

アノイリナーゼの研究：食品による栄養摂取障害の一例

(5) 魚類に含まれるチアミナーゼと関連疾患

西宗 高弘、岡崎 英規、斎藤 勝*

Studies on thiaminase : A case of
lesion in nutrient utilization by another food component.

(5) Fish thiaminase and related syndromes in livestock and raising fishery

Takahiro NISHIMUNE, Hideki OKAZAKI and Masaru SAITO*

Abstract

A thiamin deficiency produced by diets containing raw carp or other fishes causes Chastek paralysis and other mortal damages in breeding foxes, minks and fishes. As the causal enzyme of these dietary diseases, distribution of thiaminase in fishes is reviewed.

Key words: thiaminase, fish, PEM, CCN, livestock, raising fishery, thiamin.

キーワード：チアミナーゼ、養殖漁業、魚類、PEM、CCN、チアミン

ウシのスポンジ状脳症 (BSE) がわが国でも発症し、人に感染する可能性があることから問題となっているが、ウシには古くから大脳皮質の点状壊死を主要病変とする致死性疾患が知られていた。これを古くはセレン中毒として記載していたが⁽¹⁴⁵⁾、1956年アメリカで Jensen らがビタミン B₁ 欠乏を主原因とする Polioencephalomalasia (PEM) で大部分の症例が説明できると記載した。その後、各国で PEM あるいは羊の Cerebrocortical necrosis (CCN) として原因追求の結果、飼料中の植物性チアミナーゼあるいは消化管内アノイリナーゼ菌が病因であると報告された経緯は本総説の(4)で述べた。同様のビタミン B₁ 欠乏という発生機作によって、生魚を飼料にした毛皮動物の飼育や養殖漁業でも、餌料魚類中のチアミナーゼが大きな経済損失をもたらしてきた。又、現在も北米で養殖されるサケの被害防止のための研究が熱心に行われている (170)。そこ

で、生魚を飼料として飼育した動物のチアミナーゼ症について臨床像を述べた後、餌料生魚中チアミナーゼによる魚類のチアミナーゼ症、及び魚類中チアミナーゼの分布について総説する。

5-1 Chastek paralysis ⁽²⁾

キツネに生魚飼料を与えた時の症状は次の通りである。⁽³⁾

[症状] 食欲減退 7-10 日間の後、全身の衰弱があり、続いて不安定歩行、運動障害、感覚過敏 (hyperesthesia)、けいれん性の四肢麻痺、運動障害等の神経障害が出てから 48-72 時間で多数例に引きつけ (Convulsions) を伴って死亡する。死亡率は群あたり 1-37%、多くの飼育場では数頭が死ぬと生魚を飼料から除いている。37%の例は総数 200 頭以上の飼育場で、最初の死亡例から 3 週間生魚を与え続けた場合である。表 17、18 に飼料と全死亡数の関係及びその経時変化の例を示す

(3)。ミンクにおいても同様の報告がある (95-1)。

表 17 Chastek 麻痺発症数とキツネの飼料の関係 (3)

	魚投与形態		
	生魚	缶詰魚	内臓を含まない魚肉
キツネ全頭数	4260	1292	1194
死亡数	286	14	7
死亡率 (%)	6.7	1.1	0.6

表 18 生魚投与群の死亡数変化 (3)

飼育日数	死亡状況など
11月20日	生魚飼料の投与を開始
1月1日 24日	2-3頭/日死亡
25日	以後飼料から魚を除いて投与
25日 27日	10頭/日死亡
28日 30日	28頭/日死亡
31日 2月13日	5頭/日死亡
14日 28日	2-3頭/日死亡
3月1日	以後死亡例なし

[疫学]アメリカ5州で夏を除く11月から5月の間にのみ多数の発症例がある。飼料中に10%以上の生魚を与えた飼育場でのみ発症がある。飼料に魚を加え始めてから3-6週間経過してからキツネに症状が出はじめる。Carpが最も多用された魚であるが Quillback, Mullet, Sucker, Atlantic whiting も入っており、これらはユタ、ミネソタ、アイオワ各州、カナダの湖、Cedar川、太平洋からのものであった。魚種によるチアミナーゼの存否の検討は多数の淡水魚、海水魚について調べられている(後述)。チアミナーゼ陰性の魚でもチアミナーゼ陽性の小魚を胃袋中に持つと Chastek 麻痺の原因となることが種々の例で知られてい

る (101)。

[感染実験] (2) 患獣から実験動物への感染の試みの結果は全て陰性であるが、red fox (190匹)、イヌ (20匹)、ferret (7匹)、マウス (6匹)、リス (6匹)、ウサギ (12羽)、モルモット (12匹) に対して、腹腔内、皮下、筋肉内、頭蓋骨内、あるいは胃内にチューブで感染の可能性が疑われる患獣の検体を投与したが感染は成立しなかった。

[生化学的所見] 生魚内臓がビタミン B₁ を分解する事の証明 (5) (6) (7) (8) を中心に研究された。この Chastek paralysis factor は加熱により失活することは早くから知られ (3) (5)、非透析性 (5)、pH 依存性 (7)、反応産物の同定 (8) などから酵素 (チアミナーゼ) と結論された。患獣の状態はミンクにおける体重増と生魚チアミナーゼの関係が解析された (95-1) 他はビタミン B₁ 欠乏状態に関する血液、尿等の分析は行なわれていない。

[治療] 生魚を飼料へ混和するのを止めると新しい発症は無くなり、生魚以外の混和材料によって様々の速度で有症キツネは回復する。合成ビタミン B₁ の投与は大変良好な結果を与える。

[病理所見] (2) (4) ヒトのウエルニッケ脳症 (出血性灰白質脳炎 hemorrhagic polioencephalitis) に対応する組織変性所見を示す。変性 (lesion) は通常左右対照位に見られ、第四脳室基底部腹側、四丘体、シルビウス導水管の両側及び腹側、視床部及び大脳皮質の一部に多発する。組織学的には毛細管を中心に血管収縮が特徴で、不規則な拡張と静脈りゅうの破壊性変化 (deformity) を伴い、内皮細胞及び毛細管外膜細胞の一部に著しい増殖性の変化が見られる。これらの脈管系変性の結果、限局性の拡散出血 (diffuse hemorrhages) を見る。また同時に神経細胞が変性、種々の神経こう反応 (neuroglial reaction) を伴う。変性は全て点状 (focal) で種々の神経機能中枢 (nerve center) にのみ見られる。これらの変化は Alexander (171) がウエルニッケ脳症において示した病変と類似している。

5-2 魚類のチアミナーゼ症

魚類のチアミナーゼ症を最初に観察したの

は1940年のL.S.Wolfであるという⁽¹⁷⁵⁾。しかし、データが文献報告されていない。1941年にAlexanderらは冷凍ニシン50%を含む餌料で数ヶ月 trout を飼育すると、魚は平衡感覚を失って池の底に横になり、刺激に過敏に反応するようになり、次第に弱って食欲を失い、濃色化するものが多く、やがて死亡することを記述している⁽¹⁷⁵⁾。ハマチにカタクチイワシを長期間与えると餌料性疾患を起し、特に幼魚期には大量の斃死を招くことは1967-1972年に各地の水産試験場から報告されている。その原因として、初期には酸化脂質の毒性が考えられていたが(岡 正雄; 養殖ハマチの食餌性疾患に関する研究。魚病研究1、1-19 (1967))、ビタミンB₁欠乏である事が示された⁽¹⁷²⁾。石原らは⁽¹⁷³⁾ 体重約10gのハマチ *Seriola quinqueradiata* を捕獲後12日間イナゴで予備飼育した後、長崎湾のいけす内で400尾づつの7群に分け、カタクチイワシのみで飼育すると約90%が死亡する事を次のように報告している。

試験区を次に示す如く7区に分け、カタクチイワシに終始 B₁ 剤を加えた群を設けた(5, 6群)。また、対照群(7群)の餌料魚の給餌比は最終的にイカナゴ,アジ,サバが約1:1:2であった。その結果、Fig.14のようにカタクチイワシのみで飼育した1群は約2ヶ月で90%が死亡した。

- *1 Thiamin nitrate coated with fat (Ueno fine chemical Co., Ltd.)
- *2 mg (thiamin nitrate)/kg (body weight of yellowtail)/day
- *3 Artificial diet for young yellowtail (Taiyo fishery Co., Ltd.)
- *4 1-9th day:Sand launce,10-24th day :Sand launce,Mackerel1(1:2) 25-28th day: Horse mackerel, 29-49th day: Horse mackerel, Mackerel (1:1), 50-57th day: Mackerel

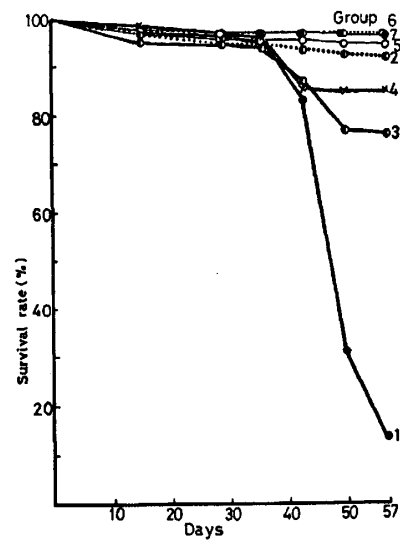


Fig.14 Change of survival rate (173) in *Seriola quinqueradiata*.

カタクチイワシ含有チアミナーゼによるはまちのチアミナーゼ症の test diets

Group	Thiamin*1	Food
1		Anchovy
2	10mg*2(From 32nd day)	Anchovy
3	10mg(From 39th day)	Anchovy
4	10mg(From 32nd day)	Anchovy+Commercial food*3 (3:1)
5, 6	10mg(From 1st day)	Anchovy
7*4		Sand launce, Horse mackerel, Mackerel

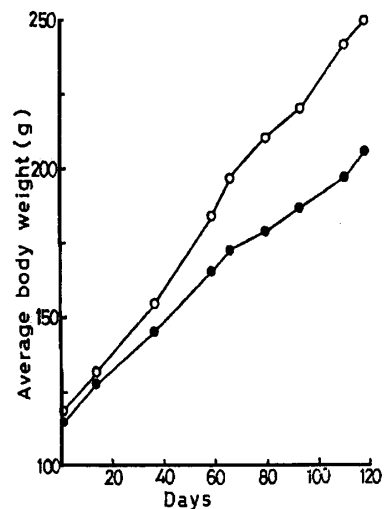


Fig. 15 Change of body weight of Rainbow trout. (174) ●:Fed Anchovy ○:Fed Anchovy containing 7.2 mg of thiamin per 100g

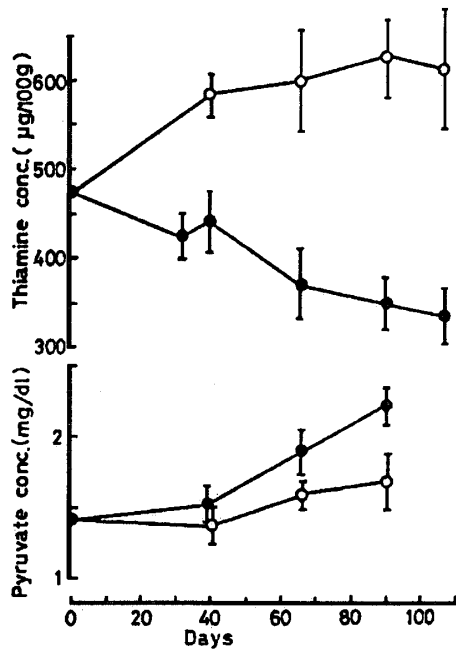


Fig. 16 Changes of thiamin concentration in liver, and pyruvic acid concentration in blood of Rainbow trout (Mean and standard deviation). Symbols are the same as in Fig. 15 (174)

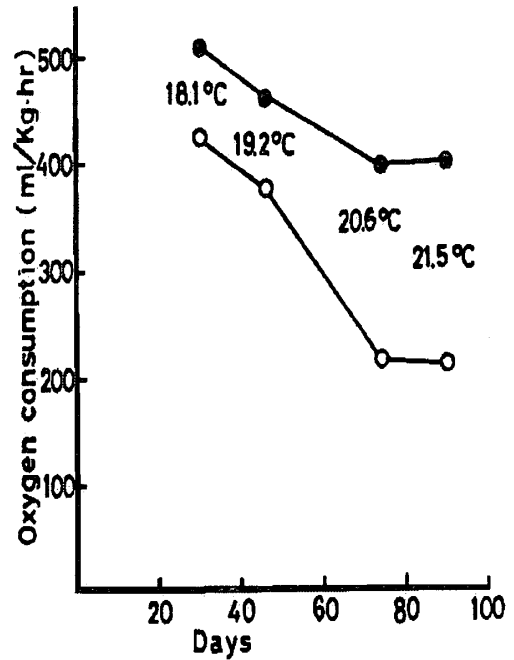


Fig. 17 Oxygen consumption of Rainbow trout. Symbols are the same as in Fig. 15 (174)

表 19 魚類のチアミナーゼ症

発症魚種	チアミナーゼ源	症状、経過	研究者	発表年
ます (179)	生ニシン20-25%飼料	平衡感覚喪失、食欲減、神経過敏、気嚢収縮、胃腸管壁筋肉の弛緩、角膜炎、麻痺、死	Wolf, L. E.	1942
にじます (180)	<i>Clupea harengus</i> (ニシン)	B ₁ 欠乏の中樞神経症状	Deutsch & Hasler	1943
なまず (181)	こい卵	1ヶ月でB ₁ 欠乏、死	Harrington, R.W.	1954
ぶり (176)	カタクチイワシ生魚飼料	発育不良、死 関連要因：酸化脂肪	原田輝雄	1965
にじます (174)(184)	カタクチイワシ	発育不良、黒変、平衡感覚喪失、	Aoe, H. et al.	1969
		肝B ₁ 減少、血中ビルビン酸増加、発育不良、死	石原 忠等	1974
いるか (182)	生ニシン50%飼料	体重減少、食欲喪失、運動停止、B ₁ 治療有効	White, J.R.	1970
はまち (173) (178)	カタクチイワシ生魚飼料	発育不良、死 関連要因：酸化脂肪	石原 忠等	1974
たい (174)	カタクチイワシ	B ₁ 欠乏、発育不良	石原 忠等	1974
Atlantic salmon(170) (<i>Salmo salar</i>)	母魚の飼料 alewife, smelt	川下り出来ない陸封型魚の幼生期のものが100%死亡	Fisher, J.P. et al.	1998
発症しない例				
まんぼう (181)	こい卵		Harrington, R.W.	1954
こい (183)	B ₁ 欠乏食	肝臓、筋肉のB ₁ 欠乏著明でも死なない	Aoe, H. et al.	1967

チアミナーゼ含有魚(カタクチイワシ)を餌料として飼育した魚は、肝中のビタミンB₁量が減少し、血中ピルビン酸濃度が上昇する(Fig. 16)。即ち、典型的なビタミンB₁欠乏症状を示す。同時に体重増加が抑制され(Fig.15)、酸素消費量は常に高値を示す(Fig.17)。

ブリの養殖と餌料の関係は原田によって詳細に検討されており(176)、餌料中チアミナーゼによる死亡は勿論、水温、給餌形態、給餌回数などを変えて実験し、海水の溶存酸素、比重、透明度などについても考察している。チアミナーゼ含有魚を餌料とする場合は、養殖成功のためには脂コーティングしたビタミンB₁を同時に投与する必要があるが、その要求量も検討されている(177)。その基礎データとして、ハマチ血清中のビタミンB₁濃度の他、ピルビン酸、蛋白質、コレステロールの濃度測定、筋肉脂質の測定が報告されている(178)。その他に、知られている魚類のチアミナーゼ症を表19に示す。

5-3 チアミナーゼ含有魚種

上述の通り、動物飼料あるいは養殖漁業の餌料として用いられる魚がチアミナーゼを含んでいる場合、深刻な被害をもたらす。これの原因除去を可能にするための対策として各種の魚に含まれているチアミナーゼ活性が報告されているので以下にこれらをまとめて示す。初期には淡水魚に活性が検出される一方、海産魚にはチアミナーゼがないと思われていたが⁽¹⁰¹⁾⁽¹⁸⁰⁾、海産魚にも活性が存在する⁽⁴⁵⁾。魚類に含まれるチアミナーゼの性質は表5に示したが、海産魚類チアミナーゼの性質⁽⁴⁶⁾のうち、pH依存性は2つのピークを持つという報告が確認⁽⁴⁵⁾されているものの、カタクチイワシでは単一ピークを示す場合があるという⁽¹⁸⁵⁾。

一般的な食用魚の *Katsuwonus pelamis* (カツオ)の身にチアミナーゼ活性が検出されていない報告と(Table 21)、活性が数値で示されている報告(Table 22)があり、加工食品では塩漬乾燥品にも活性がかなり検出されているが、缶詰加工品は加熱で失活している。

表22に示されたデータより、食用生魚100gが1時間に酵素的に分解するビタミンB₁の量

は0.27mg (Skipjack tuna 筋肉)から2.64mg (clam ハマグリ等二枚貝)である事が解かる。これに対して、我々はアフリカ蚕の蛹にはるかに強力なチアミナーゼ活性を見出している⁽¹⁸⁸⁾。アフリカ蚕の幼虫を食用にする事によって、ナイジェリアの一部地方では多数のヒトが運動障害を発症して医療を受けている。食用魚の生食摂取によるビタミンB₁欠乏の可能性は古くから警告されていた⁽¹⁸⁹⁾ことであるが、チアミナーゼ陽性魚のチアミナーゼ含量は上記の表に有るごとく筋肉等通常の生食部位では相対的に少なく、心配するほどではない。内臓などを珍味として食用する時は、摂取が過量に過ぎないように注意を払う事が望まれる。

謝 辞

本総説では本学茗荷尚史助教授の校閲を受け、多数の魚種の名前を原典の記述から新学名に改めた。ここに感謝を記します。

文 献

- 訂正 前前号紀要中の本総説(4)の表10、表12-1にある文献番号(95)は(95-1)に変更し、次の文献をあてる。
- (95-1) Ceh,L., Helgebostad,A., Ender,F. Thiaminase in Capelin(*Mallotus villosus*), an aretic fish on the Salmonidae family. Intern.Z. Vitaminforsch. 34, 189-196 (1964)
- (170) Fisher,J.P., Brown,S.B., Wooster,G. W., Bowser,P.R. Maternal blood, egg and larval thiamin levels correlate with larval survival in landlocked atlantic salmon (*Salmo salar*). J.Nutr. 128, 2456-66 (1998)
- (171) Alexander,L. Am.J.Path. 16, 61-69 (1940)
- (172)石原 忠、原 研治、中山英則、保田正人 海産魚のチアミナーゼIの研究VII サンマによるハマチの餌料性疾患とB₁投与効果。日水誌44、653-57 (1978)
- (173)石原 忠、保田正人、柏木 哲、八木基明 海産魚のチアミナーゼIの研究V カタクチイワシによるハマチの栄養性疾患とB₁添加効果(I)。日水誌40、675-82 (1974)

表 20 淡水魚を中心としたチアミナーゼ陽性魚リスト (101) (148) (112) (95-1) (127) (180) (45) (46) (186)
(海産魚を中心とした食用魚については表 21-23 を参照 (187) (180) (45))

Name	Common Name	Author				
		Lieck & Agren (148)	Ender & Helgebostad (112)	E.Kolb (127)	Deutsch & Hasler (180)	Chaet & Bishop (186)
<i>Abramis blicca</i>	White bream, Bjoerkna	91				
<i>A. brama</i>	Carp bream, Bream	350	+			
<i>A. vimba</i>	Baltic vimba, Vimma	434				
<i>Anchoa hepsetus</i>	Broad-striped anchovy		+(101)			
<i>Belone acus</i>	Gar-fish	350				
<i>Carassius auratus</i>	Gold fish(ふな)				+(180)(45)	
<i>Clupea sprattus</i>	European sprat		+			
<i>Cl. harengus</i>	Herring(にしん)		+	115±60	+	
<i>Coregonus albula</i>	Vendace, Kleine maraene			30±15		
<i>Co. clupeaformis</i>	Lake white fish				+	
<i>Cyprinus carassius</i>	Crucian carp(ふなの類)	434	+			
<i>Cy. carpio</i>	Common carp(こい)	1800			+	
<i>Engraulis mordax</i>	Anchovy(かたくちいわし)		+(101)			
<i>Hybognathus nuchalis</i>	Mississippi silvery minnow					+
<i>Leuciscus erythrophthalmus</i>	Rudd(こいの類)	700				
<i>L. grislagine</i>	Haesling			11500±2050		
<i>L. idus</i>	Ide(うぐい)	700	+			
<i>L. rutilus</i>	Roach	77				
<i>Leucosomus corporalis</i>	L.rhotheus, Fallfish					+
<i>Mallotus villosus</i>	Capelin(カラフトシヤマ)		+(95-1)			
<i>Notropis bifrenatus</i>	Family Cyprinidae					+
<i>N. cornutus</i>	Family Cyprinidae					+
<i>N. hudsonius</i>	Family Cyprinidae					+
<i>N. volucellus</i>	Family Cyprinidae					+
<i>Osmerus eperlanus</i>	Stint			25±25		
<i>O. mordax</i>	Freshwater smelt				+	
<i>Ramphistona belone</i>	Gar-fish		+			
<i>Rhinichthys a. atratulus</i>	Family Cyprinidae					+
<i>Semotilus a. atromaculatus</i>	Creek chub				+	
<i>Tinca vulgaris</i>	Tench(こいの類)	483				

測定条件等(ヒト食用部分の分別測定は行われていない) : Lieck&Agren(148)= $\mu\text{gB}_1/3\text{ml}$ ホモジェネート-2h(40°C)新鮮内臓、乾燥内臓などを分析、Ender & Helgebostad (112)=全体魚を分析、E.Kolb(127)= $\mu\text{gB}_1/100\text{g}\cdot\text{h}(37^\circ\text{C})$ 全体魚を分析、Deutsch & Hasler(180)=内臓又は全体魚を分析、Chaet & Bishop(186)=全体魚を分析。

チアミナーゼ陰性魚リスト (148)

Name	Common Name	Name	Common Name
<i>Aspius rapax</i>	Asp	<i>Sander lucioperca</i>	Pike-perch
<i>Anarhichas lupus</i>	Wolf-fish	<i>Merluccius bilinearis</i>	Atlantic whiting (101)
<i>Clupea harengus</i>	Baltic herring	<i>M. productus</i>	Pacific hake (101)
<i>Cl. harengus</i>	Herring, muscle of(180)	<i>Micropterus salmoides</i>	Largemouth bass (186)
<i>Cl. sprattus</i>	Sprat	<i>Osmerus eperlanus</i>	Smelt
<i>Coregonus lavaretus</i>	White-fish	<i>Perca fluviatilis</i>	Perch
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Lump-fish	<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice
<i>Esox lucius</i>	Pike	<i>Salmo irideus (Gibb)</i>	Trout (180)
<i>Gadus callarias</i>	Cod (180)	<i>S. salvelinus</i>	Char
<i>G. merlangus</i>	Whiting (180)	<i>S. trutta</i>	Sea trout
<i>Lepomis auritus</i>	Redbreast sunfish(186)	<i>Trigla gurnardus</i>	Gurnard
<i>Lota vulgaris</i>	Burbot		

Table 21 海産魚のチアミナーゼ活性⁽⁴⁵⁾

Order	Species	Thiaminase activity ($\mu\text{g B}_1/\text{g}\cdot\text{min}$)										
		俗名	全体	内臓	肉身	赤身	肝臓	腸	Pyloric caecum	脾臓	腎臓	性腺
Clupeiformes	<i>Engraulis japonica</i>	カタクチイワシ	36 27	55 31	25、58		79 94	65 80	71 83		123 272	
	<i>Harengula zunasi</i>	サッパ		49	(-) (-)							
	<i>Konosirus punctatus</i>	コノシロ	61	90	16、8		239	143 293	99		448	63
	<i>Spratelloides japonicus</i>	キビナゴ	8、22、 26	19、53、 90	(-) (-) (-) (-)			40			131	
	<i>Sardinops melanostictus</i>	マイワシ	5	14	(-) (-)							
Beloniformes	<i>Cololabis saira</i>	サンマ	109	172	15 36 19		160 272	364 210		242	720 494	
	<i>Hemiramphus sajori</i>	サヨリ			42 12 17		192 120	298 353		262	540	303
	<i>Prognichthys agoo</i>	トビウオ	47									
	<i>Tylosurus melanotus</i>	テンジクダツ			(-) (-)		10	170		147	177	
Syngnathiformes	<i>Fistularia petimba</i>	アカヤガラ		455	145							
Perciformes	<i>Coryphaena hippurus</i>	シイラ			(-) (-)		3	4				
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	カツオ		5	(-) (-)							
	<i>Mugil cephalus</i>	ボラ		107	(-) (-) (-) (-) (-) (-)		44 44	36	123 126	1323 2234	337 67	
Cypriniformes	<i>Carassius auratus</i>	フナ			15		57	209		1087	450	85

Table 21 (続き) 海産魚でチアミナーゼ陰性のもの⁽⁴⁵⁾

Order	Name of Species	
Clupeiformes	<i>Etrumeus micropus</i>	ウルメイワシ
Anguilliformes	<i>Astroconger myriaster</i> <i>Muraenesox cinereus</i>	マアナゴ ハモ
Pleuronectiformes	<i>Paralichthys olivaceus</i> <i>Limanda herzensteini</i> <i>Limanda yokohamae</i>	ヒラメ マガレイ マコガレイ
Tetraodontiformes	<i>Fugu rubripes rubripes</i> <i>Lagocephalus lunaris</i> <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	トラフグ サバフグ カワハギ
Scorpaeniformes	<i>Sebastiscus marmoratus</i> <i>Lepidotrigla microptera</i> <i>Chelidonichthys kumu</i>	カサゴ カナガシラ ホウボウ
Anlopiiformes	<i>Saurus undosquamis</i>	マエソ
Squaliformes	<i>Squalus mitsukurii</i>	ツノザメ
Perciformes	<i>Apogon lineatus</i> <i>Pennahia argentata</i> <i>Scartelaos histophorus</i> <i>Branchiostegus japonicus</i> <i>Caranx equula</i> <i>Parapercis pulchella</i> <i>Chrysophrys major</i> <i>Decapterus muroadsi</i> <i>Histiophorus orientalis</i> <i>Lutjanus sebae</i> <i>Mylio macrocephalus</i> <i>Nemipterus virgatus</i> <i>Pampus argenteus</i> <i>Priacanthus macracanthus</i> <i>Psenopsis anomala</i> <i>Scomber japonicus</i> <i>Seriola aureovittata</i> <i>Se. quinqueradiata</i> <i>Sillago sihama</i> <i>Therapon oxyrhynchus</i> <i>Trachurus japonicus</i> <i>Trichiurus lepturus</i> <i>Upeneus bensasi</i>	テンジクダイ イシモチ ムツゴロウ アカアマダイ カイワリ トラギス マダイ ムロアジ バショウカジキ センネンダイ クロダイ イトヨリダイ マナガツオ キントキダイ イボダイ マサバ ヒラマサ ブリ キス シマイサキ マアジ タチウオ ヒメジ

The reaction mixtures consisting of 1 ml of enzyme solution, 1 ml of McIlvaine buffer (pH5.5), 1 ml of 0.06% thiamin hydrochloride and 1 ml of 0.1M pyridine, were incubated at 37° C for 20min. The activity was assayed by diazocoupling method as reported in the previous paper⁽¹⁸⁵⁾, and expressed as ug of thiamin hydrochloride broken down per g of tissue weight per min. ⁽⁴⁵⁾

TABLE 22 ハワイで捕れる魚類と魚介類加工品の抗ビタミンB₁活性⁽¹⁸⁷⁾

Scientific name	Hawaiian name	Common name	Anti-thiamin activity ¹	
			Enzymatic	Thermostable
<i>Acanthurus dussumieri</i>	Palani	Surgeon fish	0	0
<i>Albula vulpes</i>	Oio	Ladyfish	35	124
<i>Aprion virescens</i>	Uku	Green snapper	100	270
<i>Caranx ignobilis</i> or <i>C. sexfasciatus</i> (muscle)	Papio		100	85
<i>Caranx ignobilis</i> or <i>C. sexfasciatus</i> (liver)	Papio		518	211
<i>Caranx mate</i>	Omaka		0	0
<i>Chanos chanos</i>	Awa	Milkfish	560	130
<i>Coryphaena hippurus</i>	Mahimahi	Dolphin	119	124
<i>Decapterus pinnulatus</i>	'Opelu	Mackerel scad	0	0
<i>Etelis marshi</i>	'Ula 'ula	Red snapper	118	101
<i>Euthynnus yaito</i>	Kawa-kawa	Little tuna	0	0
<i>Katsuwonus</i>	Aku	Skipjack tuna	271	216
<i>Katsuwonus pelamis</i> (liver)	Aku	Skipjack tuna	1000	168
<i>Kuhlia sandvicensis</i>	Aholehole		105	186
<i>Makaira ampla</i> or <i>M. audax</i> (white flesh)	A'u	Marlin	0	0
<i>Makaira ampla</i> or <i>M. audax</i> (orange flesh)	A'u	Marlin	77	111
Family Moridae		Black cod	124	230
<i>Mugil cephalus</i>	'Ama 'ama	Gray mullet	70	114
<i>Mulloidichthys auriflamma</i>	Weke'ula	Goatfish	106	44
<i>Mulloidichthys samoensis</i>	Weke'a'a	Goatfish	249	432
<i>Myripristis berndti</i>	U'u	Squirrelfish	0	0
<i>Neothunnus macropterus</i>	Ahi	Yellowfin tuna	265	95
<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Moano	Goatfish	128	0
<i>Polydactylus sexfilis</i>	Moi	Threadfish	110	92
<i>Priacanthus cruentatus</i>	'Aweoweo		0	0
<i>Pristipomoides microlepis</i>	'Opakapaka	Red snapper	265	35
<i>Scarus dubius</i>	Uhu	Parrotfish	30	79
<i>Scomberoides sanctipetri</i>	Lae	Leatherback	46	76
<i>Seriola dumerilii</i>	Kahala	Amberjack	0	0
<i>Sphyraena barracuda</i>	Kaku	Barracuda	0	111
<i>Trachurops</i>	Akule	Bigeye scad	184	167
<i>Xiphias gladius</i>	A'u	Broadbill swordfish	155	28
<u>Prepared fish</u>				
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Aku	Tuna, freeze-dried	970 ²	1290 ²
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Aku	Tuna, salted dried strips	564 ²	212 ²
		Tuna, canned Haw'n branch	0	0
<i>Clupea harengus</i>		herring, salted dry	485 ²	277 ²
		salmon, salted	93	215
<u>Other seafoods</u>				
<i>Ommastrephes hawaiiensis</i>		squid (fresh)	254	61
<i>Helcioniscus</i> sp.	Opihi	Hawaiian limpet	75	91
<i>Polypus marmoratus</i>	He'e mahola	octopus (cooked)	0	0
		shrimp	0	0
		clam	2640	120

1. Anti-thiamin activity is expressed as μ g B₁ destroyed/100 g of fish tissue (wet weight) per hour. 筋肉その他組織を分別して pH4.5, 38°C, 4時間反応で分析 2. Activity is expressed as dry weight. Thermostable は 100°C, 20分加熱後測定した。

100 g が 1 時間に分解できるビタミン B₁ 量

Raw Carp entrails	16mg	Spitzer et al.(6)	1941
Bracken fern	13mg	Fujita (24)	1954
Muscle of Skipjack tuna	0.3mg	Hilker & Peter (187)	1966
Clam	2.6mg	Hilker & Peter (187)	1966
Bracken fern dry powder	200mg	Evans (32)(100)	1975
<i>Fistularia petimba</i>	870mg	Ishihara, T. et al. (45)	1973
<i>Engraulis japonica</i>	348mg	Ishihara, T. et al. (45)	1973
Anaphe pupae	900mg	Nishimune et al.(188)	2000

(174)石原 忠、保田正人 海産魚のチアミナーゼ I の研究Ⅳ カタクチイワシ投餌によるニジマス、タイの成長と B₁ の添加効果。日水誌 40, 671-74 (1974)

(175)Alexander,L., Green,R.G., Evans,C.A., Wolf,L.E. Alcoholic encephalopathy in man and fish-diet-disease in foxes and fishes. A study in comparative neuropathology. Trans. Am. Neurol. Assn. 67, 119-122 (1941)

(176)原田輝雄 ブリ養殖餌料としてのサンマ、カタクチイワシ、マアジ。近畿大学農学部紀要 3, 116-207 (1965)

(177)石原 忠、原 研治、八木基明、保田正人 海産魚のチアミナーゼ I の研究Ⅷ カタクチイワシによって飼育したハマチのチアミン要求量。日水誌 44, 659-664 (1978)

(178)石原 忠、保田正人、柏木 哲、秋山むつ子、八木基明 海産魚のチアミナーゼ I の研究Ⅵ カタクチイワシによるハマチの栄養性疾患と B₁ 添加効果 (2)。日水誌 40, 775-81 (1974)

(179)Wolf,L.E. Fish-diet disease of trout. A vitamin deficiency produced by diets containing raw fish. N.Y. State Conservation Dept. Fisheries Research Bull. No.2 (1942)

(180)Deutsch,H.F., Hasler,A.D. Distribution of a vitamin B₁ destructive enzyme in fish. Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 53, 63-65 (1943)

(181)Harrington, R.W. Jr. Contrasting susceptibilities of two fish species to a diet destructive to vitamin B₁. J.Fish

Res.Bd.Canada 11, 529-34 (1954)

(182)White,J.R. Thiamin deficiency in an atlantic bottle-nosed dolphin (*Tursiops truncatus*) on a diet of raw fish. J.Am.Vet.Med.A. 157, 559-62 (1970)

(183)Aoe,H., Masuda,I., Saito,T., Komo,A. Water-soluble vitamin requirement of carp IV Requirement for thiamin. 日水誌 33, 970-74 (1967)

(184)Aoe,H., Masuda,I., Mimura,T., Saito,T., Komo,A. 日水誌 35, 459-65 (1969)

(185)石原 忠、保田正人、諸岡 等 海産魚のチアミナーゼ I の研究 I カタクチイワシのチアミナーゼについて。日水誌 38, 1281-87 (1972)

(186)Chaet,A.B., Bishop,D.W. The occurrence of thiaminase in certain fresh-water fishes. Physiol.Zool. 25, 131-34 (1952)

(187)Hilker,D.M., Peter,O.F. Anti-thiamin activity in Hawaii fish. J.Nutr. 89, 419-21 (1966)

(188)Nishimune,T., Watanabe,Y., Okazaki,H., Akai,H. Thiamin is decomposed due to Anaphe spp. entomophagy in seasonal ataxia patients in Nigeria. J.Nutr. 130, 1625-28 (2000)

(189)Melnick,D., Hochberg,M., Oser,B.L. Physiological availability of the vitamins II The effect of dietary thiaminase in fish products. J.Nutr. 30, 81-88 (1945)

Table 23 魚類チアミナーゼの分布⁽¹⁸⁰⁾

Family	Name	Common name	Thiaminase
Freshwater fish			
Lepisosteiformes	<i>Lepisosteus osseus or oxyurus</i>	*Garpike	--
Amiiformes	<i>Amia calva</i>	*Dogfish, Bowfin	-
Salmoniformes	<i>Salvelinus namaycush</i>	tLake trout	-
	<i>Salmo irideus</i>	*Rainbow trout	-
	<i>Salmo trutta</i>	*Brown (sea) trout	-
Salmoniformes (subfamily Coregoniformes)	<i>Coregonus clupeaformis</i>	+Whitefish	+
	<i>Leucichthys sp.</i>	*Lake Michigan chub	-
	<i>Leucichthys artedi arcturus</i>	*Lake Superior herring	-
	<i>Prosopium quadrilaterale</i>	tMenomonee whitefish	+
Osmeridae	<i>Osmerus mordax</i>	*Freshwater smelt	+
Cypriniformes	<i>Cyprinus carpio</i>	tCarp	+
	<i>Carassius auratus</i>	*Goldfish	+
	<i>Notropis atherinoides</i>	**Buckeye shiner	+
	<i>Pimephales p. promelas</i>	*Fathead minnow	+
	<i>Semotilus atromaculatus</i>	*Creek chub	+
Catostomiformes	<i>Catostomus c. commersonii</i>	*Sucker	+
Ictaluriformes	<i>Ameiurus melas</i>	*Black bullhead	+
	<i>Ictalurus punctatus</i>	*Channel catfish	+
Umbriformes	<i>Umbra limi</i>	*Mudminnow	+
Esociformes	<i>Esox lucius</i>	*Picke	-
Moroniformes	<i>Morone chrysops</i>	tWhite bass	+
Perciformes	<i>Perca flavescens</i>	*Perch	-
	<i>Stizostedion v. vitreum</i>	tWall-eyed pike	-
	<i>Stizostedion canadense</i>	tSauger pike	+
Centrarchiformes	<i>Ambloplites rupestris</i>	*Rock bass	-
	<i>Huro salmoides</i>	*Largemouth bass	-
	<i>Lepomis gibbosus</i>	*Pumpkinseed	-
	<i>Lepomis macrochirus</i>	*Bluegill	-
	<i>Micropterus d. dolomieu</i>	*Smallmouth bass	-
	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	*Crappie	-
Lotiformes	<i>Lota lota maculosa</i>	tBurbot	+
Marine fish			
Gadiformes	<i>Gadus morhua</i>	+Cod	-
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	+Haddock	-
Scombriformes	<i>Scomber scombrus</i>	*Mackerel	-
Merlucciiformes	<i>Merluccius bilinearis</i>	*Whiting, Hake	-
Pleuronectiformes	<i>Limanda ferruginea</i>	*Yellowtail flounder	-
	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	*Lemon sole,	-
	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	*Black backs	-
Sebastiformes	<i>Sebastes marinus</i>	*Red fish	-
Cypriniformes	<i>Unknown Lebeo sp.</i>	*Dabs	-
Clupeiformes	<i>Clupea harengus</i>	**Herring	+

* Whole fish. t Viscera. + Eviscerated fish. The whitefish showed 65% destruction.

** From observations of Wolf.⁽¹⁷⁹⁾