



Title	C2H5OHと水の混合過程に於ける超音波の影響
Author(s)	池田, 郁雄; Ikeda, Ikuo
Citation	北海道大學工學部研究報告, 16, 1-14
Issue Date	1957-06-05
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/40606">https://hdl.handle.net/2115/40606</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	16_1-14.pdf



# C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH と水の混合過程に於ける 超音波の影響

池田 郁雄

(昭和 32 年 2 月 28 日 受理)

## Effect of Ultrasonic Power on the Process of Mixing Ethyl Alcohol and Water

Ikuo IKEDA

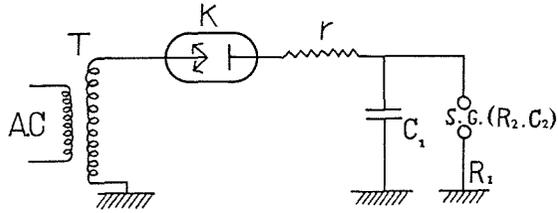
### Abstract

The investigations with reference to the liquid mixture of alcohol and water under the irradiation of ultrasonic vibration that have been published in many reports have dealt with only the static states of aqueous solution of alcohol, namely concerning the property of association of water. The author has investigated, however, the variation through the process of mixing for the purpose of recognizing the effect of ultrasonic power on synthetic "sake". This investigation has merely resulted in qualitative specification of the process, but the author believes that this is very intelligible and interesting vision. The optical system of the experiment is of the schlieren method and some conclusions are derived from many photographs taken, several of which are shown.

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 水溶液に対して超音波を用いた研究は、水の会合性の究明等のためもあり多くの論文があるが、その混合の過程又はいわゆる熟成の現象に対して超音波を用いた場合の変化は余り扱われていない。筆者は、合成酒工業に於ける超音波の効用を調べるための基本的な問題として、此の水—エチルアルコール混合に関して試みた定性的且つ直視的な実験の結果を報告する。

### 実験装置

装置は、概略が第 1 図及び第 2 図に示されている光学系と第 3 図の如き超音波発生装置とから成つている。光源は容量 0.03  $\mu$ F の蓄電器と 30 KV の高電圧による火花放電を用いて、極めて短時間に大きな光量を得て schlieren の像を明瞭ならしめている。又光学系に於いては、第 1 slit の後に lens を置いて平行光線を作り、平行光路中に試料を置き、超音波の波面を光束に平行せしめることにより、更に schlieren の像を判然とさせている。第 2 図中の L<sub>2</sub> は平行光線を第 2 slit に集光させ、schlieren を通つて屈折した光線のみを通過させるとともに、



第1図 光源装置

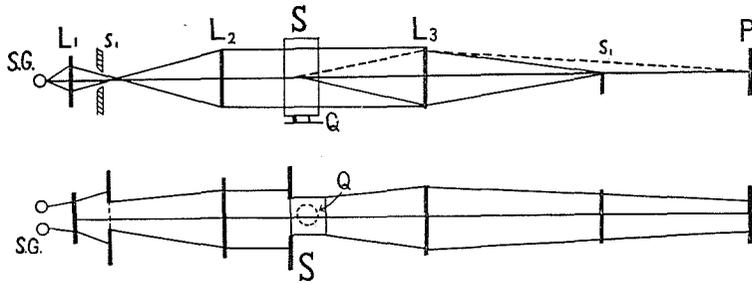
T: 高電圧変圧器 (二次側, 30 KV)

K: ケノトロン

r: 液体抵抗 (水, キシロール,  $5 \times 10^6 \Omega$ )

C<sub>1</sub>: 0.03  $\mu$ F (油入蓄電器)

S.G.: 火花間隙 (球電極, 径 2 cm, 電極間隙 2 cm)



第2図 Schlieren 撮影装置

S.G.: 火花間隙

L<sub>1</sub>: 集光 lens

s<sub>1</sub>: 第1 slit, 約 1 mm

L<sub>2</sub>: 平行光線を作るための lens

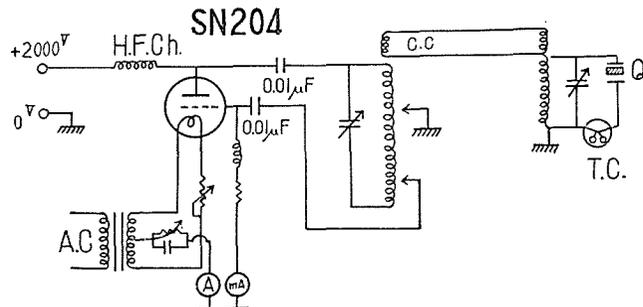
L<sub>3</sub>: 平行光線を S<sub>2</sub> に収斂させるための lens

S: 実験試料即ち Schlieren 発生位置

Q: 水晶振動子

s<sub>2</sub>: 第2 slit

P: 乾板, S の像を L<sub>3</sub> によって P 上に結ばせる



第3図 超音波発生装置

Q: 水晶振動子

T.C.: 熱電対高周波電流計

C.C.: Coupling Coil

schlieren の像を乾板上に明確に結像させる役割をも果す。そのために、 $L_3$ には焦点距離 3 metres で直径 20 cm の大型 lens が用いられた。撮影は contax 写真機の lens を取外した Body を用い、film 面に略実物大に投影せしめた。映像は第 2 slit で平行光束を遮断しているから暗視野であり、明るい像の部分は schlieren によつて屈折させられた光によるものである。

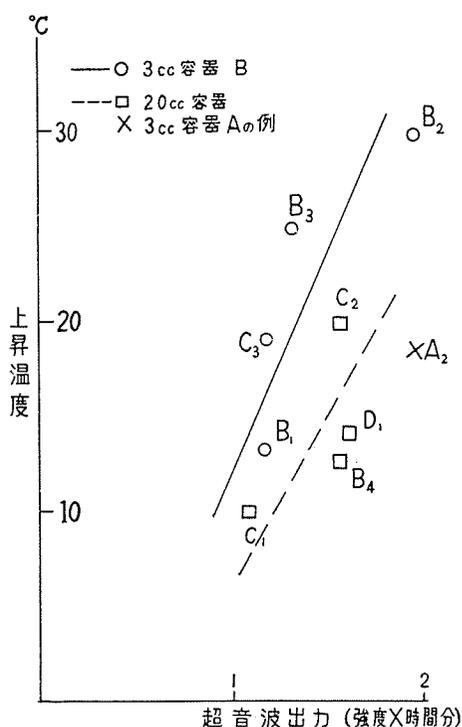
超音波発生装置は、Hartley 回路で SN 204 を用い、発振周波数は 350 KC である。第 3 図に示される如く coupling coil を疎結合にして、出力を落して安定を得ている。音波用水晶片は直径約 3 cm あり、X cut による振動としては厚さのために、大きな出力は得られず、周波数の低い方の限界と思われる。

### 実 験

試料は 3 cc 及び 20 cc 容量の比色計用硝子

容器に入れられ、下から超音波を照射された。液温度を水銀温度計で測つたが、試料が少量のため温度測定は精確でない。次に超音波出力に関しては、水晶振動子に与えられる電気入力を用いて超音波の強度を表現するのは、音エネルギーに変換される電気エネルギーの効率が知られない限り無意味であり、且つ液中を伝播する音強度の測定は、サーミスターによる音場内の発熱量を以て見る方法もあるが困難であるから、便宜的な手段として音圧による力が水の表面張力に勝る時の電気出力、即ち水表面が盛り上つて噴出すための最低の電気出力を単位として、試料容器及び水晶片の同一の条件下では、音出力の電気出力に対する割合は一定であると仮定した。此の方法は水の容積(実験では試料の液の厚さは略一定)及び温度を規定しなければ厳密ではないが、実際には容器の置き方によつても音の吸収及び反射の損失が異なり、電気出力が同じでも、音出力に大きな変化を与える事を考慮すれば、此の実験の都度異なる不定な而も大きな影響を避けるためには上記の如き仮定による音出力の表現は比較的有効な方法と思われる。これによつて音出力を表示するならば、使用した音強度は約 1/5 単位及び約 2/5 単位である。第 4 図の超音波出力と温度との関係は、照射時間と此の方法で表わした強度との相乗積と試料の上昇温度との関係であり、此の便宜の方法に一応の根拠を与えるものである。

実験試料の C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH は鹿印一級品で純度 99.5% であり、水は市販の蒸溜水をそのまま使用した。



第 4 図 温度上昇と超音波出力との関係  
(掲載しない実験例も加えた)

実験は先ず水の上に  $C_2H_5OH$  を静かに加えた場合 (A), 次に  $C_2H_5OH$  の上に水を加えた場合 (B), 更に軽く振盪した場合 (C), 最後に強く振盪攪拌した場合 (D) について数回ずつ行い更に混合比を変えて行つた。その結果から定性的に次の事項を推論した。実験例は上記四例の代表的なものを選んで、写真で示した。尚 nozzle により  $C_2H_5OH$  中に水を注入せしめた時の状況は混合の進行をよく描写するものであるから特に加え、且つ又引続いて行なつた実験 (C の場合に相当する) の明細な記録を掲載した。

## 実 験 結 果

写真に就いて説明する。

### (A) 水の上に $C_2H_5OH$ を加えた場合

静止状態に於いては拡散が極めて遅いことはよく知られた通りである。そこへ超音波を照射する。写真 I 及び II はその例である。写真 I の I に於いて短かい放置時間に可成りの拡散層が生じたのは添加の方法が準静的でなかつた為である。此の場合は超音波によつて、光の散乱層が次第に増加して行くが上下の暗影部分は  $C_2H_5OH$  と水のそれぞれ単独の層である。写真 II は I の場合より強度も強く時間も長い。写真 VII の末端に加えたものは強度 3/5 程度である。

### (B) $C_2H_5OH$ の上に水を添加した場合 (写真 III 及び IV)

後から加えた水の方が重い自然によく混合し、散乱光が非常に多く且つ一様に分布している事が認められる。超音波によつて散乱層は次第に減少し、新たによく混合されてもはや散乱も schlieren も認められない部分が暗影となつて増えて行く。

### (C) 攪拌が少ない場合 (写真 V) 又は nozzle によつて水中に $C_2H_5OH$ を噴射注入せしめた場合 (写真 VII)

殆んど (B) と同じ結果が得られる。写真 V の上部の暗影部分は光学系の欠陥に影響されたものであることを附記する。

### (D) 十分に振盪攪拌された場合 (写真 VI)

散光は殆んど認められず、超音波圧力による対流と熱対流と思われるもののみが現われる。試料の量を変えた実験では進行の速度が若干異なるのみで現象に変りがないことが認められた。又、試料温度の上昇は容器が小さい程甚だしいが、これは液中の温度上昇の外に、液と容器面との間での発熱現象が無視出来ない程大きいものであることを示していると思われる。(第 4 図参照)。

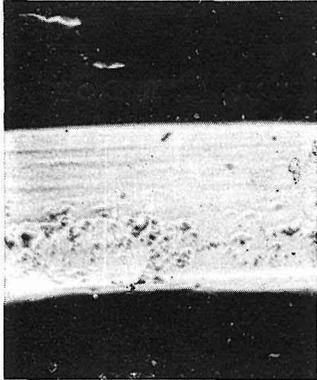
## 結 論

以上の実験からは超音波の効果が、単に音強度による振盪のエネルギーに依るものか、又は cavitation による異常な負圧によるものかは判明しないが (図で見られる通り cavitation による気泡は発生している) 大体次の事が推論される。

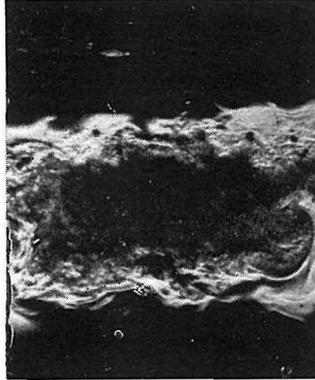
1. よく混合された試料（横から光を入射させた際、散乱光の殆んど認められないもの）に対する超音波の影響は通常の schlieren 写真には現われない（D の場合）。
2. 散乱光の認められる混合の過程に於いては超音波の効果は著るしい（A, B, C の各場合全部）。
3. 超音波を液体の比重の差による分離状態に使用した場合は、接触する境界面が少ないために効率は悪いが、明らかに過程を促進する（A の場合）。
4. 強い強度で使用する時は、境界面の準平衡状態が破られ従つて接触面積が増大するから相当の成果が期待される（A の 2 例及び写真 VIII）。
5. 温度上昇は音出力に比例するが、容器の影響が大きいため、大きな容器で超音波を照射するならば、可成り抑制出来るものと思われる。尚強度は大きい程上記 4 の効果が考えられるが、温度上昇を避けなければならない時は、照射時間を短くして音出力を大とすると共に、適当な冷却装置を併用することが望ましい。

以上超音波が水—エチルアルコールの混合の過程促進に対して寄与することが例証され、使用の方法による効果の程度が視覚的に認められた。

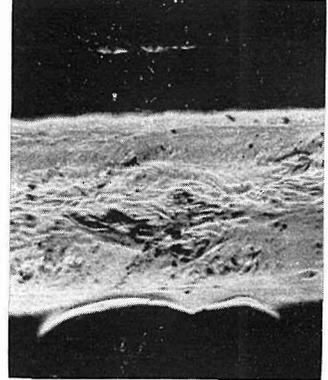
他方充分に攪拌振盪されて散光も認められない程度によく混合された試料に対しても、巨視的には効果が schlieren に現われないが、例えば醸造酒に超音波を照射した場合の如く、味覚的には効果が感ぜられるから、熟成の問題には通常の schlieren 法は不十分である事も以上の実験から知る事が出来る。又、超音波の周波数による影響も非常に重要な問題であるが、その実験は他の機会に譲ることとした。以上の実験は文部省科学研究助成金によつたものであることを附記する。



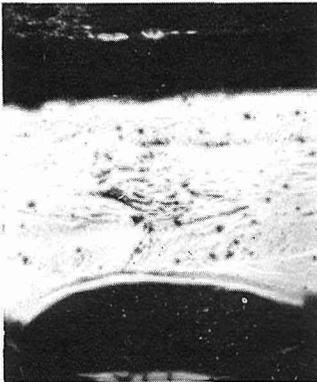
1.  $\text{H}_2\text{O}$  2 cc の上に  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  1 cc を加う 両液共  $19.6^\circ\text{C}$



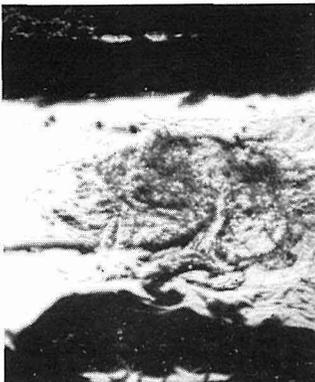
2. 超音波照射開始直後



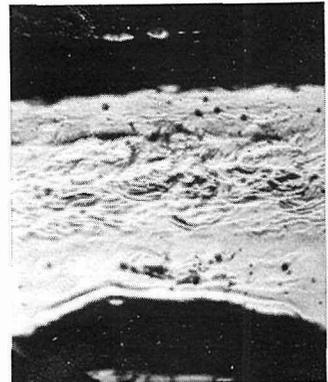
3. 30 秒 後



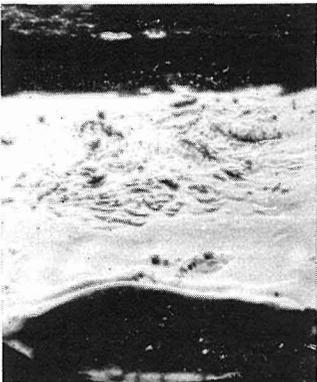
4. 1 分 後



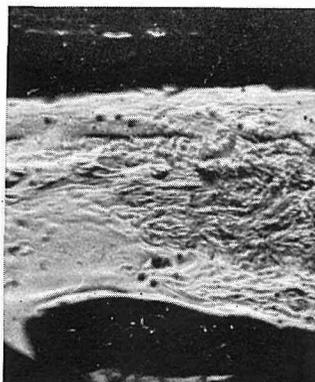
5. 1 分 30 秒 後



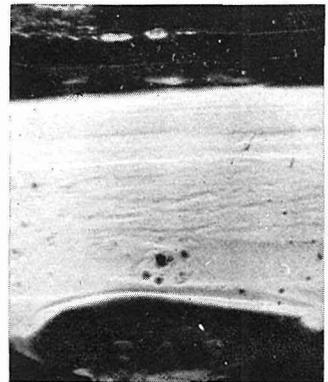
6. 2 分 3 秒 後



7. 2 分 31 秒 後

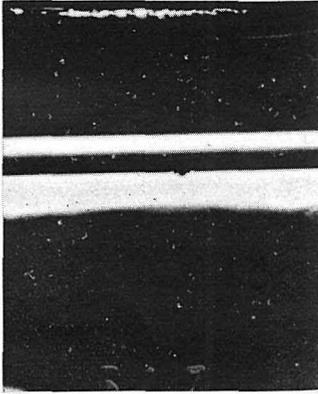


8. 3 分 後、此の直後超音波照射を停止す

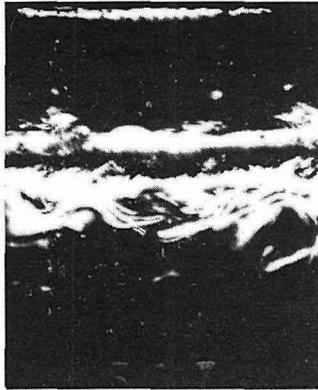


9. 超音波停止して放置 20 分 後

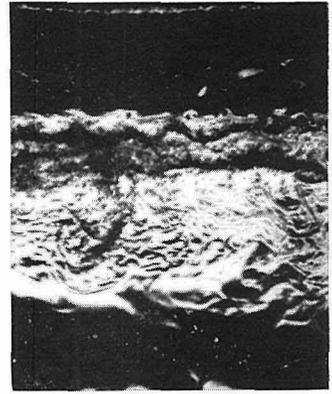
写真 1. (A の第 1 例) 超音波照射, 3 分間, 強度 1/5



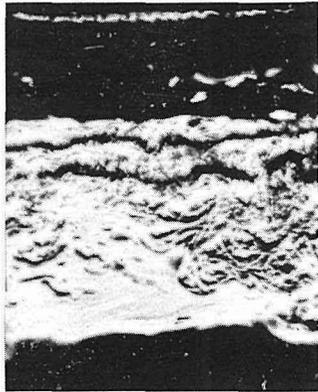
1. H<sub>2</sub>O 2cc の上に C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> OH  
1cc を加う 両液共 21.5°C



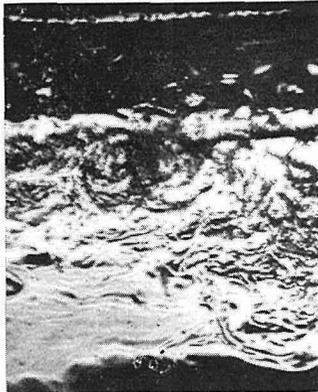
2. 超音波照射開始直後



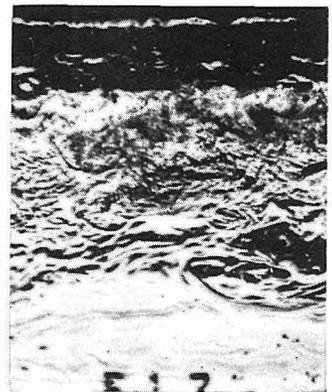
3. 30 秒後



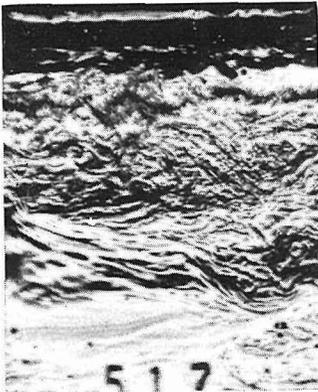
4. 1 分後



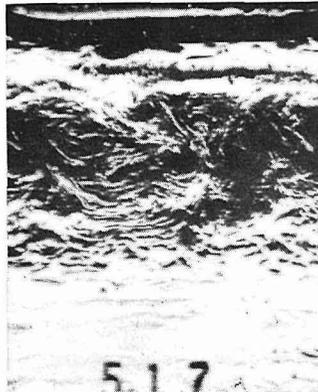
5. 1 分 30 秒後



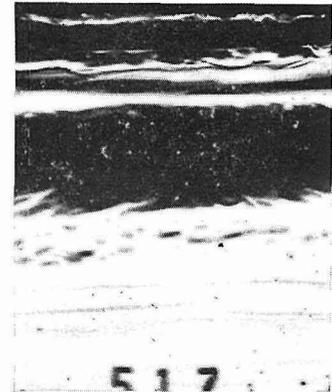
6. 2 分 30 秒後



7. 3 分 30 秒後

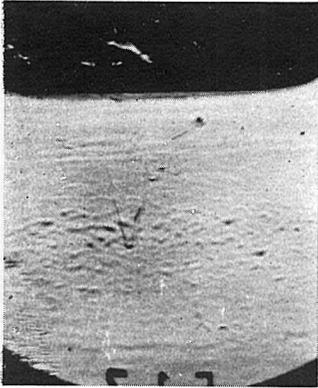


8. 5 分後、此の直後超音波  
照射を停止す

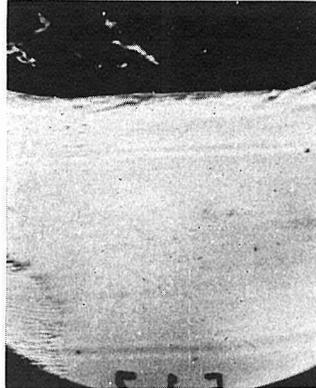


9. 超音波停止 1 分後、液温  
40°C

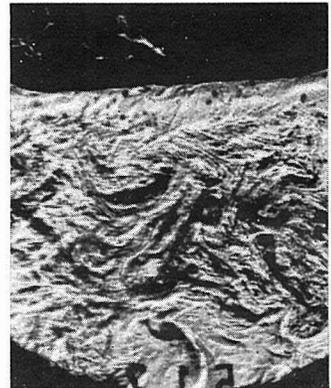
写真 II. (A の第 2 例) 超音波照射, 3 分間, 強度 2/5



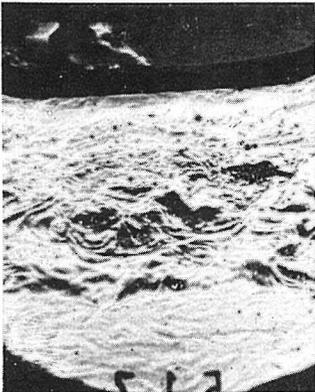
1.  $C_2H_5OH$  1cc の上に  $H_2O$  2cc を加う両液共  $19.6^\circ C$



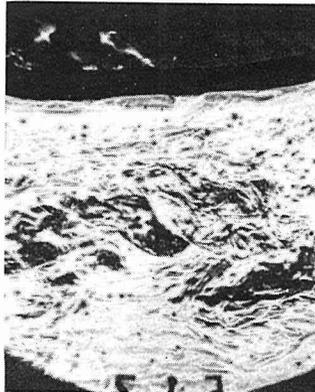
2. 放置 1 分後



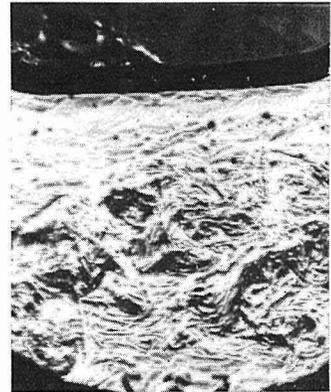
3. 超音波照射開始直後



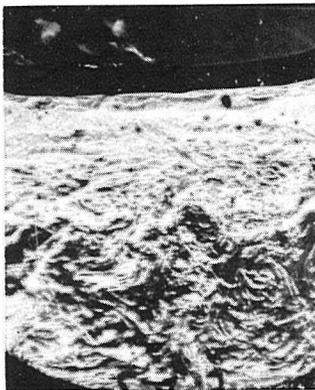
4. 30 秒後



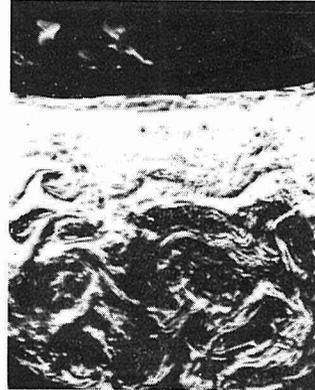
5. 1 分後



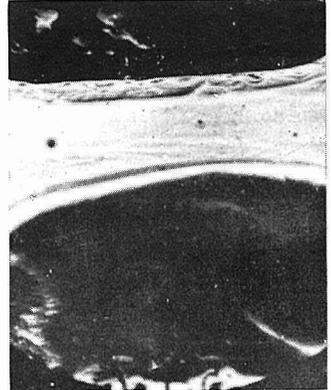
6. 1 分 32 秒後



7. 2 分 2 秒後

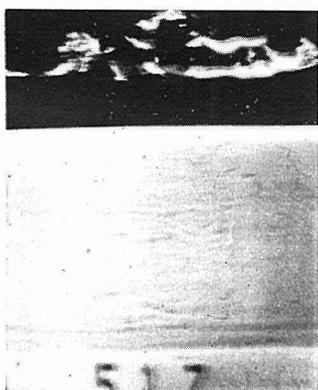


8. 2 分 31 秒後



9. 3 分後超音波照射停止し、更に 20 秒放置後、液温  $33^\circ C$

写真 III. (B の第 1 例) 超音波照射, 3 分間, 強度 2/5



1. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 1.5 cc の上に H<sub>2</sub>O 1.5 cc を加う両液共 20.4°C



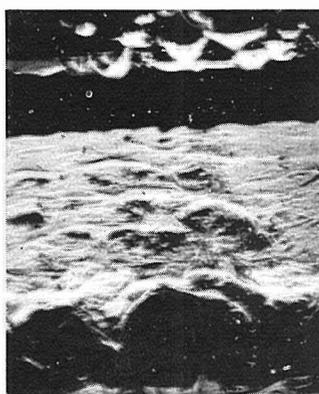
2. 超音波照射開始直後



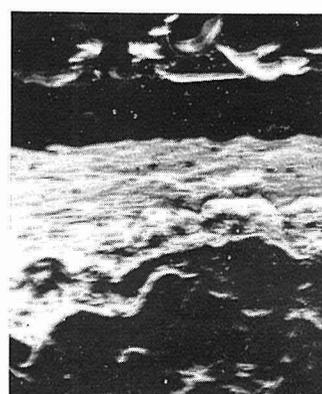
3. 30 秒後



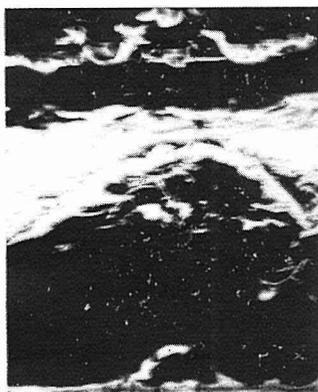
4. 1 分 2 秒後



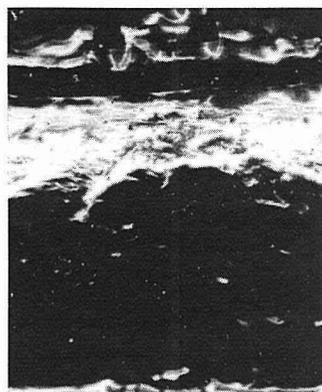
5. 1 分 34 秒後



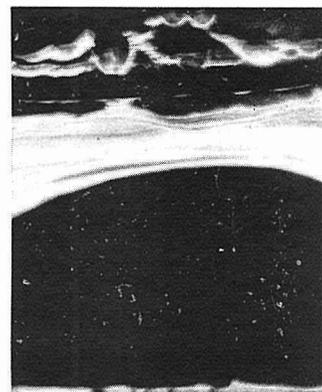
6. 2 分 33 秒後



7. 3 分 32 秒後



8. 5 分 4 秒後、此の直後超音波の照射を停止す

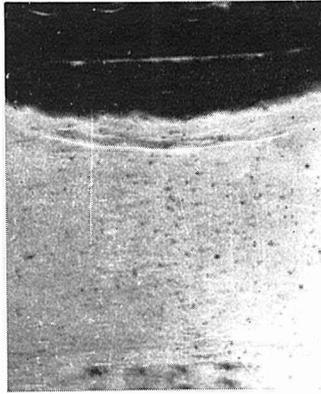


9. 超音波の照射停止 1 分後、液温 50°C

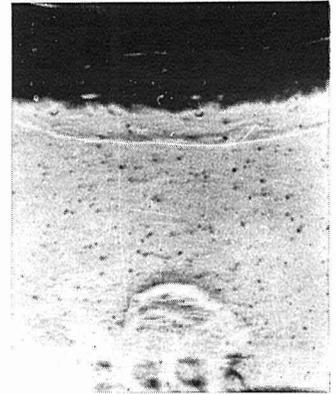
写真 IV. (B の第 2 例) 超音波照射, 5 分間, 強度 2/5



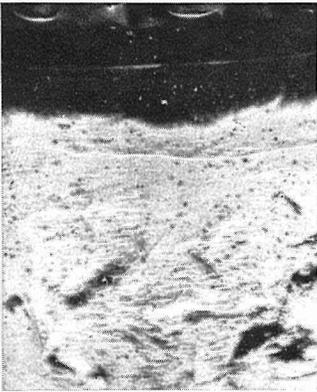
1.  $C_2H_5OH$  と  $H_2O$  夫々 10 cc  
を混合し振盪攪拌後放置 10  
分, 液温  $21^\circ C$



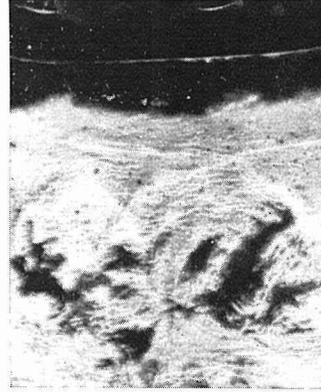
2. 超音波照射開始して  
30 秒後, 気泡発生



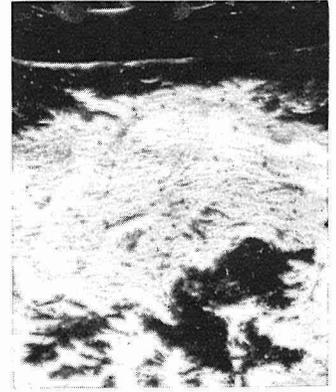
3. 1 分後



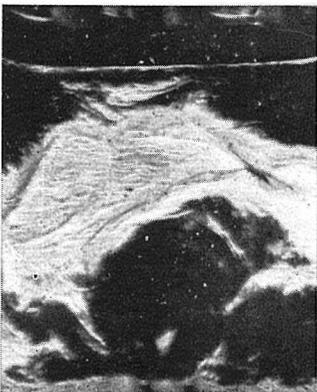
4. 1 分 30 秒後



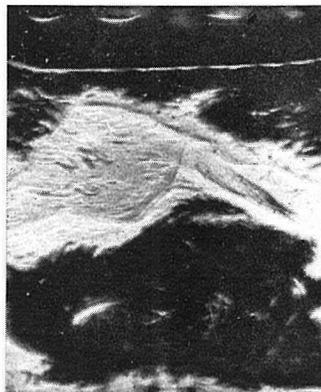
5. 2 分後



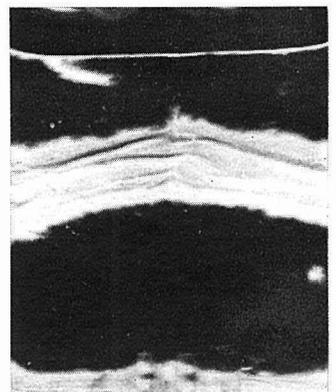
6. 3 分後



7. 4 分後



8. 5 分後



9. 5 分 15 秒で超音波の照射を  
停止し 10 秒後, 液温  $31^\circ C$

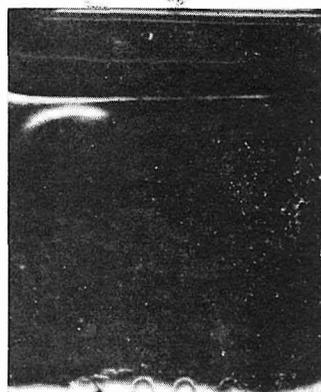
写真 V. (C の第 1 例) 超音波照射, 5 分間, 強度 1/5



1. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH と H<sub>2</sub>O 夫々 10 cc を混合し、1 分間振盪攪拌の直後、液温混合前夫々 21°C



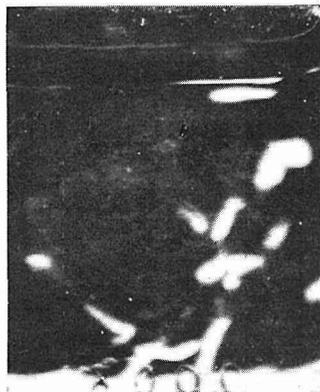
2. 放置 1 分後



3. 超音波照射開始直後、対流らしきものと気泡を認む



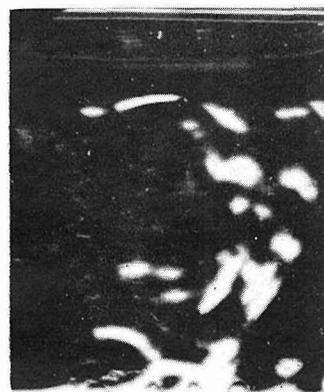
4. 11 秒後



5. 36 秒後



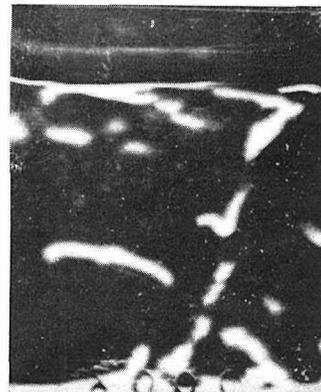
6. 48 秒後



7. 1 分 2 秒後



8. 2 分 3 秒後

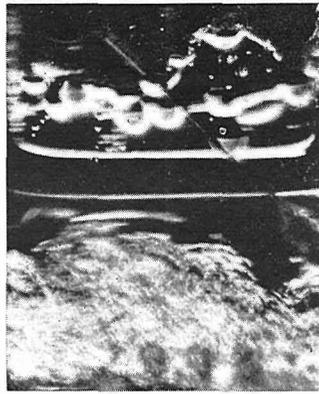


9. 4 分後此の直後超音波の照射を停止す、液温 33.8°C

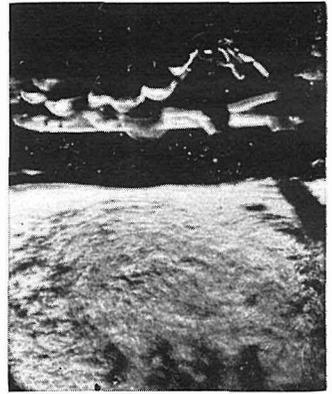
写真 VI. (D の例) 超音波照射, 4 分間, 強度 2/5



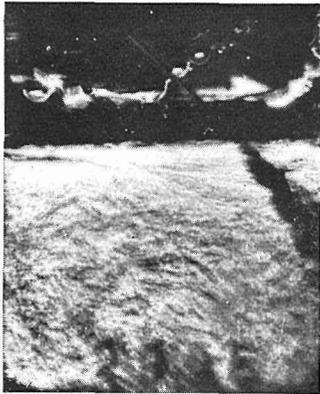
1.  $C_2H_5OH$  10 cc 20.4°C  
 : 上部は硝子表面に附着した液滴



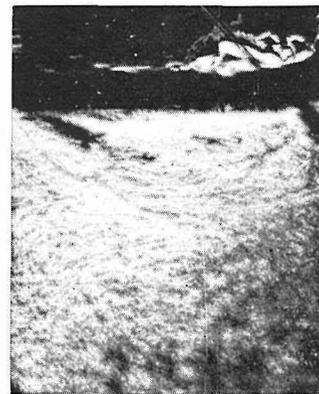
2. 上部に挿入した nozzle より  $H_2O$  の注入を開始す水温 21°C



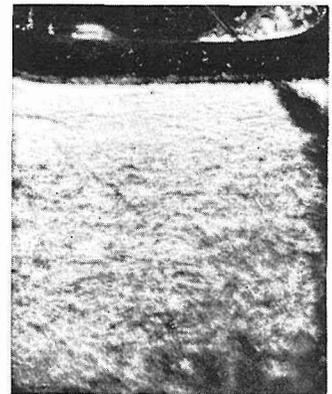
3.



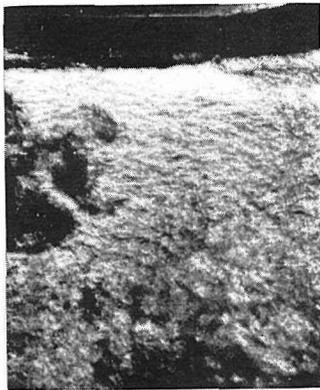
4.



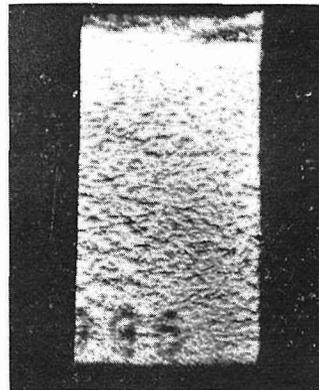
5.



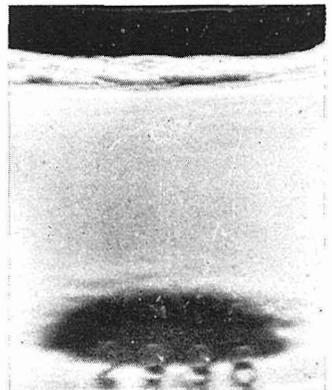
6.



7.

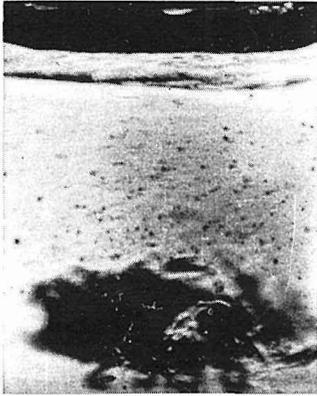


8. 以上注入開始後 1 分 30 秒にて 10 cc の注入を終る



9. 放置 3 分後

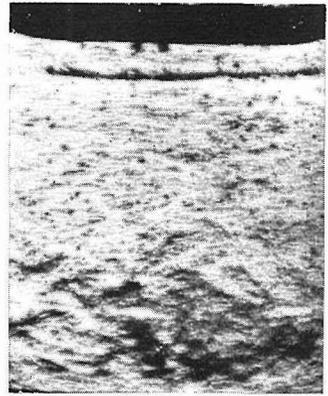
写真 VII. (C の第 2 例) a) nozzle による混合



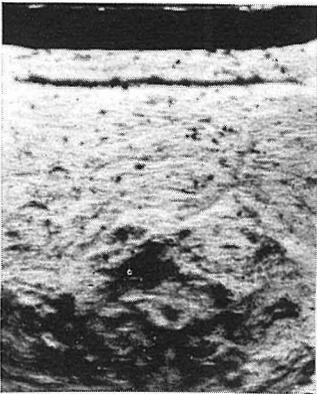
10. 超音波照射開始直後



11. 10 秒後



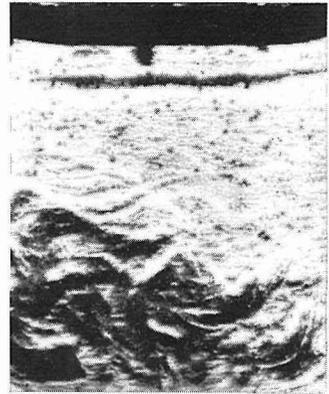
12. 20 秒後



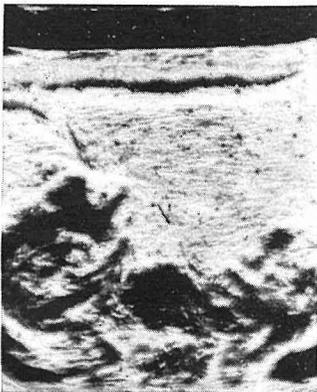
13. 30 秒後



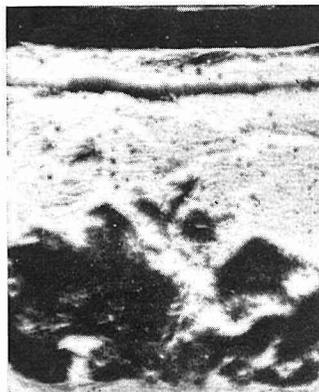
14. 40 秒後



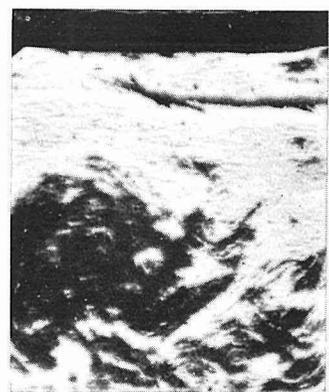
15. 50 秒後



16. 1 分後

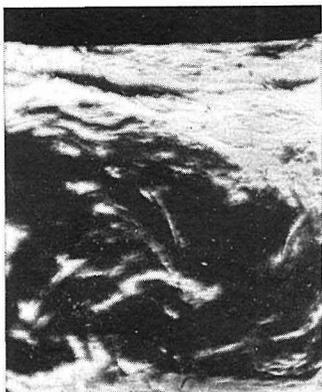


17. 1 分 30 秒後



18. 2 分後

写真 VII. b) 超音波照射, 4 分間, 強度 2/5



19. 2分30秒後



20. 3分後



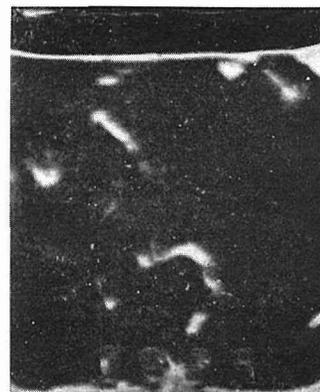
21. 3分30秒後



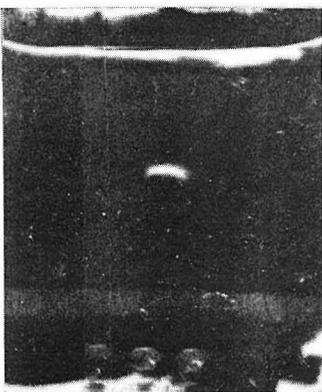
22. 4分後、此の直後に超音波照射を停止す



23. 超音波停止直後熱対流の影を認む



24. 超音波停止30秒後



25. 1分後液温 40.0°C

## 写真 VIII.

右の写真は写真Iの実験後に更に強度を3/5にあげて、超音波照射を再開3分後撮影したものである。

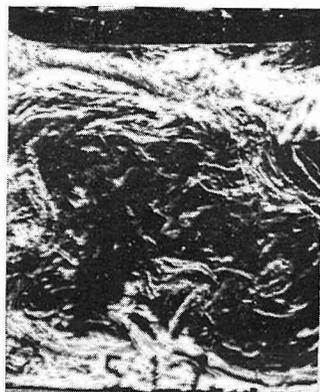


写真 VII. 続き 及び 写真 VIII.