

第4世代の一発処理剤

「問題雑草一発処理剤」

一発処理剤が世に出てから30年を経て、第4世代の一発処理剤である問題雑草一発処理剤が新たに開発された。オモダカ、クログワイ等の多年生難防除雑草を他の草種とともに一発で仕留めることができる一発処理剤である。前処理剤や後処理剤を使用する必要がないので、省力、低コストの薬剤である。

体系防除の時代

一発処理剤が世に出る1980年以前の水田雑草の防除は初期および中・後期に除草剤を複数回使用し、最後に残存した雑草を手取りする体系防除が一般的であった。初期防除には主に一年生雑草を対象にした初期剤、中・後期防除には多年生雑草を対象にした中・後期剤を使用していた。初期剤にはベンチオカーブ、CNP、X-52などが、中・後期除草剤には多年生雑草に効果がある2,4-DやMCPBを主成分とした薬剤が使用されていた。2,4-DやMCPBは幼苗期の水稲には薬害が強いため、初期防除には使用できなかった。

当時はウリカワ、ミズガヤツリ、マツバイなどが全国的に問題になっており、ウリカワは西日本でとくに問題になっていた。ベンチオカーブやモリネートとシメトリンとMCPBを含む中期剤は取りこぼしたノビエと多年生雑草防除に広く使用され、ウリカワにも効果は高かった。しかし、初期防除後の雑草の残草程度や散布タイミングによって効果が変動することがあった。そのような状況下で幼苗期の水稲

に安全性が高く、ウリカワに卓効を示すピラゾレートやナプロアニリドなどが開発された。

ピラゾレートは白化作用を呈する薬剤（現在では4-HPPD阻害剤とされている）で、ナプロアニリドは代謝物がオーキシン活性を有する薬剤で、それぞれ当時タンパク質合成阻害作用を持つとされていたブタクロール、ベンチオカーブなどとの相性がよく、混合することで相乗作用が生じ、その当時問題になっていたウリカワやミズガヤツリにも高い効果を示した。現在ではブタクロールやベンチオカーブは脂肪酸合成阻害が一次作用点とされている。

一発処理剤の変遷

(1) 一発処理剤の誕生

第一世代の水田雑草の初期防除から使用でき、一年生雑草と多年生雑草を同時に防除できる薬剤（これまでの水田雑草の体系防除を是正するという意味で体系是正剤と呼ばれた）が生まれる。第一世代の一発処理剤の誕生である。一発処理剤と名付けられ、多くの組み合わせの一発処理剤が開発された。ピラゾレートと同様の白化作用を持つピラゾキシフェン、ベンゾフェナップ、オーキシン活性を持つクロメプロップなどが続けて開発され、ブタクロール、ベンチオカーブ、プレチラクロールなどの脂肪酸合成阻害剤との組み合わせで多くの一発処理剤が開発された。

一方、第一世代の一発処理剤が登場

公益財団法人日本植物調節剤研究協会

横山 昌雄

した当時、次世代以降に活躍するようになるベンスルフロンメチル、メフェナセット、プロモブチドなどが既に開発途上にあった。ベンスルフロンメチルはスルホニルウレア化合物（SU）の日本での草分けで、一年生雑草（ノビエを除く）から多年生雑草まで広範囲の雑草種に対し効果を有していた。一方、多年生雑草には効果が劣るものの、単独でノビエに対して2.5葉期まで湛水処理効果を示すメフェナセットが同時期に開発されていた。後に、SU抵抗性バイオタイプのホタルイ対策で脚光を浴びるプロモブチドはホタルイやカヤツリグサ科草種に効果が高い薬剤として開発されていた。

(2) 第二世代の一発処理剤

SUと高葉齢のノビエに効果がある薬剤の組み合わせが第二世代の一発処理剤を生んだ。ノビエの2.5葉期まで使用できる、散布適期が長い初中期一発処理剤である。第一世代は処理晩限がノビエ2葉期以前であることから初期一発処理剤として区別された。

SUはアミノ酸（パリン、ロイシン、イソロイシン）合成の初期に働くアセト乳酸合成酵素（ALS）を阻害する作用を持ち、植物の細胞分裂を止め、成長を抑制する。SUを分解代謝する能力が低い植物や幼植物には極めて高い効果を示した。ベンスルフロンメチルが登場した後、類似した性能を持つピラゾスルフロンエチル、イマゾスルフロン、シクロスルファミロンなどの新たなSUが次々に開発された。また、メ

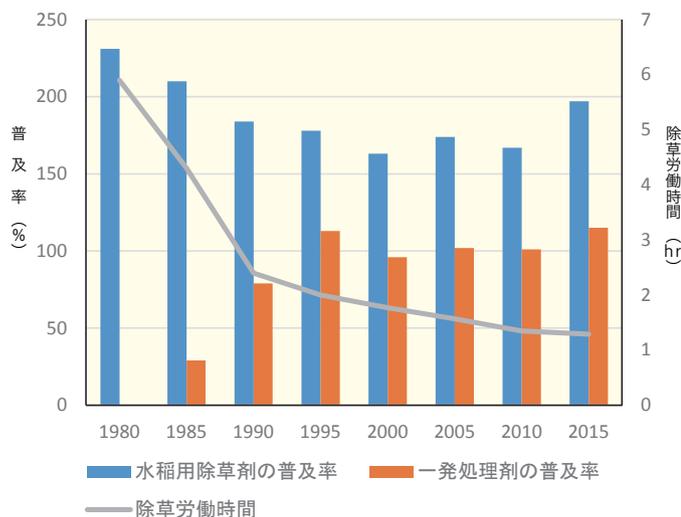


図-1 水稲用除草剤の普及率と除草労働時間

フェナセットに続き、エスプロカルブ、カフェンストロール、インダノファン、オキサジクロメホン、フェントラザミド、シハロホップブチルなどノビエに高い効果を持つ成分も開発され、色々な組み合わせの初中期一発処理剤が世に出た。

初中期一発処理剤が全盛になると初期剤や中・後期剤の使用量が減少するとともに、水田での除草剤の使用回数が減少した(図-1)。また、除草労働時間も10アール当たり2時間を切った(農林水産統計による)。ウリカワ、ミズガヤツリ、マツバイは発生が減少し、問題雑草ではなくなった。

(3) 第3世代一発処理剤

SUを含む一発処理剤が普及して、10年経て新たな問題雑草が現れた。SUに対して効果が低下した雑草、SU抵抗性バイオタイプが現れた。まず、北海道や東北でミズアオイ、アゼナ類、イヌホタルイなどのSU抵抗性バイオタイプが現れた。SUがゴマノハグサ科草種に効果が低く、これまでも効果が低下する草種があることは畑分野で指摘されていたが、水稲用除草剤は混合剤が主で、抵抗性雑草が現れて問題になるとは想定されていなかった。SU抵抗性バイオタイプは瞬く間に全国に

広まった。SU抵抗性バイオタイプが持つALS遺伝子はSUでは阻害されない変異タイプで、その変異は一塩基の変異で起こることが解明された。また、ALS遺伝子には変異する部位は8カ所あることから、変異頻度が高いことが予測された。予測通り、各地で多くの草種のSU抵抗性バイオタイプが現れた。SUを含む一発処理剤では効かない草種が各地で現れ、特にイヌホタルイが問題になった。この問題を解消するために新たな混合剤が開発された。SUを含まない一発処理剤やSUを含む一発処理剤にイヌホタルイに効果を示すプロモブチド、ベンゾピシクロン、クロメプロップ等を付加した一発処理剤が開発された。第3世代の一発処理剤の誕生である。その後、SUとは構造が異なる化合物群であるがALS阻害を作用点とするスルホンアニリド系のピリミルスルファンやSUであるがSU抵抗性バイオタイプに効果があるプロピルスルフロン、メタゾスルフロン、トリアファモンが開発された。また、ベンゾピシクロンと同様にカロチノイドやプラストキノンの合成に関わる4-HPPDを阻害する作用を持ち、殺草スペクトルが広いテフリルトリオンも開発され、新しい第3世代の一発処理剤の成分となった。

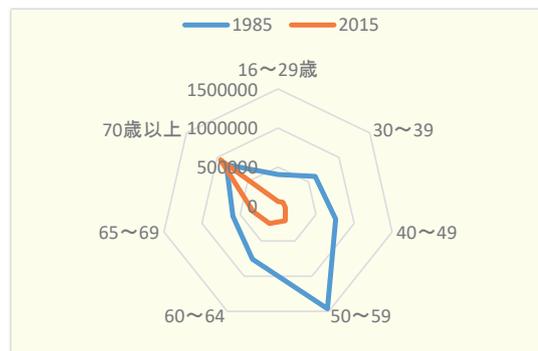


図-2 年齢別農業就業人口

第3世代の一発処理剤であるSU抵抗性バイオタイプ対応型一発処理剤は続々開発され、トリプトファン変異のALS遺伝を持つSU抵抗性バイオタイプが一部で問題になっているものの、第3世代の一発処理剤の登場によって、SU抵抗性問題はほぼ沈静化した。

一発処理剤にはさらに省力化が求められ、田植同時散布ができ、ノビエ3葉期以上でも使用できる散布幅が広いものが求められた。水田の雑草防除は一発処理剤に益々頼るようになった。中期剤や後期剤の使用はさらに減少している。多くの農家が田の草取りをやめ、農林水産統計でみると除草労働時間1.3時間までに減少している。また、農業就業人口は減少し、高齢化が加速している現在の状況と除草労働時間が4.3時間であった1985年での年齢別農業就業人口(図-2)を比べると、現状では田の草取りは現実的でないくらいに減っていることが判る。近年、オモダカ、クログワイ、コウキヤガラ、シズイなど防除が難しい雑草が増加しているのは、最後の田の草取りがなくなったことも一つの要因と考えられる。

問題雑草(雑草発生調査から)

次にオモダカ、クログワイの発生状況について、植調協会が実施した雑草発生調査等から解説したい。

植調協会東北支部会報(東北雑草研究会も含む)に掲載されている東北各県の

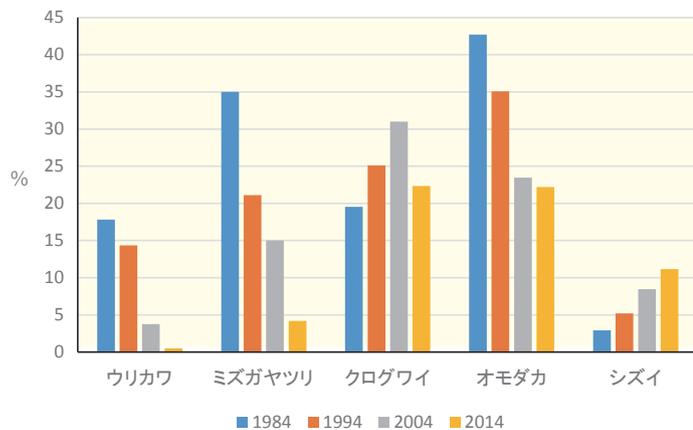


図-3 東北地域での多年生雑草の発生面積の推移 (%)
植調東北支部会報 (東北雑草研究会を含む) より

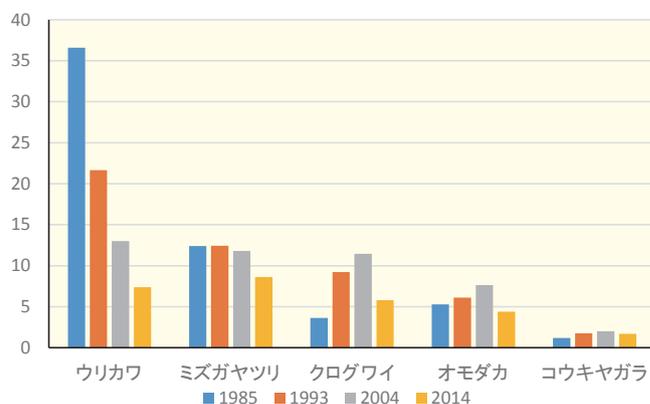


図-4 九州地域での多年生雑草の発生面積推移
九州地域普及適用性試験成績より

雑草発生調査によれば、東北地域では一発処理剤が普及する前に比べて、ウリカワ、ミズガヤツリは著しく減少し、ウリカワの発生はほとんどみられなくなっている。発生が多かったオモダカも半減した。しかし、近年では減少速度が停滞し、クログワイの発生面積はあまり変わっておらず、シズイの発生面積は徐々に増加している (図-3)。

植調協会九州支部の普及適用試験成績には九州地域の各県の農業技術課や普及センターによる雑草発生調査の結果が記載されているが、九州地域としてまとめると、一発処理剤が普及され始めた1985年にはまだウリカワの発生面積が多かったが、やがて激減した。それに対して、ミズガヤツリ、クログワイ、オモダカ、コウキヤガラの発生面積には大きな変化はみられていない (図-4)。

1959年に植調協会と全国農業改良普及協会は除草に関する実態調査を全国レベルで行っている。その結果をまとめるとノビエ等一年生雑草は全国で発生し、多年生雑草であるマツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリも全国でそれぞれ20%~30%の発生がみられた。それに対しオモダカは関東以北での発生は多く、東北では35%の発生がみられた。クログワイは東北で15%、関東で9%に対し他の地域での発生は5%以下であった (表-1)。

表-1 昭和54年(1979年)水田雑草の発生面積作付け比: %

	全国	北海道	東北	北陸	関東	東海	近畿	中国	四国	九州
ノビエ	82	91	82	90	78	75	84	82	87	77
コナギ	33	10	30	40	31	34	40	38	43	35
キカシグサ	19	19	15	13	18	19	17	21	27	25
その他一年生	42	56	36	53	40	34	45	44	46	41
マツバイ	33	67	33	42	27	30	27	29	26	23
ホタルイ	28	79	41	18	25	8	14	19	11	9
ウリカワ	28	12	18	31	22	38	33	42	48	74
ミズガヤツリ	22	10	33	30	23	12	11	14	15	15
オモダカ	15	11	37	17	23	5	4	7	8	6
ヘラオモダカ	15	78	19	4	10	3	4	8	3	1
クログワイ	8	1	17	5	9	2	5	5	4	3
ヒルムシロ	6	14	9	1	7	1	4	3	4	3

注: 農作物の除草に関する実態調査報告書—水稻編—

(財団法人日本植物調節剤研究協会、社団法人全国農業改良普及協会) より

近年、全国的な発生実態調査を実施していないため、北海道を除く全国の現地水田で実施されている普及適用性試験 (展示圃) の平成25、26、27年度の成績から最近の雑草発生程度を推測してみた。普及適用性試験成績書から試験圃場 (無処理も含む) に発生した雑草を網羅的に取り上げ、普及管内別に整理し、雑草の種類別に地域の普及管内当たりの雑草が発生した普及管内の割合を算出し、地域の発生頻度とした。発生面積の直接調査でないが、鳥瞰的に発生程度を把握できる (表-2)。

ノビエ、ホタルイ、アゼナ (その他一年生)、コナギは1959年と同様に各地域で発生していることが判る。ウリカワは10%程度発生しているが地域差が大きい。ミズガヤツリは2%以下で、表にも現れていない。それに対してオ

モダカ、クログワイは地域差があるものの、全国で発生がみられる。1959年の調査ではほとんどみられなかったコウキヤガラ、シズイの発生がみられる。

東北、九州地域での雑草発生面積調査の結果では、それぞれの地域でオモダカ、クログワイは必ずしも増加していないが、1959年の全国雑草調査と最近の普及適用性試験成績の雑草発生頻度と比較するとはオモダカ、クログワイは増加しているようにみえる。

普及適用性試験の試験圃場はそれを担当する普及関係者が選ぶので、選び方で発生雑草の偏りができる可能性は否定できないが、圃場を意図的に選択していなければクログワイ、オモダカは増加しているといえる。また、オモダカ、クログワイの防除効果を確認するため意図的にそれらの発生している

表-2 最近の水田雑草の発生頻度

	全国	東北	北陸	関東	東海	近畿・中国・四国	九州
普及単位数	985	108	145	145	129	279	179
ノビエ	80	94	90	77	87	73	73
ホタルイ	65	78	71	67	70	66	46
アゼナ	57	47	57	53	47	57	76
コナギ	45	30	40	48	43	43	62
カヤツリグサ	18	1	8	16	12	23	35
イボクサ	11	13	12	13	21	10	2
キカシグサ	7	1	1	8	5	4	22
オモダカ	28	48	31	52	15	21	17
クログワイ	27	41	21	49	30	19	18
ウリカワ	11	1	12	5	23	9	16
コウキヤガラ	5	4	1	6	5	6	7
シズイ	2	19	0	1	0	0	0

注) 平成 25 年度, 26 年度, 27 年度除草剤普及適用性試験成績 (展示圃) より。

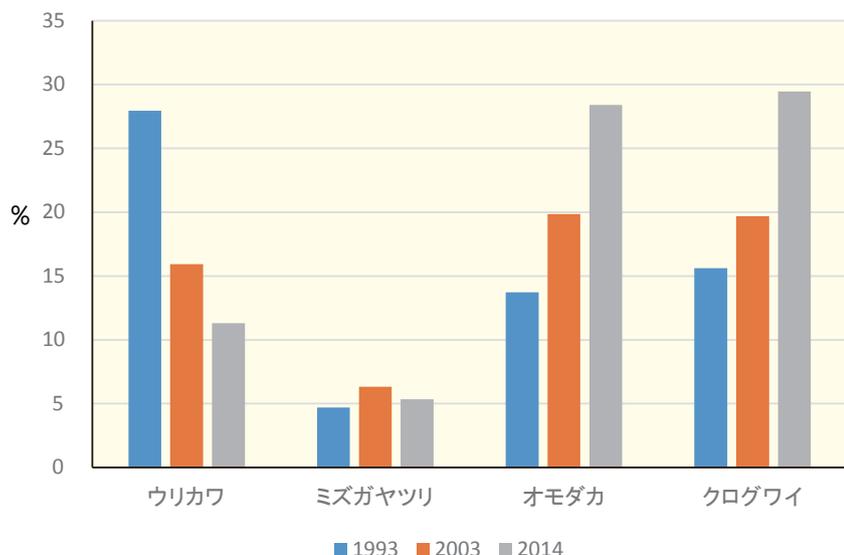


図-5 全国（北海道除く）における多年生雑草発生頻度の推移 (%)
植調協会普及適用性試験成績より

表-3 平成 21 年度 全国雑草アンケート調査まとめ (植調協会実施)

分類	草種
ノビエ	タイヌビエ, イヌビエ, ヒメタイヌビエ
畦畔から侵入する雑草	イボクサ, キシュウスズメノヒエ, アシカキ, エゾノサヤカグサ, アゼガヤ
大型広葉雑草	クサネム, アメリカセンダングサ, タウコギ
多年生難防除雑草	オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ, シズイ
SU抵抗性雑草	アゼナ類*, ホタルイ類**, コナギ, ミズアオイ, オモダカ, ヘラオモダカなど

アゼナ類*: アゼナ, アメリカアゼナ, タケトアゼナ等
ホタルイ類**: イヌホタルイ, タイワンヤマイ

圃場を選択したとするならば, 普及関係者はオモダカ, クログワイが問題雑草化しているという意識があったと考えることができる (図-5)。

関東地域および東海地域の普及適用性試験成績書には雑草生育状況の項目に「問題になっている雑草」があり, 問題雑草としてノビエ, ホタルイ, コナギ, イボクサ, 雑草イネ等があげら

れている。関東地域では6県がオモダカ, クログワイを, 2県がシズイ, 1県がコウキヤガラをあげ, 東海地域ではクログワイ, コウキヤガラをそれぞれ1県であげている。

また, 2009年(平成21年)に都道府県の水稲除草剤試験担当者を対象にした雑草発生アンケートを整理すると, ノビエ, 畦畔からの侵入雑草, 大型広葉雑

草, SU抵抗性雑草に加え, 北海道ではオモダカ, クログワイ, 東北ではオモダカ, クログワイ, シズイ, 北陸ではクログワイ, 関東・東海および近畿・中国・四国ではオモダカ, クログワイ, コウキヤガラ, 九州ではクログワイ, コウキヤガラが問題雑草としてあげられていた。オモダカ, クログワイは全国的に増加しており, コウキヤガラやシズイについて知見は少ないものの, 同様に増加していることが推察される (表-3)。

全国の雑草発生や発生程度が北海道から九州まで地域で同じとはいえないが, 雑草の発生量にかかわらず, どのような雑草が発生しているかということは除草剤の開発にとって重要である。

オモダカ, クログワイの発生を除草剤出荷量から算出した使用面積から推定することができる (図-6)。第二世代の一発処理剤である初中期一発処理剤の普及により中・後期剤の使用面積は速やかに減少したが, 減少後は一定面積での使用が現在まで維持されている。ところが使用される中・後期剤の種類が変化している。後期防除に使用されるオモダカやクログワイの特効薬であるベンタゾンを含む薬剤は30年以前から一定量が使用されてきたが, 近年になってその使用面積が増加している。また, オモダカ, クログワイを適用草種とするハロスルフロン, ピラクロール, ピリフタリド, ベンゾピシクロン, ベンフレセート, ペノキススラム, メタゾスルフロンなどを含む薬剤の中期使用も近年増加し, 最近ではオモダカ, クログワイなどに適用がある中・後期



図-6 難防除雑草の中・後期による防除面積

注) 難防除雑草の中期処理は難防除雑草に適用がある中期剤の使用面積。後期処理は難防除雑草に適用がある後期剤の使用面積。使用面積は出荷量より算出。



オモダカとクログワイ



水稲と競合するクログワイ



水稲の根本に発生したオモダカ

剤は全ての中・後期剤の使用面積の約半数を占めるようになった。

一方、第二世代以降の一発処理剤の多くはオモダカ、クログワイ、コウキヤガラ、シズイを適用草種にしている。しかし、オモダカ、クログワイなどを対象に一発処理として使用する場合には残草した個体の防除に中・後期剤等の使用が必要になる。また、中期処理として使用する場合にも初期剤等で初期防除する必要がある。いずれにしても、単用ではオモダカ、クログワイの防除を十分に果たすことができない。

以上を考え合わせると、オモダカ、クログワイに適用がある一発処理剤、中期剤および後期剤が使用されているにもかかわらず、オモダカ、クログワイ等の多年生雑草が増加しているのは、これまでの除草体系に問題あるのかもしれない。

例えば、オモダカやクログワイの特効薬として使用されているペンタゾン剤は使用時には落水して散布する必要がある。大区画化した水田を均一な落水状態に保つのはかなり難しい。また、水稲が成長し、繁茂した水田での雑草をねらった茎葉散布は煩雑で手間がか

かる。それぞれの管理や作業を怠ると期待通りの防除は難しい。

また、オモダカやクログワイの繁殖は塊茎によるところが大きく、除草剤でその塊茎形成を抑えることが発生量を抑えるポイントでもある。早過ぎる散布は再生を許し、遅い散布は塊茎を残す。散布のタイミングが難しい。

問題雑草一発処理剤にはオモダカ、クログワイ、コウキヤガラ、シズイなどに対して効果が高いだけでなく、これまでの一発処理剤と同様容易な散布条件が求められる。

問題雑草一発処理剤

次に問題雑草一発処理剤を構成する成分の候補を紹介しよう。

SUなどALS阻害作用を持つ成分は候補の一つである。プロピルスルフロ、メタゾスルフロ、トリアファモンやピリミスルファンなどがある。SU抵抗性バイオタイプにも有効なものもある。

白化作用を持つ4-HPPD阻害剤であるテフリルトリオン、ベンゾピシクロン、シクロピリモレート、メソトリオンなども候補の一つである。

また、中期剤の有効成分として配合されているハロスルフロ、ペノキスラム、ベンフレセートなどが候補の一つである。

PPO阻害剤も一時的ではあるが多年生雑草に対しても強い作用を示す。かつて、クログワイ防除にPPO阻害剤を利用した例がある。PPO阻害剤はクログワイの出芽を抑える。クログワイは萌芽期間が長いので残効が切れると抑えられていた萌芽が一斉に出芽する。生育が揃うので茎葉処理型のペンタゾン剤は効率よく吸収され、一網打尽となる。もちろん、さらに遅れて萌芽し、残草するものもあるが、効率的な防除法である。

処理時期	処理時の各処理区の雑草の最大葉齢			使用量 (製品/10a)	残草量(茎葉重対無処理区比)							水稻に対する影響								
					ノビエ	ホタルイ	クログワイ	合計	問題雑草最終調査				生育期		収量		被害程度			
									草丈(cm)	株数(本)	a)草丈×株数(%)	b)重量(g)	症状	程度	回復状況	完全除去区比		減収の要因		
	作期普	ノビエ	ホタルイ	クログワイ	乾無処理	82.6	6.5	6.2	126	76	103	100								
						g	g	g	g	cm	本	%	g			※kg/10a				
						%	%	%	%	cm	本	%	%			[* 62%]				
AIS	+3	前	前	前	1kg	0	0	4	t	25	15	5	生育抑制	+		98				微
	+10	2	2	始	1kg	0	0	2	t	20	5	1		-		103				無
	+14	3	3	始	1kg	2	1	1	t	15	6	1				101				無
対照	+10	2	2	始	1kg	0	2	7	t	54	35	24				105				無
	+10	→+35			1kg	0	1	6	t	10	3	t				97				無

図-7 問題雑草一発処理剤の適用性試験成績概要の例

現在、登録あるいは実用性が確認されている問題雑草一発処理剤はこれらの有効成分の組み合わせで構成されている。

植調協会での問題雑草一発処理剤の実用性評価については新たな基準を設けた。通常、一発処理剤は移植後45～50日での残存雑草量を評価対象とする。移植後45～50日まで発生を抑えれば、水稻群落はそれ以降に発生する雑草を被陰し、成長を抑えるとの考えからである。しかし、塊茎で繁殖するオモダカ、クログワイなどは必ずしもそうではない。問題雑草の残草を80日程度で判断することとした。

そこで、問題雑草一発処理剤については完全防除を考え、薬効の評価を移植後80日とした。

図-7は問題雑草一発処理剤の適用性試験成績概要の例である。赤丸が45日調査結果、青丸が80日調査結果である。試験薬剤の残草程度は45日では対照剤との違いは少ないが80日ではその差は歴然としている。バサグラン溶剤との体系処理と同等の効果が見られる。

現在、問題雑草一発処理剤として実用性が確認されているのは下記の通りである。

アップレZジャンボ、フロアブル、1キロ粒剤（有効成分：ピラクロニル、プロピリスルフロロン、プロモブチド）はクログワイを、カウシルコンプリートジャンボ、フロアブル、1キロ粒剤／ボデーガードプロジャンボ、フロアブル、1キロ粒剤（有効成分：トリアファモン、テフリルトリオン）はオモダカ、クログワイ、コウキヤガラを、ゼータタイガージャンボ、フロアブル、1キロ粒剤／ドラゴンホークZジャンボ、フロアブル、1キロ粒剤（有効成分：プロピリスルフロロン、プロモブチド、ペントキサゾン）およびゼータハンマージャンボ、フロアブル、1キロ粒剤（有効成分：プロピリスルフロロン、プロモブチド、ペントキサゾン）はクログワイを、MIH-142フロアブル（有効成分：シクロピリモレート、ピラゾレート、

プロピリスルフロロン）およびMIH-143ジャンボ（有効成分：シクロピリモレート、ピラゾレート、プロピリスルフロロン）はオモダカ、クログワイをそれぞれ対象にして実用性が認められている。

使用する際には誤用がないよう登録内容を確認し、適正に使用する。なお、農業登録には問題雑草一発処理剤としての記述や表示がないので、問題雑草一発処理剤のロゴマークが参考になる（図-8）。ロゴマークの上部に記述されているのが一発処理の対象雑草である。問題雑草一発処理剤の地域性、使用時期等の有効な使用方法が、植調協会ホームページの技術情報に掲載されているので参考にして欲しい。

参考文献

- 財団法人日本植物調節剤研究協会・社団法人全国農業改良普及協会 1983.「農作物の除草に関する実態調査報告書－水稻編－昭和58年8月」.
- 公益財団法人日本植物調節剤研究協会 1992, 1993, 2002, 2003, 2013, 2014, 2015. 水稻用除草剤普及適用性試験成績概要（東北地域、北陸地域、関東地域、東海地域、近畿・中国・四国地域、九州地域）平成4年度、平成5年度、平成14年度、平成15年度、平成25年度、平成26年度、平成27年度.
- 公益財団法人日本植物調節剤研究協会東北支部 1984, 1994, 2004, 2014. 東北支部会報.



図-8 問題雑草一発処理剤のロゴマーク