



図表 2

PARTICLE DENSITY=1  
 VISCOSITY OF AIR = 1.83E-04  
 DELTA DP (KIZAMI) = 1  
 LENGTH OF TUBE=85 cm  
 AVE. AIR VELOCITY=55.6  
 NUMBER OF CAL.=40

DP	ED	RADIUS OF TUBE=1 cm MIN PARTICLE DIA 1
1	3.34287E-03	
2	.0123656	
3	.0269168	
4	.0468134	
5	.0718457	
6	.10178	
7	.136358	
8	.175298	
9	.218293	
10	.26501	
11	.315087	
12	.368128	
13	.423703	
14	.481337	
15	.54051	
16	.600637	
17	.661064	
18	.721038	
19	.779683	
20	.835942	
21	.888486	
22	.935526	
23	.974321	
24	.99893	
25	1	
26	1	
27	1	
28	1	
29	1	
30	1	
31	1	
32	1	
33	1	
34	1	
35	1	
36	1	
37	1	
38	1	
39	1	
40	1	
41	1	

100 H Z の振動を作用させると 76.2% が導管内に沈着する。円管内のエアロゾル粒子の重力沈降と拡散とを考慮した Thomas の沈着式(Thomas . J. W., A P C A J. 8, 32, 1955)式より計算した。流量 1 分間 10 ℓ の時の結果は図表 2 の如く、微小な粒子は殆んど沈着しない。ダクトの長さによっても異なり、更に流量によっても違った成績を示す。又 proctor によれば、鼻腔各切断各部の気道面積は内鼻孔の面積と稍等しい。先と同様に計測すると、鼻腔と同じ長さの 10cm の直径 1 cm の円管の沈着率は極めて僅少である(図表 3)。同じ 10cm の長さの鼻腔で

図表 3

PARTICLE DENSITY = 1  
 VISCOSITY OF AIR = 1.83E-04  
 DELTA DP (KIZAMI) = 1  
 LENGTH OF TUBE = 10 cm  
 AVE. AIR VELOCITY = 150  
 NUMBER OF CAL. = 50

DP	ED	RADIUS OF TUBE = 0.545 cm MIN PARTICLE DIA, = 1
1	2.6851E-04	
2	9.98755E-04	
3	2.1885E-03	
4	3.83516E-03	
5	5.93576E-03	
6	8.48705E-03	
7	.0114056	
8	.0149278	DP = 粒子径 (μm)
9	.0188096	ED = 沈着率 (%)
10	.0231271	流量 = 断面積 × 秒速
11	.0278761	(10 ℓ / 分 = [ 0.545 × 3.14 ] × 166 ) × 60
12	.033052	( 6 ℓ / 分 = [ " ] × 100 ) × 60
13	.0386504	
14	.0446664	
15	.0510953	
16	.0579319	
17	.065171	
18	.0728073	
19	.0808354	
20	.0892494	
21	.0980436	
22	.107212	
23	.116749	
24	.126647	
25	.136901	
26	.147504	
27	.158449	
28	.169729	
29	.181337	
30	.193266	
31	.205508	
32	.218057	
33	.230903	

34	.24404
35	.257459
36	.271151
37	.285109
38	.299323
39	.313785
40	.328485
41	.343413
42	.358561
43	.373918
44	.389474
45	.405219
46	.421142
47	.437232
48	.453477
49	.469867
50	.486388
51	.503029

は、粒子径、流量により異なるも大量に沈着するのを認め得る。如何に人間の鼻腔が多数の皺壁をつくり表面積を増し、流路を彎曲せしめて高能率に粒子を捕捉しているかを示していると思ふ。即ちダクトと鼻腔壁等への沈着率に關する因子は、粒子径と導管の長さ及び流量であることを知り得た。この内、流量は人の1分間の呼吸量が10ℓであることより、この値を考慮に入れて判断すれば、3因子の内、粒子径と導管の長さの2因子が主役を演ずるものと判断し得る。粒子径はFindeisenら先人の指摘した如く、各目的部位に適した粒径を採用する必要があるが、その範囲内にも薬液量は直径の3乗に比例するので、許される範囲内で可及的大なる粒子を利用するのが賢明であり、又、ダクトも出来るだけ短かい方が好能率的である。更に沈着効果を大ならしめるためには管腔通過の際、層流にて下部に送るよりは乱流の方が粘膜附着の効果が大きいと考えられ、通常気柱の振動が採用されていたが、このバイブレーターの振動数が導管の長さに関連があるため、これに關しても考察する必要があると思ふ。

今回は円管連続の細分である下気道を除き、鼻、咽、喉を対照とした。

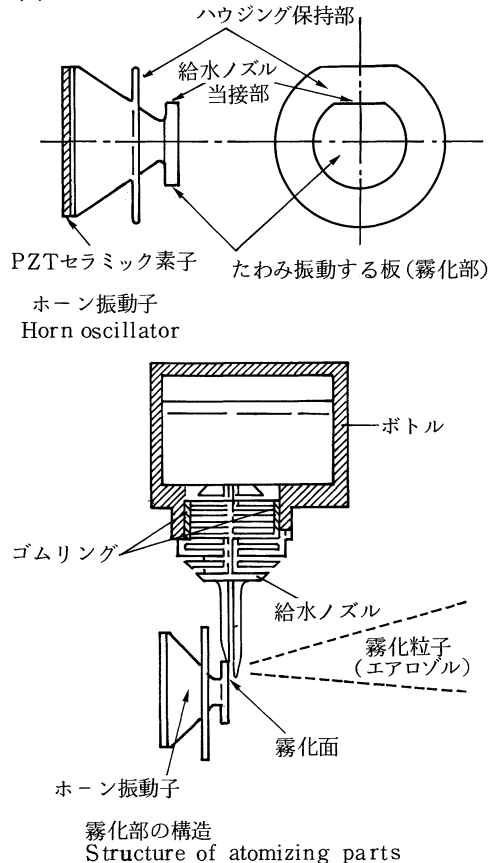
鼻咽喉に關しては粒径の關係よりはジェット Neb.が適當であるが、粒径調節に繁雜な面がある。粒径が振動板の振動数により容易に決定され、又小型で軽量な新機構の超音波 Neb.を用い

て、有用率上昇について種々考察した。

#### 新機構の超音波 Neb.

市販の1.3～2.8 MHzの超音波 Neb.より発生する平均粒子径は5.8～4 μm.(G. S. D. 1.38～1.40)で下気道には適當であるが上気道には小さすぎ、大部分が上気道を通過して下気道に侵入する。固有鼻腔、咽、喉には10～15 μmの粒子が最適である。10 μm以上の粒子を超音波 Neb.で得るには0.7 MHz以下の振動数が適當であるが振動数が重厚となり、充分な振巾により希望の霧化量を得るためには、強力な駆動電力が必要で装置が大となり、又熱放出を伴い薬液分解のおそれがある。これらの短所を除き超音波 Neb.の特色を活かし所期の10 μm以上の粒子を獲得するために、新機構の水槽を有しない

図表 4

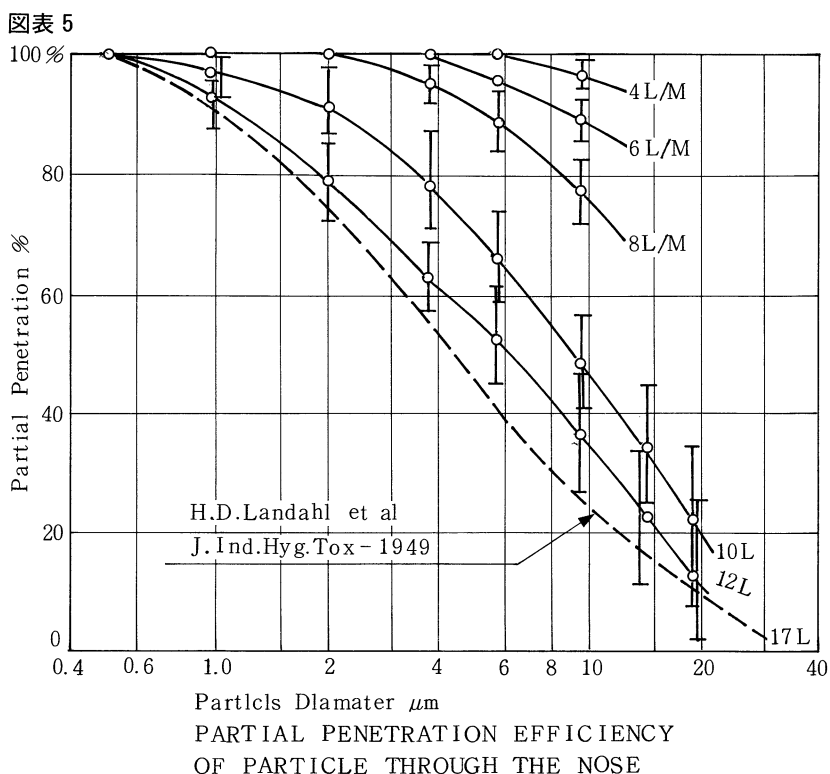


薬液槽のみの小型ホーン式振動子を有する超音波Neb.を採用した。この振動子は電気-機械交換能率がよく乾電池駆動が出来る。又、振動子はコニカルホーン式とし、効率のよいPZT(ジルコン酸チタン酸鉛 Pb, Zr, TiO<sub>3</sub>)セラミックの電歪型超音波振動子で、円板のたわみ振巾により液体をエアロゾル化する。たわみ振動周波数の倍の320 KHZのコニカルホーンが採用された。又給水機構として毛細管現象を持つ液体給溝、外気導入溝と液溜スリットからなる薬液槽が使用され、オムロンNe-U-05として開発された。鼻、咽、喉、口腔用各アダプターを導管無しに直接連結して使用する(図表4)。霧化量は毎分1.5~2 mlで平均1.79 mlで、送風機はないが約12cm噴射される。噴出口を水平にした時の方が多量に、又有用に霧化し得る。更にこの装置にて発生する粒子を1000ctsのシリコンオイル上への受け止め沈降法にて測定し、平均粒径17.2 μm(標準偏差4.46)、発生する粒子全体の80%以上が10~30 μmの成績を得た。超音波

Neb.にてジェットNeb.と同様な粒子を得ることが出来、鼻咽喉に應用し得、更に口腔にまで適応範囲を広げ得る可能性を把握し得た。先に示した如く霧化量も充分であり、小型軽量で電池駆動が出来、鼻咽喉用超音波Neb.として理想的である。しかし副鼻腔、耳管、中耳腔、下気道には粒径の関係上粒子侵入沈着は期待し得ない。又改良すべき点多々ある。送風器が無いため飛距離が短かく大液滴が落下し、霧化量が全部は有効に利用されない。特に鼻用アダプターで顕著である。水平にした方が効率が良い。使用時に1分間10ℓの流量のある深吸気が必要であり、呼気時に粒子発生を中止すべきである。又底部に貯溜する薬液をもどし、再使用の考慮も要するものと考えられる。更に各種アダプターにも再考、改良の必要がある。

#### 模型及び人鼻咽喉への実験

人鼻鑄型よりの模型に鼻用アダプターを装着してメチレンブルー液をNe-U-05にて噴



霧した。鼻前庭，下・中甲介，下・中鼻道，鼻咽腔，特に耳管入口部に全面的に，又多量に沈着するのを認め得，振動付加に相当する成績を得た。又，ラテックス標準粒子と光散乱カウンター及びピエゾ差圧計(日本科学工業社製 Model 51-111)を用いて粒子径と流量と鼻腔沈着との関係を検討した(図表5)。小粒子は100%鼻腔を通過し，呼吸量の平均流量1分間10ℓで15μmの粒子径は約25%が通過し，75%が鼻腔に沈着することを証明し，Ne-U-05が鼻，咽，喉への有用性を期待し得た。又，生体にてこそ

それぞれの部位に染色を認めた。しかし以上は定性的所見のみであるが，今後アイソトープ等を用いて定量的測定の手配である。

#### 鼻咽炎症性疾患への使用経験

人の上気道の炎症性疾患に広域抗生剤であるホスホマイシン0.2gを5mlの蒸留水に溶解してNe-U-05にて施用した。固有鼻腔，咽，喉共に効果は著明であり，急性期の方が慢性疾患より有効である。採用すべき超音波Neb.と考える(図表6)。

図表 6

Therapeutic Effect with Conical Horn Nebulizer on Rhino-Laryngitis

GLOBAL SUCCESS	RHINITIS		PHARYNGITIS		LARYNGITIS		TOTAL
	ACUT	CHRON.	ACUT	CHRON.	ACUT	CHRON.	
VERY GOOD	8 80.0%	3 20.0%	2 16.6%	0 0%	2 13.3%	0 0%	15 22.1%
GOOD	2 20.0%	9 60.0%	8 66.8%	2 22.2%	7 46.7%	2 28.6%	30 44.2%
PARTIAL GOOD	0 0%	3 20.0%	2 15.6%	5 55.6%	6 40.0%	3 42.8%	19 27.9%
NO EFFECT	0 0%	0 0%	0 0%	2 22.2%	0 0%	2 28.6%	4 5.8%
TOTAL	10 100%	15 100%	12 100%	9 100%	15 100%	7 100%	68 100%

(Fosfomycin 0.2g, aq.d. 5 ml once a day application)

#### おわりに

- 1) 超音波Neb.によるエアロゾル療法の有用度上昇に，固有鼻腔，咽，喉を対照として検討した。
- 2) 最重要因子は粒子径と導管の長さである。
- 3) コニカルホーン型超音波 Neb.により所期粒子径を得た。
- 4) 無導管とし直接各部アダプターを装着し気柱振動付加と同様の効果を得た。
- 5) 模型・生体実験更に臨床にて従来より有用性を上昇し得たが，なお改良すべき点が多々ある。

#### 文 献

- 1) HYO et al : Pacific Region Meeting of Fine particle Society, Session 4, 24 1983
- 2) Sato et al : Z. Erkrank. Atem-Organ 157, 276, 1981
- 3) Asai et al : Omron Technics 26, 92, 1986
- 4) Okuda et al : Preprint of Simposium on Aerosol science and Technology A14 : 29-31, 1983
- 5) Thomas : APCA J. 8, 32, 1955
- 6) Smithwell : Proc Roy. London, 101, 133, 1922

- 7) 兵 他：第7回医用エアロゾル研究会報告，  
20，昭58
- 8) Proctor et al：Arch. Intern Med，131，  
134，1973