

米国における数学・理科・技術科の統合学習 IMaST の 学習モジュール「食料生産」の教育内容の構成

森山 潤 生活科学教育講座
高井 久* 信州大学大学院教育学研究科院生
角 和博 佐賀大学文化教育学部

1. 目的及び背景

本研究の目的は、米国において実験的に行われている数学・理科・技術科の統合学習 IMaST の学習モジュール Food Production（以下、「食料生産」とする）の教育目標と教育内容の構成を明らかにし、統合型カリキュラムによる科学・技術教育のあり方について基礎的な資料を得ることである。

現在、イリノイ州立大学(Illinois State University)には、数学、理科及び技術教育のための研究施設 (Center for Mathematics, Science and Technology Education : 以下, CeMaST) があり、主に 4 つのプロジェクトを運営している。このうち IMaST(Integrated Mathematics, Science and Technology)は、数学、理科及び技術科を統合したカリキュラム開発プロジェクトである。IMaST は米国科学財団(National Science Foundation)から予算をうけ、1991 年から教科書の原案を作成しはじめ、現在は、全米 16 の中学校で実験授業を行っている。IMaST プロジェクト設立の背景には、従来の個別教科によるカリキュラム構成を改善し、教科相互の関連付けを創出しうる適切な機会を提供したいというねらいがある。米国科学振興協会 AAAS(1993)¹⁾ は、21 世紀の科学リテラシーとして理科、数学、社会、技術などの様々な科目を横断するテーマに向けて知識を構成する統合学習カリキュラムの開発を要請している。米国の「学校数学のためのカリキュラム・評価スタンダード」(Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics : 以下, CESSM)²⁾ や「理科教育スタンダード」(National Science Education Standards : 以下, NSES)³⁾ は、その中で統合学習カリキュラムの推進を示唆している。また、2000 年に発行された「技術リテラシーのためのスタンダード」(Standards for Technological Literacy : 以下, STL)⁴⁾ も同様に「技術との関わり」(Technology Connections)を創出する主要な単元が含まれている。

F.L.Loepf(1998)⁵⁾ によると IMaST は、「テーマに基づく統合モデル」(The Theme-based Model)を採用し、3 つの教科よりそれぞれ 3~5 つの鍵概念を選択し、それらを総合的な題材の中に配列する手法で構築されている(図 1)。CeMaST が発行する"IMaST at a glance"⁶⁾ によると、その学習プログラムは、3 教科の教育目的と鍵概念を含む 18 の学習モジュールで構成されている。このうち、「健康」(Wellness)、「食料生産」(Food Production)、「消費と経営」(Waste Management)、「エネルギー変換」(Energy Transformations)、「製造」(Manufacturing)、「予測」(Forecasting)は第 7 学年に、「動物のすみか」(Animal Habitats)、「人間の住まい」(Human Settlements)、「システム」(Systems)、「通信のあり方」(Communication Pathways)は第 8 学年に設定されている。加えて、現在では、第 6 学年用の教科書が 8 冊作成されている。

IMaST は、宮川(1995)⁷⁾ によって初めて我国に紹介された後、角ら(1998)⁸⁾ によって各学習モジュールの概要と構成が検討されている。その後、森山ら(1999)⁹⁾ は、学習モジュールの構成要素や学習過程、問題解決のモデル等の各側面から、カリキュラムの構造を検討している。また、角ら(1999)¹⁰⁾ は、IMaST プロジェクトの目標、及び教科書の単元項目、教育評価の枠組み等を明らかにしている。さらに、角ら(2000)¹¹⁾ は、7 学年用の教科書である「エネルギー変換」の教科書の構成に基づき、

*現在：長野県岡谷銀座郵便局

その学習内容の翻訳を試みている。しかし、7 学年用の学習モジュールである「食料生産」の教育内容の詳細な構成については、これまでのところ検討はなされていない。

そこで本研究では、まず、本学習モジュールの教育内容、学習活動を検討し、「食料生産」という題材に関わってどのように教科間の連携がなされているかを明らかにすることにした。次に、米国の各教科のスタンダードと本学習モジュールの教育内容との対比を行い、本学習モジュールにおいて各教科の固有性がどのように維持されているかを検討することにした。その上で、我国の平成 10 年度版学習指導要領に示された各教科の教育内容と本学習モジュールとの対比を行い、本学習モジュールの教育内容と我国の各教科の教育内容との接点を探ることにした。

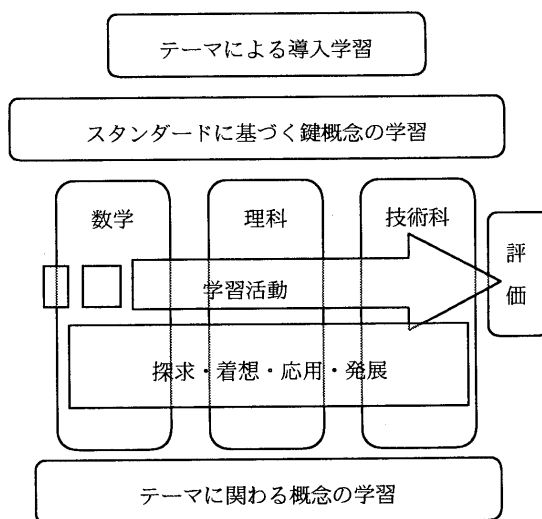


図1 IMaSTのカリキュラム構造

2. 「食料生産」の目標と教育内容

2-1. 目標と鍵概念

「食料生産」は、IMaSTにおける第7学年用の学習モジュールであり、1 単位時間 45 分の授業で 60-70 単位時間を用いて学習される。「IMaST at a glance」によると、「食料生産」の目標は「材料の適切な使い方及び食料を生産するための技術に関する知識に基づいた意思決定のための問題解決過程の実行」とされ、鍵概念に「選択、準備、育成、繁殖、収穫」が挙げられている¹²⁾。「食料生産」の教科書の目次¹³⁾を表1に示す。学習は、表1中の単元 M1→S1→T1→...と水平方向に教科を横断しながら展開される。授業はそれぞれの教科の担当者が、順番に入れ替わりながら実施する。

2-2. 教育内容及び教科書の構成

本学習モジュールは、「世界では大量の食料が生産されているのにも関わらず、飢餓によって多くの人が死に瀕しています。飢餓は世界の矛盾の一つなのです。この学習モジュールであなたは食料生産について学びます。その中であなたは多くの矛盾を見出すでしょう。あなたの挑戦は、これらの矛盾を調査し、解決方法を検討することなのです(中略)」という導入の文章によって、テーマとの出会い、学習の方向付けがなされる。その後、数学¹⁴⁾では、世界の総人口や食料生産量の推移といったデータを用いて、データの収集、解釈、分析や計算の手法等を学習する。理科¹⁵⁾では、ナタネの栽培や観察、土壌の分析等の活動を通して、実験計画の手法や、植物の生理について学習する。技術科¹⁶⁾では、図2に示す題材「水耕栽培システム」の設計・製作・評価を中心に、設計・製図、電気回路、材料の加工方法、栽培等について学習する。これらの学習活動から教科間の関連づけに着目すると、科学と技術科は題材に対する内容知の関連付けがなされているのに対し、数学は方法知の応用を図る関連づけがなされている。

また、各学習活動に共通して認められる特徴としては、1) 各活動において、議論やブレインストーミング、チームでの活動など、生徒同士が協力して学習が展開するように配慮されていること、2) 安全指導事項を除いて、原理や法則を教え込むのではなく、実験や調査を通して生徒が知識を発見・獲得するように学習過程が編成されていること、3) 地域の素材や身近にある具体的な事例

を通して学際的な話題を取り上げていること、4) ほとんどの活動で、学習事項と関連する職業の名称が挙げられていること、5) 先行した活動において学習した事項を参照し、比較するなど、教科を超えて各活動間の関連づけがなされていること、等が見出される。

「まとめ」では、これまでの学習事項を現実の世界と関連づけることが奨励され、「人口増加」、「政策」、「食料生産の方法」という3つのキーワードから世界の食料問題について考察する。教科書は、「あなたはこの学習モジュールを通して食料を生産する一つの方法を学びました。同時に、あなたはこの方法が複雑な問題を解決する唯一の方法ではないことも知りました。あなたは、あなたが食料問題を解決する主体者の一人であることを忘れないで下さい」という文章で締めくくられる。

表1 「食料生産」(Food Production) の教科書の目次

数 学		理 科		技 術	
挑戦	食物生産の挑戦	12			
調査		S1 対照付きの実験： 制御装置下でのナタネの栽培	53	T1 技術的なシステム： 電気と流体を利用した栽培システムの構想	100
M1 データ収集方法： 本当だよ、お母さん	14	科学との結びつき： 失敗から得る多くのもの	59	技術との結びつき： 生産から市場へ	107
数学との結びつき： たぐさんの食物	20	科学的な過程の理解： 成長するためのものの選択	61	技術的な過程の理解： 生産計画を作るための情報入力	110
M2 グラフ化したデータの解釈： 表現手段としてのグラフ	21	S2 土壌の特徴のテスト： 植物が必要な本当の「土」	63	T2 材料の種類の調査： 力を加えることができる構想か？	111
数学との結びつき： 高齢患者の生命の反応	25	科学的な過程の理解： 維持できる食物生産	74		
数学との結びつき： 食物生産と世界飢餓： 複雑な問題	30				
M3 小数と整数： 農場の収支決算	33	S3 種と発芽： 成長、結実、また成長！	78	T3 作業図の読み取り： 百聞は一見にしかず	115
				技術的な過程の理解： 栽培環境の明確化と検討	120
M4 定規を用いた製図： 農場の設計	42	S4 葉緑素 / 植物の食品： 緑色の機械	82	T4 システム設計： 栽培環境の準備	127
		科学的な過程を理解： 成長物質が与える促進	89		
M5 データの分析と統計： 市場へ行こう	47	S5 植物の繁殖： 花の働き	92	T5 水耕栽培のシステムをテストする： すべてのシステムを稼働させよう！	138
数学が与える影響の発見： 食品の価格に与えている影響は何？	51	科学的な過程の理解： 成長物質の遺伝	96		
		科学が与える影響の発見： 生物の多様性	98		
				T6 水耕栽培の研究と報告： 思考の材料	143
				技術が与える影響の発見： 水耕栽培： 世界的な見地	146
				T7 水耕栽培で栽培した作物の収穫： 成長した作物を刈り入れする時	148
				技術の過程の理解： 農作物の収穫	151
まとめ	飢餓の世界に食料を供給する	154			

※表中の数字は、当該教科書¹³⁾内のページを示している。

これらの教育内容の構成から、本学習モジュールにおいては、生徒を「知識を能動的に構成する主体」として捉える構成主義的な学習が強く意識されていること、「食料生産」という学習テーマを人口問題や政策等、社会的な側面から広く捉えていることに特徴が見出される。

3. 「食料生産」の教育内容と各教科のスタンダードとの関連性

前述したように、IMaSTは、各教科の固有性や基礎・基本を踏まえつつ、統合カリキュラムを編成している。

そのため、「食料生産」の学習内容も米国における数学・理科・技術科それぞれのスタンダードに対応するよう編集がなされている。「食料生産」では、前述したCESSM (1989)、NSES (1998：第5版)、STL (2000) との対応がそれぞれ図られている。そこで、これらのスタンダードと各モジュール内の具体的な学習活動との関連性を検討した。

その結果、CESSMと「食料生産」との関係では、Std7「計算と見積もり」、Std13「測定」、Std5「数と数の関係」等を既習事項とし、Std1「問題解決としての数学」、Std3「推論としての数学」、Std4「数学的つながり」等、具体的な問題の解決に果たす数学の役割を取り上げ、Std8「パターンと関数」、Std10「統計」、Std13「測定」等の数学的概念を応用するよう、内容が構成されていることが明らかとなった(表2)。

NSESと「食料生産」との関係では、Std4「科学と技術」、Std5「物理」、Std6「科学の個人的・社会的な展望」等を既習事項とし、Std1「概念とプロセス」、Std3「探求としての科学」等、科学的な問題解決についての理解や能力を得ることを基盤に、Std7「生命科学」に含まれる生物学的な概念の形成、及びStd8「科学の歴史と本質」に含まれる学際的な視点から見た科学への理解に向けて教育内容が構成されていることが明らかとなった(表3)。

STLと「食料生産」との関係では、Std3「技術と他の分野との関わり」、Std4「技術の文化的、社会的、経済的、政治的な影響」、Std18「輸送技術」等を既習事項とし、題材「水耕栽培システム」の構想・調査段階において、Std16「エネルギーと動力の技術」、Std19「製造技術」等に含まれる電気回路の理解と設計、材料加工の技術が取り上げられている。その後、同題材の設計・製作段階では、Std8「設計の特徴」、Std9「工学的設計」、Std11「設計プロセスの応用」、Std10「トラブルシューティング、研究開発、技術革新、実験の役割」等、設計プロセスの理解とその応用が展開されると共に、Std15「農業技術とバイオテクノロジー」に含まれる栽培技術の基礎が取り上げられている。また、完成した水耕栽培システムを利用し、その性能を評価する段階では、Std12「技術的な製品とシステムの使用と維持」、Std「製品とシステムの影響に対する評価」が取り上げられ、技術と社会との関わりに向けた学習内容が組織されていることが明らかとなった(表4)。

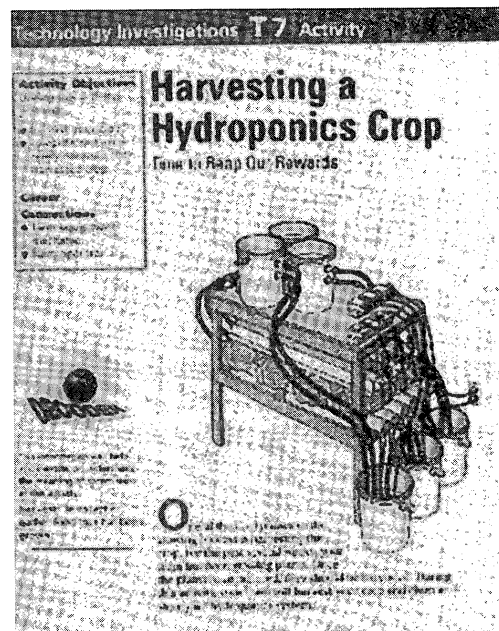


図2 「食料生産」技術科の題材「水耕栽培システム」

表2 「食料生産」数学とCESSMとの関連性

スタンダード	既習事項	学習事項				
		M1	M2	M3	M4	M5
Std1 問題解決としての数学		■				
Std2 コミュニケーションとしての数学						■
Std3 推論としての数学		■				
Std4 数学的つながり		■				
Std5 数と数の関係	■					
Std7 計算と見積もり	■					
Std8 パターンと関数		■				
Std10 統計		■				■
Std13 測定	■				■	

表3 「食料生産」理科とNSESとの関連性

スタンダード	既習事項	学習事項				
		S1	S2	S3	S4	S5
Std1 概念とプロセス		■				
Std2 地球と宇宙の科学			■			
Std3 探求としての科学		■				
Std4 科学と技術	■					
Std5 物理	■					
Std6 科学の個人的・社会的な展望	■					
Std7 生命科学		■		■		
Std8 科学の歴史と本質						■

表4 「食料生産」技術科とSTLとの関連性

スタンダード	既習事項	学習事項						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Std3 技術と他の分野との関わり	■							
Std4 技術の文化的、社会的、 経済的、政治的な影響	■							
Std8 設計の特徴				■				
Std9 工学的設計					■			
Std10 トラブルシューティング、研究開 発、技術革新、実験の役割		■						
Std11 設計プロセスの応用					■			
Std12 技術的な製品とシス テムの使用と維持			■					
Std13 製品とシステムの影響 に対する評価						■		■
Std15 農業技術とバイオテクノロジー					■			
Std16 エネルギーと動力の技術		■						
Std18 輸送技術	■							
Std19 製造技術			■					

これらの結果から、複数教科で統合カリキュラムを編成する場合、「食料生産」のように各教科の教育内容を踏まえつつ、学際的なテーマに基づく統合モデルを採用することによって、各教科の固有性と教科間の有機的な連携を両立することができるのではないかと考えられる。

4. 「食料生産」の教育内容と我国の学習指導要領との対比

「食料生産」の教育内容を、我国の中学校学習指導要領における数学第1学年¹⁷⁾、理科第2分野¹⁸⁾、技術・家庭科技術分野¹⁹⁾の教育内容と対比したところ、「食料生産」の数学では、我国の数学「A 数と式」に含まれる小数と整数の概念、及び「C 数量関係」に含まれる縮尺、作図等の学習内容に若干の関連性は認められたものの、対応する学習内容に学年間の大きなばらつきがあり、一致度は必ずしも高くなかった(図3)。

しかし、「食料生産」の理科では、我国の理科第2分野「(1)植物の生活と環境」に含まれる「生物の観察」、「植物の体のつくりと働き」、「植物の仲間」等、植物の生態や生理に関する教育内容がよく一致すると共に、「(5)生物の細胞と生殖」、「(7)自然と人間」及び、「(2)大地の変化」等の一部にも関連する教育内容が認められた。その一方で、「食料生産」の理科では、我国の理科第2分野よりも、対照実験の計画と実行等、調査や実験の手法といった方法知の育成を重視する傾向があると推察された(図4)。

「食料生産」の技術科では、我国の技術・家庭科技術分野・内容A「技術とものづくり」に含まれる「(6)作物の栽培」を中心に、「(2)製作品の設計」、「(5)エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作」との関連性が見出された。また、「(1)生活や産業に果たす技術の果たす役割」や「(3)製作に使用する工具や機器の使用方法及びそれらによる加工技術」との部分的な接点も認められた(図5)。

このうち、「(2)製作品の設計」の「製作品に用いる材料の特徴と利用方法」との関連性が認められた「食料生産」の「T2 材料の種類の調査」の教科書記述では、「材料には多様な種類があり、それぞれに特徴や長所、短所を持っていること」、「製作では、製作品の機能が適切に発揮され、必要な強度が得られるように、材料を単独又は組み合わせで選択することが重要であること」等が取り上げられていた(図6-1)。また、「(2)製作品の設計」の「製作品の構想の表示」との関連性が認められた「食料生産」の「T3 作業図の読み取り」の教科書記述では、「製図が部品の形状やサイズを交流するために必要であること」、「平面図、側面図、正面図による製図(投影図)に寸法を記入する方法や凡例」などが取り上げられていた(図6-2)。同様に、「(5)エネルギー変換を利用した製作品の設計・製作」との関連性が認められた「食料生産」の「T1 技術的なシステム」の教科書記述では、「電気回路の構成」として電圧、導線、電流、スイッチ等の用語の説明や基本的な直列回路の構成方法が取り上げられていた(図6-3)。

これらのことから、「食料生産」の技術科に含まれる教育内容だけで我国の技術・家庭科技術分野の内容A「技術とものづくり」の基礎・基本を網羅するものではないが、少なくとも「水耕栽培システムの設計・製作」は、我国においても設計・製図、材料の加工、エネルギーの変換と利用、作物の栽培等、ものづくりに関わる幅広い教育内容を理科第2分野の教育内容と関連付けて総合的に取り扱うことができる題材であることが示唆された。しかし、水耕栽培はエネルギー多投型の栽培方法で、野菜などの一部の生産に用いられているに過ぎず、栽培技術全体に対する理解を形成するためには、土地利用型の栽培方法に関する教育内容とのバランスを保たなければならないことに注意が必要である。

学習指導要領（中学校数学第1学年）

「食料生産」（第7学年）

<p>「A 数と式」 用語・記号：「自然数、符号、絶対値、 項、係数、$<$、$>$、\leq、\geq」</p> <p>(1)「正の数と負の数について具体的な場面での活動を通して理解し、その四則計算ができるようにする。」</p> <p>(2)「文字を用いて関係や法則を式に表現したり式の意味をよみとったりする能力を養うとともに、文字を用いた式の計算ができるようにする。」</p> <p>(3)「方程式について理解し、一元一次方程式を用いることができるようにする。」</p>
--

<p>「B 図形」 用語・記号：「弧、弦、回転体、π、h、\perp、\angle、Δ」</p> <p>(1)「基本的な図形を見直しをもって作図する能力を伸ばすとともに、平面図形についての理解を深める。」</p> <p>(2)「図形を観察、操作や実験を通して考察し、空間図形についての理解を深める。また、図形の計量についての能力を伸ばす。」</p>

<p>「C 数量関係」 用語・記号：「変数、変域」</p> <p>(1)「具体的な事象の中にある二つの数量の変化や対応を調べることを通して、比例、反比例の関係を見だし表現し考察する能力を伸ばす。」</p>

<p>M1「データ収集方法」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特定の課題のために用いるべき、適切なデータ収集方法（サンプル、シミュレーションあるいは実験）を見分ける <p>小学校 算数科第4年生 D数量関係(1)(3) に該当 中学校 数学科第2年生 C数量関係(2) に該当</p>
--

<p>M2「グラフ化したデータの解釈」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・折れ線グラフ、棒グラフ、分布図の解釈 <p>小学校 算数科第3年生 D数量関係(1) に該当</p>
--

<p>M3「小数と整数」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・四則演算、正と負の数、整数と小数の理解 ・小切手を使う ・表計算の使い方

<p>M4「縮尺図の製図」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・差しを使った製図の技術 <p>中学校 数学科第3年生 B図形(1) に該当</p>

<p>M5「データ分析と統計学」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平均と中央値の計算、そして最頻値の発見 ・適切な図表を使った、資料の提示 <p>小学校 算数科第6年生 D数量関係(3) に該当</p>
--

——— : 対応がある関連性 - - - - - : 部分的な関連性

図3 「食料生産」と学習指導要領中学校数学第1学年との対比

学習指導要領（中学校理科第2分野）

「食料生産」（第7学年）

<p>(1)「植物の生活と循環」</p> <ul style="list-style-type: none"> 生物の観察 植物の体のつくりと働き 植物の仲間

<p>(2)「大地の変化」</p> <ul style="list-style-type: none"> 地層と過去の様子 火山と地震
--

<p>(3)「動物の生活と循環」</p> <ul style="list-style-type: none"> 動物の体のつくりと働き 動物の仲間
--

<p>(4)「天気とその変化」</p> <ul style="list-style-type: none"> 気象観測 天気の変化
--

<p>(5)「生物の細胞と生殖」</p> <ul style="list-style-type: none"> 生物と細胞 生物の殖え方

<p>(6)「地球と宇宙」</p> <ul style="list-style-type: none"> 天体の動きと地球の自転・公転 太陽系と惑星

<p>(7)「自然と人間」</p> <ul style="list-style-type: none"> 自然と環境 自然と人間

<p>S1「対照付きの実験」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1つの変数を調査する実験の計画と実行 ・データの正確な収集と記録 （トピック：アブラナの観察）
--

<p>S2「土壌の特徴のテスト」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・成長に影響を与えるかもしれない土壌サンプルの要因の比較と対比 ・特定の植物に対して最も良い土壌の提案 （トピック：土壌の侵食）
--

<p>S3「種と雑草」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・種の部分的な組織の識別 ・1つの変数を調査する実験の計画と実行
--

<p>S4「養分 / 植物の食品」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・植物の観察から、植物の養分の生産及び緑色と葉の色素の関連 （トピック：害虫駆除に対する対応）

<p>S5「植物の繁殖」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・花の形の比較と対比
--

——— : 対応がある関連性 - - - - - : 部分的な関連性

図4 「食糧生産」と学習指導要領中学校理科第2分野との対比

学習指導要領（中学校技術・家庭科技術分野）
「A 技術とものづくり」

「食料生産」 (第7学年)

(1) 「生活や産業の中で技術の果たしている役割」
「技術が生活の向上や産業の発展に果たしている役割について考えること。」
「技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。」
(2) 「製作品の設計」
「使用目的や使用条件に即した製作品の機能と構造について考えること。」
「製作品に用いる材料の特徴と利用方法を知ること。」
「製作品の構想の表示方法を知り、製作に必要な図をかくことができること。」
(3) 「製作に使用する工具や機器の使用方法及びそれらによる加工技術」
「材料に適した加工法を知ること。」
「工具や機器を適切に使い、製作品の部品加工、組立て及び仕上げができること。」
(4) 「製作に使用する機器の仕組み及び保守」
「機器の基本的な仕組みを知ること。」
「機器の保守と事故防止ができること。」
(5) 「エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作」
「エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り、それらを利用した製作品の設計ができること。」
「製作品の組立て・調整や、電気回路の配線・点検ができること。」
(6) 「作物の栽培」
「作物の種類とその生育過程及び栽培に適する環境条件を知ること。」
「栽培する作物に即した計画を立て、作物の栽培ができること。」

T1 「技術的なシステム」
・ 特定の問題を解くシステムを設計するための情報の応用 (電気と流体を利用した栽培システムの構想) (トピック：生産から市場まで)
T2 「材料の種類の調査」
・ 構造に関する問題を解決するために材料を変えることについての理解
T3 「作業図の読み取り」
・ 材料表を準備するために所定の製作図と概略図からの情報の使用 ・ 単純な概略図の準備
T4 「システム設計」
・ 水耕栽培システムに栽培環境を設計し導入。 (道具や装置を安全に使う能力の実証) ・ 作物の成長を促す流体や電気のシステム
T5 「水耕栽培のシステムをテストする」
・ 栽培環境のデータ収集のためのテストとモニタリング(日々の植物の観察) ・ 栽培環境システムの評価と改善の提案(水耕栽培システムの維持、管理、改良)
T6 「水耕栽培の研究と報告」
・ 水耕栽培の価値の評価と、これまでの学習の利用(日々の観察によるデータの利用)
T7 「水耕栽培で栽培した作物の収穫」
・ 作物の収穫 ・ 収穫された作物の測定と正確な計量 (トピック：動力による収穫効率の違い)

——— : 対応がある関連性 ——— : 部分的な関連性

図5 「食料生産」と学習指導要領中学校技術・家庭科技術分野との対比

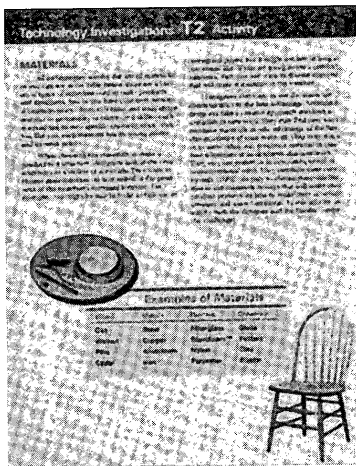


図6-1 材料に関する記述

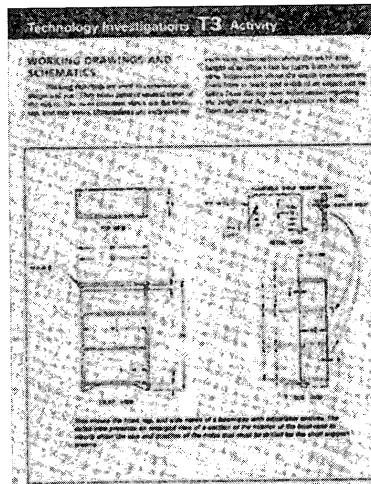


図6-2 製図に関する記述

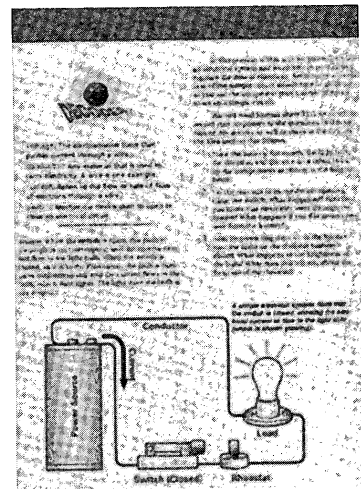


図6-3 電気回路の構成に関する記述

図6 技術分野内容A「技術とものづくり」と関連する「食料生産」の教科書記述例

5. まとめと今後の課題

以上、本研究では、米国における数学、理科、技術科の統合学習カリキュラム IMaST の第7学年用学習モジュール「食料生産」に焦点をあて、その教育内容の構成を明らかにした。その結果を以下にまとめる。

- 1) 「食料生産」は、「材料の適切な使い方及び食料を生産するための技術に関する知識に基づいた意思決定のための問題解決過程の実行」を目標とし、学際的・現実的な問題を題材に、実験や演習を通して、構成主義的な学習が進められるように設定されていた。
- 2) 米国における各教科のスタンダードと「食料生産」の教育内容との比較を行ったところ、数学が方法知の応用という形で関連づけられている一方、理科と技術科は内容知・方法知共に関連付けがなされており、各教科の固有性を重視した連携が図られていた。
- 3) 「食料生産」の教育内容と我国の学習指導要領との対比を行った結果、数学では、系統性の違いによって教育内容の一致度は必ずしも高くなかった。しかし、理科では、第2分野に含まれる植物の生態や生理に関連する教育内容が部分的に一致する一方、方法知に関わる教育内容の扱いに差異が認められた。技術科では、題材「水耕栽培システムの設計・製作」において内容A.「技術とものづくり」に含まれる多くの教育内容との接点が見出された。

IMaST プロジェクトはあくまで試行的な取り組みであり、統合学習モデルとして米国において必ずしもコンセンサスが得られているものではない。しかし、複数教科のカリキュラムを統合することは、各教科間の教育内容を有機的・効率的に関連づけ、学習指導の無用な重複を防止する共に、生徒にとって学習の文脈が見えやすくなるという点で重要な手法である。とりわけ、IMaST で採用されている「テーマに基づく統合モデル」は、複数教科の教育内容を一旦分解し、新しい教科としてカリキュラムを再構築するのではなく、各教科の系統性や独自性、固有の役割を尊重しつつ、現実的で学際的な問題を題材として取り扱うことができるという点で、興味深い事例といえる。

しかし、本学習モジュールが現実的・学際的な教育内容を包含しているからといって、それを我国の「総合的な学習の時間」との関係において捉えるべきではない。「総合的な学習の時間」は、各教科の学習成果を基礎とし、生徒が自ら課題を見つけ、考え、主体的に判断し、学習活動を展開していくものである。決して、「総合的な学習の時間」を通して、教科学習における基礎・基本を習得するのではない。この点において、「食料生産」のカリキュラム構造とは、根本的な理念に違いがあると考えられる。今後は、IMaST の他の学習モジュールの教育内容を本研究と同様に検討し、モジュール間の相互関係を全体像として明らかにすると共に、各学習モジュールの実際の授業を分析し、統合性を持った教科学習としての学習効果を検証する必要がある。これらについては今後の課題とする。

付 記

本研究は、平成 11～12 年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（1）課題番号 11680189、研究代表：角 和博、研究分担：森山 潤・丹野 到・草場聡宏・布田哲也・高井 久）「アメリカ合衆国における数学・理科・技術科の統合学習カリキュラムの研究」の補助を受けて実施した研究成果の一部である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、懇切なるご指導を賜りましたイリノイ州立大学応用科学部教授 Franzie Loepp 先生 (CeMaST プロジェクトディレクター) , CeMaST プロジェクトコーディネータ Richard Satchwell 先生, 並びに貴重な資料の入手に格別のご配慮を賜りました本学理数科学教育講座助教授 宮崎樹夫先生に心より厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) American Association for the Advancement of Science.: Project 2061 : Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press. (1993).
- 2) National Council of Teachers of Mathematics: Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics. (1989).
- 3) National Academy Press : National Science Education Standards, Fifth Printing, pp.22-24 (1998).
- 4) International Technology Education Association : Standards for Technological Literacy, pp.6-9(2000).
- 5) Franzie L. Loepp: Models of Curriculum Integration, The Journal of Technology Studies Volume XXV, Number 2, Summer /Fall, pp.21-25(1999).
- 6) Center for Mathematics, Science and Technology: IMaST at a glance. Illinois State University. p.1(1998-1999)
- 7) 宮川秀俊: 国際化と木材教育, 日本木材加工技術協会誌第 50 巻第 12 号, pp.587-593(1995)
- 8) 角 和博・丹野到・草場聡宏: アメリカ合衆国における IMaS プロジェクトの統合学習カリキュラムについて, 日本科学教育学会研究会研究報告第 13 巻第 3 号, pp.69-72 (1998)
- 9) 森山 潤・角 和博: アメリカ合衆国における数学・理科・技術科の統合学習:IMaST のカリキュラム構造, 日本教科教育学会全国大会論文集 pp.154-157(1999)
- 10) 角 和博・森山 潤: アメリカ合衆国における数学・理科・技術科の統合学習:IMaST の教育目標と内容, 日本教科教育学会全国大会論文集 pp.158-161(1999)
- 11) 角 和博・布田哲也: IMaST 教科書による数学・理科・技術科を統合した学習内容, 日本産業技術教育学会第 43 回全国大会講演要旨集, p.59(2000)
- 12) 前傾 6) The IMaST Curriculum, 7th Grade, p.2
- 13) CeMaST, IMaST Project : Food Production, pp.6-7, Glencoe, McGraw-Hill, Peoria, IL(1998)
- 14) 前傾 12) Mathematics Investigations, pp.52
- 15) 前傾 12) Science Investigations, pp.53-99
- 16) 前傾 12) Technology Investigations, pp.100-153
- 17) 文部科学省: 中学校学習指導要領 (平成 10 年度告示), 数学第 1 学年, pp.35-36, 財務省印刷局 (1998)
- 18) 前傾 16) 理科第 2 分野, pp.50-57
- 19) 前傾 16) 技術・家庭科技術分野 pp.80-82

Constructions of Learning Contents of the “Food Production” module of the IMaST (Integrated Mathematics, Science and Technology) Project in U.S.

Jun MORIYAMA: Faculty of Education, Shinshu University

Hisashi TAKAI: Graduate School of Education, Shinshu University

Kazuhiro SUMI: Faculty of Culture and Education, Saga University

The IMaST (Integrated Mathematics, Science and Technology) Project, which aims at integration of Mathematics, Science and Technology Education, is one of the curriculum development projects implemented by the CeMaST (Center for Mathematics, Science and Technology Education) of Illinois State University in U.S. from 1991. The purpose of this study was to obtain suggestions for methods of curriculum integration based on the interdisciplinary topics, through the analyses of the learning contents of “Food Production”: FP (for 7th grade) module of IMaST.

The main results were as follows: (1) the learning contents of the FP module well included the standards of each subject in U.S. (CESSM 1989, NSES 1998, STL 2000). It was suggested that curriculum integration by the “theme based model” could combine the characteristics of each subject and the interdisciplinary topics in real world. (2) As the results of comparisons with the Course of Study for Lower Secondary Schools in Japan (1998), plant physiology and ecology in science activities of the FP module was closely related to the “Field 2” of science Education in Japan. (3) Also, designing, constructing and testing activities of the hydroponics system in technology activities of the FP module included some items of the Contents A: “Technology and Manufacturing” in Japanese Technology Education. It was suggested that the comprehensive and technological activities such as “developing hydroponics system” would be able to make relationships between Science and Technology Education in Japan.

Keywords: Integrated Curriculum, Mathematics, Science, Technology, Learning Contents, Food Production

(2002年12月12日 受理)