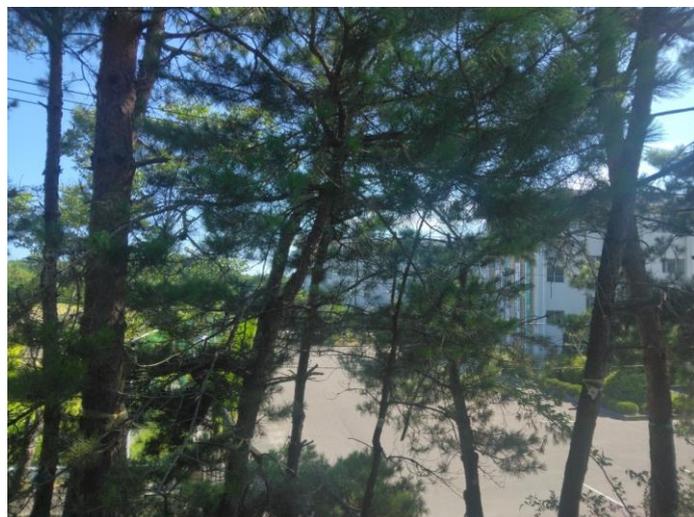


多賀城高校の松枯れの原因を探る Part V



宮城県多賀城高校 SS 科学部 松枯れ班

2年・山崎誠歩 1年・菊池藍 引地悠生 増田晃子 3年・横田柊

【序論】

日本三景に指定されている松島には多くの松が生い茂っている。しかし近年、その景観が松枯れによって失われている。私たちが通う多賀城高校の敷地にも多くのアカマツ(Pinus densiflora)が幹線道路沿いを中心に植樹されている。そのため、人々に緑豊かな印象を与えていたが、近年、そのアカマツ林も松島同様に立ち枯れ個体が目立つようになった。徐々に松が枯れ、緑の松林に点々と茶色の枯れた松が目立つようになり、緑豊かな多賀城高校の景観を損ねている。そこで、私たち SS 科学部は、多賀城高校における松枯れ被害の拡大を防ぐため、2016 年より継続して調査・研究を行っている。

【仮説】

マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) が、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) を媒介し、マツノマダラカミキリの成虫が健康なマツの枝葉を食べる際に付着した線虫が傷口から、松の樹体内に侵入し、水分の流動を妨げることが『マツ材線虫病(松くい虫被害)』を引き起こす主な原因と言われている。マツノザイセンチュウが寄生すると短期間で松葉が枯れて枯死体となり、1年を超えて生存することはできなくなる。多賀城高校で健康被害の見られるアカマツにおいてもマツノザイセンチュウが検出されるのではないか。また、健康状態に不安の見られる枯れかけのアカマツが複数存在している。しかし、その多くが健康状態に不安を維持したまま一向に枯れることなく複数年持ちこたえているものが多い。そのため、幹線道路を発生源とする自動車の排気ガスによる気孔の汚染や土壌中の栄養成分の違い、ナラタケ病の感染がマツノザイセンチュウ同様、健康被害の一つの要因になっているのではないか。

【研究 1：アカマツの健康調査】2016 年～2021 年、2024 年実施*1

<方法>

1. 研究当初から敷地内の北斜面に植樹されているアカマツを全て個体識別し、番号付けする。
2. 松葉の青みの確認と、コルクボーラーや電動ドリルで開けた穴から滲出する樹液の状況から健康状態を把握する。

なお、松葉が青々としており樹液が十分に滲出する木を「健康体」(図 1)、松葉が茶色に変色し、樹液が全く滲出しないものを「枯死体」(図 2)とする。また、松葉の退色具合と樹液の滲出具合を加味して、健康体と枯死体の中間のものは「枯れかけの個体」と判定する。

<結果>

北斜面の幹線道路沿いには 92 本のアカマツが存在し、全ての健康状態を把握し、表にまとめた。(図 3)

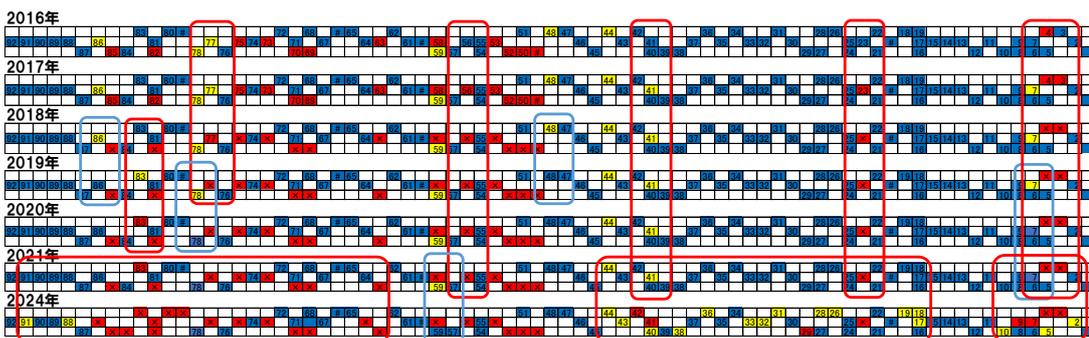


図 3 アカマツの健康被害の推移



図 1 健康体



図 2 枯死体

* 2017、2018、2022、2023、2024 年に倒木・伐採した個体は×で示す

* 被害の拡大が見られたところを赤枠で囲む

* 健康が回復したところを青枠で囲む

合計7年間の調査の結果、2016年～2021年にかけては枯れた赤松周辺に被害が拡大する傾向が見られた。しかし、例外的に飛び火する形で枯死体が出現する場合もあった。「枯死体」は年々増加し、2018年には累計で17本に達したが、「枯死体」を伐採したことで「枯死体」の増加が抑えられていた。また、「枯れかけの個体」は徐々に減少しており、2019年～2021年の3年間で健康被害から回復したアカマツが見られるようになった。(図4)しかし、2024年には、「枯死体」、「枯れかけの個体」とともに大幅に増加した。

*12022、2023年については研究を引き継げる部員がいなかったため中止。



図4 立ち枯れ被害の年度推移

【研究2；マツノザイセンチュウの検出】2016年～2020年

<方法>

1. 「枯れかけの個体」及び「枯死体」からコルクボーラーを用いて幹を採取
2. 採取した幹を布で包み、簡易ベールマン装置の中で1～2日間静置する。
3. 抽出液中の沈殿物0.5mlを採取し、顕微鏡観察により線虫類の有無を確認する。

その際、マツノザイセンチュウの同定も同時に行う。

<結果>

これまでの観察より、「枯死体」における線虫類の検出率は62.5%であった。線虫類が検出されたアカマツのうちマツノザイセンチュウが出現したものは80.0%にのぼる。なお、「枯れかけの個体」及び「健康体」(試験的に行った健康体における線虫類の検出実験)からは線虫類が全く検出されなかった。



図5 採取した試料



図6 簡易ベールマン装置



図7 マツノザイセンチュウ

マツノザイセンチュウ…他の線虫類とは異なり、頭部が丸みを帯びており、体の一部が黒っぽい(右側が頭部)

健康状態	線虫類検出率 (%)	マツノザイセンチュウ出現率 (%)
枯死体	62.5%	80.0%
枯れかけの個体	0.0%	

図8 マツノザイセンチュウの検出

【研究3；気孔の汚染調査】2018年

これまでの研究より、本校の松枯れにはマツノザイセンチュウが関係していることがわかった。しかし、その中で、「枯れかけの個体」の状態を数年間維持して生存し続ける個体が複数存在する。この「枯れかけの個体」にみられる健康障害を引き起こす要因をアカマツの生育環境に求め、手始めに松葉の気孔の汚染調査を行った。

<方法>

1. 幹線道路沿いに現存するアカマツ全てから松葉を採取する。
2. 採取した松葉の表面をカッターで薄く剥ぎ取り、光学顕微鏡で汚染状況を確認する。なお、1個体あたり60個の気孔を観察することとし、3つの健康区分ごとにまとめて汚染率を求める。

$$\text{汚染立(\%)} = \frac{\text{区分ごとの汚染された気孔の総数}}{\text{区分ごとの全気孔の数}}$$

<結果>

汚染された気孔は黒く見え、清浄な気孔はクリアーに見えるため、区分は容易に行える。観察した気孔は、どの区分においても汚れており、「枯れかけの個体」は「健康体」よりも高い数値を示していた。(図9)

なお、「枯死体」も汚染率は高い数値であったが、1本のみの試料であったことから、他地域の「枯死体」の

汚染率も高い値を示すのか調べるため、浦戸諸島（宮城県塩竈市）の野々島や近隣の中学校や公園に見られた「枯死体」6本から試料を得て、それぞれ汚染率を調べた。結果、本校のものとは異なり、「枯死体」といえども、汚染率は圧倒的に小さい値であった。（図○）

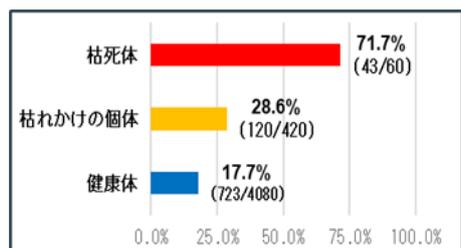


図9 本校のアカマツの気孔の汚染率

	野々島1	野々島2	野々島3	東仙台中学	仙台港中央公園	県民の森	
汚染された気孔	4	11	0	2	23	2	
清浄な気孔	56	49	60	58	37	58	
汚染率(%)	6.7%	18.3%	0.0%	3.3%	38.3%	3.3%	11.7%

図10 近隣のアカマツの気孔の汚染率

【研究4；土壌成分の調査】2016年～2020年

研究3において、気孔の汚染状況がアカマツの樹勢を衰えさせる明確な原因になっていないものと判断し、新たに生育環境の要因として土壌成分に着目し、 NH_4^+ 及び NO_3^- の成分調査を行った。

<方法>

1. 検量線の作成

NH_4^+ と NO_3^- それぞれに標準溶液を作成し、分光光度計で最大吸収波長を計測する。

また、 NH_4Cl 水溶液と NaNO_3 水溶液を作成し、 NH_4^+ と NO_3^- をそれぞれパケットテストで呈色し、吸光度を測定。

2. 濃度の測定

「健康体」9本、「枯れかけの個体」7本、「枯死体」5本について、1個体あたり4か所から根元の土を採取する。採取した試料を定温乾燥器 100°Cで12時間乾燥させた後に放冷し、蒸留水を加え攪拌、定性ろ紙でろ過する。ろ過した試料をパケットテストで呈色し、吸光度を測定。

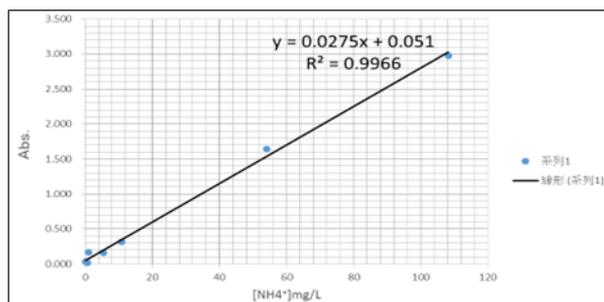


図11 NH_4^+ の検量線

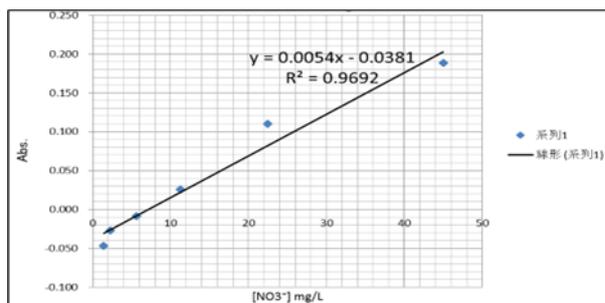


図12 NO_3^- の検量線

<結果>

「枯れかけの個体」の生育場所では NH_4^+ 濃度が平均で 6.5ppm、 NO_3^- 濃度は平均で 73.9ppm となり、どちらも「健康体」の生育場所よりも高い数値を示していた。（図13、14）アカマツは貧栄養で、かつ明所を好む植物と言われていることから、この数値が裏付けとなる。ちなみに、「枯死体」については、短期間で「健康体」から「枯死体」へと変化した個体であったことから、「健康体」に含めるべきか、それとも「枯れかけの個体」とすべきか悩むところであり、さらには枯れてからかなりの年月が経過している土壌であることから、参考値として示している。

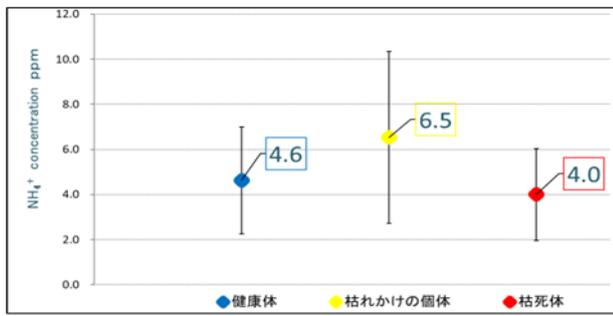


図13 土壌中のNH₄⁺濃度

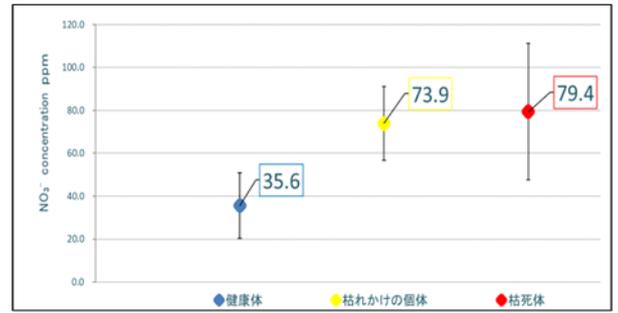


図14 土壌中のNO₃⁻の濃度

【研究5；ナラタケ病の調査】2024年

2024年の末の健康調査の結果、枯れかけの個体が広範囲に広がっていたのを確認し、松枯れの原因として、ナラタケ病の可能性を考え、「枯れかけの個体」を対象にナラタケが生えているか調査を行った。

<方法>

- アカマツの根本にナラタケ属(*Armillaria*)の子実体が生えているか調査する。
その際、オオワライタケ (*Gymnopilus spectabilis*) と間違えないようにする。
- 「枯死体」からナラタケ属のキノコが確認されたら、樹皮下に菌糸膜が形成されているか確認する。
- 菌糸膜が確認された個体付近の土壌中に根状菌糸束が存在するか確認する。

<結果>

調査を行った結果、「枯れかけの個体」からナラタケ属の子実体を確認することができなかった。「枯死体」や「健康体」でも同様に調査を行ったが、ナラタケ属の子実体を確認することができなかった。その際、「枯れかけの個体」において地衣類が生えていることを確認した。

【考察】

多賀城高校における「枯死体」から高い確率でマツノザイセンチュウが検出されたことから、多賀城高校における松枯れの主な原因がマツノザイセンチュウによる病害であることを突き止めた。なお、「枯死体」においてマツノザイセンチュウが検出されなかった個体については、健康調査以前から既に枯れていた古い個体で、線虫の寄生を終えて年数が経ったものと推察する。

アカマツの生育環境を調査するなかで、自動車の排気ガスによる既往の汚染がアカマツの健康被害への要因と考えたが、他地域における「枯死体」の気孔の観察結果を加味すると、気孔の汚染がアカマツの樹勢を衰えさせる大きな要因にはならないと考えた。また、文献4より、気孔の汚染と松枯れの原因に関係はないことが確かめられた。

アカマツは貧栄養で育つ陽樹である。しかし、土壌成分の分析結果から、「枯れかけの個体」の生育土壌では他の区画よりもNH₄⁺及びNO₃⁻が高い濃度で存在していることから、この過剰な栄養がアカマツの樹勢を衰えさせる要因になっていると考える。

ナラタケ病の調査を行ったところ、ナラタケ属の子実体を確認することができなかったため、ナラタケ病が多賀城高校の松枯れの原因である可能性は低いと考える。

【展望】

アカマツの健康被害の拡大阻止のために健康調査を継続しつつ、土壌のサンプル数を増やし正確なデータとすることで、樹勢を衰えさせる原因を確定させたい。また、多賀城高校の松枯れを阻止できるよう、研究していきたい。そして最後に、伐採後の空き地（GAP）が明所となり、そこに芽生えてきたアカマツの幼木を保護し、さらには成育しやすい土壌へと改良することで幼木の成長を促進させ、多賀城高校のアカマツ林を再生へと導きたい。

【謝辞・参考文献】

研究にあたりご指導いただきました、宮城県林業総合センター環境資源部今野幸則様に厚く御礼申し上げます。

- 1) 「松くい虫の生態と被害のメカニズム」—鳥取県公式ホームページ
- 2) 二井一禎. マツ材線虫病と環境. 環動昆. 2000. VOL.11. NO.1. P.15-23.
- 3) 松岡 憲吾ほか. パックテストによる簡易土壌養分分析法. NATURALISTAE / 岡山理科大学自然植物園編. (12)2008.2,P.33~39.
- 4) 鈴木清. 年輪解析による松枯れ原因説の検証. 神奈川県森林研究所研究報告. 1997. 23 巻. P.1-9
- 5) 鹿背山元気プロジェクト. アカマツ林とのお付き合い. 里山産業創造ワークショップ・ニュースレター. 2009. NO. 38.
- 6) 日本緑化センター. “松の病気—根の病気”. 一般財団法人日本緑化センター.
https://www.jpgreen.or.jp/kyoukyu_jyouhou/gijyutsu/matsu_m_byou/index3.html
- 7) 森本桂,岩崎厚. マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカマキリの役割. 日本林學會誌. 1972. VOL.54. NO.6. P.177-183
- 8) 森林総合研究所. “森林生物 ヒノキならたけ病
- 9) 和田尚之. 「クリーンラーチでのならたけ病と被害の見分け方」. 2023. 光珠内季.NO.209