

電気伝導率測定による関門トンネルの漏水流量観測

鉄道総合技術研究所	正会員	坂井宏行
九州旅客鉄道	正会員	用正直樹
	正会員	鶴 英樹
	正会員	江崎俊岳

1. 緒言

世界で最初に供用開始された関門トンネル（山陽本線下関・門司間、延長：3614m（下り線）および3605m（上り線））は、本州・九州間を鉄道輸送で直接連絡している重要な海底構造物であり、このトンネルの機能を維持するために、構造物としての安定性に関して種々の観測をおこなっている。観測対象のひとつである漏水は、同トンネルが海底下に位置していることから、その流量をふだんから監視しておく必要があり、

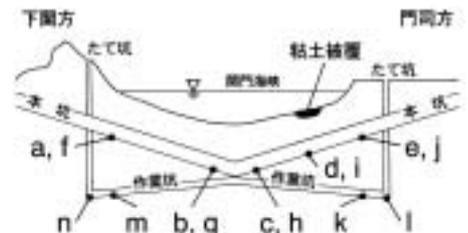


図1 関門トンネル縦断面図
：漏水の調査位置。

これまで、いわゆる三角ぜき法によりこれをおこなってきた。ところで、漏水が海水と地下水（淡水）との混合物であり、海水が流量一定であるのに対して地下水は流量が季節変化することに着目し、ここに希釈関係を一次的に近似できることをみいだした。そこで、漏水中の海水由来成分の濃度を測定することで漏水流量を求める方法を導入した。この測定に有効な海水由来成分はナトリウムイオンであり、漏水試料中のその濃度を測定するさいは、実験室的にはイオン

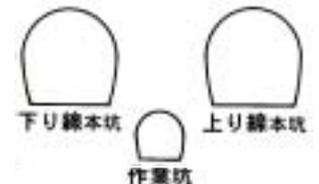


図2 関門トンネル横断面図

ンクロマトグラフィーを、現場測定のさいはイオン選択性電極検出法を採用している。後者の検出器の構造はpH測定用のガラス電極のガラス感応膜を、ナトリウムイオンを選択的に透過させるものに置き換えたものである。この方法によれば、現地の観測位置で試料中のナトリウムイオンを選択的に測定することができるが、漏水試料が高濃度の共存物質を含む場合には、多孔質であるガラス電極に多価金属塩が吸着され、ガラス感応膜内外の電位差応答を遅延させることがある。また、高濃度試料にこの電極を適用した場合には、使用後に入念な洗浄をして電解質の除去を徹底しておこなうことが必要である。そこで、これらの不便を回避するため、他の方法によって漏水由来成分の濃度を測定することを試みた。関門トンネルの漏水の場合は、海水の希釈倍率が小さいため、地下水による希釈のさいに溶存物質の損失は小さいことが予想できる。そこで、漏水の電気伝導率によって漏水の流量を校正することを試みた。

2. 実験

2.1 関門トンネルの構造

関門トンネルの構造は図1および図2に示すとおりである。平行に建設されている単線断面の本坑2本の漏水は、上下線別々にそれらの最深部（図1中に示す本坑と作業坑との接続点）に集約され、作業坑を經由して下り線の漏水は門司方の、上り線のそれは下関方の陸上部に位置するたて坑底にそれぞれ誘導される。ここで地上へ揚水されて関門海峡へ放流されている。

2.2 海水由来成分

関門トンネルを含む海底・トンネル内・海岸の循環系において漏水中の海水を追跡するためのプローブとしては、化学的に安定で、かつ、生物による取りこみや代謝に関与していないことが要求される。これら要件を満たす化学種としてナトリウムイオンを採用し、漏水中のその濃度と漏水の流量との関係を5年間以上にわ

キーワード： トンネル, 漏水

連絡先（JR総研）：所在地, 185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38; 電話, 042-573-7265; FAX, 042-573-7398

たり観測し，校正してきた．ここで，海水がその組成比を保持したまま地下水によって単純に希釈されるのであれば，漏水の電気伝導率は海水由来成分の濃度によって換算することが可能となる．すなわち，漏水中に含まれる海水由来成分（たとえば，ナトリウムイオン）の濃度は漏水の電気伝導率と一義的な関係にあることを期待できる．

2.3 漏水の分析

関門トンネル内の各採取位置(図1)において採取した漏水試料 100mL 中に含まれるナトリウムイオンを定量し，また，電気伝導率を測定した．ナトリウムイオン濃度の測定はイオンクロマトグラフィー（試料量：100 μ L）によった．

3. 結果

トンネル内の 14 箇所から採取した漏水試料中のナトリウムイオン濃度と漏水の電気伝導率との関係を図3に示す．これらの関係は一次回帰係数 0.99 をとる直線関係となった．ところで，すでに校正してあるナトリウムイオン - 漏水流量直線に，ナトリウムイオン - 電気伝導率の関係から求めた電気伝導率と漏水流量との関係を図4に示す．もともと，漏水の電気伝導率は漏水中のナトリウムイオン濃度と直線関係にあることから，電気伝導率も漏水流量と一次関係となった．

4. 考 察

溶液の電気伝導率は，これに溶解している化学種の濃度の総和に相当する意味合いを有している．したがって，ある溶液が種々の物質を高濃度に含んでおり，かつ，この物質が希釈操作によって化学形態を変化させないか，変化する割合が小さい場合，原溶液に含まれる化学種の濃度と原溶液の電気伝導率との関係（比）は，その溶液を希釈してもそのまま保存される．ここで報告した漏水中のナトリウムイオン濃度（海水由来成分）と漏水の電気伝導率との関係は直線関係となっており，種々の倍率でおこなわれる希釈によっても漏水中のナトリウムイオン濃度（海水由来成分）と漏水の電気伝導率との比は変化していない．したがって，電気伝導率によってもナトリウムイオン濃度と同様に漏水流量を校正することがわかった．なお，表面水の流入が少ない海底付近から供給されている海水をプローブとしているため，ここでとりあげた漏水の電気伝導率は季節等に対して変動しないと予測するが，検証のため，1 箇年間程度の期間で同様の観測をおこなったうえで，使用後の整備が不要な電気伝導率計を用いたより簡便な漏水流量の測定方法を確立したい．

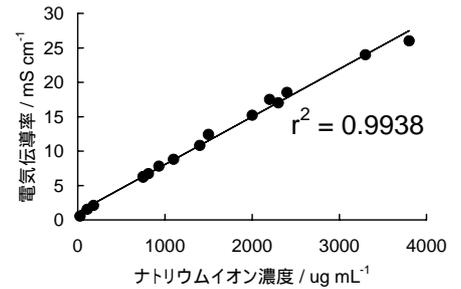


図3 漏水中のナトリウムイオン濃度と漏水の電気伝導率との関係

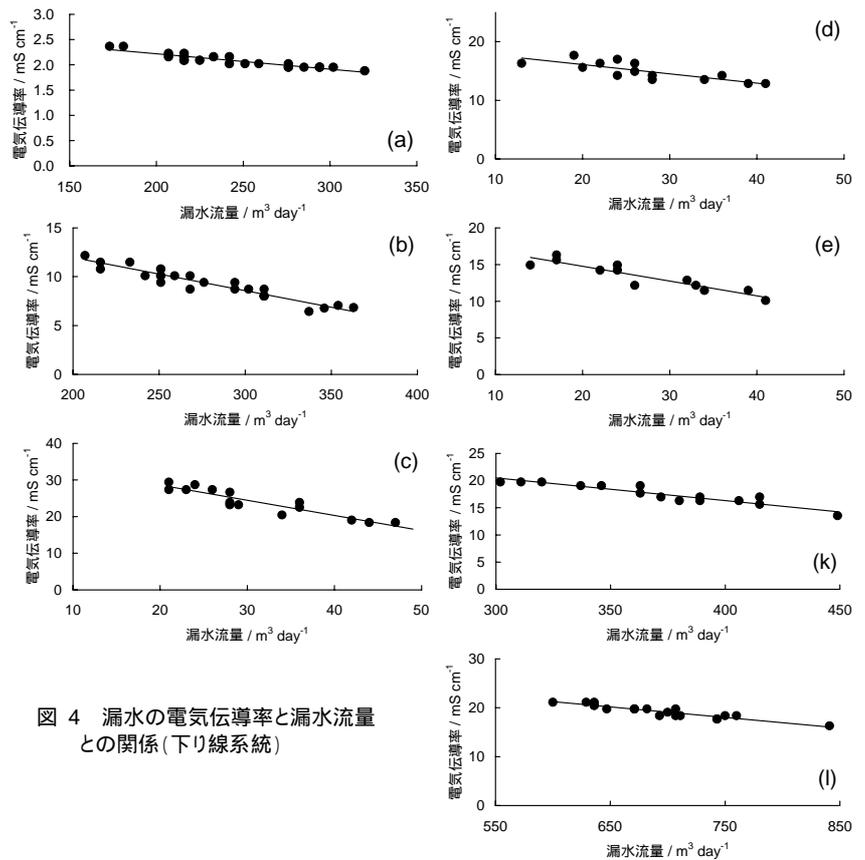


図4 漏水の電気伝導率と漏水流量との関係(下り線系統)