原 著

M. INANAMI, M.D.: A STUDY ON THE VARIATION
OF INNER-EAR-PRESSURE
Part I. Model Experiment

内耳壓變動に關する研究

第1篇 模型実験

名古屋大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任 後藤修二教授)

医学士 稲 波 実
イナ ナミ ミノル

内 容 目 次

第1篇 模型実験

第I章 緒 言

第II章 実験方法

第1節 内耳模型の作製

第2節 実験装置

第1項 増幅器

第2項 クリスタルマイクروفオン

第3項 オシログラフ

第4項 スピーカー

第III章 実件条件の検討

第IV章 実験成績

第1節 渦

第2節 静水圧

第3節 振動圧

第1項 振動圧と内容液との関係

第2項 振動圧に影響する他の条件の検討

第V章 総括並に考按

第1節 渦の發生に就て

第2節 静水圧の変動に就て

第3節 振動圧に就て

第1項 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線の必要性に就て

第2項 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線の作製

第3項 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ と各振動数との関係

第4項 内容液と P_x 並に $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ との関係

第5項 内耳液運動量と P_x との関係

第VI章 結 論

第I章 緒 言

内耳壓に關する研究は物理數學的研究が主として取りあげられ、實驗的研究に基礎づけられたものは静水壓に關するものである。

然し聴覺の生理を考えた時は音刺激による内耳壓即ち振動壓を考究しなければならない。こうした方面に關して Schultze の研究があるが、Schultze⁸⁾の實驗は運動量を測定したのである。従つて音刺激による内耳壓の分布は全く明らかにされていない。之を解明するために色々の實驗を行つたのであるが、内耳以外の影響を除外するために内耳模型を出

来るだけ人間内耳に類似して作製して實驗した。

又内耳液の性状が聽器障礙時に種々變化を蒙る事は當教室に於ける諸々の業績が示す通りであるので、模型内溶液を變化せしめて内耳壓の變動を追求せんとしたのである。

即ち本實驗の目的は生体内耳の振動壓に關する基礎的研究である。

第II章 實驗方法

第1節 内耳模型の作製

實驗に用いた内耳模型は内部を透視出来る様にす

るため防風ガラス（アクリル系）を使用して作製したのであるが、それには防風ガラスの板を加熱し木型の雄雌型の間に挿入し加壓して作った。而して大きさは人体内耳實測値の $20 \times 20 \times 20$ 倍とし、又厚さは 5mm として容器自身の共振を出来るだけ避ける様にした。

模型内部に於ては基礎膜に相當する部分並びにライスネル氏膜に相當する部分を作った。即ち基礎膜に相當する部分の作製は2枚のセルロイド板（厚さ 2mm ）に同じ様に基礎膜實測値の $20 \times 20 \times 20$ 倍の廣さの孔を作り、其の2枚のセルロイド板に1枚のゴム膜（手術用手袋程度の厚さ）を挟み、其の幅にのみ緊度を保たしめた。而してこのゴム膜の緊張度は尖端より順次基礎廻轉に相當する部分に至る程大になる様にした。

次にライスネル氏膜に相當する部分はロンドーム程度の薄いゴム膜を使用して作った。

此の様にして作製された模型の断面を圖示すれば第1圖の如くである。而して圖に示す鐵栓はこれを壓測定時に除去するためであり、そのため前庭階、鼓室階、蝸牛管の夫々に鐵栓を置いた。而してこの鐵栓部に於て壓測定を行う時は鐵栓を除去して第2圖に示す様にした。

又鐙骨板に相當する部分はアクリル板を使用し、其の厚さを 2mm にし、大きさを實測値の

20×20 倍とし且つ瓣狀運動を可能な様にした。即ち第3圖に示す様に模型の正圓窓とスピーカーとの間隔 10cm を直徑 2mm の鐵心で連絡し、其の間に關節を作った。故に人間の鐙骨板に認められる如き強音に對し廻轉運動は可能ではないのであるが弱中等音に對する鐙骨板の運動^{16) 19)} に非常に類似しているのである。（實測値は Stevens, S. and Davis Hearing. Wever E.G. Theory of hearing. Fletcher J.A.S.A. Vol. 22 p. 778 を参照した。）

第3圖 鐙骨板及び正圓窓部

第2節 實驗裝置

實驗裝置は第4圖に示す様で、防音並びに電氣的にシールドした室内に裝置しオーディオメーターの音を Amp_1 で増幅し、これを10吋ダイナミックスピーカーに連結して電氣的變動を機械的振動に轉換

第4圖 實驗連結圖

第5圖 実験室内に於ける実験装置

第1圖 模型断面図

第2圖 振動圧測定時の装置

し、これを模型の入力とした.

一方模型各點より其の振動壓をクリスタルマイク
ロフンで電氣的變動に轉換し、之を Amp₂ で増幅
し、横河Ⅲエレメントマグネチックオシログラフで
撮影した。

更に實驗室内に於ける實驗裝置を普通寫眞で撮ると第5圖の如くである。

第1項 增幅器

本實驗に使用した増幅器は次の様である。Amp₁の配線圖は第6圖の如くであるが、此の特性を私の實驗範圍内に於て flat にするため テレフンゲンのレコードをマイクロフォンでとり、これを Amp₁の入力として其の出力を電壓計で檢し 50k Ω の Field-back を入れて調整した。又 Amp₂の配線圖は第7圖の如くであるが straight に四段増幅する電壓増幅器で、段間シールドを行い發振を防ぐ様にした。而してかくして製作せる Amp₂の特性は第8圖の如く ± 1 db 以内である。

第6圖 Amp₁ の配線図

第7圖 Amp₂ の配線図

第8圖 Amp_2 の特性

第2項 クリスタルマイクروفオン

本實驗に使用したクリスタルマイクロフォンは小

林理研製の M 321 であつて、其の特性は第 9 圖の如く私の實驗範圍内では大体 flat である。

第9圖 M 321 の特性

第3項 オシログラフ

本實驗に使用したオシログラフは横河Ⅲエレメント，オシログラフであつて振動子としてH型を使用した。従つて 1000～以下しか測定出来ない。

第4項 スピーカー

こゝに使用したスピーカーは内耳模型と連結するためにコーンを除去して、ムービンダコイルにコーンと同じ重量の銅板を張り、この銅板に内耳模型の鐙骨板に接續する 10cm の鐵心をビス、ナットで固定した。

第III章 實驗條件の検討

以上の如き装置にて振動壓を測定する場合、單に模型内溶液にマイクロフォンを接觸しても振動壓は測定出来ない。其の原因は模型内の振動壓以外にスピーカより發する雑音が氣導を介して直接マイクロフォンに達するからである。従つて此の氣導による雑音が M 321 に感じない閾値を求め實驗許容範

園を決定しなければならぬ。そこで實驗的に本装置によつて、氣導のみによつてマイクロフォンの感ずる強さ及び振動數を求め、又模型内容液にマイクロフォンを接しても感じない強さ、振動數を測定した。其の結果は第10圖の如くである。

即ち本装置によつては振動数は 512~ 以下のみ可能である。これは模型を實物の 20×20×20 倍に擴大したこと、並びにスピーカーと模型とを連結する鐵の棒は 10cm である等の結果測定振動数が制限されたのであり、特に吸収されやすい高音程制限されたのである。

然も振動壓測定のため内径(6mm)のくりぬいた
鐵栓と同大の栓を作り、その面にゴム膜を張つてそ

の緊度を一定にし實驗に使用した周波數に共振しない様にし、そのゴム膜にマイクロフォンを接觸し測定したのであるから模型内の液のゴム膜を介した振動を測定する事になる。

第10圖 實驗許容範圍

第IV章 實驗成績

模型に音を与えるためスピーカーを驅動させた場合先ず第一に觀察される事は模型の鍍骨板近くに渦を發生する事である。第二に認められる事は模型の正圓窓に相當するゴム膜の緊張である。これは静水壓の存在を意味する。第三には振動壓の存在する事である。

第1節 渦

第11圖に示す様に鍍骨板近くに渦を發生する。此の渦の大小を數的に測定し表現する事は不可能である。其れ故渦の發生を外部より觀察し、鍍骨板より何處迄及ぶかどうかにより渦の大小を判定せざるを得ないのである。

先ず 128～ を基準として、スピーカーの出力を變化して觀察された渦の大小は次の様である。即ち

第11圖 渦の方向

出力を1ワット以上にし、模型内容液を水にした場合模型全体に渦が發生し、模型の抵抗薄弱部より内部の水が漏出せんばかりになる。此のスピーカーの出力を小さくすると渦の波及する範圍は益々小さくなる。

模型の内容液を變化させた場合の渦の大小を觀察するため、128～ を基準として其の出力を 16/1000 ワットにして内容液を水、1% Glycerin-Rock 氏液並びに 10% Glycerin-Rock 氏液と入れ換えた場合の渦の大小を比較した。これによると内容液が水の場合には鍍骨板より 10cm 迄渦が認められ、内容液が 1% Glycerin-Rock 氏液の場合には水の場合と殆ど同程度の渦である。然るに内容液が 10% Glycerin-Rock 氏液の場合には渦が小さく殆ど認められない。

次に渦の大小と周波數との關係をしらべると次の様になる。128～ でスピーカーの出力を 16/1000 ワットにした場合渦は 10cm 迄認められ、256～ で 30/1000 ワットの場合 4～5cm 迄渦が及び、512～ で 169/1000 ワットの場合の渦は 2～3cm 迄である。

振動壓測定時と同時に渦の大小を觀察したのでスピーカーの出力を前記の如き數値を使用した。

第2節 静水壓

静水壓の變動はスピーカーを驅動させた場合模型の正圓窓のゴム膜の緊張する事からしても判定される。其處で私は比較的毛細管性の無いガラス管を鍍骨より 10cm の模型前庭壁の所に立てて測定したのである。即ち 128～ で 16/1000 ワットの場合模型内容液を水にした時の静水壓は 2cm H_2O である。512～ で 169/1000 ワットの場合の静水壓は數

mm H₂O である。又模型内容液の密度を上昇させた場合には益々静水壓は小さくなる。又同一振動に對しても出力を大にすれば静水壓大となるが或程度(1ワット)以上の出力となると測定部より液体が漏出し測定出来ないのである。

第3節 振 動 壓

本研究の主目的はこの振動壓である。

第1項 振動壓と内容液との關係
音響による内耳振動壓を模型によつて測定したの

であるが此の際内容液の性質の差異による振動壓の差異を求めた。而して Glycerin を内容液としたものに於ては振動壓は甚しく減衰し測定出来なかつた。そこで内容液を水、1% Glycerin-Rock 氏液、10% Glycerin-Rock 氏液にした場合についての振動壓を測定した。

模型内の外淋巴腔並びに内淋巴腔内に水を入れた場合の各部位の振動壓の大きさを測定すると表1〜3の如くなる。

表 1 128～ の 振 動 圧

	Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
前庭階		9a ₁	8.5a ₁	8a ₁	15a ₁	20a ₁	10a ₁	
鼓室階		5a ₁	5a ₁	5a ₁	6a ₁	8a ₁	10a ₁	
蝸牛管				10a ₁	15a ₁	14a ₁		

表 2 256～ の 振 動 圧

	Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
前庭階		7a ₂	10a ₂	16a ₂	20a ₂	18a ₂	8a ₂	
鼓室階		5a ₂	6a ₂	7a ₂	10a ₂	8a ₂	9a ₂	
蝸牛管				10a ₂	22a ₂	10a ₂		

表 3 512～ の 振 動 圧

	Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
前庭階		5a ₃	10a ₃	6a ₃	4a ₃	4a ₂	4a ₃	
鼓室階		4a ₃	5a ₃	2a ₃	2a ₃	2a ₃	2a ₃	
蝸牛管				2a ₃	a ₃	0		

即ち内耳模型の内容液を水とし、これに128～の音を與えた時は、前庭階に於ては鐙骨板から50cmの所が振動壓最大であり、鼓室階に於ては60cmの所が最大振動壓を示すのである。

256～の音を與えた時は何れも鐙骨板から40cmの所が振動壓最大である。又512～の音を與えた時は20cmの所が最大振動壓を示している。而して何れの音による場合でも、又測定部位の前庭階、鼓室階、蝸牛管の何れの場合でも最大振動壓部位の近い部は遠い部より常に振動壓大である。振動壓は最大振動壓部を中心としてこれより距るに従つて漸次

又は急激に減少する。又振動數による振動壓の比較は本測定法によつては、a₁, a₂, a₃ は夫々の振動數に對する常數であるため不可能である。従つて振動數による振動壓の差異はその最大振動壓部位を知り得るのみである。即ち低音程最大振動壓部位は内耳尖端にあることを知るのである。

1% Glycerin-Rock 氏液を模型内に入れた時の振動壓の各部位に於ける大きさは表4〜6の如くである。

即ち内耳模型の内容液を1% Glycerin-Rock 氏液とした場合に於ける最大振動壓部位は128～では

表 4 128～ の 振 動 圧

	Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
前庭階		12a ₁	9a ₁	6a ₁	12a ₁	20a ₁	4a ₁	
鼓室階		25a ₁	4a ₁	4.5a ₁	6a ₁	7a ₁	4a ₁	
蝸牛管				10a ₁	15a ₁	16a ₁		

表 5 256～ の 振 動 圧

	Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
前庭階		7a ₂	10a ₂	9a ₂	20a ₂	7a ₂	7a ₂	
鼓室階		5a ₂	5a ₂	8a ₂	15a ₂	8a ₂	4a ₂	
蝸牛管				10a ₂	25a ₂	8a ₂		

表 6 512～ の 振 動 圧

	Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
前庭階		5a ₃	10a ₃	3a ₃	3a ₃	3a ₃	3a ₃	
鼓室階		4a ₃	5a ₃	2a ₃	2a ₃	a ₃	2a ₃	
蝸牛管				2a ₃	a ₃	0		

第12圖 振動圧測定図

50cm の所, 256～では 40cm の所, 512～では 20cm の所で内容液の水の場合と殆ど同じであるが, 其の最大壓の Peak は水の場合より軽度ながら鋭くなつて來ている。

次に 10% Glycerin-Rock 氏液を模型内に入れた場合振動壓は極めて小さく, 128～に於てすら鐙骨板側より 30cm 迄しか振動壓が測定されないのである。これ等を圖示すれば第12圖の様である。

第2項 振動壓に影響する他の條件の検討

以上の様に内耳液振動壓は内耳液の性状によつて異なることを知るのであるが, 其他の條件に依つても變化し得ると考えられるのでこれ等を研究した。

正圓窓を固定した場合の振動壓に及ぼす影響をしらべるため正圓窓のゴム膜を手掌で壓迫した。然るにゴム膜と手の間に間隙を生じ, 此の間隙が外氣と交通してゐて, 第13圖の如くなるため正圓窓固定の影響を測定する事は出来なかつた。

此の目的のためには正圓窓の運動性の異なる物を直接取り換えて實驗する様な装置を作る必要がある。

然し此の正圓窓の運動性を變化する事は内耳のイ

第13圖 正円窓を手で圧迫した場合の影響

ンピーダンスの変化を來す事は當然考えられ、特に正円窓を完全に固定するならば鐙骨板の運動性も著しく制限される事は明瞭である。

ライスネル氏膜の學上或は洗下による振動壓分布を検するに著しい差を認めない。又蝸牛管と前庭階と同一部位の振動壓は第12圖に示す様に殆ど同じ程度である。以上の二つの理由からしてライスネル氏膜の抵抗は殆どなく、この膜の振動壓に対する影響は少ないと考えられる。更に内耳模型に過剰の液体を入れ振動壓を測定せんとするに、換言すれば初期に静水壓を高くして置いてスピーカーを駆動させると（實驗許容範囲内の出力でも）模型の抵抗薄弱部位より液漏出して静水壓が一定になる迄下降する。此の事は模型を直接連結してあるため入力損失は比較的小さく模型自身に對し入力力が過大過ぎる爲に生ずると考えられる。

第V章 總括並に考按

第1節 渦の發生に就て

模型並びに屍体内耳に發生する渦に関する實驗的

研究として Gorgy v. B kássy^{21) 22)}の研究がある。それは基礎膜の共振部位を中心として渦の發生を認めているのである。私の模型實驗に於ては此の様な基礎膜の共振による渦の發生を認め得ないのである。それは鐙骨板近くに發生した渦である。此の様な渦の生体内耳に發生するか否かは第2篇で述べるとして、此處では單に本實驗に就てのみ考按する。

而してこの様な模型實驗に於ては製作した模型の性質により左右され、他の研究者の内耳模型實驗と比較する事は不可能である。

其處で模型の構造からして渦の發生の原因を考察する事にする。

模型の鐙骨板の運動を實際に近似せしめるため瓣狀運動をさせる様にした。其のため模型とスピーカーとの間の鐵の棒に關節を作つた。そして鐙骨板の下端にも關節を付けたので、第11圖の如く鐙骨板の上端の運動量はムービングコイルの運動の倍以上も大きくなる。一方鐙骨板の下端は關節で固定されているため殆ど動かない。此の様に製作した鐙骨板が振動した場合に上端より下端との間に壓差を生ずる。故に第11圖の如き渦の主流の方向が決定される。

然るにこの運動は振動であるため鐙骨板に作用する振動の一つを考慮してみると、鐙骨板が初めに内耳液を壓迫する。其れにより内耳液は尖端の方へ移動する。此の移動は慣性作用により其の振動自身より長く影響し、内耳液が前記方向に流れを生じ、それが渦となると考えられるのである。

振動數と渦の大小との關係を見ると前記實驗成績が示す様に渦は高音程小さい。この事は模型とスピーカーとの間の鐵心の長さ 10cm もあり、その上關節が存在するため高音程吸収されやすく、又關節の工率も高音程悪いためである。そのため本實驗から渦の大小と振動數との關係を比較する事は出来ないのである。

又入力音の強さに比例して渦が大きくなる事は實驗成績の項に記した様であるが、この事は又渦が慣性運動により發生すると云う考え方と一致する。

又模型内容液の變化と渦の大小との關係については内容液が水、1% Glycerin-Rock 氏液では渦は明らかに認められるが、10% Glycerin-Rock 氏液

では殆ど認められなかつた。この 10% Glycerin-Rock 氏液では実験許容範囲内の出力でも渦は殆ど観察し得ない程小である事について次の様に考えられる。即ち内容液の密度の増加と共に模型内耳のインピーダンスは増加し、鐙骨板自身の運動量に影響する事は明らかであり、そのためこの密度の増大は渦の減少を来たすのである。

然らば一休生体内耳液粘度はどの程度であろうか、此の事に關する Georgy v. B. késy²⁰⁾ の研究に依れば内耳液粘度は水の 2 倍であるという。

故にこの様な生体内耳液内でこの様な渦の流れがあるか否かは不明である。生体実験によつてのみ證明し得るのである。

第2節 静水壓の變動に就て

振動により内耳静水壓に變動を來たす事は模型實驗によつて明瞭である。

そこで液体の壓縮性はないものとすれば鐙骨板の振動の中心が尖端に移動するため静水壓の上昇を來たすと考えられる。

然るにダイナミックスピーカーのコーンを除去すればムービングコイルの振動の中心は静止時と同一場所である筈である。實際はムービングコイルと連結してあるので鐙骨板に一つの振動が與えられると内耳液に渦流を生じ、慣性作用が加わる。そのため鐙骨板が舊位置にもどるためには壓迫した時よりも更に大きな力を要するのである。故に鐙骨板の振動の中心が前方(尖端)の方向に移動すると考えられる。鐙骨板が連続的に振動するならば此の様な現象がくりかえされ、一定の場所にその振動の中心が安定すると考えられる。此の様な原因により静水壓は上昇すると考えられるのである。

然し之れ以外に初期條件(スピーカーを駆動させる以前の静水壓)によつても影響されるのである。此の様に考察するならば私の模型全体の特性に静水壓が影響される事が判明するのである。

要約すると振動により模型内の静水壓の Balance は變動する事を意味するのである。

此の様な發生原因より前記實驗成績を考按して見るならば、内耳液密度の上昇により、音響インピーダンスは大となり、鐙骨板の運動性は小さくなるため當然静水壓の上昇度は小さくなるのである。又スピー

カーの出力を小さくすれば益々鐙骨板の振動は小さくなり、静水壓も亦小さくなるのは當然である。

又静水壓と振動数との關係は模型實驗では高音程静水壓小であるが、結論づけるためには生体實驗によつてのみ可能である。

第3節 振動壓に就て

本模型の各部位で測定した振動壓は前記成績の如くである。此の振動壓は聴覺機構に直接關係し、換言すれば基礎膜の共振に重大なる關係がある。

第1項 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線の必要性に就て

此の私の測定した模型の振動壓を各周波数相互に比較する事は出来ないのである。

其處で各振動壓 P_x に斷面積 S_x を掛ける。即ち鐙骨より Xcm の場所の $S_x P_x$ を求める事は出来るし、鐙骨板の $S_0 P_0$ も亦別に求める事が出来るのである。これより $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線を作製する事により各周波数に對する壓分布曲線を求め、相互にそれを比較する事が可能なのである。

第2項 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線の作製

其處で模型斷面積を求めると表 7, 第 14 圖の如くである。

第14圖 人間内耳斷面積

模型の前庭階と鼓室階との斷面積は等しいとする。

そこで斷面積×振動壓($S_x P_x$)を各點につき求めると表 8—9 の如くとなる。

一方鐙骨部の斷面積 S_0 は $0.05(20 \times 20)\text{cm}^2$ である。そして鐙骨部の 128~, 256~, 512 の振動壓を鐙骨より 10cm の場所の壓 ($10a_1$ $7a_2$ $5a_3$) に等しいと假定するならば 128~, 256~, 512~ の $S_0 P_0$ は $500b_1$ $350b_2$ $250b_3$ となる。

之れより $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ を求めると表 10—11 の如くな

表 7 模 型 断 面 積

	Stapes →	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	
各部の 断面積		0.05(20×20)cm ²	0.02(20×20)cm ²	0.014(20×20)cm ²	0.012(20×20)cm ²	0.011(20×20)cm ²	0.010(20×20)cm ²	0.008(20×20)cm ²

表 8 内 容 液 が 水 の 場 合 の $S_x P_x$

		Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
128～ の $S_x P_x$	前庭階		180b ₁	119b ₁	96b ₁	165b ₁	200b ₁	80b ₁	
	鼓室階		100b ₁	70b ₁	60b ₁	66b ₁	80b ₁	80b ₁	
	蝸牛管				120b ₁	165b ₁	140b ₁		
256～ の $S_x P_x$	前庭階		140b ₂	140b ₂	192b ₂	220b ₂	180b ₂	64b ₂	
	鼓室階		100b ₂	84b ₂	84b ₂	110b ₂	80b ₂	72b ₂	
	蝸牛管				120b ₂	220b ₂	100d ₂		
512～ の $S_x P_x$	前庭階		100b ₃	140b ₃	72b ₃	44b ₃	40b ₃	32b ₃	
	鼓室階		80b ₃	70b ₃	24b ₃	22b ₃	20b ₃	16b ₃	
	蝸牛管				24b ₃	11b ₃	0		

表 9 内 容 液 が 1% Glycerin-Rock 氏液の場合の $S_x P_x$

		Stapes	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	Helico
128～ の $S_x P_x$	前庭階		240b ₁	126b ₁	72b ₁	132b ₁	200b ₁	32b ₁	
	鼓室階		50b ₁	56b ₁	54b ₁	66b ₁	70b ₁	32b ₁	
	蝸牛管				120b ₁	165b ₁	160b ₁		
256～ の $S_x P_x$	前庭階		140b ₂	140b ₂	108b ₂	220b ₂	70b ₂	56b ₂	
	鼓室階		100b ₂	70b ₂	96b ₂	165b ₂	80b ₂	24b ₂	
	蝸牛管				120b ₂	275b ₂	80b ₂		
512～ の $S_x P_x$	前庭階		100b ₃	140b ₃	36b ₃	33b ₃	30b ₃	24b ₃	
	鼓室階		80b ₃	70b ₃	24b ₃	22b ₃	20b ₃	16b ₃	
	蝸牛管				24b ₃	11b ₃	0		

表 10 内 容 液 が 水 の 場 合 の $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$

	Stapes	前 庭 階						Helico	鼓 室 階						Stapes
		10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm		60cm	50cm	40cm	30cm	20cm	10cm	
128～	100	36	24	19	33	40	16		16	16	13	12	14	20	
256～	100	40	40	54	63	51	18		20	23	31	23	23	28	
512～	100	40	56	28	17	16	13		6	8	9	10	28	32	

表 11 1% Glycerin-Rock 氏液の場合の $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$

	Stapes	前庭階						Helico	鼓室階						Stapes
		10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm		60cm	50cm	40cm	30cm	20cm	10cm	
128~	100	48	25	14	26	40	6		6	14	15	11	11	10	
256~	100	40	40	30	60	20	16		6	23	46	27	20	23	
512~	100	40	56	14	13	12	10		6	8	9	10	28	32	

第15圖 模型 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線

る。又之れを圖示すると第15圖の様になる。

此の様にして得た $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線に對して次の事を考慮しなければならない。それは鐙骨板とムービングコイルとの間に鐵心並びに關節が存在する事による影響と本模型基礎膜の共振範圍の問題である。

第3項 $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ と各振動数との關係

共振による Peak が P_x 曲線 (第12圖) に於ても $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線に於ても認められるのである。周波數相互を比較するため $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線に就て考按して見る。

内容液が水の場合でも 1% Glycerin-Rock 氏液の場合でも 256~ の $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ の値は他の振動数の

音に對するそれより著しく大きいのである。之れは 256~ に對する共振範圍は他の振動數に比して廣範圍であると推論されるのである。換言すれば模型基礎膜の構造により共振範圍の廣狹が決定されるので此の様な結果になつたものと考按されるのである。(註、私は本模型基礎膜に對し幅にのみ緊度を保たしめた。)

鐙骨板より入つた振動が第15圖に見られる様に漸次減衰し、其れが共振場所に於て、Peak を認める事は水の場合でも 1% Glycerin-Rock 氏液の場合でも同様である。即ち 128~ で 50cm, 256~ で 40cm, 512~ で 20cm の所で明らかに Peak を認める事が出来る。此處で鐙骨板側より入つた傳導波の減衰度は此の共振による Peak に影響されて周波數相互比較檢討する事が出来なかつた。

第4項 内容液と P_x 並に $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ との關係

次に内容液を異にした場合に於ける振導壓 (P_x) 並びに $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ を比較檢討して見る。内容液が水と 1% Glycerin-Rock 氏液とでは傳導波の減衰度は著しく變化はないが (第15圖) 共振部位に於ける Peak は前者(水)に比して後者(1% Glycerin-Rock 氏液)の方が鋭くなつてゐる。此の事は第12圖の P_x 曲線に於ても認められる。之れは最大壓の Peak が内耳液密度の上昇と共に周圍に及ぶ事が少なくなると考按される。一方 10% Glycerin-Rock 氏液の場合は傳導波が共振場所に迄達しないため共振による Peak が出現しないと考えられる (第12圖)。

故に模型を擴大すればする程益々内容液を稀薄にする必要がある。

次に内容液を變化させた場合に於ける Georgy v. Békésy²⁰⁾ の實驗がある。其れによれば内耳液が水の場合よりも Glycerin の場合は半オクターブ程鐙骨側に共振部位が移動するのである。私の模型實驗に於ては水と 1% Glycerin-Rock 氏液との振動壓の最大部位は殆ど同一である。(但し之れは測定間隔 10cm であるため正確には不詳である。)

第5項 内耳液運動量と P_x との関係

振動壓と平行的關係にある内耳液運動量に関する研究として Schultze⁸⁾ の實驗がある。

其れは運動量最大點と鐙骨側との距離は 580c/s で 8mm, 270c/s で 12mm, 150c/s で 19mm である。(人屍体耳により實驗された) 然るに私の模型實驗に於て 512c/s で 20cm, 256c/s で 40cm, 128c/s で 50cm の場所で最大 Peak を示しているのである。

然し實際内耳内に此の様な最大壓部位が出現するか否かは生物實驗によつて初めて判明するのである。此の事實によつても模型自身の限界の問題がある。

第VI章 結 論

模型實驗からして今迄殆ど注意されなかつた渦、静水壓の存在に關して2—3の知見を得る事が出来た。振動壓に就て減衰曲線、共振の問題、高音と低音との差等に關する傾向を知る事が出来た。

但し以上の實驗成績は私自身の模型に關する事實である事を考慮する必要がある。

(1) 振動を模型に與える場合、渦、静水壓、振動壓が発生する。

(2) 渦は鐙骨板振動のため内耳液に慣性運動を生じ、その結果發生する。(生体内耳に就て再檢する必要がある。)

(3) 静水壓の變動は模型内の静水壓の Balance の變化によつて生ずる。(生体内耳に就て再検討する必要がある。)

(4) $\frac{S_x P_x}{S_0 P_0}$ 曲線を作製すると内耳液密度の上昇と共に著しく減衰する—水、1% Glycerin-Rock 氏液と 10% Glycerin-Rock 氏液と著しい相違がある。

(5) 各振動數に對する最大壓の大小は模型自身の基礎膜の特性によつて決定される。

(6) 最大壓部位の移動は内容液の濃度の變化により著しく影響しない。

(7) 最大壓の Peak は水よりも1% Glycerin-Rock 氏液の方が鋭くなる。換言すれば共振壓の周圍に及ぶ範圍は狭くなる。

以上の結論から生体内耳力學に對する傾向を知る事が出来た。次に動物實驗を施行し本模型實驗と比較檢討する必要がある。

(原稿到着＝昭和 28.11.4 日)