

人呼吸道全域に応用可能な超音波ネブライザーの考案

京 都 市

兵 昇

神戸常盤短期大学 衛生技術科

佐藤 良暢

同志社大学 化学工学部

高野 頌, 奥田 聡

A はじめに

エアロゾル療法では、作用期待部位により、最適粒径を選択すべきである。Findeisen, christoforidis, ICRP, 兵¹⁾²⁾³⁾らが発表している如く、鼻、咽、喉には10~15 μm, 副鼻腔、耳管、中耳腔などの閉鎖腔には7 μm を中心とした3~10 μm, 下気道には1~10 μmが最適と考えられる。15~0.5 μm の粒径を発生し得れば、人呼吸道の各部位に応用し得る治療用ネブライザー (Neb.) である。

Lang⁴⁾によれば、超音波 Neb. では粒径は振動板の振動数により決定され図表1の如くで、

$$D_p = k \sqrt[3]{\frac{8\pi T}{\rho_p F^2}}$$

$$\left[\begin{array}{l} D_p : \text{平均粒径, } k : \text{常数, } T : \text{表面張力} \\ \rho_p : \text{密度, } F : \text{振動数} \end{array} \right]$$

で示され、kは0.6と高野⁵⁾らにより発表された。

15~0.5 μm のエアロゾル粒径を得るには0.7, 1.4, 2.8 MHzの3種の振動板を用い、その標準偏差を勘案すれば可能であると考えられる。

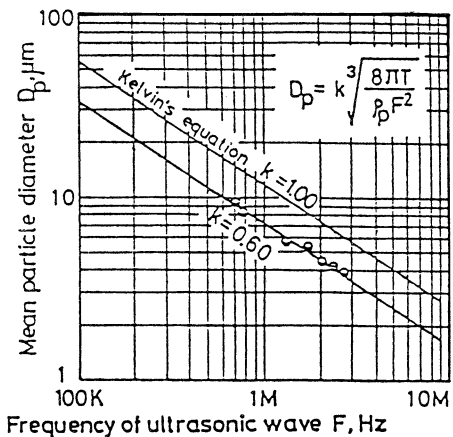
B エアロゾル発生装置と測定方法

0.7, 1.4, 2.8, MHz の超音波振動板を用いて、1.5~0.5 μmの粒子を発生するには、次の3つの方法が考えられる。

- 1) 0.7, 1.4, 2.8MHz の3種の振動板を同一水槽内に装着して、切替装置にて1振動板のみ発生させて作用場所により振動数を決定す

図表1. 超音波ネブライザーの振動数と粒径

Frequency	Dp(μm)	S.D.	Geom. S.D.	Gener. Name
760 K.HZ	9.39	4.75	1.51	
1.32 M.HZ	5.80	2.32	1.40	Neburon
1.40 M.HZ	6.89	5.45	1.79	U-3200
1.70 M.HZ	5.40	2.11	1.39	Omron
2.10 M.HZ	4.74	2.80	1.59	Ne-U-10
2.70 M.HZ	4.00	1.52	1.38	UDV
2.80 M.HZ	4.12	3.84	1.93	
3.20 M.HZ	3.60	1.50	1.42	



る。

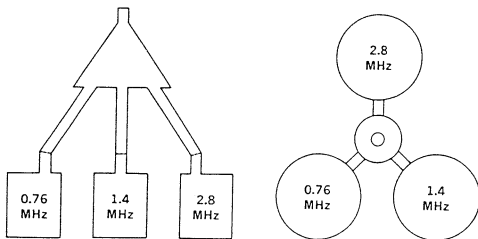
2) 前者と同様に2～3枚を同一水槽内に入れ、切替装置にて2枚の振動板を種々組合せて同時に発振させて、目的場所によりその組合せを選定する。又Mikhailov⁶⁾の理論によれば、周波数の異なった2つの超音波を重ね合わせるとき、それ等の非線形相互作用の結果、各振動数の差と和と更に周波数に対応する超音波が発生すると発表されている。即ち1.0と1.7MHzを同時発振させると、その差0.7と和2.7MHzの振動が発生する。図表2の如きが予想し得る。0.7、1.0、1.7、2.7MHzの各々より15～0.5 μm の粒子を予測し得る。この実験結果を測定した。

図表2. MIKHAILOV 理論

	差			和
振動数	0.7MHz	1.0MHz	1.7MHz	2.7MHz
期待粒径	10 μm	6 μm	5.4 μm	4 μm
S. D	4 μm	3 μm	2 μm	1.5 μm

3) 0.7、1.4、2.8MHzの各々1枚ずつの振動板を有する3個の別々のNeb.より、単独、2者、又は3者を組合せて用いる方法の粒径分布も検索した。(図表3)

図表3.



実験液体としては注射用蒸留水を用い、粒径測定には、カスケードインパクトと、ナ

フトールグリーンBゼラチン膜痕跡法を組合せて用いた。

C 実験結果と考察

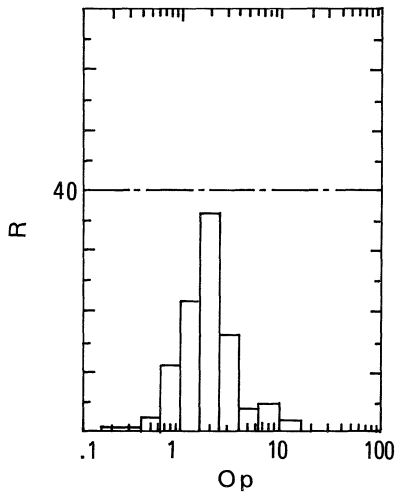
1) の実験では、図表1に示した成績を得たが、鼻、咽、喉と副鼻腔等2ヶ所を同時に作用させるには不便である。呼吸道の1ヶ所の際には有用である。

2) の方法は種々の組合せが出来る。単独の際は先に述べた如くであるが、0.7と1.4MHzでは平均粒径3.65 μm (最大,最小粒径15.67～0.85 μm), 0.7と2.8MHzでは4.26 μm (25.01～0.11), 1.4と2.8MHzで2.87 μm (12.16～0.11)の成績を得た。すべて2峰性を示したが期待したような単独振動の合成された粒度分布は得られなかった。1.0と1.7MHzの成績を図表4に示す。0.7MHzによると思われる15 μm 以上の大粒子と、和の2.7MHzによる1.0 μm 以下の小粒子も得られたが、共に発生量が少い。固有の1.0、1.7MHzの発生粒子が多量で振動数が近いので重積された所見を認めた。確かに広範囲であるが多峰性の所見は顕著でない。以上要するに1枚の薬槽底部の振動板に2種の水槽内超音波発生振動板による振動を伝達させてもその応答性の相違、各振動の互の干渉、うなりに相当すると考えられる現象を生じ複雑な振動が発生するものと考えられる。超音波を液体に誘導せず、2種の超音波のみの重ねあわせの際のみMikhailovの理論は成立するものではなからうかと思考する。

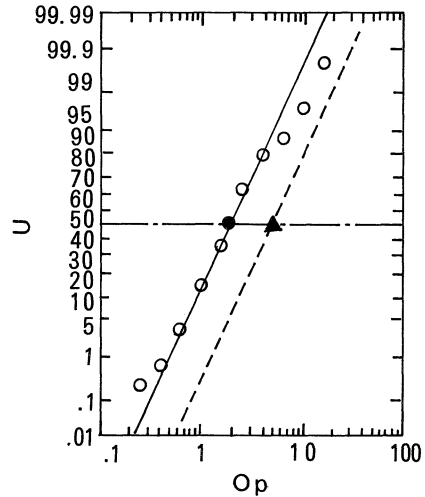
3) の0.76、1.4、2.8MHzの振動板を有する3個のNeb.を併列に装置し、単独、2者又は3者を選択、混合して使用した際の成績を図表5に示す。0.76と1.4MHzの際は最大径33.3 μm 、最小0.106 μm 、平均粒径5.39 μm 、幾何標準偏差2.94、又0.76と1.4と2.8MHzの3Neb.を同時発生させて混合すれば25.0～0.107 μm の最大,最小粒径を、

図表 4.

データ = DOP 201



サンプリングスウ…………… 469 コ
 ブンカツスウ…………… 5/1 オーダー
 サイタクイキ…………… 10 ~ 90 [%]
 ヘイキンリュウケイ…………… 1.87 E + 00 ミクロン…… ● → Number mean diameter
 キカヒョウジュンヘンサ…………… 1.79



1.0 + 1.7 MHz
 ▲ → Mass mean diameter
 $D'p_{50} = 5.17 \mu\text{m}$
 ● → Number mean diameter

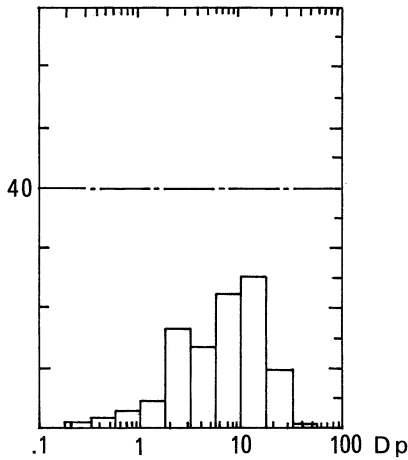
又 $2.52 \mu\text{m}$ の平均粒径，幾何標準偏差 3.39 の測定結果である。幾何標準偏差が 2.94, 3.39 は大小種々の粒子の混合していることをあらわし，更に後者では各粒径の発生量も稍同程度平等である。目標の $15 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の粒子を十分に含み，各径の粒子量も満足すべきものとする。この3者混合の成績は各Neb.の霧化量を1分間 1.5 ml としたものである。

各Neb.が独立しているため，霧化量も加減し得，又各薬槽に異なる薬剤も投入し得て，前の2つの考案よりも数段有用である。即ちこの方法にて，単独，2者，3者を選択，混合し応用すれば人呼吸道各所に，同時に作用し得る有用な装置と思考する。しかし装置が大となる欠点がある。更にコンパクト化する考慮が必要である。

D 結論

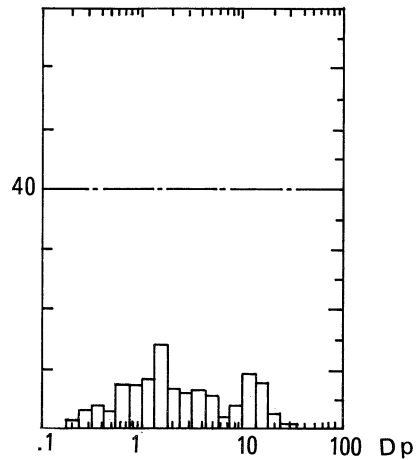
- 1) エアロゾル療法では，作用期待部位により最適粒径を選ぶべきである。
- 2) $15 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の粒径を発生し得れば，人呼吸道（副鼻腔，耳管，中耳腔等の閉鎖腔を含む）の各部に応用し得る治療用Neb.である。
- 3) 超音波Neb.では，発生粒径は振動板の振動数により決定される。
- 4) 一枚の振動板の振動数を自由にかえることは現時点では難しい。
- 5) 超音波を用いて $15 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の粒子を得る3種類の方法を述べた。それぞれ得失がある。
- 6) 0.76, 1.4, 2.8 MHz の3枚の振動板を同一水槽内に入れず，別々のNeb.とし，これを単独，2者又は3者を選択，組合せを用うれば人呼吸道の各部に，又同時に作用し得る。
- 7) 0.7, 1.4, 2.8 MHz の3種の振動板を，1個の水槽内に装着し，各々を切り替えて目的部位に

図表 5. データ = AA 12 : T 14



Particle size distribution of aerosol from
0.76 + 1.4 MHz ultrasonic nebuliner
サンプリングスウ…………… 200 コ
ブンカツスウ…………… 4/1 オーダー
ユウイサ 1) …………… . 1 ~ 99.9 [%]
ヘイキンリュウケイ…………… 5.39E+00 ミクロン
キカヒョウジュンヘンサ…………… 2.94

データ = AA 11 : T 14



Particle size distribution of aerosol from
0.76 + 1.4 + 2.8 MHz ultrasonic neb.
サンプリングスウ…………… 700 コ
ブンカツスウ…………… 8/1 オーダー
ユウイサ 1) …………… . 1 ~ 99.9 [%]
ヘイキンリュウケイ…………… 2.52 E+00 ミクロン
キカヒョウジュンヘンサ…………… 3.39

応用し得るが、2 部位同時には使用し得ない。

- 8) 振動数の異なる 2 枚の振動板、例えば 1.0、1.7 MHz のものを 1 個の水槽内にて同時発振させると Mikhailov の理論によりその差 0.7、と和 2.7 MHz と 1.0、1.7 MHz の振動を発生するが、差 0.7 と和 2.7 MHz の霧化量が僅少である。
- 9) ⑥⑦⑧の方法ともそれぞれ得失があるが、⑥の 3 個の Neb. を選択、組合せて混合应用すれば、霧化量も調節し得、異った薬剤も同時に使用し得て、万能の効果を期待し得、又調節可能な広域粒径超音波 Neb. で、現時点では最良の方法と考えるが装置が大である。コンパクト化する必要がある。

文 献

- 1) 兵他：フィブラチオンス、エアロゾル療法の鼻疾患への応用、第 3 回医用エアロゾル研

究会報告 13 頁 (昭 54. 11 月)

- 2) 兵他：副鼻腔自然口の大きさ と エアロゾル粒径との関係、第 4 回医用エアロゾル研究会報告 18 頁 (昭 15. 11 月)
- 3) 兵他：耳管、中耳腔へのエアロゾル療法の基礎的研究、第 8 回医用エアロゾル研究会報告 2 頁 (昭 59. 10 月)
- 4) Lang, R. J. : Mean Particle size by ultrasonic Generator, J. acous. soc. Amer. 34, [1], 6. (1962)
- 5) 高野他：超音波によるエアロゾル粒子の発生、化学工学協会第 13 回秋期大会 (昭 54. 10 月) 及び化学工学協会第 14 回春期大会 (昭 55. 4 月)
- 6) G.D. Mikhailov : " The distortion and intraction of acoustic waves of finite amplitude in a viscous medium", Soviet phys- Doklady 1, 409 (1956)