

부산지역 갈맷길에서 생성되는 생리활성물질들의 분포특성에 관한 연구

유은철[†] · 정태욱 · 박기형 · 도우곤 · 김영태 · 조정구
대기보전과

A study on the characteristics of physiological active substances from the Gal Mae-Gil in Busan

Eun-Chul Yoo[†], Tae-Wook Jeong, Gee-Hyeong Park, Woo-Gon Dou, Young-Tae Kim and Jeong-Gu Jo
Air Preservation Division

Abstract

This study investigated a physiological active substances such as terpenes, negative ion emitted from plants and seashore in Gal-Mae walking courses in Busan. It was well known that when terpenes, negative ion in the atmosphere is proper amount, they bring about relaxation and had a good effect on our mental and physical health. To develop theme zone in Gal Mae-Gil for the promotion of health and to provide a differentiated service, we examined phytoncide, negative ion in an eight course of Gal Mae-Gil in Busan, The results as follows ;

1. Phytoncide release in Gal Mae-Gil were 11.038 ~ 28.760 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Gijang and 1.977 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Seongigok. These results were the higher phytoncide level than other locations.
2. Negative ion in Seongigok were measured over 1,500/cc. A woodland path in Gal Mae-Gil has 500~550/cc and less than 650/cc along the seashore. On the other hand, negative ion measured in road side ranged from 10 to 50/cc.
3. Ambient air quality in the forest(Seongigok) were 50% lower than urban air quality ; ozone 40 ppb, CO 0.18 ppm, PM10 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Forests in urban were considered safety space against air pollution.

Key words : phytoncide, negative ion, terpene, ozone

서론

경제성장과 더불어 소득의 증가 및 생활수준의 향상으로 인한 주 5일제 근무는 노동시간의 단축과 여가시간의 확대, 여가생활의 다양화로 이어져 인간 삶의 질에 대한 가치관의 변화에 영향을 주었다. 산업화 시대의 특징인 빠르게 살기에서 벗어나 느리게 살기를 추구하는 슬로우 라이프 현상의 대두와 함께 친환경경우의적인 건강과 웰빙을 동시에 추구하는 걷기여행이 새로운 관광형태로 등장하여 새로운 트렌드로 자리매김하고 있는 실정이다.

최근 들어 국내에서는 제주 올레길, 지리산 둘레길 등 많은 지자체에서 앞 다투어 걷기 코스를 개발하고 관광상품으로써 걷기여행의 활성화를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 부산

에서도 2009년부터 녹색도시 조성 및 그린웨이 활성화를 위해 부산지역 해안 길, 산길, 강 길에 대해 걷기코스를 발굴하였으며 2010년 현재 21개 코스 걷기코스가 개발되어 많은 부산시민들과 타 지역에서 찾아오는 관광객들이 이용하고 있다.

산림이 우거진 숲속은 나무가 성장하면서 발산하는 피톤치드(Phytoncide)에 포함된 테르펜 등의 향기에 살균, 성장촉진 등의 물질이 함유되어 있어 노폐물 배출을 활성화시키고 신진대사 및 심폐기능을 강화시켜 주며 또한, 냇물과 폭포주위의 숲에서 발산되는 음이온은 체내에 흡수되면 피를 맑게 해주고 신경조직을 이완시켜 긴장을 풀어주는 기능을 한다고 알려져 있다.

본 연구는 갈맷길의 관광자원화와 경쟁력 확보를 위해 갈맷길 걷기코스를 따라 울창한 숲, 해안 등에서 배출되는 피톤치드, 음이온 등 인체에 유익한 생리활성물질의 특성을 조사하여 이용시민들에게 갈맷길의 건강정보 제공 및 타 시도의 걷

[†] Corresponding author. Email : yooagfe@korea.kr
Tel : +82-51-888-6816, Fax : +82-51-888-6

기코스과 차별화된 웰빙 테마공간개발을 위한 기초자료 제공을 통한 녹색도시 조성시책에 반영하고자 수행하였다.

재료 및 방법

조사대상

본 연구에서 조사대상으로 선정한 걷기코스는 해양도시 부산의 지리적인 특성을 잘 반영하고 있는 길(이하 갈맷길)로서 해안 길, 숲길 그리고 이들 해안과 숲이 혼재하고 길로서 해안가에 위치한 해운대 삼포길 등 5개 코스와 도심의 숲속에 위치한 백양산 숲길 등 3개 코스 등 총 8개 코스, 전체길이 85.2Km이다. 이들 조사대상 갈맷길 코스는 부산지역의 지역적 특성과 생리활성물질을 조사함에 접근이 용이하고 평소에도 많은 사람들이 여가생활 및 건강증진을 위해 즐겨찾는 곳으로 조사대상 갈맷길의 위치와 지리적 특성은 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

갈맷길 걷기코스 임상특성

부산지역 주요 갈맷길에서 자연 환경적 요소에 따른 피톤치드, 음이온 등 생리활성물질 특성을 파악하기 위해 8개 갈맷길 코스에 대한 수목분포 등에 대한 식물생태계 특성을 파악하기 위해 산림청의 산림공간정보포털(<http://fgis.forest.go.kr>)에서 임상정보를 이용하였고 조사대상 갈맷길 코스에서 임상정보를 Table 2에 나타내었다.

산림의 정보는 임상, 영급, 경급, 밀도로 표시하며 산림정보의 의미는 Table 3과 같다. 조사대상 대부분의 갈맷길 코스는 자연환경에 따라 해안 길과 숲길 등으로 구분되며 해안 길 주변에도 여러 가지 수종들이 있으나 대부분 임상은 소나무림이 주를 이루고 있다. 수목의 영급은 30~40년생으로 50%이상의 수관점유 비율을 차지하며 임분의 흉고직경이 18~28cm, 소나무이 수관점유면적이 71%이상을 차지하는 밀도가 높은 숲으로 이루어져 있다. 반면에 숲길 코스는 소나무림과 침활혼효림 또는 침엽수인공림이 주를 이루고 소나무림, 침활혼효림의 영급은 30~40년생으로 50%이상의 수관점유 비율을 차지하며 임분의 흉고직경이 18~28cm, 소나무이 수관점유면적이 71% 이상을 차지하는 밀도를 보이며 특히, 백양산 숲길코스에 있는 성지곡수원지 주변지역은 침엽수인공림이 수관 점유면적

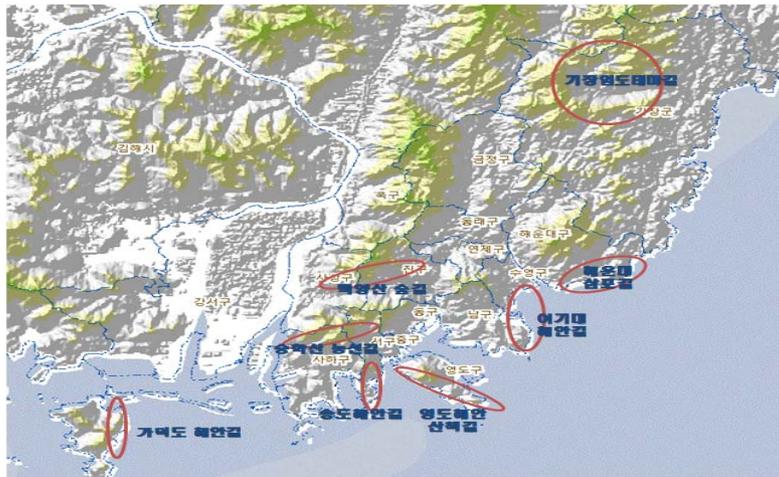


Fig. 1 Walking courses in Busan.

Table 1. Characteristics of walking courses

Walking course	Distance (Km)	Geographical features	Remarks
Igidae	8	Forest, Seashore	vehicle, ship
Songdo	7.5	Forest, Seashore	vehicle, ship
Haeundae	8	Forest, Seashore	vehicle, ship
Yeongdo	12.2	Forest, Seashore	vehicle, ship
Mt. Baekyang	15	Forest	-
Gijang	15.5	Forest	-
Mt. Seunghak	13	Forest	-
Gadeokdo	6	Forest, Seashore	ship

Table 2. Information of forest around "Gal Mea" walking courses

Courses	site	Forest Information*
Igidae	구름다리 큰고개 쉽터	임상(소나무림), 영급(4), 경급(소경목), 밀도(밀)
Songdo	다목적광장	임상(소나무림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(밀)
Seashore	Haeundae 동백섬 달맞이길	임상(소나무림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(밀)
Yeongdo	태종사 입구	임상(침활혼효림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(밀)
Gadeokdo	기도원 해안 누릉능	임상(침활혼효림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(밀)
Mt. Baekyang	신라대 솔숲 수원지 입구	임상(소나무림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(밀) 임상(침엽수인공림), 영급(5), 경급(중경목), 밀도(밀)
Forest	Gijang 돌샘약수터 아홉산 고개	임상(소나무림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(밀) 임상(침활혼효림), 영급(4), 경급(중경목), 밀도(중)
Mt. Seunghak	내원정사 석탑체육공원	임상(침활혼효림), 영급(5), 경급(중경목), 밀도(밀)

* 산림공간정보포털(<http://fgis.forest.go.kr>) 자료 활용

Table 3. Information of forest around "Gal Mea" walking courses

Sort	Signification	Remark
임 상	수관 점유면적 또는 입목본수 비율이 75%이상인 임분	침활혼효림: 침엽수와 활엽수의 수관면적 또는 입목본수 비율이 각각 25% 이상, 75%미만인 임분
영 급	입목의 수관점유 비율 50%이상인 임분	1(1~10년생) 2(11~20년생) 3(21~30년생) 4(31~40년생) 5(41~50년생) 6(51년생~)
경 급	입목의 수관점유 비율 50%이상인 임분의 흉고직경	소경목(6~16cm) 중경목(18~28cm) 대경목(30cm~)
밀 도	교목의 수관점유 면적	소(50%~), 중(51~70%), 밀(71%~)

75%이상으로 영급은 41~50년생으로 임분의 흉고직경이 18~28cm, 수관점유면적이 71%이상을 차지하는 밀도가 높은 분포를 가졌다.

피톤치드와 관련하여 발생하는 테르펜 발생량은 수종, 계절, 시간에 따라 큰 차이를 보이며 일반적으로 침엽수가 활엽수보다 많이 방출된다고 알려져 있다. 피톤치드의 1일 발생량은 침엽수림에서 약 30 Kg/ha 정도이며, 활엽수에서는 약 2~3 Kg/ha 정도 발생한다는 연구 보고된 바 처럼 부산 지역 갈맷길 걷기코스에서도 수종 등 임상특성의 차이에 따른 피톤치드 발생량과 구성성분이 다른 분포를 보일 것이다.

생리활성물질 조사방법

본 연구에서는 갈맷길의 특성에 따른 인체에 유익한 성분을 평가하기 위해 음이온, 피톤치드 등 생리활성물질을 상하반기 각 1회씩 조사하였다.

생리활성물질의 조사시기는 나무들의 생장이 활발한 봄철과 생장활동이 줄어드는 가을철이 속하는 2010년 5월부터 10월까지였으며, 피톤치드 조사지점은 "(사)걷고싶은 부산사람들" 에서 걷고싶은 길로 추천한 곳 중 하나이며, 또한 문헌 조사를 통하여 테르펜류 등 피톤치드물질이 비교적 많이 배출되는 것으로 알려진 침엽수인공림이 구성되어 있는 성지곡수원지 주변 숲길과 도심지와 지리적으로 거리가 멀리 떨어

진 기장 임도테마길을 선정하여 피톤치드 발생량을 비교 조사하였다. 수목의 정유가 독특한 향기를 가지며 그 향기성분이 공기 중에 휘산되어 각종 활성을 나타내는데 이러한 작용을 나타내는 물질(피톤치드라 칭함)의 주성분은 비교적 비점이 낮은 성분인 테르펜으로 일반식(C₅H₈)_n (n≥2)을 갖는 화합물이며 n=2인 것을 모노테르펜(C₁₀H₁₆)으로 본 연구에서는 이들 모노테르펜들 중에서 α -pinene, β -pinene, Camphene, Bonyl acerate 등 11종을 분석대상물질로 선정하여 조사하였다.

본 연구를 위한 피톤치드 시료채취는 carbo sieve S-III, carbotrap B 및 carbotrap C가 충전된 Carbotrap 300 multi-bed thermal desorption tube를 이용한 흡착법으로 하였으며, 흡착 tube는 사용 전에 300℃에서 약 3시간동안 cleaning을 한 다음 blank test를 통하여 tube의 cleaning 상태를 확인한 후 사용하였다. 유량은 100mL/min로 2시간 이상 시료를 채취한 다음 약 4℃로 저온 저장하여 즉시 실험실로 이동한 후 24시간 이내에 기기분석을 하였다.

시료의 분석은 자동열탈착장치(Gerstel, Germany)가 장착된 GC/MS(HP6890, USA)로 정성 및 정량분석하였다. 사용한 칼럼은 HP-VOC(60m×0.32mm×1.8 μ m)이며, 오븐 내 온도는 60℃에서 3분간 유지한 후 150℃까지 분당 3℃씩 승온시키고 다시 230℃까지 분당 7℃씩 승온시켜 약 7분간 유지시키는 조건으로 하였으며, α -pinene 등 실험에 사용된 표준물질들의 검량선 작성결과 모든 물질의 r²값이 0.99이상으로 나타났다.

또한, 갈맷길에서 음이온 측정을 위해 음이온측정기(ALC-200, 미국 ALC사)를 이용하였으며 현장에서 5분 간격으로 30분간 최대값과 측정범위를 목록 기록하였다. 공기의 주성분은 산소 21%, 질소 78%로 산소의 전자친화력이 질소에 비해 약 100배 가량 크므로 자연계의 음이온은 주로 산소분자에 전자가 부착된 상태의 산소음이온이 주를 이룬다고 할 수 있다.

결과 및 고찰

갈맷길 피톤치드 발생량

숲속에서 배출되는 피톤치드 성분이 아주 미량으로 존재하며 대부분의 식물 생태계가 배출하는 화합물들은 이중결합 구조나 불안정한 산소원자와의 결합을 포함하고 있어 대기 중 존재시간이 매우 짧고 상대적으로 강한 반응성 등으로 시료채취와 분석에 많은 애로가 있었다. 접근 및 시료채취 용이성 등을 고려하여 도심지에 위치한 성지곡 어린이대공원과 대조지역으로 도심에서 떨어진 곳에 위치한 기장 임도지역에서 피톤치드를 비교분석하였으며 그 결과는 Table 4와 같다.

조사지점별 전체 피톤치드 발생량을 살펴보면, 기장 임도에서는 소나무림(영급 4, 중경목, 밀)과 침활혼효림(영급 4, 중경목, 밀)의 식생이 주를 이루는 돌샘약수터 주변지역에서 11.038 μ g/m³를 나타냈으며 침활혼효림(영급 4, 소경목, 밀)과 소나무림(영급 3, 소경목, 밀) 식생이 주를 이루는 아홉산 고개에서 피톤치드발생량은 28.760 μ g/m³를 나타냈다. 성지곡수원지 침엽수인공림(영급 5, 중경목, 밀) 지역에서 피톤치드 평균 배출량은 1.977 μ g/m³로 나타났다. 다른 지역에서의 피톤치드 배출량에 관한 연구결과^{1,2)}와 비교해보면, 기장지역에서의 피톤치드 배출량은 경남지역 0.543~5.866 μ g/m³(덕유산 제외), 서울 0.59~4.66 μ g/m³ 수준에 비하여 2~5배 정도로 훨씬 높은 결과를 보였으며 성지곡수원지 숲에서 조사한 결과는 타 시도 조사결과와 비슷한 피톤치드 발생량 수준을 보였다.

모노테르펜류 α -pinene의 10종에 대한 조성 성분에 따른 피톤치드 배출량 분포(Fig. 2)를 살펴보면, 기장지역에서는 Limonene, Bonyl acetate가 90% 이상을 차지하였으며 성지곡 어린이대공원에서는 이들 지역의 조사결과와 달리 bonyl acetate 43%, Limonene 17% 그리고 β -pinene 26%로 나타났다으며 α -pinene은 거의 검출되지 않았다.

Table 4. Component of terpene in Busan

(unit : ng/m³)

Site Component	Gi Jang 1	Gi Jang 2	Seong ji-gog
α -pinene	-	-	-
β -pinene	-	-	512.7
Camphene	-	-	-
Myrcene	-	-	-
α -terpinene	-	-	128.9
γ -terpinene	467.2	-	132.9
Limonene	4,794.80	7,646.7	345.9
Bonyl acerate	5,776.7	21,113.3	856.9
Total Terpenes	11,038.7	28,760	1,977.3

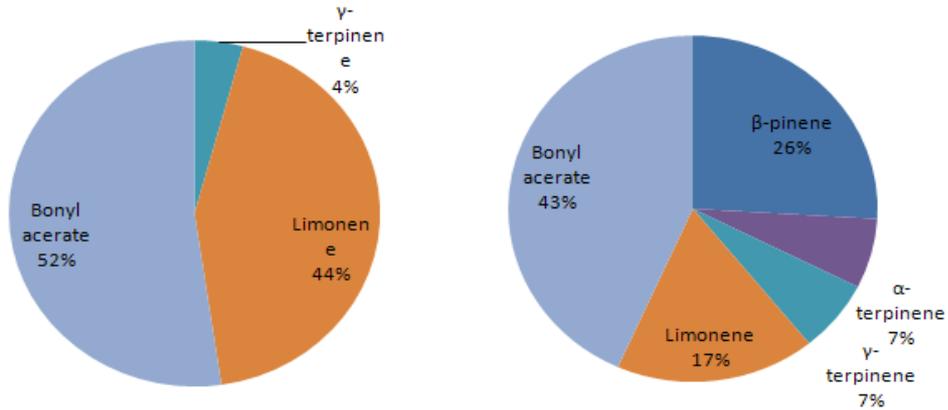


Fig. 2 Compositions of phytoncide in two sites ; (a) Gi-jang (b) Children's Grand park.

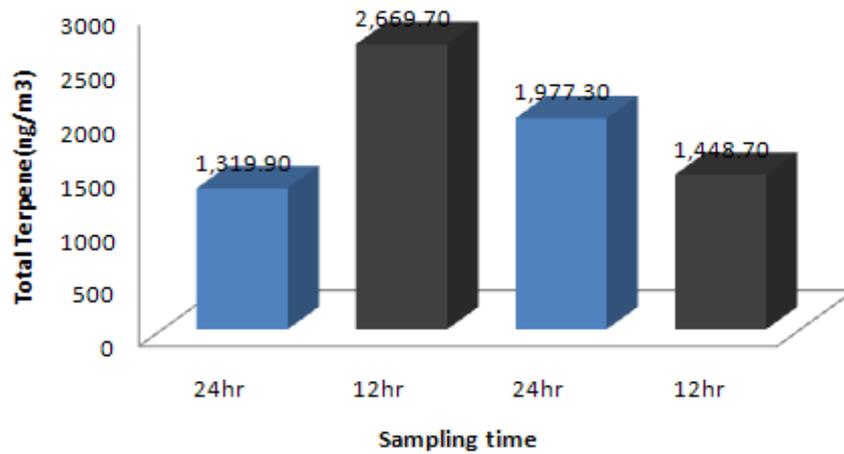


Fig. 3 Total terpene difference depends on sampling periods in Children's Grand park.

피톤치드 배출량의 시간적 변화를 살펴보기 위해 성지곡수원지에서 전일(24시간) 및 반일(12시간, 오후6시~오전6시까지)동안 채취한 피톤치드 농도를 살펴보면, 식물의 광합성작용이 활발한 낮 시간대를 포함한 24시간 포집하여 분석한 피톤치드 배출량보다 밤 시간대(오후 6시부터 오전 6시까지) 피톤치드 배출량이 상대적으로 많은 결과를 보였다(Fig. 3). 이는 대부분 숲속에서 피톤치드 발생량은 밤 시간대 측정결과가 낮 시간대에 비해 매우 높은 분포를 보인다는 연구결과^{3, 4)}와도 일치하며 낮 시간대에는 대기 중의 오존, OH라디칼 등의 산화물질들과 급속반응으로 소멸되고 야간의 대기 안정으로 인한 대기혼합이 적기 때문인 것으로 설명된다. 또한 테르펜 배출량의 계절적 변동에 관한 연구⁵⁾ 결과에 따르면 여름철이 겨울철보다 높은 것으로 나타났다.

음이온 발생량

갈맷길에서 피톤치드와 더불어 생리활성물질로서 음이온 발생량을 측정결과, 갈맷길의 지역적 특성에 따라 음이온 발생량 차이를 보였으며 상·하반기 평균 음이온 발생량 조사결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4와 같이 어린이대공원내 성지곡수원지에서 음이온 발생량 1,500개/cc 이상이 조사되었으며 승학산 능선길에서는 음이온 550개/cc 이하, 기장 일광테마임도에서는 음이온 500개/cc 이하로 나타났다.

영도 해안길의 태종대공원 지역을 제외한 나머지 해안 길에서는 음이온 발생량이 650개/cc이하를 보였다. 이는 갈맷길의 위치한 지역적 대기오염 영향으로 인한 것으로 특히, 해안에 위치하고 있는 갈맷길은 도로와 인접해 있고 자동차, 선박 등에서 배출되는 대기오염물질이 음이온의 소멸에 크게

기여하는 것으로 보인다.

음이온 발생량의 지역적 비교를 위해 차량통행이 매우 많은 도로변에서 측정한 결과는 cc당 10~50개 이하의 아주 낮은 수준을 보였으며 이는 전술한 바와 같이 자동차 배기가스 등 대기오염물질에 의한 음이온 소멸로 인한 결과로 생각된다. 일부 해안지역 갈맷길 코스가 도로와 인접하여 차량 또는 선박운항에 의한 배출가스로 인해 음이온 등 생리활성물질이 낮은 수준으로 나타날 수 있을 것이다.

일중 음이온 발생은 오전 10~12시경이 가장 높고, 18~20시경이 가장 낮았다는 조사결과⁶⁾를 근거로 미루어 볼 때, 피톤치드 배출량과 음이온 발생량 사이에 밀접한 연관성이 있을 것으로 판단되며 이들 생리활성물질들의 상호작용으로 건강에 유익한 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

일중 음이온 발생량의 변화를 살펴보기 위해 부산지역 갈맷길의 대표적인 걷기코스인 백양산 숲길에 위치한 성지곡수원지 숲속에서 음이온 발생량을 측정한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 낮 12시경에 가장 높은 음이온 발생량을 보이다가 감소하여 16시경에 다시 증가하는 추세를 보였으며 음이온 발생량의 최대치와 최소치가 12~13시사이 가장 큰 폭을 보이다가 줄어드는 경향을 보였다. 이는 전술한 바와 같이 낮 시간 동안 식물생태계에서 배출되는 Biogenic VOCs가 대기 중 광화학반응 등으로 소멸되고⁷⁾ 야간에 대기안정으로 인한 증가되는 것과 관련이 높은 것으로 보인다.

일반 대기질 특성

식물 생태계 등 일반 자연계에서 배출되는 VOCs 양은 인간 활동에 의한 VOCs 배출량보다 약 10배 가까이 많은 것으로 알려져 있으며^{8,9)} 이들 VOCs는 대기 중 광화학반응에 의해 활성화되고 오존발생 등¹⁰⁾ 큰 영향을 줄 수 있는 가능성이 높다. 일반적으로 도심지역에서 대기질 변화는 인간 활동과 밀접한 연관이 있으며 일중 변화추세도 그 영향을 받는다. 도시와 성지곡수원지 숲속에서 대기질 비교를 위해 대기 오염측정차량을 이용하여 상하반기 각 1회(1주일 연속측정) 대기질을 조사하였다.

Table 5는 성지곡수원지 숲속에서 1주일간 연속으로 측정한 상하반기 대기질 측정결과이다. 성지곡수원지 숲속에서의 SO₂ 등 대부분 대기환경기준물질의 농도수준은 도시 대기질 수준보다 50% 정도 낮은 수준으로 양호하게 나타났으며 숲속 식물 생태계에서의 광합성 작용과 정화작용에 의한 결과로 추정된다. 반면에 오존농도는 연평균 농도보다 비슷하거나 높은 수준으로 식물생태계에서 배출되는 VOCs들은 그 양적인 중요성 이외에도 대기 중 광화학적 반응성 때문에 오존

및 기타 관련 라디칼의 농도변화에 직접 영향을 미쳐 대기질과 관련된 대기화학적 의의가 있다는 보고^{10,11)}와도 관련이 큰 것으로 보여 진다.

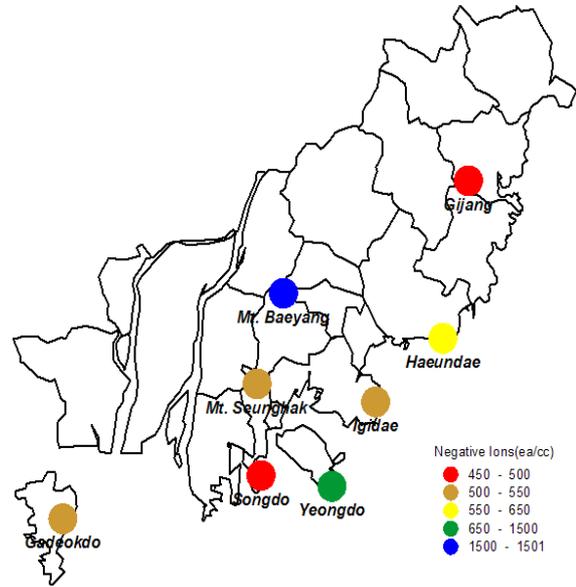


Fig. 4 Result of negative ions(ea/cc) in Gal Mae-Gil.

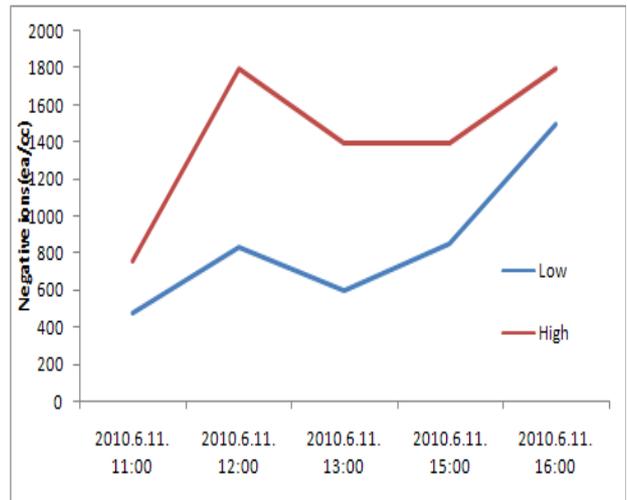


Fig. 5 Variation of Negative ions(ea/cc) in Children's Grand park.

Table 5. Comparative of ambient air quality in Children's Grand park

	상반기	하반기	비교*
SO ₂ (ppm)	0.004	0.002	0.006
CO(ppm)	0.181	0.184	0.4
O ₃ (ppm)	0.037	0.022	0.026
NO ₂ (ppm)	0.009	0.006	0.021
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26	18	50
온도(°C)	20.4	17.2	
풍속(m/s)	0.6	0.7	

비교* : 부산시 도시대기측정소 연평균 농도

숲속에서 일중 대기질의 경시적 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 오존은 상·하반기 일중 경시적 농도변화가 유사한 경향을 보이며 상반기 오존농도는 12~16시 낮 시간대에 50 ppb 정도 증가하였다. 깨끗한 숲속에서 오존농도는 40 ppb 이하를 유지하고 식물 생장이 활발한 상반기가 하반기보다 더 높은 농도 수준을 보였으며 미세먼지도 도시 대기질 농도수준인 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 훨씬 낮은 농도 수준을 보였으며 상반기 농도가 하반기보다 높은 수준을 보였다. 일중 미세 먼지의 농도 변화를 살펴보면, 상반기는 낮 11~12시 사이에 미세먼지 농도가 증가하는 추세를 보이는 반면에 하반기는 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 전후하여 일중 농도변화가 없이 거의 일정한 수준을 보였다. 이는 낮 시간동안에 식물생태계의 활동에 의한 Biogenic hydrocarbons가 2차 유기성에어로졸(SOA, Secondary Organic Aerosol) 형성뿐만 아니라 대류권 오존생성에 중요한 역할을 한다는 보고^{12,13,14})에서처럼 식물생태계 활동에 의한 결과로 판단된다. 연소, 소각 등 등 인위적 배출원에서 배출되는 대표적인 대기오염물질인 일산화탄소는 도시 대기질

농도수준과 비교 시 약 50% 정도 수준을 나타내었으며 상·하반기 조사결과와 거의 같은 농도수준을 보였고 일중 일산화탄소(CO)의 경시적 농도가 거의 일정하게 유지하고 있어 외부에서의 대기오염물질 유입이 없음을 시사한다. 성지곡수원지 숲속에서 일중 대기질 농도변화를 살펴본 결과, 오존, 미세먼지는 상반기 농도가 하반기보다 높게 나타나고 있어 이는 식물생태계의 테르펜류 화합물질 및 이들의 알코올, 알데히드, 케톤 등 배출이 상반기에 활발하게 일어나고 이들 피톤치드 물질들에 의한 대기 중에서의 반응에 따른 결과로 추정된다. 향후 갈맷길 등 숲속에서 피톤치드 등 생리활성물질의 배출과 이들 물질의 대기 중 배출로 인한 오존, 미세먼지 생성과 관련된 추가적인 연구의 필요성이 있다.

도심지역 숲속에서의 대기질은 식물생태계의 활동에 크게 좌우되며 외부 오염원에 의한 영향이 거의 미치지 않는 안전한 생태공간으로 성지곡수원지 숲속에서 오존 40 ppb, CO 0.18 ppm, 미세먼지 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 대기질 농도수준은 부산 도심지역 자연상태 배경농도로서 고려할 만한 수준으로 나타났다.

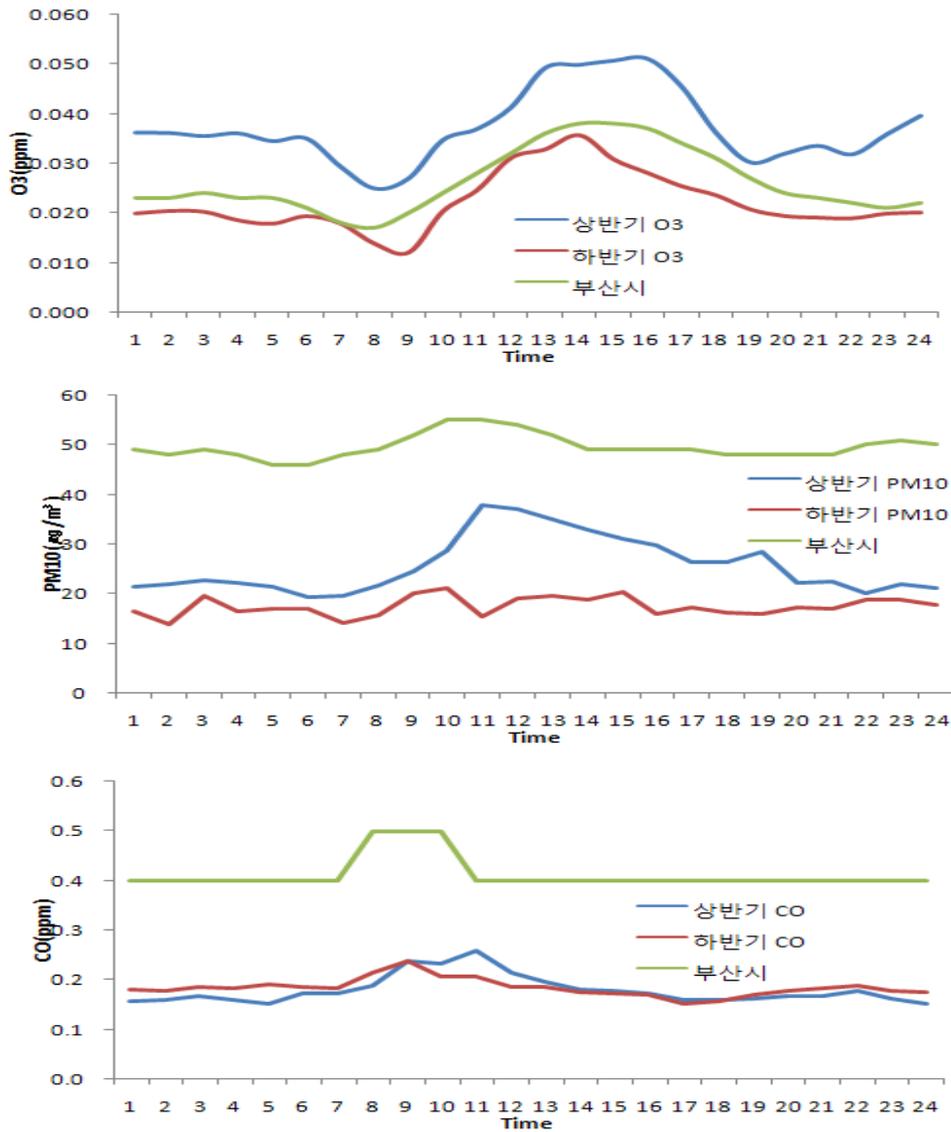


Fig. 6 Diurnal variation of air pollutants in Children's Grand park.

결 론

본 연구는 기존의 등산로, 입도 등 갈맷길 개발로 시민들에게 건강증진 및 여가활동을 위한 기회확대에 따라 갈맷길에서 생리활성물질 특성조사에 따른 건강증진 정보제공뿐 만 아니라 테마공간 개발을 통한 갈맷길의 관광자원화를 위해 연구사업을 추진하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 갈맷길의 피톤치드 배출량은 기장 입도에서는 $11.038 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 28.760 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 백양산 숲길 침엽수인공림 지역에서 $1.977 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 기장지역의 피톤치드 배출량은 경남지역 $0.543 \sim 5.866 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (덕유산 제외), 서울 $0.59 \sim 4.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준에 비하여 2~5배 정도로 훨씬 높아 부산 갈맷길에서 피톤치드가 풍부한 것으로 나타났다.
2. 갈맷길 음이온 발생량은 성지곡수원지에서 1,500개/cc 이상, 승학산 능선길 550개/cc 이하, 기장 일광테마임도 500개/cc 이하로 조사되었으며 해안 길에서는 음이온 발생량이 650개/cc이하를 보였다. 반면에 도로변에서는 cc당 10~50개 이하의 아주 낮은 수준을 보여 갈맷길에서 음이온 발생량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.
3. 성지곡수원지 숲속에서 일반 대기질 수준은 오존 40 ppb, CO 0.18 ppm, 미세먼지 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 정도로 도시 대기질 농도의 50% 수준으로 외부 오염원에 의한 영향이 거의 미치지 않는 안전한 생태공간임을 확인하였다.

본 연구수행 결과를 토대로 부산지역 갈맷길에서의 테마공

간개발을 통한 관광자원화 및 타 시도와의 차별화를 위해 다음과 같이 제안한다.

1. 부산지역의 갈맷길은 피톤치드, 음이온 등 생리활성물질이 풍부하고 지역에 따라 자연경관이 뛰어나 해안가 숲이 어울려진 도시 속 여가생활 및 건강증진 공간으로 각 지역의 특색을 고려한 테마존(Theme zone) 개발 및 건강증진 정보제공으로 타 시도와 차별화를 통한 관광자원화 시도가 필요함.

[숲길]

- ▶ 피톤치드 등 생리활성물질 배출이 많은 곳에 산림욕장 등 친환경 건강증진 테마존, 자연수목원 등 자연학습장 개발

[해안 길]

- ▶ 피톤치드, 음이온 발생량이 숲길보다 상대적으로 적지만 바다와 인접하여 자연경관이 뛰어난 곳으로 이용시민들의 편의를 위한 햇빛차단 및 방풍 등을 위한 쉼터 조성 필요

2. 시민건강증진을 위한 도시생활형 산림욕장 조성
 - 시가화된 도심지역 소규모 공원 등에 피톤치드 등 생리활성물질 배출이 많은 편백나무 등 상록침엽수종을 식재하여 사계절 푸른 도시생활형 산림욕장으로 조성 가능
3. 건강한 녹색도시창조를 위한 가로수(상록침엽수 교목) 식재
 - 가로수 및 도심 산림욕장 조성을 위한 수종은 편백 등 상록침엽수교목으로 식재, 내공해성이 강하고 피톤치드 발생량이 타 수종에 비해 뛰어나며 낙엽 등에 의한 도시경관 개선가능



침엽수인공림(편백) 입목비율이 높아 피톤치드 발생량이 많은 곳으로 산림욕장 최적지





참 고 문 헌

1. 공남식, 최형섭, 변종환, 박점상, 이호열, 자연휴양림 파톤치드 발생특성 연구, 경상남도 보건환경연구원보 No11 pp.153~169(2010).
2. 이제승, 배일상, 김현수, 어수미, Phytoncide existing in some types of green area in Seoul metropolis, 제2차 아시아 메가시티 보건환경문제 연구포럼 pp.157~161(2010).
3. Cerqueira M.A., C.A. Pio, P.A. Gomes, J.S. Matos and T.V. Nunes, The Science of the Total Environment, 313, pp.49~60(2003).
4. Harrison R.M, J.Yin, The Science of the Total Environment, Science 249, pp.85~101(2000).
5. YATAGAI, M., OHIRA, M., OHIRA, T., NAGAI, S., SEASONAL VARIATIONS OF TERPENE EMISSION FROM TREES AND INFLUENCE OF TEMPERATURE, LIGHT AND CONTACT STIMULATION ON TERPENE EMISSION, Chemosphere, Vol 30, No. 6, pp.1137~1149(1995).
6. 김익산, 박귀환, 배주순, 오길영, 박혜영, 서운규, 양수인, 전남 섬지역 공기질 특성, 전라남도 보건환경연구원보 (2010).
7. Lelieveld, J., Butler, T. M., Crowley, J. N., Dillon, T. J., Fischer, H., Ganzeveld, L, Harder, H., Lawrence, H. G., Martinez, M., Taraborrelli, D., Williams, J., Atmospheric oxidation capacity sustained by a tropical forest, 2008, nature, Vol. 452, 10, pp.737~740.
8. Singh, H. B., and Zimmerman, P. B. Atmospheric distribution and sources of nonmethane hydrocarbons, in: Gaseous Pollutants: Characterization and Cycling, J.O.Nriagu, ed., John Wiley and Sons, New York(1992).
9. Fuentes, J.D., Lerdau, M., Atkinson, R., Baldocchi, D., Bottenheim, J.W., Ciccioli, P., Lamb, B., Geron, C., Gu, L., Guenther, A., Sharkey, T.D., Stockwell, W., Biogenic hydrocarbons in the atmospheric boundary layer: a review. Bulletin of the American Meteorological Society 81, pp.1537~1575(2000).
10. Finlayson~Pitts, B.J., Pitts, J.N., Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere, Theory, Experiments, and Applications, Academic Press, New York(2000).
11. 심창섭 식물생태계가 대기중 오존 농도에 미치는 영향~기후변화와 관련하여, 한국환경정책·평가연구원(2009).
12. Hoffmann, T., Odum, J.R., Bowman, F., Collins, D., Klockow, D., Flagan, R.C., Seinfeld, J.H., Formation of organic aerosols from the oxidation of biogenic hydrocarbons. Journal of Atmospheric Chemistry 26, pp.189~222(1997).
13. Griffin, R.J., Cocker III, D.R., Flagan, R.C., Seinfeld, J.H., Organic aerosol formation from the oxidation of biogenic hydrocarbons. Journal of Geophysical Research 104, pp.3555~3567(1999).
14. Griffin, R.J., Cocker III, D.R., Seinfeld, J.H., Dabdub, D., Estimate of global atmospheric organic aerosol from oxidation of biogenic hydrocarbons. Geophysical Research Letters 26, pp.2721~2724(1999).