

長期宇宙滞在に向けた宇宙食の提案 ―シロアリの利用―

片山直美（名女大）、吉村 剛、馬場啓一（京大）、山下雅道（JAXA）、宇宙農業サロン

A proposal of space foods for long-term stay in space ―Use of termite―

Naomi Katayama Nagoya Women's University, 3-40, Shioji-cyo, Mizuho-ku, Nagoya, Aichi, 467-8610 Japan.

Tuyoshi Yoshimura, Keiichi Baba Res. Inst. Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Uji, Kyoto, 611-0011, Japan

Masamichi Yamashita ISAS/JAXA Yoshinodai, Sagamihara city, Kanagawa, 229-8510, Japan

Abstract: Engineering of regenerative life support system is a key issue to make a long term manned space mission possible. Among many subjects associated with this engineering, food preparation is the most important subject. In order to support crew activity productive, supply of delicious space foods is a must item. We propose termite in this line. By the help of symbiotic organisms in their gut, termites convert inedible biomass, such as wooden materials, to qualified food substance that contains rich protein and lipid.

Key words; *Space Agriculture, Space Food, Termite*

背景

宇宙ステーションの完成が間近に迫り、長期宇宙滞在が可能になった今、人類が本格的に宇宙での生活を始めることが出来るようにライフサポートシステムの完成が切望されている。つまり、ミニ地球が宇宙空間に存在する必要がある。如何に宇宙ステーションまたは宇宙船内でのリデュース・リユース・リサイクルによる自給自足を可能にするかが今後の課題となる。特に食料に関する生産と循環のシステムの開発が急務である。

食料生産と物質の循環システムの開発が進むことで、より多くの食材料が使用可能となり、その様々な食材を用いた「食事」の提供が行えるのであるが、「食事」をただ提供するのでは喫食者の肉体的・精神的健康を保つことが出来ない。「栄養バランスの取れた食事の提供」こそが、宇宙での長期滞在を可能にする最も重要なライフサポートシステムである。

目的

そこで本研究は物質の循環を考え、本来であ

るならば人間の食料とはなりにくい樹木を材料にシロアリを育て、宇宙では生産しにくいたんぱく質を生産し、食料として利用することを目的とした。これまで、宇宙食として提案してきたカイコ蛹の飼育に用いる可能性のある桑の木の宇宙での循環を考えると、葉はカイコが、実は人間が食料とし、枝をシロアリが食料とすることで、より多くの食料生産がcaのうとなるためである。

方法

シロアリの栄養価について、現在ある様々な文献調査を行い、栄養計算にあてはめた。

現在までに我々が報告した宇宙食としての基本食（玄米、大豆、青菜、さつまいも）、さらにたんぱく質源としてのカイコのさなぎ、ドジョウに加えて、シロアリでの栄養バランスを考えたメニューの提案を行う。栄養計算はエクセル栄養君を用いて、2005年度日本人の栄養摂取基準に準じた。

結果

シロアリは大きく分けて女王蟻、王蟻、働き蟻、兵隊蟻に分かれており、それぞれは大きさも役割も違うため、体内の栄養素の割合が違っている可能性がある。そのため吉村ら（2002）が種類別、さらに身体の部位別にミネラルの分析している。

表1に吉村らの*Coptotermes formosanus*の分析データを示す。

脂質の供給源として大変有望であることが板倉（2006）の報告で明らかとなっている。

表2、3、4に板倉らの*Coptotermes formosanus*の3大栄養素（脂質、たんぱく質、炭水化物）、必須アミノ酸、必須脂肪酸の分析データを示す。

表5に栄養計算を産出した。栄養計算に関して他の食品との栄養素の比較を行ってみると、明らかに脂質が多いことがわかる。たんぱく質の供給源というよりも、脂質の供給源としてシロアリは大変有効な食品となりうることがわかる。

またミネラルの供給源として他の食品と比較してみると、細胞の合成に関係が深く味覚障害にも関連するZn（亜鉛）を豊富に含むことがわかる。生命維持の観点からも、シロアリを食品として加える事は価値がある。また代謝を高めるMn（マンガン）が多く含まれることも重要である。

シロアリを食品として加えることで、宇宙食はよりバラエティに富んだものとなる。

シロアリは脂質を多く含むため、油を作ることと考えて生産すると調味料の種類が増え、調理の範囲が広がる。

シロアリは亜鉛、マンガンなどを多く含むことから、生命維持のための栄養素補給に役だつことから、ぜひ、宇宙食に加えたい。

考察

宇宙ステーションや月基地、火星居住などを考えるとき、如何に食料を生産、加工、貯蔵するかを研究するライフサポートシステム開発が重要である。

その際、収穫作物を無駄なく利用していくために、昆虫（今回はシロアリ）の利用は不可欠である。

油の生産のためにシロアリを利用する事は有効である。

引用文献

- 1) T. Yoshimura et al : Trace elements in termites by PIXE analysis, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **189** : 450-453 (2002).
- 2) S. Itakura et al : Nutritional Value of Two Subterranean Termite Species, *Coptotermes formosanus* Shiraki and *Reticulitermes speratus* (Kolbe)(Isoptera: Rhinotermitidae), *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **17**(3): 107-115 (2006).

Table 1 Elemental profiles in soldier and worker termites (*Coptotermes formosanus* Shiraki)(ug/g) by a single measurement

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Total
Termite soldier															
Head	1060	164	36	68	5090	2959	1575	8930	845	50	51	0.9	5	87	20921
Degutted	395	525	53	143	1689	879	1505	5384	1252	5	48	n.r.	104	80	12062
Body															
Gut	996	943	n.r.	138	2355	998	219	6959	534	143	145	1.3	53	313	13797
Mandible	66	943	706	939	367	652	n.r.	3182	1468	444	313	133	305	7	9525
Intact	1109	386	n.r.	83	4007	2250	2864	10145	1978	32	30	n.r.	114	113	23111
Termite Worker															
Heda	1037	389	70	4	4252]	2893	2266	7032	544	47	41	1.4	9	116	18701
Degutted	654	207	45	47	2474	1173	1008	4549	544	37	67	n.r.	47	34	10895
Body															
Gut	1635	1799	117	95	10406	2758	1542	9554	2721	332	97	n.r.	11	128	31195
Intact	527	257	n.r.	n.r.	2480	782	1292	4122	323	64	37	n.r.	44	91	10019
Wood															
Japanese red pine	18	127	121	72	23	103	55	1052	1555	261	237	0.7	3	14	3642

Total : total concentration of elements listed; n.r.: not a reliable value.

Table 2 Nutrients of *Coptotermes formosanus*

	Workers	Nymphs
Asy (%)	7.494±1.255**	3.206±0.463
Carbohydrate		
Glycogen(%)	2.476±1.149	0.147±0.007
Reducing sugar (%)	1.466±0.195	0.383±0.026
Trehalose (%)	1.895±0.315	0.374±0.015
Total dietary fiber (%)	16.70±0.56	14.12±0.71
Total lipid (%)	46.46±6.35	64.33±1.17
Totala nitrogen (%)	6.687±0.599	4.103±0.873
Water (%)*	75.73±0.30	49.80±0.12
Dry weight (mg/termite)	0.801±0.007	3.673±0.081
Wet weight (mg/termite)	3.301±0.015	7.317±0.153

% of dry weight of termites, % of wet weight of termites

**SEM (±) for the mean of three parallel samples, each of which consisted of 30 termites.

Table 3. Fatty-Acid Composition of Total Lipid Extract of *Coptotermes formosanus*

Fatty-acid distribution (g/100g of fatty acid)		
Carbon Number:	Workers	Nymphs
double bonds		
C14:0	0.9	0.4
C16:0	10.2	11.2
C16:1	1.6	2.5
C18:0	10.4	9.3
C18:1	57.6	65.8
C18:2	17.8	10.7
C18:3	0.1	not detected
C20:0	1.4	0.1

Means of two replications, eachi of which consisted of 100 termites

Table 4. Amino-Acid Composition of Crude Extract of *Coptotemes formosanus*

Amino-acid distribution (g/100g of amino acid)		
Amino acids	Workers	Nymphs
Alanine	6.28	4.99
Arginine	0.05	0.05
Aspartic acid	0.1	0.12
Cystine	4.5	1.31
Glutamic acid	17.41	16.25
Glycine	5.61	5.54
Histidine	4.46	5.09
Isoleucine	11.2	10.21
Leucine	6.61	5.47
Lysine	8.64	9.45
Methionine	2.61	3.95
Phenylalanine	7.12	8.83
Proline	8.95	6.15
Serine	5.96	4.83
Threonine	0.05	0.05
Tyrosine	6.98	15.29
Valine	3.47	2.42

Crude extract was obtained by precipitation of an homogenate of 100 termites with acetone, followed by extraction with hexan to remove lipids from the precipitate.

Cystine and methionine were underestimated because these amino acid had been partially hydrolyzed by hydrolysis of crude extract with 6 M hydrochloric acid (Windham, 1995).

表5 各食品間の栄養素の比較

食品名	重量 (g)	エネルギー k c a l	水分 g	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物 g	N a mg	K mg
テラピア-生 (切り身)	100	134	73.5	19.8	5.3	0.2	60	370
テラピア-生 (三枚下ろし)	100	134	73.5	19.8	5.3	0.2	60	370
どじょう-生	100	79	79.1	16.1	1.2	0	96	290
どじょう-水煮	100	83	77.9	17.1	1.2	0	100	330
エスカルゴ・水煮缶詰	100	82	79.9	16.5	1	0.8	260	5
いなご-つくだ煮	100	247	33.7	26.3	1.4	32.3	1900	260
はち・はちの子缶詰	100	250	44.3	16.2	7.2	30.2	680	110
ウリミバエ	100	98	75.7	3.4	2.2	18.4	210	220
カイコ蛹	100	120	77.3	14.3	6.8	—	12.8	—
シロアリ 働き蟻	100	147.67	75.73	10.14	11.27	1.42	52.7	412.2
シロアリ ニンフ	100	342.73	49.8	12.85	32.17	0.45	—	—

食品名	C a mg	M g mg	P mg	F e mg	Z n mg	C u mg	M n mg
テラピア-生 (切り身)	29	24	180	0.5	0.4	0.02	0.01
テラピア-生 (三枚下ろし)	29	24	180	0.5	0.4	0.02	0.01
どじょう-生	1100	42	690	5.6	2.9	0.08	0.38
どじょう-水煮	1200	47	750	6.4	3.1	0.06	0.43
エスカルゴ・水煮缶詰	400	37	130	3.9	1.5	3.07	0.38
いなご-つくだ煮	28	32	180	4.7	3.2	0.77	1.21
はち・はちの子缶詰	11	24	110	3	1.7	0.36	0.76
ウリミバエ	90.1	34.9	116	0.72	0.65	0.09	0.54
カイコ蛹	34	—	—	—	—	—	—
シロアリ 働き蟻	32.3	25.7	248	3.7	9.1	4.4	6.4
シロアリ ニンフ	—	—	—	—	—	—	—