

海底居住における食事の実験的研究 (2)

女子栄養大学 衛生学研究室

村田尊子 国崎直道 竹内端弥

海底居住区内は、高压-ヘリウム人工空気にみだされた特殊閉鎖環境である。このよ
うな居住区内に生活するアクアノートと呼ばれる潜水技術士に必要な栄養量の算出及び
食事の提供方法について考察した。アクアノートの栄養所要量は以下述べる要項に基づ
き算定することが必要である。熱量については、アクアノートの消費するエネルギー量
に影響する要因として表1が考えられる。(1)については、表1。
水深10m下がるごとに圧力は1kg/cm²ずつ増加し、水深100m
下では11kg/cm²の圧力となる。このような状態でも人間の体
の大部分は液体であり、固体の部分はわずかで圧縮率が小
さく、身体各部分に均等に圧力がのび、定常状態に保
たれるので、^①高压によるエネルギー消費の増加は特に考慮
しなくてもよいと考えられる。(2)については、高压の為、ヘリウム空気が使用されるが、
ヘリウムの熱拡散性が大きいという性質の為、室温は29~33℃に保たれており、環境温
度管理により、体熱の損失はそんなに大きいものではないと推定される。(3)については、
海中での作業代謝量についてのデータはなく、推定により算出した。1日の作業時間を
6時間と推定し、作業中平均RMRを3.0とした。海中における主作業のRMRは5.0
付近であり、突働率は70%である。地上で常人が1時間持続可能な運動がRMR 4.0と
されており、かなり高いRMRとなるが、海中作業では非作業時も水の抵抗を受ける緊
張状態にあり、また移動する際には泳かなければならない状態にあるので高い値を算出
した。Breast泳法による遊泳で30m/minでは1時間当り1.8~2.0km泳ぐことができ、楽な
泳ぎ方といわれているが、この場合の酸素消費量は、1時間当り約1.1lという報告^②があ
り、RMRでいえば4.0付近である。(4)については、水深100m下の水温は10~15℃であ
り、海女のように身体が水にさらされている状態では、皮膚温30.2℃が水温10℃に下
がるまでに10分たらずという報告^③がある。しかし、アクアノートの場合はウェットス
ーツを着用している為、すくに皮膚温が下がるような状態は考えにくい。皮膚温が急激に
低下するような場合は作業を続けることができないので、加温潜水服の設備が必要とな
ってくる。(5)については、(3)に含ませて考慮してある。

アクアノートのエネルギー消費
に関係する要因

- (1) 高压
- (2) ヘリウム人工空気による体熱の損失
- (3) 海中における作業
- (4) 水温による体熱の損失
- (5) 訓練期におけるエネルギー消費の増加

以上の考慮から、アクアノートの平均年齢 25才、身長 165cm、体重 65kg と仮定し、
エネルギー消費量を試算してみると、表2のよう表2
になる。3500 Cal は水中作業の平均RMRを3.0
と重作業を想定してある為、かなりの安全率があ
こまれた数字であると考えられる。日本の一般成
人のカロリー所要量は2500 Cal であり、1000 Cal
増となっている。アメリカのシーラブII、IIIでは
常人の750~1000 Cal 増^④で4000~4500 Cal とし、

アクアノートの所要カロリー量

アクアノートの所要カロリー量	
アクアノート(男子)	
平均年齢	25才 身長 165cm 体重 66kg
基礎代謝量	1642 Cal/day
1日の消費カロリー量 = 0.9 B ₁ + 1.2 B ₂ + B ₃ × RMR × t	
B ₁ :	1分間の基礎代謝量
B ₂ :	1日の総作業時間(分) × 時間
B ₃ :	1日の管理時間(分) / 15時間
B ₄ :	各総生活行動におけるそれ以外の身体時間(分)
	水中作業 6時間 (平均RMR 3.0)
	居住区での作業 9時間 (平均RMR 4.0)
1日の消費カロリー量	3120 Cal
1日の所要カロリー量	3500 Cal

テフライトでは 3500 Cal^③とした。

カロリー-所要量をみたす蛋白・脂肪・糖質の配分を
表3の栄養学的見地^②に基づき、表4のようにアフラノ
ートの栄養所要量を定めた。ビタミンについては、一般人
の所要量がかなり安全率をみこんでいるので十分である
と考えられるが、A, B₁, B₂, C, についてはさらに安全
率をみた。献立をたてるめやすとして、四つの食品群に
基づいて、表4のように食品構成をたてた。ビタミンは
アフラノートにビタミン剤と与えることが、不足補給及
び精神安定効果をもたらすので望ましいと考えられる。

以上の食品構成に基づいた献立により、食料
を供給するが、気象・海象の変化が激しい為、
海上からの物資の補給は困難な場合もあり、理
想的には海軍居住中の全期間の食料を居住区に
あらかじめの保管し、アフラノートが自らの手で
その中より選択して食事を供すること望まし
い。しかし、居住区の特殊性を考慮しなければ
ならず、次の点を考慮する必要がある。

オ1は、高圧閉鎖環境である為、有毒ガスを発生するものは使用できない。これは地
上で使用しているガス器具の使用不可のみならず、アフロレン等のガスを
発生する燗く、揚げるといった調理操作ができない。また電気レンジは、マ
グネトロンの機能低下の為、使用できない。

オ2は、種々の作業が要求されるアフラノートが簡単にかつ短時間で調理ができる事。

オ3は、アフラノートに食事を楽しんでもらえる事。

以上を考慮し、昭和46年5月の模擬居住実験では、市販の食品形態の中から、缶詰、
凍結乾燥食品、レトルトパック、調理済冷凍食品を試用したが、栄養面、嗜好面、扱い
安全、献立の多様性の面で最も適していたのは、

調理済冷凍食品であった。種々の食品を調理し、
-40℃で凍結し、電気オーブンで250℃約30分
解冻、加温してみた結果、品質、味の面でよ
かったものを選び、表5のようなモデル献立を作
成した。実際には、アフラノートの嗜好をもと
に作成することが望ましい。また高圧-ヘリウ
ムによる味覚、嗜好の変化についても考慮する
必要があると思われる。生野菜・果物については、冷蔵保管が適当であると考えられる。

居住区内は高温高湿の為、食品衛生上、冷蔵庫、冷凍庫の完備が必要であると考えられる。

- る。文献
- ① 梨本一郎：海軍に在りて、1971
 - ② 山岡重成：スポーツのエネルギー代謝に関する研究、第9報、体育学研究3、42、1958
 - ③ 横山哲朗：海軍の生理学、労働の科学、2巻5号、24-28、1966
 - ④ Sealab III report
 - ⑤ P.A. フロビコフ、L.P. ブロフマン、海中生活に挑戦する、105、1969.
 - ⑥ 小池五郎他：特殊栄養学

表3

所要カロリーと栄養の問題

1. 新設中のタンクバスの栄養量は体重1kgあたり25とすべ
そのうち脂肪性タンパク質、炭水化物タンパク質の総量
1gあたり1g以上確保するものとする。ただし20gを越
える過剰タンパク質は、肝臓に負担をかける可能性がある。
2. 高カロリー食を必要とする場合、高脂肪食となる可能性が
あるが、脂肪摂取の割合は総エネルギー量に依り調整
すべきである。
3. 飼料質としては、NaClは発汗によって失われる量の1/2
程度とし、K, Caは体液のpHの調整にも関与するの
で十分に含有する必要がある。
4. 飼料組成における栄養には、ビタミンA, B₁, B₂, C
が不足しないように注意しなくてはならない。

献立作成のめやす

四つの食品群による食品構成

食品群	重量	熱量	蛋白質	脂肪	糖質	Ca mg	VA mg	VB ₁ mg	VB ₂ mg	VC mg
アフラノートの 栄養所要量	3500	113	136	655	60	2000	5.0	2.0	300	
1群 乳・乳製品	400	472	447	139	21.1	507	416	0.11	0.12	+
卵	50	72	6.3	5.6	+	32	420	0.05	0.75	+
2群 肉・肉類	240	284	92.2	18.0	3.0	72	506	0.38	0.42	+
魚・魚介類	80	92	7.6	4.2	7.3	32	+	0.03	0.03	0
3群 植物性食品	200	74	6.0	0.6	13.6	69	2234	0.11	0.30	118
凍結乾燥 いちご類	200	50	3.0	0.2	10.6	66	60	0.10	0.01	52
いちご類 以外の	100	91	1.9	0.1	20.5	12	+	0.10	0.03	16
4群 穀類	400	180	2.4	0.2	42.2	32	248	0.20	0.08	100
穀類	450	1494	282	2.6	221.5	31	0	0.90	0.01	0
さつまいも	30	113	+	0	21.1	5	0	+	+	+
油脂	20	156	0.6	78.0	+	+	205	+	+	0
合計	3225	2171	120.8	672.1	961	5161	1.53	1.10	126	

(+ : trace)

表5

アフラノートのモデル献立

期	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
朝	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳
昼	焼肉 生野菜	焼肉 生野菜	焼肉 生野菜	焼肉 生野菜	焼肉 生野菜	焼肉 生野菜
夜	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳
夕	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳	パン・バター 牛乳