

[論文 No. 11] 江合川下流流路工事業における東鳴子温泉源泉へのリスク低減効果

宮城県土木部防災砂防課 ○森本 大志  
 宮城県北部土木事務所 東海林 宏幸  
 株式会社建設技術研究所東北支社 松浦 努  
 株式会社建設技術研究所東北支社 井口 昭則

1. 事例の概要

江合川下流火山砂防事業では、平成 18 年度に地元温泉旅館事業者から工事による周辺温泉源への影響が懸念されるとの指摘を受け、工事が一時休止となった。この工事の早期再開に向けて、東鳴子温泉の湧出メカニズムを把握するために地温探査や水質分析等の湧出機構解明調査を実施し、工事が源泉へ与える影響について検討した。また、設計では調査結果を踏まえ上流右岸の浅層で高い地温部を避けた河道計画を策定した。さらに工事の際には、浅層の自噴する 2 つの源泉について、湧出量や泉質等の観測施工によるフィードバック管理を行うことで源泉所有者の懸念を解消し、事業の早期再開と円滑な実施を図った。

本事例は、河床部を掘削した場合の温泉への影響の不確実性を地質リスク事象とする事例で、リスク発現を予想し、調査結果を反映した設計や施工段階の管理方法を検討し、リスクを最小限にした事例(タイプ C)である。

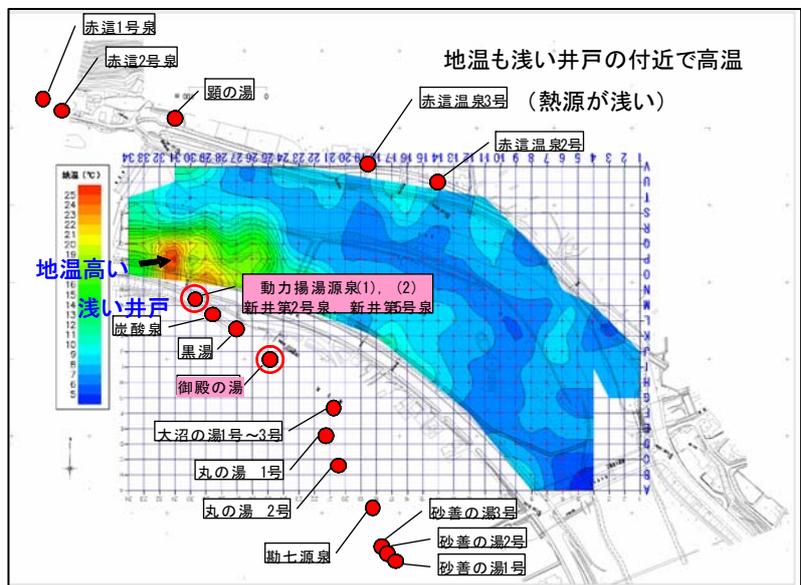


図 1 地温探査による浅層の高温部と源泉位置図

2. 事例分析のシナリオ

(1) 事業の概要とリスクの発現

江合川上流部では、溪岸を成す地質が非常に脆弱で、度重なる豪雨により有害土砂の流出、またそれらによる災害の発生が著しいことを受け、これまでに大規模流路工にみられるような溪岸浸食や縦断浸食防止等の流路工整備が行われてきた。



図 2 江合川下流火山砂防事業の範囲

東鳴子温泉周辺において、平成2年度から始まった江合川下流火山砂防事業は、江合川の鳴子ダム下流部における低水路部の溪岸浸食と縦断浸食防止のために、低水護岸工ならびに帯工の整備を行うものであった。第1期事業は、下流境川合流点より上流上河原橋（市道）までの区間を平成16年度に終え、翌平成17年度より第2期目として下流上河原橋から上流大谷川合流点までの区間に着手していたところである（図2）。

第2期事業は、上河原橋から上流東北電力取水堰（以降電力堰）までの区間  $L=700\text{m}$  に帯工3基、左右岸低水護岸工の計画で着手の予定であった（図3）。平成17年度工事は上流側帯工の右岸袖部を施工したが、平成18年度、残る中央部から左岸袖部までの施工に取りかかる寸前に、付近の温泉旅館経営者より、川の掘削工事が周辺の源泉（図3）に与える影響についての指摘を受けた。

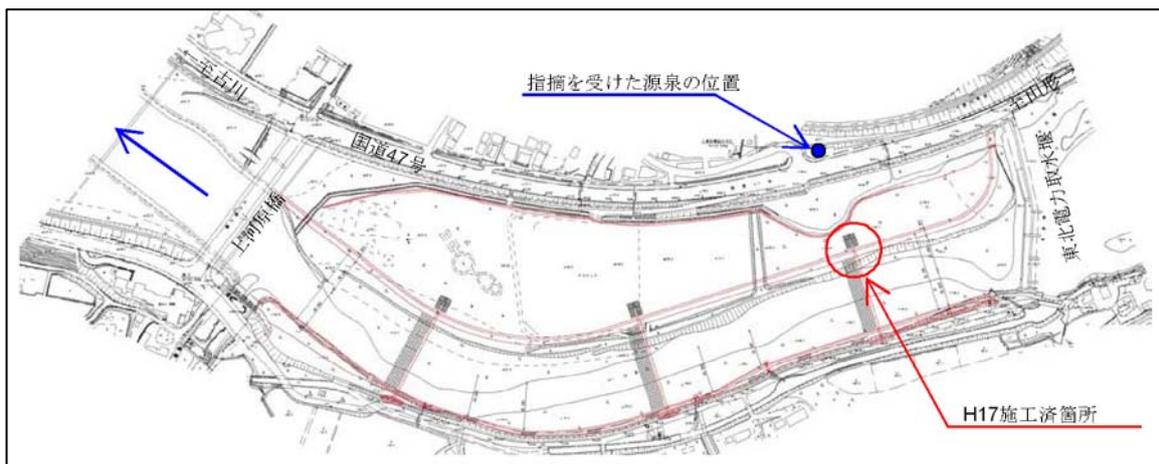


図3 第2期事業範囲と指摘源泉位置図

帯工基礎部は、現在の河床高から約2~3mの低標高部まで掘削しなければならないため、最も近い源泉の湧出底面より低い位置となる。このことから、付近の温泉旅館経営者の不安となり、当事業に対する工事履行へ指摘となったものと推察される。

この指摘により、帯工や低水護岸を建設するために河床部を掘削することで、源泉への影響が懸念される又は源泉所有者の不安を醸成し事業の遅延に繋がったことでリスクの発現おそれがあつたと認識することができる。

## (2) マネジメントの効果

当該地は温泉地であり、新たな調査（特にボーリング調査）を行うには温泉法に準拠した手続き等が必要だったこと、調査が実施されたとしてもその調査自体が温泉へ与える影響が懸念されたこと、源泉所有者からの指摘を含めて推察される温泉補償の難しさ（表1）等から、強引に工事を推し進めることは、非常にリスクが高く、また基礎データも無い中では行政としての説明責任も果たすことができない。したがって、温泉旅館事業者等のステークホルダーへの説明責任を果たすため、工事の一次休止の判断を行うことが得策と考え、温泉の湧出機構を把握するための調査を実施することとしたものである。

このようなリスク発現を防止するためには、以前の河床部工事の経験から事前に温泉旅館事業者等のステークホルダーへ説明し理解してもらうことが重要であり、そのために事前の調査の実施と源泉の湧出機構の理解を前提とした施工計画を行うことが重要であった。

表 1 温泉補償の難しさ

	項目	困難な要因
①	不明確な因果関係	湧出機構が不明確、各源泉について把握していない。
②	影響判断の長期化	何年も経ってから影響が出る場合もある。
③	判断要素の多様性	影響が湧出量、温度、水質、色など多岐に渡る。
④	代替補償の困難さ	新規掘削許可取得困難、代替温泉の水質も保証できない。
⑤	補償規模の大きさ	営業補償となれば大規模。風評被害等の補償規模は予測不可。

仮に工事を続け、掘削面から多量の温泉の湧出が生じた場合に発生する可能性のある代替温泉施設の建設には、約 3,000 万円の調査費並びに施設整備費がかかり、さらに 7 施設への温泉の供給が行えない、または旅館・ホテル業の休業を余儀なくされた場合の営業補償が 1 日 1 施設平均約 20 万円かかること（大阪環境大学紀要第 7 号の 4 旅館の平均から推定：7 施設 180 日間で 2 億 5,200 万円）が予想された。第 2 期工事期間であったが、湧出機構を理解するための調査（約 3,400 万円）や施工段階のモニタリング調査費用（年間約 300 万円）が発生したものの、事前にこれらのリスクの発現を予想し、工事を継続できたことは、工事遅延による被災や多額の費用の発生を抑制できたと推察される。

### 3. データ収集分析

#### (1) 過去の事故事例と調査目的

調査では温泉の湧出機構を把握するために、当該地で地質を把握するボーリング調査が不可欠であったが、温泉地によるボーリング調査が規制されるため、また、調査時の温泉の湧出に対する源泉への影響も懸念されたことから、①既往文献調査（温泉開発に関する調査報告書や国道建設時のボーリング調査結果など）を参考にするとともに、②現地踏査による地質平面図及び断面図の作成、③表流水・河川水の水質分析と区間流量調査、④温泉成分組成分析、などの調査を行った（表 2）。

表 2 調査の目的と調査内容

項目	調査目的	調査内容	備考
源泉の湧出機構	源泉の現況把握	深度、湧出量、水温、水質等の基礎データの収集	季節的変動を含む
	源泉の湧出機構	温泉の化学的組成分析、地温探査、地形地質検討	
工事による影響検討	工事による影響検討	表流水（河川水等）と温泉との因果関係 平面的な影響範囲の把握	影響の有無
	工事計画・施工上の配慮	工事順序や施工方法、護岸構造等	

既往文献の中には、過去の工事においても温泉が枯れた経緯がある。昭和 26 年、当時石積構造であった電力堰のコンクリート改修工事が実施された際には、河川水を大きく締切り、堤基礎部の作業を行ったことにより、右岸側の源泉が枯渇する事故が発生した。この事故では、実際に金銭等による補償が行われており、この温泉経営者の元には当時の補償を巡る様々な記録が残っている。また、この区間から 500m 程上流に国道 108 号の鳴子大橋があるが、この補修工事の際も堤防の掘削に伴い源泉が湧出する事故が起きていることが分かった。

こうした背景や経験を基に、伝統ある温泉地を保護する観点から前述の指摘がなされたものと考えられる。これは物理的な懸念だけではなく、工事に対する不安、しいては不信感の醸成につながり、地元住民の理解を得られることが長期化することが懸念された。したがって、調査実施に当たっては、ただ単に源泉の状況についてモニタリング調査をしたというだけでは工事再開の了承は得られ難く、温泉の湧出機構から工事による影響・対策までを丁寧かつ理論的に説明し、信用を得ることが求められると考えた。

注意すべきは、各源泉所有者が伝統的な言い伝え、思い、地域的な特質や経験に基づく知識を持っているため、表2の内容が必ずしもそれらに符号するとは限らないことである。源泉所有者らの意見をよく聞き、熟知した上で調査に臨むことが必要と判断した。

## (2) 調査結果

調査の結果、下記のことが分かった。

- ① 全ての源泉の涵養源は地下水によるものであり、河川水をはじめ表面水が直接温泉水を構成することはない。
- ② 各源泉は、地下深部の各地層を涵養源としているため、表層部の掘削工事による影響は極めて小さい。極めて浅い2つの源泉(表3の源泉Aと源泉B)は、基本的には深部の層に涵養源を有しており、局所的な断層・クラック帯により地表付近に自噴していると考えられる。
- ③ 各源泉とも河川水位との明確な相関はないと考えられるが、これは通常の流水が確保されている場合に限られる(河川水が伏流しない場合は想定外)。
- ④ 伏流水の混入が疑われる源泉Bについては、電力堰の湛水や右岸沢水等高いポテンシャルの水位が影響するものと思われ、今回施工区間の水位に直接的な関係はないと考えられる。

表3 調査対象一覧表

No.	図番	源泉名	右・左岸	深度(m)
1	29	源泉A	右岸	4
2	25	源泉B	〃	1.5
3	14	源泉C	〃	218
4	15	源泉D	〃	218
5	15	源泉E	〃	218
6	17	源泉F	〃	218
7	19	源泉G	〃	218
8	20	源泉H	〃	218
9	21~24	源泉I	〃	145~350
10	26	源泉J	〃	300
11	27	源泉K	〃	170
12	28	源泉L	〃	200
13	30	源泉M	〃	280
14	75	源泉N	左岸	300
15	76	源泉O	〃	300
16	77	源泉P	〃	300
17	78	源泉Q	〃	300
18	81	源泉R	〃	600
19	83	源泉S	〃	600
20	84	源泉T	〃	600
21	-	源泉U	〃	300
22	-	源泉V	右岸	-

断層・クラック帯の位置は、地温探査の結果からも分かるように、非常に局所的なものではあるが、河川敷内に及んでいるため、この付近の施工には特に注意を要すると思われる。

## (3) 工事施工方針

以上の結果は、前述の温泉旅館事業者の指摘と比べると、かなり既往の見解と相違したものとなったが、工事施工にあたり極めて影響のない区間(源泉)と影響が懸念される区間(源泉)を絞り込むことができ、工事再開の目処をたてることができた。局所的な断層・

クラック帯の存在する上流右岸付近は、実際のところ、H17年度の帯工一部施工済みであることから、今回ほとんど掘削を要しない箇所ではあったが、だからといって、すぐにH20年度よりこの箇所で中央部から左岸袖部を施工することは、源泉所有者の理解を得られ難い。また、この断層・クラック帯の位置を詳細に特定するには、さらに多額の費用と期間を要するため、早期再開が困難となる。そこで、施工計画段階では温泉の湧出している箇所である可能性がある地温探査で高温部を避けた線形にするとともに、影響の極めて少ないと思われる下流部から施工を始め、順次上流部に施工を進めていく方針が最良と判断した。なおかつ、下流部施工時点より影響の懸念される2つの浅い源泉に関して工事施工と併行したモニタリング観測を行い、その結果をフィードバック管理することで、慎重な施工の意思表示と、効率的、効果的なリスク管理施工を可能にすると考えた。

#### (4) リスク発現の原因

本事業でリスクが発現した理由は、過去に河床部の掘削による事故事例があるにもかかわらず、平成17年度の施工時に大きな問題が発生しなかったことから、伝統ある温泉地の工事について内在する懸案を、温泉湧出機構を前提として温泉旅館事業者等への丁寧な事業説明を行わなかったことにあると考えられる。しかしながら、事務所一丸となって発生した問題を適確に分析し、温泉という定量的には評価し難い事象に対し、必要最小限の作業により早期の工事再開を実現したプロセスは、今後同じような案件にぶつかった事業において、非常に参考となるものと考えられる。

#### 4. マネジメントの効果

今回の事例では、事業の途中ではあったが、対象区間において事前に当該地で発現し得るリスクを把握することができ、そのリスクに対応した工事体制をとることが出来た。

ここでは、仮にそのまま工事し、河床部の掘削した際に温泉が湧出し、源泉Aや源泉Bに影響を与えた場合の代替温泉の建設や営業補償(252,000千円)を行った場合のコスト比較を表4に示した。2(2)で推定したシナリオを実証したものである。湧出機構を解明し(このために事業工期が約1年遅延、さらに詳細な調査を行えば2年遅延)、施工計画に反映するとともに、住民への説明を円滑化した。工事に関する効果は、工事着工前のマネジメントであり工事費には大きな影響はないが、工期遅延を最小限(1年)に止めた効果をどのように評価するか、今後の課題である。

#### 5. データ様式の提案

本事業は、発現が予想された地質リスクに対して事前に対応することにより、地質リスクマネジメントの定量化を試みた事業である。したがって、事前に把握すべき内容としては、対象温泉施設の経営に関するデータが必要となる。また、今回地温探査や水質調査などから源泉への影響の可能性やその影響範囲を想定したが、このように地質リスクの事象に応じた調査内容の提案、その評価、ステークホルダーへの説明などを考慮して、マネジメント効果を算定することは可能と考えられるが、風評被害や工期の延長、あるいは短縮で得られる効果をどのように表現するかについては今後の課題である。

表4 地質リスクを最小限に回避した事例（C表）

大項目		小項目		データ	
対象工事		発注者		宮城県北部土木事務所	
		工事名		江合川下流流路工工事	
		工種		溪流保全工	
		工事概要		低水路護岸と帯工の設置	
		①当初工事費		2,830,000 千円 (L=3.5km の事業費)	
		当初工期		平成 17 年度～平成 25 年度 (2 期工事)	
発 現 し た リ ス ク	リスク発 現事象	リスク発現時期		事業期間中 (2 期工事の 1 年目工事終了後)	
		トラブルの内容		河道掘削による源泉への影響のおそれ (苦情)	
		トラブルの原因		源泉という稀なケースに対するリスクマネジメントの手法の認識がなかったこと。	
		工事への影響		温泉湧出機構解明調査等で、1 年間工事遅延	
	追加工事 の内容	追加調査の内容		—	
		修正設計内容		—	
		対策工事		—	
		追加工事		—	
		追加費用	追加調査		—
			修正設計		—
			対策工		—
			追加工事		—
	②合計		—		
	延長工期		—		
間接的な影響項目		—			
負担者		—			
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	リスク回 避事象	予測されたリスク発現時期		事業期間中	
		予測されたトラブル		河道掘削による源泉への影響及び工事の遅延	
		回避した事象		温泉湧出機構解明調査と施工時に源泉モニタリングを行いながらフィードバック管理による管理施工を行うことで、温泉旅館事業者の同意を得て工事の遅延を回避。	
		工事への影響		工事の1年遅延と施工計画の見直し	
	リスク管理 の実際	判断した時期		事業期間中 (1 年目の工事終了後)	
		判断した者		発注者	
		判断の内容		温泉湧出機構解明調査の必要性	
		判断に必要な情報		地元との意見交換、地質情報、過去の事象事例	
	回 避 し た リ ス ク	リスク対応 の実際	内容	追加調査	・温泉湧出機構解明調査、・モニタリング調査
				修正設計	実施設計段階であり、新たに修正を行っていない。
対策工				—	
費用			追加調査	・34,000 千円、・6,000 千円	
		修正設計	—		
		対策工	—		
③合計		40,000 千円			
回 避 し な か つ た 場 合	工事変更の内容		・温泉湧出機構解明調査 + 電気探査 ・代替温泉施設建設 ・営業補償		
	④変更後工事費		・50,000 千円 ・30,000 千円 ・252,000 千円 (7 施設営業停止 180 日と想定) ・当初事業費を加算 合計 3,162,000 千円 (推定)		
	変更後工期		2 年遅延		
	間接的な影響項目		土砂災害発生時の損失、営業補償、風評被害		
	受益者		管理者、温泉旅館事業者、利用者		
リスクマネジ メントの効果		費用④ - (①+②+③)		292,000 千円 (推定)	
		工期		2 年程度	
		その他			