技術報告

オキアミ乾燥品の劣化防止試験

柳 本 正 勝*・小林登史夫*・木 村 進*・吉川 義 夫**

Studies on the Storage Conditions for the Preservation of Dried Antarctic Krill (*Euphausia superba*)Masakatsu YANAGIMOTO*, Toshio KOBAYASHI*, Susumu KIMURA*
and Yoshio YOSHIKAWA**

* National Food Research Institute, 2-1-2 Kannondai, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, 305

** Mitsubishi Gas Chemical Company, INC., 6-1-1 Shinjuku, Katsushika, Tokyo, 125

Dried whole krills processed in various ways are important as food materials like the peeled meat or "surimi" meat. Since their quality changes comparatively rapidly, the amount of dried krill produced is rather small. Various tests were carried out for preservation of the krills prepared on board in the Antarctic Ocean during two fishing seasons in 1977 and 1978. Two types of dried whole krills, depending on the moisture content, namely half dried (moisture content of about 30%) and fully dried (moisture content 3%) were prepared and stored in pouches separately under various conditions. The krills stored at a freezing temperature of $-25^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ or at room temperature in air tight pouches containing an oxygen absorbent showed satisfactory results. The krills stored at a temperature of $2^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ or soaked with antioxidants (tocopherol or sodium erythorbate) gave poor results. The residual content of pigments was found to be an indicator of the quality of the product in these experiments. Further, oxygen absorption with five levels of moisture content showed that the higher the moisture content, more rapid was the absorption of oxygen within the pouch.

(Received Sep. 18, 1981)

南氷洋に棲息するオキアミ (*Euphausia superba*) はその資源量が膨大なことから水産物としては最大の未利用資源として注目されている。その推定現存量は10~20億トンで、漁獲許容量は7,000万トンと見込まれている¹⁾。本邦においては商業ベースの漁獲が進んでおり、昭和55年度で約3万トンにまで伸びてきている。

オキアミ漁業は漁場が遠隔地であること、あるいは漁期がせいぜい4ヶ月程度であることなどが多くの問題点を内包している。その結果資源量の豊かさにもかかわらず、安価たり得ないという宿命を持っている。一方オキ

アミの長所は小エビに似た形・風味を有していることである。この特徴を生かした製品を開発し得るならばその漁獲量を飛躍的に増大させることができるものと期待できる。用途開発の研究については特許を中心に多くの方策が公表されており、既にいくつかの総説にまとめられている²⁻⁴⁾。実際に製造されてきたオキアミの加工品は生むき身・突起物除去製品・姿身乾燥品であるがなお大量消費に至っていない。

姿身乾燥品は小エビに似た形をしているオキアミの特徴を良く生かした製品であり、小エビの代替品としての

* 農林水産省食品総合研究所 (〒 305 茨城県筑波郡谷田部町観音台 2-1-2)

** 三菱ガス化学(株)東京工場 (〒 125 東京都葛飾区新宿 6-1-1)

用途が期待されている一種のオキアミ乾燥品である。見栄え良くするためおよび突起物（脚・ひげ等）が脱落することを防ぐ目的で、ミールが普通水分3%以下にまで乾燥するのに対し、水分が30%前後となるように乾燥される。得られた製品の品質劣化は著しく、このために用途開発が妨げられている。著者らは品質劣化防止法を確立することがオキアミ乾燥品の利用を図るうえで重要な問題点になっていることに着眼し、船上において調製した試料を用い、実用的観点から実験を行なった。その結果冷凍保存とともに、脱酸素剤の使用により室温においてもかなり良く品質が保持されとの知見を得た。

実験方法

1. 保存試験用試料の調製

海洋水産資源開発センターが昭和52年・53年に配船したオキアミ母船船上で試料を調製した。昭和52年度漁期の前期(1977. 12. 16)および後期(1978. 2. 16)に調製した。前者を試料A、後者を試料Bと名付けた。試料Aは船内工場にあった一段バンド型通気乾燥機 SWT-90で業務的に運転し乾燥(空気温度80°C, 滞留時間25 min)されたものを使用した。業務上こうして得られた製品を姿身乾燥品としているが本報告では半乾燥品と呼ぶ。1日室内(約15°C)で保管した後もう一度上記乾燥機で同じ条件で乾燥して得た試料を乾燥品と呼ぶ。それぞれの試料は所定の袋に200 gずつ分封した。室温保存の試料はそのまま船内実験室で保存し、帰船後は実験室内に保存した。冷凍保存の試料は1日船内実験室に置いた後船艙(約-25°C)に移し、帰船後は冷凍庫(-30°C)にて保存した。試料Bは2度目に乾燥機にかけたのが1度目と同じ日であった以外は試料Aに準じて調製した。昭和53年度においては漁期の後期(1979. 2. 12)のみ調製したが、この試料を試料Cと名付けた。前年度と同じ乾燥機で半乾燥品を調製した。ただし乾燥条件は空気温度85°C, 滞留時間30 minであった。この年度に研究用に設置されていた棚式通風乾燥機を用い、半乾燥品を更に60°Cで3 hr乾燥して乾燥品を得た。分封および室温保存は試料Aと同じであるが、ここでは冷凍保存に替えて冷蔵保存を並行して行なった。この場合は分封後1日船内実験室に置いた後野菜庫(約5°C)に保存し、帰船後は冷温室(約2°C)に保存した。なお帰船は兩年共3月末であった。

2. 抗酸化性物質試験用試料の調製

トコフェロール(商品名フジミックス)およびエリソルビン酸ソーダ(商品名エルビットN)を試験に供し

た。試料の調製は昭和52年度の漁期の前期(1977. 12. 27)に行なった。それぞれ50 gを10 lの水に溶かしたがその際トコフェロールは完全に溶けず一部懸濁していたがそのまま使用した。ボイルオキアミ4 kgをそれぞれの溶液に5 min浸漬した後、著者らが試作した通風乾燥試験装置を利用して45°Cで90 min乾燥した。保存は室温にて行なった。

3. 試料の分封

包装材料としてポリエチレン製の袋(以下 PE と略称)(380 mm×248 mm)およびガスバリアー性のポリ塩化ビニリデン・ポリビニルアルコール・ポリエチレンのラミネートフィルム製の袋(以下 OV と略称)(390 mm×248 mm)を使用した。200 gの試料を分取した後ヒートシラーで2重に密封した。脱酸素剤(商品名エージレスZ)を添加する場合は包装材料として OV を使用した。昭和53年度においては OV を使用して、脱酸素剤を添加しない試料も対照として調製した。脱酸素剤を添加した試料において酸素を充分吸収させることおよびあんじょうを目的として、すべての試料を1日間船内実験室に置いた後船艙あるいは野菜庫に移した。その際インディケーター(商品名エージレスアイ)で酸素が充分に吸収されていることを確認した。

4. 酸素吸収試験

昭和53年度においてだけ行なった。1978年12月26日に船内工場でボイルされたオキアミを採取し、これを棚式通気乾燥機(空気温度約50°C)で乾燥して水分が5段階の試料を調製した。各々200 g 毎 OV に分封し、30°Cにて保管した。所定の日にヘッドスペース中の酸素濃度を測定した。試料Cと並行して別に分封した試料についても同様に測定を行なった。測定には酸素分析計(タイラーサーボメックス・タイプ OA 250)を使用した。なお船内に窒素ポンプを持ち込めなかったため0点補正は行なえなかったこともあり、1 ppm 以下の指示を示した場合は0 ppm と見做した。試料Cを帰国後分析した際はモレキュラーシーブ・活性炭を担体としたガスクロマトグラフィーによった。

5. 測定方法

- 1) 脂質の抽出：熱ベンゼン抽出法によった。
- 2) 水分：熱ベンゼン抽出の際同時に測定した。なお船上においてはケット式水分測定装置(90°C)を使用した。
- 3) ヨウ素価・酸価・過酸化価・カルボニル価：いずれも基準油脂分析法によった。
- 4) 色素量：熱ベンゼン抽出溶液をそのまま波長

485 nm で吸収を測定し、別に求めた脂質1%あたりの吸収度として表わした。なおオキアミに含まれるカロチノイドはアスタキサンチンのみであることが知られている⁹⁾。

結 果

1. 52年度調製試料

1) 室温保存

オキアミの乾燥はボイル後遠心分離で脱水し、バンド乾燥機で乾燥されている。乾燥が過ぎると眼球・脚等が剝離し姿が崩れ易いことおよび乾燥後の色・光沢が悪くなることから通常35%程度の水分となるように乾燥されている。一方フィッシュミールは水分が3%以下になるよう乾燥される事実がある。そこで船内の製造ラインで製造されたものを半乾燥品、更に乾燥を進めたものを乾燥品と名付け両者を並行して試験することにした。

試料は漁期前期および後期の2種類調製した。これはオキアミの脂肪含量が漁期によって大きく変化し¹⁰⁾、漁期の初めでは10%程度であるのに対し後半には28%にも達することから、漁期によりオキアミ乾燥品の劣化に大きな違いのある可能性を考えたためである。入手したオキアミの半乾燥品は前期のものが大型のオキアミであったため水分含量が比較的多く、後期のものは比較的小型のオキアミを原料としていたので乾燥が進んだ値となっていた。試料Aは調製の4.5ヶ月後に、後期の試料は

2.5ヶ月後に抽出操作を行ない分析に供した。姿身を保持したオキアミの乾燥品の品質の指標は明らかでない。しかし色・香が重要な要素であることに鑑み、脂質の酸化に着目しヨウ素・酸価・過酸化価・カルボニル価および色素量の測定を行なった。室温保存した試料の分析結果をTable 1, 2に示した。ヨウ素価をみると試料A, Bと異なった値となっていることがわかるが両方共脱酸素剤を封入した方が高い値を示した。カルボニル価も値は逆であるが、同様の挙動を示した。酸価は半乾燥品の方が高くなっているが脱酸素剤の効果は明らかでなかった。過酸化価はどの試料も0となり、前報⁹⁾での報告結果が裏づけられた。目視的にも脱酸素剤の添加効果は明確であり、PEの方は色が褪せていた。半乾燥品の場合はより顕著であり、試料Aでは黴の発生が認められ、試料Bでは頭胸部に黒変が認められた。

2) 冷凍保存

試料A, Bについて冷凍保存した場合の分析結果をTable 3, 4に示した。冷凍保存すると目視的にも殆んど識別は不可能であった。分析項目を比較しても脱酸素剤封入の効果は殆んど認められない。わずかにカルボニル価でPEの方がやや高い値になっているのみである。色素量をみると試料A, B 共半乾燥品の方が高い値になっていることに気付く。このことから乾燥中にアスタキサンチンが分解しているものと推察される。

Table 1, 2の脱酸素剤を封入した試料のそれぞれの値

Table 1 Analytical data of sample A stored at room temperature for 4.5 months

	Package	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₅)
The half-dried	PE*	139.4	38.6	0	27.7	21.3
(M.C. 35.0%)	Oxygen ab.**	155.1	21.1	0	14.0	34.8
The dried	PE*	134.1	14.6	0	38.4	14.1
(M.C. 11.3%)	Oxygen ab.**	153.0	15.5	0	18.0	26.9

* PE was an abbreviation of polyethylene. The size of the package was 380 mm×246 mm.

** Oxygen ab. meant that oxygen absorber was added in the package. In this case, OV film, shown in Table 6, was used as packing material.

Table 2 Analytical data of sample B stored at room temperature for 2.5 months

	Package	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₅)
The half-dried	PE*	103.0	12.8	0	34.8	7.9
(M.C. 15.6%)	Oxygen ab.*	122.5	14.0	0	14.6	8.7
The dried	PE*	108.8	11.9	0	32.3	6.4
(M.C. 7.4%)	Oxygen ab.*	122.8	9.6	0	13.8	7.0

* These abbreviations were explained in Table 1.

Table 3 Analytical data of sample A stored at a refrigerator ($-25\sim-30^{\circ}\text{C}$) for 4.5 months

	Package	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₅)
The half-dried	PE*	150.6	14.4	0	24.3	35.4
(M.C. 37.0%)	Oxygen ab.*	151.8	16.4	0	17.9	36.3
The dried	PE*	148.0	19.0	0	19.5	26.6
(M.C. 10.2%)	Oxygen ab.*	152.5	17.2	0	17.1	27.0

* These abbreviations were explained in Table 1.

Table 4 Analytical data of sample B stored at a refrigerator ($-25\sim-30^{\circ}\text{C}$) for 2.5 months

	Package	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₅)
The half-dried	PE*	121.1	12.6	0	15.7	10.1
(M.C. 16.6%)	Oxygen ab.*	121.8	14.0	0	12.5	11.0
The dried	PE*	115.9	12.8	0	13.1	7.5
(M.C. 5.4%)	Oxygen ab.*	116.6	12.4	0	11.4	7.6

* These abbreviations were explained in Table 1.

が Table 3, 4 の値とほぼ似ていることがわかる。このことは脱酸素剤の使用により室温保存でも冷凍保存に近い品質保持が期待できることを示している。ただし目視的に両者を比較すると冷凍保存の方がやや光沢が良い。

3) 抗酸化性物質

ボイルしたオキアミを乾燥するに先立ってトコフェロール、エリソルビン酸ソーダに浸漬することにより品質保持が可能であるかどうかを調べた。船内のバンド乾燥機は使用できなかったので止む得ず著者らが試作した通風乾燥試験装置にて乾燥した。保存は室温にて行なった。対照として無処理のオキアミを同じ条件で乾燥し、PE に封入した試料および脱酸素剤を封入した試料を作製した。4ヶ月後に分析した結果を Table 5 に示す。ト

フェロールあるいはエリソルビン酸ソーダに浸漬した試料は無処理の試料に比べると酸価が抑えられているが他の分析項目にあまり効果が認められない。脱酸素剤封入の効果に比べると明らかに劣っている。トコフェロールに浸漬した試料について分析時での残存トコフェロール含量を測定したところ $1,214\text{ }\mu\text{g/g.oil}$ と高濃度であることを確認した。つまりこれらの添加物の効果はあまり期待できないものと判定される。

2. 53年度調製試料

1) 室温保存

52年度調製試料の分析結果より冷凍保存とともに脱酸素剤を使用すると室温保存においても同程度の品質保持が可能であるとの知見を得た。ところが52年度におい

Table 5 Effects of two antioxidants on the deterioration of half-dried krills stored at room temperature for 4 months

	Package	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₅)
No treatment	PE*	117.8	23.9	0	45.9	9.1
(M.C. 20.2%)						
Tocopherol	PE*	128.5	14.3	0	37.7	13.4
(M.C. 19.0%)						
Sodium Erythorbate	PE*	126.1	17.2	0	43.0	13.6
(M.C. 20.2%)						
No treatment	Oxygen ab.*	149.0	19.6	0	25.0	25.1
(M.C. 21.0%)						

* These abbreviations were explained in Table 1.

Table 6 Analytical data of sample C stored at room temperature for 3 months and its raw material stored at a refrigerator (-25~-30°C) for 3 months

	Package	O ₂ (%)	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₈)
The half-dried (M.C. 16.4%)	PE*	19.5	129.8	12.1	trace	34.6	16.5
	OV**	0.0	153.1	9.7	trace	15.5	23.4
	Oxygen ab.*	0.0	162.9	9.2	trace	11.7	26.4
The dried (M.C. 5.3%)	PE*	20.5	153.7	8.2	trace	23.4	13.8
	OV**	3.9	156.5	8.0	trace	25.0	15.4
	Oxygen ab.*	0.0	113.8	8.0	trace	11.6	22.6
Raw material (M.C. 78.0%)			164.6	6.4	0	42.7	36.7

* These abbreviations were explained in Table 1.

** OV meant that laminate film composed of polyvinylidene chloride, polyvinyl alcohol and polyethylene was used as packing materials, which was gas-barrier. The size of the package was 390 mm×248 mm.

ては乾燥前の原料オキアミの試料がなかったこと、脱酸素剤を封入する場合ガスバリアー性の OV を使用したが脱酸素剤を封入することなく OV を使用した試料がなかったこと、冷蔵保存した場合が興味深いことなどの問題が残った。そこで53年度にはこれらの問題点を解決することを目的として試験設計を行なった。なお漁期による違いは明確でなかったことから試料の調製は1回のみとした。また52年度においては乾燥品の水分がなお高かったので、53年度においては水分3%以下まで乾燥することを目標としたが用いた乾燥機では5%以下にすることは困難であった。

試料調製より3ヶ月後に室温保存した試料Cを分析し、その結果を Table 6 に示した。半乾燥品も乾燥品も脱酸素剤を封入した試料が PE の試料に比べると良好な結果になることは試料Cにおいても試料 A, B と同じであった。しかし脱酸素剤を封入しない OV の場合には半乾燥品と乾燥品とでは結果の様相が異なっている。つまりヨウ素価・カルボニル価・色素量について比較すると、半乾燥品にあっては脱酸素剤を封入した試料に近い

値を示すのに対して、乾燥品にあってはむしろ PE の試料に近い値を示している。目視的観察によっても半乾燥にあっては OV の試料も赤味が強く、乾燥試料にあっては赤みが失っている傾向にあった。なお半乾燥においては OV の試料も黒変が認められた。脱酸素剤を封入した試料が最も赤味を帯びておりかつ光沢があることには変りない。なお試料Cでは過酸化物質は0でなくチオ硫酸ナトリウムを滴下するとわずかに着色した。

乾燥前のボイルオキアミを冷凍保存して、同時に分析した結果を Table 6 に掲せてある。色素量とカルボニル価が高くなっているのに気づく。この色素量から乾燥中にアスタキサンチンが分解していることが確認された。

2) 冷蔵保存

試料調製より3ヶ月後に2~5°Cで保存した試料を分析し、その結果を Table 7 に示した。室温で保存した場合に比べ劣化がやや抑えられているにせよ、脱酸素剤を添加した場合に比べるとそれ以外の場合は劣が進んでいる。冷蔵にする効果はあまり期待できないものと判定できる。

Table 7 Analytical data of sample C kept in cold storage (2-5°C) for 3 months

	Package	O ₂ (%)	IV (wijs)	AV	POV	COV	Pigment (OD ₄₈₈)
The half-dried (M.C. 17.0%)	PE*	20.5	143.8	11.6	trace	33.1	20.1
	OV*	0.0	148.5	9.7	trace	22.9	22.3
	Oxygen ab.*	0.0	160.1	9.1	trace	10.3	27.1
The dried (M.C. 4.6%)	PE*	20.1	157.3	8.8	trace	17.7	15.6
	OV*	14.5	158.3	7.8	trace	12.8	16.6
	Oxygen ab.*	0.0	160.2	6.9	trace	10.6	22.2

* These abbreviations were explained in Table 1 and Table 6.

3) 酸素吸収試験

53年度の試料測定の際、同時に袋内ヘッドスペースの酸素も測定した。袋だとヘッドスペース中の空気量が一定しないので定量性には欠けるがある程度の傾向は明らかになるはずである。PE では大気中の酸素分圧とほぼ等しいこと、脱酸素剤封入では検出されないことは予想通りである。OV に封入した試料では半乾燥品の場合室温保存でも冷蔵保存でも残存酸素は検出されなかったのに対し、乾燥品の場合室温保存では3.8%, 冷蔵保存では14.5%の残存酸素が検出された。乾燥品にあってはヘッドスペース中の酸素はなお吸収されつつあり、冷凍保存では吸収が遅いため残存酸素量が多いものと解釈できる。一方、半乾燥品にあっては冷蔵保存でもヘッドスペース中の酸素は吸収されてしまっている。このことが半乾燥品では冷蔵の効果が顕れなかったことと関連しているものと思われる。

試料Cを調製した際並行して同じ試料をOVに封入して30°Cの部屋に保存した場合のヘッドスペース中の酸素減少量を調べたのがFig. 1である。乾燥品と半乾燥品では酸素の吸収速度に大きな差があることが明らかである。この差が水分含量の違いに依るものであることはFig. 2の結果から支持される。Fig. 2は船上で水分含量が5段階のオキアミを調製し、それぞれOVに封入して30°Cに保存した時の袋内ヘッドスペース中の酸素減少量を調べたものである。水分含量が高い場合により速い酸素の減少を示している。なお同じ水分ではFig. 2の試験の方が明らかに遅い酸素吸収を示しているがこれはオキアミ試料間でおそらくは漁期により異なるためであろうと推察される。Fig. 2の試験は漁期の前期に遂行した。

考 察

オキアミの姿身を保持した乾燥品において色と香が最も重要な要素である。香について甲殻臭が大切であるが、オキアミには小エビに比べて“くどい”印象を与えるところがありその評価は難しい。またその成分については久保田らによって詳しく調べられているが⁹⁾指標となるべき成分はなお同定されていない。一方色については頭胸甲の黒変の問題もあるがこれはチロシナーゼによるものであり^{10,11)}、保存法よりも加熱処理法の問題である。最も重要な因子はアスタキサンチンのもたらす赤みである。Table 1~6の結果を通観するとき色素量が品質の劣化をよく反映していることが理解できる。したがって色素量がオキアミ乾燥品の品質劣化の代表的な指標

Fig. 1 Oxygen absorption in the package filled with the half-dried and the dried Sample C

Each package filled with 200 g of the sample was kept at 30°C. In this experiment, OV film was used as the package material. On the indicated days, oxygen concentration in the package was measured by an oxygen analyzer. Zero calibration could not be done because N_2 gas could not be brought on a boat. When oxygen concentration showed less 1%, it was assumed to be 0%. Moisture contents in this figure were assayed on the boat.

Fig. 2 Effect of moisture content of krills on the oxygen absorption in the package

Moisture contents of samples in this figure were assayed on the boat. Experimental procedure was same as Fig. 1.

であると結論づけることができる。

冷凍保存するかもしれない脱酸素剤を封入することによりオキアミ乾燥品の品質は良く保持される。冷凍保存することはコールドチェーンにのせる必要もありコスト高となる。脱酸素剤もなお高価であるが室温で流通した場合にも冷凍保存と同程度の品質保持が期待できることから注目される。漁獲量が船艙の容量に限定される遠洋漁業にあってはそのメリットは大きい。ここで得た結果が

らオキアミにより酸素が吸収されてしまうと、その後のオキアミ乾燥品の劣化はあまり進まないものと推察できる。したがってより簡便な方法としてできるだけ密度高くガスバリアー性の包装材料に封入することが当然考えられる。勿論不活性ガスによる置換も一法であるが現在の漁船の実状では適用し難い。

オキアミ乾燥品は水分が約5%までは水分が増加するにしたがって酸素吸収速度が速くなる。しかし Fig. 1と Fig. 2の結果から漁期によってその様相は変るらしいことが推察される。オキアミの姿身乾燥品の生産は水分が30%前後となるように運転されている。この値だと酸素吸収速度はかなり速いはずである。この酸素吸収が脂肪の酸化のみに消費されているとは考え難い。酸素反応、微生物の増殖、魚体成分との化学反応などが複雑に組み合っているものと予想されるが本報告では現象を指摘できたに留る。

要 約

姿身を保持したオキアミ乾燥品の品質を保持する方法を明らかにする目的で試験を行ない以下の知見を得た。

(1) 脱酸素剤を封入することにより室温保存した場合でも冷凍保存した場合と同程度の効果が認められた。

(2) 冷蔵保存およびトコフェロール、エリソルビン酸ソーダ処理による保存効果はあまり期待できない。

(3) オキアミ乾燥品の水分が増すにしたがって酸素吸収速度が急速に増すことが確認された。

本研究は昭和51~53年度特別研究促進調整費「南水洋おきあみ資源の有効利用に関する総合研究」の一部である。船上試験を行なうにあたって便宜を計っていただいた海洋水産資源開発センターおよび日本共同捕鯨(株)に深謝する。本報告の概要は1979年6月の日本食品工業学会26回大会において発表した。

文 献

- 1) 土井長之: 南水洋おきあみ資源の有効利用に関する報告書, p. 216, 科学技術庁 (1980).
- 2) 木村 進: ジャパンフードサイエンス, 16, 28 (1977).
- 3) 衣巻豊輔: さかな, No. 25, 17, 水産庁・東海区水研 (1980).
- 4) 築瀬正明: *New Food Industry*, 16, No. 11, 6 (1976).
- 5) 森 幹男・安田信一・長久英三: 日本水産中研報, 11, 1 (1976).
- 6) 柳本正勝・加藤典子・横山能子・小林登史夫・木村 進: 日水誌, 43, 369 (1979).
- 7) 渡辺武彦・杉井麒三郎・湧口浩也・衣巻豊輔: 東海区水研報, 85, 13 (1976).
- 8) 柳本正勝・芝崎真理・杉浦弘子・島崎恵美子・梅田圭司, 木村 進: 日食工誌, 26, 151 (1979).
- 9) 久保田紀久枝・小林彰夫・山西 貞: 日食工誌, 38, 457 (1981).
- 10) 野口明德・菅原恵子・梅田圭司・木村 進: 日食工誌, 26, 215 (1979).
- 11) 大西登史夫・渡辺武彦・鈴木満平: 東海区水研報, 96, 1 (1978).

(昭和56年9月18日受理)