

ビタミン

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	佐藤, 守
巻/号	20巻4/5号
掲載ページ	p. 277-288
発行年月	1972年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



5. ビ タ ミ ン

佐 藤 守

京大農学部

1. 魚類のビタミン要求

魚類のビタミン要求に関する研究は戦後米国において急速に進展し、サケ・マス類については、ほぼその全貌が明らかにされた^{1~3)}。わが国においても、最近、水産養殖業の発展にともない人工配合飼料開発の目的で数多くの研究が行なわれ、コイについては各ビタミンの欠乏症および要求量がほぼ明らかにされている。

コイおよびその他 2, 3 の魚種（サケ・マス類を除く）について得られた水溶性ビタミンの欠乏症および要求量に関する最近の研究例を第 1 表に示した。

コイのビタミン B 群要求に関する荻野および青江らの研究結果によれば、飼料中に B₂, B₆, パントテン酸, ニコチン酸, コリン, ビオチンが不足するとき、最初にあらわれる症状は食欲の減退および成長率の低下であり、外見的異常はおよそ 6 週間以内に出現した。これより荻野は、魚のビタミン欠乏症の出現の時期は魚種によりあるいは同一魚種においても水温などの飼育条件によって変わるが、およそ 10 週間の飼育試験によって魚のビタミン要求性を判定することができるとしている。

魚類における脂溶性ビタミン類の欠乏症や要求量に関する研究は、水溶性ビタミンの研究に比べてかなり遅れている。北村ら²⁸⁾は、ニジマスのビタミン A 欠乏症として体色の白色化、眼および鰭基部の充血、鰓蓋の反曲、血球減少および肝臓萎縮などを認めた。そして、肝臓中の A 蓄積量および成長率の変化から求めたニジマスの A 最小要求量は、体重 7g 以下の魚では飼料 1g 当り 2.5 I. U. 以上、体重 7g 以上では 2.5 I. U. ぐらいであろうと報告している。青江ら³⁴⁾は、コイの A 欠乏症として体色の白色化、鰭・皮膚の出血、鰓の棒状化、鰓蓋の反曲および眼球突出などを観察した。そして、コイ若魚の A 要求量は飼料 100g 当り 400~2,000 I. U. あるいは体重 kg 当り 1 日に 100~500 I. U. と

第1表 コイおよびその他2, 3の魚種(サケ・マス類を除く)における水溶性ビタミン要求に関する最近の研究例

	コイ		その他の魚種	
	欠乏症状	要求量 (mg/kg 体重/日)	欠乏症状	要求量 (mg/kg 体重/日)
B ₁	(青江ら) ⁴⁾ 13週間異常なし (青江ら) ⁶⁾ 高炭水化物飼料において、成長停止, 尾鰭・胸鰭のうっ血	—	ウナギ(橋本ら) ⁸⁾ 体色暗化, 食欲不振, 成長停止, 鰭の充血	
B ₂	(青江ら) ⁷⁾ 成長減退, 表皮出血, 死亡率大 (藤野) ⁹⁾ 神経過敏, 食欲低下, 成長減退, 鰭基部に出血	0.11 (成長度) 0.17 (肝B ₂ 量) 0.23~0.33 (成長度) (肝B ₂ 量)	ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 食欲低下, 鰭の充血および出血, 成長停止	
B ₆	(萩野) ¹⁰⁾ 神経障害, てんかん性発作, 狂奔, 肝臓GOT, GPT活性の低下	0.15 付近 (肝B ₆ 量) (肝GOT) (GPT活性)	マダイ(竹田ら) ¹¹⁾ てんかん性発作, 成長低下, 肝GOT, GPT活性の低下 ハマチ(坂口ら) ¹²⁾ けいれん発作, 狂奔, 死亡率大 ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 食欲低下, 成長停止, 狂奔, けいれん	0.02~0.1 (成長度) (肝B ₆) (肝GOT, GPT活性)
パントテン酸	(藤野) ⁹⁾ 成長停止, 活力消失, 貧血, 体表面出血, 眼球突出	1.0~1.4 (成長度) (肝ビタミン量)	キンギョ(石井ら) ¹³⁾ 成長停止, 鰭基部出血, 肝細胞糸粒体の円形膨化 ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 食欲低下, くの字型遊泳, 軀幹の硬直万人曲, 高死亡率	

C					ハマチ(坂口ら) ¹³⁾ 体色黒変, 運動不活発, 脊椎わん曲, 鰓蓋の発育不良 ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 鰓・頭部および口顎部に出血	
ビオチン	(猿野ら) ¹⁴⁾ 運動不活発, 食欲減退, 成長低下, 血液性状の変化	0.02~0.03 (成長度) (肝ビタミン量)			キヌキヨ(窟山ら) ¹⁵⁾ 食欲減退, 成長低下	
ニコチン酸	(猿野) ¹⁶⁾ 体表面(鰓の基部)出血, 成長低下, 鰓の異常 (青江ら) ¹⁷⁾ 皮膚出血, 成長低下, 高死亡率	7 (成長度) (肝ビタミン量) 0.55 (成長度)			ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 食欲不振, 遊泳異常, 成長停止, 運動機能障害	
葉酸	(青江ら) ¹⁸⁾ 16 週間異常なし	—				
PABA	(青江ら) ¹⁹⁾ 16 週間異常なし	—			ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 欠乏症の発現なし	—
コリン	(猿野ら) ²⁰⁾ 肝脾臓に中性脂肪の大量蓄積	60~120 (肝中性脂肪)				
イノシトール	(青江ら) ¹⁹⁾ 背, 体側の表皮びらん, 出血 (池田) ²¹⁾ 表皮出血, 尾背部の表皮びらん, 肝脾臓コリンエステラーゼ活性の低下	7~10 (成長度) 8.5 (成長度) 12.7 (肝AChE活性)			マダイ(米ら) ²²⁾ 成長低下, 血清コリンエステラーゼ活性低下 ウナギ(新井ら) ⁹⁾ 腸管の異常	90 mg/飼料 100 g (血清AChE) (活性)

() 内はビタミン要求量の算出基準

している。

ビタミン D は稚魚の成長促進に必要であるといわれているが、魚類の D 要求量および欠乏症はまだ明確にされていない。北村ら²⁵⁾は、ニジマスで D 欠乏飼料で飼育した結果、わずかに肝臓の萎縮および貧血の傾向を認めたほかは、外観的には何らの異常も認めなかった。

ビタミン E は生殖腺に対する作用のほか、体内で強力な抗酸化力を示し、また A あるいは必須脂肪酸の吸収利用を助けるといわれている。

動物において知られている E 欠乏症は種によっていちようではないが、ネズミにおける繁殖障害²⁶⁾、ウサギの筋萎症²⁷⁾、ニワトリヒナにおける肝臓ミトコンドリアの酵素活性低下、脂肪酸の酸化促進²⁸⁾、およびラインソームの酵素活性の上昇²⁹⁾などが報告されている。

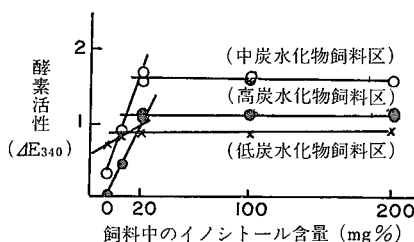
魚類におけるビタミン E 欠乏症としては、マスノスケ稚魚における成長低下、眼球突出、赤血球脆弱、鰓の棍棒状化、心臓内膜炎、脾臓のセロイド色素沈着、コイにおけるセコケ病などが報告されている。コイのセコケ病は酸化脂肪酸の投与によって起こりビタミン E によって効果的に予防されることが、橋本ら³⁰⁾によって明らかにされた。坂口ら³¹⁾は、ハマチにおいても酸化油を投与すればコイにみられるセコケ、貧血症などが発生すること、および酸化油の毒性はビタミン E の投与によって防止されることを認めた。最近、渡辺ら³²⁾はビタミン E 欠乏飼料（飼料中の E をできるだけ少なくするために飼料添加油脂として大豆油のメチルエステルを使用した）で体重 10 g のコイを飼育したところ、90 日目頃からセコケが発生し 120 日目には飼育魚の 68% にも達することを観察している。またセコケ病魚には組織学的にも筋線維の萎縮や走行の乱れ、ラ氏島 β -細胞および下垂体腺刺激ホルモン分泌細胞の機能低下が認められた。渡辺ら³³⁾は 1.5 g のコイについて E 要求量を求め、飼料 100 g 当り 10 mg という値を得ている。

さて、ここでわれわれはビタミンの要求量ということについて、よく考えてみる必要がある。最小必要量というのは、これ以上減少するといろいろな障害がおこる限界量である。この量は欠乏症状の出現を基準にしてきめるが、病気は予防が大切であるという見地から潜在的な欠乏を目安にしようとする、その判定法はなかなかむずかしい。そのためには血液の性状とか肝臓の各種酵素活性を測定する方法などが有用であるが、魚についてはまだ適確な診断法は確立されていない。その他、成育を促進するのに必要な最適所用量、あるいは最小必要量の何倍かのゆとりを考えた栄養所用量などの表現方法があるが、実際にはいろいろな要因が複雑に影響しているので、明確な数値を示すことはきわめて困

難である。最も測りやすいように思われる最小必要量にしても、たとえば HALVER の試験飼料のように、ある一つのビタミン配合を考え、そこから個々のビタミンを除いたり、量をかえたりして必要量を定めるわけである。したがって、このようにして決められた個々のビタミンの最小必要量は、あくまで最初のパターンにおける最小必要量であることに注意しなければならない。事実、青江ら³⁴⁾は、これまでに報告されたコイのビタミン要求量の最低値に準じた混合ビタミンがコイの要求を満たすかどうかを検討した結果、コイは4週間目には成長が劣り始め、皮膚の損傷とうつ血が認められた。5週目に B₁ 投与をした結果、うつ血はかなり消失したが、皮膚の損傷は消失しなかった。そこで、B₁、B₂、ニコチン酸の添加量を増したところ、対照区と同じ成長をさせることができた。この結果は、あるビタミンの要求量が共存する他のビタミンの量によって影響されることを示している。

池田ら³⁵⁾は、コイのイノシトール要求量が飼料の炭水化物含量によって異なるかどうかを調べた。平均体重 5 g のコイを炭水化物含量の異なる各区飼料（カゼインとでん粉の比を 20 : 70, 48 : 42, および 80 : 10 とした）にイノシトール 0~200 mg をそれぞれ添加して 30 日間飼育し、代謝変動との関係を調べた。その結果、肝臓のグルコース-6-リン酸脱水素酵素の活性は第 1 図のように変化した。酵素活性の屈折点と各区の投餌量からイノシトール要求量を計算した結果、高炭水化物飼料区では体重 1 kg 当たり 1 日に 11.0 mg, 中炭水化物飼料区では 8.8 mg, 低炭水化物飼料区では 6.3 mg となり、飼料中の炭水化物含量が多くなるほどコイのイノシトール要求量は増えることを認めた。また、コイの B₁ 要求量も飼料中の炭水化物含量によって影響されることが青江ら⁵⁾によって明らかにされている。

以上の結果から、ビタミン要求量は同一魚種であっても飼料に含まれるたん白質、炭水



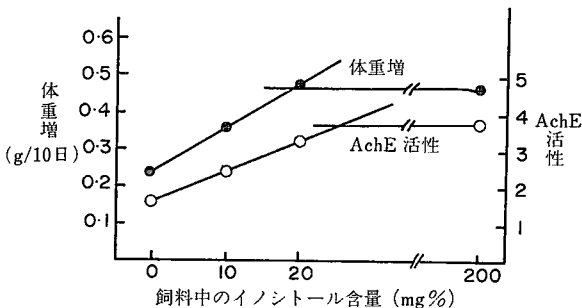
第 1 図 飼料中の炭水化物およびイノシトール含量と稚コイ肝臓の G6P 脱水素酵素活性との相関

化物および脂肪の量と質によって左右されることがわかる。したがって、それ自身の必要量というものはないと考えて差支えないであろう。すなわち、ある一定条件下における必要量であるから、実際に応用する場合にはこのあたりの考慮が必要である。なお、魚類のビタミン欠乏症に関しては、これまでにいくつかの総説³⁶⁻³⁹⁾がなされているので参照されたい。

2. ビタミンと酵素活性

生体における臓器の構造および機能は、酵素の触媒作用によって正常に維持されている。もし生体内においてビタミンが不足すれば、当然ビタミンを補酵素とする酵素の触媒作用が低下して正常な代謝系を維持できなくなる。そこで、体内における酵素活性の変化からビタミンの適正量を測定することも可能である。

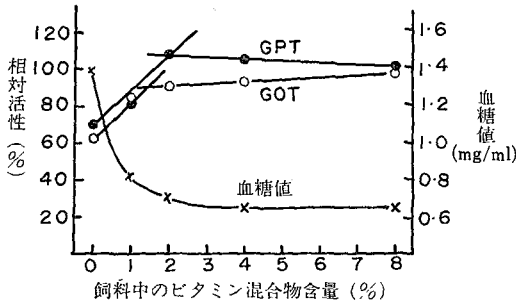
池田²¹⁾は、イノシトール含量の異なる各区飼料で仔ゴイ(平均体重 0.3g)を飼育したところ、イノシトール欠乏区は対照魚に比べて肝臓におけるアセチルコリンエステラーゼ(Ach E)およびグルコース-6-リン酸脱水素酵素の活性が低下すること、および血清たん白組成が変動(A/G 比の減少)することを認めた。とくに Ach E は、第2図に示したように、飼料中のイノシトール濃度に対応して変化した。その屈折点から求めた仔ゴイのイノシトール要求量は体重 1kg 当り 1日に 12.7mg であった。一方、成長度から求めた場合は 8.5mg/kg 体重/日であり、酵素活性の変動を基準にして求めた場合より小さな値を得た。すなわち、成長度に影響するビタミンのレベルと酵素活性に影響するそのレベルとは異なるようである。さらに池田ら⁴⁰⁾は、平均体重 3g の稚アユを、カゼイン 50、でん粉 30、マツカラム塩 5 の基本飼料に市販のアユ用ビタミンミックスを 0、2、



第2図 飼料中のイノシトール含量と稚ゴイの体重増および肝臓アセチルコリンエステラーゼ活性の変化

4, 8% それぞれ添加した各区飼料で3週間飼育した結果、血糖値、肝臓 GPT および GOT 活性は飼料中のビタミン混合物含量に対応して変化することを確かめた。その酵素活性の屈折点から、稚アユ飼料に添加するビタミンミックスの最低必要量は 1.5~2% と推定している。

荻野¹⁰⁾は、コイ肝臓のトランスアミナーゼ活性が魚の B₆ 摂取量に影響されることを認めた。そして、GOT, GPT 活性を基準にして求めた仔ゴイの B₆ 要求量は体重 1kg



第3図 飼料中のビタミン混合物含量とアユの血糖値および肝臓の GPT, GOT 活性の変化

第2表 飼料中の B₆ 量がマダイの成長、肝臓の体重比、B₆ 量、トランスアミナーゼ活性および赤血球数におよぼす影響¹¹⁾

飼料中の B ₆ 量 (mg%)	0.03	0.11	0.23	0.43	1.03	4.03	
摂餌量 (g/体重100g/日)	1.39±0.47	1.59±0.40	1.68±0.41	1.65±0.39	1.67±0.43	1.70±0.42	
B ₆ 摂取量 (μg/体重kg/日)	5±2	18±5	39±10	71±17	173±44	686±170	
供試尾数	19	19	19	19	19	19	
斃死尾数	2	1	2	0	0	0	
平均体重 (g)	開始時 34.8±3.2 51日後 43.6±5.1	34.5±2.9 46.2±4.4	34.6±2.8 49.7±5.5	35.0±3.3 51.1±5.4	34.8±3.2 50.0±5.6	34.8±2.6 51.7±6.9	
体重増 (g)	8.8	11.7	15.1	16.1	15.2	16.9	
肝臓	体重比 (肝重/体重)×100	1.80±0.57	2.06±0.70	2.39±0.63	2.68±0.58	2.61±0.68	2.83±0.67
	B ₆ 量 (μg%)	446	474	496	520	549	626
	GPT (I. U./mg)	3.16±1.11	3.85±1.38	2.70±1.52	6.68±3.91	7.13±1.94	3.83±2.28
	GOT (I. U./mg)	2.06±1.08	2.40±0.92	2.04±0.84	3.59±1.20	5.80±1.94	4.52±1.39
赤血球数 (×10 ⁶ /mm ³)	2.86±0.35	3.19±0.53	3.36±0.47	3.00±0.40	3.32±0.66	3.30±0.81	

当1日に約 0.15 mg であり、肝臓の B₆ 蓄積量を基準にした場合はこれより高いと報告している。

竹田ら⁴¹⁾は、マダイについて飼料中の B₆ 量と代謝変動との関係を調べた。その結果、成長、肝臓の体重比、肝臓 B₆ 蓄積量およびトランスアミナーゼ活性は飼料中の B₆ 含量に対応して変化することを認めた(第2表)。

最近、米ら⁴²⁾はマダイの血清 Ach E 活性が飼料中のイノシトール量と相関があることを報告している。

以上のように、魚類のビタミン要求量を体内の酵素活性の変動から求めた例はまだ数少ないが、個々のビタミンの欠乏によっておこる病気を酵素レベルで解析することは意義あることと考える。しかし、実際に試みて感ずるのは、ある一つのビタミンの欠乏によって、どの器官におけるどの酵素が最もよく感応するかをつきとめることの困難さである。さらに、また“健康な魚”の基準をいかにして定めるかということである。このためには、ヒトや様々な実験動物について集積されているような豊富な病理学的、生化学的データを魚についても集めることが必要である。また健康魚であるという判定に客観性を持たせるためには、単に方々から供試魚を集めて調べるだけでなく、積極的に飼育実験によって病因との因果関係を検討する必要がある。

3. 魚の骨曲りとビタミンC

1965年北村ら⁴³⁾は、ニジマス仔稚魚における骨曲り症はアスコルビン酸欠乏にもとづくものであると報告した。以来、魚類におけるビタミンC欠乏症が注目されている。しかしながら、ビタミンC欠乏によっておこる骨曲り症の発生機序はまだ明らかにされていない。HALVERら⁴²⁾は、サケ・マスに与えた傷の回復試験から投与した飼料中のビタミンC含量が傷の回復速度に影響することを認め、これらの魚は飼料からビタミンCを補給することが必要であるとした。しかし、PRIMBSら⁴⁸⁾は、ニジマスはビタミンCの補給を必要としないと報告している。そして、ニジマスなどにみられる骨曲り症はビタミンA過剰によるものと推察している。これに対し北村ら⁴⁴⁾は、ビタミンC欠乏飼料 100 g 当りにビタミンAを 500, 10,000 および 50,000 I.U. 添加した各区飼料でニジマスを飼育したところ、ビタミンA含量の低い飼料区においても骨曲り症の発生を認めた。

ビタミンCはコラーゲンの合成に重要な役割を演じ、壊血病モルモットではコラーゲン合成が抑制されることが明らかにされている。すなわちコラーゲン合成の過程でコラーゲン中のプロリンは水酸化されてヒドロキシプロリンとなるが、この水酸化に關与するプ

ロトコラーゲン水酸化酵素はアスコルビン酸を必須因子として要求する。

ニジマスが飼料からビタミンCの補給を必要とするならば、ビタミンC欠乏飼料で飼育したニジマスについても壊血病モルモットの場合と同じようにコラーゲンの合成が抑制されることが予想される。そこでわれわれは次の実験を行なった。

カゼイン 54, ゼラチン 15, α -でん粉 16, コーンオイル 7, DL-メチオニン 1, L-トリプトファン 0.5, マッカラム塩 5 の組成の基本飼料に HALVER 処方のビタミン混合物 1.6 を配合したものを対照区の飼料とし、この配合から AsA を除いたものを AsA 欠乏区の飼料として平均体重 1.57 g のニジマスを飼育した。飼料はそれぞれ体重の約 5% を毎日 2~3 回に分けて与えた。AsA 欠乏区では飼育 40 日頃より成長率が低下しはじめた。そして飼育 70 日目頃より変形魚の発生を認めた。飼育 94 日目における脊椎骨異常魚の発生率は約 60% に達した。AsA 欠乏区の魚のソフテックス写真像から、第 46~第 54 脊椎骨に椎体の縮少や屈折を認めた。しかし、対照区の魚にはこれらの異常を認めなかった。そこで、脊椎骨からコラーゲンを抽出して、脊椎骨組織 g 当りのプロリンおよびヒドロキシプロリン含量を測定した。その結果は第 3 表に示したとおりで、プロリン含量には対照区と AsA 欠乏区との間でほとんど差異は認められなかったが、ヒドロキシプロリン含量は AsA 欠乏区においてかなり少なかった。したがって、コラーゲンの性状判定のひとつであるプロリン-ヒドロキシプロリン比は、対照区の 0.69 に対して AsA 欠乏区では 0.58 であった (第 3 表)。これより、AsA 欠乏飼料の投与によってニジマスのコラーゲン合成は抑制されることがわかった。このような AsA 欠乏によるコラーゲンの代謝異常が骨格形成の異常をもたらすひとつの原因であろうと考えられる。

なお、変形魚は、ニジマスにおける AsA 欠乏のみならず、ハマチにおける B₆ 欠乏¹²⁾、コイにおける E 欠乏³³⁾、ベニサケ・マスノスケ・ニジマス稚魚におけるトリプトファン欠乏^{45,46)}、コイにおけるミネラルの不足⁴⁷⁾、およびハマチにおけるサルファ剤の大量投与⁴⁸⁾などによっても発生することが報告されている。しかし、その発生機作はなかなか複雑で

第 3 表 AsA 欠乏飼料で飼育したニジマスの脊椎骨コラーゲンのプロリンおよびヒドロキシプロリン含量

	プロリン含量 (mg/骨組織 1 g)	ヒドロキシプロリン含量 (mg/骨組織 1 g)/	ヒドロキシ プロリン / プロリン
対 照 飼 料 区	5.77	4.01	0.69
AsA 欠乏飼料区	5.27	3.07	0.58

あって病因解析は容易でない。このためには健康魚と疾病魚に関する組織学的、生化学的、病理学的研究の成果がもっと集積されねばならない。

文 献

- 1) B. A. McLAREN, E. KELLER, D. J. O'DONNELL and C. A. ELVEHJEM 1947: The nutrition of rainbow trout. I. Studies of vitamin requirements. Arch. Biochem., **15**, 169~178.
- 2) J. E. HALVER 1957: Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinock salmon. J. Nutrition, **62**, 225~243.
- 3) A. M. PHILLIPS, JR., and D. R. BROCKWAY 1957: The nutrition of trout IV. Vitamin requirements. Prog. Fish-Cult., **19**, 119~123.
- 4) H. AOE, I. MASUDA, T. SAITO and A. KOMO 1967: Water-soluble vitamin requirements of carp—IV. Requirement for thiamine. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **33**, 970~974.
- 5) H. AOE, I. MASUDA, T. MIMURA, T. SAITO and A. KOMO 1969: Water-soluble vitamin requirements of carp—VI. Requirement for thiamine and effects of antithiamines. *ibid.*, **35**, 459~465.
- 6) Y. HASHIMOTO, S. ARAI, and T. NOSE 1970: Thimine deficiency symptoms experimentally induced in the eel. *ibid.*, **35**, 791~797.
- 7) H. AOE, I. MASUDA, T. SAITO and A. KOMO 1967: Water-soluble vitamin requirements of carp—I. Requirement for vitamin B₂. *ibid.*, **33**, 355~360.
- 8) 荻野 1967: コイのビタミンB群要求に関する研究—II. リボフラビンおよびパントテン酸. 日水誌, **33**, 351~354.
- 9) 新井・能勢・橋本 1971: ウナギの水溶性ビタミン要求—II. 昭和46年日本水産学会年会講演
- 10) 荻野 1965: コイのビタミンB群要求に関する研究—I. ビタミンB₆の欠乏症および要求量. 日水誌, **31**, 546~551.
- 11) 竹田・米 1971: マダイの栄養に関する研究—II. 予備飼育で合成飼料あるいは牛肝を摂ったマダイのビタミンB₆要求量の比較, 九州大学水産実験所研究報告 **1**, 37~47.
- 12) 坂口・竹田・丹下 1969: ハマチのビタミン要求に関する研究—I. B₆およびC欠乏症について. 日水誌, **35**, 1201~1206.
- 13) 石井・山本 1971: パントテン酸欠乏金魚肝細胞の変化, 日本水産学会年会講演
- 14) Ch. OGINO, T. WATANABE, J. TAKINO, N. IWANAGA, and M. MIZUNO 1970: B vitamin requirements of carp—III. Requirement for biotin. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **36**, 734~740.
- 15) 富山・大庭 1967: 金魚のビオチン要求について, 日水誌, **33**, 448~452.

- 16) 萩野 1968: コイのニコチン酸要求量および欠乏症について, 日本水産学会年会講演
- 17) H. AOE, I. MASUDA, and T. TAKADA 1967: Water-soluble vitamin requirements of carp—III. Requirement for niacin. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **33**, 681~685.
- 18) H. AOE, I. MASUDA, T. SAITO, and T. TAKADA 1967: Water-soluble vitamin requirements of carp—V. Requirement for folic acid. *ibid.*, **33**, 1068~1071.
- 19) H. AOE, and I. MASUDA 1967: Water-soluble vitamin requirements of carp—II. Requirements for *p*-aminobenzoic acid and inositol. *ibid.*, **33**, 674~680.
- 20) Ch. OGINO, N. UKI, T. WATANABE, Z. IIDA, and K. ANDO 1970: B Vitamin requirements of carp—IV. Requirement for choline. *ibid.*, **36**, 1140~1146.
- 21) 池田 1968: 魚類のビタミン欠乏症とくにビタミンCおよびイノシトールについて, 水産増殖, **16**, 205~214.
- 22) 米・古市・四反田 1971: マダイのビタミン要求に関する研究—I. イノシトールの要求と餌料中のグルコース量との関係, 日水誌, **37**, 149~155.
- 23) 北村・諏訪・大原・仲川 1967: ニジマスのビタミン要求に関する研究—III. ビタミンAの要求量と欠乏症, 日水誌, **33**, 1126~1131.
- 24) H. AOE, I. MASUDA, T. MIMURA, T. SAITO, and A. KOMO 1968: Requirement of young carp for vitamin A. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **34**, 959~964.
- 25) 北村・諏訪・大原・仲川 1967: ニジマスのビタミン要求に関する研究—II. 14種ビタミンの欠乏症について, 日水誌, **33**, 1120~1125.
- 26) Q. U. CRIDER, P. ALAUPOVIC and B. C. JOHNSON 1961: On the function and metabolism of vitamin E III. Vitamin E and autoxidants in the nutrition of the rat. *J. Nutrition*, **73**, 64~70.
- 27) T. R. KOSZALKA, K. E. MASON and G. KROL 1961: Relation of vitamin E to proteolytic and autolytic activity of skeletal muscle. *J. Nutrition*, **73**, 78~84.
- 28) H. KIMURA and F. A. KUMMEROW 1963: The effect of α -tocopherol on essential fatty acid oxidation in liver mitochondria from vitamin E-deficient chicks. *Arch. Biochem. Biophys.*, **102**, 86~91.
- 29) I. D. DESAI, C. C. CALVERT, M. L. SCOTT and A. L. TAPPEL 1964: Peroxidation and lysosomes in nutritional muscular dystrophy of chicks. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **115**, 462~466.
- 30) 橋本・岡市・渡辺・吉川・梅津 1966: 酸化脂肪によるコイのセコケ病の発生とビタミンの予防効果, 日水誌, **32**, 64~69.
- 31) 坂口・浜口 1969: 酸化油添加飼料によるハマチの飼育とビタミンE添加の効果, 日水誌, **35**, 1207~1214.
- 32) T. WATANABE, F. TAKASHIMA, Ch. OGGINO, and T. HIBIYA 1970: Effect of α -tocopherol deficiency on carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **36**, 623~630.
- 33) T. WATANABE, F. TAKASHIMA, Ch. OGINO, and T. HIBIYA 1970: Requirement of

- young carp for α -tocopherol. *ibid.*, **36**, 972~976.
- 34) H. AOE, I. MASUDA, I. ABE, T. SAITO, and Y. TAJIMA 1971: Water-soluble vitamin requirements of carp—VII. Some examination utility of the reported minimum requirements. *ibid.*, **37**, 124~129.
- 35) 池田・西山・佐藤 1970: コイにおけるイノシトール欠乏と脂質代謝, 日本水産学会秋季大会講演
- 36) 橋本・岡市・梅津 1963: 魚類の栄養性疾患. 水産増殖臨時号 **3**, 67~98.
- 37) 青江 1968: 魚類の栄養性疾患, 魚病研究 **2**, 159~181.
- 38) 橋本・岡市 1968: 魚類の栄養と養魚飼料 I. 魚類の栄養. 水産研究叢書 **9**~1, 52~75.
- 39) H. MANN 1970: Der Vitaminbedarf bei Fishen Fette Seifen Anstrichmittel. **72**, 1079~1083.
- 40) 池田・早山 1969: アユのビタミン要求について, 日本水産学会近畿支部例会講演
- 41) 北村・大原・諏訪・仲川 1965: ニジマスのビタミン要求に関する研究—I. アスコルビン酸について, 日水誌, **31**, 818~824.
- 42) J. E. HALVER, L. M. ASHLEY, and R. M. SMITH 1969: Ascorbic acid requirements of cohosalmon and rainbow trout. Trans. Amer. Fish. Soc., **98**, 762~771.
- 43) E. R. J. PRIMBS and R. O. SINNHUBER 1971: Evidence for the nonessentiality of ascorbic acid in the diet of rainbow trout. Prog. Fish-Cult., **33**, 141~149.
- 44) 北村・大原・諏訪・野沢・豊浦 1972: 日本水産学会秋季大会講演
- 45) J. E. HALVER and W. E. SHANKS 1960: Nutrition of salmonoid fishes VIII. Indispensable amino acids for sockeye salmon. J. Nutrition, **72**, 340~346.
- 46) 北村 1969: ニジマスのビタミンC欠乏症概説, 魚病研究, **3**, 73~89.
- 47) 村上 1967: コイ稚魚に発生する頭部変形の研究, 魚病研究, **2**, 1~10.
- 48) 松島・松原・阿井・井上 1971: ハマチに対するサルファ剤の毒性について, 魚病研究 **5**, 112~115.