

9. 農薬除去システムの開発（その1）

土 岐 晃 生

要 旨

環境保護の立場から、ゴルフ場に使用する農薬について各方面で農薬を削減したり、無農薬に転換する試みや、農薬除去に関する研究がなされている。

本開発は、農薬除去を目的として行ってきたものであるが、そのシステムの中心となるのは、活性炭を主成分とする吸着剤を透水性の高い不織布で包み込んだ農薬除去マットである。このマットは、その材料の複合的な作用による除去性能の向上と、施工時の取り扱いの容易さを同時に図ったものである。

実験の結果、農薬の水溶液をマットに直接散水し濾過させた場合と、地盤下に敷いて浸透濾過させた場合のいずれについても高い吸着性能を有することが確認された。

キーワード

農薬／農薬除去システム／農薬除去マット／活性炭／不織布／吸着

9. DEVELOPMENT OF AN ELIMINATION SYSTEM FOR HARMFUL AGRICULTURAL CHEMICALS

Teruo Toki

Abstract

In view of the need for greater environmental protection, intensive research is being conducted to phase out the use of agricultural chemicals on golf courses, as well as to remove accumulations of the chemicals that have already been diffused. To this end, we have developed an absorption system whose main component is active charcoal. The absorbent is wrapped in a highly water-permeable, unwoven fabric to form a chemical-eliminating mat. It is easily installed and combines several functions to offer high chemical elimination performance.

The mat was tested by spraying with an agricultural chemical solution and allowing the solution to filter through. In another experiment, the mat was spread out, buried underground and the solution was allowed to percolate through the soil into the mat. In both cases, the mat demonstrated excellent chemical absorptive performance.

1. はじめに

ゴルフ場やリゾート地で使用されている農薬について、環境保護の立場から批判の声が高まっている。すでに厚生省、環境庁が暫定的な基準を定め、地方自治体でも一段と規制を強化する方向で進んでおり、中には無農薬を宣言した県も出現している。

このような状況の中、有機肥料の使用、土壌改良による農薬使用量の削減あるいは無農薬への転換について、各方面でいろいろ努力がなされているが、いまだ決定的な方法がなく、実績も上がっていないのが現状である。

人手不足と人件費高騰により、除草や芝の管理を農薬に頼らずに手作業で行うにも限界があり、農薬除去についての有効な対策が望まれている。

本研究は、このような農薬の有害成分を早期の段階で吸着回収し、ゴルフ場から農薬を一切流出させないシステム作りをめざし進めてきたものである。以下、その第一報として当システムの概要と実用化に向けて得られた成果について報告する。

2. 概要

一般に、ゴルフ場とその周辺に降った雨水は、側溝と地下排水管を経て集水樹に流入し、下水管を通じて流域ごとに人孔に合流して、本管を通じて調整池に放流されている。

したがって、ゴルフ場で農薬が散布された直後に大量の降雨があると、芝に付着した農薬は流出し、調整池を経て下流域を汚染する恐れのあることが指摘されている。本システムは、このゴルフ場の雨水排水系統を基本的に変えることなく、排水系統の一部に農薬除去機能を持つものを組み込むことにより、農薬成分を外へ出さないように配慮したものである。

そのシステムの概要を図-1に示す。まず、第1段階では、最も農薬の使用頻度の高いティーグラウンド

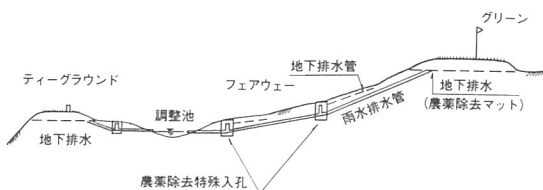


図-1 ゴルフコースの農薬除去概要図

とグリーンの地盤の下には、農薬除去マットを敷き込み、雨水に混入して浸透する農薬を吸着させる。つぎに第2段階では、フェアウェイなどその他の地表面を流れて、側溝や地下排水管から混入した農薬を農薬除去特殊入孔によって処理しようとするものである。

したがって、調整池には農薬を含有しない雨水が集まることになり、大規模な水処理施設が不要となり、その管理も不必要となる。

3. システムの構成

本システムは、地中に浸透した農薬を吸着させる「農薬除去マット」と、人孔に集められた雨水から農薬を除去する「農薬除去特殊入孔」の2つから成っている。

3.1 農薬除去マット

図-2に示すように、農薬除去マットは、特殊吸着剤Aを袋状の不織布の中に包み込んだものであり、これを地盤の下に敷き込み、地表から浸透してきた農薬の吸着除去を行おうとするものである。

特殊吸着剤Aは、活性炭に金属酸化物を添加したものであり、従来の活性炭に比べ飛躍的に吸着性能が高く、しかも長期にわたって性能が持続することが確認されている。

不織布には、耐久性の高い、また土砂が堆積しても透水性が良く目詰まりの少ないポリプロピレン長繊維100%のспанボンドを採用している。

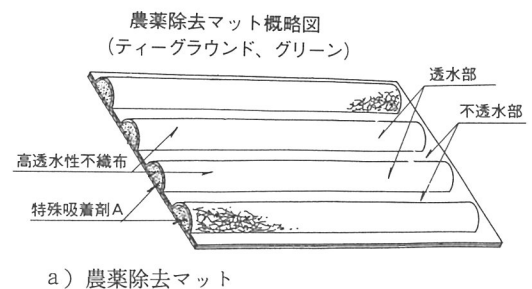


図-2 農薬除去マット概要図

3.2 農薬除去特殊人孔

特殊人孔は、地表面を流れてくる雨水と地下排水管で集められた雨水に対して濾過層を通過させることにより、雨水に混入した農薬を吸着除去してから下流に排出する構造となっている。

図-3にその概要を示すが、上部の蓋はグレーチングにして地表水の流入を可能にしている。また流入する雨水に含まれる土砂によって農薬除去マットの機能が損なわれないよう、除去マットは底面だけでなく、縦にも配置しており、これにより長期間の使用が可能となっている。

なお、特殊人孔の構造をシンプルにして、マットの交換、維持管理を容易にしている。

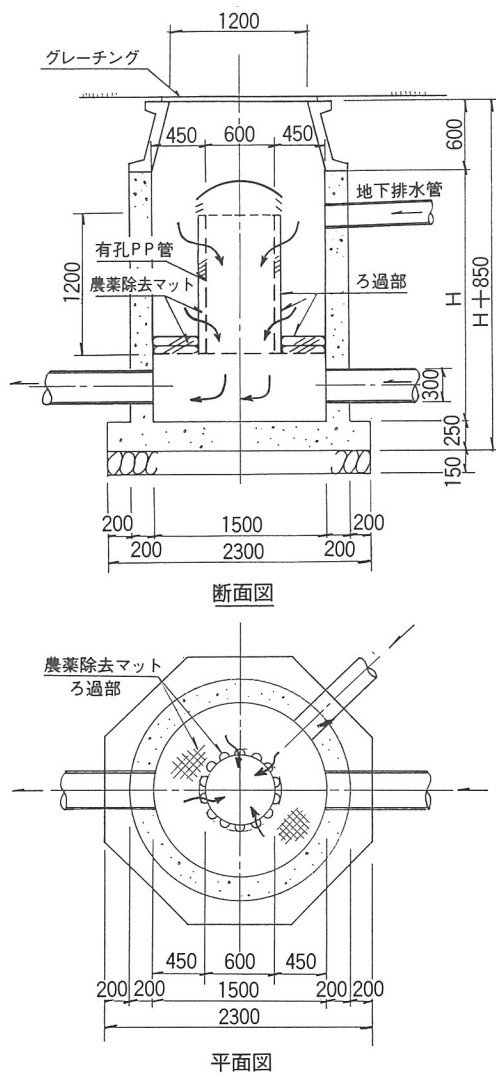


図-3 農薬除去特殊人孔

4. 開発目標

本システムでは下記項目を目標に挙げて開発を行った。

- ①マットは取り扱いが容易であること。
- ②人孔はシンプルな構造であり設置が容易であること。
- ③従来の排水系統を大きく変えないこと。
- ④設置コストを抑えるために農薬散布区域の近くで処理すること。
- ⑤排水条件に合わせた自由度の高い設計とすること。
- ⑥長期にわたる除去能力と耐久性を持たせること。

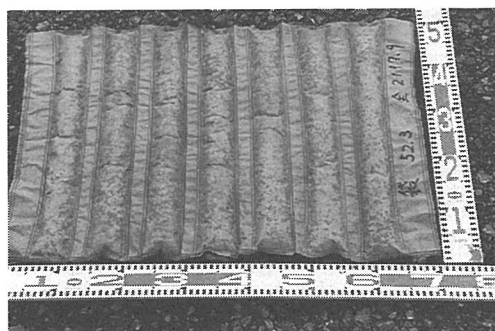


写真-1 農薬除去マット

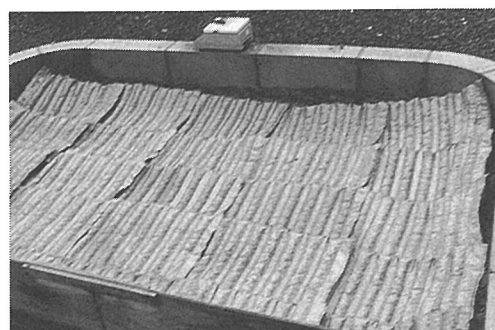


写真-2 マットの敷き込み例

5. 特殊吸着剤Aの使用量の算定

表－1に示すように、一般に農薬は時間の経過と共に分解し無害化する成分をもつものが使用されているが、その薬効の残留期間は約1週間のものから1年にも及ぶものまでさまざまなものがある。ゴルフ場では一旦施工すると簡単にやり直しができないため、40年間という長期の有効期間を設定して吸着剤の使用量を検討してみた。

表－1 農薬の残留期間（75～100%消失）

農 薬 名	残留期間	備 考
C A T	1 2 ケ月	ゴルフ場使用
ダイアジン	1 2 週	ゴルフ場使用
D D T	4 年	
バラチオン	1 週	

表－2は、あるゴルフ場の1ホールにおける農薬の使用量である。

表－2 1ホールあたりの農薬使用量

	ティグランド	フェアウェイ	ラ フ	グリーン
面 積	4 0 0 m ²	1 2 5 0 0 m ²	7 0 0 0 m ²	1 4 0 0 m ²
使用量	1.6 g / m ²	0.7 g / m ²	0.7 g / m ²	1.6 g / m ²
回 数	18回 / 年	4回 / 年	3回 / 年	24回 / 年

本システムに使用する特殊吸着剤Aの除去能力の設計値を吸着剤1gあたり400mgとして、以下に、市場氏の理論¹⁾を用いてどの位の吸着剤が必要となるかをグリーンとフェアウェイの2つについて算定した。

（例1）グリーン面積1400m²の場合

1m²あたりの農薬の年間総使用量は、

$1.6 \text{ g} / \text{m}^2 \times 24 \text{ 回} / \text{年} = 38.4 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$ となる。

40年間に必要な吸着剤量は、

$$38.4 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{年} \times (1 - 0.11) \times 40 \text{ 年} \\ \times 1000 \text{ mg} / 400 \text{ mg} = 3418 \text{ g} / \text{m}^2$$

（但し 0.11 は浸透しないで直接流出する率）

となるが、もとの自然状態で流出していたBOD、COD、肥料分に対する吸着剤の負荷量は約30gと見積もられるので、その補正量を加えると3448g/m²となる。

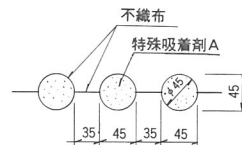
したがって、特殊吸着剤の単位重量を0.5g/cm³として必要敷き込み厚は、

$$3448 \text{ g} / \text{m}^2 / (0.5 \text{ g} / \text{cm}^3 \times 10^4) = 0.69 \text{ cm}$$

となる。

図－4に今回使用した農薬除去マットの断面を示す。

このマットは、1m²あたり16.8ℓの内容量の特殊吸着剤Aをもつことになるので、これを平均厚さに換算すると1.68cmの厚さとなり、必要厚さの0.69cmを十分上回る。



図－4 農薬除去マットの断面図

（例2）フェアウェイ面積12500m²の場合

1m²あたりの農薬の年間総使用量は、

$$0.7 \text{ g} / \text{m}^2 \times 4 \text{ 回} / \text{年} = 2.8 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{年}$$

40年間に必要な吸着剤は、

$$2.8 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{年} \times (1 - 0.11) \times 40 \text{ 年} \\ \times 1000 \text{ mg} / 400 \text{ mg} = 250 \text{ g} / \text{m}^2$$

（例1）と同様に補正量を加えると280g/m²となる。特殊吸着剤の単位重量を0.5g/cm³とすると計算上必要な敷き込み厚は、

$$280 \text{ g} / \text{m}^2 / (0.5 \text{ g} / \text{cm}^3 \times 10^4) = 0.06 \text{ cm}$$

となり、非常に薄いもので充分となる。

フェアウェイに降った雨水はほとんど人孔に集められることから、フェアウェイに全面敷き込むより、いくつかの人孔を設置してそこで処理する方が望ましい。

散布した農薬がすべて人孔に流入すると仮定すると40年間に必要な吸着剤量は、

$$2.8 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{年} \times 40 \text{ 年} \\ \times 1000 \text{ mg} / 400 \text{ mg} = 280 \text{ g} / \text{m}^2$$

で補正量を加えて310g/m²となるので、必要な吸着剤の量は、

$$310 \text{ g} / \text{m}^2 \times 12500 \text{ m}^2 = 3875 \text{ kg}$$

となる。

ここに、除去マット（16.8ℓ/m²）を人孔1ヶ所あたり3m²使用するとすると、特殊吸着剤Aの容積Vおよび重量Wは次のようになる。

$$V = 16.8 \text{ ℓ} / \text{m}^2 \times 3 \text{ m}^2 = 50.4 \text{ ℓ}$$

$$W = V \times 0.5 \text{ kg} / \text{ℓ} = 25.2 \text{ kg}$$

除去剤を1年毎に交換するものとする、必要な人孔数nは、

$$n = 3875 \text{ kg} / (40 \text{ 年} \times 25.2 \text{ kg}) = 3.84 \approx 4$$

より4ヶ所となる。

したがって、人孔1ヶ所あたり処理できるフェアウェイの面積Aは、

$$A = 12500 \text{ m}^2 / 4 = 3125 \text{ m}^2$$

となる。

6. 基礎実験の報告

6.1 実験－１；特殊吸着剤 A の除去性能試験

特殊吸着剤 A の性能を確認するため、標準炭、試験炭①、試験炭②の３種について実験を行い、比較検討した。

標準炭は、比較の基準とするために用いた試薬活性炭素（和光特級）であり、試験炭①は吸着剤や土壌改良剤に用いられている市販の木炭粉であり、試験炭②は今回採用の特殊吸着剤 A である。

農薬には、ゴルフ場で一般に使用される殺虫剤キャプタンを用いた。

実験は、農薬を含む原水に吸着剤を投入し、攪拌機の攪拌による回分接触法によって吸着処理を行った。つぎに濾過および遠心分離により固液分離を行った後、処理水の濃度を測定した。

実験にあたり、必要な諸条件を以下に示す。

実験条件

- ・固液比（体積） 1 : 5（標準炭44 g : 原水 1 ℓ）
（試験炭58 g : 原水 1 ℓ）
- ・攪拌回転数 2 0 0 rpm
- ・温度 室温
- ・吸着処理時間
キャプタン……10, 30, 60分
Cd, …… 0, 5, 1.0, 2.0時間
- ・固液分離 ろ紙5Bで濾過後0.5 μm フィルターで吸引濾過（塩分のみ遠心分離法）

測定結果より各吸着剤 1 g あたりの吸着量（mg）を算出し、農薬の除去率は次式により計算した。

$$\text{除去率}(\%) = \frac{(\text{原水濃度} - \text{処理水濃度})}{\text{原水濃度}} \times 100$$

その結果をまとめて表－３に示す。

表から分かるように、試験炭②は、標準炭および試験炭①に比べて著しく短時間で高い吸着効果を発揮することが明らかである。

表－３ 除去性能試験比較表（１） キャプタン

		0分	10分	20分	0.5時間	1.0時間	2.0時間
原 水	濃 度 mg/ℓ		4.13		4.01	3.96	
	濃 度 mg/ℓ		0.95		0.83	0.75	
	吸着量 mg/g		0.072		0.072	0.073	
	除去率 %		77.0		79.3	81.1	
試験炭①	濃 度 mg/ℓ		3.07		1.84	1.77	
	吸着量 mg/g		0.018		0.037	0.038	
	除去率 %		25.7		54.1	55.3	
	濃 度 mg/ℓ	5.87	0.027	0.137			
試験炭②	吸着量 mg/g		0.051	0.050			
	除去率 %		99.5	97.7			

なお、この実験とは別に、重金属のカドミウムについて除去試験を行ったが、非常に良い成績を得たので表－４に併記する。

表－４ 除去性能試験比較表（２） カドミウム

		0分	10分	20分	0.5時間	1.0時間	2.0時間
原 水	濃 度 mg/ℓ				11.80	12.00	12.20
	濃 度 mg/ℓ				4.14	1.84	1.17
	吸着量 mg/g				0.17	0.23	0.25
	除去率 %				64.9	84.7	90.4
試験炭①	濃 度 mg/ℓ				1.43	1.09	0.80
	吸着量 mg/g				0.18	0.19	0.20
	除去率 %				87.9	90.9	93.4
	濃 度 mg/ℓ	2.95	0.041	0.017			
試験炭②	吸着量 mg/g		0.025	0.026			
	除去率 %		98.6	99.4			

6.2 実験－２；マットの通水状態での除去性能試験

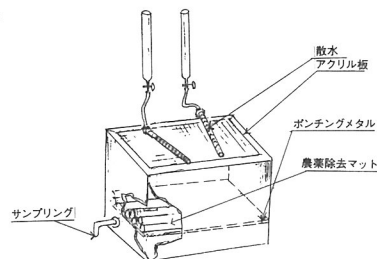
流入水に含まれる農薬を人孔で吸着除去する状態を作り実験を行った。

農薬は、ゴルフ場で一般によく使用されているものとして、MEP（スミチオン）、ベスロジン、エクロメゾール、キャプタンを採用した。実験は、これらの農薬を一定の濃度で散布してマットによる吸着量を測定した。

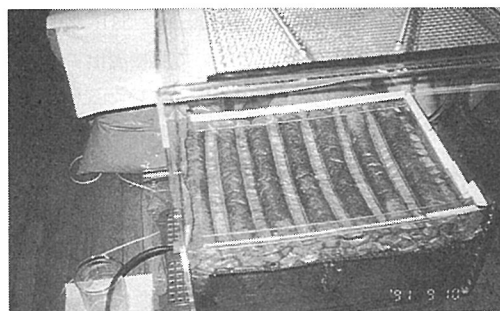
実験の諸条件は次のとおりである。

- ・濾過面積 38cm×53cm = 0.2㎡
- ・濾床厚さ 10cm
- ・散水流量 125 ℓ / ㎡・hr

図－５にその実験の概要図を、写真－３にその状況を示す。



図－５ 実験概要図



写真－３ 実験状況

表－５に示す通り、いずれもほぼ 100％の農薬除去率が得られた。

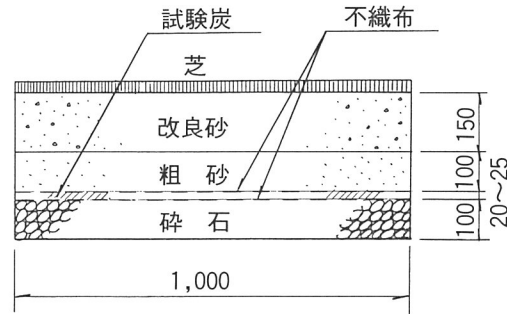
表－５ 通水状態での除去性能試験比較表

農 薬 名	初期濃度	通過後の濃度	除去率％
MEP	5.0 PPM	0.022 mg / 700 ml	99.6
ベスロジン	5.8 PPM	N. D	100
エクロメゾール	3.5 PPM	N. D	100
キャプタン	8.0 PPM	N. D	100

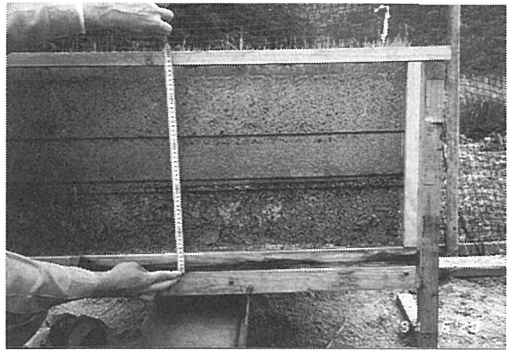
6.3 実験－３；実験グリーンによる透水試験

農薬除去マットをグリーンなどの地盤下に敷き込んだ場合、透水性にどの程度影響するかを確認するために現場実験を行った。

実験グリーンの構造断面を図－６と写真－４に示す。



図－６ 実験グリーンの構造断面



写真－４ 断面写真

ゴルフ場によっては、様々な土壌改良剤が改良砂として添加されているので、表－６に示すようにⅠ～Ⅴの５種類の実験グリーンを作成した。散布した農薬の種類と濃度を表－７に示す。

表－６ 模擬グリーン土壌改良剤

1㎡当たりの使用量					
土壌改良剤	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
イソライトCG-2	10ℓ		15ℓ	15ℓ	15ℓ
リュービーG	3ℓ	4.5ℓ	5ℓ	5ℓ	15ℓ
ビートモス		3ℓ			
ゼオライト	3kg	6kg	3kg	3kg	3kg
(ヤシガラ) ヤシボロ	4ℓ				
試験炭				25ℓ	25ℓ
不織布				2㎡	2㎡

試験炭①（木炭粉）
試験炭②（特殊吸着剤A）

表－７ 実験農薬

	散布希釈倍率	農薬散布量	有機成分量	散布液量
一般的散布条件	1,000	1.5g/㎡	—	—
テスト1条件 (1㎡当たり)	1,000	1.5g	0.525g	1,500ml

農薬を散布後に降雨があった状況を想定し、表に示す量の農薬を散布してのち、50mm日降雨量に相当する散水を行った。なお、散水は2時間毎に12.5mm相当量を4回（計50mm）行った（写真－５）。



写真－５ 散水状況

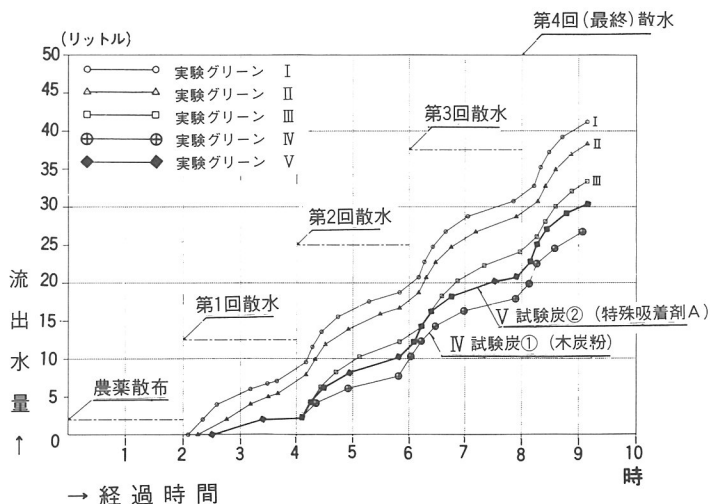


図-7 流出水量の測定結果

図-7に、散水後グリーンを浸透して流出した水量を示す。

実験グリーンのⅠとⅡがⅢ、Ⅳ、Ⅴのグループに比べ高い流出量となっているのは、土壌改良剤としてⅠがヤシガラ炭を、Ⅱがピートモスを使用しており、それらの通水性によるものと思われる。

農薬除去マットの透水性を見るため、実験グリーンⅢ、Ⅳ、Ⅴでは、土壌改良剤の配合比を同じにして比較してみたが、Ⅳ、Ⅴのマットを使用しているものでもⅢに比べ流出量は大きくは低下していない。特殊吸着剤Aを使用した実験グリーンⅤについて見ると、Ⅲとの差は約2ℓ程度にとどまっていることが分かる。

また、実験グリーンⅤが散水直後にはその度、流出量が増加していることから、今後、マットの素材や透水圧などを検討することでさらに改良が図れるものと思われる。

図-8は流出水に含まれる残留農薬量の分析を行った結果である。

実験グリーンⅢとⅤを比べると、農薬農薬除去マットを使用したⅤでは残留農薬量を1/5～1/15程度に減少させていることが分かる。本来、農薬の中で比較的、流出率の高いとされるエクロメゾールでこのように高い除去率が得られていることは、他については更に良い結果が想定される。

なお、流出量が増加すると吸着量が減少することも分かった。

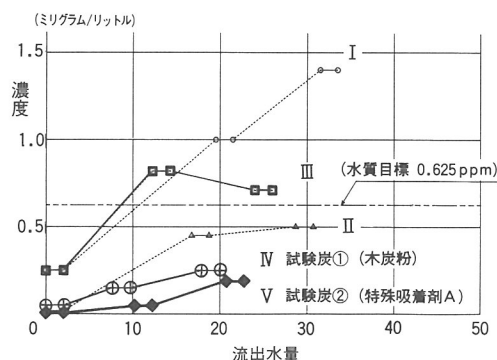


図-8 流出水に含まれる残留農薬量
(農薬；エクロメゾール)

7. まとめ

本システムの実用性を検証するため行ってきた基礎実験から次の結果が得られた。

- ①特殊吸着剤Aの性能試験では、攪拌による回分接触法、通水状態での方法のいずれについてもほぼ100%に近い除去率が得られた。
- ②特殊吸着剤Aは、従来の活性炭だけの場合と比較すると飛躍的に吸着反応が速い。
- ③木炭粉は、活性炭に比べて吸着速度は劣るが一定の吸着効果は認められた。
- ④地盤下に敷き込んだ農薬除去マットは一定量の通水機能を低下させる。

これまでに行った実験から、本システムで使用する材料については、ほぼ実用上必要な性能を持つことが分かった。

今後の課題としては、流量に対する吸着除去性能の変動調査およびその長期安定性と芝の植生に与える影響に関する研究などが挙げられるが、より現実に近い条件で本システムを使った実験を行う等さらに研究を進め、システムとしての完成を図っていきたい。

なお、この開発は、蝶理株式会社と共同で進めてきたものである。

最後に、この研究開発にあたって多くの資料提供をいただいた藤河内ゴルフ場と開発室の皆様、さらには実験に多大の御協力を賜った環境素材研究所、当社本店土木部ならびに関係作業所各位に心より御礼申し上げます。

- 1) 市場靖悦：新設ゴルフ場に対する残留農薬の評価とその対策、東京農大講演資料、1991