

요 약 문

I. 연구개요

- 연구과제명 : 부산시 탄소 중립 및 대기오염물질 저감을 위한 식목정책 연구
- 연구기간 : 2023년 2월 ~ 2023년 11월 (10개월)
- 연구기관 : 부경대학교 산학협력단
- 연구책임자 : 손윤석 (부경대학교 지구환경시스템과학부)
- 연구개발비 : 30,000천원

II. 연구의 필요성 및 목적

- 주요 수종의 BVOCs 배출량 비교를 통한 수종 선택 가이드라인 제시
- 현재 식재되어있는 수종들에 대한 관리 정책 제언
- 자동차 연료 변화를 대비한 부산시의 새로운 식목정책 제언

III. 연구의 내용 및 범위

- 대상 수종 선정 및 BVOCs 배출속도 비교
 - 국내외 통계 자료를 기반으로 대상 수종 선정
 - 현존하는 부산시 가로수산림수정원수종별 주요 수종의 배출속도 (ER) 조사
- 적합 수종 선정 및 정책제언
 - 각 수종 당 주요 배출 BVOCs (이소프렌, 모노테르펜 등) 성분 조사
 - 오존생성잠재력 (POCP) 기반 수종별 BVOCs 연구를 통한 산림수종 선정
 - 식생 구분, 배출계수 등의 기초자료 개선안 도출
- 미래 식목정책 제언
 - 전기차, 수소차 보급률에 따른 부산시 내 NOx 농도 변화 조사 및 연료에 따른 배출량 조사
 - 자동차 연료의 변화에 따른 식목정책 제언

IV. 연구결과

- 대상 수종 선정 및 BVOCs 배출속도 비교
 - 부산시 대표 가로수종은 왕벚나무 (30%), 은행나무 (20%), 느티나무 (14%), 이팝나무 (11%) 및 양버즘나무 (4%)로 선정

- 부산시 산림율은 45.4%이며 산림면적 중 침엽수 입목지계가 활엽수 입목지계의 약 2배 넓은 면적을 차지
- 부산시 대표 산림수종은 침엽수 및 활엽수 면적의 1% 이상을 차지하는 소나무, 편백나무, 리기다, 참나무류를 선정
- 부산시 대표 공원수종은 가로수 및 산림수와 중복되는 3종 (소나무, 왕벚나무, 느티나무)을 제외한 동백나무, 메타세콰이아, 가시나무, 단풍나무 및 사철나무를 선정
- 부산시 대표 가로수종 중 벚나무, 은행나무, 느티나무는 BVOCs (이소프렌, 모노테르펜)가 미량 혹은 발생되지 않는 수종임으로 파악
- 버즘나무의 경우 이소프렌의 배출속도가 10.9에서 최대 67.01 $\mu\text{gC gdw}^{-1}\text{h}^{-1}$ 로 검출
- 부산시 대표 산림수종 중 침엽수인 소나무, 편백나무 및 리기다 소나무에서는 모노테르펜만 배출되며 활엽수인 참나무류는 이소프렌만 배출되는 것으로 확인
- 또한 참나무류는 PAR와 온도에 민감한 이소프렌의 화학적 특성상 계절에 따른 배출속도의 변화가 크며 대부분의 수종에서 여름에 배출속도가 가장 높은 것으로 보고
- 부산시 공원수종 중 단풍나무는 모노테르펜만 미량 배출되며 가시나무는 이소프렌만 0.03 $\mu\text{gC gdw}^{-1}\text{h}^{-1}$ 로 매우 적게 배출

○ 적합 수종 선정 및 정책 제언

- BVOCs의 종류는 일반적으로 이소프렌 (isoprene, C_5H_8), 모노테르펜 (monoterpene, $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$), 세스퀴테르펜 (sesquiterpenes, $\text{C}_{15}\text{H}_{24}$), 기타 반응성 VOCs (other reactive VOCs, ORVOCs, $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$), 기타 VOCs (other VOCs, OVOCs)와 같이 총 다섯가지로 구분되며 이 중 이소프렌과 모노테르펜은 전체 BVOCs 배출 추정량의 약 64%를 차지하는 주요 물질로 반응성이 매우 높음
- 산림수종의 대부분을 차지하는 소나무는 d-limonene, α -pinene, α -terpinene, myrcene 등이 대표적으로 배출되며 해송은 d-limonene의 배출이 약 65%를 차지
- 활엽수의 경우 이팝나무를 제외한 대부분의 수종에서 α -terpinene의 비율이 가장 우세했으며 침엽수에서 주로 배출되는 d-limonene은 갈참나무를 제외한 모든 종에서 미검출
- 부산시 대표 가로수종 중 버즘나무의 오존생성능력이 월등히 높으며 산림수종의 경우 침엽수 입목지계가 활엽수 입목지계에 비하여 약 2배 넓은 면적을 차지하지만 산림 활엽수 대표수종인 참나무류의 이소프렌 배출속도가 침엽수의 모노테르펜 배출속도보다 월등히 높기 때문에 참나무류의 오존 생성 가능성이 높음
- 부산시 대표 공원수종 중 단풍나무와 메타세콰이아의 BVOCs 배출속도를 비교했을 때 부산시 공원수종 중 오존생성능력은 메타세콰이아가 가장 높을 것으로 판단
- 주요 수종의 연간 CO_2 흡수량은 생장으로 인하여 30년 이전에 가장 높게 나타났으며 임령의 증가에 따라 생장의 둔화로 CO_2 흡수량이 감소
- CO_2 흡수율은 메타세콰이아가 69.6 ($\text{kgCO}_2/\text{tree}/\text{year}$)로 가장 높았으며 그 다음으로 양버즘나무, 은행나무, 느티나무, 벚나무, 단풍나무 순으로 확인
- 나무 한그루 당 탄소저장량은 양버즘나무가 361.6 ($\text{kg C}/\text{tree}$)로 가장 높았으며 두

번째로는 메타세쿼이아가 315.2 (kg C/tree)로 우수

○ 미래 식목정책 제안

- 부산시 친환경 자동차는 2020년 이후 꾸준히 증가하는 추세를 보이며 전기차는 2020년-2023년 등록대수가 약 5.6% 상승하였고 휘발유, 경유, LPG 차량의 경우 각각 1.1, 0.9, 0.9%의 증가율을 보여 추후 친환경자동차로 연료의 변화가 빠르게 이루어 질 것으로 예상
- 자동차 연료의 종류에 따른 NOx의 배출량의 경우 경유차가 0.34 g/km로 가장 많이 배출되며 친환경자동차는 거의 배출되지 않는 것으로 보고
- 우리나라 연평균 성장률 기준으로 부산시의 2030년 전기차 (전기 및 하이브리드)는 약 46만대가 등록될 것으로 예상되며 부산시 도심 내 총 NOx는 경유차량 기준 약 15,760 g/km, 휘발유차량 기준 약 370 g/km가 저감될 것으로 예상
- 부산시 NOx의 농도가 낮아짐에 따라 오존생성가능성이 감소하고 가로수에서 배출되는 NVOCs는 대기오염물질의 전구체의 역할보다 사람의 신체 및 정신 건강에 이로운 영향을 주는 피톤치드의 역할을 수행하게 될 것으로 판단
- 따라서 연료의 변화가 없이 도심 내 NOx의 농도가 높을 경우 가로수종으로는 벚나무, 은행나무, 느티나무 및 이팝나무, 공원수종으로는 단풍나무, 동백나무 및 가시나무 등을 식재할 것을 추천하지만 연료의 변화에 따라 도심 내 NOx가 매우 낮아질 경우 피톤치드를 다량 배출하며 CO₂ 흡수량이 뛰어난 버즘나무, 참나무류, 메타세쿼이아를 선정할 것을 제안
- 더불어, 도심에 식재되는 식목은 초미세먼지, 온실가스, 오존 등 대기오염물질의 저감과 식재 위치, 시기, 관리 등 경관 위주의 항목들도 종합적으로 고려한 후 판단할 것을 제안함.

V. 기대효과 및 활용방안

- 최적의 수종 선정을 통한 부산시 내 가로수 등의 효율적인 식재 및 관리
- 부산시 대기오염물질 저감을 고려한 수종 선정 가이드라인 제시를 통하여 ‘부산광역시 가로수 조성 및 관리 조례’ 식목정책 제안
- 부산시 도심 수종의 배출속도 비교 및 적합 수종 선정으로 인한 부산시 내 대기오염물질 관리 및 탄소 중립 실현