

# 新・私の古生物誌(10)

New Series of My Paleontological Notes (10)

— 生きている化石ヘラチョウザメ —

— Paddlefish as Living Fossils —

医学博士 福田 芳生  
M. Dr. YOSHIO FUKUDA

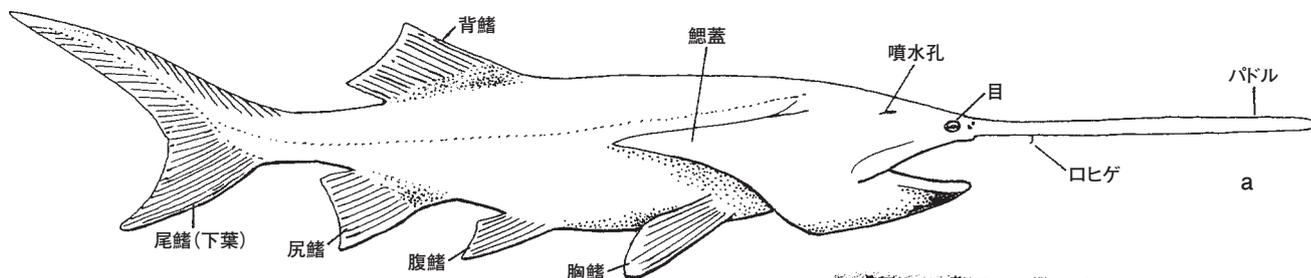
## 1. はじめに

前回チョウザメについて述べました。このチョウザメの卵はキャビアとして知られ、世界の3大珍味の筆頭に挙げられています。このチョウザメの仲間にヘラチョウザメがいます。

上顎にパドルを備えた、奇怪な姿をしているためでしょ

うか、いつもチョウザメの陰になって、一向に目立ちません。でも、8,000万年もの長大な歴史を、その体内に秘めているのです。

このヘラチョウザメは微小なプランクトンを栄養源にする、大変地味な生活を送っています。今回、ヘラチョウザメにスポットライトを当て、身体の仕組みや独特のパドルに係わる進化について述べることにします。



## 2. ヘラチョウザメの身体を探る

### 2.1 ヘラチョウザメとパドル

ヘラチョウザメは硬骨魚の仲間に入っています。でも、脊柱が軟骨なので、特別に軟質垂網という網目が設けられています。現在、ヘラチョウザメは北アメリカのミシシッピ河流域に生息するヘラチョウザメと、中国の長江(揚子江)に棲むヨウスコウヘラチョウザメの2種類があります。本論ではアメリカ産のヘラチョウザメについて述べることにします。

ヘラチョウザメは上顎が扁平な突起となって伸び出しています(図1のa)。この突起はボートを漕ぐ櫂(かい)によく似ています。英語で櫂を指して、パドルと呼びます。そして英語のパドルフィッシュは、実によくヘラチョウ

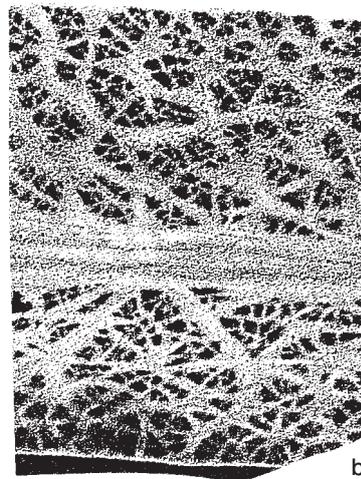


図1 aは現生のヘラチョウザメ、bはパドルを支える籠状の骨組織(aはM.ジョリー、bはL.グランデとW.E.ベミスによる)。

ザメの特徴を言い表しています。和名のヘラチョウザメは、学名のスパチュラ(ヘラ)に由来しています。

このパドルは体長の1/3近くあります。ちなみに、ヘラチョウザメの成魚は体長1.8メートル、重量も80キログラムに達します。全長7メートルもの大物がいるとの話ですが、記録では3メートルが最大です。全体に雄よりも雌の方が大型で、それは抱卵することによっています。

パドルは骨で支えられています。この骨が緻密な板状であったなら、身体の重心が体前方に偏ってしまうので、遊泳に支障を来すでしょう。そこは実にうまい具合になっていて、全体に目の粗い竹籠にそっくりな構造になっています(図1のb)。それだと適度に強度を保ち、重量も抑えられます。外側は皮膚で覆われます。このパドル下面後方に、1対の短いヒゲがあります。

## 2.2 ヘラチョウザメの微小な鱗

チョウザメでは、チョウの羽根を思わせる大形の板状

硬鱗が体表にずらりと並んでいます(図2)。ところが、ヘラチョウザメでは尾鰭の付け根や鰓蓋の表面に、1ミリメートル以下の微小な鱗が認められるにすぎません(図3)。

尾鰭は上方が大きく下方が小型の、いわゆる異尾です。背側後方に背鰭があり、胸鰭、腹鰭、尻鰭が順に並びます。鰓蓋は大形で、その末端は鋭く尖ります。口は通常の魚と同様、体前方にあって、大きく開くことができます。パドルの基部に1対の小さな目があります(図1のa、図6のb)。鰓蓋上方の側線は、体後方に向かって走ります。

## 2.3 ヘラチョウザメの感覚器

ヘラチョウザメの食物は、専ら水中の微小な動物性プランクトンです。短い口ヒゲは水中の食物探査には、あまり役立っているとは思えません。スウェーデンのヨルゲンセン博士のグループは、魚類の感覚器官について

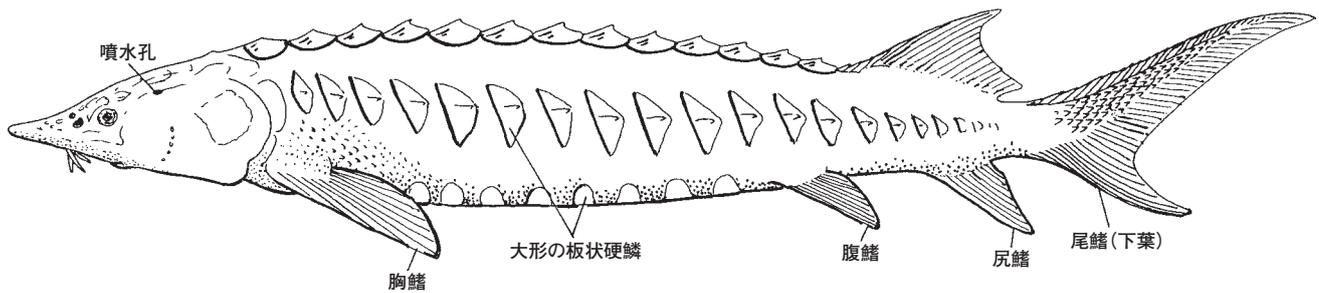


図2 体表にチョウの羽根のような板状硬鱗を持つチョウザメ(M.ジョリーによる)。

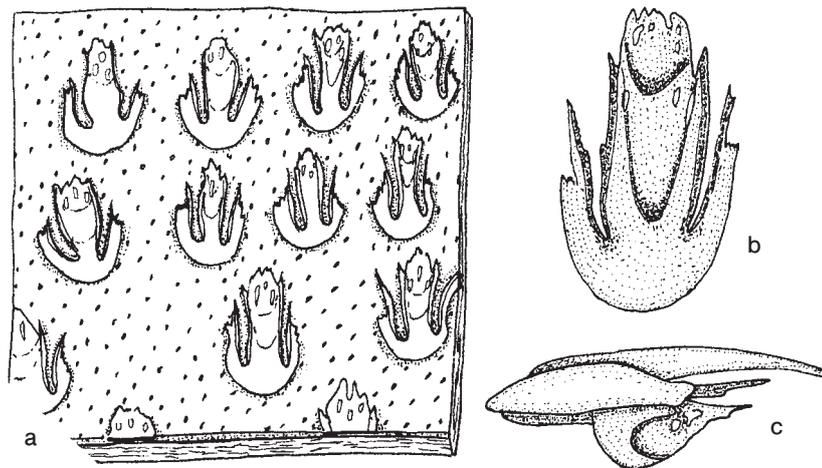


図3 ヘラチョウザメの微小な鱗。aは鰓蓋表面の鱗の分布状態を示す。b~cは鱗の拡大。bは上側、cは側面、鱗は長さ1ミリメートルほどある(G.F.ワイゼルによる)。

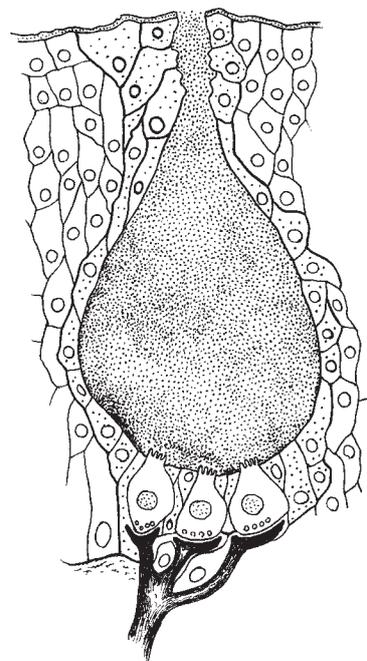


図4 ヘラチョウザメのパドル下面にあるローレンツィニ器官。図は縦断面を示す。上から順に開口部、短い管、次いでピン状の膨大部。内部はニカワ状の物質で満たされている。底部に3個の感覚細胞が並んでいる。細い神経線維(黒色部)が、感覚細胞に接している(J.M.ヨルゲンセンほかより改写)。

数々の優れた研究成果を発表しています。

このヨンゲルセン博士のグループは、ヘラチョウザメのパドルに分布する感覚器官を調べ、それがサメ類の持つローレンツィニ器官と基本的な構造に於いて、ほとん

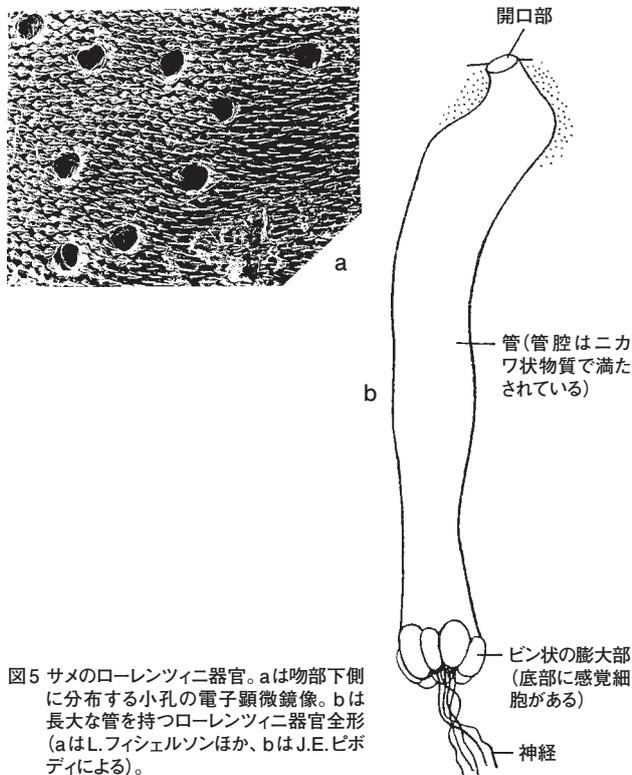


図5 サメのローレンツィニ器官。aは吻部下側に分布する小孔の電子顕微鏡像。bは長大な管を持つローレンツィニ器官全形(aはL. フィッセルソンほか、bはJ.E. ビボディによる)。

ど変わらないことを突き止めました(図4)。

そこで、ローレンツィニ器官とは如何なるものか、その構造と機能について説明しましょう。サメ類の吻部下側の皮膚表面には、無数の小孔が開いています(図5のa)。小孔に続く細長い管は、ドロリとしたニカワ状物質で満たされ、体表下に深く埋没しています(図5のb)。

その末端が膨れ上がってピンのような形になっています。ピンの底部に感覚細胞群があり、神経線維と連絡していて、その刺激が中枢(脳)に送られます。第二次大戦直前の1938年、サンド博士の研究報告によって、海水温の変化を察知する温度受容器と考えられました。

近年になって研究が進み、ローレンツィニ器官の密集するサメの吻部を透明な電気絶縁膜で覆うと、獲物に全く反応しなくなることが分かりました。獲物は魚で、ローレンツィニ器官は相手の筋肉や心拍動によって生じる活動電流をキャッチする、高性能の電気受容器であることが、はっきりしたのです。

ヘラチョウザメはパドル下面のローレンツィニ器官で、微小なミジンコや小エビの筋運動・心拍動によって生じる活動電流を感知し、その所存を確認します。次いで、口を大きく開いて水と一緒にプランクトンを呑み込みます(図6のa)。

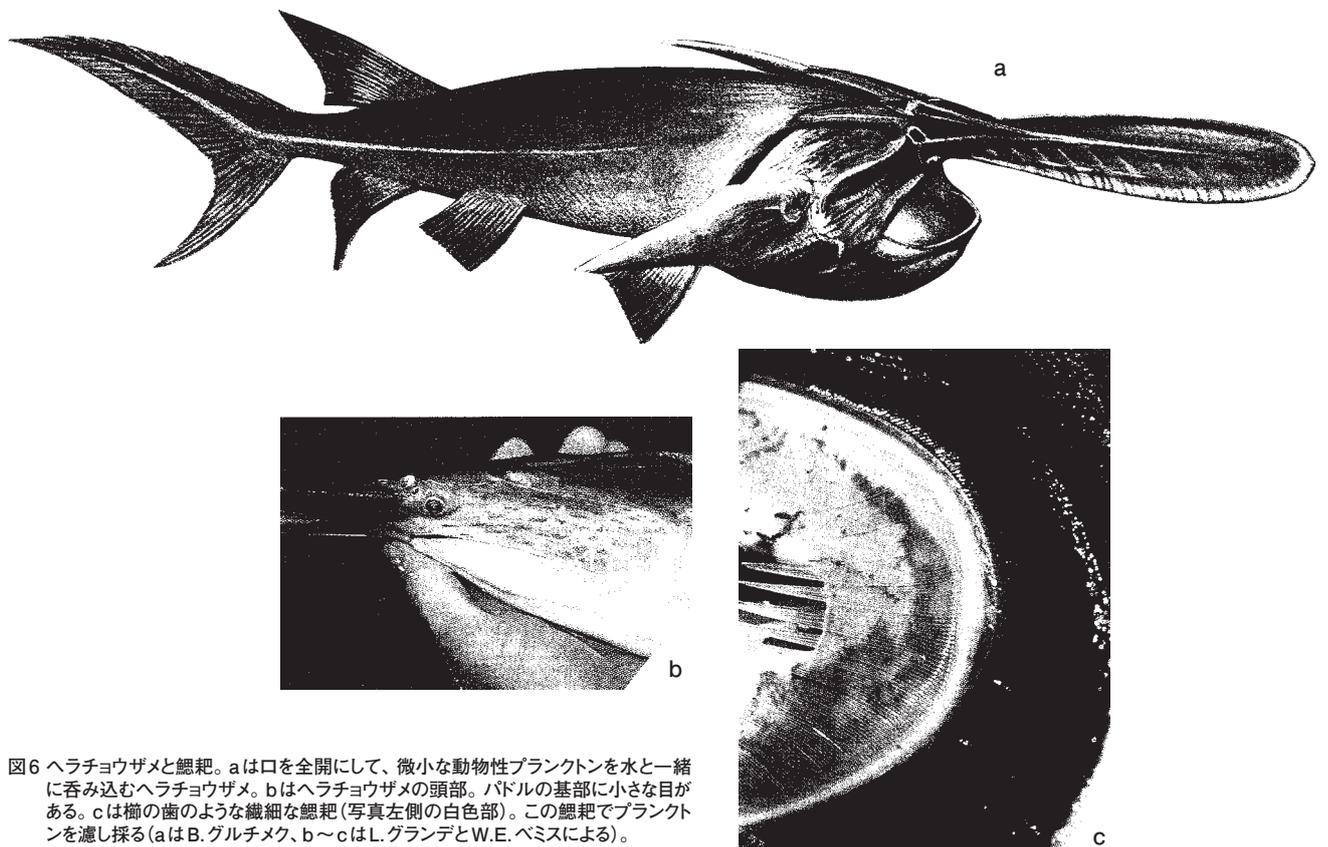


図6 ヘラチョウザメと鰓耙。aは口を全開にして、微小な動物性プランクトンを水と一緒に呑み込むヘラチョウザメ。bはヘラチョウザメの頭部。パドルの基部に小さな目がある。cは櫛の歯のような繊細な鰓耙(写真左側の白色部)。この鰓耙でプランクトンを濾し採る(aはB. グルチメク、b~cはL. グランデとW.E. ベミスによる)。

### 3. ヘラチョウザメの鰓耙と消化管

ヘラチョウザメの口内には、全く歯を認めることができません。細かな櫛(くし)の歯のような鰓耙(さいは)が咽頭部両側にあります。ヘラチョウザメは、この鰓耙で食物となる動物性プランクトンを濾し採ります(図6のc)。

細かい鰓耙の表面には、密に粘液分泌細胞が並んでいて、不純物を分泌液で包み、体外に捨て去ります。食物は食道を経て胃に送られます。

#### 3.1 胃と腸管

モンタナ大学の動物学者ワイゼル博士は、ヘラチョウザメの消化管について、その構造を熱心に光学顕微鏡で観察しました。まず胃の近位部を切り開くと、内壁に幾筋もの柱状構造が認められます(図7のa)。

チョウザメと同様、繰り返すまでもなくヘラチョウザメには歯がありません。チョウザメでは胃壁に厚い筋層を備え、鳥類の砂肝(すなぎも)のように食物を押し潰します。それは歯の代わりということになります。

ワイゼル博士は柱状構造について、当初歯の代用をする筋肉の束と考えました。組織標本を顕微鏡で覗くと、何とそれは脂肪の塊だったのです(図7のb)。胃壁の脂肪柱は胃内に溜まったプランクトンを、そっと包むようにして、後方の腸に送り出す仕掛なのだそうです。ヘラチョウザメは微小なプランクトンを、さらに細片にする必要はないのでしょう。

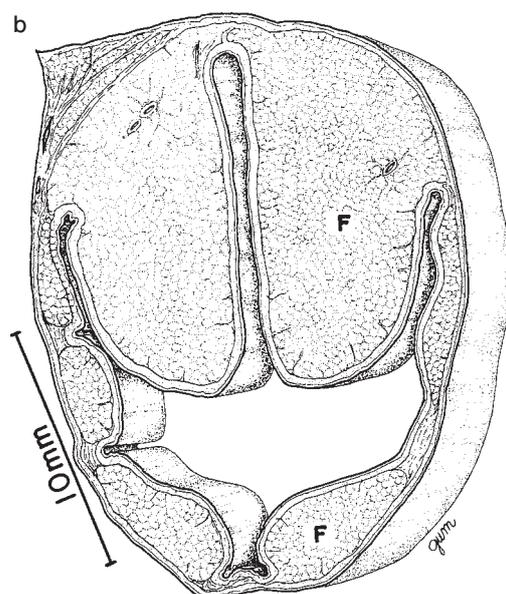
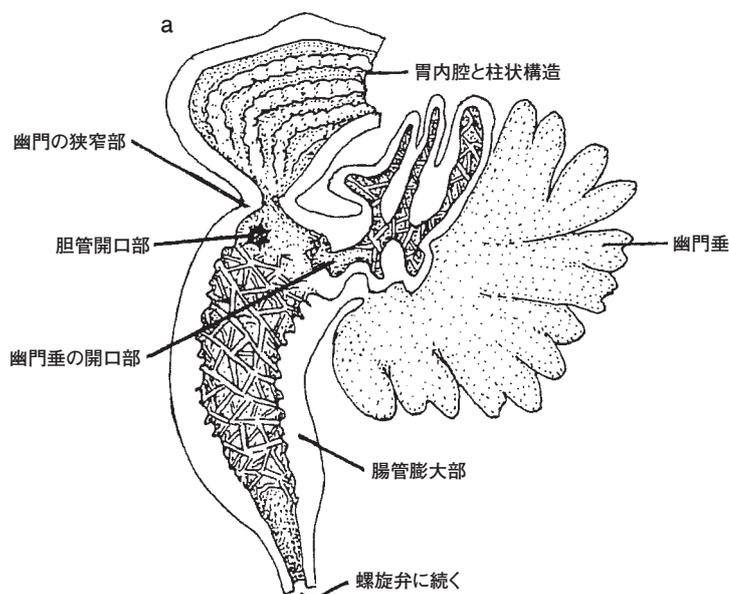


図7 ヘラチョウザメの胃壁の構造。aは胃近位部の幽門垂、幽門に続く腸管、胃内壁に縦走る柱状の隆起物がある。bは胃壁断面。柱状の隆起物は脂肪の塊。図中のFは脂肪組織を示す(G.F. ワイゼルによる)。

胃と腸の接続部に、広い腔所を有する幽門垂があります(図7のa)。ワイゼル博士は、この幽門垂の働きについて次のように述べています。腔所の内部で水分を吸収し、プランクトンの密度を高め、消化液と混合するというものです。後方に螺旋弁を備えた腸が続きます。その様子は、他のチョウザメ同様です。

ただ、純淡水性のヘラチョウザメでは、腸管内部に吸虫や条虫類が常在しています。それらの寄生虫による、腸内壁の損傷に対処するためでしょうか、多数のリンパ節が認められるそうです。

### 4. ヘラチョウザメの生息場所と繁殖

ヘラチョウザメはミシシッピ河流域の、水深が1メートル以上あって、流れの比較的緩やかな場所に生息しています。そして、水底が粘土質の場所を好みます。

ヘラチョウザメは夜行性で、昼間は水底でじっとしています。粘土の細粒が混じった水域に棲み、視力が弱く、索餌は専らパドルのローレンツィニ器官に頼らざるを得ないのも、生息環境と大いに関連があります。

水温が13℃に達する4月から5月にかけて、上流の小石の間に産卵します。1週間ほどで孵化し、すぐに泳ぎ始めます。稚魚は体長30ミリメートルを超えると、パドルが明瞭になります。この段階になると、もうマイクロの餌を探し始めます。

## 5. ヘラチョウザメの化石と進化

### 5.1 進化の分岐点に位置するペイピアノステウス

孵化後間もないヘラチョウザメの稚魚には、パドルがありません。1億2,500万年前の白亜紀初期に、中国大陸の湖に出現したヘラチョウザメに近いペイピアノステウス・パニイもパドルを持っていませんでした(図8のa)。

このペイピアノステウスは体長3.2メートルもあって大形の目を持ち、口が頭部正面に開いています。昼間活発に泳ぎ回り、微小なプランクトンを鰓耙で濾し採っていました。

グランデとベミス両博士(1996)の研究では、ペイピアノステウスの口中には濾過採餌用の鰓耙の他に、立派な歯が認められ、時には魚や甲殻類も捕食していたようです。

ペイピアノステウスは、チョウザメと後のヘラチョウザメの分岐点に位置する魚ということになります。冒頭のヘラチョウザメの稚魚は、出現初期のヘラチョウザメ類の特徴をよく反映していると申せましょう。

### 5.2 モンタナのヘラチョウザメ

恐竜化石の産地として有名なモンタナ州から、約8,000万年前(白亜紀後期)のヘラチョウザメの化石が発見されています。それは1940年のことです。古生物学者のマックアルピン博士は、モンタナ州の恐竜時代の

地層を調査していました。その折り、当時の湖の堆積物から、頭と尾の一部が残った不完全な魚の化石を見つけました(図8のb)。

詳しく調べると、上顎が異常に伸長していて、それは現生のヘラチョウザメのパドルに相当することが分かりました。このモンタナの化石は、復元すると体長1メートルほどになります。パレオブセフルスと命名され、目下最古のヘラチョウザメと目されています。

### 5.3 5,000万年前の巨大な湖

鉱物標本屋さんに足を運ぶと、北アメリカのグリーンリバー層産と称する小さな淡水魚の化石が店頭に並んでいます。このグリーンリバー層はワイオミング・コロラド・ユタ州に分布し、その総面積は65,000平方キロメートルに及びます。

それは今から約5,000万年前の巨大な湖の堆積物によって構成されています。その主体は石灰分の多い木目細かな頁岩層からなり、厚さ600メートルにも達しています。なにしろ1,500万年もの間、巨大な湖として存続したのですから、地層中に含まれる化石は莫大な量にのぼります。

化石は大変保存が良く、第三紀始新世の動物や植物の情報を今に伝えていています。様々な淡水魚の他に、熱帯に生育するヤシ、そしてヘビやワニ、スッポン、鳥類の他にコウモリの化石が報告されています。

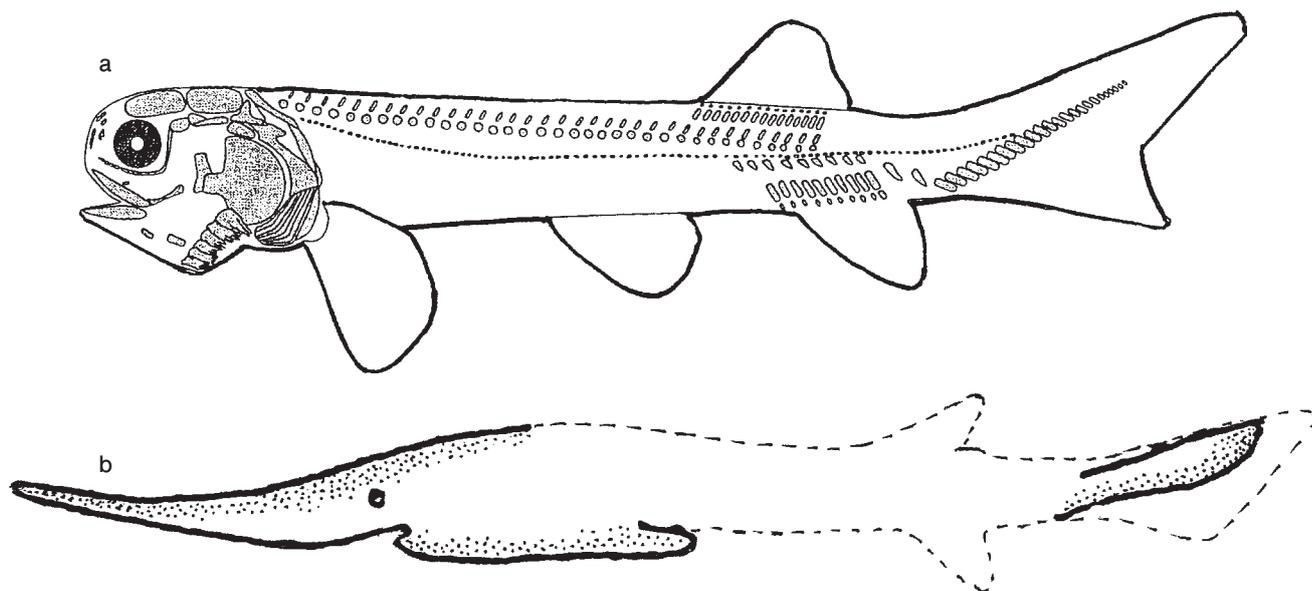
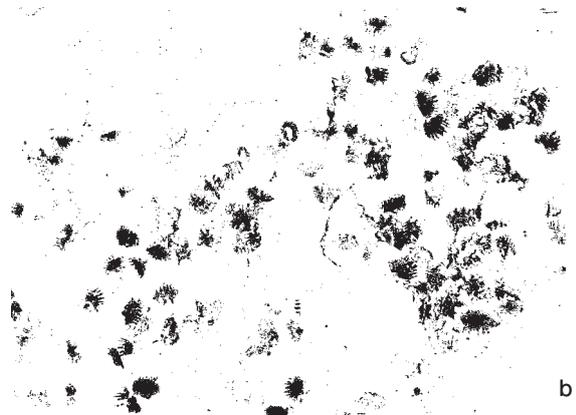


図8 恐竜時代のヘラチョウザメ。aは中国大陸の1億2,500万年前(白亜紀初期)の湖に生息していたヘラチョウザメの先駆者ペイピアノステウス・パニイの復元図。体長3.2メートルもあった。bは北アメリカモンタナ州の約8,000万年前のヘラチョウザメ、パレオブセフルス。体長1メートルほどあった(aはL.グランデとW.E.ベミス、bはA.マックアルピンによる)。



図9 約5,000万年前の巨大な湖に生息していたヘラチョウザメ。aはクロソフォリス・マグニコウダタスの全形。体長50センチメートルほどあった。この標本はかつてコープ博士の研究した記念すべきもの。bはクロソフォリスの体表に分布していた鱗。大きさは1ミリメートルほど(a～bはL.グランデによる)。

イリノイ州シカゴの自然史博物館に勤務するグランデ博士は、1984年にグリーンリバー層の化石を網羅した、300ページもの分厚い論文を出版しています。その研究成果からすると、当時の湖は岸辺にヤシの茂る、かなり温暖な気候のもとにあったことが分かります。



#### 5.4 グリーンリバー層のヘラチョウザメ

さて、グリーンリバー層の古生物に関する最初の科学的な論文は、パーカーが1840年に、ついでフレumontが1845年にそれぞれエビの化石について述べています。

そして、ジョン・エバンスが1856年にグリーンリバー層から掘り出した魚の化石を丁寧にスケッチして、論文にしました。以来、多くの古生物学者が、グリーンリバー層の脊椎動物に注目するようになりました。

1883年のことです。恐竜化石の大家コープ博士の研究室に、全長50センチメートルほどある奇妙な魚の化石が運び込まれました(図9のa)。博士は化石を慎重に調べ、上顎の突出物に着目し、その構造が

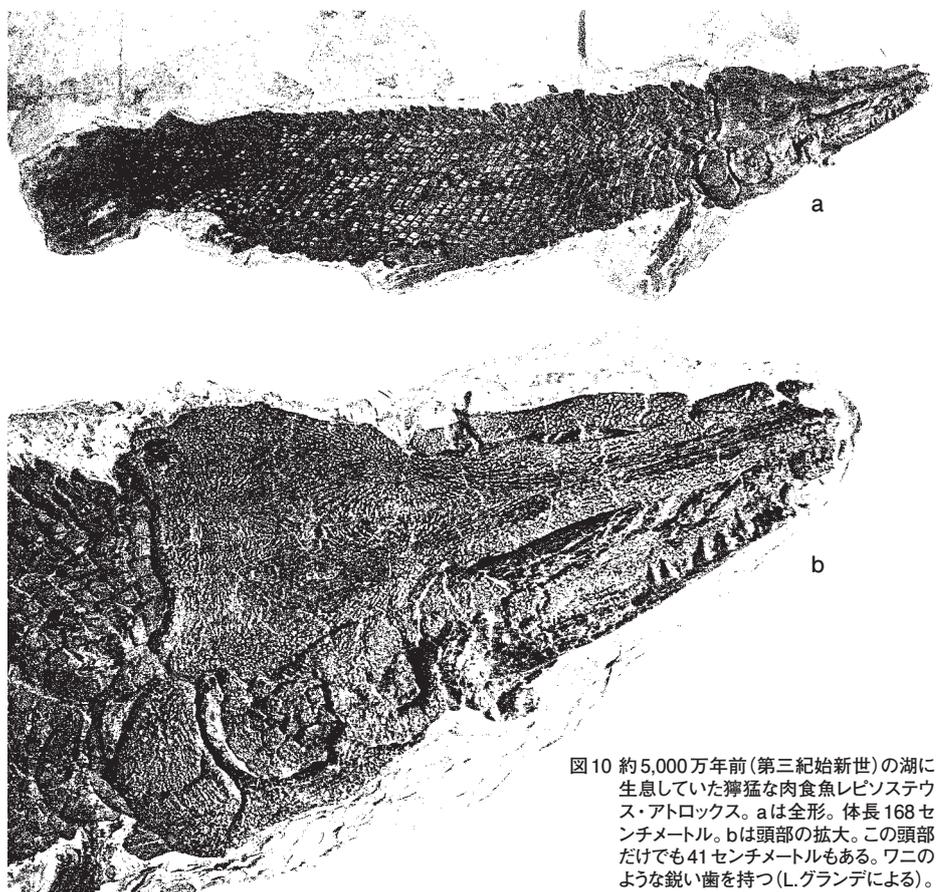


図10 約5,000万年前(第三紀始新世)の湖に生息していた獐猛な肉食魚レピソステウス・アトロックス。aは全形。体長168センチメートル。bは頭部の拡大。この頭部だけでも41センチメートルもある。ワニのような鋭い歯を持つ(L.グランデによる)。

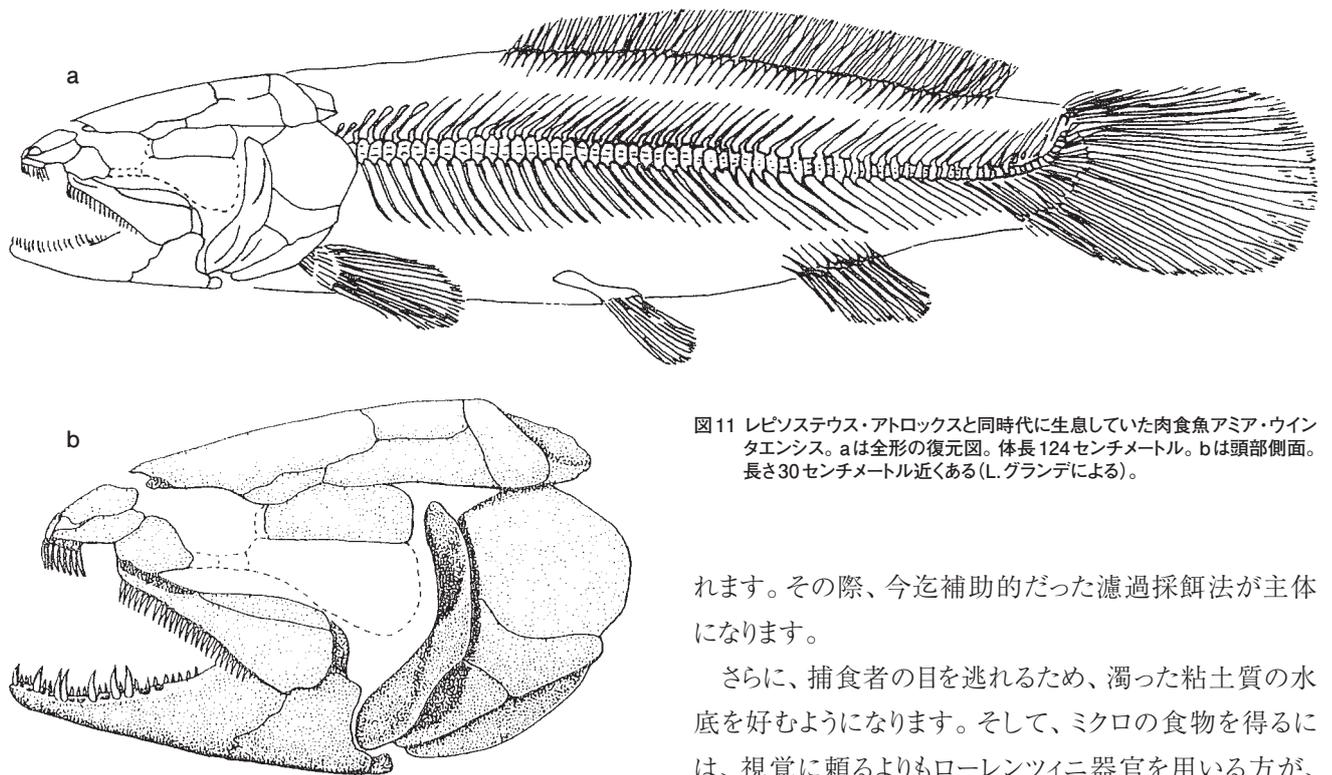


図11 レピソステウス・アトロックスと同時代に生息していた肉食魚アミア・ウインタエンス。aは全形の復元図。体長124センチメートル。bは頭部側面。長さ30センチメートル近くある(L.グランデによる)。

現生のヘラチョウザメの持つパドルと変わらないことを知りました。かくして、奇妙な魚の化石は、ヘラチョウザメであることが明らかになりました。そして、クロソフォリス・マグニコウダタスと命名しました。クロソフォリスは全身小さな鱗で覆われています(図9のb)。

### 5.5 パドルの機能が確立する

恐竜時代のヘラチョウザメの化石を発見して有名になったマックアルピン博士は、グリーンリバー層のヘラチョウザメ、クロソフォリスを再検討し、頑丈な歯を持っていることを突き止めました。

そして、胃内に魚の骨や甲殻類、砕かれた貝殻があることに気がきました。その結果、マックアルピン博士はクロソフォリスが、パドルを用いて川底の泥を掘り起こし、それらの動物を捕食していたと考えました。それはパドルが、シャベルのような機能を持っていたということになります。

この太古のヘラチョウザメ、クロソフォリスが生息する湖で、ワニのような鋭い歯を持つ獰猛な肉食魚レピソステウス(図10)やアミア(図11)が勢力を増します。ヘラチョウザメは次第に湖から、その周辺の河川に追いやら

れます。その際、今迄補助的だった濾過採餌法が主体になります。

さらに、捕食者の目を逃れるため、濁った粘土質の水底を好むようになります。そして、ミクロの食物を得るには、視覚に頼るよりもローレンツニ器官を用いる方が、ずっと効率が良いことです。パドル下面にローレンツニ器官が集中します。パドルで水底の泥を掘る行為は、精巧なローレンツニ器官の損傷を招きます。

泥掘りを止めたことで、パドルは専ら索餌用のセンサー並びに安定版として、機能するようになったのでしよう。それが現在のヘラチョウザメという訳です。無論、そうなる迄に気の遠くなるような時間が掛かっています。

### 6. 終わりに

以前、北アメリカのミシシッピ河流域には、多くのヘラチョウザメが生息していました。でも、ダム建設や深刻な水質汚染によって、絶滅が危惧される事態になっています。人畜無害とは、正にヘラチョウザメを指す言葉と言っても過言ではないでしょう。

イラク戦争によって、キャビアの生産量が激減しました。するとヘラチョウザメに目を付けて乱獲し、その卵からキャビアを生産しました。かくして、ヘラチョウザメは絶滅寸前まで、追い詰められました。

現在、アメリカ政府は厳しく捕獲制限し、稚魚の放流を行うなど、その保護に懸命になっています。努力が実を結んで、徐々に個体数が増加し始めたとのニュースに、筆者はほっと胸を撫で下ろしています。