

草地に対する冬季灌漑の研究

石川次郎・阿部昌征

I ま え が き

わが国における草地に対する灌漑は古くから岩手、長野、山梨、岐阜および静岡の諸県で行われており、そのうち岩手山麓ならびに八ヶ岳山麓のものについては調査研究があり¹⁾²⁾³⁾、とくに八ヶ岳山麓における草地の冬季灌漑については仁木氏らの詳細な報告がある⁴⁾⁵⁾。これら慣行の草地灌漑はいづれも冬季灌漑で、立地としては山麓地帯で特に水利に恵まれた適地に限られて行われており、また草地はどれも自然草地を対象としている。

筆者等は栃木県北部の、水利に乏しく、地力も低い那須野ヶ原において、人工草地に対する冬季灌漑の効果をみるため、1956年から1961年まで試験を継続実施したところ、顕著な結果を得たのでここに報告する。

本試験開始時に一部を担当された本橋俊一技師補(現栃木県統計課主事)ならびに土壤調査を依頼した本場土壤肥料部長坪田五郎氏に深く謝意を表する。

II 試験方法

1 試験地の概況

- (1) 場所：栃木県那須郡黒磯町 栃木県農業試験場 黒磯分場
- (2) 気象：標高334 m, 年平均気温11.1°C, 年間降水量は1,560mmで、夏季の7, 8, 9月が多く、冬季12月から4月までは極めて少ない。
- (3) 土壤：那須野ヶ原扇状地帯のほぼ中央にあり、表土は洪積層火山灰土壤に属し、腐植に富んだ黒褐色の砂壤土が40~50cmの厚さで礫層を被覆している。酸性が強く、磷酸欠乏がいちじるしい。東南方に3~5°で緩かに傾斜している。地下水位は24mで極めて低い。原土の分析結果は第1表の如くである。

第1表 原土の分析成績

PH		置換酸	全窒素	腐植	塩基置換容量	置換性塩基(me)			吸収係数	
H ₂ O	KCl	度(y ₁)	(%)	(%)	(me)	石灰	苦土	加里	磷酸	窒素
5.6	4.7	2.48	0.601	14.8	25.66	1.64	0.10	0.31	2180	760

- (4) 開墾前の植生：約10年生のクヌギ、カシワ、ナ

ラ等の雑木林で、その下草はシバ、ススキ、ハイメドハギ、ヤハズソウ、ヨモギ等が主であった。

- (5) 開墾：1956年7, 8月に小径木の抜根を行う程度の簡易開墾を人力によって行った。

- (6) 灌漑水源：那珂川から引いた那須疏水第2分水で、分場の水田灌漑用水の末流を使用した。

2 試験設計の概要

- (1) 1区面積および区制：49.6m², 1区制。
- (2) 供試牧草：イネ科：オーチャードグラス(O), ペレニアルライグラス(P), チモシー(T) およびケンタツキ-31フェスク(K)の4種。マメ科：レッドクローバー(R), ラジノクローバー(L)の2種。

- (3) 試験区：上記の草種からイネ科2に対しマメ科1で次の5の混播組合せを作り、無灌漑区および冬季灌漑区を設けた。

No. 1 : O. T. R No. 2 : O. P. R

No. 3 : O. P. L No. 4 : O. K. L

No. 5 : P. K. L

- (4) 牧草の耕種概要：1956年9月16日、種子量は10a当りイネ科4.5kg, マメ科9.1kgを混合散播した。施肥量は毎年N(尿素), P₂O₅(熔磷) K₂O(塩加)各10a当り7.6kgとし、元肥のみに苦土石灰を189kg加用した。2年目からは年4回に分け刈取後追肥した。

- (5) 刈取：毎年5回前後行った。

- (6) 灌漑：期間は毎年12月始めから3月末まで約4ヶ月間とした。灌漑水量は概ね10a当り0.018m³/Secをあて、灌漑方法としては常時導水路からの溢流灌漑法によった。

III 試験結果

1 経過概要

灌漑期間中の気象状況を見ると、初年目の冬(1956~57)は気温はほぼ平年並であったが、降水量は少なく乾燥が甚しかった。2年目は全般に高温の暖冬型で、降水量も多目であったが、早春時には旱天が続いた。

3年目は暖冬でかなり多雨型であった。4年目は暖

冬, 少雨型で乾燥した。5年目は気温はやや低目で降水量は極めて少ない異常乾燥型であった。

牧草の発芽は良好でその初期生育も順調であった。

灌漑は, 各年とも堰修理のため1週間前後の断水をみたことを除けば, ほとんど支障なく行われた。

刈取は初年目に当る1957年から59年までは年5回, 4年目の60年は4回, 61年は無灌漑区が5回, 灌漑区は6回行った。

2 水温並びに地温調査

灌漑期間中毎日午前10時に水口水温と灌漑, 無灌漑区の各中央部の地下5cmの地温の観測を行った。その結果を旬別に5ヶ年の平均値で示せば第2表のようである。

第2表 灌漑期間中の午前10時水温並びに-5cm地温(5ヶ年平均, °C)

月	旬	水口水温	- 5 cm 地 温		
			灌漑区	無灌漑区	差
12	上	5.7	5.5	4.9	+ 0.6
	中	5.3	5.0	4.5	+ 0.5
	下	3.9	3.9	2.8	+ 1.1
1	上	2.5	2.1	1.2	+ 0.9
	中	2.6	2.2	0.7	+ 1.5
	下	2.2	2.0	0.7	+ 1.3

第3表 土 壤 分 析 成 績

(イ) 器械的組成 (無機物100分中)

No.	土 壤 の 種 別	粗 砂 (2~0.2mm)	細 砂 (0.2~0.02mm)	砂 計	微 砂 (0.02~0.002mm)	粘 土 (0.002mm以下)	土 性
1	無灌漑区作土	21.5	32.0	53.5	34.8	11.7	L
2	灌漑区作土	27.3	20.8	48.1	39.9	12.0	L
3	// 堆積土	15.8	21.8	37.6	45.2	17.2	SiCL

(ロ) 化学的性質

Nc.	P H		置換酸度 (y ₁)	塩基置換 容量(me)	置換性塩基 (me)			燐 酸 吸収係数	全 炭 素 (%)	全 窒 素 (%)
	H ₂ O	KCL			石 灰	苦 土	加 里			
1	4.9	4.8	1.0	22.00	3.74	0.88	0.27	1981	7.85	0.51
2	5.9	5.6	0.3	28.28	8.61	1.43	0.58	2116	8.32	0.53
3	6.3	5.8	0.1	37.42	15.85	3.03	0.76	2062	13.97	0.73

まず理学的性質をみると, 灌漑区にみられた堆積土の土性は微砂質壤土であり, 微砂の含量が著しく多く, また粘土も多く, 全体に細かい粒子からなっていた。灌漑区の作土と無灌漑区の作土は共に壤土で, 両者間にはまだ大きな差異は認められなかった。

次に化学的性質についてみると, 灌漑区の作土は無灌漑区の作土に比べ土壌の酸性はPH, 置換酸度とも明かに弱くなり, 石灰, 苦土, 加里等の塩基, ことに

2	上	3.5	3.3	1.5	+ 1.8
	中	3.3	3.1	1.8	+ 1.5
	下	4.5	3.7	1.7	+ 1.9
3	上	4.8	4.4	3.0	+ 1.4
	中	6.8	5.9	4.7	+ 1.2
	下	7.8	6.7	6.5	+ 0.2
平 均		4.4	4.0	2.8	+ 1.2

灌漑期間中の-5cm地温を比較すると, 毎年灌漑区の方が無灌漑区より終始高かった。

第2表から4ヶ月の総平均についてみると, その差は1.2°Cであり, 灌漑初期には小さいが漸次大きくなり, 特に厳寒期の1.2月には約2°Cに及び, 無灌漑区の表層土はしばしば凍結するが, 灌漑区では全くそれが見られず, 灌漑による保温効果は明かであった。

なお, 灌漑区の地温は水口水温よりやや低く, 両者はほとんど同様な推移を示している。

3 土 壤 調 査

灌漑による草地土壌の理化学的変化をみるため, 刈取3年目の1959年8月(3番刈後)に, 灌漑区及び無灌漑区の各代表地点から表層土壌(0~10cm)を採取した。そのさい, 灌漑区においては, その上部に明かに識別できる堆積土(厚さ3cm)を分けて採土した。

これら土壌の分析成績は第3表に示した。

置換性石灰は著しく増加し, 塩基置換容量も増大しており, 灌漑によってこれらの化学性が明かに改善されたことを示している。灌漑区の堆積土は灌漑区の作土よりもさらに酸性は弱く, 置換塩基の集積が著しく多く, 塩基置換容量も極めて大きく, 全炭素および全窒素ともに多い。

4 草 種 の 変 化

草種の組合せを異にした5区を通じて, 草種別にそ

の生育相ならびに持続性等について概要を記せば次のようである。

イネ科のオーチャードグラスの生育は年間を通じて最も差が少なく、また永続性も優れ安定した収量を示した。チモシーは当初の生育が不良で混在株数が少なかった。ペレニアルライグラスは初夏までの生育はよいがその後は収量が急減する傾向があり、また刈取3年目まではかなり多収をあげたが、1960年に入って冠銹病の大発生でほとんど消滅した。ケンタッキー31フェスクはむしろ盛夏期後の生育が良好な生育相をみせ、また永続性にも優れているが、草が粗剛で質も劣るようである。なお灌漑効果も比較的に少ない。

マメ科では、ラジノクローバーが再生力が旺盛で、年間を通じ、また後年まで極めて安定多収であった。レッドクローバーは初年目は良好な生育を示したが、2年目以降は欠株が多くなり、4年目には絶滅状態となった。

一般に、各草種とも灌漑によって持続年数の延長が明かに認められた。

以上のことから、冬季灌漑の場合においても、草種の組合せは、イネ科のオーチャードにマメ科のラジノクローバーを配した No.3 が最上であり、No.2 におけるレッドクローバーは消滅後隣接区から侵入したラジノクローバーによって完全に代わられたため、4, 5年目には実質的に No.3 と変らない草地となった。これについては No.4 の O. K. L がよい成績を取めた。

5 牧草の生育調査

毎年越冬前（灌漑開始直前）、越冬後（灌漑打切直後）ならびに各刈取期に草丈の調査を行った。

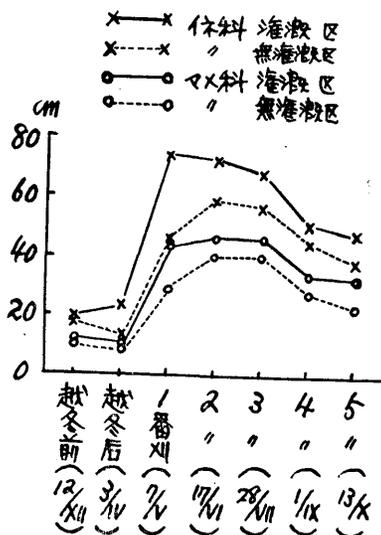
(1) 灌漑前後の生育状況

無灌漑区の牧草は、大体1月に入ると、いわゆる冬枯状態となり、枯死葉が目立ち、葉色があせてくるのに対し、灌漑区では冬枯程度は軽く、緑葉が多く残っていた。そして、灌漑区では早春を迎えてからの草立ちが無灌漑区より著しく早く、そのため刈取2年目以降における灌漑打切時の生育相は極めて良好で、草丈についてみると、無灌漑区よりイネ科で1.8~2.1倍、マメ科で1.3~1.8倍と、後年ほど大差を生じた。

(2) その後の生育状況

灌漑による牧草生育の増進は1番刈において最も明瞭に示される。（第1および2図）

この差は刈取初年目には1番刈のみに限られたが、年を重ねるに従い2, 3番刈へと順次延長され、刈取3年目以降は最終刈取まで灌漑区の優位が続いて認められるようになった。



第1図 草丈の比較 (1959)



無灌漑区



灌漑区

第2図 1960年1番刈時における生育状況 (No.3 O. P. L.)

6 牧草の収量調査

各刈取期別および草種別の収量調査成績は、余りにもぼう大となるので年間合計生草重で示すと第3表のようである。

第3表 年間合計生草重 (kg/10a)

(i) 灌漑区

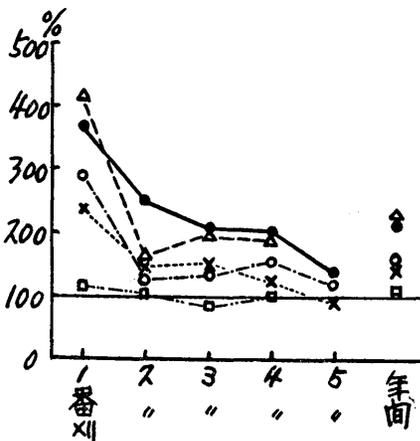
No.	区名	1957	1958	1959	1960	1961	5ヶ年平均
		生草重	生草重	生草重	生草重	生草重	生草重
1	OTR	3,827	2,553	2,154	1,938	2,496	2,594
2	OPR	3,951	3,212	2,574	2,010	2,688	2,887
3	OPL	4,122	3,460	3,168	2,460	2,640	3,270
4	OKL	3,112	3,562	3,510	3,234	2,372	3,358
5	PKL	3,365	3,975	3,876	2,538	2,700	3,291
平均		3,675	3,351	3,056	2,436	2,779	3,060
対初年比		100	91	83	66	76	—

(ii) 灌漑区

No.	区名	1957		1958		1959		1960		1961		5ヶ年平均	
		生草重	対無灌比										
1	OTR(L)	3,876	101	3,794	149	3,882	180	5,052	261	6,324	253	4,586	177
2	OPR(L)	4,487	114	5,045	157	5,220	203	6,044	321	6,384	238	5,516	191
3	OPL	4,137	101	5,421	157	5,532	175	5,862	238	6,354	241	5,461	172
4	OKL	3,547	107	5,124	144	4,884	139	5,904	183	5,826	173	5,057	151
5	PKL	3,823	114	4,956	125	4,044	104	4,722	186	6,324	234	4,774	145
平均		3,974	108	4,868	145	4,712	154	5,597	230	6,242	225	5,079	166
対初年比		100	—	123	—	119	—	141	—	157	—	—	—

備考：区名欄中R(L)は当初のレットクローバー消滅後に隣接区からラジノクローバーが侵入し、全くこれに代ったことを示す。

- 1957
- x—x 1958
- 1959
- △—△ 1960
- 1961



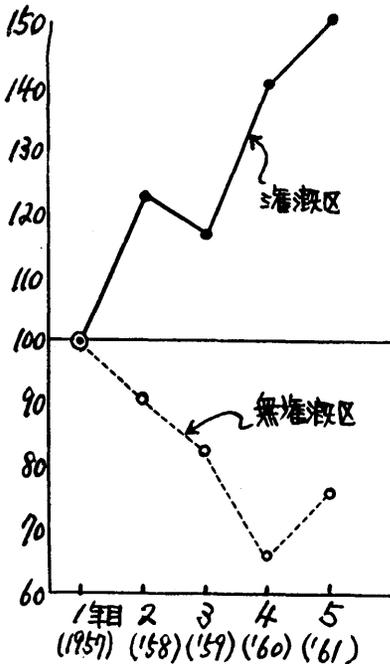
第3図 各刈取期における収量の対無灌漑比率

一般に冬季灌漑の効果は、春季の一番刈において最も顕著に示され、その後回を重ねるにしたがい漸減している。このことは、各刈取時期別にみた灌漑区の無灌漑区に対する増収率を示した第3図をみれば明らかであろう。

灌漑による増収は、初年目では1、2番刈だけにわずかにみられたに止まったが、2年目からは1~4番刈まで延び、さらに3年目以降は最終刈取まで、年間を通じて認められるようになっている。

増収率も初年目は8%に過ぎなかったが、2年目には45%と急増し、3年目は54%とやや停滞したが、4年目から再び急伸して130%、5年目125%と極めて高い数値を示している。なお、5ヶ年の平均では66%となっている。

また、牧草収量の年次による推移を、両区間の収量に大差のなかった初年目の収量を100とした各年の収量指数で描いた第4図からみると、無灌漑区においては2年目91、3年目83、4年目66、5年目76と下降線をたどっているのに対し、灌漑区では2年目123、3年目117、4年目141、5年目157と上昇を続けているのはすこぶる対象的である。



第4図 初年目の収量を100とした各年収量の指数

III 考 察

(1) 冬季灌漑による保温効果

灌漑用水は河水で、湧水ではないためその水温はかなり低く、灌漑区の一5cm地温も無灌漑区に比べ0.5~1.9°C高目であったに過ぎないが、溢流灌漑で滞水しないため厳寒時でも地表の凍結は全く見られず、したがって灌漑区の牧草では冬枯が極めて少なく、また早春時の萌芽は約半月促進された。

(2) 冬季灌漑による土壤改良

1959年に行った土壤調査の結果からみると、冬季灌漑を3ヶ年続けたことから灌漑区には約3cmの細かい粒子からなる堆積土がみられた。これはわずかずつではあるが次々と新しく運ばれてきたもので、牧草の株元をおおうことによって新しい分けつまたは分枝の発根に好ましい環境を提供することになり、植生の老化が防止されている。

灌漑による土壤の化学的变化はかなりいちじるしく、灌漑区の作土は、無灌漑区に比べ土壤の酸性が弱くなり、塩基置換容量が高くなっているが、灌漑区の堆積土はこれらの諸性質がとくに優れた良質土壤であることを明かにした。

このように灌漑によって徐々にではあるが土壤改良が行われ、その肥沃化が進むことは注目すべきことと

思う。

(3) 草種の優劣

イネ科4種のうちではオーチャードグラスが耐湿性が強く、維持年限も長く安定した収量をあげて来ており、特に灌漑区では株の枯上りが少なく、灌漑による増収も大で適草種と認められる。

マメ科ではラジノクローバーが耐湿性、再生力ともに強く、生産力も高かった。灌漑区においては早春になると堆積土の上に新しいランナーを強力に押し旺盛な蔓延ぶりをみせた。

この両草種は、当地帯人工草地の代表的草種であるが、灌漑草地むきとしても優れており、両者の組合せは最上のものと考えられる。

(4) 冬季灌漑による収草の増収

無灌漑区の牧草収量の推移をみると、初年目を最高として一路下降線をたどっているのに反し、灌漑区では年を追って収量が累増している。対無灌漑増収率も初年目はわずか8%のものが、2年目45%、3年目54%となり、さらに4年目130%、5年目125%と急増し10a当りの生草重6トン台の高位生産が維持されるようになった。

なお、この増収は特に早春時の1番刈において顕著にあらわれていることは、この時期がちょうど一般農家にとって自給粗飼料の端境期に当たっているだけに、その利用価値は極めて高く、冬季灌漑による早刈可能の意義はまことに大きいものと思う。

草地の冬季灌漑による増収の機構として仁木氏らは(イ) 灌漑による土壤改良、(ロ) 灌漑水によって運ばれた土砂やゴミ等の肥料の効果、(ハ) 草地の老朽化防止(ニ) 牧草の萌芽時期促進による生長期間の延長などをあげているが、本試験の結果もほとんど全くそれらと合致している。

(5) 草地冬季灌漑の適用

冬季間は各用水とも無為に放流されているのが一般である。この期間中は水稲作とは全く競合しないから、社会的な諸制約の許すかぎりこれを草地灌漑に利用し、良質飼料の増産を図ることは、立地条件さえ適当ならば比較的容易に行い得る牧草の増収栽培法であると考えられる。

この灌漑に向く草地としては、まず灌漑用水の便があることが基礎条件となるが、そのほか溢流には緩傾斜をもつことが有利である。また地下排水がよい土層であることも具備すべき条件で、いわゆる低湿地では大規模な排水工事を施工しないかぎりその効果は期せられないであろう。

V 摘 要

1 この研究は人工草地に対する冬季灌漑の効果をみ

るため、1956年から61年まで栃木県北部の県農業試験場黒磯分場構内で実施したものである。

2 試験の方法は、火山灰土壌の開墾地に草種を異にした5区を作り、灌漑区および無灌漑区を設けた。灌漑は毎年12月から3月までの間10a当り毎秒約0.018m³の河水を溢流灌漑させた。

3 灌漑期間中における灌漑区の一5cm地温は、無灌漑区に比へ0.5~1.9°C高かった。その結果、凍結が防止され、早春における牧草の萌芽と生長がいちじるしく促進された。

4 灌漑を続けた結果、灌漑区には良質な堆積土がみられた。また作土の化学的諸性質は灌漑によっていちじるしく改善され、肥沃化が進んでいることを確めた。

5 灌漑草地むきの適草種に、イネ科ではオーチャードグラス、マメ科ではラジノクローバーがあげられ、

この両者の組合せが最良のものと思われる。

6 灌漑区の収量は年々増大し、灌漑開始後5年において10a当り6トン台に達した。これは対照区である無灌漑区に対し2・3倍にあたる。

7 灌漑区の増収は特に早春期の1番刈において顕著である。冬季灌漑により早刈が可能となることは、飼料の端境対策としてその意義は大きいと考える。

文 献

- 1 松林実ほか (1958). 東北農試研報 14
- 2 村井 三郎 (1942). 農林省山林局牧野試験成績
- 3 仁木巖雄ほか (1955). 関東東山農試研報
8 : 128~147
- 4 ほか (1960). 同上 16 : 209~221
- 5 小原道郎ほか (1958). 同上 11 : 75~103

Studies on the Grassland Winter Irrigation.

By

Jirō ISHIKAWA and Masayuki ABE

Summary

1. In order to investigate the effect of winter irrigation on the yield of artificial grassland, an experiment was done from 1956 to 1961 at the Kuroiso Branch Station of Tochigi Agricultural Experiment Station in northern district of Tochigi-Prefecture.
2. This experiment was carried out on the reclaimed land of volcanic ash soil and arranged the next 10 plots, in which were the 5 sets in variation of grass species and the half of each set was irrigated. Irrigation was practised continuously from December to March of the next year with river water by the flood irrigation method.
The quantity of irrigation water was 0.0018m³/sec for a.
3. The soil temperature of irrigated grassland was higher 0.5~1.9°C than the nonirrigated soil during the winter irrigation. The irrigation water prevented the soil frozen. And by doing so, it was observed that growth of grass in the early spring was promoted.
4. As a result of the winter irrigation for past 3 years, there was newly deposited soil, and this soil character was very good. So that the chemical properties of irrigated soil were remarkably improved by the irrigation.
5. It was considered the fittest species for irrigated grassland, that orchard grass, ladino clover and the set of both species was best combination.
6. Since the commencement of irrigation the foliage yield increased from year to year and it yielded 0.6 ton base per in a. This amount is the more than two times as that nonirrigated area.
7. The increase of yield by irrigation was showed maximum at the first harvest in early spring. The possibility of earlier harvest was significant on the supply of forage crops.