

(独立行政法人教員研修センター委嘱事業)

教員研修モデルカリキュラム開発プログラム

報告書

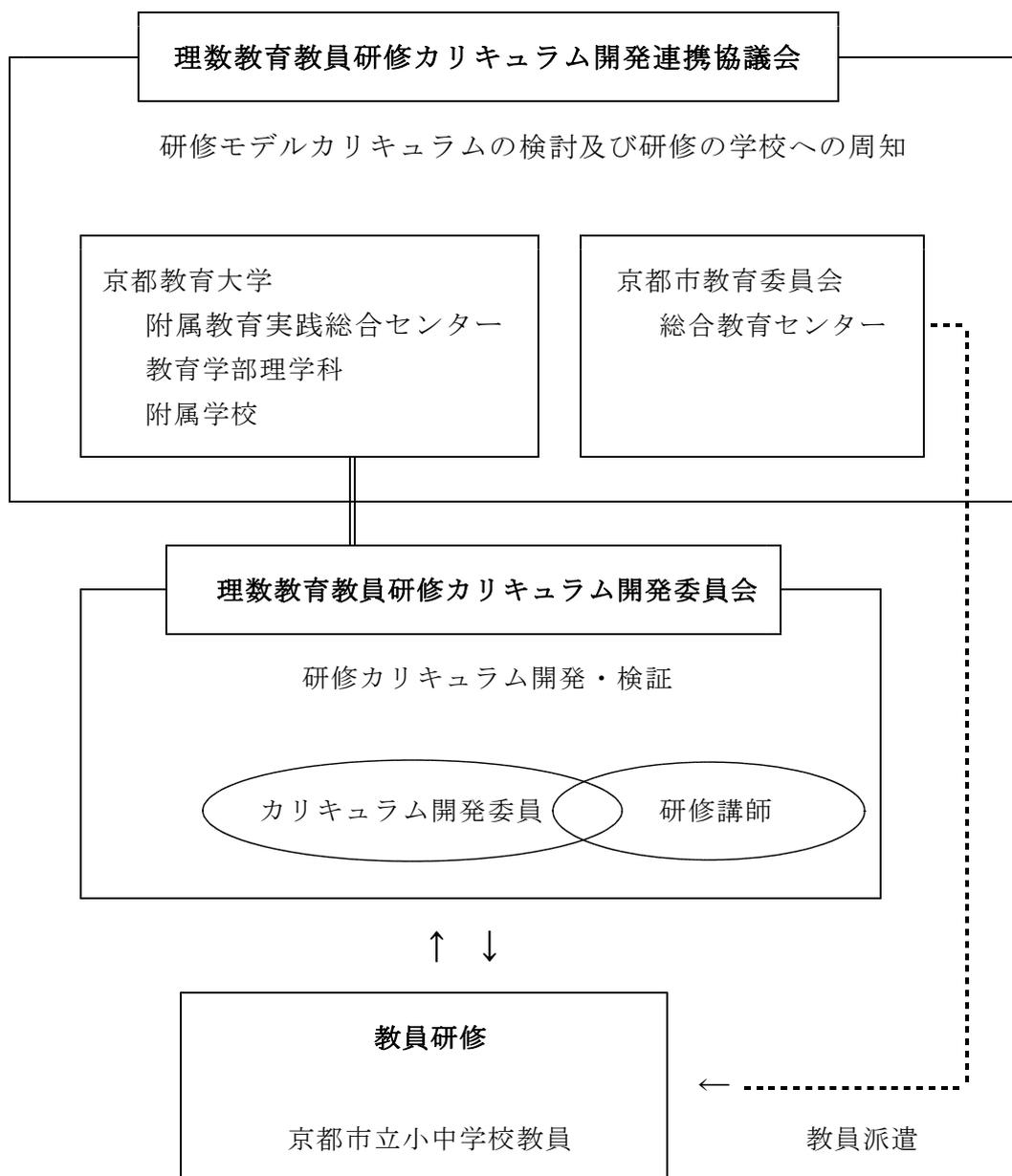
プログラム名	小中学校における理数教育充実のための認知促進プログラム研修
プログラムの特徴	英国で開発された認知促進のためのプログラム（CASEプログラム）の理念と実際を学ぶとともに、我が国の児童・生徒に適応するように改良した試行プログラムの検討を行い、これを理解してそれぞれの学校や教科・領域において実践できる教員を養成するための研修カリキュラムを開発する。今年度は、CASEプログラムの考え方や授業の構成原理を深く学ぶことを目指して、30レッスンすべてを体験してもらった。

平成22年3月

京都教育大学

京都市教育委員会

## プログラム概要



## I 開発の目的・方法・組織

### 1. 開発の背景・目的

新しい学習指導要領においては、「基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着とこれらを活用する力の育成」を目標に「思考力・判断力・表現力等をはぐくむこと」が求められている。とりわけ理数教育においては、「基礎基本の習得と科学的な思考力の育成」を共に図りながら、児童生徒の「理数教育への関心や意欲」を高めていくことが求められている。こうした課題に応じていくためには、認知発達レベルにまで踏み込んで、児童・生徒の学力形成の過程を捉えた学習指導が必要である。

英国では、学習者の認知レベルを的確に捉え、それを促進させるカリキュラム（CASEプログラム）の開発と実践が進められ、学力の向上が図られている。科学に必要な思考操作能力（変数の扱い、分類概念、確率的考え、相関関係等々）を育成し、認知促進を図るプログラムである。教材は全30ユニットからなり、徐々に高い認知レベルに昇っていくように工夫されている。最初の段階では「変わるものは何?」「2つの変数」「どんな関係?」など、変数に関する思考操作を行い、次に分類、比例や反比例の関係、蓋然性、モデル、複合変数、平衡などの思考操作に進んでいく。このプログラムで認知レベルが向上したグループは、理数以外の学力（たとえば言語力）も向上していることが確かめられている。

我が国でもこれを改良して、小学校高学年から中学校1、2学年の理数教育や総合的な学習の時間などに組み込んで実施し、学力向上に活用することは十分に可能である。しかしそのためには、指導する教員がCASEの考えをよく理解しており、かつ授業を効果的に展開するための指導技術を習得している必要がある。

本プログラムでは、CASEプログラムの理念と実際を学ぶとともに、我が国の児童・生徒に適応するように改良した試行プログラムの検討を行い、これを理解し、さらに改良してそれぞれの学校や教科・領域において実践できる教員を養成するための研修カリキュラムを開発する。

また、このプログラムは、多くの活動・討論などから構成されており、生徒達への認知的葛藤の生成、討論による認識変容、振り返りによるメタ認知、獲得した思考スキルの他への活用などを意識的に組み込んだものである。受講者は研修の過程で、生徒への問いかけ、判断の保留、特定の子どもたちへの適切なやりがいのある課題設定、討論を引き起し活気づける発言など、理数教育に留まらず、学習活動全般を改善していくための多くの授業技術を習得することができる。

平成21年度では、小中学校の理数教育を担う少数の中核教員（20名ほど）を対象にした研修を通してプログラムの教材化を図る。これを基に、次年度以降は研修修了教員による一般教員研修を実施し、更に改善して全国の研修で使用できるようにしたい。今回の教員研修モデルカリキュラムは、我が国で初めてのものであり、理数教育の充実を図るための教員研修に新しい方法をもたらすものである。

## 2. 開発の方法

### (1) カリキュラム開発

- ・京都教育大学を中心にしカリキュラム開発委員会において、CASEプログラムの翻訳や実験教材の製作を研究的に行い、研修モデルカリキュラムの開発を行う。
- ・小・中学校の「理数教育」を担う中核教員を20名程度募集し、研修を行う。
- ・研修ごとに、受講者による振り返りを行い、CASEプログラムの内容と方法について開発者と共に検討する。
- ・CASEプログラムのために開発された認知調査テストや、米国で開発された科学的思考力の評価テスト（Lawson Test）を改良・利用することにより、プログラムの改善を図る。
- ・研修終了時に、日本版CASEプログラムの検証を通して、内容及び教育課程への位置付けや適応学年等を整理するとともに、より汎用性のある研修モデルカリキュラムへの改善を図る。

## 3. 開発組織

京都教育大学附属教育実践総合センターを中心に、京都市教育委員会との「理数教育教員研修カリキュラム開発連携協議会」をつくり、研修モデルカリキュラムの検討及び研修の学校への周知などについて協議する。また、この連携協議会の下に、本学および他大学の研究者、CASEプログラムを実践している先進校の担当者、京都教育大学附属桃山中学校、同附属京都中学校の主幹教諭をメンバーとする「理数教育教員研修カリキュラム開発委員会」を設置し、研修カリキュラムの開発と検証を行う。

### (1) 開発体制

No	所属・職名	氏名	担当・役割	
	<b>&lt;連携協議会&gt;</b>			
	京都教育大学			
1	副学長	丹後弘司	全体責任	
2	教育実践総合センター長	安東茂樹	運営総括	
3	教育実践総合センター・教授	岡本正志	カリキュラム開発責任、研修運営	
4	教育実践総合センター・教授	外川正明	研修運営、市教委との連携・調整	
5	教育実践総合センター・教授	松村千鶴	研修運営	
6	教育学部・准教授	谷口和成	カリキュラム開発、研修運営	
	京都市教育委員会			
7	京都市総合教育センター・指導主事	山本 泉	開発連携・市立学校等との調整	
8	京都市総合教育センター・指導主事	畑中一良	開発連携・市立学校等との調整	
	<b>&lt;開発委員会&gt;</b>			
	本学教育実践総合センター・教授			
	本学教育学部・准教授			
9	教育実践総合センター・講師	樋口とみ子	カリキュラム開発、研修講師	再掲 再掲

10	本学附属桃山中学校・主幹教諭	前園律子	カリキュラム開発、研修講師
11	同 京都中学校・主幹教諭	垂井由博	カリキュラム開発、研修講師
12	大学院生（京都府立城南高等学校 ・教諭）	高橋信幸	カリキュラム開発、研修講師
13	大学院生	米平有里	カリキュラム開発、研修講師
14	香川大学教育学部・准教授	笠 潤平	カリキュラム開発、研修講師
15	立命館大学・教授	山下芳樹	カリキュラム開発・研修講師
16	平安女学院中学校高等学校・教諭	岩間 徹	カリキュラム開発・研修講師
17	立命館中学校高校・教諭	鍵山千尋	カリキュラム開発・研修講師

## II 研修の実際と成果

### 1. 研修の日程および内容

日 程	内 容 (使用教材※)	ねらい Thinking Science との対応
第1回 前半 6月13日	【はじめに】 【講義】 CASEの概要 ・ Philip Adey 氏講演会資料 ・ 補足資料	CASEの考え方の理解
	【実習】 ユニット“変数①” 【討論】	CASEの体験 Lesson1-3 振り返り
第2回 前半 7月11日	【講義】 CASEの理論 【実習】 ユニット“変数②” ユニット“分類”	CASEの理解 体験 Lesson 4,5 Lesson 6,7
	【実習】 ユニット“比率”，“比例性” ユニット“反比例性” 【討論】	体験 Lesson 8,9 Lesson 10-12 振り返り

第3回 9月5日	前半	<b>【実習】</b> ユニット “蓋然性①” ユニット “組合せ” “相互作用”	体験 Lesson 13,14 Lesson 15,16
	後半	<b>【実習】</b> ユニット “相関性” ユニット “蓋然性②” ユニット “蓋然性③” <b>【討論】</b>	体験 Lesson 19,20 Lesson 17,18 Lesson 21,22 振り返り
第4回 10月31日	前半	<b>【実習】</b> ユニット “形式的モデルの使用” ユニット “複合変数” ユニット “平衡”	体験 Lesson 23-25 Lesson 26,27,29 Lesson 28,30
	後半	<b>【講義】</b> 認知能力の評価について <b>【講義】</b> まとめと今後の課題 <b>【討論】</b> 日本版 CASE 教材の検討 <b>【おわりに】</b>	理解 振り返り

※使用教材は、CASEの翻訳をもとにした自作教材  
テキスト化する予定。

## 2. 連携協議会等の実施

- ・運営協議会（開発検討・連携調整）を年3回開催。
- ・開発担当者は、英国でのCASE教員研修プログラムに参加し、研修方法について体験的に学ぶ機会を得たので、これを次年度に活かすことができる。

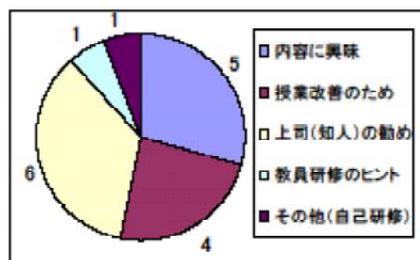
- 4月 運営協議会（全体計画の確認・研修参加者の募集）・委員会
- 5月 委員会
- 6月 委員会
- 7月 委員会
- 8月 運営協議会（進捗状況の確認）・委員会
- 10月 委員会
- 11月 委員会
- 2月 英国CASE研修に参加
- 3月 運営協議会（総括と次年度の予定）

### III 研修の成果と課題

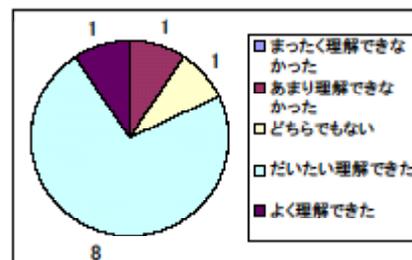
#### 1. 研修終了後のアンケート結果

##### 参加理由

- ・ 実施日：第4回終了時
- ・ 回答数：11(ノ22)
- ・ 内訳 (教員数)
  - 小学校教員：20年以上：3名、5年未満：1名
  - 中学校教員(理科)：20年以上：3名、10-20年：1名
  - 同 (数学)：20年以上：3名



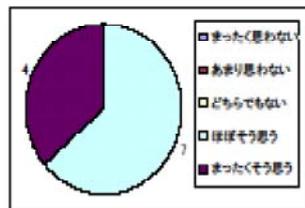
##### CASEについて理解できたか



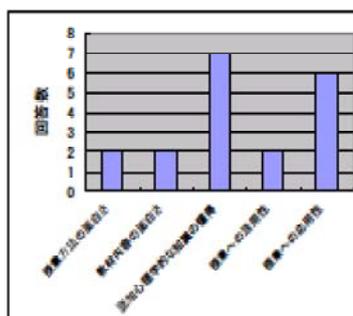
##### 理解できなかった理由

- ・ 研修のあい間の努力を怠ったから
- ・ 自分の授業への実用性

##### 興味をもって参加できたか



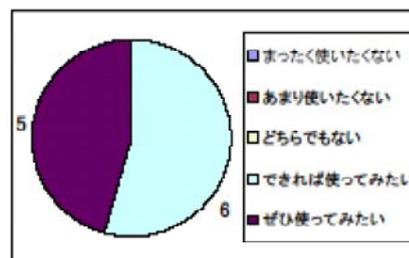
- ・ 全員が興味を持って参加



##### 理由

- ・ 認知論的なアプローチへの興味
- ・ 授業への応用に期待 (そのまま利用するのではない)

##### 自分の授業で使いたい



日本での活用の可能性は否定的だが、自分の授業では用いたいと考えている。(= 研修の意義)

##### 「自分の授業で使いたい」に対する肯定的な理由

- ・ 検証的に同一の内容をやってみる
- ・ 概念をつかませるのに用いたい
- ・ 認知してこそ学習は面白いと思うから
- ・ 表やグラフ (の概念)
- ・ 6年算数での応用を考えている
- ・ 教育全般に必要な内容と思うから
- ・ 全実施は無理だと思うが、切り取って行えば、理数だけでなく他の教科でも活用できる

- ・教科，領域を問わずに使えそうと判断した時にどんどん使う。また、使えそうな単元，題材を考える（探す）
- ・いろいろな場面で子どもに「どうすればいい？」という問いかけをよくする。それが頭の体操レベルではなく，きちんと認知促進につながる問いかけになるようにできれば，子どもに返ると思う。
- ・圧力，密度
- ・新しい単元の導入時（学習の過程で）に取り上げる。この学び（の効果）がどのように現れるか興味がある。

### 印象に残った事柄，有益だった情報

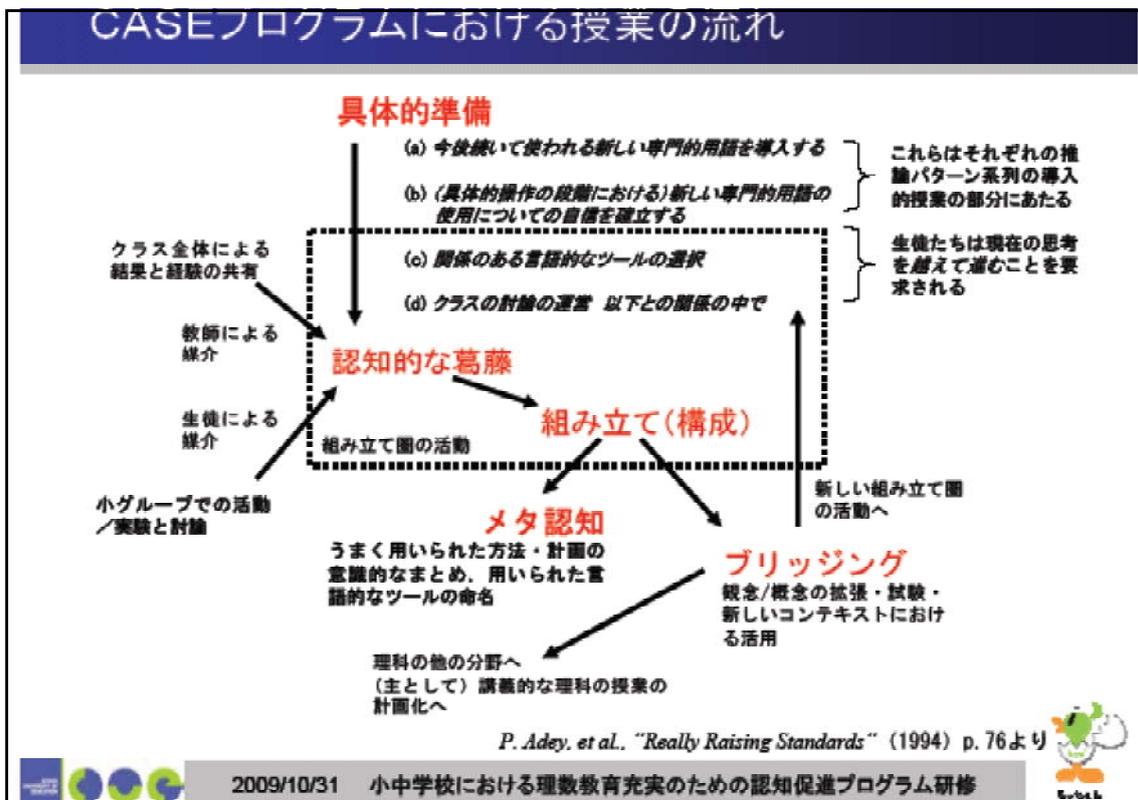
- ・理科（他教科）の先生方と情報交流ができ，子どもにとって必要なことがチームとして考えられたこと
- ・変数・比例性
- ・答えを教えないというものの考え方
- ・変数・確率・比例
- ・実際にやってみてできたことは面白かった。豆のサンプリングなど情報を扱う上でも参考になる使える内容だと思った。
- ・変数・分類に関することが有益だった。公正なテスト，電球をつけるためのスイッチの動作（組み合わせ）が興味深かった。
- ・蓋然性の研修が面白かった。
- ・全貌を紹介いただいたことがよかった。

### 研修全体への感想

- ・現行の数学の練習問題を無条件で機械的に正解している。認知的な葛藤に弱いかもしれないが，今でもなかなか学べない子どもたちが葛藤をすることにより伸びるのだろうか？
- ・条件が複線化することにより，理解がより複雑になるのではという危機感がある。
- ・効果の検証をどうするかがたいへん難しいのではないかな？
- ・大学ならではの大学教員のアカデミックな講義と，実践の可能性について考えさせられる現職の先生方とのコラボがよかった。
- ・評価方法作成に関わりたい。
- ・教材作成や貸し出しなどがあれば，すぐにやってみれるのではないかな？
- ・もっと簡略化して理数以外の先生ができるプログラムになれば，理科を自分で教えるのに悩んでいる人たちも参加するだろう。
- ・教材，教具を自分で作って持ち帰りたい。
- ・実践に移すには，テキストを何度も読まないで難しそうだが，やってみようかなと思える

## 2. まとめと今後の課題

- ・ C A S E の概念は現職教員に“新鮮さ（古くて新しい）”を持って受け入れられた。
  - 認知的アプローチへの興味。
  - 授業論としては「仮説実験授業」的だが、ねらいが異なる。
- ・ ベテラン教員にとっては、日常の授業で行っていることかもしれないが、それを理論的に裏付けたことは共感を呼んでいる。
- ・ 大学教員と現場教員の共同による研修運営は好評。
  - 理論的背景に裏付けられた現場目線の研修が可能。
- ・ 今年度は全体像構成をかんだのみで終了。
  - より深く理解するには、授業実践・研究授業および事例研究が必須。
- ・ 来年度の課題。
  - ・ 各ユニット・授業プランの単なるつまみぐいにならないように注意すべき。
  - ・ 英国の C A による P D プログラム（INSET）は参考になる。



- ### CASEの教材 ①
- 教材名：“Thinking Science”
  - 対象年齢：11歳から14歳（第6学年から第9学年）  
 – イギリスの義務教育：5歳から
  - 授業形態：
    - 4年間の内の2年間で2週間に1回の割合で30回
      - 1回50分～60分
    - 通常の“科学(理科)”の授業と並行に実施
    - 活動の形態：グループ活動
      - さまざまな異なる能力の子どもから構成
      - 互いの顔が見えるように
- 参考：“Let’s Think!”（5歳対象）  
 – 前操作的思考から具体的思考への認知的発達を促進する教材

## CASEの教材 ② ~"Thinking Science"の構成

1	変わるものは何か?	変数
2	2つの変数	変数
3	どんな関係か?	変数
4	「公正な」テスト	変数
5	転がるボール	変数
6	グループに分ける	分類
7	進んだ分類	分類
8	ギヤと比率	比例性/比率
9	手押し車	比例性
10	幹と枝	反比例性
11	つりあいを保つ	反比例性
12	電流、長さ、厚さ	反比例性
13	豆のサンプリング	蓋然性
14	豆を育てる	蓋然性
15	選択肢	組合せ

### 典型的な授業の流れ

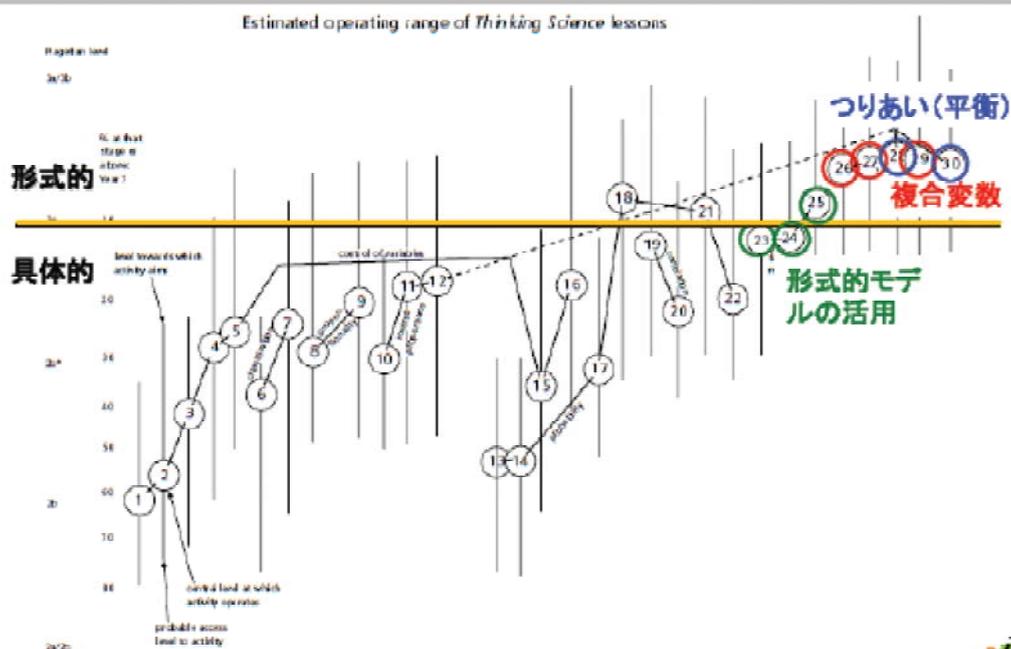
1. 形式的な思考操作を選ぶ。
2. 各々について数回の授業ごとに、実際の実験・実習と紙上の作業を組み合わせた一連の活動を行う。
3. グループおよびクラス全体の討論を通じて十分な体験と反省をさせる。
4. 全体としての認知能力の促進・加速。
5. くり返ししながら、徐々に高度な課題へ。

26	圧力	複合的な変数
27	浮かぶ・沈む	複合的な変数
28	丘を登り谷を下る	平衡
29	ダイバー	複合的な変数
30	つりあいをとりもどす	平衡

- より高度な抽象的・形式的な思考操作が要求される課題へと徐々に進むようになっている。



## Thinking Scienceの各授業における思考操作とその位置づけ



## まとめ ① CASEプロジェクトとは

- 形式的操作一般の能力の段階的発達を加速・促進させる。
  - 2年間(隔週1回:計30回)の授業
  - 思考操作を習得させたり, 自覚させることではない。
- 現実の文脈の中で特定の思考操作を必要とする状況で活動。
  - 活動の前には必ず①具体的な準備がなされる。
  - 教師によって丁寧に設定された困難な課題による②認知的葛藤を経験。
  - 友人や教師との討議により③メタ認知や④社会的構築を体験。
  - 対象としている思考操作を他の経験と関連づける(⑤ブリッジング)。



## まとめ ② CASEプロジェクトとは

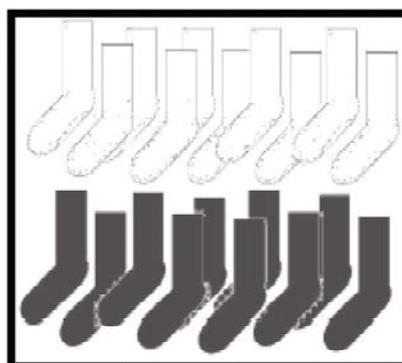
- 教師は子どもと積極的に対話し, 子ども間の議論を促すのみ。
  - 正しい答えを見いだせなくても, 特定の結論を与えたり, 結論を知識として覚えさせることはしない。
  - ときには未解決のままにすることもある。
- 学力の向上に関して長期的な効果がある。



## 15 多項選択

### 導入 靴下

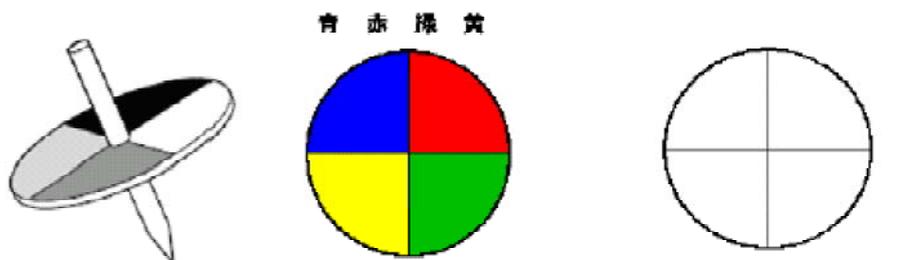
白い靴下と黒い靴下が片方ずつばらばらにたくさん入っている引き出しから、暗闇の中で1組の靴下を探そうとしている人の話から始める。「小道具」として靴下を入れた袋を持って行ってもよい。同じ種類の靴下を2つ得るには最小何回取り出せばよいだろうか？



## 15 多項選択

### 活動1 こまの色塗り

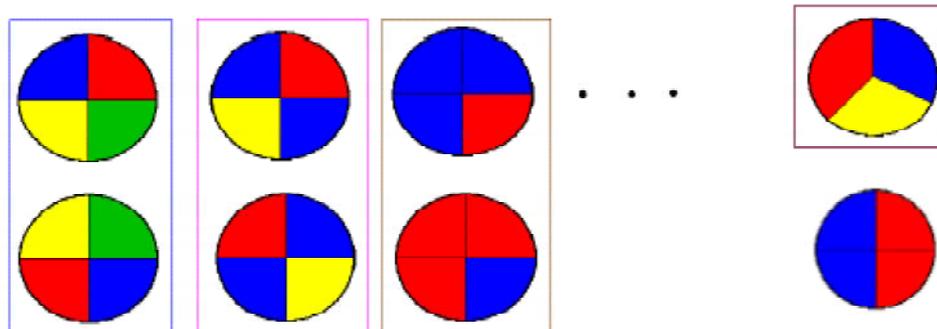
4色の色をこまに塗ることができる。何通りの方法があるだろうか？



ワークカードを配布し、問題を説明し、班で取り組ませる。

もちろん、迷う人はいるだろう...順列？ 配置は？ 面積は？

たんなる色の組み合わせ？ ここではたんなる色の組み合わせについて考えるように言う。



- ・教室を回りながら、組み合わせと順列についての混同を解消する。
- ・自分たちが用いているシステムを書き留めるように促す。
- ・かなり苦勞しているようならば、多数の円が描いてある紙を渡し、それぞれの円に色の組み合わせを書くという具体的な方略を用いるように言う。

・クラス全体を呼び集め、各班に、組み合わせを見つけるためにどんな方法を用いているかを尋ねる。

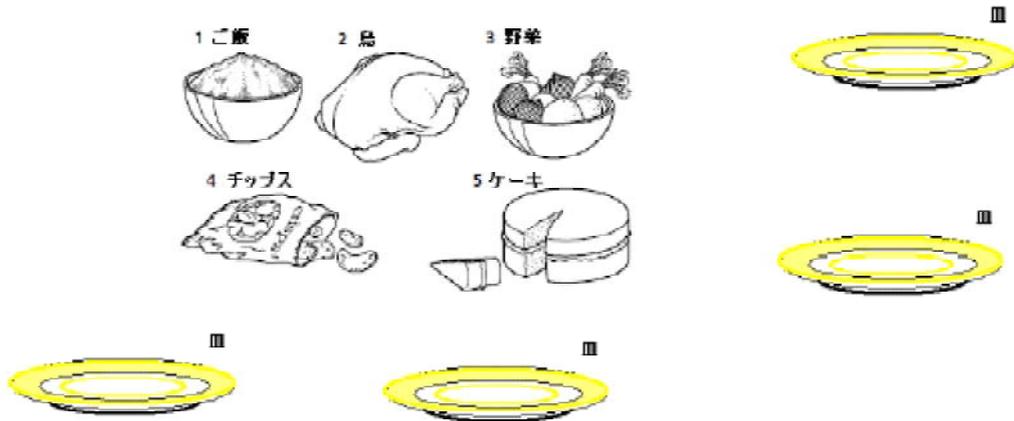
頭に浮かんだ組み合わせを何でも書いていったのか、それとも1つのシステムを使ったのか？

・各班から誰か1人に、黒板を使ってクラス全体に対して自分たちのシステムを説明させる。必要に応じて、組織的な方法を示唆する。そして、生徒たちを助けて、完全なリストを作らせる。

1色	2色	3色	4色
赤	赤緑, 赤青 赤黄	赤緑青	赤緑青黄
緑	緑青, 緑黄	赤緑黄	
青	青黄	赤青黄	
黄		緑青黄	
4	6	4	1
計 15			

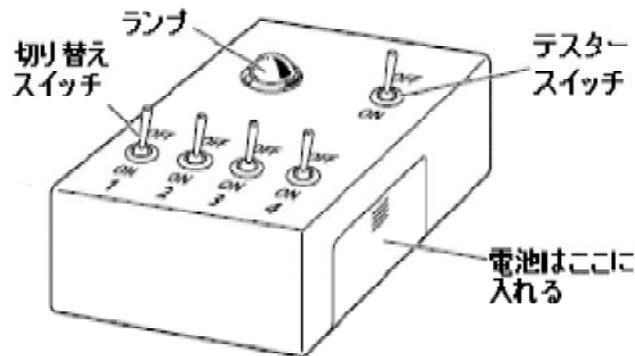
数学的なパターンを見出した人はいないか尋ねる。おそらくこの段階ではない。公式にかなり近くまで達している生徒がいなければ、公式を与えない。

活動2 パーティの食べ物の取り合わせ  
 5種類の食べ物があるとき、それを皿に取る  
 取り方は何通りあるだろうか？



各班にもどって、班で取り組む。今度は5種類のものの組み合わせなのでより難しい。

活動3 スイッチボックス

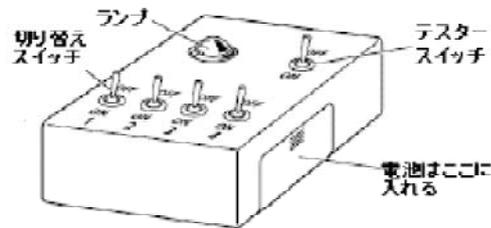


演示用のスイッチボックスを見せる。さりげなくスイッチ1と3をオンにして、「正しい組み合わせのスイッチをオンにしておくとテスターボタンを押したとき電球が点灯する」ことを示す。

組み合わせの例を挙げてみるように求め、2, 3人の生徒に前に来させて、自分の考えを試させる。

### 活動3 スイッチボックス

スイッチを入れる	電球が光る？ はい / いいえ



試することができる4つのスイッチの組み合わせは全部で何通りか？  
自分の班で、すべての可能な組み合わせを試すための組織的な方法  
を見つけなさい。クラス全体に自分たちの方法を説明するように準備  
しなさい。

班で、できるだけたくさんの組み合わせを試すためのシステムを  
考えて紙にリストを書く。うまく行く組み合わせは1つだけでは  
ないことを述べて、それをすべて見つける組織的な方法を見つけ  
なければならないことを告げる。

各班は、もう一度、自分たちの考えを試すことができる。  
ただし規則正しい順番で、1つ1つを表に記録しながら。

これはコマの問題に似ている。4つの組み合わせの「オプション」がある  
からである。

能力の高い班から仮説を出させて、その上で「この仮説を検証するには  
どんな組み合わせを試してみればよいか」をはっきりさせる。これは構  
成である。ただし、このより高いレベルの作業はこの活動に不可欠なも  
のではない。

この活動の主たる目的は、スイッチのすべての可能な組み合わせをは  
っきりとさせることにすぎない。

### まとめ

クラスの中に誰か数学的なパターンを発見した人がいるかどうか再び尋ねることによってこの授業をまとめる。(メタ認知)「2かける2を物の数だけ繰り返してから1を引く(「どれもいれない」という場合を除くために)というような言い方ならいいだろう。しかしこのことを言葉にするのは難しい。

## 授業16 相互作用

**導入** 変数、値、入力、結果について思い出させる。この活動では、生徒たちは2つの入力 変数がまとまって1つの結果の変数に及ぼす 効果を調べようとしている。

### 活動1への導入

**討論** 酵母菌は生きているのか、死んでいるのか、生物なのか違うのか？(パン、ワインなどなど)

**教師のまとめ** 「生きている」「ドライイーストは休眠状態で、水を与えると活動できるようになる」

**教師のつぎの発問** 「もし酵母菌が生きているならば、それについてどんなことが言えるだろうか？」

**生徒の答え** さまざまな答えの中に、「呼吸している」、「食べ物が必要」、「温かさが必要」などもあるだろう。

### 討論の際の発問と答え

➤酵母菌はどんな食べ物を利用しているか？

単純な生物は単純な食べ物—砂糖—を利用している。

➤温かさとは何を意味しているか？

部屋の温度と体温(37℃)とを比較するのに温かさを使っている。

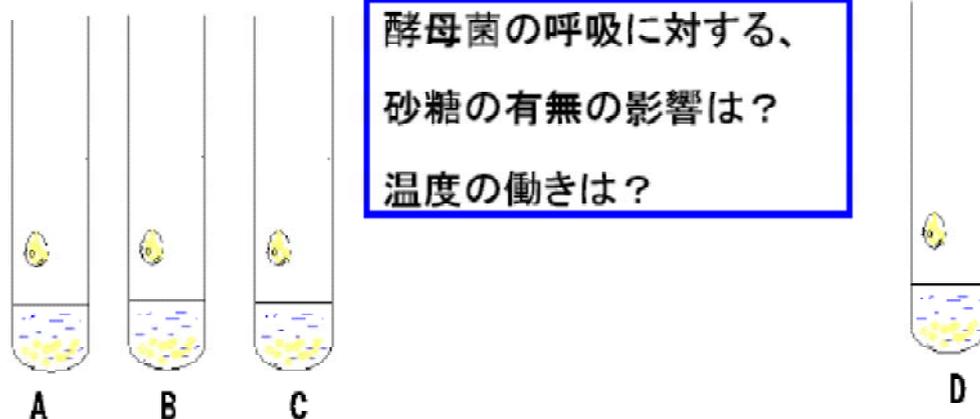
➤呼吸の量はどのように測定するか？

放出される気体の量は、泡立ちの量で見ることができる。

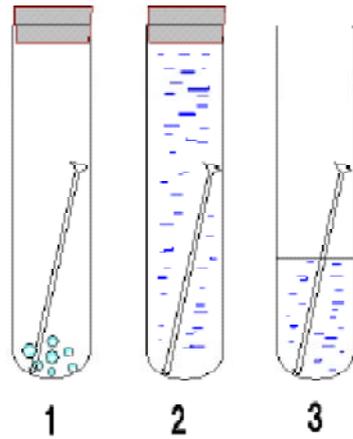
●つぎの課題は、砂糖(食べ物)と温かさが、放出される気体の量に与える効果を検証する実験を計画することである。「ノートシート」を配布し、最初の部分に何が必要かを説明させる。「これらすべての変数について公正な検証実験を行うのに必要となる試験管は何本ですか？」と問う。

## 授業16 相互作用

### 活動1 酵母菌の呼吸



## 活動2 くぎのさび

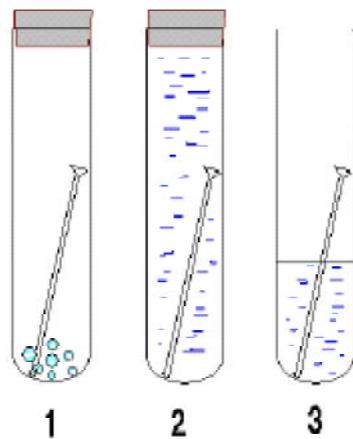


くぎがさびるには

空気の影響は？

水の影響は？

## 活動2 くぎのさびの結果



くぎがさびるには

空気の影響は？

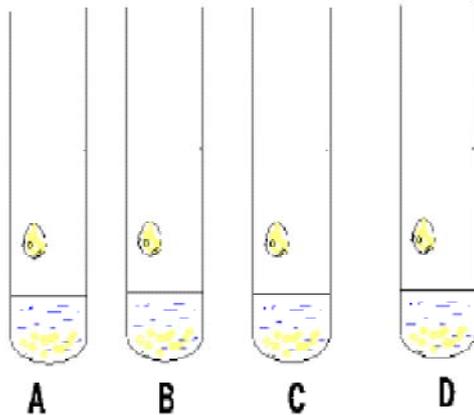
水の影響は？

### 結果

- ・水なし空気あり  
あまりさびない
- ・水あり空気なし  
あまりさびない
- ・水あり空気あり  
よくさびる

## 活動1 酵母菌の呼吸

酵母菌の呼吸に対する、  
砂糖の有無の影響は？  
温度の働きは？



### 結果

- A 砂糖なし温めていない  
気体がまったくでない
- B 砂糖なし温めた  
気体がほとんどでない
- C 砂糖あり温めていない  
気体が少しでる
- D 砂糖あり温めた  
気体がたくさん出る

## 授業16のまとめ

再び、2つの入力変数が共にはたらいて、それぞれ自身の効果の合計よりも大きな効果を生み出した。2つの変数が、相互に作用したのである。まとめの話し合いでは、当初の予測と、この驚きのある結果を取り上げる。

生徒たちに、その他に可能性のある相互作用の例を考えさせ、それを自身の言葉で記述させる。これは、彼らが今体験した関係を見た認知的に振り返らせることによって、自分自身で相互作用の考え方を構築させる場面である。

この授業で何を見出したかをクラス全体に問いかけてまとめる(メタ認知)。この点について、各班で1分間話し合わせ、代表に班の意見をまとめさせる。そして、各班に、「相互作用」に関する彼らの文章を声に出して読ませる。それについては、何もコメントしないで受け入れる。

# 研修風景





研修後のカリキュラム開発委員会



#### IV その他

[キーワード]      C A S E      認知促進      理科教育      理数教育      英国理科教育  
科学的リテラシー      認知的葛藤      ピアジェ      ヴィゴツキー

[人数規模]      B. 11～20名      (今回は各回22人で実施)

[研修日数(回数)]      C. 4～10日      (今回は4回(4時間/回)で実施)

【問い合わせ先】      京都教育大学企画広報課      吉田尚樹  
〒612-8522      京都市伏見区深草藤森町1  
TEL. 075-644-8793      FAX. 075-644-8515