

## ●特別寄稿 総説●

## 呼吸療法—温故知新—

丸川征四郎

キーワード：日本呼吸療法医学会，歴史的考察，独自性，理念，社会貢献

## 要 旨

本稿では、日本呼吸療法医学会（以下、当学会）の創設期に活躍し、我が国の呼吸療法を開拓し学会活動を盛り上げた先達の実績を振り返り、当学会の今後の在り方を考える機会とした。1980年の学会創設当時、PEEP、高頻度換気（high frequency ventilation：HFV）、肺酸化能評価法などにおいて、現在では高頻度振動（high frequency oscillation：HFO）以外は使用されていないが、独自の方法が提案、開発された。今日、呼吸療法はガイドラインやクリニカルパスに縛られ、当時の自由闊達で独創的な研究姿勢が失われつつある。この研究姿勢が継承されることを期待したい。特に、当学会を創設した精神に立ち返り、学会主導でAIを利用した呼吸管理を開発するなど、新たな課題に積極的に取り組むべきである。

当学会には、学会自体の存続の危機を経験した苦い経験がある。学術集団であっても自分達の世界に閉じこもるのではなく、社会に貢献することで、その存在意義を社会から認識されることの重要性を学んだ。この思想は、当学会の基本理念であって忘れてはならない。

## I. はじめに

温故知新が論語（為政編）の「子曰く、故きを温ねて、新しきを知れば、以て師と為るべし」に由来することは言うまでもない。この熟語が、第39回日本呼吸療法医学会学術集会（2017年、東京）の主題とされた背景には、医療の在り方が大きく転換する潮流の中で、学会の在り方も問われていて、その歴史的な評価が参考資料として求められていることがある。

日本呼吸療法医学会（以下、当学会）の歴史を紐解くと、いずれの時代にも興味深い話題があって学ぶべきものが多いが、筆者にとって最も興味深いのは、学会が創設された1980年前後10年である。なぜなら、我が国の呼吸管理の履歴において最も創造的であったと思われるからである。本稿では、紙面の許す限り、

当時の時代背景と当学会を創設し盛り立てた先達の足跡をたどり、今日的意義を探ることとする。

II. 当学会の歴史に学ぶこと  
—専門性の先鋭化と孤立

当学会は1979年に人工呼吸研究会として発足した。翌年に日本人工呼吸学会を100名超の会員で旗揚げして以降、2017年の第39回学術集会には約2,000名の参加者を迎えるまでに発展した（表1）。しかし、第18回を日本呼吸療法医学会と名称変更し、再出発とせざるを得ない危機的状況を経験した。その主な要因は、人工呼吸器の作動解析と自発呼吸パターンへの適応を追究するあまり、高度に先鋭化した少数の知識集団を生み、彼らの個性も災いして一般演題までもが厳しい批判的な攻撃を受け、年々演題数と会員数が減少したことにある。この苦い経験から、専門性を高めることは同時に、内向きになり孤立化すること、多様性を失う

医療法人医誠会医誠会病院 救急医療センター（名誉院長）/  
近畿大学医学部 救急医学講座（客員教授）

表1 日本呼吸療法医学会史の節目

1979.7.14	第1回	人工呼吸研究会	西邑信夫
1980.7.5	第2回	日本人工呼吸学会	西邑信夫
.....	.....	.....	.....
1993.7.9 ~ 10	第15回	日本人工呼吸学会	島田康弘
.....	.....	.....	.....
1996.7.5 ~ 6	第18回	日本呼吸療法医学会	野口 宏
.....	.....	.....	.....
2001.8.3 ~ 4	第23回	日本呼吸療法医学会	篠崎正博

研究会から学会（第2回）、会期を2日間（第15回）、日本呼吸療法医学会に名称変更（第18回）、メディカルスタッフ会員の参加（第23回）、第32回から理事長制導入などが節目である。

こと、協調性をなくし自らの発展を閉ざす危険性をはらむことを学んだ。その反省として選択した道は、守備範囲を拡げ、関連分野と連携協働し、医学界と市民社会へ活動の場を拡げることを基本方針として、名称を変更した再出発であった。その後、今日に至るまで基本方針を外すことなく、学問的にも臨床的にも人工呼吸法に限定せず広く呼吸療法に取り組み、医師単独の活動から多職種で構成したチーム医療を推進し、インフルエンザパンデミックへの対応など社会的視野での呼吸療法に関わり、かつ他領域の医療者も活用できるガイドラインを策定することなどに取り組んできた。学会組織も法人格を取得し理事長制に移行するなど、専門性、多様性、社会性の向上を図ってきた。

学術集団といえども、市民社会に受け入れられ、その存在意義が認められなければ、ただの同好会に過ぎない。今後も、ますます懐深く、視野広く、思慮深く活動する学術集団として、広く社会に貢献しなければ、その存在意義を失いかねないことは銘記すべきである。

### Ⅲ. 人工呼吸器の開発—国産空洞化

当学会の起源である人工呼吸研究会は、Servo 900Cの国内販売に先駆けて、その画期的な性能を学ぶために発足した。当時は、従圧式から従量式へシフトし、間欠的強制換気（intermittent mandatory ventilation：IMV）の発展型として強制分時換気（mandatory minute ventilation：MMV）が提唱されたが、メカはPneumaticの時代であった。そこに、電子回路によるservo制御（feed back servo control）システムの出現は、まさに革命的であった。また、理論判断回路がハードウェアで構成されたデジタル回路を採用していたこと、



図1 国産人工呼吸器 SSV-200

SSV2000 (Systematic and Safety Ventilator) はSSV project team (川重防災工業社、兵庫医科大学救急災害医学)が開発した。本格的なPAVモード機能に対応する機能（最大送気流量300L/分、気道抵抗とコンプライアンスの自動計測）を備えた高性能な国産人工呼吸器である（現在は販売していない）。

今日では基本モードである呼気終末陽圧（positive end-expiratory pressure：PEEP）、同期式間欠的強制換気（synchronized intermittent mandatory ventilation：SIMV）に加えて圧支持換気（pressure support ventilation：PSV）、圧規定換気（pressure control ventilation：PCV）が初めて装備されたことも特筆できる。洗練された外観、成人から乳児まで適用できるなど、他を圧倒し全世界を席卷した。その後、マイクロプロセッサによる制御機構が主流となるが、この開発競争に我が国は追従できなかった。

一方、我が国の人工呼吸器は、1950年代のポリオ大流行後に開発された諸外国の主要機器Manley、Bang、Engstrom、Draeger、Bird、Bennettらにならんで、Aika Respirator R-100（市河至誠堂）があった<sup>1)</sup>。その後、ICUでも使用可能な国産の汎用性人工呼吸器は1985年発売開始のCV-3000（IMI社）が愛好されたが1992年に生産を終了し、後継機種も世界進出には程遠く2001年に完全に撤退し、今日に至るまで国産空洞化状態である。

しかし、我が国に高性能な人工呼吸器を開発する技術力がなかったわけではない。2009年、著者らはSSV-200を川重防災工業社と共同開発した（図1）。当機は構成部品の98%が純国産であるだけでなく、比例補助

表2 PEEPの歴史

1878	Oertel	自発呼吸+PEEP	成人ボランティアでFRC増加
1912	Bunnell	自発呼吸+PEEP	開胸手術患者のチアノーゼ改善
1930	年代		開胸手術には酸素、笑気、PEEP
1938	Barach		喘息、肺水腫の治療にCPAPを用いた
	1930年代後半から		低い気道内圧、間欠的陽陰圧人工呼吸法
	1960年代後半まで		PEEPは殆ど用いられていない
1959	Frumin		PEEPの再評価
1960	Lenfant		PEEPの再評価
1968	Ohio 560		初めてPEEPを搭載した人工呼吸器
1969	McIntyre	IPPV+PEEP	呼吸不全患者に使用 (positive expiratory pressure plateau)
1969	Ashbaugh	CPPB (IPPV+PEEP)	ARDS <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F<sub>I</sub>O<sub>2</sub>の改善 死亡率の低減</span>
1970	Gregory	CPAP (Spont+PEEP)	I RDS

AshbaughはARDSの治療にCPPB(IPPV+PEEP)を用いオリジナルと報告したが、直近のMcIntyre、Lenfant、Fruminらの報告がある。彼はこのことを知らなかったとしているが…?

換気 (proportional assisted ventilation : PAV) 機能を搭載し、自発呼吸補助での最大送気量 300L/分、システム制御周期 2msec、気道抵抗とコンプライアンスの自動計測機能を有して、PAV理論を提唱した Younos 博士をして“miracle!”と感嘆せしめた。しかし、約 20 台を生産し市販体制に入った時、突然、親会社によって他社に売却されたため、開発グループと生産ラインが解体され、撤退を余儀なくされた。筆者が「幻の名器」と言う所以である。

人工呼吸器の継続的な生産販売は、多くの家電製品と同様に他社と差別化できる独自の機能、新モデルの継続的提供、世界規模での販売網が欠かせない。展示した SSV-200 を見たある医師は、縦長で飾り気のない体裁に「ゴミ箱ですか?」と言ったが、外観や人間工学的なデザインの良さも重要である。その意味で、人工呼吸器製造も自動車と同じく技術集約産業であり、豊富な資金力がなければ事業として継続できない。残念ながら我が国には行政を含めて、当時は医療産業を幅広く育成する体制にはなかったということだ。

#### IV. PEEPへのこだわり

##### 1. PEEP圧を変動させる

PEEPへの関心は古く 1800 年代に遡る。現代型の人工呼吸器に搭載されたのは 1968 年 Ohio 560 とされている (表 2)。Ashbaugh や Gregory らの急性呼吸不全治療への応用よりも遙か以前に、注目すべき Barach の

業績がある。彼らの持続気道陽圧 (continuous positive airway pressure : CPAP) 回路 (図 2) は、現在に照らしても欠けるところがなく、carrier gas としてヘリウムガスを用いる点はむしろハイレベルである。1989 年、Baum が 2 つの PEEP レベルで酸素化と換気を目的とする二相性気道陽圧 (biphasic positive airway pressure : BIPAP) を提唱し注目され、PEEP は新たな段階に入ったが、これに先立ち、我が国では Fluctuation PEEP (CPAP)<sup>2)</sup>、変動 CPAP 換気法<sup>3)</sup> が提唱された (表 3)。

BIPAP との決定的な違いは、PEEP の変動が BIPAP の矩形波に比べて、ほぼサイン波である点にある。その優位性は圧上昇相が緩やかで、時定数の大きな末梢気道にも、再拡張圧 (opening pressure) の異なる虚脱肺胞にも送気され、より多くの肺胞が換気されて酸素化能が改善することとされる。さらに、圧下降相が肺胞ヒステレーシス曲線の呼気相に相当し、肺胞がリクルートされて拡張した状態で自発呼吸が行われ、この時間が長く続くので air trapping も起り難く、酸素化能と換気がより良く改善される。しかも、1975 年 Suter の Optimum PEEP 以降、ほぼ 20 年にわたって論争された最適 PEEP でネガティブ効果とされた循環抑制も BIPAP に比べて少なく優位と推定される。しかし、これらを追試する動物実験も臨床研究もなく、人工呼吸器への搭載もなかったことから、提案者だけの業績に留まってしまったのは誠に残念である。

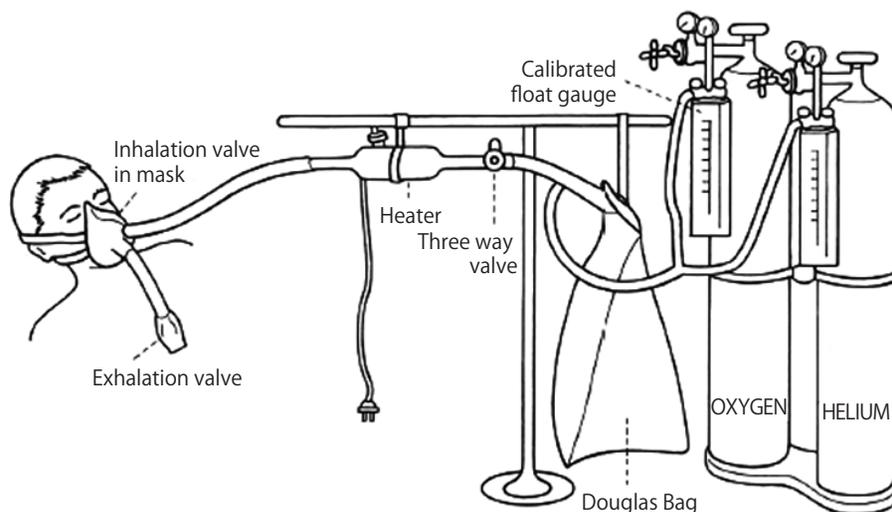


図2 BarachのCPAP回路

患者は、混合ガス（ヘリウム・酸素）をリザーババッグ、加温器、フェイスマスク、吸気弁（非再呼吸）を通過して吸入し、マスクに付随するPEEP呼気弁を通して呼出する。  
 1930年代、開胸手術が酸素、笑気、PEEPで行われていた。Barachはこの装置を喘息、肺水腫患者の治療に用いた。

表3 換気モードへ発展したPEEP（変動PEEPの歴史）

1987	Stock	APRV
1988	稲葉英夫	Fluctuation PEEP (CPAP)
1988	宮野英範	変動CPAP換気法
1989	Baum	BIPAP (EVITA)
	1998	BiLevel (Bennett 840)
	2002	Biphasic (AVEA)
	2003	Bi-Vent (Servo-i)
	2004	BiLevel (Engström Carestation)
	2007	DuoPAP (Hamilton-G5)
1992	Rouby	IMPRV (sAPRV)
2004	Habashi	APRV

気道圧開放換気 (airway pressure release ventilation : APRV)、BIPAPでPEEPに換気要素が導入されたが、同時期に、独自にFluctuation PEEP (CPAP)、変動CPAP換気法が提唱された。

## 2. PEEP圧を振動させる

呼吸振動換気法 (Vibratory PEEP)<sup>4)</sup> は、Servo 900Bの換気条件の設定ミスでPEEP弁が振動した現象に由来する。提唱者は、この現象を見逃さず精力的に研究し、気道分泌物の排出促進、虚脱肺胞の再拡張、肺水分量の減少、換気不均等の是正などで動脈血酸素分圧と換気が改善するとした。振動を付加する専用装置を開発したものの普及はしなかった。Vibratory PEEPは呼吸相を振動させるので、PEEPよりも高頻度換気 (high frequency ventilation : HFV) の系譜に近い (表4)。HFVでは重畳する振動周波数、振動のタイミング、

表4 我が国におけるHFVの創的研究

1971	Jonzon	HFPPV
1977	Klain	HFJV
1979	太田保世	吸気振動換気法
1980	宮坂勝之・Bohn	HFO (高頻度振動)
1981	岡元和文	OPPV (IPPVにHFJO重畳)
1981	財津昭憲	Vibratory PEEP (呼吸振動換気法)
1982	宮野英範	累積高頻度ジェット換気法
1982	篠崎正博	重畳HFJV (自発呼吸に重畳)
1986	安本和正	SOV (IPPV+HFO)

HFVについては、早期から多くのアイデアが提案され、国産のMera HFO Jet ventilatorは1982年に発売された。

振動付加の方法でいくつかのバリエーションがあり、Vibratory PEEPと他との優劣を論ずることが難しい。この換気法では、全呼吸サイクルに振動を加える高頻度振動 (high frequency oscillation : HFO)<sup>5)</sup> が、我が国で開発された専用人工呼吸器 (ハミングバード、メトラン社) とともに全世界に広まっていることは周知のとおりである。

## V. 肺酸素化能を測る

今日、肺酸素化能の指標としてPaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>が用いられているが、その理論的根拠は呼吸生理学には存在しない。呼吸生理学は数式で構成された学問のため、大半の臨床医には近づき難い分野であるが、その基本式

は、

$$V_E = V_I - VO_2 + VCO_2$$

である<sup>6)</sup>。換気血流量比、肺内シャント率、 $AaDO_2$ 、死腔率もこの式から出発している。肺内シャント率は、肺内シャント血流、換気血流不均 ( $VA/Qc$ ) などに基づく指標である。吸入酸素濃度が増加すると  $VA/Qc$  成分が消滅し「真のシャント (true shunt)」のみが残り、肺内シャント率と  $AaDO_2$  が低下することが理論的に示されている。約 50 年前、筆者は全身麻酔下の健常肺患者で、これを検証したところ  $AaDO_2 - PAO_2$  関係は  $X = Y$  に近似した直線となり理論値に反した。呼吸不全患者では  $PAO_2$  増加に伴って直線は大きく傾いた。

そこで、この直線の傾きを肺酸化効率の指数とすることを提案し modified Respiratory Index ( $PAO_2/PaO_2; M$  index) と呼んだ<sup>7)</sup>。modified としたのは、既に関連した報告があったことを後になって知ったためである。この直線関係は、呼吸生理学の数式を捻り回しても説明できない。これを学会発表した時、「バカなことを言うな!」と権威者からひどく叱られた。その後、新生児の呼吸管理で重症度を反映する  $M$  index-pHa チャートや  $M$  index 計算尺を開発した。また、 $M$  index を PEEP 値で補正した重症度判別式  $Z$  を提唱する報告もあった<sup>8)</sup>。当初、 $PAO_2$  に代えて  $FiO_2$  を用いる考えもあったが、単位の異なる数値を比較することに強い抵抗感があって採用しなかった。しかし、臨床的には  $PAO_2/PaO_2$  の理論的整合性よりも、 $PaO_2/FiO_2$  の「使いやすさ」が優先され生き残った。大切な教訓であった。

## VI. 温故知新

当学会からいくつもの優れた研究成果が報告されている。これらから学ぶものが多いことは百も承知しているが、この時代は当学会史で最も独創的であった。しかし、40 年後の現在、いずれも歴史に痕跡を残すのみで、HFO を除いては生存しておらず成功したとは言えない。とはいえ、不成功は同僚や後輩に別の道を選択させることで成功を誘導し貢献したであろうから、不成功を恐れるべきではない。また、独創的で有り得たのは、独自の課題解決への執着、意欲、努力、勇気、そして何よりも闊達奔放な「発想する姿勢」の継続があったからだろう。この意味でも HFO 着想の秘話は興味深い<sup>9)</sup>。

今日、ランダム化比較試験 (randomized controlled

trial : RCT) 研究で得られたエビデンスに基づくガイドラインを遵守することが強く求められている。良質で安全な医療を提供する観点からも、施設が異なっても均質な医療が提供されるべきという市民感覚からも当然である。しかし、RCT 研究は高い有意性を示した研究ほど entry criteria が狭く、あまねく患者に適応できるものではない。にもかかわらず、患者の個性を尊重する意見が、誤謬とされ、異端視され、その結果、自由な発想、創造意欲は抑圧され、さらに多職種連携や業務合理化を推進するためのクリニカルパスで画一化、規格化され治療メニューが重要視されて、科学的な観察や分析の目を曇らせていると思われる場面が少なくない。1980 年代の闊達奔放な「発想する姿勢」からみれば、創造性の脆弱化が危惧されるころである。

## VII. 当学会の展望

当学会で話題となった主な課題を歴史的に並べると、Servo 900C への興味に始まって、呼吸不全病態と換気モードの適合性、呼吸管理から呼吸療法へ領域拡大、そして今日の多職種協働による呼吸療法に至っている。学会員の構成も、医師のみから、看護師、理学療法士、臨床工学技士、薬剤師など多職種で構成された集団へと変貌した。人工呼吸器は充実して機種間の機能的格差がほとんどなくなり、誰でも使えるようになった。医療環境が急速に変化するなかで、一般企業と同様に学会組織も自らの方向性を意図的に選択しなければ消滅する時代になった。筆者は、当学会は市民社会に開かれ、その存在意義を認められる呼吸療法の専門家集団であるべきと考えている。そのためには、社会の求める諸課題に積極的かつ創造的に挑戦することが不可欠である。少子高齢化と医療費削減のもとでは、医療経済的な負担軽減は不可避な課題である。患者の自律のもと個別的医療の提供も重視すべきである。AI 誘導による呼吸療法、遠隔治療支援システムによる広域共同管理、人工呼吸器の自動化など新たな課題が想定される。これらを遂行するには、新しい技術と卓越したアイデアが必要であり、闊達奔放な「発想する姿勢」を育成することが望まれる。

## VIII. おわりに

当学会を支える医師の多くは麻酔科学を学問的基礎としているので、日本麻酔科学会で年間の最優秀論文

に与えられる山村記念賞を1例として引用する。呼吸療法関連の論文は、1982年の第1回から第6回までは、毎年、受賞したものの、その後は第10回に1件あるのみで本年の第36回に至るまで皆無である。学術的興味が免疫やミクロの世界へ移ったことが主な要因であろうが、仮に今後、受賞研究を輩出するとすれば、当学会は何をなすべきであろうか？

近年、AI技術が隆盛するなか、呼吸生理学的情報を扱う我々にとっても活用する価値が高い。この技術革新の波に乗り、新しい時代の呼吸療法を切り開く好機かもしれない。新たな課題に積極的に挑戦すべきことを提言し稿を終える。

本稿は、第39回日本呼吸療法医学会学術集会(2017年、東京)での招請講演「呼吸療法—温故知新」に基づいて執筆した。招請をいただいた布宮伸会長には、紙面を借りて改めて感謝を述べたい。

本稿の著者には規定されたCOIはない。

#### 参考文献

- 1) Mushi WW, Rendell-Baker L, Thompson PW, et al : Automatic Ventilation of The Lungs. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1969, pp231-5.
- 2) Sakurada M, Inaba H, Sato J, et al : Fluctuating CPAP (F-CPAP) versus conventional CPAP (C-CPAP) in dogs with blood aspiration. J Anesth. 1991 ; 5 : 36-42.
- 3) 宮野英範, 安藤 浩, 清田豊秋ほか : 変動 CPAP 換気法. 臨床麻酔. 1988 ; 12 : 725-30.
- 4) 財津昭憲 : 高頻度極短時間呼気遮断による呼気振動型呼気終末陽圧人工呼吸. 呼吸. 1984 ; 3 : 794-801.
- 5) 宮坂勝之 : 高頻度振動式人工換気法 (HFO) の最近の進歩. 日本新生児学会雑誌. 1987 ; 23 : 13-20.
- 6) 白石晃一郎 : ガスと血液のふれ合い. 笹本浩編呼吸器疾患 2. 1969, pp255-340.
- 7) 丸川征四郎 : 肺における血液酸素化効率評価の試み—Respiratory M index の理論的解析. 麻酔 1977 ; 24 : 1501-10.
- 8) 財津昭憲 : ARDS と高頻度呼気遮断 PEEP 人工呼吸. 救急医学. 1985 ; 9 : 179-87.
- 9) 仁志田博司 : 臨床医と技術者の情熱が世界に発信した 石の肺でも換気する HFO. わが国の近代新生児医療の軌跡. 大阪, メディカ出版, 2015, pp144-51.

### Japanese Society of Respiratory Care Medicine-visiting old and learn new

Seishiro MARUKAWA

Department of Emergency Medical Service Center, Iseikai Hospital /  
Department of Emergency & Critical Care Medicine, Kindai University Faculty of Medicine

Corresponding author : Seishiro MARUKAWA

Department of Emergency Medical Service Center, Iseikai Hospital  
6-2-25 Sugawara, Higashiyodogawa-ku, Osaka, 533-0022, Japan

Key words : Japanese Society of Respiratory Care Medicine, historical perspective, identity and responsibility, academic policy, social contributions

#### Abstract

The activities of the Japanese Society of Respiratory Care Medicine since its establishment in 1979 were reviewed. Specifically, backgrounds and processes of innovative clinical studies in 1990s, including those of PEEP, HFV, HFO and the lung oxygenation capacity evaluation are presented. All of those investigations were conducted by researchers fueled with free-spirited mind and unique ideas. Such an attitude toward investigation is contrasted with current trend of researchers who tend to be tied with clinical paths and guidelines, potentially hampering future development of respiratory care. The author believes that the Society assumes responsibility to revive the previous attitudes toward investigation, to stimulate clinical investigations with social significance, and to maintain its identity as an academic policy that promotes social well-being.