

研究課題	学有林を題材とした探究活動・科目横断型学習プログラムの開発
副題	～ドローンによる植生遷移の調査とデジタルパックテストによる水質調査～
キーワード	学校林、ドローン、探究学習
学校/団体名	公立長野県須坂高等学校
所在地	〒382-0091 長野県須坂市大字須坂 1518-2
ホームページ	https://www.nagano-c.ed.jp/suzaka/

研究課題において、「学有林」、「プログラム」という言葉が用いられているが、それぞれ「学校林」、「教材」という表現が適切であることが分かったため、以下では「学校林」、「教材」として記載している。また、副題にある「デジタルパックテストによる水質調査」については、今年度の研究では植生遷移との関連性を見出すことができなかったため、今後の継続研究課題とした。今回の報告書では「ドローンによる植生遷移の調査」について報告する。

1. 研究の背景

全国の小学校、中学校、高等学校、その他の学校において 2000 を超える学校が学校林を保有している。学校林現況調査報告書（令和 3 年調査）によると、学校林の設置目的は 1 位が「学校の基本財産、建築燃料資材としての利用」、2 位が「教科・特別活動等での利用」とされている。しかし、学校林の利用率は 32%にとどまっており、高等学校においても学校林を活用していない学校が 6 割を超えている。教育目的として設置された学校林がほとんど活用されていないという実態を改善するためには、学校林を題材とした学習教材の開発が必要である。

学校林を活用した教育実践については多くの先行研究がある。小学校や中学校では、学校林でのフィールドワークや木材を加工する体験学習が行われている。高等学校においては、専門コースにおける実習や木材の伐採・加工といった体験学習が行われている。これらの研究や実践報告では体験学習や林業体験が活動の中心となっており、探究的な学習や教科学習における活用があまり進んでいないことが分かった。そこで、今回の研究では「学校林の植生遷移」について注目し、学校林を題材とした学習教材の開発と実践を行いたいと考えた。この学習教材は、学校外での探究的な学習と教室内での教科学習をつなげ、それぞれの学習においてどのような教育的効果が見られたかを明らかにすることを目標とした。

研究計画を立てるにあたり、以下の点を満たせるように注意した。

- ① 学校林における探究活動の安全性を確保し、継続的な活動が可能であること。
- ② 教科学習とつなげるために、生物基礎で学ぶ植生遷移の内容が含まれること。

①の点に注意したのは、学校林の活用が進んでいない理由の第 1 位が「森林の管理が行き届かず、安全に懸念」、第 2 位が「学校林への距離が遠い」であったためである（学校林現況調査報告書（令和 3 年調査）参照）。この課題点を解消するために、ドローンによる空中撮影を取り入れることにした。ドローンを操作して上空から地面の様子を撮影することで、安全な場所で

一タをとることができると考えた。須坂高校の学校林も高校から約 10 km の山中にあり、往復で 1 時間半ほどの時間が必要である。探究的な学習の時間（50 分×連続の 2 コマ）では実際に現地で活動する時間がほとんどとれないが、ドローンを活用することでわずかな時間でもデータがとれるのではないかと考えた。

②の点に注意したのは、学校林の活用が単なる体験学習で終わらない教材とするためである。生物基礎の教科書には植生遷移の内容が含まれており、完全な裸地から植生が進んでいく一次遷移と元々植生があった場所に植生が回復していく二次遷移の違いを学習する。須坂高校の学校林にはカラマツが植えられていたが、2022 年の秋に木材活用のために伐採された。木々や草木が伐採されたところに植生が回復していくため、二次遷移に該当すると考えられる。本来、植生遷移は数年～数 10 年の長期に渡る時間で見ることがあるため、単年度の調査データだけでは不十分である。しかし、遷移の初期変化に限定したうえで二次遷移の具体的事例とすれば、植生遷移の教材として活用が可能であるのではないかと考えた。

上記の点を考慮し、ドローンによる調査データの蓄積とその解析を研究的側面、その調査活動を通じた生徒の内面的な変容およびデータを基にした授業実践の効果を測定することを教育的側面とした学習教材の開発を行うことにした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ドローンを利用して植生遷移のデータの蓄積を行い、探究的な学習と教科学習の両方に取り入れられる学習教材を開発することである。

3. 研究の経過

本研究の経過は表 1 にまとめた。ドローンによる空撮および画像化は探究グループの生徒（2 年生 4 名）によるものであり、5 月～9 月に空撮、10 月以降に画像化を行った。探究グループの生徒がまとめた内容を用いて 2 月に授業実践を行った。対象は 1 年 6 組（41 名）である。

表 1 研究の経過

① 時期	② 取り組み内容	③ 評価のための記録
5 月 17 日	1 回目の学校林空撮	動画撮影
6 月 26 日	2 回目の学校林空撮	動画撮影
7 月 7 日	3 回目の学校林空撮	動画撮影
8 月 12 日	4 回目の学校林空撮	動画撮影
9 月	5 回目の学校林空撮	動画撮影
10 月～11 月	5 回の空撮映像の解析	
1 月 27 日、28 日	マイプロジェクトアワード 長野県 Sumitt への参加	
2 月 7 日、9 日、13 日	SHR で植生遷移についての授業	アンケート調査

4. 代表的な実践

① 5月～9月にかけての学校林空撮と植生状態把握のための画像化

5月～9月にかけて、1カ月に1回の頻度で学校林の植生遷移の様子をドローンで撮影した。その様子が図1である。



図1 ドローンによる空撮の様子と撮影した映像

ドローンで空撮した映像から植生状態の把握を行うために、「Zephyr」というソフトを用いて1枚の画像に変換を行った。月ごとに画像化したものが図2である。

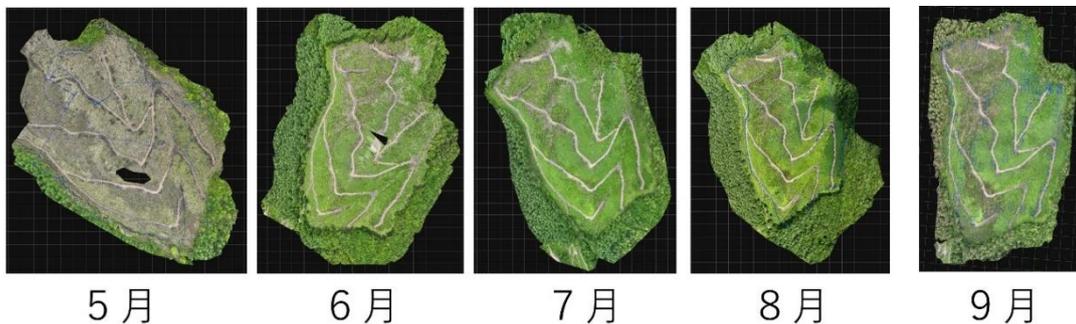


図2 月ごとの学校林表面の様子

② 植生遷移のデータを用いた授業実践について

①の実践の調査データを基にして生物基礎内容の授業実践を行った。当初の予定では50分の授業での実践を行う予定であったが、授業内の実施が難しかったため朝のSHRの時間を使って行った。生徒は1月頃に植生遷移について学習している。1回目のSHRでは、学校林の植生遷移が一次遷移と二次遷移のどちらであるかについてアンケートを取った。2回目と3回目のSHRでは、「Zephyr」によって作成した画像などを生徒のiPadに送り、データと合わせて植生遷移について考えさせた。

5. 研究の成果

・探究的な学習における教材開発の結果

実践①で探究的な学習における教材開発を行った。行った内容は以下の通りである。

- ① ドローンによる学校林表面の植生遷移の様子の空撮
- ② 空撮映像を基にした画像化（Zephyrを利用）
- ③ 画像分析による植生遷移の評価（Image Jを利用）

①、②の結果については図 2 の通りである。③の結果については図 4、表 2、表 3 の通りである。画像を比較した結果、図 3 に表される 2 領域を領域①、領域②として設定して解析することにした。植生遷移を数値的な変化から判断するために、相対的な指標である「VARI 指数」を用いた比較を行うことにした。「VARI 指数」は「可視大気抵抗植生指数」のことであり、葉による地表の被覆率に対応する指数である。画像に含まれる植生の割合を推定する際に用いられており、その式は右のように表される。

$$\text{VARI 指数} = \frac{G - R}{G + R - B}$$

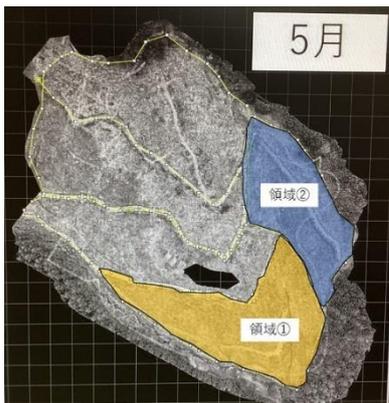


図 3 設定した領域

表 2 「Image J」による解析結果（値は領域内の平均値）

		5月	6月	7月	8月	9月
R (赤色)	領域①	149.911	140.014	127.816	134.299	127.247
	領域②	135.61	130.36	110.52	98.772	121.638
		5月	6月	7月	8月	9月
G (緑色)	領域①	147.935	165.014	163.304	160.541	148.908
	領域②	136.393	155.825	146.668	134.696	154.459
		5月	6月	7月	8月	9月
B (青色)	領域①	121.543	88.659	78.542	69.428	100.211
	領域②	110.914	85.446	73.453	60.54	90.166

表 3 月ごとの VARI 指数の変化

領域①		領域②	
5月	-0.01121	5月	0.004861
6月	0.115543	6月	0.126856
7月	0.166941	7月	0.19674
8月	0.116418	8月	0.20774
9月	0.123113	9月	0.176522

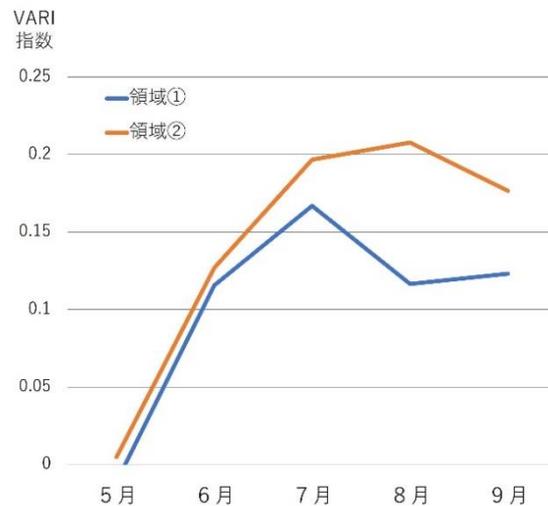


図 4 月ごとの VARI 指数の変化の様子

図 4 より、5月から6月にかけてはグラフの傾きがほとんど同じであるため、2つの領域の植生遷移の進み方はほとんど同じであったと判断できる。7月以降は数値の変化に違いが見られたが、どちらの領域も8月から9月にかけては数値が下がっていったことが分かった。この傾向は「Image J」の解析結果と同じであるため、撮影日時の環境的要因による影響はないものと考えられることが分かった。

・探究的な学習における教材開発についての考察

3月初旬に、探究活動を行った生徒対象にインタビュー調査を行った。このインタビュー調査は、探究活動を通して生徒の意識がどのように変容したのかを明らかにするために行った。以下の2つの観点からインタビュー調査を行った。

観点① 学校林やドローンの活用法について（以下、代表的な回答を抜粋した。）

- ・学校行事で学校林を活用してもいいと思った。また、今回は植生についての調査を行ったが、動物や昆虫についての調査も行えるのではないかと感じた。
- ・ドローンを利用したことで、短い時間で空撮ができた。また、危険な場所に立ち入らずに調査できたのでよかった。
- ・体育祭の様子をドローンで撮影することで、学校のPR動画でドローンの活用ができると思った。

観点② 探究活動を通して学んだこと（以下、代表的な回答を抜粋した。）

- ・毎月ドローンで撮影を行ったことで、授業のときにはあいまいだった一次遷移と二次遷移の違いが実感を持って理解できるようになった。
- ・最初は撮影して終わりだろうと思っていたが、画像の合成や数値による分析など、多くの段階を踏んで研究を行うことが分かった。小学生で行った自由研究との違いを感じた。
- ・研究発表を行うに当たっては主観的な考えだけではだめで、しっかりデータとして蓄積することが大切だと分かった。

上記の結果より、データをとることの重要性や段階を踏んで少しずつ進めていくことが探究活動であるということに気付いたようである。また、研究した内容を発表する際に、改めてこれらの点を意識したという回答もあった。普段の教科学習では自分が研究した内容を他の人に発表するという場面はほとんどない。よって、データの蓄積や定量的な議論をすることの学習という点において、今回開発した教材は一定の効果があったと判断できる。

・教科学習における教材開発の結果

実践②で教科学習における教材開発を行った。実践の具体的な内容は表4の通りである。

表 4 実践の日時と対象者

対象	1年6組の生徒（41名）
実施日	2月7日、9日、13日のSHR（計3回）
内容	① 一次遷移と二次遷移の違いについての理解度の確認 ② ドローンで空撮した画像を見て、エリアや季節での植生遷移に違いがあるか考える ③ VARI 指数の変化を踏まえたうえで、エリアや季節での植生遷移に違いがあるか考える
質問	内容① 須坂高校の学校林も、生えていたカラマツが伐採されました。今年になってやや植物が回復しています。この場合の植生遷移は『一次遷移』と『二次遷移』のどちらですか？ 内容② 上空からの画像を見たとき、 問1 植生遷移は全体で同じように進んでいると思いますか？それともエリアによって進み方が異なると思いますか？ 問2 植生遷移が最も進行しているのは何月頃だと思いますか？ 内容③ 上空からの画像と VARI 指数の2つで見たとき、 問1 植生遷移は全体で同じように進んでいると思いますか？それともエリアによって進み方が異なると思いますか？ 問2 植生遷移が最も進行しているのは何月頃だと思いますか？

内容①の結果が図5である。(n=32)ほとんどの生徒が二次遷移であることについては理解ができていた。内容②の結果が図6である。(n=32)作成した月ごとの画像を見ただけでは植生遷移の様子のとらえ方に大きく差があることが分かる。また、画像だけでは判断ができないという生徒も一定数いることが分かった。

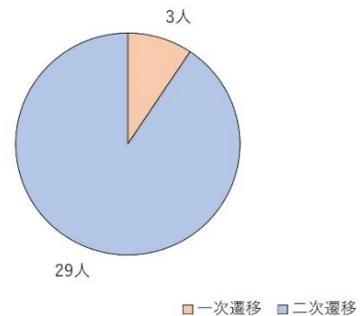


図5 内容①のアンケート結果

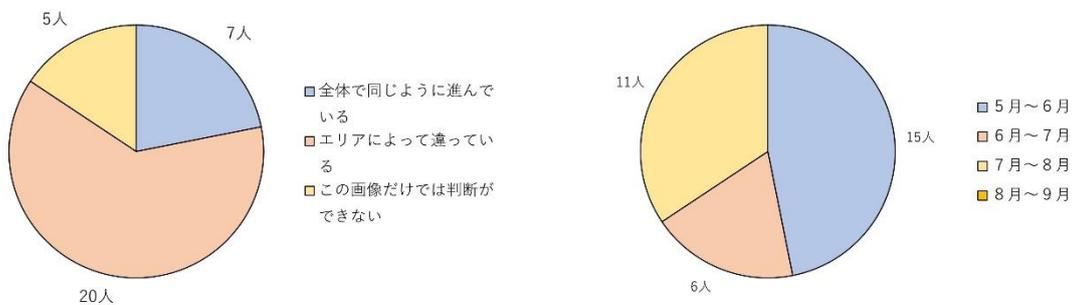


図6 内容②のアンケート結果

内容③の結果が図 7 である。(n=32)「この画像だけでは判断ができない」を選択する生徒が 0 になり、植生遷移がエリアによって進み方が異なると判断する生徒の割合が増加している。

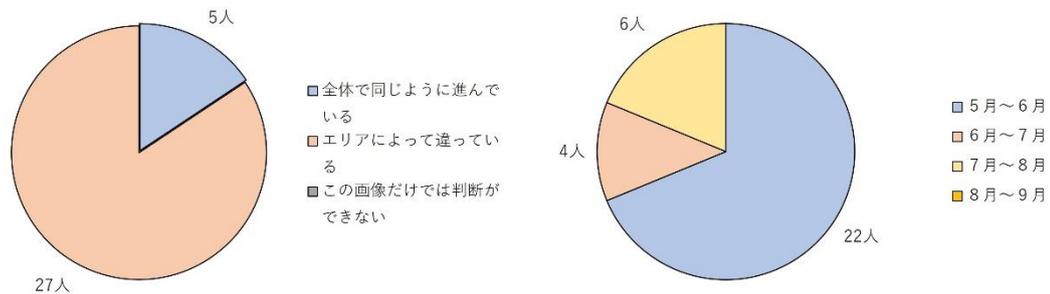


図 7 内容③のアンケート結果

・ 教科学習における教材開発の考察

内容②、③の結果より、ドローンによる画像を提示するだけでは植生遷移の変化を伝えきれないことが分かった。実際の調査の経験から考えると、5月～6月にかけて一気に笹が繁殖したことが実感としてあり、画像の上でも笹が繁殖している様子が読み取れる。しかし、画像化して並べたものを見た場合、画像だけでは判断ができないと考えた生徒も一定数いた。VARI 指数等の数値化されたデータも併せて用いた場合には、画像や数値では判断ができないと考える生徒が 0 人になり、5月～6月に植生遷移が大きく進んでいると考える生徒の割合が増えた。よって今回開発した教材の利点は、画像を数値化して生徒に考えさせることができるようになった点にあると考えられる。

6. 今後の課題・展望

植生遷移は、数年～数十年という時間をかけて進むものであり、本研究はその最初期の変化を見たに過ぎない。今後、継続した調査を続けることが必要であり、高校の外部とも連携して持続可能な研究体制を整える必要がある。そこで、今年度の研究内容とそこからの展望について信州大学理学部生物学コース 高橋 耕一 教授から以下のようなご指導をいただいた。

- ① エリアを設定し、その中の植物にマーキングをして個体ごとの変化を見る。
- ② 笹の高さを記録し、そのデータから植生遷移との関係性を見る。

来年度以降は上記の点も取り入れた研究活動を行い、短期的な変化だけでなく長期的な変化についても研究していきたい。

また、本研究においては植生遷移と水質の関係性についても調査をする予定であった。しかし、実際に調査を行ったところ、植生遷移と水質の関係性を見出すことができなかった。この点についても、長期的な測定を行うことで変化が見られる可能性がある。今後も継続した研究を行っていきたい。

7. おわりに

本研究にあたり助成をいただいたパナソニック教育財団および関係者の皆様に感謝申し上げます。1年を振り返ってみると、定期的なオンラインミーティングでいただいた助言や指導がなければ研究を進めることは不可能でした。研究の方向性について常に的確なアドバイスをいただいた明星大学教育学部教育学科准教授 今野 貴之 先生、および生物教諭としての経験から様々な助言をいただいた京都府立西舞鶴高等学校 本藤 聡仁 先生のお二人に心より感謝いたします。

8. 参考文献

- ・ 学校林現況調査報告書（令和3年調査） 国土緑化推進機構
<https://www.green.or.jp/cms/wp-content/uploads/2ad00715ecc7f7f92fc7cfde623d2cc6.pdf>
(2023年1月17日)
- ・ 令和元年度 森林環境教育・木育活動事例集 三重県
<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000906880.pdf> (2023年1月17日)
- ・ PIX4D
<https://www.pix4d.com/jp/blog/pix4dfields-vegetation-indices-for-precision-agriculture/>
(2023年2月1日)
- ・ 中山間地でのドローンを活用した生育診断と栽培管理技術
https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/noushi/kikaku/hukyu_d/fil/r02_01_tebiki.pdf
(2023年2月1日)
- ・ 野草雑草検索図鑑
http://chiba-muse.jp/wf2019/keishitsuKensaku_v16.html (2023年9月30日)
- ・ 3DF Zephyr
<https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/> (2023年7月10日)
- ・ Image J
<https://imagej.net/ij/> (2023年7月4日)