

建築研究報告

REPORT OF THE BUILDING RESEARCH INSTITUTE

No. 148

March 2014

費用便益分析から導く建物緑化の特性

The characteristic of Building Greening based on the cost-benefit analysis

加藤真司

Masashi KATO

独立行政法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

昨今、都市の中において、建築物の屋上や壁面を緑化するいわゆる「建物緑化」を設けた事例が散見されるようになってきた。これらの建物緑化事例は、都市のヒートアイランド現象の緩和や都市景観の向上、都市の生物多様性の確保、二酸化炭素の固定、雨水の貯留などの効果が期待され、今後の更なる設置の推進が望まれている。このように、建物緑化の機能は多様であるにもかかわらず、建物緑化の管理者やディベロッパーに対するアンケート調査結果からは、設置に係るメリットが実感できていない実情が伺える。つまり、コストに見合うだけのベネフィットが実感されていないということであり、このため、我が国の都市においてはまだ十分に建物緑化の設置余地があるにもかかわらず、思いのほかその推進は図られてはいない。こうした実情を踏まえて、本研究では、建物緑化の社会的便益の適正な評価手法の検討とその事前評価手法の確立を目指すとともに、その過程で建物緑化の特性を明らかにすることを目的としている。建物緑化の特性が明らかになれば、建物緑化推進のための基礎資料となりうるはずである。

本研究は、平成 19 年度から 21 年度にかけて実施した基盤研究「建物緑化のライフサイクルコストと経済価値評価に関する研究」の内容を中心に、科研費研究「緑のカーテンによる生活環境改善手法に関する研究（平成 23～25 年度）」の成果を加えた上で、これらの成果から導かれる建物緑化の特性を明らかにしている。例えば、一般に建物緑化は都市のヒートアイランド現象緩和効果や建物の省エネルギー効果などといった物理的温熱環境改善効果が期待されているが、便益値として他の機能と比較してみると、必ずしもそのベネフィットは大きくはなく、むしろ都市のアメニティ向上や生物多様性等といった受益者の主観的価値観に根差した機能による便益の方が大きいこと、また、こうした便益は、受益者の知識や環境意識の裏付けがあって初めて顕在化するものであるため、適正な情報の提供が評価値に大きく影響することなどである。これらの特性からは、従来、建物緑化を始めとする都市緑化は面積という量の拡充が主に求められてきたが、むしろ質の向上も併せて図られる必要があり、また、建物緑化本体のみならず、情報の提供や適正な維持管理といったソフト面での体制の充実の重要性が導かれる。

本研究については、別途、著者の筑波大学大学院人間総合科学研究科の学位論文としてとりまとめがなされているが、建築研究報告としての出版を通じて、本研究の成果が幅広い関係者に活用され、今後の建物緑化の更なる整備推進に寄与することが期待される。

2014 年 3 月

建築研究所理事長

坂本雄三

目 次

はしがき

目次

研究概要	・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	i
Abstract	・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	v
第一章	はじめに	1
第二章	建物緑化の事前評価方法の検討	11
第三章	CVM 調査の妥当性の検証	51
第四章	建物緑化のデザイン性要素の抽出・評価	69
第五章	物理的環境改善効果から導く建物緑化の特性	77
第六章	建物緑化の便益の増進方策	89
第七章	建物緑化の特定機能（誘客機能）の評価手法	109
第八章	結論	121
資料編	・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	129

研究概要

屋上緑化や壁面緑化などのいわゆる建物緑化は、ヒートアイランド現象緩和や都市のアメニティ向上を始めとした様々な効果が期待されているが、東京 23 区内では、屋上緑化の設置が可能な建築物に対して未だに約 2%の建物にしか屋上緑化は設置されておらず、必ずしもその普及が十分に進んでいるとは言い難い状況にある。建物緑化を推進している事業者へのアンケート調査からは、普及が進まない最大の原因に、建物緑化設置によるメリットが定量的に把握できないために設置の動機付けが生じにくいこと（課題全体の 32%を占める）があげられている。確かに、新たに建物緑化を設置するためには、その設置のメリットが定量的に事前評価できなければ、設置推進のモチベーションには結び付きにくい。このため、本研究では、建物緑化推進のために必要な事前評価のための建物緑化の便益の効果的な算定方法の検討を行うとともに、建物緑化の費用便益分析を通じてその特性を明らかにし、もって建物緑化制度改善の基礎資料とすることを目的とした。それは、建物緑化にかかる現行制度の課題として、緑化率という設置面積でしか評価されないが、建物緑化の機能には、都市景観の向上や生物多様性の確保といった緑の質も含まれること。また、建物緑化の質を維持するために適切な維持管理が不可欠であるにもかかわらず、こうした管理者の努力は評価されていないこと、及び、屋上緑化のうち約半数が公開されていないといった実情があるためである。

本研究は、最初に建物緑化の事前評価手法を導くことから始めた。事前評価を行うためには、建物緑化の性能に基づいた基本指標を定める必要があるが、建物緑化をはじめとした都市緑化は、一般に設置面積を基に評価されることが多いため、建物緑化の事前評価のための評価基本指標には緑化面積を使用することが望ましいという仮定のもとに研究を進めた。また、建物緑化は多様な機能を有するが、特に自然的環境としての存在価値を含むため、建物緑化の評価手法には表明選好法を採るのが適切であり、その代表的手法である CVM（仮想市場評価法）を採用することとした。ただし、CVM は評価対象物の効果に対する支払意思額（WTP）を被験者に尋ねるものなので、単に特定の事例を評価するだけでは WTP から導ける便益と建物緑化の面積との関係を導くことはできない。このため、面積の異なる複数の事例に対する CVM 調査を同時に実施することにより、建物緑化の面積と便益の関係性を導くことが可能となった。続いて、全国的に建物緑化の設置数の多い 5 都市（仙台市、東京 23 区、名古屋市、大阪市、福岡市）と気候帯の異なる那覇市において同じ CVM によるアンケート調査を実施し、屋上緑化と壁面緑化の関係を示す回帰式を導いた。これにより、全国の主要都市において、建物緑化の事前評価を行うことが可能となった。

ところで、CVM を用いた調査については、その調査方法の妥当性を検証するためスコープテストを実施する必要がある。スコープテストとは、基本指標の量に応じて WTP 値も増加しているか、もしくは、提示される内容に応じて WTP 値が変化しているかを調べるもので、もしもそうした関係性が見いだせなければ、そもそも CVM のアンケート調査自体に問題があったことになる。本 CVM 調査はスコープテスト上は問題はないと判断された。

スコープテストの他にも、建物緑化の周辺状況が CVM の評価値に影響することが考えられた。それは、周辺に多くの建物緑化が存在する場合と、単独で建物緑化が存在する場合とでは、同じ面積単位あたりでも限界効用逓減の法則により CVM の評価値が異なってくるのが想定されたためである。このため、徒歩圏域に 1 か所だけ建物緑化がある場合と、3 か所及び 5 か所ある場合の 3 ケースでの 1 か所あたりの WTP を比較した。その結果、どのケースもほとんど WTP には差がみられなかった。つまり、この程度の密度では限界効用逓減の法則が成り立たないことを意味している。ちなみに、徒歩圏域に 5 か所建物緑化が存在する密度は現時点の建物緑化の密度よりも高い。よって、当面は限界効用逓減の法則を配慮しなくても良いことが明らかになった。

また、本研究では建物緑化の便益はその面積に応じて評価が可能であると仮定したが、その仮定の検証を行った。建物緑化の便益を規定する要素として、面積以外にも建物緑化は個別の事例の意匠デザインの優劣性がその評価に大きく影響する可能性が考えられた。このため、屋上に芝生のみを設置するという意匠デザインの統一を図った事例に対する CVM 調査を実施し、その結果と様々な意匠デザイン事例による CVM 調査の結果の相対比較から、屋上緑化の効果を規定する要因のうちの面積の影響度を求めた。結果は、面積要因の影響度は 67.67 %、デザイン性の影響度は 11.78 %が求められた。このことから、建物緑化の便益の増進には設置個所や面積を増やすことと併せて、意匠デザイン性といった質の向上を図ることが必要だということが明らかになった。

これらの一連の CVM で得られた効果は、建物緑化の便益を総合的に評価したものであるため、ここから、物理的環境改善効果だけを除くことにより建物緑化の特性を導いた。室内の温熱環境改善やヒートアイランド現象緩和などの物理的環境改善効果については、既往研究から単位面積あたりの社会的便益を導き出すことが可能である。その結果、建物緑化に一般に期待されているヒートアイランド現象緩和効果や屋内の温熱環境改善効果などは、金額換算では相対的に低いことが明らかになった。その比較は一律にはできないが、東京 23 区で面積 1,000 m²の屋上緑化という条件設定のもとでの試算では、物理的改善効果の総和は当該建物緑化の総便益のわずか 9.0%程度にすぎないことが分かった。このことは、建物緑化の便益の大部分が、都市のアメニティ向上や生物多様性の確保などといった受益者の知識や環境意識に立脚した効果が大半を占めることを意味する。場合によると、受益者への適切な情報の提供が、受益者の評価値に大きく影響する可能性も想定された。

このことを検証するため、異なる情報を別の被験者グループに提示するという CVM 調査を実施することによってその影響を確認し、その結果、受益者への適切な情報の提供が建物緑化の便益を大きく向上させることが明らかになった。また、単により多くの情報を与えたほうが評価値が高くなるというものではなく、内容のテーマを絞った説明の方が被験者に伝わりやすいことも明らかになった。つまり、受益者は、必ずしも事業者が意図した情報提供の通りには情報をとらえないということを意味する。一方で、民間事例では建物緑化の宣伝効果を期待して設置する事例は多いので、どのような建物緑化の形態が宣伝効果に有効なのか、また、どのような説明施設

を設けることが効果的なのかを把握することは重要であるため、CVMにAHP（階層分析法）を組み合わせた手法によって検証した。AHPは、宣伝効果に適切な建物緑化の形態や説明施設などの効果的な附帯施設の評価を、相対的な重要度として示すことができる。その結果、直接的に建物緑化の効果を説明する効果表示施設よりも、シンボリックにメッセージを代弁する環境共生シンボル施設の方が効果が大きいことが分かった。

なお、全国の主な建物緑化の管理者に対してのアンケート調査では、民間所有の建物緑化管理者で自主的に建物緑化を設けている事例に限っては、建物緑化設置の主目的にあげられたものは、第一が宣伝効果としての企業等のイメージアップ（32%）で、第二が商業施設における誘客効果目的（25%）であった。すなわち、民間施設では、確実に収益を見込めるこうした機能に着目して建物緑化を設置していることが伺えた。よって、宣伝効果に続いて、建物緑化の誘客効果を把握するため、大規模な建物緑化を有する複合商業施設で知られる大阪のなんばパークスを対象として、利用客への面談形式のアンケート調査によって建物緑化がどれだけ売上に貢献しているかを調べた。建物緑化の影響度、すなわち建物緑化によって利用客が購買意欲を喚起させる率は一人当たり18.3%に上り、結果的に建物緑化によっておよそ194百万円もの年間あたりの収益が算定できた。

この検討は、建物緑化の個別の機能を抽出して算定する場合のケーススタディとして実施したものであるが、本アンケート調査においては、被験者の属性や動態と建物緑化の影響度との関係も併せて検証した。その結果、建物緑化の影響度は、居住地の自然度や個人的属性には殆ど関係はなかった。つまり、身近に緑が無いから指向するといった補償的もしくは補完的な性格のものではなく、むしろ、個人の価値観に根付いたものである可能性が高いということを意味する。

以上のような本論の検討から導かれた建物緑化の特性をまとめると、以下の5点に整理できる。

1. 建物緑化の便益は主として面積規模に応じて増加するが、意匠デザイン性といった緑の質も少なからず影響する。
2. 建物緑化の便益の大部分は都市のアメニティ向上や生物多様性の確保などの受益者の知識や環境意識に立脚した効果が大半を占める。
3. このため、受益者への適切な情報の提供が、受益者の評価に大きく影響する。
4. 受益者は、必ずしも事業者が意図した情報提供の通りには情報をとらえない。
5. 受益者の建物緑化の評価値は、その属性や周辺の居住環境とは殆ど関連性が無く、本質的な個人的価値観に基づいている可能性が高い。

これらの建物緑化の特性からは、建物緑化は、シビルミニマム的に最低限の量的充足を目指して整備すべき性格のインフラではないことを示している。その場合は、むしろ建物緑化に価値を見出す理解者の数を増やすといった政策こそが必要だという示唆を与えてくれる。そして、建物緑化の効果を発揮させるためには、まずは設置量を増やす必要があるが、同時に意匠デザイン性などの高い質の確保が望まれること。また、単に建物緑化を設置するだけでなく、併せて適切な

情報の提示やイベントをはじめとする各種の演出がよりその効果を高めること。さらに、屋上緑化の公開性の確保や適切かつ継続的な維持管理といった維持管理上のソフト面での取組が不可欠であることなどが導かれる。今後、本研究で得られた成果が、各種制度に反映されることを望むものである。

Abstract

So-called building greening, including roof greening and wall greening, is expected to have various effects like alleviating heat island phenomenon, improving urban amenity, etc.; however, in the 23 wards of Tokyo, only about 2% of the buildings on which roof greening can be installed has roof greening. A questionnaire survey for building greening companies indicated that the greatest cause for it not spreading lies in the fact that an advantage brought about by green building cannot be quantitatively understood, which hardly gives a company the motivation to install it. Actually, in installing building greening, if the advantage of the installation isn't quantitatively evaluated in advance, it will be difficult to determine the scale and the content of the installation. Therefore, this research was conducted with the aim of examining the method of estimating the social benefit, by which an in-advance evaluation of green building can be made. In addition, the aim of examining involved clearing the characteristic of building greening by conducting an in-advance evaluation of building greening, and getting the hints of improving legal system about building greenings. Because the facts indicate that there are problems of administrative system of building greening such as applying the index of green area solely though building greening have qualitic effects like improving the cityscape and maintaining the biodiversity of city area. Additionally the effort of maintenance of building greening is not evaluated in spite of indispensable to proper maintenance of it, and approximately the half of roof greening are not open to public.

At the first, I started to research of examining the method of in-advance evaluation of green building. It needs to select the basic index of building greening for in-advance evaluation. Urban planting including building greening is generally evaluated on an installation area basis. For that reason, area was used as the basic index for evaluating building greening. Additionally, since building greening has various functions, including an existence value as a naturalistic environment in particular, a stated preference approach is suitable for evaluating building greening, therefore the CVM (Contingent valuation Method), one of the major methods of this approach was employed. However, in the CVM, participants will be asked of their WTP (Willing to Pay) for the effect of an object being estimated, therefore just evaluating one specific case cannot explain the relation between the benefit described by the WTP and the area. For this reason, by conducting a CVM survey covering a number of cases with different areas, the relation between area and benefit could to be derived.

And then five major cities "such as Sendai-city, The 23 wards of Tokyo, Nagoya-city, Osaka-city and Fukuoka-city" where building greening is installed in more places than other

cities in Japan and Naha-city which are located in different climate zone were selected to conduct a CVM questionnaire survey, by which the regression formula that describes the relation between roof greening and wall greening was derived. Hereby, it was made possible to conduct an in-advance evaluation of building greening at a residential area in any major city of Japan.

Now, when a survey is conducted using a CVM, a scope test needs to be conducted to verify the validity of the survey method. A scope test is conducted in order to make sure that the WTP increases in proportion to the scale of the basic index and to investigate whether it is possible to confirm that the WTP changes depending on the contents presented, and if such a relation is not found, it means that the questionnaire survey using a CVM itself had some problems. As a result of a scope test, this CVM survey proved to be valid.

Additionally, there was some probability that having building greening that could become a subject of evaluation in a neighboring area had an influence on the CVM evaluation value currently examined. That is because it was expected that having building greening in a lot of places around the facility currently being evaluated and having building greening only in one place in a specific area would make a difference in the CVM evaluation value even when the same area unit was measured, due to the law of diminishing marginal utility. Therefore, the WTP results obtained where building greening was found in one place, where it was found in three places and where it was found in five places within a walking distance were compared. The result was that there was almost no difference in the WTP in any of the three cases. Simply put, the law of diminishing marginal utility doesn't apply when the density of green building is that low.

By the way, this research was conducted on the assumption that building greening can be evaluated according to its area, but there was some possibility that not only the area but also another factor like the superiority or inferiority of the design of building greening cases could have a great influence on its evaluation. On that account, after installing only grass on a roof and coordinating its design, a CVM survey was conducted, and then the results were compared with the results of another CVM survey on several design cases, in order to identify the degree of influence that the area factor has on evaluation among several factors that regulate the effect of roof greening. The results showed that the area factor had as much as a 67.67 % influence and the design factor had a 11.78 %. This revealed that it is important to spread the green area of building greening, and also secure the quality of design of building greening for promoting the benefit of building greening.

The effects obtained in these series of CVM surveys, including the improvement of the amenity of urban cities, are the kind of benefits that participants can understand subjectively, and in addition to that, building greening has other improvement effects on the

physical environment, such as improving the indoor thermal environment and alleviating the heat island phenomenon. In regard to the improvement effect on the physical environment, its social benefit per unit area can be derived from previous studies. On investigation, it was revealed that the heat island effect and the improvement effect of the indoor thermal environment, which building greening is expected to have, are evaluated relatively low in terms of monetary amounts. According to a trial calculation made under a condition where the roof greening is 1,000 m² in the 23 wards of Tokyo, the total improvement effect on the physical environment is no more than 9.0 % of the total benefit of the said building greening. This result revealed that almost of benefit of building greening is occupied by the improvement of the amenity of urban cities and urban biodiversity which are based on the knowledge and environmental attention of beneficiaries. Occasionally, giving the proper information to beneficiaries might influence the evaluation of building greening by beneficiaries.

For verifying this assumption, I considered the new method of CVM which showed different information to the different participants groups of questionnaire. And then, it was proved that showing proper information about building greening promote the evaluation of it by participants. And also, the method of information which was explained simply along to only one theme was more effectively than the method which was showed large amount of information. This reveals that the comprehension of beneficiaries is not consistent with an intention to show the information by owner of building greening.

By the way, there are many private building greenings which are aimed of the publicity effect. So that it needed to research what type of building greening had more effective, and how to explain was more effectively on the publicity effect. For this reason, a research was made by means of the combination of the CVM and the AHP (Analytic Hierarchy Process) to verify what form of green building is effective in terms of the advertising effect. Additionally, the AHP indicated what form of building greening would be effective in improving its image and the relative importance that its form would have. As the result, the explanatory instruments which are expressed the message by symbolic form, are more effectively than the lettering information by display.

Now, the results of the questionnaire survey conducted for major building greening administrators in Japan showed that the building greening administrators of public facilities installed the building greening with the intentions of , first of all, improving their company's image by advertising the effect and, secondly, of enhancing the attractiveness of their commercial facilities. Namely, it was observed in private facilities that these sufficiently profitable features were examined before the green building was installed.

In order to understand the attracting effect of building greening, a face-to-face

questionnaire survey was conducted for customers in Nanba Parks, a commercial complex with a large scale of building greening in Osaka, by which to what amount building greening would contribute to an increase in sales was investigated. The ratio influenced of building greening which was the ratio at which greening stimulates a customer's buying intention reached 18.3 % per person, and as a result, the annual profit brought by the greening worked out to be at 194 million yen.

This research was conducted as the casestudy of which investigate to evaluate the monoral effect of building greening, and also research the relationship between the attribute and the movement with the ratio influenced of building greening . As a result, there was no relationship with them. After all, it is considered that the intention to building greening by people is based on the individual values. From this point, building greening should not be developed to aim to the minimum sufficiency, it must be developed as the infrastructure which promote the attraction of cities.

Above all, results from these researches are arranged as 5 points under below.

1. The benefit of building greening increase according to green area of building greening, and also according to the quality of design of building greening.
2. Almost of benefit of building greening is occupied by the effects, such as the improvement of the amenity of urban cities and urban biodiversity which are based on the knowledge and enviroenmental attention of beneficiaries.
3. Showing proper information about building greening promote the evaluation of it by praticipants.
4. The comprehension of building greening by beneficiaries is not consisitent with an intention to the information by owner of building greening.
5. The evaluation of beneficiaries is not concerned with an attribute, a movement and the living circumstance.

From these characteristics of building greenings, it is led to spread the green area of building greening for increasing the benefit of bulding greening, simultaneosly to secure the quality of design of building greening. And also the proper grappings such as sending out information of building greening and exhibiting events are needed. In addition, it is needed of proper maintenance and an obligation of opening the roof greening to public.

It is expected that an increasing number of building greening facilities will be developed by means of improving the administrative systems in the future.