



東京大学総合研究博物館に所属するタンデム加速器について松崎浩之先生から慶應義塾大学大学院医学研究科 修士1年の五十嵐 悠さんがお話をうかがいました。

**MALT**

MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator) は、東京大学総合研究博物館に所属する加速器研究施設だ。ここには平成5年にタンデム型加速器が導入され、現在までさまざまな微量分析に利用されている。

**そもそも加速器とは？**

加速器って何か知っているだろうか？  
 私たちの世界は原子が集まって構成されている。そして原子はイオンに、さらに素粒子にまで細かくすることができる。しかし、原子を細かくして観察するには大きなエネルギーで壊さなくてはいけない。そのために使われるのが加速器だ。電場や磁場を使い、粒子を最大で光の速度(時速 10 億 8000 万 km)の数%まで加速し、これを物質や他の粒子とぶつけることでより細かくしたり、物質の持つ特徴を引き出して分析する。

**ノーベル賞や医療、事件捜査にも貢献**

2013年に発見されたヒッグス粒子は世界最大の円形加速器であるLHC(長さは一周約27kmで、山手線一周に匹敵!!)での実験で発見され、ヒッグス博士のノーベル賞受賞につながった。また、2008年には小林・益川博士、2015年には梶田博士がノーベル賞を受賞しているが、これにも国内の加速器が貢献している。

一見すると、加速器は研究にしか使われていないように見えるが、実は私たちの身近なところでも利用されている。

医療の現場では、PET診断に使う診断薬を作るのに使われていたり、がんの新しい放射線治療として実用化されたりしている。このために、病院に加速器が設置されているところも増えてきている。

さらに、事件の科学捜査に使われることもある。微量の遺留品や証拠品を加速器で分析し、その出どころを調べることで事件の解明に役立つという。

このようにさまざまな場面で加速器が使われており、その目的に応じて静電加速器、線形加速器、サイクロトロン、シンクロトロンなど異なる種類の加速器を使い分けている。

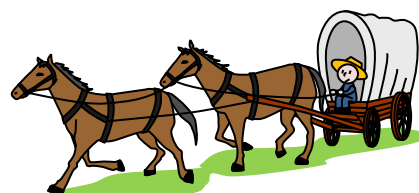
**MALTは何に使っているの？**

加速器の数ある役割の中でも、MALTは微量分析に使われている。これは、ある物質(試料)の中にどんな原子があり、どれだけの量があるかを調べることである。これにより試料がいつ、どんな材料で作られたのかなどの情報が分かる。

過去には、博物館に展示されている土器の分析による年代測定、南極の氷の分析から過去の気候・環境変動研究、ヨウ素の分析による福島第一原発事故の影響調査などに使われた。

**MALTは馬車!?**

MALTで使われている加速器はタンデム型加速器という種類のものだ。このタンデムという言葉、語源は直列に並べた二頭の馬で引く馬車である。なぜ、この馬車の名前が加速器についているのだろうか。それは粒子加速の仕組みに秘密がある。



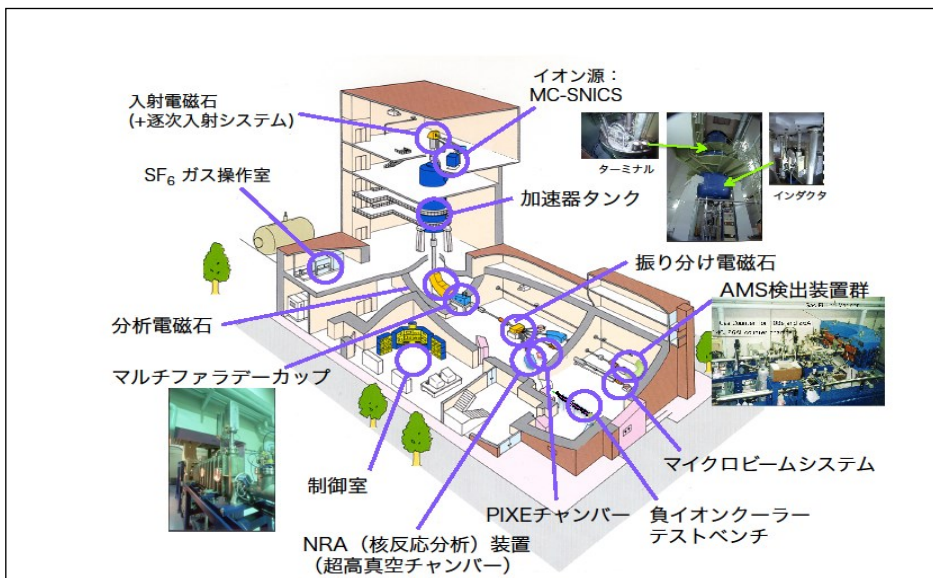
〈 MALT のどこが馬車なのだろうか 〉



〈このタンクに秘密があるらしい…〉

写真1-加速器タンク

図1-MALTの全体像





### 加速の仕組み①

MALTでは試料の原子をイオンにして、これを加速して分析装置を通すことで微量分析をしている。そこで、まずは原子をイオンにするのだが、これが簡単ではない。

そこでまず行うのが、試料の原子にセシウムイオンをぶつけるという工程だ。イオン化したセシウムを電場で加速し、これを試料にぶつける。そうすると原子が負イオンとなって飛び出す。これをスパッタリングという。この作業を行うのがイオン源と呼ばれる部分になる。

### 加速の仕組み②

スパッタリングによって発生した試料のイオンは加速器部分で加速される。ここでタンデム型の名前の由来が登場するのだ。

MALTの中心部である加速器部分には10mの高さがある巨大なタンクがある。この中央は5MVの正電位になっている。試料原子の負イオンは正電位に向けて引っ張られる形で加速する。これが馬車を引く馬の一頭目にあたる。そしてタンクの正電場中央に達したイオンはArガスをわずかに流した荷電変換装置という部分を通過する。その際、アルゴンと衝突することでイオンから電子がはぎ取られて、負の電荷をもっていたイオンが正のイオンを持つようになる。すると今度は、正電位からはじき飛ばされるように二回目の加速が起こる。これば二頭目の馬、ということになる。

### 分析の仕組み

加速器と分析装置を組み合わせることによって、AMS、PIXEなど様々な分析手法を構築することができる。

AMSはAccelerator Mass Spectrometry(加速器質量分析)の略で、加速されたイオンを磁場や電場で

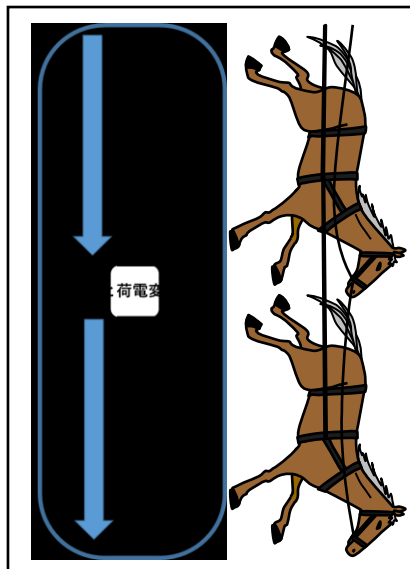


図2-タンデム型加速器の仕組み

曲げることによって、質量数で軌道を分け、異なる質量のイオンの比を測定する。AMSでは、イオンを加速器で加速することによって、普通の質量分析では測定できない、微量の同位体を測定することができる。放射性炭素年代法は、炭素の中にほんのわずか(1兆分の1)しか含まれない炭素14(14C)を測定するため、AMSが大活躍している。(詳しくは「らでいレポートNo.4」で紹介)

PIXEはParticle Induced X-Ray Emission(粒子線誘起X線分析)の略である。AMSでは試料の原子をイオンにして加速していたが、PIXEでは加速器で加速した陽子を試料にぶつけ、その時に出てくる特性X線\*を調べることで試料がどんな原子で構成されているか調べている。

#### ※特性X線とは？

ある物質の原子に外からエネルギーを与えると、その原子はX線という形で受けたエネルギーを放出する。このX線は原子の種類によって波長が異なり、これを調べることで原子がどんな元素なのかを特定できる。これを特性X線という。

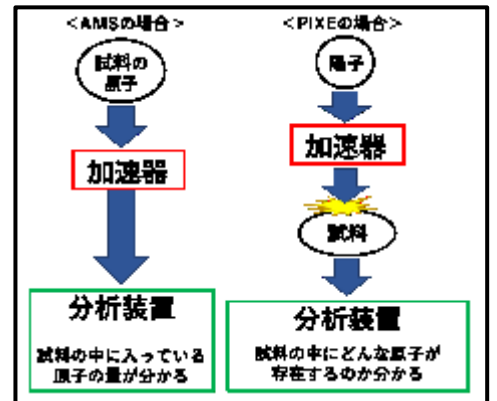


図3-分析方法の違い

### メッセージ

路端に転がっている石を拾ってみましょう。この石はいつどこでできたものでしょうか。大昔海底に積もった塵が長い年月かけて固まり、地上に隆起してできたものかもしれません。あるいは火山活動で地下のマグマが地表に出て固まったものかもしれません。ひょっとしたら宇宙から飛んで来た隕石のかけらかもしれません。どんな石にもそれぞれに歴史があり、その歴史は、石の中にわずかに含まれる元素や同位体を調べると分かるのです。私たちの研究はさまざまな物質の中に記録された過去の歴史を、加速器のエネルギーを使って読み解くことです。それによって、宇宙の歴史、地球の歴史、人類の歩みを理解することが目標です。どのように測定したり、研究したりしているか、ぜひ見に来てください。



東京大学総合研究博物館  
教授 松崎浩之