

# 제15회 전국 고등학생 바이오안전성·바이오산업 토론회

## - 대회 요강 -

**[논제] 생형 S를 활용한 합성생물학 기술로 생물체를 설계·제작하는 것이 바람직한가?**

(※ 논제 취지문 및 참고자료 '5-9 page' 참조)

### 1. 대회 취지

- 바이오안전성 및 바이오산업 관련 토론 논제 선정을 통해 그에 대한 청소년들의 관심 제고 및 과학적 소양 함양
- 바이오기술의 긍정적/부정적 측면에 대해 다양한 정보에 입각한 균형 잡힌 학습 기회 제공 및 논리적 사고 향상
- 청소년들의 과학적 사고에 기반한 커뮤니케이션 능력 신장 및 올바른 토론문화의 확산

### 2. 참가 대상

- 대한민국 국적을 가진 전국 고등학교 재학생 또는 17~19세 청소년
  - 참가팀은 재학생 또는 청소년 2명으로 구성하며, 학년/나이 차이는 무방함 (팀원 선택에 어려움이 있는 경우 다른 학교 재학생과도 팀 구성 가능함)
  - 한 학교당 5팀까지만 신청 가능하며, 참가 신청서에 반드시 학교장 추천(직인)을 받아 제출해야 함
  - 정규 고등학교 재학생이 아닌 청소년의 경우 참가자의 주민등록상 생년월일을 참가 기준(2007.1.1. ~ 2009.12.31)으로 적용하며, 중학교 졸업 증명서로 학교장 추천(직인)을 대체할 수 있음
- 참가비 : 없음

#### ※ 대회 무단 불참에 관한 규정 ※

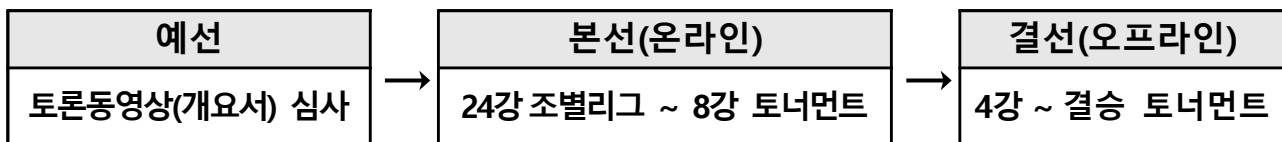
예선 통과 후 본선 참가를 확정된 팀은 긴급 상황이 발생한 경우에만 본-결선대회(24강~결승) 불참이 가능하며, 긴급 상황 발생 시에는 즉시 토론회 운영사무국에 전화로 해당 사실을 통보하고, 관련 내용을 증명할 수 있는 공식 서류(의료기관 소견서, 사고확인서 등)를 제출해야 한다. 긴급 상황은 참가자 본인의 중대한 건강 이상(예: 입원, 응급실 내원 등) 또는 직계가족의 사고·사망 등 긴급한 가족사로 한정된다. 시험, 타 대회 참가, 가족 여행 등 개인 사유는 불참 사유로 인정되지 않는다. 불참 사유를 증명하지 못하거나 운영사무국에 알리지 않고 무단으로 불참할 경우, 해당 팀의 참가자 2인 및 소속 학교 학생들은 차기 대회에 참가할 수 없다.

### 3. 대회 일정

※ 본/결선 일정 및 장소는 변경될 수 있음. 변경 시 대회 홈페이지 공지 예정

| 구 분        | 일 정                                | 비 고          |
|------------|------------------------------------|--------------|
| 접 수        | 2025년 6월 2일(월) ~ 7월 11일(금) 오후 2시까지 | 온라인 접수       |
| 예선 심사      | 2025년 7월 16일(수) ~ 7월 20일(일)        | 본선 진출 24팀 선정 |
| 예선 결과 발표   | 2025년 7월 23일(수) 오후 2시              | 대회 홈페이지 공지   |
| 본선 예비소집    | 2025년 8월 1일(금) 오후 7시 / 온라인         | 진로·진학 전문가 특강 |
| 본선(24강~8강) | 2025년 8월 2일(토) / 온라인               | ZOOM         |
| 결선(4강~결승)  | 2025년 8월 9일(토) / 한국생명공학연구원(대전 본원)  | 시상식 진행       |

### 4. 대회 방식



- 2:2 찬반토론 (※ 토론방식 및 발언 방법 '10-11 page' 참조)
  - 토론자 본인의 신념과는 관계없이 대회 당일에 추첨으로 결정된 찬성 혹은 반대 역할에 따라 토론을 진행하는 방식으로 논제와 관련된 자료조사와 사전학습을 통해 근거를 확보하고, 설득력 있는 논리를 펼치는 것에 큰 비중을 둠

### 5. 시상 내역

※ 상금에 대한 제세공과금은 수상자 본인이 부담함

| 부 문           | 시 상 내 용         | 인원 | 상 장 및 부 상        |
|---------------|-----------------|----|------------------|
| <b>팀별 시상</b>  |                 |    |                  |
| 대상            | 산업통상자원부 장관상     | 1팀 | 상장 및 상금 100만원    |
| 금상            | 한국생명공학연구원장상     | 1팀 | 상장 및 상금 80만원     |
| 은상            | 한국생명공학연구원장상     | 2팀 | 상장 및 상금 60만원(팀별) |
| 동상            | 한국생명공학연구원장상     | 4팀 | 상장 및 상금 40만원(팀별) |
| <b>개인별 시상</b> |                 |    |                  |
| 최우수 스피커상      | 한국생명공학연구원장상     | 1인 | 상장 및 상금 20만원     |
| 우수 스피커상       | 한국생명공학연구원장상     | 1인 | 상장 및 상금 10만원     |
| 지도교사상         | 한국생명공학연구원장상     | 2인 | 상장 및 상금 30만원(인별) |
| 특별상           | (청소년 청중참여단의 선택) | 1인 | 상금 10만원          |

## 6. 주최 및 후원

- 주최 : 한국생명공학연구원, 한국바이오안전성정보센터
- 후원 : 산업통상자원부

## 7. 본·결선 참가자 혜택

- 본·결선 경기 종료 후, 심사위원 피드백 제공
- 본선 진출팀 대상 진로·진학 전문가 온라인 특강 제공
- 결선 진출팀 대상 생명공학 세미나 참여 기회와 교통비 제공

## 8. 대회 문의

- 제15회 바이오안전성·바이오산업 토론대회 운영사무국  
Tel. 051)746-4947 E-mail. biodebate@naver.com
- 토론대회 홈페이지(<https://www.biosafety.or.kr/dbat/default.do>) 내 Q&A

## 9. 접수 요령

대회 참가 희망팀은 대회 홈페이지에서 지정 양식을 내려받아 참가신청 서류 일체를 작성하고, 제시된 논제에 대한 토론동영상을 촬영한 뒤, 정해진 기간 내에 온라인으로 접수를 완료해야 함(휴대전화 인증 로그인 필요)

### 1) 접수 개요

- 접수 기간 : 2025년 6월 2일(월) ~ 7월 11일(금) 오후 2시까지
- 접수 방법 : 온라인 접수(<https://www.biosafety.or.kr/dbat/default.do>)  
※ 전화, 이메일 등 기타 방법으로는 접수받지 않음
- 로그인 방식 : 참가자 또는 지도교사 본인 명의의 휴대전화 인증 로그인 필요

### 2) 제출 서류 및 파일

#### ① 참가신청서

- 팀명, 참가자 2인, 지도교사의 인적사항 등을 정확히 작성하며, 학교장 직인을 받은 후 스캔하여 제출
- ‘팀명’에는 참가팀 인적사항(성명, 학교명) 등 이를 암시하는 정보가 드러나지 않도록 작성
- 지도교사는 참가자의 소속 학교 교사에 한 해 가능함(사설학원 강사, 과외 교사, 학부모 등은 인정되지 않음). 지도교사는 공지 전달 및 행정 협조 역할을 하며, 본·결선 대회에 반드시 동행할 필요는 없음
- 파일명 : ‘팀명(학교명)’으로 저장 - 예시 : BIOSAFETY(한국생명고등학교).jpg

## ② 토론개요서

- 제시된 논제의 쟁점, 찬반 입장과 근거를 A4 1장 이내로 요약
- 제공된 양식에 따라 간략하고 명확하게 작성
- 파일명은 '팀명(학교명)'으로 저장 - 예시 : BIOSAFETY(한국생명고등학교).hwp

## ③ 토론동영상

- 팀원 2인이 각각 찬성과 반대를 맡아 서로 마주 보고 발언
- 2인이 함께 보이는 연속 풀샷 촬영 필수(편집, 자막, 클로즈업, 추가 녹음 등 가공 금지)
- 영상 및 음성엔 참가자의 인적사항(이름, 학교명, 교복 등)이 노출되지 않도록 주의
- 원고를 소지하거나 앞쪽에 붙여놓고 계속해서 읽는 경우 감점 처리됨
- 제작요건 **※ '토론동영상 제작 참고사항'(12~16page) 반드시 숙지 요망!!!**

|       |   |
|-------|---|
| 제작 기기 | 디지털 카메라, 디지털 캠코더, 휴대전화 등 활용   |
| 영상 분량 | 총 5분 이내   |
| 영상 내용 | 찬성측 1차 교차조사(45초) ▶ 반대측 1차 교차조사(45초) ▶<br>찬성측 반박(30초) ▶ 반대측 반박(30초) ▶<br>찬성측 2차 교차조사(45초) ▶ 반대측 2차 교차조사(45초) ▶<br>찬성측 재반박(30초) ▶ 반대측 재반박(30초)<br><b>*양측 입론은 토론개요서를 통해 이미 발언한 것으로 간주함</b> |
| 파일 규격 | 640×480 pixel 이상 / avi, wmv, mp4 파일   |
| 파일 용량 | 50MB 이내   |
| 파일명   | 팀명(학교명) - 예시 : BIOSAFETY(한국생명고등학교).wmv  |

## 3) 접수 시 유의사항

### ① 다음의 경우 접수가 인정되지 않음

- 지정 양식을 사용하지 않은 경우
- 필수 첨부파일(신청서, 개요서, 동영상) 중 하나라도 누락된 경우
- 토론개요서 또는 동영상이 제시된 논제를 벗어난 경우

### ② 참가자 및 지도교사의 인적사항은 정확히 작성해야 하며, 휴대전화는 반드시 연락 가능한 번호로 기재해야 함 → 잘못된 정보 입력으로 인한 불이익은 모두 참가자 본인의 책임임

### ③ 접수 완료 후에는 반드시 접수 확인 페이지에서 모든 첨부파일이 정상적으로 실행되는지 점검해야 함 → 특히 토론동영상의 화질, 음질 문제(영상 미재생, 음성 부족, 잡음 등)로 인해 심사가 불가능한 경우에도, 그에 따른 책임은 모두 참가자에게 있음

### ④ 접수 내용은 접수 기간 내에만 수정 가능함. 접수 마감일에는 접속자가 집중되어 인증 지연이나 오류가 발생할 수 있으므로, 여유 있게 미리 접수할 것을 권장함

## 10. 논제취지문

**논제: 생성형 AI를 활용한 합성생물학 기술로 생물체를 설계·제작하는 것이 바람직한가?**

### 컴퓨터공학자들이 노벨화학상을 수상한 이유

지난 2024년, 구글 딥마인드의 최고경영자인 데미스 하사비스와 수석 연구원 존 점퍼가 노벨화학상 수상자로 선정되었다. 화학자가 아닌 컴퓨터공학자에게 노벨화학상이 주어진 것은 이례적인 일이었지만, 수긍할만한 일이었다. 노벨의 유언에 따라 노벨상은 '해당 분야에서 인류 발전에 크게 기여한 연구나 발명을 한 사람'에게 주어지는데, 그들이 만들어낸 인공지능 프로그램 '알파폴드(AlphaFold)'는 이 조건을 만족시키기 충분했다. 2018년 처음 발표된 알파폴드는 생화학 분야에 있어 대표적인 난제이자 가장 중요한 문제인 아미노산 서열을 통한 단백질의 3차원 구조 예측에 있어 놀라운 성과를 거둔 바 있다. 또한 구조 분석과 예측에 중점을 두었던 알파폴드는 최근에는 단백질을 인공적으로 설계하고 디자인하는 능력까지 갖춘 '알파프로테오(AlphaProteo)'로 업그레이드되었고, 이제 인공지능은 생명체의 정보를 저장하고 학습하고 분석하는 것을 넘어서, 새로운 생명 정보를 예측하고 설계하고 제작하는 데 이르고 있다. 합성생물학과 생성형 AI의 융합은 이미 이루어지고 있는 셈이다.

### 합성생물학이란 무엇인가

지난 2003년 인간유전체프로젝트(Human Genome Project)의 초안 발표를 기점으로 해당 프로젝트의 주요 인물 중 하나였던 크레이그 벤터 박사는 합성생물학(Synthetic Biology)이라는 개념을 본격적으로 대중들에게 알리기 시작했다. 합성생물학에 대한 정의는 학자마다 조금씩 다르지만, 일반적으로는 '기존 생명체를 모방하거나 자연에 존재하지 않는 인공 생명체를 제작 및 합성하는 것을 목적으로 하는 연구'<sup>1)</sup>, '생명체의 구성요소와 시스템을 공학적 방법으로 설계, 제작, 활용하는 생명공학 분야의 학문 및 기술'<sup>2)</sup> 등으로 정의된다. 기존의 생물학이 자연에 이미 '존재하던' 생명체를 관찰하고 그 특성이나 원리를 밝혀내는 방향으로 진행되었다면, 합성생물학이란 '자연에는 존재하지 않았던 생물의 구성요소나 시스템을 설계 및 제작하거나, 이미 존재하고 있는 생물시스템을 기반으로 예측하고 설계하여 새롭게 제작하는 방향으로 접근한다. 예측과 설계와 제작이라는 보편적인 공학적 접근방식을 기계가 아니라 생명체에 적용시키는 것이 바로 합성생물학인 것이다.

1) 미국, 대통령 생명윤리 연구자문위원회(President Commission for the Study of Bioethics Issue, PCSBI)의 정의

2) 대한민국, 합성생물학 육성법(법률 제20923호)의 정의

## 합성생물학과 생성형 AI의 만남

합성생물학에서는 이 생체 분자들을 생명체로 프로그래밍 가능한 일종의 코드처럼 인식하며, 산업적 목적을 위해 코드를 다시 작성하고자 한다. 하지만 생명체의 유전 정보는 방대하고, 그 발현 방식은 더 많은 경우의 수를 지닌다. 따라서 합성생물학 연구에 인공지능, 특히 생성형 인공지능(Generative Artificial Intelligence, 이하 생성형 AI)의 도입이 효과적일 것이라는 생각이 등장했다. 일반적으로 인공지능이란 ‘학습, 추론, 지각, 판단, 언어의 이해 등 인간이 가진 지적 능력을 전자적 방법으로 구현한 것’이며, 생성형 AI는 ‘입력한 데이터<sup>3)</sup>의 구조와 특성을 모방하여 글, 소리, 그림, 영상, 그 밖의 다양한 결과물을 생성하는 인공지능시스템<sup>4)</sup>’을 의미한다. 다시 말해 생성형 AI들은 인터넷에서 수집한 방대한 학습 데이터 세트를 활용하여, 대규모 언어모델(Large language model)과 용어집을 기반으로 하는 확산 모델(Diffusion model) 등의 내부적 규칙을 적용해, 사용자(인간)가 제시하는 자연어 프롬프트를 충족할 수 있는 결과물들을 예측해 출력하는 것이다. 이 원리를 합성생물학에 적용한다면, 생성 생물학(Generative Biology)적 접근이 가능할 것이다.

## 합성생물학과 생성형 AI가 그리는 장밋빛 미래

합성생물학과 생성형 AI의 만남은 인류에게 새로운 가능성을 열어주며, 이는 지금껏 인류에게 부담을 주었던 문제를 해결하는 또 다른 돌파구가 될 수 있다.

먼저, 합성생물학 분야에 있어서 생성형 AI의 도입은 설계 효율을 높이는 데 도움이 된다. 생성형 AI의 대표적인 챗GPT가 사람의 자연어를 학습해 텍스트 형태로 출력 하듯이, 생성형 AI가 DNA 코드나 단백질의 아미노산 서열의 특성 및 구조를 학습 하여 빠른 시간 내에 가능성 높은 유전자 코드나 단백질의 3차원 구조를 예측해 출력 하는 것도 가능하다. 앞서 기술한 알파폴드나 알파프로테오 등이 대표적인 예이다. 2018년 열린 제13회 ‘단백질 구조 예측 학술대회(Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction, 이하 CASP)’에 처음으로 참가한 알파폴드는 이 대회에 참여한 전 세계 98개의 연구 그룹 중에 1위를 차지했으며, 2년 후에 열린 제14회 CASP에서는 ‘알파폴드 쇼크’라 불릴 정도로 압도적인 우위를 보여 전 세계 연구자들을 충격에 빠뜨린 바 있다. 알파폴드는 기존에는 수개월에서 수년씩 걸렸던 단백질의 3차원 구조 분석을 90%가 넘는 정확도로 단 몇 시간 만에 예측해 내는 것이 가능할 뿐 아니라, 제조사 딥마인드가 오픈소스로 공개한 자료에 따르면 알파

3) 데이터란 다양한 부가치 창출을 위하여 관찰, 실험, 조사, 수집 등으로 취득하거나 정보시스템 및 소프트웨어 등을 통하여 생성된 것으로서 광(光) 또는 전자적 방식으로 처리될 수 있는 자료 또는 정보를 말한다. 「데이터 산업진흥 및 이용촉진에 관한 기본법(약칭 데이터산업법)」, 법률 제18475호

4) 「인공지능 발전과 신뢰 기반 조성 등에 관한 기본법(약칭 인공지능기본법)」, 법률 제20676호



폴드가 예측한 단백질의 구조 예측 결과는 무려 2억개에 달한다. 이는 이론적으로 조합 가능한 단백질 수의 90%에 이르는 방대한 양이다. 이처럼 합성생물학 분야에서 생성형 AI의 도입은 다양하고 빠른 예측을 통해 설계 효율성을 극대화 시킬 수 있을 뿐 아니라, 저장된 유전정보를 바탕으로 더 간편하고 정확하게 유전자 편집이 가능한 인공 유전자 가위 모델을 제시할 수도 있으며, 후성유전학적 프로세스까지 학습시킨다면 생성형 AI를 이용하면 훨씬 더 효율적인 생물 시스템 설계가 가능하다.

둘째, AI의 도입은 산업 현장에서 생산의 효율성을 높이는데도 매우 유용하다. 합성 생물학적 접근을 통해 새로운 생명시스템을 제작하는 이유는 근본적으로 산업적 필요성에 있다. 개똥속에서 추출하는 아르테미신(말라리아 치료제)처럼 기존에는 천연물에서만 소량 존재하던 물질을 인공적으로 대량 합성하는 공정을 수립하거나, 꼭 필요하지만 수요가 적고 생산 단가가 높아 경제성이 지나치게 떨어지는 희귀난치병 치료제를 개발하고 그 생산 비용을 획기적으로 낮추는 방법을 찾는 것처럼 말이다. 생성형 AI의 도입은 실험실 프로세스, 발효시설, 세포배양 등 생명공학 산업의 하드웨어나 인프라, 워크플로우를 분석해 재설계하여 가장 효율적인 생산 공정을 제시할 수 있으며, AI를 사용하여 공정을 모니터링하고 자동화함으로써 생산 효율을 높이고, 생산 과정에서 의도치 않게 발생할 수 있는 부산물이나 오염원을 예측해 대응법을 미리 구축할 수도 있는 장점을 지닌다. 이를 통해 합성생물학적 공정을 전략적으로 개발하는 스마트랩이나 이렇게 만들어진 작물이나 미생물 등을 안정적으로 재배하는 스마트 농장의 수립과 확산이 가능해질 수 있다.

셋째, 합성생물학과 생성형 AI의 융합은 환경 문제 해결에도 도움을 줄 수 있다. IEA(International Energy Agency)의 자료에 따르면, 전 세계 데이터센터에서 사용하는 전력량은 본격적으로 생성형 AI가 도입되기 전인 2013~2019년까지는 200TWh 정도로 비교적 안정적으로 유지되었으나, 이후 급격히 증가하기 시작하여 2022년 기준 460TWh로 늘어났고, 2026년에는 최소 600TWh에서 최대 1,000TWh까지 증가할 것으로 예측되고 있다. 생성형 AI는 대규모 데이터셋과 복잡한 연산을 실시간으로 수행하기 위해 전력을 많이 소모하며, 많은 프로세서를 사용하는 만큼 기계가 쉽게 과열되므로 이를 냉각시키기 위해서도 에너지가 필요하다. 특히나 데이터센터의 전력 필요량 중 40%가 오로지 냉각만을 위해 사용될 정도로 발열 문제는 심각하다. 현재 전력 생산의 비중에서 화력발전과 원자력발전이 차지하는 비율이 높기에 전력량의 급증은 환경에 부담이 될 수밖에 없다. 이에 대한 저에너지 대안으로 뇌 오가노이드를 이용한 연산 시스템의 도입이 연구되고 있다. 오가노이드란 줄기세포를 3차원으로 배양해 초소형 장기 유사체를 만드는 기술로, 자체 신경 활동이 가능한 뇌 오가노이드를 이용하면 에너지 소모율을 낮추고 오염물질 및 탄소 배출을 저감 시킬 수 있다. 생성형

AI에 합성생물학적 부품을 적용해 융합하는 과정을 통해 시너지를 기대할 수 있는 것이다.

## 합성생물학과 생성형 AI의 불편한 그늘

이처럼 합성생물학 분야에 있어 생성형 AI의 도입은 다양한 가능성을 제시하고 있지만, 그 둘의 만남에는 여전히 불안한 요소들이 도사리고 있다.

이 둘의 만남에 있어 가장 대표적인 문제는, 생성형 AI를 통한 결과 도출 과정이 매우 불투명하다는 것이다. 현대인들의 대다수는 이제 챗GPT와 같은 생성형 AI를 일상적으로 사용하지만, 절대 다수가 생성형 AI가 어떤 프로세스를 통해 답변을 도출하는지 모른다. 사실 딥 러닝을 통해 학습하는 AI의 특성상 이들이 어떤 방식으로 데이터를 학습하고 처리하는지는 전문가들조차 정확하게 알 수 없는 것이 현실이다. 과정이 불투명하면, 결과를 믿을 수 없게 된다. 그래서 일각에서는 생성형 AI를 통한 합성생물학적 접근방식을 ‘블랙박스(black-box)’ 프로세스라 칭하기도 한다. 블랙박스란 근본적으로 ‘알 수 없음’을 전제하므로 이를 통해 설계되고 제작된 결과물은 안전성을 담보하기 어렵고, 어떠한 이익 집단의 편향적 의도가 내포되었는지도 파악할 수 없으며, 이로 인해 문제가 생겼을 경우 책임을 질 주체가 모호해진다. 게다가 합성생물학의 결과물은 기존의 기계와는 달리, 번식하고 변화하고 상호작용을 하는 등의 생물학적 특성도 가지고 있기에 만의 하나라도 부정적인 결과물이 제작되는 경우, 그 부정적 여파가 미치는 범위는 상상을 뛰어넘을 수도 있다.

둘째, 산업 현장에서의 효율성 증진이 반드시 정의롭지는 못하다는 것이다. 생물 유래 물질을 안정적이고 경제적으로 생산할 수 있다는 장점은 그 대상이 유용한 영양 물질이나 의약품이 아니라, 생물체에서 발견되는 치명적인 독소나 중독성을 가지는 물질의 생산 효율 증가에도 역시 적용이 가능하기 때문이다. 따라서 정부 및 규제 기관의 지속하고 철저한 모니터링과 기술 평가, 규제 및 리콜을 위한 법적 지침과 인적 역량이 담보되지 못한다면, 산업 현장에서 효율성 증진을 위한 AI의 도입은 득보다 실이 더 크며, 범죄에 악용되거나 사회적 불평등을 심화시킬 수 있는 기술적 방법만을 제시할 가능성이 높다.

생성형 AI와 합성생물학의 만남에서 가장 근본적인 문제는 이러한 방식이 우리가 지금까지 형성해왔던 생명의 가치를 뿌리째 뒤흔드는데 있다. 합성생물학은 생명체를 일종의 기계로 설정하고 접근하지만, 생명은 절대로 기계와 같지 않다. 생명체는 기계와는 근본적으로 다르게 작동하며 개체 자체가 가지는 가치도 결코 기계와 동일할 수 없기 때문이다. 일례로 컴퓨터 프로그램에 오류가 있을 경우, 디버깅을 통해 오류가



발생한 곳을 수정하거나 아니면 전체를 삭제하고 새로 프로그래밍을 할 수 있지만, 생명체의 경우 오류가 난 DNA 코드를 수정한다고 해서 반드시 결과가 바뀌지는 않으며, 오류가 생긴 개체를 함부로 없애는 것도 쉽지 않은 일이다. 이는 인류가 보편적으로 지켜온 가치관과 윤리의식을 근본부터 뒤흔드는 일이 될 수 있기에, 이 과정에서 생겨날 혼란과 불안을 추스르기 위해 필요한 사회적 비용과 의식적 변화를 위한 노력은, 합성생물학과 생성형 AI의 만남으로 얻을 수 있는 실질적 유용성을 훨씬 뛰어넘을 수 있다.

새로운 기술은 그 자체로 유용성을 가지지만, 역사적 교훈을 토대로 보았을 때 그 유용성이 반드시 인류에게 긍정적인 결과만을 가져오는 것은 아니었다. 이미 합성생물학과 생성형 AI의 융합이 현실화되고 있는 시점에서, 우리는 더 늦기 전에 진지하게 질문을 던질 필요가 있다. 과연 생성형 AI를 활용한 합성생물학 기술로 생물체를 설계·제작하는 것이 바람직한가?

#### [논제 관련 참고자료]

- 한국바이오안전성정보센터, 『합성생물학 및 적용 산물 규제관리 정책 전망보고서 개정판』, 2024
- 국가생명공학정책연구센터, 『2024 합성생물학 이슈페이퍼』, 2024
- 한국생명공학연구원, 『BioINpro Vol.137-바이오파운드리: 합성생물학 연구의 자동화』, 합성생물학 WG, 2024
- 한국산업기술진흥원, 『애자일 제13호-스마트랩②: 국내외 사례』, 2024
- 한국산업기술진흥원, 『애자일 제12호-스마트랩①: 개념과 시장·정책 동향』, 2024
- 한림원, 『미래 30년을 대비하는 과학기술전략: 인공지능의 활용과 공존』, 2024
- 삼성KPMG경제연구원, 『AI로 촉발된 헬스케어 산업의 대전환』, 2024
- 송기원, 『송기원의 포스트 게놈 시대: 생명 과학 기술의 최전선, 합성 생물학, 크리스퍼, 그리고 줄기세포』, 사이언스북스, 2024
- Jim Thomas, Scan the Horizon, formerly with the ETC Group, 『Black Box Biotech: Integration of Artificial Intelligence with Synthetic Biology』, African Centre for Biodiversity, 2024
- 한국생명공학연구원, 『BioINpro Vol.129 - 2023 생명공학분야 인공지능 연구동향』, AI신약플랫폼 WG, 2023

## 11. 토론방식 및 발언 방법

### 1) 2:2 찬반토론 방식

※ 24강 조별리그전과 8강-결승전까지의 발언 시간이 다르므로 주의

| 발언순서  | 발언자       | 방식      | 24강 조별리그 | 8강-결승 |
|-------|-----------|---------|----------|-------|
| 1     | A팀 ①번 토론자 | 입론      | 1분 30초   | 3분    |
| 2     | B팀 ①번 토론자 | 입론      | 1분 30초   | 3분    |
| *준비시간 |           |         | 1분       | 2분    |
| 3     | A팀 ②번 토론자 | 1차 교차조사 | 2분       | 4분    |
| 4     | B팀 ②번 토론자 | 1차 교차조사 | 2분       | 4분    |
| 5     | A팀 ②번 토론자 | 반박      | 1분 30초   | 3분    |
| 6     | B팀 ②번 토론자 | 반박      | 1분 30초   | 3분    |
| *준비시간 |           |         | 1분       | 2분    |
| 7     | B팀 ①번 토론자 | 2차 교차조사 | 2분       | 4분    |
| 8     | A팀 ①번 토론자 | 2차 교차조사 | 2분       | 4분    |
| 9     | B팀 ①번 토론자 | 요약(재반박) | 1분       | 2분    |
| 10    | A팀 ①번 토론자 | 요약(재반박) | 1분       | 2분    |
| *준비시간 |           |         | 1분       | 1분    |
| 11    | B팀 ②번 토론자 | 최종 결론   | 1분       | 2분    |
| 12    | A팀 ②번 토론자 | 최종 결론   | 1분       | 2분    |
| 합 계   |           |         | 21분      | 41분   |

- 각 토론은 팀당 2인으로 구성된 찬성팀과 반대팀이 참여함
- 팀의 입장(찬성 또는 반대) 및 발언 순서(A 또는 B)는 매 경기 시작 전 탁구공 추첨을 통해 결정함
- 발언 시간은 앞쪽에 배치된 화면의 타이머를 통해 토론자가 실시간 확인할 수 있음.  
발언 종료 30초 전에는 녹색, 종료 15초 전에는 적색으로 종료 시점을 안내함
- 발언 순서 7번(2차 교차조사)부터 B팀이 먼저 발언함

### 2) 2:2 찬반토론 발언 방법

※ 모든 발언 종료 시, “~이상입니다”라는 멘트로 발언을 마무리하여, 본의 아니게 시간을 초과하지 않도록 유의하여야 함(종료 멘트까지 시간에 포함됨)

#### ① 입론 (각 팀 ①번 토론자)

- 모든 토론은 논제에 등장하는 주요 개념들을 바르게 정의하는 것에서부터 시작함. 따라서 각 팀 ①번 토론자는 토론 주제에서 반드시 논의되어야 할 주요 개념들을 적절하게 제시

하고, 이들 개념을 올바르게 이해하고 있음을 입론 과정에서 밝혀야 함

- 더불어 이러한 개념 정의와 논제가 등장한 배경이나 역사, 논제의 현상 및 문제에 관한 분석을 이 과정에서 명시하고, 자신의 주장을 펼침

## ② 1차 교차조사 (각 팀 ②번 토론자)

- 교차조사는 상대팀 논리상에 나타나는 문제를 부각시킬 수 있는 심문 과정으로, 서로의 주장과 논거에 대한 허점이나 오류 또는 반대 생각 등을 들어 질문하고 그에 따른 짧은 답변을 요구하며, 주장 중에서 불충분하다고 판단되거나 나중에 문제 삼을 부분에 대해 상대팀의 분명한 입장을 들어볼 수 있는 기회로 삼아야 함('2:2 찬반토론 방식'에서 교차조사에 배정된 점수 비중이 다른 발언 순서에 배정된 점수보다 큼)
- **질문자의 경우 : 주어진 시간을 끝까지 충분히 활용하여 간략하고 포인트 있는 질문을 많이 하는 것이 중요함. 다만 질문과 답변하는 시간 모두가 발언 시간에 포함되므로, 답변을 듣다가 시간이 다 지나가 버리는 경우가 발생할 수 있으므로 상대가 주장하는 논리가 애매해지거나 늘어지는 경우 적정선에서 예의를 갖춰 말을 끊을 줄도 알아야 함**
- **답변자의 경우 : 효과적이고 설득력 있는 간단한 답변을 하는 것이 중요하며, 상대팀의 주장을 회피하기 보다는 전적으로 맞서 반론하는 것이 유리함**

## ③ 반박 (각 팀 ②번 토론자)

- 앞선 교차조사에서 드러난 상대팀의 논리적 허점이 무엇인지를 지적하면서 상대팀의 입론 주장을 논리적으로 재논박하고, 상대팀에 의해 논박되지 않은 내용들을 정리함은 물론(논박되지 않은 주장은 수용된 것으로 인정되므로 이를 심사위원에게 주지시킬 필요가 있음), 추가적인 근거나 자료를 통해 본인팀의 입론을 보강해 주어야 함

## ④ 2차 교차조사 (각 팀 ①번 토론자)

- 앞의 교차조사 방법과 동일

## ⑤ 요약(재반박) (각 팀 ①번 토론자)

- 본인팀에 유리한 핵심적인 논점을 요약해서 정리하고, 불리한 점을 방어하면서 상대팀의 약점을 효과적으로 드러냄. 그러기 위해서는 토론 전반에 대한 요약 및 핵심 포인트의 간략한 정리가 필요함
- **앞서 언급되지 않았던 새로운 논쟁거리가 처음으로 제시되어서는 안 됨**

## ⑥ 최종 결론 (각 팀 ②번 토론자)

- 토론의 마지막 발언 기회로, 본인팀이 제시한 필수 쟁점의 논리성과 방안의 실행을 통해 발생할 이익을 상기시키면서 상대팀의 요약(재반박)에서 제시된 주장들을 성공적으로 공격하고, 왜 본인팀이 이 토론에서 승리했는지를 말함
- 다시 말해, 상대팀이 입론에서 제시한 논리와 반박한 내용을 중심으로 다시 본인팀의 필수 쟁점이 모두 성공적으로 방어되었다는 점을 확인시키면 됨

## 제15회 전국 고등학생 바이오안전성·바이오산업 토론대회

### 1. 토론동영상 제작 개요

|        |  |
|--------|--|
| 제작 기기  | 디지털 카메라, 디지털 캠코더, 휴대전화 등 활용  |
| 촬영 방법  | 각 발언 순서 모두 토론자 2인의 모습이 보이도록 풀 샷으로 연속 촬영<br>※ 클로즈업 촬영과 추가 녹음, 편집 및 자막 처리 등 2차 가공은 금지!!! |
| 영상 분량  | 총 5분 이내  |
| 파일 규격  | 640×480 pixel 이상 / avi, wmv, mp4 파일  |
| 파일 용량  | 50MB 이내<br>※ 하단 '3. 동영상 파일 용량 변환 방법' 참고  |
| 제출 파일명 | 팀명(학교명) - 예시 : BIOSAFETY(한국생명고등학교).wmv   |

### 2. 토론동영상 제작 방법

- 팀 내에서 각 1명씩 찬성측과 반대측으로 나누고, 토론방식의 발언순서에 맞추어 토론자 2명이 서로 마주 보고 발언함(하단 유의사항 숙지요망)
- 논제 : 생성형 AI를 활용한 합성생물학 기술로 생물체를 설계·제작하는 것이 바람직한가?
- 토론방식 ※ 양측 입론은 토론개요서를 통해 이미 발언한 것으로 간주함

| 발言순서 | 발言자     | 방식      | 시간  |
|------|---------|---------|-----|
| 1    | 찬성측 토론자 | 1차 교차조사 | 45초 |
| 2    | 반대측 토론자 | 1차 교차조사 | 45초 |
| 3    | 찬성측 토론자 | 반박      | 30초 |
| 4    | 반대측 토론자 | 반박      | 30초 |
| 5    | 찬성측 토론자 | 2차 교차조사 | 45초 |
| 6    | 반대측 토론자 | 2차 교차조사 | 45초 |
| 7    | 찬성측 토론자 | 재반박     | 30초 |
| 8    | 반대측 토론자 | 재반박     | 30초 |
| 합 계  |         |         | 5분  |

## • 발언 방법

### ※ 각 발언마다 발언의 시작과 끝을 멘트로 알림

예) "지금부터 찬성측 교차조사를 시작하겠습니다" / "~이상으로 교차조사를 마치겠습니다."

#### ① 1차 교차조사 - 45초

- 상대방 논리상에 나타나는 문제를 부각시킬 수 있는 심문 과정으로, 서로의 주장과 논거에 대한 허점이나 오류 또는 반대 생각 등을 들어 질문하고 그에 따른 짧은 답변을 요구하며, 주장 중에서 불충분하다고 판단되거나 나중에 문제 삼을 부분에 대해 상대팀의 분명한 입장을 들어 볼 수 있는 기회로 삼아야 함

(질문자의 경우) 주어진 시간을 끝까지 충분히 활용하여 **간략하고 포인트 있는 질문을 많이 하는 것이 중요함**. 다만 질문과 답변하는 시간 모두가 발언 시간에 포함되므로, 답변을 듣다가 시간이 다 지나가 버리는 경우가 발생할 수 있으므로 상대가 주장하는 논리가 애매해지거나 늘어지는 경우 적정선에서 예의를 갖춰 말을 끊을 줄도 알아야 함

(답변자의 경우) **효과적이며 설득력 있는 간단한 답변을 하는 것이 중요하며**, 상대방의 주장을 회피하기보다는 전적으로 맞서 반론하는 것이 유리함

예) "아까 ~~라고 하셨는데 맞습니까? 그렇다면 ~~~아니지 않습니까?" 이런 식으로 질문하고, 상대방이 필요이상으로 답변을 길게 끌고 간다면 질문하는 사람 입장에서 "알겠습니다.", "제가 질문을 이어가도록 하겠습니다." 등으로 제지 할 수 있음

#### ② 반박 - 30초

- 앞선 교차조사에서 드러난 상대방의 논리적 허점이 무엇인지를 지적하면서 상대방의 입론 주장을 논리적으로 재논박하고, 상대방에 의해 논박되지 않은 내용들을 정리함은 물론 (**논박되지 않은 주장은 수용된 것으로 인정되므로 이를 심사위원에게 주지시킬 필요가 있음**) 추가적인 근거나 자료를 통해 본인의 입론을 보강해 주어야 함

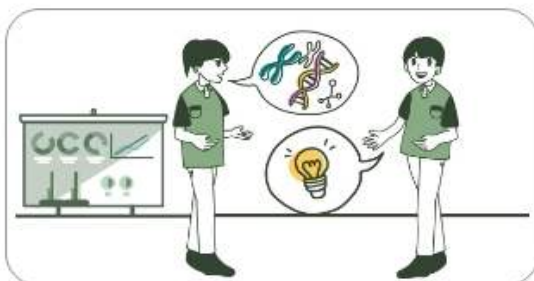
#### ③ 2차 교차조사 - 45초

- 앞의 교차조사 방법과 동일

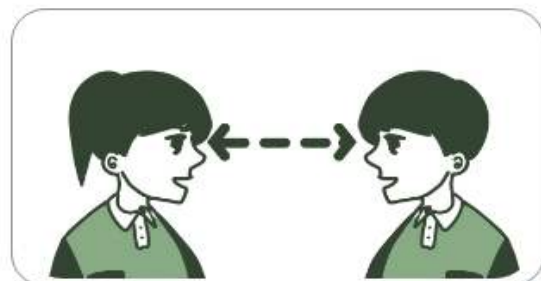
#### ④ 재반박 - 30초

- 본인에게 유리한 핵심적인 논점을 요약해서 정리하고, 불리한 점을 방어하면서 상대방의 약점을 효과적으로 드러냄. 그러기 위해서는 토론 전반에 대한 요약 및 핵심 포인트의 간략한 정리가 필요함
- **앞서 언급되지 않았던 새로운 논쟁거리가 처음으로 제시되어서는 안 됨**

## • 유의사항



① 각 토론 순서 모두 토론자 2인의 모습이 보이도록 전체적인 풀 샷으로 촬영



② 팀 내에서 각 1명씩 찬성측, 반대측을 맡아서 토론자 2인은 서로 마주보고 발언함



- 3 제출 전 토론동영상이 제대로 실행되는지 확인  
할 것

동영상의 소리가 너무 작거나 주위 잡음이 너무  
큰 경우 등을 포함하여 심사 진행이 불가한 상  
황으로 생긴 불이익에 대해서는 참가자에게 책  
임이 있음.



- 4 원고를 소지 또는 앞쪽에 붙여놓고 계속해서  
읽는 경우 감점처리.



- 5 카메라를 보고 발언하거나 폴삭이 아닌 앵글로  
촬영하지 말 것

촬영시 양측 토론자의 전신이 전부 나타나도록  
촬영



- 6 참가팀의 소속학교, 인적사항 또는 이를 암시  
하는 정보 노출 불가

팀명, 학교명을 직접 언급하거나, 칠판에 쓰는  
행동과 교복, 활동복, 체육복 착용 금지 등

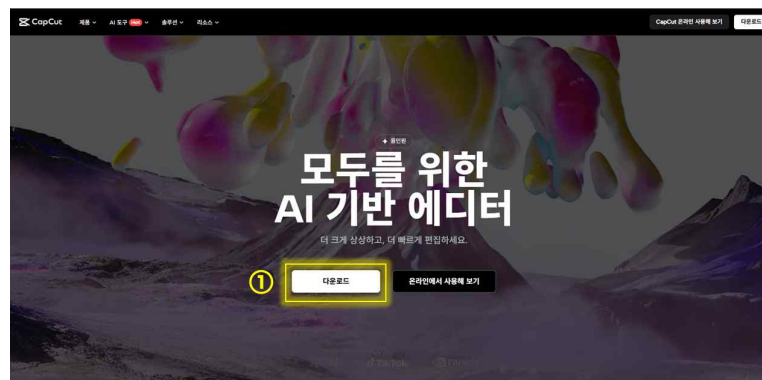
### 3. 동영상 파일 용량 변환 방법('CapCut' 이용)

[1단계] 아래 링크를 눌러 CapCut(캡 컷)\* 프로그램을 다운로드 및 가입한다.

\* CapCut(캡 컷) : 동영상 변환, 간단한 편집이 가능한 동영상 변환 무료 프로그램

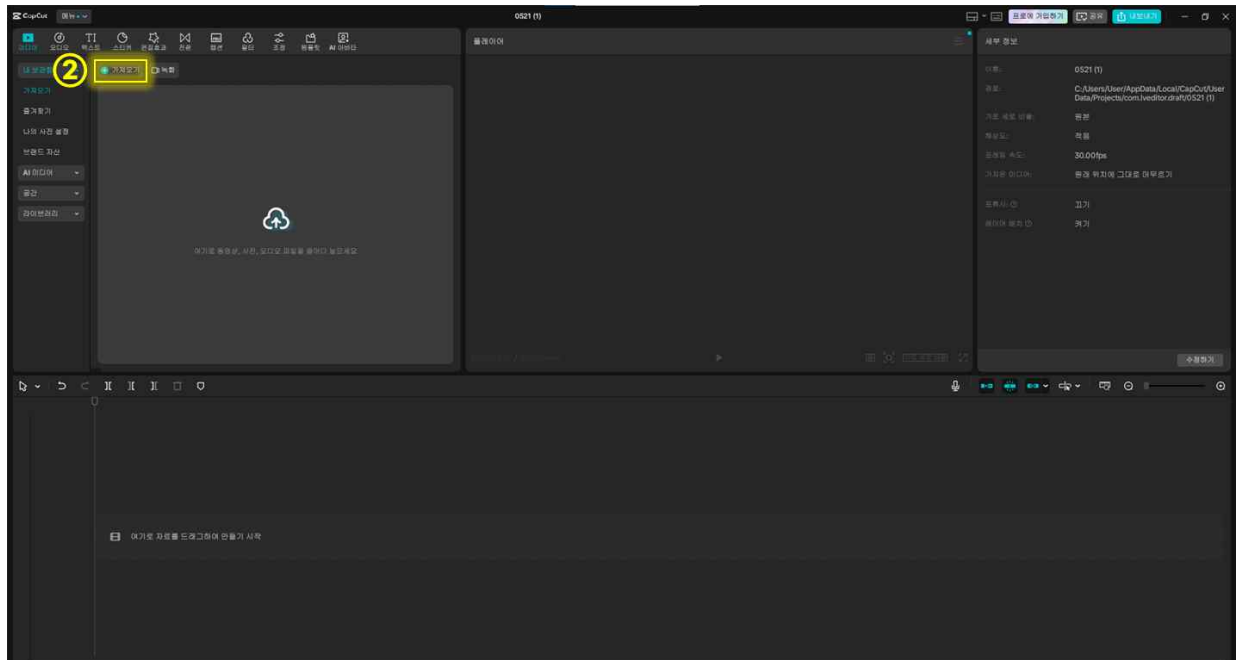
\* 다운로드 링크

<https://www.capcut.com/ko-kr/>

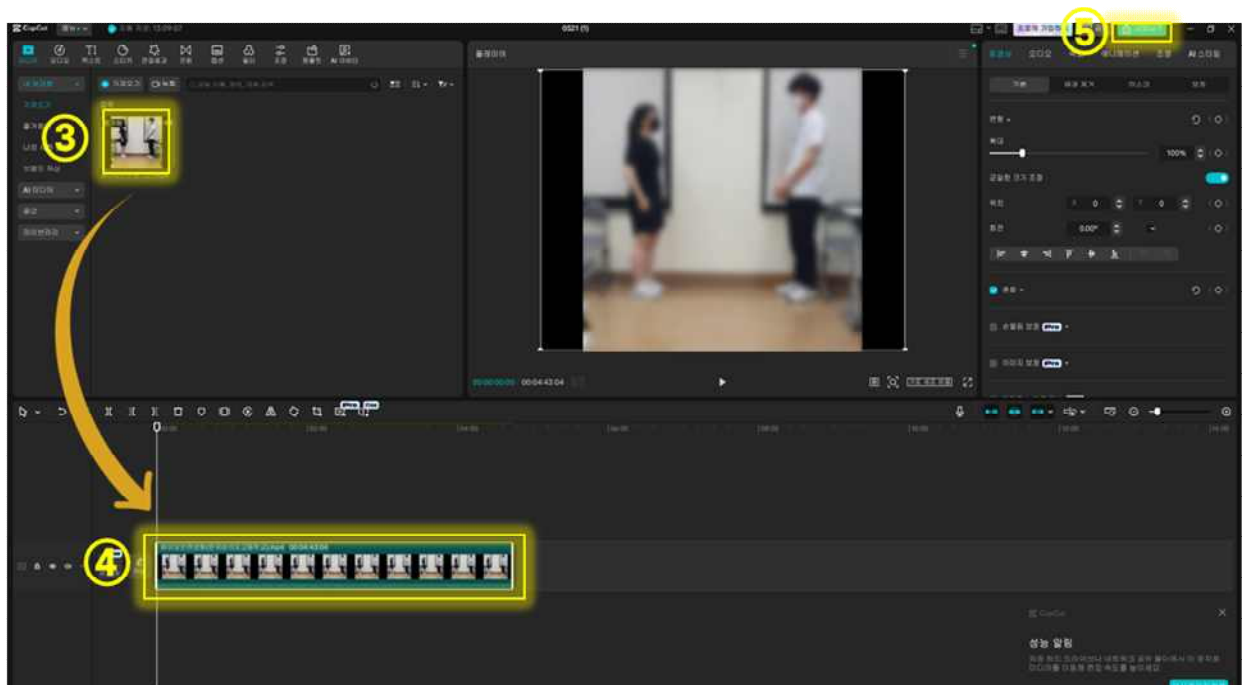




[2단계] 'CapCut'을 실행하여 로그인 후 '프로젝트만들기'를 클릭 후 아래와 같은 창이 뜨면, 중앙에 있는 **+ 가져오기** 버튼을 클릭하여 변환하고자 하는 파일을 연다.



[3단계] 추가한 파일을 클릭한 상태로 왼쪽 하단의 타임라인 중 ④위치의 '여기로 자료를 드래그하여 만들기 시작' 으로 ③을 끌어다 놓은 후 **↑ 내보내기** 버튼을 클릭한다.



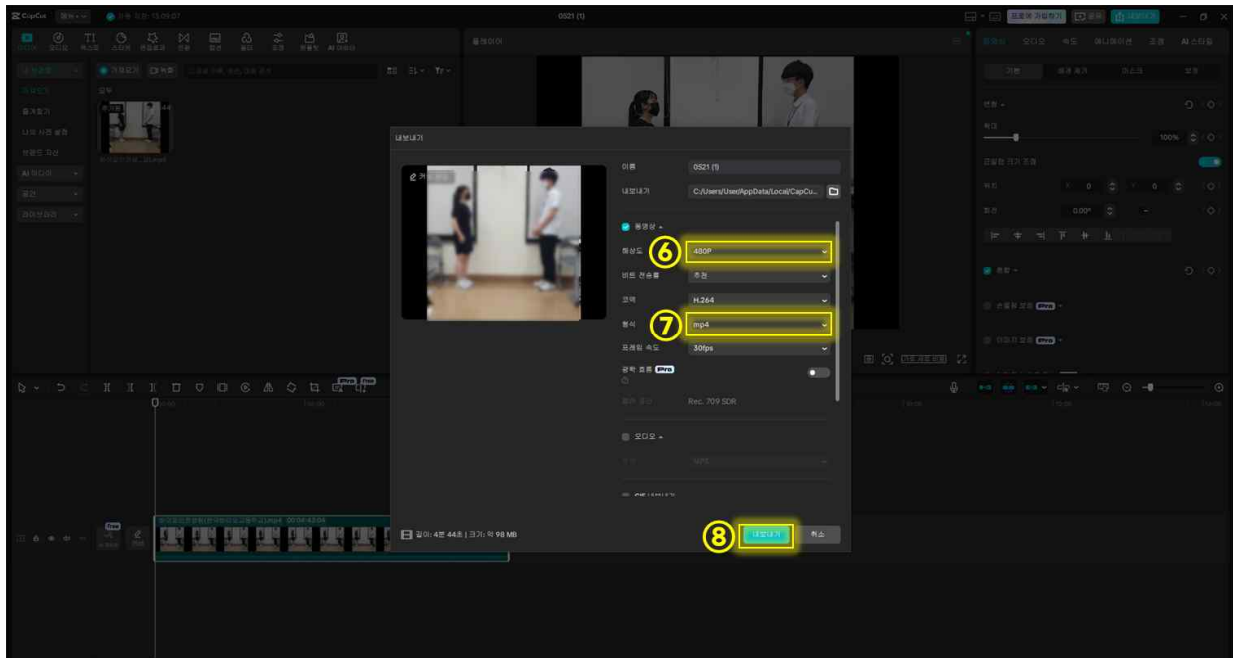
[4단계] 파일 용량\*을 줄인 후 **내보내기** 버튼을 누르면 인코딩 화면으로 전환된다.

\* 파일 용량을 줄이는 방법

☞ **프로젝트 해상도를 '480P'로 설정**

☞ **형식(포맷)을 'MP4'로 설정**

**\* 바이오안전성·바이오산업 토론회 추천 사항 : MP4, 640x480**



[5단계] 인코딩 화면으로 전환되면, ⑨원본으로 선택된 것을 확인 후 인코딩이 완료되기를 기다린다.

인코딩이 완료된 후 **폴더열기** 를 클릭하면 변환 완료된 파일이 있다.

