

リードカナリーグラス・ヨシによる乳牛舎排水の浄化(解説, 資料)

著者	宍戸 哲郎, 八嶋 康広
雑誌名	複合生態フィールド教育研究センター報告 = Bulletin of Integrated Field Science Center
巻	20
ページ	82-85
発行年	2004-12-27
URL	http://hdl.handle.net/10097/30900

3. 解説

リードカナリーグラス・ヨシによる乳牛舎排水の浄化

宍戸哲郎・八嶋康広

【緒言】

乳牛舎より大量に排出される低濃度汚水は、高濃度汚水に比べて活性汚泥法等による浄化が困難であることが知られている。この低濃度汚水が植物への灌漑で浄化され、また生産された植物が家畜の飼料として利用可能であれば物質の循環系を利用した再生産に有用であると考えられる。

本センターでは乳牛舎（ルーズバン）から排出される汚水はそのまま放流されているのが現状であった。そこで本試験では淡水湖や河川での水の浄化作用が知られているヨシと土壤水分の高い土地での生産が可能な牧草のリードカナリーグラス（以下 RC と略記）を栽培し、当汚水を灌漑しその浄化能力と草生産に関する調査試験を菅原和夫教授が企画設計し陸圏生態学研究室と当時農学部附属農場技術部飼料機械係との共同でおこなったので、その結果を報告する。なおこれらの調査の一部は北爪らによって2002年に畜産環境学会にて報告されているが、本センターで得られたデータを記録に留めるとの意図から、それらも含めて記述することとする。

【材料と方法】

1999年5月に本センター乳牛舎（ルーズバン）からの排水（洗浄水・運動場より流れる表面水）の一次水をラグーン（510 m³）で貯留し、その上澄みを放流し浄化するための浄化田を造った。浄化田は800 m²でRC400 m²とヨシ400 m²とした。RC区は当センター22号圃場よりRCを20 cm × 20 cmの株に切り取り、150 cm × 150 cmの方形植えて169株を植栽した。ヨシ区はヨシの株を北上川水系江合川小身川原地内より宮城県古川土木事務所より許可を得て採取し、20 cm × 20 cmの株に切り分けて同様に150 cm × 150 cmの方形植えて169株を植栽した。

浄化田のRCの刈り取りは、造成年の1999年は11月16日の1回、2000年は6月16日、8月28日、11月22日の3回、2001年は7月5日と11月13日の2回、2002年は6月6日と12月2日の2回行われた。ヨシの刈り取りは1999年は11月16日の1回、2000年は11月22日の1回、2001年は7月5日と11月13日の2回、2002年は6月6日と12月2日の2回行われた。刈り取り前にサンプリングを行い、草丈、株の大きさ、地上部および地下部の重量および窒素含有率、土壤窒素含有率を測定した。草丈は1株当たり10点で5株を計測した。地上部重量は3株または5株を刈り取り測定した。地下部重量はその年の最後のサンプリング時に掘り取りを行い、3株を計測した。植物体窒素含有率は1999年と2000年のデータは北爪らの報告より引用し、2001年7月、2001年11月、2002年6月および

2002年12月の窒素含有率はNCコーダーにより、2003年11月はケルダール法により測定した。RC区とヨシ区の土壤をそれぞれ地表0～5 cm、5～10 cm、10～15 cmおよび15～20 cm深の4層に分けて採取し土壤中窒素含有率を2001年12月はNCコーダーにより、他はケルダール法により測定した。ラグーンに流入する汚水の化学成分または酸素要求量および化学物質含有率と細菌数の分析は当センター資源動物群制御科学研究室の中井教授に依頼して分析を行なった。

【結果と考察】

各浄化田への汚水の注水量、窒素およびリン濃度と窒素およびリン量を表1に示した。一次貯留ラグーン上澄み水の窒素含有率は58.0 mg/lで、浄化田への流入水量は全体では538,800 l/年と見積もられたことから年間に窒素で31.2 kgが全浄化田に、RCおよびヨシの各区にはそれぞれ15.6 kgが投入されたと推計された。

刈り取り毎のRCおよびヨシの地上部の乾物重量、窒素含有率および窒素含有量を表2に示した。1年毎のRCおよびヨシの地上部の乾物重量と地上部によって回収された窒素量を表3に示した。1999年から2001年までの株の大きさを表4に示した。1999年から2002年のRCおよびヨシの草丈を表5に示した。RCとヨシの地下部の乾物重量、窒素含有率および窒素含有量を表6に示した。

浄化田でのRCの400 m²あたりの年収量は1999年144.8 kg、2000年273.9 kg、2001年257.7 kg、2002年308.9 kgおよび2003年65.8 kgとなった。株の広がりでは2001年に133.5 cmとなりほぼ全面に広がった。浄化田の収量を一般の採草地と比較すると一般のRC採草地での乾物収量が480 kg/400 m²であるので、収量が最大になった2002年の収量では一般の採草地の64%となった。窒素の回収量は2002年では浄化田に流入した窒素15.6 kg/400 m²のうち5.7 kg/400 m²が植物体地上部として回収されているので浄化率は36.6%となった。10 aあたりに換算した場合は14.3 kgの窒素を浄化できる能力があった。刈り取り回数を一般採草地と同じ3回に増やすことでさらに収穫量が増加すると考えられるので浄化能力もさらに向上させることが可能と考えられる。

ヨシの400 m²あたりの年収量は1999年26.1 kg、2000年187.2 kg、2001年169.5 kg、2002年321.4 kgおよび2003年77.0 kgとなった。株の広がりでは2001年に122.7 cmとなった。窒素の回収量は収量が最大になった2002年ではヨシに回収された窒素分は4.5 kg/400 m²となり、浄化率は28.8%となった。10 aあたりに換算した場合は11.3 kgの窒素を浄化できる能力があった。ヨシは複数回の刈り取りを行なうと株が衰えてしまうので、これ以上の収量を上げることは難しく、浄化能力も同程度で最大であると考えられる。

2003年にRCとヨシの収量が低くなっている。その理由

として考えられることは、RCについては刈り取りを11月に1度しか行なわなかったこと、ヨシについては前年度の刈り取り時に地上部搬出用の重機によって株の根を傷めてしまい、株の密度が疎になってしまった上にラグーンからの放水が不足して浄化田が乾燥してしまったことが原因と考えられる。

植物体に含まれる硝酸態窒素濃度を北爪らの報告より引用し表7に示した。硝酸態窒素濃度は高い値でもRCで0.19%、ヨシで0.05%となっており飼料として利用する場合の硝酸塩中毒の危険濃度0.2%より低く飼料として利用可能であった。しかし経年的に高濃度になる可能性もあるのでその度の分析が必要である。

土壌中の窒素含有率を表8と表9に示した。RC区では2001年に含有率が最大となったが、次第に含有率は低下して2003年には植え付け時の1999年と同程度の含有率まで低下していた。またヨシ区でも2001年を最大に次第に含有率が低下していた。浄化田にRCおよびヨシの株が十分に広がったことで土壌中の窒素を十分に回収したことでより窒素含有率が低下したものと思われる。

今回の調査では年間を通して調査を行なったが、ラグーンからの放水は冬季も行なわれているので植物の生育期での浄化率はさらに上がるものと思われる。植物による浄化は生育期のみ限定されるので冬期は汚水を貯留する大きなラグーンが必要であり、牛舎運動場などから発生する大量の雪解け水を汚水化しない対策が必要とされる。また株を移植して実験を行なったために浄化田全面に株が広がら

ず2002年12月のサンプリング時でもRCおよびヨシのどちらにも株間に裸地が残っていた。もしも全面に播種を行い、浄化田をマット状に覆うことが出来ればさらに収量を得ることができ、窒素の浄化率を上げることが出来るかもしれない。

今後この調査の結果を現場に応用するためには刈り取り時期、嗜好性、栄養量および硝酸態窒素濃度など総合的な検討を行なう必要があるだろう。また、この浄化田方式では浄化田内の刈り取りにトラクターなどで牽引する草地管理機械を用いることが困難であり、刈払い機など人力による刈取を行なう必要があり改良が望まれる。

なお参考としてラグーンに流入する汚水の化学成分または酸素要求量および化学物質含有率を表10に、汚水とRCおよびヨシに付着している細菌数を表11に示した。

本調査では本センター技術部の佐々木友紀氏、赤坂臣智氏、佐藤和也氏に参加して多大なる協力を頂きました。心より感謝を申し上げます。

なお本稿は菅原教授の許可を得て取りまとめ、また校閲いただいたものである。

【文 献】

- 北爪 惣・中井 裕・菅原和夫：乳牛舎排水の植物浄化の検討，日本畜産環境学会会誌，Vol1,40（2002）
遊佐健司：植物を利用した低コスト牛舎排水処理施設の開発と利用，川渡農場報告，第16号，113（2000）

表1. 各浄化田への汚水注入量および窒素およびリン濃度と窒素およびリンの量

	各 区 画 へ の 注 入 量 (ℓ)	N (mg / ℓ)	N (kg)	P (mg / ℓ)	P (kg)
1999 年	210,600	61.5	13.0	52.7	11.1
2000 年	269,400	58.0	15.6	28.0	7.5

表2. リードカナリーグラスおよびヨシにおける乾物量，窒素含有率および窒素含有量

刈取日	リードカナリーグラス				ヨシ			
	乾物量 (g / 株)	乾物量 (g / m ²)	窒素含有率 (mg / g 乾物)	窒素含有量 (g / m ²)	乾物量 (g / 株)	乾物量 (g / m ²)	窒素含有率 (mg / g 乾物)	窒素含有量 (g / m ²)
1999/11/16	857.0	362.1	15.4	5.6	154.6	65.3	13.7	0.9
2000/06/16	851.5	359.8	17.7	6.4	—	—	—	—
2000/08/28	417.0	176.2	21.1	3.7	—	—	—	—
2000/11/22	352.5	148.9	19.2	2.9	1,107.6	467.9	10.6	5.0
2001/07/05	1,028.4	434.5	13.8	6.0	667.0	281.8	15.8	4.5
2001/11/13	496.5	209.8	19.4	4.1	336.1	142.0	14.3	2.0
2002/06/06	1,079.3	456.0	18.8	8.6	753.6	318.4	20.8	6.6
2002/12/02	748.8	316.4	18.0	5.7	1,148.4	485.2	9.5	4.6
2003/11/13	389.0	164.4	16.0	2.6	455.8	192.6	11.1	2.1

表 3. リードカナリーグラスおよびヨシの地上部乾物量と回収される窒素量および浄化率

	リードカナリーグラス			ヨシ		
	乾物量 (kg /400 m ²)	窒素量 (kg /400 m ²)	浄化率 (%)	乾物量 (kg /400 m ²)	窒素量 (kg /400 m ²)	浄化率 (%)
1999年	144.8	2.2	34.4	26.1	0.4	5.5
2000年	273.9	5.2	33.1	187.2	2.0	12.7
2001年	257.7	4.0	25.8	169.5	2.6	16.6
2002年	308.9	5.7	36.6	321.4	4.5	28.8
2003年	65.8	1.0	6.7	77.0	0.8	5.4

表 4. リードカナリーグラスおよびヨシの株の大きさ (cm, mean ± SE)

調査日	リードカナリーグラス		ヨシ	
	南北方向	東西方向	南北方向	東西方向
1999/7/16	26.0 ± 1.0	—	34.0 ± 2.9	—
2000/5/11	56.5 ± 3.3	55.2 ± 3.1	49.8 ± 10.7	33.7 ± 1.8
2000/11/22	100.0 ± 10.2	97.3 ± 10.3	93.1 ± 6.7	94.2 ± 12.2
2001/11/9	133.5 ± 16.2	103.8 ± 9.0	122.7 ± 13.7	108.5 ± 9.8

表 5. リードカナリーグラスおよびヨシの草丈 (cm, mean ± SE)

	リードカナリーグラス	ヨシ
1999/7/16	105.3 ± 0.7	107.0 ± 0.4
2000/5/2	76.0 ± 0.6	—
2000/5/11	101.7 ± 0.2	37.5 ± 0.1
2000/6/16	192.2 ± 0.5	136.5 ± 0.3
2000/8/28	123.9 ± 0.3	179.3 ± 0.3
2000/11/22	64.1 ± 0.3	192.3 ± 0.3
2001/11/9	85.1 ± 0.2	150.1 ± 0.5
2002/6/6	194.0 ± 0.3	167.0 ± 0.2
2002/12/2	100.4 ± 0.5	247.6 ± 0.3

表 6. リードカナリーグラスおよびヨシの地下部乾物量および窒素量

	リードカナリーグラス				ヨシ			
	乾物量 (g/株)	乾物量 (g/m ²)	窒素含有率 (mg/g 乾物)	窒素含有量 (g/m ²)	乾物量 (g/株)	乾物量 (g/m ²)	窒素含有率 (mg/g 乾物)	窒素含有量 (g/m ²)
1999年	456.0	192.7	21.5	41.4	289.0	122.1	16.9	20.7
2000年	598.5	252.9	15.3	38.7	1,054.9	445.7	14.5	64.6
2001年	539.6	228.0	15.3	34.9	1,078.9	455.8	13.6	61.9
2003年	163.3	69.0	13.5	9.3	398.0	168.2	17.6	29.6

表 7. 刈り取り時の植物体の地上部の NO₃-N 含量 (% DM)

		NO ₃ -N	給与上の注意 *
ヨシ区	1999/11/16	0.03 ± 0.00	安全に給与可
	2000/11/22	0.04 ± 0.03	安全に給与可
RC 区	1999/11/16	0.05 ± 0.02	安全に給与可
	2000/ 6 /16	0.18 ± 0.05	給与に注意必要
	2000/ 8 /28	0.19 ± 0.13	給与に注意必要
	2000/11/22	0.15 ± 0.02	給与に注意必要

*Dolge,1967;Crowley,1970;Prewitt,1975

北爪ら,2001 より引用

表 8. リードカナリーグラス生育土壌における窒素含有率 (mg /g 乾物, mean ± SE)

調査日	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	10 ~ 15cm	15 ~ 20cm
1999/ 5/13	3.88 ± 0.24	—	—	—
1999/11/16	4.13 ± 0.27	3.77 ± 0.22	3.42 ± 0.39	2.66 ± 0.75
2000/ 5/10	4.81 ± 0.11	4.41 ± 0.14	4.74 ± 0.21	3.55 ± 0.34
2001/12/ 3	4.90 ± 0.41	3.29 ± 0.25	3.35 ± 0.52	2.64 ± 1.08
2002/ 6/ 6	4.51 ± 0.51	4.97 ± 0.91	3.95 ± 0.48	3.23 ± 0.39
2003/11/12	3.90 ± 0.00	3.68 ± 0.10	3.62 ± 0.23	2.07 ± 0.21

表 9. ヨシ生育土壌における窒素含有率 (mg /g 乾物, mean ± SE)

	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	10 ~ 15cm	15 ~ 20cm
1999/ 5/13	4.06 ± 0.25	—	—	—
1999/11/16	4.05 ± 0.24	3.47 ± 0.16	2.97 ± 0.37	2.22 ± 0.41
2000/ 5/10	4.39 ± 0.27	3.75 ± 0.15	3.35 ± 0.16	2.52 ± 0.13
2001/12/ 3	5.35 ± 1.20	3.37 ± 0.06	3.07 ± 0.18	2.19 ± 0.16
2002/ 6/ 6	4.83 ± 0.30	3.99 ± 0.09	3.69 ± 0.09	3.60 ± 0.24
2003/11/12	4.48 ± 0.27	3.50 ± 0.05	2.44 ± 0.09	1.97 ± 0.11

表 10. ラグーンに流入する汚水の化学成分または酸素要求量および化学物質含有率 (mg / ℓ)

	BOD	COD	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	T-N	PO ₄	T-PO ₄
乳牛舎原水	1260	238	13.2	6.1	>1.0	61.0	22.0	58.8
ラグーン上部 (上澄水)	2100	445	43.5	15.4	>1.0	61.5	74.3	161.6
ラグーン中部	1680	445	44.8	12.9	>1.0	52.2	76.1	161.6

表 11. ラグーン流入水および浄化田植物体の細菌数 (LogCFU/ ml)

	総菌数 (普通寒天)	大腸菌群 (DHL)	大腸菌群 (デゾキシコレート)	球菌数	N 制限培地
乳牛舎原水	4.6	<2.0	<2.0	<2.0	4.2
ラグーン上部	6.8	4.9	4.4	5.3	6.4
ラグーン中部	6.9	4.3	4.1	5.6	6.2
ヨシ	6.7	3.7	4.6	<2.0	6.5
リードカナリーグラス	6.9	2.9	3.4	<2.0	6.6