

積雪下におけるソラマメ葉の無機養分含量の変化の 品種による違いと茎葉の形態特性との関連

福田直子^{*1)}・湯川智行²⁾・松村修¹⁾

(¹⁾北陸農業試験場, ²⁾北海道農業試験場)

要旨: 耐雪性が品種によって異なる要因の一つとして茎葉の形態特性に着目し、積雪下における葉の無機養分含有量の変化と茎葉の形態との関連について検討した。積雪下において葉の浸潤と壊死は増加し、葉の K, Ca, Mg 含有量は低下した。葉の壊死の増加及び無機養分の減少程度は耐雪性の強い品種ほど小さかったことから、耐雪性の強い品種は融雪水による無機養分の溶脱が生じにくいと考えられた。そこで無機養分の溶脱に影響する要因として、葉の濡れ易さに密接に関連する葉面ワックス量と、溶脱を促進する葉の傷害程度を調査した。耐雪性の強い品種の葉面粗ワックス量は他の品種よりも特に多くはなかったが、根雪前の強風を伴ったアラレによって生じる葉の傷の数が顕著に少なかった。一方、耐雪性強品種は草丈、節間長、葉柄長、個葉面積、総葉面積および接地面積が他の品種よりも小さく、葉組織の細胞間隙率が低い形態特性であった。これらの形態は傷の数と有意な正の相関があったことから耐雪性強品種は茎葉が矮性で葉の傷害が回避されるために融雪水による無機養分の溶脱が生じにくいと考えられた。さらに傷の数、草丈、節間長、葉柄長、接地面積は雪害程度と有意な正の相関が認められ、葉の傷害程度や茎葉の形態は品種の耐雪性と関連することが示唆された。

キーワード: 形態特性, ソラマメ, 耐雪性, 品種間差異, 無機養分, 溶脱, 融雪水, 矮性。

ソラマメの耐雪性には品種間差があり、新潟県で育成された品種「倫玲」は耐雪性が強く、多くの品種が枯死する根雪日数 61 日の条件でも約 80% の個体が越冬することから積雪地域における露地栽培が可能である (福田・湯川 1998)。倫玲は未成熟種子の長径が 20 mm と一寸系の大粒種よりも小さいために実用品種としての利用は難しいが、その耐雪性に関連する具体的な形質を明らかにすることは、大粒でかつ耐雪性が強い品種を育成する上で重要であると考えられる。著者らはこれまでに、ソラマメの耐雪性と非構造性炭水化物 (NSC) との関連について報告し (福田・湯川 1999)、その中で倫玲は他の品種と比較して越冬前の茎葉に蓄積する NSC 含有率が高く、積雪下においても一定値以上の含有率を維持していた。このような倫玲の NSC 代謝の特徴は積雪下での生理的な消耗が少ないことを示し、耐雪性が強い生理的な要因の一つであると考えられる。この他、倫玲は根雪前の草丈や節間長が短く茎葉生重が小さい生育特性を示すが (福田・湯川 1998)、このような形態特性と耐雪性のメカニズムとの関連は明らかにされていない。

一方、福田ら (1999) は北陸地域などの暖地積雪地域においては根雪初期から酸性の融雪水が植物体に流下しており、融雪水による葉の無機養分の溶脱が雪害に関連する可能性を報告した。この報告で用いた材料は耐雪性中の打越一寸のみであり、積雪下における無機養分の変化に品種間差が認められるか否かについては未解明であった。そこで本研究では融雪水による無機養分の溶脱と品種の耐雪性との関連を明らかにし、さらに水濡れや無機養分の溶脱に関連する茎葉の形質を調査してソラマメの耐雪性と形態特性との関連を検討した。

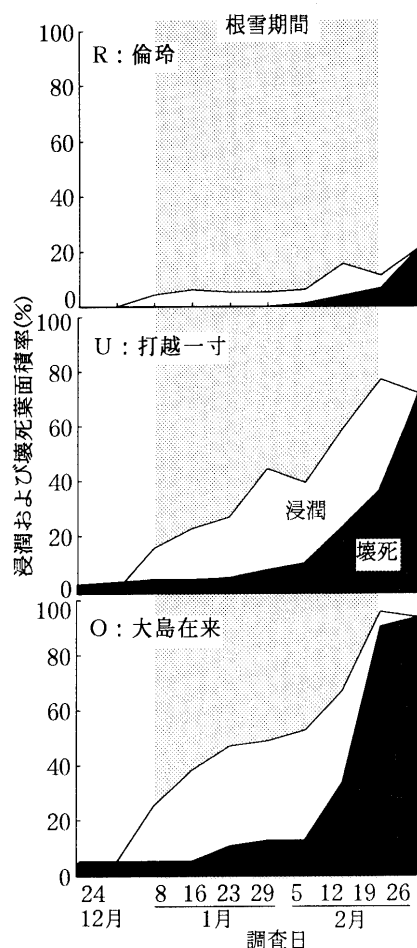
材料と方法

試験 1. 積雪下における葉の無機養分含有量の変化と品種による違い

供試品種として、耐雪性強の倫玲、中の打越一寸、弱の大島在来 (福田・湯川 1998) を用いた。これらの品種を 1997 年 10 月 1 日に直径約 9 cm のビニールポットに播種し、10 月 14 日に北陸農試 (新潟県上越市) の重粘土転換畑圃場に畦間 1.3 m、株間 0.35 m の栽植密度で定植した。施肥量は基肥として緩効性肥料と溶燐を a 当たり N, P₂O₅, K₂O としてそれぞれ 2.1, 2.2, 2.1 kg 施用した。雪害程度の調査と分析試料の採取を 1997 年 12 月 24 日から 1998 年 2 月 26 日まで約 7 日ごとに 9 回行い、各品種について生育中庸な 3 個体の茎葉部を採取した。葉の暗緑色に変色した浸潤部分と黒変壊死部分が全葉面積に占める割合を目視評価した後、分析試料に土壌の混入を防ぐために植物体を水道水で洗浄して付着した水分をふき取り、その後個体ごとに葉身と茎および葉柄に分割して壊死部を除去した後 70 °C で 48 時間通風乾燥した。乾燥試料を振動式粉砕機で 150 メッシュ以下に粉砕し分析試料とした。K, Ca, Mg 含有量は葉の乾燥粉末試料 0.1 g を用いて硫酸-過酸化水素水による湿式分解を行い (水野・南 1980)、脱イオン水で 75 mL に定容後、原子吸光光度法 (島津 AA-670) によって測定した。なお、Ca の測定にあたって干渉抑制剤として塩化ランタンを 1000 ppm となるように加えた。

試験 2 葉面粗ワックス量の品種による違い

融雪水による無機養分の溶脱の品種による違いの要因を



第1図 積雪下における葉の浸潤および壊死葉面積率の変化。
根雪期間46日(1997/1998年)。

明らかにする目的で、葉の濡れ易さに影響する葉面ワックス量について調査した。葉面のワックス量は、葉齢や栽培条件によって異なることが知られている(Martin and Juniper 1970)。そこで材料の生育ステージや栽培条件をそろえるために、気温18~23℃のガラス室で栽培し、灌水によって葉面ワックスへの影響が生じないように、給水はポットの底面からおこなった。第1表に示した16品種を1994年10月25日に園芸用育苗培土の入った直径9cmのビニールポットに播種し、主茎総葉数が6葉となった時点で各品種の生育のそろった10個体について第3葉を共栓付きのガラスびんに1葉ずつ採取し、20mLのクロロフォルムを加えて約10秒間振盪し、葉面の粗ワックスを抽出した(Martin and Juniper 1970, 伊藤・門田 1972)。抽出液を重量が既知の秤量びんに移し、気流を当てて溶媒を風乾させた。その後デシケータ内で恒量になるまで乾燥して重量を測定し、粗ワックス量を葉面積当たりの重量で表した。

試験3. 茎葉の形態と根雪前の葉の傷害程度の品種による違い

融雪水による無機養分の溶脱の品種による違いの要因を明らかにする目的で、根雪前のアラレによる葉の傷の数を調査し、茎葉の形態特性および雪害程度の品種間差との関

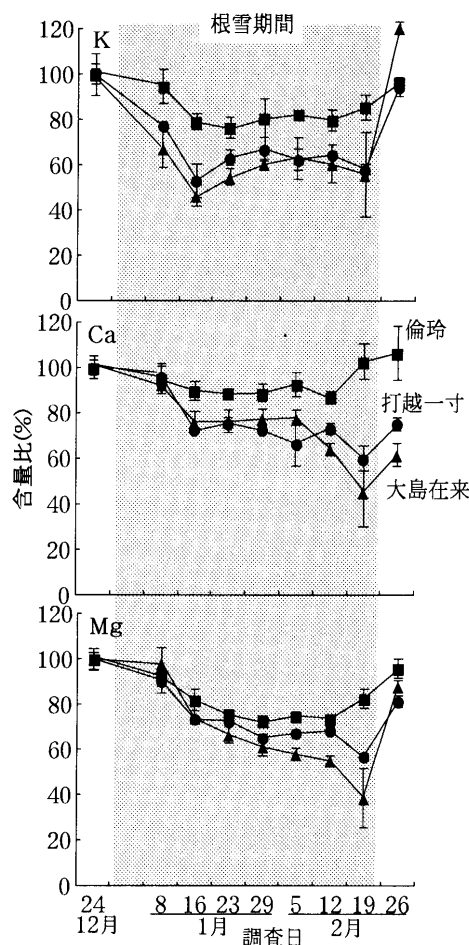
連を検討した。材料は実験2と同じ16品種を用い、1997年10月1日に播種、10月17日に圃場に定植して1区15個体で3反復として実験1と同様の栽植密度と施肥条件で栽培した。根雪前の12月17日に、各品種1反復当たり3個体の茎葉について草丈、節間長(第5~7節間長の最大値)、茎葉生重、主茎葉数、総葉数、接地面積、総葉面積、主茎5,6葉の個葉面積、個葉生重、細胞間隙率、葉柄長を調査した。接地面積は個体が積雪下となって倒伏する際に土壌や積雪と接する面積を表し、茎と葉を分割せずに個体ごと透明なシートに挟み、その面積を葉面積計で測定した。この接地面積は葉が重複した状態で測定されるために総葉面積よりも常に小さくなり、その程度は節間長や葉柄長の影響を受ける。細胞間隙率は生重を測定した個葉を水に浮かべて真空ポンプで減圧し、細胞間隙の空気を水に置き換えた上で再び重量を測定し、その重量差を細胞間隙として元の個葉重当たりの割合で示した(原 1991)。予備調査の結果、アラレによる傷の数は葉の葉位によって異なり、主茎葉数10葉前後の根雪前の個体においては最大展開葉である第5,6葉の傷の数が最も多かった。そのため傷害程度は主茎第5,6葉について、1反復当たり5葉の表裏両面の傷の数を12月20日に測定した。雪害程度は根雪日数46日後の1998年2月28日に個体ごとの目視評価による枯死葉面積率として調査した。

結 果

試験1. 積雪下における葉の無機養分含有量の変化の品種による違い

1998年の根雪期間は1月7日から2月23日の46日間で、このうち1月17日から19日は一時的に消雪した。耐雪性中の打越一寸と弱の大島在来は根雪初期から葉の20~40%の浸潤が観察され、壊死葉面積率は2月5日まで低く推移したがその後急速に増加し、消雪後には打越一寸は70%、大島在来は90%の葉が壊死した(第1図U, O)。しかし、耐雪性が強い倫玲では葉の浸潤は5%以下と少なく、消雪後の壊死葉面積率も20%と低かった(第1図R)。

根雪前の各無機養分の含有量に品種間差はなかったが、Kは葉の生重1g当たり3.5, Caが1.5, Mgは0.5mgと異なった。積雪下での無機養分含有量の低下の程度を元素間で比較できるように、根雪前の12月24日の含有量を100とする含量比で表した(第2図)。いずれの無機養分についても倫玲の含量比は他の2品種よりも高く推移し、この傾向はKとCaで顕著であった。K含量比は根雪開始8日後の1月16日に最も低くなり、打越一寸と大島在来は根雪前の約50%まで、倫玲は80%に低下した。打越一寸と大島在来のCa含量比は根雪期間中に低下し、葉の壊死が増加する2月12日以後に大きく低下したが、倫玲のCa含量比はほとんど変化がなかった。Mg含量比は3品種とも積雪下で低下し、倫玲は根雪前の80%、打越一



第2図 積雪下における葉の無機養分含量比の変化の品種による違い。

根雪前の含有量を100とした相対値を含量比とした。

寸と大島在来は2月19日にそれぞれ60%と40%まで低下した。これらのことから耐雪性の強い品種は積雪下における葉の浸潤や壊死が生じにくく、葉の無機養分の低下が少ないことが明らかになった。

積雪の影響が解消されて根からの無機養分の供給が回復し、葉の無機養分含有量が増加する2月26日のデータ(第3図白抜きの記号)を除き、積雪下における葉の無機養分含量と壊死葉面積率との関連についてみると、葉のCaとMg含有量と壊死葉面積率との間には有意な負の相関が認められた(第3図)。

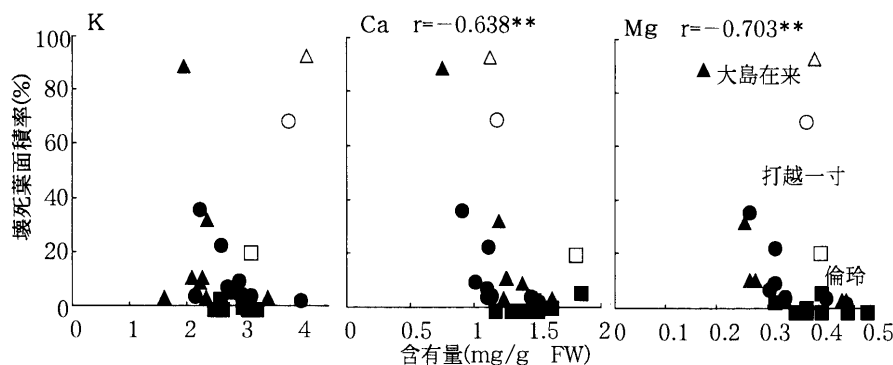
試験2. 葉面粗ワックス量の品種による違い

第6葉が展開した生育ステージにおいて、第3葉の片面あたりの粗ワックス量は品種によって異なり、5.7から10.6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲で変化した(第1表)。実験1に用いた耐雪性の異なる3品種についてみると、倫玲の粗ワックス量は10.6、打越一寸は8.5、大島在来は9.4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、倫玲は他の品種よりも多い傾向であった。しかしこの他の品種を含めてみると耐雪性中品種と弱品種との間には明かな差がなく、葉面の粗ワックス量は無機養分の溶脱され易さや耐雪性との間に明かな関連は認められなかった。

試験3. 葉の傷の数と茎葉の形態および耐雪性の品種間差との関連

1997年における定植から根雪前までのアラレの頻度は11回で、特に12月は9回と多かった(第4図)。調査前の12月11, 12, 15日には最大瞬間風速13 m/sec以上の強風を伴ったアラレが降り、葉面には多数の葉肉組織に至る傷が発生した。傷の数は葉の表面よりも裏面に多く、倫玲(品種番号1)、徳島在来(5)、天草小粒(8)、越前赤ソラマメ(11)は葉一枚当たりの傷の数の合計が30以下と少なかった(第2表)。一方、打越一寸(7)とさぬき長英(12)は傷の数が130を越え、葉の損傷が激しかった。

根雪前の生育特性についてみると主茎葉数は16品種ともに10葉前後で差はみられないが、総葉数、茎葉生重、草丈、節間長、総葉面積、接地面積の平均値は32枚、58 g、26 cm、20 mm、1028 cm^2 、500 cm^2 でそれぞれについて品種間差が認められた(第2表)。倫玲の草丈は15 cm、節間長は11 mm、総葉面積は393 cm^2 、接地面積は199 cm^2 と供試した16品種の中では最も小さかった。大島在来を含む耐雪性弱の4品種は草丈、節間長は平均よりも長い傾向であった。次に葉の形質についてみると個葉面積、細胞間隙率、葉柄長、葉面積当たり生葉重の16品種の平均値は51 cm^2 、40%、21 mm、33 mg/cm^2 であったが、倫玲は個葉面積35 cm^2 、細胞間隙率26%、葉柄長8 mmと明らかに小さく、葉面積当たり生葉重は42 mg/cm^2 と最も重かった。これらの形質と葉の傷害程度との関連についてみると、葉の傷の数は個葉面積、細胞間隙率、



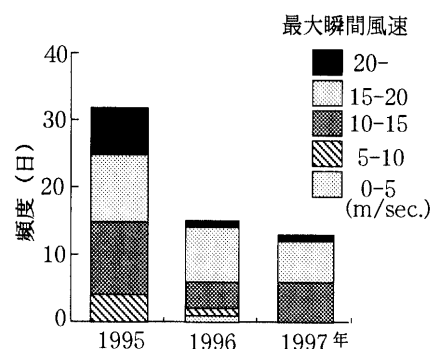
第3図 積雪下における葉の無機養分含有量と壊死葉面積率との関係。

相関係数は消雪後のデータ(白抜きの記号)を除いて計算した。

第1表 葉面粗ワックス量の品種間差異。

品種 番号	品種名	粗ワックス量 ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	標準誤差	耐雪性 ²⁾
1	倫 玲	10.6	0.3	強
2	マイルトグリーン	9.3	0.7	強
3	さみどり	5.9	0.9	中
4	セルトグリーン	10.2	1.1	中
5	徳島在来	5.7	1.3	中
6	房州早生	6.5	1.8	中
7	打越一寸	8.5	0.9	中
8	天草小粒	7.7	0.6	中
9	仁徳一寸	6.8	0.5	中
10	静岡極早生	8.6	1.4	中
11	越前赤ソラマメ	8.9	1.2	中
12	さぬき長莢	9.1	0.8	中
13	ロンググリーン	8.7	0.8	弱
14	うまみ長莢	8.8	0.6	弱
15	G L P ³⁾	8.2	0.6	弱
16	大島在来	9.4	0.9	弱

1)葉の片面あたり、2)福田・湯川(1998)の分類による、3)インペリアル・グリーン・ロング・ポッド。



第4図 北陸地域における根雪前のアラレの頻度と最大瞬間風速。
気象庁高田測候所月統計値より作成。

正の相関が認められ(第3表)、傷の多い品種は雪害が大きい傾向であった。また、根雪前の草丈、節間長、接地面積は枯死葉面積率と有意な正の相関が認められ、これらの形質が小さい品種ほど雪害を受けにくい、すなわち耐雪性が強い傾向であった(第3表)。

考 察

草丈、茎葉生重、総葉面積、接地面積、葉柄長、節間長と有意な正の相関が認められ、これらの形質が小さい品種ほどアラレによる葉の傷害を受けにくい傾向であった(第3表)。

根雪期間46日後の枯死葉面積率は倫玲の7.4%から大島在来の91.7%まで変化し雪害程度は品種によって異なった(第2表)。根雪前の傷の数は枯死葉面積率と有意な

水濡れによる植物体中の無機養分の溶脱は主に葉面で生じ、葉面が濡れている時間が長く、濡れやすいほど溶脱される無機養分の量は増加する(Tukey 1970)。葉の濡れやすさは葉面構造の影響を受け、インゲンマメやカボチャなど葉面に毛じが多い作物の葉は水に濡れやすく、毛じがない場合は葉面のクチクラワックスの構造や量が少ない場合に濡れやすい(Martin and Juniper 1970)。ソラマメは

第2表 根雪前の茎葉形質と葉の傷および雪害程度の品種による違い。

品種 ¹⁾ 番号	主茎 葉数	総葉数	茎葉生重 (g)	草丈 (cm)	節間長 ²⁾ (mm)	個葉面 積 ³⁾ (cm^2)	個葉重 ³⁾ (mg/cm^2)	細胞間 隙率(%) ³⁾	葉柄長 ³⁾ (mm)	総葉面積 (cm^2)	接地面積 ⁴⁾ (cm^2)	傷の数 ³⁾ (個/葉)	雪害 ⁵⁾ (%)
1	10	22	27	15	11	35	42	26	8	393	199	5	7
2	9	30	55	23	19	48	37	34	23	886	431	52	35
3	10	33	49	24	19	54	33	40	20	827	427	97	88
4	9	34	78	29	26	58	31	47	21	1443	605	61	45
5	10	35	50	22	15	48	30	44	18	1031	471	27	48
6	11	36	56	23	15	47	32	36	27	956	497	60	75
7	10	40	87	29	21	64	31	46	21	1748	662	138	73
8	10	30	33	22	15	31	31	27	21	668	363	24	82
9	10	39	83	28	21	60	30	44	25	1549	637	106	70
10	10	37	46	20	11	46	32	43	22	909	393	60	71
11	10	33	35	19	12	35	30	31	19	724	341	22	62
12	10	29	56	29	26	50	31	47	27	1058	532	133	72
13	10	32	81	32	25	51	33	44	26	1270	655	46	81
14	11	36	89	34	27	56	35	43	22	1401	746	97	85
15	10	17	57	33	31	70	32	45	25	860	561	86	95
16	10	24	43	29	25	58	32	44	21	723	485	75	92
平均値	10	32	58	26	20	51	33	41	22	1028	500	68	68
l.s.d.(5%) ¹⁾	6	21	4	6	4	2	5	3	372	145	19	18	

1)品種番号は第1表と同じ、2)第5~7節の最大値、3)主茎第5,6葉、4)倒伏時の個体の接地面積、5)根雪46日後の枯死葉面積率。

第3表 ソラマメ 16 品種における根雪前の茎葉形態と葉の傷および雪害程度との相関係数。

	傷の数	草丈	節間長	葉柄長	個葉面積	個葉重	細胞間隙率	総葉面積	接地面積	茎葉生重
雪害程度	0.501*	0.644*	0.503*	0.678**	0.197	- 0.633**	0.440	0.405	0.519*	0.287
傷の数		0.654**	0.605*	0.546*	0.816***	- 0.371	0.705**	0.631**	0.666**	0.624**

各項目の内容は第2表と同じ, *, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意。

葉面に毛耳が無く、ナタネやエンドウ、オオムギと比べて葉面の粗ワックス量が少ないため水滴の接触角度が小さい (Fogg 1947, Fukuta 1996)。そのためソラマメは他の冬作物と比較して水に濡れやすく、融雪水による無機養分の溶脱等の影響を受けやすいものと考えられる。

積雪下において打越一寸や大島在来種の葉の K, Ca, Mg 含量比は根雪前の 60~40%まで低下したのに対して倫玲の含量比の最低値は 80%と低下の程度が小さく、無機養分の溶脱には品種間差が認められた。Ca と Mg 含量比の品種間差は葉の壊死が急増する根雪期間の後期に顕著になったが、いずれの養分も根雪初期から含量比は低下し、特に Ca と K は葉の壊死が増加する前の根雪初期から倫玲と他の 2 品種との差が認められた。無機養分含有量の低下は病原菌や水分環境の変動に対する植物の耐性を低下させるなど (Marschner 1995)、積雪下での植物体の生理的な消耗を加速すると考えられる。したがって、無機養分の低下が少ない倫玲はこれらの影響が軽減され、耐雪性が強い要因の一つになっていると推察できる。倫玲の葉の無機養分が溶脱されにくい要因について、葉の濡れ易さに影響する葉面粗ワックス量についてみると、倫玲は多い傾向であったが、供試した 16 品種の間には耐雪性に対応する品種間差は認められなかった。このことから、無機養分の溶脱は他の要因によって品種間差が生じたと考えられる。

Tukey and Mogan ら (1963) は高温や凍結、物理的な傷等のストレスを葉が受けることによって無機養分の溶脱が促進されることを明らかにした。この中でカボチャの葉を葉面の毛耳が壊れる程度に布で軽く摩擦した後、通気した蒸留水に 2 日間浸すことによって葉の Ca の 65%が溶脱されることを報告している。したがって、積雪前および積雪下においてソラマメの葉が傷害を受ければ融雪水による無機養分の溶脱が促進され、傷害の程度によって溶脱量も異なる可能性がある。そこで本研究では根雪前に生じる葉の傷害としてアラレによる傷に着目した。

北陸地域においては 11 月から根雪前までの初冬に日本海に寒気が流入すると積乱雲が発達し、寒冷前線の通過時にしばしば強風を伴うアラレが降る。その頻度は年次変動があるものの 10 日~30 日に及ぶ (第 4 図)。アラレは直径 2~5 mm 程度の大きさであるが強風を伴うために、ソラマメやハウレンソウなどの軟弱な葉は大きな傷害を受ける。傷は葉の表面よりも裏面に多く、傷の数は葉面積の他に草丈や節間長、葉柄長と相関が高かったことから、強風

によって茎葉が倒伏し、主に葉の裏面にアラレが当たって葉面の傷が生じると考えられる。また、ソラマメの成葉は体積の約 40%が細胞間隙で (Fukuta 1996)、葉の裏側は表皮組織と海綿状組織から成り細胞間隙率も表側の柵状組織よりも高い (原 1991)。そのため葉の裏面に生じた傷から融雪水が細胞間隙に浸潤することも考えられる。したがってアラレによる傷の回避には個葉面積や細胞間隙が小さい葉であることの他に、葉の裏面がアラレに曝されにくい草丈や葉柄が短い形質が重要であるといえる。

葉一枚当たりの傷の数は品種によって異なり耐雪性の強い倫玲は他の品種よりも顕著に傷が少なかった。倫玲は個葉面積が同程度に小さい他の品種 (8. 天草小粒, 11. 越前赤蚕豆) と比較して、草丈が低く葉柄が顕著に短いために風によって茎葉が倒伏することがなく、傷害を受けにくいと考えられた。また、倫玲の単位面積当たりの葉重は他の品種と比較して明らかに大きく、細胞間隙率も低い。このことは葉組織の密度が高く葉が厚いことを意味しており、葉の構造が他の品種と異なるために傷を受けにくい可能性がある。倫玲は新潟在来種の放射線突然変異系統から得られた品種であり (福田・湯川 1998)、同じ新潟在来種から選抜・固定されたマイルドグリーン (品種番号 2) と比較しても明らかに草丈や茎葉重、葉面積などが小さい矮性品種である。したがって耐雪性の強い品種は茎葉形質が矮性であるために根雪前のアラレによる傷の回避に適しており、葉の浸潤や無機養分の溶脱が生じにくいと考えられた。

葉の傷害は根雪前だけでなく積雪下において壊死という形で観察された。積雪下における生存葉の Ca と Mg 含有量と壊死葉面積率との間には有意な負の相関が認められた (第 3 図)。生存部からの無機養分の溶脱と葉の壊死との間の因果関係については明かではないものの、葉の生存部の無機養分含量は壊死葉面積率が高いほど低いことから積雪下における葉の壊死程度が無機養分の溶脱に影響していると考えられる。積雪下におけるソラマメ葉の壊死部分から菌核病菌 (*Sclerotinia trifoliorum*) が検出され、人工接種試験においてその病原性が確認された (荒井ら 1998)。この他に葉の壊死部分から褐色雪腐病菌 (*Pythium* 属菌) も検出されており (データ未公表)、ソラマメの雪害に病原菌が関与することが明らかにされつつある。これらの病原菌に対してソラマメに抵抗性の品種間差があるか否かは現在のところ明かではないが、病原菌の

感染や蔓延によって生じる葉の壊死が生存葉からの無機養分の溶脱に影響している可能性がある。

ソラマメの雪害に関与する病原菌の感染経路と茎葉の形態特性と関連についてみると、菌核病菌については多犯性で病原性が強いことが知られており（松浦 1946, Carrollら 1970）、他の作物と同様にソラマメにおいても抵抗性に顕著な品種間差があるとは考えにくい。そのため病原菌の感染を回避するうえで、葉面積が小さい形質は空中に飛散する子嚢胞子との遭遇頻度を低下させると考えられる。また、土壌生息菌である *Pythium* 属菌は菌糸が気孔や角皮から主に侵入して感染するが（竹中 1994）、葉面の傷も侵入経路となることが知られている。したがって接地面積が小さく葉面の傷が少ない方が感染源である菌糸や遊走子との遭遇頻度が低く感染経路が少ない点で感染の回避に有効であり、試験3の結果において総葉面積よりも接地面積の方が雪害程度との相関が高かったこともこの考察を支持すると考えられる（第3表）。

以上のようにアラレや病原菌による葉の傷害程度の違いが積雪下における無機養分含量低下の品種間差の原因であると考えられ、葉面積が小さく草丈や葉柄長が短い矮性の形態特性が葉の傷害の回避に適していることが明らかになった。また、茎葉形質の矮性化は細胞壁の構造や構成成分の変化によって生じているとされることから（勝見 1991）、矮性品種である倫玲の耐雪性が強い要因においてもこれらの点についての検討が必要であると考えられた。

引用文献

- 荒井治喜・福田直子・斉藤泉・藤田佳克 1998. ソラマメの雪害症状から分離された *Sclerotinia* 属菌について. 日植病 64: 601.
- Carroll, R.B., F.L. Lukezic and J.M. Skelly 1970. Evidence that isolates of *Sclerotinia trifoliorum* from crownvetch and alfalfa are not specific for either host. Plant disease rep. 54: 811—814.
- Fogg, G.E. 1947. Quantitative studies on the wetting of leaves by water. Proc. Royal Soc. of London. Series B, 134: 503—522.
- Fukuta, N. 1996. Effect of melting water from snow on injury of broad bean. Proceeding of the 2nd Asian crop science conference. 610—611.
- 福田直子・湯川智行 1998. ソラマメ (*Vicia faba* L.) における耐雪性の品種間差異と生育特性. 日作紀 67: 505—509.
- 福田直子・湯川智行 1999. ソラマメの非構造性炭水化物含有率と耐雪性との関係. 日作紀 68: 283—288.
- 福田直子・鳥山和伸・松村修・湯川智行・小林正義 1999. 融雪水がソラマメ葉の無機養分含有量に及ぼす影響と雪害との関連. 日作紀 68: 289—295.
- 原襄 1991. 葉の構造. 植物の形態 (増訂版). 裳華房. 東京. 178—190.
- 伊藤昌樹・門田正也 1972. スルファミン酸アンモニウム水溶液の木材の葉への付着について. 日林誌 54: 21—27.
- 勝見允行 1991. 高等植物における矮性化 1. 植物における矮性の生理. 化学と生物 29: 240—247.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. 1—889.
- Martin, J.T. and B.E. Juniper 1970. The Cuticles of Plants. Edward Arnold, Edinburgh. 1—347.
- 松浦義 1946. 紫雲英菌核病に関する研究 (第1報). 山形県立農事試験場 1—156.
- 水野直治・南松雄 1980. 硫酸一過酸化水素による農作物中の N, K, Mg, Ca, Fe, Mn 定量のための迅速前処理法. 土肥誌 51: 418—420.
- 竹中重仁 1994. 麦類雪腐病の血清学的診断法の開発と植物体中における本病原菌の動態に関する研究. 北陸農試報 36: 71—145.
- Tukey, H.B.Jr. and J.V. Mogan 1963. Injury to foliage and its effect upon the leaching of nutrients from above-ground plant part. Physiol. Plant. 16: 557—564.
- Tukey, H.B.Jr. 1970. The leaching of substances from plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 21: 305—324.

Relationship between the Varietal Difference in the Content of Mineral Nutrients in Leaves under Snow Cover and Morphological Characteristics in Broad Bean (*Vicia faba* L.): Naoko FUKUTA^{*1)}, Tomoyuki YUKAWA²⁾ and Osamu MATUMURA¹⁾ (¹⁾Hokuriku Natl. Agr. Exp. Stn., Joetsu 943-0193, Japan; ²⁾Hokkaidou Natl. Agr. Exp. Stn.)

Abstract: The varietal differences in the contents of mineral nutrients in leaves under snow cover was examined in relation to the morphological characteristics of shoots in 16 varieties of broad beans. By snow coverage, the necrotized leaf area of the plant was increased and the contents of K, Ca and Mg in the leaves were decreased. The decrease in the mineral nutrient contents and the increase in necrotized leaf area by snow coverage were less in the snow-tolerant varieties than in vulnerable varieties, implying that mineral nutrients do not leach out easily in the tolerant varieties. Therefore, the wax content related to wettability and the number of wounds on the leaf surface which promote leaching out of mineral nutrients were measured. The tolerant varieties did not contain much wax on the leaf surface, but had a smaller number of wounds, which were caused by graupel fall with strong wind before snow covering, than the vulnerable varieties. Furthermore, in tolerant varieties, the plant height, internode and petiole were short, and total leaf area, leaf area touching on ground and intercellular space of the leaves were small. These morphological characteristics showed a close relationship with the number of wounds. These results suggest that the tolerant variety does not leach out a large amount of mineral nutrients under snow through avoidance of wounding, and that the morphological characteristics of broad bean affect snow tolerant.

Key words: Dwarfness, Leaching, Melt water, Mineral nutrients, Morphological characteristics, Snow tolerance, Varietal difference, *Vicia faba* L.