

〈第 41 回山崎賞 児童・生徒の部優良賞〉

竜神森・天神森から考える都市緑地のあり方

静岡大学教育学部附属浜松中学校

3 年 杉田陽祐 村岡宗一郎 寒竹里戸 戸田なつみ 川合恭太郎

2 年 柴田千歳 岡本凜子 大石康介 安井碧都 朝岡颯太 山本愛音

1 年 朝比奈遥杜 落合晃馬 渡邊咲来 播磨功基

＜はじめに＞

私達の学校には北西側に「天神森」と南東側「竜神森」という 2 つの緑地があり、生徒により代々研究が行われてきた。特に天神森は 2017 年、エリアの一部を簡易フェンスで囲い「天神森自然観察園」として設定された。今年は三つの研究（定点観測、樹木調査、土壌調査）を通し考察する。

定点観測

＜目的＞

今まで計測してきた定点観測地点での光量子量、風速、温度の 3 種のデータをまとめ、それらの結果と植物が光合成をしやすいといわれている環境を照らしあわせ、現状を確認する。そして、最適な都市緑地の姿を、酸素を多く生み出せるものと考え、より効率的に植物が光合成を行えるようにするために、人間はどのような働きをすればよいかを考える。

＜調査方法＞

天神森の 4 地点、竜神森の 4 地点、正門前の 1 地点の計 9 地点で、光量子量、風速、温度の測定を行う。以下は主な観測地点の写真。



図 1 天神森の写真



図 2 竜神森の写真



図 3 正門の写真

(a) 光量子測定

【使用道具】光量子計（Apoge MQ-200）：日光の中で光合成に必要なとされる波長を測る測定器

【方法】観測地点に立ち、地上から約 1.5m 離れたところでセンサーを保持。地面と平行にする。スタートボタンを押し、10 秒間日光に慣らす。30 秒間測定、最大値と最小値を記録。（単位は $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ）

(b) 風速測定

【使用道具】風速測定器（Technoline EA3000）：風速を計測することが出来る測定器

【方法】観測地点に立ち、地上から約 1.5m 離れ機械を保持。風があれば風の方向に機械を向ける。スタートボタンを押し、10 秒間風に慣らす。30 秒間測定、最大値と最小値を記録。（単位は m/秒）

(c) 温度測定

【使用道具】放射温度計（：非接触式の温度計。物体から放射される赤外線のエネギーを測定。
木製の装置：装置の全長は 1.5m であり、0.5、1.0、1.5m のそれぞれの位置（それぞれ膝、胸、目の高さに対応）に、片方を白、片方を黒で塗った木製の板を取り付けている。

【方法】観測地点に木製の装置を置く。高さ色調の異なる6種類の表面温度を放射温度計で測定。(単位は℃)

<結果>

2023/9/13 から 12/20 までで6回、2024 は8/21 までに16回、計22回計測。時間は15:30。(2024/7/17 から8/21 は10:00)。

(a) 光量子量

晴れた夏の光量子量が圧倒的に多い。値が高くなることが多い観測地点は以下の2つ。

竜神森：上にあまり木が生えていない水辺で、日向になっている。

正門前：南向きに開けていて、いつも日向になっている。

(b) 風速

今年度の測定の結果では、場所による特徴はあまり見られなかった。風が特に強かった日(12月20日・1月7日・3月13日・7月30日など)に何があったかは不明。過去のアメダスを見ても、変わった点はない。ほとんどの日が0か、そよ風が吹いているくらい。

(c) 温度

両森のデータはほぼ同じ。正門が暑いのは直接日光が当たっているからではないか。夏休み期間中は森の中でも40℃を超えるほどの高温。一方冬は0℃を下回るほどで、振れ幅が大きい。光合成と呼吸の関係は、熱くなりすぎると光合成速度は低下し、呼吸が増える。

<考察>

(a) 光量子量

開けているところに一つだけ木があった方が、木が密集して葉を広げあって日光を取り合っている状態より光合成の効率が良くなるのではないか。植物の種類や成長具合によって光合成に最適な量のPPFDは変化するため、光の量が多ければ多いほど良いわけではない。しかし、自然に任せていると光の量を調整することはできない。現在両森で木が成長できているのは、少なくとも光補償点よりは光が入ってきているからだと考えられる。例えば、他の木の陰にいつも隠れているように見える低身長の木でも、時々入ってくる日光で徐々に成長し続けられている。要するに、森にはその環境で生きられる限界まで木が詰まっていて、最大限の酸素を出しているのではないか。

(b) 風速

CO₂ ガスは、気孔周辺の外側の濃度と内部の濃度との差によって葉の内部に取り込まれて、光合成に使用される。風が全くないと、CO₂ ガスはとてもゆっくり移動するので濃度差が0に近くなり、取り込み速度が小さくなってしまう。そこに風が吹くと、CO₂ をたっぷり含んだ空気が気孔の周囲に運ばれ取り込み速度が回復し、光合成が進む。一方で風速が大きくなりすぎると光合成速度が低下してしまう。それは、風によって葉が揺れてしまい、それがストレスになってしまうためである。つまり、葉の周りにゆったりとした風が流れていることが植物を育てるためには大切である。

天神森、竜神森は風が吹くが、すごく強くはない状態で、光合成はしやすい環境ではないか。

(c) 温度

地球が暑くなればなるほど木も活動が停滞し、酸素を生み出せる量が減るため、今のうちから緑地を増やし、極限まで温暖化を食い止めなければならない。現在森も40℃ほどになっているため、暑い夏にうまく光合成ができているかどうかは不明。

<今後の展望>

(a) 光量子量それぞれの木が要している光子の数を調べ、樹木の配置と結びつけるという研究を新たに行い、

(b) 風速風の動きを見続けられる装置を常に設置し、記録をしてみたい。

(c)温度もっと差のある高さ(1m, 5m, 10m)で温度計を使い、その気温(もしくは木本体の温度)を調べられるようにしてみたい。

樹木調査

<目的>

竜神森の樹木についての新規調査によって天神森との比較を行うことで都市緑地の必要性を数値化し、地球環境に果たす役割を考察するのが目的。過去の天神森の研究と比較し進める。そして樹木調査の観点からどのような森、都市緑地がより良いものと言えるのかを考察していきたい。

<調査方法>

準備物 ・樹木の高さを測る装置 ・メジャー ・1, 2m の棒

樹高：一人は木の下で樹高測定器を使用し、樹高を測る。もう一人は遠く離れた場所から木のさらに高い場所を確認し、計測係に伝え、樹高を記録係が記録していく、という流れで行う。

木の直径；直径は直接測るのは難しかったため、円周を図り、円周率（3, 14）で割るという方法を用いた。一人が1, 2mの棒を持ち、もう一人がその高さで木の円周を図り、記録係が記録した。

樹木No.	二酸化炭素量	炭素蓄積量	幹材積	拡大係数	容積密度	炭素含有率	半径2	π	樹高
1	14,430.639	3,935.629	9,995.248	1.750	0.450	0.500	17.300	3.140	552.000
2	10,330.806	2,817.493	7,155.537	1.750	0.450	0.500	12.100	3.140	565.000
3	23,238.987	6,337.906	16,096.268	1.750	0.450	0.500	21.300	3.140	722.000
4	9,051.337	2,468.546	6,269.324	1.750	0.450	0.500	14.900	3.140	402.000
5	4,092.731	1,116.199	2,834.792	1.750	0.450	0.500	11.100	3.140	244.000
6	25,854.442	7,051.211	17,907.839	1.750	0.450	0.500	24.200	3.140	707.000
7	0.000	0.000	0.000	1.750	0.450	0.500	0.000	3.140	0.000
8	0.000	0.000	0.000	1.750	0.450	0.500	0.000	3.140	0.000
9	0.000	0.000	0.000	1.750	0.450	0.500	0.000	3.140	0.000
10	0.000	0.000	0.000	1.750	0.450	0.500	0.000	3.140	0.000
11	25,399.593	6,927.162	17,592.792	1.750	0.450	0.500	25.200	3.140	667.000
12	5,154.901	1,405.882	3,570.494	1.750	0.450	0.500	13.700	3.140	249.000
13	12,783.664	3,486.454	8,854.486	1.750	0.450	0.500	17.300	3.140	489.000
14	24,255.370	6,615.101	16,800.256	1.750	0.450	0.500	30.400	3.140	528.000
15	7,141.123	1,947.579	4,946.233	1.750	0.450	0.500	15.700	3.140	301.000
16	20,101.287	5,482.169	13,922.969	1.750	0.450	0.500	29.300	3.140	454.000
17	18,183.367	4,959.100	12,594.540	1.750	0.450	0.500	19.100	3.140	630.000
18	24,749.507	6,749.866	17,142.516	1.750	0.450	0.500	24.300	3.140	674.000
19	18,875.765	5,147.936	13,074.123	1.750	0.450	0.500	21.100	3.140	592.000
20	10,148.716	2,767.832	7,029.413	1.750	0.450	0.500	11.500	3.140	584.000

区画	二酸化炭素量
	蓄積量（t）
竜神森	178.1351777
天神森 2017	112.9960
天神森 2019	116.460

(上の表は一部)

天神森内の樹木の二酸化炭素蓄積量を調べる調査方法は「気候変動に関する政府間パネル IPCC で採用している測定法」で行う。過去の記録より天神森の全樹木につき、一本、一本の樹高と胸高直径を測定し、樹木1本あたりの炭素蓄積量を計算していく。

<結果>右表。

<考察>竜神森と天神森を比較すると、その二酸化炭素蓄積量に大きく差がある。この原因として次の2つのことを考えた。一つ目はデータの不正確さである。竜神森は、樹種の特定ができていない。過去の研究では全ての樹木の樹種を特定し、その一本一本において適した値を使用していたが、今回は全て樹木全種の平均を用いて計算したため、このような差になったのではないかと。二つ目は森の環境の違いである。今回の結果が本当の値に近いものだとするとこの差の原因は森の様子の違いにあるのではないかと。竜神森には池があり、生態系にも大きな違いがあると考えられる。

天神森には植物がうっそうと生えており、若い、小さい植物へと日光が当たりにくいように感じる。また、蒸散により森の中の湿度が高まることで光合成へ影響を与えているとも考えられる。中低木に分類される植物が多く、それらが根本への日光を妨げているのではないかと。一方、竜神森は比較的高木が多く、立ち入りがしやすかった。また夏でも風通しがよく、若い植物にとり、育ちやすい環境である。森の循環の観点からは、竜神森の方が優れているとも考えられる。

<今後の展望>今回のデータの精度を高めるべく、もう一度測るなどの工夫をしていきたい。また両森の各特徴をより具体的な数値として表し、「理想の都市緑地」を具体的な形で表現していきたい。また、土壌調査と関連して樹木の二酸化炭素量について研究を進めていく。

土壌調査

<目的>

木は、日中に光合成により、二酸化炭素を吸い込み、酸素を排出している。だが、もし土が二酸化炭素を排出していれば、草や葉が出す酸素の量を上回る可能性が考えられるため検証したい。

<調査方法>

【使用道具】気体の検ちゃんⅡ（気体検知管測定器 AP-5E）・気体検知管 二酸化炭素（株式会社ガステック 型式/2EL 濃度/0.03～1%）・気体検知管 酸素（株式会社ガステック 型式/31E 濃度6～24%）・集気びん・ガラス板・マスキングテープ・油性ペン

【調査方法】

① 土の採取と気体調査

- 森から土を集気びんで採取し、ガラス板で蓋をする
- 採取直後の集気びん内の二酸化炭素濃度、酸素濃度を気体検知管で調べる
- 1時間ごとに集気びん内の二酸化炭素濃度、酸素濃度を調べる

② 天神森、竜神森から排出される二酸化炭素、酸素の量の計算

- ①c) のデータから1時間に増える二酸化炭素、酸素の平均を出す。
- 1時間に木がどれだけ酸素を出すか調べる
- 天神森、竜神森に生えている木の本数から1時間の酸素排出量を計算する。
- 1㎡あたりの土の量を調べ、天神森、竜神森全体のだいたいの土の量を予測する。
- 天神森、竜神森から1時間に排出される二酸化炭素、酸素の量を計算する

<結果>

1. 竜神森

土の採取直後から3時間の計4回、気体採取を行った。結果は表1。二酸化炭素は時間が経過するごとに増えていくが、酸素の減少、増加は見られなかった。よって、竜神森の土は二酸化炭素を排出していると言える。森には木が約135本あり、1本の木が1時間に約100mgの酸素を出しているとすると、全体で一時間に約13500mg(13.5g)の酸素を排出していると考えられる。森面積は約938㎡。1㎡あたり土量は約2.5L(2.5kg)だから、竜神森全体に約2345kgの土があると考えられる。実験使用土量は約87.7g。同森全体の26738.8分の1。1時間に増える酸素量平均は0.06%のため、森全体では、約16.0%増えることになる。空気中二酸化炭素量は0.04%だから1時間で約16.04%になると考えられる。

2. 天神森

土の採取直後から3時間の計4回、気体採取を行った。結果は表2。二酸化炭素は時間が経過するごとに増えていくが、酸素の減少、増加は見られなかった。よって、天神森の土は二酸化炭素を排出していると言える。森には木が約343本あり、竜神森と同じ計算では全体で1時間に約34300mg(34.3g)の酸素を排出していると考えられる。森面積は約3873㎡。1㎡あたり土量は約2.5L(2.5kg)、森全体に約9682.5kgの土があると考えられる。実験使用土量は約87.7g。同森全体土量の26738.8分の1。1時間に増える酸素量平均は0.5%のため、森全体では、約13.3%増えることになる。空気中二酸化炭素量は0.04%だから1時間で約13.34%になると考えられる。

表1

	スタート	1時間	2時間	3時間
二酸化炭素	0.12	0.2	0.25	3.0
酸素	19.5	19.5	19.5	19.5

表2

	スタート	1時間	2時間	3時間
二酸化炭素	0.15	0.2	0.25	3.0
酸素	19.5	19.5	19.5	19.5

<考察>

土壌は時間の経過とともに二酸化炭素の量が増加していくことがわかった。しかし、時間と増加する量は比例関係のようにはなっておらず不規則に増加していくことから、時間の経過により二酸化炭素を多く吸収するわけではないようだ。したがって、今回の実験にて二酸化炭素が測定されたのは、空気中の二酸化炭素を吸収した体と考えられる。また、現段階で科学的な根拠を見つけてはいないが、土壌の中に含まれた微生物の活動によって二酸化炭素が測定されたとも考えられる。

<今後の展望>今回は二酸化炭素のみ測定し、酸素等他の気体の測定は行わなかったため、他の気体の変動はわからなかった。そのため、他の気体の濃度変動を測定し、存在する植物、微生物との関係を調べていきたい。

カメラ調査

<概要>

自動撮影カメラによる天神森（学校内の森）の撮影から、天神森という都市緑地を利用する動物を特定し都市緑地が、動物へどのような影響を与えているか考察する。

<目的>

現在、人も利用している都市緑地において、定点カメラによる観察の結果から、動物の行動などにどのような影響を与えているのかを考察する。

<調査方法>

- ① 天神森にそれぞれ自動撮影カメラを設置し、動物を撮影する。
- ② 影した動物の映像を確認し、動物を特定する。

※撮影に使用しているカメラは、カメラに搭載されている赤外線センサーが、動物が動くことで生じる温度の急変を感知して動物を撮影するため、昼夜問わず撮影することができる。

なお、本観察活動は7/30 午後から 8/2 未明までの映像を使用する。

<結果>

タヌキ、ネコ、ハクビシンを観測した。

武道場側に設置したカメラでは、ネコが多く観測できた。

また、ほとんどの動物が夜間に観測された。

<カメラ観測全体の考察>

多くの生き物が夜間に観測されたのは、学校工事の関係者が頻繁に天神森に立ち入るためであると考えられる。

2匹のタヌキが天神森内に向かって歩いていく様子を観測できた。片方が一回り程小さかったため、親子ではないかと考えられる。子連れで移動をしているので、このタヌキにとってはかなり重要な通り道になっているのではないかと考えた。

ネコやハクビシンが確認できた。

ハクビシンに関しては、カメラをじっと見る様子を観測できた。

様々な動物がより自由に比較的散策や移動ができる格好の場所なのではないかと考えた。



<まとめ>

今回の観察記録から動物たちの天神森内での行動の様子を知ることができた。

しかし、今年度は校舎の工事やそれに伴う天神森の環境の変化があったことや、長期の観察ができなかったことから、今後の展望としては、長期間に及ぶ通常の天神森内の記録を行っていきたい。

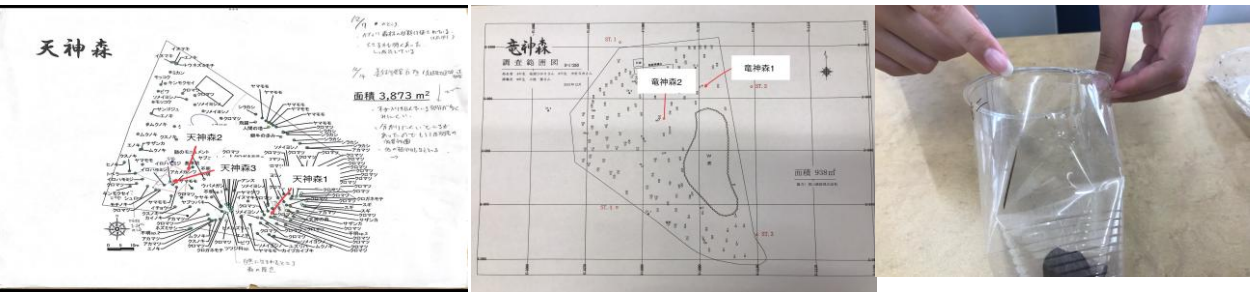
トラップ調査

＜概要＞

一昨年度のフィールドサインの研究で、モリチャバネゴキブリが竜神森の土壤に生息していることが確認でき、生態系の下位に属する森の土壤分解に欠かせない生物だと考察した。そのため天神森・竜神森の土壤分解に深く関係していると考えられる昆虫がゴキブリの他に何がいるのかを調べた。

＜方法＞

昨年度とは変わり、プラスチックのカップにカルピスを注ぎ、中に落ちた昆虫を調べる。天神森に 3 個・竜神森に 2 個のトラップを仕掛けた。



＜結果＞

昆虫は 1 匹も捕獲できず、中に入れたカルピスは全てなくなっていた。

＜考察＞

竜神森 2 のカップには動物の噛み跡と見られる跡がついており、タヌキなどの動物がカルピスを飲み、噛み跡をつけたのかもしれない。ということは、竜神森にも、たぬきやハクビシン等の動物が生息しているのかもしれない。

水質調査

＜概要＞

今までの竜神森とひだまりの池の水質調査から、竜神森とひだまりの池でアンモニアの分解について調査し、今回は竜神森とひだまりの池での生物の生息状況，継続して水質の状況について研究した。

＜調査方法＞

竜神森の池 3 地点，ひだまりの池 1 地点から同量の水を取り，水温，pH，硝酸イオン，亜硝酸イオンの値を調査する。また，各地点に行った時に発見した生物を記録する。

＜結果＞

	竜神森 1	竜神森 2	竜神森 3	ひだまりの池
pH	7	7	7	7
硝酸イオン	0	0	0	0
亜硝酸イオン	0	0	0	0
アンモニア	0	0	0	0.5
水温	12	12	12	12

20231129

	竜神森 1	竜神森 2	竜神森 3	ひだまりの池
pH	7.6	7.6	7.6	7.2
硝酸イオン	0	0	0	0
亜硝酸イオン	0	0	0	0
アンモニア	0	0	0	0.75
水温	33	33	33	30

20240806

<考察>

これらの結果から、竜神森では水質に以前からあまり変化はないが、ひだまりの池ではpH値とアンモニア値から、竜神森に比べると酸性に近く、アンモニアがうまく分解されていないことがわかった。竜神森では小学生がよく行動していて、水草の量もひだまりの池に比べるとかなり多いところなどからアンモニアの値が低く、ひだまりの池の方が手付かずの状況であるから、アンモニアの値が高いのではないだろうか。調査の結果から、竜神森では安定して動物、そして分解者が生息していると考えられる。

また、竜神森では去年から結果がほとんど変わっていないが、ひだまりの池のアンモニアの値が高くなってしまった理由をあまり深く観測できなかったことが課題。今後はそのことについても調査していきたい。

全体のまとめ

理想の都市緑地の姿とは、人間と柔軟に共生できる形だと考えた。

今後、様々なところで都市開発進められることが予想される。そのような時に都市と調和した、人間も出入り可能な緑地があることで、よりよい未来が築かれると考えられる。

参考文献

- ・BBY の観葉植物 Discussion

<https://bambooborny.hatenablog.com/entry/2020/06/25/114038>

<https://bambooborny.hatenablog.com/entry/2020/07/06/210118>

- ・株式会社 トライテラス

<https://www.triterasu.co.jp/blog/detail/000578/#:~:text>

- ・コンピューター・サイエンス&テクノロジー専門誌インターフェース

https://interface.cqpub.co.jp/wp-content/uploads/IF1905_012.pdf

- ・住商アグリビジネス株式会社

<https://www.summit-agri.co.jp/agriinfo/column/20230612.html>

- ・作物の収穫高を上げる「光合成」の秘密とは？！

<https://www.nodai.ac.jp/research/teacher-column/0155/>

- ・光合成

<https://ja.wikipedia.org/wiki/光合成>