

## 적외선과 초음파 센서로 측정한 순천만 이산화탄소 변동

김상진\* · 김민성\* · 이경훈\* · 권병혁\*\* · 윤홍주\*\*\*

Carbon Dioxide Fluctuation in Suncheon Bay Measured  
by Infrared and Ultrasonic sensors

Sang-Jin Kim\* · Min-Seong Kim\* · Kyung-Hun Lee\* · Byung-Hyuk Kwon\*\* · Hong-Joo Yoon\*\*\*

## 요 약

순천만 갯벌에서 3차원 초음파풍속계로 바람과 기온을 측정하고, 적외선 센서를 이용하여 이산화탄소 농도를 측정하였다. 일반적으로 기온이 증가하면 대기 중의 이산화탄소 농도가 증가하고, 기온이 감소하면 이산화탄소도 감소한다. 그러나 일몰 직후에는 광합성이 줄어들기 때문에, 기온이 감소함에도 이산화탄소 농도는 증가하였다. 또한 갯벌이 해수로 덮이게 되는 고조기에는 기온 증가에도 불구하고 대기 난류가 강하게 나타나 이산화탄소 농도가 감소하였다. 이산화탄소의 농도 변화에 미치는 갯벌 생태계의 광합성과 호흡 그리고 대기 난류의 영향에 대한 정량적 평가가 필요하다.

## ABSTRACT

Wind and temperature were measured with a three-dimensional ultrasonic anemometer and the carbon dioxide concentration was measured using an infrared sensor in the tidal flat of Suncheon Bay. In general, as the temperature increases, the concentration of carbon dioxide increases, and as the temperature decreases, the carbon dioxide also decreases in the atmosphere. However, since photosynthesis declined immediately after the sunset, the concentration of carbon dioxide increased as the temperature decreased. In addition, near the high tide when the tidal flat is covered with seawater, the atmospheric turbulence was strong despite an increase in temperature, resulting in a decrease in carbon dioxide concentration. It is necessary to quantitatively evaluated the effects of photosynthesis, respiration and atmospheric turbulence on the change of carbon dioxide concentration over tidal flat ecosystems.

## 키워드

Tidal Flat, CO<sub>2</sub> Flux, Ultra Sonic Anemometer, Unmanned Ground Vehicle, Turbulence Kinetic Energy  
갯벌, CO<sub>2</sub> 플럭스, 초음파 풍속계, 무인 이동체, 난류운동에너지

\* 부경대학교 지구환경시스템과학부(sjgreat373@gmail.com)

\* 부경대학교 지구환경시스템과학부(alstjd0451@nate.com)

\* 부경대학교 지구환경시스템과학부(lee\_buzz@nate.com)

\*\* 교신저자 : 부경대학교 환경대기과학과

\*\*\* 부경대학교 공간정보시스템공학과(yoonhj@pknu.ac.kr)

• 접수일 : 2020. 12. 25

• 수정완료일 : 2021. 01. 21

• 게재확정일 : 2021. 02. 17

• Received : Dec. 25. 2020, Revised : Jan. 21, 2021, Accepted : Feb. 17, 2021

• Corresponding Author : Byung-Hyuk Kwon

Dept. of environmental atmospheric sciences, Pukyong National University,

Email : bhkwon@pknu.ac.kr

## I. 서 론

대기의 이산화탄소는 배출원에 따라 매연에 속한 블랙카본, 식물의 유기탄소가 포함된 그린카본 그리고 해양에 저장되는 블루카본으로 분류될 수 있다. 기후 변화 완화에 기여하는 것으로 알려진 블루카본은 광합성을 통해 연안 생태계의 염습지와 맹그로브에 저장된다. NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)에 의하면 맹그로브 숲과 연안습지(갯벌)는 같은 면적의 열대림에 비하여 탄소 제거율이 2배 - 4배, 탄소 저장량은 3배 - 5배에 달한다[1]. 연안습지는 생태계 성장이 빨라서 대량의 탄소를 흡수할 수 있고, 토양은 거의 무산소이기 때문에 탄소 분해가 매우 느려서 오랫동안 저장할 수 있다. 공기 중 이산화탄소는 육상식물 광합성 작용뿐만 아니라 조간대 식물(미세저서조류, 식물플랑크톤, 대형해조류)의 광합성으로도 흡수된다[2-3]. 국제적으로 연안 탄소시장이 주목받는 점을 고려할 때, 세계 5대 갯벌의 일부인 순천만의 해초밭(sea grass bed) 이산화탄소 저장 변동 연구가 필요하다.

한반도 갯벌에서 폐쇄형 챔버법으로 이산화탄소 농도와 플럭스 관측으로 온실기체(메탄, 이산화탄소, 아산화질소)의 배출량과 플럭스를 산출하고, 온실기체의 플럭스와 토양의 물리화학적 성질의 상관성 분석이 수행되었다[4-9]. 순천만과 함평만 연안생태계(갯벌, 논, 산림)에서 토양의 이화학적 성질과 이산화탄소 플럭스의 상관성 그리고 지표와 대기 사이의 이산화탄소 플럭스와 영향인자의 계절 및 공간적인 변동이 분석되었다[6, 7, 9].

해수가 들고 나는 조간대 특성상 관측 장비를 설치하고 관리하기 어렵다. 관측 대상 공간에 진입하기 어려워서 썰물에 맞춰 측정하기 위한 휴대용 기기를 이용하는 관측 방안이 요구된다[10]. 최근 드론을 이용하여 순천만에서 이산화탄소 변동을 측정하였으나[11], 프로펠러에 의한 농도 정확도가 오염될 수 있다는 문제점이 있다.

본 연구에서는 고조기에는 갯벌 근처에서, 저조기에는 무인 이동체(UGV: Unmanned Ground Vehicle)을 이용해 갯벌 접근성을 높여서 이산화탄소와 미기상인자를 관측하였다. 이산화탄소 농도의 변화를 조사하고, 이에 대한 원인을 생태 인자와 미기상학 인자로 분석하였다.

## II. 연구 방법

### 2.1 관측

관측 지역은 순천만(전라남도 순천시 해룡면 농주리)에 위치한 갯벌이다. 노을이 아름다워 찾는 사람이 많고, 갯벌 주변에 산책로도 조성되었다. 하루에 두 번 밀물과 썰물이 발생하여 하층 대기에 영향을 미친다[12]

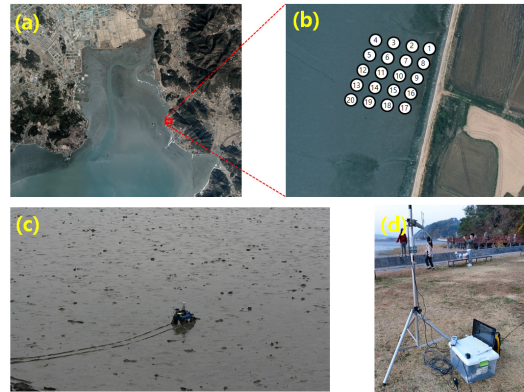


그림 1. (a) 순천만, (b) 공간관측 지점, (c) 무인 이동체 관측, 그리고 (d) 미기상 인자와 이산화탄소 농도 자동관측시스템

Fig. 1 (a) Suncheon bay, (b) spatial measurement points, (c) UGV measurement, and (d) Automatic measurement system of micro-meteorological parameters and CO<sub>2</sub>

일출·일몰 시간의 이산화탄소 농도 분석, 고조기 전후의 이산화탄소 농도 분석 그리고 이산화탄소 플럭스의 일 변화 분석이 수행되었다. Fig. 1의 (a)와 (b)는 순천만 내 관측지의 위치와 공간관측 순서이고, (c)와 (d)는 관측 수행 중인 무인 이동체와 미기상인자·이산화탄소 자동관측시스템이다. 일출과 일몰 직후 갯벌의 이산화탄소 농도 변화 측정을 위하여 UGV를 이용하여 스무 지점에서 각각 1분씩 측정을 수행하였다. 공간관측은 일몰 직후인 2020년 11월 8일 18시와 일출 직후인 2020년 11월 8일 07시에 수행되었다. 공간관측 자료를 이용하여 크리깅을 통해 이산화탄소 농도 분포도를 작성하였다. 고조기에는 공간관측이 불가하기에 약 4시간 동안 지점 관측을 수행하여 농도 변화를 수집하였다. 지점 관측은 2020년 11월 7일 12시부터 16시까지 수행하였다.

## 2.2 관측 기기

대기 움직임의 세 성분인 u, v, w와 기온은 3차원 초음파풍속계로 측정되었다. 바람과 기온의 섭동 성분을 이용하여 에디공분산법으로 운동량 플럭스와 현열 플럭스를 산출할 수 있다. 관측 자료는 10 Hz로 제공되며, 풍속에 대해 0.01 m/s의 정확도로 신뢰성을 제공하도록 제작되었다. Fig. 2는 3차원초음파풍속계(SATI-3K; Applied Technologies Inc.)와 GMP343(VAISALA) 측정원리이다.

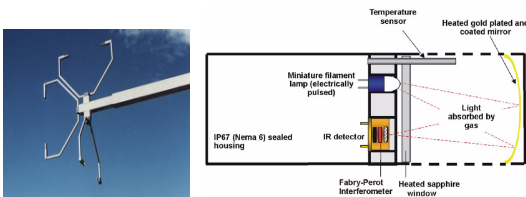


그림 2. 3차원 초음파풍속계(왼쪽)와 GMP343 측정 원리(오른쪽)

Fig. 2 3D ultra sonic anemometer (left) and operation principle of GMP343 (right)

대기 중 이산화탄소 농도와 기온 관측은 GMP343 관측기기를 이용하였다. GMP343은 프루브(Probe) 유형의 장비로 이산화탄소 감지기, 전자장치 그리고 장기간 야외 관측에 적합한 덮개로 구성되어 있다. RS-232 또는 RS-485 통신 장비를 이용한 디지털 출력력이 가능하다. GMP343의 적외선 센서는 VAISALA 사의 감지 기술을 기반으로 한다[13]. 소형 필라멘트 램프에서 나오는 빛이 반사되어 실리콘 기반 Fabry-Perot 간섭계 뒤에 있는 IR 검출기로 다시 초점을 맞춘다. 이 작은 FPI는 전기적으로 조정되어 측정 파장이 CO<sub>2</sub> 가스의 흡수 대역과 기준 대역 사이에서 변경된다. FPI의 통과 대역이 CO<sub>2</sub> 가스의 흡수 파장과 일치하면 IR 감지기는 광 투과율이 감소하는 것을 확인한다. 그런 다음 FPI의 측정 파장이 기준 대역(흡수선 없음)으로 변경되고, IR 감지기는 완전한 광 투과를 확인한다. 이 두 신호의 비율은 가스의 빛 흡수 정도를 나타내며, 가스 농도에 비례하고 이 원리로 이산화탄소 농도를 측정한다.

## III. Results

### 3.1 갯벌 주변 환경 변화

관측 기간은 11월임에도 불구하고 평년보다 높은 기온이 유지되었다. 강수는 없었고, 11월 7일 일몰 전후에 보인 층운을 제외하고 대체로 맑은 날이 유지되었다. Fig. 3은 기온과 이산화탄소 농도의 변화 그리고 일몰시각(1731 KST)과 일출시각(0656 KST), 최고조와 최저조 시각을 보여준다. 음영 구역은 밀물 기간으로 관측지 갯벌이 물에 잠긴 상태이다. 11월 7일 대부분 주간은 물에 잠겼고, 11월 7일 밤부터 8일 새벽까지도 갯벌이 잠긴 상태이다. 일몰과 일출 전후는 물이 빠져서 갯벌이 드러난 상태이다.

태양 복사에너지의 증가에 따라 기온은 일출 후 상승하여 1400 KST에 최대 22.2°C까지 측정되었다. 이후 기온이 하강하지만, 다음날 새벽 0100 KST - 0200 KST에 따뜻한 해수가 들어왔다 나가면서 기온이 상승하는 기간이 나타났다. Fig. 4는 해수면·주변 육지면·갯벌 표면 온도의 변화(위)와 느낌열 플럭스의 변화(아래)를 보여준다. 해수면 온도가 갯벌 표면 온도보다 약 8°C 높아서 대기 온도에 영향을 미쳤다. 기온의 역전으로 느낌열 플럭스도 음의 값을 보인다. 기온이 오르기 직전부터 온도차에 의한 열이 해수에서 대기로 이동하였다. 일반적으로 해수 증발에 의한 습윤열 효과는 느낌열 효과보다 크기 때문에 최저조 이후의 기온 상승이 설명된다[14].

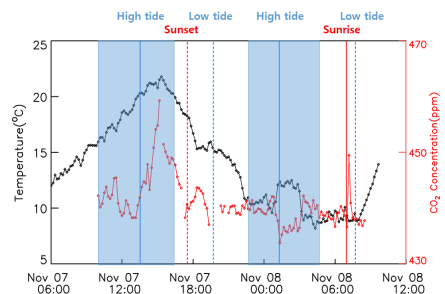


그림 3. 환경 변화에 따른 기온 및 CO<sub>2</sub> 농도 변화  
Fig. 3 Variation of air temperature and CO<sub>2</sub> concentration with environmental variation

이산화탄소의 농도 변화는 [3, 6, 7]의 결과와 같이 대체로 기온 증가에 따라 증가한다(Fig. 3). 그러나 첫 번째 밀물 시간대인 7일 1200 KST 전후, 일출 직후 그리고 두 번째 밀물 때인 0100 KST의 최고조 직전에는 기온이 증가함에도 불구하고 이산화탄소 농도가 감소했다. 기온 이외의 영향인자를 조사할 필요가 있다.

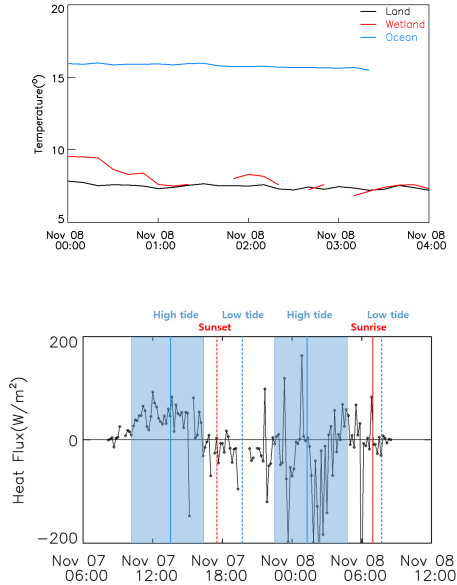


그림 4. 해수면 온도와 주변 육지면과 갯벌 표면 온도 변화(위)와 느낌열 플럭스 변화(아래)  
 Fig. 4 Temporal variation of land surface temperature, tidal flat surface temperature and sea surface temperature (upper), and sensible heat flux (lower)

**3.2 일출·일몰 시간의 이산화탄소 변동**

일출과 일몰 후 바닷물이 빠져서 갯벌이 드러난 환경 조건에서 UGV를 이용한 접지층 공간관측을 수행하였다. 일출시각과 일몰시각의 약 30분 뒤 관측을 시작하였다. Fig. 5는 UGV를 이용한 일몰 후(왼쪽)와 일출 후(오른쪽)의 기온과 이산화탄소 농도의 변화이다. 갯벌 위 공기의 기온은 일몰 후 감소하여 16.0°C에서 14.5°C 사이에서 변화를 보였고, 일출 후에는 12.5°C에서 10.0°C까지 변화를 보였다. 이산화탄소 농도는 일몰 후 약 415 ppm - 428 ppm, 일출 후 약

424 ppm - 440 ppm으로 나타났다.

일반적으로 열적 환경이 이산화탄소 농도 변화에 지배적으로 작용하여 온도가 높을수록 이산화탄소 농도가 증가하는 관계를 보인다[3]. 그러나 일몰 후 기온이 감소하지만, 태양복사에너지 감소로 인해 식물성 플랑크톤에 의한 광합성 작용이 더는 일어나지 않고 [15], 생물의 호흡만 발생하기 때문에 이산화탄소 농도가 증가한다. 반면, 일출 직후에 태양 복사 에너지에 대한 대기의 열적 반응이 느려서 온도는 여전히 감소하지만, 가시광선을 받기 시작하면서 갯벌에 포함된 식물성 플랑크톤의 광합성이 활발하여 갯벌 위 대기의 이산화탄소 농도가 감소한다.

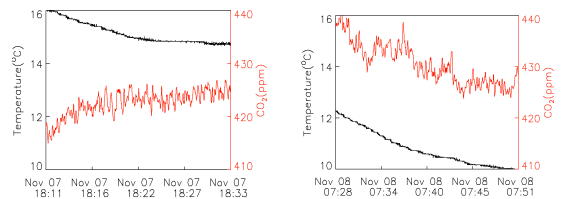


그림 5. 일몰 후(왼쪽)와 일출 후(오른쪽)의 기온과 CO<sub>2</sub> 변화

Fig. 5 Variation of air temperature and CO<sub>2</sub> after sunset (left) and after sunrise (right)

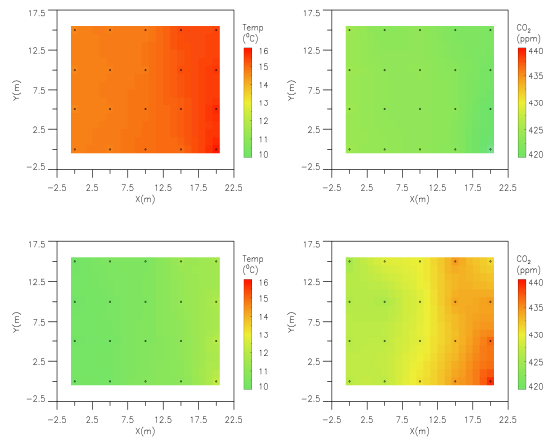


그림 6. 일몰 후(위)와 일출 후(아래)의 기온과 CO<sub>2</sub> 공간 분포

Fig. 6 Spatial distribution of air temperature and CO<sub>2</sub> after sunset (upper) and after sunrise (lower)

Fig. 5의 기온과 이산화탄소의 변화는 Fig. 6의 공간 분포에서 오른쪽 아래 지점부터 북쪽으로 이동하기 시작해서 지그재그로 측정되었다. 일몰 후 출발점부터 서서히 기온이 감소하는 것을 확인할 수 있고, 일출 후에는 이산화탄소 농도의 감소가 뚜렷하게 나타난다.

### 3.3 고조기 전·후 이산화탄소 변동

국립해양조사원<sup>1)</sup>의 고조기 시간 예보 자료를 이용하여 갯벌 환경을 조사하였다. 관측에서 가장 가까운 지역인 여호항(전남 고흥군 점암면 여호리)을 기준으로 고조기를 결정하였다.

Fig. 7은 첫 번째 고조기 전후의 기온과 이산화탄소 농도의 변화를 보여준다. 11월 7일 1130 KST부터 첫 번째 고조기 1331 KST의 30분 전까지 이산화탄소 농도는 점차 감소하는 것은 해수가 들어오면서 갯벌의 식물성 플랑크톤의 광합성 작용이 감소하기 때문이다. 이산화탄소 농도가 최저값을 나타난 후에는 이산화탄소 농도가 지속적으로 증가한다. 갯벌이 상대적으로 따뜻한 해수로 덮여 기온의 상승이 이산화탄소 농도 증가에 크게 영향을 미치기 때문이다. 갯벌 생태계의 해조류와 식물성 플랑크톤의 광합성, 유기물 분해, 해저생물의 활동 등은 열적 환경에 강하게 의존한다[2].

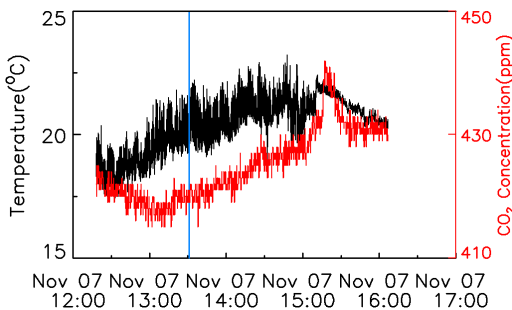


그림 7. 고조기 전후의 기온과 CO<sub>2</sub> 변화  
Fig. 7 Variation of air temperature and CO<sub>2</sub> before and after high tide

Fig. 8은 두 번째 고조기의 기온과 이산화탄소 사이의 상관관계를 보여준다. 두 번째 고조기인 11월 8

일 0117 KST 직전에는 기온이 증가함에도 이산화탄소 농도는 감소한다. 육지보다 상대적으로 따뜻한 해수가 들어오면서 기온이 상승하고, 광합성이 작용이 없는 야간이기 때문에 이산화탄소 농도가 감소하는 다른 원인에 대한 설명이 필요하다.

접지층 대기에서 물리량의 수송 또는 이동은 대기 난류에 의해 이루어진다. 난류 강도의 척도가 되는 대기 난류운동에너지(Turbulence Kinetic Energy; TKE)는 3차원 초음파 풍속계로 측정된 바람의 세 성분 섭동 제곱의 합 $[0.5(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2})]$ 으로 나타난다. Fig. 9에서 기온과 이산화탄소 농도가 최대인 11월 7일 주간을 제외하고, 이산화탄소 농도가 감소된 시점의 TKE가 높은 것을 알 수 있다. TKE가 약 1.2 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>인 7일 1900 KST 전후에는 야간이고 물이 빠져서 호흡에 의한 이산화탄소가 증가되어야 하지만 오히려 감소가 나타난다. 7일 2100 KST경에도 TKE는 높고 이산화탄소는 낮은 농도로 유지되고 있다. 대기 난류가 접지층의 공기를 잘 혼합하는 역할을 하여 이산화탄소 농도가 감소한다고 해석된다.

두 번째 고조기 이산화탄소 감소에 대한 설명도 대기 난류의 역할로 설명된다(Fig. 8). 야간에는 공기가 무거워져서 갯벌 상부에 방출된 이산화탄소가 축적되지만, 난류가 강할 경우에는 희석된다. 일반적으로 갯벌에서 기온이 증가할수록 이산화탄소 농도는 증가하지만[3, 6, 7], 이산화탄소의 농도 변화에 미치는 갯벌 생태계의 광합성과 호흡 그리고 대기 난류의 영향도 무시할 수 없다.

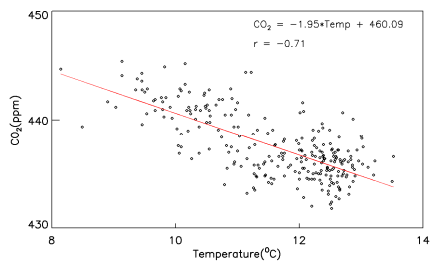


그림 8. 2020년 11월 8일 0000 KST부터 0230 KST까지 기온과 CO<sub>2</sub> 변화  
Fig. 8 Variation of air temperature and CO<sub>2</sub> from 0000 KST to 0230 KST on 8<sup>th</sup> Nov. 2020

1) <http://www.khoa.go.kr/>

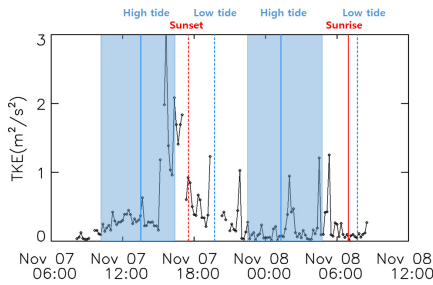


그림 9. 대기 난류 운동에너지의 변화  
Fig. 9 Variation of atmospheric turbulence kinetic energy

#### IV. 결론

순천만 갯벌에서 고정관측 및 공간관측을 통해 이산화탄소 농도의 변동에 영향을 미치는 생태 인자와 미기상학 인자를 조사하였다. 기온이 증가하면 대기 중의 이산화탄소 농도도 증가하지만, 갯벌 대기에서는 주변 환경에 따라 이와 반대되는 현상이 나타나기도 한다. 일출과 일몰 직후에는 대기의 이산화탄소 농도가 온도 변화보다는 광합성 작용 가능 여부에 영향을 받는다. 갯벌이 해수로 덮이게 되면 광합성의 영향은 없고, 해수면 온도와 대기 난류의 영향을 받는다. 갯벌 표면보다 따뜻한 해수가 들어오면 광합성으로 감소하던 이산화탄소는 기온 상승에 따라 재상승한다. 대기 난류가 활성화되면 따뜻한 해수가 들어오더라도 연안 접지층의 이산화탄소 농도는 희석된다.

생태계에서 갯벌 역할의 중요성을 고려하여 광합성량과 TKE가 이산화탄소 농도 변화에 지배적으로 미치는 영향을 정량적으로 분석하는 추가 연구가 지속적으로 필요하다. 순천만과 같이 관광 및 산책로로 개발된 곳의 이산화탄소 및 미기상 자료 수집은 정부가 주도하는 민간기상정보서비스 활용에 이바지한다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과입니다.

#### References

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2001: Synthesis Report," Cambridge University Press, 2001, pp. 397.
- [2] J. Guarini, F. Blanchard, Ph. Gros, and S. Harrison, "Modelling the mud surface temperature on intertidal flats to investigate the spatio-temporal dynamics of the benthic microalgal photosynthetic capacity," *Marine ecology progress series*, vol. 153, 1997, pp. 25-36.
- [3] L. Zhou, G. Zhou, and Q. Jia, "Annual cycle of CO<sub>2</sub> exchange over a reed (*Phragmites australis*) wetland in Northeast China," *Aquatic Botany*, vol. 91, 2009, pp. 91-98.
- [4] D. Kim, "Greenhouse gas(CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) emissions from estuarine tidal wetland and their characteristics," *J. of Korean Society for Atmospheric Environment*, vol. 23, 2007, pp. 225-241.
- [5] D. Kang, S. Kim, B. Kwon, and I. Kim, "Observations of variations in soil organic carbon and carbon dioxide in the constructed wetland at Goheung Bay," *J. of Fisheries and Marine Sciences Education*, vol. 20, 2008, pp. 58-67.
- [6] D. Kang, B. Kwon, and P. Kim, "CO<sub>2</sub> respiration characteristics with physicochemical properties of soils at the coastal ecosystem in Suncheon Bay," *J. of The Korean Environmental Sciences Society*, vol. 19, 2010, pp. 217-227.
- [7] D. Kang, B. Kwon, H. Yu, P. Kim, and G. Kim, "Seasonal and spatial variations of CO<sub>2</sub> fluxes between surface and atmosphere in foreshore, paddy field and woods sites," *J. of Environmental Sciences International*, vol. 20, 2011, pp. 963-975.
- [8] D. Kang, B. Kwon, and P. Kim, "Variation analysis of CO<sub>2</sub> concentrations at sunset before and after of summer season at the foreshore," *J. of Environmental Sciences International*, vol. 23, 2014, pp. 399-407.
- [9] Y. So, D. Kang, B. Kwon, and P. Kim,

“Seasonal variations of CO<sub>2</sub> concentration and flux in vegetation and non-vegetation environments on the Muan tidal flat of Hampyong Bay,” *J. of Wetlands Research*, vol. 21, 2019, pp. 257-266.

- [10] M. Kim, B. Kwon, and H. Yoon, “Estimation of Surface Layer Heat Flux Using the UHF Sensor Installed on UAV,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 1, 2018, pp. 265-275.
- [11] D. Kang, W. Jo, Y. Yun, H. Yu, S. Jang, D. Kim, J. Park, Y. Song, and Y. Choi, “Research for Carbon Dioxide Fluctuation using Drone above the Mud Flat and Reed Beds in the Suncheon Bay,” *J. of Environmental Sciences International*, vol. 29, no. 7, 2020, pp. 703-713.
- [12] P. Kim, “Characteristics of heat and CO<sub>2</sub> fluxes on a tidal flat in Suncheon bay, Korea,” *Pukyong National University*, 2012, pp. 86. <- 부경대학교 석사 학위 논문으로 국문명 “순천만 조간대에서 열 플럭스와 CO<sub>2</sub> 플럭스의 특성”입니다. 메일로 나왔던 논문 첨부드립니다.
- [13] V. Oyi, “User’s Guide(Vaisala CARBOCAP Carbon Dioxide Probe GMP343),” *Report*, 2013, pp. 91.
- [14] B. Kwon, B. Benech, D. Lambert, P. Durand, and A. Druilhet, “Structure of the marine atmospheric boundary layer over an oceanic thermal front : SEMAPHORE experiment,” *J. of Geophysical Research*, vol. 103, no. C11, 1998, pp. 25159-25180.
- [15] H. Guo, A. Noormets, B. Zhao, J. Chen, G. Sun, Y. Gu, B. Li, and J. Chen, “Tidal effects on net ecosystem exchange of carbon in an estuarine wetland,” *J. of Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 149, 2009, pp. 1820-1828.
- [16] S. Kim, B. Kwon, K. Kim, P. Kim, M. Kim, W. Jo, and H. Yoon, “Case Study on the Mixed Layer Development using the UHF Radio Sounding,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 1, 2018, pp. 253-263.

저자 소개



**김상진(Sang-Jin Kim)**

2014년 부경대학교 환경대기과학  
과(이학사)  
2017년 부경대학교 지구환경시스  
템과학부(이학석사)  
2017년~ 부경대학교 지구환경시  
스템과학부 환경대기과학 전공 박사과정  
※ 관심분야 : 대기과학, 미기상학



**김민성(Min-Seong Kim)**

2019년 부경대학교 환경대기과학  
과(이학사)  
2019년~현재 부경대학교 지구환  
경시스템과학부 환경대기과학  
※ 관심분야 : 대기과학, 원격탐사



**이경훈(Kyung-Hun Lee)**

2018년 부경대학교 환경대기과학  
전공(이학석사)  
2020년~ 부경대학교 일반대학원  
환경대기과학 전공 박사과정  
※ 관심분야 : 대기과학, 원격탐사



**권병혁(Byung-Hyuk Kwon)**

1994년 Joseph Fourier 대학교 지  
구유체역학 전공(이학석사)  
1997년 Paul Sabatier 대학교 대  
기과학 전공(이학박사)  
2000년~2001년 Alagoas 대학교 교수  
2002년~현재 부경대학교 환경대기과학과 교수  
※ 관심분야 : 대기과학, 원격탐사



**윤홍주(Hong-Joo Yoon)**

1983년 부경대학교 해양공학과  
(공학사)  
1985년 부경대학교 대학원 해양  
학과(공학석사)  
1997년 프랑스 그르노블I 대학교  
위성원격탐사전공(공학박사)  
1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수  
2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수  
※ 관심분야 : 해양 원격탐사, GIS

