

第5章 侵食防止対策

土壌侵食について世界的レベルで見た場合、1980年にアメリカの Soil Conservation Service の報告の中で、全耕地平均で年間にhaあたり約9トン、すなわち表土の約1mmの厚さが水と風による侵食で失われるとされた。また、旧ソビエト、インド、中国、アフリカ等でも同様に激甚な侵食が指摘され、全体としてみると、世界の耕地の4分の1あるいは3分の1にも達する面積が侵食による影響を受けているといわれる¹⁾。

日本における土壌侵食の状況は、これらの国に比べるとかなり小さい規模であるといえる。なぜなら、わが国においては表-5.1のように森林が国土面積の65%を占め、平坦な水田が耕地の半分を占めているからである。しかし、近年は中山間部傾斜地の開発や造成による耕地面積の拡大が図られ、侵食の生じやすい状況となってきた。また機械化にともなう耕作法の変化等も侵食を加速する方向に働くことが多い。このように、土壌侵食は小規模あるいは局部的とはいえ、増加の傾向をみせている。

1993年8月6日、鹿児島で戦後最大級の豪雨のため発生した土石流による大規模な斜面崩壊があったのは記憶に新しいところである。

表-5.1 日本の土地種類別面積²⁾

平成2年8月1日現在、単位：1,000ha

	総面積	耕地			森林	その他
		田	畑	計		
	37,774	2,846	2,397	5,243	24,588	7,943
総面積に対する割合	100 %	—	—	13.9 %	65.1 %	21.0 %
耕地面積に対する割合	—	54.3 %	45.7 %	100 %	—	—

土壤侵食によって失った土は、人為的に元に戻さなければほとんどの場合、不可逆的な損失となるばかりか、肥沃な土を流出するため、生産の面でも大きなマイナス要素となるのである。

津軽地方りんご園においても土壤侵食を起こしやすい状況であること、つまり発生要因のひとつとして第3章では園地の地形について一般に傾斜が急であること、また第4章では特殊土について地域によって耐水性が小さいしらすが分布していることを述べた。この章では、土壤侵食の主体をなす降雨による侵食すなわち水食を対象とした傾斜地りんご園の侵食防止対策について述べることにする。

5.1 水食の種類

降雨、融雪および地表面流出水により生ずる水食は、その形態と程度によって、一般に次の三種類に大別している³⁾。

- (1) 面状侵食 (sheet erosion) … 地表流出水が斜面全域にわたって薄い層をなして流下し表土を面状に薄く運び去る現象であり、その被害の程度が顕著でないため放任されがちである。
- (2) リル侵食 (rill erosion) … 細流侵食とも呼ばれ、地表流出水が斜面を平らに流下せず、細かく分かれた水みちを主として流れ、地表に細く浅い溝 (リル) を作る現象であり、アメリカでは面状侵食に含めている。
- (3) ガリ侵食 (gully erosion) … リルが拡大して次第に深い溝を作る場合、あるいは畑の畦間、踏み跡、道路、斜面のたるみなどに流出水が集まって深い排水路のような溝を作る現象である。

上記のほかに、浸潤による崩壊がある。これは火山灰質土壤、特にしらす台地等において顕著にみられる侵食の形態で、台地の排水処理が不完全なため台地表土層の凹部に水が集まり、それがいったん地中へ浸透した後、がけの中間部または下部から湧出して斜面を崩壊させる現象である。

5.2 水食発生要因

水食を生ずる第一の要因は、降雨であることは言うまでもないが、その他にも多くの要因が関連している。水食発生要因を整理すると、①降雨、②地形、③地質および土壌の性質、④地表および植生状態、⑤融雪および解氷が挙げられる。

5.2.1 降 雨

降雨は、雨滴のエネルギーにより土の粒子を分離し、飛散させる作用をもっており、また地表流出水により土の粒子を浮遊させて運搬する作用もある。降雨は、図-5.1 (b) のように傾斜地においてはその一部が地下に浸透するが、浸透しなかった水は地表流出水となる。この流出水の中に土の粒子が含まれていなければ、侵食は起こらない。また、図-5.1 (c) のようになっていると、水は一時貯えられ、その間に地下に浸透して行く。

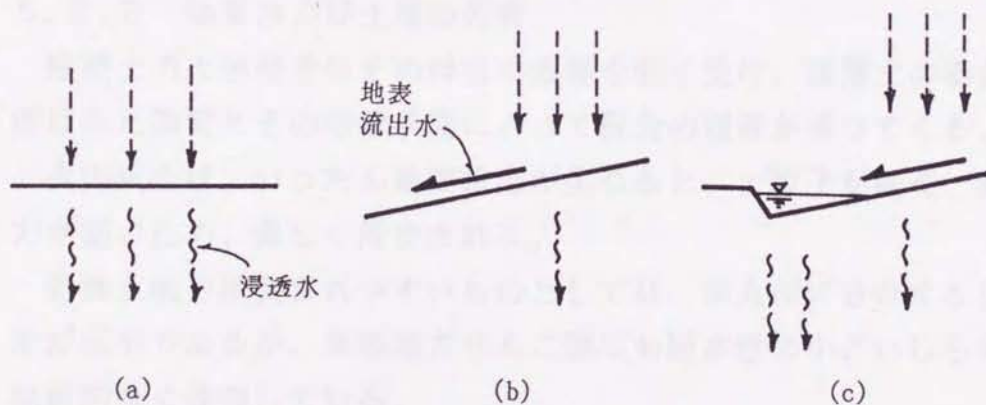


図-5.1 地表流出水の発生⁴⁾

降雨は、その量、強度、継続時間、分布等が流出量および土壌流亡量に影響を及ぼすが、特に降雨強度は侵食発生の大きな要因である。降雨強度がある程度以上になると侵食が発生し、その時の降雨

強度を限界降雨強度という。限界降雨強度は、土の性質、表層土の湿潤状態によって異なり、一般に 2 ~ 3 mm/10 min 程度とされている。限界降雨強度以上の雨を危険降雨といい、危険降雨の起こる時期は、日本の大部分の地域で 5~10月に当たる。

5.2.2 地 形

土壌侵食は地表流出水の大小によって左右され、地表流出水は、地形によって大きく影響される。一般に流域内土壌の透水性が低下するほど、また地表傾斜が急になるほど地表流出が増大し、土壌は激しく侵食される。やや透水不良の土壌では地表傾斜 15~ 18° ぐらいから土壌流亡が急増する傾向がある。

斜面長については、一般に長いほど水食による土壌流亡量が大きくなるといわれているが、透水性の大きい土壌ではあまり侵食に関係なく、透水性が不良になるほど斜面長の影響が強く現れるようになる。

5.2.3 地質および土壌の性質

残積土の土壌侵食はその母岩の影響を強く受け、運積土の場合は運ばれた物質とその堆積状態によって侵食の程度が違ってくる。

火山灰土は、いったん地表流出が生じると、土粒子が軽く、凝集力が弱いため、激しく侵食される。

特殊土壌で侵食されやすいものとしては、南九州に分布するしらすが有名であるが、津軽地方りんご園にも耐水性の小さいしらすが比較的多く分布している。

5.2.4 地表および植生状態

地表に凹凸や障害物が多いと、地表流出水の掃流力が減少し、流下中に地中に浸透する機会が増えるため、土壌流亡は少なくなる。

植生による水食防止の効果は、降雨の遮断、雨滴の打撃に対する土壌面保護ならびに地表流出水の掃流力の減少として現われる。このほか根の発育による土壌の団粒化および植物の死滅による管状間

隙の形成によってその効果は増大する。また、腐食の生成は主として植生によるため、植生が土壌流亡に及ぼす影響は大きい。裸地からの流亡土量を1とした場合の各種作付地からの流亡土量の割合の一例を表-5.2に示す。

表-5.2 各種作物の土壌侵食比⁵⁾

作物	土壌侵食比	作物	土壌侵食比
牧草	0.007	除虫菊	0.342
エンバク	0.093	アスパラガス	0.400
雑草	0.202	カンショ	0.433
春まきコムギ	0.213	トウモロコシ	0.747
バレイショ	0.301	ダイズ	0.756

5.2.5 融雪および解氷

豪雪地帯において融雪期に地表面が露出している部分では、流出水により侵食を起こしやすい。それは融雪期には、土層が過湿状態にあり、浸入能が低下しているため流出しやすい状態となっているからである。

また、寒冷地においては地下に凍結層をつくり、これが不透水層となり、上部では解氷が進み、その融けた水分は地表流出してリル状の侵食を生じる。このリルは、夏の強い雨によって拡大され、ガリ侵食となることがある。

5.3 侵食による被害

傾斜地りんご園は、表土が薄く、有効深度の浅い園地が比較的多い。土壌侵食による被害は、表面上では表土が次第に少なくなつて耕土が失われることであるが、その中味は流出水とともに強制的に肥料養分が流失してしまうことであり、また表土自体の流亡に伴つ

て腐植と無機養分が流亡し土壌構造が悪化するということである。
 土壌侵食がりんご樹の生育に与える影響を表-5.3 に示す。

表-5.3 土壌侵食がりんご樹の幹周
 および樹冠容積に及ぼす影響 (渋川、1952) ⁶⁾

侵食等級	幹周 (cm)	樹冠の半径 (m)	樹冠の高さ (m)	樹冠容積 (m ³)
1 (弱)	112.2	4.30	3.81	139.6
2 (中)	102.9	3.79	3.07	84.4
3 (強-1)	93.8	3.69	2.59	64.5
4 (強-2)	95.5	3.73	2.58	65.4

表-5.3 によれば、土壌侵食が激しくなるにつれて、幹周や樹冠容積などの生育が劣る調査結果となっている。

5.4 侵食防止対策

5.4.1 水食防止の留意事項

侵食を防止するためには、前述した水食発生要因を除去するか、それらに対応する措置をとればよい。水食防止の留意事項⁷⁾としては次のとおりである。

- ① 雨水の地下浸透を促し、地表流出水をできるだけ少なくすること。
- ② 地表流出水の流速をできるだけ小さくし、地表集中流が生じないようにすること。
- ③ 集中する水を安全に流下させるように排水路を整備すること。
- ④ 土壌の耐食性を高めるとともにほ場が裸地状態でおかれる期間を極力短くすること。

また、水食を防止する手段としては、工事段階での水食防止法と、

営農面での水食防止法があり、両者を適切に組み合わせることにより、効果的な水食防止が可能となる。

5.4.2 一般の樹園地における侵食防止対策

一般の樹園地における侵食防止対策について、新規造成も含め、表-5.4のように整理した。

表-5.4 侵食防止対策

	侵食防止対策	防止効果	工事費	備考
土 木 的 防 止 法	ほ場面勾配の 修正緩和	地表流出水による掃流力の減少 集中流の回避	高	新規造成なら可 既成樹園地では不可
	承・集・排水路の 系統的配置	地区外からの流入水の遮断 降雨の分散流下で掃流力の減少	高	設備への土砂埋没有 維持管理必要
	構造物・植生工に よる法面保護工	雨滴の打撃による土粒子の飛散防 止および掃流力の減少	高	周辺景観配慮
	その他、土砂溜、土層改良など		高	
営 農 的 防 止 法	草生促進	雨滴の打撃力および掃流力の減少 根の発育による土壌の団粒化	安	深耕や有機物施用と 併用
	深耕と 有機物施用	雨水の地下浸透の促進 保水力の増大	安	弱い面状侵食なら可 それ以上は他と併用
	マルチング	雨滴の打撃力および掃流力の減少	安	部分的、応急処理法
	土壌改良	土の団粒化の促進	安	有機物投入など
	その他、等高線栽培、畝切りなど		安	

表-5.4において、例えば、ほ場面勾配の修正緩和は、既成園の場合、りんご樹の伐採やその後の植栽などにより、収穫を得るまでの間、農家には経済ブランクが生じる。それを解消しなければ、この工法は現実的には不可能である。同様にまた、農家個人に大きな負担のかかるような公共的事業として行う大規模な土木的水食防止工法は、採用できないと思われる。

5.4.3 しらす地帯傾斜地りんご園の侵食防止対策

前述したように、既成園においては原傾斜の修正緩和は不可能であるため、他の工法を考える必要がある。また、しらすという耐水性の小さい特殊土が存在する点も考慮し、以下にしらすが分布する傾斜地りんご園の侵食防止対策について述べることとする。

(1) しらすの土性改良

しらすの耐侵食性を増進するため、しらすと鉱質土（たとえば褐色森林土など）あるいはスレーキング作用に対して安定している有機質土と混合し、土性改良を行う。

(2) 牧草による草生促進

表-5.2 によれば、牧草は土壤侵食比が0.007 と非常に小さく、侵食に対し、優れた効果を持っており、降雨の遮断、雨滴の打撃に対する土壤面保護、地表流出水の掃流力の減少、根の発育による土壤の団粒化などが期待できる。牧草が生育するようになれば、ほとんどの侵食は防止できる。ただし、傾斜地の場合、表土が流亡し牧草が生育しにくい状態になっていることもあるので、深耕や有機物施用などの土壤改良を充分行ってから播種するよう留意する。

牧草による草生栽培の方法⁸⁾を以降に示す。

草生栽培は、耕起→整地→播種→鎮圧の手順で行う。

① 耕起と整地

既成園における播種期は9月上旬を目標とし、播種10日前頃から耕起を繰り返して雑草を少なくする。傾斜地では全園を一度に耕起すると土壤侵食が起こりやすいため、播種部分だけとする。宿根性雑草は、耕起の際に拾い集め園外に捨てる。

② 播種

牧草の草種と播種量は、表-5.5 のとおりである。部分草生栽培では播種面積が全面草生より少なくなるため実面積に応じて播種量を決める。部分草生とは、図-5.2 に示すように、樹間部を牧草とし、樹冠下は牧草を播種しない方法である。現状においては、養水分との競合の点から全面草生より部分草生の方が有利と考えられている。

表-5.5 牧草の種類と部分草生した場合の10a当たり播種量⁸⁾

区 分	草 種	播 種 量
マメ科	ラジノクローバー	1.0 kg (2 g)
イネ科	チモシー	1 ~ 1.5 # (2 ~ 3 #)
	ペレニアルライグラス	1 ~ 1.5 # (2 ~ 3 #)
	ケンタッキーブルーグラス	1 ~ 1.5 # (2 ~ 3 #)
	ベントグラス	2.0 # (4 #)

注：()内は1㎡当たり

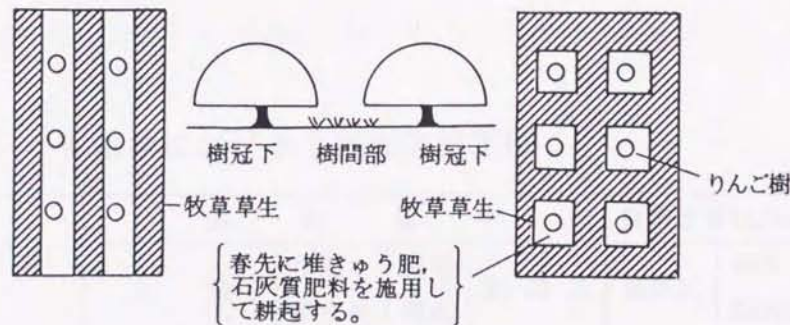


図-5.2 部分草生栽培⁸⁾

播種は、5月から9月までの期間中で土壌に湿りのある時であればいつでも良いが、雑草に負けないで牧草の揃えを良くするためには9月上旬がよい。

③ 鎮圧

播種後、ローラー、ドラム缶、ぬれむしろなどを引いて覆土、鎮圧する。

④ 播種後の手入れ

いずれの牧草も発芽後1から2か月は生育が鈍く、他の雑草に負けるため、高刈りして牧草を保護する。また、成育する前に強い降雨があり侵食したり、牧草の揃えが不良でムラがある場合は、早めに手当てをしたり手直しをする。

(3) その他の対策

- ① 耐水性の小さいしらすを地表面に露出させないようにする。
- ② しらすの不攪乱土は、スレーキングを起こしにくいことから、耕作道などはできるだけ切土の状態にする。

以上、しらすが分布する傾斜地りんご園における侵食防止対策について牧草による部分草生栽培を主に述べたが、植生の効果については1960年から1972年にわたって土壤保全事業により各地の農業試験場で行われた研究⁹⁾でも明らかである。その研究結果として裸地区と標準栽培区の土壤流出量の年平均値を示すと表-5.6のとおりである。

表-5.6 各地域における土壤流出測定値⁹⁾

実施場所	試験条件				流出土量(t/ha/年)		
	土壌	年間降水量	ほ場傾斜	斜面長	裸地区	標準栽培区	
北海道士別市	褐色森林土	663	10°	15, 30m	3.1	1.6	*a
岩手県一戸町	黒ボク土	598	8°	15m	16.6	1.3	*b
群馬県前橋市	淡色黒ボク土	1,000	6°	18m	32.9	0.6	*c
静岡県御殿場市	淡色黒ボク土	2,506	6°	20m	7.1	3.0	
愛知県豊橋市	細粒赤色土	1,678	6°	20m	13.1	0.1	
福井県金津市	黒ボク土	2,329	6°	15m	31.7	1.8	
長崎県諫早市	細粒黄色土	2,112	8°	15m	115.4	2.6	
平均					31.4	1.6	

*a= 6~10月、 *b= 6~9月、 *c= 4~11月

表-5.6によれば、侵食量としては斜面長が短いため全体的に大きな値を示していないが、地域による違い、裸地と栽培による違いは明白であり、畑作物の栽培によって土壤流出量(侵食量)が、裸地区の約20分の1になっている。これは侵食に対する植生の効果がいかに大きいかを表している。

よって、侵食防止対策としては、既成園や新規造成を問わず、経済的にも有利な牧草の草生をまず第一に考えるべきかと思う。

第6章 耕作道の現状と管理

青森県における農作業事故の発生状況は図-6.1 に示すとおりである。図-6.1 によると、事故発生件数では昭和54年をピークに減少の傾向にあるものの、昭和50年から平成3年までの17年間で 282 件発生しており、死亡者は 158人、重軽傷者は 139人となっている。また機種別事故発生割合は図-6.2 に示すとおりであり、乗用トラクターが最も多く47%近くを占めている。三番目に防除機いわゆるスピードスプレーヤ（以下、「SS」と称する）によるものが11%以上もあり、傾斜地りんご園の多い青森県の特徴と思われる。

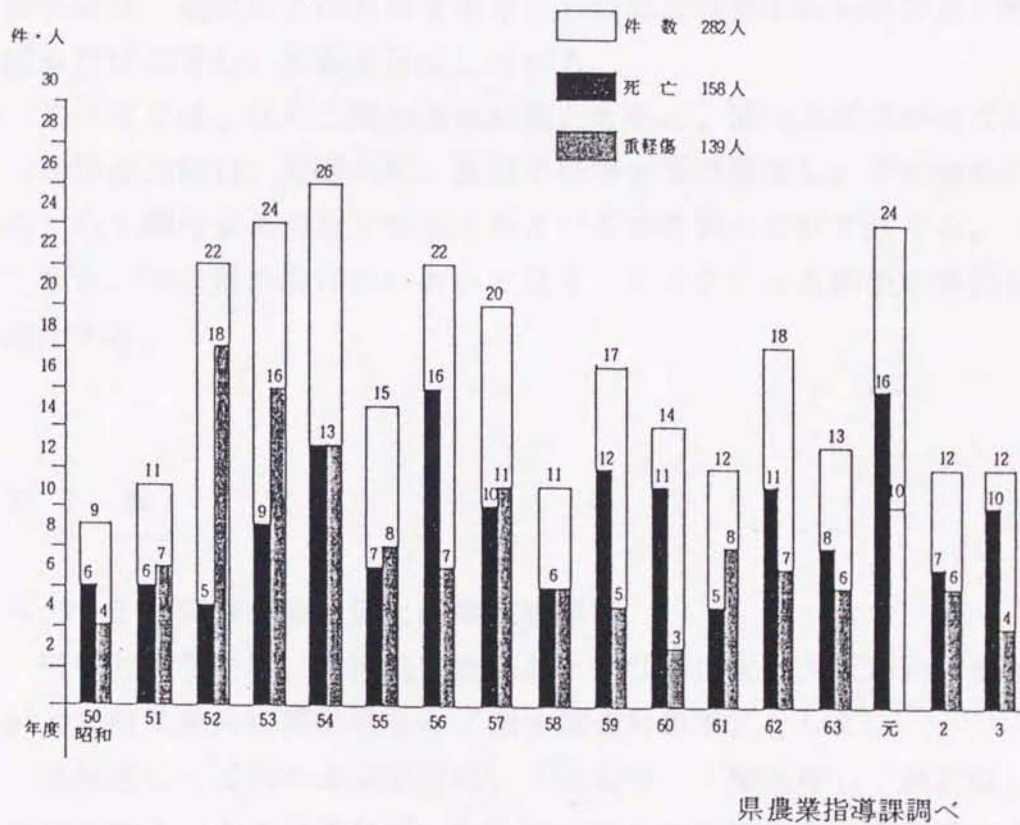
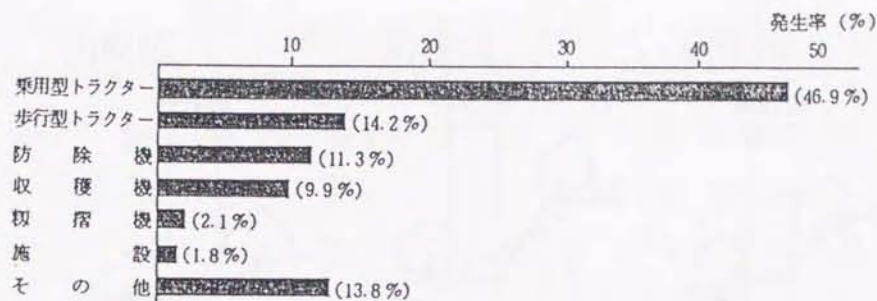


図-6.1 青森県における農作業事故の発生状況¹⁾



資料：県農業指導課「青森県農作業事故の現状」

図-6.2 機種別事故発生割合(青森県 S.50~H.3) ¹⁾

これら事故発生の原因は、作業員の気の緩みや慣れあるいは機械の操作ミスなど的人為的なものもあるが、その他の大きな要因のひとつとして園地内の耕作道の形状が挙げられる。また傾斜地りんご園の場合、収穫および栽培管理等における作業効率にも耕作道の配置や形状は著しい影響を及ぼしている。

この章では、りんご園の造成形態とともに、園地の原傾斜度ごとに耕作道の幅員、縦断勾配、旋回半径等を現地調査し、その結果に基づいて耕作道の現状と問題点およびその対策について述べる。

また、耕作道の旋回部において発生したSSによる事故の事例も紹介する。

6.1 現 状

6.1.1 調査対象地区と園地造成形態

平賀町大字唐竹、大字新館地内および弘前市大字大沢地内、相馬村大字相馬地内の傾斜地りんご園を調査対象地区とした。

傾斜地りんご園の造成形態は、「山成畑」「階段畑」「斜面畑」に大別でき、その形態は図-6.3 に示すとおりである。ここでいう「斜面畑」とは、樹列ごとに耕作道を設けた造成形態いわゆる耕作道型斜面畑のことである。

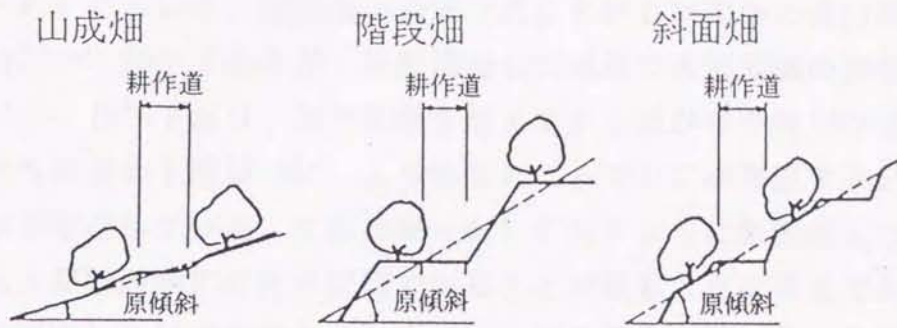


図-6.3 傾斜地りんご園の造成形態

また草地分級基準など^{2), 3)}における傾斜区分と大型機械利用などの傾斜に対する適性との関係を実際の角度を用いて図-6.4に示した。また図-6.4には、併せて調査地区の園地造成形態と原傾斜との関係も示した。

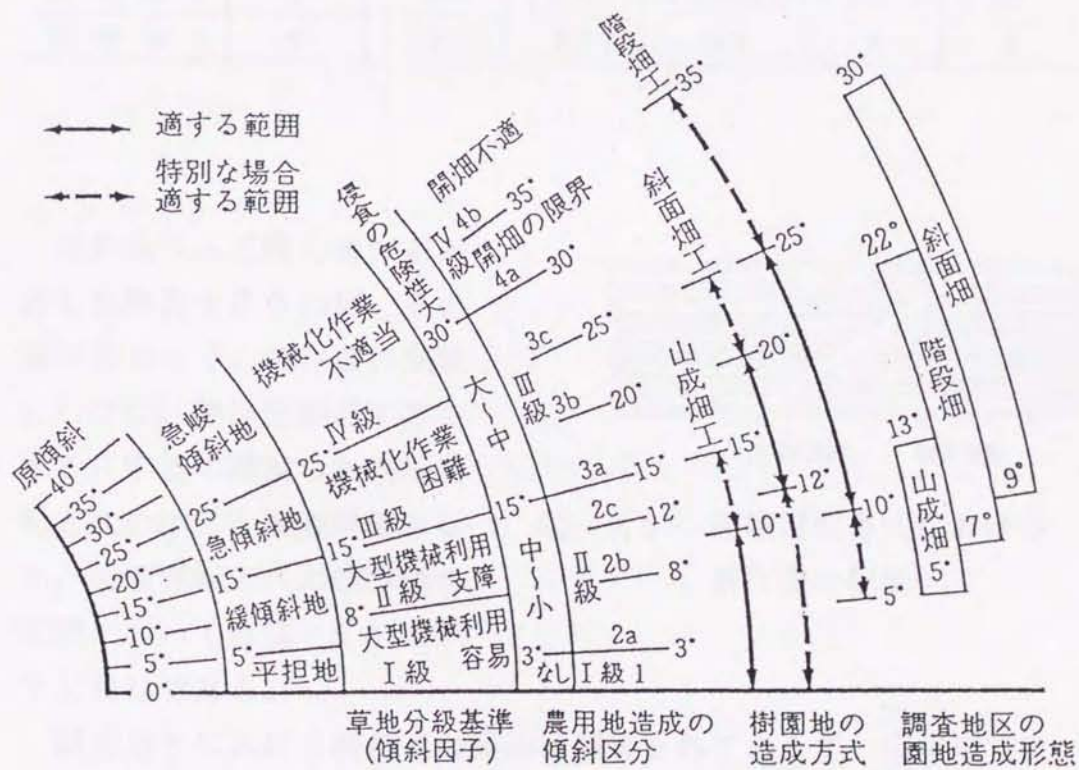


図-6.4 各基準における傾斜区分と適正

図-6.4 において、樹園地の造成方式における斜面畑の適用傾斜範囲 $12^{\circ} \sim 20^{\circ}$ であるが、実際調査した地区での斜面畑の原傾斜は $9^{\circ} \sim 30^{\circ}$ であり、適用範囲を超えているばかりか特別な場合に適する範囲の上限値 25° より急なところでもこの形態すなわち斜面畑が存在している。これは表-6.1 に示すように斜面畑工の造成コストが階段畑工に比べ安価であることが最も大きな要因であり、個人で造成した傾斜が急なところでは、安全性よりもコストを重視した結果であると思われる。

表-6.1 各造成方式の比較⁴⁾

事項 造成方式	切盛土量	作付 面積率	大区画 の採用	大型営農 機械の導入	防災施設 の必要度	造成 コスト
山成工	小	大	可	可	小	安
改良山成工	大	大	可	可	大	高
斜面畑工	小	中	不可	ある程度可	小	安
階段畑工	中	小	不可	不可	大	高

傾斜地りんご園の耕作道で最も危険性を伴うのは、その旋回部であり、耕作道の配置としては、旋回部が必ず存在するS字状に連続した両端回転方式の地区を調査対象とした。両端回転方式の耕作道の配置については図-6.5 に示すとおりである。

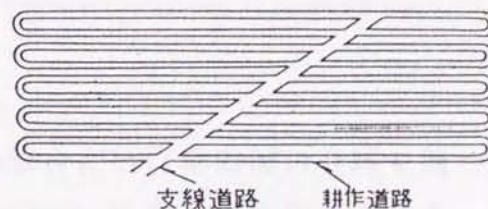


図-6.5 両端回転方式における耕作道の配置

調査地区における耕作道の路面は舗装されておらず、山成畑では草生がなされているものの、車輪跡は裸地化している。また、排水施設も特に設けられていないのが現状である。

6.1.2 耕作道旋回部の形状

現地における旋回部の形状は必ずしも円形ではないが、ここでは円に近いものとみなし、図-6.6 に示すような形状諸元を測定した。その結果は以下に述べるとおりである。

(1) 幅員

津軽地方りんご園の管理作業の中で主に使用される作業機械は、年に12~14回程度行う薬剤散布時のSSである。SSの主な諸元は表-6.2に示すとおりである。

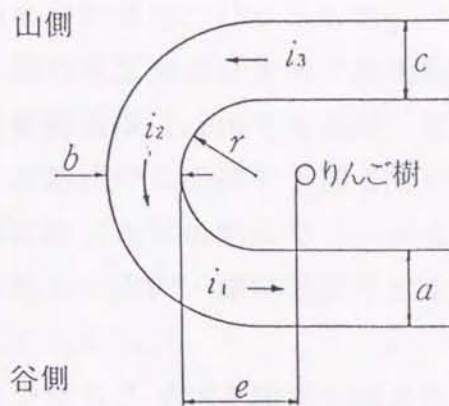


図-6.6 旋回部の形状諸元

表-6.2 スピードスプレーヤ (SS) の諸元

規格	全長 (m)	全幅 (m)	全高 (m)	重量 (t)	機体最外側 旋回半径	車体前面から後輪 車軸までの距離 L
1,000ℓ級	4.10	1.50	1.30	1.50	3.0 m	2.8 m
600ℓ級	3.50	1.40	1.20	1.10	2.6 m	2.1 m

また耕作道の必要幅員は、平坦地の場合には作業機械の全幅を確保したものとすればよいが、傾斜地の場合は転倒・転落等に対する安全性を考慮して、作業機械の全幅に側方余裕幅を加味したものとすべきである。草地開発事業計画設計基準⁵⁾によると機械の側方余裕幅は片側 0.2mであり、その値を適用すると必要幅員は、

	全幅	側方余裕幅	必要幅員
SS 1,000ℓ級の場合	1.5m	$0.2m \times 2$	$= 1.9 m$
SS 600ℓ級の場合	1.4m	$0.2m \times 2$	$= 1.8 m$

となる。

各調査地区における圃地の原傾斜と直線部および旋回部の幅員との関係は図-6.7～図-6.9に示すとおりである。ただし直線部の幅員は図-6.6におけるaとcの値の小さい方をプロットした。

図-6.7および図-6.8によれば、唐竹地区および大沢・相馬地区ではSS 1,000ℓ級が主流のため必要幅員は1.9mであるが、直線部では圃地造成形態に関係なく多くの地点でこの値を下回っている。また旋回部では唐竹地区の階段畑のほとんどの地点で1.9mを下回っており、同地区の斜面畑では3地点、大沢・相馬地区では全調査地点の約1割が必要幅員を満足していない。

一方、図-6.9によると、新館地区ではSS 600ℓ級が主流のため必要幅員は1.8mであるが、直線部、旋回部ともにそれぞれ1地点で0.1m下回っている以外は1.8m以上の値となっており、必要幅員をほとんどの地点で満足している。

(2) 縦断勾配

耕作道の縦断勾配を規定するものとしては、『限界として勾配7分の1、…』⁶⁾、『当該農道を通行する車両の…、営農形態等を考慮して20%以内の範囲で決めることができる。』⁷⁾などがある。ここで、勾配7分の1とは $14.3\% = 8.1^\circ$ であり、 $20\% = 11.3^\circ$ である。また、実際走行するSSの登坂能力を示すものとして、武田ら⁸⁾は、SS 600ℓ級の場合、表-6.3に示す結果を得ており、

表-6.3. SS 600ℓ級の登坂能力⁸⁾

走行条件		最大登坂角	実用登坂角
空車時	2WD	27.8°	16.1°
	4WD	34.8°	25.5°
タンク満水時	2WD	29.8°	18.8°
	4WD	32.0°	23.0°

『本結果よりおおよその性能を推測してみると次のとおりである。すなわち、最大登坂能力は30度前後かもしれないが、実用的には二輪駆動時で約17～18度、四輪駆動時で24～25度と思われる。』とし

ている。直線で短い距離の進入路のようなものであれば、その縦断勾配は表-6.3を参考に決めても問題はないと思われる。しかし、耕作道の旋回部においては、登坂能力のほかに降坂時の滑りや転倒の危険性を考慮すべきであると考え。農業機械の転倒に関する研究としては、例えばSSを含めた農用車両の斜面における静的安定性について鳥巣ら⁹⁾の報告があり、また農用トラクタの動的側方転倒に関しては土屋ら¹⁰⁾や高橋ら¹¹⁾などの報告があるものの、液体を積載したSSの動的安定性に関しては、旋回部の縦横断勾配や遠心力および積載状態などによる重心の変動があり、まだ理論的に解明されていないようである。

以上のことと図-6.4の中の機械化作業や侵食の危険性と対応する傾斜角度を踏まえ、耕作道の縦断勾配は安全性や作業効率等を考慮して8°以下とするのが望ましい。ただし、やむを得ない場合には作業機械の性能や路面侵食等を考慮して決定するが、その場合にあっても15°以下にするのが妥当と考える。

各調査地区における耕作道の直線部については、特に図としては示さないが、等高線に沿っているためその縦断勾配は0°～5°であり、SSの走行に支障はなく、路面侵食の危険性も少ない。

また、園地の原傾斜と旋回部における最大縦断勾配 i_{max} との関係は図-6.10および図-6.11に示すとおりである。

図-6.10によると、唐竹地区の山成畑での i_{max} は原傾斜よりやや大きな値を、階段畑では原傾斜とほぼ同じ値を示している。一方、唐竹および新館地区の斜面畑での i_{max} は原傾斜より小さな値を示している。しかし、 i_{max} が8°以下の地点は3地点だけであり、両地区における耕作道旋回部の縦断勾配はほとんどが8°以上であるといえる。さらに i_{max} が15°を超える割合も比較的多く、両地区の約40%を占めている。

次に図-6.11の大沢・相馬地区において i_{max} が原傾斜より大きな値を示しているのは、階段畑で3地点、斜面畑で2地点である。また、 i_{max} が8°以下の割合は約20%、一方15°を超えるの割合は約25%である。

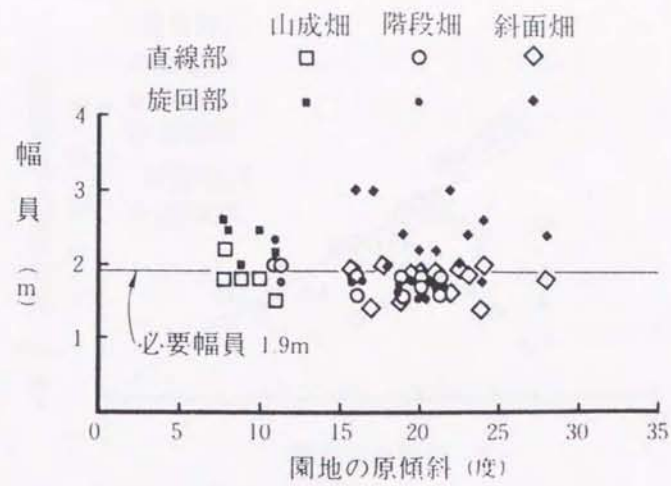


図-6.7 原傾斜と幅員との関係 (唐竹地区)

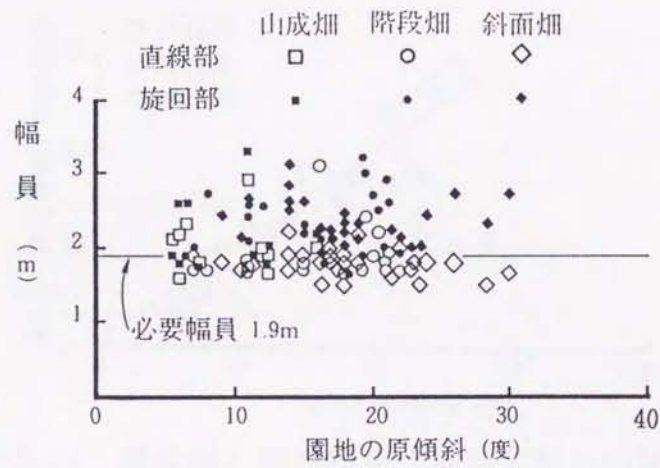


図-6.8 原傾斜と幅員との関係 (大沢・相馬地区)

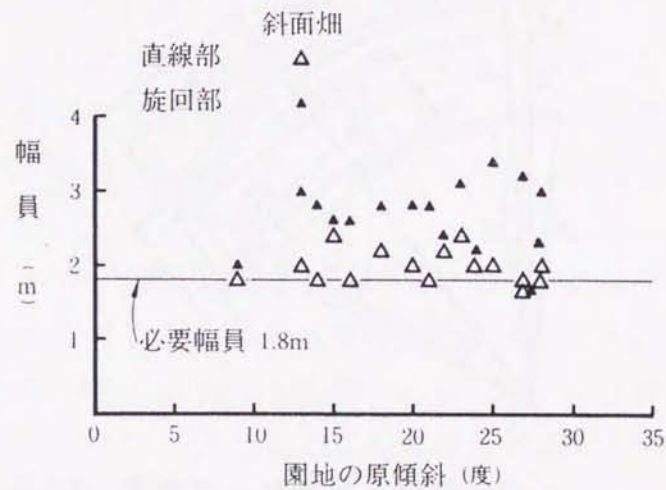


図-6.9 原傾斜と幅員との関係 (新館地区)

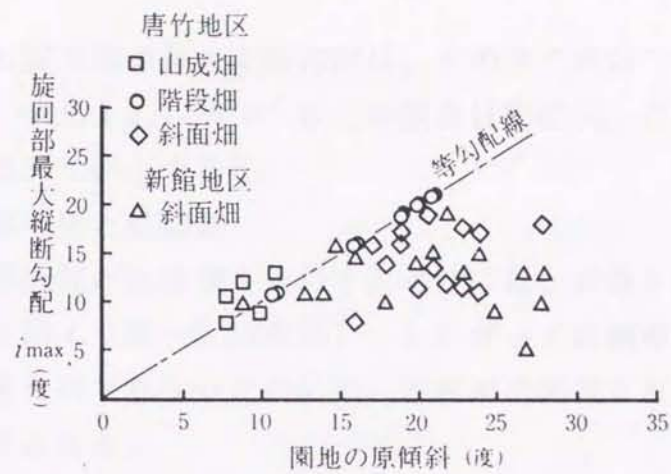


図-6.10 原傾斜と旋回部最大縦断勾配との関係 (唐竹・新館地区)

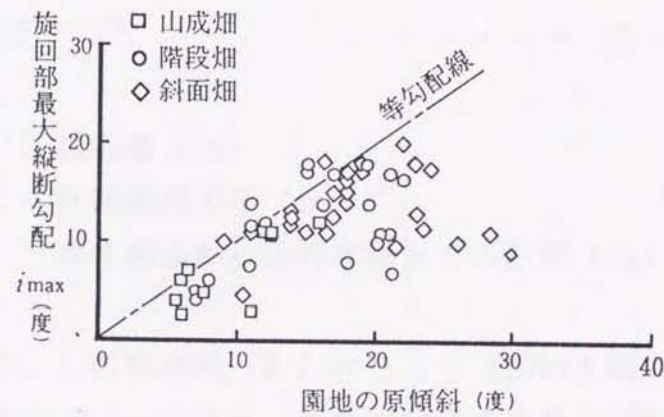


図-6.11 原傾斜と旋回部最大縦断勾配との関係 (大沢・相馬地区)

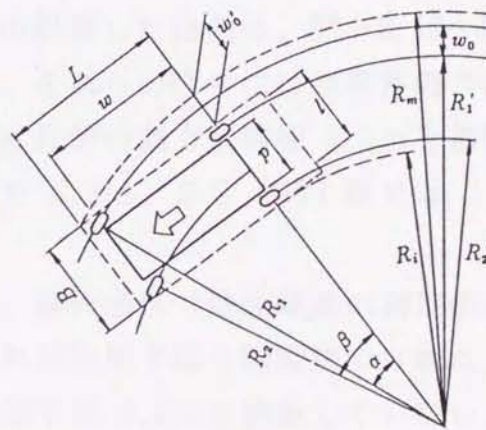


図-6.12 車輪および車体の軌跡^{1,2)}

全体的にみた旋回部の最大縦断勾配は、その多くが $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ に分布している。また i_{max} が 8° 以上の割合は約85%、さらに 15° を超える割合は30%以上である。

(3) 外側旋回半径と拡幅量

自動車や作業機械が曲線部を走行する場合には、前輪と後輪とは異なった軌跡を描く(図-6.12参照)。したがって曲線部において、前後車輪が道路をはずれないためには、直線部の幅員より拡幅量分広い幅員が必要となる。

拡幅量は曲線部の旋回半径と関連しており、道路構造令によれば外側旋回半径と拡幅量との関係^{1,2)}は

$$w_o' = R_m - \sqrt{R_m^2 - L^2} \quad \dots\dots\dots \text{式-6.1}$$

ただし、 w_o' : 拡幅量 (m)

R_m : 外側旋回半径 (m)

L : 車体前面から後輪車軸までの距離 (m)

である。ここで、 L の値は表-6.2 からSS 1,000ℓ級では2.8m、SS 600ℓ級では2.1mである。また旋回部の幅員 b (図-6.6)の測定値から必要幅員(SS 1,000ℓ級 1.9m、SS 600ℓ級 1.8m)を差し引いたものが現地における拡幅量の測定値である。拡幅量の測定値と式-6.1での計算した結果は、図-6.13~図-6.15に示すとおりである。また、それらの図中には必要外側半径としてSSの機体最外側旋回半径に片側の側方余裕幅0.2mを加味した値、すなわちSS 1,000ℓ級で3.2m、SS 600ℓ級では2.8mの線も記入した。

図-6.13によると、唐竹地区では拡幅量の測定値が全地点で計算値を下回っており、外側旋回半径も階段畑で8地点、斜面畑では4地点において必要外側半径3.2mを満足していない。また図-6.14によれば、大沢・相馬地区において拡幅量の測定値が計算値を上回っているのは、階段畑で4地点、斜面畑で1地点だけであり、ほと

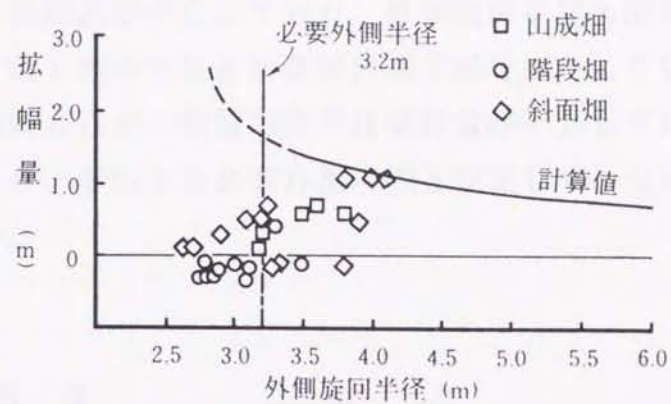


図-6.13 外側旋回半径と拡幅量との関係
(唐竹地区)

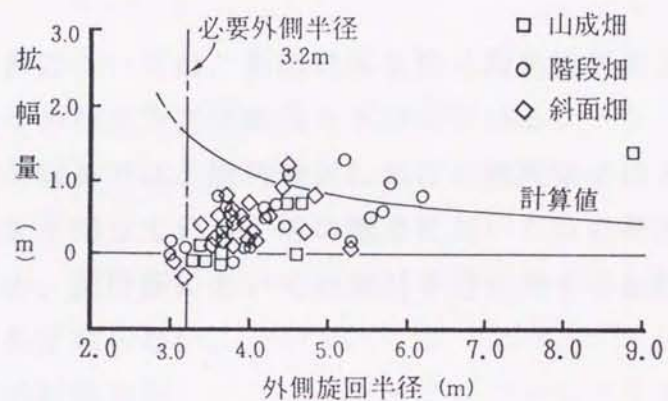


図-6.14 外側旋回半径と拡幅量との関係
(大沢・相馬地区)

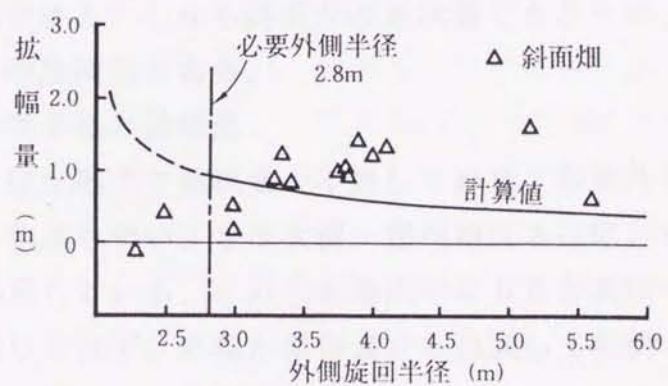


図-6.15 外側旋回半径と拡幅量との関係
(新館地区)

んどの地点で拡幅量が不足しており、外側旋回半径も階段畑で2地点、斜面畑では1地点であるが必要外側半径を満足していない。一方、図-6.15によると、新館地区では拡幅量が不足しているのが4地点のみであり、そのうち必要外側半径を満足していないのが2地点のみである。

6.2 問題点

以上の現地調査の結果を踏まえ、問題点を整理すると次のとおりである。

(1) 幅員

直線部の幅員については、新館地区を除く唐竹地区および大沢・相馬地区の多くの地点で必要幅員を下回っている。

また旋回部の幅員では、唐竹地区における階段畑のほとんどの地点で必要幅員を下回っている。他の地点においては必要幅員を満足しているものの、旋回部においては旋回半径に対する拡幅量を加味して考えなければならない。

(2) 旋回部の縦断勾配

旋回部の最大縦断勾配は、 8° 以上の割合が約85%もあり、さらに 15° を超える割合も30%以上である。つまり、作業効率が悪く、農作業事故を誘発する要素のある旋回部が比較的多く存在しているということが出来る。しかも路面が裸地状態であるため、SSの滑りや路面侵食の危険性もある。

(3) 外側旋回半径と拡幅量

唐竹地区では全地点で拡幅量が不足しており、必要外側半径を満足していない地点も多い。また大沢・相馬地区ではほとんどの地点で拡幅量が不足している。これらの地点ではSSが旋回する際に、スムーズに回りきれず、車輪が耕作道から逸脱して転倒・転落する可能性がある。

6.3 事 故 事 例

1992年 8月13日の陸奥新報に掲載された記事の概要を紹介する。
『SS横転し男性が死亡 12日午後 2時30分ごろ、平賀町………
…のIさん(44)が………のりんご園でスピードスプレーヤで薬剤
散布中、誤って片輪を路肩に乗り上げて横転した。Iさんは重さ約
2トンのスピードスプレーヤの下敷きとなり、近くで作業していた
人が病院に運んだが、既に死亡していた。黒石署の調べによると、
Iさんは組合のスピードスプレーヤで組合員と一緒に薬剤散布を行
っていた。組合員のりんご園の薬剤散布を終え、自分のりんご園で
薬剤散布をしようとしたところ、道幅 1.7m、傾斜約8°の坂でス
プレーヤが誤って左側の路肩に乗り上げた。その反動で横転しスプ
レーヤごと約7m転げ落ちて即死状態だった。』

事故現場の平面図を図-6.16に、横断図を図-6.17に示す。

事故の状況を推測すると、SSは平面図の左側から8°の勾配の
耕作道を昇り、昇りきった辺りで左側に旋回した。その後は下り勾
配になるのだが、この旋回部の右側にりんご樹があり、一本の枝が
耕作道を横断する形で図-7.17のように張り出していた。その高さ
は路面上 1.0~1.2mで、SSの運行上邪魔であったと思われる。
そのため、Iさんはエンジンを止めずに運行しながら片手でこの枝
を持ち上げたのであろう。そして枝に気を取られているうちに、片
車輪を左側の法面に乗り上げてしまい、その反動で横転し、SSご
と転落したと思われる。

この推測が正しいとすれば、一本の枝が死亡事故を誘発したこと
になる。傾斜地りんご園では、ここに限らず、耕作道に枝が張り出
し、SSの走行に支障があるようなところを現地調査した時にもよ
く見かけた。一個でも多く収量を上げたいという農家の方の気持ち
と裏腹に、危険を伴い最悪の場合は死に直面するということを教え
てくれた貴重な調査であった。

現場状況の写真は、巻末に添付する。

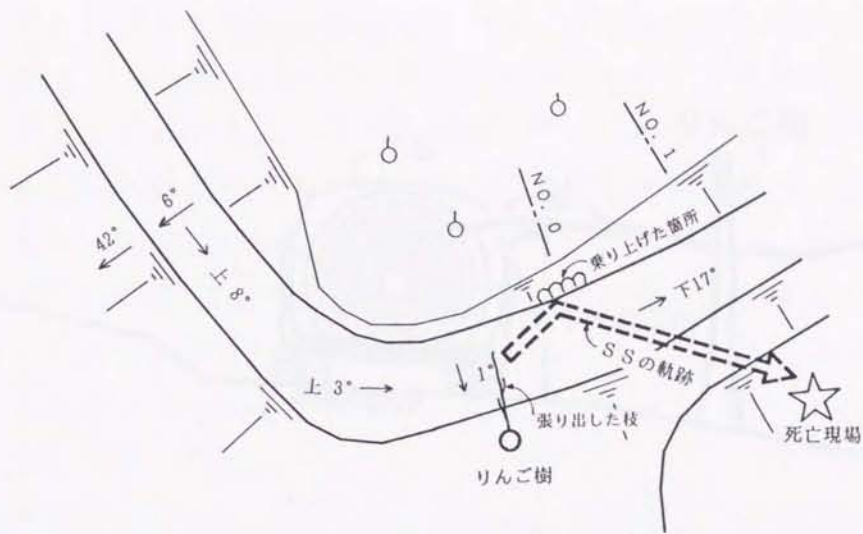


図-6.16 事故現場平面図 縮尺 1/200

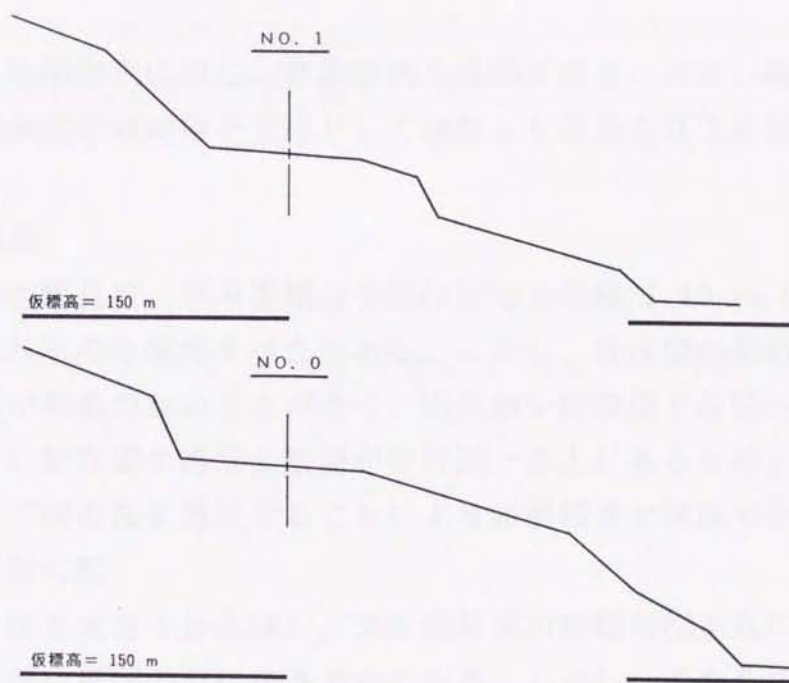


図-6.17 事故現場横断図 縮尺 1/100

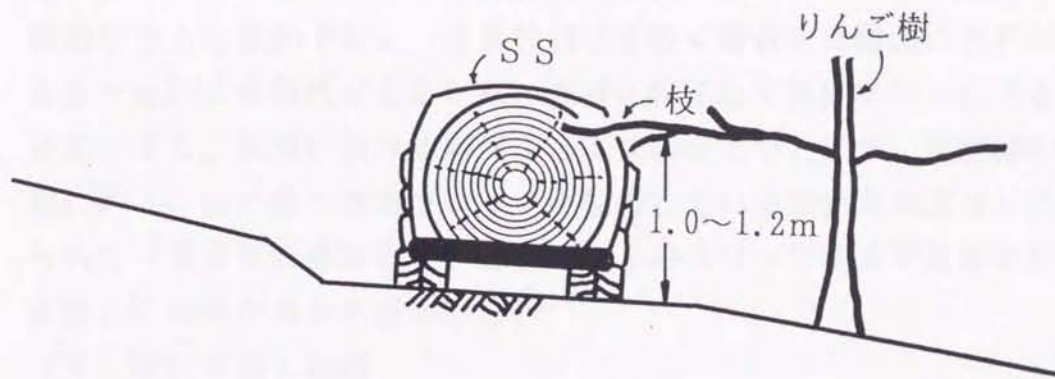


図-6.18 耕作道に張り出したりんご樹の枝

6.4 対 策

前述した問題点に対し、事故事例も念頭に置き、また、既成園における営農的管理対策を主体として検討した結果を以下に述べることにする。

(1) 幅員

直線部の幅員は、使用機械の全幅に側方余裕幅 0.40 m (両側) を加味したものを確保すべきである。しかし、既成園の場合には、道路拡幅が容易でないことが多く、山成畑や階段畑では図-6.3 に示すように耕作道の路面と畑面がほぼ同一面上にあるため、耕作道側のりんご樹の枝を剪定することにより必要幅員を確保できる。

(2) 縦断勾配

旋回半径を大きくとるほど、また直線部の縦断勾配を急にするほど、旋回部の縦断勾配はゆるやかになる。しかし、それらの方法では旋回部外側の法面が急になったり、内側畑面が狭くなるなどの問題が生じる。そのために傾斜地では、それらの方法は地形及び施工上許容され得る範囲がごく僅かであり、現実的ではない。そこで現

状のままとせざるを得ない場合には、砂利等を敷くかあるいは簡易なコンクリート舗装するなどの対策が必要であり、これらの対策は維持管理上も有効である。また砂利等を敷く場合には路面に凹凸があると転倒の危険性があるため、十分に転圧して路面を均一にする必要がある。現地における耕作者の工夫のひとつとして、旋回部内側に約 50 cm の幅で建築ブロックを敷設している所が 3 か所ほど見られた（巻末写真集参照）。これは S S のスリップ防止や路面の侵食防止に効果があると思われる。

（3）旋回半径と拡幅

必要外側半径を満足させても、四輪操舵（4WS）の機能がない場合には、外側半径に対する拡幅量を旋回部内側に確保する必要がある。しかし、拡幅が困難な場合は旋回部の両側のりんご樹の枝を剪定するとよい。それによりオペレータの視界が良好になり、安全に運行できる。

（4）その他

事故事例にもあったように耕作道にりんご樹の枝が張り出していて S S の走行に支障があるような場合には、S S のエンジンを一時停止させ、それから枝を寄せるなどし、常に安全操作を心がけることが大切である。

以上、既成園において農家自身で行える対策について述べたが、今後、改園や新規造成園における望ましい耕作道の構造については次章で述べることとする。