J. MIYATA, M.D.: EXPERIMENTAL STUDIES ON THE OTOLITH

耳石に関する實驗的研究 (後編)

鳥取大学医学部耳鼻咽喉科教室 (主任 佐々木寛教授)

医学士 宮 田 壽 一

目 次

第1章 緒言並びに文献的考察

第2章 実験動物

第3章 実験方法並びに成績

第1節 マイグン氏反応による実験

第2節 電子顕微鏡による実験

第3節 X線分析法による実験

第4章 総括並びに結論

第5章 全編の概要

第1章 緒言並びに文献的考察

吾々は偶然にも生物界の成る事象に觸れる時、今更ながら創造者のその余りにも偉大なるに驚嘆する事がある。日常目に映ずる事どもに於て然りで、更により研究を極むる時、其處には未知の分野も拓け、而してより微妙なる神の護理に感嘆する事でもあろう。

抑も生物が各々の生活状態に順應した習性並びに形態を有する事は周知の如きである。而して体位静定器の大宗として、随時に体位の運動を調整し、諸筋のトームスに關係する諸器一つのみを挙げてみても、あらゆる生物の棲息状態に適合せる方向への諸器の發達を認むるのである。今回私は研究の對象たる耳石に関する文献を渉獵し、更に私の實驗を進めるうちに、その間の事情を明白に知り且つ一瞥したのである。

今假りに生物の適應を原則とし、是に由りて夫々水陸兩棲、氣棲、並びに水棲のものに分ちて之を見るに、水中や空中で潮流や氣流にさらされ、支持物のない他動運動に遭遇する機会が多いものでは鰓斑の数も多く、又耳石はすばらしくよく發達して居るものである。

以下文献を借りその様相を列挙して見る。

細谷氏によれば、一次鰓乳動物に於てはラゲナ及びラゲナ乳頭は尚存在するも、二次鰓乳動物にては

ラゲナ及びその乳頭を缺如し、精圓鰓斑及び正圓鰓斑の上に菲薄なる耳石盤を戴くのみである。がそれ等の中でも水中に棲息する類は鰓類と同様な耳石を有す。

鰓類に於ては、鰓では正圓鰓斑の大きく、鰓類に於ては若干の例外あるも概して小で、鰓類に於ては正圓鰓斑は耳石の大部分を以て充實せられて居る。尙水棲の鰓と異なり陸棲の鰓には耳石を缺くものがあると云われて居る事は注目に値する。

兩棲類である蛙類では、離器迷路中、蝸牛迷路の發育が不完全で、大部分は前庭器で占有され、その中には粘液性物質にて支持せらる耳石結晶の影しき量を含有して居る。

鰓類に於ては絶えず水流にさらされる爲か、耳石の發達最もよく精圓鰓斑、正圓鰓斑、及びラゲナ乳頭は耳石塊を以て被覆せらる。(但し鰓海魚にラゲナを缺如す)。耳石は硬固極細にして、結晶せる球形体で甚だしく大なるものを覆ふ。精圓鰓斑の耳石をラピルス、正圓鰓斑の耳石をデギッタ、ラゲナ乳頭の耳石をアネテリクスと呼稱す。鰓類に於ては鰓のそれと甚だしく近似して居る。

軟体動物に於ては、内淋巴液中に耳石游離するか或は並立して居るのを認む。

以上肉眼的に看取せられた事に於ても斯る大なる相違あるを知り、而して又變遷に隨ずるに密接な神技を感ずるのであるが、更にそれ等生物の各耳石に就いての物理・化學的或は結晶學的究明が行われる時、吾々により微妙なる新知見が興えられるのではなからうかと少からざる興味を覺えるのである。

さて、内耳の鰓斑に存する耳石は、主として CaCO_3 よりなる事は古くより決定されている。 CaCO_3 に多形が存する事も既に知られ、方解石 (Calcit)、及び霏石 (Aragonit) は共に CaCO_3 として結晶形をなし、此二者のほか CaCO_3 の Mo-

modification として無晶形の Conchit, Ktycrite, Vaterite, Lublinite 等々が記載されているが、Calcit 及び Aragonit 以外のものは尙確定的のものではない。耳石が CaCO_3 なりとすれば、何れの Modification に属するかなる問題は古くより研究され、Koken は之れは確実なる証明を缺いていたのであるが、1884 年耳石を Calcit なりとし、Valentin は Aragonit なりとし、Kelly は鱈の耳石に就いて Calcit とし、Bütschli は同じく鱈の耳石に就いてマイゲン氏硝酸コバルト反応に依つて Aragonit なりとし、又 Schmidt も同様の成績を得、此處に尙一致を見るに到つてはなかつた。然るに 1928 年吾が船岡教授及び豊田氏は鮟鱇の耳石に就いて、X 線結晶構造研究法に依り初めて非難なく、正確に鮟鱇の耳石を Aragonit なりと決定した。更に後になつて、山下氏は Aragonit を人工的に合成する事に成功し、此處に於て今日迄 20 数年の間唯単にあらゆる生物の耳石は、Aragonit であると信ぜられて来たのである。

然しながら先にも記した如く、あらゆる生物の耳石は肉眼的にすらその生活状態に依り夫々に大なる隔隔を認むるのであつて、果して哺乳動物以下の生物の耳石が總てに同じ結晶構造を有しているものであろうかという疑問が生じて来るのである。

實際、耳石の性状に關しては尙不明な問題も多く、特に蛙、魚の耳石に就いては比較的が多くが爲されている様であるが、人間は勿論、家兎、海馬等の實驗動物の耳石に關する限りは摘出並びに検査が困難である爲に、唯極く最近の Hans Engström の位相差顕微鏡、電子顕微鏡に依る新しい觀察がある以外、現在迄全く何等のその本態に關する究明も爲されて居ない状態なのである。

そこで、私は今回前編に於て紹介した如き操作法に依り、初めて人間、家兎、海馬、ラッタ等の耳石を有効に摘出し、蛙、魚の耳石と共にその結晶學的組成、或は物理・化學的性状をば辨別せんとした。而して更に引續いて、耳石が電置水に依り溶解しないという事に對しての決定をばつけんと欲した。斯くして遂に以下に報告する如き成績を得る事が出来たのである。

第 2 章 實驗動物

實驗動物としては健康なる家兎 12 頭、海馬 15 頭、ラッタ 3 頭、及び蛙、鰻を使用し、更に前立腺癌、膀胱癌にて死亡せる 56 才の男子の側頭骨をも實驗に供した。

第 3 章 實驗方法並びに成績

第 1 節 マイゲン氏反應による實驗

1908 年 Bütschli は鱈の耳石に就いてマイゲン氏反應を試み、それが美麗なる紫紅色に着色するのを見て耳石が Aragonit であると述べ、又山下氏も Aragonit 合成の際此の反應を參考に用いた。さてマイゲン氏反應とは、3% の硝酸コバルト $[\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ を液体に入れ、數分間煮沸すれば、Calcit なら着色せず、Aragonit ならば紫紅色に着色するという反應をさすのであるが、私は此の反應を方解石、霏石、家兎、海馬、蛙、魚の耳石に夫々試みた。即ち先ず硝酸コバルトは 6 分子の水を含有する故 100cc の蒸留水にその 4.78g を溶解し、淡紅色の 3% 溶液を作製用意し、次いで細碎した方解石、霏石を夫々小試験管に取り、該液 1cc ずつを注入、ガス筒にて 3 分間加熱それを比較した。然るに霏石を入れた試験管中の溶液は著明に紫紅色に變化し、更に霏石粉末の試験管底に沈澱せるものを取出してみに、それも紫色に着色して居るのを明らかに認めたのであるが、方解石のそれに於ては溶液にも赤粉末にも何の變化をも認める事が出来なかつたのである。そこで私はマイゲン氏反應なるものを實際に體驗し得たのであるが、次に蛙、魚、海馬、家兎耳石を直接摘出し、順次それ等についてマイゲン氏反應を行つて見た。

即ち蛙では斷頭正中斷後、兩側前庭迷路を破壊、白色泥狀の耳石塊を可及的多量に針先にて摘出、魚(鰻)では斷頭下顎除去、正中斷後、一側眼球を剝出し、その後方より入つて硬固なる正圓蓋耳石を摘出し、メスにて細切し、又海馬・家兎にては、各々 1 頭ずつ斷頭し、兩側圓錐より微量ではあるが耳石を摘出し、それ等各々を小試験管に取り、それに 3% 硝酸コバルト 1cc ずつを加え、3 分間煮沸した。然るに従來耳石は總て Aragonit と考えられて居るだけに、果せるかな蛙及び鰻の耳石では明らかにマ

イゲン氏反應陽性なる呈色反應を認むる事が出来たのである。然しながら、それに反して海魚、家兎の耳石に於ては微量ではあつたが遂にその着色するところを認め得なかつた。更に之れは後になつて行つたのであるが、X線照所に使用せる家兎の相當量の耳石標本にても、再度此のマイゲン氏反應を試みたのであるが、何れも結果は陰性に終つた。

さて先に述べた如く、現在迄に魚耳石にて此の反應を試みた人はあるも、蛙、海魚、家兎等の耳石には行つた者はない。然るに私は今回初めてそれを試みたのであるが、蛙耳石はマイゲン氏反應陽性ではあつたが、他は何れも豫想に反し從來の概念と反對の結果を得たのである。さてマイゲン氏反應は山下氏の言を借れば、完全型に結晶せるものにては、明らかに Aragonit, Calcit の兩者を區別し得るが、不全凝集状態のもの例えば Sphärolithen 等では、元來 Calcit に屬するものが多少着色する事が有る故、兩者の結晶系を確實に區別し得る方法であると断言難い。然し私の實驗より蛙、魚耳石ではマイゲン氏反應陽性に、海魚、家兎耳石では陰性に結果が出たという事は、少くとも後者耳石が Aragonit ではなく、又蛙、魚の耳石と何等かの相違があると立證し得たものと考え、そこで私はより明白な解答を得んと次の實驗を試みた。

第2節 電子顕微鏡による實驗

極く最近 Hans Engström は、人間の耳石を電子顕微鏡にて撮影し、耳石には種々の形態がある事を報告して居るが、私も亦蛙、家兎の耳石の電子顕微鏡寫眞を撮り、新しい觀點よりの研究を施行した。即ち先ず最初蛙及び正常なる家兎より型の如く耳石を摘出し試料を作製、その2000倍、3000倍、5000倍擴大の寫眞を撮り、此處に現れて來た像に就いての結晶學的比較検討をば加えてみた。

さて寫眞にて見ると像は云う迄もなく結晶の投影せらるゝ像で、多種多様であつた事は勿論であるが、詳細にそれを觀察するにそれら多彩な様相を示す蛙、家兎耳石に於ても或る一つの大きな相違のあるのを知り得たのである。即ち蛙耳石は Aragonit であると云われて居るだけに、果して結晶學的に Aragonit の一つの大きな特徴である雙晶(第1圖A)をなせるものをば多く見受ける事が出来たので

あるが(寫眞 No. 1)、之れに反して家兎の耳石に於ては斯る雙晶をば見出す事は全く不能で、唯方解石の投影せらるゝ像(第1圖B)と考えられるものを非常に多く發見し得たのである(寫眞 No. 2)。此の事に依り、私は兩者耳石が、結晶學的に構造をば異にするという斷定を下すには早計ではあるが、兩者が何等かの相違を有するものであるという意を深める事が出来たのである。

尙更に、家兎耳石に7%重曹水10ccを注射、後1時間して摘出せる耳石をも、同様撮影を行つたのであるが、正常のそれと何等異なるところを認め得なかつた(寫眞 No. 3)。

第3節 X線廻折法による實驗

今日吾々が日常接する諸物質の組成に就いては相當よく知つて居る。それは主として化學分析の方法に依つてである。又各物質中に於てそれを構成する原子又は分子が、如何なる様式に結合し、又排列しているかについても或る程度よく理解している。而して、それは主としてX線廻折の方法に依つたものである。

さてX線を化學組成成分の分析に用ひ様とする意圖は1913年 H.G. J. Moseley の研究に始まり、其のX線分光學的方法是、X線スペクトルの構造が可視光線のそれに比べて簡單なため、其の後の研究によつて含有元素の定性分析としては勿論、定量的の分析方法としても用いられつゝある状態にある。更に又此の方法は、未知物質に於てそれに含まれる元素の微量分析、化學的に分離困難な元素の分析、或は其の原子構造の研究等に適用するので専ら是等の方面に利用されている。

他方X線廻折による寫眞を撮影して物質の檢出及

び測定を行い、之を化学分析の手段として用うる方法は1919年に Hull が提唱し、其の方法に關する種々の興味あり且重要な特徴を指摘し、又物質の廻折圖形を得る事は實驗的には簡單であり、極めて微量の物質で足りるという事を強調した。更に彼は廻折方法により未知の状態にある元素の結合状態を明らかにし得るという重要な事實を例示し、その方法の基礎に關して説述した。即ち結晶性の物質は固有の廻折圖形が得られ、同じ物質は常に同じ圖形を示し、物質の混合物に於ては、各成分が他のものと独立に夫れ自身の圖形を表す。従つて混合物から得られるX線寫眞は、其の成分の各々を同時間露出する事によつて得られる寫眞を重ね合せたものであると、此の法則は干渉線の位置並びにその強さに關し定量的に當てる。故に現在では此のX線廻折法に依つて、定性的或は半定量的の分析が行い得る程度に發達して居るのである。

今之等微細構造實驗にはその材料の作り方、使用するX線の性質、カメラの構造、干渉X線の撮影方法等により分類すれば、(1) Laue 法、(2) 廻轉結晶法、(3) 粉末法、(4) X線直角計法等があるが、而して極めて微細な結晶に關しては粉末法が慣用せらる。實際耳石の如き、顕微鏡的に見た各結晶粒子夫れ自身は單結晶と考えられるが、夫等は全く不規則的に排列した結晶集合体で、然も極く微量にしか存在しないものでは、その微細構造を確定するには此の粉末法に頼る他なく、嘗て般岡、豊田氏が蛙耳石を Aragonit と決定したのも、又山下氏が Aragonit を合成する際に利用したのも、夫れも此の方法に依つてであつた。そこで耳石の研究を意圖する私は、先にマイグン氏硫酸コペルト反應、電子顯微鏡寫眞に依り、種別による耳石間に異同のあるを認め、更に又、耳石特に哺乳動物の耳石に關する限り、此のX線廻折を應用した者はないと知つた以上、私は固有の方法を以つて哺乳動物の耳石をも有効に摘出し、それについて確實な判定を下さんものと粉末法を利用する事にした。

此の粉末法なるものは、更に又、試料の作り方、及びその撮影の方法に依り、(1) Debye-Scherrer 及び Hull の法 (A. 平面乾板法、B. 圓筒形フィルム法)、(2) Seemann-Bohlin の焦點法、及び (3)

Bragg-Brentano の方法等に分類されるが、何れの方法に於ても、結晶格子の定量的精密な測定から單位体の形を決定し、固体物質の同等性の確認、未知物質の相の發見、定性・定量化学分析、格子の歪み、結晶系の推定、結晶粒子の大きさや、薄い分子層の厚さの測定等に有効である。

私は (1) の B を用いたが、これはモリブデン或は銅を對陰極とする Coolidge 管球より、一定波長の X 線 (MoK α 線、CuK α 線) を出し、之を第2圖の如く管球より 10 乃至 15cm 後方の試料に於て、その反射 X 線を試料周圍に存す直径 10cm の圓筒

第 2 圖

A: Coolidge 管球.

F: フィルター.

B: 入射 X 線.

P: 試料.

F-P: 反射 X 線.

形カメラにて撮影する方法なのである。かくして X 線の結晶に廻折像が干渉環 (D-S 環) として撮影され、此の圖形或は線の強さ等は、各結晶により固有で、之等よりして種々の事を判定するわけである。

さて實驗にあつては、山下氏等は平面乾板法を而して對陰極としてはモリブデンを使用したのであるが、私は圓筒形フィルム法を、對陰極としては主として銅を使用した。これは時に對陰極にモリブデンを使い、フィルターとして二酸化ジルコニウム (X線に MoK α 線を利用する爲 K β 線を吸收す) を用いて實驗を行つてみたが、D-S 環が常に中心に接近するので判然とせず、爲に對陰極に銅を、フィルターにニッケル (CuK β 線を吸收除去) を使用したのである。

私は先ず最初蛙耳石にて此の實驗に着手した。蛙は周知の如く耳石は豊富にあり、又摘出も容易な爲、私は極く簡単に 1 匹の蛙兩耳の耳石を 1 つの小ききヨコフアの筒に封じ込み試料を作製し得た。然る後、之等試料を第 1 表の如く種々の條件の下に撮影を行つた。

第 1 表

	No.	管電圧 (KV)	電 流 (mA)	焦点距離 (cm)	露出時間 (分)	試料回転
蛙	1	20	7	10	120	(-)
	2	20	7	10	80	(+)
	3	35	20	10	30	(+)
	4	35	20	15	50	(+)
	5	35	20	10	60	(+)
	6	34	7	15	90	(+)
	7	34	7	15	75	(+)
	8	34	7	15	50	(+)

尙之れと共に、自然に存し、結晶系の確定されし霏石(寫眞 No.4)、方解石(寫眞 No.7)の結晶をも粉末とし、之を同條件の下にX線分析をなして廻折像を得、対象とした。之に依ると、果して船岡教授等の言える如く、蛙耳石より得た D-S 環(寫眞 No.5)は、全く完全に霏石の D-S 環と一致し、蛙耳石は、明らかに Aragonit である事を再確認し得たのである。

尙此の他に、No.1 に於て試料を回転せず撮影せしものでは、D-S 環上にブツブツの砂粒状の斑點あるのと、又斑點がなく一様に色づいた環の二種あるを認め得たが(寫眞 No.6)、此の斑點は結晶粒子が波長に比して粗大な層を生ずるもので、結晶が 1μ 以上の大きさを持つ事を意味し、又斑點なき環は結晶粒子が 1μ 以下の小さきものである事をあらわすのであつて、蛙耳石に、之等二種の D-S 環を認めた事は、その結晶に 1μ 以上或は以下のかんりの大小雑多のある事を判明し得た事である。No.2 以下では此のブツブツの斑點は見られなかつたが、之れは撮影中試料を適當な角速度で廻轉させた爲、斑點は擴散して一様に色づいた D-S 環のみを認めたのである。

以上蛙耳石のX線廻折よりして比較的容易に上記の點を證明し得たのであるが、次に初めての試みであるが海魚、家兎、ラツタ、人間の耳石に就いての實驗を行つた。之等に於ては、耳石は内耳の奥深く位置にしか存在しない爲に、鮮明な寫眞を撮るのに困難な問題もあつたが、或る失敗の後遂に成功、而して少からざる成果を収める事が出来た。

即ち、先ず最初、正常家兎、海魚の脩圓面組織より

り各々耳石を摘出し、富士のX線フィルムにて、對陰極銅、フィルターニツケル、管電壓 34KV、電流 7mA、焦點距離 15cm、露出時間 55 分乃至 1 時間 50 分にて實驗を行つたが、殆んど D-S 環は現れず、爲に種々検討の後富士X線フィルムより約 3~5 倍の感光度を有すといはる ロダックX線フィルムを使用し、管電壓を 30KV、電流 9mA、焦點距離 15cm、露出時間 2 時間にし、遂に鮮明な廻折寫眞を撮る事が出来た。尙此の際 2 耳、3 耳、4 耳と耳石の量を増やす程 D-S 環は明らかであつた事はいう迄もない。

斯くして之等フィルムを、先の蛙耳石、霏石、方解石より得たフィルムと照合して見るに、従来の觀念に全く反して家兎、海魚の耳石の D-S 環(寫眞 No.8)は、霏石、蛙耳石のそれとは一致せず、方解石の D-S 環と全く一致するのを認める事が出来た。

但し此の比較に際して、私は家兎、海魚の耳石の D-S 環中には、時に Calcit の環に交つて少數の diffus な環あるを認めた。これは一見 Aragonit の環と見誤るが如きであつたが、詳細に觀察するに Aragonit とは異なる不明な環である事を知つた。爲に私はそれに對する明白な解答を得んと欲し、耳石を全然含まない膠斑の一部を取り、それを同様條件でX線廻折寫眞を撮り検討を加えた。然るにその不明な少數の diffus の環は、膠斑の神經組織よりの D-S 環と全く一致するのを認める事が出来たのである。茲に於て、私は此の環は、之等動物よりの試料では耳石膜或は硝子体等の有機物質の完全なる除去は不可能であつたが爲に、耳石結晶の Calcit の環に交つて、あらわれて來たそれ等有機物質の環であらうと推察し、而して今日迄、あらゆる生物の耳石は單に Aragonit であると信ぜられて來た事は誤りで、家兎、海魚の耳石は Calcit である事を新しく發見し得たのである。

次いで私はより確證を深めんとラツタ 3 頭を斷頭し、又前立腺癌、膀胱癌にて死亡せる 56 才男子の側頭骨よりも同様耳石を摘出し X 線廻折を行つたが、人間(寫眞 No.11)及びラツタ(寫眞 No.12)の耳石も明らかに Calcit である事を證明する事が出来た。

向以上哺乳動物の實驗は總て試料を回轉する事なく行つたのであるが、蛙耳石の場合と異なり、夫れも D-S 環上にブツブツの斑點を認めたが、此の事實よりして、之等動物の耳石は、蛙耳石の如くは結晶粒子の大小に比較的大いなる懸隔を有さないものである事を知つたのである。

斯くして、私は以上のX線の實驗に依り數多くの新しい事實をば發見したのであるが、之等を總覽して、私は更に又或る一つの問題をば解答づけ、而してそれに對する明白な證據を提出し得る事に氣づいた。即ち古くより、耳石は生体死後比較的速やかに變形崩壊乃至消失すると云われ、大草氏は死後3乃至36時間經過した人屍20体より、固定30日、脱灰20乃至30日の後、内耳組織標本を作製檢索し、何れの標本に於ても耳石は其痕跡さえも認め難い事を觀察して居るが、此の問題に關しては、私は先に蛙より2年前採取塗抹しておきし標本にて、尙常に顯微鏡下に耳石を認め、更に又流行性腦脊髓膜炎にて死亡せる12才の男子の死後12時間にして直接摘出し作製せる塗抹標本にても、尙耳石結晶の存在を認めて居たが、今回のX線に依る研究に於て、私は

蛙のX線廻折に際し、No.8に用いしはNo.7の試料で、一度使用して後3時間、蛙より摘出してより約5時間をも経過せしもので、結晶は消失して居るどころか判然と D-S 環の現れたのを認め、更に驚異に於て試料作製後10日間空置にて放置せしもので、尙 D-S 環の寫るのを見、又死後7時間経過せる人屍より摘出せる耳石で明らかな D-S 環の寫るのを知つた。斯くて之等の事實よりして私は少くとも生体死後一度摘出せる耳石はもはや變化する事なく、又硬物質である耳石そのものはさう簡単に生体死後速くには消失するものではない事をば明にし得た譯である。惟りに風雨に叩かれて石が次第に崩壊して行くが如く、耳石もその周囲の有機物質の腐敗現象が生じた時、初めてそれに伴つて徐々に崩壊消失して行くものであらう。

さて先に私は耳石塗抹標本、非脱灰標本、並びに電子顯微鏡寫眞を以つて長谷川教授等の耳石溶解論の誤りを指摘した。そこで私は最後に精確な半定量的な測定をも可能な此のX線廻折法を應用して、それに對するより明確な解答と決定をば與えんとした。

第 2 表

動物	番号	体重	重曹水	注射量 (cc)	回数	注射後断面までの時間	管電圧 (KV)	電流 (mA)	焦点距離 (cm)	露出時間 (時)
家	1	2050	正 常	(—)	(—)	(—)	30	9	15	2
	2	2050								
	3	2000	7%	10	1	1 時 間	30	9	15	2
	4	2000		10	1					
兎	5	2000	飽 和	20	2	2 日	30	9	15	2、
	6	2000		20	2					
	7	2050	7%	30	3	3 日	30	9	15	2
	8	2050		30	3					

その實驗に際しては、第2表の如く8頭の家兎を用い、2頭ずつ4耳より耳石を摘出し4種類の廻折寫眞を撮つた。今重曹水が CaCO_3 である耳石結晶を溶解するものとするならば、注射を施せし家兎より採取せる試料にては D-S 環は全然現れて来ないか、或はその強度 (Intensity) に於ても正常のそれに比し何等かの減色が見られた筈なのである。然るに私はその4群の寫眞を精細に比較検査した結果、注射の有無に關せず總て一致した像が現れて居るの

を認むる事が出来たのである (寫眞 No. 8, 9, 10)。

斯くして、此處に於て私は耳石は重曹水に依り溶解しないという更により細微に亘つての證據を提出し得た譯である。

第4章 總括並びに結論

内耳の奥深くに、然も極く微量にしか存在しない哺乳動物の耳石の微細な結晶構造をば正確に究めんとする事には困難な問題が多い。爲に現在迄それに就いての考慮は拂われる事なくして、唯蛙耳石に於

てそうであつたという事よりして、總ての生物の耳石は單に Aragonit であると信ぜられて来た。

然しながら、私は私の研究の性質よりして、更に又肉眼的に見らる各生物耳石間に大なる相違がある事實等に依つて之等未探の哺乳動物耳石の結晶學的組成をば決定せんとする事に必要と、或る興味とをいだく様になつた。

然らば如何にしてそれを行ふか。私は先づ最初、蛙及び海魚耳石に電子顕微鏡法を適用して見た。然し此の方法は雲母の透過観察に於て、30KV の電子に對し最も強い廻折圖形が得られる爲には、雲母の厚さとしては 280Å なる値が見出されて居り、更に又 32KV の電子では 500Å 以上の厚さの金箔では何等の廻折圖形も得られなかつたという報告もあるが如く、電子が數個の電子層の厚さで喰いとめられて終うから、検査の對象となるのは極めて薄い膜か、又は物体の眞の表面層に限られ、爲に耳石の如く通常 1μ 内外の大いさを有し、又耳石膜・硝子小体等有機物質の圍繞する試料を以つてしては測定不能に終つた。そこで私は今回マイゲン氏反應、電子顕微鏡に依る實驗を豫備實驗としてX線廻折に依る研究を施行したのである。斯くして此處に人間、家兎、海魚、ウツタ及び蛙、鰐の耳石に於て少からざる新発見を得る事が出来たのであるが、唯最後にX線廻折法にも自から或る適用範圍に一定の限度のある事は斷つておく。即ち試験すべき物質が他の物質と混在して居る時、1% 以下存在する時ですら圖形に現れる事があるが、多くは10% 以下では圖形に現れないという事である。然しながら、之等の制限に就いて多分に注意を拂つたとしても、私の行つた總ての實驗より私は次の様に結論し得る事と信ず。

(1) 從來總ての生物の耳石は Aragonit であると信ぜられて来た事は誤りで、人間、家兎、海魚、ウツタの耳石は90% 以上の純度を以つて Calcit である。

(2) 蛙耳石は同じく Aragonit である。

(3) 鰐耳石はマイゲン氏反應に依れば Aragonit である。

(4) 生体死後一度摘出せる耳石はもはや變化せず、又死後早期に變形消失するものではない。

(5) 蛙耳石の結晶粒子の大いさには、1μ 以上膜

は以下のかかりの懸隔があるが、人間、家兎、海魚、ウツタの耳石にはその様な著明な差を認めない。

(6) 電子顕微鏡、X線廻折法を以つて、重曹水注射に依り耳石は溶解しない事を證明した。

第5章 全體の概要

以上計24頭の人間、32頭の海魚、3頭のウツタ及び人鼠、蛙、鰐を使用し、それ等より固有の方法を以つて耳石或は耳石を乗せる鹽斑を直接摘出し、その本態又は重曹水等に依る耳石溶解論に對しての究明を行つた。

(1) 塗抹標本、非脱灰標本、電子顕微鏡、X線廻折を以つて耳石は重曹水、クエン酸ソーダ注射に依り決して溶解しない事を證明した。

(2) 從來考えられていた耳石溶解論は、標本作製上の誤謬である。

(3) マイゲン氏反應、電子顕微鏡、X線廻折に依り人間、家兎、海魚、ウツタの耳石は Calcit である。

(4) 同じく蛙耳石は Aragonit である。

(5) マイゲン氏反應に依り鰐耳石は Aragonit である。

(6) 耳石は大小種々あり種々の形態を有す。

(7) 耳石は生体死後早期に變化するものではない。

主 要 文 献

- 1) Fabio Giaccai, Aldocarie: Observations about the presumed action of sodium bicarbonate on the otolithic Crystals. arch. of oto. April. 1951. Vol 53. No. 4.
- 2) B. Romels: Taschenbuch der mikroskopischen Technik. B. Auflag. p. 660.
- 3) 長谷川高敏: 加圧脱灰、南条書店。
- 4) 長谷川高敏: 重曹注射療法補遺、日耳鼻、52巻、昭24、p. 24, p. 319.
- 5) 長谷川高敏: 聴覚病に對する重曹注射の實驗、耳喉、20巻2号、昭25、p. 1~6.
- 6) 長谷川高敏: 鼓室、前庭神経、迷路、脳と神経、3巻6号、昭26.
- 7) 藤崎茂巳: 重曹注射に依る耳石溶解の理論、日耳鼻、52巻、昭24、p. 53.
- 8) 藤崎茂巳: 重曹注射に依る聴覚の予防、耳喉、20巻、昭23.
- 9) 藤崎茂巳: 重曹注射に依る耳石溶解の理論、耳喉、

第21巻，昭24。 10) 大川内勝治・牟田実：耳石の実験的研究（第1報），日耳鼻，55巻8号，昭27。 11) 大川内勝治・牟田実：クエン酸ソーダによる耳石の溶解，耳喉，22巻，昭25。 12) 大川内勝治・牟田実：耳石の実験的研究，日耳鼻，54巻3号。 13) 牟田実：迷路刺激の血漿蛋白に及ぼす影響，日耳鼻，55巻11号，昭27。 14) 内藤信：耳石の染色性について，耳鼻臨床，43巻，昭25。 15) 豊島豊：鉛量予防に対する長谷川氏法道試，耳喉，22巻，昭25。 16) 牟田實三郎：加糖底病に対する重曹注射後の経過，日耳鼻，53巻，12号。 17) 山川強四郎：生体固定法の歴史及技術，耳鼻全書，第2巻の3，聴器疾患（1）の3。 18) 桐谷信雄：種々なる固定液の家兎内耳軟部組織に及ぼす影響に関する実験的研究，京府医大誌，第37巻第1号。 19) S. Funakoshi & S. Toyota: Über die Chemische Natur und die Entstehung der Otolithen der Rana esculenta: Folia Anatomica Japonica 6, 1928. 20) A. A. J. Van Egmond: The function of the Vestibular Organ: Pract. oto. Spal. 2, Vol XIV, 1952. 21) Hans Engström: Microscopic anatomy of the inner ear. Acta oto-lary Vol XL, 1951. 22) Ergebnisse partinller Labyrinth-exstirpation bei Kaninchen: C. Versteegh, acta oto-lary. Vol XI 1927. 23) 細谷雄太：聴器の解剖学，耳鼻全書，第2巻の2，聴器疾患（1）の2。 24) 波谷友太郎：両棲類聴器生体染色に関する実験的研究，日耳鼻，第55巻9号。 25) 山下憲治：耳石の化学特に Aragonit 生成機転，日学術協会報，10，昭（10），220。 26) 西尾修五郎：耳石の生成に就て，岡山医誌，39巻5号，昭2。 27) 高橋喜久雄：X線物理実験法。 28) 久保輝朗：X線廻折による化学分析法。 29) 田中盛三：電子解析法について。 30) 佐川久吾：電子顕微鏡及廻折法について。 31) 井上勲夫：RCA, EMC

型電子顕微鏡について。 32) 森戸望：電子顕微鏡の実用理論。 33) Wyckoff: Crystal structures. 34) Bragg: Atomic structure of minerals. 35) Bragg: The crystalline state. 36) Series: Proceedings of Royal society of London Vol 105.

（稿を終るに臨み，終始御懇篤な御指導並びに御校閲を賜わつた恩師佐々木寛教授に衷心より謝意を表し，併せて本研究の爲に，協を提供され御助言御教示を賜わつたる九州大学工学部応用理学教室二神教授，高島助教授，米田工学士に深甚な謝意を表す）。

本論文要旨は日本耳鼻咽喉科学会第53回第54回総会，及び山陰耳鼻咽喉科集団会，中国耳鼻咽喉科学会等にて数回に分けて発表した。

（査読説明）

- (No. 1) 純耳石。電子顕微鏡写真。5000×。
- (No. 2) 正常家兎耳石。電子顕微鏡写真。2000×。
- (No. 3) 7% 重曹水 10cc 注射家兎耳石。2000×。
- (No. 4—No. 12) X線廻折写真。
- (4) 霏石 (Aragonit)。
- (5) 蛙耳石 (試料廻転)。
- (6) 蛙耳石。
- (7) 方解石 (Calcit)。
- (8) 正常家兎耳石。
- (9) 7% 重曹水 10cc 注射家兎耳石。
- (10) 7% 重曹水 30cc 注射家兎耳石。
- (11) 人間耳石。
- (12) ラッタ耳石。

（原稿到着＝昭和28, 10, 3日急電）

宮田論文附圖

(No. 1)

(No. 2)

(No. 3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

(12)