



農研機構

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農地法面の崩壊・侵食事例と圃場の造形成態の特徴

メタデータ	言語: ja 出版者: 公開日: 2022-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): Farm consolidation, Red-ye llo w soi, I Slope failure, Erosion, Farm configuratio 作成者: 古谷, 保, 小倉, 力, 中尾, 誠司, 加藤, 敬 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00007740

© 国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
National Agriculture and Food Research
Organization, Japan

農地法面の崩壊・侵食事例と圃場の造成形態の特徴

古谷保¹，小倉力²，中尾誠司³，加藤敬⁴

目次

I 緒言	1	5 K地区の法面崩壊と侵食の事例	6
II 法面崩壊と侵食の事例	1	III 限界降雨量と盛土の集水面積及び対策工	9
1 調査地区の地質・土質概況	1	VI 今後の課題	10
2 H地区における法面崩壊と侵食発生時の降雨量	2	V 結言	10
3 H地区の法面崩壊と侵食の事例	2	参考文献	10
4 K地区における法面崩壊と侵食発生時の降雨量	6	Summary	12

I 緒言

一般に、中山間地帯の農用地整備では切盛土工や法面安定工などの経費が嵩むため、事業費全体を抑制する必要があることから個々の工法についてもコストの低減が厳しく要求される。法面安定工においても経済的な工法が求められるが、同時に、設計指針や施工例に基づいて実施されるので地区全体で一律となりやすい。しかし農用地の整備は広域に及び、地形や地質、土壌も多様なことが多い。このため各圃場の細部に至るまで、それらの変化に応じて緻密な設計や施工を行うことが一般的には難しくなる。こうしたことから、豪雨時に農地法面の崩壊や侵食被害が生じるなど、農地保全上の問題が発生することがある。

豪雨により法面の崩壊や侵食が発生した場合には、調査を行って原因を検討し、明らかにできた範囲において将来の設計の参考にすることが有益である。災害対策においては、現場規模の実験や計測機器類を設置するような現地観測から現象を再現することは、労力や経費の面から容易でないため、こうした事例調査を行って経験を蓄積することが特に重要である。

筆者らは、農用地整備の2地区において発生した法面の崩壊と侵食について調査し、その特徴と問題点等を検討した。また、被災し修復された法面について、その後の安定状況や植生の生育状況等、数年経過後の実態についても調査した。

* 企画調整部防災研究調整官

** 国際農林水産業研究センター生産環境部

*** 近畿中国四国農業研究センター総合研究部

**** 農地整備部上席研究官

平成14年11月1日受理

キーワード：農地整備，赤黄色土，法面崩壊，侵食，圃場地形

なおH地区の調査においては、古谷、小倉（元農業工学研究所農地整備部主任研究官）が、中尾とともに圃場の測量、降雨量の計測、土質試験、植生状況の調査、経年変化後の法面の調査等を行った。またK地区の調査においては、古谷、小倉が地形、降雨量の計測、土質試験、植生状況等の調査を行い、古谷、加藤が経年変化後の法面の調査を行った。

II 法面崩壊と侵食の事例

1 調査地区の地質・土質概況

調査を行った地区は、中国地方のH地区4圃場と東北地方のK地区2圃場であり、どちらも風化花崗岩を母材とする赤黄色土地帯に属する。

H地区の地質は中生代白亜紀の広島花崗岩類に属し、粗粒黒雲母型花崗岩である。開発地の大部分を占める山林部分はこの地質に属し、ブルドーザやバックホーによって掘削すれば容易にマサ化する程度に風化しており、造成地全体にこの程度の土壌が分布している（古谷・小倉，1999）。

K地区の地質も中生代白亜紀の花崗岩類であり、同様に、ブルドーザやバックホーによって容易に掘削できる程度に風化している。ただし、土壌はH地区と比較して細粒であり、また粒度分布はFig.1に示したように圃場によっても差があった。土粒子の密度は2.70-2.77g/cm³程度である。

法面崩壊と関連する土の剪断強度は、H地区が $C_i=0.9$ 8kPa， $\phi_i=41^\circ$ （試料採取による法面の γ_i は1.57g/cm³）であるのに対し（古谷・小倉，1999），K地区T圃場の場合は $C_i=2.94$ kPa， $\phi_i=30^\circ$ （一面剪断試験による。試料採取による法面の γ_i は1.45g/cm³）であった。

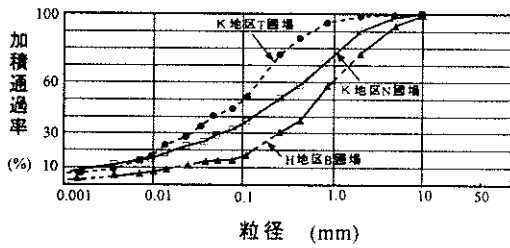


Fig.1 土壤の粒径加積曲線の例
Examples of soil grading curve

2 H地区における法面崩壊と侵食発生時の降雨量

この地区ではFig.2に示した豪雨によって、大小23の法面崩壊が発生した（1年目の崩壊）。また翌年にもFig.3に示した大雨があり、1箇所で法面崩壊が、また3箇所圃場や法面の侵食が発生した（2年目の崩壊・侵食）。

1年目の崩壊は、この年の6月下旬から7月上旬までの降雨によって発生した。最大日雨量は138mmであり、2週間の総雨量は603.5mmに達した（Fig.2）。この年は、この造成地のほとんどの盛土法面で崩壊あるいは侵食が発生している。

2年目の崩壊・侵食は5月19~20日の降雨によって発生している（Fig.3）。この時は最大日雨量80.5mm、最大時間雨量18.0mmであり、朝の8時から深夜までの16時間の間に降っている（総雨量は81.5mm）。

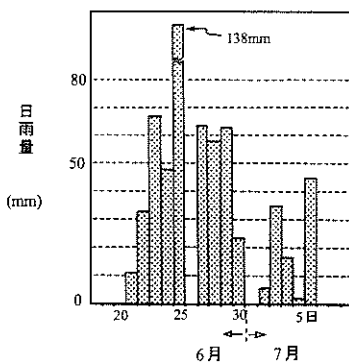


Fig.2 1年目の崩壊発生時の豪雨
Rainfall at slope failure in the first year

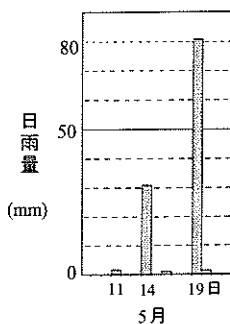


Fig.3 2年目の崩壊・侵食発生時の降雨
Rainfall at slope failure in the second year

3 H地区の法面崩壊と侵食の事例

この地区の崩壊・侵食は、浅い円弧滑りまたは表層崩壊、圃場からの表流水による侵食、浸透水による侵食などのパターンに大別された。調査を行った被災箇所のうち、いくつかの代表的な事例について以下に示す。

a Ha圃場と法面

Fig.4に、Ha圃場の旧地形と崩壊箇所等、Fig.5にHa圃場の地表面形状と崩壊箇所等を示した。Fig.2に示した1年目の崩壊発生時の豪雨によって、この圃場では3箇所の崩壊が発生した（圃場造成後4年目）。Photo 1 (Figs.4,5のA) はそれらのうち最大規模のものである。浅い円弧滑りが数段階に発生した様子を読み取ることができる。この箇所は、Fig.4からわかるように沢を埋め立てた地形である。法面勾配は1:1.5で、5mおきに小段と承水路が設けられ、法尻には暗渠排水工が設けられていた。また、法尻には柵工が施されていたが、擁壁や蛇籠などによる抑えは行われていなかった。崩壊後の現場の観察結果から、最初に法尻下部に崩壊が発生し、浅い円弧すべりによる崩壊が順次上部に進行したものと推定された。

Fig.5からわかるように、地表に降った雨は丘陵全体に分散して流れ、特に雨水が被災箇所に集中するような地表面形状は読み取れない。この崩壊箇所（Fig.5のA）

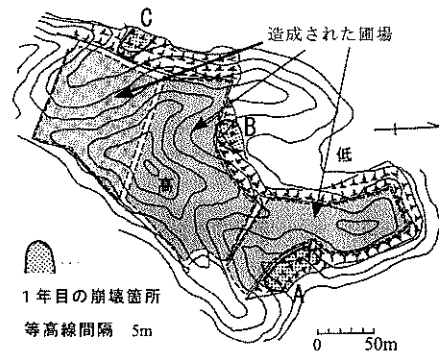


Fig.4 開発前の地形とHa圃場の計画図
Topography before reclamation and planning of Ha farm

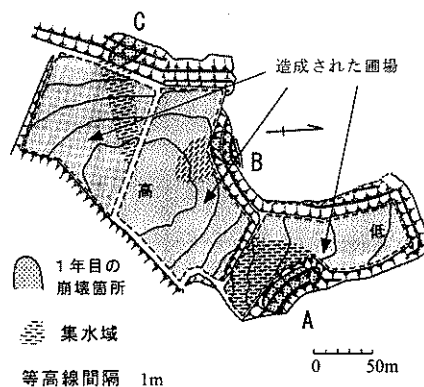


Fig.5 開発後のHa圃場の地形
Topography of Ha farm after reclamation



Photo 1 浅い円弧滑りによる法面崩壊 (Fig. 5のA)
Slope failure by shallow slip circle

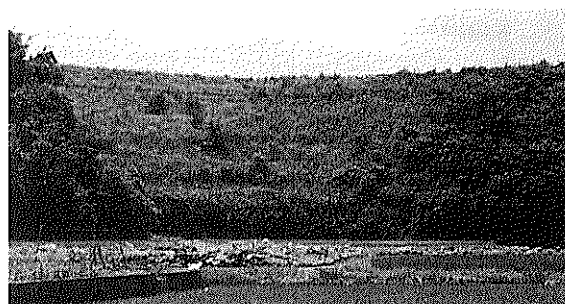


Photo 3 復旧工事5年後の法面 (Fig. 5のA)
Slope five years after reconstruction

の上部にある圃場についても、雨水は北方の切土部に向かって流れるような地表面形状をしている。したがって、1年目の6~7月豪雨では浸透水によって盛土の飽和度が高くなり崩壊が発生したと考えられるが、2年目の5月19日の降雨では、この時点で復旧工事は行われていなかったにもかかわらず、法肩付近に部分的な崩壊が連続するにとどまり、大きな侵食を受けるには至らなかった。なお、圃場には牧草が植えられていた。

この傾向は、この丘陵の他の2箇所 (Fig. 5のB,C) についても同様である。Bの箇所では、地表水は東西に分散して流れ、またCの箇所では道路に沿って南側へ排水される形状になっている。これらの箇所も1年目の豪雨で崩壊が発生し、2年目の降雨時では復旧工事は行われていなかったが、被害が拡大することはなかった。

Fig. 5のA法面では1年目の崩壊の翌年の秋、法尻にフトン籠を、法面中腹に柵工を設置するという一般的な工法で復旧工事が行われた (Photo 2)。また法面保護工として、種子散布工とムシロ張工が施された。その後植生は順調に生育し、復旧工事5年後にはススキや葛、ヤシャブシ等の進入が見られ、それまでに日雨量100mm近い雨 (総雨量では120-130mm) を数回経験したが侵食を受けることなく、法面の安定した状態が観察された (Photo 3)。高さ15mを超える法面であり両側が山林であることから、植生が繁茂した状態でも乱雑な感じは薄く、遠方からの観察では景観上の問題は特に感じられない。

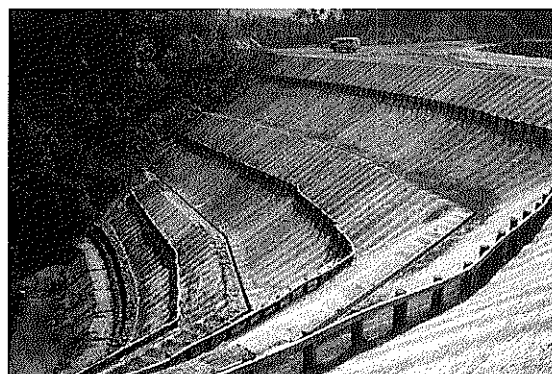


Photo 2 復旧工事直後の法面 (Fig. 5のA)
Slope just after reconstruction

b Hb圃場と法面

Fig. 6にHb圃場の旧地形と崩壊箇所等、Fig. 7にHb圃場の地表面形状と崩壊箇所等を示した。この圃場では、Fig. 2に示した1年目の崩壊発生時の豪雨により3箇所の法面崩壊 (Figs. 6, 7のB, C, D) が発生した (圃場造成後5年目)。Fig. 6からわかるように、法面崩壊はすべて盛土部 (勾配1:1.5) において発生している。これらの法面の内、BとCの2箇所は同年中に復旧されたが、翌年5月19日の降雨によって、Bと隣接する箇所でも再び法面崩壊が発生した (Fig. 7のA)。

現場の観察結果から、初めに圃場からの浸透水と降雨により盛土の表層部分が飽和し、このため表層崩壊が発生し、続いて法肩が崩落し、さらに集まって来た流水によってV字谷状に大きく侵食されたものと推定された (Photo 4)。Fig. 7からわかるように、A, Bの箇所は周囲よりも低くなっているため、圃場に降った雨のかなりの量が地表水として集まり、また砂質土の盛土部であるので地下浸透水も共に被災箇所の法面に集まり易い地形となっている。降雨強度が大きくて地表水が十分排水しきれない場合には、圃場に地表水が滞留して法面への浸透水が多くなりやすく、法面が飽和しやすい条件にあったと考えられる。なお、圃場ではこの時トウモロコシが栽培されていた。

また、Fig. 6のCの崩壊箇所は、圃場の傾斜が法面と逆方向 (南側に傾斜) であり、2年目の降雨では被災しなかった。

崩壊し侵食されたAの法面は、同年の秋に土砂で埋め戻され、法尻にフトン籠、法面中腹に柵工が設置され、また法面保護工として種子散布工とムシロ張工が施された (Photo 5)。補強工事後の2年目の年には2~3日間の連続雨量で100mmを越える雨が二度あったが、補強工事が効果を発揮していたと思われ、法面崩壊は発生しなかった (Photo 6)。この法面も、ヨモギやセイタカアワダチソウの他、ヤシャブシやエニシダのような木本類が進入し、その後、日雨量100mm近い雨を数回経験したが侵食を受けることはなく、復旧工事5年後には植生は十分に繁茂し、法面は安定していることが観察された (Photo 7)。

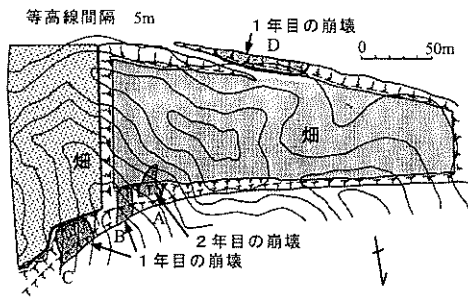


Fig. 6 開発前の地形とHb圃場の計画図

Topography before reclamation and planning of Hb farm

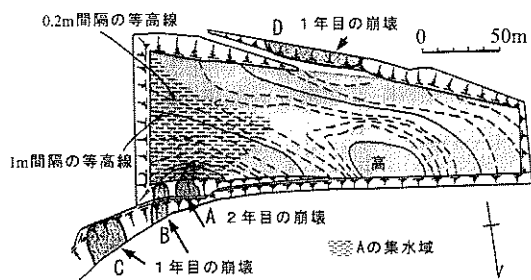
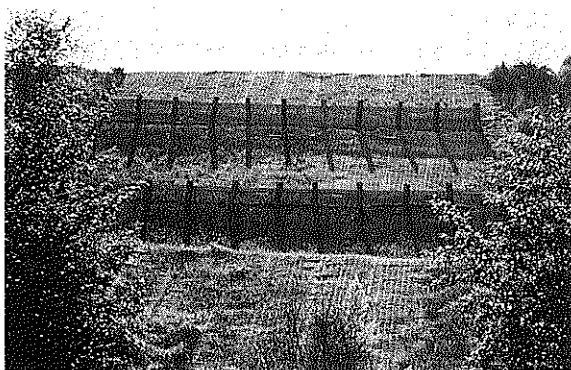


Fig. 7 開発後のHb圃場の地形

Topography of the Hb farm after reclamation

Photo 4 表層崩壊と流水による侵食 (Fig. 7のA)
Surface failure and erosion by runoff waterPhoto 5 復旧工事直後の法面 (Fig. 7のA)
Slope just after reconstructionPhoto 6 復旧工事2年後の法面 (Fig. 7のA)
Slope two years after reconstructionPhoto 7 復旧工事5年後の法面 (Fig. 7のA)
Slope five years after reconstruction

c Hc圃場と法面

Fig. 8 に、Hc圃場の旧地形と崩壊箇所等、Fig. 9 にHc圃場の地表面形状及び崩壊箇所等を示した。Figs. 8, 9のAの箇所はFig. 2に示した1年目の崩壊発生時の豪雨で法尻から崩壊が発生し（圃場造成後2年目）、同年に復旧工事が行われていたが、Fig. 3に示した翌年の降雨によって再び被災した。2年目の降雨の時点では、法尻に蛇籠工が設置され、法面中腹には柵工が施されていたので崩壊は発生しなかった。法面には種子散布工とムシロ張り工が施されていたが、復旧後の期間が短かったため植生は十分に生育しておらず、侵食に対する抵抗力は小さかった。被災後の現場を観察した結果、圃場に浸透し法面に浸出した水によって侵食されたものと推定された (Photo 8)。なお、圃場には牧草が植えられていた。

この箇所も沢を埋め立てた盛土であり、地表水及び地下水が被災箇所に流れ易い地形となっている。また、水路への土砂流入を防ぐため水路に沿って土のうが一列に並べられていた。このため圃場に水が滞留したと思われる。復旧工事のあと法面近くの圃場が裸地になっていたことも手伝って、圃場に滞留した水が法面に浸出し侵食を引き起こしたものと推定された。

また、この箇所の近くの法面 (Figs. 8, 9のB) も1年目の豪雨時に崩壊し、同年に復旧工事が行われていた。この箇所もA法面と同じように盛土部であり、また地表

水が集まりやすい地形となっている。ただし、法面直上部に南北に走る道路があり盛土が密に転圧されていたものと思われ、被災の程度は比較的小さく、法面小段の承水路とその周囲が崩落するに留まった。

この丘陵の別の箇所 (Figs.8,9のC) も1年目の豪雨で崩壊を起こしたが、この箇所の場合はFig.5のA法面の場合と同様に、地表水は法面と別方向に流れる形状をしており、2年目の降雨では被災を免れている。

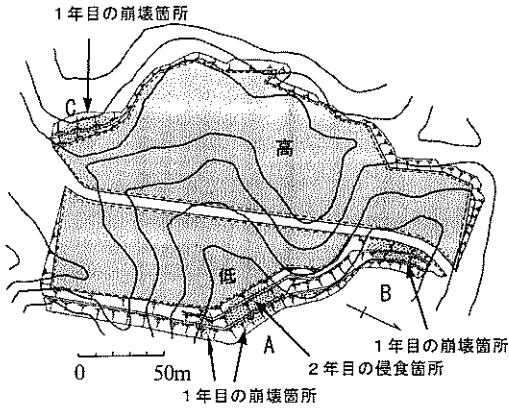


Fig.8 開発前の地形とHc圃場の計画図
Topography before reclamation and planning of Hc farm

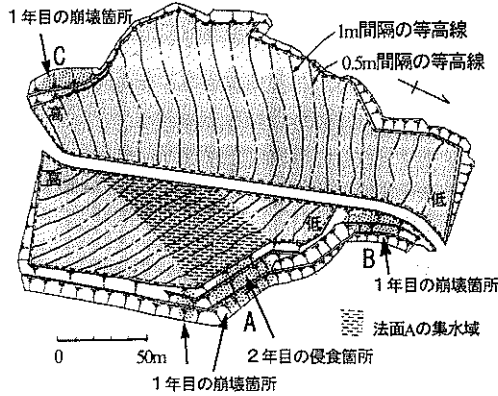


Fig.9 開発後のHc圃場の地形
Topography of Hc farm after reclamation

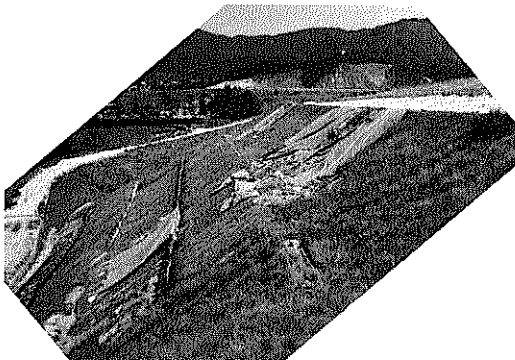


Photo 8 浸透水による盛土の侵食(Fig.9のA)
Erosion of embankment by seepage water

Figs.8,9のAの法面は、侵食箇所に土を埋め戻し、法面保護工として種子散布工とムシロ張工を施す方法で復旧され、2年後には植生が繁茂しているのが観察された。そして、その後の数年間に日雨量100mm近い雨を数回経験したが、侵食を受けることなく安定した。

d Hd圃場と法面

Fig.10に、Hd圃場の旧地形と崩壊箇所等、Fig.11にHd圃場の地表面形状と崩壊箇所等を示した。この圃場ではFig.2に示した1年目の崩壊発生時の豪雨により3箇所 (Figs.10,11のA,B,C) で崩壊を起こし (圃場造成後6年目)、同年に復旧工事が行われていたが、Aの法面が2年目の降雨で再び侵食された。これらの箇所も盛土部である。圃場の造成を行った事業所の担当者によると、Aの箇所は池と谷地田を埋め立てたところで、地盤が特に軟弱であったため圧密沈下を起こし、圃場面がかなり低下したとのことであった。このため地表水が集まりやすく、圃場が侵食されやすい地形となった (Photo 9)。また盛土法面Aの方向に圃場が傾斜していることも、法面に地表水が集まり易い原因となっている (Fig.11)。この箇所では、法肩が圃場面と同じ高さであったことと、また法肩に設置された承水路のU字溝が幅20cmと小さかったため、圃場の侵食土砂で埋没してしまい、集まってきた地表水が法面を流下して侵食を起こす結果となった (Photo 10)。

この箇所では、さらに翌年にも地表水が法面を流下して侵食を起こしていた。このため圃場の表土を一旦集積した後に客土を行い、圃場の傾斜方向を北から南に低下するようにして南側の切土部から排水するように修正する工事が行われた (Photo 11)。この工事は効果を発揮し、その後、日雨量100mm近い雨を数回経験したが侵食を受けることなく、工事の3年後には植生も十分に繁茂して法面は安定しているのが観察された (Photo 12)。

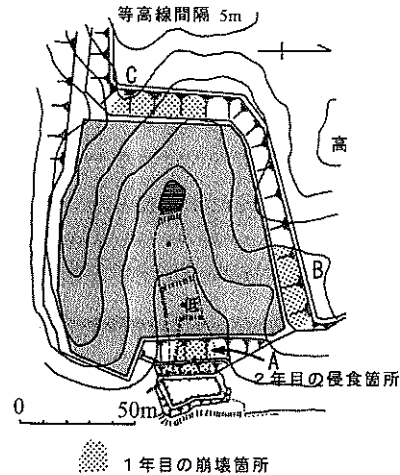


Fig.10 開発前の地形とHd圃場の計画図
Topography before reclamation and planning of Hd farm

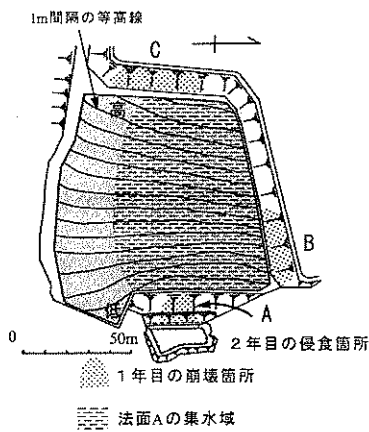


Fig.11 開発後のHd圃場の地形
Topography of Hd farm after reclamation

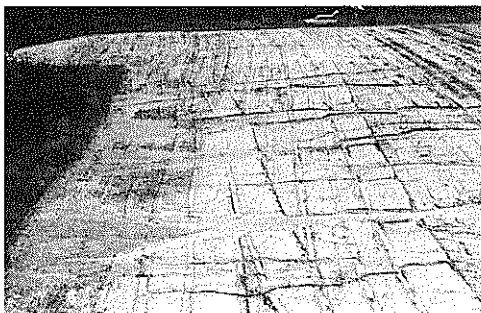


Photo 9 2年目の降雨による圃場のリル侵食 (Fig.11の圃場)
Rill erosion in farm by the second year Rainfall

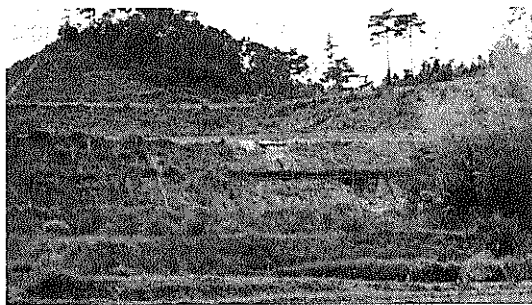


Photo 10 2年目の降雨により侵食された法面 (Fig.11のA)
Eroded slope by the second year Rainfall

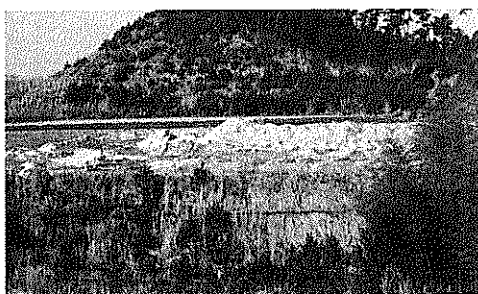


Photo 11 圃場面勾配の修正工事 (Fig.11のA, 3年目)
Modification work of farm inclination in the third year



Photo 12 圃場面勾配の修正工事3年後に安定した法面
(Fig.11の圃場)
Stable slope three years after the modification work

4 K地区における法面崩壊と侵食発生時の降雨量

この地区のT圃場では、9月18日の 104.5 mmの降雨 (Table 1) によって9箇所で法面崩壊が発生した (圃場造成後3年目)。法面崩壊が発生した日の2週間前までの降雨量をTable 1 に示す。またその翌年に、N圃場で造成直後の法面が浸透水により侵食され、この土砂が田植え前の水田に流れ込む被害が出た。この年の降雨量をTable 2 に示す。この雨量もまたT圃場で観測されたものであり、N圃場とT圃場の直線距離は約3.7kmである。

Table 1 T圃場の法面崩壊時の雨量 (mm)
Rainfall that slope failure occurred at T-farm

月日	降雨量 mm
9/8	19.5
9/13	9
9/14	33.5
9/18	104.5
合計	175

Table 2 2年目のT圃場の日雨量10mm以上の降雨量 (mm)
Rainfall over 10 mm/day at T-farm in the second year

月日	降雨量	月日	降雨量	月日	降雨量
4/1	12.5	5/24	30.5	7/15	14
4/5	27.5	5/28	12.5	7/18	34.5
4/10	17	6/5	34	8/9	12
4/13	29.5	6/8	19.5	10/9	34
4/22	16.5	6/19	14.5	10/15	32
4/30	48.5	6/20	13	10/20	62.5
5/15	19.5	6/21	94	11/10	12
5/17	10.5	6/30	48.5		
5/23	22	7/13	16.5		

5 K地区の法面崩壊と侵食の事例

a T圃場の法面崩壊と侵食

Fig.12に、T圃場の旧地形の等高線と造成後の圃場の

形状、及び崩壊箇所を示した。法面崩壊はいずれも盛土部において発生している。土壌に細粒分が多く (Fig. 1) , ブルドーザーで転圧しただけでは十分な剪断強度が得られないことが原因と思われる。特にNo.9の箇所は、法尻にフトン籠が設置されていたにもかかわらず法面崩壊を起こしている (Photo 13)。また、法面崩壊の規模の大きなものはNo.4 (Photo 14) である。この箇所は旧沢地形であり浸透水が集まりやすいこと、土の剪断強度に対して盛土の規模が大きく、標準的な勾配 (1:1.5) では急勾配すぎたことが、結果的に崩壊した原因と思われる。

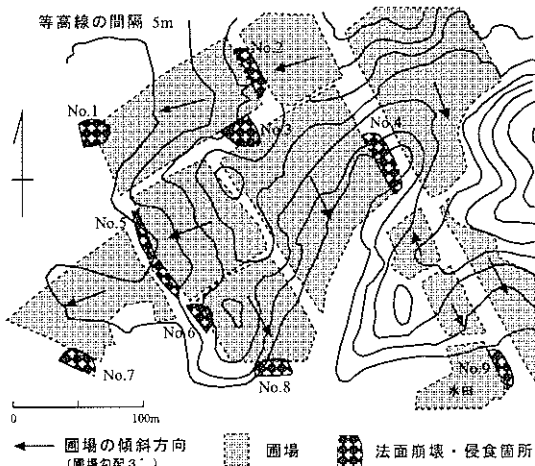


Fig.12 T圃場の旧地形と造成後の圃場の形状
Topography before and after reclamation of T farm

法面崩壊の後に、侵食により法面から土砂の流出が観察された箇所はNo.1, No.2 (Photo 15) , No.5であった。これらの箇所はいずれも、崩壊した盛土法面に向かって圃場が傾斜している。ただし、この圃場では既に営農が始まっており、圃場が分割され畦で区切られていたため圃場の地表水は分散して排水され、また土壌侵食対策のため畝間に藁や粗朶が置かれていたため、地表流出水は緩慢に圃場を流れたものと思われ、崩壊した盛土法面の侵食は比較的軽微に留まった。No.8の箇所は、法肩は崩壊しておらず、また圃場は同様に分割排水されていたため法面の侵食は起きなかった。

法面崩壊が発生して一年半後の冬に、この圃場の復旧工事が行われた。この地区では法尻にフトン籠を、法面中腹に暗渠工を設置し、法面保護工として種子散布工を施工した (Photo 16)。補強工事は効果を発揮したように思われ、復旧工から5年目の冬には植生も定着し (Photo 17) , 8年目の夏には多くの法面に葛が生い茂っていて、法面は安定していることが観察された (Photo 18, この間、日雨量100mm以上の降雨を数回経験している)。また管理については、Photo 18のように法面の下部だけが草刈りされているだけでも清潔な印象を与えるので、侵食防止上の効果と景観維持、管理の省力化等の面から、法面の草刈りは部分的に行う方が良い場合もある。



Photo 13 No.9の法面崩壊
Slope failure at No.9 slope



Photo 15 No.2 (遠方) 及びNo.3 (手前) の法面崩壊
Slope failure at No.2(distance) and No.3(near) slope

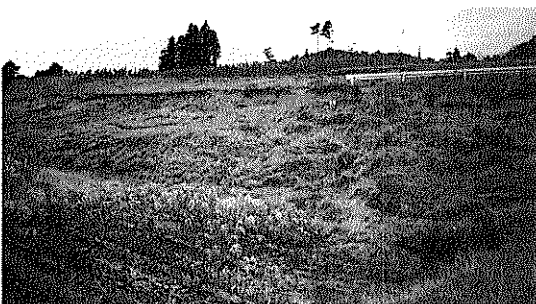


Photo 14 No.4の法面崩壊
Slope failure at No.4 slope

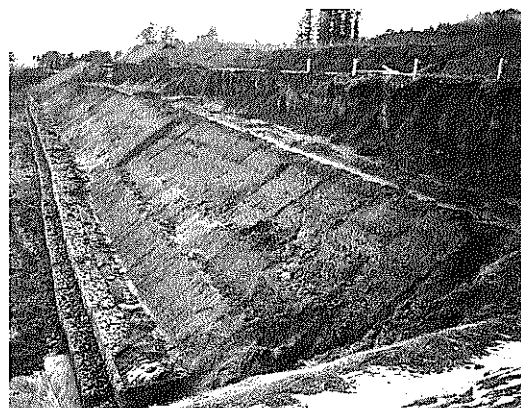


Photo 16 No.4法面の復旧工事
Reconstruction work of No.4 slope

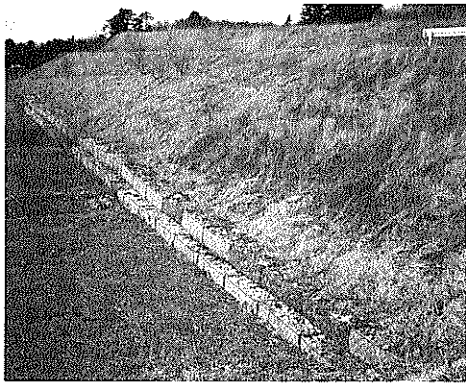


Photo 17 復旧工事後5年目のNo.4法面

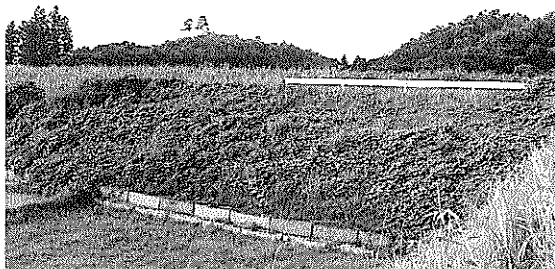
No.4 slope in the 5th year after reconstruction

Photo 18 復旧工事後8年目のNo.4法面

No.4 slope in the 8th year after reconstruction

Photo 19 復旧工事後8年目のNo.2法面

No.2 slope in the 8th year after reconstruction

b N圃場の法面侵食

Fig.13に、N圃場の旧地形、Fig.14に造成後のN圃場の地形及び侵食された盛土法面を示す。

この箇所では山林を掘削して開畑を行い、同時に谷地田を埋め立てて圃場整備を行った (Fig.13)。造成直後の春先に降雨があり、法面の表面が圃場からの浸透水により侵食された (Photo 20)。造成当初の圃場面は盛土に向かって傾斜しており (Fig.14, 畑a)、地表水が法面付近に集まり易い地形になっていたため、この畑圃場から法面に浸出したものと思われる。

法面が安定せず、侵食された土砂が水田に流れ込むため、同年7月に畑aの圃場面勾配を逆方向に修正し、法面中腹に暗渠工を、また犬走りに立砂流出を防止するための柵工を補強する工事が行われた。この後、10月20日にまとまった降雨があったが (Table 2)、盛土から浸透し法面へ滲出した浸透水の量は大幅に減少したものと思

われ、4箇所部分的な侵食が見られたのみで、侵食も大幅に減少した (Photo 21)。

この法面では、その後、補強工事後6年目の冬までに日雨量100mm以上の降雨を数回経験したが、工事直後と比較して法面の侵食は発達せず、9年目の夏には初期に吹き付けた草の上に葛が生育して法面の大半を覆い、植生と土質はともに安定した状態であることが観察された (Photos 22,23)。

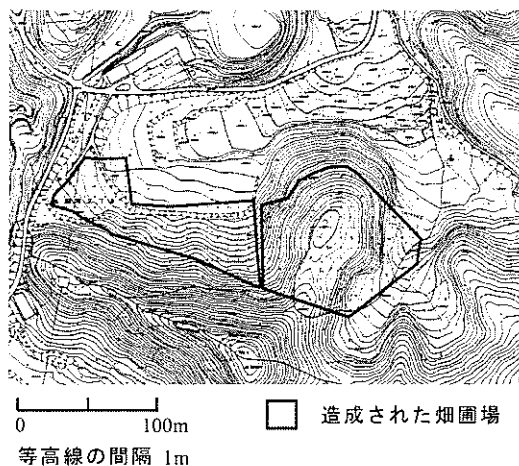


Fig.13 N圃場造成前の地形

Topography of the N farm before reclamation



Fig.14 N圃場造成後の地形

Topography of the N farm after reclamation

Photo 20 浸透水により侵食された盛土法面
Eroded embankment slope by seepage water

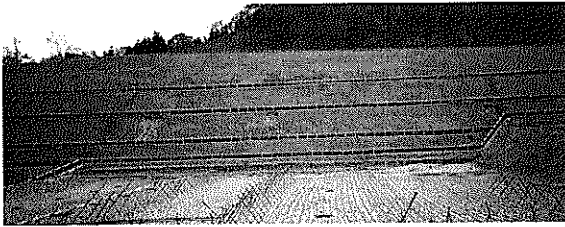


Photo 21 補強工事後の盛土法面
Embankment slope just after reconstruction

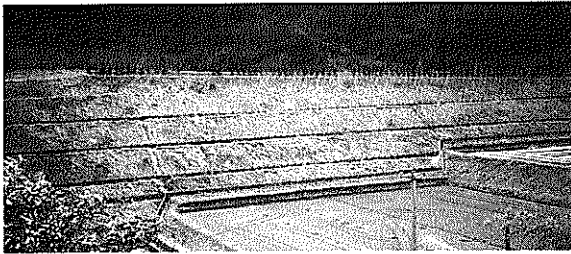


Photo 22 補強工事後6年目の盛土法面（冬）
Embankment slope in the 6th winter after reconstruction

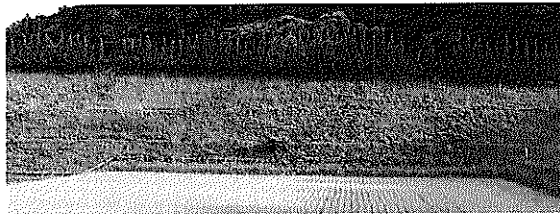


Photo 23 補強工事後9年目の盛土法面
Embankment slope in the 9th year after reconstruction

III 限界降雨量と盛土の集水面積及び対策工

H地区、K地区とも、崩壊・侵食はいずれも盛土法面で発生していた。マサ土地帯の農地開発に伴う法面崩壊について、高橋ら（1985）は、崩壊箇所はいずれも旧沢地形であり、盛土施工前における湧水処理工の不十分な箇所が多いことを述べている。今回の事例においても盛土において崩壊が発生していることは同様であるが、今回の事例では特に旧沢地形でなくても、一般の盛土において法面崩壊が多く発生している。

網干（1972）は、呉市の自然斜面において崩壊が発生した時の降雨量を、崩壊が発生した当日の日雨量と、崩壊発生前2週間の積算雨量とを用いて整理し、崩壊発生時の限界降雨量を示している。H地区、K地区の災害発生時の降雨量を、この方法で整理して比較してみると（Fig.15）、H地区1年目の降雨量は、呉市において大災害が発生したとされる限界降雨量を超えているが、H地区2年目の降雨量及びK地区T圃場の降雨量は小災害が発生したとされる限界降雨量以下であったことがわかる。H地区1年目の崩壊の場合は、Fig.5のAの法面に簡単な暗渠が設置されていた以外に、ほとんどの法面に暗

渠排水工が施されていなかったこと、法面が飽和した場合には崩壊が発生しやすい法面勾配であったこと（古谷・小倉，1999）等が豪雨により被災した原因と思われる。

また、H地区2年目及びK地区T圃場の崩壊が、日雨量100mm前後の降雨で発生したことは、これらの法面が特に被災しやすい特質を持っていたことを裏付けている。H地区のFig.7のAの事例では、抵抗力の小さな盛土法面に水が集まり易い地表面形状であったこと、法面が飽和した場合に表層崩壊を起こし易い法面構造であったことが、2年続けて大きく被災した主な要因と考えられる。

Fig.7のAの法面の他に、Fig.9のA,B、Fig.11のA法面などが被災を繰り返している。Table 3 に法肩の長さ（崩壊の幅にほぼ等しい法肩の長さ）と法面に設置されたシュート工の位置を考慮したと地表面形状から判読したその法肩に対する集水面積、単位幅あたりの集水面積（集水面積/法肩の長さ）を示した。これから、2年目も繰り返し被災したこれらの法面は、単位幅あたりの集水面積が相対的に大きくなっている。このことから、圃場の地表面形状と排水路の設計が災害を軽減する重要な要因であると考えられる。盛土の方向に圃場面が傾斜している場合には、降雨時に地表水及び浸透水が盛土法面付近に集まり易く飽和しやすくなるため、崩壊・侵食の危険性が大きくなるようである。

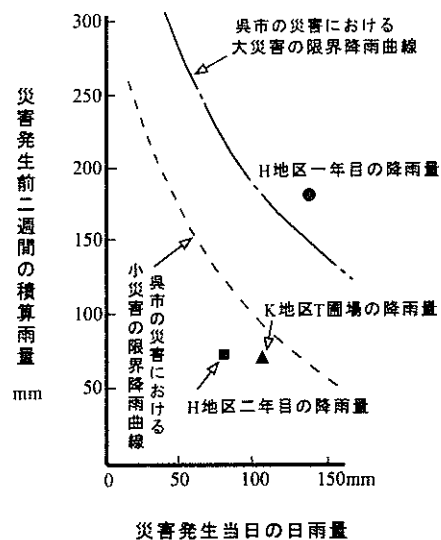


Fig.15 災害発生時の降雨量
Rainfall when disasters occurred

K地区T圃場の法面崩壊の場合は、土の剪断強度がかなり小さく（H地区と比較した場合、 ϕ_i が 11° 小さい）、法面勾配はH地区と同じ1:1.5であり、かつ暗渠工や柵工など、特段の補強工が施されていなかったこと等が主な原因と思われる。また、この圃場においても、圃場が盛土法面に向かって傾斜している箇所は、法面崩壊とと

もに土壤侵食が起きているところが多い。一般に盛土法面は切土法面と比較して地盤の強度が弱いので、この付近に地表水及び浸透水が集まらないような圃場の形状が防災上望ましいが、やむを得ない場合には排水路と暗渠及び法面の設計に十分な対策が必要である。圃場の地表水をできるだけ分散して排水すること、あるいは土工量はいくぶん増大しても、圃場を切土部の方向に傾斜させて比較的抵抗力の強い切土部から排水させることが、崩壊や侵食を軽減するために有効であると思われる。H地区Hd圃場とK地区N圃場の場合は、圃場面の傾斜方向の修正が効果を発揮した例と言える。

Table 3 盛土の集水面積と法肩の長さ
Catchment area of embankment and width of top of slope

盛土法面	① 集水面積 (m ²)	② 法肩の長さ (m)	①/② (m ² /m)
Fig.5, A	1806	82	22
Fig.5, B	1361	43	32
Fig.5, C	1556	30	52
Fig.7, A,B	3939	61	65 *
Fig.9, A	2898	50	58 *
Fig.11, A	4970	57	87 *

* ……2年目の被災箇所

農地における盛土法面の崩壊対策としては、最深部に暗渠工を施し、法尻にフトン籠を設置するのが一般的であるが、圃場の地表水や浸透水が盛土部に集まり易い所では、盛土の法尻対策とともに法肩から法面中腹にかけても対策が必要となる。また、法肩が崩落した場合には流水による侵食被害が大きくなりやすいので、法面上段の崩壊対策も重要である。法面勾配を緩くできない場合には、法面の転圧を強化すること、盛土部に進入する水を法面中腹の暗渠で排除すること、盛土を柵工やジオテキスタイルで補強すること等が必要である。法面の転圧を強化した場合、圃場の排水不良により湿害が起きる危険性もあるが、法面中腹にジオテキスタイルの排水シートを埋設して転圧することで、盛土を補強すると同時に排水性を向上させた地区もある（広島中部台地開拓建設事業所, 1998）。この地区では盛土の勾配は標準の1:1.5で、H地区の1年目及び2年目と同様な降雨を経験したが、崩壊はほとんど発生していなかった。

長期的には、法面表層は植生の生長により安定するので、侵食対策としては法面に追肥を行うなどして植生の生育を急ぐことが効果的である（小倉ら, 1992）。また施肥は木本類の進入も助け（小倉ら, 2000）、崩壊に対する抵抗力を増やすことにも効果がある。

IV 今後の課題

今回の調査では、現場の観察に基づく推定と圃場の造形成態の特徴、土の強度についての検討等を中心に取り纏めた。法面崩壊が発生した時に盛土の飽和度（間隙水圧の分布）がどの程度であったかについては、事後の調査からは知ることができないため、安定解析からの厳密な検討には限界があった。また、降雨によって盛土の間隙水圧がどのように上昇したかなど、シミュレーション技術からは、現状では正確に再現することは難しい。

一方、盛土法面が表面まで飽和した場合にも、すべての箇所安全率が1.0以上となるように設計した場合には、不経済な設計ともなりかねない。基準とする確率降雨により、圃場の形態ごとに盛土の間隙水圧分布がどの程度になるのか、目安となる指針が必要である。今回のH地区の事例では、盛土の集水面積が58m²/m以上の法面で被災を繰り返していたが、このことは降雨のパターンと圃場勾配、土質特性に基づく地盤の透水性、盛土の安全率等により変化することがらである。崩壊・侵食の危険箇所を事前に判定し、より適切な圃場造成の指針を確立していくためには、現場での実測データを蓄積するとともに、降雨による地盤の地下水流動や間隙水圧の変化等を三次元的に予測するシミュレーション技術と安定解析技術、侵食予測技術等の向上が重要であり、今後の技術開発に期待するところが多い。

V 結 言

降雨による農地法面の崩壊と侵食事例を調査した結果、法面崩壊はいずれも盛土法面で発生したこと、及び切盛土工と圃場面の傾斜方向が被災と重要な関わりを持っていることがわかった。特に、圃場面が盛土方向に傾斜し、その集水面積が大きくなると法面崩壊を起こしやすいばかりでなく侵食も受けやすくなり、被災を繰り返す傾向がある。従来、地表水の分散排水が圃場の侵食を軽減するのに有効であると言われてきたが、地表水を分散して排水し、かつ圃場の傾斜方向に留意して盛土に地表水が集中するのを避けるようにすることが、傾斜地の農地整備において盛土法面の崩壊や侵食を防止する上でも重要である。また、法面の施肥等のメンテナンスを行って植生を育てることが、長期的に、崩壊や侵食を防止する上で効果がある。

参考文献

- 1) 網干寿夫(1972): 集中豪雨とマサ土斜面の崩壊, 施工技術, Vol.5, No.11, p.39-46

- 2) 小倉力, 根本清一, 余田康郎, 古谷保, 中尾誠司, 加藤盛夫(1992): 開発農用地法面緑化工における追加施肥の効果, 農業土木学会誌, 第60巻5号, p.39-44
- 3) 小倉力, 古谷保, 根本清一, 余田康郎(2000): 開発農地法面への木本の侵入に対する肥料袋設置の影響, 農業土木学会論文集, 第206号, p.279-284
- 4) 高橋貞三, 佐々木孝吉, 生出洋(1985): マサ土地帯における盛土法面の崩壊について, 昭和60年度東北支部講演会講演要旨, p.126~129
- 5) 広島中部台地開拓建設事業所(1998): 広島中部台地事業誌, p.173
- 6) 古谷保, 小倉力 (1999): 「反力計測型一面剪断試験機」における周面摩擦の補正法と斜面安定問題への適用, 農工研技報, 第197号, p.25-37

Examples of Failure and Erosion in Embankment Slope and its Characteristic Configuration of Reclaimed Farm

FURUYA Tamotsu, OGURA Chikara , NAKAO Seiji and KATO Takashi

Summary

The authors studied failures and erosions occurred in slopes of two reclaimed farms and its characteristic configuration. The authors also studied the conditions, such as stability and growing of vegetation in slopes after several years passed from reconstruction works. As the result, it is shown that all slope failures occurred in embankment slopes, and that there is an important relationship between the disaster of slope and direction of farm inclination in cut and embankment work. Especially, not only slope failure but also erosion apt to occur in case that the surface of farmland inclines to embankment slope, and that catchment's area of embankment slope is comparatively large. It has been recognized that divided surface drainage of farm is effective to decrease the erosion in farmland. Furthermore, farming system by the divided surface drainage and design of farm inclination in cut and embankment work not to concentrate surface drainage water to embankment are also important to decrease seepage water to the slope, and to prevent slope failure and erosion in embankment slope.

It was also observed that embankment slopes were stable and vegetation at slopes grew several years after reconstruction works.

Keywords: Farm consolidation, Red-yellow soil, Slope failure, Erosion, Farm configuration