

## 農薬登録基準の設定における藻類、水草の取扱いについて（案）

### 1 経緯

水産動植物の被害防止に係る農薬登録基準の設定における種の感受性差の取扱いについては、平成 28 年 3 月 3 日中央環境審議会土壌農薬部会農薬小委員会（第 50 回）において、「藻類試験においては、推奨試験種の *Pseudokirchneriella subcapitata*（以下、「ムレミカヅキモ」という。）は、感受性が高い種として知られていたため、当面、不確実係数は 1 として、急性影響濃度を求めている。しかしながら、これまでの調査により、農薬の種類によっては、他の試験種の感受性の方が高い場合も相当程度存在することが示唆された。このため、藻類の感受性差については、引き続き科学的知見を集積し、試験生物種の追加や不確実係数の設定等について、具体的な検討を行うこと」とされた。

このため、平成 28 年度には「農薬水域生態リスクの新たな評価法確立事業」において、引き続き藻類・水草の感受性に係る知見を収集するとともに、平成 29 年度には「農薬の水生植物に対する影響調査業務」において、水域環境における水草の生息実態調査とともに、欧米の水生植物に対する評価方法の整理を行うなどの検討を行ったところである。

また、平成 30 年 6 月 15 日に農薬取締法の一部を改正する法律（以下、「改正法」という。）が公布され、農薬登録基準の設定における評価対象が、これまでの水産動植物から、生活環境動植物（その生息又は生育に支障を生ずる場合には人の生活環境の保全上支障を生ずるおそれがある動植物をいう。）に拡大され、国会の附帯決議の中で、改正法の施行に当たっては、「生活環境動植物についてのリスク評価手法を早急に確立すること」、「農薬メーカーの負担にも配慮すること」とされた。

### 2 新たな知見

#### （1）除草剤の作用機構分類による藻類等の感受性の種間差

作用機構分類が B、E、F2 の除草剤では、ムレミカヅキモに比べ、ウキクサ、イカダモ、ナビクラでそれぞれ感受性が顕著に高かった。また、それ以外の作用機構分類では顕著な感受性差は明らかでなかった（表 1）が、中にはムレミカヅキモよりも高い感受性を示す種のある除草剤もあった（別紙 1）。

表 1 除草剤の作用機構分類別の藻類等の感受性差

作用機構分類※ <sup>1</sup>	調査剤数	ムレミカヅキモに比べ感受性が顕著に高い種※ <sup>2</sup>
アセチル CoA カルボキシラーゼ (ACCase) 阻害【A】	1	顕著な感受性差が明らかでない
アセト乳酸合成酵素 (ALS) 阻害【B】	7	<i>Lemna spp.</i> (ウキクサ<水草>)
光合成 (光化学系 II) 阻害【C3】	1	顕著な感受性差が明らかでない
光化学系 I 電子変換【D】	1	顕著な感受性差が明らかでない
プロトポルフィリノーゲン酸化酵素阻害【E】	6	<i>Desmodesmus subspicatus</i> (イカダモ<緑藻>)
白化：4-ヒドロキシフェニルピルビン酸ジオキシゲナーゼ酵素阻害【F2】	4	<i>Navicula pelliculosa</i> (ナビクラ<珪藻>)
EPSP 合成酵素阻害【G】	1	顕著な感受性差が明らかでない
DHP (ジヒドロプロテイン酸) 合成酵素阻害【I】	1	顕著な感受性差が明らかでない
微小管重合阻害【K1】	2	顕著な感受性差が明らかでない
有糸分裂／微小管形成阻害【K2】	1	顕著な感受性差が明らかでない
VLCFA の阻害 (細胞分裂阻害)【K3】	5	顕著な感受性差が明らかでない
脂質合成阻害 (非 ACCase 阻害)【N】	4	顕著な感受性差が明らかでない
インドール酢酸様活性 (合成オーキシン)【O】	2	顕著な感受性差が明らかでない

出典：平成 23～29 年度「農薬水域生態リスクの新たな評価法確立事業」及び「平成 22 年度農薬の生物多様性への影響評価に資する基礎的情報の収集業務」報告書より作成。

※1 CropLife International (世界農薬工業連盟) の Herbicide Resistance Action Committee による作用機構分類を用いた。

※2 「ムレミカヅキモに比べ感受性が顕著に高い種」とは、調査対象の複数の同系統農薬で同じ試験生物種に対する毒性試験成績が得られたものについて、ムレミカヅキモと他の藻類等一次生産者の毒性値の比の幾何平均値が 3 倍以上の場合 (他の藻類等一次生産者の感受性の方が 3 倍以上高い場合) とした。なお、同一の農薬と試験生物種について、複数の試験結果が存在する場合は最大値と最小値の幾何平均値同士で比較した。

## (2) 欧米における藻類等の評価手法

我が国における現行の藻類に対する評価では、全ての農薬に対して 1 種の藻類試験 (原則、ムレミカヅキモ) を義務付けた上で不確実係数を 1 としている。

他方、欧州においては、除草剤、植物成長調整剤については、ウキクサ及び藻類の試験を義務付けており、不確実係数については、Tier 1 では EC<sub>50</sub> を不確実係数 10 で除した値、Tier 2 では試験種が 8 種未満の場合は EC<sub>50</sub> の幾何平均値を不確実係数 10 で除した値、試験種が 8 種以上の場合は SSD (Species Sensitivity Distribution: 種の感受性分布) の解析による HC<sub>5</sub> (5% Hazardous Concentration : 5% の種が影響を受ける濃度) を不確実係数 3 で除した値で毒性の評価が行われている。また、米国においては、除草剤及び殺菌剤に対してウキクサ及び藻類の試験を義務付け、EC<sub>50</sub> の最小値を用いて、不確実係数は 1 とした値で毒性の評価が行われている (表 2)。

表 2 欧米における藻類等の評価手法の概要\*

地域	欧州における評価	米国における評価
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>全ての農薬を対象に、緑藻 (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> 等) の試験データが用いられる。さらに、除草剤と植物成長調整剤については、ウキクサ (<i>Lemna</i>)、緑藻以外の藻類 (<i>Navicula</i> 等、シアノバクテリア) の試験データが用いられる。また、ウキクサに感受性が低いか、底質から根を通した取り込みが予想される場合には、追加でフサモ (<i>Myriophyllum</i>) 又はドジョウツナギ (<i>Glyceria</i>) の試験データが用いられる。</li> <li>リスク評価においては Tier 制を採用しており、RAC (Regulatory Acceptable Concentration) &gt; PEC となれば、低リスクと評価される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>除草剤を対象に、ウキクサ (<i>Lemna</i>) 及び藻類 (<i>Skeletonema costatum</i>, <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>, <i>Navicula</i>, シアノバクテリア (<i>Anabaena flos-aquae</i>))、殺菌剤を対象に、ウキクサ及び緑藻 (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>) の試験データが用いられる。</li> <li>リスク評価においては Tier 制を採用しており、暴露濃度 (PEC に相当) / EC<sub>50</sub> &lt; 1 のときリスクは懸念レベル以下と評価される。</li> </ul>
Tier 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>生長阻害試験を行い、濃度反応関係から EC<sub>50</sub> を求める。</li> <li>緑藻、その他藻類 (珪藻、シアノバクテリア) 及びウキクサは別々に評価を行う。</li> <li>不確実係数は 10 である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>限度試験を行い、50% 以上の影響が生じるかどうかを確認。影響が生じない場合には、暴露濃度との比較を行わない場合がある。</li> </ul>
Tier 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験種が 8 種未満の場合は「幾何平均値/10」、試験種が 8 種以上の場合は「SSD の解析から得られた 5 パーセントイル値 (HC<sub>5</sub>) /3」を RAC とする。RAC 算出に当たって、藻類のデータと維管束植物のデータは基本的には分けるが、光合成阻害剤などの場合は混ぜて算出することが可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生長阻害試験を行い、濃度反応関係から EC<sub>50</sub> を求める。</li> <li>リスク評価には、藻類及びウキクサの EC<sub>50</sub> のうち、最も低い値を使用する。</li> <li>除草剤は Tier2 の評価が必須。</li> <li>不確実係数は 1 である。</li> </ul>
Tier 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>マイクロコスム/メソコスム試験や個体群モデルを用いた個体群動態の解析が行われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フィールド試験が要求される。</li> </ul>

※原則的には表中の種の試験データが必要であるが、専門家判断により追加要求もしくは免除される場合がある。

出典：「平成 29 年度農薬の水生植物に対する影響調査業務」調査報告書より作成

### （3）水域環境における水草の位置付け

「平成 29 年度農薬の水生植物に対する影響調査業務」により実施した文献調査において、水草は、魚類・甲殻類の産卵場、餌資源及び生息場として利用されていることを確認した。また、同業務において実施した実態調査においても、文献調査で示されていた水産動植物に対する水草の生態学的有用性を支持する結果が得られた（平成 30 年 5 月 15 日農薬小委員会（第 63 回）報告）。

## 3 試験生物種の追加

2（1）のとおり、ムレミカツキモが最も感受性の高い種であるとは必ずしも言えないことから、藻類等一次生産者の試験生物種であるムレミカツキモに対し、不確実係数 1 を適用して基準値を設定する現行の仕組みは改善する必要がある。その際、選択を可能とする試験生物種及び義務付けを行う試験生物種の選定、不確実係数の設定においては、試験生物種の水域生態系における位置付け、感受性差に関する情報を基にするとともに、諸外国の制度も考慮して検討する必要がある。

### （1）試験生物種の追加について

現行の農薬取締法テストガイドラインにおいて藻類等一次生産者で推奨種とされている試験生物種は、水産動植物の藻類に含まれる緑藻のムレミカツキモとイカダモの 2 種であるが、今後、水産動植物以外の一次生産者に対する農薬の影響評価についても検討する必要がある。新たに試験生物種として追加する場合には、試験方法が確立しており、現行の試験生物種であるムレミカツキモよりも高い感受性を有する可能性があることが確認されていることも必要である。

このため、追加する試験生物種としては、OECD テストガイドラインに推奨種として掲載され、これまでの環境省の調査により、農薬の種類ごとの感受性差がある程度判明している水草のウキクサ、珪藻のナビクラ並びにシアノバクテリアのアナベナ及びシネココカスを対象とすることが適当と考える。

表 3 試験生物種（案）の特徴等

試験生物種	学名	分類	特徴
ムレミカ ヅキモ	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	緑藻	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緑藻は、水域生態系における一次生産者であり、川海苔など一部、食用利用される。</li> <li>・これまで水産動植物に係る試験生物種としており、OECD テストガイドライン 201 の試験生物種でもある。</li> </ul>
イカダモ	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	緑藻	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緑藻は、水域生態系における一次生産者であり、川海苔など一部、食用利用される。</li> <li>・これまで水産動植物に係る試験生物種としており、OECD テストガイドライン 201 の試験生物種でもある。</li> </ul>
ナビクラ	<i>Navicula pelliculosa</i>	珪藻	<ul style="list-style-type: none"> <li>・珪藻は、水域生態系における一次生産者。</li> <li>・OECD テストガイドライン 201 の試験生物種。</li> <li>・欧州では除草剤及び植物成長調整剤で、米国では除草剤で試験を義務付け。</li> </ul>
シネココ ツカス	<i>Synechococcus leopoliensis</i>	シアノバ クテリア (藍藻)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シアノバクテリアは、水域生態系における一次生産者、空中窒素の固定等の役割。</li> <li>・OECD テストガイドライン 201 の試験生物種。</li> <li>・欧州では除草剤及び植物成長調整剤で試験を義務付け。米国では対象外。</li> </ul>
アナベナ	<i>Anabaena flos-aquae</i>	シアノバ クテリア (藍藻)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シアノバクテリアは、水域生態系における一次生産者、空中窒素の固定等の役割。</li> <li>・OECD テストガイドライン 201 の試験生物種。</li> <li>・欧州では除草剤及び植物成長調整剤で、米国では除草剤で試験を義務付け。</li> </ul>
ウキクサ	<i>Lemna spp.</i>	水草	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水草は、水域生態系における一次生産者となる他、魚類・甲殻類の産卵場、生息場としての役割。</li> <li>・OECD テストガイドライン 221 の試験生物種。</li> <li>・欧州では除草剤及び植物成長調整剤で、米国では除草剤及び殺菌剤で試験を義務付け。</li> </ul>

注：試験生物種の種名又は株名は、別途整理。

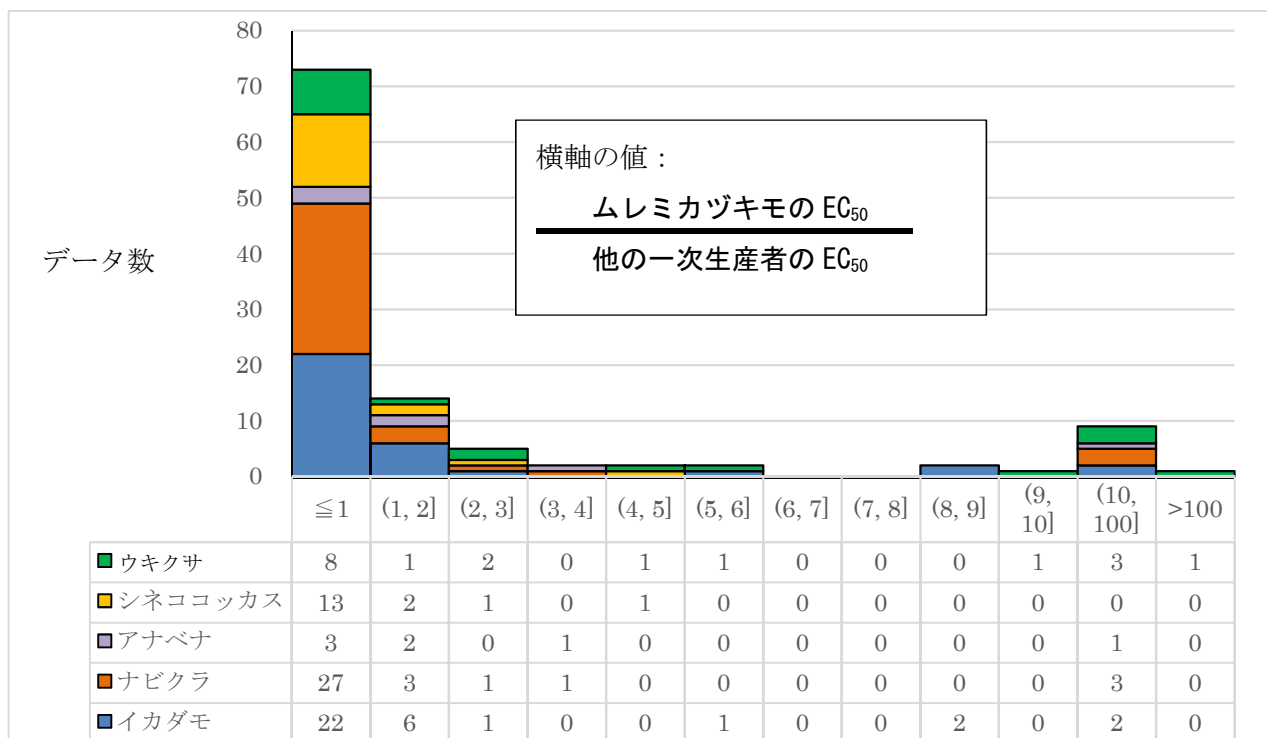
（2）試験を義務付ける試験生物種について

現行の基準値設定では、藻類のムレミカヅキモの EC<sub>50</sub> に対して不確実係数 1 を適用しているが、ムレミカヅキモがどの程度他の試験生物種に比べて保守的な水準になっているかを確認した。ムレミカヅキモと他の藻類等一次生産者の EC<sub>50</sub> を調べた 111 のデータ（正味 41 除草剤）（別紙 1）を用いて、当該除草剤によるムレミカヅキモの EC<sub>50</sub> を他の一次生産者の EC<sub>50</sub> で除した値（横軸）をヒストグラムに表した（図 1）。横軸の値が大きいほどムレミカヅキモに比べ、他の藻類等一次生産者の方が感受性が高いことを示す。

この結果、ムレミカヅキモの感受性が最も高いことを示すデータは全体の約 3 分の 2 で、約 3 分の 1 は他の試験生物種の感受性の方が高いことが確認された。また、19 データ（正味 16 農薬）では横軸の値が 3 倍を上回り、うち 10 データ（正味 10 農薬）では 10 倍を上回る。10 倍を上回ったデータのうち、約半数の 4 データ（正味 4 農薬）はウキクサのものであった。また、試験生物種ごとにみると、ウキクサ試験が実施された 18 農薬のうち、ムレミカヅキモと比較して 10 倍以上の感受性を示した農薬は 4 農薬(22%)であり、この割合は、他の試験生物種と比較して高い。

以上のように、ムレミカヅキモと比較してウキクサの感受性が高い場合が比較的高い割合で存在し、また、その場合の感受性差は 10 倍以上や 100 倍以上になる場合もあるため、ムレミカヅキモ試験において不確実係数の適用のみで基準値の設定を行うことは現実的ではないことから、除草剤及び植物成長調整剤については現行のムレミカヅキモに加えてウキクサの試験成績の提出を義務付けることが適当と考える。

図 1 除草剤に対する各種一次生産者とムレミカヅキモの感受性比のヒストグラム



### (3) 不確実係数の設定について

改正法により、水域における農薬の影響評価の対象は、水産動植物としての藻類から、それ以外の一次生産者を含む生活環境動植物<sup>1</sup>に拡大されたことにより、全ての農薬に対する基準値設定において、可能なものは既存のデータが活用できるようムレミカツキモを試験生物種として引き続き義務付けるとともに、一次生産者における種の感受性差を考慮して不確実係数を 10 とすることが適当と考える。また、除草剤及び植物成長調整剤においては、(2) のとおり、ウキクサを試験生物種として追加で義務付けるとともに、同じく不確実係数を 10 とすることが適当と考える。

ただし、現行の水産動植物の魚類及び甲殻類等に対する影響評価での不確実係数については、「原則、データを得られた試験生物種数に応じて、統計上の推定信頼区間の変動を利用して定める」<sup>2</sup>としており、この現行の考え方に沿って不確実係数を設定し、試験生物種が 1～2 種の場合は 10、3 種の場合は 4、4 種の場合は 3 とすることが適当と考える。

また、欧州では不確実係数を 10 としているが、複数の試験生物種による毒性値がある場合には、最小値ではなく幾何平均値を用いており、米国では全ての試験データの中の最小値を用いているが、不確実係数を 1 としていることも考慮し、6 種全てで試験を行い、その中の最小値を用いる場合は不確実係数を 1 とすることが適当と考える。

上記の条件による不確実係数案を用いて基準値を設定した場合に、藻類等一次生産者の被害防止の観点から基準値が妥当な水準となるか試算した (別紙 2)。

はじめに、6 種類の全試験生物種からムレミカツキモ及びウキクサを必須とする 2～6 種による試験生物種の組み合わせ全 16 通りについて、それぞれの EC<sub>50</sub> の最小値と、下記の①及び②の濃度の比を計算した。

#### <各シミュレーションで用いる濃度>

- ① 文献値が存在した OECD 藻類試験生物種及びウキクサの EC<sub>50</sub> の最小値 (シミュレーション 1)
- ② 文献値が存在した OECD 藻類試験生物種及びウキクサの計 5～6 種の EC<sub>50</sub> が対数正規分布する<sup>3</sup>ことを仮定したときの 5 パーセンタイル値(HC<sub>5</sub>) (シミュレーション 2)

次に、これら 16 通りの組み合わせによる各濃度比がそれぞれ必要とされる不確実係数であると考えられるため、それぞれ試験生物種の種数ごとに集計した不確実係数の算術平均値、中央値、最大値と現行の考え方による不確実係数案を比較した。

その結果、必要な不確実係数の算術平均値と中央値については、シミュレーション 1

<sup>1</sup> 改正法において、「生活環境動植物」とは、その生息又は生育に支障を生ずる場合には人の生活環境の保全上支障を生ずるおそれがある動植物をいうと定義されている。

<sup>2</sup> 「平成 16 年度水産動植物登録保留基準設定検討会」報告 (平成 17 年 5 月) 別紙 1 「不確実係数の考え方」

<sup>3</sup> 種の感受性分布 (Species Sensitivity Distribution: SSD)

及びシミュレーション 2 において、概ね現行の考え方で設定した不確実係数案を下回っているため、上記の不確実係数の設定方法は、概ね保守的で妥当であると考えられる。

**【参考】試験生物種が増えることで必要な不確実係数が小さくなる (具体例)**

別紙 2 のカルフェントラゾンエチル (農薬 No. 14) は、ムレミカヅキモ (P)、ウキクサ (L)、イカダモ (D)、アナバナ (A) の計 5 種の毒性値  $EC_{50}$  がある。

シミュレーション 1 では、ムレミカヅキモ (P) 及びウキクサ (L) を必須とするほか、さらに N、D 及び A と組み合わせると全 8 通りとなる。5 種の  $EC_{50}$  の最小値は  $1.55 \mu\text{g/L}$  (D: 別紙 1 のイカダモの値。別紙 3 では 1.6 と表記している。) であるが、基準値設定のために必要な不確実係数は、以下のとおり、試験生物種が増加するほど最小の毒性値が小さくなるため、その比は小さくなっており、必要な不確実係数も小さくなる。

(現行) 試験生物種が 1 種 : P/1.55	= 13.85/1.55	= 8.9
(No. 1) 試験生物種が 2 種 : min(P, L)/1.55	= min(13.85, 5.9)/1.55	= 3.8
(No. 2) 試験生物種が 3 種 : min(P, L, D)/1.55	= min(13.85, 5.9, 1.55)/1.55	= 1.0

...

シミュレーション 2 では、上記 5 種で算出した  $HC_5$  ( $=1.0 \mu\text{g/L}$ ) ( $HC_5$ \_OECD 藻類・ウキクサ) を用いて試算したが、シミュレーション 1 と同様に試験生物種が増加するほど最小の毒性値が小さくなり、必要な不確実係数も小さくなる。

**(4) 環境中予測濃度 (PEC) の算定について**

現行の毒性試験における曝露期間は、甲殻類等のミジンコで 2 日間 (48 時間)、藻類で 3 日間 (72 時間)、魚類で 4 日間 (96 時間) であり、これら試験生物種の毒性値を不確実係数で除した値の中で最小のものを基準値 (案) とし、2~4 日間の環境中予測濃度 (PEC) の最大値が基準値 (案) を超えていないかを確認している。新たにウキクサ試験を追加した場合、試験期間が 7 日間 (168 時間) と長くなるため、7 日間 PEC の算定値はやや小さくなると推測される。現行の水産基準値の取扱いを踏襲し、2~7 日間の PEC の最大値と、ウキクサ試験を含めた 3~7 日間曝露による藻類等一次生産者の影響濃度を比較することとして、事務局で現行の  $PEC_{Tier1}$  算定方法を基に、大規模降雨時の河川の増水継続期間を最大 4 日間までとして、2 日間、3 日間、4 日間及び 7 日間の  $PEC_{Tier1}$  について試算を行った (別紙 3、4)。

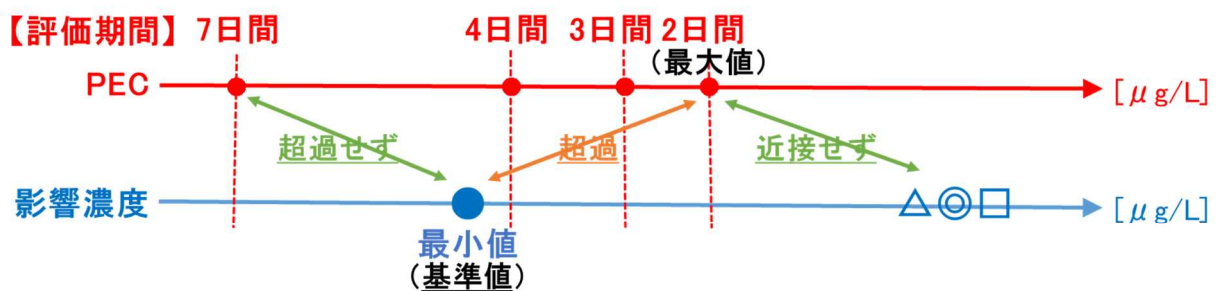
その結果、2 日間  $PEC_{Tier1}$  に対する 4 日間  $PEC_{Tier1}$  及び 7 日間  $PEC_{Tier1}$  の割合は、水田  $PEC_{Tier1}$  では 0.93 及び 0.84、非水田  $PEC_{Tier1}$  では 0.50 及び 0.42 となり、登録時に基準値との比較対象となる場合が多い水田  $PEC_{Tier1}$  については、大きな差は見られず、また、非水田  $PEC_{Tier1}$  についても、ウキクサを他の藻類等と分けて評価し、基準値を別に設定することが必要となるほどの顕著な差は見られなかった。



このため、ウキクサの感受性が最も高い場合での基準値 (案) と比較する  $PEC_{Tier1}$  についても、これまでの藻類の評価と同様に、2～7 日間の  $PEC_{Tier1}$  の最大値と比較することが適当と考える。

他方、ウキクサが基準値 (案) のキーデータとなる場合、より実環境に近い精緻な  $PEC_{Tier2}$  を算定するには、評価期間は毒性試験の曝露期間と同じ 7 日間とすることが適当である。その際は、他の試験生物種においても 2～4 日間の  $PEC_{Tier2}$  が当該試験生物種の急性影響濃度【 $LC_{50}$  又は  $EC_{50}$ /不確実係数】を超過することがないことを確認する必要がある (図 2)。

図 2 評価期間ごとの PEC と各試験生物種の急性影響濃度の比較 (イメージ)



注: ● はウキクサ影響濃度 (7日間曝露)

△◎□はそれぞれ、魚類影響濃度 (4日間曝露)、藻類影響濃度 (3日間曝露)、ミジンコ影響濃度 (2日間曝露)

#### 4 藻類、水草を用いた基準値設定の方法（案）

以上のことを踏まえ、新しい基準値設定の方法は以下のとおりとする。

##### （1）藻類等急性影響濃度の算定方法

- 全農薬において、藻類等（一次生産者）試験は、ムレミカツキモを必須とし、加えて除草剤及び植物成長調整剤についてはウキクサも必須とする。
- 全農薬において、任意で追加試験を行うことができるものとし、対象は、水草のウキクサ、緑藻のイカダモ、珪藻のナビクラ並びにシアノバクテリアのアナベナ及びシネココッカスとする。
- それらの試験の  $EC_{50}$  のうち最小となる数値を不確実係数で除した値を藻類等影響濃度とする。
- 不確実係数は、試験生物種が 1～2 種の場合は 10、3 種の場合は 4、4～5 種の場合は 3 とし、6 種全てで行う場合は 1 とする。
- 毒性試験は、OECD テストガイドライン 201 及び 221 に準拠して行う。

##### （2）環境中予測濃度（PEC）算定における評価期間

- 魚類、甲殻類等、藻類等（一次生産者）の急性影響濃度のうち最小値を水域動植物の基準値（案）とし、評価期間 2 日間、3 日間、4 日間及び 7 日間の  $PEC_{Tier1}$  のうち最大値を水域動植物の  $PEC_{Tier1}$  として基準値（案）を超えていないことを確認する。
- 基準値（案）のキー生物種がウキクサで、 $PEC_{Tier2}$  を算定する場合は、他の試験生物種においても 2～4 日間の  $PEC_{Tier2}$  が当該試験生物種の急性影響濃度を超過することがないことを確認し、7 日間の  $PEC_{Tier2}$  を用いる。

##### （3）今後の予定

- 新たな藻類、水草を用いた基準値の設定方法の適用開始時期は、新規に登録を受けようとする農薬については、改正法の公布日から 2 年以内の施行から、また、既登録農薬については、改正法により導入される再評価時からとし、必要な農薬取締法テストガイドラインの改正は平成 31 年 4 月までに行う。

【別紙1】藻類等一次生産者のEC50(μg/L)

No.	生物学的分類 (OECDの分類)	農業成分名 (除草剤)	作用機構分類 ※	EC50 (μg/L)										ムレミカツキモの毒性値との比							
				緑藻 (Green algae)				珪藻 (Diatoms)		シアノバクテリア (Cyanobacteria)				水草		イカダモ	珪藻	シアノバクテリア		水草	
				<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>		<i>Desmodesmus subspicatus</i>		<i>Navicula pelliculosa</i>		<i>Anabaena flos-aquae</i>		<i>Synechococcus leopoliensis</i>		<i>Lemna</i> spp.		<i>P.</i> のEC50 / <i>D.</i> のEC50	<i>P.</i> のEC50 / <i>N.</i> のEC50	<i>P.</i> のEC50 / <i>A.</i> のEC50	<i>P.</i> のEC50 / <i>S.</i> のEC50	<i>P.</i> のEC50 / <i>L.</i> のEC50	
				最小値-最大値	幾何平均値等	最小値-最大値	幾何平均値等	最小値-最大値	幾何平均値等	最小値-最大値	幾何平均値等	最小値-最大値	幾何平均値等	最小値-最大値	幾何平均値等						
1	セトキシジム	A		>6,000	6,000	>6,000	6,000	>6,000	6,000	-	-	>6,000	6,000	10,150	10,150	1.0	1.0	-	1.0	0.59	
2	ベンスルフロメチル	B		20.4-62	36	-	-	-	-	-	-	-	0.8	0.8	-	-	-	-	45		
3	イマズスルフロ		206-1,000	454	2,900	2,900	4,500	4,500	-	-	810	810	1.5	1.5	0.16	0.10	-	0.56	303		
4	シクロスルファミロン		3.5	3.5	11	11	9,700	9,700	-	-	-	-	-	-	0.32	0.00036	-	-	-		
5	ピラソスルフロエチル		0.96-2.05	1.4	290	290	>9,100	9,100	-	-	130	130	3.5	3.5	0.0048	0.00015	-	0.011	0.40		
6	ピリミスルファン		59	59	117	117	5,365-43,000	15,189	-	-	-	-	3.2	3.2	0.50	0.0039	-	-	18		
7	ピリミノバックメチル		60,000	60,000	49,650	49,650	54,746	54,746	-	-	-	-	-	-	1.2	1.1	-	-	-		
8	プロピリスルフロ		>11	11	172	172	>8,114	8,114	-	-	-	-	-	-	0.064	0.0014	-	-	-		
	(参考) 幾何平均値														0.15	0.0056	-	0.078	18		
9	シメトリン	C1		6.35-37	15.3	16	16	34	34	9.8-13.6	14.5	-	-	0.96	0.45	1.1	-	-	-		
10	ペンタゾン	C3		4,500-34,800	12,514	-	-	-	-	10,100	10,100	-	-	5350	5,350	-	-	1.2	-	2.3	
11	キノクラミン (ACN)	D		49.4-113	75	30	30	36	36	-	-	66	66	-	-	2.5	2.1	-	1.1	-	
12	オキサジアゾン	E		4.23-35.7	12.3	1.5	1.5	126-600	275	-	-	>2,500	2,500	41	41	8.2	0.045	-	0.0049	0.30	
13	ペントキサゾン		0.846-1.31	1.1	0.084	0.084	58.5	58.5	-	-	-	-	-	-	13	0.019	-	-	-		
14	カルフェントラゾンエチル		>13.85	13.85	1.55	1.55	6.5-532	59	17.2	17.2	-	-	5.9	5.9	8.9	0.23	0.81	-	2.3		
15	オキサジアルギル		7.3	7.3	0.46	0.46	384	384	-	-	-	-	1.5	1.5	16	0.019	-	-	4.9		
16	ピラクロニル		5.4	5.4	0.95	0.95	1,048	1,048	-	-	-	-	-	-	5.7	0.0052	-	-	-		
	(参考) 幾何平均値														9.7	0.029	-	-	-	1.5	
17	ピラゾレート	F2		>38.9	38.9	>290	290	1.0	1.0	-	-	>720	720	-	-	0.13	39	-	0.054	-	
18	ピラゾキシフェン		>1,000	1,000	>1,687	1,687	63.2	63.2	-	-	-	-	-	-	0.59	16	-	-	-		
19	ベンゾフェナップ		>268	268	>240	240	15	15	-	-	-	-	-	-	1.1	18	-	-	-		
20	テフリルトリオン		5,300	5,300	>100,538	100,538	23,047	23,047	-	-	-	-	-	-	0.053	0.23	-	-	-		
	(参考) 幾何平均値														0.26	7.1	-	-	-	-	
21	グリホサート	G		18,000-59,000	32,588	32,000	32,000	100,000	100,000	-	-	32,000	32,000	3,389-88,427	17,311	1.0	0.33	-	1.0	1.9	
22	グルホシネート	H		13,000-80,000	32,249	100,000	100,000	100,000	100,000	-	-	54,000	54,000	595-4,465	1,630	0.32	0.32	-	0.60	20	
23	アシュラム	I		10,000-49,000	22,136	20,000	20,000	110,000	110,000	>660-700	680	210,000	210,000	140-102,700	3,792	1.1	0.20	33	0.11	5.8	
24	エスプロカルブ	N		66-150	99.0	620	620	1,700	1,700	-	-	3,400	3,400	-	-	0.16	0.058	-	0.029	-	
25	ペンフレセート		7,300	7,300	21,740	21,740	95,030	95,030	-	-	-	-	-	-	0.34	0.077	-	-	-		
26	モリネート		410-500	453	-	-	-	-	-	-	-	-	7,700	7,700	-	-	-	-	-	0.059	
27	チオベンカルブ		17-92	40	-	-	380	380	>3100	3100	-	-	-	-	770	770	-	0.10	0.01	-	0.051
	(参考) 幾何平均値														0.23	0.078	-	-	0.03	0.1	
28	トリフルラリン	K1		10-53.2	23	16	16	6.5	6.5	-	-	>10	10	170-260	210	1.4	3.5	-	2.30	0.11	
29	ペンディメタリン		14.6-42	25	18	18	26	26	-	-	>140	140	39-634	157	1.4	0.96	-	0.179	0.16		
	(参考) 幾何平均値														1.4	1.8	-	0.64	0.13		
30	クロルプロファミ	K2		960-1,100	1,028	3,300	3,300	1,000-3,300	1,817	39,400	39,400	4,800	4,800	748-1,670	1,118	0.31	0.57	0.026	0.21	0.92	
31	カフェンストロール	K3		0.78-15.5	3.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	プレチラクロール		1.3-3.7	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
33	ブタクロール		0.72-3.3	1.5	38.7	38.7	950	950	-	-	-	-	-	-	0.039	0.0016	-	-	-		
34	フェントラザミド		6.04	6.04	50.3	50.3	55,000	55,000	-	-	-	-	-	-	0.12	0.00011	-	-	-		
35	メフェナセット		33-80.1	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	(参考) 幾何平均値													0.068	0.00042	-	-	-	-		
36	クロメプロップ	O		>246	246	>680	680	200	200	-	-	54	54	-	-	0.36	1.2	-	4.6	-	
37	2,4-D		57,700->100,000	75,961	>100,000	100,000	>100,000	100,000	25,000	25,000	>100,000	100,000	695->100,000	8,337	0.76	0.76	3.0	0.76	9.1		
	(参考) 幾何平均値														0.52	1.0	-	1.9	-		
38	インダノファン	Z		2.92	2.92	8.07	8.07	2610	2,610	-	-	-	-	-	-	0.36	0.0011	-	-	-	
39	クミロン		>912	912	>4,091	4,091	>4,091	4,901	-	-	-	-	-	-	0.22	0.19	-	-	-		
40	ダイムロン		>1,000	1,000	>2,100	2,100	>1,100	1,100	-	-	>2,200	2,200	-	-	0.48	0.91	-	0.45	-		
41	プロモブチド		>4,850	4,850	5,100	5,100	>4,600	4,600	-	-	>5,400	5,400	-	-	1.0	1.1	-	0.90	-		

出所：環境省「農業水域生態リスクの新たな評価手法確立事業（平成23～29年度）」及び「平成22年度農業の生物多様性への影響評価に資する基礎的情報の取集業務」より作成。

注1：ムレミカツキモの毒性値との比が3を上回るものに黄色で、10を上回るものにオレンジ色で網掛けした。

注2：EC50が一つの場合はその値を、複数ある場合は最小値と最大値の幾何平均値を「幾何平均値等」として計算に使用した。なお、超値の場合は不等号を取った値を使用した。

注3：同一作用機構（作用機構が不明なZは除く）で複数の剤が存在する場合、毒性値比の幾何平均値を計算した。

注4：個別の毒性値については、農業取締法テストガイドラインに基づかない試験により得られた値も含まれている。

※ CropLife International（世界農業工業連盟）のHerbicide Resistance Action Committeeによる作用機構分類



【別紙3】 各種除草剤に対する2日間及び7日間の水田及び非水田第一段階PECの比較

No	物質名	水田				非水田				水田PEC(Tier1) <sup>※1</sup>					非水田PEC(Tier1) <sup>※2</sup>				
		単回の農薬散布量 (g/ha)	散布方法 地上=1 航空=0	ドリフト 有り=1 無し=0	施用法による農薬流出補正係数	単回の農薬散布量 (g/ha)	散布方法 地上=1 航空=0	河川ドリフト率%	施用法による農薬流出係数	2日間	3日間	4日間	7日間	PEC-7day / PEC-2day	2日間	3日間	4日間	7日間	PEC-7day / PEC-2day
1	セトキシジム	400	1	1	0.5	2000	1	0	1	3.0E+00	2.9E+00	2.8E+00	2.5E+00	84.2%	7.9E-03	5.3E-03	3.9E-03	3.3E-03	41.5%
2	ベンスルフロンメチル	75	1	0	1					1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	9.5E-01	84.2%					
3	イマゾスルフロ	90	1	0	1	1500	1	0	1	1.4E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.1E+00	84.2%	5.9E-03	3.9E-03	3.0E-03	2.5E-03	41.5%
4	シクロスルファミロン	60	1	0	1	396	1	0.001	1	9.0E-01	8.7E-01	8.4E-01	7.6E-01	84.2%	1.6E-03	1.0E-03	7.8E-04	6.5E-04	41.5%
5	ピラゾスルフロエチル	30	1	0	1	400	1	0	1	4.5E-01	4.3E-01	4.2E-01	3.8E-01	84.2%	1.6E-03	1.1E-03	7.9E-04	6.6E-04	41.5%
6	ピリミスルファン	67	1	0	1					1.0E+00	9.7E-01	9.4E-01	8.5E-01	84.2%					
7	ピリミノバックメチル	120	1	1	1					1.8E+00	1.7E+00	1.7E+00	1.5E+00	84.2%					
8	プロピリスルフロ	90	1	0	1					1.4E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.1E+00	84.2%					
9	シメトリン	600	1	0	1					9.0E+00	8.7E+00	8.4E+00	7.6E+00	84.2%					
10	ベンタゾン	4400	1	0	1	800	1	0.001	1	6.6E+01	6.3E+01	6.2E+01	5.6E+01	84.2%	3.2E-03	2.1E-03	1.6E-03	1.3E-03	41.5%
11	キノクラミン(ACN)	3600	1	0	1	10000	1	0.001	1	5.4E+01	5.2E+01	5.0E+01	4.5E+01	84.2%	3.9E-02	2.6E-02	2.0E-02	1.6E-02	41.5%
12	オキサジアゾン	600	1	1	1					9.0E+00	8.7E+00	8.4E+00	7.6E+00	84.2%					
13	ペントキサゾン	450	1	0	1					6.8E+00	6.5E+00	6.3E+00	5.7E+00	84.2%					
14	カルフェントラゾンエチル	90	1	0	1	234	1	0	1	1.4E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.1E+00	84.2%	9.2E-04	6.2E-04	4.6E-04	3.8E-04	41.5%
15	オキサジアルギル	50	1	0	1	1500	1	0	1	7.5E-01	7.2E-01	7.0E-01	6.3E-01	84.2%	5.9E-03	3.9E-03	3.0E-03	2.5E-03	41.5%
16	ピラクロニル	200	1	0	1					3.0E+00	2.9E+00	2.8E+00	2.5E+00	84.2%					
17	ピラゾレート	1365	1	1	1					2.0E+01	2.0E+01	1.9E+01	1.7E+01	84.2%					
18	ピラゾキシフェン	1365	1	1	1					2.0E+01	2.0E+01	1.9E+01	1.7E+01	84.2%					
19	ベンゾフェナップ	1200	1	1	1					1.8E+01	1.7E+01	1.7E+01	1.5E+01	84.2%					
20	テフリルトリオン	300	1	1	1					4.5E+00	4.3E+00	4.2E+00	3.8E+00	84.2%					
21	グリホサート	3038	1	1	0.5	11856	1	0	1	2.3E+01	2.2E+01	2.1E+01	1.9E+01	84.2%	4.7E-02	3.1E-02	2.3E-02	1.9E-02	41.5%
22	グルホシネート					3700	1	0.001	1						1.5E-02	9.7E-03	7.3E-03	6.1E-03	41.5%
23	アシュラム					18500	1	0	1						7.3E-02	4.9E-02	3.6E-02	3.0E-02	41.5%
24	エスプロカルブ	1500	1	1	1					2.3E+01	2.2E+01	2.1E+01	1.9E+01	84.2%					
25	ベンフレサート	600	1	0	1	900	1	0	1	9.0E+00	8.7E+00	8.4E+00	7.6E+00	84.2%	3.6E-03	2.4E-03	1.8E-03	1.5E-03	41.5%
26	モリネート	3200	1	0	1					4.8E+01	4.6E+01	4.5E+01	4.0E+01	84.2%					
27	チオベンカルブ	1500	1	0	1					2.3E+01	2.2E+01	2.1E+01	1.9E+01	84.2%					
28	トリフルラリン					3600	1	0	1						1.4E-02	9.5E-03	7.1E-03	5.9E-03	41.5%
29	ペンディメタリン					4400	1	0	1						1.7E-02	1.2E-02	8.7E-03	7.2E-03	41.5%
30	クロルプロファミ					4122	1	0	1						1.6E-02	1.1E-02	8.1E-03	6.8E-03	41.5%
31	カフェンストロール	300	1	0	1	2000	1	0.001	1	4.5E+00	4.3E+00	4.2E+00	3.8E+00	84.2%	7.9E-03	5.3E-03	3.9E-03	3.3E-03	41.5%
32	プレチラクロール	625	1	0	1					9.4E+00	9.0E+00	8.8E+00	7.9E+00	84.2%					
33	ブタクロール	1600	1	1	1	4800	1	0.001	1	2.4E+01	2.3E+01	2.2E+01	2.0E+01	84.2%	1.9E-02	1.3E-02	9.5E-03	7.9E-03	41.5%
34	フェントラザミド	300	1	1	1					4.5E+00	4.3E+00	4.2E+00	3.8E+00	84.2%					
35	メフェナセット	1200	1	0	1					1.8E+01	1.7E+01	1.7E+01	1.5E+01	84.2%					
36	クロメプロップ	360	1	0	1					5.4E+00	5.2E+00	5.0E+00	4.5E+00	84.2%					
37	2,4-D	493.3	1	1	0.5					3.7E+00	3.6E+00	3.5E+00	3.1E+00	84.2%					
38	インダノファン	150	1	1	1	1500	1	0	1	2.3E+00	2.2E+00	2.1E+00	1.9E+00	84.2%	5.9E-03	3.9E-03	3.0E-03	2.5E-03	41.5%
39	クミルロン	2400	1	0	1	9000	1	0	1	3.6E+01	3.5E+01	3.4E+01	3.0E+01	84.2%	3.6E-02	2.4E-02	1.8E-02	1.5E-02	41.5%
40	ダイムロン	1500	1	0	1					2.3E+01	2.2E+01	2.1E+01	1.9E+01	84.2%					
41	プロモブチド	1500	1	0	1					2.3E+01	2.2E+01	2.1E+01	1.9E+01	84.2%					

※1: 水田第一段階PECは、計算期間が増えるに従って緩やかに減少している。これは、河川に流出する農薬量(PECの分子)の大部分を占める水田からの農薬流出率(Rp)は、農薬が溶解した水深5cmの水田水が水深を維持したまま一日当たり10%直接排水路に流出するとして設定(2, 3, 4, 7日間でそれぞれ15.6、22.4、29.1、45.8となる)されており、希釈水量(PECの分母。計算期間に比例。)の増加率よりも緩やかに増加するためである。

※2: 非水田第一段階PECは、計算期間が増えるに従って減少しているが、4日間と7日間の数値間での減少率は比較的小さい。これは、河川に流出する農薬量(PECの分子)の大部分を占める非水田の農薬散布地からの農薬流出率(Ru)が年間10回程度の大規模降雨時の地表流出により規定されるため、希釈水量(PECの分母)が計算期間に比例して増加するが、地表流出に係る希釈水量については、従来は増水(11m<sup>3</sup>/sec)は試験期間を通じて継続するとの仮定であったが、7日間の試験期間の場合に7日間の増水期間とすることは保守的な試算を行う上では過度な増水継続期間になると考えられるため、仮に、増水継続期間を4日間とし、その後水量が3m<sup>3</sup>/secに落ち着くと仮定して計算したためである。なお、大規模降雨時の河川の増水継続期間を補正をせずに7日間としたままで計算すると、7日間PEC÷2日間PECの値は29%となる。

# 【別紙4】ウキクサのPEC算定方法(案)

## 1. 基本的考え方

- 基本的には**現行の水産PECの算定方法を踏襲**する。
- ただし、短期水産PECの評価期間は、**現行の水産PECの評価期間(急性影響試験期間に応じた2～4日)に7日(ウキクサ生長阻害試験の試験期間)を追加**する。
- また、評価期間の追加に対応して、**非水田の短期PECの算定に用いる流量の設定方法を変更**する。

## 2. 非水田のPEC算定に用いる流量の設定方法

- 現行の水産PECでは、地表流出の場合における $PEC_{tier1}$ は以下のように算定している(2~4日間のいずれの評価期間でも流量は $11m^3/s$ と設定)。

$$PEC_{Tier1} = \frac{M_{runoff}}{11 \times 86400 \times T_e}$$

$M_{runoff}$ : 地表流出量  
 $T_e$ : 評価期間

- 7日間PECの算定式では、流量を以下のように設定してはどうか。

$$PEC_{Tier1} = \frac{11 \times 86400 \times 4^{*1} + 3 \times 86400 \times (7^{*2} - 4)}{M_{runoff}}$$

1~4日目  
増水時の流量  
( $11m^3/s$ )

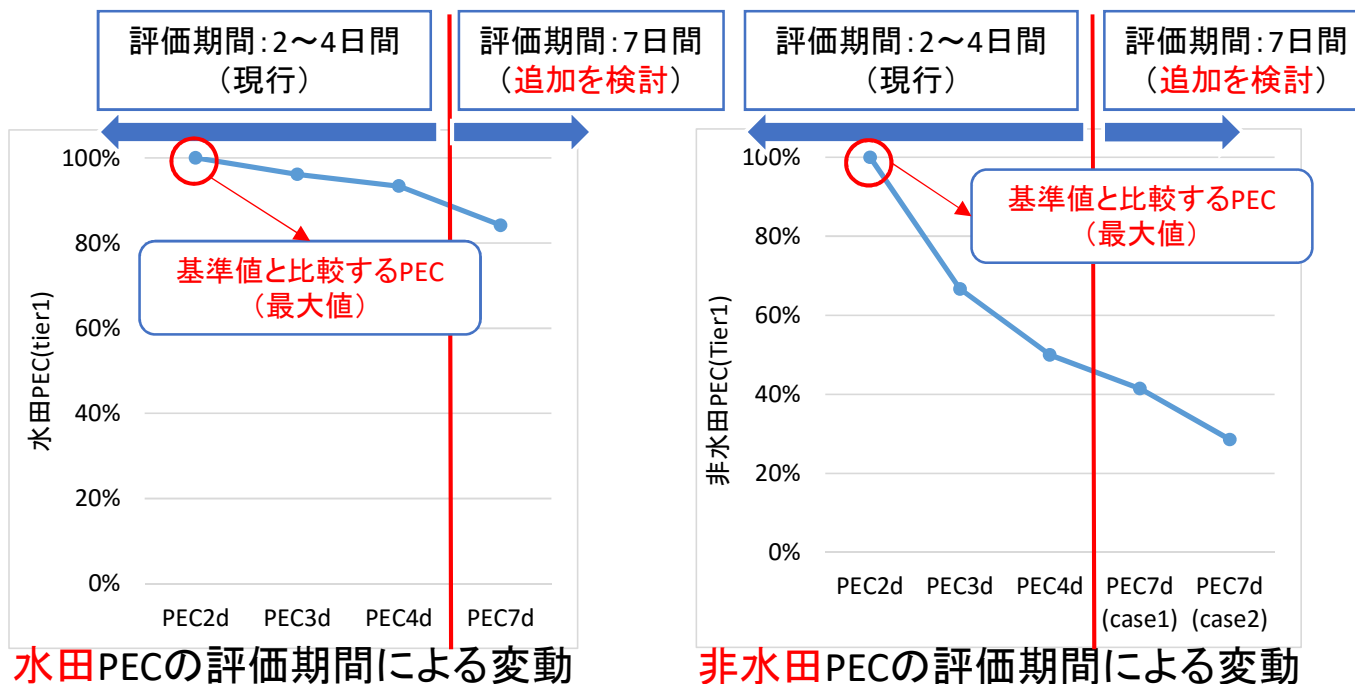
5~7日目:  
平水流量  
( $3m^3/s$ )

※1: 現行の水産PECにおいて増水時の流量を設定している最大期間

※2: ウキクサ生長阻害試験の試験期間

## (参考) 現行の水産PECとの比較

- 7日間PEC(Tier1)を追加した場合のPEC(Tier1)の変動について以下の図に示した。なお、非水田については、2パターンで算定した。
  - ✓ Case1: 1~4日目は増水流量( $11\text{m}^3/\text{s}$ )、5~7日目は平水流量( $3\text{m}^3/\text{s}$ )
  - ✓ Case2: 7日間とも増水流量( $11\text{m}^3/\text{s}$ )
- 水田: PEC2dに対するPEC4d、PEC7dの割合は、それぞれ93%、84%
- 非水田: PEC2dに対するPEC4d、PEC7d(case1)、PEC7d(case2)の割合は、それぞれ50%、42%、29%



11 $\text{m}^3/\text{s}$ が連続する日数が短い方が、流量が小さくなり、安全側なPEC算定となる