* 유웨이어플라이 입학지원 사이트에서 작성하고 저장 완료한 입학원서, 제출서류 목록, 연구계획서 및 자기소개서, 학력조회동의서를 인쇄하거나 또는 PDF 파일로 다운로드 받아 다른 지원자 제출서류들과 함께 제출서류 목록 순서대로 취합 및 정리하여 스캔 후 하나의 PDF 파일을 생성해 제출 바람

*** 평가 시 식별이 잘 되도록 제출서류를 최대한 선명하고 깔끔하게 제출 바람**
(파일용량 32MB 이하의 PDF 파일만 업로드 가능)

Ulsan National Institute of Science and Technology

(Application for 2024 Fall Graduate Admission)

Application Number

☐ scholarship Scholarship(Government or UNIST) (   ) Other Scholarship(Company, Institute, Yourself, etc.) (   )

☐ Intended Degree Master (   ) Master-Doctor (   ) Doctor (   )

☐ Application Unit (Major) ______

☐ Applicant Name ______ ☐ Nationality ______

☐ Date of Birth ______ (yy/mm/dd) ☐ ID Number ______

☐ Address ______ ☐ Military ______

☐ Phone number ______ ☐ Cell phone ______

☐ Fax Number ______ ☐ E-Mail ______

☐ College / University Attended

○ Undergraduate

______

______

○ Graduate

______

______

☐ English Proficiency English Test Scores

TOEFL(PBT,CBT,iBT) ______ IELTS ______

TOEIC ______ (Test Date 2024/01/31) TEPS ______

G-TELP(Level 2) ______ TOEIC S/W ______

G-TELP(Level 3) ______ OPIC ______

Exemption (   )

*** 공인영어성적 미제출 시 영어성적 항목 선택 필요 없음(에너지화학공학 모집단위 지원자 중 제출 면제사유 해당자는 해당 항목 선택하지 않고 관련 증빙서류만 지원자 제출서류에 포함 제출-영어로 학위과정을 이수했다는 증명서류)**

I agree to provide my personal information and academic information (UNIST & Dormitory) ■ Agree ☐ Not Agree

I Apply for enterance to this graduate school with some documents

Signature ______ Date 2024/03/18 (yy/mm/dd)

Check List of Documents
(제출서류 목록)

Please submit the documents in the following order.

(아래 순서대로 서류를 제출하여 주시기 바랍니다.)

No.	List of Documents (제출서류 목록)	Attachment Yes √	Attachment No √
1	Application form: Print out after completing online application **(입학원서: 온라인 접수 완료 후 출력)**	√	
2	Check list of documents(Form 1): Print out after completing online application **(제출서류 목록: 온라인 접수 완료 후 출력)** (양식 1)	√	
3	Transcripts of Bachelor's degree (대학(학부) 전 학년 성적증명서) *** 편입생 지원자는 전적 대학 성적증명서도 포함 제출 필요**	√	
4	Transcripts of Master's degree (대학원 성적증명서)	√	
5	Diploma (certificate) of Bachelor's degree (대학 졸업 증명서 또는 대학 졸업 예정 증명서) * 발급 불가 시, 졸업예정증명서 또는 재학증명서로 대체 제출 가능 * If submission is not possible, please submit 'certificate of expected graduation' or 'certificate of enrollment'.	√	
6	Diploma (certificate) of Master's degree (대학원 졸업 증명서 또는 대학원 졸업 예정 증명서) * 발급 불가 시, 졸업예정증명서 또는 재학증명서로 대체 제출 가능 * If submission is not possible, please submit 'certificate of expected graduation' or 'certificate of enrollment'.	√	
7	Study Plan and Personal Statement(Form 2): Print out after completing online application **(연구계획서 및 자기소개서: 온라인 접수 완료 후 출력)** (양식 2)	√	
8	English Test Report (공인영어성적표: 입학원서에 성적 기재 시 반드시 제출 필요) *** 에너지화학공학과 지원자 외에는 공인영어성적이 필수제출 서류가 아니며 선택적 제출 가능**	√	
9	Letter of Disclosure Agreement(Form 3): Print out after completing online application **(학력조회동의서: 온라인 접수 완료 후 출력)** (양식 3)	√	
10	Recommendation Letter from Others(Company, Institute, etc.) (Form 4) (기관 추천서) (양식 4, * 일반장학생에 한함) *** 회사(기관) 지원을 받는 일반장학생 지원자 제출(양식 직접 작성)** *** 교육경비(수업료) 본인 부담자는 제출 불필요** *** Only for student funded by Others(Company, Institute, etc.))** *** No need to submit for those who pay for education expenses(tuition) by yourself**		√
11	Certificate of Employment (재직(예정)증명서) * 일반장학생에 한함 *** 증명서 발급 제출이 가능한 해당자만 제출** *** 'ICT 융합' 모집단위 지원자는 재직증명서 필수 제출** *** Only for student funded by Others(Company, Institute, etc.))** *** Submit only those who can issue a certificate** *** Applicants for the 'ICT Convergence' are required to submit an employment certificate, which is not optional but mandatory**		√
12	Additional documents (기타 우수성 입증자료)	√	

*** 기관(회사)에 재직 중인 기관(회사)의 대학원과정 비용 지원을 받는 일반장학생(Other Scholarship) 지원자가 '기관추천서'를 제출할 경우에는 입학지원 사이트의 접수완료 서류 확인 란에서 '기관추천서 양식(Form4)을 다운받아 작성 후에 기관장 날인'을 받아 지원자 제출서류에 추가 첨부 제출 바람 (기관의 지원자에 대한 별도 비용 지원 증명서 양식이 있는 경우에는 기관 발급 증명서 제출 가능)**

* 재학생은 원서접수 시점에서 발급 가능한 학기까지의 성적증명서 제출

* 전자문서[용도:교육기관용, 제출처:UNIST, 유효기간:2022-10-02]

성 적 증 명 서

제 : 호

학 번		소 속	
성 명		편입.예과 수료	
입학년월일		졸 업	
주민등록번호		학위등록번호	

구분	교과목명	학점	성적
	* 2015학년도 1학기 *		
교필			
교필	[illegible]	3.0	A+
교필			
소양	[illegible]	0.0	P
수학		3.0	B
과학	[illegible]물리학1	3.0	A+
		1.0	A+
과학	일반화학[illegible]	1.0	A+
	15.0학점 평균3.87		
	* 2015학년도 2학기 *		
교필	한[illegible] 통의역사		
	[illegible]관리		
교선	[illegible]이는약이야기	2.0	
소양			P
수학		3.0	
과학		3.0	
과학			
교직			
	20.0 평균3.48		
	* 2018학년도 1학기 *		
	[illegible]실무		
	공학멘토[illegible]		
수학			
	[illegible]응용		
		2.0	
1전필	천[illegible]	3.0	B+
1전필	바이비시스템개론	3.0	B
	* 2018학년도 2학기 *		
교필		2.0	B+
소양	공학멘토[illegible]		

구분	교과목명	학점	성적
	* 2018학년도 2학기 *		
		2.0	C+
전산	컴퓨터[illegible]		
		3.0	C+
			B+
소양	공학멘토링		
		3.0	
		3.0	C+
		3.0	
	201[illegible]		
	[illegible]경영		
1전필		1.0	
		3.0	
	세포공학[illegible]	3.0	
	평균3.1[illegible]		
	* 201[illegible]		
	[illegible]자장실습2(파이썬)		
	평균0.C		
	* 2020학[illegible]		
		1.0	P
소양	공학경제		A
소양	공학멘토링	0.0	
		3.0	B+

구분	교과목명	학점	성적
	* 2020학년도 1학기 *		
		3.0	A
		3.0	A
		1.0	A
1전필		1.0	A
1전필	[illegible]바이유합소재종합설계1	2.0	A+
1전선		3.0	A+
	19.0학점		
	2020학년도 2학기 *		
소양		0.0	P
		3.0	A
		3.0	A
		3.0	A+
1전선		3.0	A+
	[illegible]바이유합소		
	학점 평균4.29		
	* 하 백 *		

학 점 취 득 현 황					
교 양	29	교 직	2	자 유	4
1 전 공	101	2 전 공	0	3 전 공	0
부 전 공	0	Mic	0		
취득학점		평 균			
환산평균		석 차			

위와 같이 이수하였음을 증명합니다.

2022년 07월 04일

[redacted]

icerti.com

A+(4.5 or 95-100),A(4.0 or 90-94),B+(3.5 or 85-89),B(3.0 or 80-84),C+(2.5 or 75-79),C(2.0 or 70-74),D+(1.5 or 65-69),D(1.0 or 60-64),F(Failure),P(Passed)

(M) 위 학점은 법령에 의거 군복무 중 취득한 학점임 Mic:마이크로전공

* 전자문서[용도:교육기관용, 제출처:UNIST, 유효기간:2022-10-02]

성 적 증 명 서

제) 호

소 속	대학원	성 명		주민등록번호	
입학일		과 정	)	학 과 전 공	
학 위 수여일		학위명		학위등록 번 호	
논문제목					

취득년도 및 학기	이수구분	과 목 명	학 점	성 적
2021 - 1			3	
2021 - 1			3	
2021 - 1			3	
2021 - 2			3	
2021 - 2			3	
2021 - 2	전		3	
2021 - 2			3	
2022 - 1			3	
2022 - 1			3	
2022 - 1			3	
		- 이 하 여 백 -		
		취득학점 : 평균점수 : 평점평균 : 4		

상기 성적을 증명함. 2022년 07월 04일

95-100	90-94	85-89	80-84	75-79	70-74	69 이하	성적 'P'는 전적대학원인정학점 과목 또는 Pass과목임. 보충과목 이수는 취득학점에 포함되지 않음.
A+	A	B+	B	C+	C	F	

*** 재학생은 원서접수 시점에서 발급 가능한 졸업예정증명서 또는 재학증명서 제출**

* 전자문서[용도:교육기관용, 제출처:UNIST, 유효기간:2022-10-02]

제 호

[redacted]

졸 업 증 명 서

성 명 :
주민등록번호 :
소 속 :
입 학 일 자 :
졸업 년월일 :
학 위 번 호 :
학 위 명 :
제 1 전공 :

위의 사실을 증명합니다.

2022년 07월 04일

총

* 전자문서[용도:교육기관용, 제출처:UNIST, 유효기간:2022-10-02]

제 4A4A-206E6-2391-62771 호

재 학 증 명 서

성 명 :

생 년 월 일 :

소 속 :

학과 및 전공 :

과 정 및 학 기 : 석사과정 3학기

입 학 일 자 :

위의 사실을 증명합니다.

2022년 07월 04일

총

Study Plan and Personal Statement
(연구계획서 및 자기소개서)

1. Name (성명) ________________ 2. Application number (수험번호) ________________

3. Scholarship (장학 구분)

☐ Scholarship(Government or UNIST) ■ Other Scholarship(Company, Institute, Yourself, etc.)

4. Degree Proposed (지원 학위) ■ Master ☐ Combined Master-Doctor ☐ Doctor

5. Application Unit (Major) (지원 모집단위) Artificial Intelligence (기재 사항:)

6. Colleges/Universities Attended (학력 사항)

구분	University (대학명)	Major (전공)	Dates Attended (입학일)	GPA/Scale (평점/만점)
Bachelor (학사)				
Master (석사)				
Doctor (박사)				

7. Research Achievements (연구실적)

No.	Author (저자)	Title (제목)	Journal (출판)	Date Issued (발행일)
1				
2				
3				

8. Preferred study field in detail (관심연구 분야 - 영문으로 줄 바꿈, 띄어쓰기 포함 500자 이내 작성)

9. Study Plan (학업계획서 - 영문으로 줄 바꿈, 띄어쓰기 포함 3,000자 이내 작성)

10. Personal Statement (자기소개서 - 영문으로 줄 바꿈, 띄어쓰기 포함 3,000자 이내 작성)

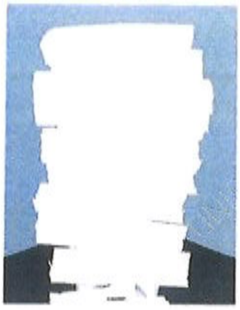
* 공인영어성적은 원서접수 마감일을 기준으로 2년 이내 응시한 시험의 성적만 유효함
(지원자가 입학지원서 상에 공인영어성적 입력 시 해당 공인영어성적표를 반드시 제출해야 함)

* 에너지화학공학 모집단위 지원자는 모집요강에서 인정하는 공인영어성적을 필수로 제출하되, 제출 면제사유에 해당할 경우에는 공인영어성적 제출의 면제 가능

ETS TOEIC

OFFICIAL SCORE CERTIFICATE

YBM 한국 TOEIC 위원회



G'	
Name	
115965	
Registration number	Date of birth (yyyy/mm/dd)
2022/01/23	2024/01/23
Test date (yyyy/mm/dd)	Valid until (yyyy/mm/dd)

LISTENING

Your Score 465

5 0% — 495 99%

89 Percentile Rank

READING

Your Score 380

5 0% — 495 99%

77 Percentile Rank

TOTAL SCORE

845

원본확인 QR코드

발급번호 :

한국TOEIC위원회는 성적표 위변조 및 부정사용 방지를 위해 스마트폰 앱과 TOEIC 홈페이지를 통해 성적진위확인 서비스를 제공하고 있습니다. "YBM NET" 앱을 스마트폰에 설치한 후, 성적표 좌측의 QR코드로 성적의 진위를 확인할 수 있습니다. 이 서비스는 인터넷 연결을 필요로 하며 자세한 이용방법은 TOEIC 홈페이지를 참조하시기 바랍니다.

< 앱 설치 및 서비스 이용 방법 >

1. "YBM NET" 앱을 앱스토어에서 검색하거나 우측에 보이는 QR코드를 이용해 설치합니다.
2. "YBM NET" 앱을 실행 한 후 앱 화면 우측 상단의 "성적 원본대조" 버튼을 클릭합니다.
3. 스캔 화면에서 성적표에 인쇄된 "원본확인 QR코드"를 인식하면 성적의 진위확인이 가능합니다.

YBM 앱 다운로드 QR코드

안드로이드용 　 아이폰용

Detach here

LISTENING

Your scaled score is between 400 and 495. Test takers who score around 400 *typically* have the following strengths:

- They can infer the central idea, purpose, and basic context of *short* spoken exchanges across a broad range of vocabulary, even when conversational responses are indirect or not easy to predict.
- They can infer the central idea, purpose, and basic context of *extended* spoken texts across a broad range of vocabulary. They can do this even when the information is not supported by repetition or paraphrase and when it is necessary to connect information across the text.
- They can understand details in *short* spoken exchanges, even when negative constructions are present, when the language is syntactically complex, or when difficult vocabulary is used.
- They can understand details in *extended* spoken texts, even when it is necessary to connect information across the text and when this information is not supported by repetition. They can understand details when the information is paraphrased or when negative constructions are present.

To see weaknesses typical of test takers who score around 400, see the Proficiency Description Table. www.toeic.co.kr/table

ABILITIES MEASURED	PERCENT CORRECT OF ABILITIES MEASURED (Your percentage / Average; 0% – 100%)
Can infer gist, purpose, and basic context based on information that is explicitly stated in short spoken texts	87 / ▲67
Can infer gist, purpose, and basic context based on information that is explicitly stated in extended spoken texts	94 / ▲71
Can understand details in short spoken texts	94 / ▲84
Can understand details in extended spoken texts	90 / ▲81
Can understand a speaker's purpose or implied meaning in a phrase or sentence	87 / ▲60

READING

Your scaled score is between 350 and 450. Test takers who score around 350 typically have the following strengths:

- They can infer the central idea and purpose of a written text, and they can make inferences about details.
- They can read for meaning. They can understand factual information, even when it is paraphrased.
- They can connect information across a small area within a text, even when the vocabulary and grammar of the text are difficult.
- They can understand medium-level vocabulary. They can sometimes understand difficult vocabulary context, unusual meanings of common words, and idiomatic usage.
- They can understand rule-based grammatical structures. They can also understand difficult, complex, and uncommon grammatical constructions.

To see weaknesses typical of test takers who score around 350, see the Proficiency Description Table. www.toeic.co.kr/table

If your performance is closer to 450, you should review the descriptors for test takers who score around 450.

ABILITIES MEASURED	PERCENT CORRECT OF ABILITIES MEASURED (Your percentage / Average; 0% – 100%)
Can make inferences based on information in written texts	81 / ▲69
Can locate and understand specific information in written texts	79 / ▲68
Can connect information across multiple sentences in a single written text and across texts	75 / ▲64
Can understand vocabulary in written texts	92 / ▲74
Can understand grammar in written texts	90 / ▲74

HOW TO READ YOUR SCORE REPORT:

Percentile Rank: Percentage of the global TOEIC Secure Program test-takers in 2018 through 2020 scoring below your scaled section score.

Percent Correct of Abilities Measured: Percentage of items you answered correctly on this test form for each one of the Abilities Measured. Your performance onquestions testing these abilities cannot be compared to the performance of test-takers who take other forms or to your own performance on other test forms. The average for each ability is the averaged percentage of items answered correctly by the test-takers of the TOEIC Secure program on this form.

Note : TOEIC scores more than two years old cannot be reported or validated.

Letter of Disclosure Agreement
(학력조회 동의서)

To whom it may concern (학력조회 담당자 귀하)

This letter is to confirm that I attended ______________________________

I have applied to UNIST, Republic of Korea, for the 2024 academic year and have agreed to allow UNIST to officially request my academic records from previously attended schools. In this regard, I would like to request your full assistance when UNIST contacts you regarding verification of enrollment and transcripts.
(본인은 2024학년도 울산과학기술원 대학원 입학에 지원하였으며, 울산과학기술원에서 공식적으로 요청하는 학력조회에 협조를 요청합니다.)

School Name (출신학교 이름)	
Student Name (지원자 성명)	
Major (전공)	
Date of Birth (생년월일)	
Date of Admission (입학일)	
Date of Graduation (졸업일)	

Date (날짜): 2024. 03. 18

Name (이름): (Signature)

* 기타 우수성 입증자료(Additional documents)는 논문자료, 연구보고서, 상장, 특허 등 연구나 학습과 관련하여 자신의 우수성을 입증할 수 있다고 판단되는 서류를 추가자료로 제출
(기타 우수성 입증자료는 필수제출 서류가 아니며 지원자가 제출이 필요하다고 판단 시 선택제출)

한국섬유공학회지, Vol. 59, No. 1, 63-71
https://doi.org/10.12772/TSE.2022.59.063
ISSN 1. (Print)
ISSN 2 (Online)

Preparation of Fish-skin-based Conjugated Collagen Fibers and Nonwovens for Wound Dressings

[1]Adv Industrial Technology,
[2]

Abstract: Collagen is used in variou. ical and cosmetic materials as . olymer. In der to use it for high-end medical fib. mechanical properties must . roved, an be achieved by conjugating it w. -skin-based collagen and chit. The conju. llagen fibers can utilize the advan. the materials and can be a to make we onwovens for wound dressing. In tudy, the conjugated colla fibers were prep. wet spinning and their surface, o nd mechanical properties were analyzed base. various compositions of collag chitosan. In addition, the wet-laid nonwovens v. anufactured with bilayers, design. h an inner layer of conjugated collagen fibers an. ter layer of cotton/chitosan spu. onwoven. The characteristics of the wet-laid non. in terms of their liquid-handlin erties and the distribution of their pore sizes we. tigated. The results thus obtaine. w that the use of conjugated fibers in wet-laid n. vens can affect their properties, which can be controlled by adjusting the composition ratio.

Keywords: *collagen fiber, chitosan fiber, conjugated fiber, wet-spinning, nonwovens, wound dressing, pore size*

†Corresponding Author:
E-mail: m

Received February 1, 2022
Revised February 19, 2022
Accepted February 20, 2022

1. 서 론

피부에 상 가 생기면 외 가 출혈을 통해 내부 장기가 손상되거나 2 염이 발생 수 있으 상처치유는 지혈단 염증단계, 식단계, 성 계를 조직 재생이 이루어 . 하지 직 재생 과 손상 의 산화, 감염, 출 깊이, 압 다양한 요 로 부 연되거나 방해받 수 있다[1, 처를 빠르게 료하기 해 다양한 의료기 사용되며, 중 창상피 는 상 유를 촉진시키고 물질로 상처를 보 는 동시에 흉터조직 형성을 하는 기 수행한다. 창상피복재는 콜라겐, 폴리우 , 알지 , 키토산, 시메틸셀룰로스 등을 이용하 용 목 따라 다양한 형태로 제품화되고 있다[3,4]. 종래의 창상피 재는 빠른 지혈에 기능 추어져 있어 상 치료 후 발생률이 높지만, 최근에 되고 있는 창 복재는 빠 혈 뿐만 아니라 습윤한 을 조성시켜 없이 상 회복할 수 있 . 창상 가 습윤한 조성하 해서는 흡수 출물이 밖으로 누출 않으면서 와 수증기를 로 확산 야 한다[6]. 창상피복 기간 인체 접 접촉 사용되기 때 생체적합 이 하면서 자극으로 안전해야 . 따라서 습윤 조성과 적합성 분해성을 갖 상피복재를 하기 위해 합성 고 보다 천연 분자를 활용하는 이 적합하 .

최근에는 앞 급한 창 복재용 중 콜라겐을 이용한 연구와 제 개발되고 다[8]. 콜 은 인간을 비롯한 동물의 피부, 근육, 연골 체내에 다량으로 존

재하고 있으며, 콜라겐 분자는 'ˇ-X-Y 구조의 아미노산 '로 구성된 폴리펩타이드(po, ˇide) α-chain이 삼중 나선 '를 이루고 있다[9]. 콜라겐은 처를 회복하는 염증단계와 '단계에서 Type I 콜라겐과 육 직(granulation tissue) 형성을 진시켜주며, 피부 진피층의 포와 세포 사이를 이어주는 '(matrix) 역할을 통해 피부 '를 만드는 기저층(stratum le)을 받쳐주어 표피의 탄 지에 중요한 역할을 수행한 '0]. 이러한 콜라겐은 정제 중 물성이 저하되며, 소나 돼 ' 부터 정제된 콜라겐은 중 발생하는 환경문제 뿐 니라 광우병, 알러지, 종교 적 문제로 사용이 제한될 수 다[11]. 이에 따라 돈피 콜라 대체하기 위해 어피(fish 로 부터 추출한 콜라겐을 하는 연구가 행되었으며, 제품이나 건강식품 등에 ' 활용되고 다[12]. 그러나 ' 콜라겐의 열적 특성, 기계적 물성, 방 등에서 돈피 라겐보다 부족한 물성을 고 있어 의료 섬유로 활용 '렵기 때문에 가교 등 후 를 통해 기 물성을 향상시키기 위한 연구가 수행되었 , 글루타르 '히드 같은 가 사용시 세포독성을 유 '여 사용 범 제한될 수 있 '14]. 이에 따라 가교제 콜라겐 섬 ' 기계적 물성을 상시키기 위해 키토산, '네이트, PV 고분자를 혼 적 기계적 물성 향상과 '에 각 재료 고유한 특성을 현시키는 연구가 진행 다[15,16].

그 중, 키토 콜라겐과 혼합되는 과 서 키토산의 아민기(NH+)와 겐의 카복시기(COOH 수소결합을 통해 안정적으로 상 용하는 으로 알려져 다[17]. 키토산은 새우나 게 등 각류의 '에 풍부한 틴을 탈 아 틸화하여 제조되며, 분해성과 체적합성이 우수하며 5 이하에서 이온 되어서 항균 을 갖는다[1]. 또한, 키토 ' N-아세틸글루코 사민과 글 코스아민은 상처치유 과 서 콜라겐 재생을 진시켜 상처 회복에 도움을 줄 '다[18]. 키토산 콜라겐을 시켜 복합섬유를 제조하 '라겐의 방사성 선과 키토 ' 항균성이 세포독성으로 하는 것을 제어할 수 있으 의료용 섬유로 활용 시 상 세균 감염을 방하고 회 을 촉진시킬 수 있다[19]. 선 구에서는 돈피 라겐과 키토산을 이용하여 콜라겐/키토산 합섬유를 제 였으며, 구성비율 제어를 통해 두 소재의 을 동시에 권하면서 기계적 물성 제어할 수 있 '[20].

본 연구에서는 미 콜라겐 의 단점을 보완하고 대체하기 에 어피 과 키토산을 용하여 구성비율에 따라 방사 어피 콜 복합섬유의 을 살펴보았으며, 창상피복 활용하 해 다층 습식 직포를 제조하여 수분제어능 기공의 를 확인하였 gure 1). 때, 다층 습식부직 외층은 용될 이면 흡수 생체적합성이 우 며 항균 을 갖는 면/ 스펀 부직포를 사용하 며, 피 직접 닿는 내층으로 콜라겐 복합섬유를 활용하여 상처 부위에서 기능이 발현 록 설계하였다.

2. 실 험

2.1. 실험재료

방사용액 제조에 사용된 라피아 어피 콜 (Tilapia-collagen; *Oreochromis mo* *bicus*)은 동결 된 상태로 대학교에서 공급받아 사 였다. 선행연 서 동일하 된 어피 라겐의 주요 노산의 구성비율은 hydroxyp 12.7 % ine 34.5 %, line 12.0 %로 이루어져 있다[토산(ng Aoxing chnology, China)은 20–50 kDa 량을 , 탈아세틸 93.3%인 제품을 구매하여 사 다. 콜라겐과 의 용매로 0.5 M 아세트산(EP, , Dae, Korea) 수용액 제조하여 사용하였다. 응고 수산 트륨(97.0%, Jun apan)을 에탄올(95.0%, Sa , Ko 아세톤(99.5%, chun, Korea) 9:1 혼합용액 용해시 wt% 농도로 제 사용하였다. 3단으로 구성된 수세욕 모두 에탄올/아세 1 혼합용액을 사용하였다. 습식부직포 제조에 사용한 분 액으로 에탄올을 사용하였다.

2.2. 콜라겐 복합섬유 제조

키토산과 어피 콜라겐 구성 비율에 따른 변화와 방사 을 확인하기 위해, 에 어피 콜라겐의 을 증가시 서 방사용액을 제조 다. 방사용액은 키토산과 콜라겐 각각 0.5 M 아세트산 용액에 24시간 동안 교반기를 이용 4 wt% 농도로 용해 후, 구성비율에 따라 혼합시켰다. 혼합된 방사용액은 24 μm 메시필터를 이

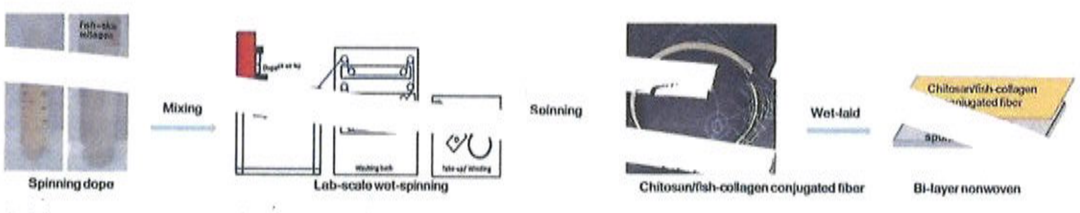


Figure 1. Scheme representation of preparation of bi-layer nonwovens.

Table 1. Spinning conditions of the chitosan and the conjugated collagen fibers

Sample ""^	Weight ratio		"in (℃)	Flow rate (ml/min)
	Chitosan	Collagen		
CH10ט		0	23	
CH95F5	95		23	0.03
CH90F10	90	10		0.05
CH80F20	80	20	20	

하여 불순물을 ...였으며, ...심분리기(Con. ...4R, Ha. ...ence Indust...)를 15 ℃에서 20분간 ... rpm으로 ...시켜 방사 ... 하는 미세기포를 탈포 시켰다.

준비된 방사용액... 방사기... 키토산 섬유 ... 콜라겐 복합섬... 제조하였다... 도와 ... 고려하여 나는 ... 토출속도 ... 방사용액의 ... 에 따라 샘... 명명하였... 세 방사조건은 *Tab...* 같다.

2.3. 콜라겐 복합섬유 기반 ...직포 제조

제조한 어... 라겐 복합... 다기능성 창상피복재로 ... 기 위해 ... 산 스펀레... 부직포를 이면기재로 사용하... 축 습식... 를 제조하... 면/키토산 스펀레이스 부... 한국생... 연구원에... 우한 단섬유 부직포 파이롯트 ... 라인을 ... 하여 제조하... 며, 면과 ... 사의 구성비율은 ... 량은 ... m이며, 다... 식부직도 ... 외층으로 사용하... 설계하... 어피 콜라... 합섬유는 ... 에 직접 닿는 내... 학용... 상처부위에 기능이 발현... 하였다. 내층과 ... 부... 의 중량비는 1:9로 제조하였... 내층에 사용된 ... 섬유 ... 길로틴 절단기를 사용하여 6 ... 길이를 제어... 나(22, 절단 ... 복합섬유는 습식부직포 ... 장비를 이용... 에탄올 ... 에 분산시켜 10 cm×10 ... 기로 바인더 없이 다층 ... 직포를 제조하였다. 제조... 층 습식부직포는 온도 21 ... 습도 50%의 실험실에서 ... 간 건조하였다 (*Figure* 2). ... 면/키토산 스펀레이스 부... 를 CCN, 키토산/콜라겐 복... 를 내층으로 하는 다층부직포의 각각의 샘플명을 CH1... 와 같이 섬유 샘플명 뒤에 N을 붙여 명명하였다.

2.4. 어피 콜라겐 복합섬유의 특... 석

어... 복합섬... 표면과 ... 의 형태를 관찰하기 위해 전자... 현미경(FE-... SU80... Hitachi, Japan)을 사용하였으며, ... 이미지에서 ... 섬유의 ... 섞과 형태를 확인하였다.

복합섬유 형성과정 ... 토산과 콜라... 관능 ... 관찰하기 위해 위해 푸리... 변환 적외선 ... 기(FT-... ...olet, NEXUS, Thermoscienti... USA)를 사... 였다. ... Attenuated total reflectio...) 방법으로 ... 4000 c... 의 흡수파장을 관찰하였다.

복합섬유... 계적 물성은 단섬유 인장시... (FAVIMAT, Textechno Co., ... any)로 측정하였으며, 2... gauge length에서 20 mm/... 속도로 인장하여 시험을 ... 였다. 인장실험은 각 시료... 10회 이상 실시하였으며, ... 의 10개 데이터의 평균값... 하여 복합섬유의 신도(elongation at break, %)와 인장강... nacity, g/den)를 계산하였다.

2.5. 다층 습식부직포... 특성 분석

... 층 습식부직포의 ... 내층의 표면형태를 관찰하기 위... 주사현미경(Tablet... M, TM4000PlusII, Hitachi, Japan)을 ... 해당 이미지를 ... 였다.

창상피복재... 수분제어능력을 ... 기 위해 흡수력 (fluid absorption ca... 투습도(moisture ... transmission rate; MVTR), 액체확산 ... uid spreadability) ... 을 진행하였다. 흡수력 시험은 BS ... 3726-1 규격에 ... 시행하... 며, 컨디셔닝한 부직포를 ... ×5 cm로 자른 시료의 ... 측정하였다. 37±1 ℃로 ... 증류수에 시료를 넣어 ... 킨 후, 항온기에서 30분 ... 방치하고 핀... 을 이용해 ... 30초간 매단 후 무게를 ... 였다. 시료 ... 3회씩 측... 아래의 식 (1)을 이용하... 수력을 계산... 다.

$$\text{Fluid absorption capacity (g/...)} = (W_2 - W_1)/(5\ \text{cm} \times 5\ \text{cm}) \tag{1}$$

여기서, W_1: 초기 무게(g), W_2: 30분 ...의 샘플 무게(g)

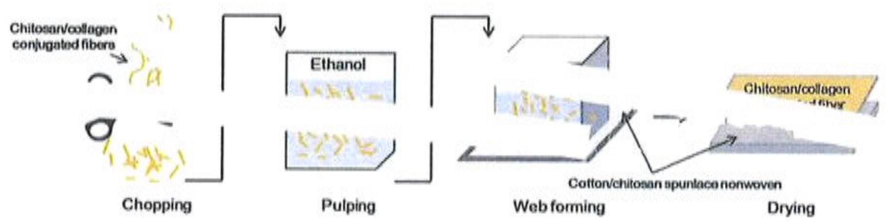


Figure 2. Preparation of the wet-laid nonwovens using the chitosan and the conjugated collagen fibers.

투습도 시험은 B 13726-2 규 진행하였다. 투습컵의 아랫면 nge)를 고정시 에서 증류수 채운 후, 5 cm 자른 시료를 지에 고정시 무게를 측 그 후, 투습 +1 °C, R.H 유지되는 항 기에 24시간 놓 후 투습컵 정하였다. 시 각 3회씩 측정 의 식 (2)을 이용 습도를 계산하였다.

$$= \{(W_3 - W)/m^2 \cdot 24\} \times 10^3 g \quad (2)$$

여기서, W_3, 무게(g, 시험 의 샘플 무게(g)

액체확산성 시 상피 흡 상처부위 삼출 확산성을 평가하 해, 사용된 시험법에 진행하였다[23, 각적 식염수 (0.9% sa lution)에 congo 료의 wt% 석하여 대체하는 시험 색으로 3 cm 로 자는 를 평평한 표면에 놓아 수평을 추고, 험용액 료 중앙에 떨어뜨린 후, 상온에서 10 분간 동일 이에서 디지 카메라로 촬영하였다. 시험 확산되 색된 면적 미지 분석 웨어(Im), 용하 료별 각 측정하였다.

다층 습식 포의 기공 포 크기측 MI, CFP-120 USA)를 4 cm로 를 비블포인 으로 분 시험 조 상태에 료에 공기압 하여 dry 석 표면장력이 낮은 G wick®(P materia 액을 료 함침시 기공 막은 후 기압을 척다 기공 가 측정 때 지 변화시 서 시료를 통과 하 로 공기 을 측정하 력에 따른 기공의 크기가 계 다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 어피 콜라겐 섬유의 특성

Figu 은 어피 제 복합 의 성비율에 른 표면과 단면 EM 이미 다. 어 라겐의 함량이 가 하수록 복합 이 직경 가하는 확인할 수

이는 콜라겐 이 증가 큰 방사 부정적인 영향 져, 균일한 를 위해 경이 큰 을 사용하고 토출 를 증가시 섬유 에 영향 주었다. 섬유의 통해 측정 직경은 00 51.4 um, CH95F5 54. um, CH90 69.5± um, CH + 2.5 µm로 되었으며, 콜라겐 량이 섬유의 큰 영향을 었다. 선행 25]에 피 콜라겐의 20% 이내 는 콜라겐 유들 경차이가 최대 이내였던 대비되는 다. 순수 콜라겐 어피 콜라겐 섬유에서 같은 를 보 , 어피 원료의 특성이 방 저하 영향을 주었 문이다. 나 섬유의 표면은 비율 상관없이 균 섬유를 하고 있으며, 단면 기공 것이 원형의 형 나타내 어 복합섬유가 적으로 제조되었다고 판단

Figure 4는 토산섬유와 어 라겐 섬유의 주요 능기를 2000–1 cm⁻¹ 부근에 착한 나타내 키토산의 특징 인 관능기는 15 에 H와 -CN mide II), 1450 m⁻¹에서 -OH 관 1630 cm⁻¹ 에서 나타나는 =O(Amide 키 산이 키틴으로 탈아세틸화되 제조되었 는 것을 의미하며[26], Amide 1240, 1200 그처에 상대적으로 약한 흡수파장이 된다. 콜라겐 능기는 30, 1540, 1240 cm⁻¹ 부근에서 한 Amide I, 흡수파장을 나타낸다[27,28].

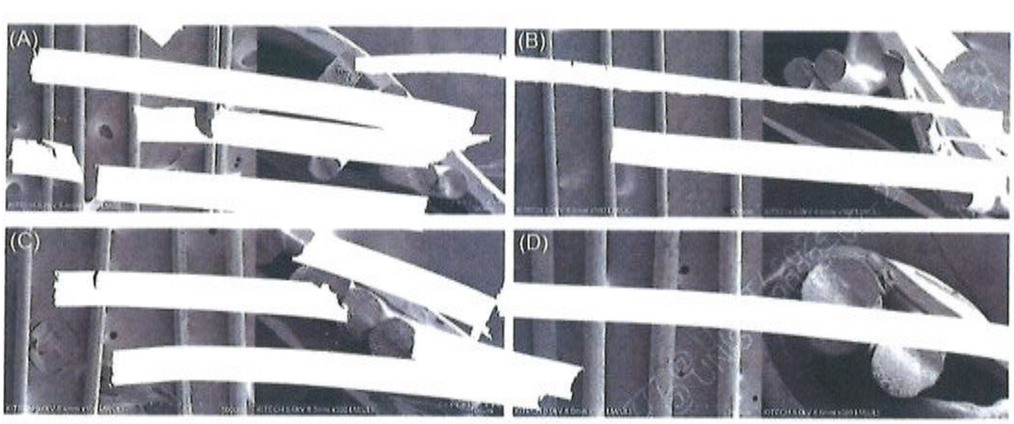


Figure 3. SEM images the chitosan and the conjugated collagen fibers; (A) CH100, (B) CH95F5, (C) CH90F10, and (D) CH80F20.

polymers

MDPI

Article

ding to

check for updates

Citation:

Precursor Fiber

Pc 14, 2625. https://

doi.org/ 2625

Academic Editors

Received: 9 June 2022
Accepted: 27 June 2022
Published: 28 June 2022

University, Seoul

Abstract: Polyacrylonitrile (PAN) is the most used carbon fiber precursor and methyl acrylate (MA) copolymer is widely used for research and commercial purposes. The properties of PAN-MA fibers improve increasingly as the molecular weight increases, but high-molecular-weight materials have some limitations with respect to the manufacturing process. In this study, PAN-MA precursor fibers of different molecular weights were prepared and analyzed to identify an efficient carbon fiber precursor manufacturing process. The effects of the molecular weight of PAN-MA on its crystal and void structure were examined, and precursor fiber development and optimizations with high molecular weight were conducted. The mechanical properties of high molecular weight PAN-MA were good, the internal structure of the high-molecular-weight material was the best because of differences in molecular entanglement and mobility. The structural advantages of relatively low molecular weight confirmed the findings of this study can help in the manufacturing of precursor fibers and carbon fibers with improved properties.

Keywords: polyacrylonitrile precursor; molecular weight; drawing; microstructure

1. Introduction

Polyacrylonitrile (PAN) fiber has the most widely used precursor for carbon fiber manufacture since the [1]. PAN can be produced because its high carbon yield and structure physical properties, etc. and manufacture have been widely studied. PAN homopolymer are not well manufactured into due to concerns about spinnability thermal stability, and therefore, research on various copolymers has been conducted. Methyl acrylate (MA) the material often used to improve the spinnability and processability of PAN fibers and is considered an essential polymer material [7,8]. In addition, various copolymers, including MA, are used for stabilization in oxidation and carbonization processes, and itaconic acid (IA) are used in manufacture of commercial carbon fibers [9]. Such copolymers are indispensable in the production of carbon fibers due to their structural properties, and their effects on various additives can be seen in the precursor stage [10]. Materials, such as lignin and cellulose have been introduced in interest of eco-friendliness and cost reduction, and various studies have been conducted on the effect of the additives [11,12]. Although PAN-based carbon fibers have been studied in various ways for many years, the differences between their mechanical properties and those of other materials continue to motivate research on those properties, including research on molecular weight or composition, which si ficantly influences the mechanical properties of carbon fibers [13]. In addition, various fa tion processes related to the spinnability hanical properties of carbon fibers hav studied [14,15].

P) copolymer is cally manufactu h 3–6 wt.% MA. The processability typically s with inc MA, but the me al properties are adversely affected; therefore, content r than 6 wt.% is commended [10]. The limitations of carbon fibe of P (A) copolymer pose les to it being commercially mass-produced; howe s activ ed in research on oretical strength and mechanical properties of carbo [16, molecular weig mposition of P (AN-MA) precursor fiber has been studi ns s have the effects o molecular ight on its mech properties [13] and s properties, with es in sition [17,18] an ning and solidificati [19]. Since it is ic com t of PAN precurs rs, it has been analy ly [20], including rheolog ects and the effe doping treatment [21, crystallinity and tructure of r in the precurso stage significantly aff the hanical properties of carbon fib tructural study a lysis of polymer P (AN-M aterial and an standing o microstructural c s that occur in the fiber ma cturing process quired. Th s been little resea n the drawing process, esp ly in the PAN pre r fiber man ring process, wh ms a structure by dispersi d sion of solv the spinn cess, washing an ing, and the drawing proc Fe dies have l at the mic ture involved, a h studies on the interna struct hanges and al property ges that occur d the stretching process have bee ducted [22].

In this s to investigate P (AN-MA) vior under dra conditions, the changes that occu he mechanical behavior and p ties of P (AN-M olymer with chan molecul ght were a ed from a m uctural perspe The PAN copolym d for fib ning was merized to o various molecu ights, and the mol weight mposition he polymeriz AN-MA) mate ere confi d throu permea hromatog (GPC) and n magnetic reso (NMR, sis to c the cha istics of th merized ma The polymeriz material w un and n throug t-spinning ess and a dry stretching process, respectively. ges in th sical pro s before a er stretching with changes in the molecular w of the m ctured were veri Through image analysis, it confirmed tha were n ularitie re or afte stretching of each fiber a her factors affe the mec al prope In additi he crystallinity and void s re of each fibe analyze -ray di on (XRD) sis. The effects of changes molecular we f P (AN- fibers factured b same process on the micr ture of carbon were examined, an rostructu fferences in fibers with diff molecular weig ere investigated.

2. Materials and Me

2.1. *Materials and Polyme ation*

The PAN olymer was pol merize he typically used basic s on polymerizat rocess [1 The materia d were lonitrile AN, Sigma-A h, St. Louis, M A) and m acrylate (M ma-Al St. L MO, USA). ethyl sulfoxide SO, Daju heung, Kore s used a solv nd the solve s used in the po ization, ll as the dop paratio spi . Polymeriza was ducted a,a′-azo obutyronitil BN, Sig ldric . Louis, MO, A) a nitiator. omposit f the copoly vas poly ized d on a 97:3 r io. The merizatio s synthe by DMSO- solutio lym tion, targeting three d nt mole weights h the same osition am he effects of molecular ht. The ular we was control v contro the tent of the initiator AIB the am was co olled based on sideratio the polymerization environmen polymerized material was washed ried using distilled water and metha und then a at 100 °C pulverization. Th ed sample was stored i wder fo ntil spinn nd dried more before spin to remove as much mo e as pos .

2.2. *Fib nning a Drawing*

P (AN) precursor fibers we nufactured ugh spinning, shing, and stretching pr es. A dope solution w concentrat f 25 wt% was ared and as suggest previo er spinnin earch [8,22]. ISO was used oth the do lvent and t agulati th, and th r formatio ditions were c olled using illed water a MSO a tio of 1:1 e coagulati ath. After coag ion, ll wash processes w perfor in distille ter, and b he coagulatio d hing t were maint d with e silver. A washing w water, the wo fi were rsed in dis d wate. at least to remove solvent. Aft dryi e store ers, drum-t herma tching wa rformed, a stretching was perform t a te ature of 13 -140 °C i ges. The h aw ratio six, and the draw ratio he en process was 18. A sche c of the po erization, nning, and stretching is n in Figure 1, and the laborato ale equipn t is shown igure 2.

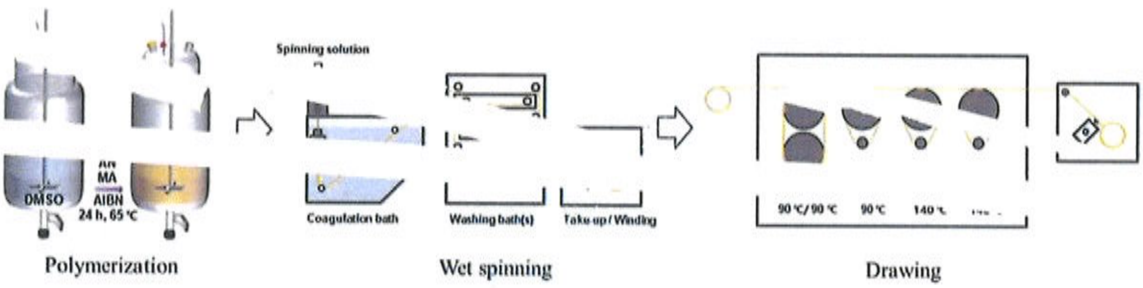


Figure 1. Schematic of the process of wet-spun PAN fiber.

Figure 2. Lab-scale wet-spinning and drawing equipment.

2.3. *Characterization*

T analyze the chemical ucture e P(AN-co-MA) mer, 40 Hz ^{1}H NMR (n agnet sonance, NCE I , Bru Billeric A, USA, lysis was perf inte ng the sig nges e H p s of n ine (CH), thylene (CH_2), a hyl (C ontained e cop er. Th ative bers of h gens ring peak compa nd t llowi rmul quation (as ed. T r ratio alculate ordi the m lar v ht of the I lyme ured us Waters G gel p eation ma phy, Agil 120 t, San , CA, U deter the hted av e m ular weigh (Mw) olyme ibution i PDI). o confi at the me s suitable for use a ng sol at high co rations, P (AN A) poly ers with different molec… …eights were prepared at 25 wt%, and the viscosity was m… …red using a rotary rheomete… …S G2, TA, New Castle, DE, USA) at room temperature (… …5 °C) and shear rates ($\dot{\gamma}$) of 0.0… …00 1/s.

$$\text{Rela… …ole MA} = \alpha \cdot \left(\ldots \right) \quad \text{Relative mole AN} = \alpha \cdot \left(\frac{\int CH_2}{\ldots} \right) - \left(\frac{\int C\ldots}{3} \right) \quad {}^1\text{H NMR} \tag{1}$$

The surface structure of the fibers was obse…ved usi… an elec… …n microsco… (FE-SEM, …8000, Hita… Tokyo, Japa…), an… spinn… and … din… …ons wer… …firmed … …h the ima… …hemica… …ds an… …idual s… …vents … po… ners were … …ined by … …er-transfor… …rared sp… …scop… …T-IR, …let 67… …hermo Fisher Sc… …ic, Waltha… …A, USA). … microstr… …re of … …iber … measu… …hrough wide-a… X-ray diff… …n (WAXD) … Discove… …ker, … …rica, … USA) … …mall-angle X-ra… scattering (S… …) (Xeuss2.… …ocs, Gr… …le, F… …e) w… radiat… … wa… …ength of 0.154 nm (Cu K… Measureme… … micros… …ures … …bers … …gh WAXD … SAXS has b… …n conduc… …n previous … …ies [24,… In p… …ular, … …r… …llinity, … …tal size, … crystal ori… …ion in fibe… …ve been … …sur… …ing … … …nsiona… …) WAXD … …7]. In this … …as in pre… … studie… … m… …ructu… … …er was measure… …g 2D WAXS… …noscale str… …res amo… …icr… …cture… … …an be measured us… …AXS [27,28]. Finally, the linear density … mec… …al p… …ti… …the fibers were mea… …d using a single fiber tester (FAVIMAT, … …ch… …önch… …a… …, Germany). Measu… …nts were performed at 20 mm/min at … 20-mm gauge le… …, and tensile tests were con… …d in each of the 20 or more experiments.

3. Results and Discussion

3.1. Polymerization

…le 1 shows the results … …e ^{1}H NMR and GPC analyses of the … …ositions and molec… …weights … …e P (AN-… …polymers prep… …d by solution poly… …zation. The Mw of … …k (LPAN) … …300 k (H… …) were higher … …1 k and 337 k, resp… …vely, and …e Mw o… …k (MPA… …as lower … …a Mw of 221 k. … wever, all PDI pol… …s were …formly … merized … …ithin 2, a… …e difference in … …ecular weight wa… …tinct, w… …is beli… …to have … …ted the m… …anical propertie… the P (AN-MA) p… …ner an… …r depen… …on the … …cular weig… To check whethe… …t spinning was po… …le wh… …paring … …inning s… …ion with a … …h concentratio… P (AN-MA) poly… the v… …y of the … …nning so… …n prepare… 25 wt% was me… …red at shear rates … …1–90… …t RT. A … …hear rate … …/s, the vis… …ty accor… …to … …ecular weight wa… …sured … 19.09 … for LPA… …4.45 Pa·s f… …PAN, a… 188.… …·s for HPAN. It c… …e seen i… …ure 3 t… …he visco… …of P (AN-M… increas… rapid… the molecular we… increas… …nd alth… …h the vis… …ty of HPA… …high, it is a suit… viscosity for wet … …ning. I… …dition, … viscosit… …reases rap… in the high-mo… …lar-weight sampl… …e to the … …ure of t… viscosity … …cted by the … molecular wei… …ontent.

Table 1. ^{1}… …MR and … …nalysis of P (AN-MA) copolymers.

P (AN-MA)	NM… …onversion Ratio (mol %)		GPC	
	AN	MA	Mw	PDI
LPAN	97	3	191 k	1.93
MPAN	97.7	2.3	221 k	1.86
HPAN	97	3	337 k	1.91

과총 제 호

상 장

학회
학 교

논문 제목

귀하는 한국과학기술단체총연합회가 제정한 '제 회 과학기술우수논문상'의 수상자로 선정되었으므로 이에 상장을 수여합니다.

20. 년 월 일

한국과학기술단체총연합회
회 장

제 호

표 창 장

학과

위 학생은 재학 중 학업성적이 우수하고 품행이 바르고 단정하여 타의 모범이 되었으므로 이에 상장과 부상을 수여함

20. 년 월 일

학교 공과대학장