

수림의 계층구조가 녹지내의 기온 및 습도에 미치는 영향

윤 용 한

건국대학교 자연과학대학 산림과학과

Forest Stratification Effect of Air Temperature and Humidity in the Green Space

Yong-Han Yoon

Dept. of Forest Science, College of Natural Science, Konkuk Univ.

Abstract - For this study grasp coverage condition and forest stratification to various green space, observed air temperature and relative humidity. With this data, coverage condition and air temperature, relative humidity distribution, analyzed relationship of forest rate and air temperature or relative humidity, tree numbers and green volume and humidity by revolution analysis.

In this result, higher zone is formed artificiality and barren area, lower zone did forest and water area. Relative humidity have corresponding type of air temperature distribution. lower zone was higher humidity. Different of forest type or water area, surround of forest showed relatively higher humidity. Increasing tree numbers or green volume effect higher humidity and this efficiency order of an arbor, subarbor, shrub.

Key words : green space, air temperature, humidity, summer season

서 론

도시의 인구나 산업, 인공구조물의 과밀화는 도심의 고온건조현상을 초래하였다(Landsberg 1981). 이러한 현상의 완화효과로는 녹지의 증발산작용을 이용하는 것이 가장 합리적이고 현실적이다(設樂 1971; 윤용한 1997). 고온건조현상에 있어서는 하계의 열섬현상의 완화문제가 가장 중요한 환경문제의 하나(西澤 1974)인데 비해 지금까지의 연구는 주로 녹지와 기온간의 관련성을 정성적으로 해석한 논문이 많았다(片山 1990). 그 결과 녹지가 냉원을 갖는 메커니즘을 수림지, 초지 및

수면 등의 다양한 토지피복현황과의 관계로부터 토지피복의 종류, 그 비율의 차이에 따라 기온저감효과의 정도가 서로 달랐다(윤용한 1998, 2000). 또한, 녹지의 규모가 크면 클수록 녹지내외의 기온저감효과는 증가되는 경향을 보였다(윤용한 1998). 이와 같이 녹지와 기온간에 있어서는 다양한 연구가 진행되었으나, 도시녹지를 대상으로 습도와와의 관련성을 정량적으로 해석한 예는 거의 없다. 이하 습도는 상대습도를 의미한다.

이 점에 착안하여 본 연구는 토지피복현황과 수림의 계층구조가 다양한 도시녹지를 대상으로 기온 및 습도에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위해 녹지내의 기온 및 습도를 관측하였다. 관측데이터를 바탕으로 녹지내의 기온 및 습도분포, 녹지내의 수목그루 및 녹적량과 습도, 그리고 수고와 습도와의 관련성을 회귀분석 등

* Corresponding author: Yong han Yoon, Tel. 043-840-3538, Fax. 043-851-4169, E-mail. yonghan7204@hanmail.net

Table 1. Outline of survey

Target research area	Scale ha	Observation date		Amount insolation MJm ²	Wind direction	Wind velocity m s ⁻¹		Wind direction	Wind velocity m s ⁻¹
Ageomaruyama park	13.10	1994. 8. 24	14 o'clock	2.93	SSW	2.9	4 o'clock	SSW	0.8
		8. 26		2.91	S	2.2		SW	0.6
		8. 27		3.02	SE	3.0		ESE	0.6
Horinouchiduke park	4.46	1997. 8. 7	14 o'clock	2.69	SSE	3.5	4 o'clock	S	0.8
		8. 8		3.09	NE	3.2		NW	1.0
		8. 9		3.55	E	3.0		SE	0.9

에 의해 해석하였다.

연구 방법

1. 조사대상지의 선정기준

녹지내의 토지피복현황, 수림의 계층구조와 기온 및 습도변화와의 관련성을 정성 및 정량적으로 파악하기 위한 조사대상지의 선정은 녹지내의 토지피복현황과 수림의 계층구조 등이 다양할 것 등을 고려하였고, 그 조건에 부합된 上尾丸山公園 (13.1 ha)과 堀之内貝塚緑地 (4.46 ha)를 선정하였다. 그 조사대상지의 개요와 관측일의 기상조건은 Table 1과 같다.

2. 기상관측

기상관측은 1994, 1997년 8월에 실시하였다. 일사량의 관측은 Japan제 MS-61형 일사계를 사용하였고, 그 관측방법(内嶋 1981)은 이동관측시간에 녹지내에서 정점 관측을 1일 1회(14시 전후)에 20분(평균 일사량) 실시하였다. 단, 4시의 경우는 일사가 없기 때문에 제외하였다.

풍향풍속의 관측은 Japan제 Biramu형 풍향풍속계를 사용하였고, 그 관측방법은 일사량의 관측방법과 동일하고, 1일 2회(14시, 4시 전후)에 실시하였다. 녹지내의 토지피복현황과 각 기상관측점은 Fig. 1과 같다.

녹지내의 정점관측은 썩스형의 최고최저온도계(Six's thermometer)에 의해 관측하였다. 최고최저온도계는 1일의 최고 및 최저기온을 기록할 수 있다는 점에서 데이터의 수집은 1일 1회(9시 전후)에 기록하였다. 각 온도계에는 알루미늄의 방사차폐우산을 설치하여 직사일광을 차단하였다.

이동관측의 경우, 기온은 써미스터 온도계(모델 TX-100, Yokogawa Instruments, Japan)를, 습도는 Japan제 디지털 습도계 CH-50을 사용하였다. 감지기는 방사차

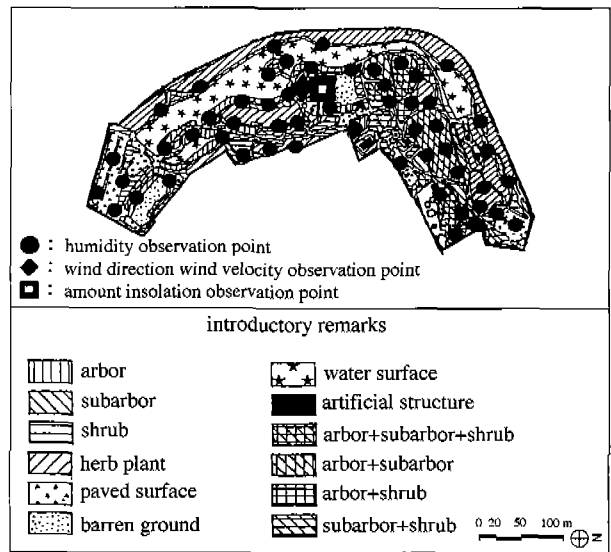


Fig. 1. Land coverage and observation points.

폐용에 알루미늄으로 덮은 통속에 넣어 이것을 탑재한 오토바이에 의해 1일 2회(14시, 4시 전후)에 지상고 1.5 m에서 실시하였다. 단, 녹지주변의 경우는 관측이 불가능해(눈과 밭) 제외하였다.

모니터용으로서 녹지내(수림지, 초지, 나지) 3개소에 설치한 Japan제 바이메탈 자기온습도계(bimetal thermograph)의 데이터를 이용하여 1일 기온 및 습도의 변화와 이동관측의 데이터를 최고 및 최저치와 비교해서 보정을 실시하였다. 보정은 자기온습도계의 일종의 최고치, 이른 아침의 최저치와 관측시간에 나타난 일종의 기온 및 습도와 이른 아침의 기온 및 습도와의 차이를 각각 이동관측의 관측치에 증감하여 실시하였다.

이상과 같은 방법으로 얻어진 데이터 가운데 맑은 날 풍속은 3 m s⁻¹ 전후를, 일사량 3 MJm² 전후를 선택해서 아래의 해석방법을 활용하였다. 이때 기상조건이 다르고 연구목적에 부합되지 않는 날은 제외시켰다.

3. 해석방법

1) 녹지내의 기온 및 습도분포

토지피복현황과 기온 및 습도변화와의 관련성을 정성적으로 파악하기 위해 녹지내의 관측치를 근거로 기온 및 습도분포도를 작성하였다.

기온 및 습도에 관련되는 토지피복현황의 파악은 현지조사와 식재도 및 항공사진(1/2,500)을 판독 후 수림지, 초지, 나지, 수면, 포장면 및 인공구조물로 분류하였다. 수림지는 교목(8 m 이상), 소교목(3~8 m), 관목(3 m 이하)으로 구분하고(豊田 1991), 수립의 계층구조에 따라 교목+소교목+관목, 교목+관목, 소교목+관목으로 구분하여 토지피복현황도를 작성하였다. 이것들을 중첩시켜 녹지내의 토지피복현황과 기온 및 습도와의 관련성을 검토하였다.

2) 교목 및 소교목 그루와 습도

녹지의 식재기준은 단위면적당 수목그루로 나타내는 경우가 많다. 그러므로 여기서는 수목을 수고에 따라 교목, 소교목의 그루를 구하고 이것을 설명변수, 습도를 목적변수로 하여 중회귀분석을 실시하였다. 이때, 3 m 이하의 수목은 주로 근식 및 산울타리이고 그루의 계측이 어렵기 때문에 제외시켰다. 여기서 직경 50 m 범위내로 한 것은 관측점으로부터의 거리에 따라 기상과 토지피복과의 중상관계수가 이 범위에서 안정한다는 필자의 기초실험과 北山(1992)의 보고를 참고로 하였다.

3) 교목, 소교목 및 관목량과 습도

습도에 영향을 미치는 실제적인 요인은 수목의 총엽면적과 같은 증산능력에 관련된 지표라고 생각된다. 그런데 수목의 엽면적 추정은 매우 어렵기 때문에 수목이 차지하는 공간의 누적량을 증산능력의 지표로서 이용하는 것을 시도하였다. 누적량은 외견상으로 수목의 체적을 의미한다(田畑 1984). 누적량은 수목의 수형에 따라 분류하고(飯島 1993), 이를 근거로 다음과 같이 관계식을 구하였다.

(1) 교목

원추형(圓錐型) : $V = 1/3\pi^2H$

종란형(縱卵型) : $V = 4/3\pi(H/2)^2r$

횡란형(橫卵型) : $V = 4/3\pi(H/2)r^2$

원통형(圓筒型) : πr^2H

(2) 관목

선형(扇形) : $1/2 \cdot 4/3 \cdot \pi r^3$

근식 및 산울타리 : $V = a \cdot D \cdot H$

V : 체적, r : 수관 폭(반경), H : 수관 높이

a : 폭, D : 거리

이상의 관계식으로 수고에 따라 교목, 소교목 및 관목을 정하고 그 양을 구해, 각각의 누적량을 설명변수, 습도를 목적변수로 하여 중회귀분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 녹지내의 기온 및 습도분포

토지피복현황과 기온변화와의 관련성을 정성적으로 파악하기 위해 녹지내의 관측치를 근거로 작성한 대표적인 최고기온분포도는 Fig. 2와 같다.

기온분포도를 보면, 두 장소 모두 인공구조물과 나지 주변에서는 고온역이, 수림지와 수면 주변에서는 저온역이 형성되었다. 같은 수림지라도 그 계층구조에 따라 기온의 변화를 보였다. 특히, 교목+소교목층으로 덮여 있

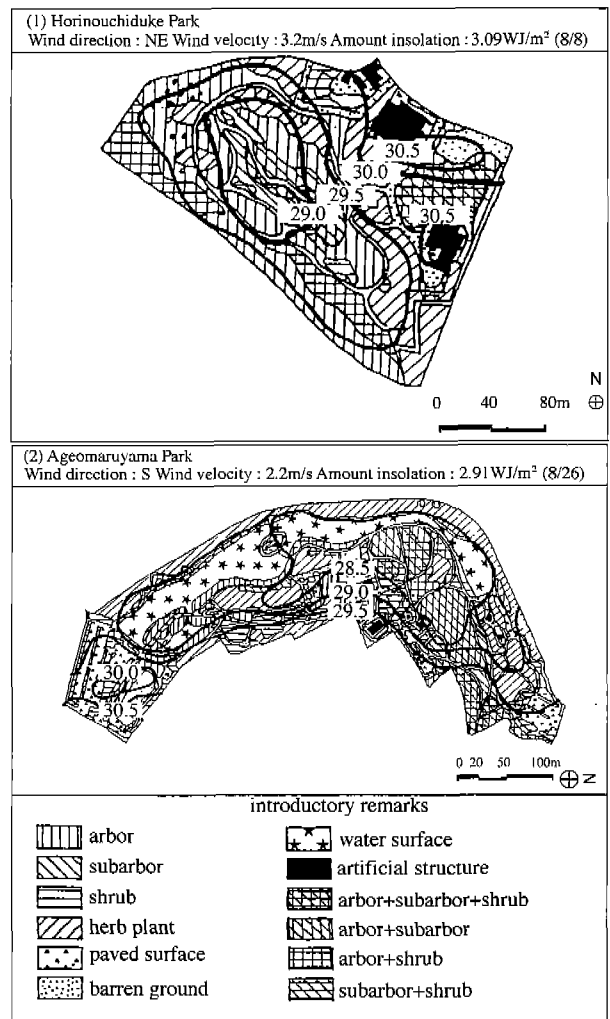


Fig. 2. Maximum temperature distribution.

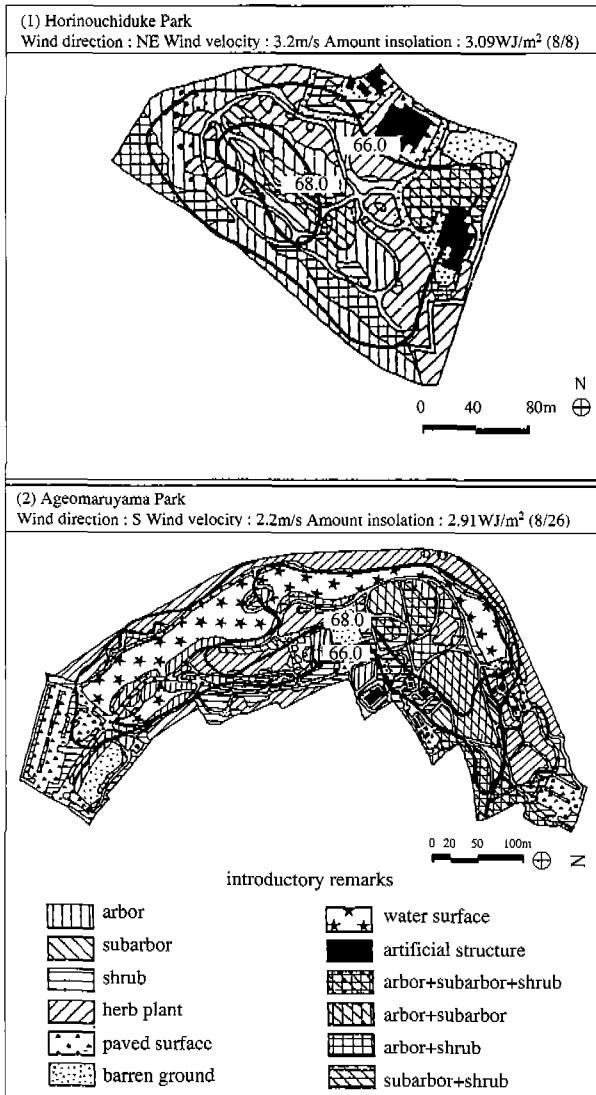


Fig. 3. Humidity distribution (14 o'clock).

는 구역은 비교적 낮은 기온이었다. 上尾丸山公園에 있어서 수면을 중심으로 그 주변이 수림으로 피복되어 있는 구역은 현저히 낮은 기온을 나타냈다. 그 최고치와 최저치의 차이는 최고기온의 경우는 上尾丸山公園에서 2.0~2.5°C, 堀之内貝塚綠地에서 2.0°C였고, 최저기온의 경우는 上尾丸山公園에서 1.0~1.5°C, 堀之内貝塚綠地에서 1.0°C 정도였다. 또한, 등온선의 형태는 최고기온보다 최저기온이 상대적으로 단순하였다.

토지피복현황과 습도변화와의 관련성을 파악하기 위해 녹지내의 관측치를 근거로 작성한 대표적인 14시의 습도분포도는 Fig. 3에 나타났다.

습도분포를 보면, 두 장소 모두 포장면과 나지 주변에서는 저습역이, 수림지와 수면 주변에서는 고습역이 형성되었다. 4시의 습도는 고습역이 95% 및 저습역이 92% 정도의 높은 수치를 보였으나, 등습선의 형태는 14시의 습도보다 상대적으로 단순하였다.

2. 교목 및 소교목 그루와 습도

수고에 따른 각각의 수목그루가 습도에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위해 녹지내의 관측점을 중심으로 직경 50 m 범위내의 교목 및 소교목 그루와 습도간의 중회귀분석결과를 Table 2에 나타냈다. 그 결과, 모두 유의상관이 인정되었다.

각각의 수목이 10그루 증가했을 때, 14시 습도의 상승효과는 上尾丸山公園에서 교목은 0.36~0.56%, 소교목은 0.24~0.34%였고, 堀之内貝塚綠地에서 교목은 0.24~0.28%, 소교목은 0.19~0.23% 정도였다. 4시 습도의 상승효과는 上尾丸山公園에서 교목은 0.18~0.45%, 소교목은 0.17~0.33%였고, 堀之内貝塚綠地에서 교목은 0.18~0.22%, 소교목은 0.17~0.19% 정도였다.

Table 2. Humidity-multiple regression formula of arbors sub-arbors ratio within range of 50 m diameter

Target research area	Observation data	Regression formula	R ²
Ageomaruyama park	8. 24	Y = 0.056X1 0.034X2 + 69.99	0.395
	8. 26	Y = 0.049X1 0.029X2 + 67.03	0.464
	8. 27	Y = 0.036X1 0.024X2 + 70.65	0.274
Horinouchiduke park	8. 7	Y = 0.024X1 0.019X2 + 72.44	0.421
	8. 8	Y = 0.028X1 0.023X2 + 72.02	0.381
	8. 9	Y = 0.025X1 0.020X2 + 71.75	0.512
Ageomaruyama park	8. 24	Y = 0.036X1 0.024X2 + 93.63	0.414
	8. 26	Y = 0.045X1 0.033X2 + 90.59	0.387
	8. 27	Y = 0.018X1 0.017X2 + 93.45	0.252
Horinouchiduke park	8. 7	Y = 0.022X1 0.019X2 + 91.00	0.471
	8. 8	Y = 0.021X1 0.021X2 + 90.63	0.322
	8. 9	Y = 0.018X1 0.017X2 + 92.21	0.587

Y : Humidity (%)

X1 : No. of arbors (8 m and above) X2 : No. of sub-arbors (3 to 8 m)

Table 3. Humidity-multiple regression formula of arbors sub-arbors and shrubs ratio within range of 50 m diameter

Target research area	Observation data	Regression formula	R ²
Ageomaruyama park	8. 24	Y = 0.00040X1 0.00037X2 0.00019X3 + 71.22	0.319
	8. 26	Y = 0.00024X1 0.00023X2 0.00020X3 + 67.87	0.194
	8. 27	Y = 0.00033X1 0.00021X2 0.00023X3 + 70.68	0.181
Horinouchiduke park	8. 7	Y = 0.00031X1 0.00030X2 0.00009X3 + 71.98	0.532
	8. 8	Y = 0.00030X1 0.00030X2 0.00016X3 + 72.22	0.481
	8. 9	Y = 0.00025X1 0.00024X2 0.00019X3 + 72.05	0.599
Ageomaruyama park	8. 24	Y = 0.00023X1 0.00019X2 0.00016X3 + 94.09	0.239
	8. 26	Y = 0.00035X1 0.00032X2 0.00026X3 + 90.17	0.458
	8. 27	Y = 0.00040X1 0.00039X2 0.00030X3 + 92.50	0.217
Horinouchiduke park	8. 7	Y = 0.00029X1 0.00029X2 0.00019X3 + 90.78	0.512
	8. 8	Y = 0.00024X1 0.00025X2 0.00014X3 + 90.99	0.349
	8. 9	Y = 0.00028X1 0.00022X2 0.00020X3 + 92.21	0.686

Y : Humidity (%) X1 : Volume of arbor (8 m and above)
 X2 : Volume of sub-arbor (3 to 8 m) X3 : Volume of shrubs (within 3 m) (m³)

이상과 같이, 교목 및 소교목 그루의 증가는 습도의 상승에 효과적이고 그 효율은 소교목보다는 교목의 효과가 약간 컸다.

3. 교목, 소교목 및 관목량과 습도

수고에 따른 각각의 누적량과 습도와의 관련성을 정량적으로 파악하기 위해 녹지내의 관측점을 중심으로 직경 50 m 범위내의 교목, 소교목 및 관목량과 습도간의 중회귀분석결과는 Table 3과 같다. 그 결과, 모두 유의상관이 인정되었다.

각각의 누적량이 1000 m³ 증가했을 때, 14시 습도의 상승효과는 上尾丸山公園에서 교목은 0.24~0.40%, 소교목은 0.21~0.37%, 관목은 0.19~0.23%였고, 堀之内貝塚綠地에서 교목은 0.25~0.31%, 소교목은 0.24~0.30%, 관목은 0.09~0.19% 정도였다. 4시 습도의 상승효과는 上尾丸山公園에서 교목은 0.23~0.40%, 소교목은 0.19~0.39%, 관목은 0.16~0.30%였고, 堀之内貝塚綠地에서 교목은 0.24~0.29%, 소교목은 0.22~0.29%, 관목은 0.14~0.20% 정도였다.

이상과 같이 각 누적량의 증가는 모두 습도의 상승에 효과적이고, 그 효율은 교목, 소교목, 관목량의 순이지만, 교목과 소교목의 차이는 아주 미미했다. 이것은 누적량이 수고에 관계없이 습도의 상승효과의 지표로서 이용 가능성이 인정된 것이다.

적 요

본 연구는 토지피복현황과 수림의 계층구조 등이 다

양한 도시녹지를 대상으로 기온 및 습도에 미치는 영향을 정성 및 정량적으로 파악하기 위해 녹지내의 기온 및 습도를 관측하였다. 그 데이터를 바탕으로 녹지내의 토지피복현황과 기온 및 습도분포, 녹지내의 수목그루와 누적량 및 습도와의 관련성을 회귀분석 등에 의해 해석하였다.

그 결과, 고온역은 인공구조물과 나지 주변에서, 저온역은 수림지와 수면 주변에서 형성되었다. 습도는 기온 분포에 거의 대응하는 형태로 고온역이 저습역이고, 저온역이 고습역으로 나타났다. 또한, 수림의 계층구조가 2, 3층으로 덮여 있는 구역과 수면을 핵으로 그 주변은 수림으로 둘러싸인 구역이 상대적으로 높은 습도를 나타냈다. 수목그루 및 누적량의 증가는 어떤 수고라도 습도의 상승에 효과적이고 그 효율은 교목, 소교목, 관목의 순이다.

참 고 문 헌

尹龍漢, 丸田賴一, 柳井重人. 1997. 公園綠地内における氣温および相對濕度分布と土地被覆狀 態との關聯性について. 環境情報科學論文集. 11:19-24.
 尹龍漢, 丸田賴一, 本條 毅, 柳井重人. 1998. 都市における公園内外の 氣温分布特性について. 日本造園學會誌. 61(5): 769-772.
 윤용한. 2000. 공원에 의한 고온성 저감효과에 관한 연구. 한국정원학회지. 18(1):83-90.
 設樂 寬. 1971. 都市砂漠. 地理. 16(8):10.
 北山廣樹, 片山忠久, 林 徹夫, 塩月義隆, 古川太郎, 土橋英久. 1992. 都市における土地利用と氣 温分布に關する調査研究. 日本建築學會大會學術講演概要集. pp. 1403-

1404.
豊田幸夫. 1991. 建築家のため造園設計資料集. 城文堂. pp. 100.
- 西澤理英. 1974. 氣候環境. 地理. 19(1):31-34.
- 片山忠久, 石井昭夫, 西田 勝, 林 徹夫, 提純一郎, 鹽月 義隆, 本靜男, 大黒雅之, 北山廣樹, 高 山和宏, 前田昌一郎. 1990. 緑地の暑熱緩和効果に関する研究 - 緑の量と気温に関する実測 調査 -. 九州大學綜合理工学研究科報告. 12(2):215-220.
- 内嶋善兵衛. 1981. 日射の測定法. 農業氣象. 37(2):137-138.
- 豊田幸夫. 1991. 建築家のための造園設計資料集, 誠文堂新光社. pp. 100.
- 田畑貞壽, 井手久登, 田代順孝. 1984. 緑と居住環境 古今書院. 12, 58.
- 飯島 亮. 1993. 庭木斗 緑化樹 1 誠文堂新光社. 84-85.
- Landsberg HE. 1981. Urban climate. Academic Press:275.

Manuscript Received: May 31, 2002

Revision Accepted: April 11, 2003

Responsible Editorial Member: Saywa Kim

(Yong-In Univ.)