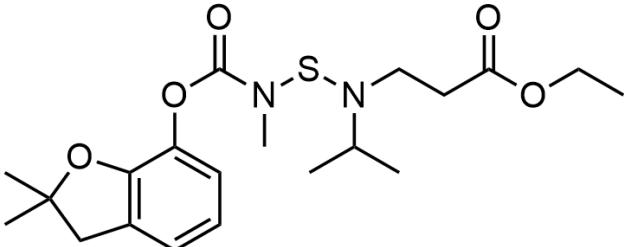


水質汚濁に係る農薬登録基準の設定に関する資料
ベンフラカルブ

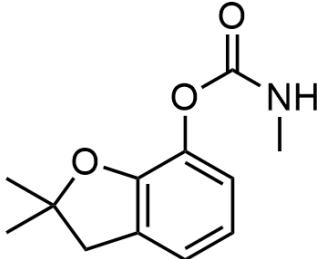
I. 評価対象農薬の概要

1. 物質概要

(1) ベンフラカルブ

化学名 (IUPAC)	エチル-[N-[2,3-ジヒドロ-2,2-ジメチルベンゾフラン-7-イルオキシカルボニル(メチル)アミノチオ]-N-イソプロピル-β-アラニナート				
分子式	C ₂₀ H ₃₀ N ₂ O ₅ S	分子量	410.5	CAS 登録番号 (CAS RN [®])	82560-54-1
構造式					

(2) カルボフラン

化学名 (IUPAC)	2,3-ジヒドロ-2,2-ジメチルベンゾフラン-7-イル=メチルカルバマート				
分子式	C ₁₂ H ₁₅ NO ₃	分子量	221.3	CAS 登録番号 (CAS RN [®])	1563-66-2
構造式					

2. 作用機構等

ベンフラカルブは、カルボフラン誘導体のカーバメート系殺虫剤であり、その作用機構は、代謝又は分解されることによりカルボフランに変換され昆虫の神経伝達系に存在するアセチルコリンエステラーゼの活性を阻害することにより殺虫効果を発揮するものと考えられている (IRAC : 1A^{*1})。

本邦での初回登録は 1986 年である。

製剤は粒剤があり、適用農作物等は稲、野菜（れんこん等）、飼料作物、樹木、花き等がある。

原体の国内生産量は、485.4 t (令和 3 年度^{*2})、443.9 t (令和 4 年度^{*2})、243.9 t (令和 5 年度^{*2})、輸入量は 0 t (令和 3 年度^{*2})、359.1 t (令和 4 年度^{*2})、126.0 t (令和 5 年度^{*2}) であった。

^{*1}<https://www.croplifejapan.org/lab/o/mechanism.html>

<https://irac-online.org/>

^{*2}年度は農薬年度（前年 10 月～当該年 9 月）、出典：農薬要覧-2024-（（一社）日本植物防疫協会）

3. 各種物性等

(1) ベンフラカルブ

外観・臭気	淡い黄色液体、無臭	土壤吸着係数	$K_{OC}=9,100^*$
融点	測定不能	オクタノール ／水分配係数	$\log Pow=4.22$ (25°C)
沸点	200°Cで分解のため測定不能	生物濃縮性	$BCF_{SS}=55$ (0.6 $\mu g/L$) $BCF_{SS}=61$ (6.0 $\mu g/L$)
蒸気圧	$<1 \times 10^{-5}$ Pa (20°C)	密度	1.1 g/cm ³ (20°C)
加水分解性	半減期 52 分 (0°C、pH4) 29 分 (10°C、pH4) 0.7 時間 (25°C、pH5) 41 時間 (25°C、pH7) 13.6 時間 (35°C、pH7) 18 日 (25°C、pH9) 4.4 日 (35°C、pH9) 4 時間 (23°C、蒸留水)	水溶解度	7.7 mg/L (20°C)
水中光分解性	半減期 15.3 時間 (滅菌精製水、25°C、600 W/m ² 、290–800 nm) 15.6 日 (自然水、pH8.0、25°C、600 W/m ² 、290–800 nm) 9.3 時間 (緩衝液、pH7、23°C、120 W/m ²)		
pKa	解離性なし		

*HPLC 法により算出した値。

(2) カルボフラン

外観・臭気	—	土壤吸着係数	$K_{F^{ads}OC}=21-122$ (25°C)
融点	—	オクタノール ／水分配係数	$\log Pow=1.8$ (20°C) $\log Pow=1.71$ (25°C)
沸点	—	生物濃縮性	$BCF_{SS}=9.6$ (50 $\mu g/L$)
蒸気圧	2.1×10^{-2} Pa (20°C) 1.71×10^{-4} Pa (25°C)	密度	—
加水分解性	半減期 安定 (25°C、pH3.1) 安定 (28°C、pH5) 26.1 日 (26°C、pH7) 12 時間 (26°C、pH9) 2.2 時間 (25°C、pH9.9)	水溶解度	3.15×10^2 mg/L (20°C) 3.51×10^2 mg/L (25°C)
水中光分解性	半減期 1200 日		

	(滅菌緩衝液、pH5、8.29–134 W/m ² 、200~700 nm) 15.07 時間 (滅菌自然水、450 W/m ² 、300–800 nm) 16.5 日 (東京春期太陽光換算 95.7 日) (滅菌自然水、25°C、45.1 W/m ² 、290–800 nm)
pKa	—

II-1. 安全性評価

(1) ベンフラカルブ

一日摂取許容量 (ADI)	0.0089 mg/kg 体重/日
食品安全委員会委員会は、令和2年2月4日付けで、ベンフラカルブのADI ¹⁾ を0.0089 mg/kg 体重/日と設定する食品健康影響評価の結果を厚生労働大臣に通知した。	
なお、この値は各試験で得られた無毒性量のうち最小値 0.89 mg/kg 体重/日を安全係数100で除して設定された。	

¹⁾ ばく露評価対象物質はベンフラカルブ、カルボフラン及び3—ヒドロキシカルボフラン（いずれも抱合体を含む）と設定されている。 <https://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20110210006>

(2) カルボフラン

一日摂取許容量 (ADI)	0.00015 mg/kg 体重/日
食品安全委員会委員会は、令和2年2月4日付けで、カルボフランのADI ¹⁾ を0.00015 mg/kg 体重/日と設定する食品健康影響評価の結果を厚生労働大臣に通知した。	
なお、この値は各試験で得られた無毒性量又は最小毒性量のうち最小値となった最小毒性量 0.03 mg/kg 体重/日を安全係数200（種差10、個体差10、最小毒性量を用いたことによる追加係数2）で除して設定された。	

¹⁾ ばく露評価対象物質はカルボフラン及び3—ヒドロキシカルボフラン（いずれも抱合体を含む）と設定されている。 <https://www.fsc.go.jp/fsciis/evaluationDocument/show/kya20120123002>

II-2. 水質汚濁に係る登録基準値

ベンフラカルブの農薬登録基準の設定にあたっては、代謝物/分解物であるカルボフランの毒性も考慮し、水質汚濁に係るリスク評価を行う。

(1) ベンフラカルブ

登録基準値	ベンフラカルブとして 0.023 mg/L
以下の算出式により登録基準値を算出した。 ¹⁾	
0.0089 (mg/kg 体重/日) × 53.3 (kg) × 0.1 / 2 (L/人/日) = 0.0237... (mg/L)	
ADI	体重 10 %配分 飲料水摂取量

¹⁾ 登録基準値は、体重を53.3kg、飲用水を1日2L、有効数字は2桁（ADIの有効数字桁数）とし、3桁目を切り捨てて算出した。

(2) カルボフラン

登録基準値	カルボフランとして 0.00039 mg/L
以下の算出式により登録基準値を算出した。 ¹⁾	
0.00015 (mg/kg 体重/日) × 53.3 (kg) × 0.1 / 2 (L/人/日) = 0.000399... (mg/L)	
ADI	体重 10 %配分 飲料水摂取量

¹⁾ 登録基準値は、体重を53.3kg、飲用水を1日2L、有効数字は2桁（ADIの有効数字桁数）とし、3桁目を切り捨てて算出した。

<参考> 水質に関する基準値等

	ベンフラカルブ	カルボフラン
(旧)水質汚濁に係る農薬登録保留基準 ¹⁾	カルボフランとして 0.05 mg/L	
水質要監視項目 ²⁾	なし	なし
水質管理目標設定項目 ³⁾	0.02 mg/L	0.0003 mg/L
ゴルフ場指導指針 ⁴⁾	—	—
WHO飲料水水質ガイドライン ⁵⁾	なし	0.07 mg/L

¹⁾ 平成 17 年 8 月 3 日改正前の「農薬取締法第 3 条第 1 項第 4 号から第 7 号までに掲げる場合に該当するかどうかの基準を定める等の件」（昭和 46 年 3 月 2 日農林省告示 346 号）第 4 号に基づき設定された基準値。

²⁾ 水質汚濁に係る要監視項目として、直ちに環境基準とはせず、引き続き知見の集積に努めるべきとされた物質に係る指針値。

³⁾ 水道法に基づく水質基準とするには至らないが、水道水質管理上留意すべき項目として設定された物質に係る目標値（対象農薬）。

⁴⁾ 「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止及び水域の生活環境動植物の被害防止に係る指導指針について」（令和 2 年 3 月 27 日付け環水大土発第 2003271 号環境省水・大気環境局長通知）の別表において設定された水濁指針値（水質汚濁に係る農薬登録基準が設定されているものを除く）。

⁵⁾ Guidelines for drinking-water quality, fourth edition

III. 水質汚濁予測濃度（水濁 PEC）

1. 製剤の種類及び適用農作物等

農薬登録情報提供システム (<https://pesticide.maff.go.jp>) 及び申請者より提出された申請資料によれば、本農薬は製剤として粒剤があり、適用農作物等は稻、野菜（れんこん等）、飼料作物、樹木、花き等がある。

2. ベンフラカルブの水濁 PEC の算出

(1) – 1 水田使用時の PEC (第1段階)

水田使用時において、PEC が最も高くなる使用方法（下表左欄）について、第1段階の PEC を算出した。算出に当たっては、農薬取締法テストガイドラインに準拠して下表右欄のパラメーターを用いた。

PEC 算出に関する使用方法		各パラメーターの値	
適用農作物等	れんこん	I : 単回・単位面積当たりの有効成分量（有効成分 g/ha） (左欄の最大使用量に、有効成分濃度を乗じた上で、単位を調整した値)	12,000
剤型	8.0%粒剤	N_{app} : 総使用回数 (回)	1
当該剤の単回・単位面積当たりの最大使用量	15,000 g/10a	A_P : 農薬使用面積 (ha)	50
地上防除/航空防除の別	地上防除		
使用方法	湛水散布後 全面土壤混和		
使用回数	1回		

(1) – 2 非水田使用時の PEC (第1段階)

非水田使用時において、PEC が最も高くなる使用方法（下表左欄）について、第1段階の PEC を算出した。算出に当たっては、農薬取締法テストガイドラインに準拠して下表右欄のパラメーターを用いた。

PEC 算出に関する使用方法		各パラメーターの値	
適用農作物等	花き	I : 単回・単位面積当たりの有効成分量（有効成分 g /ha） (左欄の最大使用量に、有効成分濃度を乗じた上で、単位を調整した値)	①5,500 ②4,000
剤型	①5.0%粒剤 ②1.0%粒剤	N_{app} : 総使用回数 (回)	①1 ②3
当該剤の単回・単位面積当たり最大使用量	1 株あたり ①0.5g、②2g 使用。 (10a あたり 22,000 株作付け。 10a あたり 40,000g まで。)	D_{river} : 河川ドリフト率 (%)	0
		Z_{river} : 河川ドリフト面積 (ha)	0.11

地上防除/航空防除の別	地上防除	R_u : 畑地からの農薬流出率 (%)	0.02
		A_P : 農薬使用面積 (ha)	37.5
使用方法	①株元散布 ②株元散布	F_u : 施用方法による農薬流出補正係数	1
使用回数	①定植時 1 回 ②生育期 3 回		

(1) - 3 水濁 PEC (第1段階) 算出結果

使用場面	水濁 PEC (mg/L) ¹⁾
水田使用時(第1段階)	0.159…
非水田使用時(第1段階)	0.000256…
うち地表流出寄与分	0.000256…
うち河川ドリフト寄与分	0
合 計 ²⁾	0.160… ÷ 0.16 (mg/L)

1) 代謝物/分解物を含まないベンフラカルブとしての値。

2) 水濁 PEC の値は有効数字 2 桁とし、3 桁目を四捨五入して算出した。

(2) - 1 水田使用時の PEC (第3段階)

第1段階の水濁 PEC が登録基準値を超えることから、ベンフラカルブの PEC が最も高くなる使用方法（下表左欄）について、第3段階の PEC を算出した。算出に当たっては、農薬取締法テストガイドラインに準拠して下表右欄のパラメーター及び実水田を用いた水田水中農薬濃度測定試験結果（下表下欄）を用いた。

PEC 算出に関する使用方法		各パラメーターの値	
適用農作物等	れんこん	I : 単回・単位面積当たりの有効成分量 (有効成分 g/ha) (最大使用量に、有効成分濃度を乗じた上で、単位を調整した値)	12,000
剤型	8.0%粒剤	ドリフト	粒剤のため考慮しない
当該剤の単回・単位面積当たりの最大使用量	15,000 g/10a	f_p : 施用方法による農薬流出係数 (-)	1 ^{※1}
総使用回数	1 回	Koc : 土壌吸着係数	考慮せず ^{※2}
地上防除/航空防除の別	地上防除	止水期間 (day)	14
使用方法	湛水散布後 全面土壤混和	田面水中農薬濃度半減期 (day)	0.87-2.18 ^{※3}
実水田を用いた水田水中農薬濃度測定試験成績 (mg/L) ^{※4}			
農薬処理後 経過日数	試験区 1		試験区 2

0 日	0.049	0.0622
1 日	0.026	0.0358
3 日	0.0023	0.0033
6 日	<0.0005	-
7 日	<0.0005	0.0032
8 日	<0.0005	-
11 日	<0.0005	-
14 日	<0.0005	<0.0005

*¹ 実水田を用いた水田水中農薬濃度測定試験が登録申請に係る方法（湛水散布後全面土壤混和）で実施されているため、1とする。

*² ベンフラカルブは水中での分解性が高いことから、土壤吸着係数は考慮しない。

*³ 水田水中農薬濃度試験成績におけるベンフラカルブの濃度の減衰速度から算出した値。

*⁴ 代謝物/分解物を含まないベンフラカルブとして検出された値。

(2) - 2 水濁 PEC (第3段階) 算出結果

使用場面	水濁 PEC (mg/L) ¹⁾
水田使用時(第3段階)	0.0000314…
非水田使用時(第1段階)	0.000256…
うち地表流出寄与分	0.000256…
うち河川ドリフト寄与分	0
合 計 ²⁾	0.000287… ÷ 0.00029 (mg/L)

1) 代謝物/分解物を含まないベンフラカルブとしての値。

2) 水濁 PEC の値は有効数字2桁とし、3桁目を四捨五入して算出した。

3. カルボフランの水質汚濁予測濃度（水濁 PEC）

カルボフランの親物質であるベンフラカルブ使用時において、カルボフランの第3段階の水濁 PEC を算出した結果、れんこん適用時の使用方法に基づき算出された水濁 PEC が最大となり、カルボフランの登録基準値案を超過した（参考1）。一方で、れんこんを環境モデル中の水田全域（500 ha）で栽培すると仮定する標準的シナリオで評価することは過大な推計となる可能性があることから、令和2年第78回農薬小委員会における審議の結果、河川におけるカルボフラン濃度のモニタリング調査の結果を踏まえて評価することとされた。

なお、令和3年に実施したモニタリング調査の結果、カルボフランとしての登録基準値案 0.00039 mg/L を超過する年間平均濃度が算出された。これを受け、令和4年第83回農薬小委員会における審議の結果、ベンフラカルブのれんこん適用時における止水管理等のリスク管理措置を徹底するよう農薬使用現場に対して指導した上で、令和4～6年の間、モニタリング調査を追加で実施し、その結果を踏まえて評価することが適切であるとされた。

（1）調査実施時期

①F県 A 地点

令和3年2月17日～9月29日
令和4年1月20日～10月6日
令和5年1月19日～10月5日
令和6年1月5日～10月3日

②F県 B 地点

令和3年2月18日～12月16日
令和4年1月25日～12月16日
令和5年1月6日～12月22日
令和6年1月6日～12月20日

（2）調査実施地域、調査対象河川等の概要

れんこんを適用とするベンフラカルブ粒剤の使用が想定される以下の2地域においてベンフラカルブの代謝物/分解物であるカルボフラン濃度のモニタリングを実施した。

調査対象地域	調査対象河川	河川流量（3 m ³ /s）※ ¹
F県	A 地点	1.3※ ²
F県	B 地点	0.27※ ²

※¹表頭の（ ）の数値は、水濁 PEC 算出に用いる環境モデル又は標準的シナリオ上の数値である。

※²河川流量は、調査期間中の中央値である。

（3）環境中予測濃度

モニタリング調査により得られたデータに基づき、（参考2）に示す算定式を用いてカルボフランの年間平均濃度を算出した。それらの値は下表のとおりである。

評価地点	年間平均濃度（mg/L）			
	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年
A 地点	0.00006	0.000084	0.000050	0.000060
B 地点	0.00045	0.00024	0.00017	0.00022

IV. 総 合 評 価

ベンフラカルブの水濁 PEC は 0.00029 mg/L であり、登録基準値 0.023 mg/L を超えないことを確認した。また、ベンフラカルブの代謝物/分解物であるカルボフランの河川におけるモニタリングの結果から得られた評価地点における年間平均濃度は、令和 4～6 年において、それぞれ、0.00024、0.00017、0.00022 mg/L であり、カルボフランとしての登録基準値 0.00039 mg/L を超えないことを確認した。

＜検討経緯＞

令和 2 年 11 月 17 日 中央環境審議会土壤農薬部会農薬小委員会（第78回）
令和 4 年 3 月 3 日 中央環境審議会水環境・土壤農薬部会農薬小委員会（第83回）
令和 7 年 7 月 8 日 中央環境審議会水環境・土壤農薬部会農薬小委員会（第96回）

(参考1) ベンフラカルブ使用時のカルボフランの水濁 PEC の算出

(1) 水田使用時の水濁 PEC (第3段階)

水田使用時において、下表左欄の使用方法について、第3段階の PEC を算出する。
 算出に当たっては、農薬取締法テストガイドラインに準拠して下表右欄のパラメーター及び実水田における水田水中農薬濃度測定試験結果（下表下欄）を用いた。

PEC 算出に関する使用方法		各パラメーターの値	
適用農作物等	れんこん	I : 単回・単位面積当たりの有効成分量 (有効成分 g/ha) (最大使用量に、有効成分濃度を乗じた上で、単位を調整した値)	6,469 ^{*1}
剤型	8.0%粒剤	ドリフト	粒剤のため考慮しない
当該剤の単回・単位面積当たりの最大使用量 ※算出値	15,000 g/10a	f_p : 施用方法による農薬流出係数 (-)	1 ^{*2}
総使用回数	1回	Koc : 土壌吸着係数	32 ^{*3}
地上防除/航空防除の別	地上防除	止水期間 (day)	14
使用方法	湛水散布後 全面土壤混和	田面水中農薬濃度半減期 (day)	1.89-3.60 ^{*4}
実水田を用いた水田水中農薬濃度測定試験成績 (mg/L) ^{*5}			
農薬処理後 経過日数	試験区1		試験区2
0日	0.1355		0.0772
1日	0.3084		0.265
3日	0.4171		0.1096
6日	0.3604		-
7日	0.3372		0.1644
8日	0.3184		-
11日	0.1591		-
14日	0.0552		0.0018

※¹ベンフラカルブからカルボフランへの換算係数 (0.5391)。※²実水田を用いた水田水中農薬濃度測定試験が登録申請に係る方法（湛水散布後全面土壤混和）で実施されているため、1とする。※³カルボフランを用いて実施された土壤吸着試験の結果から算出した値の中央値。※⁴水田水中農薬濃度測定試験におけるカルボフランの濃度の減衰速度から算出した値。※⁵カルボフランとして検出された値。

(2) 非水田使用時の水濁 PEC (第2段階)

非水田使用時において、PEC が最も高くなる使用方法（下表左欄）について、第2段階の PEC を算出した。算出に当たっては、農薬取締法テストガイドラインに準拠して下表右欄のパラメーターを用いた。

PEC 算出に関する使用方法		各パラメーターの値	
適用農作物等	花き	I : 単回・単位面積当たりの有効成分量 (有効成分 g /ha) (左欄の最大使用量に、有効成分濃度を乗じた上で、単位を調整した値)	①2,965 ^{*1} ②2,156 ^{*1}
剤型	①5.0%粒剤 ②1.0%粒剤	N_{app} : 総使用回数 (回)	①1 ②3
当該剤の単回・単位面積当たり最大使用量	1 株あたり ①0.5g、②2g 使用。 (10a あたり 22,000 株作付け。10a あたり 40,000g まで。)	D_{river} : 河川ドリフト率 (%)	0
地上防除/航空防除の別	地上防除	Z_{river} : 河川ドリフト面積 (ha)	0.11
使用方法	①株元散布 ②株元散布	R_u : 畑地からの農薬流出率 (%)	0.02
総使用回数	①定植時 1 回 ②生育期 3 回	F_u : 施用方法による農薬流出補正係数	1
		DT_{50} : 土壤中半減期 (日)	51.9 ^{*2}

^{*1}ベンフラカルブからカルボフランへの換算係数 (0.5391)。

^{*2}カルボフランを用いて実施された土壤残留試験 (容器内試験) の結果から算出した値の最大値。

(3) 水濁 PEC 算出結果

使用場面	水濁 PEC (mg/L)
(1) 水田使用時 (第3段階)	0.0004737…
(2) 非水田使用時 (第2段階)	0.0000620…
うち地表流出寄与分	0.0000620…
うち河川ドリフト寄与分	0
合計 ¹⁾ (1) + (2)	0.000535… ÷ 0.00054 (mg/L)

¹⁾ 水濁 PEC の値は有効数字 2 桁とし、3 桁目を四捨五入して算出した。

カルボフランの水濁 PEC は 0.00054 mg/L であり、登録基準値案 0.00039 mg/L を超過した。

しかしながら、当該水濁 PEC の値は、単位面積当たりの農薬散布量が最も多くなる適用農作物であるれんこんを、水濁 PEC の算出に用いる環境モデル中の水田全域 (500ha) で栽培するとの仮定に基づくものであり、我が国の水田におけるれんこん栽培面積^{*}を考慮すれば、過大推計となる可能性が考えられる。

上記を踏まえて、第 78 回農薬小委員会における審議の結果、カルボフランの流出が

多くなると見込まれる、れんこん栽培の盛んな地域の水域においてモニタリング調査を実施し、当該結果を踏まえて評価を行うこととされた。

* 農林水産省の作物統計によると全国におけるれんこんの作付面積は 4,040 ha (令和 5 年)

(参考 2) 年間平均濃度の算定式

河川水中におけるカルボフラン濃度のモニタリング調査の結果に基づいた年間平均濃度は、以下の算定式を用いることが第 83 回農薬小委員会において報告された。

$$\text{年間平均濃度} = \frac{\sum ((T_i + T_{i+1}) \times (D_{i+1} - D_i) / 2) + (T_L + T_i) \times (365 - D_L) / 2}{365}$$

($\mu \text{ g/mL}$)

T_i : i 回目調査時の測定濃度 ($\mu \text{ g/L}$)

T_L : 最終測定時の測定濃度 ($\mu \text{ g/L}$)

D_i : 調査開始日から i 回目調査日までの日数

D_L : 調査開始日から最終調査日までの日数