

# 果樹の雪害を 省力的に回避できる技術



平成31年3月

秋田県果樹試験場

## 目 次

はじめに	1
1 リンゴの耐雪型樹形「側枝下垂型主幹形」による雪害回避	
1) 耐雪性と特徴	3
2) 早期結実のための効率的育成方法	6
3) 課題と留意点	13
2 ブドウの冬期倒伏栽培法による雪害防止	
1) 栽培法の特徴	15
2) 実際の栽培方法	18
3) 留意点	20
3 モモのセンターポール式枝吊り栽培法による雪害防止	
1) 栽培法の目的	22
2) 雪害防止効果と低樹高化のメリット	22
3) 枝つり施設の設置方法	25
4) 課題と留意点	27
4 沈降力破断器の利用による雪害回避作業の省力化	
1) 積雪沈降力が生じる範囲（荷重圏幅）	28
2) 沈降力破断器による雪害防止	29

## はじめに

秋田県では県南部を中心に平成23年（2011年）1月上旬から約3週間の連続した降雪に見舞われ、2月初旬には積雪2mを超える豪雪となり（図1）、43億円に上る壊滅的な被害を被った。さらに、復旧途上の23年度以降も3年連続の大雪となり、23年度2,500万円、24年度1億3,000万円と甚大な果樹被害額となった。

雪害の防止には、樹上の雪下ろしと枝の掘り上げ、施設の除排雪を徹底する以外に現在のところ有効な対策はない。いずれも厳冬期に体力的に負担の大きい作業を強いられ、生産者の高齢化や後継者不足が進んでいる中で、徹底した除雪作業を行うのは現実的には困難な状況にあり、雪害は産地の存続を根底から揺るがす事態を引き起こしている。省力的に雪害を防止する技術の確立は、産地の存続を望む全ての果樹生産者が期待するところである。

雪害は積雪深が140cm以上になると発生しやすくなる。過去58年間の果樹試験場の気象観測では、その発生頻度は3～4年に一度の割合で（図2）、苗木が7～8年かけて成木になるまで一度は雪害に遭遇することになり、成園化が進まない要因の一つになっている。今後も冬期の降雪量の変動が著しくなることが予想され、安定した果樹栽培を営むには、雪害対策は避けては通れない切実な問題である。

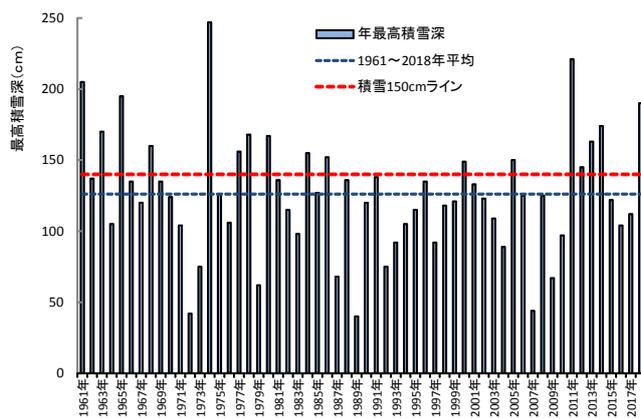


図1 横手市（果樹試験場）での大雪年の積雪深推移

図2 横手市（果樹試験場）での最高積雪深の推移

雪害の発生は、積雪が多くなるほど高まり、その要因は枝に積もった雪の重さ（荷重）と、雪に埋もれた枝が引っ張られる力（沈降力）に大別される（図3）。

積雪荷重は、一般に雪が積もりやすい開心形で大きくなり、雪が積もった枝は荷重に耐えられなくなると分岐部が裂開したり、折損する（図4）。一方、積雪沈降力は雪に埋もれた枝に作用し、下方に引っ張られる力に耐えられなくなった枝は、発出部から欠損したり折損したりする（図5）。果樹試験場（横手市醍醐）の1961年から2018年までの平均最高積雪深は126cmであり、県南部では雪に埋もれ

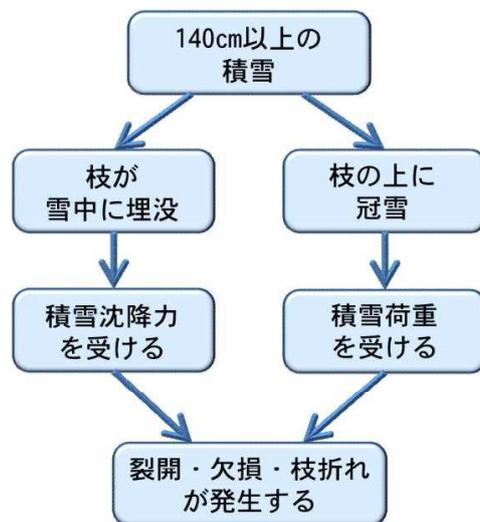


図3 雪害が発生するフロー図

た下枝が常に沈降力にさらされている。

また、ブドウ等の棚果樹では、樹体の他に棚にも冠雪荷重や積雪沈降力が作用し棚が崩壊したり樹体が折損して被害が発生する(図6)。



図4 冠雪(積雪荷重)による被害

図5 沈降力による被害



ブドウ棚の崩壊と樹体の倒伏

ブドウの棚上の除雪

除雪後の樹体状況

図6 ブドウ園での雪害と除雪作業

このため、雪害回避を目的に「積雪沈降力による樹体被害を省力的に回避する技術の確立(平成26~30年度)」で果樹の樹体損傷の原因として積雪沈降力に着目し、枝の折損や欠損、主幹の裂開や傾倒、さらにブドウ、モモの樹体支持施設の損壊等を対象として、「枝の掘り起こし」や「施設の除雪」なしに雪害を回避できる省力的な技術の確立を目指した。

リンゴでは主幹形樹形での積雪沈降力を回避する耐雪型として側枝下垂型樹形を想定し、幼木期の樹形誘導法を確立した。ブドウでは、大粒系品種を対象に樹体が積雪沈降力を受けないように主枝を地面に伏せて越冬させる栽培技術を確立した。モモでは、積雪沈降力に耐えて樹体を維持するセンターポール式枝吊り栽培法の効果を検討した。さらに、果樹園で省力的に使用できる積雪沈降力破断器を試作し、効果的な使用方法を検討した。

# 1 リンゴの耐雪型樹形「側枝下垂型主幹形」による雪害回避

## 1) 耐雪性と特徴

### (1) 積雪沈降力に強い要因

県南内陸部のリンゴおい化栽培園で最深積雪2mを越える年でも枝の掘り上げを行わず、2月以降消雪剤を数回散布するだけで枝折れを回避し、安定生産を継続している例がある。その園地では、主幹から発出する側枝を水平以下に下垂誘引して分岐角度の広い枝をもつ樹づくりを行っている(図1-1)。



図1-1 リンゴ‘ふじ’の側枝下垂型樹形の県南部の園地 (樹齢8年生)

枝の分岐角が広いと狭い場合に比べ、又部を形成する両側の皮部が肥大するにつれて内部に挟み込まれていく状態(入り皮)が形成されにくくなり、裂けにくい構造になる。また、下垂した各側枝に沈降力が作用して下げられると、沈降力の作用する積雪の範囲が少なくなる。さらに、側枝には細い結果母枝や結果枝しか付けないように剪定し、各側枝の横の広がりをするだけ抑えており、このことも1本1本の側枝に作用する沈降力の範囲を少なくしていると予想され、雪害が起きにくい理由と考えられる。

### (2) 側枝下垂型主幹形の特徴

#### ① 樹体生育、収量

側枝下垂型主幹形で栽培している6年生から16年生「ふじ」の現地事例では樹高が6年生で3.9m、8年生以上で4.0~4.4m、樹幅は6年生で2.2m程度、8年生以上で2.5~3.0mであった。側枝数は6年生が53本と多かったが8年生以降では35本から45本で、40本前後の側枝数が維持されていた(表1-1)。着果数は8年生で最も多く、1樹当たり300果程度で、13年生、16年生では200果程度であった。1樹着果数と10a当たり植栽本数で算出した推定収量は8年生~16年生で3,800~7,700kg/10aになり県目標(3,500kg)を上回っている(表1-1)。

表1-1 側枝下垂型主幹形の樹齢別樹体生育及び収量(2015年)

樹齢	樹高 (cm)	樹幅(cm)		幹周 <sup>2</sup> (cm)	側枝数 (本)	頂芽数 (芽)	着果数 (果)	推定収量 <sup>3</sup> (kg/10a)
		樹間	列間					
16年生	402	246	202	38.9	35.0	816	215	3870
13年生	445	303	275	44.3	44.5	1023	195	4370
8年生	432	285	278	32.3	39.0	1207	307	7700
6年生	389	224	210	18.7	53.3	678	78	1850

品種/台木：ふじ/M.26/70kg/10a、植栽距離：16年生3m×5m、13年生、8年生、6年生3×4.5m  
 調査樹数：16年生、13年生、8年生各2樹、6年生3樹  
 樹高、樹幅、幹周、側枝数、頂芽数は2015年4月下旬、着果数は10月中旬調査  
<sup>2</sup>接ぎ木上部10cm、<sup>3</sup>平均果重×着果数×10アール植栽本数で推定(県の目標収量3500kg/10a)

## ②側枝の特性

地上からの高さが2.0m以下の側枝数比率は6年生で全体の49%、8年生以上で25~40%を占め、頂芽数比率は6年生で80%、8年生以上では46~66%を占めていた(表1-2)。側枝は6年生で下垂しているものの、発出基部の角度は水平から上向きのものもみられた。8年生でも高さ2.0mより上の側枝は、発出角度が上向きのものがみられた。一方、13年生、16年生では全体的に側枝の発出部位は水平~下向きになったものがほとんどであった。側枝基部の直径は樹齢を問わず発出部位の主幹直径の1/2~1/3の太さで、主幹に対して一定の比率が維持されていた(表1-2)。

側枝下垂型主幹形は果実生産の主体となる地上2.0m以下の側枝に枝折れ被害が少なく、幼木期から盛果期(樹齢8年生頃)まで順調に収量が増加し安定生産が期待できる。

表1-2 側枝下垂型主幹形の発出高さ別側枝の特徴(2015年)

樹齢	高さ (cm)	側枝数 (本)	側枝数比率 (%)	頂芽数 (芽)	頂芽数比率 (%)	幹径 <sup>1)</sup> (cm)	側枝径 <sup>2)</sup> (cm)	側枝長 <sup>3)</sup> (cm)	発出角度 <sup>4)</sup> (°)
16年生	~100	1.5	4.3	11	1.3	10.4	3.4	51	-3
	101~150	5.0	14.3	185	22.7	9.6	3.3	158	-25
	151~200	8.0	22.9	279	34.1	8.0	2.9	134	-9
	201~250	4.0	11.4	119	14.5	7.5	3.2	134	-22
	251~300	6.0	17.1	137	16.7	6.3	2.6	115	-8
	301~	10.5	30.0	87	10.7				
13年生	~100	0.5	1.1	19	0.9	12.7	3.6	121	0
	101~150	6.5	14.6	245	23.9	11.6	4.3	158	-28
	151~200	5.0	11.2	221	21.6	8.9	3.8	160	-24
	201~250	8.5	19.1	177	17.3	8.9	3.4	139	-21
	251~300	10.0	22.5	225	22.0	7.0	2.8	118	-16
	301~	14.0	31.5	147	14.3				
8年生	~100	0.5	1.3	66	2.7	10.8	4.3	136	-20
	101~150	5.5	14.1	328	27.1	10.0	3.9	154	-20
	151~200	9.5	24.4	441	36.5	8.2	3.7	151	-5
	201~250	5.0	12.8	144	11.9	6.7	3.2	139	+3
	251~300	6.0	15.4	139	11.5	5.6	2.7	108	+12
	301~	12.5	32.1	123	10.1				
6年生	~100	1.0	1.9	40	3.9	6.3	2.7	137	+14
	101~150	11.0	20.6	267	39.4	5.3	2.3	100	+6
	151~200	14.3	26.9	247	36.4	4.5	1.6	88	+6
	201~250	8.7	16.3	70	10.3	3.3	1.6	63	+11
	251~300	8.7	16.3	29	4.3	2.8	1.2	44	+15
	301~	9.7	18.1	39	5.7				

側枝の本数、主幹からの発出高、頂芽数は4月30日、5月11日調査、側枝の基部直径、分岐角度、側枝基部から主幹上の頂端新梢基部までの長さは、地上2mまでのものは4月30日と5月11日に、2~3mのものは11月26日と12月9日に調査、<sup>1)</sup>地上高100cm、150cm、200cm、250cm、300cm部分の主幹直径、<sup>2)</sup>側枝基部の直径、<sup>3)</sup>側枝発出基部から主幹先端までの長さ、<sup>4)</sup>水平(0°)からの角度(上向き+、下向き-)

## ③果実品質

樹齢が進んだ樹で果重はやや小さい傾向にあるが、その他は、特に問題となる点はなく、良好であった(表1-3)。

表1-3 側枝下垂型主幹形の果実品質(2015年)

樹齢	果重 (g)	果径(cm) タテ ヨコ	着色面積 (%)	着色 (1-6)	地色 (1-8)	硬度 (lbs)	糖度 (Brix%)	リコ酸 (g/100ml)	タンニン (0-5)	みつ (0-4)
16年生	278	7.6 8.5	89.4	4.8	6.4	14.3	14.6	0.34	1.2	0.7
13年生	296	8.0 8.7	84.0	4.4	6.2	15.6	15.1	0.34	1.2	1.3
8年生	339	8.1 9.1	94.0	5.9	6.2	14.7	14.9	0.36	1.2	0.7
6年生	321	8.0 9.1	80.0	5.0	5.9	16.0	15.4	0.41	1.3	1.7

1樹あたり10日を11月2日に収穫し調査

### (3) 育成方法

主幹形を基本にするわい化栽培の目標樹形には、低樹高栽培に適したフリースピンドルと、樹高が高めなスレンダースピンドルがある(図1-2)。

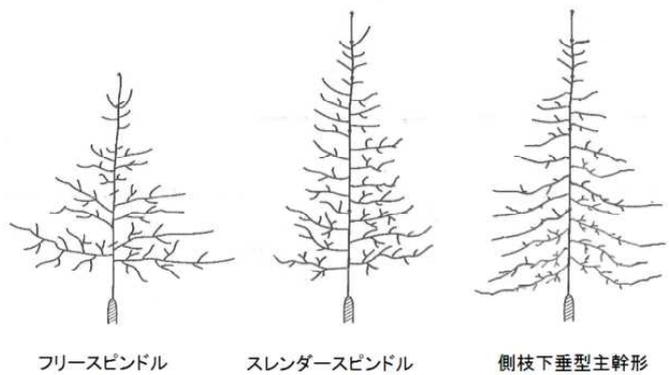


図1-2 リンゴわい化栽培の目標樹形

側枝下垂型主幹形は、スレンダースピンドルに近い樹形で、苗木を定植した年から数年間、夏期に側枝候補の新梢を下垂誘引して育成する(図1-3)。

誘引作業は新梢を引き下げても基部から欠けることなく7月中旬以降にヒモを用いて行う。

定植2年目以降の側枝先端は7月中旬から1本に整理し、残す延長新梢は硬く下垂しにくい場合は捻枝して誘引する。これにより冬期の雪による枝折れを防止する効果がある。また、側枝に着生した翌年の長果枝や結果母枝となる新梢も徹底的に下垂させる。

主幹切り返し付近や側枝の背面から発生し、主幹や側枝の太さと同等の強勢な新梢等は発出基部から剪去するが、それ以外は一通り誘引する。夏期の誘引により側枝の太りは抑えられ、側枝上に結果枝の形成が促される。

冬の剪定では、側枝発出基部の太さが主幹に対して同等のものは切除し、それ以外は残す。側枝頂端の枝は切り戻しはしないで、2次伸長を切り取る程度にする。2、3年生時の生育が側枝確保の決め手になり、生育が良好であれば弱小な主幹部の芽も動いて側枝が確保される。

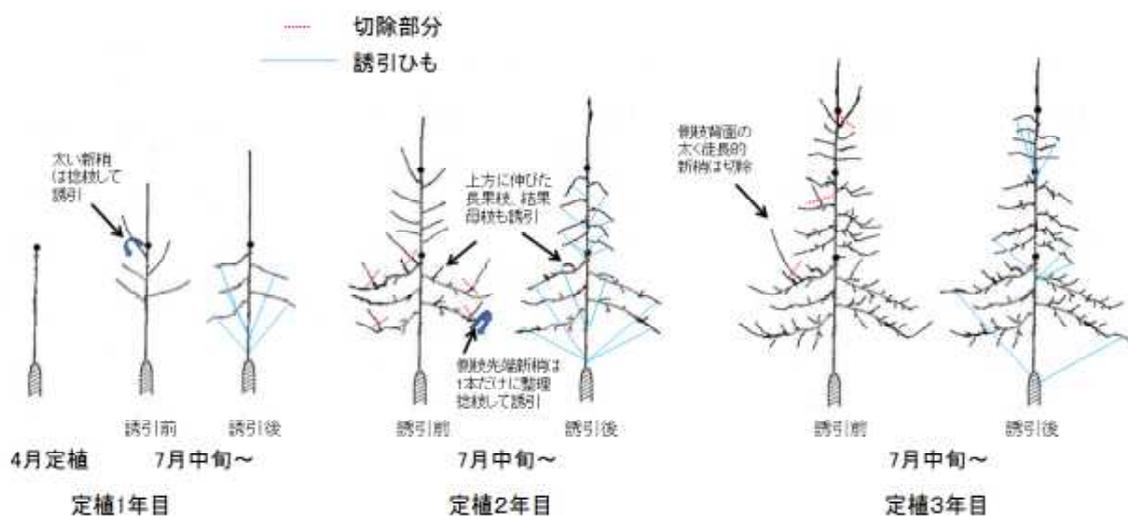


図1-3 側枝下垂型主幹形の4年生までの標準的育成手順

## 2) 早期結実のための効率的育成方法

### (1) フェザー利用による早期育成

側枝下垂型主幹形をつくるには、主幹に着生する側枝の発出角度を広げることがポイントであり、生育期に新梢を水平以下に誘引する作業が必須となる。より早期に樹形を構成するには、生育を良好にして多くの新梢の発生を促すことが大切である。

短期間で多くの新梢を発生させる方法として、BA液剤散布によるフェザー発生促進技術がある(図1-4)。フェザー苗木の育成や雪害で側枝の欠損被害を受けた若木の早期復旧に利用される方法で、苗木を定植した翌年など根が活着して根量が十分にある2、3年生の若木に対して効果的である。標準的な方法で側枝下垂型主幹形を育成していくときに比べ1年で多くの側枝が確保できる(図1-5)。また、フェザーは細く柔軟で主幹との角度が広がりやすく下垂誘引が容易な利点もあり、側枝下垂型主幹形を早期に構成する上で有効な手段となる。

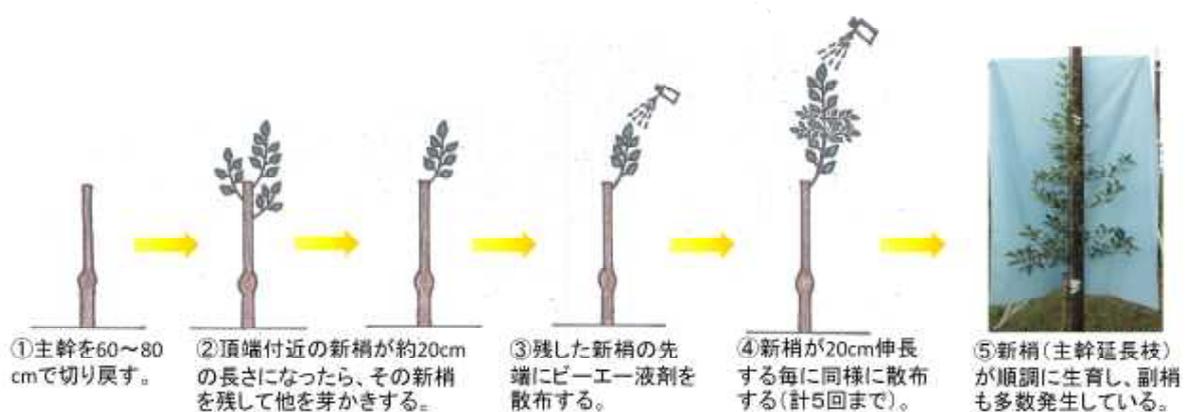


図1-4 BA液剤によるフェザー発生促進技術

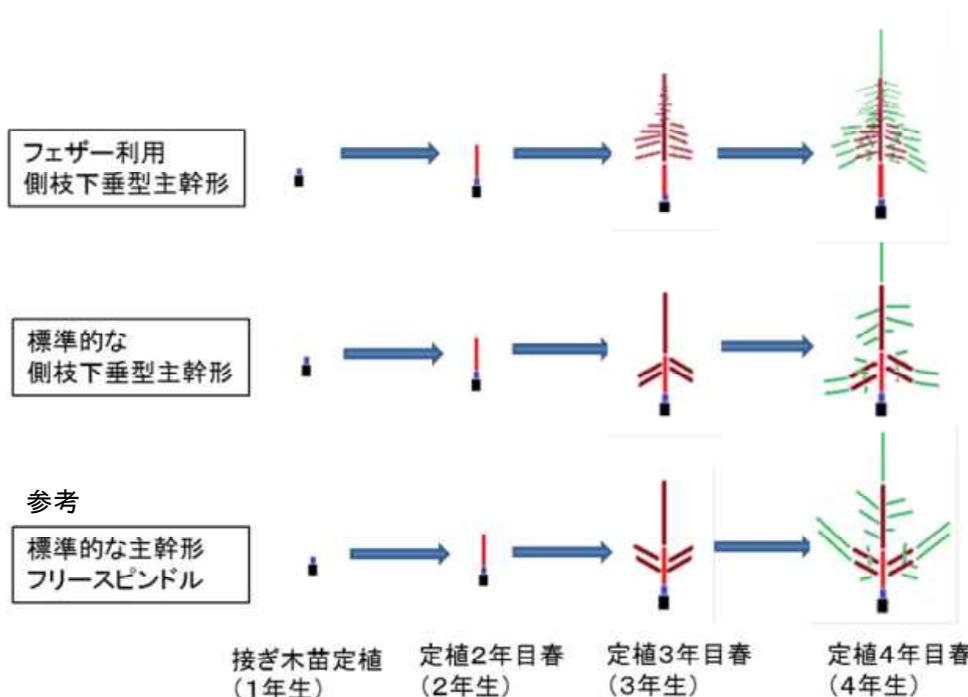
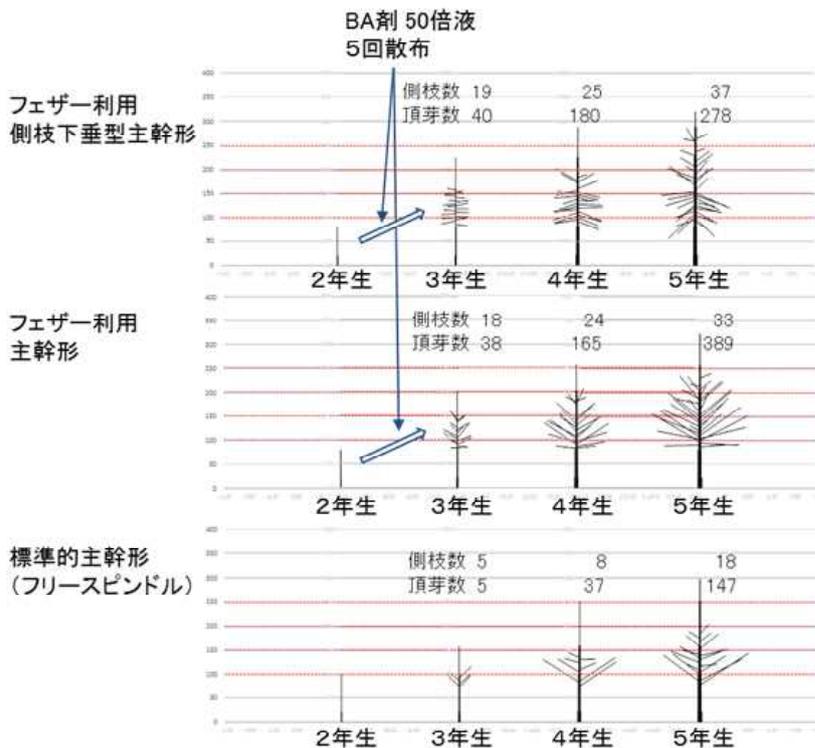


図1-5 フェザーを利用する方法と標準的な側枝下垂型主幹形育成方法との違い

(2) フェザー利用による側枝下垂型主幹形の育成経過と早期結実性

フェザーを利用した側枝下垂型主幹形のメリットを検討するために「ふじ」/JM7の接ぎ木苗を圃場に定植し1年間養成した。翌年4月に2年生幼木の主幹を80cmの高さで切り戻し、発生した主幹延長新梢にBA剤を処理し発生したフェザーを誘引して側枝下垂型樹形を育成した。3年生でも主幹から発生した新梢や側枝先端新梢を下垂誘引して樹形の構成を進めた。対照に側枝を下垂誘引しないフェザー利用主幹形とBA剤散布をしない標準的主幹形も育成して比較した。



供試樹「ふじ」/JM7

2014年4月接ぎ木苗定植

樹体の管理

2015年春発芽前にフェザー利用樹は地上80cmで、標準的主幹形は100cmで切り戻し

BA液剤の散布

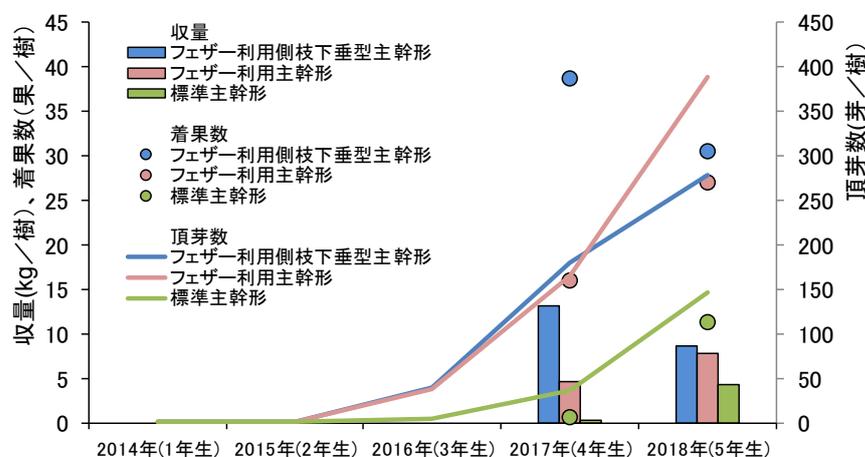
主幹候補新梢が20cm程度伸長したら成長点から3枚目と4枚目の葉を摘葉し、BA液剤50倍を散布  
処理日 2015年5月22日、6月5日、6月22日、7月12日、7月26日

側枝の誘引

- ・フェザー利用側枝下垂型主幹形  
2年生以降はおもり又はひもで下垂誘引
- ・フェザー利用主幹形  
誘引処理なし
- ・標準的主幹形  
2年生以降7月中旬から誘引

図1-6 ふじ/JM7のフェザー利用側枝下垂型主幹形の育成経過

図中の側枝発出高、長さ、角度は各樹齢とも春剪定後の状況をフェザー利用側枝下垂型主幹形3樹、フェザー利用主幹形1樹、標準的主幹形3樹について解析した結果を模式的示したものである



調査対象樹

上図と同じ

頂芽数は春剪定後の計測  
着果数、収量は全果収穫後に計測

図1-7 フェザー利用側枝下垂型主幹形の頂芽数、着果数、収量の推移

樹体の特徴として、フェザー利用側枝下垂型主幹形やフェザー利用主幹形は4年生から側枝総数が標準的主幹形より多く、また、頂芽数、花芽数も多くなり、結果的に早期結実性に優れた(図1-6、1-7)。

初結実は4年生で、樹勢が良好な場合、1樹当たりの着果数はフェザー利用側枝下垂型主幹形で40果近くになり、1樹当たり収量は13kg程度になった。また、初結実した4年生での収穫時の果実品質は良好であった(表1-4)。



2年生(2016年2月) 3年生(2016年2月)  
図1-8 冬期剪定前のフェザー利用側枝下垂型主幹形の樹姿

表1-4 ふじ/JM7 フェザー利用側枝下垂型主幹形樹等の果実品質(2017年)

試験区	果重 (g)	地色 (1-8)	着色 (1-6)	着色面積 (%)	硬度 (Lbs)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (%)	デンプン (0-5)	ミツ入り (0-5)
フェザー利用 側枝下垂型主幹形	332	5.9	5.0	83.5	16.3	15.3	0.448	0.9	2.3
フェザー利用 主幹形	368	6.0	4.7	87.8	15.9	15.3	0.420	0.6	2.1

### (3) フェザー利用による側枝下垂型主幹形の耐雪性

#### ① 雪の積み上げによる試験

フェザー利用による側枝下垂型主幹形の耐雪性を検討するために、試験圃場から4年生樹を掘り上げて別圃場に移植し、冬期に木の周辺に雪を積み上げて負荷試験を行った。積雪深90cm程度に到達した1月中旬に主幹を中心に180cm四方をコンパネで囲い、その範囲に周りから雪を集めて190cmの高さまで雪を積み上げた。その後そのまま放置して消雪後の4月に雪害の発生状況を調査した(図1-10)。

フェザー利用側枝下垂型主幹形では高さ200cmまでに発出している長さ20cm以上の側枝に折損や欠損の被害はみられなかった(表1-5)。

一方、同じ程度の樹体サイズのフェザー利用主幹形では、1樹だけの結果であるが、側枝の20%程度に折損や欠損の被害がみられた(表1-5)。ただし、これらの折欠損被害は126~200cmの部分に発生し125cm以下では

みられないなど、自然の降雪条件で生じる枝折れ被害とはやや異なった。これは、人工的に雪積みを行ったので本来深いところで大きくなる沈降力が作用しないような状態になっていた可能性がある（図1-9）。

いずれにしても、フェザー利用側枝下垂型主幹形では、側枝を下垂させない主幹形よりも耐雪性が高いと判断できる。

表1-5 雪の積み上げによる耐雪性の検証（2018年4月）

樹形	樹高 (cm)	幹周 (cm)	樹幅 (cm)	発出高 (cm)	側枝数 (本)	側枝長 (cm)	発出角度 (°)	基部径 (mm)	主幹径 (mm)	被害数 (本)	被害率 (%)
フェザー利用 側枝下垂型主幹形	301	13.8	163	76~100	6	73.8	-3.0	13.8	39.9	0	0.0
				101~125	6	88.0	-17.0	13.9	36.2	0	0.0
				126~150	8	79.4	-1.8	14.1	31.8	0	0.0
				151~175	4	67.5	18.8	12.6	25.7	0	0.0
				176~200	2	60.0	-11.5	11.5	22.5	0	0.0
計				26					0	0.0	
フェザー利用 主幹形	290	13.3	122	76~100	7	91.9	8.1	13.7	38.0	0	0.0
				101~125	5	92.0	18.2	12.8	31.0	0	0.0
				126~150	6	78.8	33.3	11.1	25.9	1	4.2
				151~175	5	39.0	43.6	8.0	20.2	3	12.5
				176~200	1	54.0	23.0	9.2	18.2	1	4.2
計				24					5	20.8	



図1-9 雪積み上げ試験の様子  
積み上げ5日後（2018年1月17日）

フェザー利用側枝下垂型主幹形

フェザー利用主幹形

雪面付近の側枝の状況

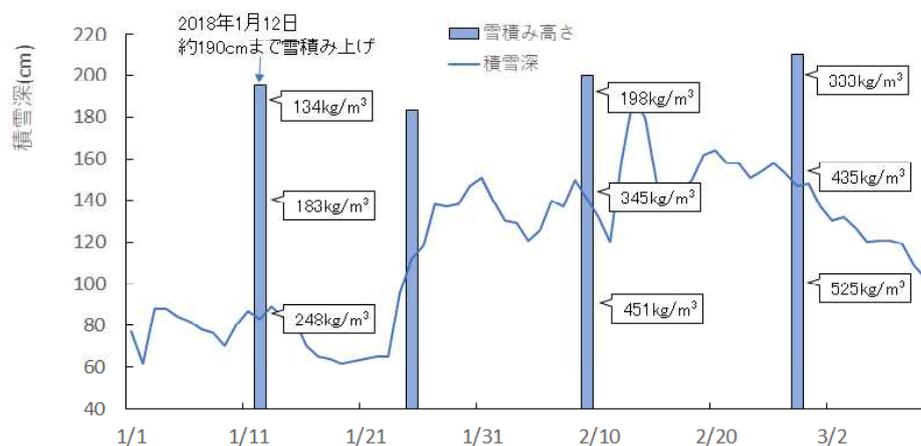


図1-10 雪積み上げ後の積雪深の推移

図中の数値は表示している高さの雪密度を示す

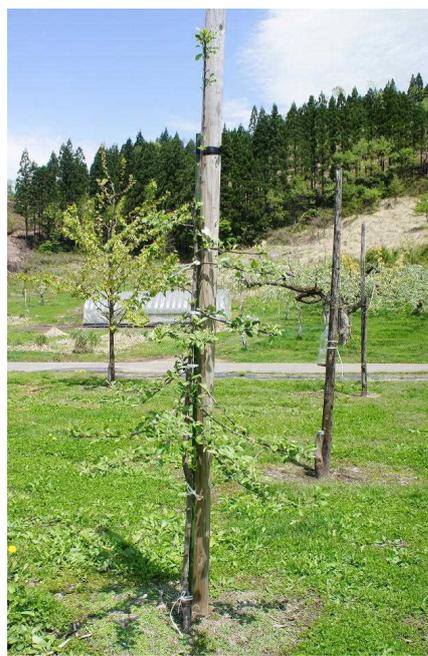
## ②積雪量の多い園地での現地実証試験

山麓沿いで平年の積雪深が多い地域でフェザー利用側枝下垂型主幹形、フェザー利用主幹形および標準的主幹形各3樹について、雪害の発生状況を2018年4月に調査した。現地園は2018年2月中旬に積雪200cmに達した(図1-11)。フェザー利用樹は無除雪で、標準的主幹形は降雪前に側枝を主幹に結束するとともに、2月中旬に除雪作業を行った。フェザー利用側枝下垂型主幹形はフェザー利用主幹形に比べて、枝折れ被害が少なく、特に下枝の被害はほとんどなかった(表1-6)。

表1-6 現地実証園での生育と雪害の発生状況(2018年4月)

樹形	樹高 (cm)	幹周 (cm)	樹幅 (cm)	側枝発出高 (cm)	側枝数 (本)	側枝長 (cm)	発出角度 (°)	基部径 (mm)	主幹径 (mm)	頂芽数 (芽)	被害数 (本)	被害率 (%)
フェザー利用 側枝下垂型主幹形	256	8.2	97	76~100	4.0	44.1	-15.5	8.8	23.7	20.3	0.0	0.0
				101~125	7.3	40.4	-24.7	9.5	21.7	34.7	0.3	1.1
				126~150	6.7	31.4	-11.4	9.6	18.6	27.0	0.3	1.1
				151~175	5.7	27.0	9.3	7.4	15.4	10.7	2.7	9.4
				176~200	4.7	27.8	16.0	6.6	13.4	9.3	1.7	5.8
				201~	2.0	27.0	9.0	7.4	10.8	8.0	2.0	6.5
計				30.3						7.0	23.8	
フェザー利用 主幹形	256	7.7	97	76~100	8.0	41.2	3.0	7.4	20.3	30.0	2.7	11.8
				101~125	5.7	52.9	11.0	8.0	18.4	27.7	2.7	10.8
				126~150	6.3	35.4	18.6	6.8	15.0	14.7	3.0	11.8
				151~175	4.0	35.7	38.5	5.5	11.9	9.7	1.7	6.5
				176~200	2.0	25.0	18.5	7.8	15.7	2.0	0.0	0.0
				201~	2.0	32.5	42.5	8.7	12.5	11.0	1.0	3.6
計				28.0						11.0	44.6	
主幹形	315	11.9	136	76~100	4.7	137.3	33.1	19.8	33.6	64.0	0.7	2.7
				101~125	4.7	60.6	20.0	11.7	27.5	16.7	1.0	4.2
				126~150	6.3	73.7	30.3	10.1	23.5	26.0	1.3	5.8
				151~175	5.5	52.7	42.0	7.5	21.5	7.0	0.0	0.0
				176~200	2.0	43.3	25.3	7.6	16.1	2.0	1.0	3.8
				201~	3.3	47.7	28.0	8.5	15.2	9.0	0.3	1.6
計				26.5						4.3	18.0	

2015年4月2年生苗定植、2016年にBA剤散布によりフェザーの発生を促し下垂側枝を育成



冬期の状況(2018年2月上旬)

開花期の状況(2018年5月上旬)

図1-11 現地実証園におけるフェザー利用側枝下垂型主幹形

#### (4) 下垂誘引方法の検討

樹形構成に要する作業としては、フェザー利用側枝下垂型主幹形は生育期に側枝下垂処理を行う必要があり時間や手間を要する。そこで、わい性台「ふじ」を対象に効率的に側枝を下垂する方法を検討した。

##### ①主幹部に側枝形成される段階での誘引方法

B A 剤散布により主幹延長新梢にフェザーを発生させ側枝を形成するときや主幹部から直接発生する新梢の誘引では、新梢が12cm前後になったときに園芸用カットビニールタイを使用して下垂誘引すると新梢1本当たり30秒前後で作業ができ、簡便に低コストで下垂作業ができる(図1-12)。



誘引具：園芸用カットビニールタイ  
200本入り 長さ20cm 価格108円  
誘引作業のポイント：新梢が12cm前後まで伸長した時、新梢基部を支点、葉柄を力点、下部の芽を作用点になるようビニタイを巻き付けて、下垂誘引する  
処理時間：新梢1本当たりの作業時間は約30秒

図1-12 ビニールタイによる下垂誘引

この他発生したフェザーが20cm程度伸長したらおもりをつける方法、鉄線で作した誘引器を使う方法、PPバンドを使用してステーPLラーで止める方法を検討したが、いずれの方法でも形成される側枝の太さや長さ、発出角度に大きな違いはなく、樹体の生育に影響もなかった(表1-8)。

1 新梢当たりの作業時間は、誘引器を使う方法が53秒、おもりを下げる方法とPPバンドを使う方法が70秒程度であった(表1-7、図1-13)。

表1-7 2年生時の側枝下垂誘引方法の違いによる作業時間と処理本数

下垂誘引方法		下垂誘引実施日							合計	1側枝当たり 作業時間
		6/15	6/22	7/ 8	7/14	7/28	8/17	9/14		
おもり使用	作業時間(秒)	290	112	242	—	229	711	310	1894	71
	処理本数(本)	5	2	4	—	2	11	2	27	
誘引器使用	作業時間(秒)	—	—	—	275	204	478	336	1294	53
	処理本数(本)	—	—	—	9	8	4	3	24	
PPバンド使用	作業時間(秒)	—	—	—	488	685	284	625	2082	72
	処理本数(本)	—	—	—	6	12	3	7	29	

表 1-8 2年生時の下垂誘引方法と側枝の生育 (2015年11月)

下垂誘引方法	高さ (cm)	側枝数 (本)	幹径 <sup>z</sup> (mm)	側枝径 <sup>y</sup> (mm)	側枝長 (cm)	発出角度 <sup>x</sup> (°)
おもり使用	~100	9	14.0	4.4	18.2	+5
	101~125	8	12.3	5.5	24.1	+9
	126~150	10	11.0	5.8	19.8	+6
	151~175	11	8.9	4.5	7.5	+35
	176~200	6	7.7	3.3	6.5	+15
201~	-	-	-	-	-	-
誘引器使用	~100	11	15.3	5.7	27.8	+7
	101~125	9	12.5	6.2	28.5	+5
	126~150	10	10.7	5.6	16.4	+17
	151~175	8	8.3	4.4	7.2	+37
	176~200	7	7.0	3.2	4.4	+26
201~	-	-	-	-	-	-
PPバンド使用	~100	8	16.1	4.9	20.3	+11
	101~125	7	13.4	6.7	33.0	+5
	126~150	8	11.9	6.3	21.8	+9
	151~175	10	9.5	4.8	9.7	+40
	176~200	7	7.3	3.7	3.8	+35
201~	1	6.0	3.6	6.0	+18	
無処理	~100	9	14.4	5.1	24.3	+19
	101~125	9	11.5	5.3	27.5	+28
	126~150	10	10.0	5.3	17.1	+43
	151~175	10	7.4	4.1	5.1	+52
	176~200	6	6.0	3.0	2.8	+34
201~	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup> 側枝の発出部位の主幹直径、<sup>y</sup> 側枝基部の直径  
<sup>x</sup> 水平 (0°) からの角度 (上向き+)



図 1-13 側枝の下垂方法

上から、おもり、自製誘引器  
ひもを使った誘引状況

## ②前年に形成された側枝の再誘引の方法

3年生での側枝の下垂作業では、前年に形成された側枝に加え当年主幹から発生する新梢の誘引が必要になるため、ビニタイ+おもりを使用する方法とPPバンドを使用する方法を検討した。2年生の時に比べて高い位置の新梢や側枝先端の上向きに伸びた新梢の誘引作業が必要になり、1本当たり約80~90秒の作業時間を要した(表1-9)。

いずれの方法でも翌年の剪定後の樹体調査では、樹高、樹幅、幹周などの生育量や側枝の特性に大きな違いはみられなかった(表1-10)。

表 1-9 3年生時の側枝下垂誘引方法の違いによる作業時間の比較 (2016年)

下垂誘引方法		下垂誘引実施日			合計	1側枝当たり 作業時間
		6/21	7/13	9/1		
ビニタイ+ おもり使用	作業時間(秒)	894	-	1563	2457	80
	処理本数(本)	17	-	14	31	
PPバンド使用 (前年誘引器)	作業時間(秒)	-	2301	-	2301	91
	処理本数(本)	-	25	-	25	
PPバンド使用 (前年PPバンド)	作業時間(秒)	-	1748	-	1748	86
	処理本数(本)	-	20	-	20	

9月1日は副梢、新梢の誘引と側枝先端新梢へのおもりの追加や未処置の側枝へのおもりかけかえ

表 1-10 3年生時の下垂誘引方法と側枝の特性（2017年5月開花後）

試験区	側枝の 発出高 (cm)	側枝 総数 (本)	21cm以上の側枝 <sup>2</sup>						頂芽数 (個)	うち花芽 (個)
			枝数 (本)	側枝長 (cm)	発出角度 (°)	主幹径 (mm)	基部径 (mm)	高低差 (cm)		
ビニタイ+ おもり使用	~100	7.3	4.7	55	-6.1	29.6	10.1	-3	34.3	8.3
	101~125	7.3	5.7	54	4.3	26.7	11.8	-4	52.3	14.7
	126~150	8.0	6.0	41	-6.1	23.5	10.5	-2	45.3	16.7
	151~175	7.7	3.7	29	8.5	16.4	6.7	0	17.0	8.3
	176~200	4.3	1.0	33	2.2	13.0	7.0	1	5.0	4.0
	201~225	0.7	0.0						0.7	0.3
	226~	1.7	0.0						1.7	1.7
計		37.0	21.0						156.3	54.0
PPバンド <sup>1</sup> 使用 (前年誘引器)	~100	6.3	5.7	63	-1.3	33.5	11.8	5	37.3	3.7
	101~125	7.0	6.3	72	-10.0	29.8	12.6	8	47.0	8.7
	126~150	7.7	5.3	59	1.3	26.4	11.4	9	36.0	9.0
	151~175	6.0	3.3	51	19.7	22.2	10.4	10	9.0	3.3
	176~200	3.3	2.3	36	10.3	14.1	7.8	7	3.7	0.7
	201~225	2.0	0.0						2.0	2.0
	226~	3.7	0.0						3.7	0.0
計		36.0	23.0						138.7	27.3
PPバンド <sup>1</sup> 使用 (前年PPバンド)	~100	4.3	3.0	54	-10.7	33.7	12.4	-4	21.3	6.7
	101~125	6.0	5.3	58	-8.4	31.5	11.9	-9	43.0	20.3
	126~150	7.7	7.3	59	-1.9	28.9	12.6	-2	54.0	25.3
	151~175	6.0	5.0	58	8.3	25.5	12.9	-2	29.0	15.0
	176~200	3.7	2.3	34	8.0	15.9	8.8	6	6.7	2.7
	201~225	2.0	0.3	21	6.0	6.3	3.8	5	2.0	0.7
	226~	4.7	0.0						4.7	3.7
計		34.3	23.3						160.7	74.3
無処理(対照)	~100	7.7	7.3	74	15.4	31.5	11.9	40	61.7	6.3
	101~125	6.0	4.3	68	26.9	25.8	11.6	45	40.7	5.3
	126~150	6.3	4.3	55	34.6	22.5	10.4	37	27.3	5.0
	151~175	5.0	2.0	24	29.5	12.9	5.4	14	7.7	4.0
	176~200	5.7	1.3	29	17.4	11.5	6.2	20	4.7	2.3
	201~225	2.3	0.0						2.3	0.3
	226~	4.7	0.0						4.7	1.6
計		37.7	19.3						149.0	25.0

<sup>2</sup> 発出角度：水平0°からの角度（上向き+）、主幹径：側枝発出部の主幹直径、基部径：側枝基部の直径  
高低差：側枝基部の地上高と側枝先端の地上高の差

### 3) 課題と留意点

#### (1) 薬剤、日照の到達

側枝下垂型主幹形では側枝数を多く維持するため、樹齢が進むと枝葉が混み始め、防除薬剤や日照の樹冠内部への到達が悪くなる。薬剤の到達と作業性を考慮して8年生頃から通路側に対して直角方向に発生する側枝だけ徐々に間引くようにする。また、側枝の横の広がりを少なくするために側枝に大きな成り枝はできるだけつけないように維持する。

#### (2) 側枝下垂作業の効率的な方法

下垂した側枝づくりには夏期に新梢誘引を徹底して行うことが必須であり、その作業は、ひもを使いかなりの時間をかけなければならない。大規模に実施するには省力的、効率的に実施する方法をさらに検討する必要がある。

#### (3) 野ネズミの食害に対する対策

側枝が長期間、深く雪中に埋没した状態となるので野ネズミの著しい食害をうけることがある。野ネズミ対策は万全に行う必要がある。

(4) 側枝下垂型主幹形の形成が可能な品種、難しい品種

これまでに側枝下垂型主幹形で栽培されている「ふじ」以外の品種には、「つがる」、「早生ふじ」、「千秋」、「シナノスイート」、「ジョナゴールド」、「もりのかがやき」、「ゆめあかり」、「ぐんま名月」、「秋田紅あかり」、「はるか」等がある。

「さんさ」や「秋田紅ほっぺ」等枝がもろい品種は、誘引時に新梢が折れたり、欠けたりしやすく、下垂させた枝でも折れやすい。「つがる」、「ジョナゴールド」もやや誘引時に新梢が折れやすい傾向がある。また、「秋しづく」など3倍体の品種では生育が旺盛で側枝が太りやすく、弾力が少ないため下垂させた枝でも折れやすい。

## 2 ブドウの冬期倒伏栽培法による雪害防止

### 1) 栽培法の特徴

#### (1) 樹形と耐雪性

ブドウの冬期倒伏栽培法とは、積雪前に主枝を支持施設から外して地面に伏せ、積雪期間はそのままの状態越冬させ、消雪後に再び主枝を支持施設に戻す方法である。この方法では主枝を地面が支え、地面より下には雪は沈まないため主枝に積雪沈降力がかかるとはならない。そのため、雪害に強い栽培方法といえる。

ブドウで冬期倒伏栽培法を行うには、従来のX字型自然形長梢剪定樹や一文字短梢剪定樹では倒伏させることができない。そのため、斜立植え、1本主枝、低樹高（地上からの主枝高50cm）、新梢上方誘引といった倒伏に適した片側水平コルドン樹形が必要である（図2-1、図2-2）。

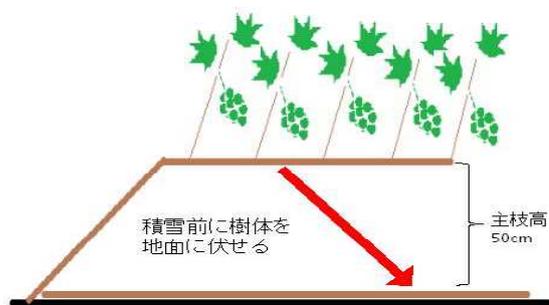


図2-1 ブドウ冬期倒伏栽培法のイメージ



図2-2 片側水平コルドン樹形

これまで、苗木の定植から5年間この樹形で育成し、冬期間は倒伏させて除雪を行わず管理してきたが、主枝や結果母枝が折れる被害は一度も発生しなかった。特に、2018年の2月は場内で積雪190cmを記録する大雪になったが（図2-3）、それでも雪害は皆無であった。このことから、ブドウの冬期倒伏栽培法は優れた雪害防止法と認められる。



図2-3 冬のブドウ圃場  
2018年2月の状況  
この下にブドウ樹が埋まっている

#### (2) 樹体成長量

試験は「シャインマスカット」「ピオーネ」「クイーンニーナ」について、それぞれの主枝の長さを6m、9m、12mに設定し、成長量や果実品質、収量を調査した。「シャインマスカット」のみ、対照として慣行栽培の一文字短梢剪定樹（主枝長12m）を設けた。いずれの試験樹も2014年4月に定植した。

図2-4、図2-5は主枝長を12mに設定した試験区の結果である。いずれの品種も主枝長が6mに達したのは概ね定植後3年目、同様に、9m

では4年目、12mでは5年目であった。「シャインマスカット」では試験区よりも対照区のほうが主枝の成長がやや良い傾向があり、これは、試験区が斜立植えであることが影響していると考えられた。

幹周は2018年には4倍体品種の「クイーンニーナ」「ピオーネ」が「シャインマスカット」よりも大きくなった。「シャインマスカット」の試験区と対照区ではほとんど差はなかった。

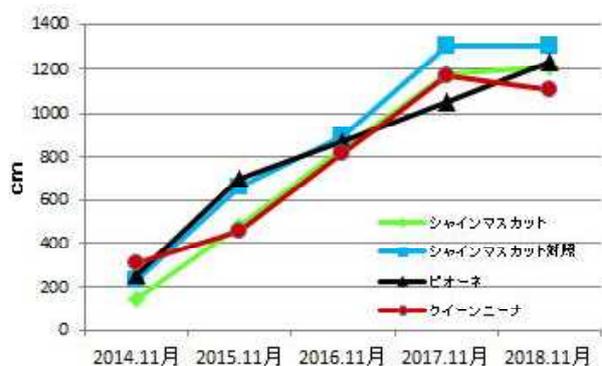


図2-4 主枝長の推移

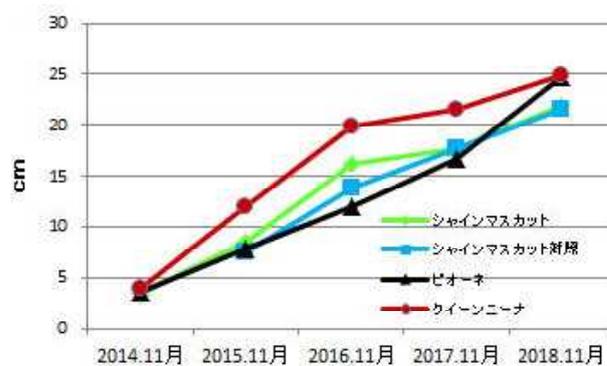


図2-5 幹周の推移  
(接ぎ木部の10cm上部)

### (3) 果実品質

「シャインマスカット」では、試験区のほうが対照区よりも全体的に果皮色指数が低く、酒石酸量が多く、成熟がやや遅れる傾向があった。また、主枝長が短いほど成熟が遅れる傾向にあった。しかし、6m区は1粒重は最も大きく、果粒肥大は良好であった(表2-1)。

「ピオーネ」の6m区は前年のクビアカスカシバ被害により主枝を更新したため、結果部位が主枝基部に限られ成熟が遅れた。同様に、9m区もクビアカスカシバ被害により樹勢がやや弱く、1粒重が小さくなったが、被害がなかった12m区の果実品質は良好であった(表2-1)。

「クイーンニーナ」は主枝長による果実品質の違いはなく、果皮色や1粒重、糖度は良好であった(表2-1)。

表2-1 果実品質(2018年)

区 <sup>2</sup>	果房重 (g)	果房長 (cm)	果皮色 <sup>1</sup> (個)	着粒数 (個)	1粒重 (g)	糖度 (%)	酒石酸 (g/100ml)	収穫日	備考
S 6	595	17.1	3.8	45.8	12.4	17.3	0.320	10月9日	
S 9	577	16.5	4.0	47.8	11.8	18.0	0.285		
S 12	535	16.1	4.0	43.8	11.9	17.9	0.269		
S 12C	569	17.0	4.2	50.9	10.8	18.1	0.240		
P 6	322	12.9	5.9	27.9	11.1	16.3	0.694	9月29日	クビアカスカシバ被害あり
P 9	404	15.6	9.4	34.0	11.6	17.9	0.503		クビアカスカシバ被害あり
P 12	445	15.2	7.7	30.9	14.0	17.7	0.526		
Q 6	426	14.5	4.2	28.3	14.6	20.8	0.424	10月17日	
Q 9	390	14.2	3.6	24.6	15.3	20.4	0.443		
Q 12	406	15.4	4.5	27.0	14.5	20.5	0.405		

<sup>1</sup>S: シャインマスカット、P: ピオーネ、Q: クイーンニーナ、数字は主枝長、Cは対照を表す  
<sup>2</sup>シャインマスカットは秋田県版カラーチャート(指数1~6)、ピオーネは農林水産省ブドウ紫・黒色系カラーチャート(指数0~12)、クイーンニーナは外観評価(劣1~良5)による。

#### (4) 収量

定植後5年目である2018年の「シャインマスカット」の収量は、主枝長6m区が1744kg/10aで、成木の標準収量である1500kgを上回った(図2-6)。

「ピオーネ」の6m区は主枝を更新したため収量は本来のレベルより低くなったが、9m区は1357kgと成木の収量レベル1200kgを上回った。「クイーンニーナ」の6m区は1061kgで成木の収量レベル1000kgを上回った(データ略)。これらのことから、主枝長を6mにすると、各品種とも定植後5年目で成木期の標準収量(成園化)に達すると考えられた。

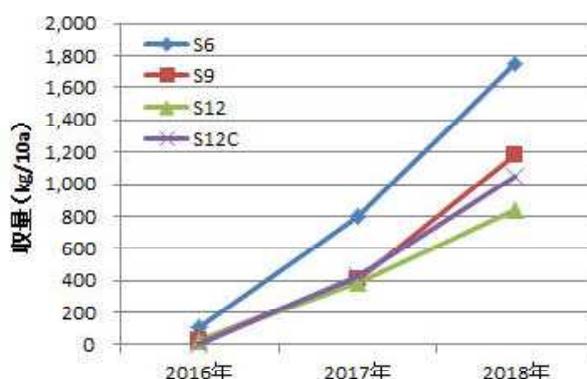


図2-6 シャインマスカットの収量変化  
注釈は表2-1に同じ

#### (5) 作業時間

冬期倒伏栽培(倒伏区)では主枝の上げ下げにかかる時間は10a当たり合計で約12時間で、この分が慣行栽培(慣行区)に比べてかかり増しになる(表2-2)。慣行栽培では雪害防止のため枝を掘り上げる除雪作業にかかる時間が12時間なので、慣行栽培で園地の除雪作業を1回行うと、冬期倒伏栽培法と作業時間に差はなくなり、除雪作業を2回以上行くと冬期倒伏栽培法の作業時間が少なくなりメリットが生じる。

慣行栽培では主枝の掘り上げを行わなくても、降雪後に樹上や施設上の冠雪を除去しなくてはならず、実際には冬期間に複数回園地で作業しなくてはならない。この点においても冬期間に除雪作業の必要がない冬期倒伏栽培法に一定のメリットがある。

その他の生育期における各種作業時間は、冬期倒伏栽培と慣行栽培でほとんど変わらなかった(表2-2)。

作業名	倒伏区	慣行区
枝下げ	6.2 h/10a	0.0 h/10a
枝上げ	6.0	0.0
除雪	0.0	12.0
新梢誘引	29.4	30.3
花穂整形	22.6	18.5
摘粒	83.7	88.7
合計	147.9	149.5

注) 除雪は主枝(短梢剪定樹)が露出するよう雪面から深さ50cmまで除雪した場合の時間  
樹幅は3m、着房数は2700房/10aで計算  
摘房は花穂整形及び摘粒時に同時に行った

#### (6) 作業負荷

冬期倒伏栽培は新梢管理(誘引、摘心)以外の管理作業の大部分(花穂整形、ジベレリン処理、摘粒、袋かけ、収穫、剪定)を座って行うので、常時、立ったまま作業を行う慣行栽培よりも、体にかかる負担が小さいと考えられる。

摘粒作業は無核栽培において最も時間と手間がかかる作業である。そこで、摘粒時の体にかかる負担の指標として、心筋負荷指数を調べた。

図2-7は摘粒時の心筋負荷指数を示しているが、倒伏栽培のほうが慣行栽培よりも心筋負荷指数が低かった。心筋負荷指数は通常、80～200の範囲にあるのが正常とされるが、冬期倒伏栽培法の摘粒時における心筋負荷指数は正常範囲の下限に近く、ほぼ安静時の値に近かった(図2-7)。

冬期倒伏栽培法では、座って作業を行うことで作業負担を軽減することができる。

また、座って作業すると顔や腕を上げる必要がなく、背中を仰け反らせることもないため、肩こりや腰痛がある人や高齢者に優しい栽培法である。

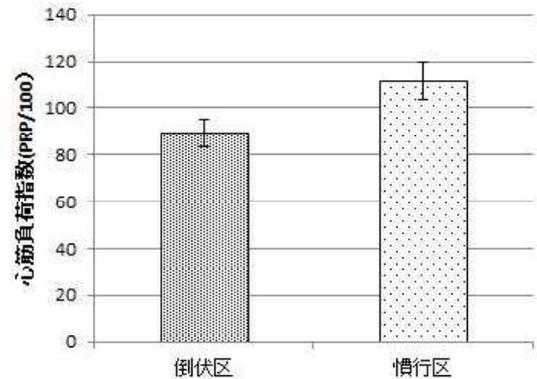


図2-7 摘粒時の心筋負荷指数<sup>z</sup>  
<sup>z</sup>pressure×rate product/100

注) 倒伏区と慣行区で1時間毎交互に3回ずつ、合計6回作業した時の平均値。誤差範囲はS. D.

## 2) 実際の栽培方法

### (1) 苗木の定植

列間の植栽距離は、スピードスプレーヤー (SS) が走行できるように3 m以上にする。樹間は主枝の長さを変えても樹勢や果実品質に大きな違いはなく、主枝長が短いほど成園に達するまでの時間が短く、早期に収量が増加することから、品種を問わず目標とする主枝長は6 mを基準にする。

慣行栽培では苗木はまっすぐ垂直にして植えるが、これでは倒伏させる時に幹の部分が折れてしまうため、苗木は定植時から斜め45°にして植える(斜立植え、図2-8)。

植え穴の土壌改良や定植後の管理等は慣行栽培と同じように実施する。



図2-8 苗木の斜立植え

### (2) 主枝の本数

慣行栽培のように主枝を2本、あるいは、複数に分岐させてしまうと、上から積雪荷重がかかった時に、分岐部から幹が裂けてしまう。これを防ぐために主枝は分岐させずに1本主枝にする。

### (3) 主枝の高さと主枝の上げ下げ

冬期倒伏栽培法では積雪前に主枝を地面に降ろす作業と、消雪後に再び主枝を支持施設まで持ち上げる作業が必要になる。どちらの作業も若木で

はそれほど力は要らないが、成木ではかなりの力が必要になると予想される。特に、通常の一文字短梢剪定樹の主枝の高さである170cm、あるいは、平棚栽培での高さ220cmまで持ち上げるのは大変な作業になる。

そこで、主枝の上げ下げが少ない労力で済むよう主枝の高さを50cm程度に低くする。これより低いと、薬剤がかかりにくくなるため、これ以上は低くしない。

定植後5年目の6年生樹では主枝の上げ下げは一人でできる。主枝を上げる時は主枝を太ももの上に載せると、主枝の支持線への結束が楽にできる（図2-9）。主枝の結束は基部側から行い、逆に、結束を外す時は先端側から行う。

樹齢が進むと主枝が太くなり、曲がりにくくなる。そのため、主枝を下げた時に、主枝の湾曲部が平らにならずに地面との間に隙間が生ずると、折損の危険がある。そこで、主枝の湾曲部にオガクズ等を充填した土のう袋をあてがうと良い（図2-10）。



図2-9 枝上げ作業



図2-10 主枝湾曲部の支え

#### （4）新梢誘引

低樹高樹では、SSの走行や作業の邪魔にならないように、新梢は仰角60°以上の角度で上方に誘引して通路の空間を確保する（図2-11）。新梢の長さは慣行栽培と同様、150cmとする。この時、トンネル被覆の内側に新梢が収まるようにすると、雨が当たりにくくなり病気の発生が少なくなる（図2-12）。そのため、トンネル被覆の幅は150cm以上あると良い。



図2-11 新梢の誘引



図2-12 トンネル内側に新梢を誘引

### (5) 防草シートの敷設

冬期倒伏栽培法は主枝の高さが低く除草作業がしにくいため、図2-11のように樹冠下に防草シートを敷設する。防草シートは年間を通して敷きっぱなしにして除草作業を省力化する。

### (6) 移動式作業用椅子

座って作業する時は図2-13のような移動式作業用椅子を使用して横に移動しながら作業を進めると便利である。

### (7) 剪定

剪定は慣行栽培と同様に短梢剪定とし、2芽剪定を基本とする(図2-14)。ただし、結果母枝が長くないように、第3芽での犠牲芽剪定はせず、第2芽の直上で剪定する。1つの芽座に複数の結果母枝がある場合は、芽座が長くないように主枝に一番近い部分にある結果母枝のみを残す。



図2-13 移動式作業用椅子



図2-14 剪定後の樹姿

## 3) 留意点

冬期倒伏樹は冬期間地面に伏せ雪下で越冬するため、野ネズミ害を受けやすくなる。主枝が食害されると(図2-15)、食害部位から先が発芽不良を起こしたり、ひどい場合は枯死する。その場合は食害部位より基部側から発生した新梢を利用して、被害部位のカバーや主枝の更新を行う(図2-16)。

野ネズミ害は樹種共通の被害で、基本的な対策は野ネズミの密度低減である。ネズミ穴がたくさん見られる園地では、春と秋の繁殖期のみならず、生育期全般を通して、ネズミ穴への殺鼠剤投入をこまめに行う。

また、山間部では、ウサギなどによる芽の食害や、ハクビシンなどによる成熟した果房の食害がある。このようなところでは、主枝の高さを高くするなどの対策が必要である。



図 2-15 主枝の野ネズミ害



図 2-16 被害部位のカバー（バイパス）

### 3 モモのセンターポール式枝吊り栽培法による雪害防止

#### 1) 栽培法の目的

積雪地域である県南部では、モモの樹形は二本主枝の開心自然形が主流である。第一主枝を120cm以上の高さから分岐させることで、雪害を回避しているが、この仕立て方では、結果部位が高く、作業性が悪いことや、樹高を抑えようと主枝を寝せるので、樹勢が衰弱しやすいといった問題がある。

モモの主産地では、果実の重みによる枝の下垂や折損を防ぐため、樹冠中央部にポールを立てて、ポールの先端部からワイヤーなどで枝を吊るセンターポール式枝吊り栽培法が行われている（図3-1）。

この栽培法を導入することでモモの低樹高栽培を進めるだけでなく、雪害防止にも有効と考えられ、多雪地での可能性を検討した。



図3-1 センターポール式枝吊り栽培法

#### 2) 雪害防止効果と低樹高化のメリット

##### (1) 防止効果の実証

開心自然形二本主枝の第一主枝発出高40cmと120cmの各2樹、計4樹を供試し、5年生時から主枝や垂主枝などを吊り、除雪をしないまま越冬させた。

樹齢5年生時は、最高積雪深が122cmとなり、いずれの樹体にも被害は発生しなかった。

樹齢6年生時は、最高積雪深が190cmとなり、第一主枝発出高40cmでかつ発出角度が17°の樹体では、第一主枝の基部に亀裂が入る被害があったが、他の3樹に被害は無かった（表3-1）。施設そのものはいずれも倒壊被害などは無かったが、第一主枝に亀裂が入った樹体のセンターポールの傾きは他の3樹に比べて大きかった。

以上から、センターポール式枝吊り栽培法は、低樹高化した樹体でも一定の雪害防止効果が認められた。しかし、枝の角度が水平に近かった樹体では、効果が十分ではなかった。

表3-1 枝の角度と雪害状況（2018、6年生樹）

第一主枝発出高	樹体 No.	第一主枝角度 <sup>z</sup>		第二主枝角度 <sup>z</sup>		折損本数	
		基部	中央	基部	中央	主枝	その他枝
40cm	1	42	46	70	43	0	4(0) <sup>y</sup>
	2	17	53	65	31	1 <sup>x</sup>	9(1)
120cm	1	15	56	68	40	0	5(0)
	2	45	58	64	47	0	1(0)

<sup>z</sup>仰角 <sup>y</sup>()内の数値は、折損本数のうち、発出基部から折損した本数 <sup>x</sup>発出基部の亀裂

## (2) センターポール施設の強度検証

センターポール施設自体が耐えられる荷重を明らかにするため、第一主枝高を80cmとした7年生の樹体モデル（二本の主枝とその主枝上に垂主枝を2本ずつ配置した計6本の骨格枝で構成、図3-2）を木材で作成し試験を行った。樹体モデルにセンターポールを設置して枝吊りを施し、人為的に積雪深2mまでを想定した重しを掛けて負荷試験を行った。

施設に掛けられる荷重の限界は、吊り線（エスター線）にかかる張力が100kg程度になった時点、またはセンターポールが大きく傾き危険があると判断される時点とした。

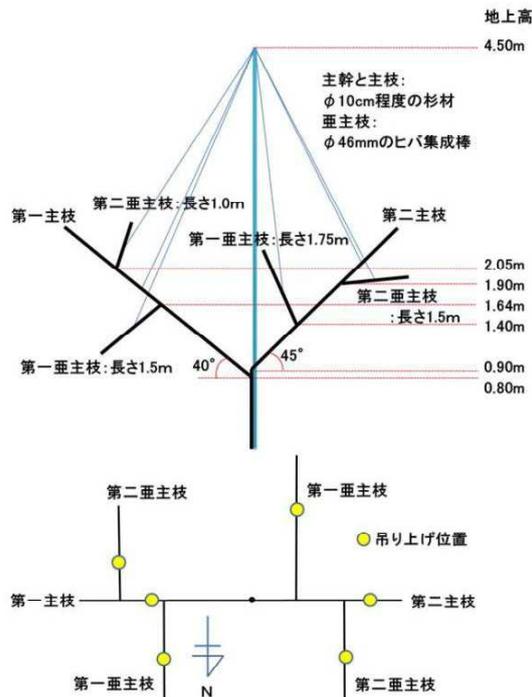


図3-2 樹体モデルの構造と施設の設置概要

吊り線はポールの頂点の穴を通し、向かい合う枝同士を吊り上げた

支柱なしで主枝と垂主枝それぞれ1か所ずつ、計6か所吊った樹体モデルに全体で550kg（積雪深約1.75m相当）の荷重をかけた場合、第二主枝第一垂主枝の張力は、概ね100kgに達した（図3-3、図3-4）。

次に、6か所の枝吊りに加えて最も荷重がかかる第二主枝の第一垂主枝を支柱で下支えた場合、モデル全体にかかる荷重が870kg（積雪深1.9m相当）以上になったところで、センターポールは危険と判断されるほど急激に傾いた（図3-4）。

6か所の枝吊りに加えて主枝2本と各第一垂主枝2本の計4本に1本ずつ支柱を入れ下支えた場合は、支柱1本の場合に比べて、施設はモデル

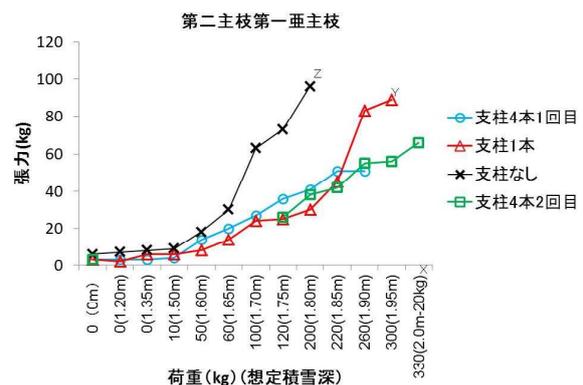


図3-3 第二主枝第一垂主枝の荷重と張力 (2017)

z 荷重150kg y 荷重280kg x 想定積雪深2mの荷重より20kg少ないことを示す

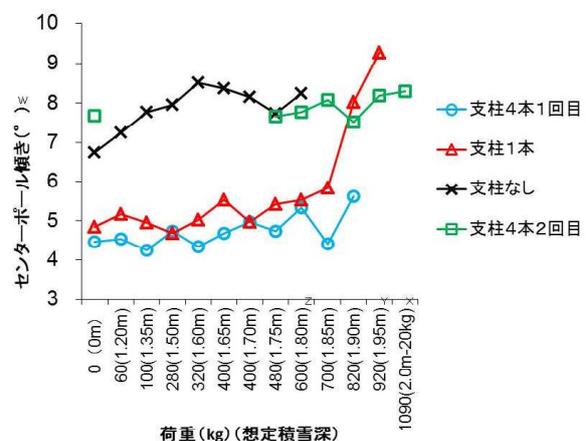


図3-4 樹体モデルへの負荷処理によるセンターポールの傾き (2017)

z 支柱無しは550kg y 支柱1本は870kg x 図3-3に同じ

w ポールの傾きは北側と東側への傾きから最も傾いた角度を算出した

全体にかかる荷重1090kg（積雪深ほぼ2.0m相当）でも吊り線の張力が100kgを越えたり、急激にセンターポールが傾くことはなかった（図3-4）。ただし、モデルの垂主枝自体はしなりがみられた。

以上から、今回想定した樹体モデルに対してセンターポール式枝吊り栽培で積雪2m相当の積雪荷重でも雪害が起こらないようにするには、冬期間に主枝と第1垂主枝に支柱を入れ補強することが必要である。なお、支柱で対応する以外に、枝を吊り上げる位置やカ所数を調整して荷重の均衡をとることで、施設の耐荷重は大きく高まることが考えられる。

### （3）実際の積雪荷重と張力

2018年の実際の積雪下（最高積雪深1.9m）で、第一主枝発出高を40cmと80cmとした7年生の樹体モデル（図3-2）に設置した枝吊り施設の耐雪性を検討した。

積雪期間中に各枝の吊り線にかかった張力は、両モデルとも第二主枝の第一垂主枝が最も大きくなり、第一主枝発出高40cmのモデルで最大で89kgであった（図3-5）。両モデルとも最高積雪深1.9mのもとで消雪後まで枝吊り施設に吊り線の破断や倒壊はなかった。

実測した積雪深と雪密度から、モデル全体にかかった積雪荷重を算出してみると、測定日4日間のうち荷重が最も大きかったのは最高積雪深を記録した2日後の2月15日（積雪深1.61m）で、第一主枝発出高40cmのモデルではモデル全体で740kg、80cmのモデルではモデル全体で200kgの積雪荷重と推定された（図3-6）。

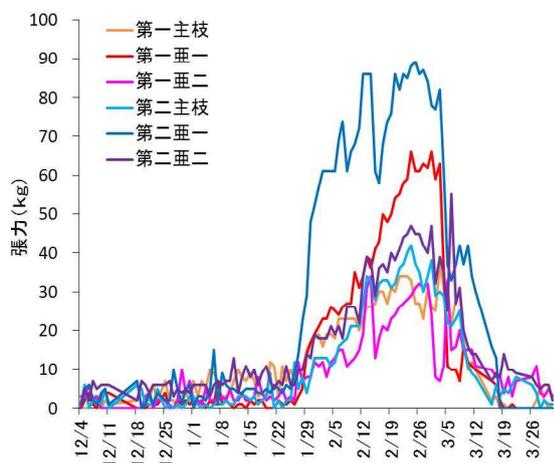


図3-5 枝毎の吊り線にかかる張力（2017-2018）

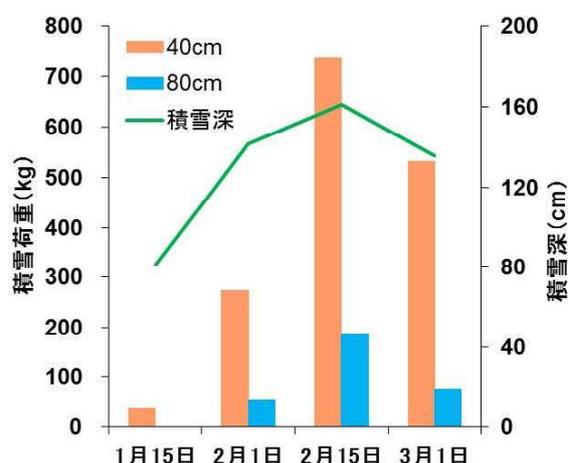


図3-6 樹体モデルにかかる実際の雪密度から算出した積雪荷重<sup>z</sup>（2018）

<sup>z</sup>実測した積雪深と雪密度から中俣の式（新編防雪工学ハンドブック1988）により算出

#### (4) 収量性

第一主枝発出高40cmの樹体は、120cmに比べて樹高が低く、樹幅が大きい。収量も同40cmが120cmの樹体を上回り、向上する（表3-2）。

表3-2 収量および樹体生育状況<sup>z</sup> (2018)

第一主枝 発出高	幹周 (cm)	樹高 (cm)	樹幅(cm)		収量 (kg/樹)	累積収量 <sup>y</sup> (kg/樹)
			主枝方向	主枝方向より90°		
40cm	36.9	419	643	495	51.4	93.6
120cm	34.7	463	529	442	40.8	73.3

<sup>z</sup>各2樹の平均値      <sup>y</sup>2015～2018年の4か年分

#### (5) 作業性

第一主枝発出高40cmの樹体では、地面から手を伸ばして収穫できる180cm以下の部分に4～5割が着果しており、脚立の5段目まで上がれば、全ての果実の収穫が可能であった（表3-3）。

低樹高化は、地面から手が届く範囲が広がり、作業性が高まる。

表3-3 着果位置別着果割合 (2018)

	第一主枝発出高 樹体No.	40cm		120cm	
		1	2	1	2
180cm以下 (地面から手を伸ばして収穫できる高さ)		51( 51) <sup>y</sup>	42( 42)	30( 30)	32( 32)
着果 <sup>z</sup> 181～240cm (脚立の2段目まで上がって収穫できる高さ)		32( 83)	39( 81)	38( 68)	36( 68)
位置 241～320cm (脚立の5段目まで上がって収穫できる高さ)		17(100)	19(100)	28( 96)	29( 97)
320cm以上 (脚立の6段目以上でないと収穫できない高さ)		0(100)	0(100)	4(100)	3(100)
合計着果数		230	185	197	130

<sup>z</sup>身長155cmの人を基準とした      <sup>y</sup>着果位置が低い方からの累積着果割合

### 3) 枝つり施設の設置方法

#### (1) センターポールの設置

始め、センターポールを5cm程の鉄芯で突起をつけたブロック上に直立させ、5年生樹を吊り上げたが、生育期間中は強風で倒れたり、融雪期には傾斜し、突起から外れそうになっていたため、6年生時にポールは埋め込んで設置した。

埋め込む場合は、ポールは主幹から30cm以上離し、吊り上げる主枝や垂主枝の位置を考慮し、全体のバランスがとれる位置に設置する。ポールは50cm埋設し、それ以上ポールが沈まないよう、ベースを装着したり（図3-7a）、ポールの下に石盤を埋め込む必要がある。

なお、センターポールは樹冠の拡大によってバランスが崩れ、次第に傾く場合がある。そのままにしていると、本来の防止効果が得られなくなるので、越冬前に直立させておく（図3-7b）

#### (2) 枝の吊り上げ

吊り上げる枝は添え竹をし、センターポールの先端部から吊り線で、添え竹ごと吊り上げる。吊る位置は枝の中央部付近が目安となるが、枝が長い場合は複数か所を吊り上げる。このとき、吊り線にホースを通して、ホ

ース部分で吊り上げるようにすると滑りにくく、枝の傷つき防止にもなる（図3-7c）。また、年々、吊るか所が多くなるため、予め、ポールの先端部から吊り線を多めに垂らし、まとめてポールに結束しておくが良い。また、細い側枝や1年枝などは添え竹した枝に結束する。

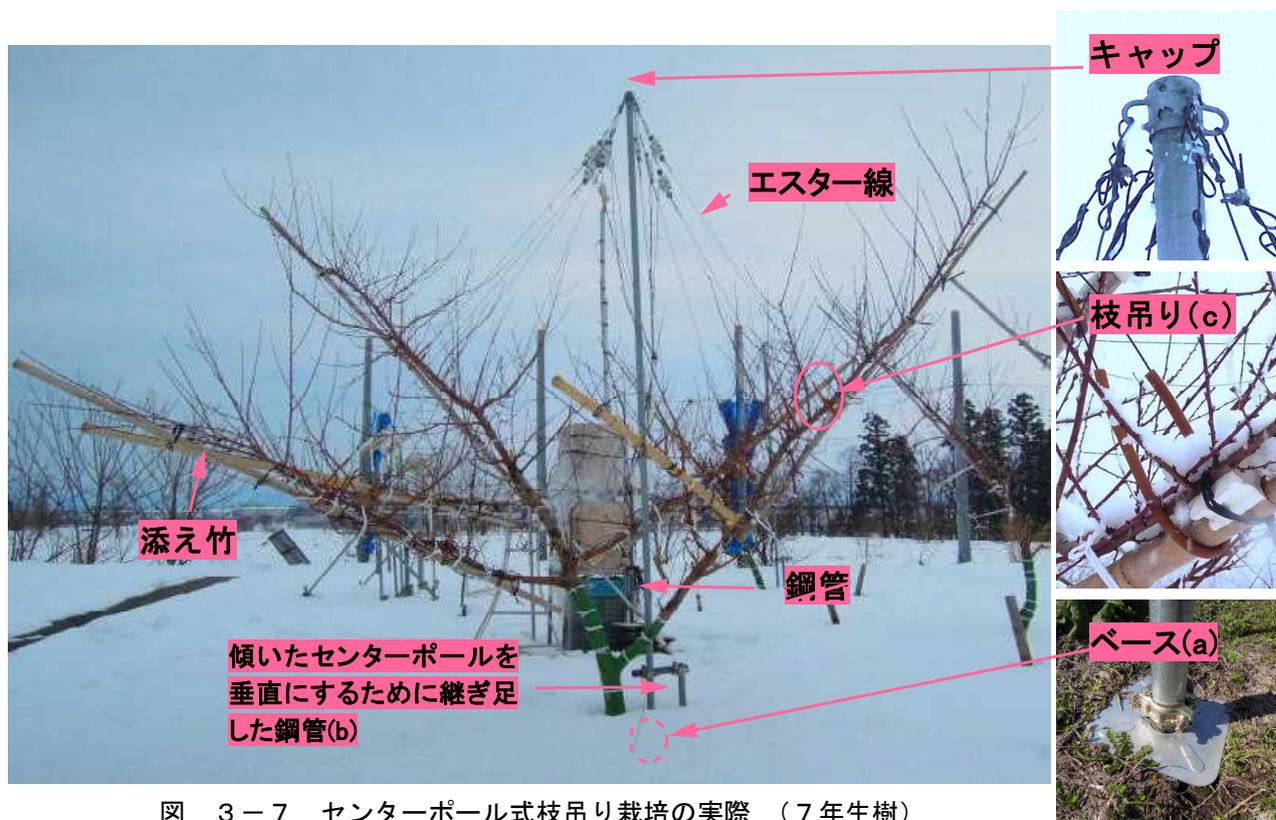


図 3-7 センターポール式枝吊り栽培の実際（7年生樹）

### （3）施設の材料と資材費

実際に主枝が吊れるようになるのは4年生頃からであり、主枝以外の枝も吊れるようになる5年生頃までに施設の設置を進める。

1 樹当たりの資材費は6,000円程度である（表3-4）。

表3-4 資材費

資材	規格	単価	補足
鋼管	長さ5m、48φ	2,950円/本	
キャップ	48φ用	1,480円/個	4か所フック付き
クランプ付きベース	48φ用	948円/枚	埋め込むなら石盤でも良い
エスター線（ポリエステル線）	#10、500m/巻	64円/吊りか所	吊りか所当たり約5m
ホース	あるものを使って	—	吊りか所当たり約30cm
	合計	5,890円/樹 <sup>2</sup>	

<sup>2</sup>エスター線は8か所分の512円で計上

#### (4) 枝吊り施設設置前の雪害対策

2年生（定植当年）はイボ竹などの支柱を主幹に添え、支柱を中心にして枝を結束する。

3年生～4年生は主枝に添え竹し、向かい合う主枝同士はマイカー線などで結束して、冠雪や沈降力で主枝が裂開しないようにする。

2m以下から発出する側枝などの細かい枝は主枝や竹に結束する（図3-8）。

5年生以降は側枝が太く長くなってくるので、センターポールを設置して主枝や側枝の吊り上げを行う。



図3-8 幼木の越冬対策

#### 4) 課題と留意点

これまでの結果から、センターポール式枝吊り栽培法では、積雪荷重の均衡を取ることが施設と樹体の倒壊や損壊を防止し雪害回避のポイントになると考えられる。各吊り線にかかる荷重のバランスがとれていれば、支柱は倒れないし、吊り線にかかる張力の偏りも解消される。また、吊り線の本数を増やしていけば吊り線1本当たりの張力を低減して断線しないようにでき、樹体を支え続けることができると考えられる。

##### (1) 荷重の均衡を取る

均衡を取るには、①下支え、②センターポールの移動、③樹形の改善という3つの方法が考えられる。

下支えは、荷重が大きく偏ると予測される枝に支柱を入れる。図3-9を例にすると、第一主枝は発出位置が低く、仰角が小さく、開張幅も広がってきていることから、相当の荷重がかかると推測され、反対方向に荷重が釣り合いそうな枝が無い。そこで、この第一主枝に支柱を入れる。



図3-9 支柱入れの様子  
z黄色い丸印は木支柱を入れたところ

センターポールの移動は、樹冠の拡大に合わせて、重心が取れる位置にポールを移動させる。このため、始めからポールは埋設せず、クランプ付きベースやブロックなどの上に直立させる。ただし、若木の時には枝数が少なく直立が難しい場合もあることから、吊り線の数を増やして、地面に打ち込んだ杭などに結び付けるなどのバランスを取る工夫が必要と考えられる。

樹形の改善は、主枝の開張度や枝量に差が少ない樹形がイメージされる。

今後検討が必要であろうが、枝の構成が対称的な樹形であれば、ポールをあえて埋め込まなくてもバランスが取りやすくなると考えられる。

## (2) 低樹高化の程度

センターポール式枝吊り栽培法は積雪地域においても低樹高化できることが最大の利点である。第一主枝発出高40cmでも枝の角度によっては190cmの積雪深に耐えたこと、第一主枝発出高40cmの樹体モデルに設置した枝吊り施設についても190cmの積雪深までは耐えたことから、センターポール式枝吊り栽培法によって積雪地域においてもかなりの低樹高化が実現できると考えられる。実証事例が1事例しかないことから、今後は樹形改善も視野に、低樹高化した樹体での雪害回避の検討が必要である。

## 4 沈降力破断器の利用による雪害回避作業の省力化

### 1) 積雪沈降力が生じる範囲（荷重圏幅）

積雪の沈降は、雪の自重と気温の上昇により重力方向に沈み（しまり）、雪の密度が大きくなる現象であり、これにより生じる圧力を沈降力とよんでいる。雪の密度は積雪の深部ほど、同じ積雪深でも降雪から日が経過するほど大きくなる（図4-1）。沈降力は粘性のあるしまり雪が枝の周囲に垂れ下がった状態なので（図4-2）、積雪に埋もれたガードレールが曲げられるほど強大である。

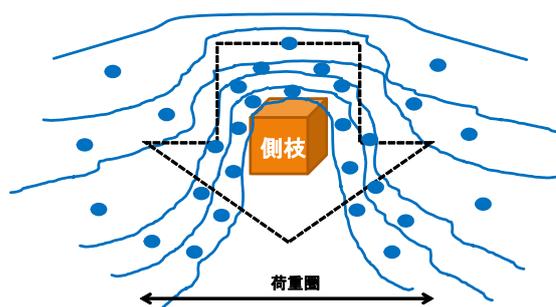
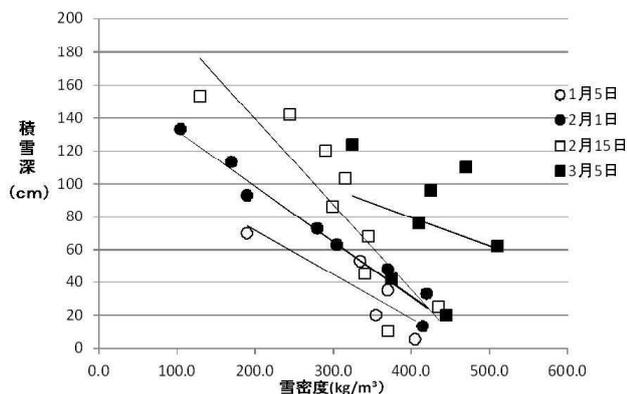
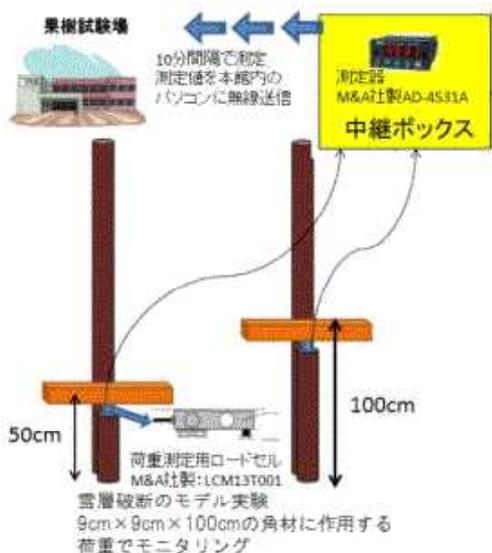


図4-1 場内ほ場における雪密度の推移（2017年）

図4-2 積雪沈降力の概念図

雪に埋もれた枝にかかる積雪沈降力（荷重）を測定するため、縦横9cm、長さ100cmの角材を地上50cmの高さに地面と水平に設置し、角材にかかる荷重をロードセル（荷重を電気信号に変換する荷重変換器）で求めた（図4-3）。

ロードセル値は、積雪深別の雪密度調査から積算（縦（固定）100cm×横（角材を挟む距離）1、50、100cm×高さ（積雪深）36、86cm）した積雪荷重と $R^2=0.98$ の高い相関がみられ、角材に作用している実際の沈降力を測定することができた（図4-4）。



積雪沈降力の測定システムは秋田県産業技術センター電子光応用開発部の助言と協力により設定した

図4-3 積雪沈降力測定システム

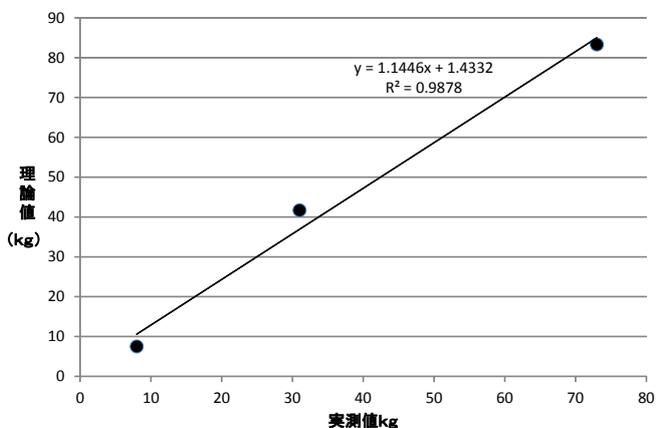


図4-4 雪密度から求めた推定荷重と実測値の関係

次に沈降力の荷重圏幅を明らかにするため、積雪深が105cmに達した2月上旬に、角材の左右両端の雪層を1mの幅で地面まで切断（図4-5の①と②）した後、角材と平行に1m離れた位置から25cmの間隔で左右交互に切断（図4-5の③～⑫）し、角材に作用する荷重の変化を測定した。その結果、荷重圏幅は、雪に埋もれた角材にかかる荷重が⑧から⑨の間で大きく減少したことから、角材を挟み100cm以内にあることが明らかとなった（図4-6）。

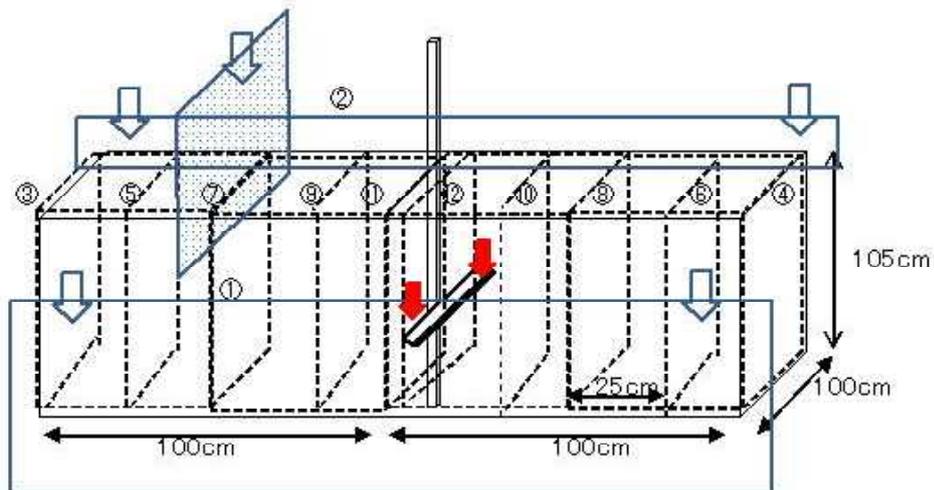


図4-5 積雪沈降力の範囲を明らかにするため雪層を切断した位置

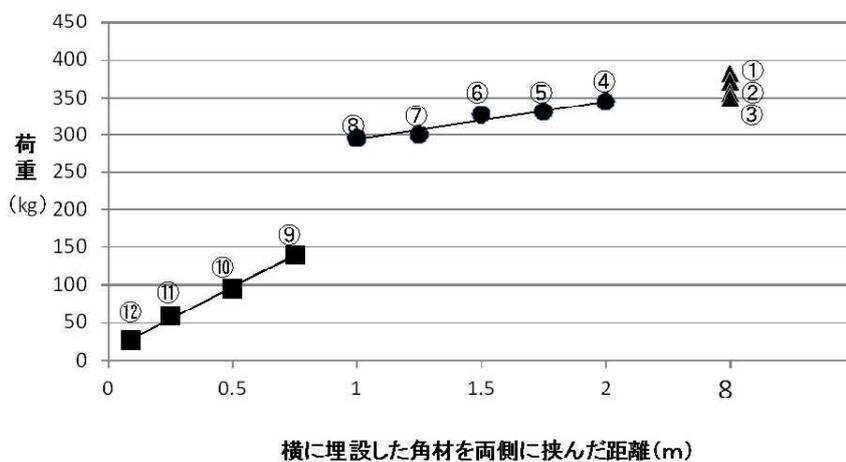


図4-6 荷重圏幅と荷重の関係

## 2) 沈降力破断器による雪害防止

雪害は、冠雪や積雪沈降力が樹体の限界を超える荷重として作用した場合に生じるので、降雪後の対策は、枝に積もった雪はしまり雪になる前に払い落とし、埋もれた枝はスコップで掘り上げるか枝下を踏み固めるなど、除雪作業により荷重を軽減するしかない。

しかし、生産者の高齢化が進む中、こうした作業は重労働なため、これに依らない軽労で、かつ省力的な作業器具として沈降力破断器（図4-7）を開発した。

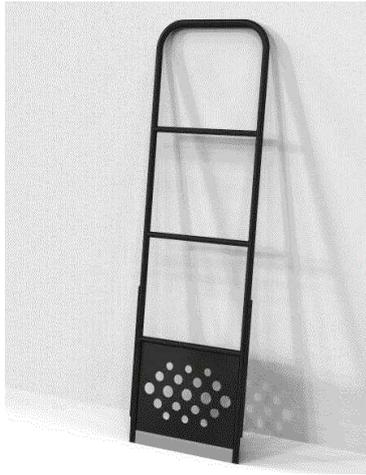


図 4 - 7 沈降力破断器

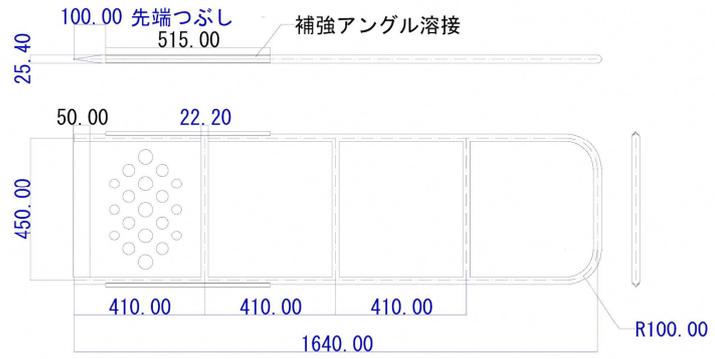


図 4 - 8 沈降力破断器の仕様

(1) 沈降力破断器の仕様

沈降力破断器は、全高164cm、幅45cmで、器重が約3.5kgである。素材は刃先5cmがステンレスで、下部両端51.5cmを鉄板で溶接し補強している以外、全てアルミ製である（図4-8）。

(2) 沈降力破断器による雪害防止の仕組み

雪に埋もれた枝に作用する沈降力は、埋もれた枝の周囲の雪層を垂直に切断することで荷重圏幅が狭まり、切断した範囲の積雪荷重のみへと大幅に減少させることができる。

図4-9は、図4-3の沈降力測定システムを用い、雪に埋もれた角材の周囲の雪層を沈降力破断器で切断した場合の角材にかかる荷重の推移を示したものである。降雪により高まった荷重は、雪層の切断により1/10程度まで低下する。その後の降雪で再び増加するが沈降力に影響する範囲は新たな降雪によるもののみであり、一旦、切断した溝が埋まり沈降力が回復したり拡大することはない(図4-9)。

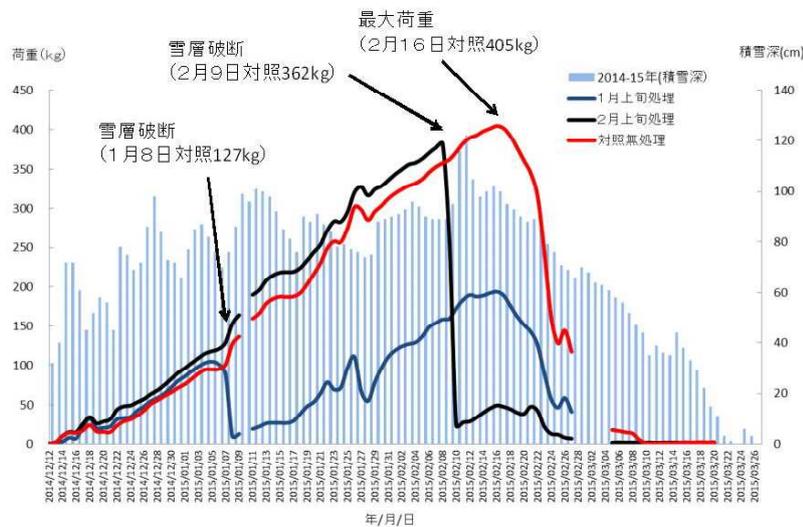


図 4 - 9 沈降力破断器で雪層を切断した場合の角材にかかる荷重の推移

### (3) 沈降力破断器の処理方法

#### ① 処理時期

1回目の処理は、雪に埋もれた下枝の位置が確認できる積雪深100cm前後が適当で、この処理により枝にかかる荷重が除かれる。2回目は、その後の降雪に応じ、積雪深が150cm前後に達した頃が適期となる。

#### ② 切断する位置

わい性台樹の場合は、幹から発出した最大側枝長を半径に、円を描くように切断する。次に側枝と側枝の間を切断する(図4-10、11、12)。

埋もれている側枝の位置が明らかな場合は、側枝から30cm程度離れた周囲を切断する。



図4-10 作業風景



図4-11 円形に切断



図4-12 側枝間を切断

#### ③ 使用上の留意点

沈降力破断器は雪層に深く挿入した状態で前後に大きく振ると、フレームが歪み、切断板を溶接した部分が破損する可能性がある(図4-13)。雪層を切断する際は、前後の動きを小さく、左右への動きを大きくする。

埋もれた枝の位置が分からないまま、勢いよく挿入すると小枝を切断したり、側枝に傷を付ける恐れがある。降雪前に側枝の先端をひもで主幹に軽く吊るか、イボ竹を立てるなど、埋もれている側枝の位置がおおよそ把握できるようにしておく(図4-14)。



図4-13 切断板が破損した様子



図4-14 イボ竹を立て側枝の位置を把握したわい性台樹

#### (4) 沈降力破断器の作業性と処理効果

##### ①作業性

1 樹当たりの作業時間は、スコップによる掘り上げの1/5～1/2と短かく省力性が高い(表4-1)。作業に起因する特別な身体的負担も認められない。

表4-1 沈降力破断器の作業性

処理区	処理日	積雪深 <sup>z</sup> (cm)	品種名	台木	樹齢	樹形 <sup>y</sup>	供試 本数	樹冠面積 (m <sup>2</sup> ) <sup>x</sup>	作業者 性別 年代	作業時間 (分)/樹 <sup>v</sup>
沈降力破断器	1月16日	72	‘秋田紅あかり’	JM7	6	側枝下垂型	14	2.1	女 10	2.1
”	”	”	‘ゆめあかり’	”	7	”	12	3.6	男 30	3.3
”	2月1日	140	‘秋田紅あかり’	”	6	”	14	2.1	男 20	5.1
”	”	”	‘ゆめあかり’	”	7	”	12	3.6	男 20	2.6
”	2月21日	162	”	”	”	”	12	3.6	男 50	4.2
”	2月22日	158	‘秋田紅あかり’	”	6	”	14	2.1	男 50	3.9
”	”	”	”	”	”	”	14	2.2	男 20	3.4
スコップ掘り上げ	1月16日	72	”	”	”	側枝水平型	6	3.3	男 50	10.5

<sup>z</sup>処理時 <sup>y</sup>主幹から発出した側枝の確度で分類 <sup>x</sup>((東西の開帳+南北の開帳)/4)<sup>2</sup>×π <sup>v</sup>連続した作業時間/供試本数

##### ②処理効果

試験を行った2017年度の場内試験ほ場における最高積雪深は、2月13日の190cmで、その後、沈降した地上150cm以下の雪密度は約400kg/m<sup>3</sup> (3月6日調査)まで急激に高まった (図4-15)。

このような積雪条件下における地上150cm以下の平均被害率は、側枝下垂型‘秋田紅あかり’の無処理区で27.3%に対し、1月16日、2月1日、2月2日の3回処理では12.9%と半分以下まで低下し、処理効果が認められた (表4-2、表4-3)。

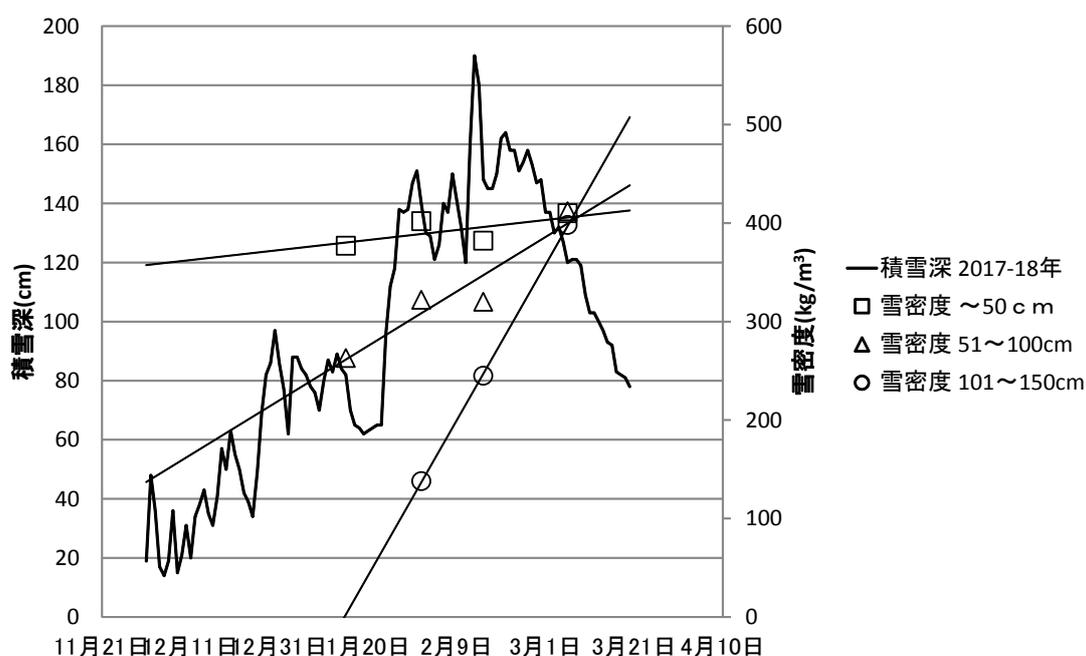


図4-15 場内ほ場における積雪深と雪密度の推移(2017年～2018年)

表 4 - 2 沈降力破断器を処理した積雪深と供試樹の概要

処理区	処理日	処理日の積雪深 <sup>2</sup> (cm)	品種名	台木	樹齢	樹形 <sup>3</sup>
沈降力破断器	1月16日、2月1日、21日	72,140,162	‘ゆめあかり’	JM7	7	側枝下垂型
”	1月16日、2月1日、22日	72,140,158	‘秋田紅あかり’	”	6	”
無処理	-	190	”	”	”	側枝水平型
”	-	190	”	”	”	側枝下垂型

<sup>2</sup>処理時または最高 <sup>3</sup>主幹から発出した側枝の確度で分類

表 4 - 3 沈降力破断器の処理効果

処理区	供試本数	平均被害率(%)											
		~1.0m			1.1~1.5m			1.5~2.0m			2.0~2.5m		
		欠損 <sup>1</sup>	折損 <sup>2</sup>	計	欠損	折損	計	欠損	折損	計	欠損	折損	計
沈降力破断器	12	2.1	9.6	11.7	3.6	15.1	18.7	0.0	0.6	0.6	2.9	12.4	15.2
”	14	2.9	8.2	11.0	3.7	11.0	14.7	0.0	2.0	2.0	3.3	9.6	12.9
無処理	4	3.6	20.3	23.8	27.4	8.0	35.4	0.0	0.0	0.0	15.5	14.2	29.6
”	14	1.3	23.9	25.2	12.5	16.9	29.4	2.9	2.0	4.8	6.9	20.4	27.3

<sup>1</sup>主幹発出部から欠けた状態 <sup>2</sup>側枝の途中が折れた状態

問い合わせ先

秋田県果樹試験場

〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下65

TEL 0182-25-4224

FAX 0182-25-3060

---

果樹の雪害を省力的に回避できる技術

平成31年3月発行

〒013-0102

秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下65

秋田県果樹試験場

---