都市公園に対するライフサイクル CO₂ 評価に関する研究

A Study of Life Cycle CO₂ Evaluation to Urban Parks

市村 恒士* 奥 優一**

Koji ICHIMURA and Yuichi OKU

Abstract : To arrest global warming, it is also expected that the effect of carbon storage and sequestration of urban green spaces will be an important factor. On the other hand, the life cycle CO₂ (hereafter, LCCO₂) evaluation to reduce CO₂ emissions is watched with interest by each sector. Because of this situation, the purpose of this study was to discuss the method of LCCO₂ evaluation to urban parks, to apply that method to an actual urban park. The study parks estimated in this study was selected neighborhood park in Sapporo City, Hokkaido. The results are follows: 1) The method of LCCO₂ evaluation to urban parks could be constructed, and it was possible to apply the constructed method to the study park. 2) In the study park under the present conditions, the amount of LCCO₂ was estimated about 66.5t-C. 3) In the study park changed basing on a landscape planning considered to reduce the amount of LCCO₂, the amount of LCCO₂ was estimated about 46.1t-C. 4) Therefore, we grasped that it important for landscape planning to discuss reducing the amount of LCCO₂.

Keywords: arrest global warming, life cycle CO₂ evaluation, urban parks, urban landscape planting

キーワード: 地球温暖化防止, ライフサイクル CO₂評価, 都市公園, 都市緑化

1. はじめに

近年, 地球温暖化問題が深刻化しており, その主な原因とされる温室効果ガス, 特に二酸化炭素 (以下, CO₂) の削減が社会全体に対して求められている。

このような状況のもと, 気候変動枠組条約締約国会議 (COP) 等の国際的な議論の中では, 温室効果ガスの吸収源対策として「都市緑化」が位置づけられることとなった¹⁾ など。

これまで, 京都議定書にて位置づけられた CO₂ の「吸収源」としての都市緑地²⁾ に対し, いかにその吸収固定量を評価すべきであるかという背景から, 都市緑地の CO₂ 吸収・固定量に関する妥当な推定法や推定の際に必要な原単位等を明らかにすべく面的な広がりをもつ都市や地域及び各種都市緑地等の CO₂ 吸収・固定に関する研究蓄積が進められてきた^{3)~7)} など。

他方で, CO₂ の排出削減に向けた取り組みの 1 つとしてライフサイクル CO₂ (以下, LCCO₂) 評価の重要性が認識されている⁸⁾。LCCO₂ 評価は, 製品や構造物について, その資源採取から廃棄・再利用までの全過程 (ライフサイクル) において排出される全 CO₂ 量を取り上げ評価する考え方である。

都市緑地においても, LCCO₂ の視点に立つと, 特にレクリエーション等の役割を期待した都市公園等では, 野球場等の新規整備や草刈等の維持管理における工事・作業等を原因とした CO₂ の「排出」の側面があると考えられるが, これまでの研究では, それについてはあまり考慮されず, 都市緑地のライフサイクル全体としては一部となる CO₂ の「吸収源」としての側面のみが着目されている状況にあったといえる。

既に建築や各種の製造業界等では, 建築物等に対する LCCO₂ に関する多くの研究が進められ^{9), 10)} など, LCCO₂ 評価に基づいた建築物等の設計・運用による CO₂ の排出量削減に成功している。

特に建築分野においては, 従来から莫大な CO₂ を排出してきたが, 近年では, 建築物に対する環境評価の必要性のもと, CASBEE の検討, 導入等が行われる流れの中, LCCO₂ 評価につ

いても主に建築物の計画・設計段階に導入され, 各ライフサイクル過程における CO₂ 排出量の評価結果を考慮しながら建築物の再計画・再設計等を実施し, 定性的でなく定量的に CO₂ の排出削減に取り組んでいる。

これらの取り組みにより, 建築分野においては, 直接的な CO₂ の排出削減という効果のみならず, 近年の顧客の環境意識に対応した環境を配慮した製品としての建築自体の価値向上や, 環境配慮による企業のイメージアップ等の間接的な効果も発揮している。

一方で, 都市緑地における LCCO₂ 評価に関する研究は, 必要性が指摘⁸⁾ されているものの, 具体的な評価手法の検討や実際の都市緑地に対する評価手法の適用等については, 殆ど手つかずの状況といえる。

このような背景のもと, 本研究は, 代表的な都市緑地である都市公園に対する LCCO₂ の評価手法を検討・構築すること, その構築した LCCO₂ 評価手法を実際に存在する都市公園 (以下, 評価対象公園) や CO₂ の削減シナリオに基づいた公園整備計画に対して適用し, 都市公園に対する LCCO₂ 評価を試行すること, それらに基づき都市公園等の都市緑地における LCCO₂ 評価の可能性等を検討することを目的とした, 「都市緑地に対する LCCO₂ 評価」に関する萌芽的研究である。

2. 研究の方法

(1) 都市公園に対する LCCO₂ 評価手法の検討

(i) 基本的な考え方

本研究で構築した都市公園に対する LCCO₂ 評価手法は, 基本的に比較的類似点の多いと思われる建築の LCCO₂ 評価手法を参考^{9), 11)} などとした。

一方, 特に本研究において, 都市公園に対する LCCO₂ 評価手法の検討を行うに当たり, 以下のような 2 つの留意点が存在した。

1 つ目として, 公園の計画・設計段階における整備費用の「積算」と連携した LCCO₂ 評価手法とすることである。

*室蘭工業大学建設システム工学科 **スミリン CAD システム(株)札幌センター

これは、基本的に殆どの都市公園整備の際になされる「積算」と連携した形で行うことが可能な LCCO₂ 評価手法の構築を視野に入れることで、汎用性や都市緑地計画への応用等が期待出来ると考えられたためである。

2 つ目として、評価対象公園（後述するとおり北海道札幌市の都市公園）に関して得られる情報（積算等に関する情報等）等を同時並行的に調査、収集し、その情報に対応可能な LCCO₂ 評価手法とすることである。

これは、本研究では、実際に存在する評価対象公園に対して LCCO₂ 評価を適用することを目的の 1 つとしているためである。

本研究で構築した LCCO₂ 評価手法の考え方の詳細について以下に示す。

（ii）ライフサイクル過程の設定

都市公園のライフサイクルの過程は、公園緑地工事大系ツリー¹²⁾等を参考に「資材生産過程」、「資材輸送過程」、「基盤整備工事過程」、「植栽工事過程」、「施設整備工事過程」、「グラウンド・コート整備工事過程」、及び「運用・維持管理過程」の 7 過程に区分した。

（iii）原単位項目の設定

各原単位項目の設定においては、基本的に建築分野の LCCO₂ 評価における原単位項目に準じた。

ただし、現場での工事過程（：基盤整備工事過程、植栽工事過程、施設整備工事過程、及びグラウンド・コート整備工事過程）に関する原単位については、整備費用の「積算」の際に用いる項目を原単位項目とした。

これは、建築分野ではエネルギー関連統計等を用いて、構造やビルディングタイプごとに一般化された床面積や施工費用あたりの原単位を設定している事例^{9)、13)~15)}が多いが、都市公園に関しては様々な整備がなされ工事の一般化が困難であることや、前述した通り「積算」と連携した LCCO₂ 評価手法を構築することを視野に入れたためである。

（iv）LCCO₂ 評価の対象期間の設定

LCCO₂ 評価の対象期間については、都市公園は建築物等とは異なり、廃棄という過程が存在しないものといえることから、資材生産から再整備等が行われるまでとすることが望ましいと考えられる。

本研究では、評価対象公園の存在する札幌市の住区基幹公園の開設後年数や再整備の現状を鑑み、LCCO₂ 評価の対象期間は、便宜的に公園開設後 50 年までと設定した。

（2）各原単位項目における原単位の収集・把握

本研究における都市公園の LCCO₂ 評価に関する各原単位項目の原単位の把握方法を以下に整理する。

なお、すべての原単位は、炭素換算重量（単位：kg-C、t-C 等）¹⁶⁾で統一し把握した。

資材生産過程の原単位については、文献調査¹¹⁾で得られた原単位を用いた。

資材輸送過程の原単位については、文献調査¹²⁾から得た燃料消費量と燃料の消費による CO₂ 排出量（軽油：0.7212kg-C/ℓ）¹⁷⁾から算出した。

基盤整備工事過程、植栽工事過程、施設整備工事過程¹⁸⁾、グラウンド・コート整備工事過程、及び運用・維持管理過程の公園草刈作業の原単位については、主に評価対象公園の存在する札幌市の公共工事積算システムから得た各工事にかかる施工時間及び作業機械の消費燃料量と、燃料の消費による CO₂ 排出量（軽油 0.7212kg-C/ℓ、ガソリン 0.6433kg-C/ℓ）¹⁷⁾から算出した。

なお、これらの過程において、札幌市の公共工事積算システムのデータの不足部分については文献調査¹¹⁾から得たデータで補完した。また、原単位項目となる作業に複数の機械が使用される場合は、各機械の CO₂ 排出量の合計を原単位とした。

運用・維持管理過程の電力消費の原単位、及び樹木による CO₂ 吸収固定量の原単位については、評価対象公園の存在する北海道を対象として、北海道電力の報告から得た CO₂ 排出実績値¹⁹⁾、及び北海道の都市公園における樹冠被覆面積当たりの年間 CO₂ 固定量に関する既往研究³¹⁾のデータを用いた。

（3）評価対象公園に対する LCCO₂ 評価の適用

（i）評価対象公園の選定

実際の都市公園への LCCO₂ 評価を試みるにあたり、本研究では、これまでの構築してきた研究体制等を踏まえ各種の情報提供が比較的容易に受けることが可能な札幌市の都市公園を対象に、本研究で構築する LCCO₂ 評価を実行するために必要な情報である新規整備時の積算資料や植栽関連資料等の収集が可能であったこと、ライフサイクル過程の多様性を考慮し多様な土地利用をもつこと、萌芽段階の評価対象として適度な規模等として考えられる近隣、地区公園であること等を条件に、北海道札幌市の近隣公園「屯田一番通公園」を評価対象公園として選定した。

（ii）評価対象公園（現状タイプ）に対する LCCO₂ 評価の適用

これまで構築してきた LCCO₂ 評価手法の実用性等を明らかにするため、まず、その評価手法を評価対象公園の現状の整備状況（以下、現状タイプ）に対し適用した。

実際には、ここまで把握してきた各過程における各原単位項目の原単位に、評価対象公園の資材量、作業量、造成量、及び維持管理作業に関する量等乗じて、各作業等の CO₂ 排出・吸収量を算出し、それらを積算し、各ライフサイクル過程、及び全ライフサイクルの CO₂ 排出・吸収量を算定することで LCCO₂ 評価を実行している。評価対象公園の新規整備に関わる資材量・作業量等については、札幌市から提供された新規整備時に作成された造成工事積算資料に記載された値を用い、維持管理に関わる草刈等の作業量等は札幌市へのヒアリング調査から得た値を用いた。

（iii）評価対象公園（改善タイプ）に対する LCCO₂ 評価の適用

評価対象公園の現状の整備状況（：現状タイプ）を踏まえ、評価対象公園の LCCO₂ 削減を視野に入れた土地被覆、土地利用や維持管理等の計画を想定（以下、削減シナリオ）した。その想定した削減シナリオに基づいた評価対象公園の整備状況（以下、改善タイプ）に対しても本研究で構築した LCCO₂ 評価を適用し、それにより改善シナリオの効果等について検証した。

3. 結果及び考察

（1）都市公園に対する LCCO₂ 評価に関する原単位

都市公園に対する LCCO₂ 評価に関する原単位を把握した結果、表 1 に示すとおり、本研究で設定した各ライフサイクル過程の各原単位項目における CO₂ の排出や吸収固定に関する原単位を網羅的に抽出することが出来た。

これらの原単位は、積算時に算出される各種の資材量・作業量の項目と関連づけられており、若干の不足は存在すると考えられるが概ねの工事等に対応出来る原単位が把握されたと考えられる。

また、実際に各々の原単位をみても、用いる資材や作業等の工事により大きな CO₂ 排出の相違があることが把握された。

例えば、施設整備工事過程の園路広場工の舗装には様々な種別があるが、各種別の CO₂ 排出量の原単位をみると、「ダスト舗装」4kg-C/100m²、「アスファルト舗装・車道・舗装幅 3m 以上」30kg-C/100m²、近年バイオマス資材の利用として注目されている「木チップ舗装」6kg-C/100m²となり大きな相違がみられた。

（2）評価対象公園（現状タイプ及び改善タイプ）の概要

評価対象公園である「屯田一番通公園」の現状タイプ及び改善タイプの整備状況等について図-1 に示す。

評価対象公園は、平成 19 年に開設された近隣公園であり、公園面積は、15,542m²（公園台帳）となっている。

(i) 現状タイプの整備状況

現状タイプの評価対象公園の土地被覆・土地利用及び維持管理等の状況(図-1)を整理すると、大型コンビネーション遊具や健康遊具等の遊具(11基)のある遊戯広場(ゴムチップ舗装101㎡, ダスト舗装1,250㎡, レンガブロック舗装216㎡), 野球広場(クレイ舗装1,700㎡, 芝5,810㎡), 流用土を用いた盛土(740m³)によるスキー山, 歩道(アスファルト舗装:688㎡, アスファルトベンガラ舗装433㎡, 木チップ舗装170㎡), 車道(アスファルト舗装487㎡), 樹木(新規高木植栽27本, 樹冠被覆率20%(0.31ha))及び照明灯(電力使用量実績値8,866kwh/年:札幌市ヒアリングより)等の整備がされていること, 野球広場の芝部

では「芝刈年6回集草なし」その他の芝部分では「芝刈年3回集草あり」の維持管理活動がなされていること等が把握された。

(ii) 改善タイプの整備状況

評価対象公園における「現状タイプ」を踏まえ設定した5つのCO₂削減シナリオ(①～⑤)について以下に整理する。

新規整備時(主に土地被覆や土地利用)に関するシナリオは, ①～④の4つ, 維持管理時に関するシナリオは, 1つ(⑤のみ)を設定した。

①「歩道の木チップ舗装化」は, 現状タイプにおいてアスファルト舗装だった歩道を木チップ舗装とするシナリオ, ②「残土の公園内活用」は, 現状タイプにおいて残土として処理していた発

表-1 都市緑地に対するLCCO₂評価に関する原単位

①資材生産過程			
資材名	原単位	備考	
砕石	0.003 g-C/kg	※注1	
砂利・採石	0.003 g-C/kg	※注1	
舗装材料	0.037 g-C/kg	※注1	
生コン	0.056 g-C/kg	※注1	
製材	0.087 g-C/kg	※注1	
セメント製品	0.093 g-C/kg	※注1	
セメント	0.223 g-C/kg	※注1	
普通鋼小棒	0.257 g-C/kg	※注1	
めっき鋼材	0.304 g-C/kg	※注1	
普通鋼円鋼	0.31 g-C/kg	※注1	
合板	0.347 g-C/kg	※注1	
普通鋼鋼管	0.379 g-C/kg	※注1	
その他の建設用土系製品	0.382 g-C/kg	※注1	
冷間仕上鋼材	0.402 g-C/kg	※注1	
塗料	0.481 g-C/kg	※注1	
ガラス繊維・同製品	0.62 g-C/kg	※注1	
板ガラス	0.62 g-C/kg	※注1	
プラスチック管・管・棒	0.64 g-C/kg	※注1	
特殊鋼鋼管	0.642 g-C/kg	※注1	
鉄鋼製品	0.646 g-C/kg	※注1	
プラスチックフィルムシート	0.67 g-C/kg	※注1	
木製建具	0.683 g-C/kg	※注1	
釘(はんだ)	0.686 g-C/kg	※注1	
鉄管	0.693 g-C/kg	※注1	
鋼鉄品	0.781 g-C/kg	※注1	
プラスチック製品	0.997 g-C/kg	※注1	
木製家具・装飾品	1.02 g-C/kg	※注1	
建築用金属製品	1.13 g-C/kg	※注1	
強化プラスチック製品	1.24 g-C/kg	※注1	
電線・ケーブル	1.78 g-C/kg	※注1	
非鉄金属精錬製品	2.3 g-C/kg	※注1	
アルミ圧延製品	2.52 g-C/kg	※注1	
金属製家具・装飾品	4.5 g-C/kg	※注1	
②資材輸送過程			
資材名	原単位	備考	
ダンプトラック2t積	3.2 kg-C/t	※注2	
ダンプトラック4t積	4.9 kg-C/t	※注2	
ダンプトラック6～7t積	6 kg-C/t	※注2	
ダンプトラック10t積	8.7 kg-C/t	※注2	
トラック2t積	3.5 kg-C/t	※注2	
トラック3～3.5t積	3.8 kg-C/t	※注2	
トラック4～4.5t積	5 kg-C/t	※注2	
トラック8t積	7.1 kg-C/t	※注2	
③基礎整備工事過程			
作業名	原単位	備考	
敷地造成工			
掘削・積込(山積1.4m³)	29 kg-C/100m³	※注3	
掘削・積込(山積0.8m³)	25.9 kg-C/100m³	※注3	
掘削・積込(山積0.45m³)	26 kg-C/100m³	※注3	
掘削・積込(山積0.13m³)	10 kg-C/10m³	※注3	
土砂運搬(0.3km以下)	30 kg-C/100m³	※注4	
土砂運搬(1.0km以下)	40 kg-C/100m³	※注4	
土砂運搬(4.0km以下)	77 kg-C/100m³	※注4	
土砂運搬(9.5km以下)	140 kg-C/100m³	※注4	
土砂運搬(60km以下)	500 kg-C/100m³	※注4	
掘削・押土	35.7 kg-C/100m³	※注3	
盛土・敷均し	22.2 kg-C/100m³	※注3	
盛土法面削取整形	34 kg-C/100m³	※注3	
切土整形	57.7 kg-C/100m³	※注3	
残土処理	160 kg-C/100m³	※注3	
普通耕	0.9 kg-C/100m³	※注3	
盛土(表土)	0.42 kg-C/100m³	※注3	
基礎砕石工	19 kg-C/100m³	※注4	
基礎割ぐり石工	60 kg-C/100m³	※注4	
裏込砕石工	123.0 kg-C/100m³	※注4	
コンクリート打設	11.9 kg-C/10m³	※注4	
④植栽工事過程			
作業名	原単位	備考	
植栽工			
高木掘取 幹径25～40cm	160 kg-C/100本	※注4	
高木掘取 幹径40～60cm	230 kg-C/100本	※注4	
高木掘取 幹径60～90cm	330 kg-C/100本	※注4	
高木掘付 幹径25～40cm	260 kg-C/100本	※注4	
高木掘付 幹径40～60cm	360 kg-C/100本	※注4	
高木掘付 幹径60～90cm	360 kg-C/100本	※注4	
種子吹付工	4.1 kg-C/100m²	※注4	
客土吹付工	17 kg-C/100m²	※注4	
厚層基材吹付工 厚さ3～6cm	70 kg-C/100m²	※注4	
厚層基材吹付工 厚さ6～8cm	90 kg-C/100m²	※注4	
⑤施設整備工事過程			
作業名	原単位	備考	
作業土工			
床埋り	27 kg-C/100m³	※注5	
埋戻し	50 kg-C/100m³	※注5	
埋戻し・締固め	60 kg-C/100m³	※注5	
給水設備工			
水栓箱取付け工	0.047 kg-C/基	※注5	
側溝工(基礎砕石工)	3.0 kg-C/100m	※注5	
側溝工(重量80～1000kg)	40 kg-C/100m	※注5	
側溝工(重量1000～2000kg)	60 kg-C/100m	※注5	
側溝工(重量2000～3000kg)	80 kg-C/100m	※注5	
管渠工(基礎砕石工)	16 kg-C/100m	※注5	
集水溝・マンホール設置(基礎砕石工)	0.39 kg-C/100m³	※注5	
集水溝・マンホール設置(重量80～400kg)	21 kg-C/10基	※注5	
集水溝・マンホール設置(重量400～800kg)	29 kg-C/10基	※注5	
集水溝・マンホール設置(重量800～1200kg)	35 kg-C/10基	※注5	
集水溝・マンホール設置(重量1200～1600kg)	45 kg-C/10基	※注5	
集水溝・マンホール設置(重量1600～2200kg)	53 kg-C/10基	※注5	
フィルター付布設	15 kg-C/100m	※注5	
塩ビマンホール・塩ビ管設置	0.8 kg-C/10箇所	※注5	
コンクリート管布設(管径200～350mm)	19 kg-C/10m	※注5	
コンクリート管布設(管径400～600mm)	25 kg-C/10m	※注5	
コンクリート管布設(管径700～1000mm)	30 kg-C/10m	※注5	
電気設備工			
引込柱設置	4.2 kg-C/基	※注7	
照明灯設置	0.7 kg-C/基	※注7	
不陸修正	2 kg-C/100m²	※注3	
アスファルト舗装 車道・舗装幅3m以下	10 kg-C/100m²	※注3	
アスファルト舗装 車道・舗装幅3m以上	30 kg-C/100m²	※注3	
アスファルト舗装 歩道・舗装幅3m以下	6.4 kg-C/100m²	※注3	
アスファルト舗装 歩道・舗装幅3m以上	10 kg-C/100m²	※注3	
園路広場工			
ダスト舗装	4 kg-C/100m²	※注3	
レンガブロック舗装	10 kg-C/100m²	※注3	
木チップ舗装	6 kg-C/100m²	※注3	
ゴムチップ舗装	12 kg-C/100m²	※注3	
園路緑石工	4.4 kg-C/100m	※注6), 注8)	
遊戯施設整備工			
大型遊具設置(コンビネーション遊具・木の集遊具等)	9 kg-C/基	※注6), 注8)	
中型遊具設置(回転遊具・ブランコ等)	0.8 kg-C/基	※注6), 注8)	
小型遊具設置(スイング遊具・健康遊具等)	0.068 kg-C/基	※注6), 注8)	
サービス施設整備工			
水飲み場工	2.3 kg-C/基	※注5	
ベンチ工	0.1 kg-C/基	※注5	
テーブル工	0.41 kg-C/基	※注5	
時計塔設置	4 kg-C/基	※注5	
管理施設整備工			
ネットフェンス設置	10 kg-C/100m	※注6), 注8)	
車止め工	0.020 kg-C/基	※注5	
車止め設置	15 kg-C/基	※注5	
建築施設組立			
シェルター設置	130 kg-C/基	※注5	
大型シェルター設置			
⑥グラウンド・コート整備工事			
作業名	原単位	備考	
グラウンド・コート			
舗装工	2 kg-C/100m²	※注3	
舗装工	39 kg-C/100m²	※注3	
グラウンド・コート施設整備工	2 kg-C/基	※注3, 注5	
バックネット設置	17 kg-C/基	※注3	
⑦運用・維持管理過程			
作業名	原単位	備考	
公園草刈			
草刈・集草なし	1.1 kg-C/1000m²	※注3	
草刈・集草あり	6.2 kg-C/1000m²	※注3	
電力消費	0.131 kg-C/kWh	北海道電力	
暖房固定量	北海道室町市・都市公園(樹冠被覆面積当たり)	0.8 t-C/ha・年	

注1) 炭素換算を実施(原単位:kg-C/kg)＝文献調査より得た原単位(kg-C/kg)×(12/44) ※引用:日本建築学会, 1999

注2) 原単位(kg-C/t)＝燃料消費量(リットル/日)×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル) ※引用:(燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量)環境庁ら, 2007

注3) 原単位(kg-C/100m²)＝必要施工時間〔日/100m²〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル) ※引用:(必要施工時間, 燃料消費量)札幌市提供資料 (燃料消費量によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注4) 原単位(kg-C/100m³)＝必要施工時間〔日/100m³〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル) ※引用:(必要施工時間, 燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注5) 原単位(kg-C/100m³)＝必要施工時間〔日/100m³〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル) ※引用:(必要施工時間)札幌市提供資料 (燃料消費量)風間ら (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注6) 原単位(kg-C/基)＝必要施工量〔100m³/基〕×必要施工時間〔日/100m³〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル) ※引用:(必要施工量, 必要施工時間, 燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注7) 原単位(kg-C/基)＝必要施工量〔100m³/基〕×必要施工時間〔日/100m³〕×燃料消費量〔m³/日〕×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル) ※引用:(必要施工量, 必要施工時間)札幌市提供資料 (燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注1) 炭素換算を実施:原単位(kg-C/kg)＝文献調査より得た原単位(kg-CO₂/kg)×(12/44) ※引用:日本建築学会, 1999

注2) 原単位(kg-C/t)＝燃料消費量(t/日)×燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル)
※引用:(燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量)環境庁ら, 2007

注3) 原単位(kg-C/100m³)等＝必要施工時間(日/100m³)等×燃料消費量(m³/日)等×燃料消費量(m³/日)等
※燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル)
※引用:(必要施工時間, 燃料消費量)札幌市提供資料 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注4) 原単位(kg-C/100m³)等＝必要施工時間(日/100m³)等×燃料消費量(m³/日)等×燃料消費量(m³/日)等
※燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル)
※引用:(必要施工時間, 燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注5) 原単位(kg-C/100m³)等＝必要施工時間(日/100m³)等×燃料消費量(m³/日)等×燃料消費量(m³/日)等
※燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル)
※引用:(必要施工時間)札幌市提供資料 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注6) 原単位(kg-C/基)等＝必要施工量(100m³/基)等×必要施工時間(日/100m³)等×燃料消費量(m³/日)等
※燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル)
※引用:(必要施工量, 必要施工時間, 燃料消費量)札幌市提供資料 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注7) 原単位(kg-C/基)等＝必要施工量(100m³/基)等×必要施工時間(日/100m³)等×燃料消費量(m³/日)等
※燃料消費によるCO₂排出量(kg-C/リットル)
※引用:(必要施工量, 必要施工時間, 燃料消費量)風間ら, 2005 (燃料消費によるCO₂排出量) 環境庁ら, 2007

注8) 施設整備工事過程の遊路緑石工, 大型遊具設置, 中型遊具設置, 小型遊具設置, ネットフェンス設置については, 各規格の原単位の値に大きな差があったため, LCCO₂評価の簡略化のために各規格の平均値を原単位とした。

図-1 調査対象公園（現状タイプ及び改善タイプ）の状況

生土砂を公園内（盛土）で活用するシナリオ，③「遊戯・野球場の芝生化」は，現状タイプにおいて一部ゴムチップ舗装やクレイ舗装等の舗装であった遊戯広場・野球場をすべて芝に変更し，さらに遊具については整備しないシナリオ，④「高木植栽量の増加」は，現状タイプにおいて樹冠被覆率20%であった高木植栽量を2倍（樹冠被覆率40%）にするシナリオ，⑤「集草作業の廃止」は，現状タイプにおいて「草刈年3回集草作業あり」を「芝刈年4回集草作業なし」に変更するシナリオである²⁰⁾。

上記①～⑤の「削減シナリオ」にもとづき整備された「改善タイプ」の評価対象公園の土地被覆・土地利用及び維持管理等の状況は，図-1のようになる。

(3) 評価対象公園における LCCO₂ 評価

「現状タイプ」及び「改善タイプ」各々の評価対象公園に対し LCCO₂ 評価を実行した結果^{21)～23)}を表-2及び表-3に示す。

(i) 現状タイプに対する LCCO₂ 評価

現状タイプに対する LCCO₂ 評価を実行した結果，現状タイプの LCCO₂ は 66,466kg-C となること，各ライフサイクル過程の CO₂ 排出量では，運用・維持管理過程が最も大きく(66,466kg-C：LC CO₂ の 77.7%)，次に資材生産過程が大きく(10,201kg-C：LC CO₂ の 15.3%)なること，現場での工事過程については CO₂ 排出量が比較的少ないこと，特に植栽工事過程では作業がすべて人力施工であったため，CO₂ 排出量は 0kg-C となること等が把握された。

また，CO₂ 排出量の大きかった運用・維持管理過程をみると，樹木より 12,400kg-C の吸収固定が期待される一方，照明灯の電力消費による排出量が非常に大きい(58,072kg-C)ことが把握された。

(ii) 評価対象公園（改善タイプ）に対する LCCO₂ 評価

改善タイプに対する LCCO₂ 評価を実行した結果，改善タイプの LCCO₂ は 46,062t-C となること，「現状タイプ」の LCCO₂ と比較すると，-20,404kg-C (-30.7%) の削減となること，各削減シナリオの削減効果をみると，④「高木植栽量の増加」が-12,400kg-C (-18.7%) と削減量が大きく，次いで，⑤「集草作業の廃止」(-4,222kg-C (-6.4%))，①「歩道の木チップ化」((-2,997kg-C (4.5%))，②「残土の公園内活用」(-1,020kg-C (-1.5%))となること，「③遊戯・野球場の芝生化」は，資材生産過程や現場の工事過程に関わる4過程で CO₂ 排出が削減されたが，草刈作業量の増加に伴う維持管理過程の CO₂ 排出量の増加により +235kg-C (+0.4%) の CO₂ の排出増加となること等が把握された。

4. おわりに

ここまで得られた結果を整理しつつ，都市公園あるいは都市緑地における LCCO₂ 評価の可能性等について，以下に検討する。

まず，本研究では，前述したとおり都市公園の整備費用の「積算」との連携を意識した LCCO₂ 評価手法を構築した。また，構築した LCCO₂ 評価手法は，実際の都市公園に適用可能であることが把握された。これらのことにより，これまで確認されてこなかった都市公園等の都市緑地における LCCO₂ 評価の「技術面」からの導入可能性について確認できたと考えられる。また，本研究で構築した LCCO₂ 評価手法は，「積算」との連携を意識していることから，従来の「積算」作業と同時進行的に LCCO₂ 評価が可能となるようなシステム構築の可能性も示唆された。

表－２ 評価対象公園における（現状タイプ及び削減タイプ）に対する LCCO₂ 評価①

ライフ サイクル 過程	工程	作業名・資材名/仕様・規格		原単位	現状タイプ				削減 シナリオ ※1	改善タイプ						
					資材量 数量 作業量	備考	CO ₂ 排出量 (kg-C)	CO ₂ 排出量 (kg-C)		資材量 数量 作業量	備考	CO ₂ 排出量 (kg-C)	CO ₂ 排出量 (kg-C)			
①資材生産 過程	-	生コン		0.0559kg-C/kg	37,722kg		2108.7	10,201	③	35,254kg		1,970.7	6,367			
		セメント		0.223kg-C/kg	498kg		111.1		→	498kg		111.1				
		棒鋼		0.257kg-C/kg	36kg		9.3		→	36kg		9.3				
		セメント製品		0.0933kg-C/kg	31,898kg		2976.0		③	26,771kg		2,497.7				
		舗装材料		0.0371kg-C/kg	134,649kg		4995.5		①③	47,940kg		1,778.6				
②資材輸送 過程	-	-		-	-	不明	-	対象外	→			-	対象外			
③基盤整備 工事過程	敷地造成工	掘削工	土砂掘削	25.9kg-C/100m ³	1,410m ³		365.2	2,614	→	1,410m ³		365.2	1,594			
			土砂運搬	30.0kg-C/100m ³	1,410m ³		423		→	1,410m ³		423.0				
		盛土工	盛土(流用土)	22.2kg-C/100m ³	780m ³		173.2		②	1,520m ³		337.4				
			法面整形工	法面整形(盛土部)	34.0kg-C/100m ³	1,060m ³			360.4	→	1,060m ³			360.4		
		植栽基盤工	残土処理工	残土積込み・輸送・受入地での処理	160.0kg-C/100m ³	740m ³			1184.0	②	0m ³			0.0		
	土性改良工		普通耕	0.9kg-C/100m ²	9,760m ²		87.8		→	9,760m ²		87.8				
	表土盛土工		盛土(購入表土)	0.42kg-C/100m ²	4,750m ²		20.0		→	4,750m ²		20.0				
④植栽工事 過程	植栽工	高木植栽工	-	-	27本	注2	-	0	④	27+α本	注2	-	0			
		中低木植栽工	-	-	446株	注2	-		→	446株	注2	-				
		地被類植栽工	-	-	1式	注2	-		→	1式	注2	-				
		芝張り工	野縁広場	-	4,750m ²	注2	-		③	6,450m ²	注2	-				
			法面	-	1,060m ²	注2	-		→	1,060m ²	注2	-				
	播種工	その他	-	1,470m ²	注2	-	③		3,037m ²	注2	-					
		播種工	-	-	2,910m ²	注2	-		→	2,910m ²	注2	-				
⑤施設整備 工事過程	給水設備工	止水栓類取付工		0.047kg-C/基	1基		0.047	1,260	→	1基		0.047	1,042			
		作業土工	床掘り	27kg-C/100m ³	55m ³		14.9		→	55m ³		14.9				
			埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³	55m ³		33.0		→	55m ³		33.0				
	給水管路工	給水管路工		PE管	113m	注2	-		→	113m	注2	-				
		側溝工	側溝工		プレキャストU字型側溝	38m			1.1	→	38m			1.14		
			公園管渠	公園管渠		16kg-C/100m	108m			17.3	→	108m			17.3	
	雨水排水設備工			集水溝工	集水溝(80～400kg)		21kg-C/10箇所		7箇所		14.7	→		7箇所		14.7
		地下排水工			地下排水工		フィルタ材敷設		15kg-C/100m	992m		148.8		→	992m	
			作業土工		床掘り	27kg-C/100m ³	320m ³			86.4	→	320m ³			86.4	
		埋戻し		50kg-C/100m ³	120m ³		60.0		→	120m ³		60.0				
		汚水排水設備工	作業土工	床均し	-	545m ²	注2		-	→	545m ²	注2		-		
				公園管渠	公園管渠		16kg-C/100m		94m		15.0	→		94m		15.0
					集水溝・マンホール工	塩ビマンホール・塩ビ管設置	0.8kg-C/10箇所		3箇所		0.2	→		3箇所		0.2
	作業土工		床掘り	27kg-C/100m ³	49m ³		13.2		→	49m ³		13.2				
			埋戻し	50kg-C/100m ³	39m ³		19.5		→	39m ³		19.5				
			床均し	-	87m ²	注2	-		→	87m ²	注2	-				
			引込柱	4.2kg-C/基	1基		4.2		→	1基		4.2				
	電気設備工	照明設備工	照明灯		0.7kg-C/基	15基			10.5	→	15基			10.5		
			床掘り	27kg-C/100m ³	230m ³		62.1		→	230m ³		62.1				
				埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³	220m ³			132.0	→	220m ³			132.0		
		作業土工	基面整正	-	13m ²	注2	-		→	13m ²	注2	-				
			舗装準備工	不陸整正	2kg-C/100m ²	3,760m ²			75.2	③	2,193m ²			43.9		
				車道 幅3m以下	10kg-C/100m ²	487m ²			48.7	→	487m ²			48.7		
			園路広場整備工	アスファルト舗装工	歩道 幅3m以下	6.4kg-C/100m ²	688m ²			44.0	①	0m ²			0.0	
	歩道 幅3m以上	10kg-C/100m ²			433m ²		43.3		①	0m ²		0.0				
	土系舗装工	ダスト舗装 砕石ダスト			4kg-C/100m ²	1,250m ²			50.0	①	0m ²			0.0		
	レンガ・タイル系舗装工	レンガブロック舗装t=60 敷砂t=30		10kg-C/100m ²	216m ²		21.6		①	0m ²		0.0				
		木系舗装工		木チップ舗装 t=40		6kg-C/100m ²	170m ²			10.2	①	1,291m ²			77.5	
				樹脂系舗装工	ゴムチップ舗装 t=10	12kg-C/100m ²	101m ²			12.1	→	0m ²			0.0	
	園路緑石工	緑石ブロック コンクリート仕切石(Ⅱ)A		4.4kg-C/100m	6m		0.3		→	6m		0.3				
				緑石ブロック コンクリート仕切石(Ⅱ)B	4.4kg-C/100m	33m			1.5	→	33m			1.5		
		舗装止 芝生縁切材		4.4kg-C/100m	120m		5.3		→	120m		5.3				
				遊戯施設整備工	遊具組立設置工	木の葉遊具	9kg-C/基		1基		9.0	③		0基		0.0
	大型コンビネーション遊具	9kg-C/基				1基			9.0	③	0基			0.0		
	回転遊具	0.8kg-C/基				2基			1.6	③	0基			0.0		
	ブランコ	0.8kg-C/基				1基			0.8	③	0基			0.0		
	スイング遊具	0.068kg-C/基	3基				0.2		③	0基		0.0				
	作業土工	健康遊具	0.068kg-C/基		3基		0.2		③	0基		0.0				
		床掘り	27kg-C/100m ³		78m ³		21.1		③	0m ³		0.0				
		埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³		69m ³		41.4		③	0m ³		0.0				
		床均し	-		47m ²	注2	-		③	0m ³	注2	-				
		水飲み台	2.3kg-C/基		2基		4.6		→	2基		4.6				
	サービス施設整備工	ベンチ・テーブル工	ベンチ	0.1kg-C/基	21基		2.1		→	21基		2.1				
			野外卓	0.41kg-C/基	3基		1.2		→	3基		1.2				
			時計塔	4kg-C/基	1基		4.0		→	1基		4.0				
		作業土工	床掘り	27kg-C/100m ³	10m ³		2.7		→	10m ³		2.7				
			埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³	6m ³		3.6		→	6m ³		3.6				
	管理施設整備工	柵工	床均し	-	9m ²	注2	-		→	9m ²	注2	-				
			ネットフェンス H=3000mm	10.0kg-C/100m	47m		4.7		→	47m		4.7				
			ネットフェンス H=1800mm	10.0kg-C/100m	102m		10.2		→	102m		10.2				
車止め工		人造石 角型	0.02kg-C/基	25基	注2	0.5	→	25基	注2	0.5						
		脱着式(W=1m, H=0.7m)	0.02kg-C/基	1基	注2	0.0	→	1基	注2	0.0						
⑥グラウンド・コート 整備過程	グラウンド・コート施設 整備工	舗装準備工	床掘り	27.0kg-C/100m ³	57m ³		15.4	→	57m ³		15.4					
			埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³	43m ³		25.8	→	43m ³		25.8					
			床均し	-	38m ²	注2	-	→	38m ²	注2	-					
		作業土工	大型シュルター	130kg-C/基	1基		130.0	→	1基		130.0					
			シュルターB	15kg-C/基	1基		15.0	→	1基		15.0					
⑦運用・ 維持管理 過程	運用	舗装工	床掘り	27kg-C/100m ³	19m ³		5.1	→	19m ³		5.1					
			埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³	11m ³		6.6	→	11m ³		6.6					
			床均し	-	17m ²	注2	-	→	17m ²	注2	-					
		グラウンド・コート施設 整備工	不陸整正	2kg-C/100m ²	1,700m ²		34.0	③	0m ²		0.0					
			クレイ舗装	39.0kg-C/100m ²	1,700m ²		663.0	③	0m ²		0.0					
⑧運用・ 維持管理 過程	維持管理	ダックアウト工	ダックアウト設置	2kg-C/基	2基		4.0	③	0基		0.0					
			バックネット工	バックネット設置	17kg-C/基	1基		17.0	③	0基		0.0				
				床掘り	27kg-C/100m ³	16m ³		4.3	③	0m ³		0.0				
		作業土工	埋戻し・締固め	60kg-C/100m ³	11m ³		6.6	③	0m ³		0.0					
			床均し	-	9m ²	注2	-	③	0m ³		-					
⑨運用・ 維持管理 過程	維持管理	樹木によるCO ₂ 吸収固定	樹冠被覆率20%	-0.8t-C/ha・年	0.31ha	注3 -12,400	51,663	④	8,622ha		-24,800	37,959				
			電力消費	照明灯	0.131kg-C/kwh	8,866kwh/年		注3 58,072	→	8,866kwh/年			58,072			
			草刈・草丈10cm前後・集草あり・年3回	18.6kg-C/1000m ²	4,380m ² /年	注3 4,073		⑤	0m ² /年		0					
		草刈・草丈6cm前後・集草なし・年6回	6.6kg-C/1000m ²	5,810m ² /年	注3 1,917	③⑤		7,510m ² /年		2,478						
		草刈・草丈10cm前後・集草なし・年4回	4.4kg-C/1000m ²	0m ² /年	注3 0	③⑤		5,947m ² /年		1,308						
樹木剪枝	-	-	-	-	注4 -	→	-		-							
	現状タイプLCCO ₂				66,466	①～⑥	改善タイプLCCO ₂				46,062					

注1) 削減シナリオにある①～⑤は、以下のシナリオを示す。

表－３ 評価対象公園における（現状タイプ及び削減タイプ）に対する LCCO₂ 評価②

ライフサイクル過程	現状 タイプ CO ₂ 排出量 (kg-C)	削減シナリオによるCO ₂ 削減														改善 タイプ CO ₂ 排出量 (kg-C)
		削減シナリオ ①～⑤												削減シナリオ 合計 ①～⑤		
		土地被覆・土地利用計画(①～④)								①～④ 小計		維持管理計画 ⑤				
		①		②		③		④								
		削減量 (kg-C)	削減率	削減量 (kg-C)	削減率	削減量 (kg-C)	削減率	削減量 (kg-C)	削減率	削減量 (kg-C)	削減率	削減量 (kg-C)	削減率	削減量 (kg-C)	削減率	
①資材生産過程	10,201	-2,977	-4.5%	0	0.0%	-856	-1.3%	0	0.0%	-3,833	-5.8%	0	0.0%	-3,833	-5.8%	6,367
②資材輸送過程	対象外	-														対象外
③基礎整備工事過程	2,614	0	0.0%	-1,020	-1.5%	0	0.0%	0	0.0%	-1,020	-1.5%	0	0.0%	-1,020	-1.5%	1,594
④植栽工事過程	0	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0
⑤施設整備工事過程	1,260	-20	0.0%	0	0.0%	-198	-0.3%	0	0.0%	-218	-0.3%	0	0.0%	-218	-0.3%	1,042
⑥グラウンド・コート整備工事過程	729	0	0.0%	0	0.0%	-729	-1.1%	0	0.0%	-729	-1.1%	0	0.0%	-729	-1.1%	0
⑦運用・維持管理過程	51,663	0	0.0%	0	0.0%	2,018	3.0%	-12,400	-18.7%	-10,382	-15.6%	-4,222	-6.4%	-14,604	0.0%	37,059
合計(現状・改善タイプ:LCCO ₂)	66,466	-2,997	-4.5%	-1,020	-1.5%	235	0.4%	-12,400	-18.7%	-16,182	-24.3%	-4,222	-6.4%	-20,404	-30.7%	46,062

注1) 削減シナリオにある①～⑤は、以下のシナリオを示す。
①「歩道の木チップ緑地化」 ②「遊土の公園内利用」 ③「遊戯・野球場芝生の芝生化」 ④「高木植栽量の増加」 ⑤「農家作業の減止」

次に、評価対象公園（一般的な近隣公園）に対する LCCO₂ 評価の結果、現状タイプでは、「約 66.5t-C」の CO₂ の「排出」となっていることが把握され、一般的な利用型の都市公園整備は、ライフサイクルの観点からみると CO₂ の排出源となっている可能性が高いことが確認された。このことより、今後、地球温暖化防止に向け、都市公園等の整備においては、CO₂ の「吸収源」という側面のみならず、CO₂ の「排出」の側面についても考慮する必要性が示唆された。そのような「排出」の側面も含めた整備計画等の検討にあたっては、「排出」の側面も含めた定量的な評価である LCCO₂ 評価が必要不可欠といえ、都市公園等に対する LCCO₂ 評価手法を様々な観点から検討する必要性が改めて確認された。

さらに、各種の CO₂ 排出の削減シナリオを踏まえた「改善タイプ」に対しても LCCO₂ 評価を実行した結果、各種の CO₂ 削減シナリオによる CO₂ 削減効果を定量的に把握することが可能であった。地球温暖化防止を考慮した都市公園等の整備を検討する際、CO₂ の排出削減のみならず、その他機能やコスト面を考慮した複数のシナリオ、整備計画を検討し、選択する必要があるが、本研究で構築した LCCO₂ 評価手法を用いれば各シナリオの CO₂ 排出量、LCCO₂ を定量的に評価することが可能であり、より明確に CO₂ の排出削減とその他考慮すべき点とのバランスを考えシナリオの選択を行うことが出来る。また、繰り返しになるが本研究で構築した LCCO₂ 評価手法は、「積算」との連携を意識していることから、特に CO₂ の排出削減と「コスト面」とのバランスについての検討がより容易なシステム構築も可能と考える。

2050 年には CO₂ の排出量の半減が求められる中、都市構造のあり方についても抜本的な改革が必要²⁴⁾ であり「低炭素都市の構築」等が期待されている²⁴⁾。このような状況の中、都市公園等の都市緑地においても LCCO₂ の概念を導入することで、これまで同じ評価軸で捉えることが困難だった建築、土木空間と都市緑地を CO₂ という評価軸で一元的に捉えることが可能となり、低炭素型の土地利用として都市緑地は明確に位置づけられると同時に、改革の方向性として「都市緑地を基軸とした低炭素都市の構築」等の検討も可能となると考えられる。例えば、都市全体に LCCO₂ 評価の概念を導入することで、湯沢²⁴⁾ も指摘するような、近年の国際、国内において着目される「CO₂ 排出権取引（カーボンオフセット）」等の仕組みを視野に入れた都市緑地あるいは都市構造のあり方に関わる各種の検討も可能になると考えられる。

今後の課題として、本研究で把握困難だった原単位や作業量等に関する対応策を検討すること、緑のリサイクルやバイオマスエネルギー等についても考慮すること、前述した低炭素都市構築を視野に入れ、緑地・建築・土木空間を含む最小単位空間「街区」を対象とした LCCO₂ 評価を検討すること等が挙げられる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、札幌市環境局みどりの推進部黒澤佑介氏には資料提供等の御協力を頂いた。記して感謝の意を表します。

補注及び引用文献

- 1) 地球温暖化防止に向けた吸収源対策としての「都市緑化」に関わる IPCC, COP 等における国際社会の議論については、半田ら (2005)⁷⁾、加藤 (2005)²⁰⁾ 等が詳しい。それに伴う近年の我が国の動向、例えば、京都議定書目標達成計画 (2008 年 3 月の改訂の内容等) については、小野 (2008)²⁰⁾ 等が詳しい。
- 2) 本研究で用いた「都市緑地」は、都市公園等の 1 種別としての狭義の「都市緑地」ではなく、都市における各種緑地 (都市公園、街路樹、及び住宅等の民有地の緑、他) を包括的に捉える広義の「都市緑地」を意味する。
- 3) Koji ICHIMURA and Daiki YAEGASHI (2007) : Study of Estimating the Amount of Carbon Storage and Sequestration in Urban Green Spaces Based on Tree Crown Cover Area in Hokkaido : Journal of Environmental Information Science, 35(5), 29-36
- 4) 市村 恒士 (2006) : 樹冠被覆面積にもとづく都市緑地の二酸化炭素固定量の推定に関する研究 : ランドスケープ研究 69(5), 613-616
- 5) 市村 恒士・黒澤 和隆 (2005) : 都市緑地の二酸化炭素固定効果に関する研究-北海道帯広市「帯広の森」を事例として : 日本建築学会環境系論文集 597, 81-87
- 6) 市村 恒士・岡田 孝幸・柳井 重人・丸田 頼一 (1999) : 都市公園における樹木の二酸化炭素固定効果に関する研究 : 日本都市計画学会学術研究論文集 34, 1-6
- 7) 半田真理子・手代木 純 (2005) : 地球温暖化防止に資する都市緑地の評価 : 都市緑化技術 56, 81-87
- 8) 豊田 幸夫 (2001) : 環境配慮設計とライフサイクル評価 : 都市緑化技術 41, 27-30
- 9) 酒井 寛二・漆崎 昇・相賀 洋・下山 真人 (1996) : 建物のライフサイクル二酸化炭素発生量とその抑制方策に関する研究 : 日本建築学会計画系論文集 484, 105-112
- 10) 岩田 衛・堂野前 等・久松雄治 (2000) : 建築鉄骨構造のライフサイクルにおける環境負荷削減のシナリオとその評価 : 日本建築学会構造系論文集 533, 167-173
- 11) 日本建築学会 (1999) : 建物の LCA 指針 ～温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール : 日本建築学会, 178pp
- 12) 風間 伸造 (2005) : 造園修景植算マニュアル : 財団法人建設物価調査会, 514pp
- 13) 竹林 芳久・岡 建雄・紺矢 哲夫 (1992) : 産業連関表による建築物の評価 その 2 事務所建築の建設による環境への影響 : 日本建築学会計画系論文集 431, 31-32
- 14) 鈴木 道哉・岡 建雄・岡田 圭史 (1994) : 産業連関表による建築物の評価 その 3 住宅建設によるエネルギー消費量 : 二酸化炭素排出量, 日本建築学会計画系論文集 463, 75-82
- 15) 鈴木 道哉・岡 建雄・岡田 圭史・矢野 謙植 (1995) : 産業連関表による建築物の評価 その 4 事務所ビルの建設・運用に関わるエネルギー消費量, 二酸化炭素排出量 : 日本建築学会計画系論文集 476, 37-43
- 16) 文献等で得られた原単位が CO₂ 換算重量の場合、CO₂ を構成する C と CO₂ の質量比 (C:CO₂ = 12:44) を用いて炭素換算を行った。
- 17) 環境省 (1992) : 二酸化炭素排出量調査報告書。
- 18) 施設整備工事過程の園路緑石工、大型遊具設置、中型遊具設置、小型遊具設置、ネットフェンス設置については、各規格の原単位の値に大きな差がなかったため、LCCO₂ 評価の簡略化のために各規格の平均値を原単位とした。
- 19) 北海道電力 (2007) : ぼくでんサステナビリティレポート 2007 : 北海道電力, 70pp
- 20) 札幌市役所へのヒアリングによって、草刈年 3 回以下では集草作業を要し、年 4 回以上では集草を要しないことが把握された。また、近年の維持管理予算削減によって、草刈りは年 4 回実施であったが年 3 回に減少し、その結果、集草作業が発生していることも把握された。
- 21) 「資材生産過程」においては、植物生産による CO₂ 排出・吸収について、原単位が得られなかったこと等から評価対象外とした。また、原単位と異なる単位系 (例えば、原単位は重量ベース (g-C/kg) に関わらず、積算資料では長さベース (例えば、ポリエチレン管「φ50, 6.6m」等)) については、重量に変換出来なかったこと等から評価対象外とした。なお、これらを評価対象外したことによる LCCO₂ 評価への影響は、対象外とした資材量が少ないことから比較的小さいものと推察される。
- 22) 「資材輸送過程」においては、原単位は得られたものの、明確な輸送資材重量及び輸送距離が得られなかったため評価対象外とした。なお、これらを評価対象外したことによる LCCO₂ 評価への影響は、原単位も大きいことから比較的大きいものと推察される。
- 23) 造成予定地に既存施設がある場合に実施される撤去工事や、整備後の樹木の枯死や市民のニーズ変化等による再整備等については、評価対象外としている。また、トイレについては公園整備とは別途の工事で計上されるものであり評価対象外とした。
- 24) 湯沢 将憲 (2008) : 温室効果ガス吸収源対策としての都市緑地について : 都市緑化技術 69, 10-13
- 25) 加藤 順子 (2005) : 地球温暖化防止と都市緑化等の推進 : 都市緑化技術 56, 15-26
- 26) 小野 貴子 (2008) : 温室効果ガス排出・吸収量の算定の仕組みと日本の取り組みにおける都市緑地 : 都市緑化技術 69, 6-9