

국제천문올림피아드 문제에 나타난 인지적 측면의 과학 탐구 요소 분석

임인성^{1,*} · 최승언²

¹한국천문연구원, 305-348 대전광역시 유성구 화암동 61-1

²서울대학교 사범대학 지구과학교육과, 151-742 서울특별시 관악구 신림동산 56-1

The Factor Analysis of Science Study in the Recognitive Aspect on the International Astronomy Olympiad Problems

In Sung Yim^{1,*} and Seung-Urn Choe²

¹Korea Astronomy Observatory, 61-1, Whaam, Yusong, Daejeon 305-348, Korea

²Department of Earth Science Education, College of Education, Seoul National University,
Seoul 151-742 Korea

Abstract: The International Astronomy Olympiad (IAO) was established and its foundation regulations were published by the Euro-Asian Astronomical Society (EAAS), in order to spread astronomical knowledge, promote international cooperation in astronomical education area, and recognize the importance of astronomy in far-reaching field of science and human culture. In 1996, the first IAO was held at the Special Astrophysical Observatory (SAO) of the Russian Academy of Sciences (RAS) located in the north Caucasus of Russia. Since then, it has been held every year. Here, we will describe the present status of the International Astronomy Olympiad, its major results by year, related institutions, organizations, and the main regulations regarding its operation. In order to measure the levels of scientific knowledge and thinking abilities, we developed a rubric to analyze the characteristics of problems in the IAO with regards to cognitive aspects of scientific inquiry. These problems require high levels of content knowledge and scientific method knowledge. Also high order thinking abilities and high levels of convergent thinking skills, instead of divergent, are needed to solve these problems. Thus, the problems presented are set at a high difficulty. Through this analysis, we can understand main purpose of the International Astronomy Olympiad and explore the future direction of the Korea Astronomy Olympiad.

Keywords: The International Astronomy Olympiad, cognitive aspect, scientific inquiry

요약: 국제천문올림피아드(International Astronomy Olympiad, IAO)는 유로-아시안 천문학회에서 청소년들에게 천문학 지식의 확산, 교육 분야의 국제교류 증진, 과학과 인간 문화의 모든 분야에서 천문학의 중요성을 인식시키기 위하여 국제천문올림피아드를 설립하고 국제올림피아드 설립에 관한 규정을 공포하였다. 1996년, 제1회 국제천문올림피아드를 러시아 북 코카서스 지방에 있는 러시아 과학원 전문천체물리천문대(Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, SAO RAS)에서 시범 개최한 이후, 매년 개최하고 있다. 본 논문에서는 국제천문올림피아드의 역대 결과 및 기구, 조직, 실행에 대한 국제천문올림피아드 규정을 중심으로 논의한다. 또한 국제천문올림피아드 문제에 대한 인지적 측면의 과학탐구 문항을 분석하였다. 과학탐구 문항 분석을 위한 분석틀을 개발하였다. 문항 분석은 인지적 측면에서 과학지식과 과학적 사고력으로 분류하였다. 과학적 지식의 하위요소로 내용지식, 방법지식, 지식본성 이해로 분류하고, 과학적 사고력의 하위 요소는 수렴적 사고력과 발산적 사고력으로 분류하고 각 세부 요소를 고려하여 실행하였다. 이 분석을 통하여 국제천문올림피아드에 대한 이해와 한국천문올림피아드의 방향을 설정할 수 있었다.

주요어: 국제천문올림피아드, 과학 탐구, 인지적 요소

*Corresponding author: yim@kao.re.kr

Tel: 82-42-865-3227

Fax: 82-42-861-5610

서 론

1996년 6월, 유로-아시아 천문학회 위원회에서 국제천문올림피아드를 발족하고, 국제올림피아드 발족에 관한 규정을 공포하였다. 1996년 제1회 대회를 러시아 북 코카서스 지방에 있는 SAO RAS에서 시범 개최한 이후, 매년 개최하고 있다. 참가자는 각 국가 올림피아드에서 입상한 청소년들로 하며, 올림피아드의 기구, 실행, 점수에 대한 기본 사항은 설립 규정과 국제천문올림피아드에 관한 유로-아시아 천문학회(Euro-Asian Astronomical Society, EAAS)와 유로-아시아 천문교사 연합(Euro-Asian Association of Astronomy Teachers, EAATA) 선언에 의해 정의되었다. 국제천문올림피아드는 천문학 지식의 확산 및 발전을 위하여, 천문 및 물리교육 분야의 국제교류를 증진시키기 위하여, 과학과 인간 문화의 모든 분야에서 천문학의 중요성을 인식시키기 위하여, 청소년들의 일반 교육을 위하여, EAAS와 EAATA가 청소년들을 대상으로 해마다 실시하고 있다. 국제천문올림피아드는 러시아 P.K.Sternberg State Astronomical Institute와 Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences(SAO RAS), 그리고 Moscow-Regional Branch of the M.V. Lomonosov Moscow State University 지원으로 이루어졌다. 국제천문올림피아드에의 참가는 참가국의 공인대표기관에 의해 선발되며, 설립규정과 현행 규정, 규칙에 따라 조직위원회에서 허가한다. 본 논문에서는 국제천문올림피아드 홈페이지(<http://issp3.issp.ac.ru/iao/>), 한국천문올림피아드 홈페이지(<http://www.kas.org/olymp/>), 박용선과 임인성(2001), 임인성(2002), 최승언과 임인성

(2003), 한국국제과학올림피아드위원회(2004) 자료를 바탕으로 국제천문올림피아드 역대 결과 및 주요 규정을 살펴보고, 1996년부터 2004년까지 출제된 국제천문올림피아드 문제를 인지적 측면에서 문항분석들을 이용해 과학탐구 요소들을 분석하였다. 이를 통한 문제의 분석은 한국천문올림피아드 문제의 출제 방향에도 적용될 수 있으며, 우리나라 지구과학 교육과정에서의 천문 교육에 미치는 영향도 클 것으로 기대된다.

배 경

설립목적

국제천문올림피아드는 청소년들에게 자연과학을 보급시키고, 우수한 청소년을 발굴하기 위해 설립되었다. 국제천문올림피아드는 자연과학지식의 대중화, 천문학과 관련 과학에 대한 과학적 접근, 청소년들의 천문학에 대한 관심도 향상, 우수한 청소년의 발굴 및 지원, 교직원, 스쿨, 부서, 과학 학회, 학생클럽 등의 적극적인 활동 유도, 천문 교육의 증진, 각 참가국의 국가천문올림피아드 설립과 조직 장려를 목적으로 하고 있다.

개최현황

국제천문올림피아드는 유로-아시아천문학회(EAAS: Euro-Asian Astronomical Society)의 주도로, 1996년 러시아에서 창설되었다. 국제천문올림피아드는 국제수학올림피아드, 국제물리올림피아드, 국제화학올림피아드, 국제정보올림피아드, 국제생물올림피아드와 함께 국제과학올림피아드 기구이다. 국제천문올림피아

Table 1. Major results of the olympiad by year

구분	년도	개최일자	개최장소	개최국가
제1회	1996	11.1-11.8		
제2회	1997	10.21-10.28	Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences (SAO RAS)	North Caucasus, Russia
제3회	1998	10.20-10.27		
제4회	1999	9.25-10.2	P.K.Sternberg Astronomical Institute's Crimean Laboratory and Crimean Astrophysical Observatory.	Republic of Crimea, Ukraine
제5회	2000	10.20-10.27	Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences (SAO RAS)	North Caucasus, Russia
제6회	2001	9.26-10.3	P.K.Sternberg Astronomical Institute's Crimean Laboratory and Crimean Astrophysical Observatory.	Republic of Crimea, Ukraine
제7회	2002	10.22-10.29	Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences (SAO RAS)	North Caucasus, Russia
제8회	2003	10.2-10.8	The Stockholm Observatory and Saltsjöbadens Samskola.	Stockholm, Sweden
제9회	2004	10.1-10.9	South Coast of Crimea, Simeiz, Crimean Astrophysical Observatory.	Republic of Crimea, Ukraine

드 설립 정관에 따르면 국제천문올림피아드는 올림피아드 회원국의 천문학 연구소를 중 한곳에서 매년 9월-12월중에 개최한다. 국제천문올림피아드는 제1, 2, 3, 5, 7회 올림피아드가 북 코카서스에 있는 SAO RAS에서, 제4, 6회 대회는 크리미아 공화국의 크리미아 천체물리천문대(Crimea Astrophysical Observatory)에서 개최되었다. 제8회 대회는 스웨덴 스톡홀름 천문대에서 개최하였으며, 2004년 제 9회 대회는 크리미아 공화국에서 개최되었다. 역대 국제천문올림피아드 개최 현황은 Table 1과 같다.

참가국 현황

제1회 시범 국제천문올림피아드는 1996년 11월1일부터 8일까지 북 코카서스 지방에 있는 러시아 과학원 천문천체물리천문대에서 유로-아시안 천문학회에 의해 실시되었다. 참가국은 러시아 내 5개 국가와 스웨덴이 참가하였다. 천문학자들이 문제의 출제와 채점을 하였다. 문제는 3종류로 나누어 실시되었는데, 학교 교과과정에 있는 천문학과 천체물리에 대한 과

제와 질문으로 구성되었다. 경시대회는 Junior부(중등부, 15세 이하)와 Senior(고등부, 17세 이하)로 나누어 실시하였다. 1997년에는 인도가, 1998년에는 브라질, 불가리아가 참가하였고 덴마크가 옵저버로 참가하였다. 한국천문올림피아드 위원회에서는 2001년 국제천문올림피아드에 옵저버를 파견하여 정보를 수집하고,

Table 2. Participating countries and rank in 1998

Participating countries (6)	prize			Rank
	1st	2nd	3rd	
Brazil	-	-	1	5
Bulgaria	3	1	1	1
India	1	-	3	4
Moscow land	1	1	1	3
Russia	1	1	4	2
Denmark	-	-	-	Observer
Total	6	3	10	

Table 3. Participating countries and rank in 1999

Participating countries (8)	prize			Rank
	1st	2nd	3rd	
Brazil	-	1	-	5
Bulgaria	1	3	2	3
Crimea	-	-	-	-
India	2	3	1	2
Moscow land	3	1	2	1
Russia	-	1	6	4
Ukraine	-	-	-	-
Sweden	-	-	-	Observer
Total	6	9	11	

Table 4. Participating countries and rank in 2000

Participating countries (8)	prize			Rank
	1st	2nd	3rd	
Armenia	-	1	-	5
Belorussia	-	-	-	-
Brazil	-	-	1	6
Bulgaria	-	1	2	4
India	2	3	-	2
Moscow land	-	3	2	3
Russia	3	1	3	1
Sweden	-	-	-	-
Total	5	9	8	

Table 5. Participating countries and rank in 2001

Participating countries (9)	prize						Rank
	1st		2nd		3rd		
	Junior	Senior	Junior	Senior	Junior	Senior	
Armenia			1	1	1	1	4
Bulgaria				1	2		5
Crimea							-
India	1	1	1	1		1	2
Italia					1		6
Moscow land		1			2		3
Russia	1	2	2	1	1	2	1
Korea							Observer
Sweden							-
Sub-total	2	4	4	4	7	4	
Total	6		8		11		

Table 6. Participating countries and rank in 2002

Participating countries (12)	prize						Rank
	1st		2nd		3rd		
	Junior	Senior	Junior	Senior	Junior	Senior	
Armenia				1		1	6
Brazil						2	8
Bulgaria					1	1	5
China			1				7
India	2	2		1	1		1
Italia							-
Korea				2		1	4
Moscow land			2	1	1	2	3
Russia	1	3			2	1	2
Sweden						1	10
Yugoslavia						2	8
SAO Local Team							-
Sub-total	3	5	3	5	5	11	
Total	8		8		16		

Table 7. Participating countries and rank in 2003

Participating Countries (16)	prize						Rank
	1st		2nd		3rd		
	Junior	Senior	Junior	Senior	Junior	Senior	
Armenia	-	2	-	-	-	1	2
Brazil	-	-	-	1	1	-	8
Bulgaria	-	-	1	1	1	-	6
China	1	-	-	-	2	2	5
India	2	2	1	1	-	-	1
Indonesia	-	-	1	1	1	-	6
Iran	-	-	-	-	2	1	9
Korea	-	-	-	-	-	2	10
Lithuania	-	-	-	-	1	-	11
Moscow Land	1	-	1	1	-	1	3
Romania	-	-	-	-	-	-	-
Russia	-	1	2	-	-	1	3
Stockholm	-	-	-	-	-	-	-
Sweden	-	-	-	-	-	-	-
Ireland	-	-	-	-	-	-	Observer
Italy	-	-	-	-	-	-	Observer
Sub-total	4	5	6	5	8	8	
Total	9		11		16		

국제적으로 한국의 참가를 알렸다. 2002년에는 고등부 3명이 한국대표단으로 참가하여 은2, 동1개로 종합 4위를 하였으며, 2003년에는 고등부 3명이 참가하여 동2개를 획득, 16개 참가국 중 종합 10위를 차지하였다. 2004년에는 중등부 3명, 고등부 2명이 참가하여 은3, 동1개를 수상, 18개 참가국 중 종합 8위를 차지했다. 연도별 참가국과 순위는 Table 2~8과 같다.

국제천문올림피아드 주요 규정

규정의 주요 내용

1. 국제천문올림피아드의 정신

국제천문올림피아드는 과학 공동체의 우호를 증진하고 미래 협력을 조성하기 위해 행해진다. 참가자간

Table 8. Participating countries and rank in 2004

Participating countries (18)	prize						Rank
	1st		2nd		3rd		
	Junior	Senior	Junior	Senior	Junior	Senior	
Armenia	1					1	7
Brazil			1			2	10
Bulgaria		1		1	2		6
China			2		1	1	9
Crimea							-
Estonia							-
India	2	2			1		1
Indonesia		1		1	3	1	4
Iran		1	1	1	2		3
Italy							-
Korea			1	2	1		8
Lithuania						1	14
Moscow Land	1	1	2	1		1	2
Romania			1		1		11
Russia		1	1		2	2	4
Serbia				1		1	11
Sweden						1	14
Thailand				1			13
Sub-total	4	7	9	8	13	11	
Total	11		17		24		

의 정치적, 종교적 긴장이 시험기간 중 행해져서는 안 된다. 개인 또는 국가에 대한 정치적 행위가 엄격히 금지된다. 정치적 긴장, 비 외교관계, 정부의 인식부족, 출금 등으로 팀의 참가를 제한할 수 없다. 대표팀의 공식 초청을 제한해야 하는 어려움이 있는 국가에 대해서는 개인을 초청한다. 올림픽아드는 상업적 목적으로 이용해서는 안 된다.

2. 올림픽아드를 후원하고 구성하는 기구

국제천문올림픽아드는 EAAS, EAATA, 그리고 참가국의 천문기구와 그 밖의 기관으로 후원되고 운영된다. 올림픽아드를 구성하는 국가천문올림픽아드 대표단은 모든 대표단의 동등한 참가를 보장한다. 올림픽아드를 조직하는 국가천문올림픽아드는 모든 대표단의 참가를 보장받으며, 자문위원회에 의해 정의된 모든 참가자와 읍저버를 초대할 수 있다.

올림픽아드 개최 장소는 천문연구소, 천문대, 천문연구기관 또는 천문학과가 있는 대학으로 한다. 적어도 3년에 한번은 러시아연방의 천문연구소에서 올림픽아드를 주관한다. IOA를 위한 지원국가 없는 경우에는 북 코카서스 지방, Niznij Arkhyz에 있는 SAO RAS에서 개최한다. 3년 이내에 차기 올림

피아드 개최국으로 의향이 있는 국가올림픽아드대표는 차기 올림픽아드 개최를 선언하여야 한다.

3. 주최자의 책임

주최자는 재정적 책임을 포함하여, 올림픽아드가 규정과 규칙에 따라 행해지도록 하여야 한다. 주최자는 규정, 규칙에 기초하여 일련의 조직 규칙을 제시하여야 하며, 참가국에서 의미 있는 시간을 갖도록 해야 한다. 주최자는 대회에 상세한 프로그램(참가자, 리더, 읍저버에 대한 스케줄, 여행 프로그램 등)과 주요 계획을 미리 참가팀에게 제공하여야 한다. 주최자는 각 대표단의 도착 후 즉시, 경기참가자가 대회 조건을 충족했는지를 점검하여야 한다. 주최자는 올림픽아드의 공식 언어인 영어와 러시아어 중 하나에 원어로 번역할 수 있는 번역자를 팀에 제공하여야 한다. 주최자는 웹의 형태로 인터넷에 올림픽아드 개요를 발행한다. 올림픽아드의 종료 후 3개월 내에 문제와 수상자 이름을 게시한다. 이는 올림픽아드의 공식 언어와 개최국의 원어로 발행한다.

4. 개최 절차와 참가

IOA 개최 기간은 매년 천문학적 가을, 즉 9월 22

일부터 12월 22일로 정한다. 올림피아드 장소와 예비 일자가 당해 년 3월 22일전에 EAAS 위원회에 의해 비준되어야 하며, 5월 22일전에 최종 날자가 결정되어야 한다. 올림피아드 자문위원회는 참가국의 국가천문올림피아드 대표에게 개최되는 천문대 명, 주소, 연구기관, 대학 등을 날자와 함께 알려주어야 한다. 올림피아드의 최소기간은 7박 8일로 정한다. 조직위는 올림피아드의 기간을 9일 또는 10일로 연장할 수 있다. 올림피아드의 대회부분은 8일 프로그램인 경우 3일-5일, 9일 프로그램인 경우에는 3일-6일, 10일 프로그램인 경우에는 3일-7일로 한다.

5. 올림피아드 경쟁부분에 관한 절차

경쟁부분은 이론시험(theoretical round), 심화시험(practical round), 관측시험(observational round)의 3개 부분으로 나누어 행해진다. 관측시험은 날씨가 나쁜 경우, 시험을 연기, 취소하거나, 인위적인 천체, 사진, 그림, 플라네타리움 등을 사용하여 변경할 수 있다. 이론시험을 치르는데 할당된 시간은 4시간, 심화시험은 2.5-3.5시간이 되어야 한다. 관측시험의 규칙은 올림피아드 시작 전 3개월 이내에 조직위에 의해 정의되어야 한다. 참가자는 로그 테이블, 슬라이드-를, 포켓용 계산기, 제도기를 사용할 수 있다. 주최자는 물리상수 테이블과 알려진 천문 사실을 제공할 수 있다. 이론 시험의 점수는 60점, 심화시험과 관측시험은 각 20점으로 한다. 심화시험의 문제는 이론 분석(계획, 토의)과 실행을 포함한다. 관측시험 문제는 실제 천체와 관련되어야 한다. 올림피아드의 모든 수상자와 참가자는 받은 점수에 따라 1등상, 2등상, 3등상, 참가상을 받는다. 올림피아드의 배심위원회는 4가지 상의 수상자 결정을 위해 경계점수를 정의한다. 상의 분포는 각 나이 그룹 간 분리하며 특별상을 수여할 수 있다.

6. 참가자 그룹의 나이와 인원

참가자는 중등부(junior)와 고등부(senior) 두 그룹으로 나누어 올림피아드에 참가할 수 있다. 중등부는 당해연도 만 15세 이하, 3월 1일 이후 출생자 3명이 참가할 수 있다. 고등부는 당해연도의 만 17세 이하, 9월 1일 이후 출생자 2명이 참가 할 수 있다. 올림피아드 초기 기간인 1996년부터 2005년 동안 대중화를 위해, 중등부는 올림피아드 개최 년도 1월 1일 기준, 만 15세 미만, 고등부는 올림피아드 개최 년도 1월 1

일 기준, 만 17세 미만으로 한다. 팀 대표단장 1명과 부단장 1명이 참가할 수 있다.

7. 참가국의 팀 구성

국가천문올림피아드 수상자와 이전 국제천문올림피아드 수상자로 구성되는 참가국의 팀이 올림피아드에 참가한다. 모스크바 시, 지역, 크림리아 반도는 50년 이상 오래된 천문올림피아드의 조직자로서 모든 권리와 의무를 갖는 독립국으로 인정하여 참가할 수 있다. 천문연구센터-현행 및 이전 IAO의 조직자의 팀은 모든 권리와 의무를 갖는 독립국으로 인정하여 참가할 수 있다. 각 참가국은 국가천문올림피아드 수상자와 이전 국제천문올림피아드에서 금상, 은상을 수상한 학생으로 구성하여 참가할 수 있다. 공인된 국가대표 천문조직은 올림피아드 참가 신청서를 조직위에 보내야 한다. 국가대표천문기관은 국가천문올림피아드를 조직하여야 하며, IAO에 참가하기 위한 국가팀을 구성하여야 한다. 공인 국가대표기구는 올림피아드위원회에 국가 후보자를 추천 할 수 있다.

8. 조직위원회

조직위원회는 올림피아드를 조직하는데 필요한 장기적인 일을 하며 IAO를 이끌어가는 실체이다. 올림피아드 조직위는 의장과 위원으로 구성된다. 위원-설립법령에 언급된 설립기구 대표, 선진천문기구, 참가국의 대표. 조직위 위원의 총수는 최소 9인, 최대 17인으로 구성한다. 의장은 EAAS의 위원이어야 하며 EAAS 총회에 의해 지명된다. 위원은 국가천문학회 또는 공인 국가대표천문기관의 추천이 있어야 한다. 의장과 멤버의 최소 1/2은 천문학, 물리학, 수학의 박사학위 소지자여야 하며, 다른 위원들은 적어도 석사 소지자여야 한다. 모든 멤버들의 선출은 EAAS 위원회에 의해 행해진다. 위원의 임기는 4년이다.

9. 조직위원회의 임무

조직위원회의 임무는 대회를 관리하고 규정에 따라 행해지는지 감독하는 일, 규정, 규칙 또는 지시에 정의되지 않은 올림피아드의 다른 규정을 정의하는 일, 대회 팀의 도착 후, 모든 면에서 멤버들이 대회의 요구사항을 충족하는지 확인 하는 일, 올림피아드 동안 대회 결과와 다른 이벤트를 검토하는 일, 차기 대회의 조직에 할당될 천문연구 센터를 EAAS에 권고하는 일 등이다.

10. 배심위원회

올림피아드 조직위원회는 올림피아드 기간 중 IAO 배심위원회를 구성한다. 각국에서 참가한 조직위원, 올림피아드조직위원회 멤버, 과학자, 교사, 아마추어 천문학자가 배심위에 참가한다. 배심위원회는 문제의 번역, 채점, 상과 수상자 수, 표창수여에 관한 결정을 한다.

11. 지문위원회

올림피아드 조직위원회 의장에 의해 소집된 지문위원회가 있다. 올림피아드 지문위원회는 의장, 비서, 지난 올림피아드 호스트, 차기 올림피아드 호스트, 의장이 지명한 사람으로 구성한다.

12. 올림피아드 문제 선정

대회의 과학부분은 국제천문연맹과 같은 국제천문기구의 통제 하에 올림피아드 조직 센터의 능력 범위 내에 있어야 한다. 올림피아드가 열리는 곳에서, 천문센터와 연결하여 조직위의 방법론적 위임이 준비되고 문제가 선택된다. 이론시험은 올림피아드 조직위에 위임한다. 이론 문제 수는 4개의 천문학분야를 포함하여 4-6개가 되어야 한다. 중학생들은 표준 고등학교 수학문제를 풀 수 있어야 하며 수치 계산 문제가 없는 광범위한 문제를 풀 수 있어야 한다. 심화 시험은 주관 천문센터에 위임하며, 문제 수는 1개 또는 2개 이어야 한다. 관측시험은 주관천문센터에 위임한다. 관측시험의 수는 1개 또는 2개 이어야 한다. 각 문제는 한 세트의 질문으로 구성할 수 있다. 문제의 난이도는 참가자의 능력수준에 따라 창의적 능력과 지식의 사고 수준을 요구하는 문제를 출제한다. 주관 천문대는 여분의 심화시험 문제를 준비하고, 하나의 관측시험 문제를 준비하여야 한다. 문제는 러시아어와 영어로 구성한다.

13. 기본 원칙의 변경 및 예외

설립규정의 변경은 조직위원회 위원의 3/5 이상의 찬성으로 총회에서 비준되어야 한다. 올림피아드의 대중화를 위해 올림피아드 초기인(1996-2005)년에는 국가 팀을 구성하는 일시적인 규칙을 적용한다. 즉, 국가 대표팀이 없는 경우에는 지역, 시, 타운 또는 국가의 개인이 올림피아드 조직위원회의 승인에 의해 올림피아드에 참가할 수 있다. 지역, 시, 타운의 팀의 참가자는 중등부 2명, 고등부 1명으로 한다. 지난

IAO에서 금상 또는 은상을 받은 학생으로 나이 제한을 넘지 않은 학생도 올림피아드에 참가할 수 있다. 팀 리더의 총 수는 국가 대표의 수를 넘지 않아야 한다.

연구 방법

이 연구는 국제 천문 올림피아드 문항 분석을 위한 분석틀 개발과 올림피아드 문항 분석이라는 2단계로 실시되었다.

국제천문 올림피아드 문항 분석을 위한 과학탐구 분석틀 개발

국제 천문올림피아드 문항을 과학탐구의 어떠한 인지적 측면이 부각되어 있는 가를 분석하기 위하여, 10~20년 정도의 서울 시내 중 고등학교에 근무 경력을 가진 지구과학 교사 7명과 함께 과학교육과 영재교육의 이론들(Bloom, 1956, 박종원, 2004, Guilford, 1967, Gardner, 1983, Isaksen et al., 1994, De Vito, 1989, Torrance, 1966, Treffinger, et al., 1982, Sternberg, 1994)을 고려하여 인지적 측면을 고려한 과학탐구 요소 문항분석틀(이하 문항 분석틀)을 제작하였다. 본 문항 분석틀에서는 인지적 측면에서 과학 지식과 과학적 사고력으로 크게 분류하였다. 과학적 지식의 하위요소로 내용지식, 방법지식, 지식본성 이해로 분류하고, 과학적 사고력의 하위 요소는 수렴적 사고력과 발산적 사고력으로 분류하여 각 세부 사항을 분석하였다. 문항 분석틀을 가지고 문제를 분석할 때, 문항분석틀의 각 세부 항목을 정의하고 이를 분석에 이용하였다. 표9와 10에서 볼 수 있는 문항 분석틀의 각 세부 항목은 다음과 같이 정의 하였다.

1. 교과전문지식의 속성에 제시된 중학교, 고등학교 수준은 우리나라 7차 교육과정에 따라 각각 10학년 공통 과학 이하의 수준과 고등학교 지구과학 I, II 수준을 의미한다. 대학교 수준은 대학교 학부과정의 일반 천문학 이상의 수준을 의미한다.

일상 생활과학 지식이란 특별히 학교 교육을 받지 않아도 일상생활이나 자연현상에 대해 직접 경험이나 혼한 간접경험으로 얻을 수 있는 지식이란 뜻으로 사용하였다.

2. 과학 탐구 과정에 관한 지식이란 문제인식-가설 설정-탐구설계-탐구수행-자료분석-종합-일반화란 단계

Table 9. The astronomical knowledges related to problems in the International Astronomy Olympiad during 1996 to 2004

연도	구분	이론문제	실무분야	관측분야
1996	junior	관측에서의 대기 역할, 망원경 렌즈의 원리, 자전 · 공전방향 상대속도, 타원궤도 공전속도, 등급과 광도, 연주시차와 절대광도, 개기일식 원리, 중력 · 이탈속도	행성궤도 작도법, 궤도 변경 구하기	금성관측, 천체 간 이각 측정
	senior	망원경의 파장에 따른 분해능, 전파 · 가시광선 차이, 관측에서의 대기효과, 개기일식, 거리, 광도, 별의 운동, 시차 등급		금성관측, 천체 간 이각 측정
1997	junior	별의 등급, 개기일식, 항성일과 평균 태양일, 최대이각, 금성의 좌표, 별의 등급(밝기), 천정에서 관측가능 횟수		
	senior	탈출속도에 따른 별의 온도추정, 항성일과 평균태양일, 별의 등급변화, 최대이각 · 금성의 좌표, 별의 등급(밝기), 망원경의 분해능		
1998	junior	달의 주기, 궤도운동, 좌표계, 블랙홀, 분해능, 광도	쌍성 질량, 은하질량	태양구조(전파), 온도와 광도
	senior	달의 현상, 주기광도(세페이드 변광성), 세차운동, 위성주기, 분해능, 광도	케플러 법칙(쌍성 질량), 은하질량	태양구조(전파), 온도와 광도
1999	junior	렌즈와 초점거리, 별의 밝기와 등급, 태양의 시직경, 태양의 일주운동 경로, 주극성의 조건, 지구 자전속도 · 지구공전속도, 지구자전 및 공전속도 · 달의 공전속도	별의 일출몰 시각 계산, 식쌍성의 광도곡선	달, 목성 각거리, 관측한 별의 밝기를 구별해 내기, 달의 위상변화
	senior	빈의 법칙, 스테판 볼츠만 법칙, 블랙홀, 태양의 시직경 · 일주운동 경로, 주극성의 조건, 지구자전 · 공전 속도, 지구 자전 및 공전속도 · 달의 공전속도	별이 뜨고 지는 시각 계산, 식쌍성의 광도곡선	달, 목성 각거리, 관측한 별의 밝기를 구별해 내기, 달의 위상변화
2000	junior	책력, 분광형과 반경, 공전궤도(이심률)와 시직경, 배율과 관측, 쌍안경 관측, 식 현상과 행성의 물리량, 망원경과 시야	초신성 폭발과 광도변화, 달의 구조(전파와 가시광선의 투과성)	별의 등급(성도 이용), 성단 · 성운 · 은하(사진으로 이름알기)
	senior	적색편이와 후퇴속도 · 허블의 법칙, 광도, 공전궤도(이심률)와 시직경, 배율과 관측(쌍안경 관측), 식 현상과 행성의 물리량, 망원경과 시야	초신성 폭발과 광도변화, 스펙트럼을 통한 운동속도	별의 등급(성도 이용), 성단 · 성운 · 은하(사진으로 이름알기)
2001	junior	초점거리, 조석, 달의 공전, 면적 · 밝기 비교, 시선속도, 태양표면, 확률, 연도계산, 별의 등급, 변광성, 그래프, 변광주기, 천문력, 변광성		
	senior	초점거리, 조석, 달의 공전, 면적 · 밝기 비교, 시선속도, 달과 태양의 운동, 별까지 거리 구하기, 분광이중성 · 광도		
2002	junior	남중고도와 위도, 광도와 인공위성의 높이, 외계 메시지 해석, 천구, 혜성의 운동속도, 유효중력		별자리와 은하, 감마선 폭발과 등급변화
	senior	남중고도와 위도, 광도와 인공위성의 높이, 외계 메시지 해석, 전파와 광학 플릭스, 화성의 운동, 망원경의 성능		별자리와 은하, 허블의 법칙
2003	junior	광도, 광학 망원경, 궤도 운동, 화성의 주기(대충), 달에서의 중력 효과, 분해능	빛의 속도 측정	별자리, 항성시, 주극성
	senior	광도, 광학 망원경, 궤도 운동, 화성의 주기(대충), 지방항성시, 하늘의 높이 추산	빛의 속도 측정, 토성의 질량 추정	별자리, 항성시, 주극성
2004	junior	은하거리 밀도, 혜성 · 황도 12궁(케플러 법칙), 내행성 궤도 운동, 망원경 렌즈 초점거리, 광도 · 등급, 각속도 · 가속도 운동	흑점수 세기(Wolf함수), 자전과 일출	주극성 이름 대고 그리기, 각거리, 성도보기, 별을 찾고 등급 결정
	senior	은하간 거리 · 밀도, 혜성 · 황도 12궁(케플러 법칙), 각거리 · 각속도, 망원경 초점거리, 광도 · 등급, 각속도 · 가속도 운동	절대등급, 별의 등급과 은하평면 상의 투사 거리, 자전과 일출	주극성 이름 대고 그리기, 각거리, 성도보기, 별을 찾고 등급 결정

와 같은 대체적으로 주제에 따라 정형화된 탐구 절차가 해결에 필요로 하는 문제로 판단하였다.

3. 과학탐구 방법지식이란 문제에 관련된 탐구 방

법에 관한 지식으로 해결에 학교에서 다루는 탐구 방법과 기능이 사용되는지 여부로 판단하였다.

4. 수렴적 사고종류에서는 문제해결에 이용되는 사

Table 10. The cognitive aspects of science inquiry shown in the International Astronomy Olympiad problems of junior group during 1996 to 2004

기능적측면	상위요소	하위요소	세부사항	속성	이론문제	심화문제	관측문제	
인지적 측면	내용지식	교과전문지식		중학교수준	26(39%)	2(22%)	3(25%)	
				고교수준	36(54%)	5(56%)	6(50%)	
				대학수준	2(3%)	2(22%)	2(17%)	
			일상생활과학지식		3(4%)		1(8%)	
	과학지식	방법지식	과학탐구과정지식					
			과학탐구방법지식	중학교수준	12(86%)	2(29%)	6(35%)	
				고교수준	2(14%)	1(14%)	3(18%)	
		대학수준		4(57%)	8(47%)			
			과학철학 지식					
		지식본성이해	과학사 지식					
	과학지식본성이해							
	과학적사고력	수렴적사고력	사고 종류	기억		1(7%)	1(5%)	
이해				4(6%)		1(5%)		
적용				24(37%)	3(21%)	8(42%)		
분석				16(25%)	4(29%)	4(21%)		
종합				21(32%)	4(29%)	5(26%)		
평가(비판)					2(14%)			
		사고 경향	논리성	26(27%)	5(23%)	5(25%)		
정합성			29(30%)	6(27%)	5(25%)			
통합성			12(12%)	3(14%)	3(12%)			
정교성			9(9%)	5(23%)	3(12%)			
	독창적사고력	독창성	6(6%)					
발산적사고력		대안적사고력	유창성	8(8%)	3(14%)	2(8%)		
	융통성		3(3%)					
	직관적사고력	직관, 통찰	4(4%)		2(8%)			

고력이 기억, 이해, 적용, 분석, 종합, 평가 중 어느 단계까지의 사고력 사용하는 가 와 연관된다. 앞에 나열된 순서대로, 뒤의 사고력은 앞의 사고력을 포함한다는 원칙으로 표시하였다. 이해와 적용의 구분; 문제에서 풀이에 사용되는 원리나 개념이 주어진 경우 이해로 보고 주어지지 않은 경우라면 적용으로 본다.

5. 수렴적 사고경향에서 논리성, 정합성, 통합성의 순서에서 뒤의 성향이 앞의 성향을 포함하는 개념으로 표시하였다. 논리성은 단순 적용에 의한 해결의 논리 과정만 요구된 경우로 체크하고 정합성은 해결을 위해 하나의 대단원 내 2가지 이상의 원리를 사용해 해결이 필요한 경우, 통합성은 해당학년의 대단원 중 2개 이상의 대단원의 개념이 통합되어 사용되어 (사용된 대단원 개념은 각각 정합성의 과정을 만족하고 있는 경우)문제가 해결되는 경우를 요구한 경우로 판단하였다.

6. 정교성: 문항이 자세하고 구체적으로 학생이 문제를 오해 없이 이해 가능하게 서술되었는가가 아니라 학생의 정교성을 알아 볼 수 있는가에 기준을 두었다. 일단 설명을 요구하는 문항은 정교성을 요구한다고 할 수 있다.

7. 독창성: 문항이 독창성을 요구하고 있다고 판단한 경우는 정해진 해결과정이나 정해진 답이 없는 경우로 한정하였다. 실제로 일반적인 해결과정이 아닌 남과 다른 방식을 해결하여 독창성을 나타냈을 때 평가자가 독창성으로 점수로 줄 수 있다하여도 독창성이 없는 답도 정답이 되도록 한 문항이라면 독창성을 알 수 있다고 판단할 수 없다.

8. 직관적사고력 자체를 요구하는 이론 문항은 실제로 없다고 하겠다. 왜냐하면 직관은 요구한다고 이루어지는 것이 아니라 학습자의 특성에 따라 사용되는 능력이기 때문이다. 그러나 관측에서 직관에 대한 평가가 가능하다고 본다.

Table 11. The cognitive aspects of science inquiry shown in the International Astronomy Olympiad problems of senior group during 1996 to 2004

기능적측면	상위요소	하위요소	세부사항	속성	이론문제	심화문제	관측문제	
인지적측면	내용지식	교과전문지식	중학교수준	14(22%)	1(10%)	2(15%)		
				고교수준	37(59%)	7(70%)	9(69%)	
				대학수준	9(14%)	2(20%)	1(8%)	
			일상생활과학지식	3(5%)		1(8%)		
	과학지식	방법지식	과학탐구과정지식	중학교수준		1(13%)	6(38%)	
					고교수준	7(78%)	2(25%)	3(19%)
					대학수준	2(22%)	5(62%)	7(43%)
				과학철학 지식				
	지식본성이해	과학사 지식			1			
			과학지식본성이해					
기능적측면	수렴적사고력	사고 종류	기억			1(2%)		
			이해	5(8%)				
			적용	21(32%)	2(15%)	8(44%)		
			분석	11(17%)	3(23%)	4(22%)		
	과학적사고력	사고 경향	종합	26(40%)	6(46%)	5(28%)		
				평가(비판)	2(3%)	2(15%)		
				논리성	21(24%)	4(15%)	4(17%)	
				정합성	25(28%)	6(23%)	7(29%)	
	발산적사고력	대안적사고력	독창적사고력	통합성	17(19%)	3(12%)	2(8%)	
				정교성	9(10%)	5(19%)	4(17%)	
독창성				4(4%)				
유창성				8(9%)	4(15%)	2(8%)		
직관적사고력	직관적사고력	직관, 통찰	융통성	3(3%)	4(15%)			
			2(2%)		5(21%)			

9. 융통성과 유창성은 문제 해결에서 여러 가지로 답하라는 식으로 명백히 요구한 경우만 표시한다.

올림피아드 문항 분석

문항 분석틀에 따른 과학 탐구 요소의 분석은 분석틀을 제작에 참여한 7명의 교사들이 직접 제1~9회 (1996년부터 2004년)까지의 국제 천문 올림피아드 Junior부(15세 이하)와 senior(17세 이하)에 출제된 각 문제들을 관찰하고, 풀이 과정에서 보이는 세부 사항 및 속성들을 세부적으로 살펴서 문항 분석틀에 따라 분석을 직접 시행하였다. 이렇게 분석한 자료를 종합하여 표9, 10, 11을 제작하였다. 표9는 출제된 문제들이 어떤 천체를 다루고 있는지, 그 천체를 다루는데 있어서 어떤 천문학적 개념을 사용하였는지를 간단하게 보여주고 있다. 주로 태양, 달, 행성과 관련된 일식, 월식, 천체 좌표, 행성 궤도(케플러 법칙), 행성 및 별의 거리, 등급 및 광도, 분광형, 변광성의 광도

곡선, 망원경의 원리 등과 같이 현대천문학적 지식보다는 근대천문학의 지식을 기본으로 하고 있다. 표 9와 10은 출제된 문제를 인지적 측면에서 고려해 본 과학 탐구 요소 분석표이다. 숫자는 문항에 나타난 탐구요소 수, 괄호 안의 숫자는 굵은 박스 영역에서의 백분율이다.

연구 결과

과학 탐구요소 분석틀을 통해 인지적 측면에서 분석해 보면 Junior의 경우, 내용지식의 교과전문지식은 이론문제, 심화문제, 관측문제 모두 50% 이상 고교수준의 문제가 출제되었다. 과학탐구방법지식은 이론문제의 경우 86%가 중학교 수준인 반면, 심화문제의 경우 57%가 대학 수준이었다. 관측문제의 경우에도 대학 수준이 47%로, 수준 높은 지식을 요구하는 문제로 구성되었다. 과학적 사고력을 평가하는 항목인

사고의 종류를 살펴보면, 이론문제의 경우 적용능력을, 심화문제의 경우 분석, 종합능력을, 관측문제의 경우, 적용능력을 요구하는 문제가 출제되었다. 또한 탐구 사고를 평가하는 수렴적 사고의 사고 경향과 발산적 사고 항목에서는 이론문제, 심화문제, 관측문제에서 모두 수렴적 사고를 요구하는 문제가 많이 출제되었지만 창의성을 요하는 발산적 사고를 요하는 문제들도 자주 눈에 띈다.

Senior의 경우에는, 내용지식의 교과전문지식은 이론문제, 심화문제, 관측문제 모두 고교수준 이상의 문제가 출제되었다. 과학탐구방법지식은 이론문제의 경우 78%가 고교 수준인 반면, 심화문제와 관측문제의 경우 각각 62%, 43%가 대학 수준이었다. 과학적 사고력을 평가하는 항목인 사고의 종류를 살펴보면, 이론문제와 심화문제의 경우 종합능력을, 관측문제의 경우 적용능력을 요구하는 문제가 출제되었다. 탐구 사고를 평가하는 항목에서도 Junior부 문제와 마찬가지로 모든 문제에서 수렴적 사고를 요하지는 창의적 사고인 발산적 사고를 요하는 문제들이 상당히 눈에 띈다.

과학사나 과학철학, 과학의 본성에 관한 지식을 요하는 문제나, 탐구 과정 지식을 필요로 하는 문제는 출제되지 않았다. 이 대신, 문제를 출제하면서 스포츠나 우주선과 관련된 과학사적인 이야기를 담을 때도 있지만 문제를 해결하는 본질은 아니었으며, 심화문제가 과학 탐구 과정을 따라 출제되기에 문제 자체가 탐구 과정 지식을 묻지는 않았다.

이와 같이 인지적 측면에서의 과학탐구 요소 분석을 종합해 보면, 교과전문지식의 경우, Junior, Senior 모두 고교 수준 이상의 문제가 많이 출제되었다. 과학탐구방법 지식분야의 이론문제의 경우에는 각각 중학교 및 고교 수준이 출제되었으나, 과학탐구방법 지식분야의 심화문제와 관측문제의 경우에는 모두 대학 수준의 문제가 많이 출제되었음을 알 수 있었다. 또한 수렴적 사고를 요하는 문제가 많다는 것을 알 수 있다. 기억, 이해에 해당하는 문제가 거의 없는 대신 고등 사고의 종류인 적용, 분석, 종합에 해당하는 문제가 많다는 것은 그만큼 문제가 고난이도 문제라는 것을 의미한다. 그러나 평가 혹은 비평에 해당하는 문제가 거의 없는 것으로 볼 때에 국제 천문 올림피아드가 지면 평가의 한계를 들어 내고 있는 것으로 보인다. 왜냐하면 경쟁에 참여하는 학생들이 문제를 풀 때에, 자신들의 언어로 문제를 풀어 제출하기 때

문이고, 채점을 하는 채점인들도 물론 영어나 러시아어를 선호하지는 않는 언어가 다를 경우에 학생들의 풀이과정을 이해할 수 없기에 문제들이 주로 수식을 의존하는 경향이 있다. 따라서 긴 설명을 요하는 평가 혹은 비평을 다루는 문제가 출제되기는 어려울 것으로 예상되었다. 또한 천문에서의 여러 개념뿐만 아니라 간학문 간의 여러 개념도 논리적으로 연결되는 사고의 경향을 보이며, 발산적 사고를 요하는 문제들이 상대적으로 많이 눈에 띄는 것으로 보아 문제를 풀 때에 학생들의 발산적 사고와 수렴적 사고를 함께하는 창의적인 사고를 요한다.

결론 및 시사점

국제천문올림피아드의 역대 결과와 주요 규정을 살펴보고, 또한 제작한 과학 탐구요소 문항 분석들을 통해 1996년부터 2004년까지 출제된 문제에 나타난 과학 탐구에서의 인지적 요소들을 분석하였다. 그 결과, 교과전문지식의 경우, 이론, 심화, 관측문제 모두 해당 학년 수준의 문제가 출제되었으나, 해당 학년 이상을 요하는 문제들도 상당히 있었다. 문제과학탐구방법 지식의 경우, 심화문제와 관측문제에 해당 학년보다 높은 수준으로 출제되었다. 사고의 종류도 Junior의 경우에는 적용, 분석 능력을, Senior의 경우에는 종합, 적용능력을 요구하는 문제가 출제되었으며, 두 집단 모두에게 정합성을 요하는 문제가 상대적으로 많이 출제되었음을 보았다. 이는 한 단계 높은 수준의 문제가 출제되었고, 단순한 암기나 계산에 의해 해결되는 문제가 아님을 알 수 있었고, 문제를 해결하는데 있어 창의성을 요함을 알 수 있다.

이상과 같은 분석은 국내 천문올림피아드의 문제 출제 방향에 영향을 줄 수 있으며, 교육을 통하여 국제 경쟁에서의 대처를 필요로 한다. 앞으로 국제천문올림피아드에 참가하여 한국의 위상을 높이고, 천문학에서의 국제적 교류를 활성화해야 한다. 왜냐하면 국제대회에 참가하는 학생들은 장래 세계의 천문학계를 이끌어 나갈 고급 두뇌이며, 서로 경쟁하면서 협조해 나갈 수 있는 인재들이다. 따라서 국제 대회는 이들을 사귀고, 대화하는 장인 것이다. 이를 위해서는 국제 올림피아드에서의 상위 입상자들이 많아야 하며, 조직위원회 위원국으로 선출되는 일이 필요하고, 앞으로 우리나라에 국제천문올림피아드 유치 등의 활동을 위해서는 규정에 대한 정확한 해석과 인

지가 필요하다. 2001년 한국천문학회는 한국천문올림피아드위원회를 설치하여 매년 한국천문올림피아드를 개최하고 국제천문올림피아드에 정식으로 가입했다. 2002년에 국제천문올림피아드에 참가하여 종합 4위, 2003년에는 종합 10위, 2004년에는 종합 8위의 성적을 거두었다. 2003년부터는 한국국제과학올림피아드 천문분과에 참여하게 되어 정부로부터 행정적, 재정적 지원을 받고 있다. 정부에서는 1992년 한국국제과학올림피아드 위원회를 설치하여 국제과학올림피아드 참가 및 개최에 대한 계획을 심의하고 있다. 또한, 국제과학올림피아드 입상자에 대한 포상 및 특전을 부여하고 산하 위원회 활동을 지원하고 있다. 앞으로 과학교육과 영재의 발굴을 통한 인재의 양성을 지향하는 국가적 사업에 국제천문올림피아드와 같은 국제적 경시대회에 능동적으로 참여하고 대처하는 노력이 필요하다.

참고 문헌

- 박용선, 임인성, 2001, 2001 국제천문올림피아드 참관기, 천문학회보 특별기고, 27 (1) 91-92
- 임인성, 2002, 제6회 국제천문올림피아드 참관, 한국천문연구원 소식지 31, 4
- 최승언, 임인성, 2003, 2002년 제7회 국제천문올림피아드 참가기, 천문학회보 28 (1), 24
- 한국국제과학올림피아드위원회, 2004, 2004 한국국제과학올림피아드 발단식 자료, 5
- 박종원, 2004, Suggesting a model of scientific creativity and developing scientific creativity activities. The 8th Asia-Pacific Conference on Giftedness. Seoul: Korean Society of Giftedness.
- Bloom, B. S., 1956, Taxonomy of educational objectives, Handbook I: Cognitive domain. New York: McKay.
- De Vito, A., 1989. Creative wellsprings for science teaching. (2nd Ed.). West Lafayette: Creative Ventures, Inc.
- Gardner, H., 1983, Frame of mind. New York: Basic Books.
- Guilford, J. P., 1967, The nature of human intelligence. New York: McGraw Hill.
- Isaksen, S. G., Dorval, K. B., and Treffinger, D. J., 1994, Creative approaches to problem solving. Dubuque, IO: Kendall/Hunt Pub. Co.
- Sternberg, R. J., 1994, A triarchic model for teaching and assessing students in general Psychology. The General Psychologist, 30 (2), 42-48.
- Torrance, E. P., 1966. Torrance Tests of Creative Thinking. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., and Firestein, R. L., 1982. Handbook of Creative Learning. New York: Center for Creative Learning.

2004년 10월 27일 원고 접수
2004년 11월 4일 수정원고 접수
2004년 11월 13일 원고 채택