

# 地球惑星内部の流体力学とダイナモ作用

九州大学 大学院理学研究院 中島 涼輔

## はじめに

地球上には様々な流体の流れが存在する。このように言うと、川や海、大気の流れをイメージされると思うが、今回は地球内部の流れについて紹介する。地球内部は層構造をしており、おおそ地殻、マントル、外核、内核と分けることができる。そして、この全ての層に流れがあると考えても良いかもしれない。地殻（とマントル最上部）はプレートとして地球表面を動いていることはよく知られているだろう。また、マントル対流という言葉はどこかで聞いたことがあるかもしれない。

地球内部に存在する流れは、以下の2つに大別できる。1つ目は、マントルや内核で見られる非常にゆっくりとした固体の流れである。2つ目は、外核の比較的速い流れである。

## 固体の流れ

よく間違われることが多いが、対流していることで知られるマントルは、液体ではなく固体である。どうして固体が、対流という液体や気体でよく見られる現象を引き起こすのであろうか。その重要な鍵は、時間である。我々が地球に深い穴を掘って、マントルを直接見ることができたとしても、それが対流しているとはすぐに関心することはできないであろう。しかし、数億年という地球の歴史のスケールでマントルを観察すると、構成する物質の小さな変形が積み重なって、あたかも水が流れているように見えるのである。

また、最近の研究により、地球の中心に位置する固体の金属でできた内核にも流れが存在する可能性があることがわかってきた。内核内の流れは、後に説明する外核の流れにも影響を

及ぼすため、重要視されている。

## 流れを生み出す源

高温の物体は熱を放出して冷えるというのが熱力学の教えである。しかし、巨大な地球は誕生からこれまでの進化で得た熱を未だ内部から十分に放出できていない。熱伝導で熱の放出が間に合わない場合、流体は対流によって熱を運ぶ。マントルとその下の外核が対流しているのは、主にこの理由である。

## 回転する流れ・地磁気を生み出す流れ

外核は、鉄を主成分とする液体金属から構成されている。大気は地球の自転を感じて、台風のような特異な現象を生じると同様に、外核の流れも自転の影響を避けられない。回転する系での流体力学は、「地球流体力学」と呼ばれ、一つの分野になるほど、我々の直感と合わない複雑な振る舞いを示す。

例えば、水の入った水槽にインクを落とす実験をしてみよう。普通ならばインクは周囲に広がるはずであるが、その水槽が回転するレコードプレーヤー上にあつた場合、インクは水平方向の四方八方に広がらず、カーテン状の構造ができる。このような流れの様子は、地球の外核だけでなく、自転する天体である木星や土星内部にも見られると考えられている。

また液体金属の流れは、電磁誘導によって地球磁場の起源ともなっている。しかし、どのような流れが外核に存在して、地球磁場を生成・維持しているのかという問題は非常に難解であり、スーパーコンピュータを用いた計算が行われている現在でも、未だ十分な理解は得られていない。

# 基本的な加速器科学と展望

量子工学専攻 足立恭介

## 1. 緒言

加速器とは単純に言うと、荷電粒子を加速する装置です。「何となく荷電粒子を加速するだけ」とか「結局何に使っているか分からない」と思われていそうな加速器ですが、原子核・素粒子物理の分野だけでなく品種改良や殺菌、ガン治療等々と、医療分野や農学など幅広い分野で利用されています。また、ブラウン管のテレビやモニターを普段使用している人がいるかもしれませんが、これもれっきとした加速器です。(他にはエヴァのヤシマ作戦とか...)

本発表では、すでに我々の生活に密接に関わっている加速器の基本的な科学と、これから活躍が期待されている分野や技術について知ってもらうことを目的としています。なるべく数式を用いない定性的な説明のみに限定するつもりなので安心してください。理解しなくても「加速器すごい」と思ってもらえたらうれしいです。

## 2. 様々な加速器

加速器の種類について簡単にまとめました。

### 2-1 静電加速器

1つの電極間に発生させた直流の電場を用いて荷電粒子を加速する方式であり、ブラウン管テレビはこれに当たります。静電加速器は連続的なビームを生成できる強みがあります。

### 2-2 直線加速器

交流の電場を用いて1直線に加速する方式。複数の電極で複数回加速できるため、低い電位差でより高いエネルギーまでの加速が可能となります。

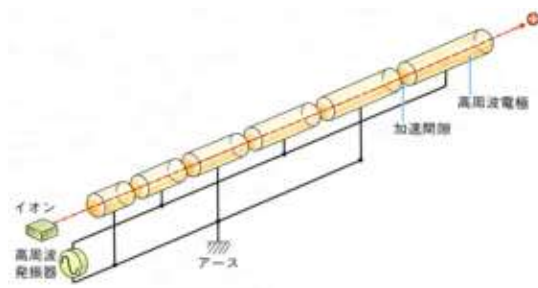


図1.線形加速器

### 2-3 円形加速器

今回の発表のメインとなる加速器です。1つの電極間で何度も加速が可能となるのが円形加速

器です。そのため、小さな電場でも十分に大きなエネルギーまで加速が可能となります。

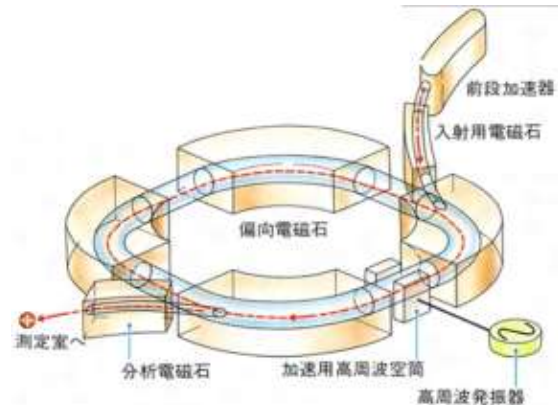


図2.シンクロトロン

## 3. 研究内容

池田研加速器グループでは FFA 加速器と呼ばれる円形加速器の研究を行っています。この FFA 加速器はシンクロトロンとサイクロトロンの良いところ取りをした加速器で、様々な分野での活躍が期待されています。図3は九大にある FFA 加速器です。



図3.九州大学にある FFA 加速器

## 4. 展望

将来的な加速器の利用で個人的に期待しているのは「核変換による放射性廃棄物処理」です。とっても期待しています。他にも、原子炉の中性子源として用いたり、ガン治療に用いたり、もしかしたら核融合の世界でも活躍するかもしれません。だから国はもっと研究費を回してほしいです。

## 【緒言】

桜や紅葉で四季を感じさせてくれたり、光合成で二酸化炭素を酸素に変えてくれたり、はたまた材料としても活躍したりと様々な場面で我々に非常に身近な生物である樹木。しかし、化学的な視点から樹木を眺めたことはなかなか無いのではないのでしょうか。本発表では構成成分、化学構造といったミクロな視点から樹木を見てみようと思います。

樹木は主に1. セルロース・ヘミセルロース、2. リグニン、3. 抽出成分の3つから構成されています。これらについて化学構造などを示しながらその特徴についてお話します。また利用に関する研究が進んでいるものについては簡単にご紹介いたします。なお、石桁の専攻分野はリグニンになりますので発表のメインもそちらになります。

## 【概要】

### ・セルロース

グルコースが直鎖状に重合した多糖類の高分子ポリマー。植物細胞の細胞壁の主成分であり、紙の原料など身近に利用されている。セルロースが元々持つ両親媒性や人工的に修飾することで様々な性質を付与することができるため、工業利用も進んでおり、スマホやテレビの液晶保護フィルムといったところでも我々はセルロースにお世話になっている。

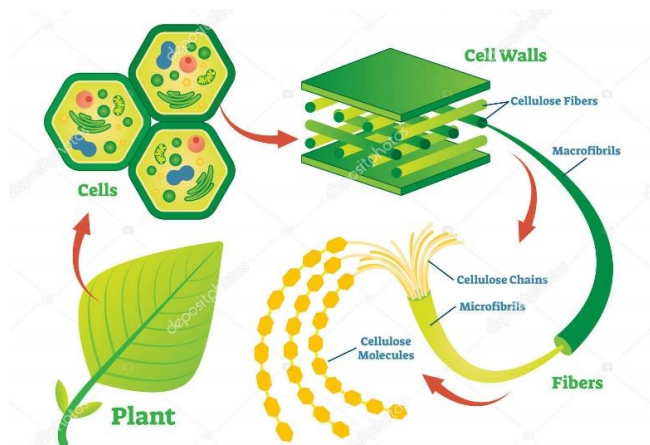


Fig.1 セルロースについて

### ・リグニン

複数のモノマーから構成されるポリマーで、巨大かつ複雑な構造である。維管束、師部、道管という言葉は小・中学校の理科で習うので耳なじみがあるかもし

れません。中でも道管は植物の体内において水の通り道ということで記憶に残っている方もいるのではないのでしょうか。リグニンは植物において、この道管を成す細胞に疎水性や物理的な意味での強度を付与するといったふうに役立っています。

しかしリグニンは複雑ゆえに扱いにくい。利用が進んでおらず、今現在その有効な使い道は焼却して燃料とすることぐらい…

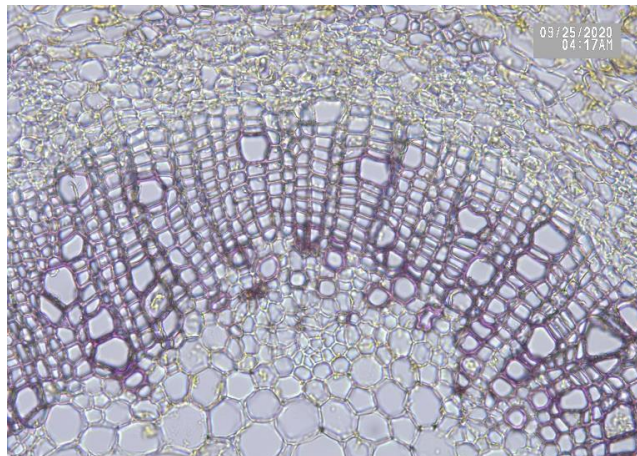


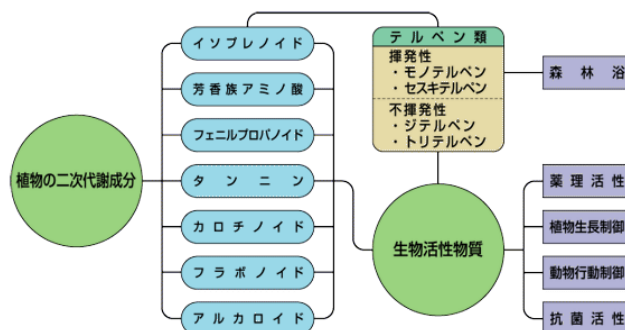
Fig.2 若いポプラの茎横断面(赤紫色の箇所)にリグニンが存在)

石桁作製

### ・抽出物質

木材を中性の溶媒で抽出することによって得られる多種多様な化合物を総称して抽出成分と言います。木材を構成する主要成分であるセルロース、ヘミセルロースおよびリグニンの化学構造は樹種による変動が少ないのに対し、抽出成分の構成は樹種によって極めて多様。木材の色調、におい、耐久性、薬効などの決定因子となっている。

例えばヒノキの香りというのはヒノキチオールという抽出成分の香りです。



地球生態系の中で、森林はバイオマスとしては最大の蓄積量を誇る。森林は、光合成により二酸化炭素を吸収・固定し、地球温暖化防止に寄与するだけでなく、生態系保全、水源涵養、土砂災害防止などの環境保全機能を有する。さらには物質生産機能を有し、古くから人類にとって身近な材料であった木材を提供してきた。

木材利用にあたり森林を伐採することに関して、「森林破壊」、「地球温暖化」など負のイメージが持たれる傾向にある。確かに、世界では、急速な森林伐採や焼失により野生動物の絶滅危機や気候変動といった重大な問題を招いている。しかし、適切な伐採および利用は、むしろ環境保全に貢献する。光合成により二酸化炭素を吸収した樹木を伐採し、木材を材料として利用していると、樹木に固定された炭素を大気中に放出しないため、大気中の温室効果ガス増加を抑制する。また、木材を建築部材や家具、紙などに利用する際、金属や高分子など他材料と比べ、加工に必要なエネルギーが小さいため、木材の利用により化石燃料の消費を抑制できる。材料としての利用を終え廃棄する際には、燃焼させることにより発生する熱を熱エネルギー源として利用できる。さらに、伐採した地に新たに植林し、育成することで、樹木に再び二酸化炭素が吸収・固定されるうえ、それを伐採することでまた材料として利用できる。このように、木材は環境への負荷が小さく、永続的に生産可能な生物資源である。

木材の特徴は環境に良い点だけではない。ここでは、いくつか木材の性能を紹介する。一つ目は、軽くて強い点である。これは、木材は中空のパイプのような細胞で構成されているためである（ハニカム構造）。また、空隙の多い木材は熱伝導率が低く、優れた断熱性能を有している。さらに、木材は吸湿作用も持ち合わせる。木材の主成分であるセルロースの水酸基が水分子を吸脱着することで、湿度が高い時期には空気中の水分を吸収し、湿度が低い時期には放出し、住環境の改善に寄与する。つまり、木材は、環境に良いだけでなく、材料として優れた性能を持つ。

ところで、我が国の木材利用の現状はどうか。我が国では、森林面積はここ 50 年でほとんど変わっていないにもかかわらず、森林蓄積量は年々増加している。これは、木材利用が進んでいないことを示す。原因として、戦後、「拡大造林」という方針のもと、木造住宅を建てる目的でスギやヒノキなどの針葉樹が植林されたが、需要減少のため、主伐期を迎えた人工林の伐採が進まないことが挙げられる。そのため、これらの有効利用が課題である。当研究室では、イオン液体を用いてスギ材を改質し、従来とは異なる分野に応用できる新規木質材の研究を行っている。この研究により、未利用材の利用が促進され、新たな木材需要が創出されることを目指している。

---

\* 九州大学生物資源環境学府環境農学専攻 木質材料工学分野