

平成25年5月31日現在

機関番号：17401
研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2010～2012
課題番号：22500815
研究課題名（和文） 生物と熱・エネルギーに関するB区分及び第2分野のカリキュラム開発
研究課題名（英文） Development of biological curriculum for elementary and lower secondary schools on heat and energy
研究代表者
正元 和盛（MASAMOTO KAZUMORI）
熊本大学・教育学部・教授
研究者番号：60136702

研究成果の概要（和文）： 生物が熱を巧みに制御する仕組みを、動物植物共通の機能として例示できる教材を開発した。葉からの蒸散作用、ヒト皮膚からの発汗による冷却効果を例として熱画像測定した。また、CO₂ と糖を中心に据えて、動物植物共通の生命活動の仕組みとしてのエネルギー産生機構を、実感を伴って理解できる教材として開発した。それらを、動物植物という枠を越えて体系的に理解する実験系に組み立てた。

研究成果の概要（英文）： We developed teaching materials which illustrate the ingenious mechanisms of heat control common to both plants and animals. Thermal images of leaf transpiration and human skin perspiration were taken using a thermographic camera in order to illustrate the cooling effect. In addition, I developed teaching materials on CO₂ and sugar to illustrate the energy production mechanisms common to both plants and animals for a realistic understanding of them. I created experimental systems which show common life activities which go beyond the framework of plants and animals.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学挙育・教育工学・科学挙育

キーワード：実験・観察・理科教育・生物分野・エネルギー

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化やヒートアイランド現象などを含めた自然事象・環境と熱に関する理解は、自然科学の理解のための重要な要因の一つとなっている。現在の気組成の由来を含めて、光合成の持つ役割の重要性は、さらに高まっている。光合成を含めた植物機能の総合的な理解は、生物が関連するエネルギー分野の理解のための基礎となりうるし、理科教育の中でのその確実な定着は、科学的リテラシーの獲得にとっても大きく寄与すると考える。その科学的概念獲得を具体的に学校教育の中で考えていく場合、身近な自然環境の様々な要因とその関連性を理科学習の中にどのように構築していくかが重要になってくる。

小学校・中学校の理科学習において、生物の営みを基本的に理解するためには、動物植物の生命活動の持つ共通性について体系的に理解することが生物概念の形成に寄与すると考える。光合成を含めた植物機能の論理的実証的な理解のためには、児童生徒の実験技術レベルを鑑みると、光合成の産物としてのデンプン、糖の検出では、定性的で鋭敏かつ簡便な方法が要求される。またその実験方法の確立が、小・中学校段階での理科学習内容の実感を伴った理解のためには必要と考え、研究代表者はこれまで種々の生物素材について教材開発してきた。

2. 研究の目的

生物でのエネルギー概念の中には熱も含まれ、それをいかに制御するかは生物の構造機能にも反映される。植物は太陽の光エネルギーを光合成によって化学エネルギーに変換するが、同時に起こる植物体高温化を蒸散によって防御する。またヒト皮膚発汗作用にも体温上昇をおさえ熱射病を避けるための工夫がある。このような巧みな生物と熱の関係の理解に向けての理科学習のために、教材素材及び実験系を開発する。また、糖を中心として、植物の構造機能、動物での消化などを、動物植物共通の生命活動の仕組みとして

実感を伴って理解できる教材を開発する。それら開発教材素材を学習内容としてまとめ、実感を伴った自然の仕組み理解を実現していくためのカリキュラムを構築する。

3. 研究の方法

植物機能として光合成と蒸散（壁面緑化と冷却機能）、植物体内の輸送システムなどをサーモグラフィー装置などで測定し、測定実験系を開発し、学習素材として確立する。

（1）エネルギーフローとしての教材開発

① 壁面緑化と熱画像測定：サーモグラフィー装置、放射温度計を用いて、緑のカーテン（校舎壁面につる植物を垂直網仕立てで栽培したもの、以下植物カーテンと表記）、裸壁面との温度を測定し、冷却効率の基礎データを得る。測定は、植物カーテンを栽培してある小学校の、植物カーテン有りと無しの隣同士の教室を測定する。

② 蒸散量と葉面温度：個葉1枚でのワセリン処理での蒸散と葉温測定、ヒト皮膚温度測定をサーモグラフィー装置で一括して測定し、実感を伴った理解のための一助とする。

ワセリン処理葉、無処理葉での蒸散量は電子天秤で測定し、同時に行う葉面温度測定と対応させる。

（2）植物体内輸送システムと校内生物資源循環の教材開発

① 光合成産物輸送と師部：維管束を用いて輸送糖が測定できることを、糖検出試薬を用いて行う。これを、個葉蒸散実験に用いた葉でのたたき染めによるデンプン検出と関連させる。

② 蒸散と水、無機養分輸送と木部：植物体での水輸送について、切り花染色剤を用いて道管、気孔など顕微鏡レベル資料を作成する。また、硝酸試験紙を用いて、土、維管束を材料に測定し、窒素分輸送の実感を伴った理解の一助とする。

（3）開発教材の授業実践

開発した教材素材実験系を用いて、生物機能、生物（植物動物）のもつ「すばらしさ」を児童生徒に確認してもらい、「目に見える

もの」から「目に見えないもの」への視点の拡張を可能にするカリキュラムを構築する。

4. 研究成果

構造機能に反映される生物での巧みな熱制御を、植物では、太陽光エネルギーの過剰分による葉温上昇を蒸散により、またヒトは発汗により過剰な体温上昇を制御する。その理解に向けて、理科学習の教材素材及び実験系の開発を行なった。また糖を中心として生物共通の機能理解とそれらの学習内容としての組立を検討した。

(1) 植物カーテン(壁面緑化)の実感を伴った理解のための資料作製と実験系の開発

熊本市内の小中学校で作製しているツル植物による植物カーテンについて、ある教室ない教室での一日(2011年8月10日の10:00~17:00)の温湿度変化をデータロガーで空間的に測定し、また、サーモグラフィーで植物カーテンの表面温度を測定した。以下の4要因から評価したが、そこからは、空間冷却効果はあまり認められなかった。従って、植物カーテン効果は、風通りのある遮光によるヒト涼しさ感受と考えられる。

植物カーテンそのものをサーモグラフィーで測定すると、枯れかかっている葉では葉温が高いことを色調で明確に示すことができ、蒸散機能の類推が可能である。

① 遮光効果：校舎壁の表面温度は、日向約37.5℃、日陰(植物カーテンによる)約35.1℃で日向の方が約2.4℃高かった。

② 水蒸発による温度上昇抑制：濡れた緑色布Aと乾いた緑色布Bの布裏の空間温度を測定した。布A、布Bの裏の空間温度差は最大で約4℃で、布Aが乾いてくると布Bでの気温とほぼ等しくなった。布表面温度は濡らす前では熱画像上で約44.6℃だったが、濡らしたものは約29.2℃となった。空間の温度は布の放熱に影響された。

③ 風通りによるヒト皮膚での気化熱：植物カーテンは隙間があるので風が通り、この風が汗をかいた人に当たると気化が促進され、体表面の熱を奪うので涼しく感じる。ヒトの

腕に3×3cm正方形にワセリンを塗って腕全体を濡らす。その腕に風を送ると、濡れている部分は約1.2℃低下したが、ワセリンで水をはじいた部分はほとんど変わらなかった。

④ 空間冷却の効果は小さい：上記小学校教室内の気温は、植物カーテンがある教室Aは、ないB教室に比べ10:00~14:00では平均で約0.3℃低かったが、14:00以降はほとんど変わらなかった。

(2) 植物個葉での蒸散と葉温

① ポトス、カラムシの個葉1枚での葉温上昇を、ワセリン処理有無で示すことができ、電子天秤での重量変化から、蒸散と葉温上昇防御を視覚的に示すことができた。冷却効果を熱画像として示すことは、小中学校理科学習での実感を伴った理解の一助となる。

② 蒸散抑制法に関しては、ワセリン処理の代わりにアブシシン酸処理やポリエチレン袋材で葉面を塞ぐ処理を行い、ポリ材処理がワセリン処理より処理時間が短く、同等の蒸散抑制力があり、蒸散の冷却効果を示す実験や二酸化炭素吸収、またその測定葉をたたき染め実験に使用しデンプン検出ができることが分かった。

(3) 維管束機能理解のための資料作製と実験系の開発

① 新学習指導要領でのシダ植物維管束(根、茎、葉)観察のために胞子からの培養栽培と、顕微鏡写真作成を行った。また、「水のおり道」実験として、ヒメジョオンなどで切り花着色剤を用いて、木部(道管)染色の資料を作成し、植物と水の関連から植物の系統的理解のための資料作成を試みた。

② 葉脈での転流糖、無機養分検出：

ヒメジョオン葉脈でのショ糖、硝酸イオン検出実験法を児童が実施可能な形で確立し、小学校理科授業で用いた。

(4) 環境微生物の資料作製

小学校での教材化例が少ない珪藻の教材化を図るために、熊本県上益城郡内の湧水池や河川など身近な水環境に生息する珪藻の分布と水質を調査し、地点ごとの珪藻出現傾向から、好清水性種10種、好汚濁性種3種

をこの地域でよく見る珪藻に選び、観察カードを作った。これは児童が珪藻を同定する手助けとなり、各地点での珪藻群集を比較すると水の汚濁度を知ることができ、川の上流の水がきれいなことを実感を伴い理解できる。

(5) 学習内容の授業実践

2 時間構成の授業展開案として、1 時間目に動物(ヒト)と植物の体温低下の機能を学習し、2 時間目に植物カーテンの効果について科学的根拠をもとに解明する授業を組立てた。それによって動物、植物の体温調節機能に同じ様な仕組みがあることから、生物としての共通性理解につながり、学習した概念を用いて論理的に未知の事象を解明することで、思考力育成につながると考える。また、保健体育との合科的扱いとしての総合的な学習の時間で、ヒト体温低下への汗の働きを放射温度計で測定する学習展開を試行し効果を確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

① 坂本祐輔, 正元和盛, 植物カーテンの効果検証とその教材特性, 熊本大学教育学部紀要自然科学, 査読無, 61 号, 2012, pp. 15-22, <http://hdl.handle.net/2298/26545>

② 池上幸, 正元和盛, 珪藻を用いた環境学習の教材開発, 熊本生物研究誌, 査読無, 43 号, 2012, pp. 1-4

③ 正元和盛, 坂本祐輔, 楠本功一, 葉脈を用いた転流糖検出の中学校理科授業実践, 熊本大学教育実践研究, 査読無, 29 号, 2012, pp. 1-9,

<http://hdl.handle.net/2298/27121>

④ 高田みゆき, 坂本祐輔, 正元和盛, 児童生徒にできる葉脈を用いた転流糖, 無機養分の検出実験～植物維管束の働き理解のために～, 熊本大学教育学部紀要自然科学, 査読無, 60 号, 2011, pp. 31-39,

<http://hdl.handle.net/2298/24560>

⑤ 正元和盛, 川越靖子, 川内淳奈, 中学校理科生物新内容のための身近なシダ植物の教材資料作成, 熊本大学教育学部紀要自然科学, 査読無, 59 号, 2010, pp. 57-66, <http://hdl.handle.net/2298/17615>

⑥ 星子泰通, 坂本祐輔, 正元和盛, 代用デンプンを用いた液の働き実験授業の有効性の検証, 熊本大学教育学部紀要自然科学, 査読無, 59 号, 2010, pp. 47-55,

<http://hdl.handle.net/2298/17614>

⑦ 渡邊重義, 飯野直子, 小学校教員養成における理科教育の課題分析: 初等理科教育法の受講生の実態調査, 熊本大学教育学部紀要自然科学, 査読無, 59 号, 2010, pp. 85-91,

<http://hdl.handle.net/2298/17621>

[学会発表] (計 4 件)

① 坂本祐輔, 緑のカーテンの効果検証とその教材特性の検討, 日本理科教育学会第 62 回全国大会, 平成 24 年 8 月 12 日, 鹿児島大学郡元キャンパス

② 坂本祐輔, 熱画像測定による植物機能蒸散の教材特性の検討, 日本理科教育学会第 61 回全国大会, 平成 23 年 8 月 20 日, 島根大学松江キャンパス

③ 高田みゆき, 植物維管束の働き理解のために一小学生が実験可能な葉脈を用いた無機養分、糖の検出実験一, 日本理科教育学会第 61 回全国大会, 平成 23 年 8 月 20 日, 島根大学松江キャンパス

④ 正元和盛, 植物での輸送系理解のための小学校における授業実践, 平成 22 年度第 2 回日本科学教育学会研究会・九州沖縄支部会, 平成 22 年 12 月 4 日, 熊本大学教育学部

6. 研究組織

(1) 研究代表者

正元 和盛 (MASAMOTO KAZUMORI)

熊本大学・教育学部・教授

研究者番号: 60136702

(2) 連携研究者

飯野 直子 (IINO NAOKO)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 80284909

宮縁 育夫 (MIYABUCHI YASUO)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 30353874