

“ホタルイ”の生態と除草剤反応性

岩 崎 桂 三

(武田薬品工業KK農業事業部)

近年、わが国の水田において各種の多年生雑草が増加し、その防除が問題となっていますが、“ホタルイ”と呼ばれているホタルイ属雑草もその1例です。“ホタルイ”の発生は北海道や東北地方の水田で多く、北海道では水稲栽培面積の79%に、また東北地方では41%にその発生が認められています(日本植物調節剤研究協会・全国農業改良普及協会 1979)。私は1979年まで武田薬品工業株農業事業部農薬研究所で除草剤の研究をしておりまして、本日お話をさせていただきます“ホタルイ”も、除草剤の作用性を研究する上で、対象となる雑草の生理、生態学的特性を把握しておく必要上から研究したものであります。雑草防除上言われるところの“ホタルイ”とは、種の異なる植物を含めたホタルイ *Scirpus juncoides* ROXB. var. *hotarui* OHWI とその類以雑草の総称であります。そこで、防除の対象となっている草種を明らかにし、その草種が水田において優占化してきた原因を、除草剤感受性の面から明らかにすることを試みていましたのでその研究をご紹介します。

雑草としてのホタルイ属植物について

ホタルイ属植物は世界に約250種知られており、日本とその近隣地域には34種あると言われていたが(KOYAMA 1958)、アジア・太平洋地域で雑草として挙げられているホタルイ属植物は16種であります(日本植物調節剤研究協会 1975)。笠原(1972)は、日本の主な水田雑草としてのホタルイ属植物として、ホタルイ、ウキヤガラ *S. fluviatilis* A. GRAY var. *yagara* T. KOYAMA、コウキヤガラ *S. planiculmis* FR. SCHMIDT., サンカクイ *S. triqueter* L. およびフトイ *S. lacustris* L. subsp. *glaucus* HARTMAN を挙げています。

他方、約10年ほど前から日本各地の水田で“ホタルイ”と呼ばれる水田雑草の発生が増加し、その防除が問題となってきました。須藤(1975)は、東北地方のホタルイ類似植物のフローラおよび水田雑草としての分布状態の研究から、雑草防除上言われるところの“ホタルイ”にはホタルイ、イヌホタルイ *S. juncoides* ROXB. var. *ohwianus* T. KOYAMA およびタイワンヤマイ *S. wallichii* NESS が含まれていることを報告しています。

表1 ホタルイ節 Sect. *Actaeogeton* に属するホタルイ属植物

学 名	和 名
<i>Scirpus lineolatus</i> FR. et SAV.	ヒメホタルイ
<i>S. supinus</i> LINN. var. <i>lateriflorus</i> T. KOYAMA	
<i>S. wallichii</i> NEES	タイワンヤマイ
<i>S. juncoides</i> ROXB. var. <i>ohwianus</i> T. KOYAMA var. <i>hotarui</i> OHWI	イヌホタルイ ホタルイ
<i>S. xtrapezoides</i> KOIDZ.	サンカクホタルイ シカクホタルイ
<i>S. hondoensis</i> OHWI var. <i>leiocarpus</i> OHWI	ミヤマホタルイ コホタルイ
<i>S. triangulatus</i> ROXB.	カンガレイ
<i>S. mucronatus</i> LINN.	ヒメカンガレイ
<i>S. lacustris</i> LINN. ssp. <i>glaucus</i> HARTMAN	
<i>S. littoralis</i> SCHRAD. var. <i>subulatus</i> T. KOYAMA	

私ども(岩崎・綿島 1977)が京都府福知山市にある武田薬品工業株福知山農場内の水田で採取しましたホタルイ属植物も、大井次三郎博士に同定していただきましたところ、ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの3草種でした。ホタルイとイヌホタルイは共に *S. juncoides* の変種であり、タイワンヤマイはホタルイ、イヌホタルイとは別種ですが、いずれも分類学上ではホタルイ節 Sect. *Actaeogeton* に属する植物です。表1にホタルイ節に属する植物を示しましたが、この中でホタルイと外部形態が類似している植物はイヌホタルイ、タイワンヤマイ、ミヤマホタルイ *S. hondoensis* OHWI およびコホタルイ *S. hondoensis* OHWI var. *leiocarpus* OHWI です。これらの植物は、成植物の外部形態が類似しているだけでなく、幼植物は識別することが困難なほど類似しています。このためか、いわゆる“ホタルイ”の防除に関する報告の多くは、その草種が明らかではありません。

ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの外部形態と生育

京都府福知山市産のホタルイ1系統、イヌホタルイ3系統およびタイワンヤマイ2系統の形態的特徴を調査し

表2 ホタルイ, イヌホタルイおよびタイワンヤマの形態的特徴

	<i>S. juncoides</i> var. <i>hotarui</i>	<i>S. juncoides</i> var. <i>ohwianus</i>			<i>S. wallichii</i>	
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2
Leaf sheath length (cm)	9.5	9.5	9.3	11.3	7.2	9.0
Stem length (cm)	35.0	33.6	30.7	38.3	21.3	26.4
Bract length (cm)	8.5	9.4	9.8	12.7	11.0	15.3
Stem diameter (mm)	1.54	2.19	2.09	2.30	1.36	1.66
No. of spikelets (No./stem)	1.8	4.4	5.1	4.3	3.4	3.7
Spikelet length (cm)	1.0	1.6	1.3	1.2	1.5	1.1
Spikelet diameter (mm)	4.39	4.57	4.91	4.61	2.71	3.04
% of flowers with 2 stigmas	0	70	33	15	91	88
% of flowers with 3 stigmas	100	30	67	85	9	12

表3 ホタルイ, イヌホタルイおよびタイワンヤマの生育

	Days after planting	<i>S. juncoides</i> var. <i>hotarui</i>	<i>S. juncoides</i> var. <i>ohwianus</i>			<i>S. wallichii</i>	
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2
No. of total stems (No./hill)	7	1	1	1	1	1	1
	14	3	2	2	2	3	3
	21	5	4	4	3	7	6
	28	10	6	8	8	13	11
	35	21	12	20	17	26	26
	42	42	22	33	29	45	45
	49	58	29	42	37	59	57
56	72	39	46	47	74	69	
No. of heading stems (No./hill)	21	0	0	0	0	0	0
	28	0	0	2	0	3	0
	35	1	2	7	2	12	3
	42	6	8	16	3	24	10
	49	16	15	28	9	40	19
	56	29	27	41	20	57	35
No. of flowering stems (No./hill)	28	0	0	0	0	1	0
	35	0	0	3	0	8	0
	42	0	3	8	1	19	6
	49	6	8	16	3	29	14
	56	16	22	34	13	50	30

た結果は表2です(岩崎・綿島 1977)。3草種間に相違が認められたのは当然のことながら、イヌホタルイおよびタイワンヤマの系統間にも著しい相違が認められました。とくにホタルイの柱頭はすべて3岐でありまし

たが、タイワンヤマは90%の花が2岐の柱頭を持っていました。また、イヌホタルイの柱頭に分岐数は系統によって異なり、2岐の柱頭の多い系統と3岐の柱頭が多い系統がありました。一般的にホタルイの柱頭は3岐、

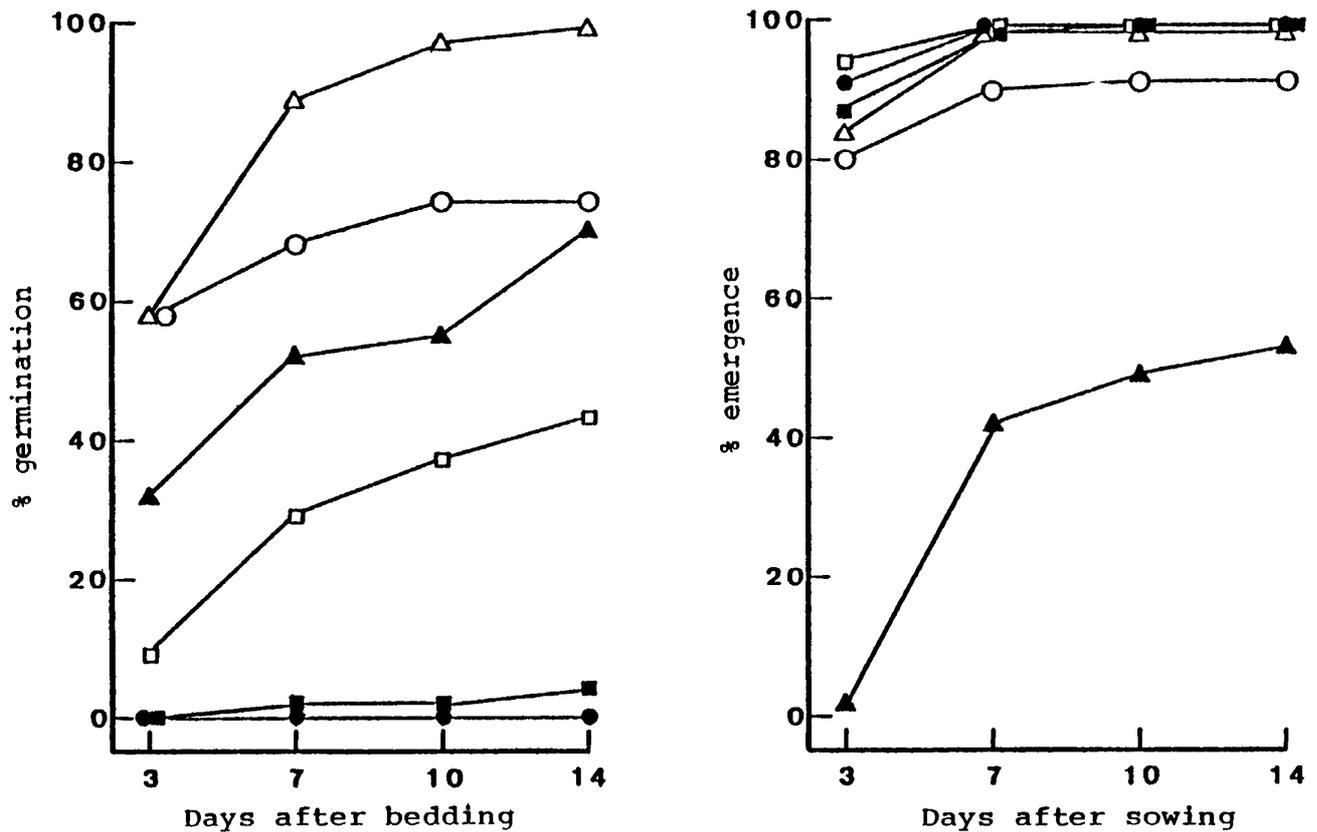


図1 ホタルイ、イヌホタルイおよび台湾ヤマイの種子の発芽性および出芽性

○：ホタルイ ●：イヌホタルイ No. 1 □：イヌホタルイ No. 2
 ■：イヌホタルイ No. 3 △：台湾ヤマイ No. 1 ▲：台湾ヤマイ No. 2

イヌホタルイおよび台湾ヤマイの柱頭は2岐とされていますが(北村・村田・小山 1964, 牧野 1972), 上述の結果から柱頭の分岐数が、ホタルイとイヌホタルイあるいは台湾ヤマイとの判別の的確な指標となり得ないことを示しています。

次に、3草種6系統とも新しく出芽した長さ4 cmの茎1本を含む3本の茎を1株とし、茎の上部を切除して長さ5 cmとした後、1/5,000aのワグナーポットに1株植付け、ガラス室内で3 cmの湛水状態で栽培しましたところ、表3に示しましたように、茎数の増加はホタルイと台湾ヤマイがイヌホタルイよりも速く、植付後56日目にはホタルイおよび台湾ヤマイの1株あたり茎数が約70本であったのに対して、イヌホタルイは40~50本でした。出穂および開花の時期はイヌホタルイと台湾ヤマイがホタルイよりも早い傾向にありました。

ホタルイ、イヌホタルイおよび台湾ヤマイの出芽性

ホタルイ、イヌホタルイおよび台湾ヤマイはいずれも多年生植物で、越冬地の土壤水分に関係なく越冬しますが(岩崎・綿島・萩本 1979b), 水田雑草としてのいわゆる“ホタルイ”は、種子発生のものがほとんどであり、越冬茎から生育した植物が防除の対象となっている

例は極めて少数です。事実、3草種の種子生産量は多く、1株あたりの種子生産量はホタルイが約3,400粒、イヌホタルイが約9,200粒、そして台湾ヤマイが約13,200粒です。(岩崎・萩本 未発表)。そこで、前述の実験に供試しました3草種6系統の種子の発芽性と出芽性を調査しました(岩崎・綿島 1977)。まず、直径9 cmのシャーレ内の湿潤ろ紙上に種子を100粒置き、30°C、2,000 lux(白色蛍光灯20W×4本)の定温器内で発芽率を調査しました。その結果、ホタルイと台湾ヤマイは置床14日後には70%以上が発芽しましたが、イヌホタルイでは供試した3系統のうち、1系統は43%発芽しましたが、他の系統は発芽しないか、発芽しても極めてわずかでした(図1)。他方、種子を温室内のポットにまき、約0.5 cmの厚さに覆土し、水深3 cmの状態での出芽率を調査したところ、台湾ヤマイの1系統を除きいずれも極めて高い出芽率を示しました。発芽性と出芽性の実験に供試した種子の前歴は全く同じであります。

従いまして、イヌホタルイの種子の発芽性と出芽性の著しい相違は種子の休眠覚醒状態によるものではなく、発芽時における酸素要求度によるものと考えられます。すなわち、イヌホタルイが高い出芽率を示したポット実験での条件は、シャーレ実験と比較して酸素分圧が低い状態にあったことから、イヌホタルイの種子の発芽は、低

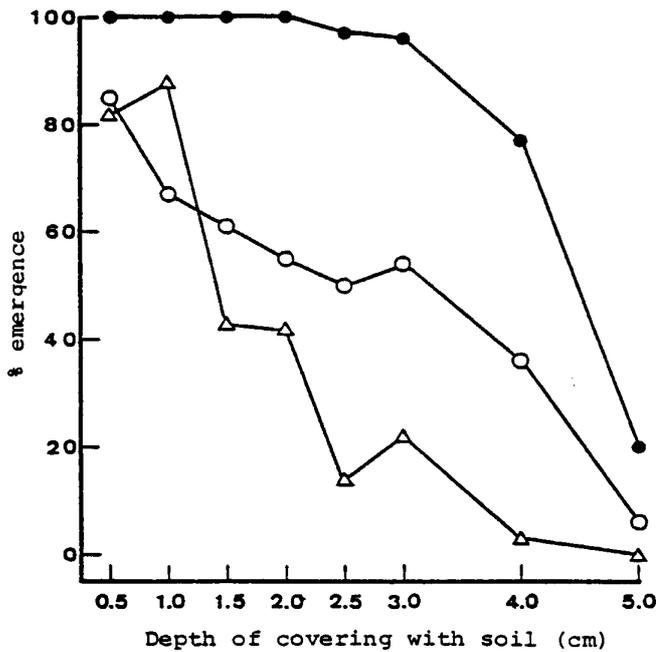


図2 ホタルイ(○), イヌホタルイ(●), およびタイワンヤマイ(△)の出芽に及ぼす覆土深の影響

酸素分圧下で促進されると考えられます。事実、片岡・金(1978)は、この推察を証明する報告をしています。

次にホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの出芽深度について検討しました(岩崎・萩本 1980)。この実験に用いましたイヌホタルイの種子は、前述の実験で系統No.2としたものであり、またタイワンヤマイの種子はNo.1とした系統のものを供試しました。なお、以後の実験で単にイヌホタルイ、タイワンヤマイとして示しました系統も本実験と同様であります。図2に示しましたように、イヌホタルイの出芽深度はホタルイおよびタイワンヤマイよりも深く、覆土深3cmでも95%以上が出芽しましたが、ホタルイは覆土深が深くなるに従って出芽率が低下しましたが、覆土深3cmまでは50%以上出芽したのに対して、タイワンヤマイは1.5cm以上の厚さに覆土すると出芽率は約40%以下に低下しました。この実験は覆土した条件であり、代かきされる実際の水田の状態とは種子の周囲の条件が物理的、化学的に異なりますが、イヌホタルイの出芽深度がホタルイやタイワンヤマイよりも深かったことは、水田においても出芽深度が深い可能性を示唆しています。

水田雑草としてのホタルイ属植物の出現率

表4は、3草種6系統のホタルイ属植物を採取しました水田の土壤中からの出現率を示したものです(岩崎・綿島 1977)。水田の表土を採取してきて、そこから出芽、生育しました1,501個体が出穂、開花した後に草種を同定しましたところ、イヌホタルイの出現率が極めて高く、約90%でした。この水田ではイヌホタルイが優

表4 水田土壌中からのホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの出現率

Species	% of <i>Scirpus</i> plants	
<i>S. juncooides</i> var. <i>hotarui</i>		3.3
<i>S. juncooides</i> var. <i>ohwianus</i>	No. 1	0.1
	No. 2	69.0
	No. 3	19.8
<i>S. wallichii</i>	No. 1	2.3
	No. 2	5.5

1,501 plants appeared from the paddy field soil in Fukuchiya-ma Experiment Farm, Takeda Chemical Industries Ltd. were investigated.

表5 分譲された種子からのホタルイ属植物の出現率

Species	No. of stations where each species appeared*	% of <i>Scirpus</i> plants
<i>S. juncooides</i> var. <i>hotarui</i>	0	0
<i>S. juncooides</i> var. <i>ohwianus</i>	15	91-100
<i>S. wallichii</i>	3**	1-3
<i>S. hondoensis</i> var. <i>leiocarpus</i>	1***	9

* Exclusion of the seed samples from Shikoku Agricultural Experiment Station and Akita Prefectural Agricultural Experiment Station where the species had been identified. The seed sample from Shikoku Agr. Exp. St. was *S. juncooides* var. *ohwianus* and those from Akita Pref. Agr. Exp. St. were *S. juncooides* var. *ohwianus* and *S. wallichii* respectively.

** *S. wallichii* appeared in the seed samples from Hokkaido Prefectural Donan Agricultural Experiment Station, Kennan Branch of Iwate Prefectural Agricultural Experiment Station and Shiga Prefectural Agricultural Experiment Station.

*** *S. hondoensis* var. *leiocarpus* appeared in the seed sample from Hokkaido Agricultural Experiment Station.

占化していることは、その後の観察でも明らかでした。次に15道県17個所の試験研究機関から、水田にあるホタルイ属植物の種子を送っていただき、その草種を同定しました(岩崎ら 1980)。その結果表5に示しましたように、“ホタルイ”として送付された種子は、そのほとんどがイヌホタルイでした。タイワンヤマイは、草種を明らかにして送付された秋田県農業試験場以外には、北海道立道南農業試験場、岩手県農業試験場県南分場および滋賀県農業試験場から送付された種子中から1~3%が出現し、コホタルイも北海道農業試験場の種子中に約9%混在しましたが、ホタルイはまったく出現しませんでした。このような結果から、ホタルイとタイワンヤマイが採取時に意識的に排除されたのではなく、また、出

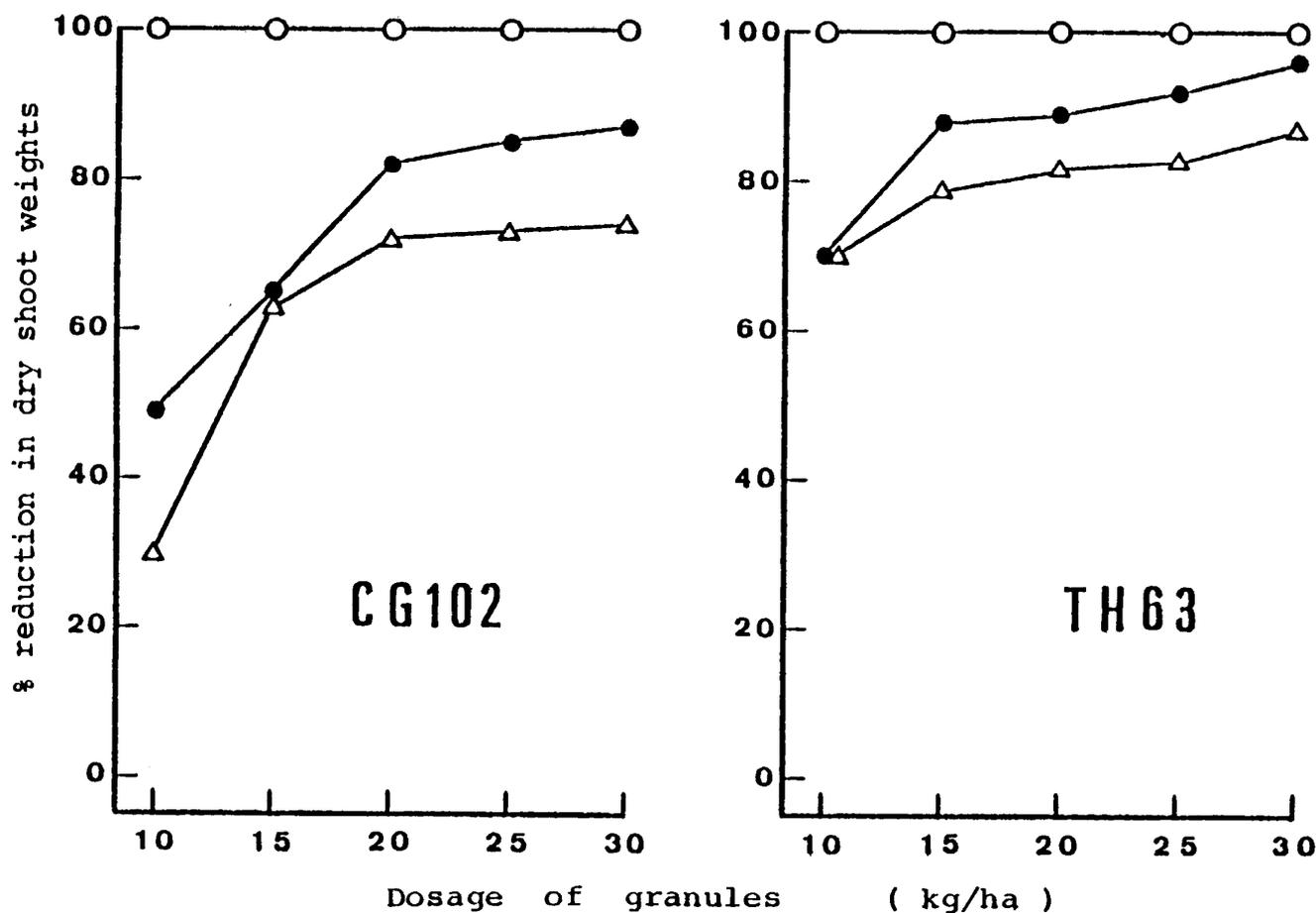


図3 ホタルイ (2.7葉期, ○), イヌホタルイ (2.9葉期, ●) およびタイワンヤママイ (2.6葉期, △) に対する CG102 および TH63 の効果

芽率が著しく低かったのでなければ、雑草防除上言われるところの“ホタルイ”の多くはイヌホタルイであることが推察されます。分譲された種子をその形態で同定したところ、ホタルイは含まれておらず、また、同一期間10℃の水中に貯蔵して休眠を覚醒し、同時期にまいた福知山産のホタルイとタイワンヤママイおよび秋田農試産のタイワンヤママイは正常に出芽、生育したことから、両草種の発芽あるいは出芽に特別な問題はなかったと考えられます。従いまして、分譲された種子からホタルイが全く出現しなかったことは、水田ではホタルイはほとんど発生しないか、発生しても種子をつくるに到らないと考えられます。私どもが島根県松江市内の水田および休耕地、鳥取県農業試験場内の水田、兵庫県美方郡村岡町の水田や水路、福井県小浜市、敦賀市、福井市の水田を探索したときも、イヌホタルイの発生が最も多く、タイワンヤママイがごくわずかに認められましたが、ホタルイは発見できませんでした。

ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤママイの除草剤反応性

わが国の水稲栽培方法は、戦後の農業の近代化に伴って大きく変化してきています。耕耘、整地作業や水稲苗

移植の機械化、労働力不足による水田裏作の減少、除草剤の普及、育苗技術の発達に伴う移植時期の早期化などがその例ですが、これらの変化が水田における雑草の草種や発生量を変化させ、特に各種の多年生雑草を増加させてきたことが考えられます (山岸 1975)。水稲栽培において、除草作業は移植や収穫作業と共に多くの労力を必要としていたもので、除草剤の普及は水稲栽培の省力化に大きく貢献しています。従来、水田の雑草はタイヌビエ *Echinochloa oryzicola* VASING. をはじめとする各種一年生雑草と多年生雑草のマツバイ *Eleocharis acicularis* RÖMER et SCHULTES が主なものとされていましたが (宮原 1972)、それらの雑草は除草剤によって容易に防除されるようになりました。しかし、優占化していた雑草を除草剤によって除去したために、従来は余り問題でなかった雑草で、除草剤に低抗性のあるものが優占化してきたことが考えられます。そこでホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤママイに対する除草剤の影響を検討しました。

図3はCG 102およびTH63の効果について示しました (岩崎ら 1979a)。CG 102は生長阻害型の除草剤 piperophos を4.4% (W/W) と光合成阻害型の除草剤である dimethametryn を1.1% (W/W) 含有する粒

剤であり、TH63はCG102に光合成阻害型の除草剤で、各種の多年生雑草に高い効果を示す bentazon を10.0% (W/W)混合した粒剤です。このCG102とTH63を水田で使用するときは、他の多くの除草剤（粒剤）と同様に、1 haあたり30~40kgを全面に散布します。除草剤は、直接雑草の茎葉に附着するのではなく、いったん水に溶解し、茎葉や根から吸収されます。

まず、2.7葉期のホタルイに対する効果についてみますと、両薬剤とも10kg/haの処理でも100%の抑制率を示しました。しかし、2.9葉期のイヌホタルイと2.6葉期のタイワンヤマイに対する効果はホタルイに対するよりも明らかに低く、CG102の10kg/ha処理の抑制率は50%以下、薬量を30kg/haまで増加しても抑制率はイヌホタルイで87%、タイワンヤマイで74%でした。また、TH63は10kg/ha処理ではイヌホタルイとタイワンヤマイの両草種に70%の抑制率を示し、30kg/ha処理するとイヌホタルイで96%、タイワンヤマイで87%の高い抑制率を示しましたが、ホタルイに対するよりは低い値でした。このことは、処理時の生育ステージにわずかな相違がみられたものの、CG102とTH63に対する感受性はホタルイが他の2草種よりも極めて高いことを意味しています。なお私ども(岩崎ら 1979a)は、CG102およびTH63はホタルイに対して処理時の生育ステージ、湛水深、漏水の有無に関係なく高い効果を示すことを認めています。

つぎに、CG102およびTH63の有効成分である piperophos, dimethametryn および bentazon をそれぞれ単独で、あるいは組合せて処理した場合の3草種の反

応を検討しました。この実験に供試しました薬剤は、3有効成分をそれぞれ単独で含有する粒剤とし、成分含有率はCG102およびTH63における含有率と同様です。その結果表6に示しましたように、ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイのすべてに高い効果を示したのは piperophos および piperophos と他の有効成分を同時に処理した時であり、特に piperophos と dimethametryn を、また、3有効成分を同時に処理した場合には高い抑制率を示しました。dimethametryn はホタルイに対して piperophos よりも高い効果を示し、他の有効成分と同時に処理したときの抑制率はほぼ100%でありましたが、イヌホタルイとタイワンヤマイに対する効果は低く、30kg/ha処理ではほとんど効果が認められませんでした。bentazon もホタルイには他の2草種に対するよりも高い効果を示しましたが、その効果は piperophos や dimethametryn よりも低いものでした。この原因は、この実験が3cm/日の漏水条件下で行われたため、水溶解性が高く、かつ、土壌にほとんど吸着されない bentazon は流亡したものと考えられます (ABERNATHY & WAX 1973, IWASAKI *et al.* 1976, 嶺ら 1974)。

水田では種々の除草剤が用いられており、それらの作用性も異なっています。そこで、水田用除草剤として単独で、あるいは混合基剤として使用されている12種類の薬剤のホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイに対する効果を検討しました(岩崎ら 1980)。その結果表7に示しましたように、カヤツリグサ科の雑草に効果

表6 ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイに対する piperophos, dimethametryn および bentazon の効果

Herbicides	Dosage of granules (kg/ha)	% reduction in dry shoot weights					
		<i>S. juncoides</i> var. <i>hotarui</i>		<i>S. juncoides</i> var. <i>ohwanus</i>		<i>S. wallichii</i>	
		1.8±0.1 leaves	3.3±0.3 leaves	2.0±0.2 leaves	3.5±0.3 leaves	2.4±0.2 leaves	3.6±0.2 leaves
Piperophos (P)	30	89	74	82	89	82	85
	40	96	90	99	90	98	93
Dimethametryn (D)	30	≒100	95	4	14	-36	26
	40	100	≒100	69	70	52	54
Bentazon (B)	30	52	65	13	34	30	33
	40	87	91	50	44	61	40
P+D	30+30	100	100	98	91	98	85
	40+40	100	100	≒100	97	≒100	96
P+B	30+30	82	87	91	67	84	80
	40+40	92	91	94	90	94	92
D+B	30+30	100	≒100	46	35	31	48
	40+40	100	100	81	48	64	48
P+D+B	30+30+30	100	100	98	88	99	93
	40+40+40	100	100	98	96	95	93

1) Water was leaked at the rate of 3 cm/day for 2 days after application.

2) ±S.D., n=50.

がないとされている trifluralin を除くすべての薬剤がホタルイに対して高い効果を示しました。イヌホタルイおよびタイワンヤマイに対しても高い効果を示した薬剤は、出芽前処理では MCPA, PCP, butachlor, benthocarb および piperophos であり、出芽後処理では MCPA および bentazon でした。結局ホタルイは trifluralin 以外のすべての供試薬剤で容易に防除されたことから、系統による薬剤感受性の相違についての配慮が必要ですが、雑草防除上問題となっている草種ではない可能性が高いといえます。ホタルイとイヌホタルイは共に *S. juncooides* の変種であるにもかかわらず、除草剤感受性に著しい相違が認められたことは興味あることです。この原因を明らかにする一手段として、3草種の花粉母細胞の染色体数を調査しましたところ、ホタルイは $n=22$ 、イヌホタルイは $n=37$ 、そしてタイワンヤマイは $n=36$ と、ホタルイの染色体数は他の2草種と著しく異なっていました(岩崎・植木 1979)。

水田雑草としての“ホタルイ”の防除が問題となってきたのは比較的最近のことであり、日本植物調節剤研究協会の水稻作関係除草剤適用性試験成績集に、“ホタルイ”が調査対象雑草とされたのも1973年度からであります。わが国の水田用初期除草剤として一世を風びしたPCPは、1971年1月に水質汚濁性農薬に指定されたこともあり(農薬取締法施行令第3条)、PCPおよびその混合製剤の生産および出荷量は、1972農薬年度以降急激に減少しました(日本植物防疫協会 1976)。既に述べましたように、PCPはホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの3草種に対して出芽前処理で高い効果を示し、そのPCPの生産および出荷量の減少と共に“ホタルイ”の防除が問題化してきたことは、除草剤による weed shift が起きた可能性を示唆しています。

ホタルイの生育地

以上述べてきましたように、各地の試験研究機関から

表7 ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイに対する各種除草剤の効果

Herbicides*	Rate (a. i. kg/ha)	% reduction in dry shoot weight					
		<i>S. juncooides</i> var. <i>hotarui</i>		<i>S. juncooides</i> var. <i>ohwianus</i>		<i>S. wallichii</i>	
		Pre-emergence	3.4±0.2 leaves**	Pre-emergence	3.4±0.2 leaves**	Pre-emergence	3.1±0.3 leaves**
MCPA (ethyl ester) (1.2%, G)	0.24	97	96	98	85	84	94
	0.36	99	99	≒100	95	89	97
PCP (Na salt) (86.0%, reagent)	5.00	86	85	85	11	98	49
	7.50	97	96	98	14	100	35
Chlornitrofen (9.0%, G)	2.70	97	98	70	27	60	39
	3.60	99	98	78	26	72	62
Trifluralin (44.5%, EC)	0.60	0	11	-6	-35	-30	2
	0.90	-13	40	32	7	-32	21
Butachlor (5.0%, G)	1.00	100	97	100	64	100	92
	1.50	100	94	100	59	100	95
Benthocarb (10.0%, G)	2.00	≒100	96	100	83	100	56
	3.00	≒100	98	100	74	100	67
Piperophos (4.4%, G)	0.88	97	66	99	21	98	39
	1.32	100	94	≒100	62	100	30
Diuron (78.5%, WP)	0.40	93	≒100	67	80	43	75
	0.60	93	≒100	86	70	96	88
Swep (40.0%, WP)	4.00	88	95	76	67	90	84
	6.00	96	97	94	86	96	94
Simetryne (1.5%, G)	0.30	99	99	76	62	-1	-67
	0.45	99	100	99	88	-3	-27
Dimethametryn (1.1%, G)	0.33	95	95	31	6	-50	-67
	0.44	98	93	45	3	-55	-4
Bentazon (10.0%, G)	2.00	85	98	39	94	64	96
	3.00	84	98	61	96	68	96

* G : granule, EC : emulsifiable concentrate, WP : wettable powder.

** ±S.D., n=30.

- : minus.

表8 京都府福知山市周辺のホタルイ生育地とその状況

Growing places of <i>S. juncoides</i> var. <i>hotarui</i> *	% of <i>Scirpus</i> plants			
	<i>S. juncoides</i> var. <i>hotarui</i>	<i>S. juncoides</i> var. <i>ohwianus</i>	<i>S. wallichii</i>	<i>S. triangulatus</i>
A	21	58	21	0
B	59	0	41	0
C	86	9	0	5
D	63	29	8	0
E	10	80	10	0
F	100	0	0	0

Main plants growing with *S. juncoides* var. *hotarui* (growing place in parenthesis)

Aneilema keisak (A), *Monochoria vaginalis* (A), *Eleocharis acicularis* (A), *E. congesta* (A), *Rotala indica* (A), *Limnophila sessiliflora* (A), *Leersia sayanuka* (B), *Panicum indicum* (B), *Juncus fauriei* (C), *Polygonum thunbergii* (C), *Isachne globosa* (C, D, E, F), *Mosla dianthera* (D), *Cyperus haspan* (D, F), *C. brevifolius* var. *leiolepis* (E), *Arthraxon hispidus* (E, F), *Paspalum thunbergii* (E).

- * A : Non-rice transplanted area in paddy field (Fukuchiyama Experiment Farm of Takeda Chemical Industries Ltd).
 B : Wet balk and footpath (Oochi Nakaji, Fukuchiyama).
 C : Heavy ill-drained, non-cropping paddy field (Oochi Nakaji, Fukuchiyama, but different place from place B).
 D : Ill-drained, non-cropping paddy field (Koyadani, Goshoji, Fukuchiyama).
 E : Ill-drained, non-cropping paddy field (Butshoji, Oe-cho, Kyoto).
 F : Heavy ill-drained, non-cropping paddy field (Hosoda, Tonoichi, Fukuchiyama).

送付された“ホタルイ”の種子中にホタルイは存在せず、また、各種の除草剤に対する抵抗性もホタルイが最も弱かったことから、雑草防除上問題にされている“ホタルイ”は、ホタルイそのものではないと考えられます。そこで、ホタルイが生育している場所を京都府福知山市周辺で探索しましたところ、耕起、湛水したが水稻を移植しなかった水田内1カ所、水田の湿潤な畦畔1カ所および休耕田4カ所でその発生が認められました(表8)(岩崎ら1980)。しかし、水稻を栽培中の水田ではホタルイは見出せず、水稻と共存するホタルイ属植物はイヌホタルイであり、わずかではありますがタイワンヤマイが共存することがありました。ホタルイが生育していた場所に共通していることは、湿潤であり土壌の攪乱や除草剤の施用がなく、周囲に存在する他植物は草丈が比較的lowく、ホタルイにとって日当りの良い場所でありました。従って、ホタルイは除草剤に対する抵抗性だけでなく、他雑草との競争や人為的な操作に対しても弱いと推察されます。

謝 辞

本研究を行うにあたり種々ご指導を賜りました武田薬品工業(株)農業事業部農薬研究所特別研究員、萩本宏博士に感謝します。

参 考 文 献

ABERNATHY, J. R. & L. M. Wax. 1973 Bentazon mobility and absorption in twelve Illinois soil. *Weed Sci.* 21: 224-227

IWASAKI, K., T. WATAJIMA, & H. HAGIMOTO 1976 Effect of a new herbicide TH 63 in rice. *Proc. 5th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conf.* (1976): 265-269

岩崎桂三・綿島朝次 1977 ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの形態的特徴と TH 63 粒剤の効果, *雑草研究* 22: 24-29

岩崎桂三・綿島朝次・萩本 宏 1979a ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイに対するピペロホス・ジメタメトリン粒剤およびピペロホス・ジメタメトリン・ベンタゾン粒剤の効果 *雑草研究* 24: 254-259

岩崎桂三・綿島朝次・萩本 宏 1979 b ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの越冬性と越冬株から生育した植物に対する CG 102 および TH 63 粒剤の効果 *雑草研究* 24 (別): 51-52

岩崎桂三・綿島朝次・萩本 宏 1980 “ホタルイ”と総称されるホタルイ属水田雑草の草種について *雑草研究* 25: 110-115

岩崎桂三・植木邦和 1979 ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの染色体数について *雑草研究* 24: 240-242

岩崎桂三・萩本 宏 1980 ホタルイ、イヌホタルイおよびタイワンヤマイの出芽性 *雑草研究* 25 (別): 9-10

笠原安夫 1972 日本雑草図説 養覧堂

片岡孝義・金 昭年 1978 数種雑草種子の発芽時の酸素要求度 *雑草研究* 23: 9-12

- 北村四郎・村田 源・小山鐵夫 1964 原色日本植物図鑑(下) 保育社
- KOYAMA, T. 1958 Taxonomic study of the genus *Scirpus* L. Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo III. 7: 271-366
- 牧野富太郎 1972 牧野新日本植物図鑑 北隆館
- 宮原益次 1972 水田雑草タイヌビエ種子の休眠覚醒に関する生理生態学的研究 農事試験報 16:1-62
- 嶺 昭彦・日野修徳・上田 実 1974 Bentazon の作用特性 第1報 殺草効果に及ぼす諸要因 雑草研究 17:64-70
- 日本植物調節剤研究協会(JAPR) 1975 Weed List in Asian-Pacific Area.
- 日本植物調節剤研究協会・全国農業改良普及協会 1979 農作物の除草に関する実態調査報告書 水稻編
- 日本植物防疫協会 1976 農薬要覧
- 須藤孝久 1975 東北地方のホタルイ類似水田雑草の種類について 雑草研究 20:87-88
- 山岸 淳 1975 最近問題になっている水田多年生雑草の種類と防除 I 農及園 50:118-1122

〔討 論〕

司会：伊 藤 一 幸
(農林省農事試験場)

伊藤 どうもありがとうございました。水田雑草のホタルイ、カッコ付きのホタルイですけれども、ホタルイ節について明らかにしていただきました。さらに、その除草剤によって一種の selection が起きているのではないかとその可能性について非常に興味深くうかがいました。あまり時間ありませんので、二、三の方から御質問・御意見をうかがいたいと思います。

野口(達) イヌホタルイとホタルイの柱頭の分岐についてうかがいます。私も、イヌホタルイの柱頭が2岐のものと3岐のものと両方見えております。ホタルイの場合には分岐の長さがすべて同じなので明らかに3岐と認められません。しかし、イヌホタルイにおいては3岐している柱頭の真中のものは、大きく2つにわかれた柱頭分岐のどちらかに付属していて、その発達段階にいろいろあります。また、1つの小穂の中でも下部の小花は3岐に近い形態を示し、上部の小花は2岐のものだけが見られます。岩崎さんは柱頭の分岐数をイヌホタルイとホタルイの分類形質として用いなくてもよいとお考えのようですが、私はイヌホタルイの分岐の2岐という形質は使えるのではないかと思います。ただ、はっきり2岐・3岐といってしまうとよくないので、具体的に図示して分類形質としたらよいと思います。

つぎに、最後のお話に強湿の休耕田にホタルイが多いということが出てきました。実際に、茨城県や栃木県にお

いてその生育地を見ますと、山間地の水田にホタルイが非常に多く、イヌホタルイがまったく見られないところもあります。これに対して、平野部の低いところではイヌホタルイが多く見られるようです。これは水平分布的あるいは垂直分布的に考えてみますと、すみわけが見られるように思うのですが、いかがお考えでしょうか。

岩崎 まず、柱頭の分岐数についてですが、私は分類に詳しくないので初めに見たとき、同定ができませんでした。確におっしゃるように分類がある程度わかった方でしたら、真中の分岐が短いとかいうことで識別することができるでしょう。しかし、実際には3本のものがありますので、ただ長短や太い細いという感覚的な形質で分類することは混乱をまねく原因ではないかと私は思います。

つぎに、ホタルイの発生についてですが、休耕してからまだ2年の休耕田ですとイヌホタルイが80%で非常に多いのですが、ホタルイも10%ばかり出てきている例があります。じつは、この隣の水田は稲を栽培しておりますが、ここにはホタルイはまったくなく、イヌホタルイとタイワンヤマイしかありませんでした。しかも、この水田の位置は大江山の山麓でありまして、高度的にはかなり高いところですが、ご意見のようなことが現実にあるのかもしれないと思いますが、このように同じような位置で実際の水田中にはホタルイがなく、その隣接する休耕田にはイヌホタルイもあったが、ホタルイもあったりという例でお答えにさせていただきたく思います。

野口(達) もう一つうかがいたいのですが、覆土の影響についてお話がありました。カヤツリグサ科の種子は一般に好光性発芽の種子が多く、この点に関係していると思うのですが、いかがお考えでしょうか。

岩崎 確におっしゃるように、ホタルイ属植物の種子も光発芽性の種子だといわれています。しかし、私が見ておりますと、嫌気的な条件下ですと光要求性がどうもならないようです。それで、申し上げませんでした。発芽率を調査した時には、2,000 lux の照明をしています。照明をしないと若干発芽が悪くなるということは経験しております。

伊藤 いまおっしゃったように、私たちも休眠覚醒する場合には酸素分圧を機械的に除去し、暗黒条件下で発芽させることはよくやっております。

別府 ご報告では、ホタルイは覆土の影響で発芽率が悪くなり、イヌホタルイはあまり悪くありません。これは種子の大きさなどに差があって起ることでしょうか。

岩崎 確におっしゃることがあるかもしれません。しかし、統計的に有意であるかどうかは確かめておりませんが、種子の大きさはホタルイ・イヌホタルイ・タイワンヤマイの順です。種子重においてもホタルイはイヌホタルイより重いのです。

森島 初めにこれらの仲間は本質的には多年生だけれど

も、水田雑草としては種子繁殖が大事だとおっしゃいました。実際に、農家の人たちが除草剤をやって、それでやられているのは種子から出た芽生えが主なのか、あるいは栄養的に繁殖したのもやられているのかについて、またそれらが3種の間で何か違いがないのかどうかについてもうかがいたいと思います。

岩崎 おっしゃるとおり多年生なので、越冬した株基部から出るものが防除の対象となっているという例がまったくないとは申せません。四国などではその防除対象になっている例もあります。しかしながら、一般的な防除対象としてはあくまでも芽生えです。調査方法にも問題はありますが、新潟の方が調べられた結果では、水田で発生するいわゆるホタルイは98%が芽生えです。したがって、防除対象としては芽生えを考えるべきだと思います。現に、各種除草剤のこのホタルイを対象とした場合の使用適期の基準は芽生え初期の段階と規定されています。2番目のご質問をもう一度お願いします。

森島 もし、ほとんど100%芽生えだったら問題はないのでしょうか。いくぶんかは栄養的な繁殖も次代に貢献しているとしたならば、除草剤施用によって多年生的な性質をもった型のもものが昔より増加しているということはないのでしょうか。この点について3種間で何か違いはありませんでしょうか。

岩崎 確におっしゃるように、栄養繁殖で生育し、水田に残り、種子をたくさん落して次年度の発生を促進しているという可能性がまったくないとはいえませんが、可能性はあると思います。除草剤がどのように作用するか、あるいは除草剤への抵抗性は、水田に水を入れて、その後除草剤で処理するまでの期間が同じであった場合には、芽生えよりも栄養繁殖体から出てきた越冬した植物の方が抵抗性が非常に高いのです。栄養繁殖体の3草種の除草剤抵抗性をみますと、ホタルイはイヌホタルイ・タイワンヤマイと較べますと、抵抗性がやや低い、感受性が高いということを経験しています。

伊藤 いまの点ですが、その違いが何か形態的なものでしたら、つけ加えてご説明ください。

岩崎 種子から出た場合には線形葉とっていますが、細長い葉が5枚くらい出て、ここから花茎が出、種子をつけます。栄養繁殖体から出た場合は葉が出ず、花茎がすぐに出ます。このことは3種とも同じです。

広木 種子発芽の時期に、水田は湛水しているか、乾いているか教えてください。また、3、4葉期というのはシュートが一定程度のびてそこから葉が分かれてくるのだと思うのですが、この過程についてご説明ください。

岩崎 これらの植物はいずれも水田に水が入り、水のある状態で発芽してきます。ただ、土壌水分の違いによって発芽するかしないかとの問題はあります。私が見ているところでは、イヌホタルイは非常に土壌水分が高い状

態でないと出芽してきません。他方、タイワンヤマイの場合はイヌホタルイよりも低い土壌水分のところでも容易に出芽します。

つぎに、おっしゃるように一度に5枚の葉が出るのではなくて、最初に子葉が出てきます。子葉はすぐに枯れてしまい、その後線形葉が出てきます。おっしゃっている *shoot* という意味がよくわからないのですが、1つの線形葉が完全に展開する以前につぎのが出てきております。それがおおよそ4~5枚で、なぜ4枚になったり5枚になったりするかについてはわかりません。

広木 土の中、5cmくらいで発芽すると葉が埋まってしまうことにはならないのですか。

岩崎 そうした意味でしたら、深かった場合には中胚軸がのびてきて、葉が出ます。

広木 そうしますと、タイワンヤマイは種子が小さいので、貯蔵養分を使ってしまおうと思います。種子の大きさで他の2種と差があるのではないかという気がします。さらに、ホタルイとイヌホタルイではまた別の要因で何か差があるような気がします。

もう1つうかがいたいと思います。ご報告ではイヌホタルイの2つのタイプがろ紙上で発芽率が低いようです。実際には湛水下の深いところで発芽してくるわけですが、このへんの関係はどのように考えたらよいのでしょうか。

岩崎 発芽実験というのはシャーレにろ紙をしき、この上に種子を置いているだけなのです。したがって、ろ紙は水を含んでいても種子は水につかっているわけではないのです。実験中は一応水がとばないようにフタをしていますが、非常に好気的な条件と考えてよいと思います。一方、出芽率を調査した方法はポットに土をつめまして、種子をまきます。覆土し、さらに3cmの深さまで水をはってあります。ですから、非常に嫌気的な条件であると考えられます。

梶浦 さきほど森島さんがお聞きになったことと多少関連しますが、表7の薬剤をずらっと見ますと、ホタルイとイヌホタルイの両方にきく薬剤およびホタルイだけにきく薬剤とがあるわけですが、これら2グループの薬剤を比較して、共通した特性とか構造とかがあるのでしょうか。

また、表7の下から2番目の *dimethametryn* を施した場合、3種の感受性が顕著に違いますし、生育段階による差もあります。こうした場合を解釈するに、この感受性の種間差というものが、たとえば出芽期が違って感受性の高い時期が違っているというような作用機構があるのかどうか、以上の2点についてうかがいたく思います。

岩崎 非常にむずかしいご質問です。まず、ホタルイにいずれの薬剤もよくきいていることはご異存ないと思います。その中でイヌホタルイやタイワンヤマイに非常にきいている薬剤もあるのではないかと。たとえば、表7の上から

5番目の **butachlor** はさきに申しましたように、雑草が芽を出してまもない時期に非常に効果があります。おっしゃるように雑草の生育段階によってその感受性というもの是非常にかわる薬剤です。したがって、この薬剤で雑草のイヌホタルイが芽を出す前に処理しておけば、発芽したものがすぐにこの薬剤を吸収してよく枯れます。この意味から出芽前処理でもってイヌホタルイもタイワンヤマイも完全に殺しているわけです。しかしながら、ある程度生育してしまったイヌホタルイおよびタイワンヤマイでは感受性が低くなり **butachlor** の効果は低下します。他方、ホタルイは生育が進んでもこの **butachlor** に対する感受性は高いのです。それでは、水田において発芽前に薬剤処理すれば全部枯れるのではないかということになりますが、この問題については除薬剤施用法について考えてみなければなりません。今日使用されている水田用除草剤のほとんど全部が粒剤という形で処理されています。水和剤や液剤はごくまれです。粒剤が水田に施用されますと、崩壊し、水中に有効成分が溶出します。この成分が植物に吸収されていくということになります。したがって、水、とくにその動きが薬剤の効果に大き

く響影してくるわけです。つぎに、雑草の発生というものは、かならずしも斉一ではありません。さきほどの伊藤さんのお話にもありましたように、非常にばらばらと出てきます。これは雑草の特性ですので、有効成分がきれた状態が出てくる雑草はたとえ感受性が高いような状態であっても、薬剤がなければ枯れることなく生き残ってくるわけです。すなわち、このわずかの違いが問題になってくるわけです。表7の下から2, 3番目の **dimethametryn** および **simetryne** は光合成を阻害する作用をもつものです。**dimethametryn** について申しますと、ホタルイとイヌホタルイでは非常に除草効果が違いますが、この理由はよくわかりません。また、**simetryne** と **dimethametryn** がタイワンヤマイに対してまったく効果を示さなかった原因についてもわかりません。ただ、両除草剤を比較しますと、植物に対する活性は **simetryne** のほうが非常に高いということだけはわかっています。**伊藤** なおご質問もあると思いますが、午後の総合討論にまわしていただきたいと思います。どうもありがとうございました。