

溶媒の枯渇と廃液のオーバーフローを防ぐHPLC用非接触検知センサー “ソニックリザーバーセンサー”の開発

株式会社フロム 渋谷大介、大野洋平、舟越省司、○南部浩章、関口陽子

はじめに

HPLC分析において、分析途中での移動相の枯渇は分析スケジュールの変更や、大切なサンプルの無駄な消費、消耗品類の磨耗や消費などを余儀なくされる。また、廃液タンクから廃液がオーバーフローしてしまうと、実験室内の汚染により他の分析機器での測定ができなくなったり、廃液中に病原菌や毒物などを含む場合は人に対する汚染が問題になる。とくに、分析機器の台数が増えると液量の管理がさらに煩雑になるため、液量を自動的に計測してこのような問題が発生しないようにすることは重要である。しかし、溶媒による腐食がなく、さまざまな種類の溶媒、とくに廃液は溶媒の混合物でも検知できるセンサーで、さまざまな形状のボトルやタンクに適用でき、かつ複数のHPLCに取り付けられるような安価なものは市場にない。

我々は、こういった問題を解決するために、質量を測るタイプや光を使うタイプのセンサーを検討したが、溶媒による機械部分の腐食などにより長期の使用ができないことが問題となった。そこで非接触型で、かつ溶媒の揮発による腐食の影響を受けにくい液面検知方法として音波センサーを開発したので報告する。

実験

音波送信機と受信機を組み付けたプローブをボトルキャップに取り付け、ボトルに入れたメタノール、アセトニトリルなどの有機溶媒をその量を変えて、20から10,000Hzの音域で計測した。

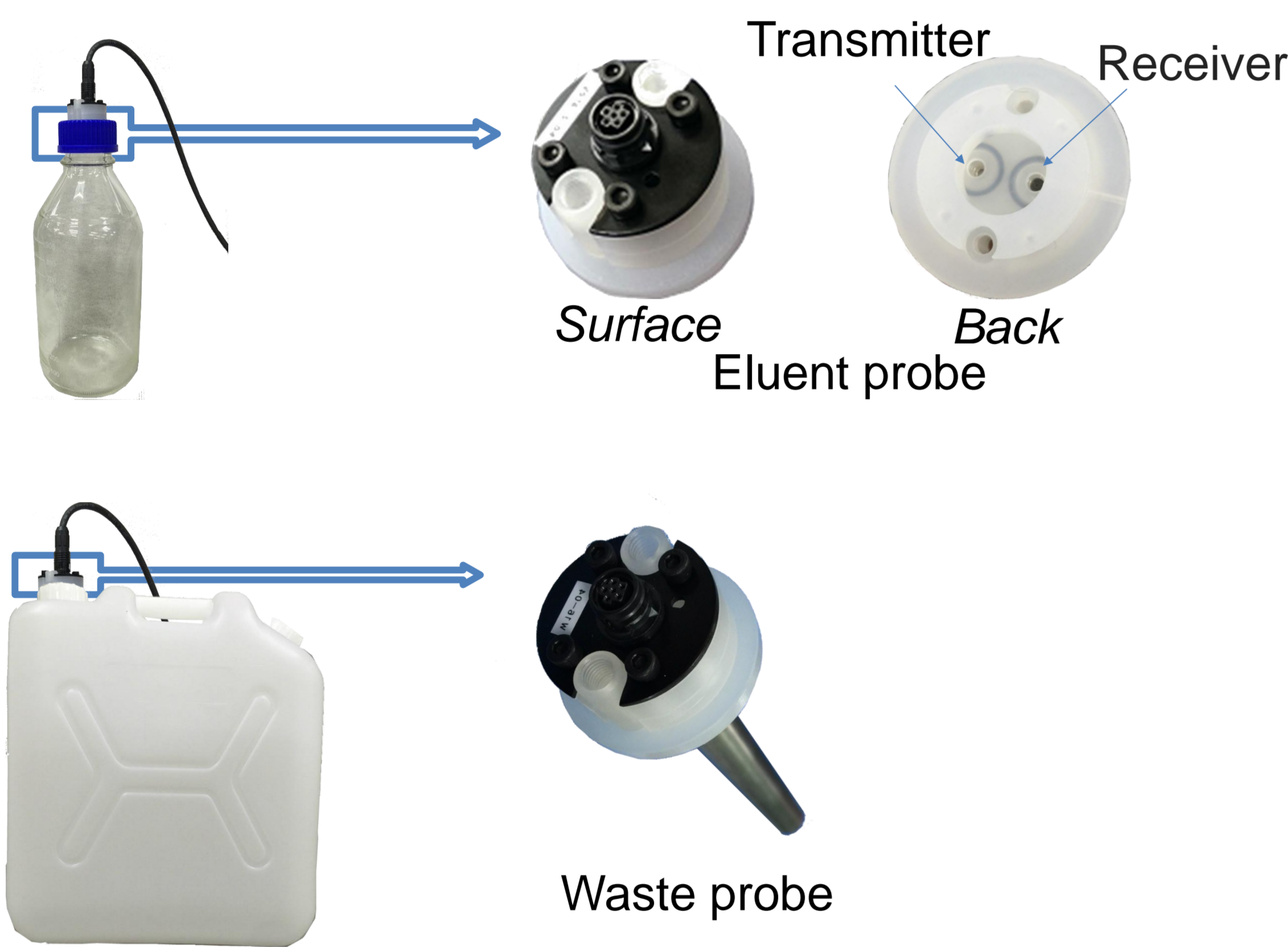


図1 溶媒ボトル及び廃液タンク用プローブ

結果と考察

ボトルキャップに取り付けた音波発信機から音波をボトル内に発信したとき、音はボトル内に入れた液面ではね返って同じボトルキャップに取り付けた受信機に届く。このとき、液面の高さによりある一定の周波数の音が定在波*となり、その節では音が増幅される。この増幅された音を受信機で検知する。受信した音は図3のような波形となり、液面までの距離が異なると定在波が異なる。

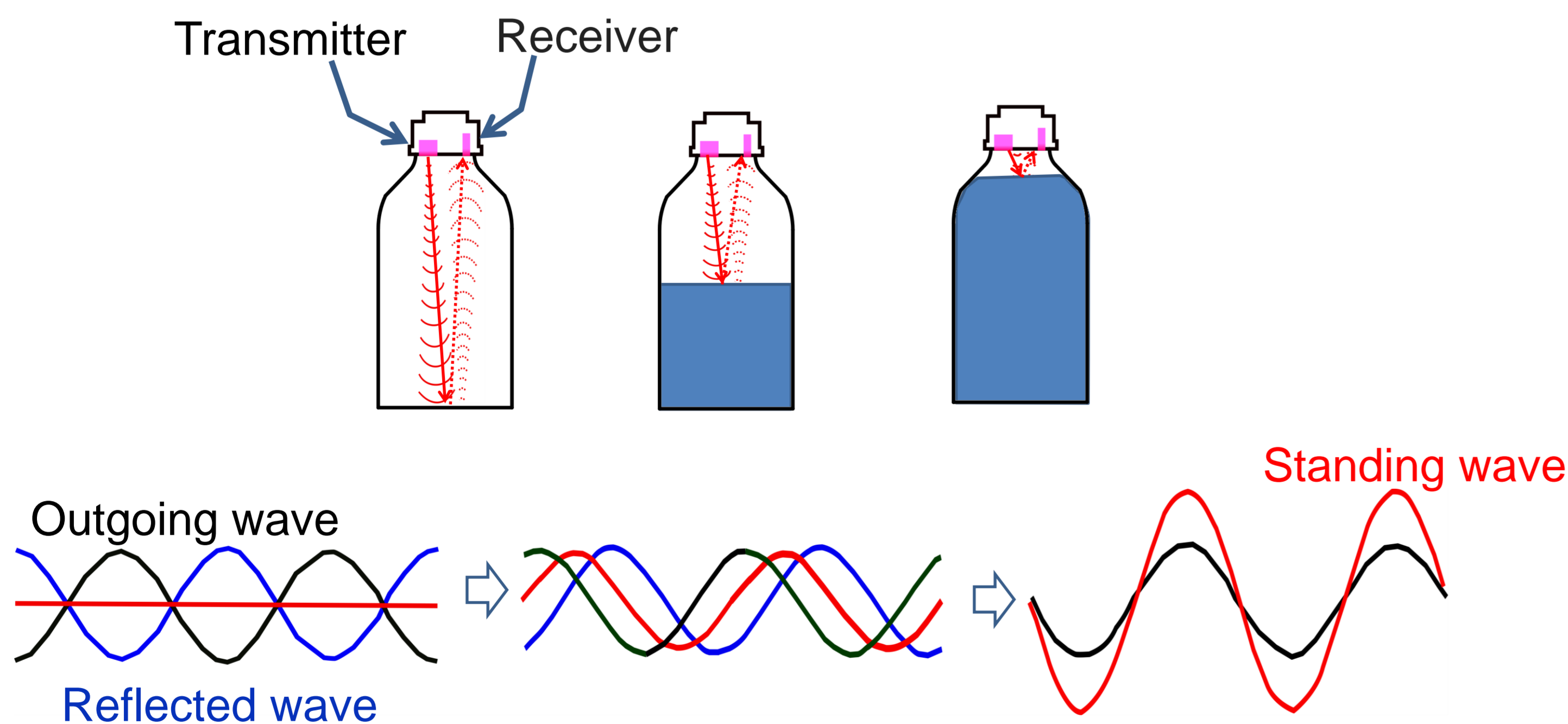


図2 上：ボトル内での音の発信と受信の様子
下：音波の重なりの様子

* 定在波(Standing wave)

同じところで振動して変化のない波のこと。音源からでた音とそれがはね返った音同士が波を打ち消しあう現象。定在波の節にあたる部分では音が最大になる。

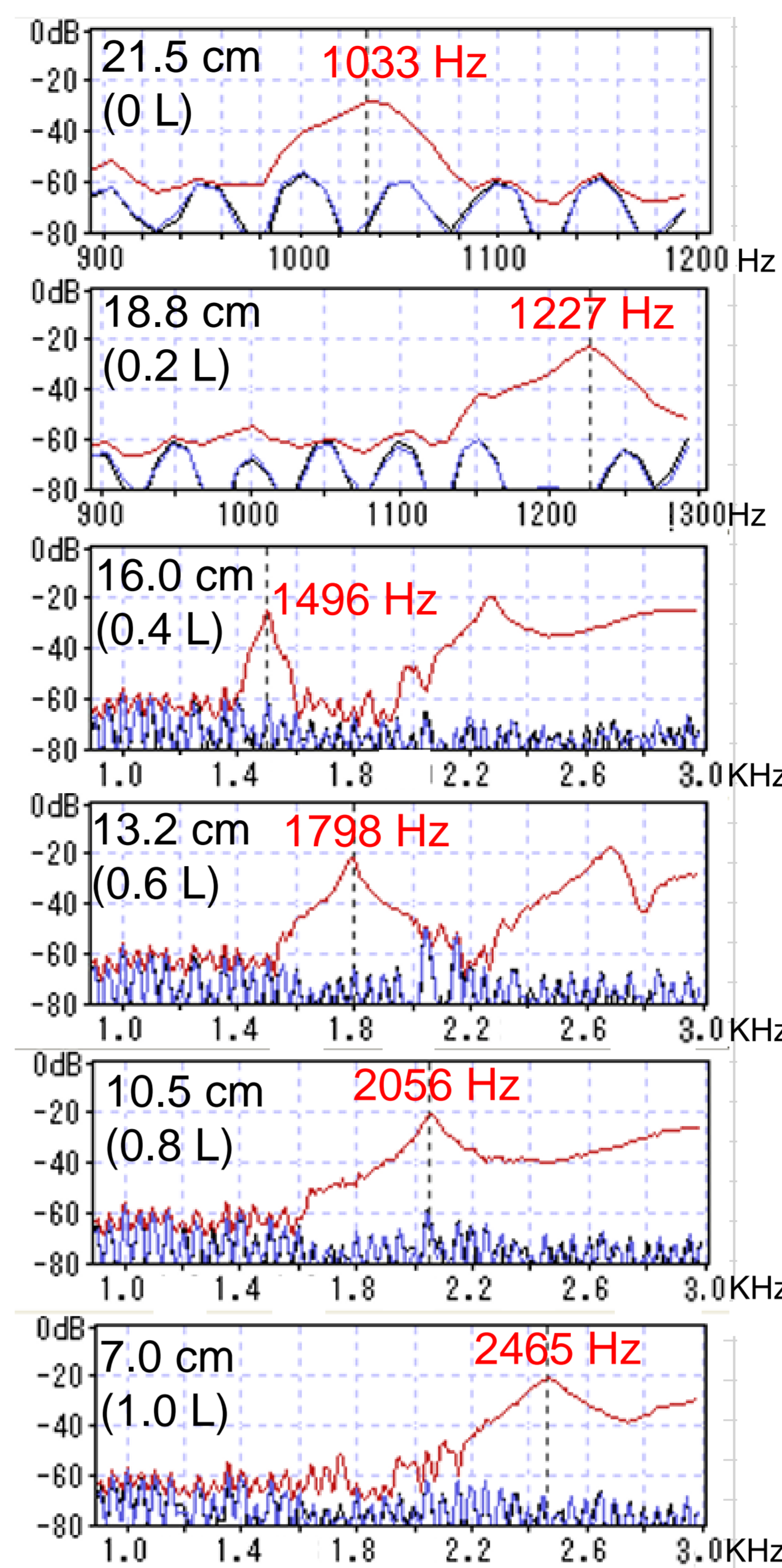


図3 液面までの距離（液量）の違いにおける波形（赤色）

ボトル内にエタノールを入れその液量を変えたとき、受信した音の周波数の変化を図3に示す。定在波の共振周波数は液面からの距離が短くなる（液量が多くなる）とともに高い値を示した。この共鳴波と液面の距離との関係は次の式のとおりであった。

$$f = -101 \times L + 3133$$

f ; 定在波の共振周波数[Hz]
L ; 受信機から液面までの距離[cm]

異なる溶媒を用いたときの液面からの距離と定在波の共振周波数の関係（図4）を確認したところ、水、メタノール、アセトニトリルでは同様の傾向を示し、クロロホルムは傾きや切片がことなることがわかった。音速は温度により変化するが、15~40℃では大きな変化がないことも確認した（図5）。

さらに、異なるプローブ8個を用いて残量800 mLのメタノールを測定した際のプローブ間の誤差は0.9%と良好であった。

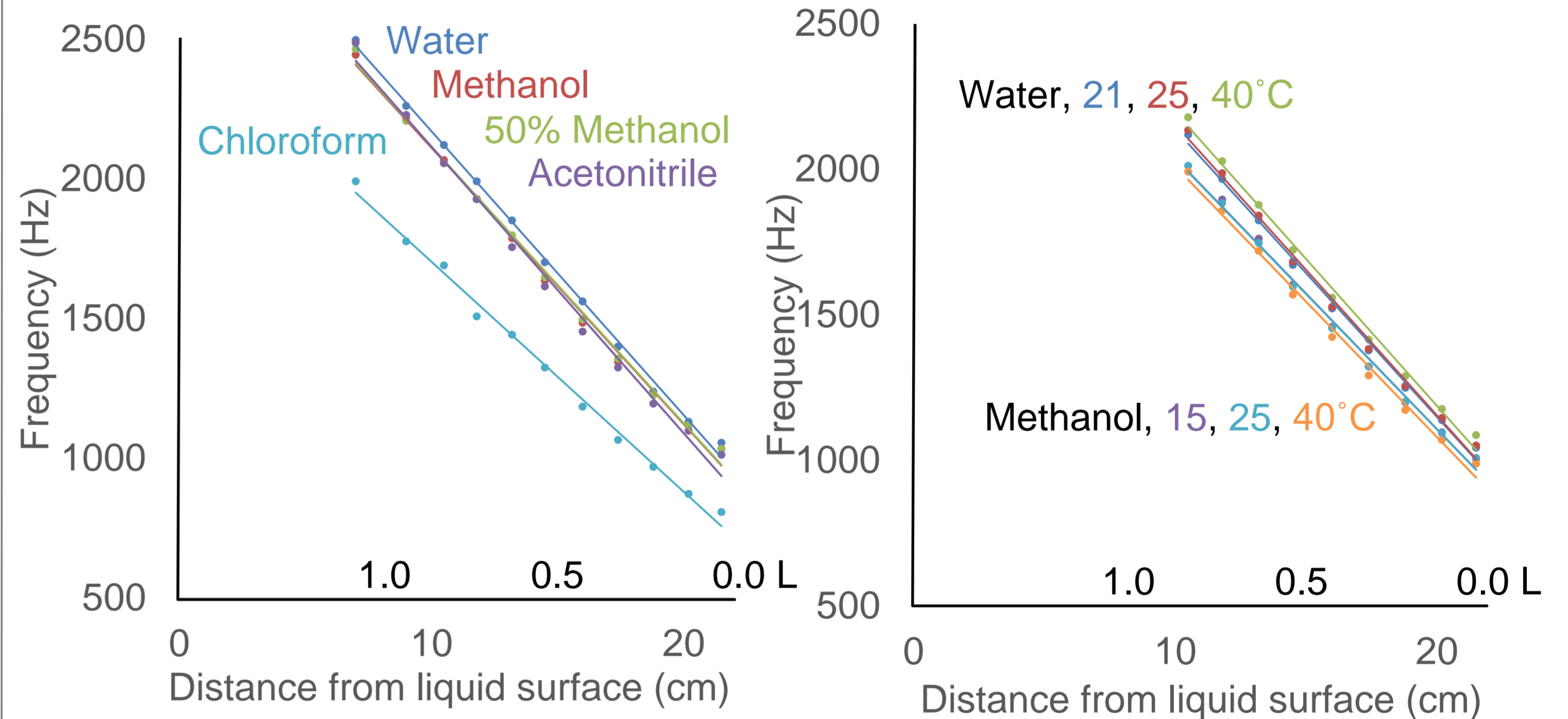


図4 液量と定在波の共振周波数の関係

図5 溶媒温度の影響

まとめ

音波を利用して非接触で液量を検知できることを確認した。検知した液量はコントローラーに表示したり、アラーム音で知らせたり、PCに転送することができる。また、廃液ボトルは溶媒ボトルに比べて大きくなるため音の反射や減衰が問題となる。このため、廃液用センサーにはパイプを取り付けて音の減衰を防ぎ問題を解決した。



図6 液量検出装置ソニックリザーバーセンサー

ソニックリザーバーセンサーの特徴

- 音を使った非接触式センサーを用い、溶媒ボトルと廃液タンクの液量レベルを常に監視する
- 小型本体（86 x 115 x 80 mm, 700 g）1台で3つまでのセンサーを制御できる
- 液量は、本体LEDで表示し外部にも出力可能であり、10%になるとブザー音で知らせることができる
- プラグ&プレイで簡単に設置できる