

鉄鋼材料の耐食性に関する研究を通して

東北大学大学院工学研究科
知能デバイス材料学専攻・博士後期課程3年
門脇万里子

私は、東北大学大学院工学研究科 知能デバイス材料学専攻 博士後期課程に在籍しており、武藤泉教授、菅原優准教授、原信義理事・副学長の指導の下で鉄鋼材料の腐食に関する研究を行っています。この度、本稿執筆の機会を頂きましたので、現在取り組んでいる研究内容および今後の抱負について述べたいと思います。

鉄鋼材料では、その用途に応じた機械的特性を得るため、ミクロ・ナノレベルで複雑な金属組織制御が行われています。鉄鋼材料の金属組織は耐食性に影響をおよぼすと考えられてきましたが、詳細は未解明です。その原因は、ミクロ・ナノレベルのような微視的な視点から腐食反応を解析する方法が確立されていないことにあります。博士前期課程・後期課程を通して、そのような微視的な視点からの腐食発生・進行過程の解析に取り組んでいます。現在は、(1)電気化学計測および(2)コンピュータ・シミュレーションの二つの視点から研究を行っているため、その内容について以下に述べたいと思います。

私が所属している武藤研究室では、これまでにマイクロ電気化学計測手法の開発が進められてきました。耐食性の調査には電気化学計測が広く用いられますが、その際の電極面は10 mm四方程度であるのが一般的でした。この従来の電気化学測定手法では、電極面積が大きいこと、電極面内には複数の金属組織(フェライト、パーライト、マルテンサイトなど)が含まれることとなります。そのため、得られるのは複数の金属組織による腐食反応の平均値的なデータであり、個々の金属組織ごとの耐食性を調査することが困難でした。一方、マイクロ電気化学計測では、電極面積がおおよそ100 μm 四方以下であるため、従来の手法と比較して、微小な領域の腐食挙動を調査することが可能です(図1参照)。

博士前期課程の研究では、このマイクロ電気化学計測手法を用いて、代表的な鉄鋼材料の金属組織ごとの耐食性の調査に取り組みました。その結果、鉄鋼材料の金属組織が異なると、耐食性が大きく異なることがわかりました。具体的には、異相界面や粒界などの金属組織境界部に存在する硫黄やリンなどの合金元素偏析は腐食の発生起点となること、固溶炭素を含む金属組織は耐食性が高いことなどの知見が得られました。さらに、より詳細に研究を進めるため、現在は既存のマイクロ電気化学計測手法を改良し、より微細な領域について電気化学計測を行う手法の開発に取り組んでいます。

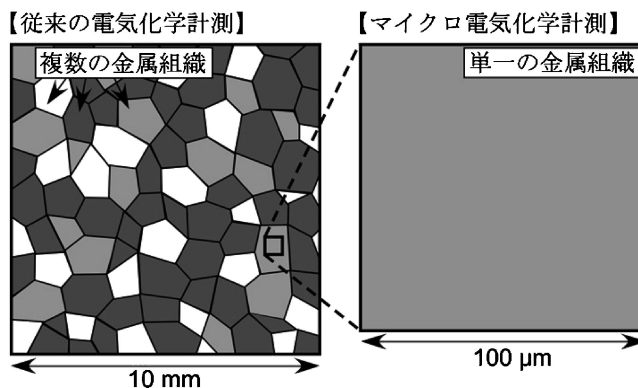


図1 電気化学計測に用いる電極面。

具体的には、微小な電極面の作製方法の検討および電気化学測定中に電極面のその場観察を行う際の解像度の向上に着手することで、最終的にはナノレベルの金属組織的な要素が耐食性におよぼす影響の解明を目指したいと考えております。

上記の電気化学計測に加え、博士後期課程1年次より、東北大学大学院工学研究科 ファインメカニクス専攻 陳迎教授、Arkapol Saengdeejeing 特任助教の下で第一原理計算によるコンピュータ・シミュレーションに取り組んでいます。博士前期課程の研究より、マルテンサイトなどの固溶炭素を含む金属組織は耐食性が高いことを明らかにしましたが、その高耐食化メカニズムは未解明です。そこで、第一原理計算を用いることで原子レベルから固溶炭素が腐食反応におよぼす影響を解析することとしました。これまでに行った第一原理計算を通して、原子レベルの視点から解析を行うことで、状態密度をはじめとした実験では得ることのできない多くの情報を得ることができました。第一原理計算を行う中で、得られるデータは膨大な量ですが、その中からどのような特性が腐食反応に関係するのかを考え、系統的に研究の方針をたてるということが重要であると感じました。今後は、第一原理計算の条件をより現実に近いように近づけ、また、電気化学計測で得られた知見を組み合わせることで、固溶元素による耐食性向上メカニズムをより詳細に解析することを目指しております。

上述したこれまでの研究を通して、様々な金属組織を有する材料を研究対象としていく中で、鉄鋼材料の金属組織の複雑さや、耐食性をはじめとした諸特性に対する金属組織制御の重要性についても学ぶことができました。今後は、解明した腐食メカニズムを基に、材料の耐食性を高めるにはどのような金属組織が適しているのか、また、その際に、強度や靱性をはじめとした機械的特性と耐食性を両立することができるのかということに留意しながら、博士論文の執筆に向けて研究を進めていきたいと考えております。将来は、電気化学的な視点だけでなく、金属組織学的な視点、第一原理計算による原子レベルからの視点など、幅広い視点から研究を行えるようになりたいと思います。また、現在は鉄鋼材料の腐食に関する研究を行っていますが、異なる材料を含めて広く腐食・電気化学に関する研究課題を扱えるようになりたいと考えております。最後になりますが、私の研究に関しまして、ご指導を頂いております先生方ならびにご協力を頂いております関係者の方々に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

(2019年12月5日受理)[doi:10.2320/materia.59.447]
(連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-02)