

鉄溶出における MSG の働き ～磯焼け改善への応用～

愛媛県立松山中央高等学校 3年 林 光清
2年 桑原 正昭
指導教諭 槇 大輔

1. 研究背景

近年、日本沿岸において磯焼け(藻場の衰退)の大規模な広がりが社会問題となっており、愛媛県南予地域でも深刻化している。その主要な原因の一つとして、森林減少による「海の鉄分不足」が挙げられる。森林では落ち葉などから腐食酸を含む腐植土を生じる。腐食酸は地中の鉱物などを含む二価鉄と結合して腐食酸鉄となり、河川を通じて海へ流れ込む。そして、海藻類は腐食酸鉄に含まれる二価鉄を吸収して、配偶子を生み出す配偶体を形成する。

これまで日本における森林減少は、開発によるものが主な要因であった。しかし、近年では2018年西日本豪雨災害に見られるように、異常気象による集中豪雨が頻発し、大規模な土砂崩れや崖崩れが毎年生じている。また、藻場の衰退が問題視される一方、北海道全体の養殖場では、間引きされた昆布を年間約1,000t、収穫時に約5,000tを廃棄している。

現在、日本では磯焼け対策として、鉄鋼スラグと人工腐植土を混合した「鉄成分供給ユニット」を設置する方法¹⁾が一般的である。しかし工業的に製造されたユニットは高価で規模が大きいため、各地で手軽に設置することは困難である。愛媛県内の機械科を設置している工業高校では定期的に鉄製造実習を行っており、スラグ(以後、実習スラグとする)が発生している。愛媛県立東予高等学校の場合、実習スラグの製造量は年間約3tであり、その多くは再利用されることなく公費によって廃棄されている。しかし、今後、少子化による公的教育財源の減少が懸念されることから、実習スラグの廃棄コスト削減が必要である。これらのことから磯焼けの改善、廃棄昆布と実習スラグの削減を目指した実効的な対策がより一層急がれている。

私たちは、本校の先行研究²⁾によって、グルタミン酸ナトリウム(以後、MSGとする)溶液が鉄分溶出作用を有意に持つことを確認した。そこで、私たちは旨味成分としてMSGを含む昆布に着目し、廃棄昆布と実習スラグを組み合わせた新たな鉄成分供給ユニットを作製できるのではないかと考えた。これらの組み合わせによって、実効性のある鉄成分供給ユニットを安価で手軽に作成することができれば、高校の地域連携を促

進し、磯焼け防止による地方活性化や教育支出の抑制にもつながるなど、画期的な取組になる可能性を秘めている。

2. 目的

海中での実習スラグの鉄分溶出特性を、MSG溶液と昆布を用いて比較検討した。

3. 研究方法

鉄板、または実習スラグから溶出する鉄分量をフェナントロリン吸光光度法で定量した。

4. 実験結果と考察

(1) 鉄溶出効果における MSG の働き

・ 溶存酸素を除いた MSG 水溶液の鉄溶出効果

鉄分溶出量は、MSG濃度に比例して増加していることがわかった(図1)。また、pHはMSG濃度の増加によって変化しないことから、鉄分溶出はH⁺による働きではなく、MSG水溶液の鉄溶出作用であると考えられる。

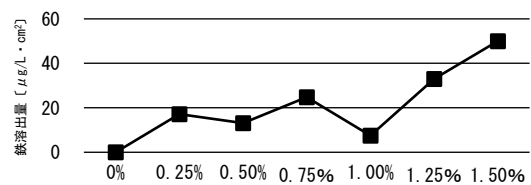


図1 溶存酸素を取り除いたMSG水溶液の鉄分溶出量

・ NaCl の影響

MSGとNaClの混合溶液においても、MSG濃度が高くなるほど鉄分溶出量は増加した(図2)。混合溶液の鉄分溶出量は、MSG溶液の溶出量よりも多くなったが、MSG濃度がNaCl濃度より高い混合溶液の場合においては、理論値より大きく鉄溶出量を増加させる特質を確認した。これは、

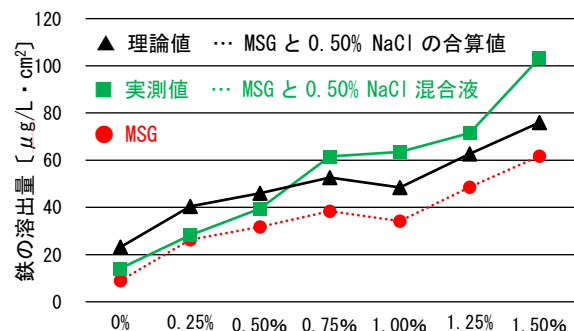


図2 溶存酸素を含む各種溶液の鉄分溶出量

MSG 溶液の鉄溶出作用を NaCl によって高められることを示している。

・ 錆の影響

図 3 は、錆のある鉄板（鉄板を燃焼して鉄板表面を鉄酸化物で覆ったもの）と錆のない鉄板（鉄板表面をよく磨いたもの）を用いた鉄分溶出量である。錆のある鉄板から溶出する鉄分量は、錆のない鉄板と比べて、純水や NaCl 溶液で減少し、MSG 溶液で増加した。また、錆のない鉄板を NaCl 溶液と MSG 溶液に入れた場合、NaCl 溶液では鉄板表面に錆を生じたが、MSG 溶液では錆を生じなかった（純水でも NaCl 溶液と同様に錆を生じた）。そこで、MSG 溶液がどのような種類の錆に作用しているのか調べた結果、MSG 溶液は黒錆である酸化鉄(III)を溶かしていることを確認した(図 4)。

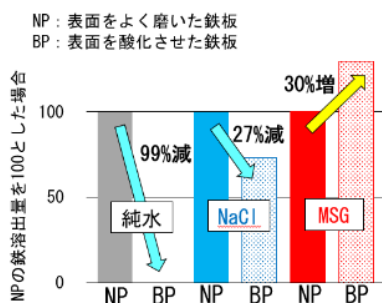


図 3 鉄錆の影響

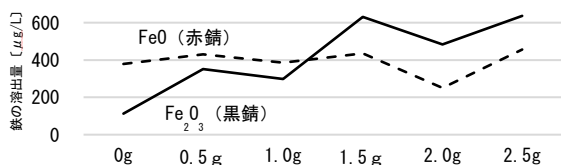


図 4 鉄酸化物の溶解と MSG 水溶液の影響

これらの結果から、純水や NaCl 溶液中では、鉄溶出と同時に発生する酸化鉄(III)の被膜によって、その後の鉄分溶出が阻害されていると考えられる。また、MSG 水溶液は酸化鉄(III)を溶かす働きによって、鉄分溶出を持続させると考えた。以上の考察について、私たちはモデル図(図 5)を作成した。

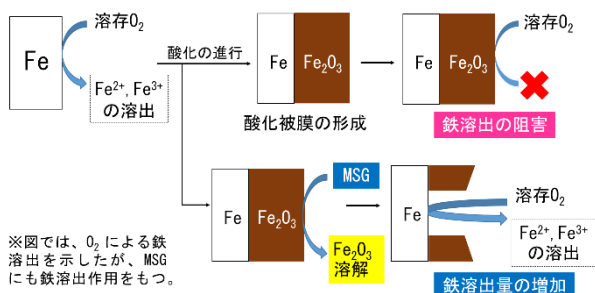


図 5 MSG 溶液による鉄分溶出過程

(2) 実習スラグと乾燥昆布の鉄溶出効果

- ・ 海水中の MSG 鉄溶出効果が実習スラグに与える影響

MSG 試薬を用いて実習スラグの鉄分溶出量を調べた。また、溶媒は水と海水を使用し、鉄分溶出量は MSG 試薬 1.0 g 当たりで算出した。その結果、海水中の鉄分溶出量は水と比べて 1.7 倍高くなった。これは、MSG が海水においても鉄分溶出作用を発揮し、実習スラグにも有効であることを示した。

表 1 実習スラグの鉄分溶出量 (MSG 試薬 1.0g あたり)

鉄分の溶出量 [μg/L・cm ²]	水+MSG	海水+MSG
	2.3	4.0

・ 実習スラグの鉄溶出と昆布の影響

実習スラグに対して、昆布から溶け出す MSG の鉄溶出作用を検証した。その結果、昆布を用いた鉄分溶出量は MSG 試薬による鉄分溶出量と比べて、水では 32 倍、海水では 80 倍高くなった。これは、昆布に含まれる MSG だけの働きでないと考えられるが、本研究では他の鉄溶出因子について検証していない。しかし、昆布は海水中において高い鉄分溶出効果を発揮できることを明らかにした。そのため、廃棄昆布と実習スラグの組み合わせは、十分実効性のある鉄分供給ユニットになることが示唆された。

表 2 実習スラグの鉄分溶出量 (昆布中の MSG 1.0g あたり)

鉄分の溶出量 [μg/L・cm ²]	水+昆布	海水+昆布
	73.2	321.7

5. まとめ

MSG は、海水中における鉄分溶出阻害因子となる「溶存酸素の不足」「錆」「NaCl」の影響を受けることなく、鉄分溶出作用を発揮することを明らかにした。また、鉄溶出阻害因子が働く中で、MSG を含む昆布には、海水中において MSG 溶液の 80 倍もの鉄分溶出能力があることを明らかにした。そして、この研究から、廃棄昆布と実習スラグを組み合わせることで、鉄成分供給に十分実効性のあるユニットを作成することが可能であると示唆された。

6. 参考文献

- 1) 山本光夫, 濱砂信之, 福島正己, スラグと腐食物質による磯焼け回復技術に関する研究, 日本エネルギー学会, 2006, p971-978
- 2) 水木喬山, 横山卓未, 徳田晋吾, 鉄の調理器具から溶出する鉄の研究, 愛媛県児童生徒理科研究作品, 56, 2018, p1-7

7. 謝辞

実習スラグを提供して頂きました愛媛県立東予高等学校には深く感謝申し上げます。