

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 29 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350257

研究課題名(和文)小・中学校理科生命領域のエネルギー概念を含めた系統的理解のためのカリキュラム開発

研究課題名(英文) Development of biological curriculum for systematic understanding of the living things including the energy concept in science of elementary and lower-secondary schools

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：小学校・中学校で使用されている教材機器で実施できる、生命領域での共通性、系統性の理解を深めるための炭素循環系を含めた糖代謝を中心とした実験系の開発を行った。植物蒸散冷却機能測定、光合成での葉緑体デンプン検出、土微生物による糖代謝でのCO₂測定の実験系を開発した。これらを組み込んだカリキュラム構築は、生命領域学習での本質的な問いを課題にできる教材素材提供と、課題解決学習をととした思考力育成に寄与すると考える。

研究成果の概要(英文)：I developed the experimental system that can be implemented with the teaching material equipment that is used in science of elementary and lower-secondary schools, in order to deepen the understanding of commonality and systematics of the living things. The experimental system is focused on the sugar metabolism including the carbon cycle system. Measurement of cooling function in transpiration, chloroplast starch detection in photosynthesis and CO₂ measurement of sugar metabolism by soil microorganisms have been developed. Creating a curriculum that incorporates these experiments is considered to contribute to the essential question on the living things and the problem-solving learning for fostering thinking ability.

研究分野：科学教育

キーワード：初中等教育(理科) 実験・観察 科学教育カリキュラム 環境教育

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災以降、理科教育においても防災教育を含めた自然災害理解の重要性が高まってきている。同時に起こった原子力発電所被災による放射能汚染は電力生産の在り方を問い、環境負荷の小さいクリーンエネルギー開発が増々重視されるようになってきた。このためには、自然環境を含めた自然の仕組みに対する実感を伴った理解が不可欠と考える。学習指導要領の改訂により授業内容の増加した理科学習の中で、どのように効果的効率的な系統的学習を展開していくか、また理科の各領域での体系的本質的理解が求められるようになってきている。生命領域においても、エネルギー概念を含めた生物の本質的理解が増々求められるようになってきた。このため納得理解のための根拠理由づけに基づいた論理展開が実践され、科学的思考力育成への試行が続けられている。

2. 研究の目的

大きな自然災害が頻繁になる中で、学校教育の中で理科教育に占める自然の仕組みの実感を伴った理解が、冷静な判断や行動のための基礎として重要度を増している。また学習指導要領の改訂に伴う理科学習内容の増加や、実感を伴った系統的理解は、体系的本質的理解を求めている。生命領域においても、エネルギー概念を含めた生物の本質的理解が増々求められるようになってきた。

このためにはエネルギー概念を意識したカリキュラム構築の必要性があるし、生命領域においては動物植物共通性を強調したカリキュラム提示の必要があると考える。これらを義務教育課程の理科で実践していくためには、新たな機器を購入せずにできるだけ現在普及している(あるいは普及を勧められている)学校教具を用いてできる実験系の開発が必要になる。生物多様性は見て分かることが多いが、生物共通性は「見える化」しないと児童・生徒には理解しにくい。その巧みな生物機能を提示する実験系として、水の気化熱利用の教材素材開発や、糖代謝を中心とした生物機能の共通性理解の実験系開発などを行い、動物植物共通の生命活動の仕組みの実感を伴った系統的理解のできる教材開発を行い、生命領域での自然の仕組みの共通性について児童・生徒の納得理解を導き出すカリキュラム構築に高めていく。

3. 研究の方法

生命領域での植物機能(光合成、蒸散)の測定、気体循環の測定実験系を開発し、エネルギーフローを含めた生命領域での体系的系統的理解のための学習素材として確立するため、以下のような方法で教材開発を行った。

(1) 葉温測定

ポリエチレン袋材を葉面に木工ボンドで貼ることで蒸散抑制を行った(葉面密閉法)。

葉面密閉の簡便化には各種サイズのチャック付ポリ袋(ユニパック)も使用した。植物材料はカラムシを主に使用したが、アジサイやヒヤクニチソウなども同様に測定できる。葉面密閉部の葉温上昇の熱画像測定には赤外線サーモグラフィー testo885-2 を用いて検証し、学校教具の簡易な放射温度計(AD-5611A, AD-5613A)でも葉温上昇を測定できる。

その他の測定には、温湿度データロガー(おんどとり RTR-53A)、温湿度照度ノード、ベース(SW-3210, SW-3500)、電子天秤(AB204)なども用いた。測定後、実験に用いた葉での光合成産物デンプン検出の方法は、たたき染め実験の文献に従った。

(2) 植物光合成、土微生物呼吸での二酸化炭素濃度変化測定

チャック付ポリ袋(SL-4)で密閉した実験材料のCO₂濃度変化の検証はCO₂センサノード(ミスター省エネ(SW-3230-1000))で行い、学校教具の二酸化炭素検知管(126KC)、教材用デジタル気体測定器(酸素・二酸化炭素測定器, GOCD-1)で測定できることを確認した。同時測定の、酸素濃度変化は酸素検知管(31E)で、蒸散量は電子天秤(AB204)などで測定した。

(3) 葉細胞の単離

ヒヤクニチソウなど葉からの細胞単離は、葉片を5mm平方切り取り、マイクロチューブに入れ精製水0.05mLを加えプラスチック棒で壁面に押しつけて潰した。その溶液をプレパラートに滴下し、単離細胞葉緑体での生成デンプンをヨウ素染色後、デジタル生物顕微鏡(BA210 EINT)で観察した。

4. 研究成果

上記の研究方法を用いて、学習素材としての実験系を以下のように教材開発したが、詳細は報告論文で参照できる。

(1) 植物での熱エネルギーフローとしての蒸散機能の測定

1) 葉温差測定

学校現場で用いられている放射温度計を使用して、蒸散による葉温低下の冷却機能を、高精度赤外線サーモグラフィー装置で同時に検証しながら、測定した。植物蒸散機能の測定で、中学校理科教科書でのワセリン法にかわって、ボンド葉面密閉法が効率的であった。アジサイ葉1枚の裏面片側(更には1/4面)のみに葉面密閉法を施しても葉温差を確認できたことから、葉温の違いが個葉差や光の当たり具合ではなく、蒸散による冷却効果をより明確に根拠づけできた。小学校での実験では葉面密閉法の実施困難性も考えられるので、チャック付ポリ袋使用により密閉実験セットの小型化簡易化ができたので、個葉差は排除できないが、児童でも蒸散による冷却機能を測定できる。チャック付ポリ材質1枚の葉温測定への影響もほとんどない。このことは理科教科書で述べている「緑のカーテ

ン」の科学的根拠を、本実験により実感を伴って理解できうと考える。

2) 光合成産物デンプン検出

葉面密閉法の利点は、葉温測定後に実験葉を用いて「たたき染め法」により光合成産物デンプンを確認できることである。測定に使用した同一葉を用いて実験することは、児童・生徒の納得理解を促進すると考える。また、植物個体全体をポリ袋で多い、CO₂ 欠乏での光合成産物デンプンの不検出実験を CO₂ 検知管での確認実験と組み合わせることにより、チャック付ポリ袋密閉での光合成産物デンプンの不検出が CO₂ 欠乏によることを児童・生徒に推測させうるので、科学的思考力育成の一助となると考えられる。また、小・中学校では気孔の観察実験も行うので、本開発実験結果は構造と機能の考察にも広げうる。

(2) CO₂ 循環系理解のための植物、土での CO₂ 濃度測定

1) 植物での CO₂ 濃度測定

チャック付ポリ袋使用により密閉実験セットの小型化簡易化ができ、少数枚葉での光合成能が測定できた。CO₂ 濃度測定は、業務用の二酸化炭素濃度測定ノードによる検証測定と同時に、学校教員のデジタル気体測定器や気体検知管でも測定できた。このことは、用いる植物素材と量を配慮すると1時間内の授業で、児童・生徒自らが植物機能を測定できることを示す。酸素濃度は変化量が小さく、測定は困難であった。

2) 単離細胞での光合成産物デンプン検出

中学校理科生命領域では、光合成場葉緑体の機能確認素材としてオオカナダモを使用するが、代替えとしてヒャクニチソウ葉単離細胞中の葉緑体デンプン観察を顕微鏡で確認する実験系を開発した。

CO₂ 循環系としての CO₂ 固定の光合成理解は、小学校では光照射による葉のデンプン形成検出、中学校ではさらにそれが細胞内の葉緑体で行われることを示す。中学校理科植物単元ではその実験材料としてオオカナダモ葉を用い、細胞での光合成による葉緑体デンプン生成を顕微鏡下ヨウ素デンプン反応で確認する。葉緑体デンプン観察のための葉細胞単離用陸上植物の検索を 61 種行ったが、ヒャクニチソウ、ダイズなど数種が使用できた。CO₂ 固定の光合成理解には、気孔のない沈水植物オオカナダモ葉を用いるよりも、学習の流れからも陸上植物を用いるほうが児童・生徒の理解の混乱がおこらないと考えられるので、単離細胞葉緑体でのヨウ素デンプン反応という本実験系の普及が望まれる。

これらのことは、植物機能を児童・生徒自らが測定し、結果を関連付けながら総合的に理解する、課題解決教材として有効性が高い事を示唆する。

3) 生物作用による CO₂ 濃度変化測定

生命領域炭素循環には、土微生物の代謝機能(発酵・呼吸)の理解が欠かせない。その

実験として、チャック付ポリ袋中のシャーレ土での代用デンプン添加による CO₂ 濃度変化を、CO₂ センサでモニターしながら、学校教員のデジタル気体測定器や気体検知管でも測定する条件を検討した。ラグタイムの制御はコントロールと比較するうえで大きな要因となる。土を均一に広げ、気相での CO₂ 濃度測定のラグタイムを小さくするように添加代用デンプン液層を土表面までとすることが、O₂ 供給の点からも、肝要であると推察された。測定開始から 1~2 日で各種条件の違いを比較できた。また土の硝酸イオン濃度もパックテストまたは試験紙で簡便に測定できた。これらのことは、児童・生徒自らによる土微生物の働きの「見える化実験」が可能であることを示す。

まとめ

学校現場で使用している教材機器で実施でき、かつ生命領域での共通性、系統性の理解を深める実験系開発は、根拠理由付けを重視した科学的思考力育成のために、また実感を伴った納得理解のためには、必須と考える。本研究では動物植物の生命活動の共通性を強調する実験系開発を試みて、生物体からの熱放散、糖代謝を中心に、系統性を重視して追求しそれなりの成果を得た。

生態系としての樹木での蒸散熱放射実験と窒素代謝実験系開発などや、本研究で開発したこれら生物機能の「見える化実験」系を組み込んだ生命領域での動物植物微生物の共通性を意識した系統的体系的なカリキュラム構築とその授業実践があると、学校現場教師の参考になると考える。つまり、理科教科書内容量の増加を配慮すると、学校現場教師の負荷を最小にしながら学校現場で使用されている教材機器で実施でき、かつ生命領域での生物機能の共通性、系統性の理解を深めるこれら実験系は、児童・生徒の実感を伴った納得理解の一助となりうると共に根拠理由付けを重視した科学的思考力育成に資すると考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計12件)

正元和盛, 松茂良美穂, 竹市稜子, 葉緑体デンプン観察のためのオオカナダモ代用としての陸上草本植物葉細胞. 熊本大学教育学部紀要, 査読無, 64号, 2015, pp.317-322.

正元和盛, 竹市稜子, 垂愛由美, 柴田彩緒里, 赤外線カメラ, CO₂ センサおよび教具等による光合成測定の教材開発. 熊本大学教育学部紀要, 査読無, 64号, 2015, pp.323-328.

正元和盛, 竹市稜子, 坂田孝久, 西田成一, 葉緑体デンプン観察のためのオオカナダモ葉・ヒャクニチソウ葉細胞の素材開発と理科教員実技研修での活用. 熊本

大学教育実践研究, 査読無, 32号, 2015, pp.39-49.

正元和盛, 柴田彩緒里, 小宮良基, 坂本祐輔, 葉面密閉と葉表面温度測定を取り入れた光合成の教材開発. 熊本大学教育学部紀要, 査読無, 63号, 2014, pp.369-374.

渡邊重義, 飯野直子, 福島和洋, 岸木敬太, 島田秀昭, 村田貴広, 正元和盛, 田辺力, 田中均, 宮縁育夫, 夏休み自由研究相談教室における児童・生徒の相談内容の分析. 熊本大学教育学部紀要, 査読無, 63号, 2014, pp.375-382.

正元和盛, 松茂良美穂, 竹盛瑤子, 幼児・児童への「だ液の働き実験」実施の効果について ~熊大附属小オープンスクールの「理科・科学ラボ」での実施項目「だえきのじっけん」の科学的思考力育成の基礎づくりとしての効果についての一考察~. 熊本生物研究誌, 査読無, 2015, 第46号, pp.7-12.

柴田彩緒里, 正元和盛, 一枚葉を部分密閉しての葉温測定. 熊本生物研究誌, 査読無, 2014, 第45号, pp.14-19.

竹市稜子, 正元和盛(2014), ヒャクニチソウを用いた光合成実験のための教材開発. 熊本生物研究誌, 査読無, 第45号, pp.8-13.

松茂良美穂, 正元和盛(2014), 葉の細胞単離と光合成について. 熊本生物研究誌, 査読無, 第45号, pp.1-7.

垂愛由美, 正元和盛(2013), 植物でのCO₂とO₂の教材機器による測定. 熊本生物研究誌, 査読無, 第44号, pp.16-19.

柴田彩緒里, 正元和盛(2013), 蒸散の見える化教材開発への試み チャック付きポリ袋の活用. 熊本生物研究誌, 査読無, 第44号, pp.6-9.

正元和盛, 柿原智明, 小宮良基(2013), 葉面密閉法での熱画像及び放射温度計による葉温測定の教材化の検討. 熊本生物研究誌, 査読無, 第44号, pp.1-5.

〔学会発表〕(計6件)

正元 和盛, 植物機能測定の教材開発~赤外線カメラ・CO₂ センサおよび教具等による測定~, 日本理科教育学会第65回全国大会, 平成27年8月1日, 京都教育大学

竹市稜子, 葉緑体デンブン観察のための植物素材探索, 平成27年度日本理科教育学会九州支部大会, 平成27年5月23日, 沖縄県市町村自治会館

正元和盛, 葉の表面温度測定による植物機能教材の開発, 日本理科教育学会第64回全国大会, 平成26年8月23日, 愛媛大学

柴田彩緒里, 葉面半密閉での葉面温度測定による蒸散機能の教材化, 平成26年度日本理科教育学会九州支部大会, 平成26

年5月24日, 熊本大学教育学部
竹市稜子, 植物での二酸化炭素及び酸素測定の教材化, 平成26年度日本理科教育学会九州支部大会, 平成26年5月24日, 熊本大学教育学部

坂本祐輔, ポリエチレン袋材を用いた新しい蒸散抑制法, 平成25年度日本理科教育学会九州支部大会, 平成25年5月18日, 長崎大学 教育学部

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕なし

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