

# 自己調製した半固形化/粘度可変型栄養剤の 人工胃液中における凝固挙動

東海大学工学部応用化学科

工学部医用生体工学科

医学部リハビリテーション科

◎浅香 隆

菊川 久夫

小山 祐司





## はじめに

- 液体栄養剤症候群の抑止と短時間投与を目的に、液体栄養剤へトロミ剤(増粘剤)が加えられた半固形化栄養剤や、胃内で胃酸と反応して凝固する粘度可変型栄養剤が利用されている。
- トロミ剤を加えた高粘度の半固形化栄養剤は、胃瘻チューブよりも内径が狭い経鼻胃管を経由して注入することは容易ではない。一方、粘度可変型栄養剤はこの欠点を補えるものの、種類が少ないことが現状である。(凝固剤:アルギン酸ナトリウムやペクチン)
- そこで本研究では種々の栄養剤へ、
  - (A)トロミ剤を加えて自己調製した半固形化栄養剤
  - (B)凝固剤を加えて自己調製した粘度可変型栄養剤を用いて、人工胃液中の凝固挙動観察と物性測定を行った。



## 出発原料等

### (A) トロミ剤添加 半固形化栄養剤

#### トロミ剤(増粘剤)

N:ネオハイトロミールⅢ  
(フードケア製, キサンタンガム系)

#### 栄養剤:製品名(メーカー)

|    |                   |
|----|-------------------|
| E  | エレンタール(EAファーマ)    |
| R  | ラコールNF(EN大塚製薬)    |
| EH | エンシュア・H(アボットジャパン) |

### (B) 凝固剤添加 粘度可変型栄養剤

#### 凝固剤

I-3:キミカルギンI-3  
(キミカ製, アルギン酸ナトリウム)

#### 栄養剤:製品名(メーカー)

|   |               |
|---|---------------|
| M | メイバランス1.0(明治) |
| I | アイソカルRTU(ネスレ) |
| C | CZ-Hi(クリニコ)   |

## 人工胃液

健常者:pH=1.2 (conc.HCl 7mL+NaCl 2g)/L  
制酸剤利用者:pH=4 (0.1M-HCl 1mL + NaCl 2g)/L



## (A) トロミ剤を加えた半固形化栄養剤の調製

経腸栄養剤(E, R, EH):120mL

(A)10%トロミ剤ペースト:33g  
(ネオハイトロミールⅢ)(30mL)

自転・公転ミキサーにて  
・攪拌(2000rpm×2分)  
・脱泡(2200rpm×3分)



10分後: 50mLカテーテルチップにて再吐出・攪拌10回

20, 37℃  
保存

調製  
1時間後

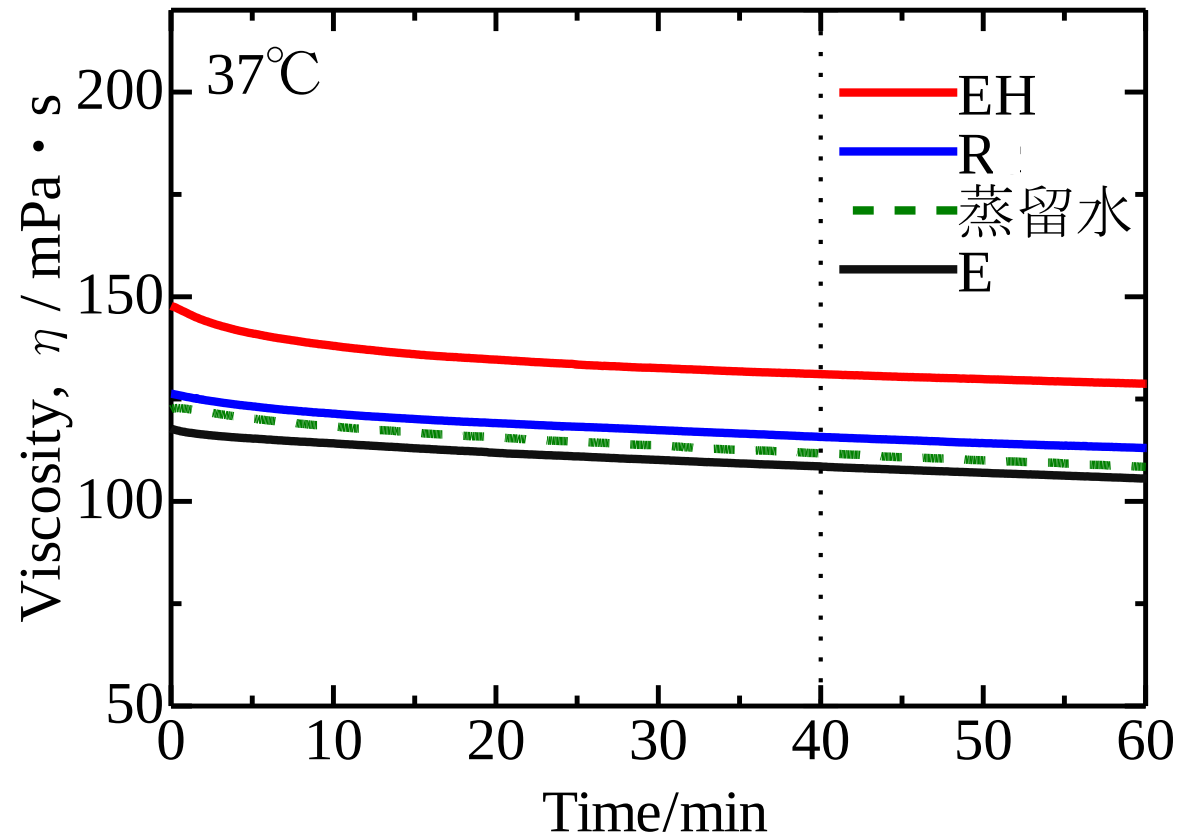
10mL分取

音叉型振動式粘度計(SV-10型)  
→ 粘度の時間推移を調査

共軸二重円筒型(B型)粘度計 → ずり速度と粘度の関係



## (A) トロミ剤を加えた半固形化栄養剤の粘度



調製60分後の粘度はE < 蒸留水 < R < EHとなった。

◎ 半固形化時の粘度は、栄養剤のカリウム含有量に比例していた。

※トロミ剤無添加時の粘度：水 = 1, 栄養剤 = 6 ~ 8 mPa·s



## (B) 凝固剤を加えた粘度可変型栄養剤の調製

濃厚栄養剤(M, I, C):100mL

(B) 1%および4%凝固剤水溶液:25mL  
(アルギン酸Na; キミカルアルギンI-3)

自転・公転ミキサーにて  
・攪拌(2000rpm×1分)  
・脱泡(2200rpm×1分)



20, 37℃  
保存

調製  
1時間後

10mL分取

音叉型振動式粘度計(SV-10型)  
→ 粘度の時間推移を調査

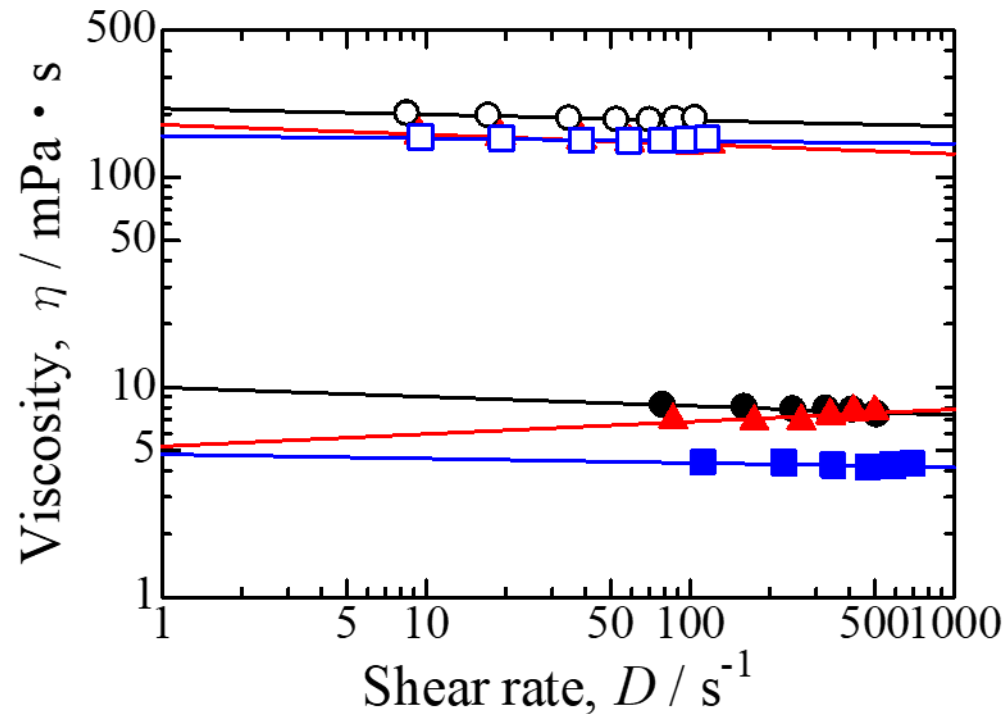


◎音叉振動式レオメーター(RV-10000A型)  
粘度測定条件:振幅:0.1→1.2→0.1mm  
→ ずり速度と粘度の関係





## (B) 凝固剤を加えた粘度可変型栄養剤の粘度



凝固剤:栄養剤  
1:4

|              |              |
|--------------|--------------|
| ● 1% I-3 + C | ○ 4% I-3 + C |
| ▲ 1% I-3 + I | △ 4% I-3 + I |
| ■ 1% I-3 + M | □ 4% I-3 + M |

- ・ 凝固剤を加えた栄養剤の粘度は、凝固剤濃度と共に増加した。
- ・ 粘度変化の傾向 [ M < I < C ] → 栄養剤のCa含有量に比例。

# 人工胃液中の反応確認

- 筑波大学の市川らによれば、胃内容物の蠕動による流速は10～12mm/s (= 600～720mm/min)と述べられている。(大阪国際がんセンターの飯島らによれば、胃蠕動のずり速度は $2\text{s}^{-1}$ 。)
- 恒温振盪水槽の1往復の行程は50mmより、12～14.4rpm。
- 恒温振盪水槽の最低往復数=20rpmに設定(16.7mm/s相当)



- 試料を $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ で1時間振盪攪拌して胃内条件を模擬した。
- 自己調製した栄養剤:人工胃液=体積比で5:3および8:1。
- 1時間振盪攪拌後、音叉振動式レオメーター(RV-10000A)を用いて、ずり速度と粘度の関係を求めた。



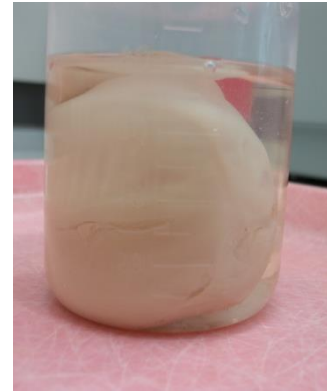


## (A) トロミ剤を加えた半固形化栄養剤

例) 半固形化栄養剤: 人工胃液(pH1.2) = 5:3

1時間振盪撈拌後および濾別時の状態

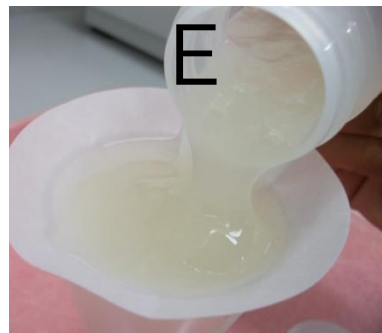
振盪撈拌後



E: エレンタールは凝固していない!

pH=4では凝固しない

濾別残渣

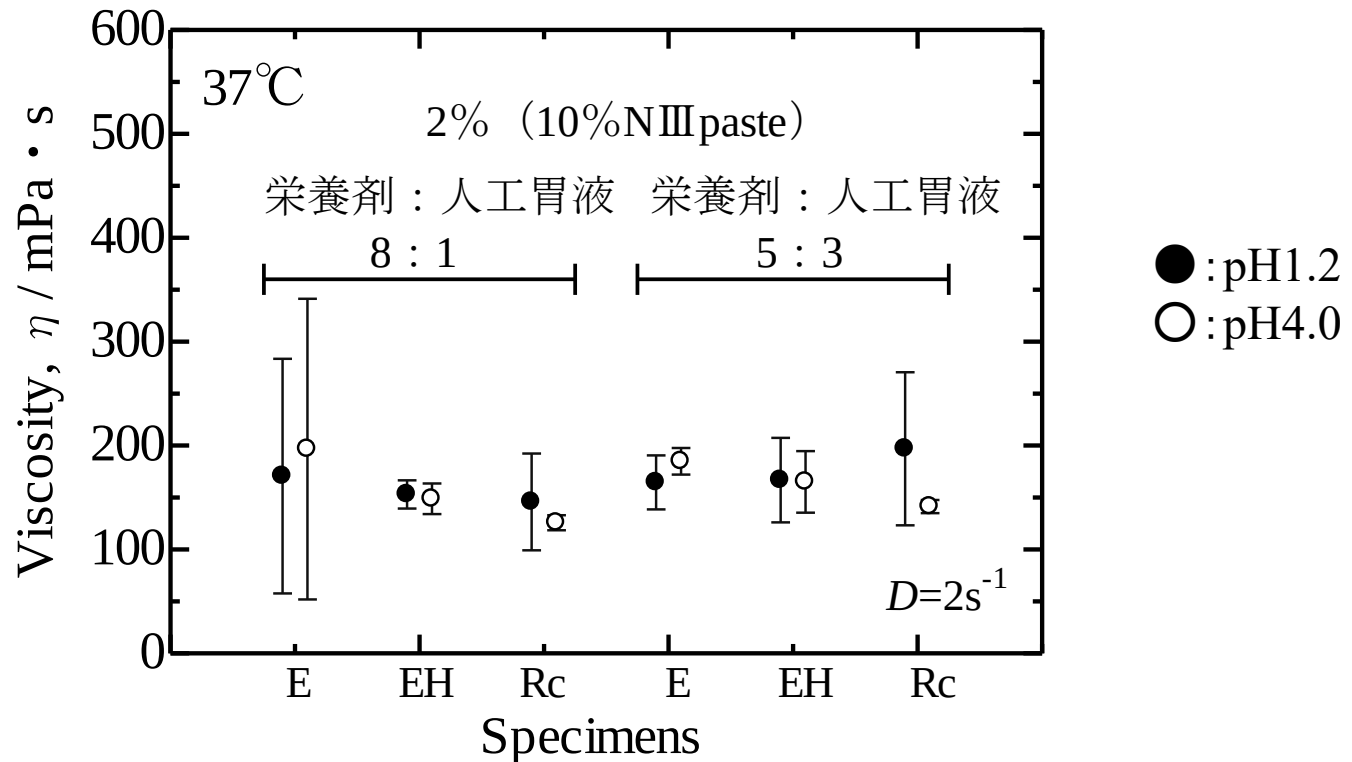


- タンパク含有量  $E < EH < R$  に比例して胃酸により凝固した。
- Eの窒素源はアミノ酸であり、タンパクではない → 凝固しない!



# (A) トロミ剤を加えた半固形化栄養剤

人工胃液 (pH1.2と4) と混合比率 (5:3と8:1) の差違と  
1時間振盪撈拌後の残渣部分の粘度



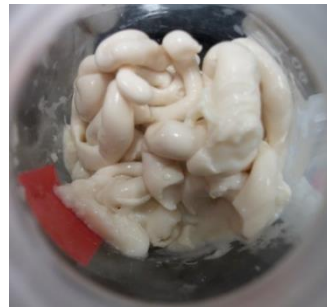
- pH1.2およびpH4.0の人工胃液へ半固形化栄養剤を加えても、残渣部分の粘度はほぼ同様となった。
- pH1.2の人工胃液へ半固形化栄養剤を加えても表面のみが凝固し、中心までは完全に凝固しなかったことが原因？



## (B) 凝固剤を加えた粘度可変型栄養剤

例) 粘度可変型栄養剤 + 人工胃液(pH1.2)

1時間振盪撈拌後および濾別時の状態



5:3 [4% I-3 + アイソカル:人工胃液] 8:1



5:3 [1% I-3 + アイソカル:人工胃液] 8:1

pH=4では凝固しない

各写真左: 振盪撈拌直後、右: 濾別残渣(篩目600 $\mu$ m)

◎ これらの結果から、

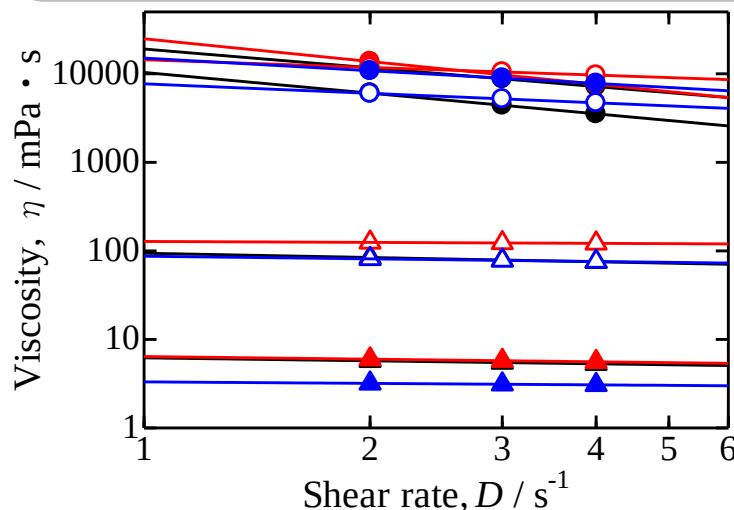
凝固剤濃度と人工胃液比が高く、胃液のpHが低い

ほど、顕著に凝固することが判明した。

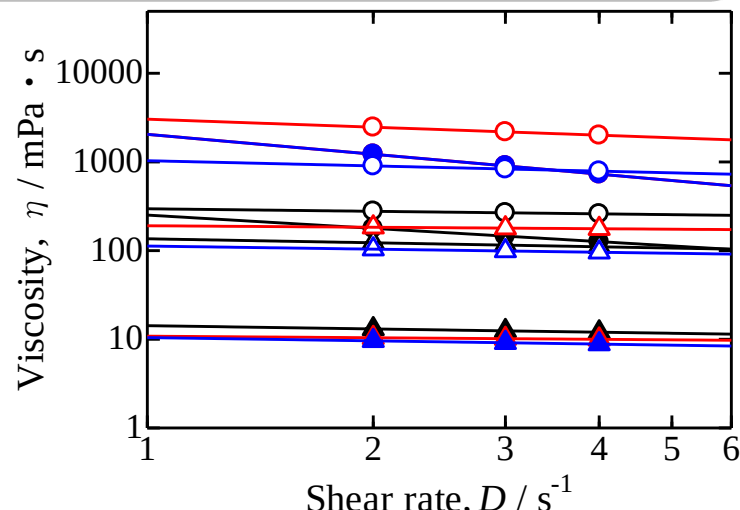


## (B) 凝固剤を加えた粘度可変型栄養剤の粘度

人工胃液 (pH1.2と4) との体積混合比 (5:3と8:1) の差異  
1時間振盪攪拌後のずり速度と粘度 (RV-10000Aによる, 37°C)



栄養剤:人工胃液=5:3



栄養剤:人工胃液=8:1

○:4% I-3+I(pH1.2),    ○:4% I-3+M(pH1.2),    ○:4% I-3+C(pH1.2)  
●:1% I-3+I(pH1.2),    ●:1% I-3+M(pH1.2),    ●:1% I-3+C(pH1.2)  
△:4% I-3+I(pH4),    △:4% I-3+C(pH4),    △:4% I-3+M(pH4)  
▲:1% I-3+C(pH4),    ▲:1% I-3+I(pH4),    ▲:1% I-3+M(pH4)

C:CZ-Hi, I:アイソカルRTU, M:メイバランス1.0

◎ この結果から栄養剤の差違よりも、

**凝固剤の濃度が高く & 胃酸のpHが低い**

ほど、凝固体の粘度は顕著に増加する。





## まとめ

### (A) トロミ剤を加えた半固形化栄養剤

- ネオハイトロミールⅢ(トロミ剤)の主成分であるキサンタンガムは強酸性(低pH)でも安定であり、カリウム存在下で粘度が増すことが知られている。
- 濃厚栄養剤に含まれるカリウム含有量は  $E < R < EH$  の順であり、半固形化栄養剤の粘度増加と一致した。
- 人工胃液による凝固は、栄養剤に含まれるタンパクと胃酸の反応が主である。
- 半固形化時には栄養剤のカリウム含有量に注意すべきである。

### (B) 凝固剤を加えた粘度可変型栄養剤

- 試作した粘度可変型栄養剤は、濃厚栄養剤に含まれるカルシウムイオンと凝固剤のアルギン酸ナトリウム(I-3)が反応して粘度が増加した。
- 凝固剤濃度が高く・胃酸が強酸性(低pH)であれば、液体栄養剤の種類によらず水に不溶なアルギン酸が生成して凝固し、粘度も増加する。
- 本研究の結果、健常者(pH1.2)では自己調製した粘度可変型栄養剤は有効に凝固すると考えた。
- 高齢者や制酸剤利用者など胃液のpHが4を超えて中性(pH7)に近い場合は凝固が困難 → 調製条件や用いる増粘・凝固剤の検討が必要である。

※本研究は日本学術振興会 科研費(研究課題番号17K01583)の助成を受けて実施した。