

氏名(本籍)	おのの 小野 かず和 お夫
学位の種類	農学博士
学位記番号	農博第 324 号
学位授与年月日	昭和 59 年 7 月 19 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科専攻	東北大学大学院農学研究科 (博士課程) 水産学専攻
学位論文題目	水産生物における高度不飽和脂肪酸およびプロスタグランジンの生合成と検索に関する研究

論文審査委員 (主査)

教授 秦 満夫 教授 野村 正

助教授 藤尾 芳久

論文内容要旨

I 序 論

プロスタグランジン (PG) は、ヒトをはじめとする哺乳動物体内で様々な作用を担っているメディエーターであり、これらは生体膜を構成するリン脂質の C₂₀ の高度不飽和脂肪酸 (PUFA) から生合成される。

水産動物の脂質には C₂₀, C₂₂ PUFA が高い割合で含まれており、主に飼育実験から魚類、甲殻類にはいくつかの必須脂肪酸があり、これらの必須脂肪酸は PUFA, あるいは PUFA の前駆体であると報告されている。ヒトでは、エイコサペンタエン酸などが血小板凝集抑制作用を持つことが知られているが、水産動物では PUFA がどのような生理的役割をはたしているのかは、まだ充分明らかにされていない。おそらく水産動物でも、C₂₀ PUFA から PG が生合成され、これが生理的に機能しているものと推測される。しかし、その知見は未だ断片的である。

一方、海藻類に代表される水産植物の脂質にも C₂₀ PUFA は存在するが、PG が植物に存在するかどうかは近年まで不明であった。植物における PG の分布、生合成系および生理的意義についての知見はさらに少ない。

本研究では、水産生物での C₂₀ PUFA の役割のひとつが、PG 合成前駆体として利用されることではないかと考え、魚類、甲殻類の必須脂肪酸と PG 前駆体との関連、水産動物の PG 合成能と PG の生理機能への関与、海藻での PG 前駆体と PG の存在の有無について検討した。

II 魚類、甲殻類の必須脂肪酸と P G 前駆体との関連

1 甲殻類の脂肪酸生合成能 (第 1 章, 第 2 章)

甲殻類の脂肪酸生合成能を検討するため、*Penaeus* 属の甲殻類、i) *Penaeus merguianus* および *P. monodon* にアセテート-1-¹⁴C を注射し、種々の脂肪酸への取り込みを調べた。ii) クルマエビ *P. japonicus* のゾエア幼生にパルミチン酸-1-¹⁴C をマイクロカプセル飼料として投与し、脂肪酸に取り込まれた放射活性を調べた。

常法により得られた脂肪酸メチルエステルを硝酸銀含浸ケイ酸薄層クロマト法で不飽和度別に分離し、分取ガスクロマト法によって単離した後、放射活性を測定したところ、パルミチン酸、ステアリン酸などの飽和酸およびパルミトオレイン酸、オレイン酸などのモノエン酸に高い取り込みが認められたが、リノール酸、リノレン酸にはほとんど認められなかった。しかし、エイコサペンタエン酸、ドコサヘキサエン酸、アラキドン酸などの PUFA には取り込みが認められた (Table 1, 2)。

この結果および従来の知見から、甲殻類は魚類と類似した脂肪酸合成経路を有し、飽和酸、モノエン酸を *de novo* 合成できるが、リノール酸、リノレン酸を合成できないこと、しかし、アラキドン酸やドコサヘキサエン酸などの PUFA に放射活性が認められたことから、リノール酸から ω 6 PUFA へ、およびリノレン酸から ω 3 PUFA への転換能を有すると考えられた。

2 魚類、甲殻類のリノレン酸から ω 3 PUFA への転換能 (第3章)

前章の結果から、甲殻類は魚類と類似した脂肪酸合成経路をもち、リノレン酸を ω 3PUFA へ転換できると考えられた。しかし、魚類、甲殻類に ω 3 PUFA を与えた時には、タラ肝油を与えた対照にほぼ匹敵する成長効果が認められるのに対して、リノレン酸を与えた場合には、その効果は種により差があることが知られている。そこで、魚類、甲殻類の成長に及ぼすリノレン酸の効果が、 ω 3 PUFA への転換能の差に起因しているのではないかと推測し、魚類、甲殻類にリノレン酸-1- 14 C を注射し、 ω 3 PUFA への転換能を調べた。

その結果、 ω 3 PUFA への転換能は実験動物(ニジマス *Salmo gairdnerii*, アユ *Plecoglossus altivelis*, ウナギ *Anguilla japonica*, マダイ *Chrysophrys major*, トラフグ *Fugu rubripes rubripes*, カサゴ *Sebastes maroratus*, クルマエビ *Penaeus japonicus*) すべてに認められたが (Table 3), 注射されたリノレン酸の放射活性に対する ω 3 PUFA の放射活性の割合 (転換率) は、リノレン酸と ω 3 PUFA の成長効果がほぼ等しいとされるニジマスに比べ、リノレン酸が無効(マダイ)か、 ω 3 PUFA より劣る(クルマエビ)とされる種では、低いことが認められた (Table 4)。以上のことから、リノレン酸を ω 3 PUFA に転換する活性が低く、生体内で必要量を合成できない種は、 ω 3 PUFA を餌成分として必要とすると考えられた。

このように、餌成分として要求される必須脂肪酸は、体内での PUFA 供給も担っており、PUFA として生体内の種々の機能に関与している可能性が考えられる。

III 水産動物における PG 生合成 (第4章)

PUFAのうち哺乳類ではアラキドン酸がジエン PG の前駆体となることが知られているので、必須脂肪酸の機能を明らかにするため水産動物におけるアラキドン酸からの PG 生合成能について検討した。水産動物の組織ホモジネートをアラキドン酸-1- 14 C とインキュベートした後、PG を抽出し、さらに薄層クロマト法 (TLC) によって分離した PGE₂ および F_{2g} 画分の放射活性を測定した。

その結果、腔腸動物のミズクラゲを除き、魚類、甲殻類および海産二枚貝は、アラキドン酸からの PG 生合成能を持っていたが、対照のウサギ腎臓ズイ質に比べて、いずれの種、また組織でも転換率は全般に低いことが特徴的であった (Table 5)。しかし、組織のうちでは、鰓、海産魚の腎臓、海産二枚貝の外套膜に比較的高い転換率が認められた。一方、コイの鰓を用いた実験で、アスピリン、インドメサシン、各種の脂肪酸は哺乳類で知られている濃度とほぼ同じ濃度で PG 合成を阻害した (Table 6)。これらの阻害剤は、いずれもアラキドン酸から PGG₂ へのシクロオキシゲナーゼ反応を阻害するといわれており、魚類の PG 合成もこの反応を経由することが、強く示唆された。以上の結果、水産動物がアラキドン酸からのジエン PG 生合成能を持つことが明らかになった。また、近年、魚類でエイコサペンタエン酸からトリエン PG が生合成されると報告されていることから、魚類や甲殻類における C₂₀PUFA の意義のひとつは、PG の前駆体であることと考えられた。

IV マガキ生殖巣の成熟に伴う生殖巣 $\text{PGF}_{2\alpha}$ の変化 (第5章)

以上のように水産動物では、 C_{20} PUFA が PG 合成に利用される。水産動物に広く分布する PG が、水産動物の生理機能に関与しているかどうかを知るためには、生理機能の変化と PG 濃度の変化との関係を調べる必要がある。そこでマガキを用い、生殖巣の成熟に伴って生殖巣 $\text{PGF}_{2\alpha}$ 濃度がどのように変化するかをラジオイムノアッセイ法 (RIA) で検討した。

組織学的な観察の結果、6月20日から7月14日にかけて、卵母細胞は成熟途上であったが、8月4日では卵母細胞は成熟し、産卵直前の特徴である複合仁が認められた。これに対して卵巣の $\text{PGF}_{2\alpha}$ 濃度は6月20日から7月14日にかけて平均 $7 \text{ ng/g} \cdot \text{wet}$ とほぼ一定であった。しかし、産卵直前の8月4日では $25 \text{ ng/g} \cdot \text{wet}$ と3.5倍に増加した (Fig. 1)。

アワビでは産卵直前の PG エンドペルオキシドシンターゼ活性がウサギの前立腺のその約100倍も強力であること、また、哺乳類、鳥類および魚類では、排卵時に $\text{PGF}_{2\alpha}$ 濃度が急上昇すると報告されていること、さらに哺乳類では PG が生殖機能の発現に重要な役割を演じていることから考え、本実験の結果は、海産二枚貝の生殖生理に $\text{PGF}_{2\alpha}$ が機能していることを示唆するものと考えられる。

V 紅藻オゴノリ *Gracilaria verrucosa* における PG の単離同定および前駆脂肪酸の検索 (第6章)

これまでの結果から、水産動物は PG 生合成能を有することが明らかになった。一方、海藻類にもアラキドン酸やエイコサペンタエン酸は含まれており、オーストラリア産の紅藻 *Gracilaria lichenoides* からは PG が単離同定されている。PG が細胞機能の調節因子として作用しているのであれば、海藻でも広く PG が生合成されている可能性がある。そこで、紅藻のオゴノリからの PG 前駆体の検索および PG の単離同定を行った。

オゴノリから得た総脂質の脂肪酸組成を調べると、PG 前駆体になり得るアラキドン酸は1.7%、エイコサペンタエン酸は3.1%であった。次いで、オゴノリの5 mM リン酸ナトリウム緩衝液 pH7.5抽出液について TLC およびケイ酸カラムクロマト法によりラット胃底部平滑筋収縮活性を持つ物質を2種単離した。これらは、TLC、ガスクロマト法および質量分析を行うことによって PGE_2 および $\text{PGF}_{2\alpha}$ と同定された (Fig. 2, 3)。以上のようにオゴノリには PG 前駆体および PG が存在することから、オゴノリがアラキドン酸からの PG 生合成能を持つことが推考された。また、RIA で調べたところオゴノリの PG 濃度は PGE_2 $544 \text{ ng/g} \cdot \text{wet}$ および $\text{PGF}_{2\alpha}$ $80 \text{ ng/g} \cdot \text{wet}$ であり、通常の動物組織と比較するとかなり高濃度であった (Table 7)。また、はじめて植物プランクトンからも $\text{PGF}_{2\alpha}$ が検出され、PG が藻類にも広く分布している可能性が示唆された。

VI 結 論

以上の本研究の結果から、新知見として次の諸点が総括される。

1. 水産下等動物にも PG 合成能が認められることや、海藻に PG が分布していることから、PG は水産生物界全般に広く分布し、何らかの生理的機能をもつものと考えられる。
2. 水産動物もアラキドン酸から PGE_2 および $\text{PGF}_{2\alpha}$ を生合成することができる。 C_{20} の PUFA は PG 前駆体として生体内での PG 生合成に関与しており、このことが水産動物での必須脂肪酸の生理的意義のひとつになっていると考えられる。
3. 魚貝類の塩分調節に関係する組織（鰓、腎臓）に PG 合成能が認められたことは、PG のミネラル代謝への関与を示唆するものである。
4. 水産生物の PGE_2 あるいは $\text{PGF}_{2\alpha}$ を RIA により定量した。植物プランクトン、オゴノリ、マガキの生殖巣についてはこれが最初の報告である。オゴノリの含量は、植物として予想外に高い含量であった。マガキの卵巣における産卵前の $\text{PGF}_{2\alpha}$ の変動は、哺乳類や魚類の生殖における PG の役割との類似性を示唆するものである。

Table 1. Radioactivity of fatty acid in total lipids isolated from zoea 24h feeding on a microencapsulated diet containing [1-¹⁴C] palmitic acid.

Fatty acid	Radioactivity		
	dpm in 1 mg FAME mixture	Distribution (% of total FAME)	Specific activity (x 10 ³ dpm mg ⁻¹)
14:0	310	1.9	24.7
15:0	150	0.9	50.3
16:0	11,900	74.2	63.2
17:0	80	0.5	5.0
18:0	1,190	7.4	17.7
20:0	290	1.8	58.0
14:1	150	0.9	38.9
16:1	440	2.7	7.0
17:1	90	0.6	12.7
18:1 ω 9	560	3.5	1.6
20:1 ω 9	50	0.3	2.2
18:2 ω 6	trace	nd	nd
20:2 ω 6	100	0.6	12.2
20:3 ω 6	140	0.9	29.2
20:4 ω 6	250	1.6	4.4
22:4 ω 6	trace	nd	nd
18:3 ω 3	trace	nd	nd
20:4 ω 3	trace	nd	nd
20:5 ω 3	100	0.6	1.1
22:5 ω 3	trace	nd	nd
22:6 ω 3	140	0.9	1.8

FAME : fatty acid methyl ester, nd : not detectable , trace : <50 dpm

Table 2. Proportional radioactivity in the individual fatty acids constituting polar and neutral lipids 24hr after injection of acetate-1-¹⁴C

Fatty acid	% Distribution of radioactivity*			
	<i>P. monodon</i>		<i>P. merguensis</i>	
	PL	NL	PL	NL
14:0	0.2	2.6	2.4	3.7
15:0	0.8	0.3	0.1	0.7
16:0	13.6	16.4	50.0	43.3
17:0	1.4	2.1	1.2	0.3
18:0	11.2	6.6	18.5	16.4
20:0	0.3	0	2.0	1.0
22:0	2.0	0	0	0
14:1	0	0.6	0	0.1
16:1	9.1	8.9	6.1	5.6
17:1	1.8	0	0.1	1.2
18:1 ω 9	37.3	31.2	10.2	14.0
20:1 ω 9	9.7	10.9	2.6	1.2
22:1 ω 9	0	3.6	0	0
18:2 ω 6	0.1	1.3	0.3	0.2
20:2 ω 6	1.2	2.7	5.9	4.1
20:3 ω 6	1.1	0	0	0.3
20:4 ω 6	7.8	0.8	0.1	0.4
20:3 ω 3				
22:4 ω 6	0	0.6	0	0
22:5 ω 6	0.4	0.5	0	0.1
18:3 ω 3	0	0	0	0
18:4 ω 3	0	0	0	0
20:4 ω 3	0.2	0.5	0	0
20:5 ω 3	0.5	2.9	0.1	3.0
22:5 ω 3	0.7	3.0	0.1	0.7
22:6 ω 3	1.1	4.6	0.2	2.8

* Fatty acids from neutral lipid (NL) and polar lipid (PL) fractions were subjected to argentation TLC as methylesters, and then the methylesters of saturated, monoene, diene, triene, tetraene, pentaene, and hexaene fatty acids were subjected to preparative GLC on 10% DEGS followed by radioactive measurements of trapped samples.

Table 3. Proportional distribution of radioactivity in the individual fatty acids

Lipid fraction	Fatty acid	Rainbow trout	Ayu	% Distribution of radioactivity*				
				Eel	Red sea bream	Rockfish	Globefish	Prawn
Polar lipid	Saturated	2.3	11.4	3.1	14.0	1.1	0.9	1.8
	Monoene	1.0	1.4	1.6	2.7	0.6	0.2	3.8
	Diene	2.6	1.1	1.5	0.8	0.1	0.6	5.4
	18:3 ω 3	49.7	62.4	62.1	76.6	94.0	90.8	66.7
	18:4 ω 3	6.5	5.2	8.2	3.4	2.7	0.7	7.6
	20:3 ω 3	5.7	3.5	3.6		0.4	4.4	4.3
	20:4 ω 3	3.1	3.5	1.9	2.5	0.3	0.4	1.4
	20:5 ω 3	12.5	2.3	2.5		0.1	0.4	4.0
	22:5 ω 3	3.6	1.8	2.0		0.1	0.2	2.0
	22:6 ω 3	10.0	4.5	4.7	0.1	0.2	2.1	
Others†	2.5	2.9	8.8	0	0.5	1.2	1.6	
Neutral lipid	Saturated	2.4	5.8	0.7	5.3	1.8	1.3	0.6
	Monoene	7.0	9.9	4.6	3.6	2.3	3.4	0.4
	Diene	3.5	5.6	3.1	3.7	2.3	0.8	2.6
	18:4 ω 3	55.3	51.2	57.3	79.8	79.2	84.6	73.1
	18:4 ω 3	13.9	20.5	24.8	3.6	5.1	5.6	13.9
	20:3 ω 3					3.9	1.7	1.4
	20:4 ω 3					0	0.1	0.7
	20:5 ω 3	17.9	7.0	9.5	4.0	0.8	0.8	3.7
	22:5 ω 3					4.1	0.8	0.6
	22:6 ω 3	0	0	0	1.7	0.4	0.4	
Others			0	0	1.8	0.5	2.4	

* % of polar or neutral lipid fractions.

† Others were mainly composed of 20:3 ω 6 (70-80% of others), 22:4 ω 3 and 22:5 ω 6.Table 4. Percentage incorporation of [1-¹⁴C] linolenic acid into the ω 3 pentaenes and hexaenes of lipids from the aquatic animals injected with [1-¹⁴C] linolenic acid

Animal	Radioactive ω 3-pentaenes and hexaenes formed from [1- ¹⁴ C] linolenic acid		Relative % Incorporation to rainbow trout
	Radioactivity (dpm \times 10 ⁴)	% Incorporation*	
Rainbow trout	128.4	12.7	100
Ayu	6.5	4.5	36
Eel	11.3	2.5	20
Red sea bream	5.0	1.9	15
Rockfish	19.6	0.9	7
Globefish	25.8	1.6	13
Prawn	18.5	2.6	20

* % Incorporation of injected [1-¹⁴C] linolenic acid to ω 3-pentaenes and hexaenes comprising 20:5 ω 3, 22:5 ω 3 and 22:6 ω 3.

Table 5. Biosynthesis of prostaglandins by aquatic animals

Animal	Tissue	%Conversion of substrate into prostaglandin*					
		PGE ₂	PGF _{2α}				
Rabbit	Renal medulla	9.0	6.0				
Carp	Gill	5.5	2.1				
	Kidney	0.3	0.2				
	Intestine	0.2	0.2				
	Ovary (December, 10%)**	0.2	0.1				
Sea bream (Chidai)	Gill	5.0	1.7				
	Kidney	4.8	0.6				
	Stomach Pyloric caeca Intestine	}	1.6	0.3			
					Liver	0.2	0.3
					Gill	5.1	1.4
Prawn	Hepatopancrees	0.5	2.9				
	Gill	2.5	1.1				
Crab	Gill	2.5	1.1				
	Crayfish	Gill	1.5	0.1			
		Muscle	0.5	0.2			
Oyster	Hepatopancreas	0.1	0.1				
	Gill	3.7	2.1				
	Mantle	0.5	1.1				
	Digestive diverticulum	3.7	1.6				
	Ovary (July, 26%)**	2.4	2.6				
	Ovary (August, 21%)**	0.5	0.4				
	Teetis (August, 30%)**	0.5	0.5				
Mussel	Gill	3.6	1.6				
	Mantle	5.4	2.0				
	Ovary (February, 22%)**	2.2	0.7				
Scallop	Gill	3.6	1.6				
	Mantle	0.3	0.5				
	Ovary (February, 11%)**	0.2	0.1				
	Testis (February, 12%)**	2.2	0.7				
Jelly fish	Whole body	nd ***	nd				

An amount of tissue homogenate equivalent to 1g of wet tissue weight was incubated with 0.6 μ ci of (1-¹⁴C) arachidonic acid.

* All values were corrected for the percentage conversion obtained with a boiled enzyme control.

** Month and Gonosomatic Index

*** Not detectable

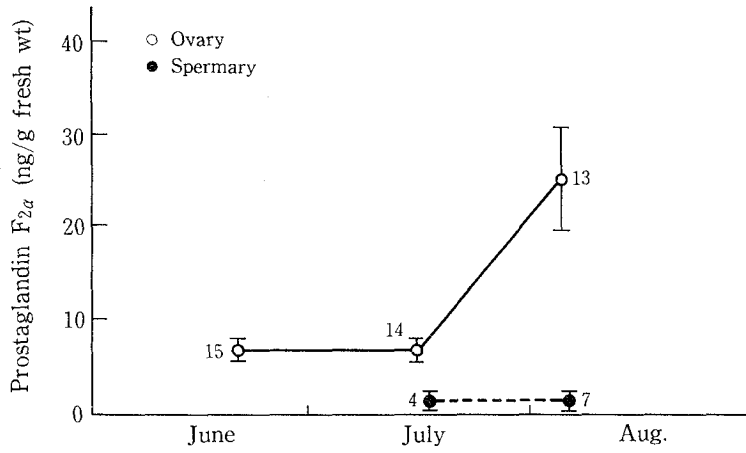


Fig. 1. Gonad prostaglandin F_{2α} concentrations during sexual maturation in the oyster. Mean values (circles) and standard errors (vertical bars) are shown. Numeral indicates the number of oysters determined individually.

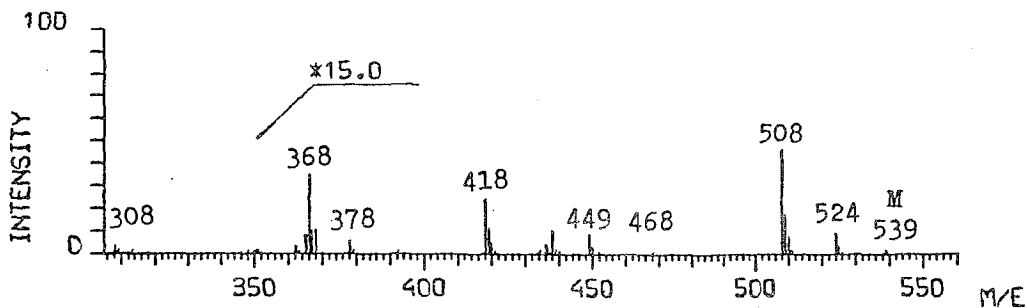
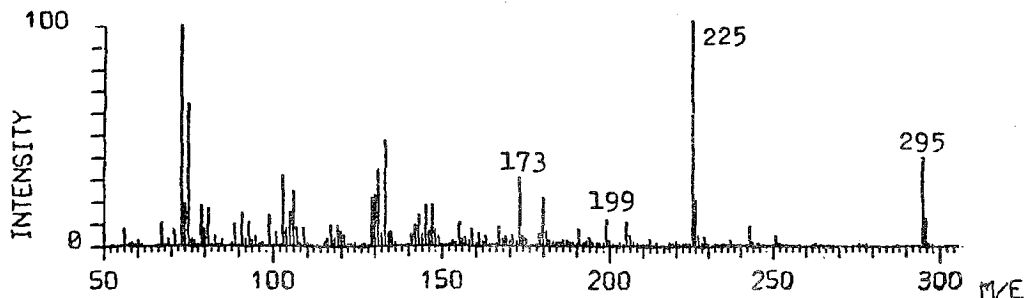


Fig.2. Mass spectra of PGE₂ fraction-ME-MO-TMSi from *G. verrucosa*

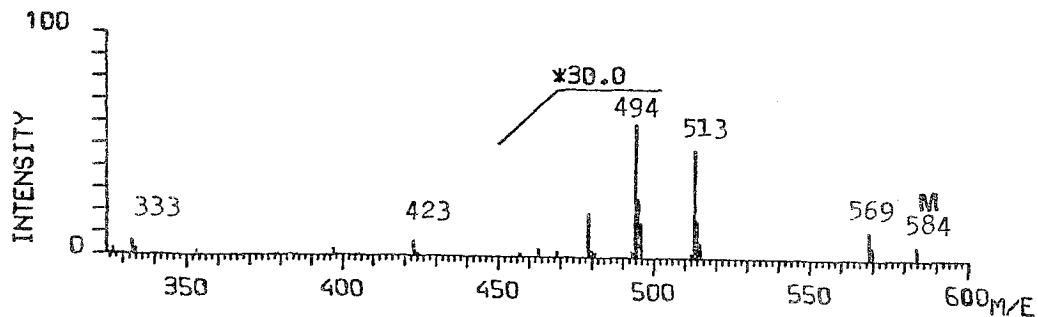
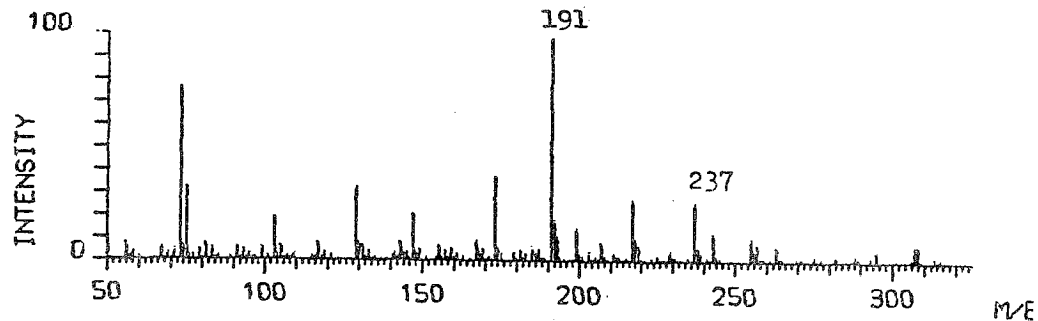


Fig.3. Mass spectra of PGF_{2α} fraction-ME-TMSi from *G. verrucosa*

Table 6. Effects of aspirine-like drugs, fatty acids and 7-oxa prostaglandin derivative on biosynthesis of prostaglandins by the homogenate of carp gill

Inhibitor	Concentration (M)	%Radioactivity in		%Inhibition
		PGE ₂	PGF _{2α}	
Aspirine	None	6.4	2.5	
	1.8×10^{-7}	5.5	2.1	15
	1.8×10^{-6}	5.2	1.9	20
	1.8×10^{-5}	4.4	1.5	44
	1.8×10^{-4}	1.6	0.6	75
	1.8×10^{-3}	1.3	0.3	82
Indomethacin*	None	7.8	5.2	
	3.3×10^{-8}	7.0	5.0	8
	3.3×10^{-7}	5.8	3.8	26
	3.3×10^{-6}	4.3	2.5	49
	3.3×10^{-5}	0.8	0.7	89
	3.3×10^{-4}	0	0	100
None	0	5.7	0.9	
Oleic acid	1.5×10^{-3}	3.3	0.6	41
Linoleic acid	1.5×10^{-3}	2.6	0.8	49
Linolenic acid	1.5×10^{-3}	1.0	0.2	82
7-Oxa-13-prostynoic acid**	7.5×10^{-5}	2.9	0.3	52
	1.5×10^{-4}	2.0	0.2	67

* Tween 80 was added to the reaction mixture to solubilize the inhibitor (0.1%)

** Kindly synthesized by Prof. J. Fried

Table 7. Comparison. of prostaglandin level in *G. verrucosa*. and several animals.

	Tissue	Prostaglandin	Level ng/g	Method	Author
<i>G. verrucosa</i>	Whole	PGE ₂	544	RIA	
		PGF _{2α}	80	RIA	
<i>G. lichenoides</i>	Whole	PGE ₂	500-700 μ g/g dry	Bioassay	Gregson, E. et al 1979
		PGF _{2α}	700-1200 μ g/g dry		
Phytoplankton					
	<i>Prorocentrum micans</i>	PGF _{2α}	0.9	RIA	
	<i>Skeletonema costatum</i>	PGF _{2α}	4.3		
Rat	Kidney	PGE	0.7	RIA	Jaffe, B.M. et al 1972
Rat	Serum	PGE	1.4	RIA	
Pond roach	Ovary	PGF _{2α}	17	Bioassay	Ogata, H. et al 1978
Garp	Gastrointestinal tracts	PGE ₂	75	Bioassay	Nomura, T. et al 1976
Cray fish		Gill	PGE ₂	45	
Oyster	Ovary	PGF _{2α}	6.3	RIA	
<u>Chrysaora</u> <u>quinquecirrha</u>		PGA	4 ng/ml	RIA	Burnett, J.W. et al 1974
		PGE	0.37 ng/ml	RIA	
<i>Plexaura</i> <i>homomalla</i>	Whole	PGA	2 mg/g dry		Weinheimer, A.J., et al, 1969

審 査 結 果 の 要 旨

水産動物の脂質には、 $\omega 3$ 、 $\omega 6$ の C_{20} 、 C_{22} の高度不飽和脂肪酸（PUFA）が高い割合で含まれており、これらはプロスタグランディン（PG）類の前駆物質として知られているが、哺乳類と同様、魚類、甲殻類などでも必須脂肪酸（EFA）であることが報告されている。しかし水産物ではPUFAがどのような生理的役割をはたしているか、 C_{20} PUFAからのPGの生合成についての知見はまだ断片的である。

本研究は水産生物での C_{20} PUFAの役割の一つがPG合成の前駆体であることではないかと考え、魚類、甲殻類のEFAとPG前駆体との関連、水産動物の C_{20} PUFAよりのPG生合成能、PGの生理機能への関与、海藻でのPG前駆体とPGの存在などを解明しようとしたものである。

まず、Panaeus属の甲殻類を用いて脂肪酸生合成能をしらべ、甲殻類にも魚類と同様な生合成系が存在し、 $\omega 3$ 、 $\omega 6$ 酸は生合成できないがリノール酸、リノレン酸からアラキドン酸やドコサヘキサエン酸などのPUFAを生合成できることを明らかにした。さらに魚類、甲殻類に見られる種によるリノレン酸と、 $\omega 3$ PUFAとの成長効果の著しい差はリノレン酸より $\omega 3$ PUFAへの転換能の差によることを多くの種について認めた。

つぎに各種水産動物が体各部にアラキドン酸から PGE_2 および $PGF_2\alpha$ を生合成する系を有することを認め、各種阻害剤にする実験から哺乳類と同様な経路によることを推定した。以上の結果から水産動物でもPUFAが必須である理由の一つはPG類の前駆体であるためと推定した。PGが生殖と関連があることは哺乳類、魚類で知られているが、マガキでも産卵行動とPG量とが密接に関連していることを認めた。

植物でのPGの存在の報告例は少なく、海藻類では紅藻一種のみである。本研究ではオゴノリについてPG前駆体であるアラキドン酸、エイコサペンタエン酸と、高濃度のPG類の存在を確認した。PGとしては PGE_2 および $PGF_2\alpha$ を同定した。なお植物プランクトン二種にも少量ではあるが $PGF_2\alpha$ の存在を認めた。

以上本研究は従来知見の乏しかった水産動物におけるPUFAとPG類の関連について数々の実験を行ない、多くの新知見を得たもので、近時その栄養的重要性が注目を集めている水産物のPUFAの生化学的研究の進展に貢献するところが大きいと認め、審査員一同は農学博士の学位を授与するに値すると判定した。