

国道55号日和佐道路 美波ゆめトンネルの水枯渇対策について

松下 友聡

四国地方整備局 徳島河川国道事務所 工務第二課（〒770-8554 徳島市上吉野町3丁目35）

美波ゆめトンネルの施工により、付近を流れる田井川が枯渇し、水田用水が不足した。不足した水量を代替水源によって補うこととしたが、山地の保水力が乏しく、安定した水量を確保するには困難が予想された。このため水理地形地質状況に基づき、地元との調整を図りながら代替水源を設置した。結果、代替水源を5か所設置し、目標とする水量を得た。また、代替水がすべての水田へ公平に行き渡ることも確認した。この結果地元の理解が得られ、施設の引継ぎを行った。

キーワード 渇水、代替水源、トンネル、水理地形地質、地元対応

1. はじめに

広域的な道路ネットワークの確保により、郊外丘陵地などでのトンネル工事が増える中、生活圏に近接したトンネル工事では、工事に起因した渇水問題に直面することがある。水利用は多岐に渡り、多くの利権が存在するため、渇水問題の対応は迅速に行う必要がある。そのためには、問題となっている事象を正確に把握し、水利用者の要求を真摯に受け止めた対応を行うことが大切である。

本文は、美波ゆめトンネル工事によって生じた田井川の渇水問題において、地元調整を図りながら代替水源を確保した事例として報告するものである。

2. 美波ゆめトンネルの施工と田井川の枯渇

(1) 美波ゆめトンネルの概要

美波ゆめトンネルは、徳島県南部の阿南市福井町から海部郡美波町までを結ぶ日和佐道路の終点側に位置し、延長1,968mのトンネルである（図-1）。

トンネルの最大土被りは249mで、最低土被りはトンネルルート中央部付近を流れる田井川の直下で41mある。掘削工法はNATM工法で、平成13年7月より美波町側から掘削を開始し、平成16年3月に完成、平成19年5月12日に供用開始した。

地質は、四万十帯北帯の砂岩および砂岩泥岩互層が分布する。

(2) 田井川の概要

田井川は、標高332.9mの稜線ピークを源として南東方向へ流下し、1.5kmほどで亀井港に到達する河川で、流域面積は約150haである。下流域には、幅100～200mほどの狭小な谷底平野が広がる。河川水

は、山地部で常時流水を認めるが、谷底平野の上流端で伏流するため、下流部で流水はない。下流域では、田井川上流で取水した用水や、丸井戸を利用した水田耕作が営まれている（図-2）。



図-1 美波ゆめトンネルと田井川の位置

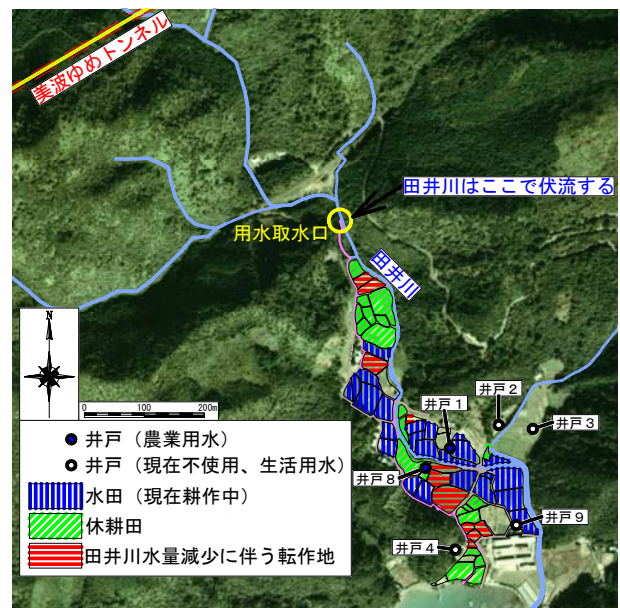


図-2 田井川と水田耕作地の状況

(3) 田井川の枯渇

トンネル施工前から実施している水文観測結果より、トンネル施工前後において、周辺の丸井戸の水位等に変化は認められなかったが、田井川の水量の減少が明らかとなった。

トンネル施工前の田井川は、降水量にかかわらず渇水期にも一定の流量が確認されており、最低でも40L/minの流水があった。しかし、トンネルの施工が田井川の直下に到達した平成14年12月～平成15年1月ごろを境に、降雨後は流水が確認されるものの、頻繁に枯渇するようになった(図-3)。

平成17年12月には、地元の水利用者から「以前は田井川の沢水で水田用水が確保できていたが、美波ゆめトンネルが完成してから沢水が減少して確保できなくなったので対応してほしい。」との要望が寄せられた。

一方で、終点側へ片勾配で下る美波ゆめトンネルの湧水量は、最低でも約200L/minが確認された。

(4) 枯渇の原因

田井川枯渇の原因は、以下の理由から、美波ゆめトンネルの施工の影響によるものと判断した。

- ① 田井川が枯渇した時期が、トンネル掘削が田井川直下に到達した時期と一致すること(図-3)。
- ② 田井川直下の低土被り箇所(41m)をトンネルが通過していること。

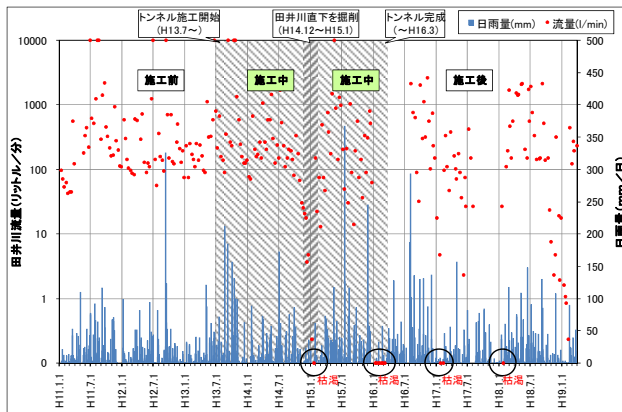


図-3 トンネル施工と田井川の水量変化

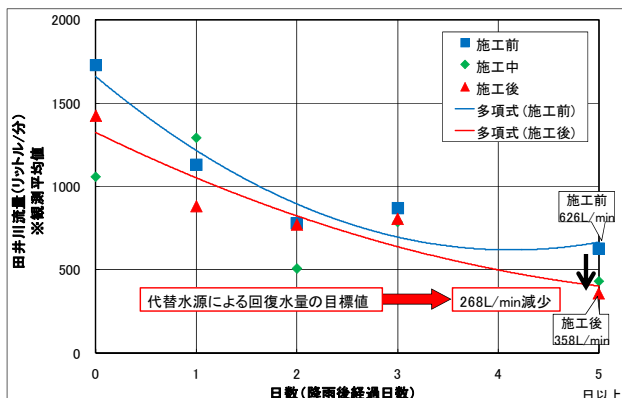


図-4 施工前後における降雨後日数別水量の比較

- ③ トンネルの掘削により、潜在的な岩盤の亀裂に緩みが生じ、本来ならば沢に湧出するはずの地下水が、亀裂を通じてトンネル内湧水として流出するようになったこと。

加えて、トンネル構造上、湧水箇所には裏面排水材を設置し、外水圧が覆工に作用しないように覆工背面からの湧水をトンネル内に導水処理している。このため、将来的にも時間経過による田井川水量の回復は期待できないと判断した。

3. 対応方針

(1) 課題

トンネルの施工によって田井川の水量が減少し、下流域の水田耕作に必要な用水が不足したことは明らかであった。地元の要望は、水田耕作に必要な水量の回復であったため、減少した田井川の水量を代替水源によって補う必要があった。

代替水源設置にあたっては、代替水量の目標値の設定および代替水源の確保方法等の課題があった。

a) 代替水量の目標値

減少した田井川の水量を求めるにあたっては、降雨状況や年周期での気象状況の変化により、定量的なものとするに難しい問題を含む。本事例では、以下の理由から、降雨後5日以上経過したときの田井川水量の観測平均値を求め、施工前後で比較して決定することとした。

- ① 田井川の水量観測は、10日に1回の不連続観測ではあるが、平成11年1月～平成20年2月の長期間にわたる信頼性の高いデータであること。
- ② 工事施工前においては降雨前や無降雨時には、田井川の水量が減少し、不足分を井戸からの汲み上げ等により賄っている状態であったため田井川からの取水量を正確に把握することが困難であったこと。

降雨後5日以上経過したときの田井川の平均水量は、施工前626L/min、施工後は358L/minであり、268L/min減少したことが分かった(図-4)。したがって、代替水量は、無降雨時に268L/min以上を得ることを目標とした。

b) 代替水源の確保方法

田井川周辺では山地標高が低く、岩盤露頭が随所にあり、表層の土砂層が薄いことから、山地の保水

表-1 代替水源の候補

番号	代替水源案	安定した水量の確保	費用	採用
①	ボーリング揚水井	△	小	○
②	利用可能な地表水の導水	△	小	○
③	既存井戸の修繕再利用	△	小	○
④	美波ゆめトンネル排水の圧送	○	莫大	×
⑤	水道水利用	○	莫大	×
⑥	ため池築造	○	莫大	×

力は低い。よって、代替水源の確保には困難が予想された。表-1 に代替水源の候補を示した。

安定した水量を確保するためには、④～⑥の方法が確実であるが、費用が莫大で、早期の設置運用が困難である。また、設置後の維持管理等を考えると現実的ではない。

一方、①～③は設置や維持管理に必要な費用が少ない半面、安定した水量確保の面では不安が残り、目標とする水量を確保できない可能性があった。

そこで、①～③の候補を組み合わせて複数の代替水源を設けるとともに、ボーリング揚水井の設置においては水理地形地質構造を十分検討することで、目標とする水量を確保できると考えた。

(2) 実施計画

代替水源の設置にあたっては、図-5 に示すサイクルに従って進めていく計画とし、必要に応じて地元への説明を行った。地元からの意見に対する代表的な内容は、後述「4. 代替水源の設置効果検証」で述べる。

a) PLAN

他の水系で利用可能な地表水、既存井戸の状況、および水理地形地質状況等を把握し、水量確保が望める水源位置を選定することとした。表-2 と図-6 には、実際に設置した代替水源位置を示しているが、実施に際しては、PDCAサイクルの中で検討を重ね、表-2 に示した実施順位で順次設置を進めたものである。

b) DO

上記に基づき、地元との調整を密に行い、理解と協力を得ながら、代替水源を設置した。

表-2 代替水源位置選定理由

実施順位	代替水源位置	選定理由
①	JR辻山トンネル排水のパイプ導水	水量が比較的豊富で、地中に伏流させないように導水することで水量を確保できる。
②	ボーリングA	田井川の狭窄部であり、地下水が集中して流れていると考えられる。
③	ボーリングB	田井川の狭窄部の上流側で、沢が合流しており、地下水が豊富にであると考えられる。
④	既存井戸9の再利用	現在利用していない井戸を再利用することで、簡易に水量を確保できる。
⑤	ボーリングC	支流との合流部付近で、地下水が豊富であると考えられる。

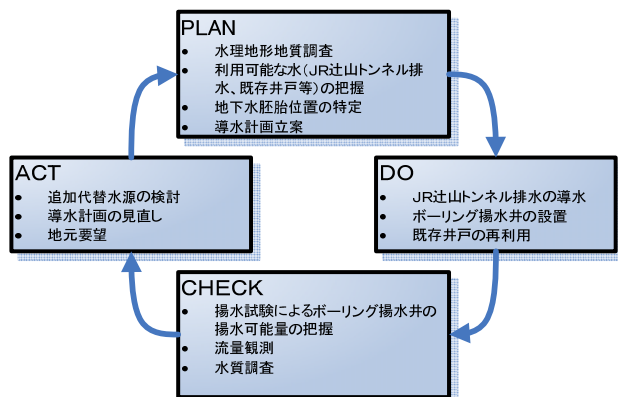


図-5 代替水源設置におけるPDCAサイクル

c) CHECK

設置した代替水源では、揚水試験や定期的な水量観測により、無降雨時での最低流量を把握し、目標とする水量を満たしたかどうか確認した。

また、既存井戸9の再利用とボーリングCの揚水にあたっては、周辺井戸の水位低下や海に隣接することによる地下水の塩水化の懸念があるため、連続揚水試験をおこない、周辺井戸への影響や水質変化について確認することとした。

d) ACT

目標とする水量に満たない場合や、周辺井戸および水質への影響が大きい場合は、追加の代替水源を検討した。地元要望等も取り入れることにより、後続の代替水源計画の参考とした。

4. 代替水源の設置効果検証

これから述べる(1)水量、(2)水質および既存井戸への影響、(3)代替水の公平性については、実際に地元住民が心配していた内容であり、地元に対して説明を行ったものである。

(1) 水量

各代替水源より得られた水量を表-3 に示す。ここで示した水量は、無降雨時に行った流量観測および

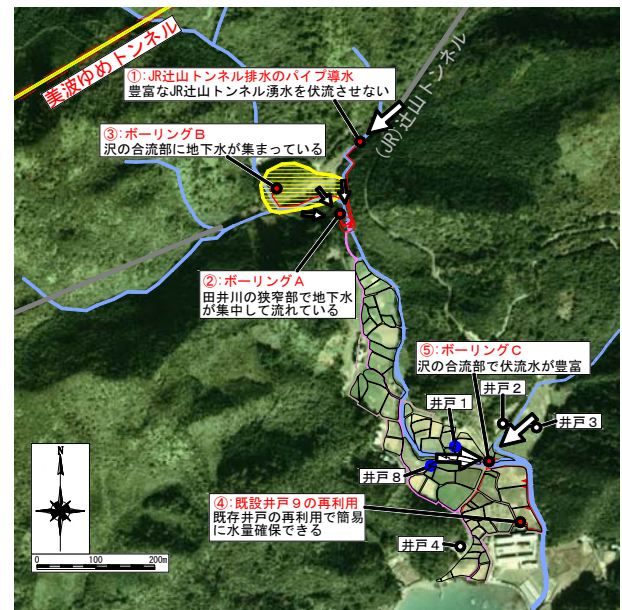


図-6 代替水源設置位置

表-3 代替水源の最低取水可能量

番号	代替水源	最低取水可能量 (L/min)
①	JR辻山トンネル排水のパイプ導水	19
②	ボーリングA	90
③	ボーリングB	25
④	既存井戸9の再利用	30
⑤	ボーリングC	120
合計		284
目標水量 (トンネル施工により減少した水量)		268

揚水試験結果によるものである。得られた水量の合計は、284L/minであり、トンネル施工によって減少した水量の268L/minを超える水量が得られた。

また、ボーリング揚水井は水理地形地質条件を考慮したことにより、ボーリングAとボーリングCでは、豊富な水量を確保できた。

(2) 水質および既存井戸への影響

既存井戸9とボーリングCにおける連続揚水試験の結果、周辺に存在する既存井戸の水位低下はほとんど認められなかった。また、地下水の塩水化については、連続揚水試験時に電気伝導度観測を合わせて実施したが、電気伝導度の上昇は認められず、塩水化の兆候は認められなかった。したがって、既存井戸9の再利用やボーリングCでの揚水は、水質や周辺井戸への影響はないと判断した。

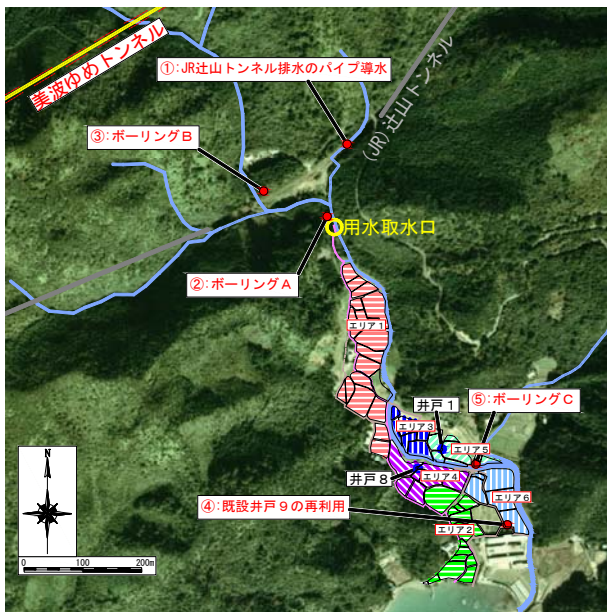


図-7 利用する水源別の水田エリア区分

表-4 水田エリアごとの代かきに要する日数

利水エリア	トンネル施工前		トンネル施工後	
	利用水源	代かき完了までに要する日数	利用水源	代かき完了までに要する日数
エリア1	・ 田井川用水	4	・ 田井川用水 ・ JR辻山トンネル湧水 ・ ボーリングA ・ ボーリングB	7
エリア2	・ 田井川用水	8	・ 田井川用水 ・ JR辻山トンネル湧水 ・ ボーリングA ・ ボーリングB ・ ボーリングC	9
エリア3	・ 田井川用水	11	・ 田井川用水 ・ JR辻山トンネル湧水 ・ ボーリングA ・ ボーリングB	11
エリア4	・ 井戸8	6	・ 井戸8	6
エリア5	・ 井戸1	3	・ 井戸1	3
エリア6	・ 井戸1 ・ 井戸8	10	・ 井戸1 ・ 井戸8 ・ 井戸9	9

※赤字は、代替水源

(3) 代替水の公平性

当地域の水田は、元来、田井川から取水した用水によって各水田へ水は分配されており、水路の配置構造もこれに従ったものとなっている。

代替水源によって、目標とする水量は得たものの、代替水源が存在する位置から水を分配したときに、各水田へ公平に水が行き渡るかどうかについては別途検証する必要がある。特に、既存井戸9とボーリングCは、田井川下流の用水路本線から離れた位置にあり、豊富な水量が確保できたとしても上流域の水田はその水を利用できないこととなる。

検証は、利用する水源ごとに水田エリアを区分し、各エリアの代かきが完了するまでの日数を求め、トンネル施工前と施工後で比較した(図-7、表-4)。代かき日数に着目したのは、水田耕作において必要水量が最も多くなることに加え、適正な日数で代かきが可能であるかどうか確認するためである。

代かき日数の算出方法は、「土地改良事業計画設計基準 計画 農業用水(水田) 農林水産省構造改善局 H5.5」を参考にした。

検証の結果、トンネル施工前、施工後ともに、水田への水入れ開始から代かき完了までに要する最大日数は11日であり、代替水の公平性は確認された(表-4)。

5. まとめ

各種対策を講じ、地元に対して水量、既存井戸への影響、代替水の公平性等の説明を行う事により、地元住民の理解が得られた。また、本年度の水田耕作においては、無事に代かきが行われており、代替水源の効果が発揮されているものとする。

本事例では、「水量」に重点を置いたものであるが、流域全体での水収支の解明等、他にも解決へのアプローチはあり、今後同様の事例では、こうした観点での検討も取り入れる余地があると考えられる。

トンネル施工による渇水問題に携わったことで、改めて水問題の難しさを理解するとともに、施工前からの予測、水文観測による現況把握の重要性を認識した。さらに、問題が発生した後においても、地元への誠実な対応が重要であることを痛感した。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 計画 農業用水(水田) 平成5年5月
- 2) 国土交通省：国土画像情報(カラー空中写真)