

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 7 日現在

機関番号：17101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22830053

研究課題名（和文） 子どもの自律的動機づけを促進する理科学習プログラムの開発に関する研究

研究課題名（英文） Research on development of the science learning program which promotes children's autonomous motivation

研究代表者

甲斐 初美 (KAI HATSUMI)

福岡教育大学・教育学部・講師

研究者番号：70587568

研究成果の概要（和文）：本研究において、以下のことが明らかとなった。(1)子どもの既有概念の多くは、理科授業において提供されたイメージやモデルの不正確さや、偶発的に選択されて表示された情報、あるいは、その情報の提供順が、ある種のイメージを潜在的に植え付けてしまったことによって生じていた。(2)これらを踏まえ、授業の際に与える情報を精選していくことで、子どもの自律的動機づけが促進され、既有概念を科学概念へと変容させていくことができた。(3)このことから、学習内容の構造の最適化を図ることが理科学習プログラム開発の最重要課題であることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：In this research, the following things became clear. (1) Many of the children's preconceptions had produced, when the inaccuracy of model or image offered in the science lesson. The information which was chosen accidentally and displayed or the order of offer of the information had given a certain kind of image potentially. (2) By selecting carefully the information given in the case of the science lesson, children's autonomous motivation is promoted and the preconceptions were able to be transfigured into the scientific conceptions. (3) It became clear that it is a problem of the most importance of science learning program development to attain optimization of the structure of the contents of study of science.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	980,000	294,000	1,274,000
2011 年度	910,000	273,000	1,183,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,890,000	567,000	2,457,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教科教育学

キーワード：自律的動機づけ、理科学習、概念構築

1. 研究開始当初の背景

近年では、PISA(国際学習到達度調査)を実施している OECD(経済協力開発機構)による

コンピテンシーの定義と選択(DeSeCo)を目的としたプロジェクトに端を発する新しい学力観を規定する動向において、子どもの学習意欲と問題解決の関連が大きく取り立た

されている。それにも関わらず、前出の通り、教科教育学レベルにおいて、子どもの動機づけを加味した理科授業の実践事例は極めて少なく、動機づけ理論を援用した理科学習における教授論は確立されていないのが現状である。加えて、教授学習心理学分野で台頭している自律的動機づけの理論の理科授業における実践的検証もなされていない。このような意味において、自律的動機づけの理論を理科授業への具現化すべく、理科学習プログラムを開発することは、当該研究分野において独創的であるとともに、学術的価値も高いと考えられる。

さて、1990年代前半まで、一般的に子どもの学習意欲は、外部からの賞罰によって行為を生起させ維持させる外発的動機づけ (extrinsic motivation) と自己の内部の興味関心から誘発され維持される内発的動機づけ (intrinsic motivation) の二側面で語られてきた。これに伴って、教授学習心理学の研究は、外発的動機づけをコントロールしたり、内発的動機づけを誘引したりするための方略を模索することを中心としてきた。

しかし、その一方で、Deci, E.L.らや稲垣らの研究によって、外部からの賞罰による外発的動機づけは賞罰に学習が支配されてしまうことから、内発的動機づけを阻害してしまうことや、子ども個々の興味関心のベクトルが多様であることから、教材の提示だけで内発的動機づけを誘引するのは困難であることなども指摘されてきている。すなわち、子どもの学習意欲の生起や維持は、賞罰によってコントロールすることはできず、また、子どもの興味関心を引くと想定される教材や観察・実験を提供するだけでは保障されないのである。

これらの経緯から、1990年代後半以降、Deci, E.L.やSchunk, D.H.らは、外部から提供される教材や観察・実験の意味が、自己の内部の知的好奇心や価値意識に内在化 (internalization) されることによって、課題の追究や観察・実験のような行為が維持される過程を、自律的動機づけ (autonomous motivation) , あるいは、自己制御 (self-regulation) の過程と位置づけ、それぞれ、4段階で概念的整理を行っている。これらは、子どもの動機づけを、興味関心という情意的側面からだけではなく、それに伴う情報処理である認知的側面を包含する知的好奇心、あるいは、価値意識のような概念で捉えようとしている点において、教授学習心理学研究としては画期的であった。

しかしながら、これらの動機づけ理論は、教授学習心理学研究においては注目されてはいるものの、理科の教科内容に特化し、実際の理科授業カリキュラムや理科学習プログラムを開発することを目的とした教科教

育学レベルにおいては、ほとんど議論されてきていないのが現状である。特に、これまでの我々の理科授業の分析研究において、理科学習における子どもの自律的動機づけを促進する要因として、「(1)観察・実験の際に子どもの表現の多様性を保障することで、子どもの推論が促進され、自律的動機づけが生起する契機となる。(2)明確な見通しのもとで一連の問題解決過程を行わせることで、子どもの推論の一貫性とその成果の抽象化の意味を実感させ、自律的動機づけの過程が促進される。(3)これらを継続的に実践することにより、自律的動機づけの効果が持続される。」ということまでは明らかとなっているが、「他者の役割」や「教材の領域固有性」が、自律的動機づけとどのような関連にあるのかについて検証していくことができていないため、理科学習プログラムの開発までは至っていない。特に、これらは、外部情報として、自律的動機づけに伴う科学概念構築を制約 (constraint) していると考えられるため、これらの機能を具体的に明らかにすることが、理科学習プログラムの開発の中心になると考えている。

2. 研究の目的

子どもの学習意欲と問題解決の関連が多方面で取り立たされているにも関わらず、教科教育学レベルにおいて、子どもの動機づけを加味した理科授業の実践事例は極めて少なく、動機づけ理論を援用した理科学習における教授論は確立されていないのが現状である。そこで、本研究では、Deci, E.L.らの指摘する自律的動機づけ (autonomous motivation) の考え方を実際の理科授業場面に具現化すべく、自律的動機づけを促進する因子を一連の理科の問題解決過程に即して同定し、整理することによって、子どもの自律的動機づけを促進する理科学習プログラムを開発することを目的とした。特に、外部情報である制約要因に注目し、これらを明らかにすることで、理科学習プログラムの構築を行っていくこととする。さらに、このような普遍的な理科学習プログラムの開発とその特殊・個別的な運用方略に関する考察も併せて行うことで、理科授業実践への示唆を与えるものとする。

3. 研究の方法

これまでの我々の研究において、既に、子どもの自律的動機づけを促進する要因として、「子どもの表現の多様性の保障」や「明確な見通しのもとでの問題解決」などの因子

が同定されている。すなわち、これらを主軸としながら、「他者の役割」や「教材の領域固有性」が、自律的動機づけとどのような関連にあるのかについて検証していくことが求められているのである。

そこで、本研究では、まず、自律的動機づけにおける他者の役割や、問題解決過程に影響を与える具体的な学習内容との関連についてなど、自律的動機づけに影響を与える制約要因の整理を行うこととする。次に、それらの妥当性に関する検証結果を踏まえ、理科授業における問題解決場面に即して、子どもの自律的動機づけを促進する理科学習プログラムを開発していく。そして、そのプログラムを実際の理科授業実践に適用させることで、そのプログラムの妥当性を検証していくものとする。それにより、理科の問題解決過程の具体的な局面における普遍的な理科学習プログラムの開発(いわばハード面)と、その特殊な運用方略に関する考察(いわばソフト面)を行うことができると考えられる。

4. 研究成果

(1)子どもの自律的動機づけに基づく科学概念構築と制約要因との関連

子どもの科学概念構築の背景に、物理的環境、日常文化、学校文化に関わる3つの構築状況が存在するという事は、これまで、Driver, R.(1995)やClaxton, G.L.(1987)らによって指摘されてきたことであるが、子どもは、これらの構築状況に制約(constraint)を受けながら、理科の学習を進めていると考えられる。すなわち、理科授業において提供される教材や他者との考えのやりとりは、子どもの学習に多大な影響を与えているのである。

しながら、子どもの学習に制約を与えているのは、このような子どもが置かれた状況だけには止まらない。科学概念構築の際の情報処理システムやそれらを促進したり阻害したりする情動システムなど、人間が生得的に保持している認知的・情意的な要因によっても、学習は制約されるのである。

そこで、これらの制約要因を概念的に整理し、それらどのように連動しながら、子どもの学習が成立していくのかを明らかにするため、このような制約要因について整理したものが、図1である。これらの枠組みで、子どもが記述した学習プリントや学習に対する意識調査、授業の発話プロトコル、ポストテストや定期試験の成果などについて、理科の問題解決における個人的構築と社会的構築の局面を子どもの記述や授業の発話プロトコルによって分析し、制約要因の関連を明らかにした。

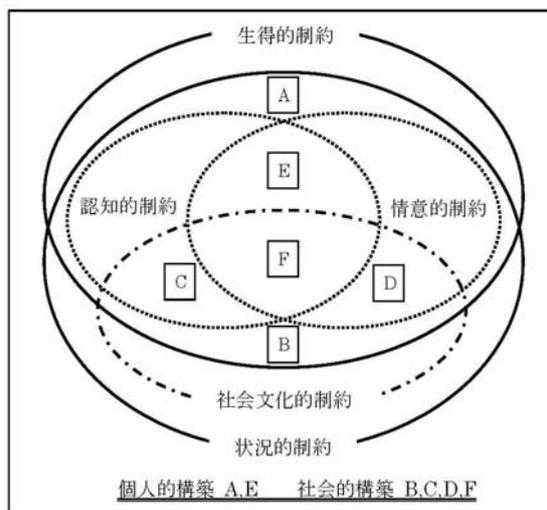


図1：制約についての概念的整理

この結果、他者との考えのやりとりや自分の考えに基づく観察実験などの状況的制約が、学習の資源として十分に機能していない子どもは、学習に対する価値意識が低く、科学概念獲得も不十分であることが明らかとなった。これにより、科学概念構築の際、子どもが、状況的制約を資源としながら、常に自身で学習を進めること、すなわち、生得的制約の中で思考することに価値を見出し、そこに従事することで、自律的に動機づけられ、科学概念構築も促進され、その成果も定着すると考えられる。換言すれば、学習内容に応じて、制約要因を体系化することで、これらの制約要因は、教授要因として転換可能であるといえる。

(2)子どもの自律的動機づけに基づく科学概念構築に関わる制約要因の具体

(1)の成果から、特に、個人が置かれた状況から受ける状況的制約の影響が多大であることが明らかとなったが、個人の生物学的に制限された生得的制約の影響も無視できないため、図1の整理に基づき、子どもの雲に関する認識の背景にどのような具体的制約があるのかについての調査および分析を行った。

まず、生得的制約は、その領域に関連した生得的な認知的・情意的傾向やバイアス、あるいは既に獲得されたその領域の知識や情感による制限であり、これらの生得的制約には、認知的制約と情意的制約が存在するとされるが、これらは、感覚情報として入力される、分解能、可視光、可聴音などや、その情報処理のシステムやそれらを促進させたり阻害させたりする情動のメカニズムなど、ヒトが生得的に保持している、生物学的ヒトと

しての限界が学習に与える制約であると考えられる。例えば、私たちは、水や水滴は、見ることができるが、一つの水分子からなる水蒸気は、見るができない。そのため、見ることのできる湯気レベルを水蒸気として見なしがちである。実際に、見えないものや聞こえないものは観察できず、実体を捉えることは困難なため、このような概念構築は根強いと考えられる。これをカバーするために、イメージやモデルが提供されるのである。

一方、状況的制約は、自分より知識のある他者や共同体およびその下位集団によって共有される領域固有の物理的、記号的、社会的道具による制限であり、言語や人が創造したモデルやイメージなど、社会文化的な制約である。例えば、私たちの日常文化の中では、気体を連想させるイメージとして、モクモクとした様態でそれを表現することが当たり前のように行われているが、そのイメージの対象とされる現象は、湯気や雲、煙などが中心とされている。色がついていない限り、私たちヒトは、気体を観察することができないにも関わらず、粒子のある程度の大きさゆえに観察できているこれらの湯気や雲、煙をあたかも、気体であるように表現したものは、日常文化の中に多く存在している。そのために、そのイメージは、無意識下で強化されてしまっていると考えられるのである。

これまで述べてきたように、様々な制約が互いに影響を及ぼし合いながら、学習が制御されているのである。例えば、「雲は水蒸気である」という既存概念を保持している子どもは、図2に示すような制約によって、その既存概念が構築されてきたと考えられる。このように、理科授業における子どもの学習を制御する制約要因を詳細に分析していくことで、教授者側が与える情報やその与え方を検討することにつながると考える。

そこで、次に、小学校理科の教科用図書を眺めながら、これらの制約要因となり得る情報を分析することで、子どもの学習に負の影響を与えると考えられる表現の問題について指摘することとする。

- A：水蒸気は目に見えない。
- B：日常生活において湯気を見る機会が多い。
- C：水蒸気(気体)は水(液体)が細かくなったものであると教わった。
- D：みんなも湯気を水蒸気だと思っている。
- E：湯気は、フワフワしていて気体みたいである。
- F：フワフワしたイメージのものが気体である。
- G：雲や霧と湯気は同じようなものである。
- H：フワフワしているものは浮かびそうである。

図2：制約の具体的事例(雲に関する認識)

(3)子どもの自律的動機づけに影響を与える学習内容の構造化へ向けた課題

(2)の成果から、状況的制約要因を構成している、小学校理科教科用図書における表現の問題を明らかにしていくことで、理科学習プログラムにおける学習内容の構造化を図るための留意事項について検討していった。いくつかの具体的事例を取り上げていく。

①動物のからだにおける模式図の表記

小学校第6学年「人の体のつくりと働き」の単元における食べ物消化・吸収されるしくみについての学習では、胃や小腸という器官やそれを構成する柔毛や毛細血管等の組織レベルのと、デンプンやタンパク質のような分子レベルのもののような異なるレベルのものが同時に扱われ、モデル図として表現されているが、これらのスケールを正確に表現されていない。

本来、体の中という見えない世界を理解しやすくするために用いられるモデル図が、スケールを正確に表現しきれないことによって、子どもは、暗黙的に、正確性を欠いたモデル図を「実体」であると認識する可能性が生じると考えられる。しかも、小学校理科においては、原子・分子の概念や細胞の概念を扱うことにはなっていないため、あえて、そこに着目させるようなことはしないのが普通である。つまり、それらを扱うようになった中学校段階で、細胞が物質から構成されていることやその物質が原子から構成されていることの学習を踏まえて、スケール感を見直す機会を設ける必要があると考えられる。

②月の満ち欠けに関する写真の表記

子どもたちの中には、「太陽は昼のもので、月は夜のもの」というイメージは根強い。絵本や物語でも、このような対立表現は多く見られる。しかし、実際には、月の半分は、太陽の出ている昼間に見えているし、小学校第4学年の「月と星」の単元の月の観察においても、午前に観察できる下弦の月や午後には観察できる上弦の月を観察するようになっていく。

それでもなお、「月は夜のもの」というイメージが強化されているのは、教科書に掲載されている、小学校第6学年「月と太陽」の単元における月の満ち欠けの一連の周期を表現した月の写真の背景が黒になっているために、夜であることを連想させるからである。これらの写真は、子どもが地上から月を観察するように、地球にいる状態から撮影されているのではなく、おそらく、地球の外の衛星などから撮影している写真を利用してのものと思われる。新月は、太陽の出ている時間帯に出ているにも関わらず、宇宙からの写真であることへの理解を取らずに、表現していることで、月の形が出ている時間帯を特

定することにつながることや、月の形とその月が出ている方角がわかれば、時間が特定できることなどの学習がスムーズに行えないのではないかと考えられる。このように、意図していない学習を潜在的に引き起こしてしまったことが、制約要因となっている事例を検討する必要がある。

③植物の種子とジャガイモに関する表記

小学校における栽培では、オクラやインゲン、アサガオやツルレイシなど、種子の状態では、結実まで継続観察するような活動が主軸である。このように、いくつかの植物の栽培を通じて、第5学年終了時には、植物のライフサイクルと有性生殖の営みに関する典型的な学習が行えるようになっていく。しかしながら、小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」の単元の光合成に関する学習では、有性生殖での栽培活動ではなく、無性生殖を行うジャガイモの栽培活動が位置づけられている。

しかしながら、無性生殖は、小学校段階では、扱うことはないため、子どもは、あたかもジャガイモの種芋が、種子であるかのようなイメージを構築してしまうのではないかと考えられる。しかも、ジャガイモの場合、結実を観察することは、基本的に困難であるため、これまでの典型的な有性生殖の学習すら、危ういものとなってしまふと考えられる。2008年の小・中学校学習指導要領の改訂に伴う新しい教科書改訂によって、この光合成に関する学習で定番として取り扱われていたジャガイモが、インゲンマメに変更されたものもあるが、ジャガイモに養分が貯えられることを学習することで、次の世代に命をつなぐために、種子にデンプンをためるという学習の定着も図れなくなると考えられる。

このことは、無性生殖を学習するようになる中学校段階までは、有性生殖の植物栽培に留めておくべきであるという主張もできるが、そうなれば、無性生殖の植物栽培の経験をどこで保証するのかという問題も生じる。これについても、①で述べたように、中学校段階での学習を踏まえて、生殖全体を見直す機会を設ける必要があると考えられる。

④植物の肥料と養分に関する表記

小学校第5学年「植物の発芽、成長、結実」では、植物は、種子の中のデンプンである養分を使って発芽し、水と光と肥料によって成長していくことを学習することになっている。ここまでの学習では、基本的に、植物は養分を合成するという発想ではなく、養分を吸収するというようなイメージが構築されると考えられる。その上で、小学校第6学年の「植物の養分と水の通り道」の単元における光合成の学習を行うことで、「植物の場合、養分は、吸収されたり合成されたりする」という、中途半端な理解を生じると考えられる。

そこで、生物には、有機的栄養と無機的栄養の両方が必要であり、そのどちらが、合成できて、そのどちらが吸収なのかを示す情報を、どこかの段階で提示すべきであると考えられる。

①から④に示したように、これまでに指摘されてきた、いわゆる、ミスコンセプションと呼ばれるものの多くは、生得的制約をカバーするために提供されたイメージやモデルの正確さから生じていたり、偶発的に選択されて表示された情報、あるいは、その情報の提供順が、ある種のイメージを潜在的に植え付けられてしまったことによって生じていたりすることから、構築されるべくして構築されてきたと言わざるを得ない側面が多いことがわかる。それは、与えられるべき情報が与えられていなかったり、あるいは、与えられるべき情報が余分であったりすることとも大きく関わっている。

しかしながら、それらを整理することで、あるいは、逆手に取って、あえて取り上げることで、理科学習における概念構築をより科学的に妥当なものとして、スムーズに行わせることにもつながるのではないかと考えられる。それでもなお、子どもに根強いミスコンセプションがあるとすれば、再度、その背景となる新たな制約要因を特定していかなければならないのである。

(4)子どもの自律的動機づけを促す理科学習プログラムの構想と検証―見直し形成に着目して―

これまでの成果を踏まえ、自律的動機づけに基づく科学概念構築のためには、与える情報の精選が最重要課題であることが明らかとなった。そして、それらの情報が、一連の理科の問題解決の過程に即していること、すなわち、子どもが見直しを持てるような状況的制約をかける必要がある。

一般的に、理科授業は、予想から、観察・実験(方法の理解および操作を含む)、結果の整理、考察までの一連の問題解決の流れに沿って運営されている。子どもが十分な見直し形成を行うためには、理科授業における一連の問題解決過程に一貫性があることが必要不可欠である。例えば、実験方法の理解の場面において、教師が提供する実験方法が、必ずしも子どもが予想したことを検証するための適切な方法となっていない場合、たとえ、実験結果の整理の場面において、得られた情報を記述できたとしても、考察の場面になると、その結果がどのような経緯で生じたものであるかを捉えきれず、教師が想定している考察にまでは到達できない可能性が生じると考えられる。つまり、一連の問題解決過程の一貫性を左右すると考えられるのは、どの

ような実験を行えば自分の予想が確かめられるのか、また、どのような結果になれば、自分の予想が検証されたことになるのかということ認識する場面の設定であると考えられる。

このような場面は、本来、予想、あるいは、実験方法の理解の場面に含まれる要素であり、暗黙的に子どもに任せられている過程である。しかし、このような場面は、見通し形成上、必要不可欠であると考えられるため、その支援として、理科授業における問題解決過程の中に、明示的に位置づける必要がある。この過程を明示的に位置づけることで、子どもの予想と起こりうる実験結果の間に合意を取ることができ、その結果、見通しをもって、実験結果を整理し、因果関係に基づく考察を行うことができる。また、予想とは異なった実験結果が得られた場合にも、予想と結果の関係づけがしやすくなると考えられる。

そして、これらの場面を理科授業に明示的に位置づけようと努めることで、子どもが見通しをもちながら授業に従事できるような指導内容であるかを判断できるのではないかと考えられる。

(5) 今後の展望

学習内容の構造化が、自律的動機づけに不可欠であるとの見解は持っていたが、想定していた以上に、現行の義務教育段階の理科の学習内容が、子どもの既存概念に即した形では構造化されておらず、それらの課題を洗い出すことに相当な労力を要したため、学習内容の構造化がどのように自律的動機づけに影響を与えるのかについての分析と構想した理科学習プログラムの検証が課題として残っている。今後は、義務教育段階のいくつかの理科の学習単元に対し、理科学習プログラムを援用していくことで、その妥当性を検証し、最適化を図っていききたい。そして、動機づけ理論を援用した教授論の確立をめざす。

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1件)

- (1) 甲斐初美, 『『系統性を踏まえる』』ということの意味—『生命』領域の学習における具体的な系統性—, 理科の教育, 査読無, 第60巻, 2011年, pp.13-16.

〔学会発表〕(計6件)

- (1) 甲斐初美, 「子どもの自律的動機づけを促進する理科授業—子どもの見通し形成のた

めの方策—」, 日本科学教育学会平成23年度第4回研究会南関東支部開催, 2012年3月31日, 東京学芸大学, 日本科学教育学会研究会研究報, 第26巻, 第4号, pp.15-18.

- (2) 甲斐初美, 「理科学習に影響を与える制約要因に関する一考察」, 日本科学教育学会平成23年度第2回研究会九州・沖縄支部開催, 2011年11月12日, 浦添市てだこホール, 日本科学教育学会研究会研究報, 第26巻, 第2号, pp.51-54.
- (3) 甲斐初美, 「理科学習における子どもの自律的動機づけに関する一考察」, 日本理科教育学会第61回全国大会, 2011年8月20日, 島根大学, 日本理科教育学会全国大会発表論文集第9号, p.196.
- (4) 甲斐初美, 「中学校理科における学習意欲の変遷に関する分析」, 日本科学教育学会平成22年度第2回研究会九州・沖縄支部開催, 2010年12月4日, 熊本大学, 日本科学教育学会研究会研究報, 第25巻, 第2号, pp.103-106.
- (5) 甲斐初美・森本信也, 「科学概念構築と「思考力・判断力・表現力」との関連性に関する研究(10)—科学概念の分化・深化過程における制約要因の分析—」, 日本理科教育学会第60回全国大会, 2010年8月7日, 山梨大学, 日本理科教育学会全国大会発表論文集第8号, p.164.
- (6) 甲斐初美・森本信也, 「子どもの科学概念構築の促進における制約要因に関する一考察」, 日本理科教育学会第38回九州支部大会, 2010年5月22日, 福岡教育大学, 日本理科教育学会第38回九州支部大会研究発表論文集, pp.115-116.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

甲斐 初美 (KAI HATSUMI)
福岡教育大学・教育学部・講師
研究者番号: 70587568