

# 火山型海底湧水の湧出量測定と化学特性 陸域 - 海洋間の炭素循環へのアプローチ

萩原 崇史

## (はじめに)

沿岸海域において海底から地下水が湧出する現象(Submarine Groundwater Discharge: SGD)は世界各地で報告されており、栄養塩など様々な物質の海洋への供給源として注目されている(W.C.Burnett, 2006)。Zektzer(2000)は世界中の主要河川を用いた水循環解析を基に、地球規模での SGD 湧出量を河川水の 6~7%と報告しているが、Moore(1996)は気候・地理条件や湧出メカニズム等によって地域間における変動が大きいとし、40%という高い値も報告している。Zhang(2006)は SGD 湧出に関して個々の地理・地質条件でパターン化(扇状地型 SGD・火山型 SGD・サンゴ礁型 SGD)を考慮した上で議論する必要があると指摘した。一方、SGD は陸域より海洋への炭素輸送のルートとして、海洋中の炭素循環を把握することや地球環境への影響評価のために極めて重要である。しかし、炭素循環に着目した SGD の研究はこれまで皆無である。本研究では、萩原(2003)が開発した沿岸海底湧水湧出速度測定法を用いて、火山型海底湧水の湧出量測定と化学特性の把握を目的とし、利尻島・台湾における SGD の観測を行い、陸域から海洋への炭素輸送についての解明を試みた。

## (扇状地沖・火山型 SGD 湧出量測定の試み)

扇状地型 SGD 湧出域として、萩原(2003)が開発した沿岸海底湧水湧出速度測定法を基に設計した富大式 SGD フラックスチャンバーにより、富山県魚津市片貝川沖水深 8 m・22m の SGD の湧出量を測定することができた(張ら、2005; 小山ら、2005)。

火山型 SGD 湧出域として、2008 年 8 月に北海道利尻郡仙法志沖・雄忠志内沖と、2004 年及び 2008 年 8 月に台湾島の高雄、枋山、林園の沿岸域において湧出量測定を行った。その結果、すべての SGD 湧出域で湧出量が測定でき、富大式 SGD フラックスチャンバーは火山型 SGD 湧水域でも観測が可能であることを明らかにした。特に、高雄においては地質図より、台湾島における SGD は主に断層に沿って湧出することが明らかになり、Peng ら(2008)の台湾島の異なる SGD 湧出域の結果からも断層に沿って湧出することは支持された。

富山大式 SGD フラックスチャンバーにより、扇状地沖・火山型 SGD 湧出域で広範囲に湧出していることが明らかになった。しかし、北海道利尻郡仙法志沖・雄忠志内沖の SGD では、現在 SGD 湧出量測定の最大範囲が検証されている富大式 SGD フラックスチャンバーの測定範囲を超える SGD 湧出域が確認さ

れた。また、富山県魚津市片貝川扇状地沖の水深 6~8m・海底面積 32m×32m において広域の SGD 湧出域を温度マッピング法（小山ら, 2005）から湧出量を測定し、2 回の観測において SGD 湧出域の湧出流量や分布が異なることが分かった。しかし、その変動要因と潮汐・地下水位・降水量などとの関係の是非については、長時間の継続的な測定ではない為、その詳細解析に至らなかった。

### （火山型海底湧水の湧出量と化学特性）

2004 年 8 月に台湾の高雄、枋山、林園、金沙湾の 4 か所において SGD の存在を初めて発見し、間隙水の採水及び湧出量測定に成功した。さらに、2004~2006 年の 3 年間に亘り台湾国立中山大学の協力のもと、高雄の柴山地域、西子湾地域で 23 回の SGD 及び周辺の地下水や河川水、海水を採水し、経時変化のモニタリングを行った。また、2008 年 8 月には、柴山において沖合 8m・水深 0.5m 地点の北西から南東にかけて、直線上（80m）の 5 か所で富大式 SGD フラックスチャンバーによる観測をおこない、SGD 及び雄周辺域の湧水や海水の主要化学成分及び酸素・水素同位体比の測定もおこなった。

解析結果から、高雄の柴山地域と西子湾地域の SGD は、海水とその地域における地下水との混合により形成されていることが明らかになった。海水中の  $p\text{CO}_2$  濃度は平均 355ppm と大気中の  $p\text{CO}_2$  濃度 360ppm と同等であるが、SGD により海洋へ供給される  $\text{HCO}_3^-$  濃度は平均 3.41meq/L となり、この供給された  $\text{HCO}_3^-$  は大気中へ  $\text{CO}_2$  として放出されると考えられる。2008 年 8 月の観測結果（放出される  $\text{CO}_2$  濃度:4.34 mM/L、8m×80m 湧出域の SGD の湧出量:147 L/min）から、 $\text{CO}_2$  は 40kg/day 放出されていることになり、2004~2006 年の年平均  $\text{CO}_2$  放出量は 11.6t/year と見積もられた。

### （まとめ）

火山型 SGD である北海道利尻郡仙法志沖・雄忠志内沖 SGD の湧出量測定結果から、より測定範囲の広い SGD フラックスチャンバーの改良が必要と分かった。また、台湾島の高雄柴山地域・西子湾地域の観測結果から、SGD による陸域から海洋への炭素供給は地球の炭素循環に影響することが示唆された。しかし、SGD 湧出量の時系列変化や経年変化、SGD 湧出域の湧出流量や分布を観測することはできなかった。以上のことを踏まえて、SGD 湧出域を広範囲に長時間観測可能な新たな温度式 SGD メーターと時系列変化や経年変化に対応できる新 SGD フラックスチャンバーの開発が必要である。現在、広域（36m<sup>2</sup>）計測可能な高精度温度式 SGD メーターと長時間観測用自動フラッシング型 SGD フラックスチャンバー（日油技研株式会社と共同開発）の、富山湾沿岸における現場実験・検証が進行している。