

科学の本質の理解に影響を及ぼす要因構造の検討

— 韓国と日本の高校生の比較を通して —

韓国山南中学校 権 素 洵
広島大学大学院教育学研究科 院生 松 浦 拓 也
広島大学大学院教育学研究科 角 屋 重 樹

本研究では、科学に対する興味、科学的態度、科学的経験の三つを科学の本質の理解に影響を及ぼす要因として設定し、日本との比較を行うことから韓国の要因構造の特徴を顕在化することを目的とした。このため、韓国と日本の高等学校1年生それぞれ204名、117名を対象として、科学に対する興味、科学的態度、科学的経験を測定する項目と科学の本質の理解を測定する変形 NSKS テストを用いて調査を実施した。調査結果をもとに、三つの要因と科学の本質の理解の関係を構造方程式モデリングにより分析した結果、次のことが明らかになった。1) 両国共に、三つの要因の中で科学の本質の理解に一番強い影響を及ぼしているのは、科学的態度である。2) 韓国では、科学の本質の理解に対して、科学に対する興味と科学的経験が同程度の影響を及ぼしている。3) 韓国と日本の基本的な要因構造は同じである。

キーワード：科学の本質、科学に対する興味、科学的態度、科学的経験、要因構造

1. はじめに

科学・技術の発達が速い現在の社会で生きていくには多様な資質が要求されており、その資質の一つとして科学の本質 (Nature of Science) に関する理解が重要なものとして挙げられる。しかし McComas (2000) は、科学は現代生活の全側面に影響を及ぼしているが、科学に関する基本的な理解をしている人は少ないと主張している。そして彼は、科学政策の決定や訴訟で提示される証拠を評価することに対して市民が大きな声を持つ現在の社会において、科学に関する理解の不足は危険であると述べている。

これまで、科学の本質に関する教育の必要性は多くの国で主張されている。韓国では、第6次教育課程 (教育部 1994) の高等学校科学の目標の中に科学の本質の理解が含まれている。日本では、角屋 (1998) は「学習者が科学を、客観的な知識と方法からなる体系であるという考え方から時代による影響を受けた動的な世界像としてとらえることができるよう、学習指導を転換する必要があ

る。」と科学の本質に対する教育の必要性を強調している。また、欧米における資料を見ると、アメリカの「Science for all Americans」(AAAS 1994) では、科学的リテラシーを持つためには科学と科学的知識の本質に対する理解が必要だと述べられている。また Donnelly (2001) は、イギリスの「National Curriculum in Science」が1989年に制定されて以来の国家報告書を調べている。その結果、科学の本質の理解の必要性は一貫して認識されており、また重視されてきた探究活動の目標の中にも含まれていることを明らかにしている。

また、Lederman (1992) は科学の本質に関する過去50年間の研究を整理している。彼はこれら過去50年間の研究は、①学習者の科学の本質の理解に関する評価、②学習者の科学の本質の理解を高めるためのカリキュラムの開発、実践、評価、③教師の科学の本質の理解に関する評価、理解を高めるための試み、④教師の科学の本質の理解、授業活動、学習者における科学の本質の理解、これらの間の関係究明、という大きく四つの分野に区分できると述べている。これら四つの分野に含

まれる項目を異なる視点から区分すると、①学習者と教師の科学の本質の理解調査、②科学の本質の理解を高めるための試み、③科学の本質が授業を通して学習者に伝わるメカニズム、という三つの分野に区分できると考えられる。そこで、この三つの分野に従って先行研究をまとめると以下のようになる。

まず、科学の本質の理解に関する調査研究を調べて見ると、学習者と教師の理解度の相関が高いとする研究 (Lederman 1986) と、低いとする研究 (Mackay 1971) がある。これらの研究をもとに、Lederman (1992) は科学の本質に関する初期の研究において、学習者と教師の理解度の相関は高くないと結論づけている。

次に、科学の本質の理解を高めるための試みに関する研究を調べてみると次のようになる。Irwin (2000) の研究では、科学の歴史的資料が含まれている内容を学んだ生徒は、科学の内容だけを学んだ生徒よりも科学の本質をよく理解していた。すなわち、生徒は科学史のエピソードを通じて、科学は人間の創造によるものであり、科学の本質は流動的であるということを理解していると考えられる。また、Abd-El-Khalick (2000) はプロセススキルと探究活動の利用及び科学史と科学哲学の利用などを通して、科学の本質の理解を高めることができるとしている。

最後に、科学の本質が授業を通して学習者に伝わるメカニズムに関する研究を調べてみると、教師が科学の本質を実際の授業で生徒に教える際の制約要因として次のことが挙げられている。それらは、①教師が科学の本質を重視してない、②教師自身の科学の本質に対する理解不足、③科学の本質を教える経験の不足、という3点である (Bellら 2000, Lederman 1999)。

以上、先行研究を概括してきたが、科学の本質の理解を高めるための試み及び科学の本質が授業を通して学習者に伝わるメカニズムに関する多くの研究は欧米の国で行われている。一方、韓国と日本の研究の多くは科学の本質の理解調査研究である。さらに、これまで行われてきた韓国 (Sohら 1998, Cho and Ju 1996など) と日本 (角屋 1998, 角屋・石井 1998, 戸田 1992など) での研究結果を見ると、教師と学習者における科学の本

質の理解水準はあまり良いとはいえない。したがって、今後は科学の本質の理解を高めるためにはどのような指導が必要であるのかを明らかにする研究を行う必要がある。また、科学の本質の理解を高めるためには、その理解に影響を及ぼす要因を明らかにする必要があるといえる。しかし、科学の本質の理解を高めるためのこれまでの研究には、科学の本質の理解に影響を及ぼす要因構造に着目したものはあまりみられない。

2. 目的

上述したように、これまで科学の本質の理解に影響を及ぼす要因構造に着目した研究はあまりみられなかった。そこで、科学の本質の理解を高めるために開発されている教育プログラムの内容を調べてみると、科学史・科学哲学を強調しているものが多い (Irwin 2000, Abd-El-Khalick and Lederman 2000など)。これは、科学史・科学哲学との出会いすなわち科学的な学習経験を通じて科学の本質の理解が深まるということを意味している。また、科学的な学習経験が科学に対する態度といった学習者の情意的側面に影響を及ぼすという結果も見られる (Baker and Leary 1995, George and Kaplan 1998)。このことから、学習者の科学に対する態度も科学の本質の理解に影響を及ぼす可能性があると考えられる。そこで、本研究では科学に対する興味、科学的態度、科学的経験の三つを科学の本質の理解に影響を及ぼす要因として設定し、日本との比較を行うことから韓国の要因構造の特徴を顕在化することを目的とした。

3. 方法

(1) 調査課題の構成

本研究では、科学の本質の理解に影響を及ぼすと考えられる要因として科学に対する興味、科学的態度、科学的経験の三つを設定した。そして、各要因と科学の本質の理解は質問紙を用いて測定した。

具体的には、科学に対する興味と科学的態度を測定する項目は韓国で開発された「科学に関連する情意的特性の評価項目」(Kimら 1998) から

それぞれ8項目と14項目を選んで用いた。科学的経験の測定する項目はKahleら(1985)の研究で用いられた調査項目のうち「Extracurricular Science Activities」を測定する6項目を用いた。また、科学の本質の理解を測定する項目はRubba and Anderson(1978)が開発したNSKS(Nature of Science Knowledge Scale)をもとにして開発された変形NSKS(角屋1998, 角屋・石井1998)を用いた。変形NSKSはRubba and Andersonが①超道徳性, ②創造性, ③発展性, ④簡潔性, ⑤テスト可能性, ⑥統合性の6種の尺度から開発したものを角屋が, ①創造性, ②テスト可能性, ③発展性, ④簡潔性の4種の尺度に変形したものであり, 4尺度×6項目の計24項目から構成されている。

質問紙は, これら全52項目を用いて韓国語版と日本語版の二種類を作成した。これらの各項目はすべて5段階リッカート尺度で構成した。

(2) 調査対象と調査時期

韓国における調査は, ソウル市内の高等学校1年生229名を対象にして行った。また日本における調査は, 福山市内の高等学校1年生136名を対象にして行った。調査は韓国, 日本ともに2001年7月上旬に実施した。なお, 有効回答者数は韓国で204名, 日本で117名であった。

4. 分析方法と結果

分析においては, まず, 調査項目の信頼性の検討を行った。その結果, 各要因の信頼性係数に寄与の低い項目が見られた。このため, それらの項目は分析から除外した。そして構造方程式モデリング(Structural Equation Modeling: SEM)を用いて, 科学の本質の理解と各要因との関係を明らかにした。分析にはSPSS10及びAmos4を使用した。

(1) 信頼性の検討と分析項目の抽出

本研究における調査課題の信頼性を高めるために, 信頼性の検討を「科学に対する興味」「科学的態度」「科学的経験」「科学の本質の理解(創造性, テスト可能性, 発展性, 簡潔性)」の要因ご

とに行った。その結果, 各要因の信頼性係数(Cronbach α)に寄与の低い項目がみられた。そこで, それら寄与の低い項目を除外して新たに信頼性係数を算出した。その結果を各調査項目の内容とともに次頁の表1に示す。

表1に示したように各調査課題の構成項目は, 科学に対する興味5項目, 科学的態度11項目, 科学的経験6項目, 科学の本質の理解13項目が選択された。但し, テスト可能性の項目16は韓国のみであり, 項目24は日本のみである。また, 簡潔性の項目6は韓国のみであり, 項目14は日本のみである。そして, 算出した信頼性係数の値は韓国で $0.78 \leq \alpha \leq 0.88$, 日本で $0.80 \leq \alpha \leq 0.91$ であり各要因の項目間に内部一貫性があると考えられる。なお, 科学の本質の理解の下位項目である創造性, テスト可能性, 発展性, 簡潔性のそれぞれにおいては信頼性係数の値が低いといえる。しかし, 本分析ではこれら下位項目を総合して科学の本質の理解をとらえるため, 総合的には信頼性が確認されたと判断した。

(2) 科学の本質の理解と影響要因の関係

「科学に対する興味」「科学的態度」「科学的経験」「科学の本質の理解(創造性, テスト可能性, 発展性, 簡潔性)」の要因ごとに, 信頼性の確認された項目の値を合計して合成変数を作成した。そして, 科学の本質の理解を科学に対する興味, 科学的態度, 科学的経験の三つの要因で説明する因果モデルを韓国と日本それぞれにおいて作成した。その結果を図1(韓国), 図2(日本)に示す。なお, 図中に示した各係数はWald検定を行った結果すべて有意であった。また, モデルの適合度を検討するための指標を表2(韓国), 表3(日本)に示す。

(2)-1 韓国

まず, 作成したモデルの適合度を検討した結果, カイ2乗=14.41, $df=12$, $p=0.28$ であった。また, モデルの適合度指標(GFI)は0.98, 修正適合度指標(AGFI)は0.95, RMSEAは0.03であった。このことから, 作成した図1のモデルと標本データが十分適合していると考えられる。図1のモデルから以下のことがいえる。

表1 抽出された調査項目と信頼性係数

| 要因名 | 調査項目 | 信頼性係数 (α) | |
|----------|--|--------------------|------|
| | | 韓国 | 日本 |
| 科学に対する興味 | 1. 科学に興味がある。 2. 科学に関する本、TV番組が好きだ。 3. 理科を勉強することは退屈なことではない。 4. 新しい科学の知識を学びたい。 5. 将来、科学に関する職業につきたい。 | 0.86 | 0.85 |
| 科学的態度 | 1. 新しい現象に出会うと、どうしてそうなっているのか原因を知りたいと思う。 2. 「何を」「どうやって」「いつ」「どうして」といった質問をよくする。 3. 友達の見解が自分の意見と違っていても、きちんと友達の見解を聞く。 5. 友達が発表する実験の結果に対して、十分な根拠があるかどうか、よく考える。 6. 多くの人が正しいと言っている意見でも、根拠が不十分であれば、他の意見を提案する。 7. 班で実験をする時は、役割分担を話し合ってから行う。 8. 実験道具の使い方が上手くない友達を見ると、手伝ってあげたくなる。 10. 科学に関する疑問があると、本などを調べて自分で解決する。 12. 友達が先に実験を終えていても、自分の実験は自分で最後までやり遂げる。 13. ある問題を解決するために新しい方法を探してみようとする。 14. 実験道具に不便なところがあると、自分で改良してみようとする。 | 0.82 | 0.80 |
| 科学的経験 | 1. 科学雑誌を読む。 2. 新聞で科学の記事を読む。 3. 科学関連のTV番組を見る。 4. 科学者の伝記や科学に関する本を読む。 5. 友達と科学について話す。 6. 科学と関連した趣味活動をする。 | 0.78 | 0.89 |
| 科学の本質の理解 | 9. 理科で勉強しているきまりや考え方は昔の科学者が考えて作りだしたものである。 10. 理科で勉強していることは、昔の科学者が考えて作りだしたものである。 13. 理科のきまりや考え方をおもいつくことは、頭の中にかんたことを絵にかいたり、彫刻したり、作曲したりすることと似ている。 21. 理科のきまりや考え方をおもいつくことは、頭の中にかんたことを絵にかいたり、彫刻したり、作曲したりすることとは、違っている。 | 0.56 | 0.55 |
| | 4. 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを、実験で確かめることは必要ではない。 11. 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを確かめるためには、くり返し同じ実験を行わなくてはならない。 16. 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを確かめるには、くり返し同じ実験を行わなくてもよい。(韓国のみ) 19. 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいかどうかを実験で確かめることは必要である。 24. 理科で勉強しているきまりや考え方が正しいと認められるためには、いくつかの班の実験結果が同じでなければならない。(日本のみ) | 0.66 | 0.65 |
| | 8. 理科で勉強しているきまりや考え方には、将来、誤りが見つかるかも知れないが、今はそのことは正しいと信じられる。 18. 今、理科で勉強しているきまりや考え方は、よく考え、調べていくと、将来変わるかもしれない。 22. 理科のきまりや考え方は、時代によって変わる。 | 0.57 | 0.55 |
| | 2. 理科で勉強しているきまりや考え方は、最終的には単純に表すようにしている。 6. 理科で勉強しているきまりや考え方は、最終的には単純に表すようにしていない。(韓国のみ) 14. 理科では、きまりや考え方の数をできるだけ少なくしようとしている。(日本のみ) | 0.66 | 0.65 |

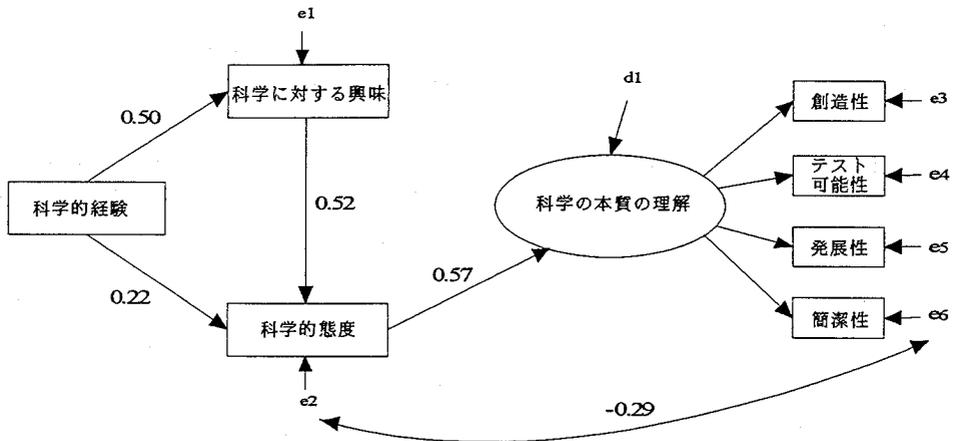


図1 科学の本質の理解に影響を及ぼす要因の構造 (韓国)

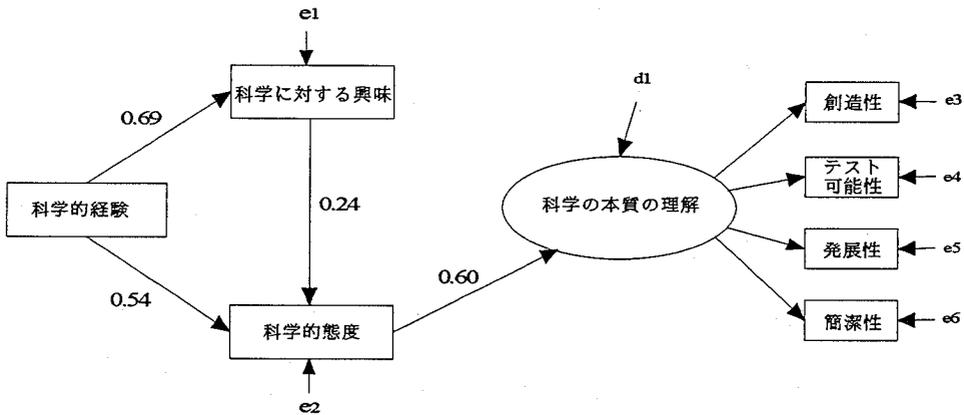


図2 科学の本質の理解に影響を及ぼす要因の構造 (日本)

表2 モデルの適合度指標 (韓国, N=204)

| カイ2乗検定 | | | GFI | AGFI | RMSEA |
|----------|----|------|------|------|-------|
| χ^2 | df | p値 | | | |
| 14.41 | 12 | 0.28 | 0.98 | 0.95 | 0.03 |

表3 モデルの適合度指標 (日本, N=117)

| カイ2乗検定 | | | GFI | AGFI | RMSEA |
|----------|----|------|------|------|-------|
| χ^2 | df | p値 | | | |
| 16.47 | 14 | 0.29 | 0.96 | 0.92 | 0.04 |

- 1) 科学的態度が科学の本質の理解に強い直接的影響を及ぼしている (0.57)。
- 2) 科学に対する興味と科学的経験が、科学の本質の理解にほぼ同程度の間接的影響を及ぼしている (各0.30, 0.27)。

(2)-2 日本

作成したモデルの適合度を検討した結果、カイ2乗=16.47, df=14, p=0.29であった。また、モデルの適合度指標 (GFI) は0.96, 修正適合度指標 (AGFI) は0.92, RMSEAは0.04であった。このことから、作成した図2のモデルと標本データが十分適合していると考えられる。図2のモデルから以下のことがいえる。

- 1) 科学的態度が科学の本質の理解に強い直接的影響を及ぼしている (0.60)。
- 2) 科学的経験が科学の本質の理解に間接的影響を及ぼしている (0.43)。
- 3) 科学に対する興味が科学の本質の理解に間接的影響を及ぼしているが、相対的に弱い (0.15)。

このように、韓国と日本における科学の本質の理解に影響を及ぼす要因構造に大きな違いは見られないという結果となった。

また、これら両国の要因構造を詳細に比較するために、それぞれの直接効果、間接効果、総合効果をまとめた。その結果を表4に示す。この表4に基づいて韓国と日本の比較を行うと、次のようにいえる。まず、三つの要因の中で科学の本質の理解に一番強い影響を及ぼしている要因は、両国共に科学的態度である。そして、韓国では科学に対する興味と科学的経験がほぼ同程度の影響を及ぼしているが、日本では科学的経験の方が科学に対する興味よりも相対的に強い影響を及ぼしている。

5. まとめと結果の含意

本研究では科学に対する興味、科学的態度、科学的経験の三つを科学の本質の理解に影響を及ぼす要因として設定し、日本との比較を行うことから韓国の要因構造の特徴を顕在化することを目的とした。このため、韓国と日本それぞれの高等学校1年生を対象として、科学に対する興味、科学的態度、科学的経験を測定する調査及び科学の本質の理解を測定する変形 NSKS テストを実施した。その結果、韓国においては、科学の本質の理解には科学的態度が直接的に影響している。また、

科学に対する興味と科学的経験は間接的に影響しているという要因構造を示すことができた。この結果、学習者の科学の本質の理解を高めるためには、科学的態度を育成するのみでなく、科学的経験の機会を提供することによって科学に対する興味を促進することも有効であると考えられる。

また、韓国における要因構造を日本における要因構造と比較した結果、科学の本質の理解に対する各要因の影響の程度に違いは見られるものの、基本的な要因構造は同じであった。このため、韓国の要因構造に顕著な特徴は確認されなかった。

ここで、本研究の結果得られた要因構造について、先行研究との関係を検討する。まず、三つの要因の中で最も強い影響を及ぼしている科学的態度を測定する項目の内容を調べてみると、好奇心、開放性、批判性、粘り強さ、創造性など実験・実習を通して得られる態度に対応している。このような結果は、科学の本質の理解を高めるために学校の実験・実習の重要性を強調した Nott and Wellington (1996) の主張と一致しているといえる。彼は、生徒の実験結果を既存の知識に無理に合わせるのではなく、むしろ教師は実験結果が既存の知識と対立する時を科学の本質を教える機会として利用しなければならないと述べている。

次に、科学的経験が直接的ではないが科学の本質の理解に影響を及ぼしているという結果は、科学の歴史・哲学を強調したプログラムを利用することで科学の本質の理解に効果があったとする研究 (Irwin 2000, Abd-El-Khalick and Leaderman 2000, Abd-El-Khalick 2000) の結果と一致しているといえる。すなわち、科学雑誌や科学者の伝記を読んだり、科学に関連するテレビ番組を見たりするという日常環境で得られる科学の歴史・哲学の学習経験が科学の本質の理解に効果があると考えられる。

表4 科学の本質の理解に影響を及ぼす要因の韓・日比較

| | 韓国 | | | 日本 | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| | 直接効果 | 間接効果 | 総合効果 | 直接効果 | 間接効果 | 総合効果 |
| 科学に対する興味 | — | 0.30 | 0.30 | — | 0.15 | 0.15 |
| 科学的態度 | 0.57 | — | 0.57 | 0.60 | — | 0.60 |
| 科学的経験 | — | 0.27 | 0.27 | — | 0.43 | 0.43 |

また、両国の要因構造はほぼ同じであるという結果となった原因としては多様なものが考えられる。このため、今後は文化や教育環境、教師の考え方といった多面的な視点を取り入れた調査を行う必要があると考える。

引用・参考文献

- Abd-El-Khalick, F. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.22, No.7, pp.665-701.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.37, No.10, pp.1057-1095.
- American Association for the Advancement of Science. (1994). *Science for all Americans*. New York :Oxford University Press.
- Baker, D. & Leary, R. (1995). Letting Girls Speak Out about Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.32, No.1, pp.3-27.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and Acting upon One's Conception of the Nature of Science: A Follow-up Study. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.37, No.6, pp.563-581.
- Cho, J. I. & Ju, D. K. (1996). A Study on Korean Science Teachers' Points of View on Nature of Science. 『韓国科学教育学会誌』, Vol.16, No.2, pp.200-209.
- Donnelly, J. (2001). Contested terrain or unified project? 'The nature of science' in the National Curriculum for England and Wales. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.23, No.2, pp.181-195.
- George, R. & Kaplan, D. (1998). A Structural Model of Parent and Teacher Influences on Science Attitudes of Eighth Graders: Evidence from NELS: 88. *Science Education*, Vol.82, pp.93-109.
- Irwin, A. R. (2000). Historical Case Studies; Teaching the Nature of Science in Context. *Science Education*, Vol.84, No.1, pp.5-26.
- 角屋重樹 (1998) 『理科学習指導の革新』東洋館。
- 角屋重樹・石井雅幸 (1998) 「小学校第6学年児童は科学の暫定性という特質をどのようにとらえているか」 『日本教科教育学会誌』, Vol.21, No.3, pp.63-69.
- Kahle, J. B., Matyas, M. L. & Cho, H. H. (1985). An Assessment of the Impact of Science experiences on the career choices of Male and Female Biology Students. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.22, No.5, pp.385-394.
- Kim, H. N., Chung, W. H. & Jeong, J. W. (1998). National Assessment System Development of Science-Related Affective Domain. 『韓国科学教育学会誌』, Vol.18, No.3, pp.357-369.
- 教育部 (1994) 『高等学校教育課程』。
- Lederman, N. G. (1986). Students' and Teachers' Understanding of the Nature of Science: A Reassessment. *School Science and Mathematics*, Vol.86, No.2, pp91-99.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol.29, No.4, pp.331-359.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.36, No.8, pp.916-929.
- Mackay, L. D. (1971). Development of understanding about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.8, No.1, pp.57-66.
- McComas, W. F. (2000). *The Nature of Science in Science Education*. Kluwer Academic Publishers.
- Nott, M. & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.18, No.7, pp.807-818.
- Rubba, P. A. & Anderson, H. O. (1978). Development of an Instrument to Assess Secondary School Students' Understanding of the Nature

- of Scientific Knowledge. *Science Education*, Vol.62, No.4, pp.449-458.
- Soh, W. J., Kim, B. K. & Woo, J. O. (1998). Middle School Science Teachers' Philosophical Perspectives of Science. 『韓国科学教育学会誌』, Vol.18, No.2, pp.221-231.
- 戸田 堅 (1992) 「理科教員志望大学生の保持する科学観と理科学習指導法の選択に対するその影響」 『日本理科教育学会研究紀要』, Vol.33, No.1, pp.59-69.

An Analysis on the Structure of Factors Affecting Understanding of The Nature of Science

By

So-Hyeon KWON
 Sannam Junior High School, KOREA
 Takuya MATSUURA
 Graduate School of Education, Hiroshima University
 Shigeki KADOYA
 Graduate School of Education, Hiroshima University

The purpose of this study is to examine the structure of factors that affect understanding of the nature of science in Korea and Japan. This study hypothesized that understanding of the nature of science is influenced by three factors: (1) interest in science; (2) scientific attitudes; and (3) extracurricular experience of science. Questionnaires measuring these three factors and the revised NSKS items were administered to 204 high school students in Korea and 117 in Japan. The results of this study indicated that: (1) scientific attitudes are the most influential factor in Korea and Japan; (2) students' interest in, and extracurricular experience of science are at the same level in Korea; (3) the fundamental structure of factors affecting understanding of the nature of science are the same in Korea and Japan.