The Japan Society for Analytical Chemistry

ノート

ペリスタ型ポンプの脈流の特性とその除去

内田哲男®*，後藤敬典**，飯田忠三*

(1986 年 8 月 11 日受理)

1 緒　　言

ペリスタ型ポンプ (peristaltic pump) は柔軟性のあるチューブを回転ローラーでしごくことにより液体を移動させるポンプである．液体が金属などに触れることなくしかも機構的に簡単に送液できるので，化学・医療の分野で広く使われている．このポンプは原理的に脈流を有することが古くから経験的に知られていたが，定量的に調べられた例はほとんどない．この脈流現象はこの種のポンプを応用する分野によっては重要な影響を持つこともある．そこで著者らはピエゾ抵抗効果を利用した小型で高感度の半導体圧力センサーを用いて，この脈流特性を圧力変動として定量的にとらえる実験を行い，更に脈流を簡単に消去できる方法を見いだした．

2 実　　験

実験に用いた装置の概略を Fig. 1 に示す．Fig. 1(a) は測定用電子回路であり，半導体圧力センサー (2S5M；オムロン製) とこれを作動させるための定電流電源(OP アンプ 741 と定電圧ツェナーダイオード LM-399H)，センサー出力を受ける計装アンプ (OP アンプ 741，3 個) と 8 ビット・4K ワードのデジタル波形記憶装置 (NF 回路製；WM-841) から構成される．圧力センサーには定電流電源により安定化された電流 (3.89 mA) がブリッジに組まれた R_1～R_4 の抵抗に流し込まれており，端子 2 と 5 の電圧を計装アンプで測定するようになっている．R_1～R_4 は約 880 Ω であり信号は普通の計測回路をつないだときに無視できるほどの小さな値ではなく，しかも端子 2 と 5 はアースから浮いているので，このような測定にはフローティングでしかも入力抵抗の高い計装アンプを使う必要があった．Fig. 1 には示さないが計装アンプの後に R_1～R_4 の値のばらつき (約 1 %) によるオフセットを調整するための回路を入れたが，圧力センサーの端子 1 と 6 の間に小さな可変抵抗 (10～100 Ω) を入れてもよい．又，本実験では定電流回路を用いたが結果的には定電流回路を抵抗器 (2.7～3.0 kΩ) で置き変えても十分である．センサーに 3.89 mA 流すと 68 μV/10 mmH_2O (10 mmH_2O=98 Pa) の感度が得られた．このときの総合的な雑音レベルは圧力換算値で 4 mmH_2O (peak-to-peak) であり，又応答速度は 5 ms の変化に対して十分な追従性を示した．その他の直線性やヒステリシスも雑音レベル内に納まっていた．

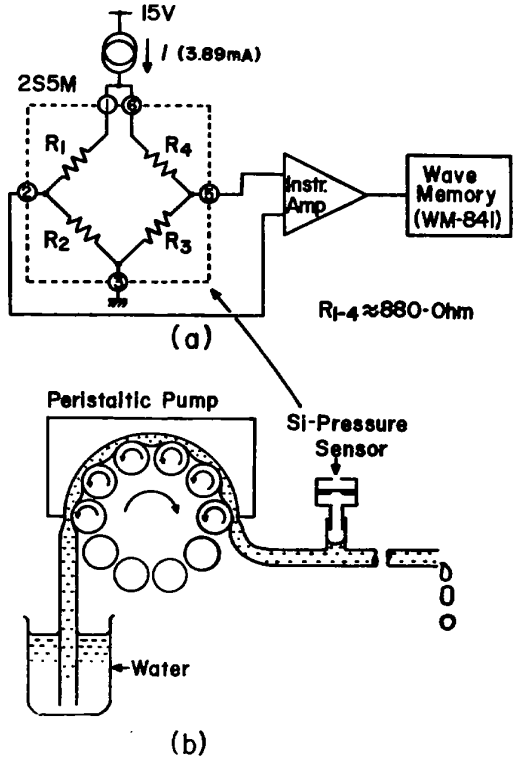

Fig. 1 Schematic diagram of apparatus used
(a) electronics for pressure-sensor, (b) position of pressure-sensor

装置全体の概略図を Fig. 1(b) に示す．使用したペリスタ型ポンプは Gilson 製 Minipuls S-2 であり，伸縮チューブは Elkay 製のタイゴンチューブ (塩化ビニル製) で内径 1.14，1.29 と 1.42 mm のものであった．このポンプはダイヤルにより送液量を連続的に変えることができ，例えば内径 1.42 mm のチューブを用いた場合，ダイヤル位置 200, 600, 1000 では送液量はそれぞれ 0.78, 2.36, 3.94 ml/min であった．送液としては蒸留

* 名古屋工業大学応用化学科：466　愛知県名古屋市昭和区御器所町
** 名古屋工業大学生産システム工学科：466　愛知県名古屋市昭和区御器所町

NII-Electronic Library Service

The Japan Society for Analytical Chemistry

水を用いた．圧力センサーは気柱による効果を最少限に抑えるために，管の途中にT字管のジョイントを設け数 cm の最短距離で結合した．又，約 100 cm の内径 0.5 mm のテフロンチューブを抵抗管として末端につないだ．なお空気ダンパーによる脈流の吸収も試み，本実験では内径 8 mm で内容積約 6 ml の閉じた枝管付きガラス管をポンプ出口と圧力センサーの間に挿入した．

3　結果と考察

内径 1.42 mm のタイゴンチューブを用いて得られた測定結果の例を Fig. 2 に示す．Fig. 2 中の数字はポンプのダイアル目盛りを示している．なお圧力は大気圧を“0”とした値（ゲージ圧）で示した．いずれのダイヤル位置においても圧力の減少方向の鋭いパルス特性を示していることが特徴的である．パルスの位置はローラーがチューブを離れる時間と一致している．ダイアル目盛り 200 では間欠的なパルスであるが，回転数を上げダイヤル目盛り 600 ではほぼ周期的な複雑な波形であり，最大の回転数の 1000 では対称ながらほぼ平均レベルを中心として上下する波形となった．これ以上の回転数では実験できないが，更に回転数を上げていくと，波形は正弦波に近づいていくものと思われる．この傾向はチューブの内径が小さくなるほど顕著となり，内径 1.42 mm と 1.29 mm のチューブではほとんど同じ脈動特性を与えたが，1.14 mm のチューブでの脈動は 1.3～2 倍に大きくなった．内径が 1.14 mm ではパルスのピーク値は負になってしまうことは注目される．これは送出端の目視によっても，送液がこのパルス時に内側へ引き込まれることからも確認できた．

これらの脈流すなわち圧力変動の原因は，回転ローラーでチューブを押していくときに必ずチューブに引張りが生じ，最後のローラーとチューブが離れるときにこの引張力が緩和され，チューブが元に戻ることによると考えられるが，詳しい解析は困難であった．

このペリスタ型ポンプの脈流はほとんどの分野にとって有害であり可能な限り減らしたい．そこで実験的に空気ダンパー，抵抗管と気柱の組み合わせなどを幾つか試みた．それらのうち，送液チューブの途中に小さな空気ダンパーを挿入することが一番簡単で効果的であった．すなわち底部に送液の流入流出用の 2 本の細い枝管を付けた内径 8 mm, 高さ約 12 cm, 内容積約 6 ml の空気ダンパーをペリスタポンプとセンサーの間に設置して実験したときの特性を空気ダンパーの略図とともに Fig. 3 に示す．使用したタイゴンチューブの内径は Fig. 2 の場合と同じ 1.42 mm である．Fig. 3 から明らかなように脈流率はいずれの条件においても 1 けた以上 2 けた近くまで少なくなった．雑音レベルをわずかに越える程度に元の脈流が残るが，ほとんどの分野で無視できる大きさである．又，空気ダンパーとチューブの柔軟性，送液抵抗，チューブ全体の長さなどとの組み合わせによっては共振を起こし，逆に脈動を大きくすることがないとは言えないので，事前に空気ダンパーの大きさ，挿入位置などを検討する必要がある．しかし，ペリスタ型ポンプの脈流防止には今回試みたものか，更に小さい容積の空気

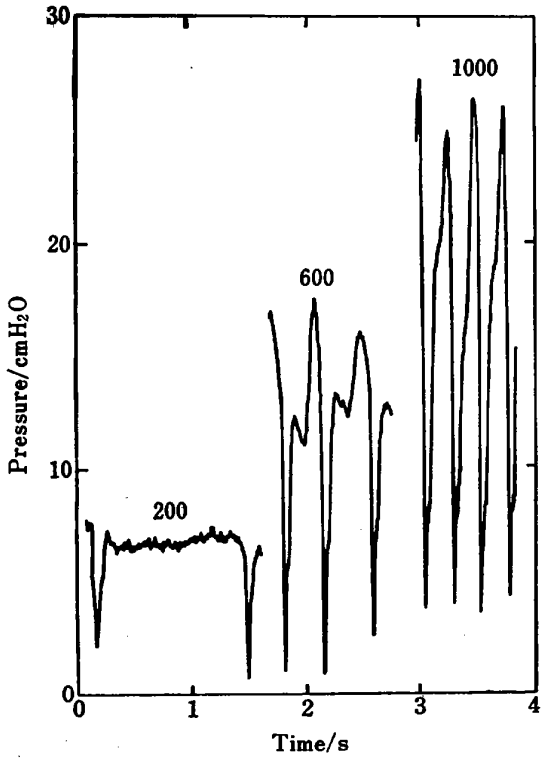

Fig. 2　Typical example of ripple

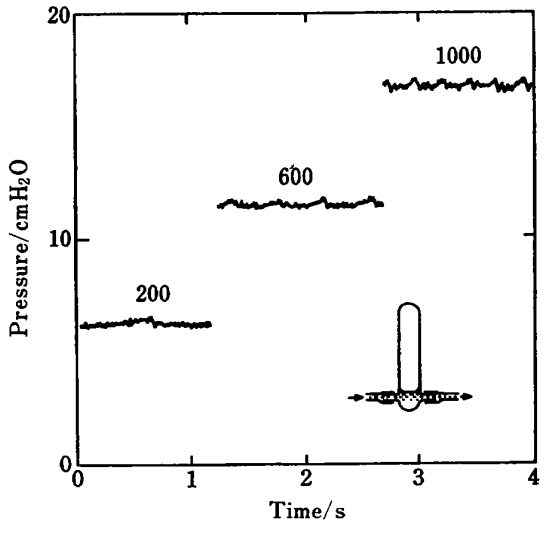

Fig. 3　Air damper and its effect on ripple removal

NII-Electronic Library Service

The Japan Society for Analytical Chemistry

ダンパーでも極めて有効であろう．なおポンプの脈流特性から判断し，空気ダンパーと送液チューブとの接続は送液チューブよりかなり太いT字管にするか，本実験で用いたようなダンパー下部に2本の開口部（出入口）を持たせることが重要なポイントである．現在 Fig. 3 に示した特性の空気ダンパーは，著者らの研究室で ICP-AES における試料溶液送入に実際に使用している．

本研究を行うに際し，赤尾通敏，野田　隆，細久保高夫，塩見光朗君らの支援に謝意を表する．

☆

Characteristics and suppression of flow pulsation from peristaltic pump. Tetsuo UCHIDA*, Keisuke GOTO** and Chuzo IIDA* (*Laboratory of Analytical Chemistry, Department of Applied Chemistry, Nagoya Institute of Technolgy, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466; **Department of Systems Engineering, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi 466)

Characteristics of the ripple in the liquid flow through a peristaltic pump was detected quantitatively as pressure fluctuation by using a silicon-pressure sensor. The ripple was associated with the rotation of the squeezing rollers and it could be caused by the periodic release of tension on a flexible tube. At the slow rotation of rollers, i.e., slow pumping speed, the negative pulse on smooth flow was observed, but the ripple on flow was rather complex at the faster rotation, and finally it became periodic. Moreover, ripple was larger for tubes of smaller internal diameters. An air damper consisting of simple glass cylinder was available to reduce these ripples.

(Received August 11, 1986)

Keyword phrases

ripple of peristaltic pump; ripple removal; removal of ripple by air damper; silicon-pressure sensor.

連続水素化物発生-誘導結合プラズマ発光分析法による銀めっき液中のセレンの定量

江藤　元則®，色川　宏*

(1986 年 7 月 4 日受理)

1 緒　　言

装飾用の銀めっき液には，光沢剤として微量のセレンが含まれており，その濃度はめっき液の使用に伴って減少する．そのため，めっき浴中のセレンを常時分析し，適時セレンを供給する必要がある．微量のセレンの分析には 3,3'-ジアミノベンジジン(DAB) 吸光光度法[1]，水素化物生成-AAS[2)~4)]，水素化物生成-ICP-AES (HG-ICP-AES)[5)~8)] が一般に用いられており，既に数多くの報告がある．しかし，銀めっき液中のセレンの分析への適用例は見当たらない．著者らは，従来このセレンの分析に，テルル共沈-DAB 吸光光度法を用いていた．しかし，この方法は操作が複雑で迅速性に欠け，更に 0.1 mg/l 以下の試料に適用するには感度が不足している．そこで，迅速かつ高感度の分析法を確立するため，HG-ICP-AES について検討した．

HG-ICP-AES でセレンを定量する場合に，共存する銅，鉄，ニッケルなどが影響を及ぼすことが知られている[5)]．銀めっき液中には，これらの妨害元素が共存しているため，あらかじめセレンを分離する必要がある．そこで，本法ではセレンを臭化物蒸留法[9)]を用いて分離した後，HG-ICP-AES で定量した．これにより，めっき液中のセレンを迅速かつ高感度で分析できたので報告する．

2 実　　験

2・1 試　薬

セレン標準溶液 (1000 mg/l)：金属セレン (99.99%) 1.00 g を硝酸 (1+1) 20 ml に溶解し，水で希釈して 1 l とした．

亜セレン酸溶液 (1000 mgSe/ml)：和光純薬工業製亜セレン酸カリウム 2.6 g を水で溶解し，希釈して 1 l とした後，セレン標準溶液を用いて直接 ICP-AES で定量したものを用いた．

* 日本エンゲルハルド(株)市川研究所：272　千葉県市川市中国分 3-19-3

NII-Electronic Library Service