

## 資料

## 水田農薬を対象とした排出推定モデルの甲突川への適用

永井里央 長井一文 今泉圭隆<sup>1</sup>

## 1 はじめに

農薬は、耕作地等に広範囲にわたって散布される化学物質であるため、近年環境への生態影響が懸念されている。農薬の生態リスクを評価するためには、環境中の濃度（曝露量）と各種生物に対する毒性の双方を基に評価する必要がある。このうち水環境に関連する生物毒性については、農薬取締法において「水質汚濁に係る農薬登録保留基準」及び「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準」が定められており、毒性試験の結果から基準濃度が設定されている。

また、水環境中の農薬濃度については、本県では1997～1999年に県内の河川や湖沼の広域調査が行われた。その結果いくつかの地点で農薬が検出されたが、その多くは水田農薬であった<sup>1)</sup>。水田に適用される農薬は排水路等を介して河川に排出されやすく、水環境への影響が大きいと考えられる。しかし、広範囲に及ぶ水環境中の農薬の濃度分布や時間的変動を把握するには多大な労力を要するため、ほとんど把握されていないのが現状である。そこで、数理モデルを用いて分布や変動を予測することが効果的であると考えられる。

当所では2009年から国立環境研究所との共同研究「水田農薬を対象とした排出推定モデルの検証とモデル向上に資する調査研究」において県内河川の調査を行っている。この研究においては、全国各地の河川を対象に、河川水中の水田農薬について調査し、国立環境研究所で開発している農薬排出推定モデルPeCHREM (Pesticide Chemicals High Resolution Estimation Method) 及び環境多媒体モデル G-CIEMS (Grid-Catchment Integrated Environmental Modeling System)<sup>2)</sup>による予測結果との検証を行っている<sup>3)</sup>。水田農薬の種類には除草剤、殺菌剤、殺虫剤等があるが、田植え時期に集中的に用いられ、田面水に直接散布される除草剤に着目し、調査を行った。

今回調査対象とした甲突川は、上流の郡山地域に水田地帯を有する二級河川であり、モデルの検証に適してい

る。本報では、2009年に行った甲突川河川水中の水田除草剤の調査結果を基に、モデルによる予測との比較を行ったので報告する。

## 2 方法

## 2.1 調査地点

調査対象地点は、図1に示す甲突川河頭大橋とした。2009年5月から7月にかけて、約2週間毎に採水を行い、採取したサンプルは国立環境研究所に送付した。農薬の測定については、河川水試料500mLをガラス繊維ろ紙(Whatman, GF/C)でろ過し、Oasis HLBで固相抽出し、LC/MS/MS (Agilent1200+6460 Triple Quad LC/MS)にて定量を行った。



図1 調査地点

## 2.2 排出推定モデルによる予測

モデルによる予測の概要としては、PeCHREMにて水田から河川中へ排出される農薬濃度を求め、G-CIEMSにて河川水中の農薬の大気、底質等の媒体間の移動を計算し、濃度分布を予測した。

1 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

具体的には、まずPeCHREMにて次の手順で環境中へ排出される水田除草剤濃度を予測した。水稻に用いられる除草剤製剤には一発処理剤、初期除草剤、後期除草剤などがあり、用途に応じて使用時期の範囲が設定されている。そこで、農薬製剤の使用記録を用いて、農薬登録上の使用時期と実際の使用時期の関係を解析した。解析結果と県内の農薬出荷量<sup>4)</sup>、田植え時期情報から水田除草剤の使用時期の分布を求めた。なお、田植え時期に関しては、本県では早期栽培と普通期栽培があるため、作付面積により農薬使用量を按分した。

次に、水田内の農薬原体の動態について、挙動予測モデルPADDY (Pesticide paddy field model)<sup>5)</sup>と水田農薬の溶解度と流出率の関係式<sup>6)</sup>を用いて大気への揮発量及び河川中への排出量の時空間的分布を求めた。最後に、土地利用GISデータを用いて各排出量をG-CIEMS上の各大気メッシュ及び河道に按分し、G-CIEMSにより環境中濃度変動を計算した。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 濃度についての検証

水田除草剤25種類を測定した結果、22種類の農薬が検出された。図2に甲突川河川水中の水田除草剤の実測濃度及び予測濃度の変動を示す。実線は予測濃度の日間変動を、黒丸は各調査日の実測濃度を表しており、濃度については対数軸で表示している。

実測結果については、複数回検出されたものが多く、ダイムロン、メフェナセットは特に高濃度で検出され、最高検出濃度はそれぞれ3.61、2.05 $\mu\text{g/L}$ であった。アジムスルフロン、MCPA、ピリフタリド、ハロスルフロンメチルの4種については検出されたのは1回のみであった。また、継続的に検出されたものに関しては、ダイムロン、メフェナセット等のように最高濃度が最低濃度の100倍以上に達する場合もあることが図より見て取れ、時間的濃度変動が非常に大きいことが分かる。

次に、モデルにより予測した水田除草剤の日間濃度変動と実測値を比較した。モデルによる予測では、栽培時期に応じて2つのピークが現れる山型の変動を示すものが多い。調査期間中に継続的に検出された水田除草剤のうち、プロモブチド、ベンスルフロンメチル、メフェナセット、ペンタゾン、ダイムロン、イマズスルフロン、ジメタメトリン、オキサジクロメホンについては、おおむね予測と同様に山型の推移を示した。プレチラクロール、ブタクロール、カフェンストロール、ピラズスルフロンエチル、シクロスルファミロンについては、初期に検出された濃度から減少していく推移であった。これら

については、2週間間隔の調査であるため、モデルの予測に見られる濃度の上昇の期間を捉えていない可能性が考えられる。それ以外の除草剤については、予測濃度が低い場合が多く、実測値の検出頻度も低いため、明確な濃度変動を捉えることができなかった。

また、図2より実測濃度と調査日の予測濃度を比較すると、実測濃度が予測濃度よりも高い濃度で推移するケースが多いことが見て取れる。2週間毎のサンプリングであり必ずしもピークを捉えていないことを考慮すると、予測以上に河川水中の最大濃度が高くなることが推察される。

モデルによる予測より実測濃度が高くなる原因の1つとして、本県では4月上旬(早期栽培)と6月中旬～下旬(普通期栽培)と2つの時期に田植えが行われていることが考えられる。図3に2009年度の本県及び鹿児島市における水田の早期栽培及び普通期栽培の作付面積の割合<sup>7)</sup>を示す。鹿児島市を含む本県全域の水田作付面積に占める早期栽培の割合は約23.5%であり、予測では本県における栽培時期の割合に応じて水田除草剤の使用量を按分しているため、早期栽培と普通期栽培の田植え時期の後にそれぞれピークが現れる。しかし、栽培時期は地域差があり、甲突川流域である鹿児島市では早期栽培は約5%とわずかでほとんどが普通期栽培である。また、実際に調査地点付近の水田では5月26日から6月8日の間に田植えが行われているのが観察されている。よって普通期栽培の田植え時期に水田除草剤の散布が集中するため、予測よりも除草剤濃度が高くなることが推測される。このような地域差を反映させれば、より精度の高い予測ができるのではないかと考えられる。

#### 3.2 ピーク日についての検証

前節において河川中の水田除草剤濃度は時間的変動が大きいため、モニタリングには調査のタイミングが大きく影響することが分かった。環境への影響を評価するにはピークとなる時期を捉えることが重要であると考えられるため、5回の調査のうち最大濃度となった調査日(実測最大濃度日)と、モデルの予測により最大濃度となる日(予測最大濃度日)を比較した。

実測と予測の最大濃度月日、及びその差を表1に示す。予測と実測の差が調査間隔の14日以内のものを網掛けで示している。予測最大濃度は田植え期最盛日(6月19日)の約1週間後となるものが多いが、実測値は6月22日に行った調査で最大濃度であったものが13種類と最も多く、おおむね予測日の1週間以内であった。また、検出された除草剤の約70%が予測日と実測日の差が2週間以内で

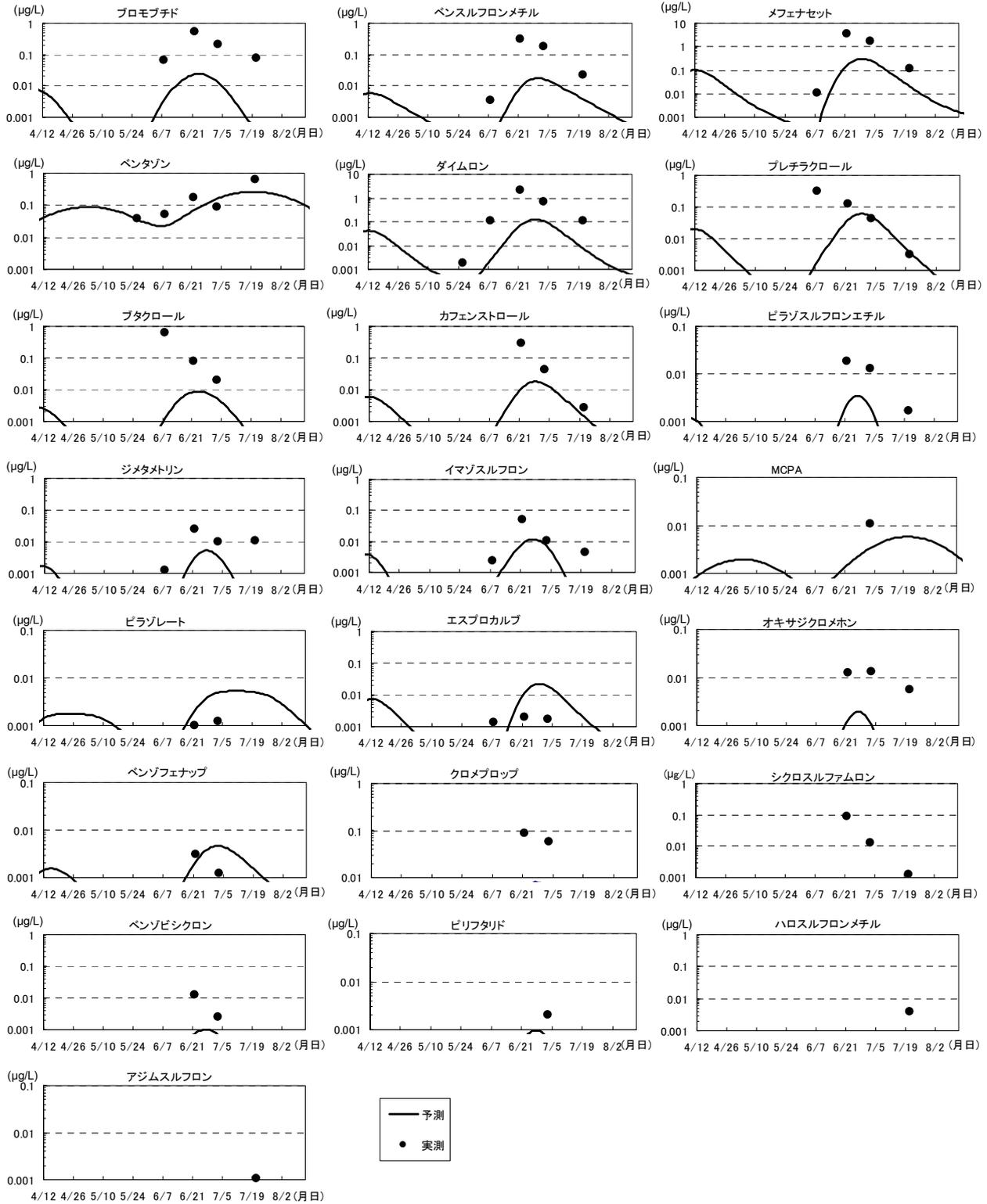


図2 甲突川河川水中の水田除草剂の濃度変動

あり、比較的予測の精度が高かった。予測と2週間以上差があった除草剂は、プレチラクロールとブタクロール以外は検出されたのは1回のみであり、検出頻度の低いものについては最大濃度日の予測の精度が低いことが分

かる。また、ハロスルフロメチルは水稻以外にも適用があるため、水田以外からの流出が河川中濃度に影響している可能性も考えられる。

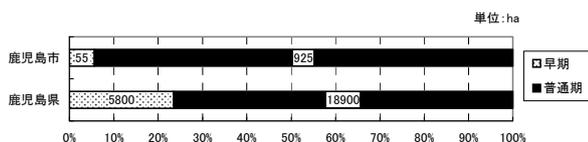


図3 鹿児島県における水田の栽培時期別作付面積

表1 水田除草剤の河川中最大濃度日

除草剤名	最大濃度日		
	予測 (月/日)	実測 (月/日)	予測と実測の差 (日)
メフェナセット	6/29	6/22	-7
ダイムロン	6/29	6/22	-7
ブタクロール	6/24	6/8	-16
ベンタゾン	7/20	7/21	1
プロモブチド	6/24	6/22	-2
プレチラクロール	6/28	6/8	-20
ペンシルフロンメチル	6/30	6/22	-8
カフェンストール	6/29	6/22	-7
シクロスルファミロン	6/26	6/22	-4
クロメプロップ	6/27	6/22	-5
イマズスルフロン	6/27	6/22	-5
ジメタメトリン	6/28	6/22	-6
ピラズスルフロンエチル	6/27	6/22	-5
オキサジクロメホン	6/27	7/3	6
ベンゾビシクロン	6/27	6/22	-5
MCPA	7/21	7/3	-18
ハロスルフロンメチル	6/23	7/21	28
ベンゾフェナップ	7/2	6/22	-10
エスプロカルブ	6/29	6/22	-7
ピリフタリド	7/28	7/3	-25
ピラゾレート	7/11	7/3	-8
アジムスルフロン	6/28	7/21	23

#### 4 まとめ

甲突川の河川水中の水田除草剤について調査し、モデルを用いて濃度変動を検証した結果、以下のことが分かった。

- 1) 河川水中から22種類の水田除草剤が検出され、特にダイムロン、メフェナセットが高濃度で検出された。

2) 継続的に検出された水田除草剤については、実測値の変動が予測とよく一致した山型の推移を示した。しかし、濃度についてはほとんどの水田除草剤において実測値が予測値より高くなる傾向が見られた。

3) 検出された水田除草剤の約70%が予測最大濃度日と実測最大濃度日の差が2週間以内であり、高い予測精度であった。また予測及び実測の最大濃度日は6月下旬に集中する傾向であった。

これらの結果から、甲突川河川水中の水田除草剤については排出推定/環境動態モデル (PeCHREM/G-CIEMS) を適用して河川中濃度の変動をある程度予測できることが分かった。このようなモデルを用いれば、予測結果より環境中濃度が高くなる農薬の種類や時期を絞ることができると考えられる。2011年度及び2012年度も同様の調査を行っており、今回行った調査の再現性を確認し、除草剤以外の農薬についても予測結果の検証を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 中俣宏二郎, 中村宏, 福留充; 県内の公共用水域における農薬の調査結果, 本誌, 2, 91~95 (2001)
- 2) 鈴木規之, 村澤香織, 他; 全国河川の河道構造データに基づく化学物質のGIS河川動態モデル (G-CIEMS) の開発と空間分布評価の試み, 環境化学, 15, 385~395 (2005)
- 3) 今泉圭隆, 白石不二雄, 他; 日本全国の残留水田除草剤の濃度予測手法の開発と検証, 第20回環境化学討論会要旨集, 252~253 (2011)
- 4) 日本植物検疫協会; 農薬要覧 (2006)
- 5) 稲生圭哉; 水田環境における農薬の挙動予測モデルの有効性の検証, 農業環境技術研究報告, 23, 27~76 (2004)
- 6) 丸論; 水系環境における農薬の動態に関する研究, 日本農薬学会誌, 18, 135~143 (1993)
- 7) 農林水産省 九州農政局; 農林水産統計