

ポリ塩化ビニル・フィルムの浸出液が 魚類に及ぼす毒性について

小木曾卓郎・田口錠次

Studies on the Toxicity of Exudation from Polyvinyl chloride-film to Fish.

TAKURO OGISO, JOJI TAGUCHI.

魚類に対するポリ塩化ビニル製品の毒性については、ニジマス、コイ、グピー、アユ、ヒメダカ、ミシンコ、についてすでに指摘されているところである。しかしこれらはいづれも仔稚魚、又は成魚に対する影響についてが殆んどで、卵に及ぼす毒性及び体形異状魚の発現については未だ報告をみない。

1972年6月初旬に岐阜県益田郡萩原町大ヶ洞地区のニシキゴイの種苗生産業者との間においてニシキゴイの異常孵化、孵化仔魚の大量斃死現象及び生残魚の殆んどについて、頭部眼上部から吻部にかけて絶壁状のカーブをえがく体形異状魚の出現が見られた。この原因を究明するため

め、水質、及び孵化管理等技術面について検討を加えたが、いづれも異状は認められなかった。しかし軟質ポリ塩化ビニル・フィルム製の水

槽を使用した業者にのみ、この異状現象が見られ、他の業者には全くみられなかったことからポリ塩化ビニルから溶出する物質が毒性を呈したためと推定された。そこでこれらを確認するために、軟質ポリ塩化ビニル・フィルムの浸出液を用いて、ニシキゴイ (*Cyprinus carpio*) の卵、及び仔魚と、アユ (*Plecoglossus altivelis*) の発眼卵の孵化飼育試験を実施したところ、この浸出液の毒性が、卵の発生及び孵化仔魚に影響を及ぼしたと考えられる結果を得たので報告する。

実験の方法

供試した軟質ポリ塩化ビニル・フィルムは、

一般にビニールハウス等農業用に用いられる青色の0.1mm厚の軟質ビニル(タカニール)を用いた。更にFood and Drug Administration Department of Health Education and Welfare, U.S.A.とUnited States Department of Agriculture: 及び東京都立衛生研究所(第8183号, 9366号)の三機関によって、生肉、生鮮魚貝類並びに含油食品、野菜等の食品用の直接包装用として許可されている透明な軟質塩化ビニル(タカパック)を用いた。

飼育に用いた容器はガラス製の2ℓビーカーを用いた。飼育水は全て1ℓとした。但し野外試験については、5×5×1mの農業用軟質塩化ビニル・フィルム製の水槽、三槽を用いた。水深は全て70cmとした。飼育水温はビーカー実験については恒温とし、野外水槽試験については常温とした。飼育水は当場の井水(pH6.8)を用い、浸出液は約300ℓの井水に5×5×1mの問題の水槽を浸漬し、エアーバブラーによ

って常時かくはんし、常温中に放置し(20~30℃), 設定の日数を経過した液を用いた。

供試魚はニシキゴイについては、当場で産卵、孵化させた卵及び仔魚を用いた。アユについては当場で池中飼育した親魚より採卵、孵化させた卵及び仔魚を用いた。但し野外試験に用いたニシキゴイ供試魚は大ヶ洞地区の業者から入手した卵を用いた。

結果

1) 大ヶ洞地区に発生したニシキゴイの卵及び仔魚の大量死について。

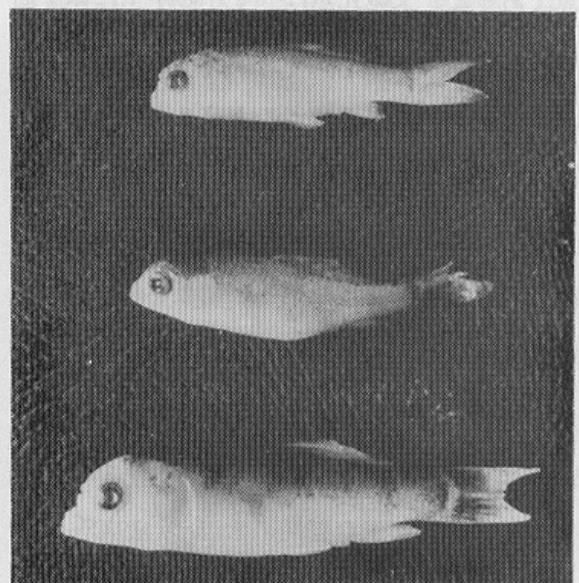
ニシキゴイの種苗生産は、その性質上品種毎に卵を区分して収容し、孵化、飼育する必要がある。最近既設の大きな池の中に数個の小形水槽を設置した方法が取られるようになってきた。たまたま大ヶ洞地区の業者間において、農業用

第1表 大量死のあった水槽三面の1ヶ月後の生残魚中の体形異状魚の出現割合(ニシキゴイ)

項目	A (大正三色)	B (紅白)	C (大正三色)	計
調査尾数(尾)	458	691	413	1,562
正常魚(尾)	8	36	58	102
体形異状魚(尾)	450	655	355	1,460
体形異状出現率(%)	98.3	94.8	86.0	93.5

注: 正常魚、体形異状魚の判定は肉眼的判定のみによった。体形異状魚の全てが頭部眼上部から吻部にかけて絶壁上のカーブをえがく変形タイプであった。

の青色軟質ポリ塩化ビニル・フィルム（タカニール）製の水槽がこの用途に用いられた。1972年6月初旬に、この水槽に収容されたニシキゴイの卵及び孵化仔魚が大量に斃死した。発生は用いられた軟質ポリ塩化ビニル・フィルム製の水槽全てにみられ、全く孵化しないか、又は卵から尾部のみ、頭部のみが出ているか、卵膜を体の一部に付着させた状態の孵化途中又は直後の斃死が多かった。又孵化した魚も2ないし3日以内に大量が斃死した。収容卵数に対する斃死率は、90~70%（推定）に達した。ごく僅かに生残した魚もその殆んどが、頭部眼上部から吻部にかけて絶壁状のカーブをえがく体形異状



第1図 頸骨に異状がみられ、吻長が短縮化した体形異状魚（ポリ塩化ビニル製水槽 5×5×1 m, 飼育魚）

第2表 農業用軟質ポリ塩化ビニルフィルムの
浸出液がニシキゴイ卵に及ぼす影響

項目	区	実験区 I	対象区
塩ビ・フィルム浸漬量 (g/l)		15	0
収 容 卵 数 (粒)		120	120
発 眼 所 要 日 数 (日)		2	2
孵 化 所 要 日 数 (日)		4	4
斃 死 卵 数 (粒)		95	46
孵 化 仔 魚 数 (尾)		25	74
孵 化 率 (%)		20.5	61.7
5 日 目 の 斃 死 数 (尾)		14	3
6 日 目 の 斃 死 数 (尾)		11	0
斃 死 魚 計 (尾)		25	3
生残率(孵化仔魚に対し) (%)		0	95.9
飼 育 水 温 (°C)		21.0	21.0
pH 開 始 時		6.8	6.8
終 了 時		6.6	7.0

魚であった。又斃死魚は“く”の字型に体を曲げた状態で斃死する魚が多かった。

大量斃死のあった業者の水槽3面の生残魚をそのままその水槽で継続して1ヶ月間飼育し、その一部の魚を無作為に採集して、体形異状魚の出現状況を調査した。その結果を第1表、第1図に示した。この水槽の大きさは $5 \times 5 \times 1$ m、水深70cmで、飼育水1ℓ当たりの使用軟質ポリ塩化ビニル・フィルムは $22.3\text{cm}^2 = 0.16\text{g}$ に相当する。孵化、飼育期間の水温は、19°C～23°C

であった。体形異状魚の出現率は93.5%の高率を示した。従来のコンクリート池等の孵化池で、孵化させた魚の卵及び孵化仔魚には、このような現象は全くみられなかった。又軟質ポリ塩化ビニル製の水槽中のDOは95.5～103%の飽和度を示した。pHは8.0～7.0を示し、アルカリ性を呈する池程被害は少なかった。その他、 $\text{HH}_4^- \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- \text{N}$ 、についても検討を加えたが、特に多い値は示さなかった。孵化、飼育技術の面にも特に異状は認められなかった。

第3表 農業用軟質ポリ塩化ビニルフィルムの6日間浸出液がニシキゴイ発眼卵及び仔魚に及ぼす影響

区分		実験II-1	実験II-2	対照II-1	対照II-2
供試魚(ニシキゴイ)		発眼卵 50粒	仔魚 20尾	発眼卵 50粒	仔魚 20尾
供試魚(収容数)		24	24	24	24
飼育期間(時間)		6	6	6	6
塩ビ・フィルム(日間)の浸漬日数		21.0	21.0	21.0	21.0
水温(°C)		6			
pH	開始時	6.0	6.0	6.8	6.8
	終了時	6.4	6.4	7.0	7.0
斃死魚	10分後(尾)		1		0
	20分後(尾)		3		0
	1時間後(尾)		2		0
	20時間後(尾)	50粒	0	0	0
	24時間後(尾)		0		
	計(尾)	50粒	6	50	0
生残魚(尾)		0	14	50	20
生残率(%)		0	70	100	100

等のことから、この大量斃死は、軟質ポリ塩化ビニル・フィルムから飼育水中に溶出した物質の毒性によるものと推定した。

2) 農業用の軟質ポリ塩化ビニル・フィルムについて

a) 産卵直後のニシキゴイ卵に及ぼす影響について

実験Ⅰ区には軟質のポリ塩化ビニル・フィルム $15\text{ g}/\ell$ を産卵直後のニシキゴイの受精卵、120粒と同時に浸漬した。卵収容後孵化するまで飼育した結果を第2表に示した。

孵化率は対照区の61.7%に対し、実験Ⅰ区は20.5%を示した。又孵化仔魚の2日間における

生残率は、対照区の95.9%に対し実験区Ⅰは、0%を示し、対照区と実験区Ⅰの間には明らかな差が認められ、農業用の軟質ポリ塩化ビニル浸出液に強い毒性のあることが判明した。尚、実験区Ⅰの孵化仔魚は全てが、頭部眼上部から吻部にかけて絶壁状のカーブをえがく、体形異状魚であった。斃死魚は“く”の字形に体を曲げて斃死した。

b) 6日間浸出液、及び10日間浸出液がニシキゴイ発眼卵及び仔魚に与える影響について

300ℓの井水中に問題の水槽を浸漬させたまま常温に放置し、6日後及び10日後の浸出液を6日間浸出液、10日間浸出液として用いた。1

第4表 農業用軟質ポリ塩化ビニルフィルムの10日間浸出液がニシキゴイ仔魚に及ぼす影響

項目		区分		実験Ⅲ	対照Ⅲ
塩ビ・フィルムの浸漬日数(日間)				10	10
水温(℃)				20~21.0	20~21.0
飼育期間(日間)				6	6
収容尾数(尾)				20	20
斃死魚数	1日目(尾)			0	0
	2日目(尾)			3	0
	3日目(尾)			3	0
	4日目(尾)			3	0
	5日目(尾)			6	0
	6日目(尾)			3	0
	計(尾)			18	0
生残尾数(尾)				2	20
生残率(%)				10	100

（当りのポリ塩化ビニルの使用量は $2,600 \text{ cm}^2 = 9.1 \text{ g}$ に相当する。供試魚はニシキゴイの孵化直前の発眼卵を50粒、孵化直後の仔魚20尾を用いた。6日間浸出液及び10日浸出液中における24時間又は6日間の飼育結果を、第3表、第4表に示した。

実験区IIは、対照区IIの生残率100%に対し、実験区II-1の孵化率0%，実験区II-2の生残率70%を示し、6日間浸出液の毒性が認められた。又浸出液に対する感受性は、卵が仔魚よりも高かった。体形異状魚の発現については、実験II-1については全てが卵の状態で斃死したため不明であったが、実験II-2については特に肉眼的異状が認められるような体形異状魚は認められなかった。

10日間浸出液区は、6日間飼育したことと相まって、前述の実験区よりも更に強い毒性の發

現が見られ、生残率は10%と低い値を示した。又生残魚が2尾であったために問題は残るが、全てが前述の頭部に異状のある体形異状魚であった。

3) 食品用の軟質ポリ塩化ビニル・フィルムについて

本実験の実施中に、前述の三機関によって食品包装用として許可されているポリ塩化ビニルフィルムを、高砂ゴム工業K.Kから提供されたので、これについても二三の実験を実施した。

a) 孵化直前のニシキゴイ発眼卵に及ぼす影響について

井水1ℓ中に食品用の軟質ポリ塩化ビニル・フィルム0.7g ($10 \times 10 \text{ cm}$)、及び10gを孵化直前のニシキゴイ発眼卵50粒と、同時に浸漬し24時間観察した。その結果を第5表に示した。

孵化率には有意な差は認められなかつたが、

第5表 食品用軟質ポリ塩化ビニルフィルムの浸出液がニシキゴイ発眼卵に及ぼす影響

区分		実験IV	実験V	対照IV
塩ビ・フィルム(g/ℓ)	($10 \times 10 \text{ cm}$)	0.7	10	0
実験終了時のpH		6.8	6.6	6.8
供試卵数(粒)		50	50	50
24時間の結果		43	46	48
死卵数(粒)		7	4	2
孵化率(%)		86	92	96
24時間の結果		43	46	0
死残魚数(尾)		0	0	48
生残率(%)		0	0	100

孵化仔魚の生残率は、対照区IVに対し、実験区IV, Vともに0%を示し、食品用ポリ塩化ビニル・フィルムにも農業用フィルムと同様な毒性が認められた。斃死魚の殆んどが“く”の字形に体を曲げて斃死した。尚、体形異状魚の発現については、実験区の全てが孵化途中の状態で斃死したため、肉眼的に判定が困難であり不明であった。

b) ニシキゴイ仔魚に及ぼす影響について

井水3ℓ中に食品用の軟質ポリ塩化ビニル・フィルム30gを48時間、常温中で浸漬し、その浸出液を用いた。浸出液1ℓ当りニシキゴイの孵化直後の仔魚を20尾放養し、24時間観察した結果を第6表に示した。

農業用フィルムと同様に食品用フィルムにも強い毒性が認められた。斃死魚は全て“く”的字形に体を曲げて斃死した。

c) アユ発眼卵に及ぼす影響について

井水1ℓ中に食品用のポリ塩化ビニル・フィ

ルム0.7g、及び5gをアユの発眼卵70粒と同時に収容した。孵化までの9日間を観察し、7日目及び9日目の結果を第7表に示した。

アユの場合には軟質ポリ塩化ビニル・フィルムの浸漬量によって、卵の孵化に与える影響に差が認められ、5g区の孵化率が異常に悪かった。しかし、孵化した仔魚の生残率は、実験区の全てが0%を示し、強い毒性が認められた。斃死魚はニシキゴイと同様に“く”的字形に体を曲げて斃死した。

考 察

ビニル樹脂、特に軟質のポリ塩化ビニル製品から溶出する物質が魚類にあたえる毒性については既に多くの報告がある。¹⁾木村は農業用の軟質ビニル・フィルム及びポリ塩化ビニリデン・フィルム溶出物が、ニジマス稚魚、コイ稚魚、

第6表 食品用軟質ポリ塩化ビニルフィルムの
浸出液がニシキゴイ仔魚に及ぼす影響

項目	区分	実験VI	対照V
実験終了時のpH		6.8	6.8
供試尾数(尾)		20	20
24時間後の結果	斃死尾数(尾)	20	0
	生残魚数(尾)	0	20
	生残率(%)	0	100

クピーを斃死させたと報告している。伊藤、岩井等は天蓋として用いられた農業用ポリ塩化ビニルフィルムから滴下する露滴がアユ仔魚を斃死させる、又軟質ポリ塩化ビニル製のホースの浸出液もアユ仔魚に強い毒性を示すことを報告している。³⁾ 森、石井はヒメダカ、ミジンコについて軟質ポリ塩化ビニル製品溶出物の毒性を報告している。

本報告の大ヶ洞地区に発生したニシキゴイの異常孵化及び斃死の原因も、ポリ塩化ビニル・フィルム製の水槽が使用されなかった所では、この現象が見られなかったこと、及び一連の確

認実験によって軟質ポリ塩化ビニル・フィルム溶出物の毒性によるものと推定された。

浸出液の卵に及ぼす毒性は、ニシキゴイの産卵直後の卵をフィルム量 $15\text{ g}/\ell$ と同時に6日間浸漬した区及びアユの発眼卵をフィルム量 $5\text{ g}/\ell$ と同時に9日間浸漬した場合に異状に低い孵化率を示したが、ニシキゴイの発眼卵を24時間浸漬した場合及びアユの発眼卵を $0.7\text{ g}/\ell$ と同時に9日間浸漬した場合には、対照区に対し、やや低い孵化率を示し、浸出液に対する卵の感受性は比較的低かった。即ち浸出液中に短期間（24時間）浸漬又は低濃度（ $0.7\text{ g}/\ell$ ）

第7表 食品用軟質ポリ塩化ビニルフィルムの浸出液がアユ発眼卵に及ぼす影響

項目	区分			実験 VII			実験 VIII			対照 VI		
	7	9	計	7	9	計	7	9	計	7	9	計
塩ビ・フィルムの浸漬量(g/ℓ)			0.7 ($10 \times 10\text{ cm}$)			5			0			
供試卵数(粒)			70			70			70			
飼育水温(°C)			av. 11.4			av. 11.4			av. 11.4			
実験終了後のpH			6.8			6.6			6.9			
測定日(日目)	7	9	計	7	9	計	7	9	計	7	9	計
未孵化卵数(粒)	16	0		0	0					0		
死卵数(粒)	8	3	11	64	0	64	2	2		4		
孵化尾数(尾)	46	13	59	6	0	6	14	52		66		
孵化率(%)	84.3			8.6			94.3					
9日目	斃死尾数(尾)	59			6			0				
	生残尾数(尾)	0			0			66				
生残率(%)	0			0			100					

の浸漬では、孵化には大きな影響は認められなかったが、長期に渡って浸漬した場合には、孵化に大きな影響がみられた。

仔魚に対する毒性は、卵に比し非常に強く、今回の実験例の全てが、24時間又は48時間浸漬で全滅した。一方確認実験に使用された最低濃度のフィルム量 $0.7\text{ g}/\ell$ 浸出液の $1/4.37$ の $0.16\text{ g}/\ell$ に相当する野外試験では、30~10%（推定）の生残が認められた。即ち確認実験に用いられた高濃度浸出液中では全てが48時間内に斃死し、野外試験の低濃度浸出液中では生残魚が認められたが、その殆んどが体形異状魚であった。

ポリ塩化ビニル製品からの溶出物による体形異状魚の出現の可能性については、一般には論じられている所であるが、未だその実証された報告は見ない。本報告においてニシキゴイの産卵直後の卵をフィルム量 $15\text{ g}/\ell$ 浸出液中で6日間飼育した場合、及びフィルム量 $9.19\text{ g}/\ell$ を10日間浸漬した浸出液中の6日間飼育の場合、そして野外試験における低濃度浸出液中で卵より1ヶ月間飼育した場合において、その生残魚の殆んどが体形異状魚として出現した。体形異状魚の全てが額骨の発育に異状がみられ、吻長が短縮化した、いわゆる頭部眼上部から吻部にかけて絶壁状のカーブをえがくタイプ⁴⁾⁵⁾、であった。産卵直後の受精卵からポリ塩化ビニル・フィルム浸出液中に浸漬することによって奇形魚が孵化してきたこと、又胚葉の分化、諸器官原基の形成が殆んど完了していると考えられる発眼卵の浸漬によっても奇形魚が孵出したこ

と、更に孵化仔魚の浸漬によっても同様のタイプの体形異状魚の出現をみたことから、浸出液の毒性は、胚葉の分化、器官形成に直接の影響を与えるのではなく、額骨又はその周辺の骨格の発育を阻害する作用性をもつのではないかと考えられる。コイの頭部眼上部から吻部にかけて絶壁状のカーブをえがく体形異状魚について^{4) 6)}は村上、青江等の報告がある。いづれも栄養的な要素の欠乏による骨の成長異状により発現すると推定している。特に村上はP、Caの添加によって、発生の防止が出来たと報告している。一方ポリ塩化ビニルの浸出液中の毒性を示す物質は、製造工程中に添加される安定剤、可塑剤、帯電防止剤、着色剤中に含まれる物質とされている。特に安定剤中には、カドミウム、鉛、亜鉛、有機スズ等が含まれる場合がある。木村、⁷⁾熊田は農業用軟質ポリ塩化ビニル・フィルム浸出液中からカドミウムを検出している。これらの重金属によって骨の代謝異状が起り、体形異状が発現するものと推定される。勿論これら重金属の濃厚液は魚を死にいたらしめる。⁸⁾⁹⁾

農業用ビニル・フィルム、波板等は、これらの有毒物質の使用規制が、野放し状態にある。又、前述の食品用のビニル・フィルムについても毒性が確認されたことから、魚類の飼育に当っては、ポリ塩化ビニル製品の特に軟質のポリ塩化ビニル製品の使用は止めるべきである。

尚、木村はポリ塩化ビニルとの共重合体として利用されるポリ塩化ビニリデンについても同様の毒性を認めている。¹⁾

らの溶出物が魚類にあたえる影響、

水産増殖, vol 12, № 4

要 約

- 1) 1972年6月初旬に岐阜県益田郡萩原町大ヶ洞地区に発生したニシキゴイの種卵及び孵化仔魚の異状孵化、大量斃死、及び大量の体形異状魚出現について、その発生状況を調査するとともに、原因究明の為の実験を実施した。
- 2) 発生状況調査及びニシキゴイ、アユを用いた確認実験によって、その原因は軟質ポリ塩化ビニル・フィルム製の水槽から溶出する物質の毒性によるものと推定した。
- 3) 軟質ポリ塩化ビニル・フィルム浸出液の毒性は、浸漬時間にも比例して強力となった。
- 4) 浸漬液に対する魚の感受性は、卵より孵化仔魚に高かった。
- 5) 長期間に渡って浸出液中に浸漬した場合、特に低濃度浸出液中に浸漬飼育した場合、頭部眼下部から吻部にかけて絶壁状カーブをえがく体形異状魚の出現がみられた。

文 献

- 1) 木村関男, 1965: プラスチックフィルムか

2) 伊藤隆, 岩井寿夫, 他 2名, 1967: アユ種苗の人工生産に関する研究—X X VII,

アユ仔魚に対する軟質ビニールシートおよびパイプ浸出水の毒性について、木曽三川河口資源調査報告, 第3号, K.S.T.

3) 森茂寿, 石井重男, 1970: 餌料生物培養に関する研究—IV, プラスチックフィルム製品の毒性について、岐水試研報, № 15

4) 村上恭祥, 1967: コイ稚魚に発生する頭部変形の研究, 魚病研究, vol 2, № 1

5) 駒田格知, 1974: 変形アユの骨格系異常に
関する研究, 魚病研究, vol 8,
№ 2

6) 青江弘, 1968: 魚類の栄養性疾患, 魚病研究, vol 2, № 2

7) 木村関男, 能田弘(未発表):
前記の文献(1)より引用した。

8) 松井佳一, 上野紘一, 1973: アユおよびニジマスの卵、稚魚における重金属の影響、近畿大学公害研究所研究報告, 第1号

9) ———, ———, 1974: Ditto, Ibid,
第2号