

## 植生帯を用いた畑地土壌の流出負荷制御

上野貴司\*・三原真智人\*\*・Janya SANG-ARUN\*\*\*・土器屋由紀子\*

Effect of Grass Strips on Reduction of Sediment Loss from Upland Field

Takashi UENO\*, Machito MIHARA\*\*, Janya SANG-ARUN\*\*\* and Yukiko DOKIYA\*

\* Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwai-cho Fuchu-shi Tokyo, Japan

\*\* Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka Setagaya-ku Tokyo, Japan

\*\*\* Mae Fah Luang University, 333 Moo. 1. Tasud sub-district, Muang district,  
 Chiang Rai, Thailand

### Abstract

The effect of grass strips on the reduction of sediment and eutrophic salt loads is been widely recognized. However, there is very little knowledge of the effect of grass strips on the reduction of sediment and eutrophic salt losses. Attention was hence focused on the investigation of what grass strips should be managed.

Soil suspension was supplied to the experimental plots under simulated rainfall. During the experiment, surface discharge and sediment concentration were measured. In order to observe the effect of grass strips on the reduction of sediment loss, the difference between the amounts of sediment supplied and sediment loss was investigated in each plot.

While the sediment concentration and load from the bare upland field exceeded the concentration and load of the soil suspension supplied, the sediment concentration and load from all the grass strips were lower than the concentration and load of the supplied soil suspension. The difference between the sediment supplied and the sediment loss from the cutting weeds plot for pest control was approximately equivalent to that of the plot with the natural weeds. Therefore, it was concluded that cutting weeds for pest control can be applied to the grass strip for reduction of the sediment loss. There was little difference between the reduction of the sediment loss from the plot with 800 stems/m<sup>2</sup> and that from the plot with 1,480 stems/m<sup>2</sup> of Tall Fescue (*F. arundinacea*). However the plot with 2,330 stems/m<sup>2</sup> of Tall Fescue was effective for the reduction of sediment loss comparing with 800 stems/m<sup>2</sup> and 1,480 stems/m<sup>2</sup>. It suggests that stem density for grass strips should be maintain 2,330 stems/m<sup>2</sup> to control soil loss from upland field.

**Key words** : Grass strips, Sediment loss, Surface runoff, Upland

### 1. はじめに

農地からの土壌流亡制御の工学的および営農的な一対策として、植生帯の設置および管理が実施されている。チカラシバ (*Pennisetum alopecuroides*), ベチバー (*Vetiveria zizanioides*) の株を圃場法面の等高線に沿って一列に栽培して、法面の侵食防止や圃場からの土壌流

亡の制御に用いることが報告されている (鈴木, 1995, Dalton ら, 1996)。ただし、幅の狭い植生帯では帯内での土壌の捕捉はほとんど期待できず、植生帯上流部での土壌の堆積による流亡土量の制御が目的とされている。一方、一定幅の植生帯内で流亡土量を捕捉する試みもなされている。斜面長 60 m の畑地圃場において、下端部に 10 m 幅の牧草帯を設置することにより年平均流亡土

\* 東京農工大学 〒183-8509 府中市幸町 3-5-8, \*\* 東京農業大学地域環境科学部 〒156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1,

\*\*\* メイフェールアン大学農学部 (タイ国)

キーワード: 植生帯, 流亡土量, 表面流去水, 畑地

量の23%、全窒素および全リンの年平均流出負荷の各々47%および6%が削減されたと報告された(Uusi-Kamppa and Ylaranta, 1992)。また斜面長37mの畑地において、下端部に4.3mまたは8.5m幅の牧草帯を設置することにより、降雨に伴う流亡土量が50%以上減少し、窒素およびリン成分の流出負荷も減少したと報告されている(Parsonsら, 1994)。これらの研究より、数メートル幅の植生帯を設置することで、植生帯内において土壌および栄養塩類が捕捉される可能性が示された。さらにこれらの研究でとりあつかわれていない植生帯の密度および傾斜を変えた流下実験が行われた(Ghadiriら, 2000)。植生帯には20cmおよび40cm幅の自然植生と釘を用いた人工植生が用いられたが、実験条件下において植生帯および人工植生帯の上流側に土壌の堆積が見られたものの、各植生帯内では土壌の堆積がほとんどなかったと報告されるに留まっている。植生帯の幅、種類、草生密度、管理状況、傾斜、降雨条件、植生への供給懸濁水量等の因子が複雑に影響すると考えられるため、さらなる研究が望まれており、土壌の捕捉に有効な植生帯の在り方に関する研究は緒についたばかりといえる。また、畑地土壌の侵食過程において、流亡土量の増加に伴い懸濁水中のみならず上澄み水中における全窒素、全リンの表面流出量が增大することが明らかにされており(三原, 上野, 1999)、土壌流亡の制御が栄養塩類の表面流出量削減においても有効であることも示されている。

湿潤温暖な日本においては耕作放棄畑地に雑草が容易に繁茂するため、耕作放棄畑地を自然植生帯として配置し、土壌および栄養塩類の流出制御に有効利用する事が期待できる。しかし、耕作放棄畑地に繁茂した雑草は農作物に被害を与える病害虫における生息および越冬の場所となったり、景観上の問題も生じるため、草刈り等の雑草管理がしばしば必要となる(草薙ら, 1994)。したがって、自然状態の植生帯のみならず草刈り等の管理が行われた植生帯による土壌流亡の削減を調べる事は重要である。

また、土壌の捕捉に有効な植生帯の草生密度の在り方に関しては基準がない状態にある。傾斜面の表面侵食抑

止を目的とした外来草本であり、道路のり面の土壌侵食防止等に広く用いられているトールフェスク(*F. arundinacea*)等の導入に当たっては、播種工における成立本数の基準が1000 stems/m<sup>2</sup>程度とされている(農業土木事業協会, 1990)が、流亡した土壌の捕捉に有効な植生帯の草生密度の基準については新たに検討する必要がある。

本研究では人工降雨条件下で植生帯内に土壌懸濁水を流入させる実験を行い、第一に害虫防除等を目的とした植生管理が植生帯による土壌の捕捉機能に与える影響を検討した。第二に草生密度の異なるトールフェスク植生帯を用いて、流亡土の捕捉に適した植生帯の草生密度を検討した。

## 2. 実験方法

本研究の実験は東京農業大学敷地内の人工降雨設備を備えた傾斜模型試験枠を用いて行った。写真-1の左手よりPlot I~VIである。各Plotは幅0.5m、長さ2m、傾斜角度16°であり、八王子市多摩丘陵で採土した畑地表層土を厚さ0.2mで充填した。充填土壌の土性はLiC、強熱減量は14.0%であった(表-1)。Plot Iは裸地状態を維持し、Plot IIおよびPlot IIIは土壌を充填後3ヶ月間放置して、雑草を繁茂させて自然植生Plotとした。また、3ヶ月間の放置後にPlot IIの植生を地表面から10



写真-1 人工降雨装置と試験枠

Photo. 1 Simulated rainfall system and experimental plots.

表-1 土壌の物理性

Table 1 Physical properties of soil

| Specific gravity | Particle size distribution* (%) |             |           |      |      | Dispersion ratio (%) | Ignition loss (%) | Soil texture |
|------------------|---------------------------------|-------------|-----------|------|------|----------------------|-------------------|--------------|
|                  | Gravel                          | Coarse sand | Fine sand | Silt | Clay |                      |                   |              |
| 2.60             | 0.0                             | 8.7         | 30.6      | 25.6 | 35.1 | 7.0                  | 14.0              | LiC          |

\*International methods.

表-2 試験枠の植生および管理状況

Table 2 Vegetation and management in plots

| Plot     | Vegetation ( <i>scientific name</i> )   | $\rho_d$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Density of stems (*1)<br>(stems/m <sup>2</sup> ) | Management |
|----------|---|----------------------------------|--|------------|
| Plot I   | None                                    | 0.83                             | —  | Bare       |
| Plot II  | Weed (76% with <i>Setaria viridis</i> ) | 0.87                             | 2,480 (2,550)                                    | Cutting    |
| Plot III | Weed (83% with <i>Setaria viridis</i> ) | 0.83                             | 2,380 (2,840)                                    | None       |
| Plot IV  | Tall Fescue ( <i>F. arundinacea</i> )   | 0.82                             | 800  | None       |
| Plot V   | Tall Fescue ( <i>F. arundinacea</i> )   | 0.84                             | 1,480  | None       |
| Plot VI  | Tall Fescue ( <i>F. arundinacea</i> )   | 0.83                             | 2,330  | None       |

\*1 : 2 weeks after the cutting weed of plot II.

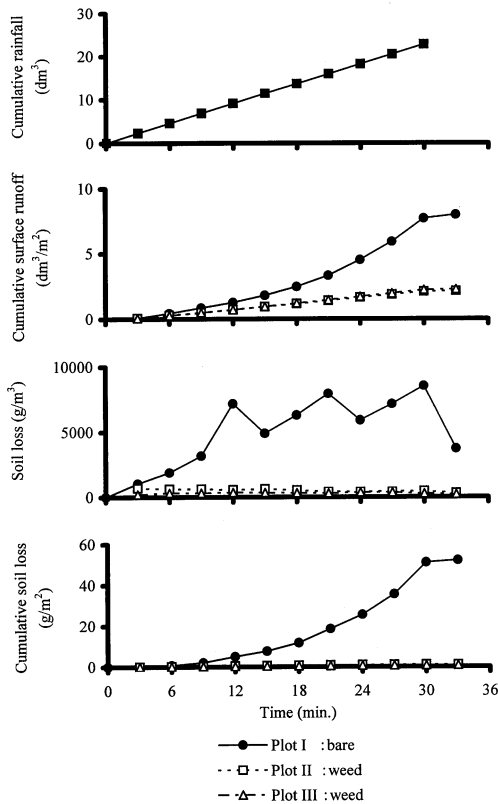


図-1 人工降雨条件下における累積表面流去水量および流亡土量（自然植生 Plot II 刈り込み前）

Fig. 1 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall (before the cutting weed in plot II).

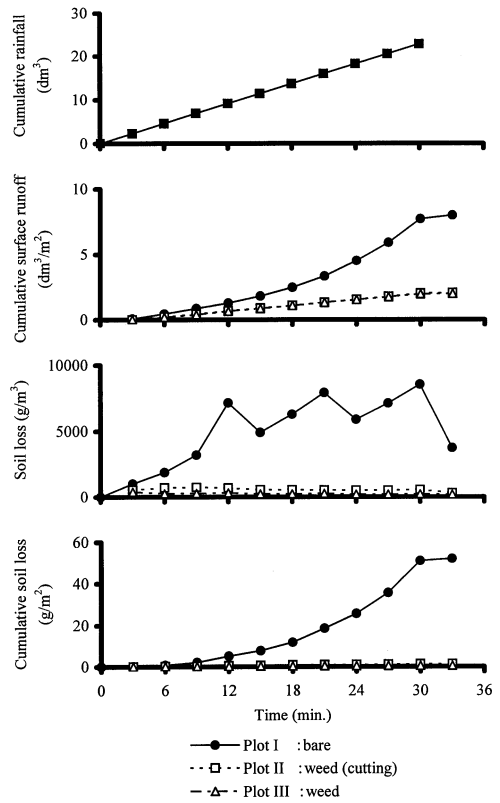


図-2 人工降雨条件下における累積表面流去水量および流亡土量（自然植生 Plot II 刈り込み直後）

Fig. 2 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall (just after the cutting weed in plot II).

cm 高さで刈り込み、残さは Plot 外へ運び出した。Plot IV～VIにはトールフェスクをそれぞれ異なる量で播種した。

各 Plot における充填土壌の乾燥密度 ( $\rho_d$ )、植生の種

類および草生密度を表-2 に示した。各 Plot 内の土壌の乾燥密度は 0.82～0.87 (g/cm<sup>3</sup>) の範囲内であった。各 Plot において 100 cm<sup>2</sup> 区画内の草生密度調査を 10 回ずつ行い、95% の信頼区間における平均値を草生密度とし

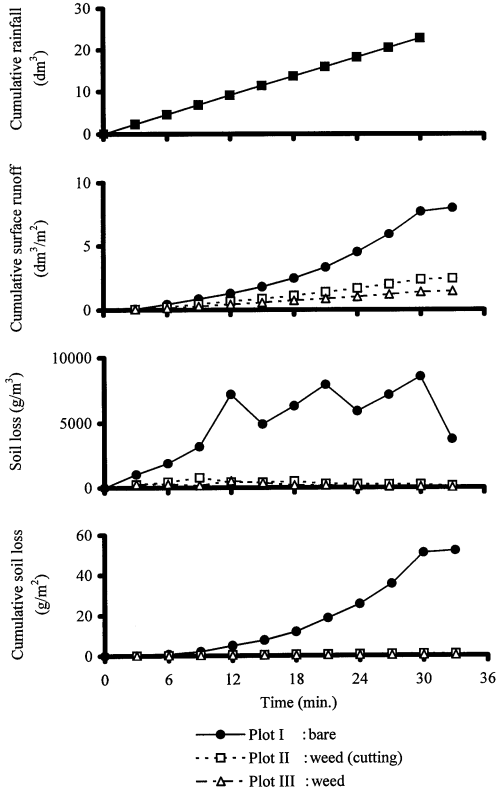


図-3 人工降雨条件下における累積表面流出水量および流亡土量 (自然植生 Plot II 刈り込み 2 週間後)

Fig. 3 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall (2 weeks after the cutting weed in plot II).

た。自然植生 Plots II, III の草生密度において有意水準 5% での有意差は認められず、また Plot II および Plot III とともにイネ科の雑草であるエノコログサ (*Setaria viridis*) が各々 76%, 83% と大部分を占めた。Plots II, III の草生密度は刈り込みを行う直前において各々 2480 stems/m<sup>2</sup>, 2380 stems/m<sup>2</sup> であったが、刈り込み 2 週間後においては Plot II では 2550 stems/m<sup>2</sup> とほとんど変化せず、Plot III では 2840 stems/m<sup>2</sup> に増加した。これは、刈り込みにより Plot II における植生の繁茂が抑制されたためと思われる。

トルフェスクを播種した Plots IV, V, VI の草生密度はそれぞれ 800 stems/m<sup>2</sup>, 1480 stems/m<sup>2</sup>, 2330 stems/m<sup>2</sup> であった。播種工において標準とされる外来草本の成立本数が 1000 stems/m<sup>2</sup> 程度であることから、Plot IV が播種工におけるのり面保護の基準値をやや下回り、Plots V, VI が基準値を上回っていることがわか

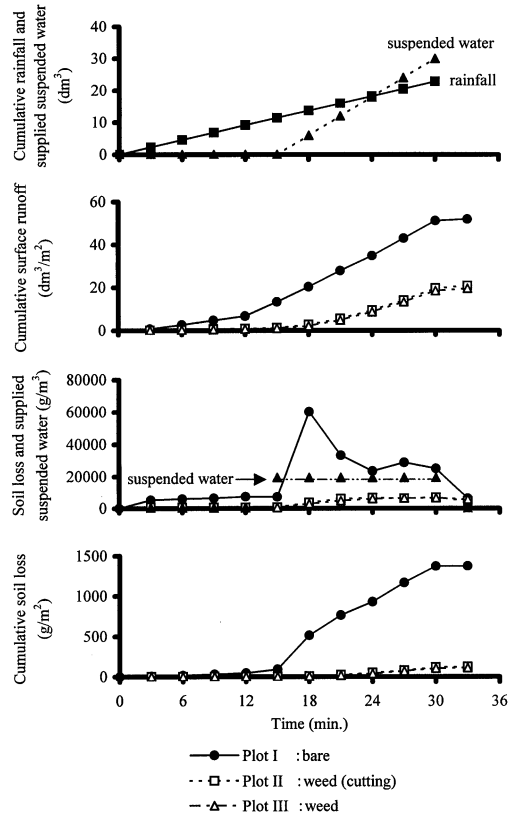


図-4 人工降雨条件下での土壤懸濁水の供給に伴う累積表面流出水量および流亡土量 (自然植生 Plot II 刈り込み直後)

Fig. 4 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall with additional suspended water supply (just after the cutting weed in plot II).

る。

各 Plot における土壤の水分量を 24 時間容水量にした後、48 mm/h の降雨強度で 30 分間の人工降雨実験を行い、表面流出水量、流亡土量、浸透流出水量を測定した。人工降雨は電気伝導度を 1 μS/cm 以下に維持した脱イオン水で行った。さらに植生帯による土壤の捕捉能を調べるため、48 mm/h の人工降雨条件下で、降雨開始 15 分経過後より降雨終了まで 15 分間、Plot の上端から土壤懸濁水を 0.03 dm<sup>3</sup>/s で流入させて表面流出水量、流亡土量、浸透流出水量を測定した。土壤懸濁水は、Plot 内の充填土壌と同じ湿潤土に純水を加えて十分に攪拌し、懸濁濃度を実測した後用いた。また、攪拌しながら懸濁水を供給して懸濁濃度を一定に保った。懸濁濃度および懸濁水の流量は、USLE 標準試験枠における 1997 年 6 月の台風時の現地観測の結果 (Mihara, 2001) に基づ

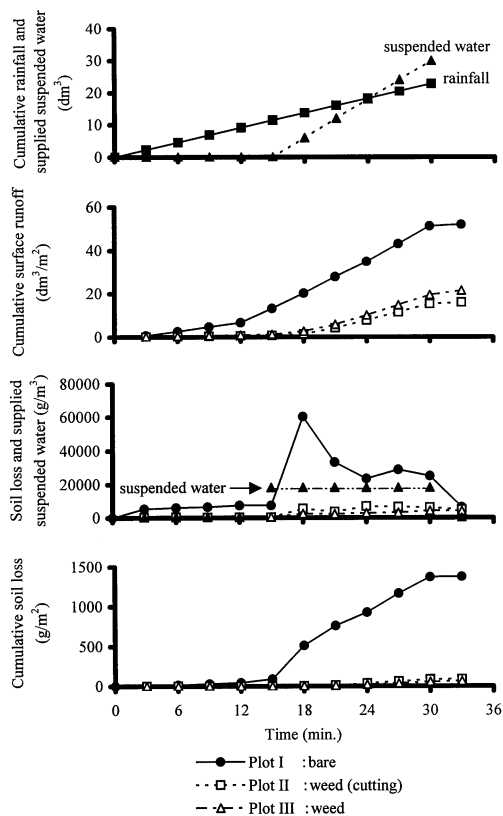


図-5 人工降雨条件下での土壤懸濁水の供給に伴う累積表面流出水量および流亡土量（自然植生 Plot II 刈り込み 2 週間後）

Fig. 5 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall with additional suspended water supply (2 weeks after the cutting weed in plot II).

いて決定し、流入させた懸濁濃度の実測値は 17,600~21,300 g/m<sup>3</sup> の範囲内であった。

### 3. 結果と考察

#### 1) 自然植生帯における土壌流亡の制御

裸地 Plot I と自然植生 Plots II, III の人工降雨条件下における表面流出水量、流亡土量を図-1~3 に示した。裸地 Plot I における濃度表示の流亡土量は自然植生 Plots II, III に比べて著しく高い値を示した。累積の表面流出水量および流亡土量も Plot I が Plots II, III を大きく上回った。また、自然植生 Plot II において、刈り込み 2 週間後の濃度表示の流亡土量は信頼区間 95% の平均値が 353 g/m<sup>3</sup> であり、Plot III の平均値 206 g/m<sup>3</sup> との差は裸地 Plot I の平均値 5241 g/m<sup>3</sup> と比べるとは

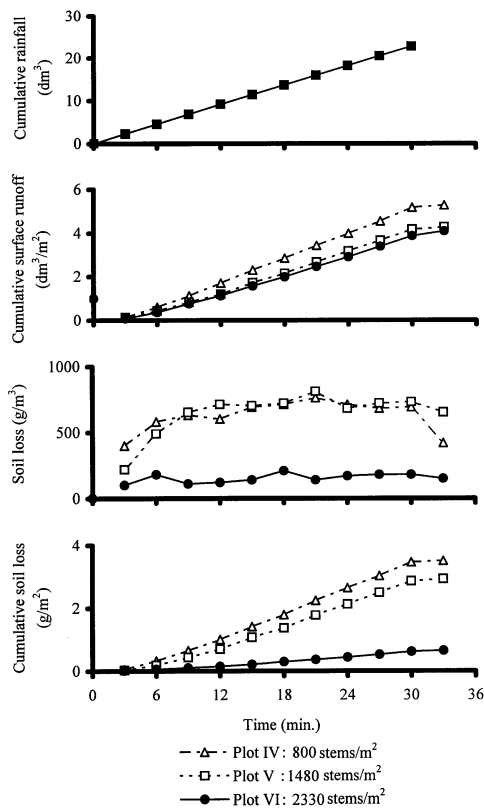


図-6 人工降雨条件下における累積表面流出水量および流亡土量（トールフェスク）

Fig. 6 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall (Tall Fescue).

とどかないと判断できた。

Plot II における植生の刈り込み直後および 2 週間後において、人工降雨条件下で土壤懸濁水を流入させた。この実験における表面流出水量、流亡土量を図-4, 5 に示した。裸地 Plot I における濃度表示の流亡土量は、自然植生 Plots II, III に比べて著しく高い値を示し、流入させた土壤懸濁水の懸濁水濃度を上回った。これは、Plot の上端から流入させた懸濁水の流下により裸地区で侵食が生じたためと考えられる。しかし、自然植生 Plots II, III においては、土壤懸濁水の流下に伴い流亡土量の濃度は上昇するものの、流入させた懸濁水濃度を下回った。よって、植生帯により流入懸濁水中の土壌が捕捉されたと判断できた。また、累積の流亡土量は、自然植生 Plot II の刈り込み直後および 2 週間後において、Plots II, III とともに裸地 Plot I を大きく下回った。本実験条件下において、自然植生帯の刈り込みの有無に

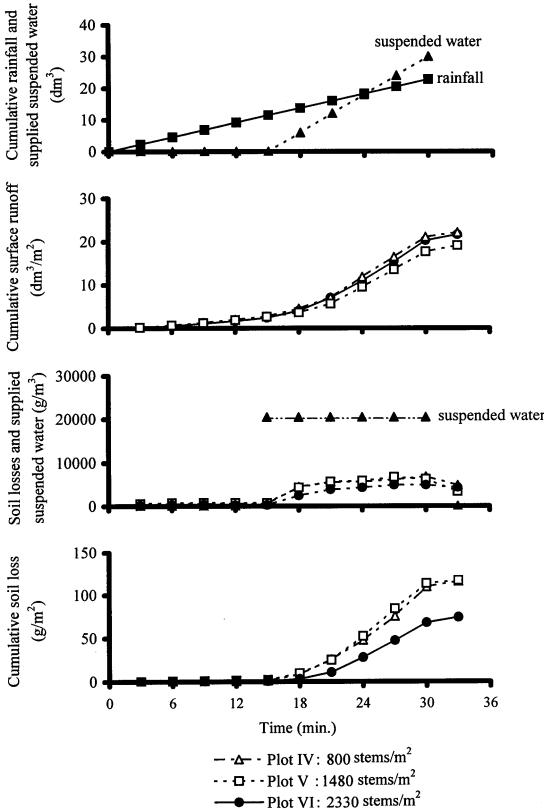


図-7 人工降雨条件下での土壤懸濁水の供給に伴う累積表面流出水量および流亡土量（トールフェスク）

Fig. 7 Changes in cumulative surface runoff and soil loss under simulated rainfall with additional suspended water supply (Tall Fescue).

関わらず植生帯が土壤の捕捉に有効に働いていることから、地表面から10 cm高さまでにおいて、植生帯を維持することが土壤の捕捉に重要であると考察した。

2) 草生密度の異なるトールフェスク植生帯における土壤流亡の制御

草生密度の異なるトールフェスク植生帯において、人工降雨実験および降雨条件下での土壤懸濁水の流入実験を行った(図-6, 7)。

Plots IV (800 stems/m<sup>2</sup>), V (1480 stems/m<sup>2</sup>), VI (2330 stems/m<sup>2</sup>)の人工降雨時における濃度表示の流亡土量は、信頼区間95%での平均で各々625 g/m<sup>3</sup>, 644 g/m<sup>3</sup>, 153 g/m<sup>3</sup>であった。有意水準5%ではPlot IVとPlot Vとの間に有意差は認められなかったが、草生密度2330 stems/m<sup>2</sup>のPlot VIにおける流亡土量は、Plot

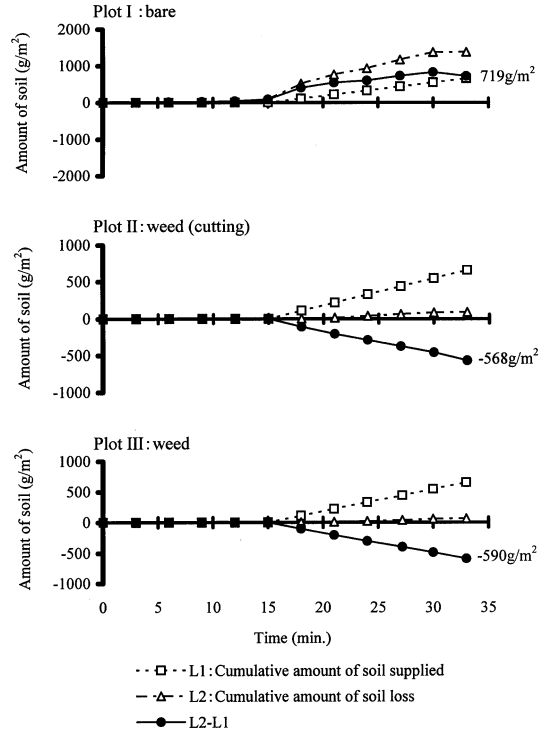


図-8 自然植生Plot II刈り込み直後における差し引き流亡土量

Fig. 8 Comparison between amount of soil supplied and of soil loss under simulated rainfall with additional suspended water supply (just after the cutting weed in plot II).

IVおよびPlot Vとの間に有意水準5%で有意差が認められた。このことにより、Plot VIにおける濃度表示の流亡土量が他のPlotを大きく下回ることがわかった(図-6)。また、降雨条件下で土壤懸濁水を流入させた実験においては、土壤懸濁水の流入に伴って降雨開始より18分経過後に流亡土量が増加した。Plots IV, Vにおける濃度表示の流亡土量は有意水準5%で有意差が認められなかったのに対して、Plot VIではPlots IV, Vと有意差が認められた。草生密度800 stems/m<sup>2</sup>~2330 stems/m<sup>2</sup>のPlots IV~VIにおける濃度表示の流亡土量は、流入させた土壤懸濁水濃度を大きく下回ったことから、播種工におけるのり面保護の基準である1000 stems/m<sup>2</sup>程度の草生密度の植生帯は流亡土の捕捉に有効であり、さらにこの実験条件では、2330 stems/m<sup>2</sup>程度に草生密度を増加させることで捕捉能を上げられると判断できた。

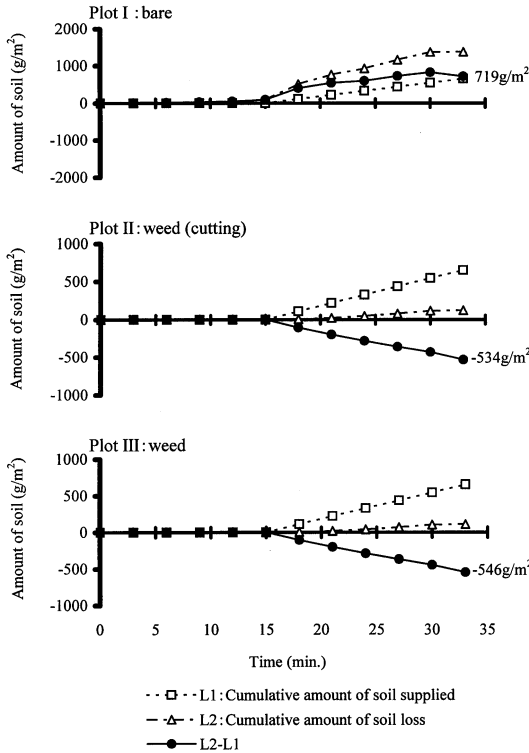


図-9 自然植生 Plot II 刈り込み 2 週間後における差し引き流亡土量

Fig. 9 Comparison between amount of soil supplied and of soil loss under simulated rainfall with additional suspended water supply (2 weeks after the cutting weed in plot II).

### 3) 差し引き流亡土量の比較

人工降雨条件下での土壌懸濁水の流入実験において、各 Plot からの累積の流亡土量 (L2) から流入土壌懸濁水による供給土壌量 (L1) を差し引いた値を差し引き流亡土量 (L2-L1) と定義し、各 Plot における差し引き流亡土量を図-8~10 に示した。

図-8 に示した通り、裸地 Plot I においては差し引き流亡土量が  $719 \text{ g/m}^2$  と大きく正の値をとり、裸地状態では流亡土量が増加する排出型として働いた。また、自然植生帯 (Plot III) および刈り込み管理を行った植生帯 (Plot II) においては、差し引き流亡土量が各々  $-568 \text{ g/m}^2$ 、 $-590 \text{ g/m}^2$  であり、土壌の捕捉能にほとんど差がなく、ともに吸収型として働くことがわかった。トールフェスク植生帯である Plots IV ( $800 \text{ stems/m}^2$ )、V ( $1480 \text{ stems/m}^2$ ) においては、差し引き流亡土量はともに  $-622 \text{ g/m}^2$  であったが、最も草生密度の高い Plot VI

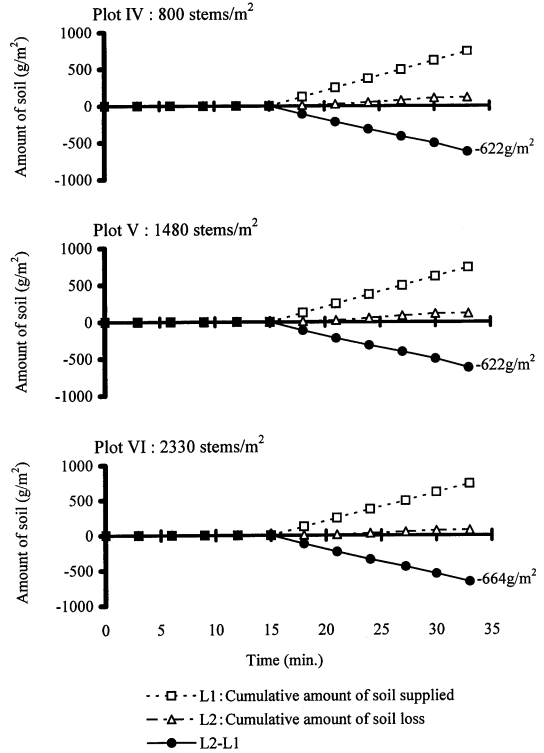


図-10 トールフェスク植生帯における差し引き流亡土量

Fig. 10 Comparison between amount of soil supplied and of soil loss under simulated rainfall with additional suspended water supply (Tall Fescue).

( $2330 \text{ stems/m}^2$ ) の差し引き流亡土量は  $-664 \text{ g/m}^2$  であり、Plots IV、V に比べてより負の値が大きかった。このことから、播種工の基準である  $1000 \text{ stems/m}^2$  程度よりも播種量を増やし、草生密度  $2330 \text{ stems/m}^2$  程度の高密度にトールフェスクを栽培すると、流亡土の捕捉に有効であると判断できた。

## 4. おわりに

これまで、農地から流出する土壌の捕捉に有効な植生帯の在り方は十分に調べられていない。そこで、本研究では第一に害虫防除を目的とした雑草の刈り込みが植生帯による土壌の捕捉機能に与える影響を調べるため、傾斜模型試験槽を用いて、人工降雨条件下で土壌懸濁水を Plot の上端から供給し、表面流去水量および流亡土量を測定した。地表面より  $10 \text{ cm}$  高さに雑草の刈り込みを行った植生帯および未刈り込みの植生帯では、Plot からの流亡土量と Plot の上端から懸濁水により供給した土

壤量の差で表わされる差し引き流亡土量が、共に負の値をとる吸収型に働き、裸地 Plot では大きく正の値をとる排出型に働いた。また、刈り込みの有無による差し引き流亡土量の差は、裸地からの流亡土量に比べるとともに著しく小さく、刈り込みの有無による差し引き流亡土量への影響はほとんどないと判断できた。これらの結果より、雑草管理を行った植生帯においても流出負荷の制御に有効であるとわかった。

第二に、土壌の捕捉を目的とした植生帯の草生密度の基準を確立するため、草生密度の異なるトールフェスクを用いて差し引き流亡土量について調べた。草生密度を 800~2330 stems/m<sup>2</sup> に設定したすべての Plot における濃度表示の流亡土量は、流入させた土壌懸濁水濃度を大きく下回った。さらに、草生密度 800 stems/m<sup>2</sup> および 1470 stems/m<sup>2</sup> の Plot では濃度表示の流亡土量、差し引き流亡土量ともに有意差が見られなかったが、2330 stems/m<sup>2</sup> の植生帯における濃度は 800 stems/m<sup>2</sup> および 1480 stems/m<sup>2</sup> の植生帯より低く、差し引き流亡土量においてもより吸収型に働くことがわかった。

これらの結果より、播種工におけるのり面保護の基準である 1000 stems/m<sup>2</sup> 程度の草生密度の植生帯は流亡土の捕捉に有効であり、さらに 2330 stems/m<sup>2</sup> 程度に草生密度を増加させることで捕捉能を上げられることがわかった。

## 引用文献

Dalton, P.A., Smith, R.J. and Truong, P.N.V. (1996) : Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped flood plain : hedge hydraulics, *Agricultural Water Management*, **31** : 91-104.

Ghadiri, H., Hogarth, B. and Rose, C. (2000) : The effec-

tiveness of grass strips for the control of sediment and associated pollutant transport in runoff, *The Role of Erosion and Sediment Transport in Nutrient and Contaminant Transfer*, pp. 83-91, International Association of Hydrological Science Press, U.K..

Mihara, M. (2001) : Nitrogen and phosphorus losses due to soil erosion during a typhoon, Japan, *Journal of Agricultural Engineering Research*, **78** (2) : 209-216.

Uusi-Kamppa, J. and Ylaranta, T. (1992) : Reduction of sediment, phosphorus and nitrogen transport on vegetated buffer strips, *Agric.Sci.Finl.* **1** : 569-575.

Parsons, J.E., Gilliam, J.W., Muñoz-Carpena, R., Daniels, R.B. and Dillaha, T.A. (1994) : Nutrient and sediment removal by grass and riparian buffers, *Environmentally sound agriculture proceedings of the second conference* : 147-154.

草薙得一・近内誠登・芝山秀次郎編 (1994) : 雑草管理ハンドブック, pp. 15-29, 朝倉書店, 東京.

鈴木正昭 (1995) : マサ土造成畑の畑面および法面保全のための在来草種の利用, *土壌の物理性*, **71** : 37-40.

農業土木事業協会編 (1990) : のり面保護工, 設計・施工の手引き, pp. 196-198, 農山漁村文化協会, 東京.

三原真智人・上野貴司 (1999) : 畑地における土壌流亡と窒素およびリン成分の表面流出, *農業土木学会論文集*, **200** : 7-14.

受稿年月日 : 2000 年 9 月 13 日

受理年月日 : 2001 年 3 月 23 日