

減水深調査による必要水量の算出と対策検討

八千代エンジニアリング (株) ○赤對 紘彰
 八千代エンジニアリング (株) 鷲見 浩司
 八千代エンジニアリング (株) 坂元 寿幸

論文要旨

トンネル施工により、水田利用されている沢水の流量が減少したことを受けて、施工被害の有無の把握や被害程度に応じた対策が必要となった。そこで、農業用水路系統調査を実施し、水田の利水状況、水源経路、耕作面積等を整理するとともに、減水深調査により地区の必要水量を算出し、被害程度を明らかにすることで、対策工法検討の基礎資料とした。

キーワード：トンネル施工，湧水影響，減水深調査，必要水量の算出，対策工の検討

まえがき

山間に位置する T 地区でトンネル施工が計画され、掘削開始前の 2014 年から地区周辺の沢水量の定期観測が行われてきた。しかしながら、2018 年 2 月のトンネル掘削開始より、地区周辺の沢水の減水や湧水が発生した。地区の沢水は水田利用されており、水田への影響が懸念され、水利用に対する施工被害の有無の把握や、被害程度に応じた恒久対策の検討が必要となった。

そこで、農業用水路系統調査や地元住民へのヒアリングより、水田の利用状況や水源経路などを整理するとともに、減水深調査や沢水の減水量より、水田の耕作に必要な水量を算出し、恒久対策の提案を行った。また、本調査は下記の工事影響評価フローに則して実施した。

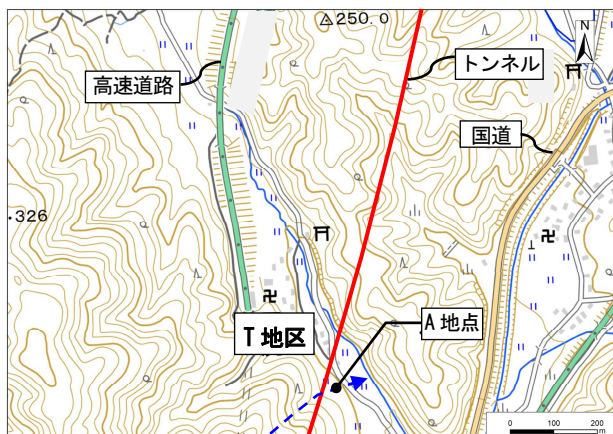


図-1 調査位置図

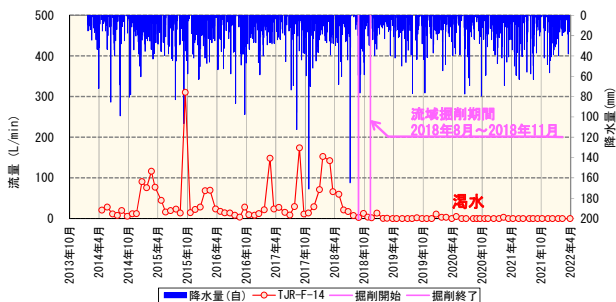


図-2 A地点の沢水の定期観測結果

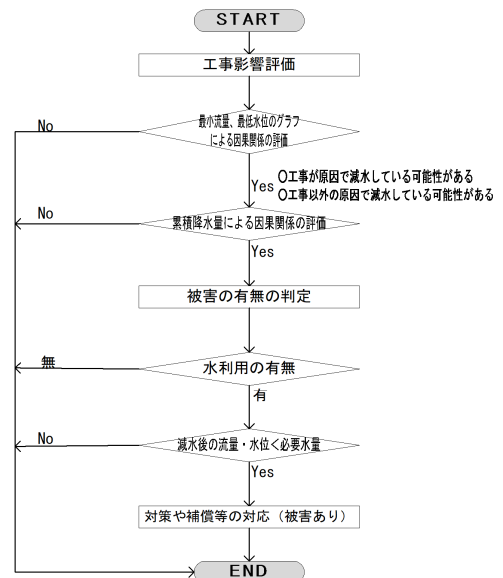


図-3 工事影響評価フロー

1. 水利用実態調査

農業用水路系統調査から土地利用の確認や水源経路の確認を行い、水源に対応する水田のグルーピングを実施した。また、地元ヒアリングにより、現在の営農状況や休耕田の耕作予定を確認した。

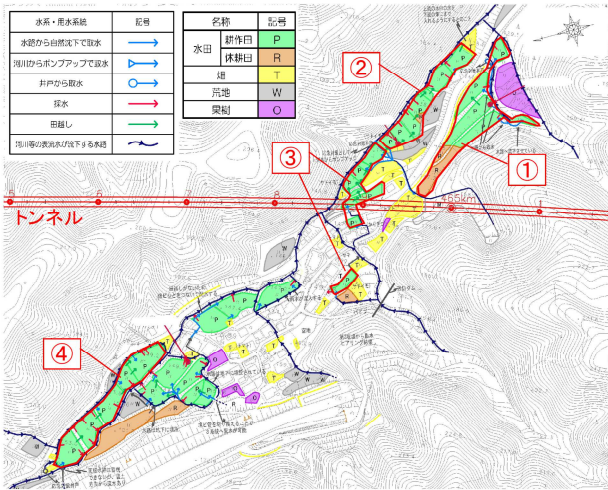


図-4 用水路系統図

2. 減水深調査

(1) 調査手法

水田の減水深の定義は、以下である。

$$\text{減水深 (mm/日)} = \text{水面蒸発散量 (mm/日)} + \text{土壌への浸透量 (mm/日)}$$

(※水田への流入・流出がない場合)

減水深測定を実施する代表水田の選定は、地区内の地形（沖積低地・段丘・崖錐）を考慮し、かつ、異なる水源経路（ブロック）内で、流量測定が行いやすいことを条件に行った。以下に代表水田を示す。

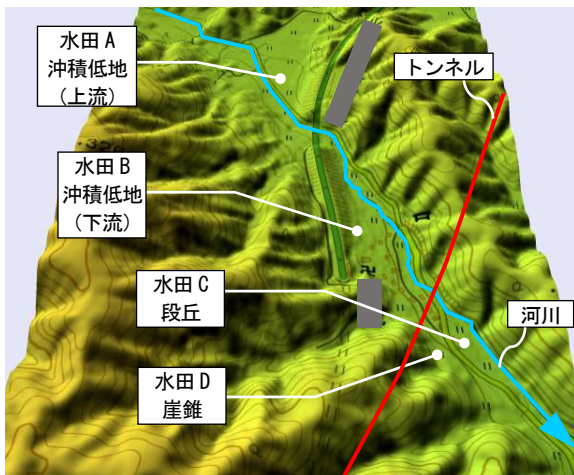


図-5 代表水田の位置

国土地理院 色別標高図 (3D) より引用・加筆

調査は以下の手順で行った。

- ①代表水田に水位を測定するためのメモリ付きの杭を3本設置。
- ②水田における水面の水位変化を、24時間の間に4回（朝、昼、夕、翌朝）、杭の目盛りを目視し測定。水位測定時は、水田への取水量・排水量も測定。

③水田面積と水位変化高を乗じ、これから流入・流出量を差し引いた正味の水田、貯水変化量を求め、これを水田面積で除することで減水深を算出。

④水田に貯水したメスシリンダーを設置し、日射等により生じる蒸発散量を測定。

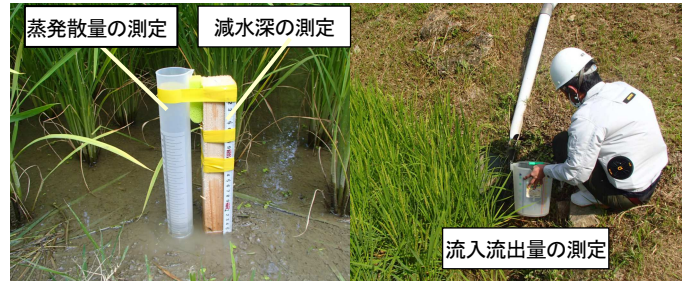


図-6 減水深調査の実施状況

(2) 調査結果

調査結果より、沖積低地の減水深は約 16~27 mm/日、段丘は 62.61 mm/日、崖錐は約 49~69 mm/日であった（表-1）。

農業土木ハンドブック改訂六版（2000）¹⁾によると、低地・平坦地の一般値は 9~17 mm/日、扇状地の一般値は 18~100 mm/日であり、概ね整合する。

表-1 減水深調査結果

水田	地形	減水深 (mm/日)
A	沖積低地 (上流)	16.17
		26.4
		24.43
B	沖積低地 (下流)	24
		22.74
C	段丘	12
		62.61
		55.43
D	崖錐	68.52
		49.26

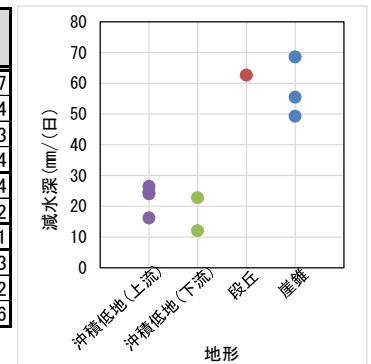


図-7 地形と減水深の関係

3. 耕作に必要な水量の算出

水田の減水深や耕作面積、送水時の損失を考慮して、工作に必要な水量を算出した。

算出方法は以下の通りとした。

- ①コシヒカリ栽培暦（図-9）より、5月は常に湛水させ、最も水使用量が多いことから、5月の必要水量を求める。5月の水利用の割合は 100%とする。
- ②減水深に5月の日数を乗じ、降水量から差し引き、水利用の割合と耕作面積を乗じることによって純用水量（水田で消費される正味の水量）を求めた。
- ③送水や排水に関わる損失として 20% の損失率¹⁾を考慮し、粗用水量（純用水量を確保するために送水や排

水で生じる損失を見込んだ水量)を求めた。

- ④粗用水量から水源の水量を差し引くことで必要水量を求めた。

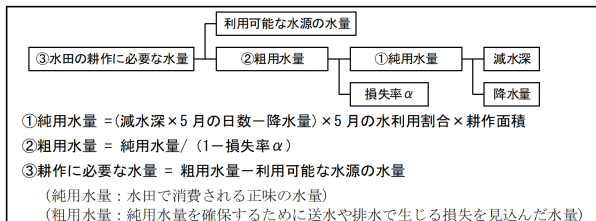


図-8 水田の耕作に必要な水量の算定フロー
 農業土木ハンドブック改訂六版(2000)を基に作成



図-9 コシヒカリの栽培暦

井関農機(株)HP (<https://www.iseki.co.jp/>より引用)

施工後の沢水基底流量が、減水深から算出する耕作必要水量を下回る場合は、被害ありと判断し対策対象とした。その際、対策による目標水量は、基本的には耕作必要水量とする(今後の渇水年に備えて全量を対象とする)が、施工前の基底流量が必要水量よりもともと少なかった場合は、施工前の基底流量を目標とした。

検討の結果、7つの水田グループの内、1グループは減水深から算出した耕作に必要な水量を、6グループは施工前の沢水の基底流量を、対策による目標水量とした。

表-2 必要水量の算出結果

水田番号	対策による目標水量 (L/分) ※1		
	減水深から算出する耕作に必要な水量	施工前の沢水の基底流量	採用値 ※2
①	40	80	40
②	134	20	20
③	93	20	20
④	0	20	20
⑤	100	100	100
⑥	81	50	50
⑦	28	3	3

※1: 採用値

4. 対策工の検討

恒久対策工の提案は以下の対策案を元に行った。

補償が必要な水量や現地状況より、河川からのポンプアップや井戸の新設を提案した。

表-3 水源対策案

対策内容	適用性※1	適用にあたっての課題
上水道の敷設	△	○必要水量を確保できる規模の施設が必要。 ・供給箇所まで水道を敷設する必要がある。必要水量が多く、対策規模が大きい。
河川からのポンプアップ	○	○対策規模は小さく適用性は大きい。 ・河川にポンプを設置し揚水する。必要水量を確保可能な新設が必要。
ため池の新設	△	○適地確保が困難。 ・必要水量を確保可能な場所の選定が課題。
井戸新設	○または△	○適地確保の選定が必要。 ・取水可能量の確保が課題
他流域からの導水	△	○施工影響範囲外の沢の選定が必要 ・対策規模が大きい
トンネル防水構造	×	○対策規模が大きい ・トンネル施工は終了しており、対応することは不可。
トンネル湧水導水 (坑口集水)	×	○遠方であつた高圧差が大きいため対策規模が大きい ・対象沢、河川への配管および取水施設が必要。施工中は水質調整が必要となる可能性大、施工後は本格利用可。 ・水量の課題は少ない
トンネル湧水導水 (水源直下集水・立坑返水)	△	○工事業の大増大 ・トンネル施工の変更・メンテナンス困難
水利利用方法変更	△	○水利利用者へ依頼
排水(使用水)再利用	×	適用不可
給水車	×	適用不可
水源涵養域保全・緑地整備	×	適用不可
地下水涵養池	×	○上流側の適地確保が困難 ・想定影響範囲外に適地がない。

※1) ○: 適用性大、△: 適用性小、×: 適用不可

あとがき

地形ごとに代表水田を設定し減水深調査を実施したことで、地区全体の水田に対して、地形に則した減水深を設定し、必要水量を算出することができた。

本調査は施工や調査時期などの関係から8月に実施せざるを得なく、7月上旬に行われる水田の中干し以降の調査となった。そのため、地下への浸透性があがっており、減水深が大きく計測され、算出した必要水量が大きくなった可能性がある中で、対策工の検討を行った。

減水深調査は地形に対応した代表水田の設定と稲の栽培暦を考慮して行うことが重要である。

執筆に際し、指導・協力頂いた関係各位に、御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 農業土木ハンドブック改訂六版: 社団法人農業土木学会, 2000. 7., pp170~189.