方向に顕著な違いはない。
- ・溶存酸素は、大阪湾由来の貧酸素水塊の影響を受けるため河口域で貧酸素傾向が顕著である(図8)。
- ・塩分は基本的に1.6k付近まで遡上している(概ね毎潮汐)(図8)。
- ・遡上形態は弱混合型であり、淡水(河川水)は水面下を薄く流下している。

2) 河床変動

- ・大きな変化は見られず、河床は安定している。

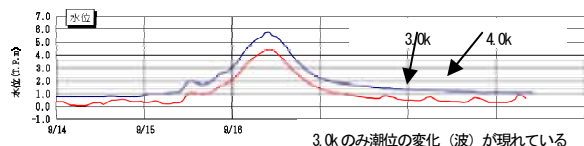


図7 : 水位計の水位データ

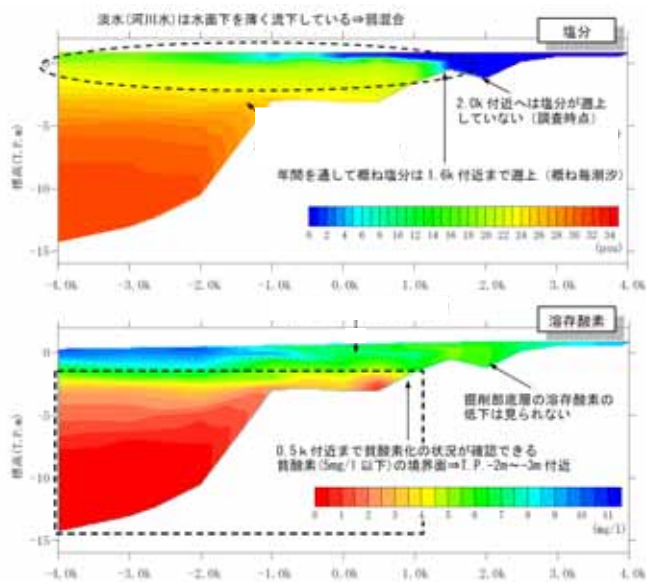


図8：平常時の塩分及び水質の分布状況（2011年7月観測）

(2) 出水時

1) 水位、水質（溶存酸素、塩分）

- 100~200 m³/s 程度の出水による水位上昇や塩分低下といった影響は、0.0kまで生じている。
- 横断方向の水位変動に顕著な違いはない。
- 河床が顕著に動き始める500 m³/sの出水では、潮位によらず河川水は全層で流下し、-1.0kより下流側へ海水はフラッシュされる。
- 出水時における塩分の低下と同時に、上流からの供給または鉛直混合の発生等により、貧酸素化し

ている河口部の-1.0kの底層溶存酸素濃度が上昇する。ただし、すぐに出水発生前の状況に戻る。

2) 河床変動

約3年間の河床変動観測データについて図9に示す。

- 一部を除き、出水ごとに河床低下や再堆積を繰り返しながら、やや低下傾向にある箇所も見られるが観測期間においては全体として動的に安定している。
- 3.0kに設置したセンサーについては緩やかではあるが堆積傾向を示しており、これはセンサー設置以前の2011年に実施した河道掘削工事の応答性によるものと推察される。
- 500 m³/s 未満の出水時における河床変動は全体的に小さく、500 m³/s を超える出水時に顕著に変動している。
- 多くの場合、1洪水中に河床低下（立ち上がり〜ピーク付近）と再堆積（低減期）が発生しており、小中規模の洪水での洪水前後の顕著な河床変化（正味の河床高変化）は見られず、動的な平衡状態にある。
- 1000 m³/s（年最大流量程度）規模の洪水においては全域的に50cm程度の侵食、堆積が発生し河床が攪乱されている。底生生物の生息域としては厳しい環境となっていると予測される。
- 2013年9月の台風18号による洪水では大和川において氾濫危険水位を上回る流量となり、戦後有数の記録的洪水となった（柏原観測所約2,000 m³/s※速

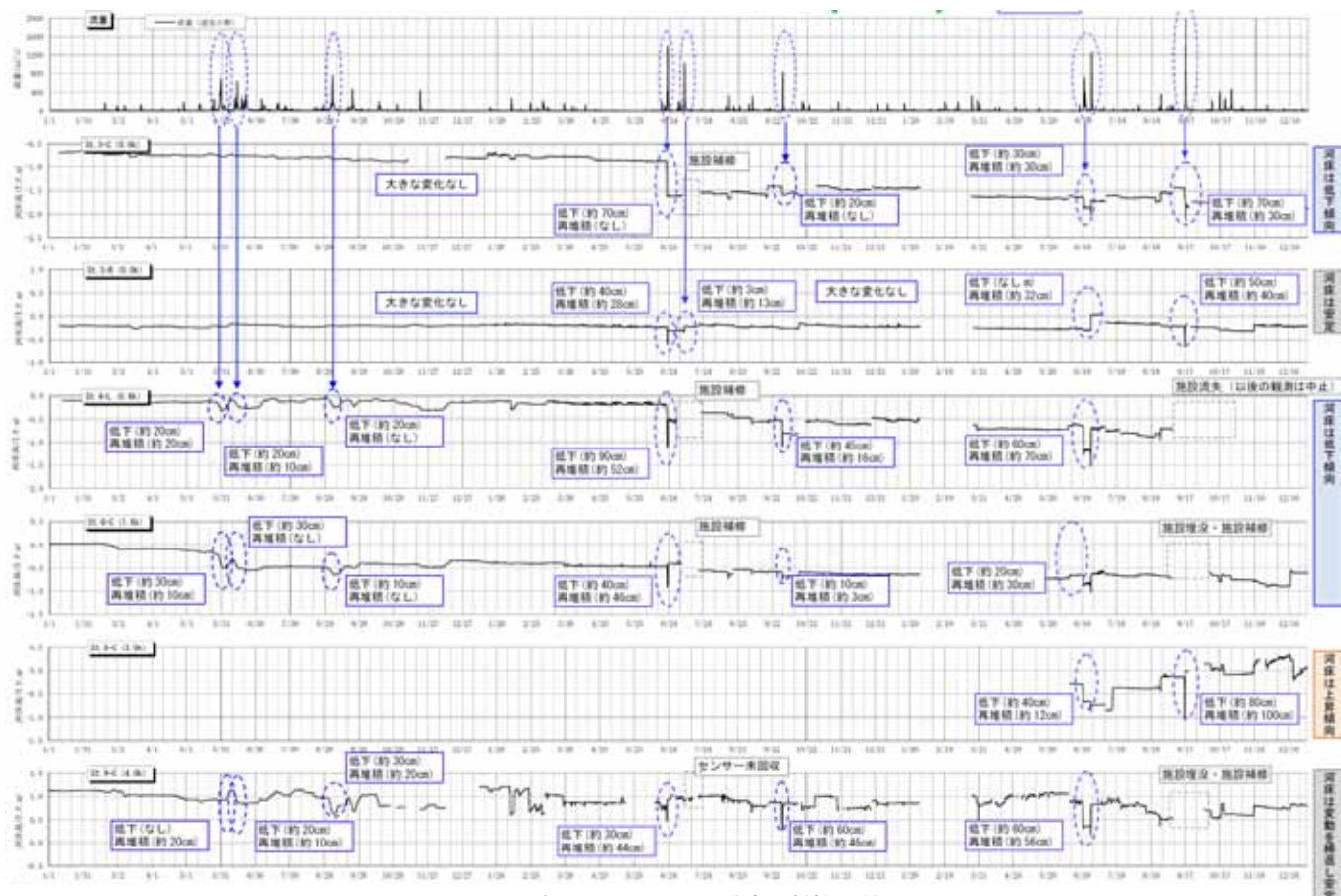


図9：洗堀センサーによる河床高の連続観測結果

(平成23年1月~平成25年12月 センサー番号の末尾は左右位置を示す：右岸(R) 左岸(L) 中央(C))

報値 生起確率約1/5)。観測されたデータでは洪水初期に約80cm 河床が低下し、その後約100cm 再堆積と大規模な河床変動が見られた。また本洪水により埋没もしくは流出した機器もあり、機器設置根入れが1.2m程度あったことから、広い範囲で1m程度の河床低下と堆積が発生していたものと推察される。このような生起確率の比較的低い洪水の河床変動の観測データは非常に貴重であった。

3) 洪水時流砂観測

洪水流砂量観測については2013年度に3回採水を実施した。そのうち1回は先述した台風18号洪水も含まれており、以下にSS値の結果を示す(図10)。

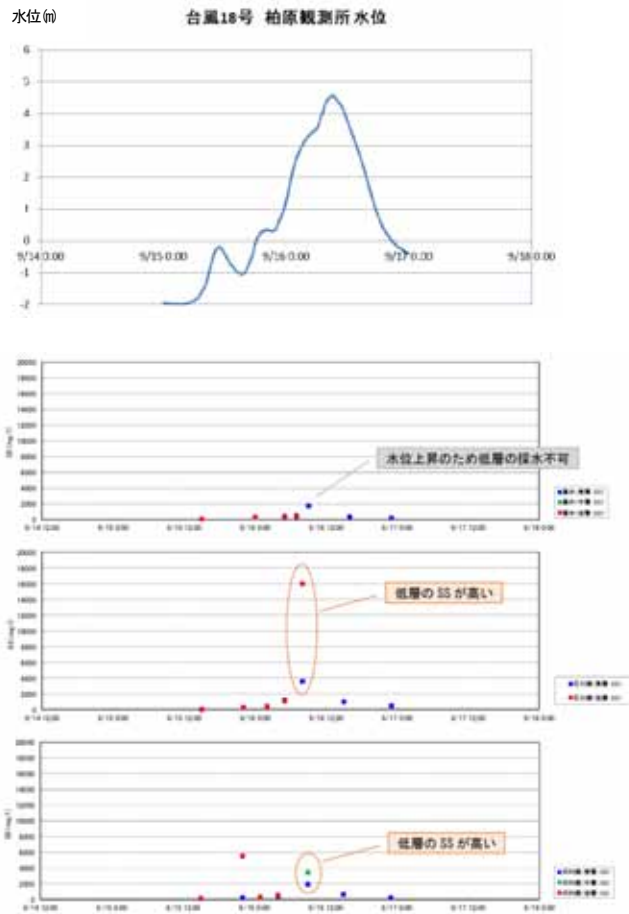


図10：台風18号柏原観測所(17k)水位と洪水サンプルSS計測結果
(上：藤井観測所 中：石川合流点 下：柏原観測所)

SSの測定値は各地点とも水位上昇にもなって上昇し、水位の低下にもないSSが低下するといった流量変動に応じた変化が確認された。また、流量のピーク時には、石川合流点と柏原観測所で表層のSSより中層または底層のSSが高くなった。

粒度分布に関しては代表粒径は各地点とも概ね20～100 μ mの範囲にあり、出水初期に大きく後期に向けて小さくなる傾向となった(図11)。

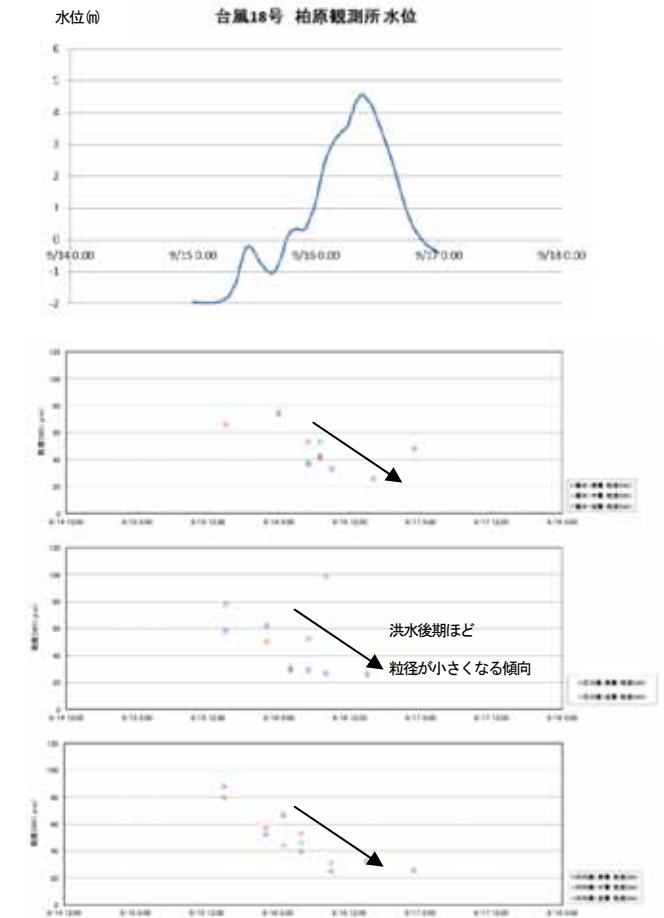


図11：台風18号洪水サンプル粒度計測結果
(上：藤井観測所 中：石川合流点 下：柏原観測所)

以上の調査結果について浮遊土砂量と流量との関係を推定した。

第1回(2013.6.20-21)、第2回(2013.6.26)、第3回(2013.9.15-16 台風18号)の出水時の調査結果に基づく浮遊土砂量と流量との関係は、我が国の一般的な範囲に含まれている。ただし石川は流量あたりの浮遊土砂量が比較的多いことが伺える(図12)。

第3回(2013.9.15-16 台風18号)の出水時の調査結果の特徴として、水位が高水敷を超えた後に浮遊土砂量が増加していることが挙げられる(図12)。これはサンプル水色が顕著に変化したことでも確認できている。

減水時は増水時より流量あたりの浮遊土砂量が多いことから、攪乱頻度の低い高水敷由来の細粒土によるものと考えられ、低水路における掃流砂とは、流出形態が異なるものと考察した。

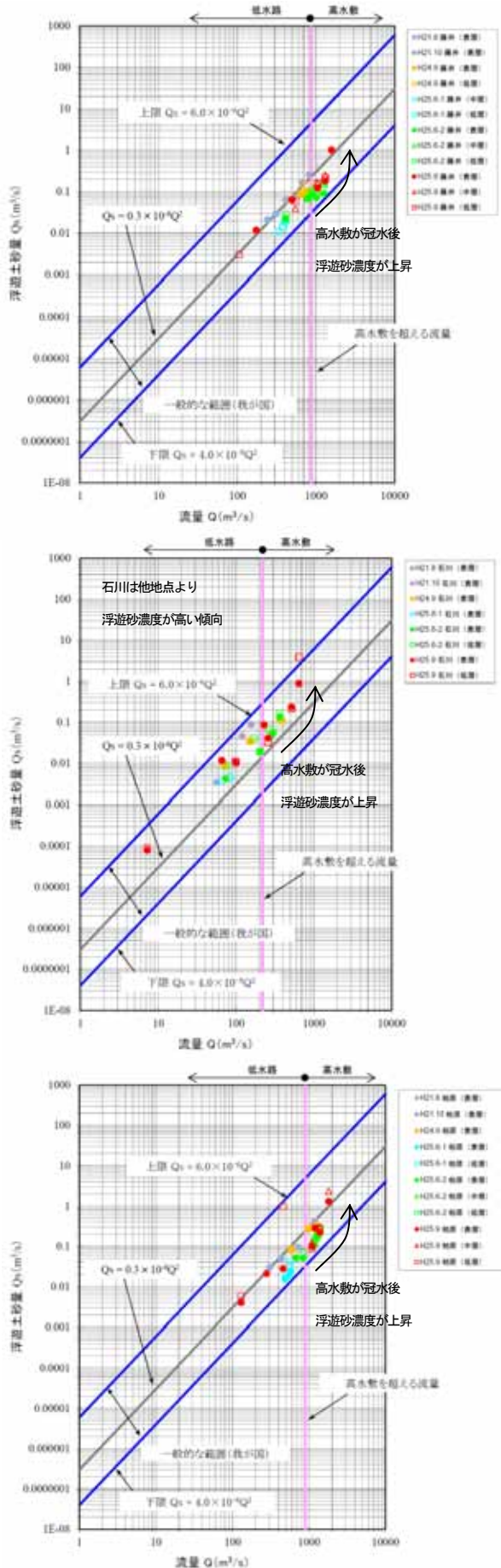


図12：洪水時の浮遊土砂量-流量 (Q-Qs)
(上：藤井観測所 中：石川合流点 下：柏原観測所)

5. 本調査における課題と留意点

(1) 設置機器がもたらす洗掘影響

今回、圧力式水位計を用いて河床の変動を確認したが、設置機器自体から生じる局所洗掘の発生について留意する必要がある。

図13はピーク流量300m³/s および800m³/s 程度の洪水時における河床高計測機器と施設固定杭に設置した鉄製リングの比高差を示しており、マイナス値が施設周囲で局所洗掘が生じていることを示している。今回、固定杭とセンサーに離隔をもうけて局所洗掘の影響低減に配慮した構造としている。

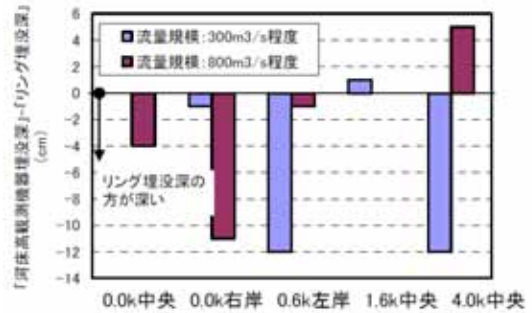


図13：河床高計測値と、固定台のリングとの比高差

(2) 砂州の移動の発生影響

2013年の台風18号出水では、左岸の干潟が消失し、その直下流の砂州が拡大した。河床変動測定値はポイント（1点の標高）であり、それを周辺の河床高として取り扱う前に、砂州の移動など局所的な河床変化にも注目しておく必要がある。

出水後のデータ収集の際に、周辺の砂州の形成、移動状況について記録し、河床が全体的に変化したのか、限定的なものかを確認しておくことや、センサーの横断方向への複数配置等が有効である。

6. 今後の土砂移動シミュレーションモデル構築の方針

現在、得られた観測データを基に土砂移動モデルを構築しているところである。現在の検討モデルとその検討範囲について表1に示す。

表1：土砂移動モデル検討イメージ

モデル	再現レベル	解析時間	検討範囲
1次元土砂移動モデル	区間の土砂移動量 (距離標準単位での平均河床)	短時間 整備計画期間のシミュレートが可能	中長期的な土砂移動をボリューム的に把握。維持管理費用シミュレーションが可能
2次元、3次元土砂移動モデル	平面2次元的な河床変動 (メッシュ単位)	長時間 洪水期間程度のシミュレートが可能	詳細な土砂移動現象の把握。導流堤など河道整備による効果の評価が可能

検討範囲における10年以上の中長期的な土砂移動をボリューム的に把握することを想定し、一次元土砂移動モデルを構築する。基本的にはこのモデルを基本に河道計画の方向性を見極めていく。

また、大和川河口域では海水との密度差が生じるため、表層付近と底層付近では流れや水質は不均質であり、洪水流や潮汐流、海水との化学的結合によって掃流・浮遊している可能性も考えられる。

さらに、今後具体的な河道計画立案段階となった際、水勢工や導流堤、掘削形状の工夫など左右岸で一様ではない施策も想定されることから、それらの評価については2次元、3次元による土砂移動シミュレーションが有効であり、モデル構築を進めていく。現状では演算処理時間の問題があり中長期的なシミュレートには向かないが、単一洪水における精密な評価ツールとして開発を進める。

7. 今後の河道管理施策の方向性

整備計画河道確保後の安定的な流下能力維持は、インフラ全般の維持管理費が増大している昨今においての財政的な要請でもある。「流下能力が得られる最小限での都度掘削」から、ライフサイクルコストの最適化を目指した河道管理へシフトすることを主眼として検討していく。適切な河道管理方策を立案する上での現段階の検討方向性について述べる（図14）。

ライフサイクルコスト=インシャルコスト+メンテナンスコストであり、河道管理に当てはめた場合、流下能力維持コスト=堆積抑制のためのコスト+掘削コストと置き換えられ、掘削コストについてはアプローチとして掘削ボリュームの最小化と、掘削単価の低減の双方から展開することができる。

例えば、除去しやすい位置での低頻度・大ロットの効率的な維持掘削など工事における掘削単価の低減も重要な視点であり、他にも土砂受け入れ先、運搬方法などの社会的条件も関与する。

また、堆砂抑制については今後土砂移動モデルを用い評価選定を行う。例えば、堆砂が顕著で流下能力確保が厳しい区間の下流側の水位を低下させた場合、水面勾配がつき当該区間の流速が上昇するため、下流側に堆砂が誘導され、長期的には当該区間の堆砂量を減少させるとのシミュレーション結果が得られている。ダムや堰におけるいわば堆砂容量の発想と似ており、ランニングコスト低減に効果が期待できる。しかしその河床形状の整備費用コストがかさむ場合は都度掘削の方が経済的となる可能性もあるため、様々な施策について中長期での全体コストをシミュレートしながら進めていきたいと考えている。

コスト削減の観点	アプローチ	手法例
流下能力不足箇所の堆砂抑制	土砂供給の抑制	植林
	堆砂の抑制 堆砂の誘導 (流速・断面・水面勾配等の調整)	砂防ダム・野砂ダム 導流堤・水勢工 河道断面形状の工夫
掘削コストの抑制	施工単価抑制	浚渫or陸上掘削最適化
	運搬費の抑制	運搬手法の工夫 (のりかき回遊) 運搬ルート短縮
	土砂処分費の抑制	近傍受入先の確保

図14：流下能力維持におけるライフサイクルコスト最適化の考え方

大和御所道路トンネル掘削土処理対策に関する 施工マニュアルについて

吉安 勇介¹

¹近畿地方整備局 奈良国道事務所 調査課 (〒630-8115奈良県奈良市大宮町3-5-11)

京奈和自動車道 大和御所道路のうち御所区間8工区(御所南IC~五條北IC)は、主にトンネル構造による区間である。その計画路線近傍に、鉱脈や変質帯または圧砕岩があり、トンネル掘削土から自然由来の重金属が溶出することについて懸念されている。

トンネル掘削土の適切な処理方法として、自然由来の重金属を含有する岩石の取り扱いについて必要な事項をとりまとめた「大和御所道路トンネル掘削土処理対策に関する施工マニュアル」を作成した。本マニュアル作成にあたっては、専門家・学識者で構成された検討委員会での審議結果や、奈良県をはじめとした関係機関との協議結果を踏まえ、とりまとめを行った。

キーワード 自然由来重金属, ヒ素, トンネル, 施工マニュアル

1. はじめに

京奈和自動車道大和御所道路 御所区間は、橿原高田ICから五條北ICまでの延長約13.4kmの高規格幹線道路である。平成24年3月に橿原高田ICから御所ICまでの区間(6工区)が供用し、平成26年度には御所ICから御所南ICまでの区間(7工区)が供用予定である。御所南ICから五條北ICまでの区間(8工区)については、平成28年度供用予定である。

8工区のトンネル4箇所のうち1箇所(巨勢山トンネル)は施工済みである。残る3カ所のトンネルについて、既往の調査ボーリングコアを用いて重金属類を対象として分析した結果、2箇所のトンネル(新田東佐味トンネルと水泥トンネル)の岩石から土壌汚染対策法の指定基準値(0.01mg/L以上)を超過する自然由来のヒ素が検出された。本事業で発生する重金属含有岩については、改正土対法の対象外となるが、事業者として適切な対応を図るべく、専門家・学識者で構成された検討委員会での審議結果や、奈良県をはじめとした関係機関との協議結果を踏まえ、「大和御所道路トンネル掘削土処理対策に関する施工マニュアル(案)(以下、施工マニュアル)」を平成24年度に作成したので事例紹介する。

2. 重金属含有岩の分布

8工区には花崗閃緑岩、圧砕岩が主に分布しており、小規模な鉱山跡も認められる。

既往の分析値を精査した結果、基準値以上のヒ素溶出がみとめられた岩石は変質した花崗閃緑岩(以下、変質岩)と圧砕岩であった。また変質岩よりも圧砕岩のほうが高い溶出量を示す傾向が認められた。未変質の花崗閃緑岩からは基準を超過した岩石は認められな

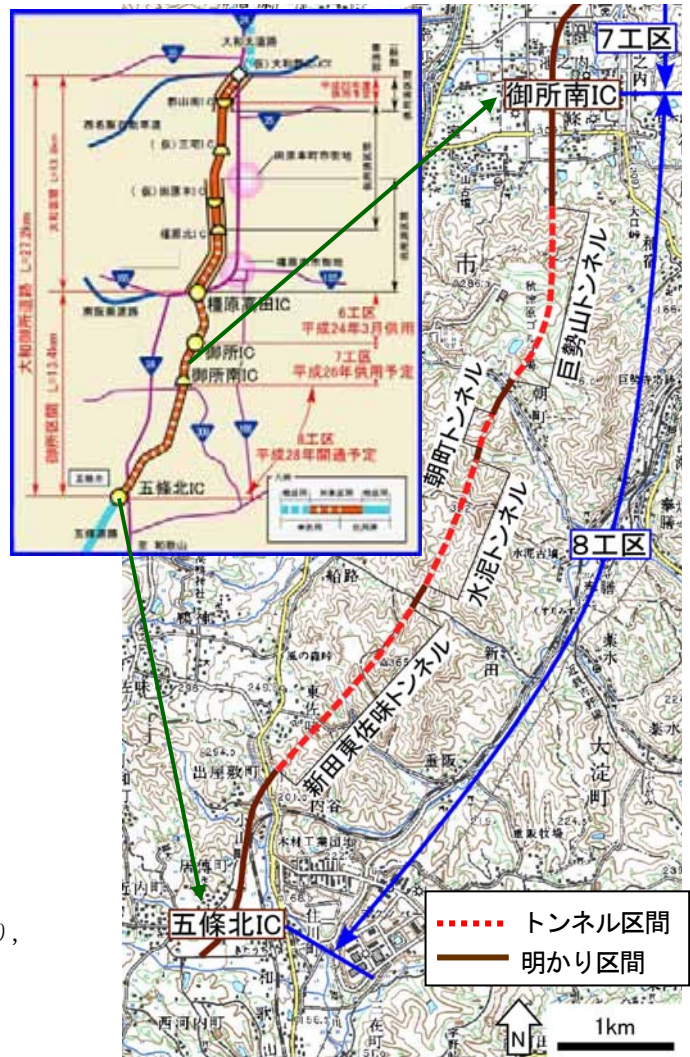


図-1 調査位置図

かった。

なお、ヒ素の判定基準については、改正土対法の基準値を準用することとした。（表-1）

表-1 ヒ素の判定基準

物質	溶出量 (mg/l)	含有 (mg/kg)	第二溶出量 (mg/l)
ヒ素	0.01	150	0.3

(改正土対法の基準値を準用)

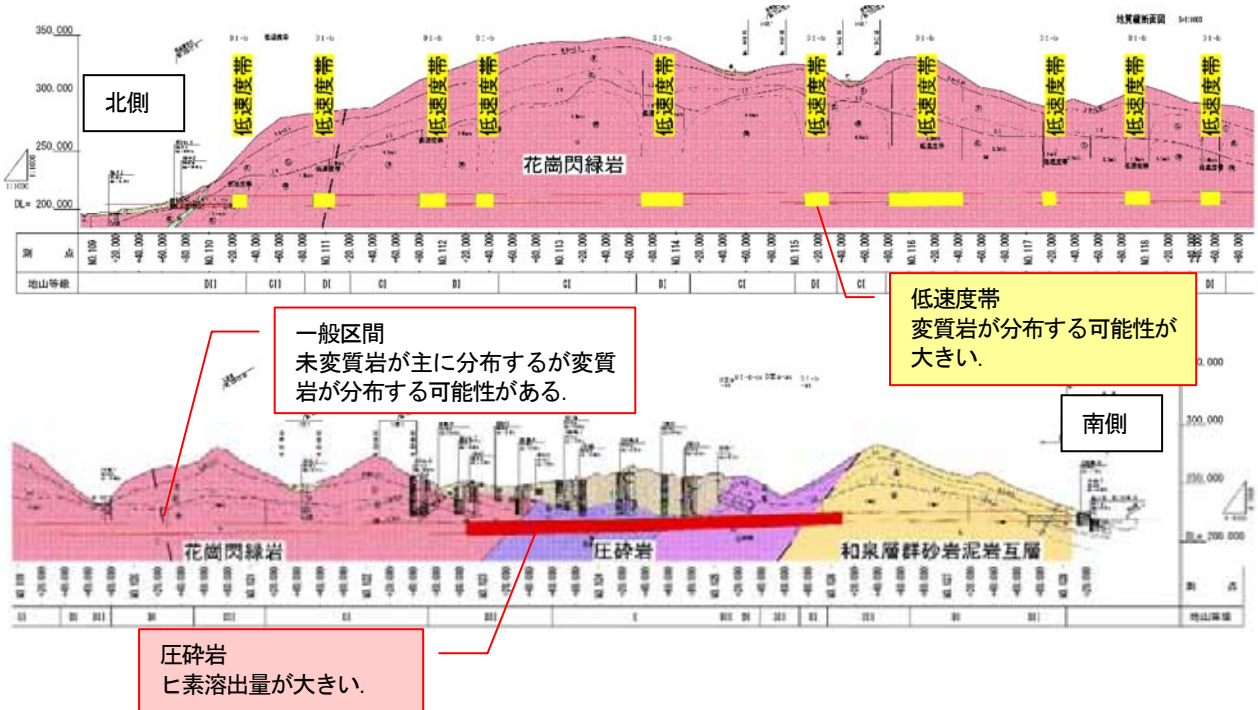


図-2 新田東佐味トンネル地質縦断面図

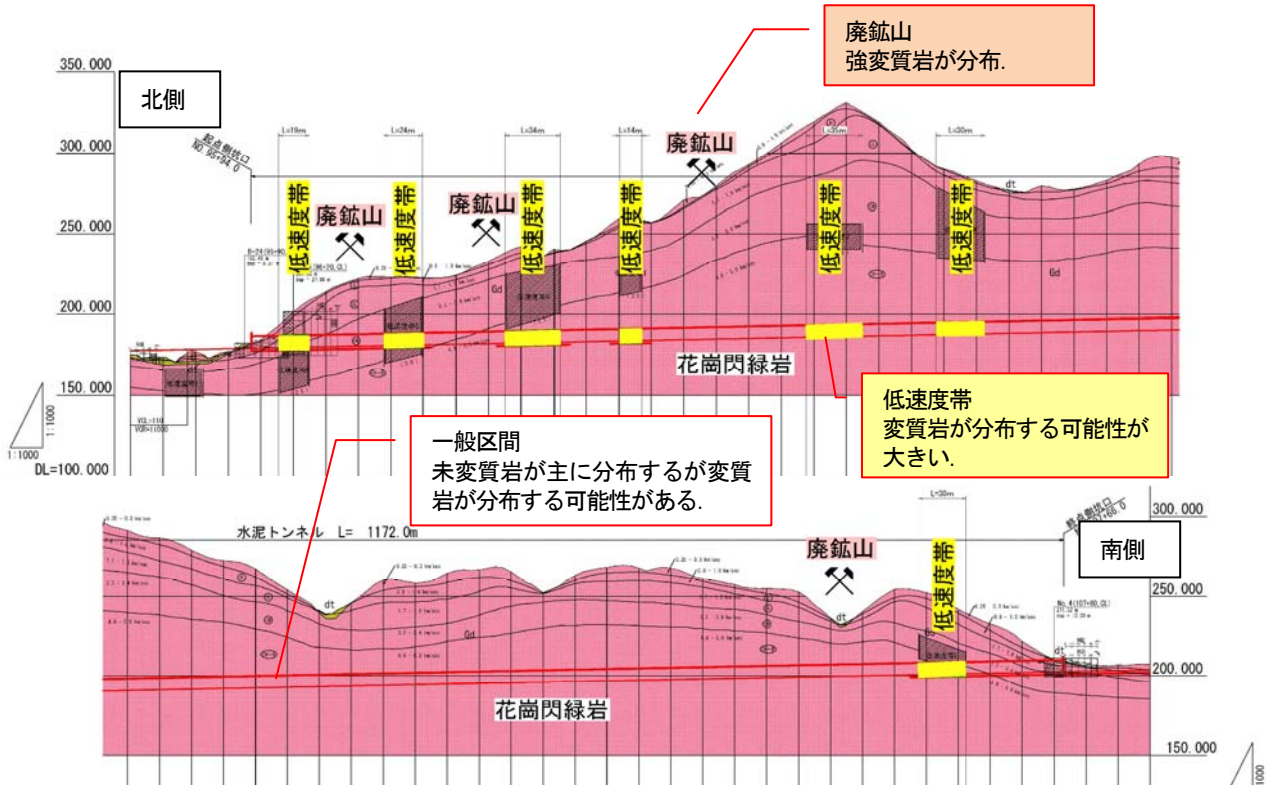


図-3 水泥トンネル地質縦断面図

3. 岩判定に関する課題

(1) 要対策土と対策不要土の判別方法

重金属含有岩の処理費は高額なため、基準値以上のヒ素を溶出する掘削ズリ「要対策土」と「対策不要土」とに分類・判別し、要対策土のみを処理対象とすることで処理費を最小限にしようとした。

まず、圧砕岩については、新田東佐味トンネルの南側にのみ分布すると想定される。(図-2)

次に、変質岩については、熱水(高温の温泉水)変質に伴い形成された岩石で、熱水は岩石の亀裂に沿って流動することから、亀裂が多いと考えられる弾性波探査の低速度帯の周辺に分布すると想定される。以上の検討から要対策土の土量は7.5万³m程度(全体の25%程度)と想定された。(図-2, 図-3)

しかし、変質岩については、亀裂は低速度帯に限らず存在するため、低速度帯以外にも分布する可能性がある。そのため、切羽での岩石判別が必要と考えられた。

岩石の判別は地質技術者であれば肉眼観察により比較的容易に実施できる。しかし複数の技術者の間で判別に個人差が出ることも考えられる。




また掘削期間を通じて常時に地質技術者を確保できない場合もあるため、コアの写真を用いた岩石の判別表を作成することとした(表-2)。実際の工事では、圧砕岩、変質岩、未変質花崗閃緑岩を切羽で肉眼で判別し、圧砕岩と変質岩を分析対象として基準を超過した岩石を要対策土とすることとした。

なお、地山表層は岩石の風化が認められ、風化が進んだ岩石では変質岩か未変質花崗閃緑岩かの区別が難しくなるので、強風化岩は岩石種にかかわらず分析することとした。

分析試料は切羽で掘削土を採取することとした。実際の工事では切羽毎にスケッチを残すため、その際に切羽に出現した岩石の量をスケッチから算出し、偏りのないように岩石を採取して混合した上で分析することとした。これは同じ切羽に複数の岩石種が出現しても切り分けて搬出することが困難であることと、搬出する掘削土全体で重金属の汚染状況を把握する必要があることを踏まえたものである。予想される岩石の出現パターン毎の試料採取方法を表-3に示す。

分析方法は分析に数日かかるが計量法に基づく計量証明書が発行され信頼性が高いため公定法(環境省告示18号, 19号)とした。^{1), 2)}

表-2 変質岩の判別表(案)

区分	コア写真	特徴	扱い
花崗閃緑岩	 <p>(H22-1 22-27m)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石組織が不明瞭。 ・黒い鉱物と白い鉱物の判別が不明瞭。 ・岩石が全体にもろくなっており、土砂状の場合もある。 ・風化や地下水の影響で褐色化する場合もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分析の対象とする。
	 <p>(H22-1 45-50m)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石組織は明瞭。 ・黒い鉱物(角閃石, 黒雲母)に光沢がなく、脱色して緑がかかった色になっている。 ・白い鉱物(斜長石)に透明感がないかごく弱くなっている。 ・亀裂沿いに岩片がもろくなっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分析の対象とする。
	 <p>(H22-1 55-60m)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・粒(鉱物)が集まって形成されている岩石組織が明瞭。 ・黒い鉱物(角閃石, 黒雲母)に光沢がある。 ・白い鉱物(斜長石)に透明感がある。 ・岩石は硬質。 ・風化しても粒状の岩石組織は識別できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・切羽全面に出現した場合は分析しない。 ・分析対象の岩と同時に出現した場合は分析する。

(2) 要対策土の処分方法

掘削土の判定・処理フローは、図-4に示すとおりである。

御所南ICおよび條地区における盛土量が最も多いが、周辺は住宅地や農地であるため、要対策土を盛土に使うことが不相当であると判断し、肉眼判定により対策不要土（未変質かつ未-弱風化の良質な花崗閃緑岩のみ）と判断されるもののみを使うこととした。

肉眼判定により要対策土と判断されるもののうち、ヒ素溶出量が0.01mg/l以下のものについては、集落や農地から離れた朝町地区および五百家地区の、トンネル間の盛土に利用することとした。

なお、ヒ素溶出量が0.01mg/lを超えて0.3mg/l以下のものについては、土対法に準拠した二重シートによる遮水工封じ込めを行ったうえで、朝町地区および五百家地区の盛土に利用することとした。（図-5）

表-3 切羽での試料採取(案)

切羽模式図	状態と試料採取方法
	例1:均質な切羽状態(亀裂はあるもののほぼ塊状な岩相) 切羽から岩石を5個採取し、等量混合した上で分析する。 試料採取地点
	例2:切羽内に複数の地層が分布する状態 地質状況が2種類以上の岩種からなる場合は、主要な岩種(2~3種類)からそれぞれ試料を採取する。試料は各岩種の露出面積の比に応じて均等に採取する。試料は最低5個は採取する。 (25点方眼でスケッチを行い、交点の岩石を判別する。例では、圧砕岩10・花崗閃緑岩12・砂岩3なので3個・4個・1個)。
	例3:変質の程度に違いが見られる状態 変質作用の程度(強変質, 中~弱変質, 未変質)に応じて切羽を区分し、それぞれの変質区分に応じて試料を採取する。試料は各岩種の露出面積の比に応じて均等に採取する。試料は最低5個は採取する。 変質部だけで切羽全体を評価するのではなく、健全な岩も評価に含める。 (25点方眼でスケッチを行い、交点の岩石を判別する。例では花崗閃緑岩12・弱変質8・強変質5なので2個・2個・1個)。
	例4:鉱脈を含む状態 試料の採取時には、鉱石鉱物の有無、鉱物量比等を入念に観察し、鉱脈等があった場合は、その近傍の鉱化変質帯を区分し、それ以外の場所と鉱化変質帯の露出面積に応じて岩石試料を採取する(最低は5個)。 鉱脈や鉱化変質帯だけで切羽全体を評価するのではなく、健全な岩も評価に含める。 (例では健全岩10・鉱化変質帯10・鉱脈5なので2個・2個・1個)。

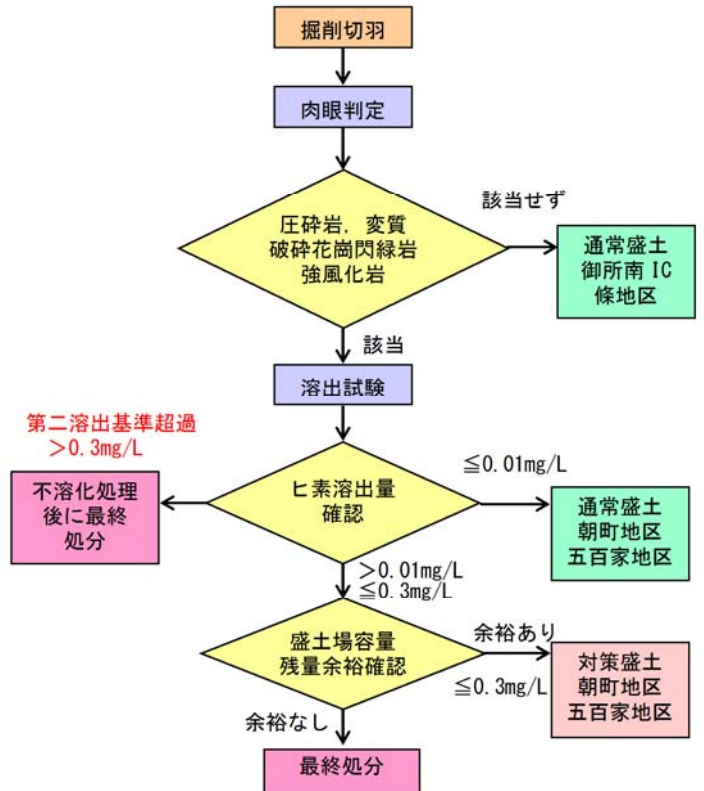


図-4 掘削土の判定・処理フロー
数値はヒ素の溶出量

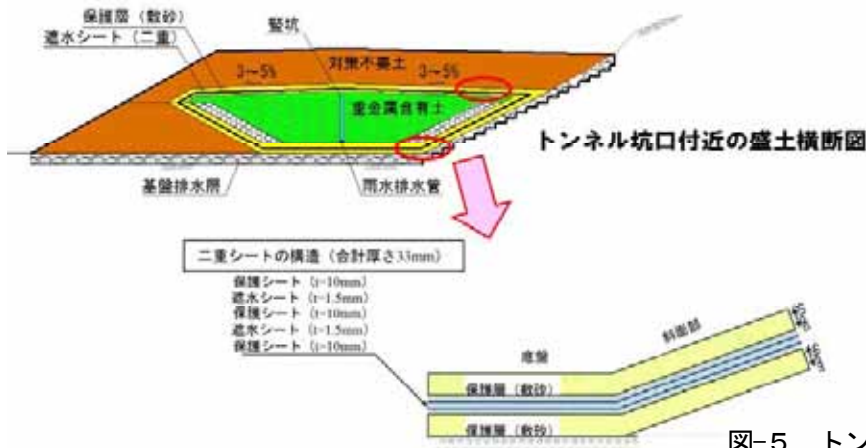


図-5 トンネル坑口付近の盛土横断面図

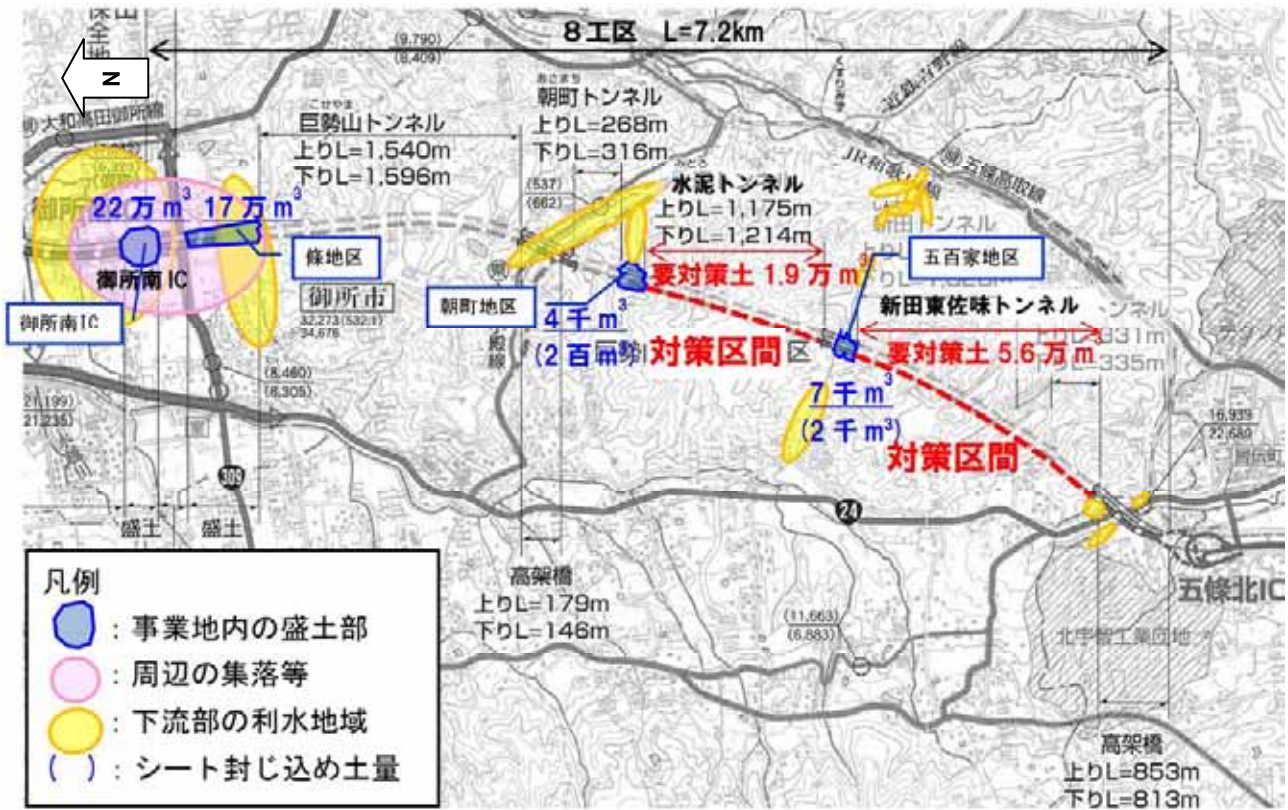


図-6 要対策土搬出先候補地

図-6は、掘削土の搬出先候補地を示したものである。要対策土全体の想定量約7.5万 m^3 に対して事業地内における盛土利用可能な土量が少なく、余った要対策土は、最終処分場まで搬出せざるを得ない状況である。

4. 施工中・施工後の対応

(1) 試験施工による施工マニュアルの修正

表-2に示す判別表は、ボーリングコアの写真を利用したものであるため、実際のトンネル切羽では見え方が異なることが考えられる。したがって、施工マニュアルでは、施工開始後において試験施工を行い、トンネル切羽での見え方を考慮した判別表の修正および当初の施工マニュアルの妥当性確認を行うこととした。

(2) 要対策土のモニタリング

要対策土を用いた盛土構造については、盛土施工中および施工後において、盛土施工箇所の表流水と地下水の上流側と下流側で溶出ヒ素が漏れ出ていないかモニタリングを行うこととした。

なお、御所南ICおよび條地区における盛土においても、良質な材料のみを使用する予定であるが、安全確認の観点から、モニタリングを予定している。

モニタリング期間は施工中および施工後2年間を予定している。¹⁾

5. おわりに

平成26年度から水泥トンネルと新田東佐味トンネルの施工を開始する予定であり、引き続き、検討委員会の委員様のご助言を賜りながら、関係機関と連携し、施工マニュアルの確認・修正を行いながら事業進捗をはかっていく所存である。

謝辞

施工マニュアルの作成にあたり、検討委員会の三田村委員長をはじめ各委員様には、多大なご助言ご協力をいただきありがとうございました。

(参考文献)

- 1) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版) 平成22年3月 建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会
- 2) 土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン(改訂第2版) 平成24年8月 環境省 水・大気環境局 土壌環境課

環境配慮に伴う効果の算出

秋田 敦子

近畿農政局 淀川水系土地改良調査管理事務所 企画課（〒612-0855京都市伏見区桃山町永井久太郎56）

平成25年9月に事業所開所した兵庫県の東播用水二期農業水利事業では、事前の環境調査の中で、施工対象の水路トンネルにおいて兵庫県版レッドデータブックの希少種に指定されているコキクガシラコウモリ及びモモジロコウモリが確認された。これを踏まえ、事業効果のうち、景観・環境保全効果の算出において、地域住民にこれらの保全に対する支払意志額を尋ねることでその価値を評価する「仮想市場法＝Contingent Valuation Method（以下、「CVM」という。）」を用いて年効果額の算出を行い、事業計画書へ位置付けた。

本報告では、環境配慮に伴う効果について、CVMを用いた効果額の算出事例を報告する。

キーワード 農業用水路、事業効果、CVM、景観・環境保全

1. はじめに

2001年6月の土地改良法の改正において、環境との調和への配慮が謳われて久しいが、他方、環境という抽象概念を定量化する手法、特に費用対効果分析における算定手法については他の効果と比較して特徴的である。

2013年9月に事業所開所した兵庫県の東播用水二期地区では、事前の環境調査の中で、施工対象の水路トンネルにおいて兵庫県版レッドデータブックの希少種に指定されているコキクガシラコウモリ及びモモジロコウモリが確認された。これを踏まえ、事業効果のうち、景観・環境保全効果の算出において、地域住民にこれらの保全に対する支払意志額を尋ねることでその価値を評価する「仮想市場法＝Contingent Valuation Method（以下、「CVM」という。）」を用いて年効果額の算出を行い、事業計画書へ位置付けた。

本報告では、環境配慮に伴う効果について、CVMを用いた効果額の算出事例を報告する。

い水路であり、1985年から1992年にかけて一部修復されたが老朽化の進行に伴い、東播用水二期事業において改修工事を予定している。



写真-1 淡河幹線水路トンネル入口



写真-2 山田幹線水路トンネル内部

2. 対象水路の現状と対策

(1) 対象水路について

対象水路は、淡河（おうご）幹線水路（写真-1）と山田幹線水路（写真-2）であり、これらはいなみ野台地の水田などで利用される農業用水を淡河川と山田川から運ぶための開渠及びトンネルから成る水路である。淡河幹線水路は1891年、山田幹線水路は1919年に造成された古

(2) 生息状況調査結果

生息状況調査を実施した結果、両水路のトンネル内部にはコウモリが生息していることが判明した。

トンネル内部での生息が確認されたコウモリは、コキクガシラコウモリ（写真-3）とモモジロコウモリ（写真-4）の2種である。

両種とも日中は洞窟や古いトンネルなどの天井に後足で垂下して休息し、夜間に森林内を飛び回って、ユスリカやヤブカなどの非常に小さい飛行性昆虫を捕食する。これらのコウモリは人間にとっては蚊を捕食し、農業においては害虫を捕食することから、「益獣」という側面を持っており、両種は兵庫県レッドデータブックにおける希少種（要調査種）に指定されている。



写真-3 コキクガシラコウモリ



写真-4 モモジロコウモリ



写真-5 コウモリピット設置状況（新安積）



写真-6 コウモリピット設置状況（平鹿平野）

(3) コウモリピットとは

通常のトンネル改修工事を行うとトンネルの天井部は平坦になり、トンネルの割れ目や隙間、凹凸を足がかりに利用していたコウモリのねぐらが無くなる。コウモリを取り巻く生息環境を保全するため、人工的に設置するコウモリのねぐらを「コウモリピット」という。

コウモリピットには様々な工法が存在し、新安積（二期）地区ではコンクリートシートタイプ（写真-5）、平鹿平野（一期）・（二期）地区では金網タイプ（写真-6）のピットを設置している。

3. CVMの実施手法

(1) CVMとは

この環境配慮に対する効果額を算出するため、「新たな土地改良の効果算定マニュアル」⁹⁾（以下、「マニュアル」という。）に基づき、CVMを実施した。

CVMとは、自然環境や景観など市場では取り扱われない価値について、住民等を対象にその価値の内容を説明した上で、アンケート調査によって支払意志額（WTP=Willingness To Pay）を尋ね、その回答結果を統計的に集計することで評価対象の価値を評価する手法である。

(2) アンケート内容

アンケートを依頼する住民に対して、まず、次の a) から d) の事前情報を与える。

a) コウモリは害虫を捕食する益獣であり、生態系に果たす役割を持っていること。また、住居近くの水路トンネルには希少種に指定されているコウモリが多数生息していること。

b) 通常のトンネル改修工事を行うとトンネルの天井は平坦になり、トンネルの割れ目や隙間、凹凸を利用してコウモリのねぐらが無くなること。ねぐらが無くな

ったコウモリは遠くへ住処を移動する可能性があること。

c) コウモリのねぐらを確保するため、トンネル改修時にコウモリピットを設置する検討を行っていること。

d) コウモリピットの設置によって、コウモリの減少抑制やトンネル周辺の生態系バランスが守られる効果が期待される。

次に、e)の支払意志額を聞き取り、効果算出の基礎資料とする。

e) 基本的な属性情報（性別、年齢、住まいの市町等）を聞き取るとともに、コウモリピットの設置のために各戸あたりの毎月の許容支払額について質問する。その際には、回答結果を利用して施設の負担金や寄付金の設定することは無いことを附言する。

4. 支払意志額に関する質問形式

(1) 二段階二肢選択方式

支払意志額に関する質問形式は、「二段階二肢選択方式」とした。

この「二段階二肢選択方式」は、始めに初期提示金額を回答者に示し、その額を受諾するかどうかを「はい」、「いいえ」で回答してもらう。次に、回答者に対して、「はい」と答えた場合には更に高い金額を示し、「いいえ」と答えた場合には更に低い金額を示し、二段階の質問を通じて最終的な意向金額を確定する方法である（図-2）。

(2) 提示金額の設定

提示金額を変えた数種類のアンケート票を作成し、それぞれ異なる対象者へ無作為に配布した。提示金額はプレテストの結果を踏まえて表-1の5パターンを設定した。

表-1 本調査における提示金額の設定

	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	パターン5
初期提示金額	30円	50円	100円	250円	750円
二段階目(高額)	50円	100円	250円	750円	2,000円
二段階目(低額)	10円	30円	50円	100円	250円

5. アンケート結果

(1) アンケート調査票回収状況

アンケートの回収状況は表-2のとおり。

なお、マニュアルでは、CVM 評価結果の信頼性をある程度確保するためには、標本数 1,000 世帯に対して有効回答数 300 程度必要とされている。

表-2 アンケート調査票回収状況

受益世帯数	12,011 人		
配布日	平成24 年	11 月	13 日
回収日	平成24 年	11 月	26 日
配布数①	1,000 票		
回収数②	303 票		
うち自紙回答③	1 票		
うち有効回答②-③	302 票		
回収率 ②-①	30 %		
有効回答率 (②-③)-①	30 %		

(2) 支払意志額の算定

支払意志額に関する質問の集計結果は表-3のとおりであった。

表-3 支払意志額に関する質問結果

パターン	提示金額(円)			問6(票)		問7(票)		合計(票)
	問5	問6	問7	はい	いいえ	はい	いいえ	
1	30円	50円	10円	19票	2票	2票	7票	30票
2	50円	100円	30円	20票	11票	4票	9票	44票
3	100円	250円	50円	11票	16票	8票	9票	44票
4	250円	750円	100円	2票	21票	16票	9票	48票
5	750円	2,000円	250円	2票	4票	15票	5票	26票

(問5~7の質問内容は 図-2 参照)

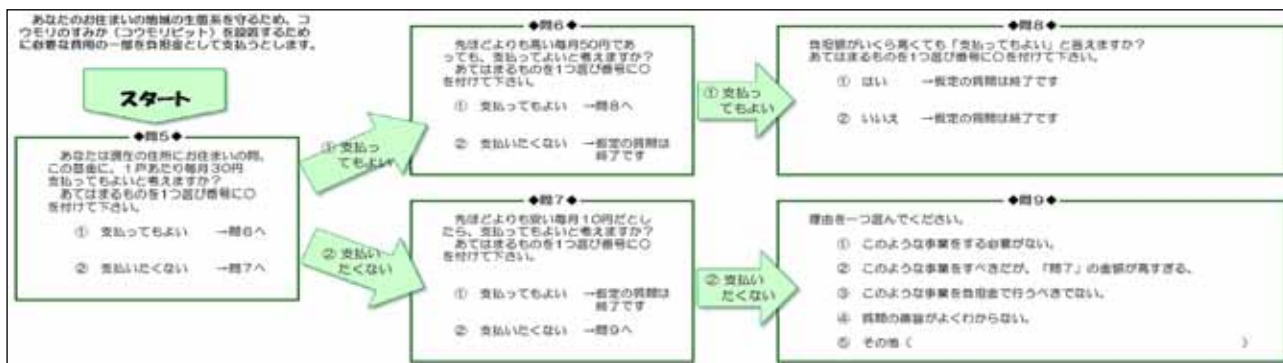


図-2 支払意志額に関する質問内容

支払意志額の推計にはノンパラメトリック法を用い、アンケート結果の各提示金額により導かれる受諾確率（「はい」と答える確率）を表-4のとおり算定した。

CVM による効果額 = 5,029 円/世帯・年 × 435,626 世帯 × 30% × (2,038 千円/2,038 千円) = 657,229 千円

表-4 提示金額に対する受諾確率

提示金額	受諾確率	算定式
0円	1.00	
10円	0.77	(19 + 2 + 2) / 30
30円	0.76	(19 + 2 + 20 + 11 + 4) / (30 + 44)
50円	0.72	(19 + 20 + 11 + 11 + 16 + 8) / (30 + 44 + 44)
100円	0.63	(20 + 11 + 16 + 2 + 21 + 16) / (44 + 44 + 48)
250円	0.47	(11 + 2 + 21 + 2 + 4 + 15) / (44 + 48 + 26)
750円	0.11	(2 + 2 + 4) / (48 + 26)
2,000円	0.08	

次に、図-3により提示金額と受諾確率のグラフを作成した。図-3に示したグラフの下側の面積が世帯当たりの支払意志額となり、アンケートを配布した市町1世帯当たりの支払意志額を算定すると、419円/月であった。これを年当たり額へ変換すると、5,029円/年となる。

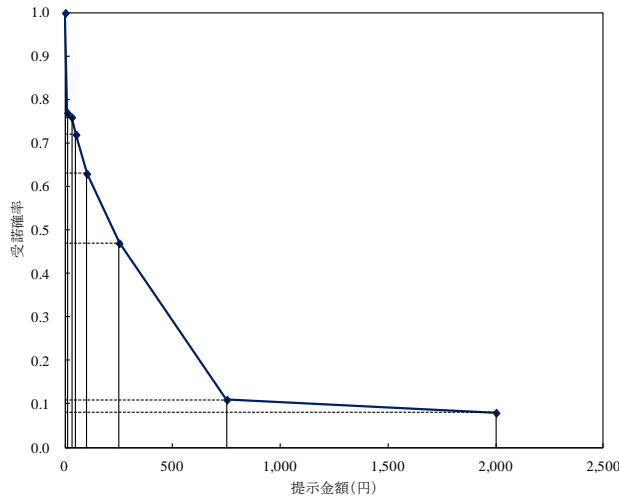


図-3 提示金額別受諾確率

6. 景観・環境保全効果の算定

CVM による効果額の算定式は次のとおり。

なお、アンケートを返却（回答）しなかった人については、支払意志額を「0円」と判断して算定した。

$$\text{効果額} = \text{世帯当たり支払意志額} \times \text{受益範囲世帯数} \times \text{回収率} \times \left\{ \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right\}$$

C_1 : 景観・環境保全施設の資本還元額のうち当該土地改良事業分

C_2 : 景観・環境保全施設の資本還元額のうちその他事業分

(今回はその他事業分がないことから0円となる)

7. 考察

今回の CVM を用いた効果の算定では、コウモリピット設置による東播用水二期地区の年効果額は 657,229 千円となった。この効果額は言い換えれば、「コウモリの減少を防止し、健全な生態系を守る」ために、地域住民が支払っても良いと考える金額であるといえ、環境保全に対する住民の意識の高さが伺える結果となった。

今回のような CVM 効果算定に伴う住民アンケートを実施することは、土地改良事業とは直接関係のない一般住民に事業の内容や施設をとりまく生態環境を知ってもらう貴重な機会である。実際にアンケート配布時には対象住民から事務所へ多数の問合せがあったことに加え、その後も受益者から問合せを受けるなど、事業への関心と環境に対する意識の高まりを助長する評価算定手法であるともいえる。

2007年3月に土地改良事業の効果算定手法としてこの CVM による景観・環境保全効果の算出が定められたが、何を価値対象とするかは計画策定主体に委ねられている。今後、事業計画時には、地域固有の資源の情報を正確に調査・把握し、CVM アンケートと同時に発信することが重要であると考えられる。

なお、回収率30%という今回の数値はCVM評価において最低限必要とされる割合である。回収率が高くなればなるほど、より住民の意向が反映された支払意志額を推計することができる。一般的な郵送法では回収率は20~30%程度といわれていることから、自治会・町内会を通じた手渡しによる方法を検討するなど回収率を高める努力が必要である。

また、今回の調査では30代未満の回答者が全体の3%と低かった。その理由として、アンケート調査票の配布時に活用した電話帳登録世代の偏りが考えられる。今後は関係自治体との協力を図りながら住民基本台帳を基に配布先を抽出し、幅広い世代から回答を求めることが必要と考える。

参考文献

1) 農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課監修：新たな土地改良の効果算定マニュアル

大和川における自然再生事業の取り組み について（中間報告）

古川 光里¹・今井 勝幸²

¹大和川河川事務所 河川環境課 （〒583-0001大阪府藤井寺市川北3丁目8番33号）

²姫路河川国道事務所 調査第一課 （〒670-0947兵庫県姫路市北条1丁目250番地）

大和川自然再生事業では、平成25年度から瀬・淵や水際植生の再生を進めている。瀬・淵の再生は、袋詰玉石を河床に敷設する工法で、袋上及び周辺での瀬の形成を想定している。水際植生の再生は、捨石工を河岸に断続的に設置する工法で、植生定着や捨石工内空隙での魚類生息効果を想定している。本稿では、再生目的、整備形状等の概要を報告するとともに、整備後に顕在化したゴミ漂着による景観上の課題、今後の対応方針を報告する。

キーワード 自然再生、瀬・淵、水際植生、モニタリング

1. はじめに

大和川は、高度経済成長期頃から流域人口が急増し、その頃から大和川の水質が悪化、1970年をピークとして劣悪な水質であり、天然アユ等の生息が難しい状況であった。しかし、流域の下水道整備や水質浄化施設の整備、流域一体となった啓発活動などにより近年水質が改善され、6年連続で大和川本川で環境基準をクリアしている。それに伴い、2004年から毎年大阪府域で天然アユの確認、2013年には奈良県王寺町周辺（図-1）でも大阪湾から遡上してきたとみられる天然アユが確認され、天然アユの生息環境が改善されてきている。こういった背景から、自然再生への気運が高まり、自然再生事業として順次、瀬・淵の再生、水際植生の再生、魚道整備に取り組んでいる。



図-1：位置図

2. 大和川自然再生事業について

大和川は、大阪府域の下流部が、約300年前の江戸時代に、付け替え工事により開削された歴史を持つ。

1955年（昭和30年）代以前は、水質が良く、魚などの生物が多く、魚捕りや水遊びなど人と川の関わりがあった。しかし1965年（昭和30年）代以降は、河川改修による河道の直線化や護岸のコンクリート化、拡幅などにより、自然の河岸や河床が失われ、瀬・淵などの多様な河床形状、水際植生などの動植物の生息・生育、繁殖環境が減少してきた。

このような背景を踏まえ、大和川では、アユが中流の奈良県まで遡上し、魚捕りや水遊びなど水辺に多くの子供達の姿がみられた1955年（昭和30年）頃の姿を目指して、大和川らしい多様な生物の生息・生育・繁殖環境の保全、再生、創出を行うものとして、2011年度に自然再生計画を策定した。

また、より適切に自然再生事業を推進するために、学識経験者をアドバイザーとして、整備予定箇所的设计や施工内容、および既整備箇所のモニタリング結果の評価や改善点について助言をいただき、順応的に工事や施工管理を行う方法にて事業を進めている。

本文は、大和川自然再生事業のうち、2013年度に整備した瀬・淵、水際植生の整備内容及びモニタリングについてとりまとめたものである。

3. 瀬・淵の再生について

(1) 瀬・淵の概要

大和川の下流部は、低平地の河内平野にあり、河床勾配 1/1,200 で、河道は直線区間が多く、砂質で浅い水深

の単調な流れが続く区間である。

瀬は川の流れが早く浅い場所、淵は川の流れが遅く深い場所のことで、これらを川の中に創り出すことにより、単調だった流れに連続性をもたらすことができる（図-2）。

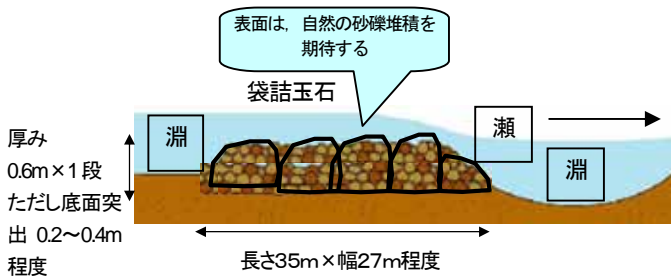


図-2: 礫の投入による瀬・淵の再生イメージ

例えば、瀬はアユ、ウグイ等の産卵場、淵はカマツカ、カワヨシノボリ等の産卵場やギンブナ、モツゴ等の生息場となり、多様な流れを再生することにより、魚類等の生息環境を再生することが期待されている。

大和川ではこれまでも、瀬と淵浄化施設という、巨石を河道内に横断的に配置し、沈殿や再曝気効果により水質浄化を図る浄化施設を整備していた（図-3）。瀬と淵浄化施設は、その名の通り、上流側に淵が下流側に瀬が形成されるため、整備目的は異なるものの、瀬・淵の再生が進められてきたと言える。



図-3: 既設工法の瀬と淵浄化施設（柏原地区）

(2) 指標種・整備箇所の設定

指標種としては、瀬で産卵するアユ、ウグイ、淵に生息するカマツカ、モツゴ類の魚類が挙げられるが、水質改善のシンボルであり、生態特性（図-4）や産卵場の物理条件などの数値情報が充足しているアユを選定する。

整備箇所は、河川において瀬が形成されやすい箇所である、滞りが湾曲から次に湾曲するまでの間の直線部を選定した。整備優先順位では、近傍でアユの産卵が確認されている箇所、かつ、アユ等の回遊魚の稚魚が早く海へ到達できるより下流側を優先的に選定することとした。そこで、2012,2013年度の魚類調査で、アユの産卵が確認され、かつ海に近い瓜破大橋下流（大和川 10.4k付近）を、最初の整備箇所を選定した。

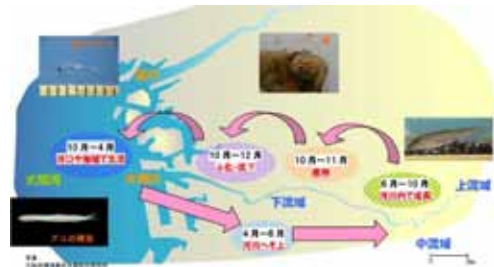


図-4: 大和川でのアユの遡上・降下の時期

当該地区を整備することで、アユ等の産卵適地となる瀬の面的拡大を図り、水系全体でもアユ等の生息環境が向上することを期待している。

(3) 整備方法

既設工法の瀬と淵浄化施設では、河床に巨石を設置することで瀬・淵などが形成され、下流部の瀬においてアユの産卵が確認されるなど効果を確認している。しかし、材料調達や施工費用が高価であるため、施工が簡易で、安価な、礫の撒き出し（袋詰玉石の敷詰）工法を採用した。設計に際してはアドバイザーから水深などについて助言をいただき、諸元（表-1）を決定している。

本工法では、袋詰玉石の天端水深を、大和川アユ産卵場の平均水深である 15cm 程度に設定し、出水等により砂礫が薄く堆積することで、将来的には瀬が形成されることを期待している。ただし、短期的には、施工箇所を左右に迂回する流れが先ず生じると予想されることから、両脇での瀬の形成・維持を想定し、設計している。

淵は、剛体の下流側が出水時に洗掘されやすいことから、施工箇所の直下流に形成されるものと想定した。

表-1: 瀬・淵の設計諸元

項目	設定値	概要
工法	袋詰玉石	河床に可撓性の袋体を群体で設置することで、砂州や滞筋の変動を抑制し、周辺に安定した瀬を形成させる。
中詰め礫	φ=50 ~ 200mm	袋体単体で3 t以上を確保する。最小粒径は袋体の網目による。
施設面積	500㎡程度	低水路の 1/3, 流水幅の 1/2 程度を目安に設定（流下能力に影響しない範囲）。
袋体厚	60cm	袋体の天端を平水位下 15cm 程度（大和川アユ産卵場の平均水深）に設定し、一部を河床に埋めこむ。

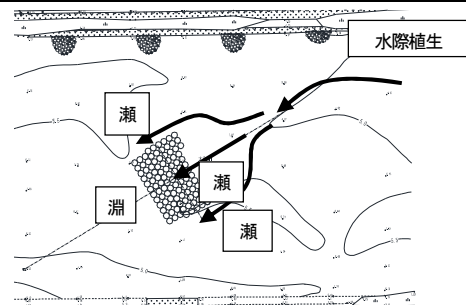


図-5: 平面図（瀬・淵、水際植生）



図-6：施工状況（瀬・淵）

更に、施工にあたっては、捨石の配置間隔や形に変化をつけた方がいいと意見を頂き、整備に反映した。

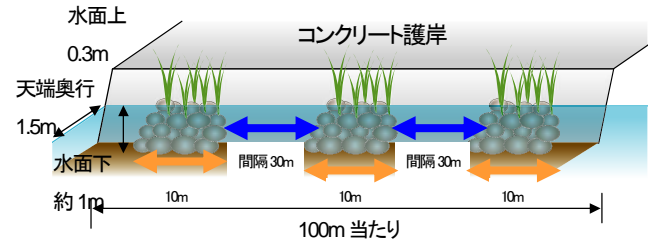


図-8：水際植生の再生イメージ

4. 水際植生の再生について

(1) 水際植生の概要

水際植生は、モツゴ等の小型魚類の生息場、ギンブナ等の産卵場、増水時には魚類の避難場となる場所のことで、これらを川の中に創り出すことにより、魚類等の生息環境の改善をもたらすことができる（図-7）。



図-7：空石積護岸に定着したヤナギ、セイタカヨシ等からなる水際植生（大和川左岸15.8k）

(2) 指標種・整備箇所の設定

指標種としては、さまざまな種類の稚魚、コイ・フナ類の産卵、遡上経路に利用するアユ等の回遊魚を想定している。また再生する植生は、大和川に多く、表土の少ない石の隙間でも定着できるヨシ等を想定している。

整備箇所は、現在、コンクリート護岸などの植生の自然定着が困難な箇所を選定した。

整備優先順位では、魚類の生息を考慮すると、採餌場となる瀬、休息場となる淵、隠れ場となる水際植生といった水域の生息環境が一体で揃っている方が、相乗効果が期待できることから、可能な限り瀬・淵の整備箇所の近傍で同時に実施することとした。

(3) 整備方法

工法は、施工費用・容易性を考慮し、既設コンクリート護岸の撤去・改修が不要な捨石工を採用した。

また、アユ等の河岸沿いを遡上する魚類にとっては、水際植生が連続することが望ましいことから、捨石工の「島」を点在させる配置とした（図-8）。

水際植生の設計においても、アドバイザーから礫径などについて助言を頂き、諸元（表-2）を決定している。

表-2：水際植生の設計諸元

項目	設定値	概要
工法	捨石 (寄せ石)	既存コンクリート護岸を維持しつつ施工でき、多孔質空間が魚類等の生息場となるなどの副次効果が期待できる。施工容易、費用安価。
水際延長	100mあたり3～4箇所	100mを1区間とし、100mあたり3～4箇所設置。1箇所は施工上の最小形状を考慮して水際延長10m。箇所間の間隔は、増水時に、間隔部分が緩流域となる長さ（最小23m）を目安に設定。
捨石高	平水位より約30cm露出	平水時に、水面上に一部出る高さとする事により、ヨシなどの抽水植物が定着しやすくなる。
礫径、奥行	φ 300mm～600mm 水面上長 1.5m	遊泳魚も生息できるようなφ260mm以上とし、出水時の流水に対して安定する必要径としてφ600mm程度を基本材とする。植生定着のため、小粒径の礫も併用する。

5. モニタリングの計画と実施について

(1) モニタリング方法

モニタリング期間は基本的に整備前1年、整備後1年とする。ただし、瀬・淵や水際植生の整備箇所については、出水の影響や、植生が定着するにも数年を擁することから、整備後1年に加えて、数年後にもう1年追加実施する。このように、大和川では、複数箇所を順次整備していくため、1箇所を長期間実施するのではなく、複数箇所をすべて記録することに主眼を置くモニタリングデザインとした（表-3）。

ただし、瀬・淵や水際植生は、本来の自然環境下でも、出水等による攪乱を受け、動的に変化する場である。そのため、出水後に形状変化がみられた場合は、追加調査を実施するなど、臨機応変に対応し、河床材料や流況、生息生物の応答を記録しておくことにより、今後の設計に活せるよう努める。

(2) 整備後の状況 (定点観測)

ただし、モニタリング調査は、定量的かつ詳細な記録をとることができるものの、費用面からは多くの回数は実施しづらい。さらに、出水による応答や、低水位の時期の状況など、日常的に断続する変化は、年数回の調査では捉えづらい。

そのため、施工後1年間を目安として、平常時・湧水時・出水後など、2週間に1回の頻度で定点観測を実施している。定点観測は、モニタリング調査とは異なり、目視と写真撮影による簡易な記録項目のみとしており、項目を絞ることにより、複数回かつ長期間継続できるよう配慮している。

瀬・淵の整備後の状況は、約2ヶ月後の時点では、設計時の想定どおり、流れが整備箇所を左右に迂回し、整備箇所の横で流れの速い瀬の様相を呈している(図-9)。水際植生は、2014年3月に工事が竣工した為、まだ植物が定着していないものの(図-10)、植物の生長期であり出水等により種子や枝が漂着しやすい6~9月にかけて植物が生長すると見込んでいる。また目視ではあるが、水際部に水鳥の姿や、魚影も確認できた(図-11)。

設計段階と異なる応答としては、瀬・淵再生箇所の下流に、整備箇所を頭として延びる砂州が形成されつつあることである。一般的に、河道内の巨石や巨木の下流側には、小規模でも砂が堆積する現象がみられる。本箇所は、整備後に小規模増水は経験しているものの、中規模以上の出水は発生していないことから、現時点では上記のような下流側への堆積が一時的に進んでいるものと考えられる。

今後も定点観測を継続し、設計思想どおりの応答、もしくは異なる応答が生じているかなど、動的に変化する河川の現場での記録を、蓄積していく予定である。



図-9: 瀬・淵再生箇所 (2ヶ月後)



図-10: 水際植生再生箇所 (2ヶ月後)



図-11: 魚影の確認

表-3: モニタリング計画

整備メニュー	整備目標	指標種	評価基準	調査項目 (調査手法)	調査地点	調査時期、モニタリング期間
瀬・淵の再生	アユ、ウグイ等の産卵場となる瀬、カマツカ、カワヨシノボリ等の産卵場やギンブナ、モツゴ等の生息場となる淵がある様な、多様な流れを再生することにより、魚類等の生息環境を再生する。	代表種: アユ 指標種: 瀬: アユ、ウグイ カマツカ、モツゴ	【生物面からの評価】 ・アユの産卵 ・整備前(もしくは未整備箇所)に比べ、指標種の種数が増加 【物理面からの評価】 ・流速、水深、河床材料のアユの産卵場基準からの評価 ・アユの産卵場ポテンシャル 【その他】 ・施設の維持、周辺の瀬淵や地形の変化の監視	【生物】 ・魚類、底生動物(投網による捕獲、たも網による捕獲) ・アユ産卵場調査 【物理】 ・瀬・淵マップ(目視) ・地盤高平面図(平板測量) ・河床材料(目視、一部は分析) ・流速・水深(現地観測) 【その他】 ・施設の維持状況(目視)	【生物】 ・整備箇所 ・周辺の瀬、淵 【物理】 ・整備箇所 ・周辺の瀬、淵を含む50~100m範囲 【その他】 ・整備箇所	・夏季1回 ・1回/年 ・ただし1年目は出水後も1回増やす ・アユ産卵場は11月頃 ・事前モニタリング1年、事後モニタリング1年後及び数年後
水際植生の再生	モツゴ等の小型魚類の生息場、キンブナ等の産卵場、増水時には魚類の避難場として機能する水際植生を保全・再生することにより、魚類等の生息環境を改善する。	指標種: ・さまざまな種類の雑魚 ・コイ・フナ類(産卵場としての利用) ・ウナギ等(石の隙間) ・ヨシ等の水際植物	【生物面からの評価】 ・整備前(もしくは未整備箇所)に比べ、指標種の種数が増加 ・ヨシ等の水際植物の定着 【その他】 ・施設の維持、周辺の瀬淵や地形への影響	【生物】 ・魚類、底生動物(たも網による捕獲、電気ショックによる石の隙間に生息する魚類の捕獲) ・植物(種類と被度) 【その他】 ・施設の維持状況(目視)	【生物】 ・整備箇所 ・周辺の瀬、淵 【その他】 ・整備箇所	・4月~6月1回(コイ・フナ類の産卵期) ・1回/年 ・事前モニタリング1年、事後モニタリング1年後及び数年後

6. 課題と今後の検討について

(1)課題

当初よりある程度想定していたが、施工後1ヶ月程度で、白いビニール袋等のゴミの漂着が目立つ様になった(図-12)。白いビニール袋は、褐色の水域にあつては、より目立つことから、景観上の課題として認識している。

ゴミの漂着箇所を見ると、袋詰玉石のネット表面ではなく、袋詰玉石を連結するロープにまず枝が引っかかり、枝やロープに引っかかる形で、ビニール袋が多数付着していた。言い換えれば、連結ロープがなければ、ゴミの漂着はかなり少なくなるように考えられた。

景観上は、このようなゴミが漂着することは好ましくないため、連結ロープの切断が望ましい。しかしながら、設計上は、連結による群体での河床固定としていることから、切断すると袋詰玉石が出水後に移動・流出する可能性がある。

今後の対応としては、すべてのロープを切断することはできないものの、2段積みの上段の袋のみ、もしくは、歯止めになる下流側を残し上流の袋の連結ロープのみ切断するなどの、対応を検討している。

実施するタイミングとしては、現時点は、施工完了から数ヶ月ほどしか経ておらず、袋詰玉石群の形状及び沈下が安定していないと想定されるため、実施は見送る。代わりに、複数回の出水を経験し、形状が落ち着いたと想定される段階で、再生箇所の応答を踏まえて、切断する方向で考えている。

そのためにも、引き続き定点観測を継続する予定である。



図-12: 袋詰玉石の連結ロープに漂着したビニール袋

(2)今後の検討

瀬・淵は、本来、自然河道においては出水等で動的に消長し、位置も変化するとされる河川環境である。

大和川での瀬・淵の再生は、経年的にも概ね固定して

いる微蛇行区間に、ほぼ固定的に再生させようとする試みであり、先行事例も少ない。

瀬や淵は、数10mといった小規模の河川環境であるため、たとえ数値計算を用いたとしてもパラメータ選定や出水パターンによって予測結果は異なってくるなど、地形変化・生物反応の予測は技術的にも難しい領域である。

例えば、瀬・淵の再生箇所の直下に砂州が形成されつつあるが、このまま維持されるのか、設計想定のように中規模出水後に洗掘され淵が形成されるのかは、机上では予測できない。

よって、自然再生事業の実施にあたっては、地形・流速・河床材料などの物理条件、及び生物反応を十分にモニタリングすることを条件に施工し、改善点等の見直しを加えながら進めることが望ましい。特に、不確実性が高い場合は、最初は簡易かつ安価な工法から試し、場合によっては追加補修するなどの対応が望まれる。

現実的には、予算措置や、補修してもなお残る不確実性のために実施することが困難なこともあるが、少なくとも、定点観測のような頻度の高い監視による記録写真や、モニタリング調査による定量的かつ詳細なデータの取得・蓄積により、後発事業へ反映していく必要がある。

今後は、瀬・淵の整備にて設置した袋詰玉石及びその周辺環境の応答のモニタリングを進めながら、構造や施工箇所等の評価・見直しを継続する必要がある。また水際植生においても、石の配置や、積み方、粒径に工夫を加え、植物が定着しやすく、かつ魚類がより生息・寄りつきやすいよう、改善を加えていく必要がある。

7. おわりに

大和川自然再生事業は、柏原堰堤等での連続性の再生を先行実施してきたが、平成25年度から、瀬・淵の再生、及び水際植生の再生、魚道整備をスタートさせている。平成30年度までに順次、施工する予定であり、モニタリング・評価・見直しのPDCAサイクル継続することで、知見を蓄積し、改善していく予定である。

謝辞: 本論文の作成にあたり、多くの知識や示唆を頂いた方々に、感謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

参考文献

- 1) 多自然川づくり研究会: 「多自然川づくりポイントブック III 中小河川に関する河道計画の技術基準; 解説」

環境に配慮した歩道舗装の取り組みについて

大戸 貴博

近畿地方整備局 近畿技術事務所 維持管理技術課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1)

路面温度上昇によるヒートアイランド現象の助長、雨水流出による排水量の一時的な増加など、アスファルト舗装が一部の面で環境への負荷を増大させている。車道では、これらの問題に対応すべく、路面温度上昇抑制、雨水の貯留・浸透など、環境の保全・改善にも配慮した舗装（以下、環境舗装）の施工が進められている。しかし、歩道や駐車場などの直接人が舗装と接する場所では、具体的な適用条件が定められていないため、要求性能に基づく品質管理基準が定められていない。歩道舗装における環境舗装の必要性能案をとりまとめるべく、産学官が連携した取り組みを始めたところである。今回、これまでの取り組みについて紹介する。

キーワード 歩道舗装, 環境舗装, 産学官

1. はじめに

これまでアスファルト舗装による画一的な整備が進められてきたが、路面温度上昇によるヒートアイランド現象の助長や雨水流出による排水量の一時的な増加による路面冠水など、一部の面で環境への負荷を増大させているといわれている。車道においては、車両の走行性・安全性に加え、路面温度上昇の抑制、雨水貯留・浸透などの性能を備えた環境舗装が施工されている。歩道や駐車場などの直接人が舗装と接する場所においても環境舗装の普及が期待されるが、これらの場所においては、環境舗装について具体的な適用条件が定められていないため、要求性能に基づく品質管理基準が定められていない。

上記の背景を踏まえ、環境舗装の適用場所に応じた必要性能案をとりまとめるため、近畿地方整備局、技術事務所では、産学官が連携して取り組む、新都市社会技術融合創造研究会において、「環境に配慮した歩道舗装に関する研究」のプロジェクトの参加メンバーを公募し、2013年7月に3年間の活動予定でプロジェクトチームを立ち上げた。(図1) 本論文は、本プロジェクトの中間報告として、2013年度の取り組みについて紹介するものである。

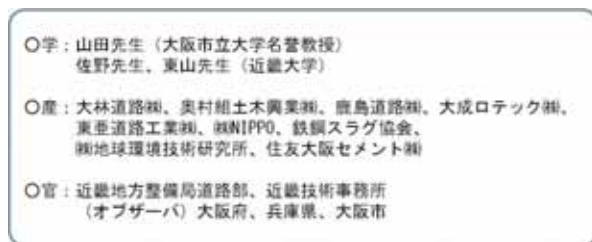


図-1 プロジェクトメンバー (H26.4 現在)

2. 研究プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、歩道や駐車場等の舗装（以下、歩道舗装）に適用可能な種々の工法・材料について、環境に係る性能および強度・耐久性の評価方法を検討し、適用場所の条件に応じた必要性能案をとりまとめることを目的としている。次に、研究範囲、研究体制、3年間の主な研究内容について示す。

(1) 研究範囲

歩道舗装に求められる機能は様々である。ただし、道路管理者として、歩行者が安心して歩行可能な路面の持続は必須機能である。このため、歩道舗装における環境舗装を研究するうえで、上記の必須機能を満たしたうえで、さらに環境に配慮、すなわち、環境の保全・改善に有効な機能を持つ舗装を対象としている。(図2) また、このプロジェクトの産には、舗装材料に精通する舗装会社が多く参加しているが、本研究では環境舗装として新たな材料を開発することではなく、あくまで既往の材料・工法において、必要性能案を整理することとしている。

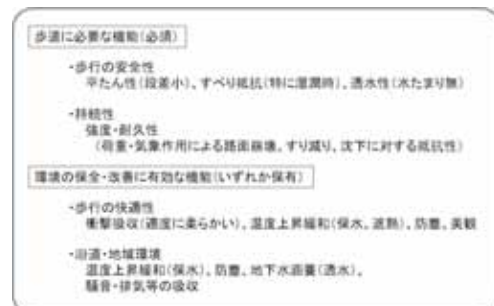


図-2 対象とする環境舗装の機能イメージ

(2) 研究体制

舗装材料にはアスファルトの他、様々な材料を使用したものがある。材料によって基本的な性状は当然ながら、環境舗装として期待できる機能、必要性能を満足させるための課題は大きく異なることが推測できる。このため、使用材料面から、①土系、②樹脂・アスファルト系、③コンクリート系の大きく3種類に分類し、これら3つのWG（ワーキンググループ）を設置し、研究を進めることとした。

(3) 主な研究内容

3年間の研究期間における主な研究内容は以下を予定している。2013年度は、1を中心に取り組みを行った。

1. 歩道舗装の現状と課題の分析
2. 歩道舗装の適用場所、工法・材料の分類
3. 歩道舗装の適用条件別必要性能の検討
4. 歩道舗装の性能を評価する方法と基準案の検討
5. 試験施工による検証

3. 2013年度の取り組み内容

(1) 施工事例調査、現地視察

歩道舗装における環境舗装の現状と課題を整理するため、施工事例調査を実施した。施工事例調査は、WG毎に参加するメンバーへ歩道舗装として環境舗装による施工事例の調査を行い、整備状況や整備内容から各材料が持つ性能の把握を行った。調査結果は、今後、品質管理基準（案）を設定する際の基礎資料にする予定である。

土系舗装は、真砂土などの土を主材料として各種（樹脂系バインダーを除く）の固化剤と混合改良した舗装である。WGの議論により、本研究ではセメント系の混合材料を固化剤に使用したものに限定して取扱い、調査研究を行うこととした。調査の結果、24件の実績が確認された。実績の約6割が公園緑地系の施設内で施工されており、管理車両を除き、一般車が通行するような場所の施工実績はなかった。また、品質基準については、各工法ごとに独自の基準が設けられ、一軸圧縮強さ、すべり抵抗性、弾力性などで管理されていた。

樹脂・アスファルト系舗装は、他の材料と比べて種類が多いため、以下の種類の舗装を対象に施工事例調査を実施した。

1. 自然色舗装・・・天然骨材を石油樹脂系バインダーによる加熱混合物もしくは、樹脂系バインダーによる常温混合物で、天然骨材の色合いをそのまま残した舗装
2. カラー舗装・・・天然骨材や着色人工骨材をアスファルトバインダーや石油樹脂系バインダーによる加熱混合物に顔料を添加した舗装
3. 薄層表面処理舗装・・・天然骨材や着色人工骨材を樹脂系や水性等のエマルジョンと混合し、塗布または吹付で薄層表面処理をした舗装

4. ゴム弾性舗装・・・廃タイヤのゴムをチップまたはファイバー状にして、樹脂系バインダーや特殊アスファルトに用いた常温混合物の舗装
5. 保水性舗装・・・開粒度アスファルト混合物に保水機能を持つセメントミルクを注入した舗装
6. ウレタン舗装・・・ウレタン樹脂を使用した常温混合物の舗装
7. 土樹脂舗装・・・真砂土等の天然骨材を、セメント系以外の特殊エポキシ樹脂乳剤等と混合固化した舗装

調査の結果、48件の施工実績が確認され、自然色舗装が最も多く、次いで薄層表面処理舗装、ゴム弾性舗装の順で実績数があった。

コンクリート系舗装では、調査の結果、13件の施工実績が確認され、透水性コンクリート舗装、保水性ブロック舗装、揚水型ブロック舗装、インターロッキングブロック舗装の4種類に分類された。

施工事例調査結果を踏まえ、その後、代表的な事例箇所を抽出し、各工法の現地視察を行った。（写真1）



写真-1 現地視察状況

現地視察を通じて、参加メンバー内で、様々な舗装がどのようなものであるか、また、供用年数の差による舗装の耐久性、損傷等がどのような状況にあるか等を確認し、情報を共有することができた。

(2) 小規模試験施工

次年度以降に計画する試験施工を前に、各種環境舗装が持つ性能の把握、約1年程度の期間における経年的な状態変化の把握、これらより求められる数値等から品質管理基準づくりに向けた基礎データとするため、近畿技術事務所構内において小規模の試験施工を実施した。

小規模試験施工は、本プロジェクトに参加する産のメンバーが主体となって施工を行っている。このため、小規模試験施工を行う環境舗装の種類については、施工方法の違いによる数値の確認や、社内の品質管理基準が十分に確立されていないことによる品質の差異を検証のため等、参加メンバーの意向に沿う形で、各WG内において調整を行い、計17種類を選定した。（表1）1種類あたりの施工規模については、構内の施工できる範囲、舗装の種類数、実際の歩道施工時の施工性を考慮し、幅2m×長さ2mを基本とした。（図3）

表-1 試験施工の舗装の種類

①	保水性舗装
②	カラー保水性舗装
③	常温混合物保水性舗装
④	常温混合物透水性舗装
⑤	透水性舗装
⑥	遮熱型常温透水薄層カラー舗装 「ニューカラーコート・C」
⑦	常温透水薄層カラー舗装 「ニューカラーコート・P」
⑧	自然石風常温透水薄層カラー舗装 「ネイチャーコート・ST」
⑨	土系舗装「砕石・土コラボ方式」
⑩	土系舗装「練り・左官方式」
⑪	土系舗装「散水・転圧方式」
⑫	土系舗装「練り・転圧方式」
⑬	土系舗装「土ブロック方式」
⑭	樹脂で固めた土舗装「デュソル」
⑮	保水性および透水性木質舗装材ブロック
⑯	透水性コンクリート舗装「エコベック」
⑰	土系舗装「オーバーレイ方式」



図-3 試験施工 配置図

施工時期については、次年度以降の研究工程や、現場品質試験による経年的な数字を把握するうえで、冬場の温度環境による各舗装体への影響を把握することを考慮した。さらに、近畿技術事務所構内において、11月22日、23日には、ふれあい土木展を別途計画していたため、環境舗装のPRも兼ね、来場者が通行できるように11月13日までに施工した。(写真2、3)



写真-2 完成写真



写真-3 各舗装の説明看板

(3) 現場品質試験

試験施工における現場品質試験については、施工直後の11月と施工3ヶ月後の2月の2回実施した。試験項目は、アスファルト舗装試験法便覧や土系舗装ハンドブック等を参考に表2のとおりとした。また、試験状況、試験結果は、写真4~10、図4~11のとおりである。

表-2 現場品質試験項目

試験項目	試験方法	性能目標値等
すべり抵抗性試験	試験法便覧	BPN40以上(湿溜状態)
GB(ゴルフボール)試験	試験法便覧	GB係数 70%以下
SB(スチールボール)試験	試験法便覧	
現場透水量試験	試験法便覧	300ml/15秒以上
プロクターニードル試験	土系舗装ハンドブック	60ポンド以上
明度測定	試験法便覧	試験2回の相对比较
平坦性試験	試験法便覧	試験2回の相对比较
舗装路面の硬さ試験	JIS A 6519 土系舗装ハンドブック	69~91(G)

a) すべり抵抗性試験

試験は、摩擦抵抗値より路面のすべりにくさを評価する。変化の大きかった舗装は、⑨⑰(表1参照)の土系舗装である。⑨は施工直後に比べてBPN値が14ほど低下している。これは、施工直後には真砂土の細粒分が密に詰まっていたが、3ヶ月後には細粒分が降雨により流され、表面が粗くなったと推測する。⑰は施工直後に比べ、BPN値が10ほど増加している。これは、表面の風化よりもセメント固化剤の硬化が進み、強固で密実な路面が形成されたものと推測する。



写真-4 試験状況

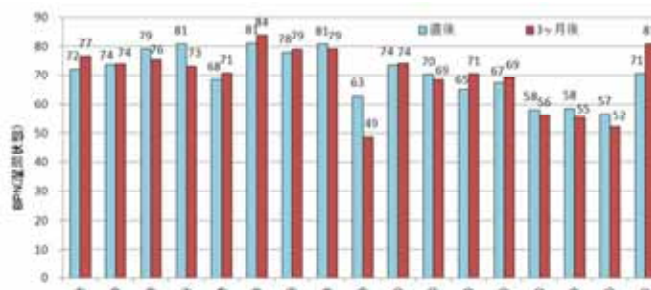


図-4 すべり抵抗性試験結果

b) GB試験、SB試験

試験は、落下させたGB、SBの跳ね返り高さから、路面の弾力性を評価する。3ヶ月後の調査で数字が増加したものは、④⑩⑪⑫⑭である。これらは、固化剤が硬化したためと推測する。一方、⑤⑥⑦(薄層タイプ)で7~11程度低下しているが、これらは材料の特性によるものと推測される。

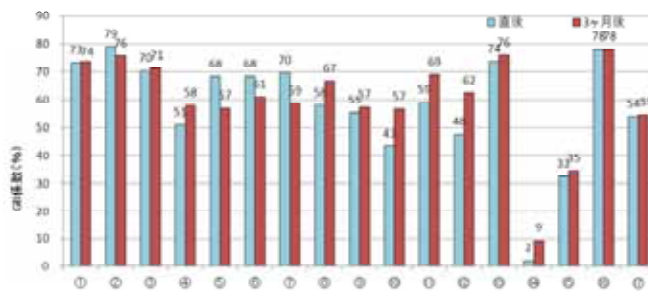


図-5 GB試験結果

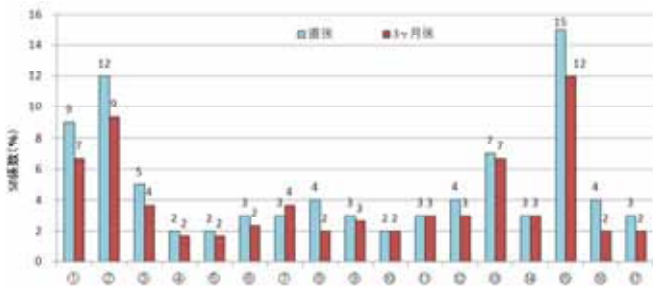


図-6 SB試験結果

c) 現場透水量試験

試験は、15秒間の浸透量から舗装体の浸透機能を評価する。①～③、⑨～⑪、⑭⑮⑰は不透水構造であるため、今回の試験方法では、水がオーバーフローしてしまい、測定値は得られなかった。⑫において、浸透水量が156(ml/15秒)低下が見られた。これは、固化剤の硬化により内部の団粒構造に変化が生じ、連続空隙率が減少したものと推測される。



写真-6 試験状況

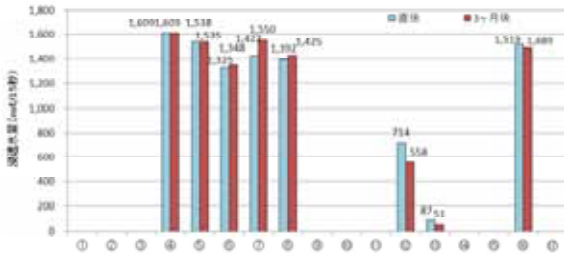


図-7 現場透水量試験結果

d) プロクターニードル試験

試験は、金属棒を路面に貫入させたときの抵抗から土の硬さを評価する。⑭以外は、舗装自体が硬化しており、本試験が適用できなかった。



写真-7 試験状況

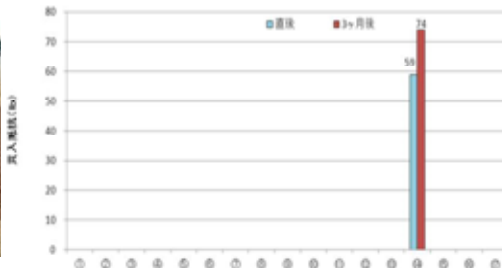


図-8 プロクターニードル試験結果

e) 明度測定

試験は、舗装表面の経年的な変化、色あせ等を評価する。明度の増加は、うすい、明るいといった方向へ進展したことを示し、数種において、白っぽく色あせたことが推測された。



写真-8 試験状況

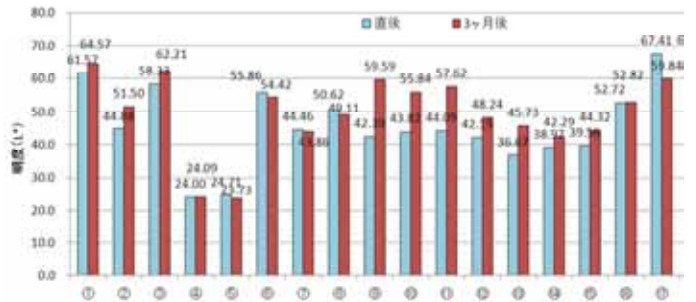


図-9 明度測定結果

e) 平坦性試験

試験は、路面の平坦性を評価する。通行する対象がなく、期間も経過していないため、大きな変化は見られなかった。



写真-9 試験状況

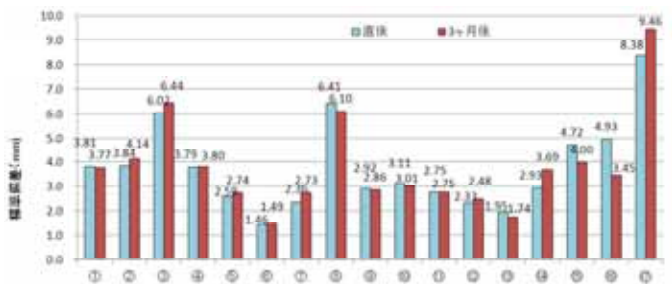


図-10 平坦性試験結果

e) 衝撃加速度試験

試験は、歩行者の転倒時を想定し、人の頭部に模したものを落下させ、そのときの衝撃度から、路面の硬さを評価する。気温の影響と推測され、全体的に若干数字が高くなる傾向が見られた。



写真-10 試験状況

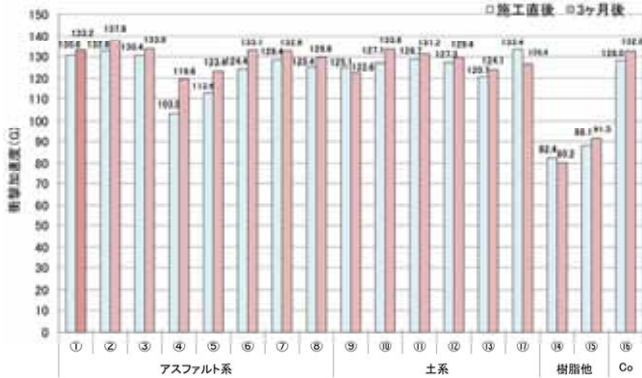


図-11 衝撃加速度試験結果

(4) アンケート調査

試験施工した舗装について、プロジェクトメンバー以外の第三者の意見を得るため、アンケート調査を実施した。調査は、ふれあい土木展の来場者及び近畿技術事務所の研修施設利用者へ協力をお願いし、実際に試験施工箇所を通行した134人から回答を得た。(図12)

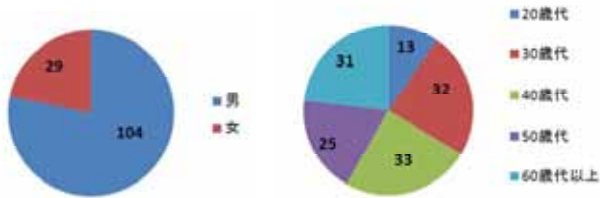


図-12 男女別及び年齢別 (人)

集計結果は図13及び表3のとおりである。回答で評価が高かったのは、カラー系のアスファルト舗装や木質ブロック、透水性コンクリートであった。一方、土系舗装は比較的评价が低い結果となった。評価した理由では、「歩きやすさ」、「色合い」、「滑りにくい」の順で回答が多かった。この結果から、舗装自体の色合いのよいものが比較的良好な評価につながり、土系舗装では、自然緑地等の周囲の環境とマッチした場合には景観に映えるが、今回は近畿事務所構内に設置されたことで、周囲の環境となじまないために、よい評価が得られなかったのではないかと推測される。

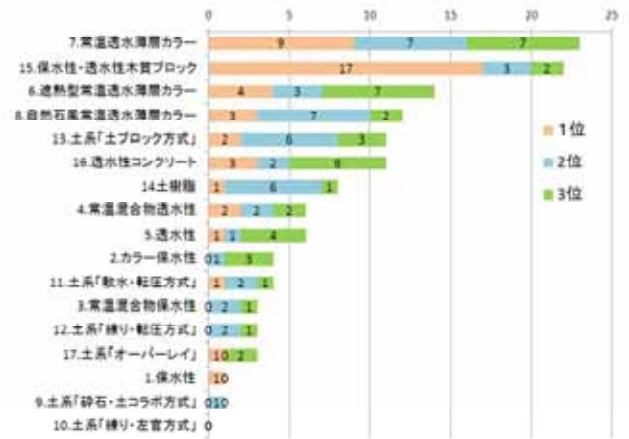


図-13 「良いと思った舗装」優先順位の得票数

表-3 「良いと思った舗装」の理由

番号	名称	理由	合計
①	保水性舗装	歩きやすさ	2
		色合い	2
		滑りにくい	1
		その他	0
②	カラー保水性舗装	歩きやすさ	1
		色合い	1
		滑りにくい	1
		その他	0
③	常温混合物保水性舗装	歩きやすさ	1
		色合い	0
		滑りにくい	1
		その他	0
④	常温混合物透水性舗装	歩きやすさ	3
		色合い	3
		滑りにくい	3
		その他	1
⑤	透水性舗装	歩きやすさ	8
		色合い	1
		滑りにくい	3
		その他	2
⑥	透熱型常温透水薄層カラー舗装「ニューカラーコート・C」	歩きやすさ	6
		色合い	5
		滑りにくい	6
		その他	0
⑦	常温透水薄層カラー舗装「ニューカラーコート・P」	歩きやすさ	6
		色合い	7
		滑りにくい	4
		その他	2
⑧	自然石風常温透水薄層カラー舗装「ネイチャーコート・ST」	歩きやすさ	5
		色合い	3
		滑りにくい	5
		その他	1
⑨	土舗装-「砕石・土コロボ方式」	歩きやすさ	2
		色合い	2
		滑りにくい	1
		その他	0
⑩	土舗装-「練り・左官方式」	歩きやすさ	1
		色合い	2
		滑りにくい	2
		その他	0
⑪	土舗装-「散水・転圧方式」	歩きやすさ	0
		色合い	0
		滑りにくい	0
		その他	0
⑫	土舗装-「練り・転圧方式」	歩きやすさ	1
		色合い	0
		滑りにくい	0
		その他	2
⑬	土舗装-「土ブロック方式」	歩きやすさ	3
		色合い	2
		滑りにくい	0
		その他	1
⑭	樹脂で固めた土舗装「デュノル」	歩きやすさ	10
		色合い	3
		滑りにくい	3
		その他	3
⑮	保水性及び透水性木質舗装材ブロック	歩きやすさ	31
		色合い	20
		滑りにくい	13
		その他	5
⑯	透水性コンクリート舗装「エコベック」	歩きやすさ	3
		色合い	4
		滑りにくい	5
		その他	1
⑰	土舗装-「オーバーレイ方式」	歩きやすさ	0
		色合い	0
		滑りにくい	0
		その他	2

(5) まとめ

2013年度の取り組みより、歩道舗装の現状と課題について把握した。土系舗装は、一般的に温度上昇の抑制効果が期待でき、環境面や景観面で優れた舗装と考えられ

ているが、今回の調査で施工方法や品質管理などの指針、基準が不十分であることが確認された。樹脂・アスファルト系舗装は、多くの工法が確立され、施工実績は多い。ただし、品質管理基準は、各工法で独自に定められているが、必ずしも統一されたものではないことが確認できた。コンクリート系舗装は、透水性舗装や保水性舗装ブロックの施工実績が多いことが確認できた。小規模試験施工、現地品質試験より、特に数値に問題はなく、各工法による特徴が見られた。しかし、現場透水量試験やプロクターニードル試験では、既存の試験方法では適切に数値が得られないことが確認でき、一律で評価できるように試験方法を見直したり、評価項目や基準値を工夫するなど、今後の課題も確認された。

(6) 今後について

次年度の取り組みとしては、2013年度に得られた知見、調査結果より、品質管理基準、項目の整理をさらに進める予定であり、それぞれの材料の施工場所の適用条件を整理した上で、道路管理者の意見・ニーズを把握し、それらを踏まえた適用条件の整理も行う予定である。また、今回実施した小規模試験施工の舗装について、追跡調査を行うとともに、実際に歩道に供用される際には車両等が乗り入れすることを考慮していく必要もあり、一部コ

アを取るなどして、耐久性の面からも評価のための数値の確認を行う予定である。課題とされた試験項目についても、現場透水量試験で流量を小さくして、透水機能の評価を見直すなどの検討を行う予定である。以上の整理ができた後に、実際に直轄国道敷において、舗装種類を絞り、試験施工に着手する考えである。

なお、本プロジェクトは、近畿技術事務所品質調査課が担当しており、私は4月の異動で本プロジェクトの担当を外れている。このため、4月以降の活動において本紹介と変更されている場合があることにご留意頂きたい。

謝辞：2013年度の取り組みを通じて、産学の学術知識、技術力が非常に大きく感じるとともに、個人的に非常に有意義な場であったと感じている。本プロジェクトリーダーである、大阪市立大学名誉教授の山田先生、近畿大学の佐野先生、事務局運営に携わっていただいた近畿大学の東山先生、大林道路（株）、各WG幹事としてWG運営にご尽力頂いた（株）NIPPO、東亜道路工業（株）、鹿島道路（株）、住友大阪セメント（株）、その他、参加頂いた関係機関の皆様には心より感謝します。また、本紹介を通じて、プロジェクト活動がより多くの方に広く周知されれば幸いである。

名勝吉野山にふさわしいトンネル計画を目指して

木戸 正二¹

¹大阪府 都市整備部 交通道路室 道路整備課 (〒540-8570大阪府大阪市中央区大手前2丁目)

参陵隧道は、史跡名勝吉野山、吉野熊野国立公園、世界文化遺産紀伊山地の霊場と参詣道の3つの特徴を持つ奈良県吉野山に位置している。本論文ではこのトンネル改修計画を進めるにあたり、まず参陵隧道の評価を行い、整備方針を立てた。また歴史、桜、景観の観点からアプローチをして、トンネル位置や坑口形状、施工方法等を検討している。また吉野山の景観に配慮した点について報告をする。

キーワード 景観設計, トンネル, 史跡名勝地, 桜

1. はじめに

吉野山は日本有数の桜の名所として平安時代から親しまれ多くの和歌にも詠まれている。また1924年(大正13年)には国の史跡名勝(図-1)、1936年(昭和11年)には吉野熊野国立公園に指定され、さらに2004年(平成16年)には世界文化遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」として登録されている。これらの史跡名勝等は将来にわたり伝えていくべき遺産となっている。

この吉野山に位置する参陵隧道(延長20.6m)は、1941年(昭和16年)に皇紀2600年事業の一つとして建設された県内で3番目に古いトンネルである。参陵隧道は老朽化が激しいうえ、幅員が3mと狭く、特に観桜期には車両が対向できず渋滞を引き起こしている。

このような状況を解消するため現在トンネル改修計画を行っている。本稿では名勝吉野山にふさわしいトンネル計画について検討している内容を紹介する。

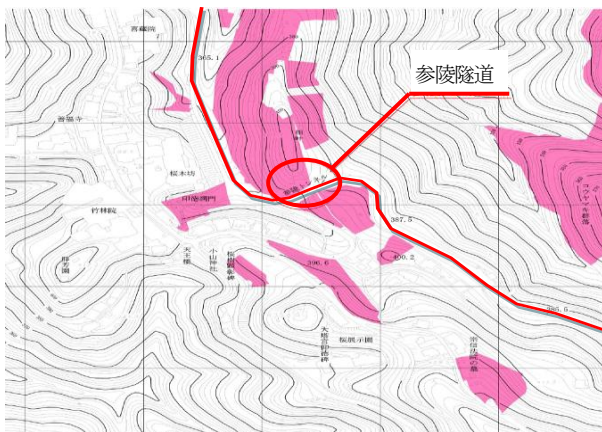


図-1 参陵隧道周辺の史跡・名勝

2. 道路の現状と整備方針

(1) 隧道の現状と評価

参陵隧道は、1941年に完成したコンクリートブロックの隧道で、覆工部は老朽化が進んでおり漏水やはく落が見られる。断面は有効幅員 $W \approx 3.3\text{m}$ 、有効高 $H \approx 3.8\text{m}$ と大変小さく、乗用車のすれ違いができず、交互通行となっている。特に観桜期には写真-1のように車と人が交錯し大変危険な状況である。

また隧道自体の価値を文化財、土木遺産、近代化遺産、施工技術の観点で評価したところ、隧道の材料や工法等は当時の標準的なものであり規模も小さく、意匠的にも特筆するものは小さいと判断できる。



写真-1 観桜期のトンネル付近の状況

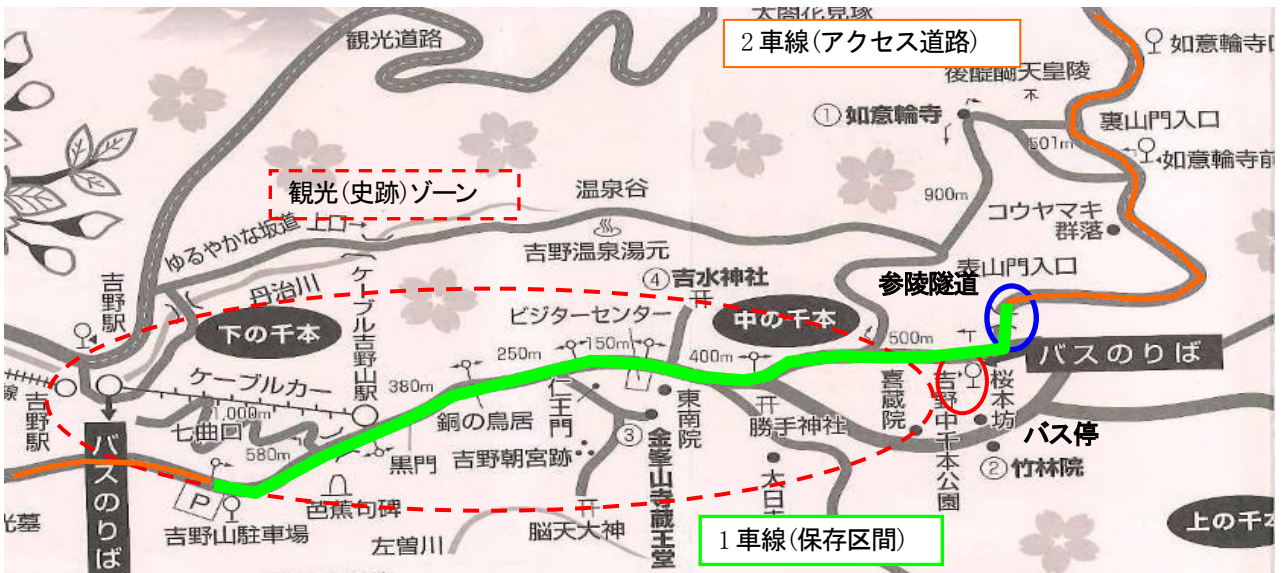


図-2 吉野山地区 道路状況図

(2) 道路整備の考え方 (図-2)

写真-2 のように吉野山の町並み部 (県道桜井明日香吉野線) は1車線しかなく、史跡が点在している箇所であることから大きな改修ではなく維持管理を中心に現道を保存していく区間とする。

また吉野山へのアクセス道路 (県道桜井吉野線等) は2車線で整備済みであり、吉野山の玄関口である参陵隧道の拡幅ができれば、観光バスを中心とした交通が推進され、その結果観光ゾーンへの車の進入が少なくなり、史跡名勝地内での渋滞等の悪影響を低減できる。

以上より方針として隧道前後のみの延長約 200m区間の改修を計画する。



写真-2 町並み状況

2. 設計のコンセプト

トンネル計画を行うにあたり、下記の3つのコンセプトで検討を進めている。

(1) 歴史【参拝道路の建設史】

この隧道は皇紀 2600 年記念事業の一つである「御陵参拝道路の改良事業」により後醍醐天皇陵の参拝道路として建設されたもので、歴史性が認められる。また当時の資料¹⁾を紐解くとその時から天皇への尊厳を大切に、山相へ配慮した計画となっている。その当時の新聞では (図-3)、隧道延長が30mとなっていたが、崩落により現在の20mになったことがわかる。

以上より方針としては『参拝道路の計画性を受け継ぐ』こととした。



図-3 昭和15年4月11日 大阪毎日新聞 『参陵隧道を設けることで桜の切り取りを最小限にする計画』(隧道延長L=30m)

(2)桜【桜を守り、育てる】

近年連作障害を起し、病気等に冒され立ち枯れてしまう桜(写真-3)が急増し危機的な状況であるため、桜にとって最も望ましい工法を選択する。

また史跡名勝吉野山保存管理計画²⁾に基づき、地元吉野山地区や桜の保全活動を行っている吉野山保勝会等と連携を図り、桜を保全する。

以上より方針としては『保存管理計画に基づき桜を回復させる』こととした。



写真-3 立ち枯れる桜

(3)景観【吉野山の景観への配慮】

景観の主対象はヤマザクラを中心とした自然景観と寺社等の文化的景観であるため、トンネルを目立たせ過ぎず自然地形を大切にする。

また隧道がもつ歴史性や地域の特性に留意した景観形成を図る。

以上より方針としては『自然に馴染む景観とする』こととした。

4.トンネル計画について

(1)概要

トンネルについては、図-4のように既存ルートを継承するため現況位置とし、延長は現況20mよりも長くなるが自然地形を復元できる計画とした。

また周りの史跡名勝地への影響を考慮し、極力小さな断面となるようにした。

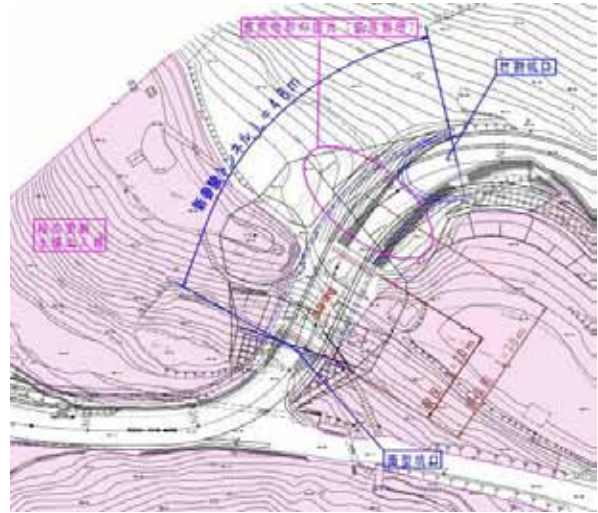


図-4 計画平面図

(2)施工方法

施工方法については表-1のとおり開削工法と非開削工法について比較検討を行った。この結果、桜の回復が図れる開削工法を採用することにした。

表-1 施工方法比較表

	開削工法	山岳トンネル工法+補助工法
概要図		
評価	<ul style="list-style-type: none"> 大きな切土を伴うが、土壌の入れ替えにより連作障害の解消が図れる 生育不良が顕在化しているヤマザクラの更新が図れる 工事期間を短くでき、観光への影響が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> 土被りが少ないため、薬液注入による補助工法が不可欠となり、既存植生への影響が懸念される 隧道部の地質条件等による工期の変動が懸念されるため、観光への影響が大きい

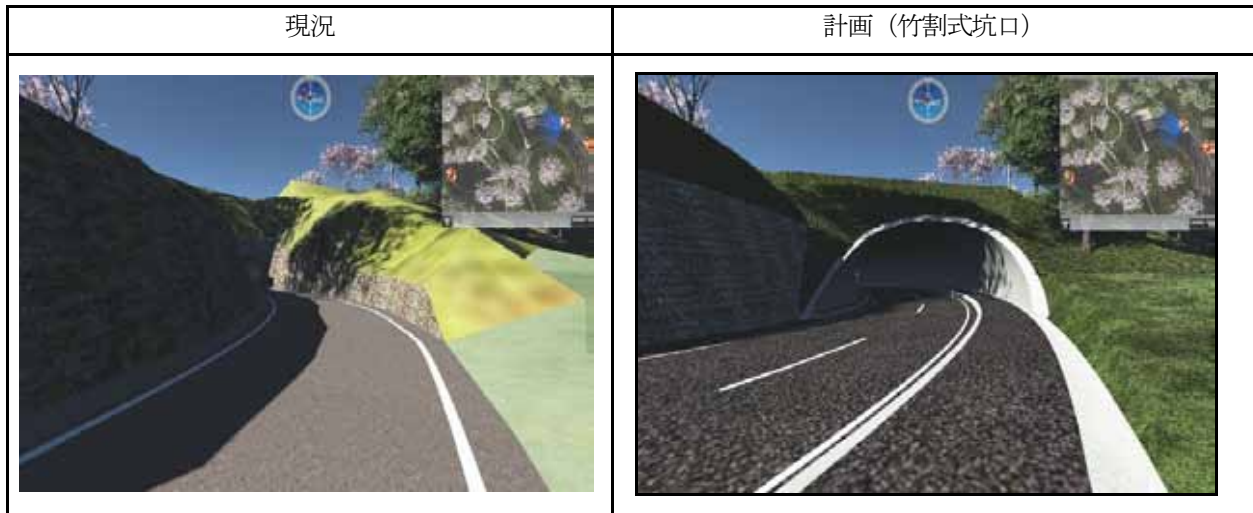


写真-5 東側坑口 景観シミュレーション

5.景観設計

(1) 吉野山の景観に配慮したポイント

a) 自然地形を大切する工夫

できる限り人工構造物が目立たないようにし、圧迫感を低減させる坑口形状を検討するとともに、坑口周辺の擁壁位置は、できるだけ擁壁のボリュームを低減させるような線形とする。

b) 周囲の景観と調和する素材の活用

擁壁や面壁の仕上げとして、当該地域周辺の石垣等に使用されているものと同様の自然石（緑色片岩写真-4）を用いる。

c) 参陵隧道の既存材料の活用

現隧道に使われているコンクリートブロックや銘板の再利用を行い当時の面影を伝える。



写真-4 緑色片岩

(2) 景観シミュレーション

歩行者や自動車からの視点場を設定し見え方を確認するとともに、両坑口の見え方をシミュレーションした。

写真-5に東側の竹割式坑口の一例を示す。

6.まとめ

参陵隧道は桜や世界遺産に囲まれ、さらに皇紀2600年事業で建設された歴史があることなど多くの特性を持っており、これらをどのように活かし、また配慮した計画にできるかが課題であった。その糸口として過去の文献を調査し、景観や樹木の専門家に意見を伺いながら計画を進めた。その結果トンネル坑口は面壁式ではなく竹割式を採用することで、建設当時に近い地形を復元し自然景観に配慮した。また施工方法は土の入替が可能なオープン掘削を選択し、桜の回復に寄与できる計画とした。

最後に今回の報告はまだ途中段階であり、今後も引き続き文化庁や地元等と十分な協議を行っていく必要がある。さらに計画を進めていくうえでは、現隧道の歴史性を後世に伝えることができる工夫、細部のデザイン、景観に配慮したトンネル構造など引き続き検討が必要である。

なお、本論文課題は、著者の従前の所属（奈良県吉野土木事務所計画調整課）における所掌業務である。

謝辞：本業務において、ご指導ご協力いただきました関係者の皆様に厚くお礼申し上げたく、謝辞にかえさせていただきます。

参考文献

- 1) 奈良県：塔尾陵参拝道路開修一件，1939
- 2) 奈良県教育委員会：史跡名勝吉野山保存管理計画

津波襲来後の大阪平野の排水について

松岡 一成

近畿地方整備局 河川部 地域河川課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

東日本大震災では津波による被災後、広域な地盤沈下と地震及び津波による防潮堤等の被災により、長期の湛水が起り都市機能復旧に大きな障害となった。ゼロメートル地帯を多く抱える大阪平野においては、浸水範囲が大きいのみでなく広域地盤沈下、潮汐により、その湛水時間も長いことが予想される。

本論では大阪府、兵庫県が公表した南海トラフ巨大地震による津波浸水想定区域図^{1) 2)}をもとに、津波襲来後から現行の排水施設等を活用して簡単なシミュレートを行ない、排水完了までの大まかな時間を算出したので報告するものである。

キーワード 南海トラフ巨大地震、津波浸水想定、排水作業、堤防仮締切り

1. 津波浸水想定区域図

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波のような大規模な津波に備えていくために「災害には上限がない」ことを教訓に、なんとしても人命を守るため、ハードとソフトの施策を総動員した「多重防御」による津波防災地域づくりを進めていく必要から、「津波防災地域づくりに関する法律(平成23年法律第123号)」が定められた。

この法律に従って、現在、都道府県では津波浸水想定区域図の作成、公開を行っている。大阪平野の大阪府、兵庫県についても平成25年8月¹⁾及び12月²⁾にそれぞれ、南海トラフ巨大地震における津波浸水想定区域図を作成、公開している。図-1にそれぞれの繋ぎ合わせた資料を示す。



図-1 大阪平野の津波浸水想定区域図

東日本大震災では津波による被災後、広域な地盤沈下と地震、津波による防潮堤等の被災により、長期の湛水が起り都市機能復旧に大きな障害となった。図-1を見ても解るようにゼロメートル地帯を多く抱える大阪平野においては、浸水範囲が著しいのみでなくその湛水時間も長いことが予想される。

2. 本論の目的

図-1で示したような広域で激甚の津波浸水に対して、人命救助、孤立避難者の救出、早期の復旧復興等を実現するために「特定緊急水防活動(水防法第32条)」を踏まえて実施する堤防仮締切り、排水作業等の手順またそれに要する時間について把握し、その情報を関係各機関に情報提供することによって、より効果的な災害復旧につなげることを目的とする。

3. 排水作業の手順

津波浸水被害発生から排水作業完了までの基本的な手順としては、1) 堤防の決壊箇所等、湛水原因を確認及び復旧の為の道路等の被災状況の確認、2) 堤防仮締切り、排水手順の検討、3) 災害復旧のための重機、資材等の手配、4) 仮締切りの実施、5) 排水作業の実施となる。以下それぞれについて記述する。

1) 堤防の決壊箇所等、湛水原因の確認及び復旧の為の道路等の被災状況の確認

被災直後、上空よりヘリ等で堤防等の決壊箇所を確認し、決壊したところから、潮汐により浸水が見られるか等を目視により確認し、図面等を用い広域地盤沈下を考慮に入れどの範囲がどの堤防決壊箇所により影響を受けているかを確認する。また、復旧に向けてどの道路及び排水機場が使用できるかを関係機関と協力して確認を行なう。

陸路からの調査については、河川・海岸堤防等の決壊状況や冠水による交通途絶区間等について詳細な調査を行う。この他、CCTVカメラによる監視、リエゾン派遣、マスコミ報道などによる情報収集も実施するなど、情報を複数用意するなどして、より正確な情報把握に努める。

今回は、大阪府の公開資料³⁾を基に発災後27時間経過後（津波の浸水が落ち着いて始めて平均潮位TP.+0を迎えた時間）の浸水想定を算出し、仮締め切りが必要な箇所を選定して、実施することとした。

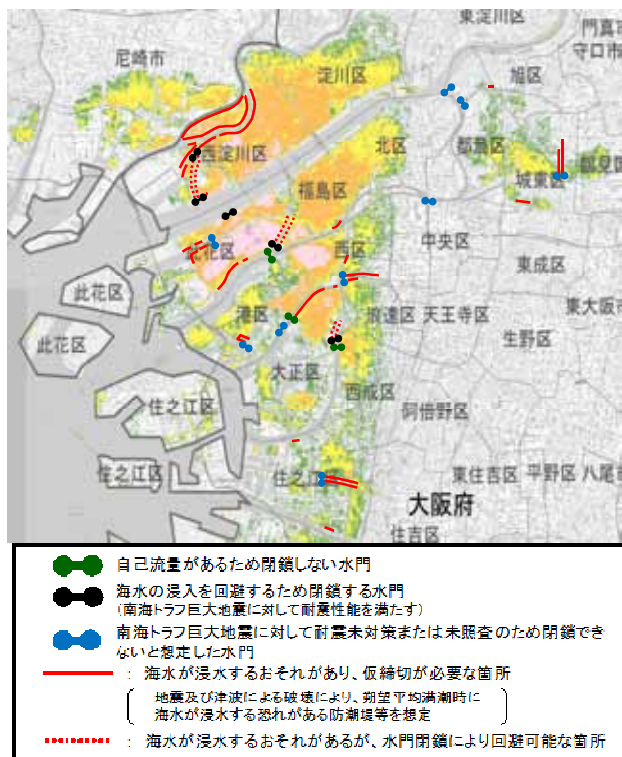


図-2 仮締め切り必要箇所及び発災後27時間の浸水想定

2) 堤防仮締め切り、排水手順の検討

1) の情報から、どの堤防を仮締め切りすれば、より効率的に排水作業に移行出来るかを検討する。今回は、水路等で区分されるブロックに分割して、1~2m以上の水深があるエリアを、人命救助、捜索の観点から第一優先エリアとして仮締め切り後、直ちに排水することとした。0.3m~1.0mを第二優先エリアとして、第一優先エリア排水後又は排水に影響のない範囲で、必要に応じて排水ポンプ車を配備することとした。(図-3参照)

3) 災害復旧のための重機、資材等の手配

仮締め切り必要箇所をどのような工法で実施するか。またそれを実行するために必要な数量を算出する。

今回は、工法を大型土嚢による締め切りとし、その数量は約25万m³と算出された。

本来、災害時には、どこにどれだけの材料があり、現況能力でどれぐらい実施出来るかをシミュレーションすべきであるが、今回は災害対応に必要な数量は確保できることを前提として検討を進めた。また排水ポンプ車については、近畿地方整備局の所有する排水ポンプ車の

内、被災地域と考えられる紀南、和歌山両河川国道事務所以外の26台と、北陸地方整備局の保有台数の半数20台が支援にくると想定して合計46台として検討した。

4) 仮締め切りの実施

堤防決壊箇所について、潮位変動による自然排水を見込み、理想は干潮位で遮断できれば良いが、現実的には少なくともTP.+0m付近まで浸水を低下させることが望ましいと考える。

今回は平均潮位(TP.+0m)で遮断が出来るものとして、5)の排水作業の作業時間計算においては、平均潮位(TP.+0m)の湛水量で計算することとする。

5) 排水作業の実施

仮締め切りが完了した箇所及び、仮締め切りが必要な無い箇所から排水を実施する。現実には排水機場においての復旧及び人員、燃料の確保が必要となり、それにより排水能力が左右される。今回は排水機場については、発災後27時間より100%排水能力が確保されると仮定して、仮締め切りが完了した箇所から順次排水を行うこととする。

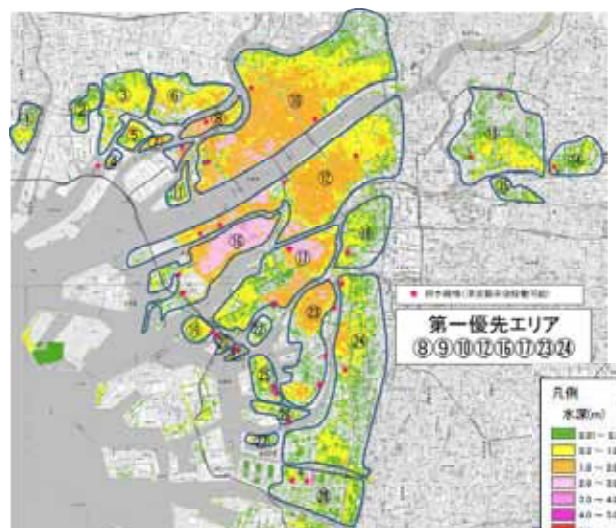


図-3 排水ブロック割りと優先エリア

4. 仮締め切り、排水時間の算出

3. の条件で、算出したものを、表-1に示す。

計算の流れとしては、第一優先エリアについて、仮締め切り(赤線)を実施。その後、そのエリアに存在する可動可能なポンプにて排水(青細線)を行う。次に、仮締め切りが完了エリアにおいて排水ポンプ車排水を行う。仮締め切り完了箇所が増えれば、完了エリア数で全ポンプ車(46台)を按分してポンプ車を貼り付ける。排水ポンプ車により短縮した分を引く(青矢印)ことで、最終的な仮締め切り+排水所用日数が算出される。

表より、早い箇所では4日、遅いものでも10日程度で排水が完了することが解った。

なお、第二優先エリアについては、仮締め切りが半日程度で完了し、第一優先エリアの中で一番始めに仮締め切りが完了する3日までに、排水が完了するためトータルの工程には影響しないことが解った。

アスファルト舗装のはく離抵抗性評価手法を用いた舗装修繕計画について

八木 崇充

近畿地方整備局 大阪国道事務所 管理第二課 (〒536-0004 大阪市城東区今福西2丁目12-35)

舗装修繕工事は、維持管理基準に照らすと予算要求する箇所が少なくなっている。しかし、現場の実態は「騒音」、「振動」等の舗装に関する要望・苦情が多くあり、維持工事等での小規模の補修を繰り返している。本論では、従来の舗装修繕の状況を整理し、現在の大阪国道事務所での状況を定量的に比較することで、舗装修繕についての課題を報告する。

また、現行の補修基準だけでなく、排水性舗装の健全度を判定する指標として「はく離抵抗性評価方法」の活用した工事事例を報告し、従来の路面性状調査の改善項目を提案する。

キーワード 排水性舗装 はく離抵抗性

1. はじめに

排水性舗装は1995年頃から導入されはじめ、大阪国道事務所においても、騒音の軽減や走行性の向上のため、広く施工されている。排水性舗装は、ひび割れやわだち掘れが点在して発生しているものの、現行の補修基準（ひび割れ率40%、わだち掘れ40mm）に適合した損傷は少ない。損傷が拡大する前に、維持工事等による小規模補修を繰り返すことで、結果、補修基準に適合した損傷が少なくなっている。今後、小規模な補修を続けていくことで、将来に大規模補修が集中して発生し、予算が逼迫することが懸念されることから、既設舗装の損傷状態を適切に評価し、舗装修繕を実施する必要がある。

2. これまでの舗装修繕

大阪国道事務所の舗装修繕工事の状況を把握するため、管理延長全体の舗装修繕に必要な費用、過年度の舗装修繕工事の発注額について整理し、以下のとおりとなった。

	道路延長 (m)			車道部面積 (m ²)		
	全延長	一般部	橋梁	全面積	一般部	橋梁
1号	46,007	39,632	6,375	740,651	653,840	86,811
2号	6,244	5,216	1,028	115,170	94,035	21,135
25号	24,128	23,853	275	289,474	284,163	5,311
26号	68,666	58,365	10,301	1,207,832	1,006,970	200,862
43号	9,804	3,488	6,316	285,719	86,387	199,332
163号	15,752	14,715	1,037	198,795	186,456	12,339
165号	3,063	3,060	3	20,524	20,511	13
171号	30,131	28,607	1,524	442,700	413,915	28,785
176号	12,346	11,844	502	125,153	117,873	7,280
481号	1,600	1,359	241	35,543	31,697	3,846
合計	217,741	190,139	27,602	3,461,561	2,895,847	565,714

表-1 各路線別の管理延長、車道面積

一般部： 約144.8億円
 橋梁部： 約56.6億円
 合計： 約201.4億円

表-2 管理区間全体に必要な舗装修繕費用

(百万円)

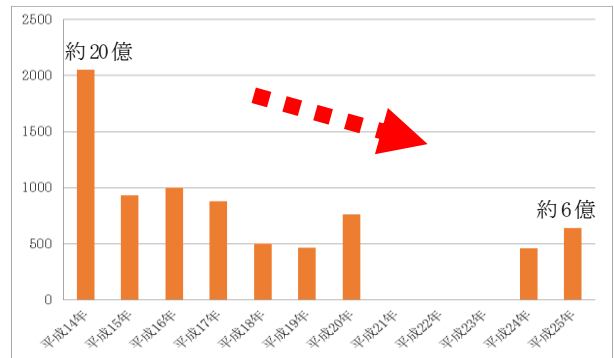


表-3 舗装修繕工事の発注額の推移

大阪国道事務所は、一般国道10路線、管理延長約218km、車道面積約346万m²の維持管理を行っている。管理区間全体に必要な舗装修繕工事の費用を算出を行うため、一般部は1層の路面切削とし、橋梁部は橋面防水工を含む2層切削として計算した結果、約200億円（一般部で約145億円、橋梁部で約57億円）の舗装修繕費用が必要となる。舗装の設計期間を10年で考えると、毎年約20億円の舗装修繕費用が必要となる。過年度の舗装修繕工事の発注額をみると、平成14年には、年間に約20億円の発注額があったが、それ以降は、維持修繕費の削減や橋梁の老朽化や耐震補強等の費用の増加により、舗装修繕工事の発注額が大幅に減少している。近年、

舗装修繕の予算が十分確保できず、部分的な補修で対応しているが、計画的な舗装修繕が求められる。

3. 舗装修繕の要否

これまでの舗装修繕の要否は、路面性状調査結果（ひび割れ率、わだち掘れ量、維持管理指数 MCI）や道路巡回等の現地調査に基づき舗装の健全度を評価してきた。

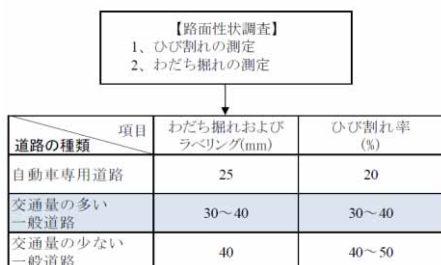


図-1 舗装修繕要否判定

排水性舗装の場合、これらの評価だけでは判断できない基層のはく離抵抗性（耐水性）の欠如による不具合が顕在化してきている。（写-1）従来の補修基準は、前述のとおりひび割れ率・わだち掘れ量・維持管理指数の他、コア採取によるひび割れ深さから舗装修繕を実施してきたが、基層の健全性を評価しないことで、本来、基層まで施工すべき箇所を見逃してしまう恐れや、健全な基層まで施工してしまう恐れがある。そこで、排水性舗装の基盤となる基層の健全性を適切に評価する必要がある。



写-1 はく離抵抗性の欠如による早期流動化による損傷事例

排水性舗装の基層のはく離抵抗性を評価する手法として、修正ロットマン試験を活用した工事事例を報告する。

4. 修正ロットマン試験

修正ロットマン試験とは、排水性舗装の基層の耐水性であるはく離抵抗性を評価する試験で、元々は、米国で行われていた圧裂試験である。現場で採取した状態の供試体（以下、標準養生供試体）と、強制的に浸水させはく離を促進させた供試体（以下、水浸養生供試体）の圧裂強度比で評価するものである。試験手順を図-2 に示す。

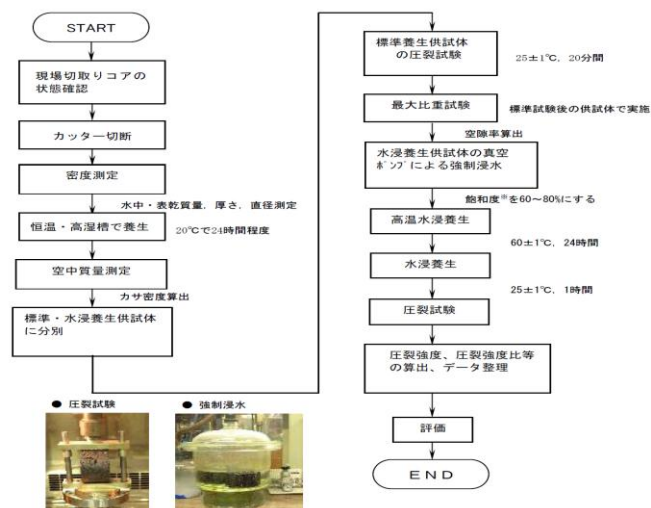


図-2 修正ロットマン試験手順

判定基準として、標準圧裂強度（図-3）で現状のコアがすでにはく離しているか否かを評価し、圧裂強度比（図-4）は将来的にはく離を起こす可能性があるか否かが評価され、危険領域内に該当するかで判断することになる。圧裂強度比は標準圧裂強度と水浸圧裂強度の比で算出する。

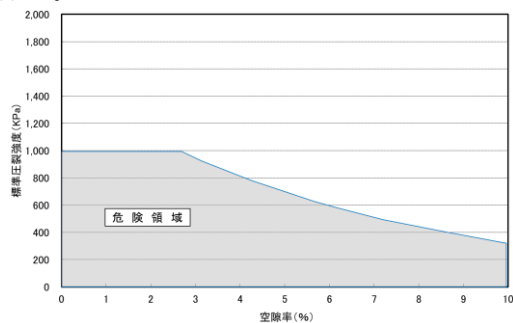


図-3 標準圧裂強度

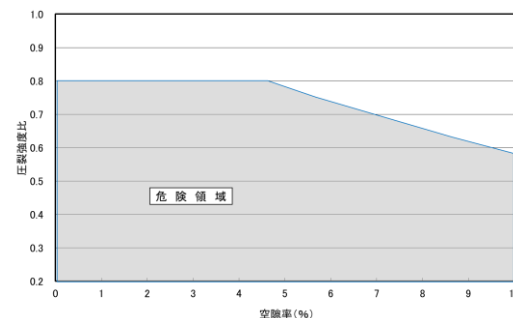


図-4 圧裂強度比

5. 活用工事

(1) 工事概要

工事名：国道43号西成(出城地区)舗装修繕工事
 工期：平成25年7月26日～平成26年2月28日
 工事内容：路面切削工 排水性舗装工
 前回修繕：平成12年

この工事は、花園北交差点から浜津橋南交差点までの排水性舗装の表層の切削オーバーレイを施工する計画とした。この区間における路面性状調査の結果は、比較的健全な数値を示しているが、部分的に早期に修繕が必要となる維持管理指数 (MCI) が4以下となっている。従来

は、コア採取からひび割れ深さの性状調査を行い、切削厚を決定していたが、今回は基層部分の健全性を確認するため、修正ロットマン試験を実施し、切削厚を決定することとした。調査範囲、施工範囲は図-5とする。

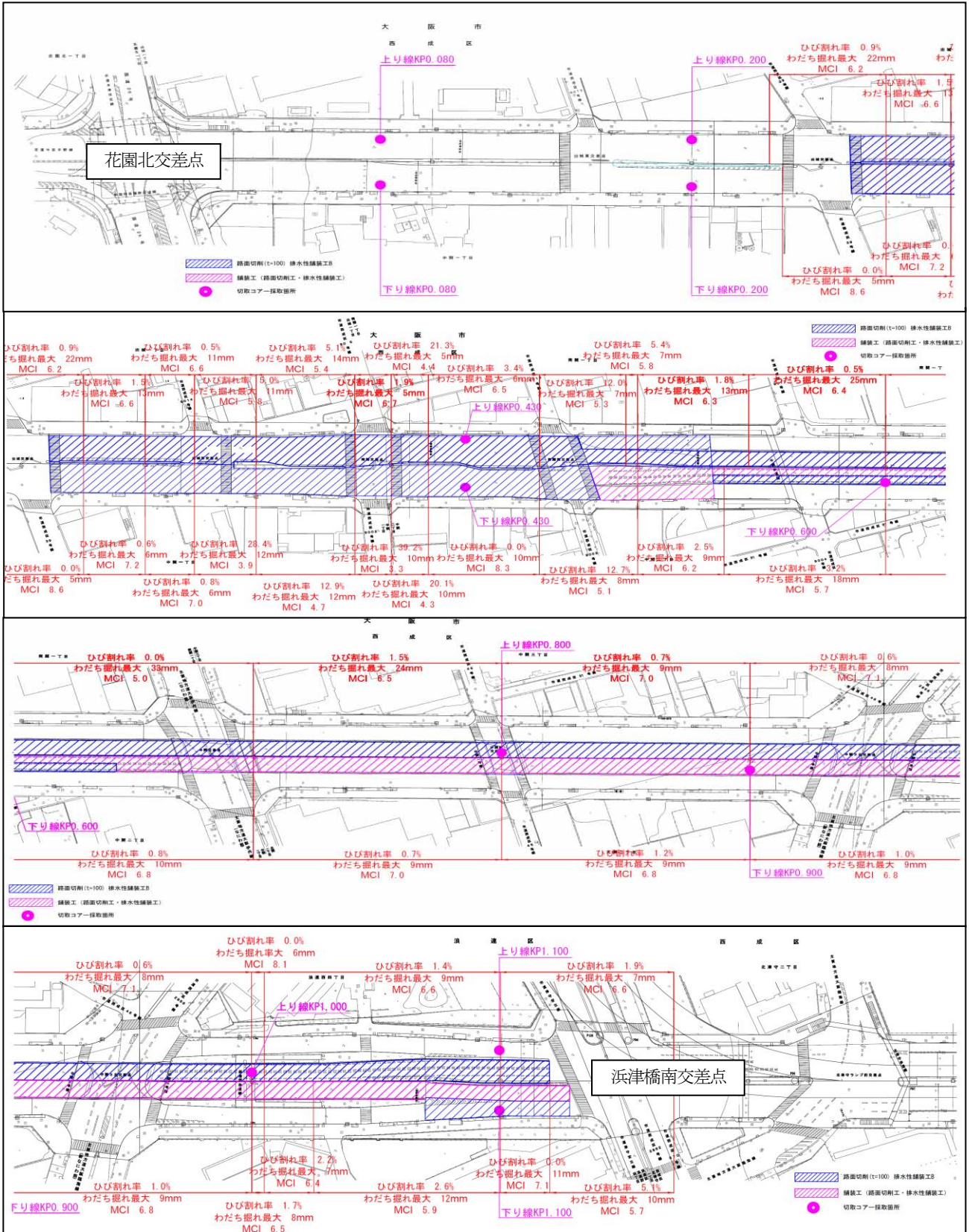


図-5 施工範囲図

(2)採取コアの概要

現地調査で採取したコアの採取箇所及び数量は図-5及び表-4(1)・(2)に示す。コアは、路面性状調査結果で健全と評価された箇所、標準圧裂試験用3本、水浸圧裂試験用3本の各測点計6本採取した。

コア採取箇所		コアの数量*
車線	測点	
下り線	KP0.080	6本
	KP0.200	6本
	KP0.430	6本
	KP1.100	6本
上り線	KP0.080	6本
	KP0.200	6本
	KP0.430	6本
	KP1.100	6本
合計		48本

*各測点におけるコア本数(6本)の内訳は、標準圧裂試験用3本、水浸圧裂試験用3本である。

表-4(1) コア採取箇所及び数量(一般部)

コア採取箇所		コアの数量*
車線	測点	
下り線	KP0.600	6本
	KP0.900	6本
上り線	KP0.800	6本
	KP1.000	6本
合計		24本

*各測点におけるコア本数(6本)の内訳は、標準圧裂試験用3本、水浸圧裂試験用3本である。

表-4(2) コア採取箇所及び数量(アンダーパス部)

(3)試験結果

採取したコアによる試験結果を表-5(1)・(2)に、標準圧裂強度と危険領域との対比を図-6・8に、圧裂強度比と危険領域との対比を図-7・9に示す。

測点	かさ密度* (g/cm ³)	理論最大密度** (g/cm ³)	空隙率 (%)	標準圧裂強度 (kPa)	水浸圧裂強度 (kPa)	圧裂強度比
下り線 KP0.080	2.398	2.527	5.1	430	349	0.81
下り線 KP0.200	2.373	2.535	6.4	451	319	0.71
下り線 KP0.430	2.337	2.535	7.8	519	318	0.61
下り線 KP1.100	2.394	2.480	3.5	603	434	0.72
上り線 KP0.080	2.403	2.515	4.5	425	211	0.50
上り線 KP0.200	2.432	2.518	3.4	543	431	0.79
上り線 KP0.430	2.327	2.539	8.4	553	349	0.63
上り線 KP1.100	2.390	2.515	4.9	605	481	0.80

*かさ密度(空隙率)は、標準養生供試体と水浸養生供試体の平均値である。
**理論最大密度は、最大比重試験により得られた結果である。

表-5 試験結果(一般部)

測点	かさ密度* (g/cm ³)	理論最大密度** (g/cm ³)	空隙率 (%)	標準圧裂強度 (kPa)	水浸圧裂強度 (kPa)	圧裂強度比
下り線 KP0.600	2.349	2.527	7.0	315	209	0.66
下り線 KP0.900	2.373	2.519	5.8	730	543	0.74
上り線 KP0.800	2.335	2.529	7.7	570	518	0.91
上り線 KP1.000	2.296	2.524	9.0	487	420	0.86

表-5 試験結果(アンダーパス部)

図-6より、下り線KP0.430と上り線KP0.430を除く6箇所において危険領域線内に位置する結果であり、現状においてすではく離が生じているものと考えられる。

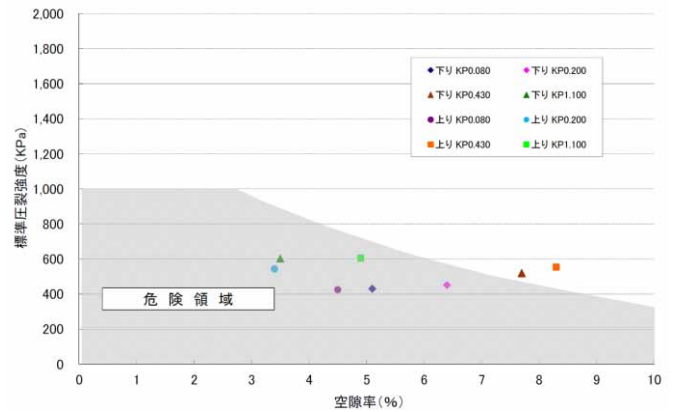


図-6 標準圧裂強度結果(一般部)

図-7より、下り線KP0.08と上り線KP1.100を除く6箇所において危険領域線内に位置する結果であり、将来的にはく離現象が起こる可能性が高いものと考えられる。

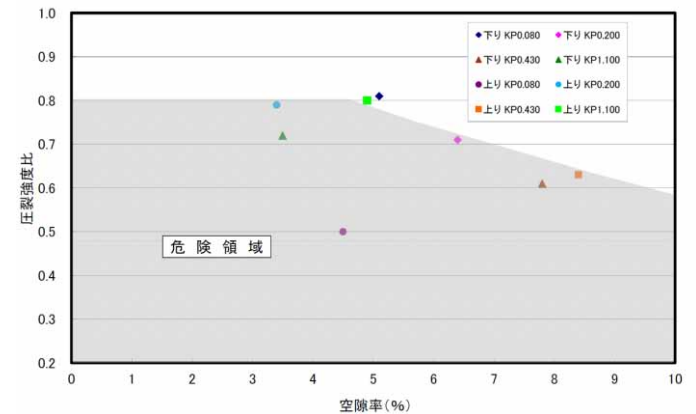


図-7 圧裂強度比結果(一般部)

図-8より、下り線KP0.600においては危険領域線内に位置する結果であり、現状においてはく離が生じているものと考えられる。

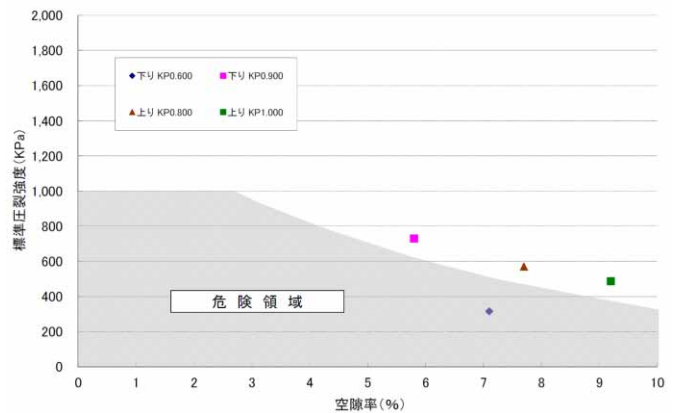


図-8 標準圧裂強度結果(アンダーパス部)

図-9より、下り線KP0.600及びkp0.900において危険領域内に位置する結果であり、将来的にはく離現象が起こる可能性が高いものと考えられる。

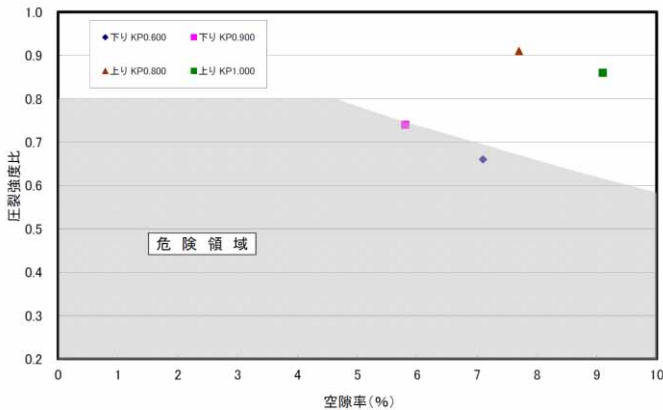


図-9 圧裂強度比結果 (アンダーパス部)

以上により、一般部の上下線、アンダーパス部下り線において「既にはく離が生じている」あるいは、「将来的にはく離現象が起こる可能性が高い」と判断され、今後早期に損傷が懸念される結果であった。一方、アンダーパス部の上り線においては、「はく離抵抗性に問題ない」と判断される結果となった。

排水性舗装の基層の健全性を評価することで、従来のコア採取によるひび割れ調査では見つけれない損傷を発見することができ、予防修繕が可能となった。

(4) 修繕計画

修正ロットマン試験結果より、舗装厚を決定した。一般部の上下線、アンダーパス部の下り線においては、現状のまま排水性舗装の基層として残した場合、将来的に更なるはく離の進行が予測され、舗装の損傷が懸念されることから、表層及び基層の切削オーバーレイの施工とした。また、アンダーパス部の上り線においては、はく離抵抗性に問題ないことから、当初計画のとおり表層の切削オーバーレイの施工とした。(図-5)

6. まとめ

大阪国道事務所では、舗装の小規模修繕を繰り返し行っており、今後、まとまった大規模修繕が必要となる。計画的な舗装修繕を実施するため、現状の舗装の健全性を的確に把握し、舗装修繕に必要な予算の確保が重要である。

今回、実施した修正ロットマン試験の結果では、路面性状調査やひび割れ調査では判断できない排水性舗装の基層の損傷を確認することができ、排水性

舗装の健全性を評価することができた。また、潜在的損傷の修繕が行えたことで、予防修繕が可能となった。

今後、これらの評価手法により、大阪国道事務所管内の舗装の健全性評価を実施し、舗装修繕計画の作成をめざしていく。

参考文献

- 1) 既設舗装の切削厚さ判定実施要領(案)近畿地方整備局
- 2) ひび割れ箇所の切削厚さ判定値運用手引き(案)大阪国道事務所
- 3) 修正LOTTMAN法 アスファルト・コンクリート舗装に対する水の影響を評価する標準試験

国道312号 保城北交差点における 事故防止対策について

藤澤 伸和

兵庫県姫路土木事務所道路第2課 (〒670-0947兵庫県姫路市北条1丁目98番地)

保城北交差点では、右折車と対向直進車の衝突事故や右折待ち車両を回避するため第1走行車線に車線変更した車両が、第1走行車線を走行する車両と接触する事故が多数発生している。

事故防止対策として、第1走行車線とセンターゼブラを縮小し第2走行車線を広くすることにより、右折車があっても後続車が通過できるよう車線の運用を変更することとした。

また、対策の効果を検証するため、対策の前後で右折車の挙動をビデオ撮影し、右折車の挙動にどのような変化が生じたのか検証した。本論文では、対策の内容と効果の検証結果を報告するとともに、国道312号における事故対策の展開について検討する。

キーワード 事故防止、コスト縮減

1. はじめに

国道312号の保城北交差点は、平成25年度に実施された、『新たな事故多発区間における事故防止のための現地検討会（以下、現地検討会という）』の検討対象箇所のひとつとして抽出された。現地検討会には、道路管理者である兵庫県、姫路市のほか、交通管理者、姫路市の危機管理部局が参加し、姫路土木事務所が作成した対策案を元に現地で意見交換を行い対策の方針を決定した。検討会で決定した案について公安委員会で意思決定がなされた後、事故防止対策工事を実施した。

本論文では、対策の内容とその効果を検証した結果を報告するとともに、国道312号における事故対策の展開について報告する。

2. 保城北交差点について

国道312号は京都府宮津市を起点とし姫路市に至る兵庫県中央部を南北に連絡する幹線道路である。

保城北交差点が位置する区間は、昭和40年代に現在の一般県道砥堀本町線のパイパスとして整備された4車線道路で、交通量は28,067台/日(H22道路交通センサス)となっている。

現在、沿道には飲食店、遊戯施設、商店などが隙間なく立地しており、沿道への車両の出入りが頻繁に発生している。



図1 位置図

また、殆どの交差点において右折車線が設置されていないため、右折車があった場合は第2走行車線を右折車が占有することとなり、後続車の滞留や右折待ちをしている車両を回避するための第1走行車線への危険な車線変更が発生している。

今回、現地検討会の対象となった保城北交差点も、右折車線が設置されていない交差点のひとつであるが、交差する市道が県道西田原姫路線への抜け道となっていることから多数の右折車が発生している。

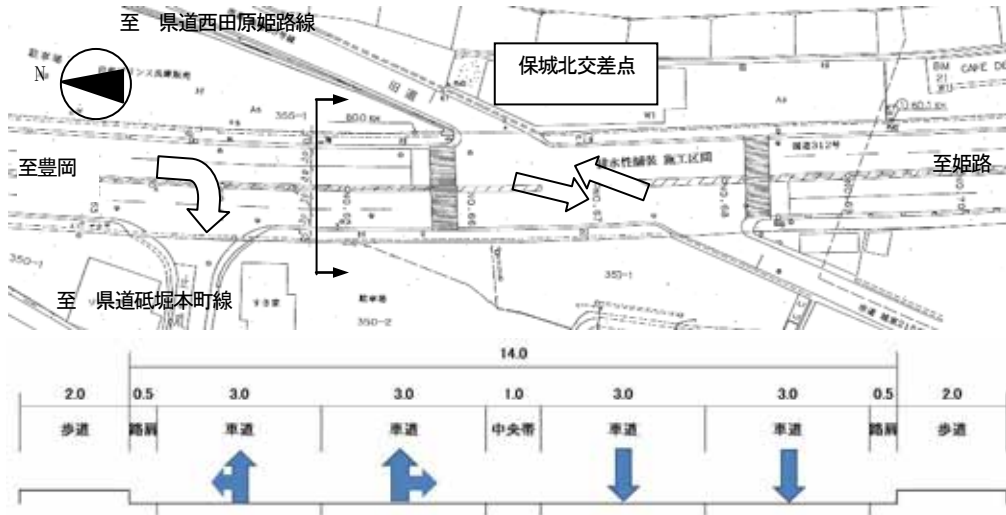


図2 保城北交差点の形状(対策前)

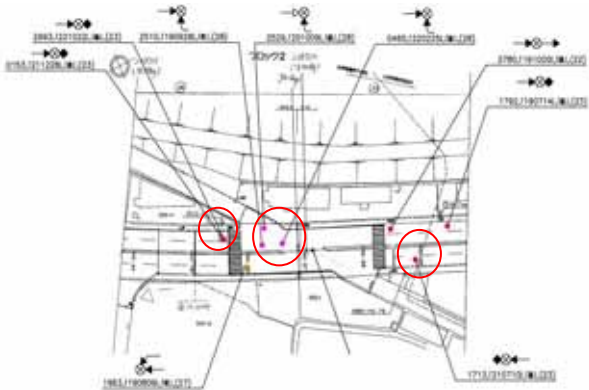


図3 事故の発生状況

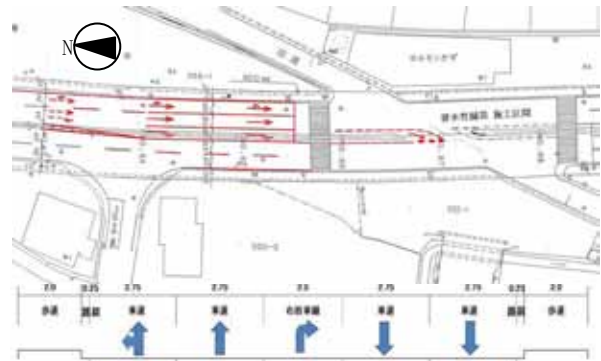


図4 (案1)平面図・横断面

また、保城北交差点の北側直近に信号制御されていない交差点（以下、近接交差点という）があるが、交差する市道が県道砥堀本町線への連絡経路となっていることから、当交差点においても右折車が多数発生している。

なお、対策前の交差点の形状及び幅員構成は図2に示すとおりである

3. 保城北交差点における事故発生状況と事故の原因について

保城北交差点における平成19年から平成22年の事故発生状況を図3に示す。

当交差点における事故の特徴として次の2点を挙げる事ができる。

- ① 右折車と対向直進車との衝突事故。
- ② 右折車を避けようとした車両と第1走行車線を走行している車両との接触事故。

これらの事故は、右折車が相当数あるにもかかわらず、右折車線が設置されていないため、右折車の運転者が後続車の滞留を気にする余り半ば強引に右折を敢行しよう

としたことや、右折するため停車している車両を回避するために、第2走行車線を走行している車両が先を急ぐために無理やりに第1走行車線へ車線変更をしようとしたために発生したものと考えることができる。

4. 事故防止対策の検討内容について

事故の発生状況や原因から考えると、右折車線を設置し信号制御によって右折車と対向直進車を完全に分離するとともに右折車が停車している場合でも後続の直進車の通行に影響を与えないようにすることが最も有効な対策として考えられる。

しかしながら、用地を買収し十分な道路幅員を確保したうえで右折車線を設置しようとした場合、多大な費用と時間が必要となる。

このため、以下に示すように用地買収を行わずに車線の運用を工夫することにより早期に効果を発揮できる案を作成し比較検討をおこなった。

(案1)路肩縮小右折車線設置(図4)

各車線及び路肩を0.25mずつ縮小するとともに中央帯を撤去することにより生み出した幅で右折車線

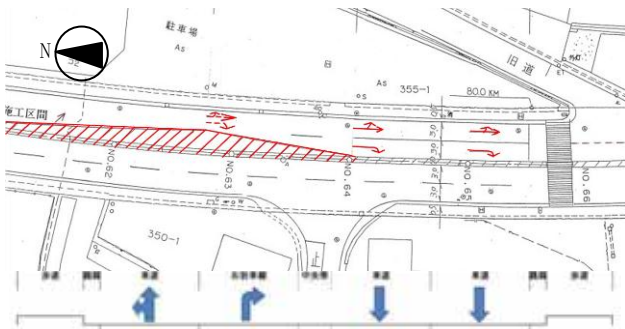


図5 (案2)平面図・横断面図

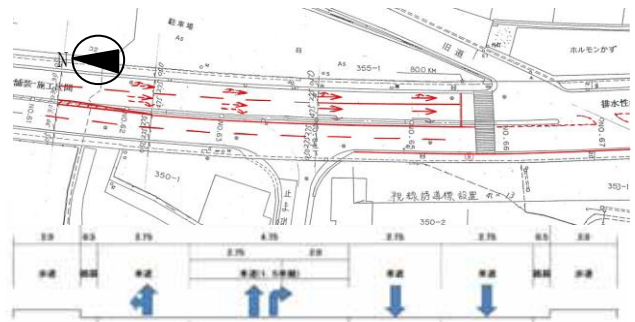


図6 (案3)平面図(現地検討会後)・横断面図

表1 工事施工日及び撮影日時

工事施工日	平成25年9月24日、25日
撮影日時	事前 平成25年9月20日 15:00~17:00
	事後 平成25年10月18日 15:00~17:00

表2 調査結果

		サンプル数(台)			全通過車両の平均間隔(秒)	右折車有平均間隔(秒)	平均時間(秒)	
		利用ギャップ	棄却ギャップ	合計			利用ギャップ	棄却ギャップ
保城北交差点	事前	10	48	58	4.2	3.3	7.6	2.3
	事後	16	65	81	4.3	3.6	9.7	2.1
近接交差点	事前	59	234	293	4.2	4.3	12.7	2.2
	事後	62	227	289	4.3	4.5	13.3	2.1

を設置する。

右折車線を設置することはできるが、路肩が0.25mしか確保できず危険である。

(案2)車線減少右折車線設置(図5)

路肩、車線及び中央帯の幅員は変更せず、交差点の手前で第2走行車線を絞りこみ1車線化し元の第2走行車線を右折車線として運用する。

右折車線は設置できるが、車線を減少させるため渋滞の発生が懸念される。

(案3)第2走行車線の1.5車線化(図6)

各車線を0.25m縮小するとともに、中央帯と第2走行車線を合わせてひとつの車線とする。

完全な右折車線を設置することはできないが、第2走行車線を広くすることにより、右折車が停車していても後続車が側方を通過することが可能である。

上記の3つの案のうち安全性や通行の円滑性を考慮して(案3)を現地検討会での検討材料として提案することとした。

現地検討会では、近接交差点における右折車にも対応できるよう南行き車線については滞留長を延長するよう意見が出されたため、その意見を反映し対策案とした。

5. 事故防止対策の効果の検証について

今回実施した事故防止対策によりいくつかの効果が期待されるが、“対策の前後で右折車の挙動にどのような変化が生じたのか”に注目し対策の効果を検証することとした。

具体的には、“対策前の状態では右折するため停車した際に後続車が滞留することがプレッシャーとなり無理に右折を行っていたのが、第2走行車線の拡幅により右折車が停車した場合でも後続の直進車が側方をすり抜けることが可能となったため、右折車の運転者が心に余裕をもって右折待ちができるようになったのではないかと”ということに注目した。

この効果は、運転者の心理面での変化という検証をしにくいものであるが、今回はこの効果を確認し対策の効果を検証することを試みた。

(1)検証の方法

右折車の挙動の変化を測定するため、保城北交差点及び近接交差点の2箇所について、対策工事の実施前後の右折車(南行き)及び対向直進車(北行き)をビデオ撮影し、その映像から右折車が右折行動をとろうとした際に、どの程度の対向直進車とのギャップ(車頭間隔)を容れ右折行動をするかということ測定した。

なお、工事の施工日及びビデオの撮影日時は表1に示すとおりである。

(2)検証の結果と考察

調査結果の概要を表2に示す。

まず、調査日や調査地点の違いにより、右折のしやすさに違いが無かったのかということを確認するため、両調査日の各交差点における全通過車両の平均間隔時間を算出した。

その結果、両交差点において、対策工事実施の前後ともに全通過車両の平均間隔は4.2秒、4.3秒と大きな違いはなく、右折のしやすさは調査箇所や調査日で大きな差は無かったということが確認できた。

このような前提条件のもと、まずは信号機による制御

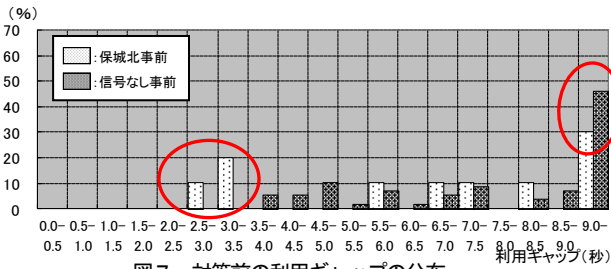


図7 対策前の利用ギャップの分布

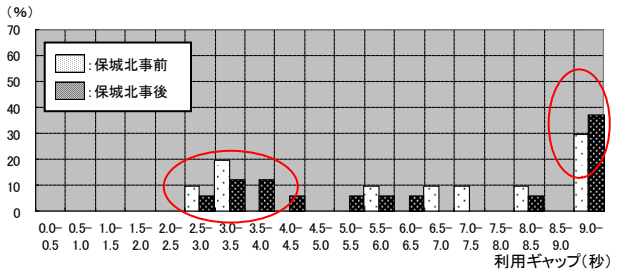


図9 保城北交差点対策前後の利用ギャップの分布

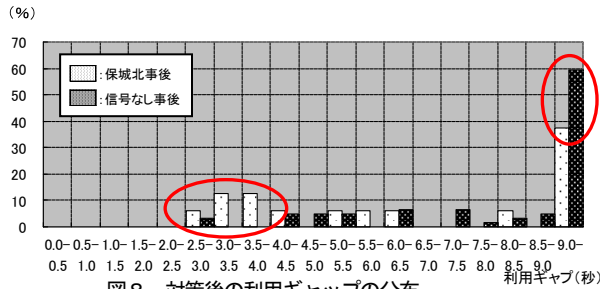


図8 対策後の利用ギャップの分布

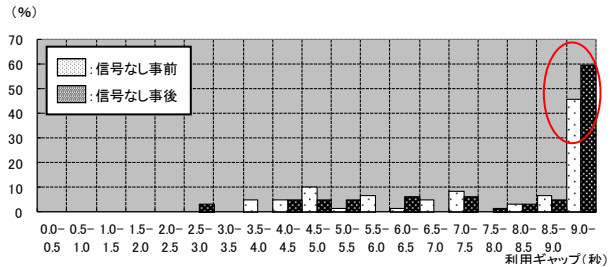


図10 信号なし交差点対策前後の利用ギャップの分布

の有無により、右折車の挙動に違いがあるのかということを確認した。

平均利用ギャップを比較すると対策工事の実施前では保城北交差点で7.6秒、近接交差点で12.7秒、対策工事実施後では保城北交差点で9.7秒、近接交差点で13.3秒となり、対策工事の実施前後ともに近接交差点に比べ信号制御された保城北交差点の方が小さな値となっていることがわかった。

さらに、図7、図8により利用ギャップの分布をみると、対策工事の実施前後ともに保城北交差点の方が近接交差点に比べてより短い車間距離で右折を試みていることや9秒以上の車間距離があるまで右折を待った台数の割合が小さいことがわかる。

これは、信号制御されていることにより、「青のうちに右折しなければいけない。」というプレッシャーからより強引に右折する傾向があるからだと考えられる。

次に、対策工事の効果を確認するため、各交差点における対策工事の実施前後の平均利用ギャップの変化を確認した。

保城北交差点では、平均利用ギャップが対策工事実施前では7.6秒であったが、対策工事実施後は2.1秒長くなり9.7秒となった。

さらに、近接交差点では平均利用ギャップが対策工事実施前では12.7秒であったが対策工事実施後は0.6秒長くなり13.3秒となったことが確認できた。

また、図9、図10により利用ギャップの分布をみると、保城北交差点において2.5秒から3.5秒の車間距離で右折を試みる車両が減少していることや両交差点において、9秒以上の車間距離があるまで右折を待つ車両の割合が増加していることがわかる。

これは、第2走行車線の拡幅により、右折時に後続車の滞留を気にすることなく、ゆったりと待つことが可能となったからだと考えられ、対策の効果が有ったと考えられる。

この効果は、信号機により制御されている保城北交差点でより顕著となっているが、これは右折車が右折待ちをしている際に、「青なのに自分が邪魔をし、後続車の通行を阻害している」というプレッシャーが信号交差点の方が大きくなり、そのプレッシャーから開放される効果が大きいためではないかと考えられる。

(3) その他の期待できる効果

(2)で示したように、第2走行車線の1.5車線化には右折車の運転者の無理な右折行動を抑制する効果があることが分かったが、他にも今回の対策工事には次のような効果が期待できる。

①第2走行車線の幅員が広がったことにより後続車両が側方を通過することができるようになり、無理な車線変更の必要がなくなり接触事故の減少につながる。また、滞留がなくなり、交通の流れが円滑になる。(写真1)

②対策前の状態では、右折車が後続車の死角になるため対向右折車から後続車の動向が確認しづらかったが、対策後は、第2走行車線が拡幅され視距が確保されたことにより右折事故の減少につながる。(写真2)



写真1 未対策交差点の様子(大日交差点)



写真2 対策を実施した交差点の様子(保城北交差点)

6. 対策策実施後の状況と今後の展開

5. で述べたように数値的にも今回実施した対策の効果が確認できたことに加え、対策実施後県民の方々や姫路警察署から、「保城北交差点が走りやすくなった。」、「右折待ちがしやすくなった。」という声が届いており、今回の対策が事故防止や渋滞緩和に一定の効果があると確信が得られた。

また、対策費についても一箇所あたり約 90 万円と予算の確保が比較的容易であることや工事期間も区画線の消去と再設置に各 1 日と短いことから、用地買収が困難

な市街地や本格的な交差点改良工事が実施されるまでの暫定対策として有効な方法であると考えられる。

国道 312 号には、保城北交差点の他にも右折車線がないために、強引な右折や車線変更、渋滞が発生している交差点として、城見台入口交差点、大日交差点、西中島南交差点などがあるが、交通管理者と協議が整った城見台入口交差点において同様の対策実施したところである。

さらに、平成 26 年度には西中島南交差点や県道田寺今在家線においても同様の対策を実施することとしている。