

研究成果報告書

| | |
|-----------|--|
| 事業名（補助金名） | 基盤的研究開発育成事業（共同研究補助金） |
| 研究開発テーマ名 | 台風18号による果樹倒木・潮害の要因解析と被害樹の再生技術 |
| 研究代表者名 | 荒木 肇【北海道大学北方生物圏フィールド科学センター／教授】 |
| 共同研究者名 | 小泉 章夫【北海道大学農学研究科／助教授】 稲川 裕【北海道立中央農業試験場果樹科／科長】 堀 廣孝【北海道大学北方生物圏フィールド科学センター／技術専門職員】 |
| 外部協力者 | 増田 哲男【果樹研究所リンゴ研究部／上席研究員】 森 元治【北海道果樹協会／会長】 |

はじめに

2004年9月8日に襲来した台風18号により北海道の農業分野においても多大な被害が発生した。台風18号が北海道に近づいた時点では風台風となっており、地域によっては50m/s以上の最大瞬間風速を記録する地域も存在した。北海道での農作物の被害面積は1万7000ヘクタールで、品目別では強風による倒伏などで水稻が1万500ヘクタールと最も多く、次いで豆類（1700ヘクタール）、ソバ（1400ヘクタール）の被害が大きかった。

北大果樹園のある余市町においてもリンゴ・ナシ・ブドウで多量の落果が認められた。リンゴ・ブドウ・オウトウでは樹が傾く「倒伏」が観察され、その一部は根返り状態となった。また、ブドウやオウトウの施設や野菜用ハウスの倒壊も観察され、多額の被害となった。海岸近くの果樹産地（増毛や七飯地方）では潮風害も観察された。

果樹は一般作物と異なり永年作物であることから、枝折れや倒木等の損傷や潮風害の影響は翌年以降にも継続することから、樹体再生に関する評価は年月を要する。苗木定植から成木に至るまでには長期間を要し、災害後の経営指導には長期的視点が必要となる。よって、樹体の損傷を最大限回避する技術確立と損傷樹の再生に関して正確な知見は、果樹産業の安定に極めて重要である。

本研究では、北海道での強風による枝折れや倒木について栽培技術や構造力学の面から要因を解析し、物理的損傷を回避する技術策定の基礎知見を提示する。さらに各種の被害樹（18号台風では潮風害・枝折れや倒木等）を再生させた後の樹の生育や果実生産性を明らかにして、事後対策ための資料を提示することを目的とした。

前述のとおり、台風害に強い果樹生産には長期間調査と倒伏抵抗に関する基礎的な調査が必要であり、生産団体のみの努力では困難である。そこで、北海道果樹協会等の意見や事例を参考にして、中央農業試験場と北大が連携調査し、その成果は冊子（本文35項・グラビア8頁）として道内の果樹の研究・普及機関・生産団体等に配布した。

本報告書では以下のようにまとめた。

- 1章 道内果樹産地における平成16年台風18号被害状況と発生要因
- 2章 台風被害樹の経過追跡調査
- 3章 リンゴ樹の根系と倒木
- 4章 引き倒し試験による根のリンゴ樹体支持力の評価
- 5章 台風被害対応技術

助成して頂いたノーステック財団および調査に協力いただいた渡島中部、北後志、西胆振、石狩北部、空知西部、空知東部、空知北部、上川中部、南留萌の各農業改良普及センターに御礼申し上げる次第である。

1 章 道内果樹産地における平成 16 年台風 18 号被害状況と発生要因

1. 調査目的

道内果樹産地における台風被害について、被害状況を調査するとともに園地の立地条件・植栽・栽培方法等と被害程度との関係を明らかにする。

2. 調査方法

(1) 調査樹種：りんご、なし、おうとう、ぶどう、プルーン

(2) 調査地域

七飯町、森町、余市町、仁木町、共和町、壮瞥町、札幌市、浜益村、浦臼町、砂川市、滝川市、深川市、沼田町、旭川市、増毛町の 15 地域で合計 117 地点を調査した。

(3) 調査園地の選定

各地域で被害程度の異なる数園地を選定した。

(4) 調査項目

ア. 被害程度（落果程度、落葉程度、倒伏程度）

イ. 植栽樹（樹高、樹幅、樹形、台木の種類）

ウ. 立地条件（傾斜の程度、斜面の向き、土壌区分）

エ. 防風対策（防風施設の有無、位置、高さ、）

オ. 植栽条件（列方向、支柱有無・太さ・材質・使用年数、トレリスの有無と方向）

表 1-1 落果、落葉被害調査における被害指数と被害程度（調査基準）

| 被害程度 | 無 | 微 | 少 | 中 | 多 | 甚 |
|------|----|-------|--------------|--------------|--------------|-------|
| 被害率 | 0% | 10%未満 | 10～30% 未満 | 30～50% 未満 | 50～80% 未満 | 80%以上 |
| 被害指数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

3. 調査結果

3-1. 果樹被害の概要

平成 16 年北海道の果樹産地は 15 号と 18 号の 2 つの台風により大きな被害を受けた。まず、8 月 20 日の台風 15 号により、道南の七飯町が被害を受けた。風向きは主に北東からで、最大瞬間風速は 37m/s を記録した。その後、9 月 8 日には台風 18 号が日本海側を通過し、全道の果樹産地で甚大な被害を受けた。風向は主に南西方向からで、各産地に近い気象官署での最大瞬間風速は、札幌では 50.2m/s、函館、小樽、留萌では 40m/s を超えた（表 1-2）。果樹に対する被害状況は、落果・傷果だけでなく、葉の損傷・落葉・倒木・枝折れなど樹体損傷、ぶどう棚など施設の損・倒壊、防風林の枝折れ・倒木などが発生した。

農作物被害では、被害面積が 1,628ha（H15 統情の果樹栽培面積 3,347ha）、被害金額が 2,926 百万（H15 統情の農業算出額 6,635 百万）になった。さらに、樹体被害では被害面積が 2031ha、被害金額が 1,683 百万となった。北海道での果樹における台風被害では、洞爺丸台風（昭和 29 年 9 月 26～27 日）以来の大被害となった。

表 1-2 台風 18 号通過時における道内果樹産地近郊の瞬間最大風速

| 気象官署 | 最大瞬間 風速(m/s) | 風向 | 観測日時 | |
|------|-----------------|-----|------|-------|
| 函館 | 41.5 | 南南西 | 9月8日 | 7:45 |
| 小樽 | 44.2 | 西南西 | 9月8日 | 11:21 |
| 札幌 | 50.2 | 南西 | 9月8日 | 11:17 |
| 岩見沢 | 38.7 | 南南東 | 9月8日 | 9:47 |
| 旭川 | 30.3 | 南南西 | 9月8日 | 11:42 |
| 留萌 | 43.9 | 南南西 | 9月8日 | 11:55 |

3-2. 被害程度と発生要因

3-2-1. 樹種別の落果・落葉被害

落果程度は、なしが多～甚と最も多く、以下、プルーンが多～甚、りんごが中～多、生食用ぶどう、醸造用ぶどうが少の順であった。落葉程度はプルーンが多と最も多く、以下、なしが中、生食用ぶどう、醸造用ぶどうが少～中、りんご、おうとうが少の順であった。ぶどうでは落果程度が少ない割に落葉程度が多かった。りんご、なし、プルーンとも 2m 以上の部分の方が、下に比べ、落果・落葉程度が多くなった（表 1-3）。落果被害はりんご、なし、プルーンが多かったが、りんごは中生種が成熟期近かったこと、なしは成熟期に近い品種があったことと「身不知」など 1 果重が 400g 以上と大きいものは荷重がかかりやすいこと、プルーンは軸が抜けやすいことが影響したと考えられる。また、なし、プルーンは徒長枝が発生しやすく、上向きの枝は風が当たりやすいため落葉が多くなったと考えられる。ぶどうは結果枝と穂梗の間に離層がないため、りんごやなしなどに比べ落果が少なく、一方他の樹種より葉が大きく風にあたる面積が大きいため、落葉被害が多くなったと考えられる。

表 1-3 台風 18 号の暴風（潮風を含む）による樹種別の落果及び落葉被害程度

| 樹種 | 落果 | | | 落葉 | | |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| | 全体 | 2m 以下の部分 | 2m 以上の部分 | 全体 | 2m 以下の部分 | 2m 以上の部分 |
| りんご | 中～多 (4.62) | 中～多 (4.37) | 多 (4.90) | 少 (3.18) | 少 (2.89) | 少～中 (3.42) |
| おうとう | 収穫済み | — | — | 少 (2.86) | 少 (2.86) | 少～中 (3.43) |
| なし | 多～甚 (5.67) | 多～甚 (5.67) | 甚 (5.83) | 中 (4.00) | 中 (3.83) | 中～多 (4.33) |
| プルーン | 多～甚 (5.29) | 多 (5.14) | 多～甚 (5.43) | 多 (5.14) | 多 (5.00) | 多～甚 (5.43) |
| 生食用ぶどう | 少 (3.00) | — | — | 少～中 (3.50) | — | — |
| 醸造用ぶどう | 少 (3.00) | — | — | 少～中 (3.31) | — | — |

3-2-2. りんごのわい化施設と落果程度

わい性台木は普通台木（マルバ）に比べ根量が少ないため、通常支柱を立て主幹を結束する。支柱の強度を高めるために補助架線を張るトレリス方式のうち、縦列と横列に補助架線を張った場合、支柱のみや縦列のみの補助架線の場合に比べ、落果程度多～甚の割合が 3 割程度少なかった（表 1-4）。また、補助架線が縦列だけの東西列で樹列ごと傾いた園もあった。これらの調査結果から、強風被害の軽減のためには縦列・横列の両方向に補助架線を張るトレリス方式が望ましいと考えられた。架線のない 1 本支柱の園地で、りんご樹は折損、倒伏していないにもかかわらず、15 年以上使用の木柱が地際部からの折損した事例がみられた。これは、地際部で支柱が腐植し、強度が著しく低下したためと考えられた。

表 1-4 台風 18 号の暴風による落果被害程度とわい化栽培りんごにおけるトレリスの設置状況

| 落果程度 | 調査点数の割合 (%) | | |
|------|-------------|-----------|------------|
| | 支柱のみ | 縦列に補助架線あり | 縦列・横列に補助架線 |
| 無～微 | 10 | 6 | 8 |
| 少～中 | 20 | 22 | 50 |
| 多～甚 | 70 | 72 | 42 |

3-2-3. 植栽列方向と落果程度

りんごの植栽列方向では、南北列が被害程度中以下の割合が 55%、東西列が 31%となり、南北列での落果が少ない傾向だった（表 1-5）。これは、強風が主に南西方向からだったため、南北列の方が列に沿って風が通りやすく、東西列に比べ被害が少なかったと考えられた。東西列では、南側の列が風上側となり直角に風が当たるため被害大きい反面、列の長さや南北の幅によっては、風上側の列が防風の役割を果たし、風下側の列で被害が軽くなる事例がみられた。

表 1-5 台風 18 号の暴風による落果被害程度とりんごの植栽列方向

| 落果 | 調査点数の割合 (%) | | | |
|-----|-------------|---------------|-----|---------------|
| | 南－北 | 南西 － 北東 | 東－西 | 北西 － 南東 |
| 無～微 | 10 | 5 | 0 | 9 |
| 少～中 | 45 | 37 | 31 | 9 |
| 多～甚 | 45 | 58 | 69 | 82 |

台木：M. 26 全調査地点平均

3-2-4. 防風林の効果

防風林の有無では、どの方向に防風林がある場合でも防風林がない場合に比べ落果程度は少なくなった。防風林の位置では、主に南西からの暴風だったため、園の南西側に位置する防風林の効果が最も高く、次に南側の効果が高かった（表 1-6）。防風林の切れ間が、風速を助長し、部分的に被害が大きくなった場合があった（図 1-1）。防風林がない場合でも南や南西側に山や丘を背負った北向きの園で落果程度が少なくなる例が見られた。これらの事例は、風上側に位置する山や丘が防風の役割を果たしたと考えられる。

表 1-6 台風 18 号の暴風による落果および落葉被害程度りんご園における防風林の位置

| 防風林位置 | 落果/被害 指数 | 落葉/被害 指数 |
|-------|---------------|---------------|
| 無し | 多 (5.22) | 中 (3.94) |
| 南 | 中 (3.95) | 少 (2.81) |
| 南西 | 少～中 (3.73) | 微～少 (2.53) |
| 西 | 中～多 (4.60) | 少 (3.20) |
| 北西～北東 | 中 (4.20) | 微～少 (2.53) |
| 東 | 中～多 (4.57) | 微～少 (2.71) |
| 南東 | 中～多 (4.73) | 少～中 (3.36) |

全調査地点平均

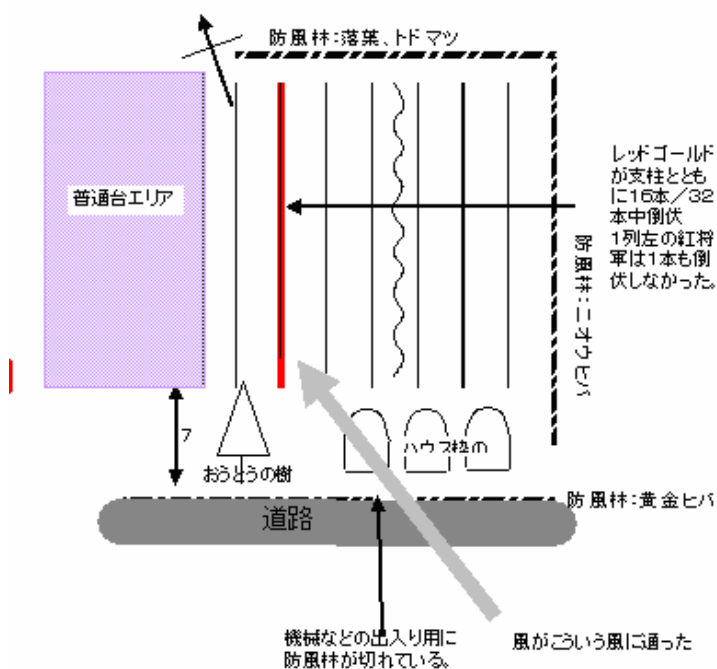


図 1-1 防風林の切れ間からの暴風により、リンゴ樹倒木被害が助長した園地例

3-2-5. 倒木被害（樹の傾斜も含む）

どの樹種も 5%以下であった。落果被害に比べて倒木被害は少なかった（表 1-7）。

おうとうは、台木がアオバザクラでは接ぎ木部から折損している場合がほとんどだった。アオバザクラ台は台木と穂木の接合部分が弱いため、接ぎ木部からの折損しやすかったと考えられた。コルト台、「チシマ台 1 号」では接ぎ木部の折損は見られなかった。

りんごは、普通台木（マルバ）で根がえりによる倒木、わい性台木で、若木において接ぎ木部の折損がみられた。

表 1-7 台風 18 号の暴風による樹種別の倒木被害

| 樹種 | 樹傾斜程度別割合（%） | | | |
|------|-------------|-----|-----|-----|
| | 無 | 少 | 中 | 多 |
| りんご | 94.2 | 2.4 | 0.6 | 2.9 |
| おうとう | 97.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 |
| なし | 96.5 | 1.7 | 0.0 | 1.8 |
| ブルーシ | 95.6 | 1.7 | 0.4 | 2.1 |

傾斜程度：少は30度未満、中は30～45度未満、多は45度以上

全調査地点平均

3-2-6. 潮風害

潮風害は、主に海沿いにある渡島の七飯町、胆振の壮瞥町、石狩の浜益町で発生し、日本海沿いの余市町、増毛町は、海側からの暴風が少なく、潮風害はほとんど見られなかった。潮風に当たった葉が数時間後に褐変し、数日後にはほとんどが落葉した。同じ樹でも風下側に比べ、風当たりの強かった風上側での被害が大きかった。海側に防風林があった場合、園地での被害はかなり軽減された（表 1-8）。

表 1-8 台風 18 号の潮風害における防風林の有無と被害発生

| 防風林 | 葉褐変被害・指数 |
|-----|-----------|
| 無 | 中～多(4.75) |
| 有 | 少～中(3.40) |

樹種：りんご 調査地：七飯町

2章 台風被害樹の経過追跡調査

1. 調査目的

リンゴを中心に、落葉被害、潮風害、倒木被害（樹の傾斜も含む）について、樹体の被害程度別に生育経過を追跡調査し、その後の生育におよぼす影響について明らかにする。

2. 調査方法

（1）落葉被害

余市町、仁木町、森町においてリンゴ樹の被害当年の不時発芽・開花を観察し、被害翌年には発芽、花芽、開花、葉色、新梢長、果実品質等を調査した。

（2）潮風害

七飯町のリンゴ樹で（1）と同事項を調査した。

（3）倒木被害

余市町、増毛町のリンゴ樹で（1）と同事項を調査した。

3. 調査結果

3-1. 落葉被害

（1）被害当年（平成16年調査）

落葉の激しかった樹では、10月中旬頃から不時発および不時開花が見られた。不時発芽および不時開花はりんご、なし、おうとう、プルーンなどで観察された。樹種別では、りんご「ハックナイン」の落葉程度甚および多で6%の不時開花率だった。（表2-1）。

表2-1 台風18号の暴風による落葉被害程度と被害当年秋の不時発芽・開花率

| 樹種 | 品種 | 調査地 | 落葉 | 発芽率 (%) | 開花率 (%) |
|------|----------|-----|----|------------|------------|
| りんご | ハックナイン | 余市町 | 甚 | 14.1 | 6.0 |
| | | | 多 | 0.5 | 6.0 |
| プルーン | サンプルン | 森町 | 甚 | 1.0 | 1.0 |
| | アーリーリバー | 仁木町 | 甚 | 8.0 | 8.0 |
| 西洋なし | ブランドーワイン | 余市町 | 甚 | 14.0 | 14.0 |

調査時期：10, 11月

（2）被害翌年（平成17年調査）

りんご、西洋なしでは被害少～多で花芽率、枯死芽率とも差は判然としなかった（表2-2）。

表2-2 台風18号の暴風による落葉被害程度と被害翌年の花芽率

| 品種 | 落葉 | 花芽率 (%) | 枯死芽 率 |
|--------|----|------------|----------|
| ハックナイン | 少 | 31.1 | 1.4 |
| | 中 | 45.1 | 0.0 |
| | 多 | 25.7 | 0.8 |

調査時期：H17.5.26 余市町

3-2. 潮風害

（1）被害当年（平成16年調査）

落葉の激しかった樹では、10月中旬頃から不時開花が見られた。りんごでは「王林」の不時開花率が高く、中以上の落葉で25～35%の不時開花率となった。プルーンでは1%以下の不時開花率であった（表2-3）。

表 2-3 台風 18 号の潮風害による落葉被害程度と被害当年秋の不時発芽・開花率

| 樹種 | 品種 | 落葉 | 発芽率 (%) | 開花率 (%) |
|------|-------|----|------------|------------|
| りんご | ハクタイ | 甚 | 24.4 | 0.0 |
| | | 多 | 12.3 | 2.7 |
| | | 中 | 0.0 | 0.0 |
| | | 少 | 0.0 | 0.0 |
| | 王林 | 甚 | 62.9 | 28.9 |
| | | 多 | 32.7 | 24.5 |
| | | 中 | 39.0 | 35.1 |
| | | 少 | 32.9 | 21.2 |
| プルーン | サンプルン | 甚 | 4.2 | 0.6 |
| | | 多 | 0.0 | 0.0 |
| | シュガー | 甚 | 16.0 | 1.0 |
| | | 多 | 0.0 | 0.0 |

調査地点：七飯 調査時期：10, 11月

(2) 被害翌年（平成 17 年調査）

(2-1) 落葉程度と枝木質部の褐変症状（りんご）

2 月上旬のせん定前に、七飯町で潮風被害樹で枝の木質部が褐変する症状が見られた。枝の被害程度別に成分を分析した。糖質含有率（グルコース）は褐変無と少の差はなかったが、中は 1.2%、多は 2.9% 低下していた。褐変部と健全部との比較では 2% 低下し、健全部の 1/3 程度の含有率であった（表 2-4）。褐変部の Na 濃度は健全部の半分以下であった（表 2-5）。これらの結果から、木質部の褐変は潮風が直接の原因ではなく、秋の不時発芽、不時開花により貯蔵養分が減少し耐凍性が低下したため発生した凍害であると考えられた。

表 2-4 台風 18 号の潮風被害枝の被害翌年 2 月における木質部褐変程度と糖質含有率

| 木質部の 褐変 | 供試枝 数 | 乾物重 (g) | 糖質含有率 (glucose, %) |
|------------|----------|------------|-----------------------|
| 無 | 20 | 52.79 | 7.56 |
| 少 | 24 | 66.62 | 7.98 |
| 中 | 22 | 50.81 | 6.37 |
| 多 | 20 | 45.52 | 4.67 |
| 褐変部 | — | 2.06 | 0.91 |
| 健全部 | — | 1.80 | 2.90 |

処理方法：試料は乾燥後太さ 2~3mm の枝先

外皮付のものをコーヒーマルで粉砕

褐変・健全は皮をはがした状態で乾燥・粉砕

乾物重は、粉砕後測定した値 花・野菜センター調査

表 2-5 台風 18 号の潮風被害枝の被害翌年 2 月における木質部褐変程度と Na 濃度

| 試料名 | 乾物中 Na 濃度 (ppm) | |
|-----|-----------------|-------|
| | 1 回目 | 2 回目 |
| 褐変部 | 0.021 | 0.024 |
| 健全部 | 0.055 | 0.052 |

処理方法：1 回目は硫酸-過酸化水素分解

試料約 0.5g を精秤し、分解後、100ml 定容

原子吸光法により分析。

2 回目は水抽出で試料約 0.5g を精秤し、

水 50ml を加えて 30 分振とう。ろ過後、

原子吸光法により分析

(2-2) 落葉程度と花芽(りんご)

七飯町で、「つがる」「王林」「ふじ」について花芽の枯死率、奇形花率、花そう当たり花数を調査した。「つがる」「ふじ」に比べ「王林」で奇形花率が高く、側花数が少なくなった。また、頂芽に比べ、えき芽の方が枯死芽率が高かった。「つがる」の頂芽では、落葉程度少～多の範囲で、花芽率、奇形花率および側花数の差は判然としなかった。しかし、えき芽では、落葉程度多の枯死芽率が46%と落葉程度少および中に比べ高くなった。N園の「王林」の頂芽では落葉程度少～多の範囲で、花芽率、奇形花率および側花数の差は判然としなかった。M園の「王林」の頂芽では落葉程度少～多の範囲ではN園同様、差は判然としなかったが、落葉程度甚では花芽率が7%と他の被害程度に比べかなり低く、枯死芽率が20%と高く、側花数が2.0と少なくなった。えき芽でも甚が花芽率0%とかなり低く、少に比べ中～多の奇形花率が高くなった。

N園「ふじ」頂芽では、落葉程度甚で花芽率は42%と他の被害程度に比べ低く、奇形花率は22%と高く、側花数は2.0と少なくなった(表2-6)。これらの結果から、潮風害により落葉程度が甚程度までひどくなると、花芽率や花芽の質の低下などを招き、また中から多の場合でも花芽の質の低下を招く恐れがあると考えられた。

表 2-6 台風 18 号の潮風害によるリンゴ落葉被害と被害翌年の花芽率および花芽素質

| 芽 | 調査園 | 品種 | 枝番号 | 落葉 | 調査芽数 (芽) | 花芽率 (%) | 枯死芽率 (%) | 中心花無率 (%) | 奇形中心花率 (%) | 1 花そう 当側花数 |
|-----|-----|-----|-----|----|-------------|------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| 頂芽 | N園 | つがる | 1 | 少 | 26 | 92 | 0 | 0 | 0 | 3.4 |
| | | | 2 | 少 | 29 | 66 | 0 | 0 | 11 | 3.9 |
| | | | 3 | 中 | 24 | 88 | 4 | 0 | 14 | 3.6 |
| | | | 4 | 多 | 45 | 96 | 0 | 0 | 0 | 4.2 |
| | | | 5 | 多 | 40 | 83 | 0 | 0 | 21 | 3.7 |
| | | 王林 | 1 | 少 | 171 | 88 | 0 | 6 | 19 | 2.8 |
| | | | 2 | 少 | 40 | 63 | 0 | 0 | 36 | 2.8 |
| | | | 3 | 中 | 39 | 54 | 10 | 0 | 10 | 3.0 |
| | | | 4 | 多 | 46 | 67 | 4 | 10 | 19 | 2.4 |
| | | | 5 | 多 | 28 | 86 | 4 | 8 | 33 | 3.0 |
| | | ふじ | 1 | 少 | 31 | 58 | 0 | 0 | 6 | 3.7 |
| | | | 2 | 少 | 47 | 77 | 0 | 0 | 0 | 4.3 |
| | | | 3 | 中 | 38 | 63 | 26 | 0 | 0 | 4.1 |
| | | | 4 | 中 | 48 | 81 | 0 | 0 | 0 | 4.4 |
| | | | 5 | 甚 | 64 | 42 | 3 | 7 | 22 | 3.4 |
| | M園 | 王林 | 1 | 少 | 39 | 69 | 0 | 19 | 30 | 3.0 |
| | | | 2 | 少 | 63 | 86 | 0 | 2 | 7 | 2.9 |
| | | | 3 | 中 | 27 | 78 | 15 | 14 | 24 | 2.9 |
| | | | 4 | 中 | 23 | 65 | 4 | 7 | 27 | 3.1 |
| | | | 5 | 多 | 25 | 84 | 0 | 19 | 29 | 2.8 |
| | | | 6 | 多 | 10 | 100 | 0 | 10 | 20 | 3.0 |
| | | | 7 | 多 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 2.7 |
| | | | 8 | 甚 | 15 | 7 | 20 | 0 | 0 | 2.0 |
| えき芽 | N園 | つがる | 1 | 少 | 56 | 0 | 13 | — | — | — |
| | | | 2 | 少 | 26 | 4 | 19 | 0 | 0 | 4.0 |
| | | | 3 | 中 | 46 | 17 | 22 | 0 | 0 | 3.0 |
| | | | 4 | 多 | 13 | 8 | 46 | 0 | 0 | 3.0 |
| | | 王林 | 1 | 少 | 117 | 54 | 30 | 0 | 16 | 2.3 |
| | | | 2 | 少 | 38 | 53 | 32 | 10 | 25 | 2.8 |
| | | | 3 | 中 | 25 | 0 | 64 | 0 | 0 | 0.0 |
| | | | 4 | 多 | 30 | 57 | 10 | 0 | 24 | 2.2 |
| | | | 5 | 多 | 55 | 47 | 33 | 4 | 12 | 2.5 |
| | | ふじ | 1 | 少 | 54 | 46 | 56 | 0 | 8 | 3.6 |
| | | | 2 | 少 | 35 | 26 | 49 | 0 | 0 | 3.8 |
| | | | 3 | 中 | 63 | 62 | 30 | 0 | 21 | 2.8 |
| | | | 4 | 中 | 22 | 14 | 23 | 0 | 0 | 3.0 |
| | | | 5 | 甚 | 87 | 0 | 30 | — | — | — |
| | M園 | 王林 | 1 | 少 | 71 | 11 | 17 | 13 | 13 | 3.1 |
| | | | 2 | 少 | 88 | 23 | 15 | 0 | 5 | 2.4 |
| | | | 3 | 中 | 41 | 24 | 7 | 0 | 20 | 1.9 |
| | | | 4 | 中 | 102 | 37 | 13 | 18 | 21 | 2.4 |
| | | | 5 | 多 | 15 | 60 | 13 | 0 | 22 | 2.6 |
| | | | 6 | 多 | 9 | 33 | 33 | 0 | 0 | 2.3 |
| | | | 7 | 多 | 25 | 28 | 40 | 29 | 43 | 1.6 |
| | | | 8 | 甚 | 24 | 0 | 21 | — | — | — |

調査時期：H17. 5. 23 調査地点：七飯町

(2-3) 落葉程度と生育(りんご)

七飯町で「王林」の体積・葉色・新梢長を調査した。果実肥大は、落葉程度が多で少に比べ、6/28 で 9%、8/2 で 17%それぞれ劣った。葉色は落葉程度が多でやや薄くなったが、新梢長の差は判然としなかった。落葉程度多の樹について、摘果程度を比べると、強の果実肥大は、8/2 で 10%程度大きくなっ

た。葉色および新梢長の差は判然としなかった（表 2-7）。この結果から潮風害による落葉により貯蔵養分が減少したため果実の初期肥大が抑制されたと考えられた。また、このような場合、果実肥大を回復させるために、摘果による着果量の制限に効果があることが明らかとなった。

表 2-7 台風 18 号の潮風害によるリンゴ落葉被害程度および被害翌年の摘果程度と果実体積・葉色・新梢長

| 落葉 | 摘果 | 6/28 体積 (cm ³) | 8/2 体積 (cm ³) | 8/2 葉色 | 8/2 新梢 長 (cm) |
|----|------|-------------------------------|------------------------------|--------|------------------|
| 少 | 標準摘果 | 8.7 | 66.4 | 6.3 | 20.9 |
| | 強摘果 | 9.9 | 75.3 | 6.4 | 18.8 |
| 多 | 標準摘果 | 7.9 | 55.4 | 6.0 | 20.5 |
| | 強摘果 | 8.0 | 60.9 | 5.9 | 18.3 |

調査地点：七飯町 品種：王林 摘果時期：
6/28 摘果程度：中標準は4頂芽に1果、強は8
頂芽に1果 葉色：ふじカラーチャート使用、1:黄緑～8:濃
緑

（2-4）落葉程度と果実品質（りんご）

七飯町で「王林」「ふじ」の果実品質を調査した。N 園の「王林」で、一果重は落葉程度少と中では差は判然としなかったが、落葉程度が多では少および中に比べ 30g 以上軽かった。糖度および酸度の差は判然としなかった。摘果程度についてみると、落葉程度少では一果重は強摘果で標準摘果に比べ 23g 重く、糖度は 0.4%増加した。落葉程度多でも同様に1果重は強摘果で標準摘果に比べ 11g 重く、糖度は 0.4%増加した。

M 園「王林」では、一果重は落葉程度少と中では、差は判然としなかったが、落葉程度多では少に比べ 12g、甚は 24g 軽くなった。糖度および酸度の差は判然としなかった。N 園「ふじ」では、いずれの調査項目でも落葉程度による差は判然としなかった（表 2-8）。

表 2-8 台風 18 号の潮風害によるリンゴ落葉被害および被害翌年の摘果と果実品質

| 試験園 | 品種 | 落葉 | 摘果 | 地色 (1-8) | 着色 (0-10) | 一果重 (g) | 果実硬度 (lb) | B r i x (%) | 酸度 (g/100ml) | 蜜入り (0-4) | デンプン反応 (0-5) |
|-----|----|----|-----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|---------------------|--------------|-----------------|
| N 園 | 王林 | 少 | 標準 | 3.5 | 0.4 | 249 | 15.4 | 13.9 | 0.4 | 0.0 | 2.9 |
| | | | 強摘果 | 3.6 | 0.8 | 272 | 15.1 | 14.3 | 0.4 | 0.1 | 3.0 |
| | | 中 | 標準 | 3.7 | 1.2 | 247 | 15.4 | 14.2 | 0.4 | 0.0 | 3.0 |
| | | | 多 | 標準 | 3.7 | 1.0 | 213 | 14.1 | 0.4 | 0.0 | 3.0 |
| M 園 | 王林 | 少 | 標準 | 3.9 | 0.3 | 231 | 15.7 | 13.4 | 0.4 | 0.0 | 3.0 |
| | | | 中 | 標準 | 2.9 | 0.3 | 232 | 13.7 | 0.4 | 0.0 | 2.7 |
| | | 多 | 標準 | 3.6 | 0.0 | 219 | 15.6 | 12.7 | 0.4 | 0.0 | 2.9 |
| | | | 甚 | 標準 | 3.3 | 0.7 | 207 | 13.3 | 0.4 | 0.0 | 2.9 |
| N 園 | ふじ | 少 | 標準 | 3.9 | 9.9 | 275 | 16.6 | 13.9 | 0.5 | 1.5 | 3.0 |
| | | 中 | 標準 | 3.9 | 9.5 | 291 | 16.2 | 14.9 | 0.5 | 1.9 | 2.2 |
| | | 多 | 標準 | 3.7 | 9.8 | 266 | 16.2 | 14.8 | 0.6 | 2.1 | 3.3 |

収穫：H17.11.4 調査：11.7 七飯町 摘果時期：6/28 摘果：標準は4頂芽に1果、強は8頂芽に1果

3-3. 倒木被害

（1）傾斜程度と花芽

余市町の「ハックナイン」「千秋」とも、花芽率、枯死芽率は樹間差が大きく、傾斜程度による差は判然としなかった。

(2) 傾斜程度と生育（りんご）

余市町の「ハックナイン」では葉色は傾斜程度中～多で無に比べ薄かった。新梢長は調査樹の平均で、傾斜程度中で 8cm、多で 13.4cm それぞれ無に比べ短かった。「千秋」では葉色は傾斜程度多で無に比べ薄く、新梢長は傾斜程度多で無に比べ 23.6cm 短く、1 樹は新梢長がほとんど伸びず生育停止状態となった。（表 2-9）。

表 2-9 台風 18 号の暴風によるリンゴ樹の傾斜被害と被害翌年の葉色・新梢

| 品種 | 樹番号 | 傾斜 | 葉色（1～8） | 新梢長（cm） |
|--------|-----|----|---------|---------|
| ハックナイン | 1 | 無 | 5.1 | 46.7 |
| | 2 | 無 | 4.9 | 38.5 |
| | 平均 | | 5.0 | 42.6 |
| | 1 | 中 | 4.9 | 35.5 |
| | 2 | 中 | 4.6 | 33.7 |
| | 平均 | | 4.8 | 34.6 |
| | 1 | 多 | 4.4 | 23.0 |
| | 2 | 多 | 4.8 | 35.5 |
| | 平均 | | 4.6 | 29.2 |
| 千秋 | 1 | 無 | 4.7 | 39.9 |
| | 2 | 無 | 4.5 | 37.9 |
| | 平均 | | 4.6 | 38.9 |
| | 1 | 多 | 4.3 | 28.9 |
| | 2 | 多 | 4.0 | 1.6 |
| | 平均 | | 4.2 | 15.3 |

傾斜：中は30～45度未満、多は45度以上
調査時期：17.7.26 調査地点：余市町

(3) 傾斜程度と果実品質（りんご）

余市町の「千秋」「ハックナイン」について樹の傾斜による果実品質への影響を調査した。「ハックナイン」では地色指数および着色割合は傾斜程度中および多で無に比べ大きい値を示した。糖度および酸度も傾斜程度中および多で無に比べ高くなった。デンプン反応指数は傾斜程度多＞中＞無の順となった。「千秋」でも果実品質については同様の傾向であった（表 2-10）。増毛町の「ふじ」では地色指数および着色割合は傾斜程度多で無に比べ大きい値を示した。一果重は傾斜程度多で無に比べ 11% 小さく、糖度および酸度はやや低くなった（表 2-11）。余市町における結果は、樹勢が強い樹（傾斜程度無の樹が該当する）に対し、樹勢を落ち着かせるため断根やスコアリング、窒素無施用等を行ったときの反応に似ていた。増毛町の「ふじ」で一果重や糖度が低下したのは、傾斜程度無での樹勢が余市町の場合と異なり、ほぼ適正な樹勢であったためであると考えられた。台風による樹の傾斜による被害翌年への影響は、樹勢を弱める方向で現れるが、元々の樹勢が強い場合には、実害はほとんどないが、樹勢が適正か弱い場合には、樹勢衰弱や果実品質の低下を招く恐れがあると考えられた。

表 2-10 台風 18 号の暴風によるリンゴ樹の傾斜被害と被害翌年の果実品質（余市）

| 品種 | 傾斜 | 地色（1-8） | 着色（0-10） | 脂上がり（0-3） | 一果重（g） | 果実硬度（1b） | B r i x（%） | 酸度（g/100ml） | 蜜入り（0-4） | デンプン反応（0-5） |
|--------|----|---------|----------|-----------|--------|----------|------------|-------------|----------|-------------|
| 千秋 | 無 | 3.9 | 9.2 | 0.1 | 235 | 13.1 | 12.8 | 0.53 | 0.0 | 0.3 |
| | 多 | 4.1 | 9.5 | 0.0 | 234 | 13.7 | 14.0 | 0.62 | 0.0 | 0.5 |
| ハックナイン | 無 | 3.9 | 7.8 | 1.0 | 347 | 12.5 | 12.8 | 0.49 | 0.6 | 1.4 |
| | 中 | 4.3 | 8.3 | 0.9 | 317 | 12.9 | 13.8 | 0.53 | 0.7 | 1.8 |
| | 多 | 4.8 | 8.8 | 0.3 | 348 | 13.2 | 14.6 | 0.55 | 1.0 | 2.2 |

傾斜程度：多は45度以上

調査日：千秋10.19、ハックナイン10.28

収穫日：千秋H17.10.17ハックナイン10.28

調査地点：余市町

表 2-11 台風 18 号の暴風によるリンゴ樹の傾斜被害と被害翌年の果実品質（増毛）

| 品種 | 傾斜 | 地色 (1-8) | 着色 (0-10) | 一果重 (g) | 果実硬 度(1b) | B r i x (%) | 酸度 (g/100ml) | 蜜入り (0-4) | デンプン反 応(0-5) |
|----|----|-------------|--------------|------------|--------------|-------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| ふじ | 無 | 4.5 | 6.1 | 244.3 | 16.1 | 13.7 | 0.5 | 0.7 | 1.6 |
| | 多 | 4.7 | 7.4 | 217.3 | 15.7 | 12.8 | 0.4 | 1.0 | 2.4 |

傾斜程度：多は45度以上 収穫日：H17.11.8 調査日：11.14 調査地点：増毛町

3 章 リンゴ樹の根系と倒木

北海道余市町では 2004 年 9 月 8 日の台風 18 号で風速 43m/s の突風が観測され、リンゴやナシの 90% 以上が収穫前に落果するとともに倒伏（根返り）や幹切断も観察された。リンゴの倒木（幹切断や倒伏・根返り）には台木根の樹体支持力が関連しており、倒木の発生と台木根系を観察した。

1. 材料および方法

北大農場余市果樹園において 2004 年 9 月 8 日に襲来した台風 18 号によるリンゴ樹の幹切断と倒伏（根返り）の発生状況を調査した。2005 年 10-11 月には、収穫終了後のリンゴ樹の引き倒し試験を実施し、断根する時点の荷重を測定し、倒伏（根返り）樹の根を観察した。引き倒し樹には 1985 年または 86 年に定植された‘千秋’（マルバ台）, ‘ゴールドデンリシャス’ ‘レッドゴールド’（M26/マルバ 2 重接ぎ）を供試した。

2. 結果および考察

（1）倒木被害：台風被害は若木（定植後 4-5 年・幹周 25~30cm・第 1 主枝までの高さ 60cm）と成木（定植後 19 年以上・幹周 60cm・樹高 328cm・第 1 主枝までの高さ 150cm・主枝長 211cm）の双方で認められた。幹切断は若木 16 樹（栽植樹数 228）と成木 4 樹（栽植樹数 114）で発生し、若木での発生が多い傾向であった（表 3-1）。若木は鋼管に固定されていたが、強風条件では固定効果は小さいといえる。切断位置は接木部の台木側で発生した。倒伏（根返り）は成木で発生した（表 3-2）。‘あかね’や‘レッドゴールド’の数品種で見られたが、圃場により栽植品種には差異があり、品種と倒伏の関係は明確ではない。台木毎に比較すると、マルバ台に比べ、2 重接ぎ台木（マルバを最下位にし、その上に M26 や M9 を中間台とする）で倒伏頻度が高く、M26/マルバでは栽植樹数 39 のうち 13 樹で倒伏が認められた。

（2）根系観察：リンゴ樹の地下部には下垂根はあまり認められず、ほとんどは水平方向に走出している根であった。径 3cm 以上の水平根数には樹間差があったが、M26/マルバ台では 2~6 に対し、マルバ台では 6~14 とマルバ台樹で多かった（表 3-3）。根による推定の支持土量も水平根数と同様に、樹間差があるもののマルバ台樹が M26/マルバ台より多い傾向であった。

以上より M26・M9 を中間台とした 2 重接ぎ台木は、樹体支持力が小さいと考えられ、支柱等の強風対策が必要である。

（図表は次項）

表 3-1 リンゴ若木および成木の幹切断樹数

| 圃場 ^z | 幹切断樹数(栽植樹数) | |
|-----------------|-------------|---------|
| | 若木 | 成木 |
| A | 12 (126) | 0 (51) |
| B | 0 (15) | 2 (25) |
| C | 3 (67) | 0 (26) |
| F | 1 (20) | 2 (12) |
| 合計 | 16 (228) | 4 (114) |

^z 北大余市果樹園内の圃場番号

表 3-2 台木毎のリンゴ成木の栽植数および倒伏数

| 圃場 | 倒伏樹数（栽植樹数） | | | 倒伏品種 |
|----|------------|------------------------|-----------------------|--------|
| | 台木 | | | |
| | マルババ | M26/マルハ ^ゞ y | M9/マルハ ^ゞ y | |
| A | 1(40) | 2(11) | － | あかね |
| B | 0(2) | 9(21) | 0(2) | RG |
| C | 1(26) | － | － | 高嶺 |
| F | 1(1) | 2(7) | 1(4) | つがる・RG |
| 計 | 3(69) | 13(39) | 1(6) | |

^z 成木は樹令19年以上^y M26, M9を中間台とした2重接台木

表 3-3 マルバ台および M26 中間台リンゴ樹における水平根数と根の支持土量の比較

| 供試樹 ^z | 台木 | 定植年 | 水平 | 支持土量 |
|------------------|----------------------|------|-----------------|--------------------------------|
| | | | 根数 ^y | (m ³) ^x |
| 千秋 1 | マルバ | 1985 | 8 | 0.040 |
| 千秋 2 | マルバ | 1985 | 14 | 0.133 |
| 千秋 3 | マルバ | 1985 | 14 | 0.084 |
| 千秋 4 | マルバ | 1985 | 12 | 0.087 |
| 千秋 5 | マルバ | 1985 | 6 | 0.041 |
| GD 1 | M26/マルバ ^y | 1985 | 4 | 0.026 |
| GD 2 | M26/マルバ | 1985 | 4 | 0.016 |
| GD 3 | M26/マルバ | 1985 | 6 | 0.035 |
| RG 1 | M26/マルバ | 1986 | 2 | 0.009 |
| RG 2 | M26/マルバ | 1986 | 5 | 0.007 |

^z GDゴールデンデリシャス, RGレッドゴールド^y 径3cm以上^x 根により支持される土を楕円球体の半量と推定^y M26を中間台とした2重接ぎ台

4章 引き倒し試験による根のリンゴ樹体支持力の評価

1. 試験目的:リンゴ樹の暴風による破壊機構, 台木の種類による根返り耐力の差, および支柱の補強効果について検討する。

2. 供試木と試験方法

2005年10月13日に北大余市果樹園で実施した。表4-1に示すリンゴ樹4品種のほか, 木製支柱(カラマツPG丸太, 直径約10cm)6本, 鋼管支柱(直径35mm, 肉厚2mm)3本についても土中に1mほど埋め込んで, 引き倒し試験を行った。

加力は, 樹幹に巻いた荷役用スリングにつないだワイヤーを手動ウィンチ(能力3tf)で巻き上げて最大荷重に達するまで引張した。支点は供試木から10mほど離れた位置に配置した重機を用いた。加力点の高さはNo.1-10について160-188cm, No.11-13では126-136cmである。支柱の場合, 加力点の高さは, 通常幼樹を支柱に結束する地上高120cm付近とした。引張荷重はスリングとワイヤーの間に連結したロードセル(能力5tf, No.11-13では2tfを使用)を用いて測定した。変位の測定はセオドライトを用いた。供試木から加力方向と直交方向に約4mの距離にセオドライトを設置し, 樹幹の140cm(No.11-13は120cm)高さの水平変位を一定の荷重間隔で記録した。

表4-1 供試木の概要

| No | 台木 | 品種 | 樹齢 | 樹高(m) | 枝下高(m) | 風心高(m) | 樹冠幅(m) | 胸高径(cm) | 根元径(cm) |
|----|-----|----|----|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | マルバ | 千秋 | 21 | 4.6 | 1.6 | 3.1 | 5.9 | 22.0 | 25.8 |
| 2 | マルバ | 千秋 | 21 | 4.6 | 1.1 | 2.85 | 6.2 | 22.6 | 26.1 |
| 3 | マルバ | 千秋 | 21 | 4.5 | 1.1 | 2.8 | 5.4 | 25.5 | 36.0 |
| 4 | マルバ | 千秋 | 21 | 3.9 | 1.6 | 2.75 | 5.25 | 22.6 | 25.5 |
| 5 | マルバ | 千秋 | 21 | 5 | 1.8 | 3.4 | 5.6 | 20.7 | 27.7 |
| 6 | わい台 | GD | 23 | 3.7 | 1.6 | 2.65 | 4.35 | 22.3 | 22.9 |
| 7 | わい台 | GD | 21 | 3.5 | 1.5 | 2.5 | 5.15 | 20.7 | 24.5 |
| 8 | わい台 | GD | 20 | 4.5 | 1.8 | 3.15 | 5.35 | 23.6 | 33.7 |
| 9 | わい台 | RG | 22 | 4.3 | 1.2 | 2.75 | 5.25 | 23.2 | 24.2 |
| 10 | わい台 | RG | 22 | 4.3 | 1.2 | 2.75 | 4.5 | 16.6 | 20.7 |
| 11 | わい台 | ふじ | 7 | 3.4 | 0.5 | 1.95 | 2.3 | 6.0 | 10.2 |
| 12 | わい台 | ふじ | 7 | 3.1 | 0.5 | 1.8 | 2.85 | 5.7 | 11.3 |
| 13 | わい台 | ふじ | 7 | 3.1 | 1 | 2.05 | 2.75 | 6.7 | 9.9 |

3. 結果と考察

図4-1に全供試木の最大荷重までのモーメント(引張荷重の水平方向成分×加力点高さ)と樹幹水平変位の関係を示す。破壊形態は20年生台の成木: No.1-10では根返り, 7年生幼木のNo.11-13では根元折れであった。21年生の千秋はもっとも耐力が大きかったが, No.1-3とNo.4,5で2つの異なる傾向を示した。GDとRGも個体間でバラツキが大きかった。

3-1 根返り耐力

同じ径級で比較すると千秋がもっとも耐力が大きい傾向であった(図4-2)。同図の曲線は根返りした供試木についてあてはめたべき乗回帰式であるが, 既往の広葉樹引き倒し試験結果と比較すると根返りモーメントは

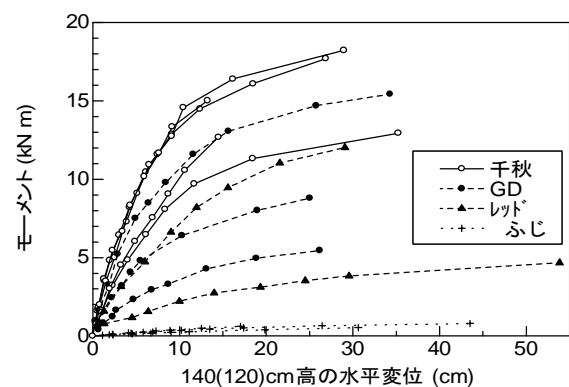


図4-1 モーメント変位曲線

1/4 程度であり、苫小牧研究林の火山礫土壌の針葉樹造林木の根張り耐力よりもさらに小さかった(図4-3)。台木の根張り特性のほか客土などの土壌条件が影響したのかもしれない。

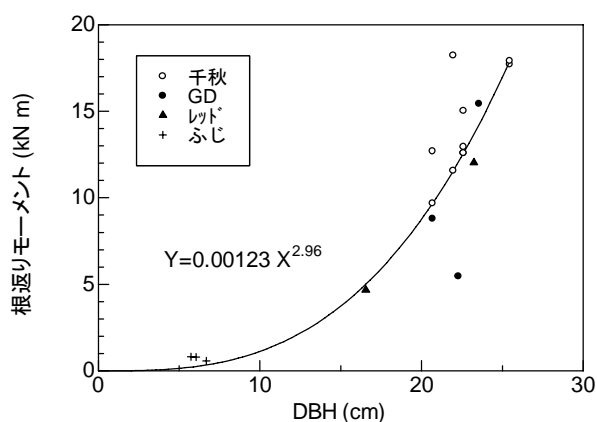


図4-2 胸高直径と根張りモーメントの関係

根張りモーメントは根鉢の大きさと比例するはずである。試験後に実測した根鉢の大きさから根鉢の地表面積 (A_R)、断面係数 (Z_R)、および体積 (V_R) を算出し、根張りモーメントとの関係を調べたが、いずれも有意な相関は認められなかった(図4-4)。

根張りした供試木について初期剛性(最大荷重の10-40%区間でのモーメント-変位曲線の傾き)と最大モーメントの関係を図4-5に示した。水平変位はリンゴ樹樹幹の曲げ撓みを差し引いていないが、同齢のリンゴ樹では初期剛性を測れば引き倒さなくても非破壊的に根張り耐力を推定できることがわかる。

3-2 根元折れ

No.11-13の幼木(7年生ふじ)はすべて地際の接木部付近の台木側で曲げ破壊した。破壊性状は脆性的で破断した。これらの供試木の破壊時の地際部の曲げ応力(曲げ強さ)は、それぞれ、11.7、7.7、8.9MPaと計算され、平均で9.4MPa(96.2kgf/cm²)であった。断面係数は根元の剥皮後の周囲長から円断面を仮定して換算した直径を用いた。木材の曲げ強さと比べてかなり小さかった理由として、台木の根系木部の曲げ強さが小さかったこと、接木してからの年数が浅いために接木部近傍で応力集中が生じていた可能性が考えられる。

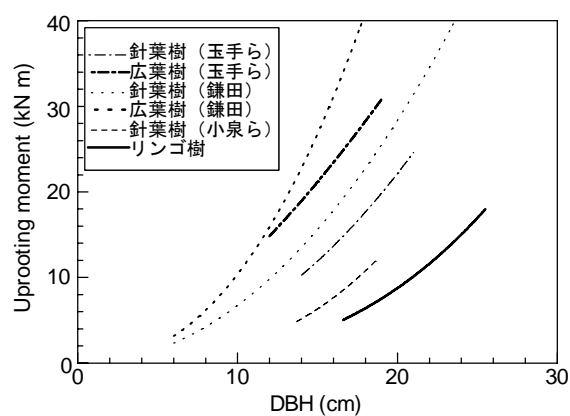


図4-3 べき乗回帰式の比較

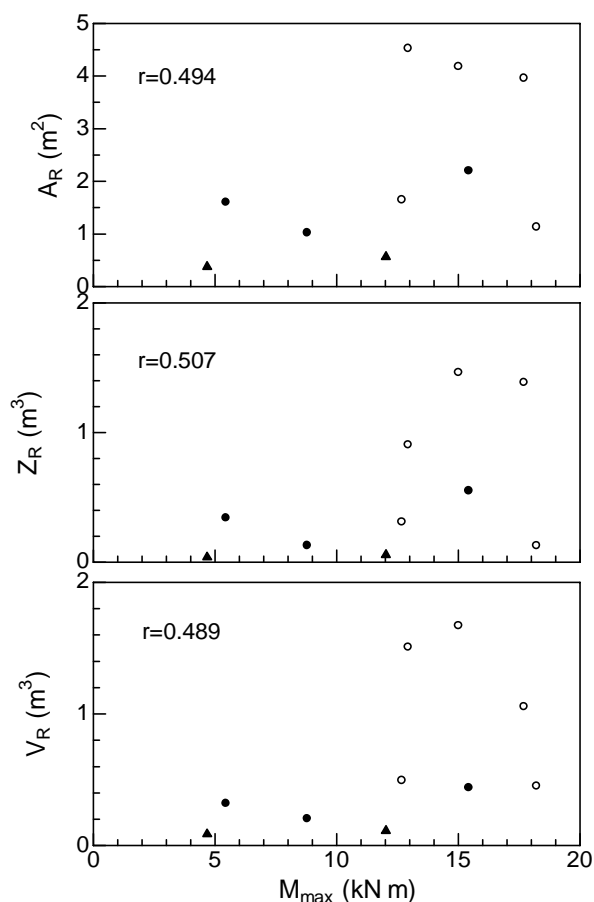


図4-4 根鉢の大きさと根張りモーメントの相関

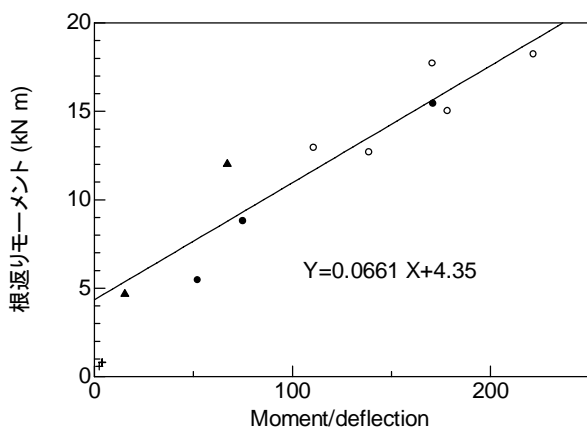


図 4-5 初期剛性と根返りモーメントの関係

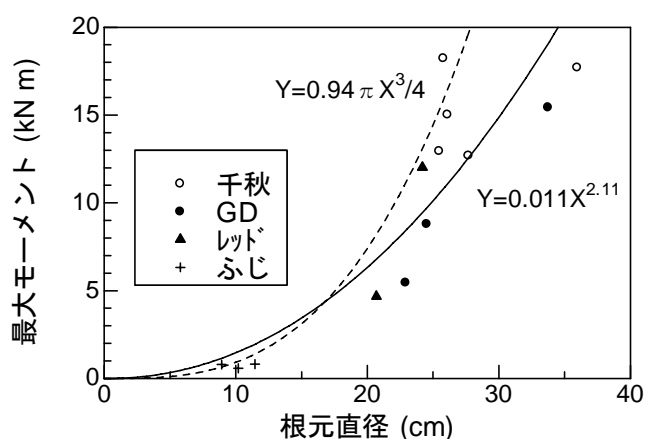


図 4-6 根元直径と最大モーメントの関係

図 4-6 の実線は根返りした供試木について当てはめた根元直径による根返りモーメントの回帰式、破線は根元木部の曲げ強さを 9.4MPa としたときの根元直径と根元折れモーメントの理論式である。破壊形態は根元直径が細いものでは根元折れ、太くなると根返りへと変化する傾向が予想される。

3-3. 支柱による補強効果

リング樹は接木後、若齢の期間、支柱によって支持されている。その補強効果を確認するために木製支柱（カラマツ PG 杭）と鋼管支柱の引き倒し試験を行った。

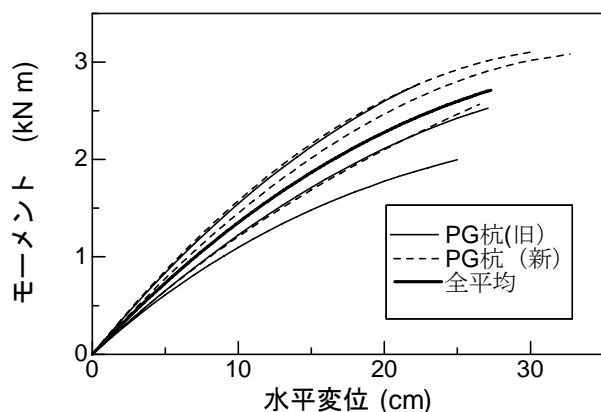


図 4-7 木製支柱のモーメントー変位曲線

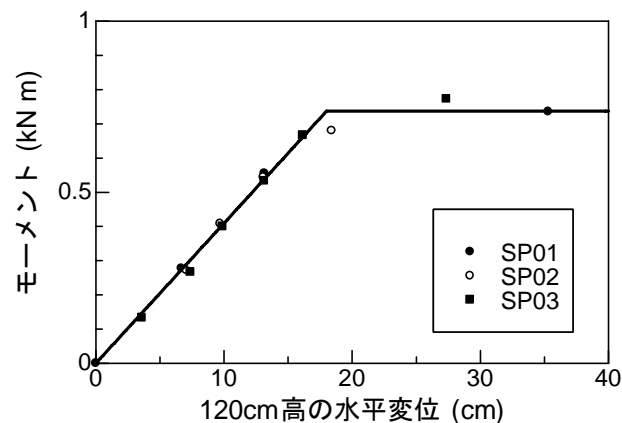


図 4-8 鋼管支柱のモーメントー変位曲線

木製支柱は数年間屋外に立てかけて曝露されていた（土中には埋められていない）ものと新品を 3 本ずつ供試した。図 4-7 のモーメントと変位の関係では両者の間に差は見られなかった。しかし、曲げ強さの平均値には t 検定の結果 1%水準で有意差が認められた(表 4-2)。

鋼管支柱の結果はばらつきが小さく、約 750Nm のモーメントで降伏した(図 4-8)。図 4-7, 4-8 に太線で示した両支柱のモーメントー変位曲線の平均値をふじ (No.11) 樹幹のそれに重ねた曲線を図 9, 10 に示す。

木製支柱の補強効果は 4 倍程度認められたのに対し、

表 4-2 木製支柱の曲げ強さ

| 試験体 | 周囲長(cm) | 曲げ強さ(MPa) |
|---------|---------|-----------|
| PG01(旧) | 30.4 | 22.5 |
| PG02(旧) | 32 | 25.7 |
| PG03(旧) | 31.7 | 27.8 |
| PG04(新) | 29 | 40.1 |
| PG05(新) | 29 | 41.7 |
| PG06(新) | 29 | 36.7 |

鋼管支柱では2倍程度しか期待できないことがわかる（表4-3）。

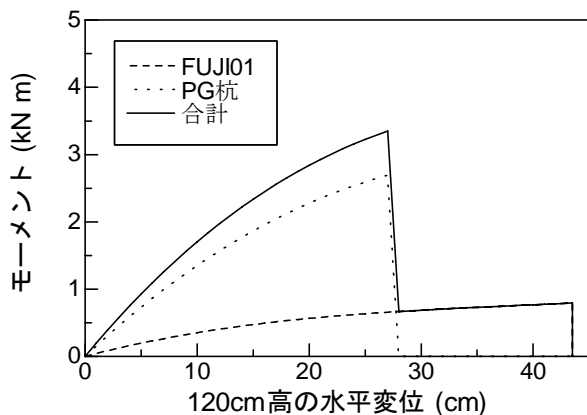


図4-9 木製支柱の補強効果

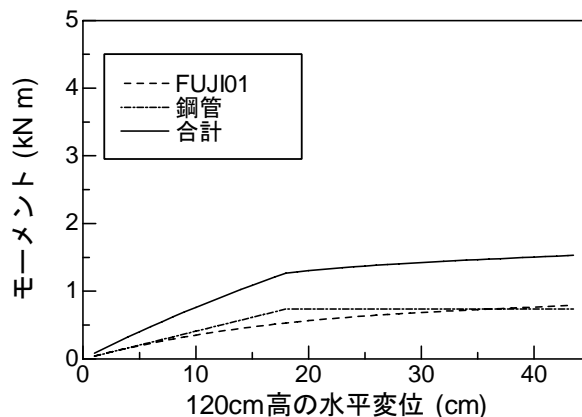


図4-10 鋼管支柱の補強効果

3-4 破壊風速の試算

供試木の樹冠形状、最大モーメントの測定結果から、以下のように倒壊を引き起こす破壊風速の試算を行った。

樹冠が受ける風圧力と風速の関係は(1)式で表される。

$$P = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \quad (1)$$

ここで P : 風圧力, C_D : 樹冠の抗力係数,
 ρ : 空気密度 (1.20kg/m³), A : 樹冠の水平投影面積 = $\pi ab/4$,
 a : 樹冠幅, b : 樹冠長さ, v : 風速。

抗力係数は樹冠が剪定されて枝葉密度が小さいことを考慮して 0.2 と仮定した。これは既往の風洞実験 (Mayhead 1973) で得られた Western hemlock (ベイツガ) の抗力係数に相当する (図4-12)。樹冠の形状は図4-11に示すように樹冠径と樹冠長さを長径・短径とする楕円形を仮定した。樹幹で受ける風圧は無視し、風圧を受ける中心を楕円形樹冠の中心と仮定すると、破壊時の風圧力 (P_{\max}) は以下のように計算される。

$$P_{\max} = \frac{2M_{\max}}{H + H_c} \quad (2)$$

ここで, P_{\max} : 破壊風圧力, M_{\max} : 最大モーメント, H : 樹高, H_c : 枝下高。

表4-3 支柱による最大モーメントの補強効果

| ふじ | M_{\max} (kN m) | | |
|----|-------------------|---------|---------|
| | 樹幹のみ | PG 杭補強 | 鋼管補強 |
| 1 | 0.7938 | 3.34278 | 1.53076 |
| 2 | 0.82026 | 3.33592 | 1.53566 |
| 3 | 0.58212 | 3.17618 | 1.27204 |

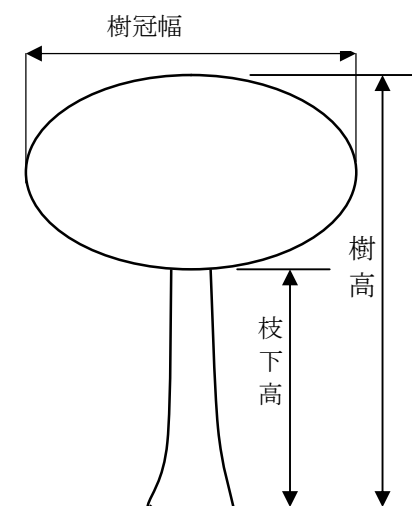


図4-11 樹冠形状の仮定

(1)式に(2)式を代入して破壊風速を計算した結果、胸高直径 20cm 台の供試木の破壊風速はいずれも

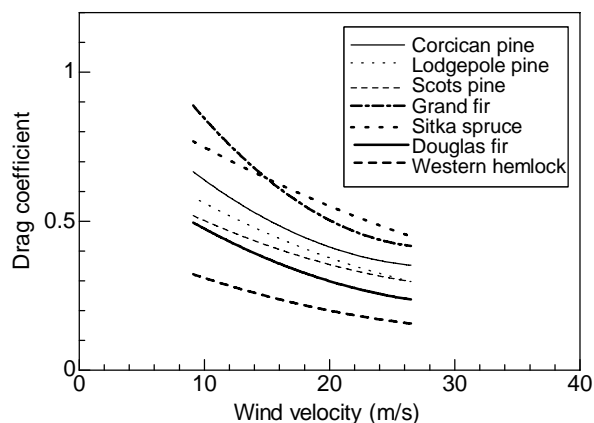


図 4-12 針葉樹の抗力係数

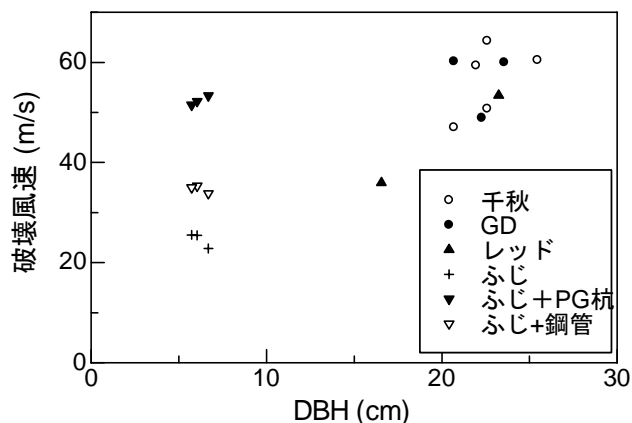


図 4-13 供試木の破壊風速推定

40m/s 以上と計算され、品種や台木間で有意差は認められなかった（図 4-13）。一方、小径の 7 年生ふじは 20m/s 台前半の風速で破壊すると予想された。補強は木製支柱を使えば胸高直径 20cm の成木と同程度の耐風性が得られるものと予想される。

4. まとめ

- ・リンゴ樹の風による破壊形態は小径の幼木では根元折れ、約 20 年生で胸高直径が 20cm 程度の成木は根返りで倒壊した。
- ・根返りで破壊したもののうち、台木や品種の違いによる差は認められなかった。
- ・根返りで破壊したものでは初期剛性による根返りモーメントの予測が可能であった。
- ・小径の幼木は破壊風速が小さく、木製支柱による補強が適当と考えられた。これらの小径木は樹幹径が大きくなるにつれて根返り型の破壊形態に移行することが予想された。接木後、どのくらいの期間、補強が必要かを明らかにすることが望ましい。また、木製支柱は設置後、地際部の腐朽によって耐力が減少することが予想される。苗木を接木した後、木製支柱の耐用年数を確認する必要がある。

5章 台風被害対応技術

1. 恒久的な対策

今回の台風 18 号のように最大瞬間風速が 50m/s を超えるものは数十年に 1 度であるが、20～30m/s の台風はこれから頻度が高くなる可能性がある。そのため、恒久的対策を立てる必要がある。

1－1. 暴風・潮風被害対策としての防風施設の設置

今回の調査結果でも、暴風、潮風に対して防風林の被害軽減効果が認められた。防風施設としては防風林または防風網がある。防風施設による減風効果は、施設から水平距離で、高さの 8～10 倍までであるとされている。設置は園地を囲むのが望ましいが、被害が多くなるのは主に南からの風が多いので、南側に設置する必要がある。

防風林の場合、樹種は園地の条件で選定する。防風林は「カラマツ」、「トドマツ」などの高木、「ヤチダモ」、「ハンノキ」など低木、「ニオイヒバ」、「イチイ」など生垣に分類される。組み合わせる場合、園に近い風下側が風上より高い方が防風機能が高くなる。防風林が過密だと園内での風速の回復が早くなるので、減風効果を考えると手入れをして、台風前には 7 割程度の密閉状態となっているのが良い。また、南側の防風林は、隣接樹を日陰にする問題が残る。

防風網は、5～7mm 目程度の高さ 6m 程度で風速 30m/s に耐える強度に設計する。

1－2. 倒木・傾斜被害対策

りんごのわい性台木は根が浅く、倒伏しやすいため支柱が必要となる。トレリス方式では、倒伏に対する強度は高くなり、補助架線を縦列と横列に張ると横揺れも防ぎ落果も軽減できる。風は南側から吹くことが多いので樹列は南北列の方が東西列より被害をやや少なくすることができる。また、木柱使用の場合、材質と使用年数による地際部の劣化に注意する。

おうとうでは、「アオバ台」に比べ「コルト台」「チシマ台 1 号」は接ぎ木部がしっかりしているので、接ぎ木部折損による倒木を防ぐことができる。

2. 台風の直前対策

(1) 収穫

収穫可能な品種は、収穫を急ぐ。商品価値の高いものを優先する。農薬の収穫前日数にも注意する。

(2) 防風施設点検

ネットやワイヤーなど防風施設の点検を行う。

(3) りんごわい化栽培

支柱や補助架線の点検補強を行い、樹をしっかりと固定する。

(4) 樹の補強

普通栽培では、幹や主枝を支柱や添え木で補強する。幼木・若木では、支柱にしっかりと固定し倒伏を防ぐ。

(5) ぶどう棚・施設点検

棚や垣根の点検補強を行い、ハウス栽培はビニール止めのマイカー線点検、被覆資材の破損カ所の補修を行う。

3. 台風の事後対策

(1) 落果の処理

落下果実で生食可能なものは、傷の程度により選別する。販売の場合、落果品であることを明示する。加工用も果実が腐敗しないよう速やかに冷蔵庫に搬入する。

傷がひどい未熟など用途のない果実は、病害の発生や野鼠の餌になるので園内に放置しない。

(2) 被害樹の処理

木が傾斜し根が露出している場合、土盛りや吸湿性のある資材で覆うなど根群の乾燥を防ぎ、できるだけ早く根を切らないように徐々に起こし、支柱を立ててしっかりと固定する。

折損した枝は切り直し、癒合促進のため、切り口には塗布剤（トップジン M ペーストなど）を塗布する。また、大枝が裂けた場合は、ボルト、かすがい、縄などで傷口を接着する。

枝折れや枝裂けなど裂開部を縄やかすがいで接着補強した樹では、支柱や添え木をして雪害を防止する。

せん定時の留意事項として、ぶどうは登熟が悪い場合、結果母枝を短かめに切りつめ多めに残す。りんご、おうとうは、せん定前に凍害の程度を確認する。凍害の程度がひどい場合、せん定時期を遅らせるとともに、最小限の大枝を抜く程度とする。断根程度が大きい樹では、根が切れた側の枝をやや強めにせん定する。主枝や大枝が損傷した樹では、樹勢調節と花芽数確保のため、せん定量を少なめにする。

（３）潮風害樹の処理

潮風による葉の損傷が著しい場合、残った果実の商品価値が低下するので、残った葉の状態によって着果程度を検討する。また、貯蔵養分の低下による影響として、凍害の確認をし、せん定は遅めに開始し、発芽など生育をみて枝量を調節する。果実肥大促進のため摘果を早く強めに行う。

（４）病虫害対策

台風後は病害が発生しやすいため、スピードスプレーヤーが入れるようになり次第、使用基準を厳守し、殺菌剤の散布を実施する。特に「腐らん病」など枝・胴枯れ性病害に対して収穫後の秋及び発芽前の休眠期防除を徹底し、春先からは病斑の早期発見・早期治療に努める。



潮風害葉



プラスチック鋼管に固定された若木の
幹切断



リンゴ樹の根廻り



若木では接木部から幹折れとなった。



重機によるリンゴ樹の引き倒し



最大抵抗を示し、この後抵抗値は減少、
断根の音をする。



リンゴ根は表層の土壌のみ保持



2004年倒木樹の再生（あかね）