

連続施用した除草剤の残留パターンを把握するための小規模試験の方法

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
研究所

中村 直紀

はじめに

除草剤のなかでも優れた効果や特性をもつものは、その有用性から毎年繰り返して使用されることが多い。このような圃場への連続施用によって除草剤成分が土壤中に徐々に蓄積し、さらには土壌から作物に吸収されるという懸念が生じることがある。このため植調協会では関係農薬会社の協力のもと、同一圃場に同一除草剤を連続施用し、土壌ならびに作物の残留濃度を調査する、いわゆる永年蓄積残留量分析試験（以下、「永残試験」と略す）を1974年から45年にわたって実施している。

永残試験で調査した除草剤の大部分は、施用直後の土壌において一時的な濃度上昇は認められるものの、翌年の春期には検出されないか、あるいは検出されたとしてもごく微量の濃度にまで低下し、毎年繰り返し施用しても、土壌中での蓄積はほとんど認められていない。例外として、土壌粒子に強く吸着するパラコートは、連年施用により土壌中の残留濃度は増加する傾向が認められている。しかしながら、このような高い蓄積性を示すパラコートであっても、土壌中の残留濃度は試験開始から15年程度でほぼ一定濃度（15～20ppm）となり、半永久的に上昇し続けるわけではないことが確認された。さらに、パラコートが土壌中に高濃度（10ppm以上）で残留する圃場であっても、そこで栽培された水稲（玄

米や稲わら）からは、パラコートは検出されなかった。

現在行っている永残試験は圃場試験であり、毎年1回の施用を最低でも8～10年繰り返して実施するため、試験に要する時間と管理費用等での負担が大きい。このため著者らは、連続施用した場合の残留傾向を約2年程度の短期間で把握できるような試験（以下、「小規模試験」と略す）の確立を試みたので、この試験結果を紹介する。

小規模試験の方法

供試土壌として茨城県牛久市にある植調協会研究所内の火山灰水田土壌を用いた。試験土壌（風乾土として400g）を、900mL容（面積：64cm²）ガラス容器に詰め、各々に水を入れて攪拌し、25℃の暗条件に設定したインキュベーター内に静置した（図-1）。水深2cmに調整した後、供試薬剤のうちフロアブル剤や乳剤は水で100倍に希釈したものを、粒剤はそのまま、面積相当量の薬量を施用した。

水分条件として、3ヵ月間湛水を維持する試験区（以下「湛水区」と略す）と、より実際の圃場条件を想定し、湛水と乾燥の条件を繰り返す試験区（湛水状態を1ヵ月間維持し、その後2ヵ月間は水を補給せず干上がらせる試験区、以下「湛乾反復区」と略す）の2つを設けた。各区とも、3ヵ月間隔で施用を行い、施用回数1～8の試料を調製して土壌中の残留濃度を求めた。



図-1 小規模試験の様子
（試験は暗条件で実施）

各供試薬剤の残留傾向を解析するため、得られた残留濃度から計算により残留率（3ヵ月）を求めた。残留率の求め方については図-2に示すが、ここでの残留率は「施用直後の濃度」に対する3ヵ月後の「残留濃度」の割合である。1回目は施用前の濃度は0であるため、分母である「施用直後の濃度」は今回の施用に伴う理論残留濃度（理論投下濃度、 M_{add} ）のみであるが、2回目以降は前回の施用により残った濃度（ M_t ）が加わり、この濃度と施用に伴う理論残留濃度（ M_{add} ）の合計（ $M_t + M_{add}$ ）が分母となる（図-2左側）。回数を重ねるごとに施用によって残った濃度が積みあがって増えていくため、理論投下濃度と3ヵ月の間に分解消失する濃度は等しくなり、最終的に残留濃度は一定状態に達することになる（残留率が100%未満で、かつ一定であると仮定した場合）。図-2右側に示したように、残留率が低ければ分解は速く、残留濃度が一定状態に達するまでの期間は短くなり、逆に残留率が高ければ分解は遅く、残留濃度が

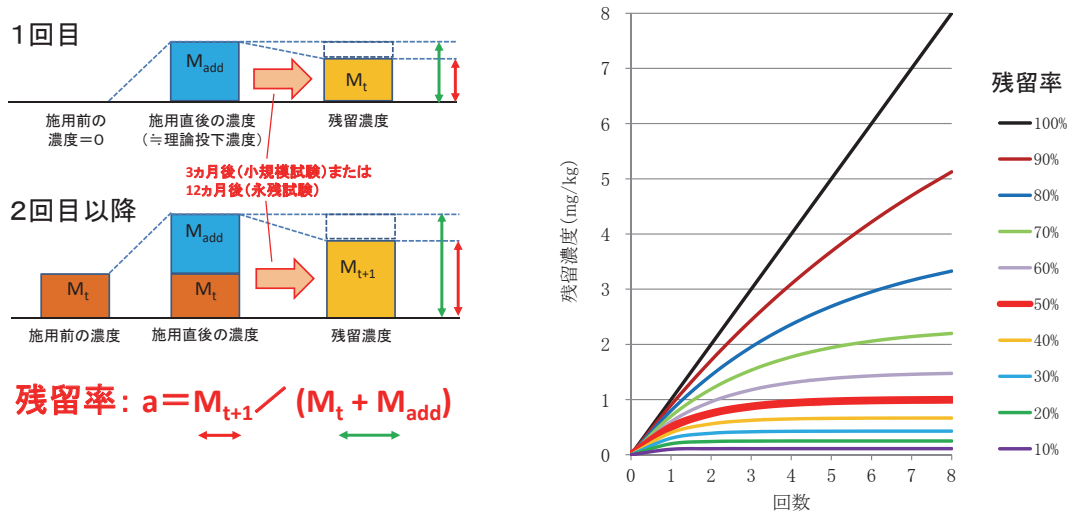


図-2 残留率の求め方および残留率と残留濃度の関係

左図：「残留濃度 (M_{t+1})」を「施用前の残留濃度 (M_t)」と「理論投下濃度 (M_{add})」の和 ($M_t + M_{add}$) で除した値を「残留率 (a)」とした (小規模試験では施用 3 ヶ月後、永残試験では施用 12 ヶ月後の残留率となる)。

右図：このようにして導き出された残留率と残留濃度の関係は、例えば残留率が低ければ分解は速く、残留濃度が一定状態に達するまでの期間は短くなる。逆に、残留率が高ければ分解は遅く、残留濃度が一定状態に達するまでの期間は長くなる。

一定状態に達するまでの期間は長くなる。また、この残留率が試験期間中ある程度一定であれば分解性は持続されていることが推察され、経時的に高くなるようであれば分解性は低下、低くなるようであれば分解性は上昇していることが推察される。

また、小規模試験と比べて永残試験での施用間隔は 12 ヶ月と 4 倍長い点で大きく異なるが、これまでの永残試験で得られた残留濃度から同様の計算により残留率を求め、小規模試験の残留率と比較した。

試験結果

これまでに確認してきた供試薬剤のうち、除草剤 (成分) A, B, C および D の結果について紹介する。

(1) 小規模試験

除草剤 D を除く 3 剤の残留濃度は、湛水区および湛乾反復区ともに、試験期間中に一定の状態となり、理論投下濃度 (1 回当たり) を超えることはなかった (図-3 ~ 5 左側)。除草剤 D

では、理論投下濃度 (1 回当たり) を超えて増え続け、試験終了時点でも一定濃度となるような状態は得られなかった (図-6 左側)。

小規模試験の残留濃度から計算により求めた残留率 (3 ヶ月) と平均残留率 (3 ヶ月) を表-1 に示した。除草剤 D を除く 3 剤では、早い段階で残留濃度が一定状態となったことから予想されるとおり残留率は低く、平均残留率は 18% 以下であった。一方、試験終了時点でも一定濃度状態が得られなかった除草剤 D では、平均残留率は 80% を超える高い値を示した。

今回の小規模試験は容器内という限られた環境下での試験であるため、時間の経過とともに微生物等による分解活性が低下することにより、連続施用回数の増加に伴って残留率が上昇するのではないかという懸念があった。表-1 の結果から、変動幅の大小はあるものの 4 剤とも試験期間を通して残留率が上昇し続けることはなく、ほぼ一定の残留率を示したことから、分解活性は維持されていることが推察された。

(2) 永残試験との比較

永残試験の結果は、小規模試験の結果と並べて図-3 ~ 6 の右側に示した。永残試験における残留濃度は、全ての供試薬剤において早い段階でほぼ一定状態となった。

永残試験においても小規模試験と同様に残留率 (12 ヶ月) および平均残留率 (12 ヶ月) を求め、この平均残留率 (12 ヶ月) から推定した残留濃度の推移を図中に一緒に示した。

永残試験では、供試薬剤によっては残留率が一時的に大きく変動する時期も認められたが概ね試験期間を通してほぼ一定の残留率を示した。また、施用間隔が小規模試験の 3 ヶ月間に対して永残試験の 12 ヶ月間では遥かに長いためか、平均残留率は小規模試験と比べ同等かそれ以下であった。

平均残留率が低いため早い段階で一定の濃度状態となる点で、除草剤 D を除く 3 剤では小規模試験と永残試験とで残留傾向が符合した。一方、小規模試験において平均残留率が高く、残留濃度が増え続けた除草剤 D では、

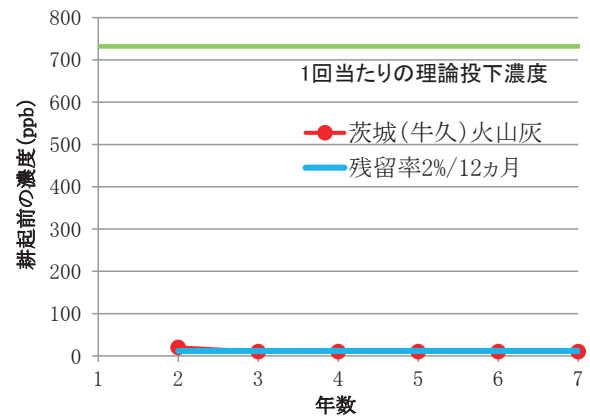
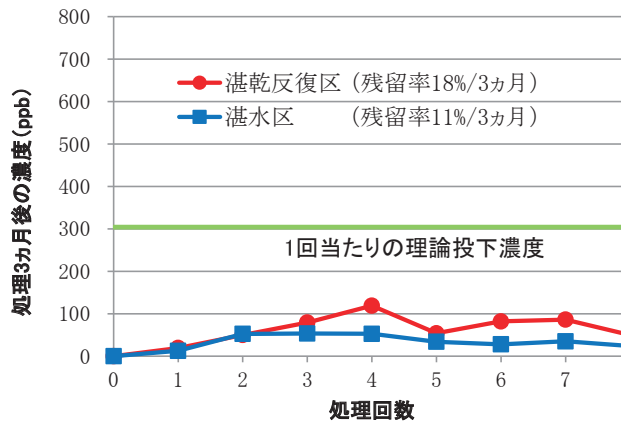


図-3 除草剤 A の残留濃度の推移

左：小規模室内試験系，右：永年蓄積残留量分析試験（圃場試験）
 プロットを結んだ線は実際の残留濃度の推移，右図に示したプロットの無い青線は平均残留率（2% /12 ヲ月）から推定した残留濃度の推移。

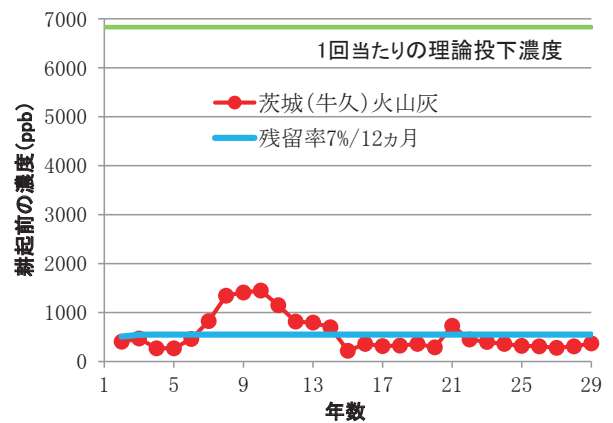
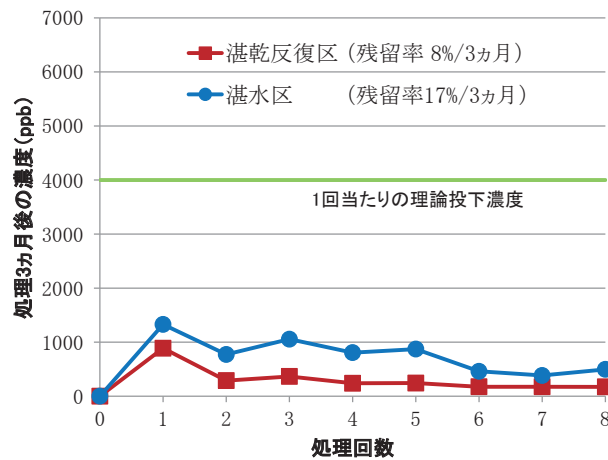


図-4 除草剤 B の残留濃度の推移

左：小規模室内試験系，右：永年蓄積残留量分析試験（圃場試験）
 プロットを結んだ線は実際の残留濃度の推移，右図に示したプロットの無い青線は平均残留率（7% /12 ヲ月）から推定した残留濃度の推移。

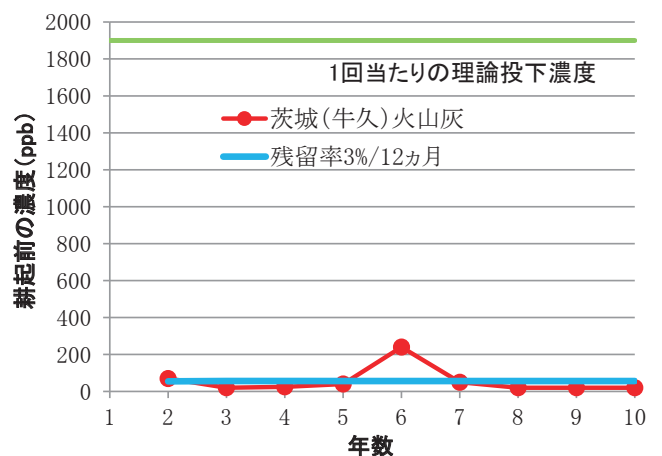
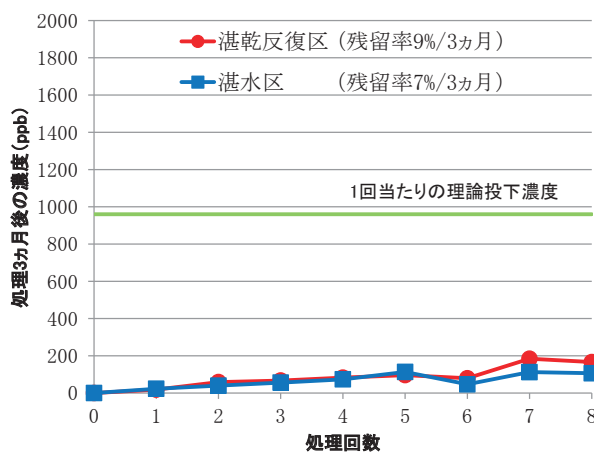


図-5 除草剤 C の残留濃度の推移

左：小規模室内試験系，右：永年蓄積残留量分析試験（圃場試験）
 プロットを結んだ線は実際の残留濃度の推移，右図に示したプロットの無い青線は平均残留率（3% /12 ヲ月）から推定した残留濃度の推移。

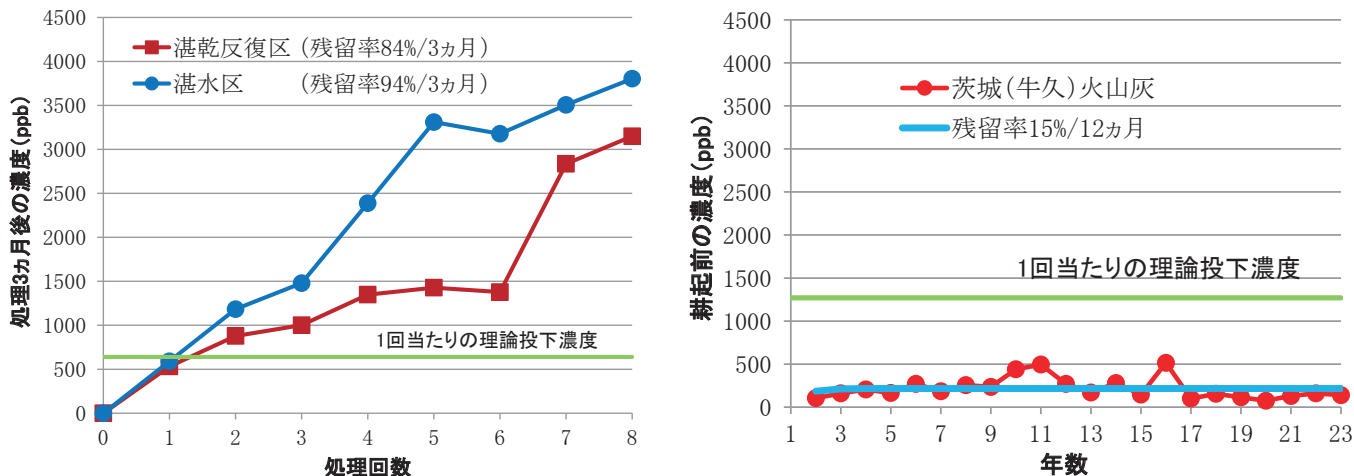


図-6 除草剤Dの残留濃度の推移

左：小規模室内試験系、右：永年蓄積残留量分析試験（圃場試験）

プロットを結んだ線は実際の残留濃度の推移、右図に示したプロットの無い青線は平均残留率(15%/12ヵ月)から推定した残留濃度の推移。

表-1 除草剤A, B, CおよびDの施用3ヵ月後の残留率 (%)

薬剤名 試験区	除草剤A		除草剤B		除草剤C		除草剤D	
	湛乾反復区	湛水区	湛乾反復区	湛水区	湛乾反復区	湛水区	湛乾反復区	湛水区
1回目	6	4	22	33	2	2	83	92
2回目	15	17	6	14	6	4	75	96
3回目	22	15	9	22	7	6	66	81
4回目	31	15	5	16	8	7	82	113
5回目	13	10	6	18	9	11	72	109
6回目	23	8	4	9	8	4	67	80
7回目	22	11	4	9	18	11	141	92
8回目	13	7	4	11	15	10	91	92
平均	18	11	8	17	9	7	84	94
併行相対標準偏差	43	41	81	49	56	51	29	12

永残試験の残留傾向と異なる結果を示した。この理由として小規模試験は閉鎖系の暗条件で行っており、光分解などの分解消失要因が抑えられたためと考えられる。

おわりに

小規模試験の検討結果から、変動幅はあるもののほぼ一定の残留率を示し、試験中の分解活性は維持されることが推察された。また、永残試験と比較すると、供試薬剤の大部分は残留濃度が早い段階で一定濃度となるな

ど、残留傾向が符合した。従って小規模試験は、連続施用した除草剤の残留傾向を短期間で予測可能な試験であると考えられる。

一方、当該試験は密閉系の暗条件で実施するので光分解などの消失要因が抑制されるため、永残試験に比べて残留率や残留濃度が高くなるなど、永残試験の結果と符合しない場合も認められた。今後は、一定の明条件などを加えた試験方法の検討も必要である。

最近では土壤中の半減期が短い除草剤が多い傾向にあるが、土壌残留試験の半減期が100日を超えるものも一

部見受けられる。このような場合、後作物残留試験を実施して土壌から作物への除草剤の吸収移行性を確認することが要求されている。土壌残留試験や後作物残留試験はともに単回施用での評価であるため、土壌残留性が認められるような除草剤については、さらに連続施用での残留性を評価できる永残試験（圃場試験）や小規模試験の方法を用いて確認することで、薬剤の開発あるいは普及の過程で役立つ情報が得られると考えている。