

問題 8. 火星の化学

2021年5月15日、中国初の火星探査車「祝融号」が赤い惑星・火星に着陸した。さまざまな研究から、火星の大気は主に二酸化炭素 (95.3%)、窒素 (2.7%)、アルゴン (1.6%)、微量の酸素 (0.15%)、水蒸気 (0.03%) で構成されていることが判明した。また、火星大気中には ppb (訳注: 10 億分の 1) 単位の微量なメタンも観測されている。メタンは通常、生命体の存在を示すもの、つまり微生物から生成されるものと考えられている。しかし、高温高圧下でカンラン石が二酸化炭素と反応して蛇紋岩化するとメタンが生成されるなど、無機物から生成される可能性もある。

8-1 これまで火星では生命体の痕跡は見つかっておらず、メタンガスは無機物から発生する可能性が高い。火星にはカンラン石 (M_2SiO_4 , M は Fe または Mg) が豊富に存在する。鉄カンラン石は火星の大気中のガスと反応して、シリカ (訳注: 二酸化ケイ素)、磁鉄鉱 (訳注: Fe_3O_4)、メタンを生成することがある。この化学反応式を書け。

8-2 火星時間で 2 年の間に、火星探査車はメタンの濃度が 0.3 ppb から 0.7 ppb に変化したことを検知した。このようなメタン濃度の変化を起こすには、鉄カンラン石が何グラム必要か示せ。ただし、火星大気は一様に分布していて、大気平均圧力は 750 Pa、気温は 210 K、鉄カンラン石層の厚さは約 200 km、火星の直径は 6796 km であると仮定せよ。

8-3-1 火星の表土には、約 18 % の鉄分が含まれている。そのため、鉄の産出は火星の発達において重要なステップである。火星の一般的な鉄鉱石には、磁鉄鉱のほかに赤鉄鉱 (訳注: Fe_2O_3) も多く含まれている。次のような化学反応によって磁鉄鉱と赤鉄鉱を識別することができる。鉱物を H_2SO_4 で溶かし、その溶液を少量取る。_____ (化学式を書け) 溶液を数滴加え、溶液の紫色が薄くなると、_____ (磁鉄鉱か赤鉄鉱を選べ) 由来の _____ (Fe^{2+} か Fe^{3+} を選べ) が含まれることが分かる。溶液の色が変わらなければ、その鉱物には _____ (磁鉄鉱か赤鉄鉱を選べ) が含まれていることが分かる。

8-3-2 鉄の製造方法として、水素を還元剤とする酸化鉄の還元が考えられる。H₂ は水の電気分解によっても製造できるが、以下のように CH₄ からでも得られる。



反応 3 の生成物、および ΔH_3 を書け。

8-3-3 上記の反応の重要な応用として、火星基地のエネルギー源となる合成ガスの製造が挙げられる。例えば、H₂ や CO は熔融炭酸塩型燃料電池の燃料として利用できる。アノード（電池内での陽極、外部端子の負極に接続されている電極）で、H₂ と CO それぞれに対して起こる化学反応式を書け