

宮城県多賀城高校 Bursa.バスターズ

～ 多賀城高校の松枯れの原因を探る PartIV ～

宮城県多賀城高校 SS 科学部

市川一紀・3年 伊藤瑛玲奈・3年 伊勢太一・3年

志田昌也・2年 吉田天比古・2年 堀内芽依・2年 千葉瑠輝・2年 高橋佳菜絵・2年

池田優・1年 下田祥太・1年 三橋俊士・1年 鈴木敦也・1年

【序論（松枯れ被害の現状）】

私たちが通う多賀城高校には、サクラやヒマラヤスギの他、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。このアカマツ林において立ち枯れ個体が目立つようになり、緑豊かな多賀城高校の景観を損ねる原因となっていた。

そこで私たち科学部は、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】

一般的に松枯れは、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) が松に寄生して起こる『マツ材線虫病(松くい虫被害)』が主な原因だと言われている。マツノザイセンチュウが寄生するとその松は1年を超えて生存することはできず、短期間で松葉が茶色に枯れた「枯死体」となってしまう。

そこで、多賀城高校においても「枯死体」となったアカマツからマツ材線虫病の原因であるマツノザイセンチュウが検出されるのではないかと考えた。

また、健康調査を継続する中で、健康状態があまり良くない「枯れかけ」のアカマツが複数存在し、枯れないままに数年間その健康状態を維持している。この樹勢の衰えの原因については環境要因にあると考え、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が、枯れかけの個体の健康状態に影響を及ぼすのでは無いかと考えた。



〈 幹線道路沿いのアカマツ 〉

【研究 I】 アカマツの健康調査 2016年度より継続調査

〈 方法 〉

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。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のものには「枯れかけの個体」と判定する。



健康体

図 1



枯死体

図 2

〈 結果 〉

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

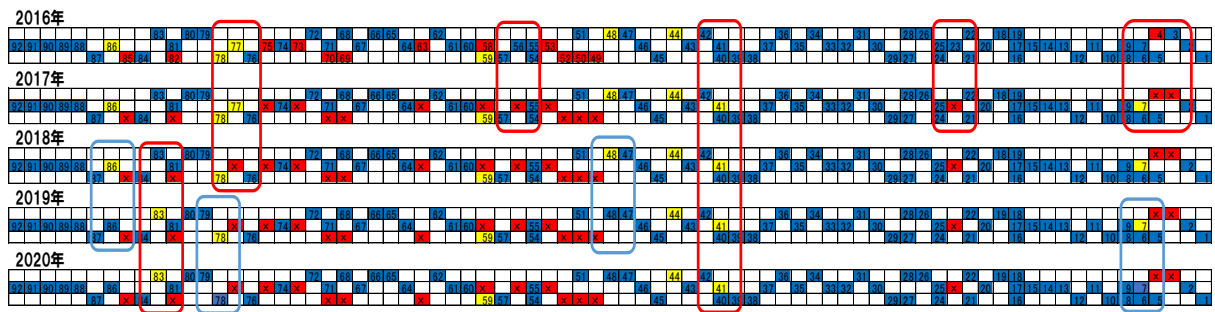


図 3 アカマツの健康被害の推移

- *2017、2018 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

5 年間の継続した調査の結果、枯れたアカマツの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かたち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る。また、「枯れかけの個体」は徐々に減少しており、この 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)

2019 年末に No.83 に急激な健康被害が見られたため、現在継続した調査を行っている。

なお、年度推移を検討するにあたり、倒木・伐採した 2017 年の「枯死体」16 本、2018 年に倒木した「枯死体」1 本については、計算する際にその数を含めて計算している。

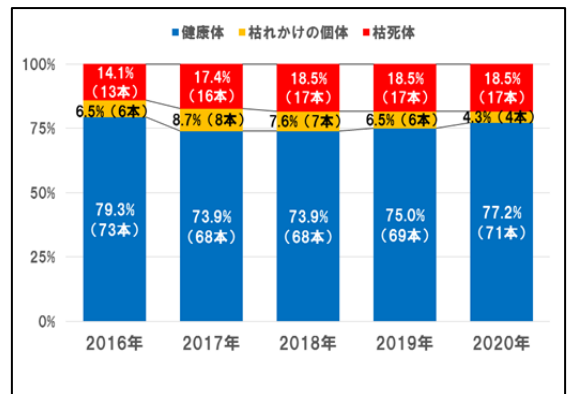


図 4 立ち枯れ被害の年度推移

【 研究Ⅱ 】 マツノザイセンチュウの検出 2016 年度より継続調査

〈 方法 〉

「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し、採取した幹を布で包み、簡易バールマン装置の中で 1~2 日間静置する。(図 5、6)

抽出液中の沈殿物 0.5 ml を採取し、顕微鏡観察により線虫類の有無を確認する。またマツノザイセンチュウの同定も同時に行う。

◎ 『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。(図 7)



図 5 採取した試料

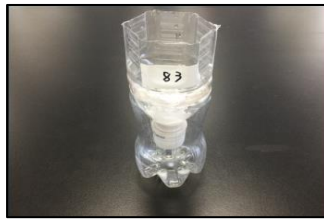


図 6 簡易ボールマン装置



図 7 マツノザイセンチュウ

(右が頭部)

〈 結果 〉

これまでの観察により、「枯死体」における線虫類の検出率は 62.5%であった。また、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 8)

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

現在、2019 年末に急激な健康被害が見られたNo.83 については、定期的に検出を試みている。

【 研究Ⅲ 】 気孔の汚染調査 2018 年度に調査を実施

これまでの調査により、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分かった。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」に見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 〉

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。

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。

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

〈 結果 〉

汚染された気孔は黒く見え、清浄な気孔はクリアに見えるため、区別は容易に行える。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」の汚染率は高い数値であったが、1 本だけの試料であったことから、他地域の「枯死体」の汚染率も同様に高い値を示すものなのか調べるため、浦戸諸島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」といっても汚染率は圧倒的に小さい値であった。(図 10)

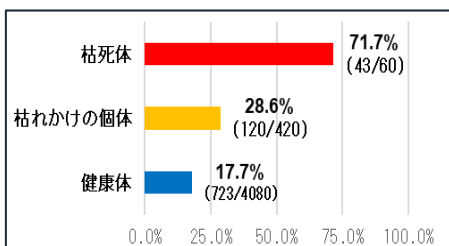


図 9 本校のアカマツの気孔の汚染率

	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	平均
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Ⅳ 】 土壌成分の調査 2019年より継続調査

研究Ⅲ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^- をそれぞれパックテストで呈色し、吸光度を測定する。

続けて、溶液の希釈と吸光度の測定を繰り返し、濃度と吸光度における近似線を求めた。(図11、12)

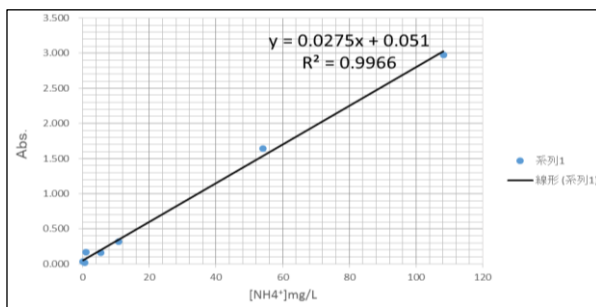


図11 NH_4^+ の検量線

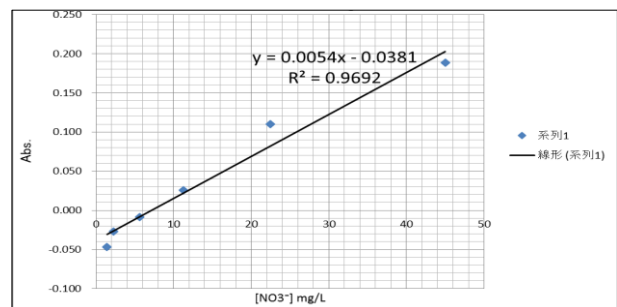


図12 NO_3^- の検量線

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℃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。ろ過した試料をパックテストで呈色し、吸光度を測定する。

前述の検量線を用いて、試料が示した吸光度から NH_4^+ 及び NO_3^- の濃度をそれぞれ算出する。

〈 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」とすべきかなやむところであり、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。

2020年現在、健康回復個体や急激に枯死するNo.83が見られることから、データの見直しのための再計測を現在行っている。

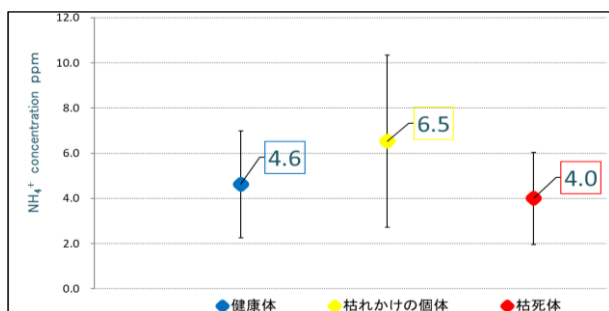


図13 土壌中の NH_4^+ 濃度

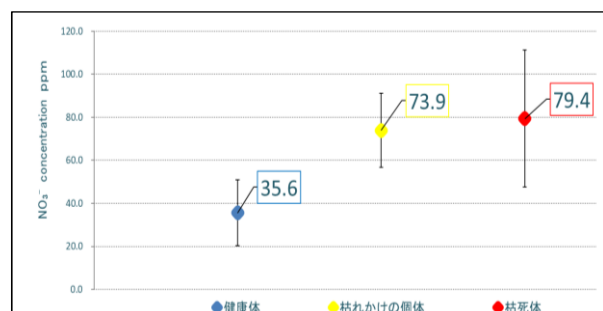


図14 土壌中の NO_3^- 濃度

【考察と展望】

2016年から継続したアカマツの調査・研究により、多賀城高校における松枯れの被害は拡大傾向にあったものの、「枯死体」の大規模な伐採によってその被害は収束している。しかし現在、幹線道路の対面にあるアカマツ林において数個体が立ち枯れしている状況にあり、さらには校地内北斜面のアカマツ林でNo.83に急激な健康被害が見られることから、その被害が学校側に影響しつつあることを懸念している。

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中で、自動車の排気ガスによる気孔の汚染がアカマツの健康被害への第一要因と考えたが、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、続いて第二の要因として土壌成分の調査に研究方針を切り替えた。

今回行った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 NH_4^+ 及び NO_3^- 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ている。

今後の活動として、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。

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。



〈 アカマツの幼木 〉

【謝辞・参考文献】

本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。

- ・「わたしたちの松島」 松島町教育委員会（2007年）
- ・「図解実験観察大辞典 生物」 東京書籍株式会社（1983年）
- ・「生物実験」 株式会社秀文堂（1996年）
- ・松くい虫被害：林野庁
https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/matukui_R1.html
- ・「松くい虫被害と対策」－宮城県公式ウェブサイト
<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sinrin/matsukui.html>
- ・「松くい虫の被害対策」－岡山県ホームページ
www.pref.okayama.jp/page/detail-15092.html
- ・パケットによる簡易土壌養分分析法 松岡憲吾 波田善夫
<http://www1.ous.ac.jp/garden/kenkyuhoukoku/12/Naturalistae12-33-40.pdf>

