

鉄道総合技術研究所 正会員 坂井宏行
興和化成 正会員 平岩征一郎
九州旅客鉄道 正会員 江崎俊岳

1. 緒 言

海底トンネルではとくにその管理が重要となる漏水の流量が、煩雑な作業をしいられる三角ぜき測定法に代わり、漏水中の海水由来成分の濃度を測定することで分析化学的に測定できることをすでにみいだしている。ところで、この分析にふつう採用されているイオンクロマトグラフィー／電気伝導率検出法は、きわめて精度が高い分析方法ではあるものの、測定室を必要とし、試料をこれに持ち込む手間と時間とがかかっていた。したがって、測定位置でただちに漏水流量を知る必要がある場合には、その場で漏水中のナトリウムイオンを定量しなければならない。そこで、ナトリウムイオンに対する選択係数が十分おおきく、漏水中に共存する他のイオンによる妨害がないイオン選択性電極に着目し、これを検出器として用いたナトリウムイオン濃度測定／漏水流量算出方法を検討した。その結果、トンネル内の原測定位置で漏水中のナトリウムイオン濃度を簡単に測定し、ただちに漏水流量を求めることができた。

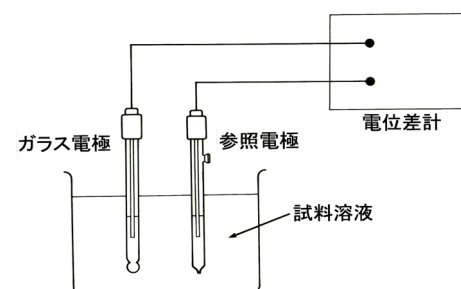


図1 イオン選択性電極による電位差測定

2. 実 験

2.1 イオン選択性電極の原理

イオン選択性電極によるイオン濃度測定法は、電位差分析法の一種であり、通常ひろくおこなわれている pH 測定におけるガラス電極法と同じである。ガラス電極法とは、試料溶液が塩橋となるようにカロメル電極 2 本をそれにそう入して構成した電池において、カロメル電極の一方に水素イオンだけを選択的に透過させる膜をもうけ、半電池のふんい気中の水素イオン濃度差から生じる電位差を測定することで試料溶液の pH を求める方法である（図 1）。この場合、カロメル電極に装着する膜

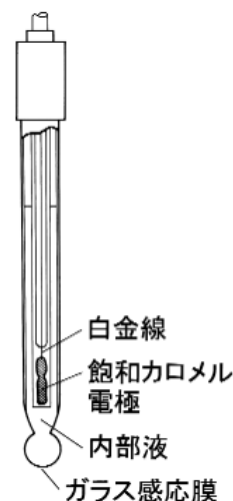


図2 ガラス電極

（図 2 にしめすガラス感応膜）をナトリウムイオンに対して選択性をしめすそれに交換することで、pH を測定するときと同様に試料溶液中のナトリウムイオン濃度を測定することができる。じっさいには、これらイオン選択性電極と銀 - 塩化銀電極（参照電極）とが複合電極となって組込まれているハンディなイオン濃度計（たとえば、図 3 にしめすようなもの）が市販されている。

2.2 イオン選択性電極による漏水分析

イオン選択性電極を内蔵した市販のナトリウムイオン濃度計を用いて漏水流量の測定位置で漏水中のナトリウムイオン濃度を直接定量した。すなわち、トンネルの排水工においてポリエチレン製のシリンジで漏水 0.5mL を採取し、あらかじめ校正しておいたナトリウムイオン濃度計のイオン選

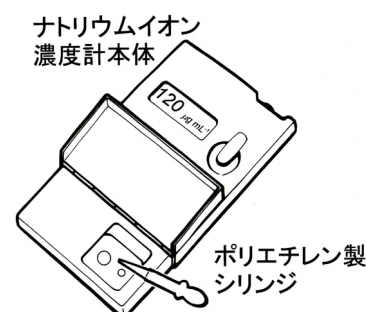


図3 ナトリウムイオン濃度計（市販品の一例）

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

択性電極部分と参照電極部分とにまたがるようそれを滴下して電池回路を構成させた．そして，生じた電位差が安定した後，表示されたナトリウムイオン濃度を直接読み取った．測定位置を図 4 にしめす．なお，関門トンネルの排水経路は，上り線にあっては図 5 に表すとおりであり，下り線の漏水は本坑最深部から門司方の作業坑へ排水され，門司方のポンプ室から関門海峡へ放流されている．

2.3 イオンクロマトグラフィーによる漏水分析

イオン選択性電極によって測定した漏水中のナトリウムイオン濃度の確からしさを評価するため，同じ測定位置から採取した漏水試料を実験室に持ち帰り，イオンクロマトグラフィー／電気伝導率検出法により，その試料中のナトリウムイオンを定量した．すなわち，漏水試料 10 μ L をイオンクロマトグラフィーに注入し，低交換容量の陽イオン交換樹脂で分離したナトリウムイオンをオン・ラインで電気伝導率計に持ち込んだ．そして，えられた電気伝導率シグナルのピーク面積による絶対検量線法により，試料中のナトリウムイオン濃度を求めた．なお，本法はピーク面積の再現性が RSD で 5%未満であり，信頼性が高い方法として一般に利用されている．

3. 結果および考察

実験室でイオンクロマトグラフィー／電気伝導率検出法により測定した漏水試料中のナトリウムイオン濃度と，トンネル内の流量測定位置でナトリウムイオン濃度計により直接測定した漏水中のそれとの関係を図 6 にしめす．これら二つの濃度の関係は，相互によく一致している．したがって，イオン選択性電極法による現地測定でも，漏水中に含まれるナトリウムイオンの濃度を，高濃度で共存する他のイオンの干渉を受けることなく，簡易に測定できることがわかった．このことは，あらかじめ，漏水中のナトリウムイオン濃度 - 漏水流量直線を準備しておくことで，測定現場でただちに流量を求めることを可能とした．将来は，この種のセンサーをトンネル内の各位置に定置し，これからえられる漏水中のナトリウムイオン濃度を保守区所で集中管理することにより，各位置における漏水流量をオン・デマンドで遠隔的に計測していくことを考えている．

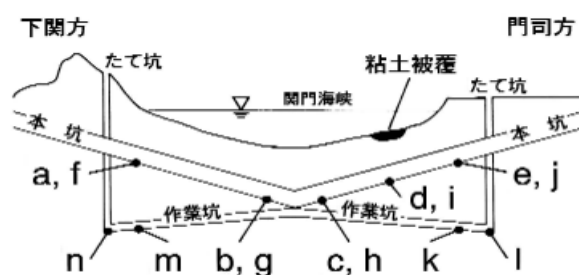


図 4 漏水試料の採取位置

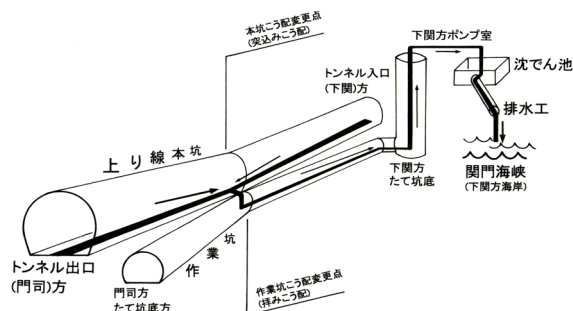


図 5 排水経路(上り線)

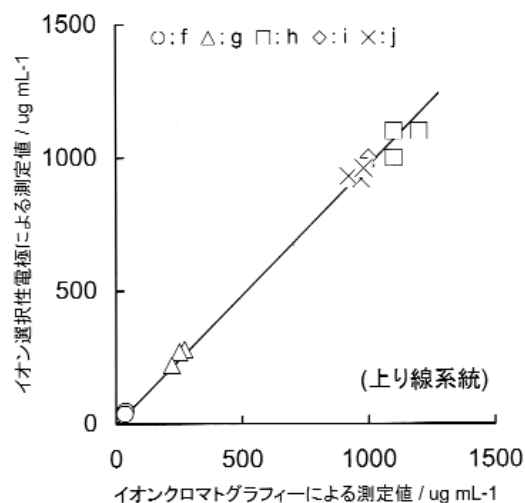
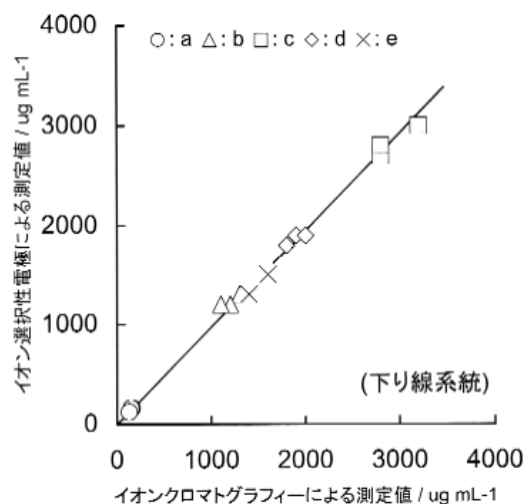


図 6 漏水中に含まれるナトリウムイオン濃度のイオンクロマトグラフィーによる測定値とイオン選択性電極による測定値との関係