

イヌの AAFCO 養分基準 (2015) を満たす手作り食レシピの設計法

清水 いと世, 舟場 正幸, 松井 徹

(京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻*)

Formulation of home-prepared food satisfied AAFCO dog foods nutrient profiles (2015)

Itoyo SHIMIZU, Masayuki FUNABA and Tohru MATSUI

¹⁾ *Division of Applied Biosciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto University*

Summary

When dogs have food allergy, home-prepared food can be desired. Further, some owners prefer to cook for their dogs. However, it is difficult for dog owners to formulate nutritionally well-balanced home-prepared foods. Therefore, we designed recipes of home-prepared food satisfying AAFCO dog foods nutrient profiles, i.e., nutritionally complete foods. In addition, we emphasized the recipes for veterinarians and pet-food dietitians easily advising to owners and for owners easily purchasing ingredients at a local market. We formulated nutritionally complete foods consisting of basal food, supplementary food and trace nutrient preparations; the basal food is the main sources of protein and carbohydrate and its ingredients are selected from routinely-used foodstuffs by general household, supplementary foods consisting of fixed ingredients are for increasing trace nutrient concentration. We mainly referred Food Composition Database in Japan for estimating nutrient concentrations in foods. Metabolizable-energy (ME) content was calculated with modified Atwater factors and the nutritional adequacy was assessed by the estimated dietary nutrient-concentrations on the ME basis. The basal foods almost satisfied protein and essential-amino-acid concentrations but many trace nutrients were inadequate. The addition of supplementary foods to basal foods makes many of trace nutrients adequate but calcium, zinc, copper, and vitamin E were still inadequate. Thus, these trace nutrients were added as vitamin and mineral preparations. We also determined proximate composition and mineral concentration in chicken meat and bone, indicating that chicken meat and bone can substitute for calcium preparation in the complete foods. Using our method of design for dog foods, dog owners easily prepare nutritionally complete foods satisfying AAFCO dog foods nutrient profiles.

飼育動物であるイヌの食餌は、健康時には、総合栄養食（新鮮な水と一緒に与えるだけで健康を維持できるよう栄養バランスが調整されているフード）である市販ドッグフードが推奨され、疾患時には市販の療法食が処方されることが多い。しかし、食物アレルギーや嗜好性の問題により市販フードや療法食が使用できない場合があり、飼い主の意向により、手作りによる食餌の調製が必要になる場合もある。ドッグフードの品質基準には、Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 米国飼料検査官協会) 養分基準があり¹⁾、日本国内では、AAFCO 養分基準を満たした市販のドッグフードのみが総合栄養食と表示できる²⁾。AAFCO 養分基準には、各栄養素の「目安量」に相当する最小値 (Minimum) と「耐容上限量」に相当する最大値 (Maximum) が定められている。AAFCO 養分基準における多くの栄養素の最小値は、米

国 National Research Council (NRC) の示す栄養素の推奨量³⁾ (Recommended Allowance) より高めになっていることが多い。AAFCO 養分基準は、日本人の食事摂取基準 (2015)⁴⁾ と大きく異なっており、ヒトの食事をそのままイヌに与えると栄養素量の過不足が生じる可能性が高い。また、イヌの手作り食の方法を記載した成書^{5,7)} や報告⁸⁾ があるが、いずれも海外での報告のため、国内では入手困難な食材やサプリメントを用いており、使用しにくい内容になっている。また、飼い主向けの本やウェブサイト、そして獣医師向け教科書の手作り食レシピに関する海外における調査では、指示内容のあいまいなレシピや AAFCO 養分基準を満たしていないレシピの多いことが報告されている^{9,10)}。そこで、本試験では、日本国内で入手が容易な食材を用いて、成犬用の AAFCO 養分基準、すなわち市販の総合栄養食の基準を満たし、かつ煩雑さが

*所在地：京都市左京区北白川追分町（〒606-8502）

少なく獣医師やペット栄養管理士が容易に飼い主に指導できる手作り食レシピの設計法を考案した。

実験方法

成犬の栄養基準には、代謝エネルギーあたりで表記されている維持期用 AAFCO 養分基準を用いた¹⁾。レシピの栄養素の充足は、代謝エネルギーあたりの AAFCO 養分基準の最小値との比較（レシピ中栄養素量 / AAFCO 養分基準の最小値 × 100）により評価した。また、レシピの栄養素の過剰は代謝エネルギーあたりの AAFCO 養分基準の最大値との比較（レシピ中栄養素量 / AAFCO 養分基準の最大値 × 100）により評価した。食材の栄養素量は、主に文部科学省の作成している食品成分データベース¹¹⁾を用い算出した。

AAFCO 養分基準では必須アミノ酸として、「メチオニン・シスチン」量ならびに「フェニルアラニン・チロシン」量が示されている。そこで、食品成分データベースのメチオニン量とシスチン量の合計総量、フェニルアラニン量とチロシン量の合計総量を用いた（Table 1）。

AAFCO 養分基準では「ビタミン A (IU)」が示されている。イヌにおけるβ-カロテン等プロビタミン A のレチノール当量比は不明なため¹²⁾、食品成分データベースのレチノール量 (μg) を用い、レチノールの μg 量に 10/3 を乗じて IU 量に変換した値を「ビタミン A」量とした¹³⁾（Table 1）。AAFCO 養分基準では「ビタミン D (IU)」が示されている。イヌにおけるエルゴカルシフェロールのコレカルシフェロール相当量は設定されていないため¹⁴⁾、食品成分データベースの動物性食品のビタミン D 量 (μg) のみを用い、ビタミン D の μg 量に 40 を乗じて IU 量に変換した値を「ビタミン D」量とした¹⁵⁾。AAFCO 養分基準では「ビタミン E (IU)」が示されている。ビタミン E には、4 種のトコフェロールと 4 種のトコトリエノールの合計 8 種類の同族体があるが、動物の血液及び組織中に存在するビタミン E 同族体の大部分がα-トコフェロールである¹⁶⁾。また、α-トコフェロールには 8 種の立体異性体があるが、天然のトコフェロールは主に RRR-α-トコ

フェロールであり、これが他の立体異性体と比べて著しくビタミン E 活性が高いことが報告されている¹⁶⁾。そこで、食品成分データベースのα-トコフェロール量 (mg) を用い、α-トコフェロールの mg 量に 1.49 を乗じて IU 量に変換した値を「ビタミン E」量とした¹⁷⁾。

食品成分データベースでは、チアミン量をチアミン塩酸塩相当量として示している。そこで、チアミン塩酸塩とチアミン分子量の比を考慮し、チアミン塩酸塩量に 0.8 を乗じて AAFCO 養分基準の「チアミン」量として用いた。食品成分データベースでは、ナイアシン量をニコチン酸相当量、ビタミン B₆ 量をピリドキシン相当量、ビタミン B₁₂ 量をシアノコバラミン相当量として示している。ナイアシンはニコチン酸（分子量、123）とニコチンアミド（分子量、122）からなる。ビタミン B₆ はピリドキシン（分子量、169）、ピリドキサル（分子量、167）とピリドキサミン（分子量、168）からなる。また、ビタミン B₁₂ はシアノコバラミン（分子量、1355）、ヒドロキソコバラミン（分子量、1406）、メチルコバラミン（分子量、1344）とアデノシルコバラミン（分子量、1580）からなる。各ビタミン B 同族体の分子量に大きな差は認められないため、本試験では、食品成分データベースで示されているニコチン酸相当量を AAFCO 養分基準の「ナイアシン」量、ピリドキシン相当量を「ピリドキシン」量、シアノコバラミン相当量を「ビタミン B₁₂」量として用いた。

AAFCO 養分基準に規定されている栄養素であるが、食品成分データベースに記載のない「コリン」と「塩素」に関しては、USDA の National Nutrient Database for Standard Reference¹⁸⁾ と成書¹⁹⁾ で示されている量をそれぞれ用いた。また、成書¹⁹⁾ にも塩素量が記載のなかった食材に関しては、食品成分データベースで示されている食塩相当量に 0.6 を乗じて「塩素」量として用いた。

ビタミン K は AAFCO 養分基準では基準量が示されていないが、NRC ではその推奨量が「メナジオン（ビタミン K₃）(mg)」量として設定されている。一方、食品成分データベースでは、ビタミン K 量 (μg) をビタミン K₁（フィロキノン、分子量 450.7）と K₂（メナキノン-4、分子量 444.7）の合計として示している。そこで、ビタミン

Table 1 Conversion of nutrient and its unit in Food Composition Database in Japan to AAFCO dog food nutrient profiles

Nutrient	Calculation from food composition database
Estimated Metabolizable energy (kcal)	Sum of 3.5 × Protein (g), 8.5 × Fat (g) and 3.5 × NFE (g) ^{a)}
Methionine-cystine (g)	Sum of 1/1000 × methionine (mg) and 1/1000 × cystine (mg)
Phenylalanine-tyrosine (g)	Sum of 1/1000 × phenylalanine (mg) and 1/1000 × tyrosine (mg)
Vitamin A (IU)	10/3 × retinol (μg)
Vitamin D (IU)	40 × vitamin D (μg) in animal products
Vitamin E (IU)	1.49 × α-tocopherol (mg)
Thiamine (mg)	0.8 × thiamine hydrochloride (mg)
Niacin (mg)	Nicotinic acid equivalent value (mg)
Pyridoxine (mg)	Pyridoxine equivalent value (mg)
Vitamin B ₁₂ (mg)	1/1000 × cyanocobalamin equivalent value (μg)

a) Nitrogen free extract (NFE) = carbohydrate (g) - dietary fiber total (g).

K₁ならびにK₂とメナジオンの分子量の比を考慮し、ビタミンK量に0.4/1000を乗じて「メナジオン」量とした。

イヌにおいて食材の代謝エネルギー量は、アトウォーター係数を用いて算出できる²⁰⁾とされているが、手作り食の場合、様々な食材を組み合わせる可能性があり、また、本試験ではAAFCO養分基準を満たすレシピ設計法を考案することが目的であるため、AAFCO養分基準で用いられているエネルギー換算係数である修正アトウォーター係数(粗タンパク質:3.5 kcal/g, 粗脂肪:8.5 kcal/g, 可溶無窒素物:3.5 kcal/g)を用いて代謝エネルギー量を再計算した²¹⁾。なお、可溶無窒素物は、食品成分データベースで示されている「炭水化物」、「食物繊維総量」から求めた。

入手が容易な食材を用い、煩雑な食餌指導を、より簡便にすることを優先に、レシピ設計を試みた。第一に、一般家庭で頻繁に用いられており、日常的に飼い主の食事から取り分けることができる食材からなる基本食を設計した。基本食の食材としては、「タンパク質源」として精肉や魚、大豆食品等、「糖質源」としては、白米や麺類、いも等を用い、「タンパク質源」と「糖質源」を現物あたりで等量混同したものを基本食とした。ここで、現物あたりの重量を用いたのは、飼い主が実施しやすいことを目的としたためである。

次いで、基本食では不足する場合が多い微量栄養素を多く含む食材からなる補助食を設計した。代謝エネルギー比で2:1となるように基本食と補助食を配合することとした。補助食のレシピは固定し、長期保存することを前提とした。さらに、基本食と補助食では不足する微量栄養素を補うために、市販のビタミン、ミネラルサプリメントの使用を検討し、最終的な推奨食を設計した。なお、本試験では、調理による栄養素の減衰は考慮しなかった。

サプリメントとしては、総合ビタミン・ミネラル剤(マルチビタミン&ミネラル、ネイチャーメイド、大塚製薬、東京)、カルシウム剤(スーパーカルシウム、ネイチャーメイド、大塚製薬、東京)、亜鉛剤(亜鉛、ディアナチュラ、アサヒフードアンドヘルスケア、東京)を用いた。

次いで、サプリメントの使用を少なくするために、カルシウム源として鶏ガラの利用を検討した。鶏ガラの栄養成分の量は知られていないので、10サンプルの鶏ガラをスーパーマーケットで購入した。鶏ガラをそのままイヌに与えることは衛生上の問題があり、また、鶏ガラの摂取による消化管損傷などの可能性^{22, 23)}を考慮し、本試験では、鶏ガラを2.44気圧の家庭用圧力鍋(スーパー活かなべ、アサヒ軽金属工業株式会社)で20~30分間調理した。この調理によって、鶏ガラは指で圧潰可能になった。調理した鶏ガラ的一般分析²⁴⁾を行い、上述の方法で代謝エネルギー量を算出した。また、硝酸(有害金属用、和光純薬、大阪)を用いて湿式灰化後、0.1N塩酸(有害金属用、和光純薬、大阪)で適切な濃度に希釈後に、原子吸光分析器(AA-6600F、島津製作所、京都)を用いカルシウム、鉄、

亜鉛濃度を測定した²⁵⁾。また、リン濃度を吸光光度法²⁶⁾により、分光分析器(UVmini-1240、島津製作所、京都)を用い測定した。これらのデータを用いて、鶏ガラを使用した場合のレシピ設計を行った。

結果と考察

「タンパク質源」:「糖質源」を現物あたり等量配合したほとんどの基本食では、タンパク質と必須アミノ酸の最小値を満たしていた(Table 2)。豆腐を「タンパク質源」とした基本食では、タンパク質が不足していた。豆腐を用いた基本食でタンパク質が不足する原因は、その水分量が高いためである。主要な「タンパク質源」として豆腐を用いた手作り食では、トリプトファン、メチオニン・シスチンが基準を下回るという報告²⁷⁾があるが、本試験では、必須アミノ酸はすべて満たしていた。牛肉を「タンパク質源」とした基本食でもタンパク質が不足し、この中の一部では、トリプトファンまたはメチオニン・シスチンとトリプトファンが不足していた。本試験で用いたAAFCO養分基準は、代謝エネルギーあたりの各栄養素の量となっている。そのため、脂肪量の多い「タンパク質源」を選択すると、基本食に含まれる代謝エネルギーが増加する。したがって、基本食における重量あたりのタンパク質量や必須アミノ酸量は多くても、不足するようになる。その結果、牛肉を用いた基本食でタンパク質や一部の必須アミノ酸量が不足した。

このような点を考慮し、すべての推奨食でタンパク質量や必須アミノ酸量が充足するように、補助食を設計することが望ましい。一方、本試験で基本食を設計するにあたり、一般家庭で頻繁に用いられており、日常的に飼い主の食事から取り分けることができる食材を前提としているので、長期間にわたり同一のブランドを与えることが考えられる市販の総合栄養食と異なり、本試験の基本食は毎日変化する。脂身つきの牛肉を用いた基本食のタンパク質、メチオニン・シスチン、トリプトファンの充足率は、それぞれ63%、95%、80%と低いが、基本食における充足率の範囲は、それぞれ63~211%、95~350%、80~272%であり(Table 3)、一部の基本食で認められるタンパク質や必須アミノ酸の不足は、実際は問題にはならないとも考えられる。

基本食のみでは、ビタミンA、ビタミンE、カルシウム、リン、鉄、銅、亜鉛、ヨウ素は不足し、リノール酸、ビタミンD、ビタミンB₁₂、コリン、カリウム、マンガン、セレンも不足するが多かった(Table 4)。そこで、これら栄養素を補うために、補助食を設計した(Table 5)。補助食の設計では、「リノール酸源」として、とうもろこし油、「鉄とコリン源」として鶏のレバー、「カルシウムとリン源」として煮干し、「マンガン源」としてアオサ、「ヨウ素源」として真昆布を選択した。補助食の利用により、コリン、リノール酸、リン、鉄、マンガン、ヨウ素などの基

Table 2 The basal food and its adequacy of crude protein and essential amino acids^{a, b)}

Protein source	Carbohydrate source	Adequacy ratio of crude protein (%) ^{c, d)}	Inadequate essential amino acid (%) ^{c, e)}
Cod	Cooked Rice	192	none
Tofu	Cooked Rice	87	none
Edamame	Cooked Rice	112	none
Whole eggs	Cooked Rice	106	none
Pork, lean	Cooked Rice	183	none
Ground pork	Cooked Rice	123	none
Chicken, thigh with skin	Cooked Rice	115	none
Beef, without subcutaneous fat	Cooked Rice	71	Trp ^{f)} (93)
Japanese pilchard	Potato	164	none
Beef, without subcutaneous fat	Potato	81	none
Ground chicken	Potato	211	none
Ground chicken	Sweet potato	171	none
Ground pork	Sweet potato	128	none
Beef, lean and fat	Sweet potato	63	Met-Cys ^{g)} (95), Trp (80)
Chum salmon	Sweet potato	207	none

a) Protein source and carbohydrate source were selected from routinely used foodstuffs by general household.

b) Basal foods consisted of the same amount of protein source and carbohydrate source as fed basis.

c) Concentrations of metabolizable energy, crude protein and amino acid were estimated by the methods shown in the text.

d) Adequacy ratio of protein was divided the estimated concentration per metabolizable energy in a food by the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance on metabolizable-energy basis¹⁾.

e) Adequacy ratio of essential amino acids was divided from the estimated concentration per metabolizable energy in a food by the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance on metabolizable-energy basis¹⁾. Inadequate essential amino acid was shown with its adequacy ratio in parentheses.

f) Tryptophan.

g) Sum of methionine and cystine.

Table 3 The adequacy ratios of crude protein and essential amino acids in the basal foods

Nutrients	Adequacy ratio ^{a, b)}		Percentage of basal foods with adequate nutrient ^{c)}
	Average \pm SD	Range	
Crude Protein	134 \pm 50	63-211	73
Arginine	306 \pm 106	138-488	100
Histidine	481 \pm 239	242-997	100
Isoleucine	286 \pm 109	133-474	100
Leucine	313 \pm 112	147-479	100
Lysine	301 \pm 135	146-516	100
Met-Cys ^{d)}	220 \pm 88	95-350	93
Phe-Tyr ^{e)}	248 \pm 86	114-372	100
Threonine	214 \pm 83	108-353	100
Tryptophan	177 \pm 61	80-272	87
Valine	309 \pm 115	143-517	100

a) Concentrations of crude protein, essential amino acids and metabolizable energy were estimated by the methods shown in the text.

b) Adequacy ratio of crude protein and essential amino acids was divided the estimated concentration per metabolizable energy in 15 foods by the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance on metabolizable-energy basis¹⁾.

c) Percentage of number of foods with adequate nutrient.

d) Sum of methionine and cystine.

e) Sum of phenylalanine and tyrosine.

準を満たすことができた (Table 6)。また、タンパク質や必須アミノ酸が充足していなかった基本食でも、補助食のレバーや煮干しにより、これらの基準を満たすようになった。しかし、ビタミンE、カルシウム、銅、亜鉛はまだ充足していないものが多かった。これらを補うために、代謝エネルギー 1000 kcal あたり、総合ビタミン・ミネラル剤を1錠、カルシウム剤を1錠、亜鉛剤を2錠加えることによって、ほとんどの栄養素が AAFCO 養分基準の最小値を満たす推奨食が設計できた (Table 7, 8)。

イヌのエネルギー要求量は、犬種や年齢、環境、活動性、肥満度、性別 (中性化) により影響を受ける²⁸⁾。成犬は維持に必要なエネルギー要求量を満たすように、食餌を摂取する必要がある。本試験では、成犬のエネルギー要求量を算出し、それを基にエネルギー要求量を満たす食餌に含まれる各栄養素の量を検討した。一方、代謝エネルギー量として乾物あたり 3500 kcal/kg を大きく下回る食餌では、必要とするエネルギー量を完全には摂取できないことがありとされている²⁹⁾。本試験で設計した推奨食における乾物

Table 4 The adequacy ratios of crude fat, linoleic acid, vitamins and minerals in the basal foods

Nutrients	Adequacy ratio ^{a, b)}		Percentage of basal foods with adequate nutrient ^{c)}	Nutrients	Adequacy ratio ^{a, b)}		Percentage of basal foods with adequate nutrient ^{c)}
	Average \pm SD	Range			Average \pm SD	Range	
Crude fat	297 \pm 160	17-585	93	Calcium	9 \pm 9	1-36	0
Linoleic acid	137 \pm 97	14-323	53	Phosphorus	53 \pm 21	25-93	0
Vitamin A	22 \pm 31	0-120	7	Potassium	111 \pm 60	33-218	47
Vitamin D	373 \pm 1054	0-4044	27	Sodium	138 \pm 98	5-320	67
Vitamin E	37 \pm 36	7-136	7	Chloride	183 \pm 122	31-395	67
Thiamine	268 \pm 240	40-843	67	Magnesium	134 \pm 66	42-254	60
Riboflavin	123 \pm 68	31-257	60	Iron	22 \pm 13	6-49	0
Pa ^{d)}	184 \pm 94	46-347	80	Copper	38 \pm 21	15-98	0
Niacin	557 \pm 386	33-1136	87	Manganese	110 \pm 78	21-306	40
Pyridoxine	557 \pm 480	119-1433	100	Zinc	21 \pm 7	9-31	0
Folate	377 \pm 642	30-2615	67	Iodine	30 \pm 102	0-399	7
Vitamin B ₁₂	97 \pm 183	0-625	20	Selenium	197 \pm 229	0-710	40
Choline	86 \pm 70	32-318	20				

a) Concentrations of crude fat, linoleic acid, vitamins and minerals and metabolizable energy were estimated by the methods shown in the text.

b) Adequacy ratio of crude fat, linoleic acid, vitamins and minerals was divided the estimated concentration per metabolizable energy in 15 foods by the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance on metabolizable-energy basis¹⁾.

c) Percentage of number of foods with adequate nutrient.

d) Pantothenic acid.

Table 5 Supplementary food, and trace nutrient preparations

Ingredients	unit
Supplementary foods	
Corn oil	10 g/1000 kcal
Chicken Liver	140 g/1000 kcal
Niboshi	50 g/1000 kcal
Sea lettuce	4 g/1000 kcal
Ma-konbu	1 g/1000 kcal
Trace nutrient preparation	
Multiple vitamin and mineral supplement	1 Tablet/1000 kcal
Calcium supplement	1 Tablet/1000 kcal
Zinc supplement	2 Tablets/1000 kcal

Table 6 The adequacy ratios of crude protein, methionine-cystine, tryptophan, vitamins, crude fat, linoleic acid and minerals in the basal foods with the supplementary foods

Nutrients	Adequacy ratio ^{a, b)}		Percentage of foods with adequate nutrient ^{c)}	Nutrients	Adequacy ratio ^{a, b)}		Percentage of foods with adequate nutrient ^{c)}
	Average \pm SD	Range			Average \pm SD	Range	
Crude Protein	202 \pm 31	158-250	100	Crudefat	311 \pm 102	134-495	100
Met-Cys ^{d)}	258 \pm 56	180-341	100	Linoleicacid	276 \pm 62	196-394	100
Tryptophan	217 \pm 39	157-277	100	Calcium	73 \pm 6	67-90	0
Vitamin A	4601 \pm 46	4540-4699	100	Phosphorus	118 \pm 13	101-143	100
Vitamin D	498 \pm 672	258-2839	100	Potassium	144 \pm 38	96-212	87
Vitamin E	53 \pm 23	34-116	7	Sodium	768 \pm 63	677-885	100
Thiamine	334 \pm 153	191-700	100	Chloride	803 \pm 77	700-937	100
Riboflavin	491 \pm 43	434-579	100	Magnesium	336 \pm 41	280-410	100
Pa ^{e)}	638 \pm 59	552-738	100	Iron	110 \pm 8	99-126	87
Niacin	809 \pm 244	480-1176	100	Copper	56 \pm 13	42-95	0
Pyridoxine	719 \pm 305	441-1276	100	Manganese	152 \pm 50	95-277	93
Folate	3986 \pm 401	3725-5380	100	Zinc	38 \pm 4	30-44	0
Vitamin B ₁₂	1447 \pm 115	1373-1782	100	Iodine	580 \pm 65	555-814	100
Choline	146 \pm 44	113-294	100	Selenium	406 \pm 146	278-732	100

a) Concentrations of crude protein, methionine-cystine, tryptophan, vitamins, crude fat, linoleic acid, minerals and metabolizable energy were estimated by the methods shown in the text.

b) Adequacy ratio of crude protein, methionine-cystine, tryptophan, vitamins, crude fat, linoleic acid and minerals was divided the estimated concentration per metabolizable energy in 15 foods by the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance on metabolizable-energy basis¹⁾.

c) Percentage of number of foods with adequate nutrient.

d) Sum of methionine and cystine.

e) Pantothenic acid.

Table 7 Comparison of dietary crude protein, amino acids, crude fat and linoleic acid concentrations between AAFCO dog food nutrient profiles and the recommended foods^{a)}

Nutrients	unit	AAFCO dog food nutrient profiles		Recommended foods ^{b)}		
		Per metabolizable energy (1000 kcal)	Minimum	Average \pm SD	Range	Percentage of foods with adequate nutrient ^{c)}
Crude Protein	g		51.4	103.7 \pm 16.2	81.2-128.6	100
Arginine	g		1.46	5.03 \pm 0.98	3.49-6.72	100
Histidine	g		0.51	2.76 \pm 0.78	1.99-4.44	100
Isoleucine	g		1.06	3.54 \pm 0.73	2.53-4.81	100
Leucine	g		1.69	6.32 \pm 1.2	4.57-8.09	100
Lysine	g		1.8	6.22 \pm 1.54	4.44-8.68	100
Met-Cys ^{d)}	g		1.23	3.17 \pm 0.69	2.22-4.19	100
Phe-Tyr ^{e)}	g		2.09	6.25 \pm 1.13	4.52-7.9	100
Threonine	g		1.37	3.51 \pm 0.72	2.6-4.71	100
Tryptophan	g		0.46	1 \pm 0.18	0.72-1.27	100
Valine	g		1.11	4.19 \pm 0.81	3.05-5.66	100
Crude Fat	g		14.3	44.43 \pm 14.57	19.11-70.74	100
Linoleic acid	g		2.9	8 \pm 1.8	5.7-11.4	100

a) Recommended food consisted of basal food, supplementary food, and vitamin and mineral preparations.

b) Concentrations of nutrient and metabolizable energy were estimated by the methods shown in the text.

c) Percentage of number of foods with adequate nutrient. Adequacy was assessed by the estimated nutrient concentration per metabolizable energy in 15 foods and the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance at dietary metabolizable energy¹⁾.

d) Sum of methionine and cystine.

e) Sum of phenylalanine and tyrosine.

Table 8 Comparison of dietary mineral and vitamin concentrations between AAFCO dog food nutrient profiles and the recommended foods^{a)}

Nutrients	unit	AAFCO dog food nutrient profiles		Recommended foods ^{b)}			
		Minimum	Maximum	Average \pm SD	Range	Percentage of foods with adequate nutrient ^{c)}	Percentage of foods without excess nutrient level ^{d)}
Calcium	g	1.7	7.1	1.9 \pm 0.1	1.8-2.2	100	100
Phosphorus	g	1.4	4.6	1.7 \pm 0.2	1.4-2	100	100
Potassium	g	1.7	- ^{e)}	2.5 \pm 0.6	1.6-3.6	87	-
Sodium	g	0.17	-	1.31 \pm 0.11	1.15-1.5	100	-
Chloride	g	0.26	-	2.09 \pm 0.2	1.82-2.44	100	100
Magnesium	g	0.11	0.86	0.42 \pm 0.05	0.36-0.5	100	100
Iron	mg	23	857	27 \pm 2	25-31	100	100
Copper	mg	2.1	71	2.7 \pm 0.3	2.4-3.5	100	100
Manganese	mg	1.4	-	2.1 \pm 0.7	1.3-3.9	93	100
Zinc	mg	34	286	44 \pm 2	41-46	100	100
Iodine	mg	0.43	14	2.49 \pm 0.28	2.4-3.5	100	100
Selenium	mg	0.03	0.57	0.19 \pm 0.04	0.15-0.29	100	100
Vitamin A	IU	1429	71429	66245 \pm 668	65373-67660	100	100
Vitamin D	IU	143	1429	1013 \pm 960	667-4358	100	87
Vitamin E	IU	14	286	27 \pm 3	25-36	100	100
Thiamine	mg	0.29	-	1.75 \pm 0.44	1.35-2.8	100	-
Riboflavin	mg	0.63	-	3.94 \pm 0.27	3.59-4.51	100	-
Pa ^{f)}	mg	2.9	-	21.5 \pm 1.7	19-24.4	100	-
Niacin	mg	3.3	-	34.2 \pm 8	23.4-46.3	100	-
Pyridoxine	mg	0.29	-	3.09 \pm 0.88	2.29-4.69	100	-
Folate	mg	0.05	-	2.11 \pm 0.2	1.98-2.81	100	-
Vitamin B ₁₂	mg	0.006	-	0.088 \pm 0.007	0.084-0.108	100	-
Choline	mg	343	-	502 \pm 153	388-1008	100	-

a) Recommended food consisted of basal food, supplementary food, and vitamin and mineral preparations.

b) Concentrations of nutrient and metabolizable energy were estimated by the methods shown in the text.

c) Percentage of number of foods with adequate nutrient. Adequacy was assessed by the estimated nutrient concentration per metabolizable energy in 15 foods and the minimum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance at dietary metabolizable energy¹⁾.

d) Percentage of number of foods without excess nutrient. Excess was assessed by the estimated nutrient concentration per metabolizable energy in 15 foods and the maximum level of AAFCO dog food nutrient profiles for adult maintenance at dietary metabolizable energy¹⁾.

e) Nutrients that was not established values indicate "-".

f) Pantothenic acid.

Table 9 Comparison of proximate composition and mineral concentration between chicken meat and bone^{a)} after pressure-cooking (n = 10) and Niboshi

	unit	Chicken meat and bone	Niboshi ^{b)}
Carbohydrate ^{c)}	g/1000 kcal	6.3	1.1
Crude protein	g/1000 kcal	135.9	230.8
Crude fat	g/1000 kcal	59.6	22.2
Calcium	g/1000 kcal	18.7	7.9
Phosphorus	g/1000 kcal	10.6	5.4
Iron	mg/1000 kcal	20.3	64.4
Zinc	mg/1000 kcal	33.7	25.8

a) Byproduct of chicken meat processing that was cooked by pressure cooker.

b) Data on Niboshi was cited from Food Composition Database¹¹⁾.

c) Carbohydrate was sum of determined nitrogen free extract and crude fiber.

kgあたりの代謝エネルギー量は、中央値 4113 kcal、範囲 3598 ~ 4910 kcal であり、低くないため、イヌが十分なエネルギーを摂取できる乾物量であると考えられる。しかし、調理法により現物重量あたりのエネルギー量は変化する。例えば、「おじや」のような水分量の多い調理法では、嵩が著しく増加するので、必要とするエネルギー量を完全には摂取することができない可能性があり、注意が必要である。

基本食に用いる食材の組み合わせは多様であり、選択する食材によっては過剰を生じた。例えば、「タンパク質源」として白鮭のみを使用するとビタミン D が AAFCO 養分基準の最大値の 3 倍程度になった。先にも述べたが、本試験で基本食を設計するにあたり、一般家庭で頻繁に用いられており、日常的に飼い主の食事から取り分けることができる食材を前提としているので、基本食は毎日変化する。したがって、白鮭を用いた基本食を長期間給与することはないと考えられた。また、本試験ではモデル化するため、基本食に用いる食材を「タンパク質源」、「糖質源」それぞれ 1 種類用いるように設定しているが、飼い主の食事の食材から同時に複数の「タンパク質源」を取り分けることも可能である。このように、今回提案する手作り食では、基本食として多様な食材を用いることが可能であり、基本食に起因する過剰の問題は大きくないと考えられた。補助食の鉄源として鶏のレバーを用いたが、鶏のレバーはビタミン A 量も多い。その結果、全体的にビタミン A 量は AAFCO 養分基準の最大値を超えてはいないが、高値となった。イヌのビタミン A への耐性は高いとされている³⁰⁾ が、ビタミン A 過剰の問題が懸念される。

今回の設計法では、味付けは考慮していないが、補助食として用いた煮干しにより AAFCO 養分基準のナトリウム最小値を上回る値になっている。イヌにおいてナトリウムの過剰は、健康被害が認められる濃度より低濃度で嗜好性が落ちるため、AAFCO 養分基準ではその上限値が定められていない³¹⁾。しかし、高濃度のナトリウムではカリウムや水分の尿中排泄増加が起こるため³²⁾、NRC は上限を定めており (15 g/4000 kcal)、このナトリウム量は、日本人の成人の平均食塩摂取量³³⁾ から算出した摂取エネルギーあたりのナトリウム量の約 1.8 倍に相当する。自由

に飲水可能で、正常なイヌであれば、ナトリウム摂取適応幅は広いとされており³²⁾、ヒト用に味付けされた食餌でも、通常は問題ないと思われる。一方、日本人の食事摂取基準 (2015) では、健康被害のリスクが高まる量よりも少ない量で、高血圧症や胃がんの発症リスク上昇が危惧されるため、耐容上限量ではなく目標量が示されている⁴⁾。イヌにおいても食塩の摂取増加に伴い高血圧が生じることが報告されているので³⁴⁾、ナトリウム摂取には注意が必要となる可能性がある。

不足しているミネラルの補充にサプリメントを用いたが、その種類や量を減らす目的で、カルシウム源として利用できる可能性のある鶏ガラを成分分析を行った (Table 9)。その得られた値から算出した代謝エネルギーは、現物 100 g あたり 123 kcal であった。今回、カルシウム源として用いた煮干しと比較したところ、鶏ガラに含まれるカルシウム量は煮干しの 2 倍程度であった。この鶏ガラを用いて補助食を修正すると (Table 10)、カルシウムも充足できた。

今回のレシピ設計には、イヌのペットフードの総合栄養食の基準である AAFCO 養分基準を用いた。イヌの栄養基準には、NRC 飼養標準もあるが、今回のレシピにおけるほとんどの栄養素は NRC 飼養標準の推奨量を満たしていた。一方、ビタミン K は AAFCO 養分基準では規定されていないが、NRC 飼養標準では規定されており、今回のレシピにおけるビタミン K 量は NRC 飼養標準の推奨量の 3.6% と著しく低かった。しかし、この NRC のビタミン K 推奨量は、殺鼠剤などを誤食した場合の欠乏症を基に、「メナジオン (ビタミン K₃) (mg)」量、すなわちサプリメントとしての量で設定されており、通常の推奨量とは設定が異なる。実際、NRC 飼養標準では、ビタミン K は、腸内細菌が産生しているため不足することは通常ないとしており、そのため、最小要求量 (Minimum Requirement) は設定されていない³⁵⁾。今回設計した推奨食は健康なイヌを対象としているため、NRC のビタミン K の推奨量は必ずしも満たす必要はないと思われる。

本試験では AAFCO 養分基準を満たす設計を考案したが、今後は NRC 飼養標準も考慮し、より手作り食に則したレシピの作成を行いたい。さらに、AAFCO 養分基準は改定が提案されている³⁶⁾。改定案としては、鉄や亜鉛の

Table 10 Modified supplementary foods, and vitamin and mineral preparations when used chicken meat and bone

Ingredients	unit
Supplementary foods	
Corn oil	7 g/1000 kcal
Chicken liver	140 g/1000 kcal
Niboshi	40 g/1000 kcal
Sea lettuce	4 g/1000 kcal
Ma-konbu	1 g/1000 kcal
Chicken meat and bone	40 g/1000 kcal
Trace nutrient preparation	
Multiple vitamin and mineral supplement	1 Tablet/1000 kcal
Zinc supplement	2 Tablets/1000 kcal

基準値が著しく低くなっており、また、カルシウムや銅、ビタミンEの基準値も低くなっている。この改定案が採択されるなら、手作り食の設計はより容易になり、補助食の鶏レバーやビタミン・ミネラルサプリメントを減量でき、さらに不要になる可能性もある。

今回の方法は、まずイヌのエネルギー要求量を算出し、そこから基本食と補助食の代謝エネルギー比を2:1となるように食材を決定する。この方法により、基本食である「タンパク質源」と「糖質源」を日々の飼い主の食材からイヌ用に取り分け、組成を固定した補助食を、ふりかけのような混合の乾物品、あるいは冷凍品に調製すれば、少量のサプリメントを追加するだけで、AAFCO養分基準を満たすイヌの手作り食の作成が可能である。

参考文献

- Association of American Feed Control Officials (AAFCO) (2015) AAFCO Dog Food Nutrient Profiles Based on Calorie Content. AAFCO Official Publication, Illinois: pp. 161-162.
- 全国公正取引協議会連合会. 公正競争規約. http://www.jftc.org/rule_kiyaku/pdf_kiyaku_hyouji/045.pdf 2015年8月閲覧
- National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp. 359-360.
- 厚生労働省 (2015) 日本人の食事摂取基準 (2015年版). <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/0000041824.html> 2015年8月閲覧
- Remillard RL, Crane SW (2014) 自家製の食餌 in 小動物の臨床栄養学 (第5版). 岩崎利郎, 辻本元監訳, インターズー, 東京: pp. 245-264.
- 本好茂一監訳 (2006) 小動物の栄養マニュアル. ファームプレス, 東京: pp. 275-276, 279-285.
- Donoghue S, Kronfeld DS, (1995) 自家製の食事 in ウォルサム小動物の臨床栄養学, 竹内啓監訳, 講談社, 東京: pp. 373-376.
- Remillard RL (2008) Homemade diets: attributes, pitfalls, and a call for action. *Top Companion Anim Med* 23: 137-142.
- Stockman J, Fascetti AJ, Kass PH, Larsen JA (2013) Evaluation of recipes of home-prepared maintenance diets for dogs. *J Am Vet Med Assoc* 242: 1500-1505.
- Streiff EL, Zwischenberger B, Butterwick RF, Wagner E, Iben C, Bauer JE (2002) A comparison of the nutritional adequacy of home-prepared and commercial diets for dogs. *J Nutr* 132(6 Suppl 2): 1698S-700S.
- 文部科学省. 食品成分データベース. <http://fooddb.mext.go.jp/> 2015年8月閲覧
- National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp. 196.
- 日本ビタミン学会 (1989) ビタミンハンドブック①脂溶性ビタミン, (株)化学同人, 京都: pp. 19.
- National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp.201.
- 日本ビタミン学会 (1989) ビタミンハンドブック①脂溶性ビタミン, (株)化学同人, 京都: pp. 36.
- National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp.205-207.
- 日本ビタミン学会 (1989) ビタミンハンドブック①脂溶性ビタミン, (株)化学同人, 京都: pp. 53.
- United States Department of Agriculture (USDA). The USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Accessed Aug, 2015 at <http://ndb.nal.usda.gov/>
- Briggs DR, Wahlqvist ML. (1988) Food facts: The complete no-fads-plain-facts guide to healthy eating. 2nd ed. Penguin Books Australia Ltd. Victoria, Australia
- National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy

- Press, Washington, DC: pp. 29-30.
- 21) Association of American Feed Control Officials (AAFCO) (2015) AAFCO Dog Food Nutrient Profiles Based on Calorie Content. AAFCO Official Publication, Illinois: pp. 144.
- 22) Freeman LM, Michel KE (2001) Evaluation of raw food diets for dogs. J Am Vet Med Assoc 218: 705-709.
- 23) (社) 日本科学飼料協会 (2009) 飼い主のためのペットフード・ガイドライン. 環境省. https://www.env.go.jp/nature/dobutsu/aigo/2_data/pamph/petfood_guide.html 2015年8月閲覧
- 24) 独立行政法人 農林水産消費安全技術センター, 飼料分析基準研究会 (2009) 飼料分析法・解説 - 2009 - I. 独立行政法人農林水産消費安全技術センター, 埼玉: pp. 23-58.
- 25) 独立行政法人 農林水産消費安全技術センター, 飼料分析基準研究会 (2009) 飼料分析法・解説 - 2009 - I. 独立行政法人農林水産消費安全技術センター, 埼玉: pp. 63-68, 83-84, 91-92.
- 26) 独立行政法人 農林水産消費安全技術センター, 飼料分析基準研究会 (2009) 飼料分析法・解説 - 2009 - I. 独立行政法人農林水産消費安全技術センター, 埼玉: pp. 69-71.
- 27) Heinze CR, Gomez FC, Freeman LM (2012) Assessment of commercial diets and recipes for home-prepared diets recommended for dogs with cancer. J Am Vet Med Assoc 241: 1453-1460.
- 28) National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp.33-36.
- 29) Association of American Feed Control Officials (AAFCO) (2015) AAFCO Dog Food Nutrient Profiles Based on Calorie Content. AAFCO Official Publication, Illinois: pp.159.
- 30) National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp.197-199.
- 31) Association of American Feed Control Officials (AAFCO) (2015) AAFCO Dog Food Nutrient Profiles Based on Calorie Content. AAFCO Official Publication, Illinois: pp.151-152.
- 32) National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp.160.
- 33) 厚生労働省. 平成 25 年国民健康・栄養調査結果の概要. <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/0000068070.pdf> 2015年8月閲覧
- 34) Vogel JA (1966) Salt-induced hypertension in the dog. Am J Physiol 210: 186-190.
- 35) National Research Council (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington, DC: pp.210-211.
- 36) Proposed Revisions Edited per Comments for 2014 Official Publication. Accessed Aug, 2015 at http://www.aafco.org/Portals/0/SiteContent/Regulatory/Committees/Pet-Food/Reports/Pet_Food_Report_2013_Midyear-Proposed_Revisions_to_AAFCO_Nutrient_Profiles.pdf