

Science Teacher Education for the 21st Century in South Korea

Okhee Lee

University of Miami

Science Teacher Education for the 21st Century in South Korea

Okhee Lee

University of Miami

It is my privilege to address to the members of The Korean Association for Research in Science Education. It is especially the case because South Korea has been recognized as one of the fastest developing industrial and technological nations in the world. The world has been watching this spectacular growth with respect and curiosity.

The title of my presentation, "science teacher education for the 21st century in South Korea," is rather overwhelming. My intent is not to prescribe what course of action the science education community in South Korea should take for teacher education. Rather, I would like to address some issues of science teacher education to be considered as we enter the 21st century. In the context of rapid technological advances during the last several decades in South Korea, it seems an opportune time to reflect on the past and the present and to use the insights gained from this reflection in designing science teacher education for the next century.

I would like to address two issues in my presentation. First, I would like to discuss what science educators generally consider the goal of science learning. In particular, I would like to discuss the document, National Science Education Standards(National Research Council, 1996), that presents a vision of science education in the United States. Then, I would like to describe key components that the science education community may consider in promoting effective science teaching in South Korea. These components are largely driven from the literature on science teacher education in western countries,

especially the United States, Australia, and England. Throughout the discussion, I would ask the participants to consider the implementation of these ideas within the context of science education in South Korea.

The Goal of Science Learning: The Case of the United States

Science education reform since the late 1980s in the United States has stressed "science for all," not just for the selected few who will become scientists and engineers (American Association for the Advancement of Science, 1989, 1993; National Research Council, 1996). As a step toward achieving this dual goal of equity and excellence, the current science education reform has attempted to define scientific literacy for all students. The rationale is that all students should develop a common core of knowledge, understanding, and abilities in natural science as educated citizens.

In National Science Education Standards, scientific literacy is defined as, "the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for participation in civic and cultural affairs, economic productivity, and personal decision making" (National Research Council, 1996, p. 22). Specifically, the categories of science content standards that constitute scientific literacy (pp. 104-107) include:

- Science as inquiry: Students combine processes of science and scientific knowledge as they use scientific reasoning and critical thinking to develop their understanding of science.
- Physical science, life science, and earth and space science: Science subject matter focuses on the science facts, concepts, principles, theories, and models that are important for all students to know, understand, and use.

- **Science and technology**: These two areas establish connections between the natural and designed worlds and provide students with opportunities to develop decision-making abilities. This emphasizes abilities associated with the process of design and fundamental understandings about the enterprise of science and its various linkages with technology.

- **Science in personal and social perspectives**: This provides students with a means to understand and act on personal and social issues they will face as citizens.

- **History and nature of science**: This focuses on the use of history in school science programs to clarify different aspects of scientific inquiry, the human aspects of science, and the role that science has played in the development of various cultures.

- **Unifying concepts and processes in science**: Conceptual and procedural schemes unify science disciplines and provide students with powerful ideas to help them understand the natural world. They include: (a) systems, order, and organization; (b) evidence, models, and explanation; (c) change, constancy, and measurement; (d) evolution and equilibrium; and (e) form and function.

Effective Science Teaching

The key to achieving the goal of science learning is the knowledge, abilities, and beliefs of science teachers for effective science instruction. When teachers possess a well-rounded knowledge of science and enthusiastic about teaching science, they can help their students become scientifically literate and interested in learning science. The literature in science education indicates key components for effective science teaching (e. g., American Association for the Advancement of Science, 1989; National Research

Council, 1996; National Science Teachers Association, 1992, 1995). Each of these components is described next.

Knowledge of Subject Matter

Teachers' knowledge of subject matter is an essential component for effective teaching (Shulman, 1986, 1987). Content expertise involves an elaborate knowledge structure in which theories, concepts, and ideas are interrelated within the subject. Content expertise also involves the ability to make connections across related subjects and to the real world outside the disciplinary fields. Subject matter knowledge is especially important with elementary school teachers who generally do not specialize in science areas.

Pedagogical Content Knowledge

Teachers should be able to represent subject matter content in ways that their students can understand and appreciate. This is referred to as pedagogical content knowledge (Shulman, 1986, 1987). This knowledge differentiates expert teachers in subject areas from subject area specialists. Research indicates that majoring in an academic subject does not guarantee that teachers have pedagogical content knowledge for effective instruction (Ferguson & Womack, 1993; McDiarmid, 1990, in press).

Pedagogical content knowledge is closely related to teachers' abilities to help students actively build knowledge and make meaning, rather than passively receive information that is transmitted to them (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994). Learning occurs when students integrate prior knowledge with new information and make new experiences meaningful. Unfortunately, students' prior knowledge is often incorrect or laden with misconceptions, which are resistant to change and counterproductive in the classroom (Anderson & Roth, 1989; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer, & Blakeslee, 1993; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). Effective science instruction helps

students transform misconceptions and integrate new information with prior knowledge through conceptual change.

Knowledge of Pedagogy

Knowledge of Pedagogy includes a range of strategies related to instruction, curriculum, and assessment. Each of these is described below.

Teacher's knowledge and skills in effective instructional and motivational strategies are necessary to promote student learning (Lee & Anderson, 1993). Classroom management is an equally important aspect of classroom teaching, particularly with beginning teachers (Doyle, 1986). Through various strategies, science teachers promote active involvement of students in science activities. Through hands-on experience in science, students engage in scientific inquiry, apply scientific knowledge to everyday phenomena, and develop critical thinking skills

Teachers should also have the knowledge and skills in the selection and adaptation of curricula and instructional materials. They should be able to work with typical equipment, facility, resources, and supplies used in the classroom settings. They should also develop the knowledge about alternative instructional materials for science instruction. Teachers utilize these instructional tools to present or illustrate particular concepts, to engage students in learning activities, and to assess students' levels of understanding the content.

Teachers' pedagogical knowledge includes the area of assessment (Shavelson, Baxter, & Pine, 1992; Shavelson, Carey, & Webb, 1990). While traditional approaches usually involve evaluation of learning outcomes (summative evaluation), recent approaches have focused on authentic, informal, or performance assessment to monitor learning progress (formative evaluation). In addition to traditional measures of standardized test scores and course grades, alternative types of assessment are used, including portfolios, observations, observed and videotaped performance, interviews, projects, and dynamic

assessment of process skills.

Knowledge of Students

Teachers' knowledge of students is essential for effective instruction. Teachers should have a general understanding of human development in cognitive, social, emotional, and moral aspects. Individual variations in learning abilities and preferences also need to be considered. In addition, as the concept of pedagogical content knowledge indicates, teachers need to know the students in order to communicate subject matter content in ways that the students can understand and appreciate.

Integration of Science with Mathematics and Technology

Mathematical concepts and process skills are essential tools for science teaching and learning. The topics include measurement, data management (e.g., charts, graphs, tables), statistics and probability, and key concepts and tools (e.g., ratio, proportion, estimation).

Computers and technology are also critical tools in science teaching and learning. Beyond mere tools, computers and technology enable teacher and students to create innovative, alternative approaches to teaching and learning (Waxman & Bright, 1993). For instance, software programs in science are powerful instructional materials. Data in scientific inquiry can be collected, analyzed, and reported using computers.

Conclusions: Effective Science Teacher Education Programs

The goal of science learning, described earlier, requires that teachers believe in students' active learning and the role of teachers in helping students construct their own knowledge and meaning. This view is fundamentally different from the conventional notion of transmitting information to learners. Unfortunately, teachers' beliefs about teaching and learning are difficult to change, and are often limited by their

own experiences as students.

Science teacher education programs should provide teachers with opportunities to develop the knowledge, abilities, and beliefs for effective science teaching. The programs should also provide the time, training, and vision that teachers need to fully implement effective science instruction on a daily basis. Coherent and effective programs integrate and unify the curriculum, courses, field experiences, and various other program components and activities.

Effective science teaching is dynamic and much more than the sum of its separate parts. At the center of the components of effective science teaching lies the goal of science teacher education - integration of these components in order to teach science effectively for all students. Teachers who can merge sound pedagogy and an understanding of students with subject matter knowledge are best prepared to teach the students of the 21st century.

References

- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, C. W., & Roth, K. (1989). Teaching for meaningful and self-regulated learning of science. In J. Brophy (Ed.), *Teaching for meaningful understanding and self-regulated learning* (PP, 265-309). Greenwich, CT: JAI Press.
- Doyle, W. (1986). Classroom organization and management. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., PP. 255-296). New York: Macmillan.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. K., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.

- Ferguson, P., & Womack, S. T. (1993). The impact of subject matter and education coursework on teaching performance. *Journal of Teacher Education*, 44, 55-63.
- Lee, O., & Anderson, C. W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, 30, 585-610.
- Lee, O., Eichinger, D., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. C. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 249-270.
- McDiarmid, G. W. (1990). What do prospective teachers learn in their liberal arts classes? *Theory into Practice*, 29, 21-29.
- McDiarmid, G. W. (in press). The liberal arts and sciences as preparation for teaching. In K. Howey & N. Zimpher (Eds.). *Faculty development for improving teacher preparation*. New York: Academic Press.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Teachers Association. (1992). *Scope, sequence, and coordination of secondary school science. Volume 1: The content core; A guide for curriculum designers*. Washinton, DC: Author.
- National Science Teachers Association. (1995). *Scope, sequence, and coordination of secondary school science. Vol, 3: A high school framework for national science education standards*, Arlington, VA: Author.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Shavelson, R., Baxter, G. P., & Pine, J. (1992). Performance assessments: Political rhetoric and measurement reality. *Educational Researcher*, 21, 22-27.
- Shavelson, R., Carey, N. B., & Webb, N. M. (1992). Indicators of science achievement: Options for a powerful policy instrument. *Phi Delta Kappan*, 71, 692-697 .

- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Waxman, H., & Bright, G. (1993). *Approaches to research on teacher education and technology*. Charlottesville, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.

21세기를 향한 한국의 과학 교사 교육

이 옥 희
(University of Miami)

한국의 과학교육 학회의 회원들을 만나게 되어서 영광입니다. 특별히 한국이 세계에서 가장 급속한 산업과 기계화를 이룩하는 나라의 하나로 인정받아서 더욱 의의가 깊습니다. 세계는 이러한 눈부신 성장을 존경과 호기심의 눈으로 지켜보고 있습니다.

제 발표의 주제가 “21세기를 향한 한국의 과학 교사 교육”과 같이 자못 거창합니다. 저의 의도는 한국의 과학교육학회가 어떤 진로를 택해야 하는가를 지시하는 것이 아니고, 오히려 저의 의도는 21세기를 향하는 과정에서 한국과학교육학회가 염두에 둘 사항들을 지적하는 것입니다. 지난 몇 십년 동안 한국이 성취한 급속한 기계화의 첨단을 고려해 볼 때, 과거와 현재의 상황을 고려해 보고 이러한 속고에서 얻은 통찰력을 다음 세기의 과학 교사 교육을 계획하고 이용하는데 지금이 좋은 시기인 것 같습니다.

제 발표에서 두 가지 사항을 언급할 생각입니다. 첫째는 과학 교사들이 통상 생각하는 바의 과학 학습의 목적이 무엇인지를 토의할 생각입니다. 특히 미국 과학교육의 미래의 이상을 대변하는 National Science Education Standards (National Research Council, 1996) 을 거론할 생각입니다. 다음으로는, 한국에서 효과적인 과학 교수를 추진하는 과정에서 과학교육학회가 고려할 몇 가지 중요한 사항을 다룰 것입니다. 제 발표에서 언급될 이러한 구성 요소들은 서구 국가들, 특히 미국, 호주, 영국에서 발간되는 학술 저술에서 언급되고 있습니다. 저의 발표를 통해서, 여기 참석하시는 분들께 이러한 아이디어가 한국의 과학교육의 상황에서 어떻게 진행이 될 수 있는가를 생각하도록 부탁드립니다.

과학교육의 목적: 미국의 경우

1980년 후반부터 미국의 과학교육 혁신은 미래에 과학자나 공학자가 될 소수 정예의 학생뿐만 아니라 “모든 사람들을 위한 과학”을 강조해 왔다(American Association for the

Advancement of Science, 1989, 1993; National Research, 1996). 이러한 공정성과 우수성의 이중적 목표를 추구하는 한 단계로써, 최근의 과학교육 개혁 운동은 모든 사람들을 위한 과학 기본 지식의 개념을 정의했다. 이러한 계획의 근본 이유는 모든 학생들이 교육된 시민으로서 필요한 과학의 기본적인 지식, 이해, 그리고 능력을 개발시켜야 한다는 논리이다. National Science Education Standards에 따르면 과학 기본 지식이 다음과 같이 정의되어 있다: “시민적이고 문화적인 행사, 경제적 생산성, 그리고 개인적인 의사 결정에 요구되는 과학 개념과 과정에 대한 지식과 이해”(National Research Council, 1996, p. 22). 특별히, 과학 기본 지식을 구성하는 과학 내용의 분류는 다음과 같다:

- * 탐구로서의 과학: 과학적 추론과 비판적 사고를 이용해서 과학을 이용하는 과정에서 학생들은 과학의 과정과 과학적 지식을 통합한다.
- * 물리, 생물, 지구 우주 과학: 과학 교재는 모든 학생들이 알고, 이해하고, 이용하는데 중요한 과학적 사실, 개념, 원리, 이론 그리고 모형을 강조한다.
- * 과학과 기술: 이 두 영역은 자연적인 세계와 계획된 세계를 연결시키고, 학생들에게 의사결정의 능력을 개발시킬 기회를 제공한다.
- * 개인적, 사회적 관점에서의 과학: 학생들이 나중에 시민으로서 직면하게 될 개인적이고 사회적인 사항들을 이해하고 실천할 수 있는 수단을 제공한다.
- * 과학의 역사와 과학의 실체: 학교 과학 과정 안에서 제공하는 과학의 역사를 이용해서 과학적 탐구, 인간적 측면의 과학, 그리고 과학이 여러 분야의 발전에 기여한 역할의 여러 관점을 명백히 하는데 초점을 둔다.
- * 과학에서 통합적인 개념과 과정: 개념적이고 과정적인 schemes는 과학교과 영역을 통합시키고 학생들에게 자연 세계를 이해하는데 도움이 되는 강력한 아이디어를 제공한다. 이들은 다음과 같다:

(a) 체계, 질서, 조직화, (b) 증거, 모형, 설명, (c) 변화, 지속성, 측정, (d) 진보와 균형, (e) 구조와 기능

효과적인 과학 교수

과학 학습의 목적을 달성하는 관건은 효과적인 과학 교수를 실천할 수 있는 과학 교사의 지

식, 능력, 그리고 신념에 달려 있다. 교사가 충분한 과학 지식을 가지고 과학을 가르치는데 열의가 있으면, 이러한 교사들은 학생들이 또한 과학의 기본 지식을 개발시키고 과학을 학습하는데 흥미를 가지도록 한다. 과학교육의 연구에 따르면 효과적인 과학 교수에 기본적인 구성 요소를 찾을 수 있다(e. g., American Association for the Advancement of Science, 1989; National Research Council, 1996; National Science Teachers Association, 1992, 1995). 이러한 구성 요소를 하나씩 설명해 나간다.

교과 지식

교사가 교과 영역의 지식을 가지는 것은 효과적인 수업에 필수 요소이다(Shulman, 1986, 1987). 교과 전문가라는 것은 교과 영역에서의 이론, 개념, 아이디어가 연관되게끔 정교한 지식 구조를 가르친다. 교과 전문가라는 것은 또한 서로 관련된 교과 영역을 연결시키고 아울러 실제 세계와 연결을 시킬 수 있는 능력을 포함한다. 교과 지식은 과학 분야를 전공하지 않는 초등 학교 교사들에게 특별히 중요하다.

교육적인 내용 지식

교사는 교과 내용을 학생들이 이해하고 음미할 수 있게끔 표현을 할 수 있어야 한다. 이를 교육적인 내용 지식이라고 칭한다(Shulman, 1986, 1987). 이러한 지식에 비추어서, 교과 영역에서의 전문적인 교과 영역의 전문가를 구분할 수 있다. 교육 연구에 따르면, 대학에서 교과 영역을 전공한다고 해서 반드시 효과적인 수업에 필요한 교육적 내용 지식을 가진다는 보장이 없다(Ferfuston & Womack, 1993; McDiarmid, 1990, in press).

교육적 내용 지식은 학생들로 하여금 기계적으로 전달되는 정보를 수동적으로 받아들이는 것이 아니고 적극적으로 지식을 개발시키고 의미를 추구하는 것을 도와줄 수 있는 그러한 교사의 능력과 밀접한 관련이 있다(Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994). 학생들이 새로운 정보를 이전의 지식과 통합시키고 이러한 경험을 의미 있게 만들 때 학습이 일어난다. 불행하게도, 학생들의 이전 지식은 종종 부정확하며 그릇된 개념으로 차 있으며, 이는 바꾸기가 어려울 뿐만 아니라 교실 학습 상황에서 비생산적이다(Anderson & Roth, 1989; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer, & Blakeslee, 1993; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). 효과적인 과학 교수는 학생들이 그릇된 개념을 개정하고 개념변화를 통해서 새로운 정보를 이전지식

과 통합하는 과정을 도와준다.

교육적인 지식

교육적인 지식은 교수, 교과과정, 평가에 관련된 여러 가지의 전략을 포함한다. 각각에 대한 설명은 다음과 같다.

효과적인 교수 전략과 동기화 전략에 대한 교사의 지식과 기술은 학습을 촉진시키는데 필수적이다(Lee & Anderson, 1993). 훈육 또한 교수에서 동등하게 중요한데, 특히 초심 교사들에게 해당된다(Doyle, 1986). 여러 가지 다양한 전략을 통해서, 과학 교사들은 과학 활동에서 적극적인 학생의 참여를 권장한다. 과학에서 직접경험을 통해서, 학생들은 과학 탐구의 기술을 개발시키고, 과학 지식을 일상생활의 현상에 적용시키고 비판적인 사고의 능력은 발달시킨다.

교사들은 교과과정과 교수 자료를 선정하고 개조시킬 수 있는 지식과 기술을 지녀야 한다. 교사들은 교실 상황에서 흔히 사용되는 설비, 시설, 자원 공급물을 다룰 수 있는 능력이 있어야 한다. 교사들은 또한 과학 교수에서 대안적인 교수 자료에 대한 지식을 가져야 한다. 교사들은 이러한 교수 자료를 이용해서 특정한 개념을 설명하고, 학습 활동에 학생들을 참여시키고, 학생들의 교과 이해 정도를 평가한다.

교사의 교육적인 지식은 또한 평가 영역을 포함한다(Shavelson, Baxter, & Pine, 1992; Shavelson, Carey, & Webb, 1990). 전통적인 방법은 보통 학습 결과(성과)를 평가하는 반면에(총괄 평가), 최근의 방법은 신빙성이 있고, 비형식적이거나, 실행 평가를 통해서 학습 과정을 진단해 나가는데 초점을 둔다.(형성 평가) 표준화 검사 성적이나 교과 성적과 같은 전통적인 방법에 덧붙여서, 대안적인 평가 방법이 이용되는데, 이들은 portfolio, 관찰, 관찰이나 비태도를 통한 실행, 면접, 과제물, 과학의 과정 기술의 역동적인 평가 등을 포함한다.

학생에 대한 지식

학생에 대한 교사 지식은 효과적인 교수에 필수적이다. 교사들은 인지, 사회, 정서, 도덕 영역에서 아동 발달에 대한 전반적인 지식을 가져야 한다. 학습 능력과 선호에서의 개인차도 고려되어야 한다. 또한, 교육적 내용 지식이 지적하는 바와 같이, 교사들은 학생들이 이해하고 흥미 있게끔 교과내용을 전달하기 위한 목적으로서 학생들을 이해해야 한다.

과학과 수학 · 과학기술의 통합

수학의 개념과 과정의 기술은 과학의 교수와 학습에 필수적인 도구이다. 이러한 주제로서는 측정, 자료 처리 (예컨대, 차트, 그래프, 목록) 통계와 확률, 기본 개념과 도구(예컨대, 비율 비례, 추정) 등을 포함한다.

컴퓨터와 과학기술도 또한 과학 교수와 학습에 필수적인 도구이다. 단순한 도구를 지나서, 컴퓨터와 과학기술은 교사와 학생들로 하여금 교수와 학습에서 창의적이고 대안적인 접근방법을 창의하는 것을 가능하게 한다(Waxman & Bright, 1993). 예컨대, 과학교육에서 사용되는 soft program은 강력한 교수자료물이 된다. 컴퓨터를 이용해서 과학탐구에서의 자료를 수집, 분석, 기록, 보도할 수 있다.

결론 : 효과적인 과학 교사 교육 프로그램

과학 학습의 목적을 성취하기 위해서 교사는 학생들의 적극적인 학습을 신뢰하고 학생들이 지식과 의미를 추구하는 과정에서 교사의 역할을 또한 신뢰해야 한다. 이러한 관점은 정보를 학습자들에게 기계적으로 전달하는 전통적인 개념과 근본적으로 다르다. 불행하게도, 교수와 학습에 대한 교사의 신념은 쉽게 변하지 않고, 또한 스스로 학생이었을 때의 경험에 종종 한정되어 있다.

과학 교사 교육 프로그램은 효과적인 과학교수에 필요한 지식, 능력, 신념을 개발시킬 수 있는 기회를 교사들에게 제공해야 한다. 또한, 이들 프로그램은 교사들이 효과적인 과학교수를 향상적으로 수행할 수 있게끔 시간, 훈련, 미래의 이상을 제공해야 한다. 이치에 맞고 효과적인 프로그램은 교과과정, 강좌, 실장연습, 그리고 여러 가지 다양한 구성요소와 활동을 통합하고 단일화시킨다.

효과적인 과학 교수는 역동적이며, 각 부분을 합친 것을 초과한다. 효과적인 과학교수의 구성요소의 중심에는 과학교사교육의 목적이 해당된다. 다시 말해서, 과학을 모든 학생에게 효과적으로 가르치기 위해서 이러한 구성요소들을 통합하는 것, 교사가 올바른 교육지식, 학생에 대한 지식, 교과지식을 통합할 수 있을 때, 이들은 21세기의 학생들을 가르치는데 만반의 준비가 되어 있다.