국제천문 및 천체물리 올림피아드 현황과 기출문항에 대한 과학탐구 유형 분석
PRESENT STATUS AND SCIENTIFIC FACTOR ANALYSIS ON ITS PAST PROBLEMS OF
THE INTERNATIONAL OLYMPIAD ON ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS

임인성¹, 성현일¹, 한인우¹, 김유제², 최승언³

¹한국천문연구원

²한국천문올림피아드

³서울대학교 사범대학 지구과학교육과

IN SUNG YIM¹, HYUN-IL SUNG¹, IN WOO HAN¹, YOO JEA KIM², AND SEUNG-URN CHOE³

¹Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 305-348, Korea

²Korea Astronomy Olympiad

³Department of Earth Science Education, College of Education, Seoul National University

E-mail: yim@kasi.re.kr

(Received June 22, 2011; Accepted July 26, 2011)

ABSTRACT

The International Olympiad on Astronomy and Astrophysics (IOAA) initiated by the Thailand Astronomical Society in 2007 is an annual competition for high school students. One of its aim is to enhance the development of international exchange in the field of school education in astronomy and astrophysics. This paper first provides the overview of the IOAA in terms of key regulations based on its statutes, history and current status. Secondly, the published syllabus of the IOAA is used for content analysis according to subject areas regarding the exam questions of the IOAA in theoretical, observational and data analysis parts from 2007 to 2010. Also, a scientific inquiry framework is applied to the same questions for assessment based on scientific inquiry in the cognitive aspect with two sub-classes of scientific knowledge and scientific reasoning. Among a dozen astronomy subject areas listed on the syllabus, the theoretical part of the IOAA makes more frequent use of the Sun, the solar system, properties of stars, and concept of time. In content knowledge, a factor of scientific knowledge, the IOAA questions, especially in the theoretical part have a lesser degree in difficulty than the IAO (International Astronomy Olympiad) exam questions for the same period whose degree in difficulty is comparable to college level. With regard to scientific reasoning, the IOAA questions tend to involve convergent rather than divergent thinking. Lastly, in light of these findings, discussions are given on the outcome of Korean participation in the previous IOAAs and ways to help better in preparing Korean students for future astronomy Olympiads.

Key words: International Olympiad on Astronomy and Astrophysics (IOAA); scientific inquiry; factor analysis

1. 서론

국제천문 및 천체물리 올림피아드(International Olympiad on Astronomy and Astrophysics, IOAA)는 천문학과 천체물리학 지식의 확산 그리고 국가 간 국제 교류의 증진을 목적으로 2007년에 조직되었으며 고등학생을 대상으로 하고 있다. IOAA는 국제물리올림피아드에 참가하고 있던 태국, 인도네시아, 이란, 중국, 폴란드의 인솔대표단들이 천문학 및 천체물리학에 대한 교육을 장려하기 위해, 고등학생을

대상으로 경시대회를 개최하자는 제안이 IOAA의 시발점이 되었다. IOAA는 2007년 11월 태국 국왕 80세 생일을 기념하여 태국 치앙마이에서 처음 개최된 이후 매년 개최되고 있다.

IAO(International Astronomy Olympiad)는 러시아를 주축으로 유럽-아시아 천문학회(Euro-Asian Astronomical Society, EAAS)가 청소년들에게 천문학지식의 확산과 교육, 국제교류의 증진, 천문분야 경시를 위해 1996년 창립한 천문올림피아드이며, APAO(Asia Pacific

Astronomy Olympiad) 역시 같은 목적으로 러시아와 EAAS 주도로 아시아 태평양 지역을 위해 2005년 창립한 천문올림피아드이다. IAO와 APAO는 러시아와 구소련 연방국들이 주축이 되어 설립되었으며, IOAA는 아시아 국가인 태국을 주축으로 설립되었다. IAO와 APAO는 17세 미만의 중고교 학생들을 대상으로 고전적인 천문학 문제를 다루고 있는 반면, IOAA는 20세 미만의 고등학생을 대상으로 현대 천문학과 천체물리학을 다루고 있어, 경시내용과 방법에 약간의 차이가 있다.

한국천문학회에서는 2001년 한국천문올림피아드 위원회를 구성하고 매년 한국천문올림피아드를 개최하여 우수한 학생들을 선발, 교육하고 있다. 우리나라는 2002년부터 국제천문올림피아드(IAO)에, 2005년부터는 아시아 태평양 천문올림피아드(APAO)에, 2007년부터는 IOAA에 참가하고 있다.

본 연구에서는 IOAA의 현황과 주요규정, 그리고 역대 결과를 재고하고 기출문항에 나타난 내용분석 및 과학탐구 유형을 분석하였다. 기출문항에 대한 내용분석은 IOAA syllabus(요강)에 나타난 내용을 분석하고, 과학탐구 유형 분석을 위해 과학탐구 문항 분석틀(임인성 외, 2008)을 사용하였다. 문항분석은 내용적 분석과 인지적 측면에서 과학적 지식과 과학적 사고력으로 분류하였다. 과학적 지식의 하위요소로 내용지식, 방법지식, 지식본성 이해로 분류하고, 과학적 사고력의 하위요소는 수렴적 사고력과 발산적 사고력으로 분류하고 각 세부 요소를 고려하여 실행하였다.

국제올림피아드에서의 상위 입상은 세계 천문학계에서 한국의 위상을 높이는 일이다. 한국천문학계는 매년 한국천문올림피아드를 개최하고, 선발된 학생들을 교육하여 천문올림피아드 국제대회에 참가시켜, 국내의 과학교육과 인재양성에 크게 이바지하고 있다. 이 연구를 통해 앞으로 한국천문올림피아드 문제의 출제방향과 국제대회에 대비한 교육에 도움이 되리라 기대한다.

2. IOAA 현황

IOAA 규정에 나타난 IOAA의 현황을 살펴본다. 다음에 서술하는 IOAA의 목적, 주요규정, 요강, 시험배점, 출제와 채점과정은 ‘Statutes and Syllabus of International Olympiad on Astronomy and Astrophysics’에서 중요부분을 발췌한 내용이며(IOAA Syllabus, 2010), 개최현황, 참가국현황 및 수상결과는 IOAA 홈페이지(<http://www.ioaa2011.pl>)에서 인용하였다.

2.1. 목적

천문학은 우리 문명의 중요한 문화의 한 부분이며, 우리의 삶과 사고를 형성케 하는 근본적인 학문으로 인식

되고 있다. IOAA는 청소년들에게 천문학과 천체물리학 지식의 확산, 이 분야의 국제교류 증진, 과학과 문화의 모든 분야에서 천문학의 중요성을 인식시키기 위한 목적으로 설립되었다.

2.2. 주요규정

2.2.1. 주최기구 및 주최국의 의무

경시는 각 국가의 교육부 또는 경시가 행해지는 참가국의 연구기관에 의해 조직되어야 한다. 주최 국가는 모든 대표단의 동등한 참가를 보장할 의무가 있으며 적어도 3개국의 참가자를 초청하여야 한다. IOAA는 순수 교육적 이벤트로, 강요된 출국금지, 이와 유사한 이유 또는 개최국 정부의 인식부족, 미수교, 정치적 긴장 등으로 참가를 제한하지 않아야 한다. 공식초청을 막는 어려움이 있는 경우에는 개별적으로 초청하여야 한다. 경시에 참가한 국가는 5년 이내에 차기(미래) 올림피아드 주최 의향을 선언하여야 한다. 이 선언은 차기 개최에 제안되고 올림피아드를 개최할 의향이 있는 예비국가 순서가 된다. 경시대회를 개최하기를 거부하는 국가는 그 대표단이 이전 경시에 참가했는지라도 참가를 금지할 수 있다. 올림피아드에서 다른 나라에 대한 어떤 종교적, 정치적 선전은 금지된다. 이 규정을 어기는 국가는 참가를 금지시킬 수 있다. 참가국의 교육부는 규정으로, 조직국가의 학회 또는 다른 연구기관에 경시를 위한 조직, 준비, 실행을 준비시켜야 한다. 조직국가의 교육부는 대회를 조직하기로 지정된 연구기관명과 주소를 참가국의 교육부에 알려야 한다.

2.2.2. 환경과 정신

경시는 미래의 협력을 증진하고 과학적 공동체로서 우정을 복돋우기 위해 기획된 친근한 환경에서 실행된다. 참가자간 가능한 모든 정치적 긴장이 경시기간 동안 어떤 행동으로 반영되어서는 안된다. 개인 또는 국가에 대한 정치적 행위는 엄격히 금지된다. IOAA의 공식 언어는 영어이다. 경시문제와 해답은 영어로 준비되어야 한다. 그러나 조직위는 다른 언어로도 준비할 수 있다.

2.2.3. 참가자 자격과 구성원

각 참가국은 고등학생으로 구성된 하나의 정규팀을 파견한다. 올림피아드가 개최되는 해에 고교를 졸업하는 학생도 팀의 구성원으로 참가할 수 있다. 참가학생의 나이는 그 해 12월 31일 기준 20세를 넘지 않아야 한다. 각 팀의 학생은 5명이며, 학생을 동반하는 2명이 각 국으로부터 초대된다. 한명은 대표단장(대표단 책임자)이고 다른 한명은 학생리더(학생 책임자)이다. 동반자는 국제위원회의 멤버가 된다. 그들은 동등한 권리를 갖는

다. 국제위원회의 멤버는 다음 경시 때까지 IOAA 업무에 관한 참가국의 접촉인물이 된다. 대표단장과 학생리더는 경시문제를 풀 수 있는 과학자 또는 교사로 선정되어야 한다. 일반적으로 영어로 말할 수 있어야 한다. 각 참가팀의 대표단장은 도착 시 경시학생의 개인신상 정보(이름, 생년월일, 집, 학교 주소)와 재학증명서 또는 졸업증명서를 소지하여야 한다.

2.2.4. Guest Team의 초청

주최국가는 정규팀 이외에도 국가 당 1개 팀 이하의 guest team을 초청할 권리가 있다. 일반적으로 guest team은 학생 5명과 2명의 리더로 구성된다. 그러나 guest team의 리더는 국제위원회의 수를 넘지 못한다. 그럼에도 불구하고, 그들의 임무는 정규팀 리더의 임무와 같다. guest team의 참가는 항상 조직국가로부터 승인이 필요하다. guest team을 파견하는 국가는 참가에 필요한 모든 경비를 지불한다. 차기개최 국가는 이전 경시에 참여했던 guest team을 초청할 의무는 없다. guest team으로 참가했던 국가는 차기 IOAA를 개최할 의무가 없다. guest team으로 참가했던 학생은 정규팀과 같은 방법으로 분류된다. 그들도 학위와 상을 받을 수 있고, 모든 기록에 'G'(guest)로 분류한다.

2.2.5. 재정적 원칙

경시에 학생을 파견하는 부처는 경시가 열리는 장소까지 학생과 동반자의 왕복 여행경비를 제공한다. 주최국가는 도착 순간부터 출발 시까지의 모든 경비를 제공한다. 이는 학생과 동반자의 여행과 숙박경비, 관광, 식사 등을 포함한다.

2.2.6. 개최 및 경쟁부분에 관한 절차

IOAA는 8월 ~ 12월 사이에 개최한다. 경시는 두 부분으로 나눈다. 이론시험(짧은 문제와 긴 문제 포함)과 실무시험(관측과 데이터분석 포함)으로 구성한다. 일반적으로 이론시험은 15개의 짧은 문제와 2 ~ 3개의 긴 문제가 된다. 실무시험에서 조직위는 관측, 페이지에 기초한 실무문제, 컴퓨터에 기초한 실무문제, 플라네타리움 시뮬레이션 또는 4개 조합의 한 세트를 마련한다. 이는 5시간 이내에 풀 수 있어야 한다. 문제들은 요강에 언급된 적어도 4개 분야가 포함되어야 한다. 경시날짜의 순서는 경시조직위에 의해 결정된다. 경시의 두 부분 사이에 하루의 자유 일(free day)이 있어야 한다. 문제를 푸는데 할당된 시간은 이론부분에 5시간, 실무부분에 5시간이 되어야 한다. 올림피아드 기간은 도착일과 출발일을 포함하여 일반적으로 10일이 되어야 한다. 문제를 푸는데, 경시자는 그래픽과 그릴 수 있는 것이 아닌 프

로그래밍을 할 수 없는 포켓용 계산기를 사용할 수 있다. 수학, 화학, 물리 공식 등은 허용되지 않는다. 주최국가는 5개의 짧은 문제와 1개의 긴 이론문제, 2개의 실무문제를 예비로 준비하여야 한다. 이 문제들은 국제위원회에서 2/3 이상으로 원래 문제가 거부될 경우 시험문제로 채택된다. 거부된 문제는 다시 고려하지 않는다. 경시과제는 주최국에서 준비한다.

표 1은 IOAA 요강에 나타난 이론부분 경시내용이다. IOAA가 처음 수립되던 당시에는 이론부분이 전체점수의 60%, 실무부분이 전체점수의 40%가 되도록 규정했지만, 표 2에서와 같이 매 대회마다 약간씩 비율이 조정되고 있다. 실무해답은 이론분석(계획과 토의)과 실무실행으로 구성하여야 한다. 각 문제에 대한 해답은 하나의 답과 완전한 타당성을 포함하여야 한다.

경시자는 누적점수에 따라 상장과 메달을 받거나 표창을 받을 수 있다. 수상자 선정기준은 3명의 최고 득점자 합계의 평균점수를 100%로 고려하여, 합계 90% 이상인 경시자는 1등상(상장과 금메달), 합계 78% ~ 90%인 경시자는 2등상(상장과 은메달), 합계 65% ~ 78%인 경시자는 3등상(상장과 동메달), 합계 50% ~ 65%인 경시자는 선외가작(상장), 합계 50% 이하인 경시자는 참가상을 받는다. 또한, 최고점수를 받은 참가자는 특별상과 상장을 받는다. 다른 특별상이 수여될 수 있다. 개인상 이외에도, 팀에게도 상을 수여한다(3명 이하로 구성된 팀에게는 상을 수여하지 않는다). 최고 팀을 판정하는데, 팀 전체에 의해 행해진 과제가 지정된다. 이 과제는 이론시험이나 실무시험의 한 부분을 형성하거나 다른 시간에 개최할 수 있다. 이론 또는 실무 시험시간에 포함되는 경우, 개인시험 시간이 적절히 감소될 수 있다. 이 시험은 이론, 실무 또는 관측 또는 이들과 결합된 형태가 될 수 있다. 주최국은 사무국과의 협의를 통해 다른 형태를 제안하거나 사용하는 옵션을 선택할 수 있다.

2.2.7. 주최자의 의무

주최자는 경시가 규정에 따라 조직되는지를 보장할 의무가 있다. 주최자는 규정에 기초한 '조직 rule' 세트를 만들어야 하며 빠른 시간 내 참가국에 보내야 한다. 이 조직 rule은 규정에 명시되지 않은 올림피아드의 상세한 내용들, 연구기관의 이름과 주소, 올림피아드 책임자 등을 알려주게 된다. 주최자는 경시를 위한 세밀한 프로그램(경시자와 동반자를 위한 스케줄, 여행 프로그램 등)을 마련해서 미리 참가국에 알려주어야 한다. 주최자는 대표단 도착 즉시 경시자들이 경시조건을 갖추었는지를 점검하여야 한다. 주최자는 요강에 따라 문제를 선택하고 영어와 다른 언어로 적절히 형성되었는지를 보장해야 한다. 문제는 창의적 능력을 요하는 문제와

표 1. 요강에 나타난 이론부분 경시내용

분 류	제 목	내 용
1. 기본천문학	천구역학	케플러 법칙, 뉴턴의 중력법칙
	전자기 이론 및 양자물리	전자기 스펙트럼, 방출이론, 흑체방출, 도플러효과
	열역학	열역학적 평형, 이상기체, 에너지전이
	분광 및 원자물리	흡수, 방출, 산란, 천구물체의 스펙트럼, 선형성
	핵물리	기본개념
2. 좌표와 시간	천구	구면삼각법, 천구좌표, 분점과 지점, 주극성, 별자리와 황도
	시간의 개념	태양시, 항성시, 줄리안(율리우스) 날짜, 태양중심 줄리안 날짜, 표준시간대, 세계시(UT), 지역표준시(LMT)
3. 태양계	태양	태양구조, 태양표면활동, 태양회전, 태양방출 및 태양상수, 태양뉴트리노, 태양-지구 관계, 자기장의 임무, 태양풍
	태양계	지구-달 시스템, 태양계의 형성, 태양계의 구조와 성분, 태양계 천체의 구조와 궤도, 항성주기와 회합주기
	현상	조석, 계절, 일식, 오로라, 유성우
4. 별	항성성질	거리결정, 방출, 광도 및 등급, 색지수 및 온도, 반경과 질량의 결정, 항성운동, 항성변광
	항성내부 및 대기	항성핵합성, 에너지전이, 항성대기 및 스펙트럼
	항성진화	항성형성, H-R도, 전주계열성, 별의 종말상태
5. 항성계	쌍성계	분류, 쌍성계의 질량결정, 식쌍성계의 빛과 시선속도
	성단	분류와 구조
	은하계	구조와 성분, 회전, 항성내부물질
	일반은하와 활동은하	분류, 거리결정
	부작과정	기본개념
6. 우주론	초기우주	은하군, 암흑물질, 중력렌즈, 허블법칙, 빅뱅, 우주 마이크로파 배경복사
7. 기기 및 우주기술	다파장 천문학	전파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선, 엑스선, 감마선 파장대, 지구대기효과
	기기 및 우주기술	지상 및 우주 망원경, 검출기(CCD, 측광계, 분광기), 배열, 분해능, 망원경의 빛 집광력

현재한 지적수준을 요하는 문제를 선정 할 것을 권고한다. 경시 문제를 준비하는데 참여하는 사람은 완전한 비밀을 유지하여야 한다. 주최자는 팀들에게 가이드를 제공해야 한다. 주최자는 사정 24시간 전에 대표단장에게 해당 대표단 경시자의 답안 사본을 제공해야 한다. 주최자는 문제해답과 사정등급을 조정할 의무가 있다. 주최자는 수상자와 선외가작자로 제안된 참가자리스트를 초안한다. 주최자는 상(상장과 메달)과 선외가작을 준비하고 경시수상자를 시상한다. 주최자는 각 경시 참가자들(대표단장, 학생리더와 경시자)이 경시 후 1년 이내에 무료로 프로시딩스를 받을 수 있도록 영어로 올림피아드의 프로시딩스를 발행할 의무가 있다.

2.2.8. 국제위원회

국제위원회는 주최국 대표가 의장이 된다. 그는 경시를 준비할 의무가 있으며, 각 팀의 동반자 이외에도 위원회에 서비스를 제공할 의무가 있다. 여기에 각각 서술

된 것을 제외하고, 모든 결정은 대다수 투표로 통과된다. 투표결과 동수인 경우, 의장이 캐스팅 보트를 갖는다. 대표단장은 영어로 출제된 문제를 참가자들의 모국어로 적절히 번역할 의무가 있다. 국제위원회의 의무는 경시가 규정에 따라 행해지는지 감독하고 지시하는 일, 경시전날 주최자가 만든 과제의 선정, 정답, 제안된 평가기준에 대해 토의하는 일이다. 국제위원회는 제안된 과제를 변경 또는 거부할 수 있으나 새로운 문제를 제안할 수 없다. 과제의 형성과 평가기준을 최종 결정할 수 있다. 국제위원회 회의에 참가자들은 과제에 관한 비밀을 유지하고 경시자에게 어떤 도움을 주어서도 안된다. 수상자 선정과 분류, 수상자를 결정하고 상과 선외가작을 결정하는 일은 국제위원회의 결정이 최종결정이 된다. 국제위원회는 경시결과를 검토하는 일, 차기경시 개최자가 될 국가를 선정하는 일, 규정을 위반하는 국가에 대해 IOAA 참가를 막는 결정을 할 수 있다. 참관인은 국제위원회 회의에 참석할 수 있으나 투표 또는

표 2. 2007년부터 2010년까지 IOAA 시험배점

연도	이론시험 I, II	실무시험		합계
		관측시험	자료분석	
2007	I: 15개 짧은문제 30 II: 3개 긴문제 30	육안관측 : 20점	자료분석 : 20점	100
2008	I: 15개 짧은문제 300 II: 3개 긴문제 300	I: 육안관측 150 II: Sky Simulation 150	자료분석 : 300점	1,200
2009	I: 15개 짧은문제 150 II: 2개 긴문제 90	I: 육안관측 80 II: 망원경관측 80	자료분석 : 120점	520
2010	I: 15개 짧은문제 150 II: 2개 긴문제 60	플라네타리움관측 : 70점	자료분석 : 70점	350

결정에 참가할 수 없다.

2.2.9. 사무국

올림피아드 책임을 지닌 연구기관은 공식석상에서 결과를 발표하고 수상자에게 상장과 수료증을 제공한다. 경시 폐막식에 부처와 연구기관 대표를 초대한다. 올림피아드를 조직하는데 관여된 장기업무는 IOAA 사무국에서 추진한다. 사무국은 위원장과 사무국장으로 구성한다. 이들은 의장이 공석이 될 때 5년 임기로 국제위원회에 의해 선출된다. 위원장과 사무국장은 정규 멤버 이외에 국제위원회 멤버가 된다. 그들은 개최국의 경비로 각 IOAA에 초청된다.

2.2.10. 규정의 변경

현 규정의 변경, 새로운 항의 첨가 또는 옛 항의 제외는 국제위원회에 의해 행해져야 하고 2/3의 찬성을 요한다. 적어도 3개월 전에 텍스트로 쓰여진 제안서를 각 대표단에게 제공하지 않는 한 이 규정과 요강을 변경할 수 없다. IOAA에 참가하는 참가국의 교육부에 의해 현행규정을 인정함을 의미한다.

2.3. IOAA 요강

일반 노트

- 가. 기본천문학 개념에 광범위한 내용이 이론시험과 실무시험에 포함되어야 한다.
- 나. 고교수준의 수학과 물리학 기본개념이 문제를 푸는데 요구된다. 정답에 계산이 포함되지 않아야 한다.
- 다. 천문학적 소프트웨어 패키지가 실무문제와 관측문제에 사용될 수 있다. 경시자에게 적어도 3개월 전에 사용될 소프트웨어 리스트를 통보해야 한다.
- 라. 요강에 포함되지 않은 내용이 문제로 사용될 수 있으나 충분한 정보가 주어져야 하고, 이들 주제에 대해 이전에 지식이 없는 경시자에게 불리함이 주어지면 안된다.

마. 복잡한 실무기구가 문제로 사용될 수 있으나 충분한 정보를 제공해야 한다.

2.3.1. 이론부분

요강에 나타난 이론부분 경시내용(IOAA Syllabus, 2010)은 표 1과 같다. 요강에 나타난 이론부분 경시내용을 보면, 기본천문학, 좌표와 시간, 태양계, 별, 항성계, 우주론, 기기 및 우주기술로 크게 분류하고 세부내용을 기술하고 있다.

2.3.2. 실무부분

실무부분은 관측부분과 데이터분석으로 나누어진다. 요강의 이론부분은 실무부분의 모든 문제에 대한 기초를 제공한다. 관측부분은 육안관측, 스카이프 맵과 카탈로그의 사용, 관측을 위한 기본 천문기기-망원경과 여러 가지 검출기의 사용 등이다. 관측대상은 하늘의 실제소스이거나 관측실의 모사소스일 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션이 문제로 사용될 수 있으나, 충분한 지도가 경시자에게 제공되어야 한다. 데이터분석 부분은 문제에 제공된 천문데이터분석과 계산에 초점을 둔다. 부가적으로 요구되는 사항은 다음과 같다.

- 가. 에러소스의 적당한 동정, 에러의 계산, 최종결과에 대한 영향의 추정
- 나. 다른 스케일로 그래프용지, 로그용지 사용 등
- 다. 관측데이터의 기본 통계분석

2.4. 개최현황

IOAA는 2007년 태국 치앙마이에서 처음 개최한 이래, 2008년 인도네시아 반둥, 2009년 이란 테헤란, 2010년 중국 베이징에서 개최되었다.

2.5. IOAA 시험배점

IOAA의 경시내용은 이론시험, 실무시험, 관측시험으로 분류한다. 연도별 시험배점은 표 2와 같다. 이론시험과

표 3. IOAA 참가국 현황(G는 Guest 팀)

순번	2007참가국	2008참가국	2009참가국	2010참가국
1	Azerbaijan	Belarus	Bangladesh	Bangladesh
2	Bangladesh	Bolivia	Belarus	Belarus
3	Belarus	Brazil	Bolivia	Bolivia
4	Bolivia	Cambodia	Brazil	Brazil
5	Brazil	China	Cambodia	Cambodia
6	China	Greece	China	China
7	Greece	India	Greece	China(G)
8	India	Iran	India	Czech
9	Indonesia	Korea	Indonesia	Greece
10	Iran	Lithuania	Iran	India
11	Korea	Myanmar	Iran(G)	Indonesia
12	Laos	Nigeria	Kazakhstan	Iran
13	Lithuania	Poland	Korea	Iran(G)
14	Myanmar	Romania	Lithuania	Kazakhstan
15	Poland	Singapore	Poland	Korea
16	Romania	Slovakia	Romania	Lithuania
17	Singapore	Slovakia(G)	Serbia	Philippines
18	Slovakia	Thailand	Sri Lanka	Poland
19	Slovakia(G)	Ukraine	Slovakia	Romania
20	Thailand		Thailand	Russia
21	Ukraine		Ukraine	Serbia
22				Sri Lanka
23				Slovakia
24				Thailand
25				Ukraine

실무시험의 비율은 1회 대회에서 6:4의 비율로 시작했으나 해마다 조금씩 변경되었고 앞으로는 5:5의 비율로 조정되는 추세에 있다.

2.6. IOAA 참가국 현황 및 수상결과

참가국 현황을 표 3에 정리하였다. 참가국 수는 제1회 대회 20개국에서 4회 대회에는 23개국으로 확대되었다. 2010년 참가 국가를 대륙별로 나누어 보면, 10개 아시아 국가를 포함, 유럽국가 11개국, 아메리카 2개국 순이었다. 참가국 순위 정보가 없는 2008년을 제외한 대회의 역대 순위를 보면 태국, 이란, 인도가 각각 우승하였다. 우리나라는 4 ~ 6등을 유지하여 중상위권을 유지하고 있다.

2.7. 출제과정과 채점과정

시험문제의 출제는 전적으로 IOAA 개최국의 책임이다. 개최국은 대회시작 전에 출제위원회를 구성하여 표 1의 출제요강에 근거하여 후보문제들을 작성한다. 대회 각 시험일 전 날에 후보문제들은 대회 참가팀의 인솔자

들로 구성된 국제위원회(International Board, IB)에 제출된다. 여기에서 각 문제의 논리적 적절성, 난이도, 문구 등에 대한 토의를 거쳐 문제의 수정 및 승인, 기각여부를 투표로 결정한다. 시험채점 역시 개최국의 소관이다. 각기 다른 언어로 작성된 답안지의 채점에 공정을 기하기 위해 수식과 그림, 숫자에 의거해서만 채점을 하도록 되어 있다. 공정성을 담보하기 위한 또 다른 장치로서 채점이 완결된 뒤에 각 팀 학생들의 답안지 복사본 및 채점결과를 팀 인솔자에게 제공한다. 채점결과에 이의가 있는 경우에는 최종성적을 확정하기 전에 소명의 기회가 주어진다.

3. 기출문항에 대한 내용 및 유형 분석

3.1. 분석 자료 및 방법

지난 4년간 출제된 문제들의 내용과 유형을 분석하였다. 출제된 문제들은 주로 태양, 달, 행성과 관련된 일월식, 천체좌표, 행성궤도, 행성 및 별의 거리, 등급 및 광도, 분광형, 변광성의 광도곡선, 망원경의 원리 등과 같은 기본천문학 지식을 기본으로 하고 있다. 이론문제

표 4. IOAA 이론문제에 나타난 내용

연도	이론문제 I	이론문제 II
2007	해프는시각 계산, 금성의 공전궤도 구하기, 항성일 구하기, 달까지 거리계산, 태양-지구 운동에 따른 각도 구하기, 혜성의 궤도주기 계산, 별의 파장, 거리계산, 광도계산, 초신성 밝기에 따른 거리계산, 원자수소 천이에 따른 주파수 방출과 가스구름 속도계산, 달표면 크레이터 분해, 태양이 중력적으로 충돌했을 때 어떤 일이 일어날까? 별의 등급에 따른 에너지플럭스 비.	행성과 그 표면온도 주제에 따른 세부문제 7개, 쌍성계 주제에 따른 세부문제 6개, 중력렌즈 주제에 따른 세부문제 6개.
2008	위치에 따른 적경차이 계산, 태양 활동지역 관측 면적계산, 보름달이 지평선위에 있는 시각계산, 별이 헬륨을 연소하는데 걸리는 시간, 암흑물질의 밀도계산, 블랙홀의 질량계산, 별의 진화에 따른 관측거리 계산, 지구대기 통과 태양복사 투과율, 망원경 관측자료에 따른 위치각 구하기, 금환일식 백분율 구하기, 초신성자료를 사용하여 은하의 거리 구하기, 지구위협천체의 질량과 에너지 구하기, 은하질량계산	식쌍성의 주성과 반성의 식이 일어날 때의 시간과 속도에 따른 두 별의 반경과 질량계산, UBV 측광 관측결과에 따른 별의 등급, 별의 온도, 거리계산, 우주배경복사 인플레이션과 방출에 따른 우주크기 추산
2009	초거대 블랙홀의 평균밀도 구하기, 광자수 구하기, 중력탈출 가능한 행성의 반경 구하기, 태양광 차단을 위한 건물의 처마길이와 창문크기 구하기, 별의 최소적위 구하기, 원시성운에서 발사된 물체의 탈출속도 유도식 구하기, 지구자전을 이용한 망원경의 FOV 구하기, 구상성단의 질량구하기, 별까지 거리 구하기, 별의 자기장 세기 구하기, 중성미자 개수밀도 구하기, 100년 후 지구궤도 반경 구하기, 화성-태양거리 구하기, 두별의 궤도운동에 기인한 광도곡선의 등급변화 구하기	고공포물체 주제에 따른 세부문제 5개, 최고도달 높이, 낙하지점, 타원궤도의 이심율, 비행시간, 우리 은하 내 별들의 겉보기 개수밀도에 따른 세부문제 3개
2010	쌍성계 겉보기 등급, 천체의 반경, 적색이동, 쌍성계의 주성과 반성의 질량, 태양의 수명, 별 앞을 지구가 통과할 때 생기는 최대 광도변화율, 블랙홀의 사건지평선을 분해하기 위한 관측파장, 망원경 관측 시 광양자 검출개수, 별의 거리에 따른 밀도변화, 화성의 충이 일어나는 날짜, 항성의 유효온도에 따른 두별의 반경비 구하기, 태양의 유효온도, 금성의 통과현상, 일식 발생빈도수 구하기	우주선 발사궤도 추정 세부문제 2개, 어느 행성을 가정하고 자전, 공전 등 태양계 시스템의 상수 구하기 세부문제 7개

는 짧은 문제 15개와 긴 문제 2 ~ 3개로 I, II로 나누어 출제한다. 점수백분율은 이론시험 60%, 실무시험 20%, 관측시험 20%로 배분되었으나, 해마다 약간씩 다르게 배점되었다. 이론문제들은 기본적인 물리법칙, 태양, 달과 관련된 지식, 별의 온도 및 거리 등 다양한 문제가 출제되었다. 이론문제 I에서는 연도에 따른 출제 내용의 경향성이 보이나, 이론문제 II의 경우에는 경향성이 보이지 않는다. 실무분야는 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 자료분석과 관련된 이해도를 점검하는 문제가 많이 출제되었다. 관측분야도 별의 위치확인, 등급계산 등 날씨 별의 관측과 관련한 문제가 주를 이루고 있다.

IOAA 요강에 나타난 이론문제 경시내용을 참조하여 출제된 문제가 어떤 내용인지를 분석하였다. 내용분석은 기본천문학, 좌표와 시간, 태양계, 별, 우주론 등 7개로 분류하고 각 주제에 따른 내용(IOAA Syllabus, 2010)으로 분류하였다. 2007부터 4년간 IAO에 출제된 문제의 내용분석결과 분야별 빈도수와 IAO에 출제된 문제의 내용지식 문제유형(임인성 외, 2008)과 비교하였

다. 한편, 과학교육과 영재교육의 이론들(Azar, 2005; Bloom, 1956; Chinn & Malhotra, 2002; De Vito, 1989; Germann et al., 1996; Karamustafaog, 2003; Park, 2004; Sternberg, 1994)을 고려하여 개발된 과학탐구요소 문항 분석틀(임인성 & 최승언, 2004; 최승언, 2005)을 사용하여, IOAA의 기출문항에서 과학탐구의 어떠한 인지적 측면이 부각되어 있는가를 분석하였다. 본 문항 분석틀은 인지적 측면을 고려하여 과학지식과 과학적 사고력으로 크게 분류되어 있다. 과학적 지식의 하위요소로 내용지식, 방법지식, 지식의 본성이해로 분류하고, 과학적 사고력의 하위요소로 수렴적 사고력과 발산적 사고력으로 분류하였다. 하위요소는 각 세부사항으로 나누어 분류하였다. 제1회부터 제4회까지 출제된 문제들을 세부사항 및 속성들을 고려하여 과학탐구문항 분석틀에 따라 분석하였다.

문항분석틀의 각 세부항목은 다음과 같이 정의 하였다.

표 5. 연도별 이론시험 I 문제 내용분석

분류	내용	연도별 빈도수				
		2007	2008	2009	2010	계
천구역학	케플러 법칙, 뉴턴의 중력법칙					
전자기이론 및 양자물리	전자기 스펙트럼, 방출이론, 흑체방출, 도플러효과			1	2	3
열역학	열역학적 평형, 이상기체, 에너지전이					
분광 및 원자 물리	흡수, 방출, 산란, 천구물체의 스펙트럼, 선형성	1				1
핵물리	기본개념					
좌표, 천구	구면삼각법, 천구좌표, 분점과 지점, 주극성, 별자리와 황도		2			2
시간의 개념	태양시, 항성시, 줄리안(율리우스) 날짜, 태양중심 줄리안 날짜, 표준시간대, 세계시(UT), 지역표준시(LMT)	2	1	1		4
태양	태양구조, 태양표면활동, 태양회전, 태양방출 및 태양상수, 태양뉴트리노, 태양-지구 관계, 자기장의 임무, 태양풍	1	2		4	7
태양계	지구-달 시스템, 태양계의 형성, 태양계의 구조와 성분, 태양계 천체의 구조와 궤도, 항성주기와 회합주기	5	2	4	2	13
현상	조석, 계절, 일식, 오로라, 유성우				1	1
항성성질	거리결정, 방출, 광도 및 등급, 색지수 및 온도, 반경과 질량의 결정, 항성운동, 항성변광	3	2	4	3	12
항성내부 및 대기	항성핵합성, 에너지전이, 항성대기 및 스펙트럼			1		1
항성진화	항성형성, H-R도, 전주계열성, 별의 종말상태		1	1		2
쌍성계	분류, 쌍성계에서의 질량결정, 식쌍성계의 빛과 시선속도			2	1	3
성단	분류와 구조					
은하계	구조와 성분, 회전, 항성내부물질		2			2
일반은하와 활동은하	분류, 거리결정					
부착 과정	기본개념					
우주론, 초기우주	은하군, 암흑물질, 중력렌즈, 허블법칙, 빅뱅, 우주 마이크로파 배경복사		1	1		2
다파장 천문학	전파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선, 엑스선, 감마선 파장대, 지구대기효과	1				1
기기 및 우주기술	지상 및 우주 망원경, 검출기(CCD, 측광계, 분광기), 배열, 분해능, 망원경의 빛 집광력					

1. 교과전문지식의 속성에 제시된 중학교, 고등학교수준은 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. 일상생활과학 지식이란 특별히 학교교육을 받지 않아도 일상생활이나 자연현상에 대해 직접경험이나 흔한 간접경험으로 얻을 수 있는 지식이란 뜻으로 사용하였다.
2. 과학탐구 과정에 관한 지식이란 문제인식-가설설정-탐구설계-탐구수행-자료분석-종합-일반화 단계와 같이

대체적으로 주제에 따라 정형화된 탐구절차가 해결에 필요로 하는 문제로 정의하였다.

3. 과학탐구방법 지식이란 문제에 관련된 탐구방법에 관한 지식으로 문제해결에 학교에서 다루는 탐구방법과 기능이 사용되는지 여부로 판단하였다.
4. 수렴적사고 종류에서는 문제해결에 이용되는 사고력이 기억, 이해, 적용, 분석, 종합, 평가 중 어느 단계까지의 사고력이 연관되는가를 나타낸다.
5. 수렴적 사고경향에서 논리성, 정합성, 통합성의 순서에서 뒤의 성향이 앞의 성향을 포함하는 개념으로

표 6. 2008년 이론문제 I, 6번 문제의 과학탐구 유형 분석

IOAA 2008년 이론문제 I, 6		우리는하 중심의 블랙홀 주위에 빨려 들어가는 가스에 대한 전파관측을 한 결과, 수소의 스핀전이(spin-flip transition)에 의한 복사(정지 주파수 1420.41 MHz)가 1421.23 MHz에서 관측되었다. 이 가스구름이 블랙홀로부터 0.2 pc 되는 곳에 위치하고 원운동을 하고 있다면 이 구름의 속력을 결정하라. 그리고 이 구름이 우리로부터 <u>가까워지고(toward)</u> 혹은 <u>멀어지고(away)</u> 있는지 결정하라. 블랙홀의 질량을 결정하라.				
기능적측면	상위요소	하위요소	세부사항	속성	세부사항과 관련된 내용	
인지적 측면	과학지식	내용지식	교과전문지식	고교수준	- 수소원자 스펙트럼 - 도플러 효과 - 원운동	
				대학수준		
			일상생활과학지식			
		방법지식	과학탐구과정지식			
			과학탐구방법지식		고교수준 대학수준	
		지식본성 이해	과학철학 지식			
			과학사 지식			
			과학지식본성이해			
	과학적 사고력	수렴적 사고력	사고 종류	기억	- 도플러효과 속도 방정식 $\left(\frac{\Delta\nu}{\nu_o} = \frac{v}{c}\right)$ - 빛의 속도 c - 원운동에서 중력과 원심력 평형 방정식 $\left(\frac{GM}{r^2} = \frac{v^2}{r}\right)$ - 중력상수 G - 1 pc는 몇 cm인가? - 1 태양질량은 몇 g인가?	
				이해	- 청색편이(파장감소 혹은 진동수증가)가 발생하면 발광체와 관측자가 가까워 짐 - 원운동의 속도는 원운동 궤도 내의 질량에 의하여 결정	
				적용	- 도플러효과에서 얻은 속도를 원운동 속도로 적용	
				분석		
				종합		
				평가(비판)		
			사고 경향	논리성	- 우리은하의 수소원자스펙트럼 관측에 의한 속도 곡선으로 은하질량을 구하는 예를 논리적으로 이용	
				정합성		
				통합성		
				정교성		
		발산적 사고력	독창적사고력		독창성	
			대안적사고력	유창성		
				융통성		
			직관적사고력		직관, 통찰	

표시하였다. 논리성은 단순적용에 의한 해결의 논리과정만 요구된 경우로 체크하고 정합성은 해결을 위해 하나의 대단원 내 2가지 이상의 원리를 사용해 해결이 필

요한 경우, 통합성은 해당학년의 대단원 중 2개 이상의 대단원의 개념이 통합사용되어 문제가 해결되는 경우이다.

표 7. IOAA 문제에 나타난 인지적 측면의 과학탐구 유형 분석

기능적측면	상위요소	하위요소	세부사항	속성	이론문제		실무문제	관측문제
					I(%)	II(%)		
인지적 측면	과학지식	내용지식	교과전문지식	고교수준	58(97)	6(60)	8(80)	17(81)
				대학수준	2(3)	4(40)	2(20)	4(19)
		방법지식	일상생활과학지식					
			과학탐구과정지식					
			과학탐구방법지식	고교수준	8(62)	2(29)	8(80)	19(90)
				대학수준	4(31)	5(71)	2(20)	2(10)
		지식본성 이해	과학철학 지식					
			과학사 지식					
			과학지식본성이해		1(7)			
	과학적 사고력	수렴적 사고력	사고 종류	기억				
				이해	4(7)	1(10)	2(20)	4(19)
				적용	20(33)	2(20)	3(30)	11(52)
				분석	11(18)	2(20)	1(10)	2(10)
				종합	25(42)	5(50)	4(40)	4(19)
				평가(비판)				
		사고 경향		논리성	13(22)	1(10)	1(11)	9(43)
				정합성	18(30)	3(30)	2(22)	10(48)
				통합성	9(15)	4(40)	4((44)	
				정교성	6(10)	1(10)	1(11)	
		발산적 사고력	독창적사고력	독창성	4(7)			
			대안적사고력	유창성	5(8)			
				융통성	3(5)			
			직관적사고력	직관, 통찰	2(3)	1(10)	1(11)	2(9)

6. 정교성: 문항이 자세하고 구체적으로 학생의 정교성을 알아 볼 수 있는가에 기준을 두었다. 일단 설명을 요구 하는 문항은 정교성을 요구한다고 할 수 있다.
7. 독창성: 문항이 정해진 해결과정이나 정해진 답이 없는 경우로 한정하였다. 일반적인 해결과정이 아닌 남과 다른 방식으로 해결하여 독창성을 나타냈을 때를 나타낸다.
8. 직관적사고력 자체를 요구하는 이론문항은 많지 않다. 왜냐하면 직관은 요구한다고 이루어지는 것이 아니라 학습자의 특성에 따라 사용되는 능력이기 때문이다.
9. 융통성과 유창성은 문제해결에서 여러 가지로 답하라는 식으로 명백히 요구한 경우만 표시한다.

3.2. 내용분석 결과

지난 4년간 출제된 이론문제 I, II의 내용은 표 4와 같다. 이론문제 I의 경우, 각 분야에 걸쳐 독립된 짧은 문항으로 고교수준의 평범한 문제들이 출제되었으며, 이론문제 II의 경우에는 하나의 주제에 따라 응용된 난이도 높은 세부문제가 출제되었다.

표 5는 IOAA 요강에 나타난 연도별 이론문제 I의 내

용분석결과로 분류에 따른 출제빈도수를 나타낸다. IOAA 요강의 분류에 따른 이론문제 I의 내용분석 결과, 지구-달 시스템, 태양계 천체의 구조와 궤도, 항성 주기와 회합주기를 구하는 태양계 문제가 제일 많이 출제되었다. 이어 항성의 거리결정, 광도, 등급, 반경, 질량의 결정과 같은 항성성질, 태양활동, 태양-지구관계, 시간의 개념 순이었다.

또한, 내용분석 과학탐구요소 분석들을 통해 인지적 측면에서 과학탐구 유형을 분석하였다. 인지적 측면의 과학탐구 유형분석에서 속성을 나타내는 수준, 즉 고교수준, 대학수준의 분류는 한국교육과정평가원(2009 개정)의 분류표를 참조하였다. 주요 분석결과는 다음과 같다.

- 과학지식/내용지식/교과전문지식: 이론문제, 실무문제, 관측문제 모두 고교수준 이상의 문제였다. 이론시험 I에서는 고교수준의 단문형 문제들이 출제된데 비하여, 이론시험 II에서는 40%가 대학수준의 복문형 문제가 출제되었다.
- 과학지식/방법지식/과학탐구방법지식: 수준이나 난이도가 중간 이상의 지식을 요구하는 문제로 구성되었다. 이론문제 II의 경우 71%가 대학수준이고, 실무, 관측문제의 경우 고교수준 이상이 80%였다.

그림 1. 지난 4년간 출제된 이론시험 내용분류 비교: IAO vs. IOAA.

- 과학적 사고력/수렴적 사고: 이론문제, 실무문제, 관측 문제에서 모두 발산적 사고를 요구하는 문제보다 수렴적 사고를 요구하는 문제가 많이 출제되었다.
- 과학적 사고력/수렴적 사고/사고 종류: 이론문제의 경우 종합능력을, 실무, 관측문제의 경우 적용을 요구하는 문제가 많이 출제되었다.
- 과학적 사고력/수렴적 사고/사고 경향: 이론문제의 경우 정합성과 논리성, 실무, 관측문제의 경우 통합성과 정합성을 요구하는 수렴적 문제가 많이 출제되었지만 창의성을 요하는 문제들도 출제되었다.

IOAA 문제의 과학탐구 유형을 분석하기 위하여 IOAA 2008년 이론문제 I, 6번 문제를 예를 들어 표 6과 같이 인지적 측면의 과학탐구 유형을 분석하였다. 이러한 방법으로 IOAA에서 출제된 이론문제, 실무문제, 관측문제를 분석하여 표 7을 완성하였다.

3.3. 출제문제 분석 및 고찰

2007년 ~ 2010년에 출제된 문제의 과학지식 속성의 변화를 보면, 이론문제 I의 내용지식의 경우 대부분의 문제가 고교수준으로 출제되었다. 이론시험 II 문제의 경우 60%가 고교수준으로 이론시험 I에 비해 상대적으로 난이도가 높았으나, 실무문제와 관측문제의 경우에도 80% 이상이 고교수준의 문제가 출제되어 평범한 수준임을 알 수 있다. 과학적 사고력을 나타내는 사고의 종류를 보면 이론문제 I, II 모두 종합, 적용적 사고를 요하는 문제가 출제되었다, 반면 관측시험의 경우에는 적

용을 요하는 문제가 출제되었다. 또한, 사고경향을 보면 정합성, 통합성, 논리성의 문제가 출제되어 다양한 부분의 사고력을 요하는 문제들이 출제되었음을 알 수 있다.

이론시험 I의 경우는 난이도의 변화가 없었으나, 실무시험 II의 경우에는 대학수준의 문제비율이 많음을 볼 수 있다. 관측시험의 경우도 난이도는 앞으로도 계속 높아질 것으로 보인다. 일상생활과학지식, 과학사, 과학철학, 과학의 본성에 관한 지식을 요하는 문제나, 탐구과정 지식을 필요로 하는 문제는 출제되지 않았다. 실무문제를 보면 과학탐구과정을 따라 출제되기는 했으나 문제 자체가 탐구과정 지식을 묻지는 않았다. 이와 같이 인지적 측면에서의 과학탐구 요소분석을 종합해 보면, 이론시험 I에서는 교과전문지식, 과학탐구 방법지식의 경우, 대부분 고교수준의 문제가 출제되었다. 과학탐구방법지식 분야의 이론문제 II의 경우에는, 대학수준의 문제가 70% 이상 출제되어 어렵게 출제되었음을 알 수 있다. 과학탐구방법 지식분야의 실무문제와 관측문제의 경우에는 모두 고교수준의 문제가 많이 출제되었다. 문제에 나타난 과학적 사고력을 분석해 보면 수렴적 사고를 요하는 문제가 많다는 것을 알 수 있다. 기억, 평가에 해당하는 문제가 없는 대신, 고등사고의 종류인 적용, 종합, 분석에 해당하는 문제가 많다는 것은 난이도가 높은 문제라는 것을 의미한다. 그러나 평가 혹은 비평에 해당하는 문제가 거의 없는 것으로 볼 때, IAO와 같이 IOAA도 지면평가의 한계를 드러내고 있는 것으로 보인다. 이는 경쟁에 참여하는 학생들이 문제를

그림 2. 지난 4년간 출제된 내용지식 문제 유형비교: IAO vs. IOAA.

풀 때, 자신들의 언어로 문제를 풀어 제출하기 때문이고, 채점을 하는 위원들이 언어가 다른 학생들의 풀이 과정을 이해할 수 없기에 문제들을 주로 수식에 의존하는 경향이 있다. 따라서 긴 설명을 요하는 평가 혹은 비평을 다루는 문제가 출제되기는 어려울 것으로 예상된다. 또한 천문학에서의 여러 개념뿐만 아니라 학문 간의 여러 개념과 논리적으로 연결되는 사고의 경향이나 발산적 사고를 요하는 문제들이 상대적으로 많지 않다는 사실 역시 지면평가의 한계를 나타내고 있으며, 이는 출제와 채점의 객관성을 유지하려는 측면으로 이해할 수 있다.

그림 1은 2007부터 4년간 IAO와 IOAA에 출제된 문제의 내용분석결과 분야별 빈도 수 비교이다. 그림에서와 같이 IOAA 이론문제 I을 보면 태양, 태양계, 항성 성질, 시간의 개념과 같은 문제들이 많이 출제되었다. 그림 2는 2007부터 4년간 IAO와 IOAA에 출제된 문제의 내용지식 문제유형을 비교하는 히스토그램으로, 이론, 실무, 관측시험 모두에서 IAO에서 출제된 문제가 IOAA에서 출제된 문제보다 난이도 높은 문제가 출제되었음을 알 수 있다.

4. 결론 및 시사점

본 논문에서는 국제천문 및 천체물리올림피아드의 현황과 2007년 처음 개최된 이후 지금까지 출제된 문항에 대한 내용분석과, 과학탐구 유형을 분석하였다. 교과전 문지식의 경우, 이론분야 I에서는 고교수준의 문제가 출제되었으나, 이론시험 II에서는 그 이상의 지식을 요하는 문제들이 출제되었다. 내용지식과 방법지식의 경우, 실무분야와 관측분야에서 고교수준으로 출제되었다.

사고의 종류도 적용, 종합능력을 요구하는 문제가 출제되었으며 적용성을 요하는 문제가 많이 출제되었으나, 이론시험 II에서는 통합성을 요하는 문제들이 출제되었다. 이는 단순한 암기나 계산에 의해 해결되는 문제가 아니라 창의성을 요하는 문제임을 나타낸다. 앞으로 이론문제 II는 더욱 어려워질 것으로 예상되며, 적용, 종합, 분석능력을 요하는 문제들이 많이 출제될 것으로 예상된다.

최근 상위권을 유지하고 있는 IAO와 비교해서 상대적으로 IOAA에서 성적이 부진한 이유는, IAO에서 출제되는 문제에 익숙해 있는 것이 아닌가 생각된다. IAO에서 출제되는 문제들은 조직위원장 책임 하에 일관성 있는 문제가 출제되어, 난이도가 높은 전통적인 천문학이라고 표현해야 할 만큼 클래식한 문제유형을 띄고 있는 반면, IOAA에서 출제되는 문제들은 개최국의 기준에 따라 매년 난이도가 달라지게 되고, 문제에 대한 우리 학생들의 적응이나 변별이 되지 않는 문제가 있는 것으로 판단된다.

또 다른 요인으로는 100% 상대평가를 하는 IAO와는 달리, 상대평가와 절대평가가 뒤섞인 형태의 독특한 IOAA 평가시스템을 들 수 있다. 상위 최고득점자 3명의 성적(절대평가)에 의해 상대적으로 다른 참가자의 성적(상대평가)이 결정되기 때문에, 상위 3명 학생과 한국 팀의 수준 차에 따라 결과가 상당히 다르게 나올 수 있다. 현재 IOAA와 IAO 양쪽에 모두 참가하는 국가들 중에서는 양 대회에 동일한 학생들을 중복 참여시키거나 혹은 최정예 학생들을 IOAA에 참가시키는 경우가 많다. 이는 IAO 참가에만 정부지원이 있는데다, 가능한 많은 학생들에게 국제대회 참가의 기회를 주고자 하는

우리의 입장에서 볼 때 불리한 부분이다.

IOAA가 오로지 고등학생만을 대상으로 하는 반면에 주니어부(15세 이하)와 시니어부(16세 이상)로 나뉘어 있는 IAO와의 차이점도 언급되어야 할 것이다. IAO에서 한국의 선전은 주니어부의 활약에 힘입은 바가 크다. 한국이 IAO에서 종합 1위를 차지한 3번(2007, 2008, 2010년) 모두 주니어부에서 개인 1위를 차지하는 성과를 기록했다. 그러나 시니어부에서는 아직까지 개인 1위를 배출하지 못했다. 따라서 상대적으로 우리가 약세인 고등학생만 참가하는 IOAA에서 한국팀이 고전하게 되는 것은 어찌 보면 당연한 결과라고 할 수 있다.

그런데 한국 팀은 중학생 때에는 잘하다가 왜 고등학교에 가면 그만큼의 성과를 올리지 못하는 것일까? 이는 대부분의 주니어부 대표학생들이 과학고나 영재학교로 진학하면서 학교수업의 부담이 커짐에 따라 국제 올림피아드 준비에 전념할 수 없게 되는 상황과 일부분 연관이 있다고 생각된다.

본 논문을 통해 IOAA 현황과 2007년부터 2010년까지 출제된 IOAA 문제의 내용과 과학탐구 요소들을 살펴보았다. 앞으로 해마다 국내에서 개최되는 한국천문올림피아드 문제의 출제방향을 설정하고, IOAA는 물론, 국제천문올림피아드(IAO)와 아시아 태평양 천문올림피아드(APAO) 참가에 대비한 교육에도 도움이 되리라 기대한다.

참고 문헌

- 임인성, 최승언, 2004, 국제천문올림피아드 문제에 나타난 인지적 측면의 과학탐구 요소 분석, 한국지구과학회지, 25, 719
- 임인성 등, 2008 국제천문올림피아드 현황과 기출문제에 대한 과학탐구 유형분석, 한국천문학회지, 23, 109
- 최승언, 2005, 서울대학교 과학영재교육프로그램 평가를 위한 평가를 개발 및 평가 수행, 서울대학교 연구보고서, 63
- 한국교육과정평가원, 2009, 국가교육과정 고등학교 과학과 교육과정, <http://www.kice.re.kr>
- Azar, A., 2005, Analysis of Turkish Highschool Physics-Examination Question and University Entrance Exams Questions according to Blooms' Taxonomy, Journal of Turkish Science Education, 2, 68
- Bloom, B. S., 1956, Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: Cognitive Domain, (New York: McKay), 56
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A., 2002, Epistemologically Authentic Inquiry in School: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks, Science Education, 86, 175
- De Vito, A., 1989, Creative Wellsprings for Science Teaching, 2nd Ed. (West Lafayette: Creative Ventures, Inc.), 89
- Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S., 1996, Analysis of Nine High School Biology Laboratory Manuals: Promoting Scientific Inquiry, Journal of Research in Science Teaching, 33, 475
- IOAA Syllabus, 2010, The 4th IOAA Booklet Beijing, 51
- Karamustafaog, S., 2003, High-School Chemistry-Examination Questions according to Blooms Taxonomy, Chemistry Education: Research and Practice, 4, 25
- Park, J. W., 2004, Suggesting a Model of Scientific Creativity and Developing Scientific Creativity Activities, The 8th Asia-Pacific Conference on Giftedness, 104
- Sternberg, R. J., 1994, A Triarchic Model for Teaching and Assessing Students in General Psychology, The General Psychologist, 30, 42