

## 제45회 인천광역시학생과학발명품경진대회 출품계획서

제 목: 스마트 자동 휴지 교체 시스템

교육지원청	학교(소속)	학년 (직위)	성 명
			남궁민
지도교원			

## I. 제작 동기 및 목적

### 1. 제작 동기

일상에서 화장실을 이용할 때 휴지가 없는 난감한 상황을 자주 경험하게 된다. 특히, 공공 화장실이나 가정에서도 휴지가 다 떨어진 줄 모르고 사용하려다 불편을 겪는 일이 많다. 이러한 문제는 단순한 불편함을 넘어 위생 문제와 시간 낭비로 이어질 수 있다.

현재 시중에 나와 있는 일반적인 휴지 디스펜서는 사용자가 직접 휴지 교체 여부를 확인하고 수동으로 교체해야 한다. 하지만 사용자가 직접 휴지를 확인하기 어려운 장소(공공 화장실, 병원, 유치원, 노인 요양 시설 등)에서는 화장지가 없는 상황이 더욱 큰 불편을 초래할 수 있다. 또한, 습기가 많은 화장실 환경에서는 여분의 휴지를 그대로 보관하기 어려운 문제가 있다.

이러한 불편을 해소하기 위해 무게 감지 센서를 이용한 자동 휴지 교체 시스템을 개발하게 되었다. 이 시스템은 휴지의 남은 양을 자동으로 감지하고, 다 사용된 휴지심을 자동으로 배출한 후 새로운 휴지를 교체하는 기능을 갖추고 있다. 이를 통해 사용자는 화장지를 직접 확인하고 교체하는 번거로움을 줄일 수 있으며, 보다 위생적이고 편리한 화장실 환경을 조성할 수 있다.

### 2. 발명의 필요성 및 목적

이 발명품은 공공 시설, 가정, 요양 시설 등 다양한 환경에서 실질적인 편리함을 제공할 수 있다. 특히, 다음과 같은 상황에서 더욱 필요성이 크다.

#### 가. 공공 화장실에서의 적용 가능성

- 1) 많은 사람들이 이용하는 공공 화장실에서는 휴지가 다 떨어져도 관리자가 즉시 교체하기 어려운 경우가 많다.
- 2) 본 시스템을 적용하면 무게 감지를 통해 자동으로 새 휴지가 공급되므로, 사용자의 불편을 최소화하고 위생적인 환경을 유지할 수 있다.

#### 나. 어린이 및 노인, 장애인을 위한 편의성

- 1) 유치원이나 노인 요양 시설에서는 화장지 교체가 번거로울 수 있으며, 특히 어린이나 거동이 불편한 노인, 장애인이 이용할 때 더욱 불편할 수 있다.
- 2) 자동 교체 시스템을 통해 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 설계되어, 사회적 약자들에게 실질적인 도움을 줄 수 있다.

#### 다. 위생 및 유지보수 효율성 증가

- 1) 기존의 휴지 디스펜서는 사용자가 직접 휴지량을 확인하고 교체해야 하지만, 본 제품은 남은 휴지를 자동으로 감지하고, 필요 시 새 휴지를 자동으로 공급하여 보다 위생적인 사용이 가능하다.
- 2) 공공 시설에서의 유지보수 부담을 줄이고, 관리자가 일일이 확인하지 않아도 시스템이 스스로 작동하여 관리 효율을 극대화할 수 있다.

#### 라. 습기 문제 해결 및 공간 효율성 증가

- 1) 일반적인 화장지 보관 방식은 습기로 인해 휴지가 손상될 위험이 있지만, 본 발명품은 밀폐형 보관 구조를 적용하여 습기로부터 휴지를 보호한다.
- 2) 또한, 여러 개의 휴지를 한 번에 보관할 수 있도록 설계되어, 좁은 공간에서도 효율적으로 활용할 수 있다.

## II. 작품 내용

### 1. 주요 기능 및 작동 원리

본 작품은 무게 감지 센서와 서보 모터를 이용한 자동 휴지 교체 시스템으로, 사용자가 직접 휴지를 교체하지 않아도 자동으로 새로운 휴지를 공급하는 기능을 갖춘 휴지 디스펜서이다. 기존의 수동 방식과 달리, 남은 휴지의 무게를 감지하여 자동으로 빈 휴지심을 배출하고 새로운 휴지를 장착하는 구조를 갖추고 있다.

#### 가. 자동 휴지 감지 및 교체 시스템

- 1) 무게 감지 센서가 실시간으로 남은 휴지의 무게를 측정한다.
- 2) 남은 휴지의 무게가 설정된 임계값 이하가 되면, 서보 모터가 작동하여 기존의 빈 휴지심을 배출한다.
- 3) 배출된 빈 휴지심은 하단의 휴지 폐기구로 이동하여 보관된다.

#### 나. 새로운 휴지 자동 장착 시스템

- 1) 상단의 여분 휴지 보관함에서 새로운 휴지가 자동으로 내려오도록 설계되어 있다.
- 2) 피스톤 기구가 작동하여 새로운 휴지 롤을 기존 자리로 밀어 넣는다.
- 3) 이를 통해 사용자는 수동으로 교체할 필요 없이 자동으로 새로운 휴지를 사용할 수 있다.

#### 다. 스마트 제어 시스템

- 1) 전체 시스템은 Arduino(아두이노) 컨트롤러를 사용하여 작동한다.
- 2) 무게 감지 센서가 남은 휴지량을 감지하고, 서보 모터와 피스톤을 제어하여 휴지 교체를 자동으로 진행한다.

### 2. 작품 설계도

본 작품의 구조와 작동 원리를 도식화한 설계도를 아래에 제시하였다.

#### [주요 부품 및 기능]

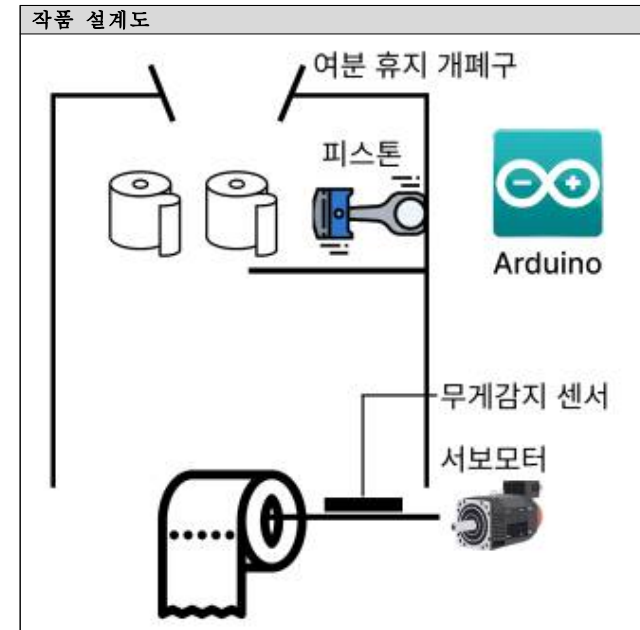
가. 여분 휴지 개폐구: 새로운 휴지가 자동으로 배출될 수 있도록 보관하는 공간

나. 피스톤: 새로운 휴지를 자동으로 밀어 넣는 역할 수행

다. 무게 감지 센서: 남은 휴지량을 측정하여 교체 타이밍을 판단

라. 서보 모터: 빈 휴지심을 배출하고 새로운 휴지를 장착하는 역할 수행

마. Arduino: 전체 시스템을 제어하는 마이크로컨트롤러



### 3. 이론적 접근

본 연구에서는 자동 휴지 교체 시스템을 설계하기 위해 센서 기술, 기계적 작동 원리, IoT 기술을 종합적으로 활용하였다.

#### 가. 무게 감지 센서의 원리

본 작품에서는 로드셀(Load Cell) 기반의 무게 감지 센서를 활용하여 남은 휴지의 무게를 측정한다.

- 1) 로드셀은 압력이나 하중을 감지하여 전기 신호로 변환하는 장치이며, 아두이노와 같은 마이크로컨트롤러를 통해 측정값을 실시간으로 분석할 수 있다.
- 2) 휴지 롤이 가벼워지면, 감지된 값이 설정된 임계값 이하로 내려가면서 자동으로 교체 프로세스를 작동하도록 설계되었다.
- 3) 무게 감지 센서를 활용하면 단순한 타이머 방식보다 정확하게 휴지 소진 시점을 판단할 수 있어 불필요한 교체를 방지하고 효율적으로 작동할 수 있다.

#### 나. 서보 모터를 이용한 자동 배출 시스템

서보 모터는 정확한 각도 조절이 가능한 모터로, 본 작품에서는 휴지 교체 과정에서 두

가지 역할을 수행한다.

- 1) 기존 휴지심을 하단으로 배출  
가) 설정된 각도(약 180도)로 회전하여 휴지심을 밀어내고, 빈 휴지심을 자동 폐기구  
로 이동시킨다.
- 2) 새로운 휴지 물을 장착  
가) 피스톤을 조작하여 상단의 여분 휴지를 기존 자리로 이동시킨다.  
나) 서보 모터의 정확한 회전 각도 조절 기능을 활용하여 휴지 물이 흔들리지 않고  
정확한 위치에 삽입되도록 한다.

#### 다. IoT 기술과 아두이노 기반 자동화 제어

본 시스템은 아두이노(Arduino)와 무게 감지 센서, 서보 모터를 조합하여 동작한다.

- 1) 무게 감지 센서가 실시간 데이터를 수집하여 아두이노에 전송한다.
- 2) 아두이노는 측정값을 분석하여 일정 무게 이하일 경우 서보 모터를 작동시키는 신호  
를 보낸다.
- 3) 추가적으로, Wi-Fi 또는 블루투스를 활용하여 사용자가 스마트폰을 통해 남은 휴지  
상태를 확인하거나 원격으로 교체를 조작하는 기능도 확장할 수 있다.

#### 라. 기계적 원리 - 지렛대 원리와 피스톤 구동 방식

본 작품은 피스톤과 서보 모터를 활용하여 지렛대 원리를 적용한 구조로 설계되었다.

- 1) 지렛대 원리 활용:  
가) 피스톤을 이용하여 작은 힘으로도 일정한 방향으로 힘을 전달할 수 있도록 설계  
하였다.  
나) 서보 모터의 회전 운동을 직선 운동으로 변환하여 휴지를 자동으로 밀어 넣을 수  
있도록 하였다.
- 2) 피스톤 구동 방식:  
가) 피스톤은 직선 운동을 활용하여 휴지 물을 부드럽게 밀어 이동시키는 역할을 한  
다.  
나) 기존의 회전식 물 교체 방식보다 보다 안정적인 휴지 교체가 가능하며, 휴지의 위  
치가 어긋나지 않도록 정밀한 조절이 가능하다.

### III. 활용 방법

본 연구에서 적용한 기술은 센서 기반 감지 시스템, 서보 모터를 이용한 자동화 기계 장치,  
그리고 IoT(사물인터넷) 기술을 조합하여 보다 효율적이고 편리한 자동 휴지 교체 시스템을 구  
축하는 데 활용된다. 이 과정에서 적용된 과학적 원리와 기술적 요소는 다음과 같다.

#### 1. 무게 감지 센서를 활용한 자동 감지 시스템

가. 활용 원리: 무게 감지 센서(로드셀)의 원리

- 1) 로드셀(Load Cell)은 압력이나 하중을 감지하여 전기 신호로 변환하는 센서이다.
- 2) 로드셀은 휨 스트레인 게이지(Strain Gauge, 변형률 게이지) 원리를 기반으로 작동  
한다.
- 3) 휴지 물이 가벼워지면 압력 변화가 발생하고, 이로 인해 전압 값이 변하며, 이를 아  
두이노가 분석하여 휴지 부족 여부를 판단할 수 있다.

#### 나. 활용 방법

- 1) 화장실에서 휴지의 사용량을 실시간으로 측정하여 일정 무게 이하로 떨어지면 자동  
으로 교체가 이루어지도록 설계한다.
- 2) 센서 데이터는 아두이노로 전송되며, 특정 값 이하가 되면 서보 모터와 피스톤을  
작동시키는 신호를 보낸다.
- 3) 활용 분야: 공공 화장실, 가정, 병원, 요양원 등에서 휴지 부족 시 즉각적인 대응이  
가능하도록 활용 가능하다.

#### 2. 서보 모터를 활용한 자동 휴지 교체 시스템

가. 활용 원리: 서보 모터의 정밀한 각도 제어

- 1) 서보 모터(Servo Motor)는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 이용하여 특정 각  
도로 회전할 수 있는 모터이다.
- 2) 기존 DC 모터와 달리 정확한 위치 제어가 가능하며, 휴지 물 배출 및 교체 과정에  
서 안정적으로 작동할 수 있도록 활용된다.

#### 나. 활용 방법

- 1) 서보 모터를 통해 빈 휴지심을 하단 배출구로 밀어내고, 새로운 휴지를 자동으로  
장착하는 과정을 수행한다.
- 2) 서보 모터가 180도 회전하여 기존 휴지심을 배출하고, 피스톤을 작동하여 새로운  
휴지를 밀어 넣는 구조로 설계된다.
- 3) 활용 분야: 자동 휴지 교체뿐만 아니라, 자동 문 개폐, 로봇 팔 움직임, 스마트 가전  
제품 등에서도 활용 가능하다.

#### 3. 피스톤 기구를 활용한 지렛대 원리 적용

가. 활용 원리: 지렛대 원리

- 1) 피스톤의 움직임은 지렛대 원리(Leverage Principle)를 적용하여 작은 힘으로도 무거  
운 물체를 이동시키는 방식이다.
- 2) 지렛대의 세 가지 요소  
가) 지점(지지점, Fulcrum) → 피스톤이 회전하는 중심  
나) 힘점(힘을 가하는 곳, Effort Point) → 서보 모터가 피스톤을 밀어 올리는 부분  
다) 부하점(이동해야 할 대상, Load Point) → 새로운 휴지 물을 밀어 넣는 위치

#### 나. 활용 방법

- 1) 서보 모터의 회전 운동을 피스톤의 직선 운동으로 변환하여 휴지를 정밀하게 밀어 넣는 방식으로 활용한다.
- 2) 피스톤이 특정 각도로 작동하면서 새로운 휴지를 자리로 정확히 밀어 넣도록 설계된다.
- 3) 활용 분야: 화장지 교체뿐만 아니라, 자동 문 개폐, 공장 자동화 설비, 자동차 엔진 시스템 등에도 활용된다.

### 4. IoT 기술을 활용한 스마트 휴지 관리 시스템

#### 가. 활용 원리: 무선 데이터 전송과 원격 제어

- 1) IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 기술을 활용하여 센서 데이터(남은 휴지량)를 스마트폰 또는 관리 시스템으로 전송할 수 있다.
- 2) Wi-Fi 또는 블루투스를 활용하여 실시간으로 데이터 송수신이 가능하며, 사용자는 원격으로 남은 휴지 상태를 확인할 수 있다.

#### 나. 활용 방법

- 1) 아두이노를 통해 수집된 데이터를 Wi-Fi 모듈(ESP8266 또는 ESP32)과 연결하여 관리자가 휴지 부족 여부를 원격으로 확인할 수 있도록 한다.
- 2) 스마트폰 애플리케이션을 활용하면 사용자는 공공 화장실 또는 가정 내에서 남은 휴지 상태를 확인하고, 필요 시 수동으로 교체 명령을 내릴 수도 있다.
- 3) 활용 분야: 스마트 화장실, 병원 및 요양 시설의 자동 관리 시스템, 공장 및 창고의 자재 자동 보충 시스템 등에서 활용 가능하다

### 5. 기술 활용의 확장 가능성

본 연구에서 적용된 기술은 다양한 분야로 확장하여 활용할 수 있다.

#### 가. 자동 자재 보충 시스템

- 1) 공장 및 창고에서 무게 감지 센서를 활용한 원자재 보충 시스템으로 응용 가능
- 2) 센서를 통해 부족한 원자재를 감지하고, 자동으로 새로운 자재를 투입하는 방식으로 산업 자동화에 활용 가능

#### 나. 스마트 가전 제품 적용

- 1) 서보 모터 및 IoT 기반의 자동 감지 시스템을 활용하여 스마트 주방, 스마트 청소기 등과 같은 자동화 기기에 적용 가능
- 2) 예를 들어, 쓰레기통이 가득 차면 자동으로 압축하여 부피를 줄이거나, 음식물 쓰레기통이 일정 무게를 초과하면 자동 밀폐되는 기능을 추가할 수 있음

#### 다. 의료 및 요양 시설에서의 자동 시스템

- 1) 병원이나 요양원에서 환자가 직접 조작하기 어려운 기기(자동 약 공급 시스템, 자동 세면 도구 공급기 등)에도 적용 가능
- 2) 무게 감지와 IoT 기술을 활용하면 자동으로 필요한 물품을 공급하는 스마트 환경 구축이 가능

## IV. 전망 및 기대효과

### 1. 전망

본 연구에서 개발한 자동 휴지 교체 시스템은 기존의 수동 방식에서 벗어나 완전 자동화된 화장실 용품 관리 시스템으로 발전할 수 있는 가능성을 가진다. 특히, 공공시설, 가정, 요양원, 병원, 교육기관 등 다양한 환경에서 적용될 수 있으며, 향후 스마트 화장실 시스템의 중요한 요소로 자리 잡을 수 있다.

#### 가. 스마트 공공 화장실 도입 가능성

- 1) 공공 화장실에서는 휴지 교체가 늦어지는 경우 불편함을 초래하며, 위생 관리가 어려운 경우가 많다.
- 2) 본 시스템을 적용하면 휴지 소진을 자동 감지하고 즉각적인 교체가 이루어지므로, 사용자 불편을 줄이고 관리 효율성을 극대화할 수 있다.
- 3) Wi-Fi 및 블루투스를 연동한 스마트 모니터링 시스템을 추가하면 관리자가 원격으로 휴지 보충 상태를 확인하고 유지보수를 효율적으로 수행할 수 있다.

#### 나. 고령화 사회 및 장애인 친화적 설계 확산

- 1) 현재 고령화 사회로 진입하면서, 노인 및 거동이 불편한 장애인을 위한 스마트 기기 개발이 더욱 중요해지고 있다.
- 2) 본 연구에서 개발한 시스템은 사용자가 직접 휴지를 교체할 필요 없이 자동으로 공급되므로, 노인 및 장애인들에게 큰 도움이 될 수 있다.
- 3) 장애인 화장실 및 요양 시설에 적용하면 보다 접근성이 높은 스마트 화장실 환경을 구축할 수 있다.

#### 다. 스마트 가정 및 상업 공간 도입 가능성

- 1) IoT 기술을 적용하면, 사용자가 스마트폰을 통해 원격으로 화장실 용품 상태를 확인하고 관리할 수 있는 스마트 가정 시스템으로 발전할 수 있다.
- 2) 호텔, 레스토랑, 쇼펄 등 상업 공간에서도 자동 휴지 교체 시스템이 도입되면, 고객 편의를 향상시키고 관리 비용을 절감할 수 있다.

## 2. 기대 효과

본 연구를 통해 개발된 자동 휴지 교체 시스템은 단순한 편의성을 넘어 위생적이고 효율적인 화장실 환경을 조성하는 데 기여할 것으로 기대된다. 특히, 사용자 편의성, 위생 개선, 관리 효율성 증가, 사회적 약자를 위한 배려, 비용 절감 등의 효과가 기대된다.

### 가. 사용자 편의성 증가

- 1) 휴지 교체가 자동으로 이루어지므로, 사용자는 더 이상 수동으로 확인할 필요가 없다.
- 2) 공공장소나 가정에서 항상 충분한 화장지가 준비되어 있어 불편함이 감소한다.

### 나. 위생 개선 및 환경 보호

- 1) 습기와 오염으로 인해 화장지가 손상되는 문제를 해결할 수 있다.
- 2) 자동 교체 시스템을 통해 위생적으로 관리할 수 있으며, 사용자가 직접 교체할 필요가 없어 교차 오염의 위험을 줄일 수 있다.
- 3) 불필요한 휴지 낭비를 줄이고, 보다 효율적인 사용이 가능하여 자원 절약 효과를 기대할 수 있다.

### 다. 유지보수 및 관리 효율성 증가

- 1) 무게 감지 센서를 통해 실시간으로 휴지 사용량을 파악하여 관리자가 필요할 때만 보충하도록 할 수 있다.
- 2) IoT 기술과 연동하면 원격으로 휴지 보충 상태를 확인하고 자동 알람을 받을 수 있어 유지보수 부담이 줄어든다.

### 라. 사회적 약자를 위한 배려

- 1) 노인, 어린이, 장애인 등 거동이 불편한 사람들도 쉽게 사용할 수 있는 시스템으로, 접근성을 높일 수 있다.
- 2) 공공 화장실 및 장애인 화장실에 적용하면, 보다 편리하고 차별 없는 환경을 조성할 수 있다.

### 마. 비용 절감 효과

- 1) 자동화 시스템을 통해 관리 인력의 부담을 줄이고, 효율적인 운영이 가능하다.
- 2) 불필요한 휴지 낭비를 줄이고, 휴지 사용량을 최적화하여 비용 절감 효과를 얻을 수 있다.

## V. 유사 작품 검색 및 차별성

### 1. 학술연구정보서비스 논문 검색 DB검색

#### 가. 검색결과



#### 나. 차별성

기존 연구인 “사물인터넷을 이용한 휴지잔량 실시간 모니터링 시스템”은 공공 화장실에서 휴지 잔량을 실시간으로 확인할 수 있는 시스템을 개발하는 데 초점을 맞추고 있다. 이 시스템은 IoT(사물인터넷) 기술을 활용하여 화장실 관리자가 원격으로 각 칸의 휴지 상태를 모니터링할 수 있도록 설계되었으며, 휴지가 부족한 화장실을 사전에 감지하여 빠르게 보충할 수 있도록 돕는다. 이를 통해 사용자가 직접 화장지를 확인하지 않고도 화장실을 사용하기 전에 휴지 부족 여부를 파악할 수 있으며, 관리자가 불필요한 점검 없이 효율적으로 유지보수를 수행할 수 있다.

반면, 본 연구에서 개발한 “자동 휴지 교체 시스템”은 단순히 휴지 잔량을 모니터링하는 것을 넘어, 자동으로 휴지를 교체하는 기능을 포함하는 점에서 차별성을 가진다. 본 시스템은 무게 감지 센서를 활용하여 남은 휴지의 양을 실시간으로 감지하고, 일정 무게 이하가 되면 서보 모터와 피스톤 기구를 이용하여 빈 휴지심을 자동으로 배출하고 새로운 휴지를 장착하는 방식으로 작동한다. 기존 연구가 관리자의 모니터링 및 알람 기능에 집중했다면, 본 연구는 사용자가 직접 개입할 필요 없이 자동으로 화장지 교체가 이루어지는 완전 자동화 시스템을 구현하는 것이 핵심 차이점이다.

## VI. 작품 제작 계획

내용	기간
부품 선정 및 재료 준비 (아크릴, 서보 모터, 센서 등)	4. 22. ~ 4. 27.
제품 설계 및 도면 작성 (아두이노 회로 및 기구 설계)	4. 28. ~ 4. 29.
외부 프레임 제작 (아크릴 가공 및 조립)	4. 30. ~ 5. 6.
센서 및 서보 모터 장착 (무게 감지 센서, 서보 모터, 피스톤 조립)	5. 7. ~ 5. 10.
아두이노 코딩 및 회로 연결 (휴지 감지 및 자동 교체 기능 구현)	5. 11. ~ 5. 16.
최종 조립 및 테스트 (센서 작동 테스트 및 보완)	5. 17. ~ 5. 19.
제작 완료 및 최종 점검	5. 20.

<서식 2> 개인정보수집동의서 (학생 1부, 지도교사 1부)

(제45회 인천광역시학생과학발명품경진대회)

## 개인정보 수집 . 이용 . 제3자 제공 동의서

### ❖ 개인정보 수집 . 이용 동의

1. 개인정보 수집.이용 목적: 인천학생과학발명품경진대회 운영 및 수상실적(상장) 발급
2. 수집하는 개인정보의 항목  
- 성명, 생년월일, 성별, 전화번호, 주소, 소속 학교명과 학년 등
3. 개인정보의 보유 및 이용 기간  
- 해당 대회 업무 전자문서 보관기간(10년)
4. 개인정보의 수집·이용을 거부할 수 있으나, 동의 거부 시에는 대회 참여가 제한될 수 있습니다.

위와 같이 개인정보를 수집·이용하는데 동의하십니까?(□에 체크표시를 해주시기 바랍니다.)

☐ 동의함

☐ 동의하지 않음

### ❖ 제3자 제공 동의

1. 제3자 제공 목적: 수상대장 등록 및 상장발급
2. 제공받는 기관: 인천광역시교육청 및 상장인쇄 업체
3. 개인정보 항목: 상장 수여 대상자의 소속, 성명, 성별, 생년월일 등
4. 보유 및 이용 기간: 해당 대회 업무 전자문서 보관기간(10년)
5. 제3자 제공 동의를 거부하실 수 있으나, 동의 거부 시에는 수상이 취소될 수 있습니다.

위와 같이 개인정보 제3자 제공에 동의하십니까?(□에 체크표시를 해주시기 바랍니다.)

☐ 동의함

☐ 동의하지 않음

본인은 위의 내용을 충분히 숙지하였으며, 개인정보 수집·이용 및 제3자 제공에 동의합니다.

2025 년      월      일

학생 (또는 지도교원) 성명

(서명)

### ❖ 참가 학생이 만 14세 미만인 경우

본인은 만 14세 미만 아동의 법정대리인으로써 대회 참여를 위해  
위와 같이 아동의 개인정보를 수집·이용 및 제3자 제공에 대하여 동의합니다.

학생 성명

(서명)

법정대리인 성명

(서명)

인천광역시교육청교육과학정보원장 귀하