

歯の化石のフィッショントラック年代測定の試み

林清記*・長谷部徳子**・田村明弘***・水上知行*

An approach to fission track dating using teeth fossils

Seiki Hayashi*, Noriko Hasebe**, Akihiro Tamura***

and Tomoyuki Mizukami****

* 金沢大学理学部地球学科, Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Kanazawa Univ.

** 金沢大学環日本海域環境研究センター, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ.

*** 金沢大学フロンティアサイエンス機構, Frontier Science Organization, Kanazawa Univ.

**** 金沢大学理工学域, College of Science and Engineering, Kanazawa Univ.

はじめに

骨や歯の化石の年代は、埋没していた化石の周囲の堆積物などから推定された年代との比較によって決定された相対年代であることが多い。化石そのものにおける年代測定が可能になることで、より正確な化石の年代を知ることができる。

骨や歯は大部分がヒドロキシアパタイトから形成していることが知られている。そこで、アパタイトの年代決定が可能であるフィッショントラック (FT) 法によって化石自身の年代決定が理論上は可能なはずである。しかしながら、Jolivet et al.(2007) は魚類、爬虫類、哺乳類の歯や骨など様々な試料で実験が行われたが年代を測定できたものはない。また、トラックを観察できた化石も数種類の動物の歯のみであった。年代測定が困難である原因として、内部構造の複雑性、続成作用において発達した鉱物によるアパタイトの減少、続成作用における鉱物のUの吸収・損失が挙げられている。

そこで、本研究では上述した原因の中の内部構造の複雑性という点に着目し、先行研究では年代測定が行えなかった魚類の歯化石を用いて、どういった内部構造がFT年代測定を困難にしているのかを明らかにし、さらに測定可能な内部構造を模索すること、測定を可能にする実験方法を模索することを目的とする。

試料と分析方法

韓国東海市江原道Jiga-dongから採取されたコイ亜科の歯 (17~18Ma) , アメリカ合衆国ノースカロライナ州ビューフォートから採取されたサメの歯 (Miocene) を用いて、Uがはいっていることを確認するために誘導トラックを利用したU濃度分布の観察を行なった。自発トラックの観察を、5M HNO₃, 20°C, 20sの条件でエッチングした上で行った。トラックを観察できなかった試料は0.13M HNO₃, 20°C, 20sの条件でエッチング、観察を行うか、もしくはエッチング後に試料表面の再研磨を行い、観察を行った。さらに、化学組成を調べるためにEPMA, LA-ICP-MSによる微量元素測定とアパタイトが結晶化したものかを調べるためにラマン分光法による測定も行った。

結果と考察

EPMAの結果 (表1) から先行研究 (Deer et al., 1996) で報告されているヒドロキシアパタイトの数値と多少の違いがあるものの、試料がアパタイトであるということが確認できた。しかし、先行研究で報告されている値よりもF, Clの値が大きく、純粋なヒドロキシアパタイトではない可能性がある。また、CaOの値が小さい原因としてCaがNa, もしくはMgに置換したことが考えられる (Michel et al., 1995) 。さらにLA-ICP-MSを利

表1. EPMAの分析結果 (ヒドロキシアパタイト:Deer et al., 1996) (単位:wt%) .

	F	Cl	CaO	P2O5	Total
ヒドロキシアパタイト	0.16	—	55.84	42.05	97.98
コイ亜科の歯	0.5	0.21	50.91	40.81	91.46
サメの歯	0.5	0.18	51.83	41.36	92.85

用した微量元素測定の結果から、ランタノイドなど様々な微量元素が確認された。微量元素濃度の傾向は場所に関係なくほぼ同じである。また、コイ垂科の歯の微量元素濃度はエナメル質が低く、エナメル質から離れるにしたがって濃度が高くなる傾向が見られた。

ラマン分光法の結果からは、サメの化石の歯ではラマンシフト960 cm^{-1} 付近にピークが観察され、これはデュランゴアパタイトと同様である(図1, 2)。これより、化石の歯には結晶化したアパタイトが存在していると言える。しかしながら、デュランゴアパタイトの結果と比較すると全体的にバックグラウンドが高い。これはアパタイト以外に存在する蛍光物質が原因だと考えられる。ラマン分光法の測定領域内(1.5 μm)にアパタイト以外の物質も含まれていることが分かった。

誘導トラック観察の結果から試料表面全体にUが分布しており、自発トラックの観察も期待されたが、通常のエッチング条件で実験を行うと試料表面が黒く変色すること、さらに、元から存在している穴などの内部構造が広がってしまうことが原因でトラックを観察することができない(図3)。表面が黒く変色するのは上述したアパタイト以外の物質が関係しているのかもしれない。また、エッチング条件を変更して行った場合でも試料表面は同様な結果になった。通常、0.13M HNO_3 を使用したとき、トラックが観察可能になるには33 $^{\circ}\text{C}$ で1分程度のエッチング時間が必要である。しかし、今回の20秒という短時間で試料表面が黒くなり内部構造が広がってしまうことから、エッチング条件を変えたとしてもトラックを観察することは難しい。また、再研磨では表面の変色、内部構造の広がりによる影響は多少改善されたが、トラックと内部構造の区別ができず、この方法でもトラックの観察は難しい。

今回の実験ではトラックを観察することはできなかったが、新たな方法として原子間力顕微鏡等を用いたエッチングを行わない、もしくはより短時間のエッチングによる実験によってトラックが観察可能になるかもしれない。

文献

Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. (1996), An Introduction to the Rock-Forming Minerals (2nd Edition), pp. 663-669.
 Jolivet M., Lebatard A. E., Reyss J. L., Bourlès D., Mackaye H. T., Lihoreau F., Vignaud

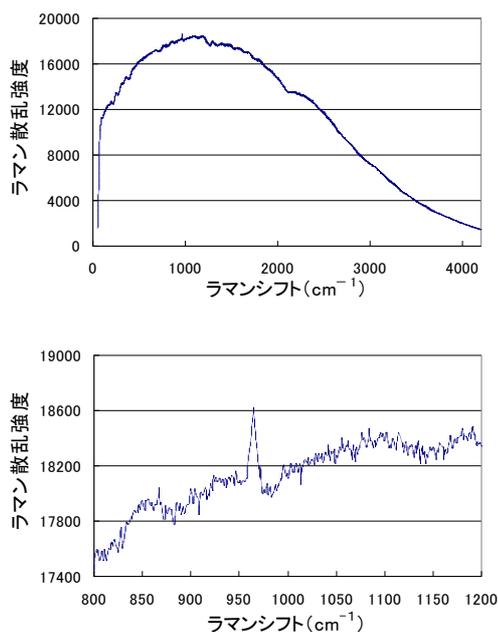


図1. サメの歯のラマン分光法の結果(下図は上図のラマンシフト800~1200を拡大したもの)。

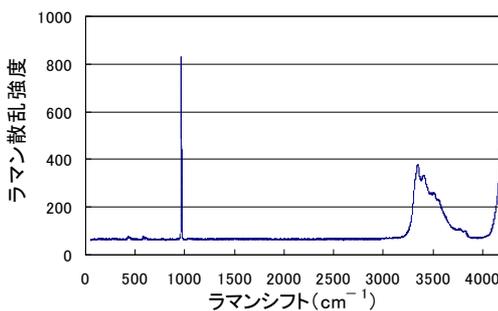


図2. デュランゴアパタイトのラマン分光法の結果

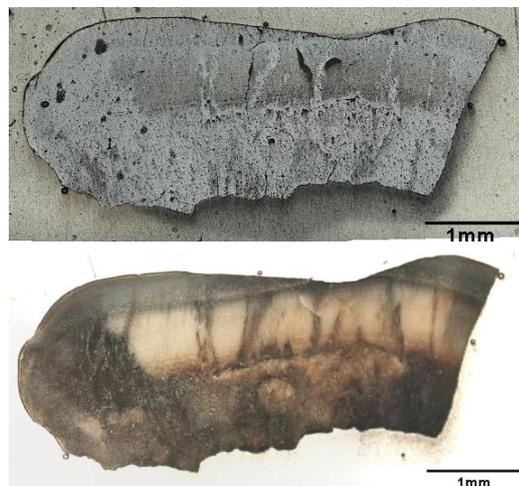


図3. コイ垂科の歯のエッチング前後の観察面の変化(上図:エッチング前,下図:エッチング後)。

P., Brunet M. (2008), Can fossil bones and teeth be dated using fission track analysis? *Chemical Geology* 247, pp. 81-99.

Michel V., Iidefonse P., Morin G. (1995),

Chemical and structural changes in *Cervus elaphus* tooth enamels during fossilization (Lazaret cave): a combined IR and XRD Rietveld analysis. *Geochemistry* 10, pp. 145-159.