

## 成績概要書 (2007年1月作成)

研究課題：流量自動制御装置を用いた低粘度スラリーの高精度散布技術

(環境保全型家畜ふん尿循環利用システム実証事業

・酪農地帯におけるふん尿の効率的循環利用システムの現地実証

2. 家畜ふん尿の精密散布技術の確立)

担当部署：道立根釧農試 研究部 酪農施設科

協力分担：なし

予算区分：国費補助

研究期間：2004-2006年度 (H16-H18年度)

### 1. 目的

農家単位で詳細なふん尿利用計画の策定が可能となってきたが、実際に散布する場面ではふん尿の計量は実施されず、オペレータの経験や勘に頼った不正確、不均一な散布がなされている。また、ふん尿散布作業のコントラクタ化の進行により、ふん尿散布の経験や散布圃場に対する知識に乏しい、農家以外のオペレータによる散布作業の増加が予想されることから、散布量の正確な把握とオペレータの技量によらない均一な散布を実現可能な技術が強く求められることになると考えられる。本課題では、1700mPa・s以下の低粘度スラリーについて、市販のセンサ・制御機器類を組み合わせた流量自動制御装置を開発して散布試験を実施し、散布量の計測・制御を可能とする技術について検討した。

### 2. 方法

- 1) 慣行散布による散布精度の実態
- 2) 低粘度スラリー流量自動制御装置の開発
- 3) 流量自動制御装置の基本性能
- 4) 流量自動制御装置による現地圃場での実証散布

### 3. 成果の概要

- 1) 慣行散布として、所定の区画に散布する台数(4台)のみを指示し、作業速度についてはオペレータの感覚に頼った散布を実施したところ、1台目は吐出量等の条件が把握できないことから、2~4台目と比べて低速作業であった。その結果、圃場全体での散布量 $3.15\text{L}/\text{m}^2$ に対して1台毎の散布量は $2.63\sim 4.46\text{L}/\text{m}^2$ と圃場内ではばらつきが生じた(標準偏差： $0.82\text{L}/\text{m}^2$ 、変動係数：26.0%)。また所定の区画を4台では散布しきれずに無散布となった部分も生じ、むらの多い散布であった。事前に吐出量測定を実施して散布量が $2.2\text{kg}/\text{m}^2$ となるように速度を指定した散布では、全体の散布量 $2.23\text{kg}/\text{m}^2$ に対して1台毎では $1.49\sim 2.76\text{kg}/\text{m}^2$ (標準偏差： $0.44\text{kg}/\text{m}^2$ 、変動係数：19.7%)と、変動係数は慣行散布に比較して小さかった。
- 2) 低粘度スラリー散布量の正確な計測及び速度に応じた制御を可能とする流量自動制御装置を開発した。この装置はレーダ式車速センサと電磁流量計からの信号を元にPI制御<sup>1)</sup>の演算を行い、電子式調節弁(ボールバルブ)の開度を調整して流量を自動制御する仕組みである。供試インジェクタ及びバンドスプレッダそれぞれのタンク吐出部とディストリビュータ(分配器)の間に流量計と調節弁を、トラクタ前部に車速センサを装着し、キャビン内にコントローラを設置して、本装置を装着した。製作に要したコストは約1600000円であった。
- 3) 流量自動制御装置を用いた平坦圃場における散布では、散布開始時及び速度急変時に整定時間として11~24秒を要したが、整定後の散布精度は $\pm 4\sim 8\%$ であった。傾斜圃場(最大傾斜：約9度)については、緩やかな速度変化に対する流量制御が十分に可能であり、その精度は平坦圃場と同程度であった。
- 4) インジェクタ及びバンドスプレッダそれぞれによる実証散布では、設定散布量 $2.5\text{L}/\text{m}^2$ 及び $0.8\text{L}/\text{m}^2$ に対し、全体の散布量が $2.52\pm 0.05\text{L}/\text{m}^2$ 及び $0.79\pm 0.02\text{L}/\text{m}^2$ (変動係数：2.0%及び2.5%)と、設定通りの散布量であった。インジェクタでの平均作業速度は約 $1.8\text{m}/\text{s}$ で、慣行散布と異なりオペレータは作業速度に対して特に注意を払わずに作業することができた。一方バンドスプレッダは吐出量が少ないため平均作業速度 $1.0\text{m}/\text{s}$ での低速作業が必要であったことから、実用場面では推奨作業速度域の表示機能が要求される。

以上の通り、開発した流量自動制御装置は設定散布量の実現を可能とし、オペレータは作業速度に対して特に注意を払う必要がなく、散布量の自動制御技術として有効であった。

<sup>1)</sup>PI制御：Proportion-Integral Control、比例-積分制御。現在の偏差に比例した修正量と過去の偏差の累積値に比例した修正量を加算合成して操作量とする自動制御方式。

表1 慣行散布精度 )

	1台毎の 散布量 a	作業長	面積 b	散布量 a/b	作業速度(m/s)	
	(L)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(L/m <sup>2</sup> )	avg.	max.
1台目	8500	353.2	1907	4.46	1.33	1.45
2台目	7903	481.8	2602	3.04	1.97	2.23
3台目	6797	478.0	2581	2.63	2.30	2.75
4台目	8269	534.3	2885	2.87	2.18	2.59
全体	31469	1847.3	9975	3.15	-	-
			標準偏差	0.82	(c.v. 26.0%)	

) 散布量は流量計の、作業長と作業速度はGPSの計測データから求めた。

表2 速度指定散布精度 )

	1台毎の散布量 a	作業長	面積 b	散布量 a/b	平均作業速度	
	(kg)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(m/s)	
1台目	10580	789	3945	2.68	1.88	
2台目	11600	1165	5825	1.99	1.91	
3台目	12550	910	4550	2.76	1.91	
4台目	11600	1050	5250	2.21	1.98	
5台目	7640	786	3930	1.94	1.97	
6台目	11740	1037	5185	2.26	1.88	
7台目	3460	463	2315	1.49	1.93	
全体	69170	6200	31000	2.23	-	
			標準偏差	0.44	(c.v. 19.7%)	

) 作業長は現場での実測値、平均作業速度は各台数、各行程の作業時間から求めた。

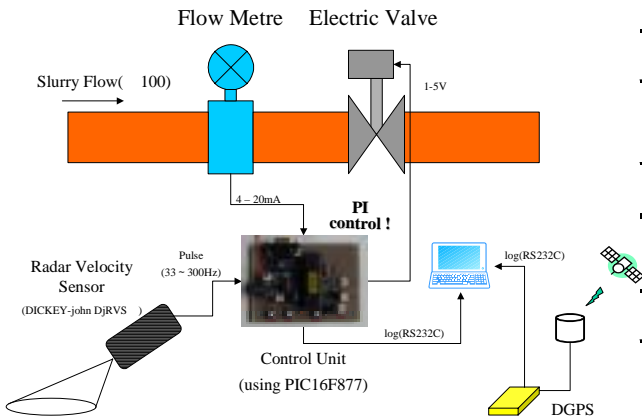


図1 流量自動制御装置の概略図

表3 平坦圃場での散布精度 ) (インジェクタ)

	整定後のみ					全体
	行程1	行程2	行程3	行程4	平均	
avg. (L/m <sup>2</sup> )	2.00	2.01	2.00	2.01	2.01	2.09
stdev. (L/m <sup>2</sup> )	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.71
c.v. (%)	4.0	3.8	3.5	4.1	3.8	34.0
整定時間 (sec)	23.7	14.4	11.0	18.5	-	67.6
作業時間 (sec)	101.0	106.2	86.6	58.3	-	352.2

) 供試ふん尿: TS3.0%、粘度100mPa·s

表4 平坦圃場での散布精度 ) (バンドスプレッダ)

	整定後のみ			急減速1	急減速2	全体
	行程1	行程2	平均			
avg. (L/m <sup>2</sup> )	0.70	0.71	0.70	-	-	0.69
stdev. (L/m <sup>2</sup> )	0.04	0.06	0.05	-	-	0.09
c.v. (%)	5.5	9.2	7.6	-	-	12.9
整定時間 (sec)	19.6	16.7	-	14.4	13.2	63.9
作業時間 (sec)	273.6	255.7	-	-	-	529.3

) 供試ふん尿: TS3.5%、粘度440mPa·s

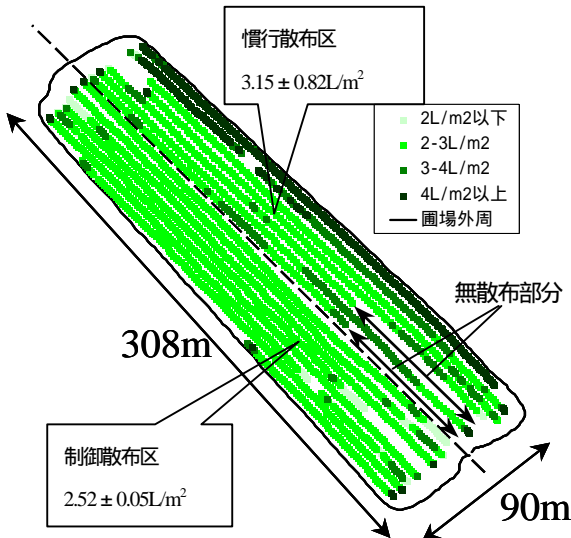


図2 供試インジェクタによる慣行散布と制御散布 (実証散布)  
(制御散布区の設定散布量: 2.5L/m<sup>2</sup>)

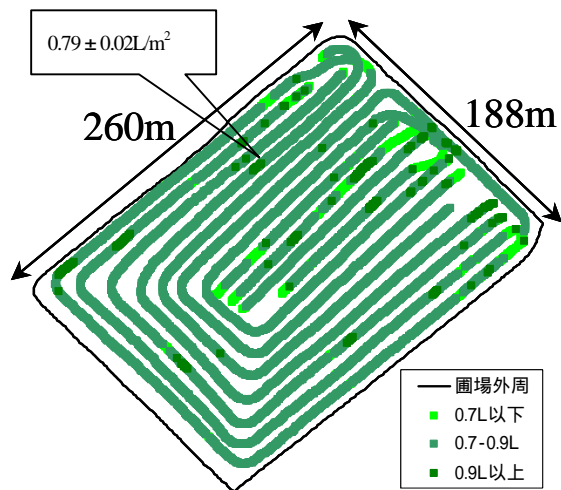


図3 供試バンドスプレッダによる実証散布  
(設定散布量: 0.8L/m<sup>2</sup>)

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 本成果における散布精度は、慣行散布精度及び既存の流量自動制御装置による散布精度を検討する際に参考とすることができる。
- 2) 粘度 1700mPa·s までの低粘度スラリーについて、高精度に散布することができる。

#### 5. 残された問題とその対応

- 1) 粘度 1700mPa·s 以上のスラリーについての散布精度検討
- 2) 衝突板方式散布機への適用技術の検討
- 3) 低コストな散布量制御技術の検討