

生態毒性の生物種間の比較

本資料では、生態毒性の生物種間の比較について、データが豊富に得られる急性毒性試験結果を基に行った。ここでの検討は、まず生物間の比較として環境省の実施している生態影響試験事業でのベースセット生物（藻類、甲殻類（ミジンコ）、魚類）を対象に行い、次に生物種内間の比較について、比較できるデータ数が多い甲殻類（ミジンコ）及び魚類について行った。なお、とりまとめに使用した毒性データは、藻類、甲殻類及び魚類についての比較では環境省で実施している生態毒性試験結果を基に、また、生物種内間の比較では生態影響試験事業が *Daphnia magna* 及びメダカのみを対象としていることから既往の知見によるデータも含めて行った。

1 藻類、甲殻類、魚類の急性毒性値の比較

環境省が実施している生態影響試験事業では、藻類として緑藻類の *Selenastrum capricornutum*、甲殻類としてミジンコ *Daphnia magna*、ならびに魚類のメダカ *Oryzias latipes* を対象に急性毒性試験を実施している。ここでは、生態影響試験事業で得られた結果を基に、生物間での急性毒性値を比較した。

解析に供したデータは、環境省が平成7～10年度までに生態毒性試験を実施した186物質のうち、物質濃度が1000mg/L未満又は水溶解度を超えない145物質についての試験結果である。なお、毒性値は生物に対する生理作用様式に依存し、生理作用様式は物質の構造特性と関連することが考えられるため、ここでは物質全体での比較に加えて、構造特性を考慮した検討も若干行った。

藻類72時間 EC_{50} と甲殻類48時間 EC_{50} の急性毒性値の相関図を図1に示した。図中のデータ数は藻類、甲殻類ともにデータが得られた物質数を表している。また、藻類と甲殻類の急性毒性値の比率を参考として併せて示した。図1に示すように、藻類 EC_{50} と甲殻類 EC_{50} は相関係数 $r=0.511$ 、有意水準1%で、統計上は有意な相関が得られたが、毒性値の分布状況を見ると各毒性値はばらついている。藻類と甲殻類の毒性値の比率（甲殻類/藻類）をみると、1/10倍から10倍の範囲に含まれる物質が多いが、以下の物質については100倍以上又は1/100以下となっており、感受性が異なることがわかる。

100倍以上：ピリジン、テトラエチルペンタミン、N,N-ジメチル-N-オキサイドドデシルアミン、トリクロサン、ブタクロール、プレチラクロール

1/100以下：アニリン、ケルセン、ピリダフェンチオン、BPMC（フェノブカルブ）、m-アミノフェノール

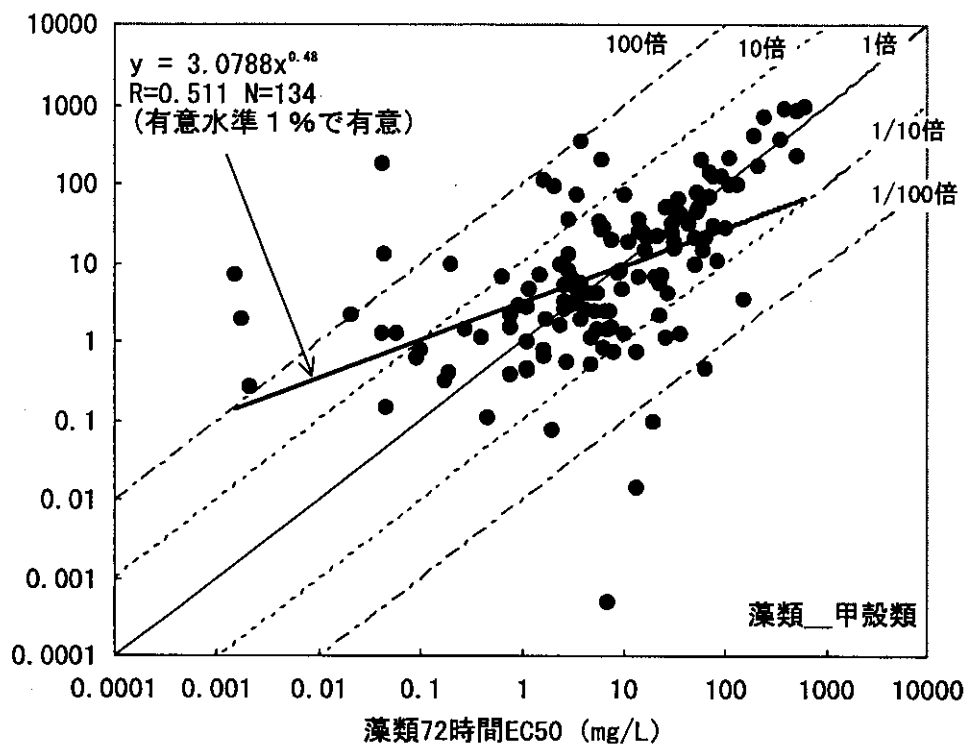


図1 藻類 72 時間 EC₅₀ と甲殻類 48 時間 EC₅₀ の相関図
(環境省 平成 7～10 年度 生態毒性試験結果より)

図 2 は藻類の 72 時間 EC₅₀ と魚類 96 時間 LC₅₀ の毒性値を示したものである。藻類と魚類の急性毒性値は相関係数 0.616 を示し、統計的には有意水準 1% で有意な相関が得られている。藻類と甲殻類との比較に比べるとばらつきが少ないが、プレチラクロール、N,N-ジメチル-N-オキサイドドデシルアミン、トリクロサン、ブタクロールについては藻類と魚類の毒性値の比が 100 倍を超えていた。

甲殻類 48 時間 EC₅₀ と魚類 96 時間 LC₅₀ の毒性値を図 3 に示した。甲殻類と魚類の急性毒性値は、相関係数が 0.673 となっており、統計的には有意水準 1% で有意な相関が得られている。ばらつきはこれまでと比べて小さいが、魚類と甲殻類の毒性値の比が 100 を超えているのは BPMP (フェノブカルブ) 及び m-アミノフェノールであった。

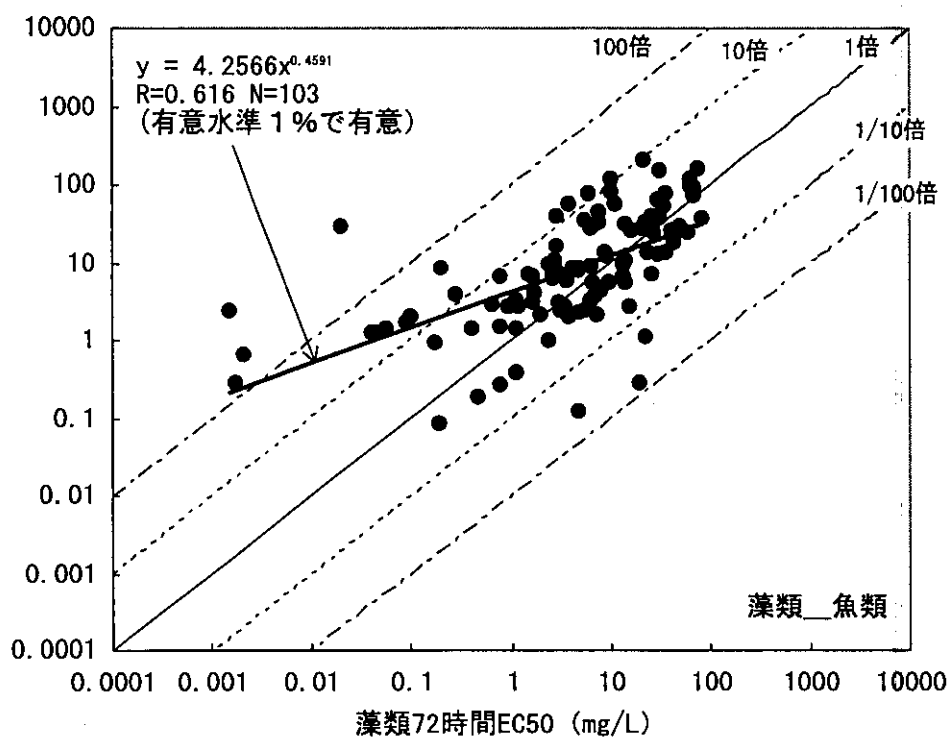


図2 藻類 72 時間 EC_{50} と魚類 96 時間 LC_{50} の相関図
 (環境省 平成 7 ~ 10 年度 生態毒性試験結果より)

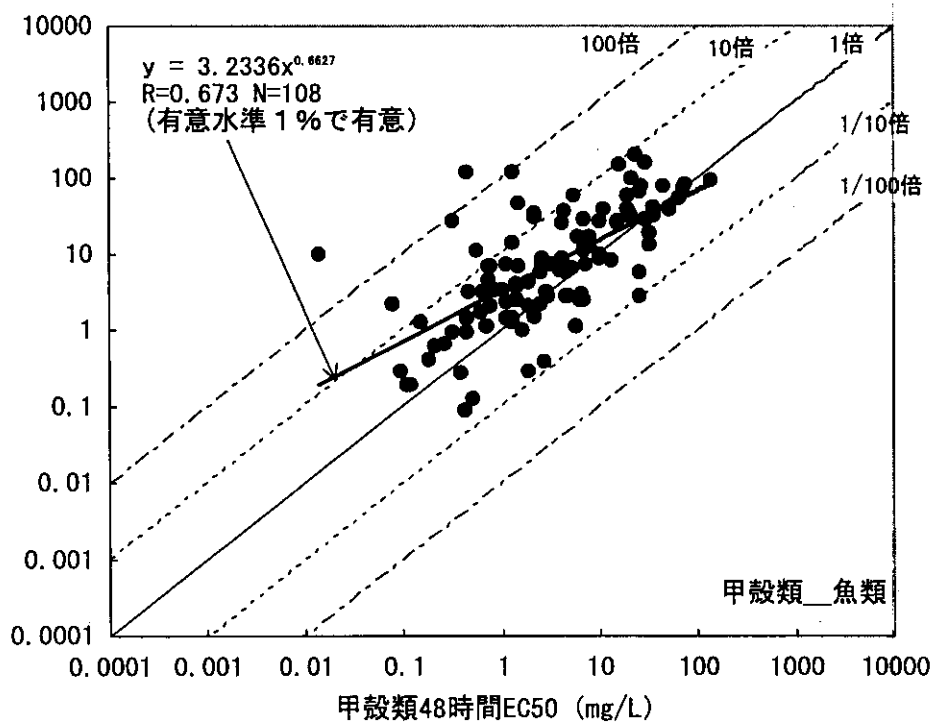


図3 甲殻類 48 時間 EC_{50} と魚類 96 時間 LC_{50} の相関図
 (環境省 平成 7 ~ 10 年度 生態毒性試験結果より)

生物の毒性値については、物質の構造特性との関連が指摘されている。ここでは、急性毒性値の得られた物質を米国環境保護庁で用いられている物質群に分類し、物質群毎に急性毒性値を比較した。

なお、ここでは、特に感受性が高い生物群に着目するため、各生物群において毒性値が最小となった物質数をとりまとめるとともに、最小値を1とした場合の他の生物群の毒性値との比率を範囲で示した（表1）。

表1に示すように、生物間での毒性値の傾向は物質群により異なっており、例えば芳香族アミン類やビニル/ハロゲン化アリル類では甲殻類に対する毒性値が最も小さい（甲殻類が最も感受性が高い）物質が多く、中性酸類では藻類に対する毒性値が最も小さくなっている。中性物質についてはばらついている。全体的にみると魚類が最小値となっている物質は少なく、魚類より藻類や甲殻類の方が感受性が高いようである。しかし、物質数が少ないこと、この分類法では例えば有機リン剤など特殊な物質群をとりだした解析が行えないことに留意する必要がある。

以上より、3種類の生物に対する化学物質の毒性値の傾向は物質ごとに異なっており、3種の生物種間の感受性が異なることが示されたものと考えられる。

表1 物質群における生物群別最小毒性値該当物質数と他生物群との比率

物質群名	藻類					甲殻類					魚類				
	最小値 該当 物質数	甲殻類/藻類		魚類/藻類		最小値 該当 物質数	藻類/甲殻類		魚類/甲殻類		最小値 該当 物質数	藻類/魚類		甲殻類/魚類	
		最小値	最大値	最小値	最大値		最小値	最大値	最小値	最大値		最小値	最大値	最小値	最大値
アルデヒド類	2	2.0	4.8	1.6	4.7	0	-	-	-	-	1	2.2	2.2	2.5	2.5
脂肪族アミン類	3	2.6	4.2	2.4	5.9	1	1.1	1.1	1.5	1.5	0	-	-	-	-
芳香族アミン類	1	1.1	1.1	9.5	9.5	7	1.1	128.1	1.9	92.3	0	-	-	-	-
エステル系溶剤	2	4.0	10.5	2.3	4.7	4	1.1	928.6	1.8	700.0	0	-	-	-	-
中性物質	16	1.0	31.7	1.6	31.7	22	1.0	22.7	1.1	8.8	5	1.3	39.2	1.1	5.2
中性酸類	3	1.0	7.5	1.1	8.2	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
フェノール類	5	1.1	128.6	1.7	319.0	5	1.1	4.2	1.2	2.1	1	2.2	2.2	4.8	4.8
ビニル/ハロゲン 化アリル類	0	-	-	-	-	3	4.9	26.9	2.7	10.8	0	-	-	-	-

2 OECD 推奨生物種における急性毒性値の比較

本項では、OECD のテストガイドラインで推奨されている生物種のうち、環境省が実施している生態影響試験事業での対象種（甲殻類：ミジンコ *Daphnia magna*、魚類：メダカ *Oryzias latipes*）とその他の生物種の急性毒性値の相違を、環境省生態影響試験事業によるデータと既往の知見によるデータをもとに検討した。既往の知見は AQUIRE から入手したが、環境省データとの整合性を考慮して、同じ暴露期間、エンドポイントのもののみ用いることとし、同一物質で複数のデータがある

場合には最小値を採用した。なお、藻類については、環境省での生態影響試験事業では緑藻の *Selenastrum capricornutum* を用いているが、既往の知見で他の種類との比較に用いることのできる同じ暴露期間・エンドポイントのデータが少ないことから、ここでは甲殻類と魚類のみについて検討を行った。

(1) 甲殻類

ここでは、環境省生態影響試験事業の対象種であり国際的にも広く用いられている *Daphnia magna* と、我が国でも生息しておりかつ既往知見でのデータが比較的豊富であった *Daphnia pulex* を対象として、感受性の相違を急性毒性値（最小値）により検討した。なお、ここで用いた既往知見のデータは、暴露期間が 48 時間、エンドポイントが EC₅₀（半数影響濃度）で影響内容が遊泳阻害のもののみである。

D. magna と *D. pulex* の比率が得られた物質は 21 物質（表 2）で、これらの物質はフェノール類、ハロゲン化ベンジル類、エステル系溶剤、リン酸エステル類など 8 物質群に属している。

表 2 ミジンコの急性毒性値を比較した物質一覧

番号	Cas	物質名	番号	Cas	物質名
1	50293	DDT	12	107415	ヘキシレングリコール
2	52686	トリクロロホン	13	117817	フタル酸ジ-2-ヘキシルエチル
3	56382	パラチオン	14	120127	アントラセン
4	58899	プロピレングリコール	15	121755	マラチオン
5	63252	カルバリル	16	333415	ダイアジノン
6	72208	エンドリン	17	581420	2,6-ジメチルナフタレン
7	76879	トリフェニルスズヒドロキシド	18	1582098	トリフルラリン
8	85018	フェナントレン	19	2385855	マイレックス
9	87865	ペンタクロロフェノール	20	7447394	塩化第二銅
10	91203	ナフタレン	21	8001352	カンフェクロル
11	92524	ビフェニル			

図 4 は *D. magna* と *D. pulex* の急性毒性値の比率を縦軸に、物質を横軸に示したものである。図 4 に示しているように、21 物質中 19 物質は 0.1~10 の範囲に含まれており、それ以外の比率となった物質は、2,6-ジメチルナフタレンとアントラセンのみである。また、両種の急性毒性値は大部分の物質で *D. pulex* の毒性値が *D. magna* を上回っているが、その差は 3 倍以内のものが多い。

以上の結果から、環境省の生態毒性試験で対象となっている *D. magna* の感受性は我が国に生息している *D. pulex* より若干高いと考えられるが、解析した範囲では大きな差は認められない。

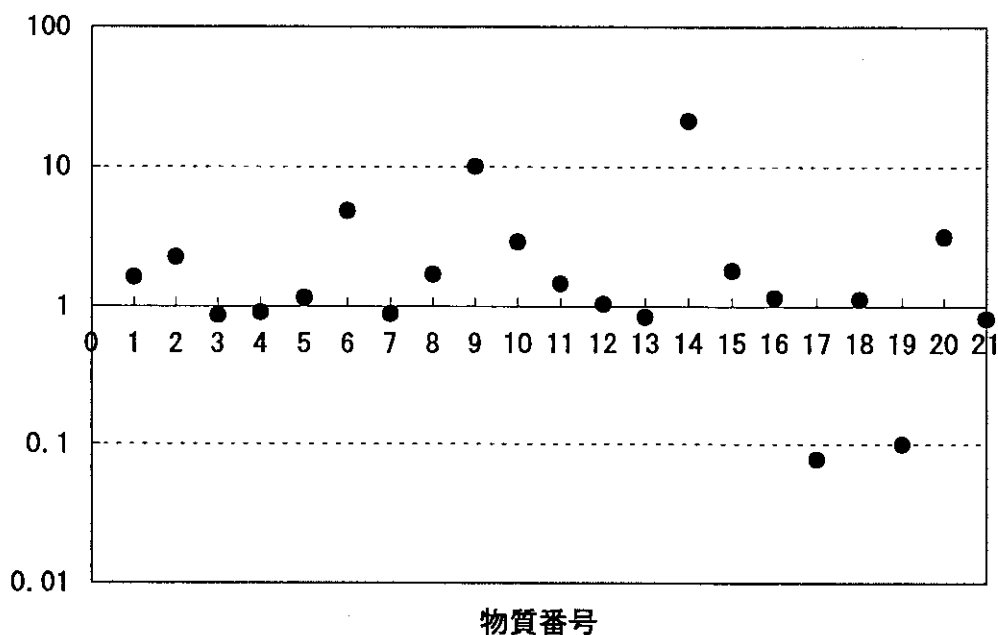


図4 各物質における*D. magna* に対する*D. pulex* の毒性値の比率

(2) 魚類

ここでは、環境省生態影響試験事業の対象魚種であるメダカと、その他の OECD 推奨魚種 6 種類（ゼブラフィッシュ、コイ、ブルーギル、ニジマス、ファットヘッドミノー、グッピー）の急性毒性値の相違について、環境省の生態影響試験事業によるデータと既往の知見によるデータをもとに比較した。なお、既往の知見から得た急性毒性値は、OECD テストガイドラインの試験条件（暴露期間が 96 時間で、エンドポイントが LC_{50} ）に該当する値に限定している。

メダカでの急性毒性値が得られた物質は 45 物質であった。これらの物質におけるメダカ以外の OECD 6 魚種の急性毒性値について、最小値を比較することとし、物質毎にメダカの急性毒性値を「1」とした場合の比率を求めた。

メダカの急性毒性値に対する各魚種の比率を図 5 に示した。図には横軸に OECD 推奨種、縦軸にメダカの急性毒性値との比率を表している。

図 5 に示すように、得られたデータの少ないコイを除いて、各魚種ともに、大部分の物質の比率が 0.1~10 の範囲に含まれている（ゼブラフィッシュ：10 物質中 8 物質、ブルーギル：24 物質中 21 物質、ニジマス：25 物質中 21 物質、ファットヘッドミノー：36 物質中 35 物質、グッピー：15 物質中 14 物質）。また、比率の分布をみると、ゼブラフィッシュ、ファットヘッドミノー及びグッピーは、ほぼ「1」を中心に分布しているのに対して、ブルーギルとニジマスは 1 未満のデータが多くなっている。

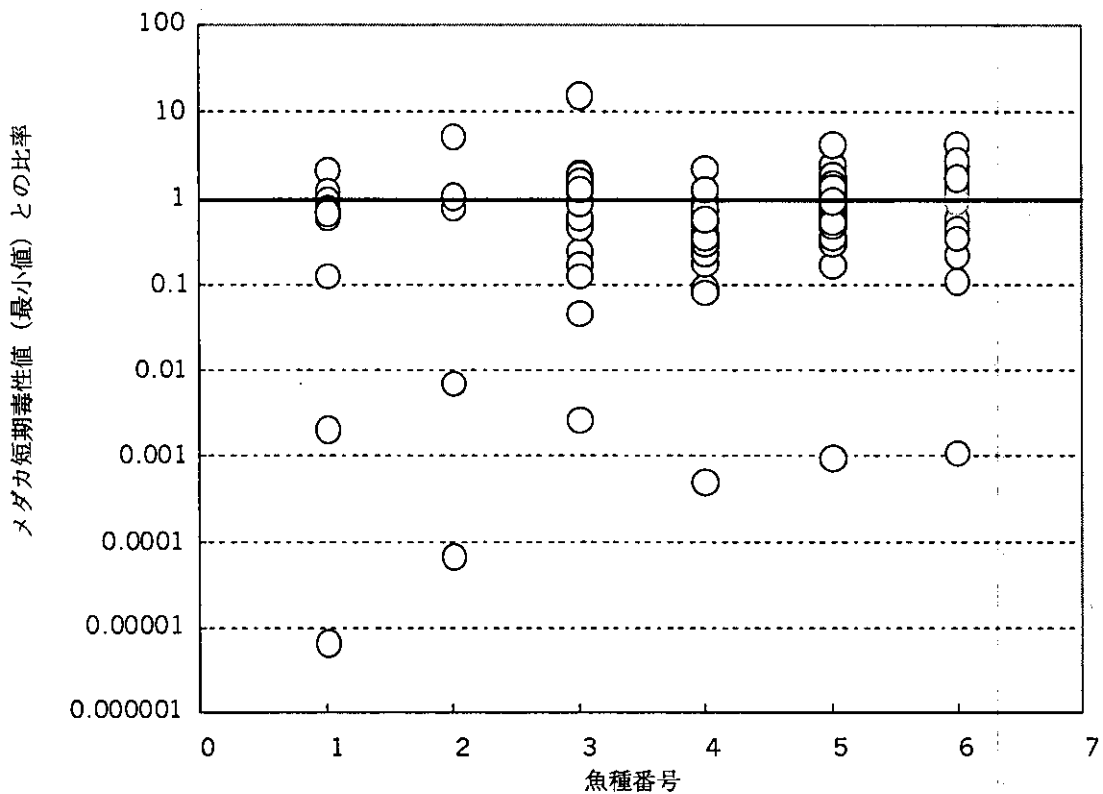


図5 メダカに対する他の OECD 推奨種の急性毒性値(最小値)の比率

(魚種番号1：ゼブラフィッシュ、2：コイ、3：ブルーギル、4：ニジマス、5：ファットヘッドミノー、6：グッピー)

化学物質の水生生物への毒性と物質の構造特性との関係が指摘されているが、図にプロットした物質はフェノール類、脂肪族アミン類、芳香族アミン類など 15 物質群に該当しており、ここで見る限りでは物質群による差は小さいようである。なお、メダカの急性毒性値(最小値)に対する比率が 1/100 以下となっているデータ(急性毒性値の最小値)について、物質名、試験魚の成長段階を併せて示した。メダカとの差が大きなデータは感受性の高い仔魚期のものを用いている場合が多い。

1/100 以下：4-クロロアニリン(ゼブラフィッシュ(稚魚))、ペンタクロロフェノール(ゼブラフィッシュ(成長段階不明))、2,4-ジクロロフェノキシ酢酸(コイ(仔魚)、ブルーギル(稚魚)、ニジマス(後期仔魚)、ファットヘッドミノー(稚魚))、フェノール(コイ(仔魚))、臭化メチル(グッピー(成長段階不明))

以上の結果から、我が国で主に用いているメダカと OECD テストガイドラインで推奨されているその他の魚種の急性毒性値との差は多くの物質で 0.1~10 倍以内であり、特に、ゼブラフィッシュ、ファットヘッドミノー、グッピーの 3 種についてはメダカと感受性が似ていると考えられる。

3 既往の知見による生物種間における感受性の比較

若林 (2000)¹ は生物種による感受性の相違について、「科、類が同一の場合」と「門が異なる生物を含めた場合」の2つのケースに分けて既往の知見をとりまとめている。また、環境省(1997)は、生物種による感受性の相違を特に農薬に着目して検討している。ここでは、それらの報告をもとに生物種による感受性の相違について整理した。

1) 科、類が同一の場合の感受性の相違

Einabarawy(1986)は、ミジンコ類における種間での毒性値について、8種類の有機化合物と7種類の重金属での48時間半数影響濃度(EC_{50})を比較し、*Daphnia magna*と*D. pulex*、*Ceriodaphnia reticulata*の EC_{50} の相違が、*D. magna*の48時間 EC_{50} を「1」とした場合、*D. pulex*のそれは「0.40~1.79」、*C. reticulata*は「0.3~1.74」で、最大と最小の比は最大でも6以下で大きな差はなかったと報告している。また、22種の農薬を用いた橋本ら(1981)の報告ではコイとキンギョの LC_{50} (半数致死濃度)の最大値と最小値の比はほとんどの農薬で2~3の範囲としており、11種の殺虫剤に対する12種類の魚類の96時間 LC_{50} の種による差は最大でも20程度までとの知見もある(Macekら, 1970)。ただ、若林は農薬での生物種間の感受性について、種類によっては生物に対する生理作用様式の相違から1000倍以上の差が出る場合もあることから、このような物質での試験においては生物の選定が重要であると指摘している。

2) 門が異なる生物間での感受性の相違

若林は、分類学上の「門」レベルにおける感受性の相違に関する既往の知見を紹介している。フェノールの事例では、生物門での感受性の相違は非常に大きく、門レベルでは平均で数百、生物種では約1000倍の差がみられ、フェノールでの門あるいは類による感受性は大きく異なるとしている。

また、Slooffら(1983)は15物質に関して、異なる9の生物門、22種類の生物の毒性値を比較しており、生物の感受性の差は非常に大きく、無影響濃度(NOEC)の最大値と最小値の比は最大で9000倍と報告している。一方、全ての物質についてのNOECの平均値を比較した場合には違いは小さくなり、その比は最大でも7以下であった。

3) 農薬における生物種間の感受性の相違

環境省では、農薬に対する生物種間の感受性の相違を既往の知見のデータをもとに検討している。その中で、比較的データが豊富な魚類については、コイの48時間 LC_{50} と96時間 LC_{50} を基本に、他のOECD推奨種(ゼブラフィッシュ、ファットヘッドミノー、ヒメダカ、グッピー、ブルーギル、ニジマス)との毒性値の比率を求め、感受性について考察しているが、その結果、ブルーギル、ニジマスはコイに比べて感受性がやや高く、ヒメダカについてはコイとほぼ同等と考えられるとしている。

¹ 若林明子(2000) : 化学物質と生態毒性、(社)産業環境管理協会