

実験用マウスとラットの 食の好みに関する研究

——チーズに代わる魅力的な餌を探る——

中 島 定 彦

筆者の研究室では、実験用のマウスとラットを対象に、さまざまな食品の嗜好を摂取量の側面から検討してきた（中島，2015；中島ら，2015，2022）。こうした研究の結果は、家ネズミの食害について考える際の基礎データとなるだけでなく、食物嫌悪学習（Braveman & Bronstein, 1985; Milgram et al, 1977）の実験で使用する標的刺激（嫌悪化する食品）を選定する際の参考資料にもなる。

本論文では、筆者の研究室で実施した上記論文と未発表の実験結果から、マウスやラットが強く好むと推定した複数の食品について、これまでと同様に摂食量の面から嗜好性を検討した実験を4つ報告する⁽¹⁾。特に、チーズの嗜好に焦点を当て、他の食品との比較を行う。具体的には、実験1ではマウス・ラットともに、カマンベールチーズ・食パン・サツマイモの3食品と、マウス・ラットの日常食である固型飼料の摂取量を1時間の同時選択（4択）テストで調べた。実験2ではマウスを対象にプロセスチーズ・チョコレート・ドライソーセージの3食品を23時間の同時選択（3択）テストで検討し、実験3ではラットを対象にチョコレート・素焼きアーモンド・焼き甘栗・固型飼料いずれかを、プロセスチーズと比較する23時間の2択テストによってチーズの嗜好を検討した。実験4ではマウス・ラットともに、カマンベールチーズ・サツマイモ・焼き甘栗の3食品と、日常食である固型飼料の摂取量を23時間の同時選択（4択）テストで調べた。

表1 本研究で用いた食品の1g当たりの熱量と成分

食品	熱量 (kcal)	蛋白質 (mg)	脂質 (mg)	炭水化物 (mg)	塩分 (mg)	実験
固型飼料	3.59	231	51	581	1.9	1, 3, 4
カマンベール (明治)	3.20	193	260	13	11.3	1
カマンベール (雪印)	3.11	185	261	6	13.0	4
プロセスチーズ	3.33	200	275	13	10.3	2,3
食パン	2.88	86	46	532	12.3	1
サツマイモ	1.27	9	5	331	1.0	1, 4
チョコレート	5.66	76	368	534	1.3	2, 3
ドライソーセージ	4.87	234	409	63	35.3	2
素焼きアーモンド	6.08	203	541	207	0.0	3
焼き甘栗 (クラシエ)	1.87	39	13	428	0.0	3
焼き甘栗 (COOP)	1.86	40	9	387	0.0	4

実験1~4で用いた食品の種類およびその熱量・成分を表1に示す。なお表中の数値は商品のパッケージに表示された成分表から算出したものである。ただし、サツマイモはバラ売りで数値不明であったため、日本食品標準成分表2020年版(八訂)の「さつまいも生(皮付き)」の値を示している。

実 験 1

実験1ではラットとマウスを対象として、カマンベールチーズ・食パン・サツマイモの3食品と固型飼料の摂取量を同時選択法でテストした。これら食品の嗜好に関して行われた過去研究の結果は以下のとおりである。ラット・マウスともに、カマンベールチーズへの嗜好は極めて高い(中島ら, 2015, 2022)。ラットでは、カマンベールチーズほどではないが、食パンもよく食べ、特にクラム部(耳ではない部分)が好まれる(中島ら, 2022: 実験3)。マウスではサツマイモを干した加工品(干し芋)は固型飼料より好まれるものの、プロセスチーズほどではない(中島, 2015: 実験3)。しかし、筆者の研究室で実施した未発表実験において生のサツマイモ(以下、単にサツマイモ)ではラット・マウスともに嗜好性が高いことを確認している。また、永沼ら

(1973)は野生捕獲したドブネズミ(実験用ラットの祖先種)がサツマイモへの強い嗜好を示すと報告している。

方法

[テスト食品]

スーパーマーケットで購入した株式会社明治製「明治北海道十勝カマンベールチーズ切れてるタイプ 90 g (6 個入り)」、敷島製パン株式会社製「Pasco 超熟 6 つ切り」(クラム部)、茨城県産サツマイモ「べにはるか」と、オリエンタル酵母工業株式会社から直接購入した同社製固型飼料「マウス・ラット・ハムスター用 MF」を用いた。

[被験体]

マウスは実験歴のない Slc:ICR の雄 8 匹で、実験時 11 週齢(体重 36~41 g)であった。日本エスエルシー株式会社から 8 週齢時に購入し、それ以降は十字仕切付ポリケージ(夏目製作所製 KN-606)で個別飼育した。各個体の居住空間は 11 cm×16 cm×高 13.5 cm であり、各区画のステンレス格子天井から給水ボトルで水道水を与えた。ポリケージ底面から 2 cm まで木製(モミ材)の床敷(マルカンふわふわベッド)と紙製床敷(ハムリー株式会社製ケアフィーズ)を 7 対 3 の割合で 2 cm 厚に敷きつめた。

ラットは Slc: Wistar/ST の雄 8 匹で、日本エスエルシー株式会社から 8 週齢時に購入し、それ以降は手動水洗ラックの吊下式ステンレスケージ(内寸 20 cm×25 cm×高さ 19 cm, 天井・床・前面・背面は格子, 両側面は板壁)で個別飼育した。実験時 11 週齢(体重 317~350 g)であった。実験開始の 1 週間前に石灰チョークまたは石膏チョークを常時摂取可能な状態で塩化リチウムと生理食塩水を各 1 回, 3 日間隔で腹腔内投与(0.15 M を体重の 2% 量)されていたが、本実験開始時には投与薬物の影響から回復していた。ケージ背面の中央部の給水ノズルから水道水を自由に摂取可能であった。

マウスもラットも、室温 22℃, 湿度 55% で、明 12 時間/暗 12 時間周期(明期開始午前 9 時)の飼育室内で飼養した(これ以降の実験についても同

じ)。本実験で用いた食品は固型飼料を除き未経験であった。マウスやラットは未経験の食品には新奇性恐怖を示してあまり食べない (Reilly, 2018)。このため、テスト開始 3 日前の 18 時にカマンベールチーズ・食パン・サツマイモの 3 種 (各約 5 g) すべてをケージ床に置いて与えて新奇性恐怖を取り除く事前処置を行った。ラットについては、翌日 18 時 (24 時間後) にケージの金網床を観察したところすべてなくなっていた。マウスはテスト前日の 18 時 (48 時間後) に床敷きを交換した際に食べ残しも破棄した。マウス・ラットともに常時与えていた固型飼料をテスト前日の 18 時に取り除き、24 時間の絶食状況においた。

[手続き]

テスト日の 18 時に、全個体を天井の LED ライトで照明した実験室に移動し、1 時間の同時 4 択テストを実施した。この際、マウスは実験室の床に置いた白色プラスチック製ケースを 4 分割した区画 (15 cm×15 cm×高さ 16 cm) に 1 匹ずつ入れた。床材はなしとし、4 種類の餌 (各約 2 g) は内径 6.5 cm、深さ 3.5 cm の円形ガラス容器 1 個にすべて収めて、区画の一隅の底面に置いた。ラットは同じ実験室の机の上に敷いた新聞紙上に置いた 8 台のテストケージ (飼育ケージと同型) に、1 匹ずつ入れてテストを行った。固型飼料はケージの 1 角にあるステンレス製餌入れ (幅 7.5 cm×奥行 4.5 cm×深さ 15 cm、開口部はケージ床から 3.5 cm) から与え、残り 3 種類の食品は各ケージの残り 3 角に吊り下げたステンレス製容器 (幅 8 cm×奥行 4.5 cm×深さ 6.5 cm、開口部はケージ床から 10 cm) からそれぞれ与えた (3 食品の容器位置は個体間でできるだけカウンタバランスした)。食品は容器サイズの半分ほどになるように入れたが、食品によって密度が異なるため、重量では違いがあった。具体的には、固型飼料は約 40 g、カマンベールチーズは約 7.5 g (1/2 切れ)、食パンは 15 g、サツマイモは約 40 g であった。マウスもラットも 4 択テスト後に全個体を実験室から飼育室に戻した。

[測定]

個体ごとに各食品の事前・事後の重量を電子精密天秤 (ラットは 0.1 g 単

位、マウスは0.01 g単位)で計測し、その差分を摂食量とした。容器外にこぼれた食品は事後計量時に加えた。この際、食品に付着していた糞は箸で除き、尿で濡れた食品はペーパータオルで水分を取ってから測定した。なお、食品は乾燥するため、摂食量がゼロでもわずかに重量減となるが、実験1ではテスト時間が1時間と短いため、前重量と事後重量の単純差分を摂取重量とした。

結果および考察

図1上パネルの白柱はマウスによる4択テストでの各食品の平均摂取重量(±標準誤差)である。完食した個体はいなかった。カマンベールチーズの摂取重量が最も多く、食パンとサツマイモが同程度であり、固型飼料はあまり食べなかった。1要因4水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であった($F[3, 21]=5.45, p=.006, \eta_p^2=.44$)。Holm法による多重比較の結果、カマンベールチーズと固型飼料の間の差だけが5%水準で有意であった。

ラットの結果は図1下パネルの白柱に示している。完食した個体はいなかった。サツマイモの摂取重量が最も多く、次いで食パンであり、カマンベールチーズと固型飼料はあまり食べなかった。1要因4水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であった($F[3, 21]=35.69, p<.001, \eta_p^2=.84$)。Holm法による多重比較の結果、カマンベールチーズと固型飼料の差以外の食品差はすべて5%水準で有意であった。本実験でラットがカマンベールチーズをあまり食べなかったのは驚きである。前述のように、ラットのカマンベールチーズへの嗜好は極めて高いが(中島ら, 2015, 2022)、新奇性恐怖を解除する処置が不十分であったのかもしれない。中島ら(2015)の実験4では、初体験のカマンベールチーズは馴染みの固型飼料の摂取量の半分には過ぎなかった。本実験では、テスト3日前にカマンベールチーズを5g与えている。固型飼料並みに食べる程度まで新奇性は減弱していたものの、それを上回るには事前経験が十分でなかったのかもしれない。いっぽうで、同じ5g

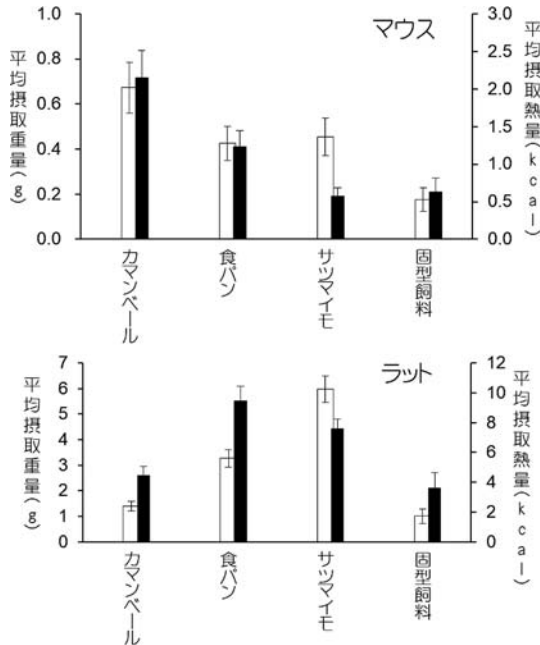


図1 実験1のマウス(上パネル)とラット(下パネル)の摂取重量(白柱:値は左軸参照)と摂取熱量(黒柱:値は右軸参照)

の事前経験を与えたサツマイモは固型飼料よりも好まれていた。サツマイモのほうがカマンベールチーズよりも新奇性恐怖の解除が速やかであるか、もともと新奇性恐怖が小さいのかもしれない。

ところで、熱量(カロリー)が同じであれば味の違いにかかわらず、ラットは等しく食べるという報告がある(Warisaia et al., 2020)。マウスについてもそうかもしれない。そこで、摂取熱量についても分析した。具体的には、摂取重量を表1の値に基づいて熱量に換算した。

図1上パネルの黒柱はマウスによる4択テストでの各食品の平均摂取熱量(±標準誤差)である。カマンベールチーズの摂取量が最も多く、次いで食パンであり、サツマイモや固型飼料の値は低い。上述のように、摂取重量では食パンとサツマイモの平均値は同程度で、固型飼料よりも多かったが、サツマイ

モは食パンや固型飼料に比べて熱量が半分以下である（表 1 参照）ことが、摂取重量（白柱）と摂取熱量（黒柱）のデータの食い違いの理由である。摂取熱量のデータに対して 1 要因 4 水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であった ($F[3, 21] = 8.47, p < .001, \eta_p^2 = .55$)。Holm 法による多重比較の結果、カマンベールチーズとサツマイモの差、カマンベールチーズと固型飼料との差が 5% 水準で有意であった。

ラットの結果は図 1 下パネルの黒柱に示している。食パンの摂取熱量が最も多く、次いでサツマイモであり、カマンベールチーズと固型飼料の値は低い。1 要因 4 水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であった ($F[3, 21] = 8.14, p < .001, \eta_p^2 = .54$)。Holm 法による多重比較の結果、食パンとカマンベールチーズの差、食パンと固型飼料の差、サツマイモと固型飼料の差が 5% 水準で有意であった。熱量が低いにも関わらず、ラットではサツマイモの摂取熱量が高い点は特筆に値する。

実 験 2

実験 2 ではマウスを対象に、プロセスチーズ・チョコレート・ドライソーセージの好みを、飼育ケージ内での 23 時間摂取量を指標にして推定した。マウスでもラットでも、プロセスチーズは日常餌である固型飼料よりも好まれる（中島, 2015; 中島ら, 2015）。また、マウスでもラットでも、チョコレート風味の餌粒は通常の餌粒（固型飼料とよく似た成分である）よりも自発反応の強化力が大きい（例えば, Droste et al., 2010; Vichaya et al., 2004）。このことから、プロセスチーズやチョコレートは食物嫌悪学習で標的として用いるに適した食品だと思われる。「食いつきの良い」ものでなければ嫌悪度の変化を摂取量の低下で測定することが難しいためである。ドライソーセージは、プロセスチーズやチョコレートと同様に軟らかい噛み応えであることから嗜好テストの第 3 候補に選定した。なお、ラットではドライソーセージはプロセスチーズや固型飼料よりも好まれない（中島ら, 2022 : 実験 4）。

方法

[テスト食品]

スーパーマーケットで購入した六甲バター株式会社製のプロセスチーズ「**Q.B.B.** ベビーチーズ（プレーン）」、株式会社明治製の板チョコ「ミルクチョコレート」、株式会社ヤガイ製ドライソーセージ「スモークカルパス」を用いた。

[被験体]

日本エスエルシー株式会社から購入した **Slc: ICR** マウスの雄 21 匹を使用した。このうち 7 匹は実験歴のない個体であり、実験 2 時点で 15 週齢（体重 43～46 g）であった。残り 14 匹は 8 週齢で購入して、摂水制限下で粉末ジュース（イチゴ風味、パイン風味）溶液に対して運動性味覚嫌悪学習を分化条件づけ手続きで 16 日間訓練した個体であった。なお、この訓練には失敗したため、特定の風味への嫌悪は形成されなかったと思われる。その 4 か月後、本実験の被験体として用いた際は、29 週齢（体重 44～65 g）であった。マウスはステンレス製格子の落し蓋を天井とするポリケージ（夏目製作所製 **KN-600**：内寸 22 cm×32 cm×高 13.5 cm）に 1～2 匹ごとに飼育した。格子天井の窪みには固型飼料と水道水の入った給水ボトルを用意した。ポリケージ底面の床材は実験 1 と同じであった。

[手続き]

テスト日の 15 時 30 分に、格子天井の固型飼料をすべて取り去り、テストする食品 3 種を入れた（写真 1 左）。与えた量は、ペア飼育した 7 台のケージには 1 台につきプロセスチーズ 1 個（約 15 g）、チョコレート 3 片（約 10 g）、ドライソーセージ 1.5 本（約 5 g）、単独飼育のケージ 7 台には 1 台につきプロセスチーズ 0.5 個（約 7.5 g）、チョコレート 2 片（約 6.5 g）、ドライソーセージ 1.5 本（約 5 g）であった。水道水ボトルは取り去らなかった。23 時間後に格子天井に残った食品を取り出し、マウスをポリケージから取り出した。なお、23 時間のテスト中に新奇性恐怖は減弱すると考え、実験 1 のように食品を事前に与えて慣れさせておく処置は本実験では行わなかった。



写真1 実験2でマウスに与えたテスト食品と水道水ボトル（左）、実験3でカップに入れてラットに与えたテスト食品の組み合わせ（右）

[測定]

ポリケージごとに各食品の事前・事後の重量を電子精密天秤（0.01 g 単位）で計測し、その差分を摂食量とした。ペア飼育したケージについては2で割った値を1匹あたりの摂取量とし、統計解析に際しては1ケージにつき1つ使用した。ポリケージ内に食べこぼしがあった場合は事後計量時に加えた。実験1と同じく、食品に付着していた糞は箸で除き、尿で濡れた食品はペーパータオルで水分を取ってから測定した。実験室内の類似環境に置いて求めたプロセスチーズ4個の平均自然乾燥率は10.5%であったので⁽²⁾、この値を用いて真の摂取重量を筆者の過去研究（中島，2015；中島ら，2015，2022）と同じく次式で推定した。真の摂取重量＝事前重量－事後重量÷（1－自然乾燥率）。なお、チョコレートとドライソーセージの自然乾燥率は0%であったため、事前重量と事後重量の単純差分を摂取重量とした。

結果および考察

図2の白柱は各食品の平均摂取重量（±標準誤差）である。完食した個体はいなかった。飼育法（ペア飼育か単独飼育か）にかかわらず、プロセスチーズとチョコレートがほぼ同程度に食べられており、ドライソーセージの摂取量

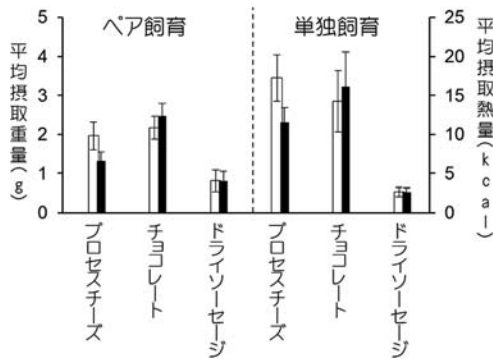


図2 実験2のマウスの摂取重量（白柱：値は左軸参照）と摂取熱量（黒柱：値は右軸参照）

は小さい。飼育法（2：群間要因）×食品（3：被験体内繰返し要因）の分散分析を行ったところ、飼育法の主効果（ $F[1, 12] = 1.83, p = .201$ ）および交互作用（ $F[2, 24] = 2.43, p = .109$ ）は有意でなく、食品の主効果が有意であった（ $F[2, 24] = 15.79, p < .001, \eta_p^2 = .57$ ）。Holm法による多重比較の結果、プロセスチーズとドライソーセージの差、チョコレートとドライソーセージ差がともに5%水準で有意であった。ドライソーセージがプロセスチーズよりも好まれないのはラットでの報告（中島ら，2022：実験4）と一致している。

表1の値をもとに摂取重量を熱量に換算したところ、飼育法（ペア飼育か単独飼育か）にかかわらず、チョコレートの摂取熱量が最も多く、次いでプロセスチーズ、最後にドライソーセージであった（図2黒柱）。飼育法（2：群間要因）×食品（3：被験体内繰返し要因）の分散分析を行ったところ、飼育法の主効果（ $F[1, 12] = 1.29, p = .278$ ）および交互作用（ $F[2, 24] = 1.40, p = .266$ ）は有意でなく、食品の主効果が有意であった（ $F[2, 24] = 14.89, p < .001, \eta_p^2 = .55$ ）。Holm法による多重比較の結果、3食品すべての差が5%水準で有意であった。

実 験 3

実験3ではプロセスチーズに対するラットの好みを、チョコレート・素焼きアーモンド・焼き甘栗・固型飼料のうち1つと直接比較した。実験2と同じく、飼育ケージ内での23時間摂取量を指標にした。前述のようにマウスもラットも、プロセスチーズを固型飼料よりも好む(中島, 2015; 中島ら, 2015)。実験2において、マウスはチョコレートをプロセスチーズと重量で同程度、熱量ではより多く摂取した。ラットにおいてもチョコレートへの強い好みが見られるかもしれない。素焼きアーモンドについては、マウスは固型飼料よりも多く、プロセスチーズよりも少なく食べる(中島, 2015: 実験1A, 1B, 2)。ラットについても同様であるかを本実験で確認する。焼き甘栗は、ラットの継時テスト(1日に1種類で、日ごとに異なる食品を与えて日間で比較する)において、プロセスチーズや固型飼料よりも摂取重量は大であるが、熱量では同程度だとの結果を得ている(中島ら, 2022: 実験3)。そこで、同時選択テストでも焼き甘栗が好まれるかを検討することにした。なお、本実験でもテスト時間(23時間)に新奇性恐怖は消失すると考えて、事前にテスト食品に慣れさせておく処置は行わなかった。

方法

[テスト食品]

実験2で用いた食品のうちドライソーセージを除く3品(プロセスチーズ、チョコレート、固型飼料)に加え、スーパーマーケットで購入した株式会社豆鶴製「素焼きアーモンド」、クラシエフーズ株式会社製焼き甘栗「甘栗むいちゃいました」を本実験では用いた。

[被験体]

日本エスエルシー株式会社から8週齢時に購入し、それ以降は実験1と同じ吊下式ステンレスケージで個別飼育していたSlc:Wistar/STラットの雄32

匹を用いた。全個体が塩化リチウム溶液の経口または腹腔内投与の経験があったが、本実験開始時には薬理効果は消失しており、味覚嫌悪学習も形成されないか形成後に消去する処置を施していた。本実験時に14~17週齢（体重385~511g）であった。

[手続き]

テスト日の15時30分に、ケージ下の水洗レーンから水を抜き、新聞紙を敷き詰め、各ケージ前面にある餌入れから固型飼料を取り除いて、餌入れの隣に株式会社マルカン製ステンレス製カップ（内径8cm、深さ3.5cm）を1個設置した。カップにはプロセスチーズ約30g（2個）および、それと比較する4種類の食品のいずれかが約30g（チョコレート6ブロック、固型飼料8~9個、素焼きアーモンド28~30粒、焼き甘栗5~6個）が入っていた（写真1右）。過去経験および体重がほぼ等しくなるようラットを4群（各群8匹）に分け、群によってプロセスチーズと比較する食品が異なるようにした。水道水はケージ背面の中央部の給水ノズルから自由に摂取可能であった。カップは23時間後に回収した。

[測定]

各食品の事前・事後の重量を電子精密天秤（0.1g単位）で計測し、その差分を摂食量とした。ケージ内やケージ下の食品は回収して汚れや水分を除いてから、事後測定の際に加えた。同じレーンの空きケージに置いたカップに入れておいた食品の自然乾燥率はプロセスチーズ10.5%、焼き甘栗9.1%で、これらの値を用いて真の摂取重量を実験1と同じ式で推定した。なお、チョコレート・素焼きアーモンド、固型飼料の自然乾燥率は0%であったため、事前重量と事後重量の単純差分を摂取重量とした。

結果および考察

図3上パネルは各食品の平均摂取重量（±標準誤差）である。すべてのラットにプロセスチーズを与えたが、もう一方の餌は群ごとに異なる。群別に、対応のある t 検定によって、プロセスチーズの摂取量と比較したところ、チ

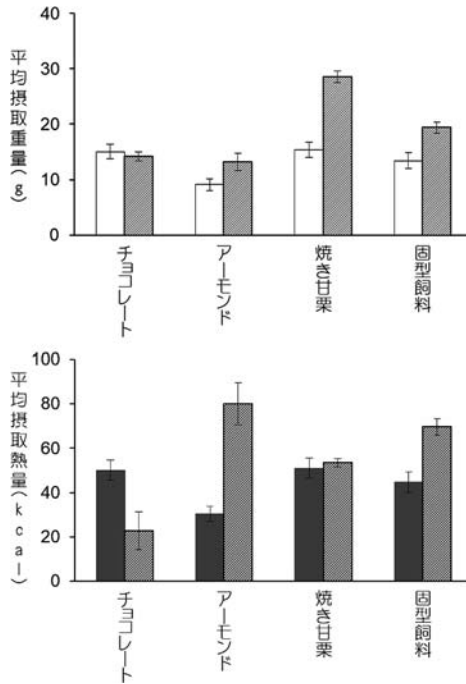


図3 実験3のラットの摂取重量(上パネル)と摂取熱量(下パネル)
本実験は2食品間の選択テストであり、各組の左柱がプロセスチーズの摂取量、右柱が表示した食品の摂取量である。

チョコレート ($t < 1$) や素焼きアーモンドとの差は有意でなかったが ($t[7] = 1.64, p = .146$), 焼き甘栗 ($t[7] = 8.46, p < .001, r = .96$) や固型飼料 ($t[7] = 3.30, p = .013, r = .78$) との差は有意であった。プロセスチーズよりも焼き甘栗の摂取量が多いという結果は、継時テストでの報告(中島ら, 2022: 実験3)と一致している。なお、焼き甘栗は8匹中7匹が完食していた(それ以外の食品の完食はなかった)。十分な量を与えていれば、焼き甘栗の摂取重量はグラフに示された値よりもさらに大きくなったであろう。プロセスチーズと固型飼料の摂取量については、有意差なしとの報告(中島, 2015: 実験1, 2; 中島ら, 2022: 実験4)や、プロセスチーズの摂取量がやや多いとの報告(中島, 2022: 実験3)とは矛盾する。こうした報告は他の食品も含めた4~5

択テストに基づいており、本実験で用いた2択テストとの手法上の違いによって齟齬が生じたのかもしれない。

食品の好みについて、熱量で示したのが図3下パネルである。熱量はアーモンドで高く、焼き甘栗で低い（表1参照）ため、摂取重量（図3上パネル）とは異なる様相を呈している。群別に、対応のある t 検定によってプロセスチーズとの摂取熱量を比較したところ、焼き甘栗とは差がなく（ $t < 1$ ）、チョコレート（ $t[7] = 3.11, p = .017, r = .76$ 、素焼きアーモンド（ $t[7] = 3.98, p = .005, r = .83$ ）、固型飼料（ $t[7] = 4.02, p = .005, r = .84$ ）との差は有意であった。

実 験 4

実験1の結果は、ラット・マウスともにカマンベールチーズやサツマイモを好む（選んで摂取する）ことを示している。また、ラットのみ対象とした実験3の結果から、焼き甘栗も（摂取重量という点では）好まれるといえる。そこで、実験4ではマウス・ラットともに、カマンベールチーズ・サツマイモ・焼き甘栗の3食品と、日常食である固型飼料の摂取量を23時間の同時選択（4択）テストで調べた。

[テスト食品]

スーパーマーケットで購入した雪印メグミルク株式会社製「雪印北海道100カマンベールチーズ切れてるタイプ100g（6個入り）」、徳島県産サツマイモ「なると金時」、日本生活協同組合連合会（COOP）製「有機栽培天津むき甘栗」を用いた。なお、実験1で用いたカマンベールチーズと、実験3で用いた焼き甘栗が実験4実施時に品切れであったため、類似商品を使用した。サツマイモの産地・品種が実験1と異なっているのは実験4の実施季節にそれが入手できなかったことによる。

[被験体]

マウスは実験1で用いた個体を4週間後にそのまま用いたが、1匹病気欠損

したため7匹を対象とした。実験4時点で15週齢（体重42～47g）であり、実験2で用いたものと同じポリケージで個別飼育した。ラットは実験1で用いた8匹と同じ経験を持つ別の8匹で、実験4時点において15週齢（体重457～509g）であり、これまでの実験と同じ吊下式ステンレスケージで個別飼育した。

[手続き]

マウスについてはテスト日の16時30分に、格子天井の固型飼料を2個（約7.5g）に減らし、カマンベールチーズ0.5個（約9g）、サツマイモ1切れ（約7g）、焼き甘栗1個（約6.5g）をすべて格子天井に置いた。水道水は通常通り格子天井に置いたボトルから自由摂取できた。23時間後に格子天井に残った食品を回収、マウスをポリケージから取り出して、ポリケージに食べこぼしがないか確認した。

ラットについてはテスト日の16時30分に、ケージ下の水洗レーンから水を抜き、新聞紙を敷き詰めた。各ケージ前面にある餌入れの固型飼料は9個（約30g）とし、カマンベールチーズ2個（約36g）、サツマイモ2～3切れ（約30g）、焼き甘栗6個（約30g）をすべて格子床に置いた。水道水は通常通りケージ背面の中央部の給水ノズルから自由に摂取可能であった。23時間後に餌入れ内の固型飼料、ケージ内、ケージ下の食品を回収した。

[測定]

個体ごとに各食品の事前・事後の重量を電子精密天秤（マウスは0.01g単位、ラットは0.1g単位）で計測し、その差分を摂食量とした。ケージ内やケージ下の食品は回収して汚れや水分を除いてから、事後測定の際に加えた。同じレーンの空きケージで測定した食品の自然乾燥率はカマンベールチーズ9.2%、サツマイモ7.0%、焼き甘栗7.2%で、これらの値を用いて真の摂取重量をこれまでの実験と同じ式で推定した。なお、固型飼料の自然乾燥率は0%であったため、事前重量と事後重量の単純差分を摂取重量とした。

結果および考察

図4上パネルの白柱はマウスにおける各食品の平均摂取重量（±標準誤差）である。完食した個体はいなかった。カマンベールチーズとサツマイモの摂取量が多く、焼き甘栗と固型飼料はあまり食べなかった。1要因4水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であった（ $F[3, 18] = 10.11, p < .001, \eta_p^2 = .63$ ）。Holm法による多重比較の結果、カマンベールチーズとサツマイモの差および焼き甘栗と固型飼料の差を除くすべての差が5%水準で有意であった。

ラットも完食個体はいなかった。図4下パネルの白柱から明らかなように、固型飼料以外の食品の摂取量が多い。1要因4水準の分散分析の結果、食品の効果は統計的に有意であった（ $F[3, 21] = 39.27, p < .001, \eta_p^2 = .85$ ）。Holm法による多重比較の結果、固型飼料とそれ以外の食品すべてとの差が5%水

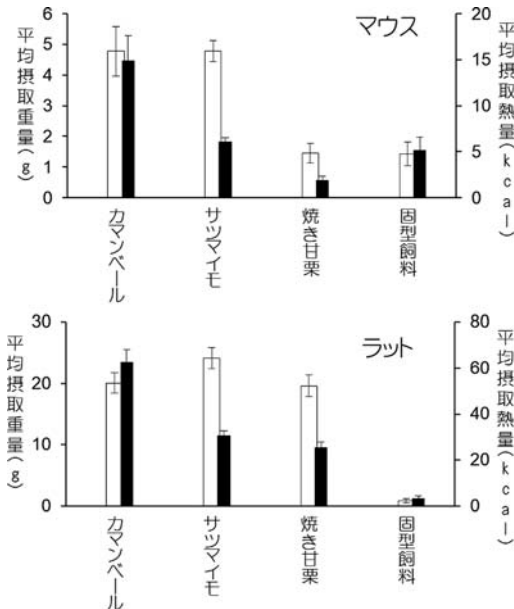


図4 実験4のマウス（上パネル）とラット（下パネル）の摂取重量（白柱：値は左軸参照）と摂取熱量（黒柱：値は右軸参照）

準で有意であった。固型飼料よりもカマンベールチーズ・サツマイモ・焼き甘栗が有意に好まれるという点は予想通りであったが、この3食品間には有意差はなかった。マウスと比べると、焼き甘栗への嗜好が高いことが注目に値する。

マウスとラットの食品の好みについて、熱量ではやや異なる様相を呈している（図4上下パネルの黒柱）。これは、カマンベールチーズや固型飼料に比べサツマイモや焼き甘栗の熱量が低いことによる。マウスにおける各食品の摂取熱量について、1要因4水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であった（ $F[3, 18] = 10.15, p < .001, \eta_p^2 = .63$ ）。Holm法による多重比較の結果、カマンベールチーズとそれ以外の食品すべてとの差が5%水準で有意であった。ラットの摂取熱量についても1要因4水準の分散分析を行ったところ、食品の効果が統計的に有意であり（ $F[3, 21] = 50.09, p < .001, \eta_p^2 = .88$ ）、Holm法による多重比較の結果、サツマイモと焼き甘栗の差以外の食品すべての食品差が5%水準で有意であった。

全体的考察

本論文では、マウスとラットが強く好むと推定できる複数の食品の摂取重量を同時選択場面で計測した。筆者の研究室で実施したこれまでの研究（中島ら, 2015, 2022）と同じく、カマンベールチーズの摂取重量は多かった。ただし、実験1のラットの結果に示されているように、新奇性恐怖の解除が不十分だとあまり摂取されない。また、カマンベールチーズは常温で劣化しやすく、自然乾燥して重量の変化が生じやすい。容器やケージに付着しやすいため摂取重量の測定も難しい。いっぽう、サツマイモは常温でも劣化しにくく、自然乾燥率もカマンベールチーズよりわずかながら小さい（23時間で9.2%と7.0%）。容器やケージに付着して取りづらいということもないため、摂取重量の測定が容易である。1時間のテスト（実験1）でも23時間のテスト（実験4）でも、マウスもラットもサツマイモの摂取重量は多かった。特に、実験1

でカマンベールチーズの新奇性恐怖解除が不十分であったラットでも、サツマイモは多く食べていた。

以上の理由により、食物嫌悪学習に用いる食品としてはカマンベールチーズよりもサツマイモが適しているといえよう。なお、ラットでは焼き甘栗もよい候補である（実験3および4）。サツマイモも焼き甘栗も熱量が低いため、摂取熱量では多くないが、食物嫌悪学習の指標は摂取重量であるので、この点は問題がない。

ところで、Warisaia et al. (2020) は、熱量が同じであれば味の違いにかかわらず、ラットは等しく食べると報告している。彼らの主張をそのまま適用すれば、摂取熱量の値は全食品で等しくなるはずであるが、そうではない（各図の黒柱の高さに違いがある）。この結論は筆者の過去研究（中島, 2015；中島ら, 2015, 2022）とも一致する。

なお、本研究で用いたサツマイモは生であり、甘栗は焼いたものであった。焼いたり、ふかしたりしたサツマイモや、生の甘栗ではテストしていない。調理の有無や方法でラットやマウスの摂取量が変わるかどうかは今後の検討課題であるが、食物嫌悪学習に用いる標的としては、入手が容易で統一された食品であることが望ましく、本研究で生のサツマイモや焼き甘栗の商品を使用したことは妥当性がある。ただし、サツマイモは季節・産地・品種によって味が異なるため、標準食品として食物嫌悪学習で用いるには注意が必要であろう。

注

- (1) 本論文に記した実験は、関西学院大学動物実験委員会によって「学習の基礎過程および情動機能と食行動に関する行動心理学的研究」として承認された研究成果の一部である。また、実験実施および論文執筆に際しては日本学術振興会の科学研究費補助金（基盤研究（C））「ラットの悪心と粘土食に関する研究」（課題番号18K03192）および「ネズミの不快感を最小限にした味覚嫌悪学習実験技法の確立」（課題番号22K03204）の資金援助を受けた。
- (2) この値は中島ら（2015）で測定し、中島（2015）や中島ら（2022）でも用いたQBB ベビーチーズの23時間自然乾燥率（18.8%）よりも小さい。実験室の温度や湿度は中島ら（2015）の実験時と同一に設定していたが、過去研究と本研究の

間に飼育室の空調改修工事があったことや、飼育室内でのケージ位置の違い（空気の流れなどの影響）がこの違いをもたらしたのかもしれない。なお、以前の自然乾燥率を用いて推定すると図2のチーズ摂取量は約10%減になる。

引用文献

- Braveman, N. S., & Bronstein, P. (Eds.) (1985). *Experimental assessments and clinical applications of conditioned food aversions*. Annals of the New York Academy of Sciences (Vol.443).
- Droste, S. M., Saland, S. K., Schlitter, E. K., & Rodefer, J. S. (2010). AM 251 differentially effects food-maintained responding depending on food palatability. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 95 (4), 443-448.
- Milgram, N. W., Krames, L., & Alloway, T. M. (Eds.) (1977). *Food aversion learning*. Plenum Press.
- 永沼清久・桜井孝・池田安之助 (1973). ネズミの食性に関する研究： I. 未経験の食物に対するドブネズミの摂食嗜好性. 24, 23-26.
- 中島定彦 (2015). マウスにおけるチーズ選好. 人文論究 (関西学院大学文学部). 65 (2), 31-47.
- 中島定彦・木原千彰・金下真子 (2015). ラットおよびマウスにおけるチーズ選好. 関西学院大学心理科学研究, 41, 7-15.
- 中島定彦・松房美穂・藤戸彩花・遠藤稔也・山下ひかる・山下玲子・小山加那子・九重智咲・辻桃奈・名和明日香 (2022). 実験用ラットの食の好みに関する探索的研究. 関西学院大学心理科学研究, 48, 1-12.
- Reilly S. (Ed.) (2018). *Food neophobia: Behavioral and biological influences*. Woodhead Publishing.
- Vichaya, E. G., Hunt, S. C., & Dantzer, R. (2014). Lipopolysaccharide reduces incentive motivation while boosting preference for high reward in mice. *Neuropsychopharmacology*, 39 (12), 2884-2890.
- Warisaia, V., Pansarim, V., Aragon, D. C., Zucoloto, F. S., & Schmidt, A. (2020). Female and male Wistar rats (*Rattus norvegicus*) discriminate diets according to energetic quantity. *International Journal of Comparative Psychology*, 33. <https://escholarship.org/uc/item/2058s84r>