



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

국제중등과학올림피아드의 화학영역
객관식 문항분석

濟州大學校 教育大學院

化學教育專攻

李 姬 蓮

2018年 8月

국제중등과학올림피아드의 화학영역 객관식 문항분석

指導教授 金 德 洙

李 姬 蓮

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

2018年 6月


李姬蓮의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

委
員

委
員

姜昌衛
金原亨
金德洙



濟州大學校 教育大學院

2018年 8月

Analysis of Multiple Choice Questions of
Chemistry in International Junior Science
Olympiad

Hee Youn Lee

(Supervised by professor Duk Soo Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Master of Education of Chemistry

2018 . 8 .

This thesis has been examined and approved.

Chang Ae Bang
Won Hyung Kim
Duk Soo Kim

(Name and signature)

MAJOR IN EDUCATION OF CHEMISTRY
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION
JEJU NATIONAL UNIVERSITY



국 문 초 록

과학영재교육에서 우선적으로 이루어져야 할 것은 과학영재를 올바르게 판별하고 선 발하는 것이며, 또 다른 하나는 과학영재에게 그들의 능력과 요구에 맞는 적합한 교 육이 실행되어 과학영재의 잠재력이 최대로 신장되는 것이다. 이러한 맥락에서, 평균 적으로 35개 국가가 참여하는 국제중등과학올림피아드는 만 15세 미만의 세계의 과 학영재들이 과학적 창의력과 탐구력을 겨루는 ‘두뇌 올림픽’이다.

이를 위하여 국제중등과학올림피아드의 객관식 시험, 주관식 시험 그리고 실험 시험 문항 중 객관식 문항 10개를 선별하여 본 연구의 목적에 맞게 3가지의 문항 분석틀 을 제작하여 다각도로 문항 분석을 실시하였다.

문항 분석의 결과 첫째, 5회부터 14회까지 국제중등올림피아드는 출제 국가별 뚜렷 한 특색을 나타내었다. 주로 교육과정 화학 I과 II의 내용을 서술형 형식으로 제시하 며 화학적 계산을 요구하기 보다는 주어진 문항의 화학적 이해도와 과학적 지식의 적 용을 평가하는 문항이 많았으며, 국제중등올림피아드의 실러버스(Syllabus)를 기준 으로 과학 영역간의 경계를 뚜렷하게 구분하지 않는 것이 많았다. 둘째, 과학탐구방법 지식 평가 분석을 시행한 결과 예상하기, 가설설정, 탐구하기, 추리하기의 적용도가 높았으며 화학 실험을 직접 수행하고 고찰하여 화학적 배경지식을 가진 영재의 경우 과학 지식통합능력이 높아, 문항의 이해도와 접근성이 수월했을 것으로 판단되었다. 셋째로 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석 결과, 모든 문항에 는 과학적 논리성을 요구하며 화학 단원내의 2가지 이상의 원리를 사용해야 하는 정 합성과 해당 학년의 대단원 중 2개 이상의 개념들이 통합되어야 문제 해결이 가능한 통합성이 높은 문항일수록 난이도가 높은 경향성을 나타내었다.

이러한 결과로부터 바탕으로 우리나라 영재교육의 나아갈 방향과 화학교육의 방법을 도출할 수 있을 것으로 여겨진다.

목 차

국 문 초 록	i
표 목 차	v
그 림 목 차	vii
I. 서 론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구의 문제	3
2.1 국제중등과학올림피아드 선발문항 분석	3
2.2 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석	3
2.3 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석	4
3. 연구의 제한점	4
II. 이론적 배경	5
1. 영재성	5
1.1 영재와 관련된 몇 가지 용어	5
1.2 영재의 정의	7
1.3 과학영재	9
2. 국제중등과학영재교육 프로그램	15
2.1 국제중등과학올림피아드	15
2.2 설립목적	18
2.3 개최현황	18
2.4 대한민국 참가 결과	20
2.5 국제중등과학올림피아드 주요 규정	21

III. 연구 방법	23
1. 연구내용 및 과정	23
2. 연구자료	24
3. 분석도구	25
3.1 문항 분석 분석틀I	25
3.2 문항 분석 분석틀II	27
3.3 문항 분석 분석틀III	29
3.4 국제과학영재 문항 분석 준거	30
IV. 연구 결과	37
1. 국제중등과학올림피아드의 출제 경향성 분석	37
1.1 14회 국제중등과학올림피아드	37
1.2 13회 국제중등과학올림피아드	40
1.3 12회 국제중등과학올림피아드	43
1.4 11회 국제중등과학올림피아드	46
1.5 10회 국제중등과학올림피아드	50
1.6 8회 국제중등과학올림피아드	54
1.7 7회 국제중등과학올림피아드	58
1.8 6회 국제중등과학올림피아드	61
1.9 5회 국제중등과학올림피아드	64
2. 국제 중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석	68
2.1 14회 국제중등과학올림피아드	69
2.2 13회 국제중등과학올림피아드	72
2.3 12회 국제중등과학올림피아드	74
3. 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석	77
3.1 14회 국제중등과학올림피아드	78

3.2 13회 국제중등과학올림피아드	81
3.3 12회 국제중등과학올림피아드	83
V. 결론 및 제언	86
1. 결론	86
1.1 국제중등과학올림피아드의 출제 경향성	86
1.2 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가	87
1.3 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석	88
2. 제언	88
VI. 참고문헌	90
VII. 부록	93
ABSTRACT	106

표 목 차

[표II-2-4] 2005년부터 2017년까지 우리나라 대회 참가 결과	20
[표III-1] 2008년부터 2017년까지 국제 중등 과학 올림피아드의 개최국	24
[표III-2] 국제중등과학올림피아드 화학영역 분석틀I	26
[표III-3] 과학탐구방법 지식 평가 기준 분석틀II	27
[표III-4] 과학탐구방법 지식 평가 기준 분석틀II의 총점기준 항목	28
[표III-5] 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 통합적 사고력 분석틀III	29
[표IV-1-1-1] 14회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	37
[표IV-1-1-2] 14회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	38
[표IV-1-1-3] 14회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	39
[표IV-1-1-4] 14회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	39
[표IV-1-2-1] 13회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	40
[표IV-1-2-2] 13회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	41
[표IV-1-2-3] 13회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	42
[표IV-1-2-4] 13회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	43
[표IV-1-3-1] 12회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	43
[표IV-1-3-2] 12회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	44
[표IV-1-3-3] 12회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	45
[표IV-1-3-4] 12회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	46
[표IV-1-4-1] 11회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	47
[표IV-1-4-2] 11회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	48
[표IV-1-4-3] 11회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	49
[표IV-1-4-4] 11회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	49
[표IV-1-5-1] 10회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	51
[표IV-1-5-2] 10회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	52
[표IV-1-5-3] 10회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	53
[표IV-1-5-4] 10회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	54
[표IV-1-6-1] 8회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	55
[표IV-1-6-2] 8회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	56

[표IV-1-6-3] 8회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	57
[표IV-1-6-4] 8회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	57
[표IV-1-7-1] 7회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	58
[표IV-1-7-2] 7회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	59
[표IV-1-7-3] 7회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	60
[표IV-1-7-4] 7회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	60
[표IV-1-8-1] 6회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	61
[표IV-1-8-2] 6회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	62
[표IV-1-8-3] 6회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	63
[표IV-1-8-4] 6회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	63
[표IV-1-9-1] 5회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	64
[표IV-1-9-2] 5회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	65
[표IV-1-9-3] 5회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	66
[표IV-1-9-4] 5회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	67
[표IV-2-1-1] 14회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	69
[표IV-2-1-2] 13회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	72
[표IV-2-1-3] 12회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	74
[표IV-3-1-1] 14회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	78
[표IV-3-1-2] 13회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	81
[표IV-3-1-3] 12회 국제중등과학올림피아드 분석 결과	83
[표VII-1] 분석틀I 2008년부터 2017년까지 출제된 국제중등과학올림피아드 화학영역 분석 결과	93
[표VII-2] 2004년부터 2015년까지 참가국 현황	102

그림 목 차

[그림II-2-1] 예비 KJSO과정과 정규 KJSO과정	16
[그림II-2-2] 2018년 KJSO, IJSO 선발일정표	17

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

국제중등과학올림피아드는 만 15세 이하 학생을 위한, 국제과학올림피아드 중 하나이다. 제1회 국제대회는 2004년 인도네시아에서 개최되어 2018년 오늘에 이르기까지 제15회 대회 개막을 앞두고 있다. 국제중등과학올림피아드는 과학 연구의 성과추구에 대한 보상과 격려를 하기위해, 또 과학 영재들이 각자의 재능을 개발하는데 있어 도전정신을 자극하기 위함과 자연과학 분야 연구의 지속적인 참여를 유도하기 위해서, 그리고 세계의 젊은 과학도들의 우정과 어울림을 위해 매년 개최된다.

2012년 6월 19일 교육과학기술부와 한국과학창의재단의 보도 자료에 의하면, 2012년 6월 21일 한국과학창의재단에서 국제과학올림피아드 한국 대표단 발대식을 개최하였다. 기사 본문에 보면, 국제과학올림피아드 대회는 대학교육을 받지 않은 20세 미만의 과학영재들이 과학적 창의력과 탐구력을 겨루는 ‘두뇌 올림픽’으로 한 국가의 기초과학 수준 및 미래 과학기술 발전 가능성을 가늠해 볼 수 있는 세계적인 청소년 과학대회이며, 세계 각국은 국제과학올림피아드 대회를 청소년의 과학적 잠재력을 향상시키고, 과학에 대한 동기부여와 기초과학에 대한 관심 제고를 위한 장으로 활용하고 있으며, 교육과학기술부와 한국과학창의재단은 미래 과학기술혁신을 주도할 과학영재의 발굴과 육성 차원에서 향후, 각 분야 대표단 선발과 대회 참가를 지속적으로 지원할 계획이라고 밝혔다.

‘영재 교육은 도전적인 학습 환경의 제공을 통해 타고난 잠재 능력을 개발할 수 있도록 제공한다(조석희, 2008)’는 연구결과처럼 우리 정부는 젊은 과학도를 양성하고 지원하고 길러내는 것에 무한한 관심과 지원을 약속하고 이행하고 있는 실정

이다. 실제로 지난 14회의 국제중등과학올림피아드가 진행되는 동안 우리나라는 2008년과 2015년 2번의 개최국을 맡았다. 특히 2008년 대한민국 경남 일원에서 열린 5회 국제중등과학올림피아드는 4가지의 개최 방향과 목적을 제시하였는데, 첫째, 국민 모두가 함께 할 수 있는 열린 대회로 승화시킨다. 즉, 이번 대회를 역대 과학올림피아드와는 달리 과학영재들만의 축제이기보다는 시민이 함께 할 수 있는 열린 축제의 장으로 만든다. 둘째, 한국과 미국, 일본의 저명 과학자를 초빙해 미래사회의 핵심 리더가 될 과학영재들에게 꿈과 희망을 심어 줄 수 있는 ‘사이언스 토크’ 장을 준비한다. 셋째, 과학올림피아드 문제풀이 온라인 이벤트를 마련하여 자신의 과학 실력을 스스로 테스트해볼 수 있으며 소정의 상품을 수여하는 행사를 마련한다. 넷째, 학부모를 대상으로 한 ‘영재교육 특강’을 준비하여 일반인의 과학에 대한 관심과 흥미를 높인다. 이러한 도전적인 학습 환경의 제공에 힘입어 해당 대회에서 대한민국 대표단은 참가자 모두가 금메달을 거머쥐며 종합 1위라는 놀랄만한 성과를 얻었다.

이로써, 영재교육의 필요성은 크게 개인적 측면과 사회·국가적인 측면, 교육학적 측면으로 나누어볼 수 있는데, 개인적 측면에서는 영재아들이 자신의 능력과 요구에 맞는 적절한 교육을 받아 자신의 잠재 능력을 최대한으로 개발할 권리가 있다는 점과, 국가적으로는 인적 자원 개발이라는 측면에서 영재교육은 반드시 필요하다는 것이다. 세계의 여러 나라들이 각종 영재교육 방법을 동원하여 영재들로 하여금 최대한의 잠재 능력을 개발할 수 있는 기회를 제공하는 이유도 여기에 있다. 또, 교육학적인 측면에서 살펴보면 영재성을 지닌 학생들에게 그들의 능력과 특성에 알맞은 최적의 학습 환경을 부여해 줌으로써 그들의 잠재 능력을 최대한으로 신장시켜 주는 것은 당연한 교육적 요청이 된다.(박성선, 2010)

그러므로 본 연구는 2008년부터 2017년까지 출제된 국제중등과학올림피아드의 화학 영역을 문항을 다각도의 측면에서 문항 분석틀을 이용해 과학탐구방법 지식 요소와 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 요소들의 출제 경향성을 분석하였다. 이를 통한 국제중등과학올림피아드의 문제 분석은 또 다른 영재를 선발하는 도구로도 적용될 수 있으며 나아가 화학 영재 교육에 미치는 영향도 클 것으로 기대된다.

2. 연구의 문제

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

2.1 국제중등과학올림피아드 선발문항 분석

- 1) 국제중등과학올림피아드의 개최국에 따라 출제 경향성을 분석한다.
- 2) 국제중등과학올림피아드의 화학영역 문항은 우리나라의 중학교와 고등학교 교육과정의 연계성을 어느 정도 담고 있는지 파악한다.
- 3) 국제중등과학올림피아드의 화학영역의 문항은 국제중등과학올림피아드가 제시한 실러버스(Syllabus)를 대영역과, 소영역으로 구분하여 이에 해당되는 문항의 수와 단원의 연계성은 어느 정도인지 확인하고, 분류한다.
- 4) 13개의 소영역에 해당하는 문항을 분리하고 이에 따른 문제 해결을 위한 화학적 접근을 제시한다.

2.2 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석

- 1) 국제중등과학올림피아드의 문항을 교육과정 내에 부합, 심화, 속진으로 분리하여 분석한다.
- 2) 유형별 문항에서 과학적 탐구 능력의 과정을 제시하고 이에 따른 지식 평가를 분석한다.
- 3) 분석틀II을 기준으로 가장 심화된 문항을 2개 선택하여 문항의 해결 방법과 화학적 지식을 연계시켜 분석 제시한다.

2.3 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석

- 1) 과학적 창의성 측면에서 국제중등과학올림피아드의 화학문항의 유형은 어떠한지 분석한다.
- 2) 문항해결을 위한 사고의 종류와 사고의 경향으로 8개의 항목에 맞게 분리한다.
- 3) 분석틀Ⅲ을 기준으로 정합성과 통합성에 해당하는 문항을 선택하여 해결방법과 화학적 지식을 연관시키고 문항 난이도를 분석한다.

3. 연구의 제한점

본 연구는 9일 동안 진행되는 국제중등과학올림피아드 대회 중 1차 시험(객관식)과 2차 시험(주관식), 3차 시험(실험) 중에서 1차 시험의 객관식 문항만을 취하여 문항들이 화학적 과학탐구방법 지식 평가 분석한 것과 과학적 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력의 구성요소들을 기존의 분석틀을 수정·보완하여 최근 10개년의 문제들을 적용시켰다. 보다 세심하고 유의미한 분석 연구의 수행을 위해 화학 분야 교육에 30년간 지도자와 전문가의 의견을 적극 반영하여, 분석하고자 하는 영역을 정확히 평가하고 각 항목의 분석틀마다 문항분석의 심도 있는 연구결과를 추구하였다.

그러나 국제중등과학올림피아드의 문항 출제 목적은 과학 영역간의 경계를 갖지 않는다는 지향함에 맞지 않기에 화학 문항만을 선별하는 데 명확하지 못한 면이 있으며, 또 과학 영역 중 화학에 해당하는 문항을 분석하였기 때문에 다른 영역의 과학적 영재성 발현을 위한 조건에 적용시키기에 어려움이 있다.

II. 이론적 배경

1. 영재성

1.1 영재와 관련된 몇 가지 용어

영재와 관련된 용어는(오영주, 2008) 흔히 우수한 사람을 ‘천재’ ‘신동’ ‘영재’라고 부른다. 많은 사람들이 탁월하거나 우수한 사람을 지칭해 용어를 혼용하지만, 영재 교육의 관점에서 보자면 각 용어의 개념에는 분명한 차이가 있다.

‘천재’(Genius)는 하늘이 내린 재능이라고 할 정도의 극도로 뛰어난 능력을 선천적으로 타고난 사람으로 인류의 삶에 지대한 영향을 미친 창조적 업적을 낸 사람이다. 그 업적은 혁신적인 이론, 법칙, 발견으로부터 예술적 문화적 작품에 이르기까지 다양한 분야와 유형에서 나타난다. 대개 천재의 업적은 그가 살던 시대뿐 아니라 사후에도 영원히 인정되지만 때로는 사후에야 빛을 발휘하는 경우도 있다. 시공을 초월해 인류의 사랑을 받는 모차르트, 베토벤, 미켈란젤로와 같은 예술가, 인류의 과학 발전에 무한한 가능성을 열어 준 상대성 이론의 아인슈타인, 지동설의 코페르니쿠스와 같은 과학자를 들 수 있다.

‘신동’(Prodigy)은 어른의 수준에 버금가는 재능을 발휘하거나 오히려 더 뛰어난 재능을 보이는 10세 이전의 아이를 말한다. 이들은 선천적으로 뛰어난 능력을 타고났기 때문에 보통의 아이와 같은 시간과 노력만으로도 그들과는 비교되지 않은 탁월함을 나타낸다. 6세에 바이올린, 피아노, 오르간 연주를 마스터한 모차르트, 5세에 훌륭한 그림을 그린 중국의 야니, 6세에 조를 바꾸며 바이올린을 연주한 장영주, 6세와 9세에 태양력을 완벽하게 계산한 조지-찰스 형제를 신동으로 본다. 모차르트처럼 신동이던 어린이가 성인이 되어서도 창조적 업적을 남김으로써 천재로 불리는 사람도 있지만, 성인이 되면서 특별한 업적이 없어 신동으로만 남은 사람도 있다.

‘영재’(Gifted & Talented)는 타고난 ‘잠재력’이 뛰어나면서 ‘창의성’과 ‘과제집착력’이 남다른 사람을 말한다. 학문적 정의에 의한 영재의 개념에는 천재나 신동처럼 위의 세 요소를 지녔지만 아직 성취하지 못한 ‘미성취 영재’(Underachieving Gifted)가 포함된다. 영재가 이미 업적을 낸 사람일 수도 있지만 아직 그렇다 할 업적이 없는 사람일 수도 있다는 뜻이다. 그리고 영재와 보통 사람을 구분 짓는 절대 기준으로 ‘탁월한 잠재력의 소유 여부’를 꼽는다. 탁월한 잠재력은 ‘영재성’(Giftedness)이라는 용어로 표현된다.

1.2 영재의 정의

영재교육과 관련해서 가장 자주 제기되는 질문은 ‘누가 영재인가’이다. 이 개념이 정리되어야 영재 교육대상자가 나오고 그에 따른 프로그램과 교재 등이 나올 수 있기 때문이다. 그러면서 전체 학생의 얼마가 영재냐 또는 IQ가 얼마 이상이 영재냐 하는 등의 질문이 뒤를 잇게 된다. 이와 관련해서는 영재의 정의는 바로 영재 교육 대상자가 되기 때문에 어느 수준의 학생들이 영재이다.라고 일률적으로 정의할 수 없다고 몇몇 학자들은 주장하면서 다면적인 접근을 하고 있다.(Wallace & Pierce, 1992) 즉, 영재의 정의는 영재 교육 분야, 수용규모, 교육정책 목적 등에 따라 정해진다는 것이다.

영재의 정의를 일률적으로 규정할 수 없는 또 다른 이유는 각 영재 교육기관에서 대상으로 하고 있는 영재의 수준이 다를 수밖에 없기 때문이다. 예를 들어 극소수 영재를 전문적으로 가르치는 학교에 다니는 영재는 전체 학생의 0.01%(1만 명당 1명) 이하일 수도 있을 것이며, 반면에 각 학교에 개설되어 있는 영재학급에 다니는 학생의 경우에는 상대적으로 낮은 수준의 영재를 대상으로 하며 반면에 그 수는 훨씬 많아질 수 있기 때문이다.

영재의 범위와 관련해서 유념해야 할 기준은 ‘포함의 원칙’과 ‘제한의 원칙’이다. (이희권, 2009) 포함의 원칙을 유지하는 경우에는 영재의 범위를 폭넓게 보고 잠재력이 있다고 판단되는 학생들을 영재교육 대상자로 선발해 기회를 제공하는데 주안을 두게 된다. 따라서 포함의 원칙에는 선발보다는 교육내용에 더 관심을 갖게 된다. 제한의 원칙을 유지하는 경우에는 영재의 정의를 아주 엄격하게 정의해 영재라고 여겨지는 학생들만 선발하는데 주안을 두게 된다.

위 두 가지 원칙은 결국 그 나라의 여건 등에 따라 정해지는 것으로, 따라서 어느 것이 더 나은 방안이라 하기에는 어렵다고 본다. 참고로 우리의 경우에는 영재교육 시행 초기에는 사회적 과열에 따른 부작용을 예방하기 위하여 엄격한 선발을 강조하고 했다. 그렇지만 앞서 언급했듯이 극소수 영재를 대상으로 하는 영재학교는 ‘제한의 원칙’에 가깝고 보다 많은 학생을 대상으로 하는 프로그램식 영재교육

들은 ‘포함의 원칙’에 가깝게 운영하는 형태를 취하고 있다.

영재교육을 실시하고 있는 많은 나라들이 포함의 원칙에 따라 영재교육대상자를 선발하고 있다. 이는 가능성이 있는 학생, 즉 잠재적인 영재까지 영재교육대상자로 포함해 그들이 지닌 잠재력을 계발할 수 있는 기회를 최대한 갖도록 하기 위한 것이다. 그래서 우리의 경우에도 정책 기조는 포함의 원칙에 따라 영재교육대상자를 선발하는 것으로 정했다(2007).

1.3 과학영재

1)정의

과학 영재성에 대한 학자들의 다양한 정의를 살펴보면 다음과 같다.

Roy(1953)는 과학 영재성에 대해 세 가지의 특성을 제시하였다. 과학 영재는 자신이 경험한 상황과 설명에 대해 의문을 가지며, 이와 관련하여 개인적인 관심사를 집중적으로 탐구한다. 또한 장애나 실패가 유발됨에도 불구하고 탐구를 수행하는 성격을 가지고 있다. 이와 같이 과학 영재들은 현상에 대한 의문을 가지고, 의문에 대한 해결을 위해 집중적으로 탐구하는 특성을 가지고 있다고 정의하였다.

Brandwein(1981)은 과학 영재성에 대해 유전, 성격, 환경이라는 세 가지 측면에서 특성을 제시하고자 하였다. 유전적 측면에서 과학 영재는 일반 지능이 뛰어나며, 수리적 능력과 추리 능력이 우수하다. 성격적 측면에서 과학 영재는 과제 집착력을 가지고 있으며, 문제를 해결하는 과정에 장시간의 노력을 투입하며 탐구한다. 환경적 측면에서 과학 영재는 성장 과정에서 감명을 받고, 영향을 주게 되는 요소를 가지고 있다고 설명하고 있다.

Walberg(1981)의 연구에 의하면, 과학 영재의 특성으로 과제에 대한 지구력과 추진력을 언급하였다. 과학 영재는 과학, 기계 등의 분야에 흥미를 가지고 있으며, 주어진 일을 끝까지 추진하고자 하는 의지가 있으며, 휴식 시간을 적게 가지는 경향이 있다고 하였다. 자연에 대하여 끊임없이 질문하고 과학적 유용성을 발견하고자 노력한다고 설명하였다.

Renzulli & Rei(1991)는 과거에 우수한 성취를 보인 과학자를 중심으로 그들의 특징을 연구하였다. 그들의 연구에 의하면, 과학 영재성은 평균 이상의 지적인 능력, 창의성, 과제집착력으로 개념화될 수 있다.

이군현(1991)의 연구에서는 과학 영재의 특성으로 세 가지 측면을 제시하였다. 과학 영재는 동일한 연령에 있는 사람에 비해 학업적 성취도가 매우 뛰어나며, 우수한 창의력과 지적인 능력을 가지고 있다고 하였다. 또한 과학 분야에 있어서 탐구

에 대한 집착력과 강한 흥미를 가지고 있는 것으로 설명하고 있다.

조석희 외 (1997)의 연구에 의하면, 과학 영재는 전문가가 과학 분야에서 우수한 성취를 이루었거나, 이를 것으로 그 잠재적 가능성을 판정한 사람이라고 정의하고 있다. 이 연구에서는 과학적 잠재력을 계발하기 위해 정규학교 프로그램 이상의 특별한 교육과 서비스를 필요로 하는 사람을 과학 영재라고 개념화하였다.

정문호(2008)의 연구에서는 과학 영재의 특성으로 뛰어난 지적 능력과 창의적 문제 해결력, 창의적 사고력을 언급하고 있다. 그는 과학 영재에 대해 과학 분야에 있어서 자신감, 흥미, 집착력 등 비지적인 요인에서 매우 우수함을 보인다고 설명하고 있다.

여러 학자들이 연구한 과학 영재의 정의를 종합해보면, 우리나라 과학 영재의 정의는 대체적으로 과학적 잠재력에 있어서의 성취와 창의성, 과제 집착력을 기준으로 하여 정의되고 있다. 과학 영재의 정의는 인지적, 정의적 측면에서 모두 고려되고 있으므로 이를 판별 및 선발과 교육 및 운영 과정에 반영하여야 할 것으로 분석된다.

2)과학영재 교육의 필요성 및 목적

과학 영재교육의 필요성 및 목적에 대한 학자들의 의견을 살펴보면 다음과 같다.

Amabile(1983)은 과학 영재의 특성에 대하여 과학 분야에서의 자신감, 동기, 집착력 등 비지적인 요인에서 매우 우수한 특성을 보인다고 하였다. 그렇기에 영재는 학습 자체에 만족하고 흥미를 가지고 있을 때 창의적일 수 있기에 학습에 있어서의 내적 동기가 중요하다고 하였다.

Brandwein(1981)은 과학 영재성의 발현을 위해서는 의도된 교육과 훈련 과정이 필수적으로 요구된다고 하였다. 그는 과학 영재는 자신의 잠재적 가능성을 확인하고 잠재력을 개발하기 위해 특별한 과학 프로그램이 필요하다고 제안하였다.

Han & Mavin(2002)은 과학 영재교육의 필요성으로 과학 영재교육의 제반 측면

에 대한 논의가 필요하다고 하였다. 과학 영재는 기존의 지식의 활용과 소비가 아닌 과학적 측면에서의 문제 발견자, 창조적 측면의 문제 해결에 초점을 두어야 한다고 하였다.

Freeman & Josepsson(2002)의 연구에서는 영재교육의 필요성에 대해 영재교육 프로그램의 효과성을 언급하였다. 영재의 기억 및 학급 능력 신장에 있어 영재교육의 수혜를 받은 영재들이 자신의 삶에 있어 긍정적 태도와 열망을 지니며, 타인 뿐 아니라 자신의 정서적 성장에 대해 적응적인 태도를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같이 영재의 영재교육 수혜 여부가 인지적 및 정의적 측면에 있어 성장하는데 도움이 되는 것으로 밝혀졌다고 하였다.

신지은(2008)의 연구에서는 과학 영재교육의 필요성으로 과학 영재의 특성을 기반으로 하고 잠재적 가능성을 계발하기 위한 의도된 교육과정이 필요하다고 제안하였다.

김경대 외(2008)의 연구에서는 과학 영재교육의 필요성으로 고등학교 시기에 영재 교육 수혜 경험이 있는 과학 영재 대학생들의 인지능력 및 과학에 대한 인식을 언급하였다. 이들은 사사 교육 프로그램을 통해 교육을 받았으며, 자신의 창의적 문제 해결 능력과 과학에 대한 동기와 흥미가 예전에 비해 향상되었다고 느꼈으며, 사사 교육 프로그램이 긍정적인 영향을 주었다고 인식하는 것으로 나타났다고 설명하고 있다.

여러 학자들이 연구한 과학 영재교육의 필요성 및 목적을 종합해보면, 과학 영재들을 판별하고 선발하는 과정에서 과학 영재의 특성을 모두 고려하여야 하며, 결국 과학 영재성에 대한 정의가 판별과 선발도구, 운영에 연계되어야 함을 시사점으로 도출할 수 가 있다. 또한 과학 영재의 특성에 대한 인지적, 정의적 측면에 대한 전반적인 평가가 이루어져야 함을 시사하고 있다고 보인다.

3)과학영재 판별 및 선발

과학 영재의 판별 및 선발에 대한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

이종승 외(1985)의 연구에서는 과학 영재의 특성으로 연령을 기준으로 할 때 비슷한 수준에 있는 다른 사람들에 비해 우수한 학업 성취도를 보이고 지적 능력과 창의력이 뛰어나며, 과학 분야의 탐구에 대한 흥미와 과학에 대한 긍정적인 태도를 가지고 있다고 규정하였다. 이 연구에서는 이러한 과학 영재의 특성을 반영한 3단계의 판별 및 선발 과정을 제안하였다.

한종하 외(1985)의 연구에서는 과학 영재를 판별할 수 있는 도구를 제시하였다. 이 도구는 과학 영재를 판별 및 선발하기 위한 적성 검사 도구로서, 중학교 2학년 및 3학년 학생을 대상으로 하고 있다. 주된 내용은 과학 및 수학적 사고 능력을 측정하며, 추론 능력을 강조하고 있다.

박성익 외(2003)의 연구에서는 기존의 여러 영재교육기관에서 실시하고 있는 영재 선발 방법이 지적 능력을 강조한 측면이 있음을 지적하였다. 그러나 학생의 학업 계획을 서술한 자기소개서, 창의성, 과제집착력, 리더십 등에 대한 평가가 이루어지는 추천서 및 면접의 방법에 있어서는 이미 이루어진 성취 뿐 아니라 영재의 잠재력 및 가능성을 고려한 선발이 이루어지고 있다고 하였다.

최선영 외(2006)의 연구에서는 과학 영재의 선발은 다단계의 과정을 통해 이루어지고 있다고 하였다. 대체로 많은 영재교육기관에서 3단계로 이루어지는 데 교사의 추천, 표준화된 검사(사고력 및 창의력), 심층 면접(구술 고사)을 통한 다단계 선발이 이루어지고 있다고 볼 수 있다.

이정철(2010)은 현재 과학 영재의 선발 방법이 지적 능력 뿐 아니라 정의적인 특성까지 고려하는 경향이 있다고 설명하고 있다. 다단계 판별 및 선발의 경향이 진행되면서 인지적인 능력 뿐 아니라 비인지적인 특성을 포함하고, 여러 단계의 절차를 걸쳐서 복합적인 관점으로 영재성을 판단하고 있다고 하였다.

이경학(2011)은 과학 영재의 판별 및 선발에 있어서 관찰·추천과 관련된 평가 도구 중 과학적 창의성에 대한 도구가 부족하다고 판단하였다. 그는 과학 관련 지식을 기반으로 하여 학습자의 창의적 사고와 탐구력을 측정할 수 있는 평가 도구가

필요하다고 강조하였다. 그의 연구에서는 과제 수행형 창의성 평가도구(TATSC)를 개발하여, 비 구조화된 문제를 해결하는 과제를 이용해 과학 영재의 과학적 창의성을 평가하고자 하였다.

4)과학영재 교육과정

과학 영재 교육과정에 대한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

Brandwein(1988)은 과학 영재를 위한 교육과정의 설계는 학문적 특성과 학습자의 특성을 동시에 접목시킬 때 가능하다고 하였다. 과학재능아를 위한 교육은 과학이라는 학문적인 특성을 인정하면서도 영재라는 특수한 학습자의 상황을 고려하여야 한다고 하였다. 그는 과학 영재를 위한 프로그램은 그들의 지적 및 비인지적인 특성에 부합되도록 교육과정이 구안되어야 한다고 제안하였다.

장병기 외(1999)의 연구에서는 과학 영재를 위한 교육과정이 추구해야 할 목표를 7가지로 나누어 제시하였다. 첫째, 과학의 핵심적인 원리를 통해 자연 세계의 다양성을 이해하게 해야 하며, 둘째, 과학적으로 사고하는 방법과 창의적 태도 능력을 함양하여야 한다. 셋째, 과학과 수학, 기술이 서로 연계되어 있는 방식임을 이해하여야 한다. 넷째, 과학과 수학, 기술의 한계와 장점을 통해 시사점을 인식할 수 있도록 하여야 한다. 다섯째, 과학적인 지식과 사고하는 방법은 사회적인 목적을 위해 활용 할 수 있도록 하며 여섯째, 과학자적인 품성을 함양하여 과학자로서의 사회적 책임감을 기를 수 있어야 한다. 일곱째, 지식의 공유를 통해 다른 사람들과 협력하고 소통하는 방식을 기를 수 있어야 한다고 하였다. 이와 같이 과학 영재를 위한 교육 과정은 7가지의 목표를 달성할 수 있도록 구성되어야 한다고 제안하였다.

권치순(2005)은 과학 영재를 위한 교육과정의 운영 지침을 제시하였다. 영재교육 과정의 운영 지침 중 과학 영재를 대상으로 하고, 내용 영역을 과학으로 한정하되 과학 영재를 위한 내용, 교수방법, 산출물, 평가방법 등 차별화된 방향을 제시하여

야 한다고 하였다.

김득호 외(2009)의 연구에서는 과학 영재를 위한 프로그램은 주제 중심의 학습, 탐구 중심의 학습, 창의적 사고력 학습 등의 수업 방법을 사용하며, 이에 적절한 교수학습 방법을 개발하는 것이 중요하다고 하였다. 이 연구에서는 과학 영재를 위한 프로그램은 과학 영재의 과학적 탐구 능력과 과학적 창의력을 높이는 방향으로 지속적으로 구성되고 개선되어야 한다고 주장하였다.

전영석 외(2010)의 연구에서는 과학 영재를 위한 교육과정에 대한 지침을 제시하였다. 과학 영역에서 뛰어난 잠재력을 지닌 과학 영재의 잠재적 가능성을 개발하는 것이 과학영재교육과정의 성격이며, 학교별로 목표, 방법, 모형, 산출물, 평가 방법 등을 구체적으로 제시하고 운영을 위한 방법을 포함하고 있어야 한다고 제시하였다.

서혜애(2009)는 과학 영재를 위한 프로그램에 있어서 중요한 점은 과학 영재의 독특한 인지적, 정의적 특성에 부합하면서도 개별화된 학습양식에 따른 교육을 제공하는 일이라고 설명하고 있다. 과학 영재를 위한 교육에 있어서 먼저 영재의 다양한 측면에 대한 심도 있는 이해가 선행되어야 한다고 주장하고 있다.

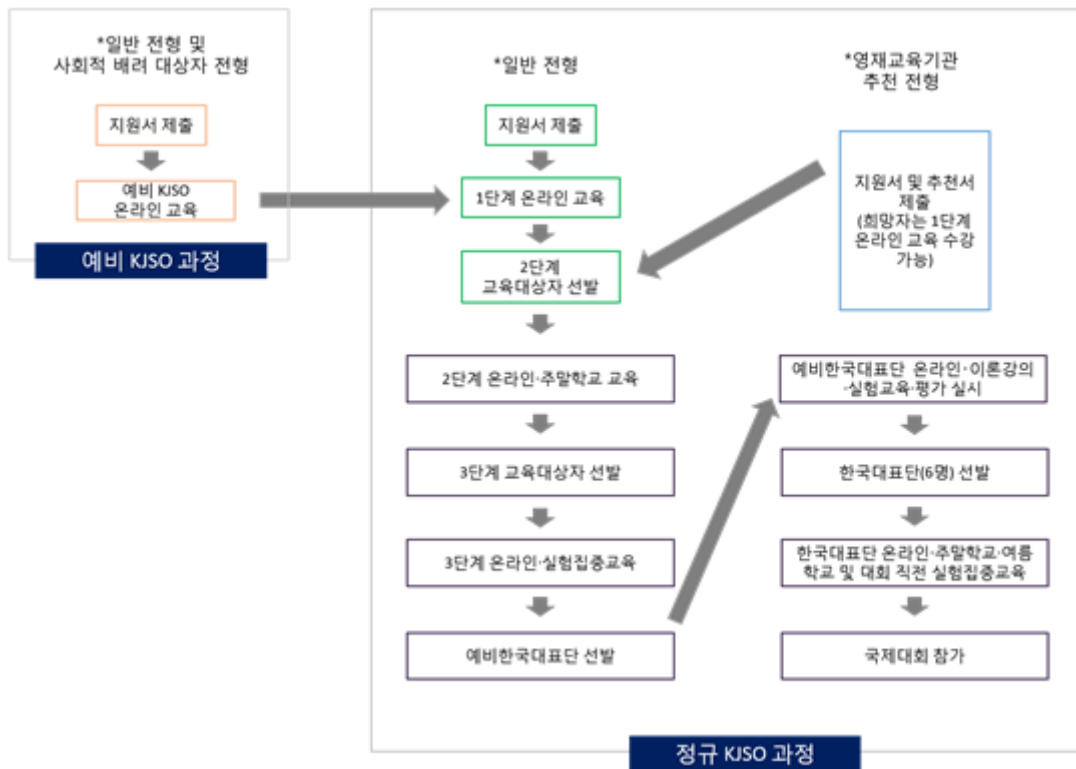
여러 학자들이 연구한 과학 영재 교육과정에 대한 의견을 종합해보면, 과학 영재를 위한 교육 방향은 결국 과학 영재의 특성을 기반으로 구성되어야 함을 시사하고 있다. 또한 과학 영재의 과학적 잠재력을 탁월하게 개발시킬 수 있는 영재교육 체제가 구성되어야 하며, 프로그램 기반의 과학 영재교육과정의 중요성을 함께 제안하고 있는 것으로 나타났다. 또한 기관별 과학 영재교육과정 사례에서 살펴본 바와 같이 지속적으로 과학 영재교육을 위한 프로그램이 개발되고 있으며, 프로그램 및 수업 활동이 구체화된 과학 영재교육과정이 기관별로 다양한 형태로 운영되고 있음을 알 수 있다.

2. 국제중등과학영재교육 프로그램

2.1 국제중등과학올림피아드

국제중등과학올림피아드(International Junior Science Olympiad)는 세계 과학 영재의 조기 발굴과 과학자, 과학영재교육자 및 과학영재들의 국제적 친선을 목적으로 국가별 만 15세 이하, 6명 이하의 학생들이 출전하여 과학 전문 분야(물리, 화학, 생물 중심)에 걸친 3차례 시험(이론 객관식 - 주관식 - 실험)으로 평가하는 개인 및 국가대항 자연과학 분야 경시대회로서, 현재 세계 유일의 중등부 과학 올림피아드일 뿐만 아니라 과학적 분야를 아우르는 과학올림피아로서도 유일한 대회이다.

우리나라의 경우에는 미래 과학 창조과학부와 한국 과학 창의재단에서 지원하는 국제과학올림피아드 사업의 일환으로 수행되는 한국중학생과학올림피아드(Korea Junior Science Olympiad)는 우리나라 중학생들의 흥미를 과학 분야로 유도하고 우수 중학생 과학도 발굴 및 육성 환경을 조성하여, 최종 국제대회에 출전시키는 목적으로 [그림II-2-1]와 [그림II-2-2]의 과정으로 창의적 사고력과 탐구정신이 뛰어나며 과학·수학 분야에 흥미와 재능이 있는 일반 전형의 만 15세 미만의 학생과, 창의적 사고력과 탐구정신이 뛰어나며 과학·수학 분야에 흥미와 재능이 인정되어 소속 영재교육기관의 추천을 받은 학생 전형으로 학생들을 선발하여 매년 예비 KJSO과정과 정규 KJSO과정을 운영하고 있다.



[그림II-2-1] 예비 KJSO과정과 정규 KJSO과정

구분		일정	내용	비 고
접수		3/1(수) ~ 5/31(수)	지원 전형 절차에 따라 접수	
1단계 교육	온라인·주말학교 및 평가	6월 ~ 9월	IJSO 실라버스 내 1단계교육 및 교육내용 평가	주말학교 장소 : 가천대
	합격자발표	9월말 ~10월 초	KJSO 홈페이지 www.kjsso.or.kr	70명 내외
2단계 교육	온라인·주말학교 및 평가	10월 ~ 1월	IJSO 실라버스 내 2단계교육 및 교육내용 평가	주말학교 장소 : 가천대
	합격자발표	1월 초	KJSO 홈페이지 www.kjsso.or.kr	30명 내외
3단계 교육	온라인·실험교육 및 평가	1월 ~ 4월 초	IJSO 실라버스 내 전체교육 내용 평가	실험교육 장소 : 가천대/td>
	합격자발표	4월 초	한국중등과학올림피아드 홈페이지 www.kjsso.or.kr	10명 내외
예비 한국 대표단	온라인·주말학교 및 평가	4월 ~ 5월	IJSO 실라버스 내 전체교육 내용 평가	주말학교 장소 : 가천대등
	최종 합격자발표	2018년 6월 중	KJSO 홈페이지 www.kjsso.or.kr	6명
한국 대표단	온라인·주말학교·여름학교 합숙교육	6월 ~ 12월	이론 및 실험 집중교육 ※ 12월 중 국제대회(IJSO) 참가	

[그림II-2-2] 2018년 KJSO, IJSO 선발일정표

2.2 설립목적

국제중등과학올림피아드의 Aims는,

- To promote and reward the pursuit of excellence in scientific endeavor.
- To challenge, stimulate and encourage gifted students to further develop their talent in Natural Sciences.
- To create friendship and relationships among students around the world from an early age이다.

국제중등과학올림피아드의 Objectives는,

- To stimulate the active interest of students in the Natural Sciences.
- To promote their careers as scientists.
- To enhance and develop international contacts in the Natural Sciences.
- To promote future scientific collaboration.
- To encourage the formation of friendships within the scientific community.
- To offer the opportunity to compare the syllabi and educational trends in science education within the participating countries이다.

2.3 개최현황

국제중등과학올림피아드의 행정은 11월 하순 또는 12월 초순에 개최되며, 각 대륙별로 경시대회에 참여했던 참가국 중 한 정부기관 혹은 연구소를 대신하여 국제중등과학올림피아드 사무국에 의해 주최된다. 올림피아드의 개최기간은 최소 9일로 한다. 공식 언어는 영어이며, 모든 규정집과 문제, 해답들을 영어로 준비하여야 하며, 이전에 본 대회에 참여했던 대표단이라 해도 대회 개최를 거부하는 국가는 참가 자격을 박탈당할 수 있다.

국제중등과학올림피아드의 집행 위원회(Executive Committee)는 의장, 부의장, 사무관으로 구성되며, 조직 위원회(Organizing Committee)는 대회 프로그램, 스케줄, 견학 프로그램 등의 상세 내용을 제공하며 대회 이전에 대표단들에게 전달하는 역할을 한다. 국제중등과학올림피아드의 과학 위원회(Science Committee)는 IJSO의 모든 과학 활동을 운영하기 위해 과학 위원회를 구성하는데, 참가자들이 제출한 3가지 과제, 문제해결, 등급 심사를 한다. 1번 과제는 물리 10문제, 생물 10문제, 화학 10문제로 구성된다. 2번 과제는 물리, 화학, 생물의 혼합형 문제를 포함하여 좀 더 복잡한 문제로 구성하며, 3번 과제는 물리, 화학, 생물의 혼합형 문제를 출제한다.

국제중등과학올림피아드의 참가 국가대표는 6명의 학생과 3명의 대표로 구성된다. 국가대표가 될 수 있는 학생의 조건은 대회연도 기준으로 하여 만 15세 혹은 그 이하의 학생이라야 참가 가능하며, 대표자는 공식적인 발표가 있기 전까지 과제나 결과에 관해 절대 비밀을 보장해야 한다.

국제중등과학올림피아드의 시험은 3가지로 나누어지며 SC에 의해 준비되고 각 시험 사이에 최소 1일의 간격을 두어 3일 이상 행해진다. 각 시험에 할당된 시간은 보통 3시간에서 4시간으로 하며, OC가 각 시험의 순서를 결정한다. 시험을 치를 때, 참가자는 수학 공식, 물리 상수표, 원소주기표, 비 프로그램형 소형 계산기 및 그림 도구를 사용할 수 있으며, 학생들이 가져와야 한다. 수학, 화학, 물리학 등에서의 공식들은 허용되지 않는다. 문제에 할당되는 점수는 시험1 (객관식)이 30점, 시험2 (주관식)이 30점, 시험3 (실험)이 40점으로 시험1의 경우 정답인 경우에는 1점, 오답인 경우에는 0.5점 감점, 응답이 없는 경우 0점을 받는다. 시험2는 물리, 화학, 생물의 혼합형 문제를 포함하여 좀 더 고난도의 문제를 포함한다. 시험3은 물리, 화학, 생물의 혼합형 문제로 구성되며, 시험1과 2는 개인 경쟁 부분이다. 시험3을 위한 각 팀 구성원은 그 팀이 얻은 점수와 동일한 점수를 얻게 된다.

2.4 대한민국 참가 결과

다음 [표II-2-4] 는 우리나라 국제중등과학올림피아드의 참가 결과이다.
2004년부터 매회 국제중등과학올림피아드에 참가한 우리나라의 성적은 종합 1위부터 종합 10위를 차지하는 등 주목할 만한 결과를 보여주고 있다.

참가년도	대회 참가 결과	
2005	금메달 4개, 은메달 2개	종합 4위
2006	금메달 6개	종합 1위
2007	금메달 2개, 은메달 4개	종합 4위
2008	금메달 6개	종합 1위
2009	금메달 2개, 은메달 3개, 동메달 1개	종합 6위
2010	금메달 3개, 은메달 3개	종합 2위
2011	금메달 3개, 은메달 3개	종합 2위
2013	금메달 1개, 은메달 5개	종합 6위
2014	은메달 4개, 동메달 2개	종합 10위
2015	금메달 4개, 은메달 2개	종합 3위
2016	금메달 1개, 은메달 5개	종합 7위
2017	금메달 1개, 은메달 4개, 동메달 1개	종합 10위

[표II-2-4] 2005년부터 2017년까지 우리나라 대회 참가 결과

2.5 국제중등과학올림피아드 주요 규정

시험규칙

1. 개인용 의약품이나 허가된 개인의료기구 외에는 어떤 도구도 반입이 금지된다.
2. 자신에게 배정된 좌석에 착석하십시오.
3. 시험 시작 전 주최 측에서 제공한 필기류와 도구(펜, 계산기, 연습장)를 확인하십시오.
4. “시작” 호각 전에 답안 작성을 시작하지 마시오.
5. 시험도중 비상상황을 제외하고는 시험장을 떠날 수 없으며 비상시에는 시험 감독관이 동반해야 한다.
6. 다른 참가자들을 방해하면 안 된다. 만약 도움이 필요하다면 손을 들어 표시하고, 시험 감독관의 도움을 받을 때까지 기다리시오.
7. 시험 문제에 대해서는 질문이나 토론을 할 수 없다. 시험을 일찍 끝냈더라도 시험 시간이 끝날 때까지 자기 책상에 머물러야 한다.
8. 시험시간이 끝날 때 “종료”호각이 울린다. 종료호각 후에 어떠한 것도 더 기입하면 안 된다. 문제지와 답안지는 책상 위에 정돈하여 놓고, 답안지가 모두 회수될 때까지 자리를 떠날 수 없다.

시험 지시사항

1. “시작” 호각이 들린 뒤 시험시간은 3 시간이다.
2. 주최 측이 제공한 펜만을 사용하십시오(연필은 금지).
3. 답안지에 자신의 이름, 번호, 국가, 서명을 쓰시오. 만약 답안지가 없으면 손을 들어 표시하십시오.
4. 각 문제를 주의 깊게 읽고 옳은 답을 골라 답안지의 문자 중 하나에 X 로 표시하십시오. 각 문제 당 정답은 하나이다.

예 : (A)가 답일 경우.

1	A	B	C	D
---	--------------	---	---	---

5. 만약 답을 바꾸고 싶다면, 첫 번째 표시했던 답에 동그라미로 표시하고 고친 정답에 X 로 표시하시오. 답안지의 정답은 문제 당 한번만 고칠 수 있다.

예 : (A)가 처음 답이고 (D)가 최종 답일 경우.

1	⊗ A	B	C	D
---	----------------	---	---	--------------

6. 답안지만 채점한다. 답안지에 답을 쓰기 전에 연습장을 사용하시오.

채점규칙

정답: + 1 point,

오답: - 0.25 point,

무응답: no point

Ⅲ. 연구방법

1. 연구 내용 및 과정

본 연구에서는 국제중등과학올림피아드에 출제된 문항을 화학영역 중심으로 세 부분으로 나누어 문항 분석 연구를 실시하였고 국제 영재 선발 도구로 사용된 1차 지필 검사 문항을 질적으로 분석하기 위해 3개의 문항 분석틀을 구안하였다. 2008년부터 2017년까지 출제된 최근 10년의 1차 지필 검사는 물리, 화학, 생물의 과학 분야가 대략 10문항씩 구성이 되며 특히 화학 영역의 출제 범위는 중학교 수준부터 교육과정 외의 문항까지 분포하고 있다. 또한 중·고등학교 화학 단원의 기본 개념을 묻는 기본 이론의 문항 유형부터 기본 개념을 응용한 문항, 개념 심화와 다른 단원의 통합을 이끌어 내야 해결 할 수 있는 문항, 최고 난이도 심화 문항과 수학적 배경지식의 접근과 화학적 이론을 융합하여야 해결이 가능한 문항까지 출제 나라별로 다양한 문제 구성을 볼 수 있다. 이러한 일관되지 않은 난이도와 다양한 출제 스타일을 감안하여 학술적으로 의미 있는 문항 분석 연구를 위해 임인성, 최승연(국제천문올림피아드 문제에 나타난 인지적 측면의 과학 탐구 요소 분석, 2004), 이기영, 동효관, 홍준의, 김현경, 조봉제(과학 영재 선발 도구로서 지필 검사의 적합성 탐색을 위한 질적 및 양적 문항 분석, 2008)의 연구에서 사용된 여러 문항 분석틀을 바탕으로 본 연구의 목적에 맞게 선택 및 수정하여 문항 분석틀을 제작하였다.

이렇게 고안된 3개의 문항 분석틀을 적용하여 국제중등과학올림피아드 실러버스(Syllabus) 기준으로 단원별 1차 분석, 과학탐구방법 지식 평가 기준으로 2차 분석, 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력을 3차 분석으로 적용하여 3단계의 분석 과정을 진행하였다.

2. 연구자료

다음의 표III-1는 2008년부터 2017년까지 국제 중등 과학 올림피아드의 개최국 (문항 출제국)과 화학영역의 출제된 문항수이다.

[표III-1]

시험 년도	시험 날짜	출제국	객관식문항수(화학)
2017	2017.12.05	Netherlands	10
2016	2016.12.02	Indonesia	10
2015	2015.12.04	S. Korea	10
2014	2014.12.04	Argentina	10
2013	2013.12.03	India	10
2012	-	Iran	-
2011	2011.12.07	S. Africa	10
2010	2010.12.02	Nigeria	10
2009	2009.12.04	Azerbaijan	10
2008	2008.12.09	S. Korea	10

*2012년에는 이란에서 개최되었으나, 국제정세로 인한 (개최국의 정세 불안) 정부 차원의 불참을 권유받아 참여하지 않았음.

3. 분석도구

3.1 문항 분석 분석틀

본 연구에 사용된 분석 도구는 임승언과 최승언(2004)의 과학교육과 영재 교육의 이론들(Bloom, 1956, Guilford, 1967, Gardner, 1983, Torrance 1966, Sternberg, 1994)을 고려하여 제작한 분석틀을 기본으로 하여 국제중등과학올림피아드의 문항이 교과 전문지식의 속성에 따라 우리나라 중학교, 고등학교 화학 교육 과정에 따라 분리하여, 적절한 수정과 검토를 거쳐 분석 적용한 것이며 또, 국제중등과학올림피아드의 실러버스(Syllabus)의 표준안을 자체적으로 변환과정을 거쳐 5개의 대영역과 각각의 세부항목(소영역)으로 설정하여 연도별, 나라별 문항 분석틀을 구성하였다. 세부항목은 [표III-2] 와 같다.

[표III-2] 국제중등과학올림피아드 화학영역 분석틀I

해당 년도	대영역	소영역	출제 여부
개최국	1.Particles and matter	가. What things are made of	
		나. Periodic table	
		다. States of matter its properties	
	2.Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	
		나. Chemical Reactions	
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	
	3.Structure, properties and functions	가.Homogeneous and heterogeneous catalysts	
		나. Acids and bases	
	4.System	가. Equilibriums	
		나. Thermodynamical systems	
	5.Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	
		나. Identify error sources and estimate their effects	

* ●:포함되어 있는 경우, -:포함되어 있지 않은 경우

3.2 문항 분석 분석틀II

분석 도구II는 이기영, 동효관, 홍준의, 김형경, 조봉제(2008)가 실시한 질적 및 양적인 문항 분석을 위해 내적 문항 분석틀과 외적 문항 분석틀을 나누어 적용한 것을 기본으로 본 연구에서는 중학교, 고등학교 그리고 교육과정 외의 화학교육과정으로 세분화하여 각 문항이 2015년 교육과정에 부합, 심화, 속진 중 어느 단계에 속하는지를 분석하였고, 이에 따른 기준안을 마련하여 총점으로 부여함으로써 과학탐구방법 지식 평가 기준틀을 적용하여 분석하였다. 세부항목은 [표III-3] 과 [표III-4] 와 같다.

[표III-3] 과학탐구방법 지식 평가 기준 분석틀 II

문항	중학교			고등학교			교육과정 외	*총점
	부합	심화	속진	부합	심화	속진		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

* ●:포함되어 있는 경우, -:포함되어 있지 않은 경우

- 부합(General):Correspond to appropriate curriculum, not require higher order thinking skills
- 심화(Enrichment):Correspond to appropriate curriculum, require higher order thinking skills
- 속진(Acceleration):Including contents of upper curriculum

[표III-4] 과학탐구방법 지식 평가 기준 분석틀Ⅱ의 총점기준 항목

*총점	기준	
과학지식 이해 및 적용	1점	문제 해결에 필요한 화학적 기본개념만을 적용하면 문제해결이 가능한 경우
	2점	문제 해결에 필요한 화학적 기본개념을 응용하여야 문제해결이 가능한 경우
	3점	문제 해결에 필요한 화학적 개념 심화, 다른 단원과 통합하여 문제해결이 가능한 경우
	4점	문제 해결에 필요한 화학적 개념 심화, 다른 단원의 통합, 발전된 응용이 적용 되어야 문제해결이 가능한 경우

3.3 문항 분석 분석틀III

영재교육의 세계적인 권위자인 Renzulli(1986)은 영재를 평균 이상의 능력, 높은 과제집착력, 그리고 높은 수준의 창의성을 세 가지 독립적 기준을 통해 정의하고 있다. 특히 창의성과 영재성을 거의 동일한 것으로 보는데, 이는 유창성, 융통성, 독창성, 정교성을 갖춘 아이디어를 산출해 내거나 문제를 해결해 내는 능력을 말한다. 또한 최취임(2008)은 영재에 대한 창의성은 단일개념이 아니라 여러 요소로 이루어진 복합체로 다면적 개념이고 정의적 특성, 인지적 특성, 상황적인 특성의 복합적으로 고려되어야 한다고 보며 과학적 창의성도 같은 맥락으로 여긴다. 이러한 기준으로 본 연구에서는 과학 창의적 문제 해결력 분석 항목으로 적용하여 사고의 종류와 사고의 경향으로 세분화하여 각각 5가지의 세분화 시킨 항목과 국제중등 과학올림피아드의 지필고사의 성격에 맞추어 3가지로 세분화 시킨 사고의 경향으로 수정과 창안의 과정을 거쳐 분석틀III을 고안하였다. 상세한 세부사항은 [표III-5]와 같다.

[표III-5] 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 통합적 사고력 분석틀III

항목	사고종류					사고경향		
	지식	이해	적용	분석	종합	논리성	독창성	융통성
1								
2								
3								
4								

5								
6								
7								
8								
9								
10								

* ●:포함되어 있는 경우

3.4 국제중등과학 올림피아드 문항 분석 준거

3.4.1 문항 분석 분석틀I 준거

2009년 Azerbaijan에서 개최된 국제중등과학올림피아드의 Syllabus의 내용을 보면 ‘The International Junior Science Olympiad is general science competition. The IJSO syllabus is therefore not strictly divided into the disciplines biology, chemistry, and physics but rather intends to highlight basic general concepts in science. This conceptual approach is also meant to encourage the development of problems of interdisciplinary

content and relevance.’ 라고 되어 있다. 실제로 문항을 심도 있게 분석하다 보면 우리나라의 고등학교 1학년 융합과학의 유사성을 느낄 수 있는데, 이러한 경향성은 국제중등과학올림피아드는 과학 분야의 경계성에 의미를 두지 않음을 알 수 있다.

그러므로 화학영역의 유의미한 문항 분석의 결과를 산출하기 위해서 대영역의 5개의 항목과 소영역의 각 항목은 국제중등과학올림피아드의 실러버스(Syllabus) 기준을 적용하여 분석틀을 고안하였고, 이에 추가적으로 OXTOBY의 일반화학 7th의 목차를 참고하여 지난 10년간의 화학영역의 문항 출제 경향성을 분석하였다.

1. Particles and matter

Matter is structured from the smallest particle to the size of the universe. The microscopic structure of matter is responsible for features we observe macroscopically. The students should be aware of this structure and be familiar with the following concepts:

·What things are made of

- Structure of particles and atoms
- Elements, isotopes and compounds
- Composition of molecules, chemical substances
- Mixtures, colloids and suspensions

·Periodic table - concept, organization and structure

·States of matter its properties

- Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences
- Lattices as a special form of solid matter
- Properties of matter
- Phase transitions and their influence on the properties of matter
- Water and its different phases

2. Interactions

Conversion of energy and our perception of the world around us are only possible due to interactions. The students should know about and be able to work with the following concepts:

·Type of chemical bonding - nature, structure and strength

·Chemical Reactions

- Chemical equations - balancing and stoichiometry
- Types of chemical reactions
- Basic and most common reactions for determination of unknown substances
- Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration
- Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle
- Common ion effect

·Diffusion, osmosis and surface tension

·Principle of thin layer and paper chromatography

3. Structure, properties and functions

The different constituents of a system usually have specific properties which allow them to fulfil their function in the intended way. The students should know the structure of the following components and understand in which way they fulfil their functions:

·Homogeneous and heterogeneous catalysts

·Acids and bases

- Properties of acids and bases
- pH values and neutralisation
- Indicators
- Formation and effect of acidic rain
- Electrolysis

4.System

Things in life are organized in open or closed systems. It is therefore important to not only look at the components of a system and its interdependencies but also at the system as a whole. The students should be able to employ the concepts of:

·Equilibriums

·Thermodynamical systems

5.Mathematics Skills and Laboratory Skills

Mathematics is an indispensable tool to the natural sciences. The students should therefore know about and be able to make use of:

·Plots of functions

·simple statistics

The content knowledge and general science skills part of the Syllabus provide the basis for all the experimental problems. In addition the students should be familiar with laboratory work. They should in particular be able to:

Identify error sources and estimate their effects

3.4.2 문항 분석 분석틀II 준거

이기영, 동효관, 홍준의, 김현경, 조봉제(2008)의 문항 분석의 기준은 내적 문항 분석과 외적 문항 분석으로 구분하여 기존의 문항 분석틀과 다름을 추구하여 과학 영재 선발 문항에 적합성의 여부를 확인하였다. 또 내적인 요소들을 분석하기 위한 것으로 지식 및 탐구과정을 시도하였으나, 본 연구에서는 국제중등과학올림피아드의 문제를 해결하는 데 적용한 탐구 방법에 관한 지식을 평가하는 것으로 지식의 내용이 중학교, 고등학교 교육과정에 속하면 부합으로, 중학교, 고등학교 기본 교육과정과 심화이론을 요구하는 문항은 심화로, 상위의 교육과정을 포함하여 문항을 해결하는 경우에는 속진으로 표기하여 분석하였다.

또한 조석희(1997)는 문제를 해결하기 위해서 과학적 개념, 원리, 방법 등을 얼마나 적용했는가에 따라서 점수를 부여하였는데, 본 연구에서도 문항별 부합, 심화, 속진과 더불어 총점을 매기는 분석 방법을 취하였다. 부여되는 점수의 기준은 문제 해결에 필요한 화학적 기본 개념만을 적용하면 문제 해결이 가능한 경우를 1점을 부여하였는데, 중학교 과학지식과 고등학교 과학지식을 동시에 필요로 하여도 1점을 부여하였다.

예를 들어 2016년 2번 문항의 경우 ‘Zeolite as a porous material is often used as catalyst. Which of the following statement are correct concerning catalyst.’ 이 문항을 해결하기 위해서는 촉매에 대한 기본 이론은 중

학교 수준이다. 그러나 주어진 보기를 보면

- (1)Catalyst increases the equilibrium constant of the reaction.
- (2)Catalyst decreases the activation energy of the reaction.
- (3)Catalyst is not involved in the reaction.
- (4)Catalyst increases the rate of reaction.

즉, 촉매에 대한 간단한 정의와 반응의 평형상수, 활성화 에너지, 반응속도 등에 관한 고등학교 화학 이론을 알고 있어야 문제 해결이 가능하기에 이 경우에 해당한다고 보았다. 위의 기준은 과학지식의 적용에 초점을 두고 있으며 이해 측면은 해당하지 않는다. 또한 화학적 기본 개념을 응용하여야 문제해결이 가능한 경우는 2점을, 화학적 개념 심화와 다른 단원과의 통합하여만 문제해결이 가능한 경우는 3점을, 화학적 개념 심화와 다른 단원의 통합과 발전된 응용이 적용 되어야 문제 해결이 가능한 경우는 4점을 적용하였다.

3.4.3 문항 분석 분석틀III 준거

이기영, 동효관, 홍준의, 김현경, 조봉제(2008)는 창의성 검사에서 문항의 특성상 지식 및 탐구 과정 차원 대신 창의적 사고 차원을 추가하여 문항의 유형에 따라 발산적, 수렴적, 연관적 사고 영역으로 구분하였다. 그러나 과학 영재의 시험이 대부분 객관식 지필고사 형태인 점을 볼 때 학생들이 문항을 해결하기 위해서 적용한 각각의 사고의 영역을 분석하기는 어려울 것으로 판단하였고, 실제로 그들의 연구 결과도 발산적이거나 연관적 사고보다 정합성에 해당되는 수렴적 사고를 측정하는 문항이 대부분을 차지함을 알 수 있었다. 그러므로 본 연구에서는 Haensly와 Reynolds(1989)의 창의성과 지능은 본질적으로 동일한 개념이라는 이론과 Brophy(1998), Cropley(2000), Rickards(1994)의 창의성에는 문제 해결이라는 통합적인 역할이 강조되어 수렴적 사고의 필요성이 제기된 것을 근거로 분석틀 III을 창안하였다. 또 분석틀의 각 항목은 임인성, 최승연(2004)의 분석틀을 국제중등과

학올림피아드의 문항 성격에 맞게 수정하여 적용하였다. 지식, 이해, 적용, 분석, 종합은 어느 단계까지의 사고력이 사용되는 가 와 앞의 나열된 순서대로, 뒤의 사고력은 앞의 사고력을 포함한다는 원칙으로 분석하였다.

지식의 항목은 문항을 해결하기 위해 알아야 하는 화학적 이론을 의미하며, 이해의 항목은 문제풀이에 사용되는 원리가 주어진 경우를 의미하며, 주어지지 않은 경우에는 본인이 알고 있는 개념을 적용해야 문항 해결이 가능함을 의미하며, 분석은 앞의 항목들을 과학적 분석 사고력을 요구하는 문항의 경우이며, 종합은 지식, 이해, 적용, 분석의 모든 사고가 적용되어 융합·과학적 사고력을 요구하는 문항의 의미를 지닌다.

사고경향에는 논리성, 정합성, 통합성, 정교성, 독창성, 유창성, 융통성이 있으나 본 연구의 목적에 맞게 논리성, 정합성, 통합성만을 선택하여 분석틀에 적용하였다. 또한 각 순서는 뒤의 성향이 앞의 성향을 포함하는 것을 의미하며, 논리성은 단순 이론, 개념 적용에 의한 문항 해결의 논리 과정만을 요구되는 경우에 표시되었으며, 정합성은 문항을 해결을 위해서 하나의 대단원 내 2가지 이상의 원리를 사용해야 하는 경우를 의미하며, 통합성은 해당 학년의 대단원 중 2개 이상의 개념들이 통합되어 문제 해결을 요구하는 경우를 의미한다.

IV. 연구 결과

1. 국제중등과학올림피아드의 출제 경향성 분석

1.1 14회 국제중등과학올림피아드(2017, 네덜란드)

네덜란드에서 개최된 14회 국제중등과학올림피아드는 이전의 출제 스타일과는 다르게 환경화학을 기반으로 10문항이 출제되었다. 조류에 의한 광합성(Photosynthesis by algae), 녹색화학(Green chemistry), 소변에서 만들어 진 비료(Fertilizer from urine), 수소 연료 전지(Hydrogen fuel cell), CO₂제거(Elimination of CO₂)등의 문항별 소주제로 분류하여 한 개의 제시문에 2문항씩 구성되었다. 자세한 분석결과는 표IV-1-1-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-1-1]

			문항 수
1. Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	
		Elements, isotopes and compounds	
		Composition of molecules, chemical substances	2
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
Properties of matter			

		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Composition of molecules의 소영역에 해당하는 문항번호는 1번과 6번으로, 주어진 제시 문으로부터 분자의 구성을 이해하고, 화학 반응식을 완성하여야 문항해결의 접근이 가능하며 균형 화학 반응식의 계수를 묻는 2번 문항을 해결 할 수 있다.

[표IV-1-1-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	3
		Types of chemical reactions	
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	1
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	1
	Common ion effect		
	Diffusion, osmosis and surface tension		
Principle of thin layer and paper chromatography			

Chemical equations - balancing and stoichiometry의 해당 소영역의 문항은 1번 문항, 2번 문항 그리고 10번에 해당한다. 특히 20번 문항의 경우 3가지의 비료를 제시하고 비료의 성분 중 질소의 질량 백분율이 3가지 비료 중 가장 높은 비

료가 어느 것인지를 묻는 기본 유형의 화학 양론 문제라 할 수 있다.

Basic and most common reactions for determination of unknown substances의 해당 문항은 4번으로 산소 정량 실험을 통하여 실험결과 오차의 이유를 묻는 문항의 형식을 취하고 있다.

[표IV-1-1-3]

		문항수	
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	1
		Indicators	
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	1

pH values and neutralisation의 소영역은 6번 문항으로 pH의 직접적인 값을 구하는 문항이라기보다는 주어진 제시문을 읽고, 주어진 그래프를 해석하여 pH가 8일 때의 스트루바이트(struvite)의 생성 반응식을 찾는 것이다.

Electrolysis의 영역은 7번 문항으로 수소 연료 전지의 전기분해식을 통하여 양극과 음극의 전극에서 어떤 반응이 일어나는지를 묻고 있는 형식이다. 즉 전기화학 과정에 대한 분자 수준의 이해를 요구하는 문항이라 할 수 있다.

[표IV-1-1-4]

		문항수
4. System	Equilibriums	1
	Thermodynamical systems	1

Equilibriums의 소영역과 Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle

해당하는 문항은 9번 문항이다. 이 문항은 Thermodynamical systems의 영역으로 분류된 8번 문항과 연관된 문제인데, CO₂, CO, H₂O의 생성 엔탈피로부터 CO₂의 제거 반응식을 완성 한 후, 정반응의 반응 엔탈피($\Delta_r H$)의 값과 주어진 반응이 흡열반응인지 발열반응인지를 묻고 있다. 9번 문항에서는 에탄올의 생성 평형 반응을 주고 정반응이 발열반응 일 때, 이 평형 반응에서 메탄올 생성에 유리한 조건을 선택하는 문항이다. 즉 열역학 과정과 화학 평형에 대한 기본 지식을 묻는 유형이라 할 수 있다.

1.2 13회 국제중등과학올림피아드(2016, 인도네시아)

인도네시아 발리에서 개최된 13회 국제중등과학올림피아드는 비교적 평이한 수준의 10문항의 화학문제가 출제 되었다. 자세한 분석결과는 표IV-1-2-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-2-1]

			문항 수
1. Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	1
		Elements, isotopes and compounds	
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	1
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
Properties of matter			

		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Structure of particles and atoms의 소영역에 해당하는 3번 문항은 단순한 원자에서의 에너지 흡수, 방출에 의한 전자 전이의 정의를 묻는 문제 유형이다.

Periodic table - concept, organization and structure의 소영역은 6번 문항이 해당 되고, ${}_{19}\text{K}^+$, ${}_{18}\text{Ar}$, ${}_{17}\text{Cl}^-$ 의 이온화 에너지가 증가하는 순서로 옳은 것이 무엇인지 묻는 형식의 문제인데, '이온화 에너지'라는 용어를 사용하지 않고 'in order of increasing energy for removing an electron from' 의 서술적 표현을 사용한 것을 볼 수 있다.

[표IV-1-2-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	1
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	4
		Types of chemical reactions	
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
		Common ion effect	
	Diffusion, osmosis and surface tension		
Principle of thin layer and paper chromatography			

Type of chemical bonding - nature, structure and strength은 6번 문항과 연관되는 것으로 등전자 이온의 정의를 알고 있는지를 묻는 기본 유형의 화학결합 문항이다.

Chemical equations - balancing and stoichiometry의 소영역은 여전히 많은 문항에서 다루고 있는 화학양론 문제이며, 2016년 13회 국제중등과학올림피아드에서는 4문제가 출제되었다. 이에 해당하는 문항은 1번, 4번, 7번, 8번 문항이다. 대표적인 문항으로는 1,4번 문항으로, CaCO_3 와 0.15M Na_2CO_3 50mL를 완전하게 반응시키기 위하여 0.25M CaCO_3 가 몇 mL가 필요한지 주어진 제시문을 읽고 화학식을 완성하여 문항을 해결하는 유형이고, 4번 문항은 주어진 화학식을 통하여 bioethanol 13.8g을 19.2g의 O_2 와의 연소 반응 후, STP조건에서 발생하는 기체의 부피를 묻는 전형적인 양적 문항이다.

[표IV-1-2-3]

			문항수
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	1
		Indicators	1
		Formation and effect of acidic rain	1
		Electrolysis	

pH values and neutralisation의 소영역은 10번 문항으로 5.0×10^{-18} M HCl 수용액의 pH는 얼마인지를 묻는 것으로 강산 수용액의 pH값을 구하는 문항이다.

Indicators의 영역은 5번 문항으로 지시약(HIn)과 이온화 상수(Ka)의 관계를 알고 있으며 이로부터 pH가 3.0일 때의 수용액의 색은 무엇인지를 묻는 심화이론유형의 문항이라 할 수 있다.

Formation and effect of acidic rain의 영역은 산성비의 효과와 형태를 묻는 문항이라기보다는 산성비와 환경의 관련성을 언지해주고, 오염되지 않은 공기 중에서 내리는 빗물의 산-염기 성질로, 공기 중의 CO₂가 빗물에 녹아 약 산성을 띠는 것을 알고 있는지 묻는 개념유형의 문항이다.

[표IV-1-2-4]

		문항수
4.System	Equilibriums	1
	Thermodynamical systems	

Equilibriums의 소영역은 2번 문항으로 ‘Zeolite as a porous material is often used as catalyst.’ 라는 제시 글로 문항이 시작되어 촉매에 관한 옳은 것을 고르는 문항이다.

이 문항은 촉매의 정의와 평형반응에서의 정의를 연관시킨 문항으로 평가된다.

1.3 12회 국제중등과학올림피아드(2015, 대한민국)

대한민국 대구에서 개최된 12회 국제중등과학올림피아드는 전반적으로 고등학교 화학Ⅱ 수준의 문제가 고르게 출제 되었으며, 대영역과 소영역간의 융합·형식 문항이 많았다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-3-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-3-1]

		문항수	
1.Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	2
		Elements, isotopes and compounds	2
		Composition of molecules,	

		chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	1
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Structure of particles and atoms의 소영역은 1번 문항과 2번 문항인데, 원자 기호와 원자 번호만을 준 주기율표를 통하여 기본 현대 화학에서의 원자의 구조를 묻는 문항 형식이다.

Elements, isotopes and compounds은 위의 소영역에 확장된 문항으로 1번 문항에서 원자의 구조와 함께 양성자 수, 중성자 수, 전자 수, 질량수를 통하여 동위 원소의 정의를 알고 있는지를 묻는 문항이다.

[표IV-1-3-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	3
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	1
		Types of chemical reactions	
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	1

	Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
	Common ion effect	
	Diffusion, osmosis and surface tension	1
	Principle of thin layer and paper chromatography	

Type of chemical bonding - nature, structure and strength에 속하는 문항은 2번, 3번, 6번의 문항으로 특히 3번 문항은 'CO₂, CCl₄, C₂H₂, H₂Se의 $\mu \neq 0$ '이 아닌 것을 고르는 일반적인 화학결합 문제이다.

양적문제 국제중등과학올림피아드 출제위원들이 선호하는 파트임에도 12회에서는 한 문항만이 출제되었다. Chemical equations - balancing and stoichiometry 소영역에 해당하는 5번 문항은 0°C, 1 atm에서 기체 상태 탄화수소의 밀도를 주고 탄화수소의 질량 백분율을 구하는 고등학교 화학I 수준의 문항이다.

Diffusion, osmosis and surface tension의 소영역은 최근 3년간 처음으로 출제된 문제로 9번 문항에 해당되며, 고등학교 화학II 교과와 삼투압의 정의를 이해하고 있다면 복잡한 계산 없이도 문항의 해결이 가능하다.

[표IV-1-3-3]

		문항수	
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	1
		Indicators	
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	

pH values and neutralisation 소영역에 해당하는 문항은 8번으로 주어진 화학 종의 산 해리 상수(Ka)가 주어지고 이를 해석하고 ($\text{HCN} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$) pH의 값을 비교, 분석하는 문항으로 보기의 ①,②,③을 각각 해결하여 옳게 짝지어진 것을 고르는 문항으로 난이도가 가장 높았던 문항이다.

[표IV-1-3-4]

		문항수
4.System	Equilibriums	2
	Thermodynamical systems	2

Equilibriums의 소영역에 해당되는 문항은 4번과 10번으로 반응속도 문제인데 주어진 그래프를 보고 0차, 1차, 2차 반응 중 어느 것에 해당하는지와 이에 따른 k값의 단위를 묻는 것으로 고등학교 화학 II에 속하는 문항이다.

Thermodynamical systems의 문항은 7번과 10번 문항으로 물질의 표준 생성 엔탈피(ΔH_f^0)의 과정을 주어지고 25°C에서의 $\text{NO}_2(\text{g})$ 의 ΔH_f^0 는 얼마인지를 구하는 문제이다. 최고난이도 중 한 문제였던 10번 문항은 이상기체 상태방정식에 의한 양적문제가 아닌 Graham's law과 equilibrium의 정의를 알고, 제시 글을 읽고 해석하여 주어진 보기들을 해결하는 수능화학II 형태의 문항이다.

1.4 11회 국제중등과학올림피아드(2014, 아르헨티나)

아르헨티나 멘도사에서 개최된 11회 국제중등과학올림피아드의 출제 형식은 물리, 화학, 생물의 경계가 분명하지 않고 제시된 글을 중심으로 학문 간 공통 영역으로 묶여져 출제된 것이 많았다. 예를 들면 세포간의 체액과 세포내 체액의 화학적 조성 차이에 의한 혈장 내의 이온의 농도를 묻는 생물 문제와, $\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Y}(\text{g})$

여기서 $Y_2(g)$ 는 $O_2(g)$ 임을 알려 주지 않고 평형 상태를 개략적으로 나타내어 상태 변화의 보기로 알맞은 것을 찾는 것 등의 문제 유형이 많았다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-4-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-4-1]

			문항 수
1.Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	
		Elements, isotopes and compounds	2
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	1
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Elements, isotopes and compounds의 소영역에 해당되는 문항은 17번 문항과 23번 문항으로, 17번은 헤모글로빈에 결합하는 Fe^{2+} 의 양성자 수, 전자 수, 중성자 수의 개수를 묻는 원소의 기본 특성에 관한 기본 이론 형식의 문제이다. 또한 23번은 원소 A와 B의 원자번호를 주고 안정한 바닥상태의 전자배치를 옳게 표현한 것을 고르는 문항이다. 그러므로 17번은 중학교 교육과정 안에서 해결가능하며, 23번은 고등학교 화학 I의 교육과정에 속한다.

Properties of matter의 소영역은 29번 문항으로 성층권에서의 오존과 산소 분자의 특성에 관한 것을 묻는 기본 개념의 문제라 할 수 있다.

[표IV-1-4-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	1
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	
		Types of chemical reactions	2
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	1
	Common ion effect		
	Diffusion, osmosis and surface tension		
Principle of thin layer and paper chromatography			

Type of chemical bonding - nature, structure and strength의 영역에 해당되는 18번 문항과 27번 문항이며, 27번 문항은 물에 관한 hydrogen bonds, ionic bonds, London forces의 기본 개념을 묻는 문항이다. 18번 문항은 Electrolysis의 이론과의 융합 문제이다.

Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle은 25번 문항으로 25°C에서의 밀폐된 용기 내의 1.0mol의 CO₂와 1.0mol의 H₂O가 들어있을 때 온도를 유지시키면서 용기 내의 물을 절반을 제거하여, 용기 안에 남아 있는 물에 녹아 있는 CO₂기체의 농도 변화를 설명한 것으로 옳은 것을 찾는 문항이다. 고등학교 화학 II의 화학평형 개념유형의 문제이다.

[표IV-1-4-3]

		문항수	
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	
		Indicators	
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	1

Electrolysis의 소영역에 해당되는 18번 문항은 산화 - 환원의 기본 개념과 문항에서 제시되는 4종류의 표준 환원 전위를 이용하여 표준상태에서의 각 쌍에 있는 화학종으로 전지화학 전지를 구성할 때 옳은 설명을 찾는 문항이다. 또 이 문항에서는 고등학교 화학I의 산화제와 환원제의 개념을 알고 있는지 역시 묻고 있다.

[표IV-1-4-4]

		문항수
4. System	Equilibriums	1
	Thermodynamical systems	2

Equilibriums의 소영역은 9번 문항으로 이원자 분자의 해리상태를 제시하고 반응의 해리 평형의 변화 요인으로 옳은 것을 선택하는 문항이다. 이 문제는 흡열 반응의 조건이 핵심이며 이원자 분자의 증가, 온도의 감소, 부피의 감소, 온도의 증가 등을 보기로 제시하여 흡열반응의 열역학적 개념과 평상 상태를 변화시키는 요소를 알고 있는지를 묻는 과학 지식형 문제이다.

Thermodynamical systems은 9번, 24번 문항으로 'If the pressure of an ideal gas halved and the absolute temperature of the gas is doubled, the volume of the gas.' 중학교 교육과정의 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 아보가드로의 법칙을 이용하여, 즉 심화된 이론의 적용 방법으로 문항을 풀 수 있으며, 고등학교 화학 I의 이상기체상태 방정식을 알고 있다면 좀 더 수월하게 문항의 해결이 가능한 문제이다.

1.5 10회 국제중등과학올림피아드(2013, 인도)

인도 푸네에서 개최된 10회 국제중등과학올림피아드의 화학영역 문항 수는 12문항으로 최대 출제되었으며, 난이도 면에서도 최근 10년간 가장 높은 수준을 보였다. 단원의 기본 개념을 알고 공식을 이용하여 풀 수 있는 비교적 단순한 문항부터, 개념 심화 문항과 다른 단원의 통합으로만 문항을 해결 할 수 있는 문제, 화학적 배경과 수학적 배경을 합하여 문제 해결이 가능한 문항, 또 실험적으로 결과를 미리 알고 있어야 접근이 가능한 문항까지 다양한 출제 영역과 더불어서 다양한 난이도를 보여주는 시험이었다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-5-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-5-1]

			문항 수
1.Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	
		Elements, isotopes and compounds	1
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	1
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	1
		Water and its different phases	

Elements, isotopes and compounds의 소영역에 해당되는 문항은 1번 문항으로, 원자번호 7번(N) 질소의 바닥상태 전자배치를 나타낸 것으로 2p 오비탈에 전자를 배치할 때 훈트규칙에 대하여 알고 있는지 묻는 기본 지식 확인 문항이다.

Properties of matter의 해당 문항은 4번 문항으로 전기전도도 측정 실험이다. 0.1M Ba(OH)₂ 용액을 0.1M MgSO₄용액으로 적정하는 과정에서 혼합물의 전도도 (conductance)를 측정할 때 반응이 진행됨에 따라서 옳은 전기전도도의 그래프를 선택하는 문항으로 BaSO₄가 양금이 되는 것을 알고 있고, 전기전도도의 추론이 가능한지를 묻는 중학교 교육과정의 심화 문항이라 할 수 있다.

Phase transitions and their influence on the properties of matter의 해당 문항은 5번으로 물질의 상평형 그래프를 제시하고, 주어진 자료를 해석하고 추론, 적용이 가능한지를 묻는 난이도가 높은 문항이다. 주어진 자료를 보면 그래프의 y축은 압력의 항을 제시하였으나, atm의 단위가 아닌 torr의 단위로 제시되었으며, 물질의 상평형에 대한 정확한 이해와 적용이 가능한 지를 판단하는 문항이다.

[표IV-1-5-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	1
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	
		Types of chemical reactions	2
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	2
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
	Common ion effect		
	Diffusion, osmosis and surface tension		1
Principle of thin layer and paper chromatography			

Type of chemical bonding - nature, structure and strength의 소영역에 해당하는 문항은 10번으로, 주어진 3가지 화합물(NH_3 , PH_3 , AsH_3)에 대한 주어진 보기의 옳지 않은 것을 선택하는 문항이다. 이 문항은 고등학교 화학 I의 원자가 껍질전자쌍 반발이론에 해당되는 것으로 분자구조의 예측이 가능하며 제시된 화합물의 적용이 가능한지 묻는 문제이다.

Types of chemical reactions의 해당문항은 7번과 8번으로, 7번은 철의 산화·환원에 대한 개념을 알고 있으며, 화학I의 부식 방지 반응과 관련하여 electrochemical cells의 개념을 통합적으로 묻는 종합적인 문항이다. 8번은 산·염기의 반응을 제시하고 이에 관련된 NH_4Cl 과 KNH_2 의 반응을 진행시켰을 때 추론할 수 있는 것을 고르는 문제인데, Brønsted-Lowry acid-base theory를 알고 있으며 양성자주개를 산으로, 양성자받개를 염기로 적용하여 문항을 풀어낼 수 있는지를 확인하는 문항이다.

Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts,

temperature and concentration에 해당하는 문항은 3번과 6번이다. 3번 문항은 교육과정 외의 문제로 활성탄 흡착제에 네온(Ne) 기체의 물리적 흡착을 옮겨 나타낸 것을 고르는 문항이다. 이것은 촉매 활성 반응으로 온도가 낮을 때 흡착도가 높음을 나타내는 실험적으로 알 수 있는 문제이다. 6번 문항은 고등학교 화학II의 반응속도식의 적용이라기보다는, 주어진 자료를 화학 논리적으로 접근하여 해결할 수 있는지를 확인하는 심화 추론 형식의 문항이다. $5\text{Br}^-(\text{aq}) + \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3\text{Br}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 에서 Br_2 의 형성 속도를 0.25mol s^{-1} 로 주어졌고 이때 $\text{Br}^-(\text{mol s}^{-1})$ 의 소멸 속도를 묻는 것인데, Br_2 의 형성 속도 0.25mol s^{-1} 와 반응식의 mol수의 관계를 통하여 $0.25\text{mol s}^{-1} \times 5/3 = 0.4166.. = 0.42$ 를 얻을 수 있다.

Diffusion, osmosis and surface tension의 해당 문항은 2번으로 그레이엄의 법칙을 알고 적용시켜 해결할 수 있는 문항으로 일정한 온도와 압력 상태에서 기체의 분출, 확산 속도는 그 기체 분자량의 제곱 근에 반비례한다는 것을 알고 있는지를 묻는 문항이다.

[표IV-1-5-3]

			문항수
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	1
		pH values and neutralisation	
		Indicators	
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	

Properties of acids and bases의 소영역에 해당되는 문항은 8번으로 Types of chemical reactions과의 통합적인 문항이다.

[표IV-1-5-4]

		문항수
4.System	Equilibriums	1
	Thermodynamical systems	

Equilibriums의 해당문항은 9번으로 용해도 곱상수를 이용한 침전 평형의 문항으로 화학 II에 해당되는 문제이다. $Pb(NO_3)_2$ 용액과 $CaBr_2$ 의 용액을 섞었을 때 반응을 예측하는 것으로 주어진 용해도 곱상수를 활용하여, (mol/l의 단위환산 후 적용) 계산하면, $[Pb^{2+}] = 1 \times 10^{-3}$, $[Br^-] = 5 \times 10^{-4}$ 의 값을 얻고 $[Pb^{2+}] \times [2Br^-]^2$ 즉, $[1 \times 10^{-3}] \times [2 \times 5 \times 10^{-4}]^2$ 의 값으로 침전이 형성되지 않음을 알 수 있다.

1.6 8회 국제중등과학올림피아드(2011, 남아프리카공화국)

남아프리카공화국 더반에서 개최된 8회 국제중등과학올림피아드는 전반적으로 원소의 특징과 원소 화합물, 주기율표 특성, 화학결합의 종류, 화학양론, 화학반응 그리고 산과 염기의 pH구하기 등 화학적 개념과 이론을 알고 있는 학생의 경우에 문항의 접근이 용이했을 것으로 판단된다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-6-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-6-1]

			문항 수
1. Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	2
		Elements, isotopes and compounds	2
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	1
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Structure of particles and atoms의 소영역에 해당되는 문항은 12번과 15번 문항으로 12번은 가상 원소 X의 원자 질량을 주고, 27.22g의 X와 84.10g의 다른 가상 원소 Y와 결합하여 화합물 XY를 만들어 Y의 원자 질량을 물어보는 유형이다. 고등학교 화학 I의 기본이론으로 쉽게 풀 수 있는 문항이다. 15번의 문항은 원자의 이온 상태를 주어지고 각 보기의 총 전자수가 같은 것을 고르는 문항으로 역시 기본 개념을 묻는 유형이라 할 수 있다.

[표IV-1-6-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	1
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	2
		Types of chemical reactions	1
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
		Common ion effect	
	Diffusion, osmosis and surface tension		
	Principle of thin layer and paper chromatography		

Type of chemical bonding - nature, structure and strength의 소영역에 해당하는 문항은 20번 문항으로 Intermolecular forces, ion-dipole forces, Van der waals forces등을 묻는 고등학교 화학 II의 물질의 상태 단원의 기본 문항이다.

Chemical equations - balancing and stoichiometry은 13번 문항과 17번 문항으로 gasoline 47g의 완전 연소 시 필요한 산소의 질량을 묻는 문항이고, 17번은 15g의 Zn(s)이 CuCl₂(aq)와 완전히 반응하여 최종 부피가 175mL가 되었을 시 ZnCl₂(aq)의 몰농도를 묻는 문항으로 고등학교 화학I 과정에 해당하는 기본적인 양적 문제라 할 수 있다.

Types of chemical reactions의 문항은 11번으로 산화 - 환원의 반응식으로부터 산화수 변화를 나타낸 것으로 이온 결합 물질에서의 산화수 값을 구하는 개념 문항에 속한다.

[표IV-1-6-3]

		문항수	
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	1
		Indicators	
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	

pH values and neutralisation의 해당 문항은 19번으로 0.01M HCl 용액 50mL에 0.05M NaOH 용액 25mL를 첨가한 혼합 용액의 pH를 구하는 문항이다. 고등학교 화학 II의 중화 반응의 양적 관계의 이론을 알고 있는지를 묻는 기본 개념 문항이라 할 수 있다.

[표IV-1-6-4]

		문항수
4. System	Equilibriums	
	Thermodynamical systems	

8회 국제중등과학올림피아드에서는 Equilibriums, Thermodynamical systems의 소영역에 해당하는 문항은 출제되지 않았다.

1.7 7회 국제중등과학올림피아드(2010, 나이지리아)

나이지리아 아부자에서 개최된 7회 국제중등과학올림피아드는 생화학을 기본으로 하여 출제된 문항들이 많았다. 예를 들면 ‘What is the molar mass of haemoglobin variety?’, ‘calculate the number of oxygen molecular in one of the alveoli’ 등 생물의 이론과 화학적 양론의 합쳐진 문항들이 많았다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-7-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-7-1]

			문항 수
1.Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	
		Elements, isotopes and compounds	
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	1
	Periodic table	concept, organization and structure	
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Mixtures, colloids and suspensions의 소영역에 해당되는 11번 문항은 콜로이드의 다양한 형태와 주어진 보기들을 바르게 연결하는 문항으로 Liquid - gas, Liquid - liquid, Liquid - solid, Solid - liquid등 콜로이드의 정의를 정확히 알고 있다면 문항을 쉽게 해결할 수 있다. 고등학교 화학II의 용해와 용액의 단원에 정의되어 있다.

[표IV-1-7-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	3
		Types of chemical reactions	3
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
	Common ion effect		
	Diffusion, osmosis and surface tension		1
Principle of thin layer and paper chromatography			

Chemical equations - balancing and stoichiometry의 해당 문항은 12번, 13번, 19번 문항으로 19번의 문항은 허파파리의 평균 반지름과 기체 압력 값, 온도 (사람의 체온)값을 제시한 후에 이상기체 상태방정식을 이용하여 허파파리 하나에 들어있는 산소 분자의 개수를 물어보는 화학양론 문제이나, 생물학적 제시 글과 화학적 양론의 문항이 융합된 형태로 국제중등과학올림피아드의 과학 영역간의 경계 점을 두지 않는 출제 방식을 알 수 있다.

Types of chemical reactions의 해당 문항은 15번, 17번, 18번 문항이다. 특히 산화 - 환원 반응 문항이 15, 18번으로 2문항이 출제되었다. 특히 18번 문항은 $Z > Y > X$ 의 환원의 순서를 제시하고 산화제와 환원제의 역할을 보기를 통하여 맞는 것을 고르는 고등학교 화학 I의 산화 - 환원의 기본이론을 묻는 문항이다.

Diffusion, osmosis and surface tension의 16번 문항은 헤모글로빈 단백질의 몰 질량을 묻는 문항으로 $\Pi = MRT$ 를 이용하여 문항 해결이 가능한 것으로 단원의 기본 개념과 공식을 이용해 적용이 가능한 지를 확인하는 문항이다.

[표IV-1-7-3]

		문항수	
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	
		Indicators	1
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	

Indicators의 문항은 17번 문항으로 지시약의 변색범위를 제시해 주고, H_3BO_3 의 K_a 값의 의미를 알며, 0.10M KH_2BO_3 를 0.10M HCl로 적정할 때 사용할 지시약을 묻는 산, 염기 적정계산 문항이다.

[표IV-1-7-4]

		문항수
4. System	Equilibriums	
	Thermodynamical systems	

Thermodynamical systems의 해당 문항은 19번과 20번으로, 20번 문항은 몸 안에서 포도당의 연소과정을 통하여 물질대사의 표준 엔탈피를 계산하는 식을 고르는 문항으로 직접적인 표준 엔탈피 값을 구하는 문제가 아닌, 주어진 제시문을 통하여 화학식을 완성하고 표준 엔탈피를 구하는 식을 적용하는 기본 이론을 묻는 문항이다.

1.8 6회 국제중등과학올림피아드(2009, 아제르바이잔)

아제르바이잔은 카스피 해의 서쪽 연안과 아프셰론 반도의 남쪽 면으로 바우만이 넓게 휘어진 만곡부에 자리 잡고 있는 나라로 석유, 화학 산업만을 전문으로 가르치는 학교가 있고, 아제르바이잔 과학 아카데미는 수많은 과학 연구 기관들로 구성되어 있다. 아제르바이잔 바쿠에서 개최된 6회 국제중등과학올림피아드는 화학양론 문항들과 산과 염기를 중심으로 출제된 문항들이 7문항으로 구성되었다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-8-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-8-1]

			문항 수
1.Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	
		Elements, isotopes and compounds	
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	1
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	2
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	
		Water and its different phases	

Periodic table - concept, organization and structure의 해당 문항은 7번으로 Li, Sr, Ca, Na를 원자들을 크기 순서로 나열한 것을 고르는 문제로 원자를 구성하는 양성자의 수를 알고 있는지를 묻는 기본 개념의 문항 유형이라 할 수 있다.

Properties of matter의 문항은 5번과 8번으로, 5번 문항은 electrical conductivity에 속하는 개념으로 강전해질과 비전해질의 보기를 제시한 후 전해질의 종류를 맞게 구성하는 것을 고르는 문항이고, 8번은 non - metal을 2가지 관점에서 설명한 것을 고르는 문항으로 ionization energy와 electrical conductivity의 이론과 연관시키는 문항이다.

[표IV-1-8-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	4
		Types of chemical reactions	
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
	Common ion effect		
	Diffusion, osmosis and surface tension		
Principle of thin layer and paper chromatography			

Chemical equations - balancing and stoichiometry는 6회 출제된 문항 중 가장 많은 영역의 비율을 가진 소영역으로 1번, 2번, 6번 그리고 9번에 해당된다. 특히 2번 문항이 난이도 면에서 가장 높았는데, $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ 의 과정을 제시한 후 원기둥 용기에 반응이 완전히 끝나고 전체 용기의 최종 압력을 묻는 양적 문항으로, 특이점은 원기둥의 부피($V = Sh$)와 원의 면적($S = \pi r^2$) 과 높이를 준 후 $PV = nRT$ 의 공식을 이용하여 압력을 구하는 수학적 배경지식과 화학적 계산 능력을 묻는 화학, 수학 복합식의 문항이라 할 수 있다.

[표IV-1-8-3]

		문항수		
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts			
	Acids and bases	Properties of acids and bases	1	
		pH values and neutralisation		
		Indicators	1	
		Formation and effect of acidic rain		
	Electrolysis	1		

Properties of acids and bases의 해당문항은 4번 문항으로 Indicators의 이론을 합하여 출제된 문제이다. 어떤 염으로 농도 0.2M인 수용액을 만들었고, 질산바륨($Ba(NO_2)$) 수용액을 섞어 침전이 생기고, 페놀프탈레인 용액을 분홍색으로 만든 염이 무엇인지를 묻는 문항인데, 보기의 문항으로부터 질산바륨($Ba(NO_2)$) 수용액과 침전을 만드는 물질을 쉽게 알 수 있다.

Electrolysis의 해당문항은 3번 문항으로 심장 박동기에 들어가는 아연 전극과 백금 전극 중 아연 전극 3.5mA의 전류가 발생했을 시 4.5g의 아연 전극 세기를 묻는 문항으로 전기 분해의 양적 관계를 묻는 개념 심화에 속하는 문항이다.

[표IV-1-8-4]

		문항수
4. System	Equilibriums	
	Thermodynamical systems	1

Thermodynamical systems의 해당문항은 10번 문항으로 fructose의 몰당 연소열을 주고 86g의 사과속의 12%의 질량 퍼센트를 제시하여 과당 열량을 구하는 개념 이론의 계산 문항이다.

1.9 5회 국제중등과학올림피아드(2008, 대한민국)

대한민국 경상남도에서 개최된 5회 국제중등과학올림피아드의 화학영역은 분석틀I의 전반적인 소영역에 해당되는 문항들이 고루 출제되었으며, 중학교 과정의 문항(상대습도 구하기)부터 고등학교 교육과정의 화학 I과 화학II 전 영역에 해당하는 문항들이 출제되었다. 화학적 계산을 요하는 문항 스타일보다는, 기본 개념과 심화 이론의 융합 형태의 문제들이 제시되었다. 자세한 분석 결과는 표IV-1-9-1,2,3,4에 정리하여 나타냈다.

[표IV-1-9-1]

			문항 수
1.Particles and matter	What things are made of	Structure of particles and atoms	1
		Elements, isotopes and compounds	1
		Composition of molecules, chemical substances	
		Mixtures, colloids and suspensions	
	Periodic table	concept, organization and structure	2
	States of matter its properties	Solids, liquids, gases and plasmas - characteristics and differences	
		Lattices as a special form of solid matter	
		Properties of matter	
		Phase transitions and their influence on the properties of matter	1
		Water and its different phases	

Structure of particles and atoms의 해당되는 문항은 15번으로 원소의 일차 이온화 에너지의 정의를 주고, 보기의 원소들 붕소(B), 탄소(C), 질소(N), 산소(O)의 원소의 바닥상태의 전자배치를 묻는 원자의 구조를 알고 있는지를 묻는 기본 형식의 문항이다.

Elements, isotopes and compounds의 해당 문항은 12번으로 원소 X에 대한 제시 글을 준 후 원소 식명과 산화물을 이루는 원소 X에 대하여 묻는 문항으로 원소의 개념을 묻는 문항이다.

Periodic table - concept, organization and structure의 해당되는 12번과 20번 문항은 원소의 주기적 성질을 알고, 이온화 에너지의 특성과 이온 반지름의 정의를 알고 있는지를 묻는 지식형 문항이다.

Phase transitions and their influence on the properties of matter의 해당되는 13번 문항은 CO₂의 상평형의 개념을 알고 주어진 그래프를 보고 화학적 해석이 가능하지를 보기를 통해서 확인하는 문항으로 지식 형식 문제와 추론식 문제가 합쳐진 형태라 할 수 있다. 특히 주어진 보기에서 용어의 정의를 정확히 알고 있어야 문항 해결이 가능할 것으로 예측되는데, triple point(삼중점), critical point(임계점)등의 예를 들 수 있다.

[표IV-1-9-2]

			문항 수
2.Interactions	Type of chemical bonding	nature, structure and strength	
	Chemical Reactions	Chemical equations - balancing and stoichiometry	2
		Types of chemical reactions	
		Basic and most common reactions for determination of unknown substances	
		Rate of reactions, factors affecting reaction rate like catalysts, temperature and concentration	
		Dynamic equilibrium and Le Chatelier's principle	
	Common ion effect		
	Diffusion, osmosis and surface tension		
Principle of thin layer and paper chromatography			

Chemical equations - balancing and stoichiometry의 해당 문항은 14번과 16번 문항으로 14번의 문항은 주어진 서술형식의 지문을 읽고 $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ 의 화학식을 완성하여 문항을 접근하여야 해결 가능한 화학양론이며, 화학 반응으로 생긴 기체가 Thermodynamical systems의 이상기체의 형식을 띠는 것을 추론해야 한다. 또한 16번의 문항역시 화학식 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 을 유추한 후 문제에서 물어보는 STP(Standard Temperature and Pressure) 상태에서의 HCl와 반응하여 생성되는 CO_2 기체의 부피를 구할 수 있는 형식의 문항이다.

[표IV-1-9-3]

		문항수	
3. Structure, properties and functions	Homogeneous and heterogeneous catalysts		
	Acids and bases	Properties of acids and bases	
		pH values and neutralisation	1
		Indicators	
		Formation and effect of acidic rain	
		Electrolysis	1

pH values and neutralisation의 소영역에 해당되는 문항은 5회의 출제된 화학 영역의 문항 중 가장 난이도가 높았던 것으로 판단된다. 고등학교 화학 II의 약산과 강염기의 적정 실험의 개념을 알고 있어야 하며 acid dissociation constant, K_a 와 pH의 관계, 주어진 그래프에서 Equivalent point(당량점)의 의미 또한 알고 있어야 문항의 해결이 가능하다.

Electrolysis의 해당 문항은 11번으로 용해된 Fe_2O_3 로부터 하루에 1000Kg의 철을 얻기 위해 필요한 전류의 양을 묻는 문항으로 고등학교 화학 II의 패러데이 법칙에 적용하여 $I = Q/t$ 의 식과 $It/96500\text{Cmol}^{-1} = \text{전자의 몰수의 식을 알고 있다}$

면 해결이 가능한 문항이다.

[표IV-1-9-4]

		문항수
4.System	Equilibriums	1
	Thermodynamical systems	1

Equilibriums의 해당하는 18번의 문항은 전형적인 화학평형의 개념을 알고 있는지를 묻는 과학 지식형 문항에 속한다. 또한 분자의 평균운동에너지, 분자의 평균속도, 증기압의 개념을 주어진 제시 글과 함께 알고 있어야 해결이 가능한 문항이다.

2. 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석

과학탐구능력이란, 자연 현상과 학습자의 인지 구조 사이의 상호 작용으로 문제를 인식하고 그 문제를 해결해 나가는 과정 속에서 나타나는 능력을 말한다. 과학탐구 능력의 종류에는 다음과 같은 항목이 있다.

- ①예상하기: 관찰이나 측정결과를 기초로 하여 관찰되거나 일어날 현상이 구체적으로 어떻게 될 것인가를 미리 판단하는 것을 의미한다.
- ②가설설정: 이미 알고 있는 사실과 개념이나 관찰을 근거로 하여 문제에서 제기된 변인 사이의 관계를 경험적으로 검증할 수 있도록 기술하는 것이다.
- ③탐구설계: 설정된 가설을 검증하기 위한 구체적인 실험들을 고안하는 것이다.
- ④분류하기: 어떤 목적을 가지고 사물을 그 공통적인 속성이나 조건에 따라서 같은 범주로 묶어서 나누어 구분하는 것을 의미한다.
- ⑤추리하기: 관찰한 사실을 해석하고 설명하는 과정으로 사실 자체가 아니라 사실 뒤에 숨은 내용인 직접 지각할 수 없는 현상들을 포착해 내는 과정을 의미한다.
- ⑥관련짓기: 관련성이 없어 보이는 물체 간의 관련성을 찾거나 공통점이나 차이점을 찾는 것을 의미한다. 이러한 관련성 찾거나 유추하기는 쉽게 해결될 것 같지 않은 문제 해결에 큰 도움이 되기도 한다.

본 연구인 국제중등과학올림피아드의 문항 분석에 있어서는 위의 5단계를 기본으로 각 영역을 모두 평가하지 않고 분석틀II에 근거하여 총점수가 가장 높은 문항을 2개씩 선택하여 과학탐구능력과 지식평가 분석을 동시에 진행하였다. 자세한 분석 결과는 표IV-2-1-1,2,3에 정리하여 나타냈다.

2.1 14회 국제중등과학올림피아드

[표IV-2-1-1]

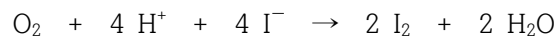
2017년 문항	중학교			고등학교			교육과정 외	총점
	부합	심화	속진	부합	심화	속진		
1				●				1
2				●				1
3							●	-
4				●	●	●		6
5				●	●			3
6				●				1
7				●	●			3
8				●	●			3
9				●				1
10				●				1

*2017년 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석 선택 문항 4번과 7번이다.

2017-4 Determination of oxygen

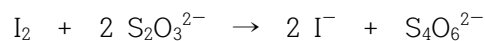
Dissolved oxygen (O_2) is important for underwater life. The concentration of oxygen in polluted surface water can decrease dangerously. Therefore this concentration is determined regularly.

The concentration of dissolved oxygen can be determined with a titration. A sample of 10.00 mL is taken from the surface water. The sample is treated with an acidic solution of potassium iodide after which the following reaction takes place:



An excess of an acidic solution of potassium iodide is added to make sure that all oxygen reacts.

Next the iodine is titrated with a 0.0100 M solution of sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3$). The following reaction takes place:



Starch is used to indicate the endpoint of the titration.

A student performed the determination. At the end of the titration the solution turned colorless when the last drop of the solution of sodium thiosulfate was added, as it should. Nevertheless it turned out that the calculated concentration of dissolved oxygen higher than expected.

Which of the following errors could be responsible for this result?

- I. After rinsing the burette with distilled water the burette was immediately filled with the solution of sodium thiosulfate.
- II. At the start of the titration the nozzle through which the titrant should leave the burette was filled with air, not with the solution of sodium thiosulfate.

- A only I
B only II
C both I and II
D neither I nor II

산소 정량 실험은 용존 산소가 알칼리성 용액 중에서 수산화망간(II)을 산화하여 고위 산화물의 형태로 고체상으로 완전히 고정되고, 이것에 요오드화물을 첨가한 후 산성을 더하면 고정된 산소가 정량적으로 요오드화물을 산화하여, 그것과 당량

의 요오드를 유리하는 것에 의미한다. 유리된 요오드는 티오황산나트륨($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 표준액으로 적정한다. 2017년 4번의 문항은 산소 정량 실험의 오차의 이유를 묻는 문항으로 실험의 전반적인 과정을 알고, 이에 따른 올바른 답을 선택하는 문항으로, 과학탐구능력의 예상하기, 가설설정, 탐구설계, 추리하기에 해당한다.

정답은 C로, 뷰렛을 티오황산나트륨($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 표준액으로 행구지 않으면 용액이 증류수에 의하여 농도가 희석되어 큰 값의 용존 산소의 농도의 값을 얻게 되며, 두 번째 오차 원인은 적정 실험을 할 때 뷰렛의 부피를 맞추면서 실험기구 미스작동으로 인한 오차 생성 원인이다. 이 문제는 실제 교육과정 안에서 학생들이 직접 실험을 하였다면 쉽게 접근 할 수 있지만, 문제로 처음 접하는 학생의 경우는 쉽게 해결하기 어려웠을 것이라 생각된다.

2017-7 Hydrogen fuel cell

Hydrogen is regarded as a fuel of the future, because there is no emission of CO_2 . Hydrogen can be used in fuel cells.

Which reaction takes place at which electrode in a hydrogen powered fuel cell during use?

	positive electrode	negative electrode
A	$\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
B	$\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}^+$	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$
C	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
D	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$	$\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}^+$

수소 연료 전기분해는 고등학교 화학 I의 심화과정에 해당되는 문항으로 물은 전기분해하면 전극에서 수소와 산소가 발생 되는데, 연료전지는 이러한 전기분해의 역반응을 이용한 장치다. 물의 전기 분해 식을 예상하고, 역반응의 과정은 가설하여 추리과정으로 문항을 접근하면 해결 가능한 문항이다.

2.2 13회 국제중등과학올림피아드

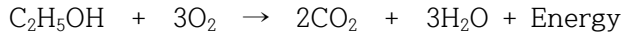
[표IV-2-1-2]

2016년 문항	중학교			고등학교			교육과정 외	총점
	부합	심화	속진	부합	심화	속진		
1				●	●			3
2	●	●	●	●				1
3				●				1
4				●	●			3
5				●	●			3
6				●				1
7				●	●			3
8				●				1
9	●	●						2
10				●	●			3

*2016년 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석 선택 문항 4번과 10번이다.

2016-4

Bioethanol (C₂H₅OH) can be used as alternative fuel in accordance with the following combustion reaction:



If 13.8 g bioethanol is burnt with 19.2 g O₂, the volume of CO₂ gas emitted to the air when it is measured at standard condition (STP) is ... (Ar C=12, O=16, H=1)

- A. 8.96 L
- B. 13.4 L
- C. 17.9 L
- D. 6.72 L

탄화수소의 양적문제는 국제중등과학올림피아드에서 주로 출제되는 형식의 문항 스타일인데, 2016년 4번의 문항의 경우는 주어진 화학식을 이해하여, 문제풀이의 예상하기, 탐구하기, 추리과정을 거쳐서 문항의 해결을 시도할 수 있다.

C₂H₅OH + 3O₂ → 2CO₂ + 3H₂O + Energy의 화학식을 통하여 부피와 몰 수와의 관계를 적용한다. 주어진 Bioethanol (C₂H₅OH)의 질량과 분자량의 통해 0.3mol의 반응물과 같은 방식으로 19.2g O₂로 0.6mol의 산소의 몰수를 구한 후, 화학식에 적용하여 0.2mol의 C₂H₅OH가 사용되고, 0.4mol의 CO₂가 생성됨에 따라서 STP의 부피 22.4 × 0.4 = 8.96L의 값을 얻을 수 있다.

2016-10

The pH of the solution of 5×10⁻⁸ M HCl at 25°C is ...

- A. 6.3
- B. 6.9
- C. 7.3
- D. 7.9

10번의 문항은 HCl이 강산이므로 수용액 상태에서 HCl + H₂O → H₃O⁺ + Cl⁻ 로 해리 될 것을 예상하기와 [H₃O⁺]가 HCl로부터 해리되었음을 추리하여,

$[\text{HCl}] = 5.0 \times 10^{-8} \text{ M}$ 로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 물에 용해됨으로 $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ 을 값을 추론하고, $5.0 \times 10^{-8} \text{ M} + 1.0 \times 10^{-7} \text{ M} = 1.5 \times 10^{-7} \text{ M}$ 의 값을 구하고, $\text{pH} = -\log(1.5 \times 10^{-7})$ 에 적용하여 문항을 해결 할 수 있다.

2.3 12회 국제중등과학올림피아드

[표IV-2-1-3]

2015년 문항	중학교			고등학교			교육과정 외	총점
	부합	심화	속진	부합	심화	속진		
1	●			●				1
2				●				1
3				●				1
4				●	●			3
5	●			●				1
6				●				1
7				●	●			3
8				●	●	●		6
9				●	●	●		6
10				●	●	●		6

*2015년 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가 분석 선택 문항 8번과 9번이다.

2015-8

The table below shows the acid dissociation constant (K_a) of three chemical species at 25°C

Species	HF	CH ₃ COOH	HCN
K_a	6.8×10^{-4}	1.8×10^{-5}	4.9×10^{-10}

Which of the following options from A to D chooses all the correct statement(s) from the box below?

(Assume that the temperatures of the solutions are kept constant at 25 °C)

① 0.1 M HCN(aq) is basic.

② The pH of 0.1 M HF(aq) is lower than the pH of 0.1 M CH₃COOH(aq).

③ The concentration of H⁺ is higher in 1 M HCN(aq) than in 0.1 M CH₃COOH(aq).

(A) ①

(B) ②

(C) ①, ③

(D) ②, ③

8번 문항의 총점은 6점으로 문항 해결을 위한 화학적 이론과 기본 개념을 응용해야 하고 심화의 과정까지 접해야 한다. 특히, 예상하기, 가설설정, 탐구설계, 추리하기의 과정이 적절하고 신속하게 이루어 져야 문항 해결이 시간 안에 가능하다.

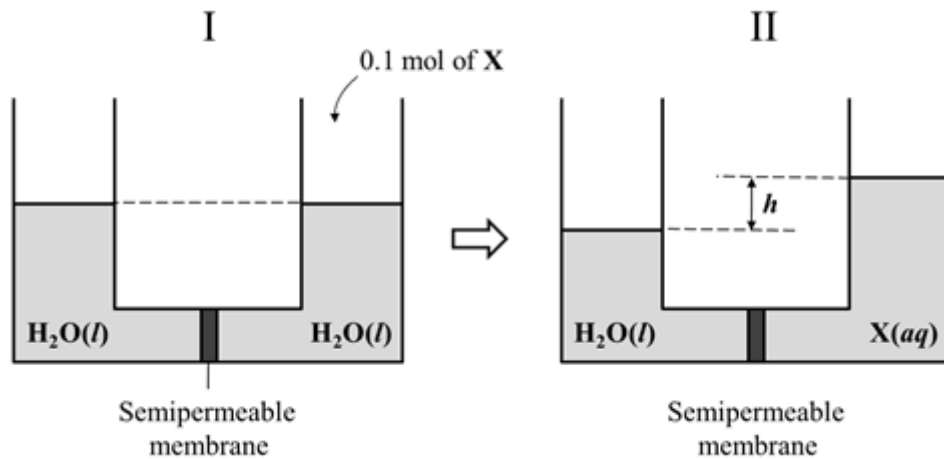
① 0.1 M HCN(aq) is basic의 접근은 $\text{HCN(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CN}^-(\text{aq})$ 로 될 때 $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$ 의 값을 이용하여 $K_a = [\text{H}^+][\text{CN}^-] / [\text{HCN}] = x^2 / 0.1 - x = 4.9 \times 10^{-10}$ 으로 $x^2 = 49 \times 10^{-12}$ 됨으로 $[\text{H}^+] = 7 \times 10^{-7}$ M 이므로 ①은 틀린 보기이다. ②은 K_a 값이 큰 것이 강산임을 알고 비교하는 보기로 0.1 M HF(aq)와 0.1 M CH₃COOH(aq)의 K_a 의 값을 비교하면 옳은 보기이다. ③은 앞의 같은 방법으로 $\text{pH} = -\log \sqrt{K_a \times M}$ 의 공식을 이용하여 해결할 수 있으므로 정답은 B이다.

이 문항의 경우 주어진 화학종들의 K_a 값의 의미와 각 보기들을 알고 있는 이론과의 적용을 시도하여 올바른 답을 고르는 문항으로 수능형식의 문항과 유사하다. 문항의 해결을 하기위하여 많은 시간이 들었을 것이라 생각되며, 학생들의 난이도 체감을 높인 문제라 생각된다.

2015-9

A U-shaped tube with a semipermeable membrane was filled with 2 L of water as shown in figure I. When 0.1 mol of X was completely dissolved in the right arm of the tube, the level of X(aq) solution has risen as shown in figure II.

(Only water can pass through the membrane.)



Which of the following X would give the SECOND greatest h?

- (A) MgSO_4 (B) CH_3COOH (C) CaCl_2 (D) Sugar

9번 문항은 삼투압의 정의를 정확히 알고 있는 학생의 경우는 손쉽게 접근했을 것으로 예상된다. 고등학교 화학II의 ‘용매나 용질의 종류에 관계없이 일정량의 용액 속에는 녹아 있는 용질의 입자 수에 영향을 받는다.’의 개념을 예상하기와 문제 해결을 위한 추리하기로 이어지는 문항이다.

같은 부피 (2L)를 적용하여 입자 수만을 즉, 보기의 이온수를 구하면 된다.

- (A) $\text{MgSO}_4 = 0.2\text{mol}$, (B) $\text{CH}_3\text{COOH} = (1+\alpha)/10\text{mol}$, (C) $\text{CaCl}_2 = 0.3\text{mol}$,
(D) Sugar = 0.1mol로 구한 뒤 답을 찾으면 두 번째로 높은 높이를 가지는 MgSO_4 를 찾을 수 있게 된다.

3.과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석

2017, 2016, 2015년의 기출을 분석틀III에 맞추어 분석한 결과 과학 창의적 문제 해결력은 논리성, 정합성, 통합성, 정교성, 독창성, 유창성, 융통성의 항목들이 적절하게 배분되어 영재들의 창의적 문제 해결력을 분석할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 본 연구는 객관식 문항만을 분석하였기에 모든 항목을 접근, 연구 적용 하기는 제약성을 띠었다. 그러므로 분석틀III의 결과는 모든 문항들이 논리성을 기본으로 요구함을 알 수 있었기에, 정합성과 통합성의 항목에 해당되는 항목 중 문항을 선택하여 연구 결과를 제시했다. 자세한 분석 결과는 표IV-3-1-1,2,3에 정리하여 나타냈다.

3.1 14회 국제중등과학올림피아드

[표IV-3-1-1]

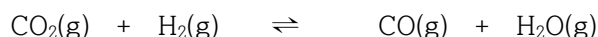
2017년	사고종류					사고경향		
문항번호	지식	이해	적용	분석	종합	논리성	정합성	통합성
1	●					●		
2	●					●		
3		●				●		
4	●		●		●	●	●	
5	●		●			●	●	
6	●	●			●	●		
7	●	●	●	●		●	●	●
8	●			●		●		●
9	●	●				●		
10	●	●				●		

*2017년 국제중등과학올림피아드 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석 선택 문항 18번이다.

2017-18

Elimination of CO₂

Carbon dioxide is a greenhouse gas. During the combustion of fossil fuels, large amounts of carbon dioxide are formed. To prevent this from entering the atmosphere, one might consider to remove it using the so called water-gas shift reaction. In this reaction carbon dioxide reacts with hydrogen to form carbon monoxide and water:



The enthalpy of formation of CO₂, CO, and H₂O are as follows:

CO₂(g): - 394 kJ/mol, CO(g): - 111 kJ/mol and H₂O(g): - 242 kJ/mol.

What is the reaction enthalpy ($\Delta_r H$) of the forward reaction: is this reaction endothermic or exothermic?

	$\Delta_r H$	endothermic/exothermic
A	- 41 kJ/mol	endothermic
B	- 41 kJ/mol	exothermic
C	+ 41 kJ/mol	endothermic
D	+ 41 kJ/mol	exothermic

Using the water-gas shift reaction to prevent carbon dioxide from entering the atmosphere has the drawback that the highly toxic gas carbon monoxide is formed. Carbon monoxide can be converted into methanol by adding extra hydrogen gas. The formation of methanol from carbon monoxide and hydrogen is an equilibrium reaction:



The forward reaction is exothermic.

Which of the following conditions favors the formation of methanol in this equilibrium reaction?

- I high pressure
 - II high temperature
- A only I
B only II
C both I and II
D neither I nor I

8번 문항은 온실가스의 주요 원인인 이산화탄소의 제거 방법을 화학적 이론문제로 출제된 것으로, 이른바 수성 가스 전환 반응과 반응 엔탈피 개념을 연결되어 제시된 문항이다. 이 문항은 엔탈피의 개념을 알고(지식), 주어진 제시글과 화학식을 분석하여 8번 문항을 해결하고 나아가 Le Chatelier's principle를 알고 적용해야 9번 문항을 해결할 수 있는 통합성의 문제의 성향을 지닌다. 엔탈피는 어떤 압력과 온도에서 물질이 가지고 있는 에너지로, 화학 반응에서 반응물의 엔탈피 합과 생성물의 엔탈피 합이 다르므로 열이 출입하며, 이에 반응 엔탈피는 일정한 압력에서 화학 반응이 일어날 때의 엔탈피 변화로 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값이다. ($\Delta H = \sum H_{\text{생성물}} - \sum H_{\text{반응물}}$) 그러므로 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 의 식에서 주어진 생성 엔탈피의 값을 대입하여 정리하면, $\Delta_r H = \Delta_f H_{\text{CO}_2} + \Delta_f H_{\text{CO}} + \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}} = -(-394) + (-111) + (-242) = +41\text{kJ/mol}$ 이므로 생성물의 엔탈피 합이 반응물의 엔탈피 합보다 크므로 반응이 진행되면서 엔탈피가 증가하므로 흡열반응임을 알 수 있다. 또한 9번 문항의 접근은 Le Chatelier's principle에 따라서 압력이 증가하게 되면 기체의 몰수는 감소하게 된다. 그러므로 보기 I은 맞는 보기가 된다. 또한 보기 II의 경우는 $\Delta H - T\Delta S = \Delta G$ 식에 의하여 정반응이 발열반응일 때, $\Delta G < 0$ 일 때 반응이 자발적이게 되므로 T의 온도가 낮을수록 정반응의 반응이 일어나게 된다. 그러므로 보기 II는 틀린 보기가 된다.

3.2 13회 국제중등과학올림피아드

[표IV-3-1-2]

2016년	사고종류					사고경향		
문항번호	지식	이해	적용	분석	종합	논리성	정합성	통합성
1	●	●	●			●	●	
2	●		●			●		●
3	●					●		
4	●	●	●			●	●	
5	●		●			●	●	
6	●		●			●		
7	●		●			●	●	
8	●					●		
9	●					●		
10	●		●		●	●	●	

*2016년 국제중등과학올림피아드 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석 선택 문항 2번이다.

2016-2

Zeolite as a porous material is often used as catalyst. Which of the following statements are CORRECT concerning catalyst.

- (1) Catalyst increases the equilibrium constant of the reaction.
- (2) Catalyst decreases the activation energy of the reaction.
- (3) Catalyst is not involved in the reaction.
- (4) Catalyst increases the rate of reaction.

- A. (1) and (2)
- B. (2) and (4)
- C. (3) and (4)
- D. (1) and (4)

2번 문항은 단순한 과학지식을 알고 확인하는 유형이나 주어진 보기에서 학생들이 문제를 해결할 때 제시된 것, 촉매와 평형 상수와의 관계, 촉매와 활성화 에너지와의 관계, 촉매와 반응 속도와의 관계를 묻는 통합형식의 문항으로 분류 될 수 있다. (정)촉매는 반응의 활성화 에너지를 감소시키며, 촉매는 반응 속도를 증가시킨다.

3.3 12회 국제중등과학올림피아드

[표IV-3-1-3]

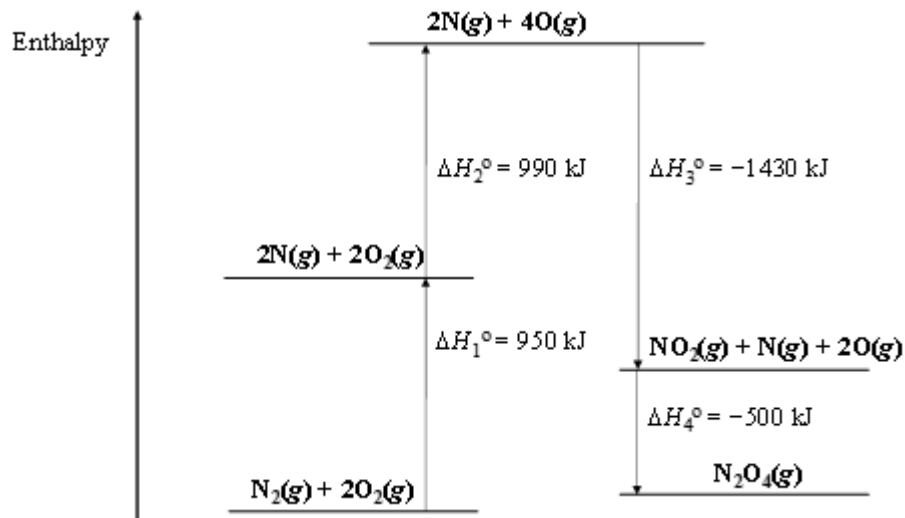
2015년	사고종류					사고경향			
	문항번호	지식	이해	적용	분석	종합	논리성	정합성	통합성
1	●						●		
2	●						●		
3	●						●		
4	●	●	●				●	●	
5	●	●					●		
6	●						●		
7	●	●					●	●	
8	●		●	●	●	●	●	●	●
9	●		●	●			●	●	
10	●		●	●	●	●	●	●	

*2015년 국제중등과학올림피아드 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 사고력 분석 선택 문항 7번이다.

2015-7

The standard enthalpy of formation (ΔH_f^0) of a substance is the enthalpy change during a process, where the substance is formed from the most stable forms of the constituent elements at 1 atm.

The following figure is the enthalpy diagram of N^- , or O^- -containing compounds. (ΔH_i^0 's ($i = 1,2,3,4$) are the standard enthalpy changes for the corresponding processes at 25°C.



What is the ΔH_f^0 of $NO_2(g)$ at 25 °C?

- (A) 10 kJ/mol
- (B) 510 kJ/mol
- (C) -460 kJ/mol
- (D) -1430 kJ/mol

7번 문항은 문항에서 주어진 자료를 해석하는 능력이 매우 중요함을 보여주는 문항이다. 자료해석 능력은 영재들을 선발하는 문제들 중 상위수준의 과학지식을 평가하는 또 다른 지표가 되기도 하는데, 7번 문항이 이에 해당된다. 주어진 표준 엔탈피 그림을 통해서 25°C에서 해당 과정의 표준 엔탈피를 구하는 것인데, 엔탈피의 정의로부터 $\Delta H = \sum H_{\text{생성물}} - \sum H_{\text{반응물}}$ 을 알고 $N_2(g)$ 의 분해열(ΔH_1^0)과 $O_2(g)$ 의

분해열(ΔH_2^0)을 이용하여 $2N(g) + 4O(g)$ 의 엔탈피 값을 구하고, $950+990/2 = 970\text{kJ/mol}$ 에서 $\text{NO}_2(g)$ 생성 엔탈피 값 (-1430kJ/mol)을 빼주면 정답은 C이다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 국제중등과학올림피아드의 최근 10년간 화학 영역의 기출문항들을 분석 연구한 것으로, 과학영재들에게 개인적으로는 자신의 과학적 탐구와 실력 향상의 기회를 제공하고자 함과 사회·국가적으로는 과학영재들에게 국제대회에 참여함을 격려함으로써 국가적 인적자원의 확보와 인재 양성의 기회를 제공하고, 교육학적으로 문항분석의 결과와 제언을 제시함으로써 과학영재 교육에 또 다른 교재로 제공되고자 했다. 연구결과를 바탕으로 한 결론과 제언은 다음과 같다.

1. 결론

1.1 국제중등올림피아드의 출제 경향성

국제중등올림피아드는 나라별로 출제 스타일이 다르게 나타났다. 몇몇 나라들의 출제 경향을 정리하면, 네덜란드는 환경화학을 기본으로 2문항씩 엮어서 출제가 되었고, 제시된 글을 파악하여 문항에 적용하면 복잡한 화학 계산 없이도 해결이 가능하였다. 또 출제된 문항들은 모두 고등학교 교육과정에 속함을 알 수 있었다. 특히, 문항 출제 경향은 중학교 교육과정을 기본으로 고등학교 화학 I의 이론 중심의 문항이 많았고 문항에서 주어진 정보를 얼마나 자신이 알고 있는 과학적 지식과 연결시키느냐에 따라 학생들이 느끼는 난이도의 체감은 달라졌을 것이라 생각된다.

아르헨티나의 문항들은 긴 형식의 제시 글과 함께 물리, 화학, 생물 간의 영역의 분리함 없이 하나의 주제 안에 여러 개의 문항이 출제되어, 과학 영역 간의 경계성을 나타내지 않은 국제중등과학올림피아드의 출제 목적과 부합됨을 알 수 있었으며, 고등학교 화학 I의 기본개념과 심화 수준의 문항들이 출제되었다.

인도의 문항의 특징 역시 화학 문항의 영역을 따로 제시하지 않고 출제되었으며, 긴 제시 글과 화학식을 모두 사용하고 정확한 기본 지식을 기본으로 유추와 추론의 문항들이 많았기에 최고 난이도의 문항에 속한다. 또한 교육과정 내에서 알 수 있는 화학지식이 아닌 실험, 결과적으로만 접근 할 수 있는 문항이 출제되어 국제 과학대회 이전에 많은 사전 준비가 필요함을 알 수 있었다.

나이지리아의 문항은 생화학을 기본으로 화학과 생물 간의 분명한 분리 없어 출제되었는데, 이전의 스타일과는 다르게 긴 제시 글의 형식에서 화학적 개념 공식을 대입해야 하며 화학적 계산을 요구하는 문항의 형식이 많았다. 그러므로 학생들의 화학 문항에 대한 난이도는 상당했을 것이라 예상된다.

대한민국의 문항 출제 경향은 제시 된 자료를 해석하는 것과 고등학교 화학 I과 화학 II의 개념·심화 문항이 많았으며, 중학교 과정의 상대습도 개념을 변형하여 출제하기도 했다. 따라서 다소 지식·복합적인 문항들의 출제 빈도가 높았다.

전반적으로 나라별 출제 스타일을 고수하는 경향을 나타내었으나, 국제대회 이전의 충분하고 심화영역까지의 화학이론 공부와 실험적 경험을 요구하는 문항들로 구성되었음을 알 수 있었다.

1.2 국제중등과학올림피아드 과학탐구방법 지식 평가

문항 변별력에 해당하는 과학탐구방법 지식 평가의 결과 2017, 2016, 2015년의 화학문항 중 2문제에서 3문항까지 출제함으로써 영재들의 과학 추리능력과 내재된 화학지식의 정도를 평가해 하려는 출제자의 의도를 알 수 있었다. 또한 화학 실험을 직접 수행하고 선행한 영재들의 경우에는 보다 문항의 친숙함을 가져와 문항 해결의 접근이 용이했을 것이라 판단된다.

1.3 과학 창의적 문제 해결력 분석을 통한 수렴적 분석

영재 교육에서 강조하고 있는 창의적인 과학영재를 선발하기 위하여 과학적 창의성 평가는 여러 항목들로 이루어 있다. 이러한 개념을 토대로 국제중등과학올림피아드의 문항을 분석한 결과 모든 문항들이 논리성을 기본으로 하여 출제됨을 알 수 있었고, 2017년 문항은 정합성 3문항, 통합성 2문항으로 분석되었고, 2016년 문항은 정합성 4문항, 통합성 1문항으로 구성되었음을 알 수 있었다. 또 2015년 문항은 정합성 5문항, 통합성 1문항으로 출제된 것으로 분석되었다.

2.제언

이상의 연구를 바탕으로 국제중등과학올림피아드를 지향하는 과학영재와 국내중등화학올림피아드의 나아갈 방향성을 제안하고자 한다.

한국교육개발원 영재교육연구실장(조석희, 2003)은 우리나라의 영재교육에 관하여 시험선수 양성의 수단으로 여겨진다고 주장했다. 그러면서 미국의 영재교육은 창의적이고 지도자적인 영재의 양성을 목표로 그들에게 수학과 과학의 본질을 탐구할 기회를 제공하는 것에 두며 궁극적으로 창의적인 전문가로서의 자질을 키워준다는 것에 있다고 했다.

역대 국제중등과학올림피아드의 우리나라 대표단의 성적을 보면 1위부터 10위안에 드는 결과를 내고 있다. 그러나 문항의 분석을 통하여 우리나라의 과학영재들이 성적의 오르내림에는 문제의 스타일이 이들에게 얼마나 익숙함에 있는지 유추할 수 있었다. 즉, 긴 제시 글로 이루어진 문항은 접근성이 떨어지는 현상을 보이고,

반면에 화학적, 수학적 기호로 이루어진 문항이 많은 문제들은 해결능력이 상승함을 보여 이에 따라 대회 결과 역시 좌우됨을 보였다. 그러므로 첫째, 우리나라의 영재교육은 위에서 언급한 것처럼 단순히 기호로 채워지는 문항을 해결하는 것에 익숙하다는 것을 알 수 있듯이, 국제대회를 준비하기 이전에 다양한 에세이형식의 과학적 배경을 쌓음으로써 풍부한 과학지식의 습득이 필요함을 알 수 있었으며, 이에 따른 영재교육 역시 새로운 시도가 필요함을 보여준다고 하겠다.

둘째, 우리나라의 교육과정은 중학교 화학, 고등학교 화학 I과 화학 II의 경계가 매우 명확하다고 할 수 있으나, 국제중등과학올림피아드의 문항을 보면 과학 영역 간의 구분을 하기보다는, 융합·통합성의 성향을 띠는 것을 알 수 있었다. 그러므로 화학 내용에서 화학적 형상에 대한 아이디어를 연결시키고, 구별하고, 조직화하고, 구조화하고, 평가하는 과정인 과학지식 통합 능력(Songer & Linn, 1991, Clark & Linn, 2003, Eylon & Davis, 2004)을 화학 창의적 문제해결력으로 발전시키는 화학영재교육의 새로운 시도가 필요하다고 생각한다.

셋째, 자료해석능력은 영재들의 복합적 문제해결능력을 평가하는데 매우 중요한 항목이다. 실제로 국제중등과학올림피아드의 문항들은 분석한 결과 변별력이 높은 문항들은 자료해석능력을 기본으로 하는 문항들이 많았다. 자료해석능력은 하나의 부분을 분석한다고 해서 길러지는 것이 아니며, 보다 다양한 자료를 직접적으로 해석하고 고찰하는 것으로부터 생긴다고 할 수 있다. 그러므로 화학 영재들을 교육함에 있어 직접적인 자료해석을 길러주는 것이, 이론의 토대위에 다양한 실험을 직접 실행해 보는 것이라고 생각한다. 실험은 특정 조건과 가설을 설정하여 예상한 대로 결과가 나타나는지, 또는 어떤 현상이 일어나는지를 조사하는 것으로 창의적 활동에 필수적인 요소(Walberg & Stariha, 1992, Feldhusen, 1995)이다. 국제중등올림피아드를 두뇌올림피아드라고 불리는 만큼 우리의 영재교육에 반드시 필요한 항목이라 생각한다.

VI. 참고문헌

- 1)강승호 외 4인, 현대 교육 평가의 이론과 실제, 서울: 양서원, 1996.
- 2)김경자 외 2인, 창의적 문제해결력 신장을 위한 교육과정 개발 모형: 속의 과정과 반성적 고찰, 이화여대 교육학과, 1998.
- 3)김권숙, 최선영, 과학 기반 STEAM 프로그램이 초등과학 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향, 초등과학 학회지, 2012.
- 4)김성원, 허명, 영재교육의 현황과 전망, 서울시교육과학연구원, 2005.
- 5)김영민 외 5인, 과학 교육하의 세계, 북힐스, 2014.
- 6)김현경, 대학수학능력시험 화학 I 선택 및 문항 인식 조사를 통한 화학I 응시자 감소 원인 분석, 경북대학교 교육학 석사 학위논문, 2016.
- 7)교육부, 영재교육 영역 다양화 및 활성화 방안 연구, 진학M&B, 2015.
- 8)박경희, 과학창의성 검사도구 개발과 과학 영재아의 뇌기능 분석, 박사학위 논문, 한국교원대학교, 2004.
- 9)박민정, 전동렬, 과학 영재교육 대상자 선발방법으로써 교사 추천제 분석: 학생의 과학적 태도, 탐구력, 사고력, 문제 해결력, 창의성을 중심으로. 한국과학교육학회지, 2008.
- 10)박상태 외 3인, 과학영재선발시험에서 지식상애 분석법을 통한 새로운 평가방법 모색, 영재교육연구, 2005.
- 11)박상백, 올림피아드 과학의 지름길, 세화, 2007.
- 12)박성선, 미국 퍼듀 대학교 영재교육센터의 영재교육, 춘천교육대학교, 2010.
- 13)박종원, 과학적 창의성 모델의 제안 - 인지적 측면을 중심으로, 한국과학교육학회지, 2004.
- 14)성태제, 고전검사이론과 문항반응이론에 의한 문항과 검사 분석, 이화여대 교육학과, 1996.
- 15)송인섭 외 4인, 영재 교육의 이론과 방법, 학문사, 2001.
- 16)신지은 외 4인, 과학 영재 학생과 일반 학생은 창의성에서 어떻게 다른가, 서울대학교 과학영재교육센터 학생들을 중심으로, 한국과학교육학회지, 2002.

- 17)심규철 외 3인, 중학교 과학 영재의 과학에 대한 흥미 연구 1, 공주대학교, 서울대학교 한국과학교육학회지, 2001.
- 18)윤경미, 과학영재와 일반학생의 문제발견의 차이 및 문제발견에 영향을 미치는 제변인 분석, 박사학위 논문, 부산대학교, 2004.
- 19)윤지현, 과학 영재 교육원의 화학영역 교수·학습 프로그램 분석, 제주대학교 교육대학원 화학교육전공 석사학위논문, 2009.
- 20)이기영 외 4인, 과학 영재 선발 도구로서 지필 검사의 적합성 탐색을 위한 질적 및 양적 문항 분석, 한국 과학 교육 학회지, 2008.
- 21)이상법 외 3인, 과학영재교육센터 학생선발문항 분석 및 선발방법에 대한 제언, 경북대학교 과학영재교육센터, 1999.
- 22)이혜주, 구조화 정도가 다른 문제유형에서 문제발견에 대한 변인의 상대적 기여도 분석, 초등교육연구, 2005.
- 23)이희권, 영재교육 정책의 어제와 오늘, 박학사, 2009.
- 24)임규혁, 임웅, 교육심리학, 학지사, 2017.
- 25)임인성, 최승언, 국제천문올림피아드 문제에 나타난 인지적 측면의 과학 탐구 요소 분석, 한국지구과학 학회지, 2004.
- 26)정현철 외 3인, 영재의 자율연구증력 기초탐색연구에 영향을 미치는 교수전략 탐색 및 교수·학습모형 개발연구, 한국교육개발원, 2005.
- 27)조석희 외 2인, 과학영재판별도구 II, 한국교육개발원, 1997.
- 28)조석희, 과학영재 판별도구의 개발 및 타당화 연구, 한국교육개발원, 2009.
- 29)주동욱, 미국 존스홉킨스대학 영재 교육 프로그램, 콘센트, 2012.
- 30)주희영 외 4인, 과학영재의 창의적 문제 해결력 신장을 위한 발생한 수업 프로그램 적용 효과 분석, 한국생물교육학회지, 2006.
- 31)정현철 외 3인, 영재의 자율연구증력 기초탐색연구에 영향을 미치는 교수전략 탐색 및 교수·학습모형 개발연구, 한국교육개발원, 2005.
- 32)최취임 외 4인, 과학영재 선발을 위한 선발문항 분석; 서울대학교 과학영재센터, 2007.
- 33)5)최취임, 과학 창의적 문제해결력 평가문항의 모델 개발, 서울대학교 교육대학원 박사학위논문, 2008.

- 34)한기순, 과학영재, 박성익 공저, 영재교육학원론, 서울: 교육과학사, 2003.
- 35)한승철, 2009 개정교육과정에 따른 초등 과학 교과서의 평가, 서울교육대학교
교육전문대학원 석사학위논문, 2016.
- 36)한종하, 과학영재교육론, 서울: 학연사, 1987.
- 37)Brandwein, The gifted student as future scientist, 과학재능의 교육,
1990.
- 38)Davis, G. A & Rimm, S, B, Education of the Gifted and Talented, 영재
교육, 박학사, 2005.
- 39)Gardner, H, Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st
century, 다중지능: 인간지능의 새로운 이해, 김영사, 1999.
- 40)Renzulli, J. S, & Hartman, R, Scales for rating the behavioral
characteristic of superior student, 1971.
- 41)Sternberg, R, J & Clinkenbeard P, Identification, instruction, and
assessment of gifted children, 1996.

VII. 부록

[표VII-1] 분석틀I 2008년부터 2017년까지 출제된 국제중등과학올림피아드 화학 영역 분석 결과

2017년	대영역	소영역	출제 여부
Netherlands	1.Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	-
		다. States of matter its properties	-
	2.Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	-
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3.Structure, properties and functions	가.Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4.System	가. Equilibriums	●
		나. Thermodynamical systems	●
	5.Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	●
		나. Identify error sources and estimate their effects	●

[표VII-2]

2016년	대영역	소영역	출제 여부
Indonesia	1.Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	●
		다. States of matter its properties	-
	2.Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	●
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	●
	3.Structure, properties and functions	가.Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4.System	가. Equilibriums	●
		나. Thermodynamical systems	-
	5.Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	-
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-3]

2015년	대영역	소영역	출제 여부
S. Korea	1. Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	●
		다. States of matter its properties	-
	2. Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	●
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	●
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3. Structure, properties and functions	가. Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4. System	가. Equilibriums	●
		나. Thermodynamical systems	●
	5. Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	-
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-4]

2014년	대영역	소영역	출제 여부
Argentina	1. Particles and matter	가. What things are made of	-
		나. Periodic table	-
		다. States of matter its properties	●
	2. Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	●
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3. Structure, properties and functions	가. Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4. System	가. Equilibriums	●
		나. Thermodynamical systems	●
	5. Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	-
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-5]

2013년	대영역	소영역	출제 여부
India	1.Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	-
		다. States of matter its properties	●
	2.Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	●
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3.Structure, properties and functions	가.Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4.System	가. Equilibriums	●
		나. Thermodynamical systems	●
	5.Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	●
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-5]

2011년	대영역	소영역	출제 여부
S. Africa	1. Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	●
		다. States of matter its properties	-
	2. Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	●
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3. Structure, properties and functions	가. Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4. System	가. Equilibriums	-
		나. Thermodynamical systems	-
	5. Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	-
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-6]

2010년	대영역	소영역	출제 여부
Nigeria	1. Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	-
		다. States of matter its properties	-
	2. Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	-
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	●
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3. Structure, properties and functions	가. Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4. System	가. Equilibriums	-
		나. Thermodynamical systems	●
	5. Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	-
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-7]

2009년	대영역	소영역	출제 여부
Azerbaijan	1.Particles and matter	가. What things are made of	-
		나. Periodic table	●
		다. States of matter its properties	●
	2.Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	-
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3.Structure, properties and functions	가.Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4.System	가. Equilibriums	-
		나. Thermodynamical systems	●
	5.Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	-
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-8]

2008년	대영역	소영역	출제 여부
S. Korea	1.Particles and matter	가. What things are made of	●
		나. Periodic table	●
		다. States of matter its properties	●
	2.Interactions	가. Type of chemical bonding - nature, structure and strength	-
		나. Chemical Reactions	●
		다. Diffusion, osmosis and surface tension	-
		라. Principle of thin layer and paper chromatography	-
	3.Structure, properties and functions	가.Homogeneous and heterogeneous catalysts	-
		나. Acids and bases	●
	4.System	가. Equilibriums	●
		나. Thermodynamical systems	●
	5.Mathematics Skills and Laboratory Skills	가. Plots of functions	●
		나. Identify error sources and estimate their effects	-

[표VII-2] 2004년부터 2015년까지 참가국 현황

		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th
Host Country	Members	Indonesia	Indonesia	Brazil	Taiwan	South Korea	Azerbaijan	Nigeria	South Africa	Iran	India	Argentina	South Korea
1	Afganistan	-	-	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-
2	Albania	√	-	√	√	-	√	-	√	-	-	-	-
3	Angola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Argentina	-	-	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√
5	Australia	-	-	-	OBS	√	√	-	√	-	√	√	√
6	Austria	-	-	-	-	OBS	-	-	-	-	-	-	-
7	Azerbaijan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
8	Bangladesh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OBS	-	√
9	Belgium	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-
10	Bolivia	-	-	-	-	√	√	-	-	-	√	√	√
11	Botswana	-	-	-	-	-	√	OBS	-	-	√	-	√
12	Brazil	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
13	Brunei Darussalam	√	√	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-
14	Bulgaria	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-	-
15	Burma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-
16	Cambodia	√	√	√	-	√	√	√	-	√	√	-	√
17	Cameroon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	China	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OBS	-	√
19	Chinese	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

	Taipei												
20	Colombia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OBS	√	√
21	Croatia	√	√	-	√	-	-	OBS	√	√	√	√	√
22	Cyprus	-	-	-	-	-	OBS	√	√	√	√	√	√
23	Czech Republic	-	-	-	-	OBS	-	-	√	-	-	-	-
24	Denmark	-	-	-	-	OBS	-	-	-	-	-	-	-
25	Egypt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
26	Estonia	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
27	Georgia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OBS	-	-
28	Germany	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√	√	√
29	Great Britain	-	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-
30	Hong Kong, China	-	-	√	√	√	√	-	√	√	√	√	√
31	Hungary	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
32	India	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
33	Indonesia	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
34	Iran	OBS	-	-	-	√	√	√	√	√	√	-	√
35	Ireland	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
36	Japan	-	-	-	-	OBS	-	-	-	-	-	-	-
37	Jordan	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	Kazakhstan	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
39	Kenya	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√
40	Kuwait	-	√	√	-	√	√	√	√	√	-	-	-
41	Kyrgyzstan	-	-	-	-	-	OBS	-	-	-	-	-	√

42	Lithuania	-	-	-	OBS	√	√	-	√	√	√	√	√
43	Macau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
44	Madagascar	-	√	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
45	Malaysia	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-
46	Maldives	-	-	-	-	OBS	√	-	-	-	-	-	-
47	Mexico	√	√	√	√	√	-	√	-	-	-	-	-
48	Moldova	√	√	√	-	-	√	√	√	√	√	√	√
49	Mongolia	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-
50	Myanmar	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	-	√
51	Nepal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	Netherlands	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
53	Nigeria	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-
54	Philippines	√	√	-	√	√	√	√	√	-	√	-	√
55	Rep. of Ghana	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
56	Romania	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√
57	Russia	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
58	Saudi Arabia	√	√	-	√	-	√	-	-	-	-	√	√
59	Serbia	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
60	Singapore	-	-	-	√	√	-	-	√	-	-	-	-
61	Slovakia	√	-	-	√	√	√	-	√	√	√	√	√
62	South Africa	-	√	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√
63	South Korea	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√
64	Sri Lanka	√	√	-	√	√	√	-	√	√	√	-	-

65	Sweden	-	-	-	-	-	OBS	-	-	-	-	-	-
66	Tajikistan	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	√
67	Thailand	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
68	Turkey	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	Turkmenistan	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	√
70	Uganda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	United Arab Emirates	-	√	-	√	√	√	-	√	-	-	-	-
72	United State of America (USA)	-	-	-	-	OBS	-	-	-	-	-	-	-
73	Vietnam	√	-	-	√	-	√	√	√	-	√	-	√
74	Zimbabwe	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
75	Guest Team (YPJ-Papua Indonesia)	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-
	Number of Team/Country	33	33	30	38	50	49	36	41	30	41	29	49

* OBS: 참가국의 참관자 또는 이전 2년 내의 IJSO에 참여하지 않은 나라의 참관단

* √: IJSO에 참가함

* -: IJSO에 참가하지 않음

ABSTRACT

The first thing to be done in science gifted education is to correctly identify and select scientific gifted students and the other is to maximize the potential of scientific gifted students by implementing appropriate education for their talents and needs. In this context, the International Junior Science Olympiad, with an average of 35 countries participating, is the 'Brain Olympics' in which scientists and gifted students from under 15 years of age compete for scientific creativity and inquiry ability.

For this purpose, we selected 10 multiple choice questions among the multiple - choice tests, subjective test, and experimental test questions of the International Junior Science Olympiad, and made three test questions analysis frameworks according to the purpose of this study.

First, from 5th to 14th, the international Junior Science Olympiad showed distinctive characteristics by subject countries. The contents of curriculum chemistry I and II are mostly presented in narrative form and many items are used to judge the chemical understanding of the given item and the application of scientific knowledge rather than requiring chemical calculation. Based on Syllabus of the International Junior Olympiad There are many things that do not clearly distinguish the boundaries between scientific areas. Second, the results of the scientific inquiry method knowledge evaluation analysis showed that the applicability of prediction, hypothesis setting, inquiry, and reasoning was high. In the case of gifted students with chemical background knowledge, and it was judged that the understanding and accessibility of the items were easy. Third, as a result of the analysis of convergent thinking ability through the analysis of scientific creative problem solving ability, all items are needed scientific logic and to consistency two or more concepts of chemistry of the grade that the higher integration, the higher the degree of difficulty.

From these result, it can be suggested that the way of gifted education in Korea and the method of chemical can be derived.

감사의 글

늘 가슴속에 배움에 대한 소망을 품고 살던 저에게 2년 반이라는 대학원의 시간은 행복함과 설레는 순간들의 연속이었습니다. 어느새 다가온 졸업이 배움의 종료가 아니라 또 다른 시작의 지점에 와 있는 생각이 듭니다. 부족한 능력으로 연구하는 과정에서 시행착오를 겪으며 좌절의 순간들도 있었지만, 저 혼자가 아니라 동료들과 여러 교수님들의 도움, 사랑하는 사람들의 기도와 격려를 받으며 그 과정을 지나왔기에 많은 것들을 배우고 성장할 수 있었습니다.

먼저 저를 학업의 길로 이끌어주시고 지도해주시며, 인생의 많은 조언들을 아끼지 않고 늘 진심으로 걱정과 격려 해주시고 논문 완성에 이르기까지 대학원 시간동안 물심양면으로 인도해주신 김덕수 교수님께 진심으로 감사드립니다. 인생의 선배이자, 스승의 입장에서 때로는 따뜻한 차 한 잔으로 위로해주시고, 때로는 적절한 충고로 저를 이끌어주시며 아껴주신 김원형 교수님께 또한 진심으로 감사드립니다. 부족한 발표에도 희망적인 피드백을 주시며, 대학원 수업에서 언제나 웃음으로 저를 맞아주신 강창희 교수님께 감사의 말씀을 드리며, 열심히 하는 모습을 칭찬해주시며 격려의 말씀으로 저를 북돋아 주신 이남호 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. 또 언제나 저를 웃으며 반갑게 맞이해 주신 변종철 교수님도 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 2년 반 동안 여러 방면에서 챙겨주신 화학과 조교님들께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

대학원을 진학하고 부족한 저를 믿어주며, 학업에 열중 할 수 있도록 항상 옆에서 응원해준 우리 예빈이, 근녕이에게 정말 고마운 마음을 전합니다. 또 공부하는 동생을 옆에서 격려해주며 사랑으로 챙겨주신 우리 현진언니와 성심언니께 감사의 마음을 표합니다. 항상 엄마의 마음으로 저를 기도해주시며 챙겨주신 하옥 자매님께 감사한 마음을 전하며 그리고 무엇보다 부족한 나를 선생님이로 받아주어 오랜 시간 함께 해준 SDL학생들(재현, 세찬, 정민, 민기, 동혁, 성권, 성익, 민성, 유성, 유빈, 유진, 상준, 예준, 지웅, 세건, 윤성, 산이)에게도 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 제가 여기까지 올 수 있도록 늘 새벽마다 기도하며 뒷바라지 해주신 우리 엄마, 감사드리고 사랑합니다. 또 공부하는 딸을 염려하신 아빠께 따뜻한 말 한번 드리지 못한 것 같아 죄송한 마음과 감사의 마음을 전합니다. 두 분 모두 언제나 건강하시길 기도합니다. 또 내 사랑하는 동생들 미연, 정선, 대연, 아람에게 부족한 언니, 누나지만 언제나 응원해주며 자랑스러워하는 너희들로 인해서 힘들 때에도 일어

날 힘이 되었음을 고백하며 고마운 마음을 전합니다.

2년 반 동안의 교육대학원 석사과정을 무사히 통과할 수 있게 하시며, 인도해주신
하나님께 감사드립니다.

2018년 8월

이 희 연 드림

