

総合殺菌剤 フロンサイド SC の今後の展開について



石原バイオサイエンス株式会社 開発普及部
岡本 茂樹
Shigeki Okamoto

はじめに

フロンサイドは、石原産業(株)が発明・開発したピリジナミン系の殺菌剤です。

本剤は、保護殺菌剤としての優れた予防効果と植物上での適度な残効性を有し、また、ダニ類に対する活性も有しています。

フロンサイドSC（フロアブル）は、1991年から試験研究機関で、果樹の病害およびダニ類に対して試験され、1994年6月に初年度登録を取得しました。

その後、果樹紋羽病分野、アブラナ科野菜根こぶ病分野、野菜類の各種病害へ適用拡大し、現在に至ります。

I. 開発の経緯（フルアジナム）

1979年、石原産業(株)中央研究所において発明された新しい化学構造を持つ殺菌剤フルアジナムは、基礎試験研究で次のような特性が認められました。

- ・殺菌スペクトラムが広い。
- ・浸透移行性・治療効果はないが、予防効果に優れる。
- ・他殺菌剤の耐性菌にも高い活性がある。
- ・ハダニ類に対する殺ダニ効果もある。

フロンサイド水和剤は1982年より、試験名IKF-1216、50%水和剤として、日本植物防疫協会（以下日植防と略記）に果樹病害を主対象とした委託試験を開始し、その後、対象の作物病害を拡大して委託試験を継続しました。

一方、フロンサイド0.5%粉剤については、1986年より土壌施用によるあぶらな科野菜の土壌病害に対する日植防委託試験を開始しました。

その結果、上記諸特性が、広範囲の作物、病害

を対象として確認され、1990年4月両製品とも初年度登録取得しました。

その後、フロンサイドSC（フロアブル）は、果樹類を主体に1991年から日植防委託試験を開始し、1994年6月に初年度登録取得しました。（表1）

II. 有効成分とその物理化学性質

有効成分であるフルアジナムについて、その概要を紹介します。

一般名：フルアジナム（fluazinam）

化学名：3-chloro-N-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyl)-
-a, a, a-trifluoro-2,6-dinitro-*p*-toluidine

分子量：465.1

外 観：黄色結晶性粉末

比 重：1.757g/ml（20℃）

融 点：115～117℃

蒸気圧：1.1×10⁻⁵（25℃）

溶解度：水：0.1ppm（pH5）/1.7ppm（pH6.8）/＞1000ppm（pH11）

n-ヘキサン：1.2%W/V

プロパンジオール-1,2：0.86W/V

シクロヘキサン：1.4%W/V

酢酸エチル：68%W/V

トルエン：41%W/V

アセトン：47%W/V

エタノール：15%W/V

ジクロロメタン：33%W/V

ジエチルエーテル：32%W/V

分配係数：（n-オクタノール/水、25℃）：logPow：3.56

安定性：熱、酸およびアルカリでは安定であるが、
光に対しては比較的分解しやすい。

構造式：（図1）

表1. 適用作物と使用方法

作物名	適用病害虫名	希釈倍数（倍）	10アール当たり 使用量（L）	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	総使用回数*
かんきつ	そうか病、灰色かび病	2,000～2,500	200～700	収穫30日前まで	1回	散布	1回
	黒点病、ミカンハダニ、 ミカンサビダニ、チャノホコリダニ	2,000					
りんご	斑点落葉病、黒星病、 すす点病、すす斑病、褐斑病	2,000～2,500	200～700	収穫45日前まで	1回	散布	2回以内 （散布は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
	輪紋病、モニリア病	2,000			1回	土壌灌注	
	白紋羽病、紫紋羽病	500					
		1,000					
りんご(苗木)	白紋羽病、紫紋羽病	500	—	植付時	1回	20分間 苗木浸漬	2回以内 （苗木浸漬は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
			25～50/樹	植付後 ただし収穫開始1年前まで	1回	土壌灌注	
なし	黒斑病、黒星病	2,000～2,500	200～700	収穫30日前まで	1回	散布	2回以内 （散布は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
	輪紋病	2,000			1回	土壌灌注	
	白紋羽病	500					
		1,000					
ネクタリン	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫30日前まで	1回	土壌灌注	1回
		1,000	100～200/樹				
もも	灰星病、ホモブシス菌敗病	2,000	200～700	収穫7日前まで	1回	散布	2回以内 （散布は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫30日前まで	1回	土壌灌注	
		1,000	100～200/樹				
うめ	黒星病、灰色かび病	2,000	200～700	発芽期まで ただし収穫60日前まで	1回	散布	2回以内 （散布は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫後から開花前まで ただし収穫60日前まで	1回	土壌灌注	
小粒核果類 （うめを除く）	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫後から開花前まで ただし収穫60日前まで	1回	土壌灌注	1回
ブルーベリー	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫21日前まで	1回	土壌灌注	1回
ぶどう	晩腐病、黒とう病、べと病、 灰色かび病、枝彫病	2,000	200～700	開花直前～落井期 ただし収穫60日前まで	1回	散布	2回以内 （散布は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫21日前まで	1回	土壌灌注	
		1,000	100～200/樹				
びわ	灰斑病	2,000	200～700	収穫7日前まで	1回	散布	2回以内 （散布は1回以内、 土壌灌注は1回以内）
	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫後から開花前まで	1回	土壌灌注	
		1,000	100～200/樹				
キウイフルーツ	灰色かび病、果実軟腐病	2,000	200～700	収穫30日前まで	1回	散布	1回
かき	落葉病、炭疽病、灰色かび病	2,000	200～700	収穫45日前まで	1回	散布	1回
おうとう いちじく	白紋羽病	500	50～100/樹	収穫30日前まで	1回	土壌灌注	1回
いちご	炭疽病	1,000	50m l /株	育苗期	1回	灌注	1回
たまねぎ	灰色腐敗病	1,000～2,000	100～300	収穫3日前まで	5回以内	散布	6回以内 （苗根部浸漬は1回以内、 散布は5回以内）
	べと病						
	灰色かび病						
ばれいしょ	疫病	500	25	収穫7日前まで	4回以内	散布	6回以内 （種いも浸漬は1回以内、 植付前の土壌混和は 1回以内、散布は4回以内）
	夏疫病	1,000～2,000	100～300				
		2,000					
	そうか病	100	—				
やまのいも	葉潰瘍病	2,000	100～300	収穫7日前まで	4回以内	散布	4回以内
てんさい	根腐病	1,000～2,000	100～300	収穫30日前まで	4回以内	株元散布	5回以内 （は種前の土壌混和及び 苗床灌注は合計1回以内、 株元散布は4回以内）
	1,000						
	黒根病	100	3L/㎡				
あずき	炭疽病	1,000～2,000	100～300	収穫21日前まで	3回以内	散布	3回以内
	灰色かび病						
	菌核病						
いんげんまめ	炭疽病	1,000～2,000	100～300	収穫7日前まで	3回以内	散布	3回以内
	灰色かび病						
	菌核病						
小麦	紅色雪腐病、雪腐大粒菌核病	1,000	60～150	根雪前	2回以内	散布	3回以内 （播種前は1回以内、 播種後は2回以内）
	雪腐小粒菌核病	1,000～2,000					
		250					
茶	炭疽病、輪紋病、新梢枯死症 （輪紋病菌による）、もち病、 網もち病、灰色かび病、 褐色円星病、チャノホコリダニ	2,000	200～400	摘採14日前まで	1回	散布	1回
ゆり	茎腐症（リゾプス菌による）	500	3L/㎡	定植後	2回以内	土壌灌注	3回以内

作物名	適用病害名	10アール当り使用量		使用時期	本剤の使用回数	使用方法	総使用回数*
		薬量 (mL)	希釈水量 (L)				
キャベツ	根こぶ病	500	100～150	播種または定植前	2回以内 (苗床では1回以内、 本圃では1回以内)	全面散布 土壌混和	2回以内 (苗床では1回以内、 本圃では1回以内)
はくさい				定植前	1回		
ブロッコリー							
カリフラワー							
レタス	すそ枯病	600	100	植付前	1回	全面散布 土壌混和	1回
非結球レタス							
ばれいしょ	粉状そうか病	600					
チューリップ	微斑モザイク病	500					7回以内
	条斑病						

*印はフルアジナムを含む農薬の総使用回数。本内容は、平成24年9月12日付の登録内容に基づいています。

Ⅲ. 生物活性

1. 作用特性について

本剤は、優れた予防効果並びに適度に長い残効性を有する保護殺菌剤です。(表2) 治療効果や浸透移行性はほとんど認められません。

本剤の有効成分であるフルアジナムは、植物病原菌の呼吸系における電子の流れをはずす作用(酸化リン酸化の脱共役作用)により殺菌効果を発揮すると考えられています。一方、植物病原菌細胞のSH基への作用も殺菌効果に関与する可能性が示唆されています。

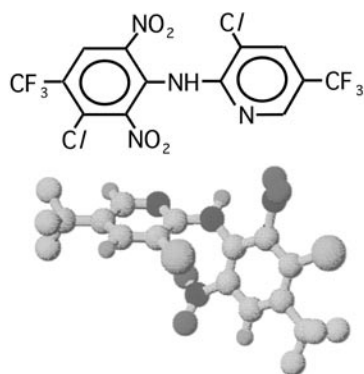


図1. フルアジナムの構造式

また本剤は、in vitro条件下では、およそ1ppmの低濃度で胞子発芽阻害、付着器形成阻害、付着器の侵入阻害、菌糸伸長並びに胞子形成の阻害を示します。本剤はほとんど浸透移行性がないことから、実際の病害防除場面では、胞子発芽、付着器形成阻害、付着器の侵入阻害が主なものと推測されます。(表3、写真1)

一方、ハダニ類に対しては、殺幼虫活性が強く、殺卵活性もあることが判明しております。この結果、殺ダニ効果の発現は、比較的遅効的です。また、ハダニ類の捕食性天敵であるカブリダニ類に対して、ほとんど影響を与えないことが確認されています。(表4)

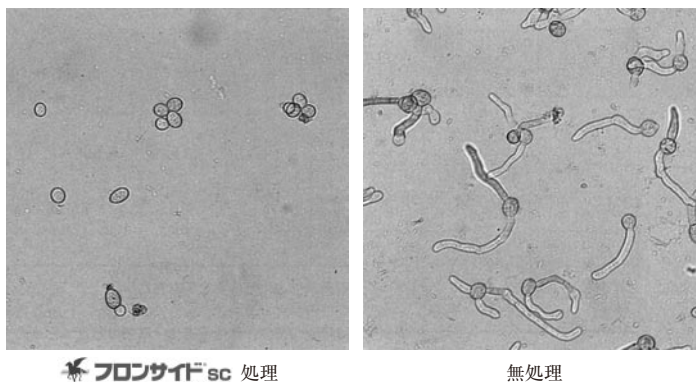


写真1. 胞子発芽に対するフロンサイドの効果 (1ppm)

表2. 低濃度で高い予防効果

フロンサイドの作用特性 (きゅうり灰色かび病 ポット試験)

(昭和61年 石原産業(株)中央研究所)

試験項目	防除価					
	500ppm	125ppm	31ppm	8ppm	2ppm	0.5ppm
予防効果	—	—	100	100	100	92.5
耐雨性	100	100	100	56.5	—	—
残効性 (8日)	100	100	90.4	—	—	—
残効性 (12日)	100	100	82.1	—	—	—

実用濃度 2,000倍 :250ppm

試験方法:予防効果 所定濃度の薬液をいんげんに散布し、翌日菌そうディスクを接種した。接種3日後(散布4日後)に病斑長を測定した。

耐雨性 所定濃度の薬液をいんげんに散布し、散布翌日に20mm/hr、2時間の人工降雨を与えた。風乾後、菌そうディスクを接種し、接種3日後(散布4日後)に病斑長を測定した。

残効性 所定濃度の薬液を散布したいんげんを8日または12日間温室内で育苗した後、菌そうディスクを接種した。接種3日後に病斑長を測定した。

2. 抗菌スペクトラム

本剤の抗菌スペクトラムは極めて広く、中でも特に圃場条件下で多くの病害に効果が確認されています。(表5)

IV. 安全性

フロンスайдは、人畜毒性が低く普通物に分類されます。

本剤は、水産動植物に強い影響を与えるため、注意が必要です。(表6)

また、ミツバチ、蚕、捕食性のダニ等の有用昆虫および天敵に影響が少ない薬剤です。(表7-1、2)

V. 開発の方向性（新たな可能性の追求）

本剤は、上市（1994年）後、来年（2014年）で20年を迎えようとしていますが、果樹の紋羽病をはじめ、根こぶ病防除剤、さらに現在においても新たな可能性を追求し、開発を進めております。

①果樹紋羽病防除剤としての展開

フロンスайдSCは、開発当初、果樹用殺菌剤として、開発を進めておりました。その中で、紋羽病菌への効果が見いだされ、今では、土壌灌注処理による紋羽病防除剤として、欠かせない薬剤へと成長しました。

表3. 病原菌感染過程に対する阻害効果 (昭和61年 石原産業(株) 中央研究所)

濃度	胞子発芽 灰色かび病菌	付着器形成 きゅうり炭そ 病菌	侵入菌糸形成 きゅうり炭そ病 菌	菌糸生育 灰色かび病	胞子形成 灰色かび病
10ppm	100%	98%	100%	98%	85%
1ppm	100	97	100	96	0
0.1ppm	2	68	46	73	—
無処理	0	0	0	0	0

試験方法：胞子発芽 フロンスайдを含む胞子懸濁液を24℃で1日間培養後、胞子発芽の有無を調べた。
付着器形成 胞子が発芽し付着器を形成する直前にフロンスайдを加え、24℃で1日間培養後、付着器形成の有無を調べた。
侵入菌糸形成 分生胞子をセルロース膜上で培養し、付着器が形成された後にフロンスайдを加えた。24℃で3日間培養後、侵入菌糸形成の有無を調べた。
菌糸生育 フロンスайдを含む培地上に菌そうを移植し、24℃で7日間培養した後、伸長阻害率を調査した。
胞子形成 菌体をフロンスайдに浸漬処理し、24℃で6日間培養後、形成胞子を調査した。

表4. ハダニの密度抑制効果 ミカンハダニ (平成元年 石原産業(株) 中央研究所)

濃度 (ppm)	殺卵率 (%)	殺幼虫率 (%)	殺若虫率 (%)	殺成虫率 (%)	
調査	6日後	4日後	4日後	4日後	5日後
500	58	100	93	86	93
100	4	100	9	20	20
50	—	100	0	11	11
10	—	17	—	—	—
5	—	11	—	—	—

試験方法：リーフディスク法

表5. 圃場で効果が確認されている病害

放線菌			1 種	1 病害	ばれいしょそうか病
糸状菌	変形菌門		3 種	1 3 病害	根こぶ病、ばれいしょ粉状そうか病など
	真菌門	べん毛菌亜門	6 種	5 病害	ばれいしょ疫病、タマネギべと病、ブドウべと病など
		子のう菌亜門	1 7 種	2 2 病害	果樹の輪紋病、黒星病、白紋羽病、豆類の菌核病など
		担子菌類	5 種	4 病害	チャもち病、網もち病など
		不完全菌亜門	2 8 種	3 9 病害	灰色かび病、炭疽病、白絹病など
			合計 60種 84病害		

表6. フルアジナムの安全性

急性毒性	普通物	(経口)	ラット	♂♀とも	LC ₅₀	>5,000mg/kg
		(経皮)	ラット	♂♀とも	LC ₅₀	>2,000mg/kg
		(吸入)	ラット	♂♀とも	LC ₅₀	>2.17mg/kg
皮膚刺激性	中程度の刺激性あり（ウサギ）、0.1%希釈液（1,000 倍）は刺激性なし。					
眼刺激性	中程度の刺激性あり（ウサギ、洗眼効果あり）、0.1%希釈液（1,000 倍）は刺激性なし。					
皮膚感作性	感作性あり（モルモット）					
生態毒性	水生環境急性有害性		コイ		LC ₅₀	0.290mg/L（96 時間）
			ニジマス		LC ₅₀	0.141mg/L（96 時間）
			オオミジンコ		EC ₅₀	0.178mg/L（48 時間）
			藻類		Eb ₅₀	1.4mg/L（72 時間）
	水生環境慢性有害性		ファットヘッドミノー		NOEC	0.0053mg/L

表7-1. 有用昆虫に対する影響

フロンサイドのミツバチ（外役バチ）への直接散布による影響（昭和62年 三重大学）

希釈倍数	供試ハチ数	処理後の時間と累積死亡数						
		1h	12h	24h	48h	72h	96h	120h
1,000倍	100	0	0	0	0	0	0	0.3
2,000倍	100	0	0	0	0	0	0	0.7
水（対照）	100	10	0	0	0	0	0.3	0.7

フロンサイドのミツバチ（働きバチ）での経口摂取による影響（昭和62年 三重大学）

希釈倍数	供試ハチ数	処理後の時間と累積死亡数						
		1h	12h	24h	48h	72h	96h	120h
1,000倍	100	0	0	0	0	0.3	0.7	0.7
2,000倍	100	0	0	0	0	0	0.3	0.7
水（対照）	100	0	0	0	0	0.3	0.7	1.0

表7-2. 有用昆虫に対する影響

フロンサイドのチリカブリダニに対する影響（平成元年 石原産業㈱中央研究所）

供試薬剤	希釈倍数	殺成虫率 (%)	卵数 /♀	幼虫数 /♀	計 /♀
フロンサイド (WP)	500倍	0	3.3	5.8	9.1
	1,000倍	0	3.0	4.8	7.8
	2,000倍	0	2.3	6.1	8.4
無処理区	—	0	2.2	6.0	7.7

処理：ナミハダニの寄生したインゲン葉にチリカブリダニ成虫を接種後散布した。

調査：処理3日後に殺成虫率、8日後に卵数および幼虫数を調査した。

永年作物である果樹にとって、紋羽病は果樹生産に対して大きな損失を与える重要な土壌病害です。白紋羽病の防除は極めて困難で、罹病根の除去、樹勢の維持・回復といった耕種的な防除を除くと、フロンサイドなどの化学農薬による防除のみが有効な手段となっているのが現状です。

紋羽病防除剤として、開発当初、罹病樹の根部を掘り起し、薬液を流し込んだ後、土壌を撹拌しながら埋め戻す処理方法「埋戻し灌注処理」を提案しておりました。治療的な防除方法としては、現在でも有効な手段ですが、処理作業が重労働であり、労力的に多くの樹に処理することが困難なことが、現地普及の中で、課題として挙がってきました。(写真2) そのため、紋羽病防除用灌注処理機「モンパ奉行」(写真3)を開発し、灌注器処理により、処理作業の省力化を実現しました。(写真4)

また、灌注処理では罹病根域に十分にかからない場合もあり、罹病初期、予防的防除が効果的と考えております。

さらに、園地巡回しながら樹層診断を行い、紋羽病の早期発見、早期治療を促す普及活動も展開して参りました。

これらの活動により、今後も紋羽病の被害面積の縮減に貢献したいと考えております。

②根こぶ病防除剤としての展開

フルアジナム剤は、すでにフロンサイド粉剤として、根こぶ病を含む土壌総合殺菌剤として、普及展開を図っております。粉剤の普及の中で、粉剤によるドリフトの懸念回避、大規模化に伴う処理作業の省力化が求められ、フロンサイドSCの根こぶ病分野への活用法を検討し、薬液を圃場全面に散布後、土壌を混和する処理方法を開発致しました。(写真5)

本剤を畑作土壌消毒分野に適用することで、ブームスプレーヤーでの処理が可能となり、大規模化した生産者にとって、省力化に貢献することができました。

また、シャワーノズル等、ドリフト軽減ノズルを使用することで、粉剤と比較し、隣接圃場への飛散



写真2. 紋羽病防除（埋戻し灌注処理）



写真3. 「モンパ奉行」(灌注器)



写真4. 「モンパ奉行」処理風景



写真5. フロンサイドSCの根こぶ病防除風景
(ブームスプレーヤー)

が軽減でき、輪作または作型ごとに処理する場合の安全性を確保することができました。

さらに、わずか500ml/10aの薬液処理により、病害防除が実現できるので、低コスト化にも貢献することができました。

今後のさらなる展開

フロンサイドSCの可能性追求は、現地の要望を取り入れ、より地域に密着した開発を進めることを目的としております。その1例を紹介致します。

長野県レタス産地は、2期作、または、はくさいなどの2毛作栽培を主体とする地域であり、マルチを2作連続で使用されるケースも多く、2期作目、2毛作目において、土壤消毒ができない作型です。

当地において、2期、2毛作目の土壤消毒は、栽培上の課題であり、1期作目の収穫残さによる病害（レタスすそ枯病、はくさい尻腐病、軟腐病など）の発生が現地の課題でした。

この課題を解決する方法を現地と検討を進め、スペクトラムの広いフロンサイドを活用し、マルチしたまま土壤表面にフロンサイドSCの薬液を処理することで、防除効果が得られることが、当社基礎試験で明らかとなりました。

2010年度から、レタス軟腐病およびすそ枯病、はくさい軟腐病および尻腐病について、日植防委託試験を開始し、登録申請に向けた準備を進めております。

石原産業は今後も本剤の特性を生かした、様々な可能性を追求し、生産者の皆様のニーズにお答えできる様、具体的な使用方法を提示していきたいと考えております。

最後になりましたが、本剤の試験にご尽力をいただきました試験機関の皆様、様々なアイデアを頂戴した現地指導員、生産者の皆様に厚く御礼申し上げるとともに、今後ともご指導の程、よろしくお願い申し上げます。