

50 年度環境庁公害防止等調査研究委託費による報告書  
水俣病に関する総合的研究

6. メチル水銀の魚体への蓄積機構に関する研究

藤木素士（筑波大・社会医学系）

弘田礼一郎（熊本大・理・臨界実験所）

山口誠哉（筑波大・社会医学系）

魚体に蓄積するメチル水銀は餌を介して餌中のメチル水銀が蓄積する場合と、環境水中のメチル水銀が体表面、特に呼吸時に鰓より体内に入り蓄積する場合とが知られている。更に水銀を含む底質を魚が取り込むことによりその水銀を体内に蓄積すると考えている研究者もある。これらのうち、いずれの経路がメチル水銀の魚体蓄積について最も有効であろうか。また、底質に含まれる水銀がどの程度魚体に蓄積するかについて海産魚を用いて実験を試みた。

実験方法

A～D の 4 群の実験を行った。

(1) A 群：水槽に 1 m<sup>3</sup>の海水を入れ、これにメチル水銀 (CH<sub>2</sub>HgCl) を加えてその濃度が 0.5ppb とし、螺旋式ポンプにより曝気を行いながらマダイを飼育した。マダイは 50 尾を水槽中に放ち、2 日毎に 10 尾宛取り出して、それらの可食部について蓄積したメチル水銀量を測定した。海水は毎日取りかえ、その都度メチル水銀を添加した。

(2) B 群：水槽に 1 m<sup>3</sup>の海水を入れ、曝気を行いながらマダイを飼育した。マダイは水槽中に放ち、2 日毎に 10 尾宛取り出して、それらの可食部について蓄積したメチル水銀量を測定した。海水は毎日取りかえた。メチル水銀の添加は、餌料として与えるクルマエビ稚魚にあらかじめメチル水銀を蓄積させ、これをマダイの体重当たり 7%程度与えることによった。クルマエビはメチル水銀を含む海水中で飼育して 0.133ppm のメチル水銀を蓄積したものを用いた。

(3) C 群：水槽の底に各々 1 kg の水俣湾泥土(総水銀 192、メチル水銀 0.015 湿重量 ppm) を入れた容器を置き、海水 1 m<sup>3</sup>を入れ、一部の泥土が SS として 50ppm 程度になるように螺旋ポンプで攪拌曝気しながらマダイを飼育した。マダイは 50 尾水槽に放ち、2 日毎に 10 尾宛取り出して、それらの可食部について蓄積したメチル水銀量を測定した。海水および水俣湾泥土は毎日取りかえた。

(4) D 群：対照として水槽に 1 m<sup>3</sup>の海水を入れ、曝気を行いながらマダイを飼育した。同じく 50 尾を水槽中に放ち、2 日毎に 10 尾宛取り出して、それ

らの可食部についてメチル水銀量を測定した。海水は毎日取りかえた。

B群を除く各群には餌料として養殖のクルマエビ幼魚を、マダイの体重当たり1日に7%程度を与えた。クルマエビ中のメチル水銀は0.018ppmであった。各群ともマダイ10尾を合わせて分析した。

飼育実験を開始する3日前にマダイを各水槽に入れ、水槽内での環境に馴れさせた。マダイおよびクルマエビ幼魚は熊本県水産試験場より提供されたものを用い、海水はろ過海水を用いた。

飼育期間中の水温は25.1~28.5°Cであった。

### 実験結果

飼育実験の経過日数に対するメチル水銀蓄積濃度は表2および図2に示した。各実験群ともメチル水銀濃度は多少の増減を示しながら経過日数と共に増加の傾向を示した。4群のうちA群（海水にメチル水銀(0.5ppb)を添加したもの）は他の3群と比較して明らかにメチル水銀蓄積濃度が高い。B,C,D群の3者には殆んど差は認められなかったが、B群（メチル水銀0.133ppmを含むクルマエビ幼魚を投与）がC,D群よりややメチル水銀濃度が高い。C群（水銀を含む水俣湾泥土（総水銀192、メチル水銀0.015湿ppm）を添加）とD群（対照）とには殆んど差がなかった。

### 考察

50-100日におよぶ長期の飼育実験を試みる事が望ましいが、海産魚の場合、新鮮な海水を連日大量に必要とする等の理由で、実験を行うには海に接する場所を選ばなければならず、また、この種の飼育実験に適切な施設がなく、臨時の合成樹脂水槽を用いて実験を行ったため、長期の実験を行うのが困難であったので、まず10日間の飼育実験を行い、メチル水銀蓄積の傾向を調べた。

A群で添加するメチル水銀濃度はできるだけ低い濃度で実験を行うことと、飼育期間が10日間であることを考慮して0.5ppbとした。B群で投与したメチル水銀を含むクルマエビ中のメチル水銀濃度については、A、CおよびD群で与えた餌料中のメチル水銀濃度よりも1桁高い濃度とするよう調整した。C群で添加した水俣湾泥土量は、SSとしての魚体への影響のみでなく底質から海水への溶解水銀の魚体への影響をみることを考慮し、3kg/dayとした。

魚体への高濃度にメチル水銀を蓄積する機構として、従来は食物連鎖により説明がなされていたが、クルマエビ→マダイの食物連鎖において両者のメチル水銀濃度が同程度である場合のD群の状態が自然界で起こるものであるが、この状態では極めてわずかのメチル水銀蓄積しか認められなかった。それに対して、B群の場合はD群の場合よりもメチル水銀蓄積がやや高かった。B群の実

験ではクルマエビのメチル水銀濃度は0.133ppm、マダイの実験開始時のメチル水銀濃度は0.012ppm、食物連鎖で餌となる方のメチル水銀濃度の方が10倍高い値で実験を行ったにもかかわらず、マダイにはさほどのメチル水銀蓄積はみられなかった。この10日間については濃度面から考えると、むしろ食物連鎖により希釈されたという結果が得られた。これらに対して、環境水からのメチル水銀蓄積の実験であるA群の場合は明らかに濃縮がみられた。すなわち、実験開始時の0.012ppmから8日で0.038 10日で0.033ppm、その中間を取ると約0.036ppmにまでの増加分0.024ppmのメチル水銀が0.5ppbの環境水から濃縮されている。これらのことからマダイに関しては正常の環境水中において食物連鎖によりメチル水銀蓄積が起り、環境水中のメチル水銀濃度が正常より高い場合には、食物連鎖よりむしろ体表面からの吸収による蓄積が主体であることが伺えた。水俣湾泥土を添加したC群では総水銀192ppmの泥土3kgを毎日取りかえ添加したが対照と殆んど変りなかった。このことは、底質中の無機水銀はそれがSSとなって海水中に存在しても魚体へのメチル水銀蓄積には関係しないこと、底質からメチル水銀が溶出しない限り魚体へのメチル水銀蓄積は期待できないことを示している。

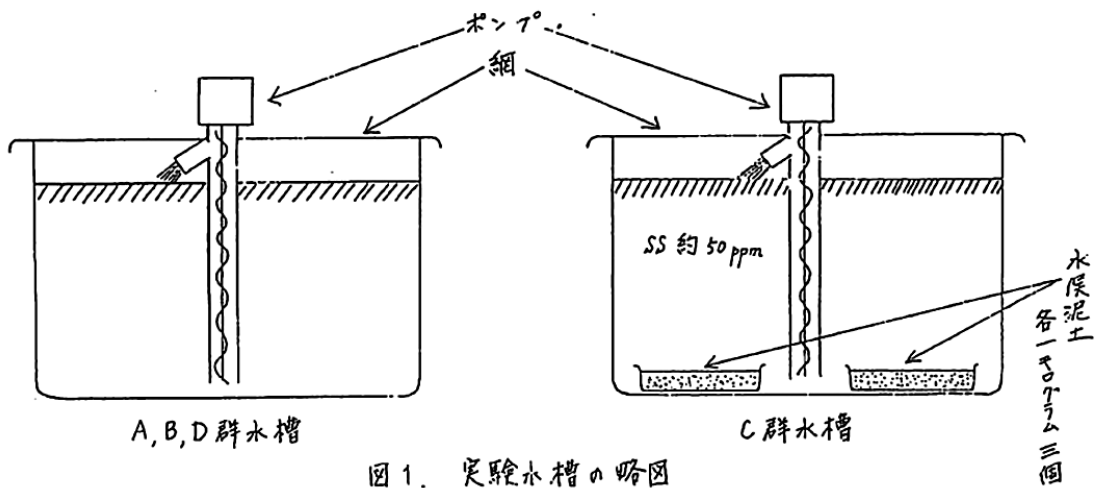


表1. マダイに蓄積したメチル水銀量(湿重量 ppm)

実験群	飼育日数(日)					
	実験開始	2	4	6	8	10
A: 海水にMM添加 (0.5ppb)	0.012	0.019	0.019	0.022	0.038	0.033
B: MMを含む餌投与 (0.133ppm)		0.017	0.012	0.018	0.023	0.020
C: 水俣泥土(TM 192, MM 0.015ppm)添加		0.011	0.016	0.013	0.019	0.016
D: 対照		0.011	0.015	0.014	0.023	0.015

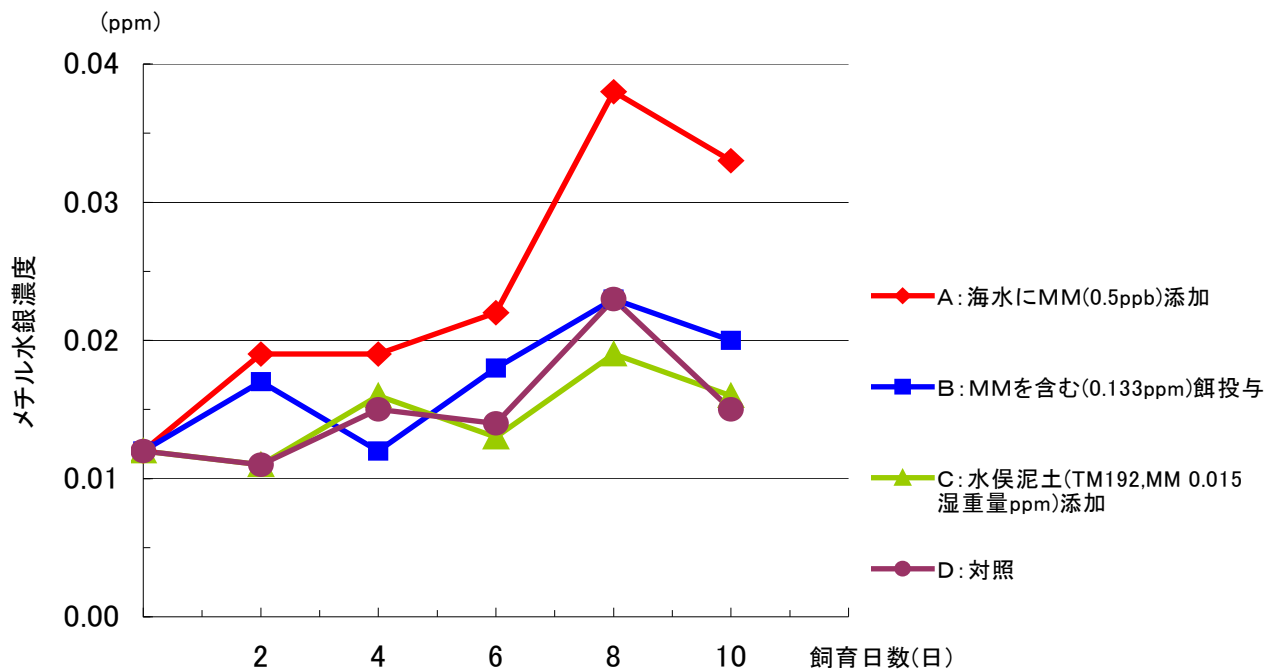


図2. 各群におけるメチル水銀蓄積曲線

表 2. 実験に用いたマダいの体長および体重の平均値

実験群	飼育日数 (日)	実験開始時		2		4		6		8		10		
		体長	体重	体長	体重	体長	体重	体長	体重	体長	体重	体長	体重	
A	平均値	12.2	42.6	10.7	33.7	11.5	38.2	11.0	37.5	11.3	38.8	11.9	41.2	
	S.D.			1.4	11.1	1.1	12.6	0.9	8.7	0.7	7.9	0.8	5.9	
B	平均値			11.3	39.4	11.2	40.4	11.3	40.0	11.3	37.6	11.8	41.9	
	S.D.			1.3	12.4	1.2	9.5	1.0	8.6	1.4	14.6	0.8	8.3	1.0
C	平均値			11.8	40.5	11.7	41.3	11.7	43.7	11.3	37.9	12.0	43.3	
	S.D.			1.8	14.0	1.1	9.1	1.4	10.2	0.8	8.1	1.0	6.2	
D	平均値			11.1	32.9	10.9	35.0	11.1	38.3	11.5	40.0	11.5	35.9	
	S.D.			1.2	8.3	1.0	9.3	1.2	10.0	1.0	9.2	1.2	7.4	

S.D.: 標準偏差