

대한환경공학회지

Journal of Korean Society of Environmental Engineers

JKSEE

9
September 2020

Landsat 8 자료를 이용한 2018년 대청호에서의 총인 및 영양상태 평가 지표 추정 및 평가 (성균관대, 메릴랜드대)



아연제련공정의 전력저감을 위한 불용성
MMO 전극 적용 특성
((주)웨스코일렉트로드, 창원대)

Poly(1-vinylpyrrolidone-co-vinyl acetate)를
이용한 나노영가철의 소수성 유기용매
친화성 향상(서울과기대)

◀ 백종진, 최민하(성균관대)

레저부문
종합리조트부터 레이싱 서킷까지 국내 레저문화의 가치를 높인다

물류부문
첨단기술과 창조적 열정으로 앞선 물류네트워크를 구축하다

종합건설부문
주거 및 도시기반시설의 앞선 역량으로 더 풍요로운 내일을 건설하다

환경부문
독보적인 수처리 기술로 친환경 비전을 선보이다

46th
TAEYOUNG
태영건설 창립 46주년
www.taeyoung.com

건설의 한계를 넘어선 태영의 창조본능

건설을 넘어 환경, 레저, 물류까지 태영의 가능성은 끝이 없습니다

TAEYOUNG
태영건설

*본 홍보물에 사용된 CO₂ 및 에너지량은 소비자의 이해를 돕기 위해 높은 것으로 실제와는 다를 수 있습니다.

Life Value Creator
TAEYOUNG

Design, Detail, **DESIGN**

KSEE 사단 법인 대한환경공학회
KOREAN SOCIETY OF ENVIRONMENTAL ENGINEERS

편집인의 말

JKSEE는 “J-K-SEE (제이-케이-씨)”로 불러주십시오.
JKSEE는 지금도 발전하고 있고 앞으로도 발전합니다.

피인용은 논문의 학문 발전 기여 정도를 평가하는 핵심 지표입니다. 연구자 개인과 기관의 평가에 있어 FWCI(field-weighted citation index)를 비롯한 피인용 정도가 논문 수, 저널 IF 등 기존의 지표에 비해 중요해지고 있습니다. 논문의 질적 수준이 나날이 강조되면서, 향후에는 인용되지 않는 논문과 자가 인용은 연구 실적으로 인정되지 못할 것으로 예상됩니다. 7월호에서 편집위원장님께서 말씀하신 대로, 우리 대한환경공학회지는 연구재단의 KCI 2019 인용지수에서 환경공학 분야 12개 등재 학술지 중 1위를 차지하였으며, 더욱이 타 학술지에 비해 낮은 자가 비율로 이를 달성했는데 큰 의의가 있습니다. 우수한 논문을 투고하고, 엄정하게 심사하여 논문의 수준을 유지하고, 많이 인용해 주신 회원분들 덕분입니다. 향후 SCOPUS 등재 등 대한환경공학회지가 추구하는 발전 방향에 있어 피인용도는 더욱 중요해질 것으로 보이며, 특히 국제학술지에서의 인용이 강조될 것으로 생각합니다. 앞으로도 대한환경공학회지에 게재된 우수한 논문에 대한 활발한 인용을 부탁드립니다.

이번 달에는 3편의 논문을 게재하게 되었습니다. 소중한 논문을 투고해 주신 연구자분들과 귀중한 시간을 할애하여 논문 심사를 해주신 심사자분들께 다시 한번 감사드립니다.

2020년 10월
부편집위원장 김 상 현 (연세대)



편집위원장



정승우 (군산대)



이원태 (금오공대)



주진철 (한밭대)



정석희 (전남대)



이경빈 (환경부)

부 편집위원장

이달의 연구자

2020년 9월호 『이달의 연구』논문은 “Landsat 8 자료를 이용한 2018년 대청호에서의 총인 및 영양상태 평가 지표 추정 및 평가(백종진, 박종민, 최민하)”입니다.

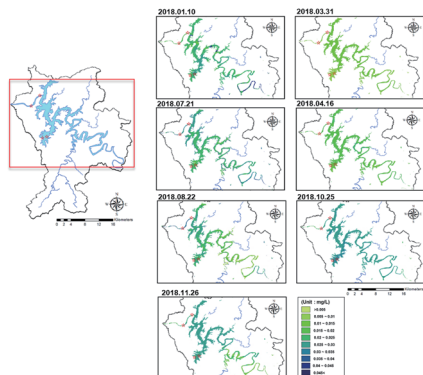


Fig. 1. Spatial distribution map of TP estimated from landsat 8 in study area.

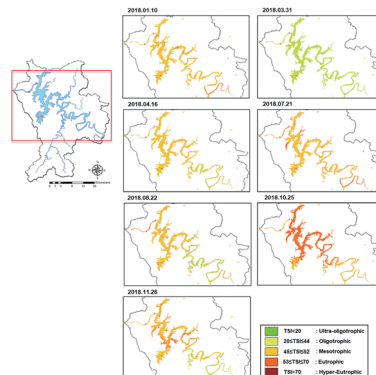


Fig. 2. Distribution mapping of TSI(TP) estimated from landsat 8 in study area.

위성 영상 정보를 활용한 수계 오염 모니터링

제4차 산업혁명이 진행됨에 따라서 우주산업에 대한 중요성이 더욱더 높아졌다. 점차 기후변화에 따른 범지구적인 지구관측에 대한 중요성이 증가함에 따라 위성정보 활용분야 및 활용 수요가 증가할 것으로 예상되는 등 위성활용 제고방안 마련의 필요성이 요구되고 있다. 원격탐사기법의 장점은 단시간 내에 광범위한 영역을 관측할 수 있는 신속성과 반복적 관측의 주기성, 관측이 어려운 지역을 관측할 수 있는 접근성을 들 수 있다. 이러한 기법은 데이터베이스화를 통해서 과거 정보를 추출할 수 있을 뿐만 아니라, 모델링을 통한 미래 분석도 가능하다. 원격탐사 기법 중 대표적인 인공위성의 사용과 활용은 모니터링하고자 하는 대상이나 목적에 따라 다르게 적용할 수 있다. 인공위성을 이용한 활용연구는 주로 측지, 기상, 식생, 수자원에 특화되어왔으며, 점차 다양한 분야에 적용되고 있다.

일반적으로 지점자료만을 이용한 수질 측정은 지점자료 주변의 수질만을 측정하고 그 자료를 이용한 전체 수질을 대표하는 것은 정밀한 수질 오염의 심화 지역 분석에 한계를 가지고 있다. 따라서 광역적 범위에서의 관측이 가능한 인공위성을 사용함으로써 현지 관측에서의 제한 및 한계점을 해결할 수 있다. 본 연구는 지구를 지속적으로 관찰하는 목적으로 발사된 Landsat 위성 중 최근에 발사된 Landsat 8을 활용하여 2018년도에 대한 대청호에서 총인(total phosphorus, TP)과 영양상태 평가지수(Trophic State Index, TSI)에 대한 시공간적 평가를 실시하였다.

본 연구에서 대청호 범위에서의 지상 수질 관측 지점 4개의 자료를 활용하여 단계별 다중 회귀분석으로 시공간적인 TP에 대한 회귀식(상관결정계수(R^2) = 0.956)을 산정하였다. 이를 이용하여 대청호 영역에서 인공위성 기반의 TP 결과와 TSI를 평가하였다. 시공간적인 수질에 대한 변동성을 확인한 결과, 전반적으로 1월에서 3월 사이에는 TSI가 빈영양과 중영양 상태로 고르게 분포하는 경향을 나타내었다. 특히, 강우의 영향에 따른 수질에 대한 결과를 간접적으로 확인할 수 있었는데, 강우 이후에 지표면에서의 오염물질의 유입으로 인해 대청호의 수질이 중영양에서 부영양 상태로 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

전반적으로 대청호에서의 Landsat 8 자료를 활용하여 공간적인 수질 분포에 대한 산정의 가능성을 확인할 수 있었다. 그러나 수질에 대한 공간적인 분포 및 정량적인 정확성을 나타내기 위해서는 장기적인 데이터베이스 구축 및 명확한 알고리즘을 구성하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 위성영상 자체만을 사용하는 한계점을 충분히 이해하고 단순한 수질 파악에 대한 활용에서 벗어나 수질에 대한 시공간적 분석을 지원하는 고차원적인 시스템 개발이 필요함을 시사한다.

위성 영상 정보를 활용한 수질 및 수자원 모니터링은 통합물관리를 위한 핵심기술 분야이다. 본 편집위원회는 이 논문이 위성 영상 정보를 통해 광역 수계의 수질 변화를 모니터링할 수 있는 가능성을 제시했다는 점을 높이 평가하여 이달의 연구로 선정하였다.

이달의 연구자



백종진

성균관대학교 건설환경연구소에서 박사후연구원으로 재직 중이며, 성균관대학교 건설환경시스템학과에서 박사학위를 취득하였다. 수자원을 전공하였으며, 현재 극궤도/정지궤도위성을 활용한 환경/수질/수자원분야에 대한 연구 및 자연채해 연구를 하고 있다.



최민하

성균관대학교 건설환경공학부에서 교수로 재직 중이며, University of New Hampshire에서 박사학위를 취득하였다. 현재 인공위성을 이용한 환경/수자원 분야에 대한 다양한 연구를 하고 있다.

이 달의 탐방 ...

성균관대학교 환경원격탐사연구실



시공간적 인공위성 자료를 활용한 환경/수자원 분석 연구를 선도하다.

환경원격탐사연구실(Environment and Remote Sensing Laboratory; ERS�)은 2009년에 시작하였고, 우수한 연구력을 기반으로 원격탐사기법을 활용하여 광범위한 범위에서의 환경/수자원분야에서 대한 연구가 진행 중입니다.

ERSL에서는 환경원격탐사에 대한 우수한 연구능력과 기술을 바탕으로 NASA, ESA 등 다양한 기관에서 제공하는 인공위성 자료를 활용한 수문기상인자의 시공간적인 산정 및 이를 활용한 전세계의 가뭄, 홍수와 같은 재해정보를 분석연구뿐만 아니라 다양한 규모에 걸쳐 토양-식생-대기 역학에 중점을 두고 인공위성과 지상 기반 데이터를 통합하여 지표면에서의 환경/수문학 과정 및 모델링에 대한 지식을 향상함으로써 국가 차원의 과학적이고 효율적인 환경/수자원 관리 및 수재해 대응 체계를 구축하는데 기여하고 있습니다.

본 연구실은 지도교수인 최민하 교수를 중심으로 현재 다양한 국적을 가진 박사후 연구원 3명, 석박사 통합과정

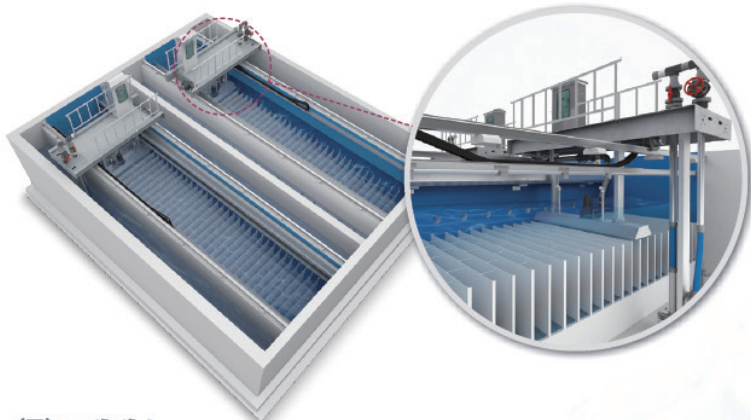
9명이 연구를 수행하고 있고, 매년 환경/수자원 분야의 상위 해외저널에 게재하여 현재까지 약 100건 이상을 제출한 바 있으며, 국내 저널에도 영향력 있는 논문들을 게재함으로써 꾸준한 연구실적을 유지하고 있습니다. 또한, 국제/국내 학회 발표 등 다양한 지원을 하고 있습니다. 현재까지 연구실에서 다국적을 가진 20명(박사 8명, 석사 12명) 내외의 연구인력이 배출되었으며, 국내외 산학연구소에서 원격탐사를 활용한 환경/수자원 관련 전문가로서 활동하고 있습니다.

국내에서 인공위성을 활용한 환경/수자원 분야를 다루는 연구실로 관련 분야의 주요한 특허를 보유하고 있고, 우수한 연구력 및 연구실적을 바탕으로 국가 R&D 연구과제를 포함한 환경/수자원 분야의 연구과제들을 수행하며, 환경/수자원 분야의 발전에 이바지하고 있습니다. 앞으로도 인공위성을 이용한 환경/수자원 분야에 대한 자연재해/기후 변화 등의 연구를 지속적으로 지속하며 보다 고도화된 전문인력 배출과 함께 우리나라뿐만이 아닌 국제적으로 위상을 떨칠 수 있는 연구에 힘쓰고 있습니다.

GRENEX®

우수한 수질! 자동화된 공정!

중력식 자동역세 여과기 GABF®, GACF®



과립형 여재를 사용하는
중력식 자동역세 여과설비로서,
모래를 여재로 사용하는
자동역세 사여과기(GABF®)와
활성탄을 여재로 사용하는
자동역세 활성탄 여과기(GACF®)로
구분됩니다.

운전 개요

유입수는 중력에 의해 여과층 위에서 아래로 여재를 통과한 후 배출구로 배출됩니다. 여과가 진행되는 동안 필요시 자동으로 한 셀씩 역세가 진행되며, 역세왕복이동장치 하부의 역세덮개 안에서 진행됩니다.

특 · 장 점

- 24시간 연속 자동운전
- 낮은 초기투자비용으로 비용 절감
- 간단한 구조와 고강도 부식방지 재질로 내구성 증대
- 정수·하수·폐수 여과가능, 다수의 실적 보유
- 컴팩트한 구조로 유지관리 용이
- 여재의 긴 사용수명으로 유지관리비 최소화
- 높은 SS부하에 대비한 자동 역세 기능
- 모래, 활성탄 등의 다양한 여재사용 가능

(주)그레넥스

본사: 06173 서울특별시 강남구 테헤란로 103길 6, 605호(삼성동) Tel. 02-3453-9166 Fax 02-3453-3913 / 공장 및 기업 부설연구소: 전라북도 진안군 진안읍 거북바위로 3길 15-38 Tel. 063-433-9131 Fax 063-433-9132

2020년 JKSEE 논문인용현황

No.	교신저자	소속	SCI(E)저널
1	정승우	군산대학교	Sci. Total Environ.
2	정승우	군산대학교	Chemosphere
3	정승우	군산대학교	Environ. Geochem. Health
4	주진철	한밭대학교	Water
5	주진철	한밭대학교	Water
6	강석태	한국과학기술원	Environ. Geochem. Health
7	김권래	경남과학기술대학교	Appl. Biol. Chem.
8	김양곤	목포해양대학교	J. Mar. Sci. Eng.
9	박준우	안전성평가연구소	Ecotoxicol. Environ. Saf.
10	박현주	서울대학교	Desalin. Water Treat.
11	신경훈	한양대학교	Sustainability
12	오정은	부산대학교	Sci. Total Environ.
13	홍석수, 허태영	충북대학교	Water
14	황유훈	서울과학기술대학교	Membr. Water Treat.
15	Qi, Jingyao Liu, Yulei	Harbin Institute of Technology Dongguan University of Technology	Sep. Purif. Technol.

편집위원회가 알리는 말

『빼어난 논문 장려금』 지원하세요.

“eminent” 또는 “distinguished”의 우리말이 “빼어난”입니다. 말 그대로 투고/게재하신 논문 중 빼어난 논문을 선정하여 투고 및 게재료를 다시 돌려드리겠습니다. 투고 시 투고시스템에 표기하여 신청 바랍니다.

긴급논문 1차 심사기간을 15일로 당기겠습니다.

대한환경공학회지는 기존 1차 심사기간 30일을 15일로 더욱 앞당겨 저자들의 애타는 심정을 헤아리는 편집위원회가 되겠습니다. 많은 긴급논문 투고 바랍니다.

연말에 『우수 심사자상』과 『국제 논문 인용상』을 드립니다.

대한환경공학회지는 수많은 익명의 심사자에 의해 논문이 더욱 다듬어 집니다. 심사를 빨리, 많이 그리고 성심 성의껏 해 주시는 우수 심사자를 발굴하여 시상합니다.

대한환경공학회지는 국제 DB 색인 등록을 목표로 긴 여정을 시작하였습니다. 그러기 위해 많은 분들이 JKSEE 논문을 인용해 주셔야 합니다. 우리 한글로 쓰는 국제 등재지가 될 수 있도록 여러분이 만들어 주십시오. 많이 인용해 주시는 분 시상하겠습니다.

JKSEE 월간 웹북 누구에게나 보내드립니다.

대한환경공학회 회원 이외 JKSEE 월간 웹북을 받아보고 싶으신 분은 편집위원회로 이메일 주소를 알려주시기 바랍니다.

독자공간



이달의 퀴즈 /

추첨하여 아메리카노 쿠폰을 보내드립니다.

성균관대학교 환경원격탐사연구실에서 2018년 대청호 수질 평가에 사용한 영상 자료를 제공한 위성은?

① Corona

② Terr&Aua

③ Lansat

④ 천리안

정답을 11월 15일까지 ksee@kosenv.or.kr로 성함, 소속, 휴대 전화 번호를 보내주시면 추첨하여 아메리카노 1잔 쿠폰을 보내드립니다.

교육·홍보위원회

기획: 김종오(교육·홍보위원회 위원장, 한양대학교)

환경 관련 기사 ...



현대인과 플라스틱

1. 플라스틱 발명의 역사
2. 플라스틱의 환경오염 - 나노플라스틱, 플라스틱 폐기물
3. 각국 해결방안, 법령, 대체 아이디어 등

과학의 비약적인 발전으로 인해 사회의 모습이 크게 변화했음에도 불구하고 인간은 약 19세기까지 고시대부터 이어져 내려온 금속과 도자기 및 유리 등과 같이 무겁고 비싼 재료를 사용해 그릇을 만들어 왔다. 이러한 기조는 20세기에 들어서 플라스틱의 사용과 함께 크게 바뀌기 시작했고 그릇뿐만 아니라 사회 전반적으로 사용되지 않는 곳 없이 널리 사용되기 시작했다.

처음으로 인공적으로 만들어진 플라스틱은 Alexander Parkes에 의해 1862년에 발명되었으며 이는 셀룰로스와 같은 천연 물질의 반복되는 분자를 길게 이어 붙여 긴 체인을 형성하여 고분자를 형성하였다. 이후 Leo Baekeland가 석유에서 추출한 물질로 쉽게 성형이 가능하고 여러 곳에 이용 가능한 고분자를 발명하였고 여러 플라스틱 고분자들이 줄을 이어 발명되기 시작하였다.

이후 발명된 여러 플라스틱 중 polyethylene terephthalate(PET)와 polyethylene(PE) 생수병, 옷, 장난감 등에 쓰이며 대체로 재활용이 용이하여 2015년도에만 각각 3,300만 톤과 5,200만 톤이 생산되었다. Polyvinyl chloride(PVC) 주로 PET나 PE보다 좀 더 딱딱한 재질로 의료용 기기나 배관, 피팅 등에 사용되며 재활용성은 다소 떨어지는 경향을 보인다. 기본적으로 내화학성을 보이는 polypropylene(PP)나 acrylonitrile-butadiene-styrene(ABS), nylon 등과 같은 특수 목적을 가지는 합성 플라스틱은 음식 용기류, 포장재, 단열재, 인공섬유 등으로 쓰이며 재활용성이 매우 좋지 않아 플라스틱으로 인한 환경오염의 주범으로 지목되고 있다.

플라스틱은 가볍고 열을 가했을 때 모양을 잡은 뒤 식혔을 때 그 모양을 유지하는 특수한 성질로 인해 제조 공정을 간편하고 싸게 만들었을 뿐만 아니라 소비자가 원하는 다양한 모양으로 만들 수 있기에 여러 공정에 사용될 수 있다. 이러한 특성은 플라스틱이 사람들의 식탁에서 모습을 드러내기 시작하여 점차 배달음식의 포장용기나 설거지가 필요 없는 일회용 접시로서 널리 사용되게 되었다.

1862 Alexander Parkes가 셀룰로스로부터 세계 최초로 사람이 만든 인공 플라스틱(parkesine)을 제조, 발명하여 런던 국제박람회에서 선보임. Parkesine은 열 가소성 플라스틱으로 열을 가하여 형태를 변경하고 식으면 형태가 유지되는 성질을 가짐.	1900년대 초반 Jacques Brandenberger 박사가 발명한 셀로판(cellophane)이 투명한 방수포장재로서 처음 사용됨.	1907 Leo Baekeland가 페놀과 포름알데하이드를 이용한 인공재료로 처음 Bakelite(polyoxybenzylmethyleneglycolanhydride)를 발명함.	1930 3M사의 Richard Drew가 일반적으로 스카치 테이프라고 부르는 셀룰로스 테이프 제품을 발명하였음. 후에 셀로판 테이프로 제품명을 변경.
1933 Ralph Wiley가 군수물자를 보호하기 위해 polyvinylidene chloride를 처음 발명하였으며 이후 음식포장용기 등에 널리 사용됨.	1946 Earl Tupper가 Tupperware라는 이름으로 polyethylene 재질의 제품으로 음식저장용 밀폐용기를 만들어 시중에 판매함.	1950 Harry Wasylyk와 Larry Hansen이 polyethylene 재질의 플라스틱 쓰레기봉투를 개발하여 초기에는 병원 등에 사용되었으나 점차 가정에서 널리 사용됨.	1965 스웨덴의 공학자였던 Sten Thulin이 손잡이 부분을 포함하여 온전히 플라스틱으로만 이루어져 있는 플라스틱 봉투를 개발하였음. 손잡이 부분은 접거나 서로 이어붙여 만들.

대부분의 플라스틱들은 석유에서 추출할 수 있는 프로필렌(propylene)으로 만든다. 이 프로필렌을 가열하여 탄소-탄소 결합을 생성하여 얻은 결과물이 폴리프로필렌(polypropylene)이다. 이때 생성된 탄소-탄소 결합을 만들기 위해서는 많은 에너지를 필요로 하며 이것이 바로 한번 만들어진 탄소-탄소 결합이 쉽게 깨지지 않아 플라스틱이 분해되지 않게끔 하는 이유인 것이다.

하지만 이러한 특수한 성질이 또한 플라스틱이 환경문제를 야기하는 여러 물질들 중 하나로 손꼽히게끔 되는 알코트는 이유가 되었다. 그렇지 않아도 몇백 년이 지나도 썩지 않는 물건들이 재활용하거나 특수폐기하는 비용보다 일회성으로 사용하고 새로 사는 비용이 더 저렴하다 보니 너무나 많은 플라스틱 폐기물들이 생겨나고 있다. 이러한 플라스틱 폐기물들은 일반적으로 수거하여 매립 또는 재활용되는데 플라스틱이 매립되어 자연분해 되는 데는 오랜 시간이 걸리고 태웠을 때는 독성 물질이 생성되기 때문에 플라스틱을 적극적으로 재활용하는 것이 가장 이상적이다. 하지만 플라스틱의 종류마다 재활용의 용이성이 다르고 플라스틱의 재활용율 자체도 실제로는 매우 낮다. 이로 인해 근래 크게 대두되고 있는 수계의 나노플라스틱 검출이나 태평양 한가운데에 해류의 표류로 생성된 플라스틱 섬(island) 등은 플라스틱 재활용 효용성의 재검증 및 플라스틱 대체품이나 폐기법에 대한 연구를 촉진하고 있다.

기획위원회

기획 : 강석태(기획위원회 위원장, KAIST)

[두산연강환경학술상 2019년도 대상]

In S. Kim et al., *Nano Letters*, 2018, 18, 5506–5513

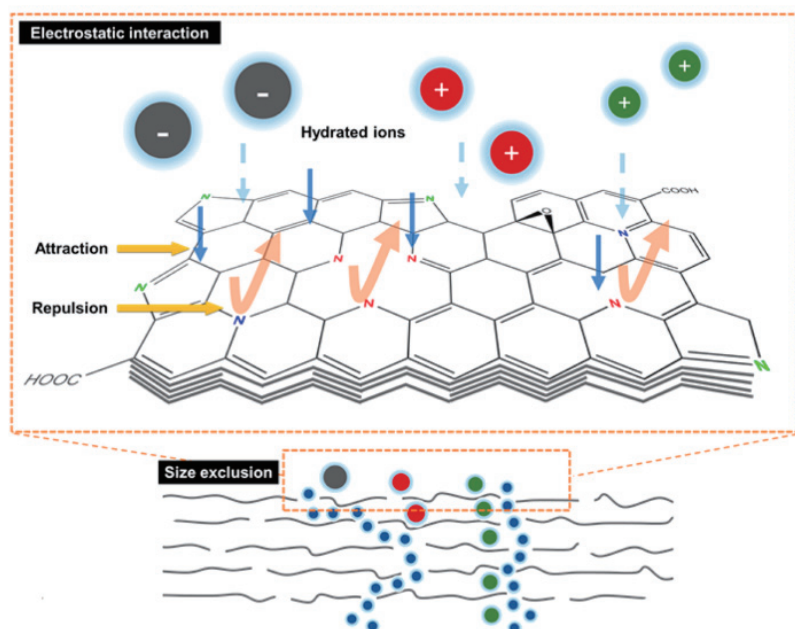
Tunable Ion Sieving of Graphene Membranes through the Control of Nitrogen–Bonding Configuration

(질소결합구조 제어를 통한 그래핀 멤브레인의 이온 투과성 조절)

광주과학기술원 지구환경공학부 김인수 교수

멤브레인 기반 여과기술은 비교적 환경 친화적인 성질과 상대적 적은 양의 정수 에너지 요구량 때문에 중요한 기술로 평가되고 있다. 그러나 기존 멤브레인의 수투과성과 이온 선택성 사이의 상충관계(trade-off)때문에 그 활용이 제한되고 있다. 최근에는 전 세계적으로 가스 분리뿐만 아니라 수처리, 담수화 등을 위해 신소재 ‘그래핀’을 기반으로 한 멤브레인을 연구하는 그룹이 상당히 많다. 그래핀 멤브레인에 대한 관심은 원자 두께의 얇음과 높은 강도, 넓은 비표면적 등 우수한 물리화학적 특징으로부터 시작되었다. 멤브레인으로 활용할 수 있는 장점에도 불구하고, 깨끗한 그래핀(Pristine graphene)을 사용하기 위해서는 낮은 생산 수율 및 어려운 대량 생산과 지나치게 높은 생산 단가 등 장애물에 도전해야 한다. 더욱이, 깨끗한 그래핀의 불침투성 구조는 sp^2 결합 탄소 구조로 형성된 전자 구름의 높은 전자 밀도로 인해 분리막 멤브레인으로서 사용하기에 큰 어려움이 있다. 산화 그래핀(Graphene oxide, GO) 멤브레인의 경우, 상대적으로 눈에 띄는 이온 제거를 현상 덕분에 많은 분야에서 주목받고 있다. 그러나, 산소작용기를 갖고 있는 산화 그래핀의 적층이 수계 내에서 층간간격이 벌어지고, 이온 선택 능력이 저하되는 현상이 나타남에 따라 수처리 및 해수담수 분야로 활용하기에 한계가 있다.

본 논문은 이를 극복하기 위하여 새로운 형태인 질소-도핑 그래핀(Nitrogen-doped Graphene, NG) 멤브레인을 제안하고, 반응시간에 따라 달라지는 도핑 기법을 활용하고, 진공여과법을 사용하여 이온 투과 조절 가능한 멤브레인을 제작하였다. 질소도핑은 특정 조건하에서 산화 그래핀에 존재하는 반응성이 높은 산소작용기와 질소 화합물이 반응하여 환원됨과 동시에 산화 그래핀 평면에 질소원자가 결합되는 방법이다. 환원됨에 따라 층간간격(interlayer spacing)인 나노 채널(Nano channel)의 크기를 조절할 수 있으며, 이로 인한 크기 배제(size-exclusion)가 가능하다. 또한, 질소의 상대적으로 높은 전기음성도 및 고립전자쌍으로 인한 전기 쌍극자 모멘트의 형성이 이온과 표면 사이의 정전기적 상호작용(Electrostatic interaction)을 향상시켜 이온 선택성(ion selectivity) 효과를 갖게 한다.



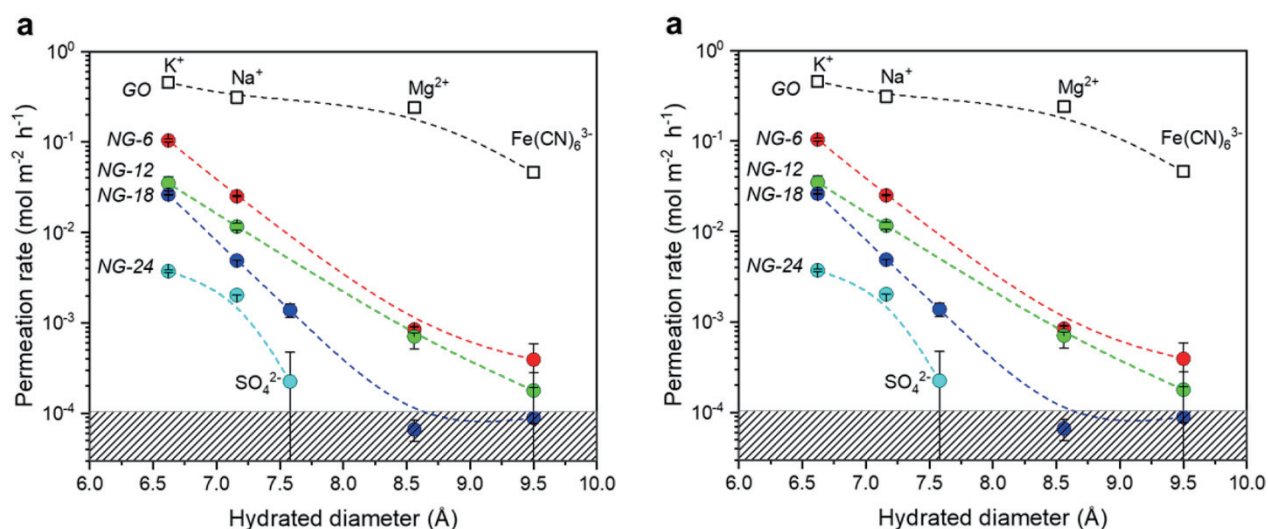
[그림 1] 질소-도핑 그래핀 멤브레인에서의 이온 투과 개념(안)

[그림 1]은 질소-도핑 그래핀의 이론적 특성을 활용하여, 멤브레인으로 사용 시 이온 투과 및 선택성에 영향을 미치는 현상에 대해 설명하고 있다. 멤브레인 표면에서는 수화 이온과 질소-도핑 그래핀 간의 정전기적 상호작용을 통해 이온 제거가 주로 일어날 것으로 예상되고, 내부에서는 나노채널을 통한 크기 배제가 주된 요인으로 판단되었다. 이를 검증하기 위해, 재료 분석(sheet resistance, XPS, XRD)부터 실험을 통한 이온 투과 분석(ICP, IC)을 실시하고, 이를 기반으로 상관관계를 도출하였다.

질소-도핑 반응 시간(NG-x)에 따른 탄소(C), 산소(O), 질소(N) 원자의 함량(Atomic %)과 도핑에

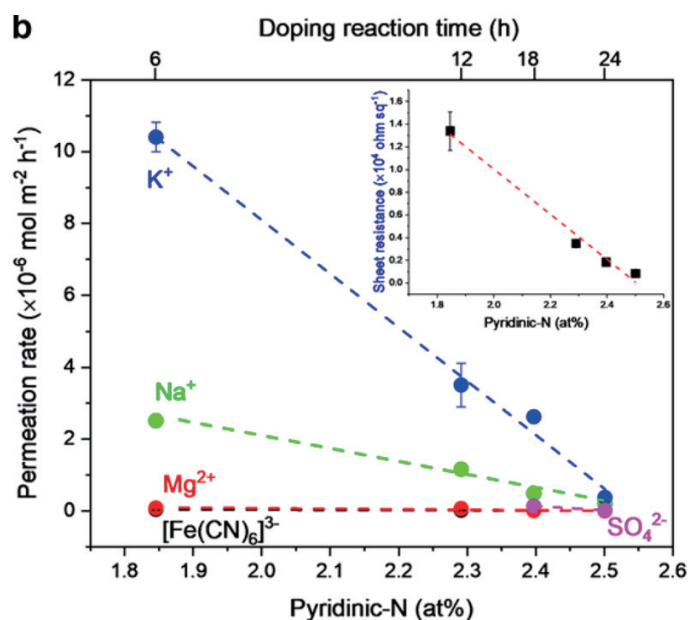
다른 탄소-질소 결합 구조(Pyridinic-N, Pyrrolic-N, Graphitic-N)에 따른 함량(Atomic %)을 확인하였고, 질소-도핑 반응 시간에 따라 Pyridinic-N은 적은 함량에도 불구하고 비율이 높아지는 경향을 확인하였다. 또한 질소-도핑 반응 시간에 따른 나노채널 변화를 건조 상태와 습윤 상태로 각각 측정하였으며, 습윤 상태에서 산화 그래핀(GO)의 나노채널(10.80 Å)에 비해 질소-도핑 반응 후 약 3.55 ~ 3.62 Å까지 줄어들음을 확인하였다.

[그림 2]와 같이 질소-도핑 반응 시간별, 수화 이온의 크기/전하 및 나노채널 크기에 따른 이온 투과를 통해 이온 투과 메커니즘인 크기 배제와 정전기적 상호작용의 관계를 확인하였다. 그 결과, 질소-도핑 반응 시간이 증가할수록, 수화 이온 크기가 증가할수록, 전하비(Z^-/Z^+)가 클수록, 나노채널이 작을수록 이온 투과가 잘 되지 않는 현상, 즉 이온 선택성이 향상됨을 보였다. 특히, 수화 이온 크기가 약 8.0 Å 이상일 경우, GO와 NG 멤브레인의 이온 투과율 차이로부터 크기 배제 효과가 지배적이라고 추론하였다[그림 2a].



[그림 2] 질소-도핑 그래핀 멤브레인에서의 수화 이온(K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , $Fe(CN)_6^{3-}$, SO_4^{2-}) 투과 결과: (a) 수화 이온 크기별, (b) 나노 채널 크기별

하지만, 질소-도핑 시간별 나노 채널의 크기 차이는 0.01 Å 단위로 매우 작기 때문에 비슷한 크기의 나노 채널일 경우 작은 크기의 수화 이온이 크기 배제 효과로만 제거되는 것이라고 설명할 수 없다[그림 2b].



[그림 3] 질소 결합 구조 중 Pyridinic-N과 수화 이온별 투과 상관관계

질소-도핑 시간에 따라 변화 경향이 나타나는 Pyridinic-N의 함량(Atomic %)과 이온 투과율의 상관관계를 보았을 때, 일정한 관계를 확인할 수 있다[그림 3]. 특히, 수화 이온 크기가 상대적으로 작은 이온의 경우, Pyridinic-N과 이온 투과율의 선형 관계를 나타내는 결과로부터 유사 크기의 나노 채널에서는 크기 배제 효과보다 Pyridinic-N 함량에 따른 정전기적 상호작용에 의해 이온 투과율이 결정된다고 추론하였다. Pyridinic-N은 질소-도핑 그래핀 멤브레인의 이온 선택성의 핵심이라 볼 수 있으며, 이러한 특성들 덕분에 이온 선택형 멤브레인으로서 이온교환, 전기투석, 담수화 등 정수용 그래핀 기반 분리막 멤브레인 기술의 새로운 장을 열 것으로 기대한다.

저자 약력



김인수

미국 아칸소 대학교에서 박사학위를 받았으며 현재 광주과학기술원에서 지구환경공학부 교수 및 연구부총장 및 지스트 연구원장을 맡고 있다. 국가 R&D 성과평가로 대한민국 훈장을 받았으며 한국과학기술한림원 정회원 및 국가과학기술자문회의 심의위원으로 활동중이다.



회원동정

수상

최경돈 / (주)수성엔지니어링 환경사업부

우리 학회 회원이신 최경돈 부사장이 환경분야 설계 및 감리용역의 성공적인 수행과 환경보전 및 영향 저감 등으로 국가산업발전에 공헌 및 건설기술향상과 건설기술인 역량강화에 이바지한 공로를 인정받아 대통령표창을 수상



학회소식



2020년도 대한환경공학회 대구경북지회 학술발표·토론회 개최

10월 22일(목) 물산업클러스터 글로벌비즈니스 1층 대회의실에서 ‘대구경북지역 물산업분야 발전방향’이라는 주제로 대구경북지회 학술발표 토론회가 개최되었다. 배현균 대구경북지회장의 개회를 시작으로 발표 및 토론이 성공적으로 개최되었다.

	일 시	내 용
등록	15:00~15:30	등록 및 인사
1부 축사 사회: 황준석 차장 (한국환경공단)	15:30~15:35	개회 : 배현균 교수 (지회장)
	15:35~15:40	주대영 (대구지방환경청장)
	15:40~15:45	고광휴 (국가물산업클러스터 단장)
	15:45~15:50	민경석 (물기술인증원장)
	15:50~15:55	최인중 (물산업클러스터 입주기업 협의회장)
2부 발표·토론 사회: 박창민 교수 (경북대학교)	16:15~16:30	• 국가물산업클러스터 현황 (이치우 부장)
	16:30~16:45	• 물산업클러스터 인재양성 (정진영 교수)
	16:45~17:00	• 폐수 슬러지 내 자원추출 (이상훈 교수)
	17:00~17:15	• 최신 멤브레인 수처리기술 (이의종 교수)
	17:15~17:30	• 우리강 자연성회복 추진방향 (이동춘 과장)
	17:30~18:00	• 물산업 분야 발전방향 토론회
	18:00~18:00	폐회 및 만찬

2020년 대한환경공학회 국내학술대회

그린뉴딜, 환경공학의 기회와 도전

일시

2020년 11월 11일(수) ~ 13일(금)

장소

제주 신화월드

