

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究B

研究機関：2010～2012

課題番号：22360213

研究課題名（和文）：都市内緑地の持つ多面的効用の定量化と新規緑化形態の評価

研究課題名（英文）：Quantification of various utilities of urban greens and evaluation of greening

研究代表者：栗栖 聖（KURISU KIYO）

東京大学・先端科学技術研究センター・講師

研究者番号：00323519

研究成果の概要（和文）：緑地の効用として暑熱緩和効果と大気汚染物質吸着効果について評価すると共に、都市の大規模緑地空間として江戸城外濠を取り上げ、その価値評価構造を明らかにすると共に、価値の一部を担う水質改善施策を評価した。

研究成果の概要（英文）：Heat mitigation and adsorption of air pollutants were considered as utilities of urban greens. The increase of utilities by introduction of urban greens was evaluated about these aspects. Besides, the Edo Castle Outer Moat was picked up as a case study. The valuation structure was evaluated and the possible measures for water quality improvement were discussed to increase the utility of green space.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2011 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2012 年度	3,200,000	960,000	4,160,000
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：環境システム

1. 研究開始当初の背景

都市内緑地は重要な都市基盤のひとつである。その形態も、公園や街路樹といった従来型のものから、近年は校庭の芝生化やバイオマス生産といった、新規の緑地創造も検討されてきている。しかし、都市内緑地を整備しようとした場合に、とりうる方策は多岐にわたり、特に、暑熱緩和を目指すのか、CO₂削減に主眼を置くのか、市民の憩いの場を提供するのか、大気汚染軽減に供するのか、もしくはそれらの複合効果を狙うのか、その着眼点によっては、選択しうる施策も異なってくる。限られた予算の中で有効な施策を選択するには、各々の施策の優劣を何らかの形で判断し、より良い施策を抽出する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、都市の緑が持つ多側面の効用の、個別効用およびそれらを組み合わせた場合の複合効果を定量的に明らかにし、施策抽出に供する手法を構築することを最終目標とする。緑の持つ各部分効用のうち、既往研究で十分取り上げられていないものについては、実測や調査解析により、効用解析に供するデータを蓄積する。

3. 研究の方法

本研究は大きく三部より構成した。第一部では、緑化のもたらす暑熱緩和への効用を、その他の暑熱緩和効用との比較により明らかにした。その手法としては、各代替案を構

成する評価属性の階層構造を決定し、属性間の重要度を一対比較で定量化する階層分析法（AHP）を用いると共に、複数の価値属性を個別に定量評価できるコンジョイント分析を使用し、両者の比較評価を行った。

対象地区としては、東京駅周辺（千代田区大手町1,2丁目、千代田区丸の内1,2,3丁目、千代田区有楽町1,2丁目、中央区八重洲1,2丁目、中央区日本橋1,2,3丁目、中央区京橋1,2,3丁目）を取り上げ、便益受益者である同地区のオフィス勤務者を調査対象とした。調査方式はオンラインアンケートとし、インターネット調査会社に登録された上記の対象地区に勤務しているモニターに対して、2010年11月30日～12月6日に調査を実施し、得られた有効回答数は1,074であった。

AHPにおいては、事業に伴う複数効用の評価基準として、暑さの緩和（屋外気温の低下）、生態系の豊かさ、浸水の緩和、空間デザインの向上、および休憩・交流空間の提供を取り上げた。階層構造としては、全ての代替案と下位レベルの評価基準を接続して、全ての評価基準に対して全ての代替案の組み合わせの一対比較を行う「完全型」と、各評価基準に対して影響を与えないことが自明な代替案については、その評価基準に対する一対比較の対象としない「分岐型」の両者を検討を検討した。

一方、コンジョイント分析による選好評価では、暑熱緩和事業としての屋上緑化を取り上げ、水辺創出やドライミスト、保水性舗装といった他の事業との比較評価を実施した。本緑化事業の実施によって得られる多側面効用（評価属性）として、屋外熱環境の改善（夏季の屋外気温の低下）、生態系の回復・創出、浸水被害の緩和を想定した。

また、第二部においては、都市における緑地の効用を構成するひとつの要素として、大気汚染物質の除去効果を取り上げ、主に自動車排ガスより発生する多環芳香族炭化水素類（PAHs）の大気中濃度と植物葉中濃度との比較、様々な気象イベントによる植物葉中のPAHs濃度への影響を評価した。

大気中PAHs濃度と葉中PAHs濃度の関係を把握することを目的とし、東京都文京区における国道17号（平日自動車類12時間交通量25,597台、休日自動車類12時間交通量17,867台、平日大型車混入率9.1%18）沿道を対象場所として測定を実施した。サンプリングは、2010年の12月より、概ね月に一回の頻度で設定し、2011年4月2日（土）～3日（日）を除き、全て平日に実施した。

第三部として、都市の大規模な緑地、水辺空間として江戸城外濠をケーススタディとして取り上げ、その価値評価構造を明らかにすると共に、価値向上に向けた水質改善施策の提案を行った。

4. 研究成果

4.1 緑化効用の評価

4.1.1 AHPによる緑化事業の評価

空間デザインの向上および休憩・交流空間の提供に対して算出された代替案の重要度を、それぞれ図-1と図-2に示す。いずれの評価基準においても、完全型では屋上緑化と水辺創出の重要度が他の代替案より高い。分岐型では、保水性舗装と事業を行わない代替案に重みを与えられない分、屋上緑化や水辺創出の重要度がより大きくなった。この結果は、後述するコンジョイント分析による便益受益者の選好評価において、屋上緑化と水辺創出は事業に固有の付加価値の効用が大きかったことと傾向が一致する。

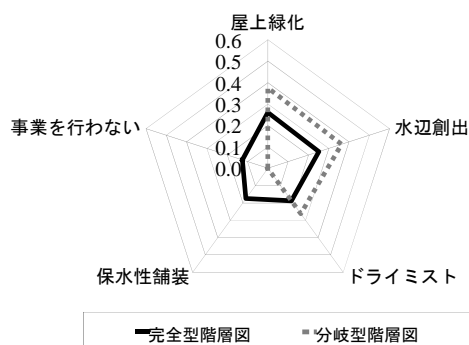


図-1 代替案の重要度（空間デザインの向上）

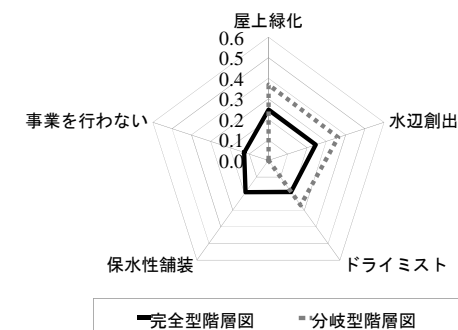


図-2 代替案の重要度（休憩・交流空間の提供）

4.1.2 コンジョイント分析による緑化事業の評価

コンジョイント分析の結果に対しては、様々な効用関数を検討したが、BIC等のモデル適合度指標に基づき、以下に示すモデルが妥当と考えられた。

$$V = \beta_{HOT}HOT + \beta_{FLD_d}FLD_d + \beta_{PAY}PAY + \beta_{GR_d}GR_d + \beta_{WF_d}WF_d + \beta_{MS_d}MS_d + \beta_{WRP_d}WRP_d$$

ここで、V:全体効用、HOT:東京駅周辺における8月の日最高気温平均値(°C)、FLD:東京駅周辺で10cm程度の道路浸水が発生する頻度(年)、PAY:事業実施に対する支払額(円)

(/人・年)、GR：屋上緑化事業としての付加価値、WF：水辺創出事業としての付加価値、MS：ドライミスト事業としての付加価値、WRP：保水性舗装事業としての付加価値（いずれも 1: 実施、0: 不実施のダミー変数）である。

本効用関数に基づき、全標本（標本サイズ：6,960）を対象に算出した MWTP（限界支払意思額）・WTP（支払意思額）を表-1 に示す。これより、日最高気温の低下に対する MWTP が比較的高く、東京駅周辺における夏期の外気温を下げる施策に対する効用が大きいことを示している。また、屋上緑化と水辺創出の実施に対する WTP も高く、これらの事業に固有の付加価値に対して効用が認知されていることが示された。

表-1 MWTP・WTP の算出結果

MWTP・WTP [円/(人・年)]	
HOT_MWTP	3,330 日最高気温の1°C低下に対するMWTP
FLD_WTP	1,624 浸水頻度が40年～60年に1回程度まで減少することに対するWTP
GR_WTP	9,425 屋上緑化の実施に対するWTP
WF_WTP	8,527 水辺創出の実施に対するWTP
MS_WTP	4,072 ドライミストの実施に対するWTP
WRP_WTP	2,989 保水性舗装の実施に対するWTP

4.2 植物葉による PAHs の除去

緑化事業全体での効用評価の中で算定に含まれていなかった街路樹葉による大気汚染物質の除去に関して、大気中濃度と植物葉中濃度との同時測定及び評価を行った。

ツツジ葉中 PAHs 濃度の月変動を図-1 に示す。Phe, Flt, Phe, Chr は同様の増減傾向を示し、12 月から 1 月にかけて増加した後、4 月にかけて減少している。大気-粒子間の分配同様に、大気-植物間の PAHs の分配は、気温が低下すると植物の方へと傾くことが知られている。そこで、葉の採集当日の平均気温（気象庁東京管区気象台における観測値）と葉中濃度の単相関係数を各 PAH につき求めたところ、全体的に、気温との間に負の相関関係が認められ、特に Phe, Flt, Pyr, BaA について高い負の相関関係が有意 ($p < 0.05$) に見られた。葉中 PAHs における Flt/(Flt+Pyr), BeP/(BeP+BaP), BaA/Chr の比は 0.39-0.45, 0.57-0.66, 0.29-0.44 であった。これらは既往のガソリン起源値 (0.4, 0.6~0.8, 0.47~0.59) と同等であり、ディーゼル起源 (0.6~0.7, 0.29~0.4, データなし) や木の燃焼 (0.74, 0.48, 0.66~0.92) と比較しても、本測定における PAHs 起源としてガソリン車の寄与が大きいことが示唆された。

葉中 PAHs 各画分の構成割合を図-4 に示す。Milli-Q 画分は Phe, Flt, Pyr のみが検出された。Flt, Pyr は大気中で粒子態として存在する割合が Phe よりも大きいことが大気捕集結果より明らかとなっているが、それぞれ 97, 98% がワックス層または内部組織に存在していた。この結果は、別途行った雨水接触実験

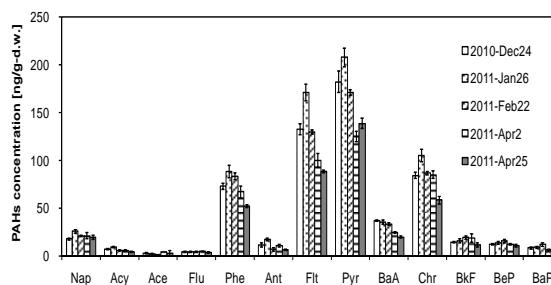


図-3 葉中 PAHs 濃度の変動 ($n=3$, バーは SD)

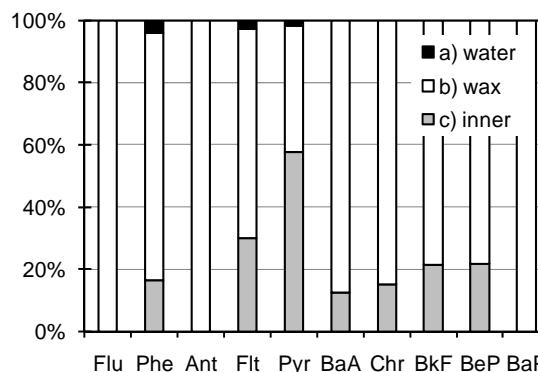


図-4 葉中 PAHs の存在部位

結果でも示されたように、水が葉に接触することによって流出する粒子の割合が非常に小さいことを示している。更に、BkF や BeP といった 5 環の PAHs についても内部組織まで存在していることから、大気中での存在形態が粒子態のみである PAHs であっても、粒子からワックス層に移行して吸収され、更に内部まで拡散していると考えられる。同じく 5 環 PAH である BaP は内部組織からは検出されなかったが、粒子態として葉表面に捕捉された後はワックス層に吸収されていることが明らかとなった。一方、存在比に関しては、物質ごとにそのばらつきが異なる点に注意が必要である。例えば、同じ 3 環である Phe と Ant を比べると、Ant の葉中総濃度は Phe の 10 分の 1 程度であるために、ばらつきが異なり、存在比構成に影響を与えている可能性もある。

また、大気中の粒子態 PAHs については、粒径 2.5micro- m の粒子の寄与が 73% 以上であり、ツツジ葉が捕捉する粒子としても大きな寄与を占めていると考えられた。大気中において粒子態で存在する PAHs であっても、葉に捕捉されると、粒子から表面ワックス層に移行し、内部まで拡散して保持されていることが示唆された。また、総濃度が高くなるほど内部まで浸透していることがわかった。

4.3 都市における大規模緑地空間の価値

都市における大規模な緑地空間として、江戸城外濠を取り上げ、同場所の価値構造を評価すると共に、価値上昇に向けて水質改善施

策の提案を行った。

価値評価においては、当該場の利用状況との関連を評価すると共に、人々が緑地と水辺空間の価値評価において重要視している水質改善に向けて、下水再生水の導水に施策の検討を行い、実際の導水ルートを検討すると共に、コスト評価をおこなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

- ① 吉岡佐・栗栖聖・花木啓祐, 2012, 江戸城外濠の水質改善を目的とした環境用水導入の効果とコスト評価, 土木学会論文集 G (環境), 68(7), III_691-702.
 - ② 大塚佳臣・栗栖聖・窪田亜矢・中谷隼, 2012, 都市河川の水辺環境改善を目的とした下水処理水導入に関する住民の受容性評価, 土木学会論文集 G (環境), 68(7), III_463-470.
 - ③ 山下喬子・栗栖聖・星子智美・花木啓祐, 2011, 沿道ツツジ葉中への多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の取り込みと脱離に関する研究, 環境工学研究論文集, 48, 565-575.
 - ④ 大塚佳臣・麻永隆・栗栖聖・窪田亜矢・中谷隼・花木啓祐, 2011, 空間構造と市民の特性に着目した江戸城外濠の価値評価多様性解析, 環境システム研究論文集, 39, 173-182.
 - ⑤ 中川秀治・中谷隼・栗栖聖・花木啓祐, 2011, 暑熱緩和事業の多側面効用に対する選好評価と意思決定支援, 環境システム研究論文集, 39, 327-338.
 - ⑥ 大塚佳臣・栗栖聖・中谷隼・花木啓祐, 2011, 水辺意識に着目した住民の都市河川金銭価値評価解析, 水環境学会誌, 34(2), pp.29-40.
 - ⑦ 大塚佳臣・栗栖聖・中谷隼・花木啓祐, 2010, パス解析を用いた都市河川価値評価に対する河川の状態及び河川への意識の影響解析, 環境システム研究論文集, 38, pp.229-238.
 - ⑧ Chanathip, P., K. H. Kurisu and K. Hanaki, 2010, Promote Canal Water Quality Improvement Using Decentralized Wastewater Management: Case Study Bangkok, Wat. Practice Tech., 5(3), doi:10.2166/wpt.2010.066.
- 〔学会発表〕(計8件)
- ① Yoshioka, T., K. H. Kurisu, and K. Hanaki, 2013, Evaluation of Seasonal Water Quality Fluctuation and Countermeasures against CSO in Edo Castle Outer Moat, WET2013, 3B-11 (June 15-16, Tokyo, Japan).

- ② 吉岡佐・栗栖聖・花木啓祐, 2013, 江戸城外濠における水質変動の把握と流出解析モデルによる汚濁負荷解析, 第47回日本水環境学会年会講演集, 145.
- ③ 山下喬子・栗栖聖・星子智美・花木啓祐, 2012, 沿道におけるツツジ葉中多環芳香族炭化水素類(PAHs)濃度の変動, 第49回環境工学研究フォーラム講演集
- ④ 大塚佳臣・栗栖聖・窪田亜矢・花木啓祐, 2012, 一都三県の住民意識を基にした江戸城外濠の整備施策の検討, 第46回日本水環境学会年会講演集, 496.
- ⑤ 大塚佳臣・栗栖聖・中谷隼・花木啓祐, 2011, アンケート自由回答欄のフレーズからみた住民による都市中小河川の価値評価の考察, 第45回日本水環境学会年会講演集, 507.
- ⑥ 中川秀治・中谷隼・栗栖聖・花木啓祐, 2010, コンジョイント分析を用いた暑熱緩和事業の多側面効用の評価, 第47回環境工学研究フォーラム講演集, 260-262.
- ⑦ 山下喬子・栗栖聖・星子智美・花木啓祐, 2010, 沿道大気及び街路樹葉における大気汚染物質濃度分布の多地点測定による評価, 第47回環境工学研究フォーラム講演集, 245-247.
- ⑧ 大塚佳臣・栗栖聖・中谷隼・花木啓祐, 2010, 潜在クラス分析による住民類型化を用いた都市河川に対する価値評価構造の把握, 環境科学会 2010 年会, 162-163.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件) ○取得状況(計0件)

〔その他〕なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗栖 聖 (KURISU KIYO)

東京大学・先端科学技術研究センター・講師

研究者番号: 00323519

(2) 研究分担者

花木 啓祐 (HANAKI KEISUKE)

東京大学 大学院工学系研究科・教授

研究者番号: 00134015

小熊 久美子 (OGUMA KUMIKO) 22-23 年度

東京大学 大学院工学系研究科・講師

研究者番号: 00361527

中谷 隼 (NAKATANI JUN) 22-23 年度

東京大学 大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 40436522

(3) 連携研究者 なし