

ハロゲンを利用した地球・環境化学

遠山知亜紀
(産総研)

ハロゲンは周期表の 17 族に位置する元素群で、フッ素 (F)、塩素 (Cl)、臭素 (Br)、ヨウ素 (I)、アスタチン (At) の 5 元素からなる。このうち、At には安定同位体が存在せず、自然界では U の壊変系列中に含まれて存在するのみである。そのため、“ハロゲン” は F から I を示すことが多い。これらの元素は揮発性・液相濃集性が高く不適合元素に分類され、その性質から地球表層のリザーバー (海洋・海底堆積物・地殻) に高濃度で存在する。ハロゲンのイオン半径は原子番号が大きいものほど大きく、それに応じてハロゲン間で地球化学的挙動が異なる。そのため、各リザーバー (海水・海堆積物・海洋地殻・間隙水・大陸地殻・マントル) が特徴的なハロゲン組成を示す (John et al., 2011)。この組成の違いを利用し地球内部物質循環を調べる研究が行われている (例えば, Johnson et al., 2000; Burgess et al., 2009; Sumino et al., 2010; Kobayashi et al., 2017)。

また、ハロゲンは同位体比 ($^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$ 比と $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比) も様々な研究で利用されている。Cl 同位体比は標準平均海水を基準とする $\delta^{37}\text{Cl}$ (‰) で表記され、マントルのそれは -0.1 ± 0.4 ‰ (1σ) とされている (Sharp et al., 2007)。これに対し、海底から深度 50 m 程度の海底堆積物の間隙水は海水と同じ 0 ‰程度を示し、深度 100 m 以深では $-4 \sim -8$ ‰と大きく変化する (Spivack et al., 2002)。また、海底堆積物は $-2 \sim 2$ ‰と幅広い Cl 同位体比を示す。これらのような特異的な Cl 同位体比を持つ海底堆積物や間隙水がマントルに沈み込んでいるならば、マントルと区別することが出来るため、Cl 同位体比も地球内部の物質循環を調べる新たな指標として期待されている。

一方、I 同位体比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$) は安定同位体 ^{127}I と放射性同位体 ^{129}I (半減期 1570 万年) の比で、 ^{129}I は天然にも人工的にも生成される。自然界では、大気上層における ^{129}Xe の核破砕反応や地殻中の ^{238}U の自発核分裂によって生成され、その定常値は 1.5×10^{-12} と見積もられている (Moran et al., 1998; Fehn et al., 2007)。人工的には核実験や原子力発電において、 ^{235}U の核分裂によって生成される。環境中に放出される人工の ^{129}I の起源は、核実験や原子力施設の事故による大気中への放出、核燃料再処理施設からの大気と海洋への放出である。海洋では人為起源の ^{129}I の混入により、深度や場所により $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比が異なることから、I 同位体比は海水循環の指標として利用されている (Raisbeck and Yiou, 1999; Hou et al., 2007)。一方で、海底堆積物や地下流体中においては人為起源の ^{129}I の影響をすぐには受けないため、定常値が保たれている場合がある。この場合、 ^{129}I の半減期に従って $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比が減少することを利用し、I の年代を推定することが出来る (Muramatsu et al., 2001; Snyder and Fehn, 2002; Fehn et al., 2003)。

本講演では、ハロゲンの分析手法や地球化学における研究利用例について紹介する。