

アルカリ質トンネル湧水の放流条件の検討

株式会社エイト日本技術開発 ○屋比久 雄斗

1. はじめに

トンネル施工時に発生するアルカリ化の排水は、周辺河川の水質に影響を及ぼす可能性があるため、重要な環境課題となっている。この問題に対処するため、湧水を中和処理プラントに集め、炭酸ガスなどを用いて中和する中和処理方法が一般的に採用されている¹⁾。しかしながら、中和プラントの運転に伴う維持費が長期的に発生するため、コスト面における課題が指摘されている。

本事例では、中和処理を行わずにトンネル湧水を自然放流した場合の環境影響を評価することを目的とし、湧水のpHおよび電気伝導率(EC)の変化を調査した。具体的には、トンネル湧水と周辺河川における流量を定期的に観測し、これらの流量比を求めたうえで、室内実験によりトンネル湧水と河川水を混合することによる水質の改善効果を検証した。

2. 定期観測

2024年1月から2025年2月まで、①トンネル湧水、②普通河川、③一級河川における定期観測を2ヵ月おきに1年間実施した。当該地域では、中和処理さ

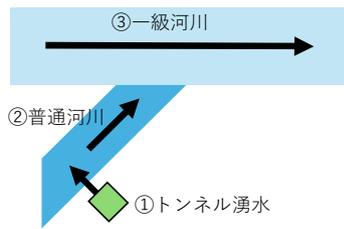


図-1 現地状況模式図

れたトンネル湧水が普通河川へ放流後、一級河川へ流入する経路を形成している。また、①トンネル湧水のpHは施工後、数年が経過し改善傾向にある。

簡易水質測定によってpHおよび電気伝導率を測定し、容器法で②普通河川の流量を、断面流速法で③一級河川の流量を観測した。各地点のpH、電気伝導率(EC)、流量の定期観測結果を図-2～図-4に示す。

(1)pH

①トンネル湧水のpHは10.4～10.9となり、②普通河川および③一級河川は6.5～8.0となった。

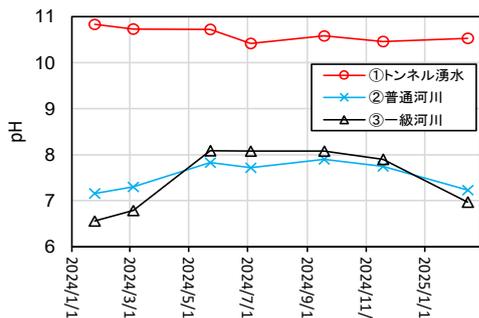


図-2 各地点のpHの定期観測結果

(2)EC

①トンネル湧水のECは30～45mS/mで推移し、②普通河川は乾期になると15～20 mS/mまで上昇する傾向がある。③一級河川は10mS/mで推移している。

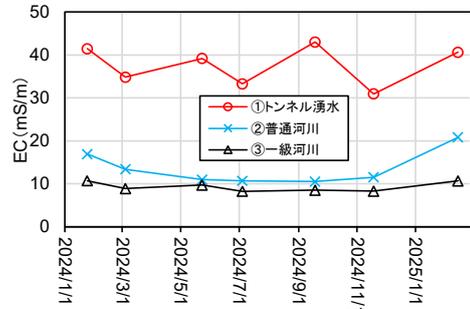


図-3 各地点のEC(mS/m)の定期観測結果

(3)流量

①トンネル湧水は0.12～0.53 l/sec、②普通河川は3.1～34.8 l/sec、③一級河川は771～4731 l/secで推移している。

7月観測時の流量の増加は降雨影響によるものである。

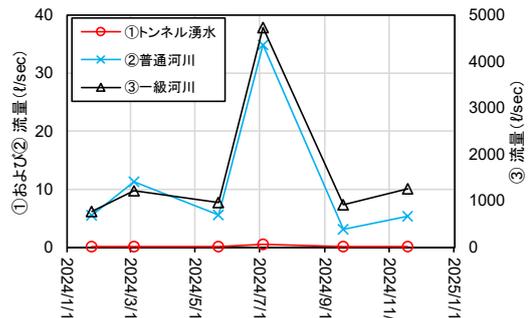


図-4 各地点の流量(l/sec)の定期観測結果

3. 試験条件の検討

定期観測の結果から、①トンネル湧水と②普通河川(試験条件α: 図-5) および①トンネル湧水と③一級河川(試験条件β: 図省略)の流量比を算出し、それぞれの回帰曲線及び標準誤差(±SE)を求めた。

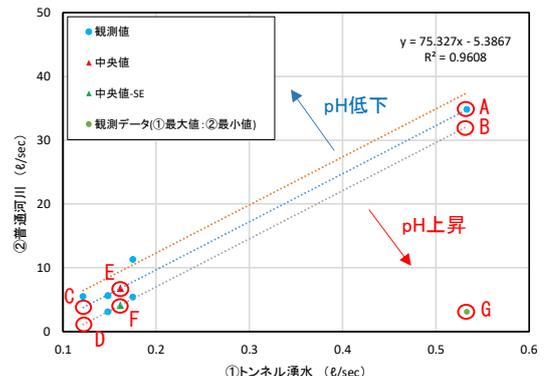


図-5 ①トンネル湧水と②普通河川の流量比および回帰曲線(試験条件α)

以降、①トンネル湧水の流量を1とした時の②普通河川および③一級河川の流量を倍率と称す。

図-5の回帰曲線を基に、各試験条件において設定可能な7つのパターンを検討した結果(表-1)、自然放流時の流量に近い「パターンE」、①トンネル湧水に対する②普通河川の倍率が最小となる「パターンF」、観測値から①トンネル湧水が最大、②普通河川が最小となる「パターンG」を、今回実施する室内実験の対象条件として選定した。

表-1 試験条件αにおけるパターン

パターン	①トンネル湧水	②普通河川	倍率	備考
A 回帰曲線	最大	最大	65.23	回帰曲線上で①に対して②の量が多い(危険側)
B 回帰曲線	中央値	中央値	42.01	回帰曲線上で中央値であり、自然放流する際の通常時の流量に実際に近いと考えられる
C 回帰曲線	最小	最小	31.05	回帰曲線上で①に対して②の量が少ない(実測流量比では最も安全側)
D 回帰曲線-SE	最大	最大	60.24	回帰曲線-SE上で①に対して②の量が多い(AIに対し標準偏差分安全側)
E 回帰曲線-SE	中央値	中央値	25.57	回帰曲線-SE上で中央値であり、自然放流する際の通常時の流量に実際に近いと考えられる(IIに対し標準偏差分安全側)
F 回帰曲線-SE	最小	最小	9.21	回帰曲線-SE上で①に対して②の量が少ない(CIに対し標準偏差分安全側)
G 観測データ	最大値	最小値	5.81	観測データにおいて①:②の流量の比が最も安全側。(①と②に正の相関があるため、現実的にはありえない)

*倍率は①トンネル湧水を1とした時の②普通河川および③一級河川

同様のプロセスを用いて、①トンネル湧水と③一級河川(試験条件β)に対しても7つの検討パターンを用い、室内実験を行う条件を選定した。今回選定した室内実験の条件については、表-2に示した通りである。

表-2 室内実験条件

ケース	試験条件	倍率	①トンネル湧水	②普通河川	③一級河川	計(mL)
1	条件α.G 観測データ (①最大値:②最小値)	5.81	146.84	853.16	1000.00	1000.00
2	条件α.F 回帰曲線-SE (①最小:②最小)	9.21	97.94	902.06	1000.00	1000.00
3	条件α.E 回帰曲線-SE (①中央:②中央)	25.57	37.64	962.36	1000.00	1000.00
4	条件β.G 観測データ (①最大値:③最小値)	1446.00	0.69	999.31	1000.00	1000.00
5	条件β.F 回帰曲線-SE (①最小:③最小)	5521.00	0.18	999.82	1000.00	1000.00
6	条件β.E 回帰曲線-SE (①中央:③中央)	6567.00	0.15	999.85	1000.00	1000.00

4. 室内実験方法

各箇所でのサンプリングを実施した後、室内実験条件に基づき混合し、その後水素イオン濃度(pH)、電気伝導率(EC)、および水温を測定した。

5. 室内実験結果

室内実験結果を表-3に示す。

ケース	試験結果	倍率	pH	EC	水温
1(α.G)	観測データ (①最大値:②最小値)	5.81	8.70	23.30	18.4
2(α.F)	回帰曲線-SE (①最小:②最小)	9.21	8.24	23.20	18.4
3(α.E)	回帰曲線-SE (①中央:②中央)	25.57	7.52	21.30	18.2
4(β.G)	観測データ (①最大値:③最小値)	1446.00	7.22	10.61	17.9
5(β.D)	回帰曲線-SE (①最小:③最小)	5521.00	7.14	10.98	17.8
6(β.F)	回帰曲線-SE (①中央:③中央)	6567.00	7.10	10.88	17.9
	環境基準	-	6.50~8.50	-	-

赤字:環境基準超過

表-3 室内実験結果

(1)①トンネル湧水:②普通河川(図-6)

トンネル湧水量の割合が大きくなるにつれ pH は高くなる。

「ケース1(α.G)」の観測データ(①最大値:②最小値)を混合させた際は pH が8.70となり、環境基準値を超過する結果となった。「ケース2(α.F)」「ケース3(α.E)」では pH 8.24、7.52と環境基準内の結果となった。

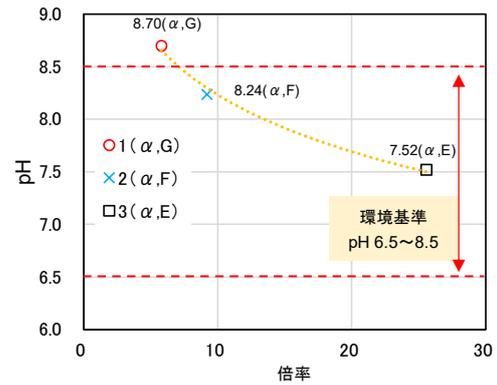


図-6 室内実験後の pH(①トンネル湧水と②普通河川)

(2)①トンネル湧水:③一級河川(図-7)

全ての試験条件において、pH は環境基準値内に収まる結果が得られた。「ケース4(β.G)」においても、pH は 7.22を示した。

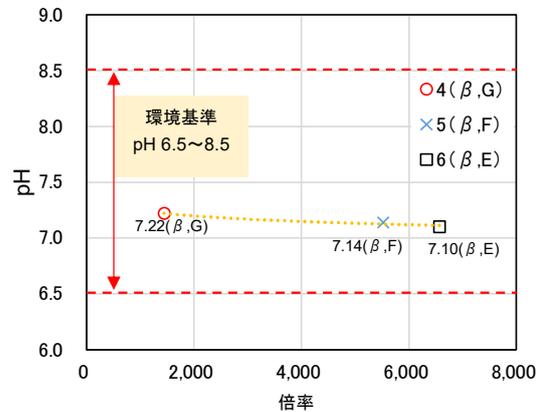


図-7 室内実験後の pH(①トンネル湧水と③一級河川)

6. まとめ

(1)①トンネル湧水:②普通河川

室内実験の結果に基づく、②普通河川において通常時にトンネル湧水を自然放流する場合でも、pH 値は環境基準(pH 6.5~8.5)の範囲内に収まることが予想される。

(2)①トンネル湧水:③一級河川

③一級河川においても、トンネル湧水を直接排水した場合、pH 値が環境基準(pH 6.5~8.5)の範囲内に収まることが予想される。

室内実験の結果を踏まえると、通常時においてトンネル湧水を自然放流する場合、環境基準値内に収まると推測される。今後、現場で実際に放流実験を行い、観測し、水質の確認することが望ましい。

《引用・参考文献》

- 1) 杉野 康博、伊藤千恵 (2013) : 高 pH トンネル湧水の検討事例、全地連技術フォーラム2013論文集、論文 No. 55.