

インフラ整備に伴う環境負荷評価指標としての「ウッドポイント」の提案

- 名古屋大学大学院 学生会員 金原 宏
 名古屋大学大学院 学生会員 柴原 尚希
 名古屋大学大学院 正会員 加藤 博和

1. はじめに

通常、インフラ整備をはじめとした人間活動に伴う環境負荷の排出量の推定結果は、例えば CO₂ 排出量では 100 万 t-C、1000 万 t-C といった客観的な物理量で示される。しかし一般市民にとっては、その CO₂ 排出量がどれくらいの量にあたるのかイメージすることは甚だ困難であり、この認識のギャップが環境負荷削減を市民レベルで進める際の大きな障害の 1 つとなっていると考えることができる。

そこで本研究では、一般市民にとってより理解しやすい指標を開発するための 1 つの試みとして、CO₂ 排出量を“木の本数”に置き換えた指標である、「ウッドポイント」(Wood Point : WP)の提案を行う。またケーススタディとしてある都市近郊鉄道整備を取り上げ、WP 算定を試みる。

2. WP の提案

2.1 木の炭素固定機能

木は日光を浴びて光合成を行う過程で空気中の CO₂ を取り込み、それを材料にして炭素の化合物を作る。気体であった CO₂ が、固体である植物の体を作る材料に変化することから、この働きを炭素固定という。また、木は伐採後も紙や建築資材として使用され、その使用期間中も炭素を固定していると見なすことができる。

しかしながら、木 1 本あたりどれくらいの炭素を固定しているかを決定することは非常に難しい。木の生長は天候などの自然条件に大きく左右されるうえに、木の種類や葉の枚数など個体差が大きい。さらに幹や枝など、木の部分によっても炭素固定能力は大きく異なる¹⁾。枝や葉の炭素固定量まで考慮に入れて研究を行っている事例もあるが²⁾、木 1 本の吸収量を正確に計算することは難しい。

以上のことから、一般的には 1t-C/ha・年というように、単位森林面積・時間あたりの炭素固定量を求める方

法がとられることが多い。その求め方は、ある森林面積、例えば 1km 四方のメッシュに区切り、そのメッシュ内の数本の炭素固定量を測定することによって単位量とする方法や、既往研究を基にそれぞれの区画における木の種類、気象、土壌などの条件から推定する方法がとられている。

2.2 WP の定義

伐採された木は紙や建築資材として使用されている間も炭素を固定している。しかし枝や根は使用用途が乏しく、そのまま放置されて腐る、または燃やされて CO₂ となってしまうために、それらの炭素固定能力を考慮することは必ずしも適当ではない。したがって本研究では、木の幹に固定されている炭素重量のみを考えることにする。木を円柱の丸太と仮定し、その丸太に含まれる炭素重量を求める。そしてその木 1 本あたりに含まれている炭素重量を 1WP と定義する。以上を式で表すと、(1)式のようになる。

木 1 本の炭素固定重量

$$= \{ \pi (R/2)^2 \times h \times d \times (1 - \alpha) \} \times \beta \\ = 1[\text{WP}] \quad (1)$$

ここで、R : 木の直径 [m] h : 木の高さ [m]

π : 円周率 d : 木の密度 [kg/m³]

α : 木に含まれる水分重量の割合

β : 炭素のモル分率

2.3 WP の推計

本研究における WP の定義においては、木の種類や木 1 本あたりの占有面積などが分かりやすい、植林された木をモデルとする。これによって将来的に植林を行い、その吸収された CO₂ 量を見積もる上でも、非常に便利な指標として使用できることを意味する。

本研究では「木 1 本」として、一般的に木材としての使用用途の存在する、直径 30cm、高さ 15m の丸太

をモデルとする。生長に必要な占有面積を、木 1 本あたり 4m^2 とする。木の密度は $440\text{kg}/\text{m}^3$ であり、木に含まれる水分重量の割合を $1/2$ とする。以上の仮定を (1) 式に代入して計算した結果は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} & \{ \pi (0.3/2) \times 15 \times 440 \times (1-1/2) \} \times (72/162) \\ & = 103.6 \\ & 100 [\text{kg-C}] \end{aligned}$$

以上の計算結果から、木 1 本の炭素固定量はおよそ 100kg-C と概算される。そこで 100kg-C を 1WP とする。

3. 都市近郊鉄道整備におけるケーススタディ

3.1 対象路線

ケーススタディとして、ある都市近郊鉄道を取り上げる。この鉄道は輸送需要 32.7 万人/日が見込まれている。駅数と路線延長、構造種別ごとの延長を Table.1 に示す。

Table.1 駅数と構造種別延長

高架駅	地下駅	高架橋	橋梁	トンネル	土構造	駅部	合計
12 駅	8 駅	20km	3km	13km	4km	18km	58km

3.2 LCA で評価された CO_2 排出量と WP

交通システムに伴う環境負荷は、そのインフラ自体のライフサイクル環境負荷に加え、その上を走行する車両のライフサイクル環境負荷を合わせた、当該交通システム全体をシステムバウンダリとして推計し評価する必要がある。なお、ライフサイクルにわたり技術水準（燃費、電力、効率等）は現状のまま推移し、輸送需要も変化しないとする。以上の仮定に基づいて推計された各段階における LC- CO_2 （Life Cycle- CO_2 ）排出量は既報³⁾で示している。

その各排出量から計算した WP を Table.2 に示す。LC- CO_2 総排出量は $4.8 \times 10^6 \text{WP}$ であり、これは木 480 万本の吸収量にあたる。全体のうちインフラ建設に伴う CO_2 の割合が 51.7%と大きく、 $2.48 \times 10^6 \text{WP}$ になっている。またインフラ運用は $8.54 \times 10^5 \text{WP}$ 、走行は $1.26 \times 10^6 \text{WP}$ となった。

このことから、このインフラのライフサイクル期間である 60 年間に 480 万本の植林を行い、直径 30cm ま

CO_2 排出量は相殺されて“0”ということになる。また木 1 本あたりの占有面積は約 4m^2 であるので、その際の植林面積は約 19km^2 である。

Table.2 対象鉄道の LC- CO_2 と各段階の内訳

		LC- CO_2 [万 t-C/60 年]	WP	割合 [%]
インフラ	建設	24.8	2.48×10^6	51.7
	運用	8.54	8.54×10^5	17.8
	維持補修	0.14	1.44×10^4	0.3
車両	製造維持廃棄	1.92	1.92×10^5	4.0
	走行	12.6	1.26×10^6	26.2
合計		48	4.8×10^6	100

（ライフサイクル：インフラ 60 年、車両 20 年と仮定）

4. まとめ

本研究ではインフラ整備に伴うライフサイクル CO_2 排出量を、実感のわきやすい指標である WP に置き換えて評価した。また今回ケーススタディとして取り上げたある都市近郊鉄道のライフサイクル CO_2 総排出量は、木 480 万本の吸収量に相当し、植林面積 19.2km^2 に相当することがわかった。

< 参考文献 >

- 1) R.Haase, P. Haase. Above-ground biomass estimate for invasive trees and shrubs in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. Forest ecology and Management 73 (1995) pp.29-35
- 2) Meine van Noordwijk, Rachmat Mulia. Functional branch analysis as tool for fractal scaling above and belowground trees for their additive and non-additive properties. Ecological Modeling 149 (2002) pp.41-51
- 3) 柴原尚希、加藤博和、狩野弘治：LCA に基づく標準化原単位を用いた鉄軌道システムの環境性能評価手法、土木学会第 31 回環境システム研究論文発表会講演集 (2003) pp.167-172