

魚粉を用いた芝の緑化研究

2年4組 一木 昂大 2年3組 門田 想
 2年4組 上谷 竜之介 2年4組 渡邊 翔吾
 指導者 窪地 育哉

1 課題設定の理由

宇和島では、宇和海の恵まれた自然環境を生かして魚の養殖が盛んに行われている。

養殖魚は刺身などに加工され、全国の食卓に届けられているが、骨やウロコなど、食べることのできない部位、未利用部位として65%が廃棄されている。宇和島市に本社をおく秀長水産株式会社では未利用部位を用いた機能性食品や肥料などを開発している。

その一つである「カルペイン」は、窒素やリンを豊富に含む肥料で、米栽培などへの効果が期待されている。門田ら(2019)は、魚の未利用部位を加工した魚粉を芝の緑化に用いた場合、緑化を進めることができるのではないかと考え、その肥料効果について検討し、魚粉肥料は芝の生育、緑化に対して非常に大きな効果があることを確認しているが、画像処理や実験条件に課題を残している。我々は魚粉肥料添加の芝の緑化効果を明らかにすることを目的に本研究を行った。

2 実験・研究の方法

(1) 試験区について

校内の花壇（芝の生育地）に区画を設け、芝以外の雑草等を取り除き、カルペインと硫酸アンモニウム、リン酸カリウムをそれぞれ散布する。

(2) 散布について

散布量は、カルペイン 100 g/1.0 L 水を基準として、カルペイン 100 g に含まれる窒素、リンの物質質量と同量となるように算出した硫酸アンモニウム水溶液およびリン酸カリウム水溶液を用意し、それぞれの区画に散布した。

窒素、リンの物質質量を算出する際に【表-2】秀長水産株式会社から提供していただいた成分表を利用した。

【表-1】に、区画および散布した溶液を示している。散布頻度は2週間に1回とし、散布量は一回ごとに200 mLである。

【表-1】各区画および区分における散布物

区画 \ 区分	①	②	③
I	無散布	カルペイン 100 g/水 1.0 L	(NH ₄) ₂ SO ₄ 0.1635g/水 1.0L
II	無散布	カルペイン 100 g/水 1.0 L	(NH ₄) ₂ SO ₄ 36.3g/水 1.0L
III	無散布	カルペイン 100 g/水 1.0 L	無散布
IV	無散布	カルペイン 100 g/水 1.0 L	K ₃ PO ₄ 33.8g/水 1.0L

(3) 結果の解析方法について

ア 画像解析に用いたソフトについて

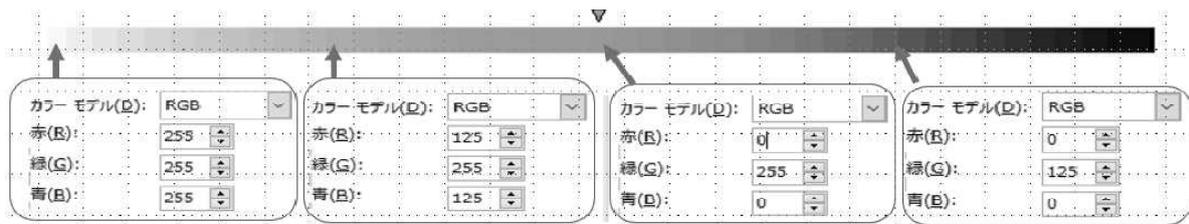
デジタルカメラで撮影して記録した。記録した写真はフリーソフト「GIMP for Windows」を用いて、画像のRGB値を読み取りデータ化した。

「GIMP for Windows」では、画像データのピクセル毎に得られたRGB値を度数分布として表す。その度数分布の平均値と中央値を区画区分ごとに測定し芝の色の変化とした。

ここでRGB値について説明する。RGB値とは光の三原色のR(赤)G(緑)B(青)の三色の組み合わせで色を表現する際に用いられる。私たちは、「緑化」についてR値、B値が小さくなり緑色が濃くなるプロセスと、G値が小さくなり緑色が濃くなるプロセスの二つがあると【図-1】から考えた。

イ クロロフィルの定量による解析

各区画区分の芝を刈り取り、細かく切った物を、0.2 g 測りとり80%アセトンにおよそ20時間浸してクロロフィル抽出液とする。そして抽出液から



【図-1】 RGB 値の変化のモデル

吸光度測定器を用いて吸収スペクトルを測定し、「Porra の式」【式 1】【式 2】によりクロロフィル量を算出する。

クロロフィル a [ug]

$$12.25 \times (664\text{nm における吸光度}) - 2.55 \times (647\text{nm における吸光度}) \dots \text{【式 1】}$$

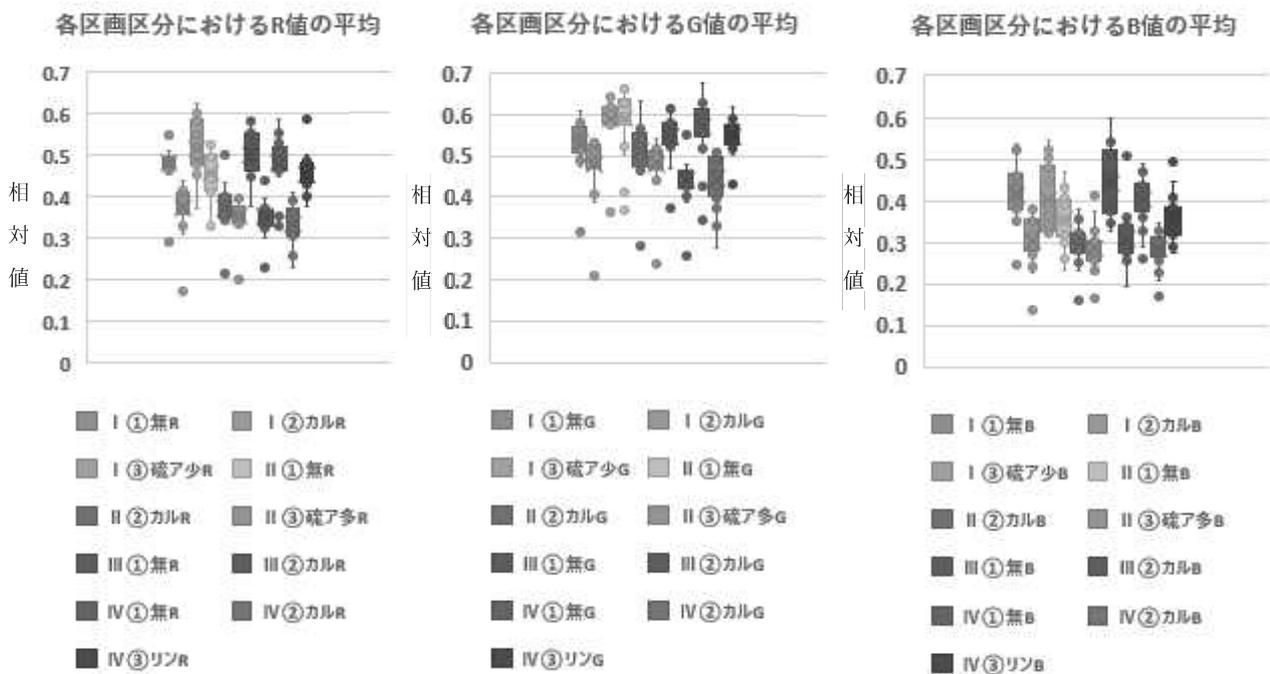
クロロフィル b [ug]

$$20.31 \times (647\text{nm における吸光度}) - 4.91 \times (664\text{nm における吸光度}) \dots \text{【式 2】}$$

3 結果と考察

(1) 画像解析による結果

【図-2】に、10月以降の画像解析による RGB 値平均値を示す。



【図-2】 各区画区分における RGB 値の平均値

各区画においてカルペイン及び硫酸アンモニウムを多量に加えた肥料を散布している区分では、無散布、硫酸アンモニウムを少量加えた肥料、リン酸カリウムを加えた肥料と比べると、RGB それぞれ低い値を示す傾向にあることがわかる。

RGB 値は RGB それぞれの値が最大であれば白色で、R 値と B 値が小さくなるにしたがって緑色に近づいていく。また、R 値最小、G 値最大、B 値最小の色から、徐々に G 値を小さくしていきと緑色が少しずつ濃く、黒に近づいていく。

結果から、カルペイン添加によって、芝の緑色が濃くなっていくことが示唆される。また、硫酸アンモニウムを多量に含んだ肥料でカルペインと同様の結果が得られたことから、アンモニウムイオンが緑化に大きく作用していることが考えられる。

私たちは、このデータに差があることを確認するために、t 検定を行った。

データは等分散とし、両側の分散で調べた。また、P 値が 0.05 未満を有意基準とし、その値よりも P 値が小さければ統計的に有意とみなした。2 標本間で t 検定を行った。

その組み合わせは、(無散布,カルペイン) (無散布,硫酸アンモニウム) (無散布,リン酸カリウム) (硫酸アンモニウム,カルペイン) (リン酸カリウム,カルペイン) である。

また、表の I、II、III、IVは肥料を散布した区画に対応しており、Iが硫酸アンモニウムを少量に加えた肥料、IIが硫酸アンモニウムを多量に加えた肥料、IIIが化学肥料を散布しない、IVがリン酸カリウムを散布した区画である。

その結果を【表-3】にまとめた。

【表-3】 RGB 値の有意差

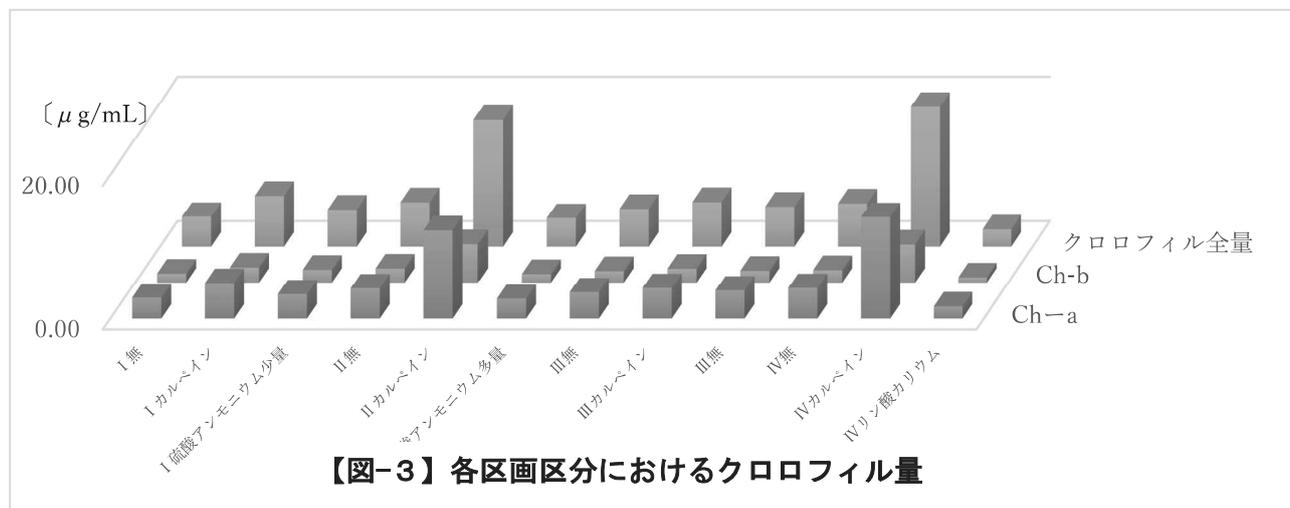
	R 値	G 値	B 値
無散布 ⇔ カルペイン	I 5.15×10^{-17}	I 4.36×10^{-06}	I 3.24×10^{-20}
	II 5.51×10^{-08}	II 8.30×10^{-07}	II 8.41×10^{-07}
	III 6.12×10^{-07}	III 4.81×10^{-09}	III 1.00×10^{-08}
	IV 9.19×10^{-09}	IV 4.07×10^{-11}	IV 2.25×10^{-10}
無散布 ⇔ アンモニウム	I 0.00187	I 0.295	I 5.77×10^{-06}
	II 5.00×10^{-09}	II 5.41×10^{-09}	II 5.38×10^{-06}
無散布 ⇔ カリウム	IV 0.271	IV 0.0925	IV 0.261
アンモニウム ⇔ カルペイン	I 2.85×10^{-08}	I 5.84×10^{-07}	I 0.000217
	II 0.485	II 0.175	II 0.334
カリウム ⇔ カルペイン	IV 3.82×10^{-07}	IV 2.02×10^{-10}	IV 1.02×10^{-10}

有意差の点からみると、ほとんどの区分で有意差があることが分かった。カリウムと無散布の p 値の結果から、カルペインに含まれるリンの物質量と合わせたリン酸カリウムを加えた肥料では、肥料としての効果は期待できないことが分かった。硫酸アンモニウムを少量加えた肥料と無散布の区画の G 値には有意差は見られず、R 値、B 値の値が小さくなっていくプロセスの途中であることが考察される。カルペインと硫酸アンモニウムを多量に含んでいる肥料との有意差は見られなかったが、少量含んでいる硫酸アンモニウムとは有意差が見られた。

このことから、硫酸アンモニウムを多量に加えた肥料とカルペインとでは同様の肥料としての効果が期待できることがわかり、アンモニウムイオンが芝を緑化させているのではないかと考察できる。

(2) クロロフィル量の吸光度測定による結果

【図-3】に、各区画区分におけるクロロフィル量を示す。



各区画においてカルペインを添加した区分でクロロフィル量が多くなってお

り、無散布、硫酸アンモニウムを少量、多量に加えた肥料はクロロフィル量が多くなっていないことが分かる。この結果と画像解析の結果を合わせて考えると、芝の緑化にはクロロフィル量も影響していると考察できる。

4 まとめと今後の課題

GIMP を用いた RGB による画像解析、クロロフィルの吸光度測定によって、魚粉肥料が芝の生育、緑化に対して、非常に大きな効果があることを数値化し明らかにすることができた。

今後の課題としては、RGB 値を画像解析から求める調査において、肥料以外の条件が整っておらず、各区域で地面に元々含まれている養分差や太陽光によって明るさの度合いに違いができてきている可能性がある。改善案としてはトレイを用いて、土壌の養分量を一定に揃え、日照条件を揃える事や、日光の影響を受けない撮影方法を実験に用いる事などである。

画像解析と t 検定によってアンモニウムイオンを多量に含む化学肥料での緑化効果を得たことから、アンモニウムイオンの芝への生育および緑化効果について、これからの研究につなげていきたい。

また、この研究によって得たデータやこれからの研究結果をもとに秀長水産株式会社のカルペイン肥料の商品価値を高めたい。

参考文献

- ・門田想ほか、「魚粉を用いた芝の緑化研究」『令和元年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島東高等学,31-32.
- ・宮本建斗ほか、「未利用部位を使い鯛（たい）2018」『平成 30 年度 SSH 生徒課題研究論文集』愛媛県立宇和島高等学校,41-42