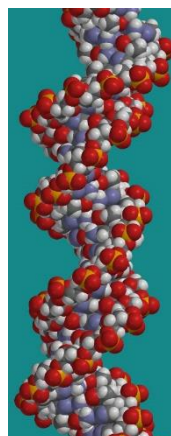


私の連載の「パーストーン (6) ギベオン隕鉄」では、隕鉄のウィドマンシュテッテン構造の磁氣的構造を調べるために円偏光した放射光 X 線を利用したことを紹介しました。その時には円偏光 X 線に関する説明を省略したので、今回からのシリーズではその宿題を果たしたいと思います。

ところで、皆さんは小説『舟を編む』(三浦しをん著：光文社、2012年、本屋大賞受賞)をご存じでしょうか。2013年には、映画化(石井裕也監督、松田龍平主演)もされました。この小説では、辞書を作ることに情熱を傾ける人達が魅力的に描かれています。また、辞書で「右」という言葉をどう定義するかという話題が印象的に語られています。因みに、この本の主人公は、「右とは、体を北に向けたとき、東にあたる方」としています。実際に『広辞苑』第六版では、「南を向いた時、西にあたる方」と定義されています。しかしこの説明では、まず東西南北そのものが定義されていないので、「左右」の定義としては曖昧です。

私達の日常生活においては、地理や交通、建築や道具などで「左と右」は明確に区別されています(意味は異なりますが政治でも)。一方、科学の分野でも「対称性」のひとつとして「左と右」は区別され、更に、これに回転が加わる「左巻き」と「右巻き」となると構造が少し複雑になりますが、自然界では珍しくありません。例えば、生物の分野では、巻き貝はほぼ全て右巻きです。写真-1 の様に、巻き貝は成長に伴って右巻き(時計回り)に段々と大きくなって行きます。反時計回りに成長する左巻きの貝も存在するそうですが、巻く方向は種によって決まっています。その巻く方向は、1個の遺伝子が強く連鎖する複数個の遺伝子によって決定されることが証明されています。遺伝子の DNA も右巻きの二重螺旋構造(図-1)です。

(写真-1) ハシボソフデガイ



(図-1) DNA



(写真-2) シャンボール城の二重螺旋階段 (<https://jp.france.fr/>)

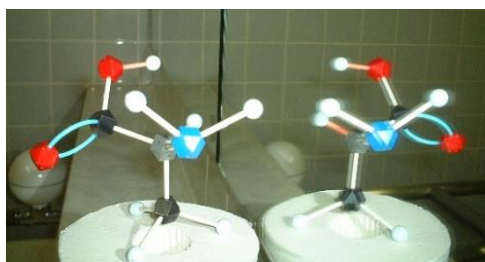


建築物では、フランスのロワール地方にあるシャンボール城の二重螺旋構造の階段(写真-2)が思い浮かびます。この階段はダ・ヴィンチの設計によるもので、螺旋階段を上りと下りに区別すると、人が対向することなく昇降できます。ダ・ヴィンチはこの二重螺旋構造を何から着想したのだろうかと考えると興味深いです。

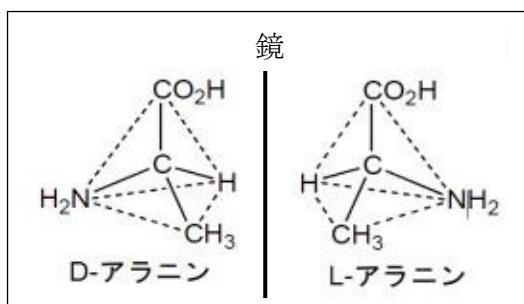
また、左手と右手は互いに鏡像（鏡に映った像）の関係で、左手の画像と左手の鏡像である右手の画像は互いに重ね合わない関係です。この鏡像対称性を欠いた性質をキラリティ（chirality）と言い、その性質をもつ物をキラルな物質と呼びます（英語読みではカイラリティとカイラル）。ギリシャ語の「手」を意味する **cheir** が語源です。一方、鏡像対称性を有する場合、即ち、実像と鏡像が重ね合わさる物質をアキラル（achiral）な物質と言います。

最近読んだ新書『宇宙はなぜ美しいのか』（村山 斉著：幻冬舎新書、2021年）では、宇宙の成り立ちが「対称性の成立と破れ」の視点から議論されており、更に、生物と化学の分野でのキラリティも話題になっています。ところで、私は NASA のハッブル宇宙望遠鏡で撮影された渦巻き銀河は「左巻きか、右巻きか」と疑問に思ったことがあります。銀河を上から見下ろすと左巻きでも、下から見上げると右巻きです。しかし宇宙では上下を定義できないので、銀河を左右の巻き方で区別すること自体が無意味なのかもしれません。

キラリティを有する分子（キラル分子）は、左手と右手のように互いに鏡像である一对の立体異性体を持ち、これら2つの異性体は互いにエナンチオマー（enantiomer, 対掌体）、あるいは鏡像異性体と呼ばれます。歴史的には、1860年にパスツール（L. Pasteur）が酒石酸（ワインの沈殿物の結晶）で発見した旋光性の相異から見出しました。糖やアミノ酸もキラル化合物で、その立体配置について光学異性体の表示法に倣って *L*-体（左旋性：Levo-rotatory）と *D*-体（右旋性：Dextro-rotatory）の表記で区別され、夫々、「左手型」「右手型」と呼ばれています。地球上ではアミノ酸は *L*-体、糖は *D*-体が主流で、地球上の生物はほとんどが左手型のアミノ酸からできています。写真-3はアミノ酸アラニンの分子模型の実像と鏡像です。



(写真-3) エナンチオマーの説明、アラニン分子の模型（左側：*D*-体）とその鏡像（右側：*L*-体）



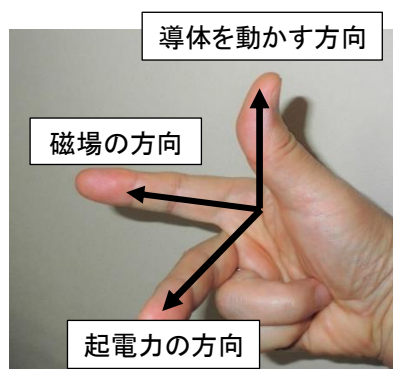
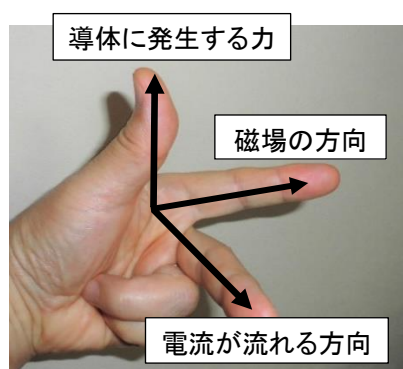
(図-2) アラニンの構造式  
(<https://news.mynavi.jp/>)

最近、JAXAの小惑星探査機「はやぶさ2」が地球に持ち帰ったリュウグウの砂の分析結果が報道されました。昨年6月10日の朝日新聞の記事「46億年前の砂 命の謎に迫る」によると、リュウグウの砂からアミノ酸が20種類以上見つかり、地球上の生命の起源が宇宙由来の物質だった可能性が強まりそうだとのことでした。リュウグウの砂のアミノ酸が左手型か右手型かを調べれば、更に生命の起源に迫れるのではと期待されました。しかし、その分析によるとアミノ酸は左手型と右手型がほぼ同じ量であったため、地球上の生物が持つアミノ酸の偏りの謎の解明は、持ち越しの形だそうです（2023年2月24日の朝日新聞の記事）。

化学の分野では、野添良治先生が2001年にノーベル化学賞を受賞された、光学異性体の不斉

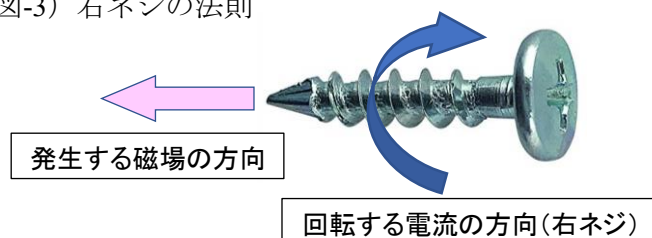
合成が有名です。光学異性を有する化合物では、化学反応や物理的な性質がほぼ等しいために分離が難しい上に、生体への作用が全く異なる場合があります。このことが原因となったサリドマイド薬害は多くの人を苦しめました。サリドマイドの *D*-体は正常な鎮静・催眠作用を有するのですが、*L*-体には催奇形性があり薬害の原因物質です。一方、うま味成分のグルタミン酸ナトリウムや鎮痛剤・清涼剤として使用されるメントールは *L*-体です。そのために、光学異性体のうち有用な物質を選択的に合成する不斉合成は、医薬品や農薬などの開発に応用されています。光学異性体が左手型か右手型かで生体に及ぼす効果が極端に異なるのはとても不思議です。

物理の分野では、電磁気学の説明で左手と右手が区別されています。磁場中で導体に電流が流れると発生する力（ローレンツ力）の方向を示す「フレミング左手の法則」（写真-4）、磁場中で導体を動かすと発生する起電力（電磁誘導）の向きを示す「フレミング右手の法則」（写真-5）が有名です。また、「アンペールの右ネジの法則」（図-3）は、右ネジの回る向きに電流（円電流）が流れると、右ネジの進む方向に磁場が発生することを説明します。



(写真-4) フレミング左手の法則（ローレンツ力） (写真-5) フレミング右手の法則

(図-3) 右ネジの法則



(<https://www.google.com/>)

キラル物質の光学異性体では物理的性質（密度、融点、沸点、屈折率、熱伝導度など）が全く同じなので、これらの物性で物質を区別することはできません。しかし、分子構造の対称性の相異に因って、偏光した光（電磁波）に対する応答（旋光性）の違いから *D*-体か *L*-体かを判別することができます。

物質の旋光性とその検出方法について、次回以降で紹介したいと思います。

(2023年4月28日)

追記：

昨年11月5日の朝日新聞の地方版に「広大『超物質』世界へ 文科省採択 中四国初の研究拠点」という記事が出ていました。

本学のHPによると、文部科学省の令和4年度の世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)に「持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点(International Institute for Sustainability with Knotted Chiral Meta Matter, KCM<sup>2</sup>)」が新規採択されたとのこと。