

第3章 青森県りんご園の地形特性

傾斜地りんご園における栽培方式や造成工法を検討する上で、地形の状況を把握することは重要である。今までりんご園の地形に関する研究や調査としては、菊池¹⁾による平賀町のりんご園の傾斜度に関する調査があるが、これは国土地理院発行の1/25,000地形図上に4mm方眼つまり現地では100m方眼を描き、果樹園記号を付した部分をすべてりんご園とみなし、各方眼内の等高線の間隔を測定し、傾斜度別のりんご園の面積を算出したものである。さらにこの手法を継承し、月館ら²⁾は1/5,000地形図から樹園地について図上1cm×1cm(現地50m×50m)の方眼に小分割して傾斜度別樹園地面積を明らかにし、さらに傾斜方向についても検討を加えることとし、地域も平賀町だけではなく津軽地方においてりんご栽培面積の広い弘前市など7市町村を加え、津軽地方傾斜地りんご園の地形特性としてまとめた。

この章では、同様の調査方法を用い、りんご園が津軽地方だけではなく、気象条件の異なる南部地方にも比較的多いこと(表-3.1参照)から南部地方の3町の地形特性を明らかにし比較検討するとともに、青森県りんご園の地形特性として総括するものである。

3.1 調査方法

調査方法については、月館ら²⁾と同様のため、ここではその概要を述べることとする。

3.1.1 対象市町村および地形図

県内においてりんご栽培面積の広い市町村を調査対象とし、津軽地方は弘前市、黒石市、浪岡町、平賀町、大鰐町、藤崎町、岩木町および相馬村としており、南部地方は名川町、三戸町、南部町とす

表-3.1 果樹に対するりんごの栽培面積の比率

市町村名	果樹栽培面積計 ha	りんご栽培面積 ha	りんご栽培面積率 %
弘前市	6,910	6,770	98.0
浪岡町	2,050	2,010	98.0
黒石市	1,780	1,710	96.1
岩木町	1,600	1,560	97.5
平賀町	1,430	1,390	97.2
大鰐町	1,240	1,220	98.4
相馬村	880	876	99.5
藤崎町	723	697	96.4
計	16,613	16,233	97.7
名川町	1,190	836	70.3
三戸町	657	508	77.3
南部町	578	393	68.0
計	2,425	1,737	71.6
合計	19,038	17,970	94.4

昭和63年 園芸作物統計³⁾より

表-3.2 地形図の概要

市町村名	種類	調査年度*
弘前市	国土基本図	昭39~45
浪岡町	浪岡町基本図	昭53
黒石市	国土基本図	昭53
岩木町	国土基本図	昭39~40
	森林基本図	昭41
平賀町	国土基本図	昭42
大鰐町	国土基本図	昭42
	森林基本図	昭45
相馬村	相馬村基本図	昭53
藤崎町	国土基本図	昭39~40

市町村名	種類	調査年度*
名川町	名川町管内図	昭37~42
三戸町	森林基本図	昭37~42
南部町	南部町管内図	昭35~40

*地形図作成のため行った測量調査年度を示す。

る。またここで用いた各市町村における 1/ 5,000 地形図の概要を表-3.2 に示したが、地形図作成のための調査年度は市町村によって異なっており、地形図作成から現在にいたる開園や廃園分については本研究には含まれていない。

また地形図に記入されている果樹園記号は、りんご以外の果樹も含まれているが、表-3.1 に示したとおり、果樹合計の栽培面積に対してりんご栽培面積の比率が、津軽地方では約98%、南部地方では約72%であり、りんごの占める割合が高いため、果樹園記号をすべてりんご園として取り扱うこととした。

3.1.2 調査方法

(1) データの収集

各市町村における 1/ 5,000 地形図を使用し、経線、緯線に平行に大、中、小区画に分け、それぞれにエリアナンバーを付した。小区画は図上 1 cm × 1 cm (現地 50 m × 50 m) の方眼であり、個々の傾斜度および傾斜方向を手作業で求めてデータファイルに入れ、その後の処理はすべてコンピュータによって行うこととした。

a) 傾斜度

小区画内の等高線の数を n 、地形図の等高線間隔を P (m)、等高線 n 本の測定する水平距離を l (mm)、 l の実距離 (m) への換算係数を s ($s = 5 \times 10^3 / 1 \times 10^3$) とすれば、平均勾配 θ は次式で求められる。

$$\theta = \tan^{-1} \{P(n-1)/(l \cdot s)\} \quad \dots\dots\dots \text{式-3.1}$$

θ を $0^\circ \leq \theta < 5^\circ$, $5^\circ \leq \theta < 10^\circ$ ……と 5° 毎に区切ることとし、それぞれを傾斜度 1、2 ……と呼ぶこととした。ただし、特別の場合は次の処理を行った。

- ① 小区画中に樹園地が一部分しかない場合は、その部分だけの傾斜度、方向、面積を求めた。

②小区画内で勾配が大きく異なる場合は、二分割してそれぞれの値を求めた。

③水平状態に近く、小区画内の等高線が少ない場合や存在しない場合は、区画外の等高線も用いて値を求めた。

b) 傾斜方向

傾斜方向は高所から低所に向かう等高線直角方向とし、東、西、南、北 (E、W、S、N) の4区分とした。これは北方向を例にとれば、真北方向を中心として左右45° (計90°) の範囲にあるものをNとし、他の方向も同様の方向で区分した。ただし、ほぼ水平で付近に等高線が存在せず、方向を求めることが困難な場合は「方向なし」とした。

(2) コンピュータ処理

使用したコンピュータは PC-9801M₂、周辺機器はカラーディスプレイ PC-8853N、プリンタは PC-PR201CLおよびプロッタは DXY-880を用いた。またプログラムは MS-DOS 版 (Ver. 3.30A) N₈₈-BASICとした。ここで用いたプログラムは、データの位置、傾斜度および傾斜方向、面積を登録し、全地域の集計を行い、さらにこれらを平面図にカラー表示できるようにした。

また、種々の目的に供するよう津軽地方の8市町村について縮尺1/25,000でA3版の大きさにカラー印刷し、基礎資料としてまとめたものが「津軽地方りんご園の地形分類図集」⁴⁾である。参考として、その一部分をこの章の末尾41～43ページに添付する。

(1) 低地

津軽平野は青森県西部に位置し、東北地方では第2の広さを有している。その東側から南側にかけて丘陵地帯や山地に囲まれており、一見盆地状を呈している。津軽平野は、岩木川によって運び出された土砂が堆積して形成された典型的な沖積平野であり、上流部には扇状地、中・下流部には自然堤防、後背湿地、三角州が形成されている。

(2) 台地

東部地域の六ヶ所村から八戸市付近にかけて、十和田・八甲田火山起源のローム質火山灰に厚く覆われた台地が広く分布している。これらの台地は、小川原湖に向かって緩傾斜をなしており、標高はほぼ120m以下である。

一方、西部地域の台地は西海岸沿いから津軽平野周辺に分布しており、その構成物は砂礫がほとんどである。

(3) 丘陵地

県南東部の三戸郡には火山噴出物からなる火山性の丘陵地が広く分布している。また、下北半島の砂子又地区や津軽地方の目屋地区および大釈迦地区などに非火山性の丘陵が見られる。

(4) 山地

火山地としては那須火山帯に属する十和田、八甲田、恐山、燧岳があり、さらに鳥海火山帯に属する岩木山がある。十和田火山による軽石の噴出が大量であり、これが県東部の丘陵や台地の構成物となっている。北八甲田火山群では、山麓部はゆるやかな裾野であるが、山頂付近では急峻な地形になっている。岩木山は津軽平野の南西部にある二重式火山であるが、概形がコニーデ型であることから、津軽富士と呼ばれている。

3.2.2 調査結果

南部地方における各町ごとの傾斜度、傾斜方向別集計結果については表-3.3～表-3.5に示すとおりである。津軽地方については月館ら²⁾の結果を引用するため、付表として巻末に添付した。ただし、藤崎町は町全体が沖積平野部にあり、全りんご園が傾斜度1 ($0^\circ \leq \theta < 5^\circ$) に属するため、ここでは除くこととした。

表-3.3 名川町りんご園の傾斜度・方向別面積 (ha)

勾配(°)	なし	N	E	W	S	計
0～5	645.19	8.46	22.20	12.61	2.28	690.74
5～10		66.38	55.66	66.81	30.29	219.14
10～15		25.90	53.61	34.94	22.12	136.57
15～20		10.16	13.00	7.05	10.84	41.05
20～25		2.10	4.85	2.93	4.29	14.17
25～		2.26	2.17	0.59	2.74	7.76
計	645.19	115.26	151.49	124.93	72.56	1,109.43

表-3.4 三戸町りんご園の傾斜度・方向別面積 (ha)

勾配(°)	なし	N	E	W	S	計
0～5	410.98	15.18	12.06	5.89	14.58	458.69
5～10		16.81	17.00	21.55	22.75	78.11
10～15		5.18	6.43	7.69	9.71	29.01
15～20		4.40	5.88	7.66	6.83	24.77
20～25		1.75	1.20	1.19	1.44	5.58
25～		4.23	2.91	2.10	3.11	12.35
計	410.98	47.55	45.48	46.08	58.42	608.51

表-3.5 南部町りんご園の傾斜度・方向別面積 (ha)

勾配(°)	なし	N	E	W	S	計
0～5	336.75	5.71	24.78	3.68	0.06	370.98
5～10		25.84	13.01	9.35	7.01	55.21
10～15		19.13	12.13	13.78	12.69	57.73
15～20		9.35	7.11	5.25	11.18	32.89
20～25		4.19	4.65	5.18	8.65	22.67
25～		3.16	3.55	3.53	3.78	14.02
計	336.75	67.38	65.23	40.77	43.37	553.50

3.2.3 考察

前ページの南部地方の結果と津軽地方の引用結果を基に、りんご園の傾斜度別面積率は図-3.2 に、 10° 、 15° 、 20° 以上の占める面積率は図-3.3 に、傾斜方向別面積率は図-3.4 および図-3.5 にそれぞれ示すとおりである。

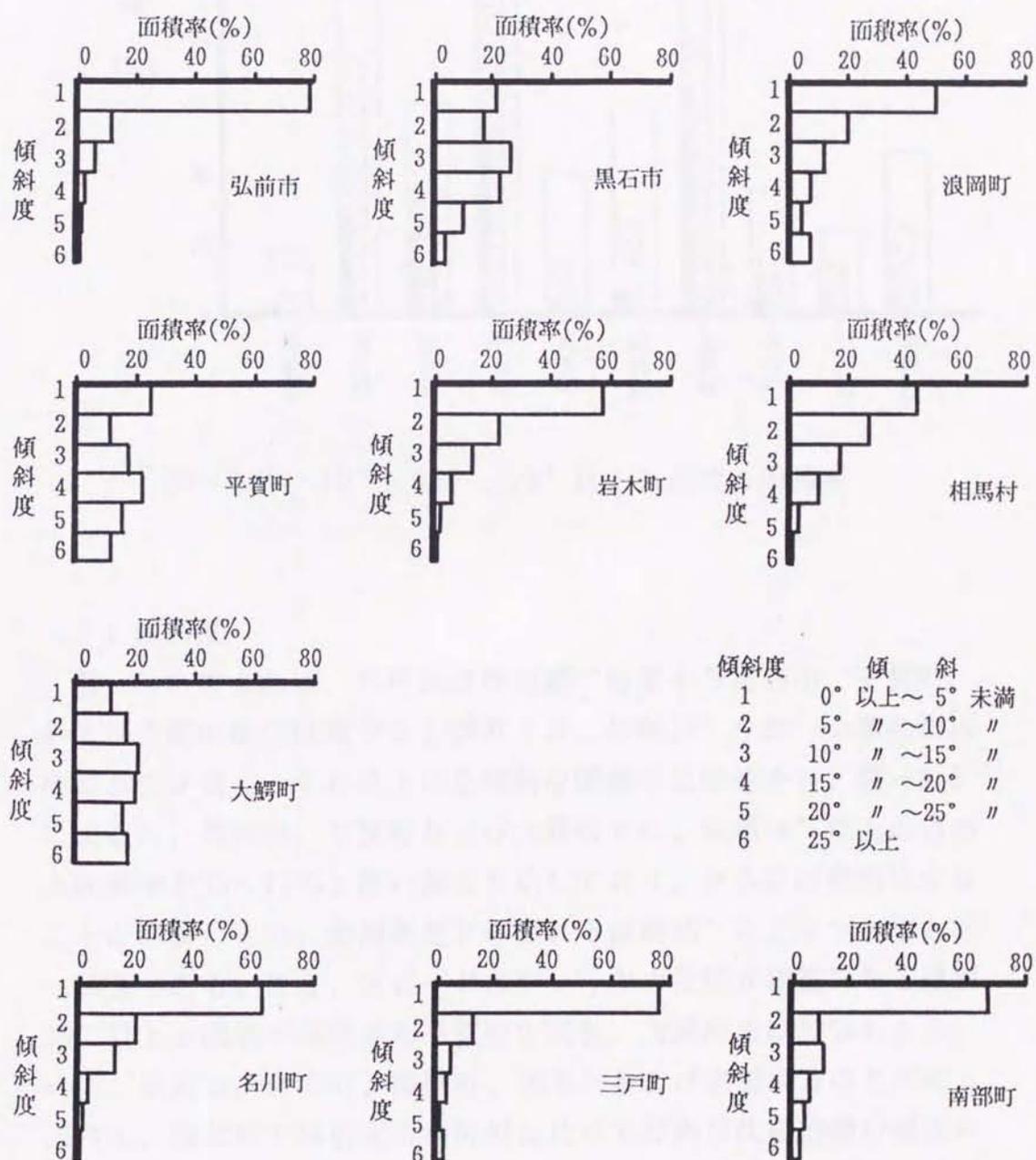


図-3.2 りんご園の傾斜度別面積率

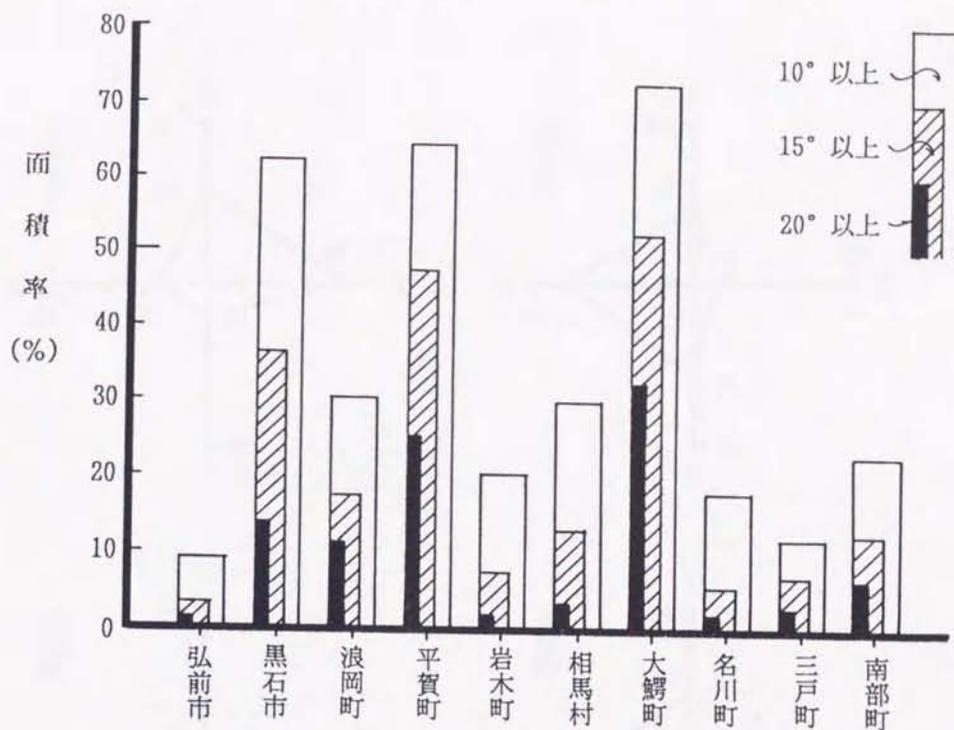


図-3.3 10°、15°、20°以上の占める面積率

(1) 傾斜度

図-3.2によれば、八甲田連峰西麓に位置する黒石市、平賀町、および大鰐山地に位置する大鰐町では、傾斜10°～20°の園地の占める割合が高く、それ以上に急傾斜な園地も比較的多い。図-3.3によると、黒石市、平賀町および大鰐町では、傾斜10°以上の占める面積率が62～73%と高い割合を示しており、さらに階段畑にすることが必要とされ、急傾斜地と呼ばれる傾斜15°以上についても36～52%である。また、スピードスプレーヤの使用が困難になる傾斜20°以上の園地の面積率も平賀町で26%、大鰐町では32%もある。一方、弘前市、岩木町、浪岡町、相馬村および南部地方の名川町、三戸町、南部町では前記3市町村に比べて傾斜は比較的緩い傾向にある。これは弘前市、岩木町、相馬村は岩木川沿岸に、南部地方は馬淵川沿岸にりんご園が多く存在しているからである。

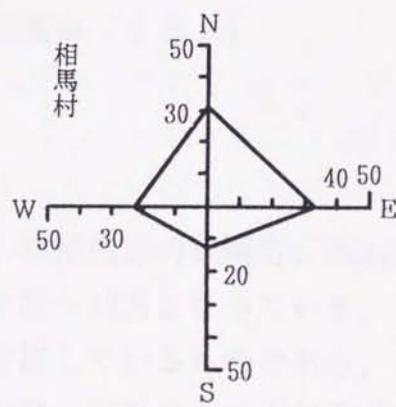
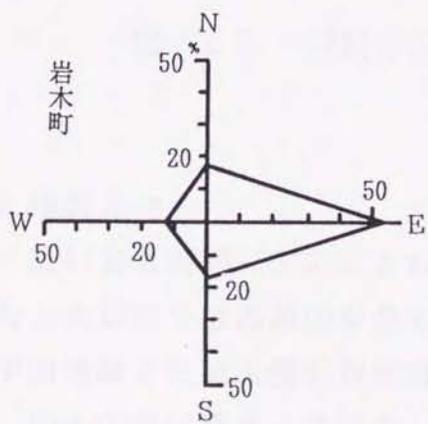
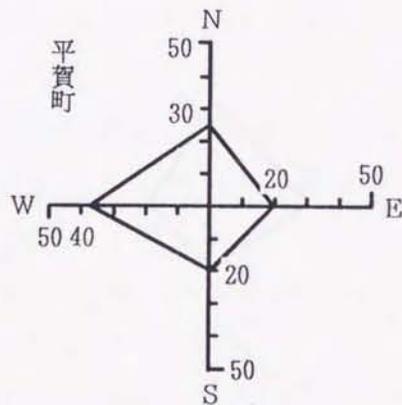
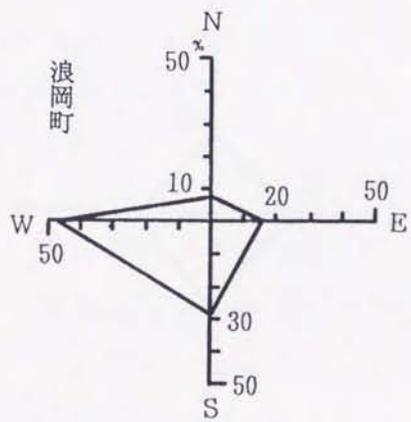
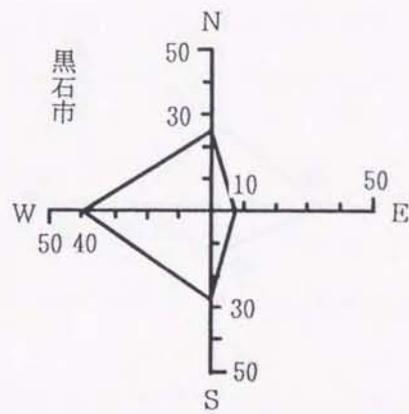
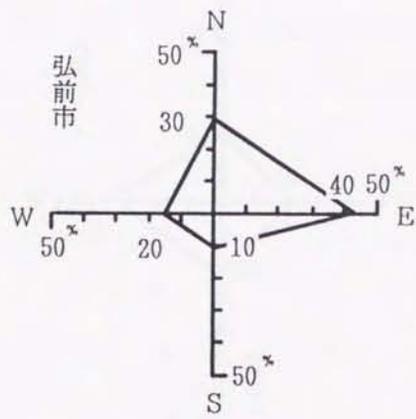


図-3.4 傾斜方向別面積率 (その1)

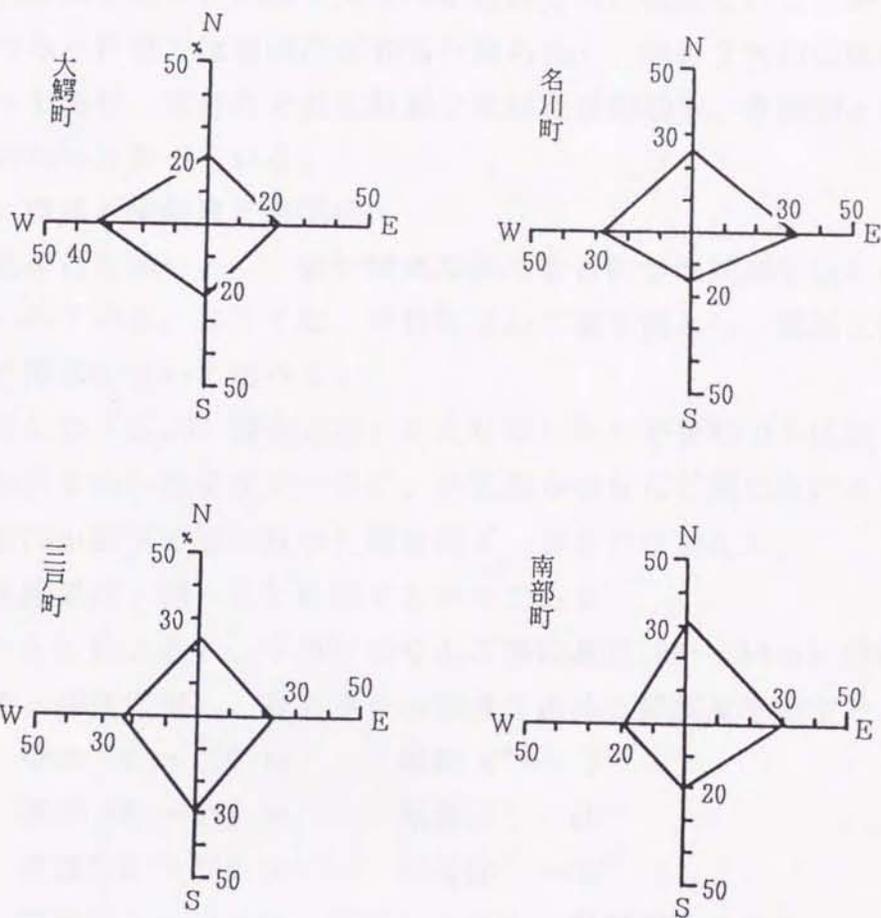


図-3.5 傾斜方向別面積率 (その2)

(2) 傾斜方向

図-3.4 および図-3.5 によれば、津軽地方の浪岡町、黒石市、平賀町、大鰐町では西斜面が最も多く33~48%となっている。これは八甲田連峰または大鰐山地西麓に位置しているためである。白神山地、岩木山麓に属する弘前市、岩木町、相馬村では東斜面が最も多く34~52%の面積率を示している。また日射量の関係で最も有利な南斜面は、弘前市で12%、相馬村では14%といずれも4方向中最も少ない割合を示している。一方、南部地方の名川町では東斜面が

33%と最も多く、南斜面が16%と最も少ない。これは名川町の西側に名久井岳があり、北側を馬淵川が東西方向に流れているためである。また三戸町では南斜面が30%と最も多く、他の3方向はほぼ同じ割合であり、南部町では北斜面と東斜面が約30%、南斜面と西斜面が約20%となっている。

(3) 標高と傾斜度との関係

台地などを除くと、一般に標高が高くなるにつれ傾斜も急になるといわれている。ここでは、平賀町りんご園を例とし、標高と傾斜度との関係について述べる。

前述した「3.1 調査方法」により得られた平賀町の小区画(図上1cm×1cm)傾斜度データに、小区画中のりんご園における平均標高を10m単位で読み取った標高値データをつけ加えた。

その結果は、図-3.6に示すとおりである。

図-3.6によると、平賀町のりんご園は標高30~350mに分布している。標高に対し、最も多くの割合を占める傾斜度を示すと、

標高 30 ~ 70 m … 傾斜 0° ~ 5°

標高 80 ~ 210 m … 傾斜 15° ~ 20°

標高 220 ~ 240 m … 傾斜 20° ~ 25°

標高250 m以上は、面積も小さく、傾斜がまちまちとなる。また、標高120m以上になると、標高が高くなるにつれ、傾斜0°~15°の占める割合が少なくなっている。

以上のことから、平賀町りんご園における標高と傾斜度との関係については次のように述べることができる。標高60mまでは傾斜5°以下の緩やかな地形であるが、標高70m以上になると傾斜がだんだん急になり、標高120mを超えると傾斜15°以上の急傾斜地の割合が多くなる。

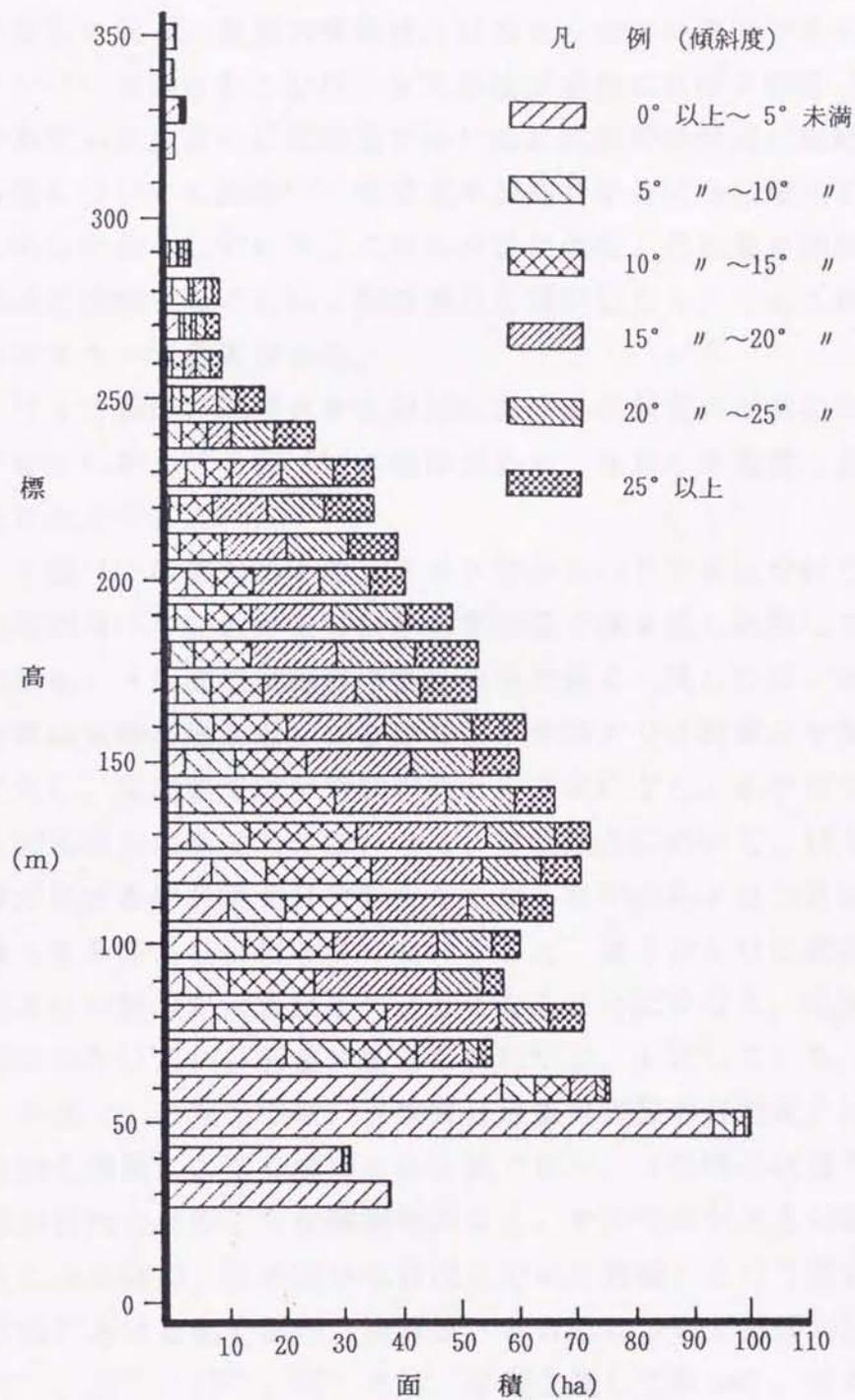


図-3.6 平賀町りんご園の標高と傾斜度との関係

(4) 日射量と地形の関係

りんご栽培において日射量は果実の着色や品質および収量と密接な関係があり、りんごの商品的価値は着色の良否や品質により大きく左右される。果実の着色は、日当たりのよい斜面ですぐれていること⁷⁾が知られており、また温度が着色に及ぼす影響⁸⁾も報告されている。さらに受光量が多いほど高品質の果実が生産でき⁹⁾、収量についても浅田¹⁰⁾は受光率が高くなるにつれ増加する傾向が認められたとしている。これらのことから、日射量と地形条件との関係を把握することは、開園適地を選定したり、りんご栽培技術を検討する上で重要である。

りんご栽培と関連させた斜面における日射量の演算については、ト蔵¹¹⁾および月館¹²⁾の報告があり、それらの概要を以下に述べることとする。

ト蔵¹¹⁾は報告の中で、9月下旬から11月下旬にかけての各方位の傾斜角 15° における日射量の実測値と演算値と比較しており、その結果、『南面では両者の値はかなり良く一致したが、北面では演算値は太陽高度が低くなるほど、水平面より日射量が少なくなるのに対し、実測値では全期間中ほとんど変化なく、水平面日射量に対し80%程度の値であった。また、津軽地方において、10月、11月と秋が深まるほど晴天日数が少なくなるため南によった斜面で斜面効果（水平面より日射を多く受けること）はそれなりに認められたが、北よりの斜面が演算結果のようになることは少なく、北面でも水平面にかかなり近い日射量があることになる。』としている。

月館¹²⁾の報告では、『積算日射量は実際の日射量とは異なり、理論上演算によって求められた値であり、「快晴の状態、その平面が日陰となるような障害物がなく、その平面がある勾配と斜面方向にある時の、日の出から日没までの日射量」という理想化された状態における値である。演算は、各方位について斜面勾配を 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° とし、年間を通して行った。その結果、各斜面方向とも6月が最大であり、12月で最小となっている。また直達日射量は、斜面に対する入射角が 90° の場合に最大となるので、

南斜面では9月～4月の期間は勾配が急になるほど積算日射量は大になり、5月～8月ではその逆を示している。これは夏至前後で太陽高度が高くなるためである。北斜面についてみると、勾配が大になるほど積算日射量は少なくなる。またりんごの着色に影響を及ぼすと思われる9月以降についてみると、勾配が積算日射量に大きく影響を与えるのは北斜面であり、西または東ではそれほど勾配による差はない。』としている。

以上の報告から、9月以降の積算日射量については、南斜面では勾配が急になるほど多くなり、北斜面では少なくなる。西または東斜面では勾配による差はあまりない。また、10月、11月と秋が深まるほど晴天日数が少なくなるため南によった斜面では斜面効果（水平面より日射を多く受けること）がそれなりに認められている。

また、卜蔵¹³⁾は、『傾斜地りんご園における雪害の発生は北、西斜面に多いことが知られている。これは直接積雪が多いということの他に、雪解け時の差異によることが大きく、斜面の日射量や季節風の吹きつけなどが影響するものと考えられる。』としており、雪害の点でも北斜面は不利である。

3.3 ま と め

津軽地方7市町村と南部地方3町のりんご園の傾斜と方向を中心とした地形特性について1/5,000地形図からデータを収集し分析した。その主な結果は次のとおりである。

(1) 傾斜度について

傾斜 10° 以上の占める面積率が高い割合を示している市町村は、黒石市、平賀町および大鰐町であり、62~73%の値である。さらに階段畑にすることが必要とされる傾斜 15° 以上の急傾斜地についても36~52%の面積率を占めており、収穫・管理作業等において作業効率が低いと思われる。

またスピードスプレーヤの使用が困難になる傾斜 20° 以上の園地の面積率も平賀町で26%、大鰐町では32%もあり、農作業上の事故等の危険性を伴っているため、注意が必要である。

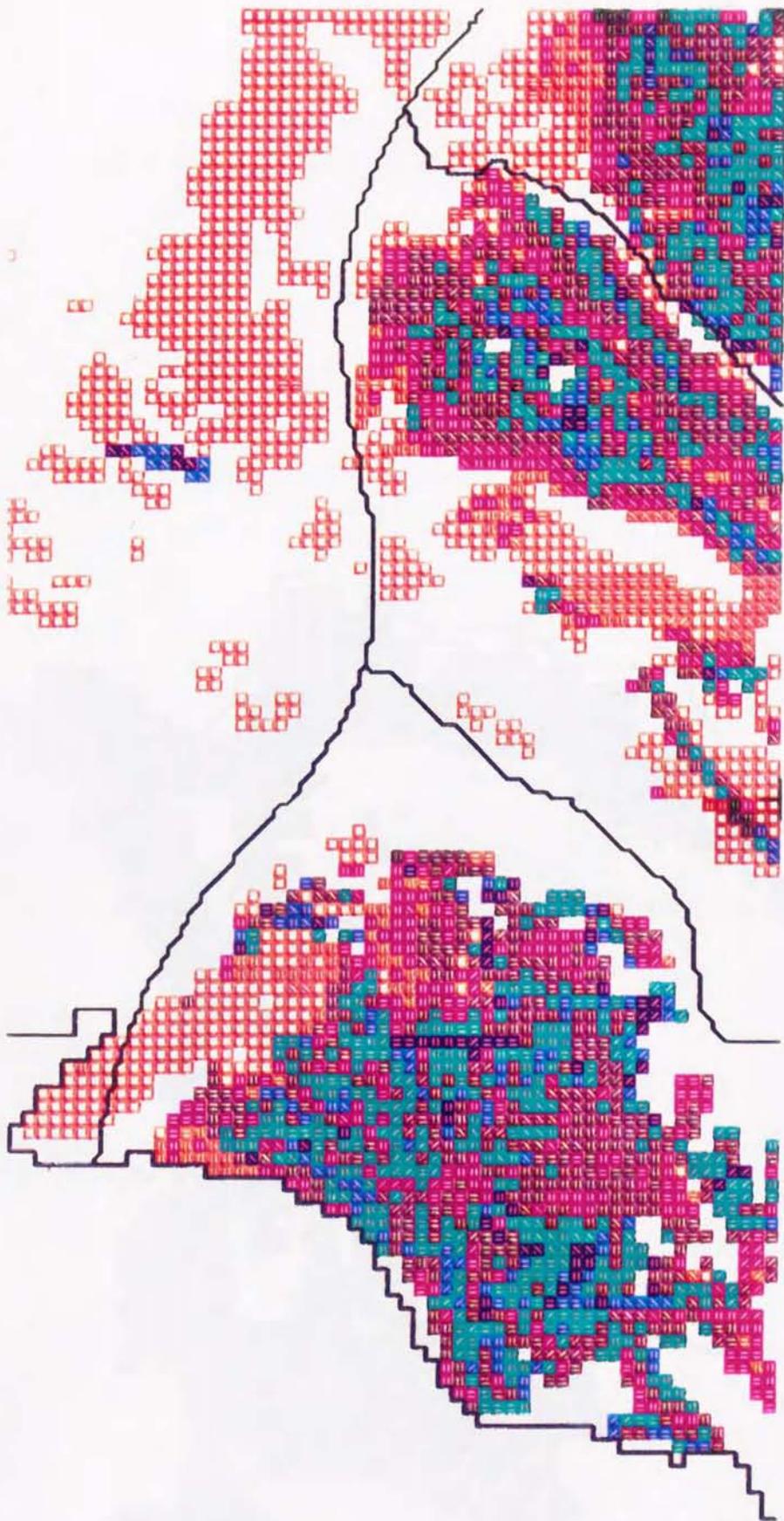
津軽地方りんご園には、耐水性が極めて小さいしらすが堆積しているところも比較的多く、傾斜が急な園地ほど侵食防止対策が重要な課題となる。

(2) 傾斜方向について

八甲田連峰西麓に位置している津軽地方の浪岡町、黒石市、平賀町、および大鰐山地に属する大鰐町では西斜面の面積率が33~48%と最も多い値を示している。また白神山地、岩木山麓に属する弘前市、岩木町、相馬村では東斜面が最も多く、34~52%の面積率を示している。一方、南部地方の三戸町および南部町において、4方向の面積率とも大差のない割合を示している。

しかし、日射量の点で最も有利とされる南斜面は、津軽地方の弘前市で12%、相馬村では14%であり、南部地方の名川町では16%と4方向中最も少ない割合を示しており、りんご栽培上問題があると思われる。

今後、新規開園する場合には、できるだけ北斜面は避けた方がよいと思われる。また、既成園が北斜面にある場合は、受光量を増やす工夫が必要である。



1/25000

コウバイ	ホウコウ
イノミヤ	NEWS
0°~5°	■ ■ ■ ■
5°~10°	■ ■ ■ ■
10°~15°	■ ■ ■ ■
15°~20°	■ ■ ■ ■
20°~25°	■ ■ ■ ■
25°~	■ ■ ■ ■

木コウカク □

NO. 31	NO. 32
NO. 41	NO. 42

黒
石
市

津軽地方りんご園の地形分類図集pp.13より抜粋（黒石市）

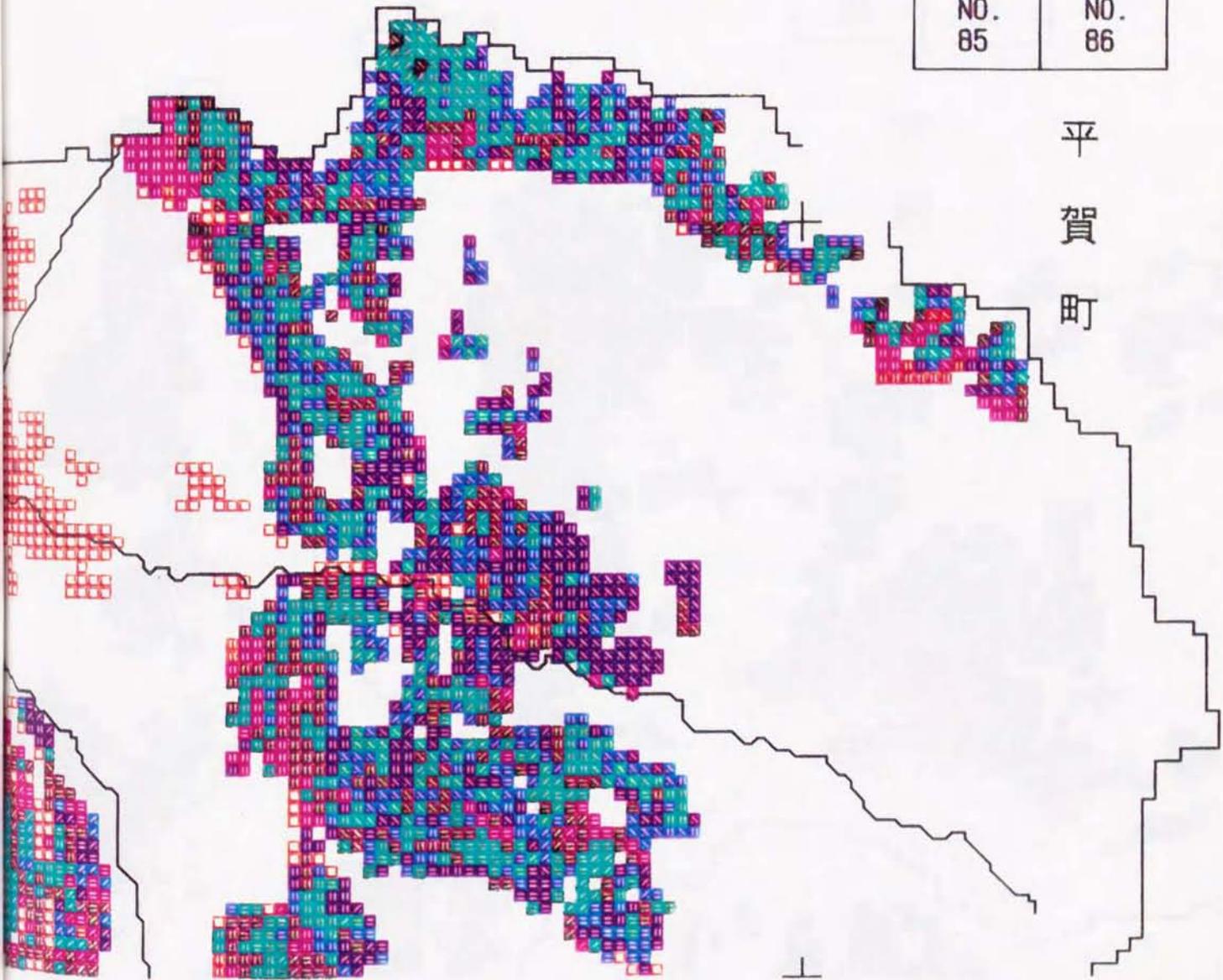
1/25000

コウバ ^イ	ホウコウ
伊 ^ヨ ミ ^マ	NEWS
0° ~ 5°	■ ■ ■ ■
5° ~ 10°	■ ■ ■ ■
10° ~ 15°	■ ■ ■ ■
15° ~ 20°	■ ■ ■ ■
20° ~ 25°	■ ■ ■ ■
25° ~	■ ■ ■ ■

村^ノカ^タ □

NO. 75	
NO. 85	NO. 86

平
賀
町



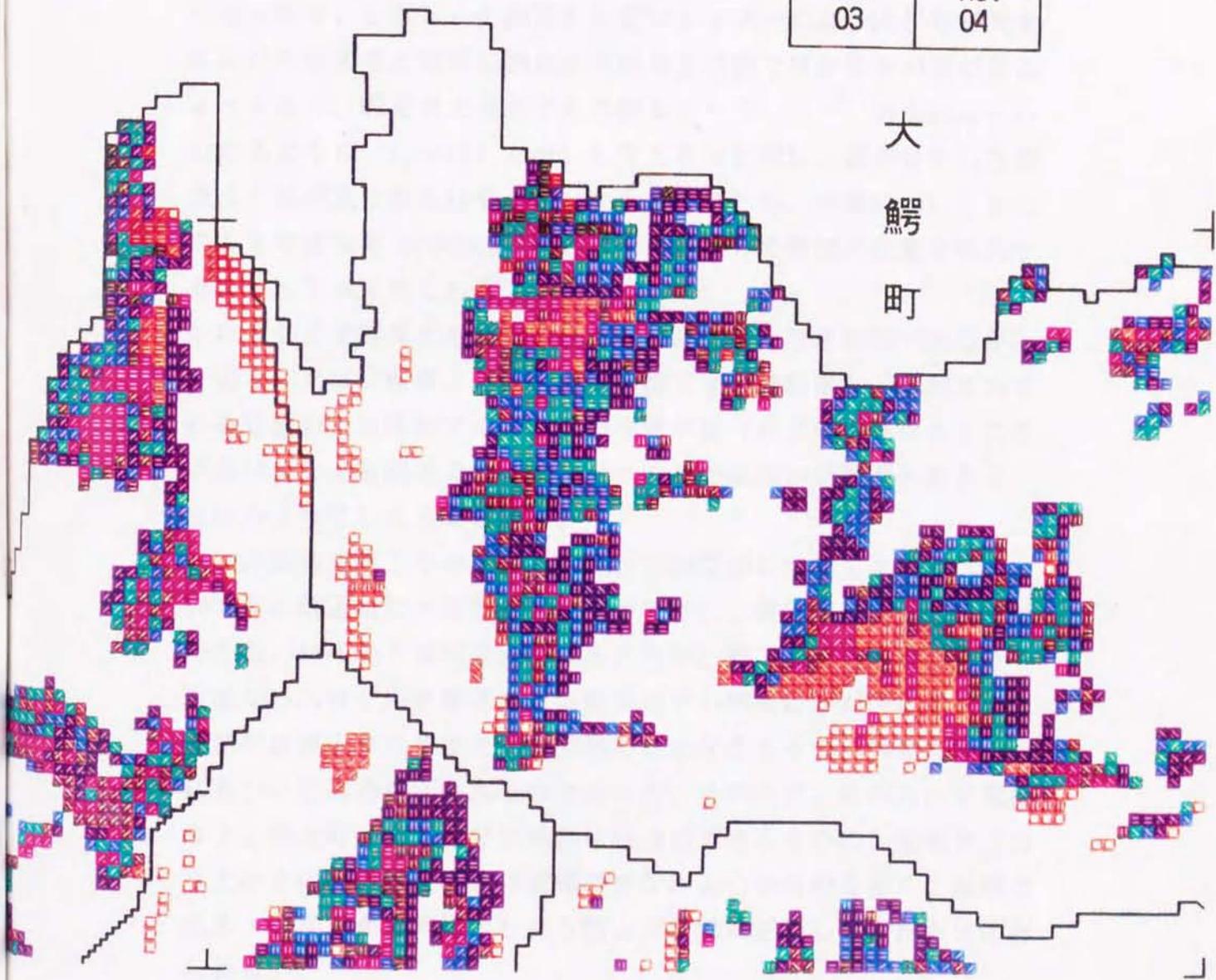
津軽地方りんご園の地形分類図集pp.19より抜粋（平賀町）

1/25000

コウハイ	ホウコウ
イヨミマ	NEWS
0° ~ 5°	■ ■ ■ ■
5° ~ 10°	■ ■ ■ ■
10° ~ 15°	■ ■ ■ ■
15° ~ 20°	■ ■ ■ ■
20° ~ 25°	■ ■ ■ ■
25° ~	■ ■ ■ ■

ホウコウナシ □

NO. 93	NO. 94
NO. 03	NO. 04



津軽地方りんご園の地形分類図集pp. 24より抜粋 (大鰐町)

第4章 りんご園の特殊土

4.1 特殊土について

「特殊土」という用語が土質工学関係者の間でよく用いられるようになったのは、土質試験法の第1回改訂版(1969)¹⁾ および土質調査法の第1回改訂版(1972)²⁾ の中で独立した章または編として取り上げられてからのことであり、それほど古くからのことではないと思われる。ただしこの用語から受けるイメージは、大学等研究室における研究者と現場に携わる技術者との間ではかなりの差があるようである。前者は土質工学会の標準キーワード³⁾ の英訳からもわかるように、special soil と考えるのに対し、後者はむしろ特殊土とは不良土またはやっかいな土であるとし、外国においてもこのような意味で problem soil⁴⁾ に注目して特別の注意を喚起するようになってきている。

いまここで特殊土の定義を述べることはなかなか面倒であるが、一応ここでは「特殊土とは、土質基礎工学の教科書などに記されている普通の土と比較すると、その性質が種々の意味で異なるところがあり、しかも現場ではよく出会ってその取扱いが問題となる土」というようにいえるかと思う。

わが国の土質工学の進展と特殊土との関係について次に述べる。1930年に鉄道省に土質調査委員会ができ、土質工学に関する研究が行われ、いろいろな成果が挙げられたが、第二次世界大戦によって欧米から大きく引き離された。戦後の早い時期にわが国に新しい土質工学が導入されてきたが、当然のことながらその内容は外国の土に基づいて体系化されたものであった。そのため、われわれが取扱う土、例えば沖積土などの場合には適用できるものの、現場で出会う土の中には教科書どおり適用できないようなものも多く、結局このような状況から特殊土という概念が自然に定着してきたものと思われる。

以上述べた内容は、諸外国においても同様の傾向にあり、土についての技術を工学として体系化したものの、例外としてはみ出す土が出てくることは当然であり、一般的な教科書においてもその新版に特殊土についての記述がなされるようになってきた。その例として、Terzaghi・Peckの「土質力学」の改訂版⁵⁾では、ハワイの火山灰質粘性土の特殊な締固めの性質あるいは北欧やカナダなどでみられるクイック・クレイの地すべりなどが追記されている。

このように特殊土は、わが国においてのみ問題視されているわけではなく、世界的な視野からますます重要な研究対象として取り上げられており、特殊土を含めた土質工学の学問体系が構成されつつあるのが現状である。

4.2 日本の特殊土

わが国においては火山活動が活発であり、また地形が急峻であること、気象条件が多雨多湿であることなどから、種々の特殊土が分布している。具

体的には火山灰質粘性土、火山成粗粒土、まさ土、高有機質土、液状化しやすい砂などが挙げられる。ここでは特に青森県に分布する特殊土について述べる。また青森県の地質図を図-4.1に示す。

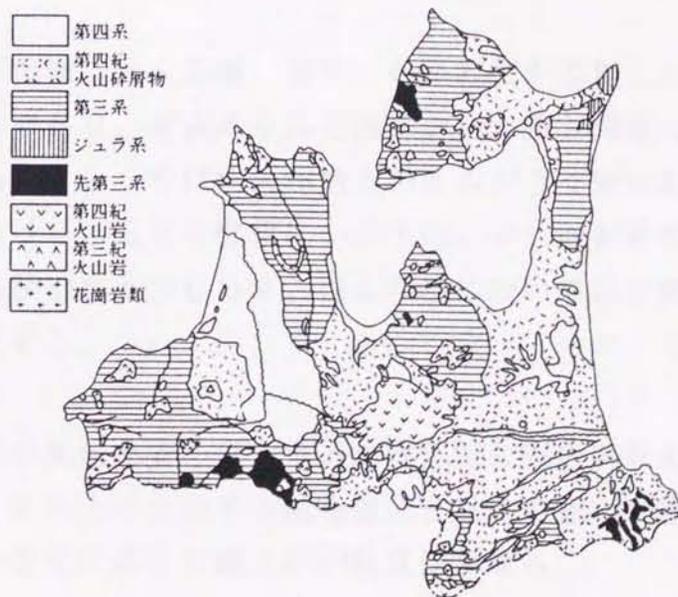


図-4.1 青森県の地質図⁶⁾

(1) 火山灰質粘性土

一般的な火山灰土は日本総面積の約16%を占めており、また平地の約70%が火山灰土であるといわれている。東北地方では50に近い火山があり、主に第四紀に形成されたものが多く、その約80%は奥羽脊梁山地とその周辺部（那須火山帯）にある。青森県においては、十和田・八甲田火山、岩木山、恐山などの火山による噴火物が台地や丘陵地に厚く分布している。これらの火山灰土として、火山灰質粘性土、しらす、黒ぼくがある。このうち火山灰質粘性土は、火山灰の堆積風化の過程にあるものである。

東北地方の北部に産する火山灰質粘性土の特性として諸戸⁷⁾は、『a. こね返し後の強度低下が一般に大きく、中には液状体になるものがある。

b. シキソトロピーによる強度回復が遅い。

c. 比較的粗粒であり、塑性指数 I_p が低く、液性指数 I_L が高いものが多い。

d. 施工環境としての稼働日数が温暖な地域に比べて多くない。

e. 粒度範囲が凍結を受けやすいものの中に入っている。』

などを挙げている。

(2) 火山成粗粒土

火山からの放出物が堆積した火山礫、流出した軽石流が固結したしらすなどが主なものであり、青森県りんご園において最も問題になるのは、しらすである。しらすは南九州地方のものがよく知られているが、青森県におけるしらすの性質については、それほど研究が進んでいないのが現状である。しらすの理工学性については次節で詳細に述べることとする。

(3) まさ土

これは各種花崗岩類の風化土で、東北地方の南部特に福島県などに多く分布している。まさ土は土粒子の鉱物組成と風化の程度が重要で、これらの要素の変化に応じて理工学的性質が異なる。

(4) 高有機質土

高有機質土には、泥炭、黒泥などがある。東北地方には各地の沖

積地帯に泥炭が分布しており、その面積は北海道に次ぐものである。特に平野部に占める泥炭地面積の割合は、北海道の値を上回っている（表-4.1）。以前は放置されがちな泥炭地であったが、近年の道路、鉄道、農地の基盤整備などが進むにつれ、泥炭地の工学的検討が急務となってきた。

表-4.1 東北地方における泥炭地面積^{a)}

単位：km²

	平野部 面積①	泥炭地の種類				泥炭地 全面積②	② / ① (%)
		高位泥炭	中間泥炭	低位泥炭	黒泥		
青森県	3,750.03	10.01	0	260.72	90.95	361.68	9.64
岩手県	2,444.47	14.20	0	36.50	11.10	61.80	2.53
宮城県	2,333.16	2.00	0	271.00	206.00	479.00	20.53
秋田県	3,018.88	1.97	0	184.05	63.81	249.83	8.28
山形県	2,331.64	4.00	0	74.07	61.93	140.00	6.00
福島県	2,480.77	12.00	0	79.00	102.00	193.00	7.78
東北地方 合計	16,358.95	44.18	0	905.34	535.79	1,485.31	9.08
北海道 合計	33,405.94	339.63	249.62	1,417.53	17.35	2,023.77	6.06

注) 平野部面積は日本の統計（昭和55年）総理府統計局より

表-4.1 から明らかなように東北地方では宮城県が最も多く、次いで青森県となっている。青森県内では津軽平野に多く分布している。普通の土と泥炭とは生成過程がまったく違っており、泥炭は植物（東北地方では主としてヨシ、スゲ）の遺体が堆積したものである。津軽地方では泥炭地を「サルケ」とも呼んでいる。泥炭の含水比は100~1,000%、間隙比は2~20という値をもつため、载荷による沈下量は、粘土の数十倍になることもある。したがって、泥炭地に土を盛ったとき翌日には平らになっていたり、水路を掘ったら底からの膨れ上がりや側壁の押し出しによってあくる日には埋まっ

ていたという話を泥炭地の現場でよく耳にする。このような現象を土木現場の人々は「お化け帳場」と呼び、以前はできるかぎり避けて通るようにしてきた。

泥炭地の対策としては各種の工法があるが、農地の場合はまず排水が必要であり、その後客土を行うのが基本である。その際、排水改良や農道など盛土による沈下量の予測が重要である。この点について月舘⁹⁾、¹⁰⁾、¹¹⁾は、東北地方の泥炭について研究した結果、圧密沈下量や収縮沈下量は泥炭の分解度と相関があることを明らかにし、分解度を明らかにすることによって沈下量の予測が可能になった。

(5) 液状化しやすい砂

日本海中部地震によって砂地盤が液状化し、大きな被害をもたらしたことは記憶に新しい。このような災害は古来からあった模様であるが、土質工学的に問題視されたのは新潟地震以来である。

この現象について簡単に説明を加えたい。砂は外部からの荷重に対しては、摩擦が働くため強い地耐力を示すが、地下水の中にあつて地震が発生すると、異常な間隙水圧が発生して液状化して被害を及ぼす。この現象の小規模なものとして、例えば海岸の波打ち際に立っていると波が引いたときに足が1~2 cm沈下していたという経験は、誰しも子供の時にあつたかと思う。

道路建設がいたるところで見受けられる昨今、液状化防止の対策として、本質的には液状化しにくい土で置き換えすることや、地下水位の低下を考えるべきであり、砂質地盤ではその相対密度を大きくし、砂中の過剰水圧の早期消散を図るなどの方法が挙げられる。具体的な対策工としては、置換工法、サンドコンパクションパイル工法、振動締固め工法などがあり、これらの工法は液状化防止の効果だけではなく、盛土の沈下や安定に対する二次的効果も併せもっている¹²⁾。

4.3 青森県のりんご園土壤

青森県のりんご園土壤は、図-4.2 のように三つに大別できる。

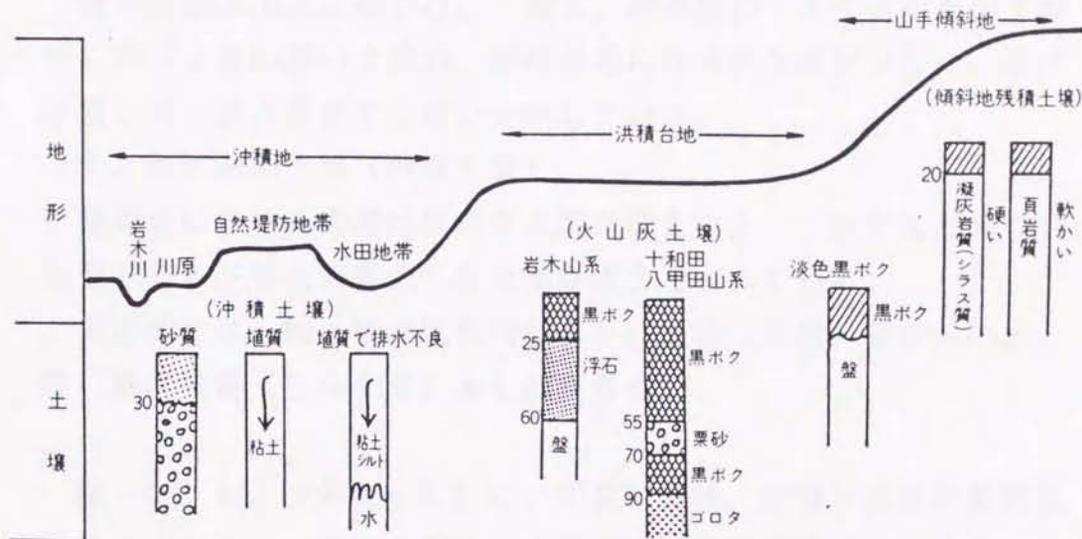


図-4.2 りんご園の地形と土壤^{1,3)}

次に、三つに大別した土壤について概説する。

(1) 平地の土壤（沖積土壤）

平地の土壤は標高約10~35m付近に分布し、津軽地方では岩木川、平川、浅瀬石川の河川氾濫により、県南地方では馬淵側の河川氾濫によって生成した沖積土壤がほとんどである。

一般に、河川に近い川原地帯には砂質土壤が上層にあり、その下層には土性が粗い礫質な土壤が分布している。また、河川からやや離れた自然堤防地帯には、表層から下層まで埴質な土壤が分布している。さらに、河川から遠く離れた水田地帯では層序的には自然堤防地帯の土壤と類似しているが、土壤水分が過剰な排水不良地も存在している。

(2) 台地の土壤（火山灰土壤）

台地と緩傾斜地では、表層が黒色腐植質火山灰土壤（黒ボク土壤）

で覆われている。津軽地方に分布する岩木山系火山灰土壌と県南地方に分布する十和田・八甲田山系火山灰土壌の両火山帯は、全りんご園面積の約70%を占め、世界および日本各地の果樹地帯と比較しても非常に多い。

岩木山系火山灰土壌では、一般に、傾斜地の下方や台地上の平坦地に黒ボク層の深い土壌が、緩傾斜地には腐植含量が少なく、黒ボク層の薄い淡色黒ボク土壌が分布している。

(3) 傾斜地の土壌（残積土壌）

傾斜地における表層は黒ボク土壌が侵食によってほとんど流亡し、基盤である下層土の風化した土壌が表土となっている。

母岩的には、粘土質で比較的軟らかい泥岩（頁岩）質のものと、硬い凝灰岩質（しらす質）のものがある。

図-4.3 および写真-4.1 に、平賀町唐竹、尾崎、弘前市薬師堂地区の傾斜地の一部に分布する土壌統として苺原統¹⁴⁾を示す。

表土が黒ボク土で薄く、下層土はしらす質の硬化した砂礫層からなるため、有効土層は30~40cmときわめて浅い。

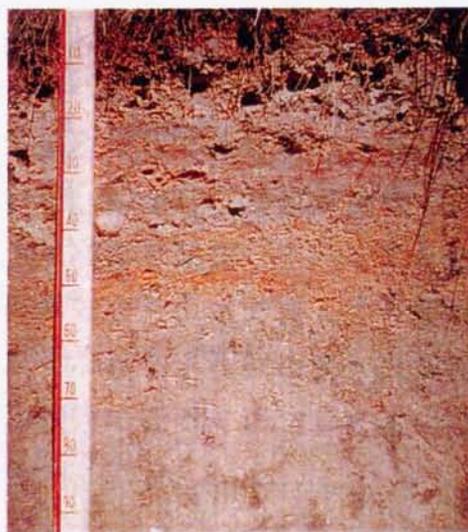
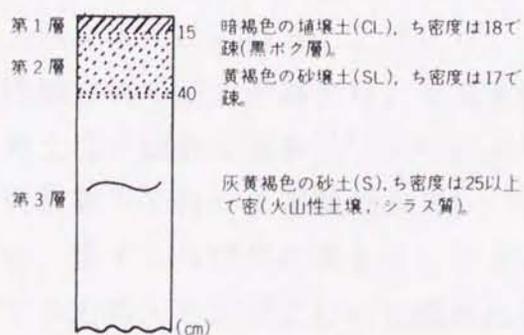


図-4.3 代表的断面形態¹⁴⁾

写真-4.1 土層断面¹⁴⁾

4.4 しらすのスレーキング特性

前節で述べたように、青森県のりんご園には、耐水性が極めて小さいしらすが各地に堆積しており、しかも傾斜が比較的きついため、豪雨時における侵食災害の危険にさらされているのが現状である。

ここではしらすの理工学性のうち、特にりんご園の災害と関係が深いと思われるスレーキングに注目して述べることにする。

4.4.1 スレーキングについて

一般に土の強度は、土-水系の状態によって大きく変化することはよく知られている。青森県には火山灰質粘性土やしらすが多く分布しており、特にしらすは耐水性が小さいため侵食災害など防災上問題とされている。

侵食災害が生じる要因を整理してみると、次のように考えることができる。まず侵食を起こす要因すなわち主動的要因としては、降雨量や降雨強度および継続時間、あるいは地形条件として斜面の傾斜など、地表面を流去する水の掃流力に関するものが挙げられる。一方、この力を受ける土の側すなわち受動的側面から考えると、水に抵抗する耐水性が問題となる。土の耐水性を示す一つの指標としてはスレーキング試験がよく用いられている。スレーキングとは、土塊を水中に入れることにより、土塊中の空気が水の浸入によって圧縮されて圧力が高まり、土塊を崩すようにして吹き出し、そのため土塊が崩れる現象¹⁵⁾といわれている。しかし、月舘が真空に近い状態下で行った実験でもスレーキング現象を確認していることから、必ずしも空気の吹き出しによるのみでなく、水の浸入力も関与すると考える方が正しいと思われる。すなわち不飽和の場合は空気の吹き出しが主な原因となるが、飽和状態に近づくにつれて水の浸入力が崩壊の主因になると考えるべきかと思う。

4.4.2 スレーキング特性

スレーキングの測定方法についてはまだ統一的に規格化されていないが、ここでの測定装置の概要は図-4.4 に示すとおりである。

また、試験に供したしらすは平賀町大字唐竹地内において採取したものであり、その締固め曲線は図-4.5 に示すとおりである。

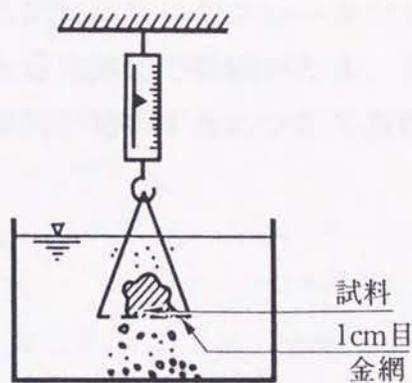


図-4.4 スレーキング測定装置

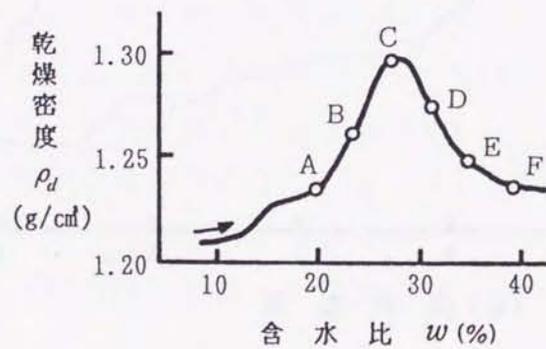


図-4.5 しらすの締固め曲線

図-4.5 によれば、しらすは砂的な性質を有するのか、あるいは粘性土的なのかは興味ある問題であるが、図からは後者に属するものと考えられる。しらすは外観上、砂や礫のように見えるが、適当な水分状態のもとで締固めた場合、ある程度の粘性が生じ、このような粘性土的な曲線を示すものと思われる。しかし粘性土に比べてスレーキングが生じやすい性質を有することに変わりはない。

図-4.6 は締固め試験を行った供試体から、直径5 cm、高さ5 cmの円柱状に成形した試料についてスレーキング試験を行った一例である。図-4.6 から低含水比で締固めたA、Bは1分以内で100%崩壊しており、含水比が増加するにつれて崩壊時間が長くなる傾向にある。

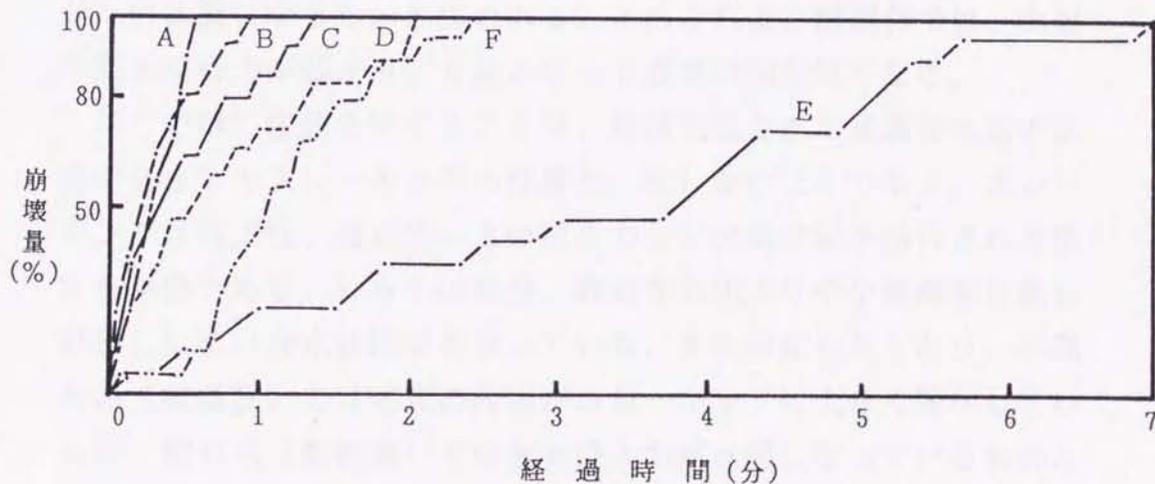


図-4.6 しらすのスレーキング試験結果

またスレーキング試験の際、観察によって得られたしらすの崩壊型は、図-4.7 に示すとおりである。I型崩壊は圧縮された気泡の放出が崩壊の主な原因となるタイプであり、II型崩壊は水の浸入力による崩壊が主な原因と考えられるタイプである。

図-4.8 は重量比 50、80、100%崩壊に要する時間を、図-4.6 から求めて示したものであり、図の中には締固め曲線から得られた最適含水比および崩壊型としてI型、II型も記入している。

図-4.8 から明らかなように、締固め含水比 35% 付近で急激に崩壊時間が長くなっていることが特徴である。すなわち最適含水比のやや湿潤側にこの特徴が表れている。

以上のような現象は、図-4.7 および図-4.8 において次のように考えることができる。すなわち乾燥側では試料中に空気が多く含まれ、透水性も大であり、しかも土粒子間（土塊団粒間、あるいは締固めにおける行動単位間）の結合力も弱いため、短時間で崩壊する。このことはスレーキングによりしらすはI型で崩壊していることから明らかである。しかし締固め含水比が増加するにつれて空気量は減少し、透水性も低下し、土粒子間の結合力も増加すると考えられるので崩壊時間は長くなり、含水比 35% 付近が最も崩壊しがたい状態になるものと思われる。またこれより湿潤側では、土粒子間の結合力が弱まり、II型となって崩壊時間が短くなる。

ここで特に注意を要することは、最密充填された最適含水比の状態が必ずしもスレーキングの性質と一致しないことである。スレーキングは通気性、透水性、土の結合力などの諸性質が総合されて生ずる挙動であり、しらすの場合、最適含水比よりやや湿潤側に最も崩壊しにくい含水状態が存在している。また前述したとおり、不飽和系（乾燥側）では空気の放出がスレーキングに大きく関与しているが、飽和系（湿潤側）では水の浸入力による崩壊が主因になっているものと思われる。

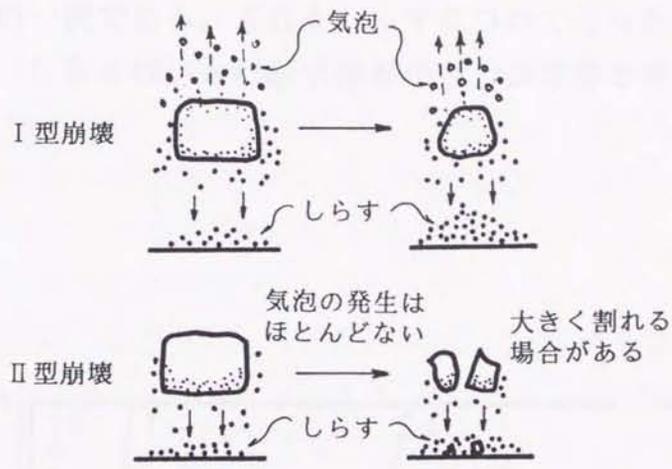


図-4.7 スレーキングによるしらすの崩壊型

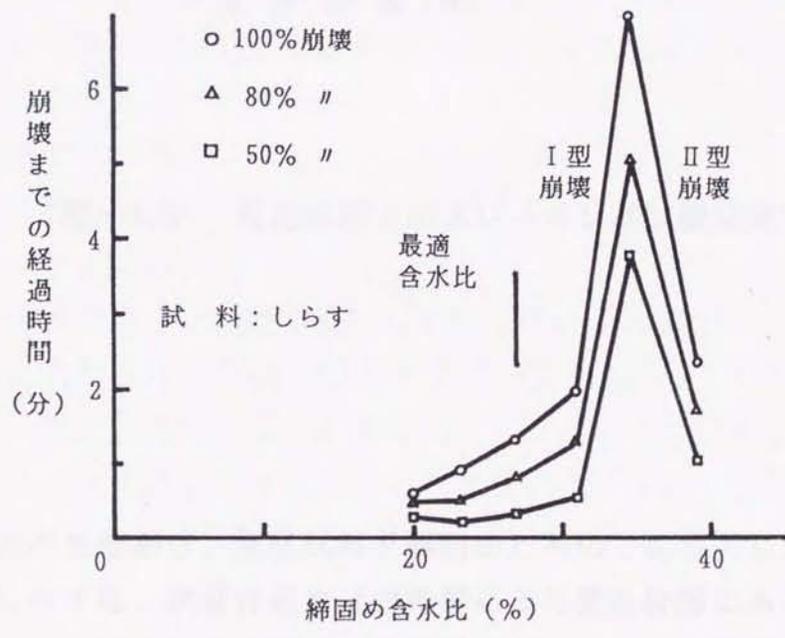


図-4.8 締固め含水比と崩壊時間の関係

図-4.9 は、褐色森林土（山形県鶴岡市）のスレーキングの実験結果¹⁶⁾ の一例である。これをしらすについて行った図-4.6 と比較すると、しらすはいかに耐水性が小さいか理解できる。

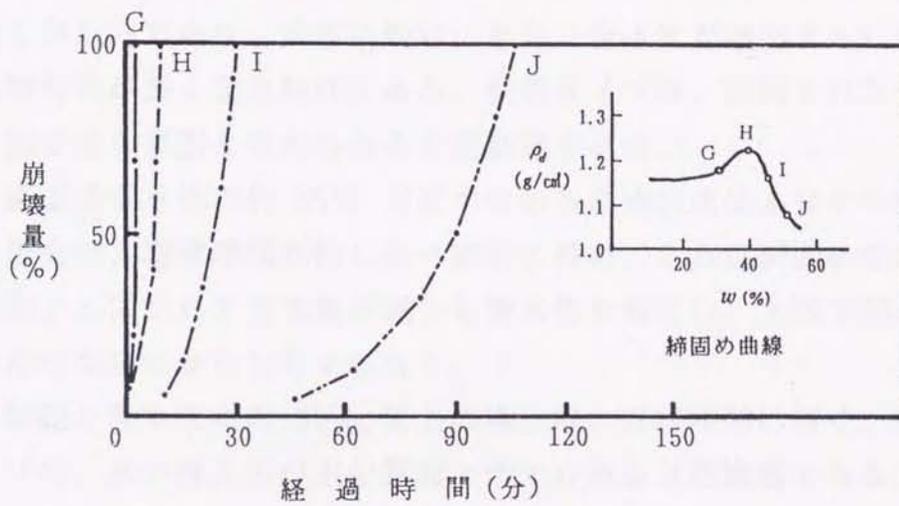


図-4.9 褐色森林土のスレーキング試験結果¹⁶⁾

以上述べた結果は、攪乱試料を締固めたものである。しかし津軽地方のしらすは、表層付近では耕起等により攪乱状態にあるが、およそ 50 cm 以深では固結状態にある場合が多い。この固結状態のもの試験では 7 日間水中に放置してもほとんどスレーキング現象を生じなかった。

4.5 ま と め

青森県のりんご園は、その面積の約70%が火山灰土壌で占められており、傾斜地帯にはしらすも分布している。侵食災害を生じる一要因である土の耐水性に注目し、りんご園のしらすのスレーキング試験を行った。その結果は次のとおりである。

(1) 攪乱試料において

締固め含水比が約 35% 以内の場合は、100% 崩壊する時間が、約 2 分以内であり、非常に短い。また、含水比が増加するにつれて崩壊時間が長くなる傾向にある。崩壊タイプは、圧縮された気泡の放出が主な原因と考えられる I 型崩壊である。

締固め含水比が約 35% 付近すなわち最適含水比よりやや湿潤側の場合は、崩壊時間が他に比べ顕著に長い。これは締固め含水比が増加するにつれて空気量が減少し透水性も低下し、土粒子間の結合力が増加したからと考えられる。

締固め含水比が約 35% 以上の場合は、崩壊時間は短く、崩壊タイプは、水の浸入力が主な原因と考えられる II 型崩壊である。

しらすの崩壊時間は、褐色森林土と比べると非常に短く、耐水性が小さいことがわかる。

(2) 不攪乱試料において

固結状態の場合は、7 日間水中に放置してもほとんどスレーキング現象は生じない。

以上の結果から、傾斜の急なしらす地帯りんご園では、耕作道など重要と思われる部分は、切土状態（不攪乱状態）にすることが望ましく、攪乱状態にある盛土部においては侵食防止対策を講ずる必要がある。侵食防止対策については次章で述べるものとする。