

給水用大気圧式バキュームブレーカの 試験方法の検討

江 川 隆 進

Studies on the Test Methods for Atmospheric Type Vaccum Breakers of Water Supply Systems

Takayuki Egawa

This paper deals with the comparis on of test methods of HASS (The Society Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan), ASSE (American Society of Sanitary Engineering) and the Author.

As a result, I suggested a part of new test methods.

1. ま え が き

バキュームブレーカは逆流防止器の一種であり、逆サイホン作用による給水系統への汚染水の逆流を防止するための器具である。すなわち、給水管内に負圧が生じたときに、管内へ自動的に空気を導入する機能を有するものである。種類として、常時給水圧力のかかっている部分に取り付ける圧力式と圧力のかかっていない部分に取り付ける大気圧式とがある。わが国では、後者のブレーカが大便器の洗浄弁に取り付けられていることがあるが、他の衛生器具への普及は未だ遅れているのが現状である。

したがって、上水汚染防止の観点から、水栓に適したバキュームブレーカの開発が必要となるが、それと並行して適正な試験方法が必要になってくる。

そこで、本研究は大気圧式バキュームブレーカについて、HASS(空気調和・衛生工学会)211-1981大気圧式バキュームブレーカの水位上昇試験、ASSE(American Society of Sanitary Engineering)と筆者の実験とを比較検討を行って、その違いを明らかにするとともに、より適正で、迅速に、かつ簡単な試験方法を導くことにしている。

2. 試験方法の比較

以下に述べる試験のための装置は、細部について異なる点があるにしても、概ね図1のような仕組みになっている。操作方法もほぼ同様で、まず第一に真空タンク内を所定の負圧に設定し、つぎに開閉弁を急開してバキュームブレーカの下部の透明管に上昇する水位を測定するか、負圧

の減少や増加の時間を測定するのである。

ここで、試験方法の違いを明確にして、後述の試験方法の提案の基礎とする。

2-1 HASS の水位上昇試験

固定式も可動式のバキュームブレーカとも水位上昇試験は同じであり、バキュームブレーカの下部の透明管に上

昇する水位を測定するが、許容最大上昇水位は、安全率を考慮して 75 mm としている。そこで、その試験方法を図-2 に示して説明を加える。

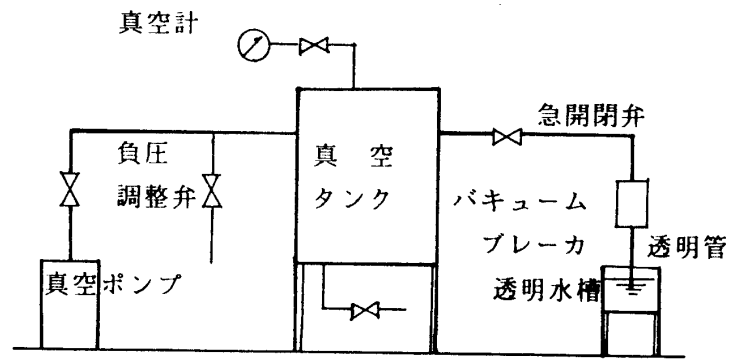
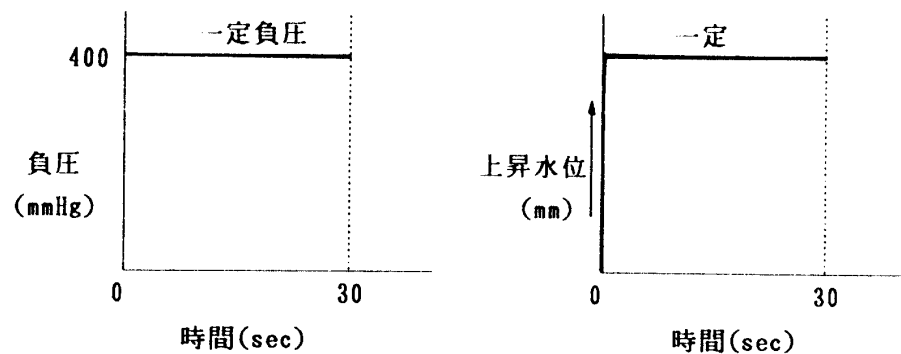
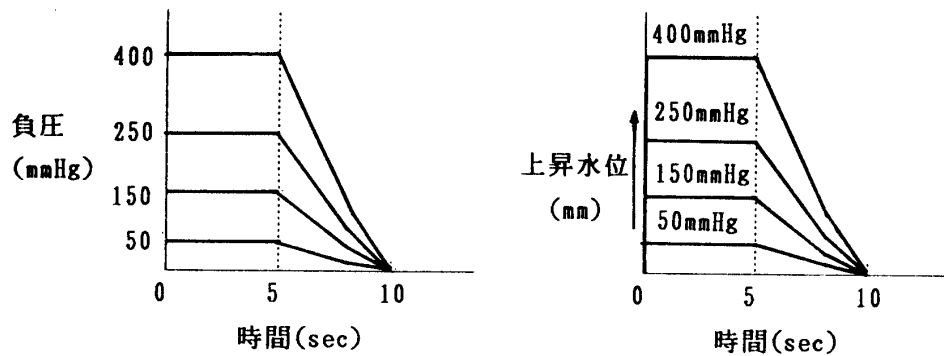


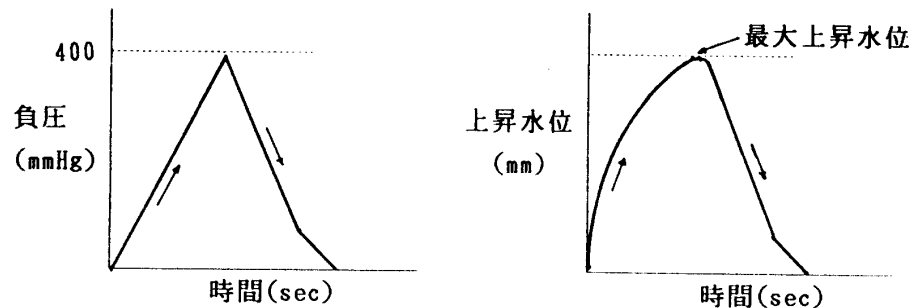
図-1 試験装置



a 図 a 試験



b 図 b 試験



c 図 c 試験

図-2 HASS の水位上昇試験

a 試験, 400 mmHg の一定負圧を 30 秒間加える。その間の上昇水位は、瞬時に最高水位に達してそのまま 30 秒間持続する。(a 図)

b 試験, 50, 150, 250, 400 mmHg の各々の負圧を 5 秒間加え, その後 5 秒間大気圧に戻すことになっている。各々の負圧の上昇水位は、瞬時に最高水位に達して 5 秒間持続し, その後は大気圧, すなわち 0 mmHg まで急低下する。(b 図)

c 試験, 一定の割合で 0 から 400 mmHg まで負圧を増し, つぎに 400 mmHg から 0 まで減らして, その間の上昇水位を測定することになっている。上昇水位は 400 mmHg 付近で最高水位に達する。(c 図)

なお, 以上の試験はそれぞれ 5 回行うことになっている。

2-2 ASSE の空気流入試験

図-3 に示すように, バキュームブレーカの空気導入口と通水弁の開口部の空気流入の比較試験であり, その試験方法を図-4 に示して説明を加える。

(1) 試験 空気導入弁を閉じ, 通水弁を開口した状態で負圧が 635 mm (25 インチ) Hg から 127 mm (5 インチ) Hg まで落したときの時間の測定を行う。

(2) 試験 通水弁を閉じ, 空気導入弁を開口した状態で (1) 試験と同じように負圧の低下時間の測定を行う。

上記の試験は 3 回以上の平均値で示して, (1) に要した時間は (2) に要した時間に等しいか, それ以上でなければならない。言い換えれば, 空気導入口の方が通水弁の開口部よりも空気導入量が多くなければならないことである。

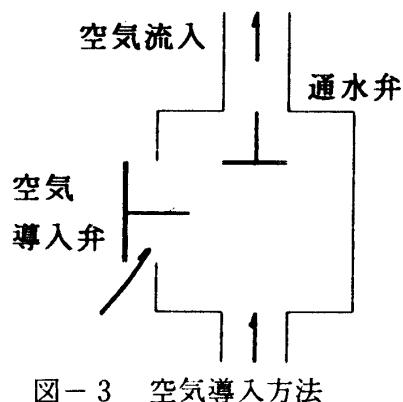


図-3 空気導入方法

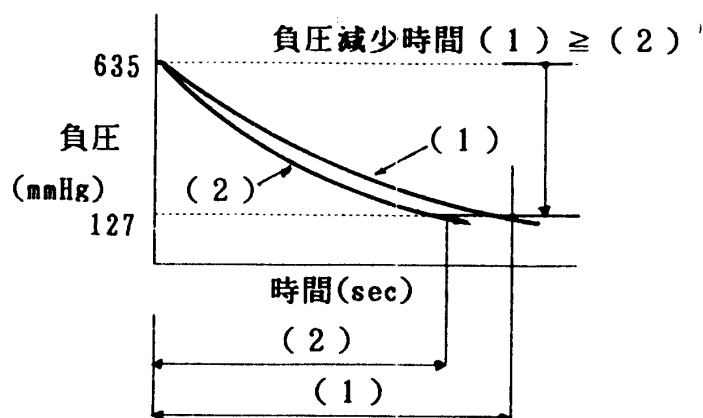


図-4 ASSE の空気流入試験

2-3 筆者の水位上昇試験

現在までの実験では, 負圧が 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600 mmHg の計 7 つの実験をそれぞれ 3 回ずつ行ない, それぞれの上昇水位の平均値を求めた。つぎにその中で負圧に関係なく最大上昇水位をそのバキュームブレーカの実験値として表わすことにした。その一例を図-5 に示すが, 一般に負圧が 400, 500, 600 mmHg で最大上昇水位となる。理論的には, 大気圧の 1/2, すなわち 380 mmHg の負圧のときに最大上昇水位となり, それ以上の負圧になっても変わらないのである。

(文献1による) そのために HASS の試験では、最大負圧を 400 mmHg にしている。

しかし、 d/D 、すなわち内部口径/外部口径がほぼ 0.2 以下では、負圧が 200 mmHg 付近から最大上昇水位が見られることがある。(文献2,4による)

実験に使用する負圧は、図-6のa図のように時間の経過とともに負圧は減少する。つまり、空気がバキュームブレーカ内に導入される以上、一定負圧に保持することが困難なために負圧の減少となる。したがって、上昇水位も図-6のb図のように瞬時に最高水位に達した後は水位は低下するのである。

以上のごとく筆者の試験方法は、最大上昇水位の測定を主目的とし、その実験値から他の基準を導きだしてきた。そこで、次項から HASS 及び ASSE の試験方法と比較検討して、筆者の試験の特徴を明確にする。

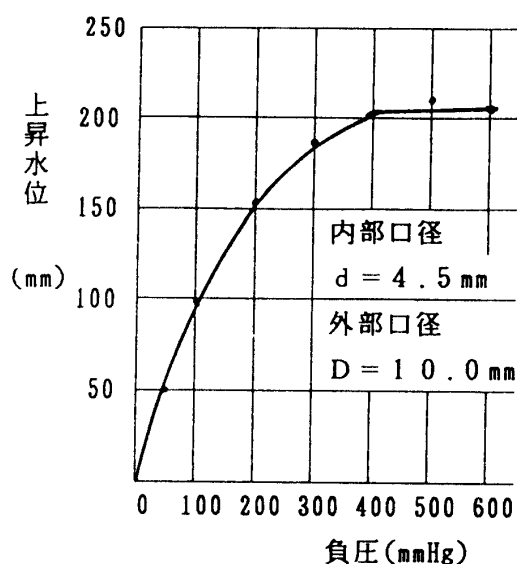
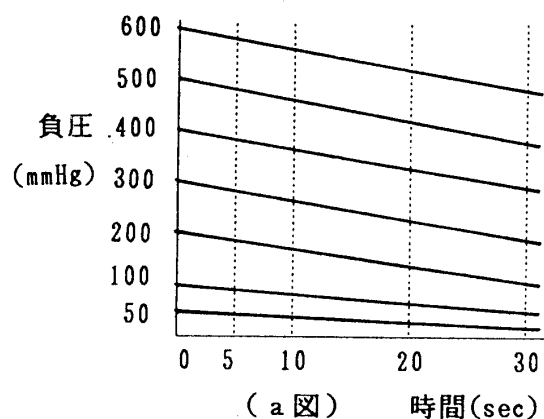


図-5 水の上昇高さ



真空タンク 0.5 m^3
内部口径 $d = 4.5 \text{ mm}$
外部口径 $D = 10.0 \text{ mm}$

3. 負圧減少時間の検討

バキュームブレーカ内に空気が導入されることは、なるべく早く給水管内を負圧から大気圧にしたいためであるけれども、実験ではなるべく長く所定の負圧を維持する方が安全側の実験となる。そのためには、試験装置、特に真空タンクの容積を大きくして負圧の減少を少しでも少なくせざるを得ない。負圧を一定に保持させるには、空気導入量だけ真空ポンプを使用して真空タンクから排気しなければならなくなり、技術的に非常に困難であると同時に複雑な装置となる。

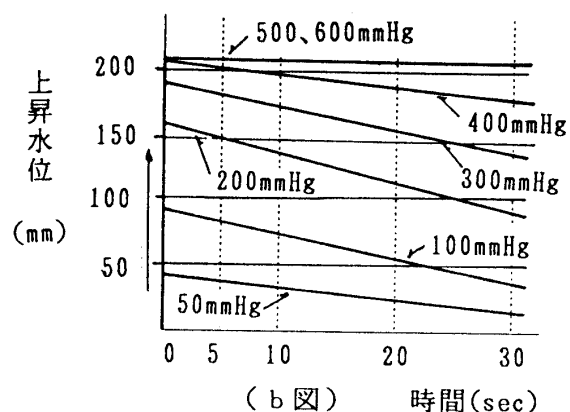


図-6 負圧減少と上昇水位

そこで、負圧の減少の度合を表-1と図-7に示すが、真空タンクが定まっていると、空気導

入口（内部口径）が大きくなればなるほど負圧は急激に減少する。なお、この実験は固定式模型ブレーカによるもので、外部口径をそれぞれ3種類使用し、その平均値で表したものである。

したがって、バキュームブレーカを試験する際には、どの程度まで負圧減少を許容できるかを決めておく必要がある。このことは試験装置の検討のところで詳述する。

しかるに、HASSにおける水位上昇試験では、一定負圧を30秒間加えとか、負圧を5秒間加え、その後5秒間大気に戻すという試験方法である。いずれも空気がバキュームブレーカ内に流入しなければ、負圧をその間一定に保持することはできるが、必ず空気流入は伴うものであり、一定負圧はあり得ないものと判断する。

つぎに、ASSEの空気流入試験では、2-2の(1)と(2)の試験による負圧減少時間の差異から、空気導入部分の大きさ及び空気流量抵抗等の影響を考慮した空気流量の大小が判断されるが、これだけではバキュームブレーカの安全性は確認されにくい。

以上のごとく、バキュームブレーカ内への空気流入は負圧の減少が伴うので、その減少範囲を決める必要が生じてくる。と同時に、真空タンクの容積を空気導入孔と関連させて決めておくことも必要である。

内部口径 (d mm)	減少負圧 (p mmHg)
2.7	p = -1.1 t
4.5	p = -4.2 t
7.8	p = -13.3 t
10.1	p = -14.3 t

基点は600mmHgとする。

p : 600～200mmHgの範囲とする。

t : 時間(sec)

表-1 減少負圧と時間との関係

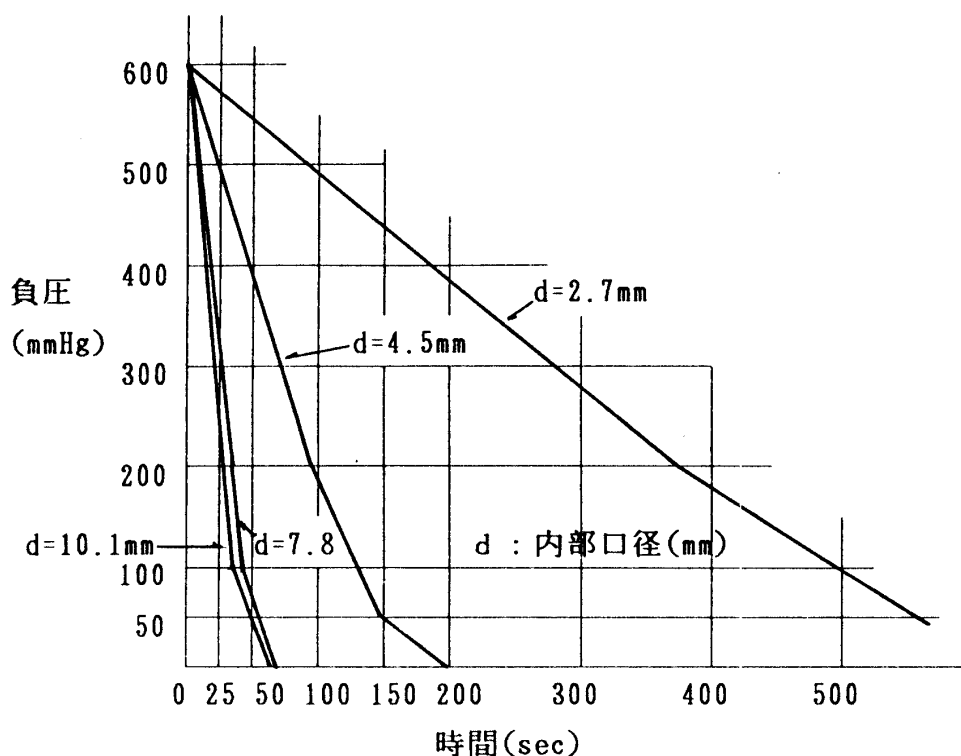


図-7 負圧減少時間

4. 負圧減少時間の差異による上昇水位の検討

前項でわかるように同じ容積の真空タンクによる試験では、内部口径（空気流入口）が大きくなるにつれて負圧の減少が早くなる。この減少の仕方を同じようにすることができないために、今回は内部口径 4.5 mm と 7.8 mm の 2 つの口径の違い、すなわち、負圧減少の差異による上昇水位を検討した。

文献 2 の実験結果から、各負圧ごとの水の上昇高さを最小二乗法により各々の口径ごとに実験式を求めて図-8 にまとめた。ただし、実験式の基本式は次式により求めた。（文献 1 による）

ただし、 Δh : 水の上昇高さ (mm)

$$\Delta h = \alpha (d/D)^4$$

α : 係数

d : 内部口径 (mm)

D : 外部口径 (mm)

図-8 より、負圧が 0 から 300 mm Hg までは内部口径が小さい方、すなわち負圧減少時間が緩やかなほど水の上昇高さが高くなっているが、400 mm Hg 以上になると差はなくなってくるのがわかる。

一般に、負圧の減少が緩やかな方が水の上昇高さが高くなるものと考えられるが、この実験結果からは負圧減少の影響は少ないものと判断できる。しかし、負圧減少の仕方がどの程度まで影響を及ぼさないかは、実験範囲を広げて確認する必要がある。

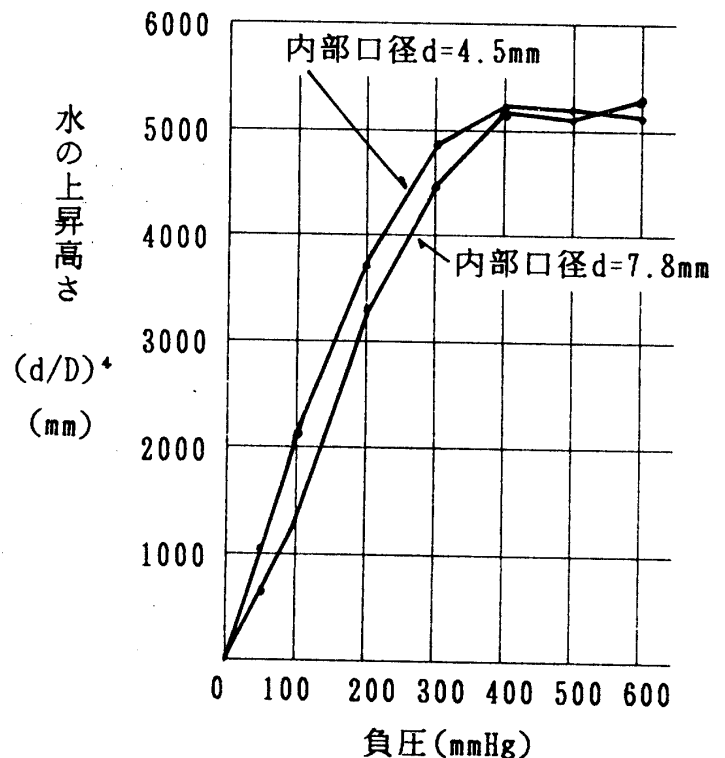


図-8 負圧ごとの水の上昇高さ

5. 試験装置の検討

HASS 規格の試験装置は、装置全体の概略と供試ブレーカの取り付け部分の詳細が示されているにすぎない。一方、ASSE の場合は、呼び径 $1/4^B$ (8 mm) から 2^B (50 mm) までの試験装置として、装置全体の概略のほかに真空タンクの容積 ($1.87 \text{ m}^3 \times 2 = 3.74 \text{ m}^3$)、接続管径 2^B (50 mm) 及び急開弁から供試ブレーカまで 305 mm と決められている。さらに供試ブレーカを通じて少なくとも 10 秒間の空気の流れが維持できるものになっている。

筆者の試験装置は、真空タンクの容積が 0.5 m^3 の小容量のために、供試ブレーカの小口径用のものである。装置の仕組みは HASS 及び ASSE と同じである。

以上の試験装置を比較検討すると、空気の流れの持続時間において、ASSE 規格では少なくとも 10 秒間の持続を規定しているが、たとえば、負圧が 635 mmHg から 127 mm まで低下させるのに 10 秒程度では試験時間があまりにも短かすぎる。また、HASS の場合は、負圧 400 mmHg を 30 秒間も持続させる試験があるが、供試ブレーカの口径が大きくなれば、真空タンクの容積は無制限に大きくなければならなくなる。筆者の場合は、小口径の供試ブレーカであったので、内部口径 10.1 mm でも 600 mmHg から 0 になるまでには 69 秒も時間がかかっている。

そこで、試験時間を少なくとも 10 秒間とし、また負圧が 200 mmHg 以上の試験では、その間の負圧の低下を 200 mmHg までとすることを提案する。さらに、負圧の低下による試験を考慮して、400 mmHg 以上の 600, 500 mmHg の試験を行うことも提案する。

以上の試験条件と筆者の実験から、表－2 に主な試験装置の大きさをバキュームブレーカの呼び径ごとに示す。なお、真空ポンプの排気量は、真空タンクの容積に合せて時間を要せずに所定の負圧になるような機種を選定する。

固定式ブレーカの呼び径 (mm)	真空タンクの容量 (m ³)	最小接続管径及び最小急開弁 (mm)	備 考
13	0.5	13	急開弁と接続するブレーカとの間は 300 mm とする。
20	1.2	20	
25	2.0	25	
32	3.0	32	
40	5.0	40	
50	7.5	50	

(注) 最小接続管径及び急開弁は実内径とする。

表－2 主な試験装置の大きさ

6. ま と め

各試験方法を負圧減少時間、上昇水位及び試験装置等について検討したが、負圧の減少範囲とか試験装置の細部について未だ明確にされない部分があるけれども、今回の研究範囲内で試験方法をまとめることにする。

- 1) 供試バキュームブレーカ（以下ブレーカとする）の最大上昇水位を測定するためには、400, 500, 600 mmHg の 3 つの負圧の試験をそれぞれ 3 回ずつ行い、その平均値を最大上昇水位とする。
- 2) 負圧が 200 mmHg 低下するに要する時間は、最低 10 秒間とする。すなわち、負圧が 600 mmHg の試験では、400 mmHg まで低下するのに 10 秒間は持続しなければならない。
- 3) 負圧を加える時間は最低 10 秒間とし、上昇水位が急に低下し始めれば弁を閉じて試験を終了する。

- 4) 試験装置は表-2に示すような容積および大きさとする。
- 5) 水の許容上昇水位は安全を見込んで75 mm までとし、それ以上の上昇水位があれば不適合ブレーカとする。なおブレーカの基準線と水面との間は150 mm とする。

以上のように、HASS の水位上昇試験、ASSE の空気流入試験及び筆者の実験等から、迅速にブレーカの安全性が判別できる試験方法の基本部分と試験装置を提案した。しかし、ブレーカ下部の水位上昇の測定方法などは、細部に検討を要しなければならない部分があるので、その点は次号で報告する。

参 考 文 献

- 1) 江川：給水設備における上水汚染防止に関する研究，そのⅠ，逆流防止器について 福井工業大学紀要第7号（1977）
- 2) 江川：給水設備の逆流防止器について 日本建築学会北陸支部研究報告集，21号（1978）
- 3) 空気調和・衛生工学会：HASS 211-1981，大気圧式バキュームブレーカ(案) 空気調和・衛生工学会 55号8巻（1981）
- 4) 江川：給水設備における上水汚染防止に関する研究，そのⅡ，大気圧式バキュームブレーカについて 福井工業大学紀要第16号（1986）