

■ 海底に湧出する地下水の調査

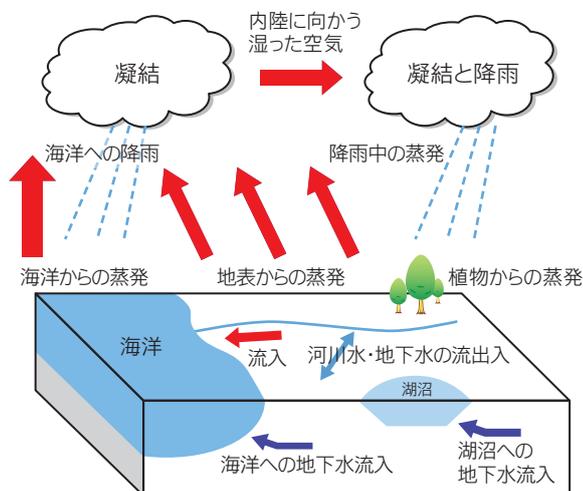
海域での地下水湧出による汚染負荷は、物質循環を考えるうえで重要です。海底での地下水湧出量・水質の測定、湧出分布の探査により、その実態を解明します。

はじめに

地球に存在している淡水のうち、約77%は水河と万年雪であり、約23%が地下水であると言われています^{*1}。私たちが普段から見慣れている河川水の量は、全淡水の約0.004%であると言われているので、地下水の量がいかに膨大な量として存在しているかがわかります。

海底湧水の存在は以前から知られていましたが、その詳しい実態解明と定量化はこれまではあまり行われていませんでした。世界の海洋学者や水文学者が、陸域から海域への全流出量に対する地下水湧出量をそれぞれ水収支から算出していますが、研究者によって、0.01%~30%と大きな幅が示されています^{*2}。

地表から地下に浸透した水に溶存していた物質は、流動中に岩盤・土壤に吸着されて取り除かれることから、海域に達したときには良質の淡水として流出するものと一般には考えられます。しかし、硝酸塩などの栄養塩類は、河川水に含まれるよりも高い濃度で海域に流出することもあり、地下水を原因とする汚染負荷は、近年、無視できない量であろうと考えられています。



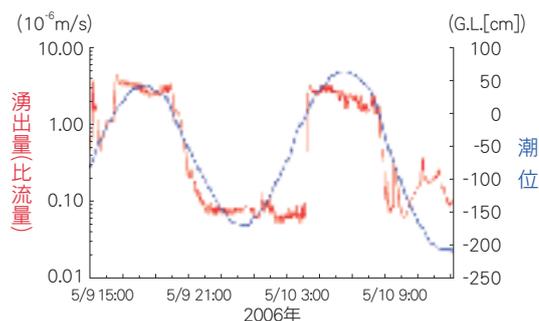
水循環の模式図(文献^{*1}を参考として作成)

海底での地下水湧出には、河川水が河床下に潜って沿岸域から湧出するパターンや、山間部や平野部で伏流した地下水が長い年月を経て海域へ流出するパターン等があります。その流出形態については、地形や地質条件による定性的な評価はできるものの、海底での湧出量やその分布状態などの定量的な解明には至っていません。

海底地下水湧出量の直接測定

海底での地下水湧出量を直接測定するためには、シーページメータを使う方法があります。シーページメータは1940年代に水路の流量観測用に開発されたもので、その後、1977年に湖底での湧出量を測定するために、リーによって開発されたものを「リタイプ・シーページメータ」と呼んでいます。リタイプは、スチールドラム缶を半分に切ったものを水底に埋設して、4Lの採水袋に湧出水を取り込み、湧出量を測定するものです^{*2}。当社では塩化ビニール製のシーページメータを製作し、海底地下水湧出量を測定しています。測定する海底底質の性状を勘察して、礫質の場所でも設置でき、十分な湧出量が確保できる大きさのシーページメータを使用します。これを海底に埋設し、測定は水中で行います。また手動式のリタイプに加えて、自記記録式のシーページメータも製作することで、地下水湧出量の長期連続観測も可能としています。

海底からの湧水は淡水と海水との混合状態にあるので、淡水起源の地下水湧出量を算出するためには、電気伝導率値を用いて成分分離を行う方法があります。また、沿岸域では海水の水圧によって淡水-海水間の塩水境界が移動するので、潮位変化とともに地下水頭が移動することによって、湧出量に変化が生じます。下図は潮位変化に伴った海底湧出量(比流量)の変動を観測した一例です。



潮位変化と湧出量変化(八代海の永尾海岸)

海底湧水地点の分布

海域における地下水湧出の分布については、まだ定量的な評価がなされていません。シーページメータによって、地下水湧出量は測定できますが、調査海域全体の湧出総量を推定するためには、平均的なデータを取得するための地点配置が必要です。

これまで、海水中において地下水の湧出地点を把握するためには、地下水中に多く含まれる放射性のラドン (Rn) やラジウム (Ra) をトレーサーとする方法や、電気伝導率を用いて湧水地点を把握する試みが行われてきました。しかしこれらの調査には長時間を要することや地域的な制約があることから、広域の調査には不向きという問題点がありました。

ところで、地盤中に地下水の流動があると、界面動電現象によって地盤上に電場が発生することが知られています。これは、岩石や土壌中の狭い間隙を流体が移動することによって、岩石や土壌を構成する固体と流体との間で電気化学的な分極が起こり、観測可能な電位差を生じることを利用するものです。

このように自然に発生している直流成分電位の観測方法を自然電位法 (SP法) と呼び、火山周辺などでの熱水上昇の観測などに用いられています。例えば、流体が地表面に上昇しているような場所では、電位の正の異常が認められます。

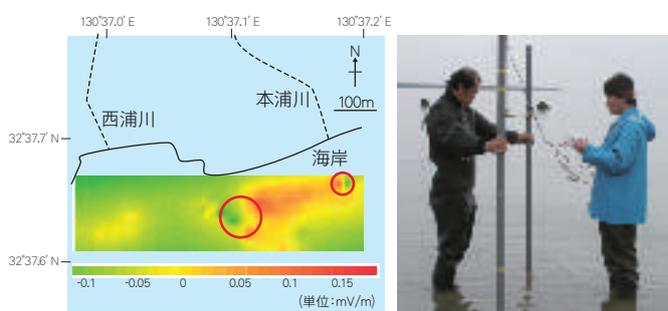
当社では、このSP法を、海域における地下水湧水地点の探査に応用しています。海水中で測定値を精度良く得るためには、分極作用を起こさない電極・^{きょうたい}筐体を使用して、観測された自然電位勾配の値をもって地下水湧出地点を特定しています。

自然電位勾配は、安定した値として短時間で計測することが可能であるため、広域での地下水湧出探査に適しています。2つの電極とマルチメータのみで計測できるため、機動力に富んだ現地観測を可能にしています。

また、自然電位勾配は、地下水の「水みち」を知るシグナルとして利用できます。測定電極の方向と電極間隔を一定にして、移動しながら計測することで、「水みち」を地図上に展開・図示できます。

海域での現地実験により、湧水箇所と、自然電位勾配の急激な変化には高い相関があることが実証されています。下図は海底面の電位勾配分布の測定結果で、図中の右側にある電位勾配が急変している所で海底湧水が観測されています。

海域でのSP法を用いた自然電位反転の探査によって、海底湧水地点のマッピングを行います。それに基づいたシーページメータの適正配置を行うことで、調査海域の海底湧出量の把握を精度良く行うことが可能です。



自然電位勾配の分布

色枠内が調査範囲。赤丸が電位勾配の急激な変化域で、地下水湧水地点。
(八代海にて:2006/05/11)

自然電位測定の状況

北→南方向で、1m間隔での電位勾配を測定。

当社の取り組み

陸域から海域への地下水負荷量を算定するために、地下水湧出量の測定、地下水の水質分析、負荷源としての地下水湧出分布の把握を行っています。海域の水質保全対策の一環として、地下水をあわせての流入負荷量の推定は今後重要視され、海域の水質シミュレーションの境界条件としても重要になると考えられます。

この調査研究の全般について、熊本大学の嶋田純教授のご指導をいただきました。また、総合地球環境学研究所(大学共同利用機関法人)谷口真人助教授には自動シーページメータの製作、(独)海洋研究開発機構の後藤忠徳研究員にはSP調査に際して、それぞれご指導をいただきました。

※1 佐藤・千木良 監修(2003):シリーズ 環境と地質 第Ⅲ巻『水環境と地盤災害』(古今書院)

※2 谷口真人(2001):海水と地下水の相互作用(地下水と地表水・海水との相互作用-4).『地下水学会誌』Vol.43-3