

〔報 文〕

# ジアシルグリセロールの乳化性に及ぼす卵黄成分 および食塩の影響

大橋きょう子・島田淳子

Effects of Egg Yolk Components and Added Salt on  
the Emulsifying Properties of Diacylglycerol

Kyoko OHASHI and Atsuko SHIMADA

The fractions mainly containing high-density lipoproteins (HDF) and low-density lipoproteins (LDF) were separated from hen egg yolk. Oil-in-water emulsions to simulate mayonnaise were prepared with egg yolk, HDF or LDF, 3.5% acetic acid and triacylglycerol (TAG) or diacylglycerol (DAG). The same amounts of HDF and LDF as those present in the egg yolk were used for the preparation, and the volume of the aqueous phase of the emulsion prepared with HDF or LDF was adjusted to the same volume as that of the egg yolk by adding water. The flow behavior and oil-particle-size distribution of each emulsion were respectively determined by a cone-and-plate viscometer and a fine-particle-counting analyzer. Each emulsion was centrifuged. The stability of the emulsion was evaluated by the volume of the remaining emulsified layer after centrifugation. The viscosity of the emulsions prepared with HDF was lower than that of the emulsions prepared with egg yolk for both TAG and DAG. The emulsion prepared with LDF showed markedly higher viscosity than that prepared with egg yolk when TAG was used, this effect being similar, although much less pronounced, when DAG was used. Emulsions containing sodium chloride in the concentration range of 1-5% in the aqueous phase were prepared, and the same determinations were conducted. The addition of 1% salt increased the viscosity of the emulsions prepared with HDF whether TAG or DAG was used. Above 2% of added salt, the HDF emulsions would not form when TAG was used, although slightly unstable HDF emulsions formed when DAG was used. The viscosity of the TAG emulsions prepared with LDF decreased gradually with increasing concentration of salt, although those prepared with egg yolk increased with increasing salt concentration. The DAG emulsions prepared with LDF became unstable by adding salt, although the addition of salt below 2% increased the viscosity of the DAG emulsions prepared with egg yolk, before becoming unstable with salt addition above 3%. It is concluded that LDF does not act favourably as an emulsifying agent for DAG, while HDF is probably more favourable for DAG than for TAG. Further experiments are needed to clarify the action of these fractions on DAG.

*Key words:* diacylglycerol (ジアシルグリセロール), emulsifying properties (乳化特性), egg yolk (卵黄), high-density lipoproteins (高密度リポたんぱく質), low-density lipoproteins (低密度リポたんぱく質), oil-in-water emulsion (水中油滴型エマルジョン)

## I 緒 言

ジアシルグリセロール (DAG) は、近年わが国において開発された新食品素材で、体内で再合成されにくく、体脂肪として蓄積しにくい特徴を有することから、肥満および高脂血症をはじめとする生活習慣病に有効であることがすでに明らかにされ<sup>1)</sup>、特定保健用食品として認可された油脂である。一般の食用油であるトリアシルグリセロール (TAG) と同様に調理できるとされているが、TAG とは異なりグリセリンに脂肪酸が2つ結合した構造で、分子内に1個のOH基が存在していることから、調理における挙動が若干TAGとは異なることが考えられる。

著者ら<sup>2,3)</sup>は先に、DAGは乳化剤が存在しなくても油中水滴型エマルジョンになりやすく、その安定性は塩の添加により著しく高まることを認めた。また、マヨネーズを想定した濃厚な水中油滴型エマルジョンの系においてDAGエマルジョンはTAGに比べ、平均粒子径が小さく粘度が高いこと、および油水界面を形成しやすく少量でマヨネーズ様の物性を形成し得ること<sup>4)</sup>を認めた。DAGエマルジョンの粘度は少量の食塩添加で著しく増大したが、添加量に限界があり乳化が破壊されやすかった<sup>5)</sup>。

卵黄の乳化力は、脂質とたんぱく質複合体である卵黄リポたんぱく質によるとされ、卵黄は遠心分離により上澄液すなわち液状部分(プラズマ)と、沈殿部分すなわち顆粒(グラニュール)に分けられる。プラズマは低密度画分(Low-Density Fraction, 以後LDFと称す)と水溶性画分から成り、LDFの主成分である低密度リポたんぱく質(LDL<sub>1</sub>およびLDL<sub>2</sub>)は、たんぱく質およびトリグリセリドの複合体であり、その粒子表面が親水基で覆われている構造のため水に分散しやすく、乳化力が高いことが知られている。グラニュールは高密度画分(High-Density Fraction, 以後HDFと称す)とホスビチンから成り、グラニュールの主成分である高密度リポたんぱく質は、リポビテリンとも呼ばれる。HDFは $\alpha$ -および $\beta$ -リポビテリンの2成分から成り、乳化安定性に優れているとされている<sup>6,7)</sup>。これまでに、プラ

ズマおよびグラニュールの乳化性については多くの報告がなされている<sup>8~13)</sup>。しかし、これらの報告は一般の食用油であるTAGについてのものであり、DAGに関する報告はなされていない。

そこで、本研究はDAGの乳化性に及ぼす卵黄成分の影響および食塩の影響を明らかにすることを目的とした。卵黄中の乳化に関与するLDL画分およびHDL画分を用いて、マヨネーズを想定した系における、DAGエマルジョンの乳化性についてTAGと比較検討を行った。

## II 実験方法

### 1. 試料および試薬

#### (1) 試料油

前報<sup>5)</sup>同様、脂肪酸組成およびトコフェロール含量をほぼ同一にそろえて調製したTAGおよびDAG(花王株式会社)を試料油とした。TAGの原材料はサフラワー油、菜種油およびしそ油、DAGのそれは大豆油および菜種油である。両試料油の一般特性は表1に示した。入手後、実験に供するまで4℃の低温室に保存した。

#### (2) 酢酸水溶液

酢酸(試薬特級・和光純薬工業株式会社)を、脱イオン水で3.5%(v/v)水溶液とした。

#### (3) 食塩

NaCl(塩化ナトリウム)試薬特級(和光純薬工業株式会社)を用いた。水相中のNaCl濃度を1.0, 2.0, 3.0および5.0%(w/v)(全量に対して0.33, 0.66, 0.99, 1.65%(w/v))とした。

#### (4) 卵黄

5℃で保存した採卵後2日以内の白色レグホン系鶏(ジュリア)の卵を割卵、卵黄を分離した後、ペーパー上で卵黄を転がして卵白およびカラザ等を完全に除去し、直ちに試料エマルジョンの調製および分画に供した。

### 2. 卵黄成分の分画

押田<sup>8)</sup>の方法に準じてLDFおよびHDFを得た。すなわち新鮮卵黄に2倍容の0.15M NaCl溶液を加えて懸濁し、透析用チューブを用いて0.15M NaCl

表1. トリアシルグリセロールとジアシルグリセロールの特性

Index	TAG	DAG
Fatty acid composition (%)		
C 16 : 0	5.7	3.1
C 18 : 0	2.2	1.3
C 18 : 1	36.2	37.8
C 18 : 2	46.7	48.6
C 18 : 3	8.2	8.5
C 20 : 1	0.9	0.7
Total	100.0	100.0
Tocopherol content (ppm)		
Total	1.058	1.029
Acylglycerol composition (%)		
MAG	0.2	1.0
DAG	1.4	87.1
TAG	98.4	11.9
Total	100.0	100.0
Specific gravity (20℃)	0.914	0.926
Surface tension (25℃) (mN/m)	35.0	34.5
Interfacial tension (25℃) (mN/m)	23.5	12.5
Viscosity (20℃) (mPa·s)	63.8	78.6
Color	L	98.16 99.98
	a	-0.82 -0.88
	b	6.77 4.52

溶液で4℃, 24~48時間透析した。透析後, 高速遠心分離機 (CR20B2型, 日立工機株式会社) で, 6℃, 8,000rpm (10,000×g), 30分間遠心分離し, プラズマとグラニュールに分けた。プラズマには等容量の脱イオン水を加え0.02N HClでpH6.0に調整後, 4℃の低温室中に静置した。これを0.3M NaCl溶液で溶解後, 脱イオン水を加え再び4℃で静置して浮遊物を浮上させ, ろ過した。この操作を3回繰り返した後, 高速遠心分離機で6℃, 8,000rpm (10,000×g), 30分間遠心分離して得られたゾル状浮上層をLDFとした。一方, 透析後, 遠心分離して分けられた沈殿部分すなわちグラニュールに, 再び2倍容の0.15M NaCl溶液を加えて懸濁し, 高速遠心分離機で同様に遠心分離し, 溶液を除き沈殿物を得た。この操作を3回繰り返した後, 得られた沈殿物をHDFとした (図1)。

### 3. エマルションの調製

エマルションの組成は前報<sup>5)</sup>同様, 卵黄:3.5% 酢酸水溶液:油を7.5:7.5:35 (体積比) とした。エマルション調製に用いるLDFおよびHDFの量は卵黄に含まれる量と同量にした。すなわち, LDFおよびHDFそれぞれ5.96gおよび1.43gに水を加えて卵黄と同体積の7.5mlにした。NaClは水相に対し0, 1.0, 2.0, 3.0および5.0% (w/v) とした。水相のpHは3.47~3.56の範囲にあった。水相15mlにTAGまたはDAGを0.06ml/secの速度で滴下しつつ, エクセルホモジナイザー (ED-2型, (株)日本精機製作所) を用いて6,000回転で10分間攪拌してO/Wエマルション15種類を調製した。得られた試料エマルションは5℃で24時間保存後, 流動特性および粒度分布の測定に供した。同様に5℃で24時間および3日間保存後の乳化安定性を評価した。

### 4. 測定項目

#### (1) 水分含量の測定

分画して得られたLDFおよびHDFの水分含量を, 定温乾燥機 (SSN-111S, (株)いすゞ製作所) を用いて常圧乾燥法により測定した。

#### (2) 流動特性の測定

コーンプレート式回転粘度計 (TV-30型, 東機産業株式会社) を用いた。半径12mmの3度コーンローターをセットし, 1.00mlのシリンジを用いて試料エマルション0.55mlを計り取り, コーンとプレート間に充填し, 20℃で30秒間静置後, 回転速度および計測時間は, 以下のとおりに設定した。すなわち, 回転速度は0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10, 20, 50 (rpm) の9段階, 各回転速度における計測時間は120, 60, 50, 30, 30, 30, 20, 20, 20 (sec) とし, 回転速度を上昇・下降させ, 指針示度を自動記録した。得られた値を流動解析ソフト (VA2000, 東機産業株式会社) で解析した。

#### (3) 粒度分布の測定

レーザー回折散乱式粒度分布測定装置SALD-2100型 ((株)島津製作所) を用いて20℃で測定を行った。分散媒として, 0.5% SDS溶液を用いた。試料エマルションの粒子径分布, 平均粒子径および標

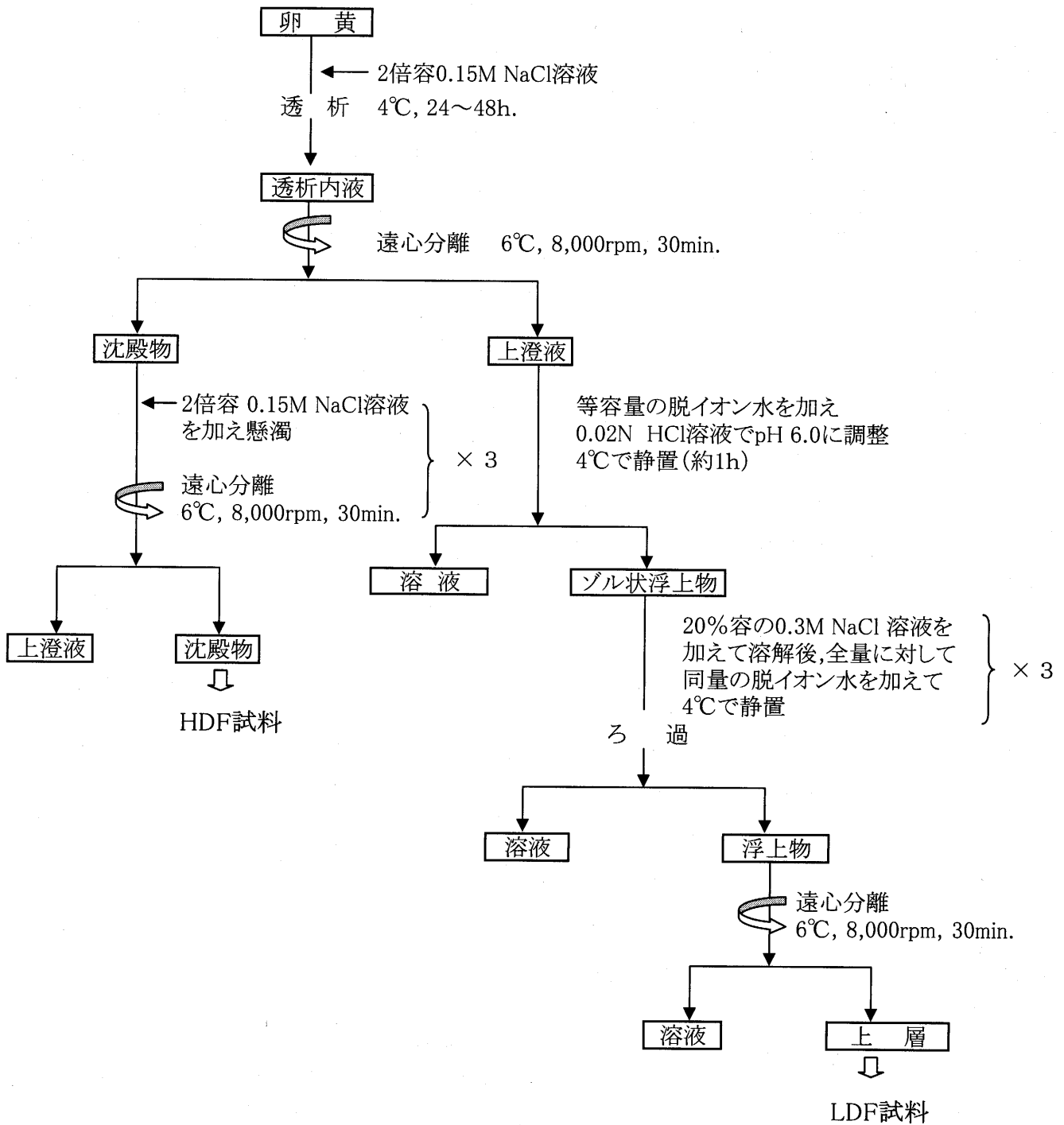


図1. 卵黄分画法

準偏差を読み取った。平均粒子径は全粒子数  $n$  個のうち、小さい方から  $n/2$  番目の粒子の直径であるメジアン径で表した。

#### (4) 遠心分離法による乳化層の評価

試料調製後、5℃で1日保存したエマルション7gを遠沈管に計り取り、高速遠心分離機(CR20B2型、日立工機株式会社)を用いて、20℃、5,000rpm(3,020×g)で5分間遠心分離した後、油層および水層をシリンジで採取・秤量し、試料エマルション中に占める乳化層の割合を重量パーセントで示した<sup>14)</sup>。また、調製したエマルションを5℃、3日間保存後、同様の操作を行い、合わせて乳化安定性の評価とした。

以上の実験は全て3回繰り返して行った。

### III 結果および考察

分画して得たLDFおよびHDFの水分含量は、それぞれ59.0%および54.5%であった。すなわち両者の固形分は卵黄全量に対してそれぞれ32.6%および8.7%であることが認められ、この値は押田<sup>8)</sup>の値とはほぼ一致した。そこで、得られた両画分を用いて以下の実験を行った。

#### 1. エマルションの流動特性

調製したTAGおよびDAGエマルションの流動特性を測定し、ずり速度-ずり応力曲線の上昇曲線が両対数グラフ上で直線に近似できた試料については、下記の指数方程式(1)<sup>15)</sup>から粘性係数および流動性指数を算出した。

$$S - S_0 = K \cdot D^n \quad (1)$$

$S$ はずり応力[Pa]、 $S_0$ は降伏応力[Pa]、 $K$ は粘性係数[Pa·s]、 $D$ はずり速度[s<sup>-1</sup>]、 $n$ は流動性指数である。また、低ずり速度におけるずり応力を用いてCassonの流動方程式(2)<sup>15)</sup>より、Casson降伏値を求めた。

$$\sqrt{S} = \sqrt{S_c} + \sqrt{\mu_c \cdot D} \quad (2)$$

$S$ はずり応力[Pa]、 $S_c$ はCasson降伏値[Pa]、 $\mu_c$ はCasson粘度[Pa·s]、 $D$ はずり速度[s<sup>-1</sup>]で

ある。

流動特性の測定結果を表2に示した。また、NaCl無添加および1.0%添加試料のずり速度-ずり応力曲線の結果を図2に示した。NaCl無添加のTAGについてみると、HDFで調製したエマルションのずり応力は、卵黄エマルションよりやや低いものの全体的に似た形のカーブとなった(図2-(1)、(2))。粘性係数および降伏値も、卵黄の19.5Pa·sおよび14.3Pa·sに対して、16.7Pa·sおよび13.2Pa·sとやや低い値であった。どちらのカーブも上昇と下降の間に差がみられなかった。一方、LDFで調製したTAGエマルションのずり応力は、卵黄エマルションよりも著しく高いずり応力を示し、低ずり速度で急激に上昇し、下降曲線におけるずり応力は上昇曲線のそれより低く、チキソトロピー性を示した<sup>16)</sup>(図2-(3))。

DAGについてもHDFで調製したエマルションはTAGと似た傾向を示した。すなわち、ずり応力は卵黄エマルションよりも低く、上昇と下降曲線に差はなくほぼ同じカーブを示した(図2-(4)、(5))。このように、傾向としては似ていたものの、HDFエマルションのずり応力の増加程度は、TAGのそれより小さかった。一方、LDFで調製したエマルションの粘性係数および降伏値(表2)は65.3Pa·sおよび57.9Paと卵黄エマルションおよびHDFより高かったが、上昇と下降曲線がずり速度25s<sup>-1</sup>辺りで交差し、やや不安定な挙動を示した(図2-(6))。

次に食塩添加の影響について検討した。この結果、表2に併記したように卵黄で調製したTAGエマルションの粘性係数および降伏値は、NaCl添加濃度に伴って大きくなり、流動性指数は小さくなった。HDFで調製したTAGエマルションのずり応力は、NaCl1%添加によって顕著に増加し、粘性係数および降伏値はそれぞれおよそ3倍になった。しかし、NaCl2.0および3.0%では乳化形成せず、5.0%では測定中に分離し、測定不能であった。一方、LDFで調製したTAGエマルションのずり応力は、NaClを1.0%添加することにより低下したが、エマルションの構造は安定しており、指数方程式に良く合致した。NaCl濃度が2.0%になると、粘性係数お

表 2. 卵黄, HDF および LDF で調製したエマルションの流動特性値 (20℃)

	NaCl % (w/v)	TAG			DAG		
		<i>K</i>	<i>n</i>	<i>Sc</i>	<i>K</i>	<i>n</i>	<i>Sc</i>
		(Pa·s)		(Pa)	(Pa·s)		(Pa)
E . Y .	0	19.5	0.37	14.3	50.1	0.31	43.6
	1	49.5	0.32	37.2	79.8	0.26	69.1
	2	59.2	0.31	44.3	98.7	0.25	90.1
	3	70.5	0.29	56.2	80.8	0.25	69.6
	5	76.3	0.27	61.9	×	×	×
HDF	0	16.7	0.26	13.2	11.8	0.27	9.2
	1	47.9	0.09	42.7	39.5	0.01	37.2
	2	×	×	×	*	*	*
	3	×	×	×	*	*	*
	5	*	*	*	*	*	*
LDF	0	74.1	0.27	67.3	65.3	0.15	57.9
	1	58.7	0.23	52.8	62.7	0.18	57.1
	2	40.3	0.29	34.0	44.2	0.22	35.1
	3	40.2	0.28	34.1	—	—	—
	5	39.2	0.31	33.7	—	—	—

*K*; 粘性係数, *n*; 流動性指数, *Sc*; Casson 降伏値

×; 乳化せず (分離), \*; 測定不能, —; 指数方程式に適合せず

【E.Y.】; 卵黄, 【HDF】; 高密度画分, 【LDF】; 低密度画分

よび降伏値はそれぞれ減少したが, NaCl 濃度をそれ以上増加しても粘性係数および降伏値にはほとんど変化がみられなかった。

DAG の卵黄エマルションの粘性係数および降伏値は NaCl 2.0% までは, 粘性係数および降伏値ともに増加し, 流動性指数は低下したが, 3.0% を超えると粘性係数は低下し, 5.0% 添加では乳化形成しなかった。NaCl を 1.0% 添加した HDF エマルションでは, ずり速度をかけることにより, ずり速度 5~10s<sup>-1</sup> 付近まで, ずり応力が一旦低下するという異常な挙動を示した (図 2-(5))。このような挙動はエマルションの構造破壊を示すものであり<sup>16)</sup>, 高圧処理した卵黄においても観察されている<sup>17)</sup>。NaCl 2.0% 以上ではいずれも不安定で測定中に分離し, 測定不能であった。LDF で調製したエマルシ

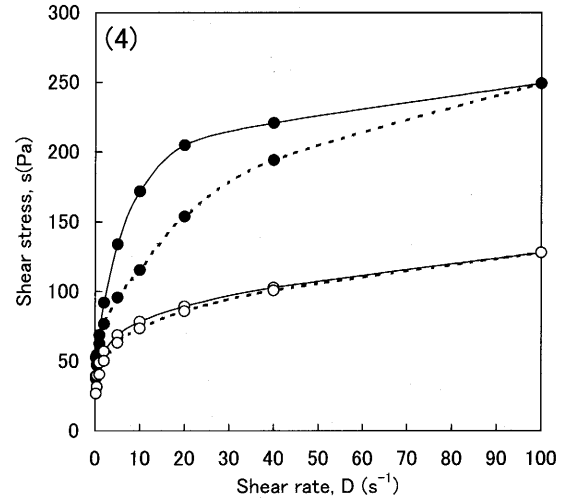
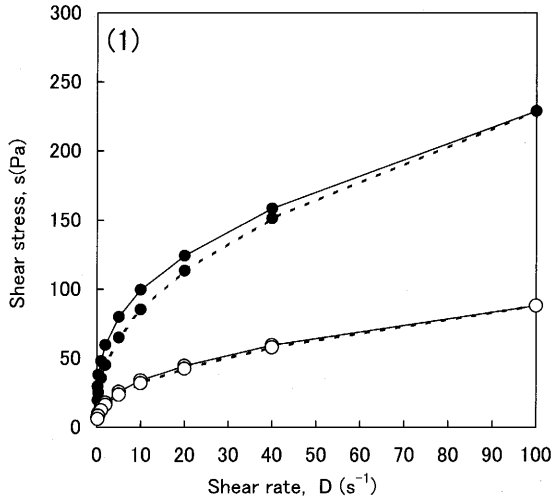
ョンでは NaCl 1.0% 添加により, やや不安定なずり速度-ずり応力曲線を示した。2.0% 添加すると構造は更に不安定となり, 粘性係数, 降伏値共に低下した。NaCl 3.0% および 5.0% では, 指数方程式に適合しなかった。

以上より, LDF は TAG に対して高い乳化能を示すこと, および DAG に対しては有能に機能しないことが示された。特に NaCl 添加によるマイナス効果が顕著であった。プラズマは, 酸性領域でイオン強度にかかわらず高い溶解性を示すこと<sup>11)</sup>, 一方グラニューールの溶解性は低いこと<sup>12)</sup> が認められている。卵黄たんぱく質溶解度は, プラズマとグラニューールの中間にあること<sup>13)</sup> もまた報告されている。本研究における TAG の結果には HDF および LDF の量のみでなく, このような溶解性の違いも

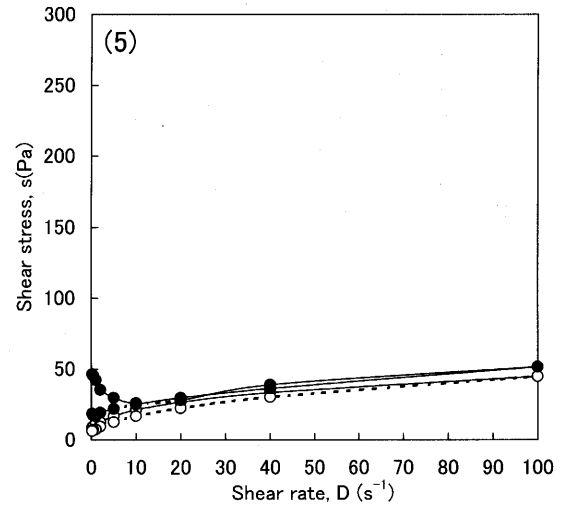
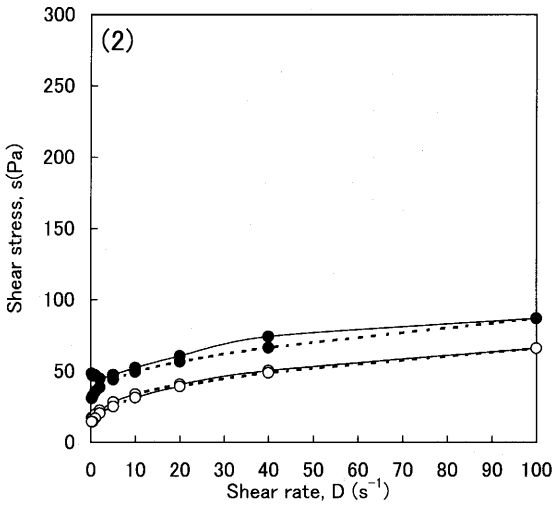
TAG

DAG

【E.Y.】



【HDF】



【LDF】

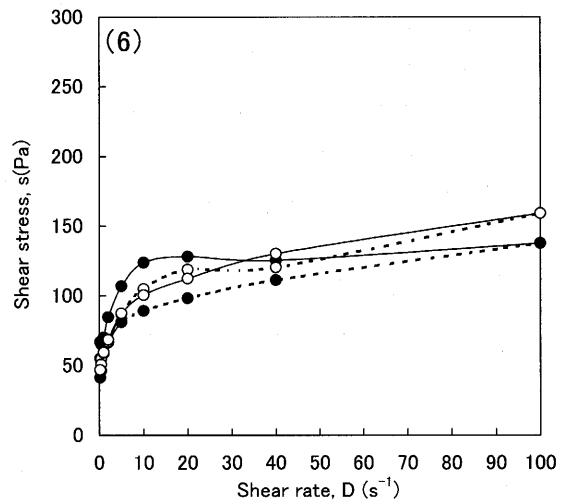
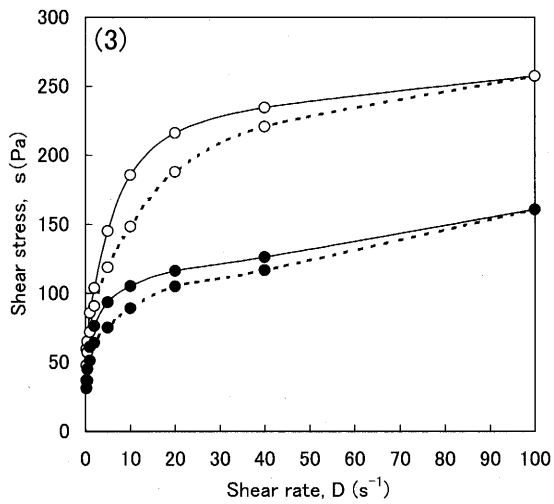


図2. 卵黄, HDF, LDFで調製したエマルションのずり速度-ずり応力曲線

○-○; 食塩無添加, ●-●; 食塩1.0% (w/v) 添加      ———; 上昇曲線, - - - - -; 下降曲線  
 【E.Y.】; 卵黄, 【HDF】; 高密度画分, 【LDF】; 低密度画分

影響していると考えられる。LDF が DAG に対して、有効に乳化機能を示さなかった理由としては、DAG が分子内 OH 基による極性の存在のために、LDL 中のリン脂質を可溶化させ<sup>18)</sup> たためと考えられる。

## 2. エマルションの粒度分布

前項の結果により、TAG と DAG ではエマルションの流動挙動が異なり、特に NaCl 添加の影響が顕著であった。DAG に及ぼす HDF および LDF の乳化機能が TAG とは異なることが示唆された。そこで、TAG、DAG エマルションに及ぼす HDF および LDF の乳化効果・食塩の影響を更に詳しく調べるため、1.0% 添加エマルションの粒度分布を測定し、粒子径の分布および平均粒子径について検討した。その結果を図 3 に示した。

NaCl 無添加の HDF エマルションのメジアン径は TAG が  $5.9\mu\text{m}$ 、DAG が  $7.3\mu\text{m}$  と TAG の方が小さかった。この結果は粘性係数および降伏値は共に TAG の方が大きかった (表 2) こととよく対応した。粒子径分布についてみると TAG、DAG 共に 2 つのピークを有していた。ピークの山は TAG および DAG 共に粒子径の大きい方が高かったが、その傾向は特に DAG において顕著であった。HDF エマルションの約 70% は  $\alpha$ -および  $\beta$ -リポビテリンより成っている<sup>7)</sup> ことから、2 つのピークはそれぞれの成分によるものと考えられるが、詳細については今後の課題である。

NaCl を 1.0% 添加すると TAG のメジアン径は  $2.7\mu\text{m}$  と約 1/2 になった。分布についてみると粒子径の大きい方のピークが消失し、低粒子側にシフトしていることが認められた。NaCl 1.0% 添加により TAG のメジアン径は小さく、DAG エマルションも TAG と同様に NaCl 添加によりメジアン径は小さくなった。また大粒子側のピークが、TAG のように 1 つのピークにはならず、大きな粒子の存在が認められた (図 3-(2))。このように粒度分布の幅が広く、特に大粒子の割合が大きい場合、エマルションの構造が脆弱になること<sup>19)</sup> が報告されている。また油滴の合一および凝集によりエマルション

の粒度分布は右寄りにシフトすること<sup>20)</sup> も報告されている。これが HDF で調製した NaCl 1.0% 添加 DAG エマルションの異常な流動挙動 (図 2-(5)) を示したことの理由であると考えられる。

LDF で調製した食塩無添加の TAG および DAG エマルションの粒度分布は HDF で調製したエマルションとは異なり、ピークは 1 つであった (図 3-(3))。メジアン径も TAG および DAG 共に HDF のそれより小さかった。しかし、DAG は TAG よりもメジアン径および標準偏差共に大きかった。NaCl を 1.0% 添加すると TAG ではメジアン径、標準偏差共に小さくなった。一方、DAG においてはメジアン径は小さくなったものの標準偏差は変わらず、ピークはなだらかになった (図 3-(4))。TAG では  $12\mu\text{m}$  以上の粒子が全く存在しなかったのに対し、DAG では  $12.6\mu\text{m}$  以上の粒子が約 12% を占めたことにより、DAG は TAG に比べて油滴粒子の凝集または合一が ocorrência やすいことが考えられた。

## 3. 遠心分離による乳化層の変化

前 2 項により、DAG に対する HDF および LDF の乳化性の効果が TAG とは異なることが明らかになった。本項では更に両画分で調製したエマルションに重力を課すことにより、その乳化性を異なる角度から評価した。結果を図 4、5 に示した。

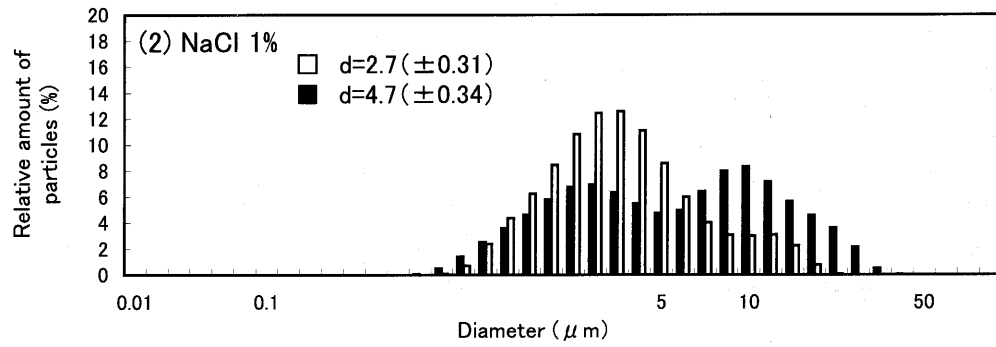
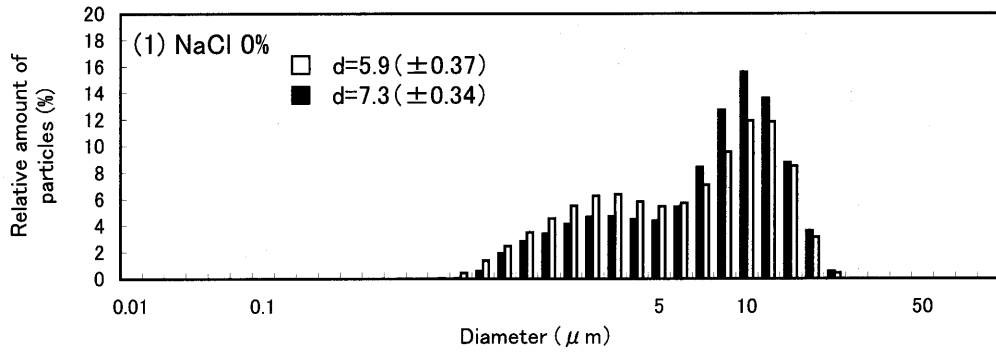
HDF で調製した NaCl 無添加の TAG は均一でソフトなゾル状エマルションになり、調製 1 日後および 3 日後の乳化層に、変化はみられなかった (図 4-(1)、(2))。DAG も同様であった (図 4-(3)、(4))。

NaCl を 1.0% 添加すると遠心分離後の TAG の下層に明確な水層の分離が認められた。NaCl を 2.0 および 3.0% 添加した場合には、エマルションを遠心分離にかける以前に水層と油層に分離し、測定はできなかった。NaCl 濃度が 5.0% になるとエマルションを形成したものの乳化層は 60% 程度に過ぎず、油層が分離した (図 4-(1))。

NaCl を 1.0% 添加した DAG エマルションの状態は、TAG のそれと同じく、無添加に比べると乳化安定性は低く水層の分離が観察された。



【 H D F 】



【 L D F 】

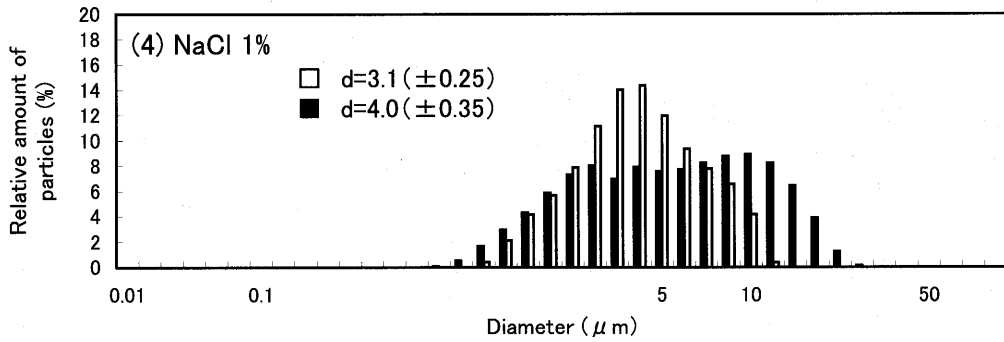
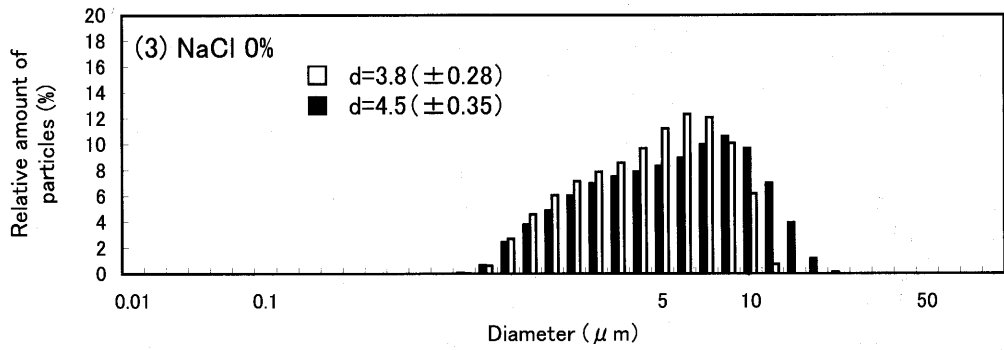
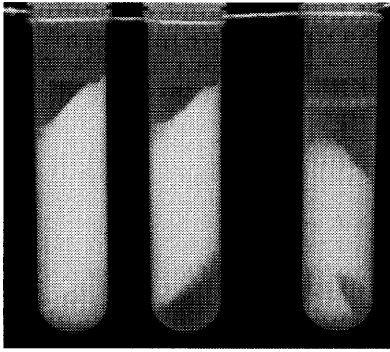
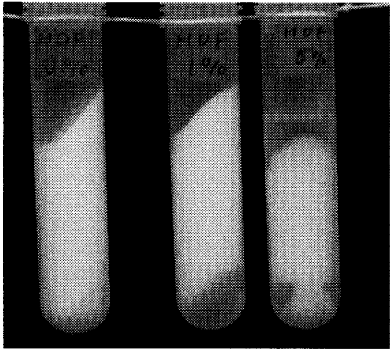


図3. HDF および LDF で調製したエマルションの粒度分布および平均粒子径  
 □; TAG, ■; DAG, d; メジアン径 ( $\mu\text{m}$ )

TAG  
NaCl 0 1 5%(w/v)

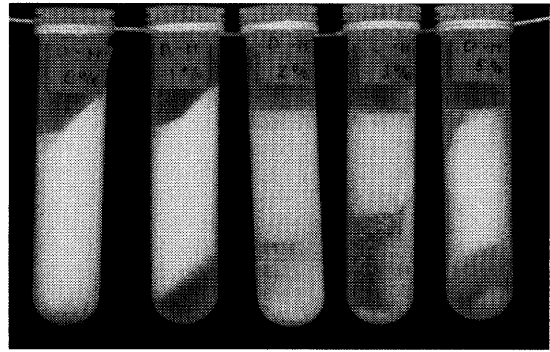


(1) 調製1日後

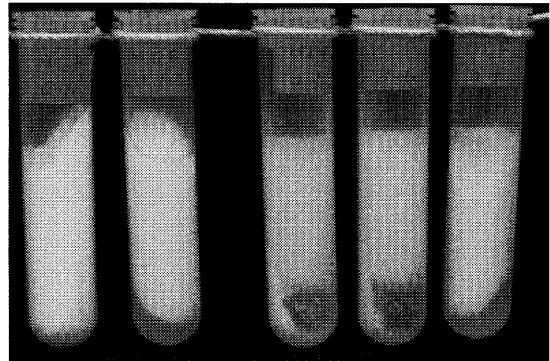


(2) 調製3日後

DAG  
NaCl 0 1 2 3 5%(w/v)



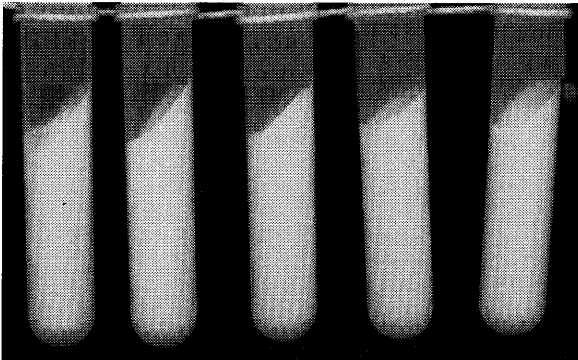
(3) 調製1日後



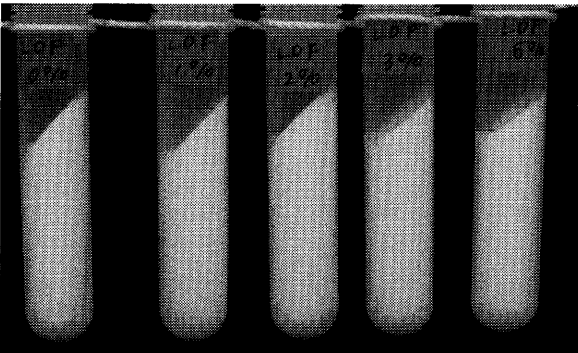
(4) 調製3日後

図4. HDFで調製したエマルジョン

NaCl 0 1 2 3 5%(w/v)

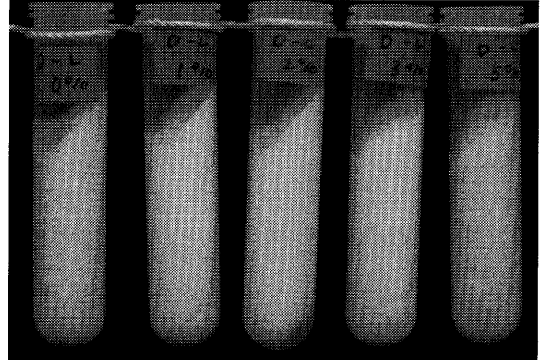


(1) 調製1日後

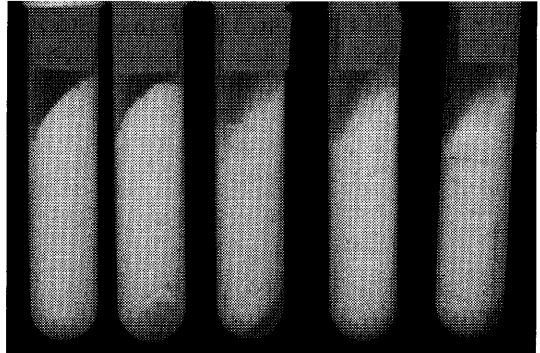


(2) 調製3日後

NaCl 0 1 2 3 5%(w/v)



(3) 調製1日後



(4) 調製3日後

図5. LDFで調製したエマルジョン

NaCl 2.0および3.0%添加した場合にはやわらかなゾル状となったものの遠心分離にかけると分離測定できなかった。NaClを5.0%添加するとTAGの場合と同様、65%程度の乳化層を形成した(図4-(3))。

LDFで調製したNaCl無添加のTAGエマルションは、極めて安定で、1日後の乳化層は99%と高かった。3日後も全く変化がみられず、良い乳化状態を維持しているのが観察された(図5-(1), (2))。LDFで調製したTAGエマルションの乳化安定性は、NaCl添加によっても変化せず、いずれの濃度においても乳化層は100%で、しかも調製3日後においても変化なく乳化安定性は極めて高かった。

DAGにおいても、NaCl無添加1日後は遠心分離後も安定な乳化層を維持していた。しかし、3日後になると試料はやや粗い感じを示した(図5-(3)(4))。NaClを添加すると乳化安定性は低下し、NaCl 3.0%以上添加のエマルションの乳化層には明確な亀裂が認められた。Kawai<sup>18)</sup>は、DAGで調製したマヨネーズ様乳化物を高温で保存すると、同様な亀裂が生じること、およびその理由が卵黄リポたんぱく質中のリン脂質がDAGに溶解したためであることを報告している。低密度リポたんぱく質の外側大部分はリン脂質で覆われていることから、LDLはDAGに対して乳化剤として有効に機能しないことが本測定によっても認められた。しかし、HDFに対してはNaCl 2.0および3.0%添加において、TAGより乳化性がやや優れている結果となった。これらの理由については今後更なる検討が必要である。

#### IV 要 約

DAGの乳化性に及ぼす卵黄成分および食塩の影響について明らかにするためにTAGと比較検討し、以下の結果を得た。

- 1) HDFで調製したエマルションはTAG, DAG共に粘性係数および降伏値が小さかった。一方、LDFで調製したTAGエマルションは、高い粘性係数と降伏値を有し安定性が高かった。DAGでは両特性値共にTAGのそれより低く、

やや不安定であった。

- 2) 食塩1.0%添加はHDFで調製したTAG, DAGエマルションの粘性係数および降伏値を高めたが、DAGではやや不安定な流動曲線となった。食塩の添加はLDFエマルションの粘性係数および降伏値を低下させた。
- 3) HDFで調製したエマルションの粒度分布は2つのピークを有し、DAGのメジアン径はTAGのそれよりやや大きかった。食塩添加により、TAGの大粒子は減少し、ピークは1つになった。DAGにおいても大粒子のピークは小さくなった。LDFで調製したDAGエマルションのメジアン径はNaCl添加、無添加共にTAGのそれより大きく、標準偏差も大きかった。
- 4) 遠心分離による乳化層の評価をした結果、LDFで調製したDAGエマルションでは、TAGより乳化安定性が高かったが、DAGではNaCl添加で乳化層に一部亀裂が生じた。

#### V 謝 辞

稿を終えるに当たり、本学生生活科学科16年度卒業繁宮理美さん、高城敦子さんに謝意を表すると共に、試料油の調製および分析にご協力いただきました花王株式会社ヘルスケア第1研究所の皆様へ厚く御礼申し上げます。

#### VI 参 考 文 献

- 1) Katsuragi, Y., Yasukawa, T., Matsuo, N., Flickinger, B. D., Takimitsu, I. and Matlock, M. G.; *Diacylglycerol Oil*, Part III-C Lifestyle-related disease, AOCS, U.S.A., pp.125-154 (2004)
- 2) Shimada, A. and Ohashi, K.; Interfacial and emulsifying properties of diacylglycerol, *J. Food Sci. Technol. Res.*, 9, 142-147 (2003)
- 3) 緑川真理, 大橋きょう子, 島田淳子; 乳化剤無添加のジアシルグリセロールで調製した油中水滴型エマルションの乳化特性に及ぼす塩類の影響, 昭和女子大学大学院生活機構研究科紀要, 14, 31-38 (2005)
- 4) 大橋きょう子, 島田淳子; 濃厚な水中油滴型エマルションの系におけるジアシルグリセロールの乳化特

- 性, 調科誌, 35, 132-138 (2002)
- 5) 大橋きょう子, 島田淳子; シアシルグリセロールで調製したマヨネーズ様エマルジョンに及ぼす調味料の影響, 家政誌, 59, 297-303 (2004)
- 6) 浅野悠輔, 石原良三; 「卵—その化学と加工技術—」 3章 卵の乳化性, pp.148-156, 光琳書院, 東京 (1985)
- 7) 佐藤 泰, 田名部尚子, 中村 良, 渡辺乾二; 「卵の調理と健康の科学」, p.22, 弘学出版, 神奈川 (1989)
- 8) 押田一夫; マヨネーズの製造に関する基礎的研究 (第4報) 卵黄の Low-density Fraction 及び High-density Fraction の乳化力と安定性に及ぼす食塩及び酢酸の影響について, 日食工誌, 23, 250-256 (1976)
- 9) Anton, M. and Gandemer, G.; Composition, solubility and emulsifying properties of granules and plasma of egg yolk, *J. Food Sci.*, 62, 484-487 (1997)
- 10) 水谷玲子, 中村 良; 卵黄低密度タンパク質の乳化性とその解析, 食品の物性, 14, 11-18 (1988)
- 11) Anton, M. and Gandemer, G.; Effect of pH on interface composition and on quality of oil-in-water emulsions made with egg yolk, *Colloids Surf. B.*, 12, 351-358 (1999)
- 12) Denmat, M. L., Anton, M. and Beaumal, V.; Characterization of emulsion properties and of interface composition in O/W emulsions prepared with hen egg yolk, plasma and granules, *Food Hydrocolloids*, 14, 539-549 (2000)
- 13) Anton, M.; Structure and functional properties of hen egg yolk constituents, *Recent Research Developments in Agric. and Food chem.*, 2, 839-864 (1998)
- 14) 島田淳子, 矢沢悦子, 荒井綜一; 酵素修飾ゼラチンを用いて調製した高粘度エマルジョンの品質評価, 日食工誌, 29, 100-104 (1982)
- 15) 川崎種一, 宮本 勲; 回転粘度計による粘性測定の実際, *New Food Ind.*, 25, 52-57 (1983)
- 16) 川端晶子; 「食品物性学〈レオロジーとテクスチャー〉」, p.38, 建帛社, 東京 (1989)
- 17) 小谷スミ子, 宮本 勲, 香西みどり, 畑江敬子, 島田淳子; 高圧処理した卵黄の流動特性, 家政誌, 51, 905-912 (2000)
- 18) Kawai, S.; Characterization of diacylglycerol oil mayonnaise emulsified using phospholipase A<sub>2</sub>-treated egg yolk, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 81, 993-998 (2004)
- 19) 角田光雄; 「機能性エマルジョンの技術・評価とその応用」, エマルジョンの粒子径の測定, pp.103-114, シーエムシー出版, 東京 (2002)
- 20) Lahtinen, S.; Physical effects of salt mixtures in mayonnaise, *J. Food Quality*, 9, 1-10 (1998)

(おおはし きょうこ 生活科学科)  
(しまだ あつこ 生活機構研究科)