

Improving science teaching and
learning in school: Lessons
from the research

Justin Dillon

King's College

Improving science teaching and learning in school: Lessons from the research

Justin Dillon

King's College

This talk brings together three threads of science education research with the aim of looking forward to ways in which research can inform curriculum and assessment policy and practice. The first is concerned with the opinions and practices of Korean science teachers attending training courses at King's College London. The second focuses on assessment in UK classrooms and how it can be used to improve the quality of teaching and learning in science and the third addresses the implementation of an intervention strategy known as CASE (Cognitive Acceleration through Science Education).

The key messages are that:

The links between teaching, curriculum and assessment systems are powerful, influential (but not reciprocal) and long-lasting; Classroom assessment strategies can provide opportunities to improve the quality of learning in science; Innovation in science education depends on a variety of factors ranging from the support from senior managers to the level of communication between science teachers in a school.

Introduction

I must begin by thanking the organising Committee of the 20th Anniversary of the

Korean Association for Research in Science Education for the kind invitation to speak to you. Your 20th Anniversary Year comes one year after the founding of the European Science Education Research Association (ESERA). At that meeting we were determined that one of the main aims of ESERA would be to make links with other science education research associations around the world. I am happy that this meeting provides an opportunity to make the globalisation of science education research more concrete.

I use the word 'globalisation' advisedly - on my last visit to Korea just over a year ago, the expression was on many people's lips. Although that was my first visit, King's links with Korea go back many years. Several of my colleagues have visited Korea, including Professor Paul Black, we have worked with colleagues from KEDI for many years and have a formal link with KNUE. We wish the new President of KNUE well in his term of office. We have hosted visits from teachers, inspectors, advisers and academics and have had a small number of successful Masters and PhD students from a range of well-regarded universities in Korea. Since 1988 we have, in collaboration with the Ministry of Education, been involved with science teacher development in Korea. This has involved us working with science teachers from many provinces who have spent just over a month in London (and Oxford and Cambridge!). For us, this experience has been both challenging and enjoyable and has allowed us to share our research experience with a receptive, thoughtful and talented group of teachers.

We share much in common, not just with each other but with other countries. This talk began to take shape in Detroit airport where I was spending a short time en route from attending the National Association for Research in Science Teaching (NARST) meeting in St. Louis to the American Educational Research Association meeting in New York. I should digress at this point and mention that, as a member of NARST's International Committee, I bring you greetings from that organisation and look forward to seeing a representative from KARSE at the 1997 meeting in Chicago.

Talks such as this allow the speaker the opportunity to synthesise and distil ideas

and to engage in a small measure of foresight, albeit speculatively. I intend to draw together three threads of science education research with the aim of looking forward to ways in which research can inform curriculum and assessment policy and practice. I will use data from three research projects that I am involved in to illustrate key points that are relevant to science educators not just in Korea but in many other countries.

The first thread is concerned with the opinions and practices of Korean science teachers attending development courses at King's College London. The second thread is also concerned with teachers' opinions and practice. This time the focus is on assessment in UK classrooms and how it can be used to improve the quality of teaching and learning in science. The third thread involves looking at research into factors affecting the implementation of an innovative intervention strategy known as CASE (Cognitive Acceleration through Science Education). The key messages that I hope to put across are that:

- The links between teaching, curriculum and assessment are powerful, influential (but not reciprocal) and long-lasting;
- Classroom assessment strategies can provide opportunities to improve the quality of learning in science;
- Innovation in science education depends on a variety of factors ranging from the support from senior managers to the level of communication between science teachers in a school.

Teaching, curriculum and assessment systems

It is clear to anyone involved in science education research that significant dissatisfaction is being expressed by a variety of organisations and individuals with the level of science attainment by many school students; with the quality of science teachers and with the science curriculum itself. The level of dissatisfaction within the

United States is probably a function of the size of the country but the drive towards a new vision of the science curriculum has brought new 'standards' from the National Research Council as well as 'Project 2061' from the American Association for the Advancement of Science - both prestigious and influential institutions. In the United Kingdom, the Education Reform Act (1988) led to the introduction of a national curriculum and assessment system that has had a major impact on all levels of compulsory schooling and is beginning to influence post-compulsory education. It would be satisfying to report that this major systemic reform had been driven by research findings but this would be only partially correct. In designing the science education curriculum some cognisance was paid to the extensive body of literature on children's ideas of scientific concepts and our School Curriculum and Assessment Authority commissioned a report from a group of researchers (Black et al. 1994). However the curriculum and assessment reforms were driven to a large extent by political forces rather than by educational research (see, for example, Black 1995).

The Government stated that the national curriculum reforms and the assessment system set up were explicitly designed to guide 'what should be taught' rather than to dictate 'how it should be taught'. However, anyone who believes that changing the curriculum and assessment policy would not heavily influence teacher practice does not understand how teachers and schools work. Our work with Korean science teachers provides an illustration of that fundamental idea.

Unlike the British Government, the Korean Government has spent a significant amount of money sending some of its best science teachers overseas to see how other countries organise their science teaching. The purpose of the scheme is not to copy Western practice but to allow Korean teachers to reflect on their own practice in a different context. As one of the institutions selected to take part in this scheme, we have worked with over 200 Korean science teachers in recent years. We have recently taken the opportunity to explore some of the ideas and opinions held by the teachers as

a way of illuminating our own knowledge of both your system and of our own.

A questionnaire containing a range of items addressing teachers' opinions about the curriculum and assessment system and their practices in terms of classroom organisation and assessment was administered to over 100 teachers attending courses during 1995. The questionnaire was followed up by a smaller number of interviews with teachers selected to give a representative sample of the whole cohort. The questionnaire and the interviews were both administered and conducted in the Korean language by my doctoral student Mee-young Oh as part of her studies.

Although there is still much work to be done on the analysis of the data, it is possible to identify some conclusions about the perception of the education system held by the teachers. It is clear that the vast majority of the teachers see their teaching approach limited by the curriculum and by the assessment system. This 'backwash effect' of assessment systems is a common phenomena and is characterised by the expression 'teaching to the test'. 'High stakes' assessment, that is examinations that decide people's futures also decide how and what they are taught virtually from the day that they start school. A common pattern around the world is that university entrance examinations consist primarily of short answer or multiple choice questions to test individual's science knowledge with some credit given to teacher assessment of practical skills. It is rare to find teacher assessment being given greater credibility than the multiple-choice testing yet if science is about making new knowledge surely we would expect that some attempt would be made to ensure that the assessment system measured students' knowledge of how science works and their ability to investigate natural phenomena either practically or using thought experiments. An assessment system that addressed these issues may give a more valid indication of students' scientific abilities than the memory tests we use now but, more importantly, they would free teachers to concentrate on teaching students a different type of science - one that focused on the making and using of knowledge rather than on the knowledge itself.

The message from our research is that many teachers would appear to be sympathetic to the idea that curriculum change and assessment change are inseparable but that they are pessimistic about future changes unless they are radical rather than mere tinkering.

Classroom assessment strategies

The report by the UK Government's Task Group on Assessment and Testing (TGAT), chaired by Professor Paul Black, identified four purposes of assessment in schools: formative, diagnostic, summative and evaluative (Department of Education and Science, 1988). In the previous section I have been talking primarily about summative assessment. Summative assessment, as its name implies, comes at the end (of a unit, of a term, of a year, of schooling, etc.) and it attempts to summarise the performance of students at that stage so that reports can be made. The evaluative purpose of assessment says something about the performance of teachers or of institutions. The formative purpose emphasises the positive achievements of students in helping them to make progress, the diagnostic purpose emphasises the identification of weaknesses and misunderstandings so that they may be put right. In this section I will focus on the formative and diagnostic aspects which, to some extent, overlap in the methodology.

I have been working with two colleagues, Bob Fairbrother and Peter Gill, for over two years looking at the influence of the national curriculum and assessment policy on UK science teachers' policy and practice. Data was collected from small group interviews and large scale questionnaires and has been reported in detail elsewhere (Fairbrother, Dillon & Gill 1995). As with our research with Korean teachers, we have shown, *inter alia*, that teachers' assessment practices are driven to a significant extent by the national assessment system.

Our findings are not encouraging given the links between curriculum, assessment

systems and teaching. We found that:

- Science teachers rely largely on end-of-topic tests for the teacher assessment of their pupils.
- The tests are usually copies of the end-of key stage national tests.
- Thus, teacher assessment and national tests are not complementing each other as our Government's Chief Adviser says is necessary.
- The tests reflect a narrow view of science.
- Teachers tend to be teaching to the tests.
- Teaching is being harmed by the influence of the tests.

It appears from our research that science teachers are facing a dilemma. They know a short written test cannot give a satisfactory picture of student attainment at the end of a year or a phase of schooling, yet any attempt to increase the validity of the test results in it becoming more unmanageable. As we wrote last year: 'The teachers rely more on formal testing than on informal assessment, and assessment for formative purposes takes second place to assessment for summative purposes. Part of the reason for this is the publication of test results and greater emphasis on accountability which exposes schools to public scrutiny. The teachers feel that their professional judgement will be called into question unless it can be supported by hard evidence from formal written tests, and so informal evidence from day-to-day contact with pupils is downgraded.'

We believe that the use of formative assessment techniques in a systematic manner is the key to improving science attainment. By 'formative assessment techniques' we do not mean frequent testing, particularly using multiple-choice instruments. We advocate individual, informal questioning, marking of classwork and homework, listening to students discussing their work, etc. These techniques are rarely taught to pre-service teachers in a systematic manner and are rarely performed systematically by teachers. Even less use is made of student self-assessment and they are rarely made aware of

what marks mean or how to improve their work. We are expecting children to play a game without explaining the rules to them. We believe that if students understood how and why their work was assessed more fully, they would be in a better position to improve the quality of their work.

In the next section I will move from methods that may improve attainment in science to methods that we know already do improve science attainment.

Innovation in science education

Any attempt to improve attainment in science that is not based on a psychological understanding of learning is facing an uphill struggle. My colleagues Dr. Philip Adey and Professor Michael Shayer have based their Cognitive Acceleration through Science Education (CASE) project on a neo-Piagetian developmental psychological approach and have achieved startling results (see, for example, Adey and Shayer, 1993). The teacher processes involved include the generation of cognitive conflict in students, teacher and peer mediation to resolve this conflict leading to students' construction of reasoning patterns, and the encouragement of metacognitive reflection by students on their own conflict-resolution processes. The CASE programme has been shown to be consistently effective (Adey & Shayer, 1994; Shayer & Adey, 1993) in its aim to accelerate the development of formal operational thinking, and in turn to lead to long-term gains in students' academic achievement. Participating schools undertake a two-year staff development programme consisting of workshops held in a university department of education and approximately 20 hours per school of coaching by the INSET tutors in the classrooms of the participating schools.

However, I want to draw your attention to the results of some research that I have been doing with Dr. Adey and with Dr. Shirley Simon into the effectiveness of the inservice training that CASE schools are involved in. Prior to our study, Adey (1994;

1995) had investigated the teachers' sense of ownership of CASE, the extent to which they communicated with one another about CASE, the involvement of senior management in the CASE implementation, the Level of Use of CASE by individual teachers and the effect size of student gains in cognitive development. Adey reported a strong relationship (see figure 1) between the level of use (measured using the Loucks-Horsley Levels of Use (LoU) scale (Hall & Loucks, 1977) and the cognitive gains made by their pupils. Level of use is scaled from 0 ('is not using and has no plans to use') to 6 ('re-evaluation of the use including major modifications to increase impact').

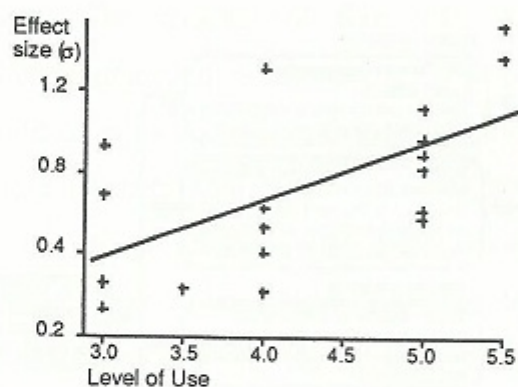


Figure 1: LoU against effect size for 18 classes

I wish to draw your attention to the results of a study carried out with the thirteen comprehensive schools which enrolled in the CASE INSET programme in September 1991. Virtually all science teachers of the first two years in each of these schools, totalling over 100 teachers and their classes, were involved in the programme. We were concerned with the effect of a set of mediating variables between the input of participation in the programme, and the intermediate and final outcome variables (LoU

and cognitive gain). Initially the following were postulated as mediating variables which might severally or together influence the extent to which participation was translated into actual use of CASE and pupils' cognitive growth.

1. the sense of ownership felt by each teacher of the CASE methods;
2. perceived effectiveness of communication about the project within the school science department;
3. teachers' attitudes to and familiarity with the theoretical bases of CASE (THEO);
4. teachers' personal management styles;
5. the involvement of school senior management in implementation of the innovation.

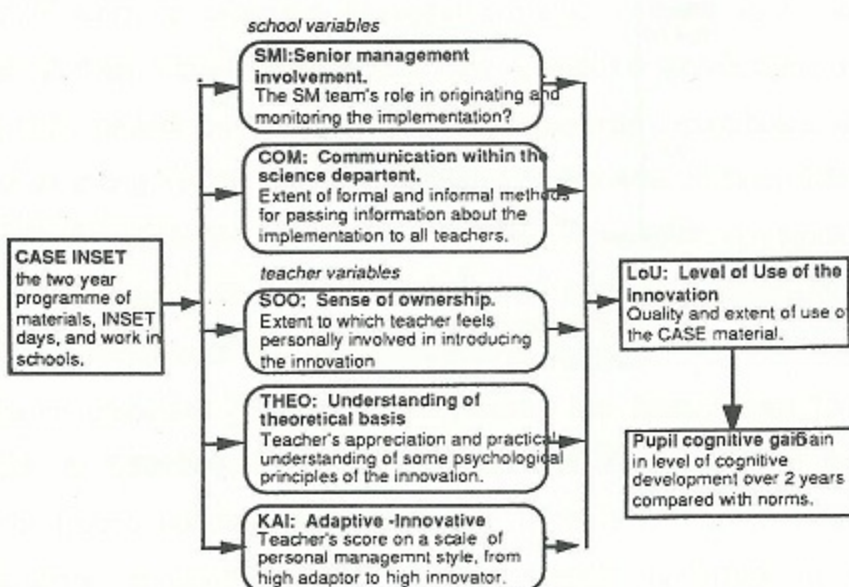


Figure 2: Conceptual framework of the study

Figure 2 illustrates the conceptual framework (Miles and Huberman 1984) for the study which was postulated before the data-collection. Mediating variables between the INSET programme (the same for all schools) and the outcome variables are shown in

the centre spine. These are not supposed to be independent of one another. For example, it is likely that there is a relationship between effective communication and sense of ownership.

- The actual use of the CASE innovation appears to be related to (1) the extent to which the senior management team and the responsible science teachers share a vision of the purpose and method of implementation of the new teaching methods, and (2) the extent to which there is a commitment by a senior figure to the implementation of the method.
- The extent to which teachers communicate with one another about the CASE innovation seems also to be strongly related to the unity of vision amongst senior management. The contrast of this with the non-relationship between commitment and communication is interesting. It is possible for a school to have a committed individual who drives the innovation through without engendering a feeling amongst the teachers that they discuss it much. But when both science and SMT share the vision, perhaps the combination creates an atmosphere in which CASE is more likely to be a topic of conversation.
- Teachers sense of ownership of the project appears to be independent of management's unity or commitment. Rather, it seems to be related to the type of motivation of the Case Co-ordinator. This becomes plausible when one looks at the criteria for 'high' motivation ranking, which includes adopting CASE because of its staff development potential. Co-ordinators who place a high value on staff development are most likely to involve teachers extensively in discussion about the project.

Conclusion

Science education research is concerned with explaining why things are as they are

and with trying to improve the attainment in science. The examples I have chosen indicate the complexity of the issues - something often ignored by policy makers and the potential of research to improve practice. If you cannot change classroom practice then it will be virtually impossible to change science attainment. Current education reform aims to raise standards by centralisation of curriculum and by the use of national testing to force change. However, the question is: 'What is it that the standards are indicating?' Are they standards of scientific understanding or standards of science memorising. We should be trying to improve the use of systematic formative assessment in the classroom and the use of more effective teaching strategies. To do this we need to bear in mind that innovation in classrooms is conditional on a range of factors including the support of senior management in schools and the unity of vision of teachers and management.

References

- Adey, P. S. (1994). The effect of school and departmental variables on the implementation of a science teaching innovation: communication. Anaheim, CA: Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Adey, P. S. (1995). The effects of a staff development program: the relationship between the level of use of innovative science curriculum activities and student achievement. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, USA.
- Adey, P. S. and Shayer, M. (1993). An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention programme in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, 11, 1, 1 - 29.
- Adey, P. S. and Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.

- Black, P. (1995). 1987 to 1995 - The Struggle to Formulate a National Curriculum for Science in England and Wales. *Studies in Science Education*, 26, pp. 159-188.
- Adey, P., Asoko, H., Barker, J., Black, P., Dillon, J., Driver, R., Leach, J., Osborne, J., Scott, P., Watson, R., Welford, G. and Wood-Robinson, C. (1994). A Report to SCAA on the May 1994 Proposals for Revision of the National Curriculum in Science: Implications of Research on Children's Learning. London: School Curriculum and Assessment Authority.
- Department of Education and Science (1988). National Curriculum: Task Group on Assessment and Testing: A Report. London: Department of Education and Science and Welsh Office.
- Fairbrother, B., Dillon, J. and Gill, P. (1995). Assessment at Key Stage 3: Teachers' attitudes and practices. *British Journal of Curriculum and Assessment* 5, 3, pp. 25-31, 46.
- Hall, G. E. and Loucks, S. F. (1977). A developmental model for determining whether the treatment is actually implemented. *American Educational Research Journal*, 14, 3, pp. 238-237.
- Joyce, B. and Showers, B. (1988). *Student Achievement through Staff Development*. New York: Longman.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1984). *Qualitative Data Analysis*. Newbury Park CA: Sage.
- Shayer, M. and Adey, P. S. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. London: Heinemann.

학교에서의 과학 교수와 학습의 개선 연구로부터 얻은 교훈

Justin Dillon
(King's College)

교육 연구가 교육과정, 평가정책, 현장교육에 대한 정보를 줄 수 있기를 기대하면서 3가지 맥락에서 과학교육 연구에 대해 이야기하겠다.

첫째, 런던 King's College에서의 연수과정에 참여한 한국 과학 교사들의 견해와 현장교육에 대해서.

둘째, 영국의 학교 교실에서의 평가와, 과학에서 교수·학습의 질을 향상시키기 위해 평가가 어떻게 사용되는지에 대해서.

셋째, CASE (Cognitive Acceleration through Science Education)라고 알려져 있는 혁신적 교수 전략(intervention strategy)에 영향을 미치는 요인에 관한 연구에 대해서 발표하겠다. 요점은 다음과 같다.

- 교수와 교육과정, 평가체계 사이의 연결은 강력하고, 상호적이지는 않지만 영향력 있으며 지속적이다.
- 교실 평가 전략을 통해 과학 학습의 질을 향상시킬 수 있다.
- 과학 교육의 혁신은 상부 관리자들과 후원에서부터 학교에서의 과학 교사들 간의 상호교류에 이르기까지의 많은 요인들에 달려 있다.

서 론

먼저 한국과학교육학회의 창립 20주년을 맞아 이렇게 초대해 주신 것을 감사드린다. 작년에는 유럽과학교육학회(ESERA)가 설립되었다. 그 설립 모임에서 ESERA의 주요 목적 중의 하나는 세계의 다른 과학교육학회와 연계하는 것이었다. 이번 모임을 통해 과학교육학회의 세계화를

더욱 공고히 할 수 있음을 기쁘게 생각한다.

‘세계화’라는 말을 의도적으로 쓰고 있는데, 1년 정도 전에 내가 한국을 마지막으로 방문했을 때 세계화’라는 말이 한국인들의 입에 오르내리는 것을 들었다. 내가 한국을 처음 방문한 것은 수년 전 King’s College와 한국과의 교류문제 때문이었다. Paul Black을 포함한 나의 동료 몇 명은 한국을 방문했었는데, 우리는 한국교육개발원의 몇몇 동료들과 함께 일해왔고 한국교원 대학교와도 공식적 관계를 갖고 있다. 과학교육학회 회원이면서 교원대학교의 신입 총장이 되신 우종옥 총장께서 직무를 훌륭히 수행하시길 기원한다. 우리는 한국의 교사, 장학사, 학자들을 맞이했으며, 또한 한국의 우수 대학 출신으로 King’s College에서 성공적으로 석·박사 과정을 밟은 학생들도 몇 명 있었다. 1988년 이후 계속해서 교육부와 의 공동작업으로 한국의 과학 교사 연수에 관여하고 있다. 한국의 여러 지방에서 오신 과학 교사들이 런던, 옥스포드, 케임브리지에서 한달 남짓한 기간을 보내면서 우리와 함께 연구에 임하였다. 이런 경험은 도전적이고 즐거웠으며, 이해력이 빠르고 재능 있는 교사들과 함께 연구 경험을 나눌 수 있었다.

우리는 개인 사이만이 아니라 다른 나라 사이에도 많은 것을 함께 나누고 있다. 오늘의 이야기는 디트로이트 공항에서 구상되기 시작했는데, 그 때는 세인트 루이스에서 NARST학회에 참석하고 다시 뉴욕에서 열리는 미국교육학회(AERA)에 참석하고자 가는 도중이었다. 여기서 이야기가 조금 옆으로 새지만, NARST 국제위원회의 한 회원으로서 위원회를 대신하여 여러분께 인사를 드리는 바이며, 1997년 시카고에서 열릴 NARST학회에서 한국과학교육학회 대표단을 만나볼 수 있기를 기대한다. 오늘과 같은 이야기는 사색적이기는 하지만 본인의 생각을 종합·정리하고 조금은 통찰하게 하는 기회가 된다.

교육 연구가 교육과정, 평가정책, 현장교육에 대한 정보를 줄 수 있기를 기대하면서 3가지 맥락에서 과학교육 연구에 대해 이야기하겠다.

첫째, 런던 King’s College에서의 연수과정에 참여한 한국 과학 교사들의 견해와 현장교육에 대해서

둘째, 영국의 학교 교실에서의 평가와 평가가 교수·학습의 질을 어떻게 향상시키는 지에 대해서

셋째, CASE (Cognitive Acceleration through Science Education)라고 알려져 있는 혁신적 교수 전략(intervention strategy)에 영향을 미치는 요인에 관한 연구에 대해서 발표하겠다. 요점은 다음과 같다.

- 교수와 교육과정, 평가체계 사이의 연결은 강력하고, 상호적이지는 않지만 영향력있으며 지속적이다.
- 교실 평가 전략을 통해 과학학습의 질을 향상시킬 수 있다.
- 과학교육의 혁신은 상부 관리자들과의 협조에서부터 학교에서의 과학 교사들간의 상호교류에 이르기까지의 많은 요인들에 달려 있다.

교수, 교육과정, 그리고 평가체계

과학교육연구에 종사하고 있는 사람이라면 누구라도, 다양한 많은 단체나 개인들이 과학의 성취도, 과학교사의 질, 과학 교육 과정 그 자체에 대해서 상당한 불만족을 나타내고 있다는 것을 명백하게 알고 있다. 미국에서의 불만족 수준도 아마도 나라의 크기만큼이나 크겠지만, 과학 교육 과정의 새로운 전망에 대한 욕구로 인해 권위 있는 기관인 AAAS (American Association for the Advancement of Science)로부터 'Project 2061'을 도입했을 뿐만 아니라, NRC(National Research Council)로부터 새로운 기준을 도입했다. 영국에서는 교육개혁법(1988)이 모든 단계의 의무교육에 상당한 영향을 미쳤고, 또 의무교육 이후의 교육에도 영향을 미치기 시작하는 국가 교육과정과 평가체계의 도입을 이끌었다. 과학 교육 과정을 고안함에 있어서 '과학의 오개념'에 관한 거대한 양의 문헌을 인식하고 SCAA (School Curriculum and Assessment Authority)은 일련의 연구자들에게 보고서를 의뢰했다. 그러나, 교육과정과 평가의 개정은 교육학적 연구에 의해서라기 보다 정치력에 의해서 이끌어졌다. (Black 1995)

정부는 국가교육과정과 평가체계가 “어떻게 가르칠 것인가”보다는 “무엇을 가르 것인가”를 안내하도록 꾸며져 있다고 말한다. 그러나, 교육과정과 평가를 개정하는 것이 현장교육에 크게 영향을 미치지 않는다고 믿는 사람은 교사와 학교가 어떻게 일하는지 이해하지 못한다. 한국 과학 교사들과의 연구를 보면 그런 기본적인 생각이 잘 나타나 있다.

영국 정부와는 달리 한국 정부는 우수 과학교사를 해외에 파견하여 외국에서는 '과학교수내용'을 어떻게 조직하고 있는지를 알게 하는데 많은 돈을 쓰고 있다. 그 계획의 목적은 서구의 현장교육을 그대로 모방하는 것이 아니라, 한국과는 다른 상황에서 교사 자신의 현장교육을 곰곰이 되돌아보게 하는 것이다. 이 연수에 참여하고 있는 기관중의 한 곳으로 우리 대학은 최근 200명 이상의 한국 과학교사와 함께 연구해왔다. 한국의 과학교육체제와 영국의 과학교육체제에

대한 우리들의 지식을 밝히기 위하여 한국 과학교사들이 가지고 있는 생각과 의견을 조사하는 기회를 마련했었다. 교육과정과 평가체계, 그리고 학급조직과 평가실시에 대한 교사들의 의견을 적는 문항의 설문지 조사가 1995년 연수과정 참여자 100여명에게 실시되었다. 설문 조사 후에는 전체 교사 중에서 대표적 표본을 추출하여 소수 인원의 인터뷰가 실시되었다. 설문조사와 인터뷰는 박사과정 오미영에 의해서 한국어로 실시되었다(오미영의 논문 일부가 된다).

자료를 분석하기 위해 아직도 많은 연구가 이루어져야 하지만, 교사들이 인식하고 있는 교육 체제에 관해 몇 가지 결론을 내릴 수 있다. 대다수의 교사들은 교육과정과 평가체계에 의해 그들의 가르침이 제한된다고 생각한다. 평가의 이러한 '역류효과'는 일반적인 현상이며, '시험을 위하여 가르친다' 말로 표현할 수 있다. 개인의 미래를 결정해 버리는 '고도의 내기 (High stakes)' 평가는 학교에 다니기 시작하는 날부터 실제로 무엇을 어떻게 배워야 하는지 마저도 결정해 버리는 것이다. 개인의 조작기능에 대한 교사의 평가를 어느 정도만 인정하고, 그 이외의 개인이 가지고 있는 과학 지식을 측정하기 위한 단답형·선다형 문제의 대학 입시시험은 세계 공통적인 것이다. 선다형 평가보다 교사의 평가를 더 많이 신뢰하는 경우는 드물다. 과학이 정말 새로운 지식을 만들어 나가려고 한다면, 과학이 어떻게 행해지는지에 대해서 또 실제로나 사고실험을 통해 자연현상을 조사하려는 그들의 능력에 대해서 학생들이 알고 있는 것을 측정·평가할 수 있어야 한다고 생각한다. 이런 문제점들을 강조한 평가체계는 지금 사용하고 있는 암기력 테스트에 비해서, 학생들의 과학적 능력에 대한 보다 유효한 지수를 얻게 해준다. 또, 지식 그 자체보다는 지식을 만들어가고 활용하는데 초점이 맞추어진 과학의 다른 형태를 학생들에게 가르칠 수 있도록 해준다. 연구로부터 알 수 있는 것은, 많은 교사들이 교육과정을 바꾸는 것과 평가체계를 바꾸는 것은 분리할 수 없다는 생각에 대해서는 비판적이지만, 급진적이지만 단순하고 서투르게 고치지만 않는다면 미래의 변화에 대해서는 낙관적이라는 사실이다.

교실평가전략

Paul Black 교수가 의장인 영국 정부의 TGAT(Task Group on Assessment and Testing)에 의한 보고서에는 학교에서의 평가를 형성적·진단적·총괄적·평가적의 4가지 목적으로 구별해 놓았다. 앞 절에서는 주로 총괄평가에 대해 이야기했었다. 총괄평가란 문자 그대로 단위·학기·학년의 끝에 실시되는 것으로, 그 단계에서의 학생들의 성취를 개괄해서 성적이 나온다. 평가의

평가적 기능이란 교사나 기관들의 수행에 관한 것을 말한다. 형성평가는 학생들이 진보할 수 있도록 도와주는 것으로 학생들의 적극적인 성취를 강조한다. 처방적 목적은 취약부분과 오인을 구별하여 그것을 바로 잡도록 강조하고 있다. 여기에서는 방법적인 면에서 어느 정도 겹치는 부분이 있는 형성적 측면과 진단적 측면에 초점을 맞춰 이야기하겠다.

나는 동료인 Bob Fairbrother, Peter Gill와 함께 2년 남짓한 동안 영국의 국가교육과정과 평가정책이 과학교사의 정책과 실습에 미치는 영향을 조사해왔다. 자료는 소수그룹의 인터뷰와 큰 규모의 설문조사로부터 얻었으며, 이 결과는 다른 곳에 자세하게 보고되어 있다(Fairbrother, Dillon & Gill 1995). 한국 교사에 관한 연구 결과와 마찬가지로, 영국의 과학교사들도 특히 평가에 있어서는 국가평가체계의 영향을 상당히 받는다. 교육과정, 평가체계와 교수사이의 연결에서 우리가 알아낸 것은 다음과 같으며, 별로 고무적이지는 않다.

- 과학교사는 학생을 평가할 때 주로 단원말시험(end-of-topic)에 의존하고 있다.
- 평가문제는 보통 국가시험의 각 주단계에서 이루어지는 국가 수준의 평가문항(end of key-stage)을 그대로 쓰고 있다.
- 이렇듯, 교사가 실시하는 평가와 국가시험은 서로 보완적이 아닌데, 그런 보완작용은 필요한 것이다.
- 시험은 '좁은 의미의 과학'을 반영하고 있다.
- 교사는 '시험을 위하여' 가르치는 경향이 있다.
- 시험의 영향으로 가르치는 일이 장애 받고 있다.

우리의 연구를 보면 과학교사들이 딜레마에 직면하고 있다는 것을 알 수 있다. 그들은 학년 말이나 학교를 마칠 때 실시되는 간단히 적힌 시험으로는 학생들의 성취도를 만족스럽게 평가할 수 없다는 것을 알고 있지만 그 시험의 타당성을 증진시키기 위한 어떠한 노력도 평가를 더욱 어렵게 하는 상태로 끝날 뿐이다. (작년에 보고서에 쓴 것처럼)

교사들은 비형식적인 평가보다 형식적인 시험에 더 많이 의존하고 있으며, 형성평가는 총괄평가의 뒷전에 있다. 그 이유중의 하나는 시험결과의 공표와 그 책임을 학교측에 묻기 때문이다. 교사들은 필답시험의 결과를 인정받지 못하게 되면 교사자신의 전문가적 자질을 의심 당할 것이라고 느낀다. 그래서 매일매일 학생과 접촉하는 비형식적 평가는 평가 절하되는 것이다.

체계적인 방법으로 형성평가를 실시하는 것은 과학성취를 증진시키는 핵심이라고 믿는다. ‘형성평가기술’이란 자주 시험 보는 것 - 특히, 선다형 도구로 - 을 뜻하는 것이 아니라, 개인적이고 비형식적인 질문, 교실 활동과 숙제의 채점, 학생들의 토의를 들어보는 것 등을 가르친다. 이런 기술들이 현직발령전의 교사에게 체계적으로 가르쳐지는 일은 거의 없으며, 교사라 하더라도 체계적으로 이런 기술을 수행하기는 어려운 일이다. 학생들의 자기평가는 잘 쓰이고 않으며, 학생들은 평가 점수가 의미하는 바를 알지 못하고, 어떻게 ‘학습’을 개선해야 하는지조차 모르고 있다. 마치, 어린이에게 게임의 규칙을 설명해주지 않고 게임하기를 기대하는 것과 같다. 만약 학습이 ‘어떻게’ 그리고 ‘왜’ 평가되는지를 학생들이 충분히 안다면, 학생 스스로 학습의 질을 보다 더 개선시킬 수 있다고 믿는다. 다음절에서는 과학의 성취도를 증진시킬 수도 있는 방법에서부터 확실하게 증진시키는 방법까지 이야기하겠다.

과학교육에서의 혁신

학습에 대한 심리학적 이해를 기초로 하지 않는 한, 과학 성취도를 증진시키는 어떤 시도라도 힘든 투쟁이 되고 만다.

나의 동료 Philip Adey박사와 Michel Shayer교수는 CASE프로젝트의 기초를 신-피아제 이론인 발달심리학적 접근에 두고 놀랄만한 결과를 얻어냈다. (Adey & Shayer 1993) 교사 단계에는 학생들의 인지 갈등 유발, 갈등해소를 위한 교사와 매개물, 그리고 갈등 해소 단계에서의 메타인지의 촉진을 포함하고 있다. 형식적 조작 사고의 발달을 가속화시키고, 오랜 기간에 걸쳐서는 학생들의 학업성취를 유리하게 하는 목적에 있어서 CASE프로그램은 지속적으로 효과가 있다는 것이 밝혀졌다(Adey & Shayer, 1994; Shayer & Adey, 1993). 이 프로그램은 대학의 교육학부에서 열리는 공동연구회와 각 학교별 지도로 구성되어 있는데, 여기에 참가한 학교에서는 INSET 교사들에 의하여 2년에 걸친 발달프로그램이 실시된다.

그러나, Adey 박사, Shirley Simon 박사와 함께 CASE학교들이 포함되어 있는 현직연수의 효율성에 대해 연구한 결과를 보자. Adey(1994; 1995)는 교사들의 CASE에 대한 주체의식(ownership)을 조사했다. 어느 정도까지 CASE에 대해 의견을 나누는 지, CASE를 수행함에 있어 상부의 관리가 어느 정도 관련되어 있는 지, 교사 각자가 CASE를 사용하는 수준과 인지발달에서 학생들의 인지성장 효과(effect size)를 알아본 것이다. Adey는 사용 수준 (Louck-

Horsley Levels of Use; LoU)과 학생들의 인지 증가 사이에는 밀접한 관계가 있다고 발표했다 (그림1).

사용수준은 0에서 6까지 나누어져 있다. (0은 사용하고 있지 않으며 사용할 계획도 없는 수준, 6은 영향력을 증진시키기 위한 사용의 재평가 수준)

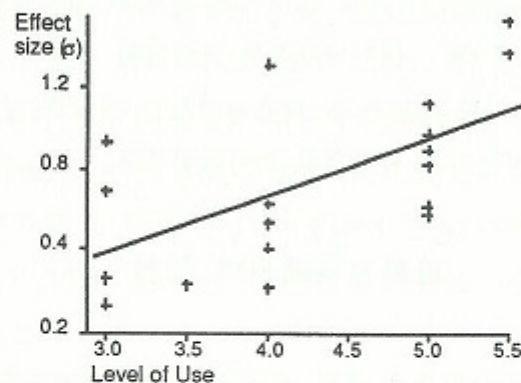


Figure 1: LoU against effect size for 18 classes

1991년 9월에 CASE INSET프로그램에 등록했던 13개 학교와 함께 행해진 연구결과를 보자. 실제로, 13개 학교에서 처음 2년간은 100명 남짓한 모든 과학 교사들이 이 프로그램에 포함되어 있었다. 프로그램에 참여하는 'input' 과 중간·최종적인 'output' (LoU와 인지증가) 사이의 중개변인의 효과에 관심이 있었다. 처음에는 다음의 것들이 중개변인으로 가정되었다. (그림2) 이 중개변인들은 실제 CASE를 사용한 정도와 학생들의 인지성장에 영향을 미친다.

1. 교사 각자가 CASE에 대해 느끼고 있는 주체의식(sense of ownership)
2. 학교 과학부내에서의 프로젝트에 관한 의견교환
3. CASE의 이론적 기초에 대한 교사들의 태도와 친근감(THEO)
4. 교사 각자의 고유한 운영방식
5. 혁신을 수행함에 있어서 상부 관리자들과의 참여도

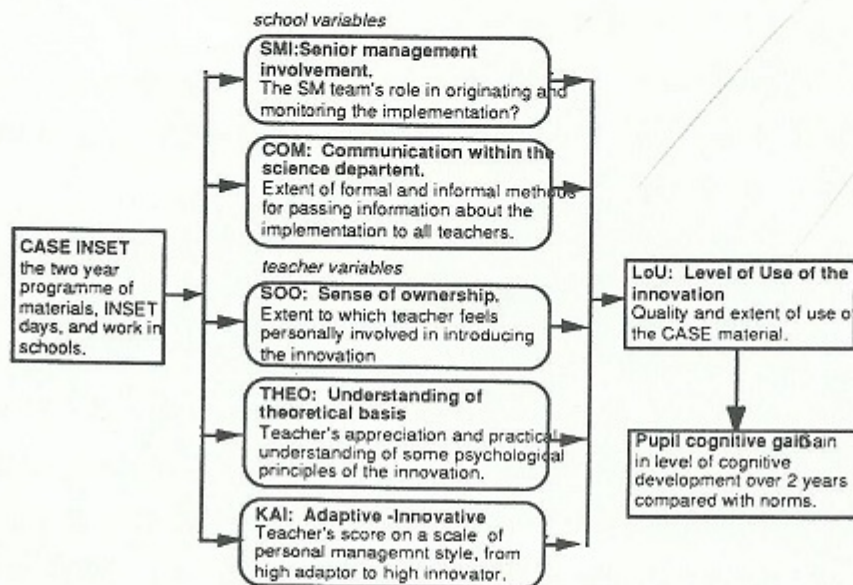


Figure 2: Conceptual framework of the study

그림 2는 자료가 수집되기 전에 가정되었던 것으로, 연구의 개념체계(Miles & Huberman 1984)를 나타내고 있다. INSET 프로그램과 결과 변인사이의 중개 변인이 그림의 중앙에 있다. 이 중개 변인들은 서로 독립적이라고는 가정되지 않았다. 예를 들면 효율적인 의사소통(COM)과 주체의식(SOO)사이에도 다시 관계가 있을 수도 있다.

- CASE 개혁의 실제적인 사용은 다음 사항과 관계가 있다. ① 상부의 관리자들과 책임감 있는 과학교사들이 이 새로운 교수법의 수행방법과 목적에 대하여 어느 정도 시각을 같이 하느냐, ② 방법을 실천함에 있어 상부의 관리자가 어느 정도까지 위임하느냐
- 위임과 교사간의 상호교류와는 아무런 관계가 없다 그러나, CASE 개혁에 대한 교사 상호간의 의견교환의 정도는 상부 관리자들과 사이에서 목적이 하나로 일치 되는 것과는 밀접한 관계에 있다. 학교측은 한 개인에게 위임하여 개혁에 관해 많이 논의한다는 느낌을 야기시키지 않으면서 개혁을 추진하게 할 수도 있다. 그러나 과학 교사와 상부 관리자가 시각을 같이 하면, CASE는 대화의 주제가 된다.
- 교사들의 프로젝트에 관한 주체의식은 경영진의 일치나 관여와는 무관한 것으로 나타났

다. 오히려 CASE 프로그램 조정자의 동기 유형과 관계 있는 것 같다. 프로그램의 교사 발달 잠재력 때문에 CASE를 채택하는 높은 수준의 동기 유형을 보면 위의 말은 그럴 듯 해진다. 교사 발달에 높은 가치를 두는 조정자는 프로젝트에 관한 토의에 교사들을 광범위하게 참여시킬 것이다.

결론

과학교육연구는 사물의 본질이 왜 그러한지를 설명하는 것과 과학의 성취도를 증진시키려는 노력에 관심이 있다. 본인이 선택한 예를 보면 정책 입안자들에 의해 무시되는 것들과 현장 교육을 개선하기 위한 연구 잠재력의 복합적인 문제가 지적된다. 교실의 현장 교육을 바꿀 수 없다면 과학의 성취도를 변화시키는 것은 실제로 불가능하다. 현행의 교육 개혁은 교육과정의 중앙집권화와 변화를 강요하는 국가 시험을 사용함으로써 기준을 상승시키는 것을 목표로 하고 있다. 그러나, 그 기준이 나타내고 있는 것은 무엇인가? 과학적인 이해에 대한 기준인가, 아니면 과학 지식의 암기에 대한 기준인가? 교실에서의 체계적인 형성평가실시를 개선하고, 보다 효율적인 교수 전략의 사용을 개선하기 위해 노력해야만 한다. 이렇게 하기 위해서는, 상부 관리자의 후원과 교사 - 관리자의 시각이 일치하는 등의 요인에 따라 교실에서의 개혁은 조건적이라는 것을 잘 명심해야 한다.