

第5章 客観的パラメータによる

あぶらっこさの数式化の試み

5.1 はじめに

前章においては、消費者パネルの意識調査により、日常的な90品目の食物名を用いてあぶらっこさの尺度を構築した。すなわち、日常的な食物のあぶらっこさを定量的に示すことを可能にした。しかし、構築されたあぶらっこさの尺度は意識調査によるものであり、食品の性質に対する客観的データによるものではない。そこで、本章においては、客観的パラメータによるあぶらっこさの数式化を試みた。

感覚に対応する食品の性状は、系が単純であるほど簡単に把握できる。例えばシヨ糖水溶液を口に含むことによって生じる感覚を表現する用語は“甘い”であり、その強さはシヨ糖濃度に依存する。シヨ糖濃度の対数をとると、感覚量である甘さとの間に線形関係がみられること^{139) 140)}がわかっている。しかし、含まれている呈味成分がシヨ糖のみであっても、食品が固形の場合には甘味の強さは全く異なったものになる¹⁴¹⁾。そこで、多くの研究は固形のモデル食品を用いて、感覚に対応する食品の状態を明らかにしている。Imaiら¹⁴²⁾¹⁴³⁾は、口中における“ざらつき感”をとりあげ、結晶セルロースを用いて研究を行い、感覚の強さとセルロース粒子の大きさ、濃度との関係を明らかにしている。しかし、これらに対応する食味要因が味あるいはテクスチャーのように単一のものである。本研究が対象とする“あぶらっこさ”は第2章で明らかにしたように複数の食味要因が同じ程度に関与する極めて特徴的な感覚用語である。しかも対応する料理の種類も性状も多様である。従って、モデル系を設定した場合には限られた範囲での結論しか得られないと考えられる。

そこで、本章においては、敢えてモデル系を設定せず、客観的パラメータに

よるあぶらっこさの数式化を試みた。試料には前章のあぶらっこさの尺度上の食物から22品目を選定し、材料、調理法、形状、等がまったく異なる種々の試料を同列に比較することに留意して、官能検査、理化学的測定および多変量解析を行った。

5. 2 方法

5. 2. 1 試料

試料は、第2章の意識調査に用いた食物90品目から22品目選定した。さまざまな種類の食品を用いて物性や咀嚼特性を検討した文献^{144) 145)}を参考にし、以下の点に留意して選定した。

- ①常に同じ状態で提示できること
- ②さまざまな調理法および材料のものを網羅していること
- ③あぶらっこさの強弱に極端な偏りがないこと
- ④日常よく食されていること
- ⑤広く流通している標準的なものであること

これらの点を考慮して選定した22品目の試料を表5.1に示した。試料には50音順に1、2、3、…、22、と番号をつけた。

試料は市販品を用い、加熱が必要な場合は常法によった。

5. 2. 2 理化学的測定

5. 2. 2. 1 硬さ

(1)試料の調製

表5.1 試料

番号	品名	形態	製造
1	油揚げ		スマイル
2	うなぎの蒲焼き	レトルト	紀文
3	カスタード・プディング		共同乳業
4	カレーパン		山崎製パン
5	クッキー		ヤマザキナビスコ
6	コンビーフ	缶詰	明治屋
7	鯖の味噌煮	缶詰	ニッスイ
8	シュークリーム		不二屋
9	ショートケーキ		不二屋
10	チャーハン	冷凍	ニッスイ
11	チョコレート		明治製菓
12	天かす		明星
13	バター		雪印乳業
14	ハンバーグ	冷凍	エム・シー・シー食品
15	ピザ	冷凍	明治乳業
16	ピーナツ		山喜食品
17	ピーナツバター		明治屋
18	フライドポテト	冷凍	オレアイダ
19	ポテトチップス		カルビー
20	麻婆豆腐	レトルト	味の素
21	マヨネーズ		キューピー
22	ロースハム		丸大食品

さまざまに異なる大きさや状態の試料を測定するため、測定条件は可及的に官能検査の状態に準じた。通常咀嚼する一口の大きさを文献値^{144) - 146)}より、縦15 mm、横15 mm、高さ10 mmの立方体とし、クッキーのように高さが10 mmに満たないものは、製品の厚みを高さとした。熱い状態で食すものは70℃、それ以外は20℃で測定した。試料の調製条件を表5.2に示した。

(2)測定機器および条件

硬さは、咀嚼のシュミレーション試験機であるテクスチュロメータ（GTX-2；全研製）^{147) - 149)}を用いて測定した。試料を圧縮するプランジャーはルサイト製の直径13 mmのものを用いた。異なる食品の硬さを比較するための条件設定に関する報告¹⁴⁵⁾を参考にして、測定電圧およびクリアランスは、試料の圧縮、破砕状態に応じて予備実験によりそれぞれ設定した。各試料の測定条件を同じく表5.2に示した。測定は8回繰り返し平均した。

(3)解析

得られたピークの高さ（目盛りの読み）を入力電圧で割って、試料の硬さ（hardness）とした^{148) - 150)}。

5. 2. 2. 2 油脂含量および水分含量

製造元の公表している値を用いた。

5. 2. 2. 3 表面油脂量

(1)試料の調製

官能検査の状態に準じて設定した。シュークリームのように試料が表面部と内部とが不均一なものは1単位とした。試料の調製条件を表5.3に示した。

表5.2 試料調製および測定条件（硬さ）

番号	試料	試料調製条件	測定電圧 (V)	クリアランス (mm)
1	油揚げ	(15×15) mm ² 製品の高さ 両端を除く	1.0~2.0	2.0
2	うなぎの蒲焼き	(15×15) mm ² 製品の高さ 両端を除く	1.5~4.0	2.0
3	カスタード・プディング	(15×15×10) mm ³ 外側を除く	10.0	2.0
4	カレーパン	(15×15) mm ² 製品の高さ 両端を除く	0.5~2.0	2.0
5	クッキー	(15×15) mm ² 製品の高さ	0.5~1.0	2.0
6	コンビーフ	(15×15×10) mm ³	1.0~1.5	2.0
7	鯖の味噌煮	(15×15×10) mm ³ 外側を除く	0.5~1.0	2.0
8	シュークリーム	(15×15×10) mm ³ 上にシュー皮を置く	0.4~2.0	3.0
9	ショートケーキ	(15×15×10) mm ³ 上に生クリームを塗る	0.5~4.0	2.0
10	チャーハン	(φ38×10) mm ³ アルミニウム製カップに11 g	1.0~2.0	3.0
11	チョコレート	(35×18×6) mm ³ (1片)	0.2~0.5	4.0
12	天かす	(φ24×7) mm ³ アルミニウム製カップに0.6 g	0.2~1.0	4.0
13	バター	(15×15×10) mm ³	1.0~2.0	1.0
14	ハンバーグ	(15×15×10) mm ³ 外側を除く	1.0~2.0	2.0
15	ピザ	(15×15) mm ² 製品の高さ 両端を除く	0.4~2.0	2.0
16	ピーナツ	1粒	0.2~0.5	4.0
17	ピーナツバター	(φ38×10) mm ³ アルミニウム製カップに12 g	2.0	2.0
18	フライドポテト	長さ15 mm 製品の幅, 高さ	0.4~1.0	4.0
19	ポテトチップス	1枚	1.0~2.0	2.0
20	麻婆豆腐	(φ38×10) mm ³ アルミニウム製カップに6 g	2.0	2.0
21	マヨネーズ	(φ38×10) mm ³ アルミニウム製カップに11 g	10.0~15.0	1.0
22	ロースハム	(15×15) mm ² 製品の高さ 両端を除く	0.5~1.0	1.0

表5.3 試料調製および測定条件（表面油脂量）

番号	試料	浸漬単位	浸漬重量* (g)	一口重量 (g)	n-ヘキサン量 (ml)
1	油揚げ	1/4切れ	6.61	1.94	150
2	うなぎの蒲焼き	1/3切れ	9.41	3.89	150
3	カスタード・プディング	1/8個	10.57	6.09	150
4	カレーパン	1個	107.78	3.92	500
5	クッキー	1枚	7.27	1.74	150
6	コンビーフ	1/2切れ	12.47	2.88	150
7	鯖の味噌煮	1片	33.04	4.68	150
8	シュークリーム	1個	73.11	4.55	500
9	ショートケーキ	1/2個	31.40	5.09	500
10	チャーハン	1口	5.47	4.72	150
11	チョコレート	1片	5.11	1.92	150
12	天かす	1口	0.64	0.61	150
13	バター	1/8個	0.96	0.53	150
14	ハンバーグ	1/4個	30.07	7.56	150
15	ピザ	1/6切れ	21.94	4.67	500
16	ピーナツ	1粒	1.01	1.00	150
17	ピーナツバター	1口	1.76	1.25	150
18	フライドポテト	1本	3.50	1.87	150
19	ポテトチップス	1枚	1.48	0.53	150
20	麻婆豆腐	1口	8.70	7.29	150
21	マヨネーズ	1口	0.78	0.77	150
22	ロースハム	1枚	16.70	1.48	500

* ; 10~18回の測定の平均値

(2) 試薬

油脂を溶出させる溶媒として、n-ヘキサン（特級；和光純薬製）を用いた。

(3) 油脂の溶出

試料をn-ヘキサンに図5.1に示すような状態で浸漬し、表面の油脂を溶出させた。各試料の浸漬条件を表5.3に示した。

試料は大きさに応じて、直径100 mmあるいは50 mmの20メッシュのステンレス製の柄付金網に乗せた。試料が完全にn-ヘキサンに沈むまで浸漬させるため、ステンレス製の針金を用いて、試料を上部から押さえつつ浸漬した。予備実験により、試料が十分に浸漬していれば、n-ヘキサンの量は溶出する油脂量に影響しないことが確認されたので、試料の大きさに応じて、1000 mlあるいは300 mlのビーカーにそれぞれn-ヘキサン500 mlあるいは150 mlを入れ、スターラで攪拌しつつ試料を浸漬した。

浸漬時の温度は口中の状態を想定し、n-ヘキサンは40℃、試料は熱い状態で食すものは70℃、それ以外は20℃とした。

浸漬時間は各試料について0.5、1.0、2.0、3.0、4.0および5.0秒をそれぞれ2回繰り返して行い、浸漬時の状況をビデオカメラ（NV-M50；松下電器産業製）で録画し、1フレーム1/30秒の分解能をもつビデオ編集装置（RM-G810；日本ビクター製）およびモニタ（AV-M150S；日本ビクター製）で、正確な時間を測定した。

(4) 油脂量の測定

試料を浸漬したn-ヘキサンを、ロータリーエバポレータで減圧留去し、105℃で完全に乾燥させ、恒量を測定した。これを表面の油脂とみなした。

(5) 一口重量の測定

パネルに試料を一口ずつ食べさせ、その重量を測定した。一人のパネルについて3回測定を行い、10人のパネルの平均値を一口重量とした。

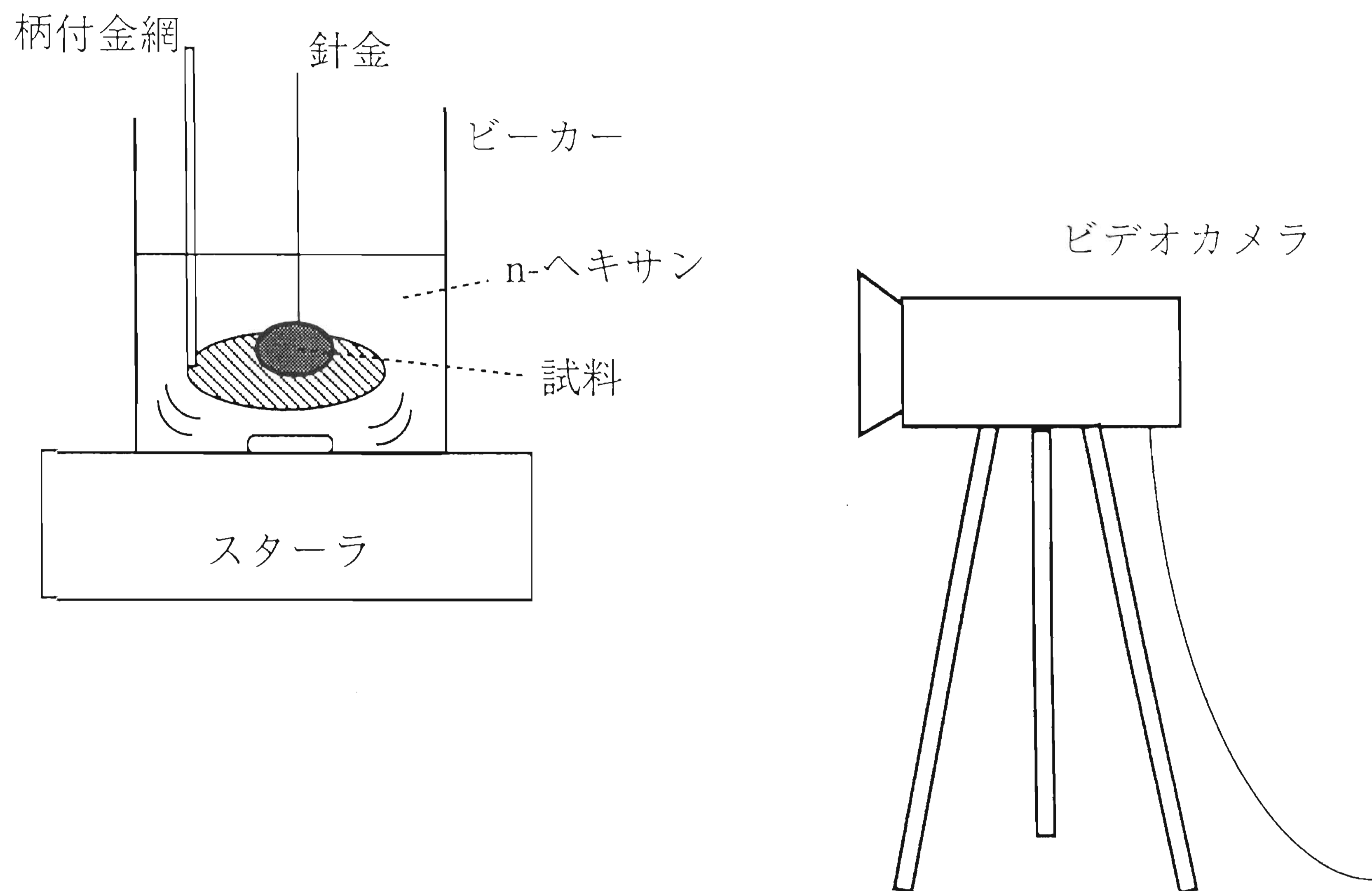


図5.1 測定方法（表面油脂量）

(6)解析

実験より求めた油脂量は、すべて一口重量あたりの重量に換算し、最小自乗法により時間との関係式を求めた。

5. 2. 3 官能検査

(1)評価法

14 cmのラインスケールを用いた。対照は左端を「水」、右端を「過去の食経験で最もあぶらっこいと感じたもの」とし、試料のあぶらっこさの該当するところにチェックさせた。官能検査用紙を図5.2に示した。

(2)提示法

食物名を明示し、単独に提示した。通常供される量の約1/2を白色の皿に乗せ、熱い状態で食すものは70℃、それ以外は20℃で供した¹⁵¹⁾。評価は1試料を1セッションとし、1日に1セッションの検査を行った。

(3)パネル

12人の訓練パネルを用いた。パネルの訓練に関する詳細な報告^{152) - 154)}を参考にして、本研究では、評価のスケールに慣れること、評価の再現性をよくすること、正しい評価ができることの3点を目的として、以下のように訓練を行った。

- ①パネルに訓練の目的を告げる。ただし、訓練の段階の評価については再現性は求めない。
- ②さまざまなあぶらっこさの試料（たくあん、チャーハン、チョコレート、ドーナツ、バター、ポテトチップス、マヨネーズ、焼き豚）を比較しながら評価させる。
- ③2回目以降は、1試料ずつ減らして評価させる。

官能検査

お名前 ()

次の試料のあぶらっこさはどの程度ですか？
下線の該当するところに ↓ でチェックして下さい。
このとき、“あぶらっこくない” 基準として水を、
“非常にあぶらっこい” 基準として今までの食経験の中
で最もあぶらっこいと思ったものを想定して下さい。

あぶらっこく
ない

非常に
あぶらっこい

図5.2 官能検査用紙

④2試料の比較になった段階で、あぶらっこさの近い試料の組み合わせ（ポテトチップスとマヨネーズ、など）、およびあぶらっこさの遠い試料の組み合わせ（たくあんとバター、など）、などさまざまな組み合わせで提示し、評価させる。

⑤最終的には単独提示とし、評価の安定性、信頼性を確認できたところで訓練を終了する。

訓練は、パネルの極端な空腹状態、満腹状態および疲労状態を避けて、1日2回、10時～11時の間に1回、および14時～16時の間に1回行った。パネルは12人とも、約10日間で訓練を終了した。

(4)解析

スケールの左端からパネルが試料を評価してチェックした位置までの長さを測定し、あぶらっこさの評点とした。12人のパネルの平均値を試料のあぶらっこさとした。

5. 2. 4 統計処理

得られたデータには、回帰分析(regression analysis)および主成分分析を適用した。解析には、パソコン統計解析ハンドブックII多変量解析編¹⁰⁵⁾のシステムを用いた。

5. 3 結果および考察

5. 3. 1 試料の理化学的性状

5. 3. 1. 1 硬さ

松元²⁰⁾は、あぶらっこさにはテクスチャーが関わっているのではないかと述べており、本研究においても第2章で、“あぶらっこい”という表現には、外観、味、匂いととも、テクスチャーも関与しているという結果を得ている。そこで、テクスチャー特性を客観的に測定した。

本章で用いた試料は、材料もさまざまであり、しかも不均一なものも含まれている。そこで、破壊あるいは大変形領域における試料の挙動を解析して機械的特性を調べた。また、試料はすべて固形状あるいは半固形状であるので、機械的特性の中でも硬さを測定した。

テクスチュロメータは、咀嚼のシミュレーションを試みるためのモデルとして Proctor ら¹⁴⁷⁾が開発した機器に Szczesniak ら¹⁴⁸⁾が改良を加えたものである。上顎部に相当するプランジャーが円弧状に上下運動し、試料を押しつぶす。このときの応力(stress)を検出して得られるピークの高さが試料の硬さとなる¹⁴⁸⁾⁻¹⁵⁰⁾。

硬さの結果を表5.4に示した。また、図5.3に硬さの値の大きい試料から並べて示した。22試料中、チョコレートが最も硬さの値が大きく、マヨネーズが最も小さく、試料の硬さは広範囲にわたっていた。

5. 3. 1. 2 油脂含量および水分含量

池上ら³¹⁾は鯖の素揚げにおいては、あぶらっこさは油脂と共存する水分に影響を受けると報告しており、松元²⁰⁾も水の影響を指摘している。そこで、試料の油脂含量と水分含量を調べた。

製造元の公表している値を同じく表5.4および図5.4に示した。図は油脂含量の高い試料から並べた。油脂含量は最も高いバターが81.0%、最も低いチャーハンが3.1%と、広範囲にわたっていた。また、水分含量に関しても、最も高い麻婆豆腐が84.0%、最も低いチョコレートが0.7%と広範囲であった。

表5.4 試料の官能値および理化学的パラメータ

番号	試料	あぶらっこさ	硬さ (T.U.)	脂質 (%)	水分 (%)	a	b	L _{0.1} (g)	$\dot{L}_{0.1}$ (g·s ⁻¹)
1	油揚げ	10.0±2.5	4.93±0.62	34.0	46.0	0.0152	0.553	0.00425	0.0235
2	うなぎの蒲焼き	9.4±2.3	1.47±0.18	24.4	48.5	0.0148	0.333	0.00687	0.0229
3	カスタード・プディング	1.9±1.4	0.45±0.07	4.3	62.3	0.0013	0.001	0.00130	0.0000
4	カレーパン	10.2±1.1	8.04±2.16	15.0	44.2	0.0196	0.486	0.00640	0.0311
5	クッキー	4.9±1.7	9.40±0.76	21.9	2.1	0.0261	0.652	0.00582	0.0379
6	コンビーフ	9.6±1.2	4.31±0.67	8.7	69.3	0.0046	0.076	0.00386	0.0029
7	鯖の味噌煮	6.6±1.9	10.54±2.85	13.9	61.5	0.0122	0.472	0.00411	0.1942
8	シュークリーム	4.9±1.9	3.47±1.23	9.6	58.0	0.0056	0.376	0.00236	0.0088
9	ショートケーキ	6.8±1.7	2.55±0.97	19.3	51.2	0.0816	0.206	0.05078	0.0461
10	チャーハン	5.6±1.7	3.28±0.29	3.1	61.2	0.0346	0.204	0.02163	0.0441
11	チョコレート	7.2±1.4	29.99±2.51	34.6	0.7	0.0089	0.305	0.00441	0.0134
12	天かす	9.4±1.5	4.00±2.03	48.4	1.2	0.0465	0.418	0.01776	0.0742
13	バター	12.1±1.4	1.83±0.25	81.0	16.3	0.0129	0.563	0.00353	0.0199
14	ハンバーグ	7.5±2.2	3.00±1.04	14.6	53.6	0.0368	0.138	0.02678	0.0370
15	ピザ	9.1±1.9	11.22±1.21	12.2	60.3	0.0124	0.479	0.00412	0.0197
16	ピーナツ	6.6±1.1	15.02±3.20	51.3	2.4	0.0029	0.617	0.00070	0.0043
17	ピーナツバター	10.1±2.6	1.54±0.20	55.0	2.2	0.0179	0.864	0.00245	0.0212
18	フライドポテト	6.4±3.0	3.12±0.61	4.0	74.0	0.0109	0.347	0.00490	0.0170
19	ポテトチップス	9.1±2.2	0.59±0.11	35.0	2.5	0.0243	0.491	0.00785	0.0385
20	麻婆豆腐	8.0±2.4	1.46±0.35	3.8	84.0	0.0159	0.001	0.01586	0.0002
21	マヨネーズ	9.7±2.2	0.14±0.00	73.7	20.8	0.0046	0.248	0.00260	0.0065
22	ロースハム	7.0±2.3	17.20±1.14	5.0	70.2	0.0051	0.304	0.00253	0.0070

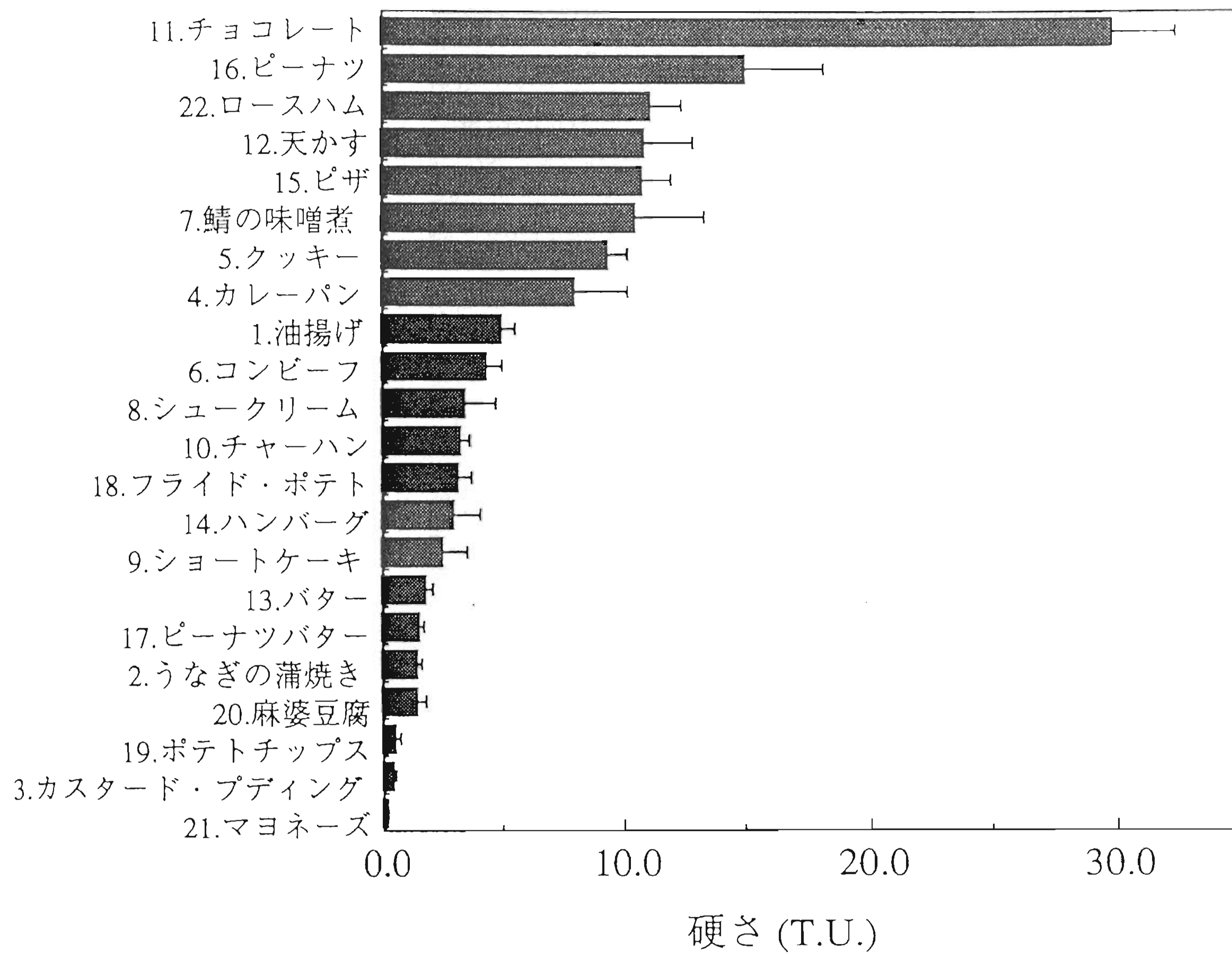


図5.3 硬さ

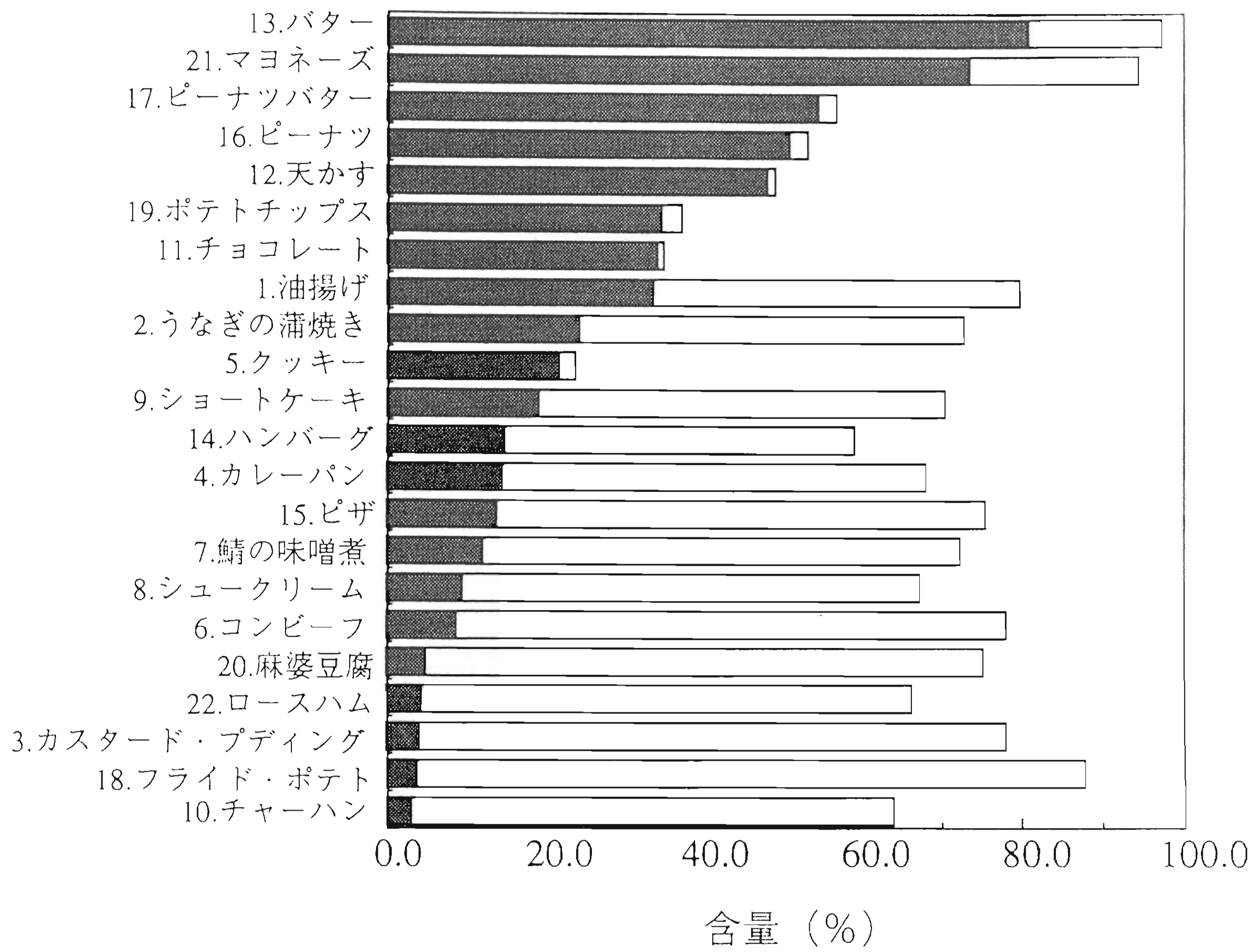


図5.4 油脂含量および水分含量

■ ; 油脂含量 □ ; 水分含量

5.3.1.3 表面油脂量

食品における油脂の存在位置、特に表面部への局在があぶらっこさに影響するのではないかと考え、表面油脂量を調べた。

食品表面部の油脂量を測定した例はあまりなく、その方法に定法はない。食品を外層部と内層部に分離してそれぞれの油脂含量を測定するという方法が正確かつ簡便であると考えられるが、本章における試料は、外層部が明確なものと明確でないものがあり、どこまでを外層とするかという基準の設定が困難である。仮に設定したとしても、試料には固形状のもの、半固形状のもの、両者の混合したものがあり、外層部と内層部の分離が非常に困難である。そこで、本研究では、試料をごく短時間溶媒に浸漬し、溶媒中に溶出した油脂量を測定し、試料浸漬時間と油脂溶出量との関係を解析するという方法をとった。

十分量のn-ヘキサンに試料を0~5秒間浸漬した後、n-ヘキサンを留去し、試料表面からの油脂溶出量Lと試料浸漬時間tとの関係式を求めた。Lとtとの関係を図5.5に示した。図は4試料（コンビーフ、天かす、バター、ポテトチップス）のみ示した。

図5.5に示したように、いずれの試料も浸漬時間tが長くなるにつれて、油脂溶出量Lは増加するが、時間とともにその傾きは小さくなる傾向にあった。2変量にこのような関係がみられるとき、両者の関係は以下の式によって表されることが多い。

$$\left. \begin{array}{l} L = a t^b \\ 0 \leq b \leq 1 \end{array} \right\} \dots (5.1)$$

(5.1)式におけるLは試料からの油脂溶出量(g)、tは試料浸漬時間(s)、aおよびbは定数である。(5.1)式の対数をとると、つぎのようになる。

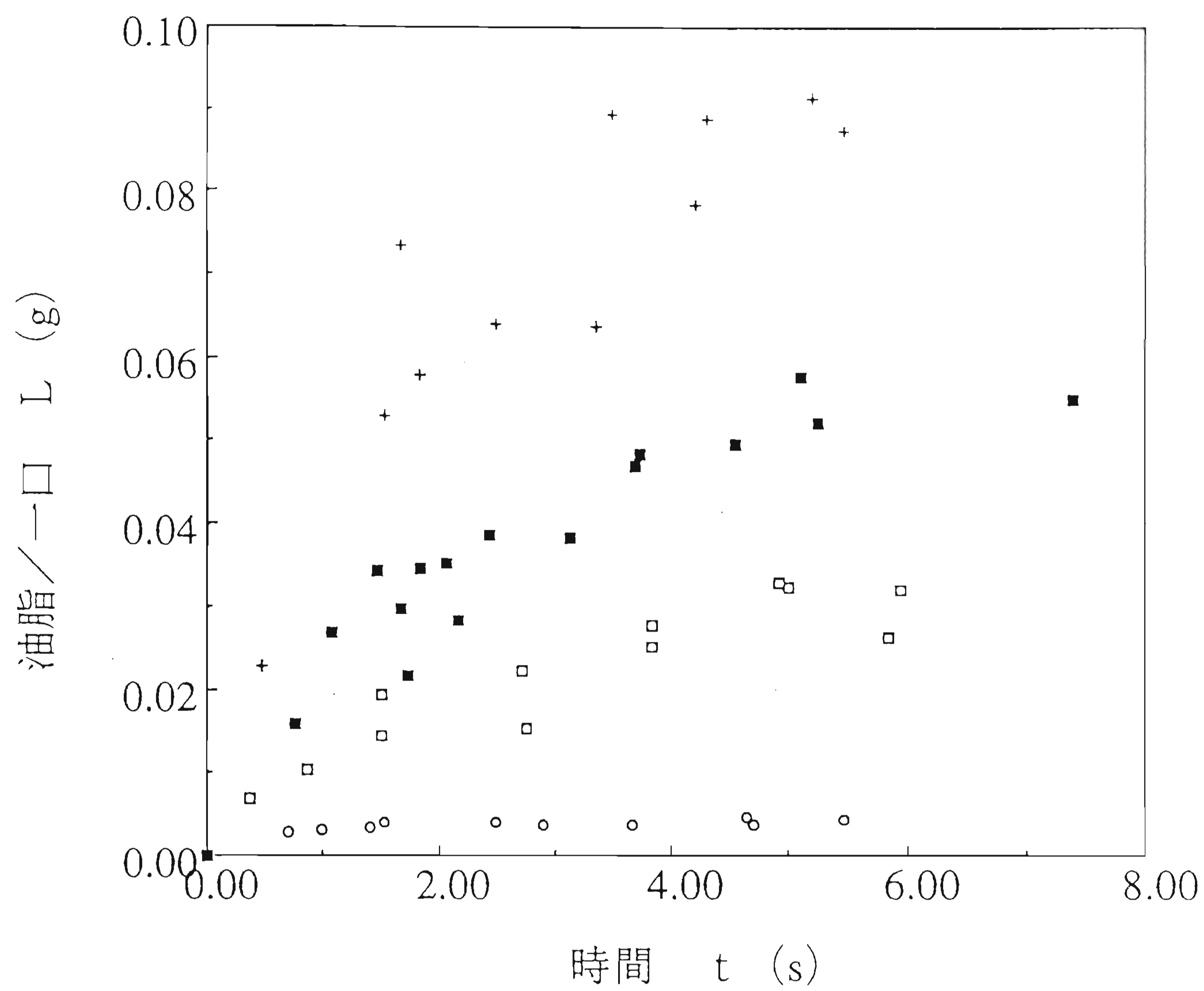


図5.5 試料浸漬時間と油脂溶出量との関係

○ ; コンビーフ (No. 6) + ; 天かす (No. 12)
 □ ; バター (No. 13) ■ ; ポテトチップス (No. 19)

$$\ln L = \ln a + b \cdot \ln t \quad \dots (5.2)$$

(5.2)式は $\ln L$ と $\ln t$ について線形関係が成立することを示しており、この関係を図にしたのが図5.6である。以上より、本実験における油脂溶出量 L と浸漬時間 t が(5.1)式に従うならば、両対数グラフにおいて直線を示すはずである。そこで、それぞれの t における L の値を両対数グラフにプロットした。結果を図5.7に示した。ここでは22試料のうち4試料のみ示した。図より、いずれの試料も L と t はほぼ線形関係にあり、(5.1)式に従うとみなせた。ここでは省略したが、他の18試料も同様であった。そこで、(5.1)式における定数 a および b を、図5.6の傾きと縦軸の切片より求めた。以下、 a を表面油脂係数、 b を表面油脂指数と呼ぶ。

a および b は油脂量と時間との関係を全体的に捉えたものであり、実際に試料を口中に入れた場合、ある時間、しかもごく初期における油脂の量、あるいは油脂が口中へ広がる速度により、あぶらっこさを評価している可能性もある。そこで、 $t = 0.1 \text{ s}$ のときの油脂溶出量 $L_{0.1} \text{ (g)}$ 、および油脂溶出速度 $\dot{L}_{0.1} \text{ (g}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$ についても算出した。

以上のようにして求めた表面の油脂含量の各パラメータを同じく表5.4に、また数値の大きい試料から図5.8～5.11に示した。

a は図5.6の縦軸の切片であり、表面の油脂の量を反映したパラメータであると推察される。このことは、 a は $t = 1 \text{ s}$ のときの油脂溶出量 L と等価であることから容易に確認できる。 a は、0.0013～0.0816の間にあり、最も高いのがショートケーキであり、最も低いのがカスタード・プディングであった(図5.8)。

b は、図5.6の傾きに相当し、表面の油脂の溶出量の変化を反映したパラメータであるとみなせる。 b は、0.001～0.864の広範囲にわたっており、ピーナツバターが最も高く、麻婆豆腐が最も低かった(図5.9)。

$L_{0.1}$ は、 $t = 0.1 \text{ s}$ のときの L であり、 a と同じく油脂の量を反映しているが、より表面部の油脂の量のパラメータであるとみなせる。 $L_{0.1}$ は0.00070～

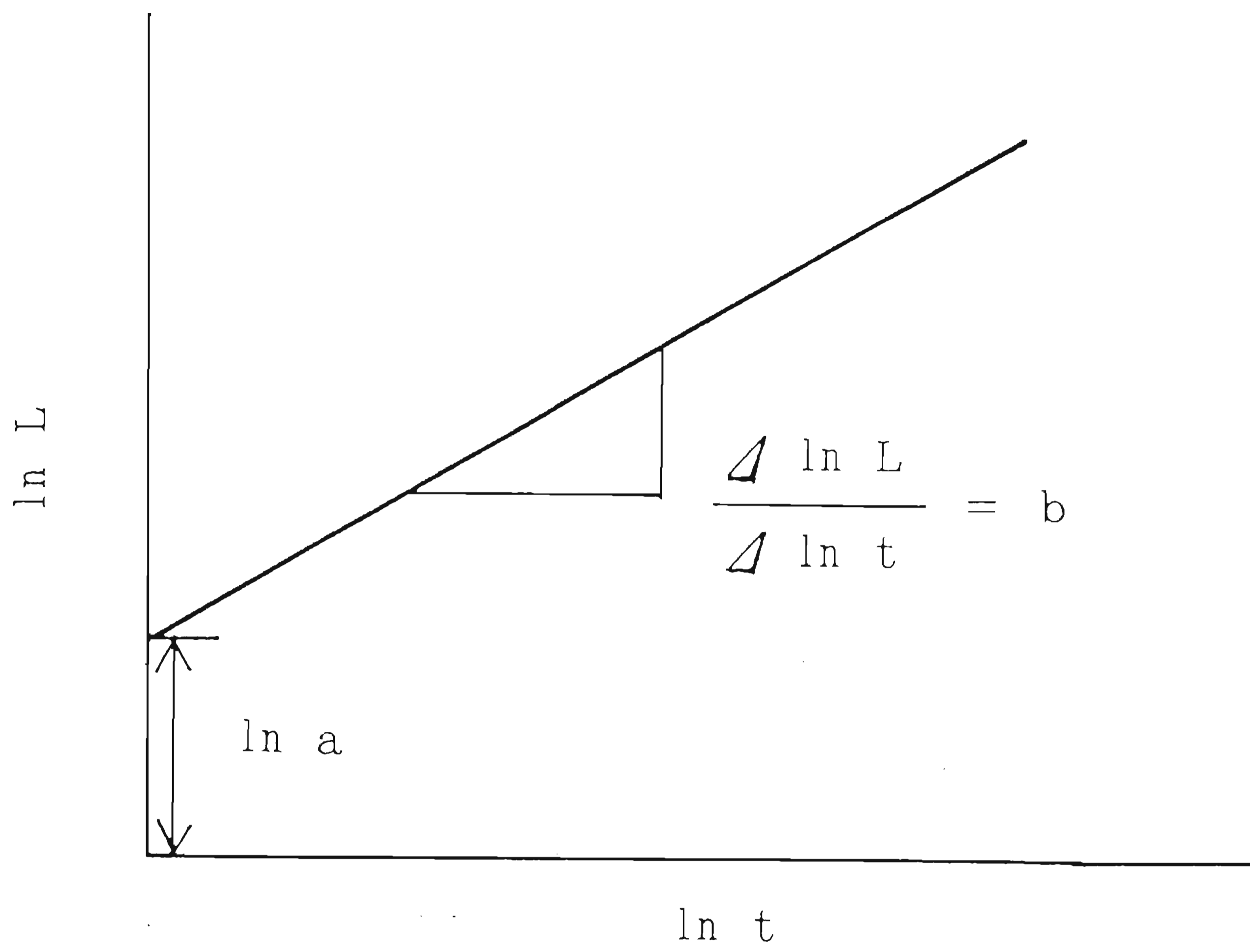


図5.6 t , L , a および b の関係

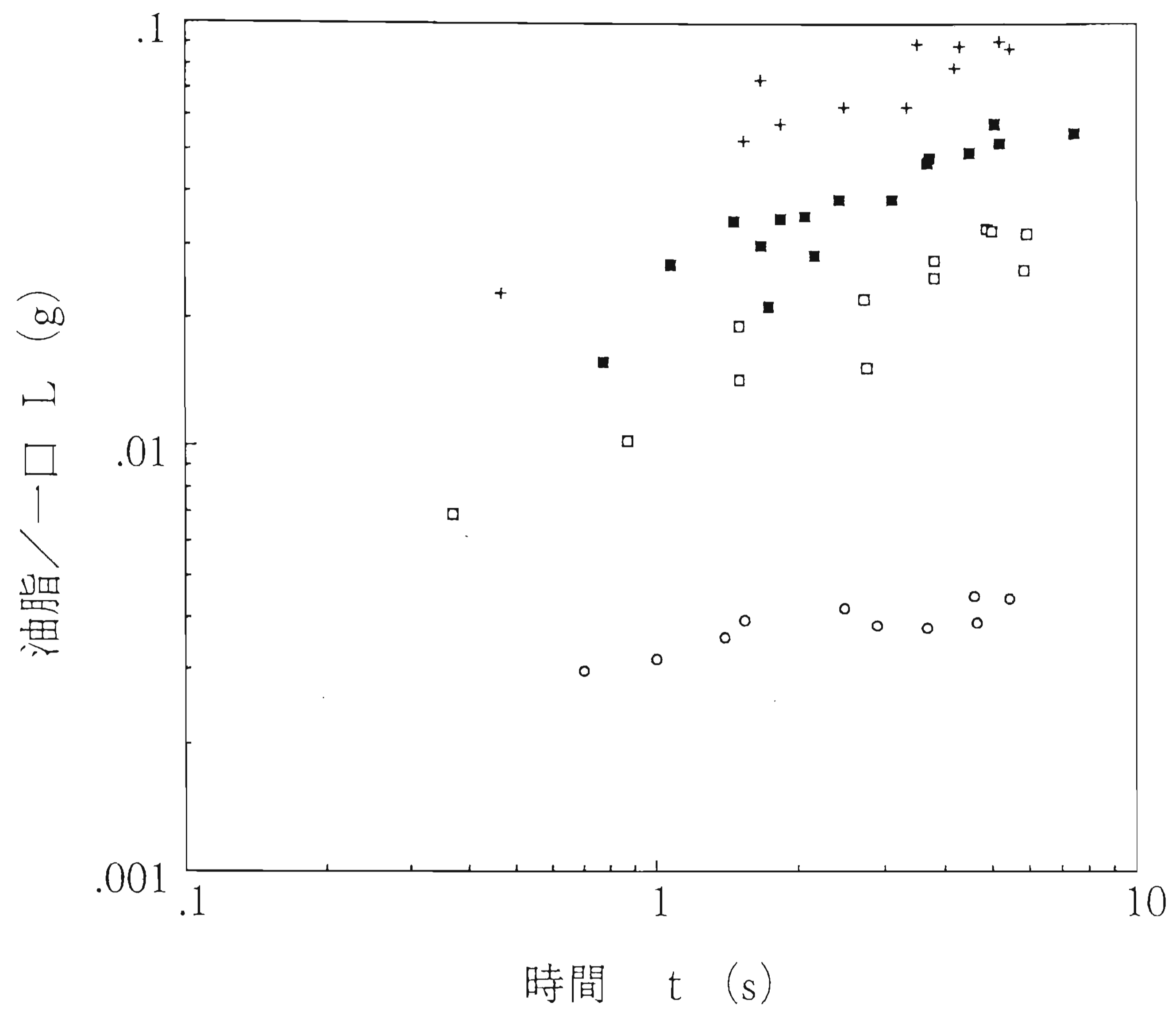


図5.7 試料浸漬時間と油脂溶出量との関係（両対数）

○；コンビーフ(No. 6) +；天かす(No. 12)
 □；バター(No. 13) ■；ポテトチップス(No. 19)

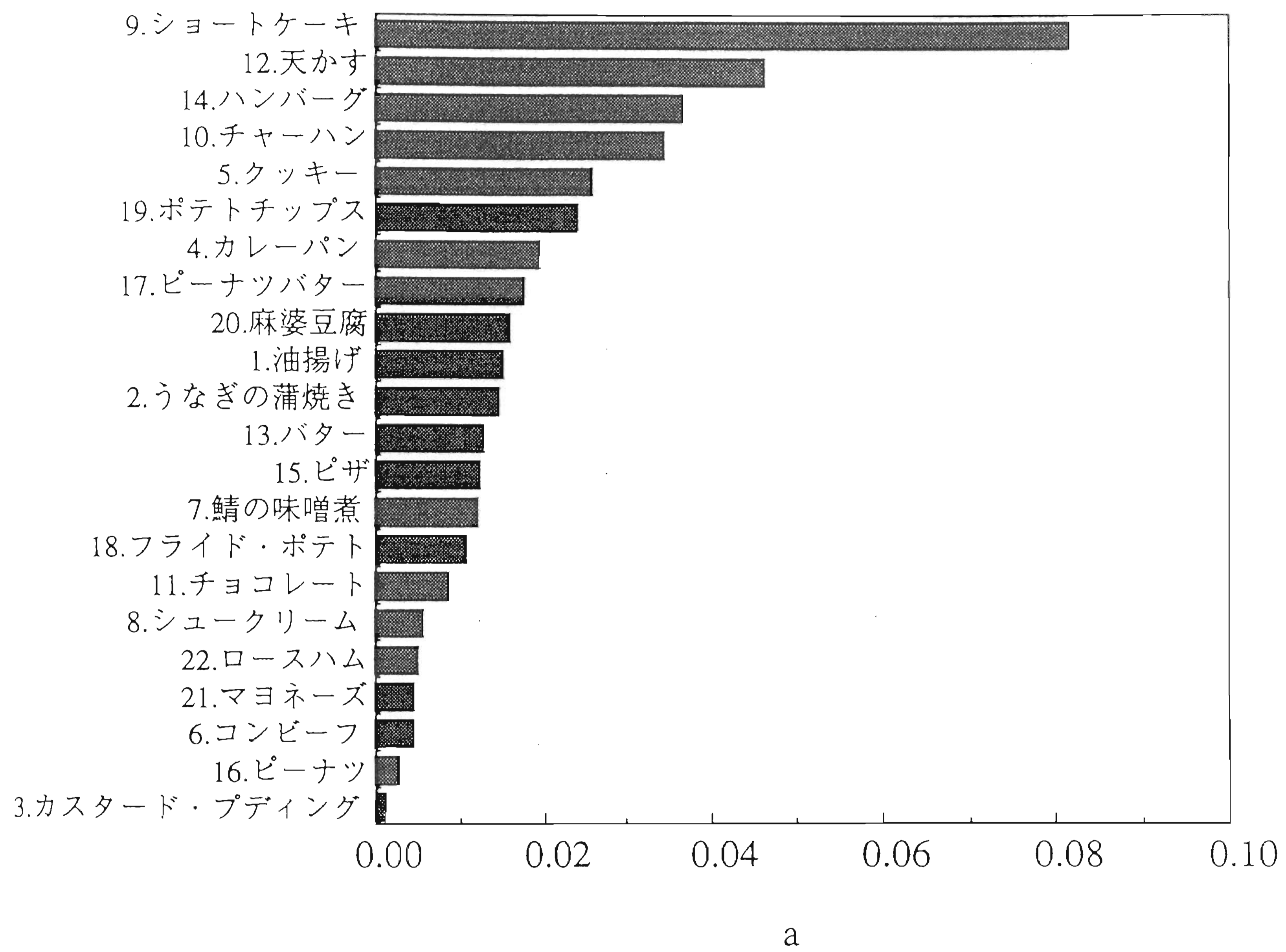


図5.8 表面油脂係数 a

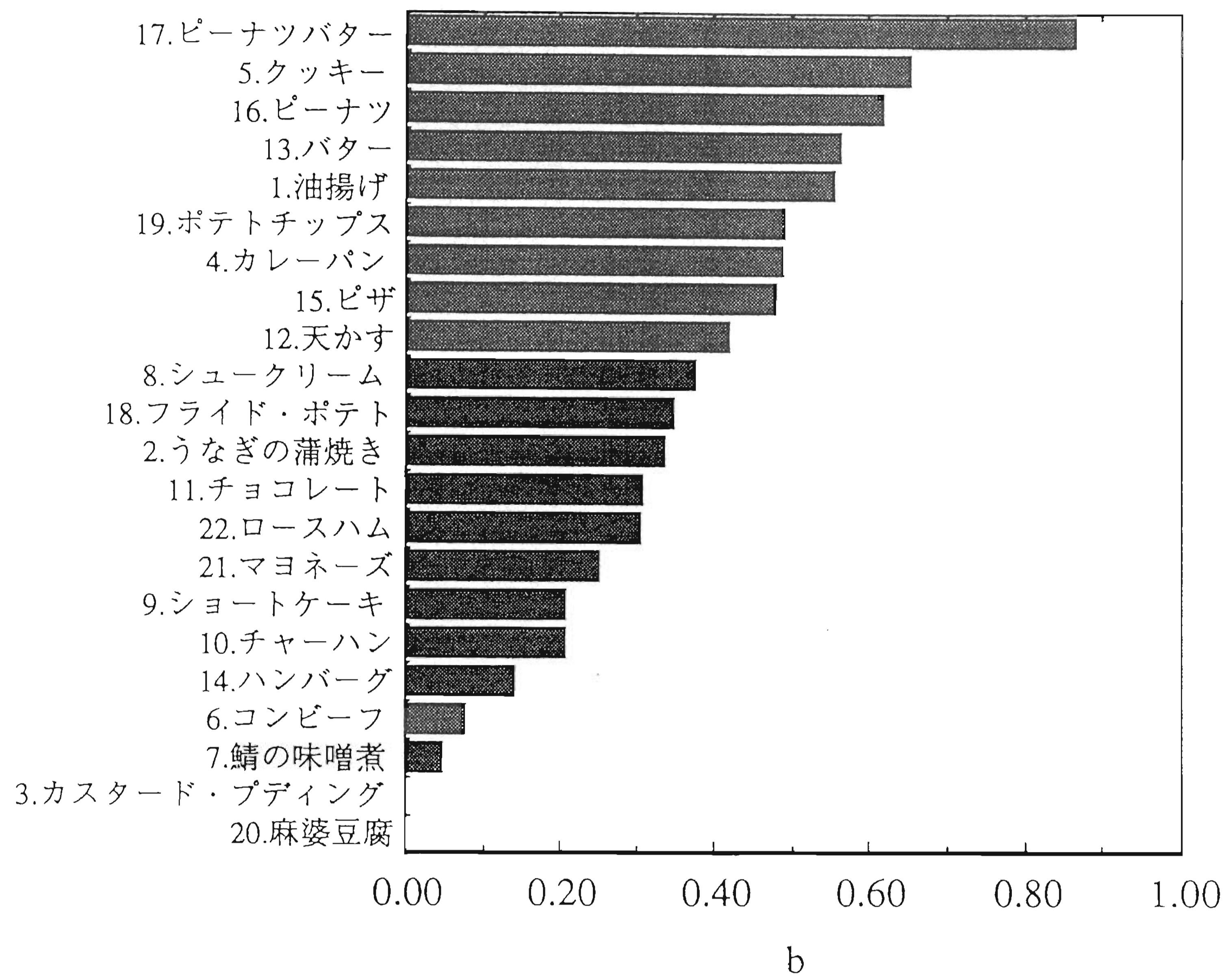


図5.9 表面油脂指数 b

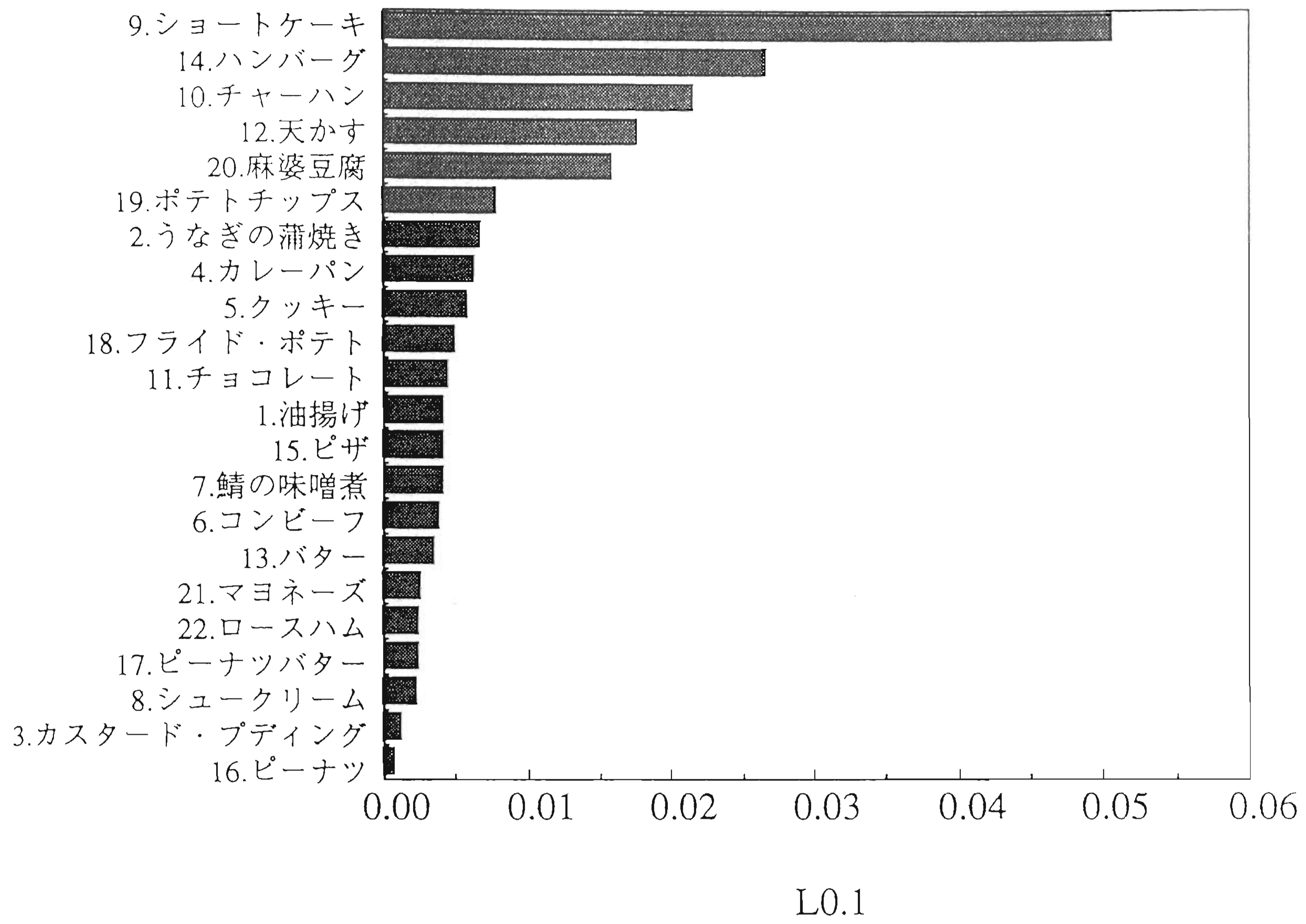


図5.10 油脂溶出量 L0.1

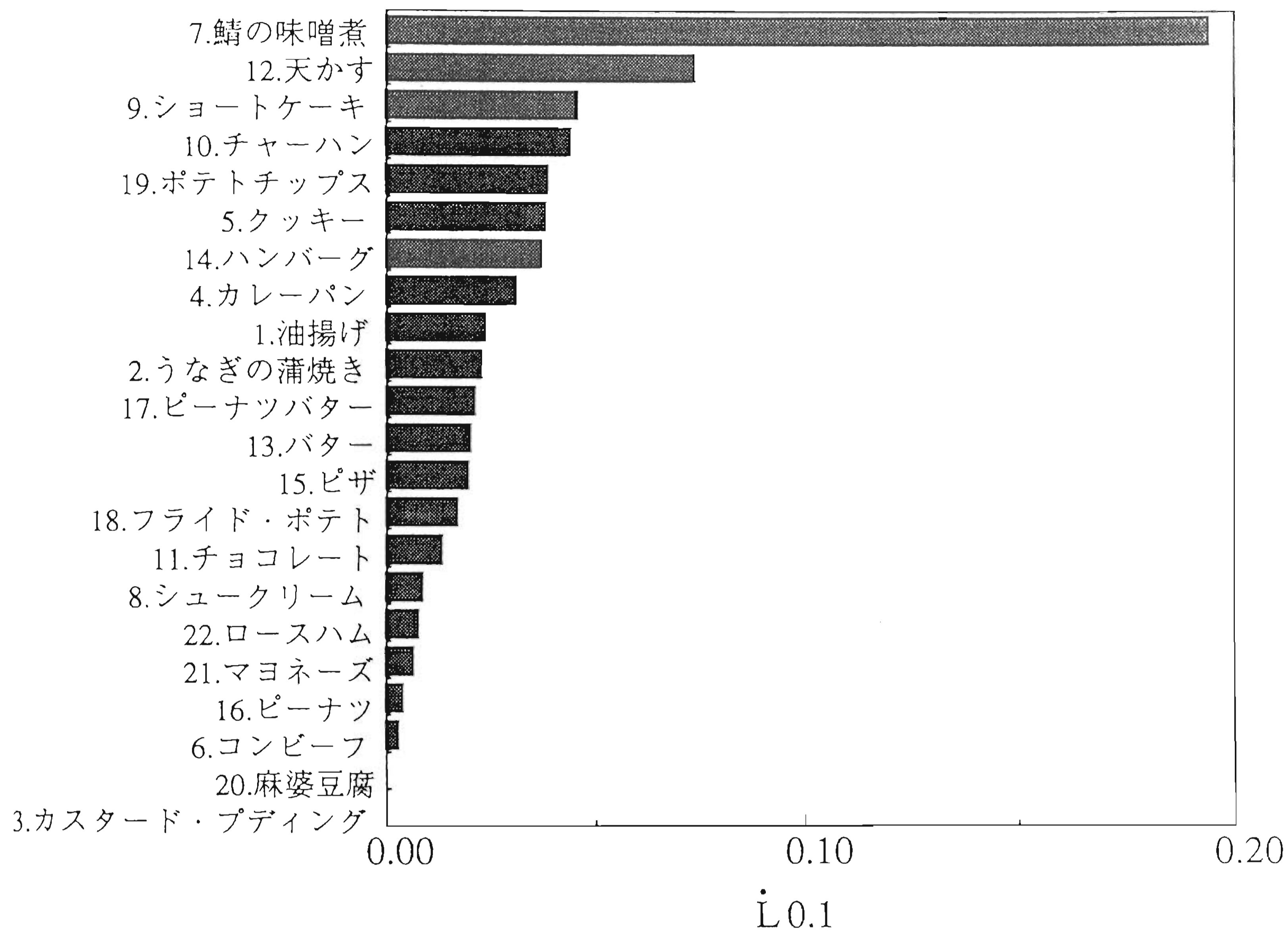


図5.11 油脂溶出速度 $\dot{L}_{0.1}$

0.05078 g の間にあり、ショートケーキが最も高く、ピーナツが最も低い値を示していた（図5.10）。

$\dot{L}_{0.1}$ は、 $t = 0.1$ s のときのLの溶出速度である。 $\dot{L}_{0.1}$ は0.0000～0.01942 $g \cdot s^{-1}$ の間にあり、鯖の味噌煮が最も高く、カスタード・プディングが最も低かった（図5.11）。

以上のパラメータは、表面部への油脂の局在のみならず、試料の組織が強固であるか、含まれる油脂が固体であるか液体であるか、さらに、試料全体の油脂含量も反映していると考えられる。本章の試料は、これらの状態がさまざまであり、以上の結果をふまえて次節で官能値との対応を検討する。

5. 3. 2 試料のあぶらっこさ

官能検査の手法はさまざまであるが、どちらがより甘いかなどというように、問題が次元の特性の比較として与えられるのであれば、数点の試料を直接比較させるのが最も識別力が高いとされており、実験も簡便である¹⁵⁵⁾。しかし、本章における試料は、試料間に予測される差異があらかじめ明確に表現できないため、単独提示とした。また、得られたデータを物理量と同様に取り扱えるよう、比例尺度(ratio scale)¹⁵⁶⁾であるラインスケールを用いた。

官能検査の結果を表5.4に併記した。あぶらっこさの強い試料から並べて図示したのが図5.12である。試料のあぶらっこさは、0～14のスケールにおいて、1.9～12.1の広範囲にわたっていた。22試料中最もあぶらっこいと評価されたのは、バターで、最もあぶらっこくないとされたのは、カスタード・プディングであった。残りの20試料は、4.9～10.2の間にほぼ均等に分散していた。

5. 3. 3 食物の客観的パラメータによるあぶらっこさの数式化

前節までに、試料の硬さ、油脂含量、水分含量および表面油脂量のを測定し、

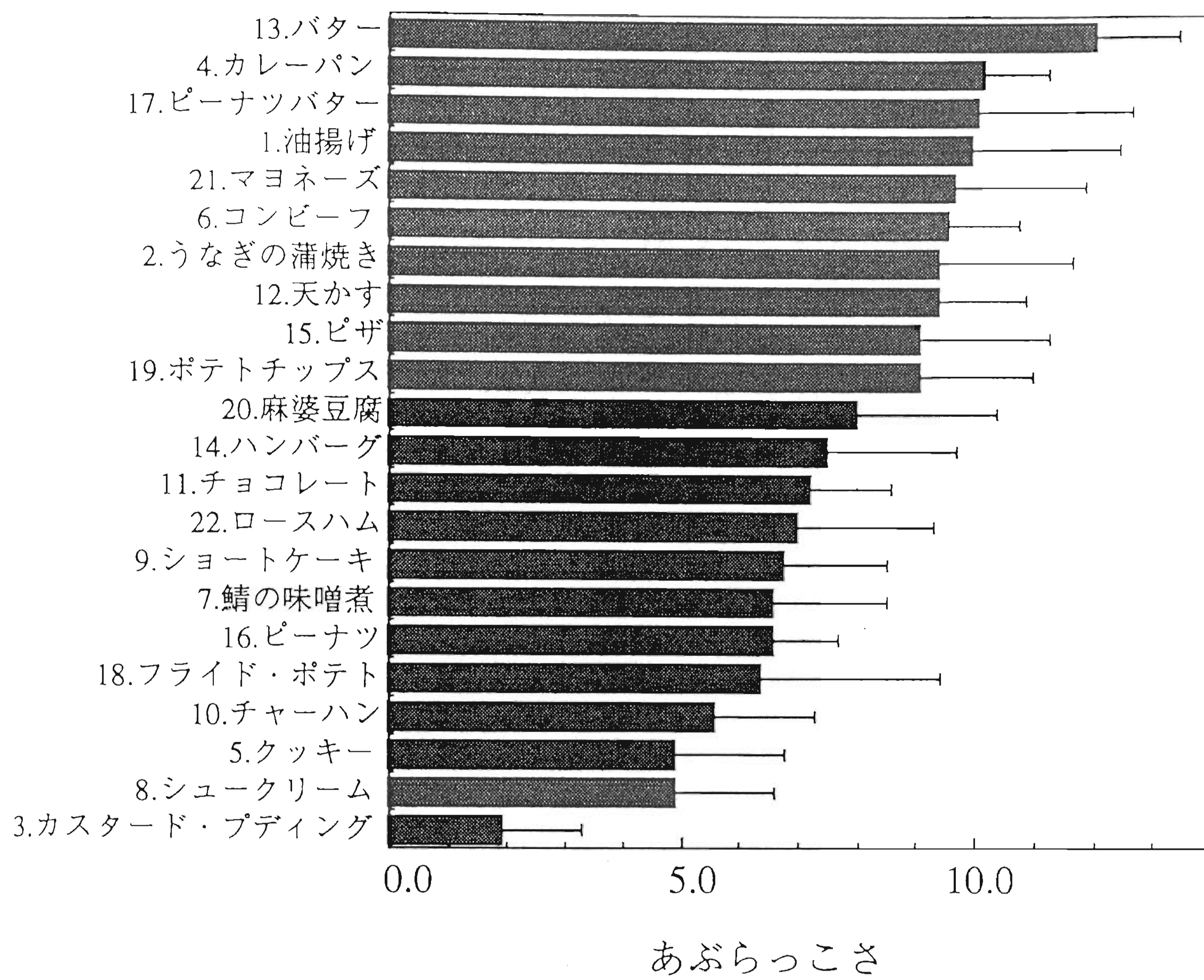


図5.12 あぶらっこさ

7つのパラメータを算出したところ、本章で用いた試料は、それぞれ広範囲にわたるものであることが確認された。そこでつぎに、あぶらっこさと各パラメータとの対応を調べた。

図5.13～5.19にあぶらっこさと各パラメータとの関係をそれぞれ示した。その結果、いずれのパラメータにおいてもあぶらっこさとの相関は低かった。相関係数 r の最も高かったのは油脂含量の0.580であった。しかし、油脂含量0～20%のあぶらっこさの値が1.9～10.2と非常に広範囲であること、また、あぶらっこさの値が10付近でほぼ同じであるにもかかわらず、油脂含量が10～80%と大きく異なることから、あぶらっこさには油脂含量以外のさまざまな要因が影響していることが示唆された。その他のパラメータのあぶらっこさとの相関係数 r は0.032～0.387と非常に低く、単独のパラメータであぶらっこさを説明することはできなかつた。

そこで、あぶらっこさを目的変数(dependent variable) Y 、客観的測定によるパラメータを説明変数(independent variable) X_i ($i=1,2,\dots,7$; X_1 , 硬さ; X_2 , 油脂含量; X_3 , 水分含量; X_4 , 表面油脂係数 a ; X_5 , 表面油脂指数 b ; X_6 , 油脂溶出量 $L_{0.1}$; X_7 , 油脂溶出速度 $\dot{L}_{0.1}$) とし、次式で示される重回帰モデルを用いて、逐次選択法(stepwise method)により重回帰分析(multiple regression analysis)を行った¹⁰⁵⁾¹⁵⁷⁾。

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + \varepsilon \quad \dots(5.3)$$

(5.3)式における β_0 は定数(constant)、 β_i は偏回帰係数(partial regression coefficient)、 ε は残差(residual)である。

分析の結果、意味ある変数として式に取り入れられたのは X_2 油脂含量のみであり、(5.4)式に示す単回帰式とが得られた。

$$Y = 0.058 X_2 + 6.300 \quad \dots(5.4)$$

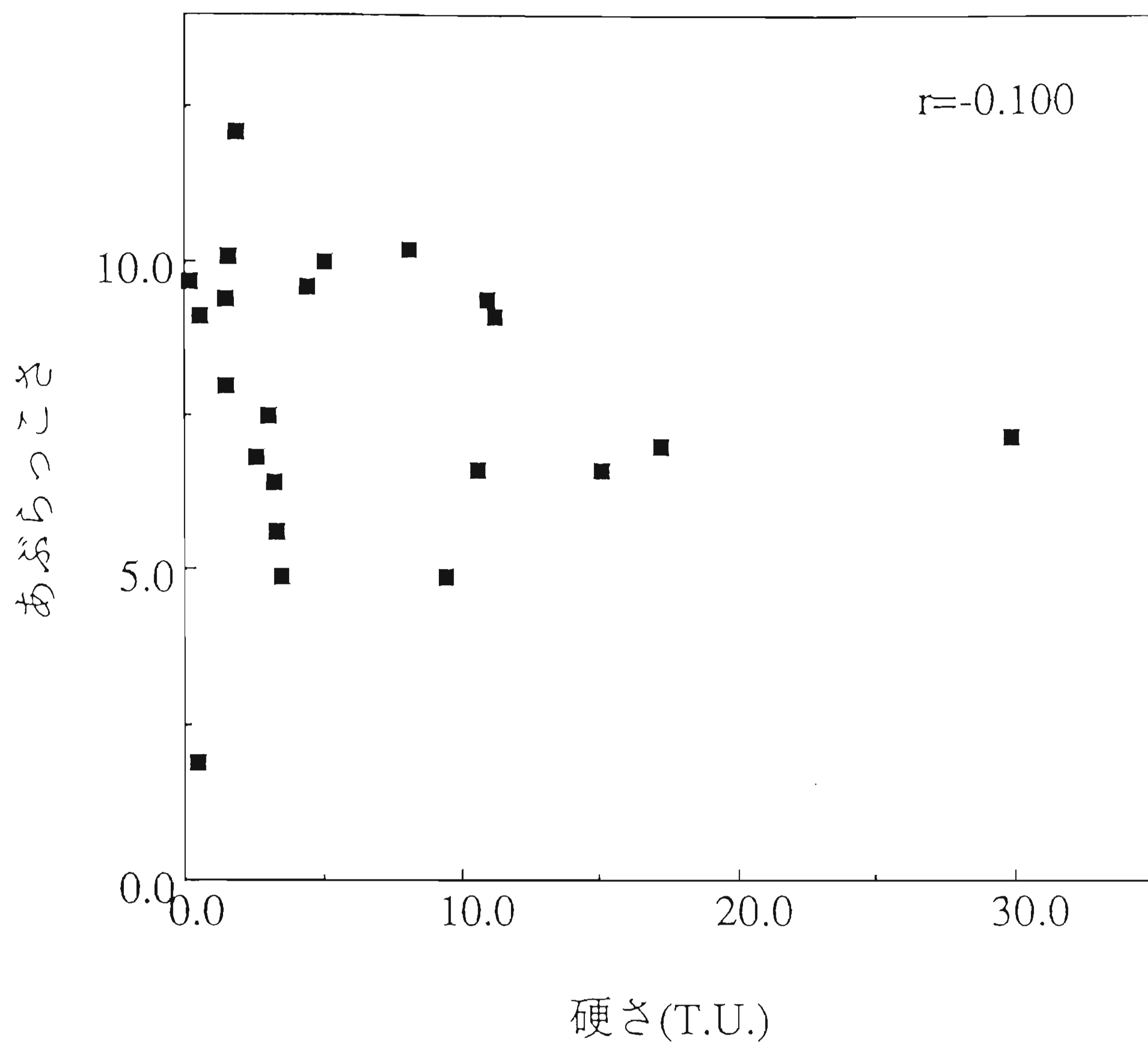


図5.13 あぶらっこさと硬さとの関係

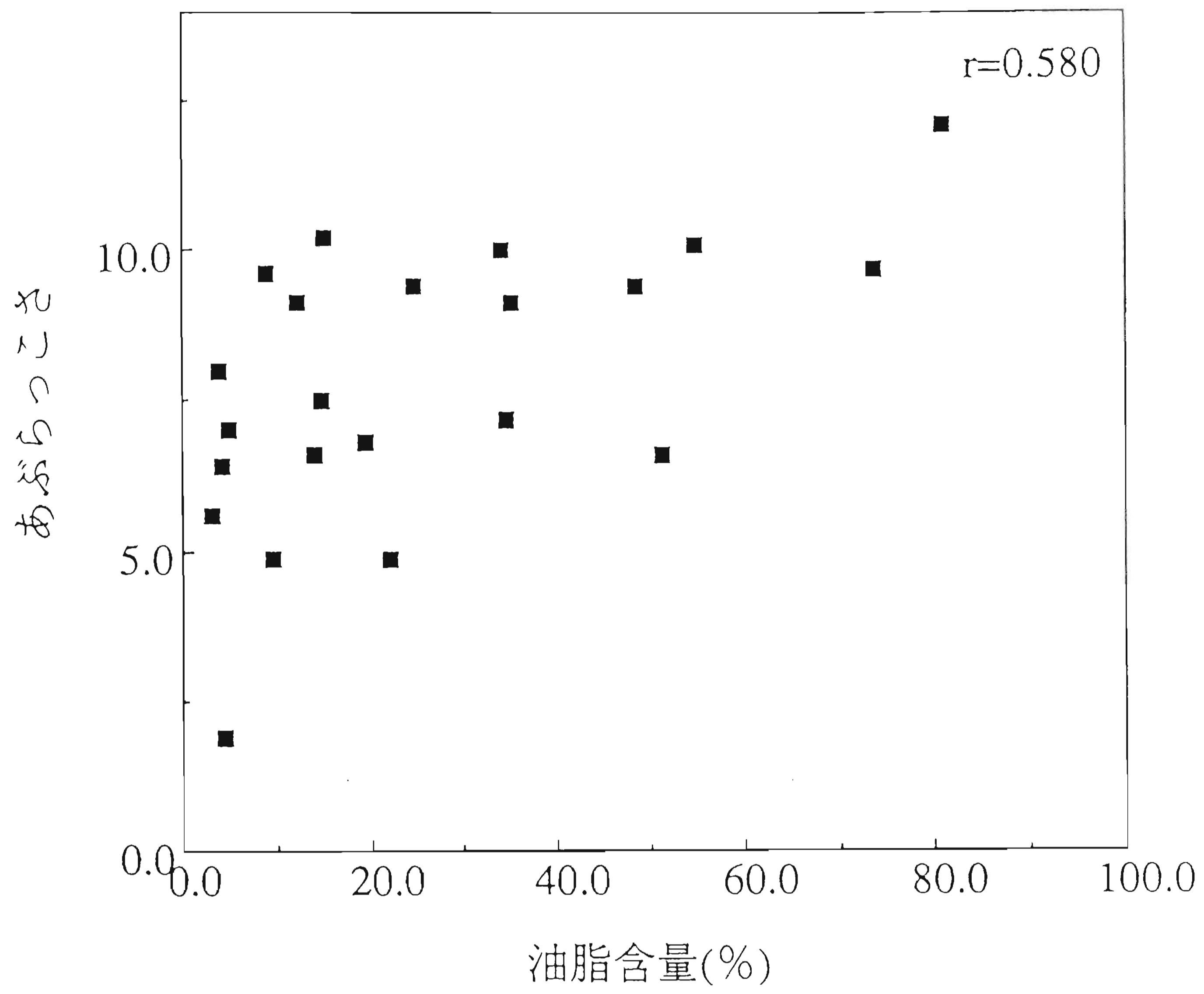


図5.14 あぶらっこさと油脂含量との関係

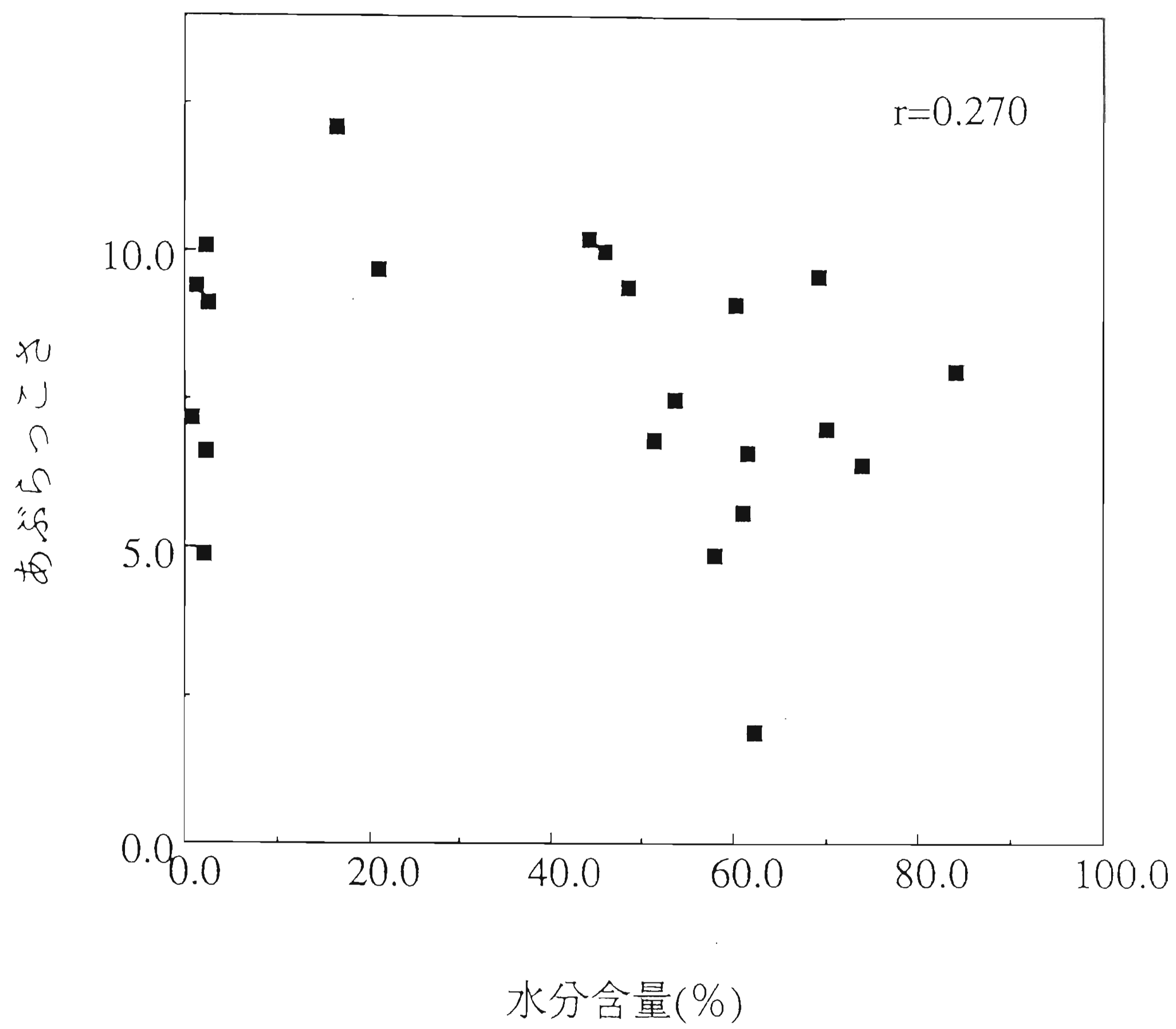


図5.15 あぶらっこさと水分含量との関係

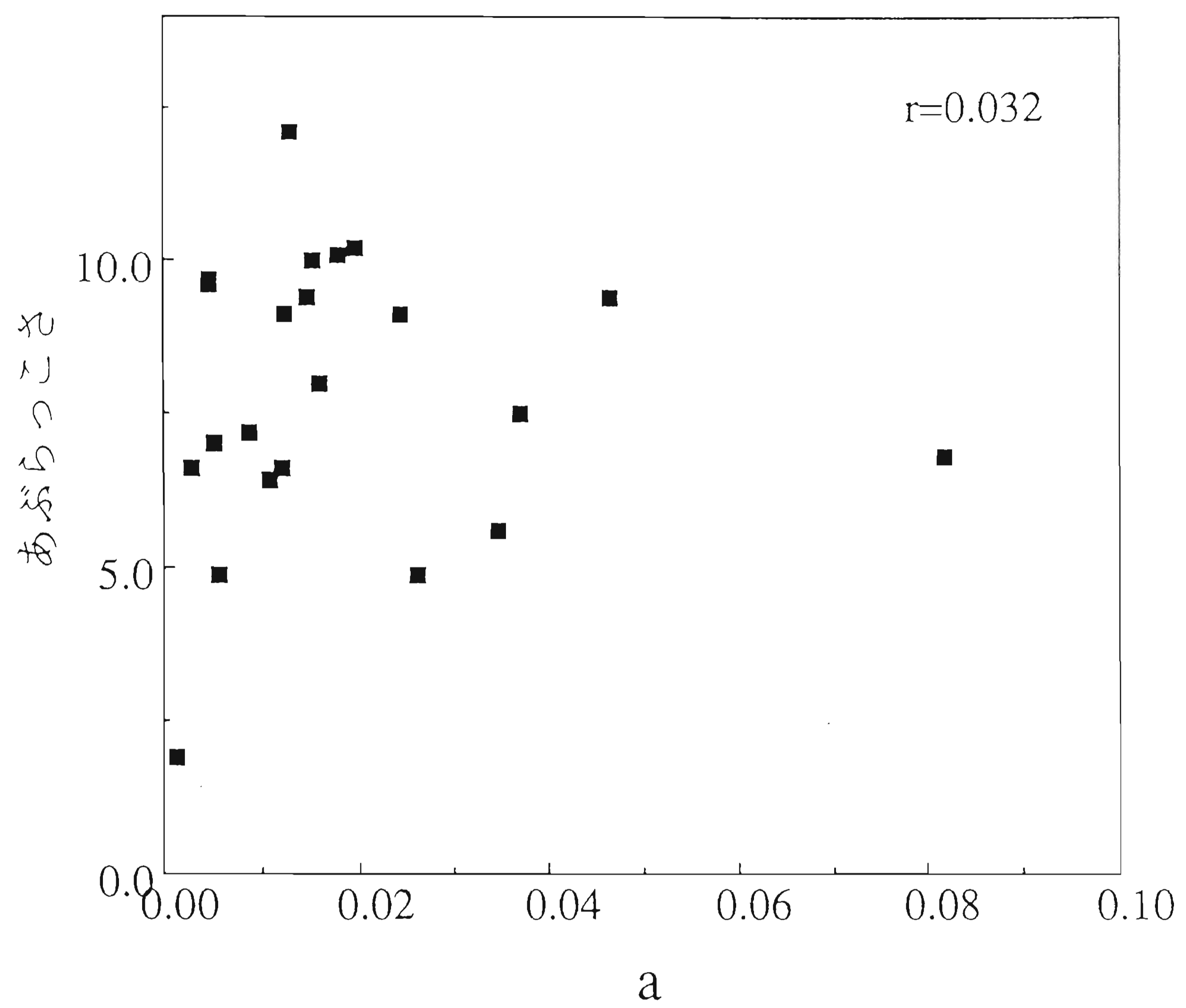


図5.16 あぶらっこさと表面油脂係数 a との関係

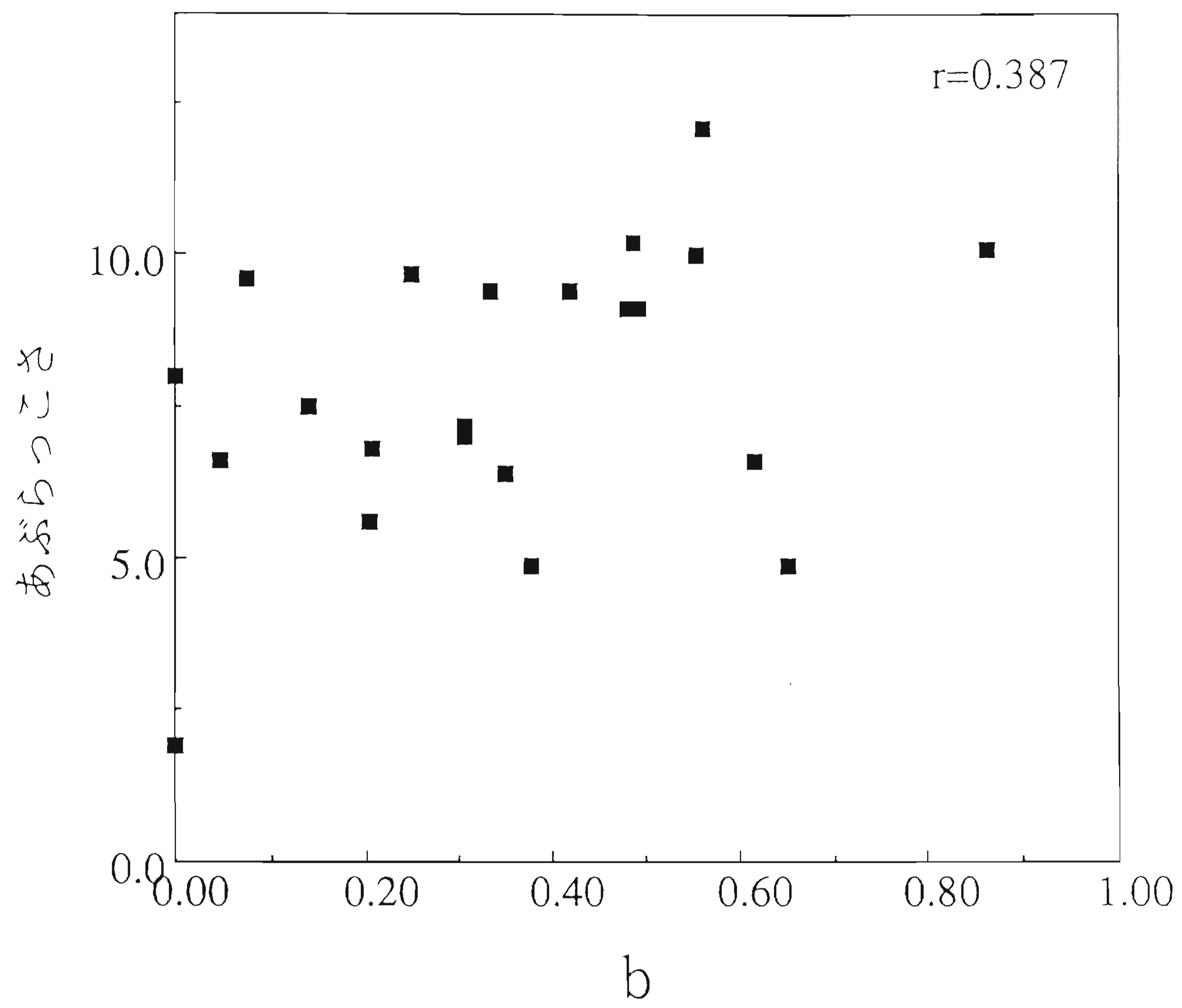


図5.17 あぶらっこさと表面油脂指数 b との関係

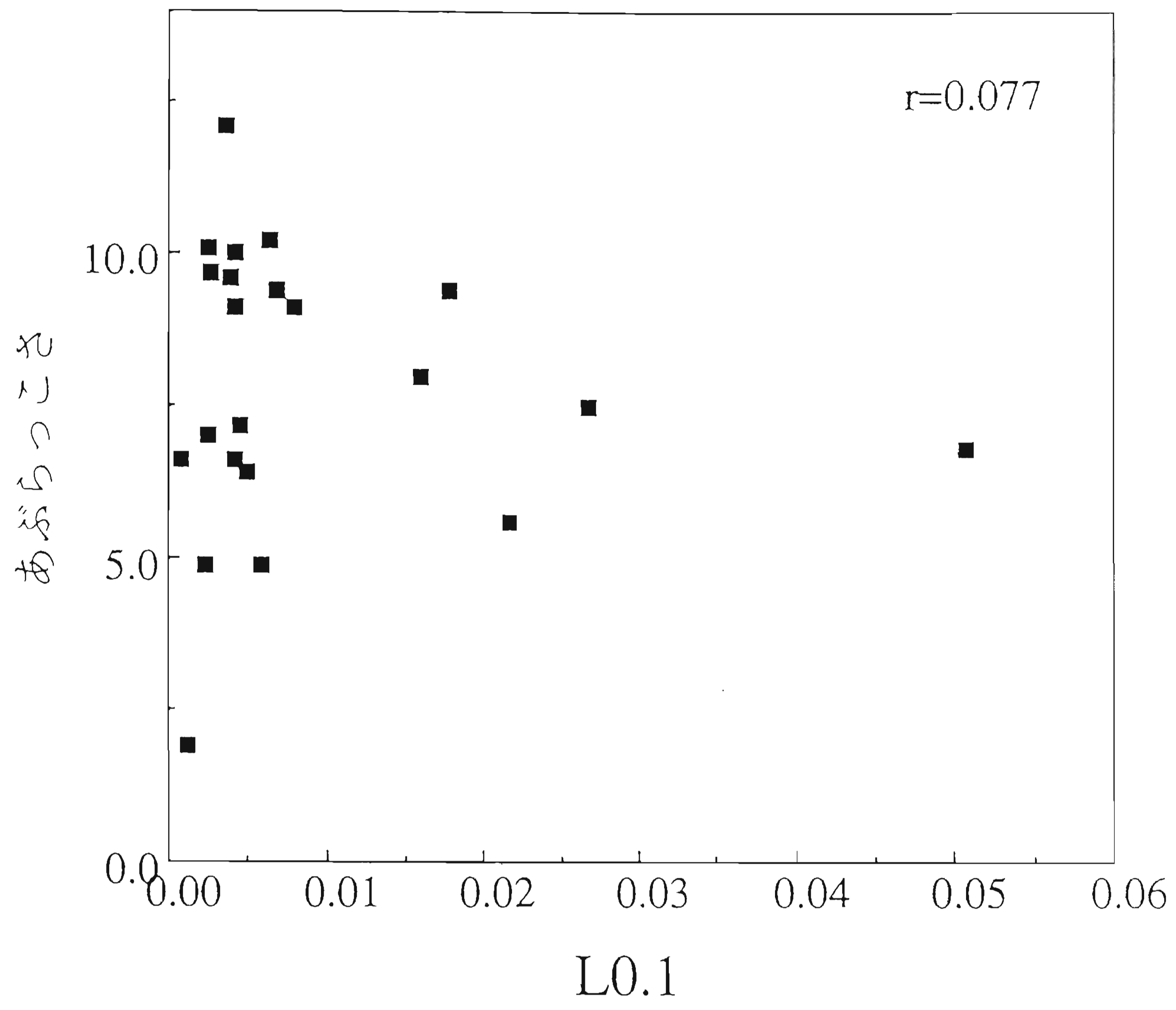


図5.18 あぶらっこさと油脂溶出量L_{0.1}との関係

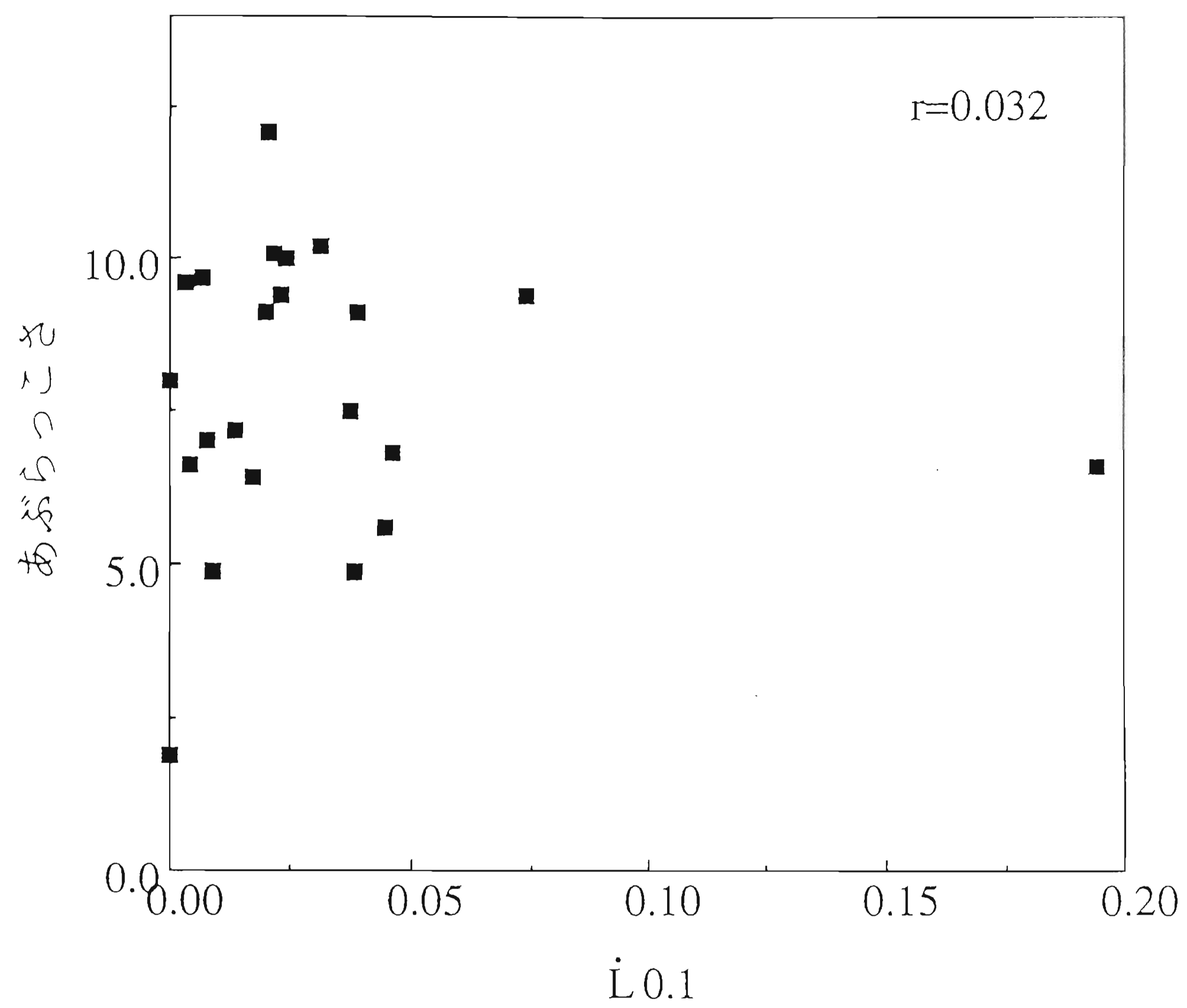


図5.19 あぶらっこさと油脂溶出速度 $\dot{L}_{0.1}$ との関係

(5.4)式の決定係数(coefficient of determination) r^2 は0.336と低く、これだけではあぶらっこさが食品のどのような性状を反映するものなのかを十分説明するにはいたらなかった。

5. 3. 4 理化学的パラメータによる食物の分類

前節において、あぶらっこさを食物の客観的パラメータで表すことを試みたが、明確な因果関係を見出すにはいたらなかった。この理由として、パラメータの取り上げ方が不完全であることはもちろんあり得るが、それ以上に試料として用いた22種の食物の性状があまりにも異なっていたことが考えられる。すなわち、パネルは全食物に共通する評価基準を有しておらず、食物によって異なる基準で評価している可能性が考えられる。しかし、理化学的性質の類似した食物に対しては同一の基準で評価している可能性が考えられる。そこで、理化学パラメータによる食物の分類を試みた。

理化学的測定により得たパラメータを変数とし、主成分分析により試料の分類を行った。各パラメータの因子負荷量および主成分の寄与率を表5.5に、第一主成分と第二主成分の主成分得点の散布図を図5.20に示した。表5.5より、第一主成分、第二主成分の累積寄与率は0.636であったが、両主成分とも、特に負荷量の大きいパラメータはなく、複合的な軸であることが示唆された。

各試料の主成分得点の散布図(図5.20)によると、第一主成分の負の方向には、ピーナツ(No.16)、ピーナツバター(No.17)、バター(No.13)など、油脂が多く均一に分布している食物が布置されていた。また0付近には、カレーパン(No.4)、うなぎの蒲焼き(No.2)など、上下もしくは内外の2層から食物が成り立ち、表面に油脂が分布している食物が布置されていた。正の方向には、ハンバーグ(No.14)、チャーハン(No.10)など、周囲に油脂が付着している粒が集合している食物が布置されていた。第二主成分は正の方向にショートケーキ(No.9)、天かす(No.12)、負の方向にカスタード・プディング(No.3)が他の食物と離れて

表5.5 各パラメータの因子負荷量

	主成分						
	1	2	3	4	5	6	7
硬さ	-0.217	-0.505	0.646	-0.684	-0.558	0.245	0.052
油脂含量	-0.464	0.276	-0.366	0.023	-0.530	0.532	0.104
水分含量	-0.493	-0.357	0.098	0.228	0.090	0.728	0.171
a	0.286	0.625	-0.031	-0.139	0.201	-0.024	0.682
b	-0.484	0.225	0.119	0.279	0.724	0.280	-0.145
L _{0.1}	0.421	0.503	-0.080	-0.227	0.010	0.204	-0.685
$\dot{L}_{0.1}$	0.035	0.312	0.647	0.575	-0.380	-0.080	-0.045
固有値	2.540	1.912	1.129	0.844	0.408	0.150	0.166
寄与率	0.363	0.273	0.161	0.121	0.058	0.021	0.002
累積寄与率	0.363	0.636	0.797	0.918	0.976	0.998	1.000

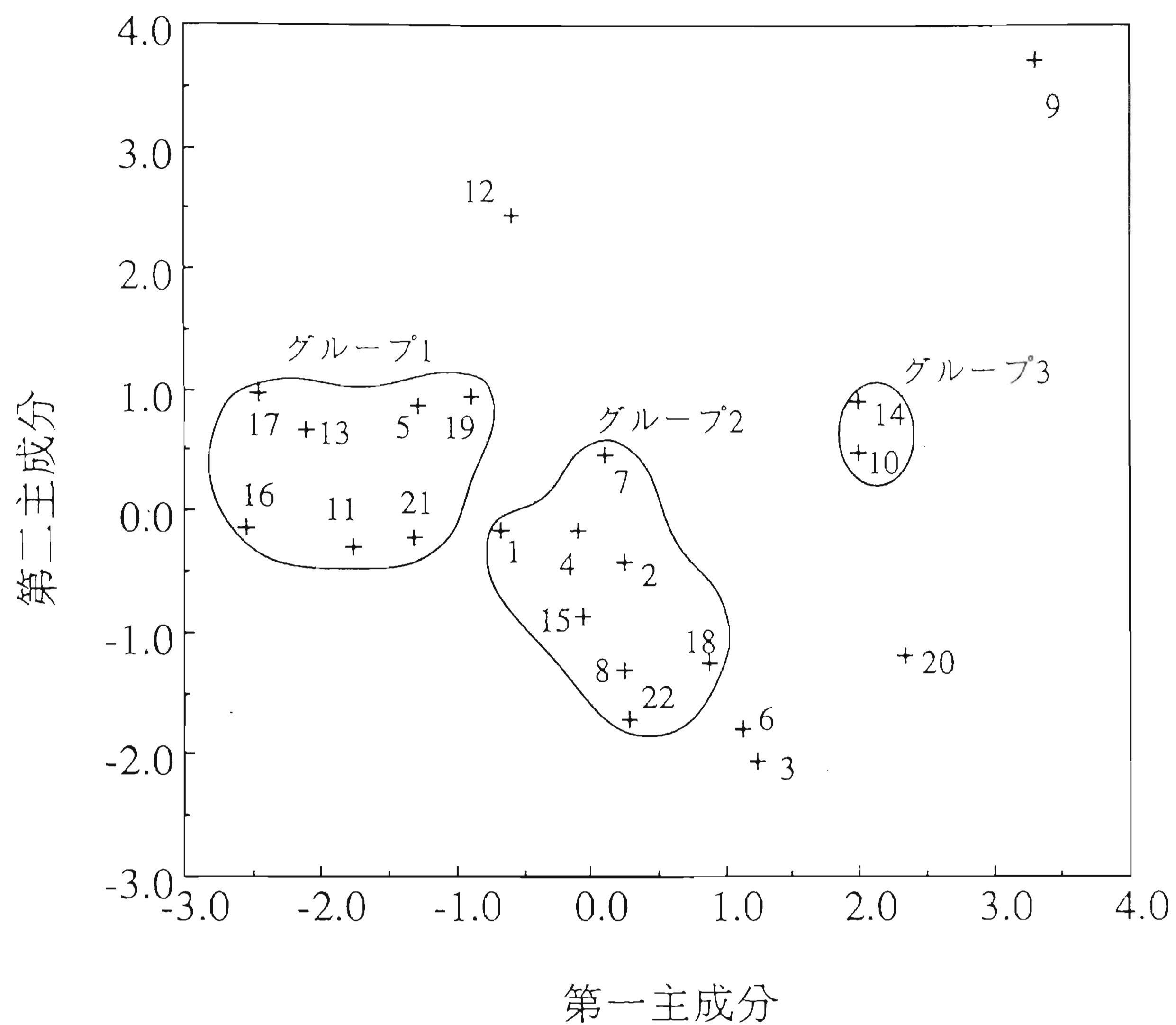


図5.20 食物の分類（主成分分析による）

グループ1； 5.クッキー， 11.チョコレート， 13.バター， 16.ピーナツ，
17.ピーナツバター， 19.ポテトチップス， 21.マヨネーズ

グループ2； 1.油揚げ， 2.うなぎの蒲焼き， 4.カレーパン， 7.鯖の味噌煮，
8.シュークリーム， 15.ピザ， 18.フライドポテト， 22.ロースハム

グループ3； 10.チャーハン， 14.ハンバーグ

その他； 3.カスタード・プディング， 6.コンビーフ， 9.ショートケーキ，
12.天かす， 20.麻婆豆腐

布置されており、多くの食物は+1.0~-1.0の間にあった。以上の結果から、第一主成分を「油脂に関する均一性の軸」、第二主成分を「分類の信頼性を表す軸」と命名した。

この2軸上で、22の食物は若干の例外はあるものの、つぎの3グループに大別された：

グループ1；油脂含量が高く、油脂が均一に分布している食物、ピーナツ、チョコレート、マヨネーズなど

グループ2；上下もしくは内外の2層から成り立ち、表面に油脂が分布している食物、カレーパン、ピザなど

グループ3；周囲に油脂が付着した粒が集合した、油脂が不均一に分布している食物、チャーハン、ハンバーグなど

どのグループにも属さない例外的な食物；天かす、ショートケーキ、カスタード・プディングなど

このように分類できたものの、大グループである、グループ1および2においても、これらに属する食物はそれぞれ7および8品目であり、いずれにおいても回帰分析を行うことはできなかった。しかし、食物をグループ分けすることができたので、今後、食物の数を増やして官能検査との対応づけを行えば、グループごとの評価基準の有無、およびあぶらっこさの数式化もできるものと考えられる。今後の検討課題としたい。

5. 4 まとめ

本章では、前章において定量的なあぶらっこさを求めた食物の中から大きく性状の異なる22品目を選定し、客観的パラメータによるあぶらっこさの数式化を試み、以下の結果を得た。

あぶらっこさに関わる可能性のあるパラメータとして、硬さ、油脂含量、水分含量、表面油脂係数 a 、表面油脂指数 b 、油脂溶出量 $L_{0.1}$ および油脂溶出

速度 $\dot{L}_{0.1}$ を算出した。各パラメータとも22試料は広範囲にわたっていた。

これらのパラメータを用いて、あぶらっこさの回帰分析を行ったが、明確な因果関係を示すにはいたらず、共通に適用される評価基準が存在していない可能性が示唆された。そこで、22試料を理化学的パラメータにより分類したところ、油脂の分布状態の違いにより、つぎの3グループに分けられた。：

グループ1；油脂含量が高く、油脂が均一に分布している食物，ピーナツ，チョコレート，マヨネーズなど

グループ2；上下あるいは内外の2層から成り立ち、表面に油脂が分布している食物，カレーパン，ピザなど

グループ3；周囲に油脂が付着した粒が集合した、油脂が不均一に分布している食物，チャーハン，ハンバーグなど

このように分類できたものの、各グループに属する食物が少なく、いずれにおいても回帰分析を行うことはできなかった。しかし、このような分類ができたので、今後、食物の数を増やして官能検査との対応づけを行えば、グループごとの評価基準の有無、およびあぶらっこさの数式化もできるものと考えられる。今後の検討課題としたい。