

【研究論文】

理科授業における形成的アセスメントに関する事例的研究

渡辺 理文（東京学芸大学連合大学院）

黒田 篤志（関東学院大学）

森本 信也（横浜国立大学）

1. 問題の所在

平成20年告示の学習指導要領では、各教科等において言語活動の指導を充実させることを主要課題としている。理科授業においても例外なく、言語活動の充実が求められている。理科授業における言語活動の充実が図られている授業とは、子ども一人ひとりが観察した自然事象について考えたことや感じたことを表現し、その結果を教室全体に公開し、互いにその内容について議論しながら学習を進めていく授業のことであると考えられる。このような授業での教師の役割は、子どものイメージ画や説明文などの多様な表現を受け取り、それをアセスメントすることにより科学的に意味のある内容を見いだし、子どもにフィードバックを与え、学習を深化させていくことである。つまり、教師と子どもが協同的に科学概念を構築していくような授業が求められている。そのような授業実践として、形成的アセスメントの概念と指導方略に焦点が当てられ、実践と分析がなされている。

その一つとして、Shepard（2000）は、形成的アセスメントの要素とその関連性について分析を行い、形成的アセスメントの実践によって、教師と子どもの相互作用を活性化し、子どもが自己調整的に学習を進めていくための方略を明らかにした。また、有本（2012）は、形成的アセスメントの体系的な実践が教科教育において、今後重要になってくることを指摘している。しかし、上述したように、欧米では形成的アセスメントの実践が重ねられているが、日本では実践による事例的研究は少なく、形成的アセスメントの概念と指導方略が一般的になったとは言いがたいため、理科教育においても、科学概念の構築に関して形成的アセスメントがどう機能していくのかについては明らかにされていない。

そこで、本研究では、理科授業において形成的アセスメントの実践による授業を構想し、科学概念の構築に機能していく様態について分析を試みる。その上で、形成的アセスメントの有用性を指摘する。

2. 授業を構想するための視点

2.1 形成的アセスメント

Meehan（1979）は、教室内の教師と子どもの会話の分析を行った。その結果、「教師の主導（teacher initiative）」「子どもの応答（student response）」「教師の評価（teacher evaluation）」という「I-R-E」の会話の構造を明らかにし、教室の会話分析の枠組みを提案した。具体的には、一般の会話では知らない人が知っている人に尋ねるのに対して、教室の会話では、知っている人（教師）が知らない人（子ども）に尋ねている構造となっている。そのため、一般の会話では質問の応答への感謝の言葉がそれに続くのに対して、教室の会話では質問の応答に対して評価の言葉が続き、この評価の言葉によって会話の単位が完結する構造となっている。このことから、Meehan は教室の会話では、一貫して教師が主導権を握って予め定められた会話の展開を組織し、発言する子どもの順番まで教

師が統制していると指摘した。

Meehan の会話構造にある「教師の主導」からの「子どもの応答」への「教師の評価」は、子どもの考えに対して直接的に正誤を伝え、修正を求める意味合いが強い。しかし、構成主義の立場に立てば、子どもの考えに対して、直接的に正誤を伝えることはせずに、発問などを行うことによってフィードバックを与え、子ども自身に修正させていくことが重要である。そのような教師の授業実践では、教師は子どもと対話をしながら、子どもの学習可能性を見取り、「発達の最近接領域 (zone of proximal development)」を意識しフィードバックを行っていく。子どもは教師からのフィードバックを受け、自身の考えや表現を振り返り、考えを修正していく。このような実践において、近年、「形成的アセスメント (formative assessment)」に焦点が当てられている。OECD 教育研究革新センター (2008) による形成的アセスメントの研究によれば、形成的アセスメントは子どもの学達成状況の向上を促す最も効果的な戦略の一つであることや、子どもの「学びの学習力 (learning to learn)」技能を開発するために重要であることが指摘されている。

形成的アセスメントの概念は、Perrenoud (1998) や Sadler (1998) によって提案された。これは、Scriven (1967) や Bloom (1971) による「形成的評価 (formative evaluation)」を「形成的アセスメント」として拡張させたものである。形成的アセスメントは、子どもの習得の度合を測るテストのみではなく、さまざまなデータの収集方法を取り入れることで行われる。その中で、教師の行うデータの収集は、子どもの発言や行動を周到に観察することによって行われる。これは従来から「見取り」や「見極め」と言われてきたものである。この周到な観察から得られたデータを分析・活用することで、教師は授業の進行と共に子どもに適切に、即時的にフィードバックを与え、指導を進めていく。ここでは、教師は子どもが何を知っているのか、何ができるのかだけをアセスメントするのではなく、何ができつつあるのかをアセスメントし、子どもに適切にフィードバックを与えていく。同時に、この学習過程の中で、子どもは自身のニーズが満たされ、その後の学習プロセスに、子ども自身が直接寄与できるような「意思決定者」となっていく。つまり、子どもが自身の学習を「調整 (regulation)」しながら、学習を進めていくということが求められる。このように、形成的アセスメントは、子どもの学習ニーズを確認し、それに合わせて適切に授業を進めるための、子どもの理解と学力進歩に関する頻繁かつ対話型 (インタラクティブ) なアセスメントである。

2.2 相互アプロプリエーション

形成的アセスメントが実践されている授業において、教師と子どもの対話を分析する視点として、双方のアプロプリエーションに焦点を当てている「相互アプロプリエーション (mutual appropriation)」の視点は有用である。

Rogoff (1993) は、子どもは教師に与えられた知識を機械的に受容し取り入れる訳ではなく、教師との相互作用的な活動の中で、与えられた知識を自分なりに咀嚼し、取捨選択を繰り返しながら適切に受容していると考えた。Rogoff は、この考えを「アプロプリエーション (appropriation)」と表現している。

一方、Brown et al. (1993) は教室の中で教師も科学概念を構築している子どもと同じように、子どもの考えを咀嚼しながら取り入れ、授業の目標へ到達することを目指していると考えた。この教師と子どもの相互作用の過程を「相互アプロプリエーション」と呼んだ。この相互アプロプリエーションの実践されている授業では、教師と子どもが相互作用的に教室内で合意形成を図り、考えを構築していく。その過程で子どもは他者 (教師、仲間) の考えをアプロプリエーションすることで、自身の考えを修正・更新していく。また、教師は子どもの「発達の最近接領域」を見取り、適切にフィードバックを与えていくことで、子どもの学習を深化させていく。

2.3 社会的構成主義

教師と子どもの相互アプロプリエーションは、「学習や発達は他者との相互作用の中で成立する」という社会的構成主義の視点によって実践される。この社会的構成主義の立場に立てば、子どもの考えは、他者との間に作

られた情報の多様なネットワークを背景として、その中で構築・修正・発展が図られると言える（森本，1996）。つまり、子どもは、他者（教師、仲間）と対話をしながら、教室で学習内容の合意形成をしていく。その過程において、子どもは他者の考えと自身の考えを比較し、臨機応変に咀嚼しながら、自身の考えを精緻化していく。このように、集団での知識の構築が、個の知識の構築になっていく。学習は、子ども個人のみの活動ではなく、他者との相互作用の中で達成されていく。

3. 本研究の目的

本研究では、形成的アセスメントの実践として、教師と子どもの相互アプロプリエーションの考えを援用し、理科授業を構想する。構想する授業は社会的構成主義の立場に立ち、相互アプロプリエーションの実践によって、集団の知識の構築から個の知識の構築を目指す。そして形成的アセスメントによる相互アプロプリエーションの過程が子どもの科学概念構築に寄与するか否かを検証する。

4. 授業実践の概要

4.1 時期

2009年2月～3月

4.2 対象と単元

横浜市立I小学校第4学年、「水のすがた」

4.3 学習の流れ

本単元「水のすがた」では、水を熱したときに水の中から、盛んに出てくる泡を集めて冷やし、水に戻すことで、水の中から出てきた泡は空気ではなく、水が変化したものであることに気づくことがねらいとされている。このことで、見えない水蒸気存在を温度の変化と関連付けて捉えられるようにする。また、水の温度を0℃まで下げると、水が氷に変化し、体積が増えるということを捉えさせることもねらいである。

本研究において、分析対象とした単元の学習の流れを表1に示す。分析対象とした単元では、表1の8～10時間目に見られるように、上記の内容に加えて、水を温めた時だけではなく、空気中にある水蒸気存在にも気づかせるように授業が進められた。そのための実験として、校庭にある水たまりの水が蒸発した水蒸気を集める実験や、氷の入ったビーカーに空気中の水蒸気を結露させる実験を行った。二つの実験を考察するための話し合いから、冬に教室の窓が白く曇る仕組みや、雨が降る仕組みについても話を発展させていった。言い換えれば、水の状態変化について1～7時間目までに構築された科学概念を活用させる学習を展開した。

子どもたちは上述した実験に関する考察では、ワークシートにそれぞれの時間の問題に対するイメージを絵や言葉によって表現し、教師や仲間との話し合いにおいてそれらのイメージを共有していった。そのように考察することによって、自身の考えやイメージの修正や更新を図っていった。また、話し合いは考察場面だけではなく、実験の計画を立案する場面においてもなされ、子どもたちは実験の必然性を捉え、問題を明確に自覚し、実験を行っていった。

4.4 授業分析の方法

分析対象とする授業は、9時間目の「身の回りに蒸発する水はあるか」とした。この授業を対象とした理由は、本単元で目指されている空気中の水蒸気存在に関する科学概念が構築される中心的な場面だからである。対象とした授業で、教師と子どもとの相互アプロプリエーションがどのように進行し、科学概念の構築に寄与しているのかを分析するために、授業中の発話の分析を行った。また、子どもの科学概念の構築状況については、

授業内で作成された子どものワークシートの記述分析を行った。

5. 結果

表2に、本研究で分析の対象とした9時間目の教師と子どもの発話を示す。プロトコルにおいて、教師の発言をT、子どもの発言はCとして表した。この場面は、日向と日陰にある水たまりの上に水槽を逆さまに置き、水蒸気を集める実験を行った後、水が蒸発する過程について描画などで表現し、その考えを発表により共有している場面である。また、ワークシートの記述は子どもの考えやイメージを示す代表的なものを抽出し、図1、図2に示す。

6. 分析

表2の授業のプロトコルを相互アプロプリエーションの視点から分析を行い、相互アプロプリエーションによって、教師と子どもが協同的に科学概念を構築していった過程について以下に詳述する。

まず、教師は水が蒸発し水槽の周りに付いたプロセスを説明していくために、水槽に水滴がたくさん付着するためには、何が必要なのかを発問した（T1）。それを受けて、子どもは太陽の熱、日光、温度、日向という考えを発言した（C1、C2、C3、C4）。教師は、水がたくさん蒸発するためには高い温度が必要であるという考えに至るために、日向（たくさん水が蒸発した）と日陰（あまり水が蒸発しなかった）の違いについて発問を行った（T5）。それによって、子どもは温度が必要であるということに気付いていった（C5、C6）。教師はその発言に同意をし、熱や温度の考えを取り入れていくことが必要であることを、クラス全体に共有していった（T6）。

表1 学習の流れ

時間	学習内容
1	「水はなぜ凍るのか」 ・冬に校庭の水が凍ることを確認し、水はなぜ凍るのかについての考えとイメージを絵や言葉で表現する。 ・自分の考えを発表し、教室全体の問題づくりのために話し合いを行う。 ・考えやイメージを類型化し、水を凍らせる次の時間に行う実験に見通しを立てる。
2	「水が氷になる、氷が水になる温度は何度か」
3	・寒剤を使用し、水を凍らせる実験を行う。時間と温度の関係、凍っていく様子について記録する。 ・話し合いによって結果を共有し、考察を行う。 ・水を温める次時の実験について意識化する。
4	「水はどこまでも温度が上がるか」
5	・水を温める実験を行う。その際、時間と温度の関係、温まる様子について記録する。 ・話し合いによって結果を共有し、水が温まるイメージについて考察を行う。 ・水を温めた時に出る泡の正体は何かについて、問題を意識化する。
6	「あわの正体は何か」 ・泡の発生の様子を観察する。 ・泡の発生の様子から、泡の正体について教室全体で話合う。 ・湯気の正体について、問題を意識化する。
7	「湯気の正体は何か」 ・湯気の正体について、教室全体で話し合う。 ・湯気の正体、水蒸気についてまとめる。
8	「身の回りに蒸発する水はあるか」
9	・身の回りに蒸発する水があるか考え、調べる方法を考える。 ・校庭の水たまりの上に水槽を置いておき、水蒸気を集める実験を行う。 ・水が蒸発する過程について描画などで表現し、発表する。
10	「なぜ、氷の入ったビーカーの周りに水滴がつくのか」 ・氷が入ったビーカーの周りに水を結露させる実験を行う。 ・結露する仕組みについて話し合い、まとめる。 ・雨が降る仕組みについて話し合い、まとめる。

表2 授業のプロトコル

発話	プロトコル
T1	水槽に水滴がいっぱいつくためには、何が必要なの？C1さん。
C1	太陽の熱。
T2	太陽の熱。他の言い方だと？
C2	光。
T3	光。
C3	温度。
T4	温度。
C4	日向。
T5	日向。うん。温度。太陽の熱、日向、日光、温度。ね。ここでちょっと、思い出してもらいたいのは、小学校三年で日向と日陰っていうのをやったよね。日向と日陰の違いって何だっけ？はい。C5さん。
C5	日光が直接あたっているところ。
C6	光。あ、温度。
T6	温度だよ。ここで、大切な言葉っていうのは、例えば、太陽の熱とか、温度って言葉が、すごく必要なのかなって思うんです。みんなの考えたことの中に、こういうのが入っていると良いと思うんですよね。はい。他に考えたこと。何かないですか？
C7	えっと。日陰でも水滴がついたから、太陽の光がなくても、少しは蒸発する。
T7	あ、日陰でも少しは蒸発する。何で、日陰でも蒸発するの？
C8	日陰でも温度があるから。
T8	日陰でも実は太陽が日向にだけ、温度を与えている訳ではないよね。
C9	電気消して暗くても温度はある。
T9	あ。部屋の中、日陰だけど、電気消したら暗いけど、温度ちゃんとあるもんね。ということは、熱や温度があるところでは、蒸発が行われているってことかな。
全体1	うん。
T10	他に考えたことありますか？
C10	考えたことなんですけど、見た目は、ばさばさの濡れてない土の下だったのに、掘ったら、水が出てきたんだけど、考えてみたら、土の中では水があって、その水が水槽の上に行って水蒸気になる。
T11	これで良いですか？土の中にある水がぶんって飛ぶ。
C11	上がる。
C12	上の部分が乾いていて、掘ったら、湿った土が出てきたのは、雨が降って、水が土の中に染み込んで、それで、さっき太陽が出てたから、太陽に温められたんだと思う。
T12	土の中にある丸い水は、ういーんって上に行って、ぴちゃって水槽に付くんですか？水たまりの中の水はぴちゃって飛ぶのですか？
全体2	違う。
T13	え？違うって思うの？先生、何か間違ったこと言ってる？
C13	そのままじゃなくて、太陽の熱で蒸発して。それが上に行って水槽の周りに付くから、そのままぴちゃって付くのではない。
T14	そのまま、ぴちゃって付くのではない。あ。どういう絵を描けば良いんだ？先生は。例えば、絵を描くとしたら。これは水滴。丸いのは水滴なんだ。C14くん。
C14	水蒸気。
T15	水蒸気はどう描けば良い？例えば。
C15	こんな感じ。
T16	ああ。なるほどね。これ、C15 流の水蒸気。もあもあもあもあもあ。だけど、みんな、こないだの実験を思い出してよ。水蒸気っていうのは、目で見えるんですか？見えないんですか？
C16	見えない。
T17	じゃあ、見えないものを見えるように描くためには、もやもやで良いかな？
C17	だめ。点々。
T18	あ。そうか。見えないからね。それでさ、水槽つけたから水滴ついたよね。水槽付けなかったら、水滴っていうか水蒸気はどこに行っちゃうのだろうね。はい。C18くん。
C18	教室とか、普通に空気と混ざっている。

T19	あ。教室とか空気と混ざっている。
C19	混ざっているっていうか、こう。分かんない。
T20	教室のこの中、空気と混ざってあるんだね。はい。C20 さん。
C20	空気中にあると思います。
T21	空気中にある。はい。C21 さんは？
C21	水が上の太陽くらいまで行って、雲になってまた雨になって。
T22	なるほどね。もっと大きいと水蒸気は雲になっていくんだね。雲は水なの？
C22	水。
T23	C23 くんは？
C23	同じ。見えるから。

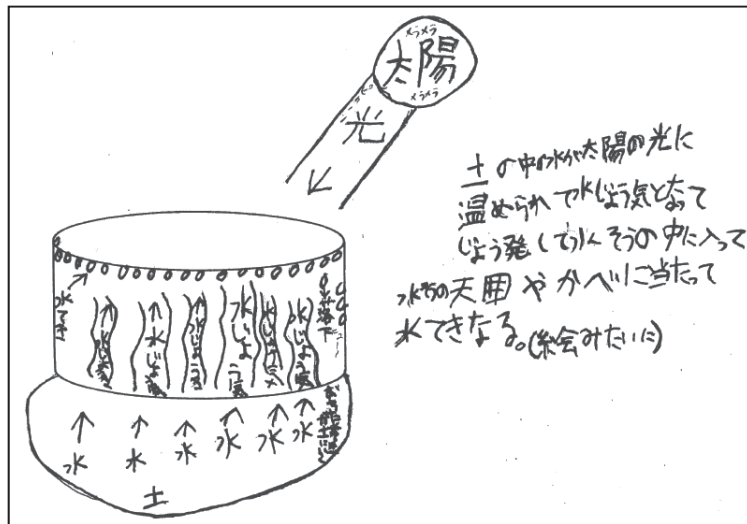


図1 子どものワークシートの表現1

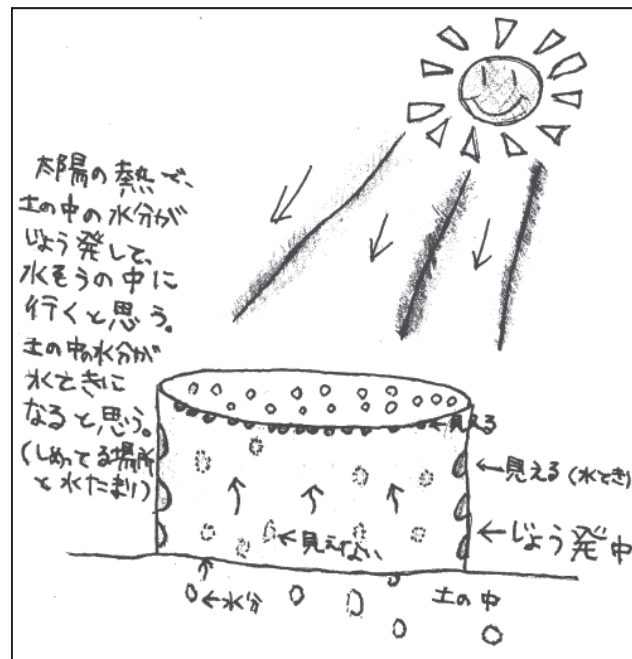


図2 子どものワークシートの表現2

さらに水が蒸発するプロセスについて考えを深めるために、他に考えたことがないかを発問した (T6)。それを受けて、子どもは日向だけではなく、日陰でも水槽の内部に水滴が付いたため、日陰でも少しは蒸発すると発言した (C7)。教師はこの考えを取り入れ、どうして日陰でも水は蒸発するのかを発問した (T7)。その結果、日陰でも温度があるからという考えが出され (C8)、電気を消した暗い部屋でも温度はあると考えが発言された (C9)。教師はこの考えを受けて、それに同意しながら、熱や温度がある所では、水は蒸発するというのをまとめた (T9)。そして、それはクラス全体に合意として共有されていった (全体1)。

このように、教師は子どもの考えを取り入れ、同意や発問をすることによって、フィードバックを行っていった。このフィードバックは、水槽内に水滴が付いた理由を温度と関連付けて説明できるという子どもの学習可能性を教師が意識し、日向と日陰を比べ、日陰についても説明していくことでなされていった。その結果、考えが深められていった。

さらに、教師は他に考えたことがあるかを発問した (T10)。それを受けて、子どもから、土の中には水があり、それが水槽の上に行くと水蒸気になるという発言が出された (C10)。教師は、その考えを取り入れ、水が上に飛んでいくのかと発問した (T11、T12)。その考えに対して、子どもは違うと発言し (全体2)、太陽の熱によって水が蒸発し、それが水槽の周りに付くと説明をした (C12、C13)。教師は、水槽に水滴が付くプロセスについて説明できている状況を見取り、それをさらに深めていくために、絵で表現するとどうなるのかについて発問を行った (T14、T15、T16)。また、水蒸気の表現について教師はフィードバックを与えていった (T17)。その結果、水蒸気の表現について考えが深められていき、子どもが水蒸気は目に見えないということを表現していった (C16、C17)。このようにして、教師と子どもの対話によって、水蒸気の表現の合意が作られ、水蒸気が目に見えないという考えが共有されていった。

さらに教師は、水槽が無かったら蒸発した水蒸気はどこに行くのかについて発問を行った (T18)。それを受けて、子どもは空気に混ざっているというイメージを発言した (C18、C19、C20)。教師はその考えに同意していった (T20、T21)。その結果、子どもはさらに水蒸気が上に行くと、それが雲になり雨になると考えを発言した (C21)。教師は、その考えを取り入れ、雲は水なのかを発問した (T22)。そして、子どもによって、目に見えるから雲は水であると結論が出されていった (C22、C23)。

このようにして、教師は子どもの考えに対して直接的に正誤を伝えて、考えを修正させずに、発問や同意をすることによってフィードバックを与え、子どもと協同的に考えを構築していった。具体的には、水蒸気を絵で表現させたり、水槽が無い場合は水蒸気はどこへ行くのかという発問によるフィードバックは、子どもの発達の最近接領域を意識してなされていった。そのフィードバックや、仲間の意見を取り入れながら、子どもは考えを表出し、クラス全体で水槽内部に水滴が付いたプロセスや空気中の水蒸気存在についての合意形成がなされていった。

また、授業中や授業後に作成された子どものワークシートの記述である図1、図2を見ると、子どもが太陽の熱(光)に水が温められ、蒸発して水槽の中に入り、水滴になると表現していることが分かる。さらに、水は目に見えるが、水蒸気は目に見えないことも表現されている。以上のことから、図1、図2に示した子どもの表現からも、水槽内部に水滴が付いたプロセスや空気中の水蒸気存在についての科学概念が構築されている様子が分かった。このように科学概念が構築されていったのは、教師と子どもの相互アプロプリエーションによって、クラス全体で合意形成がなされていったためであると考えられる。

7. 本研究のまとめ

本研究では、理科授業において形成的アセスメントの実践として、相互アプロプリエーションがなされる授業を構想し、その授業が科学概念構築に寄与するかの検証を行った。結果として、教師と子どもの相互アプロプリエーションによって科学概念が協同的に構築されていく様態を分析することができた。

相互アプロプリエーションの過程において、教師は形成的アセスメントを行い、子どもの発達の最近接領域を基にして、即時的で実効性のあるフィードバックを与えることによって、学習を深化させている様子を分析することができた。子どもは教師のフィードバックや、仲間の考えを受けて、自身の考えを深化させながら、水蒸気に関する科学概念を構築していった。

以上のことから、形成的アセスメントによる相互アプロプリエーションが、科学概念構築に寄与することが明らかになった。

引用・参考文献

- Bloom, B. S. (梶田叡一他訳) (1973) 『教育評価ハンドブック』, pp.162-190, 第一法規出版.
- Brown, A.L., Ash, D., Rutherford, M., Nakagawa, K., Gordon, A., and Campione, J.C. (1993) Distributed expertise in the classroom, *In Distributed cognitions : Psychological and educational considerations*, G. Salomon(Eds.), pp.188-228, Cambridge University Press.
- Meehan, H. (1979) 『Learning Lessons』, Harvard University Press.
- 文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説総則編』, p.52, ぎょうせい.
- 文部科学省 (2008) 『中学校学習指導要領解説総則編』, p.52, ぎょうせい.
- 森本信也 (1996) 『子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業』, pp.10-29, 東洋館出版社.
- OECD 教育研究革新センター (有本昌弘監訳) (2008) 『形成的アセスメントと学力 人格形成のための対話型学習を目指して』, 明石書店.
- Perrenoud, P. (1998) From Formative Evaluation to a Controlled Regulation of Learning Processes. Towards a wider conceptual field, *Assessment in Education*, Vol.5, No.1, pp.85-102.
- Sadler, R. (1998) Formative Assessment: revisiting the territory, *Assessment in Education*, Vol.5, No.1, pp.77-84.
- Scriven, M. (1967) The methodology of evaluation, *In Perspective of curriculum evaluation*,
- Tyler, R.W., Gagne, R.M. and Scriven, M.(Eds.), pp.39-83, Chicago: Rand McNally.
- Shepard, L.A. (2000) The Role of Assessment in a Learning Culture, *Educational Researcher*, Vol.29, No.7, pp. 4-14.