

数学的モデリングにおける問題設定能力について —クロマグロ減少問題に対する中学生の反応から—

柳本 哲・吉村 昇^{*}・竹歳 賢一^{*}

Problem-posing Ability in Mathematical Modeling
-From responses of junior high school students
regarding the problem of the decreasing number of bluefin-

Akira YANAGIMOTO, Noboru YOSHIMURA^{*}, and Kenichi TAKETOSHI^{*}

Accepted December 1, 2010

抄録 : 数学的モデリングの学習過程の中で、問題設定 (Problem-posing) は重要な要素の 1 つであると指摘されている。クロマグロ減少問題を取り上げ、数学的モデリングの教育実験を試みた際に、中学生の問題設定能力について、調査分析することにした。その結果、日本の中学生の問題設定能力は、与えられた情報から出題者が意図した主題にそって問題作成ができる生徒が約 2 割、主題には到らないが、数値計算を求める数学問題の作成ができる生徒が約 7 割、数学問題の作成がほとんどできない生徒が約 1 割であることが分かった。従来の知識技能の習得を中心に育ってきた生徒にとって、与えられた情報からの射た数学問題を作ることは困難となっている。しかし、教師の適切な指導助言によって、この困難はかなり改善される状況にあることも分かった。

索引語 : 数学的モデリング, 問題設定, 数学の応用, 数学的活動

Abstract : It has been pointed out that problem-posing is one important element in the learning process of mathematical modeling. When the problem of the decreasing number of bluefin was used as teaching material for mathematical modeling, we analyzed the junior high school students' "problem-posing" ability. As a result, the students who were able to produce an appropriate mathematical problem for the given theme accounted for about 20% of the total students, the students who were able to produce an appropriate mathematical problem requiring a numerical value calculation accounted for about 70%, and the students who could hardly produce a mathematical problem at all accounted for about 10%. It is difficult to formulate an appropriate mathematical problem from a set of given information for students whose learning has mainly focused on conventional knowledge and skills. However, it was found that the teacher's appropriate guidance and advice alleviated this difficulty.

Key Words : mathematical modeling, problem-posing, application, mathematical activities

註) ^{*} 大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校

I. はじめに

全米数学教師協議会 NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) が 1980 年に出したアジェンダ (An Agenda for Action: 1980 年代の学校数学への勧告) では、その行動目標の 1 番目に「問題解決が 1980 年代の学校数学の焦点にならなければならない」と記されていた。問題解決力を重視したこの流れは、その後の欧米諸国を中心とした国際会議の中でも確認することができる。筆者らが参加した国際会議 ICME 6 (ブタペスト, 1988), ICME 7 (ケベック, 1992), ICME 9 (千葉幕張, 2000), ICME 10 (コペンハーゲン, 2004) を見ても、この状況は引き継がれている。国際化、情報化社会が進む中で、問題解決力の育成はますます教育の中心課題となっている。

日本では、1990 年代の学習指導要領 (数学科) の中で「課題学習」が必修内容として位置づけられたが、その後の「ゆとり」政策、授業時間数削減の中で、この「課題学習」はほとんど実施されていないのが現状である。

松宮哲夫は、「現実性の回復と学習の総合化」をめざして、1982 年に学校数学の中での「総合学習」を提起した。その後、柳本、吉村らは、松宮の研究グループに参加し、この総合学習の実践研究に取り組んだ。与えられた現実の問題場面に対して、主に既習の数学内容を使って、その問題解決に取り組む学習教材の開発である。開発した教材は「湖の数学」「高層ビルの数学」「陸上競技の数学」「鉄道の数学」「交通安全の数学」である。その成果を国際会議で発表する中で、欧米では、この種の研究は数学の応用 (Application), モデリング (Mathematical Modelling) をテーマとして行われていることを知り、筆者らは数学的モデリングの教材開発にも取り組むようになった。

English (1997) は、数学的モデリングの学習活動においては、まず、与えられた現実場面から生徒自身が問題 (Problem) を提起する (posing) 過程が重要であると指摘している。日本では、問題設定と訳されているが、問題設定 (Problem-posing) は、生徒の問題解決スキル、数学への態度や自信、数学概念に対する幅広い理解、等を向上させるという。筆者らは、今春、クロマグロ減少問題をテーマにした数学的モデリングの教材開発を行い、中学生を対象に教育実験を行ったが、その際、この問題に対する中学生の問題設定能力を特に調査してみることにした。

ここでは、中学生の問題設定能力について調査した結果を分析し、数学的モデリングの問題解決学習において、日本の中学生が持っている問題設定能力の一端を明らかにしたい。

II. 数学的モデリングと問題設定能力

数学的モデリングの学習過程とは、大きく分けると、現実の問題場面から種々の条件整理をして現実モデルをつくる第 1 段階、現実モデルから数学化を行って数学モデルをつくる第 2 段階、数学モデルから数学的処理を行って数学的結論をえる第 3 段階、その数学的結論をもとの現実場面にあてはめて翻訳する第 4 段階に分けられる。この翻訳で不整合があれば、さらに条件整理をやり直して、もう一度この四段階のモデリング過程を繰り返すことになる。さらに言えば、各段階において、数学的モデリングに取り組む人、つまりモデラーは常に検証を行いながら問題解決の作業を進めていくことが求められている。

学校数学において、生徒が数学的モデリングの学習体験をする場合、種々のモデリング・スキルを

養っていくことになる。代表的なモデリング・スキルには、状況を数学化すること、仮定を明記すること、重要な情報や変数を識別すること、異なる局面のモデル化をすること、関係を一般化すること、パターンや関係を認識すること、関係を選択すること、推測をすること、結果を検証すること、数学結果を翻訳すること、結果を議論すること、等々がある。もちろん、これらの中には普段の数学の問題解決においても日常的に使われているものもある。問題設定（Problem-posing）というのは、現実場面について与えられた様々な情報から、いま何が問題になっているのか、何を問題とすべきなのか、数学的に見て何が問題となるのか、といったことを理解し発表することを指している。単なるスキルの1つとはいえない経験知を伴った問題意味理解能力、状況判断能力が求められる。数学的モデリングの第1段階に入る時点、つまり問題解決の発端で必要とされる能力である。数学的モデリングの学習活動に入る場合、このスタート時点での問題設定場면을重視して取扱うことが、問題への意味理解、解決への動機付けを高めることになり、種々のモデリング・スキルを身に付けることへと繋がっていくものと考えられている。

Ⅲ. 中学生の問題設定能力調査

中学生を対象に、クロマグロ減少問題をテーマにした数学的モデリングによる問題解決学習のプロセスの中で、生徒の「問題設定」能力を調べる目的で、次のような調査を行った。

- (1) 調査対象：大阪教育大学附属天王寺中学校1年生141人、2年生150人、3年生147人
- (2) 調査日時：2010年3月15日（1年）、8日（2年）、3日（3年） 各50分
- (3) 担当教員：竹歳賢一（1年）、吉村 昇（2年、3年）
- (4) 調査内容：次の順に実施し、④で作られた数学問題を分析する。
 - ① 大西洋地域クロマグロについてのワシントン条約締結国会議に関する新聞記事（図1）等を配布し、ニュースになっている内容の概略を知る。
 - ② 大西洋地域クロマグロの漁獲量と生存量についてのデータ（資料1）を見る。
 - ③ 資料1をもとにクロマグロ漁獲量について、およそのグラフをかく（図2または図3）。
 - ④ 表とグラフから、クロマグロの生存量について、いろいろな数学の問題を作ってみる。
 - ⑤ 作った数学問題の中から1つを選択し、その解答作りを試みる。

第1000号

日

第1000号

第1000号

2010年(平成22年)3月5日

金曜日

14版 2

時時刻刻

きょうから

クロマグロ 禁輸の網

13日からのワシントン条約締結国会議を前に、地中海を含む大西洋産クロマグロの国際取引禁止を支持する姿勢を米国が示した。禁輸へ流れが強まっている。大西洋産の大半は、魚を養殖で捕らえていけず、太らせる形の養殖。乱獲が問題視されていた。禁輸の場合、食卓への影響は、クロマグロをめぐる状況を探った。

大西洋産 米もE.Uも支持へ

「漁より補償」に傾斜

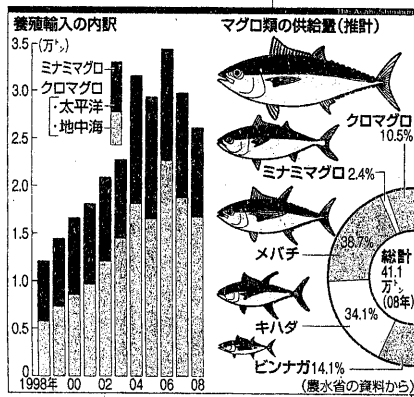
米国は3日、大西洋クロマグロの国際取引禁止を支持する姿勢を表明した。大西洋産の大半は、魚を養殖で捕らえていけず、太らせる形の養殖。乱獲が問題視されていた。禁輸の場合、食卓への影響は、クロマグロをめぐる状況を探った。

コロンビアについて、E.Uは5日にブリュッセルで開く大使級会合で最終決定する予定。現時点で米国の姿勢を明確にしているのは日本への輸出量が多いマルタだけだ。

コロンビアやイタリア、スペインの漁業には、国際的に非難を浴びるよりも、補償を受けて養殖をさせる方が得策との考えが広がっている。これまでの輸出で初めて傾いている。

ワシントン条約 絶滅の恐れがある野生動物植物を守るため、国際取引を規制する条約。73年に採択され、75年に発効。日本は80年に加わった。締結国は175カ国(09年8月現在)。最も規制が厳しい「付属書1」は商業目的の国際取引が禁じられ、ジュゴンやシラカンサなどが掲載されている。

太平洋と大西洋のクロマグロ クロマグロは成長すると体長2.5m、体重400kgを超える。国連食糧農業機関(FAO)などの統計によると、世界の主なマグロの漁獲量のうち、クロマグロが占める割合は3%程度。最も多いのはキハダで、次にメバチ、ビンナガと続く。クロマグロの漁獲量は少ない。大西洋クロマグロと太平洋クロマグロは近年、生物学上は別種として扱われるようになった。



は従わないとの「留保」通告をすれば、自国漁船で漁を続ける道は残る。太平洋産の輸入もある。しかし、欧米が一気に禁止に傾くとは予想しておらず、最近まで水産庁幹部らは「国際取引禁止という最悪の事態は免れるだろう」と見ていた。

養殖へ乱獲減少に拍車

大西洋産のクロマグロは、本宅に危機的な状況。モノコは資源の「減少」を指摘している。ワシントン条約の「付属書1」への掲載を求めている。分布面積の減少や個体数の減少など、生物学上の根拠が認められる。クロマグロは広い海域を回遊する。このため、「分布面積の減少」は、回遊する海域が狭まる。クロマグロは広い海域を回遊する。このため、「分布面積の減少」は、回遊する海域が狭まる。

値上げ在庫で当面回避

4日、千葉県の回転寿司店で食事をしていた女性5人は、「今以上に値段が高くなる」と話した。代わりにカツオやアジを食べようとした。日本に供給されるクロマグロは、約4万3千トン(2008年)。大西洋産が禁輸になるとはほぼ半減する。大西洋産の大半は、養殖でスーパの刺身や回転寿司に使われている。養殖クロマグロの価格は天然のメバチやキハダを上回る。しかし当面は在庫で当面回避。デパートなどに店がある「北辰水産」など、水産店によると、クロマグロとミナミマグロを合わせた国内在庫は、09年12月で約2万7000トン。大西洋産クロマグロの国内供給量の約1年分だ。国内の養殖も09年は2400トンだったが、09年は7千トンを超えるとの見方もある。

関東で60店を展開する回転寿司「すし銀子」では大西洋産クロマグロが売り上げの1割を占める。本村公弘商品部長は「当面は今の価格を維持できる」と話し、「中トロ3990円」の値段は変えない考えだ。供給が減れば、国内養殖などへの切り替えを考えると、必要だ(黒川和久・小林未来)。

山田正彦・農林水産副大臣は4日、「クロマグロ資源がデタラメに減っている」と思いは、(削減)十分だという見解があったと見通しの甘さを認めた。勝田敏彦・ワシントン、井田富子・ブリュッセル、稲田信二・パリ、安川嘉孝。ヤン(東京都)は「大西洋産は、漁業が産業として本格化しはじめた当時比べて、個体数が15%未満に減った確率は90%を超える。付属書1の基準を十分に満たしていない」と説明する。ICCATは09年11月にブラジルで開いた年次会合で、地中海を含む大西洋産クロマグロの10年の漁獲量を、09年比4割減の1万3500トンとした。だが「大西洋クロマグロの絶滅を避けるには、国際貿易を禁止するしかない」とクリン・ヒューズが、自然保護団体からの批判が、大西洋産クロマグロの激減理由を、水産庁は「いけず、太らせる養殖に使ったため、養殖での捕獲が進んだことが大きい」とする。水産総合研究センター連洋水産研究所・静岡市の竹内幸夫所長は、養殖は、はえ縄や一本釣りなど、群れを一網打尽にしやすい。資源への影響が大きい」と話す。(山本智之)

図1 新聞記事(朝日2010.3.5朝刊)

資料1 大西洋地域クロマグロの漁獲量と生存量

大西洋マグロ類保存国際委員会（ICCAT）の推定では、大西洋地域に生息するクロマグロは、1974年の約30万トンにピークに2009年は約8万トンに減少しています。

下の表は、三郎さんがグラフから読みとった大西洋地域のクロマグロの漁獲量です。

西暦年	漁獲量(万 t)	推定生存量(万 t)	西暦年	漁獲量(万 t)	推定生存量(万 t)
1974	2.4	30	1993	3.7	
1975	2.7		1994	4.9	
1976	2.8		1995	5.0	
1977	2.4		1996	5.3	
1978	2.0		1997	4.9	
1979	1.9		1998	3.9	
1980	2.0		1999	3.5	
1981	2.0		2000	3.7	
1982	2.5		2001	3.7	
1983	2.4		2002	3.7	
1984	2.7		2003	3.4	
1985	2.4		2004	3.3	
1986	2.1		2005	3.8	
1987	2.0		2006	3.2	
1988	2.7		2007	3.4	
1989	2.4		2008	—	
1990	2.6		2009	—	8
1991	3.0		2010		
1992	3.5				

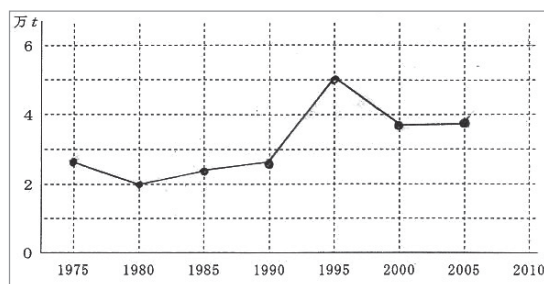


図2 クロマグロ漁獲量の推移（5年毎）

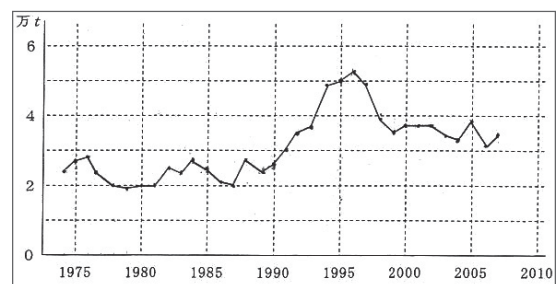


図3 クロマグロ漁獲量の推移（1年毎）

IV. 調査結果と分析考察

1. 生徒設定問題の分類

生徒が設定した問題を、以下のように類別し、分析することにした。まず、問題の類別とその作問例を示す。

PP-A レベル（主テーマのクロマグロ生存量について予測をともなった問題）

このタイプの生徒は、クロマグロ生存量が減少している問題を数学的に分析考察するような問題を少なくとも 1 つは作成し、かつ生存量や絶滅についての予想をともなった問題を想定し、今回の数学的モデリングの課題を的確に把握していると思われるものである。問題の記述については、漠然と問うているものから条件等を詳細に設定しているものまで、かなりの幅があるが、ここでは区別せず、同じレベルの中に入れて考える。作問例は以下の通りである。

○ 1974 年漁獲量 2.4 万 t, 推定生存量 30 万 t である。

(1) 1975 年から産卵しなくなるとし、このまま 2.4 万 t ずつ捕り続けると何年後に絶滅になるでしょう。

(2) 生まれてくるマグロは 1975 年から 2009 年まで同じ量とする。

2009 年の生存量が 8 万 t, 2008 年, 2009 年は捕らなかつたとして増えるマグロの量を求めよ。

○ 2005 年の漁獲量で毎年クロマグロを捕っていくと、いつクロマグロがなくなってしまうのでしょうか。

ただし, 生存量は 1974 年～2009 年までに約 20 万 t 減っており, クロマグロ漁獲量の平均は 3.8 万 t とする。

○ 2009 年のクロマグロの生存量は約 8 万 t と言われています。もし, クロマグロが 1 年間に 0.5 万 t 卵から生まれ, 0.1 万 t 自然的に死に, 毎年 3.0 万 t のペースで人間が捕っていったら, 何年後に絶滅しますか。

○ 漁獲量から生存量を予測せよ。

○ 年 1.3 万 t ずつ増えるとして, 1995 年から 5 年後ずつの推定生存量を求めなさい。

○ 2059 年に生存量をもとの 30 万 t に戻すとき, 漁獲量を何万 t に減らさなくてはならないか。2008 年の漁獲高を 3.3 万 t とし, 小数第三位を四捨五入して求めよ。

○ グラフが下がり続けるとすると, 2010 年には約何万 t になるか。

○ 1974 年 30 万 t, 2009 年 8 万 t, このままで減少すれば, 何年後にクロマグロは絶滅してしまうか。

○ クロマグロの漁獲量は合計 x 万 t だが, 推定生存量は何万 t と予想できるか。

○ 1974 年と比べて 2009 年の推定生存量は何倍になっているか。

もし, クロマグロの推定生存量が減少していくと, 0 になるのは何年か。

○ 2010 年の生存量はいくらになるでしょう。

○ いつになったら生存量はなくなるのか。

PP-A' レベル（主テーマのクロマグロ生存量とその変化についての問題）

このタイプの生徒は、クロマグロ生存量の変化からその比較をするなど、変化の中から生存量を数学的に求めるような問題を少なくとも 1 つは作成し、今回の数学的モデリングの課題に曲がりなりにも接近していると思われるものである。作問例は以下の通りである。

○ 1975 年～2005 年の平均漁獲量はどれくらいか。

その平均から 1975 年～2005 年の総漁獲量を求め, 生存量との関係を考えよう。

○ クロマグロの生存数についてのグラフは, どのように変化しているでしょう。

○ 1974 年からどの位の割合でクロマグロが減っていったか。

○ クロマグロは 1 年間に 3 万 t 誕生し, 3.5 万 t が死んでしまう。もし, 1995 年の生存量が 13 万 t とすると, 2007 年の漁獲量は生存量の何倍になるか。

○ 1 年あたり何 t の量が減っているかを求めなさい。

- 5 年ごとに区切って、漁獲量の平均を出し、推定生存量と比べてどんなことがいえるか。
- 1975 年から 2010 年のクロマグロの生存量を表に表そう。また、その様子を考えよう。
- 1974 年から 2009 年で、推定生存量に対する漁獲量は増したか減ったか。最大はいつか。
- 年平均何 t ずつ生存量は減っているか。

PP-B レベル（副次的局所的な単一数値を求めるような問題）

このタイプの生徒は、様々な数値が与えられている中で、合計や、平均、最大、最小を求めたり、2 数量の比較から割合を求めたりするなど、数値計算によりある値を求めるような問題を作成する水準に留まり、課題本来の生存量の推移や絶滅に関する問題作成には至っておらず、今回の数学的モデリングの課題を的確に把握していないと思われるものである。作問例は以下の通りである。

- 漁獲量は最終的に増えているが、推定生存量は反比例しているか。
- 漁獲量が最大のときの生存量はいくらか。
- (1974 年から 2007 年までの) クロマグロの漁獲量の平均を求めなさい。
- 1980 年度にはどの位のクロマグロが残っているのか。
- 2000 年から 2009 年まででどの位減っているのか。
- 生存量が 30 万 t から 8 万 t になって、割合でいうとどれくらい減ったか。
- 一番生存量が多いときは、推定何万 t か。
- 33 年間のクロマグロ生存量の平均は何万 t か。
- 2010 年の漁獲量はいくらかでしょう。
- 10 年 (5 年) ごとに区切った漁獲量の合計はいくらかでしょう。
- 1990 年の生存量はいくらかでしょう。
- 漁獲量が 0.1 万 t 増えると生存量はいくつ増えるでしょう。
- 一番大きいときから一番小さいときの漁獲量の割合はいくらか。
- 生存量と漁獲量が同じになる年はいつか。
- 1974 年の推定生存量と漁獲量の割合はいくらか。
- 1990 年～1995 年にかけて、漁獲量は毎年何 t ずつ増えていることになるか。
- 1974 年から 2005 年の間で、クロマグロ漁獲量の最大と最小の平均を求めなさい。また、それは 1975 年から 2007 年までの漁獲量の平均より多いか少ないか。
- 2009 年のクロマグロの生存量は、1974 年のときの何倍か。

PP-C レベル（その他の雑多な数学の問題）

このタイプの生徒は、数量を取り上げてはいるものの、資料 1 のデータから数学的に分析考察するような問題とは成り得ないような問題を作成したもので、今回の数学的モデリングの課題をほとんど理解していないと思われるものである。作問例は以下の通りである。

- マグロの生存量と漁獲量の割合が大きいのはどちらですか。
- 漁獲量×生存量がすべて一定になるとする。2009 年の漁獲量はいくらか。
- 漁獲量と生存量は関係しているのか。
- 漁獲量と生存量はどんな関係にあるか。
- 漁獲量が増減すると、生存量はどう変化するか。

PP-D レベル（数学以外の問題）

このタイプの生徒は、数学以外の社会的な要因に疑問を投げかけるような問題を作成しており、今回の数学的モデリングの課題を全く把握せず、数学としての問題も作成できていないと思われるものである。作問例は以下の通りである。

○なぜ 1987 年から急激に生存量（漁獲量？）がふえたのだろうか。

○なぜ 1974 年 30 万 t から 2009 年 8 万 t になったのか。

○1995 年に 5 万 t 捕った後の 2000 年に 3.7 万 t になったのはなぜか

2. 結果と考察

次に、調査結果からの考察を行う。各レベルの問題作成にまで到った生徒の割合は、表 1 の通りである。もちろん、各生徒が作成したいくつかの問題が複数レベルにまたがっている場合は、その上位レベル（ $A > A' > B > C > D$ の順）に生徒を位置づけ、分類している。また、2 年生については、最初に調査した C 組において、あまりにも生徒の反応が鈍く、時間を持て余す状況であったため、残りの A, B, D 組の 3 クラスでは、調査担当者から助言をかなり与えたため、全く異なる結果となっている。つまり、残り 3 クラスでは、まず、クラス全体で漁獲量とクロマグロの生存数の関係について考えさせ、漁獲量が増えると生存数が減り、漁獲量が減ると生存数が増えるという関係を押さえた上で、どのようなクロマグロの生存数を求めてみたいか、また、求められそうな値は何かを考えさせ、個人での問題作成に取り組ませた。さらに、1 年生については、この調査実施に先立って、クロマグロ問題についていろいろ調べてくるよう事前レポート課題を与えていたことも補足しておく。

この結果を見ると、日本の中学生の問題設定能力は、与えられた情報から出題者が意図した主テーマにそって問題作成ができる生徒（A レベル）が 2 割程度、主テーマには到らないが、種々のデータを使った数学問題の作成ができる生徒（B レベル）が 7 割程度、ほとんど数学の問題作成ができない生徒が 1 割程度であろうと予測される。ただし、これは個々の問題内容にも依存すると考えられるので、あくまでも今回のクロマグロ減少問題をテーマにした場合に限定された傾向ではある。また、今回の調査対象が附属学校の生徒で、中位から上位に位置付く生徒たちであることから、一般的な中学生を対象に考えた場合には、現実場面から数学の問題設定ができる生徒はさらに少ないだろうと予想される。

表 1 生徒が作成できた数学問題レベル

	1 年		2 年 C 組		2 年 A, B, D 組		3 年	
P P-A ⅴⅴ								

日本の子どもは、数学活用能力において劣る傾向にあると、PISA 等の国際学力調査結果からいわれている。日本では、明治以来、伝統的な教師主導の一斉授業が広く普及し、知識技能の習得を目的とした受け身の教育が一般的に行われてきた。その結果、今回の調査対象の中学生も例外といえず、

与えられた情報からの射た数学的な問題を作ることは困難であったといえる。その反面、いくつかの数量の関係からいくつかの計算により 1 つの答を導くような文章問題（B レベル）を作ることは、多くの生徒にとって容易なこととなっていることが分かる。この種の問題作りは、近年、学校数学の中にも意図的に多く取り入れられており、その影響が出ているのかもしれない。

一方で、2 年生の異なる結果から視えることは、教師の適切な指導助言によって、B レベルの生徒でも A レベルの問題作りができるようになるということである。数学的モデリングの学習活動の中で、問題設定場面が重要であると捉えるならば、ここで教師の果たす役割について詳細な検証を行う必要がある。

V. おわりに

日本でも学校教育の中で問題解決力の育成が重視されるようになり、学習指導要領でも「課題学習」や「総合的な学習」が取り入れられてきたが、一進一退の状況にあり、教育現場に浸透するまでには到っていない。学校数学の実態を見ても、40 人学級一斉授業スタイル、授業時間数の減少、受験数学という制約、さらに問題解決力の達成度を測ることの難しさなどから、数学的モデリングのような現実場面を取り扱う問題解決学習は、公立学校現場ではほとんど取り扱われていない。

しかし、筆者らが行ってきた数学的モデリングの教育実践では、生徒の数学に対する認識を好ましい方向に変容させるとともに、数学を活用する力を高める様子が確認できている。特に上位に位置する生徒の興味関心は強く、問題解決力の育成や探求心の向上に繋がる手応えも得られている。

ここでの中学生の問題設定能力調査では、与えられた現実場面から主題にそった数学問題を作成する能力は全般的に弱いという、日本の生徒の問題解決力に関わった実態の一端を見ることができた。

数学的モデリングの教材を学校数学の中にできるだけ取り入れ、その学習過程の問題設定場面でどのように教師が支援すればよいかを考えていくことが、今後の課題である。

本研究は、平成 21-23 年科学研究費補助金「基盤研究(C)」(課題番号 21500835)研究代表者 鈴木正彦の一部分である。

参考文献

- [1] NCTM, An Agenda for Action-Recommendations for School Mathematics of the 1980s, pp.1, 1980
- [2] 松宮哲夫「算数教育の変化と進歩」大阪市小学校教育研究会算数部主催第 9 回大阪市算数教育研究発表全国大会における講演（1982 年 11 月 2 日大阪市立今福小学校）、同研究発表会記録集, pp.35-47, 1982
- [3] 横地清著作集刊行委員会「実践的数学教育学をめざして」三省堂, 1984
- [4] 松宮哲夫「数学教育における総合的取扱その史的考察と現在の在り方」数学教育研究第 18 号, 大阪教育大学数学教室, pp.81-99, 1988
- [5] M.Niss, Aims and Scope of Applications and Modelling in Mathematics Curricula, in APPLICATIONS AND MODELLING IN LEARNING AND TEACHING MATHEMATICS, ELLIS HORWOOD Ltd, England,

pp.22-31, 1989

- [6] 松宮哲夫, 柳本哲編著『総合学習の実践と展開－現実性を持つ課題から－』明治図書, 1995
- [7] 柳本哲, 藤田幸久, 吉村昇, 岩瀬謙一「数学的モデリングについての共同研究(第2報)－中高等学校における実践事例をもとに－」大阪教育大学附属天王寺中高等学校研究集録第37集, pp.65-82, 1995
- [8] 柳本哲「数学的モデリングについての実践事例Ⅰ－地震の震源地を教材として－」大阪教育大学附属天王寺中高等学校研究集録第37集, pp.83-91, 1995
- [9] 柳本哲「数学的モデリングについての実践事例Ⅱ－線香の燃える速さを教材として－」大阪教育大学附属天王寺中高等学校研究集録第37集, pp.93-102, 1995
- [10] 柳本哲「中学校における数学的モデリングについて－給水タンクを事例として－」日本数学教育学会誌第78巻第5号, pp.110-117, 1996
- [11] L.D.English, The development of fifth-grade children's problem-posing abilities, Educational Studies in Mathematics, 34(3), pp.183-217, 1997
- [12] 柳本哲「動植物の保存と数学的モデリング－グラフ電卓による反復計算と漸化式を使って－」数学教育研究第29号, 大阪教育大学数学教室, pp.51-64, 2000
- [13] 柳本哲「数学科における地球環境教材」大阪教育大学附属天王寺中高等学校研究集録第42集, pp.57-67, 2000
- [14] Max Stephens, 柳本哲編著『総合学習に生きる数学教育』明治図書, 2001
- [15] Akira Yanagimoto, Noboru Yoshimura, Mathematics of traffic safety -Composite real mathematics approach, in MODELLING AND MATHEMATICS EDUCATION -ICTMA9: Applications in Science and Technology, edited J.F.Matos, W.Blum, S.K.Houston, S.P.Carreira, ELLIS HORWOOD Ltd, England, pp. 401-410, 2001
- [16] 柳本哲「ブルーギルは捕獲できるか－数学的モデルのグラフ電卓計算－」大阪教育大学附属天王寺中学校研究集録第43集, 2001, pp.53-63
- [17] Akira Yanagimoto, Environmental Problems and Mathematical Modeling, in MATHEMATICAL MODELLING: A WAY OF LIFE, ICTMA11, edited by S.J.Lamon, W.A.Parker, S.K.Houston, ELLIS HORWOOD Ltd, England, pp.53-60, 2003
- [18] L.D.English, Mathematical modeling with young learners, in MATHEMATICAL MODELLING: A WAY OF LIFE, ICTMA11, edited by S.J.Lamon, W.A.Parker, S.K.Houston, ELLIS HORWOOD Ltd, England, pp.3-18, 2003
- [19] 柳本哲「数学的モデリング指導の現状と課題－日本の中等教育の段階－」中日近現代数学教育史第6巻, pp.55-58, 2007
- [20] Macmillan Education: Maths World 9, MACMILLAN EDUCATION AUSTRALIA Pty Ltd, 2007
- [21] 柳本哲, 竹歳賢一「燃料高騰と数学的モデリング－数学的活動の教材として－」数学教育研究第37号, 大阪教育大学数学教室, pp.1-13, 2008
- [22] 柳本哲「数学的モデリングと数学的活動－社会を切り拓く人間教育に向かって－」数学教育学会誌 Vol.49 / No.3・4, 2008, pp.9-16
- [23] 柳本哲, 吉村昇, 竹歳賢一「数学的モデリングの実践研究－クロマグロ減少問題を題材にして－」数学教育学会誌 Vol.50 / No.3・4, 2009, pp.71-78